

打音法によるトンネル覆工の健全性評価のための現地実験

佐藤工業(株)^{*1)} 正会員 歌川紀之、中村英孝、伴 享
 (財)鉄道総合技術研究所^{*2)} 榎本 秀明、稲川 敏春
 日本物理探鑛(株)^{*3)} 鈴木 文大、松林 弘智
 千葉工業大学工学部^{*4)} 土木工学科 正会員 伊東 良浩

1. はじめに

近年相次ぐコンクリート片落下事故に見られるように、土木構造物の信頼性が低下しつつある。その健全性を適切に評価することは極めて重要であり、各種の非破壊検査による構造物の調査法に関する研究が盛んに行われている。著者らは、非破壊検査の中で比較的簡便に実施できる「打音法」に着目し研究を進めており、今回基礎データ収集のために、在来工法のトンネルを対象とした現地実験を行った。なお、ここで適用した「打音法」は検討したいいくつかの手法のひとつで、インパルスハンマーで打撃し、フード付マイクでフードを壁面に押し付けて音を収録するもの¹⁾である。これは、従来トンネル点検で用いられている「たたき法」とは異なり、打撃音をAD変換してパソコンに取り込んでコンクリートの健全性を評価する方法で、データの客観性と保存性の点でメリットがある。

2. 調査内容

調査対象のトンネルは、昭和57年施工され現在は廃線となっている延長約460mの図-1に示す断面仕様の鉄道トンネルである。今回の調査は、以下の手順で行った。目視観測により変状展開図を作成した。覆工状態の概略を把握するため、地下レーダーのアンテナを壁面に押し当てながらトンネル延長方向に移動し、全延長のデータを収集した。測定は、図-1に示すとおりトンネル天端を中心とした5測線に対して実施した。上記の結果をもとに、計測結果が典型的に異なる15箇所(健全箇所も含む)を打音実験箇所として選定し、打音計測を実施した。なお、各箇所で行った打撃位置は図-2に示すトンネル天端中心に左右1.5m、延長2~8mの範囲とした。計測結果の検証のため、壁面を削孔し覆工厚や空洞深さを測定するとともに、ファイバースコープを用い孔内や覆工背面の状況を調査した。

打音計測では、選定箇所を中心に50cm間隔の格子状にマーキングし、交点をインパルスハンマーで打撃し、打撃位置近傍の壁面に密着させたマイクで打撃音を収録した。得られた波形データの特徴である振幅値や周波数、減衰などを分析して健全性を判断した。

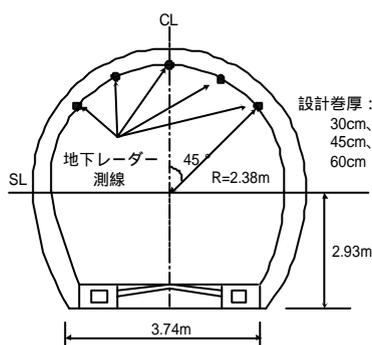


図-1 調査対象トンネルの断面

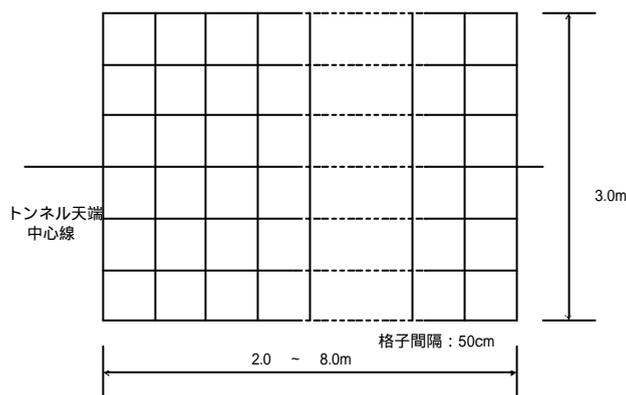


図-2 打音実験領域

キーワード：トンネル、非破壊検査、打音法、地下レーダー

連絡先：*1) 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20 Tel(03)-5823-2352 Fax(03)-5823-2358
 *2) 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 Tel(042)-573-7265 Fax(042)-573-7398
 *3) 〒143-0027 東京都大田区中馬込2-2-12 Tel(03)-3774-3160 Fax(03)-3774-3180
 *4) 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1 Tel(047)-478-0447 Fax(047)-478-0474

3. 実験結果

打音計測結果の一例として、覆工厚の異なる2ヶ所の打撃音の時刻歴を図-3に示す。覆工厚が薄い箇所では振幅が大きくなっており、振動しやすいことを示している。この原理を用いて、キロ程 10k.094m 近傍の打継部周辺の打音実験箇所について、振動しやすい場所の振幅値比¹⁾の平面的な分布を求め、図-4に示す。この結果から、天端や後打ち部の末端部分は振幅値比が大きく、覆工厚が薄い可能性が示唆される。

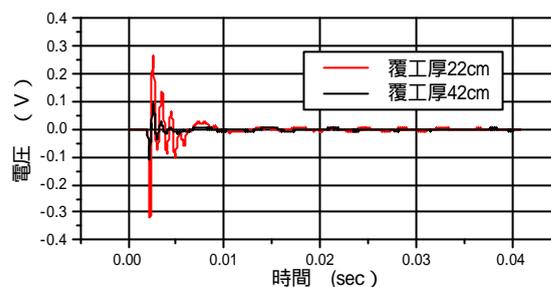


図-3 覆工厚の異なる2ヶ所の打撃音波形

図-1の測線での地下レーダーの計測結果を図-5に示す。打音測定結果で振幅値比が大きき箇所とほぼ同じ位置で反射面が表面に近く、覆工厚が薄いと推定された。また、振幅値比が小さい箇所では反射面は遠く覆工厚が厚いと推定され、2つともおおむね傾向は一致している。

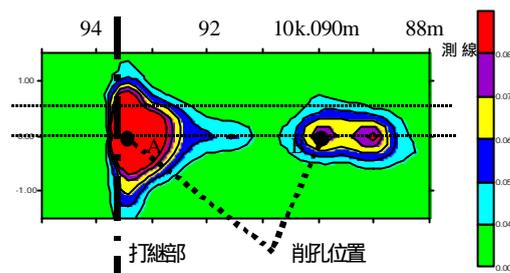


図-4 打音計測結果

定量的に確認するため、打音計測と地下レーダー計測結果から推定される覆工厚と、削孔による実測値との関係を測線、について図-6に示す。なお、打音計測結果から覆工厚を推定する方法は、要素試験の結果による回帰式²⁾に基づき、これに本実験結果を加えて整理した式(1)を用いた。

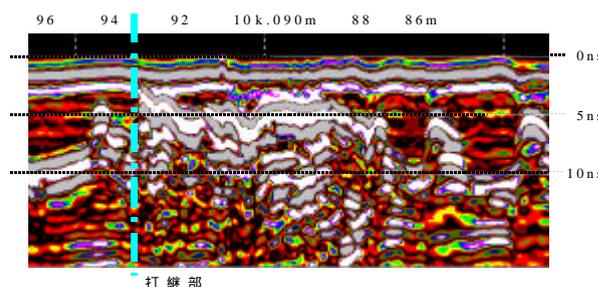


図-5 図-4と同じ位置での地下レーダー記録

$$D = 56.359 \cdot A^{-0.552} \quad (1)$$

ここで、D：覆工厚 (cm)

A：振幅値比

また、地下レーダーの結果からは、電磁波の伝播速度 8.1cm/ns (現地覆工コンクリートに対してワイドアングル測定により算出) と反射波走時を用い、覆工厚を推定した。一方、キロ程 10 k.090m と 93.5m の位置 (設計巻厚 30cm 区間内) で削孔を行い覆工厚を測定したところ、それぞれ 19cm と 10cm であり2つの計測結果は、削孔による実測値とほぼ一致している。

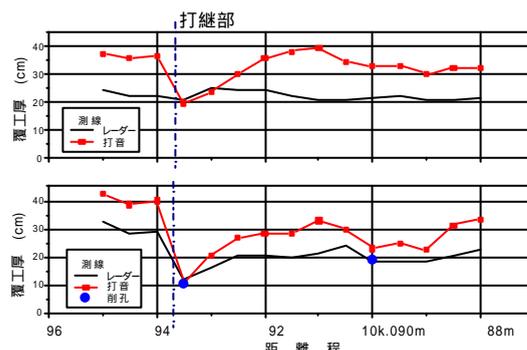


図-6 計測結果と実測値の比較

以上の結果から、振幅値比に注目した打音評価法により、覆工厚の薄い30cm以下の部分については、覆工厚を定量的に推定できるものと考えられる。

4. まとめ

コンクリート構造物の健全性評価を目的として、打音法による非破壊検査を実際のトンネルに適用し、覆工厚の評価について、おおむねその有効性が確認できた。今後、打音データの評価精度を向上させるためには、覆工コンクリートの情報が充分得られる環境の元で現地データの取得を行い、評価結果の検証を行うことが必要と考える。なお、本実験は国土交通省からの補助金を用いて実施した研究開発の一部をとりまとめたものである。

- 参考文献 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'01(基礎編)、p.106、2001年3月。
 2) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の診断のための非破壊試験方法研究委員会報告書、p.79、2001年3月。