

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	間柱型の鋼材および粘弾性の制振部材を有する10層鋼構造建物の地震応答性状
Title(English)	Earthquake responses characteristics in a 10 stories steel building with steel and viscoelastic stud-type dampers
著者(和文)	松井征生, 佐藤大樹, 佐藤利昭, 北村春幸, 宮川和明, 植木卓也, 村上行夫, 戸張涼太
Authors(English)	Masaki MATSUI, Daiki Sato, Toshiaki Sato, Haruyuki Kitamura, Kazuaki Miyagawa, Takuya Ueki, Yukio MURAKAMI, Ryota TOBARI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 167-168
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 167-168
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

間柱型の鋼材および粘弾性の制振部材を有する10層鋼構造建物の地震応答性状

間柱型制振部材 中低層建物 鋼材  
粘弾性 支持部材 モデル化

正会員 ○ 松井征生\*1 同 佐藤大樹\*2 同 佐藤利昭\*3  
正会員 北村春幸\*1 同 宮川和明\*4 同 植木卓也\*5  
正会員 村上行夫\*5 同 戸張涼太\*4

1. はじめに

間柱型の制振部材は、平面計画における自由度を損なわず維持管理がし易いという利点があり、使用例が増加している。また、制振部材はその材質によって履歴減衰型と粘性減衰型に分類される。既往の研究では、両種の制振性能の違いについて、ブレース型の制振部材における検討はいくつか行われているが、間柱型制振部材における検討結果の報告は少ない。本報は、鋼材および粘弾性の間柱型制振部材(図2(a), 図3(a))をそれぞれ単独で設置した建物応答の差について、地震動レベルによる影響を把握することを目的としたものである。以降では、鋼材の制振部材を設置した建物モデルを鋼材モデル、粘弾性の制振部材を設置したものを粘弾性モデルと呼ぶ。

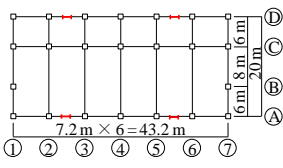
2. 検討対象建物およびモデル化

検討対象建物は、平面：43.2 m × 20.0 m、建物高さ：42.4 m (1層：4.6 m, 2～10層：4.2 m)の地上10階建ての鋼構造建物である。検討対象建物の部材断面を表1に、基準階伏図、およびダンパーを設置したA, D通りの軸組図を図1に示す。ダンパーは長辺方向に各層4基設置し、全層で同一のダンパーを用いた。主架構のみの1次固有周期 $fT_1$ は2.02sである。以降の検討は、ダンパーが設置されている長辺方向のみを対象とする。解析モデルは、立体骨組モデルとした。スラブは剛床とし、スラブによる曲げ剛性増大率 $\varphi$ は、片側にスラブが付帯する場合に $\varphi=1.30$ 、両側に付帯する場合に $\varphi=1.45$ とした。構造減衰は、 $fT_1$ に対して減衰定数 $h=0.02$ となる初期剛性比例型とし、主架構のみに与える。

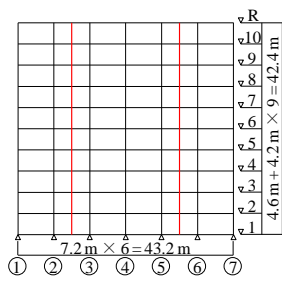
表1 断面部材

	FL	断面 (鋼材種: SN490)
柱	1~10	□-500×500×32~16
大梁	2~R	H-600×250×12×25~19

→ ダンパー設置位置



(a) 基準階伏図



(b) A, D 通り軸組図

図1 検討対象建物の基準階伏図および軸組図

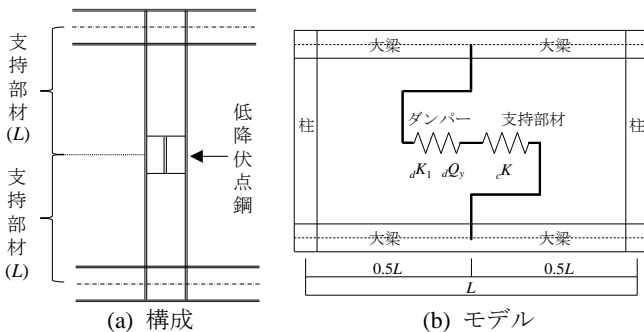


図2 鋼材ダンパー

3. 鋼材および粘弾性ダンパーのモデル化

3.1 鋼材ダンパーのモデル化

本報で検討対象とした間柱型鋼材ダンパーは、図2(a)のように、降伏応力度 $c\sigma_y$ が325 N/mm<sup>2</sup>のH形鋼のウェブの中央に、 $d\sigma_y$ が225 N/mm<sup>2</sup>の低降伏点鋼の板を設置したものとする。H形鋼の断面はH-600×300×16×32、低降伏点鋼の板の高さは600 mm、板厚は4 mmとする。低降伏点鋼部分をダンパー、大梁からダンパーまでの部材を支持部材と呼ぶ。モデル化は図2(b)に示すように、支持部材とダンパーの2種のせん断ばねの直列ばねとした。せん断ばねは節点間距離の中央に設置し、大梁からばねまでは剛とする。ダンパーの降伏せん断力 $dQ_y$ 、初期剛性 $dK_1$ 、および2次剛性 $dK_2$ は、次式で求めた。

$$dQ_y = dA_s \frac{d\sigma_y}{\sqrt{3}} \quad dK_1 = \frac{G \cdot dA_s}{dL} \quad dK_2 = \alpha \cdot dK_1 \quad (1-a,b)$$

ここで、 $dA_s$ : ダンパーのせん断断面積(=2144 mm<sup>2</sup>)、 $d\sigma_y$ : ダンパーの降伏応力度(=225 N/mm<sup>2</sup>)、 $G$ : せん断弾性係数、 $dL$ : ダンパーの高さ、 $\alpha$ : 2次剛性比(=0.022)<sup>1)</sup>である。支持部材の等価せん断剛性 $dK$ は、大梁の部材心からダンパーまでの長さのH形鋼の、一端を固定端、もう一端を自由端とした曲げせん断棒の剛性マトリクスを、水平方向に縮合することで評価し、次式で求めた<sup>2)</sup>。

$$dK = \frac{3EI}{(2+\gamma)L^3} \quad \gamma = \frac{6EI\kappa}{G_c A_c L^2} \quad (2-a,b)$$

ここで、 $E$ : ヤング係数、 $I$ : 支持部材の断面二次モーメント、 $cL$ : 支持部材の長さ、 $\kappa$ : 形状係数(=1.2)、 $G$ : せん断弾性係数、 $A$ : 支持部材の断面積である。

鋼材モデルにおけるダンパー量は次式で算出する。

$$d\alpha_y = dA_s \times dN_1 \cdot d\sigma_y / W \quad (3)$$

ここで、 $dN_1$ : 第1層のダンパー本数(=4)、 $W$ : 建物全重量(=67,912 kN)である。本報で扱う鋼材モデルのダンパー量は $d\alpha_y=0.028$ となった。

3.2 粘弾性ダンパーのモデル化

本報で扱う間柱型の粘弾性ダンパーは図3(a)のように、ダンパーとして縦横400 mmの粘弾性体を鋼板ではさんだ形状である。上下の支持部材はH形鋼から成り、ダンパーと支持部材はガセットプレートで接続している。ダンパーの解析モデル

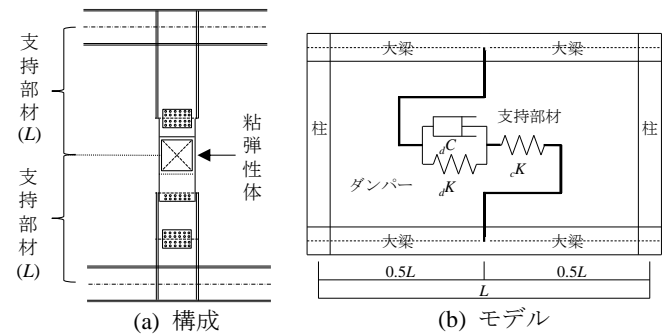


図3 粘弾性ダンパー

ルは図 3(b)に示すように、応力が変位に比例する貯蔵剛性  $dK$  と、速度に比例する粘性係数  $dC$  の並列ばね (Voigt モデル) に、支持部材の等価せん断剛性  $cK$  を直列に繋いだものとする。ダンパーの貯蔵剛性  $dK$ 、粘性係数  $dC$  を次式で求めた<sup>3)</sup>。

$$dK = dG(A_r/t_r) \quad dC = d\eta_d K/\omega \quad (4-a,b)$$

ここで、 $dG$ : 粘弾性ダンパーのせん断弾性率、 $A_r$ : 粘弾性体のせん断断面積、 $t_r$ : 粘弾性体の厚さ (= 20 mm)、 $d\eta$ : 粘弾性ダンパーの損失係数、 $\omega$ : 主架構の一次固有振動数 (= 3.11 Hz) である。本報では、粘弾性体のせん断歪みが 100% 時の  $dG$ 、 $d\eta$  を用いる。

#### 4. 時刻歴応答解析

##### 4.1 解析用入力地震動の概要

解析用入力地震動は、1968 年十勝沖地震の八戸港湾記録 EW 成分を位相特性に用い、コーナー周期  $T_c = 0.64$  s 以降で、擬似速度応答スペクトル  $\rho S_v = 80$  cm/s となる告示波の入力レベルを 0.5 倍、1.0 倍、2.0 倍した地震動を使用する。入力レベルの大きさに応じて、それぞれ ART HACHI 40, ART HACHI 80, ART HACHI 160 と呼ぶ。

##### 4.2 時刻歴応答解析結果

本節では、ART HACHI 80 入力時の最大層間変形角  $R_{max}$  がおおよそ一致する鋼材モデルと粘弾性モデルを用いて、入力レベルを変えた検討を行う。鋼材モデルと粘弾性モデルにおける最大層間変形角  $R_{max}$ 、ダンパーの実効変形比  $\alpha_e$  (ダンパーの最大変位を最大層間変位で除した値)、絶対加速度  $A$ 、主架構およびダンパーのエネルギー吸収率 (全層のダンパーの吸収エネルギーの合計  $dW$ 、および主架構の累積塑性歪エネルギーの合計  $jW$  を入力エネルギー  $E$  で除した値) を図 4 の (a)~(d) に示す。なお、図 4(d)において添え字の  $s$  は鋼材モデル、 $v$  は粘弾性モデルを意味する。鋼材モデルと粘弾性モデルにおける最大層間変形角、および絶対加速度には、入力レベルによる大きな差は見られない。2 種のモデルにおけるダンパーの実効変形比に関して、鋼材モデルでは入力レベルの増加に伴い、各階のダンパーの実効変形比も増加するが、粘弾性モデルでは入力レベルによる値の変化が見られない。これは、鋼材モデルのダンパーは降伏後、剛性が低下し、支持部材の剛性に対するダンパーの剛性の比が小さくなる一方、粘弾性モデルのダンパーは変形によって剛性が変化しないためである。ダンパーのエネルギー吸収率に関して、鋼材モデルにおいてのみ ART HACHI 40 入力時よりも ART HACHI 80 入力時の値が大きくなるが、これも上記のように、2 種のモデルにおけるダンパーの実効変形比の差によるものである。また、2 種のモデルの ART HACHI 160 入力時におけるダンパーのエネルギー吸収率が ART HACHI 80 入力時の値よりも低下するのは、主架構のエネルギー吸収率が増加しているためである。

#### 5. まとめ

限られた条件下の結果ではあるが、本報では鋼材および粘弾性の間柱型制振部材を有する鋼材モデルおよび粘弾性モデルの地震応答性状を、入力レベルに着目して比較した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 鋼材モデルと粘弾性モデルの最大層間変形角と最大加速度には、入力レベルによる大きな差は見られない。
- (2) 鋼材モデルのダンパーは降伏後、剛性が低下することで実効変形比が増加し、ダンパーのエネルギー吸収率も増加する。粘弾性モデルは入力レベルに関係なく、高いエネルギー吸収率となっている。

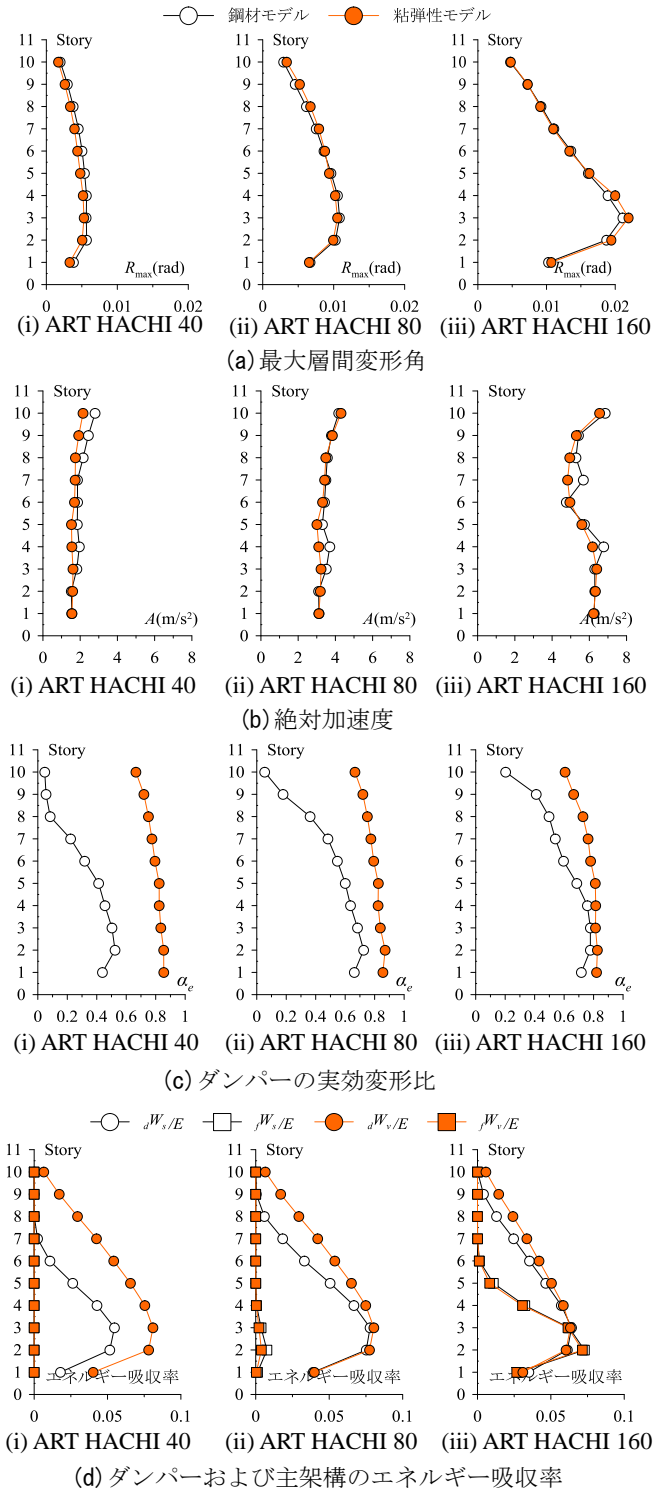


図 4 時刻歴応答解析結果

#### 参考文献

- 1) 日本免震構造協会: パッシブ制振構造 設計・施工マニュアル 第2版
- 2) 松井征生, 渡辺泰成, 戸張涼太, 佐藤利昭, 北村春幸, 佐藤大樹, 宮川和明, 植木卓也, 村上行夫: 間柱型履歴ダンパーのモデル化が建物応答に与える影響その1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.761 - 766, 2015.9
- 3) 松井征生, 渡辺泰成, 佐藤大樹, 佐藤利昭, 戸張涼太, 北村春幸, 宮川和明, 植木卓也, 村上行夫: 間柱型制振部材における粘弾性ダンパーと支持部材が応答に及ぼす影響, 日本建築学会関東支部研究報告集 pp.529-532, 2016.3

\*1 東京理科大学 \*2 東京工業大学 \*3 九州大学  
\*4 JFE シビル株式会社 \*5 JFE スチール株式会社

\*1 Tokyo University of Science \*2 Tokyo Institute of Technology  
\*3 Kyushu University \*4 JFE Civil Engineering & Construction Corp.  
\*5 JFE Steel Corp.