

上下動の鉛直アレー観測記録を用いた地盤動的定数の推定

金沢大学工学部 ○八木 正雄  
 金沢大学工学部 正会員 池本 敏和  
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝  
 金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克

1. はじめに

構造物の耐震設計を行う上で、入力地震動の設定は重要な課題であるが、この設定の際に特に問題となるのが、地震時の地盤動特性である。一般に、水平動についての検討は精力的になされているものの、上下動については十分な検討が行われていないのが現状である。しかし、阪神・淡路大震災に見られるような直下型地震においては、震央距離が短いので、地震動の上下動成分が十分に減衰していない場合が多く、上下動に対する検討が重要と考えられる。本研究は、上下動に注目した地盤動的定数を推定できる新たな手法として、鉛直アレー観測記録による逆解析手法の提案を行う。

2. 逆解析手法

表1 解析対象とする地震の諸元

本研究では、線形挙動する上下動を対象として、疎密波速度  $V_p$ 、減衰定数  $h$ 、ポアソン比  $\nu$  を逆解析により推定する。基盤層上端面と対象層上端面において強震記録が得られている場合を考え、地表面に近い層から順に以下の手順で計算を行う。①地盤動的定数の初期値を設定する。②基盤で観測された加速度時刻歴を用いて、重複反射法により地震応答計算を行い、対象層上端面における応答加速度を求める。③②で得られた応答加速度と対象層上端面で観測された加速度時刻歴を用いて、評価関数  $J_0$  を次式により求める。

地震名	年月日	M (マグニチュード)	上下最大加速度 (gal)	解析区間(s)
EQ 1	1986/6/24	6.5	14.6	15~25
EQ 2	1987/12/17	4.4	7.7	6~16
EQ 3	1987/12/17	4.0	7.8	7~17
EQ 4	1988/1/16	5.2	19.3	6~16
EQ 5	1988/1/18	4.1	9.3	1~11
EQ 6	1988/3/18	6.0	14.6	11~21
EQ 7	1988/8/12	5.3	10.5	10~20
EQ 8	1989/3/6	6.0	11.4	8~18

表2 地盤モデル

層	深さ (m)	土質	層厚 (m)	単位体積重量 ( $\text{tf/m}^3$ )
1	1.0~5.0	関東 ローム層	4.0	1.15
2	5.0~10.0	砂質粘土	5.0	1.50
3	10.0~20.0	洪積砂層	10.0	1.90

$$J_0 = \frac{\sum_{i=1}^N (\chi_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^N X_i^2}$$

ここに、 $\chi_i$  : 計算波形のフーリエスペクトル、 $X_i$  : 観測波形のフーリエスペクトル、 $N$  : フーリエスペクトルの個数である。 $J_0$  は、観測波形のフーリエスペクトルに対する計算波形のフーリエスペクトルの誤差の割合を示す。④評価関数の最小値をシプレックス法で探索する。①~④より、それぞれの層の地盤動的定数が求められる。

3. 解析条件

本解析に用いた強震記録は、東大千葉実験所で観測された鉛直アレー観測記録の UD 方向成分であり、表 1 に地震の諸元、および解析区間を示す<sup>1)</sup>。また、ボーリング柱状図から作成した地盤モデルを表 2 に示す。なお、評価関数

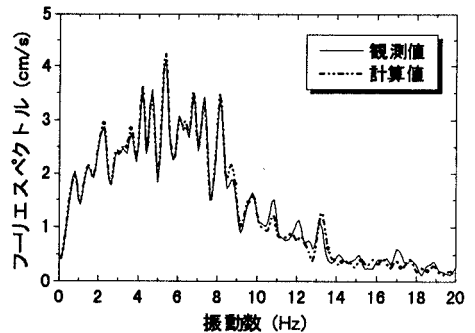


図1 1-5mのフーリエスペクトル

の計算には、加速度時刻歴をフーリエ変換し、それをParzenウィンドウ (BAND 幅=0.4Hz) により平滑化したものを用いて、1~20Hzの振動数成分のみを考慮する。

4. 解析結果

図1に $J_0$ が最小のEQ8の地下1~5m、図2に地下5~10mにおけるフーリエスペクトルの比較を示した。これらの図から、フーリエスペクトルは非常によく一致していることがわかり、推定精度は比較的良好であると言える。EQ1~8の $V_p$ の逆解析結果を $J_0$ 値に対して図3に示す。 $V_p$ は、対象層が1~5mにおいては230m/s、5~10mにおいては400m/s付近に集中していることがわかる。これらの値は、PS検層により求められている値320m/s(0~5m)、550m/s(5~15m)よりもかなり小さい値である。 $J_0$ 値に対して $h$ の逆解析結果を図4に示す。 $h$ の値は、どちらの層もほぼ0.07~0.17の間にはばらついている。図5に $\nu$ の逆解析結果を示す。 $\nu$ の値についても、どちらの層もほぼ0.25~0.30の間にはばらついている。文献2)の弾性論による式を用いて、PS検層から得られた $V_p$ と $V_s$ の値を使って求めた $\nu$ の値0.38(0~5m)、0.24(5~15m)と比較すると全体的に小さめの値である。図3と図5の結果から $V_p$ と $\nu$ の値はPS検層による結果に比べて、どちらも小さい値が推定されたことがわかる。しかし、本研究で用いた地盤モデルによる層の分け方と、PS検層が行われた層区分には違いがあるため、一概に推定値が違うとは言えない。今後、さらに研究を進めこれらの差を検討していかなければならない。

5. おわりに

上下動を対象として、鉛直アレー観測記録を用いて地盤の動的定数を推定することを試みた。本解析の結果とPS検層による結果との差を検討し、本手法の精度をさらに向上させていく必要がある。また、非線形挙動する地震動に対しても対応できるように、等価線形解析による手法も確立していきたい。

本研究で使用した鉛直アレー観測記録は、東京大学生産技術研究所で得られた記録を(財)震災予防協会が強震動強震動アレー観測記録データベースとして収録したものである。記して関係者の方々に深甚なる謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) (財)震災予防協会強震動アレー観測記録データベース推進委員会、強震動アレー観測記録データベース、1992.
- 2) 土田肇、井合進：建設技術者のための耐震工学、山海堂、3章、1991.

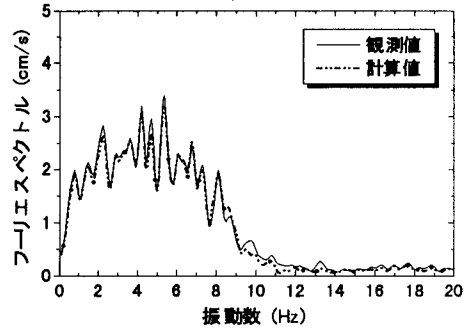


図2 5-10mのフーリエスペクトル

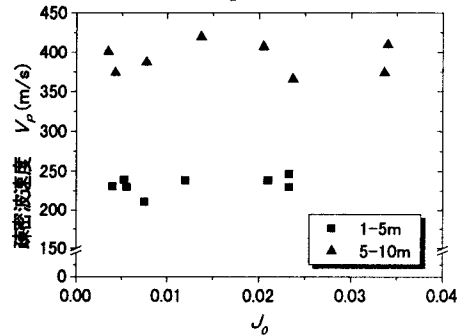


図3  $V_p$ の逆解析結果

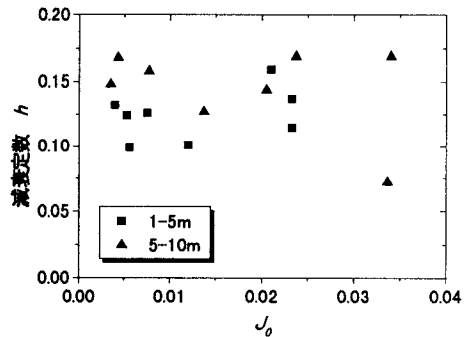


図4  $h$ の逆解析結果

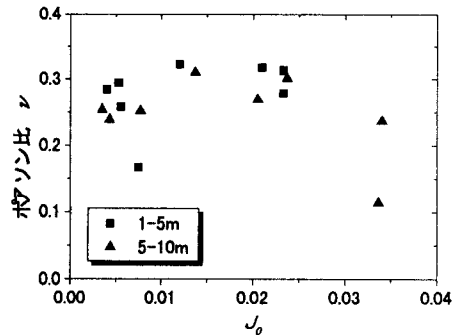


図5  $\nu$ の逆解析結果