

低周波地中レーダによるトンネル背面の深部空洞探査に関する基礎実験

導水路トンネルの背面空洞の探査範囲拡大への取り組み

Basic Test Related to Deep Cavity Searches on the Rear Surface of Tunnels Using Low-Frequency Ground Penetrating Radar
Effort to expand the search range for cavities in the rear surface of headrace tunnels

(電力技術研究所 土木技術G 構築T)

(Construction Team, Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

導水路トンネルの維持管理として実施している地中レーダ法による背面空洞探査では、一般的な探査深度は0.5～1mと限られている。より深部の探査を目的として、低周波レーダに着目し、モデル地盤を用いて探査性能に関する基礎実験を行い、その適用性を把握した。

As a method for maintaining and managing headrace tunnels, ground penetrating radar is used to search for cavities in the rear surface, and the typical depth for searches is limited to 0.5 to 1 m. Basic experiments on search performance were carried out using model ground focusing on low frequency radar in order to have deeper searches, and applicability was grasped.

1 はじめに

当社の水力発電所の導水路トンネルは、建設後50年以上経過したものが多く、この維持管理においては、コンクリート覆工面の変状を定期的に目視観察するのに加え、必要に応じて第1図に示すような覆工背面近傍の空洞を地中レーダにより探査している。

地中レーダ法は、地盤材料(砂、岩石)や空洞(空気)等の異なる物質の境界面で電磁波が反射する性質を利用して、境界までの距離(深度)を把握する方法である。この探査範囲は、一般的なもの(電磁波の中心周波数500MHz～650MHz程度)でコンクリート覆工表面から0.5～1mの深さまでである。

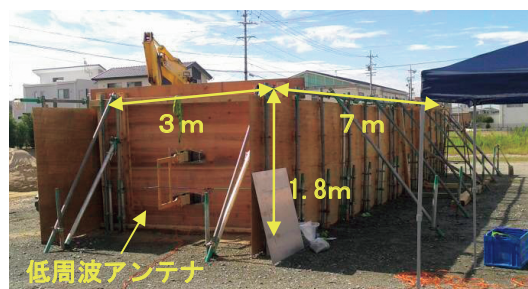
空洞は地質や地下水の状況によりトンネルよりやや離れた位置に生成される可能性があるため、より深部の探査が可能な低周波レーダに着目した。電磁波は、低周波のものほど減衰が小さいため探査深度が大きくなる一方で、波長が長くなることによる細かな物質の判別能力(探査分解能)の低下傾向が懸念される。このため、探査の目的や対象に応じた周波数の選定が重要である。

そこで、より深部の探査に適した低周波地中レーダ(中心周波数200MHz)を対象にモデル地盤実験を実施し、空洞深度と空洞面積の空洞認識性能における関係を把握した。

を再現する実物大のモデルを準備するのが好ましい。しかし、実験規模が大型化することなどから、本実験では第2図、第3図に示す大型土槽(幅3m、高さ1.8m、奥行7m)を用いた実験を実施した。土槽は、ベニヤ板で囲った中に、地盤を模擬する材料として砂を入れ、空洞を模擬する材料として発泡スチロールを用いて製作した。



第1図 トンネル覆工背面の空洞調査の例



第2図 モデル地盤(側面)



第3図 モデル地盤(上面)

2 実験内容

(1) 使用装置

探査対象とする空洞の深度方向の厚みを40cmと設定し、この厚みが理論的に評価可能(電磁波の波長の1/4程度)と考えられる中心周波数200MHzの低周波地中レーダを使用した。

(2) モデル地盤の形状および製作方法

トンネル周辺地盤における低周波地中レーダの性能を把握するためには、コンクリート覆工を含めた周辺地山

(3) 実験ケースおよび実験方法

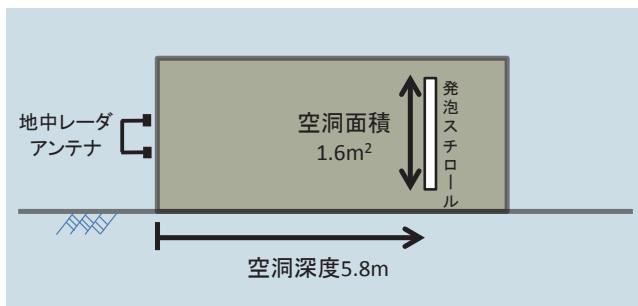
実験ケースを、第1表に示す。模擬空洞の深度(3.6～5.8m)と地中レーダアンテナに正対する面の空洞面積(0.2～1.6m²)の2つをパラメータとして、これらを組み合わせた8ケースとした。

第1表 実験ケース

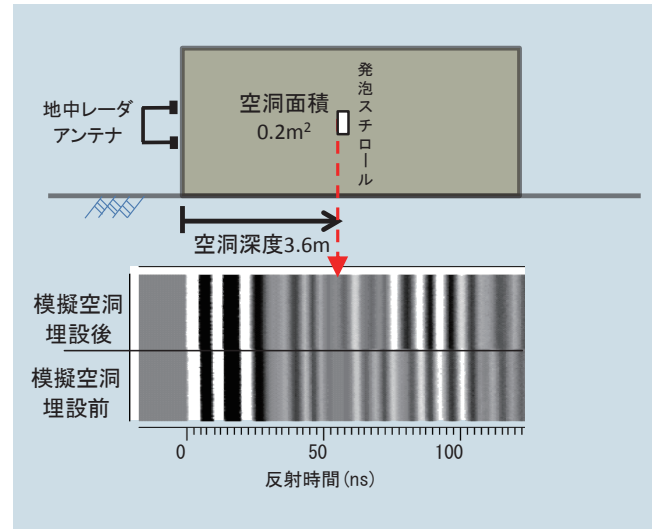
ケース	モデル延長	地盤		空洞		
		材質	含水率	空洞深度	空洞面積	空洞厚
1	7m	川砂	3～4%	3.6m	0.2m ²	0.4m
2				4.6m	0.2m ²	
3					0.4m ²	
4					0.6m ²	
5					1.0m ²	
6				5.8m	0.2m ²	
7					1.0m ²	
8					1.6m ²	

モデル延長7mのモデル地盤において、第4図のように一方の端面に地中レーダを設置し、地盤内部に空洞を模擬する材料の発泡スチロールを埋設した。

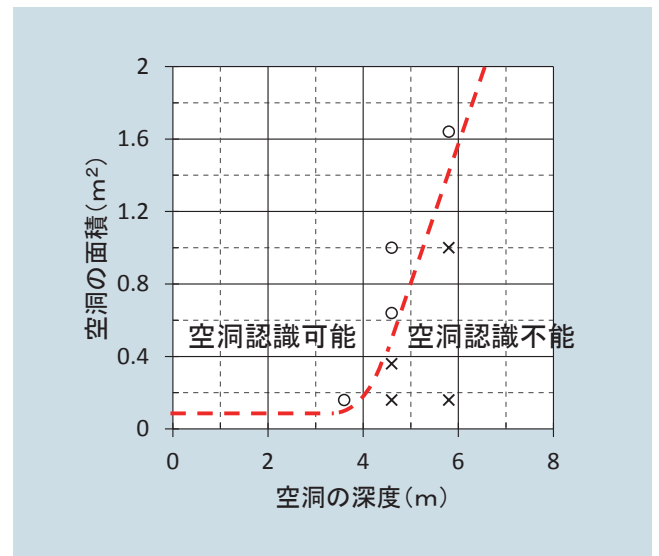
模擬空洞の形状は正方形断面を基本とし、厚さが0.4mの直方体4種類とした。



第4図 モデル断面図の例(ケース8の例)



第5図 地中レーダ記録例(ケース1)



第6図 空洞深度と空洞面積による探査認識分布

3 実験結果

第5図に、本実験で取得された地中レーダ記録のうちケース1の例を示す。この例は、模擬空洞埋設の前後で反射状況の違いが認められた場合に該当し、空洞は探査可能であると判定される。

第6図に、ケース1～8の結果を総合し、空洞深度と空洞面積ごとの認識の可否を○、×で示すとともに、これらの結果から認識可能と考えられる境界を破線で示す。

認識限界としては、面積最小の0.2m²のケースでは深度3.5m程度であり、深度最大の6mのケースでは1.6m²程度以上の面積が必要であるという結果を得た。

これにより、探査可能となるために必要な空洞面積は距離とともに大きくなっていることがわかった。

4 まとめ

水力発電所導水路トンネルのコンクリート背面の深部における空洞探査に、低周波地中レーダ(中心周波数200MHz程度)の適用性を検討するために、発泡スチロールにより空洞を模擬した砂のモデル地盤を用いた実験を行った。

モデル地盤中の空洞深度が深い程、認識に必要な空洞面積は大きくなり、対象としたモデル地盤では、探査可能な空洞面積は、空洞深度が約6mでは約1.6m²以上、空洞深度が約3.5mの場合に0.2m²であることがわかった。

現在は、使用した装置の性能を実際のトンネルにおいて確認実験を実施し、評価を行っている。

なお、本実験は(株)ウォールナット殿と共同で実施したものである。



執筆者/秋山康之