

京都大学工学部
 京都大学防災研究所
 京都大学防災研究所

学生員 ○佐々木 義志
 正会員 高橋 良和
 正会員 澤田 純男

1. はじめに

地震時における構造物の挙動に影響を与える代表的なものとして、地盤と構造物の間に発生する動的相互作用が挙げられる。この動的相互作用問題については、以前よりさまざまな検討がなされてきた。動的相互作用を考えた実験には、振動台実験や遠心力载荷装置を用いた実験がある。振動台実験は実際の構造物と同スケールの模型を用いて実験を行うため、設備が概して大規模であり、数多く行うことは安全面、労力面、費用面から難しい。また、遠心力载荷装置を用いた実験は、小型模型を作成するため、骨材により挙動が左右されるコンクリートなどの複雑な構造物を再現することが困難である。高橋ら¹⁾は地震時における構造物と地盤の動的相互作用を効率的に評価するために、数値解析と模型実験を組み合わせた遠心場ハイブリッド実験を提案し、慣性力相互作用に着目し、振動台実験をよい精度で再現することを示した。本研究では、地盤にも変位を与えることで、慣性力相互作用に加えキネマティック相互作用をも考慮できるハイブリッド実験システムを提案する。

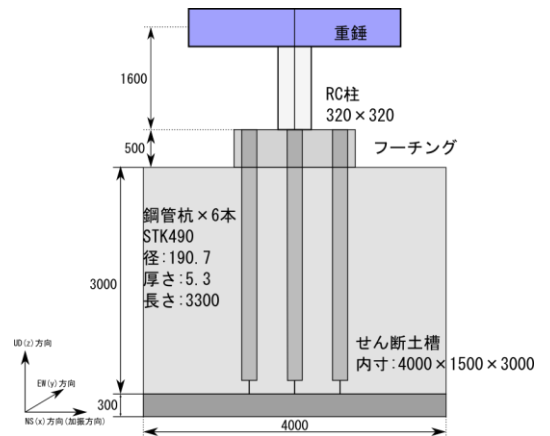
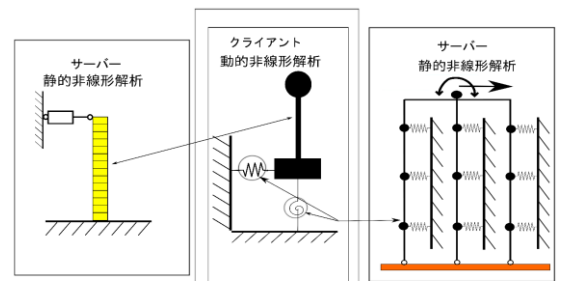


図-1 解析対象の実験模型

2. 慣性力相互作用を考慮したハイブリッド実験システムによるシミュレーション

本研究で対象とした、高橋ら²⁾による1G場振動台実験模型を図-1に示す。本模型に対し、RC柱にファイバーモデル、地盤には τ - γ 関係から定まる非線形モデルを適用し、杭基礎は弾性体とした構造物-杭基礎-地盤系のモデルを作成した。図-2に慣性力相互作用を考慮したハイブリッド実験システムを示す。解析にはOpenSees, OpenFrescoを使用した。サーバーでは、上で作成したモデルを用いて、静的载荷実験を模擬した静的非線形解析を行う。クライアントではRC柱を梁要素、基礎をスウェイ・ロッキングモデルで表現した。梁要素およびバネの剛性は、サーバーでの静的非線形解析結果により決定される。クライアントはこれを逐次取り込むことで動的非線形解析を実行する。



サーバーとクライアントの間でデータ通信を行う

図-2 慣性力相互作用を考慮したハイブリッド実験

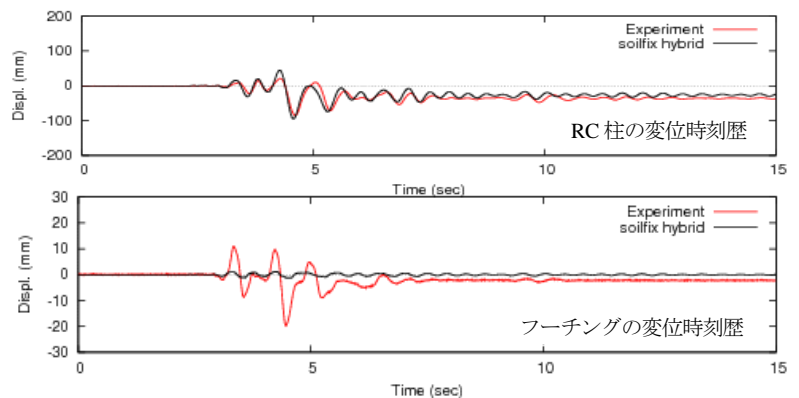


図-3 振動台実験と解析結果の比較

果と近い結果が得られている。フーチングの時刻歴では、ハイブリッド実験シミュレーションと振動台実験結果の間には最大応答値で 20mm 程度の差があることが分かる。したがって、本対象模型における RC 柱-杭基礎-地盤系に対し動的相互作用問題を考える際には、地盤の変形を考慮することが重要である。

3. 地盤変形を考慮できるハイブリッド実験システムの提案

図-4 に地盤変形を考慮できるハイブリッド実験システムの概要を示す。地盤への载荷は土槽外部から3点で行うものとした。サーバーでは、RC 柱に対しては慣性力相互作用を考慮したハイブリッド実験システムと同様の静的非線形解析を行い、杭基礎-地盤系ではフーチングと地盤への载荷実験を模擬した静的非線形解析を行う。クライアントでは RC 柱を梁要素、基礎をスウェー・ロッキングモデルで表現するとともに、地盤を3自由度のバネ-マスモデルで表した。基礎にはフーチングの慣性力に加え、地盤の変形に対応した力が相互作用ばねを介して与えられるため、クライアントでは、スウェー・ロッキングシステムと一層地盤を合わせた系に対する運動方程式を解くことにより、地震応答解析を実行する。

図-5 にハイブリッド実験シミュレーションと振動台実験の比較結果を示す。RC 柱では、変位時刻歴・履歴曲線ともに 1G 場振動台実験の結果と近い値が得られた。フーチングにおいても、地盤の変形を考慮したことで、変位時刻歴および基礎部の履歴曲線ともに今回提案した実験システムによるシミュレーション結果が従来のハイブリッド実験システムに比べ、振動台実験結果に近い値を得ることができた。

4. まとめ

本研究では、地盤の変形を考慮できるハイブリッド実験システムのシミュレーションを行い、1G 場振動台実験と比較した結果、慣性力相互作用のみを考えたハイブリッド実験システムに比べ、精度よく再現できることを確認した。したがって、この実験システムで慣性力相互作用およびキネマティック相互作用を考えることは妥当であるといえる。

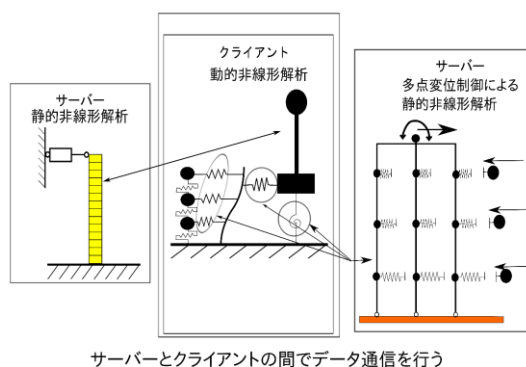


図-4 地盤変形を考慮できるハイブリッド実験

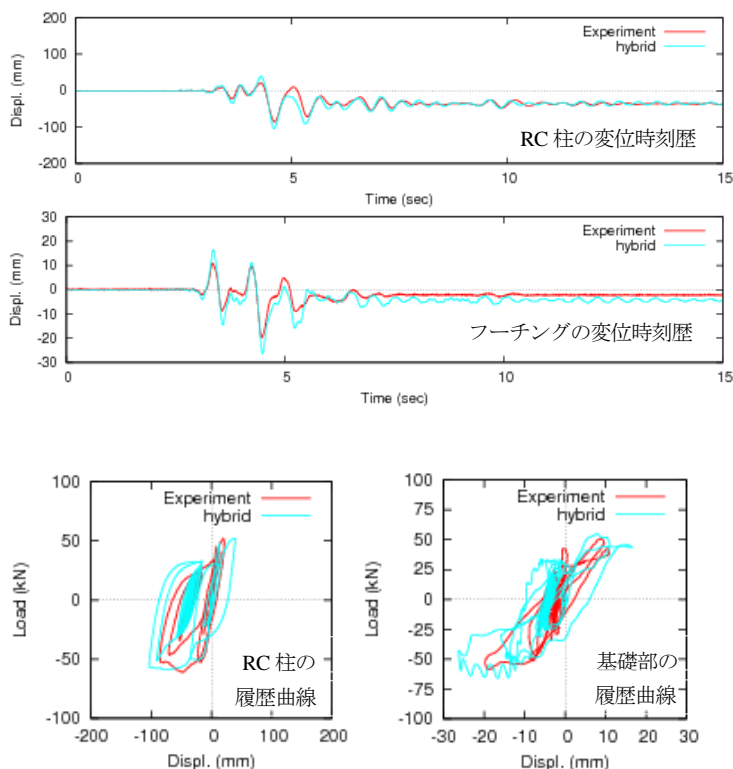


図-5 振動台実験と解析結果の比較

参考文献

- 1) 高橋, 小寺:周波数依存型地盤ばねを用いた遠心場ハイブリッド地震応答実験手法の開発, 構造工学論文集 Vol. 56A, 2011 年
- 2) 高橋, 西村, 室野, 江尻, 田中, 樋口:RC 構造物-杭基礎-地盤系の一体大型模型を用いた振動台実験に基づく地震時破壊挙動の評価, 第 31 回土木学会地震工学研究発表会公演論文集