

バルコニー床に設置する空調室外機の強風による挙動

鰐淵憲昭* 坂本博登** 椎木誠一*** 大脇雅直****

集合住宅の高層階では強風が日常的に吹くことも想定される。しかし、バルコニー床に設置される空調室外機は、床に固定せずに床置きされている場合がある。そこで、バルコニー床に設置される空調室外機の風による挙動およびバルコニー内の風の性状を把握するため、風洞実験や数値シミュレーションによる詳細な調査を実施した。本報ではこれらの内容について報告する。

キーワード：集合住宅、バルコニー、空調室外機、転倒浮き上がり現象

1. はじめに

昨今、大型台風や急速に発達した低気圧による強風が原因で建物外装材の被害が多く発生している。集合住宅の高層階では強風が日常的に吹くことも想定されるため、外装材の飛散・落下は地上における通行人への被害につながる危険性が考えられ、十分な対策が講じられている。しかし、バルコニー床に設置される空調室外機は、床に固定せずに床置きされている場合がある。特に、隅角部付近は、建物形態の影響によりバルコニー内に吹く風が強まる傾向がある。そこで、バルコニー床に設置される空調室外機の風による挙動およびバルコニー内の風の性状を把握するため、風洞実験や数値シミュレーションによる詳細な調査を実施した。空調室外機は、風洞実験結果から、室外機に取り付けられた配管が伸びきった状態になると室外機が転倒し、さらに風速が強くなると室外機に浮力が作用し持ち上がることが把握できた。また、シミュレーション結果から、高層集合住宅においてバルコニー内の風が強くなりやすい範囲を特定した。本報ではこれらの内容について報告する。

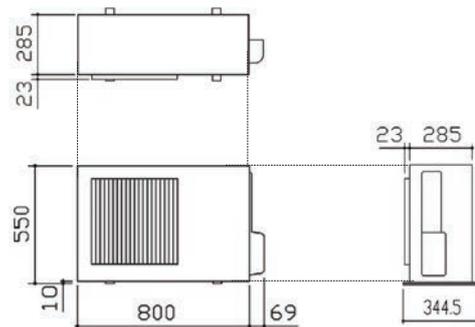


Fig. 1 空調室外機試験体 (単位: mm)

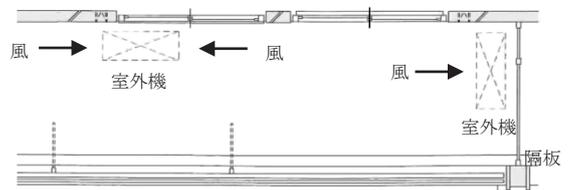


Fig. 2 空調室外機の設置状況例

2. 空調室外機の風による挙動の把握

空調室外機の風による挙動を詳細に把握するため、技術研究所所有のエッフェル型吹出し式境界層風洞を用いて風洞実験を実施した。以下に風洞実験の概要について述べる。

2.1 試験体および実験ケース

実験に使用する空調室外機の試験体 (Fig. 1) は 1 種類とし、バルコニーにおける室外機の一般的な設置状況 (Fig. 2) を考慮した 3 風向 (Fig. 3) について実験ケース (Table 1) を設定した。

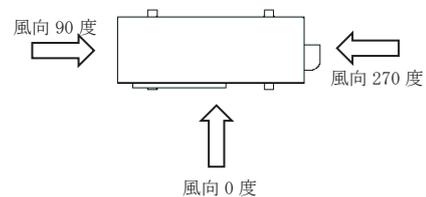


Fig. 3 実験風向

Table 1 実験ケース

* 技術研究所	風環境研究グループ
** 設計本部	設計第2部
*** 首都圏支店	建築部第3工事部
**** 技術研究所	

実験ケース	実験タイプ	配管 (有無)	備考
ケース1	風向0度	有	室外機の重量: 37kg
ケース2	風向90度	有	配管, 樹脂製据付架台の重量は含まない。
ケース3	風向270度	有	室外機は樹脂製据付架台に固定し, 床には固定しない。

2.2 実験方法

風洞内の架台上に室外機を設置(Photo. 1)する。風洞気流は一様流とし、0~30 m/sの範囲内で連続的に風速を変化させ、室外機の挙動を観察した。なお、室外機の配管は貫通穴位置の高さがバルコニー床から1,800 mm程度を想定し、トラバース装置のフレームに固定した。

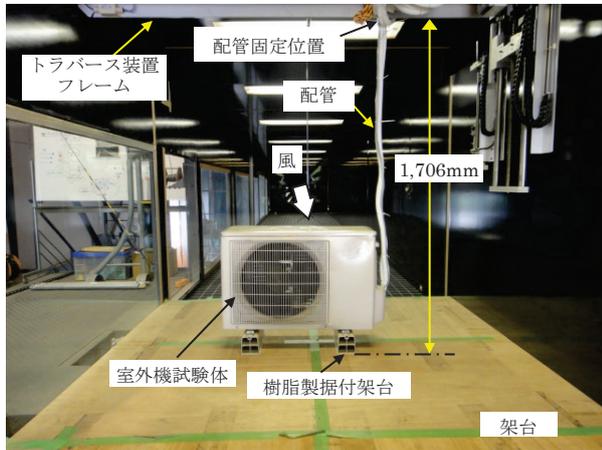


Photo. 1 室外機試験体設置状況

2.3 実験結果

バルコニー床に設置する空調室外機の風による挙動について風洞実験結果から以下のような傾向が分かった。各実験ケースにおける室外機の挙動をPhoto. 2~Photo. 4に示す。

① 室外機正面から風を受ける場合(風向0度)

- ・ 室外機は配管側が重いため、配管側を軸として風下側に回転し始める。(Photo. 2 ②)
- ・ 室外機は風向きにほぼ平行になるまで回転し、そのまま風下側にスライドする。(Photo. 2 ③)
- ・ 室外機につながっている配管が伸びきると、架台が浮き上がり転倒する。(Photo. 2 ④, ⑤)
- ・ 風速が高くなるにつれて室外機に浮力が作用し持ち上がってくる。(Photo. 2 ⑥)

② 室外機側面(ファン側)から風を受ける場合(風向90度)

- ・ 室外機が風下側に滑り始め、配管が伸びきるまでスライドする。(Photo. 3 ②)
- ・ 配管が伸びきると、配管側を軸として風下側に回転し、回転の勢いで転倒する。(Photo. 3 ③~⑤)
- ・ 室外機に浮力が作用し持ち上がってくる。(Photo. 3 ⑥)

③ 室外機側面(配管側)から風を受ける場合(風向270度)

- ・ 室外機が風下側に滑り始め、配管が伸びきるまでスライドする。(Photo. 4 ②)
- ・ 配管が伸びきった状態でさらに風下側にスライドするため、配管側が浮き上がり転倒する。(Photo. 4 ③~⑥)
- ・ 実験ではスライドし始める平均風速は28m/s程度となり、重量の軽いファン側から風を受ける場合に比べてスライドが始まる平均風速が高いことがわかる。

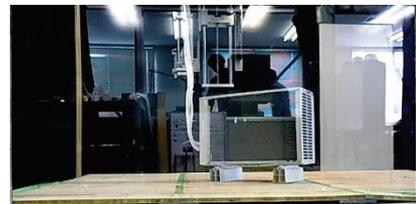
① 実験開始.



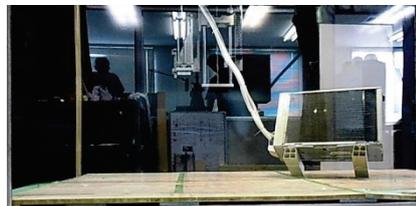
② 室外機は配管側が重いため、配管側を軸として風下側に回転し始める。(平均風速; 13~15 m/s)



③ 室外機が風向にほぼ平行になるまで回転(平均風速; 18 m/s)



④ 配管が伸びきると、バランスを崩して据付架台が浮き上がる。(平均風速; 20 m/s)



⑤ 転倒。(平均風速; 20 m/s)



⑥ 風速が高くなるにつれて室外機に浮力が作用し持ち上がってくる。(平均風速; 29 m/s)

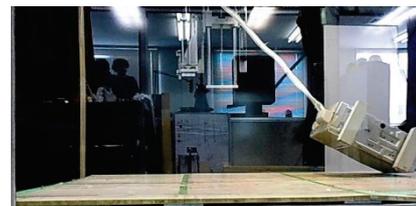
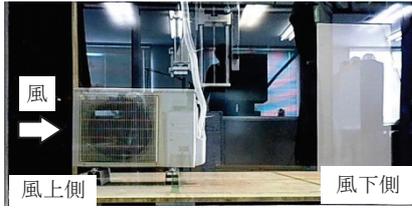
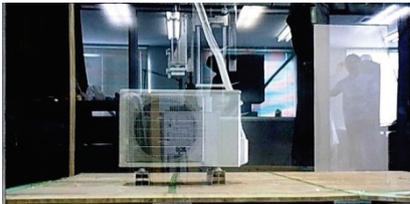


Photo. 2 室外機の風による挙動(風向0度; 正面)

①実験開始.



②配管が伸びきるまで風下側にスライドする。
(平均風速 ; 25~27 m/s)



③配管が伸びきると配管側を軸として風下側に回転。
(平均風速 ; 27 m/s)



④回転の勢い及び風圧により風下側に押され、バランスを崩す。(平均風速 ; 27 m/s)



⑤転倒。(平均風速 ; 27 m/s)



⑥室外機に浮力が作用し、風上側が持ち上がった状態。
(平均風速 ; 27 m/s)

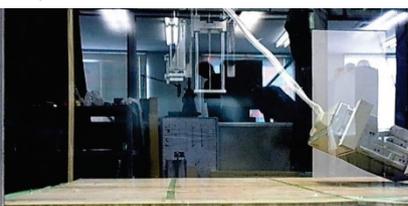
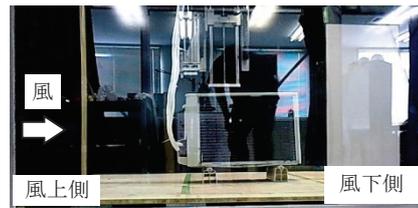
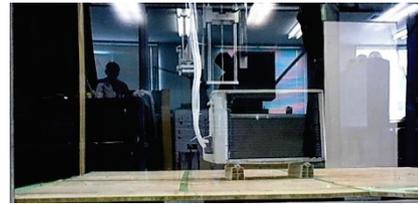


Photo. 3 室外機の風による挙動(風向 90 度; 側面/ファン側)

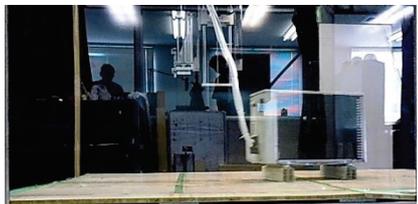
①実験開始.



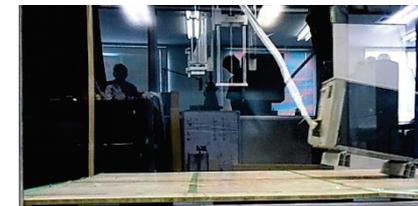
②風圧により室外機が風下側にスライド。
(平均風速 ; 28 m/s)



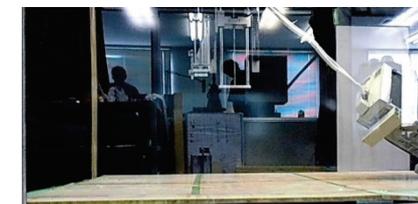
③配管が伸びきる所までスライド。(平均風速 ; 29 m/s)



④配管が伸びた状態でさらに風下側にスライドすると、
室外機配管側が浮き上がる。(平均風速 ; 29 m/s)



⑤室外機に浮力が作用し、配管側がさらに持ち上がり、
バランスを崩す。(平均風速 ; 29 m/s)



⑥転倒。(平均風速 ; 29 m/s)



Photo. 4 室外機の風による挙動(風向 270 度; 側面/配管側)

3. バルコニー内における風の性状把握

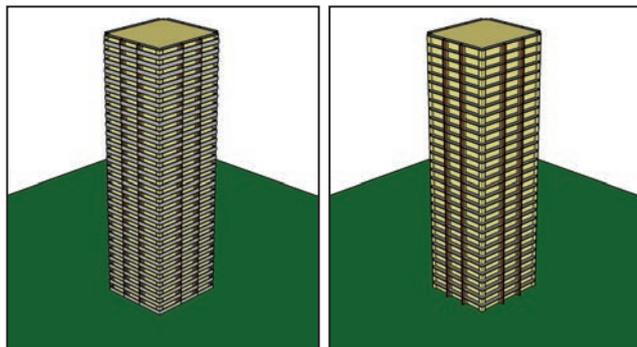
コンピューターシミュレーションによりバルコニー内の風の性状（風速や風向）について把握した。

3.1 解析プログラム

解析は3次元熱流体解析プログラム STREAM for Windows Ver. 9.0（ソフトウェアクレイドル社製）を使用した。このプログラムは有限体積法を用いて流体基礎方程式を離散化して流れの解析を行っている。

3.2 解析モデル／解析風向／解析ケース

平面形状が矩形（幅×奥行き：25m程度）で30階建ての高層集合住宅（建物高さ：90m）を想定した。また、バルコニー手摺の立ち上がり（バルコニー床から高さ1,500mmに設定）をコンクリートやガラスパネルのような風が抜けにくいタイプと格子手摺のような風が抜けやすいタイプの2種類とした。さらに、建物隅角部をバルコニーが回る部分を1カ所、その他は回らない状態とした。解析モデル及び解析風向をFig.4～Fig.5に示す。解析は、2種類の解析モデルに対して3風向の計6ケースとした。



バルコニー手摺 (コンクリート/ガラスパネル想定) バルコニー手摺 (格子手すり想定)

Fig. 4 解析モデル

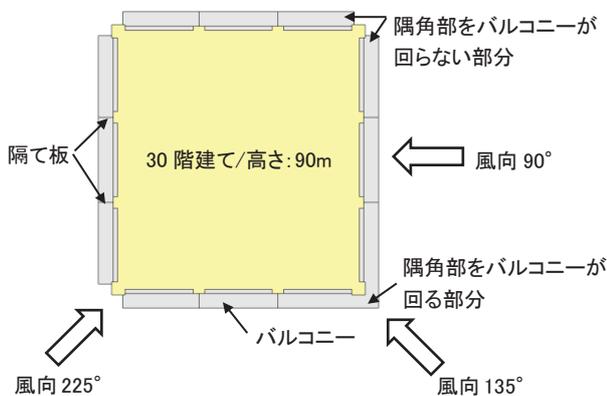


Fig. 5 解析モデルと解析風向

3.3 解析気流

地表付近の風は、地表面の粗度の影響を受け、上空の風速より小さくなる。この風速変化は、風速の鉛直分布とよばれ(1)式に示す指数則で表わされる。

$$U_H = U_Z \times \left(\frac{H}{Z}\right)^\alpha \quad (1)$$

ここで、

U_H ：高さHの平均風速 (m/s)

U_Z ：高さZの平均風速 (m/s)

α ：べき指数

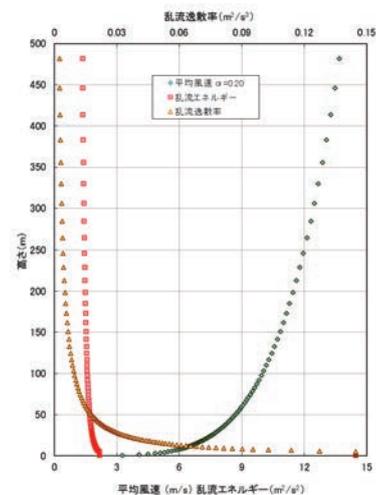


Fig. 6 流入風速のプロファイル

建築物荷重指針・同解説^{※1}では周辺地域の地表面の状況に応じて風速の鉛直分布(1)式のべき指数 α の値をTable 2のように定めている。高層集合住宅が中層建築物(4～9階)が主となる市街地(地表面粗度区分Ⅲ)内に建設されることを想定し、指針に示されているべき指数 $\alpha=0.2$ となるように解析気流を設定した。解析概要および境界条件をTable 3に、流入風速のプロファイルをFig.6に示す。

Table 2 地表面粗度区分

粗度区分	建設地および風上側地域の地表面の状況	代表例	べき指数 α
I	海面または湖面のような、ほとんど障害物のない地域	海岸や海上	0.1
II	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木・低層建築物などが散在している地域	田園地帯など	0.15
III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物(4～9階)が散在している地域	都市周辺の住宅地、工業地帯、森林地帯	0.2
IV	中層建築物(4～9階)が主となる市街地	地方中心都市の市街地	0.27
V	高層建築物(10階以上)が密集する市街地	東京、大阪などの大都市の中心市街地	0.35

Table 3 解析概要および境界条件

計算コード	STREAM for Windows Ver.9.0 Stsolver_Bx64net.exe 1109.20300.20110616 Stsol_Sx64net.dll 1509.21301.20110622 Stusr_Sx64net.dll 1509.22301.20110622
離散化アルゴリズム	有限体積法
計算アルゴリズム	SIMPLEC法
空間差分	風速(u,v,w)の移流項 3次精度(QUICK) その他 1次精度(風上差分)
乱流モデル	MP k-ε モデル(Lkmodel)
計算領域	X×Y×Z = 300m×300m×300m
計算格子数	Nx×Ny×Nz = 370×370×220
最小格子幅	dx = 0.25m, dy = 0.25m, dz = 0.5m
最大格子幅	dx = 2.9m, dy = 2.9m, dz = 18.9m
流入境界	$u(z) = u_0(z/H)^\alpha$ (Fig.6参照) $v = 0\text{m/s}, w = 0\text{m/s}$ k, ϵ (Fig.6参照) $u_0^* = 10.0\text{m/s}, \alpha = 0.20$ ※高さ100mにおける流入風速
流出境界	流入境界と同じ(流速規定)
上空面境界	Free Slip
地表面境界	Log-Law
壁面境界	Log-Law

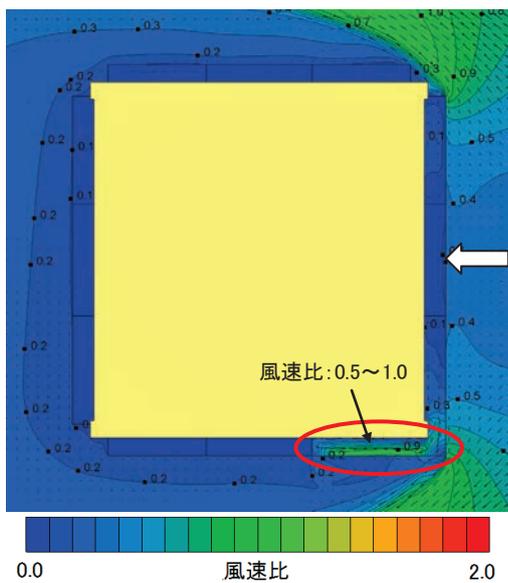
3.4 解析結果

低層階(5階)と高層階(25階)のバルコニー内の風の性状(風の強さと風向き)を風速比コンターベクトルして表示した。風の強さは、風速比(建物高さ(90m)における流入風速に対する比)として(2)式より求めたコンターで表わし、風向きは矢印で表示している。解析結果(バルコニー床から0.5m高さの値)をFig.7~Fig.10に示す。

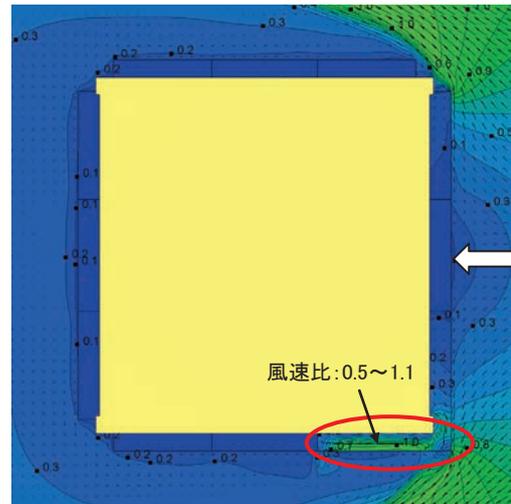
$$\text{風速比}(R) = \frac{\text{バルコニー高さにおける風速(m/s)}}{\text{建物高さ(90m)における流入風速(m/s)}} \quad (2)$$

①バルコニー立ち上がり; コンクリート/ガラスパネル
 ・バルコニー立ち上がりにコンクリートやガラスパネルを採用している場合、バルコニー床面上を風が吹き抜けにくい状態にある。しかし、隅角部を回るバルコニー部分では、低層階~高層階まで各階の他の場所のバルコニー内に比べて風の強さが強くなる(風速比 0.5~1.1の範囲)傾向がある。

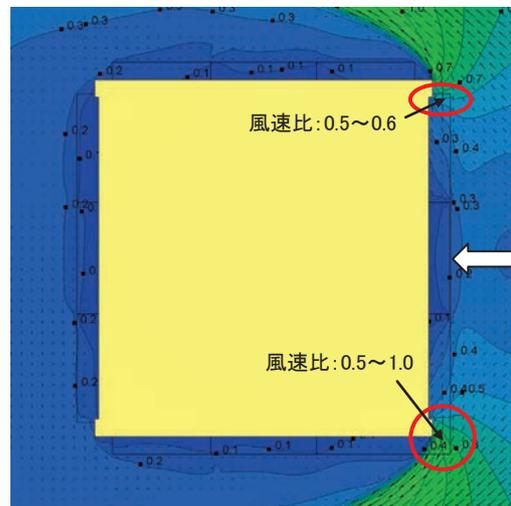
②バルコニー立ち上がり; 格子手摺
 ・バルコニー立ち上がりに格子手摺を採用している場合、バルコニー床面上を風が吹き抜けやすい状態にある。よって、バルコニーのタイプ(隅角部を回る場合も回らない場合も)に関わらず隅角部付近では低層階~高層階まで各階の他の場所のバルコニー内に比べて風の強さが強くなる傾向がある。
 ・隅角部を回る部分のバルコニーの風の強さ(風速比 0.5~1.1の範囲)は、隅角部を回らないバルコニーの強さ(風速比 0.5~0.9の範囲)に比べて強くなる傾向にある。



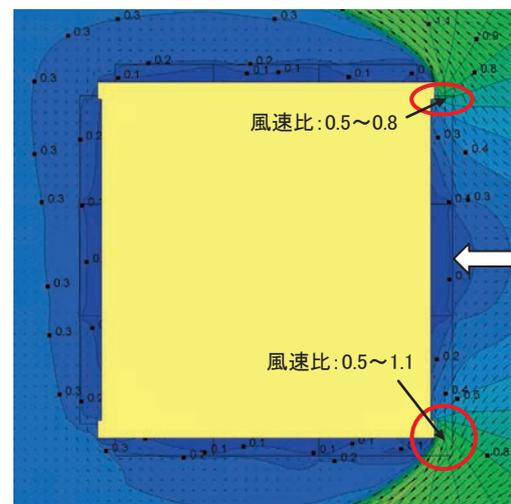
<風向; 90° /高さ; 5FL+0.5m>
 Fig.7 風速比コンターベクトル図



<風向; 90° /高さ; 25FL+0.5m>
 Fig.8 風速比コンターベクトル図
 (バルコニー立ち上がり; コンクリート/ガラスパネル想定)



<風向; 90° /高さ; 5FL+0.5m>
 Fig.9 風速比コンターベクトル図



<風向; 90° /高さ; 25FL+0.5m>
 Fig.10 風速比コンターベクトル図
 (バルコニー立ち上がり; 格子手摺想定)

4. まとめ

高層集合住宅のバルコニー床に設置するエアコン室外機の風による挙動やバルコニー内の風の強さについて風洞実験やコンピューターシミュレーション結果から以下のことがいえる。

<バルコニー内の風の強さ>

シミュレーション結果を踏まえ、バルコニー内で風が強くなりやすいと予測される場所は、建物低層階～高層階の Fig. 11 の範囲（斜線部分）であることがわかった。

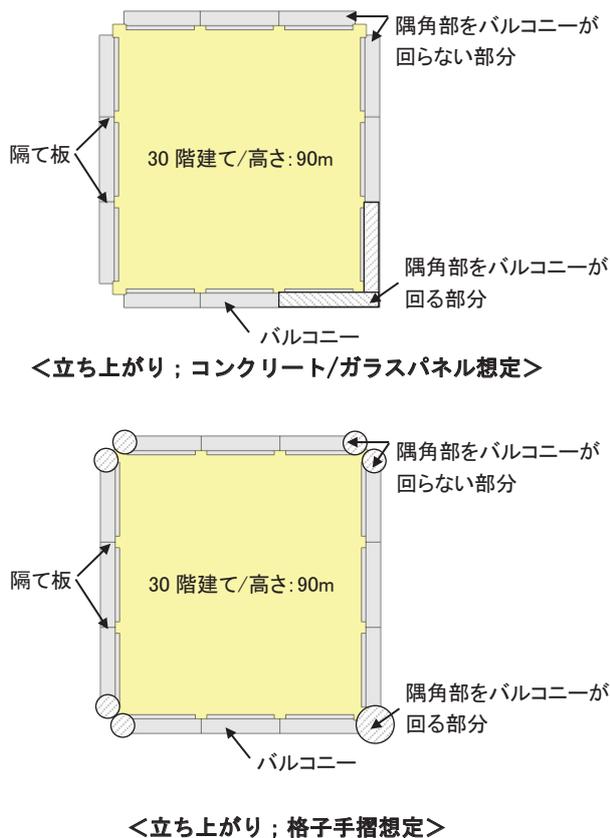


Fig. 11 バルコニー内で風が強くなりやすいと予測される場所

<エアコン室外機の風による挙動>

実験結果から、どの風向きでも配管が伸びきった状態になると室外機が転倒し、さらに風速が強くなると室外機に浮力が作用し持ち上がってくるのがわかった。室外機配管は壁面に沿って取り付けられ、配管カバーによって固定されるが、風洞実験結果からわかるように室外機が回転やスライドすることにより配管が引っ張られ、カバーが外れることも十分考えられる。

<室外機の転倒・浮き上がり防止対策>

以上の結果を踏まえ、室外機の転倒・浮き上がり防止として、Fig. 11 に示すバルコニー内で風が強くなりやすいと予測される範囲内については室外機配管側が動かないよう、Fig. 12 に示すようにステンレスワイヤーロープ等の一端を配管側据付台などに固定し、他端をバルコニー外壁に固定するなどの対策例が挙げられる。

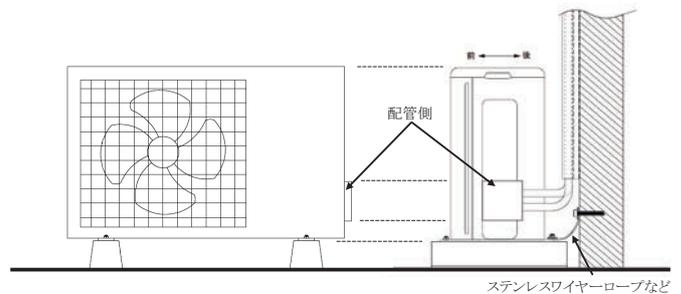


Fig. 12 室外機の転倒・浮き上がり防止対策

謝辞

本研究を実施するに当たり、ご協力いただいた設計本部並びに首都圏支店の関係者各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，pp. 21-22，2004 年版

Behavior of the air conditioning outdoor unit installed on the balcony floor caused by the strong wind

Noriaki WANIBUCHI, Hiroto SAKAMOTO, Seiichi SHIIKI and Masanao OWAKI

Abstract

It is assumed that a strong wind blows routinely on the high-rise floor of the apartment complex. However, an air conditioning outdoor unit sometimes may be installed on a balcony floor without fixing on it. Therefore we carried out a detailed investigation by the wind tunnel experiment and the numerical value simulation to grasp behavior of the air conditioning outdoor unit installed on the balcony floor caused by the wind and characteristic of the wind in the balcony. We report these contents in this report.

Keywords: Apartment complex, Balcony, Air conditioning outdoor unit, Fall rise phenomenon