

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	観測記録に基づく免震層剛性の評価
Title(English)	
著者(和文)	佐藤大樹, 田村哲郎, 普後良之, 中村修, 笠井和彦, 北村春幸
Authors(English)	daiki sato, TETSURO TAMURA, Yoshiyuki Fugo, Osamu Nakamura, KAZUHIKO KASAI, Haruyuki Kitamura
出典(和文)	日本風工学会誌, Vol. 38, No. 135, pp. 183-184
Citation(English)	, Vol. 38, No. 135, pp. 183-184
発行日 / Pub. date	2013, 4

# 観測記録に基づく免震層剛性の評価

## Stiffness Evaluation of Base-Isolation Layer Based on Observation Data

○佐藤 大樹<sup>1)</sup> 田村 哲郎<sup>2)</sup> 普後 良之<sup>3)</sup> 中村 修<sup>3)</sup> 笠井 和彦<sup>2)</sup> 北村 春幸<sup>1)</sup>  
 Daiki SATO<sup>1)</sup>, Tetsuro TAMURA<sup>2)</sup>, Yoshiyuki FUGO<sup>3)</sup>, Osamu NAKAMURA<sup>3)</sup>, Kazuhiko KASAI<sup>2)</sup> and Haruyuki KITAMURA<sup>1)</sup>

### 1. はじめに

近年、超高層建物にも免震構造が採用される事が多くなり、強風時における風応答評価が重要となってきた。しかし、超高層免震建物の風応答観測の報告は依然として少なく、特に、風応答時における超高層免震層の特性について報告された例はほとんどない。本論文では、東京工業大学すずかけ台キャンパス（横浜市緑区）でこれまでの観測データのうち<sup>1)</sup>、比較的大きい応答を記録し台風時のデータ（2007年10月27日台風20号<sup>2)</sup>、T0720、図1(a)を対象に、観測記録から免震層剛性を評価し、設計値との比較を行う。



図1 J2棟の外観

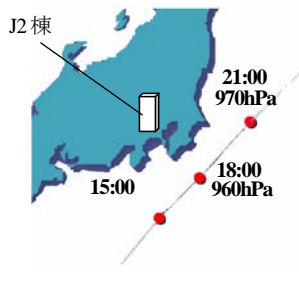
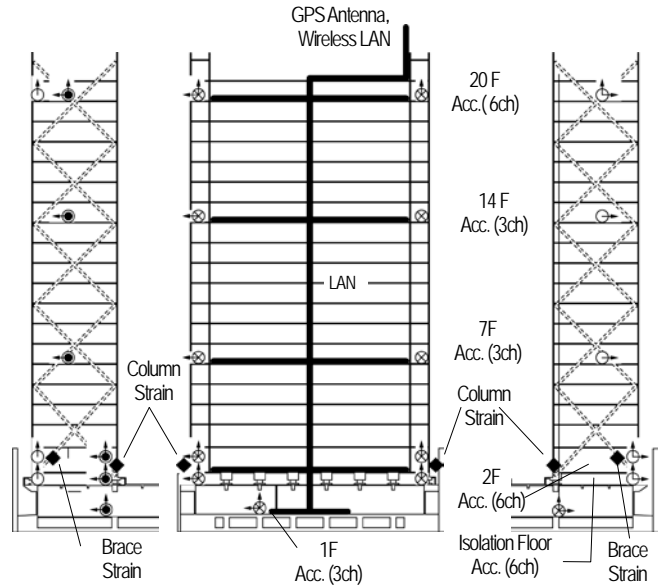
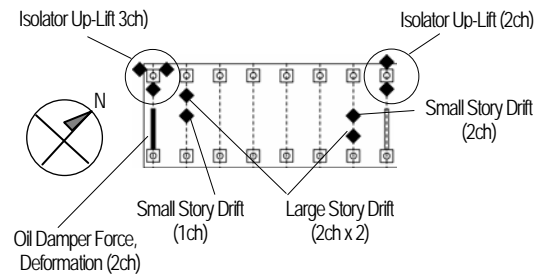


図2 台風の経路



(a) 加速度計設置位置



(b) 変位計設置位置

図3 計測装置設置位置<sup>4)</sup>

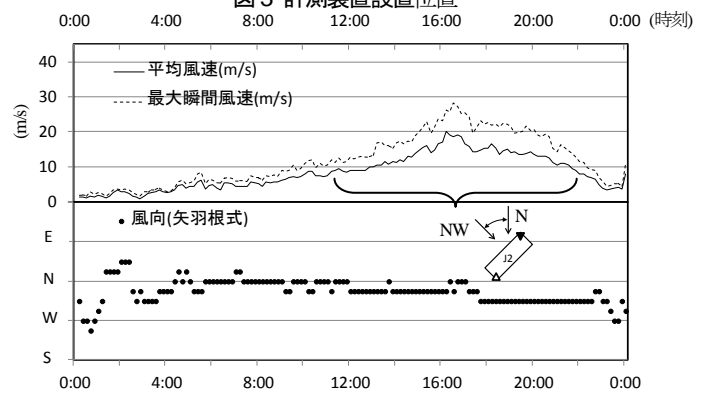


図4 風速・風向観測結果

### 2. 建物および観測概要

J2棟（図2）の免震装置は天然ゴム系の積層ゴム支承と免震用オイルダンパーおよび鋼製ダンパーで構成されている<sup>3)</sup>。図3に、本報で使用各計測器の設置位置を示す。加速度計・変位計はそれぞれ40Hzのアナログフィルタを介して100Hzで収録されている<sup>4)</sup>。免震層には、大地震時の水平変形を計測できる大変形用（Large Story Drift）がX（短辺）、Y（長辺）方向にそれぞれ2箇所、小地震や風応答時の免震層変位を計測できる小変形用（Small Story Drift）がX方向に2箇所、Y方向に1箇所設置されている。さらに、罫書を用いた変位記録も行っている。本論文では小変形用の変位観測記録を用いる。建物頂部には風速計が設置されている。加速度計・変位計と風速計は独立したシス

1) 東京理科大学  
 Tokyo University of Science  
 3) 風工学研究所  
 Wind Engineering Institute

2) 東京工業大学  
 Tokyo Institute of Technology

テムとなっているが、各々LANなどの通信を経由してタイムサーバーを定期的に参照することで計測時刻を同期している。

### 3. 風および免震層変位の観測記録

J2棟屋上の風速および風向の観測結果を図4に示す。台風の原因がJ2棟の南側を通過しているため(図1(b))、1日を通じ建物に正対した北よりの風向が観測された。

図13(a)に計測された10分毎の免震層のXおよびY方向平均変位を、X方向最大変位前後で色分けして示す。図13より、免震層の平均変位は風向と共に変化し、T0720ではX方向に2.86mm平均変位が発生していることが確認できる。図4(b)にX方向に最大変位が記録された際の10分間の免震層変形のオービットを示

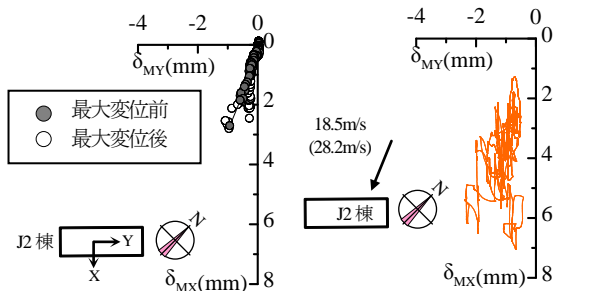


図5 免震層変位オービット

す。T0720での免震層の最大変形はX方向で7.21mmであった。なお、免震層に設置されている鋼製ダンパーの降伏変位は31.7mmであり、ダンパーは弾性範囲である。

### 4. 免震層剛性の評価

地震観測において、絶対加速度記録と建物質量より算出した慣性力を用いて、免震層に作用しているせん断力の時刻歴を推定する手法が用いられることが多い。しかし、各層に作用している外力が未知である風応答については、上記の手法を用いることができない。本論文では、観測されている10分毎のJ2棟の頂部平均風速  $U_H$  から、粗度区分をIIIと仮定し、高さ方向の平均風速分布  $\bar{U}_i$  を推定する。さらに、上部構造の  $i$  層に作用する10分間の平均風力  $F_i$  を、式(1a)より算出し、免震層に作用するせん断力  $Q_M$  を、 $F_i$  を用いて式(1b)より求めた。

$$\bar{F}_i^{(j)} = \frac{1}{2} \rho (\bar{U}_i^{(j)})^2 C_D A_i, \quad \bar{Q}_M^{(j)} = \sum_{i=1}^N \bar{F}_i^{(j)} \quad (1a, b)$$

ここで、 $\rho$ : 空気密度、 $C_D$ : 風力係数、 $A_i$ :  $i$  層の受風面積を表す。なお、上添え字の  $(j)$  は10分間毎のデータにおける、 $j$  番目のデータであることを意味する。

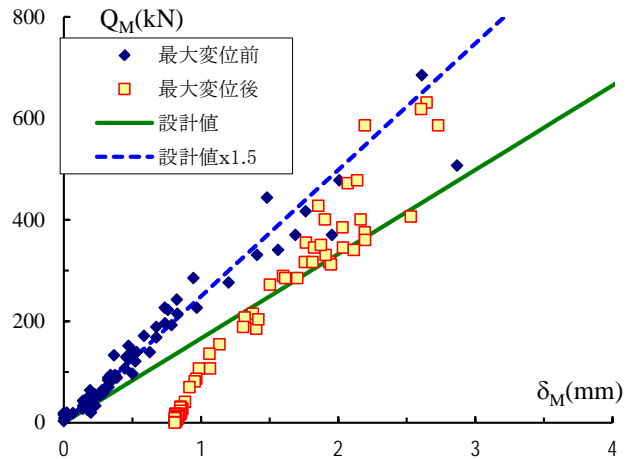


図6 免震層剛性の比較

図6に、上述した手法により求めた、10分毎の免震層平均せん断力—平均変形関係を示す。また、図には、免震層剛性の設計値<sup>3)</sup>および設計値を1.5倍した剛性を示している。図6の観測記録に着目すると、免震層最大変位発生前後で剛性が大きく異なることが確認できる。さらに、最大変形発生後は、せん断力がゼロになっても変形が戻らない残留変形が発生していることが確認できる。観測記録から求めた免震層の剛性と設計値を比較すると、観測記録は設計値に対して1.5倍程度高いことが確認できる。これは、設計値が地震を想定した振幅レベルでの剛性を用いていることに対し、本観測記録は微小変形であることが要因であると考えられる。観測記録の剛性の増大は、観測記録の固有振動数<sup>1)</sup>が設計値<sup>3)</sup>に対して高いことから説明できる。

### 5. まとめ

超高層免震建物の風応答時における免震層の剛性の推定手法を示し、設計値との比較を行った。観測記録は設計値に対して1.5倍高い値を示した。これは免震層剛性の振幅依存性が要因であると思われる。

### 謝辞

本研究で用いたJ2棟の加速度・変位観測データは、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。

### 参考文献

- 1) 佐藤大樹, 鈴木勇人, 田村哲郎, 普後良之, 中村修, 笠井和彦, 北村春幸: 超高層免震建物の観測記録に基づく風応答の分析, 第22回風工学シンポジウム論文集, pp.251-256, 2012.12
- 2) ウェザーニュース: <http://weathernews.jp/typhoon/> (2012.1.5 参照)
- 3) 菊地岳志, 藤森智, 竹内徹, 和田章: メガブレースを用いた超高層免震鋼構造建築物の設計討, 日本建築学会技術報告集, 第22号, pp.217-222, 2005.12
- 4) 大木洋司, 山下忠道, 盛川仁, 山田哲, 坂田弘安, 山中浩明, 笠井和彦, 和田章: 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