

線路下空洞探査の一考察

○正会員 後藤 英之
正会員 鈴木 延影
大沢 裕之

1. はじめに

線路下の空洞探査は、レール・PCマクラギ等の磁性体や地下水位の上昇に阻まれ、正確な探査を困難としていた。この度電磁波レーダーにより、路盤内部の空洞を軌道上から効率的に探査する装置の開発を進め、2種類の周波数特性の違うアンテナで、探査深度1.5mまでの空洞を約80%の確率で探査できる見通しがついた。このため既往調査により、路盤の鹿沼土土粒子の流出が道床低下や小規模陥没等の路盤変状（以下「路盤変状」）の有力な原因と考えられていた区間で、更に周波数帯域を拡大した実用探査車両を用いて空洞探査を実施したので、その結果について報告する。

2. 探査区間の特性

(1)探査路盤の特性

探査対象は線路延長で約3.2kmである。この地形は、南北にのびる沖積低地と洪積台地の境界に位置しており、東側には水路を境として沖積低地が広がっている。線路の路盤構成は盛土、関東ローム、及び鹿沼土で構成されている。鹿沼土は、ロームに挟まれた形で分布し、探査区間全般に0.7m程度の厚さで分布している。地下水位は、渇水期で下部のロームと鹿沼土の境界付近に分布している。しかし豊水期には上部ローム層内に上昇し、被圧した状態となっている。（図－1）

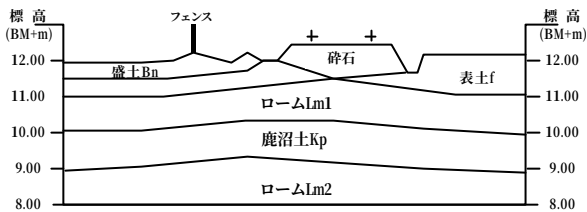
(2)路盤変状の特性

平成9年4月から平成10年9月までの路盤変状の発生時期と発生箇所数を表－1に示す。発生時期は渇水期に少なく、大半が4月～9月の豊水期に集中している。この規模は、深さ1m以上のものが3例、深さ0.5m～1.0mのものが1例、深さ0.2m～0.5mのものが9例、深さ0.2m以下のものが9例となっている。また路盤変状発生から4週間前の総降水量で比較すると、総降水量100mm以上で約80%が発生している。

3. 鉄道用探査レーダーの概要

(1)探査の原理

レーダー探査の原理を図－2に示す。送信アンテナから発信された電波（ $V = 3 \times 10^8 \text{m/sec}$ ：真空中の電磁波速



図－1 探査路盤模式図

表－1 路盤変状の発生時期と

発生箇所数	
発生時期	発生箇所数
H9.4.25 ～4.29	1
H9.5.23 ～5.27	2
H9.6.6 ～6.24	4
H9.8.22	1
H9.10.20	1
H9.12.4	1
H10.1.27	1
H10.2.27	1
H10.4.27 ～4.28	2
H10.7.12	1
H10.8.2 ～8.28	3
H10.9.1	4

キーワード；電磁波、レーダー、陥没

度)は、地中で電気的特性(誘電率)の異なる探査対象物の境界面で部分的に反射し、受信アンテナで受信される。地表から探査対象物までの距離dは発信から受信までに要した時間と伝播速度から深さを算出する。

(2)鉄道用探査レーダーの諸元

今回の鉄道用探査レーダーは、マクラギとマクラギの間で短時間に、連続的かつ効率的に送受信するため、2種類(浅層用レーダー、中層用レーダー)のレーダーを探査目標に応じて、軌間内と軌間外に組み合わせて採用した。軌間内の浅層用レーダーは探査対象の最少識別能力を優先し、周波数帯域を10MHz～1000MHz(中心周波数540MHz)とし、軌間外の中層用レーダーは探査深度性能を優先し、周波数帯域を10MHz～730MHz(中心周波数365MHz)とした。

表－2に浅層用と中層用レーダーアンテナの諸元を示す。

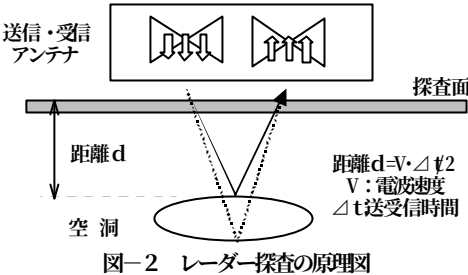
4. 探査結果

今回の探査は、探査対象区間3.2kmのうち、約1.6kmで実施した。探査当日の地下水位はGL－2.4mであった。探査結果を表－3に示す。「空洞の可能性箇所」の一部は試掘の結果、空洞ではなく密度差の大きい層界や多少の路盤の緩みを、反射の強い部分として敏感に捉えていたことがわかった。探査画像(伏び管の可能性箇所)を図－3に示す。この「伏び管の可能性箇所」は、外径φ400の線路横断埋設物であることを確認した。

5. 考察

鉄道構造物のうち土路盤構造物は線路全体の約80%を占めており、建設当時の設計基準に基づいた構造、材料のままとまっている。このため、伏せび等の構造物の破損による空洞の有無の調査は、運転保安上きわめて重要である。この度の探査対象区間では、降雨による地下水位の上昇・パイピング等による鹿沼土層の流失で、路盤内に緩み領域を発生し、路盤変状を招いていると推測する。しかし、予め路盤変状を予測することが困難なため、豊水期の降雨時に探査対象区間3.2kmで巡回警備の強化を余儀なくされ、抜本的な対策に至らないまま軌道保守に苦慮してきた。

今後は、探査画像から個人差なく判定できるマニュアル作成と解析条件を試行し、更に探査精度を高めていく予定である。

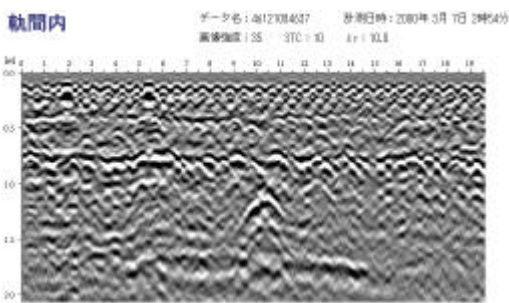


表－2 浅層用と中層用レーダーアンテナの諸元

FM変調CW方式	浅層用レーダー	中層用レーダー
構成	送信1、受信2	送信1、受信1
形状(mm)	W770×D320×H200	W370×D600×H200
掃引周波数:	10～1000MHz	10～730MHz
送信電力:	0.06mW	0.3mW
ドリフ周期:	8msec	8msec

表－3 探査結果

種 別	件 数
空洞の可能性箇所	16
伏び管の可能性箇所	3
信号ケーブルおよび埋設物の可能性箇所	14



図－3 探査画像(伏び管の可能性箇所)