

### 常時微動観測に基づく小浜平野の地下構造の推定 (その1)

福井大学工学研究科 正会員 ○小嶋 啓介  
福井大学工学部 非会員 伊藤 良樹

#### 1. まえがき

福井県嶺南地域には原子力発電所が多数存在していることから、発電所周辺の活断層を対象とした調査や研究は多いが、住民の安全に直結する市街地周辺の動的地盤構造の解明を目的とした調査実績は少ない。本報告では、常時微動のアレイ観測ならびに三成分観測に基づいて、小浜平野のS波速度構造の推定を行った結果を検討する。

#### 2. 常時微動観測

図1は、小浜平野周辺の地形図上に、常時微動観測点を示したものである。小浜平野は、北川水系が形成した氾濫原が大部分を占め、旧市街地は沿岸部の三角州および浜堤上に位置している。図の▲印はアレイ観測点を示しており、雲浜小学校のみが浜堤、その他の4地点は氾濫原に分類されている。観測点の条件に応じて、4~50mの範囲で大中小の3つの正三角形アレイ観測を行った。●は1点3成分観測点を示している。対象領域を緯度方向に15秒、経度方向に22.5秒の約500mグリッドに分割し、その中心点付近の64個所で観測を行った。微動観測は、LennartzのLe-3D/lite型速度計と、白山工業のLs-8000Shを組み合わせを行い、100Hzで約8分間のデータを収録した。アレイ観測には、空間自己相関法を適用し、Rayleigh波位相速度を求めた。また、3成分観測については、ノイズの少ない40.96秒の5区間を抽出し、H/Vスペクトルを算出した。図2は三角州上の観測点Icと氾濫原にあたるDIのH/Vスペクトルの例である。厚い軟弱地盤が想定されるIcでは、0.8秒付近に明瞭なピークが認められ、砂礫層が想定されるDIでは、ピーク周期は0.3秒程度と小さくなっている。小浜平野でのH/Vスペクトルには、これらの例のような卓越周期が明瞭に観測された。グリッドごとに読み取られた卓越周期をサンプルとし、地盤統計手法の一つであるKrigingによる空間補間を行った。図3は、50mメッシュの卓越周期分布図である。氾濫原に分類される平野の大半で0.3~0.5秒であるが、北川の河口および北部の谷部では0.6秒を超えている。また、小浜湾に面した旧市街地部分で0.7~0.9秒と最大に推定され、防災上は好ましくない面があることが確認された。

#### 3. 微動観測に基づくS波速度構造の推定

図4の○のプロットはアレイ観測から求められたRayleigh波位相速度である。小浜平野西部の北川下流の三

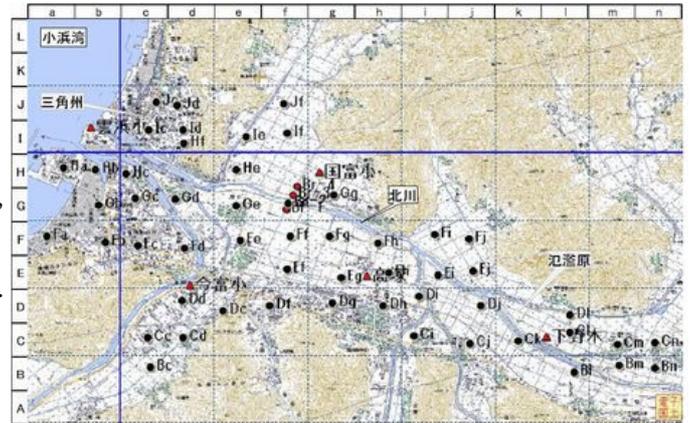


図1 小浜平野の地形図と微動観測地点

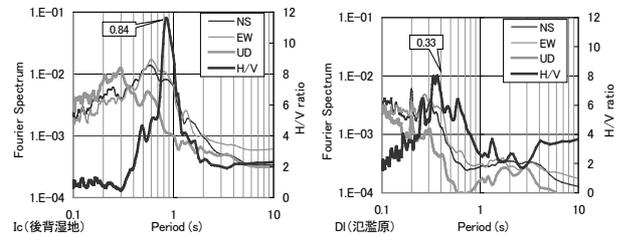


図2 H/Vスペクトルの例

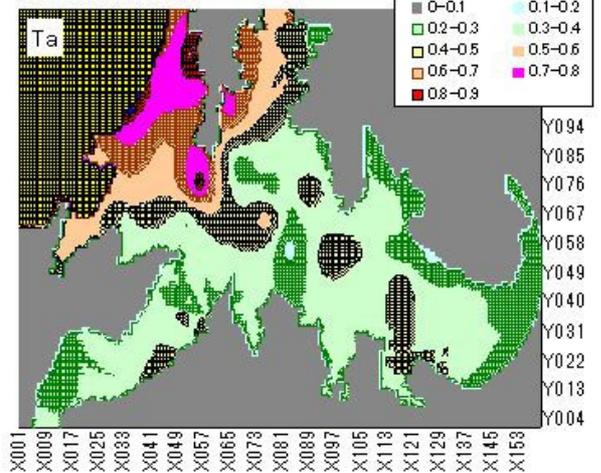


図3 卓越周期分布

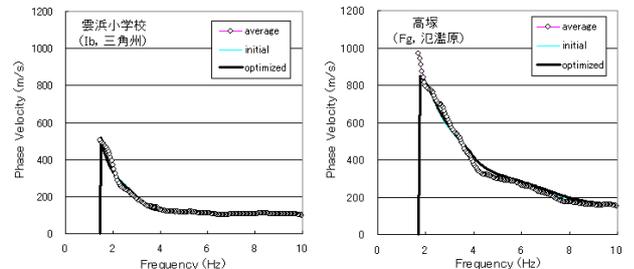


図4 観測・理論 Rayleigh波位相速度

キーワード : 小浜平野, 常時微動, アレイ観測, H/Vスペクトル比, 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 0776-27-8592

角州に位置する雲浜小学校では、2Hz 付近の低周波数領域においても 500m/s 前後であるのに対し、北川上流の氾濫原に区分される高塚地点では、800m/s 以上の速度が確認されたこの観測位相速度をターゲットとし、層厚と S 波速度の最適化計算を行った。図-3 の太線は最適モデルによる理論位相速度であり、○で示しや観測位相速度とほぼ重なっており、精度よく最適化が行われていることが確認できる。

次に、観測 H/V スペクトルが、高次モードまで考慮した Rayleigh 波と Love 波による理論値で表現できるとし、次の目的関数を最少化する S 波速度構造の推定を行った。なお、本報告では H/V スペクトルの絶対値に加えてその勾配を考慮するための項を加えている。

$$J = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_f} [\log_{10} H/V_i^o - \log_{10} H/V_i^c]^2 + \sum_{j=1}^{N_f-1} \left[ \frac{G_j^o - G_j^c}{2(N_f - 1)} \right]$$

ここに、 $G_j^o, G_j^c$  は観測および理論 H/V スペクトルの勾配を ±1 で 2 値化したものである。推定対象は沖積層と洪積層の S 波速度と層厚の初期値からの修正率とし、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて最適地盤モデルの推定を行った。なお、初期モデルはアレイ観測から推定したモデルから設定し、アレイ観測点に隣接した 3 成分観測点から順次周辺へ最適化計算を繰返し、すべてのグリッドで S 波速度構造の推定を行った。図 5 は観測 H/V スペクトルと理論値との比較である。最適 S 波速度モデルによって、観測 H/V スペクトルのピークと変化傾向が的確に再現できているように判断できる。

上記の H/V スペクトルに基づく S 波速度構造の推定を、図 1 に示した 64 個所の 3 成分観測点に適用するとともに、Kriging による空間補間を行い、小浜平野の 50m メッシュの地下構造の推定を行った。図 5 は推定された沖積層および第四紀層厚分布である。小浜平野の沖積層は、北川の流下に沿って 10~25m と小浜湾に向かって厚くなり、旧市街地付近で最も厚くなっている。第四紀層厚は、ほとんどの地点で 40m 以上であり、60m 以上の地点は小浜湾周辺と北部の谷部に集中していること、最深部で 80m を超えるように推定された。図 6 は深さ 30m までの平均 S 波速度  $V_{s30}$  の分布を示している。北川の上流部では 220m/s 以上となっているが流下に沿って遅くなり、河口部では 160m/s 程度まで減少していることが確認できる。

4. あとがき

動的地盤構造に関する情報が希薄である小浜平野を対象とし、微動のアレイ観測および 3 成分観測を行い、平野域の振動特性を評価するとともに、S 波速度構造の推定を試みた。

推定地盤モデルから、小浜市の旧市街地は地震防災面から好ましくない位置にあることが示唆されたが、今後、重力異常やボーリングなどの既存情報と比較検証を行い推定構造の信頼性の向上を図る予定である。

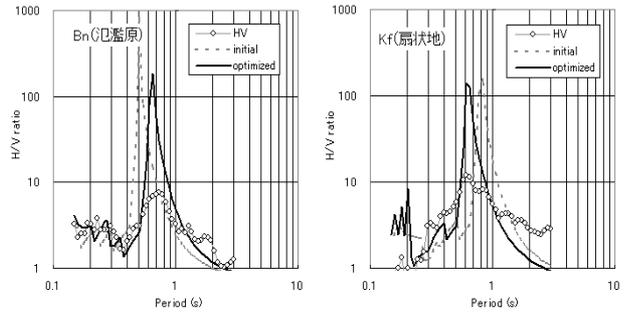


図 5 H/V スペクトルの例

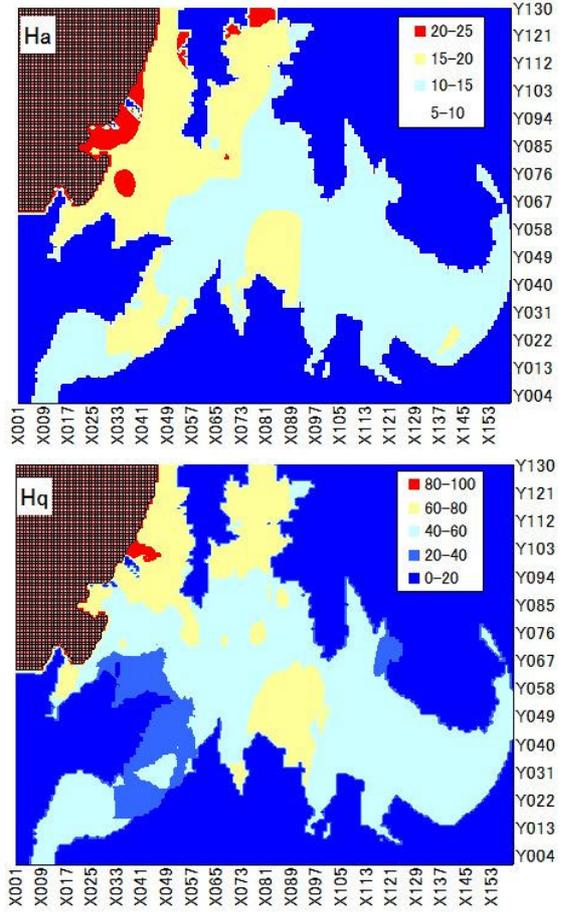


図 5 小浜平野の沖積・第四紀層厚分布

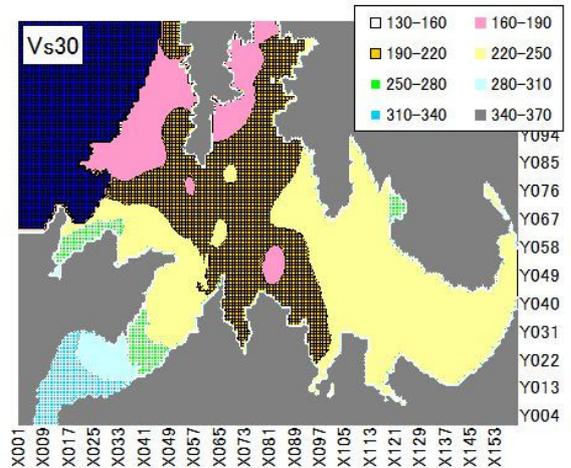


図 6 小浜平野の沖積・第四紀層厚分布