

弾性波の反射波受振によるトンネル切羽前方の高精度化に関する一提案

京都大学大学院	学生員	武川 順一
関西大学工学部	フェロー	楠見 晴重
京都大学大学院	正会員	芦田 讓

1. はじめに

トンネルの建設において安全性・施工性・経済性の高い設計をするためには、刻々と変化する地質状況を正確に把握し続けていく必要がある。しかし、事前調査として行われる地質踏査やボーリング調査・地表面から行われる物理探査等では、地質状況の概要を把握することはできても、十分な精度で断層破碎帯や地下水の存在を予測することは困難である。また、近年のトンネルの大断面・長大化により、トンネル切羽前方の地質状況を正確に把握することへのニーズは増加してきている。よって、施工中において効果的に切羽前方を予測する技術が必要であると言える。

本研究では、より高精度に切羽前方を予測するために、従来用いられている3成分受振器を用いたイメージングにおいて、現在考えられる問題点について述べ、続いてそれを解決する手法を提案する。

2. 3成分受振器による重み付け

等走時面イメージング手法で切羽前方の地質状況をイメージングするとき、3成分受振器を用いた重み付けによる精度向上が行われる¹⁾。3成分受振器は反射波を3成分で受振することによりその入射方向を特定し、特定された方向の等走時面上にのみ振幅値を与える。これにより、1成分受振器を用いたときに生じる偽像を低減することが可能となる。

しかし、3成分受振器では得られた振幅から直接波の入射方向を特定するので、データがノイズに汚されている場合、そこから得られる波の入射方向の特定精度は低下することが考えられる。そこで、この問題を解決するために、本研究では波の相関をとることによってノイズの影響を抑えることを試みた。

3. シミュレーション解析

反射法弾性波探査によるトンネル切羽前方探査において、現在一般的に用いられている3成分受振器における問題点についてシミュレーション解析を用いて説明し、続いてその問題を解決する方法を提案する。シミュレーションに用いた速度モデルは、100m×100m×100mの3次元構造で、トンネル切羽前方に地層境界面がトンネル軸と85°で交わっているというものである。この速度モデルに対してモデリングを行い、得られた受振器波形を用いてイメージングを行った。その結果を図-1に示す。図中の色の濃い部分が等走時面の重なり合っている部分である。したがって、この曲面の接面として反射面を推定することができる。このイメージング結果は、切羽前方に存在する85°の傾きをもつ地層境界面の存在を的確に推定できていると言える。次に、得られた受振器波形にノイズを付加したデータから得られたイメージング結果を図

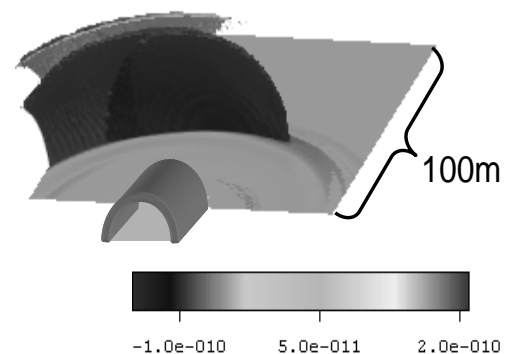


図-1 イメージング結果(ノイズなし)

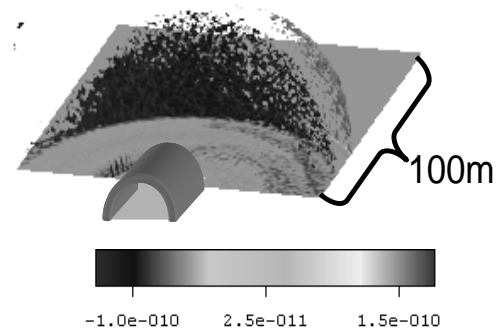


図-2 イメージング結果(ノイズ付加)

キーワード トンネル 切羽前方探査 3次元イメージング シミュレーション

連絡先 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 関西大学 TEL 075-753-7531

-2に示す。図-1の結果に比べて振幅値のばらつきが見られ、そのイメージング精度は決して高いとは言えない。イメージング結果にばらつきが生じる原因としては、ノイズによって反射波の入射方向が正確に特定できないためと考えられる。このように、3成分受振器では得られた波形の振幅から直接波の入射方向を特定するので、S/N比の悪いデータからでは、3成分受振器を用いた重み付けを行っても良好な結果が得られるとは限らない。

そこでこの問題を解決するために、本研究では波形の相関をとることによって精度向上を図ることを試みた。相関をとった後の波形を入力波形としてイメージングを行った結果を図-3に示す。図-2の結果に比べるとばらつきも抑えられイメージング精度が向上していることが確認できる。

4. 現場への適用

前章のシミュレーション解析において示した波形の相関をとる処理を、実際の現場において得られたデータに対して適用する。図-4は本研究で用いたデータが得られた現場の概要を示している。切羽前方探査が実施された場所から31.2m掘削した地点と、97.2m掘削した地点において弱層部が現れている。それぞれの層の傾斜方向は、手前の層が左側、奥の層が右側である。図-5に通常のイメージング結果を示す。切羽前方35m付近左側に見られる反射面は、1層目の左側に傾斜を持つ弱層部を予測しているものと考えられる。しかし、切羽前方右側にも反射面が予測されており、これは偽像であると思われる。また、2層目の右側に傾斜を持つ弱層部に関しては、ほとんど検出することが出来ていない。ここで、波形の相関を用いたデータでイメージングを行った結果を図-6に示す。切羽前方35m付近に推定されている反射面は左側に傾斜を持つものだけで、右側に傾斜を持つ偽像は現れていないことが確認できる。また、2層目の弱層部に関しても、切羽前方約100mでトンネル軸と交わる反射面として正確に予測されている。

以上より、本手法が現場で得られたデータに対しても十分適用できることが示された。

<参考文献>

- 1) 芦田 譲・松岡俊文・楠見晴重：弾性波の3成分受振によるトンネル切羽前方の高精度イメージング, 土木学会論文集, No.680, -55 pp.123-129, 2001.

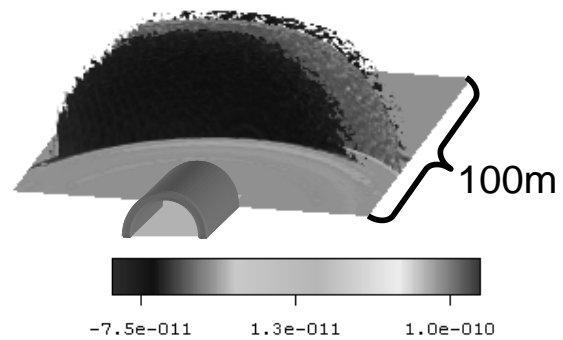


図-3 イメージング結果(改良後)

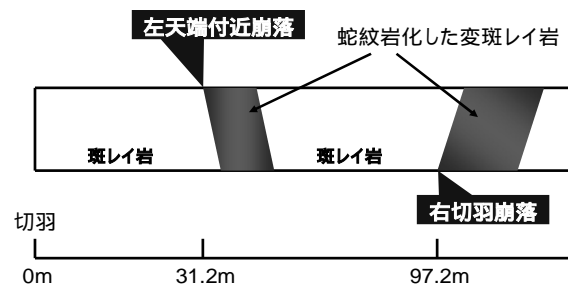


図-4 現場地質概要

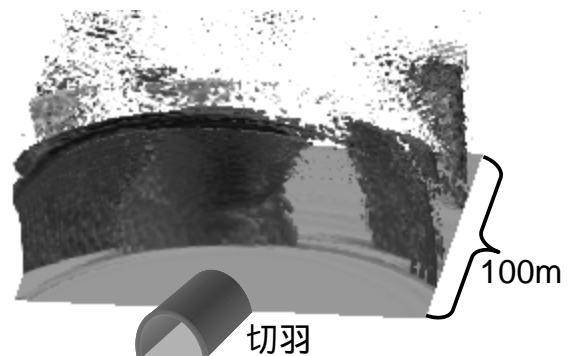


図-5 通常のイメージング結果

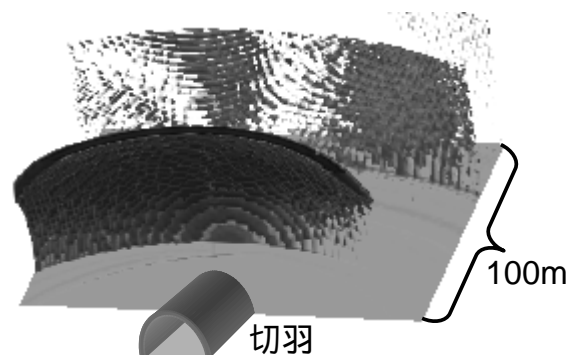


図-6 イメージング結果(改良後)