

電磁波を利用したトンネル覆工内部検査車の開発

J R 東日本 正会員 ○ 田村 隆志*
三井造船(株) 正会員 森島 弘吉**

1. はじめに

J R 東日本では、平成 11 年度に発生した新幹線トンネルでのコンクリート塊落下事故を契機に作成された「トンネル保守管理マニュアル」に基づき、トンネル維持管理と検査・点検を行ってきたが、その作業に膨大な経費と人手がかかる事とその検査結果に対する精度のばらつきが発生する事を懸念し、新たなトンネル健全性検査手法の開発に取り組んできた。

今回、非破壊検査法のひとつである電磁波によるコンクリート構造物の検査手法に着目しその原理を利用した検査車を開発した。ここでは、主にその検査手法について報告を行う。

2. 開発の概要

1) 検査手法

土木・建築分野におけるコンクリート構造物の検査法では、各種の物理探査法を応用した非破壊検査法が採用されている。これらの探査法は、目的によって選択あるいは併用されて検査対象物の内部を知ろうとしている。特に、内部欠陥検査法では、表 - 1 に示す各方法が一般的に適用されている。これらの検査法には各々長所・短所があるが、トンネル覆工内部欠陥検査法への適用では、検査精度、調査作業効率、データの視認性などの利点をもつ「電磁波探査法の応用」が適正であると筆者達は考えた。

表 - 1 コンクリート構造物検査法の適用性

検査法	コンクリート内部での適正探査深度	現在の適用性			検査範囲	備 考
		表層	内部	背面		
打撃音検査法	10 cm 以内	○		×	点	巻厚が薄い箇所での適用は有効 検査深度を深める研究がなされている 点調査のため、範囲の特定が難しい
超音波検査法	数 cm ~ 数 m	○			点	表面からごく浅い箇所の空隙などの調査に適用性がある 点調査のため、範囲の特定が難しい
電磁波検査法	数 cm ~ 数 m	↓ ○	↓ ○		点 ↓ 面	内部検査法としては適用範囲が多い 多測線でのアンテナ走査により面情報での取得も可能となっている 分解能を高める研究がなされ、表層・内部検査にも適用されている
弾性波検査法	数 cm ~ 数 m		○		点	実用化がなされている（可搬式） 検査精度に問題がある場合もある
（熱）赤外線検査法	表面	○		×	面	表面の剥離層検知には有効である 温度変化が必要であるため、坑内での検査には不向きな面がある
中性子検査法	数 cm ~ 数十 cm			-	面	明かり構造物での検査実例が報告されているが、閉空間での検査には適用は難しい
放射線検査法	数 cm ~ 数十 cm			-	面	放射線取り扱い規制を受けるため、一般的な検査への適用は難しい

キーワード : トンネル覆工検査、コンクリート非破壊検査、マルチパスリニアアレイレーダ

連絡先 : * 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 0 番地 048-651-2389
** 〒706-8651 岡山県玉野市玉 3 丁目 1 番 1 号 0863-23-2335

2) 電磁波によるトンネル覆工内部検査

従来の電磁波（地中レーダ）探査法では、1組の送信アンテナと受信アンテナの組合せで、内部欠陥からの反射波を捉え、これを解析してその位置と欠陥規模を想定していたが、アンテナ走査断面での二次元的映像での欠陥想定となるため、分解能が低く欠陥形状の読み取り技術が必要とされていた。JR東日本と三井造船㈱では、マルチパスリニアアレイレーダ（以下MLAレーダ）原理を応用した電磁波探査法を実用化し、効率的な検査を可能とする。多経路（マルチパス）での送信・受信を可能とし、高い検査分解能を有する。傾いたひび割れ等従来反射波を捉え難い面からの反射も捉えることができる。鉄筋などを原寸で検知し更にその周辺の空洞などの欠陥を検知可能となる。等の特長を生かし、最大限の内部欠陥検知を可能とした検査法を導入することとした。



写真1： MLAレーダアンテナ
（トンネル形状にあわせ、曲面
となっている）

3) 実証試験

実機搭載予定の MLAレーダアンテナを使い、土漕内に設けた欠陥モデルの探査性能確認試験を実施した。その結果、図1のように良好な検知映像を確認することができた。

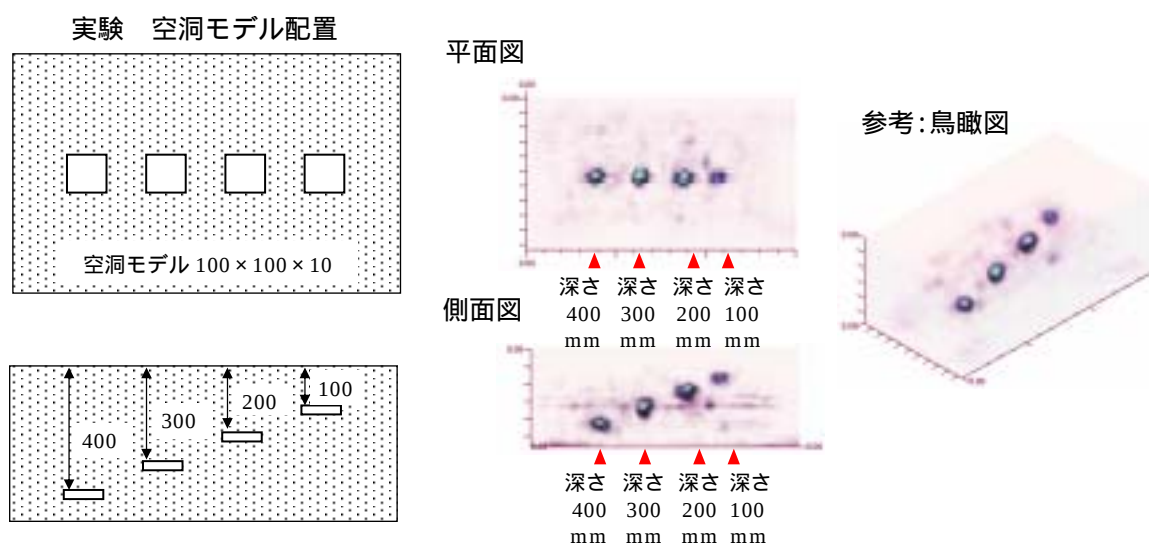


図1： 性能確認試験と検知映像

3. 開発された検査法の運用

本検査法の総合性能評価試験では、本検査のプロト機を製作し、実トンネルの内部欠陥（ひび割れ・ジャンカ）の検知に成功している。さらに実用機の完成品で上記3)項のように、最小欠陥モデル(100mm×100mm)の深度400mmでの検知を確認した。これらを踏まえて、今後はトンネル覆工表面の撮影画像と組み合わせた劣化度判定法について検討・確定していく予定である。

4. まとめ

現在検討中のトンネル覆工内部検査車は以下のような機能搭載を計画している。

- 1) 自走式モーター搭載型で、3組のアンテナを装備し効率的な検査を可能とする。
- 2) トンネル半断面を7測線で網羅できるよう、アンテナ支持装置を設ける。
- 3) 欠陥部の半自動抽出ソフトウェアを搭載し、解析作業の効率化を図る。