

I-675 常時微動に含まれるレーリー波成分と地盤振動特性の関係

日本道路公団(元東京大学大学院) 正員 布施 光啓
 東京大学生産技術研究所 正員 山崎 文雄

1. はじめに

近年、微動の水平動と鉛直動の比を用いて地盤の固有周期を推定する方法¹⁾が試みられている。筆者らは地盤構造が既知である5地点(小平, 袖ヶ浦, 草加, 四街道, 藤沢)で24時間の常時微動アレー観測を行い, 3成分測定の結果から微動の水平鉛直振幅比のピーク周期, レーリー波基本モード周期のピークおよびS波の卓越周期がほぼ一致することを確認した²⁾。本報告では, レーリー波のピーク周期とS波の卓越周期の関係および微動のアレー観測結果について検討する。

2. 2層地盤のパラメータスタディ

レーリー波基本モードのピークおよびS波の卓越周期がほぼ一致する理由について検討するため, 2層地盤でパラメータスタディを行った。この際, 表層厚(H)とそのS波速度(V_s)の比(H/V_s), 0.125 (S波の卓越周期($T_s=4H/V_s$): 0.5 秒), 0.188 ($T_s=0.75s$), 0.25 ($T_s=1.0s$)の3ケースについて, 表層と基盤のインピーダンス比を変化させた。図1にレーリー波の振幅比が極大となる周期(T_r)とS波の卓越周期(T_s)の比(T_r/T_s)のインピーダンス比に対する変化を示す。図2に T_s が 0.5 秒のケースのレーリー波振幅比の変化を示す。レーリー波の振幅比が極大となる周期は, 3ケースともインピーダンス比 3.5 あたりから短周期側よりS波の卓越周期に漸近していき, インピーダンス比 5 あたりからはS波の卓越周期にほぼ一致している。インピーダンス比 3 程度以下では, レーリー波の振幅比に明確な極大値は見られなかった。また, レーリー波の振幅比の形状は, インピーダンス比の増加に伴って, 始め鈍いピークが現れ, しだいに鋭いピークが見られるようになる。このことは地盤のコントラストが比較的大きい小平, 草加, 藤沢で, レーリー波の振幅比に鋭いピークが現れているのに対し, コントラストがそれほどない袖ヶ浦, 四街道ではこのような鋭いピークが見られないことに対応しているように思われる。

3. 鉛直動の分散特性

アレー観測を行った小平, 袖ヶ浦, 草加の鉛直動の微動データに対してF-Kスペクトル解析を施し, 鉛直動の位相速度と伝播方向を計算した。図3に各サイトの4時間ごとに得られた鉛直動の見かけの伝播速度を6時点分重ねたものを, 図4にその伝播方向を北から時計回りに計ったものを示す。また, 前者には既知の地盤構造から計算したレーリー波の位相速度および群速度の理論分散曲線もあわせて示す。

まず, 小平では鉛直動のフーリエスペクトルに日変化が見られたにもかかわらず, その伝播速度は比較的良好に安定していることがわかる。このことは鉛直動の伝播速度が日変化する振動源の影響よりも地盤構造を強く反映している可能性を示す。また, レーリー波の位相速度の分散特性とも良く対応しており, 観測された周期帯域における微動の鉛直動にはレーリー波が卓越していると考えられる。到来方向はおおむね北から東の間に分布している。この方向には昼夜交通量の多い新青梅街道が通っており, 観測された鉛直動は主として交通振動によるものと考えられる。

袖ヶ浦では鉛直動のフーリエスペクトルに小平ほど顕著な日変化は認められなかったが, その分散特性も日変化が少なく安定しているのがわかる。また, 周期約 0.1 秒を除けば比較的良好にレーリー波の分散特性と対応している。周期約 0.1 秒では位相速度が極端に速くなっているが, この周期約 0.1 秒の波はフーリエスペクトルにおいて飛び抜けて卓越していた。到来方向をみると南西に日変化なく集中している。この方向には数 $10m$ 近くに24時間稼働している機械設備があり, 現地においてもその振動が明瞭に聞き取れるほどであった。測定地点と振源との距離が振動レベルに対して短いため, 減衰しきらない実体波の影響により位相速度が速くなったと思われる。他の周期帯域はおおむね南東を中心とする方向から伝播しており, 周辺からの機械振動が主な振動源と考えられる。

草加では袖ヶ浦と同様, 鉛直動のフーリエスペクトルも日変化は少なく, その分散特性も比較的良好に安定している。周期約 0.2 秒を除いてはレーリー波の位相速度の分散特性とも対応している。この周期約 0.2 秒の波はほぼ北方から伝播しており, この方向には袖ヶ浦と同様24時間稼働工場が存在する。その振動レベルは袖ヶ浦ほど明瞭なものではなかったが, 耳で聞いてその伝播方向が判別できるほどではあった。他の周期帯域の伝播方向は小平, 袖ヶ浦に比べ

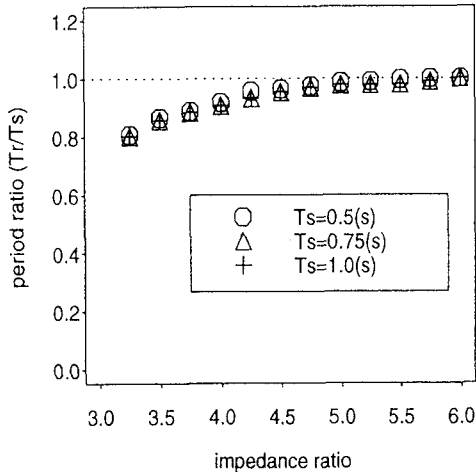


図1 レーリー波のピークとS波の卓越周期の比(T_s/T_r)とインピーダンス比の関係

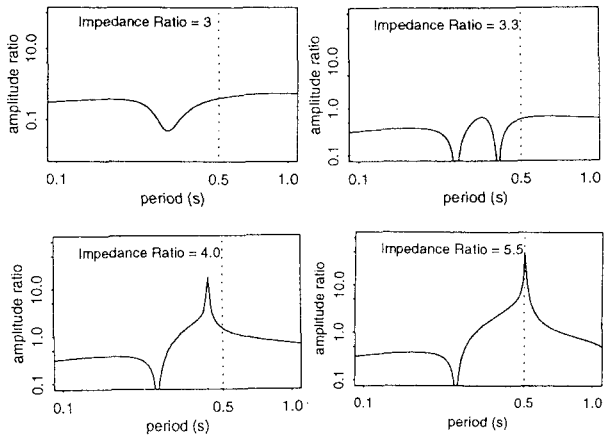


図2 インピーダンス比に対するレーリー波の振幅比(H/V)の変化

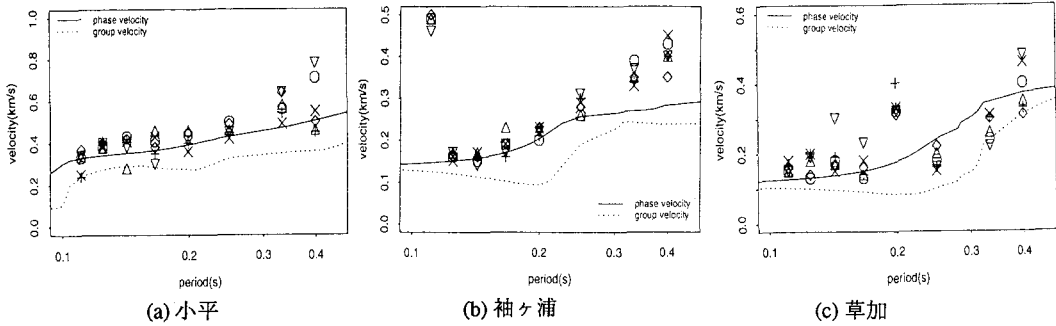


図3 鉛直動の見かけの速度とレーリー波の理論分散曲線

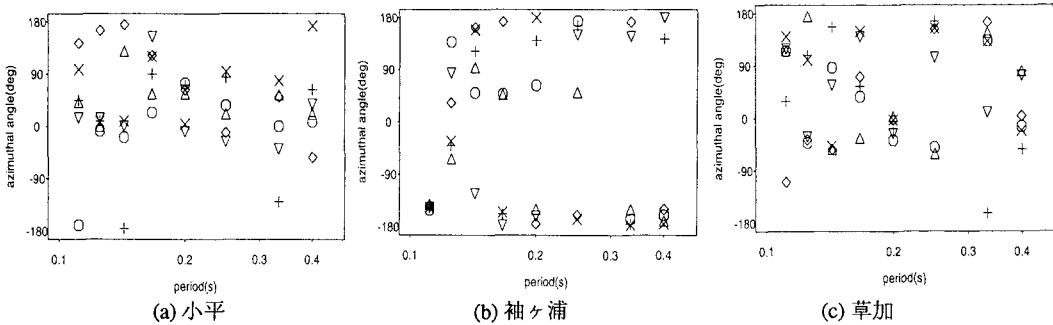


図4 鉛直動の伝播方向

ると分散したものとなっている。周辺交通量も少なく、先の工場以外は主だった人工振源が見られないため、様々な方向から伝播する波が観測される結果になったと考えられる。

4. まとめ

1) 2層地盤でのパラメトリックスタディからレーリー波の振幅比のピーク周期とS波の卓越周期は地盤インピーダンス比3.5程度以上になると良く一致する。

2) 鉛直動に対するF-Kスペクトル解析よりレーリー波と考えられる分散特性が得られた。

参考文献

- 1) 中村 豊：常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定，鉄道総研報告，1988
- 2) 佐々木裕明他：常時微動による地盤振動特性の推定，土木学会第49回年次学術講演会，1994