

2004年新潟県中越地震による原子力発電所の地震応答（その1）

- 地震観測記録の分析 -

植竹富一¹⁾・敦賀隆史²⁾・水谷浩之³⁾・八代和彦⁴⁾

- 1)正会員 東京電力 技術開発研究所，横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1，uetake.tomiichi@tepcoco.jp
- 2)非会員 東京電力 原子力技術・品質安全部，千代田区内幸町 1-1-3，tsuruga.takashi@tepcoco.jp
- 3)非会員 東京電力 原子力技術・品質安全部，千代田区内幸町 1-1-3，mizutani.hiroyuki@tepcoco.jp
- 4)非会員 東京電力 原子力技術・品質安全部，千代田区内幸町 1-1-3，yasiro.k@tepcoco.jp

1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日新潟県中越地方で M6.8 の地震が発生し，新潟県川口町で震度 7，小千谷市 山古志村 小国町で震度 6 強を観測した．新潟県柏崎市・刈羽村に立地する東京電力柏崎刈羽原子力発電所でも過去に観測された記録を大きく上回る記録が得られた．本報告では，同発電所で得られた地震記録について紹介する．

今回記録した値は，原子炉建屋基礎版上で水平 54gal・上下 57gal であり，原子炉の自動停止設定値：水平 120gal・上下 100gal に対して十分余裕があった．この地震では運転継続の支障となる被害はなく，地震動も原子炉の自動停止レベルに達しなかったため，発電所は運転を継続した．

2. 原子力発電所建屋の概要と観測値

柏崎刈羽原子力発電所は，柏崎市と刈羽村にまたがる砂丘地域に立地している．原子炉建屋は表層の砂層を除去し，新第三紀の泥岩層上に建設されている．図 1 に 5 号機原子炉建屋の断面図を示すが，高さ約 80m のうち，約半分が地下部分となっている．地震計は，固有周期 0.2 秒の速度帰還型加速度計であり，最大計測範囲 1000gal，周波数範囲 0.05～15Hz，サンプリング周波数 100Hz，A/D：16bit となっている．この加速度計は，原子炉の運転制御用の地震計とは，別系統の地震計である．

3. 観測波形

建屋内の 4 地点，地盤の地表（G51：平均海水面から 12m）及び地中（G54：GL-192m）の観測波形を図 2 に示す．G54 設置位置で，せん断波速度 840m/s である．上 4 つが建屋系，下二つが地盤系（地表及び地中）の波形である．pNS，pEW は地震計の方位が，地理上の南北，東西でなく，発電所の座標系に合わせてあることを示している．

震央から発電所までの距離は約 28km である．本震で観測された最大加速度値を設計値と比較して図 1 に示す．最大加速度の分布形状は，設計応答値の分布と調和的である．

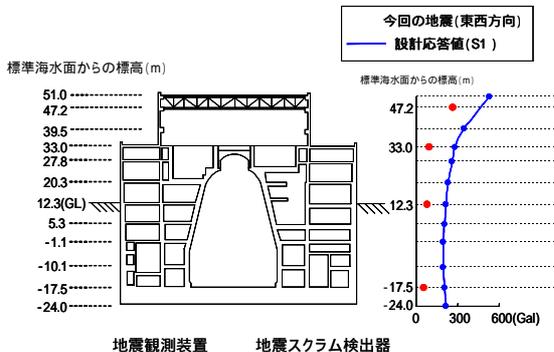


図 1 5号機建屋内観測点配置及び今回の観測値と設計応答値の比較

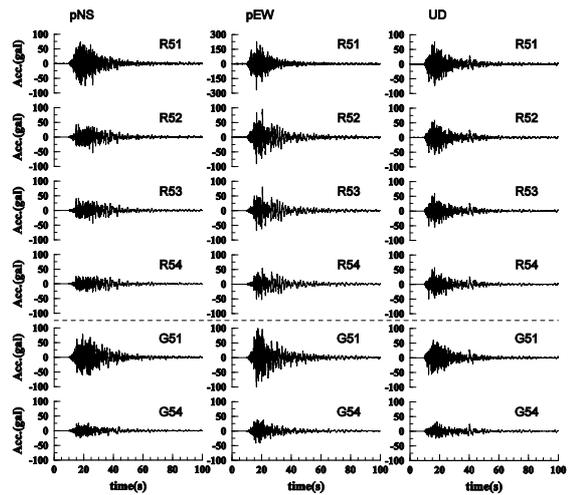


図 2 柏崎刈羽発電所 5 号機における観測波形
R51：建屋内（トラス端部），R52：建屋内（オペフロ），R53：建屋内（GL レベル），R54：建屋基礎上，G51：地表（GL-2.7m），G54：GL-192m

地中 (G54) に比べ地表記録 (G51) は数倍の増幅を示し、特に主要動部分の増幅が大きい。また建屋内でも増幅が見られ、最上部 R51 観測点で大きくなっている。ただし、建屋内の記録は最上層を除き、地表よりも小さい。また、UD 成分は建屋内での増幅が小さい。後続の位相はどの観測点でもそろっており、地盤建屋が一体で動いていることが示唆される。

4. 地表-地中-基礎版上の比較

地表 (G51: GL-2.7m) と G54, R54 の記録のフーリエスペクトル比を図 3 に示す。表層地盤の周期や建屋系の応答に比べ波長が十分長くなる低周波数側では比は 1 に近づくが、高周波数側では表層の増幅の影響で比が小さくなる。地中地震計の記録は 0.2Hz 付近から地表に比べて小さく、1/5 ~ 1/10 となる帯域もある。建屋基礎上の記録は 1Hz より高周波数側で地表地震計の応答より小さくなり、水平動で 4Hz、上下動で 10Hz 付近にくぼみがある。これは、剛な構造物が地盤中に埋め込まれていることによる効果であると考えられる。一方、GL-192m とのスペクトル比にも同様な傾向が見られるが、これは地表記録に含まれている表層地盤の増幅分を反映したものと考えられる。なお、図には中越地震以前に得られた中小の 9 地震記録によるスペクトル比も示しているが、ばらつきの範囲内で一致している。なお、中小地震による低周波数側のばらつきは S/N の悪さに起因すると考えられる。

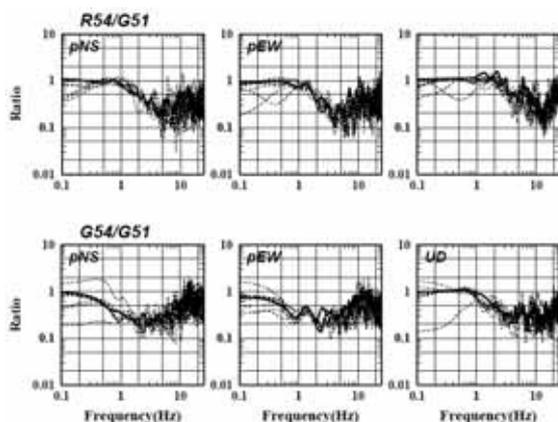


図 3 地表観測点を基準とした地中地震記録と基礎版上記録のスペクトル比。太線：中越地震，細破線：その他の 9 地震

5. 建屋内の増幅

原子炉建屋内の地震動の増幅を見るために基礎版上の記録を基準としたフーリエスペクトル比を図 4 に示す。図 3 と同様に過去の地震記録と比較してしめす。水平成分は、基礎版上の記録に対して 2 Hz 付近まではほとんど増幅が見られない。pEW 成分の 3.5Hz 付近に共通のピークが見られるが、これが基礎固定の時の建屋系の 1 次固有振動数と考えられる。また、UD 成分では 10Hz 付近まで増幅が見られず、水平動に比べて高い固有振動数となっている。なお、建屋上部のトラス端部につけられた地震計が、最も大きい増幅を示している。最上階は、原子炉の点検や燃料取り替え等の都合から大空間が確保されており、それ以下の階に比べ振動しやすい傾向がある。特に、壁の面外方向に当たる pEW 方向の振動が大きくなっている。

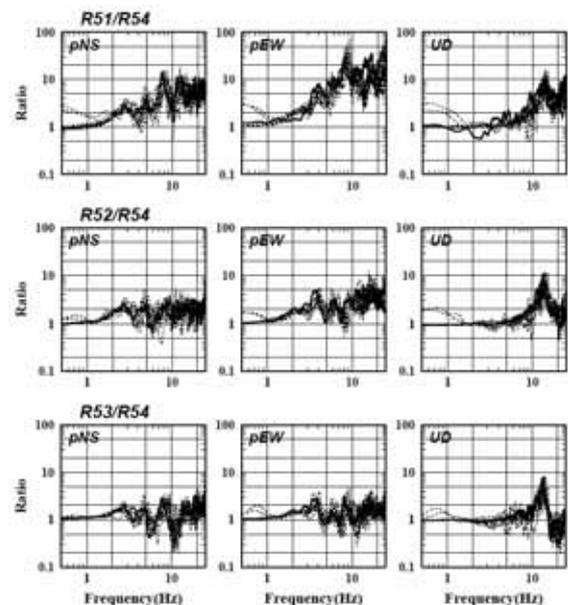


図 4 基礎盤を基準とした原子炉建屋内フーリエスペクトル比。太線：中越地震，細破線：その他の 9 地震

6. おわりに

新潟県中越地震による柏崎刈羽原子力発電所での観測記録について報告した。原子炉建屋内の地震動の増幅はトラス部分を除いて小さいこと、今回の地震による地盤・建屋の応答は、過去の記録に比べ大きな変化はなく、ほぼ線形の範囲内であることが確認された。