

柏崎刈羽原子力発電所における2007年新潟県中越沖地震の強震動特性— 2次元FEMによる非線形強震動シミュレーション—

Strong ground motions during the 2007 Chuetsu-oki earthquake in Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Plant

佐口 浩一郎^{1*}, 倉橋 奨², 正木 和明², 入倉 孝次郎²

Koichiro Saguchi^{1*}, Susumu Kurahashi², Kazuaki Masaki², Kojiro Irikura²

¹株式会社 日本アムスコ, ²愛知工業大学

¹Emsco Ltd., ²Aichi Institute of Technology

1. はじめに

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震の際、震源域の近傍（震央距離16km）に位置する東京電力柏崎刈羽原子力発電所構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においては最大加速度が993cm/s²（EW方向）であったと報告されている。しかしながら、その波形記録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。本研究では、まず、ボアホール記録であるサービスホール地点の強震記録からHASKELL法による1次元重複反射理論に非線形係数を導入した解析手法を用いて地震基盤内における地震動の推定を行う。次に推定した基盤地震動を用いて2次元FEMによる非線形解析を実施し、1号機の地下255m(G10)および5号機の地下312m(G55)における本震記録の再現を試みる。

2. 地震基盤内における地震動の推定

本震時のボアホール記録としては深度250mまでの鉛直アレイ観測点があるサービスホール地点において強震記録が得られており、原子力発電所直下の入射地震動を適切に評価することが可能であると考えられる。本研究では、サービスホールにおけるボアホール観測点であるSG4の本震時の強震記録（ $E(f) + F(f)$ ）と余震記録の逆解析から得られた地盤構造を用いてHASKELL法による1次元重複反射理論に非線形係数を導入した解析手法（佐口・他（2009）¹⁾）を用いることにより、サービスホール観測点（SG4）および柏崎刈羽原子力発電所直下の地震基盤内（深度5km）における本震時の入射地震動（ $E(f)$ ）の推定を行った。推定したサービスホール観測点（SG4）および地震基盤内における地震動の最大加速度（EW成分）はそれぞれ604cm/s²および307 cm/s²であり、地震基盤からSG4に至るまでの深部地盤構造の影響により約2倍程度増幅されたことが推察される。

3. 2次元有限要素法による深部地盤構造モデル

2次元FEM解析にあたり、1号機および5号機直下の深部地盤構造を、徳光・他（2009）²⁾を参考に、幅7.5km、深さ5kmの地震基盤を含めた8層によりモデル化を行った。また、地盤が非線形化したと考えられる最表層にはMC-DPモデルを用いた。地盤の非線形化における各パラメータは時松・他（2008）³⁾におけるG/G0- γ およびh- γ 曲線より算出を行った。2次元FEMモデルにおける境界条件は側方境界ではエネルギー伝達境界、下方境界では粘性境界を用いた。

4. 本震時における地震動の推定

柏崎刈羽原子力発電所直下の地震基盤内（深度5km）における本震時の推定地震動（ $E(f)$ ）を用い、モデル下部境界において鉛直入射による非線形解析を行った。解析の結果、1号機の地

下255m (G10) および5号機の地下312m (G55) における最大加速度はそれぞれ978cm/s²および448cm/s²であり, 各観測点における観測値と概ね調和的であった.

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

- 1) 佐口浩一郎・正木和明・入倉孝次郎: 強震時における解放基盤面の地震動の推定—2007年新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の地下構造モデルの同定と解放基盤の地震動—, 日本建築学会構造系論文集, No.628, 831-839, 2009.5
- 2) 徳光亮一・土方勝一郎・西村功・渡辺哲史・諸井孝文: 柏崎刈羽原子力発電所における不整形地盤の2次元FEM解析 その1 褶曲構造によるサイト増幅の違いと新潟県中越沖地震のシミュレーション解析, 日本建築学会大会学術講演概要集(東北), B-2, pp.1019-1020, 2009.8
- 3) 時松孝次・新井洋・蓑和健太郎: 柏崎刈羽原子力発電所サービスホールの鉛直アレイ強震記録から推定した地盤の非線形性状と露頭基盤波, 日本建築学会構造系論文集, 第630号, pp.1273-1280, 2008.8

キーワード: 2007年新潟県中越沖地震, 非線形シミュレーション, 2次元有限要素法, 非線形係数, 地震基盤

Keywords: 2007 Niigataken Chuetsu-oki earthquake, Nonlinear simulation, 2-D FEM, Non-linear coefficient, Seismic bedrock