

# 広帯域な強震動評価のために有効な堆積層地盤モデル：サイト増幅スペクトル，応答波形エンベロープ，表面波特性の理論評価

## An effective model of a sedimentary-layer structure to evaluate broad-band strong ground motions

# 長 郁夫[1]; 岩田 知孝[2]; 鶴来 雅人[1]; 香川 敬生[1]

# Ikuo Cho[1]; Tomotaka Iwata[2]; Masato Tsurugi[1]; Takao Kagawa[1]

[1] 地盤研究財団; [2] 京大・防災研

[1] G.R.I.; [2] DPRI, Kyoto Univ.

我々は、広帯域サイト増幅スペクトルの理論評価に用いる堆積層地盤モデルとして、詳細な浅部モデル（地表から工学的基盤まで）と巨視的な深部モデル（工学的基盤から地震基盤まで）の合成モデルの有効性を、経験的サイト増幅スペクトルとの比較という観点から指摘してきた（長他，2003；岩田他，2004）。本報告では、経験的サイト増幅スペクトルのインバージョンで得られたモデルの分析によりこれを検証し更にモデルの高度化も考える。

大阪堆積盆地の地震観測点（関震協6点，防災科研7点）における経験的サイト増幅スペクトル（0.5-10Hz）（鶴来他，1997，2002；岩田他，2004）をデータとして、サイトごとに、浅部、深部ともに充分細かく分割した成層構造各層のS波速度をインバージョンした。理論的サイト増幅スペクトルはSH波理論で計算した。その際減衰は深度依存として与えた。浅部モデルとしてPS検層データ、深部モデルとして地震基盤までを均質な3層で表現した香川他（1998）のモデル（深部3層モデル）を採用した合成モデル（長他，2003）を先験分布として与えるベイズアプローチをとり、先験分布とデータのバランスはABIC基準で最適化した。その結果、すべてのサイトで次の特徴が見られた。1) 浅部では各層が独立に推定されているのに対し深部では層間の相関が強い（全分散行列）。2) 深部のある1層がスペクトルに及ぼす影響は、浅部の場合と比較して非常に小さい（ヤコビアン行列）。3) 先験的に与えた深部3層モデルの強い速度コントラストはかなり抑えられて滑らかな速度分布に修正される。1), 2)は、浅部は詳細、深部は巨視的というモデル化の妥当性を支持する。3)は、深部3層モデルによる理論的増幅スペクトルの低周波数帯域（1Hz以下）にはコントラストの強い速度構造に起因する谷が現れるが、経験的増幅スペクトルにはそれが見られないという事実と拠る。この谷がハイブリッド合成に影響しないよう慎重に検討する必要がある。

上は入射角と減衰固定の限定的条件で得られるモデルではあるが、試みに深部3層モデルの堆積層構造に次のような簡単な修正を施してみる。つまり「深さ-S波速度」の不連続な階段状グラフを連続な折線グラフでなぞるように表現し直す（深部折線モデル）。ただし鉛直S波走時が変わらないように折線モデルのS波速度を調整する。

こうしても時堆積層と地震基盤のコントラストは良く維持されている。滑らかな堆積層構造の概観は神戸市の深層ボーリングによるPS検層データや大阪府（2003）が地質と反射データをもとにモデル化した地盤構造に良く類似する。以上の「高度化」が強震動特性の理論評価に与える基礎的な影響を検討したので以下にまとめる。

サイト増幅スペクトル：高度化モデルを用いて評価されたサイト増幅スペクトルでは低周波数帯域の谷形状が除去されることを確認した。この谷が現れる周波数帯域はハイブリッド合成の遷移帯域付近であり差分計算、統計的グリーン関数のいずれにも影響を及ぼす可能性がある。それ以外のスペクトル特性に大きな相違は見られなかった。

表面波特性：本研究で用いた深部3層モデルの構築には微動探査法結果が大きく貢献しており、このモデルはレーリー波基本モードの位相速度データを良く説明するモデルと言える。ここで提案した「高度化モデル」により表面波の理論的評価を行う。深部3層モデルと深部折線モデルによってレーリー波、ラブ波基本モード、1次モードの位相速度、群速度、伝達関数（medium response/(波数)<sup>2</sup>）、固有関数をそれぞれ理論的（1次元理論）に評価し比較した。その結果、両モデルの相違は小さいことが分かった。浅部モデルは共通なので、高周波数帯域は一致する。また、低周波数帯域は深部モデルのS波走時保存に依ると考えられる。

上記の「高度化」に加え、浅部、深部のそれぞれあるいは両方のS波速度に「ゆらぎ」を導入し、S波インパルスの鉛直入射に対する応答波形の複素エンベロープに及ぼす影響を数値実験により検討した。まずゆらぎの導入により直達波振幅が抑圧され、直達波以降のエンベロープレベルの増加をもたらすこと、浅部ゆらぎは直達波後の1秒間までの部分、深部ゆらぎはそれ以降から数秒間以上の部分に影響を与える等が分かった。深部3層、深部折線モデルのどちらでもこの傾向は同様に見られるが、深部折線モデルのエンベロープは地震基盤からの反射波の到

来までほぼ単調に減衰するのに対し、深部3層モデルの場合強いコントラスト構造に起因する特徴的な擾乱が見られる。今後は観測との比較検討が必要である。

謝辞：本研究は、文部科学省が推進している大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一環として行われました。