

中高層建築物の共用部扉に加わる風圧力に関する研究

建築防災分野 井筒 清嗣

1.はじめに

中高層集合住宅の1階共用部にあるエントランス扉や駐輪場出入口では、開口部の両面が外部に面する等、通常とは異なる状況下に開口が配置される場合が多くある。このような共用部の開口部は一般の開口部と比較して面積も大きく、風荷重の検討が重要となる。本研究では中高層集合住宅をモデル化した縮尺模型を用いて、1階部分の壁面圧力を測定し、設計用風荷重の算定のためのピーク風力係数を求めるとともに、扉の設置位置によって異なる平均風力係数および変動風力係数と建設地域の気象データを用いて、扉の開閉不良の発生確率についての検討を行うことを目的としている。

2.実験概要

実験は大阪市立大学所属のエッフェル型境界層風洞実験施設で行った。実験模型は地上15階建ての集合住宅を想定し、縮尺1/200、B:D:H=210mm:60mm:230mmで作成した。実験気流は実際の状況として最も可能性の高い粗度区分を近似した勾配流を用いた。図1に実験模型の1階部分平面図、図2に実験模型見取り図と風向角図を示す。圧力測定は1階レベルでの中央部高さで、壁面16ヶ所の圧力測定孔を設置し測定を行った。風圧測定孔で発生する圧力は、外径1mm、内径0.5mm、長さ1,000mmのシリコンチューブを介して圧力センサーに接続し、圧力センサーではピトー管から得られる風洞内の静圧との差圧を測定した。実験のサンプリング周波数は200Hz、評価時間は12sec、測定時間は40秒間とした。一方実験風向は図1に示す方向に、11.25°間隔で0~360°まで計32風向で測定した。基準風速は模型の風上側約600mmの位置で建物頂部高さに風速を、熱線風速計を用いて測定した。

3.実験結果および考察

3.1 各測定点のピーク風力係数

各測定点の風力係数は外圧係数から内圧係数を引くことによって求められる。図3、4は長辺方向および妻側中央部の測定点のピーク外圧係数とピーク風力係数を示す。この図より、ピーク外圧係数にピーク内圧係数を考慮することによって最大値および最小値が大きくなっていることがわかる。この増分を評価すべき内圧とし

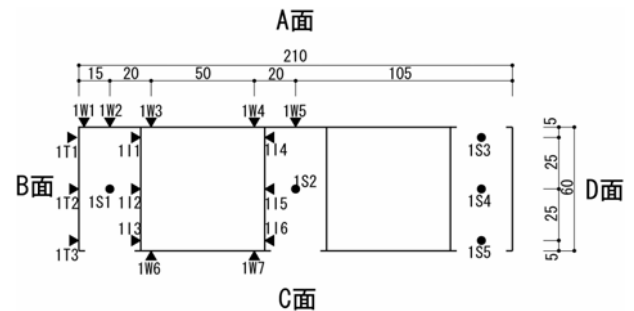


図1 実験模型1階部分平面図

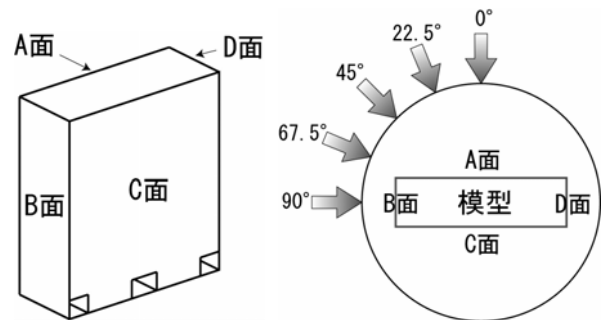


図2 実験模型見取り図と風向角図

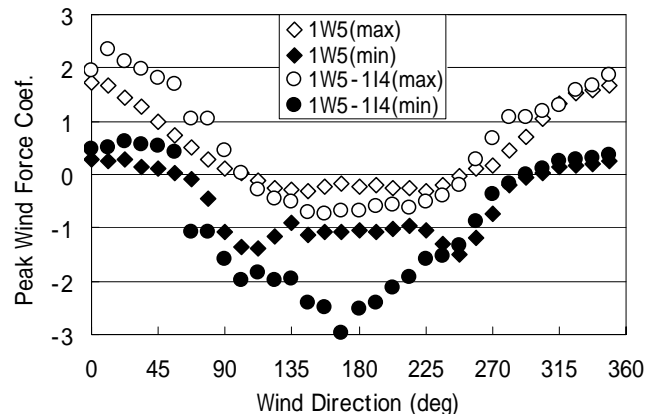


図3 1W5のピーク外圧係数とピーク風力係数

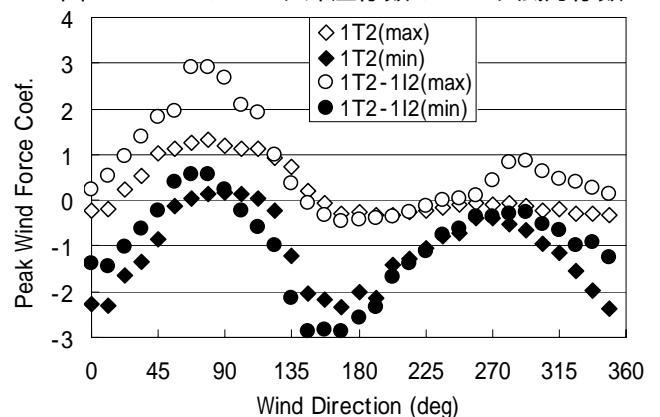


図4 1T2のピーク外圧係数とピーク風力係数

て、これを各風向において算定した。表 1 は評価すべき内圧を算定したものである。学会指針では卓越開口を持つ場合の見積もるべき内圧を 1.5 としており、今回の実験結果においてもほぼ同様な値となっており、外圧のピーク値に対して、内部圧力分を 1.5 程度割り増すことにより、ピーク風力係数を評価できるものと考えられる。

3.2 ピーク風力係数のガスト影響係数およびピークファクター

下式に従ってピーク風力係数をガスト影響係数およびピークファクターを用いて表す場合、どの程度の値となるかを算定した。その結果を図 5、6 に示す。

$$\hat{C}_f = \overline{C}_f \times G_f \dots (1)$$

G_f : 変動風力のガスト影響係数

$$\therefore G_f = \frac{\hat{C}_f}{\overline{C}_f} \dots (2)$$

\hat{C}_f : ピーク風力係数

$$\hat{C}_f = \overline{C}_f + g_f \times C_f' \dots (3)$$

g_f : 変動風力のピークファクター

$$\therefore g_f = \frac{(\hat{C}_f - \overline{C}_f)}{C_f'} \dots (4)$$

図 5、6 は長辺方向および妻側中央部の測定点でそれぞれ算定したガスト影響係数を示す。いずれの場合もガスト影響係数を約 2.0 とすることができると考えられる。ただし、風圧係数の平均値が 0 付近の場合はガスト影響係数が大きな値をとるが、ピーク風力係数を考える際には影響がないものとして考慮していない。

図 7、8 は長辺方向および妻側中央部の測定点でそれぞれ算定したピークファクターを示す。どちらの場合も一定した同じ値をとっているためピークファクターは 4.0 とすることができると考えられる。

3.3 外壁面とピロティ内部圧力との相関性

前項までのピーク風力係数は、外壁面の測定孔とピロティ内部の測定孔の時系列データより直接算定して求めたものである。ただ、通常の実設計物件の風洞実験では、このような内部まで再現することは少なく、時系列での測定も行われない。そこでピロティ内部の圧力は当然、ピロティ開口部で発生する圧力が伝達されることが予測されることから、ピロティ内部の圧力変動と、ピロティ開口の外側側の圧力変動の相関性が、どの程度あるかを調査した。

図 9、10 は中央部および端部のピロティに対して内部側と開口の外側側壁面にある測定点で、数風向での相互相関係数を調べたものである。いずれの場合も比較的

表 1 評価すべき内圧

	1W1	1W2	1W5	1T1	1T2	1T3
Ci(+)	0.65	0.91	0.62	1.19	1.56	1.06
Ci(-)	0.39	0.24	1.47	0.16	0.51	0.72

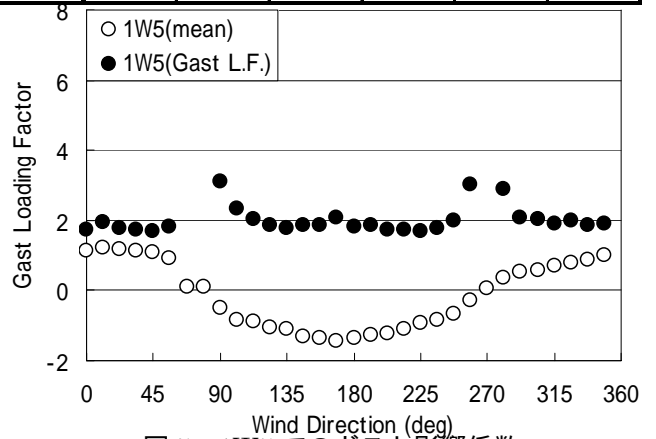


図 5 1W5 でのガスト影響係数

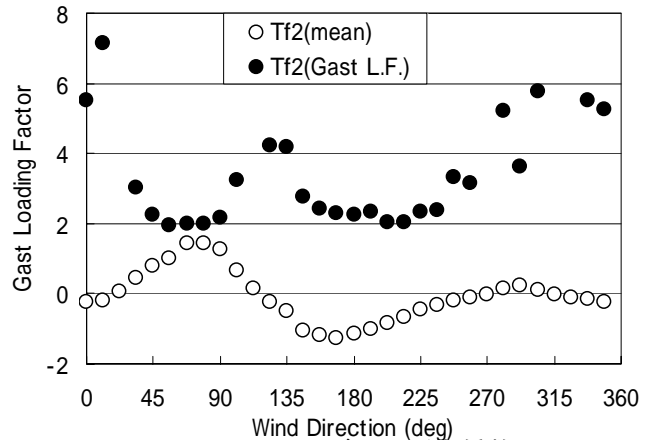


図 6 1T2 でのガスト影響係数

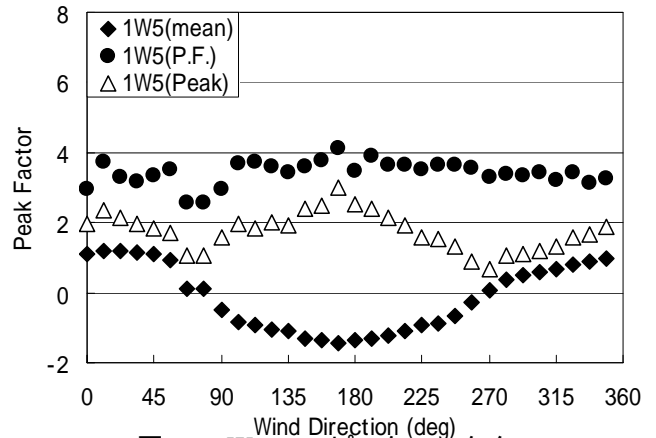


図 7 1W5 でのピークファクター

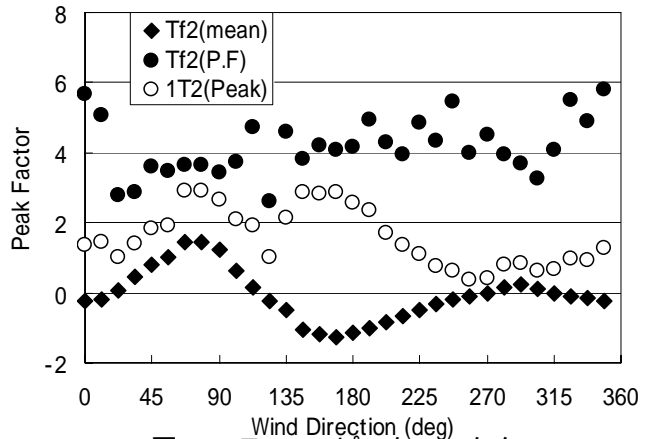


図 8 1T2 でのピークファクター

高い相関性を示しており、内圧をピロティ開口部の外圧で代用できることが予想される。

3.4 ピーク風力係数の算定

前項より内圧をピロティ開口部の外圧で代用できると考え、1T2における平均風力係数を1T2と1W6における平均風圧係数の差として評価し、これに3.2項で算出したガスト影響係数 2.0 を用いてピーク風力係数を算定した。

$$\bar{C}_{f_{1T2}} = \bar{C}_{p_{1T2}} - \bar{C}_{p_{1W6}} \dots (5)$$

\bar{C}_f : 平均風力係数 \bar{C}_p : 平均風圧係数

$$\hat{C}_{f_{1T2}} = \bar{C}_{f_{(1T2-1W6)}} \times G_f \dots (6)$$

\hat{C}_f : ピーク風力係数

図11にガスト影響係数を用いた1T2でのピーク風力係数を示す。この図によるとピーク風力係数が最も大きくなる部分ではほぼ同じ値を取っているが、平均風圧係数の絶対値が小さい部分では過小評価となっていることがわかる。

同様に、1T2における平均風力係数を1T2と1W6における平均風圧係数の差として評価し、2つの外圧が無相関であると考え、下式のように変動風力係数を評価し、これにピークファクター4.0を用いてピーク風力係数を算定した。

$$C'_{f_{(1T2-1W6)}} = \sqrt{C'_{p_{1T2}}{}^2 + C'_{p_{1W6}}{}^2} \dots (7)$$

C'_f : 変動風力係数 C'_p : 変動風圧係数

$$C_{f_{1T2}} = \bar{C}_{f_{1T2}} + C'_{f_{(1T2-1W6)}} \times g_f \dots (8)$$

図12にピークファクターを用いた1T2でのピーク風力係数を示す。この結果によるとどの風向でも精度良くピーク風力係数を評価できていることがわかる。

3.5 扉の開閉不良に関する検討

扉に加わる風圧力は

$$P(a) = q \times C_f(a) \dots (9)$$

で定義される。そのとき、風圧力が扉に等分布にかかると仮定すると風圧力により発生する回転モーメントは

$$M_W = \int_0^W P(a) \times H \times x dx = \frac{1}{2} P(a) \times H \times W^2 \dots (10)$$

である。 H : 扉の高さ方向の寸法

W : 扉の横方向の寸法

また、建物頂部での風速 V_H を用いて表すと

$$P(a) = \frac{1}{2} \rho V_H(a)^2 \cdot C_f(a) \dots (11)$$

$$M_W = \frac{1}{4} \rho \cdot H \cdot W^2 \cdot C_f(a) \cdot V_H(a)^2 \dots (12)$$

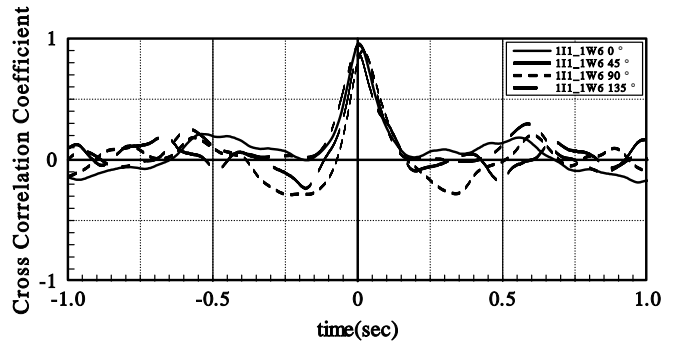


図9 1I1と1W6の相互相関係数

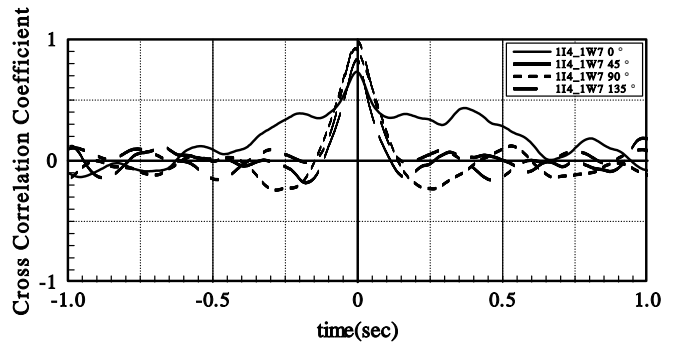


図10 1I4と1W7の相互相関係数

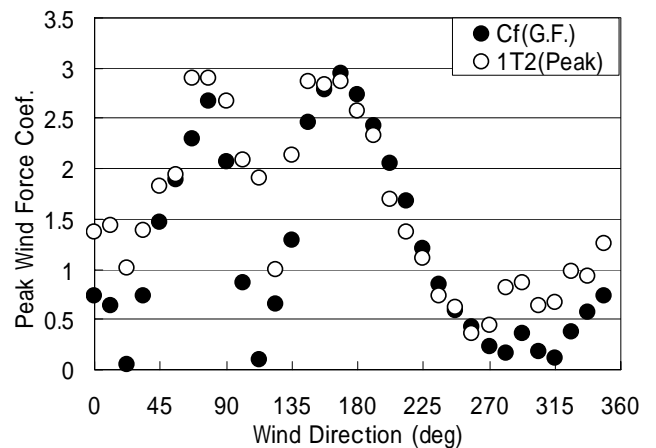


図11 ガスト影響係数を用いたピーク風力係数

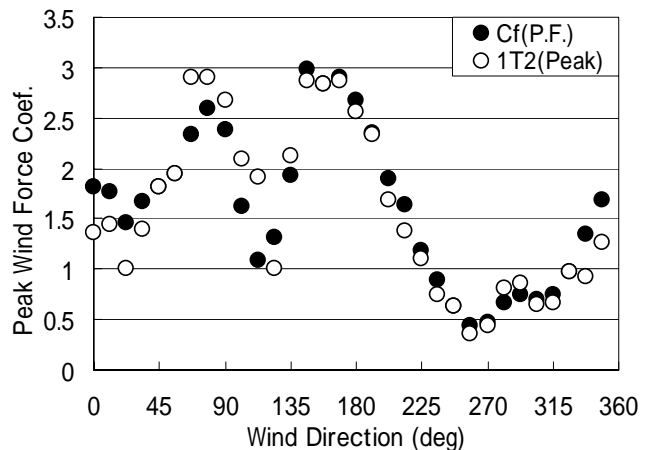


図12 ピークファクターを用いたピーク風力係数

ここで、建物頂部の風速 V_H を大阪管区気象台のデータを用いて気象観測点(地上高さ h)の風速 V_h に換算するには、

$$V_H(a) = V_h(a) \cdot \left(\frac{450}{h}\right)^{0.2} \cdot \left(\frac{H}{Z_G}\right)^\alpha \dots (13) \text{より}$$

$$M_w = \frac{1}{4} \rho \cdot H \cdot W^2 \cdot C_f(a) \cdot V_h(a)^2 \left(\frac{450}{h}\right)^{0.4} \cdot \left(\frac{H}{Z_G}\right)^{2\alpha} \dots (14)$$

扉に加わる回転モーメントがドアチェックの性能を上回る条件は $|M_w| \geq |M_o|$ であり、このときの風速を V_{cri} とすると

$$V_{cri}(a) \geq \sqrt{\frac{4M_o}{\rho \cdot H \cdot W^2 \cdot C_f(a)}} \left(\frac{h}{450}\right)^{0.2} \cdot \left(\frac{Z_G}{H}\right)^\alpha \dots (15)$$

この風速 V_{cri} 以上の風が発生する確率は

$$P(V_{cri}(a)) = \exp\left\{-\left(\frac{V_{cri}(a)}{C(a)}\right)^{K(a)}\right\} \dots (16) \text{となる。}$$

図 15、16 は大阪での開閉不良発生率を示す。この図の使用方法として、例えば建物の A 面が示す方角が SW と、決まっている場合にはこの図の SW の示す各扉位置での開閉不良発生率を見る。その中で開閉不良発生率が低いものほど実際に設計した際に開閉不良が起こる可能性が低いと考えられる。このように建物を設計する段階でこの解析結果を用いると事前に開閉不良の発生する可能性を軽減することができる。

4.まとめ

- ・ピーク風力係数を算定する際に、内圧係数としてピロティ内部圧力を用いる代わりにピロティ開口部付近の外圧を用いることができると考えられる。
- ・評価すべき内部圧力の係数の最も大きい値は、正圧および負圧に対してそれぞれ 1.5 前後の値となっており、学会指針にある卓越開口を持つ場合のピーク内圧係数 (-1.5) とほぼ同じ値となる。
- ・ピーク風力係数は、2 点の外壁面で得られる壁面データと、ガスト影響係数(2.0)もしくはピークファクター(4.0)を用いて算定することが可能である。ピークファクターを用いた場合、平均風力係数が小さい場合でも、ピーク風力係数の値は精度良く算定できる。
- ・今回の風洞実験結果と気象データから得られるワイブルパラメータを用いて、共用部扉の開閉不良の発生確率の算定が可能であり、実際の設計における重要なデータを導いた。

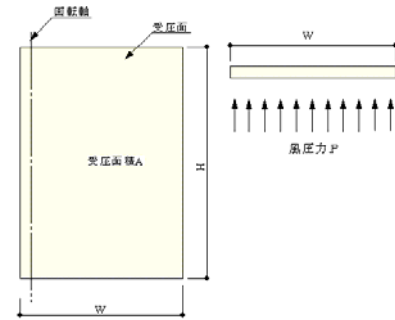


図 13 扉の見付け図

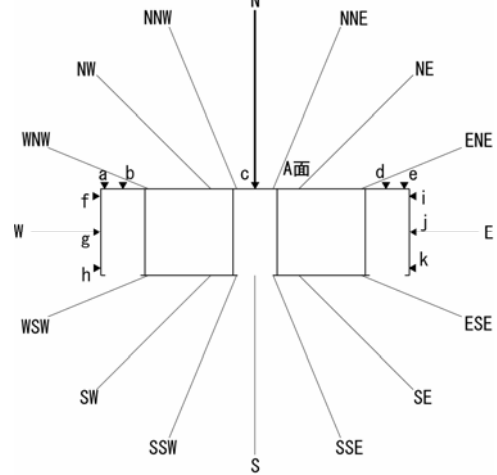


図 14 建物の配置方向と扉設置位置

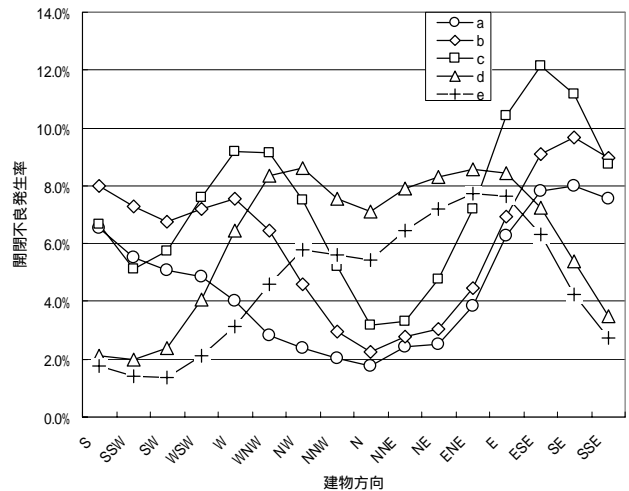


図 15 大阪での開閉不良発生率 1

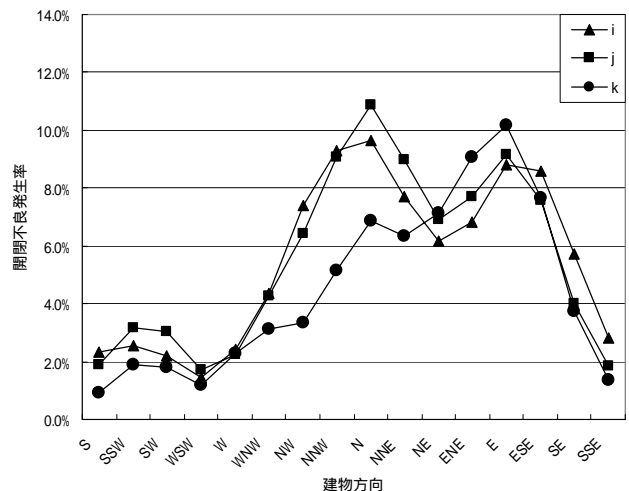


図 16 大阪での開閉不良発生率 2