

Ⅲ－1 ハイブリッドオンライン実験の実用化にむけて

東北学院大学 学生員○菊池睦月 阿部友洋 高橋啓太
東北学院大学 正会員 山口晶 飛田善雄 吉田望

1. はじめに

ハイブリッドオンライン実験は、地震応答の際に構成モデルではなく実際の土の挙動をオンラインで導入できる試験方法であり、設計等で利用できる可能性がある。しかし、地盤挙動の分野においては実現現象の再現性を検討した例はなく、その裏付けが必要とされている。そこで、本研究では4連ハイブリッドオンライン実験システムを構築し、対象とした地点で実際に観測されたアレー記録と比較を行い、ハイブリッドオンライン実験の実現象の再現性を確認した。

2. ハイブリッドオンライン試験

本実験で想定した地盤は1995年兵庫県南部地震の際に液状化が発生したポートアイランドのアレー観測地点である。図-1に想定した地盤の模式図を示す。想定地盤はまさ土の埋立地盤で地下水位以上4m、地下水位以下13.4mの計17.4mの地盤を想定した。まさ土の単位体積重量は地下水位以上を 16.7kN/m^3 、地下水位以下を 19.6kN/m^3 とした。まさ土層下部に入力した地震加速度時刻歴は兵庫県南部地震において、神戸ポートアイランド鉛直アレー観測地点のG.L.-16mで観測された加速度（以下NS12波）を用いた。入力した地震加速度時刻歴を図-2に示す。表-1に実験条件を示す。使用した試験は簡易型単純せん断試験機である。要素試験を行う際に想定した深さは図-1の計算位置として示した。4層実験は4層全てを要素試験で行う。5層実験は地下水位以上を双曲線モデル、それ以外を要素試験で行った。要素試験で使用したまさ土は、神戸ポートアイランドから採取したまさ土の2mm以下の粒径のものを使用した。比較のため、著者の一人が同地点を対象に行った遠心振動台実験結果¹⁾も合わせて示す。

3. 実験結果

図-3に深さ方向の最大加速度を示す。アレー記録と比較すると、オンライン実験、振動台実験とも地表面の最大加速度は 0.5m/s^2 ほど小さい値となっている。

図-4に最大せん断ひずみ分布を示す。アレー記録と比較してオンライン試験の方がひずみが大きくでているが、これはアレー記録のひずみの計算がG.L.0m地点とG.L.-16m地点の加速度時刻歴から計算しているため、埋立層全体の平均的な値として計算されたためである。オンライン実験では不飽和層（G.L.-4mまで）直下で大きなひずみが発生している。

図-5に深さ方向のせん断応力比分布を示す。アレー記録の最大せん断応力比が一番大きく、オンライン実験、振動台実験という順になっている。

図-6に深さ方向の過剰間隙水圧比分布を示す。オンライン実験と振動台実験ともに埋立層で0.8を越えている。ただし、5層実験の実験は過剰間隙水圧比が大小交互になっており、液状化した層のすぐ上では過剰間隙水圧の発生が抑えられる可能性を示している。しかし、オンライン実験では供試体とベDESTALの間に少しの水が溜まっていることを確認した。このため、オンライン実験では過剰間隙水圧比が1.0に達しなかった可能性がある。

図-7に4層実験、5層実験、アレー記録、振動台実験の地表面加速度時刻歴を示す。この図から、ハイブリッドオンライン実験はアレー記録と良い整合性を持っていることがわかる。図-3で見たとおり、最大値はアレー

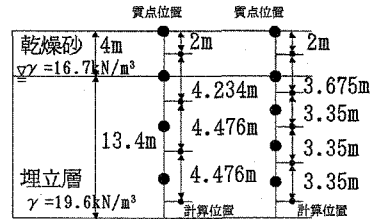


図-1 まさ土想定地盤

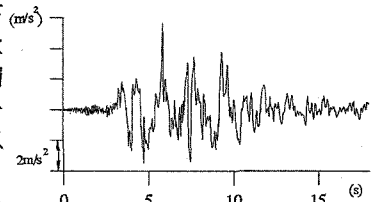


図-2 入力地震加速度時刻歴

表-1 実験条件

実験名	4層実験	5層実験
1層	地下水位以上 要素試験 $\sigma_v = 33.320\text{KPa}$	地下水位以上 双曲線モデル $\gamma = 16.7\text{KPa}$
2層	地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 89.572\text{KPa}$	地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 83.055\text{KPa}$
3層	地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 132.309\text{KPa}$	地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 115.885\text{KPa}$
4層	地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 176.086\text{KPa}$	地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 148.715\text{KPa}$
5層		地下水位以下 要素試験 $\sigma_v = 181.545\text{KPa}$

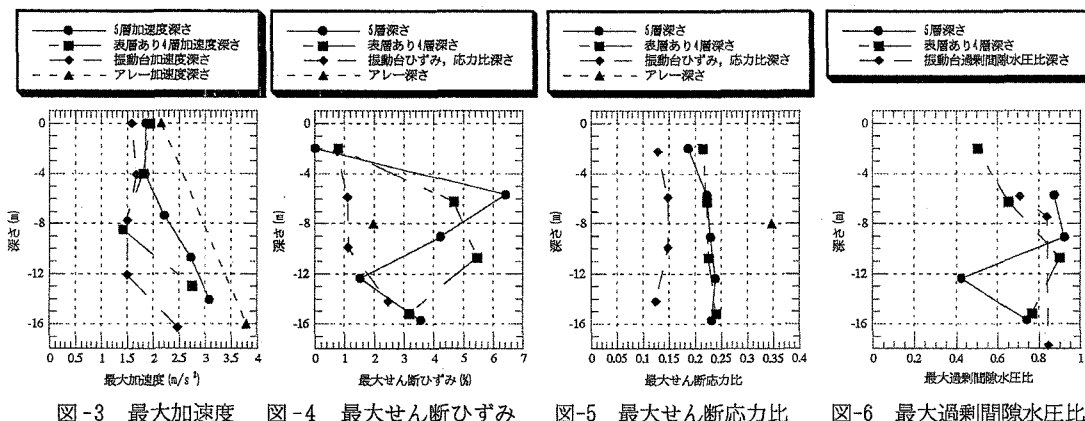


図-3 最大加速度

図-4 最大せん断ひずみ

図-5 最大せん断応力比

図-6 最大過剰間隙水圧比

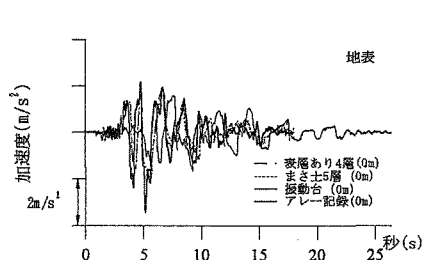


図-7 地表面加速度時刻歴

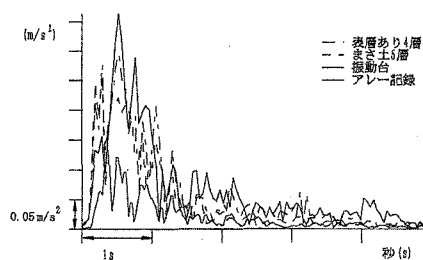


図-8 加速度フーリエスペクトル

記録が大きいものの、波形の形状は概ねアレー記録と良い整合性を示している。振動台実験は2つの結果よりも波形が小さく、形もなめらかである。これは入力された加速度時刻歴が目標とした加速度時刻歴と若干異なったものとなったためである¹⁾。

図-8に加速度フーリエスペクトルを示す。アレー記録もオンライン実験も共に卓越振動数は0.5Hz程度であり、ほぼ一致した傾向が得られた。

4. 考察

アレー記録に比較して、ハイブリッドオンライン実験の方が最大ひずみが大きくなり、最大加速度と最大応力比は小さくなった。また、卓越振動数もオンライン実験の方が小さくなっている。これらの実験結果は、ハイブリッドオンライン実験で想定した地盤が現位置の地盤の強度より弱かったこと示している。これは、現位置の地盤はセメンテーションや乾燥収縮、圧密等により年代効果を受けているのに対し、本研究で使用した試料は現位置から採取した土をふるい分けしており、これらの年代効果が失われた土であるためと考えられる。また、オンライン実験では液状化した層としない層が交互に現れている。これは本実験は、全層において非排水状態で考えているためであり、地下水の流れを考慮した場合、この層も液状化する可能性がある。今後の課題としては下層部の地下水の動きがどのように関係してくるか調べる必要がある。ただし、加速度時刻歴や加速度フーリエスペクトルの傾向はそれほど大きくはずれていない。従って、年代効果等を有する乱さない土を用いた場合、現位置の挙動を再現できる可能性がある。

5. 結論

今回は比較したアレー記録の観測点が少ないということもあり、細かな部分までの比較はできなかったが、アレー記録のように実地盤で観測した記録で、観測点が多い結果があれば、オンライン実験の実用化に向けた信頼性を確かなものにできる。

参考文献

- 1) Akira Yamaguchi, Motoki Kazama, Hirofumi Toyota, Masaki Kitazumi and Takahiro Sugano: EFFECTS OF THE STIFFNESS OF SOFT CLAY LAYER ON STRONG MOTION RESPONSE, SOILS AND FOUNDATIONS Vol.42, No.1, 17-33, Feb.2002 Japanese Geotechnical Society