

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その7 構造特性の変化に着目した検討
Title(English)	Evaluation of Wind-induced Response of High-rise Seismic Isolated Building Based on Observed Data Part 7 considerations on change of structures system
著者(和文)	普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章, 笠井和彦
Authors(English)	Yoshiyuki Fugo, Daiki Sato, TETSURO TAMURA, Akira KATUMURA, KAZUHIKO KASAI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 171-172
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 171-172
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

## 観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その7 構造特性の変化に着目した検討

正会員 ○普後 良之 1\* 同 佐藤 大樹 2\* 同 田村 哲郎 2\*  
同 勝村 章 1\* 同 笠井 和彦 2\*

超高層免震建物 風応答観測 構造特性  
一般化質量

## 1.はじめに

近年、高層建物に免震が採用される事例が増えているが、風応答に対する資料はまだ乏しい中で設計実務が行われているのが現状である。筆者らは東京工業大学すずかけ台キャンパス内の超高層免震建物（以下、J2 棟）において、地震および風応答に着目した観測および解析を行っている。既報その 5<sup>1)</sup>では、再現期間 1 年程度の風速を記録した台風 T0720 における加速度観測記録を対象に、HP 法および RD 法を用いて 1 次モードに着目した構造特性の同定を行った。その結果、最大加速度が大きくなるに従い減衰定数が 10%程度まで増加し、以降横ばいの傾向を示した。解析の対象とした X 軸方向(短辺方向)にはオイルダンパーが設置されており、その効果と考えたが、今回オイルダンパーが設置されていない Y 軸方向(長辺方向)について同様の解析を行った結果、X 軸方向と同様の傾向が見られた。そこで、構造特性の変化による応答加速度の変化に着目して考察を行ったので報告する。

## 2.観測概要

J2 棟の免震装置は図 1 に示すように天然ゴム系積層ゴム支承、U 型鋼製ダンパーおよびオイルダンパーから構成されており、オイルダンパーは X 軸方向に作用するように配置されている<sup>2)</sup>。鋼材ダンパーの降伏変位は 31.7mm であるが、今回対象とした台風 T0720 における免震層の最大変位は約 7mm であり、鋼材ダンパーは弾性範囲である。加速度計は図 2 に示すように免震層上部構造に 4 層配置されており、常時同時計測されている<sup>3)</sup>。既報その 5 同様、加速度時刻歴の X 軸方向成分に対して 0.1~1Hz、Y 軸方向成分に対して 0.1~1.2Hz のバンドパスフィルタ処理を行った。バンドパスの幅は、1 次モードを対象として解析を行うため、バックグラウンド成分を除去し、かつ 2 次モード以上の成分を除去する意図で、各軸方向の 1 次モードと 2 次モードのおおむね中間の周波数をあらかじめ確認の上、設定した。時刻歴波形の一例として、対象とする台風 T0720 において X 軸方向最大加速度が発生した時刻付近の 30 分間の時刻歴波形を図 3~4 に示す。風向・風速は比較的安定した平均成分に変動成分が乗ったような波形であるが、加速度波形は大きな振幅と小さな振幅をランダムに繰り返している。中央の 10 分間(16:10

~16:20)のピークファクタを求めると、X 軸方向が 6.6、Y 軸方向が 5.0 を示し、既報その 4<sup>4)</sup>で検討したように、弾性範囲の振動における一般的な値(3.0~3.5)を大きく上回っている。

## 3.解析手法と結果

オイルダンパーが設置されていない Y 軸方向の 20 階における加速度時刻歴波形に対して、既報その 5 同様に HP 法および RD 法を用いて固有振動数と減衰定数を推定した。結果を図 4 および図 5 に示す。固有振動数は最大加速度が大きくなるに従い約 0.6Hz から約 0.5Hz まで減少した。減衰定数は最大加速度が大きくなるに従い増加し、最大で 10~12%程度を示した。この傾向は X 軸方向と同様であった。

次に、図 4 に示したうち中央の 10 分間の X 軸方向 20 階加速度観測値を対象に、図 7 に例示するような 1 周期毎の検討を行った。加速度時刻歴を順次読み込み、極大値  $a_{max}$  が示された時刻  $t_{max}$  と、次の極小値  $a_{min}$  が示された時刻  $t_{min}$  から片側振幅  $(a_{max} - a_{min})/2$ (gal) および振動数  $1/\{(t_{min} - t_{max}) \times 2\}$ (Hz) を算定した。得られた 269 周期に対して片側振幅を横軸にとり振動数を整理したものを、既報その 5 と比較して図 8 に示す。誤差バーは標準偏差を示しており、以降の図も同様である。10 分間中でも振動数は加速度に応じて変化し、加速度が大きくなるに従い固有振動数が低下した。データ数が少ないためばらつきが大きいものの、10 分間の中でも 1 周期毎の振幅と振動数の関係は 1 イベント全体を検討した既報の結果と同様の傾向を示した。ここまで 10 分間に限定して解析を行ったが、次にイベント全体を対象として同様の解析を行った。同時に、20 階において極大値  $a_{max}$  が示された時刻  $t_{max}$  における他階の加速度をピックアップした。加速度計が設置されていない階の加速度は、計測されている階の記録から直線で補間した。さらに各階加速度を最上階の加速度で除したものを 1 周期毎の振動モード形と見なし、1 周期毎に一般化質量  $\tilde{m}$  を算定した。各階質量は設計図書を基とした。

$$\tilde{m} = \sum_{i=1}^{22} m_i \mu_i^2 \quad (1)$$

イベント全体で解析した 1 周期毎の片側振幅と振動数の関係は、ここでは図を割愛するが、HP 法および RD 法

の結果と良好に対応した。1 周期毎の片側振幅と免震層直上階である 2 階の振動モード値の関係を図 9 に示す。また同様に一般化質量との関係を図 10 に示す。図 9 のプロットの内、代表的な 2 点に対して荷重指針 2015 における振動モードの近似係数  $\beta$  を示した。図 9 において片側振幅 0.1gal 以下では 2 階の振動モード値は小さく、免震層が固定状態に近い状況を示している。また片側振幅 0.1gal を超える振動が生じると免震層が比較的大きく動き出すことが分かり、それに従い図 10 に示すように一般化質量が大きくなる。一般化質量の増加は固有振動数が低下する(図 5)ことと整合している。

#### 4. 考察

図 5, 図 9 および図 10 に赤丸で示す A と B の状態の構造特性に着目し, 考察する。A の状態に対して B の状態は, 固有振動数  $f$  が約 0.9 倍, 一般化質量  $\tilde{m}$  が約 1.3 倍である。また各状態の  $\beta$  から荷重指針に従い変動一般化風力の補正係数  $\lambda$  を算定すると, その値は約 1.4 倍となる。これは一般化風力  $\tilde{C}_F$  が約 1.4 倍作用することを意味している。応答加速度は一般に  $1/f^3$  程度に比例し, また  $1/\tilde{m}$  および  $\tilde{C}_F$  に比例する。減衰が変化しないとすると, A に対して B の状態は, 約 1.5 倍応答する状態と言える。10 分間の応答現象の中で A と B の状態が混在していることがピークファクタが大きくなる原因と推察される。また 1 周期毎にモード形が変化することから, 一般化減衰も一定ではなく変化すると考えられる。HP 法および RD 法を異なる構造特性が混在した波形に対して適用したことが, 減衰を大きく評価した原因の 1 つと推察されるが, 現象の把握のためには今後, 更なる詳細な検討が必要と考える。

#### 4. まとめ

J2 棟の観測記録から, 再現期間 1 年程度の台風時にオイルダンパーが作用しない Y 軸方向において大きな減衰定数が得られた。振幅によって構造特性が変化すること

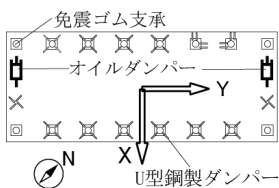


図 1 免震装置配置図

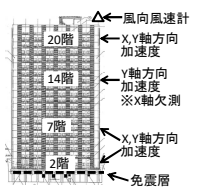


図 2 計測機器配置

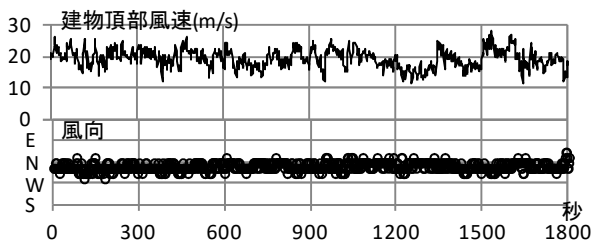


図 3 X 軸方向最大加速度が発生した時刻付近 30 分間の風向風速時刻歴波形 (T0720, 2007/10/27, 16:00~16:30)

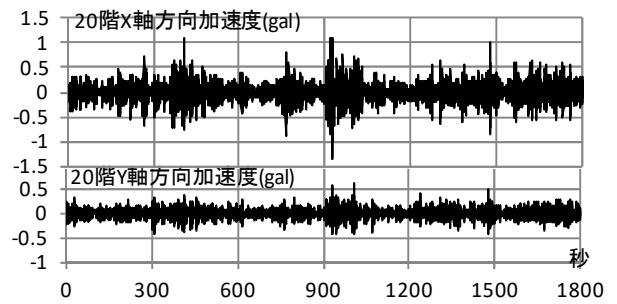


図 4 X 軸方向最大加速度が発生した時刻付近 30 分間の加速度時刻歴波形 (T0720, 2007/10/27, 16:00~16:30)

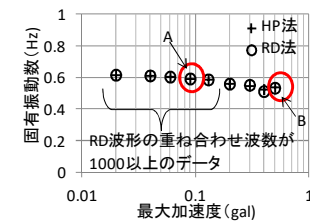


図 5 Y 軸方向最大応答加速度と固有振動数の関係

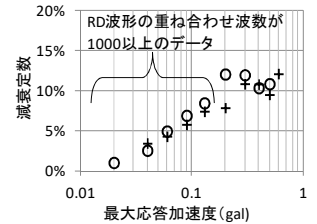


図 6 Y 軸方向最大応答加速度と減衰定数の関係

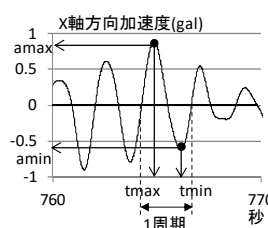


図 7 解析対象とする 1 周期の例

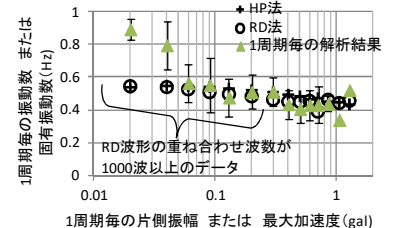


図 8 X 軸方向最大加速度と振動数の関係

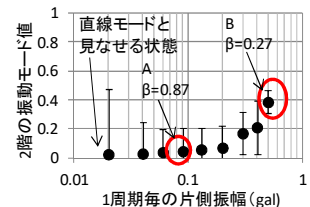


図 9 Y 軸方向 1 周期毎の片側振幅と 2 階の振動モード値の関係

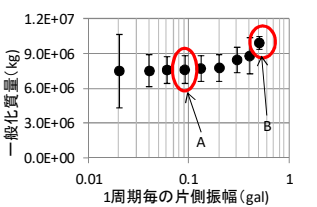


図 10 Y 軸方向 1 周期毎の片側振幅と一般化質量の関係

に着目し, 荷重指針による試算を基に大きなピークファクタおよび減衰が生じるメカニズムについて考察したが, 今後, 更なる詳細な検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 普後良之他: 観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その 5, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015. 9, 2) 菊地岳志他: メガブレースを用いた超高層免震鋼構造建築物の設計, 日本建築学会技術報告集, 第 22 号, pp. 217-222, 2005. 12, 3) 大木洋司他: 超高層免震建物の長期観測システム構築に関する具体的取り組み, 日本建築学会技術報告集, 第 21 号, pp. 73-77, 2005. 6, 4) 普後良之他: 観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その 4, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013. 9

#### 謝辞

本研究で用いた J2 棟の加速度観測データは, 東京工業大学 GCOE プログラムから提供して頂いたものであります。厚く御礼申し上げます。

1\* 風工学研究所  
2\* 東京工業大学

1\* Wind Engineering Institute  
2\* Tokyo Institute of Technology