

近年の大地震における原子力発電所サイトの特異な地盤震動性状について

名古屋大学 工学部 社会環境工学科 建築学コース 4年
 護研究室 松本 純

1. 背景と目的

世界でも有数の地震多発国である日本では、大地震の度に甚大な地震被害が生じており、近い将来、東海、東南海、南海地震の発生が予想されている。大地震により損傷を受けると、周辺地域に多大な影響を及ぼす恐れのある原子力発電所の耐震安全性は非常に重要な問題である。2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震における東京電力柏崎刈羽原子力発電所や、2009年8月11日の駿河湾の地震における中部電力浜岡原子力発電所での原子炉運転停止など、近年、大地震による原子力発電所への影響が心配されている。

そこで本研究では、新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の事例分析と、駿河湾の地震における浜岡原子力発電所の地震観測記録の分析を行った。本研究の主な目的は浜岡原子力発電所において5号機で他号機に比べて著しく大きな加速度が記録された原因を検討することである。

2. 強震観測及び観測記録の概要

2.1 地震の概要

駿河湾の地震の本震及び、比較検討に用いる駿河湾の地震の余震、2009年5月25日の静岡県西部の地震の諸元を表-1に示す。また浜岡原子力発電所及び3.3節の検討で用いるKiK-net観測地点と各地震の震央位置を図-1に示す。

2.2 強震観測の概要

本研究の対象敷地・建物は静岡県御前崎市佐倉に位置する中部電力浜岡原子力発電所である。敷地内には1号機から5号機まで合計5棟の原子炉建屋がある。それぞれの原子炉建屋の建物規模は概ね地上高さ約45m、根入れ深さ約20m、平面規模は約80m×80mとなっている。浜岡原子力発電所では建物内に加え、図-2に示すように地盤内に地震計が設置されており、これらで観測された強震記録を分析に用いる。自由地盤地震計の設置深度及び地質断面図、S波速度図を図-3に示す。S波速度は3,4,5号機自由地盤で計測されており、3,4,5号機で同じ程度の速度構造となっている。

2.3 本震で得られた観測記録の概要

駿河湾の地震の本震時に、3号機(3G1地点)及び5号機GL-100mで記録された加速度波形及びフーリエスペクトルを図-4に示す。加速度波形より、5号機は3号機に比べてS波が到達したと見られる時刻の加速度が大きく、それ以外の時刻では同程度であることと、フーリエスペクトルより、3Hz前後の振動数成分が多く含まれ、それ以外の振動数成分では同程度になっていることがわかる。また、図-5に示すように加速度記録の最大値を抽出し、各号機自由地盤の各深度での揺れの大きさを比較した。図-5より、EW方向、NS方向ともに5号機が他号機に比べて最大加速度が大きいことがわかる。

表-1 検討に用いた地震の諸元

No	名前	震源時刻					震源地	M	震源距離	震源深さ [km]
		年	月	日	時	分				
1	静岡県西部の地震	2009	5	25	20	26	静岡県西部	4.7	42.5	26
2	本震	2009	8	11	5	7	駿河湾	6.8	43.5	23
3	余震(1)	2009	8	11	18	9	駿河湾	4.4	45.9	20
4	余震(2)	2009	8	13	12	42	駿河湾	4.3	42.3	19
5	余震(3)	2009	8	13	18	11	駿河湾	4.5	41.2	23

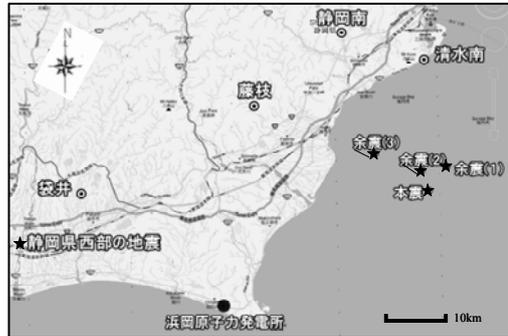


図-1 浜岡原子力発電所及びKiK-net観測地点と各地震の震央との位置関係

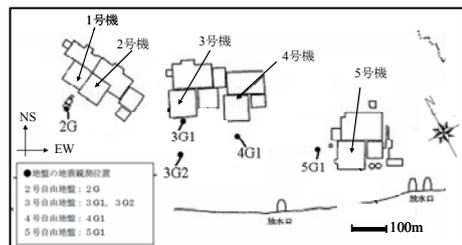


図-2 自由地盤内地震計の水平設置位置

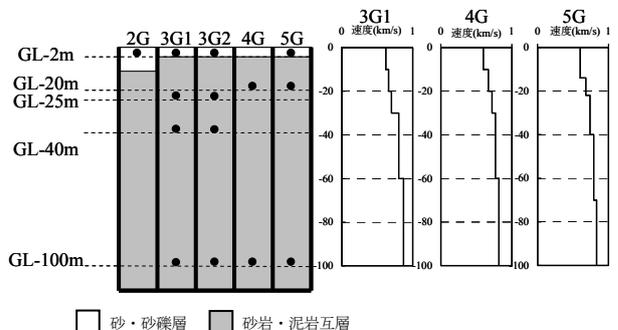


図-3 自由地盤地震計の設置深度・地質断面図・S波速度図

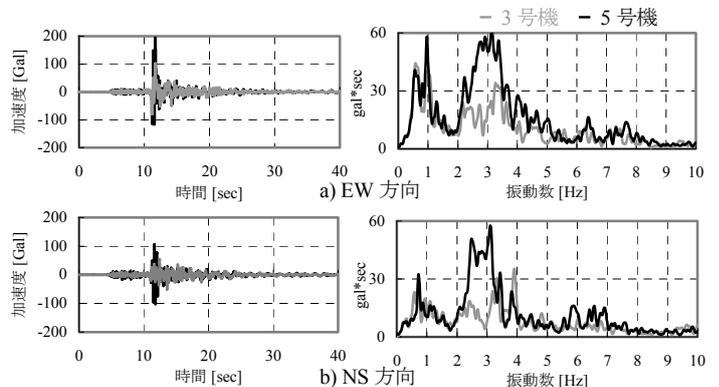


図-4 GL-100mにおける3号機と5号機の加速度波形とフーリエスペクトルの比較

3. 特異な震動性状の分析

5号機の特異な震動性状の解明のため、3号機と5号機の地震観測記録の比較を行う。3号機の記録として3G1地点の記録を用いる。

3.1 加速度、速度、変位波形、オービットによる分析

S波が到達し最大加速度が記録された11~12.5秒間における加速度、速度、変位のそれぞれの波形を図-6に示す。これより最大加速度を記録した時刻において3号機に比べて5号機は3Hz前後の振動が大きくなっていることがわかる。

3.2 浜岡原子力発電所における地震の違いによる比較

駿河湾の地震の本震以外の地震でも3Hz前後の成分が3号機より5号機に多く含まれているかを検討する。図-7に示す各地震のGL-100mにおける3号機に対する5号機のスペクトル比と、図-8に示す余震記録におけるS波到達後0.5秒間のGL-100mでの変位オービットより検討を行う。これらの結果より、本震と伝播方向が同じ余震(1)では、EW方向では3Hz前後のスペクトル比が大きくなっているが、NS方向では3Hz前後のスペクトル比が大きくなっているものは無い。また変位オービットでは、余震(1)のみ5号機が3号機よりも大きくなっている。これより、本震と

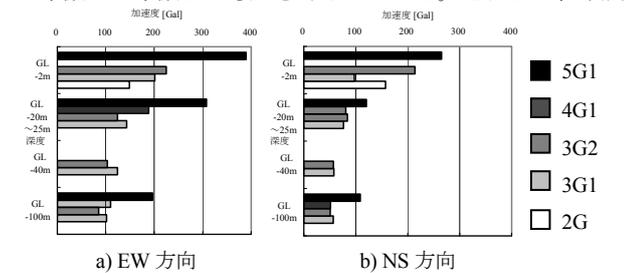


図-5 各深度における最大加速度

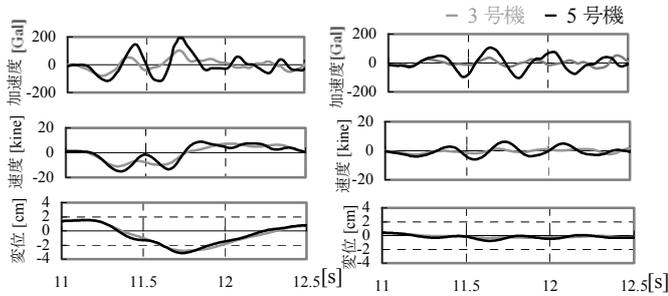


図-6 3号機自由地盤と5号機自由地盤とのGL-100mにおける波形の比較(11.0s~12.5s)

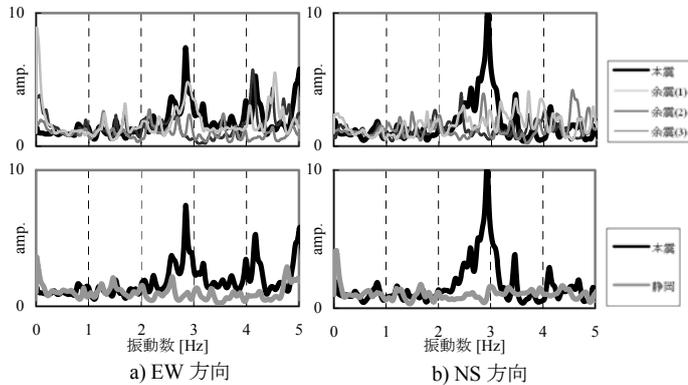


図-7 GL-100mにおける3号機に対する5号機のスペクトル比の比較

同じ伝播方向の余震の場合に発電所内での揺れに相違が現れ、深部地盤が原因である可能性は低いと考えられる。また本震と伝播方向が異なる静岡県西部の地震では、スペクトル比と変位オービットより3号機と5号機を比べて3Hz前後の成分に差がほぼ無いことがわかる。伝播方向も震源特性も異なるこの地震では特異な震動性状は生じていない。

3.3 本震における敷地周辺にある観測地点で得られた観測記録との比較

KiK-net(防災科学研究所 HP: <http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>)の地中地震観測記録を用いて、本震震源からの方向が異なる敷地周辺にある観測地点において、5号機で見られた3Hz前後の成分が確認されているかについて、距離補正を行った擬似速度応答スペクトル(h=5%)により検討した。結果を図-9に示す。図-9より、本震の際に5号機で見られた3Hz前後の成分は、KiK-net 観測地点では明瞭には見られない。なお、これらの観測点における表層地盤の卓越振動数は、3Hz付近にはないことを確認している。これより震源特性が原因である可能性は低いと考えられる。

4. まとめ

以上の分析から、5号機の揺れが他号機に比べて大きい原因は3Hz前後の成分だと考えられる。また、この3Hz前後の成分の発生原因は、深部地盤と震源特性である可能性が低いと考えられることから、伝播方向と浜岡原子力発電所のGL-100m以深の地下構造の影響によるものである可能性が高いと現状では考えられ、地下構造についての検討がさらに必要であると考えられる。

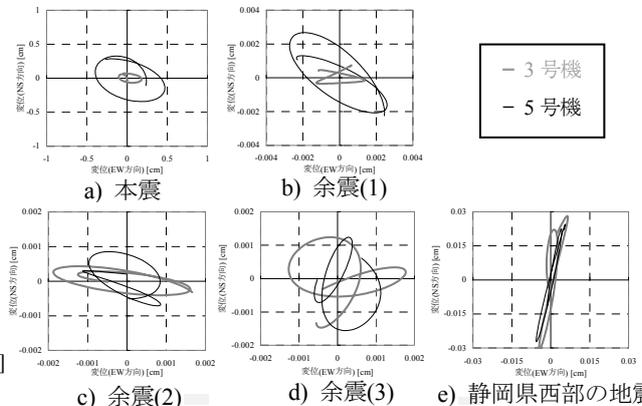


図-8 3号機と5号機のGL-100mでの各地震のS波到達後0.5秒間の変位オービット比較(2~4Hz抽出)

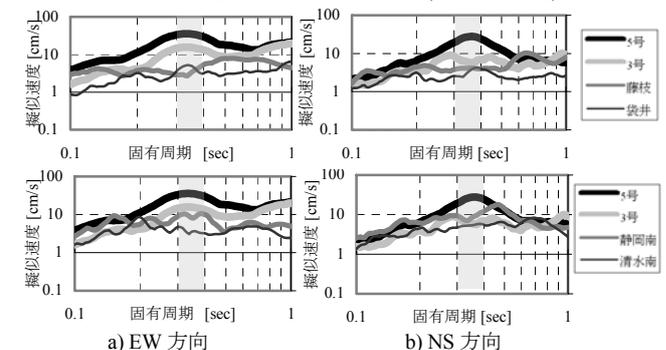


図-9 KiK-net 地中観測地点における距離補正した擬似速度応答スペクトル(h=5%)