

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 論題(和文)            | 起振機を用いた多層制振フレームの簡易振動実験手法の提案（その3）慣性質量装置の概要                                                                     |
| Title             |                                                                                                               |
| 著者(和文)            | 岩崎雄一, 添田幸平, 石田琢志, 佐藤大樹, 北村春幸, 佐々木和彦, 宮崎充, 吉江慶祐, 石井正人                                                          |
| Authors           | IWASAKI Yuichi, Kohei Soeta, Takushi ISHIDA, daiki sato, Haruyuki Kitamura, Kazuhiko Sasaki, Mitsuru MIYAZAKI |
| 出典 / Citation     | 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, No. , pp. 95-96                                                                    |
| Citation(English) | , Vol. B-2, No. , pp. 95-96                                                                                   |
| 発行日 / Pub. date   | 2010, 9                                                                                                       |
| rights            | 日本建築学会                                                                                                        |
| rights            | 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである                                                                              |
| relation          | isVersionOf: <a href="http://ci.nii.ac.jp/naid/110008123765">http://ci.nii.ac.jp/naid/110008123765</a>        |

## 起振機を用いた多層制振フレームの簡易振動実験手法の提案

## その3 慣性質量装置の概要

正会員○岩崎 雄一<sup>\*1</sup> 添田 幸平<sup>\*2</sup> 石田 琢志<sup>\*3</sup>  
 佐藤 大樹<sup>\*2</sup> 北村 春幸<sup>\*2</sup> 佐々木 和彦<sup>\*1</sup>  
 宮崎 充<sup>\*1</sup> 吉江 慶祐<sup>\*4</sup> 石井 正人<sup>\*4</sup>

振動実験 動的加振 慣性質量装置

履歴ダンパー 粘性ダンパー

## 1. はじめに

制振構造の耐震性能を評価するためには実建物の振動挙動を計測することが最良の方法であり、その一つとして、振動台実験が挙げられる。しかし実建物に対しては適用できないため、起振機を用いた加振実験が古くから行われている。その多くが正弦波による定常加振であり、ランダム波加振を対象とした報告は数少ない<sup>1)</sup>。そこで、本報その1、その2では、パッシブ型の制振構造を対象として、地動加振時応答を1つの起振機を用いて再現する実験手法の提案、およびその妥当性を解析的に示した<sup>2)</sup>。本報その3では、本報その1<sup>2)</sup>で提案した加振力を再現する慣性質量装置の概要、およびアクチュエータ変位の算出方法について報告する。

## 2. 実験概要

## 2.1 試験体及び制振ダンパー

本実験に使用する試験体は、10層鋼構造架構の全層に粘性ダンパーを単独配置した VVV モデル、全層に履歴ダンパーを単独配置した HHH モデル、さらに1~6層に履歴ダンパーを配置し、7~10層に粘性ダンパーを配置した HHV モデルの3タイプを用いた。

主架構（ダンパー非設置時）の総重量は 43.6 kN、各階の平面構成は 1000 mm×500 mm、階高は 380 mmである。柱材は1~3、4~6、7~10層で板厚の異なる3種類の板ばねを用い、床材については各階に厚さ 100 mmの鋼板を用いている<sup>2)</sup>。

制振ダンパーは取り付け角度 $\theta = 37.8^\circ$ の勾配でブレース形式に交互に配置し、ボルト締め付けによる面圧力で得られる摩擦力を減衰力とした摩擦ダンパーと、容器と可動板の隙間に生じる粘性体せん断抗力を減衰力とした粘性ダンパーをそれぞれ使用する<sup>3)</sup>。

シミュレーション解析に用いる試験体および制振部材のモデル概要は、表1に示す。

## 2.2 慣性質量装置

図1に示すように試験体、加振装置となる変位制御アクチュエータ、加振力である慣性力を生み出す錘 ( $M_m$  = 約 4.3 tf) を直列に配列することで構成する実験装置を用いる。加振原理は、変位制御アクチュエータを伸縮させることで錘に慣性力を発生させ、その慣性力を試験体に伝える。

本来、起振機は試験体内に設置するのが一般的であるが、本実験では所望の加振力を再現するために必要な錘が大きいため、試験体外に設置する方法を採用した。錘

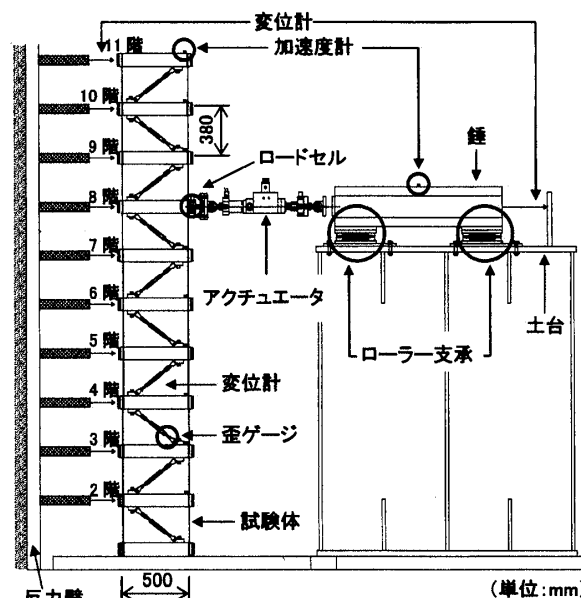


図1 実験システムの概要

表1 解析モデル概要

|        | 特徴                               |
|--------|----------------------------------|
| 主架構    | 構造減衰：レーリー型<br>(1次:1.1%, 2次:2.4%) |
| 粘性ダンパー | 非線形粘性，線形剛性を持つ<br>Kelvin モデル      |
| 履歴ダンパー | 完全弾塑性<br>剛性: フレーム剛性の 8 倍         |

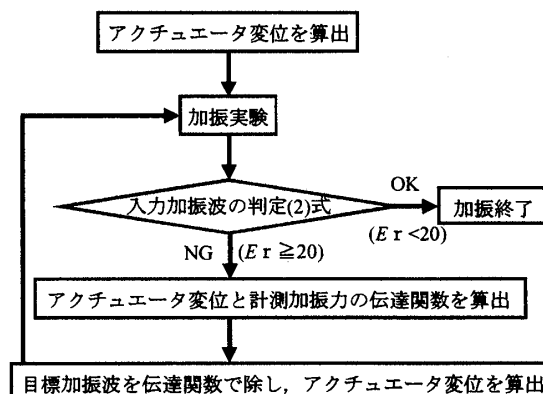


図2 アクチュエータ変位の算出フロー

を試験体外に設置することで、錘の質量が試験体のモードに影響を与えない。また、試験体と錘はアクチュエータによってのみ接続されているため、試験体の取り替えが容易であるという利点がある。一方、錘を配置するスペースが必要となる欠点も持つ。

慣性質量装置は自重を支持できる機構を持ち、水平力のみ試験体に伝達する機能が求められる。これを考慮し、錘をローラーにより支持する方式を採用する。試験体と慣性質量装置はロードセルとアクチュエータを介して両端を球面軸受で接合し、錘の慣性力を試験体に伝達する。慣性質量装置の設置階は、実験装置の性能の限界より 8 階以上の階を加振するという条件の下、2 次モードの節である 8 階と、全モードが励起される 11 階を選定した。

### 3. 目標加振力を再現するアクチュエータ変位の算出

本報その 1<sup>2)</sup>で提案した実験手法により算出した目標加振力 $_{ig}F(t)$ を、実験で再現するためのアクチュエータ変位 $x_A(t)$ の算出方法を図 2 を用いて説明する。振動台加振波は HACHI10, HACHI20, KOBE10, KOBE20, TOMA10, TOMA20 の 6 波<sup>2)</sup>を用いる。

まず、 $x_A(t)$ は錘の動きだけでなく試験体の動きも考慮する必要がある、次式に示すように錘の絶対変位 $x_m(t)$ と加振階の絶対変位 $x_f(t)$ との差分から算出する。

$$x_A(t) = x_m(t) - x_f(t), \quad x_m(t) = \iint (_{ig}F(t) / M_m) dt dt \quad (1a, b)$$

上式の $x_A(t)$ では、錘を支えるローラーに生じる摩擦や試験体と錘との相互作用を無視しているため、目標加振力を再現することはできない。ローラーに生じる摩擦力 $F_m$ を計測するために、試験体を固定し、振動数

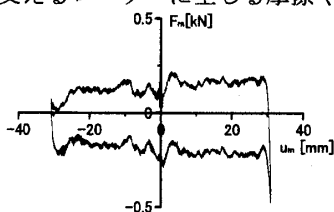


図 3 摩擦力測定結果

0.01 Hz で振幅 30 mm とする正弦変形 $u_m$ で錘を強制加振した。その結果、0.1~0.2 kN の範囲で変動する $F_m$ が計測された(図 3)。そこで、次の操作を行うことでこれらの影響を取り除く。

加振実験で計測された加振力 $_{rp}F(t)$ (以後、計測加振力)とアクチュエータ変位 $_{rp}x_A(t)$ から伝達関数 $H(\omega)$ を算出する。この $H(\omega)$ を用いて再度 $x_A(t)$ を算出し、式(2)に示す再現誤差 $Er$ <sup>4)</sup>が 20%未満になるまで収斂作業を行う。

$$Er = \frac{\sum (_{rp}F(\omega) - _{ig}F(\omega))^2}{\sum (_{ig}F(\omega))^2} \times 100 \quad (2)$$

なお、実験で用いるアクチュエータの追従性能は 20 Hz が限界であるため、式(2)を 0~20 Hz の間で評価した。

収斂後の 8 階加振における計測加振力と、目標加振力のフーリエ振幅スペクトルおよび時刻歴波形を図 4 に示す。収斂後における計測加振力は、主要部分で大きな誤差がみられず、十分な精度で目標加振力を再現できてい

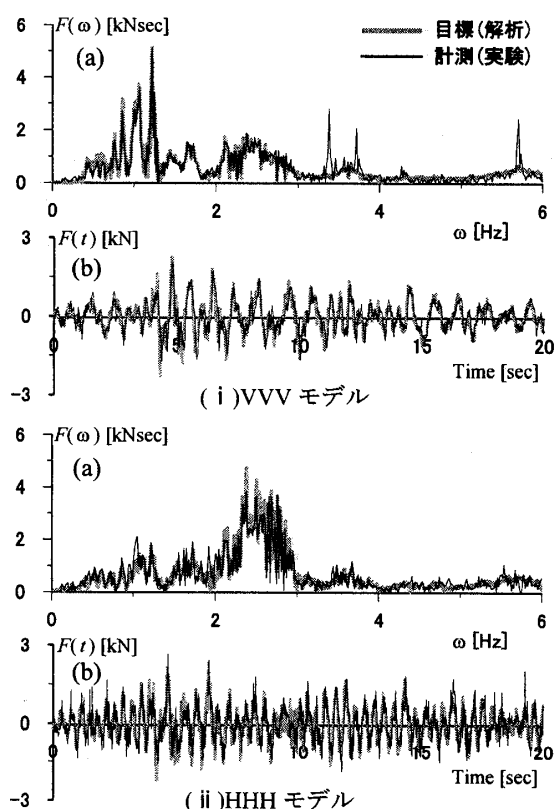


図 4 収斂後の入力加振力の比較  
(a) フーリエ振幅スペクトル, (b) 時刻歴波形  
(8 階加振, 加振波: HACHI20)

る。本手法で算出したアクチュエータ変位を用いることで、いずれの加振条件においても十分な精度で目標加振力を再現できた。

### 4. まとめ

起振機を試験体内に設置する方法では、所望の加振力を再現するのに必要な錘が大きいため、試験体外に設置する方法を採用した。

目標加振力を再現するアクチュエータ変位を、アクチュエータ変位と計測加振力との伝達関数により求める手法を提案した。いずれの加振条件においても、計測加振力は精度良く目標加振力を再現できた。

#### 謝辞

本研究は、オイレス工業(株)、(株)日建設計、東京理科大学北村研究室による共同研究の成果の一部を用いたものです。

#### 参考文献

- 鈴木祥之, 山本雅史: 実大構造物の地震応答加振システムに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, No.514, pp105-110, 1998.12
- 宮澤和也, 石田琢志, 佐藤大樹, 佐々木和彦, 北村春幸, 宮崎充, 吉江慶祐, 石井正人, 藤田隆史: 振動台を模擬する起振機を用いた多層制振フレームの簡易振動実験手法の提案 (その 1—その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, p.p.633-636, 2009.8
- 石田琢志, 佐藤大樹, 北村春幸, 佐々木和彦, 宮崎充, 吉江慶祐, 石井正人, 藤田隆史: 履歴型・粘性型ダンパーをハイブリッドに配置した 10 層フレームの振動台実験, 構造工学論文集 Vol.55B, pp507-515, 2009.3
- 梶原浩一, 佐藤栄児, 田川泰敬: 実大三次元震動破壊実験装置(E-ディフェンス)の加振性能と活用について, 運動と振動の制御シンポジウム講演論文集 No.9, pp313-316, 2005.8

\*1 オイレス工業(株)

\*2 東京理科大学

\*1 Oiles Corporation

\*2 Tokyo Univ. of Science

\*3 戸田建設(株) (元東京理科大学)

\*4 (株)日建設計

\*3 Toda Corporation

\*4 NIKKEN SEKKEI Ltd.