T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ Science Tokyo 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3 風応答時の免震 層変形の特性
Title	
著者(和文)	鈴木勇人, 佐藤大樹, 田村哲郎, 普後良之, 中村修, 笠井和彦, 北村春幸
Authors	daiki sato, TETSURO TAMURA, KAZUHIKO KASAI, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B, , pp. 213-214
Citation(English)	, vol. B, , pp. 213-214
発行日 / Pub. date	2012, 9
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/110009654484

測記録に基づく超高層免震建物の風応答評価 その3 風応答時の免震層変形の特性

風観測	超高層免震建物	層免震建物 風応答		正会員〇鈴木		勇人*1 同	佐藤	大樹*2	同	田村	哲郎
免震層変形	残留変形		同	普後	良之*4	同	中村	修 ^{*4}	同	笠井	和彦
				4644	<u></u> 妻 * 2						

1. はじめに

本報その2では、20階で観測された加速度計記録をもと に,風応答時の併進,捩れおよび高次モードの特性を検討し た。本報その3では、本報その2で述べた建物の固有周期か ら,風応答時の免震層の剛性を評価するとともに,建物頂部 で観測された風速を用いて免震層の平均変位を推定し、観測 記録と比較する。

2. 免震層変位記録のデータ処理方法

J2 棟の免震層では,層間変形を広い範囲で高精度に計測でき るように、小変形用(±100mm レンジ)と大変形用(±500mm レンジ)が並列で設置されている⁴⁾。本報では、風応答時の免 震層変位を検討するにために、小変形用の観測記録を用いる。 風力は平均値を有するため,風応答変位も平均成分(静的成 分)を有する。そのため加速度でのデータ処理(本報その2) とは異なり,5Hzのローパスフィルターを用いた。

3. 免震層の風応答特性

3.1 免震層のオービット

図 1(a), (b)に T0720 および T1115 で計測された X および Y 方向変位の 10 分毎の免震変位中心(平均変位)を, X 方 向最大変位前後で色分けして示す。免震層変位中心(平均変 位)は、免震層に設置された変位計で計測された X および Y 方向の 10 分間でのそれぞれの平均値より求めた。図1よ



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

:Part 3 Characteristic of Isolation Layer Deformation

正会員(○鈴木	勇人*1	同	佐藤	大樹*2	同	田村	哲郎*3
同	普後	良之*4	同	中村	修 ^{*4}	同	笠井	和彦*3
同	北村	春幸*2						

り,免震層の変位中心は風向(本報その1参照)と共に変化 し、T0720 では X 方向に 2.86mm、T1115 では X 方向に 5.51mm の平均変位が発生していることが確認できる。図 2(a), (b)に T0720 および T1115 で X 方向に最大変位が記録 された際の 10 分間での免震層変形のオービットを示す。図 中の数値は最大変形が発生した際の平均風速、括弧内の数値 は最大瞬間風速である。矢印の向きおよび長さは最大変形が 発生した際の風向および平均風速をそれぞれ表している。 T0720 (図 2(a)) での免震層の最大変形は X 方向で 7.21 mm, T1115 (図 2(b)) では 10.8 mm 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31.7 mm であり、最 大変位を記録した T1115 での 10.8mm においてもダンパーは 塑性していない。しかし、本報その2の図4に示したように、 建物の応答の増大に伴い固有振動数は低下している。この要 因については次章で詳しく述べる。

3.2 免震層の残留変形

風力は平均成分を有するため、台風通過後に免震層に残留 変形が生じる可能性がある。図 3(a), (b)に, 免震層の平均変 位の風速による変化を示す。なお、平均変位は、風速がほぼ 0 m/s となる翌日までの結果プロットしている。図3より, 両日とも、風速が増大する際の風速に対する免震層の変形

(最大変位前)と、風速が減少する際の免震層変形(最大変 位後)で異なることが確認できる。また、最大変位後の軌跡 は、同日でも X と Y で異なる傾向を示す。さらに、同じ X 方向で両日を比較すると,最大変位前の軌跡の傾向は概ね-致するが,最大変位後の軌跡は T0720 と T1115 で異なる傾





向を示している。これは両日の風向変化や,T1115 でのJ3 棟の接続による影響などが考えられるが,詳細については現 在検討中である。

次に、台風通過後に風速がほぼ0 m/s になった時点での変 位を確認すると、両日とも残留変形が生じていることが確認 できる。残留変形は、T0720 の X 方向で 0.8 mm, Y 方向で 0.2 mm, T1115 の X 方向で 0.4 mm, Y 方向で 1.0 mm であっ た。3.1 節で述べたように、免震層の変形は鋼製ダンパーの 降伏変形以下であり、免震層は概ね弾性挙動を示していると 推測されるが、風向の変化および免震層の摩擦などの影響に より残留変形が生じたものと思われる。

4. 免震層剛性と平均変位の推定

本報その2において、風速の増大に伴い建物の固有振動数 が低下することを述べた。これは免震層の変形による免震層 の剛性低下が原因と思われる。本章では、観測された J2 棟 頂部風速を用いて荷重指針より J2 棟に作用した風力を推定 し、建物の剛性を用いて免震層の平均変位を算出する。ただ し、簡易な手法で推定するため、J3 棟建設前の J2 棟単独で、 かつ長辺方向に正対する風向で概ね安定している T0720 のデータを用いて検証する。

4.1 免震層の剛性評価

J2 棟における比較的小さい地震での観測記録より得られ た上部構造の伝達関数に一致するように、上部構造の剛性を 調整した解析モデル⁷⁾を用いて、免震層の剛性評価を行う。 本モデルにおいて、設計値の免震層初期剛性 K_M (= 16.3 kN/mm)のみを α_M 倍させ、固有値解析より求まる建物全体で の X 方向 1 次固有振動数の変化を図 4 に示す。以降、 α_M を 免震層剛性増大率と呼ぶ。図 4 より、強風時の X 方向 1 次 固有振動数と一致させるための免震層の剛性増大率 α_M は、 設計時に対して 1.3 倍であるが、微風時については 4.4 倍と 高い値となることが確認できる。これは、摩擦などの影響に より微風時(微動観測)での免震層の剛性が高くなっている ためと思われるが、本手法では、上部構造の剛性が免震層の 剛性に対して高いため、上部構造の固有振動数の振幅依存性 を無視できると仮定していることも要因として考えられる。

4.2 免震層平均変位の推定方法

粗度区分をIIIと仮定し(本報その1参照), J2 棟の頂部平 均風速 U_H から,高さ方向の平均風速分布 U_i を推定した。さ らに、上部構造の i 層に作用する平均風力 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。

$$F_i = \frac{1}{2} \rho U_i^2 C_D A_i, \quad Q_M = \sum F_i$$
 (1a,b)

ここで、 ρ : 空気密度、 C_D :風力係数、 A_i : i 層の受風面積 を表す。免震層の平均変形 δ_M は、免震層に作用するせん断 力 Q_M を、設計値の免震層初期剛性 K_M を用いて、次式より 免震層剛性増大率 α_M をパラメータとして算出する。

$$\delta_{M} = \frac{Q_{M}}{\alpha_{M} K_{M}} \tag{2}$$

4.3 観測値との比較

図 5 に、上記の方法で求めた X 方向の免震層の平均変位 の推定値と T0720 の観測記録の比較を示す。本報では式(1a) から *i* 層に作用する平均風力を推定する際、 $C_D = 1.0$ と仮定 し、 A_i は J2 棟の長辺方向に風向が正対していると見なして 算出した。免震層剛性増大率 α_M には、強風時の 1.32、微風 時の 4.4 (前述) のほかに、風向が J2 棟に正対する風向 NW での最大変形時における固有周期と一致する 1.5 を用いて検 討した。図 5 より、微動時の固有振動数が一致する $\alpha_M = 4.4$ では、風速の増大とともに推定値との誤差が大きくなるが、 風向が NW である観測記録の中で最も風速が強い時間帯で は概ね $\alpha_M = 1.54$ を用いた推定結果と概ね一致していること が確認できる。



5. まとめ

本報その3では、風応答時の免震層変形に着目し、残留変 形が生じていることを確認した。さらに免震層の剛性を固有 振動数の変化から評価するとともに、建物頂部で観測された 風速を用いて免震層の平均変位を推定し観測記録と比較した。 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。記して感謝致し ます。

参考文献

- 佐藤大樹,大木洋司,盛川仁,山田哲,坂田弘安,山中浩明, 笠井和彦,和田章,北村春幸: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, B-2, pp.309-312, 2008.9
- 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
- 5) 日本建築学会:建築物の振動に関する居住性評価指針・同解説, 2004.5
- 6) 平井宏幸,吉江慶祐,佐藤大樹,鈴木悠也,北村春幸:変動風力 を受ける超高層建築物の高次モード応答特性,日本建築学会技術 報告集,第18巻,第38号,pp.79-84,2012.2
- 7) 福田優輝,佐藤大樹,北村春幸:多点同時地震動観測記録に 基づく積層ゴムの応答引張軸力の評価,2011 年度日本建築学 会関東支部研究報告集,2012.3
- *1 戸田建設(元東京理科大学)
 *2 東京理科大学

 *3 東京工業大学
 *4 風工学研究所
- *¹ TODA Corporation *² Tokyo Univ. of Science

*³ Tokyo Inst. of Technology *⁴ Wind Engineering Institute