

第 I 部門

KiK-net を用いた表層地盤の Q 値の推定

広島大学工学部

学生会員 ○植村 一瑛

和歌山工業高等専門学校

正会員

辻原 治

1. はじめに

地盤の動特性は従来、弾性波探査、PS 検層や常時微動観測などから推定されている。しかし、そのような方法で推定される地盤の動特性は地震時のそれと必ずしも対応するものではない。原位置における土の拘束条件などを実験室で再現するのは困難であり、やはり実地震時の土の挙動を観測し、これより動特性を同定するのが最も合理的である。

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一定の成果を上げているものの、減衰の推定については、その精度向上が大きな課題となっている。

本研究では、独立行政法人防災科学技術研究所の地震計ネットワーク KiK-net¹⁾ のデータを用いて、表層地盤の減衰を同定する。

2. 水平成層地盤の構造同定法

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 値を同定する。

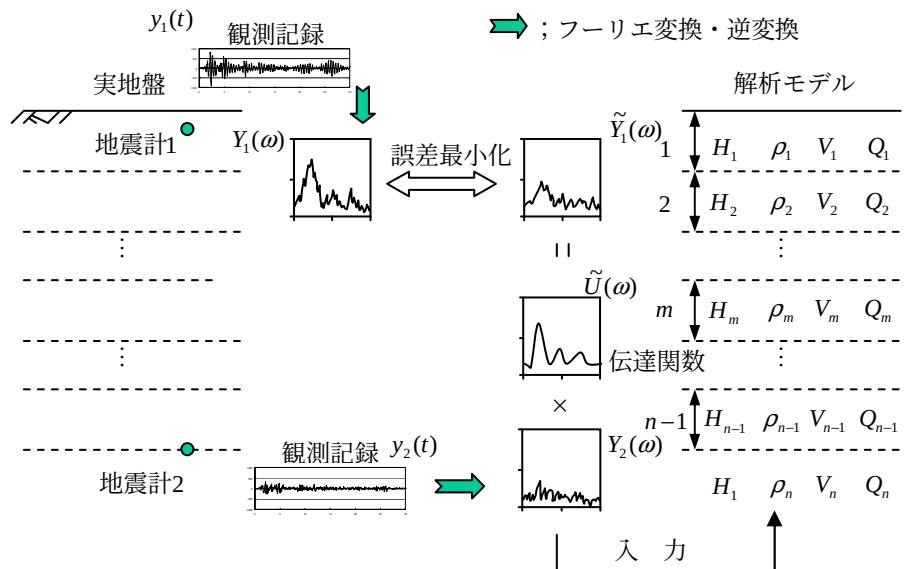


図-1 地盤同定法の概念図

$$S = \sum_{j=1}^n \left\{ \tilde{Y}_1(\omega_j) - Y_1(\omega_j) \right\}^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

KiK-net¹⁾ では、ボーリング調査による各層の層厚および PS 検層による S 波速度と P 波速度も公開されている。解析モデルの層厚および密度は固定として、密度については $\rho = 0.31V_p^{1/4}$ で近似することとした。また、同定の際、S 波速度もその対象とし、初期値には PS 検層による推定値を用いた。なお、本研究では周波数に依存しない全層一律の Q 値を仮定している。式(1)の最小化には改良 SLP 法を用いている。

3. 地盤同定に用いた観測記録

本研究では、最深部のセンサーの設置深さが 115m 以下で地表最大加速度が 100gal 以下かつ、観測点に比較的近い震央をもち M6.0 以上の地震による記録を用いることとし、6 地震、35 地点の合計 61 ケースについて解析した。また、地震計の埋設方位ずれの補正および水平 2 成分から震央直角方向成分の合成を行い、同定

に用いている。

4. Q 値の推定結果とその考察

図-2 および 3 に地震 1 (2003/7/26, N38.40E141.17, M6.2) と地震 2(2005/8/16 N38.15E142.28 M7.2)におけるサイト岩手県久慈北の同定結果を示す。S 波速度, Q 値ともによく対応した結果が得られていることがわかる。これらの他, 東北地方で上記 2 地震について 11 地点, 関東地方の 2 地震について 9 地点および近畿地方の 2 地震について 14 地点の同定を行った。全てのケースについて, Q 値の推定値を図-6 に示す。図の横軸は観測点

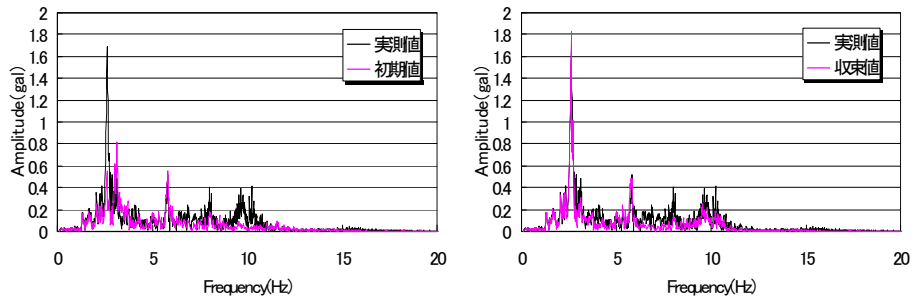


図-2 地震 1 による岩手県久慈北におけるスペクトル

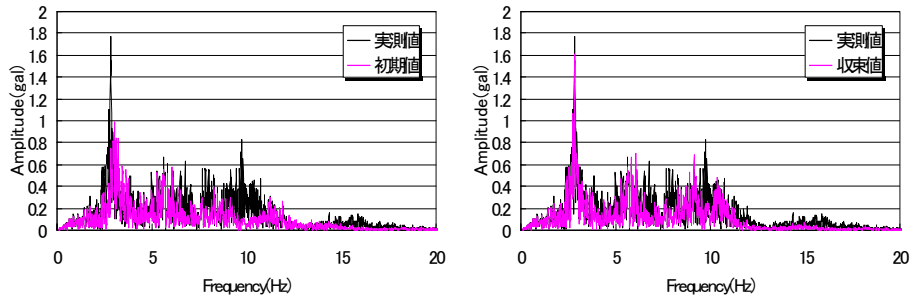


図-3 地震 2 による岩手県久慈北におけるスペクトル

番号である。一部を除き, 異なる地震による同じ地点の同定結果の対応性がよい。同じ地盤を対象とした同定であるから, 異なる地震記録を用いても同じ推定値が得られるのは当然という見方がある一方で, 一般に地盤の減衰特性の同定は容易ではなく, 同一地盤で大差ない Q 値が得られたことは有意深いことと考えられる。また, 推定された Q 値の 90%以上が 15 以下の値で 85%以上が 10 以下の値となっている。KiK-net においては, 比較的硬質な地盤に地震計が設置されているが, 沖積平野等, 比較的軟弱な表層地盤の Q 値とそれほど大きな違いがないという結果になっている。なお, 地盤の平均 S 波速度と Q 値の関係についても調べてみたが, 本研究で行った計算の範囲では明確な相関関係は見られなかった。

表層地盤における地震波の減衰性能を把握するためには, 本研究で行った解析だけではなく, 今後さらに数多くのデータについて解析していく必要がある。

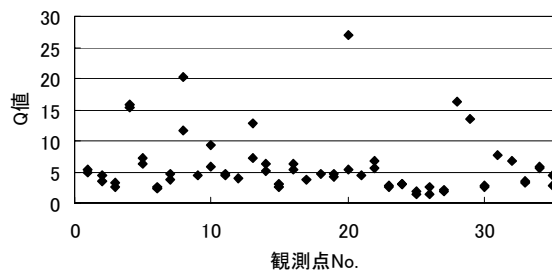


図-6 観測点における Q 値の推定値

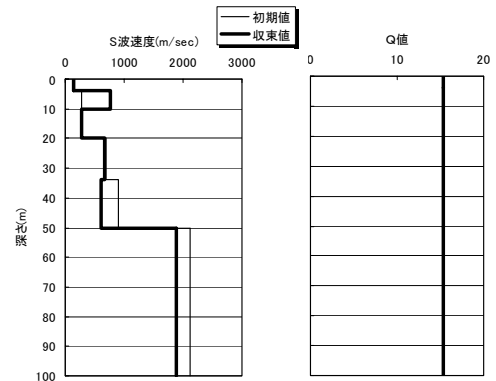


図-4 地震 1 による岩手県久慈北における S 波速度と Q 値の推定値

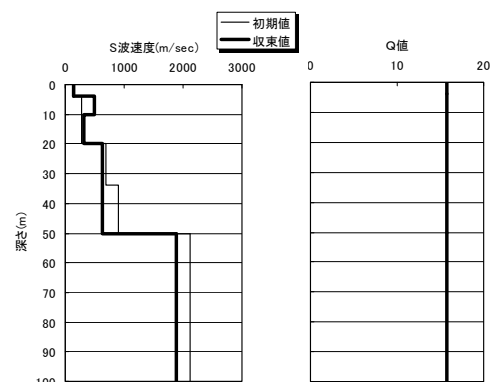


図-5 地震 2 による岩手県久慈北における S 波速度と Q 値の推定値

謝辞：独立行

政法人防災科学技術研究所の地震計ネットワーク KiK-net を使用させて頂いた。ここに記して, 謝意を表する。

参考文献

1)基盤強震観測網 KiK-net ホームページ, URL;<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>