

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時刻歴応答解析モデルの構築 その3 風応答観測記録に基づく建物特性の同定
Title(English)	Construction of Time-History Response Analysis Models of High-Rise Base-Isolated Building Based on Observation Record Part3 Identification of building characteristics based on wind response observation records
著者(和文)	平島裕大, 佐藤大樹, 呉嘉瑞, 普後良之, 田村哲郎
Authors(English)	Yudai Hirashima, Daiki Sato, Kazui Go, Yoshiyuki Fugo, Tetsuro Tamura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 253-254
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 253-254
発行日 / Pub. date	2019, 9
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時刻歴応答解析モデルの構築

その3 風応答観測記録に基づく建物特性の同定

正会員	○ 平島 裕大*1	同	佐藤 大樹*1
同	呉 嘉瑞*1	同	普後 良之*2
同	田村 哲郎*1		

超高層免震建物 層剛性 モードベクトル
 応答観測記録 時刻歴応答解析

1. はじめに

近年、超高層建物にも免震構造が採用される例が増えてきた。建物の高層化に伴い風力も増大するため、風荷重は地震荷重とともに重要な設計用外力となっており、設計段階において風応答特性を精度よく予測することが不可欠である。しかし、風応答観測記録に基づき同様の評価を行った例は少なく、解析モデルと実際の建物の動的特性の整合性は不明な点が多い。

そこで、文献1)、2)において、東京工業大学のJ2棟で観測された地震応答観測記録を基に同定したモデルを構築し、風応答解析を行ってきた。しかし、設計図書を基にした設計モデルは比較的大きな地震を対象としたものなので、大地震に対しては有効性が高いが、微小振幅に対して精度が低い。また、設計モデルより風応答観測値に対して差が縮まるものの、依然風応答観測値の応答よりも大きい値を示すことを確認した。文献2)では風応答観測記録の加速度ピークを用いて層剛性を同定し、風応答解析を行って比較・検討をした。その結果、依然観測値に対して大きい値を示す結果となった。

本報その3では、新たに風応答観測記録に基づき建物特性を同定した際、加速度標準偏差を用いて層剛性を算出する。設計モデルおよび風応答観測記録から層剛性を算出する。それらのモデルで風応答解析より得られる解析結果と風応答観測値と比較・検討をする。

2. 風応答観測記録の加速度標準偏差を用いたモデル化

2.1 風応答解析の概要

本報では、21 質点等価せん断型モデルを用い、時刻歴応答解析を行なう。本報で用いる風応答観測値は、地上20階、塔屋2階であり、上部構造がS造の高さ83m、搭状比 (H/\sqrt{BD}) 3.1、辺長比 (B/D) 3の非常に扁平な形状の超高層免震建物である東京工業大学のJ2棟で観測された、Faxai (2007年台風20号)の最大瞬間風速発生時10分間のデータを用いる。解析モデルには、免震層に摩擦要素を加えた摩擦モデルおよび粘性要素を加えた粘性モデルを用いる。文献4)より、風応答解析時各層に与える風外力(頂部風速18.5m/s、風向NNW)を求める。各同定モデルの免震層および上部構造の減衰定数は文献1)、2)と同様のものを用い、振動数は風応答観測記録より同定した値のレーリー比例減衰とする。なお、時刻歴応答解析の時間刻みを0.02sとする。また、X方向の風応答観測

記録は並進成分を用いる¹⁾。

2.2 モードベクトルの同定

本報において、 $\phi_{j,1}$ は各層における1次モードの加速度標準偏差を用いる。なお、X方向14階南側のデータが欠測しているため北側のデータのみを用いる。Fig.1に風応答観測記録の加速度のパワースペクトル密度を示す。X方向14階のデータが欠測していることを考慮し、Fig.1に示すように、加速度のパワースペクトル密度のピークに対して1/4倍となるパワースペクトル密度の振動数を、バンドパスフィルターの幅として、風応答観測記録の加速度波形にかける。その幅は、X方向は0.32Hz~0.51Hz、Y方向は0.41Hz~0.65Hzなのである。フィルター処理後の加速度記録の標準偏差を用いて観測階の $\phi_{j,1}$ を求める。観測階(2, 7, 14, 20階)以外の階の $\phi_{j,1}$ は線形補間を、20階以上は14~20階の補間時の傾きを用いて求める。Fig.2にモードベクトルの高さ方向分布を示す。Fig.2より、各区間で線形補間を行っているため、XおよびY方向の形が不連続であることが確認できる。そこで、本報では2~20の線形補間を用いて各層のモードベクトルを求める。なお、20階以上は2~20階の補間時の傾きを用いて求める。

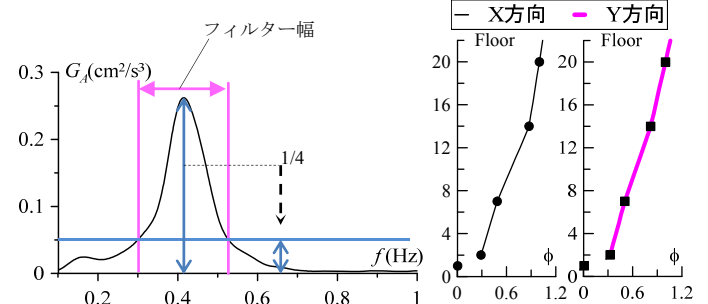


Fig. 1 Power spectral density (20F)

Fig. 2 Mode vector

2.3 層剛性の同定

本節で紹介する手法³⁾は、全層の質量 m_j が与えられている場合、1次モードの固有円振動数 ω_1 およびモードベクトルが $\phi_{j,1}$ を求めると、 n 質点モデルの層剛性 k_j を式(1)より算出することができる。

$$k_j = \frac{\omega_1^2 m_j \phi_{j,1} + k_{j+1} (\phi_{j+1,1} - \phi_{j,1})}{\phi_{j,1} - \phi_{j-1,1}} \quad (1)$$

Fig.2に設計剛性 K_{De} および風応答観測記録を用いて同定した層剛性 $K_{W\phi}$ の高さ方向を示す。Fig.2より、 $K_{W\phi}$ は K_{De} より大きく、設計剛性に対してX方向は約1.3倍、Y方向

は約 2.4 倍大きくなることを確認できる。これは、風応答観測記録を用いて振動数を同定したためである。

2.4 風応答解析結果

本節では、30 波の応答加速度の標準偏差をアンサンブル平均およびその標準偏差を用いて、解析値および風応答観測値を比較する。解析モデルは Fig.3 に解析モデルの解析値および風応答観測値における加速度の標準偏差 A_{rms} の高さ方向分布を示す。なお、風応答観測値の X 方向 14 階はデータが欠測していたためプロットを除外している。Fig.3 より、全モデルともに粘性モデルの方が、摩擦モデルよりも風応答観測値に近づくことが確認できる。また、風応答観測値に対して X 方向において粘性モデルは 1.3 倍、摩擦モデルは 2.2 倍、Y 方向において粘性モデルは 1.4 倍、摩擦モデルは 1.8 倍大きくなることを確認できる。

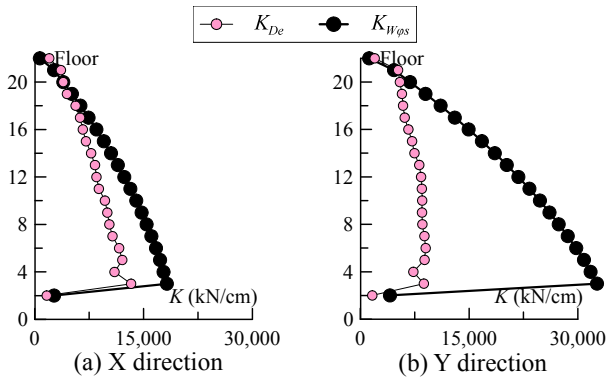


Fig. 2 Stiffness distribution over Height

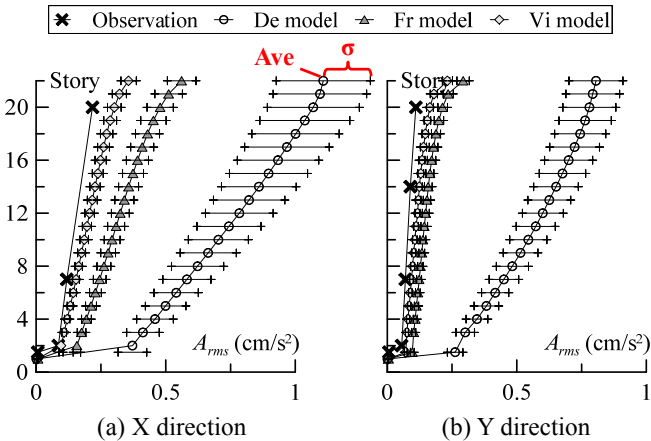


Fig. 3 Standard deviation of acceleration ($K_{W\phi 2}$)

3. 設計モデルおよび風応答観測記録を用いたモデル化

3.1 層剛性の同定

3 章より、4 点で線形補間を用いて層剛性を算出したところ不連続となった。また、20 階以上の計算ができないため、大きなエラーが発生する可能性がある。そこで、モードベクトルは実建物と大きな違いがないと考えられる設計モデルの固有モードを、固有振動数は風応答観測記録から得られた値を用いて層剛性を同定する。Fig. 4 に K_{De} と設計時のモードおよび風応答観測記録の固有振動数を用いて同定した層剛性 $K_{D\phi Wf}$ の高さ方向を示す。Fig. 4 より、 $K_{D\phi Wf}$ は K_{De} より大きく、設計剛性に対して X 方向で

約 1.47 倍、Y 方向で約 2.72 倍大きくなることを確認できる。これは、風応答観測記録を用いて振動数を同定したためである。

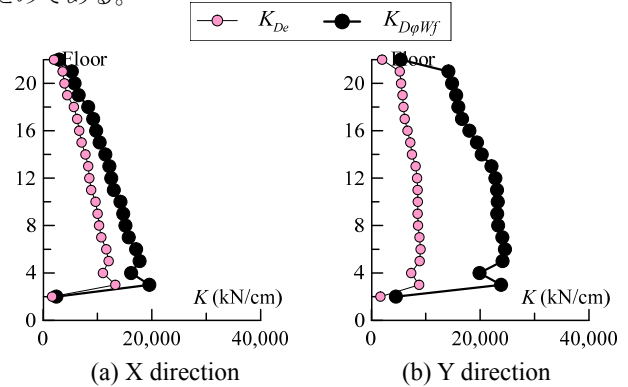


Fig. 4 Stiffness distribution over Height

3.2 風応答解析結果

本節では、30 波の応答加速度の標準偏差をアンサンブル平均およびそのバラツキを用いて、解析値および風応答観測値を比較する。Fig.5 に解析モデルの解析値および風応答観測値における A_{rms} の高さ方向分布を示す。なお、風応答観測値の X 方向 14 階はデータが欠測していたためプロットを除外している。Fig.5 より、粘性モデルのほうが摩擦モデルよりも風応答観測値に近づくことが確認できる。また、風応答観測値に対して X 方向において粘性モデルは 1.2 倍、摩擦モデルは 2.1 倍、Y 方向において粘性モデルは 1.3 倍、摩擦モデルは 1.8 倍大きくなることを確認できる。

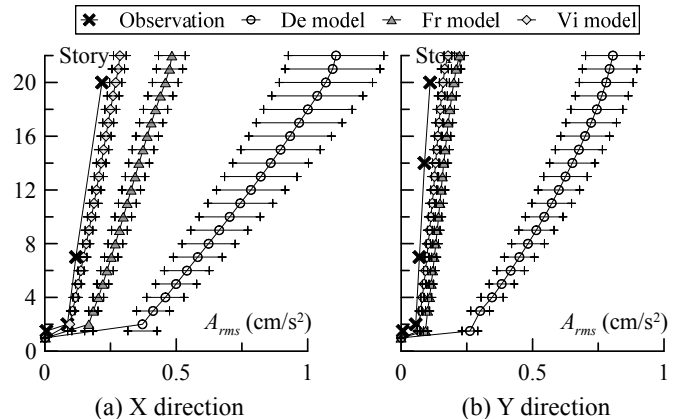


Fig. 5 Standard deviation of acceleration ($K_{D\phi Wf}$)

4. まとめ

本報その 3 では、風応答観測記録に基づき建物特性を同定した際、加速度標準偏差を用いて層剛性を算出した。また、設計モデルおよび風応答観測記録から層剛性を算出した。それらのモデルで風応答解析より得られる解析結果と風応答観測値と比較・検討をした。

以上の検討から、全解析モデル共に風応答観測値に対して、大きいことが確認できた。

謝辞および参考文献は、本報その 4 にまとめて示す。

*1 東京工業大学

*2 風工学研究所

*1 Tokyo Institute of Technology

*2 Wind Engineering Institute