

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4 長期観測記録による応答加速度の非超過確率分布予測 |
| Title | |
| 著者(和文) | 普後良之, 佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎, 中村修, 勝村章 |
| Authors | Yoshiyuki Fugo, Daiki Sato, KAZUHIKO KASAI, TETSURO TAMURA, Osamu Nakamura |
| 出典 / Citation | 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B, No. , pp. 199-200 |
| Citation(English) | , Vol. B, No. , pp. 199-200 |
| 発行日 / Pub. date | 2013, 8 |
| rights | 日本建築学会 |
| rights | 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである |
| relation | isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009683132 |

観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価

その4 長期観測記録による応答加速度の非超過確率分布予測

正会員 ○普後 良之1* 同 佐藤 大樹2* 同 田村 哲郎3*
同 中村 修1* 同 勝村 章1* 同 笠井 和彦3*

風応答観測 超高層免震建物 居住性

1. はじめに

免震構造が超高層建築物に採用される事例は近年増加傾向にあり、風応答時の挙動を設計時に精度良く予測することの重要性が高まっている。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）における建物頂部付近の応答加速度、免震層の変位、建物頂部の風向風速の各記録を基に居住性評価レベルの風応答に着目した解析を行い、応答振幅に依存した構造特性の変化について報告している¹⁾。本報では長期観測された応答加速度記録より構造特性を推定するとともに、日最大加速度の非超過確率を求め風洞実験との比較を行ったので、以下に報告する。

2. 応答加速度の観測概要

J2棟の概要については文献2)を参照されたい。本報では2007年の1年間の観測記録のうち免震層より上部の4層(2,7,14,20階)のX軸方向の応答加速度記録を用いる(図1)。建物端部に設置される加速度計記録には振れ成分が含まれる。J2棟の剛心位置は基準階平面のほぼ中心にあるため³⁾、2台の加速度計の時刻歴を平均し振れ成分を除き、X軸方向の時刻歴を求めた。応答加速度の時刻歴は10分毎に分割し、1次モードに着目した解析を行うため0.1-1.5Hzの矩形のバンドパスフィルタを施した上で最大応答加速度と標準偏差を求めた。20階における1日144個の応答加速度から日最大応答加速度および標準偏差の日最大値を求め、1年分を整理した。なお、地震を要因とするものは以降の解析から除いた。

3. J2棟の構造特性

1年の観測記録の内、日最大応答加速度が最大を示した9/7の2:32付近の1時間(1:40~2:40)の20階の時刻歴に対し、HP法およびRD法により固有振動数、減衰定数を

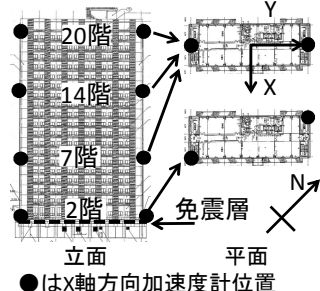


図1 加速度計設置位置

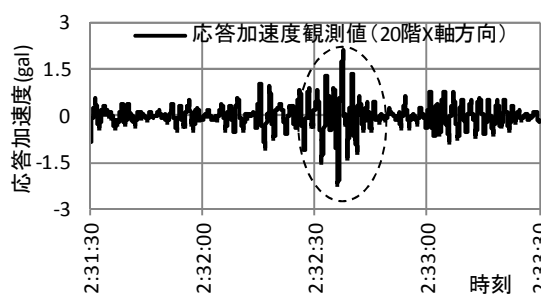


図2 応答加速度時刻歴の一例
(20階, 2007/9/7)

表1 J2棟構造特性

| X軸方向構造特性 | |
|----------|--------|
| 固有振動数 | |
| HP法 | 0.43Hz |
| RD法 | 0.44Hz |
| 減衰定数 | |
| HP法 | 7.7% |
| RD法 | 8.7% |

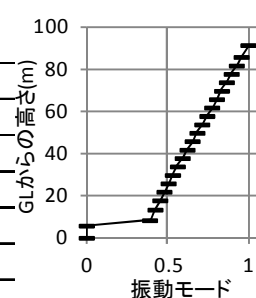


図3 振動モード形

推定した。推定に用いた時刻歴波形の一例として9/7に日最大応答加速度を示した時刻の前後1分の波形を図2に示す。また、図1に示す4層の応答加速度の標準偏差の比よりJ2棟の振動モードを推定した。応答加速度の計測がされていない階については直線で補完した。以上のように求めた構造特性を表2および図3に示す。減衰定数は一般の建物に比べて大きく、免震層に設置されるダンパー類や、エキスパンション等の2次部材の摩擦等の影響が考えられる。

4. 最大応答加速度の非超過確率の推定

周辺の地形や建物を考慮しないJ2棟単体の状況に対して風洞実験を行い、得られた変動風力特性を基にX軸方向1次モードを対象としてスペクトルモーダル解析を行った。J2棟周辺の地表面粗度区分はⅢと仮定し、実測データより推定した構造特性を参考に減衰定数は8%、固有振動数は0.43Hzとした。一般化質量はJ2棟の各階の重量に設計値を用いて求めた。

既報¹⁾よりJ2棟屋上で観測された風向風速は横浜地方気象台の風向風速と相関が高い。よって再現期間ごとの最大応答加速度は建築物荷重指針・同解説2004(以下荷重指針)に示される横浜の日最大平均風速の風向別グンベルパラメータを用いて推定する。ただしこのグンベルパラメータは地表面粗度区分Ⅱ、地上10mにおける風速を基にしているため、J2棟の頂部高さの風速に換算し用いた。日最大平均風速のグンベル分布は以下の(1)式で表せる。

$$F(\leq U) = \sum p_i \exp[-\exp\{-a_i(U - b_i)\}] \quad (1)$$

$F(\leq U)$: 日最大平均風速がある風速 U を超えない確率

p_i : 風向 i の発生確率($i=NNE-N$ の正16方位)

a_i, b_i : 風向 i におけるグンベルパラメータ

応答解析は風速を変化させて行い、風速Uと20階における最大応答加速度 a_{max} の関係 $U = f_i(a_{max})$ を風向ごとに求めた。これを(1)式に代入し、(2)式のように a_{max} に対する非超過確率 $F(\leq a_{max})$ を求めた(以下、風洞予測値)。

$$F(\leq a_{max}) = \sum p_i \exp[-\exp\{-a_i(f(a_{max}) - b_i)\}] \quad (2)$$

ピークファクター g は応答加速度のスペクトルの積分により求めたレベルクロッシング数 v を用い、(3)式で求めた。

$$g = \sqrt{2 \ln(600v) + 1.2} \quad (3)$$

以上のように求めた風洞予測値と、日最大応答加速度をThomas法によりプロットした観測値を比較して図4に示す。同図には応答加速度の標準偏差の日最大値についても同様に観測値および風洞予測値をプロットした。

5. 考察

図4の日最大応答加速度の観測値は風洞予測値より若干小さい値を示しているが、標準偏差の日最大値について見ると、両者の差が著しく大きくなっている。これよりいくつか重要な問題が読み取れるので以下に整理する。

図2に示す時刻歴波形は最大応答加速度を示す時刻付近で突発的に大きな応答を示しており、この傾向は他の時刻においても最大応答加速度が大きい波形ほど顕著に見られた。最大応答加速度とピークファクターの関係を図5に示す。最大応答加速度の増加に従いピークファクターが大きくなる傾向が見られる。風洞予測値で算定されたピークファクターは3.5~3.6程度と観測値より小さいため、観測値と風洞予測値は標準偏差に差があるものの、日最大応答加速度の差は小さい結果となった。9/7の最大応答加速度の内、最大を記録した10分間(2:30~2:40)および最小を記録した10分間(22:40~22:50)について、時刻歴のゼロクロス毎にピークを抜き出し、累積出現頻度分布を求めた(図6)。同図にはレイリー分布に従う累積出現頻度分布を併記した。22:40~22:50の記録はレイリー分布に良く合うが、2:30~2:40の記録はレイリー分布に対して応答加速度が小さい領域に出現頻度が偏っており、(3)式でピークファクターを求める事が適切とは言えない。観測値のピークファクターが応答加速度とともに増加するの

は免震層の非線形性が影響を与えていることは明らかである。既報¹⁾において10分毎に推定した固有振動数が強風イベント中に変化する様子を報告した。このように、ごく短い時間において応答振幅等に依存して構造特性が変化する場合も見られ、より詳細な構造特性の推定が必要である。

図4において応答加速度の風洞予測値と観測値に差が生じた原因としては、風洞実験においてJ2棟周辺の地形・建物を考慮していない点や、応答加速度の算定に用いた横浜地方気象台と観測値における風速の差などが挙げられるが、構造特性の非線形性を適切に応答解析に反映することが必要と考えられる。

6. まとめ

J2棟で観測された1年間の応答加速度記録と風洞実験による予測値を比較した。J2棟においては風洞予測値は観測値に比べて安全側の評価を与えるものの、免震層などを有するような非線形性の強い構造特性を有する建物に対し、より高い精度で応答を予測する場合には、非線形性を適切に反映した応答解析ならびにピークファクターの評価が課題として挙げられる。

謝辞 本研究で用いたJ2棟の観測データは、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。記して感謝致します。
参考文献

- 1) 佐藤大樹他：観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012.9, 2) 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, 日本建築学会技術報告集, 第22号, pp.217-222, 2005.12, 3) 佐藤大樹他：観測記録に基づく超高層免震建物の応答特性に関する研究 その1, 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2008.9

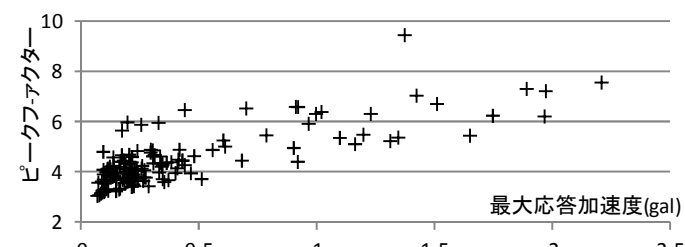


図5 10分間の最大応答加速度とピークファクターの関係(2007/9/7)

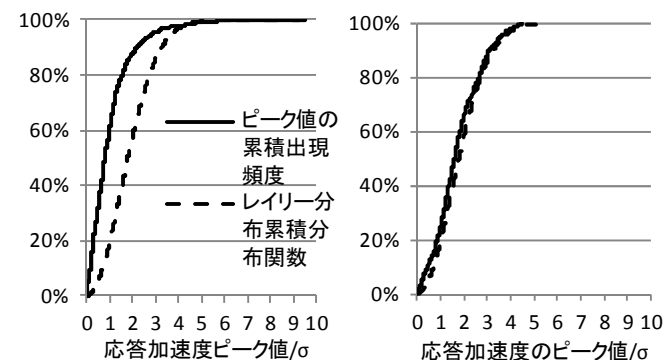


図6 応答加速度のゼロクロス毎のピークの累積出現頻度分布
(a) 最大を記録した10分間(2:30~2:40) (b) 最小を記録した10分間(22:40~22:50)

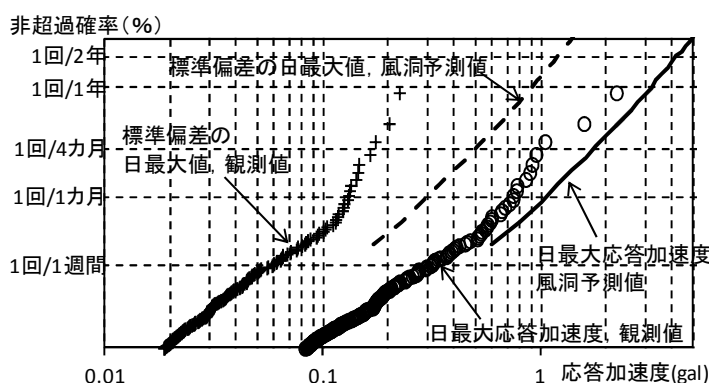


図4 応答加速度の非超過確率分布

1* 風工学研究所
2* 独立行政法人防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター
3* 東京工業大学

1* Wind Engineering Institute
2* National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Hyogo Earthquake Engineering Research Center
3* Tokyo Institute of Technology