

鉛直アレー観測記録を用いた地盤動的定数の逆解析

金沢大学工学部
中央復建コンサルタンツ（株）
金沢大学工学部 正会員
金沢大学工学部 正会員
金沢大学工学部 正会員

○丸山 直幸
毛利 誠信
池本 敏和
宮島 昌克
北浦 勝

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。このとき問題となるのは地盤の動特性評価である。特に、表層地盤と呼ばれる沖積層などの軟弱地盤では、地震動が大きく増幅されることが知られている。このように、増幅特性の把握が地表面での地震時動特性の解明に深く関わっている。

近年、鉛直アレー観測記録から地震時における地盤動特性の推定を試みる研究が行われている¹⁾。観測記録を用いたこれらの研究では、室内試験などで推定値に大きく影響する推定誤差などの問題を回避することができる。本研究では、地中および地表面で同時観測された加速度時刻歴を基に、地中で観測された加速度時刻歴を入力として得られる応答加速度と地表面で観測された加速度時刻歴との比較により、最適な地盤動的定数を決定する。

2.逆解析手法

逆解析の手順として、まずは地中で観測された加速度時刻歴を入力として地震応答計算を行い、応答加速度を得る必要がある。本研究では、地盤の地震応答を求めるに当たって重複反射法を用いる。

(1) 逆解析の手順

本研究で扱う逆解析問題では、地盤定数の推定に遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm:GA)を用いている。地盤定数の最適化問題は次のように定められる。

目的関数

$$\sum_{i=1}^N (x_i - X_i)^2 \rightarrow \min$$

(1)

ここで、 X_i ：観測加速度の i 番目のフーリエスペクトル、 x_i ： X_i に対応する計算された応答加速度のフーリエスペクトル、 N ：サンプリング数を示す。すなわち、周波数領域での観測加速度と計算された応答加速度との誤差二乗和を求める。

GA では、未知変数の探索範囲内に生物集団を発生させ、生物の進化過程を模擬して最適解を探索する。すなわち、適合度の大きな地盤動的定数の組み合わせが準最適解の候補として残る。ここで重要となるのが基本条件であるが、本研究においては、一般的に多くの問題に用いられている表 1 のものを採用した。本解析手法における未知変数は、S 波速度 $V_s(\text{m/s})$ 、層厚 $H(\text{m})$ 、減衰定数 h とした。

表 1 GA の基本条件

GAの基本条件	
個体数	100
突然変異率	0.005
総世代数	100

(2)解析に用いたデータ

解析対象は東京大学生産技術研究所千葉実験所に設置された鉛直アレー観測記録網における中央観測点である。当地は、深さ 5m までは N 値 10 以下のローム層に被われ、その下 4m 程度 N 値 10 以下の砂質粘土が存在し、さらにその下が N 値 20~30 の洪積砂層が所々に N 値の小さな粘土層を挟んで続いている。入力地震動として 1986 年 6 月 24 日に発生した地震(M6.5)において、東大千葉実験所アレー観測で観測された波

形の EW 方向の加速度時刻歴を用いた。そして、S 波成分のみを考慮するため、観測波形の主要部分 10 秒間を取り出した。観測された加速度波形のフーリエスペクトルには平滑化バンド幅 0.4Hz の Parzen Window を施し、観測記録に含まれる様々な原因によるノイズの影響を低減した。

3. 逆解析結果

(1) 解析の基本条件

未知変数の探索範囲として S 波速度 V_s は [50, 650]、減衰定数 h [0.01, 0.10] とした。層モデルとして、堆積層を 5 層で構成するモデルを仮定した。ここで、基準層である第 5 層の S 波速度 V_s は、650(m/s) で固定し、層厚は無限に下に続いているとした。また層厚は第 1 層～第 4 層までの合計が基準層までの深さになるように拘束条件を入れた。

(2) 結果の比較

逆解析モデルの V_s と速度検層モデルの V_s を比較したものを図 1 に示す。実線が速度検層モデル、点線が逆解析モデルを表している。この場合、逆解析結果のモデルは速度検層モデルと概ね対応する結果が得られた。

次に、観測加速度のフーリエスペクトルと計算加速度のフーリエスペクトルの比較したものを図 2 に増幅率を比較したものを図 3 に示す。図 2 をみると、観測波と計算波から得られた固有振動数がほぼ一致していることがわかる。しかし、観測波のフーリエスペクトルが最大をとる 1.8Hz 付近では計算波のピークでは最大値を取っておらず、計算波の最大は、2.2 Hz 付近である。これは、図 3 の増幅率の比較でも同じことが言える。このような結果の原因として以下のことが考えられる。一般に観測波の増幅率は計算波の増幅率と比較して小さいことが知られている。したがって、両者の卓越振動数はほぼ一致しているものの、増幅率の差が図 2 のスペクトルに現れたものと考えられる。

4. まとめ

本研究では GA を逆解析問題へ適用し、解の精度と安定性について考察した。鉛直アレー観測記録を用いた地盤動の定数の推定に関して、解析ケースごとの最適値の信頼性は、フーリエスペクトルの探索精度が良好であることから比較的良いと言える。今後は、多数の地盤に逆解析を適用していく予定である。

参考文献

- 1) 澤田 務, 辻原 治, 平尾 潔, 山本 英史: 地盤の S 波速度と Q 値の同定問題における SLP 法の改良とその適用, 土木学会論文集, No.446/1-19, 1995.
- 2) (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.

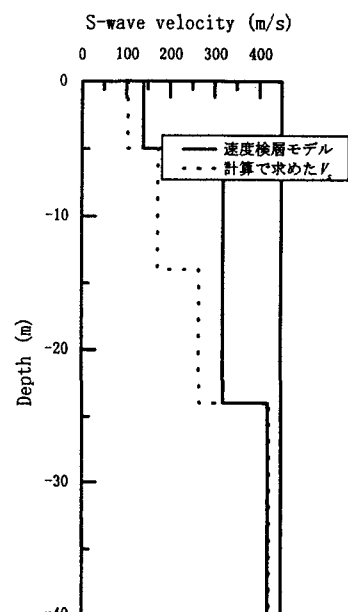


図 1 速度検層との比較

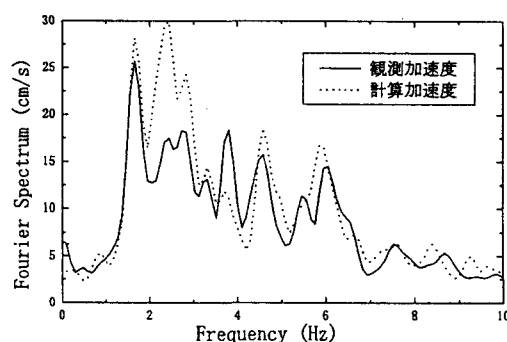


図 2 フーリエスペクトルの比較

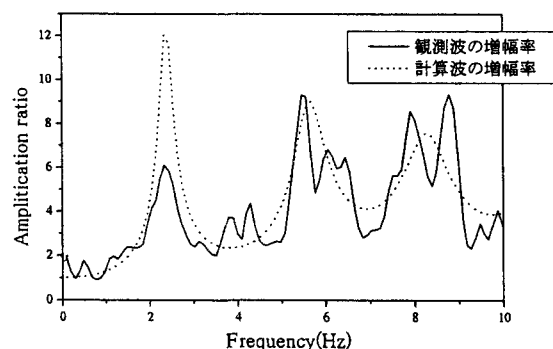


図 3 増幅率の比較