

Ⅲ-580

打撃音を利用したトンネル切羽前方探査方法について

建設省九州地方建設局

桃島誠吾 久永義一

(株)フジタ 正会員

○秩父顕美 吉野広司 紙屋東明

(株)フジタ

曾我部松男 菊谷久嗣

1. はじめに

山岳トンネルの施工において切羽前方の地質状態が把握できるようになると、事前に施工方法の検討や資材準備が可能となり工事の安全や経済性の向上などに対して非常に大きいメリットがある。これまで前方地質の把握には主に先進ボーリングが用いられてきたが、この方法では多大な費用と手間を要するため、工事の施工サイクルタイムに組み込むことが可能な探査方法の開発が望まれている。今回提案する方法はドリル削孔機で削孔する際に発生する打撃音が、岩盤の硬さなどによって変化することを利用した探査方法である。本文ではこの方法の有効性を検証するために行った工事現場での計測結果について報告する。

2. 計測概要

1) 計測場所：計測は国道326号桑の原トンネルの工事現場で、坑口から680.2mの位置にて行った。当初の計画では切羽前方10m区間の地山は砂岩と貝岩の互層となっており岩種はC、削孔パターンはD Iである。

2) 計測方法：トンネル切羽付近での打撃音の計測状況を図-1に示す。ここで言う打撃音

とは、ロッドの先端が岩盤を打撃した瞬間に発生し岩盤内に伝播する波動のことである。打撃音の計測には加速度センサ(1800mV/G, 15KHz共振)を用い、アンプで増幅した後テープレコーダに記録した。また、波動を直接受信すること、削孔機の騒音を取り除くなどの理由により、事前に設けた削孔内(1m程度)にセンサを挿入し、先端をモルタルで充填した。切羽前方を探査するためロッドを3本継ぎ足して計8.5mの深さまで削孔し、この間連続して打撃音を計測した。削孔は図に示す1、2、3の3ヶ所で行った。

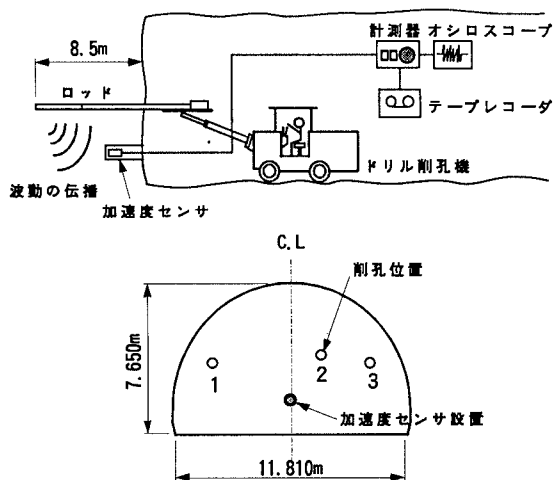
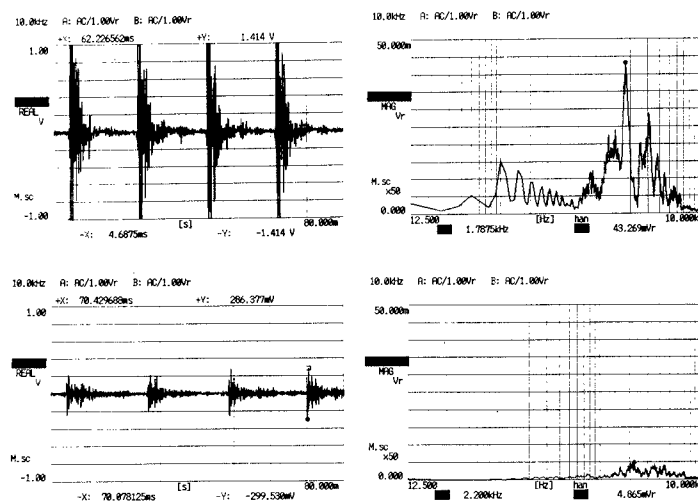


図-1 切羽付近での打撃音の計測状況

図-2 削孔地点1で計測された打撃音の代表的な信号波形
(上：削孔長1m、下：削孔長8m)

3. 計測結果とその考察

1) 打撃音の信号波形：削孔地点1で、深さ1mと8mの位置を削孔中に計測された代表的な信号波形とその周波数分析結果を図-2に示す。この計測で用いたドリフターの打撃回数が3100/分であるのに対して、計測された信号のピッチは約20msec. でほぼ一致しており、これらの信号がロッドの先端による打撃音であることを示している。また削孔長が長くなると波形の振幅値が明らかに小さくなっているが、その周波数成分については削孔深度による明瞭な変化は見られない。

2) 岩盤特性の推定：音には様々な情報が含まれているが、ここでは計測された信号の最大振幅値に着目して岩盤特性を推定した。削孔時に発生する打撃音には、削孔する岩盤が硬いほど大きな音が発生するのでその最大振幅値は大きくなり、また波動の伝播距離が長くなると伝播中の減衰によりその値が小さくなるという性質がある。このことを利用して切羽前方の岩盤特性を推定するために、10秒毎にサンプリングされた信号の最大振幅値の絶対値と削孔長との関係を削孔地点別に示したのが図-3である。この図から次のようなことが言える。

① 削孔地点1では削孔長にほぼ比例する形で最大振幅値が小さくなっていることから、伝播距離による減衰のみの影響が現れており、岩盤の硬度はほぼ一定である。

② 削孔地点2と3では削孔長4m付近まで地点1と同様に最大振幅値が小さくなるが、4mを経過した付近からはその傾向が変化し、一定もしくは僅かに大きくなる傾向を示している。伝播距離による減衰があることを考慮すると、両地点では切羽前方4m付近から徐々に岩盤が硬くなる傾向があり、発生する打撃音の振幅値が大きくなっていると推定できる。

③ 削孔地点1と3ではセンサを中心として、左右対象の位置にあり打撃音の伝播距離はほぼ同じであるが、各削孔深度における最大振幅値は地点3の方が若干大きい値を示している。このことから、削孔地点2に比べて地点3の方が岩盤の圧縮強度が高いと推定できる。

後日に記録された坑内切羽観察記録では、切羽から3m前方で岩盤の圧縮強度が高くなる傾向を示し、それ以後割れ目も少なくなっている。この観察記録は最大振幅値の変化から推定した結果とほぼ一致しており、この方法の妥当性を示すものである。

4. おわりに

以上、トンネル工事の施工サイクルタイムに組み入れることが可能な切羽前方探査方法として、トンネルドリル削孔機の打撃音を利用する方法について説明した。ここでは信号の最大振幅値のみを利用したが、打撃音の信号波形を詳細に分析することにより、様々な情報を取り出すことが可能である。例えば、周波数特性による岩質の判定、伝播中の減衰特性の利用による切羽前方の岩盤特性の面的な評価などである。今後はデータの蓄積を図ることと並行して、分析方法の検討や現場でも簡単に評価できるシステムの開発を進める予定である。

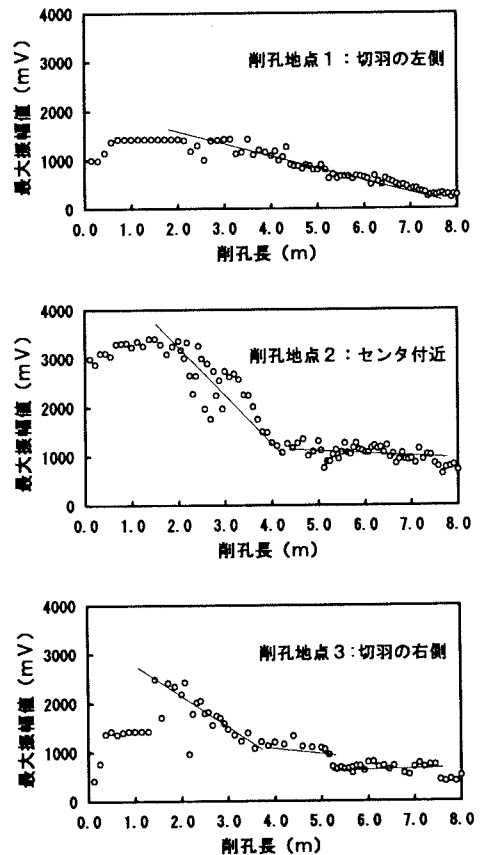


図-3 各削孔地点での最大振幅値の絶対値と削孔長との関係