

常時微動を用いた表層地盤構造の簡易推定

徳島大学大学院	正会員	○岡本	輝正
徳島大学大学院	正会員	三神	厚
徳島大学大学院	学生会員	道上	剛幸
徳島大学大学院	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 PS 検層などの物理探査法に比べ精度面で劣るという欠点はあるが、簡便性および経済性の面で非常に優れており魅力的な方法である。常時微動を用いた地盤探査法のうちアレー観測によるものは、物理的背景が明確であり、精度もよいが、多点観測に伴う機材の調達や調整に要する労力を考えると簡便性にやや難があり、解析自体も若干複雑である。一方で、1 地点での常時微動の H/V スペクトル比に基づく地盤推定法は、H/V スペクトル比自体に未解明な点が多く、地盤構造の推定可能性については議論があるが、有効に使える可能性を残している。

そこで本研究では、すでに PS 検層結果が得られている多地点において常時微動観測を行い、得られた H/V スペクトル比のピーク値から、実地盤を表現する簡易な地盤モデルを経験的に推定する。

2. 観測および解析方法

微動観測は四国、中国、近畿、九州、関東および東北地方の K-NET 観測点²⁾や KiK-net 観測点³⁾など PS 検層データが得られている 44 地点において実施した。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。NS、EW の水平 2 方向と上下方向の 3 成分について、サンプリング周波数 100Hz で 180 秒間行った。観測中、交通振動などのノイズの影響を受けた時間区間をメモにとり、それを参考にノイズの影響を受けていない区間を 2~5 区間抽出し、H/V スペクトル比を求めた。

3. ピーク周期と基盤の関係

既往の研究により、常時微動の H/V スペクトル比が最大になる周期の値が地盤の卓越周期にほぼ対応することが示されているが、それがどのような層を基盤に設定した場合であるのかについて具体的には示されていない。そこで本研究では、以下に示す 4 種類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、H/V スペクトル比のピーク周期と基盤の対応関係を検討した。1/4 波長則を適用する際には、表層の平均 S 波速度 $\overline{V_{S1}}$ を以下の式によって算出し、多層地盤構造を図.1 のように等価な 2 層地盤にモデル化した。

$$\overline{V_{S1}} = \frac{V_{S1}(1) \times H_1 + V_{S1}(2) \times H_2 + \dots + V_{S1}(n) \times H_n}{\sum H} \quad (1)$$

Case(1)：インピーダンス比が最も明瞭になる層を基盤とした場合

Case(2)：工学的基盤相当でインピーダンス比が明瞭な層を基盤とした場合

Case(3)：岩盤を基盤とした場合

Case(4)：砂礫層を基盤とした場合

なお、工学的基盤は、 $V_S \geq 300m/s$ で、その層の下層に $V_S \leq 300m/s$ である軟弱層がない層とした。

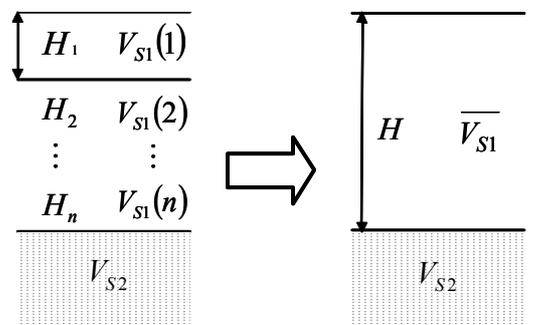


図.1 地盤モデル

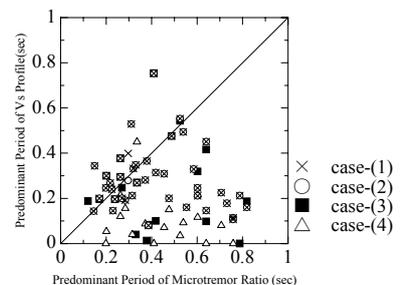


図.2 基盤とピーク周期の関係

キーワード 常時微動, H/V スペクトル比, 等価な 2 層地盤

連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地 TEL 088-656-9193

検討結果を図.2 に示す. 図より, Case(1)および(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, Case(3) および(4)は, 両者の対応があまり良くない. 以上のことから, H/V スペクトル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.

ところが, Case(1)および(2)の場合でも, 常時微動の H/V スペクトル比のピーク周期と 1/4 波長則から推定した周期の対応が良くない場合があり, その大半は H/V スペクトル比の卓越周期の方が長くなる傾向がある. これは, PS 検層結果が得られている深さの範囲で 1/4 波長則を適用する際に設定した基盤よりもさらに深い (すなわち, PS 検層に関する情報のない) 地盤構造を反映しているためであると思われる. そこで本研究では, 算出された卓越周期と最大ピークが対応しない場合には, それに対応する第 2 ピーク以降のピークを採用した. その結果, 図.3 に示すように, 得られた H/V スペクトル比のピーク周期と地盤の卓越周期は, 良好な対応が得られるようになった. 以下では, Case(2)を基盤として採用して議論を進める.

4. ピーク値と地盤物性の関係

H/V スペクトル比のピーク周期と対応が認められた基盤とその上の堆積地盤について, 幾つかの地盤パラメーター (表層地盤厚 H_1 , 表層地盤の平均 S 波速度 V_{S1} , 基盤の S 波速度 V_{S2}) と H/V スペクトル比のピーク値の関係について調べたがピーク値をそのまま用いると, 前述の地盤パラメーターとの間に明瞭な相関が得られなかった. これは, 常時微動に対する微動源環境の影響と思われる. そこで, ピーク値を H/V スペクトル比の 0.2Hz から 10Hz の平均値で基準化してみた.

試行錯誤の結果, 横軸に $V_{S2}/V_{S1} \times T$ をとると図.4 に見られるような相関が得られた. このことから, 基準化されたピーク値がある程度のコントラストを有する境界上に軟弱層が多く堆積している場合に大きくなることが示唆され, 地盤の増幅特性に関連している可能性がある. 最小二乗法を用いて回帰式を求めると, 以下の式が得られた.

$$(Peak/Average) = 2.33(V_{S2}/V_{S1} \times T) + 0.78 \pm \sigma \quad (2)$$

以上により, V_{S1} , V_{S2} , H_1 の間に(2)で示す関係が経験的に得られ, また, V_{S1} と H_1 の間には 1/4 波長則で得られる関係式があるので, 3 つのパラメーターのうち, 1 つを仮定すれば, 他を推定できる. 上述の方法により推定した 2 層地盤モデルと PS 検層結果を比較したものを図.5 に示す. ①は層厚を既知とした場合であるが, 表層の平均 S 波速度と基盤の S 波速度を概ね推定できている. ②は基盤の S 波速度を既知とした場合であるが, 基盤位置の推定が十分でなく, 更なる精度の改善が必要である.

5. まとめ

地表の単点で得られる H/V スペクトル比のピーク値を用いて表層地盤を表現する簡易地盤構造の経験的な推定を試みた.

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=13-014, 研究者代表=三神厚)を使用させて頂きました.

参考文献 1) 盛川仁: 地盤構造探査から見た入力地震動, 日本地震工学会誌, No.3, pp.10-19, 2006. 2) 防災科学技術研究所: 強震ネットワーク(K-NET) 3) 防災科学技術研究所: 基盤強震観測網(KiK-net)

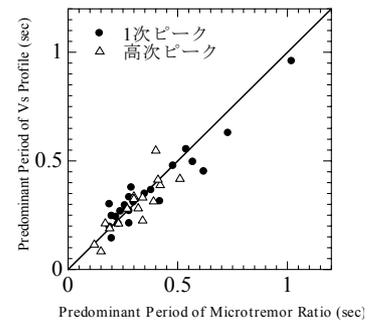


図.3 卓越周期の比較

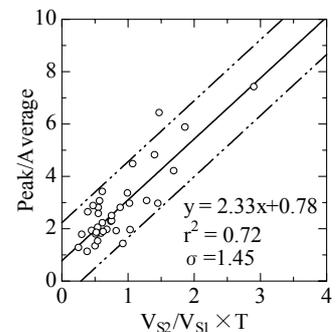


図.4 $V_{S2}/V_{S1} \times T$ と Peak/Average の関係

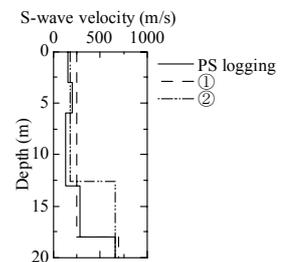


図.5 PS 検層結果と推定結果の比較