

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手法

JR 西日本

正会員 ○丸山 直樹 小林 徹 鈴木 喜也

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管造の伏び(暗渠)破損に起因する陥没災害に対し、既往の研究により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手法が開発された(図-1)。従来の濃淡画像法と呼ばれるレーダ探査手法では、地中に放射された電磁波の反射強度を濃淡の画像で表示し、それによって地盤状態を判断するようになっているが、人間が画像を見て判断するため、判然としないという欠点があった。それに対し、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。この調査手法に関して以前、モデル盛土にて深さ最大約 2m の伏び(ϕ 300)及び模擬空洞($300 \times 300 \times 100$)が判別できることが確認されている。

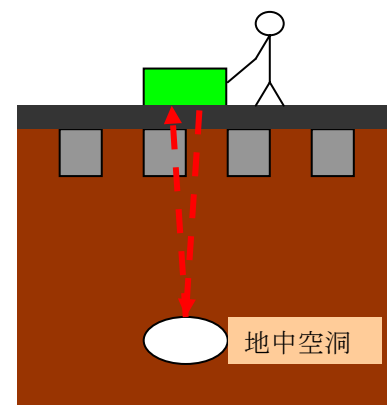


図-1 空洞探査概念図

本論文では信号伝播モデルを用いたレーダ探査法についての詳細な調査結果について述べる。

2. 供試体による検証

PCマクラギを使用した供試体を作成し、空洞探査試験を行った。この際に、レーダの移動方式による受信信号の比較検討を行った。すなわち、送信・受信のアンテナの並びを線路平行方向に配置するか(縦方式)、アンテナの並びを線路直角方向に配置するか(横方式)の違いである(図-2)。縦方式では、PCマクラギの上と間での波形の違いが大きい(図-3 上)。それに対し、横方式では、PCマクラギの上と間での波形の差異が少ない(図-3 下)。これは、PCマクラギからの電磁波の反射が少ないということである。また、横方式では、縦方式では見ることができなかった供試体底面の反射波形がPCマクラギの間で判別できている(図中緑丸)。これらから、精度良く測定するためには横方式が最適であることが分かる。

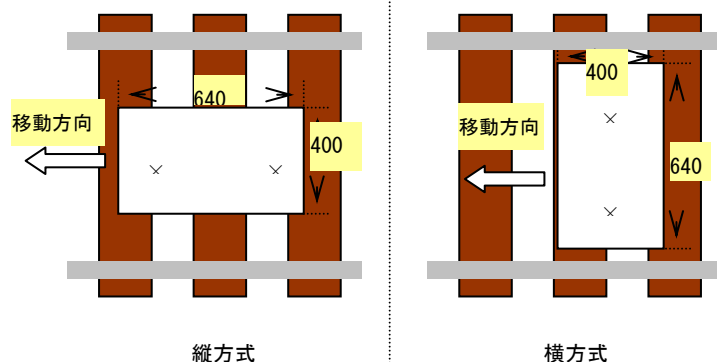


図-2 縦方式と横方式の違い

3. モデル盛土における検証

鉄道盛土を模したモデル盛土において、定量的評価を実施した。モデル盛土には表面にバラスト、木マクラギを配置し、深さ 1m～3.25m(盛土天端より)に渡り陶管製伏び(ϕ 200 及び 300)、模擬空洞(発泡スチロール製、 $300W \times 300D \times 100H$)を配置した。

図-4に、探査を行った結果を示す。なお、縦軸が深さ、横軸が線路平行方向の位置を示す。探査結果の赤、緑が濃いほど信頼度

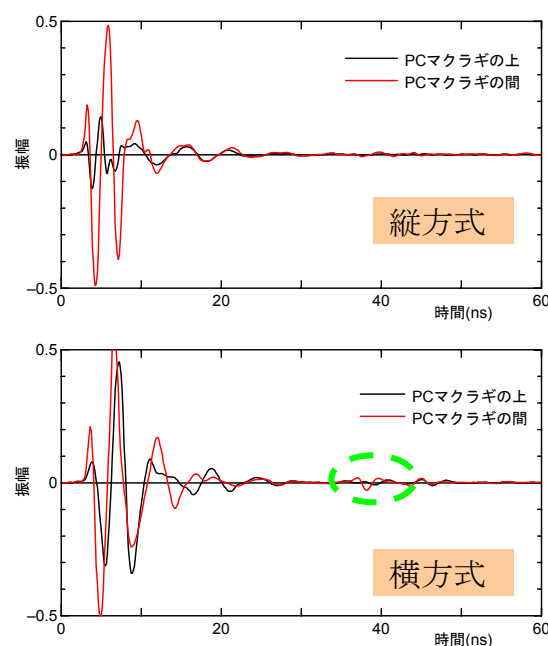


図-3 縦方式・横方式の受信信号の相違

キーワード 信号伝播モデル、伏び、空洞、レーダ、横方式

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

が高い。この箇所では、木マクラギが配置されており、マクラギの真下 1,150mm の位置に空洞を模した発泡スチロール(縦)500mm×(横)500mm×(厚)100mm が、その直下に伏びが配置されている。左は直径 300mm、右は直径 200mm の伏びとなっている。

これらによると、精度良く空洞(赤)及び伏び(緑)が検出されている。伏びについては底面のみ検出された形になっているが、これは発泡スチロールと伏びが接触しているからで、離隔があれば別々に検出されていたのではないかと考えられる。

4. 現場線区での検証

木マクラギが設置されている線区において、探査試験を行った。測定現場の断面を図-5、測定状況写真を図-6に示す。マクラギ天端から 2,400mm の位置に、伏び(ϕ 300mm)の天端がある。ここで、軌間内と施工基面両方で探査装置を走査した。

なお、軌間と施工基面での高さの差はおよそ 450mm である。図-7に探査結果を示すが、実際の伏びの位置を的確に捉えることができています。

5. まとめ

今回の研究により、次のような知見が得られた。

- レーダの移動方式を横移動とすることにより、受信波形を精度よく受信できる。
- モデル盛土では、モデル空洞下に伏びを配置しても検出できており、有用性が確認された。
- 現場における探査では、木マクラギ区間で深さ 2,400mm の伏びを確認できた。

今後の課題として、移動速度と検出可能深さの関係及び精度の向上、レーダの車両搭載に向けての改良などを行う必要がある。

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

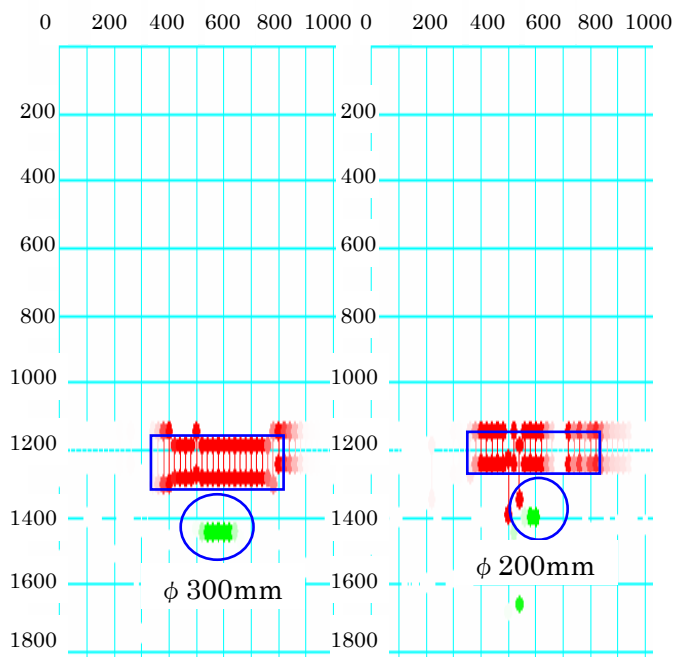


図-4 モデル空洞・伏び探査結果

(モデル空洞下に伏び、左 300mm、右 200mm)

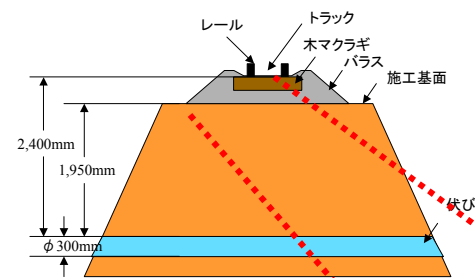


図-5 測定現場断面図



図-6 現場測定状況

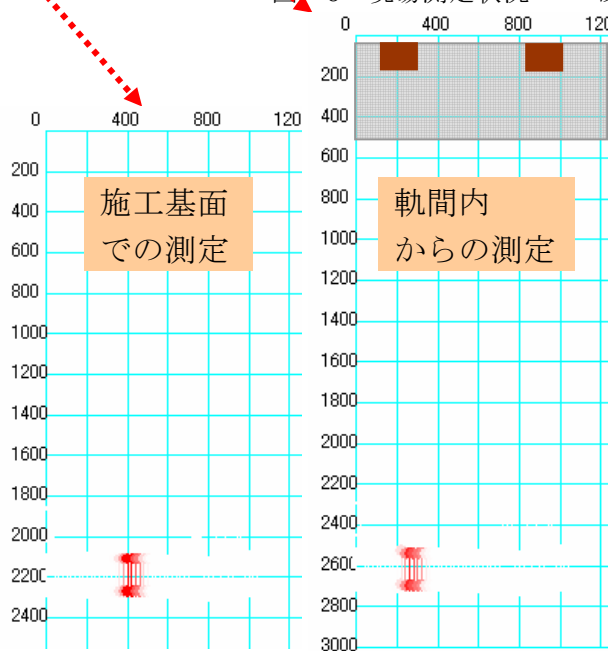


図-7 現場での伏び探査結果