

中高層建築物における最上階の庇に作用する風圧力

Wind Pressure Acting on Eaves of Top Floor in Medium High-Rise Building

山内 豊英*

要 旨

最上階に庇を有する中高層建築物を対象として、庇の上・下面および最上階の外壁面に風圧測定孔を設けた模型を作製し、それを用いて風洞実験を行い、庇の上・下面の風圧力やピーク風力について調査した。更に、庇下面の風圧とそこに近接する外壁面の風圧との関係についても調査した。その結果、最上階の庇には、下面に正圧、上面に負圧が作用することにより大きな風力が働いていることを確認した。特に、建物のコーナー部付近に位置する部分での風力が大きく、本実験における最大ピーク風力係数は5.3となった。また、庇下面の風圧とそこに近接する外壁面の風圧は相関が高く、外壁面の風圧で庇下面の風圧を近似できることを示した。

キーワード：風洞実験／庇／風圧係数／風力係数

1. はじめに

建築基準法において、外壁や屋根面等の外装材に作用する風圧力は、風による平均速度圧にピーク風力係数を乗じることにより算定することと定められている。そのうち、平均速度圧は建築物の立地場所や建物高さにより決定され、ピーク風力係数については、風洞実験あるいは建設省告示第1458号に定められた数値によることとされている。同告示には、過去に行われた研究結果から様々な建物形状についてピーク風力係数が定められており、風洞実験を行わずに外装材の風荷重を設定する場合、設計者は告示の数値に依存することとなる。

しかしながら、庇のように上面と下面の両方が外気に面しているような部位については、研究報告例が少ないこともあり、告示に風力係数が示されていない。このこ

とは、通常の風洞実験では庇の上・下面に作用する風圧の同時測定が難しく、庇の風力を直接評価することが難しいことに起因していると考えられる。

一方、近年においては風による軒天等への被害が報告されており¹⁾、庇あるいは屋根部分に作用する風荷重は耐風設計において重要な課題となっている。

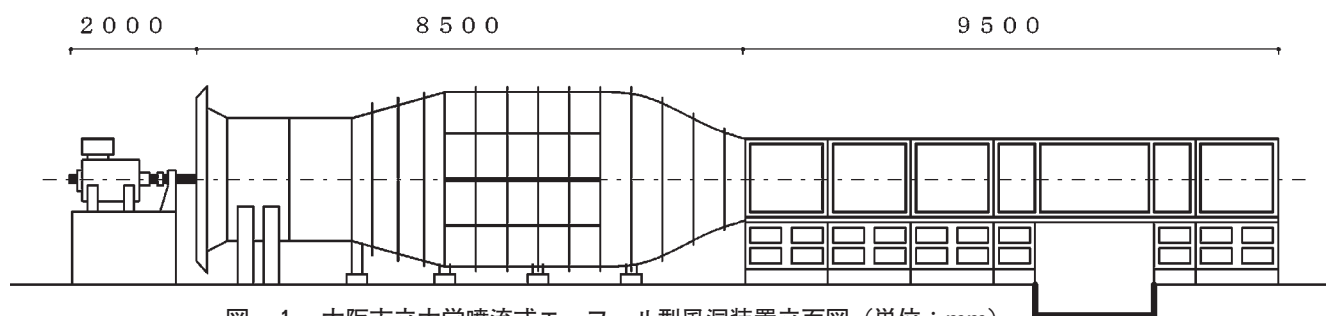
本研究では、最上階に庇を有する集合住宅の模型により風洞実験を行い、庇に作用する風圧力、並びに庇の風圧と外壁面の風圧との相関について調査した。

2. 風洞実験概要

風洞実験は大阪市立大学工学部の噴流式エッフェル型風洞実験装置を用いて行った。風洞装置の概要を表－1、風洞装置立面図を図－1に示す。

表－1 大阪市立大学噴流式エッフェル型風洞装置概要

吹き出し口寸法	1500mm×1200mm
絞 り 比	3.07
乱 流 発 生 部	7500mm
風 速	1m/sec～20m/sec
風 速 変 動	±1.2%以下
乱 流 値	1.0%R.M.S内（10%以下）
電 動 機	TS型、110kw、440V、サイリスタレオナード



図－1 大阪市立大学噴流式エッフェル型風洞装置立面図（単位：mm）

*構造研究グループ

2.1 実験模型

実験模型を図－2に示す。模型は、平面辺長比を1:2とした高さ30mの10階建て集合住宅を想定し、縮尺は1/200とした。模型には、出幅6mmのバルコニーを平面の全周に亘って設けた。

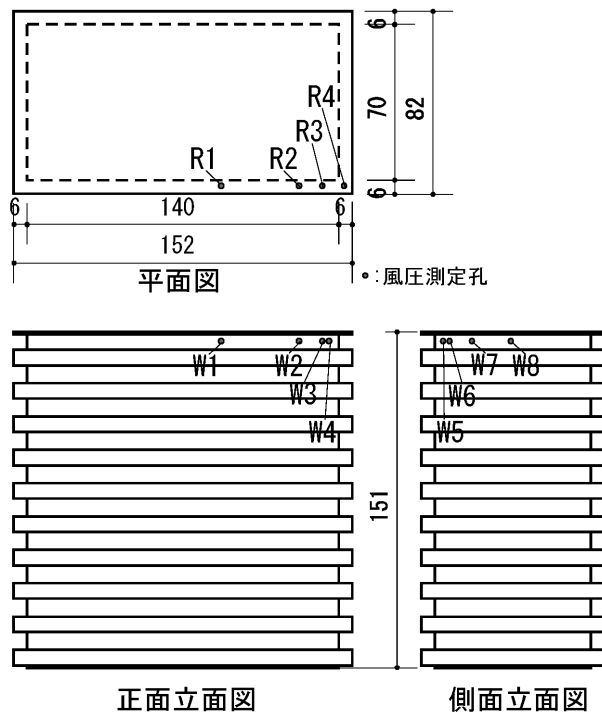
風圧測定孔は、図－3に示すように最上階の底の上・下面および外壁に設けた。また、風圧計には、ビニールチューブを介して伝達した。風圧測定孔の位置と名称は図－2に示すとおりである。

2.2 実験条件

実験気流は、建設省告示1454号に規定された地表面粗度区分Ⅲに相当する境界層乱流とし、模型頂部高さにおける風速を約7.5m/secとした。

実験風向角は、図－4に示すように、-180° から180° までとし、7.5° 毎に全48風向で測定を行った。

各風向における評価時間は実時間で10分間に相当する12.0secとし、平均、変動、ピーク風圧係数等の評価値は、3回のアンサンブル平均により算出した。また、サンプリング周波数は実時間で4Hzに相当する200Hzとし、ピーク風圧を評価する時間間隔が0.25sec相当となるようにした。実験では、模型頂部高さにおける風速、および模型に設けられた風圧測定孔により風圧力を測定し、風圧係数は風圧力を模型頂部高さの基準速度圧で除することにより算定した。なお、解析時にはチューブの伝達特性を考慮し、補正を行った²⁾。



図－2 実験模型（単位：mm）

3. 実験結果

3.1 底の上・下面における平均風圧係数

底の上・下面の平均風圧係数と風向角との関係を図－5に示す。

底下面（グラフの●）では、全ての測定孔において風向角0°～45°付近で正圧のピークを示し、コーナー部のR4に近づくにつれて、ピークを示す風向角が45°に近づいている。底上面（グラフの○）では、R4を除くR1～R3においては風向角45°付近で負圧のピークを示している。風向角45°付近における屋上面には、屋根のコーナー部から長辺方向および短辺方向に沿って円錐渦が発生しているものと考えられ、長辺方向に沿って形成される円錐渦によりR1～R3上面に大きな負圧が作用していると考えられる。一方、図－5(d)のR4上面においては45°付近で負圧が低減していることがわかる。これは、風向角45°付近の屋上面には、前述のように長辺方向と短辺方向に円錐渦が発生しているものと考えられ、R4がそれらの円錐渦の谷間に位置するためと考えられる。

3.2 底のピーク風力係数

底の上・下面の風圧力により算出したピーク風力係数と風向角との関係を図－6に示す。なお、ピーク風力係数 rC_p を底の上・下面の差圧の最大値と基準速度圧 q_H により(1)式のように定義する。

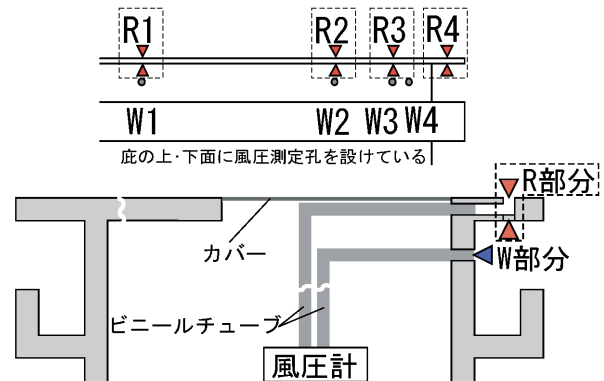
$$rC_p = \frac{rP_{\max}}{q_H} \quad (1)$$

ただし、 $rP_{\max}$ は $|rP_U(t) - rP_L(t)|$ の最大値

$rP_U(t)$: 時刻 t における底上面の風圧力

$rP_L(t)$: 時刻 t における底下面の風圧力

図－6によると、R1～R4のいずれも風向角0°～45°付近でピークを示していることがわかる。本実験では、R3のピーク風力係数が最も大きく、風向角30°において5.3となった。



図－3 風圧測定孔概要

4. 底下面の風圧と外壁面の風圧との関係

底下面の風圧とそこに近接する外壁面の風圧は、同じ圧力場内にあると考えられることから、同様の傾向を示すと推測できる。そこで、それぞれの風圧データを用いて底下面の風圧と外壁面の風圧との相関について調べた。

4.1 底下面と外壁面の平均風圧係数

まず、平均風圧成分の相関を調べるため、底下面とそこに近接する外壁面における平均風圧係数を調べた。R3、R4の底下面およびそれに近接する外壁面の平均風圧係数と風向角との関係を図-8に示す。R3およびR4に近接する外壁面の測定孔としては、R3はW3、R4はW4およびW5とした。R3、R4、W3、W4およびW5の位置関係を図-7に示す。

図-8(a)によると、R3下面とW3の風圧は極めてよく似た傾向を示している。本報では省略しているが、R1下面とW1、R2下面とW2についても同様の傾向を示した。一方、図-8(b)によると、R4下面の風圧については、W4およびW5のどちらも類似しているとはいえず、風向角によっては大きく異なった傾向を示している。ただし、W4およびW5の平均値とは同様の傾向を示しており、コーナー部に位置する底下面（R4下面）でも正面と側面の外壁面風圧を平均することで近似できることがわかる。

よって、風圧の平均成分に関して、底下面と外壁面の風圧力は相関が高いことがわかる。

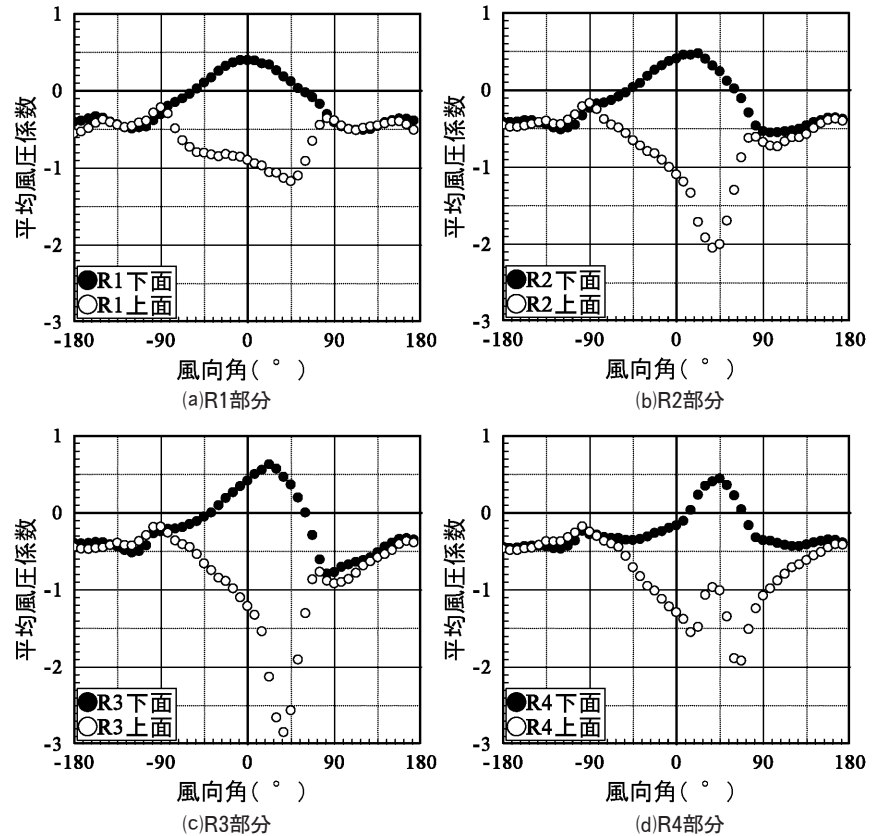
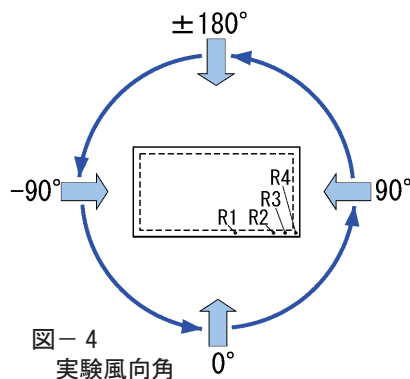


図-5 底上・下面の平均風圧係数と風向角

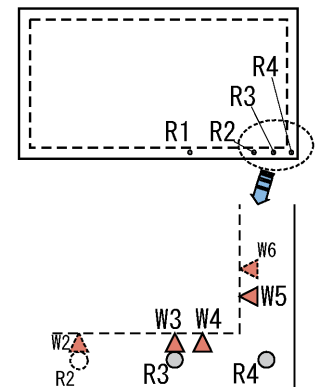
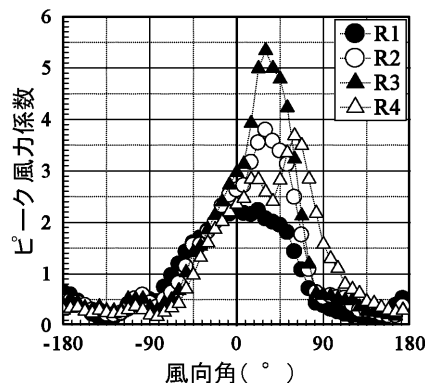


図-6 底のピーク風力係数と風向角

図-7 コーナー部の測定孔

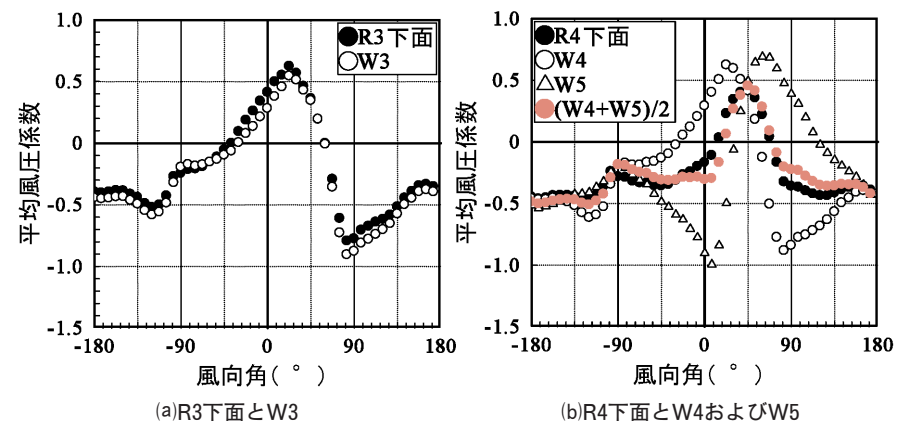


図-8 底下面と外壁面の平均風圧係数と風向角

4.2 底下面と外壁面の風圧力の時刻歴

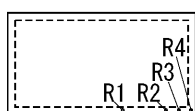
次に、変動風圧成分の相関を調べるため、底下面とそこに近接する外壁面における風圧力の時刻歴を調べた。R3、R4の底下面とそれに近接する外壁面における風圧力の時刻歴を図-9に示す。図中の風向角は、底下面の平均風圧係数が最大値を示した風向角として、R3については 22.5° 、R4については 45° とした。

図-9(a)によると、R3下面とW3における風圧力の時刻歴はよく一致しており極めて相関が高い。本報では省略しているが、R1下面とW1、R2下面とW2についても同様の傾向を示した。一方、図-9(b)によると、R4下

面における風圧力の時刻歴は、W4およびW5それぞれ単独の値とは一致していない。ただし、前項と同様に、W4とW5の平均値とはよく一致しており、時刻歴においても正面および側面における風圧力の平均値と相関が高いことがわかる。

ここで、R4下面とW4およびW5における風圧力の時刻歴については、風向角 0° および 22.5° における結果も図-10に示す。図-10によると、 45° 以外の風向角においても、R4下面の風圧力とW4およびW5の風圧力の平均値は極めて相関が高いことがわかる。

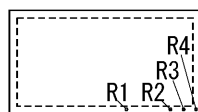
風向角： 22.5°



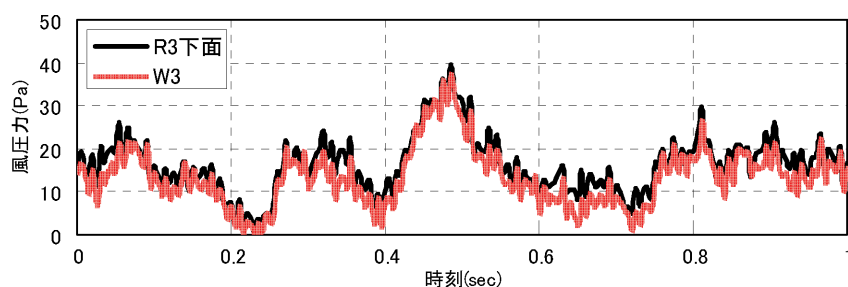
風向角： 45°



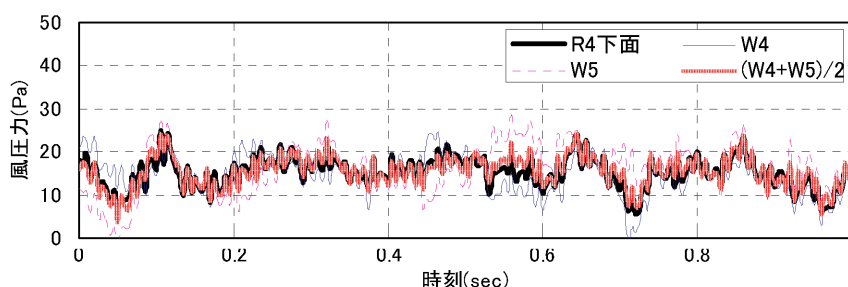
風向角： 0°



風向角： 22.5°

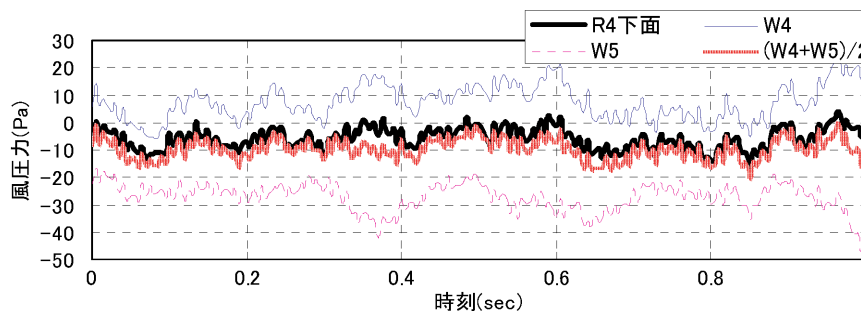


(a)R3下面-W3 風向角 22.5°

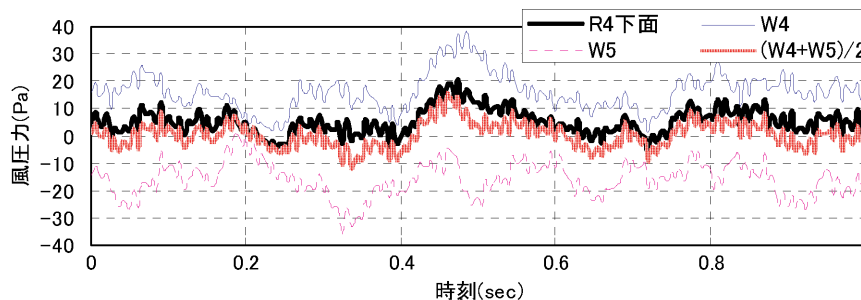


(b)R4下面-W4・W5 風向角 45°

図-9 底下面と外壁面における風圧力の時刻歴



(a)R4下面-W4・W5 風向角 0°



(b)R4下面-W4・W5 風向角 22.5°

図-10 R4下面とW4およびW5における風圧力の時刻歴

4.3 底下面と外壁面の風圧力の相関係数

前項において、全48風向のうち数風向の風圧力の時刻歴を調べることで、底下面とそれに近接する外壁面の風圧力は変動風圧成分に関しても相関が高いことを示した。そこで、底下面とそこに近接する外壁面における風圧力の相関がどの程度高いかを定量的に調べるため、全風向角についてR3およびR4の底下面とそれぞれに近接する外壁面W3、W4およびW5との相関係数を算出した。その結果を図-11に示す。なお、相関係数 R の算定式を(2)式に示す。

$$R = \frac{\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} r P_L'(t) \cdot P_W'(t) dt}{r P_L' P_W'} \quad (2)$$

T : 評価時間
 $r P_L'(t)$: 底下面に作用する変動風圧力の時刻歴
 $P_W'(t)$: 外壁面に作用する変動風圧力の時刻歴
 $r P_L', P_W'$: 各変動風圧力の標準偏差

図-11(a)によると、R3下面とW3は全風向に亘って相関係数が高い。また、図-11(b)によると、R4下面については、W4およびW5それぞれ単独との相関係数は大幅に低下する風向角があるが、それらの平均値との相関係数は全風向に亘って極めて高いことがわかる。したがって、底下面と外壁面は、風圧の変動性分も全風向に亘って相関が高いことがわかる。

以上のことから、底下面とそこに近接する外壁面の風圧力は、平均・変動成分ともに相関が高く、底下面の風圧を外壁面の風圧で近似できることがわかる。

4.4 R4下面の風圧力を近似できる外壁面の範囲

前項までの考察により、コーナー部に位置するR4の下面風圧が近接する外壁面W4およびW5の風圧力の平均値で近似できることを示した。そこで、R4下面の風圧力を近似可能な外壁面風圧測定位置の範囲を調べるため、

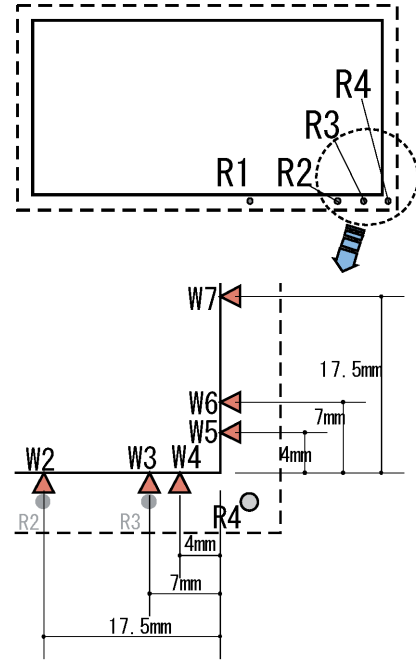


図-13 R4と外壁面測定孔の位置関係

R4下面の値に対して、W4とW5の平均値、W3とW6の平均値およびW2とW7の平均値を対応させ、全風向角について相関係数を算出した。その結果を図-12に示す。なお、図-13に外壁面風圧測定孔の位置関係を示す。それぞれのコーナー出隅からの距離は、W4およびW5は4mm、W3およびW6は7mm、W2およびW7は17.5mmであり、W3およびW6の位置は、コーナー出隅から「模型の短辺長さ×0.1」の距離となる。

図-12によると、W2とW7の平均値との相関係数については大幅に低下する風向角があるものの、他は全風向に亘って高い相関係数を示しており、W3およびW6までの範囲内、すなわち、コーナー出隅から「模型の短辺長さ×0.1」程度の範囲内の外壁面ならR4下面の風圧力を近似できることがわかる。

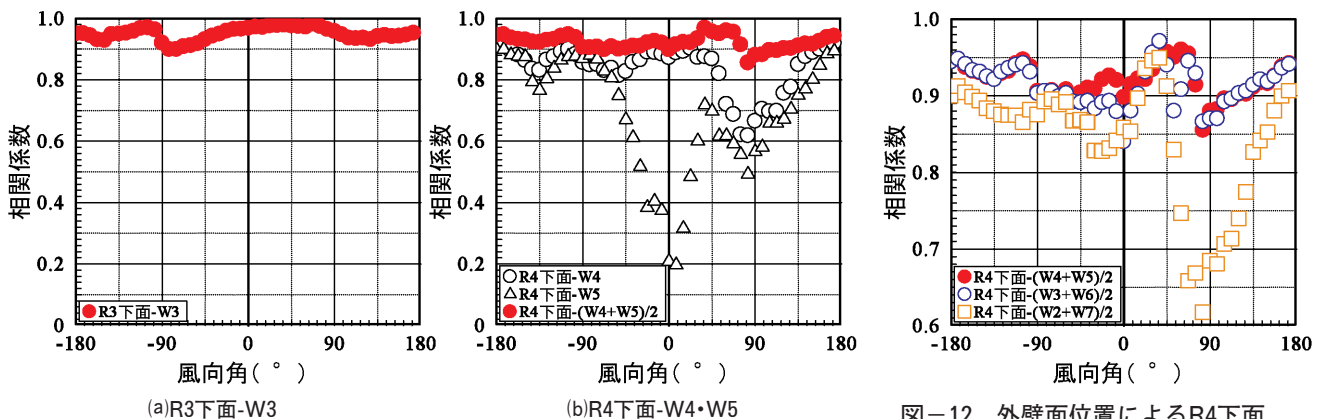


図-11 底下面と外壁面の相関係数

図-12 外壁面位置によるR4下面との相関係数

5. まとめ

今回行った風洞実験から以下のことがわかった。

- 1) 建築物の最上階に設けられる庇には大きな風力が作用する。特に、風向角 45° 付近においては、庇下面には正圧が作用し、庇上面には円錐渦による負圧が作用するため、大きな風力が作用する。そのピーク風力係数値は、建築物のコーナー部付近が最も大きく、本実験では最大で5.3となった。
- 2) 庇下面の風圧とそこに近接する外壁面の風圧は相関が高く、庇下面の風圧を外壁面の風圧で近似できる。
- 3) コーナー部に位置する庇の下面の風圧は、コーナー部出隅から「模型の短辺長さ $\times 0.1$ 」程度の範囲内の正面および側面における外壁面の風圧を平均することにより近似できる。

最後に、本研究を行うにあたり、御指導を頂いた大阪市立大学建築防災研究室・谷池義人教授・工博および谷口徹郎准教授・博士（工学）、風洞実験において御尽力を頂いた大阪市立大学工学部・中井重行講師に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会：2004年の強風被害とその教訓－強風被害が残したもの－、2004
- 2) Holmes, J.D., Lewis, R.E.: Optimization of Dynamic - Pressure - Measurement Systems. I. Single Point Measurements, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 25, pp.249-273, 1987
- 3) 上田 宏・羽倉弘人・小田富司：庇に作用する風力について、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1構造 I、pp.181~182、1996
- 4) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説2004、2004
- 5) 山内豊英・谷口徹郎・谷池義人：中高層建築物における最上階の庇に作用する風圧力、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1構造 I、pp.111~112、2007