

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 ○三上正憲
 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 小山弘男
 三井造船(株) 木村憲明

1 まえがき

線路下の空洞等による路盤陥没は1年に数回発生している。この空洞等は軌道上から目視で検査する現在の方法では発見できず、陥没が生じてからボーリング等による周辺調査などで対処しているのが実態である。

本報告では電磁波レーダ技術を使用し、軌道上から路盤内部の空洞を効率的に検査する線路下空洞探査装置を開発し、営業線において探査試験を実施したので、その結果について報告する。

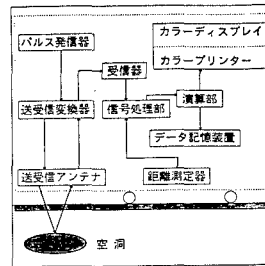
(表-1) FM-CW レーダの基本仕様

周波数帯域	30MHz~730MHz
パルス幅	2~2.5 nsec
送信電力	0.3 mW
トリガ信号周期	2 msec
アンテナ形状	TX, RX: 26×39cm

2 探査装置の概要

本装置の開発条件は、電磁波レーダの技術的限界等を考慮して、探査深度2m(アンテナ下面から)で最小分解能0.5mとした。アンテナの大きさは軌間内(1,067mm)に入る大きさとし、エレメントの形状・方向はPCマクラーの影響を最小限とするものとした。また確実に空洞等を捉えるために軌間内を2測線を同時に平行測定可能なものとした。

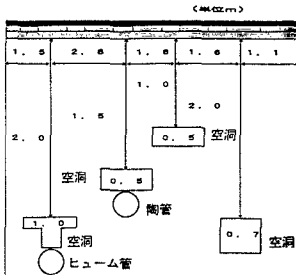
このような開発条件により、探査装置を試作した。表-1はアンテナの基本仕様であり、図-1は本装置の機器構成である。



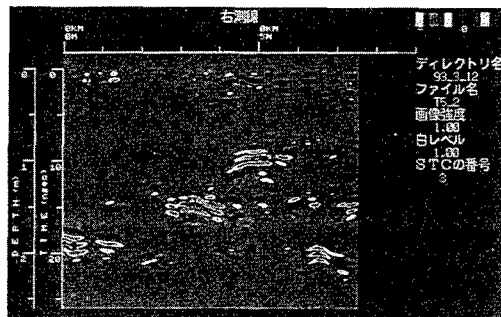
(図-1) 探査装置の機器構成

3 模擬空洞モデルコースでの探査試験

本装置の基本性能を確認するため、モデルコースを造り探査試験を実施した。モデルコースは空洞(発泡チロール)及び管を埋設してまき土で埋め戻し、その上に軌道(レール、PCマクラギ、道床砕石)を敷設したものである。図-2はモデルコースの埋設物位置を示しており、図-3は探査試験により得られた画像である。試験の結果、深度2.0m~2.5mでφ=0.5mのヒューム管及び0.7×0.5×1.0mの空洞を探査できることが確認できた。



(図-2) 模擬空洞断面図



(図-3) 模擬空洞コースの探査画像

4 本線での探査試験

本線において、本装置を用いた探査試験を実施した。さらに分離型アンテナ及び低周波アンテナとの比較試験

も実施した。これらの概要は次のとおりである。

(1)本装置による探査試験

本線路盤において本装置を用い、軌間内及び軌間外を探査した。探査物標は埋設管(土-土 管外径 $\phi = 0.46 \sim 0.91\text{m}$) 全26箇所、深度は0.70~2.30m である。表-2は深度毎の探査試験結果である。探査性能は軌間内深度2m付近で約40%、軌間外深度2m以下で約70% であり、軌間内での探査性能は低かった。

(2)低周波アンテナの探査試験

道路の空洞探査用に開発された低周波アンテナ(周波数10~575MHz、エレメント形状 490×620mm)を用いて本線軌道上で探査試験を実施した。探査物標は埋設管(陶管外径 $\phi = 0.15 \sim 0.46\text{m}$) 全25箇所、深度0.92~2.13m であり、表-3は深度毎の試験結果である。本装置と低周波アンテナを比較すると、本装置の方が探査性能はよかった。

(表-2) 埋設管目標の探査性能 H:深度 ()内箇所数

試験条件	H $\leq 1\text{m}$	H $\leq 1.5\text{m}$	H $\leq 2.0\text{m}$	H $> 2.0\text{m}$
軌間内	75%(3/4)	43%(7/17)	39%(9/23)	0% (0/3)
軌間外	75%(3/4)	71%(12/17)	65%(15/23)	0% (0/3)

(3)分離型アンテナの探査試験

マフの影響を最小とするために送・受信アンテナを分離し、マフを挟んで電波の送受信をする試験を実施した。分離方式は図-4に示すとおりである。探査物標は埋設管(陶管 $\phi = 0.15 \sim 0.46\text{m}$) 8箇所、深度は1.04~1.66m である。表-4は深度毎の探査試験結果である。本装置、分離型、低周波アンテナを比較すると、分離型の性能が良いことが分かった。

(表-3) 低周波アンテナ比較試験 ()内箇所数

深 度	試験条件	本装置	低周波アンテナ
1.5m 未満	軌間内	38%(6/16)	44(7/16)
	軌間外	69(11/16)	56%(9/16)
以 上	軌間内・外	(0/9)	(0/9)

5 空洞探査試験

過去に路盤陥没が生じた箇所において探査試験を実施した。探査は線路延長6,260mについて実施した。空洞と推定されるデータが5箇所、埋設物或いは異物と推定されるデータが7箇所探査できた。これらの箇所をオガや人力にて掘削した。その結果、前者については5箇所中3箇所深度0.5~1.1mの位置で空洞を確認した。後者については7箇所中3箇所深度0.9mの位置で $\phi = 0.38\text{m}$ の埋設管と埋設ケーブル管等を確認した。

(表-4) 分離型・低周波アンテナ比較試験 ()内箇所数

深 度	試験条件	本装置	低周波アンテナ	分 離 型
1.5m 未満	軌間内	40%(2/5)	40%(2/5)	60% (3/5)
	軌間外	60%(3/5)	60%(3/5)	80% (4/5)
1.5m 以上	軌間内	(0/3)	(0/3)	33% (1/3)
	軌間外	(0/3)	(0/3)	33% (1/3)

6 まとめ

(1)今回試作したアンテナの探査性能は土質条件等により左右されるが、深度約1.5mが限度であることがわかった。(2)探査性能を向上させるためには高周波・低周波アンテナ、連結型・分離型、軌間内・軌間外・路肩といった、いくつかの方式による探査結果を重ね合わせて判定する方法も考えられることがわかった。(3)今年度は、低周波で高出力のアンテナを試作、試験すると共に、実用機のプロトタイプを製作し本線試験を実施する予定である。

【参考資料】

森島啓行、大井清一郎、木村憲明：土木学会第48回年次学術講演会講演概要集（平成5年9月）第4部