

経験的グリーン関数法と FEM を用いた 2007 年新潟県中越沖地震の強震動シミュレーション

|        |            |     |        |
|--------|------------|-----|--------|
| 株式会社   | 日本アムスコ     | 正会員 | ○佐口浩一郎 |
| 愛知工業大学 | 地域防災研究センター | 正会員 | 倉橋 奨   |
| 愛知工業大学 | 地域防災研究センター | 非会員 | 入倉孝次郎  |
| 愛知工業大学 | 工学部 都市環境学科 | 正会員 | 正木 和明  |

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（図 1）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  $993\text{cm/s}^2$  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、また、余震についても計器の不調等で 3 成分の記録が得られていない。

本研究では、経験的グリーン関数法により柏崎刈羽原発直下における地震基盤内の地震動の推定を行う。次に推定した地震動を用いて 2 次元 FEM 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)の本震記録の再現を試みる。

2. 経験的グリーン関数法による入射地震動の推定

既往の震源モデル<sup>1)</sup>では、原子炉建屋に設置されている観測波形の特徴から、アスペリティ 1 とアスペリティ 2 の解析には原子力発電所の北側で発生した 7 月 16 日 21:08 の余震を、アスペリティ 3 の解析には南側で発生した 8 月 4 日 00:16 の余震をグリーン関数として用いた波形の合成が行われている。本研究においても、同様にこれらの 2 つの余震を用いて原子力発電所敷地直下の地震基盤内（深度 5km）における入射地震動の波形合成を行った。なお、グリーン関数として用いる余震記録はサービスホール観測点の記録から 1 次元重複反射理論

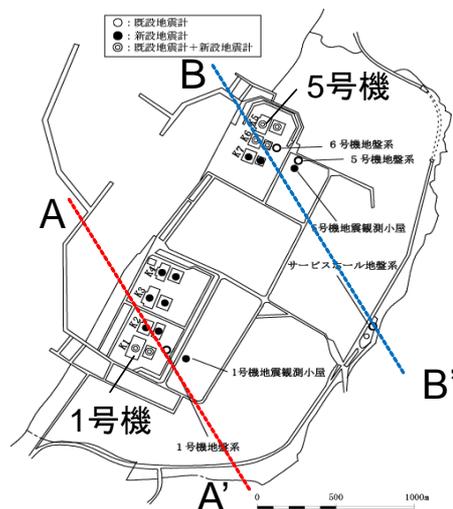


図 1 柏崎刈羽原子力発電所内における地震観測点

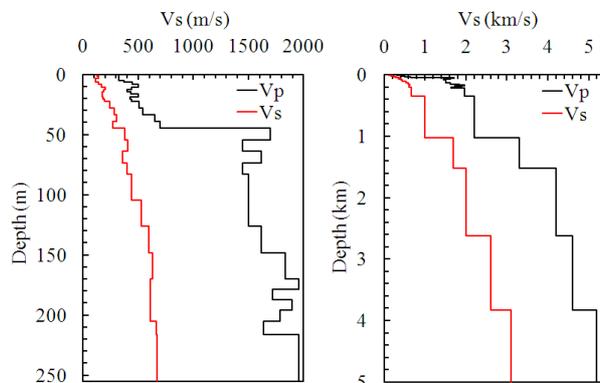


図 2 サービスホールにおける地下構造

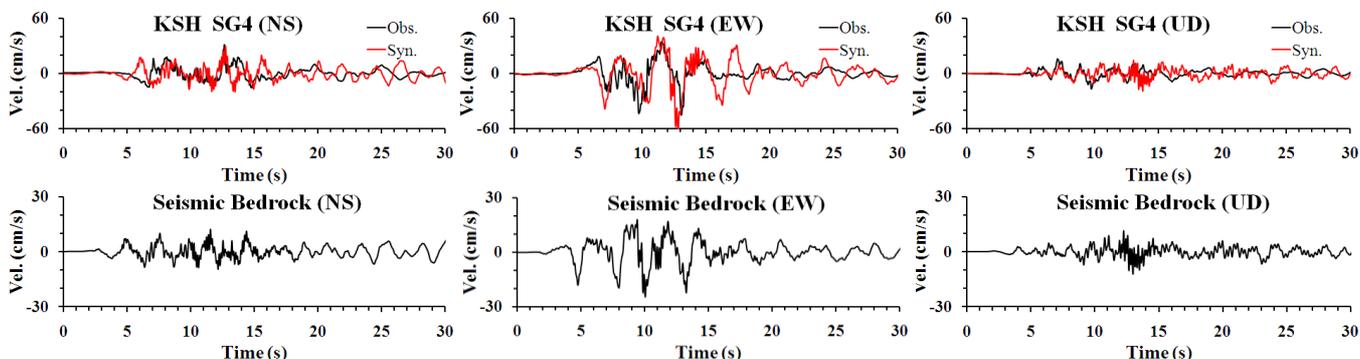


図 3 サービスホールにおける観測記録 (SG4) と合成波形 (上: SG4 下: 地震基盤内の速度波形)

キーワード 経験的グリーン関数法, 有限要素法, 2007 年新潟県中越沖地震, 強震動シミュレーション  
 連絡先 〒460-0003 名古屋市中区丸の内 3-19-5 (株) 日本アムスコ 名古屋 CAE 技術室 TEL 052-959-5775

により地震基盤における入射波を算出し使用した。図2に1次元重複反射理論に用いるために余震から同定した地下構造を示す。図3にサービスホール地下観測点(SG4)および地震基盤内における入射地震動の合成波形を示す。SG4において合成した波形は最大振幅および各パルスともに概ね観測波形を再現していることから、地震基盤内における入射地震動の合成波形が妥当であることが分かる。

3. 2次元 FEM 解析による強震動シミュレーション

2次元 FEM 解析にあたり、1号機および5号機直下の地下構造を図1に示す各測線について、既往の研究<sup>2)</sup>を参考に、それぞれ図4および図5に示す幅7.5km、深さ5kmの2次元断面で7層によるモデル化を行った。モデル境界において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。FEM解析には図3に示す地震基盤内における入射地震動(EW成分)を入力波として用い、モデル下部境界においてSV鉛直入射による解析を行った。図6および図7に1号機の地下255m(G10)および5号機の地下312m(G55)におけるシミュレーション結果としてEW成分の加速度波形をそれぞれ示す。図6および図7に示されるように、G10およびG55における最大加速度はそれぞれ877cm/s<sup>2</sup>および441cm/s<sup>2</sup>であり、1号機においては観測値(993cm/s<sup>2</sup>)と比べてやや小さいが、第3パルスにあたる振幅が大きくなっている傾向は良く再現されている。

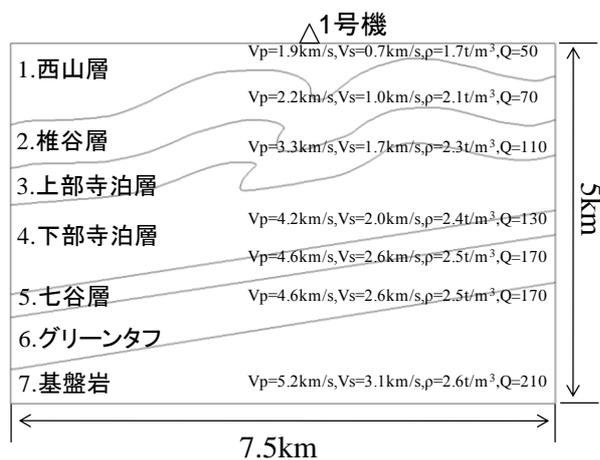


図4 1号機の解析モデル (A-A'断面 (図1))

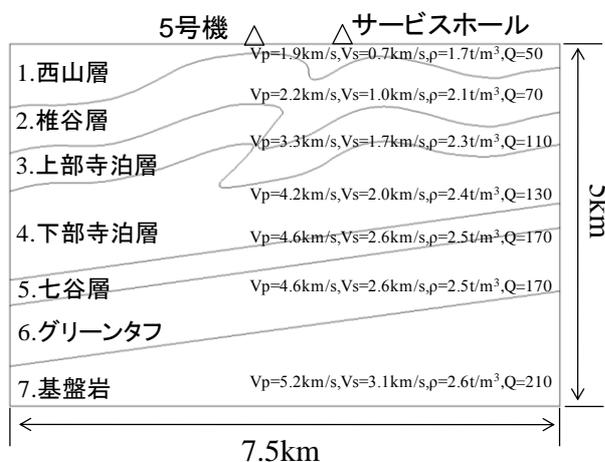


図5 5号機の解析モデル (B-B'断面 (図1))

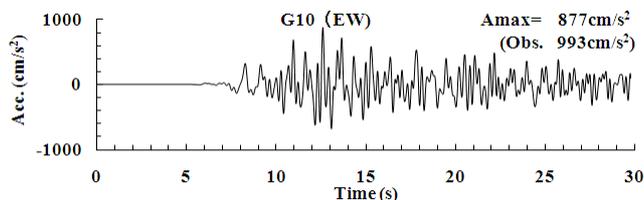


図6 1号機 (G10) における解析結果 (EW成分)

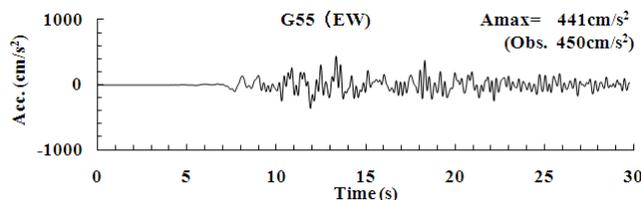


図7 5号機 (G55) における解析結果 (EW成分)

4. まとめ

本研究では、2007年新潟県中越沖地震の余震記録を用いて、経験的グリーン関数法により柏崎刈羽原発直下の地震基盤内における本震時の入射地震動の推定を行った。推定した入射地震動を用いて2次元FEM解析を行った結果、1号機および5号機における計算波形は、原子力発電所内において観測された観測記録に現れている傾向を良くとらえているものであった。

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) 倉橋奨・正木和明・宮腰研・入倉孝次郎: 経験的グリーン関数法を用いた2007年新潟県中越沖地震の震源モデルの構築(南東傾斜モデル), 日本地球惑星科学連合2008年大会, S146-P017, 2008.5
- 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