

バルコニーを有する建築物の風荷重に関する研究

その１ 風洞実験および結果の概要

Study on the Wind Load of the Building that has Balconys

Part1 The Outline of Wind Tunnel Test and Results

山内 豊英*

要 旨

外壁面に凹凸のない滑面模型とそれらにバルコニーを付した模型の風洞実験を行い、外壁面およびバルコニー手摺に作用する風圧力を測定した。その結果、外壁面においては、正圧についてはバルコニーの有無にかかわらず殆んど変化しないのに対し、負圧についてはバルコニーを有する場合の方が無い場合に比べて最大で5割程度低減した。また、バルコニー手摺に作用する風圧力を調べた結果、建物コーナー部付近ではバルコニーの外面と内面に作用する風圧力が同じ方向に作用する場合がありますが、風向によっては大きな風力が作用するが、建物中央部では全風向にわたって外面と内面に作用する風圧力がほぼ等しく互いに打ち消しあう方向に作用する為、バルコニー手摺に作用する風力が極めて小さいことがわかった。

キーワード：風荷重／風洞実験／バルコニー／風圧係数

1. はじめに

建築基準法に定められる風荷重は、地域毎の風況特性を考慮して定められた平均速度圧にピーク風力係数あるいは平均風力係数およびガスト影響係数を乗じて算定する。それらの平均速度圧、平均風力係数、ピーク風力係数およびガスト影響係数は告示で詳細に示されており、特に風力係数は風洞実験によって定める場合の他として、様々な基本的形状建物における風力係数が示されている。

しかしながら、その風力係数は壁面に凹凸のない滑面の基本的形状建物についてのみであり、バルコニーなどによって壁面に凹凸がある建築物では告示に示される値と異なる可能性がある。さらに、バルコニー手摺の風力係数については告示には示されていない。

本報告は、外壁面に凹凸のない4種類の基本的形状滑面模型とそれらにバルコニーを付した模型による風洞実験を行い、それらより得られた外壁面およびバルコニー手摺の風圧係数の調査結果の概要を示すものである。

表－1 実験模型と想定建築物

模型名称	実験模型 (mm)			想定建築物 (m)		
	幅	奥行	高さ	幅	奥行	高さ
PA2	105	105	211	21	21	42
N：バルコニーなし B：バルコニーあり						
PA4	105	105	421	21	21	84
N：バルコニーなし B：バルコニーあり						
PLS2	140	70	151	28	14	30
N：バルコニーなし B：バルコニーあり						
PLS4	280	70	151	56	14	30
N：バルコニーなし B：バルコニーあり						

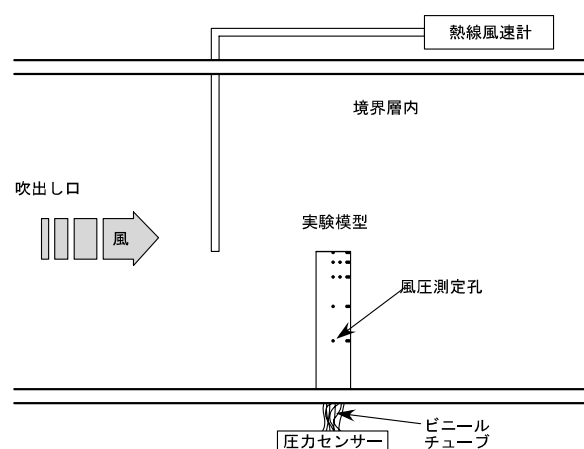
2. 風洞実験概要

2.1 実験装置の概要

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。実験装置の概要を図－1に示す。実験では、模型頂部の風速および模型に作用する風圧力を測定した。

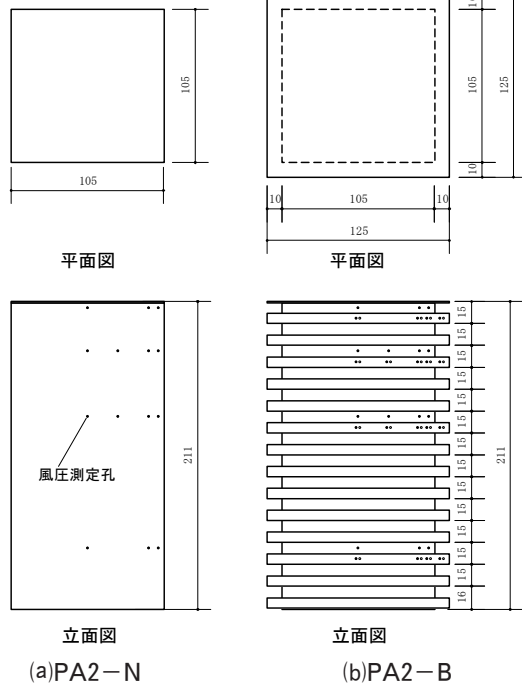
2.2 実験模型

実験模型と想定建築物との関係を表－1に示す。実験模型は縮尺を1/200とし、形状は、平面が正方形で14階建ての建築物を想定したもの（PA2）、同じく平面が正方形で28階建て建築物を想定したもの（PA4）、平面の辺長比が1:2で10階建てを想定したもの（PLS2）および平面の辺長比が1:4で10階建てを想定したもの（PLS4）

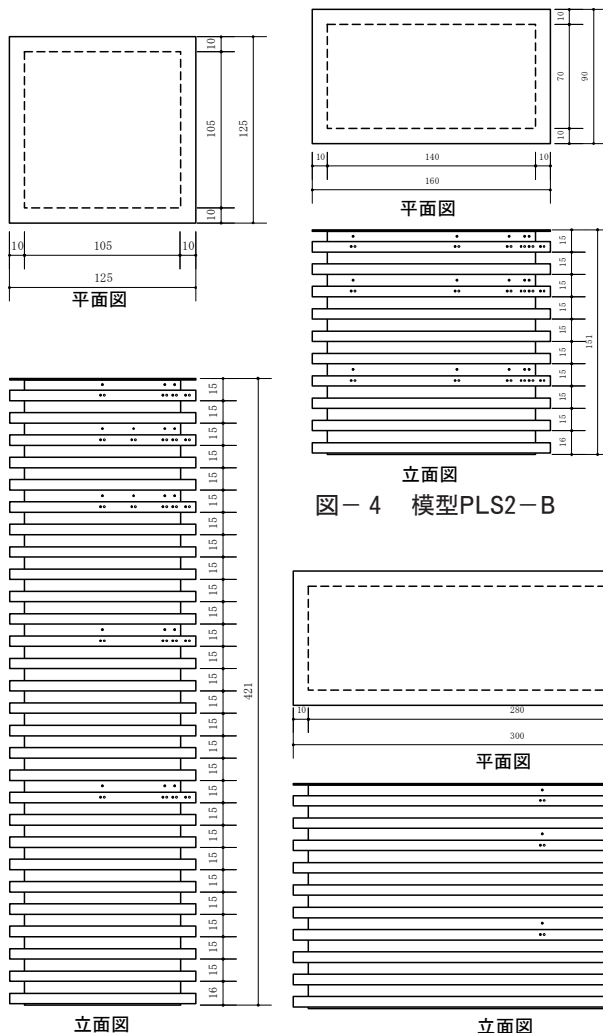


図－1 実験装置の概要

*構造研究グループ



図－2 模型PA2



図－3 模型PA4-B

図－5 模型PLS4-B

の4種類とした。

それぞれの形状について、壁面に凹凸のない滑面模型とバルコニーを有する模型を作製し、計8体の模型について風洞実験を行なった。模型PA2-Nおよび模型PA2-Bを図－2（模型名称の後ろの添え字はNが滑面模型、Bがバルコニーを有する模型を表す。）、模型PA4-Bを図－3、模型PLS2-Bを図－4、また、模型PLS4-Bを図－5に示す。各模型の外壁およびバルコニー手摺の外・内面の適所に風圧測定孔が設けてあり、ビニールチューブを介して圧力センサーに接続して風圧測定を行った。

2.3 実験条件

実験風向角の定義を図－6に示す。0° から360° まで7.5° 毎に測定を行なった。

実験気流は、建設省告示1454号に示される地表面粗度区分Ⅲを近似した勾配流とし、風洞下面から42cmの高さにおける風速を約10m/secとした。無次元風速の関係式より、対象とする実風速（地上高さ84mでの風速）を40m/secとすると時間比は1:50となる（(1)式参照）。したがって、実時間で10分間に相当する評価時間は12secとなる。各風向における測定時間は実時間で約30分間に相当する40.96secとし、平均成分を算出する際はアンサンブル平均を行なった。また、ピーク風圧を評価する為の時間間隔を実時間で0.25secとするため、サンプリング周波数は200Hzとした。

$$\frac{T_m \cdot U_m}{L_m} = \frac{T_f \cdot U_f}{L_f} \Leftrightarrow \frac{T_m \cdot 10}{1} = \frac{T_f \cdot 40}{200} \quad (1)$$

$$\therefore \frac{T_f}{T_m} = 50$$

T_m : 実験でのサンプリング時間間隔 (sec)

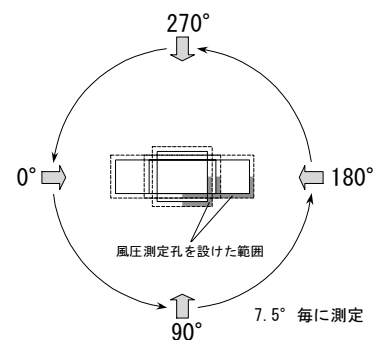
U_m : 実験での風速 (m/sec)

L_m : 模型の代表長さ (m)

T_f : 実現象での時間間隔 (sec)

U_f : 実現象での風速 (m/sec)

L_f : 想定建築物の代表長さ (m)



図－6 風向角の定義

3. 実験結果および考察

模型PA4および模型PLS4の実験結果の一部および考察を以下に示す。模型PA2および模型PLS2の実験結果はそれぞれ模型PA4、模型PLS4の実験結果と傾向が似ていたため、ここでは省略する。なお、以下に示す全ての実験結果は模型高さの4/5付近に設けられた風圧測定孔により測定されたものである。(例えば、28階建て模型PA4は23階部分、10階建て模型PLS4は8階部分)

3.1 外壁の平均風圧係数

模型PA4における外壁の平均風圧係数の風向角による変化を図-7に示す。なお、図中の凡例において、「バルコニーなし」は滑面模型(PA4-N)、「バルコニーあり」はバルコニーを付した模型(PA4-B)の実験結果である。

図-7(1)に示す外壁中央部の平均風圧係数は風向角 0° および 180° 付近でバルコニーの有無により大きな違いが生じており、バルコニーを有する場合の方が負圧の絶対値が低減している。図-7に示すように、風向角 0° および 180° 付近における測定点(a点)は、風向に対して側面に位置し、側面に発生する渦により負圧が生

じているものと考えられるが、バルコニーの有無により模型側面における渦の発生形態が変化するため、このような違いが生じるものと考えられる。一方、図-7(2)に示す外壁コーナー部における平均風圧係数は全風向に渡ってバルコニーの有無による違いは見受けられない。なお、外壁中央部における滑面模型に対するバルコニーを付した模型の最大負圧の低減率は、平均風圧係数で45%、ピーク風圧係数で49%となった。

次に、模型PLS4における長辺側外壁の平均風圧係数の風向角による変化を図-8に示す。図-8(1)に示す外壁中央部の平均風圧係数は風向角 180° 付近でバルコニーの有無により大きな違いが生じており、バルコニーを有する場合の方が負圧の絶対値が低減している。また、図-8(2)に示す外壁コーナー部においても風向角 180° 付近で若干の違いが見受けられる。なお、外壁中央部およびコーナー部における滑面模型に対するバルコニーを付した模型の最大負圧の低減率は、平均風圧係数でそれぞれ34%および12%、ピーク風圧係数でそれぞれ41%および30%となった。

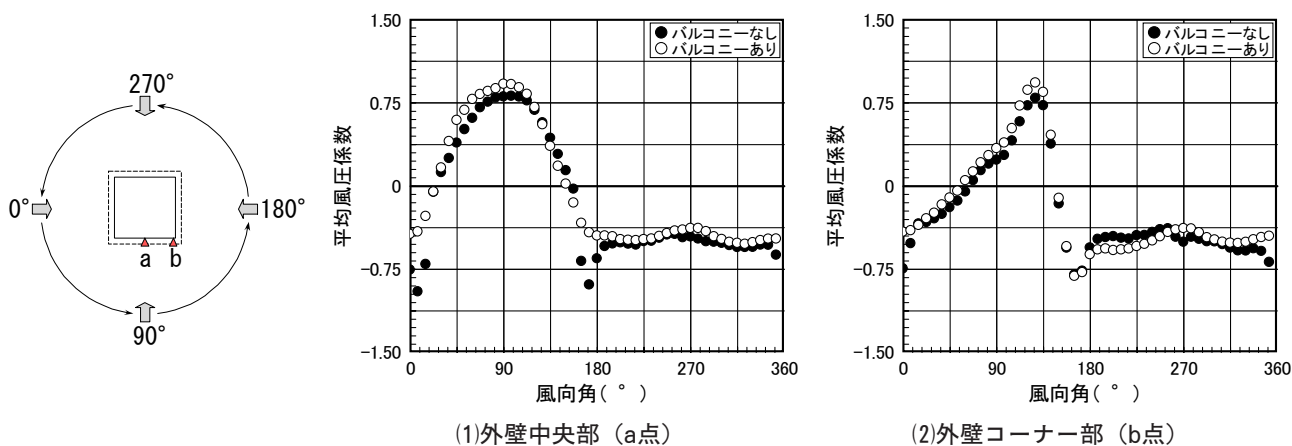


図-7 PA4型模型の外壁平均風圧係数

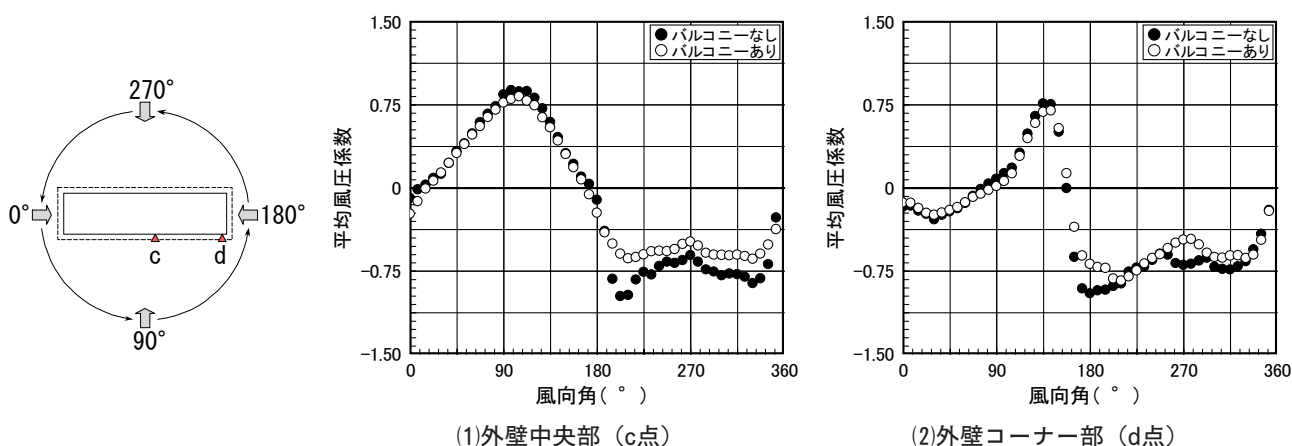


図-8 PLS4型模型の外壁平均風圧係数 (長辺側)

次に、模型PLS4における短辺側外壁の平均風圧係数の風向角による変化を図-9に示す。図-9(1)に示す外壁中央部および図-9(2)に示す外壁コーナー部のどちらも風向角 90° および 270° 付近でバルコニーを有する場合の方が負圧の絶対値が低減しており、明らかに図-8の長辺側外壁における風向角 180° 付近の場合よりも低減率が高い。図-9に示すような風向角 90° および 270° 付近における短辺側外壁、また、図-8に示すような風向角 180° 付近における長辺側外壁の表面には模型のコーナー部で剥離した風により渦が形成されており、その渦により負圧が作用していると考えられる。この場合、見つけ面積の大きい長辺側外壁が風向と直角方向となる前者の方が明らかにコーナー部において剥離する風が強く、より大きな渦が発生しているものと考えられる。したがって、短辺側外壁に作用する負圧のバルコニーによる低減効果が長辺側外壁でのそれより大きいということは、建物コーナー部で剥離する渦が大きいほど、バルコニーによる負圧の低減効果も大きいということを意味すると考えられる。なお、外壁中央部およびコーナー部における滑面模型に対するバルコニーを付した模型の最

大負圧の低減率は、平均風圧係数でそれぞれ48%および30%、ピーク風圧係数でそれぞれ53%および38%となった。

3.2 バルコニー手摺の平均風圧係数

模型PA4-Bにおけるバルコニー外・内面の平均風圧係数の風向角による変化を図-10に示す。図-10(1)に示すバルコニー中央部における平均風圧係数によると、全風向に渡ってバルコニー手摺の外・内面がほぼ等しい値を示しており、バルコニー手摺には殆んど荷重が作用していないことがわかる。一方、図-10(2)に示すバルコニーコーナー部における平均風圧係数は風向角 $90^\circ \sim 270^\circ$ の間で外・内面に差が生じており、風向角 180° 付近では外・内面の差が1.5近くまで上昇している。

次に、模型PLS4-Bにおける長辺側バルコニー外・内面の平均風圧係数の風向角による変化を図-11に示す。図-11(1)に示すバルコニー中央部における平均風圧係数によると、PA4-Bのバルコニー中央部と同様に全風向に渡ってバルコニー手摺の外・内面がほぼ等しい値を示しており、バルコニー手摺には殆んど荷重が作用していないことがわかる。また、図-11(2)に示すバルコニーコー

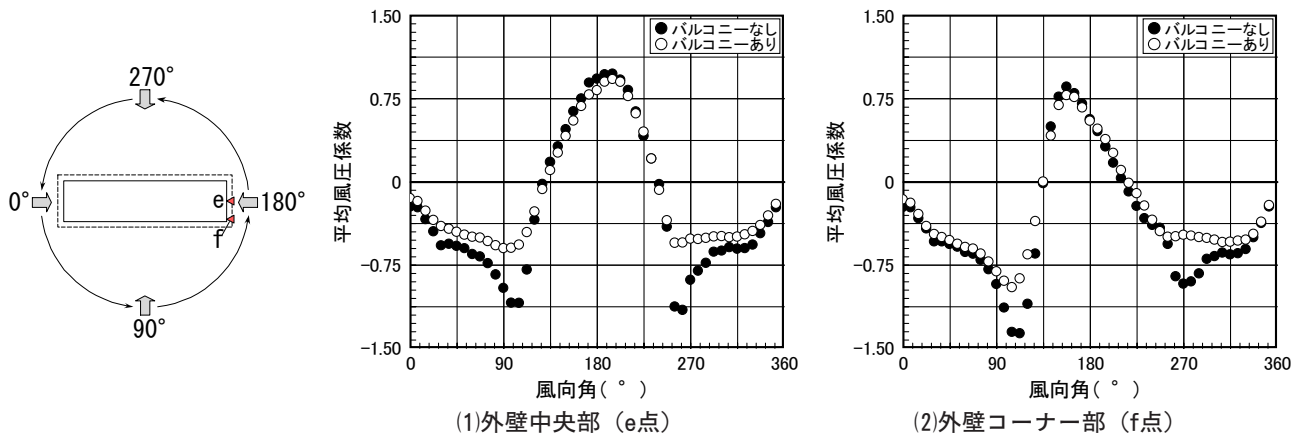


図-9 PLS4型模型の外壁平均風圧係数（短辺側）

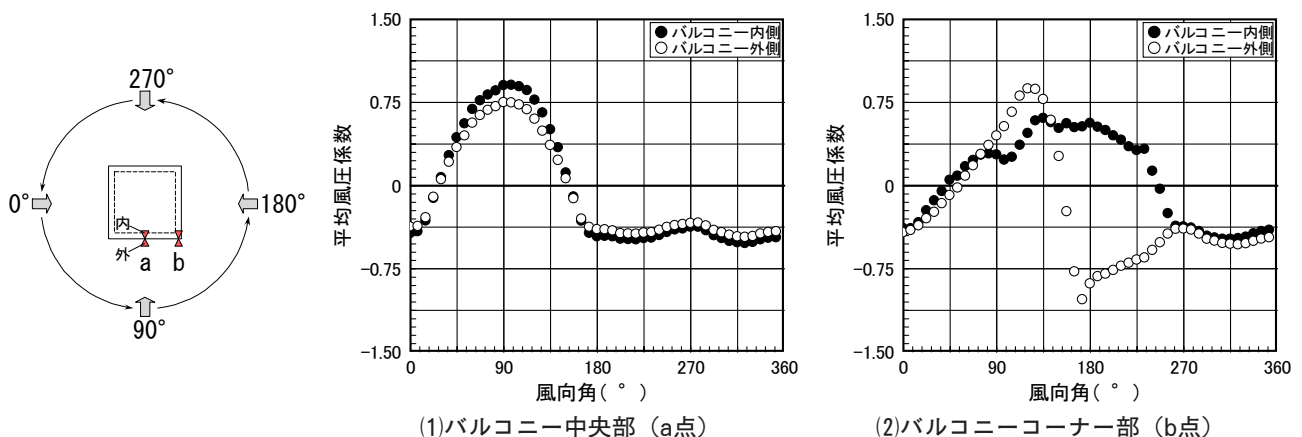


図-10 PA4-B型模型のバルコニー平均風圧係数

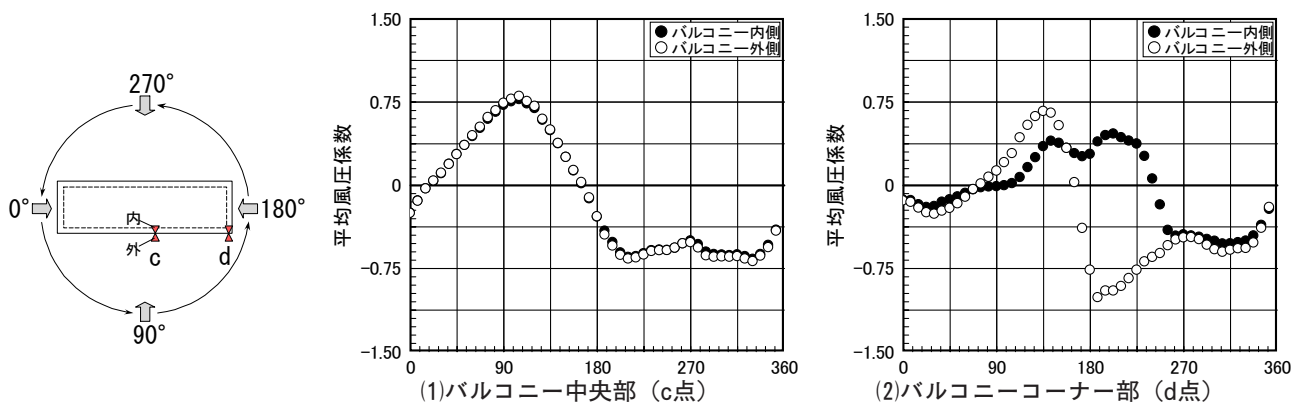


図-11 PLS4-B型模型のバルコニー平均風圧係数 (長辺側)

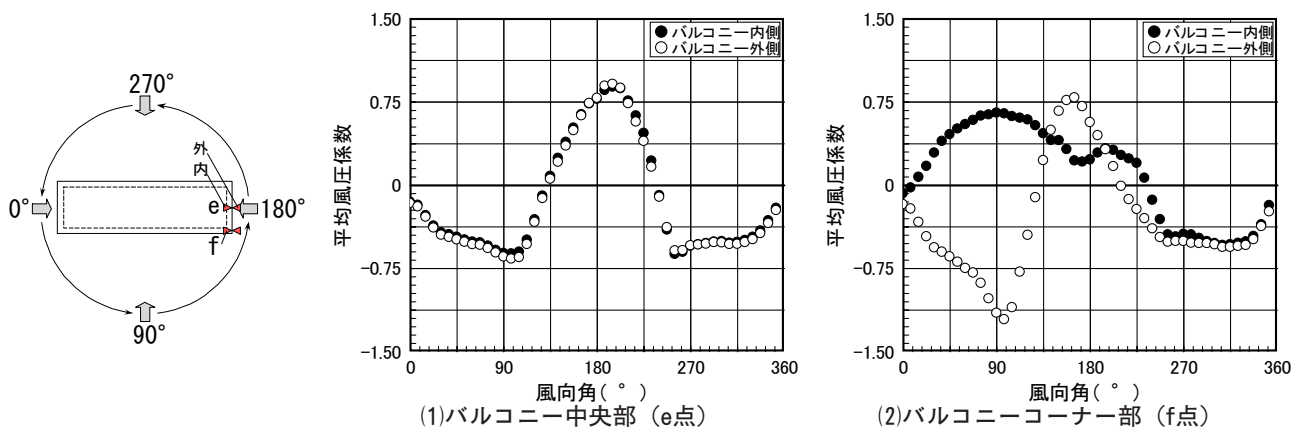


図-12 PLS4-B型模型のバルコニー平均風圧係数 (短辺側)

ナー部における平均風圧係数もPA4-Bの場合と同様にして風向角 $90^{\circ} \sim 270^{\circ}$ の間で外・内面に差が生じており、風向角 180° 付近では外・内面の差が1.5近くまで上昇している。

次に、模型PLS4-Bにおける短辺側バルコニー外・内面の平均風圧係数の風向角による変化を図-12に示す。図-12(1)に示すバルコニー中央部における平均風圧係数によると、やはり全風向に渡ってバルコニー手摺の外・内面がほぼ等しい値を示しており、バルコニー手摺には殆んど荷重が作用していないことがわかる。一方、図-12(2)に示すバルコニーコーナー部における平均風圧係数は風向角 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の間で外・内面に差が生じており、風向角 90° 付近では外・内面の差が2近くまで上昇している。

以上より、どの模型による実験においても建物中央部におけるバルコニー手摺の外・内面の平均風圧係数はほぼ等しい値を示す。ここで、模型PLS4-Bの図-12のe点における外・内面の風圧力の時系列波形を図-13に示す。図-13より、建物中央部のバルコニー手摺の外・内面に作用する風圧力は、時間的にも相関が非常に高く、互いに打ち消しあっていることがわかる。

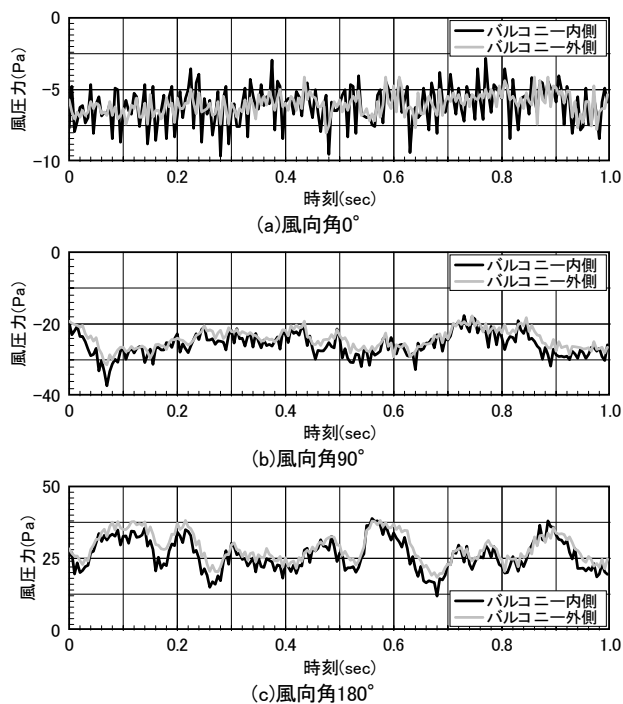


図-13 バルコニーに作用する風圧力の時系列波形

4. まとめ

4種類の壁面凹凸のない滑面模型とそれらにバルコニーを付した模型により風洞実験を行い、それぞれの外壁の風圧係数を比較・検討した。また、バルコニーを付した模型による実験については、バルコニー手摺の外・内面の風圧係数も調べた。その結果、以下のことが確認できた。

- (1) 外壁面に凹凸のない滑面模型と比較して、全周囲に渡ってバルコニーを設けた模型は外壁面に作用する負圧が低減する。また、その低減率は外壁のコーナー部よりも中央部のほうが大きい。本実験では最大で5割程度低減した。
- (2) 平面の辺長比が異なる模型の場合、短辺側壁面の方がバルコニーによる負圧の低減効果が高い。
- (3) 模型のコーナー部に位置するバルコニー手摺は、外・内面に作用する風圧力が同じ方向に作用する場合があります。風向によっては非常に大きな風力が作用する。しかしながら、中央部に位置するバルコニー手摺は全風向にわたって外・内面に作用する風圧力が互いに打ち消しあう方向でほぼ等しく時間的な相関も高いため、作用する風力が極めて小さい。

今後、バルコニーによる外壁面の負圧低減率とその適応範囲の関係、バルコニー手摺に作用する風荷重の設定等について更に詳細な検討を行う予定である。

最後に、本研究を行うにあたり、多くの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講師・工博、(株)長谷工コーポレーション・岡崎充隆氏、並びに、風洞実験において御尽力を頂いた大阪市立大学工学部・中井重行主査に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 高森浩治・西村宏昭：凹凸のある建物の風圧分布、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1061～1062、1993
- 2) 佐藤純也・丸田栄蔵・神田 亮：高層建物に作用する風圧力の表面粗度による影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.241～244、1995
- 3) 魏 然・義江龍一郎・丸山勇祐：高層建物のパネル型手すりに作用するピーク風圧、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.201～202、2000
- 4) 鶴見俊雄・織茂俊泰：バルコニーを有する建築物のピーク風圧性状について、佐藤工業(株)技術研究所

報No.28、pp.13～20、2002

- 5) 森脇一樹・岡崎充隆・谷池義人・谷口徹郎：中高層集合住宅の手摺りに加わる風圧力の性状、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.179～180、2003