

常時微動観測記録を用いた表層地盤構造の簡易推定

徳島大学大学院 学生会員○道上剛幸

徳島大学工学部 正会員 三神厚

徳島大学大学院 学生会員 岡本輝正

徳島大学工学部 正会員 成行義文

1. はじめに

常時微動を用いた地盤調査法は、原位置調査法として盛んに研究され、また実際にも多く利用されてきた。H/V スペクトル振幅比において最大ピークを与える周期は地盤の卓越周期とほぼ対応することが示されている^{1), 2)}。しかし、そのピークを与える表層地盤と基盤層がどのようなものであるかについては必ずしも明確でない。また、H/V スペクトル振幅比が基盤から地表への増幅倍率と対応する¹⁾という考え方もあるが、必ずしも対応しないという報告もなされており、コンセンサスが得られていないのが現状である。

本研究では、地表面の単点において得られる常時微動の H/V スペクトル振幅比のピーク値とピーク周期をもとに、表層地盤構造の簡易推定を行う。

2. 微動の観測と解析処理

常時微動観測を実施するに当たり、K-NET 観測点³⁾や KiK-net 観測点⁴⁾など、PS 検層データが得られている地点を主に西日本から選定して、地表の単点における 3 成分 (NS, EW および UD) 常時微動観測を行った。推測結果に一般性を持たせるため、異なる地盤構造を有する 45 地点において常時微動観測を行った(すなわち、同一地域から多点選定することはしていない)。微動観測点を図 1 に示す。観測には、携帯用振動計(東京測振製, SPC-35N)およびサーボ型速度計 (VSE-15D)を用いた。この振動計の分解能は 16bit, 周波数特性としては、0.5Hz 以上の振動数領域ではほぼ平坦な特性を有し、10Hz 程度までの測定が可能である。観測された微動記録 (180sec) からノイズの少ない 20.48 秒の区間をテーパ処理の上、2~5 区間抽出し、成分ごとのフーリエスペクトルを求める。バンド幅 0.4Hz の Parzen ウィンドウでスペクトルの平滑化を行った後、NS および EW 成分を UD 成分で除して 2 つの H/V スペクトル比を求めた。それらを加算平均することによって、各地点における常時微動の H/V スペクトル比を求めた。

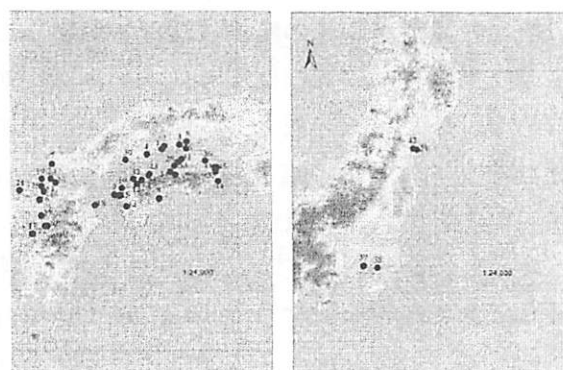


図.1 常時微動観測点

3. H/V スペクトル比を用いた簡易地盤構造の推定

各地点における PS 検層結果を基に、以下に示す幾つかの基盤を設定した上で、1/4 波長則により卓越周期を算出した。基盤の設定として、以下の 4 ケースについて検討を行った。

ケース(1):インピーダンスが最も大きい層を基盤とした場合
 ケース(2):工学的基盤相当を基盤とした場合
 ケース(3):岩盤を基盤とした場合
 ケース(4):砂層を基盤とした場合

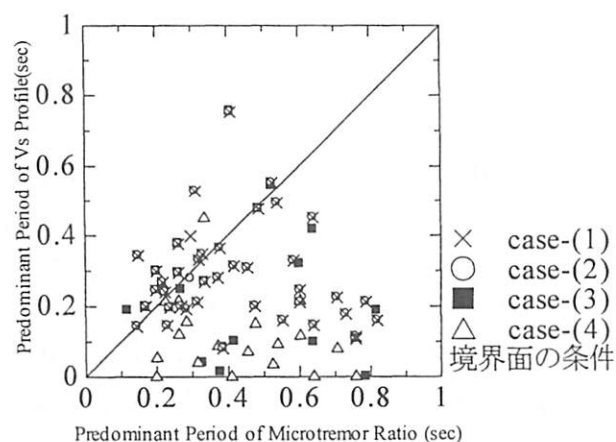


図.2 各ケースの卓越周期の相関

なお工学的基盤は、 $V_{s2} \geq 300$ (m/s)かつインピーダンスが大きく、その層の下層に軟弱層がない層とした。

その結果を図 1 に示す。図より、ケース(1)およびケース(2)は常時微動の卓越周期と 1/4 波長則により算出した卓越周期が良く対応している。これに対して、ケース(3)およびケース(4)は、あまり対応が良くない。H/V スペクトル振幅比に現れるピークは、表層と基盤のコントラストが明瞭なことに起因するものであることが推察される。

ところで、今回使用した PS 検層データは最も深い場合、GL-200m までのものもあるがその他のほとんどの地点が、GL-20m 以内である。利用できる PS 検層データよりさらに深い部分にコントラストが最も明瞭な層境がある場合 H/V スペクトル振幅比の最大ピークを説明できない。そのため、本研究では機械的に最大ピークに着目することはせず、工学的判断により二番目以降のピークを採用している。このようにして得られた地盤のピーク周期とそれに対応する地盤周期を算出した結果を図 3 に示す。このように適宜、工学的判断を加えることで両者の良好な対応が得られた。

以上で H/V スペクトル振幅比のピーク周期と対応が認められた基盤とその上に載る堆積地盤について、基盤上の一様地盤で簡易モデル化する(一様地盤と基盤のせん断波速度を $\overline{Vs_1}$ 、 V_{s2} 、一様地盤の厚さを H とする)。H/V スペクトル振幅比のピーク周期とピーク値の 2 つのパラメーターを用いてこれら 3 つのパラメーターを決定することは困難なので、ここでは基盤のせん断波速度を与え、他の 2 つのパラメーターを推定する方法を構築する。

試行錯誤の結果、横軸に $V_{s2}/Vs_1 \times H/30$ を、縦軸に H/V peak 値を H/V スペクトル振幅比の 0.1Hz から 10Hz の平均値でわったものをとってみると図 4 に見られるような相関が得られた。なお、既往の研究¹⁾により、表層 30m の平均 S 波速度からその地盤における地震動最大振幅値を推定できることを考慮し、基盤深さ H が 30m よりも深い場合は、 $H=30m$ とした。最小 2 乗法を用いて回帰式を求めると、 $(H/V)peak/(H/V)average = 1.255(V_{s2}/Vs_1 \times H(m)/30) + 0.778$ という結果が得られた。

4. まとめ

PS 検層が実施されていて地盤構造が明らかになっている 45 地点で常時微動観測を行い、H/V スペクトル振幅比に基づく簡易地盤構造の推定を行った。H/V スペクトル振幅比のピークは、その地点における地盤の S 波速度構造のコントラストに起因するものであることがわかった。H/V スペクトル振幅比のピーク値にも着目して、2 層地盤へのモデル化の推定式を見出した。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、JST(独立行政法人・科学技術振興機構)平成 20 年度シリーズ発掘試験(A)(課題番号=三神厚)を使用させて頂きました。

参考文献 1) 中村豊, 上野真: 地表面振動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第 7 回日本地震工学シンポジウム公演集 2) 大町達夫, 紺野克昭, 遠藤達哉, 年縄巧: 常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定方法の改良と適用 3) 防災科学技術研究所: 強震ネットワーク(K-NET) 4) 防災科学技術研究所: 基盤強震観測網(KiK-net)

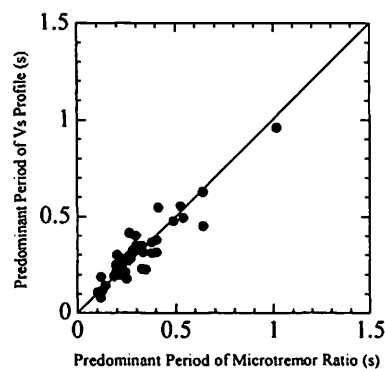


図.3 卓越周期相関

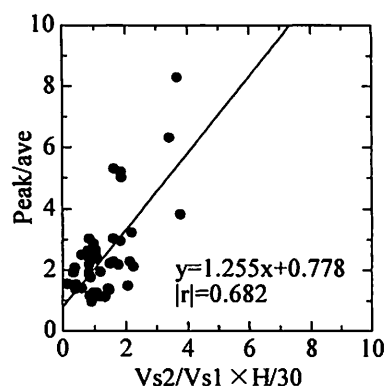


図.4 $V_{s2}/Vs_1 \times H/30$ と peak/ave の比較