

高層建築物の風振動観測と振動体感の実地調査

正会員 ○川名 清三 1*
正会員 久田 嘉章 2**

高層建築物 風振動観測 振動体感アンケート
居住性

1. はじめに

高層建築物建設に当たり、耐震安全性上軽量化、低剛性化が一般的に行われる。これは強風時に揺れやすくなり居住性の確保を難しくする結果をもたらしている。一方、「建築物の振動に関する居住性性能評価指針・同解説」の発刊¹⁾や、振動台を利用した居住性能に関する研究等行われているが、こうした結果の妥当性を確かめるための実測、振動体感アンケート調査は調査環境の整備が難しいのが現状である。

こうした背景から、工学院大学新宿校舎で 1998 年 3 月より風振動の実測と同時並行に振動体感アンケート調査を継続的に実施している。本報ではこれまでのアンケート調査結果についての報告を行う。

2. 風振動観測概要

風振動観測を行っているのは東京都新宿区の超高層ビル群の中にある工学院大学新宿校舎（鉄骨造 29 階建、高さ 129m、以下大学棟）及び隣接する STEC 情報ビル（鉄骨造 28 階建、高さ 111m、以下オフィス棟）である。大学棟の 1 次固有周期を表 1 に示す。図 1 に示すように観測機器は、大学棟屋上に超音波風向風速計 1 台、大学棟高さ 103.7m 位置に相対風圧計 12 台、大学棟 29F 22F 16F 8F に各 3 台(NS 2 台、EW 1 台)、1F に 2 台(NS、EW)、オフィス棟には 28F 22F 15F 8F 各 3 台 (NS 2 台、EW 1 台) 合計 26 台の加速度計であり、2 棟の風振動応答(NS、EW、振れ)の観測が可能となっている(図 1)。

3. 振動体感アンケート調査概要

振動体感アンケート調査は、気象庁の予報などから強風発生時期が予測可能なので、アンケート調査用紙を事前に用意しておき、風振動観測実施日当日に観測と同時並行で、大学棟でのみ実施した。本研究ではアンケートを 4 回実施した(表 2)。アンケート質問項目は ①年齢、性別 ②その時の体調、在室階、作業内容 ③揺れそのものを感じたか? ④感じた揺れの最大振幅、時間帯 ⑤揺れを感じてどう思ったか? ⑥作業への支障は? などである。

4. アンケート調査結果概要

図 2 に観測された応答加速度波形(大学棟 29F、NS 方向)を示す(横軸：観測開始からの時間、縦軸：加速度 (cm/s^2))。1998 年 3 月では、はっきりした揺れのピーク位置はないものの、一定振幅の揺れが長時間続き知覚者の多少多い傾向が見られる。2001 年 9 月および 2002 年 10 月では、1998 年 3 月ほど長時間の揺れではなかったものの、大振幅の揺れであったために、最大振幅時に揺れの知覚者が集中する結果となっ

表 1 大学棟 1 次固有周期 (単位: s)

	NS方向	EW方向	振れ方向
観測結果固有周期	2.82	2.63	1.9
設計固有周期	3.31	3.14	1.99

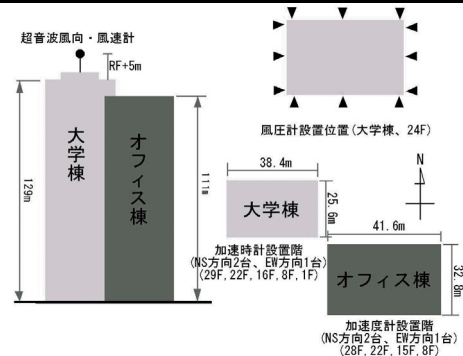


図 1 観測計の設置状況

表 2 アンケート実施日、実施階と回答者数

アンケート実施日	アンケート実施階	アンケート回答者数	知覚者率(%)
2002年10月1日	25階～26階	27	85.2
2002年7月16日	12階～28階	230	9.6
2001年9月11日	11階～27階	115	80.0
1998年3月7日	24階～27階	33	63.6

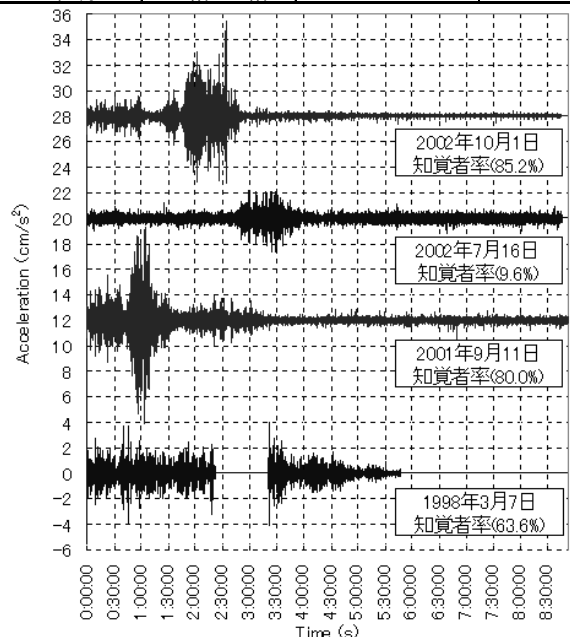


図 2 アンケート実施日の観測波形(29F、EW 方向)
(横軸：観測開始からの時間、縦軸：加速度 (cm/s^2))

った。2002 年 7 月の調査では、揺れの振幅も小さく継続時間も短かった。また作業に集中していたり、揺れのピーク時にビルの下階にいた人も多く、結果として知覚者は全回答者の 9.57%と極めて小さい結果となっている。

対象建物は風振動時 1 次モードが卓越する(表 3 の中最大加

速度)。しかし、アンケート調査の結果アンケート回答者に占める揺れの知覚者の割合は高さ方向にあまり比例していない(表3の中 知覚者率)。また、揺れの知覚原因を聞いたところ、約半数が体感以外の室内外に置かれた物の揺れや、きしみ音等聴覚の影響が占める結果となっている(表3、図3)。

「作業に支障があったか?」という質問に対して図4のような結果が得られている。98年3月の様な振動は小振幅のゆれが長時間続き揺れへの慣れからそれほど作業に支障がさほどなく、2001年9月と2002年10月の場合には、大振幅または振動振幅の変化が急激であった事が、作業への支障を大きくしたと思われる。この2回の振幅変動は、小振幅の揺れが1時間前後続いた後、3~4倍程度の振動が30~45分続いた。

5. 現行居住性能評価指針との対応

居住性指針では、最大応答加速度で居住性を評価する。実建築物の実測では、ノイズを拾ってしまう。今回、ノイズを除去するために(1)式¹⁾を利用した最大加速度(表4)を使用して、評価を試みた。表4の数値を居住性指針に適応すると図5のようになる(横軸：建物固有振動数(Hz)、縦軸：最大応答加速度(cm/s²)。H-4(灰色)は知覚者数50%を示した線、H-1は知覚者数1%を示した線である。各黒線は文献²⁾で提案された線で、%は知覚者数の割合を示す。

全回答者に占める知覚者の割合は高さ方向にあまり比例せず、表3ではいずれの階でも80%程度である。そのため29階の最大加速度(NSで8.8(7.4)(cm/s²))を当てはめると、知覚率は図5の50%ラインの少し超えた80%以下となり、一方、中間階の最大加速度を当てはめると実際のその階の知覚率よりもかなり小さい値となる。例えば16階での最大加速度(NSで4.2(3.6)(cm/s²))では10%ラインにも満たない。この現象は他のアンケートでも共通して起きている。

居住性指針と比べ、アンケート結果では小さな加速度でも大きな知覚率を示した主な原因として、居住性指針では体感のみを考慮に入れているのに対し、実際は体感以外の振動認知要因(室内に置かれた物の揺れ、きしみ音等)が多数含まれているためと考えられる(図3)。

6. まとめ

工学院大学新宿校舎を対象に風振動観測と同時並行で、振動感覚アンケート調査を実施した。その結果、振動が大きいほど、知覚率が高くなり、作業への支障も大きくなることを確認した。また現行の居住性指針では、体感のみで振動を知覚することが前提としているのに対し、実際の振動認知は視覚・聴覚の影響が約半数を占めることが明らかとなった。

今後はアンケート調査の改良・継続し、より精度の高い居住性評価体系の確立へつなげていきたいと考えている。

謝辞：アンケート実施にあたり、多数の工学院大学の教職員・学生に回答協力を頂きました。また、風振動評価 SWG 委員の先生方にアドバイスを頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1)建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説：日本建築学会 1991年 2)振動知覚のばらつきを考慮した超高層建物の居住性能評価：塩谷清人、神田順 日本建築学会構造系論文集 第504号 1998年2月 p23-p28

表3 高さエリア別知覚者の割合 (2001年9月11日)

階数	感じた	感じない	知覚者率(%)	最大加速度(NS): cm/s ²	体感以外での振動認知率(%)
25F~27F	10	3	76.9	8.8	45.7
20F~24F	38	7	84.4	5.9	41.7
13F~19F	27	7	79.4	4.3	51.2
11F~12F	17	6	73.9	1.9	51.5
合計	92	23	80.0		47.6

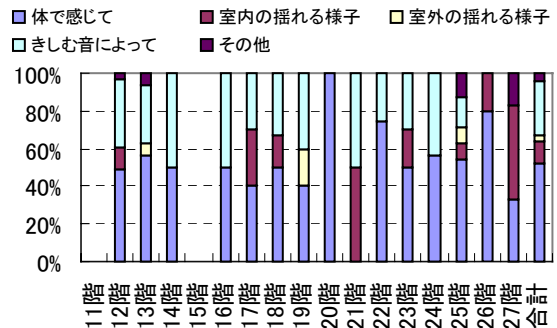


図3 どの様にして揺れを知ったか?

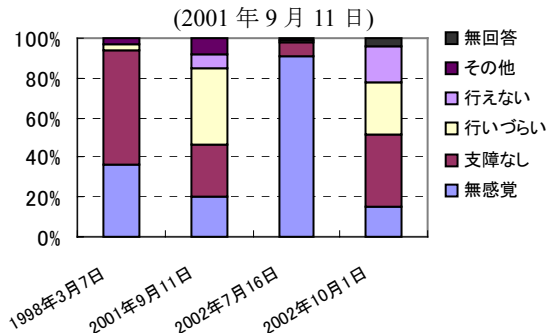


図4 作業に支障があったか?

$$A_{max} = \sigma_A \times g_f = \sigma_A \times \left(\sqrt{2 \times \log(v_f T)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \times \log(v_f T)}} \right) \quad (1)式^{1)}$$

g_f : ピークファクター v_f : 建物固有振動数(Hz)
 T : 対象波形の観測時間(600秒を使用する事が多い)
 σ_A : T中の加速度の標準偏差

表4 (1)式から算出した最大加速度 (cm/s²) (2001年9月11日)

	EW-Direction	NS-Direction
29F	4.5	7.4
22F	3.5	5.6
16F	2.2	3.6
8F	1.3	1.3
1F	0.2	0.2

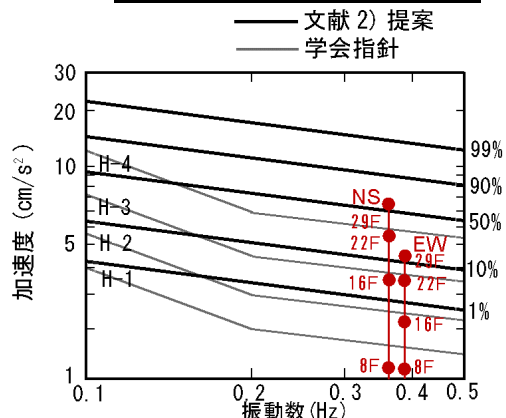


図5 (1)式から算出した最大加速度の適応結果²⁾ (2001年9月11日、知覚率：80.0%)

*東京工芸大学大学院 博士課程 (当時：工学院大学大学院修士課程)

**工学院大学建築学科 教授・工博

* Graduate school student at Tokyo Polytechnics University

** Prof., Department of Architecture, Kogakuin University, PhD