

Ⅲ-B124

切羽前方探査における受振点・震源配置の検討

西松建設技術研究所 正会員○平野 享、岩井敦子、稲葉 力
 京都大学工学部 正会員 芦田 譲
 大阪ガス 式森孝好

1. まえがき

切羽前方探査の実施が施工管理を目的として行われるようになった。その切羽前方探査では実施場所を坑内とし、施工中の割り込み作業として行うとする制約がある。その実状を踏まえて、片側のトンネル側壁上に受振器と震源を一行に並べるやり方がHSP⁽¹⁾やTSP⁽²⁾として報告されている。しかしそのような測線を地山の地質不連続面の走行を問わず配置すると、コントラストのある地質不連続面でも十分に検出されない恐れがある。その原因は様々であるが、例えば反射点までの波動伝播経路上にトンネル内空があると、探査測線の配置がもたらす偽像など、工夫次第で避けうる問題は事前に検討されねばならない。本研究では、切羽前方探査におけるこれら問題について検討できる地震探査モデリング手法を利用し、受振点および震源の配置がもたらす反射面抽出への影響を検討した。

2. 切羽前方探査のモデリング

探査では反射波の選択的な強調とランダムノイズの低減を目的として地震記録の重ね合わせが行われる。反射波を生じる地質不連続面、すなわち反射面が測線に対しておおむね水平であればCDP重合が、直交であるなら2way-time変換が効率よく反射面を抽出する。しかし複雑な日本の山岳地帯ではトンネルから反射面が傾斜した場合のほうが一般的であり、重ね合わせの効率が悪くて反射面が不明瞭となりやすい。そこで地震記録を数値的に再構成して反射面をイメージングすることが課題となる。

今回行った地震探査モデリングでは、測線に対する反射面の位置をいくつか想定し、モデル上で震源より波動を伝播させ受振器で記録を得る。そしてこの記録から初動部分をとり、後述する等走時面マイグレーション⁽³⁾を適用して反射面をイメージングする。その条件を表1に示す。

3. 等走時面マイグレーション

等走時面マイグレーションとは反射面をイメージングする手法である。震源から任意の点を経て受振器に至る波動の等走時面は、受振点と震源を焦点とする楕円を表す。この走時における地震記録の振幅をその楕円上に振り分けておいていけば、ランダムノイズは打ち消され、反射面がイメージングされる。

表1 地震探査モデリングの概要

地震波の伝播	スカラー波動方程式の差分解
モデルの規模	X140点×Y140点、1m間隔
初期条件	震源波形を $t=0$ で与える
震源波形	リッカーウェブレット ($f_p=300\text{Hz}$)
境界条件	透過境界条件を与える

4. 地震探査モデリングにおける反射面イメージング状況

図1と2では、1つの受振器と多数の震源を用いて計測する例を模擬している。実際の探査では作業量が最も少ないこの配置の適用例が多い。なお図1と2は、ともにトンネル空洞がないものとして波動を伝播させている。

キーワード トンネル 切羽前方探査 弾性波反射法 マイグレーション シミュレーション
 〒242-8520 大和市下鶴間2570-4 TEL 0462-75-1134 FAX 0462-75-6796
 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5405 FAX 075-753-5428

図1の反射面 $\perp$ 測線の場合は、この反射面までの走時で描かれる楕円の重なり合いが1点となり、イメージング結果は反射面を反射強度の非常に強い点として現れる。

図2の反斜面が傾斜した場合は、楕円が分散するため反射強度の高い領域が帯状に分布する。この領域の走行は実際の反射面の走行に一致している。しかし測線に対して対称な位置に偽像をとともう。

つぎに、図3～5では、トンネル内空を音速 $V_p=300\text{m/s}$ の領域として与え、その影響を検討した。

図3は、震源 $\rightarrow$ 反射点 $\rightarrow$ 受振点と波動が伝播する経路上にトンネル内空があつて妨げとなる場合である。図2に比較して震源を5点に増やし、S/N比の向上を計っているにもかかわらず、正しくイメージングされない。

偽像とトンネル内空による支障を回避する測線を検討した結果、図4、5のような配置となった。図4は、偽像が発生するのは受振点と震源が一直線上にあるためと考え、トンネル横断方向にわずかに4つの震源を配置すると偽像が消去できることを示す。また図5は、同じ受振点と震源配置でトンネル内空が支障とならないよう、トンネルの両側壁に測線を設けると有効であることを示している。方向の異なる2つの反射面が偽像なく正確に抽出できている。

5. まとめ

トンネル側壁の片方だけに測線をおいて切羽前方探査を行うと、トンネル内空が波動伝播の障害となって反射面を誤った位置に与え、対称性による偽像を生じ、ともに探査の精度を悪くすることが示された。精度を高めるには、数点でもトンネルの横断方向に受振点や震源をおくことが有効であると示された。

凡例

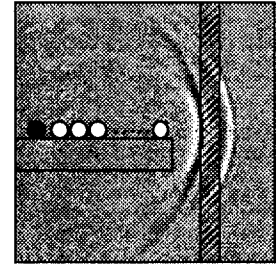
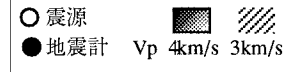


図1 受振点1個、震源30個で、トンネル $\perp$ 反射面である破碎帯様の反射面を探索

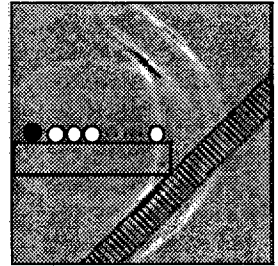


図2 受振点1個、震源30個で、トンネルと45°傾斜した破碎帯様の反射面を探索（1）

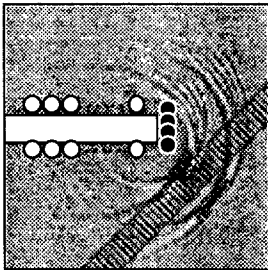


図4 受振点を両側壁に30個、震源を切羽に4個配置し、トンネルと45°傾斜した破碎帯様の反射面を探索

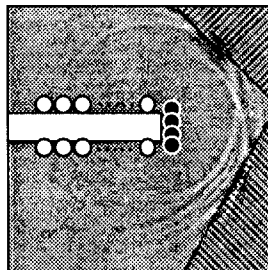


図5 受振点を両側壁に30個、震源を切羽に4個配置し、トンネルと45°傾斜した、2面の地層境界の反射面を探索

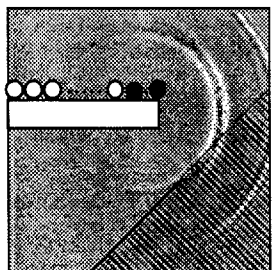


図3 受振点30個、震源5個で、トンネルと45°傾斜した地層境界の反射面を探索（2）

参考文献

- 1) 林久夫・土屋彰義・石山宏二ほか：トンネルHSP法による切羽前方の地山予測—四万十層群における探査例—，応用地質学会研究発表会講演論文集，PP.171～174，1995．
- 2) G. Sattel, P. Frey and R. Amberg：Prediction ahead of the tunnel face by seismic methods - pilot project in Centvalli Tunnel, Locarno, Switzerland, FIRST BREAK, vol.10, No.1, PP.19～25, 1992．
- 3) 芦田譲・佐々宏一：坑井間反射法地震探査データの深度変換，物理探査第46巻3号，PP.167～174，1993．