

## 営業線における信号伝播モデルを用いたレーダ探査による盛土内部空洞探査試験

JR 西日本 正会員

○丸山 直樹

JR 西日本 正会員

山口 義信

山口大学

田中 正吾

MHI ソリューションテクノロジーズ

西本 健

## 1. はじめに

鉄道の線路下を横断する経年を経た陶製の埋設管（伏び）破損に起因する線路陥没災害に対し、信号伝播モデルを用いたレーダ探査(図-1)による盛土内部空洞探査手法を検討している。従来は濃淡画像法と呼ばれるレーダ探査手法であるのに対し、信号伝播モデルを用いた解析手法では、あらかじめ予測されるレーダ波形と実際に受信された波形の類似度を評価して地盤状態を調査するため、比較的明確に空洞や埋設物の位置を表示することができる(図-2)。

本論文では、信号伝播モデル手法を活用して営業に供されている線路(営業線)上で伏びを探査した結果について述べる。

## 2. メカニズム

従来の電磁波レーダを利用した地中探査手法においては、濃淡画像法という手法がとられてきた。その基本原理は地中からの反射波が送信されてから受信されるまでの時間ごとに反射波の振幅を求め、その強度に応じてカラー表示するものであり、カラー表示から空洞・伏びを見出すためには熟練を要した。信号伝播モデルは、基本的な反射波形をモデル化し、反射による位相の反転、減衰による挙動をパターン化することにより非熟練者でも判別が可能となるような仕組みとなっている。

## 3. 営業線における試験

営業線において、伏びを探査する試験を実施した。その際に、リアルタイムに解析を行うことができるレーダ装を搭載した台車を用いた(写真-1)。台車走行速度及びレーダアンテナのマクラギ面からの離れ(リフトオフ 図-3)をパラメータとし、検知可能深さについて調査した。

## 4. 台車走行速度による検知性能の違い

図-4 は時速 3km、図-5 は時速 10km で台車を走行させた際の同一の伏び(埋設深度 1.2m、径 300mm)に対するキーワード 伏び、レーダ、信号伝播モデル、リフトオフ

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社技術部 Tel 06-6376-8136

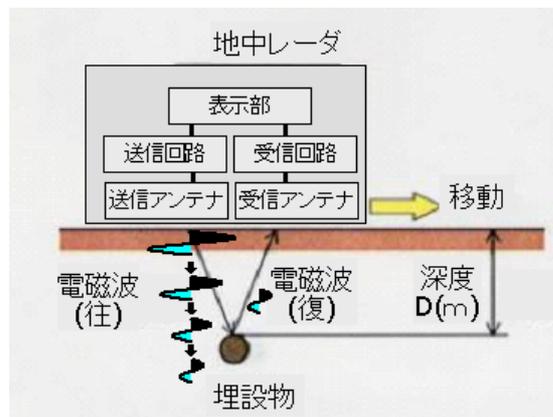
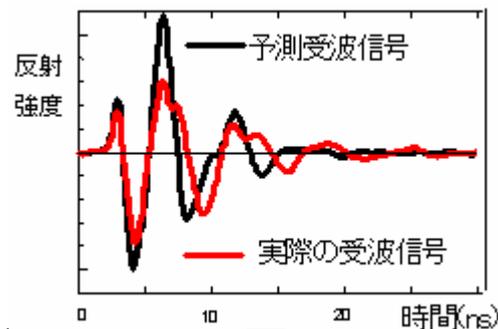


図-1 レーダ探査の概念図



予測受波信号の波形パターンより実際の受波信号をマッチング

実際の受波信号の振幅より

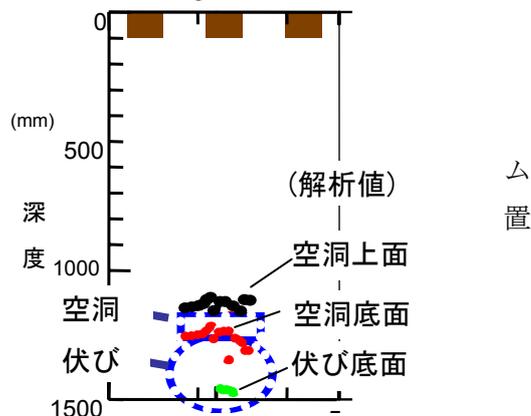
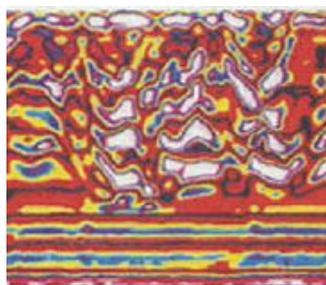


図-2 濃淡画像法と信号伝播モデルの概念図

る探査結果である。サンプリングを行うピッチについてはリアルタイムに解析を行う解析速度を考慮してそれぞれ 50mm および 200mm としたが、その結果、時速 3km のケースでは 5 点でデータが取れており、時速 10km のケースでは 2 点でデータが取れている。時速 3km の場合に、取得されたデータの数が計算上は 7 点取れるはずであるが 5 点となったことについては、伏びが円形の断面であり、端部において反射した電磁波が散乱したため受信できなかったことが考えられる。探査対象物の端部での反射波が受信できない可能性を考慮すると、径 200mm 程度の伏びや空洞を検知するためには時速 3km 程度での探査とするか、解析速度の向上によりサンプリング間隔を向上させる必要があることが分かった。



写真-1 レーダ探査用走行台車

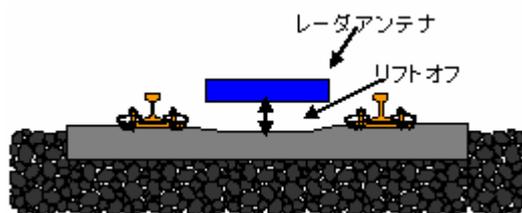


図-3 リフトオフの概念図

**5. リフトオフによる検知性能の違い**

実際の線路上ではマクラギ上面よりも高い位置にバラストが盛られているケースや、マクラギの上にバラストが乗っているケースもあるため、台車に搭載して、レーダアンテナを障害物に衝撃することなくレーダ探査を行うためには一定量浮かせる(リフトオフ)必要があるものと考えられる。その観点から、レーダアンテナを浮かせた場合の伏びの検知能力を調べた。

リフトオフと検知限界の深さの関係は図-6 に示すとおりである。検知限界は検知が不能とならなかった最大深さで示している。リフトオフ 50mm 程度では、実用上は 1.5m 程度が検出するための限度で、リフトオフ 100mm の場合では深度 1m 程度である。

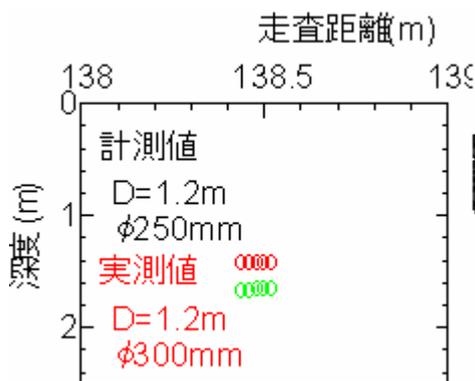


図-4 時速 3km での検測ケース

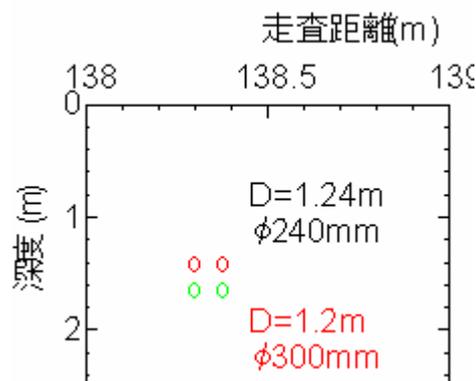


図-5 時速 10km での検測ケース

**6. 今後の課題**

今回の研究により、信号伝播モデルによる探査手法では、実際使用する状態に近い 50mm のリフトオフをとった状態で、深度 1.5m~2m 程度の伏びまで探査できる可能性があること及び現状では時速 3km 程度でリアルタイムに解析出来ることが分かった。

今後の課題として、伏びだけではなく空洞に対しての探査可能深度の確認、深度 2m 以上の箇所にある空洞を探査できる手法へ改良する必要がある。

参考文献

- ・ 田中正吾他, 計測自動制御学会論文集, Vol. 39, No. 5, 432/440 (2003) 信号伝播モデルに基づく電磁波レーダによるコンクリート構造物の非破壊検査

- ・ 泉並良二他, 土木学会第 60 回年次学術講演会論文集, VI-126, pp251-252, 2004. 9, 盛土内部空洞探査手法の開発

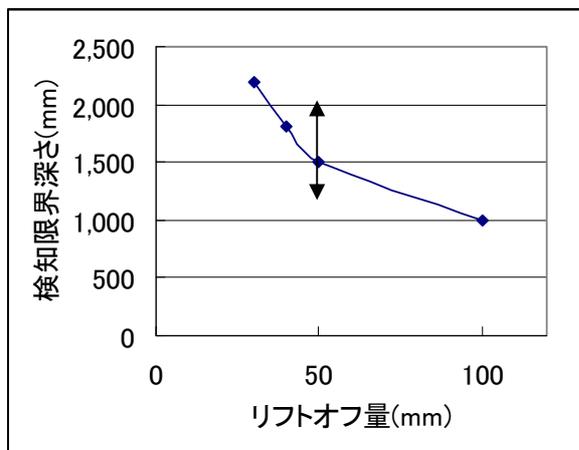


図-6 リフトオフと検知限界深さ