

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	台風シミュレーションに基づく風向・風速変化を考慮した超高層免震建物の風応答評価
Title(English)	Wind-induced response evaluation of high-rise seismically isolated building considering wind direction and wind speed change based on typhoon simulations
著者(和文)	佐藤大樹, 銭晓鑫
Authors(English)	Daiki Sato, Xiaoxin Qian
出典(和文)	建築物の安全性・信頼性 Vol.9 JCROSSAR2019論文集, Vol. 9, , pp. 51-52
Citation(English)	Proceedings of the 9th Japan Conference on Structural Safety and Reliability, Vol. 9, , pp. 51-52
発行日 / Pub. date	2019, 10

# 台風シミュレーションに基づく風向・風速変化を考慮した 超高層免震建物の風応答評価

佐藤大樹\* 銭晓鑫\*\*

## Wind-induced response evaluation of high-rise seismically isolated building considering wind direction and wind speed change based on typhoon simulations

by

Daiki SATO\* and Xiaoxin QIAN\*\*

Seismic isolation system proves to be efficient in reducing the seismic response of a building. With the increasing number of base-isolated high-rise buildings, the wind effect cannot be neglected. Strong wind may bring about continuous and violent vibration of the flexible isolation layer, leading to the fatigue damage of steel dampers that were installed in the seismic isolation layer. Thus, fatigue damage evaluation is of critical importance to damper performance in the practical design. In this paper we evaluate the influence of wind direction by plotting the wind-induced responses of analytical models and residual deformation of isolation layer.

**Key words:** High-rise seismically isolated building, Wind-induced response, Wind speed and direction

### 1 緒 言

近年、超高層建物に免震構造が採用される例が増加してきている。建物の高層化に伴い超高層免震建物に作用する風力は増大する。そのため免震層に設置された鋼材系のダンパーは台風のような強風時に塑性化する可能性が考えられる。これまでの耐風設計は、強風時においても主要構造部材を弾性範囲に留めることを目標としてきた。これは継続時間の長い台風の場合、繰返しによる疲労などの評価に関する研究が十分に行われていなかった、などの背景がある。しかし、上述したように免震建物の高層化により、設計時に想定する風速レベルにおいても免震層のダンパーが塑性化する設計が必要となっている。これまでの耐風設計は弾性範囲に留めていたので、基本的には 10 分間の風力に対する、最大値に対する評価を行えば良かった。しかし、免震ダンパーの塑性化を許容した場合、免震ダンパーの疲労評価や残留変形などの評価も必要となってくる。さらに台風を考えた場合は、風速や風向が変化するため、これまでの風向・風速が一定の 10 分間お風力に対する評価では不十分であることが考えられる。そのため、本報では台風シミュレーションを用いて、風速や風向の変化が風応答の最大値や疲労損傷 ( $D$  値) および残留変形に及ぼす影響について時刻歴解析を用いて検討を行う。

### 2 解析モデルおよび風力の概要

解析モデルは高さ 100m、辺長比 1、アスペクト比 4 の鋼構造建物に相当する 11 質点せん断型モデル (上部構造 10 質点 + 免震層 1 質点) とする。本解析では、ねじれ振動を考慮せず、 $x$  方向と  $y$  方向をそれぞれ解析す

る。上部構造は、固有周期 2.5s、減衰定数 2% とし、免震周期 6.0s ダンパーの降伏せん断力係数 0.03 とした。上部構造の剛性は、1 次固有モードが直線となるように決定した<sup>1)</sup>。

Fig. 1, 2 に、台風シミュレーション<sup>2)</sup>より算出された建物頂部平均風速および風向変化の時刻歴を示す (Sample 1~10)。なお、風速・風向の変化を考慮した風力を  $T_{000}$  と呼び、風速変化のみを考慮し風向を一定とした風力を  $A_{000}$  と呼ぶ。本報ではそれぞれの Sample につき 5 波のアンサンブル平均により応答評価する。

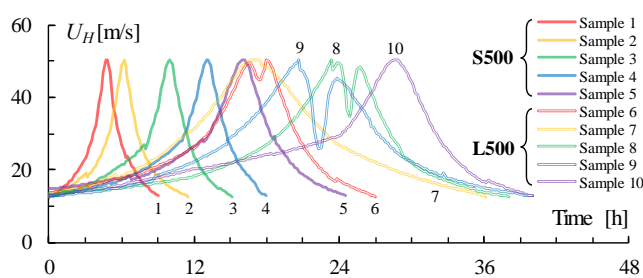


Fig. 1 Average wind speed

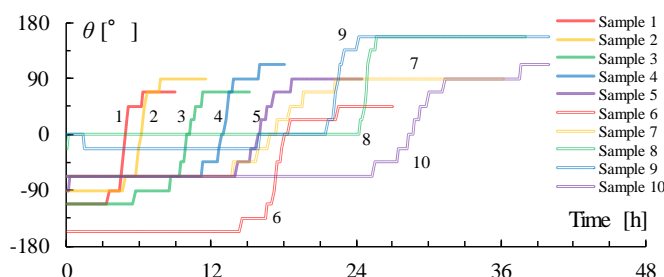


Fig. 2 Wind direction after replacement ( $T_{000}$ )

+ 原稿受理 2019年4月19日 Received

\* 東京工業大学 〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259 G5棟607号 Tokyo Institute of Technology, 4259, Midori-ku, Yokohama

### 3 風応答解析結果

#### 3.1 最大応答値

Fig. 3~5 に解析モデル頂部の最大変位  $Dis_{10, max}$ , 最大加速度  $Acc_{10, max}$  および免震層の最大変形  $\delta_{0, max}$  を示す。各応答値について、大きな値を示す方向 (x or y) に着目すると、各台風サンプルにおける A\_000 と T\_000 の値はほぼ一致であることが確認できる。これは A\_000 と T\_000 の最大風速が等しく、最大平均風速時の風向も等しいため、最大応答値の大きな違いが見られなく、概ね A\_000 で検討しても安全側の評価ができると思われる。また、各図において、x 方向で大きな標準偏差 (バラツキ) を示しているため、アンサンブル数についても増やす必要がある。

#### 3.2 免震層残留変形

Fig. 6 に免震層の残留変形  $\delta_{0r}$  を示し、Fig. 7 に免震層最大変形  $\delta_{0, max}$  に対する免震層残留変形  $\delta_{0r}$  の比を示す。最大風速時に風方向応答、つまり平均変位を有する x 方向における A\_000 の残留変形  $\delta_{0r}$  は台風によらず概ね等しく (Fig. 6)、最大変形の 0.8 倍程度であった (Fig. 7)。T\_000 における  $\delta_{0r}$  は A\_000 より小さな値となり、その値は台風によって大きく異なる。これは風向変化によって免震層の平均変形異なるためである。一方、y 方向は最大風速時において風直交方向の応答となるため、平均変位が小さい。そのため、A\_000 と T\_000 の値はほぼ一致する結果となった。

#### 3.3 免震ダンパーの疲労損傷

本解析では、免震ダンパーの疲労損傷度  $D$  値は、Rain-flow 法より算出した免震層変位の全振幅ごとに、Miner 則を用いて算出する。Fig. 8 に、A\_000 と T\_000

の疲労損傷度  $D$  値を示し、各  $D$  値はそれぞれ x 方向と y 方向の疲労損傷度の和、即ち  $D = D_x + D_y$  で表す。台風の継続時間に、Sample 9 と 10 が一番長い (Fig. 1)、A\_000 では Sample 7 が一番大きな  $D$  値を示している。一方、T\_000 において Sample 9 が一番大きな  $D$  値を示してあり、必ずしも継続時間に比例しない。さらに、T\_000 より A\_000 のほうが大きな値を示し、その比は 1.3~2.8 倍程度となり、過大に評価している。

### 4 結 言

本報では、台風シミュレーションに基づき、風向の変化が超高層免震建物の最大応答値、免震層の残留変形および免震ダンパーの疲労損傷度に及ぼす影響について検討を行った。最大応答値については、風向の変化を考慮しなくても適正に安全側の評価ができる。ただし、残留変形と疲労損傷度に対して、風向変化を考慮しないと、過大な評価となる。より高度な耐風設計ためには、風向変化を考慮した評価が望ましい。

#### 謝辞

本研究は、(株)日建設計、(株)泉創建エンジニアリング、神奈川大学、東京工業大学佐藤研究室による新耐風設計法研究会の皆様の大なる協力をいただきました。また、解析に用いた台風シミュレーションの結果は京都大学西嶋研究室より提供していただいたものです。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 馬橋聖生, 佐藤大樹: 風応答解析による超高層免震建物の免震ダンパーの疲労損傷評価—建物形状と風速レベルが疲労損傷度に与える影響—, 日本建築学会関東支部研究報告集 (CD-ROM), 2092, pp.597-600, 2018.3
- 2) 団栗直希, 西嶋一欽: 確率台風モデルに基づくハザード適合最尤台風の決定方法, 平成 29 年度京都大学防災研究所研究講演発表会, B19, 2018.3

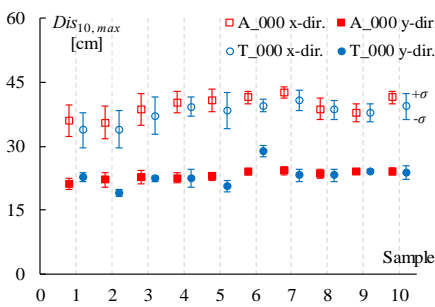


Fig. 3 Max. displacement at 10<sup>th</sup> story

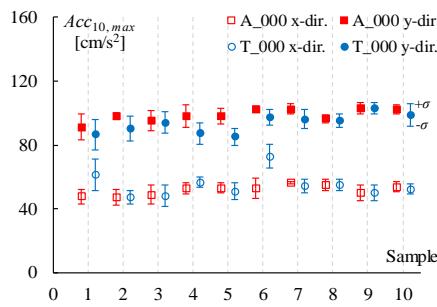


Fig. 4 Max. acceleration at 10<sup>th</sup> story

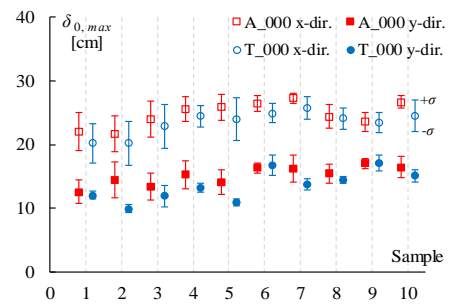


Fig. 5 Max. deformation of isolation layer

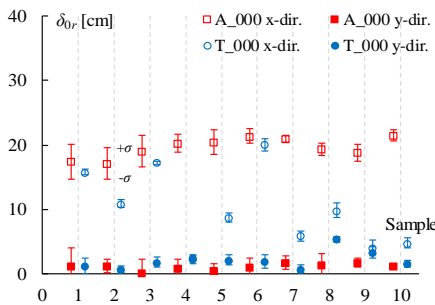


Fig. 6 Residual deformation of isolation layer

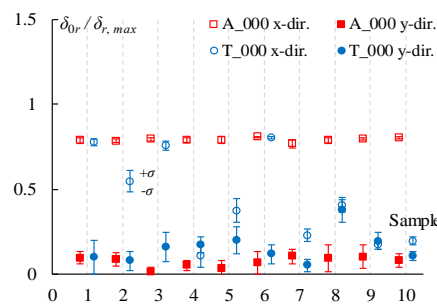


Fig. 7 Residual deformation / Max. deformation

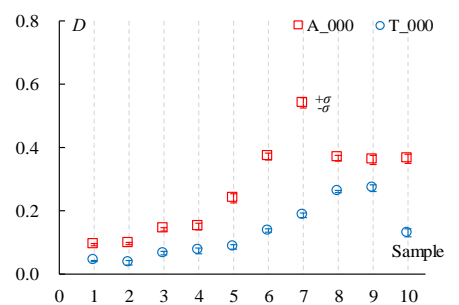


Fig. 8  $D$  value