

慣性力駆動型試験装置によるダンパーの実地震応答載荷実験

家村浩和・豊岡亮洋・五十嵐晃

1. はじめに

本研究では、慣性力駆動型試験装置と称するダンパー装置の載荷システムを新規に開発するとともに、この試験装置を用いたサブストラクチャハイブリッド試験システムを構築し、実大実験によりその成立性を検討した。

2. 慣性力駆動型試験装置

図-1 に、慣性力駆動型試験装置（以下、IFDL と称する）の概要を示す。このシステムは、コンクリートスラブ、加振装置、ゴム・ローラー支承より構成されている。加振装置を外部信号により駆動することで、スラブに慣性力が伝達され、スラブに設置された供試体に振動状態を発生させることにより載荷実験を行うものである。

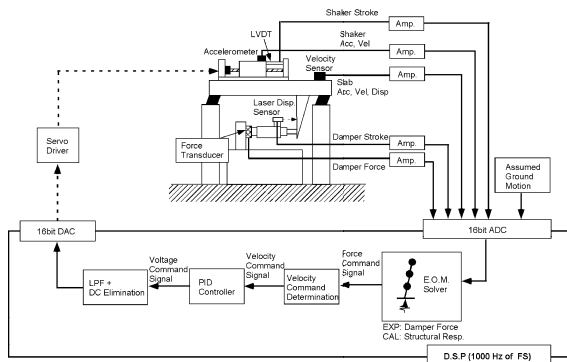


図-1 慣性力駆動型試験装置の構成

3. リアルタイムハイブリッド実験システム

いま、図-2(a)のように、試験対象ダンパーが設置された仮定の振動系に地震動が作用したことを想定し、このときの動的応答を(b)のIFDLにより再現することを考える。それぞれの運動方程式は、式(1)、(2)のようになる。ただし、 m_a, k_a, c_a および m_s, k_s, c_s はそれぞれ想定系およびIFDLの質量・剛性・減衰である。また、 $f_D(t)$ はダンパーの荷重、 $f(t)$ は加振装置の発生する慣性力である。

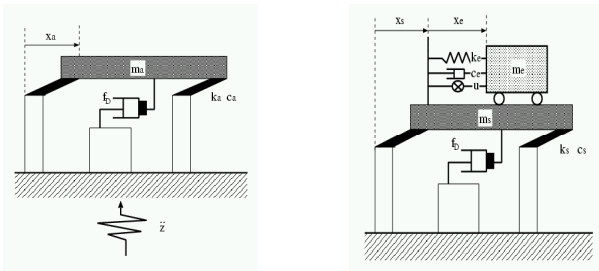


図-2 (a) 想定振動系

(b) IFDL モデル

$$m_a \ddot{x}_a + c_a \dot{x}_a + k_a x_a + f_D(t) = -m_a \ddot{z} \quad (1)$$

$$\begin{cases} m_s \ddot{x}_s + c_s \dot{x}_s + k_s x_s + f_D(t) = -f(t) \\ m_e (\ddot{x}_e + \ddot{x}_s) = f(t) \end{cases} \quad (2)$$

これより、IFDL の応答を想定系の応答と一致させるためには、加振装置は以下のような慣性力を桁に伝達する必要がある。

$$f(t) = -m_s \ddot{x}_a - c_s \dot{x}_a - k_s x_a - f_D(t) \quad (3)$$

この制御手法は、計算された想定構造物の変位・速度・加速度応答および計測されたダンパー荷重のみを必要とするため、想定系が多自由度の場合においてもそのまま適用できる。

4. 実大実験における検証

提案手法の有効性を検証するため MR ダンパー装置を用いた載荷試験を行った。MR ダンパーは、印可電流を 0A に固定したパッシブダンパーとして用いた。想定構造系としては質量 248ton、固有振動数 1 Hz、減衰 2% の 1 自由度系を想定した。また、地震動としては Kobe NS、および El-Centro NS 入力（最大 30gal）を設定した。ここでは、Kobe NS 入力における結果を述べる。

図-3 に、実験におけるダンパー履歴（変位-荷重(a)および速度-荷重(b)）、加振装置の速度(c)および伝達慣性力(d)の時刻歴を解析値と比較して示す。両者はおおむね良好な一致をみせている（最大変位誤差 2%、速度誤差 4%、履歴エネルギー誤差 6%）。なお、解析値は、予め行ったダンパーの載荷試験をもとに構築したモデルを用いて計算した。このように、提案手法により想定構造物の動的応答が実時間で再現可能であることが示された。

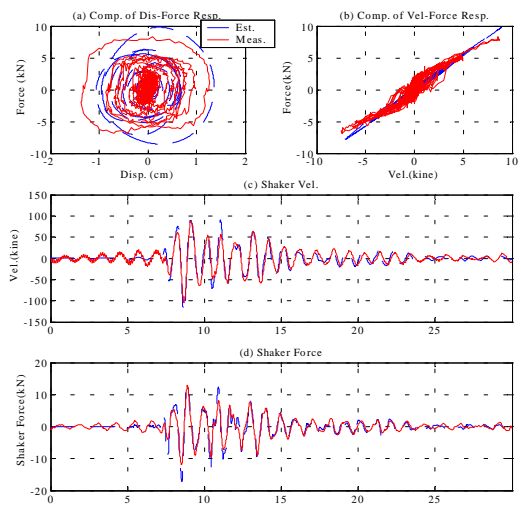


図-4 ダンパー・加振装置応答比較 KobeNS 30gal