

鉛直アレー観測記録による地盤動定的定数の同定に関する研究

金沢大学大学院 ○和佐田真悟

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

1. はじめに

近年、各研究機関により鉛直アレー観測網が整備され、地表面の地震波形のみならず、地盤中における地震波形も数多く観測されている。そこで、観測記録の逆解析を行い、地震時の地盤動定的定数の推定を試みる。

2. 逆解析手法¹⁾

本研究では、地震時の地盤の動的応答を求めるため、有限要素法を用いる。この手法によれば、地盤の諸定数として、単位体積重量 γ 、ポアソン比 ν 、せん断弾性係数 G 、減衰定数 h が必要となる。このうち単位体積重量 γ はボーリング調査から求めることができ、ポアソン比 ν は計算結果に与える影響が極端には大きくない。したがって、推定の対象としては、せん断弾性係数 G と減衰定数 h を考える。せん断弾性係数 G はせん断波速度 V_s と単位体積重量 γ を用いて $G = \left(\frac{\gamma}{g}\right) \cdot V_s$ と表せる。

せん断波速度 V_s は標準貫入試験の N 値を用いて、 $V_s = aN^b$ なる経験式で表せる。 b の値は土の種類によらずほぼ一定 (≈ 0.341) であるが、一般に a の値は土の種類によってばらつく²⁾。そこで a の値は各層で一定であると仮定し、これを逆解析から推定する。推定値は次の評価関数 J を最小にする値とする。

$$J = \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i}{X_{B,i}} - \frac{X_{S,i}}{X_{B,i}} \right)^2$$

ここに、 x_i は応答計算波形のフーリエスペクトル、 $X_{B,i}$ は観測された基盤波形のフーリエスペクトル、 $X_{S,i}$ は観測された地表面波形のフーリエスペクトル、 N はフーリエスペクトルのデータ数である。 J は基盤観測波形のフーリエ振幅に対する、計算波形のフーリエ振幅の応答倍率と地表面観測波形のフーリエ振幅の応答倍率との誤差二乗和を意味する。

3. 地盤動定的定数の推定

(1) 解析条件

入力としたのは、1987 年房総半島九十九里浜沖地震の EW 方向成分、地下 20m の記録である³⁾。その加速度波形とフーリエスペクトルを図 1 に、記録が得られた地盤の土質柱状図を図 2 に示す。解析モデルは、土質柱状図を基に一次元モデルを作成し、地下 20m を基盤に設定した。逆解析に際しては、 a の値を 88~110 まで、 h の値を 0.01~0.10 まで逐次変化させて応答計算を行い、それぞれの計算結果に対して J 値を求めた。

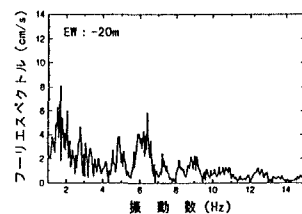
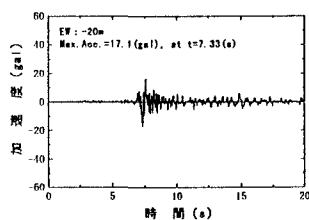


図 1 観測記録

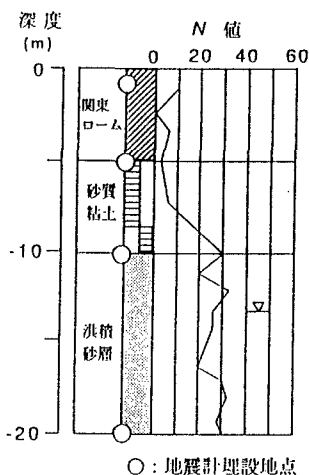


図 2 土質柱状図

なお、評価関数 J の計算の際には、フーリエスペクトルを Parzen ウィンドウ (BAND 幅 0.8Hz) で平滑化したものを用い、1~15Hz の範囲の振動数成分のみを考慮する。

(2) 解析結果

繰り返し計算の結果、評価関数 J は $a=96$ 、 $h=0.06$ で最小となった。そのときの J の値は 1,336 であった。 J 最小のときの応答倍率と観測波形から求めた応答倍率との比較を図 3 に示す。8.0Hz 付近の 2 次共振振動数で、観測値に比べて計算値の方が低めに評価されているが、1 次、2 次の共振振動数の位置と大きさはほぼ一致している。フーリエスペクトルの比較を図 4 (BAND 幅 0.8Hz で平滑化) に示す。応答倍率のピークの位置のずれの影響により、多少ピークの位置のずれが見られるものの、4.0、8.0Hz 付近のピークの大きさはほぼ一致している。しかし、6.0Hz にあるピークで、計算結果と観測値では大きな差がある。その結果、図 5 に示す地下 1m における加速度波形の最大値及びその前後における加速度が小さめに推定されたと考えられる。

(3) 他地震による推定結果

同地盤において記録された他の 2 地震を解析した結果を、表 1 に示す。①の地震では $a=89$ 、 $h=0.04$ 、 $J=481$ 、②の地震では $a=95$ 、 $h=0.04$ 、 $J=888$ という結果になった。先に推定した結果も加えて考察すると、①、②の地震は $h=0.04$ という値になり同様の結果が得られたが、先の推定結果とは 0.02 の差がある。 a の値についても②は先の推定結果と同様だったが、①において低い値を示した。これらの差が有益な差かどうかは今後さらに解析を進めていかなければならない。

4. おわりに

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。解析の結果、推定された値による応答倍率と観測波形による応答倍率では共振振動数がほぼ一致し、良好な結果が得られた。しかし、振動数成分によっては両者に差が見られるところもあり、この差が推定結果に影響を及ぼすかどうか今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 本多秀夫、小島啓介、荒井克彦：実地震加速度記録に基づく地盤の動的定数の逆解析、土木学会論文集、pp125-133、1995.6.
- 2) 土岐憲三：新体系土木工学 11 構造物の耐震解析、第 2 章、技報堂出版、1981.
- 3) (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.

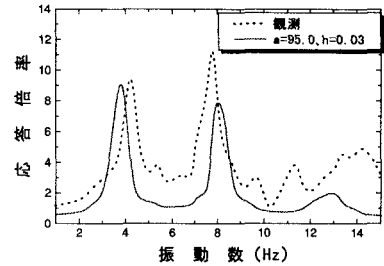


図 3 観測値と計算値の応答倍率

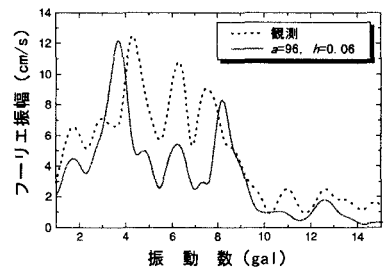


図 4 フーリエスペクトル

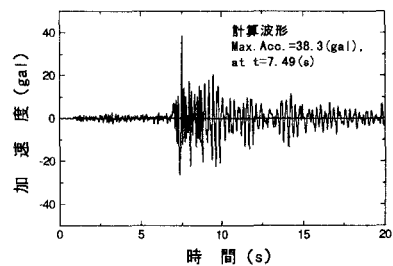
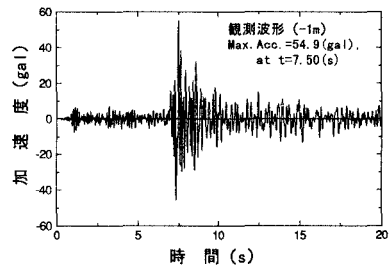


図 5 観測波形と計算波形の比較

表 1 他地震への適用結果

地震発生日時	Max. Acc. (gal)	a	h	J
① 1987 / 12 / 17	213.6	88	0.04	481
② 1988 / 8 / 12	54.9	95	0.04	888