

超高層住宅の水平振動居住性に対するアクティブマスダンパーの効果検証体感試験

居住性能評価
水平振動

振動台体感試験
超高層住宅

アクティブマスダンパー
振幅

正会員 ○古田 卓也* 正会員 石川 孝重**
正会員 岡部 和正* 正会員 片岡 達也***
正会員 遠山 解*

1.はじめに

近年、多くの超高層建物が計画される中、200mを超える超高層住宅も増加している。このような超高層住宅では、強風時の揺れをはじめとして、中小地震や地震後のあと揺れに対する居住性への十分な配慮が求められる。居住性の向上を目的に制振装置を採用することがあり、特に屋上部に設置するアクティブマスダンパー（以降AMD）は居住性向上に特化した大型制振装置としてしばしば用いられる。一方で建物の揺れ具合に対するスペックは「1年再現の風レベルに対してH-30以下」などと表現され、一般には伝わりにくく、AMDの採用検討にあたりその必要性判断のための合意形成を得ることが難しい。

本報では、実際に計画中の超高層住宅について、風揺れと、地震後の後揺れを模擬した水平方向振動体感試験を行い、居住性スペックの妥当性およびAMDの効果に関して関係者間で共有を図った試験について報告する。

2.試験要領

2.1 試験手順

試験は3m×3m×3mの高性能振動台試験装置（図1）を用いる。32名の被験者により振動体感試験を行い、知覚の有無および不快度（5段階）などについてアンケートへの記入を行う。被験者の体勢は加振方向に対して並行に座位とし、窓外の視覚情報がない状態で一方向に加振する。手順は以下の通りとする。

- 1) AMDの有無による風揺れを模擬した試験波計2波について体感し、不快度を確認
- 2) AMDの有無による地震後の後揺れを模擬した試験波計2波について体感し、揺れの終息開始から揺れを感じなくなるまでの時間を確認
- 3) アンケート結果を集計し、AMDの効果を確認

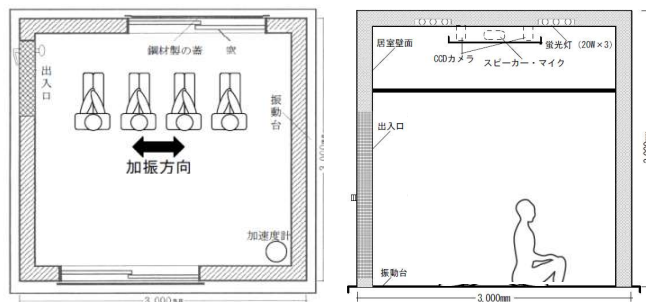


図1 試験装置概要

(左図：平面図、右図：断面図)

2.2 試験諸元

本試験は一次固有振動数として、X方向：0.197Hz（周期5.08秒）、Y方向：0.219Hz（周期4.57秒）の高さ約220mのRC超高層住宅のゆれを対象としている。

本建物の居住性能クライテリアは、図2における建物中央0点と、建物隅角部A～D点の各5点いずれの位置においても、①再現期間1年の風速に対する最大加速度がH-30以下②再現期間5年の最大加速度がH-50以下を満足することとし、AMDの仕様を決めている。

AMDは屋上階に設置し、その配置を図2、仕様を表1に示す。AMDは屋上階の図心付近に1軸方式の装置をX方向とY方向に、各1台ずつ設置する。AMDの制御には、設置位置の建物応答を用いたフィードバック制御を用いる。本装置の機構にはフル・アクティブ式を採用する。ばね要素および、減衰要素を持たず、可動マスをアクチュエーターのみで直接に駆動する方式である。

非制振時とAMDを用いた制振時の1年再現の風に対する居住性能評価結果を表2に示す。

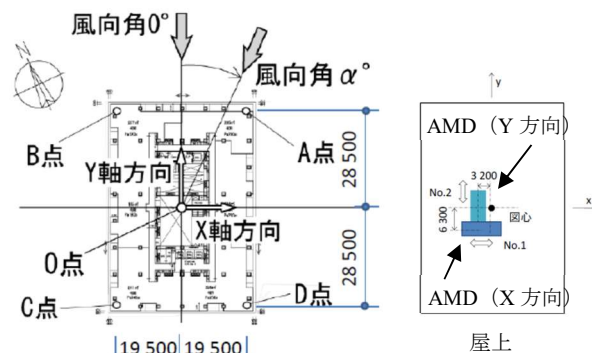


図2 建物概要・AMD屋上配置位置

表1 AMD仕様

制御方向	要目	
X	可動マス質量	100 ton
	ストローク	±2.0 m
	最大速度	2.31 m/s
	最大制御力	35.1 tonf
Y	可動マス質量	30 ton
	ストローク	±1.5 m
	最大速度	1.75 m/s
	最大制御力	10.1 tonf

表2 居住性能評価結果（1年再現の風）

項目	最大加速度				評価	
	X方向		Y方向		X方向	Y方向
	0点	隅角部	0点	隅角部	隅角部	隅角部
AMDなし	5.36	6.19	4.58	4.81	H-70	H-70
AMDあり	2.78	3.61	3.17	3.37	H-30	H-30

Effect verification of active mass damper on wind sway
habitability of high rise building

FURUTA Takuya, OKABE Kazumasa, TOYAMA Kai
ISHIKAWA Takashige, KATAOKA Tatsuya

2.3 試験波形

体感波形は建物1次振動数の正弦波を基本とする。風揺れ（図3）については、表2に示すX方向隅角部の最大応答加速度の正弦波とし、最大加速度6.19galを「AMDなし」、3.61galを「AMDあり」とする。地震後の後揺れ（図4）については、最大加速度15galの正弦波とし、15秒経過後に減衰1.2%で収束する波形を「AMDなし」とし、15秒経過後に減衰4.5%で収束する波形を「AMDあり」とする。

3. 集計結果の分析

3.1 「風揺れ不快感」集計結果

風揺れ体感試験のAMD有無に対する集計結果を図5に示す。「AMDなし」の場合、不快であると答える人が最も多く、不快～非常に不快と感じる人の合計割合が9割以上である。「AMDあり」の場合は、あまり不快でないと答える人が最も多く、あまり～まったく不快でないと感じている人が6割以上であり、かなり～非常に不快と感じる人はいない。

3.2 「地震後の後揺れ体感時間」集計結果

図5に地震後の後揺れ体感試験のAMD有無に対する集計結果を示す。「AMDなし」の場合、揺れの収束を開始してから揺れを感じなくなるまでの経過時間を60秒以上と回答した人が9割以上である。一方「AMDあり」の場合、15～45秒で全員が揺れを感じなくなっている。

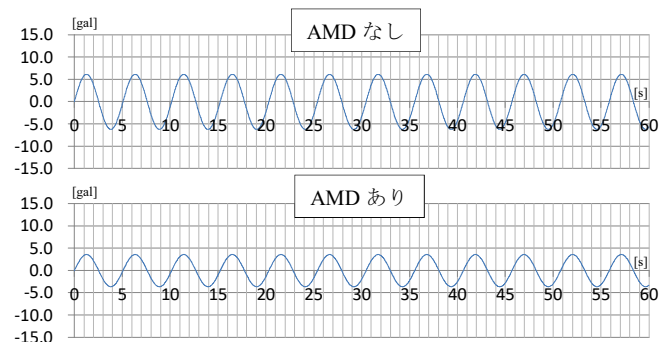


図3 風揺れ試験波

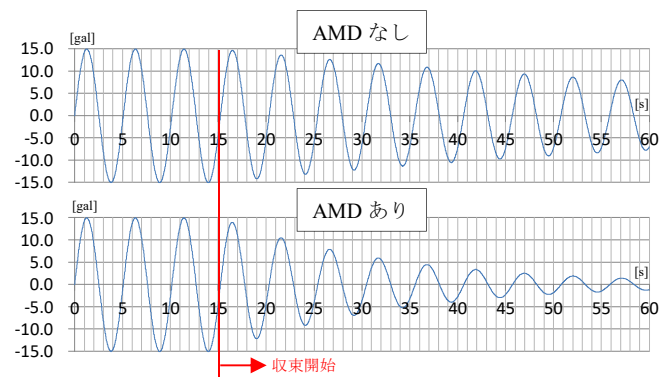


図4 地震後の後揺れ試験波

3.3 「AMDの効果」集計結果

図6に「風揺れ」「地震後の後揺れ」に対する試験でAMDの制振効果の体感程度についての集計結果を示す。ほぼ全員がAMDの制振効果を体感し、特に地震後の後揺れの早期収束に対して評価が高かった。

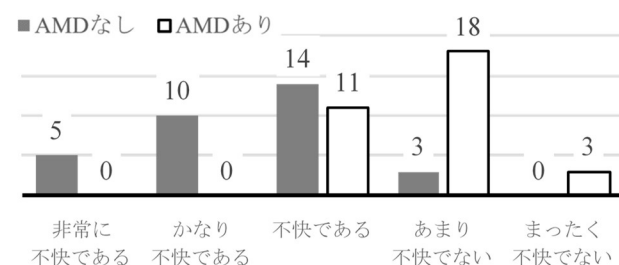
4. まとめ

超高層住宅の居住性向上のためのAMD採用にあたり、関係者間で居住性スペックに対する共通認識を得る手段としての体感試験の有用性を確認した。

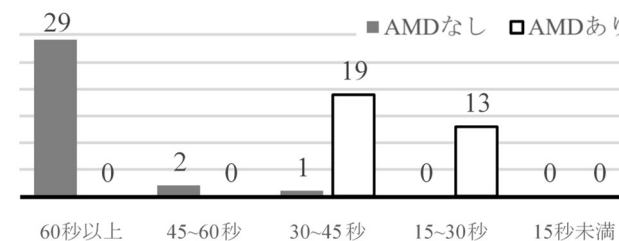
- 1) 目標居住性スペックに対する理解と妥当性について関係者間の共通認識を得られた。
- 2) AMDの必要性判断に関する関係者間の合意形成に有効であった。

【参考文献】

- 1) 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年11月。

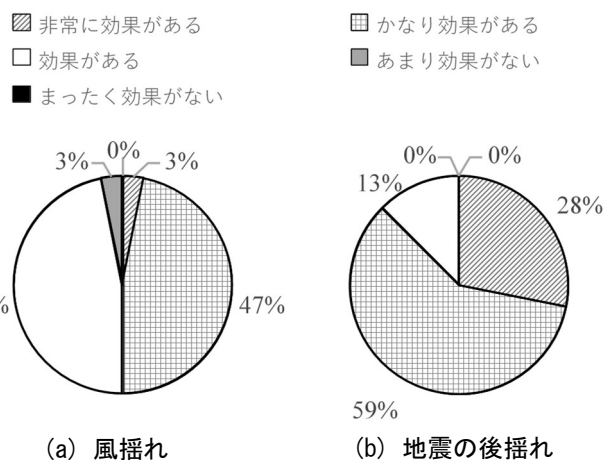


(a) 風揺れの不快程度



(b) 地震後の後揺れを感じなくなるまでの時間

図5 体感試験 アンケート結果



(a) 風揺れ

(b) 地震の後揺れ

図6 AMD効果 アンケート結果

*森ビル株式会社 設計部

**日本女子大学家政学部住居学科 教授・工学博士

***株式会社山下設計 構造設計部

* Mori Building Co., LTD. Architectural Design Department

**Prof., Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ., Dr. Eng

***Yamashita Sekkei Inc. Structural Design Dept