

高層建物のボイド内の風圧特性に関する研究

Study on Wind Pressure Characteristics in Void of Tall Buildings

作田 美知子 MICHIKO SAKUTA

野田 博 HIROSHI NODA

本研究では、ボイドを有する高層住宅を対象とした風洞実験を行い、ボイド内のピーク風圧に関して検討した。検討した模型形状では、上 5 層を除いてピーク風圧係数の最大値は 0.2、最小値は-1.8 であった。ピーク風圧係数はアスペクト比やボイドの大きさを変えた場合でも上 5 層程度を除くとほぼ同じ値をとった。また、ボイドに開口がある場合、開口部分は下層においても大きな値をとること、ペントハウスがボイド内のピーク風圧係数に与える影響は小さいことがわかった。

キーワード: ボイド, 風洞実験, ピーク風圧係数, 外装材設計用風荷重

In order to investigate characteristics of peak wind pressure in void of high-raised housings, wind tunnel experiments carried out with varying aspect ratio and size of void, and wind pressure in void was measured. With the form was examined the peak wind pressure coefficient was being maximum, 0.2, being minimum, -1.8, excluding upper 5 layers without being influenced by aspect ratio of building and size of void. If there is an opening in void, the wind pressure of the opening part turned out to take larger value even in the lower layer and the influence of penthouse on the peak wind pressure was not apparent.

Key Words: Void, Wind Tunnel Experiment, Peak Wind Pressure Coefficient, Wind Load for Cladding

1. はじめに

高層集合住宅では、住戸計画上の理由からボイドを有する平面計画が多くみられる。ボイド内の風圧性状については、ボイド内の換気性状・気流性状の把握を目的とした研究¹⁾や開口部がボイド内風圧分布に与える影響を調査した研究²⁾等があり、外壁面とは異なる性状であることがわかっている。しかし、いずれの研究においても平均風圧係数を対象とするものが多く、外装材設計時に必要となるピーク風圧に関して、アスペクト比やボイドの大きさを変化させた場合の系統的な風圧性状の検討は十分になされていない。また、建設省告示や建築物荷重指針・同解説³⁾においても、ボイド内の風圧係数は規定されていない。そのため、風洞実験を行わずに告示によりボイド内の外装材を設計する場合には、外壁面の風圧係数を用いることとなる。

本研究では、風洞実験を行いボイド内のピーク風圧についてアスペクト比やボイドの大きさによる変化を検討

するとともに、開口(以下、スリット)ならびにペントハウス(以下、PH)の影響についても検討した。

2. 実験概要

検討に用いた模型は平面中央にボイドを有する塔状高層建物を想定し、建物の幅 $B=140\text{mm}$ と奥行 $D=140\text{mm}$ を固定し、建物高さ H とボイドの大きさを変化させた。実験ケースは表-1に示す11ケースとした。基本となる Case1 では $H=280\text{mm}$ 、ボイド幅 $B_v=50\text{mm}$ とした。模型の縮尺は $1/300$ とし、Case1 は実スケールで高さ 84m 、28F 建ての建物を想定している。なお、Case0 は屋根面の風圧分布の把握を目的とし、ボイドがない建物形状とした。また、Case10 の PH の大きさは通常の EV 機械室を想定した大きさとした。模型寸法、風向角の定義ならびに風圧測定点を図-1に、模型平面ならびに風圧測定点を図-2に示す。

風圧測定点は Case0 では屋根面の半分に75点設けた。

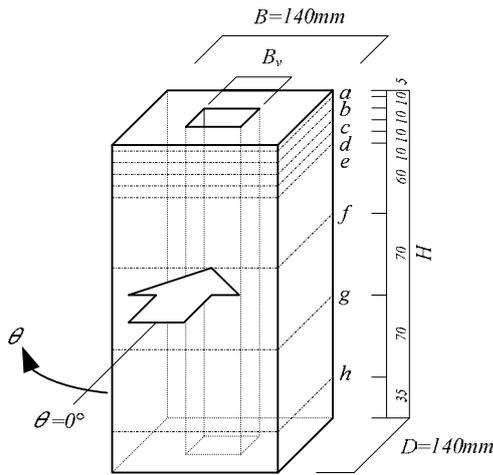


図-1 模型寸法, 風向角の定義ならびに風圧測定点

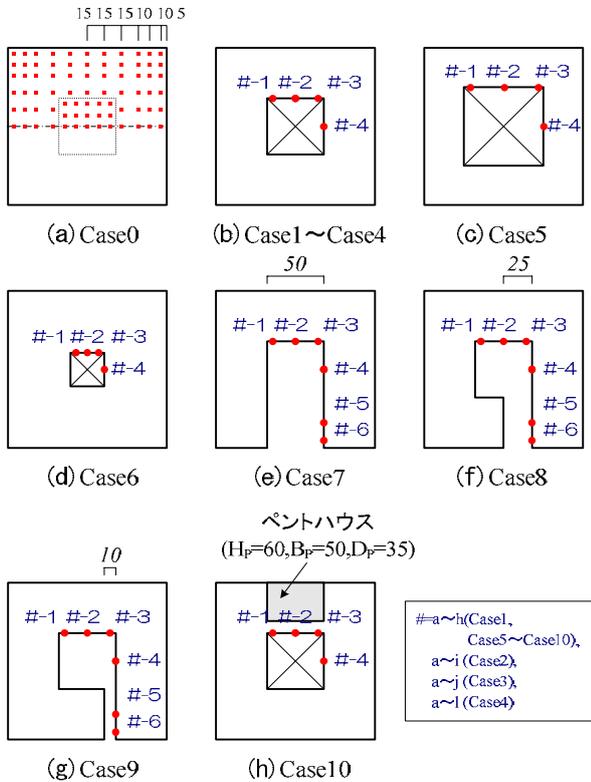
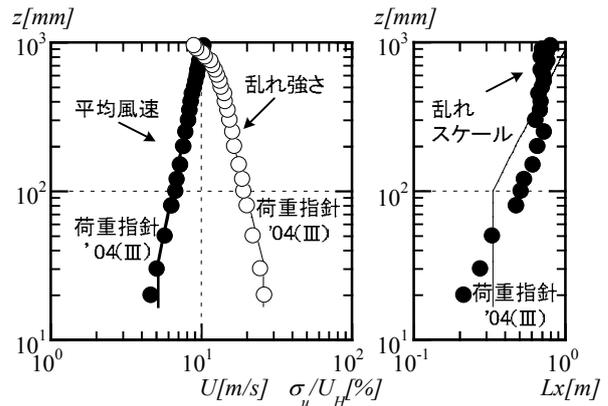


図-2 模型平面ならびに風圧測定点

Case1 ~ Case10はボイド内に風圧測定点を設けた。ボイド内の風圧測定点は高さ方向に8層~12層とし、図-2に示すように各層に4点(#-1~#-4)とした。Case7 ~ Case9のスリットがある平面形状の場合は、スリット部に2点風圧測定点(#-5,#-6)を設け、測定高さはボイド内と同じ層とした。Case2 ~ 4の建物高さがCase1と異なる場合における風圧測定高さは、模型頂部からa~h層の距離がCase1と同じになるようにし、h層より下層は70mmごとに1層風圧測定点を設け、それぞれi~1層

表-1 実験ケース

Case	H[mm]	H/B	B _v [mm]	スリット[mm]	PH	風向角	
0	280	2.0	なし	なし	なし	0°~180°	
1	280	2.0	50	なし	なし	0°~360°	
2	350	2.5					
3	420	3.0					
4	560	4.0					
5	280	2.0	70	なし	なし	0°~180°	
6			30				
7	280	2.0	50	なし	なし	0°~360°	
8							25
9							10
10				なし	あり	0°~180°	



(a) 平均風速・乱れ強さ (b) 乱れスケール

図-3 実験気流の鉛直分布

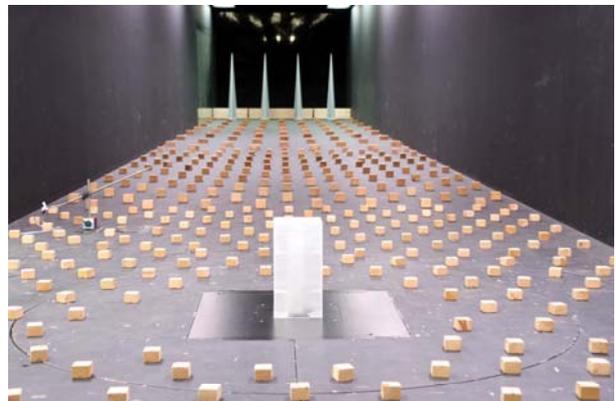


写真-1 実験状況(Case1)

とした。実験風向角は0° ~ 180° または0° ~ 360° とし、風向角ピッチは5° とした。

実験気流はべき指数 0.2 の勾配流とし、実験風速はCase1 模型軒高で約8m/sとした。実験気流の平均風速、乱れ強さならびに乱れスケールの鉛直分布を図-3に示す。

風圧測定のスプリング周波数は900Hzとし、測定時間は約11秒(実時間で10分相当)とした。ピーク風圧係数は実時間で約0.2秒となるように移動平均を行った。

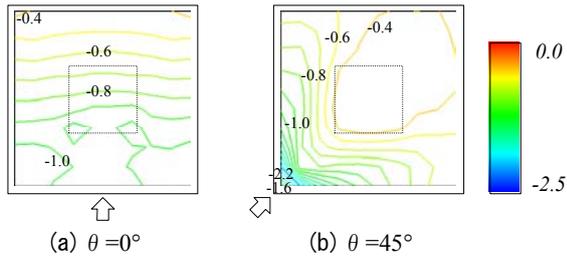


図-4 屋根面風圧係数コンター図(平均風圧係数)

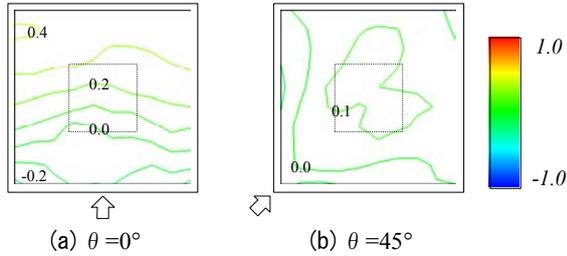


図-5 屋根面風圧係数コンター図
(ピーク風圧係数の最大値)

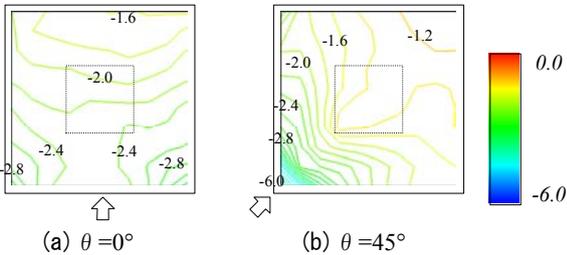


図-6 屋根面風圧係数コンター図
(ピーク風圧係数の最小値)

これは、TVL法⁴⁾により対象とする広がりをも 1m と想定して決定した。アンサンブル平均数は 3 回とした。

実験状況の一例として Case1 を写真-1 に示す。

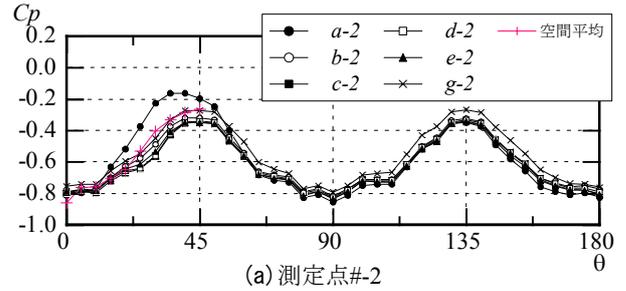
3. 実験結果

(1) 屋根面の風圧係数分布

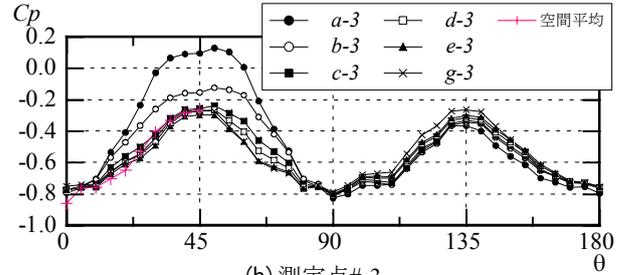
Case0 の屋根面の風圧係数コンター図を、図-4～図-6 に示す。平均風圧係数の分布は、立方体屋根面の風圧分布⁵⁾と同様に $\theta = 0^\circ$ のときは風上側両端部付近で負圧が大きくなり、 $\theta = 45^\circ$ では風上側端部で円錐渦による強い負圧が生じる。

ピーク風圧係数の最大値は、 $-0.2 \sim 0.4$ 程度の値をとる。ピーク風圧係数の最小値は $\theta = 0^\circ$ のときは風上側両端部付近で約 -3.0 程度をとり、 $\theta = 45^\circ$ のときに風上側端部で約 -6.0 の強い負圧が発生する。 $\theta = 45^\circ$ でとる最小値は風上端よりも少し風下側で発生し、強い負圧が発生する範囲は風上端から $0.2B$ 程度であった。

(2) ボイド内の風圧係数

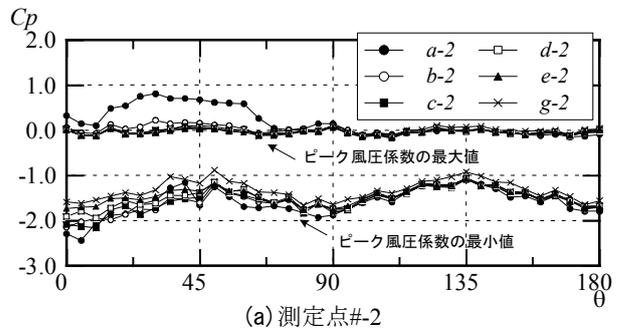


(a) 測定点#-2

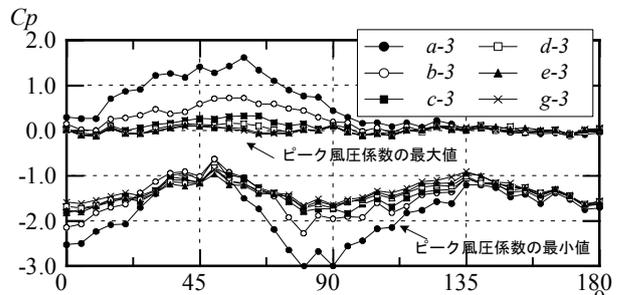


(b) 測定点#-3

図-7 Case1 平均風圧係数



(a) 測定点#-2

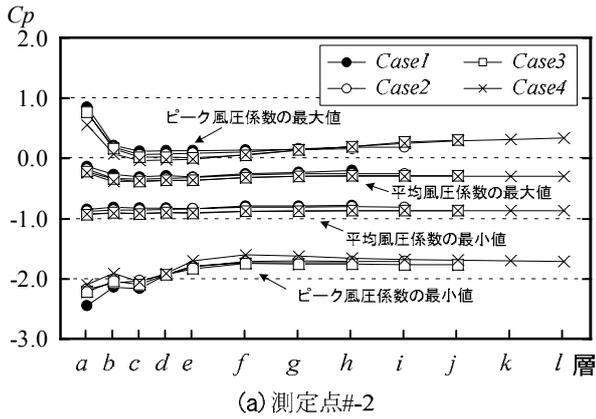


(b) 測定点#-3

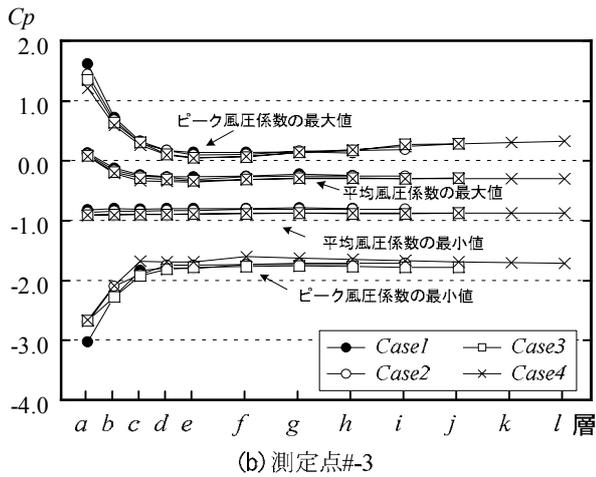
図-8 Case1 ピーク風圧係数

Case1 の測定点#-2,#-3の平均風圧係数を図-7に、ピーク風圧係数を図-8に示す。図-7には、Case0 の屋根面風圧係数のうち Case1 でポイドに相当する部分の風圧係数を空間平均した値(以下、空間平均値)を併せて示す。

ポイド内の平均風圧係数はポイド内中央部の測定点#-2、ポイド内端部の測定点#-3ともに壁面に対して垂直の風向で最小値をとり、壁面に対して 45° の風向で最大値をとる。ポイド内の平均風圧係数は、測定点#-2では、最上層では他の層より最大値が大きくなるが、それより下層ではほぼ同じ値をとり、最大値は約 -0.3 、最小値は約 -0.8 である。測定点#-3では、上2層では他の層



(a)測定点#-2



(b)測定点#-3

図-9 全風向中の風圧係数の最大値,最小値
アスペクト比による比較

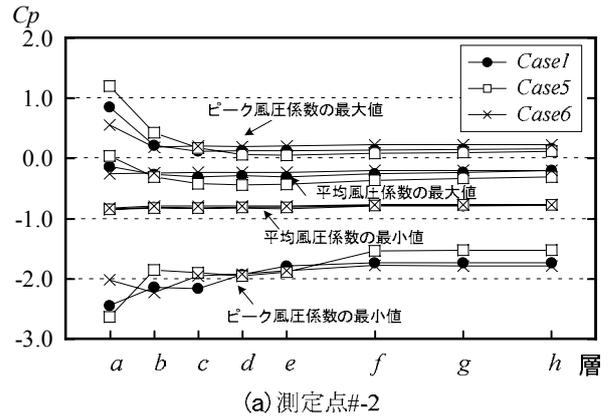
より最大値が大きくなるが、それより下層では測定点 #2 と同じくほぼ同じ値をとる。

ピーク風圧係数の最大値は測定点 #2 では最上層、測定点 #3 では上2層を除き、測定高さによる値の差は小さく最大で約 0.2 である。ピーク風圧係数の最小値は、測定点 #2 では最上層で -2.4 と告示で示されている外壁面一般部のピーク外圧係数と同程度の値をとるが、5層より下層では約 -1.8 である。また、測定点 #3 においては最上層で約 -3.0 と告示で示されている外壁面隅角部のピーク外圧係数と同程度の値をとるが、3層より下層は測定点 #2 と同じく約 -1.8 である。

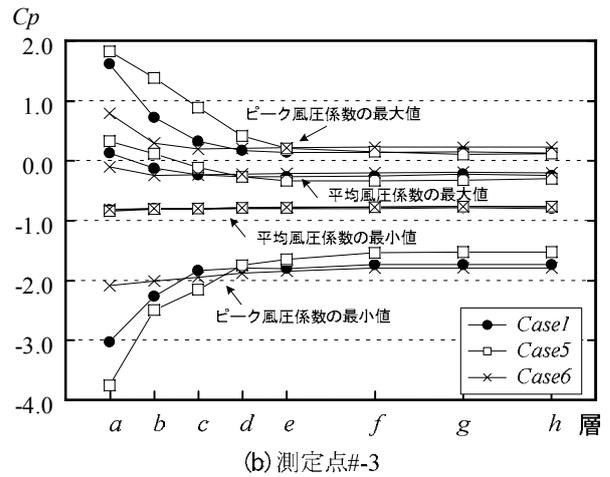
空間平均値との対応をみると、ポイド内の平均風圧係数は上2層を除いて良い対応を示し、ポイド内の風圧性状は屋根面の風圧性状の影響を強く受けることがわかる⁶⁾。

(3) アスペクト比によるポイド内風圧係数の変化

Case1 ~ 4 の測定点#2,#3での全風向中の風圧係数の最大値・最小値を図-9に示す。測定点#2,#3ともに、平均風圧係数の最大値・最小値はアスペクト比を変化させた場合も、Case1 と同様に上2層程度を除いてほぼ一定



(a)測定点#-2



(b)測定点#-3

図-10 全風向中の風圧係数の最大値,最小値
ポイドの大きさによる比較

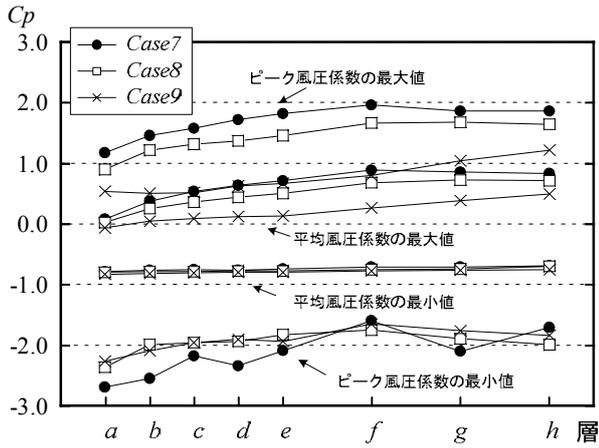
の値をとる。アスペクト比が大きくなると値は負側にシフトする傾向があるが、その差は小さい。

測定点#2,#3ともに、ピーク風圧係数の最大値・最小値はアスペクト比による差は小さく、ほぼ同じ値をとる。

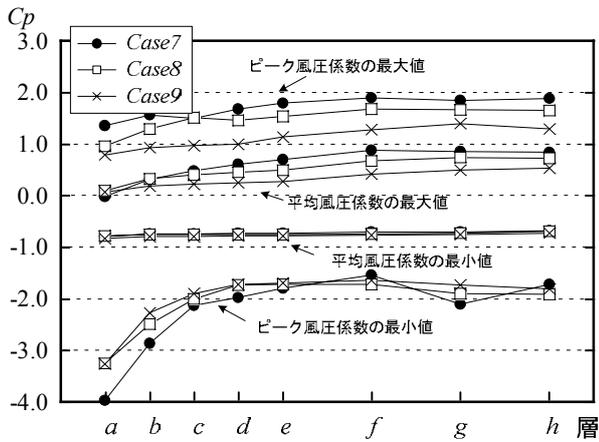
(4) ポイドの大きさによるポイド内風圧係数の変化

Case1,5,6の測定点#2,#3での全風向中の風圧係数の最大値・最小値を図-10に示す。測定点#2,#3ともに、平均風圧係数の最大値は、ポイドが大きい場合 (Case5) は測定高さによる値の差が大きいが、ポイドが小さい場合 (Case6) は測定高さによる値の差が小さくほぼ一定である。5層より下層では最大値はポイドが大きくなると値が負側にシフトする傾向があるが、最小値はポイドの大きさによらずほぼ同じ値をとる。

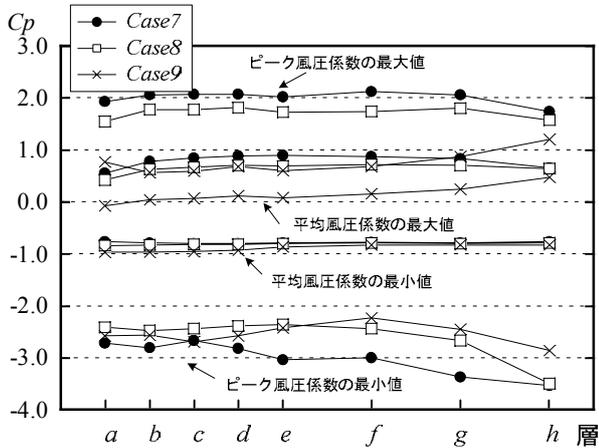
測定点 #2 のピーク風圧係数の最大値・最小値ともに、ポイドが大きいほうが上3層程度までは絶対値が大きくなるが、それより下層では絶対値が小さくなる。測定点 #3 では、ポイドが大きい場合にピーク風圧係数の最小値が最上層で約 -3.8 と、外壁面隅角部のピーク風圧係数と比較しても大きな値をとる。5層より下層では、



(a)測定点#2



(b)測定点#3



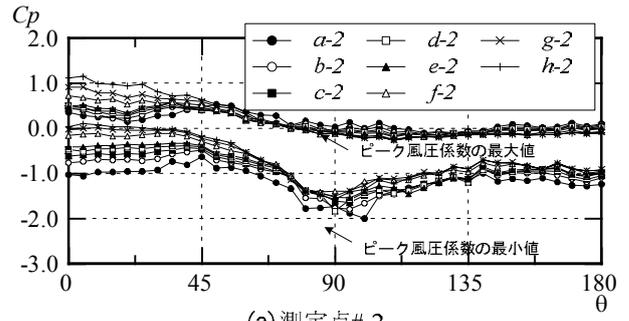
(c)測定点#6

図-11 全風向中の風圧係数の最大値,最小値
スリットの大きさによる比較

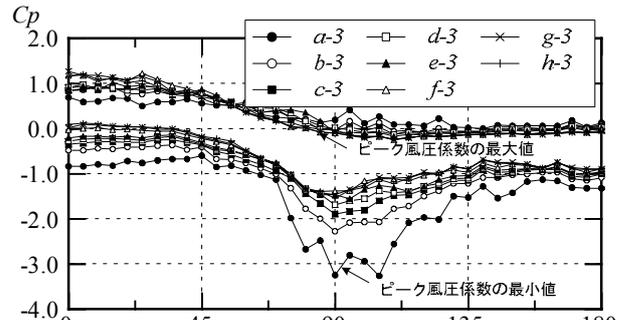
測定点 # -3は測定点 #2 とほぼ同じ値をとる。

(5) スリットがある場合のボイド内風圧係数

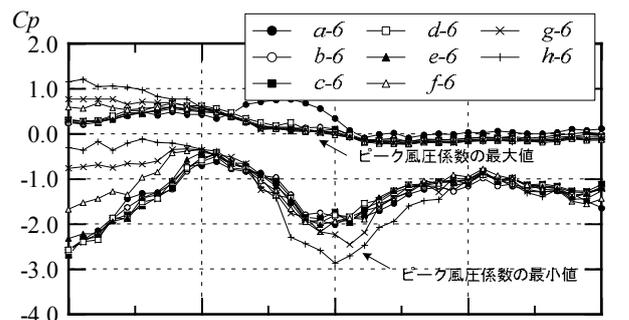
Case7 ~ 9の測定点 #2,#3,#6 での全風向中の風圧係数の最大値・最小値を図-11に示す。スリットがある場合、ボイド内の測定点#2,#3ではともに平均風圧係数の最大値は最上階を除き正の値をとる。このとき最大値は



(a)測定点#2



(b)測定点#3



(c)測定点#6

図-12 Case9ピーク風圧係数

スリットが大きい (Case7) ほうが大きい値をとる。また、Case7,Case8 では2/3H付近で値が大きくなるが、Case9 では最下層ほど値が大きくなる。平均風圧係数の最小値は、いずれのケースにおいてもスリットがない場合と同様に -0.8 である。ピーク風圧係数の最大値は、測定点#2,#3とも平均風圧係数の最大値と同じ傾向を示し、スリットがない場合と比較するとプラス側に値がシフトし、この傾向はスリットが大きいほど大きい。ピーク風圧係数の最小値はスリットがない場合より絶対値が大きくなる場合がある。

スリット部分の測定点 #6 の平均風圧係数の最大値は、Case9 ではボイド内とほぼ同じ値をとるが、Case7,8 ではボイド内と比較すると測定高さによる値の変化は少ない。平均風圧係数の最小値は、Case9 の上層で若干負側にシフトするが、それ以外はスリットがない場合と同様に -0.8 である。ピーク風圧係数の最大値は、

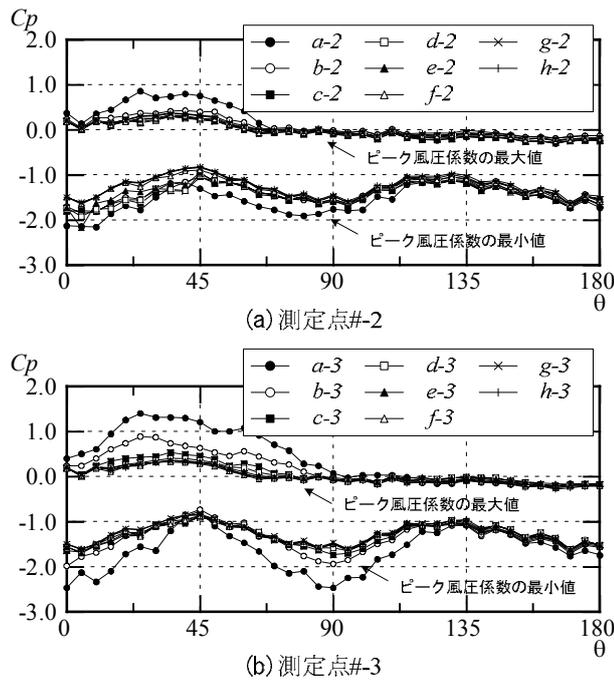


図-13 Case10ピーク風圧係数

平均風圧係数の最大値とほぼ同じ傾向を示す。ピーク風圧係数の最小値は、下層ほど絶対値が大きくなり、外壁面隅角部のピーク風力係数-3.0よりも大きな値をとることがある。

Case9の測定点#2,#3,#6でのピーク風圧係数を図-12に示す。ボイド内の測定点#2,3では、スリットがない場合と比較してスリットが風上側となる風向 ($\theta = 0^\circ \sim 45^\circ$) で正側に値がシフトし、最大値は大きくなる。このとき、上層ほど値は負側の値をとり、上層部はボイド上面の影響とスリットがある外壁面の影響の両方を受けているといえる。また、スリットが背面となる風向 ($\theta = 180^\circ$ 付近) においても値は正側にシフトしている。

スリット部分の測定点#6ではスリットが風上側になる風向で、ピーク風圧係数の最小値は上層においては負側にシフトし、下層においては正側にシフトしている。また、スリットのある壁面に対して垂直になる風向 ($\theta = 90^\circ$ 付近) で、下層においてピーク風圧係数の最小値が大きくなるのがわかる。

(6) ペントハウスがある場合のボイド内風圧係数

Case10の測定点#2,#3でのピーク風圧係数を図-13に示す。PHがボイドよりも風下側になる風向 ($\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$) ではボイド内の風圧は正側にシフトするため、PHがない場合と比較して#2,#3ともに最大値は大きくなる。一方、PHがボイドよりも風上側となる風向 ($\theta = 90^\circ \sim 180^\circ$) ではボイド内の風圧は負側にシフト

し、壁面に対して 45° の風向 ($\theta = 135^\circ$) でのピークが小さくなるが、最小値はPHがない場合とほぼ同じ値をとる。本実験で想定した規模のPHであればボイド内に与える影響は小さいといえる。

4. おわりに

高層建物のボイド内の風圧性状について検討し、以下の結果を得た。

- ①対象とした形状ではボイド内の風圧係数は、上5層を除いて平均風圧係数の最大値は約-0.3、最小値は約-0.8、ピーク風圧係数の最大値は0.2、最小値は-1.8であった。
- ②ボイド内は上5層程度においては、外壁面隅角部のピーク風力係数よりも大きな値をとることがあるが、上5層程度を除くとピーク風圧係数もほぼ高さ方向、平面方向で一定である。
- ③アスペクト比の変化によるボイド内のピーク風圧係数の値の差は小さい。
- ④ボイドの大きさによる変化はボイド内のピーク風圧係数の値の差は上5層程度ではみられるが、それより下層では小さい。
- ⑤スリットがある場合は、スリットが風上側となる風向でボイド内の風圧係数は正側にシフトするが、ボイド内のピーク風力係数の最小値に与える影響は小さい。スリット部分は下層においても大きな値をとる。
- ⑥ペントハウスによりボイド内の風圧係数分布は正圧側にシフトする傾向はあるが、想定したペントハウス(機械室2層程度)がボイド内のピーク風圧係数に与える影響は小さい。

参考文献

- 1)例えば、甲谷寿史ほか：ヘリポートを持つ高層集合住宅ボイドの風力換気性状、日本建築学会計画系論文集、No.547、pp.49-53、2001
- 2)岡崎充隆、川村純夫：開口を有するボイド状高層建築物の風圧性状—ボイド内部の風圧分布、日本建築学会大会学術梗概集、B-1、pp.245-246、1995
- 3)日本建築学会：建築物荷重指針・同解説、2004
- 4)Lawson, T. V. : Wind Effects on Buildings, Vol.2, Applied Science Publishers, pp.192, 1980
- 5)河井宏允ほか：陸屋根に関する風洞実験—その2風圧測定結果、日本建築学会大会学術梗概集、B-1、pp.165-166、1994
- 6)動的外乱に対する設計—現状と展望、日本建築学会、1999