

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	履歴減衰型・粘性減衰型制振部材を併用配置した10層フレームの応答特性 その3 シミュレーション解析による検証
Title	
著者(和文)	石田琢志, 佐藤大樹, 佐々木和彦, 宮崎充, 北村春幸, 藤田隆史, 吉江慶祐, 石井正人
Authors	Takushi ISHIDA, daiki sato, Kazuhiko Sasaki, Mitsuru MIYAZAKI, Haruyuki Kitamura, Takafumi FUJITA
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, , pp. 549-550
Citation(English)	, Vol. B-2, , pp. 549-550
発行日 / Pub. date	2008, 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/110007066234

履歴減衰型・粘性減衰型制振部材を併用配置した10層フレームの応答特性

その3 シミュレーション解析による検証

正会員 〇石田 琢志^{*1} 佐藤 大樹^{*1} 佐々木 和彦^{*2} 宮崎 充^{*2}
同 北村 春幸^{*1} 藤田 隆史^{*3} 吉江 慶祐^{*4} 石井 正人^{*4}

エネルギー吸収機構
併用効果

履歴減衰型制振部材
振動台実験

粘性減衰型制振部材
シミュレーション

1. はじめに

本報では、本報その1,2より得られた実験結果に基づいたシミュレーション解析から、解析モデルの妥当性の検証および実験結果の考察を行うことを目的とする。

2. 解析概要

シミュレーション解析は振動台実験を行った全7モデルについて行う。入力地震波は実験同様全9波とし、これらは振動台の特性を考慮に入れ、実験で計測された各モデルにおける振動台加速度記録を採用する。また、解析時間刻みは0.002秒とする。

3. 解析モデルの設計

3.1 主架構のモデル化

試験体同様(本報その1)、主架構の総重量は39.2kN、平面構成は1000mm×500mm、階高は各層380mmとし、柱材、床板についても同様とする。ただし、制振部材設置角度に関しては節点の増加を避けるため、制振部材は柱、梁接合部を利用し設置した。そのため、試験体と異なり $\theta=37.2^\circ$ となるがその影響は小さいと考えられる。

主架構の自由振動試験から、対数減衰率を用いて求めた主架構の1次の減衰定数は1.1%であった。また、減衰マトリクスは図1に示すWhite Noise加振試験より得られた1階と11階の伝達関数から、1次の固有振動数に対し、剛性比例減衰0.4%、質量比例減衰0.7%のRayleigh減衰型とした。剛域は実験で得られた固有振動数に主架構の固有振動数を合わせるため、梁芯部から板ばねの上下に各40mmと定めた。図1に伝達関数から得られた1-3次の固有振動数と固有値解析を合わせて併記する。これより、解析結果は実験結果を精度良く再現していることが確認できる。

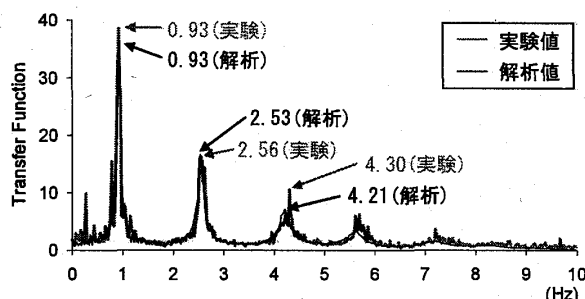


図1 伝達関数

3.2 履歴減衰型制振部材 (HD) のモデル化

HDの*i*層の初期剛性 $K_{b,i}$ は次式より求められる。

$$K_{b,i} = \frac{\alpha \cdot K_{h,i}}{\cos^2 \theta}, \quad K_{h,i} = \frac{12EI}{l^3} = \frac{bh_i^3 \cdot E}{l^3} \quad (1a, b)$$

ここで、 $K_{h,i}$ は主架構の*i*層の剛性、 E はヤング係数($E=2.058 \times 10^8$ kN/m²)、 h_i 、 b 、 l はそれぞれ板ばね幅、厚さ、長さであり、 α はHDの初期剛性が主架構の剛性の何倍かを決定する値である。この係数 α をパラメトリックに変化させたところ、 $\alpha=8$ で実験値と良い対応を示したため、この値を採用する。HDの制振部材量である*i*層の降伏応力度 σ_i は降伏耐力 $F_{dy,i}$ と制振部材断面積 A_i を用いて以下で表すことができる。

$$\sigma_i = \frac{F_{dy,i}}{A_i} = \frac{F_{dy,i} \cdot E}{K_{b,i} L} \quad (2)$$

ここで、 L は制振部材の長さ($L=0.63$ m)であり、制振部材の引張、圧縮側降伏耐力は、実験により得られた値それぞれを用いる。

3.3 粘性減衰型制振部材 (VD) のモデル化

VDは、非線形粘性、線形剛性をもつKelvin-Voigtモデルを用いる(図2)。VDの*i*層の減衰抵抗力 $F_{d,i}$ および粘性係数 $dC_{1,i}$ 、 $dC_{2,i}$ については本報その1を参

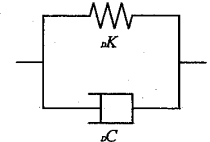


図2 Kelvin-Voigt モデル

照されたい。事前解析と異なり、本解析では実験によるせん断面積の微小な違いも考慮し粘性係数を定めた。ただし、せん断面積に対し、せん断隙間および粘性体温度の粘性係数に及ぼす影響は小さいため(その1,式5)、せん断隙間は全層0.1cm、粘性体温度は制振部材単体試験の値を用いる。また、VDの*i*層の貯蔵剛性 dK_i は単体試験から得られた値を用いる。Sv=10, 20cm/sの入力波を用いる時は単体試験で正弦波の振幅を2mmに、Sv=40cm/sの入力波を用いる時は振幅を4mmに制御した時に得られた貯蔵剛性をそれぞれ使用する。

3.4 実験結果との比較

Tomako20のHHH, VVVモデルにおける実験結果と解析結果の応答を比較し、解析モデルの精度を検証する。絶対変位、エネルギー吸収量の高さ方向における実験

結果と解析結果の応答比較を図3に示す。絶対変位において、解析値は実験値と精度の良い一致を示す。エネルギー吸収量における各層の応答は若干の差異が見られるが、剛性の変化する層で応答が卓越する点等、全体の傾向は概ね捉えている。また、エネルギー吸収量の総和における実験、解析値の差異が、HHHモデルで16%、VVVモデルで0.2%程度であることから、シミュレーション解析の精度は良好であると判断できる。

3.5 シミュレーション解析による併用効果の検証

本節ではシミュレーション解析から、実験結果では不明確な事象を明らかにし、併用効果の検証を行う。

図4にTomako20での高さ方向における解析結果の応答比較を示す。比較項目は、最大絶対加速度、最大層間変形、最大層せん断力、実効変形比、等価繰返し数⁴⁾、エネルギー吸収率であり、比較対象は、HHH, HHV, VHH, VVVの4モデルである。ここで、エネルギー吸収率とは入力エネルギーに対する、各層で制振部材が吸収するエネルギー量の割合である。なお、制振部材のエネルギー吸収量には主架構の減衰エネルギーは含まれていない。

実験結果同様（本報その2）、HHVモデルの上層部における加速度低減が見られ、また、併用により下層部においても層間変形の低減を確認することができた。実効変形比において、上層部での改善が見られることから制振部材が有効に機能していると考えられる。また、エネルギー吸収率では、小振幅時においても十分なエネルギー吸収を行うVDを配置することで、上層部におけるエネルギー吸収率の増大が見られ、下層部にHD、上層部にVDを併用配置する有効性が確認できる。

一方、VHHモデルでは、上層部での実効変形比の改善は見られない。また、エネルギー吸収に関しては、層せん断力が小さい上層部では制振部材が降伏しにくいため十分なエネルギー吸収は望めない。これはHHHモデルにおいても同様である。しかし、VHHモデルでは、下層部にVDを配置することで、上層で剛性は高く、下層部で低い構造となり、HHHモデルに比べ低層部へエネルギーが集中する傾向にある。このため、下層部の制振部材への付加は増大し、試験体全体でのエネルギー吸収効率は低いことが確認できる。また、これらの傾向は他の入力波においても同様に認められた。

4. おわりに

シミュレーション解析により、解析モデルの妥当性および両制振部材併用による応答特性を論証した。本報のまとめとして、上層部にHDを配置した場合、その制振部材は有効に機能せず、エネルギーは下層部に集中するため、試験体全体でのエネルギー吸収効率は低い。そ

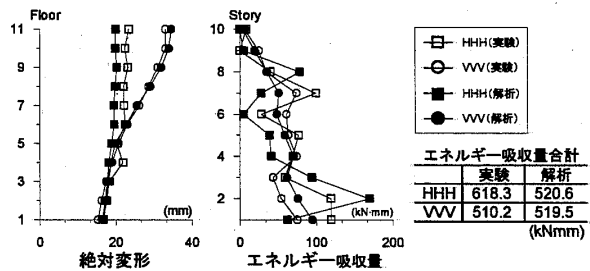


図3 実験・解析結果の比較

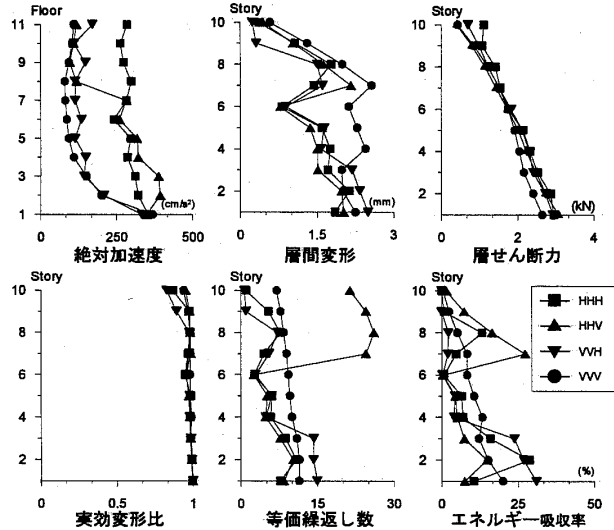


図4 応答比較

ここで、上層部にVDを組み込むことで制振部材は効果的に働き、エネルギー吸収が増加する。加速度等の応答低減はこれに起因するものと考えられ、これより、制振部材は下層部にHD、上層部にVDを併用配置することが最も望ましいと考えられる。しかし、エネルギー吸収量の増加等をもたらすメカニズムについては未だ不明解である。本解析モデルを用いたメカニズムの解明を今後の課題とする。

謝辞

本研究は東京大学生産技術研究所藤田研究室、㈱日建設計、オイレ工業㈱、東京理科大学北村研究室による共同研究の一部を用いたものです。本実験は東京大学生産技術研究所、オイレ工業(株)の実験所を使用しました。また、東京大学生産技術研究所の嶋崎守氏には多大な協力をいただきました。東京理科大学北村研究室の瀧美孝純氏・小川薫氏・江口隼吾氏には多大な協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 例えば、打越瑞昌、林理、巖文成、小幡学、大杉文哉、内田富久：「極軟鋼+粘性体」制振壁を用いた制振建物の設計例、その1～その2、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造II、pp.865-868、1996.9
- 2) 瀧美孝純、北村春幸、石井正人、浦本弥樹：鋼構造超高層建物における履歴減衰型・粘性減衰型制振部材の高さ方向併用配置の提案、その1～その2、履歴減衰型・粘性減衰型制振部材の単独配置による制振効果、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2分冊、pp.763-765、2006.9
- 3) 瀧美孝純、小川薫、北村春幸、藤田隆史、吉江慶祐、石井正人、佐々木和彦、宮崎充：3層フレーム加振試験による履歴減衰型・粘性減衰型制振ダンパー併用時の制振効果、その1～その2、日本建築学会大会学術講演梗概集B-2分冊、pp.841-844、2007.8
- 4) 秋山宏：エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計

¹⁾ 東京理科大学
²⁾ オイレ工業㈱
³⁾ 東京大学生産技術研究所
⁴⁾ ㈱日建設計

¹⁾ Tokyo Univ. of Science
²⁾ Oiles Corporation
³⁾ Institute of Industrial Science, Tokyo Univ.
⁴⁾ NIKKEN SEKKEI Ltd.