

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	長周期地震動時における粘性ダンパーを有する制振構造建物の簡易応答評価 その1 建物モデル概要とダンパー配置計画
Title(English)	Simplified Response Evaluation of Vibration Control Building with Viscous Dampers under Long Period Ground Motion Part 1 : Outline of Building Model and Damper Location
著者(和文)	中井亜里沙, 長山祥, 佐藤大樹, 笠井和彦, 松田和浩
Authors(English)	Arisa Nakai, Sho Nagayama, Daiki Sato, KAZUHIKO KASAI, Kazuhiro Matsuda
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 163-164
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 163-164
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

## 長周期地震動時における粘性ダンパーを有する制振構造建物の簡易応答評価

## その1 建物モデル概要とダンパー配置計画

長周期地震動 粘性ダンパー 制振構造  
超高層建物 時刻歴応答解析

正会員 ○中井亜里沙\*<sup>1</sup> 同 長山 祥\*<sup>1</sup>  
同 佐藤大樹\*<sup>2</sup> 同 笠井和彦\*<sup>3</sup>  
同 松田和浩\*<sup>4</sup>

## 1. はじめに

近年、南海トラフ地震のような長周期地震動の発生が想定されており、超高層建物などの周期が長い建物が大きく揺れることが懸念されている。また、長周期地震動の作用を受けて応答する場合、長時間の繰り返しによりダンパーの性能が大きく低下する可能性がある。

本研究で対象とする粘性ダンパーは、封入した粘性体の流動抵抗力をダンパー力として利用する流動抵抗式であり、振動時のエネルギーを粘性体の熱エネルギーに変換する。その際の温度上昇に伴い、ダンパーの特性が変化する特性を有している。これらのことから、長周期地震動時における粘性ダンパーの特性値低下までを考慮した設計が求められる。

そこで本研究では、粘性ダンパーの動的特性の変化を考慮した簡易的な応答評価の手法を提案する。既報では、ダンパーが設置されていることを想定した等価な減衰での検討を行った<sup>1)</sup>。本報では、建物モデルに粘性ダンパーを設置し検討を行う。その1では、対象とする建物モデルの概要およびダンパーの概要を示し、レベル2相当の地震動と長周期地震動入力時の時刻歴応答解析結果を述べる。

## 2. 解析概要

## 2.1 検討モデル概要

本報で使用するモデルは、建物高さ 81.7m の 20 層のせん断モデルである<sup>2)</sup>。図1に質量分布、図2に剛性分布を示す。主架構の1次固有周期  $T_1$  は 2.69s である。構造減衰は、1次と2次でそれぞれ等価な1%のレーリー型減衰とする。なお、主架構は弾性として解析を行う。

## 2.2 入力地震動概要

入力地震動としてコーナー周期  $T_c = 0.64s$  以降の領域で、速度応答スペクトル  $S_v = 100cm/s$  ( $h=5\%$ )となる模擬地震動波形 ART HACHI(位相特性: HACHINOHE 1968 EW)、長周期地震動の一種である三の丸波を採用する<sup>3)</sup>。図3(a)、(b)に入力地震動の加速度波形、最大加速度、実効継続時間  $e t_0$ 、図4(a)、(b)に速度応答スペクトル  $S_v$  ( $h=5\%$ )、エネルギースペクトル  $V_E$  ( $h=10\%$ )をそれぞれ示す。図4(b)より、三の丸波は3s付近に卓越した周期帯を持つため、大きなエネルギーの入力が予想される。

## 3. 粘性ダンパー概要および配置計画

時刻歴解析において対象とする粘性ダンパーは、E-ディフェンスにおける実大5層建物の震動台実験で用いられたダンパーより選出している<sup>4)</sup>。表1に、粘性ダンパーの

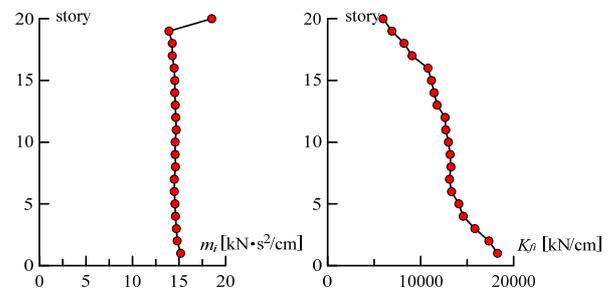
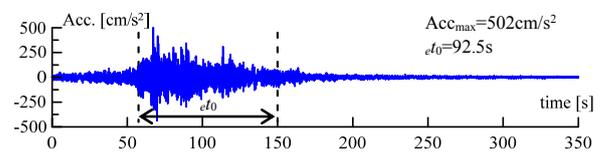
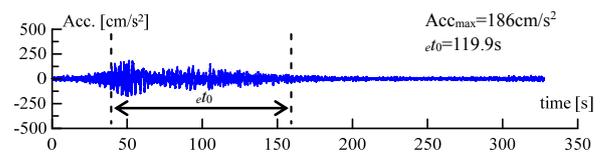


図1 質量分布

図2 剛性分布

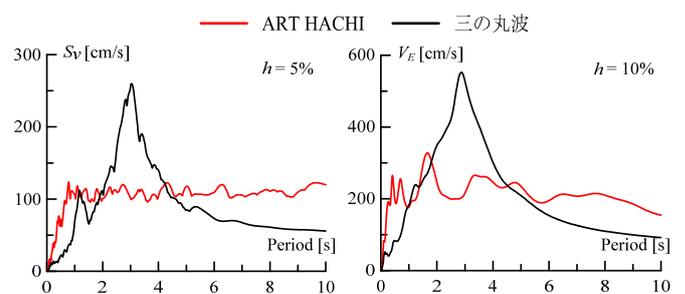


(a) ART HACHI



(b) 三の丸波

図3 入力地震波



(a) 速度応答スペクトル

(b) エネルギースペクトル

図4 入力地震動スペクトル

諸元を示す。粘性係数  $C_d$  の単位は  $kN/(s/mm)^a$  であり、べき乗指数  $a$  の規格値は 0.38 である。なお、図5のようにダンパーと取付け部材は直列に繋がるため、内部剛性  $K_a$  と取付け部材剛性  $K_b$  をまとめて等価支持材剛性  $K_b^*$  で表す<sup>5)</sup>。粘性ダンパーの取付け角度を考慮し、式(1)、(2)より粘性係数および等価支持材剛性を変換する<sup>5)</sup>。ここで、ダンパーの取付け角度は全層で  $30^\circ$  に一定配置している。

本報で、1種類のダンパーのみを用いて、設置基数を調

整することで、ダンパー量を設計する。図6に高さ方向における粘性ダンパーの粘性係数を示す。ここで、V100ではレベル2相当の地震動において層間変形角  $R = 1/100$  以内、V150では  $1/150$  以内に収まるように粘性ダンパーを配置している。なお、本報では建物の全体曲げ変形などによってダンパーの実効変形が低下する影響<sup>6)</sup>を無視して解析を行っている。

表1 粘性ダンパー諸元

l (mm)	ダンパー				ブレース			$F_{d,max}$ (kN)	
	$l_d$ (mm)	$A_d$ (mm <sup>2</sup> )	$\phi_d$ (mm)	$C_d$ 規格値	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$\phi_b$ (mm)	$\dot{u}_{d,max} =$ 15kine	$\dot{u}_{d,max} =$ 30kine
3947	606	12880	184	98	2104	8320	159	658	856

$$\bar{C}_{d,i} = \hat{C}_{d,i} \cdot \cos^{(1+\alpha)} \phi_i \quad (1)$$

$$\bar{K}_{b,i}^* = \hat{K}_{b,i}^* \cdot \cos^2 \phi_i \quad (2)$$

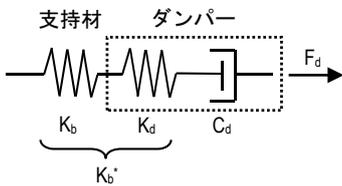


図5 粘性ダンパーと取付け部材からなる付加系

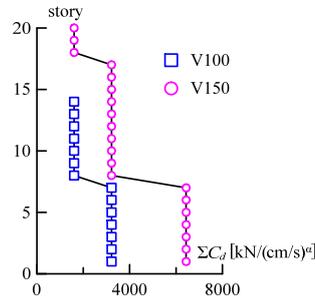


図6 粘性係数

#### 4. 時刻歴応答解析結果

図7~9に高さ方向における最大応答分布として層間変形角、絶対加速度、ダンパーの累積エネルギー吸収量をそれぞれ示す。図7の層間変形角に着目すると、ART HACHI入力時においてV100では層間変形角  $1/100$  以内に、V150では層間変形角  $1/150$  以内におおむね収まることが確認できる。一方で、三の丸波ではART HACHIに対し、V100では最大で2.32倍、V150では1.78倍となり、レベル2相当の地震動において層間変形角  $R = 1/100$  以内に収まるモデルに対しても大きく変形することが分かる。

図8の絶対加速度に着目すると、ART HACHI入力時にはV100、V150ともに大きな違いは見られないが、三の丸波入力時では、頂部での絶対加速度が0.60倍まで低減されている。

図9の粘性ダンパー1本分の累積エネルギー吸収量に着目すると、ART HACHI入力時には累積エネルギー吸収量が小さいのに対し、三の丸波入力時には長時間の繰り返しによりダンパーが吸収するエネルギー量が大きく、V150では最大で約5倍、V100では約7倍のエネルギーをダンパーが吸収していることが分かる。このことから、粘性ダンパー内の粘性体の温度上昇に伴いダンパーの特性値が大きく低下することが予想される。

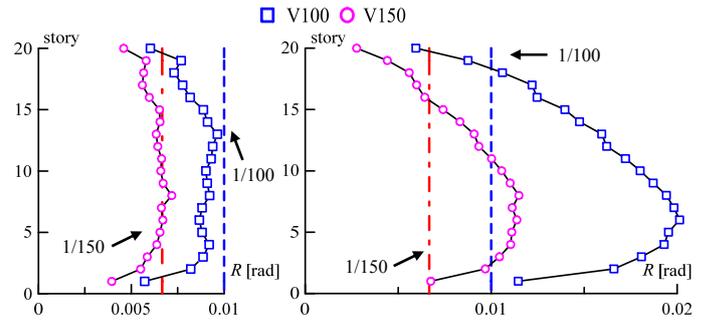


図7 層間変形角

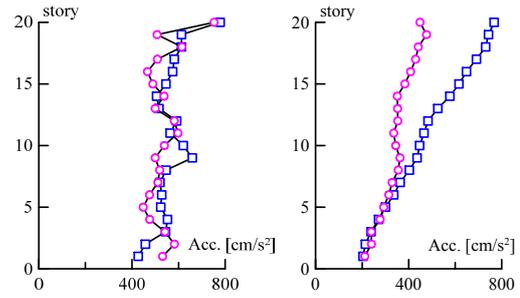


図8 絶対加速度

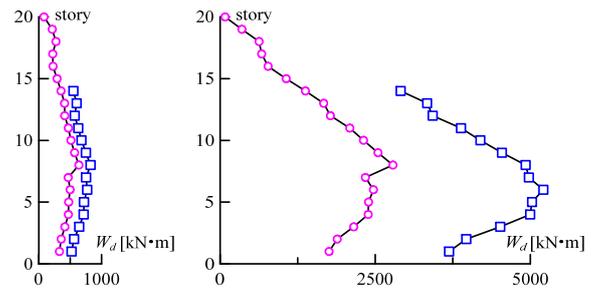


図9 ダンパーの累積エネルギー吸収量

#### 5. まとめ

その1では、対象とする建物モデルおよびダンパーの概要を示し、時刻歴応答解析を行い対象モデルの応答を確認した。その2では、得られた応答値を用いて長周期地震動時における特性値の低減について考察する。

#### 参考文献

- 1) 長山祥, 佐藤大樹, 笠井和彦, 松田和浩: 長周期・長時間地震動時における実大ダンパーの特性評価 その2 減衰の違いによる置換正弦波パラメータの傾向および標準化エネルギー密度の提案, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.393-396, 2016.3
- 2) 日本建築学会: 鋼構造制振設計指針, 第1版, 2014.11
- 3) 愛知県建築住宅センター: 名古屋三の丸地区における地域特性を考慮した耐震改修のための基礎地震動の作成 (概要版), (財) 愛知県建築住宅センター耐震構造委員会設計用入力地震動検討部会, pp.1-48, 2004.6
- 4) 笠井和彦, 山際創, 西島正人, 馬場勇輝, 伊藤浩資, 引野剛, 大木洋司: 粘性ダンパーをもつ実大5層鉄骨建物の3次元震動台実験, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第695号, pp.47-56, 2014.1
- 5) (社) 日本免震構造協会: バッシブ制振構造設計・施工マニュアル, 第1版, 2003.10, 第2版, 2005.9, 第3版, 2013.11
- 6) 石井正人, 笠井和彦: 多層制振構造の時刻歴解析に用いるせん断棒モデルの提案, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第647号, pp.103-112, 2010.1

\*1 東京工業大学 大学院生

\*2 東京工業大学 未来産業技術研究所 准教授 博士(工学)

\*3 東京工業大学 未来産業技術研究所 教授・Ph.D.

\*4 東京工業大学 未来産業技術研究所 助教 博士(工学)

\*1 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

\*2 Associate Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

\*3 Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Ph.D.

\*4 Assistant Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.