

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4 20質点モデルによる時刻歴応答解析結果
Title(English)	Simplified Response Evaluation of Vibration Control Building with Viscous Dampers under Long Period Ground Motion Part4 :Time History Response Analysis Results
著者(和文)	長山祥, 佐藤大樹, 笠井和彦, 松田和浩
Authors(English)	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. 613-614
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 613-614
発行日 / Pub. date	2017, 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4 20質点モデルによる時刻歴応答解析結果

正会員 ○長山祥*1 同 佐藤大樹*2
同 笠井和彦*3 同 松田和浩*4

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

1. はじめに

本報その3では、粘性ダンパーの長時間正弦波加振実験の結果を基に、特性値低下の傾向を考慮した解析モデルを提案した。その4では、前報その2で示した簡易手法とその3で提案した特性値低下を考慮した解析モデルを用いる手法による応答解析の結果を比較し、本手法の有効性の確認を行う。

2. 解析諸条件

2.1 建物モデル概要

本報で使用する建物モデルは、建物高さ 81.7m の 20 層のせん断モデルである^{1),2)}。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、東海・東南海地震動を想定した東海地方の長周期地震動である三の丸波 (SAN)³⁾、南海トラフ4連動地震 (工学的地盤)⁴⁾を想定した津島波 (AIC003)、堺波 (OSK006) JMA 名古屋波 (E34)、大分波 (OIT010) の計5波を採用する。図1(a), (b)に擬似速度応答スペクトル $\rho S_v (h=5\%)$ 、エネルギースペクトル $V_E (h=10\%)$ をそれぞれ示す。本報では主架構の1次固有周期である3秒付近に ρS_v 、 V_E のピークを有する地震動を採用している。

2.3 ダンパー配置

解析において対象とする粘性ダンパーは、長時間正弦波加振実験において用いた D2-2F の値を使用している。なお、次章以降で用いる粘性ダンパーの α , C_d 値は規格値を使用している。図2のようにダンパーと支持部材は直列に繋がるため、内部剛性 K_d と支持部材剛性 K_b をまとめて等価支持材剛性 K_b^* で表す (表1)⁵⁾。

図3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²⁾。ここでは、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⁶⁾を無視してダンパー量を設計した。3章では実効変形の低下を無視した検討、4章では実効変形の低下を考慮した検討を行う。

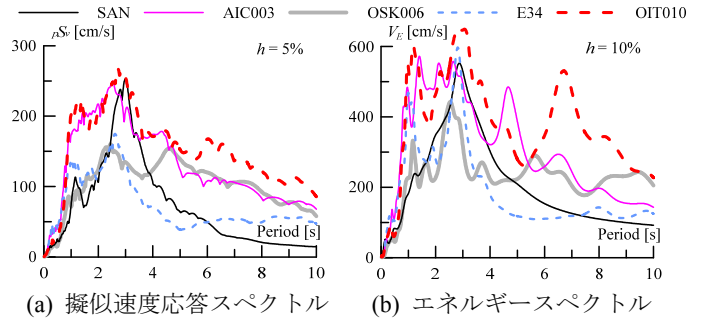


図1 地震動スペクトル

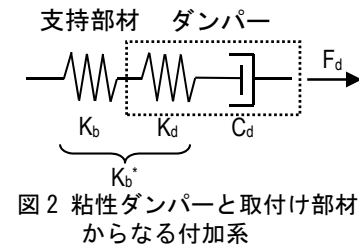


図2 粘性ダンパーと取付け部材からなる付加系

表1 等価支持材剛性⁵⁾

	K_d [kN/cm]	K_b [kN/cm]	K_b^* [kN/cm]
D2-2F	2663	2525	1296.1

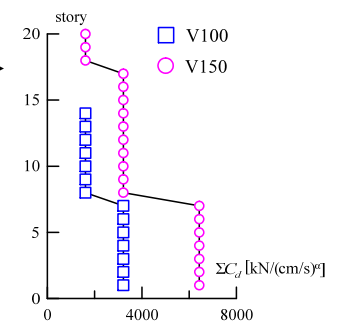


図3 粘性係数

3. 時刻歴応答解析結果

本章では、高さ方向における最大応答分布として層間変形角に着目し検討を行っていく。

はじめに図4に、粘性ダンパーの特性値低下を考慮せず解析を行ったもの ($\circ V100$, $\circ V150$) と、解析より得られた地震終了時におけるダンパーのエネルギー密度 Ω から、実験結果を用いて特性値低下を評価し、粘性係数 $C_d^{(0)}$ をあらかじめ低下させ、再度解析を行ったもの ($\circ V100$, $\circ V150$) (以降、簡易手法) の層間変形角の結果を示す²⁾。図4より、 $\circ V150$ が $\circ V150$ に対して、SANでは1.4倍、AIC003, OIT010では1.2倍に増大していることが分かる。一方で、層間変形角が $1/100$ 以内に収まっている OSK006, E34では、応答は大きく増大せずほぼ同様の結果となった。ダンパー量の少ない $\circ V100$ と $\circ V150$ を比較すると、入力エネルギーの大きい AIC003, OIT010での著しい増加が見られる。

次に、簡易手法に対して、その3で提案した解析モデルを用いて粘性係数をステップごとに低下させ解析を行ったもの ($\circ V100$, $\circ V150$) (以降、精算法) の結果を図4に破線で示す。結果より、精算法は粘性ダンパーの特性値低下の考慮なしと簡易手法の間に位置することが確認された。簡易手法は繰り返しによる特性値が変化する解

析モデルが無い場合でも容易に評価が可能であるため有用であるが、地震動によっては過大評価になってしまう場合もある。一方で、精算手法はより経済的な設計を行うことが可能である。

4. 実効変形による影響

3章の検討においては、上層部における曲げ変形の影響によりダンパーの効率が悪くなる実効変形の影響を考慮せずに解析を行ってきた。そこで、実効変形を考慮した際の影響について検討する。

図5に示すのは、三の丸波入力時において、複数の部材モデルでの解析結果を参考にして⁷⁾、ダンパー部の実効変形比が低下するように図2の支持部材剛性 K_b を低下させた場合の解析結果である。また、図5は特性値低下を考慮していない σ V150での結果となる。

図6に、実効変形考慮の有無による結果の比較を示す。実効変形考慮時は、ダンパーが吸収するエネルギー量の低下により約1.2倍程度層間変形角が増大した。ただし、考慮時においても応答の傾向は、6層付近の変形角が大きくなり、実効変形考慮なしの結果とほぼ同様であった。

図7に、特性値低下考慮なしでのダンパー1本が吸収した累積エネルギー吸収量を示す。実効変形考慮時には実効変形考慮なしと比較して、中・上層部でのエネルギー吸収量が低下し、一方で下層部での吸収する負担が増える結果となった。図8に、地震終了時におけるダンパーのエネルギー密度 Ω より、粘性係数 C_d を低下させたものを示す。中・上層部でのエネルギー吸収量が小さ

くなったことにより、実効変形を考慮した粘性係数(図中▲)は考慮なし(図中●)と比較して低下の程度が小さくなっていることが分かる。図9に実効変形考慮時の各手法での層間変形角を示す。実効変形を考慮した場合においても簡易手法(σ V150)、精算手法(c V150)での結果の傾向は同様であり、有効であることが確認された。

5. まとめ

その4では、簡易手法と精算手法の2種類の手法による応答解析の結果の比較を行った。簡易手法は解析モデルが無い場合でも容易に評価が可能であるが、地震動によっては過大評価になってしまう場合もある。一方で、精算手法はより経済的な設計を行うことが可能である。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鋼構造制振設計指針，第1版，2014.11
- 2) 中井亜里沙，長山洋，佐藤大樹，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，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，pp.163-164，2016.8
- 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盤地震動の作成（概要版），（財）愛知県建築住宅センター耐震構造委員会設計入力地震動検討部会，pp.1-48，2004.6
- 4) 超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討 - 南海トラフ4連動地震による超高層・免震建物の応答解析 -，建築研究資料 No.147，pp.1-336，2013.9
- 5) 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
- 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
- 7) 戸張涼太，佐藤大樹，古谷慶，北村春幸，石井正人，吉江慶祐，宮崎充，佐々木和彦，岩崎雄一：骨組特性値を用いた履歴型ダンパーを有する建物の制振性能評価，構造工学論文集，Vol.59B，pp.321-327，2013.3

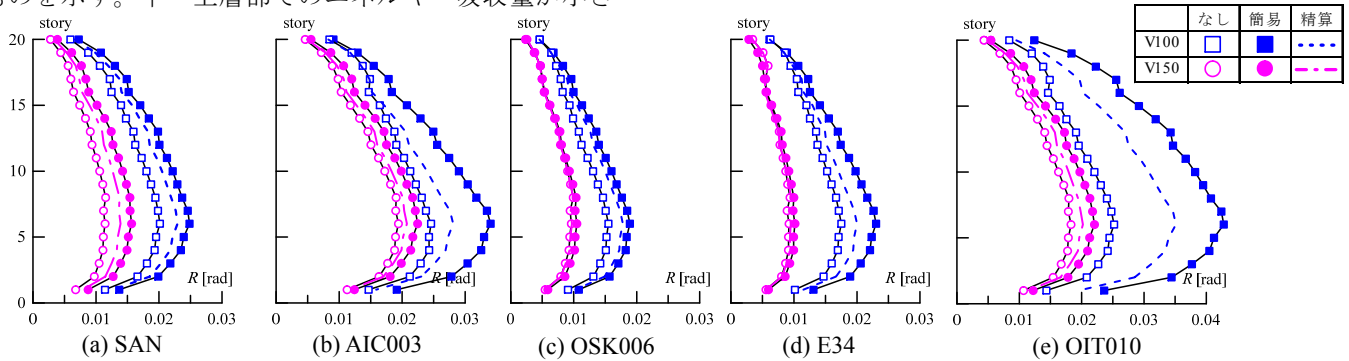


図4 層間変形角の高さ方向分布

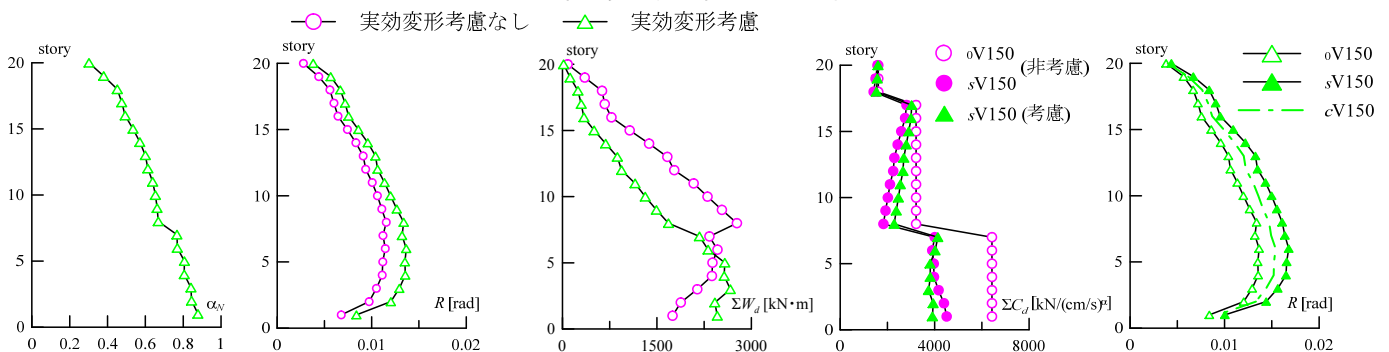


図5 実効変形比

図6 層間変形角

図7 エネルギー吸収量

図8 粘性係数

図9 層間変形角

*1 株式会社 佐藤総合計画 (元東京工業大学 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 名城大学 建築学科 准教授 博士(工学) (元東京工業大学)

*1 AXS Satow Inc.
 *2 Assoc. Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
 *3 Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Ph.D.
 *4 Assoc. Prof., Department of Architecture, Meijo University, Dr. Eng.