

ハルカスは倒れるのか？

抄 録

今後、起こりうる巨大地震によって、あべのハルカスが倒壊するの否かを様々な角度から調べ、結論付けることを目的とした。アンケート調査で浮かび上がった2つの問題点である液状化現象と、あべのハルカスの構造について検証した。液状化現象では周辺の地盤調査をすることにより、安全性が確認でき、あべのハルカスの構造では2つの実験をすることで安定性・耐久性について明確になった。これらのことを踏まえて、結論として「ハルカスは倒れない」と考えた。

キーワード：あべのハルカス、液状化現象、耐震構造、制振構造

1. はじめに

1.1 研究動機

あべのハルカスは倒れない。私はそう考えていた。しかし、南海トラフ地震が今後30年の内に70%の確率で起こることを知り、果たして身近にあるあべのハルカスは本当に倒れないのか知りたいと思い、研究テーマに設定した。

1.2 研究目的及び問題提起

2011年に発生した東日本大震災では、大阪府の咲洲庁舎（地上55階、高さ256m）が長周期地震動の影響とみられる振れ幅約3mの揺れが、10分間続いた。震源から770kmも離れているにも関わらずである。それでもなお、倒壊しないとは断言できないと思う。そこで、あべのハルカスが倒れるのか、倒れないのかを根拠を踏まえて結論を出すことを本研究の目的とした。

2. 研究方法

2.1 アンケート調査

様々な年代の人にあべのハルカスが倒壊すると思うか否かについて確認するためにアンケートを行う。

<概要>

- ・アンケート内容 「震度7の地震であべのハルカスが倒れると思いますか？」
- ・アンケート対象者 10代未満～60代以上の男女 148人

2.2 文献調査

アンケート調査において浮かび上がった2つの問題点について文献を用いて調べる。

- ① 液状化現象
- ② あべのハルカスの構造

2.3 実験Ⅰ

2.2の文献調査によって分かったあべのハルカスの様々な構造が本当に地震が起こった際に効果を発揮するのかを確認するための実験を行う。

2.4 実験Ⅱ

地震による超高層ビルへの影響やあべのハルカスの安定性についての実験を行う。

2.5 インタビュー

本研究の結論を出すうえでの材料の一つにするため、あべのハルカスを建てた竹中工務店の方にインタビューを行う。

<概要>

- ・インタビュー方法 E-mail
- ・質問内容 「あべのハルカスが倒壊するのはどのくらいの地震が起こった時なのか。」

3. 研究内容

3.1 アンケート結果

(表1) から多くの方が、あべのハルカスは倒れないと考えていることが分かった。しかし、「はい」と回答した人に理由を聞くと、

表1 アンケート結果

年齢 (歳)	はい (人)	いいえ (人)
10代未満	3	6
10代	15	55
20代	1	2
30代	3	9
40代	8	16
50代	3	3
60代以上	4	17
計	37	111

- ・地盤が耐えられないと思った。
- ・液状化現象によって倒れてしまうと思った。
という液状化現象を不安視する声
- ・高層ビルが倒れているのをテレビで見た。
- ・建物が高すぎる。
というあべのハルカスの構造を疑問視する声が多かった。

3.2 文献調査

①液状化現象について

液状化現象…地震による振動を受けて、砂質の地盤が液体のように強度を失い、泥状の土や水が噴き出す現象のこと。

あべのハルカス周辺の液状化現象が起こる可能性について調べた。

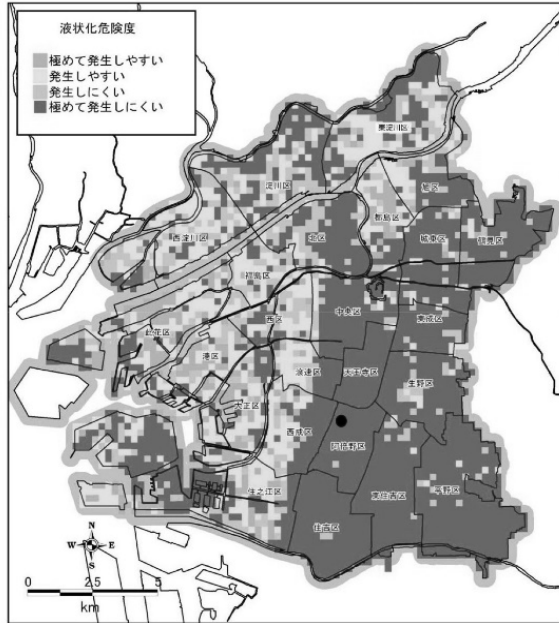


図1 液状化予想図

右の図1は大阪市の危機管理局が発行している液状化予想図である。

「●」はあべのハルカスの場所を示している。

この図より、あべのハルカスの周辺は液状化現象が極めて発生しにくいということが分かる。また、周辺の土地は砂礫質^{れき}台地（液状化しにくく、揺れにくい土地）である。

従って、液状化現象の可能性はないということが分かった。

②あべのハルカスの構造

ハルカスの構造は大きく分けて2つある。1つ目は揺れを抑える構造である耐震構造で、2つ目は地震や強風による揺れを吸収する構造である制振構造である。

耐震構造を用いている装置の例として、耐震ブレース（図2）がある。耐震ブレースとは筋交いのことで建物の構造を補強するものであり、揺れを抑える。

制振構造を用いているものとしては、ATMD（active tuned mass damper）（図2）、心棒ダンパー（図2）が挙げられる。ATMDは単振り子と倒立振り子を組み合わせ、建物の固有周期を変えることで、様々な地震や強風による揺れを最小限に抑えることができる。心棒ダンパーは高層部での建物の変形を防ぐために建物の中心部に揺れを吸収するダンパーが設置されている。この技術は元々、奈良時代に建てられた五重塔の心柱と呼ばれるものが用いられている。ただし、この心柱のメカニズムは未だに解明されていない。

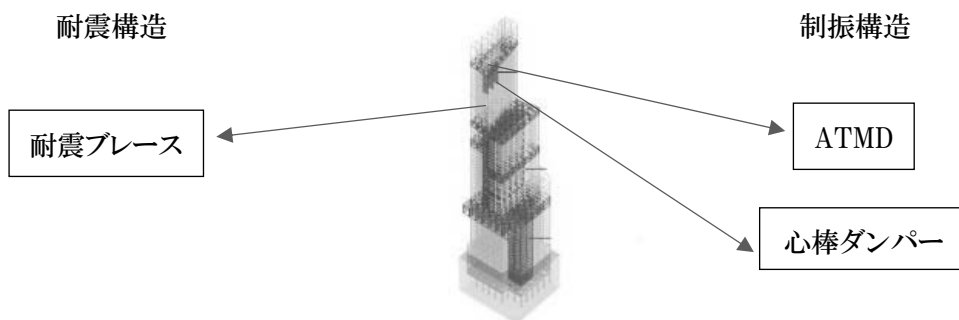


図2 あべのハルカスの耐震構造と制振構造

3.3 実験 I

実験方法：あべのハルカスに設置されている装置が本当に効果があるのかを調べるために、特に重要だと思う装置をストローで作り、実際に揺らす実験を行う。



図3 何もなし



図4 耐震ブレース



図5 心棒ダンパー

表2 実験結果

装置	揺れ方	有効かどうか
何もなし	大きく揺れた	無効
耐震ブレース	揺れなかった	有効
心棒ダンパー	少し揺れたが、揺れを吸収	有効

この結果から、あべのハルカスの構造は安全で、耐久性があるということが分かる。

3.4 実験 II

先述の東日本大震災の際に、超高層ビルを襲った地震は長周期地震動によるものであった。そこで、長周期地震動が本当に超高層ビルに大きな影響を与えるのか実験を行った。また、同時にあべのハルカスの形の安定性に関する実験を行う。

<1> 長周期地震動の影響

実験方法：弟をあべのハルカスに見立てて振動台の上に立ってもらい、振動台を左右に動かすことで様々な地震を再現し、弟の揺れ方を見る。

長周期地震動・・・ゆったりとした大きな揺れのこと

短周期地震動・・・直下型地震といわれるような小刻みな揺れのこと



図6 長周期地震動
大きく揺れて、バランスを崩した



図7 短周期地震動
バランスを崩すことなく安定していた

このことから、超高層ビルには長周期地震動が最も影響があるということが分かった。

<2> あべのハルカスの形

実験方法：あべのハルカスの形に疑問を感じたので、重心を変えて揺らしてみる。弟に5kgの米を2つ持たせて重心が高いときと、低いときの2つに分けて実験する。



図8 重心が上の時
すぐにバランスを崩した



図9 重心が下の時
安定していた

このことから、あべのハルカスの形は安定性に優れているということが分かった。この形は興福寺の天燈鬼をイメージしているといわれ、重量感のある形となっている。

3.5 インタビュー結果

竹中工務店広報部の濱田さんに「あべのハルカスが倒壊するのはどのくらいの地震が起こった時なのですか。」という質問を行い、回答をいただいた。

<回答> 物事に絶対ということはありませんが、あべのハルカスは、極めてまれに発生する極大地震に対しても倒壊しないことを構造計算により確認しています。

4. 考 察

実験Ⅱ<1>により、長周期地震動が超高層ビルに大きな影響を及ぼすことが分かった。実験Ⅰから、耐震構造の耐震ブレースは抜群の耐久性を誇り、制振構造の心棒ダンパーは高い揺れの吸収性を発揮することが分かった。このことから、あべのハルカスは長周期地震動の揺れにも対応できること、そしてその安全性が明確となった。また、実験Ⅱ<2>では、重心を下にすることで、倒れにくく、揺れにくい建物となっていることが確認できた。

5. 結 論

アンケート結果を分析し、文献調査では液状化現象の可能性がないこと、実験Ⅰではあべのハルカスの耐震構造・制振構造が有効であること、実験Ⅱではあべのハルカスの形の安定性を確認した。それに、インタビューの結果を踏まえて、「あべのハルカスは倒れない」という結論に至った。

参考文献

高山峯夫・田村和夫・池田芳樹（2012）『耐震・制震・免震が一番わかる』 技術評論社

斉藤大樹（2013）『トコトンやさしい地震と建物の本』 日刊工業新聞社

鹿島（2010）『超高層ビルの仕組み』 講談社

耐震・制震技術 | あべのハルカス

<<https://www.abenoharukas-300.jp/about/technology.html>>

2017年度改訂 あべのハルカス | 竹中工務店

<<http://www.takenaka.co.jp/solution/needs/highrise/service01/index.html>>

災害想定（震度分布・液状化予測・津波浸水想定）について

<<http://www.city.osaka.lg.jp/kikikanrishitsu/page/0000011946.html>>

（以上2017年7月1日から8月31日にアクセス）

名古屋大学減災連携協力センター（2017年7月29日）

人と未来の防災センター（2017年7月28日、2017年8月17日）