常時微動アレイ観測と地盤統計手法に基づく福井平野の三次元S波速度構造の推定

福井大学大学院 学生員 〇本 耕大 福井大学大学院 正会員 小嶋 啓介

1. はじめに

地震被害予測を的確に行うためには、震源断層の特定と地盤構造の推定 が重要であり、対象領域のS波速度、Q値、密度などの3次元的な地盤構 造の妥当性が、地震被害予測の精度を決定付けるといえる。本研究では福 井平野に散在するグラウンドなどで、常時微動のアレイ観測を行い、観測 点直下のS波速度構造を推定し、これらをサンプルとして、補間方法のひ とつである地盤統計手法を用いて、福井平野の詳細で信頼性の高い3次元 S波速度構造の推定を行った。求められた地盤モデルを既存の研究や調査 結果と比較し本研究の妥当性を評価した。

2. 微動アレイ観測に基づくS波速度構造の推定

図1は地盤構造の推定対象領域の地形図を示している。この領域は、福 井平野の広がりと主要都市を含むように、北緯35度52分~36度15分、 東経136度7.5分~136度17.625分の範囲として設定した。△は学校グラ ウンドなどで実施した常時微動アレイ観測地点を示している。アレイ観測 は正三形配置とし、半径は5,15,40mの3種を基本とし、0.01秒間隔で約 5分間の測定を行った。空間自己相関法を用いて半径ごとに短波長から長 波長に至る表面波位相速度を求め、インヴァージョンのターゲットとした。 図2左のプロットは、観測点TKGにおけるRayleigh波位相速度であり、 滑らかな正の分散を持つ観測位相速度が得られていることが確認できる。 波長 λ の位相速度により、深さZまでの走時および層厚平均S波速度(Vt, Vh)が近似できることを利用して、図2右の細線のように深さごとのS波 速度を求め、灰色太線で示す初期S波速度構造モデルを設定した。観測位 相速度と設定したS波速度構造モデルに基づく位相速度を比較して、両者 の誤差が最小となるようS波速度と層厚の推定を行ない最適S波速度構造

AKTES 满願: 出版时 A TIESA KEES ∆KBES AOTP ANGRHGE TORC Rosta R. AFKA KEAHSES **∆YRS** AMRAME △MGR_{GR} THEES ▲KAESTNP ▲HEI AMTES AFKB AREA 秘悟 ANTERFIL AMOS A HE MENUKE \mathbb{A} AYMESSO **∆SMES ∆**RJES AWHSMJES LAWJH AFBG ATNK ABG ASWPAMKP AMT MYG. ANKESTYJ IPGASC IG AIHP ASND AKSES AKKES

図1 アレイ観測地点

モデルとした。S波速度と層厚の最適化計算には、遺伝的アルゴリズムを用いた。図2の左右の図の太線は、 最適S波速度構造およびその理論位相速度を示している。観測位相速度を良好に再現できるS波速度構造が求 められたと判断できる。他の観測地点においても、沖積層および洪積層を2層ずつに区分し、層厚およびS波 速度の推定を行った。

3. 地盤統計手法に基づく3次元地盤構造の推定

アレイ観測から得られた地点ごとのS波速度構造に、地盤統計手法(Kriging)を適用し、対象領域全体の地 盤構造の推定を行う。図1に示す範囲を、南北方向に0.25分、東西方向に0.375分で分割したグリッドごと の地盤構造を求めた。地盤統計手法とは、ある空間内の未知の点における推定量Tを、座標 x_iのサンプルデ ータZの加重平均とし、数学的に最適な重みを与える方法であり、ここではアレイ観測より推定された層ごと の層厚およびS波速度をサンプルデータとして、未知の点における地盤構造の推定を行う。

キーワード:常時微動、アレイ観測、インヴァージョン、地盤統計手法、S波速度構造 連 絡 先:910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学研究科建築建設工学専攻 0776-27-8592 土木学会第64回年次学術講演会(平成21年9月)



図2 TKGの Rayleigh 波位相速度およびS波速度構造 はじめに、式(1)を用いてサンプルの空間分布 特性を反映するセミバリオグラムを作成する。

$$\gamma * (h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^{N} \left\{ Z(x_i + \overline{h}) - Z(x_i) \right\}^2$$
(1)
$$T = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i)$$
(2)

図3のプロットは沖積層第一層の層厚の実験セミ バリオグラムの一例である。サンプル間の距離が 離れるに従い、層厚の相関も小さくなる傾向が認 められる。次に、図3に実線で示した理論セミバ リオグラムを用いて、補間法のひとつであるクリ ギング(式(2))により、グリッドごとの地盤モデ ルをサンプルデータの加重平均として算出する。

図4(a)は対象領域の沖積層厚分布を示してい る。(b)は福井県が地震被害予測を行う際に、浅 層ボーリングや微地形分布などから設定した地盤 モデルによる沖積層厚であり、(c)は著者らが、 常時微動のH/Vスペクトルの卓越周期と平均S 波速度から推定した沖積層厚分布を示している。 厚さ20~30mの範囲はやや広いものの、九頭竜川 の河口に向かって深くなる傾向など全体的に類似 した結果が得られていると考えられる。図5は第 4紀層厚分布に関する同様の比較である。アレイ 観測に基づく第4紀層厚さは、福井平野中央の200 m以上の範囲が狭く、平野南部でも厚く推定され ており、沖積層厚に比べて一致度は低いといえる。

4. あとがき

常時微動のアレイ観測と地盤統計手法に基づき 福井平野の三次元S波速度構造を推定した。既存 の福井平野周辺のモデル地盤と比較して、全体的 に矛盾の少ない結果が得られたが、今後サンプル を増やすとともに、弾性波探査や重力異常に基づ く構造データなども取り入れ、より信頼性の高い 地盤モデルを構築する必要があると考えられる。





0-10 10-20 20-30 30-40