

探査深度最大5mを実現した 牽引型マルチアレイチャープ式地中レーダ

キーワード

地中レーダ、チャープ信号、空洞探査、マルチアレイ、社会インフラ老朽化、メンテナンス



1. はじめに

地中レーダは、ここ30年くらいの間に、地下を探査する方法として急速に発展してきた。弾性波探査や電気探査など、他の非破壊的な探査方法に比べて簡便に現場の作業を行うことができ、分解能も高いことから路面下の埋設管や空洞の探査などに適用されてきた。

近年は、車載型や牽引型の地中レーダも実用化され、路面下の空洞探査がより効率よくできるようになった。これらの地中レーダは、40km/h程度までの速さで探査を実施できるため、車線規制が不要という特長もある。さらにアンテナを複数台用いたマルチアレイ型の地中レーダが開発され、車幅あるいは道路幅員を一度に探査できるようになった。これまで実用化されてきた車載型や牽引型の地中レーダはインパルス方式の地中レーダが主力である。一部ではステップ式FM-CW方式のマルチアレイ地中レーダ¹⁾も開発されているが、いずれの方式も探査深度が1mから1.5m程度である。

社会インフラ施設の老朽化に伴って発生する空洞は、その施設の深度で発生し、徐々に浅部に移動することが知られている。これにより、道路の陥没が多発し、社会問題にもなっている。空洞は浅部に移動するだけでなく、時間とともに大きくなることもある。空洞が原因となって生じる陥没事故を未然に防ぐには、老朽化インフラ施設で発生した空洞をできるだけ早く発見し、対応する必要がある。そのためには、探査可能な深度ができるだけ深い方が良いと言える。

本稿で紹介する「牽引型マルチアレイチャープ式地

中レーダ」は探査深度を最大5mとして、これまで探査ができなかった深度までの空洞調査を可能にした技術である。次章以降に本技術について紹介する。

2. チャープ信号とは

Wikipediaによればチャープ信号 (Chirp Signal) とは「時間とともに周波数が増加 (アップチャープ) するか、時間とともに周波数が減少 (「ダウンチャープ」) するような信号である。(中略) チャープと言う名前は英語での鳥の発するチャープ音 (さえずり) がもともになっている」と書かれている。また、チャープは「スイープ (sweep)」という言葉と同等の意味で使われる。すなわち、時間とともに正弦波の周波数を徐々に上げる、あるいは下げるような信号のことである。次にこれらの信号の特徴を見ていくことにする。

3. チャープ式地中レーダの波形とスペクトル

図-1にチャープ信号の例を示す。これは中心周波数を150MHz、帯域幅を200MHz、掃引時間を500nsとしたときの波形である。地中レーダは、地中の埋設管や空洞など、比誘電率や導電率の異なる境界で生じた反射波を受信することにより地中の情報を得ているが、チャープ信号そのままでは反射波形を同定することが難しい。しかし、チャープ信号 (図-1) に対して自己相関という操作を行うと、時刻ゼロを中心にした明瞭なインパルス状の波形が認められる (図-2)。仮想的に計算により求めているため、負の時間が現れ