

香川大学工学部 正会員	白木 渡
香川大学工学部 正会員	井面 仁志
○ 香川大学大学院工学研究科	堀内 俊秀
(株) オービックシステムエンジニアリング	中川 博史

1 はじめに

大型構造物の耐震実験を効率的に実施する手法として、実際の加振実験と計算機による数値計算とを融合した実時間ハイブリッド実験手法が開発されている¹⁾。実時間ハイブリッド実験では、実験と計算を同一の時間軸上で実施する「実時間化」が必要不可欠である。本研究では、この実時間ハイブリッド実験手法ならびに実時間化を実現するための加振機応答遅れ補償の有効性を簡単な振動モデルを用いて検証する。

2 実時間ハイブリッド実験システム

実時間ハイブリッド実験システムとは、評価対象となる構造物の振動応答上重要な部分は実モデルとして実際に加振実験を行い、他の部分は数値モデルとして計算機へ入力する実験手法である。この実験手法では、加振機応答遅れ時間分だけ先の振動応答を予測し、加振機への加振信号とする補償方法により、実時間化を実現している。また、予測時間を適宜修正することにより、実験精度を向上させている。

3 実験モデル及び装置

1次の振動モード形で固有周波数5.1[Hz]の線形挙動を示す2質点系モデルを評価対象として、実験を行う。モデルへ入力する外力は共振現象の有無による影響を考慮し、3[Hz]と5[Hz]の正弦波を用いた。加振は1秒間行い、それ以降は加振しないことにより、強制振動と自由振動の2種類の振動応答を評価した。

実時間ハイブリッド実験の実験装置の概念図を図1に示す。図中のDSP1は振動応答を数値計算するための計算機である。

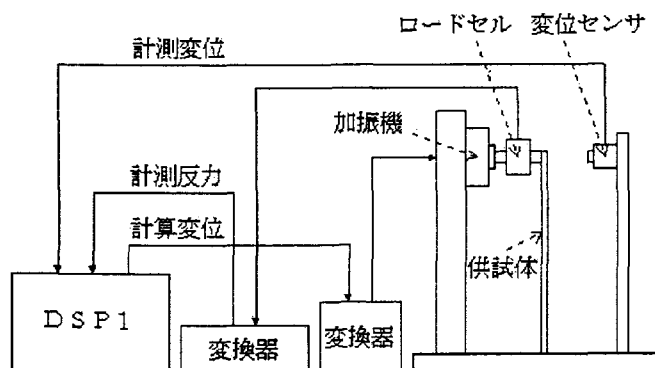


図1 実験装置の概念図

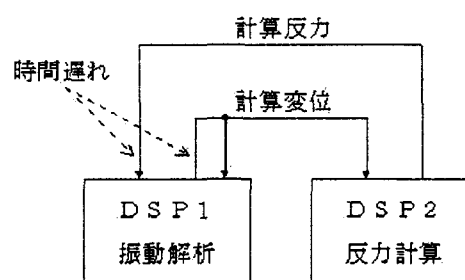


図2 シミュレータの概念図

本実験装置による実験結果の比較には、中央差分法による数値計算結果と、実時間ハイブリッドシミュレータによるシミュレーション結果を用いる。

実時間ハイブリッドシミュレータの概念図を図2に示す。図中のDSP1は振動応答解析を、DSP2は反力計算を行う計算機である。実時間ハイブリッドシミュレータとは、実時間ハイブリッド実験の加振実験部分も計算機(DSP2)でモデル化し、実際に加振実験を行うことなく実時間ハイブリッド実験全体を計算機のみでシミュレートするものである。実時間ハイブリッドシミュレータでは、計算機間(DSP1とDSP2)のデータのやり取りにおいて時間遅れが存在し、これは加振機応答遅れと同様の影響を及ぼすため、補償する必要がある。

4 実験結果及び考察

以下に、周波数 3[Hz]と周波数 5[Hz]の正弦波外力に対する応答変位の数値計算結果を図 3 に、シミュレーション結果を図 4 に、実験結果を図 5 に示す。

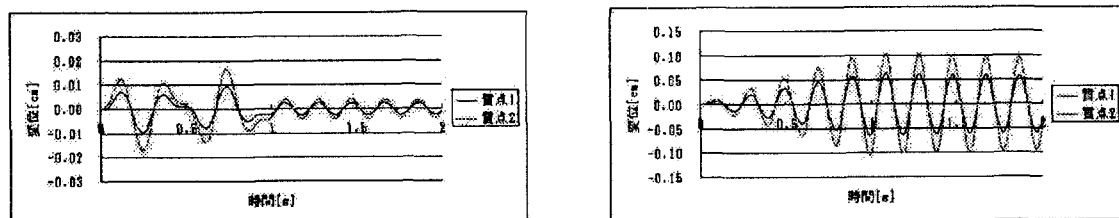


図 3 周波数 3[Hz] (左図) と周波数 5[Hz] (右図) の正弦波外力に対する数値計算結果

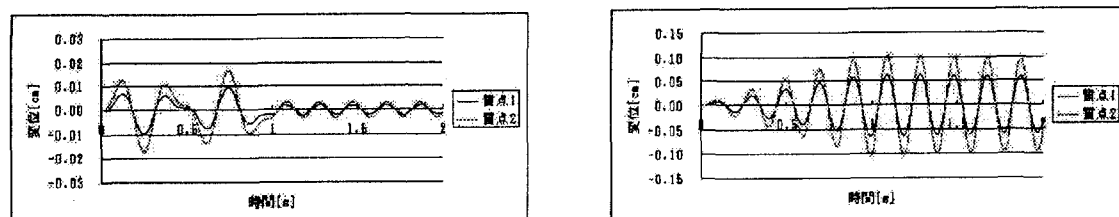


図 4 周波数 3[Hz] (左図) と周波数 5[Hz] (右図) の正弦波外力に対するシミュレーション結果

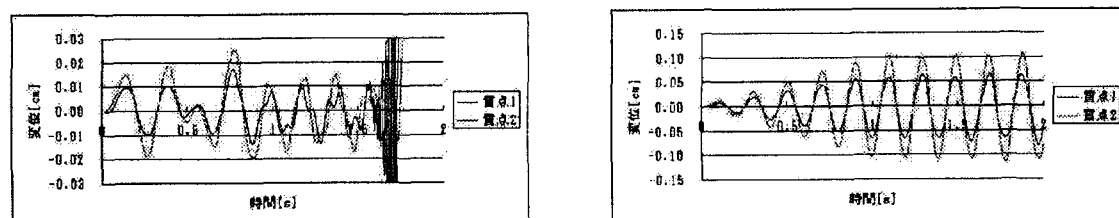


図 5 周波数 3[Hz] (左図) と周波数 5[Hz] (右図) の正弦波外力に対する実験結果

実時間ハイブリッドシミュレータによるシミュレーション結果に着目すると、どちらの正弦波外力に対しても数値計算結果とよく一致していることがわかる。これより、実時間ハイブリッドシミュレータで計算機間のデータのやり取りにおいて存在する時間遅れは補償されていることがわかる。

実時間ハイブリッド実験による実験結果に着目すると、周波数 3[Hz]の正弦波外力に対しては、強制振動時は数値計算結果の波形はある程度捉えているが、振幅は実験が進むにつれ増加していることがわかる。周波数 5[Hz]の正弦波外力に対しては、1 秒までの強制振動時は数値計算結果と一致しており、1 秒以降の自由振動時においても振幅が僅かに増加している程度である。これより、実時間ハイブリッド実験で存在する加振機応答遅れは、周波数 5[Hz]の正弦波外力に対してはほぼ補償されているが、周波数 3[Hz]の正弦波外力に対しては完全に補償されていないことがわかる。

この原因としては、周波数 3[Hz]の正弦波外力に対する振動応答のように、振幅や振動数の変化が大きい実験においては、加振機応答遅れを補償することが難しいことが上げられる。

5 おわりに

時間遅れが一定であると考えられる実時間ハイブリッドシミュレータによるシミュレーション結果や、振動応答の変化が小さい場合の実時間ハイブリッド実験による実験結果から、加振機応答遅れが補償され、本実験手法の有効性を示すことができた。今後の課題としては、振動応答の変化にも対応し、かつ数値モデル化が困難な非線形モデルに対しても本実験手法の有効性を示すことである。

参考文献：堀内敏彦，機械技術者のための耐震設計—その動向と新しい展開—（4 新しい耐震実験手法とその周辺技術），日本機械学会講習会教材（No.99-91）。