強震観測情報に基づく動的地盤構造と伝播減衰特性の推定

○福井大学大学院　学生会員　波田野公洋
福井大学工学部　正会員　小嶋　啓介
福井市(元福井大学大学院)　青柳　友丈

１．はじめに

表層地震動を精度良く推定するためには，地域のＳ波速度構造に加え，減衰特性を適確に評価しておくことが非常に重要である．弾性波探査，PS 検層，深層ボーリングなどを高密度で実施できれば，信頼性の比較的高いＳ波速度構造を評価することができるが，減衰特性を直接求める方法は非常に限られている．ここでは，地表面での強震観測情報を用いて，観測点直下のＳ波速度 Vs，堆積層厚 H, 減衰を表すＱ値および基盤岩の伝播Qs 値特性などの地下構造を推定する．従来は一種類の方法による結果で検討されているが，ここでは複数の推定手法による結果を相互に比較検討し，推定値の信頼性を検証する．

２．強震及び常時微動観測

図－１は, 福井平野における強震観測点を示しており，●はアカシの JEP6A3 と白山工業の LS8000SH の組み合わせ, ■はアカシの SMAD-3 を用いて観測を行なっている．◎で示した福井大学では，勝島製作所の Datol-100 を用い，地表面と GL-175m の第三紀層上面で計測しており，丸岡町の CHJ および福井市の ASW 観測点は，概ね第三紀基盤岩の路頭と見なせる観測点である．

３．地盤構造と伝播減衰特性の推定

強震観測データを用いて，動的地盤特性を推定する方法として，堆積層の重複反射のみを考え，近接地の基盤入力動で，未知地点の入力動を近似できるとし，未知点の観測動と計算動を比較し，地盤特性を修正する方法１と，複数の地震の複数の地点の同時観測値を用い，次式を用いた震源スペクトル，増幅特性，伝播特性を分離する方法２で地盤特性ならびに伝播Ｑ値の推定を行なう．

$$O_{ij}(f) = R_{ij}^{-1} \cdot S_i(f) \cdot G_j(f) \cdot \exp(-\pi f R_{ij} / Q_s V_s) \quad (1)$$

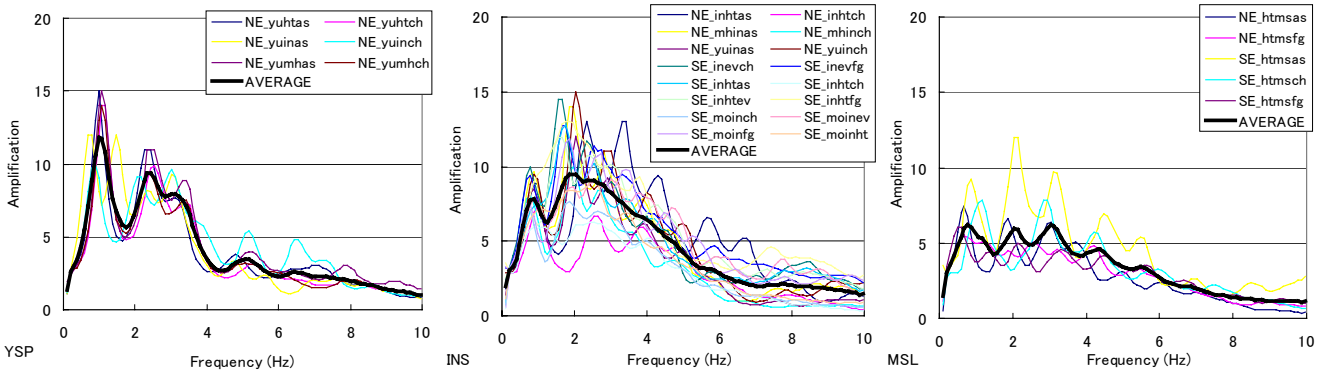
ここに，O_{ij}: 地震 i に対する観測点 j のＳ波部分の観測スペクトル，S_i: i 番目の地震の震源スペクトル，G_j: j 番目の観測点での地盤増幅率，R_{ij}: i 番目の地震の j 番目の観測点に対する震源距離，Vs : 伝播経路の平均的なＳ波速度，Qs : 伝播径路の平均減衰率を表している．岩田，入倉は，地盤増幅特性に制約条件を取り入れ，上式を特異値分解によって分離した．ここでは，上式の右辺を，コーナー周波数とべき乗指数で表される震源スペクトル，Ｓ波速度，層厚，Ｑ値の地盤モデルによる重複反射法で計算される増幅率，伝播Ｑ値で表し，観測スペクトルとの誤差を最小化するように，各パラメータを遺伝的アルゴリズムによって推定する．なお，露頭岩盤上と基盤上の観測記録を用いる場合には，増幅率は２として，伝播Q_S値を推定する．

図－１　福井平野内の強震観測点

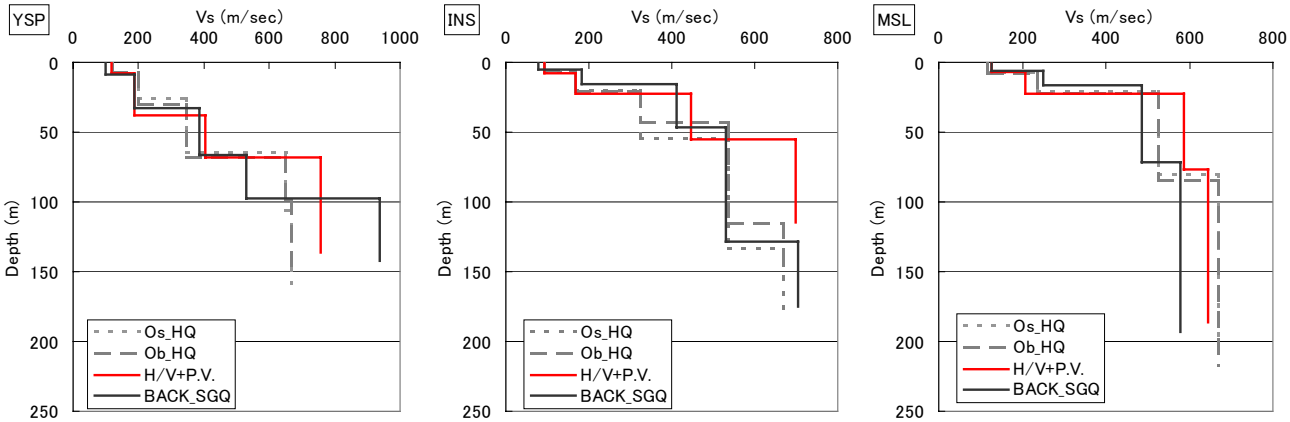
４．推定結果と考察

図－２は方法２による推定で得られた地盤構造による YSP，INS および MSL 観測点の増幅特性を示す．地震および観測点の組合せに関わらず，比較的ばらつきの少ない増幅特性が得られていることが判る．図－３，４は，上記の地点のＳ波速度およびＱ値の深度方向の推定構造を示している．図中の 0s と 0b は，方法１で，地表面および基盤地震動を比較対象とした場合の推定結果を，Back-SGQ は，方法２による推定構造を示している．推定Ｓ波速度構造については，50m 以深の洪積層でやや隔たりが認められるが，はばらつきが比較的小さい．一方，Ｑ値の推定値はばらつきが大きいが，沖積層で 10 前後，洪積層では 20 前後に推定されていることが認められる．図－５の右は，方法２による伝播Ｑ値の推定値である．左は ASW や CHJ のように露頭記録と見なせる地点のデータをを用い，震源特性を経験値に固定した場合の推定値である．この場合，減衰はやや大きめに推定されており，表層の影響が無視できないことを示唆しているものと思

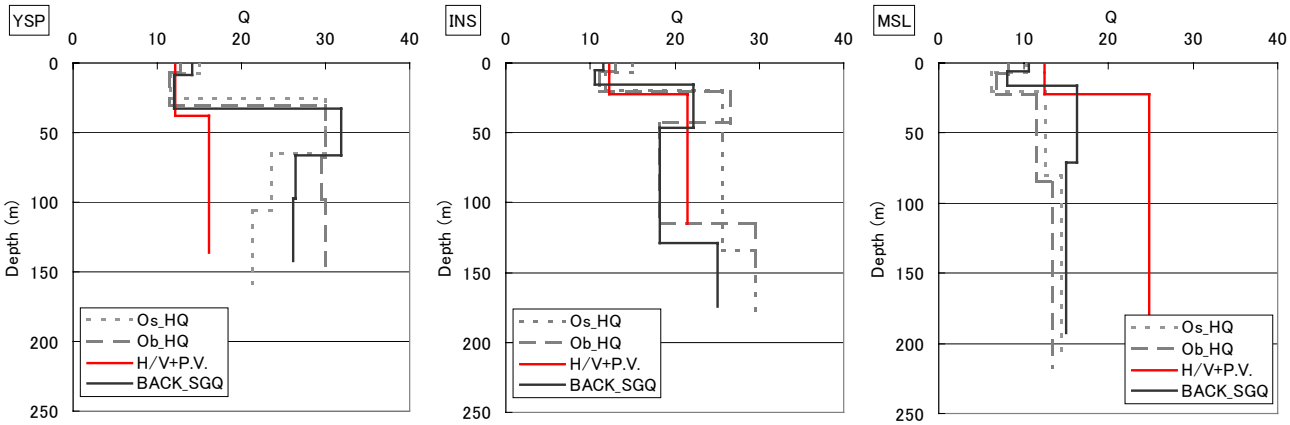
キーワード：福井平野，Ｓ波速度，Ｑ値，同定，遺伝的アルゴリズム
福井市文京 3-9-1　福井大学工学部建築建設工学科　0776-27-8592



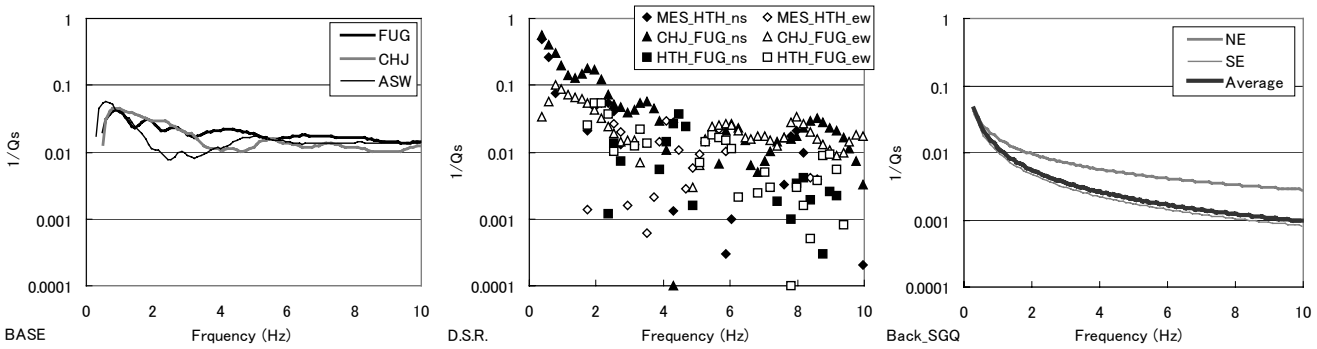
図－２　推定Ｓ波速度構造の比較



図－３　推定Ｓ波速度構造の比較



図－４　推定Ｑ値構造の比較



図－５　各手法による伝播減衰特性の比較

われる．中央は二重スペクトル方を用いた場合であり，方法２の推定値付近に散在している．以上，福井平野での観測記録から，堆積層の地盤構造と伝播減衰特性の推定を試みた．推定した各観測点における地盤構造ならびに伝播減衰特性は，各手法で求めた結果のばらつきが小さいく，矛盾が少ないことを確認した．