

トンネル覆工における電磁波探査法の有効性に関する研究

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○田川 謙一

東海旅客鉄道(株) 正会員 元木澤知紀

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である。トンネル覆工の変状原因の一つとして、覆工厚不足、覆工背面の空隙が挙げられるが、これらは覆工の耐久性にも関係すると想定されている。ところで、トンネルにおける目視、打音検査等の全般検査結果から、詳細な検査が必要となった場合、これまでコアボーリングを行う方法が一般的であったが、検査対象が広範囲にわたるため、簡易かつ非破壊での検査手法が必要であった。

本研究では、周波数が段階的に変化する電磁波探査装置の適用可能性について検証するため、トンネル覆工を模擬した試験体を用いて、覆工厚、背面空隙の検出試験を実施したので報告する。

2. 試験概要

電磁波探査装置の適用範囲を評価するため、表1に示すパラメータの組み合わせにより検出試験を実施した。覆工は既存トンネルに関する工事誌等を参考に鉄筋、支保工の配置等を再現した模擬覆工を製作し、背面地山は想定される現場条件を地面上に再現した模擬地山を設置した。模擬覆工における施工不良は、コンクリート打設後にバイブレータによる締め固めをほとんど行わず故意にジャンカを発生させるとともに、上面から45°の角度で垂鉛板（幅150mm、厚さ1mm）を差込み、硬化後に板を撤去して人工的にクラックを発生させた。模擬地山の空隙は、発泡スチロールの立方体（5cm角、10cm角、20cm角、40cm角）を土中に埋め込むことで再現した。

模擬覆工の例を図1、今回使用した電磁波探査装置の仕様を表2に示す。模擬覆工は、厚さ50cmおよび70cmに対して、健全部と施工不良部、鉄筋部と支保工部を組み合わせた計4枚を用いた。なお、試験では、各模擬覆工を模擬地山の上に載せ換えることにより数種類の組合せについて測定を実施した。

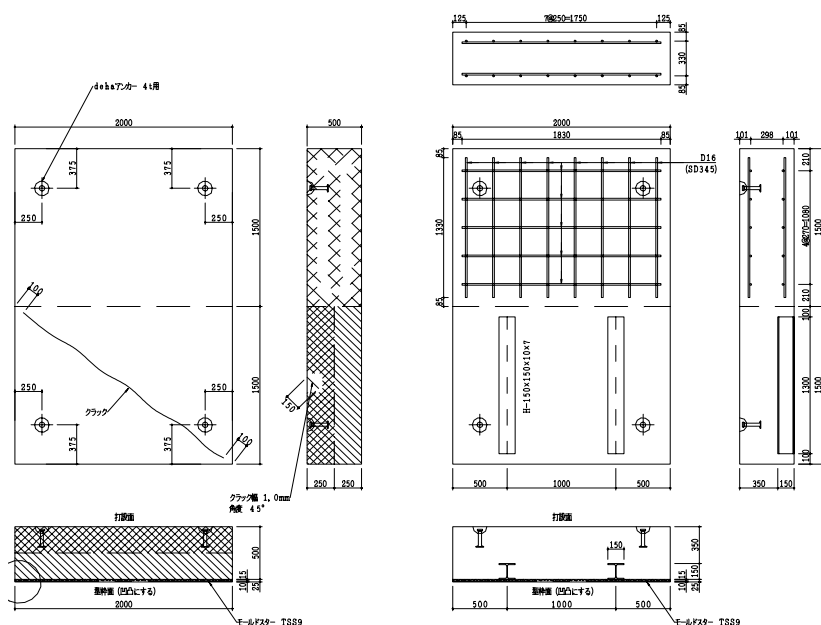


図1 模擬覆工（厚さ50cm）

表1 試験パラメータ

種 別	パラメータ
覆 工	健 全
	施工不良
	鉄 筋
	支 保 工
背面地山	空 隙
	矢 板
	漏 水

表2 電磁波探査装置の仕様

項 目	性 能
レーダ方式	ステップ式
アンテナ方式	3素子ダイポール
周波数帯域	30MHz～最大1GHz
測定速度	時速2km以下

キーワード：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 番 33 TEL(0568)47-5374 FAX(0568)-47-5364

3. 試験結果

検出試験結果の一例を図2～7に示す。

1) 施工不良の影響

施工不良箇所における反射波の強度は、健全部と比較して大きな違いは見られなかった。覆工厚50cmの場合（図2）は、覆工背面の位置および10cm角、20cm角、40cm角の空隙を明瞭に検出できた。なお、最小である10cm角の空隙からの反射波強度は、覆工背面からの反射波に対して約1.5倍であった。覆工厚70cm（図3）の場合は、コンクリート内での電磁波の減衰が大きく、覆工背面および空隙からの反射波を明瞭に捉えることはできなかった。

2) 鉄筋・支保工の影響

鉄筋箇所（図4）では、電磁波が鉄筋で強く反射しているが、探査深度50cm付近にも強い反射波が確認でき、覆工背面は検出できたが、空隙からの明瞭な反射波を捉えることはできなかった。

支保工箇所（図5）では、支保工による強い反射波の影響を受けるが、支保工の間に健全箇所と同強度の反射波を確認でき、覆工背面の検出は可能である。空隙は、最大の40cm角からの微弱な反射波を捉えているケースもあったが、全般的にみれば検出は難しい。

3) 矢板・漏水の影響

矢板箇所では、覆工背面からの反射波の強度が健全箇所と比べて約2倍であり、背面の位置を明瞭に検出できた。空隙についても10cm角のものまで検出できた。

漏水箇所では、他の場合とは異なり、反射波の位相が逆転しているが、覆工背面からの反射波の強度は、健全箇所と絶対値では同じであり、覆工背面は検出可能である。空隙は20cm角のものが検出できたが、10cm角は明瞭な反射波を捉えられなかった。（図6、7）

4. まとめ

周波数が段階的に変化する電磁波探査装置の適用可能性について、模擬覆工および模擬地山を用いて検出試験を実施した。その結果、覆工厚50cmの場合には覆工背面からの反射波を捉えることができるが、覆工厚70cmの場合には明瞭な反射波を捉えることができなかった。空隙は、覆工厚50cmの場合、健全、施工不良、矢板に対しては10cm角、漏水に対しては20cm角、支保工に対しては40cm角までの検出ができ、鉄筋に対しては検出が困難であった。

覆工厚 50cm
健全 施工不良

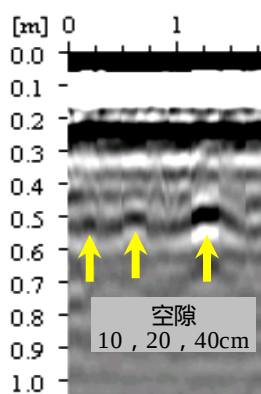


図2 測定結果
（施工不良）

覆工厚 70cm
健全 施工不良

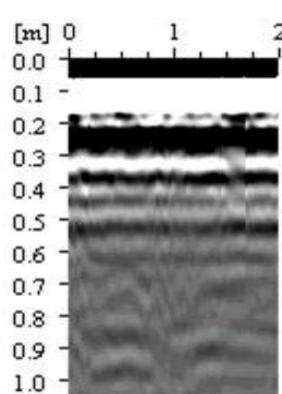


図3 測定結果
（施工不良）

覆工厚 50cm

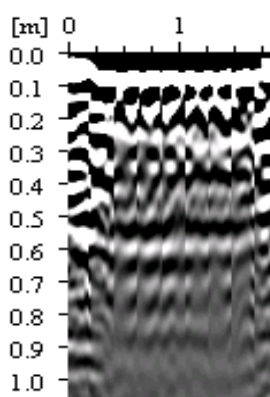


図4 測定結果
（鉄筋）

覆工厚 50cm

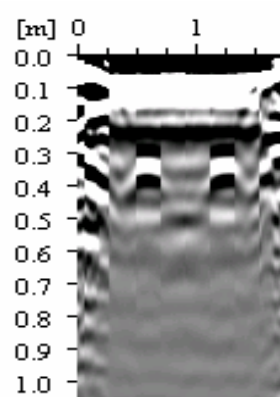


図5 測定結果
（支保工）

覆工厚 50cm

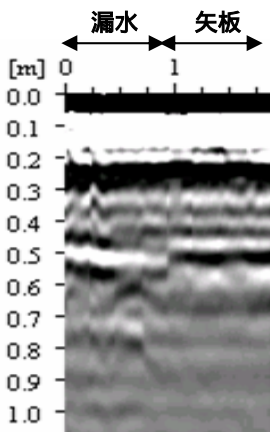


図6 測定結果
（漏水・矢板）

覆工厚 50cm

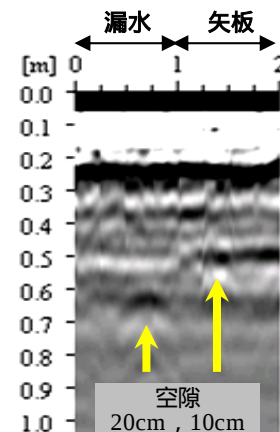


図7 測定結果
（漏水・矢板）