

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	粘性ダンパーと履歴ダンパーを併用配置した超高層鋼構造建物の知覚時間に関する研究
Title(English)	A Study on the Perception Time of High-rise Building with Viscous Damper and Hysteretic Damper
著者(和文)	添田幸平, 佐藤 大樹
Authors(English)	Kohei Soeta, Daiki Sato
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, II, , pp. 551-552
Citation(English)	, II, , pp. 551-552
発行日 / Pub. date	2022, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

粘性ダンパーと履歴ダンパーを併用配置した超高層鋼構造建物の知覚時間に関する研究

超高層 制振構造 粘性ダンパー
履歴ダンパー 併用配置 居住性

正会員 ○添田 幸平*1

同 佐藤 大樹*2

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震において、首都圏に建つ超高層建物の多くが大きな揺れを経験し、建物の揺れの時間および周期が長いことが建物滞在者に大きな恐怖を与えた¹⁾。構造安全性は建物に生じる最大応力・最大変形を用いて評価されるが、建物滞在者に大きな恐怖を与えないとは言いきれない。

本研究は、建物滞在者に大きな恐怖を与える揺れの時間（以降、知覚時間 T_p ）を用いてダンパーの効果を評価することを目的とする。これまで、地震動の継続時間の評価に関する研究^{例(2),3)}や超高層建物の揺れ長さに関する研究^{例(4),5)}がされている。前報では、ダンパー配置が後揺れに与える影響を確認した⁶⁾。本報は、既往研究を参考にし、様々なダンパー配置が知覚時間に与える影響を応答解析結果から示す。知覚時間は、最上階床における応答値が判定基準値を最初に超えた時から最後に下回るまでの時間とする。また、応答波形をモード分解し、高次モードが知覚時間に与える影響を示す。

2. 建物概要

前報と同様、検討対象建物は、図 1 に示す地上 30 階の超高層鋼構造建物⁷⁾である。ダンパー配置は、図 1(c)に示す 5 種類とする。HD30 における履歴ダンパーの第 1 層の降伏せん断力係数は 0.025、VD30 における粘性ダンパーの第 1 層の付加粘性減衰定数は 2.9%である。紙幅の都合上詳細は参考文献 7)を参照されたい。

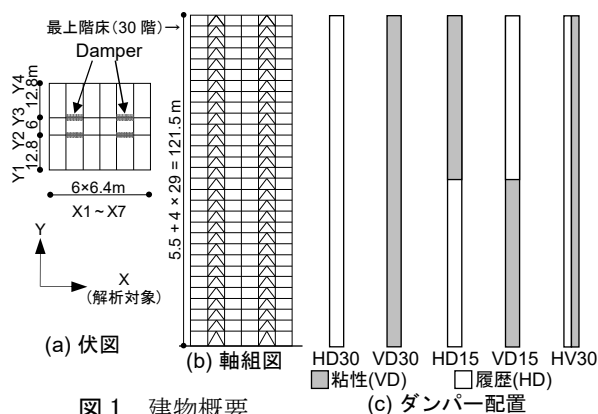


図 1 建物概要

解析モデルは等価せん断モデルとする⁷⁾。解析は X 方向のみを対象とする。主架構は弾性状態を保つものとする。居住性評価を対象としているため、構造減衰は主架構の 1 次固有周期に対して 1%となる剛性比例型とする。

検討用地震動は、観測波 2 波、模擬波 3 波の計 5 波を用いる。観測波は、Hachinohe 1968 NS 波⁸⁾（以降 HACHI。最大速度は基準化しない。）、2011 年東北太平洋沖 NS（観測点は新宿 TKY007。以降 TOHOKU）を採用する。模擬

波は、南海トラフ地震⁹⁾（以降 KA1）および大正関東地震¹⁰⁾（場所は東京都庁。以降 TA）、告示波（極稀、位相特性は HACHINOHE 1968 NS、以降 告示 H）を採用する。図 2 に擬似速度応答スペクトル pSv ($h=5\%$)、およびエネルギースペクトル Ve ($h=10\%$) を示す。なお、地震動終了後の自由振動区間として各地震動の後ろに約 150 秒間の 0 cm/s^2 のデータを追加した。

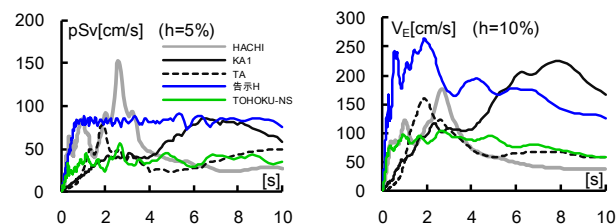


図 2 応答スペクトル

3. 知覚時間とダンパー効果の関係

各ダンパー配置における知覚時間 T_p を算出する。判定基準は、定常的な水平振動の評価レベル¹¹⁾のうち H-IV と H-V の境界（知覚確率 79%）とする。建物の弾性固有周期における加速度値から算出した擬似速度を判定値として用いる（表 1）。

表 1 各ダンパー配置における弾性固有周期と判定値

model	Frame	HD30	VD30	HD15	VD15	HV30
T(s)(弾性)	4.46	3.71	4.39	3.81	4.25	3.86
Vel(cm/s)	4.9	3.7	4.8	3.9	4.5	3.9

図 3 に KA1 および TOHOKU における相対速度波形の比較を示す。代表して主架構のみ（以降 Frame）の判定値（ $\pm 4.9 \text{ cm/s}$ ）および Frame の知覚時間 T_{p0} を重ねて示す。

・KA1 に着目すると、いずれのダンパー配置も Frame と比べて中盤以降の応答の収束が早い。

・TOHOKU に着目すると、HD30 は応答の収束が Frame と変わらない。250s 以降ダンパーによるエネルギー吸収量が微小だからと考えられる。粘性ダンパーを配置している HD15、HV30、VD30、VD15 は終盤以降の応答の収束が早く、特に低層に粘性ダンパーを配置した VD30 および VD15 は収束が早い。

図 4 に Frame の知覚時間 T_{p0} に対する各ダンパー配置における知覚時間 T_p を示す。

・TOHOKU、KA1 および HACHI に着目すると、Frame、HD30、HD15、HV30、VD15、VD30 の順に継続時間が短くなっている。

・告示 H に着目すると、Frame、HD30、HV30、HD15、VD15、VD30 の順に継続時間が短くなっている。

・TA に着目すると、HV30、HD30、HD15、VD15、Frame、VD30 の順に継続時間が短くなっている。他の地震波

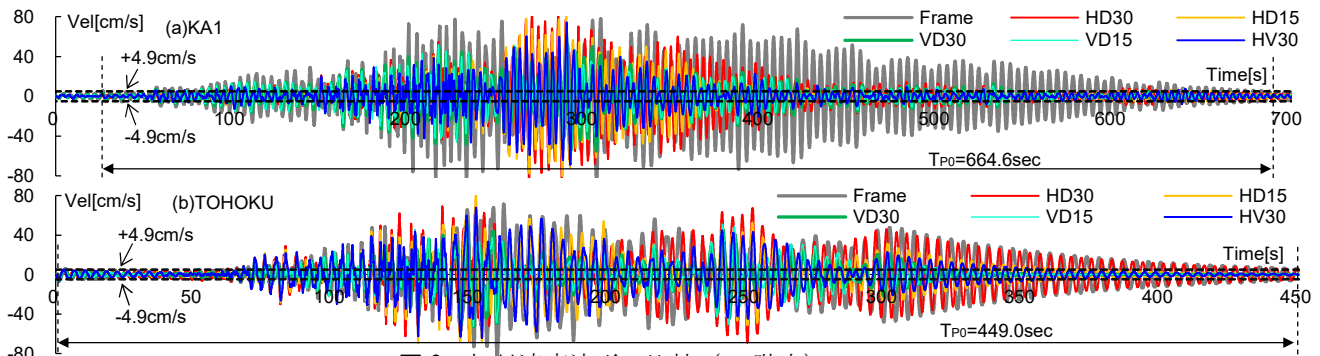


図3 相対速度波形の比較 (30 階床)

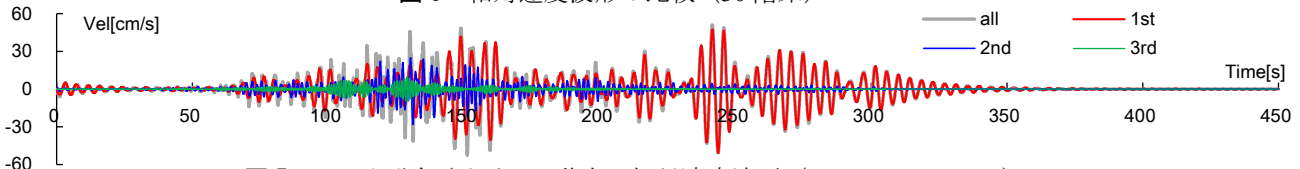


図5 モード分解された30階床の相対速度波形 (TOHOKU, VD15)

と傾向が異なる。Frame の入力エネルギーが他のダンパー配置と比べて 15%程小さいため、ダンパーによる知覚時間の短縮効果が見られなかったと考えられる。

- ・HD30 は知覚時間の短縮効果は他のダンパー配置と比べて小さい。図 3(a)からも確認できるように、Frame と比べて中盤の振幅は小さいにもかかわらず、小変形時の等価減衰が他のダンパー配置と比べて小さいため、終盤で収束しきれないことが要因である。小変形時の等価減衰をどれだけ確保できるかが重要となる⁶⁾。

- ・下層部に粘性ダンパーのみを配置した VD30 および VD15 は知覚時間の短縮の効果が大きく、TA を除けば Frame の知覚時間と比べて約 20%以上短縮されている。

- ・HD15 および HV30 に着目すると、VD30 および VD15 と比べて知覚時間の短縮効果は小さい。TA を除けば Frame の知覚時間と比べて約 10%以上短縮されている。

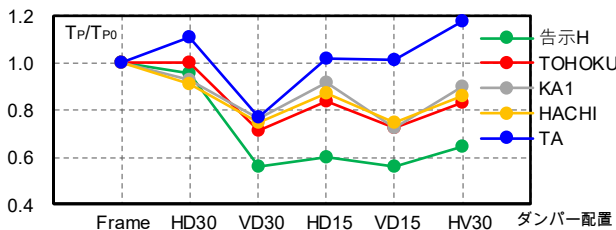


図4 各ダンパー配置における知覚時間

4. 高次モードが知覚時間に与える影響

30 階床の応答波形をモード分解し、高次モードが知覚時間に与える影響を確認する。履歴ダンパーが塑性化しているため、バンドパスフィルターを用いて各モードに分解する。カットオフ周期は各次の弾性固有周期の中間値とする。代表して、TOHOKU/VD15 におけるモード分解された相対速度波形を図 5 に示す。序盤・中盤は 2 次および 3 次モードの影響が大きく、終盤および自由振動区間は 1 次モードの寄与率が高い。

図 6 に全モードを考慮した時の知覚時間と 1 次モードのみの知覚時間の関係を示す。また、1 次および 2 次モードを考慮した時の知覚時間も重ねて示す。

- ・知覚時間を 1 次モードのみで評価した場合、概ね誤差 $\pm 10\%$ 以内となる。
- ・下層に粘性のみを配置した VD30 および VD15 は、1 次のみ考慮しただけでは危険側の評価となるケースがある。
- ・TA は全体的に、2 次モードまで考慮する必要がある。

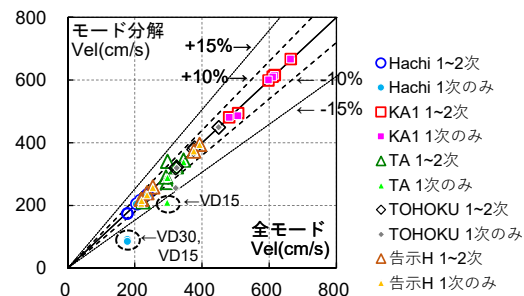


図6 知覚時間の関係

5. おわりに

ダンパー配置が知覚時間に与える影響を示した。限られたケースではあるが、以下に得られた知見を示す。

- 1) 下層部に粘性ダンパーのみを配置した場合、知覚時間の短縮効果大きい。
- 2) 知覚時間を短くするためには、小変形時の減衰の確保が重要となる。
- 3) 知覚時間は 1 次モードのみで概ね評価可能であるが、下層に粘性のみを配置したモデルは、高次の影響が大きい。

謝辞 本研究では、国立研究開発法人防災科学技術研究所 K-NET の地震記録を使用させていただきました。

参考文献

- 1) 気象庁：東北地方太平洋沖地震における長周期地震動による揺れの実態調査について、長周期地震動に関する情報のあり方検討会（第1回）、2011.11
- 2) 石井透：地震動の応答継続時間スペクトル 評価手法の提案と 2011 年東北地方太平洋沖地震およびその前震・余震・誘発地震による東京の地震動への適用例、日本建築学会構造系論文集、No.676, pp.843-850, 2012.6
- 3) 能島暢弘：強震動が人間行動および心理面に与える影響の継続時間の評価、東濃地震科学研究所報告、No.37, pp.73-89, 2016.3
- 4) 池田雄一：東北地方太平洋沖地震の強震記録に対する超高層建物の揺れの時間長さと地震時居住性に関する研究、日本建築学会全国支部研究報告、pp.5-6, 2016.5
- 5) 小江優斗：建物応答から見た地震動の継続時間スペクトルに関する基礎検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ, pp.249-250, 2017.7
- 6) 添田幸平ら：粘性ダンパーと履歴ダンパーを併用配置した超高層鋼構造建物の後揺れに関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅱ, pp.767-768, 2021.9
- 7) 添田幸平ら：粘性ダンパーと履歴ダンパーを連層配置した超高層鋼構造建物の簡易モデル作成手法、日本建築学会構造系論文集、No.768, pp.197-207, 2020.2
- 8) 翠川三郎ら：1968 年十勝沖地震の八戸港湾での強震記録の再数値化、日本地震工学会論文集、第 10 巻、第 2 号、2010
- 9) 内閣府：南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告、南海トラフの巨大地震モデル検討会、首都直下地震モデル検討会、2015.12
- 10) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長周期地震動評価 2016 年試作版—相模トラフ巨大地震の検討—、2016.10
- 11) 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性評価規程・同解説、第 3 版、2018.11

*1 久米設計

*2 東京工業大学

*1 KUME SEKKEI

*2 Tokyo Institute of Technology