

# 空洞調査に関する実験的検討その1 ―低周波地中レーダによる空洞探査―

(株) 田中地質コンサルタント 正会員 ○野村 成宏  
戸田建設株式会社 正会員 吉野 尚人  
〃 正会員 蟹井 猛宏

## 1. はじめに

空洞調査は、地盤内部に存在する空洞（例えば、自然由来の地下空洞、人工的なトンネル、埋設管周囲の空隙、陥没の前兆となる空洞など）を探るために実施されている。特に近年は維持管理分野の需要が増えるにつれて、比較的浅所の空洞を検出する技術が求められるようになってきている。空洞調査では非破壊で実施できる物理探査が有効な調査方法と考えられ、様々な方法(表-1 参照)のうち、表面波探査、地中レーダ探査、重力探査が主な対象とされ、このうち、地中レーダ探査が最も普及している。地中レーダ探査は送信アンテナから電磁波を発して埋設管や空洞などの異なる物質の境界で発生した反射波を受信アンテナで検出する調査手法である。

現在、一般的に実施されている地中レーダ探査による空洞調査は深度 2m 程度までの非常に浅い深度を対象としており、深部の空洞を対象とした調査実績は殆ど見られない。そこで、今回、低周波地中レーダを用いた空洞検出を目的とした実験的検討を行った。

## 2. 実験概要

図-1 には今回の模擬空洞実験の平面図ならびに断面図を示す。模擬空洞として3つの異なる径のVP管(φ20cm, φ40cm, φ60cm;長さ1m)を深度3.3mおよび1.7m付近に埋設した。探査測線は、VP管を縦断する測線ならびに横断する方向として計5測線を設定した。実験は、Sensors & Software 社製の pulseEKKO PRO の中心周波数 25MHz, 50MHz ならびに 100MHz の3種類のアンテナを使用した。

空洞試験造成平面図

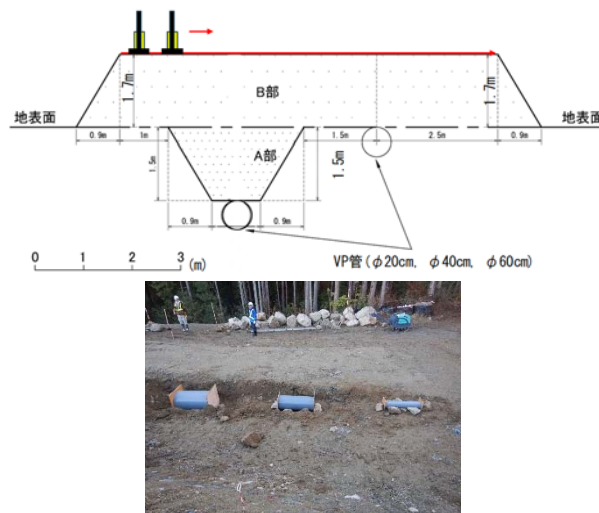
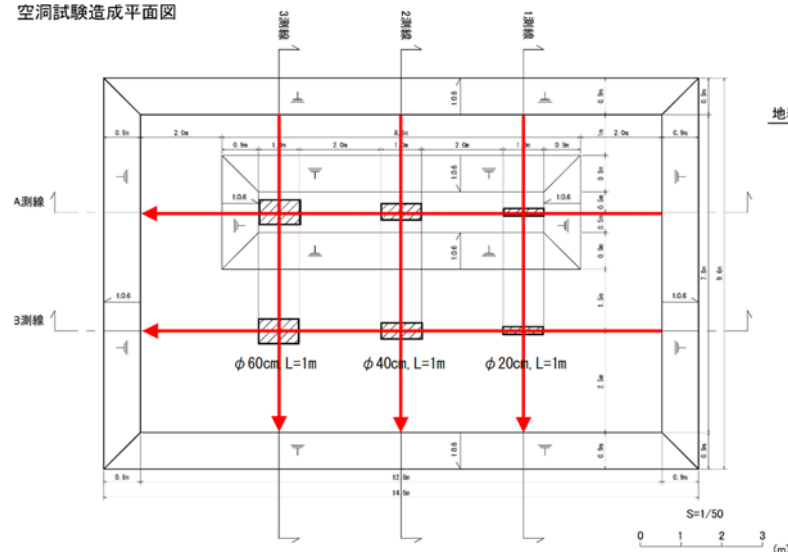


図-1 空洞模擬実験平面・断面図

表-1 物理探査の種類と対応深さ<sup>1)</sup>

探査名	測定する物理量	着目する物理量	調査される情報	対応深さ			探査効率	主な対象	備考
				～10 m	～100 m	100 m～			
弾性波探査	伝播時間	弾性波速度	断面層構造	○	◎	○	○	トンネル、ダム、法面等の主要構造物基礎調査	岩盤分類等の力学的特性の評価
浅層反射法	弾性波動	音響インピーダンス	断面層境界	△	△	○	△	構造物周辺の基礎・断層調査と地盤性状調査	S波の利用で耐震性評価
表面波探査	表面波	表面波速度	断面層構造	◎	○	△	○	構造物基礎、液状化予測、堤防診断、空洞調査	起振器利用と多チャンネルの2方式
微動アレイ探査	地盤振動	表面波速度	断面層構造	○	◎	△	◎	構造物周辺地盤構造	地盤振動を利用した表面波探査
常時微動測定	地盤振動	振動特性	断面的	○	○	△	◎	地盤の振動特性評価	構造物の振動特性評価にも応用
電気探査	人工電場	比抵抗	断面	○	◎	○	○	地下水、地すべり、トンネル陥没調査	比抵抗以外にIP、自然電位に着目する手法あり
地中レーダ	電磁波	電磁波形状	断面異常抽出	◎	△	△	◎	空洞、埋設物、埋設物および地盤調査	一般的に深さ2～3mを対象
電磁探査	誘導電磁場	比抵抗	断面的異常抽出	△	△	◎	○	地下水、地すべり、断層調査の概要	空中探査等の多くの手法が開発
音波探査	音波	音響インピーダンス	断面層境界	△	○	△	△	堆積物、断層等の水底地盤構造	海上(水上)のみ
磁気探査	磁場	磁気異常	断面的異常抽出	○	△	◎	◎	埋設物の金属埋設物調査	火山岩、地殻の分布調査にも適用
重力探査	重力加速度	密度	断面的異常抽出	△	△	◎	○	空洞調査、構造物周辺の基礎・断層調査	地中に用いる水準測量や数値解析が重要
地温探査	地温	地温異常	断面的異常抽出	△	△	△	◎	温泉、地下水調査、法面等の地盤性状	ボーリング孔を利用する孔内温度探査もある
放射能探査	ガンマ線	ガンマ線強度	断面的異常抽出	△	△	△	◎	地下水脈、断層等	空中探査、自動車探査も可
トモグラフィ	弾性波伝播時間	弾性波速度	断面	△	○	○	△	近接施工目的をはじめとする地盤の調査	医療用X線CTの応用、複数のボーリング孔が必要

注1) 対応深さ ○: 良適、◎: 適、△: 適用可、●: 主として資源探査で適用  
注2) 探査効率 ◎: 手軽に測定、○: 普通、△: 大がかりに測定  
注3) 対応深さや探査効率は目安である

キーワード 空洞調査, 地中レーダ, 非破壊調査

連絡先 〒915-0082 福井県越前市国高2丁目324-7 株式会社田中地質コンサルタント TEL:0778-25-7000

今回の探査結果のうち縦断測線の結果を図-2 に示す。対象物がφ20cm の模擬空洞では対象物が小さく、全ての周波数のアンテナで検出することが困難であった。φ40cm では深度 1.7m のものは検出可能であったが、深度 3.3m では不明瞭であった。φ60cm では両深度で検出することが出来たが、深度 3.3m のものは反応がやや弱い結果となった。表-2 には各測定での模擬空洞検出状況を取りまとめものをとりまとめて示す。周波数



## 4. まとめ

## 参考文献

- 表-2 模擬空洞檢出結果一覽表

凡例	検出可	○	不明瞭	△	検出不可	×
----	-----	---	-----	---	------	---

反射は明瞭とは言い難いものがあり、より複雑な実際の地盤内から空洞の検出を抽出することはさらに困難となることが予想される。そのため、今後さらに探査を実施してデータを蓄積していきたいと考える。