

地震時地盤の振動特性値の推定に関する一考察

和歌山工業高等専門学校 正会員 辻原 治

1. はじめに 地表の地震動特性は表層の地盤条件の影響を大きく受けると考えられ、地震時の表層地盤振動特性を明らかにすることは震害を予測するうえで極めて重要である。従来、地盤振動特性の推定にはPS検層がよく用いられているが、近年種々の目的で拡充してきている地震動アレー観測体制から得られる記録を有効利用することによっても、表層の地盤構造を推定することが可能であると考えられる。本研究は鉛直アレー観測記録から水平成層地盤構造を同定する方法¹⁾について、若干の考察を加えるものである。

2. 同定問題 図-1に示す1次元表層地盤モデルに鉛直下方からSH波が入射するものとすると、第n層と第m層の任意点間の周波数伝達関数は、重複反射理論により、各層の層厚(H)、密度(ρ)、S波速度(V)、Q値(Q)の関数として表わすことができる。いま、地中の2点で地盤振動記録が得られているものとすれば、同定問題は、記録のフーリエ変換から得られる伝達関数とモデルの伝達関数の残差平方和を最小化するよう、モデルの最適パラメータを決定することに帰着する。その際、層厚と密度については既知の定数として扱う。

3. 解析結果 解析には、東京大学生産技術研究所で観測された地震記録のうち、震源が比較的深いものを用いた。表-1に今回用いた観測地震の諸元を示す。当該地盤においては、ボーリング調査が実施されており、おおむね水平にちかい成層地盤であることが報告されている²⁾(解析には5層としてモデル化)。図-2には、地震計の埋設深さと速度検層によるS波速度などを示している。本手法においてはSH波の重複反射を仮定しているため、記録波形からSH波のみ分離して用いることが望ましいが、いまだ適切な方法が開発されていないのが現状である。図-3はSE1の記録の地表面下5mと40mの加速度波形を示している。全記録長のうち、①0~50秒、②50~70秒、③70~140秒、④30~100秒の区間をそれぞれ使用記録長として解析した結果を図-4に示す。図には、伝達関数とS波速度およびQ値の推定値を示している。このように、解析結果は使用記録長によって異なっており、記録波形の使用区間が同定結果に影響を及ぼすことがわかる。つぎに、表-2に示す3通りの地震計記録の組み合わせ(例えばCASE2では、深さ10mと深さ40mでの記録から地盤構造を同定する)について、SE1~SE5の観測記録を用いて同定を行なった際の、各層S波速度の推定値の度数分布を図-5に示す。ただし、それぞれの観測地震における記録波形の使用区間は、震源距離と波形の目視によって定めた。図の横軸はS波速度の推定値と速度検層による値との差をパーセントで表わしている。例えば第1層目のS波速度において、-5%~5%の範囲は、速度検層による値140m/sからみた $\pm 5\%$ 、つまり133m/s~147m/sの範囲を意味する。縦軸は推定された回数を表わしている。推定されたS波速度の平均値は、第1層目から順に、131m/s、270m/s、263m/s、301m/s、437m/sであり、速度検層による結果ともよく対応している。本研究で使用した記録は、基盤での最大加速度がせいぜい20gal程度であり、それほど大きなものではないことを考慮すれば、ここで得られたS波速度の同定結果はかなり信頼できると判断される。しかし、Q値については、推定値がケースによって異なり、信頼できる同定結果が得られなかった。図-6には、全ての深さの地震計の記録を同時に考慮して解析を行なった際の、S波速度の同定結果を示している。使用した観測地震による差異も小さく、安定した同定結果が得られている。

4. おわりに 鉛直アレー観測記録を用いて地震時地盤の同定を行なった。その結果、つぎのことがわかった。①記録波形の使用区間が同定結果に影響を及ぼす。②地中2点の地盤振動記録を用いることによって、成層地盤のS波速度の同定が可能である。③地中の多点鉛直アレー観測記録を用いれば、より高い精度の同定結果が得られる。

謝辞 最後に、本研究を進めるにあたり、終始御指導を頂いた徳島大学工学部・沢田勉先生、ならびに地震観測記録を提供していただいた京都大学工学部・杉戸真太先生に深く感謝致します。

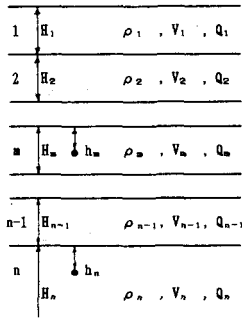


図-1 1次元表層地盤モデル

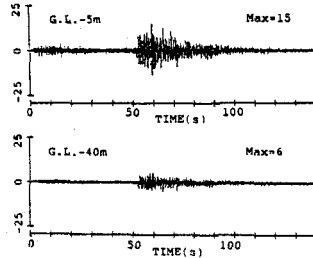


図-3 加速度波形 (SE1, NS成分)

表-1 地震の諸元

地震名	マグニチュード	震源深さ (km)	震央距離 (km)
SE1	7.3	388.0	374.0
SE2	5.0	79.0	57.0
SE3	6.8	415.0	635.0
SE4	6.1	78.0	28.0
SE5	6.5	73.0	105.0

表-2 地震計組み合わせ

深さ	CASE 1	CASE 2	CASE 3
5	○		
10		○	
20			○
40	○	○	○

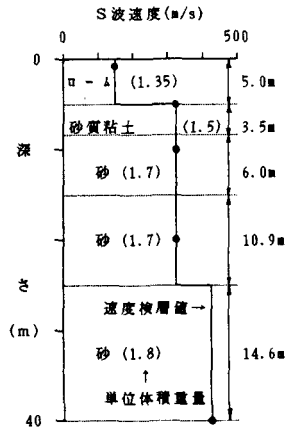


図-2 地盤条件と地震計埋設深さ (m印)

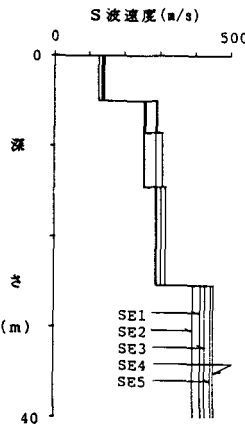


図-6 S波速度同定結果

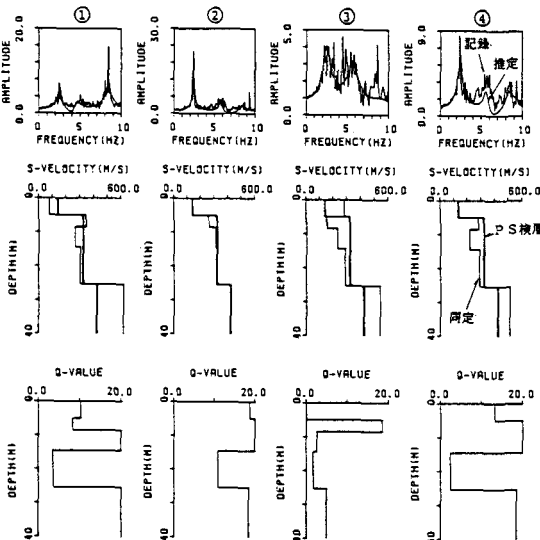


図-4 同定結果

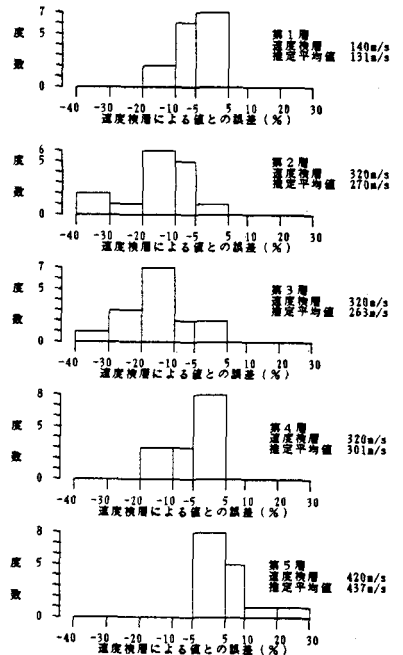


図-5 S波速度推定値の度数分布図

◆参考文献◆

- 1) 辻原他, 鉛直アレー観測記録による成層地盤構造の同定, 土木学会第43回年次学術講演会概要集, 1988
- 2) 片山他, 地震動の工学的距離相関特性に関する実証的研究, 昭和60年度科学研究費補助金研究成果報告書