

強震観測情報に基づく福井県周辺のS波速度構造と伝播減衰特性の推定

ファイザー (元福井大学工学部) ○松島 祐介
 福井大学工学研究科 正会員 小嶋 啓介

1. はじめに

近年、新潟県中越地震など日本海側に大きな地震が続発していること、中部地域は活断層が密に分布しているにもかかわらず、地震空白域が認められていること、新潟-神戸ひずみ集中帯に含まれることなど、福井県周辺の地震環境は楽観視できる状況にない。地域の強震動を正確に予測するためには、S波速度構造及び減衰特性の適確な評価が不可欠である。本報告では、観測地震情報に基づいて、福井平野各地のS波速度構造を推定するとともに、福井県周辺の地殻区分ごとの伝播減衰特性を推定し、既存研究と比較・検討を行なっている。

2. 強震観測システム

図-1の左上の図は、福井平野周辺の地形図上に、強震観測点の位置を示したものである。図中の◎は第三紀基盤(GL-175m)と地表面に地震計を設置した福井大学観測地点であり、■(K-net95型)および●(JEP6A3型)は福井平野に設置した地表面三分観測点を示している。これらの地震計は、東大地震研ならびに東京工業大学との共同研究の一環として運用されている。また、福井平野以外の強震観測情報を確保するため、福井県周辺の科学技術庁防災科学技術研究所のK-NET, KiK-NETの観測記録も併せて利用した。

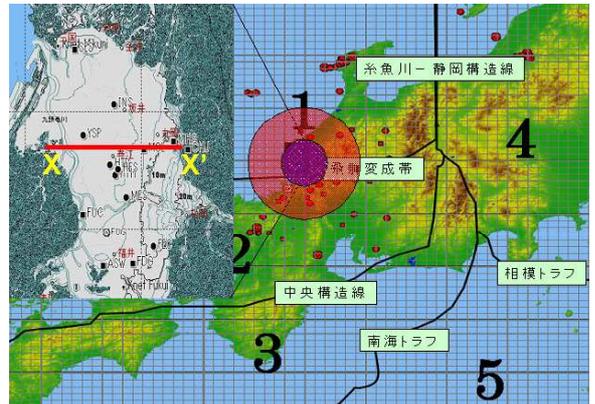


図-1 福井平野周辺の強震観測点と地殻区分

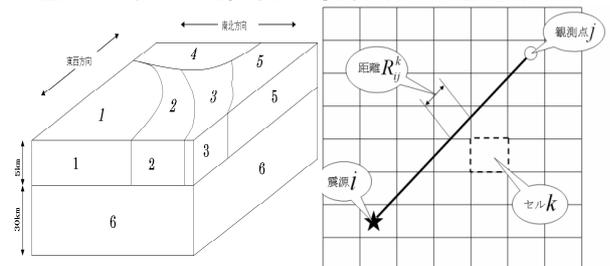


図-2 地殻構造区分

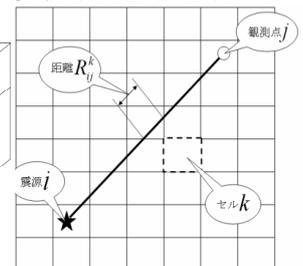


図-3 震源・観測点と通過セルの概念

3. 解析手法と解析結果

式(1)で示すように、 j 番目の観測点で観測された地震 i のS波部分のスペクトル O_{ij} が震源スペクトル S_i , 伝播減衰特性 T_{ij} , 地盤増幅率 G_j の積で表されると仮定する。震源スペクトルは ω^{-2} モデル、伝播 Q_s 値は周波数依存性を考慮しそれぞれ(2)(3)式で表現できると仮定する。さらに地盤増幅率は、S波速度構造を与えることにより、重複反射法によって求められるとする。はじめに、伝播減衰の均一性を仮定し、観測スペクトルと理論スペクトルの誤差を最小化する ω^{-2} モデルのパラメータ S_0 , f_c と、伝播減衰の Q_0 および n , 各観測点直下のS波速度構造と堆積層のQ値を推定する。次に、地殻内の伝播減衰の地域性を考慮するために、先に求めた S_i と G_j を固定し、地殻区分毎の伝播減衰特性をトモグラフィ的に推定する。図-1,2は、P波速度構造及び地震活動度などの既存研究資料を参考に設定した福井県周辺の地殻構造区分であり、対象とする地殻厚さは35km, 上・下部境界を5kmに設定した。図-3で示すように、震源 i で発生した地震波は観測点 j に向かって伝播する際、セル k を通過する区間距離を R_{ij}^k とすれば、伝播減衰は式(4)で与えられる。以上より、式(5)を最小にする区分毎の Q_0 および n を推定する。なお最適化には遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた。また、二重スペクトル比法を用いた伝播減衰の推定も行なった。

$$O_{ij} = S_i \cdot T_{ij} \cdot G_j = S_i \cdot R_{ij}^{-1} \exp(-\pi f R_{ij} / Q_s V_s) \cdot G_j \dots (1) \quad S_i = S_0 / (1 + f/f_c)^2 \dots (2) \quad Q_s = Q_0 f^n \dots (3)$$

$$T_{ij} = \exp\left(-\pi f \left(\frac{R_{ij}^1}{Q_s^1} + \frac{R_{ij}^2}{Q_s^2} + \dots + \frac{R_{ij}^k}{Q_s^k}\right)\right) \dots (4)$$

$$J = \sum_{j=1}^{OB} \sum_{i=1}^{EQ} \sum_{f=1}^{NF} (\ln T_{ij,f}^{Obs} - \ln T_{ij,f}^{Cal})^2 \rightarrow \min \dots (5)$$

キーワード 強震観測, 福井平野, 伝播減衰特性, 逆解析

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 TEL 0776-27-8592

図-4は、2004年9月5日の地震の観測点 FDB における観測スペクトルと計算スペクトルの比較を示している。震源スペクトル、伝播減衰及びS波速度構造の最適化を行なうことにより、観測スペクトルの再現精度が向上していることが分かる。図-5の黒線は、本手法によって推定された、観測点 MSL のS波速度構造を示している。灰色線は、第三紀基盤と地表面のS波の観測および理論増幅率を比較する方法、点線は微動観測から求められた Rayleigh 波の位相速度に基づいたS波速度構造の推定結果を示している。3手法とも沖積層は30m前後、洪積層は150m前後に推定されており、相互に近い値が得られていることが確認できる。図-6は、図-1に示した福井平野を東西に横切る X-X' 断面 (P波探査測線) の4箇所の観測点に対し、本手法を適用し推定された、第四紀層厚分布を示している。第四紀層は平野の中央部に向かって厚くなり、最深部では250m前後と推定されている。また、図中の黒い折れ線は、P波探査で求められた反射面 I, II, III であり、推定された洪積層中の境界ならびに第三紀層上面に良好に対応しているといえる。また灰色折れ線は、小林らが重力異常から、基盤と第四紀層の密度差を $0.4g/cm^3$ と設定して求めた第三紀層上面深度を示している。定義が異なるため厳密に比較できないが、HTH 観測点以外での矛盾は小さいと判断できる。

図-7(a), (b)は、図-1の小さな円(50km以内)で示す福井県周辺、および大きな円(50~100km)で示す近畿地方及び岐阜地域を含む範囲で一定と仮定して推定した Q_s 値を、2重スペクトル比法および北浦らの基盤記録を用いた分離法などと比較したものである。本研究の推定結果は、低周波数域でやや大きい、既往研究と概ね同様の値であることが確認できる。一方図-7(c)は、区分ごとに推定された Q_s 値を既往研究と比較したものである。本研究によって推定された Q_s 値は、2重スペクトル比法およびハッチで示した既往の Q_s 値の推定結果の範囲にあること、下部地殻で大きく上部地殻で小さめに推定されていることなどを確認することができる。

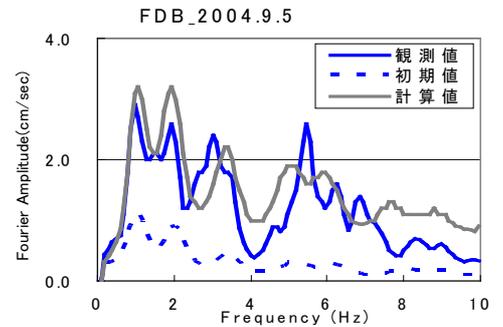


図-4 観測及び計算スペクトルの比較

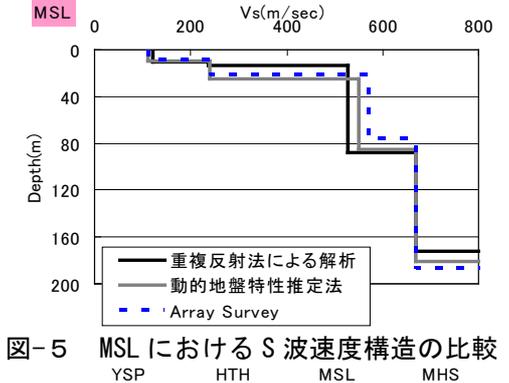


図-5 MSLにおけるS波速度構造の比較

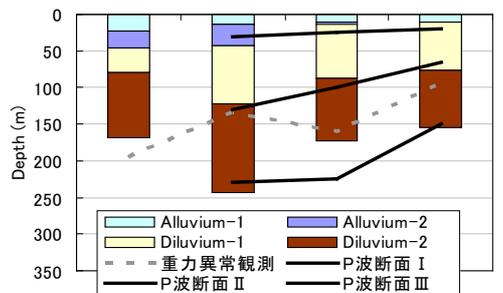
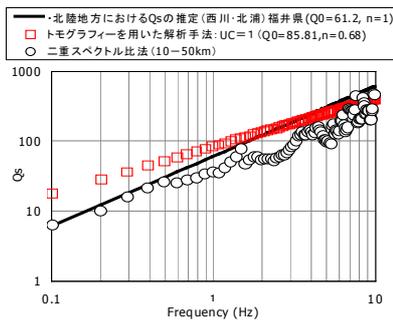
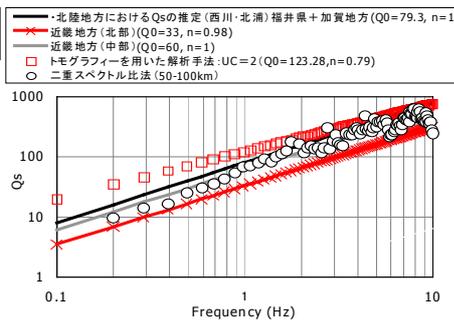


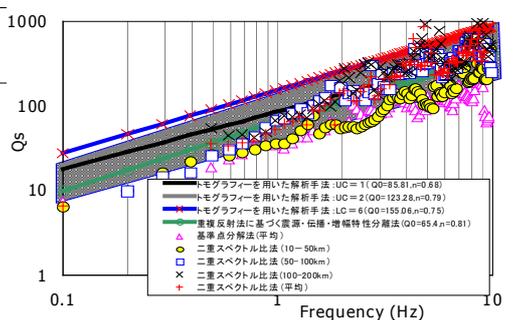
図-6 第四紀層厚と既存研究結果の比較



(a) 福井県周辺の Q_s 値の比較



(b) 近畿地方および岐阜地域の Q_s 値の比較



(c) 本研究と既往研究結果の Q_s 値

図-7 4つの解析手法から推定された Q_s 値

4. あとがき

福井平野周辺で展開している地震観測地点で収録された強震動情報に基づき、複数の解析手法に基づいて、観測点直下のS波速度構造および三次元 Q_s 値の推定を試み、1) 本手法によって推定されたS波速度構造は常時微動のアレイ観測などから求められた構造と良好に対応していること。2) 地殻区分ごとに推定された Q_s 値は、観測点周辺及び上層ほど小さく、深部ほど大きく推定され、P波速度分布と矛盾しないことなどを確認した。今後、入力地震データを増やし、より精密で信頼性の高い推定を行なう予定である。