

葛野川テストサイトの巨大地下空洞内に設置された FM ACROSS による周波数伝達関数の取得

Observation of frequency transfer function using FM ACROSS deployed in the huge tunnel at Kazunogawa site

和田 康宏 [1]; 國友 孝洋 [2]; 佐伯 昌之 [3]

Yasuhiro Wada[1]; Takahiro Kunitomo[2]; Masayuki Saeki[3]

[1] 東理大・理工・土木; [2] JAEA 東濃; [3] 東理大

[1] Civil Engineering, Tokyo University of Science; [2] JAEA Tono; [3] Tokyo Univ. of Science

1. はじめに

地下の構造探査とその状態を高精度に監視するシステムとして、ACROSS の開発が進められており、様々な研究が行われている。ACROSS は、位相と振幅を精密に制御した弾性波を常時送信することで、媒質の周波数伝達関数を取得し、地下構造の時間変化を同定することを目的としたシステムである。

このシステムを開発するために、東原ら (2002) により、山梨県大月市にある巨大地下空洞に ACROSS の実験プラットフォームが設置された。ただし、そのシステムは送信周波数をマニュアル操作で決定するタイプであったので、種々の問題が発生していた。そこで本研究では、この ACROSS 震源を FM 化することで問題を解決し、さらに観測実験により周波数伝達関数を取得した。以下にその内容を述べる。

2. 葛野川実験サイトにおける既存システムの問題点とその改善 (FM 化)

本研究では、山梨県大月市にある葛野川発電所の巨大地下空洞に回転型 ACROSS 震源 (偏心質量 4[kgm]) を設置し、実験観測を行っている。空洞内の温度は約 17℃ で年間を通じてほぼ一定で、湿度は 100% 近くである。この空洞内には ACROSS 震源のほかに加速度計 3 台が設置されており、震源制御と共通の水晶発振器から生成したサンプリングクロックを光ケーブルで送ることで時刻同期が達成されている。この既存システムの問題点は、次の通りであった。

1. 単周波数毎に震源を運転させるため時間効率が悪い。
2. 送信周波数をマニュアル操作する際の人為的なミスが起きていた。
3. 単周波数毎の操作のため地盤と震源がなじまない。

そのためこれらの問題に関して、震源を FM 化することで複数の周波数の弾性波を同時に送信する手法を用い改善を試みた。現在は 15Hz ~ 25Hz の周波数領域を 20 秒周期で繰り返す FM 変調を行っている。また、FM 化と並行して、基準クロックを Cs 時計で校正した恒温槽付水晶発振器 ($< 10^{-9}$) に置き換えた。これは、地下空洞外でも、オフラインの観測装置である程度のスタッキングができるようにという将来への布石である。

3. 周波数伝達関数の取得と理論波形

観測データの解析手順は次の通りである。まず、生データを 1 時間毎に観測時間 100 秒で繰り返しスタッキングを行う。そして、Fourier フーリエ変換した後に、加速度計の周波数特性を補正し、0.05Hz の間隔で 15Hz ~ 25Hz の帯域に分布する応答波形の振幅と位相を得る。この振幅と位相を回転計測によって取得した送信スペクトルで除すことで周波数伝達関数を得る。

観測波形がどのような波を含んでいるか検討するため、全無限均質媒体の理論波形と比較する。理論上の周波数伝達関数は、Fourier 変換された全無限均質媒体を仮定した点震源の Green 関数で求めた。これにより周波数 15Hz ~ 25Hz の 0.05Hz 間隔での応答を計算し、理論上の周波数伝達関数とした。理論波形は、この周波数伝達関数を逆 Fourier 変換することで得られる。

4. まとめ

ACROSS 震源を FM 化し、観測実験を行うことで周波数伝達関数を得た。そして、それを理論波形と比較し考察することで以下の結果を得た。

観測波形と理論波形を比較すると、震源から 3m の地点の st1 では観測波形と理論波形がとても良く一致した。そのため、波の成分は震源が励起する直達波であると考えられる。震源から 260m の st2 では、観測波形の振幅が理論波形に比べて大きくなる成分があった。しかし、波形は振幅が異なること以外は良く一致している。震源から 960m の st3 では、波形が著しく異なることが分かった。st3 では直達波以外の波も卓越していることから、反射波や散乱波が含まれていると考えられる。今後、月ごとのデータを取得し、季節変動や月変動について検討をしていく必要があると考える。

