

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4) 慣性質量装置を用いた振動実験
Title	
著者(和文)	添田幸平, 石田琢志, 佐藤大樹, 北村春幸, 佐々木和彦, 宮崎充, 岩崎雄一, 吉江慶祐, 石井正人
Authors	Kohei Soeta, Takushi ISHIDA, daiki sato, Haruyuki Kitamura, Kazuhiko Sasaki, Mitsuru MIYAZAKI, IWASAKI Yuichi
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, No. , pp. 97-98
Citation(English)	, Vol. B-2, No. , pp. 97-98
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: http://ci.nii.ac.jp/naid/110008123766

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4 慣性質量装置を用いた振動実験

正会員 ○添田 幸平^{*1} 石田 琢志^{*2} 佐藤 大樹^{*1}
北村 春幸^{*1} 佐々木 和彦^{*3} 宮崎 充^{*3}
岩崎 雄一^{*3} 吉江 慶祐^{*4} 石井 正人^{*4}

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

本報その4では、本報その1¹⁾で提案した手法による加振力を用いて加振実験を行い、実験手法の有効性を検討する。実験結果(実験値)とシミュレーション解析結果(解析値)の比較について報告する。

2. 計測システムと計測精度

2.1 計測システム

本実験装置における計測システム(計測項目、計測機器および計測場所)を表1に示す。サンプリング周波数は1000 Hzとし、実験後0.1~30 Hzの範囲でバンドパスフィルタをかけノイズ除去を行う。

2.2 計測精度

本実験装置の運動方程式は、次式で与えられる。

$$[M]\{\ddot{x}(t)\} + [C]\{\dot{x}(t)\} + \{Q(t)\} = \{\bar{f}\}F'(t) \quad (1)$$

ここで、 $[M]$ 、 $[C]$ ：質量、減衰マトリクス、 $\{x(t)\}$ ：層の復元力(非線形)、相対変位ベクトル、 $\{\bar{f}\}F'(t)$ ：加振力($\{\bar{f}\}$ ：加振階で1、それ以外で0の外力分布ベクトル)である。

式(1)の両辺に前から $\{dx\}^T = \{\dot{x}(t)\}^T dt$ を掛けて、時刻 t まで積分することで、エネルギーの釣合式は次式のように表される²⁾。

$$W_{ek}(t) + W_h(t) + W_{es}(t) + W_p(t) = E(t) \quad (2)$$

$$E(t) = \int_0^t \{\dot{x}(t)\}^T \{\bar{f}\}F'(t) dt = \int_0^{x_i(t)} F'(t) dx_i \quad (3)$$

ここで、 $W_{ek}(t)$ ：運動エネルギー、 $W_h(t)$ ：減衰エネルギー、 $W_{es}(t)$ ：弾性歪みエネルギー、 $W_p(t)$ ：塑性歪みエネルギー、 $E(t)$ ：加振力による試験体への総エネルギー入力である。

式(3)より $E(t)$ は加振力 $\{\bar{f}\}F'(t)$ と加振階の相対変位 $x_i(t)$ の履歴曲線の囲む面積から算出できる。

各モデルの8階加振、加振波HACHI20における加振力による試験体への総エネルギー入力 $E(t)$ と各層のダンパーが吸収したエネルギーの総和 $\Sigma W_{Di}(t)$ の時刻歴の比較を図1に示す。 $\Sigma W_{Di}(t)$ は、各層のダンパー変位とダンパー荷重の履歴曲線が囲む面積の総和から算出する。図1に示すようにいずれのモデルにおいても $E(t)$ は ΣW_{Di} にほぼ等しくなる。本実験では、主架構の構造減衰は小さいため、加振力によって試験体に投入されたエネルギーはほとんど

表1 計測システム

計測項目	計測機器	計測場所
各階絶対加速度	サーボ型速度計	2~11F
各階絶対変位	接触型変位計	2~11F
加振力	ロードセル	主架構・錘側接合部
錘絶対加速度	歪ゲージ式加速度計	錘
錘絶対変位	接触型変位計	錘
ダンパー変位	接触型変位計	1~10層
ダンパー荷重	歪ゲージ	1~10層

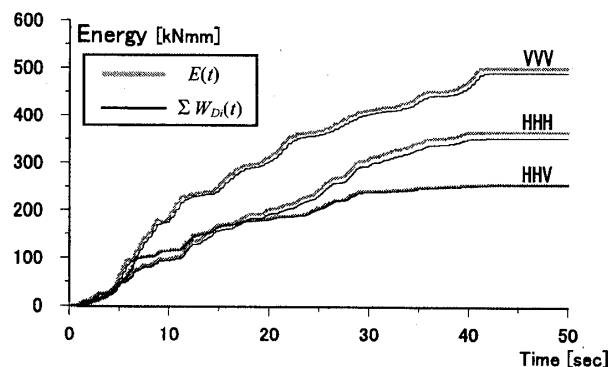


図1 エネルギーの時刻歴 (8階加振, 加振波:HACHI20)

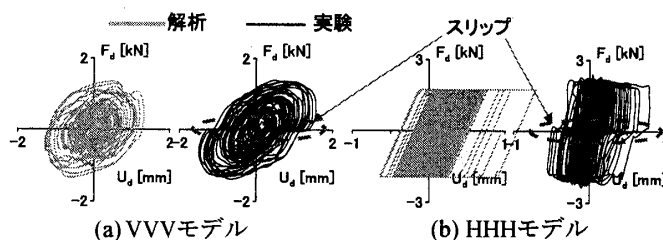


図2 ダンパーの履歴曲線(4層)

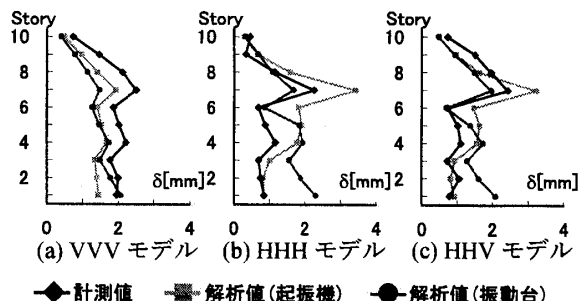


図3 最大層間変位応答の高さ方向による比較 (8階加振, 加振波:HACHI20)

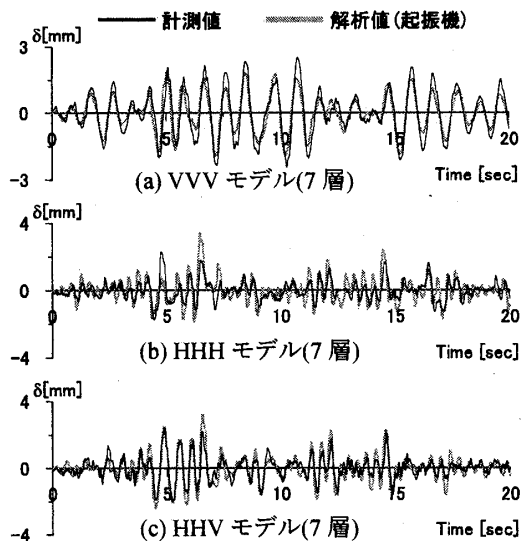


図4 解析値(起振機)と計測値の比較
(8階加振, 加振波:HACHI20)

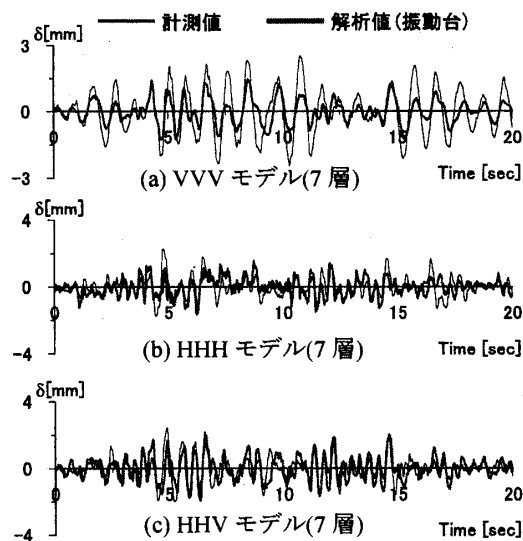


図5 解析値(振動台)と計測値の比較
(8階加振, 加振波:HACHI20)

どダンパーによって吸収されていることがわかる。

各層において、力の釣り合いを比較したところ、計測精度は良好であり、また、ダンパー変位と層間変位においても対応関係は良好であり、計測記録の妥当性が確認できた。

3. 実験結果

実験の精度を確認するために、シミュレーション解析による8, 11階加振時応答(以後、解析値(起振機)と称す)と実験で計測された計測値を比較する。さらに、シミュレーション解析による地動加振時応答(以後、解析値(地動)と称す)と計測値とを比較し、実験手法の有効性を示す。

3.1 ダンパーの履歴曲線

実験の精度の確認として、4層におけるダンパーの履歴曲線を図2に示す。粘性ダンパーおよび履歴ダンパーともに、荷重が0となるところで、スリップが確認できる。これは、ダンパーの取付部のガタが要因である。さらにHHHモデル(履歴ダンパー)においては、実験に用いたダンパーの初期剛性が解析値(起振機)に比べ、高いことが確認でき、初期剛性内に留まる変形では、スリップの影響が相対的に大きい。これらのモデル化誤差により、計測値と解析値(起振機)で差異が生じたことが推察できる。スリップの影響については今後の課題である。

3.2 高さ方向における最大値応答

高さ方向における最大層間変位応答の比較を図3に示す。解析値(起振機)と計測値を比較することで、実験の精度を確認する。いずれのモデルにおいても、計測値は解析値(起振機)の傾向を十分に捉えていることが確認できる。特に、スリップの影響が相対的に小さいVVVモデルは再現性が高い。履歴ダンパーのモデル化の精度が良好でないため、履歴ダンパーを配置したHHHモデル

およびHHVモデルの1~6層では、粘性ダンパーを配置した層に比べ誤差にばらつきが見られる。

解析値(地動)と計測値を比較すると、いずれのモデルも計測値は解析値(起振機)の傾向を捉えていない。計測値は解析値(起振機)の傾向を十分に捉えていることから、最適起振機設置階¹⁾で加振すれば、本報その2に示すように、解析値(地動)の傾向を捉えることができると判断できる。

3.3 層間変位時刻歴波形

8階加振、加振波HACHI20における層間変位時刻歴波形(7層)の比較を図4と図5に示す。時間軸は主要動部分を含む0~20secとする。

解析値(起振機)と計測値の比較を図4に示す。いずれのモデルも計測値は解析値(起振機)の傾向を捉えている。特に、VVVモデルにおいては、精度良く計測値は解析値(起振機)を再現できている。

図5に示すように、解析値(地動)と計測値を比較すると、振幅の大きさに差異は見られるが、振動現象を再現していることがわかる。各層における最大層間変位応答が地動加振時応答を再現するため、最適起振機設置階¹⁾で加振することで、地動加振時応答の再現性が増すと推察する。

4. まとめ

本報その1で提案した実験手法を用いて加振実験を行い、実験手法の有効性を示した。

参考文献

- 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
- 秋山宏: エネルギーの釣り合いに基づく建築物の耐震設計, 技報堂出版, 1999.11

*1 東京理科大学
*3 オイレス工業㈱

*2 戸田建設㈱(元東京理科大学)
*4 ㈱日建設計

*1 Tokyo Univ. of Science
*3 Oiles Corporation

*2 Toda Corporation
*4 NIKKEN SEKKEI Ltd.