T2R2東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

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) | |
| 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 | |
| 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 |

| 知測記程に甘べく | 扨直屈舟雪建版の | 届古牧亚伍 |
|----------|----------|-------|
| 観朗記歌に至して | 但同眉 | 風心合叶Ш |

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捩れ成分が含 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捩れ成分を除き, 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 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(≤ U) = ∑ p_iexp[-exp{-a_i(U - b_i)}] (1)
F(≤ 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



Evaluation of Wind-induced Response of High-rise Isolated Building Based on Observed Data

Part 4 Probability of non-exceedance distribution of the response acceleration obtained in the long-term observed data

FUGO Yoshiyuki, SATO Daiki, TAMURA Tetsuro, NAKAMURA Osamu, KATSUMURA Akira, KASAI Kazuhiko

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)。

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

 $g = \sqrt{2\ln(600\nu) + 1.2}$ (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



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

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 一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

 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 討,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



1* Wind Engineering Institute

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