

■土 木■ (トンネル)

発破掘削時の振動を利用した高精度トンネル切羽前方 探査法の開発

Predicting Geological Conditions Ahead of a Tunnel Face Highly Accurately Using Blasting Vibration Data

塚本耕治* 今泉和俊**
Koji Tsukamoto, Kazutoshi Imaizumi

研究の目的

トンネル切羽前方の地山状態を予測する TSP 法や HSP 法など従来の反射法弾性波探査は、切羽近くで計測するため施工を一時中断する必要があること、切羽前方に幅の広い断層破砕帯が存在する場合に実際と予測の反射面位置が大きく異なるなどの問題があった。このようなことから、施工への影響が少なく、事前調査の屈折法探査やトモグラフィ的な解析から求めた地山の弾性波速度を利用して破砕帯など反射面（速度境界面）位置の予測精度を向上できる3次元トンネル切羽前方探査法の開発を目的とした。

研究の概要

開発したトンネル切羽前方探査法では、図-1に示すように芯抜き発破より前に探査用の小規模発破を行い、その振動をトンネル坑内のロックボルト頭部に設置した受振器で計測して探査を行う。また、事前調査の屈折法探査やトモグラフィ的な解析から求めた地山の弾性波速度 (V_p) を利用して3次元の差分法により反射面の走時を計算し、反射面の位置を精度よく予測評価できる。

開発したトンネル切羽前方探査法の探査性能を確認するため、図-2に示す数値解析モデルを用いた数値シミュレーションと現場への適用実験を実施し、以下のことを確認した。

- i. 数値解析モデルを用いた数値シミュレーションを行った結果、差分法による走時を用いて評価した反射エネルギーは反射面付近に集中し反射面の位置を精度よく評価できる (図-3)
- ii. 差分法の走時を用いて求めた反射エネルギーの分布は、トンネル切羽周辺の地表面、上部速度境界面、下部速度境界面などの反射面と整合する分布になっており、 V_p の異なる地山が存在する場合でも反射面を正しい位置に予測できることがわかる (図-4)

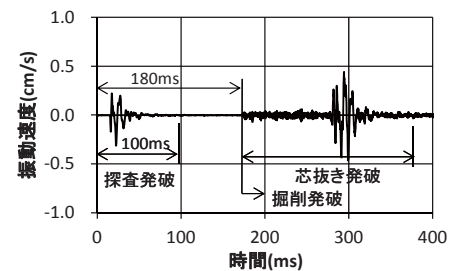


図-1 探査に利用する発破振動波形

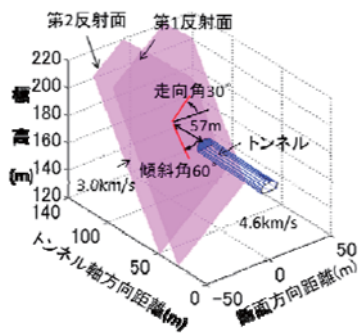


図-2 解析モデルの反射面位置

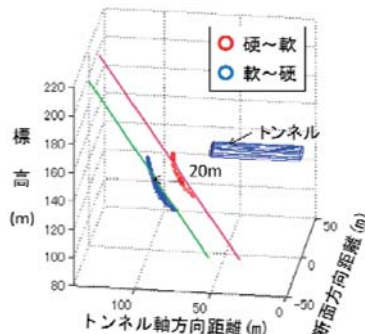


図-3 反射面と反射エネルギー分布

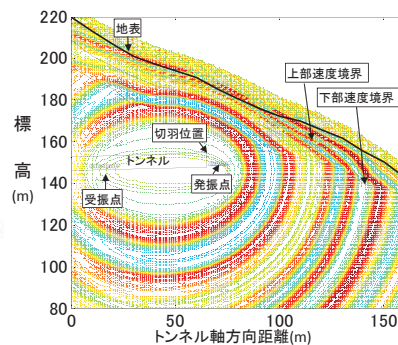


図-4 坑口部の反射エネルギー分布

研究の成果

トンネル切羽前方探査法の数値解析モデルを用いた数値シミュレーションによる検証と現場での適用実験から探査性能を確認した。ロックボルト頭部に設置した受振器を用いて計測した発破振動が探査に利用できること、差分法の走時を用いて求めた反射エネルギー分布が、従来の方法に比べて、反射面の位置を正確に評価できることを確認した。

これにより、開発したトンネル切羽前方探査法は、施工への影響が少なく、複雑な地質構造の地山においても反射面の予測に有効である。さらに、従来の探査法では予測することが難しかったトンネルが反射面に鋭角で交差する場合でも切羽前方の反射面の位置を精度よく予測評価できることを確認した。

*技術研究所 **東日本支社土木第2部