

適応制御に基づく振動台ハイブリッド実験システムの提案

京都大学工学研究科 正会員 ○五十嵐 晃
 西日本高速道路 正会員 原 裕一
 近畿職業能力開発大学校 フェロー 家村 浩和

1. 概説

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を導入した。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い、適応制御の導入によるシステムの信頼性の向上の実現性を検討した。

2. 適応制御による振動台の補償

目的に適した適応制御手法として、本研究では Minimal Control Synthesis (MCS) を採用した(図1)。MCS は、制御対象(本研究では振動台)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。規範モデルと制御対象の応答差の情報に基づき、所定のルールに従い図中の制御ゲイン K および K_r を適切な値に更新することで、振動台の特性の変化に対応する。

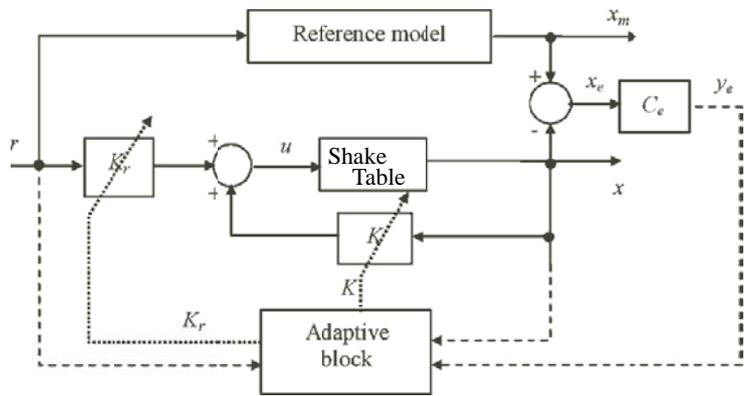


図1 MCSによる振動台の適応制御

表1 実験に使用した振動台の諸元

テーブル寸法	1.5m×1.5m
最大積載重量	2 tonf
最大加振力	29.4 kN
加振方向	水平1方向
最大振幅	±100mm
周波数範囲	0~30Hz
駆動方式	電気油圧サーボ式

MCS の制御性能を確認するため、制御対象とした電気油圧サーボ式振動台(表1)のテーブル上に剛体とみなせるH鋼材2本(合計質量463kg)を固定して動特性を人為的に変化させた上で(図2)、帯域制限擬似ホワイトノイズ入力に対する応答特性を調査した。制御パラメータに動特性が変化する前のものを用いて加振を実施した実験の結果を図4に示す。従来の定係数デジタルフィルタによる位相補償制御法で生じている低周波成分の乖離が、MCS では見られない。

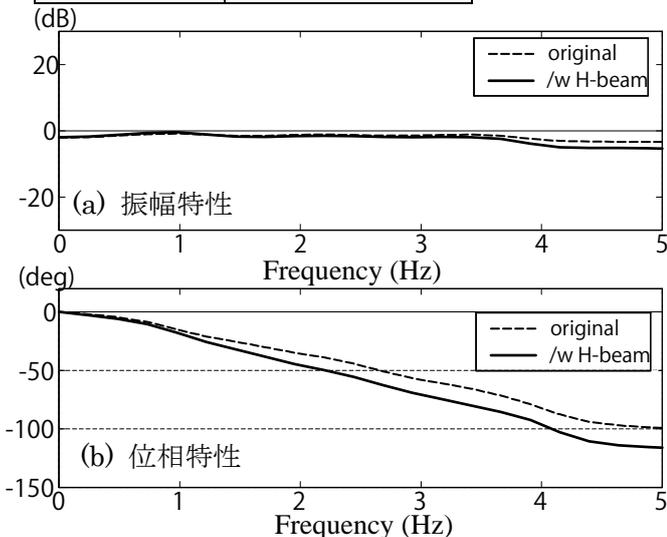


図3 H鋼材設置による振動台周波数応答特性の変化

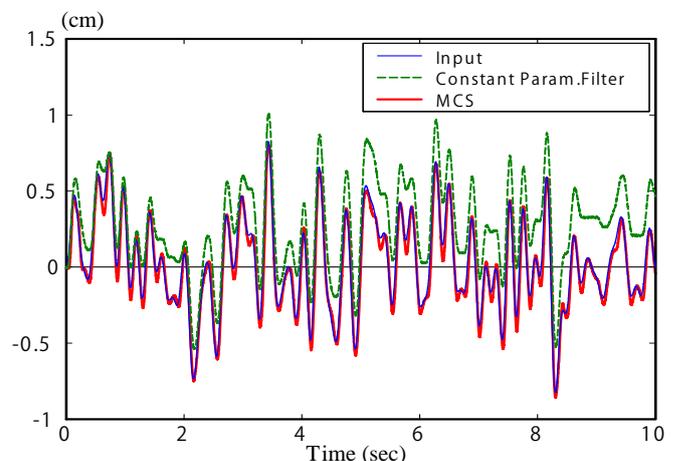


図4 振動台変位の比較

キーワード 振動台, 制御, 適応制御, ハイブリッド実験, 実時間, 位相遅れ

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科都市社会工学専攻 TEL 075-383-3245

3. 振動台ハイブリッド実験

図5左側の2自由度系を想定全体構造系として説明すれば、ハイブリッド実験にMCSによる適応制御を組み込むには、全体構造のうちの計算部分構造(図4右下)の挙動を、振動台応答の規範モデルと設定して制御系を構成するという方法を適用する方法が最も効果的であると考えられる。

前述の検証用振動台と、MCSによる振動台適応制御のコードを組み込んだDSPボードシステムにより、ハイブリッド実験システムを構築した。

実験部分は、ほぼ線形1自由度系とみなせるコイルバネと鋼製のおもりにより構成される振動モデルを用いた。

表2 実験構造系モデル

	質量 (kg)	剛性 (N/m)	減衰比
実験部分	35.4	5749	0.01
計算部分	3540.0	1258000	0.05

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鋼材をテーブル上に固定した状態でハイブリッド実験を実施した。

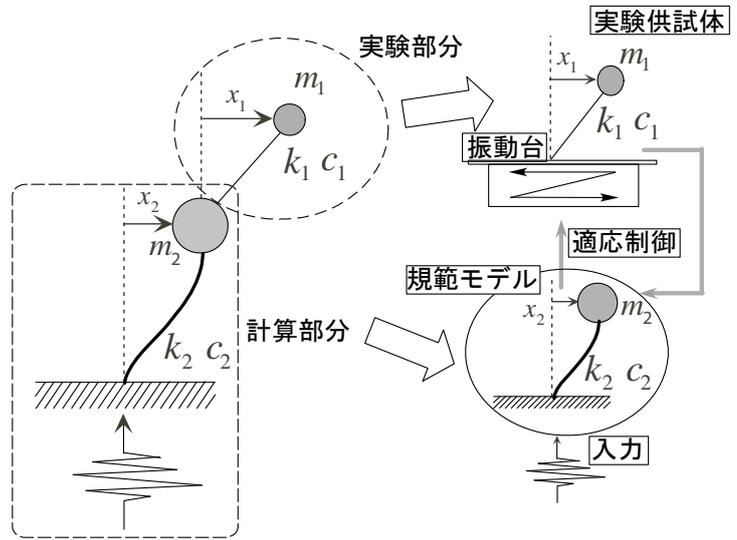


図5 ハイブリッド振動台実験への適用概念

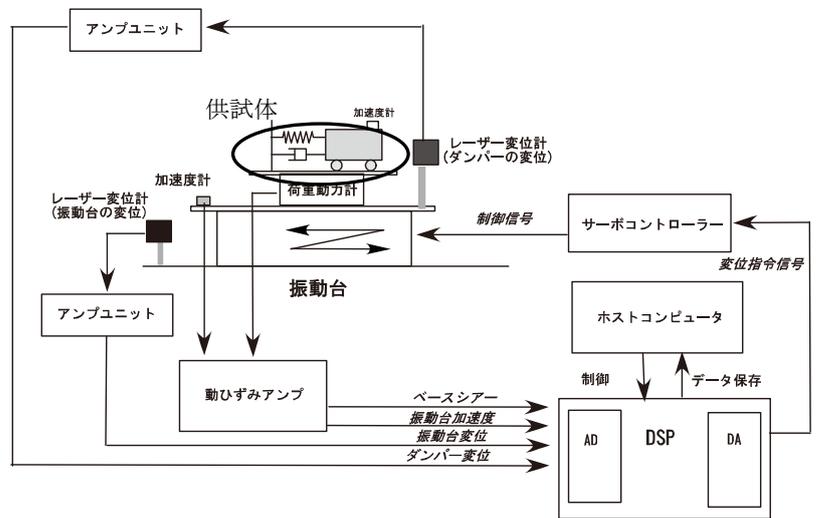


図6 ハイブリッド振動台実験システム

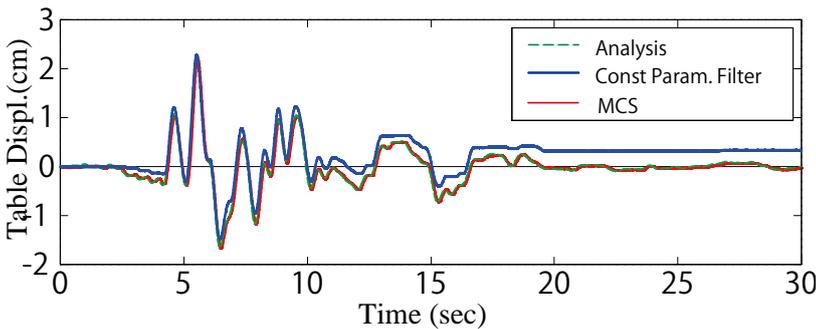


図7 ハイブリッド実験結果の比較

この結果から振動台実験と同様、従来の定係数デジタルフィルタ補償制御で生じる低周波の影響が、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かれ、実験システムの信頼性の向上が確認できた。

参考文献

- ・五十嵐晃・家村浩和・田中創, 構造工学論文集 Vol.49A, pp.281-288, 2003
- ・C.N.Lim, S.A.Neild, D.P.Stoten, et al., ASCE J. Eng. Mech. Vol.133, No.8, pp.864-873, Aug 2007

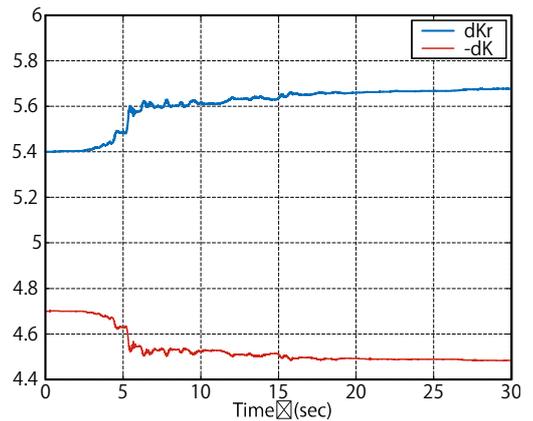


図8 MCS 適応ゲインの変化