

鳥取県北栄町西園・由良地域における稠密微動探査による地盤構造の推定

鳥取大学 学生会員 ○西村 武
鳥取大学 非会員 留奥 勝也

鳥取大学 正会員 野口 竜也
鳥取大学 正会員 香川 敬生

1.はじめに

鳥取県北栄町の西園および由良地域では2016年鳥取県中部の地震により木造建物の被害がみられた。西園地域では全壊家屋や半壊家屋が複数件確認されているのに対して、由良地域では大規模な建物被害はみられなかった。西園地域では野口・他¹⁾により既に微動探査、地震観測が行われている。そこで本研究ではこの地域でさらに稠密微動探査を実施し、より詳細な地盤構造を推定することで建物被害との関連性を探ることを目的とした。

2.微動観測

既往の研究¹⁾で西園にて微動の3成分単点観測を51点、アレイ観測1点が実施されている。そこで3成分単点観測を西園で35点、由良で85点の合計120点を観測時間10分で新たに観測を行った。アレイ観測は地震計を円の中心に1台、円周上に3台が正三角形になるように配置し、各地域で1か所、計2点で観測を行った。西園では既往の研究¹⁾と同じ地点でアレイ半径30、100mを追加で観測し0.6~100m、由良では0.6~10mで行い、観測時間は10~15分で行った。

3.微動探査による地盤構造推定

3成分単点観測では観測から得られた微動波形をフーリエ変換し、3成分のフーリエスペクトルを求め、水平動成分のフーリエスペクトルを相乗平均し、上下動成分のフーリエスペクトルで比を取ることでH/Vスペクトルを得た。多くの観測点でH/Vスペクトルに図1の例のように0.5~1.5秒(TP1)、0.25~0.5秒(TP2)、0.25秒以下(TP3)の範囲に3つのピークが確認された。図2にTP1についての卓越周期分布図を示す。西園地域では卓越周期が1.1~1.3秒が広く分布しており、分布に偏りがみられなかった。由良地域では卓越周期が大栄庁舎を中心に0.75~1.0秒と比較的短く、北西方向に向かうにつれて長くなる傾向がみられた。両地域において卓越周期の違いによる建物被害の関連性は確認できなかった。

微動アレイ探査では観測記録よりノイズ補正CCA法²⁾により位相速度分散曲線を求めた。地盤構造モデルから得られる理論分散曲線と理論H/Vスペクトルが、観測位相速度分散曲線と観測H/Vスペクトルに各々一致するように地盤構造モデルを試行錯誤で決定した。その結果、両地域でS波速度200m/s以下の層が10~20m程度堆積していること、S波速度400m/sの層が65~70mとかなり厚く堆積していることが確認された(表1)。

キーワード 微動探査 H/Vスペクトル S波速度構造

連絡先 〒680-8550 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻土木工学講座
野口 竜也 TEL: 0857-31-6097

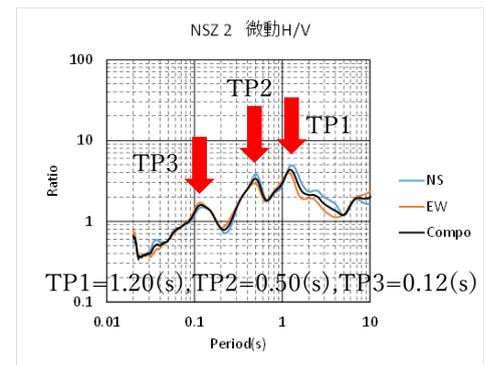


図1 微動H/Vの例



図2 西園・由良地域の卓越周期分布図(TP1)

表 1 アレイ観測による地盤構造モデル

西園 ARNSZ				由良 YURA			
層厚(m)	密度(t/m ³)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	層厚(m)	密度(t/m ³)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)
10	1.7	1430	130	11	1.7	1490	180
10	1.7	1510	200	65	1.8	1730	400
70	1.8	1730	400	80	2.1	2070	700
60	2.1	2070	700	∞	2.3	2620	1200
100	2.3	2620	1200				
∞	2.5	3950	2400				

表 2 拡散波動場理論⁵⁾による地盤構造モデル

初期モデル									
西園 ARNSZ					由良 YURA				
層厚(m)	密度(t/m ³)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	減衰h	層厚(m)	密度(t/m ³)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	減衰h
10	1.7	1430	130	0.03	11	1.7	1490	180	0.03
10	1.7	1510	200	0.03	60	1.8	1730	400	0.02
70	1.8	1730	400	0.02	80	2.1	2070	700	0.01
200	2.1	2070	700	0.01	100	2.3	2620	1200	0.01
500	2.3	2620	1200	0.01	600	2.4	3800	2100	0.01
500	2.4	3800	2100	0.01	∞	2.5	5000	3000	0.01
∞	2.5	5000	3000	0.01					

最終モデル									
西園 ARNSZ					由良 YURA				
層厚(m)	密度(t/m ³)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	減衰h	層厚(m)	密度(t/m ³)	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)	減衰h
10	1.64	1086	130	0.03	11	1.68	1140	180	0.03
11	1.78	1159	316	0.03	52	1.90	1304	514	0.02
84	1.79	1501	340	0.02	63	1.96	2548	570	0.01
124	1.94	2480	640	0.01	106	2.18	3248	1338	0.01
245	2.04	3098	923	0.01	677	2.25	4409	1985	0.01
503	2.27	4640	1696	0.01	∞	2.56	5500	3000	0.01
∞	2.56	5500	3000	0.01					

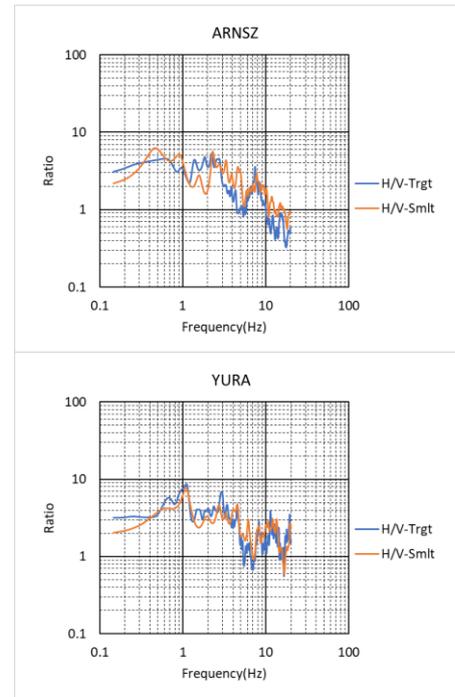


図 3 観測 H/V と計算 H/V の比較

4.地震記録による地盤構造の推定

既往の研究³⁾で求められている地震動の観測 H/V スペクトルから地盤構造の推定を行った。S 波速度 700m/s よりも遅い浅部構造は微動観測により得られた表 1 のモデル、深部構造は野口・他⁴⁾による地盤構造モデルをベースとして、拡散波動場理論⁵⁾に基づく理論 H/V を用いてフォワードモデリングで推定し、さらにそのモデルをベースにハイブリッドヒューリスティック探索法⁶⁾によるインバージョンで最終的に地盤構造を求めた。今回は減衰定数、第 1 層目の層厚と S 波速度、最下層の S 波速度・P 波速度を固定し、その他の層に関しては S 波速度・P 波速度・層厚共に初期値から±25%の範囲で探索を行う。逆解析により算出された地盤構造モデルを表 2 に示す。西園では S 波速度 300m/s 程度の遅い層が表層から 100m まで堆積しているのに対して、由良では表層 11m から S 波速度 500m/s の層が確認できる。また、西園では S 波速度 900m/s の層が 250m と厚く堆積していることがわかる。そのため地震が発生した際に揺れ方が異なっていた可能性がある。

5.まとめ

- 西園では卓越周期が 1.1~1.2 秒、由良では 0.5~1.5 秒の範囲であり、卓越周期の違いによる被害の有無については確認できなかった。
- 両地域で S 波速度 400m/s の軟弱層が 70m 程度堆積しており、この層が建物被害に影響したと考えられる。
- 由良と西園では深部構造に違いがみられ、地震発生時に揺れが異なっていた可能性が示唆された。

参考文献

1)野口竜也・他：第 15 回日本地震工学シンポジウム論文集，OS2-03-08，2018。
 2) Cho, I, Tada T. and Shinozaki Y. : J. Geophys. Res. , 111, B09315, 2006
 3)吉田昌平・他：土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.74, No. 4, 2018。
 4)野口竜也・他：土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.72, No. 4, 2016。
 5)Kawase, H, et. al : Bull. Seism. Soc. Am. Vol.101, No.5, pp.2001-2014, 2011。
 6)山中浩明：物理探査，60，265-275,2007