

常時微動観測に基づく三方断層周辺の地下構造推定

福井大学 建築土木環境工学専攻 学生員 ○森 健人
福井大学 建築建設工学講座 正会員 小嶋 啓介

1. まえがき

図1は中央防災会議報告書による1662年の寛文地震の三方断層周辺の変状分布である。同報告によれば、三方湖付近では断層の東側が3~5m程度隆起し、上下方向のずれ速度は0.8m/千年程度と推定されている。同様の活動が続いているとすれば、断層の西側には軟弱層を含む厚い第四紀層が堆積し、東の隆起側の山地に向かって段丘面や中部更新統から成る丘陵が存在していると思われる。本研究では、三方断層の両側の三方町と若狭町周辺で常時微動観測の展開アレイ観測、1点3成分観測を行いRayleigh波位相速度とH/Vスペクトルを求め、それらに基づいて対象地域全体の地下構造を推定し、三方断層の活動との整合性について検討する。

2. 常時微動観測

観測対象は図2に示す範囲で、図中のプロットは単点3成分観測点、青枠はアレイ観測点を示している。微動観測はLennartz社製の3成分速度計LE3Dと白山工業(株)製のLS8800SHを用い、サンプリング周波数は100Hzと200Hzで約10分間収録した。アレイ観測では、円形及び展開アレイ観測を行った。敷地の制約のある地点では、微動計を任意の位置に配置する展開アレイ観測を行い、配置を変えて2回行った。5台の地震計を用いる場合約1~40mの範囲での $2 \times 5C2 = 20$ 通りの偏りのない半径rごとの空間自己相関係数求まり、Rayleigh波位相速度曲線を求めた。図-3のプロットは図2に示した代表的な地点のH/Vスペクトルである。H/Vスペクトルにはどの地点においても比較的明瞭なピークが認められ、海岸や三方湖に近いFh及びKd2では、卓越周期が1秒

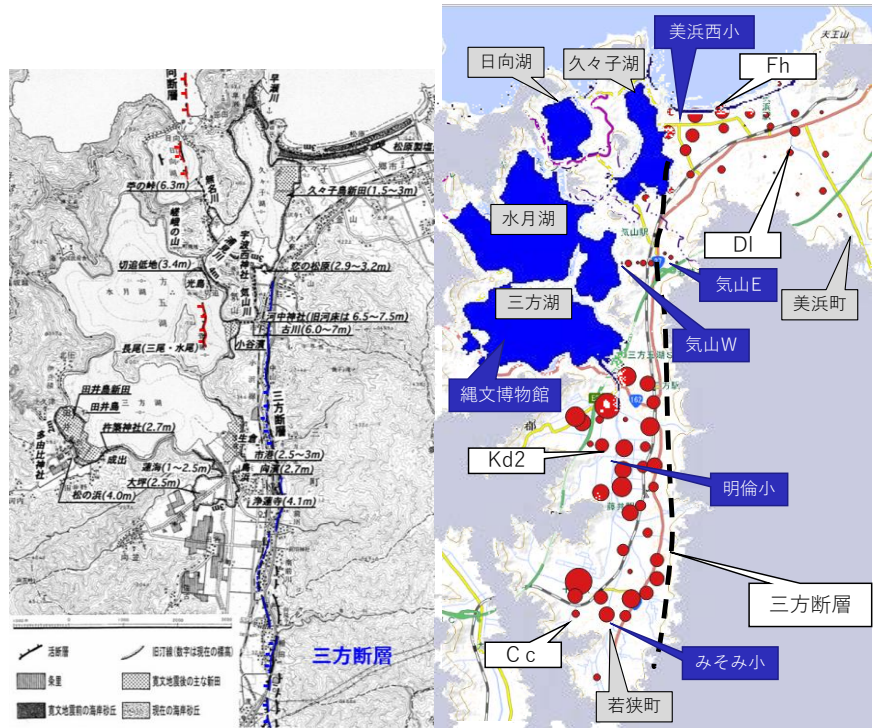


図1 三方断層周辺の変状

図2 常時微動観測点

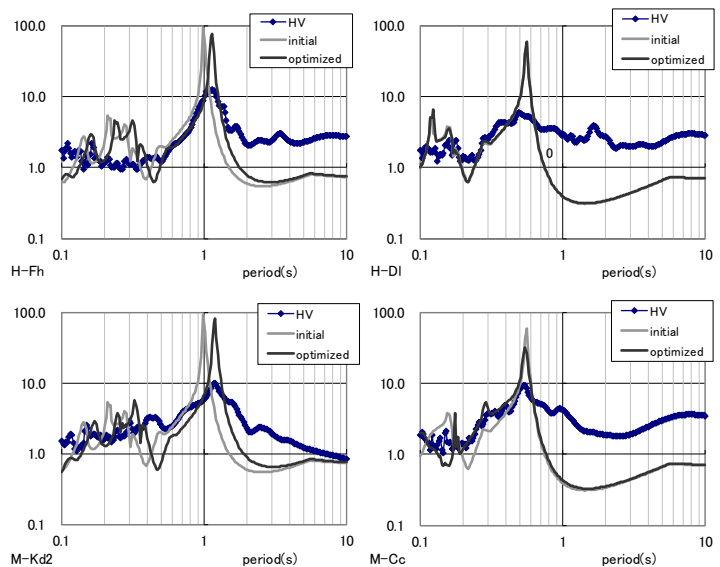


図3 観測 H/V と理論 H/V スペクトルの比較

キーワード 常時微動観測, H/V スペクトル, 三方断層, 地下構造, 逆解析

連絡先 〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学 Tel 0776-27-8592

付近であるのに対し、上流側の D1 ならびに Cc では、0.5 秒付近と小さいことが確認できる。図 2 の赤丸の大きさは、H/V スペクトルから読み取った卓越周期に対応している。卓越周期の大きさは、美浜町側では海岸に向けて、若狭町側では断層から離れた平野中央部に向けて大きくなる傾向が認められる。

3. H/V スペクトルに基づく地下構造推定

展開アレイ観測から微動計間の距離ごとの空間自己相関係数を求め、eSPAC 法を適用して、Rayleigh 波位相速度曲線を求めた。得られた波長ごとの分散曲線と、平均 S 波速度との相関を用いて、深さごとの S 波速度を求めた。H/V スペクトルに基づいて、地下構造を求める際には、アレイ観測から推定した S 波速度を、参考に以下のようなモデルを想定した。すなわち、基盤を含め 4 層とし、S 波速度を上から、100, 250, 500 及び 2000m/s とし、P 波速度は $1.1 \times V_s + 1290\text{m/s}$ として固定した。また密度も上層から 1.8, 1.9, 2.0, 2.1t/m^3 に固定し、第 1 層から 3 層の層厚を推定対象とした。

$$J = \sum_{f=f_1}^{f_{\max}} \left\{ \log_{10} \left(\frac{H/V_f^c}{H/V_f^o} \right) - \log_{10} \left(\frac{H/V_f^o}{H/V_f^c} \right) \right\}^2 + \sum_{f=f_1}^{f_{\max}} \frac{(t_f^o - t_f^c)^2}{2(N_f - 1)} \quad (1)$$

単点 3 成分観測から求められた H/V スペクトルに基づいて、式(1)を最小とする観測点の地下構造を推定する。この式の第 1 項は H/V ス

ペクトルの振幅の絶対値、第 2 項は傾きの評価項である。また c, o は理論値、観測値を示し t_f は周波数毎の H/V スペクトルの傾きで正なら 1、負なら -1 に 2 値化した傾きである。層厚の最適化には遺伝的アルゴリズムを用いた。図 3 の灰色線と実線は、初期モデル及び最適構造に基づく、理論 H/V スペクトルを示している。最適構造による理論 H/V の形状は観測値に対応しており、地盤の特性を概ね表現できる構造が推定されたものと判断している。同様の解析を、図 2 に示す全ての 3 成分微動観測点 (71 地点) に適用し、地下構造を推定した。得られたモデルの各層の層厚を、地理情報システム (GIS) に読み込み、空間補間を行い三方断層周辺の地下構造モデルを作成した。図 4 は第 1 層から第 3 層までの厚さ分布を示している。また、図 5 は、深さ 30m までの平均 S 波速度 V_{s30} を示している。第 2 層までの深さに着目すると、沈降側の若狭町側では、約 40m と厚いのに対し、断層の東側では 25m 程度と薄いことがわかる。また、 V_{s30} では、沈降側では 150~200m/s が広がるのに対し、隆起側では 250~300m/s と相対的に大きいことが確認できた。

4. あとがき

三方断層を挟む美浜町と若狭町において、常時微動の単点及びアレイ観測を行い、H/V をターゲットとして、S 波速度を固定した 4 層構造を仮定して堆積層厚の推定を行った。微動から推定した構造は、若狭町では堆積層が厚く、隆起側の美浜町では薄く、三方断層の活動と調和的であることが確認された。

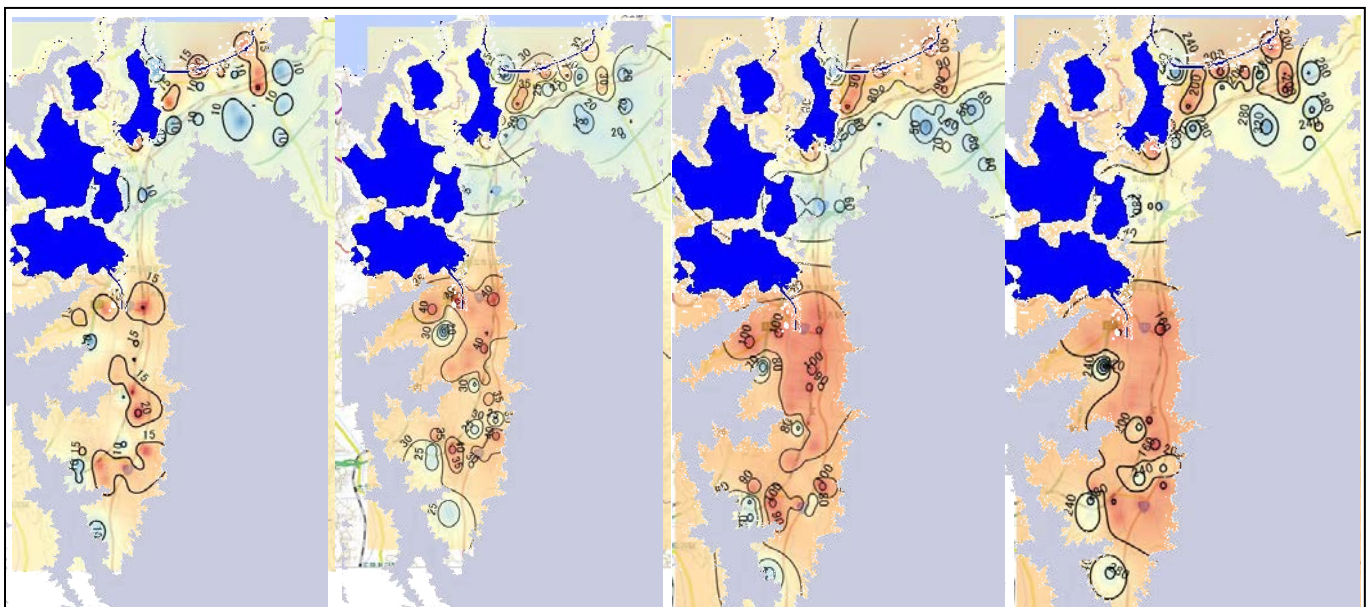


図 4 H/V に基づいて推定された H1, H1+H2, H1+H2+H3 層厚分布

図 5 V_{s30} の分布