

神奈川大学 2 3 号館 (免震棟) の風応答性状に関する研究
その 2 再現期間 1 年風速時の応答加速度

中層 R C 造免震建築物 風応答解析 応答加速度

○ 正会員 軽部 英生* 正会員 大熊 武司*
同 丸川比佐夫** 同 片桐 純治**
同 岡田 創** 同 下村 祥一*

1. はじめに 再現期間 1 年の設計風速のような、免震装置の効果が期待できない低風速時における中層 R C 造免震建築物の応答性状に関しては研究例は少なく、不明な点が多い。本研究は免震装置を有する中層建築物の風揺れに関する検討を目的として、神奈川大学 23 号館を対象に、その 1¹⁾ で得られた風力の測定結果を用いた応答解析を行い、居住性の検討を行った結果について報告する。

2. 対象建物概要 神奈川大学 23 号館は、その 1 に示した形状であり地下 2 階と地下 1 階の間部分に免震層を有する R C 造の建築物である。免震層はアイソレーター 94 体、鉛ダンパー 48 体および鋼棒ダンパー 20 体より構成される²⁾。表 1 に免震層およびダンパーが機能しているときの設計値の固有振動数 n_0 および竣工後に行った常時微動計測および加振機による定常加振実験 (共振時最上階応答振幅 0.1mm 程度、応答加速度振幅 1cm/sec² 程度、L3 レベル) の結果³⁾ を示す。常時微動計測時の減衰定数は 2% 程度であるのに対し、定常加振時では 10% 強の減衰定数が得られている。観測結果より得られた振動モードは受風面積の大きい Y 方向では免震層と上部構造の連成した複雑な振動モードであるが、常時微動計測時ではスウェイ変形は約 2 割であるのに対し、定常加振時ではスウェイ変形が 4 割程度である³⁾。

3. 風応答解析

3.1 風応答解析方法 応答加速度 $\hat{a}$ は、その 1 で得られた風力より (1) 式を用いて求めた。

表 1 対象建物の設計時および振動計測時の構造特性³⁾

		X 方向	Y 方向	捩れ
設計	固有振動数 n_0 (Hz)	0.71	0.71	-
計測	常時微動計測	X 方向	Y 方向	捩れ
	固有振動数 n_0 (Hz)	1.64	1.56	1.88
	減衰定数 h	0.019	0.016	0.013
	定常加振実験 (L3 レベル)	X 方向	Y 方向	捩れ
	固有振動数 n_0 (Hz)	1.54	1.38	1.75
	減衰定数 h	0.105	0.131	0.137

$$\hat{a} = g \cdot \sigma_a \tag{1.1}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_F}{M} \sqrt{\frac{\pi}{4h} \frac{n_0 S_F(n_0)}{\sigma_F^2}} \tag{1.2}$$

$$g = \sqrt{2 \ln(n_0 T)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(n_0 T)}} \tag{1.3}$$

ここで、 g : ピークファクター、 σ_F : 一般化変動風力の標準偏差、 $S_F(n_0)$: n_0 における一般化変動風力のパワースペクトル密度、 M : 一般化質量、 h : 減衰定数である。

応答解析時の建築物の 1 次の一般化質量、固有振動数および減衰定数は、設計値および計測結果を参考に表 2 のように設定した。応答解析は、居住性能評価指針・同解説⁴⁾ より得られる建設地の再現期間 1 年の風速 22.8m/s について行った。X、Y 方向および捩れの連成は考慮せず、それぞれ独立として応答解析を行った。再現期間 1 年風速時の無次元固有振動数が、風力の測定周波数範囲より高周波数となる場合には、(2) 式によって風速 50m/s 以下の応答加速度を近似し、外挿することによって再現期間 1 年風速時の応答加速度を求めた。

$$\hat{a}(U_H) = \alpha \cdot U_H^\beta \tag{2}$$

ここで、 $\hat{a}(U_H)$: 風速 U_H における最大加速度、 α, β : 定数である。

3.2 解析結果 図 1 に Y 方向および捩れの再現期間 1 年風速における応答加速度の解析結果を示す。捩れの加速度は、角加速度に $B/2$ (B : 90.18m) を乗じて端部に

表 2 解析時の構造特性

		X、Y 方向	捩れ
ケース 1	固有振動数 n_0 (Hz)	0.7	0.7
	一般化質量 M	39000 t	$3 \times 10^7 \text{ t} \cdot \text{m}^2$
	減衰定数 h	0.02, 0.15	0.02, 0.15
	振動モード $u(z)$	1	1
ケース 2	固有振動数 n_0 (Hz)	1.6	1.9
	一般化質量 M	13000 t	$1 \times 10^7 \text{ t} \cdot \text{m}^2$
	減衰定数 h	0.02	0.02
	振動モード $u(z)$	z/H	z/H

Wind Response of The 23rd Building (Base-isolated type) of Kanagawa University

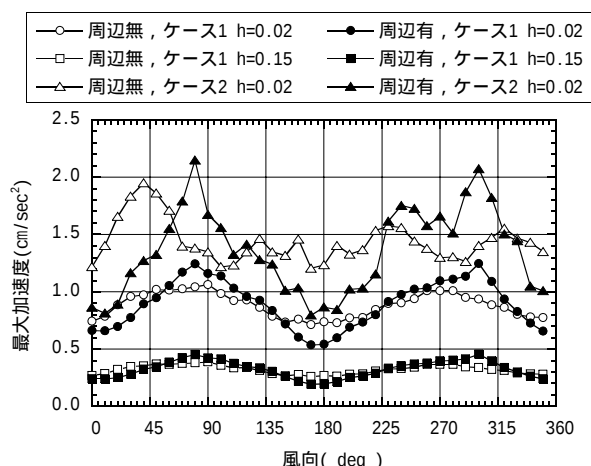
Part2 Response Acceleration at Design Wind Speed with a Return Period of 1 Year

KARUBE Hideo, OHKUMA Takeshi, MARUKAWA Hisao, KATAGIRI Junji, OKADA Hajime and SHIMOMURA Shoichi

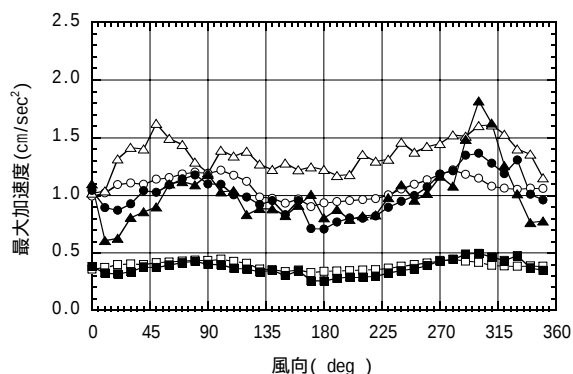
おける加速度とした。応答加速度の解析結果は、Y 方向応答加速度は風向 0°, 180° 付近で周辺建物無の場合が大きく、風向 90° 付近で周辺建物有の場合大きい。振れは、ケース 1 では周辺建物の有無によらずほぼ同様の値が示されているのに対して、ケース 2 では周辺の無い場合の値が大きい。

Y 方向応答加速度の大きな値は、ケース 1 の減衰定数 2% では周辺建物無の時、風向 90° および 270° において 1cm/sec² 程度、周辺建物有の時、風向 80° および 300° 付近において 1.2cm/sec² 程度である。ケース 2 では、周辺建物無の時、風向 50° 付近において大きく 2cm/sec² 程度、周辺建物有の時、風向 80° および 300° 付近において 2.1cm/sec² 程度である。

振れの応答加速度は、Y 方向より小さく、また、風向による変化は小さい。振れ応答加速度の大きな値は、ケース 2 の周辺建物有の場合に示され、風向 300° において 1.8cm/sec² 程度である。



(a) Y方向



(b) 振れ

図 1 最大加速度の解析結果 ($U_H=22.8\text{m/s}$)

表 3 に各方向応答加速度の全風向中の最大値を、表 4 に固有振動数における居住性能指針⁴⁾ による評価基準を示す。固有振動数が 1Hz を超える場合、ISO⁵⁾ 基準を参考に 1Hz における評価基準の値を用いて評価すると、ケース 1 の減衰定数 2% では、ほぼ H-1 レベル、ケース 2 では H-2 ~ H-3 レベルの居住性能である。

4. まとめ 免震層を有する 8 階建て RC 造の神奈川大学 23 号館の再現期間 1 年風速時における最大応答加速度を、設計時および建設後の振動計測結果を参考にした構造特性を用いて風応答解析により求めた。居住性能評価指針と比較した結果、対象建築物では、再現期間 1 年の風速時に免震装置が作用しない場合、H-2 ~ H-3 レベルの最大加速度が生じる可能性が有ることが示された。

地震荷重低減を目的として免震装置が設置される建築物では、低振幅時に免震層が作用しないようにロック機構が設置されることがあり、このような建築物では本研究のケース 2 と同様の構造特性を有する可能性がある。本研究の結果は、このような中層建築物における風揺れによる居住性に関する検討の必要性を示すものと考えられる。

本研究は、文部科学省学術フロンティア、神奈川大学産官学共同研究プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究 (TEDCOM)」の一環として行われた。

参考文献

- 1) 伊藤他; 神奈川大学 23 号館 (免震棟) の風応答性状に関する研究, その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001 年 9 月
- 2) ビルディングレター, 2000 年 4 月
- 3) 吉田他; 神奈川大学 23 号館 (免震棟) および新 1 号館の振動実験, その 1 ~ 3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001 年 9 月
- 4) 日本建築学会, 建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説, 1991 年
- 5) ISO6897-1984(E)

表 3 再現期間 1 年風速における最大応答加速度 (cm/s²)

		Y 方向		振れ	
		周辺無	周辺有	周辺無	周辺有
ケース 1	$h=0.02$	1.06	1.25	1.22	1.37
	$h=0.15$	0.39	0.46	0.45	0.50
ケース 2	$h=0.02$	1.95	2.14	1.62	1.82

表 4 水平振動に関する性能評価基準⁴⁾ (cm/s²)

n_0 (Hz)	H-1	H-2	H-3	H-4
0.7	1.2	1.8	2.7	4.1
1.0	1.0	1.5	2.3	3.5

* 神奈川大学工学部建築学科

** (株) 泉創建エンジニアリング都市環境技術研究所

* Dept. of Arch., Faculty of Eng., Kanagawa University

** Urban Environment Research Center, ISEC