

# 地形改変の進んだ丘陵地における浅部地盤モデルの構築

## (その4) H/V スペクトルに基づく地盤モデル修正の適用性に関する検討

正会員 ○高橋広人\*1 同 福和伸夫\*2  
同 鈴木章弘\*3 同 木村憲司\*4  
同 飛田 潤\*5 同 平墳義正\*6

H/V スペクトル 浅部地盤モデル 盛土地盤  
微動アレイ探査 表面波

### 1. はじめに

ハザードマップ作成のための深部地盤モデル構築においては、既往の調査データによる初期モデル構築の後、地震観測記録に基づく卓越周期に適合するように地盤モデルの修正が行われている<sup>1)</sup>。一方で、浅部地盤モデル構築時に、地盤の卓越周期に応じて修正する例は少ない。その理由として従来のマイクロゾーニングでは 1km または 500m メッシュと比較的粗いメッシュであり、周期を問題としなかったこと、また対象とする短周期域に対応可能なほど地震観測地点が高密度に展開されていないことが考えられる。しかし近年のハザードマップでは 50m メッシュで整理される例<sup>2)3)</sup>があり、地盤の周期を考慮することの重要性も高まりつつある。

地盤の特性を把握する方法として微動を用いる方法はどこでも測定が可能であり地震観測記録に比べ適用性が高い。また微動の H/V スペクトルはその概略的な形状に基づいて速度コントラストの大きい速度境界面を有する地盤であるかを判別する利用<sup>4)</sup>の他、時松・新井(1998)<sup>5)</sup>により高次モードを考慮した表面波の重ねあわせにより解釈できることが示されている。

(その 4)では時松・新井(1998)の方法を用いて、微動 H/V スペクトルを、盛土等ごく浅部の地盤モデルの修正に利用する方法について検討する。

### 2. 微動 H/V スペクトルの結果

(その 2)で示した三角形アレイの頂点(図 1 の A 地点)及

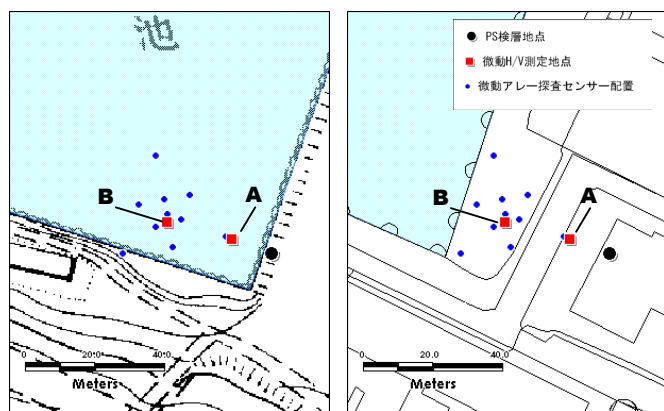


図 1 工学部新 1 号館における各調査位置図

(左:1958 年都市計画基本図,右:1998 年都市計画基本図)

び中心点(同 B 地点)において水平 2 成分上下 1 成分の単点微動計測を実施し H/V スペクトル(以下、観測 H/V)を求めた。図 3 に A・B 両地点における観測 H/V を示す。5Hz より低周波数側では両地点のスペクトル形状は同等であるが、高周波数側では両地点の差異は大きい。A・B 両地点間は約 20m 離れており、この差異がごく浅部の盛土地盤の差異を反映した有意な情報であるか以下に考察した。

### 3. PS 検層データに基づく考察

微動計測地点の近傍には、Vs=500m/s を越える工学的基盤が確認されている PS 検層地点がある(図 1,図 2)。図 4 に図 2 に示す PS 検層データより求めた表面波理論 H/V スペクトル(以下、理論 H/V)を A 地点の観測 H/V と比較して示す。理論 H/V は時松・新井(1998)によると下記のように求めることができる。

$$H/V = (P_{HS}/P_{VR})^{0.5} \quad (1)$$

ここで、

$$P_{VR} = \sum_j^M P_{VRj}, \quad P_{HS} = \sum_j^M P_{HRj} + \sum_j^M P_{HLj} \quad (2)$$

$P_{VRj}$ ,  $P_{HRj}$ ,  $P_{HLj}$  はそれぞれ j 次モードレイリー波(鉛直、水平)、ラブ波の相対パワーであり、レイリー波及びラブ波のミディアムレスポンス  $A_{Rj}$ ,  $A_{Lj}$  を用いて、

$$P_{VRj} = (A_{Rj}/k_{Rj})^2 \cdot \{1 + (\alpha^2/2) \cdot (u/w)^2\}_j, \\ P_{HRj} = P_{VRj} \cdot (u/w)^2, \quad P_{HLj} = (\alpha^2/2) \cdot (A_{Lj}/k_{Lj})^2 \quad (3)$$

$k_{Rj}$ ,  $k_{Lj}$ :波数,  $u/w$ :レイリー波の水平鉛直比,

$\alpha$ :加振力の水平鉛直比

と表せる。式(1)、(2)において高次モードはレイリー波、

ラブ波共に 10 次モードまでを考慮し、レイリー波水平成分とラブ波の振幅比 R/L を全周波数において 0.7 として重ね合わせた。なお深部地下構造は、愛知県<sup>6)</sup>による深部地盤モデルから本検討地域にあたる構造を用いた。図 4 よりダウンホール法 PS 検層に比べ、サ

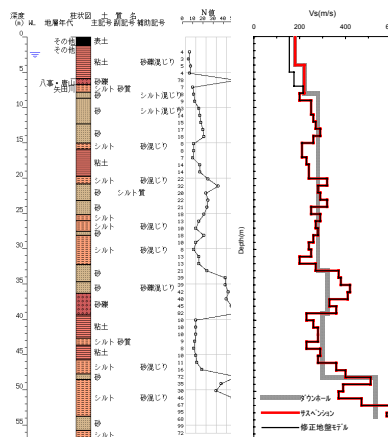


図 2 PS 検層地点の地盤データ

スペンション法 PS 検層による理論 H/V の方が 5~15Hz におけるスペクトル形状が A 地点の観測 H/V との対応がよいことがわかる。サスペンション法 PS 検層の結果は微細な速度の変化を捉えており、その影響が観測 H/V のスペクトル形状に反映されていると考えられる。

#### 4. 微動アレイ探査結果に基づく考察

図 5 に微動アレイ探査より推定される分散曲線(以下観測分散曲線)とサスペンション法 PS 検層に基づく理論分散曲線(以下理論分散曲線)を示す。観測分散曲線は理論分散曲線に比べ高周波数側において速度が低いことが分かる。これは A 地点と B 地点の観測 H/V の形状の差異と共通の要因と考えられる。そこでサスペンション法 PS 検層による S 波速度構造のごく浅部を観測分散曲線から逆解析により推定される速度構造と入れ替えて修正地盤を作成し(図 2)、理論 H/V を求めた。図 6 に B 地点の観測 H/V と重ねて示す。図 6 より修正地盤による理論 H/V は観測 H/V にみられる 10~15Hz のピークをより良く説明できていることが分かる。また図 2 より理論 H/V の変化は深さ 10m 未満のごく浅部の地盤構造を反映していることが分かる。このことは近年のマイクロゾーニングにおいて整理されている最も細かいメッシュ単位(50m メッシュ)よりも微細な距離の地盤情報を微動 H/V スペクトルより得られることを示しており、浅部地盤モデルの高精度化に有用な情報となり得ると考える。

#### 5. まとめ

微動 H/V スペクトルについて PS 検層や微動アレイ探査結果と比較しその適用性を検討した。以下にまとめる。

①サスペンション法による PS 検層との比較により H/V スペクトルの形状が微細な速度構造を反映したものであることが分かった。②微動アレイ探査結果より補正した速度構造で PS 検層地点から 20m 程度はなれた地点の観測 H/V のスペクトル形状を説明でき、高周波数(20Hz 程度)までのスペクトル形状が有意なものであることを確認した。③微動 H/V スペクトルは 20m 程度離れた地点間の速度構造の差異を反映した情報である

ことが分かった。

従来微動 H/V スペクトルは概略的な形状に基づく分類に基づき、計測地点が速度コントラストの大きい速度境界面を有する地盤であるかを判別する利用法が主であったが、本検討により微動 H/V スペクトルジャストポイントの地盤構造の推定に利用が可能と考えられる。今後(その 2)~(その 4)の結果を考慮して(その 1)で構築した地盤モデルの修正を行い浅部地盤モデルの高精度化を図るとともに、浅部地盤モデルの構築から修正までの一連の流れをレシピとして確立していく予定である。

#### 参考文献

1)例えば、愛知県:平成 14 年度濃尾平野地下構造調査成果報告書,2003. 2)横浜市総務局:横浜市の地盤と地震に関する調査(その 2)報告書,1985. 3)高橋広人・福和伸夫: N 値を用いた名古屋市域の浅部地盤のモデル化,日本建築学会学術講演梗概集 B-2 分冊,pp.695-696,2004. 4)例えば、西阪理永・他:常時微動計測に基づく名古屋市地盤の震動特性に関する研究,第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集,pp.835-940,1998. 5)時松孝次・新井洋: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, No.511,pp.69-76,1998. 6)愛知県:平成 14 年度愛知県東海地震東南海地震等被害予測調査報告書,2003.

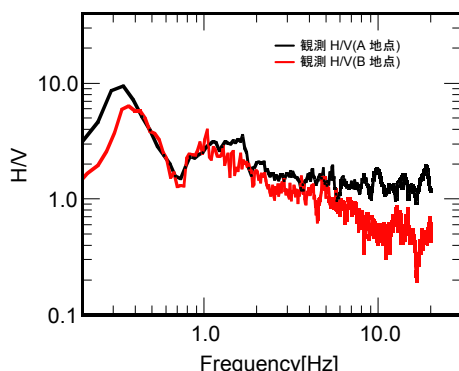


図 3 A 地点・B 地点の観測 H/V の比較

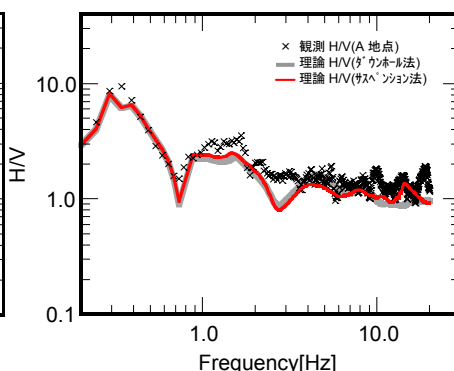


図 4 A 地点観測 H/V と PS 検層に基づく理論 H/V の比較

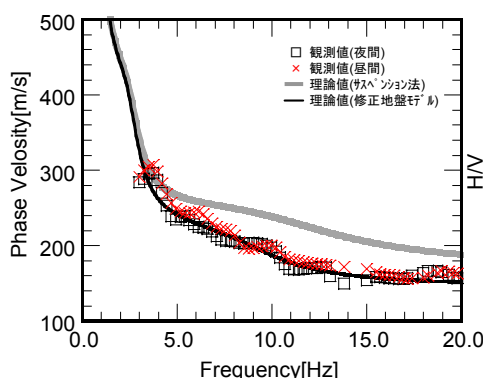


図 5 微動アレイ探査に基づく分散曲線と理論分散曲線との比較

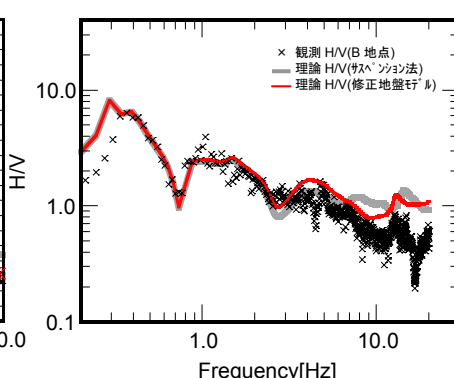


図 6 B 地点観測 H/V と修正地盤モデルに基づく理論 H/V の比較

\*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生・修士(工学)

\*2 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

\*3 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生

\*4 東邦ガス株式会社・修士(環境学)

\*5 名古屋大学大学院環境学研究科・助教授・工博

\*6 名古屋大学工学部社会環境工学科・技官

\*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., M. Eng.

\*2 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

\*3 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

\*4 Toho gas Corporation, M. Env.

\*5 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

\*6 Technical official, School of Engineering, Nagoya Univ.