

地盤震動の鉛直アレー観測記録を用いた地盤のQ値の同定

信州大学工学部 非会員 宮本 耕太郎
 岡山県庁 正会員 ○岡本 輝正
 和歌山高専 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成果を上げているものの、減衰定数(Q値)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、表層地盤の減衰性能(Q値)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 を同定する。

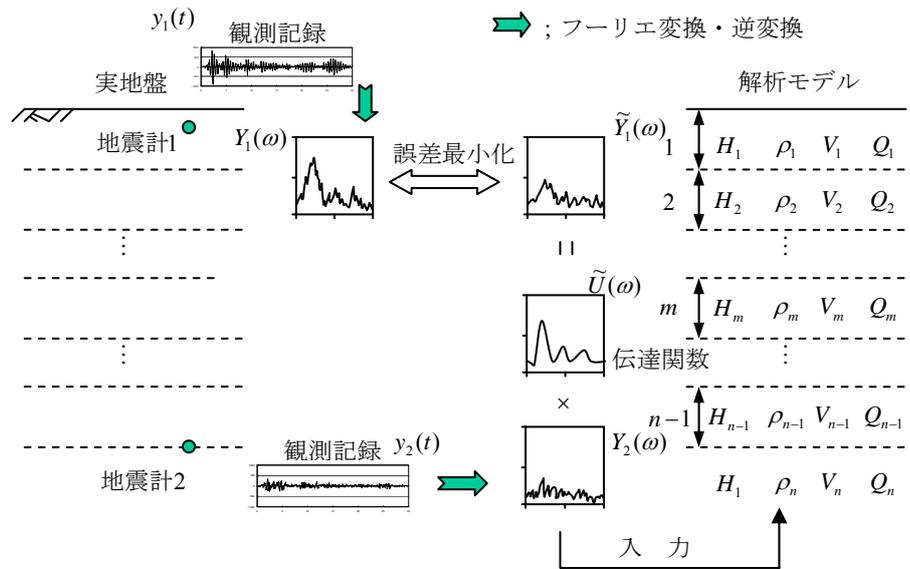


図-1 地盤同定法の概念図

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

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 $\rho = 0.31V_p^{1/4.2}$ 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。

3. 地盤同定に用いた観測記録

KiK-NET サイトは山間部に位置しているものが多い。本研究では、水平成層構造を保証できないまでも、それに近いと考えられる比較的平坦な地点を観測点として選定した。実際には、地表の観測点の標高が100m以下である東北地方の16地点とした。地震動は、M4以上で観測点における最大加速度が100gal程度以下である中小の地盤震動の記録を用いている。全部で39の地震の際に得られた地盤震動記録を用いている。解析周波数は0.1~20Hzとした。Q値は周波数に依存しないタイプのものとし、全層一律のQ値を推定すること

とした。

同定結果を図-2 に示す。横軸には、推定された S 波速度から計算した地点ごとの平均 S 波速度（地中の地震計設置深さまでの S 波速度の平均）と Q 値との関係を示す。同一地点において異なった地震を用いて同定した結果もすべてプロットしている。表-1 に、それぞれの観測点において 3~5 の地震による記録を用いて同定した結果をまとめており、推定された Q 値の平均値と標準偏差を示している。表中の n の欄には、それぞれ

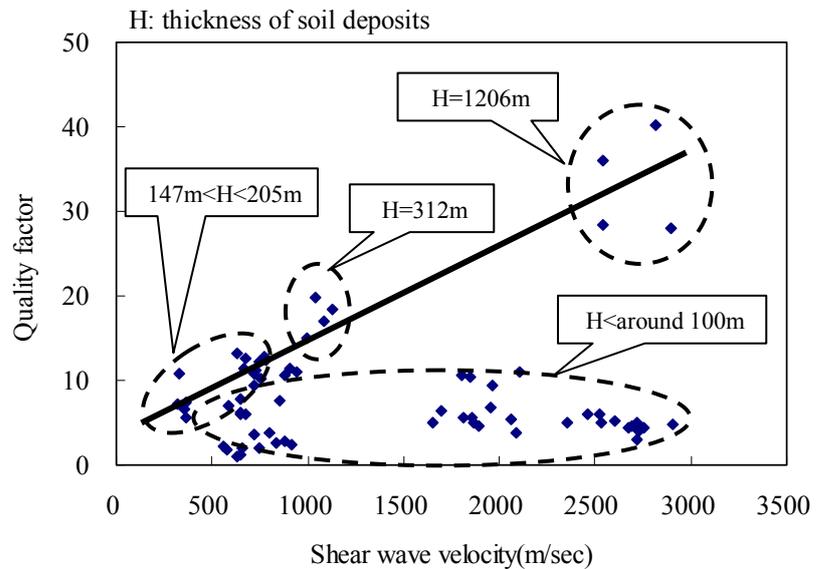


図-2 同定された Q 値と平均 S 波速度の関係

表-1 複数の観測記録から同定された S 波速度と Q 値

地点№	観測点コード	層厚 (m)	標高(地上) (m)	標高(地下) (m)	平均 S 波速度 (m/s)	平均 Q 値	Q 値の標準偏差 σ	n
1	AOMH01	100	10	-90	643.22	6.62	0.68	5
2	AOMH03	100	20	-80	794.65	2.68	0.69	3
3	AOMH05	312	45	-267	1060.31	17.58	1.75	4
4	AOMH06	100	5	-95	867.57	10.15	1.35	5
5	AOMH13	150	10	-140	346.20	7.50	1.74	5
6	IWTH21	100	13	-87	1781.28	5.42	0.67	5
7	IWTH23	103	44	-59	1927.80	10.34	0.59	4
8	IWTH27	100	80	-20	2697.08	4.23	0.73	5
9	MYGH01	1206	2	-1204	2700.08	33.13	5.20	4
10	MYGH03	117	80	-37	2560.33	5.53	0.55	4
11	MYGH08	100	10	-90	615.37	1.66	0.46	5
12	MYGH10	205	18	-187	683.18	11.84	0.93	5
13	MYGH11	207	5	-202	2671.61	4.68	0.30	4
14	MYGH12	102.5	18	-84.5	1992.92	5.22	1.10	4
15	AKTH12	100	90	-10	837.32	3.06	0.48	3
16	FKSH14	147	3	-144	757.76	11.69	1.37	4

れの地点で用いた地盤震動記録の数を示している。Q 値の標準偏差はそれ程大きくないことから、信頼性の高い同定結果が得られていると考えられる。

図-2 より、平均 S 波速度と関係なく Q 値が 10 程度以下のグループと平均 S 波速度と Q 値がほぼ比例しているグループに分かれることがわかる。それぞれのグループは、層厚が 100m 程度までであるか、150m 程度以上であるかによって分かれ、異なった傾向を示していることがわかる。

4. おわりに

限られた数の解析ではあるが、本研究により Q 値のモデル化に向けて、ある特徴を見出すことができた。この特徴に一般性があるのか、また、それを裏付ける物理的な説明ができるのか等について今後検討する必要がある。

【謝辞】 独立行政法人防災科学技術研究所の基盤強震観測網(KiK-net)のデータを使わせて頂いた。記して感謝の意を表す。

【参考文献】 1)独立行政法人防災科学技術研究所基盤強震観測 KiK-net, URL:<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>, 2006.

2)Gardner, G.H.F., Garder, L.W. and Gregory, A.R., Formation velocity and density - The diagnostic basics for stratigraphic traps, *Geophysics*, 39: 770-780, 1974.