

微動源のスペクトル特性に関する一検討

正会員 ○新井 洋

1. はじめに

微動の水平鉛直スペクトル比 (H/V スペクトル)¹⁾は地盤特性を評価するための有力な情報の一つである。例えば筆者らは、既報^{2),3)}において、微動 H/V スペクトルの逆解析から地盤の S 波速度構造を推定する手法を提案し、その有効性を示した。この手法に限らず、微動の工学的利用法の適用限界を議論する上で、微動源特性を把握しておくことは重要と考えられる。しかし、微動源特性について定量的に検討した事例は少ない。そこで本研究では、微動源スペクトル特性の把握に関する予備的検討として、水平動中のレイリー波ラブ波振幅比を用いて微動源の水平鉛直加振力比の推定を試みる。

2. 微動源水平鉛直加振力比の推定方法

地盤を 3 次元水平成層構造とし、各層の層厚、密度、P 波・S 波速度は既知とする。微動源として線状分布する地表ランダム点加振源を仮定すると、振源から十分離れた地点における水平動中のレイリー波ラブ波振幅比 R/L が次式で表せる²⁾。

$$R/L = (\sum P_{Rj} / \sum P_{Lj})^{1/2} \quad (1)$$

$$P_{Rj} = (A_{Rj}/k_{Rj})^2 (u/w)_j^2 \{1 + \alpha^2 (u/w)_j^2\} \quad (2)$$

$$P_{Lj} = \alpha^2 (A_{Lj}/k_{Lj})^2 \quad (3)$$

ここに、A はミディアムレスポンス、k は波数、u/w はレイリー波の粒子軌跡縦横比、 α は水平鉛直加振力比、 P_j は j 次モード表面波の相対パワー、添字 R, L はレイリー波・ラブ波を表す。R/L に相当する量を観測微動から抽出できれば、(1)式を逆算することで α の値を推定できる。

3. 推定加振力比の特性

東京都夢の島、釧路市旭小学校、同市寿小学校、神戸市六甲アイランド（サイト A-D）で円形アレイ観測された微動データ²⁾を検討対象とした。アレイ半径は各サイトで最大 48m, 75m, 180m, 1000m であった。これら 4 サイトでは、観測データの F-k スペクトル解析結果に基づいて、水平動伝播方向成分と直交方向成分のビーム波のスペクトル振幅比(R/L)_m が得られている²⁾。そこで、(R/L)_m が(1)式左辺に等しいと仮定し、各サイトの地盤構造²⁾を用いて(1)式を逆算し、 α を求めた。ここで、サイト A では、交通振動の距離減衰特性の逆解析から振動源の水平鉛直加振力比 α_t が周期 0.5 秒以下の範囲で推定さ

れている⁴⁾。そこで図-1 に、サイト A で逆算された $\alpha = \alpha_m$ (○印) を α_t (実線) と比較して示す。 α_m の値は周期 0.5 秒程度以下で 1 前後であり、 α_t の推定誤差 (破線) 範囲内に概ね収まっている。このことは、本手法により推定された α_m の妥当性をある程度示している。

図-2 に、サイト A における一昼夜 6 時間ごとの観測微動データから得られた α_m を、図-3 に、4 サイトで得られた α_m の周期特性を示す。図-2において、 α_m の値に顕著な時間変動は認められない。一方、図-3において

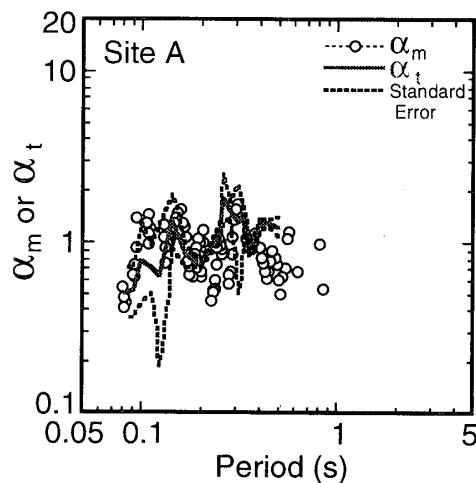
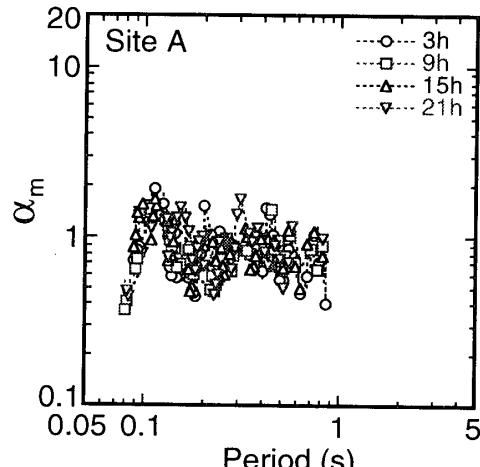
図-1 α_m と α_t の比較 (サイト A)

図-2 加振力比の時間変動 (サイト A)

α_m は、周期 1 秒程度以下ではサイトによりばらつき、その値の変動範囲は 0.3-3 程度と比較的大きくなっている。これは、各サイトで微動源の種類・特性が異なっていったためと考えられる。

4. 微動源加振力比が H/V スペクトルに与える影響

微動源は、周期 1 秒程度を境に、短周期側と長周期側でその種類が全く異なることが知られている⁵⁾。そこで、周期 1 秒程度を境に微動源のスペクトル特性が変化するものと考え、推定された α_m (図-3) に基づいて、 α の上限 α_U および下限 α_B を図-3 鎖線および破線のように仮定した。これらを用いて表面波の H/V スペクトル²⁾の上限 $(H/V)_{SU}$ および下限 $(H/V)_{SB}$ を算定し、観測微動の H/V スペクトル $(H/V)_m$ と比較する。

検討サイトは、地盤構造既知の東京近郊 3 地点（サイト E-G）とした。図-4(a)-(c)に、各サイトで得られた $(H/V)_{SU}$, $(H/V)_{SB}$ を鎖線および破線で、 $(H/V)_m$ を○印で示す。なお、 $(H/V)_m$ は次式により求めている。

$$(H/V)_m = (S_{NS}^2 + S_{EW}^2)^{1/2} / S_{UD} \quad (4)$$

ここに、 S_{NS} , S_{EW} , S_{UD} は NS, EW, UD 成分のフーリエスペクトル振幅である。

各サイトとも、 $(H/V)_m$ の値は、概ね $(H/V)_{SU}$ と $(H/V)_{SB}$ の間の値となっている（図-4）。このことは、仮定した α_U , α_B の妥当性をある程度示している。一方、同図は、加振力比 α の値により微動 H/V の値が $(H/V)_{SU}$ と $(H/V)_{SB}$ の間で変化する可能性も示唆している。しかし、実際の観測微動の H/V スペクトルは日変化が少なく安定である場合が多い⁶⁾。このことから、サイト A (図-2) のように、微動源加振力比が安定である場合の多い可能性も推察される。ただし、以上の結果は、高々 4 サイトで推定された α_m の値に基づいて試算・考察したものであり、今後、更なるデータの蓄積と検討を重ねる必要がある。

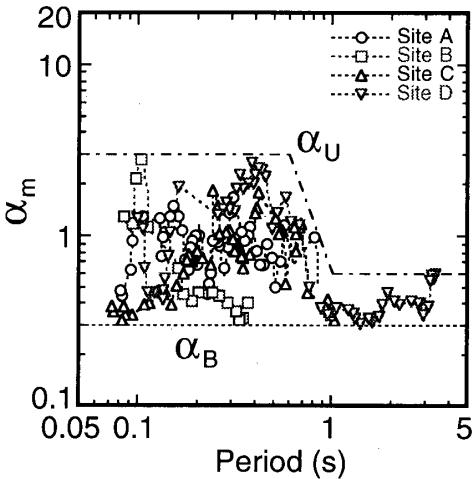


図-3 サイト A-D の推定加振力比

5. まとめ

地盤構造既知の地点で、水平動中のレイリー波ラブ波振幅比を用いて微動源の水平鉛直加振力比を推定し、以下の知見を得た。(1)微動源加振力比は日変化が少なく安定である可能性が高い。(2)微動源加振力比はサイトによるばらつきが大きく、周期 1 秒程度以下で 0.3-3 程度の値をとる。この上限および下限の値は、H/V スペクトルに基づく検討から、ある程度適当と考えられる。

《参考文献》 1) 中村, 上野: 地表面震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講演集, 265-270, 1986. 2) 時松, 新井: レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, 511, 69-75, 1998. 3) 新井, 時松: 微動 H/V スペクトルの逆解析による地盤の S 波速度構造推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 構造 II, 243-244, 1998. 4) 新井, 若井, 時松: 距離減衰から推定した交通振動源のスペクトル特性と地盤の減衰定数, Proc. 10th JEES, 1, 1059-1064, 1998. 5) 例えば、堀家: 微動の研究について, 地震 2, 46, 343-350, 1993. 6) 例えば、時松, 宮寺: 短周期微動に含まれるレイリー波の特性と地盤構造の関係, 日本建築学会構造系論文報告集, 439, 81-87, 1992.

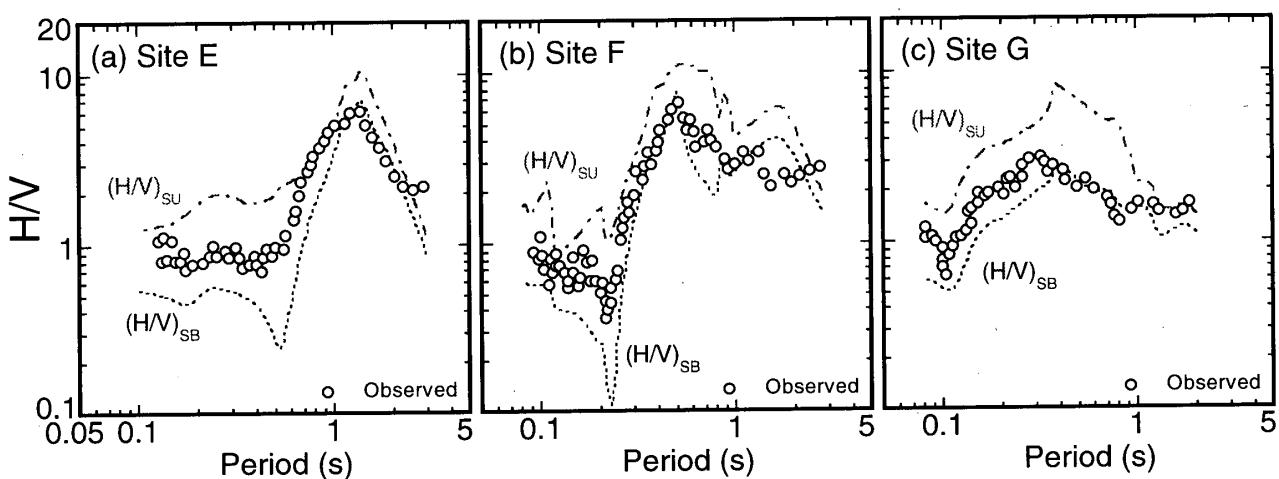


図-4 上限および下限の表面波 H/V スペクトルと微動 H/V スペクトルの比較 (サイト E-G)