

強震記録を用いた地盤の動的変形特性推定法

東電設計(株) 正会員 ○栗田 哲史
 東京電力(株) 正会員 佐藤 博
 東京電力(株) 正会員 足立 倫海

1. 目的

2011 年東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)の観測記録を用いて、地盤のせん断剛性および減衰定数に関する動的変形特性を推定する手法について検討し、強震動を精度良く再現できる最適地盤モデルを構築することを目的とする。また、減衰についてはひずみ依存特性および周波数依存特性の両者を表せるモデルを考える。

2. 減衰モデルの考え方

本研究では地盤の減衰が次式のようにひずみ依存の項と周波数依存の項の足し合わせで表現できるものとする。ここで、周波数依存減衰 $h_1(f)$ は、弱震動記録の平均スペクトル比から同定される。

$$\left. \begin{aligned} h &= h_0(\gamma) + h_1(f) \\ h_1(f) &= \alpha \cdot f^\beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

3. Hardin-Drnevich モデルを拘束条件とした地盤の動的変形特性の同定手法

これまでの経験より、鉛直アレイ観測記録から各層の履歴減衰を同定することが困難であることが分かっている。そこで、本研究では新たな試みとして、Hardin-Drnevich モデル (HD モデル) を拘束条件として各層の履歴減衰を同定することを行った。HD モデルを拘束条件とした各層の動的変形特性同定のフローを図-1 に示す。ここで、地盤物性値の同定手法には遺伝的アルゴリズム (GA) ¹⁾を用いている。

4. 強震記録を用いた地盤の動的変形特性同定結果

2011 年東北地方太平洋沖地震の際に、鉛直アレイ観測システムで得られた強震観測記録を用いて、提案手法で地盤の動的変形特性 (せん断剛性率～ひずみ関係及び履歴減衰～ひずみ関係) を同定した。観測記録の水平 2 成分の地表最大加速度は 386.4cm/s² 及び 256.1cm/s² であった。

同定された各層のせん断剛性 (Vs) 及び履歴減衰の HD モデルへの適合結果を図-2(1)に示す。また、同地震観測地点では土質の室内試験結果が得られているため、図-2(2)に示す通り同定結果との比較を行った。同定結果 (実線) は室内試験結果 (点) と良く一致していることが分かる。また、減衰特性に着目すると、ひずみ依存項と周波数依存項との和が室内試験結果と大きさがほぼ一致する。これより、室内試験で得られ減衰は式(1)で表される 2 種類の減衰を足し合わせたものに相当すると考えられる。

強震記録から同定された最適地盤モデルを用い、地中地震計の記録を入力とした等価線形解析により 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動を再現計算した。再現計算の収束物性値から算定される理論伝達関数と観測記録のフーリエスペクトル比との比較を図-3 に示す。両者は良く対応しており、良好な再現性を表している。

5. おわりに

2011 年東北地方太平洋沖地震の本震記録を用いて、強震動用の最適地盤モデルを同定した。観測記録から各層ごとのせん断ひずみに依存したせん断剛性率と減衰を求めて、次に HD モデルに適合させた変形特性を得る二段階処理によって、強震動用の最適地盤モデルは構築される。本研究で提案した強震動観測記録から地盤の変形特性を同定する方法で得られた最適地盤モデルは、観測記録を良く再現することが確認された。

参考文献

- 1) 栗田哲史：遺伝的アルゴリズムの構造パラメータ同定問題への適用性に関する検討，土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.54, pp.60-161, 1999 年。

キーワード 強震記録，動的変形特性，周波数依存減衰，同定，最適地盤モデル

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランドスクエア 9F 東電設計(株)社会基盤推進部 TEL 03-6372-5111

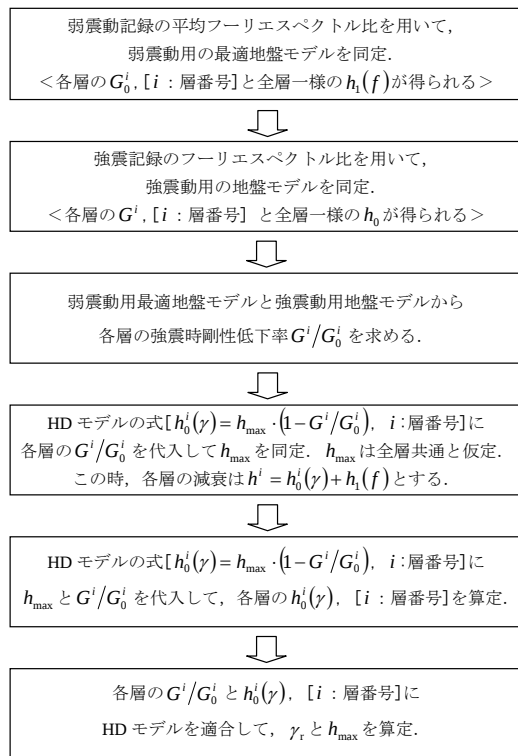


図-1 HDモデルを拘束条件とした各層ひずみ
依存減衰定数同定のフロー

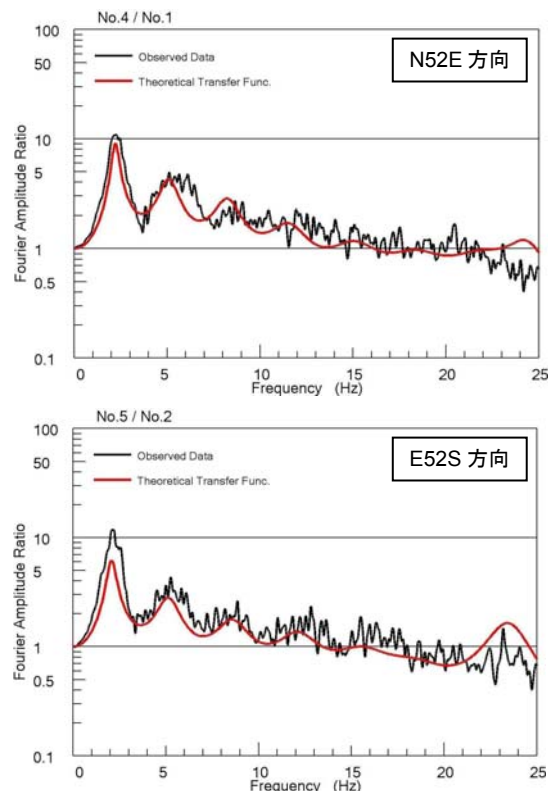
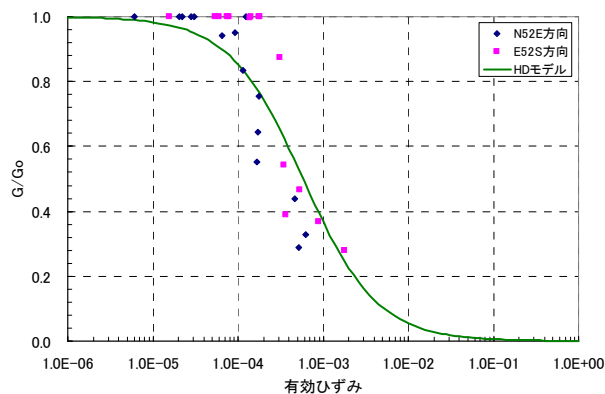
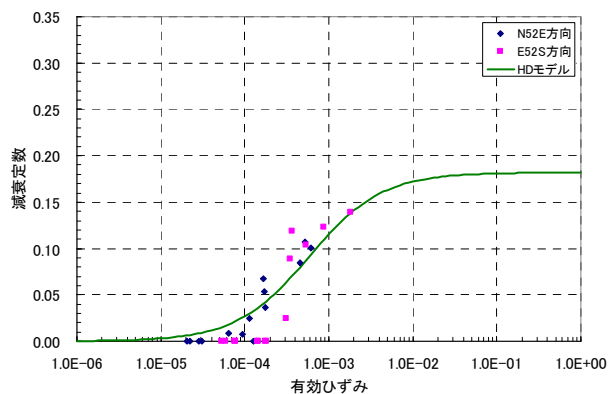


図-3 観測記録のフーリエスペクトル比と
再現計算の理論伝達関数の比較

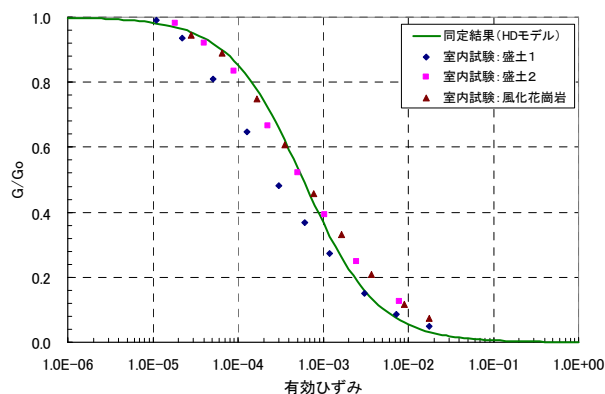


(a) $G/G_0 \sim \gamma$ 関係

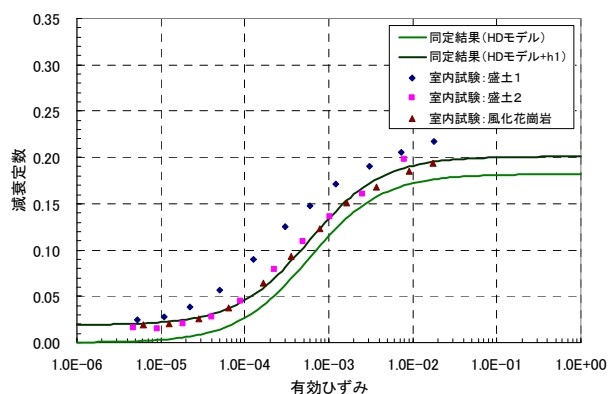


(b) $h \sim \gamma$ 関係

(1) HDモデルへの適合結果



(a) $G/G_0 \sim \gamma$ 関係



(b) $h \sim \gamma$ 関係

(2) 同定結果 (HDモデルへの適合結果) と室内試験結果との比較

図-2 せん断剛性 (V_s) 及び履歴減衰のHDモデルへの適合結果と室内試験結果との比較