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時の併進・ねじれの1次および2次モードの構造特性の同定
Title(English)	Identification structural characteristic of 1st and 2nd mode of a high-rise seismically isolated building based on wind observation records
著者(和文)	普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章
Authors(English)	Yoshiyuki Fugo, Daiki Sato, Tetsuro Tamura, Akira Katsumura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 85-86
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 85-86
発行日 / Pub. date	2020, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（関東） 2020 年 9 月

観測記録に基づく超高層免震建物の風応答時の併進・ねじれの 1 次および 2 次モードの構造特性の同定

正会員 ○普後 良之 1* 正会員 佐藤 大樹*2
正会員 田村 哲郎*2 正会員 勝村 章*1

超高層免震建物 風応答観測 構造特性同定
rankd-RD 法 ハーフパワー法 自己相関関数法

1.はじめに

筆者らはこれまで超高層免震建物の風応答予測、特に風揺れによる居住性評価と免震層の疲労評価の 2 つの面から予測精度向上を目的として風と応答の観測および風洞実験を行ってきた [1)2)3)]。これらの検討により，鋼材ダンパーが降伏変位に達せず地震の設計または解析では一般に線形として扱う応答レベルにおいても、免震層の構造特性には非線形性が見られること、特に低振幅では非常に大きな減衰が示され、これを適切に評価することが風応答予測精度向上には不可欠であることを示してきた。

本研究で対象としている超高層免震建物は東京工業大学すずかけ台キャンパス内の J2 棟（図 1、図 2）である。本報では再現期間 1 年程度の風速を記録した台風 T0720 を対象として免震層を含む全体系の構造特性を同定する。文献 1)によりこの台風時と同程度の免震層変位を示す複数の地震の解析により免震上部構造は大きな非線形性を示さず、全体系の構造特性に非線形性を与えているのは免震層であることが示されている。また文献 3)ではオイルダンパーの有無に関わらず低振幅では振幅に依存した非常に大きな減衰が示されることからエキスパンなどの 2 次部材の摩擦などが原因と考えているが詳細は不明である。ここで 20 階の加速度記録の一例を図 3 に示す。過去の検討では 1 次モードに着目した検討を行う場合には 2 次以上の高次モードを除くバンドパスフィルタで波形を処理し、この波形の最大加速度に着目した構造特性の整理を行ってきた。これが図 3 の赤で示す波形であるが、破線の丸で囲む部分で示すように 2 次モードも無視できない影響を持っている。J2 棟は扁平な平面形状の板状建物であり、この例ではねじれを考慮すると更に大きな加速度ピークを示している。免震層に大きな減衰を与える詳細不明なデバイスは、X 軸方向とねじれ、また 1 次モードのみならず高次モードも同時に作用した状況下で、その振幅に対して減衰性能を発揮していると考えられる。本報では図 1 に示す 20 階北側の、X 軸方向とねじれを併せ含む加速度計記録を基準として用い、X 軸方向とねじれの各軸方向の 1 次および 2 次モードの構造特性を同定した。

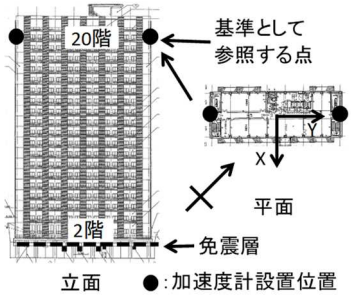

図 1 対象建物(J2 棟)概要

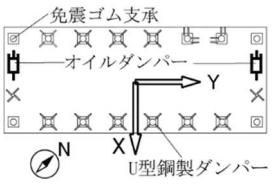

図 2 免震層概要

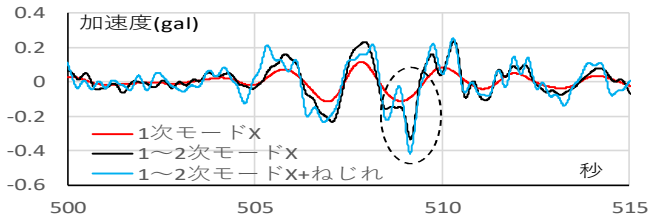

図 3 20 階の建物端部の応答加速度時刻歴波形の例

2.加速度記録の処理と同定手法の概要

加速度計は 20 階の南北端部に設置され、北側をa_N、南側をa_Sとする。このうちa_Nを基準として用いる。いずれも X 軸方向の加速度を検出するものであり、建物端部に設置してあることからねじれによる X 軸方向加速度も同時に検出している。J2 棟の剛心は平面のほぼ中央に位置するため、X 軸方向加速度a_Xは$(a_N + a_S)/2$、ねじれによる 20 階端部の加速度a_Tは$(-a_N + a_S)/2$により分離できる。a_Nおよびa_Sの波形は 3 次以上の高次モードが判定できないデータが多く，本報では 1 章に高次モードの影響について述べたものの 2 次モードまでを対象とした解析を行うものとした。具体的なデータ処理について述べる。初めに X 軸方向a_Xおよびねじれa_Tを分離し、X 軸方向 1 次モードに対しては 0.1～1.0Hz、2 次モードに対しては 1.0～2.0Hz のバンドパスフィルタを施した。同様にねじれ 1 次モードに対して 0.1～1.5Hz、2 次モードに対して 1.5～3.0Hz のバンドパスフィルタを施した。この波形をそれぞれa_{X1}、a_{X2}、a_{T1}およびa_{T2}とする。次にa_Nに対して 0.1～3.0Hz のバンドパスフィルタを施し、この波形をa_{N12}とした。固有振動数は後述するように大きく変動するが、バンド幅は 1 次と 2 次または 2 次と 3 次の中間になるよう考慮して決定した。またa_{N12}に対してはねじれの 2 次モードまで考慮できるようなバンド幅とした。

同定手法は rankd-RD 法（以下 RD 法）、ハーフパワー法（以下 HP 法）および自己相関関数法（以下 AC 法）とし

Identification structural characteristic of 1st and 2nd mode of a high-rise seismically isolated building based on wind observation records

Yoshiyuki FUGO, Daiki SATO, Tetsuro TAMURA and Akira KATSUMURA

た。RD 法では小サンプル長さを 15 秒とし、小サンプルの重ね合わせを行う際にはa_{X1}、a_{X2}、a_{T1}およびa_{T2}の極大値を検索し、取り出した小サンプルと同時刻のa_{N12}の絶対値最大加速度$\hat{a}_{N12}$を用いてランク分けを行った。過去の検討によりごく短い時間で構造特性が変化することが分かっており、HP 法および AC 法は可能な限り短い時刻歴を用いることが望ましいと考えた。HP 法は短い時刻歴を用いるとスペクトル分解能が低下し同定精度が著しく低下するため評価する波形長さを 60 秒とした。AC 法の波形長さは 15 秒とした。HP 法および AC 法も取り出した評価対象波形と同時刻のa_{N12}を用いてランク分けを行い、同ランク内の同定結果をアンサンブル平均した。

3.同定結果

結果を図 4～11 に示す。まず、固有振動数の同定結果は X 軸方向、ねじれ共に、また 1 次、2 次モード共に 3 手法で同程度の値を示し、$\hat{a}_{N12}$が 0～0.5gal の間で大きな変化を示す。

次に減衰定数の同定結果は X 軸方向およびねじれの 1 次モードでは AC 法がやや大きめの値を示すものの、3 手法はおおむね似た傾向を示した。X 軸方向は$\hat{a}_{N12}$が 0.2gal 付近で高止まりし以降は同程度かやや減少傾向を示す。一方ねじれは検討範囲において増加傾向を示し、X 軸方向とは異なる傾向を示したことから、X 軸方向に対して減衰性能を発揮している部位とねじれに対して減衰性能を発揮している部位が異なる可能性がある。減衰定数の X 軸方向およびねじれの 2 次モードは 3 手法で異なる結果を示した。HP 法が小さな値を示す原因は 2 点考えられる。1 点目は波形が他の 2 手法より長いことにより、最大加速度を示した時刻の特性ではなく、より小さい加速度を示す時刻の特性と平均化された構造特性を示した可能性である。2 点目は仮に RD 法が正しいとすると 0.2～0.8gal 付近は非常に大きな減衰定数であり、HP 法の適用限界を超えている可能性である。HP 法は風外力がブロードなスペクトルを持つことから加速度のスペクトルをホワイトノイズに対する応答と近似的に見なす前提に立っている。ここで伝達関数は減衰定数がおおむね 0.25 以上では固有振動数における値が 2 を下回り、ハーフパワーに相当する点が消失するため適用範囲外となる。次に AC 法は、負減衰を示す波形の存在が減衰を過小評価する可能性がある。波形が短い為、最大ピーク加速度が発生してから数周期離れた時刻に最大ピークに近い大きさのピークが発生すると、AC 法で作成する減衰自由振動波形が負減衰を示す場合がある。RD 法はアンサンブル数が 1000 個以下の波形は精度が低下するため、本検討では 3 つの手法のいずれが優れているとも言い難い。ただし共通の傾向として、$\hat{a}_{N12}$が大きくなるに従い減衰定数も増加するが、0.2gal 付近で高止まりし、それ以降はやや減少傾向を示した。

4.まとめ

実在超高層免震建物において併進およびねじれの 1 次および 2 次モードの構造特性同定を 3 手法で行い 1 次モードは 3 手法とも同程度の固有振動数および減衰定数を示したが 2 次モードは非常に大きな減衰が生じており同定精度には課題が残った。

参考文献

1) 呉嘉瑞，佐藤大樹，普後良之，田村哲郎：複数の地震応答観測記録から同定した解析モデルによる超高層免震建物の風応答解析，構造工学論文集，Vol.65B，2019.3

2) 普後良之，佐藤大樹，田村哲郎，勝村章：強風時観測記録により同定した超高層免震建物の構造特性と居住性評価予測，構造工学論文集，Vol.66B，2020.3

3) 普後良之、佐藤大樹、田村哲郎、勝村章、笠井和彦：観測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その 7、日本建築学会学術講演梗概集、2017.8

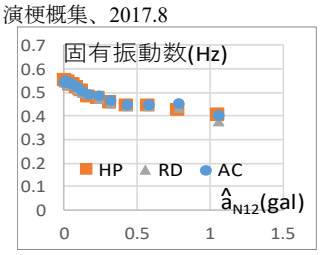

図 4　X 軸方向 1 次固有振動数の振幅依存性

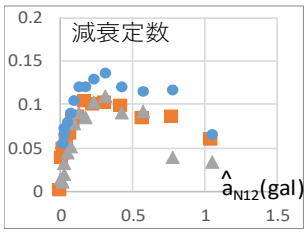

図 5　X 軸方向 1 次減衰定数の振幅依存性

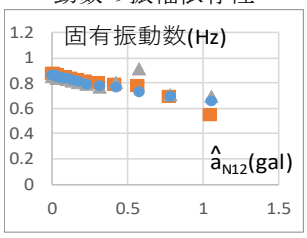

図 6　ねじれ 1 次固有振動数の振幅依存性

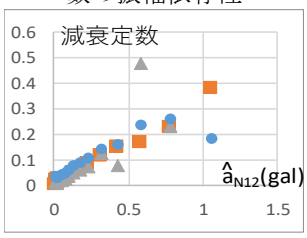

図 7　ねじれ 1 次減衰定数の振幅依存性

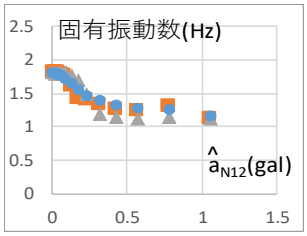

図 8　X 軸方向 2 次固有振動数の振幅依存性

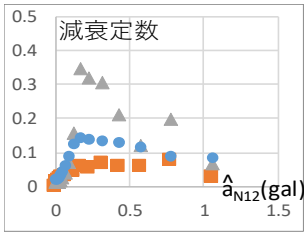

図 9　X 軸方向 2 次減衰定数の振幅依存性

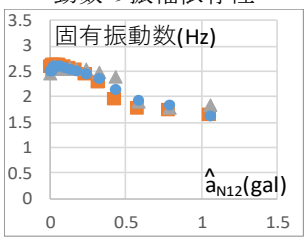

図 10　ねじれ 2 次固有振動数の振幅依存性

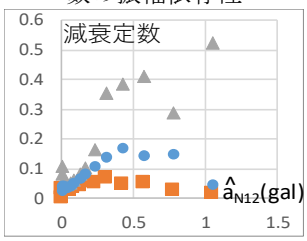

図 11　ねじれ 2 次減衰定数の振幅依存性

*1 株式会社　風工学研究所
*2 東京工業大学

*1 Wind Engineering Institute Co., Ltd.
*2 Tokyo Institute of Technology