

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 強震観測
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-net¹⁾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

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。

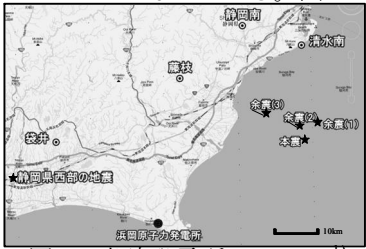


図 1 当該発電所・KiK-net¹⁾観測地点及び震央位置
表 1 検討に用いた地震の諸元

No.	名前	震源時刻					震源地	M	震源距離	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

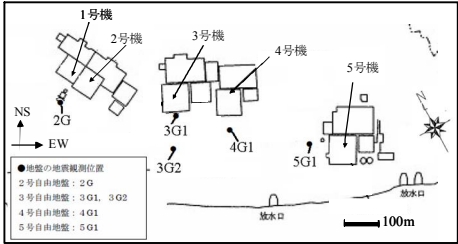


図 2 自由地盤内地震計配置図

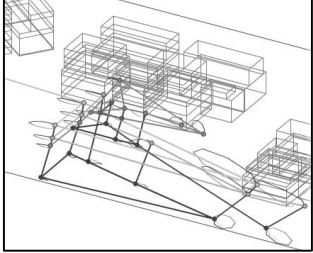


図 5 時刻 11.7s における Flash による震動挙動の再現

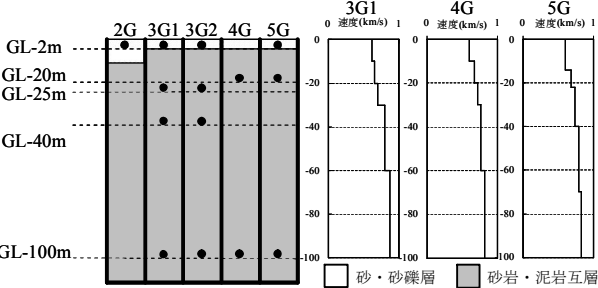


図 3 自由地盤地震計の設置深度・地質断面図・S 波速度図

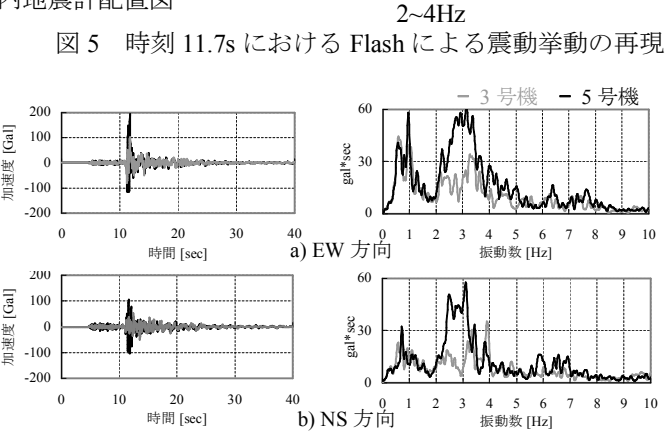


図 4 GL-100m における 3 号機と 5 号機の
加速度波形とフーリエスペクトルの比較

Ground motion characteristics at Hamaoka Nuclear Power Plant during Suruga Bay Earthquake of August 11, 2009.

MATSUMOTO Jun, MORI Masafumi, FUKUWA Nobuo

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

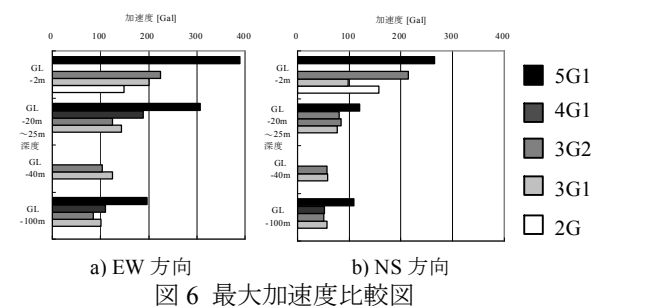


図6 最大加速度比較図

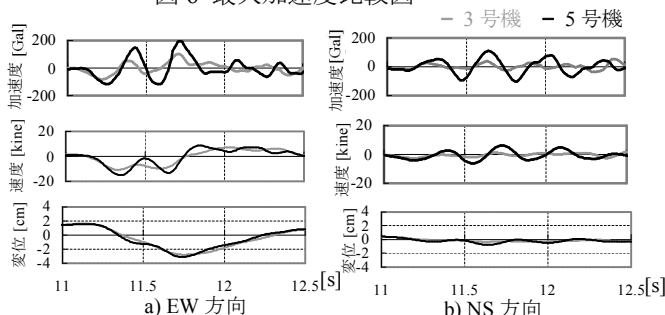


図7 3号機自由地盤と5号機自由地盤とのGL-100mにおける波形の比較(11.0s~12.5s)

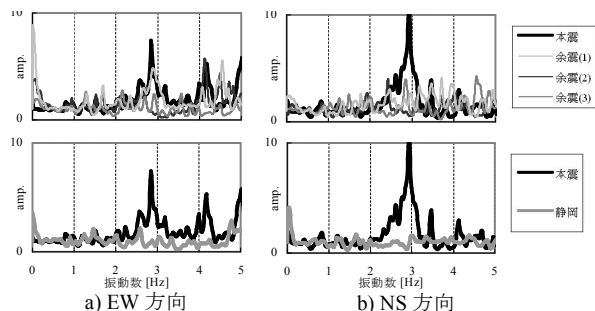


図8 GL-100mでの3号機に対する5号機のスペクトル比

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-net¹⁾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は3Hz前後の成分であり、この成分の発生原因は、直下地盤の増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

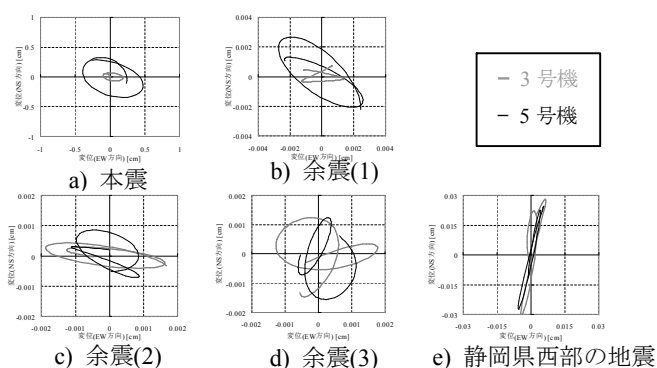


図9 3号機と5号機のGL-100mでの各地震のS波到達後0.5秒間の変位オービット比較(2~4Hz抽出)

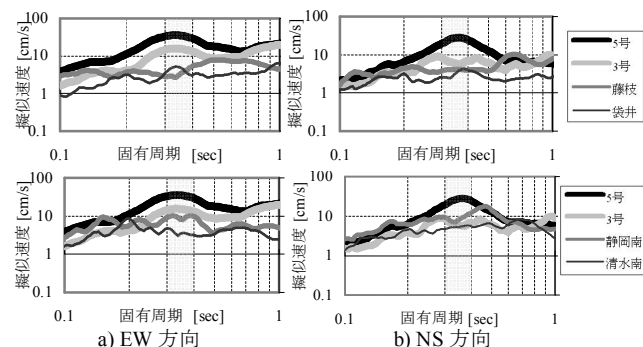


図10 KiK-net 地中観測地点における距離補正した擬似速度応答スペクトル(h=5%)

*1 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

*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