

## Zeghal法の適用性に関する検討

日本大学大学院	学生員	○河又康博
日本大学理工学部	正会員	仲村成貴
日本大学理工学部	正会員	鈴木順一
日本大学理工学部	正会員	花田和史

### 1. はじめに

構造物や地盤諸元を実測記録から把握すれば、耐震設計上、重要な情報を得ることができる。Zeghalは地震観測記録より、地盤のせん断応力とひずみの履歴曲線を描き、等価線形化した弾性係数や減衰定数を同定する手法を提案している<sup>1)</sup>。実測記録には広範囲の振動数成分が含まれ、雑音も混入しているため、Zeghal法を直接的に適用すると、同定困難な場合が多い。これまでの検討では、雑音が含まれない重複反射の解析結果を対象とした場合には極めて安定して同定できたが、実測例では5 mの間隔で設置した鉛直アレーの地表最大加速度が100 galを超えなければ、先験的に許容される範囲内の値を得ることができなかった<sup>2)</sup>。本稿では5層せん断型模型での振動実験記録に適用して、Zeghal法の特性を検討する。

### 2. 検討の流れ

- (1)アルミ床を鋼製柱で支えるせん断型5層模型(図1)の地震時挙動を振動台実験により計測する。
- (2)応答時系列をバンドパス処理により正弦波状に変換し、せん断剛性と減衰定数を各層ごとに求める。ともに相対変形をパラメータとして同定する。
- (3)同定された諸元を用いた数値モデルにより地震時挙動を模擬し、同定値の妥当性を検証する。

### 3. Zeghalの方法

せん断型5層模型のj層におけるせん断力を $q_j$ 、絶対加速度と相対変位を、 $\ddot{u}_i, u_i$  ( $i=0\sim 5$ ) 床および柱の質量を、 $M_j, m_j$  ( $j=1\sim 5$ )とする。質量は既知であり、 $\ddot{u}_i, u_i$  に観測値を用いれば、各層のせん断力は次式で与えられる。

$$q_5 = k_5(u_5 - u_4) = (M_5 + m_5/3)\ddot{u}_5 - (m_5/6)\ddot{u}_4$$

$$q_j = k_j(u_j - u_{j-1})$$

$$= q_{j+1} - (m_{j+1}/6)\ddot{u}_5 - \{M_j + (m_{j+1} + m_j)/3\}\ddot{u}_j - (m_j/6)\ddot{u}_{j-1}$$

( $j=2\sim 4$ )

$$q_1 = k_1(u_1 - u_0) = q_2 - (m_2/6)\ddot{u}_2 - \{M_1 + (m_2 + m_1)/3\}\ddot{u}_1 - (m_1/6)\ddot{u}_0$$

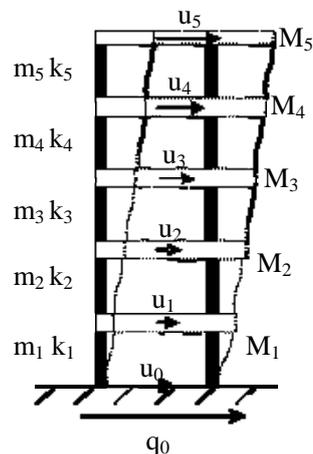


図1 模型図

### 4. 検討法とその結果

計測された第5層の加速度時刻歴を図2に示す。応答計測値より各次卓越振動数付近のみをバンドパス処理によって抽出し、加速度時刻歴を積分して変位時刻歴を得る。さらに上式よりせん断力を推定する。推定されたせん断力と相対変位を用いて描いた履歴曲線の例を図3に示す。上記の過程を経れば楕円形状に近い履歴曲線が得られる。各次で同定された剛性、材料減衰定数と、既知の質量を用いて応答解析を行った結果

を周波数応答関数(FRF) の形で図 4, 5 に示す. 図 4 には 1 次モード周辺, 図 5 には 2 次モード周辺により同定された諸元を用いて線形応答解析を行った結果を観測値と併せて示している. 1 次モードでは大変形が得られ, 高次モードでは変形が小さい. 図 4 で 2 次モードの山を表現できない理由として, 大きい応答量である 1 次モードで推定した諸元で 2 次近辺の挙動を表現したことによると考える. 図 5 では高次の挙動が比較的良く表現されている.

図 6~8 には履歴曲線から推定されるせん断剛性と材料減衰定数の例を相対変位と対応させて示した. 同定値にばらつきが見られる場合もあるが, 概ね安定したパラメータを得ることができた.

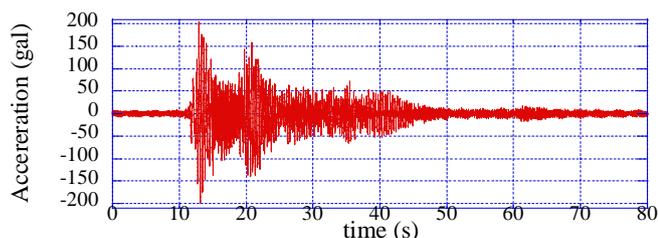


図 2 5 層の加速度時刻歴波形

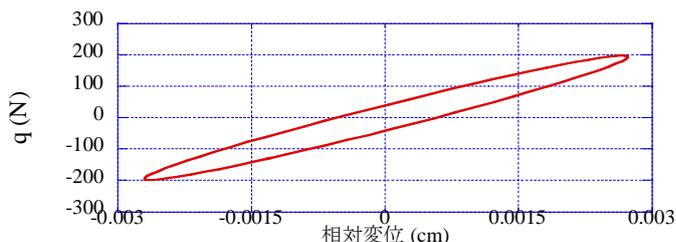


図 3 履歴曲線の一例

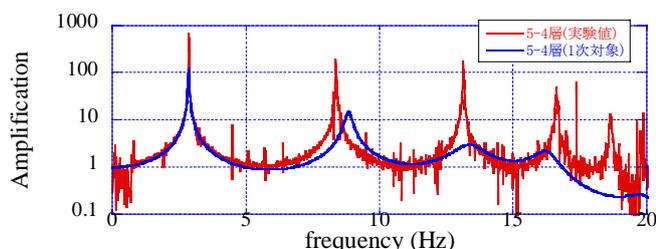


図 4 5-4 層間 FRF(解析値:1 次対象)

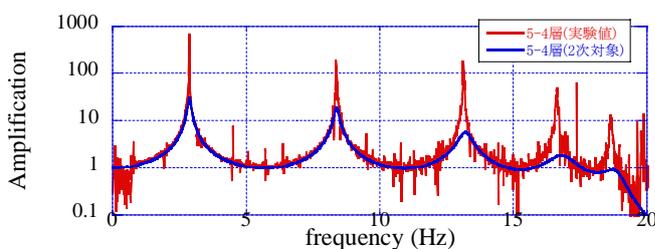


図 5 5-4 層間 FRF(解析値:2 次対象)

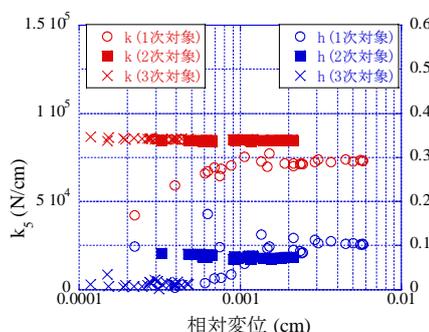


図 6 5-4 層間の $k_5$ ,  $h_5$ と相対変位

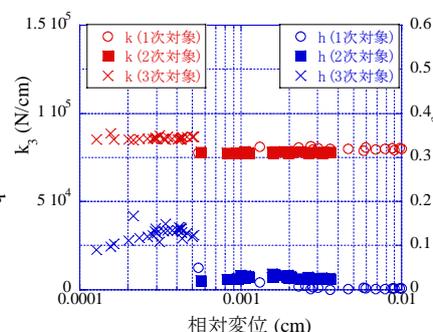


図 7 3-2 層間の $k_3$ ,  $h_3$ と相対変位

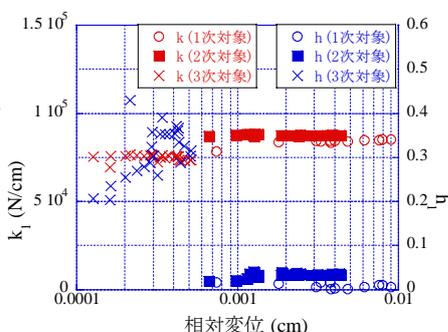


図 8 1-基層間の $k_1$ ,  $h_1$ と相対変位

### 5. おわりに

同定された諸元を元に, 応答計算を行った. バンドパス処理対象とした次数では, FRF のピーク振動数を表現できることを確認した. 今後は, 他の減衰型を用いたモデル化を通じて同定精度を検討する.

**謝辞** 本研究の一部は, 平成 16 年度文部科学省学術フロンティア推進事業(日本大学理工学部:継続)「環境・防災都市に関する研究」(研究代表者:石丸辰治)の一環として実施したものである.

### 参考文献

- 1) Zeghal.M et.al : Lotung Downhole Array. II :Evaluation of Soil Nonlinear Properties, J.Geotech.Engrg,ASCE,paper no.7327(1995).
- 2) 河又他, 平成 17 年度日本大学理工学部学術講演会論文集, pp616-617, 2005.