

1G 場構造模型と遠心場杭基礎-地盤模型を並列した ハイブリッド地震応答実験手法の開発

株式会社構造計画研究所 正会員 ○佐々木 義志
京都大学 正会員 高橋 良和

1. 目的

地震時における構造物の挙動に動的相互作用は大きな影響を及ぼすことから、設計において動的相互作用の効果を考慮することは非常に重要である。古くから、動的相互作用を考慮するため、1G 場振動台実験や遠心力载荷装置を用いた実験が実施されてきた。1G 場振動台実験では実物大の模型を作成するため、系の非線形化を含めた全体の挙動を精度よく把握することができる一方で、実験規模が大きいため、検討ケースを多く重ねることは困難である。遠心力载荷装置を用いた実験では、超小型模型を使用するため、模型作成が容易で、1G 場振動台実験に比べ実験回数を増やすことができる。しかしながら、RC 柱などの非線形構造物模型を作成することが困難であり、構造物の非線形化を考慮した動的相互作用の検討が非常に難しい。そこで本研究では、模型の小型化と構造物の非線形挙動を考慮できる実験手法として、1G 場-遠心場分散ハイブリッド実験システムを開発し、実験を実施することで本実験手法の有用性について検討している。

2. 実験模型と実験システム

図-1 に本実験で対象とした構造物-杭基礎-地盤系を示す。RC 柱模型は高橋ら¹⁾の実験で使用された模型を、杭基礎-地盤系は高橋ら²⁾の実験で想定されたものを参考にしてしている。図-2 は本研究で開発した実験システムである。対象とする構造物-杭基礎-地盤系は中央の計算クライアントにおいて 2 自由度系で表現される。それぞれのせん断ばねは RC 柱、杭基礎-地盤系への静的载荷実験から決定されるものとし、RC 柱への载荷実験は京都大学桂キャンパスの構造実験室で、杭基礎-地盤系への载荷は京都大学防災研究所の遠心力载荷装置内で実施する。本実験では遠心加速度を 40G として実験を実施したため、杭基礎-地盤系は 1/40 スケールの模型を使用している。計算クライアントは京都大学防災研究所に設置しているため、インターネットを使用して载荷すべき変位を構造実験室にあるアクチュエータに指示する。また、計算クライアント内では载荷実験結果をもとにせん断ばねの剛性を決定し、運動方程式を計算するが、その計算は実スケールの値を用いて行われる。したがって、遠心力場内にあるアクチュエータとの間では、変位および荷重が相似則を考慮して受け渡される。なお、载荷実験システムのセットアップには OpenFresco を、数値解析部には OpenSees を使用している。また、本研究で開発した実験システムの妥当性を検討するため、図-1 の構造システムを図-3 のように数値モデル化し、動的解析を実施した。数値モデルは 1G 場スケールとし、RC 柱のパラメータは高橋ら¹⁾の値を参考にしてしている。杭およびフーチングは振動中は弾性状態を保つものとして梁要素で表現し、相互作用ばねには Boulanger

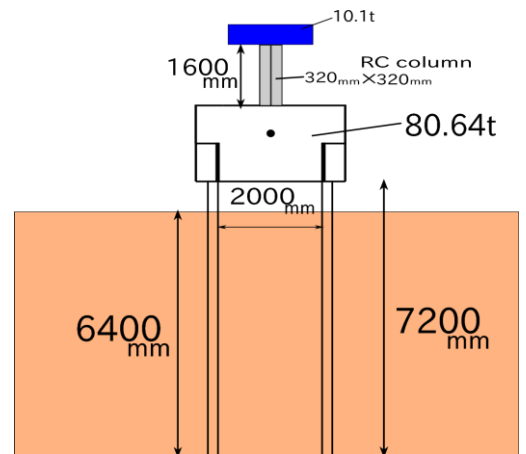


図-1 対象とする構造物-杭基礎-地盤系

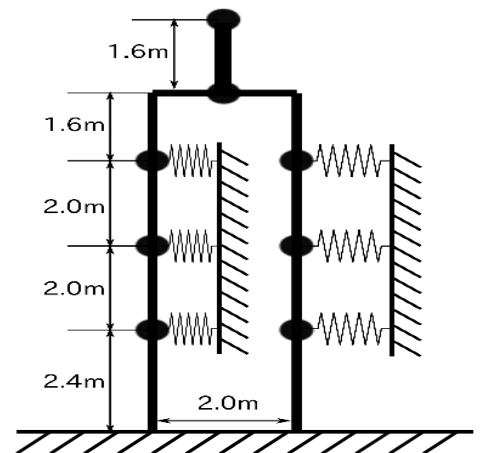


図-2 動的解析モデル

キーワード ハイブリッド実験, 分散実験, 遠心力载荷装置, 動的相互作用

連絡先 〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13 株式会社構造計画研究所 TEL:03-5342-1100

ら³⁾の dynamic P-y ばねを使用している。
また、ハイブリッド実験の実験条件に合わせるため、周辺地盤の運動は拘束した状態で解析を実施し、ハイブリッド実験と比較するものとする。

3. 実験結果

図-4 に RC 柱およびフーチングの変位時刻歴と履歴曲線を示している。フーチングの応答より、ハイブリッド実験結果と動的解析結果がよい一致を示していることが分かる。本ハイブリッド実験では異なる重力場を結びつけている一方、動的解析では 1G 場スケールの解析を実施したことから、

1G 場と遠心場を並列するハイブリッド実験システムは正常に作動していると思われる。RC 柱では、正側の応答はよい一致を示しているものの、負側ではハイブリッド実験結果が解析結果に比べ大きな値をとり、剛性は小さな値を取っていることが読み取れる。これは載荷実験において RC 柱基部の主鉄筋が座屈したために発生した差である。主鉄筋の座屈や破断といった現象は構造物の終局挙動に大きな影響を与えるが、これを数値モデルで表現することは一般的に困難である。本ハイブリッド実験システムは構造模型に対し載荷実験を行うことで、数値モデルでは表現しにくい複雑な非線形挙動を実験的に得ることができる実験システムである。

4. まとめ

本研究では動的相互作用問題を考えるための新たな実験手法として、1G 場と遠心場を並列するハイブリッド実験システムを開発した。その結果、異なる重力場を並列した実験が可能であることを示した。また、本実験システムは解析では表現の難しい複雑な非線形挙動を評価することも可能で、そのような場合にも安定して実験を進めることができる。

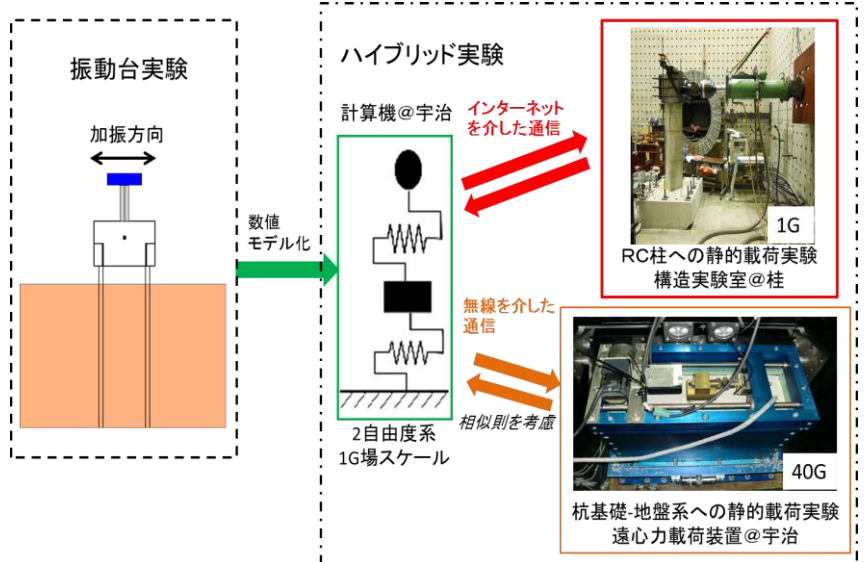


図-3 本研究で開発した 1G 場-遠心場分散ハイブリッド実験システム

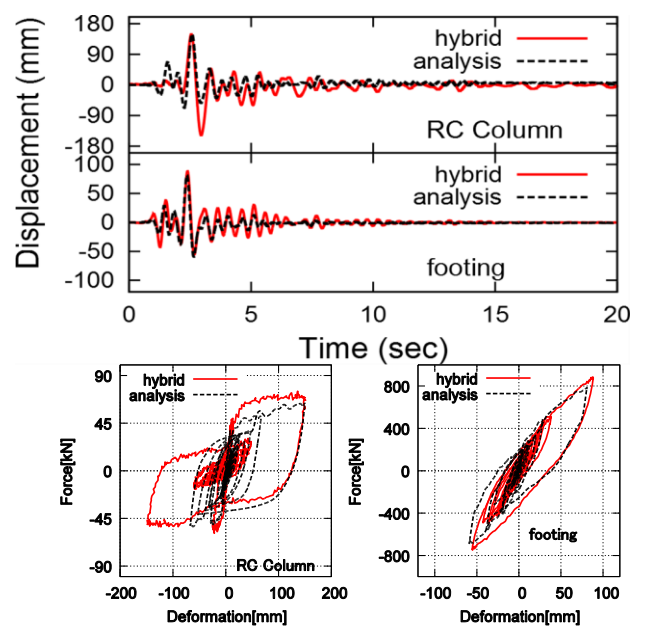


図-4 実験結果

参考文献

- 1) 高橋良和, 西村俊亮, 室野剛隆, 江尻譲嗣, 田中浩一, 樋口俊一: 上部構造が非線形化する構造-杭基礎-地盤システム振動台実験, 第 14 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.345-350, 2011.
- 2) 高橋良和, 小寺雅子: 動的相互作用問題への遠心場ハイブリッド実験手法の適用性, 構造工学論文集, Vol56A, pp.334-341, 2010
- 3) Boulanger, R. W., et.al.. Seismic soil-pile-structure interaction experiments and analyses. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 125, No. 9, pp. 750-759, 1999.