

微動アレイ観測による柏崎刈羽発電所における深部S波速度構造の推定

Estimation of deep S-wave velocity structure at the Kashiwazaki-Kariwa NPP from microtremor array measurements

佐藤 浩章 [1]; 東 貞成 [1]; 植竹 富一 [2]; 徳光 亮一 [3]

Hiroaki Sato[1]; Sadanori Higashi[1]; Tomiichi Uetake[2]; Ryoichi Tokumitsu[3]

[1] 電力中央研究所; [2] 東京電力・技開研; [3] 東京電力

[1] CRIEPI; [2] R&D Center, TEPCO; [3] TEPCO

はじめに

2007年新潟県中越沖地震では、東京電力(株)柏崎刈羽発電所の1号機基礎マット上の東西成分で最大加速度680m/s/sを記録した。これは、既往の最大加速度の距離減衰式と比較して大きな値であり、その要因の一つとして柏崎刈羽原発電所周辺における地震基盤から解放基盤面や地表までの増幅特性が、他の硬質地盤に比べて顕著に大きい可能性が指摘されている[例えば、入倉(2007)]。また、6号機基礎マット上の東西成分観測記録と比較すると、1号機基礎マット上における東西成分の最大加速度は2倍程度大きく、深部地下構造の不整形性の影響も示唆される。そこで本研究では、柏崎刈羽発電所周辺における平均的な深部S波速度構造を調査することを目的として、柏崎刈羽発電所の敷地内において微動アレイ観測を実施した。

観測

本研究で実施したアレイ観測は7台の地震計で構成され、中心観測点を同じくするサイズの異なった配置による3回の観測を実施した。地震計アレイのサイズは、発電所全体をカバーする最も大きいサイズのアレイ(Lアレイ)で最大地震計間隔が3.04km、中間サイズのアレイ(Mアレイ)の最大地震計間隔が1.49km、最も小さいサイズのアレイ(Sアレイ)の最大地震計間隔が0.75kmである。地震計アレイの形状は、中心観測点の同心円状に概ね三角形をなす配置とした。観測機器は、過減衰型の加速度計と24ビットのデジタルレコーダーが一体化したGPL-6A3を使用した。観測時間は、LアレイとMアレイは50分、Sアレイは25分とし、観測データは200Hzサンプリングで収録した。

位相速度の推定

位相速度を推定するためのデータ解析はF-K解析[Capon(1969)]で行なった。各アレイ観測における解析の手順は、7台の地震計で得られたデータを約330秒(Sアレイは約160秒)ごとに分割して、同時間帯における各観測点でのデータをまとめてアレイデータセットを作成する。次に、各データセットに対してF-K解析を行ない、波数スペクトルのピークに対応する波数ベクトルから位相速度を算出した。中心観測点を同じくするアレイにおける最終的な位相速度は、高周波数側から順にSアレイ、Mアレイ、Lアレイの順に概ね連続的となっており、異なるサイズのアレイで重複する周波数帯域については、最大地震間隔の2倍までを目安にして小さいサイズのアレイによる位相速度で代表することとした。各サイズのアレイをまとめた位相速度は、約0.3Hzから約1.5Hzの範囲で得られ、0.3Hz付近では約1.8km/s、1.5Hz付近では約0.3km/sとなる分散性を示している。

位相速度の逆解析

位相速度の逆解析には、最適化手法として焼きなまし法を用いた。焼きなまし法は、遺伝的アルゴリズムと同様に未知変数について探索範囲を設定し、その範囲内で最適解(最適モデル)を探索する方法である。逆解析では、新潟油田地域における地質構造の標準層序を参考に、魚沼・灰爪層、西山層、上部寺泊層、下部寺泊層、七谷層・グリーンタフ、その下部に先新第三系の基盤を設定し、さらに沖積層に該当する2層を追加した9層モデルを仮定して、S波速度と層厚の探索範囲を設定して逆解析を行なった。なお、基盤のS波速度は固定値として逆解析には含めず、P波速度についてはS波速度との関係式[狐崎・他(1990)、佐藤・他(2007)]から換算して用いた。逆解析で最小化すべき目的関数(ミスフィット)を観測位相速度と理論位相速度の残差とし、初期モデルを決めるための乱数発生値を変更した50通りの解析を行ない、50個の各最小ミスフィットモデルから、最もミスフィットが小さいモデルを最適モデルとした。

逆解析の結果、得られた深部S波速度構造は、基盤層までの深さが約4kmで、代表的な各地層の層厚は柏崎刈羽発電所の近傍でのボーリング結果による地質構造と調和的であった。S波速度値については、西山層0.75km/s、椎谷層1.2km/s、上部寺泊層1.7km/s、下部寺泊層1.9km/s、七谷層・グリーンタフ2.6km/sが得られた。

まとめ

柏崎刈羽発電所における平均的な深部S波速度構造を調査することを目的として、発電所の敷地内において微動アレイ観測を実施した。その結果、近傍でのボーリング結果による地質構造と調和的なS波速度構造を得ることができ、代表的な地層に対するS波速度を推定することができた。微動アレイ観測による深部S波速度構造は、観測アレイ内における平均的な地下構造と考えられることから、今後は、中心観測点を変えた小さなサイズのアレイ観測による位相速度を利用して、発電所内におけるS波速度構造の差異についても把握できるよう解析を実施していく予定である。