

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	2006 10層フレーム加振試験による履歴減衰型・粘性減衰型制振部材併用時の応答特性に関する研究：その3 シミュレーション解析による検証(構造)
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	日本建築学会関東支部研究報告集 I, , No. 78,
Citation(English)	, , No. 78,
発行日 / Pub. date	2008, 1
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/110006941760

10層フレーム加振試験による履歴減衰型・粘性減衰型制振部材併用時の応答特性に関する研究

その3 シミュレーション解析による検証

準会員 ○ 石田琢志^{*1} 正会員 佐藤大樹^{*1} 同 佐々木和彦^{*2}
 同 宮崎充^{*2} 同 北村春幸^{*1} 同 藤田隆史^{*3}
 同 吉江慶祐^{*4} 同 石井正人^{*4}

構造—制振

履歴減衰型制振部材 粘性減衰型制振部材
 併用効果 振動台実験 シミュレーション

1. はじめに

本報(その3)では、前報(その1,2)から得られた実験結果を
 基にシミュレーション解析を行い、解析モデルの妥当性の検証を行
 った上で、実験結果の考察を目的とする。

2. 解析概要

シミュレーション解析は、加振試験を行った全7タイプ(前報そ
 の1、表4参照)について行う。入力地震波は、実験同様、Hachi,
 Kobe, Tomako の3種類で、それぞれ速度応答スペクトルが
 $S_v=10\text{cm/s}$, 20cm/s , 40cm/s ($\eta=5\%$ 時)の、全9パターンとし、また
 解析に用いる入力波は、振動台の特性を考慮に入れ、実験で計測さ
 れた各タイプにおける1階の絶対加速度記録を採用する。また解析
 時間刻みは0.002秒とし、直接積分法により解析を行う。

3. 解析モデルの設計

3.1 主架構のモデル化

解析モデル図を図1に示す。解析モデルは前報(その1)で記載
 した試験体と同様、各層に4枚板ばねが配置され、1枚の板ばね寸
 法は、厚さが1~3層で5mm、4~6層で4.5mm、7~10層で4mm
 の3段階分布であり、幅は全層205mmである。床スラブは鋼板を
 用い(図2)、また階高を全層380mm、質量は鋼板と板ばねを含め
 た値とする。その1の図1に示したように、制振部材は柱、梁中心
 軸の交点から偏心して取り付けられているが、解析では節点を増や
 すことを避けるため、制振部材は柱、梁接合部を利用し取り付けた。
 そのため、ダンパー取り付け角度は試験体と異なり、 $\theta=37.2^\circ$ とな
 るが、その影響は小さいと考えられる。各層のパラメータを表1に
 示す。なお、柱、梁のヤング係数は共に $2.058 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ を用いる。

図3に制振部材を設置していない状態(主架構)での自由振動試
 験から得られた11階の時刻歴変位波形を示す。振動が1次モード
 に収束したと思われる点から、対数減衰率を用い求めた主架構の1
 次の減衰定数は1.1%であった。また、減衰マトリクスは上述と図

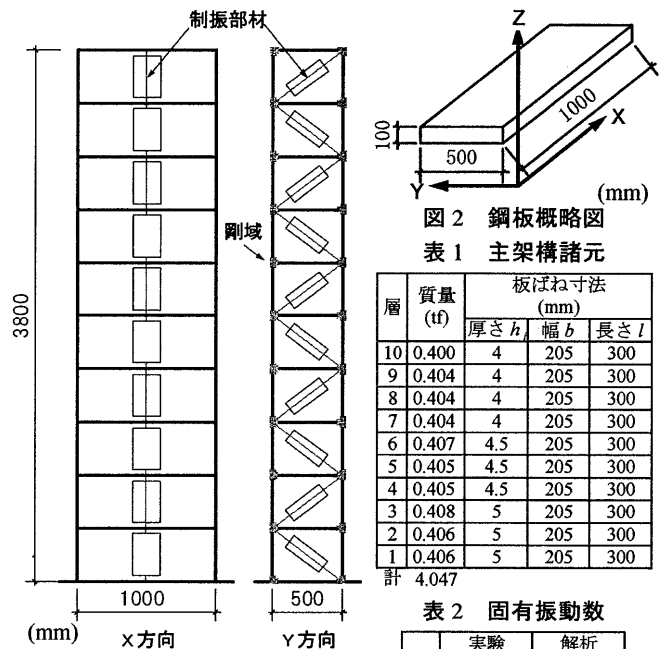


図1 解析モデル図

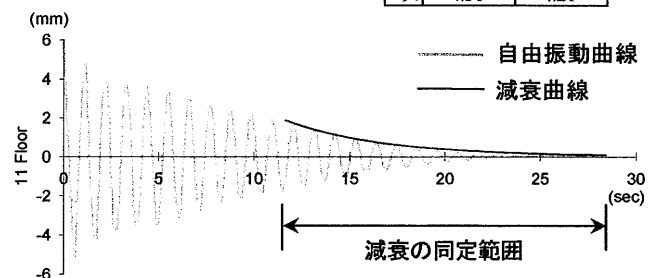


図3 減衰定数

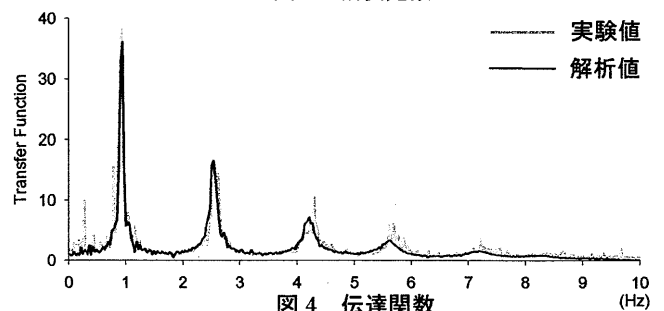


図4 伝達関数

4に示すWhiteNoise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。また、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に、中心軸から板ばねの上下に400mmと定めた。図4に解析より得られた伝達関数を併記する。また、表2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より得られた値を示す。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。

3.2 履歴減衰型制振部材のモデル化

履歴減衰型制振部材は図5に示すようにモデル化をする。i層の履歴減衰型制振部材の初期剛性 $K_{b,i}$ は、次式で求められる。

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

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、長さである。なお、板ばね長さは剛域を除いた値とし、主架構の層剛性は両端固定と仮定し求めている(式(1b))。また、 $\theta=37.2^\circ$ であり、 α は履歴減衰型制振部材の初期剛性が主架構の層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見せたため、この値を採用する。また復元力特性は2次剛性が0のBi-linear型とする(図6)。i層の引張及び圧縮側降伏応力度、 $\sigma_i, c\sigma_i$ は、引張及び圧縮側降伏降伏耐力 $tF_{dy,i}, cF_{dy,i}$ と制振部材の断面積 A_i を用いて次式の如く表すことができる。

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

ここで、 L は制振部材の長さ ($L=0.63$ m) であり、ダンパー降伏耐力 $tF_{dy,i}, cF_{dy,i}$ は、実験により得られた引張、圧縮側降伏耐力をそれぞれ採用する。そのため、ダンパー量は各層、各タイプ及び入力により異なる値をとる。例としてTomako20でのHHHにおける各層の履歴減衰型制振部材のパラメータを表3に示す。

3.3 粘性減衰型制振部材のモデル化

粘性減衰型制振部材は、事前解析同様、図7に示すような非線形粘性、線形弾性をもつKelvin-Voigtモデルでモデル化をする。

i層での粘性減衰型制振部材の粘性係数 $D_{C1,i}, D_{C2,i}$ 及び減衰抵抗力 F_i については前報(その1)を参照されたい。事前解析とは異なり、シミュレーション解析では実験によるせん断面積 S_i の微小な違いも考慮し、粘性係数を定める。せん断面積に対し、せん断隙間 d 及びi層の粘性体温度 T_i は粘性係数に及ぼす影響は小さいため(その1、式(5))、せん断隙間は事前解析同様0.1cmとし、また、粘性

体温度は(その1)で記載したダンパー単体試験と振動台実験とでほぼ同じ温度であることから単体試験時の値を採用する。i層での粘性減衰型制振部材の貯蔵剛性 D_{K_i} もダンパー単体試験から得られた値を用いる。ただし、粘性減衰型制振部材は前述した履歴型と異なり、10cm/s、20cm/sの入力波を用いる時は、単体試験で正弦波の振幅を変位を2mmに制御した時に得られた貯蔵剛性を用いる。40cm/sの入力波を用いる時は、変位を4mmに制御した時に得られた貯蔵剛性の値をそれぞれ用いる。

以上から、粘性減衰型制振部材においても各層で異なるダンパー量を用いてシミュレーション解析を行う。例として表4にTomako20でのVVVにおける各層のパラメータを示す。

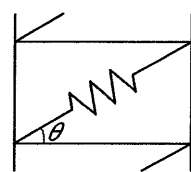


図5 履歴減衰型制振部材

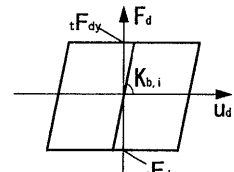


図6 復元力特性

表3 履歴減衰型制振部材諸元 (HHH, Tomako20)

層	$K_{b,i}$ (kN/m)	A_i (m ²)	$tF_{dy,i}$ (kN)	$cF_{dy,i}$ (kN)	σ_i (kN/m ²)	$c\sigma_i$ (kN/m ²)
10	5048	1.54E-05	1.21	-1.25	78549	-81146
9	5048	1.54E-05	0.77	-1.20	50245	-77900
8	5048	1.54E-05	0.91	-0.89	59334	-57971
7	5048	1.54E-05	1.25	-1.27	81146	-82444
6	7188	2.19E-05	1.73	-1.67	78876	-76140
5	7188	2.19E-05	1.59	-1.49	72493	-67934
4	7188	2.19E-05	1.73	-1.70	78876	-77508
3	9859	3.01E-05	1.57	-1.52	52183	-50521
2	9859	3.01E-05	1.53	-1.36	50853	-45203
1	9859	3.01E-05	2.12	-1.89	70463	-62819

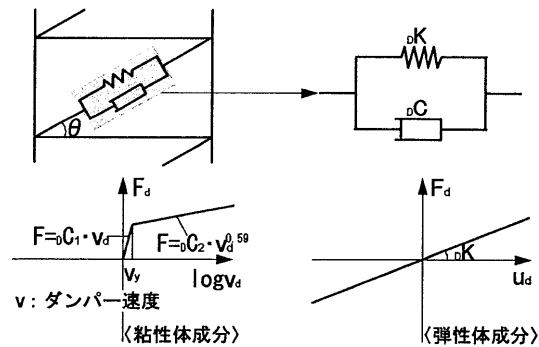


図7 粘性減衰型制振部材

表4 粘性減衰型制振部材諸元 (VVV, Tomako20)

層	S_i (cm ²)	d (cm)	T_i (°C)	$D_{C1,i}$ (kN·sec/m)	$D_{C2,i}$ (kN·sec/m)	F_i (kN)	D_{K_i} (kN/mm)
10	95.27	0.1	22.8	147.3	8.671	0.147	0.137
9	95.27	0.1	22.8	147.3	8.671	0.147	0.135
8	103.67	0.1	24.6	148.3	8.733	0.148	0.133
7	105.54	0.1	24.8	149.7	8.814	0.150	0.134
6	131.10	0.1	24	192.4	11.332	0.192	0.179
5	133.69	0.1	23	204.9	12.064	0.205	0.206
4	140.18	0.1	23.2	213.0	12.541	0.213	0.204
3	153.00	0.1	23	234.5	13.806	0.234	0.234
2	166.50	0.1	23.3	251.9	14.832	0.252	0.244
1	171.00	0.1	25.2	238.4	14.038	0.238	0.217

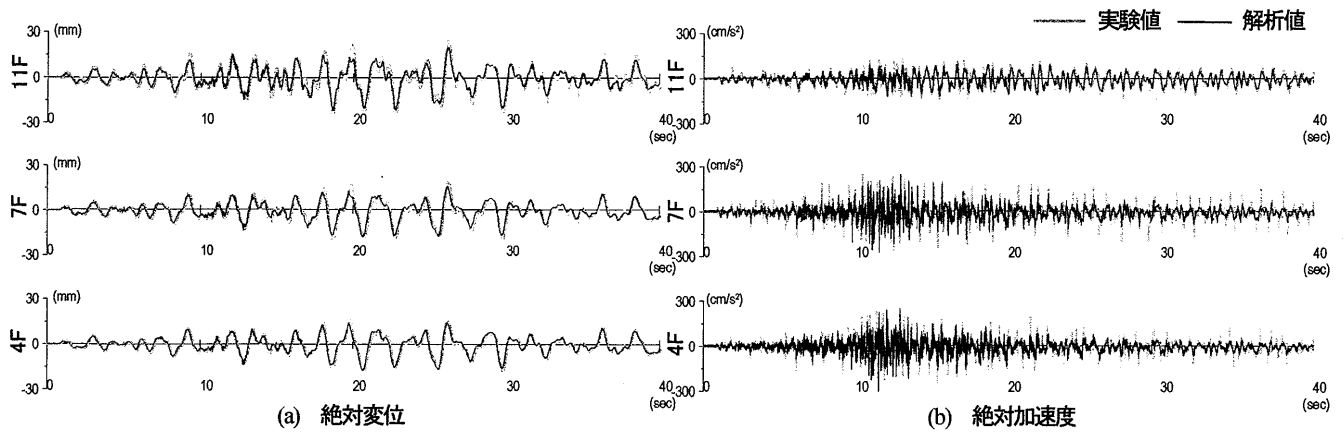


図8 時刻歴応答比較 (HHV, Tomako20)

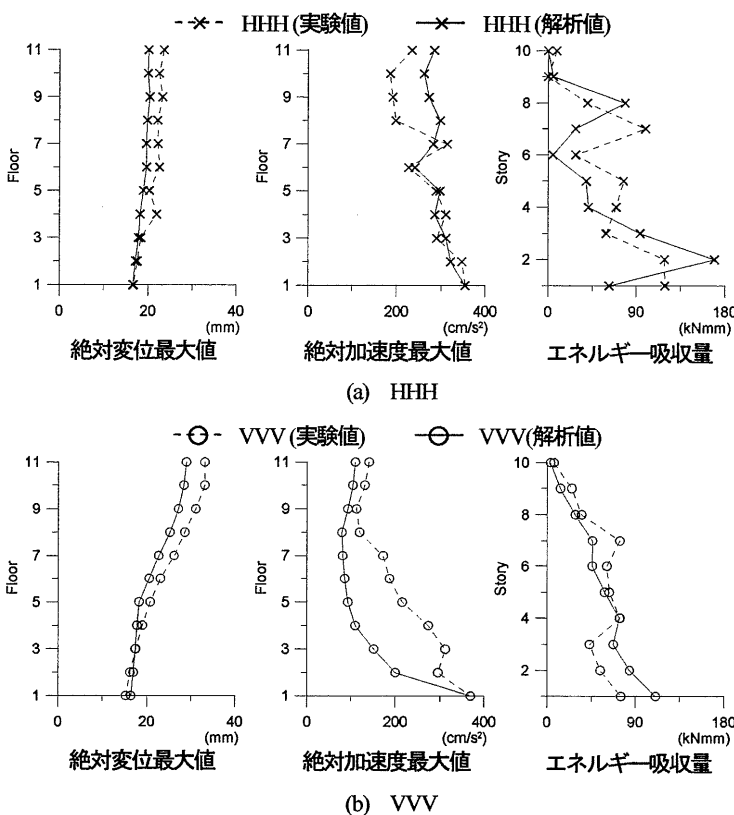


図9 高さ方向における応答比較 (Tomako20)

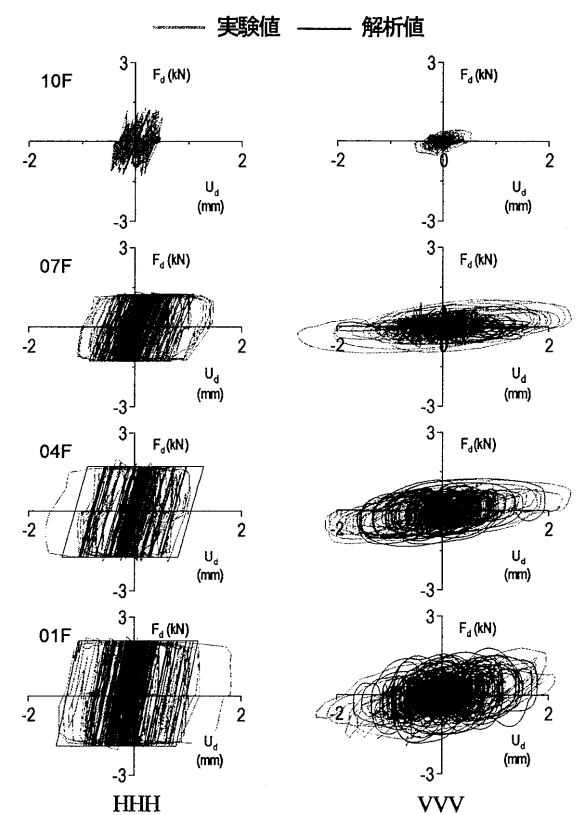


図10 履歴曲線 (Tomako20)

4. 解析結果

4.1 実験結果との比較

Tomako20 における実験結果と解析結果の応答を比較することで解析モデルの精度を検証する。

図8(a), (b) はHHV における 4, 7, 11 階の絶対変位と絶対加速度の時刻歴を比較したものである。微小な違いは見られるものの、履歴減衰型制振部材を用いた 4, 7 階、粘性減衰型制振部材を用いた 11 階共に応答結果は概ね一致している。

図9 に高さ方向における絶対変位、絶対加速度の最大値、及び制振部材の履歴面積より求めたエネルギー吸収量を、図10 に1, 4, 7,

10 層の制振部材が描いた履歴曲線の実験と解析結果の比較を、HHH, VVV の 2 タイプについて示す。まず、図9 から全体的に解析値が実験値よりも応答が小さいことが確認できる。絶対変位では実験値と解析値お近い値を示しているものの、絶対加速度では若干の違いが読み取れる。また、図9, 10 よりエネルギー吸収量に関しても、微小な違いが見られる。しかし、VVV での上層部での加速度低減や、板ばね厚さの変わり目である 4, 7 層でエネルギー吸収量が増えている点など、履歴型、粘性減衰型共に全体の傾向を概ね捉えていると判断できる。

