

2007年新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所における強震動特性と地盤構造の同定

Strong ground motions during the 2007 Chuetsu-oki earthquake in Kashiwazaki-Kariwa NPP and identification of soil structures

佐口 浩一郎 [1]; 倉橋 奨 [2]; 正木 和明 [3]; 入倉 孝次郎 [1]
Koichiro Saguchi[1]; Susumu Kurahashi[2]; Kazuaki Masaki[3]; Kojiro Irikura[1]

[1] 愛工大; [2] 愛知工大・工・生産建設; [3] 愛工大・都市環境
[1] Aichi Inst. Tech.; [2] Production and Construction, Eng, AIT; [3] Dept. of Civil Engineering, Aichi Inst. of Tech.

1. はじめに

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震では、柏崎刈羽原子力発電所内においては非常に大きな地震動が観測され、特に1号機の地下255mにおいては993gal(EW方向)と全国の原子力発電所において耐震設計のため想定されていた地震動を大きく上回るものであった。しかしながら、本震のボアホール観測記録の一部は余震による上書きで消失し、最大加速度のみが残される結果となった。構造物の耐震安全性の確認のため今後の地震による強震動を予測するには、地震の震源特性、伝播特性および地盤増幅特性を適切に評価することが必要である。これらの特性を適切に評価するためにも消失したボアホール記録の復元は非常に重要である。

本研究では柏崎刈羽原子力発電所内においてボアホール観測で得られた余震記録から焼きなまし法による地下構造モデルの同定を行い、本震時における地中の地震動の推定を行った。

2. 地震動記録

柏崎刈羽原子力発電所内において3本のボアホール観測(1号機地盤系, 5号機地盤系およびサービスホール)が行われている。これらの観測点では多くの余震が観測されているが、本震時には1号機地盤系と5号機地盤系の波形記録が消失している。本震時の地中での観測記録は1号機および5号機の原子炉の基礎マット上で得られている。本震時の地表および地表近傍での観測記録は地盤の非線形挙動の影響を強く受けているが、基礎マットの記録は非線形の影響が比較的少ない。したがって、本震時の地中記録の復元には基礎マットの記録が有効と考えられる。ボアホール観測点における地中記録の埋設方位は地表における記録との相関関係から補正した後、地中観測記録のオービットからRadial-Transverse変換を行った。

3. 地下構造モデルの同定

近年、逆解析の手法の一つとして、焼きなまし法(Ingber(1989))が用いられている(例えば、山中(2001)、佐藤(2003))。本研究ではこの手法によってボアホール観測点である1号機地盤系, 5号機地盤系およびサービスホールにおける地下構造モデルの同定を行った。地下構造モデルの同定には1次元重複反射理論での検討を行い、対象にはTransverse成分の地中に対する地表のスペクトル比を用いた。推定するパラメータは各層のS波速度 V_s およびQ値であり、さらにQ値に関しては $Q(f) = Q_0 \cdot f^{-n}$ とし、 Q_0 と n を推定した。温度低下関数は $T_k = T_0 \cdot \exp(-ck^a)$ で表され、冷却スケジュールのパラメータは $T_0=1$, $a=0.5$, $c=1.0$ とした。また、 T_k が 10^{-4} 以下になるまで繰り返し計算を行った。得られた地下構造を用いて1次元重複反射理論による地表での計算記録と観測記録の比較を行った結果、整合性は概ね良好であった。

4. 本震時における地震動の推定

まず、1号機および5号機の原子炉建屋における基礎版上の観測記録より得られた地盤構造を用いて1次元重複反射理論によって地表の地震動の推定を行った。次に推定した地表の地震動から同様に1次元重複反射理論によって地中観測点(G10およびG55)における地震動の推定を行ったところ、計算結果における最大加速度は観測値を再現することが出来た。

謝辞

本研究では、東京電力 から提供された地震観測記録を使用しています。ここに記して感謝致します。

参考文献

- Ingber, L.: Very fast simulated annealing, Math. Comput. Modeling, Vol.2, pp.967-973, 1989
山中浩明: 焼きなまし法による位相速度の逆解析 - 遺伝的アルゴリズムとの性能比較 -, 物理探査, 第54号, pp.197-206, 2001
佐藤智美: 鉛直アレーデータに基づくS波の斜め入射を考慮した地盤の減衰定数の同定 - 焼き鈍し法の適用 -, 日本建築学会構造系論文集, 第569号, pp.37-45, 2003