

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	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
Title(English)	A study on waveform inversion for construction of S-wave velocity structure of deep sedimentary layers for earthquake ground motion evaluation
著者(和文)	笠松健太郎
Author(English)	Kentaro Kasamatsu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11521号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山中 浩明,元結 正次郎,松岡 昌志,盛川 仁,佐藤 大樹,海江田 秀志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11521号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 建築学 系  
Department of Graduate major in 都市・環境学 コース  
学生氏名： 笠松 健太郎  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of

指導教員 (主)： 山中 浩明  
Academic Supervisor(main)

指導教員 (副)：  
Academic Supervisor(sub)

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「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」と題し、以下の7章により構成されている。

第1章「序論」では、地震動評価において対象地点の地盤増幅特性を把握することの重要性を示し、とくに、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であることを述べている。つぎに、地震動評価のための深部地盤のモデル化に関する既往の研究をまとめ、従来のモデル化手法の多くが一次元構造を仮定した理論に基づくものであることを指摘している。また、大規模な平野では、蓄積された調査結果から深部地盤の三次元モデルが提案されているが、平野端部ではモデルの精度が低くなっていることを指摘し、それらの地域では、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なる可能性を示唆している。以上の既往研究の成果を踏まえて、深部地盤の二次元S波速度構造モデルを推定するための波形逆解析法を開発するという本研究の目的を述べている。第2章「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」では、二次元速度構造モデルを推定するための波形逆解析法について説明している。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を確認することが重要であると述べ、地震記録の水平成分の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ている。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、二次元速度構造モデルを推定する手法について説明している。第3章「数値実験による提案法の検証」では、第2章で述べた二次元速度構造推定法の妥当性を数値実験により検証している。既存の関東平野の三次元速度構造モデルを用いた3次元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本手法を適用した結果を計算に用いたモデルと比較している。両モデルはよく一致し、本手法によって二次元速度構造モデルを推定できることを確認している。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し、本手法の利点を明らかにしている。第4章「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」では、本手法を関東平野西部の5つの測線での地震観測記録に適用している。推定した二次元速度構造モデルを既存のモデルと比較し、平野端部で両者に顕著な差異があり、本研究の結果では、境界面が急傾斜になる等を明らかにしている。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も比較し、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ている。さらに、各測線での結果を既存の3次元速度構造モデルに組み入れ、モデルの修正を行っている。第5章「深部地盤の三次元S波速度構造モデルの修正結果が地震動評価に及ぼす影響」では、第4章で修正した三次元速度構造モデルを用いて、地下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ている。上述の5つの測線近傍の多くの地点では、観測記録の再現性が向上することを明らかにしている。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と述べ、本手法の適用によって地震動評価のための適切な深部地盤の速度構造モデルを推定できると述べている。第6章「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」では、周囲を山地に囲まれた小規模な堆積平野に対する本手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として深部地盤の推定を行っている。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ている。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二次元速度構造モデルの特徴を明らかにしている。推定したモデルによって、既存の微動探査によるレイリー波位相速度が再現でき、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手法が十分に適用可能であると述べている。第7章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、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を推定する本手法の有用性を示したものである。

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 建築学 系  
Department of Graduate major in 都市・環境学 コース  
学生氏名： 笠松 健太郎  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of

指導教員 (主)： 山中 浩明  
Academic Supervisor(main)

指導教員 (副)：  
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis entitled "A study on waveform inversion for construction of S-wave velocity structure of deep sedimentary layers for earthquake ground motion evaluation" consists of the following seven chapters.

In Chapter 1, I referred to previous studies on ground motions of surface waves, which are the main components of long-period motions and showed that an evaluation of the motions requires an S-wave velocity structural model of the deep sedimentary layers of wide-area including a hypocenter and the site. Then, I indicated the purpose of this study is to construct a new waveform inversion method for estimating a two-dimensional S-wave velocity structure of deep sedimentary layers. I described details of the method in Chapter 2 and conducted numerical experiments to validate the method in Chapter 3. In Chapter 4, the proposed method was applied to observation records along five survey lines in the western Kanto Plain. Then, I constructed a three-dimensional S-wave velocity structural model by incorporating the five estimation results into the existing model. In Chapter 5, the effect of the model modification was evaluated by simulating three-dimensional ground motions from a moderate earthquake and comparing them with observation records. In Chapter 6, I estimated the deep sedimentary layers in Ojiya City, Niigata prefecture to clarify the applicability of the method to a small sedimentary basin surrounded by mountains. Chapter 7 summarized the results obtained in this study and discussed future issues.

In short, I proposed a new method to estimate a two-dimensional S-wave velocity structure of deep sedimentary layers based on a waveform inversion using Love waves of seismic observation records and demonstrated the usefulness of the method for earthquake ground motion evaluations by applying to numerical experiments and actual observation records.