

1 1 . 地表地質踏査結果を反映した弾性波探査事例

Case study in the seismic prospecting with effective shooting

(株)ナイバ (正会員) 石井 秀明
(株)日本メジャーサーヴェイ 松井 周洋

1. はじめに

弾性波探査(屈折法)は、これまでダムサイト、トンネル、等への適用実績も多く、その探査計画は地形情報等をもとに解析経験者により行われ、探査の計画段階で現地の地質情報を反映させることは希であった。

一方、弾性波探査から求めた速度値(V_p)に基づく設計に対して、施工と乖離がみられることがあり、その都度に探査精度の限界等が指摘されてきた経緯もある。なおこの間においても、探査技術の向上が試みられ、平成10年頃にはコンピューターを用いた解析手法(高精度屈折法地震探査)の開発がある(林・斉藤, 1998)。

高精度屈折法地震探査とは、トモグラフィ的解析で速度構造を求める手法であり、この手法は弾性波速度分布を数層の速度層構造として解析する従来の解析手法(萩原の方法)に比べて、地盤を複数のセル構造モデルと仮定して解析を行うことから、特に地表から基盤に至る風化の厚さ、形状の解析に優れているとされている。トモグラフィ的解析では、まずある初期モデルを作成しておき、コンピューターによる反復計算によって、モデルに対する理論的な走時(計算走時)と実際に観測されたデータ(観測走時)が、許容精度内で一致するまでモデルを修正するという方法である。又、従来の萩原の方法に加えてボーリング孔内等の起振点・受振点データも併用して解析を繰り返すことが可能となり、精度の向上・解析の効率化において新たな展開が可能となった。

すなわち、トモグラフィ的解析手法を用いて、推定した地質モデルを基に地表等の起振点・受振点を設定し、プログラムを通常とは逆に操作することにより、それから求まる理論走時(計算走時)を簡単に計算できる点が挙げられる。この機能を利用することで事前に測線配置や探査計画の妥当性、調査目的に適合した測定計画を検討することができる点のメリットなどが指摘されている(鈴木・他, 2001)。

ここでは、地表弾性波探査の計画段階において、地質踏査等から大凡の地質構造(速度層)を推定しておき、この地質構造モデルに概ね満足する観測記録を得ようとした場合の受振点・起振点や測線配置の探査計画をトモグラフィ的手法を用いて事前に検討した事例を示す。

2. 低角度破碎帯(挟み層)の事例

探査地点は、痩せ尾根を横断する延長50m程のごく短いトンネル計画地点であり、片理面傾斜が 20° 程度の緩い地質構造をなす泥質片岩地帯である(図-1)。

周辺の地表地質踏査等により、トンネルルートにほぼ平行する低角度の破碎帯が推定された。地表弾性波探査の計画においては、地形などの制約条件から、トンネルルート方向にしか測線の配置ができなかったこともあり、地質踏査から推定した地質断面モデルをもとに、トモグラフィ的手法を用いて逆に探査計画を検討した。

その結果、受信点間隔2.5m、測線内10~15m間隔の地表起振と遠隔起振点を設定するだけでは不十分という結論に達し、尾根部に配置したボーリング孔を利用しその孔底起振点(深度20m)を追加する計画とした。解析は従来の層構造解析とトモグラフィ的解析を行い、破碎帯の傾斜構造の把握を行った。

通常地表部のみにおける起振点(遠隔起振含む)、受振点配置による観測記録をもとに層構造及びトモグラフィ的解析による速度層断面を作成し比較検討しても、低角度破碎帯の存在自体が判らない(図-2の1)。

一方、地表部起振にトンネル中央部のボーリング孔の孔底起振を加えた観測記録から弾性波速度層断面を作成すると、トモグラフィ的解析断面において低角度破碎帯の存在が示唆される解析断面が得られる(図-2の2)。

このように低角度破碎帯を挟在する地質帯では、測線上(異常地点)でのボーリング孔を利用して、孔中に起振点又は受振点を設けるなど、水平構造中の劣化部の検出に有効な起振や受振点を計画段階において検討する必要がある。

3. まとめ

今回、トモグラフィ的解析手法を利用して低角度破碎帯の検出に必要な探査計画を検討し、ボーリング孔を利用した探査計画が有効なことが判った。またこの検討から、同一モデルで通常の探査計画で地表起振のみによる弾性波探査が行われた場合にはトモグラフィ的解析を実施しても破碎帯の存在自体すら検出されないことも判明した。

弾性波探査については、飯酒(2001)が既に指摘しているように、山岳トンネルの地質調査では弾性波探査に対する過度の要求があり、施工側などから「弾性波探査は当たらない」という意識も生じている。弾性波探査の信頼回復を目指す筆者等は、これらに対して以下のように考えている。

施工経験を持つ地質技術者と弾性波探査の適用限界を熟知した物理探査技術者がお互いに協力して、目的・現地状況に合致した弾性波探査計画を立案するように努力すること。

特に、現地踏査等による地質情報を取り入れたモデル断面を事前に作成し、トモグラフィ的解析手法を利用して、探査計画を検討することが重要である。

さらに探査結果を作成した後に、ボーリング調査や施工等で新たな地質情報が付加された場合でも、すぐに弾性波探査結果を見直し再解析を行うなどして修正でき得る体制が必要である。

と考えている。

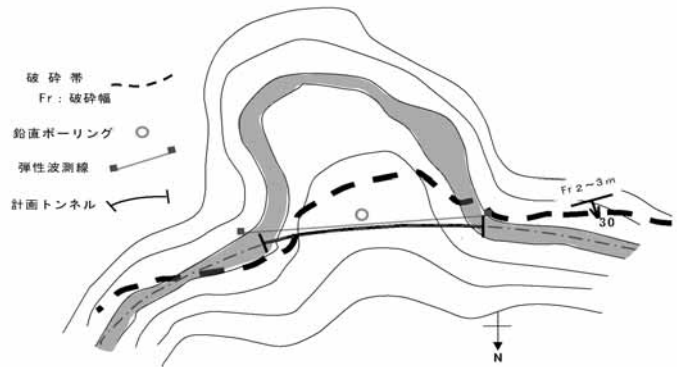
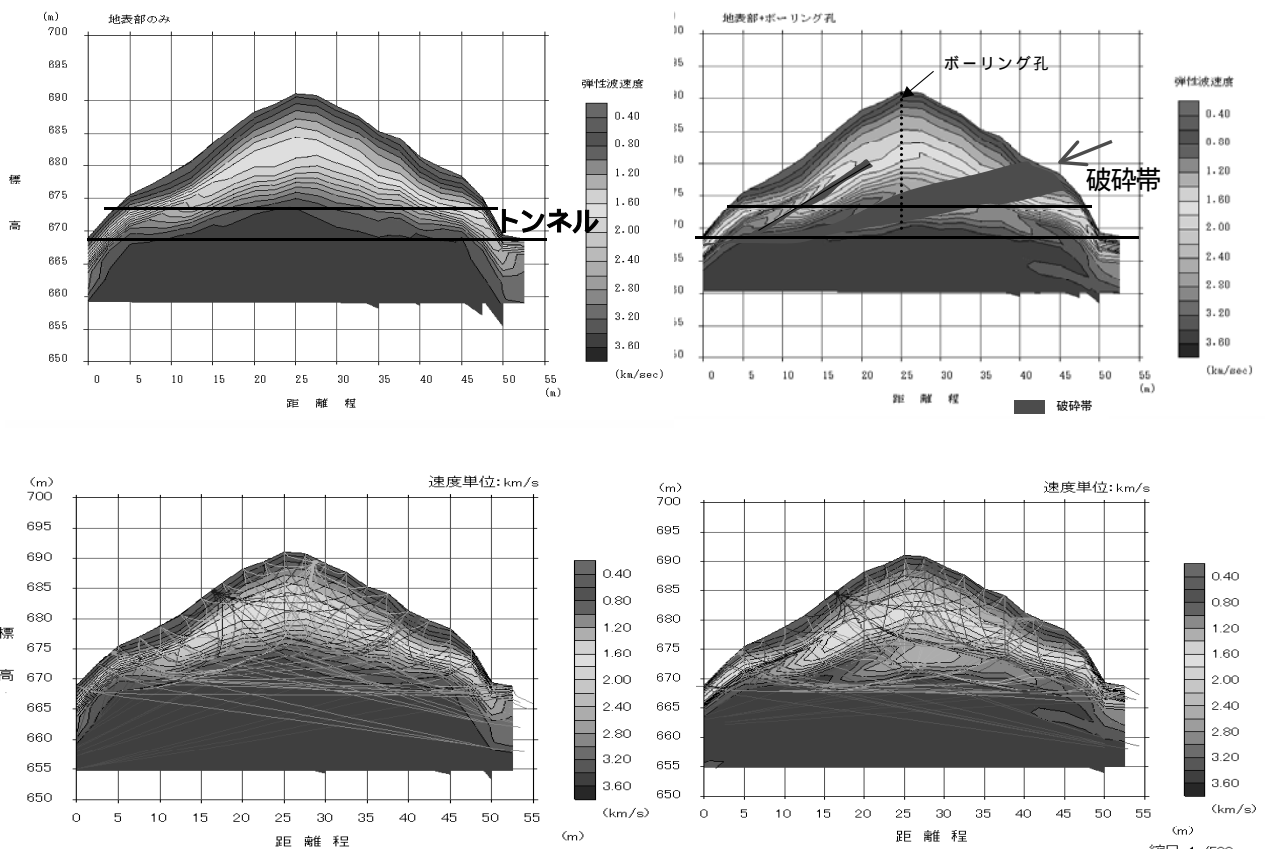


図-1 トンネルルート沿いの弾性波探査測線の配置



1) 地表起振・受振のみの場合の
トモグラフィ的解析結果(上)と速度
層断面のパス破線(下)

2) 地表とボーリング孔底で起振・受振し
た場合のトモグラフィ的解析結果(上)と
速度層断面のパス破線(下)

図-2 弾性波探査の起振、受振が異なる場合のトモグラフィ的解析結果

【参考文献】

林宏一・斉藤秀樹(1998):高精度屈折法地震探査の開発と適用例,物理探査,第51巻,第5号,pp471-492
 鈴木弘明(2000):埋積谷地帯の弾性波探査データの再解析と速度層の解釈,日本応用地質学会平成13年度シンポジウム予稿集,pp44-51
 飯沼益久夫(2001):トンネル地質の予測があたらない諸因子について,日本応用地質学会平成13年度シンポジウム予稿集,テーマ「応用地質分野における物理探査の再評価」-物理探査結果の地質工学的諸問題を巡る諸問題-,pp.52-60
 物理探査評価研究小委員会岩盤すべり検討ワーキンググループ(2004):屈折法地震探査既往データへのトモグラフィ的解析法適用の有用性と課題-岩盤ゆるみ斜面の事例-,応用地質,第45巻,第5号,pp249-258
 土木学会 トンネル工学会(2007):トンネルライブラリー第18号 より良い山岳トンネルの事前調査・事前設計に向けて