

Ⅲ-B342 3次元等走時面マイグレーションの切羽前方探査への適用例

西松建設技術研究所 正会員 平野 享、稲葉 力、山下雅之
京都大学工学部 芦田 譲

1. まえがき

近年、山岳トンネルは路線が長大化するにともない、その施工には一層の効率化が求められている。そのために機械化や施工サイクルの見直しに加えて、効率的な切羽前方探査を目指した新技術の導入が望まれる。そのひとつとして人工地震で地山構造を探る反射法地震探査の適用が試みられている。これは主に資源探査の分野で発達し、すでに確立された技術となっているため、山岳トンネルでの適用事例が増えている。しかしまだ異分野のものをそのまま持ち込んだ感じが否めず、とくにレポートの即時性や施工サイクルへの組み込みを検討するなどの、さらなる最適化が必要と思われる。例えば、現実的に即時性を求めるなら、多少の精度は犠牲にしても処理を単純化し自動化を求めることが重要と考えられる。3次元等走時面マイグレーションはその要件を満たす手法として開発されている。

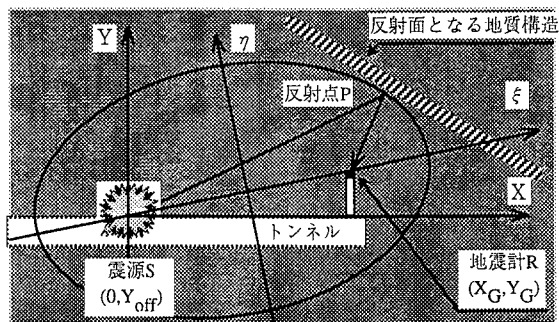
2. 等走時面マイグレーション

反射法地震探査で、地山構造の応答である反射波はノイズとの識別が困難なことが多く、対策として地震計や震源の位置を変えた多数の記録を重ね合わせてS/N比の向上が図られている。重ね合わせの手法はCDP重合の適用が中核であるが、測線の展開に制約があったり、地山の構造が測線に対しおおむね平行な層状構造でなければ精度が悪くなる。そこで切羽

前方探査を目的とした反射法地震探査

(HSP⁽¹⁾あるいはTSP⁽²⁾)ではCDP重合のみに頼らず独自の重ね合わせを行っている。これらは一般にマイグレーションと呼称され、一定の仮定を与えれば計算機により自動的に記録から探査空間に反射面の構造を再構成することが可能となっている。

等走時面マイグレーションは1式で表される。なお原理の説明は簡単のため2次元の場合とする。図1のように地震計と震源の座標を既知、地山の平均的弾性波速度 V と震源 $S \rightarrow$ 反射点 $P \rightarrow$ 地震計 R に至る反射波の走時 T との積を波線長 L とする。すると1式



$$\xi + \frac{L^2 \eta^2}{L^2 - X_G^2 - (Y_{\text{off}} - Y_G)^2} = \frac{L^2}{4} \quad \cdots (1)$$

図1 2次元等走時面マイグレーションにおける楕円曲線

で決まる楕円曲線が得られ、求める反射点の座標はこの曲線上にある。したがって反射面は2つ以上の楕円群の共通接線として得られる。本手法のアルゴリズムは以下のとおりである。(1)調査地域を格子に区切る。(2)楕円を描き始める時間を指定する。ただしこの時間は直接波の到達時間の後ろに取る。(3)震源と地震計の位置、弾性波平均速度を与え、走時を(2)で指定した初期値から1サンプリング間隔ごとに变化させて、1個の走時に対して1個の楕円を描く。(4)図2に示すように楕円と格子との交点を求める。交点が格子上にないときは最も近い格子点に移動する。(5)現在の走時における記録中の振幅値を、格子点上にたし合わ

キーワード トンネル 切羽 弾性波反射法 地震探査 マイグレーション

〒242 大和市下鶴間2570-4 TEL 0462-75-1134 FAX 0462-75-6796

〒242 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5405 FAX 075-753-5428

せる。(6)震源と地震計の位置、全ての組の記録に対して(3)~(5)の操作を繰り返す。この結果、反射面となる格子点上には振幅が同位相でたし合わされ、その他の格子では異位相の振幅値がたし合わされる。

3次元への拡張は楕円でなく楕円体が導かれる。計算処理は直方格子について行えばよい。

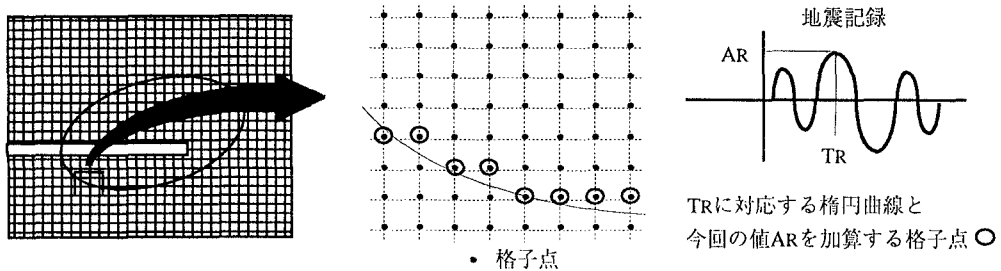


図2 計算機における楕円の作図。曲線のもととなった走時TRに対応する振幅値ARが格子点に加算される。

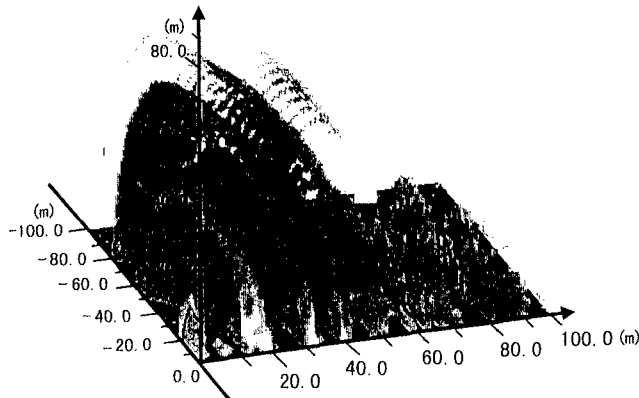


図3 3次元等走時面マイグレーションの結果

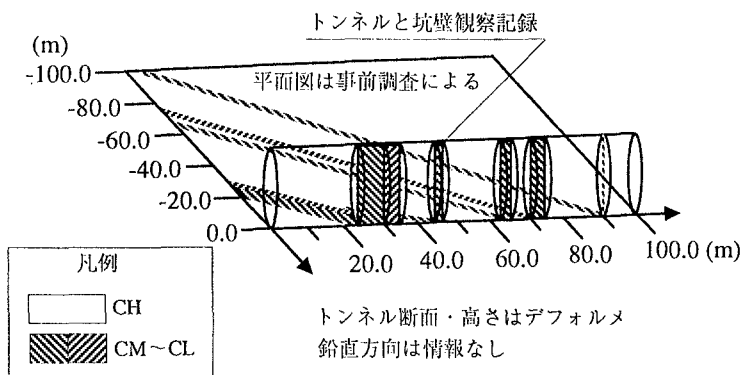


図4 掘削の実績と事前調査による平面内予想

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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ー四万十層群における探査例ー, 応用地質学会研究発表会講演論文集, PP.171~174, 1995.

3. 現地測定の概要

砂岩・頁岩互層地山に掘削中のトンネルについて、破碎帯通過後に発生した異常内空変位の調査として弾性波反射法を適用した。探査はその他調査による予想位置に破碎帯を確認することを目的に、トンネル坑内側壁沿いに地震計48点・震源25点を展開して記録を採取した。

4. マイグレーションの結果

図3は等走時面マイグレーションの結果、図4は同地点のそれ以外から得た情報による地山状況である。

5. おわりに

マイグレーションの結果は、地山変化の境界を反射面と考えると、トンネル坑壁観察記録と一致するが、事前調査での平面図内走向(トンネルと35~45度で交差)より交差角は大きい。真相の判明はボーリング等を待たねばならない。