

■ 常時微動測定から求められる地盤の卓越周波数

株式会社 帝国建設コンサルタント 米慮 峰生

1.はじめに

微動の単点測定による場合、水平動スペクトルの卓越周波数の水平動鉛直動スペクトル比の卓越周波数を地盤の卓越周波数とする方法がある。短周期微動の振動源は主に地表の産業活動に起因するもので、表層地盤内を伝播していると考えられている。微動がレーリー波が優勢¹⁾であることを考慮すると、SH波の重複反射論で説明づけられる水平動スペクトルの卓越周波数、および水平動のみが表層地盤で増幅され鉛直動は基盤でのスペクトル特性が保持されると仮定する水平動鉛直動スペクトル比²⁾の卓越周波数は、その理論的根拠が薄い。しかしながら、地盤のコントラストが大きい場合には、レーリー波もSH波の重複反射もスペクトルでの卓越周波数はほとんど同じになるとされている。

本論文では地盤のコントラストが異なる 4 地点で常時微動測定を行い水平動スペクトルと水平動鉛直動スペクトル比から卓越周波数を推定した。また、既存ボーリング資料から、各スペクトルの卓越周波数の妥当性を評価してみる。

2.調査方法

固有周期 1 秒のサーボ型速度計を用い、地表で観測を行った。受振器は水平 2 成分、鉛直 1 成分から成る。測定は雑振動の少ない時間帯に 100Hzサンプリングで 90 秒間行い、これを 2 ~ 3 回繰り返した。また、測定結果は水平 2 成分のフーリエスペクトルの二乗和平方根（以下、Hスペクトルと略す）、鉛直動スペクトル（以下、Vスペクトルと略す）、水平動鉛直動スペクトル比（以下、H/Vスペクトルと略す）として表す。

3.調査地の地質特性

調査地として地盤のコントラストが異なる以下の 4 地点を選出した。

I地点・岐阜県谷汲村：測定地点は埋没谷状を呈する谷底平野に位置する。地質は中生代の基盤岩を洪積砂礫層、沖積粘性土層が計 57m 程度覆う。地層のコントラストは基盤岩と洪積砂礫層上面の境界で大きい。

□地点・岐阜県大垣市：測定地点は木曾三川が形成した濃尾平野に位置する。地質は後期洪積世の濃尾第一礫層を沖積世の粘土、砂が交互に 24m 程度覆う。地層のコントラストは濃尾第一礫層上面の境界で大きい。

□地点・岐阜県各務原市：測定地点は木曾川が形成した中位段丘に位置する。地質は中生代の基盤岩を中期洪積世の濃尾第二礫層が 76m 程度覆い、その上位を後期洪積世の中位段丘堆積

物が 13m程度覆う。地層のコントラストは基盤岩上面と濃尾第二礫層上面の境界で大きい。

□地点：岐阜県多治見市：測定地点は沖積平野に近接した丘陵地の頂部付近に位置する。地質は鮮新世の土岐口陶土層を同時代の土岐砂礫層が 50m程度覆う。コントラストが大きく異なる地層境界は存在せずS波速度が深さ方向に漸増する。

表-1 に各調査地の地層構成および物性値を示す。各地層のS波速度はN値から、式 1 (今井ほか 1977)、式 2 (太田・後藤 1976) の二式を用いて推定した。基盤岩のS波速度は岩質状況から 1000m/sと判断した。また、密度、Q値は土質から推定した。

表-1 各地点の地層構成

□地点					
地層名	H	Vs1	Vs2	ρ	Q
沖積粘性土	12.95	52	65	1.4	10
洪積砂礫	20.30	283	347	1.8	20
洪積砂礫	7.35	345	426	2.0	20
洪積砂礫	16.80	427	504	2.0	20
基盤岩	-	1000	1000	2.3	50

□地点					
地層名	H	Vs1	Vs2	ρ	Q
盛土	3.20	111	112	1.8	20
沖積粘土	5.10	134	115	1.5	10
沖積砂	5.30	172	176	1.8	20
沖積粘性土	14.00	103	124	1.4	10
沖積砂質土	2.70	156	203	1.7	20
洪積砂礫	-	409	458	2.0	20

□地点					
地層名	H	Vs1	Vs2	ρ	Q
沖積粘土	1.30	125	82	1.5	10
洪積砂礫	2.70	292	237	2.0	20
洪積砂礫	4.00	384	323	2.0	20
洪積砂礫	3.65	292	298	2.0	20
洪積砂礫	75.95	549	570	2.0	20
基盤岩	-	1000	1000	2.3	50

□地点					
地層名	H	Vs1	Vs2	ρ	Q
鮮新世砂礫	4.00	257	207	1.8	20
鮮新世砂礫	4.00	322	284	1.8	20
鮮新世砂礫	12.00	365	360	2.0	20
鮮新世砂礫	22.10	388	436	2.0	20
鮮新世砂礫	-	386	385	1.7	20

H：層厚(m)，ρ：密度(g/cm³)，Q：Q値

Vs1：式 1 の S 波速度(m/s)

Vs2：式 2 の S 波速度(m/s)

4.調査結果

4 地点の各種スペクトルを図-1 に示す。また、短周波数領域 (1Hz ~ 10Hz 程度) における主な卓越周波数は、表-2 のようにまとめられる。卓越周波数は低次のピークから列記した。

表-2. 各地点の卓越周波数		
調査地点	卓越周波数(Hz)	
	H スペクトル	H/V スペクトル
□	1.0, 5.1	1.1, 2.7
□	2.6, 5.3, 8.7	1.1, 5.4, 8.6
□	5.9, 7.9	5.9, 4.9, 1.8
□	3.8, 3.1, 8.4	1.8, 6.0, 3.7

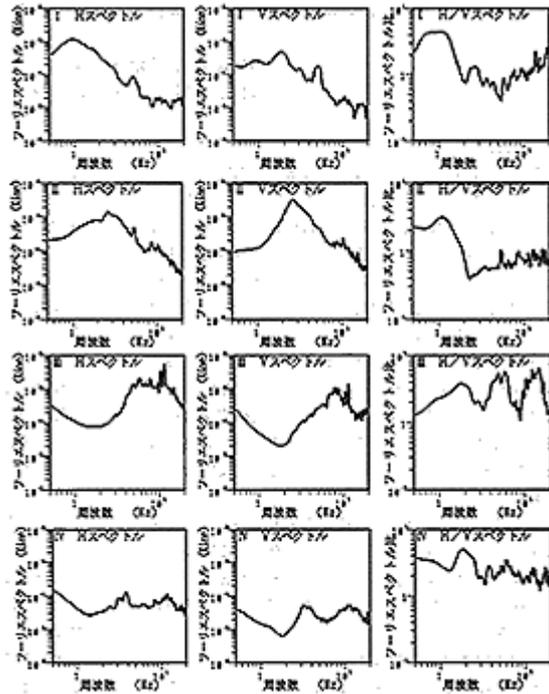


図-1. 各地点のスペクトル図

5.考察

□地点：従 来から言われているようにコントラストが大きい地盤であるため卓越周波数は H スペクトル、H/V スペクトルとも概ね一致し、1.0Hz 程度であった。図 -2 に基盤岩および洪積砂礫層上面を基準とした SH 波の伝達関数を示す。両スペクトルの一次卓越周波数は伝達関数のそれと非常に調和的である。また、基盤 岩と洪積砂礫層上面を基準とした伝達関数の卓越周波数がほぼ同じであるため、卓越周波数がどちらの層を基準とし現れているかは不明であるが、短周期微動の 振動源特性を考慮すると後者と考える方が妥当である。

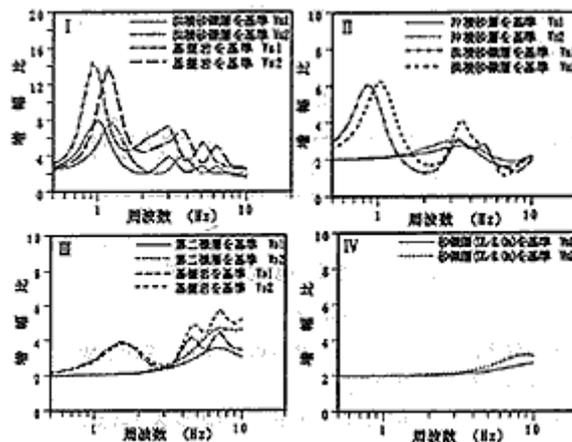


図-2. 各地点の伝達関数

□地点：H スペクトルの一次卓越周波数は 2.6Hz で H/V スペクトルの 1.1Hz と異なる。図-2 に洪積砂礫層と沖積砂層上面を基準とした伝達関数を示す。H スペクトルのスペクトル形状は、沖積砂層上面を基準とした伝達関数と H/V スペクトルのそれは、洪積砂礫層上面を基準とした伝達関数と比較的調和的である。ただし、H/V スペクトルのピークは、V スペクトルの下がりのみで現れたピークであるため地盤の卓越周波数を反映したものが疑問視される。また、短周期微動の振動源特性を考慮すると洪積砂礫層が比較的深部にあるため微動がこの深度までの地盤特性を反映しているとは考えにくい。

□地点：H スペクトル、H/V スペクトル共に一次卓越周波数は 5.9Hz であるがスペクトル形状は異なる。図-2 に基盤岩および第二礫層上面を基準とした伝達関数を示す。H スペクトルは濃尾第二礫層上面を基準とした伝達関数と卓越周波数、スペクトル形状共調和的である。一方、H/V スペクトルは低周波数部でピークが現れていることを除いては、濃尾第二礫層を基準とした伝達関数と比較的調和的である。また、H/V スペクトルには 1.8Hz に基盤岩の特性を反映したかに見えるピークが存在するが、これは□地点と同様に短周期微動の振動源特性を考慮すると基盤岩の特性を反映したピークとは考えにくい。

□地点：H スペクトルの一次卓越周波数は 3.8Hz で H/V スペクトルの 1.8Hz と異なり、他の三地点と比較すると平坦なスペクトル形状を示す。図-2 に本地点の中で最もコントラストが大きい砂礫層上面 (GL-8m) を基準とした伝達関数を示す。地盤の S 速度値が漸増する地盤のため伝達関数には、明瞭な卓越周波数が存在せず伝達関数、H スペクトル、H/V スペクトルの三者の卓越周波数は異なる。従来から言われているように微動からこのような地盤の卓越周波数を捉えることは困難であることを示している。

6.まとめ

地盤のコントラストが異なる 4 地点で常時微動を測定した結果、従来から言われているようにコントラストが大きい地層境界が存在する場合には、H スペクトル、H/V スペクトル、伝達関数の卓越周波数は概ね一致した。しかし、それはコントラストが大きい地層境界が比較的浅部に存在する時のみであった。H/V スペクトルに深部からの特性を反映したと見られるピークが存在する地点があるが、これは短周期微動の振動源特性を考慮すると深部の地盤特性を反映したものは考えにくい。

本論文をまとめるに当たって御助言を戴いた岐阜大学工学部の杉戸真太教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 時松考次,宮寺泰生：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，第 439 号，1992
- 2) 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，4，1988