

第I部門 適応制御による振動台ハイブリッド実験システムの信頼性の向上

京都大学大学院 学生員 ○ 原 裕一
 京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃
 京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和

1 はじめに 構造要素の振動台実験結果を計算機による構造全体系の応答解析に実時間で取り込む実時間振動台ハイブリッド実験システムに、強い非線形特性を持つ実験部分構造を採用できるようにするため、加振中、加振前後の振動台の特性変化に対応できる適応制御の概念の導入を検討した。

剛体载荷により加振前後で振動台の特性を変化させ、ハイブリッド実験を行った結果、適応制御の導入によるシステムの信頼性向上を確認した。

2 適応制御による振動台の補償 導入する適応制御は適用が簡単な Minimal Control Synthesis(MCS) を用いた(図1参照)。

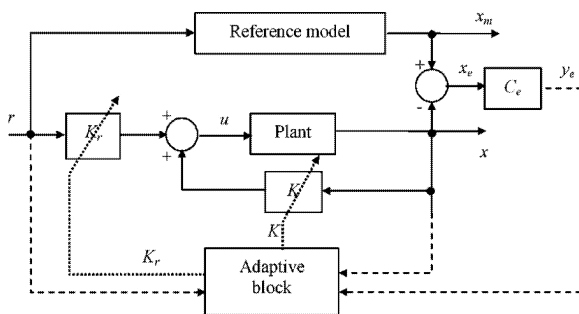


図1 MCS アルゴリズム

MCSは制御対象である振動台(図中ではplant)の出力を理想状態である規範モデルの出力と等しくなるように制御するものである。振動台の特性が変化したときには図中の K , K_r が適切な値にリアルタイムで更新され、特性の変化に対応する。

MCSの制御性能を確認するため、剛体(H鋼2体、質量は計463kg)を载荷し加振前後で動特性を変化させた振動台(図2参照)にホワイトノイズを入力し、従来の定係数デジタルフィルタによる制御と比較した。制御パラメータはどちらも動特性が変化する前のものを用いている。図3より、従来の制御法では発生してしまう低周波をMCSではその影響を除去できた。

3 実験システム 実験システムの構築にあたっては、電気油圧サーボ式振動台とこれを制御するDSPシステム(T.I.社製 TMS320C6701GJCを使用)を組み合わせており、A/DおよびD/Aインター

フェースを通じて計測信号を元に振動台への入力信号をリアルタイムで算出している。本システムのコーディングはMATLAB/SIMULINKで行い、Real-Time WorkshopによりC言語に変換しMTT社製PassC67を用いてDSPに実装した。実験システムの概要を図4、写真1に、振動台の諸元を表1に示す。

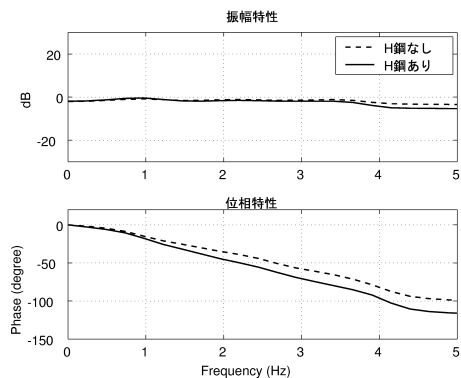


図2 剛体载荷による振動台特性変化

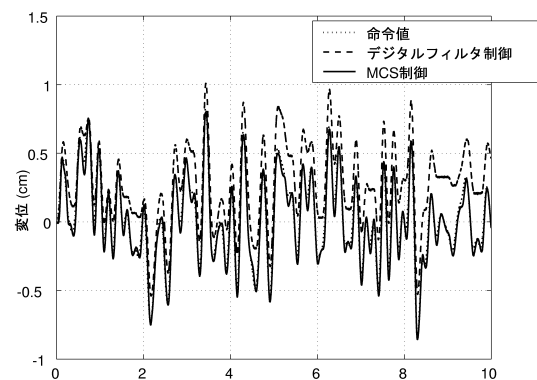


図3 振動台実験結果



写真1 実験システム

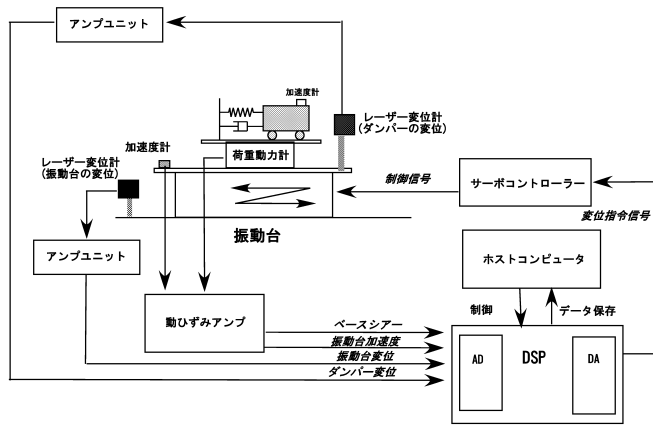


図4 実験システム

4 振動台ハイブリッド実験 実験対象モデルを図5の2自由度系とした。実験部分はピアノ線を密着巻きにして成形された引張コイルパネと鋼製のおもり、振研製の電磁ダンパーからなる図6のマスダンパーとした。電磁ダンパーは電流を印加することで減衰比を変化させることができるが、本研究では電流を印加していない。実験部分、計算部分の質量、剛性、減衰比を表2に示す。

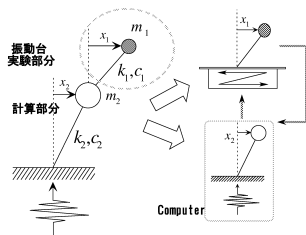


図5 実験対象モデル

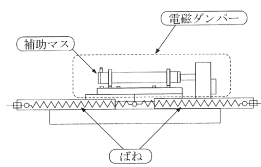


図6 実験供試体

台面積	1.5m×1.5m
最大積載重量	2ton
最大加振力	29.4kN
加振方向	水平一方向
最大振幅	±100mm
周波数	30Hz以下
駆動方式	電気油圧サーボ式

表1 振動台諸元

	m(kg)	k(N/m)	h(%)
実験部分	35.4	5.749E+03	1
計算部分	3540	1.258E+06	5

表2 実験モデル諸元

入力波は加速度振幅を0.1倍した神戸波(神戸海洋気象台NS成分)とし、振動台実験と同様、H鋼を載荷した状態でハイブリッド実験を実施した。実験対象モデルは計算部分を主構造物、実験部分を二次構造物としたので主構造物である計算部分の絶対変位、すなわち振動台の変位について考察する。また、比較のために実験対象モデルを解析のみで応答計算したものも併せて図中に破線で示した(図7,8)。

この結果から振動台実験と同様、従来では発生してしまう低周波の影響が、MCSを組み込んだハイブリッド実験では K, K_r がリアルタイムで更新されることにより取り除くことができおり、実験システムの信頼性の向上が確認できる。

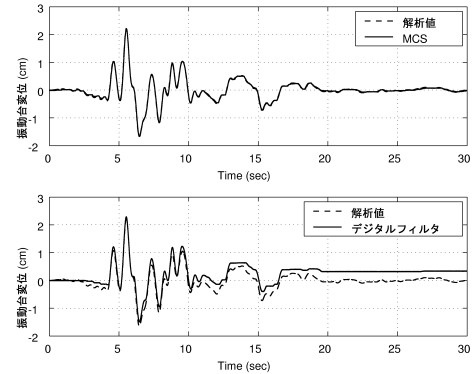


図7 実験結果

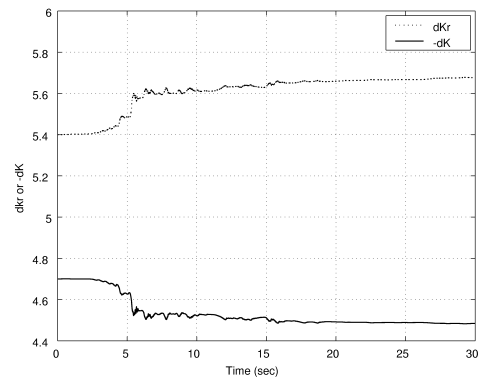


図8 MCS 適応ゲインの変化

5 結論 本研究では振動台ハイブリッド実験システムに対して、実験において最も問題となる振動台の加振誤差の補償に、新たに適応制御の一種であるMCSを導入することで、従来の定係数デジタルフィルタによる補償に比べ信頼性の高い実験が可能となることを示した。

参考文献

- [1] 五十嵐晃・家村浩和・田中創, 構造工学論文集 Vol.149A, pp.281-288, 2003
- [2] C.N.Lim, S.A.Neild, D.P.Stoten, et al, ASCE, J.Eng.Mech vol.133 No.8, pp.864-873, Aug 2007