**T2R2**東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

# 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, , , pp. 551-552		
Citation(English)	, , , pp. 551-552		
発行日 / Pub. date	2022, 9		
権利情報			

# 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

#### 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<sup>1)</sup>。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 与えないとは言い切れない。

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*Tp*)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<sup>例えば2),3)</sup>や超高層建物の揺れ長さに関する研究<sup>例えば2),3)</sup>や超高層建物の揺れ長さに関する研究<sup>例えば4),5)</sup>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<sup>9</sup>。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<sup>つ</sup>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。



解析モデルは等価せん断モデルとする<sup>7)</sup>。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<sup>8)</sup> (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

## 正会員 ○添田 幸平\*1 同 佐藤 大樹\*2

波は、南海トラフ地震<sup>9)</sup>(以降 KA1) および大正関東地 震<sup>10)</sup>(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  $pS_V$ (h=5%),およびエネ ルギースペクトル  $V_E$ (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<sup>2</sup>のデータを追加した。



#### 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<sub>P</sub>*を算出する。判定 基準は、定常的な水平振動の評価レベル<sup>111</sup>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 (±4.9cm/s) および Frame の知覚時間 *T*<sub>P0</sub> 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*<sub>P0</sub>に対する各ダンパー配置に おける知覚時間 *T<sub>P</sub>*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いて, 他の地震波



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<sup>6</sup>。

・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。



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。

- \*1 久米設計
- \*2東京工業大学
- \*\* 宋尔上亲八子

・知覚時間を1次モードのみで評価した場合,概ね誤差
±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。



<sup>5.</sup> 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。

- 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が大きい。
- 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。
- 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 の強震記録を使用させていただきました。 参考文献 東北地方太平洋沖地震時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 . 复象庁 ■01に関する情報のあり方検討会(第1回),2011.11 石井透:地震動の応答維続時間スペクトル 評価 = の前震・余震・誘な<sup>10,40</sup> 井透:地震動の広客継続時間スペクトル 評価手法の提案と 201 前震・余震・誘発地震による東京の地震動への適用例,日本 843-850, 2012.6 2) pp.o--。 能島暢呂 注この 強需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, 3) 東濃地震科学研究所報告 能島暢呂:強震動が人间(T)割みよいの少生回(レイハンモー No37, pp.73-89, 2016.3 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,日本建築学会四国支筋研究報告, pp.5-6, 2016.5 ハ江優斗ら:建物応答から見た地震的の継続時間スペダトルに関する基礎検討,日本建築学会大会学 溶講演梗概集,構造II, pp.249-250, 2017.7 添田幸平ら:粘性ダンパーと履歴ダンパーを併用危運した超高層鋼構造建物の後揺れに関する研究, 添田幸平ら:粘性ダンパーと履歴ダンパーを併用危運した超高層鋼構造建物の後揺れに関する研究, 4) 5) 6) 添田幸平ら:粘性タンパーと履歴タンパーを加加した。 日本建築学会大会学術講道既観集、構造II,pp.76-768,2021.9 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 7) 添田 ル作成手法。 日本建築学会構造系論文集 pp.197-20 2020.2 8) 第10巻 9) 検討会, 首都直下地震モデル検討会, 2015.12 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 10) 相模トラフ巨大地震の検討 20歳時14.97.72世紀平印ル紀辰時14.5555.7577772歳5931年回2010年かけり成1916年7-- 2016.10 日本建築学会:建築物の振動に関する居住性能評価規準・同解説,第3版,2018.11 11)

### \*<sup>1</sup>KUME SEKKEI

\*<sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology