

微動と地震動の観測水平上下スペクトル比の相違とそれに着目した地盤構造同定手法 Comparison of Earthquake and Microtremor Horizontal-to-Vertical Spectral Ratios and its Inversion to Estimate Velocity Structures

○森勇太・松島信一・川瀬博

○Yuta MORI、 Shinichi MATSUSHIMA、 Hiroshi KAWASE

In order to establish a method to estimate velocity structures using single-station microtremor records, we compared horizontal-to-vertical spectral ratio of earthquakes (EHVR) with that of microtremors (MHVR) at K-NET and KiK-net sites in Japan. We found they were similar but had some difference in its shape. So, we calculated EHVR-to-MHVR ratio (EMR) to know whether their difference was statistical or not to find statistical difference in EMR. Using EMR, we converted MHVR to pseudo EHVR, which had higher correlation with EHVR than MHVR. Finally, we identify velocity structure model by using EHVR, MHVR and pseudo EHVR, and we found results obtained from pseudo EHVR was more similar to results obtained from EHVR than MHVR.

1. はじめに

地震による被害を減らすうえで将来起こりうる強震動を予測することは大切であり、強震動予測のためにボーリング調査によるPS検層や微動アレー探査など様々な手法で地盤構造の調査が行われている。今回我々は、将来の単点微動のみを用いた速度構造同定手法の確立に向けた検討の第一歩として、防災科学技術研究所が全国に設置したK-NET、KiK-net (Aoi et al., 2004) の地震データと観測点直近で得た微動データに対してスペクトル解析を行い、地震動と微動の水平上下スペクトル比 (HVR) に統計的な差がないかを検証し、その差を考慮した地盤構造同定手法について検討した。

2. 観測点概要および観測データのHVRの比較

本研究の対象地点は、直近での観測微動記録が存在するK-NET、KiK-net観測点(計100地点)とした。観測点位置をFig.1に示す。

地震動については気象庁の走時表JMA2001を用いてS波到達時刻を計算し、S波到達以降40.96sをS波部、更に40.96sをコーダ部としてHVRを計算した。なおP波到達前をノイズ部としてSN比を計算し、SN比が2以上のスペクトルを使用した。微動については50%オーバーラップさせて40.96sの区間に切り、目視でノイズの影響が小さいと思われる15個のセグメントを選び、それらのHVRを平均した。3つのHVRの比較の一例をFig.2に

示す。S波部とコーダ部は形状がよく似ているが、よく見るとコーダ部のHVRはやや滑らかになっている。これは地震のエネルギーが散乱しているためだと考えられる。微動に関してはS波部と比べて形状は似ているもの、振幅等がやや異なるという結果が多く多くの地点で得られた。

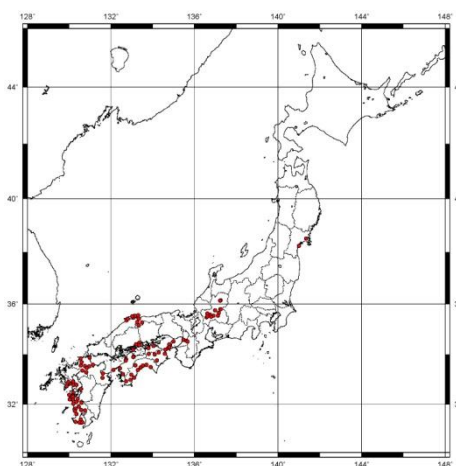
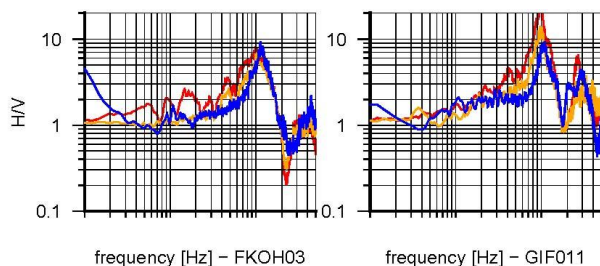


Fig.1 Target stations (K-NET, KiK-net)



— : S-wave part — : coda part — : microtremor

Fig.2 Comparison of HVRs (RMS)

3. 疑似地震動水平上下スペクトル比

我々は地震動と微動の HVR の差に注目し、HVR の地震動/微動比 (EMR) を計算した。各観測点での EMR の横軸を微動 HVR のピーク振動数で正規化し、ピーク振動数の値で分けた 5 つのカテゴリごとに平均化し、各カテゴリでの平均 EMR を求めた。

この EMR を微動 HVR にかけたものを疑似地震動 HVR と定義し、観測地震動に対する疑似地震動 HVR と微動 HVR の相関を比較した。その結果、ほとんどの地点で疑似地震動 HVR の方が相関が高くなるという結果が得られた。

Table 1 categorize target station

name	peakF	station number
cat-1	$0.2\text{Hz} \leq \text{peakF} \leq 1.0\text{Hz}$	15
cat-2	$1.0\text{Hz} < \text{peakF} \leq 2.0\text{Hz}$	17
cat-3	$2.0\text{Hz} < \text{peakF} \leq 5.0\text{Hz}$	21
cat-4	$5.0\text{Hz} < \text{peakF} \leq 10.0\text{Hz}$	20
cat-5	$10.0\text{Hz} < \text{peakF} \leq 20.0\text{Hz}$	14

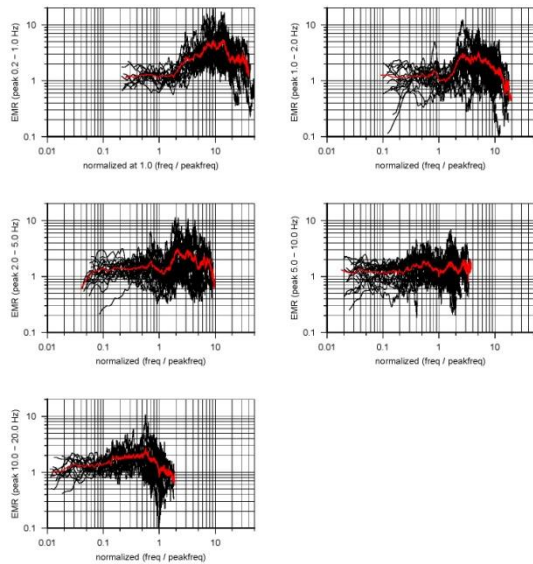


Fig. 3 Average EMRs

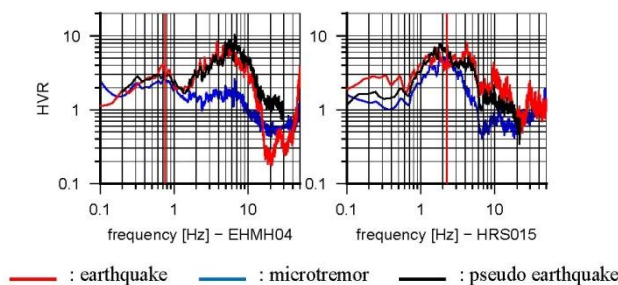


Fig. 4 Comparison of HVRs (RMS)

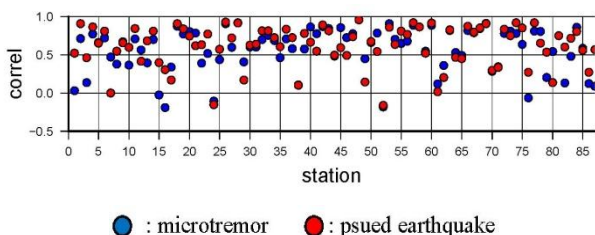


Fig. 5 Correlation comparison

4. 地盤構造同定における提案手法の検証

地震動 HVR、微動 HVR、EMR により求めた疑似地震動 HVR をターゲットとして、今回の解析対象地点の地盤構造同定 (Nagashima et al., 2014) を行い、地震動 HVR の結果に対して微動 HVR を代用した場合と疑似地震動 HVR を使用した場合の結果を比較した。初期地盤モデルは PS 検層と J-SHIS 地盤モデルを用いている。その結果、本提案手法である疑似地震動 HVR を使った場合には地震動 HVR を用いた結果とよく対応した構造が得られることが分かった。逆に、微動 HVR をそのまま地震動 HVR とみなして同定すると、その差を反映して実際の地盤とは異なる結果が得られる可能性が高くなる。

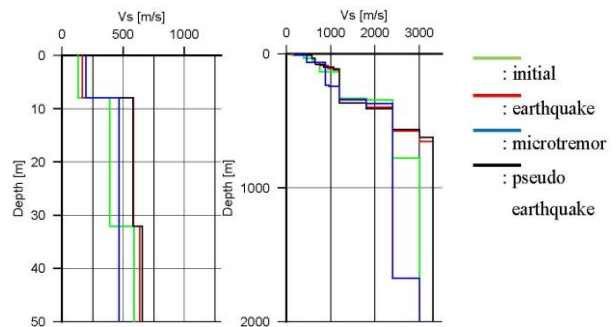


Fig. 6 Identified soil velocity model

5. まとめと考察

本研究の結果、地震動と微動の HVR はピーク振動数などある程度形状が一致する傾向が見られるものの、高振動数域の振幅に差が見られた。そこでその差を定量化するため HVR の地震動/微動比 (EMR) を正規化振動数で平均化した結果、有意な差が抽出され、微動 HVR と平均 EMR から求めた疑似地震動 HVR は微動 HVR よりも地震動 HVR との相関が高く、したがって地盤同定の結果も地震動 HVR を用いた結果により近い結果が得られた。

今後は対象観測点を増やし、簡便で高精度な本提案手法の妥当性をさらに検証していく計画である。

参考文献

- Aoi et al. (2004) : Strong-Motion Seismograph Network Operated by NIED: K-NET and KiK-net, Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol. 4, No. 3, pp. 65-74.
- Nagashima et al. (2014) : Application of H/V Spectral Ratios of Earthquake Ground Motions to Identify Subsurface Structures at and around the K-NET Site in Tohoku, Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 104, No. 5, pp. 2288-2302.