

トンネル覆工検査車の開発

J R 東日本 正会員 ○ 秋山 保行*

J R 東日本 田村 隆志*

J R 東日本 森島 啓行**

1. はじめに

平成 11 年度に発生した山陽新幹線のコンクリート塊落下事故を受け発足した「トンネル安全問題検討会」の検討結果により、従来の目視による検査に加えて、高所作業車等を使用したコンクリート覆工の至近距離からの目視検査および打音検査を一定の周期で行ってきている。打音検査はコンクリート覆工の表面をハンマーで打撃し、その打撃音から異常の有無を判断するものであるが、膨大な経費と人手がかかるうえに経験と勘にたよった作業で精度にばらつきがあり、かつ、作業員の肉体的負担の大きな作業である。

そこで、打音検査にかわる効率的で高精度のコンクリート覆工内部の検査を自動的に行うトンネル覆工検査車の開発を行うことにした。

2. 開発の概要

1) 検査技術

コンクリート内部欠陥の検査方法には、破壊検査方式と非破壊検査方式があるが、破壊検査方式は正確な反面、構造物を一時的に破壊する必要があり、多くの時間と経費がかかると言う問題点がある。そこで、構造物を破壊せず、効率的かつ一定の精度で検査可能な非破壊検査技術を採用することとした。

非破壊検査技術は各種あるが、移動しながら任意の幅で一定の深さまでコンクリート内部の欠陥等を立体視可能なデータとして出力できる電磁波レーダ技術の一種であるマルチパスリニアアレイレーダ（以下 M L A レーダ）の技術を採用することにした。電磁波レーダは、検査対象物内部の電気的特性（誘電率）の違う境界部分からの断続的な反射波を受信し、送受信時間を演算することで検知箇所、形状を特定するものである。図 1 に M L A レーダと従来型電磁波レーダの原理を示す。

従来型レーダは、1 組のアンテナで送受信を行う（シングルパス方式）ことから、1 断面の 2 次元データしか得られないのと分解能が低く、複雑な形状の変化は捉えがたい等の問題があった。これに対し、M L A レーダは、以下のような特徴がある。

アンテナ走査方向に対して直角に多数の送受信アンテナを並べ、一時に広い範囲（幅 1 m）の検査ができる。16 組のアンテナ列で検査対象に対して 1cm 移動する毎に 16 × 16 で 256 とおり（マルチパス）の送受信ができ、より複雑で細かい 3 次元に広がった目標を探索できる。1 つの目標に対して多数の電波を送

マルチパスリニアアレイレーダと従来型電磁波レーダの原理

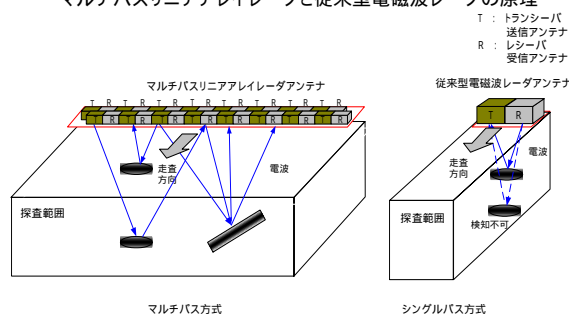


図 1: M L A レーダと従来型レーダの原理



図 2: M L A レーダアンテナ

キーワード：トンネル検査、コンクリート非破壊検査、電磁波レーダ

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

** 〒950-8641 新潟県新潟市花園 1-1-1 025-248-5176

受信できることから S / N 比の高い探査データが得られ、コンクリート内部の欠陥が詳細にわかる。

この M L A レーダは、視認性の優れた 3 次元画像表示ができることと、それら任意の位置での断面表示ができるので、詳細な解析が可能である。図 2 に M L A レーダアンテナを示す。

2) 検査車両

新幹線トンネル等を利用して、M L A レーダアンテナを支える支持装置を試作し、軌陸車に搭載し各種試験を行った。図 3 に現場トンネルでの試験風景を示す。

アンテナ支持装置には、トンネルの覆工表面の不陸に対応するためにエアシリンダーを利用し、円滑に探査ができる等の工夫がなされている。最終的に導入される車両は、各種検討の結果、効率性等を考慮して、新幹線対応タイプの場合、3 台のレーダアンテナを搭載し、モーターカーで検査車両を牽引することで考えている。



図 3：現場トンネル試験状況

3. 現地トンネル総合性能評価試験

最終的なレーダの性能や検査効率の検討を行うために新幹線トンネルにおいて総合性能評価試験を実施した。具体的には、レーダで異常と判断された箇所について、ボーリング調査を行い変状の有無を確認する事でレーダの性能を確認した。図 4 にレーダ解析データ、図 5 にその部分のボーリングコアを示す。この部分は、ハンマーによる打音検査では、異常はわからなかったのであるが、コアを抜いてみると覆工表面から 100 mm 程度の深さのところの小規模なジャンカがあることがわかり、レーダの高性能が証明された。その他数箇所の比較においても、空洞等がレーダで確実に探査されることがわかった。

また、検査効率の検証では、アンテナ支持装置のセットに少々時間がかかるものの、3 時間弱の時間があれば、複線トンネルの半断面を約 700 m 程度検査することが可能であることがわかった。

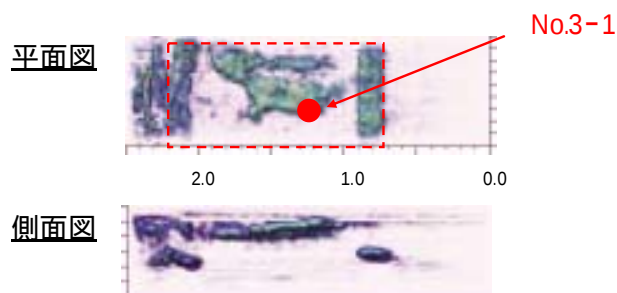


図 4：レーダ解析結果



図 5：ボーリングコア写真（コア No.3-1）

4. まとめ

今回、各種試験等の結果より開発する新幹線用トンネル覆工検査車は以下のような概要となる。

- 1) モーターカー牽引タイプで 3 台の M L A レーダアンテナを搭載し、3.5 km/h 以下の速度での検査で行う。
- 2) 探査最大深さは 300 mm 程度であり、コンクリート内部の変状を捉えるものである。

<謝辞>

本研究は三井造船(株)との共同研究の成果であり、データ提供等ご協力頂いた皆様に感謝の意を表します。