

ステップ周波数連続波地中レーダによる 大深度探査技術

キーワード

地中レーダ, 埋設管探査, 連続波, ステップ周波数, 探査深度



1. はじめに

地中レーダは空洞や埋設管の非破壊探査に広く適用されている。国内でも40年以上の歴史があり、簡便で分解能も高く、探査にかかる費用が比較的安価であることが特長である。一方、探査深度が2m程度までと比較的浅いことが短所であり、高分解能を維持したまま探査深度を大きくすることが望まれている。それを実現するために考案されたのが連続波方式の地中レーダ探査装置である。この方式の地中レーダにはチャープ信号方式があり、本誌でも既に紹介した¹⁾。また、これまでも原理などについて解説してきたが(例えば^{2) 3)}), まだ認知度が低い。本稿では、数式を三角関数だけで示すことで簡略化し、動作原理や基礎的な事項について解説する。さらに、本技術の有効性を示すことで、認知度の向上を図りたいと考える。

2. ステップ周波数連続波地中レーダの動作原理

図-1にステップ周波数連続波地中レーダの動作原理を示す。送信信号は発振器で生成される。この場合の送信信号は正弦波であり、ある電圧を発生させるとそれに応じた周波数を発生させる回路である。この回路はVCO (Voltage Controlled Oscillator) と呼ばれ、PCからのプログラミングに従って、周波数を変えることができる。いま、ある角周波数 ω ($= 2\pi \times$ 周波数) の正弦波を送信信号 $f_t(t)$ として式(1)のように与える。 t は時間、 A_0 は振幅であり、任意の値である。

$$f_t(t) = A_0 \cos(\omega t - \theta_\omega) \dots \dots (1)$$

送信信号は増幅器で増幅された後、アンテナから電磁波として放射され、地中に伝搬する。この送信された電磁波は地中の駆動や埋設管などインピーダンスの異なる境界面で反射し、地表に向かって反射する。地表に置かれた受信アンテナでとらえられた電気信号は位相が遅れている。この位相遅れを θ_ω とすれば、受信信号 $f_x(t)$ は次式であらわされる。

$$f_x(t) = A_x \cos(\omega t - \theta_\omega) \dots \dots (2)$$

振幅 A_x は、地中の減衰特性および放射による幾何減衰により、送信振幅 A_0 より小さくなる。受信信号はふたつに分けられ、掛算器において送信信号と受信信号との乗算と同様の操作が行われる。すなわち式(1)と式(2)の乗算は、三角関数の加法定理を逆に用いると次式のようになる。

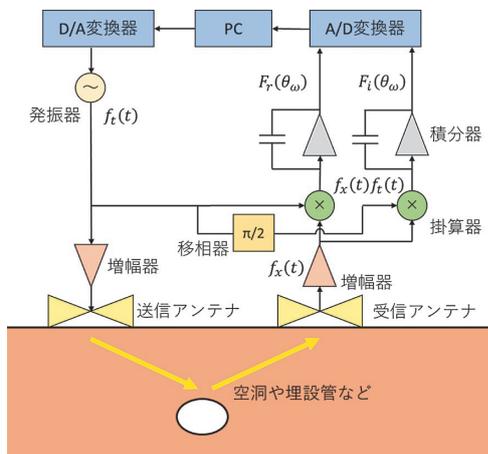


図-1 ステップ周波数連続波地中レーダの動作原理