

電磁波探査装置によるトンネル覆工の検査手法に関する一考察

東海旅客鉄道(株) 正会員 田川謙一
東海旅客鉄道(株) 正会員 長縄卓夫

1. はじめに

近年、トンネルコンクリート覆工の剥落事故が続けて発生したことから、トンネルの検査・管理方法は重要な課題となっている。トンネルコンクリート覆工における検査精度を高度化すると共に、覆工に関する変状を早期に発見し対策を実施することが重要となっている。そのため、非破壊検査手法の開発が種々実施されている。JR 東海でもトンネル覆工の詳細測定等における検査精度の高度化を目的とした補助ツールの開発を実施している。本稿では、電磁波探査の測定結果で得られるトンネルコンクリート覆工状態のラインスキャン表示(図3)から、トンネルの覆工厚・覆工背面の空隙状態について自動図化する方法について報告する。

2. 試験概要

自動図化の研究のため、飯田線の単線廃線トンネルを利用した。同トンネルで、過去にボーリング調査が行われた2箇所、トンネルコンクリート覆工厚及び覆工裏の空隙について、縦断方向に3m×5測線、横断方向に2m×6測線についてそれぞれ測定した。(図-1)今回使用した電磁波探査のアンテナ周波数は、400MHzである。アンテナ周波数は、探査可能深度によって変わり、アンテナの周波数が低いほど探査深度は大きい分解能は低下し、逆に周波数が高いほど探査深度は小さくなるが分解能は向上する。そのため今回使用したアンテナは、測定したトンネルの設計覆工厚とボーリング調査の結果をもとに選定した。

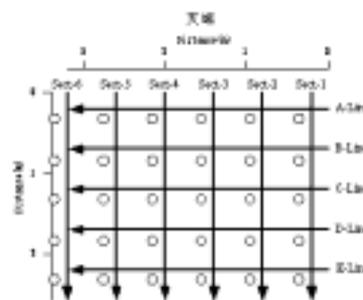


図-1 側線配置図

3. 試験結果

廃線トンネルで実施した電磁波探査によるトンネルコンクリート覆工厚及び覆工背面の空隙に関する解析の結果と測定に関する問題点について述べる。

(1) 覆工厚に関する測定結果

覆工コンクリート内部にクラックや空隙など異物が存在しない場合、覆工背面の反射面は記録上連続的に現れる。測定記録およびコア抜きから判断した覆工厚を基に、各測線における覆工背面の解析結果(図中の白破線)を図-3に示す。また全ての測定結果から、平面上に表した覆工厚の結果を図-4に示す。A~E-Line付近で実施したコア抜き結果から得られている覆工厚と比較したところ、地下レーダー探査の結果から推定した覆工厚と比較すると一部を除きその差は5~10cm程度である。電磁波伝播速度(10cm/ns)を考慮すると測定範囲内と考えられ、精度向上のために高い周波数のアンテナに変える等の処置が必要である。なお、大きな誤差がある箇所としては、トンネル覆工背面に岩塊が密着し電磁波がその境で反射しなかった場合、並

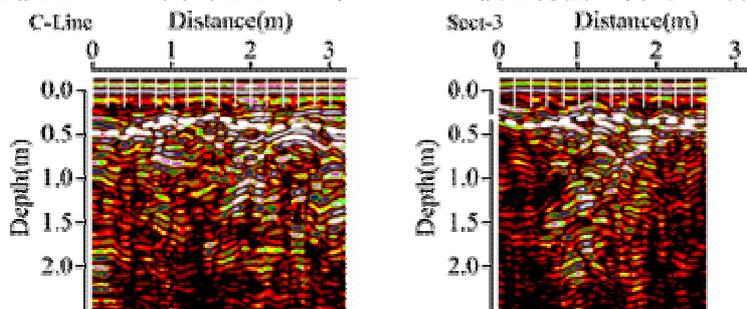


図-3 測定結果(ラインスキャン)

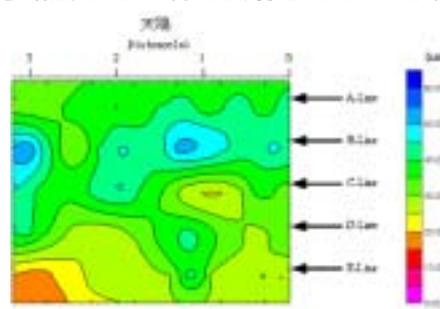


図-4 覆工厚分布図

key words : トンネル, 覆工厚, 空隙, 電磁波探査, 非破壊検査

連絡先 : 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株)総合技術本部技術開発部

びにトンネル坑口等の覆工内部に鉄筋がある場合には、電磁波のはね返り不足により覆工に関するデータが得られない。当該箇所については、別の手法による調査が必要である。

(2) 空隙に関する測定結果

電磁波探査による覆工裏の空隙について解析した結果を図-5に示す。空隙厚は、コア抜きの結果から空洞厚が10cm以上の箇所について比較すると概ね合致している結果が得られた。一方、空洞厚が10cm以下の箇所の場合は、一般的なコンクリートの電磁波伝播速度が、約10cm/nsのため、使用したアンテナでは検出され難いことから、高い周波数のアンテナに変る等の処置が必要である。

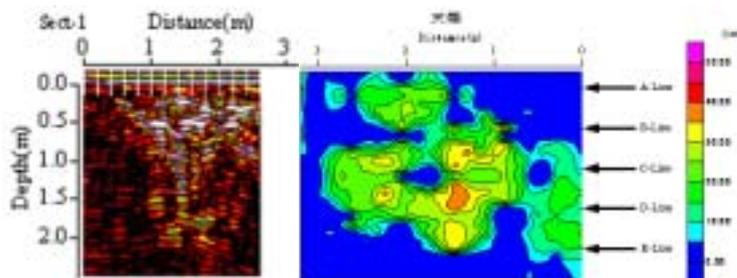


図-5 空隙厚分布図

4. 測定結果の自動図化

上記の測定結果を用いた覆工厚及び覆工背面の空隙における自動図化の検討結果について述べる。

まず、コンクリート覆工厚を自動図化するためには、コンクリート覆工と地山の境界線を判断するアルゴリズムの設定が必要となる。そこで、測定時に得られる支保工の反射、覆工背面と地山の境界からの反射等の特徴的で強い反射波形に着目し、これらの特徴を利用して覆工厚の位置を設定することとした。

完全な自動図化については、現段階においては難しいが、覆工に関する測定結果の精度を高める方法として、反射波の増幅パラメータ、フィルターの設定、ノイズ等の除去を施したバックグラウンド処理(図-6)により、覆工背面の解析に必要な信号のみを抽出する前処理や設計覆工厚の設定や覆工厚の領域設定を手動で行い、覆工厚線(図-7)を抽出することで、図-3の結果に近い精度で検出が可能である。ただし、覆工厚の線を抽出する際に、クラックや間隙等の影響による反射を覆工背面と誤認識してしまう場合があり、これをマニュアル操作により修正する必要がある。今後はこれらを判断するためのマニュアル類を整備していく予定である。

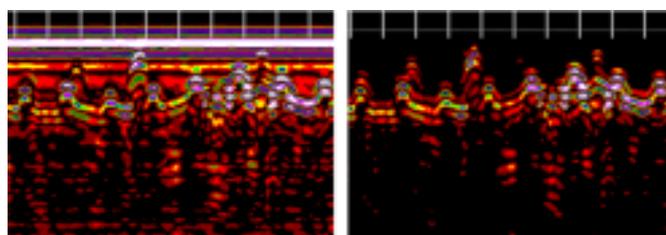


図-6 バックグラウンド処理前後

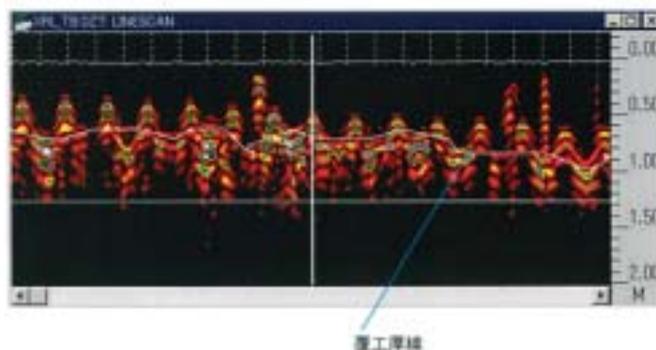


図-7 自動抽出された覆工背面

一方、覆工背面の空隙に関する自動図化は、測定で得られる多重反射範囲を設定するアルゴリズムの構築が困難であるため、空隙厚の自動図化は難しいが、その領域については、その多重反射の特徴を利用する事により可能と考えられる。

一方、覆工背面の空隙に関する自動図化は、測定で得られる多重反射範囲を設定するアルゴリズムの構築が困難であるため、空隙厚の自動図化は難しいが、その領域については、その多重反射の特徴を利用する事により可能と考えられる。

5. おわりに

電磁波探査装置をトンネルコンクリート覆工厚の測定に用いることは、トンネル坑口等の覆工コンクリート内に鉄筋がある場合を除き概ね可能である。また、解析の一部をマニュアル化することによりトンネル覆工厚に関する自動図化は、ある程度可能であることが分った。今後は、トンネル測定データを増やし、空洞範囲については10cm以上の箇所について自動図化に関する検証を深めたい。

参考文献

- 1) 大島洋志, 吉岡修, 木谷日出男, 榎本秀明, 芦谷公稔: トンネルの合理的検査・調査, 鉄道総研報告, 1991
- 2) 田村誠四郎: 鉄道構造物等設計標準・同解説 都市部山岳工法トンネル, 2002