

地震動評価に用いる深部地盤構造モデル構築のための波形逆解析に関する研究

A Study on Waveform Inversion for Construction of S-wave Velocity Structure of Deep Sedimentary Layers for Earthquake Ground Motion Evaluation

笠松 健太郎 Kentaro Kasamatsu

1. はじめに

地震動評価では対象地点の地盤増幅特性を把握することが重要であり、長周期地震動の主成分となる表面波の評価には、震源から対象地点に至る広域の深部地盤のS波速度構造モデルが必要となる。地震動評価のための深部地盤のモデル化に関する既往研究を整理すると、従来のモデル化手法の多くは、一次元構造を仮定した理論に基づいている。大規模な平野では、蓄積された調査結果を基に深部地盤の三次元S波速度構造モデルが作成されているが、一次元仮定が成り立たない平野端部において、モデルの精度が低くなっている可能性が考えられる。そのような地域では、地盤の不整形性が明瞭に現れる波形全体を用いた逆解析が有効と考えられることから、本研究では、深部地盤の二次元S波速度構造を推定するための波形逆解析法を構築した。

2. ラブ波を用いた波形逆解析による深部地盤の二次元S波速度構造推定法の提案

はじめに、関東平野で得られている地震観測記録を用いて、波動伝播の二次元仮定の妥当性確認が重要であることを示した。そして、地震記録の水平成分を用いた主軸解析による粒子軌跡の卓越方向に基づいた指標によって、二次元性を仮定できる観測記録を周期毎に選別し、それらを逆解析に用いることを提案した。さらに、周期毎に選定した観測記録のラブ波成分を用いた波形逆解析により、二次元S波速度構造を推定する手法を提案した。

提案した二次元S波速度構造推定法の妥当性を数値実験により検証した。既存の関東平野の三次元S波速度構造モデルを用いた地震動シミュレーションによって模擬地震記録を作成し、その模擬地震記録に提案法を適用して推定した二次元S波速度構造モデルを計算に用いたモデルと比較した。両モデルはよく一致し、提案法によって二次元S波速度構造を推定できることを確認した。また、二次元性の仮定を確認しない場合や長周期成分のみを用いた場合の波形逆解析を行い、正しいモデルを十分に再現できないことを示すことで、提案法の利点を明確にした。

3. 関東平野を対象とした深部地盤の二次元S波速度構造推定

関東平野西部の5測線での地震観測記録に提案法を適用した (Fig. 1)。推定した二次元S波速度構造を既存の三次元S波速度構造モデルと比較し、とくに平野端部で両者に差異が認められ、本研究の結果では境界面が急傾斜になる等の特徴があることを示した (Fig. 2)。また、反射法地震探査による速度断面や地震波干渉法による表面波群速度などの既往の調査結果と比較し、本研究のモデルによって、これらの観測結果をよりよく説明できることを示した。さらに、各測線での結果を既存の三次元S波速度構

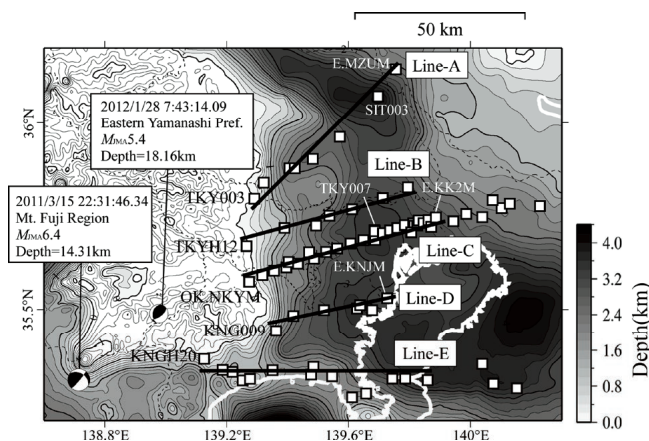


Fig. 1 逆解析に用いた地震の震央と地震観測点の分布。灰色のコンターは地震調査研究推進本部(2009)による地震基盤上面深度を表す。□印の地点で得られた地震観測記録を用いて、太線で示した Line-A～E の二次元S波速度構造を推定した。

(Locations of epicenters and strong ground motion observatories used in waveform inversion analyses. Grey contours denote top depths of a seismic bedrock modeled by the Headquarters for Earthquake Research Promotion (2009). 2D profiles were estimated along Line-A to Line-E, which are represented with black thick lines. Observatories used in this study are indicated by squares along these lines.)

造モデルに組み入れ、モデルの修正を行った。

修正した三次元 S 波速度構造モデルを用いて、構造推定に用いていない中小地震の地震動シミュレーションを行い、地震観測記録と比較することによって、モデル修正の効果を評価した。上述した 5 測線近傍の多くの地点において、観測記録の再現性が向上することが分かった。また、平野端部で生じる表面波の特性に違いによって、モデルを修正していない測線の延長線上の地域でも観測記録の再現性が向上する様子が確認され、提案法の適用により地震動評価のための適切な深部地盤の三次元 S 波速度構造モデルを構築できることを明らかにした。

4. 小規模な堆積平野の深部地盤の二次元 S 波速度構造推定

周囲を山地に囲まれた小規模な堆積平野に対する提案法の適用性を明らかにするために、新潟県小千谷市を対象に深部地盤の S 波速度構造を推定した。この地域では地震観測記録が少ないことから、連続微動観測を行い、地震波干渉法により得られた相互相関関数から抽出したラブ波に本手法を適用した。小千谷市の強震観測点付近において S 波速度 0.35km/s を有する層が局所的に厚く分布する等の S 波速度構造の特徴を明らかにした。得られたモデルによって、既存の微動アレイ探査によるレイリー波位相速度を再現でき、強震観測記録にみられる特徴的なピークも再現できることなどを示し、小規模な堆積平野に対しても提案法が十分に適用可能であることを実証した。

5. おわりに

本研究は、地震観測記録のラブ波を用いた波形逆解析により、深部地盤の二次元 S 波速度構造を推定する手法を新たに提案し、数値実験と実記録への適用性検討を実施することにより、地震動評価のための精度の高い深部地盤構造モデルの構築に対する提案法の有用性を示したものである。従来では、地震動評価に用いる三次元 S 波速度構造モデルを作成する地盤調査法として微動を活用した方法が主に適用されてきたが、一次元構造を仮定しない提案法は、深部地盤の詳細な S 波速度構造を明らかにする有用な方法として今後活用されることが期待される。

キーワード: 波形逆解析, S 波速度構造, 深部地盤, 長周期地震動, ラブ波, 二次元仮定

Keywords : waveform inversion, S-wave velocity structure, deep sedimentary layers, long-period strong motion, Love wave, Two-dimensional assumption

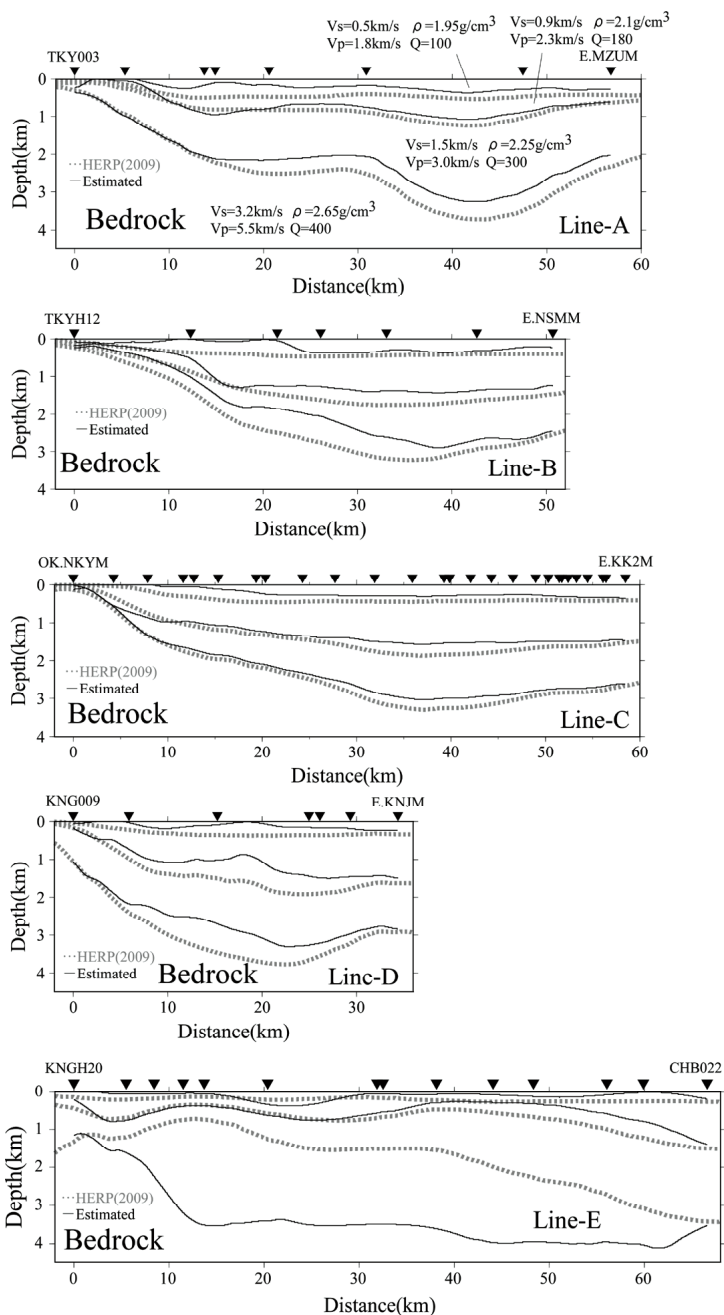


Fig. 2 逆解析により推定した二次元 S 波速度構造と、地震調査研究推進本部(2009)によるモデルの比較

(Comparisons between inverted 2D S-wave velocity structures and models by the Headquarters for Earthquake Research Promotion (2009))