

地盤諸元を同定する Zeghal 法の一適用例

日本大学大学院 学生会員 ○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

地盤諸元を実測記録から把握できれば、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、等価線形化したせん断弾性係数や減衰定数を同定する手法を提案している¹⁾。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、安定した同定値が得られた。しかし、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、同定が困難となる場合が多い。本稿ではZeghal法の適用性を検討するために模型実験記録を用いて同定値精度の検証を行い、次いで、伊豆諸島群発性地震に際して、新島の砂地盤に設置した鉛直アレーにより得られた地震観測記録²⁾に同手法を適用し、検討を行った。

2. Zeghalの方法

水平成層地盤の i 層におけるせん断応力を τ_i 、ひずみを γ_i とし、観測絶対加速度 $\ddot{u}_i$ および単位体積質量 ρ_i 、層厚 Δz_i を用いて次式で近似する。

$$\tau_i = \sum_{k=1}^{i-1} \rho \frac{\ddot{u}_k + \ddot{u}_{k+1}}{2} \Delta z_k, \quad i = 2, 3, \dots$$

$$\gamma_i = \frac{1}{\Delta z_{i-1} + \Delta z_i} \left[(u_{i+1} - u_i) \frac{\Delta z_{i-1}}{\Delta z_i} + (u_i - u_{i-1}) \frac{\Delta z_i}{\Delta z_{i-1}} \right]$$

第2式に示すひずみ量は層厚を重みとして平均化しているため、最下層に置かれたセンサ位置でのひずみを算定できない。そのため、重みを除き次式で与える。

$$\gamma_i = \frac{1}{\Delta z_i} (u_{i+1} - u_i)$$

なお、式中の絶対変位は観測値である絶対加速度を2回積分して得る。

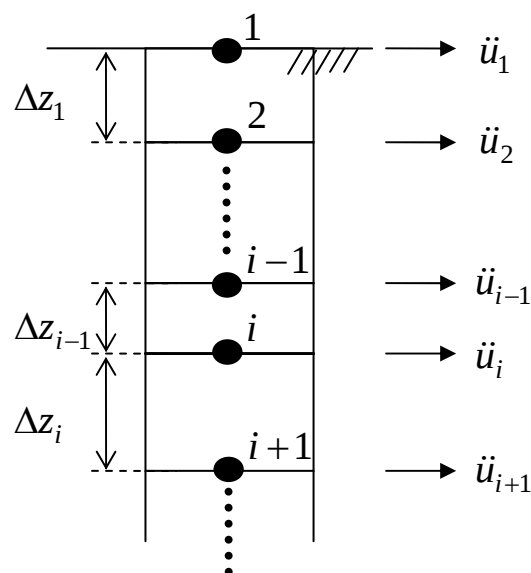


図1 水平成層地盤模擬図

3. 検討法と結果

(1) 5層せん断型模型での振動実験記録による検証

5層せん断型模型の概略図を図2に示す。振動台実験により模型の地震時挙動として、加速度応答を計測した³⁾。図3に、それらの実験値にZeghal法を適用することにより得られた、各層間のせん断剛性および材料減衰定数を各層間の相対変位と対応させて示す。今回の実験では、非線形領域に達するほどの加振力は入力しておらず、せん断剛性についてはほぼ一定の値が得られている。減衰定数については、振幅が大きくなるほど小さい値が同定された。これらの結果を用いた数値モデルと実験時挙動を比較して、本手法の同定値精度が適切であることを確認した。

キーワード Zeghal 法, 鉛直アレー, 同定, 模型, 履歴

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 TEL/FAX 03-3259-0689

(2) 鉛直アレー地震観測記録への適用

図4, 5に観測記録²⁾から得られる観測点間のせん断応力およびひずみの時刻歴を示す。これらの時刻歴を用いて描いた履歴曲線の一例を図6に示す。同定結果および採取試料による土質試験結果²⁾を図7に示す。せん断弾性係数については、土質試験結果と対応する同定値が得られたが、減衰定数については同定値にばらつきがあり、土質試験結果との対応も明確でない。

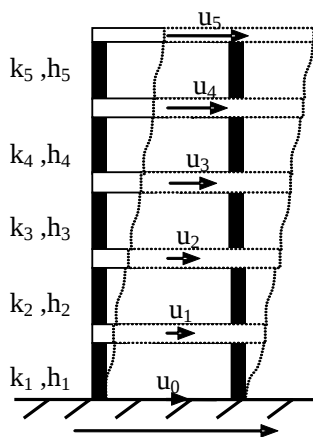


図2 模型概略図

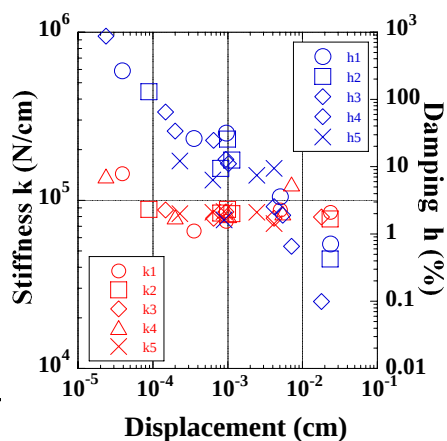


図3 剛性および減衰

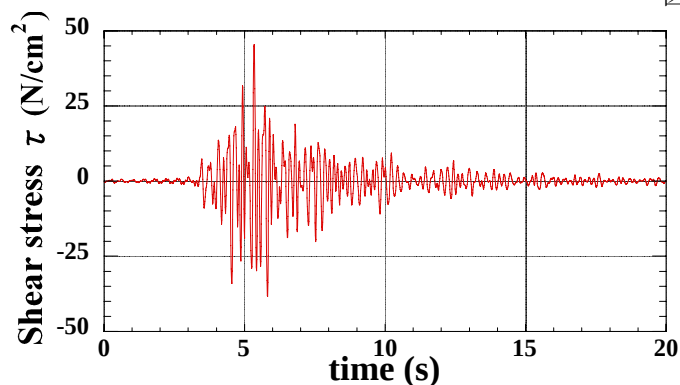


図4 せん断応力時刻歴波形

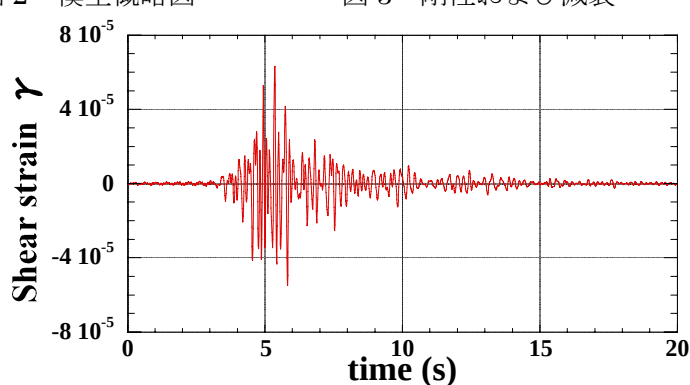


図5 ひずみ時刻歴波形

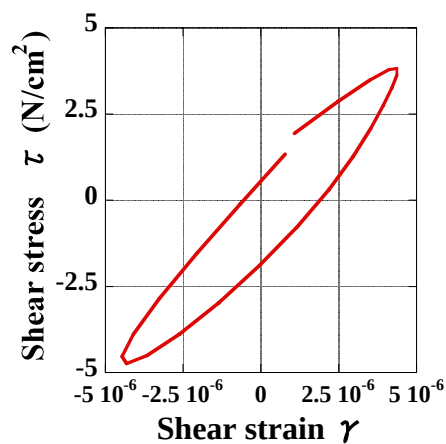
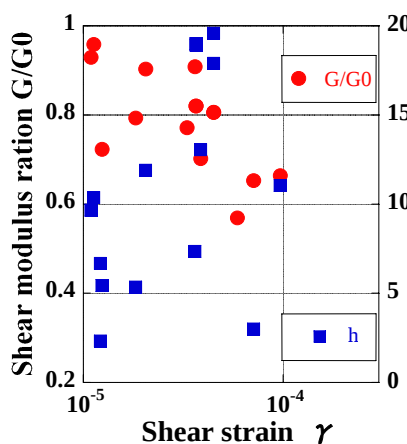
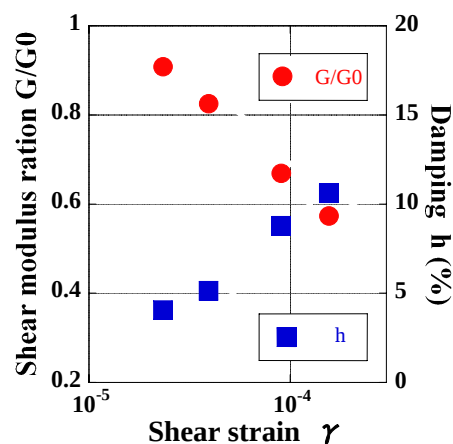


図6 履歴曲線



(1) 同定結果



(2) 室内試験結果

図7 地盤特性

4. おわりに

履歴曲線の傾きから同定されるせん断弾性係数については、ばらつきは少なく土質試験結果と対応した値が得られた。しかし減衰定数に関しては、ばらつきが大きく、土質試験結果との対応も明確でなかった。この理由として、同定過程において履歴曲線内部の面積を過大評価していると考え、今後検討を続ける。

謝辞

本研究は、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 : Lotung Downhole Array. II :Evaluation of Soil Nonlinear Properties
- 2) 松澤拓郎, 仲村成貴, 山田雅一, 鈴村順一, 花田和史 : 伊豆諸島群発性地震で観測された砂地盤における地震動, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, 第1分冊, pp.245-248, 2001.8.
- 3) 河又康博, 仲村成貴, 鈴村順一, 花田和史 : Zeghal 法の適用性に関する検討, 第33回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2006.3