

中高層集合住宅のバルコニーに作用する風圧分布について

東北大学大学院工学研究科 清水 善規, 植松 康

積水化学工業株式会社 三宅 慶昌

四国積水工業株式会社 鐘ヶ江 勇介

1.はじめに

近年、主にマンションや戸建住宅を対象に、屋上やバルコニーに敷設する床材(図1)が広く普及している。この床材を使用する主な目的は、床面のデザイン性向上である他に、防水層への直射日光を遮ることができるため、防水層の長寿命化を図ることもできる。しかし、このような床材は、床面の化粧や防水層への損傷防止のため床面に置かれているだけの場合が多く、適切な処置をしないと、強風時には浮き上がり、飛散に至る可能性がある。床材が飛散すると、衝突して人的被害や他の建物損傷といった二次的被害も予想される。床材を飛散させる風力を生み出す主な要因は、床材の表面に作用する風圧であるが、床材の裏面には十分な排水空間が設けられているため、床面と床材の間に空気の流れが生まれ、床材の裏面にも圧力変動が生じる。床材に作用する風力は床材の表面に作用する風圧(以下、外圧)と、裏面に作用する風圧(以下、内圧)の差となる。したがって、床材に作用する風力を求めるためには、床材に作用する外圧及び内圧分布が必要となる。風洞実験において、床材に作用する外圧を測定することは比較的容易であるが、床材下の空間を模型で再現することは困難であり、直接内圧を測定することは現実には不可能である。そこで、床材にある隙間を適当にモデル化し、外圧を用いて内圧のシミュレーションを行い、風力を評価する。すなわち、風洞実験で測定された外圧とシミュレーションで得られた内圧の差をとって風力の時刻歴を得る。これまで、バルコニーを有する建物の壁面やバルコニー自体に作用する風圧係数に関する実験は行われているものの(例えば山内ら¹⁾)、バルコニーの床面に作用する風圧性状に関する研究は全く行われていない。床材の飛散を検討するには、外圧と内圧の両方の性状を明らかにする必要があるが、内圧性状は外圧性状に大きく依存するため、まず外圧性状を把握することが重要であると考えられる。そこで、本研究では、中高層集合住宅の建物モデルを用いた風洞実験により、バルコニー床面に作用する外圧の多点同時測定を行う。



サイズ : 297×297(mm)

図1 床材(1枚あたり)

2. 風洞実験概要

2.1 実験気流

実験は東北大学のエッフェル型境界層風洞を用いて行う。実験の様子を図2に示す。実験気流は日本建築学会「建築物荷重指針」(2004)が定める地表面粗度区分Ⅲに概ね相当する境界層乱流(べき指数 $\alpha=0.23$)である。

2.2 実験模型

対象建物は、1辺21mの正方形平面を有し、高さ60mの20階集合住宅であり、

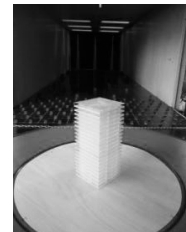


図2 風洞実験の様子

*Wind Pressure Acting on Balconies of mid-to-high-rise Residential House,

by Yoshiki Shimizu, Yasushi Uematsu, Yoshimasa Miyake and Yusuke Kanegae

全周に幅 2m のバルコニーが設置されている。従って、バルコニーを含めた建物の幅は 25m である。風洞実験模型は幾何学的縮尺率 1/200 の縮尺模型である。圧力測定孔は図 4 に示すようにバルコニーの 1/2 領域に計 76 点配置されている。模型は圧力測定孔を配置した階（測定階）といくつかのブロックで構成され、測定階を入れ替えることによって、5 階、10 階、15 階、20 階の風圧を測定できるようになっている。実際の集合住宅では、世帯間に戸境壁が設けられている。本実験模型では、図 4 に示すように戸境壁が設置されている。なお、戸境壁の上端はバルコニー天井まで達しているが、下端には 1mm（実寸では 20cm）の隙間がある。図 4 に示すように戸境壁を設置したのは、建物まわりの流れ性状を考慮し、隅角部にある住戸と中央部にある住戸のバルコニーに作用する外圧の一般的特性を把握するためである。手摺の形状は図 5 に示す 3 種類である。(a)「パネル」とは下方に隙間がある手摺りを指す。模型では各階バルコニーに薄板を設置して再現する。なお、薄板とバルコニー床面との隙間は設計例を参考にして 1mm（実寸では 20cm）とする。(b)「腰壁」は、バルコニー床面から立ち上がった壁で、模型ではパネルとバルコニー床面との隙間をテープで塞ぐことで再現する。(c)「格子」とは、アルミ角材等で構成される格子状の手すりである。隙間が広いため閉塞効果は小さい。そこで、模型では近似的に何も無い状態と仮定し、各階バルコニーの薄板を取り外して測定を行う。

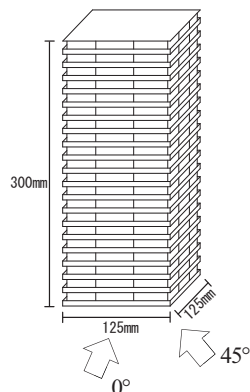


図 3 バルコニー模型

2.3 測定条件

各圧力測定孔に作用する風圧は、内径 1mm、長さ 1m のビニールチューブを介して圧力変換器に導かれており、全点同時測定する。チュービングによる圧力変動の歪みは、予め求めた測定システムの周波数応答特性を用いて周波数領域で補正する。風向 θ は図 4 に示すように、一壁面に正対する風向を 0° とし、反時計回りにとる。測定は $\theta=0^\circ, 7.5^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ の 5 風向に対して行う。風圧測定のサンプリング周波数は 400Hz、測定時間 180 秒で、フルスケール換算 10 分間のデータを 16 組得る。風圧特性の各種統計量（平均、ピーク値など）の計算には 16 組のアンサンブル平均で評価する。また、風圧係数は模型頂部高さの基準速度圧 q_H で定義する。

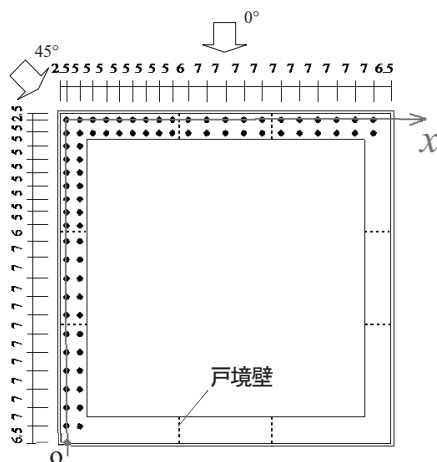


図 4 圧力測定階(単位:mm)

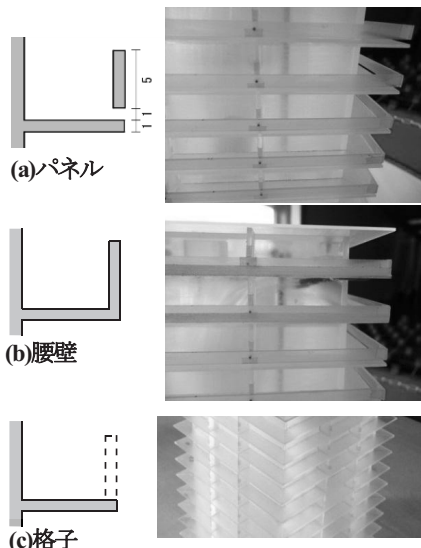


図 5 手摺形状(3 種類)

3. 実験結果

外圧の平均と最小ピークの分布を比べると、平均値は

絶対値が小さくなるものの、傾向はピーク値と似ていた。床材の飛散については平均よりピーク値の方が重要であると考えられる。

また、床材の飛散は風力が床材の重力を上回った時に発生すると考えられるから、負圧が問題となる。従って、本論文では、バルコニー床面に作用する最小ピーク外圧係数分布に着目する。全風向・全測定点で、絶対値が最も大きなピーク外圧係数を記録したのは、 $\theta=7.5^\circ$ の時であったので、まず $\theta=7.5^\circ$ の結果に着目する。図6は $\theta=7.5^\circ$ のときの最小ピーク外圧係数分布を手摺り形状（パネル・腰壁・格子）別に示したものである。グラフのx軸は図4に示すように、左下のO点を原点とし、バルコニーに沿った座標であり、点線は戸境壁の位置を示す。バルコニーの床面に作用する外圧は、風上側では正圧であるが、模型の側面側では負圧になっている。最小ピーク外圧係数の絶対値が最も大きくなるのは隅角部付近（ $x \approx 100\text{mm}$ ）であり、手摺り形状で比較をすると、(c)格子が最も大きく、次いで(a)パネル、(b)腰壁の順となっている。ただし、パネルと腰壁の差は、それほど大きくない。すなわち、パネル下の隙間は、最小ピーク外圧係数にはそれ程大きく影響しないといえる。

(c)格子の場合に大きなピーク外圧係数を示すのは、バルコニーへの流れを遮るものが全くないため、模型の風上隅角部から剥離した流れの影響を強く受けたと考えられる。また、(a)パネルや(b)腰壁で最小ピーク外圧係数の値が場所により大きく変化しない領域は、戸境壁で囲われた部分である。これは大きな風圧変動をもたらす渦のスケールが手摺りで囲われた空間の寸法に対して大きく、その空間内ではほぼ一定値を示すためと考えられる。次に、戸境壁付近の風上側 $x=48.5, 82.5$ (mm) (グラフ中の点線右側近傍)の点を見ると、最小ピーク外圧係数の絶対値が小さくなる。これは、戸境壁で流れがよどむことにより、局所的に負圧が弱まるためと考えられる。一方(c)格子の場合は、戸境壁で区切られた空間内で最小ピーク外圧係数の値に違いがあり、全体の大きな剥離流による影響と、前述の戸境壁による局所的な逆流の影響を受けたためと考えられる。また、(c)格子の場合、上層階になるに従って最小ピーク外圧係数が大きくなることにに対し、(a)パネルや(b)腰壁では、20階と15階の最小ピーク外圧係数が10階よりも小さくなっている。これは、薄板があることによる測定点付近の風速低減効果が、10階や5階に比べて、15階や20階に顕著に表れるためと考えられる。

次に、各測定点において全風向中の最小ピーク外圧係数値を図7に示す。最小ピーク外圧係数の値は濃淡で表現している。ピーク負圧が大きくなる点は、バルコニー内の居室側に多く、しかも戸境壁の風上側と隅角部

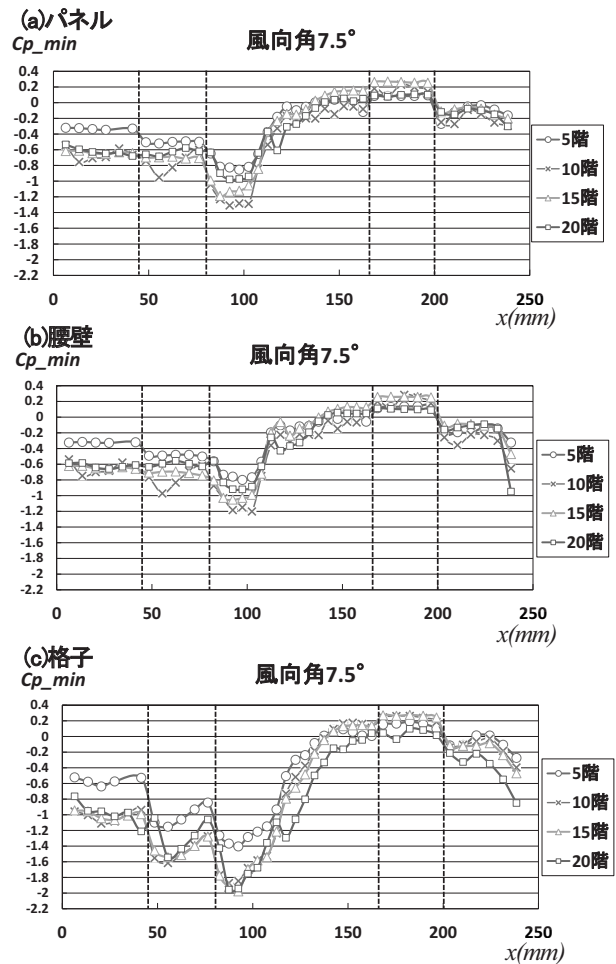


図6 最小ピーク風圧係数

付近に集中している。これも、建物躯体風上隅角部での流れの剥離の影響を受けているものと考えられる。(c) 格子の場合は、低層階や仕切りに囲われた箇所においても強い負圧が作用していることが確認できる。

4. まとめ

本研究では、20階建て集合住宅のバルコニー床面に作用する外圧性状を把握するために、1/200縮尺モデルを用いた風洞実験を行った。風の剥離により建物側面の広範囲にわたって強い負圧が強く作用する。特に強く作用するのは隅角部付近である。また、手摺の形状、風向が最小ピーク風圧係数に影響を与えていることが確認できた。また、戸境壁による影響が強く出ていることがわかった。

今後は、**図8**に示すように、得られた外圧係数から内圧係数をシミュレーションし、風力を算出する手法を用いて飛散条件を明確にしていく。最終的には汎用性のある飛散予測モデルの提案を行う。

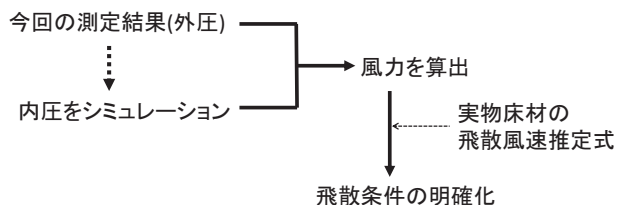


図8 今後の研究フロー

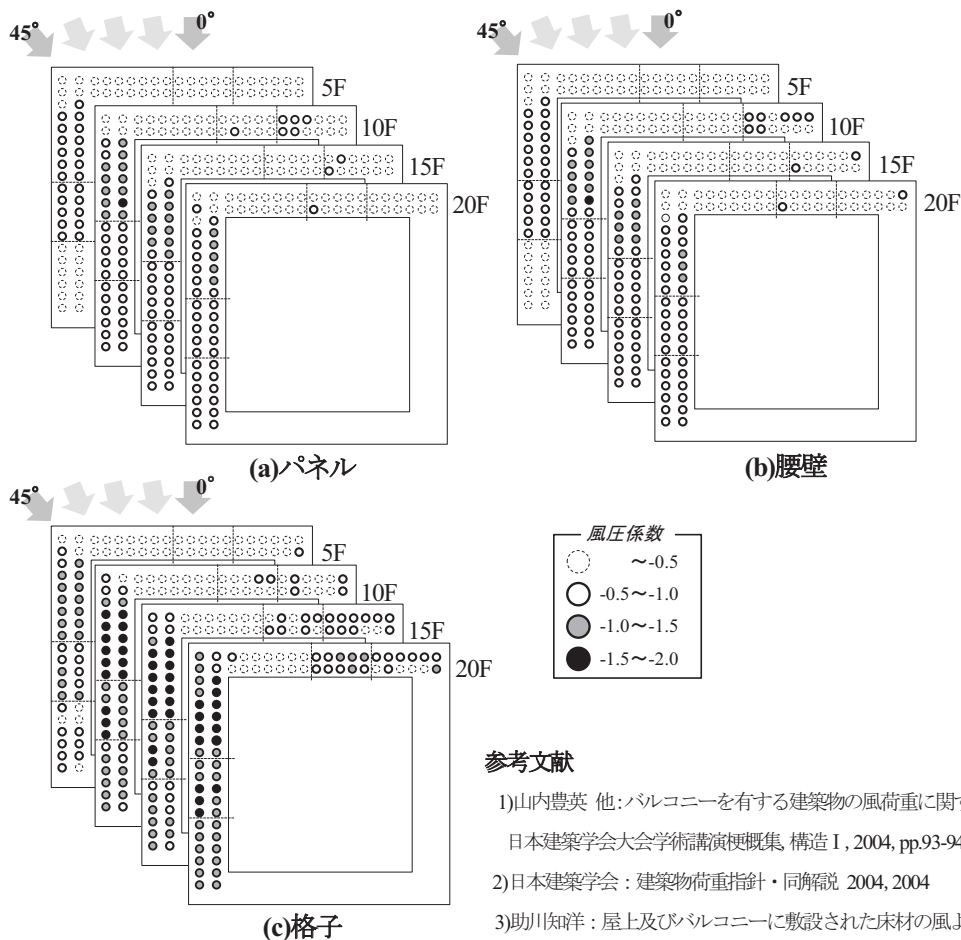


図7 最小ピーク外圧係数(測定点別)

参考文献

- 1)山内豊英 他:バルコニーを有する建築物の風荷重に関する研究
日本建築学会大会学術講演梗概集 構造 I, 2004, pp.93-94
- 2)日本建築学会:建築物荷重指針・同解説 2004, 2004
- 3)助川知洋:屋上及びバルコニーに敷設された床材の風による飛散予測に関する研究,東北大学修士学位論文, 2010