

地震動観測記録に基づく堆積盆地の震動特性の震源位置依存性に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科建築学コース
福和研究室 山田沙代

1. 背景と目的

現在、南海トラフにおける巨大地震の発生が懸念されている。多くの大都市が立地する軟弱な大規模堆積盆地では、地震が発生した際の地盤と超高層建物の共振現象が問題となっている。この共振現象を防ぐためには深部地盤に起因する長周期帯域の地盤震動特性を把握して建物を設計することが重要である。しかし、堆積盆地上の地点における地盤の周期特性は場所のみならず地震によっても変動することが指摘されている^(例えば1)。また、南海トラフ巨大地震を含めた海溝型地震について、告示スペクトルを超えるようなスペクトル特性が予測されており、これらを適切に把握して構造物の設計に反映することが重要である。以上より、本研究では地震動観測記録および常時微動観測記録、理論計算を用い、中京地域における堆積盆地上の震源域ごとの地盤震動特性の把握を目的とし、比較・分析を行う。

2. 中京地域における地下構造の概要

中京地域における濃尾平野・伊勢平野を含む伊勢湾を囲む地域は、日本でも有数の規模の沖積平野の一つである。約650万年前から120万年前頃にかけて、中京地域には広範囲にわたって東海湖が存在し、広大な沈降盆地の跡をとどめた。その後も濃尾傾動運動により濃尾平野の地盤は西に傾きながら沈降していった。そのため現在では、図1に示すように濃尾平野西端は養老断層による落差約2kmの地震基盤の段差が存在し、東に行くほど堆積層が薄くなる背斜構造になっている。この中京地域において様々な物理探査や震動計測が行われ、地盤構造が解明されてきた。

3. 理論計算に基づく地盤震動特性の検討

本研究において検討に用いた地点は、中京地域の堆積盆地内にある3地点(MIE003, NGYC01, NGYC14)である。図1に各観測点の位置と地震基盤深さを示す。弾性波動論に基づく理論計算により、SV波斜め入射の際の理論H/Vスペクトル、増幅スペクトル、表面波の理論H/Vスペクトルを算出した。理論計算の際、堀川・他²⁾による3次元地盤構造モデルを改良したモデルを使用した。図2にそれぞれのスペクトルを示す。表面波の理論H/Vスペクトルの鋭いピークを除き、大局的に見れば各スペクトルの山谷となる周期は一致していることが分かる。

4. 常時微動観測記録と理論計算結果との比較

図3に各地点の常時微動観測記録によるH/Vスペクトルを示す。NGYC01とNGYC14においては常時微動観測記録のH/Vスペクトルと理論計算による各スペクトルの1次卓越周期はほぼ同じであるが、地震基盤の深いMIE003では1次卓越周期で0.7sの差が見られた。原因として、常時微動観測に用いた計器(白山工業製JU210)の特性により、より長周期側にある本来のピークが小さくなったこと、MIE003付近の地盤モデルのチューニングが十分でないことなどが考えられる。

5. 地震動観測記録の地震による相違

図4に各地震の震央分布を、表1に対象とする地震の概要を示す。分析の際にまず、堆積盆地内の3地点に堆積盆地外の観測点であるMIEH01を加え、それぞれの地震動観測記

録を、図5に示すように非正常スペクトルとレイリー波のモーションプロダクトを使用し実体波部と表面波部に分離を行った。非正常スペクトルから、分散性を示さない部分を実体波部、分散性を示す部分を表面波部とした。また、モーションプロダクトは表面波であるレイリー波の存在を確かめるため補助的に使用した。

次に、堆積盆地内の3地点における実体波部と表面波部それぞれのH/Vスペクトルと、岩盤上の地点であるMIEH01に対する堆積盆地内の各地点におけるラディアル方向フリーエスペクトルの比であるH/Hスペクトルを算出した。H/Vスペクトル及びH/Hスペクトルは、実体波部であれば観測点直下の構造、表面波部であれば堆積盆地内を經由したことによって現れる特性が含まれると考えられる。さらに、紀伊半島沖、新潟付近、三陸沖の3つの震源域の地震について、それぞれ平均H/Vスペクトルと平均H/Hスペクトルを算出した。

図6に、各観測点における震源域ごとの平均H/V・H/Hスペクトルを示す。震源域によりH/V・H/Hスペクトルの形状が異なっていることが分かる。震源域による差が顕著なのは表面波部であり、これは表面波が実体波と異なり堆積盆地に鉛直下方からではなく横から入射するためであると考えられる。特にNGYC01とNGYC14における表面波部の平均H/Vスペクトルでは、新潟付近の地震の周期4.0sのピークが際立って大きく、これらの観測点における常時微動観測記録のH/Vスペクトルおよび理論計算による各スペクトルの1次卓越周期と近接している。

この周期4.0sのピークの成因を調べるため、新たに堆積盆地上の観測点であるNGYC08と、堆積盆地外で新潟方向に位置する岩盤上の観測点GIFH27において、新潟付近で発生した地震の平均H/Vスペクトルを算出した。図7に各観測点における新潟付近の地震の表面波部のH/Vスペクトルを示す。GIFH27では特に増幅は見られず、またNGYC08では周期4.0sではなく3.0s付近に大きなピークが見られる。新潟付近に浅い震源を持つ地震では、堆積盆地構造による各地点での表面波の卓越しやすい周期において、他の震源域の地震に比べ表面波の増幅が大きいことが分かった。

6. まとめ

地震動観測記録における実体波部と表面波部のH/Vスペクトルにおける卓越周期は地震ごとに異なっており、さらに地震の震源域ごとに傾向が見られることが分かった。実体波と表面波では、表面波の方が震源域の違いによるスペクトル形状の差が大きく、特に新潟付近で発生した震源の浅い地震では、中京地域の堆積盆地において表面波の増幅が大きいことが明らかとなった。

表面波部のH/Vスペクトルにおいて、震源域ごとに見られた堆積盆地内を經由したことによると考えられるピーク周期は、震源から堆積盆地に地震波が到達するまでの伝播経路と、不整形な堆積盆地構造の影響を受けることにより変動すると考えられる。今後、地震間および震源域ごとにみられた観測結果の違いの原因について、さらなる追求が必要である。

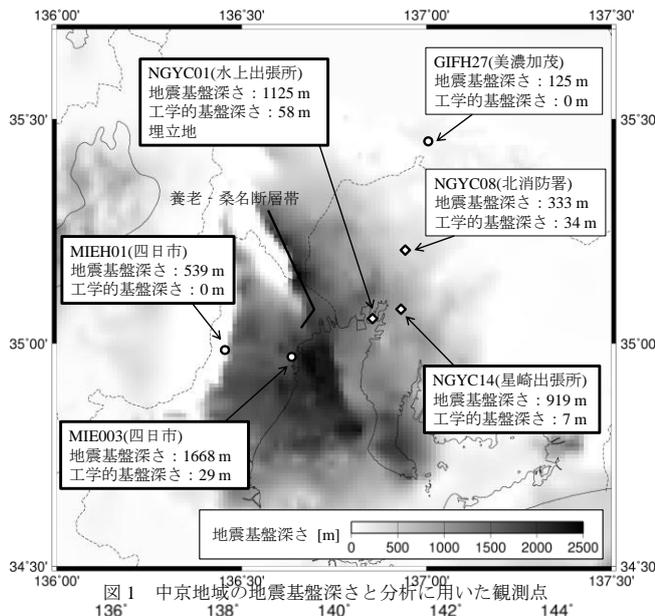


図1 中京地域の地震基盤深さと分析に用いた観測点

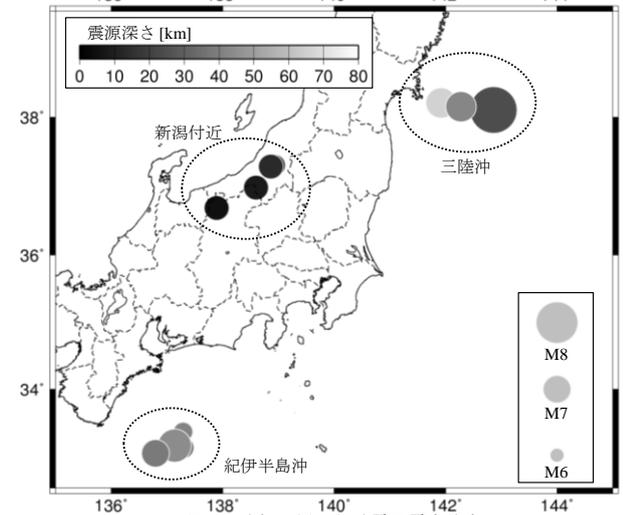


図4 分析に用いた地震の震央分布

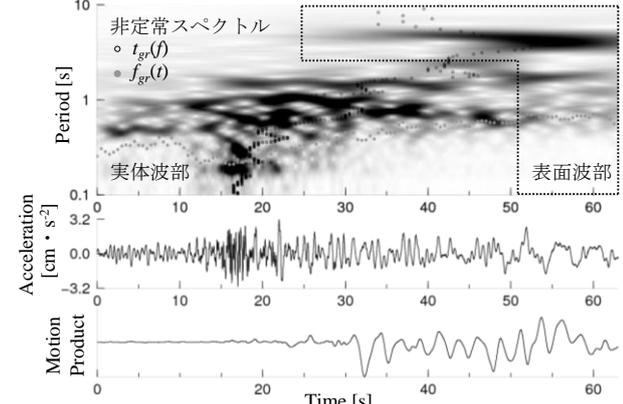


図5 地震観測記録の分離の例 (NGYC14, 2011.3.12の新潟付近での地震)

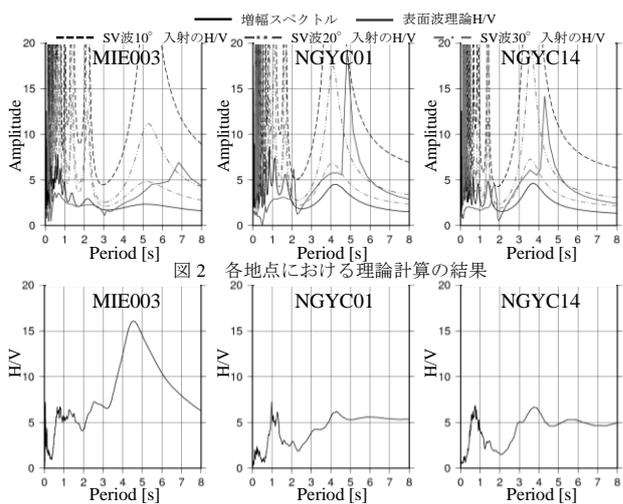


図3 常時微動観測記録のH/Vスペクトル

表1 分析に用いた地震の概要

震央位置	日時	地震タイプ	震源深さ [km]	M _w	M _s
紀伊半島沖	2004/9/8 23:58	海溝型	36	6.1	6.5
	2004/9/7 8:29	海溝型	41	6.5	6.4
	2004/9/5 23:57	プレート内の断層	44	7.5	7.4
	2004/9/5 19:07	海溝型	38	7.2	6.9
	2004/11/22 22:08	活断層型	5	6.3	6.7
新潟付近	2011/3/12 3:59	活断層型	8	6.2	6.7
	2004/10/23 18:34	活断層型	14	6.3	6.5
	2004/10/23 17:56	活断層型	13	6.6	6.8
三陸沖	2011/4/7 23:32	スラブ内地震	66	7.1	7.1
	2011/3/11 14:46	海溝型	24	9.0	8.4
	2005/8/16 11:46	海溝型	42	7.1	7.2

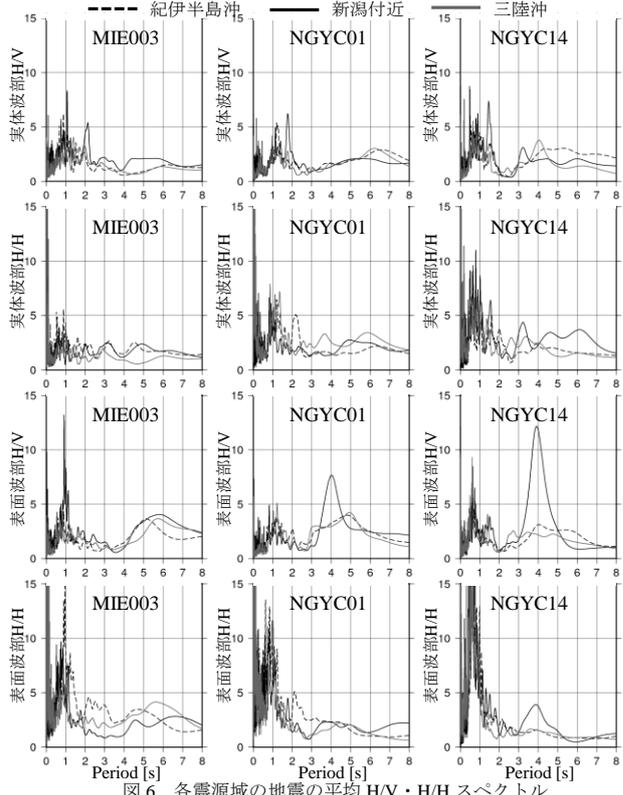


図6 各震源域の地震の平均H/V・H/Hスペクトル

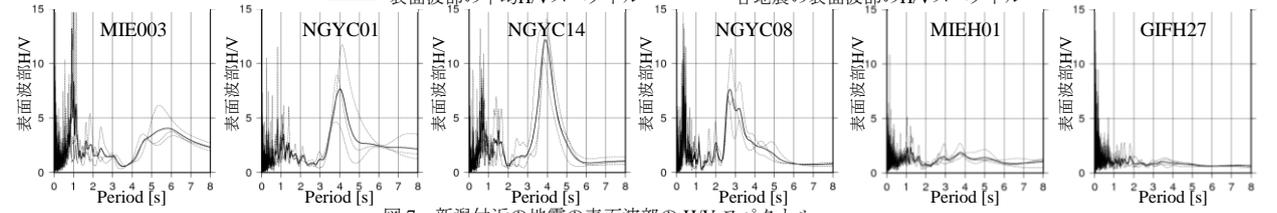


図7 新潟付近の地震の表面波部のH/Vスペクトル

参考文献 1) 平井敬, 福和伸夫: 3次元有限差分法と相反定理を用いた堆積盆地の地盤震動性状の評価手法, 日本建築学会構造系論文集, Vol.78, No.694, pp.2083-2092, 2013. 2) 堀川晴央・他: 中京地域の3次元地盤構造モデル, 活断層・古地震研究報告, No. 8, pp.203-254, 2008.