サブストラクチャーハイブリッド振動台実験のための 変位制御および加速度制御併用制御実験

| (株)神戸製鋼所 | 正会員 | 奥村 | 昌好 |
|----------|-----|----|----|
| | | | |

京都大学工学研究科フェロー 家村 浩和

1. 概要

構造物の動的応答をリアルタイムで評価する手法として、振動台実験と計算機をオンラインで接続して行 うサブストラクチャーハイブリッド振動台実験手法が提案されている。従来の研究¹⁾により振動台の動特性 による加振振幅・位相のずれが、実験結果の精度に多大な影響を及ぼすことが知られている。このような問 題を解決するために、2成分同時入力が可能な油圧式振動台と DSP を用いた実験システムを構築し、検証実 験を行うことでこの実験システムの精度について検証した。

2.2成分同時制御に基づくサブストラクチャーハイブリッド振動台実験アルゴリズム

サブストラクチャーハイブリッド振動台実験手法の概念は、 図1に示すように想定構造系より一部分を取りだした実験供試 体に対する振動台加振と、構造系の残りの部分の応答を求める 数値解析とを同時に進行させることにより、より現実に近い動 的荷重下での構造要素の動的特性を調べるための実験手法であ る。この実験手法においては、実験結果の信頼性を確保するた めには、リアルタイムでの入力再現特性、特に入力 出力での 位相差を可能な限りゼロとすることが重要であることが解明さ れている。計算部分構造の応答を計算する数値積分アルゴリズ ムにより振動台への加速度入力信号が計算されるが、これを用 いる際に IIR フィルタによる動特性補償のアルゴリズムを組み 込む手法を用いることにより、広い範囲の周波数領域において この条件を満たすような位相・振幅特性を得ることができる。 しかし振動台の制御に加速度信号を用いた場合、一般に低振動 数領域では応答特性が良好ではなく、十分な補正を行うことは 難しい。

そこで本研究では、加速度信号に加えて変位信号を同時に併 用する振動台システムを用いることにより、低振動数域を含む より広い周波数範囲に渡り良好な振動台特性を得る手法につい て検討した。低い振動数領域の振動台制御については変位信号 を用い、それ以上の振動数領域については加速度信号に対する IIR

フィルタの適用を同時に行う構成を採用した。このようなシステム を用いることにより、サブストラクチャー振動台実験の適用範囲を拡 Pict Up Experiment for an and a sense Final Shaking Table Reng of computed part Computed Original Structure Computer Computer

図1 実験概念図



図2 実験アルゴリズム

大するとともに、精度を向上することができる。提案する制御およびアルゴリズムの概念を図2に示す。

3. 振動台の動特性に基づくデジタルフィルタの設計

__実験アルゴリズムに用いる IIR フィルタは補償周波数領域とアルゴリズム全体の信頼性条件を満足するた サブストラクチャー法、実時間実験法、振動台動特性補償、2 成分同時制御

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5088 FAX:075-753-5926

めに、次のような方法を採用した。まず振動台への入力加速度を x(t)、振動台応答を y(t)とし、振動台の周 波数応答関数 H()を求める。

$$\hat{H}(\omega) = \frac{\hat{P}_{xy}(\omega)}{\hat{P}_{xx}(\omega)} \quad (1)$$

いま、Nをフィルタ次数として作成する IIR フィルタの
伝達関数を b(z)/a(z)とおくと、A(),B()をそれぞれ
a(),b()の離散フーリエ変換として最小2 乗問題を
解くことでフィルタ係数を決定する。

$$\left| H(\omega) - \frac{B(\omega)}{A(\omega)} \right| \to \min$$
 (2)

4.実験による検証

2成分同時制御が可能な油圧式振動台とDSP システムにより実験システムを製作し、実験供試体を用いてフィルタの設計および実証のための加振実験を行った。 検証実験における計算時間刻みは1ms である。まず、加速度制御を行なった場合のデジタルフィルタによる 補償後の振動台の動特性を図3に示す。この実験システムの場合、1.5Hz~8Hz の範囲で良好な位相補償を行 うことができた。しかしながら、振幅誤差はやや精度 の劣る結果であった。

次に加速度信号とともに変位信号を入力として制御 を行った。図4にフィルタによる補償後の振動台の動 特性を示す。このシステムにより、0.5Hz~8Hzの範囲 で良好な補償を行うことができた。

想定モデルは、図5に示すような2自由度系とし、 TMD部分を実験部分とした。供試体は電磁ダンパーで ある。計算部分の実験部分に対する質量比µは0.01, 振動数比1、減衰比2%、入力波はel centro波NS成 分とした。対応する全体構造モデルの応答計算を行っ た結果と実験結果を対比して図6に示す。これによる と数値計算結果と実験結果は非常に良好な一致を示し ており、構築されたシステムにより従来の研究により 得られているシステムよりも高い精度の実験が可能で あることがわかる。

5.結論

従来のサブストラクチャーハイブリッド振動台実験 手法の大きな問題点であった振動台の振幅・位相のずれを補償

するため、加速度制御および変位制御を行う実験アルゴリズムを開発した。さらに、実験アルゴリズムを2 成分同時入力可能な振動台と DSP から成るシステムに実装し、精度の高いサブストラクチャーハイブリッド 振動台実験が行えるシステムを構築した。検証実験の結果、良好な実験精度が得られることが示された。



図 6 供試体応答