

覆工背面空洞の充填確認方法における電磁波レーダ法の適用性について

東急建設株式会社 正会員 ○前原 聡, 佐藤 務
鈴木 将充, 早川 健司, 伊藤 正憲

1. はじめに

NATM 工法が導入される以前に建設されたトンネルの覆工は矢板工法により構築され、覆工背面と地山との境に空洞が発生している事例が多く報告されている^{1),2)}。この空洞があることによって、覆工に局部的で不均等な荷重が作用し、十分な地盤反力が期待できない場合がある。このことから、覆工の安定性を向上させるために、空洞充填による補修が変状対策の基本で優先度の大きい対策として実施されている^{1),2)}。

この空洞充填における施工では、充填管理方法として、注入口での圧力計測、充填材の数量管理、充填センサーなどによる充填確認を行っている。また、充填後においては、コア採取により実際の充填状況を目視にて確認する方法などによって管理している。ただし、充填センサーやコア採取による方法では、確認できる箇所が限定的であることから、空洞全体における充填状況を把握することが困難な状況である。

ここで、充填前の覆工背面の空洞状況を把握する方法の一つとして、電磁波レーダ法による非破壊検査方法がある。これは、インパルス状の電磁波をアンテナ部より覆工コンクリート中に放射し、空洞などの比誘電率の異なる物質からの反射波を再びアンテナ部で受信し、往復の伝搬時間からその位置を把握する方法である。この方法は、充填前の覆工背面の空洞を調査する事例は多いものの、充填後の充填確認を対象として検討した事例は少ない。そこで本研究では、覆工背面の空洞に対して充填後を対象とした確認方法を想定し、電磁波レーダ法の適用性について、模擬試験体を用いて実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 模擬試験体

表-1 に模擬試験体に用いた材料の概要を示す。充填材は、各指針において性能が規定されており、エアモルタルや特殊増粘剤を用いた可塑状モルタルなどの無機系充填材と発泡ウレタンなどの非無機系充填材に大

別されている^{1),2)}。本研究では、無機系充填材として発泡ビーズを用いた軽量可塑状モルタル³⁾を、非無機系充填材を想定して押出法ポリスチレンフォーム断熱材を用いた。図-1 に模擬試験体の概要を示す。模擬試験体は、空洞充填の補修事例を参考にし、覆工厚さを 300mm、空洞厚さ 400mm とし、その空洞部分にそれぞれの充填材を設置した。また、充填材と地盤との境に直径 50mm、100mm、200mm の空洞を模擬して設けた。

表-1 模擬試験体の使用材料

項目		概要
コンクリート		スランプ：13.0cm、空気量：6.0%、温度：11.7℃ 見かけの密度：2.31g/cm ³ （材齢 28 日） 圧縮強度：35.4N/mm ² （材齢 28 日）
充填材	無機系	見かけの密度：1.14 g/cm ³ （材齢 28 日） 圧縮強度：2.80 N/mm ² （材齢 28 日）
	非無機系	押出法ポリスチレンフォーム断熱材 1 種 b

表-2 電磁波レーダ装置の仕様

コントローラー		アンテナ	
MODEL	SIR-3000	MODEL	3102
アンテナ数	1 チャンネル	中心周波数	400MHz
ハードドライブ	2.0GB	出力パルス電圧	100V
	CF カード	最大供給電力	41.7W
プリンタ I/F	セントロニクス	最大出力	8.0W
外部出力 I/F	RS-232C	平均出力	0.2mW
電源	GSSI バッテリー	出力パルス幅	2.0ns

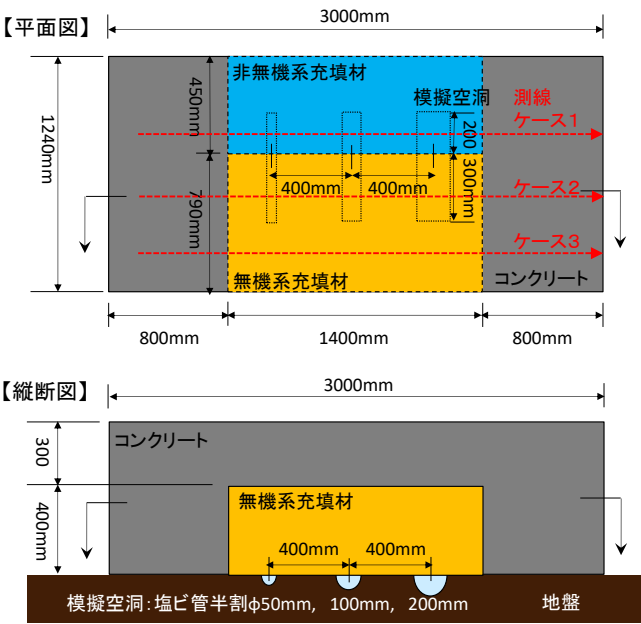


図-1 模擬試験体の概要

キーワード：背面空洞、充填確認、空洞調査、電磁波レーダ法

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 土木研究グループ Tel:042-763-9507

2.2 実験概要

表-2 に電磁波レーダ装置の仕様を示す。図-1 に示す 3 測線において、電磁波レーダ装置を走査させ、レーダ画像を取得した。なお、3 測線のうち、ケース 1 は非無機系充填材で空洞ありを、ケース 2, 3 は無機系充填材での空洞の有無を想定している。

3. 実験結果および考察

図-2 にケース 1 の電磁波レーダ法による調査結果を示す。コンクリート表面から深さ 200mm~300mm の位置に強い反射波があり、コンクリートと非無機系充填材の水平方向の境界位置が明確に確認することができた。さらに、コンクリートと非無機系充填材の鉛直方向の境界位置も確認された。ただし、試験体中央部の 500mm 以深では反射波の乱れがあり、模擬空洞を観察することができなかった。

図-3 にケース 2 の調査結果を示す。コンクリート表面から 300mm 程度の深さの位置に試験体中心より両端下りの反射波が確認され、コンクリートと無機系充填材の境界と考えられる。また、深度 700mm 付近に 3 つの反射波が見られ、模擬空洞の位置と概ね一致している。ただし、模擬空洞の大きさの違いまでは判別できなかった。なお、水平方向の境界が確認されるのに対して、コンクリートと無機系充填材の鉛直方向（側面）の境界では強い反射が観察されなかった。これは、無機系充填材の比誘電率が非無機系充填材よりもコンクリートに近いものと考えられる。

図-4 にケース 3 の調査結果を示す。ケース 2 と同様に深さ 200mm~300mm の位置に反射波があり、コンクリートと無機系充填材の境界が観察されるが、鉛直方向（側面）の境界での反射は観察されなかった。コンクリートと地盤の境界（深度 700mm 付近）では、反射波は確認されず、ケース 2 の空洞がある場合とは異なる結果となった。

以上のことから、比誘電率がコンクリートに近いと考えられる無機系充填材では、充填材以深の空洞を電磁波レーダ法により検出できるものとする。今後、空洞の大きさ、深さや電磁波レーダの設定条件などの影響を検討し、知見を得ることで、より精度よく検出する方法を構築することができると考える。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた知見を以下に示す。

(1) 非無機系充填材と無機系充填材とも、コンクリー

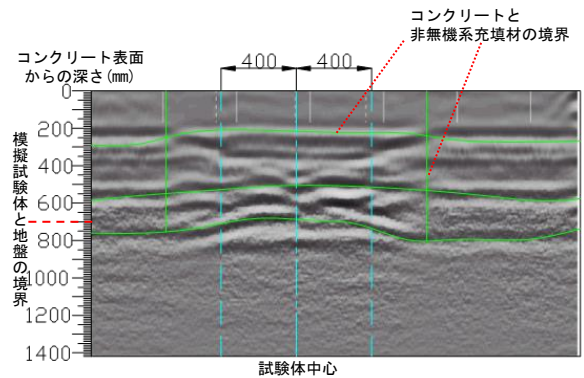


図-2 電磁波レーダ法による調査結果
(ケース 1：非無機系充填材，空洞あり)

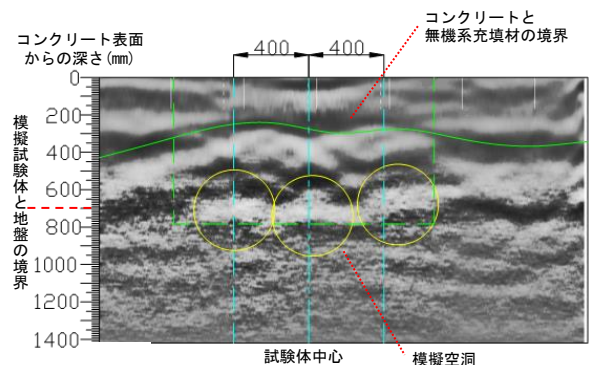


図-3 電磁波レーダ法による調査結果
(ケース 2：無機系充填材，空洞あり)

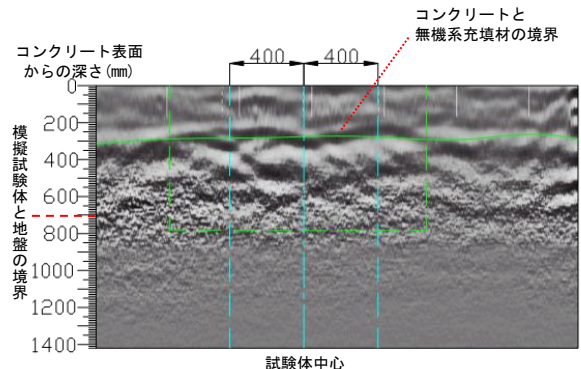


図-4 電磁波レーダ法による調査結果
(ケース 3：無機系充填材，空洞なし)

- トとの水平方向の境界が確認することができた。
- (2) 非無機系充填材の場合、コンクリートの比誘電率と大きく異なることから、充填材より以深の空洞を検出することは困難であると考えられる。
 - (3) 無機系充填材の比誘電率は、コンクリートに近いものと考えられ、充填材より以深の空洞を電磁波レーダ法にて検出できることが示唆された。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究：変状トンネル対策工設計マニュアル，1998 年
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社：矢板工法トンネルの背面空洞注入工 設計・施工要領，2006 年
- 3) 前原 聡，伊藤 正憲，早川 健司，徳留 修，鈴木 祥三：トンネル覆工背面空洞充填工に適用する高強度可塑性モルタルの優位性の検証，土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集 第 6 部，2008 年