

2007年新潟県中越沖地震震源域の3次元速度構造モデルの検討 - 柏崎刈羽原子力発電所直下の褶曲モデルの取り込み - Modeling 3D Velocity Structure in the Fault Region of the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake with Folding Structure

早川 崇^{1*}, 津田 健一¹, 植竹 富一², 引間 和人², 徳光亮一², 南雲 秀樹³

Takashi Hayakawa^{1*}, Kenichi Tsuda¹, Tomiichi Uetake², Kazuhito Hikima², Ryoichi Tokumitsu², Hideki Nagumo³

¹(株)大崎総合研究所, ²東京電力(株), ³東電設計(株)

¹OHSAKI RESEARCH INSTITUTE, INC., ²TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY, ³TOKYO ELECTRIC POWER SERVICES CO.,LTD.

・はじめに

2007年新潟県中越沖地震(M6.8)では柏崎刈羽原子力発電所において大振幅の地震動が観測された。また発電所サイトの南側では地震動の最大速度が北側に比べて大きく、サイト内でも地震動の相違が認められた(例えば 土方, 2011)。徳光他(2009)では、サイト内の大振幅や地震動の相違の原因としてサイト直下の褶曲構造を指摘している。本研究では、この研究を進展させ、褶曲構造をモデル化した3次元速度構造モデルを構築し、その検証を行った。

・3次元速度構造モデルの作成

独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)による中越地域の広域の3次元速度構造モデル(JNES, 2008)(以後、広域モデル)に、徳光・他(2009)による柏崎刈羽原子力発電所直下の精緻な二次元褶曲構造モデルを補間して作成した詳細な三次元速度構造モデル(以後、ローカル褶曲モデル)を取り込み、新たに3次元速度構造モデルを構築した。

広域モデルの地層は、魚沼層群+灰爪層(S波速度0.70~1.08km/s)、西山層(0.70~1.08)、椎谷層(0.84~1.68)、上部寺泊層(1.87)、下部寺泊層(2.20)、七谷層+グリーンタフ(2.64)、基盤岩類(3.15)からなる。発電所をほぼ中心とした東西方向に7.5km、南北方向に9.5kmの矩形の領域で、広域モデルの下部寺泊層より上層をローカル褶曲モデルで置換した。発電所近傍において、広域モデルの下部寺泊層はローカル褶曲モデルの下部寺泊層より深いため、ローカル褶曲モデルの下部寺泊層の上面とその上層の褶曲構造は保持されている。置換したままではローカル褶曲モデルと広域モデルの鉛直境界面で速度構造の不連続が発生するため、広域モデル側の接続部で滑らかに速度層が変化するように修正して不連続面からの人工的な波を低減した。

・3次元速度構造モデルの検証

モデルの検証として、中越沖地震の余震2007年7月16日21:08のM4.4の地震(以後、EQ1)と2007年7月16日17:42のM4.2の地震(以後、EQ2)、2004年中越地震の余震2004年10月23日19:46のM5.7の地震(以後、EQ3)の発電所内の観測記録を三次元差分法(Pitarka, 1999)によりシミュレーションした。対象周期は0.25秒以下とし、震源は点震源でモデル化した。震源およびメカニズムは、観測波形をもとに再検討したが、メカニズムとモーメントはF-netによる推定値を用いるのが適当と判断した。震源位置については、全地震とも震央は気象庁による推定値を用いたが、深さについては、EQ1は気象庁の値を用い、EQ2は震源近傍の発電所とK-NET柏崎等の記録の水平2成分の振幅比が再現できる深さとして7kmを採用した。震源時間関数の形状は二等辺三角形とし、継続時間は震源に近い岩盤の観測記録のS波初動のパルス幅から読み取った。その結果、EQ1は0.7秒、EQ2は0.4秒、EQ3は1.44秒とした。

シミュレーションの結果、全地震とも原子炉建屋1号機と5号機の観測記録をほぼ再現することができた。3次元速度構造モデルはこれらの地震に対して有効と考えられる。第三アスペリティ近傍で発生したEQ2は、観測波では1号機が5号機に比べ2倍程度振幅が大きい。計算波でもこの相違が再現されている。EQ2によるサイト周辺の計算波は褶曲構造による波動の集中により向斜軸付近で大きいことがスナップショットなどで確認されており、向斜軸の上に位置する1号機の記録が大きい原因として褶曲構造の影響が強く示唆される結果となった。

・まとめ

発電所付近の褶曲構造を取り込んだ3次元速度構造モデルを構築した。中小地震の発電所内での観測記録のシミュレーションを行い、速度構造モデルの有効性を確認した。震源域の南部で発生した余震(EQ2)の観測記録に見られる敷地の南部と北部での振幅の相違が確認されるなど、敷地内で観測された地震動の特徴が再現されることが確認された。発電所内で観測された地震動の変動が敷地内の比較的微細な褶曲構造によって生じていることを強く示唆しているものと思われる。

参考文献

芝：2007年新潟県中越沖地震の震源過程の解明と広帯域強震動評価、電力中央研究所報告、2008年、N08007

徳光亮一・他：2007年新潟県中越沖地震で見られた柏崎刈羽原子力発電所における地震動特性と地質構造の関係、第120回物理探査学会学術講演会論文集、2009年、pp.113-116.

土方勝一郎：新潟県中越沖地震の地震動と原子力発電所の建物挙動、日本地震工学会誌、2011年

独立行政法人原子力安全基盤機構、平成19年度 2007年新潟県中越沖地震・震源周辺域の地下構造モデルの作成技術資料、2008年

Pitarka, A.: 3D Elastic Finite-Difference Modeling of Seismic Motion Using Staggered Grids with Nonuniform Spacing, Bull. Seism. Soc. Am., 89, 1999年, pp.54-68

キーワード: 2007年新潟県中越沖地震, 柏崎刈羽原子力発電所, 3次元速度構造モデル, 褶曲, 地震動シミュレーション

Keywords: 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake, Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Plant, 3D velocity model, Fold, ground motion simulation