地盤震動の同時観測記録を用いて推定した地盤の減衰パラメータについて

長岡技術科学大学 学生会員 〇山中 悠資 和歌山工業高等専門学校 正会員 辻原 治

-リエ変換・逆変換

解析モデル

 $H_{n-1} \ \rho_{n-1} \ V_{n-1} \ Q_{n-1}$

 ρ_n

 H_{1}

 $V_n \quad Q_n$

1. はじめに

近年,地盤震動の鉛直アレー観測が実施されるようになり,これらを用いた地盤同定が行われるようになった.これまでに,このような地盤同定を行う方法がいくつか提案されているが,水平成層地盤構造を仮定した場合にS波速度の構造を推定することについては成果を上げているものの,減衰パラメータ(Q値)の 推定については,その精度向上が課題となっている.

本研究では、同一地点において、異なる地震による地盤震動の鉛直アレー観測記録から同定された地盤の 減衰パラメータの整合性について検討した.

2. 構造同定法

図-1 のように鉛直アレー観測記録 $y_1(t)$, $y_2(t)$ が得られているものとする. $y_2(t)$ より計算したフーリエスペクトル $Y_2(\omega)$ を地盤モデルへの入力とし、S 波の重複反射を仮定して地盤の周波数伝達関数 $\tilde{U}(\omega)$ をこれに乗じると、地震計設置位置におけるモデルの周波数応答 $\tilde{Y}_1(\omega)$ が得られる.そして、これと別に $y_1(t)$ より計算したフーリエスペクトル $Y_1(\omega)$ との残差平方和である次式を最小とするように、各層のS波速度 V_i およびQを同定する.

 $S = \sum_{j=1}^{n} \left\{ \widetilde{Y}_{1}(\omega_{j}) - Y_{1}(\omega_{j}) \right\}^{2} \to \min$ (1)

本研究では、*Q*値の感度を利用し、感度の低い周波数帯については、設定した範囲の外に掃き出してしま うスイープ法¹⁾を改良し、*Q*値の感度がピークをもつ周波数点の近傍で次式により*Q*値の重み付き平均を行う こととした.

$$Q(f_i) = \left(\sum_{j=i-2}^{i+2} C(f_j) \cdot Q'(f_j)\right) / \sum_{j=i-2}^{i+2} C(f_j)$$
(2)

ここに, $Q(f_i)$ は Q 値の感度がピークを持つ周波数点 f_i , $i = 1, 2, \dots, n$ で, 重み付き平均を行って得られた Q 値の推定値を表す.

観測記録

 $Y_{\cdot}(m)$

観測記録

 $y_2(t)$

図-1 地盤同定法の概念図

誤差最小化

11

 $\underline{\widetilde{U}}(\omega)$

 $Y_{2}(\omega)$

入 力

m

 $v_1(t)$

実地盤

地震計1

 $C(f_j), Q'(f_j)$ はそれぞれ,周 波数点 f_j における Q 値の感度 とスイープ法で推定されたQ値 を表す.ただし,式(2)にお いて,設定した上下限値を $Q'(f_j)$ が超えた場合は,これを 除く残りの周波数点の値を用い て平均をとることとする.

地盤同定の具体的な手順について以下に述べる.同定は二段階で行う.第一段階では,各層のS波速度と周波数に依存しない型で全層一律のQ値を未知変数として,式(1)を用いて同定を

キーワード 地盤,同定,Q値



行う.第二段階では,第一段階で推定されたS波速度を固定し,また推定されたQ値を初期値として,周波数点ごとに観測記録のフーリエスペクトルと解析モデルのそれとの残差が小さくなるように繰り返しQ値を 更新する.最後にQ値の感度解析を行って,式(2)により感度のピークにおけるQ値を求める.

3. 解析結果および考察

解析の対象は防災科学技術研究所による KiK-net の観測点とした.以下では,2005/2/26(M5.7)に IWTH08(KUJI-N)で観測された地盤震動記録を利用して同定を行った結果を示す.図-2の(a)に,地表の観測 記録のフーリエスペクトルと,初期地盤モデルの応答解析を行って得られた地表のフーリエスペクトルを示 す.同図の(b)と(c)にそれぞれ第一段階と第二段階の同定で得られた地盤構造について同様に示す.図-3に同





定された Q 値を示す. 同図の(a) に第二段階で推定された Q 値を示す. また, 同図の(b)にはこれを Q 値の感 度とともに示す. 感度の小さい周波数帯で Q 値が掃き出され, 感度の比較的大きい周波数帯を中心に推定値 がプロットされているが, ばらつきは小さくない. 同図の(c)は式(2)を用いて最終的に得られた Q 値の推定値 である.

同様に他の 6 地震の際に得られた地盤震動記録を用いて解析を行った. その結果をまとめて図-4 に示す. 推定値のばらつきは必ずしも小さいとは言えないが,

提案した手法によってこの程度整合した結果が得ら れることがわかった.

【謝辞】防災科学技術研究所による KiK-net の観測記 録を使用させていただきました.ここに記して謝意を 表します.

【参考文献】1) 辻原治,澤田勉,鉛直アレー観測記録 を用いた地盤の減衰特性推定のためのスイープ法の提 案,土木学会地震工学論文集, Vol.29, pp.287-294, 2007.

