

常時微動観測に基づく小浜平野の地下構造の推定 (その2)

福井大学工学研究科 正会員 ○小嶋 啓介
元福井大学工学部 非会員 板谷 圭祐

1. まえがき

福井県嶺南地域には原子力発電所が多く、発電所周辺の断層を対象とした調査は多いが、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。先の報告では常時微動の小アレイ観測と単点3成分観測に基づいて、第四紀層最下面までの地下構造を評価した。本報告では、小浜平野内の4箇所で実施した大アレイ観測から得られた Rayleigh 波位相速度および H/V スペクトル特性と、その逆解析結果の検討を行う。

2. 常時微動アレイ観測

図1は、小浜平野周辺の地形図上に、常時微動アレイ観測点を▲で示したものである。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。台場浜公園(DHP)のみが浜堤、小浜インター(OIC)、国分(KKB)および上野木(UNK)は氾濫原に分類されている。観測点の条件に応じて、4~500m の範囲で4種の半径による三角形アレイ観測を行った。微動観測は、Lennartz の Le-3D/5S 型速度計と、白山工業の Ls-8000SH を組み合わせて行い、サンプリング周波数 100Hz で約 20 分間のデータを収録した。アレイ観測に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 秒の区間をできるだけ多く抽出し、H/V スペクトルを算出した。図2の○はアレイ半径ごとの位相速度を重ね合わせた Rayleigh 波位相速度である。すべての地点で正の分散性が認められたこと、北川下流に位置する DHP および OIC では、高周波数領域の位相速度が 100~130m/s と小さいのに対し、扇状地性の氾濫原に位置する UNK では 380m/s と大きいことなどを確認できる。位相速度を決定できた最低周波数は各観測点で 0.49~0.81Hz の範囲にあり、最大波長に換算すると 2400~6900m であり、深さ 2000~5000m 程度までの地下構造情報を有している可能性がある。

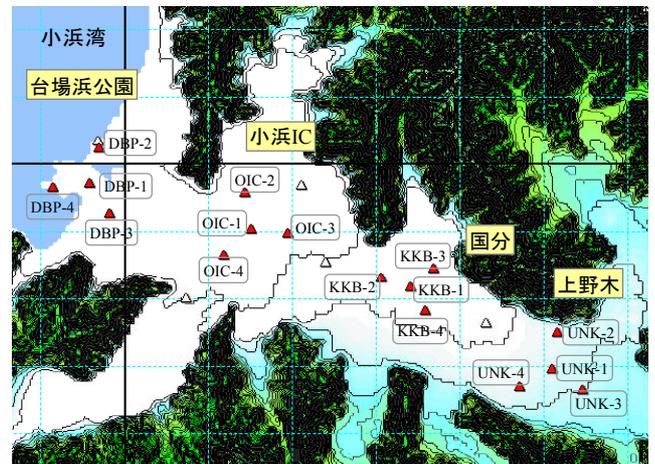


図1 小浜平野の地形と微動観測地点

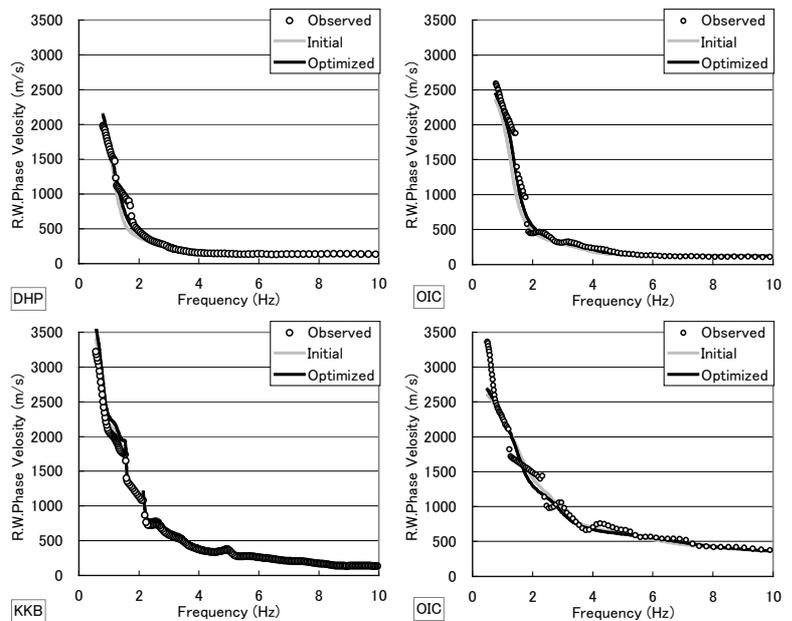


図2 観測および理論 Rayleigh 波位相速度の比較

3. 微動観測に基づく S 波速度構造の推定

微動アレイ観測から得られた Rayleigh 波位相速度および各点の H/V スペクトルに基づいて、次の目的関数を

$$J = \frac{1}{N_C} \sum_{i=1}^{N_C} \left(\frac{C_i^O - C_i^C}{C_i^O} \right)^2 + \frac{1}{N_{HV} N_f} \sum_{k=1}^{N_{HV}} \left\{ \sum_{j=1}^{N_f} \left(\log_{10} H/V_{kj}^O - \log_{10} H/V_{kj}^C \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_f-1} \left| \frac{G_{kj}^O - G_{kj}^C}{2(N_f - 1)} \right|^2 \right\} \quad (1)$$

キーワード：小浜平野、常時微動アレイ観測、Rayleigh 波位相速度、H/V スペクトル、S 波速度構造、逆解析
〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1 福井大学工学研究科

こ最少化することによって、S波速度構造の推定を試みる。ここに、 C : 位相速度、 H/V : H/V スペクトル、 G : H/V スペクトルの勾配の正負で1と-1に2値化した勾配、 O, C : 観測と計算値を表す添え字、 N_c, N_f : 位相速度および H/V スペクトルの離散個数、 N_{HV} : H/V の比較対象とする観測点数である。速度構造の推定に際しては、山中らに倣い、アレイ各点直下の地盤は、水平方向に連続しており、各層のS波速度は共通とし、層厚は観測点ごとに独立とした。S波速度構造の推定は、アレイ観測点ごとに行い、一つの位相速度曲線と、半径400m以上の大アレイ観測を行った地点の H/V スペクトルを与えた。理論 H/V スペクトルの算出には、時松・新井の考え方をを用い、

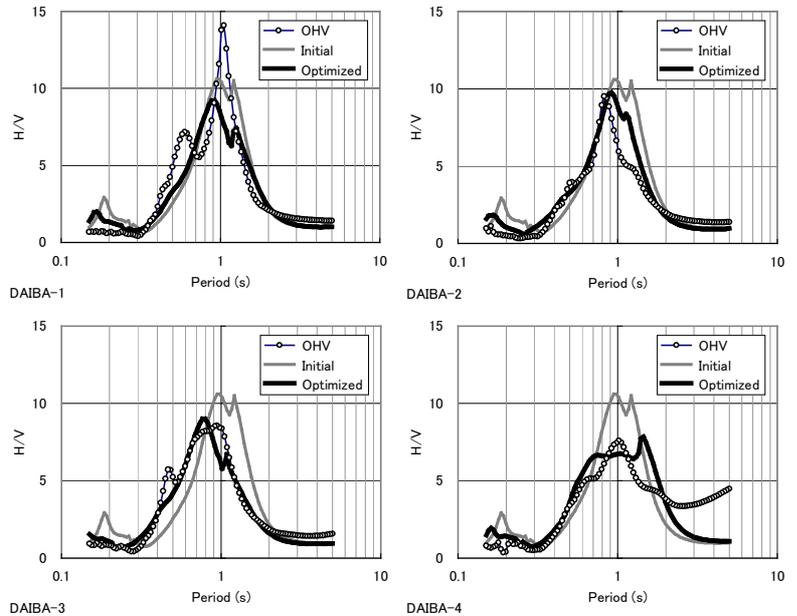


図3 DBP観測点の観測および理論 H/V スペクトル

Rayleigh波とLove波の2次の高次モードまで考慮に入れた。7層のS波速度モデルを仮定し、初期値は上から120, 300, 450, 700, 1,400, 3,200 m/sと設定した。また密度は固定し、P波速度は、 $V_p \approx 1.11V_s + 1290$ を用いてS波速度と連動させた。各層のS波速度と観測点ごとの各層の層厚の初期値からの修正率を、遺伝的アルゴリズムを用いて算出した。

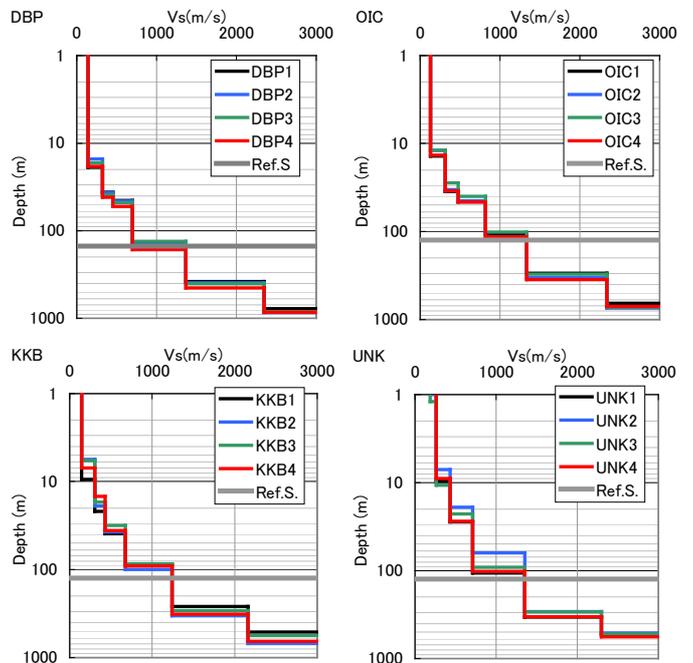


図4 推定S波速度構造

図2の灰色および実線は、初期構造および最適化構造に基づく理論位相速度である。どの地点でも観測位相速度を概ね再現できていることが確認できる。図3はDBPのアレイ三角形の中心と頂点の観測点の H/V スペクトルである。同地点は三角州に位置しており、○印で示す観測 H/V スペクトルの形状は比較的単調な単峰型を示すことが読みとれる。同図の灰色線と実線は、初期および最適化されたS波速度構造による理論値である。観測値に認められる微小な変動を再現できていない部分はあるものの、スペクトルの振幅値および大域的な山谷はほぼ再現されていることが確認できる。図4は推定された各地点のS波速度構造を示している。小浜湾から北川の上流に向かうDBH→OIC→KKB→UNKの順に、各層の層厚が小さくなる傾向が認められる。特にS波速度150m/s前後の第1層は、湾岸の20m程度から上流部で1m前後まで減少している。第四紀層最下部に相当する第4層の下面深度は、150mから100mと推定された。図4にRef.S.として示した熊川断層を対象とした反射法弾性波探査から得られた125~150mに比べやや浅い傾向にある。地震学的基盤との境界に相当する第7層の推定深度については、海岸部の860mから最上流部で510mと減少する傾向が認められた。

4. あとがき

小浜平野を対象とし、Rayleigh波位相速度と H/V スペクトルに基づいてS波速度構造の推定を試み、推定地盤モデルは、観測情報を概ね再現できていることを確認した。今後、小浜平野で実施済みの単点3成分微動観による H/V スペクトルによる地下構造の推定結果とコンパイル地下構造モデルを作成する予定である。

参考文献: 1)山中浩明, 元木健太郎: レイリー波位相速度とレシーバー関数の同時逆解析による新潟県柏崎市の深部地盤のS波速度構造の推定, 物理探査, Vol. 62, pp.237-247, 2009. 2)時松孝次・新井洋: レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, 第511号, pp.69-75, 1998. 3)関西電力: 熊川断層の運動性評価, www.nsr.go.jp/data/000049956.pdf.