

大阪大林ビルに作用する風圧力の性状と変位応答について (その 1)

川口 彰久 伊藤 雅保
武田 寿一 本間 義教
竹本 靖

Characteristics of Wind Pressure on OHBAYASHI Building in Osaka and Displacement Responses (Part 1)

Akihisa Kawaguchi Masayasu Ito
Toshikazu Takeda Yoshinori Honma
Yasushi Takemoto

Abstract

For the purpose of design of highrise buildings in the future, it is necessary that wind pressures on actual buildings and the responses are measured in strong winds and that the effects of wind on buildings are understood both qualitatively and quantitatively. Therefore, it was planned to study the characteristics of wind pressures on the OHBAYASHI Building in Osaka and to measure the displacement responses of the building. The results of measurements made on September 31, 1974 are discussed in this paper.

概 要

強風時に、既存の超高層建築物に作用する風圧力や建物の応答等を測定し、定性的あるいは定量的に、風と建物の関係を把握していくことが、今後の超高層建築物の耐風設計上、必要なことである。

そこで、都市域に位置し、測定に適した大阪大林ビルを利用して、この建物に作用する風圧力の性状や建物の応答変位を調べることとした。本報告は昭和49年8月31日に記録した実測結果に検討をくわえたものである。

1. はじめに

超高層建築物の設計を行う際に、風荷重は地震力と同様に重要な問題である。そして、超高層建築物に作用する外力としての風の問題は次の点について考える必要がある。

- (1) 都市域における自然風(強風)の性質
- (2) 風の外力としての性質
- (3) 建築物の応答性に関する問題

これらについては今だ不明な点が多く、今後の調査研究によらなくてはならない。

それ故に、実際の超高層建物を利用して、強風時に建物に作用する風圧力の性状や建物の応答量等を測定し解析を行い、資料を蓄えることが耐風工学上、必要となってくる。

そこで、大阪大林ビル(地上32階、地下3階)を利用して、

- (1) 基準となる風速、風向の測定(地上高125.6m)
- (2) 建物外壁面に作用する風圧力の測定

- (3) 建物の応答変位の測定(地下2階と地上29階との相対変位, 2方向)

を強風時に測定することを計画した。

2. 建物概要と計測装置

2.1. 建物概要

写真-1は大阪大林ビルである。この建物は大阪の中心に位置する。周囲には高さ30m程度の建物が見受けられるが、建物の高層部分へ直接影響を及ぼす要因になるとは思われない。又断面形状が矩形の単棟であり、自然風中での建物壁面に作用する風圧力の性状や応答性を調査するに適した建物である。

建物は地上30階、塔屋2階、地下3階で、建物の最高高さ119.6m、平面29.9m×46mの主体構造が鉄骨のオフィスビルである。

2.2. 風向風速測定

基準となる風向風速の測定は、塔屋屋上に設置されている航空障害燈および避雷針取付用鉄塔を利用して、写真-2に示したように取り付けられたプロペラ型風向風

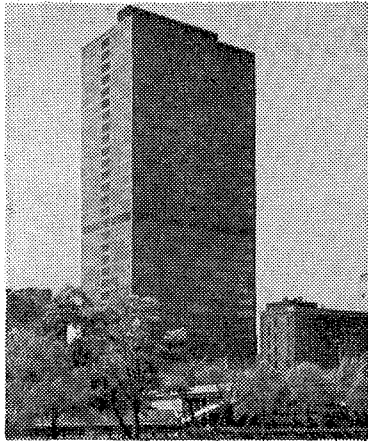


写真-1 大阪大林ビル

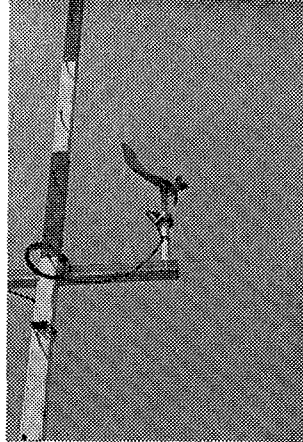


写真-2 風向風速計

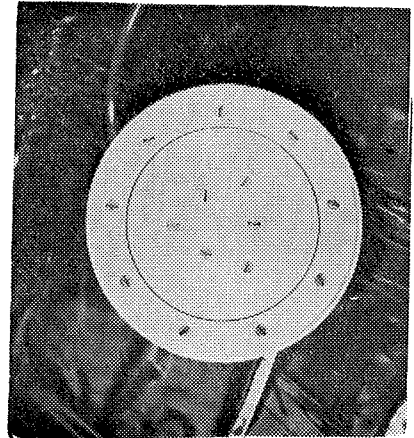


写真-3 風圧計

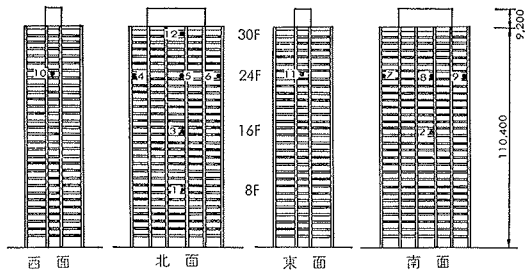


図-1 風圧測定点と測定番号

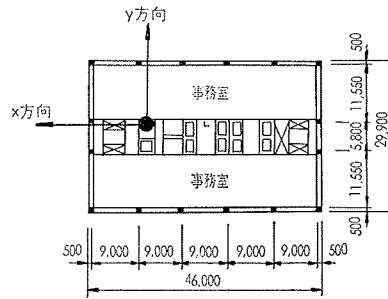


図-2 変位計設置位置

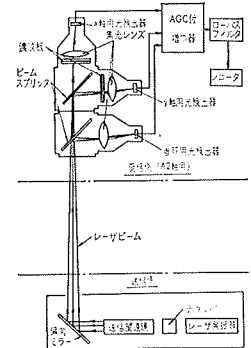


図-3 レーザ変位計ブロック図

速計（コーシンペーン）による。

2.3. 風圧測定

風圧力の測定は、写真-3に示すニューベリタイプ風圧計（WPS-25）を用い、図-1に示すように12ヶ所に取り付け、ケーブルで計測室に集め、動歪計（DT-6A、東京測器）で検出し、同時記録を行う。風圧測定時には、背圧孔にビニールチューブ（φ=7mm）を結合し、チューブ先端を室内に開放している。

2.4. 変位測定

建物の変位測定には、レーザー変位計（最大測定距離200m、測定可能変位±5cm、精度±1mm、日本電気社製）を用いている。地下2階のレーザー発信部と地上29階の受信部間の相対変位を、図-2に示すように長辺方向をX、短辺方向をYとし、それぞれ直交する2成分を測定する。

図-3にレーザー変位計のブロック図を示す。

3. 記録

昭和49年8月31日、台風16号が南方海上を西進していた16:15~16:35に、測定した記録について記述する。

表-1に塔屋屋上での基準風速を示す。

図-4は記録No. 1の記録から変動成分の波形を示

記録番号	年月日	時刻	風向	平均風速 m/s	R.M.S m/s	ガストファクター	ピークファクター
No.1	49.8.31	16:15 ~16:25	東	14.18	2.14	1.44	2.91
No.2	49.8.31	16:25 ~16:35	東	14.15	2.12	1.38	2.53

表-1 記録

している。解析にあたってのサンプリングタイムは風速・風向・変位については0.5秒、風圧記録は0.12秒である。

4. 解析結果

4.1. 風圧係数

建物の壁面に作用する風圧力は、建物内部の静圧 P_0 （室内圧）と建物外壁面に作用する圧力 P との圧力差である。そこで塔屋屋上の基準風速 V から、風圧係数 C_p は次の様にして求まる。

$$C_p = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2} \rho V^2} \quad (1)$$

ρ ; 空気密度 = 0.125kg・sec²/m⁴

なお、平均風圧係数は記録時間10分間の平均値から算出した値である。

図-5, 6は24階平面の平均風圧係数とR.M.S風

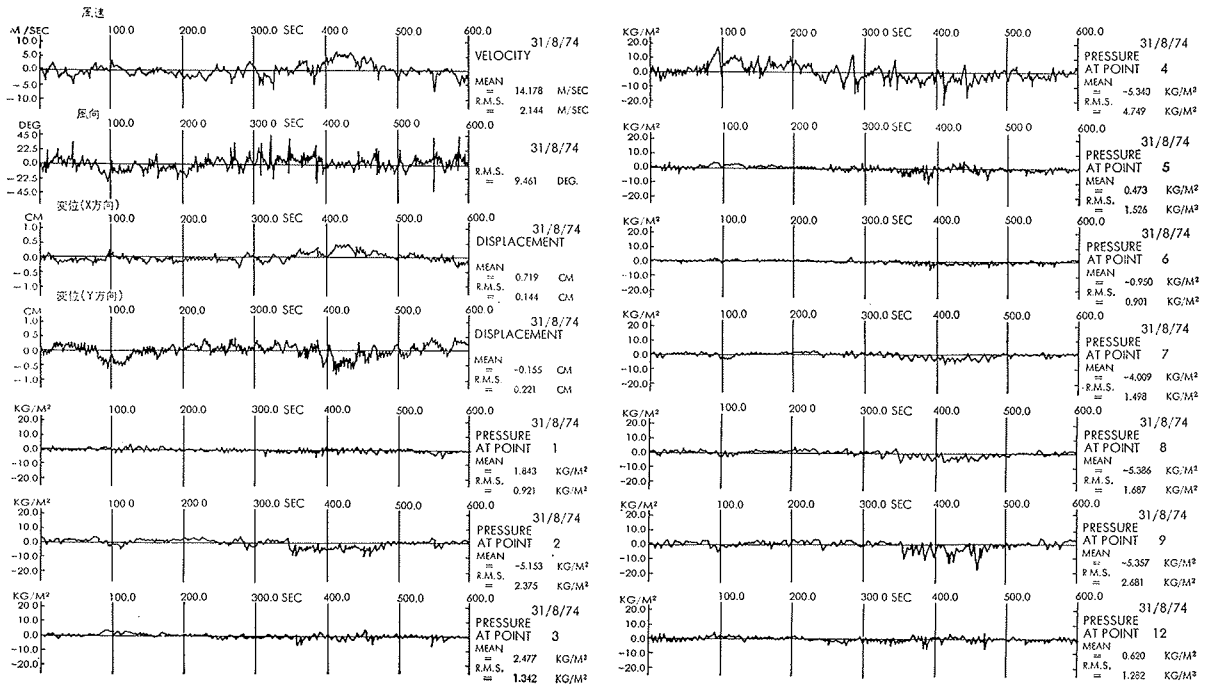


図-4 変動波形(記録 No. 1)

圧係数を示す。平均風圧係数は、風の主風向が東であったことから南面はすべて(-)であったが、北面では風上側隅角部4が(-)、中央部5が(+), 風下側隅角部6が(-)というように測定位置により大きな違いが生じた。これは風向変動の影響と、さらに隅角部での剝離流が中央で再付着しているためと考えられる。

R. M. S 風圧係数は風圧変動の大きさを示す係数であるが、北面では風上側が、南面では風下側へ行くほど大きな値を示す傾向にある。北側中央部5では平均風圧係数の3~9倍と大きな値を示した。

図-7, 8は建物の高さ方向の平均風圧係数とR. M. S 風圧係数を示す。南面では平均風圧係数は16階の測点2と24階の測点8が共に類似した値を示しているが、R. M. S 風圧係数は24階8より16階2のほうが大きな値を示している。又北面では平均風圧係数は上層部より中層・下層の値が大きく、R. M. S 風圧係数は16階3と24階5が大きく、8階1と30階12が小さかった。

図-9, 10は評価時間による風圧係数の変化を示している。24階風下隅角部6と30階12は評価時間による風圧係数の変化は比較的少ないが、24階風上隅角部4では評価時間を短かくすると風圧係数は大きくなり、評価時間10秒で-1.0を越え、1.0秒より短い評価時間では-2.0以上となった。平均風圧係数に対するガス

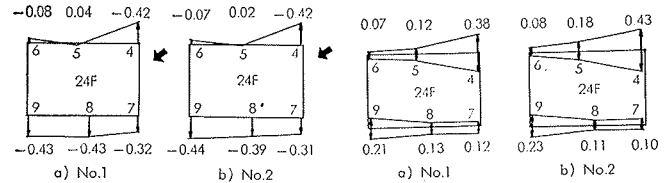


図-5 平均風圧係数

図-6 R. M. S 風圧係数

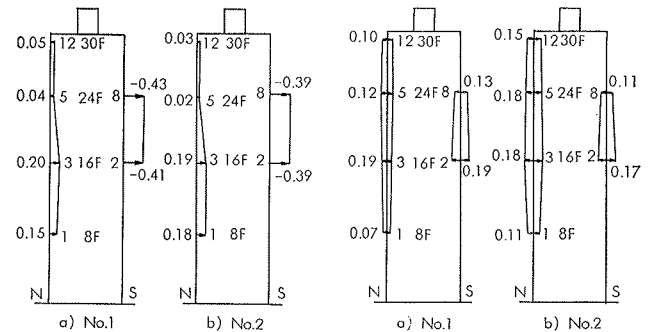


図-7 平均風圧係数

図-8 R. M. S 風圧係数

トファクターは約5である。24階中央部5の平均風圧係数は記録 No. 1が+0.04, No. 2が+0.02と(+)であったが、評価時間を短くしていくと(-)へと変化していた。

4.2 応答変位

表-2に応答変位の平均値, R. M. S ガストファクター, ピークファクターを示す。図-11は30秒間の軌跡例である。

図-12はガストファクターと評価時間の関係を示し

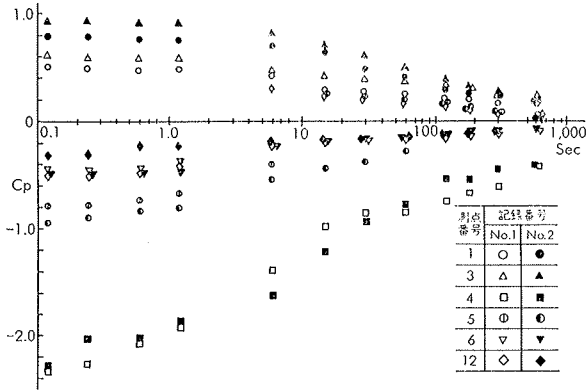


図-9 評価時間による風圧係数の変化 (北面)

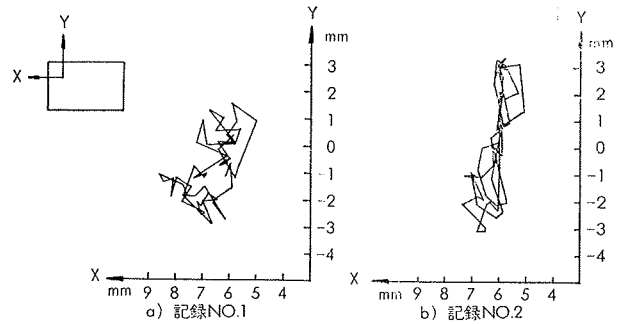


図-11 30秒間の相対変位軌跡例

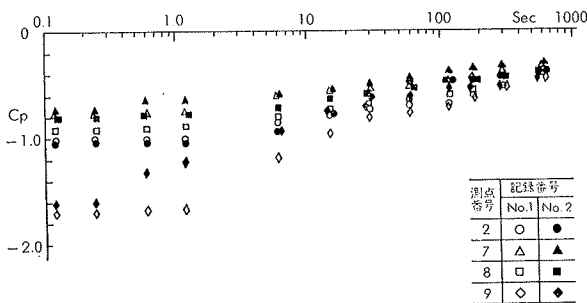


図-10 評価時間による風圧係数の変化 (南面)

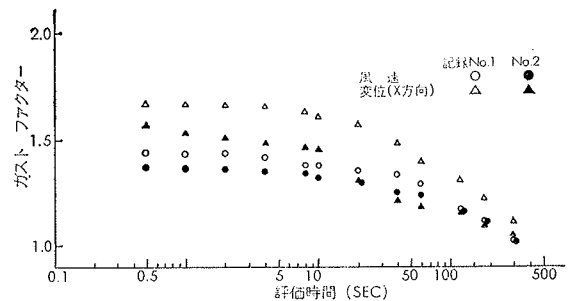


図-12 ガストファクターと評価時間

記録番号	振動方向	平均変位 mm	R. M. S. mm	最大変位 mm	ガストファクター	ピークファクター
No.1	X	7.2	1.4	12.0	1.67	3.33
	Y	-1.6	2.2	-9.8	6.13	3.73
No.2	X	6.7	1.2	10.5	1.56	3.13
	Y	-1.5	2.5	-8.2	5.47	2.72

表-2 変位

ている。風速のガストファクターは1.44, 1.38であったが、変位は1.67, 1.56というように風速のそれよりも大きかった。

4.3. パワースペクトル

パワースペクトルは一般的に次の様に定義されている。

$$\frac{\sigma^2}{2} = \int_0^{\infty} F(n) dn \quad (2)$$

F(n) ; パワースペクトル

n ; 周波数

図-13は風速のパワースペクトルである。0.3Hz付近迄は $-5/3$ 乗則に従って減少傾向にある。このパワースペクトルを無次元表示すると図-14となる。Davenport は風速のパワースペクトルを次の様に提案している。

$$\frac{nF(n)}{\sigma^2} = \frac{1}{3} \frac{X^2}{(1+X^2)^{4/3}} \quad (3)$$

F(n) ; 風速のパワースペクトル

n ; 周波数

σ ; 風速の標準偏差 $=\sqrt{\bar{U}^2}$

$$X = L \cdot n / \bar{U}_{10}$$

\bar{U}_{10} ; 10m高さでの平均風速

$$L = 1200m$$

実測値と提案式を比較すると、両者は0.3Hz付近の周波数域までにおいてよい一致がみられた。

図15~17は記録 No. 1の変動風圧のパワースペクトルである。南面では 0.08Hz (無次元周波数, 0.18) 域で卓越を示し、高周波数領域でほぼ $-7/3$ 乗に従って減少している。北面中央部では測点 5 が 0.21Hz 域で顕著な卓越を示しているが、1・3・12の各点では大きな卓越を示すこともなく、高周波数領域で $-5/3$ 乗の勾配を示している。風上隅角部 4 では 0.06 Hz (無次元周波数, 0.13) 域で卓越傾向を示し、高周波数領域でほぼ $-7/3$ 乗に従っている。

図-18は変位のパワースペクトルである。建物の長辺方向 (X) は 0.35Hz 域で、短辺方向 (Y) は 0.29Hz 域で卓越している。それぞれ長辺方向と短辺方向の 1 次固有振動数である。短辺方向は 0.05Hz 域でも卓越がみられるが、これは風向変動の影響と考えられる。

5. 結語

本報告は、大阪大林ビルにおける計測システムが始動してからはじめて収録したデータについてであり、十分な検討をくわえるまでにいたらなかった。しかし

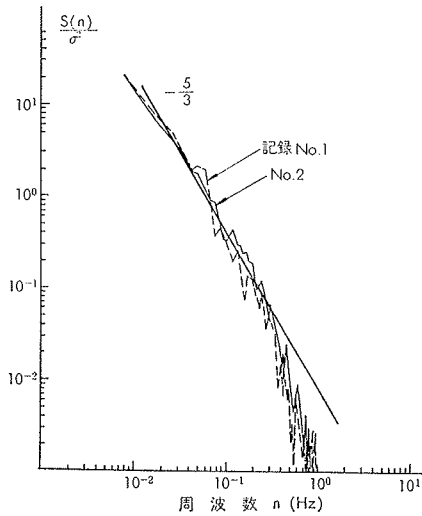


図-13 風速のパワースペクトル

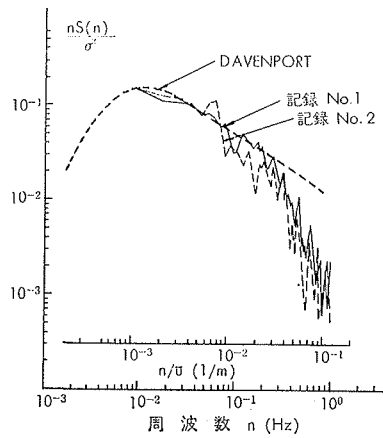


図-14 風速の無次元スペクトル

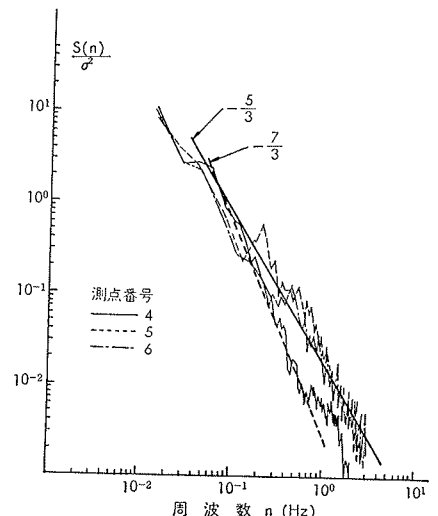


図-15 風圧のパワースペクトル
(北面, 24F, 記録 No. 1)

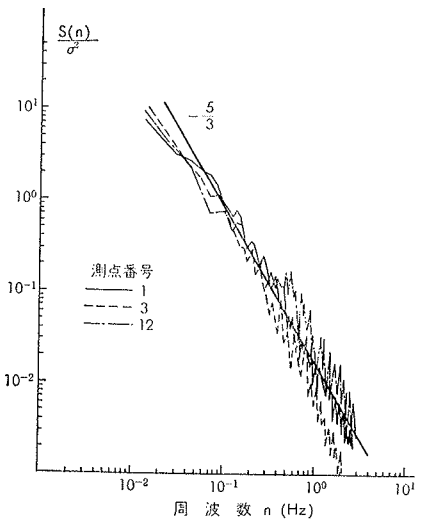


図-16 風圧のパワースペクトル
(北面, 24F, 記録 No. 1)

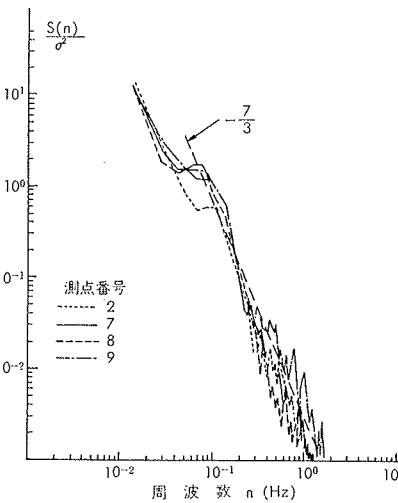


図-17 風圧のパワースペクトル
(南面, 記録 No. 1)

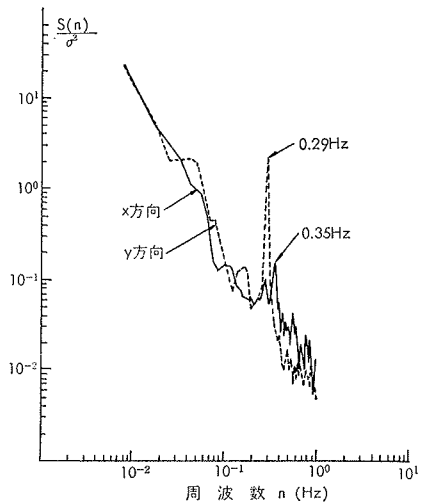


図-18 変位のパワースペクトル
(記録 No. 1)

概括的には、建物に作用する風圧力の性状が得られたものと考えられる。

既に塔屋屋上での主風向が東、平均風速が約14.2m/sであったことから、

- (1) 北面風上隅角部4では平均風圧係数が-0.42であったが、評価時間を短くすると風圧係数は大きくなり、評価時間1.0秒で-2.0以上となった。
- (2) 北面では剥離流が再付着していた。
- (3) 風圧変動の激しさは、北面では風上側が、南面では風下側へいくほど増していた。
- (4) 地下2階と地上29階での相対変位の最大変位は短辺方向(Y)9.8mm、長辺方向(X) 12.0mmであった。

等の結果を得た。

今後さらに台風の襲来あるいは季節風等の強風時に

おける測定機会をとらえて測定を継続するとともに、

- (1) 屋上風速と建物壁面に作用する風圧力あるいは応答変位との時間相関を求める。
- (2) 各測定点に作用する風圧力の相関性を求める。
- (3) 適切な評価時間と最大風圧力を求める。
- (4) 建物自体の影響によって生ずる後流渦や剥離流の再付着現象を分析する。
- (5) 他の実測や風洞実験等との比較を行う。

等について解析を行い、将来の超高層建築物の耐風設計に必要な資料を蓄積していく予定である。

参考文献

- 1) 松井源吾他, 高層建物に作用する動風圧について 構造物の耐風性に関する第2回シンポジウム