

トモグラフィ的弾性波探査解析による解析速度値の信頼性評価

(株)ロード・エンジニアリング (正) 井上浩一 日本技術開発(株) (正) 河原幸弘
基礎地盤コンサルタンツ(株) (正) 三木 茂 山口大学工学部 (正) 中川浩二

1. はじめに

最近、トンネル事前調査で行われている弾性波探査解析では、はざとり法に加え、トモグラフィ的解析手法も注目されてきている。この手法は、多くが手作業で時間と経験を要するはざとり法に対し、コンピューターを用いるので短時間かつ客観的に解析できる特徴を持っている。しかし、この手法の実務への適用はまだ初期段階であり、弾性波探査解析において最も重要となる解析速度値の信頼性についての検証が急務となっている。これまでも、トンネル事前調査におけるトモグラフィ的解析手法の有効性については研究されてきたが¹⁾²⁾、解析された速度値の信頼性について定量的に評価されたものは筆者の知る限り少ない³⁾。

よって本研究では、過去に施工されたトンネルの弾性波探査結果を用い、両解析手法によって解析された速度値の信頼性について定量的に評価し、トモグラフィ的解析手法の有効性について検証した。トモグラフィ的解析には高密度弾性波探査解析プログラム Kisoseis ((株)基礎地盤コンサルタンツ)を用いた。

2. トモグラフィ的解析手法の概要

本研究で用いたトモグラフィ的弾性波探査解析は、弾性波トモグラフィの考え方をういた弾性波探査解析手法として位置づけられている。弾性波トモグラフィとは、起振点と受振点とで囲まれた調査断面内においてそれぞれの起振点から起振された弾性波をそれぞれの受振点において観測し、その初動到達時間(以下走時とする)をデータとして取得し、これを逆解析することによって調査断面内の速度の二次元分布を再構成するものである。

3. 対象トンネル概要

対象としたトンネルは、主に中国、四国地方に位置する既設道路トンネル 35 本(45 測線)であり、これらをトモグラフィ解析した結果、トンネル計画位置(以下 T.F. とする)まで波線が通過したトンネル 24 本(26 測線)であった。ここでは代表的岩種(花崗岩、粘板岩、砂岩・頁岩)に絞って検証する。はざとり法での解析結果は既存の事前調査結果を用いた。

4. 両解析手法における解析速度の特徴

両解析手法における T.F. の解析速度値とその土被り厚をプロットしたものを図-1 に示す。

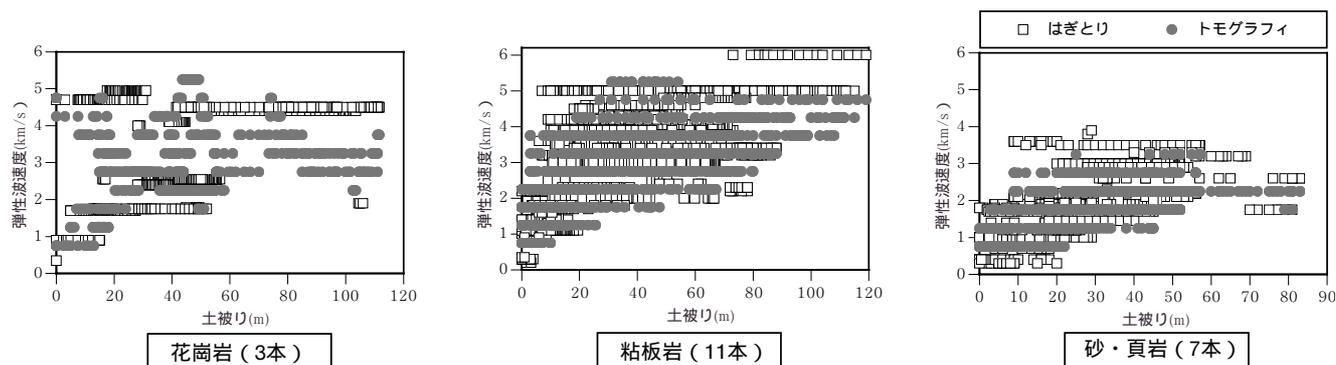


図-1 両解析手法における解析速度値と土被りの関係

この図から花崗岩では、はざとり法のピーク速度は約 4.5km/s に集中しているが、トモグラフィ手法では若干遅い約 3.5km/s がピーク速度となっている。粘板岩、砂岩・頁岩でもトモグラフィ手法の法が若干ピーク速度は遅く解析されている。また砂岩・頁岩では他の 2 岩種に比べ全体的に解析速度が遅いのが特徴的である。以上より、全体的にトモグラフィ手法では、はざとり法に比べ土被りが厚くなると、概ね速度は遅く解析される傾向がある。これはトモグラフィ手法では解析の際、解析走時は観測走時よりも若干走時が大きくなる方向にズレる傾向があるためと考えられる。

キーワード： 弾性波探査, トモグラフィ, 解析速度値, 信頼性

連絡先 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 5-24-7 TEL (03)3891-0711 FAX (03)3891-0701

5. 解析速度値の信頼性に対する検証

次に、解析速度値の信頼性に対する検証方法について述べる。

施工時に観察される切羽観察記録には地山状態を知りうるデータが集約されている。切羽観察項目にはA～Iの9項目あり、その中のC、D項目はそれぞれ、岩盤の圧縮強度・風化変質の程度を評価する項目である。

一方、弾性波速度は岩盤の圧縮強度や風化変質の程度によって変化する事は周知の事実である。そこで、解析された弾性波速度から実際の岩盤のC、D項目の評価点を推定した。推定方法としては、日本道路公団の地山分類表⁴⁾を用いて、表-1を作成した。ここで両解析手法による解析結果よりT.F.の弾性波速度を読み取り、表-1を用いてC、D項目の合計値(以下C+D値とする)を推定した。推定したC+D値の範囲の中に、実施工記録のC+D値が入っていれば、“一致した”とみなし、その一致率を求めた。一致率が高いほど、解析速度値の信頼性が高いことを表している。C+D値一致率の結果を図-2に示す。この結果を見ると、花崗岩、粘板岩ではトモグラフィ手法の方がはぎとり法よりも一致率は高い結果となった。また砂岩・頁岩では若干はぎとり法の方が一致率は高かったが、両手法とも一致率は70%以上で高い一致率を示している。これらより解析速度の信頼性については、この3岩種では概ねトモグラフィ手法の方が高いと考えられる。

さらに図-3に土被り区分ごとのC+D値一致率を示す。例えば粘板岩では、土被り60～70mでは若干はぎとり法の一一致率の方が高いが、それ以外の土被りではトモグラフィ手法の方が遙かに高い。この傾向は他の2岩種においても同様の傾向を示しており、この3岩種では概ね全ての土被り区分においてトモグラフィ手法の方が一致率は高い結果となっている。またトモグラフィ手法では、特定の深度において、はぎとり法に比べて一致率が著しく落ちることはないため、速度の信頼性はほぼ全ての土被り区分において変化しないことが確認できる。

表-1 弾性波速度と切羽観察(C,D)項目の対応表

岩種 (タイプ)	弾性波速度 (v_p , km/s)	切羽観察項目: C, D項目		
		C項目	D項目	C+D値
(a,b岩種)	5.0~	1~2	1~2	2~4
(c岩種)	4.9~			
(d岩種)	3.5~			
(a,b岩種)	3.8~5.0	2~3	2	4~5
(c岩種)	3.6~4.9			
(d岩種)	3.0~3.5			
(a,b岩種)	3.3~3.8	2~3	2~3	4~6
(c岩種)	3.1~3.6			
(d岩種)	2.0~3.0			
(a,b岩種)	2.6~3.3	3	3~4	6~7
(c岩種)	2.6~3.1			
(d岩種)	1.5~2.0			
(a,b岩種)	~2.6	3~4	4	7~8
(c岩種)	~2.6			
(d岩種)	~1.5			

岩種による分類
 <タイプ> (1)片岩(2)粘板岩(3)中生代砂岩頁岩(4)蛇紋岩
 <タイプ> (5)花崗岩(6)流紋岩質凝灰岩
 <タイプ> (7)第三紀及び下部洪積層の砂岩頁岩(8)泥岩(9)凝灰岩

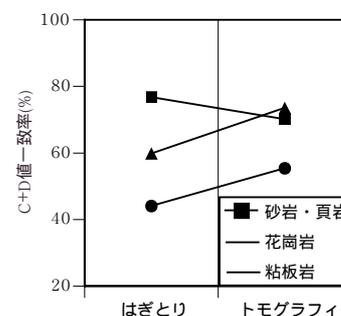


図-2 C+D値一致率(%)

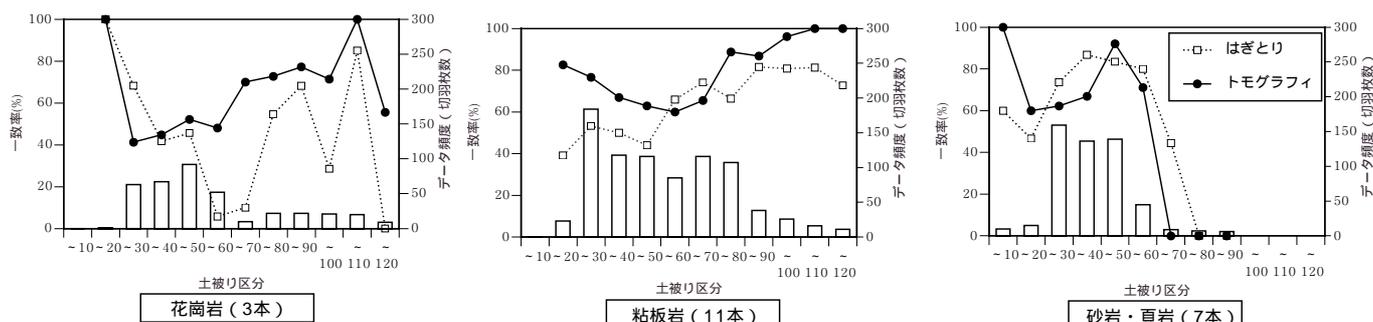


図-3 土被り区分ごとのC+D値一致率(%)

6. 結論

- 1) 解析速度値の信頼性は今回対象とした3岩種では概ねトモグラフィ手法の方が高い。
- 2) ほぼ全ての土被り区分においてトモグラフィ手法の方が一致率は高い。さらに特定の深度で著しい一致率の低下は認められず、速度値の信頼性は、ほぼ全ての土被り区分において変化しない。

【参考文献】

- 1) 松尾淳, 樋渡純也: 高精度屈折法地震探査の地質調査への適用性検討 - 数値計算を例として - 日本応用地質学会, 1998
- 2) 玉城要一, 松尾淳, 与那嶺満: 山岳トンネル事前調査における高精度屈折法地震探査の適用についての検討 第11回沖縄県地盤工学研究発表会, 1998.11
- 3) 岩本啓幸, 井上浩一, 三木茂ら: トンネル事前調査におけるトモグラフィ手法を用いた弾性波探査の評価 土木学会中国支部第52回研究発表会, 2000
- 4) 日本道路公団: 設計要領第三集第9編トンネル, pp.32 ~ 36, 1985.10