

バルコニーを有する建築物の風荷重に関する研究

その3 バルコニーの出幅および設置場所による比較

Study on the Wind Load of the Building with Balconies

Part3. Comparison of the Wind Load by the Width and the Attachment position of Balconies

山内 豊英*

要 旨

外壁面に凹凸の無い建物の滑面模型と、それにバルコニーを付した3種類の模型について風洞実験を行い、外壁面およびバルコニー手摺に作用する風荷重を調べた。その結果、バルコニーを設けることにより外壁面に生じる負圧が減少すること、更に、その減少率がバルコニーの出幅や設置場所により特徴的な変化をすることがわかった。また、建物コーナー部に位置するバルコニー手摺のピーク風力係数の実験値と前報²⁾で提案したピーク風力係数評価式による値とを比較し、バルコニーの出幅や設置場所によらず評価式が適用できることを示した。

キーワード：風荷重／バルコニー／風圧係数／風力係数

1. はじめに

これまで、外壁面に凹凸のない滑面模型とそれにバルコニーを付した模型の風洞実験により、外壁面とバルコニー手摺に作用する風荷重を調査してきた¹⁾²⁾。その結果、バルコニーを設けることにより外壁面の（負圧の）風圧が減少すること並びにその減少率、バルコニー手摺に生じる風荷重のピーク風力係数分布等、数多くの知見を得た。

これらの風洞実験に用いた模型のうち、バルコニーを付した模型については、出幅10mm（実長さで出幅2mに相当）のバルコニーを平面の全周囲に設けていた。しかし、これまでに明らかとなった外壁面負圧の減少率およびバルコニー手摺のピーク風力係数は、バルコニーの出幅や設置場所に依存する可能性がある。そこで、バルコニーの出幅および設置場所を変更した模型を新たに作製し風洞実験を行った。

本報告では、それらの模型による風洞実験結果を用いて、バルコニーの出幅および設置場所による外壁面およびバルコニー手摺の風荷重を比較し、考察を行った結果について示す。

2. 風洞実験概要

2.1 実験装置

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。平面辺長比を1:2とした10階建ての建物を想定し、縮尺は1/200とした。外壁面に凹凸の無い滑面模型（PLS2-N）、出幅10mmのバルコニーを全周囲に設けた模型（PLS2-B）、出幅6mmのバルコニーを全周囲に設けた模型（PLS2-SB）および出幅10mmのバルコニーを平面の長辺側にのみ設けた模型（PLS2-TB）の4種類とした（図-1参照）。風圧測定孔は、各模型の10階、8階、4階の外壁面およびバルコニー手摺の内・外面に設けた。

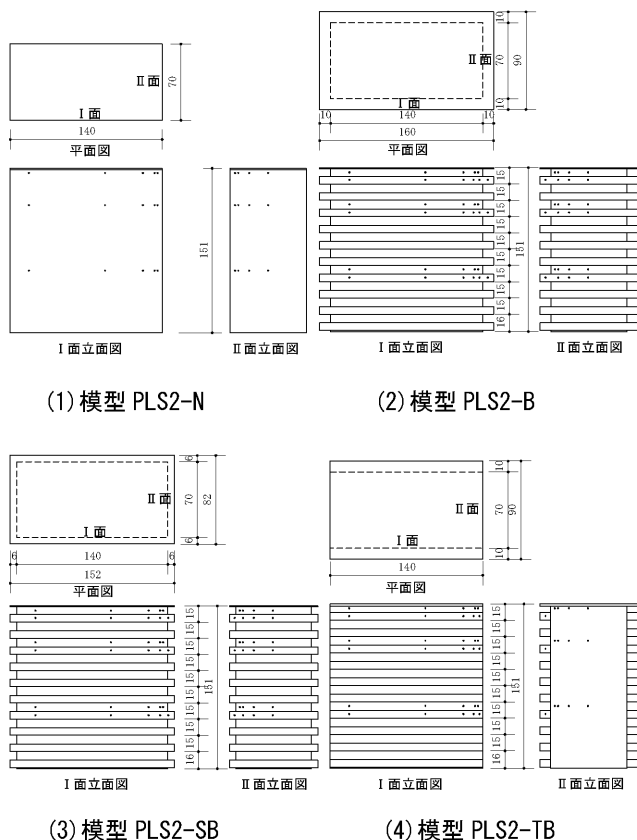
2.3 実験条件

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を近似した境界層乱流とした。実験の相似則、実験風向角、サンプリング条件等、その他の実験条件の詳細は前報¹⁾と同様とした。

表-1 実験模型と想定建築物

模型名称	実 験 模 型					想 定 建 築 物				
	形 状			バルコニー		形 状			バルコニー	
	幅(mm)	奥行(mm)	高さ(mm)	設置場所	出幅(mm)	幅(m)	奥行(m)	高さ(m)	設置場所	出幅(m)
PLS2-N	140	70	151	なし	—	28	14	30	なし	—
PLS2-B				全周囲	10				全周囲	2
PLS2-SB				全周囲	6				全周囲	1.2
PLS2-TB				長辺側のみ	10				長辺側のみ	2

*構造研究グループ



図－1 風洞模型

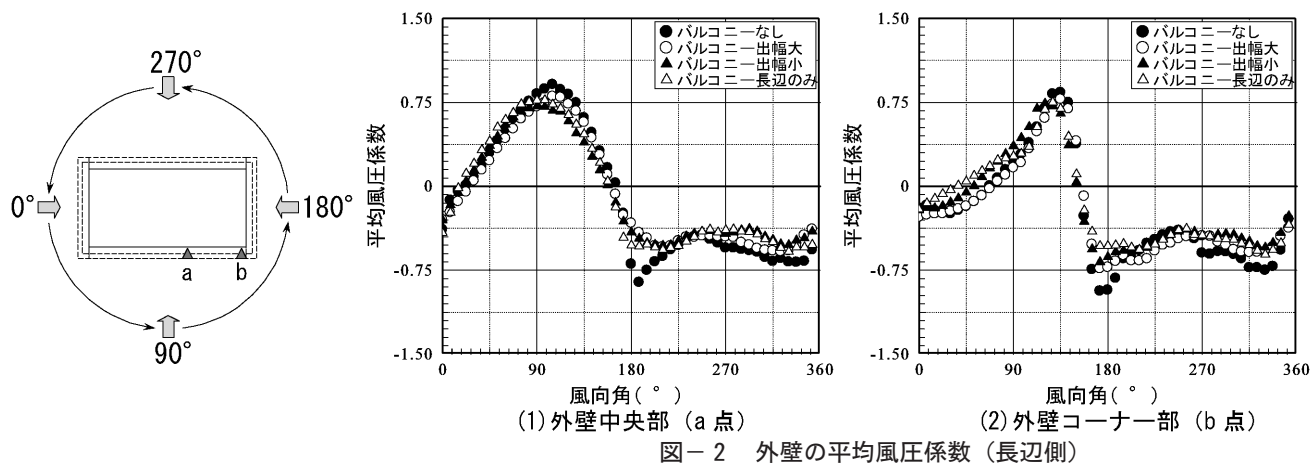
3. 実験結果

3.1 外壁面の風圧係数

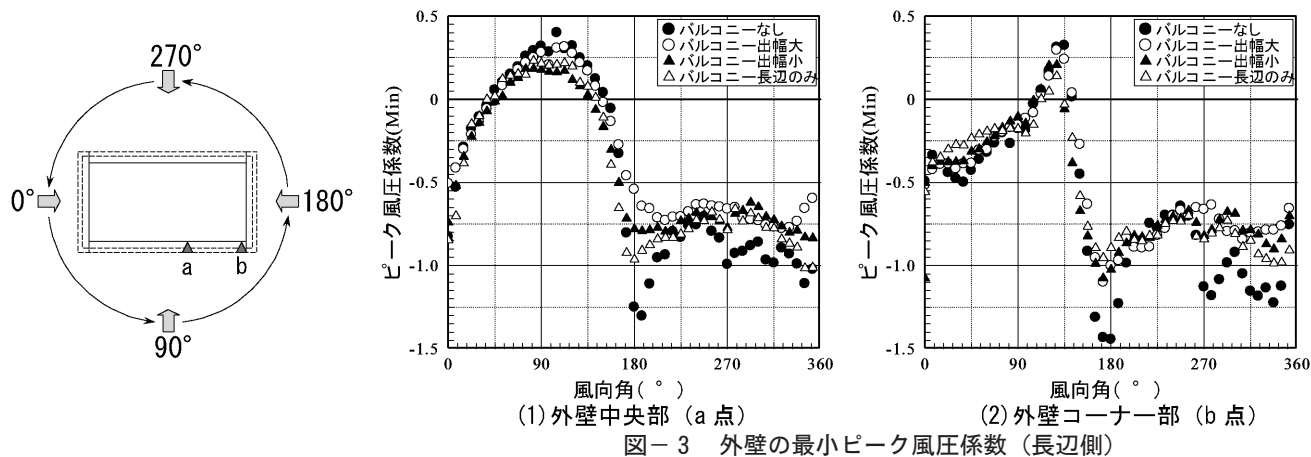
平面の長辺側における8階外壁の平均風圧係数および最小ピーク風圧係数の風向角による変化を図－2および図－3に示す。なお、図中の凡例においては、模型PLS2-Nを「バルコニーなし」、模型PLS2-Bを「バルコニー出幅大」、模型PLS2-SBを「バルコニー出幅小」、模型PLS2-TBを「バルコニー長辺のみ」と表記した。以下、本報告においては各々の模型をこのように表現する。

図－2(1)に示す長辺側の外壁中央部における平均風圧係数によると、前報^{1), 2)}と同様に、風向角 180° 付近、すなわち外壁面のa点が負圧となる場合にバルコニーの有無により違いが生じており、バルコニーを設けることにより負圧が減少している。バルコニーの出幅および設置場所による違いについては、若干の違いが見受けられるもののほとんど差がない。

図－2(2)に示す長辺側の外壁コーナー部における平均風圧係数によると、同じく風向角 180° 付近でバルコニーの有無による違いが生じており、バルコニーを設けることにより負圧が若干減少している。バルコニーの出幅および設置場所による違いは、「バルコニー長辺のみ」の負圧が若干小さいが概ね差がないと考えられる。



図－2 外壁の平均風圧係数（長辺側）



図－3 外壁の最小ピーク風圧係数（長辺側）

次に、図-3(1)に示す長辺側の外壁中央部における最小ピーク風圧係数によると、風向角 180° 付近においてバルコニーの有無、出幅および設置場所による違いが顕著に現れており、負圧が「バルコニーなし」、「バルコニー長辺のみ」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー出幅大」の順に小さくなっていることがわかる。「バルコニーなし」の最小ピーク風圧係数に対する「バルコニー長辺のみ」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー出幅大」の最小ピーク風圧係数の減少率はそれぞれ26%、39%、44%となった。

一方、図-3(2)に示す長辺側の外壁コーナー部における最小ピーク風圧係数によると、外壁中央部とは異なり、風向角 180° 付近におけるバルコニーの出幅および設置場所による違いが小さい。更に、負圧は「バルコニーなし」、「バルコニー出幅大」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー長辺のみ」の順に小さくなっており、外壁中央部とは大小関係が異なる。「バルコニーなし」の最小ピーク風圧係数に対する「バルコニー出幅大」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー長辺のみ」の最小ピーク風圧係数の減少率はそれぞれ24%、25%、34%となった。

続いて、平面の短辺側における8階外壁の平均風圧係数および最小ピーク風圧係数の風向角による変化を図-

4および図-5に示す。

図-4(1)に示す短辺側の外壁中央部における平均風圧係数によると、風向角 90° および 270° 付近においてバルコニーの有無により違いが生じており、バルコニーを設けることで負圧が減少している。バルコニーの出幅および設置場所による違いはほとんど見受けられない。

図-4(2)に示す短辺側の外壁コーナー部における平均風圧係数によると、同じく風向角 90° および 270° 付近でバルコニーの有無による違いが生じており、バルコニーを設けることにより負圧が若干減少している。バルコニーの出幅および設置場所による違いについては、若干の違いが見受けられるもののほとんど差がない。

次に、図-5(1)に示す短辺側の外壁中央部における最小ピーク風圧係数によると、風向角 90° および 270° 付近においてバルコニーの有無、出幅および設置場所による違いが顕著に現れている。負圧は「バルコニーなし」、「バルコニー長辺のみ」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー出幅大」の順に小さくなっており、長辺側の外壁中央部と同様の傾向を示した。「バルコニーなし」の最小ピーク風圧係数に対する「バルコニー長辺のみ」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー出幅大」の最小ピーク風圧係数の減少率はそれぞれ33%、47%、54%となった。

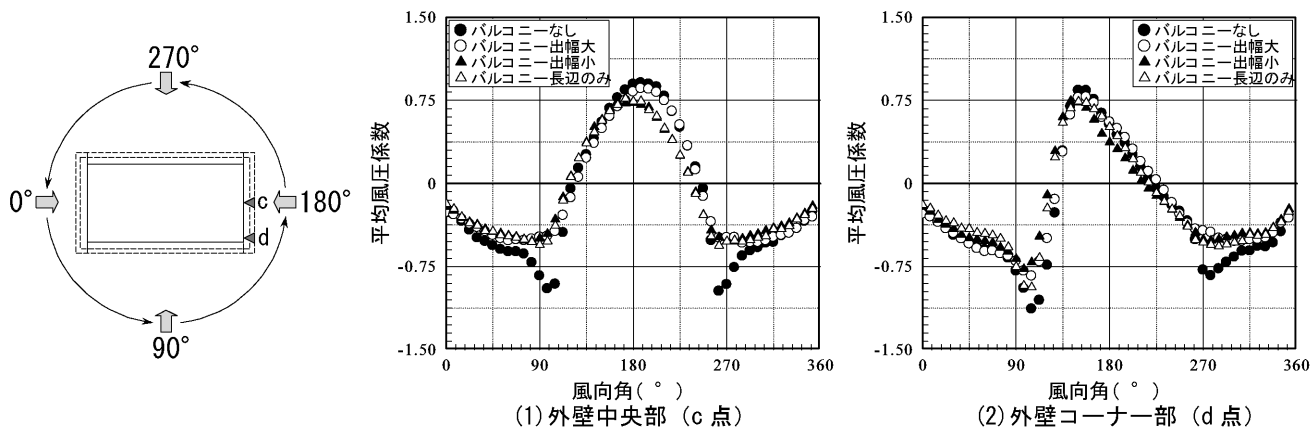


図-4 外壁の平均風圧係数 (短辺側)

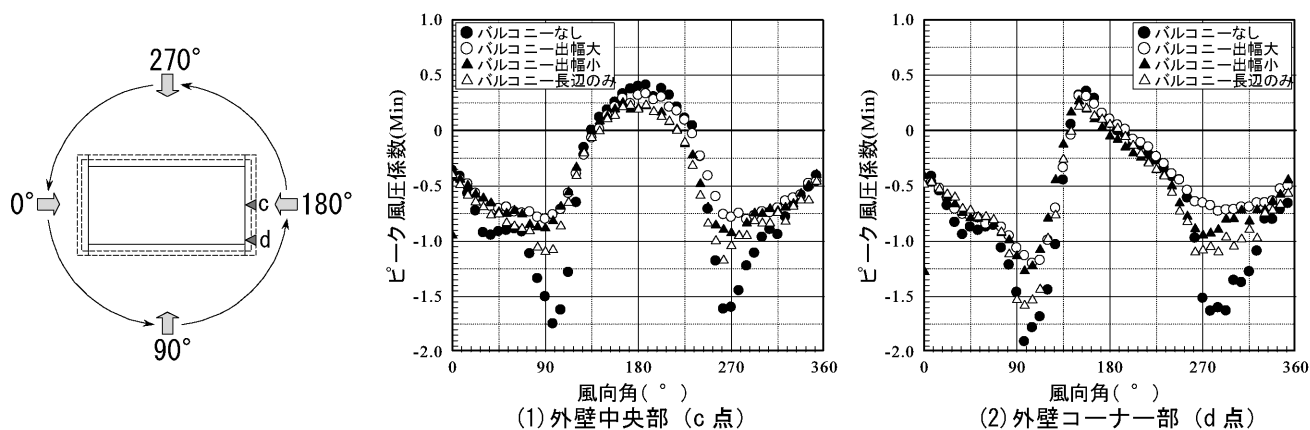


図-5 外壁の最小ピーク風圧係数 (短辺側)

また、図－5(2)に示す短辺側の外壁コーナー部における最小ピーク風圧係数によると、外壁中央部と同様に、風向角 90° および 270° 付近においてバルコニーの有無、出幅および設置場所による違いが顕著に現れている。また、負圧も「バルコニーなし」、「バルコニー出幅大」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー長辺のみ」、の順に小さくなっており、外壁中央部と同様の大小関係となる。「バルコニーなし」の最小ピーク風圧係数に対する「バルコニー出幅大」、「バルコニー出幅小」、「バルコニー長辺のみ」の最小ピーク風圧係数の減少率はそれぞれ17%、33%、37%となった。

図－2～図－5より、バルコニーを設けることによる外壁面負圧の減少率は、その出幅や設置場所により変化することがわかる。出幅は大きい方が、設置場所は長辺側限定よりも全周囲に設ける方が減少率は大きい。

また、バルコニーを設けることによる外壁面負圧の減少率は、本実験においては、出幅による影響よりも設置場所による影響が大きい結果となった。平面の長辺側のみバルコニーを設けるよりも、バルコニーの出幅が多少小さくても平面の全周囲に亘ってバルコニーを設ける方が、外壁面負圧の減少率が大きかった。

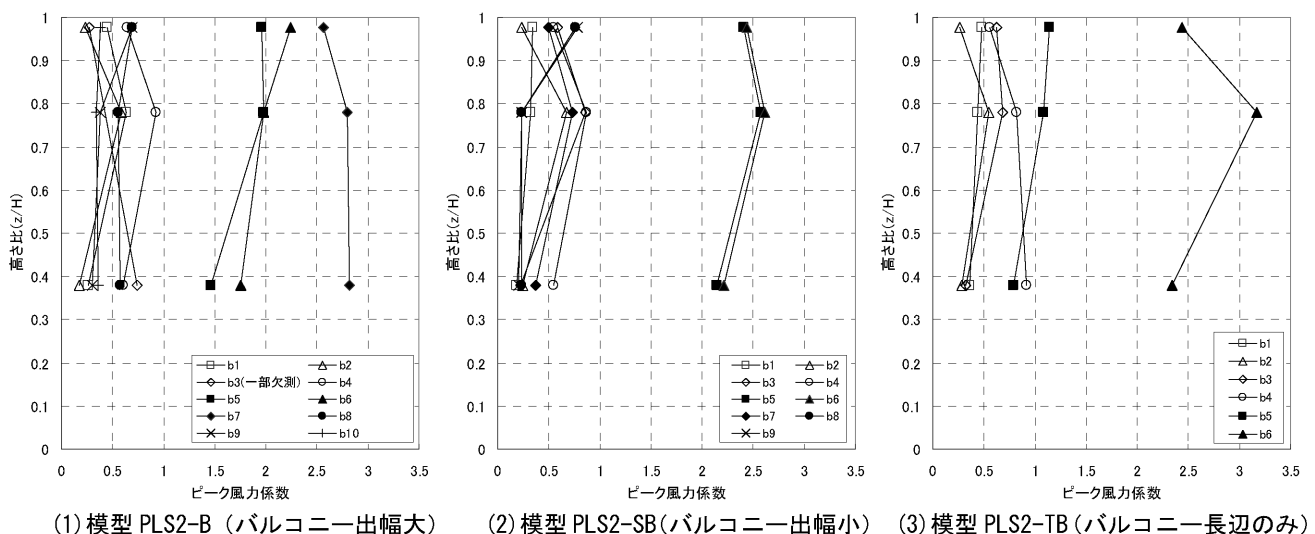
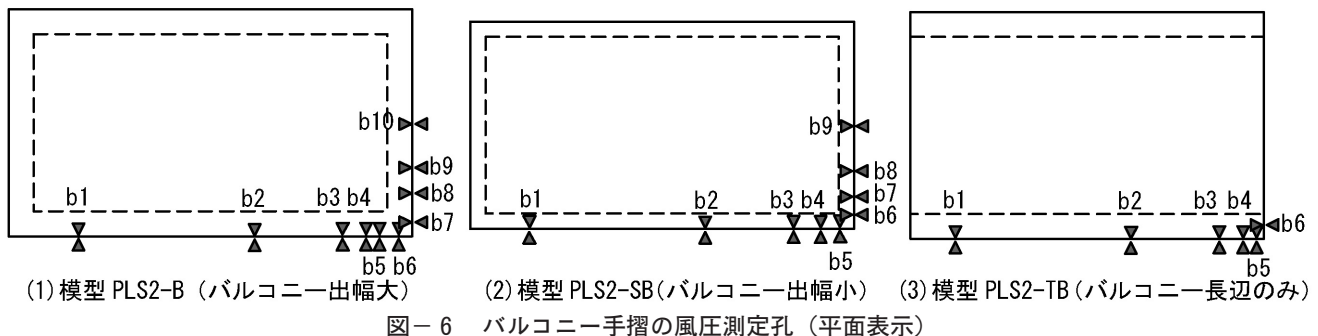
3.2 バルコニー手摺に作用する風荷重

各模型におけるバルコニー手摺の風圧測定孔を図－6に示す。バルコニー手摺の内・外面における風圧係数によりピーク風力係数を算出した²⁾。ピーク風力係数の全風向での最大値を図－7に示す。なお、図中の縦軸は測定孔の高さを模型の高さで除した「高さ比」である。

図－7(1)によると、「バルコニー出幅大」におけるバルコニー手摺のピーク風力係数は、b1～b4およびb8～b10の範囲では1.0未満であるが、コーナー部に位置するb5～b7の範囲で急激に上昇する。b6は最大で2.24、b7は最大で2.82となった。

図－7(2)によると、「バルコニー出幅小」におけるバルコニー手摺のピーク風力係数も、b1～b4およびb7～b9の範囲では1.0未満であるが、コーナー部に位置するb5およびb6で急激に上昇する。b5は最大で2.58、b6は最大で2.61となった。

図－7(3)によると、「バルコニー長辺のみ」におけるバルコニー手摺のピーク風力係数は、b1～b5の範囲では最大1.0強で、コーナー部に位置するb6で急激に上昇し、その最大値は3.16と特に大きい。また、これまでと違い、同じコーナー部でもb5のピーク風力係数は小さい。



続いて、図-7に示したバルコニー手摺のピーク風力係数とその時の平均風力係数および変動風力係数を用いてピークファクターを算定した²⁾。その結果を図-8に示す。

図-8によると、全ての模型に共通してコーナー部に位置するバルコニー手摺（「バルコニー出幅大」はb5～b7、「バルコニー出幅小」はb5およびb6、「バルコニー長辺のみ」はb6）は全層に亘って3～4程度で安定しているが、その他については3～9程度の範囲でばらついた値となる。

4. バルコニー手摺の風荷重評価式との対応

前報²⁾において、コーナー部に位置するバルコニー手摺のピーク風力係数がバルコニーを設けていない模型の外壁面風圧係数を用いて評価できる可能性があることを示した。その評価式は次の(1)式のように表される（評価式の詳細は前報²⁾を参照。）。

$$C_{peak} = \overline{C_{plus}} - \overline{C_{minus}} + g_{bal} \cdot \sqrt{C_{plus}^2 + C_{minus}^2 - 2 \cdot R_{bal}(0) \cdot C_{plus} \cdot C_{minus}} \quad (1)$$

$\overline{C_{plus}}, \overline{C_{minus}}$: 滑面模型外壁面における正・負圧の平均風圧係数
 C'_{plus}, C'_{minus} : 滑面模型外壁面における正・負圧の変動風圧係数
 g_{bal} : バルコニー手摺の風力係数のピークファクター
 $R_{bal}(0)$: バルコニー手摺に作用する内・外面風圧の同時刻時における相互相関係数

ここで、バルコニー手摺のピーク風力係数が最大となる風向角におけるバルコニー手摺の内・外面に作用する風圧の相互相関係数を図-9に示す。なお、「バルコニー出幅大」については風向角97.5°における8階b7部分、「バルコニー出幅小」については風向角90°における8階b6部分、「バルコニー長辺のみ」については風向角97.5°における8階b6部分の風圧データを用いて相互相関係数を算出した。

図-9によると、全て同時刻（ $\tau=0$ ）に高い負の相関を示しており、その値は「バルコニー出幅大」が-0.69、「バルコニー出幅小」が-0.29、「バルコニー長辺のみ」が-0.45となった。これらの相互相関係数値とバルコニーなし模型の外壁面風圧係数を用いて、(1)式によりバルコニー手摺のピーク風力係数を算出した結果を図-10に示す。

図-10によると、評価式(1)におけるピークファクターを4以上とすれば実験結果を安全側に評価できており、本報告で示す実験の範囲においては、バルコニーの出幅や設置場所によらず評価式(1)が適用できることがわかる。

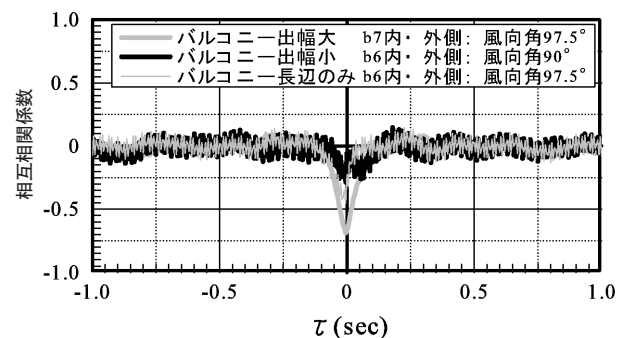
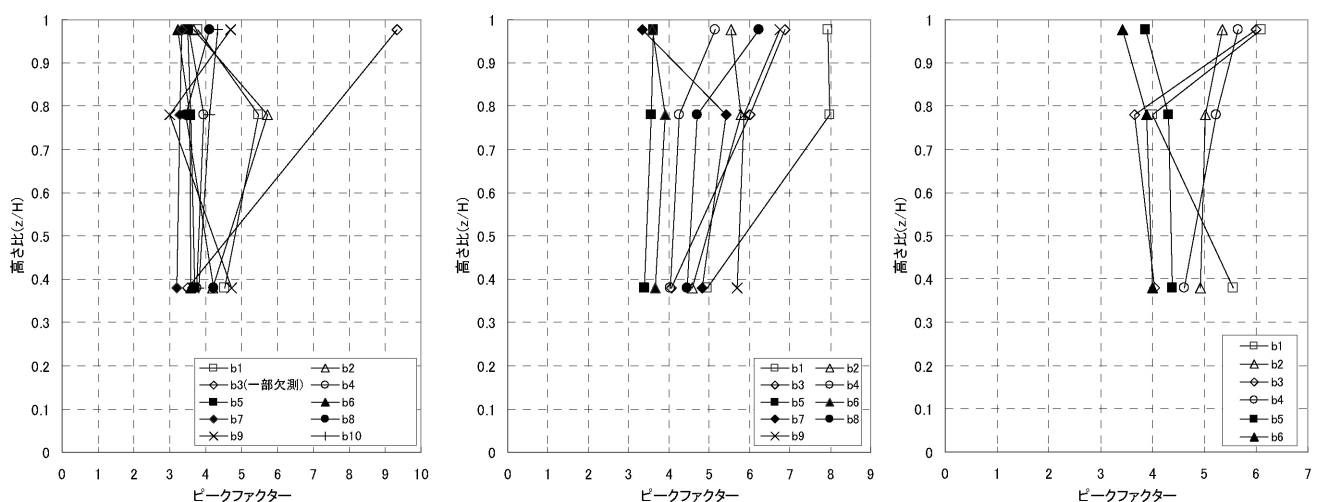


図-9 バルコニー手摺内・外面の相互相関係数



(1) 模型 PLS2-B (バルコニー出幅大) (2) 模型 PLS2-SB (バルコニー出幅小) (3) 模型 PLS2-TB (バルコニー長辺のみ)

図-8 バルコニー手摺の風力係数のピークファクター

5. まとめ

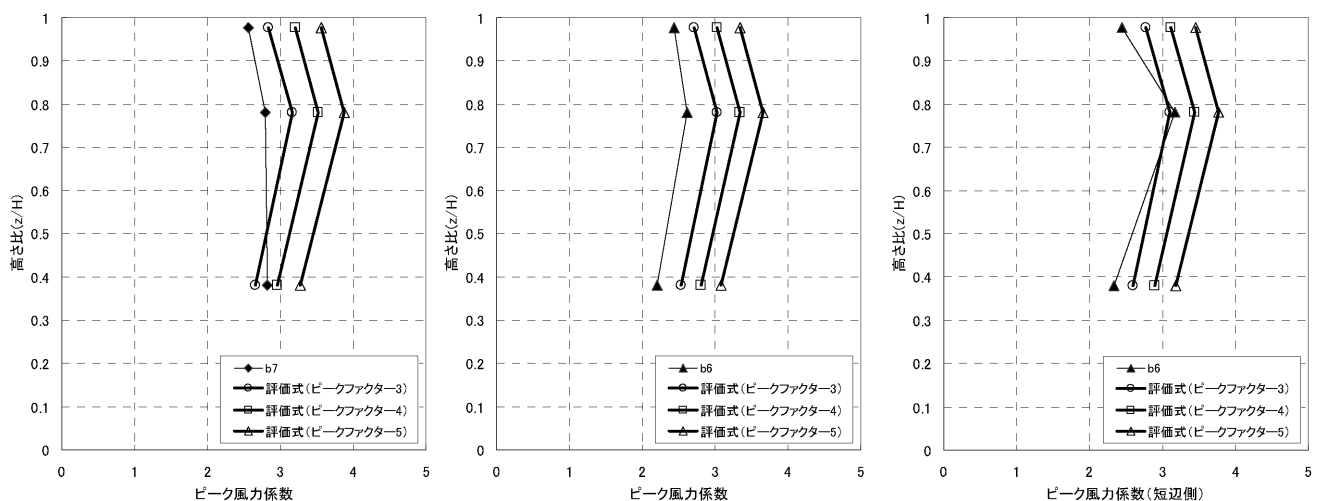
本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) バルコニーを設けることによる外壁面負圧の減少率は、その出幅や設置場所により変化する。出幅については、大きい方が減少率は大きく、設置場所については、平面の長辺側にのみ設置するよりも、全周囲に亘ってバルコニーを設ける方が減少率は大きい。また、本実験においては、出幅による影響よりも、設置場所による影響が大きく、平面の長辺側にのみバルコニーを設けるよりも、40%小さくても平面の全周囲に亘ってバルコニーを設ける方が、外壁面負圧の減少率が大きかった。
- 2) バルコニー手摺のピーク風力係数は、全ての模型についてコーナー部付近で急激に上昇する。また、その値は平面長辺側にのみバルコニーを設けた模型が特に大きかった（ピーク風力係数値3.16）。ピーク風力係数のピークファクターについては、コーナー部の限られた範囲においては模型全層に亘って3~4程度で安定しているのに対し、その他では3~9程度の範囲でばらついた値となった。
- 3) 建物コーナー部に位置するバルコニー手摺のピーク風力係数について、前報²⁾で提案した評価式により算出した値が実験結果を安全側に評価できていることを示した。本報告で示した実験の範囲においては、バルコニーの出幅や設置場所によらず評価式が適用できることを確認した。

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助教授・博士（工学）、(株)長谷工コーポレーション・岡崎充隆氏、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（非常勤）、並びに、パナホーム(株)・井筒清嗣氏（当時、同大学同研究室大学院生）に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 山内豊英：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、(株)浅沼組技術研究所報No.15、pp.15~20、2003
- 2) 山内豊英：バルコニーを有する建築物の風荷重に関する研究 その2 バルコニー手摺に作用する風荷重の評価、(株)浅沼組技術研究所報No.16、pp.21~28、2004
- 3) 岡崎充隆：中高層集合住宅のバルコニー手摺りに加わる風荷重の性状、(株)長谷工コーポレーション技術研究所報、pp.69~74、2003



(1) 模型 PLS2-B (バルコニー出幅大) (2) 模型 PLS2-SB (バルコニー出幅小) (3) 模型 PLS2-TB (バルコニー長辺のみ)

図-10 実測されたピーク風力係数と評価式の関係