陸屋根を有する低層建物に取り付けた庇に作用する変動風力の特性

CHARACTERISTICS OF FLUCTUATING WIND FORCES ACTING ON CANOPIES ATTACHED TO LOW-RISE BUILDINGS WITH FLAT-ROOF

上田 宏*, 羽倉弘人**, 濱田裕史***

Hiroshi UEDA, Hiroto HAGURA and Hiroshi HAMADA

Larger attached canopies are very sensitive to the influence of wind and actually often damaged by wind force considerably. The purpose of the present paper is to describe the characteristics of fluctuating wind pressure and fluctuating wind force acting on a large-scale canopy attached to low-rise buildings with a flat roof. It also describes the characteristics of aerodynamics center that is estimated, based upon fluctuating stress generated in cantilevers supporting a canopy roof. The results of the present paper can be summarized as follows: (1) The properties of the wind forces acting on the attached canopy are considerably influenced by the properties of wind pressure acting on the upper side of canopy. (2) The peak of mean wind force coefficient and the peak of minimum wind force coefficient of upward direction acting on the center of attached canopy roofs can be evaluated by the empirical parameter with h/H and w/l . (3) The aerodynamics center of the peak minimum wind force acting on the center of attached canopy located at the center or slightly toward the tip side of the canopy length, and the aerodynamics center can be evaluated by the empirical equation.

Keywords: canopy, wind pressure, wind force, low-rise building, wind load

庇、風圧力、風力、低層建物、風荷重

1. はじめに

建物の壁面から張り出すように取り付けられた庇は、強風によって被害を被ることが少なくない。この原因の1つには、庇に作用する風力の特性がまだ十分に把握しきれていない点が挙げられる。Holmes & Kwok(1997)¹⁾らは、ISO4354²⁾や主な国の風荷重基準³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾を調査した報告の中で、建物の壁面に取り付ける庇を設計する際の風力係数が、オーストラリア規準⁶⁾以外の基準規準の中に与えられていないことを指摘している。これまでに実施された庇の風力に関する幾つかの研究例を見ても、Cermak, Peterka & Dreher(1976)⁷⁾らは、切妻屋根の軒部分に取り付けた庇に作用する風力の約50%が庇の下面に作用する風圧力による寄与であることを報告している。また、Stathopoulos(1981)⁸⁾は、軒部に取り付けた庇を設計する際の設計用風力係数を風洞実験に基づいて提案している。切妻屋根を有する低層建物の壁面に部分的に取り付けた庇に作用する風力に関する研究は、Jancauskas & Holmes(1985)⁹⁾らによって行われ、この種の庇に作用する風力が、庇を取り付ける高さとの比の長さとの比ならびに庇の高さと庇を取り付ける建物の軒高さとの比の違いによって大きく変化することを報告している。しかし、これ以外に低層建物の壁面に取り付けた庇の風力についての研究例は少なく、特に、庇の風力に影響を及ぼす庇上面と下面に作用する風圧力の性状や庇を支える骨組に対する荷重効果の特性などを詳細に調べた例はほとんど

と見当たらない。よって、これらのことを詳細に調べ把握することは、建物の壁面に取り付けた庇の耐風性能を確保するために重要と考える。

本論文は、陸屋根を有する低層建物の壁面に取り付けた庇に作用する表面風圧および風力の変動特性を明らかにすると共に、共振効果の無視できる庇骨組に対する変動風力の荷重効果についても明らかにする。

2. 風洞実験

実験に用いた風洞装置は、単回路型吹出式境界層風洞 ($W 1.2m \times H 0.9m \times L 6.4m$)¹⁰⁾である。平坦地域に相当する中立状態の境界層流は、スパイヤーとラフネスブロックを用いて模擬した¹¹⁾。模型を取り除いた風洞ターンテーブル中央に於ける平均風速、主流方向の乱れの強さ、乱れのスケールの鉛直分布を図1に示す。平均風速プロファイルのベキ指数は $\alpha = 0.14$ である。乱れの強さの鉛直分布は、乱流の相似理論と平均風速の鉛直分布が対数則に従うと仮定して得られた、中立状態の接地境界層内の乱れの強さ分布式¹²⁾にほぼ近似している。因みに対数則に当てはめて求めた粗度長は $Z_0 = 0.007cm$ である。この気流の幾何学的な縮尺率は、日本建築学会の風荷重指針の乱れのスケール式⁵⁾と平坦な地域で実測された粗度長¹³⁾を参考にすると $S = 1/250$ と見積もれる。地上高さ30m相当での風速変動のパワースペクトル密度分布は、Kármán型の式に近い分布である。庇を取り付ける建物模型の形状を図2に示す。

本論文の一部は文献16), 17), 18)に発表している。

* 千葉工業大学工学部建築学科 助教授・工博

** 千葉工業大学 名誉教授・工博

*** 榊熊谷組 工修
(元千葉工業大学 大学院生)

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof. Emeritus, Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

Kumagai Gumi, M. Eng.

(Former Graduate Student, Chiba Institute of Technology)

底は建物の桁行中央に取り付けた。表1に建物模型と底の寸法比を示す。ここでの建物模型の軒高さは、 $H = 5\text{cm}$ と一定とした。底の平面を保持した状態で、厚さが 1mm である底模型の上面および下面に作用する変動風圧力を同時に測定するために、ここでは、図3に示すように厚さ 1mm の真鍮板に幅 2mm のスリットを切り、そのスリットの中に一端を閉塞した外径 1mm 、内径 0.8mm 、長さ 180mm の銅パイプを2本1組にして、底の出が $l = 2.5\text{cm}$ の場合は3組、 $l = 5\text{cm}$ と $l = 7\text{cm}$ の場合は5組、それぞれ等間隔にコーキング材と共に埋め込んだ。埋め込んだ銅パイプの上面側または下面側に、それぞれ直径 0.6mm の圧力測定孔を開けた。圧力測定孔は、図2に示すように、底の中央($a-a'$)と妻側($b-b'$)に設けた。作用風圧力は、底に埋め込んだ銅パイプの他端に外径 1.7mm 、内径 1.1mm 、長さ 8mm のタップを取り付け、そこから内径 1mm 、長さ 1.2m のビニールチューブで圧力計に導いて基準静圧との差圧を全点同時に測定した。基準静圧には、模型の上方約 64cm の位置に設置したピトー静圧管で得られた静圧を用いた。導圧チューブ系の影響は、導圧チューブ系の伝達関数¹⁴⁾を実験によって求めて補正¹⁵⁾した。各圧力計からのアナログ電圧は、サンプリング間隔を $\delta t = 2\text{msec}$ 、サンプリング個数を $n = 16384$ 個としてデジタル変換した後に、カットオフ周波数を 110Hz に設定したデジタルローパスフィルターを通して処理した。模型の閉塞率は $0.5\% \sim 2.3\%$ であり、ここでは、この影響は補正していない。実験風向は、図2に示すように、建物の妻面に平行に吹く風向を 0° とし、 360° まで変化させた。実験時の風速は模型の軒高で 10m/s とした。

図1 模型位置の気流特性

図2 風圧模型及び記号

図3 底模型の導圧管の配管状況 ($l = 5\text{cm}$ の場合)

表1 陸屋根模型と底の寸法比

Building model	W/H	2.5	5	7.5	10	
	L/H	1	2	3		
Canopy model	h/H	0.25	0.5	0.75	1	
	l/H	0.5	1	1.4		
	w/l	1.79	2.5	3.57	5	5.36
		7.14	7.5	10	15	20
	w/W	0.25	0.5	0.75	1	

3. 風圧特性

図4 (a) は、風向が $\theta = 0^\circ$ である時の底中央($a-a'$)の上面(U.P.)および下面(L.P.)に作用する変動風圧力の時間平均値を平均風圧係数で示した分布である。図の横軸は、底の先端から各風圧測定点までの距離 x を、底の出の長さ l で規格化した値であり、縦軸は、平均風圧力を軒高さ相当の速度圧で規格化した平均風圧係数である。また、ここでの底の高さ h は、軒高さ H で規格化している。軒高と同レベルに取り付けた底($h/H = 1$)の上面の平均風圧係数(U.P.)の分布状況を見てみると、気流が底の前縁で剥離するために面全体の平均風圧係数は負圧になっている。しかし、底の取り付けレベルが軒高よりも低くなるにつれて、底の前縁から建物に向かう気流が、建物の壁面で阻害されるため、底上面の負の平均風圧係数は徐々に回復している。そして、底を取り付けレベルが $h/H = 0.25$ になると上面全体の平均風圧係数は正圧になる。底下面(L.P.)の平均風圧係数分布を見てみると、底とそれを取り付けた建物に接近して来た気流が底と建物壁面との間で阻まれるために、常に旋み易くなる。このため底下面の平均風圧係数は、底の取り付けレベルに関係なく常にほぼ一様な正圧になる。Jancauskas & Holmes(1985)⁹⁾が見出した、底の取り付けレベルの違いによる風力の変化は、主に底上面に作用する風圧力の影響であることが上述の結果から理解できる。

次に、風向が $\theta = 45^\circ$ に偏った場合の平均風圧係数分布を見てみると、図4 (b)に示すように、軒高さと同レベルに取り付けた底($h/H = 1$)の上面(○印)の $x/l = 0.7$ 付近に強い負圧が見られる。しかし、この強い負圧は、底を取り付けるレベルが軒高さよりも低くなると消滅する。これは、底を低く取り付けることによって生じる底と建物屋根とのレベル差のために、軒高さと同レベルに取り付けた底の稜部から発生していた剥離流が阻害されたことが原因と考えられる。

図4 (c) は、風向が $\theta = 0^\circ$ の場合の底中央($a-a'$)の上面(U.P.)および下面(L.P.)の変動風圧係数分布である。ここでの変動風圧係数は、風圧変動の標準偏差を軒高の速度圧で除した値である。底上面の変動風圧係数(U.P.)は、平均風圧係数と同様、底が低くなるにつれて小さくなる。気流が旋む傾向にある底下面での変動風圧係数(L.P.)は、底の

高さに関係なくほぼ一様である。風向が $\theta = 45^\circ$ に偏った場合、軒レベルに取り付けた底 ($h/H = 1$) の妻側上面の変動風圧係数は、図 4 (d) に示すように、 $x/l = 0.5$ 付近で大きくなる。これも底後部から発生する剥離流による原因と考えられる。このように変動風圧係数の性状は平均風圧係数と類似している。

(a) 平均風圧係数 ($\theta = 0^\circ$, 中央) (b) 平均風圧係数 ($\theta = 45^\circ$, 妻側)

(c) 変動風圧係数 ($\theta = 0^\circ$, 中央) (d) 変動風圧係数 ($\theta = 45^\circ$, 妻側)

図 4 底面の風圧係数 ($L/H = 1, W/H = 10, w/W = 1, l/H = 1$)

4. 底に作用する風力

4. 1 風向と取り付け高さの影響

ここでは、底の中央 ($a-a'$) と妻側 ($b-b'$) に底を支える風による共振効果の無視できる片持梁形式の構造骨組を想定し、この骨組に作用する風力を底の風力と見なして以後考察を進める。ただし、この骨組が負担する風力の負担幅は梁に沿った単位幅とする。そして、この負担面積 (以後、これを見付面積と呼ぶ) に作用する変動風力を底の上面と下面に同時に作用する風圧力の差圧として求める。この風力は軒高の平均速度圧で除した風力係数として扱う。よって、この風力係数の時系列 $C_F(t)$ は次式で定義する。

$$C_F(t) = \frac{\sum_{k=1}^n (P_{u_k}(t) - P_{d_k}(t))}{q_H} \quad (1)$$

ここに、 n : 底の上面または下面に設置した風圧測定点の数、 $P_{u_k}(t)$: 時刻 t に底上面の風圧測定点 k に作用する風圧力、 $P_{d_k}(t)$: 時刻 t に底下面の風圧測定点 k に作用する風圧力、 q_H : 軒高の平均速度圧である。ただし、各風圧測定点が負担する風圧負担面積は、測定孔を割り振る際に一定になるように考慮した。ここでは鉛直上向きの風力を負とする。また、サンプリング時間 $T = 32.768 \text{ sec}$ で平均化した風力係数

を平均風力係数 ($C_{\bar{F}}$) とし、この平均化時間内に生じる風力係数の最大値を最大風力係数 ($C_{\bar{F}}^{\max}$)、最小値を最小風力係数 ($C_{\bar{F}}^{\min}$) とする。

図 5 (a) ~ (d) には、スパンと高さの比が $L/H = 1$ で、桁行き方向の長さとな軒高さとの比が $W/H = 10$ の陸屋根模型に、底の桁行き幅と建物の桁行き幅との比が $w/W = 1$ で、底の出の長さとな軒高さとの比が $l/H = 1$ の底模型を高さを変えて取り付けした場合の底中央 ($a-a'$) と妻側 ($b-b'$) の各風向ごとの平均風力係数、最大風力係数、最小風力係数の変化の状況を示す。図中の mean (○印) は平均風力係数、max. (□印) は最大風力係数、min. (△印) は最小風力係数である。軒高さと同レベル ($h/H = 1$) に取り付けた底の中央 ($a-a'$) に於ける平均風力係数と最小風力係数は、図 5 (a) に示すように、風向が底に正対か、またはやや偏った時に大きくなる。これに対して妻側 ($b-b'$) の平均風力係数と最小風力係数は、図 5 (b) に示すように、風向が 60° 付近で最も大きくなる。これには、前述の底の上面に生じる強い負圧が関わっていると考えられる。最大風力係数 (図 5 (b) の□印) は、風向が 90° の場合に 1 を上回っている。このような鉛直下向きの大きな風力は、固定荷重や雪荷重との組み合わせを考える場合に重要になる。高さが $h/H = 0.25$ の場合の底中央 ($a-a'$) の風力係数は、図 5 (c) に示すように、風向 $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ と $\theta = 270^\circ \sim 360^\circ$ では、 $h/H = 1$ の底 (図 5 (a)) よりも小さくなる。また、風向 $\theta = 90^\circ \sim 270^\circ$ では取り付け高さの違いによる変化は小さい。 $h/H = 0.25$ の妻側 ($b-b'$) の底の平均風力係数と最小風力係数は、図 5 (d) に示すように、風向 $\theta = 120^\circ$ では $h/H = 1$ の底 (図 5 (b)) よりも大きくなる。このような平均風力係数および最大・最小風力係数と風向および底の高さとの関係は、他のケースでも同様に見られた。

4. 2 ピーク風力係数と w/l および h/H の関係

ここでは、全風向中の平均風力係数 $C_{\bar{F}}$ の極大値をピーク平均風力係数 ($\bar{C}_F$)、最小風力係数 $C_{\bar{F}}$ の極小値をピーク最小風力係数 ($\bar{C}_F^{\min}$)、最

図 5 風向と風力係数 ($L/H = 1, W/H = 10, w/W = 1, l/H = 1$)

大風力係数 C_F の極大値をピーク最大風力係数 ($\hat{C}_F$) とする。

先ず、庇中央 ($a-a'$) のピーク平均風力係数 ($\bar{C}_F$) と庇の桁幅 w と庇の出の長さ l との比である w/l および取り付け高さ比 (h/H) との関係を見てみると、図 6 (a) に示すように、ピーク平均風力係数は、高い庇である $h/H = 1$ (●印) が最も大きく、 w/l に対して概ね図中の実線のように変化する。取り付け高さが $h/H \leq 0.5$ 以下の庇のピーク平均風力係数は、 $w/l = 10$ 付近でやや大きくなる傾向があるが、 $h/H = 1$ や $h/H = 0.75$ などの高い位置の庇に比べれば w/l に対する変化は緩やかである。図 6 (b) の h/H および w/l に対するピーク最小風力係数 ($\check{C}_F$) の変化もほぼ同様の傾向である。これらに対して、図 6 (c) に示すピーク最大風力係数 ($\hat{C}_F$) には、特に h/H に対する明瞭な変化が見られない。

図 6 (d) は妻側 ($b-b'$) のピーク平均風力係数であるが、中央ほど w/l による変化は見られない。また、この場合の何れの庇も $w/l = 5 \sim 7$ 付近で値がやや大きくなる傾向が認められる。一方、妻側のピーク最小風力係数およびピーク最大風力係数は、 w/l の違いによる変化は小さい。これは妻側付近の気流が w/l の違いにほとんど影響されないことが原因として考えられる。

4. 3 ピーク風力係数とパラメータ ϕ との関係

図 7 (a) および図 7 (b) 中の実線は、以前に筆者ら¹⁸⁾が庇に正対する風向での庇中央 ($a-a'$) の平均風力係数および最小風力係数をピーク値として求めた次に示すような実験式である。

$$\left. \begin{aligned} \bar{C}_F &= 0.1\phi^2 - 0.85\phi ; & 0 < \phi < 4.25 \\ \check{C}_F &= -1.8 ; & \phi \geq 4.25 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \hat{C}_F &= 0.1\phi^2 - 1.2\phi - 0.4 ; & 0 < \phi < 6 \\ \check{C}_F &= -4 ; & \phi \geq 6 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

図 6 ピーク風力係数と w/l および h/H の関係

(2) 式と (3) 式中の ϕ は、風向が庇に正対する場合の庇中央における平均風力係数および最小風力係数が、庇の取り付け高さ a と軒高さの比 (h/H) 並びに庇の桁行き長さと出の長さの比 (w/l) に大きく影響されることを考慮して導入した (4) 式に示すような経験的なパラメータである。この式中のべき指数は実験結果に基づいて決めたものである。

$$\phi = (h/H)^3 \sqrt{w/l} \quad (4)$$

図 7 (a) および (b) に示すように、庇の中央 ($a-a'$) におけるピーク平均風力係数 $\bar{C}_F$ およびピーク最小風力係数 $\check{C}_F$ と ϕ との間には良い相関が認められる。これらの結果から庇中央 ($a-a'$) のピーク平均風力係数と ϕ との関係も (2) 式で、またピーク最小風力係数と ϕ との関係も (3) 式でそれぞれ近似できそうである。ちなみに、Jancauskas & Holmes ら⁹⁾の結果は、図 7 (a) および (b) に示すように、(2) 式および (3) 式にそれぞれ対応する傾向が認められる。しかし、前述の結果

図 7 ピーク風力係数と ϕ の関係

からも予想されるように、ピーク最大風力係数に対しては、図7 (c) に示すように、 ϕ との明瞭な相関関係は認められない。

次に、妻側 (b-b') のピーク平均風力係数およびピーク最小風力係数と ϕ の関係を見てみると、図7 (d) および図7 (e) に示すように、ばらつきはあるが底中央とほぼ同様の傾向が見て取れる。しかし、これは妻側のピーク風力の特徴でもあるが、軒高さと同じレベルに取り付けた底の風力だけが図中の▲印または▼印で示したように、他の高さの底よりも際立って大きくなる。また、図中の実線は (2) 式および (3) 式の結果であるが、これらの式も妻側のピーク平均風力係数およびピーク最小風力係数と ϕ との関係をほぼ捕えているように見える。図7 (f) は、ピーク最大風力係数と ϕ の関係であるが、底中央と同様に、両者の明瞭な相関関係は認められない。また、ピーク最大風力係数の最大値は $\hat{C}_F \approx 2$ であり、これは底の中央 ($\hat{C}_F \approx 1.5$) よりも大きい。

底中央のピーク最小風力係数とピーク平均風力係数の比 ($\hat{C}_F/\bar{C}_F$) は、図8に示すように、 ϕ が1より小さいところでは大きく、ばらつきも大きい。これは ϕ の小さい底、すなわち、取り付け高さが低く、出の短い底では、風力の平均値が小さい割にピーク値が大きくなるのが原因と考えられる。また、 $\phi = 0.1$ 付近に見られる負の値は、ピーク平均風力係数が正であるのに対し、ピーク最小風力係数が負なるために生じた結果である。 ϕ が1より大きくなるとばらつきも小さく、($\hat{C}_F/\bar{C}_F$) の値は2前後になっている。このような ϕ の違いによる $\hat{C}_F/\bar{C}_F$ の変化は、妻側でのピーク風力にも同様に見られた。図中の実線は、(2) 式および (3) 式から $\hat{C}_F/\bar{C}_F$ を計算した結果であるが、この結果は、 ϕ の小さい領域を除いて実験とよく対応している。また、図中の点線は軒高さの風速変動の乱れ強さとピークファクターから計算したガストファクターの2乗値 (=2.2) であるが、 $\phi = 1 \sim 4$ で (2) 式と (3) 式から得られた結果や実験結果よりも少し大きい。

図8 ピーク平均風力とピーク最小風力の比と ϕ との関係

5. 応力分布の特徴

底を支える風による共振効果の無視できる等断面の片持梁を想定し、この梁に、実験で得られた変動風圧力が作用したとき梁の各部に生じる曲げモーメントおよびせん断力の時刻歴を求めた。図9には、風向が底に正対する時の底中央 (ただし、 $w/W=0.75$, $L/H=1$) の片持梁の各部に生じた曲げモーメント分布とせん断力分布である。ただし、ここに示す応力は、軒高さ相当の実風速を 43m/s として計算した結果である。梁の各部に生じる曲げモーメントとせん断力の時刻歴を時間平均した値をそれぞれ平均曲げモーメント (M_{mean})、平均せん断力 (Q_{mean}) とする。また、この平均時間内に生じる曲げモーメントとせん断力の最大

値と最小値の絶対値の大きい方を最大モーメント (M_{max})、最大せん断力 (Q_{max}) と定義する。底骨組の曲げモーメントとせん断力は、図9に示すように、いずれも支持端で最大になる。

図9 応力分布 ($\theta = 0^\circ$, a-a', $w/W=0.75$, $L/H=1$)

次に、実験した風向中で最大になる曲げモーメントをピーク最大曲げモーメント $\hat{M}$ と定義し、その時生じる平均曲げモーメントとの比 $\hat{M}/\bar{M}$ を求めて、パラメータ ϕ との関係を見てみる。図10は $w/W = 0.75$, $L/H = 1$, $W/H = 10$ の底中央および妻側についての結果であるが、 $\hat{M}/\bar{M}$ は、 ϕ がほぼ1より大きい場合に接近流のガストファクターの2乗や (2) 式および (3) 式から計算した結果によく一致する。 ϕ が1より小さいとばらつきは大きくなる。

図10 $\hat{M}/\bar{M}$ と ϕ の関係 ($L/H = 1$, $w/W = 0.75$, $W/H = 10$)

よって、パラメータ ϕ がほぼ1よりも大きくなる共振効果が無視できる片持梁形式の底骨組に生じるピーク応力は、準定常的に評価することが可能と考えられる。

6. 空力中心の位置

ここでは、底を支える片持梁に作用する最大風力および最小風力の空力中心の位置を、梁の支持端に生じる最大曲げモーメント ($M_{max.}$) と最大せん断力 ($Q_{max.}$) ならびに最小曲げモーメント ($M_{min.}$) と最小せん断力 ($Q_{min.}$) から次式によって求める。

$$\left. \begin{aligned} A_{max.} &= M_{max.}/Q_{max.} \\ A_{min.} &= M_{min.}/Q_{min.} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここに、 $A_{max.}$ ：底の支持端から最大風力が作用する空力中心までの距離、 $A_{min.}$ ：底の支持端から最小風力が作用する空力中心までの距離である。ただし、ここでは、底を支える片持梁の風荷重を最大風力または最小風力から評価することを前提として、曲げモーメントおよびせん断力の最大値またはそれぞれの最小値が同時に生じることを仮定した。図11は、(5)式より求めた底中央の梁に対するピーク最小風力とピーク最大風力の空力中心の位置を、底の出の長さ (l) で規準化して ϕ との関係を見た図である。ピーク最小風力の空力中心の位置は、図11(a)に示すように、 ϕ が小さくなるにつれて多少ばらつく傾向があるが、 $A_{min.}/l = 0.5 \sim 0.7$ の間、即ち、底の中央かやや先端よりあることが分かる。また、この結果は ϕ の関数として次式で近似できる。

$$A_{min.}/l = 0.1 \exp^{-0.4\phi} + 0.5 \quad (6)$$

一方、ピーク最大風力の空力中心の位置は、図11(b)に示すように、 ϕ に対して $A_{max.}/l = 0.4 \sim 0.8$ の範囲でばらついている。これには風向による作用風圧分布の変化が大きく関係していると考えられる。ここには示さないが、妻側の梁に対するピーク最小風力の空力中心の位置は $A_{min.}/l = 0.4 \sim 0.5$ であり、ピーク最大風力の空力中心の位置も、

図11 ピーク風力の空力中心の位置と ϕ との関係 (底中央の場合)

底中央と同様に $A_{max.}/l = 0.4 \sim 0.7$ の範囲にばらついている。

7. まとめ

陸屋根を有する低層建物の桁行壁面に取り付けた底に作用する変動風力の特性を風洞実験によって調べた。その結果、底に作用する風力は、主に底上面の風圧力に大きく影響されること、鉛直上向きの風力が支配的であること、底中央のピーク平均風力係数とピーク最小風力係数が、底の幅と出の長さの比および底の取り付け高さや建物の軒高さとの比で表されるパラメータの関数で評価できることなどを明らかにした。また、底を支える風による共振効果が無視できる片持梁形式の底骨組に生じるせん断力の最大値から底支持部に生じる最大曲げモーメントを評価するために必要なピーク風力の空力中心の位置も把握することができた。

参考文献

- Holmes, J. D. & K. C. S. Kwok : Comparisons between the wind load provisions of ISO/DIS 4354, ENV 1991-2-4, ASCE 7-95, AIJ Recommendations and AS1170.2. *International Workshop on Harmonization in Performance-based Building Structural Design in Countries surrounding the Pacific Ocean*. Tsukuba : Japan 1997.
- International Standard. Wind actions on structures, ISO 4354, First edition 1997-07-01
- European Committee Standardization. Eurocode 1: Basis of design and actions on structures - Part 2.4 : Actions on structures - Wind actions, ENV 1991-2-4 : 1995.
- American Society of Civil Engineers Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ANSI/ASCE 7-95, Approved June 6, 1996.
- 建築物荷重指針同解説 : 日本建築学会編 1993.
- Standard Australia, *Minimum design loads on structures. Part 2: Wind loads*. Standards Australia : North Sydney 1989.
- Cermak, J. E., J. Peterka & K. J. Dreher : Wind pressures on a house roof. *Proceedings of the Second U.S.A.-Japan Research Seminar on Wind effects on Structures* : 125-140. Edited by Hatsuo Ishizaki & Arthur N. L. Chiu : University of Tokyo Press 1974.
- Stathopoulos, T. : Wind Loads on Eaves of Low Buildings. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol.107, No.ST10, October, 1921-1934 1981.
- Jancauskas, E. D. & J. D. Holmes : Wind Loads on Attached Canopies, *5th U.S. National Conference on Wind Engineering*. 3A-45-3A-52. Lubbock : Texas 1985.
- 羽倉弘人, 小泉俊雄 : 千葉工業大学建築学科境界層風洞実験施設, 日本風工学会誌, 第43号, pp.23-34, 平成2年4月
- 上田 宏, 羽倉弘人, 濱田裕史 : 強風時の接地境界層の風洞シミュレーション, 千葉工業大学研究報告, 理工編, 第46号, pp.137-147, 1999.
- 塩谷正雄 著 : 強風の性質, 開発社, pp.65, 1981.
- Counihan, J., *Adiabatic atmospheric boundary layers : A review and analysis of data from the period 1880-1972*, Atmospheric Environment Pergamon Press, Vol.9, pp.871-905, 1975.
- Bergh, H. & H. Tijdeman : Theoretical and experimental results of dynamic response of pressure measuring system, Report NLR-TRF 328,1-19 1965.
- Ueda, H., K. Hibi, Y. Tamura, and K. Fujii : Multi-channel Simultaneous Fluctuating Pressure Measurement System and its Applications, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 51 (1994) 93-104.
- 濱田裕史, 上田 宏, 羽倉弘人 : 低層建築物に取り付けた大規模な底に作用する荷重効果について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 1998年9月, pp.139-140
- 上田 宏, 濱田裕史, 羽倉弘人 : 低層建築物に取り付けた底に作用する風力の特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月, pp.173-174
- Ueda, H., H. Hagura & H. Hamada : Wind force on canopies attached to low-rise buildings, *Proceedings of the 10th International Conference Wind Engineering*, Copenhagen/Denmark/21-24 June 1999, pp.1847-1852

(2000年12月5日原稿受理, 2001年5月17日採用決定)