

## 物理探査(地中レーダ, VLF - MT, 電気探査)で神戸市石屋川公園の都市伏在活断層の浅部構造をさぐる

### Geophysical (GPR, VLF-MT and DC) surveys for subsurface structures of urban concealed active fault

# 宮田 隆夫[1], 山口 寛[2]

# Takao Miyata[1], Satoru Yamaguchi[2]

[1] 神戸大・理・地球惑星, [2] 神大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Kobe Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Kobe Univ.

石屋川公園(神戸市灘)で3種類の物理探査(地中レーダ, VLF - MT, 電気探査)を行い, 次のような結果を得た。(1)地中レーダ探査で, 反射パターンの水平層に明瞭な不連続(くさび状構造)が見つかった。(2)VLF - MTの見かけ比抵抗値をみると, 公園内に幅30mの低比抵抗帯がみられる。(3)電気探査の比抵抗断面において, 周囲(1000~2000 m)より低比抵抗値(<1000 m)を示すゾーンが存在する。上記の3種類の物理探査に現れた異常部はほぼ一致した場所を示し, 反射法地震探査で見つかった伏在断層を地表に投影した地点とよく一致している。

兵庫県南部地震後, 大都市直下の伏在活断層の実態を精度よく把握することは地震防災上重要であることが認識された。石屋川公園(神戸市灘区)は震度7地域に属する場所で, 地震時に亀裂が著しく現れた。地震後行われた石屋川測線の反射法地震探査(関西地震観測研究協議会)で阪急神戸線南の地下300m以深に伏在断層が見つかった(例えば, 中川, 1996)。またこの地域は地震後ボーリング調査や繰り返し水準測量が重点的に行われ, 調査資料も豊富である。そこで, 伏在断層の実態を明らかにするために3種類の物理探査(地中レーダ, VLF - MT, 電気探査)を行った。

#### (1)地中レーダ

地中レーダ探査は, 石屋川公園西側の北西-南東方向の公道で365mの測線で行った。本測線は反射法地震探査の石屋川測線にほぼ沿っている。地中レーダ探査はSIR-2システム(GSSI社)を使用した。使用したアンテナの周波数は200MHz, 100MHz, 35MHzで, レンジは60ns(ナノ秒)から500nsのうち2つ以上の異なるレンジで測定した。測定は送信・受信一体型のアンテナを路面に沿って低速度で牽引して, 測線下の反射波の状況を連続的に記録した。得られたデータを解析ソフト(RADAN3)を用いて, 水平方向にスケール補正をし, 低周波, 高周波を除去するハイパスフィルター, ローパスフィルター処理を行った。記録は時間断面として示されるので, ワイドアングル測定を行い, 深度断面に直した。地中レーダ探査から次の(1)~(3)の結果が得られた。(1)反射の強い層と弱い層とが見られる。その境界面は50ns付近でほぼ水平であるが, 124~134mまでの区間で反射パターンの水平構造に不連続が見られる。(2)その区間に反射の強い部分がくさび状に挟まれている。(3)(1)の反射パターンの異常部は反射法で判明した伏在断層の直上(断層面の傾斜を考慮して地表へ投影した地点)に出現する。

#### (2)VLF-MT

Magnetotelluric (MT)法は磁場の時間変動とそれによって地球内部に誘導される電流の関係(各変動周期に対する強度比・位相差)から地下の電気伝導構造を推定する方法である。

3~30 kHzのVLF (Very Low Frequency)帯の電磁波は伝搬特性がよく, ほかの通信手段に比べて海水での減衰も小さいので主として潜水艦通信に使用されている。このため世界各地にVLF発信局があり, 常時大電力で電波を発信している。このVLF波を信号源として, MTの手法を用いて, 地下電気伝導度構造を探索する方法がVLF - MT法である。日本では, 九州えびの高原から発信されているJJI局(22.2kHz)が利用できる。探査深度の目安は周波数22.2kHzの場合,  $r=100$  mで  $=35$  m,  $r=1000$  mで  $=107$  mとなる。

石屋川公園内に約200mの測線をもうけ, 2.5mないし5m毎に測定を行った。測線全体にわたり見かけ比抵抗値は100~300 m, 位相差は30~40度と小さい変化を示しているにすぎない。しかし, 測線中央部付近では, 約30mの幅で見かけ比抵抗値が周囲に比べて低い, 下に凸の変化を示しており, この付近に低比抵抗の帯のあることが確認された。位相差が45度以下であることは探査深部付近(30~40m)より2割[A2のところは, 100~300 m以下であることを示している。

#### (3)電気探査

VLF - MT探査で見出された低比抵抗帯の存在と走向方向を確認するために, 電気探査を並行して行った。この低比抵抗帯付近を中心として, VLF - MTと同じ走向をもつ120mの測線を設けた。公園内の構造物の関係で, VLF - MT探査を行った測線より, 7.7m東南方向にずれている。測定にはMcOHM21(応用地質株)を用い, Dipole-Dipole法を用いた。電極間隔はすべて2m, 電極数61本である。この結果を基に, ABICを用いた平滑化拘束付き比抵抗法2次元インバージョン(内田, 1993)を行った。なお, 送信電極と受信電極の距離が遠い場合には, 測定誤差が極

端に大きくなったので、解析には測定誤差が 10%以下の結果のみを用いた。そのため比抵抗断面で信頼できる範囲は深度約 8m までである。比抵抗断面からは、測線全体にわたり、深さ約 8m 付近まではおおむね 1000 ~ 2000  $\Omega$ m であるが、測線中央部付近には 1000  $\Omega$ m 以下の低比抵抗値を示す、幅約 10m のゾーンが存在することが明らかになった。

以上の物理探査(地中レーダ、VLF - MT、電気探査)に現れた異常部はほぼ一致した場所で、反射法で見つかった伏在断層を地表にのばした地点とよく一致する。このことから判断すると、伏在断層の影響は地表付近まで達していると考えられる。これはボーリングや水準測量の結果とも矛盾していない。