

## 2009年8月11日の駿河湾の地震における浜岡原子力発電所の地盤震動特性分析

正会員 ○松本 純\*1 同 護 雅史\*2  
同 福和伸夫\*3

原子力発電所 駿河湾の地震  
地盤構造 地盤震動性状

### 1.背景と目的

2009年8月11日の駿河湾の地震では、中部電力浜岡原子力発電所の5号機基礎位置で400Galを超える地震動が観測された。これは、他号機の同位置における最大加速度の2倍以上となっている。本論では、本震、余震、あるいはその他の地震で得られた観測記録の分析を通して、地震応答の差異の原因について検討を試みた。

### 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<sup>1)</sup>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浜岡原子力発電所である。敷地内には1~5号機まで計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。図2に示すように、建物



図1 当該発電所・KiK-net<sup>1)</sup>

観測地点及び震央位置

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 [km]	
		年	月	日	時	分				
1	静岡県西部の地震	2009	5	25	20	26	-	4.7	42.5	26
2	本震	2009	8	11	5	7	15	6.8	43.5	23
3	余震(1)	2009	8	11	18	9	43	4.4	45.9	20
4	余震(2)	2009	8	13	12	42	48	4.3	42.3	19
5	余震(3)	2009	8	13	18	11	4	4.5	41.2	23

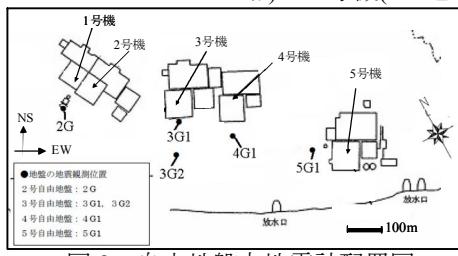


図2 自由地盤内地盤計配置図

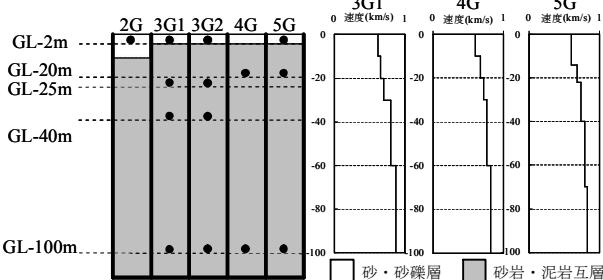


図3 自由地盤地震計の設置深度・地質断面図・S波速度図

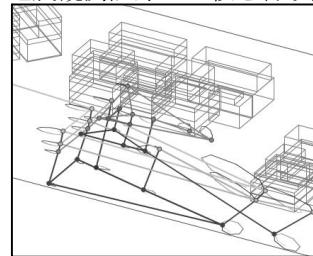
内に加え地盤内にも地震計が設置されており、これらで観測された強震記録を分析に用いる。自由地盤地震計の設置深度及び地質断面図、S波速度図を図3に示す。S波速度構造は3~5号機自由地盤で同程度となっている。

### 2.3 本震で得られた観測記録の概要

本震時に3号機(3G1地点)及び5号機(5G1地点)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いことと、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ることがわかる。図5に発電所地盤のS波到達時刻の振動挙動を再現したアニメーションの一部を示す。これからも3Hz前後の振動数成分による揺れが5号機で大きいことが分かる。また、図6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6より、5号機では、他号機に比べて、両方向とも最大加速度が大きいことがわかる。

### 3. 地盤震動性状の分析

5号機の震動性状の差異を解明するため、3号機(3G1地点)と5号機(5G地点)の地震観測記録の比較を行う。



2~4Hz

図5 時刻11.7sにおけるFlashによる震動挙動の再現

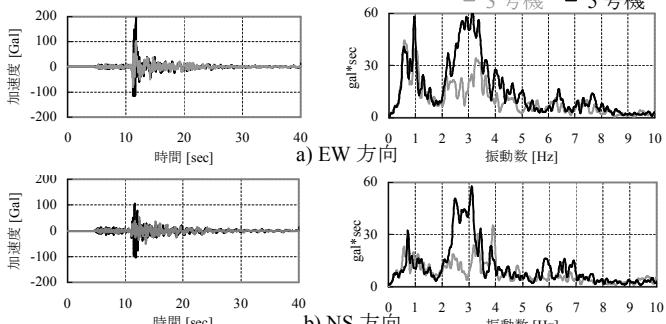


図4 GL-100mにおける3号機と5号機の加速度波形とフーリエスペクトルの比較

### 3.1 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秒間ににおける加速度、速度、変位の波形を図7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8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9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たことが推察できる。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

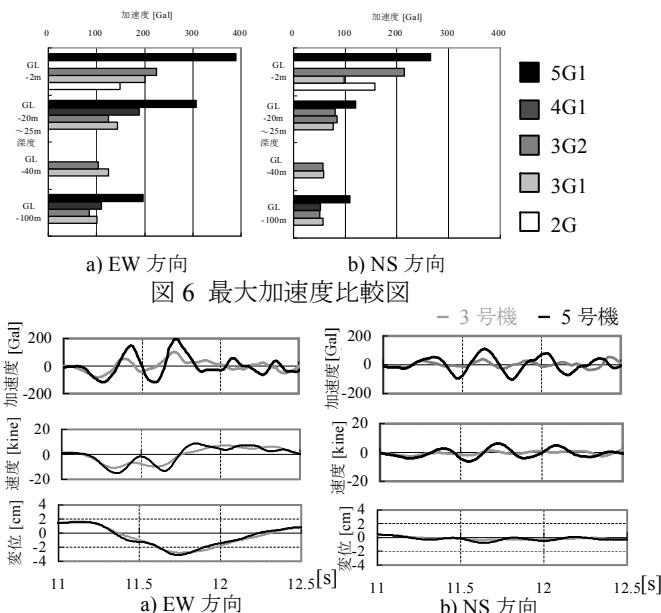


図6 最大加速度比較図

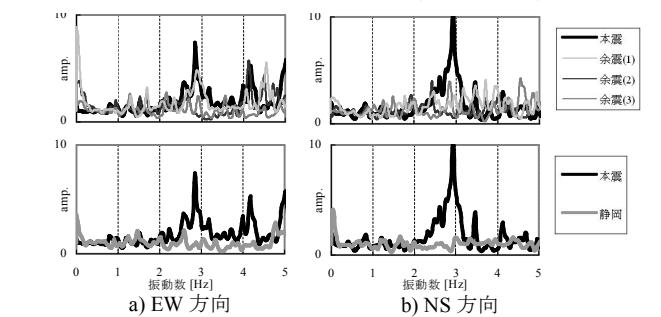


図7 3号機自由地盤と5号機自由地盤とのGL-100mにおける波形の比較(11.0s~12.5s)

\*1 清水建設株式会社 (元名古屋大学工学部社会環境工学科学部生)

\*2 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士 (工学)

\*3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

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。伝播経路も震源特性も異なるこの地震では震動性状に違いは生じていない。

### 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<sup>1)</sup>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観測地点で、5号機に見られた3Hz前後の成分が確認されるかについて、距離補正し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10に示す。図10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。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是3Hz前後の成分であり、この成分の発生原因は、直下地盤の增幅特性と震源特性ではなく、震源とサイトとの伝播経路にある可能性が高いと考えられ、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。

### 謝辞

本研究を実施するに当たっては、中部電力(株)より、(財)震災予防協会を通じて提供された中部電力(株)浜岡原子力発電所における「2009年8月11日駿河湾の地震(本震及び余震他)」の観測記録等(CD-ROM)を用いました。ここに、関係者に対しまして感謝の意を表します。

参考文献 1) 防災科学技術研究所(HP:<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>) 2009年8月20日参照

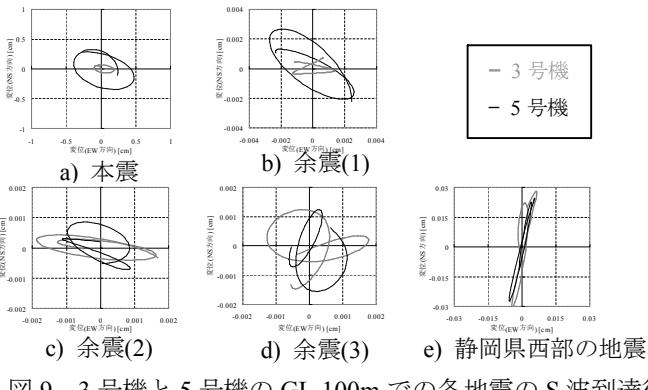


図9 3号機と5号機のGL-100mでの各地震のS波到達後0.5秒間の変位オービット比較(2~4Hz抽出)

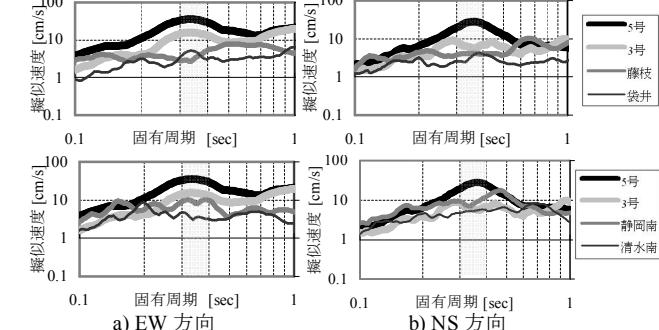


図10 KiK-net 地中観測地点における距離補正した擬似速度応答スペクトル( $h=5\%$ )

\*1 Shimizu Corporation

\*2 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng

\*3 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng