

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	粘性ダンパーの性能低下を考慮した超高層制振建物の長周期地震に対する応答評価-部材構成モデルによる検討-
Title(English)	Response Evaluation of High-rise Building Considering Performance Degradation of Viscous Dampers under Long-period Ground Motion (Analysis by 3D-model)
著者(和文)	劉錫媛, 佐藤大樹
Authors(English)	Xiyuan Liu, Daiki Sato
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 755-756
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 755-756
発行日 / Pub. date	2019, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

粘性ダンパーの性能低下を考慮した超高層制振建物の長周期地震に対する応答評価 —部材構成モデルによる検討—

長周期地震動
超高層建物

粘性ダンパー
応答評価

性能低下

正会員 ○劉錫媛*¹ 同 佐藤大樹*²

1. はじめに

近年、南海トラフ地震による長周期地震動が三大都市圏等で発生することが予想されており、長周期地震動が固有周期の比較的長い超高層建築物などへ及ぼす影響が懸念されている。筆者らは、実大粘性ダンパーを用いて長時間の正弦波加振実験を実施し、ダンパーの性能低下を表現できることを示した¹⁾。さらに、時刻歴応答解析による、ダンパーの性能低下を踏まえた建物の応答評価手法を提案・検討している²⁾。

しかし、その検討に使用した建物モデルはせん断モデルである。本報では、部材構成モデルを用い、文献 2) で提案されている応答評価手法についての分析を行う。

2. 粘性ダンパーおよび建物概要

2.1 ダンパー概要

本報では中容量の粘性ダンパーを設置し、粘性ダンパーの速度のべき乗指数 α 、粘性係数 C_d は表 1 を使用している²⁾。粘性ダンパーと取付け部材は直列に繋がるため、内部剛性 K_b と取付け部材剛性 K_d をまとめて等価支持材剛性 K_b^* で表す²⁾。

Table1 Parameter of viscous damper

object	α	C_d [kN·(s/mm) ^{α}]	K_d [kN/cm]	K_b [kN/cm]	K_b^* [kN/cm]
D2-2F	0.38	98	2663	2525	1296

2.2 特性低下を考慮した解析モデル

繰返し効果を考慮した場合での n ステップにおける粘性係数 $C_d^{(n)}$ は式(1)より算出される²⁾。繰返しによる粘性係数の低下率 λ はエネルギー密度 Ω を用いて式(2)より求められる²⁾。

$$C_d^{(n)} = \lambda^{(n)} \cdot C_d^{(0)} \quad \lambda^{(n)} = \exp(-a_0 \cdot \Omega^{(n)}) \quad (1) \quad (2)$$

ここで、 $C_d^{(0)}$ は粘性係数の初期値、 a_0 は繰返しによる低下の程度を表す係数であり、 1.695×10^{-6} [m²/kN]である²⁾。エネルギー密度 Ω は式(3)で定義され、単位容積あたりで吸収した累積吸収エネルギーである²⁾。

$$\Omega^{(n)} = \frac{W_d^{(n)}}{V_v} \quad (3)$$

ここで、 W_d は粘性ダンパーの吸収エネルギーの累積値、 V_v は粘性ダンパー内封入されている粘性体の容量である。

2.3 建物概要

本報では 20 層の超高層建物³⁾を部材構成モデルでモデル化した。長辺方向を X 方向、短辺方向を Y 方向とする。本報では X 方向を対象である。主架構は弾性とする。主架構 (X 方向) の 1 次固有周期 T_1 は 2.29s である³⁾。建物の X 方向では構造減衰は 1 次と 2 次でそれぞれ 1.5%、

1.95% のレーリー型減衰³⁾、解析には RESP-F3T を用いた。

2.4 粘性ダンパーの配置

粘性ダンパーはレベル 2 相当の地震動である ART HACHI (3 章、後述) において層間変形角 $R = 1/100$ 以内に収まるように配置している。図 1 に、粘性ダンパー (赤い線) の配置平面図と立面図を示す。

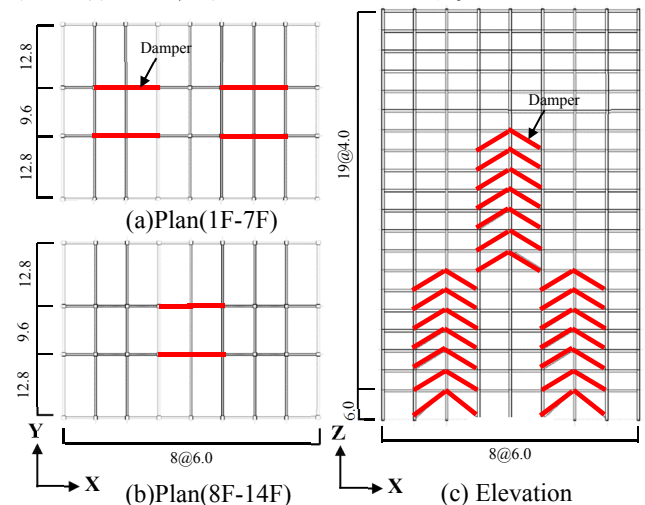


Fig.1 Plan and elevation with dampers in X-direction (unit: m)

3. 入力地震動概要

入力地震動として、設計用長周期地震動である HACHINOHE 1968 EW (以後、ART HACHI) および基盤促波⁴⁾の中でも入力エネルギーが比較的大きい CH1 を採用する。図 2(a), (b) に擬似速度応答スペクトル ρS_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 2 より、固有周期に対すると、CH1 の ρS_v は ART HACHI に比べて約 1.5 倍程度、 V_E は ART HACHI に比べて約 2.1 倍程度になっている。

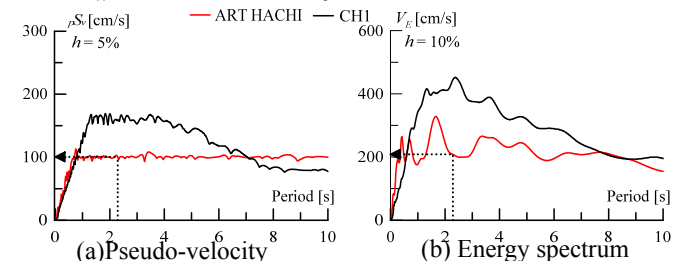


Fig.2 Response spectrum

4. 時刻歴応答解析結果

本章では、通常手法 (Conventional method)、簡易手法²⁾ (Simplified method) と精算手法²⁾ (Detailed method) の 3 つの応答評価手法での時刻歴応答解析結果および粘性ダ

ンパーのエネルギー吸収量を比較する。

通常手法とはダンパーの性能低下を考慮せず、解析を行ったものである。簡易手法とは通常手法の解析より得られた地震終了時におけるエネルギー密度 Ω から低下率 λ を算出し(式(1)), 粘性係数の初期値 $C_d^{(0)}$ に低下率 λ を乗じて、再度解析を行ったものである²⁾。精算手法とは低下率 λ をステップごとに計算し(式(2)), 解析を行ったものである²⁾。

4.1 ART HACHI での検討

図3に ART HACHI において高さ方向における最大層間変形角 R 、最大絶対加速度 $Acc.$ 、最大せん断力 Q およびダンパーのエネルギー吸収量 W_d を示す。図3(a)より、通常手法での層間変形角は1/100以内に収まっていることが確認できた。現在のダンパー配置は適切なことが分かる。図3より、 R が小さい(1/100以下)ので、いずれの手法でも応答およびダンパーのエネルギー吸収量で違いがないことが分かる。これは ART HACHI の入力エネルギーが小さいので、簡易手法での粘性係数の低下率 λ (式(2))は0.91~0.93の範囲に分布し、ダンパーの性能低下が殆ど起こらないため。

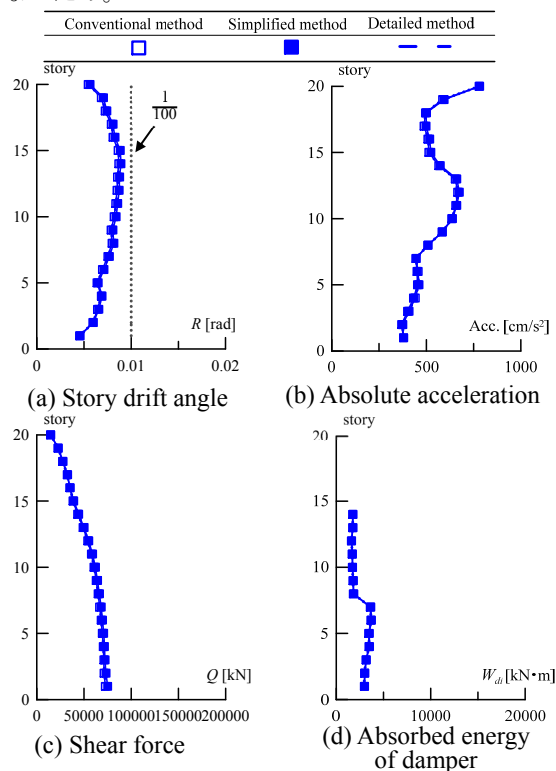


Fig.3 ART HACHI

4.2 CH1 での検討

図4に CH1 において高さ方向における最大層間変形角 R 、最大絶対加速度 $Acc.$ 、最大せん断力 Q およびダンパーのエネルギー吸収量 W_d を示す。図4(a)より、 R を着目し、通常手法<精算手法<簡易手法と見られる。簡易手法は精算手法より、応答が大きいため、安全側に評価できている。 $Acc.$ も Q も同様の傾向が見られている。図4(d)より、 W_d では、簡易手法<精算手法<通常手法と見られ、

低下率 λ が小さいほど、 W_d は小さくなる。図4より、CH1は ART HACHI に比べて、CH1 の入力エネルギーは ART HACHI の約2倍のため、手法によって応答が異なっている。CH1においてダンパー1本あたりで吸収するエネルギーが多いので、簡易手法での粘性係数の低下率 λ (式(2))は0.62~0.70の範囲に分布し、ダンパーの粘性係数の低下が著しくなり、 λ の影響が確認できる。

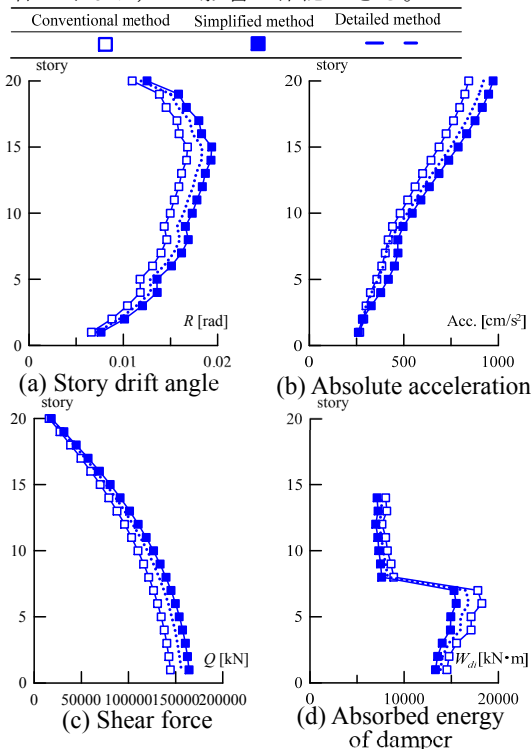


Fig.4 CH1

5. まとめ

本報では、「鋼構造制振設計指針」³⁾の20層の超高層建物の部材構成モデルを対象とし、文献2)で提案されている応答評価手法についての分析を行った。粘性ダンパーの性能低下のため、建物の応答が増加した。

なお、本報では主架構は弾性であると仮定しているが、主架構を塑性化させた場合、主架構の塑性化によってエネルギー吸収が行われるため、相対的にダンパーのエネルギー吸収量が低下する。そのため、ダンパーの性能低下は少なくなり、結果的に手法による違いは小さくなることを確認している⁵⁾。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。

参考文献

- 1) 笠井和彦, 佐藤大樹, 松田和浩, 長山祥: 長時間正弦波加振実験による4種の実大制振ダンパーの動的特性の変化および簡易評価手法の提案, 構造工学論文集, Vol.63B, pp. 275-283, 2017.3
- 2) 佐藤大樹, 長山祥, 笠井和彦, 松田和浩: 長周期地震動時における粘性ダンパーの性能低下を考慮した制振構造建物の応答評価, 日本建築学会大会技術報告集, 24(56), pp. 59-62, 2018.2
- 3) 日本建築学会: 鋼構造制振設計指針, 第1版, 2014.1
- 4) 建築研究所: 長周期地震動対策に関わる技術資料・データ公開特設ページ, <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/lpe/index.html> (2017.6.30)
- 5) 岡田亮佑, 佐藤大樹: 粘性ダンパーの性能低下を考慮した簡易応答評価手法の妥当性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 377-378, 2018.9

*1 東京工業大学 大学院生

*2 東京工業大学 准教授 博士(工学)

*1 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

*2 Assoc. Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.