

IV-155

電磁波レーダーによる線路下空洞探査手法の開発

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○森島啓行
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 大井清一郎
 三井造船(株) 木村憲明

1 まえがき

路盤の空洞や緩みに起因する軌道の陥没は、列車の安全運行に直接影響し、場合により重大な事故となる可能性がある。しかし、軌道上を徒歩で巡回しながら目視で検査する現在の検査方法では発見及び予知、予測は不可能であり、陥没が生じて初めて周辺を詳細に検査し、対処しているのが実態である。

そこで、軌道上から路盤内部の状況を効率的に検査する技術の確立が急務となり、将来の検査体制を目指した検査装置の開発が必要となってきた。本報告では、電磁波レーダーを使用した線路下空洞探査装置の開発について報告する。

2 探査装置の概要

路盤内部の状態を探査する技術には、弾性波探査、電気探査、磁気探査、地下レーダー探査等の方法があるが、膨大な延長を持つ、鉄道線路上から効率的に探査する事を目標に検討した結果、道路の空洞探査や地下埋設物探査に実用化されている地下レーダー探査技術を採用することにした。探査装置の機器構成を(図-1)に、試験装置を(図-2)に示す。

電磁波レーダーの電波は、探査対象物の材質、大きさ、探査深度等により異なり、一般的に使用周波数が高い程分解能は良いが減衰率が大きくなり、探査深度が浅くなる傾向にある。本開発においては、30MHz~730 MHzまでの周波数域の電波を使用した。

探査原理は、アンテナから送信されたパルスが、各々の物質の電気的特性（誘伝率、透磁率、導電率）の違う物質の境界面で部分的に反射される。時間を計測し、地中伝播速度により対象物までの距離を算出して探査対象までの位置を特定する。

3 開発の内容

(1) 軌道上より探査するためのアンテナの開発

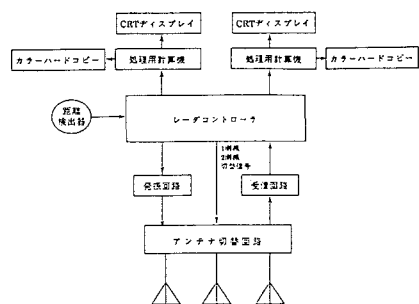
道路で使用されている空洞探査装置、埋設物探査装置のアンテナを使用して、軌道上より探査するとレール及びPCマクラギ等の表面での反射電波が非常に大きく、路盤面以深からの反射電波が全く識別できなくなってしまう。

この影響を除去するために送信1台、受信2台の組合せアンテナの送受信方向を検討した、その結果、マクラギと並行方向で探査することにより、最も明瞭な画像を得ることに成功した。(図-3)にPCマクラギを敷設した模擬空洞の位置を、(図-4)に探査画像データを示す。

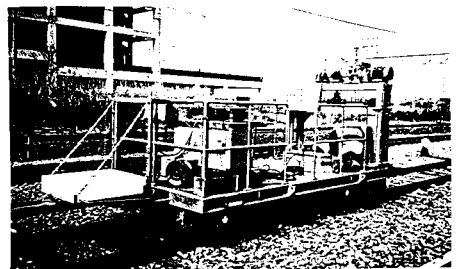
(2) 走行探査のためのアンテナ及びコントローラの改良

軌道直下の空洞を、効率的に精度良く探査するためには、軌間内のできるだけ低い位置にアンテナを

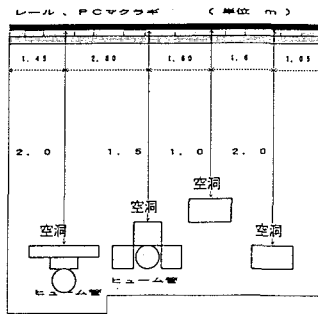
(図-1) 探査装置の機器構成



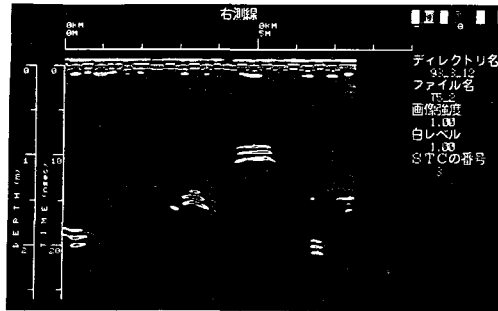
(図-2) 空洞探査試験装置



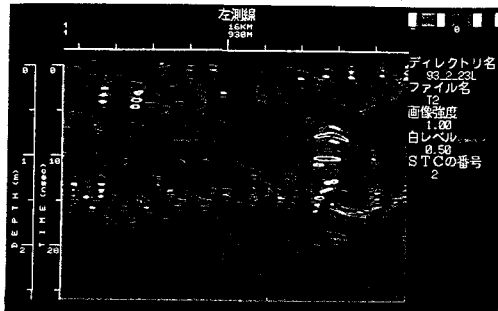
(図-3) 試験軌道の模擬空洞断面図



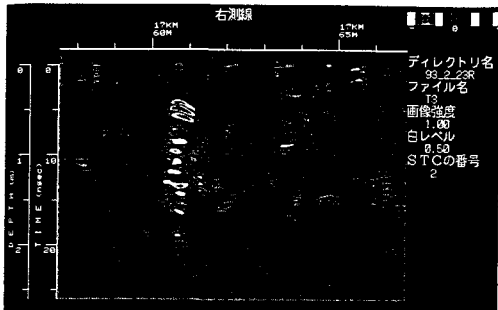
(図-4) マクラギ上面50mmの画像データ



(図-5) 探査速度 5km/hの画像データ



(図-6) 探査速度16km/hの画像データ



垂下して一定速度で走行する必要がある。

そこで、①アンテナエレメントの小型化。②探査分解能向上のためのアンテナ周波数帯域の拡大。③データ処理速度向上のためのハードディスクの増強。④探査断面の1測線(軌間中心)と2測線(軌間右側、左側)計測切替のためのコントローラ改良。等の項目を中心に試験装置を試作した。

(3) 走行探査のための付属装置の開発

①軌間内の施設物が探査の支障となるため超音波式センサーと光電スイッチを組み合わせた前方障害物検知装置を試作した。②障害物を検知し、アンテナを走行速度に応じて、上昇させる昇降装置を試作した。

4 本線での性能試験

以上の試作装置の性能試験を保守基地線他3ヶ所で実施した。内1ヶ所はモーターカーで牽引し、時速16km/hでの走行探査性能を確認した。(図-5, 6)に本線での埋設管の探査データを示す。

5 結果と考察

(1)探査走行速度は時速16km/hまで正常動作しており、探査データも明瞭であり概ね良好であった。(2)探査時のアンテナ高さについてはレール面より10cmが限度と思われる。(3)障害物探査装置は模型障害物について検知できたが、微小物体についても反応するため、実用上なんらかの改良が必要である。(4)昇降装置の上昇動作の性能は確認できたが、装置の軽量化が必要である。(5)走行中での自動上昇と自動下降は開発、改良の余地がある。(6)本線での探査深度は最大2m程度まで確認した。

6 あとがき

レーダーアンテナの模擬空洞での探査性能の確認はできたが、本線での探査性能については、各々の探査箇所の土質及び水位条件の影響を受けるため、実用化にあたっては、各現場条件に応じたデータ処理方法の開発が必要である。

今後は、本線で蓄積した画像データのパタン分類とその解析結果にもとづいた、データ処理法を開発する予定である。