

外壁面に開口部を有する生産施設機械室内のピーク内圧係数

Peak Internal Pressure Coefficients on the Inner Wall of the Machine Room of the Production Facility with Openings in the Outer Wall

山本 学 中島 慶悟
宮永 隆司 中山 かほる

要 約

一般に、生産施設の機械室の外壁面には、室内換気用の開口部が設置される。この外壁開口部を通じて外圧が機械室内に伝達するため、機械室の内壁には風荷重が作用する。しかし、内壁の風荷重算定に必要な機械室内のピーク内圧係数には不明な点が多く、機械室内壁の合理的な耐風設計が行えないのが実情である。本研究は、生産施設における機械室内のピーク内圧係数を風洞実験により調査することを目的としている。実験パラメータは、ピーク内圧係数に影響を及ぼす要因として、機械室の位置、外壁開口部の面積と開口率とした。実験の結果、機械室内のピーク内圧係数の72風向中の最大値は、開口面積比（＝有効開口面積／機械室外壁面積）が約2%を超えると、外壁開口位置のピーク外圧係数と概ね等しくなること、ピーク内圧係数の72風向中の最小値は、開口面積比0.4%～6%の実験条件では、機械室が中央位置の場合、ピーク外圧係数の72風向中の最小値に比べて14～20%、機械室が隅角位置の場合、同様に33～45%低減することなどを明らかにした。

目 次

- I. はじめに
- II. 外壁開口部に設置する通気性材料の流量係数
- III. 機械室内のピーク内圧係数
- IV. ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果
- V. おわりに

I. はじめに

生産施設の機械室の外壁面には、室内換気用の開口部を意図的に設けることが多い。屋外と機械室内が外壁開口部を介して通じている場合、機械室内に外圧が伝達するため、機械室の内部間仕切り壁（内壁）には外圧に起因する風荷重が作用する。Fig.1に機械室内壁の風荷重算定に必要なピーク風力係数の考え方を示す。機械室内壁に作用するピーク風力係数は、内壁の表面に作用する機械室内のピーク内圧係数と内壁の裏面に作用する建築物室内のピーク内圧係数との差により求める。このうち、建築物室内のピーク内圧係数については、現行の耐風設計基規準^{1),2)}により数値が規定されている。しかし、機械室内のピーク内圧係数は、建築物の外圧分布、機械室の位置、開口条件（開口部の面積、開口

数）および機械室の容積などの様々な影響を受けるため³⁾、その特性に不明な点が多く、耐風設計に有用なデータの蓄積が課題になっている。一方、外壁開口位置でのピーク外圧係数と機械室内のピーク内圧係数を比較すると、機械室内のピーク内圧係数は、外壁開口部での圧力損失や複数開口による

- $C_{pe \text{ peak}}$: 外壁開口位置でのピーク外圧係数
- $C_{pi \text{ M peak}}$: 機械室内のピーク内圧係数
- $C_{pi \text{ peak}}$: 建築物室内のピーク内圧係数
- $C_{f \text{ peak}}$: 機械室内壁のピーク風力係数(= $C_{pi \text{ M peak}} - C_{pi \text{ peak}}$)

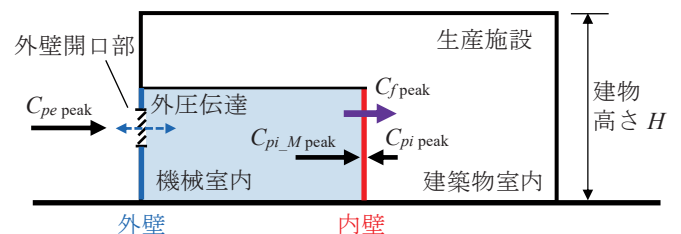


Fig.1 機械室内壁に作用するピーク風力係数の考え方
(Concept of Peak Wind Force Coefficient on the Inner Wall of the Machine Room)

キーワード : 生産施設, 機械室, 開口部, ピーク内圧係数, ピーク外圧係数, 風荷重, 風洞実験

Keywords : production facility, machine room, opening, peak internal pressure coefficient, peak external pressure coefficient, wind load, wind tunnel experiment

外圧の混合などにより、外壁開口位置でのピーク外圧係数に比べて低減することがわかっている^{4),5)}。耐風設計において機械室内のピーク内圧係数を評価する場合、この関係を利用して、安全側の評価になることを前提に、機械室内のピーク内圧係数に外壁開口位置でのピーク外圧係数を用いる考え方がある。しかし、外壁開口位置でのピーク外圧係数に対する機械室内のピーク内圧係数の低減効果を明らかにすることにより、機械室内壁の合理的な風荷重算定が可能になると考えられる。

本報告は、外壁面に開口部を有する生産施設の機械室を対象にして、機械室の位置、外壁開口部の面積と開口率をパラメータとした場合の機械室内のピーク内圧係数を風洞実験により調査することを目的としている。さらに、機械室内のピーク内圧係数と外壁開口位置のピーク外圧係数を比較することにより、ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の風圧低減効果を明らかにした。

II. 外壁開口部に設置する通気性材料の流量係数

1. 通風性試験方法

後述する風洞実験では、機械室の外壁開口部にガラリとプレフィルターを一体として考えた通気性材料を設置して機械室内の内圧の検討を行っている。そこで、風洞実験に先立ち、鹿島技術研究所の通風性試験装置を用いて、通気性材料の流量係数を確認した。流量係数 α は式(1)により算出した。

$$\alpha = \left(\frac{\rho U^2}{2 \Delta P} \right)^{0.5} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 ρ : 空気密度、 U : 試験体位置での平均風速(= Q/A)、
 Q : 通気量、 A : 通気面積 (通気性材料の面積)、
 ΔP : 通気性材料内外の圧力差

通気性材料の試験体は角孔を設けた板厚 0.2mm の真鍮板とし、面積は 20cm×20cm とした。Fig.2 に通気性材料の概要を示す。角孔幅は文献⁶⁾を参考にして、角孔の加工誤差が開口率に及ぼす影響が小さい 3mm とした。開口率 ε は 20, 30, 35 および 50% の 4 種類とした。試験体位置での平均風速 U は 0.4~2.2m/s で変化させ、サンプリング周波数は 1Hz、測定時間は 60 秒とした。角孔幅を代表長さとした場合のレイノルズ数は、 $8.2 \times 10 \sim 4.5 \times 10^2$ である。

2. 試験結果

Fig.3 に平均風速 U と通気性材料の流量係数 α の関係を示す。流量係数は、開口率の増加に伴い増加することがわかる。また、本試験の風速範囲では、風速の違いによる流量係数の差はほとんど見られなかった。流量係数 α は、開口率 $\varepsilon=20\%$ では約 0.17、 $\varepsilon=30\%$ では約 0.27、 $\varepsilon=35\%$ では約 0.31、 $\varepsilon=50\%$ では約 0.54 であった。

次に、Fig.4 に開口率 ε と通気性材料の流量係数 α の関係

を示す。参考として、図中に既往の研究^{6),7),8)}の値を示したが、本試験結果は既往の研究と整合している。

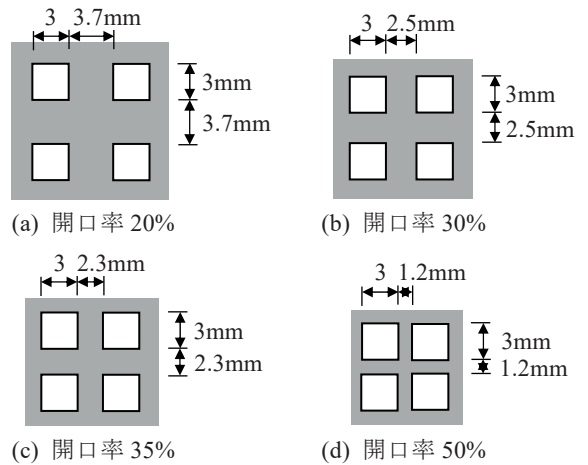


Fig.2 通気性材料の概要 (Outline of Breathable Material)

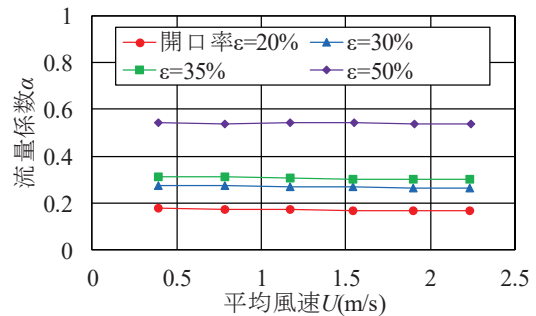


Fig.3 平均風速と流量係数の関係 (Relationships between Mean Wind Speed and Coefficients of Discharge)

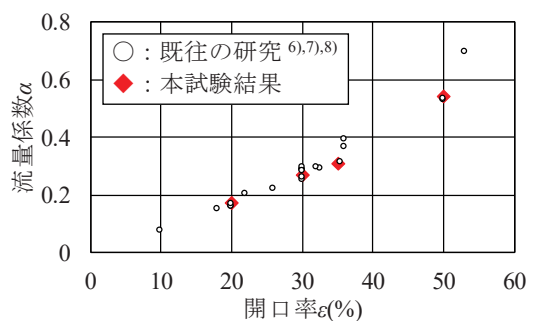


Fig.4 開口率と流量係数の関係 (Relationships between Opening Ratio and Coefficients of Discharge)

III. 機械室内のピーク内圧係数

1. 風洞実験方法

鹿島技術研究所の大型境界層風洞 (測定部断面 幅 4.5m×高さ 2.5m) を用いて、機械室内のピーク内圧係数を測定するために多点同時風圧測定実験を行った。Fig.5 に生産施設

を想定した建築物模型の概要を示す。想定した生産施設は見付幅 B を 60m, 奥行き D を 120m (辺長比 $D/B=2$), 高さ H を 20m (アスペクト比 $H/\sqrt{BD}=0.24$) とし, それを 1/100 の縮尺率で模型化した (模型寸法は $B=600\text{mm}$, $D=1200\text{mm}$, $H=200\text{mm}$)。機械室は幅 $b=20\text{m}$, 奥行き $d=10\text{m}$, 高さ $h=10\text{m}$ の容積 2000m^3 (模型寸法は $b=200\text{mm}$, $d=100\text{mm}$, $h=100\text{mm}$, 容積 0.002m^3) を想定したが, 式(2)に示す室内変動圧測定に関する容積比の相似条件⁹⁾に基づく, 代表長さ比 (縮尺率) $L_M/L_P=1/100$, 風速比 $U_M/U_P=1/2.45$, 実容積 $V_{OP}=2000\text{m}^3$ の条件では, 模型容積 V_{OM} は 0.012m^3 になる (想定容積 0.002m^3 の 6 倍)。そこで, 機械室模型の幅 b は 200mm で固定し, 奥行きを 300mm , 高さを 200mm に調整した。なお, 機械室模型は, 室内の設備などを再現していない。

$$\text{容積比 } \frac{V_{OP}}{V_{OM}} = \left(\frac{L_M}{L_P}\right)^3 \left(\frac{U_M}{U_P}\right)^{-2} \dots\dots\dots (2)$$

ここで, V_o : 容積, L : 代表長さ, U : 風速
添え字 P, M: それぞれ実物, 模型を表す

機械室模型は, Fig.5 に示すように建築物模型の短辺方向外壁に面するように設置した。機械室の外壁開口部は, Fig.6 に示すように風洞床面高さ 80mm (実寸法 8m 相当) に 2 箇所設けた。また, 開口部間の距離は 100mm (実寸法 10m 相当) とし, 開口部は建築物の柱間に 1 箇所の想定である。この機械室に関する実験パラメータは, 機械室位置, 開口条件である開口面積と開口率とした。機械室位置は, 内圧が外壁開口位置の外圧の影響を受けることを考慮して, 機械室を隅角位置 (隅角部からの距離 $X=0\text{mm}$) から中央位置 ($X=200\text{mm}$) に変化させた (Fig.5, 6 参照)。なお, 機械室が隅角位置 ($X=0\text{mm}$) の場合, Fig.6(b) に示すように隅角部側の開口部は, 建築物荷重指針²⁾に示された外壁面の負のピーク外圧係数の隅角部領域 (Wa 部) に位置する。その他の開口部は, 機械室位置 X にかかわらず全て一般部領域 (Wb 部) に位置する。開口面積 A は 200, 400 および 600mm^2 (実面積 2, 4 および 6m^2 相当) としたが, 開口部の幅は 20mm で固定し, 高さを 10, 20 および 30mm に変化させた (Fig.6(a), Table 1 参照)。開口率 ε は 20% と 35% とし, II 章で示した通気性材料を開口部に設置した。また, 参考として, 通気性材料を設置しない開口率 100% についても検討した。開口条件に関して, 機械室の外壁面積 ($b \times h = 20,000\text{mm}^2$) に対する有効開口面積 (=面積 $A \times$ 開口率 $\varepsilon \times$ 開口数 2) の比 (以下, 開口面積比 r と呼ぶ) で表すと, Table 1 に示すように $r=0.4\% \sim 6\%$ になる。機械室の内圧は内壁の各面に複数の風圧測定点を設けて測定したが, 実験値は測定位置による差がほとんど見られなかったため, 以下では代表点として Fig.7(a) に示す機械室内の風圧測定点 A (高さ $Z=40\text{mm}$) の結果を示す。また, 本実験では, 機械室内のピーク内圧係数との比較のため, 機械室の

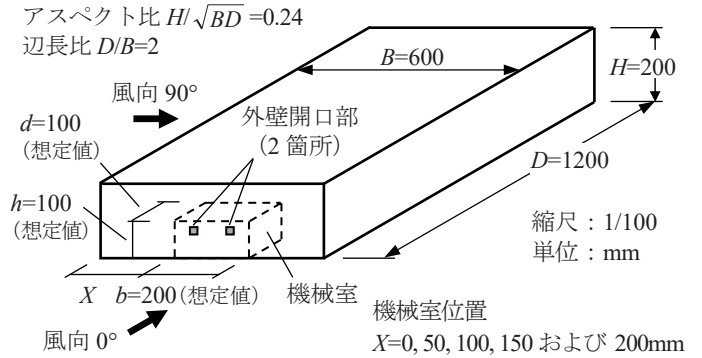


Fig.5 生産施設を想定した建築物模型の概要 (Outline of Production Facility Model)

Wa 部: 建築物荷重指針²⁾の負のピーク外圧係数の隅角部領域

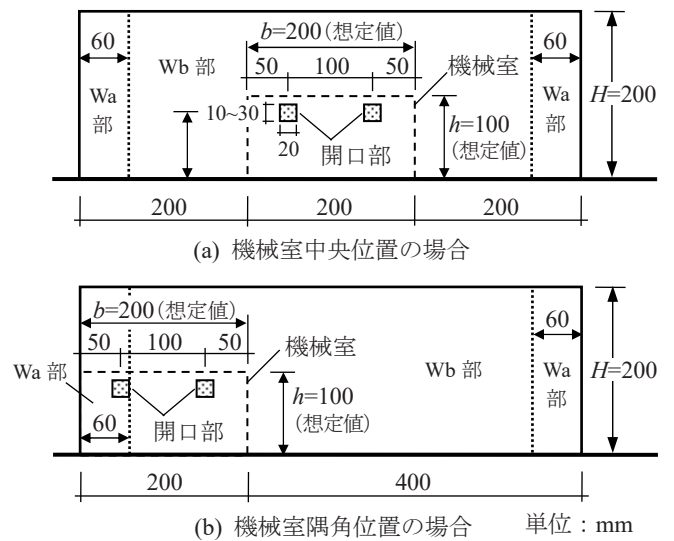
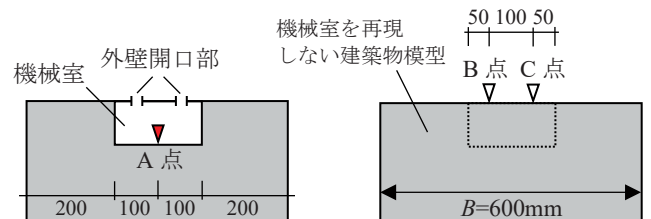


Fig.6 機械室模型の概要 (建築物短辺の立面図) (Outline of Machine Room Model)

Table 1 開口面積比 $r(\%)$ (Opening Area Ratio)

		開口率 $\varepsilon(\%)$		
		20	35	100
開口面積 $A(\text{mm}^2)$ [幅×高さ(mm)]	200 [20×10]	0.4	0.7	2.0
	400 [20×20]	0.8	1.4	4.0
	600 [20×30]	1.2	2.1	6.0



(a) 機械室内の風圧測定点 (b) 外壁開口位置の風圧測定点
Fig.7 風圧測定点位置 (平面図, 機械室中央位置の場合) (Wind Pressure Measurement Points)

外壁開口位置でのピーク外圧係数についても検討した。このピーク外圧係数は Fig.7(b)に示す機械室を再現しない建築物模型（基本角柱模型）において、外壁開口中心位置の風圧測定点 B, C での値とした。内圧や外圧の向きは、壁面を押す方向を正、壁面を引く方向を負と定義した。実験気流は Fig.8 に示す地表面粗度区分II²相当とした。実験風速は建築物高さ H で約 14m/s とし、実験の乱れの強さは建築物高さ H では 18.5%（建築物荷重指針²は 17.7%）、開口部高さでは 21.4%（同様に 21.3%）であった。実験風向は Fig.5 に示すように機械室の外壁面に正対する風向を 0° として、 5° 間隔の 72 風向とした。サンプリング間隔は 0.002s、データ個数は 65536 とし、実時間 90 分相当のデータを取得した。内圧および外圧データは導圧チューブを介したことによる変動成分の歪（振幅倍率と位相差）を補正している。ピーク内圧係数とピーク外圧係数は、Table 1 に示した開口部の大きさを考慮した実時間 0.25s の平均化時間で評価し、実時間 10 分相当の 9 個のアンサンブル平均で求めた。内圧係数と外圧係数は建築物高さ H での速度圧で無次元した。

2. 実験結果

(1) ピーク内圧係数の基本特性

Fig.9 に一例として、開口面積 $A=400 \text{ mm}^2$ 、開口率 $\varepsilon=20\%$ （開口面積比 $r=0.8\%$ ）の機械室隅角位置（ $X=0\text{mm}$ ）に関して、風向と機械室内の内圧係数（A 点）の関係を示す。また、風向と外壁開口位置の外圧係数（B, C 点）の関係についても示す。Fig.9(a)に示す機械室内の内圧係数の分布は、平均、正および負のピーク共に、Fig.9(b),(c)に示す外壁開口位置での外圧係数の分布と類似している。このことから、内圧係数は外壁開口部を通じて外圧の影響を受けていることが確認できる。また、正および負のピークについては、72 風向中の最大値および最小値を図中に示したが、ピーク内圧係数は正、負共に、ピーク外圧係数に比べて絶対値が小さい。特に、ピーク内圧係数の最小値 -1.54 は C 点のピーク外圧係数の最小値 -2.61 に比べて絶対値が大幅に小さい。以下では、この原因を内圧と外圧の時刻歴波形の様子から考察する。

Fig.9(a)においてピーク内圧係数の 72 風向中の最小値 -1.54 を示した風向 100° に注目して、機械室内の内圧係数と外壁開口部近傍の外圧係数に関して実 10 分間相当の時刻歴波形を Fig.10 に示す。なお、内圧と外圧の時刻歴波形の様子を比較するには、両者を同時測定する必要があるため、外圧は Fig.10 に示す外壁開口部近傍の風圧測定点 B', C'点とした。Fig.10(a)に示す内圧係数（A 点）は、時間 $t=7.1\text{s}$ で最小のピーク（図中の丸印）を示す。また、Fig.10(b) に示す B'点の外圧係数も内圧係数と同様に $t=7.1\text{s}$ で最小のピーク（図中の丸印）を示す。Fig.10(c)に示す C'点（隅角部側）の外圧係数についても、 $t=7.1\text{s}$ で負のピーク（図中の丸印）を示すが、このピーク値は図に示した時間内での最小値ではない。C'

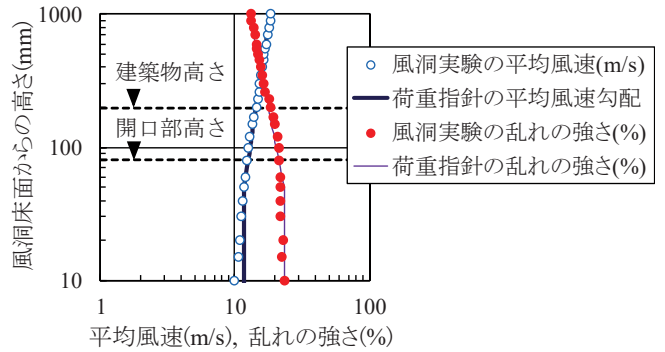
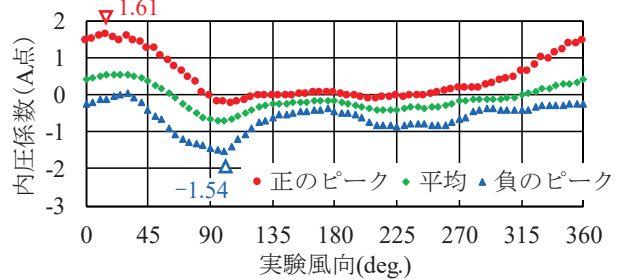
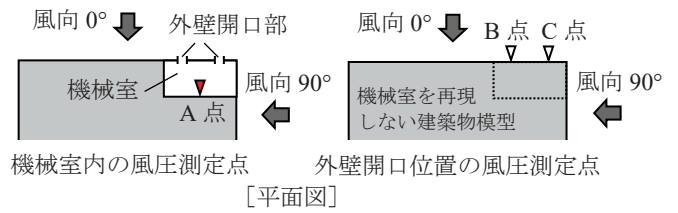
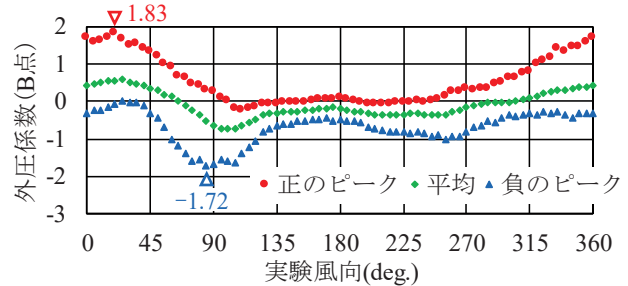


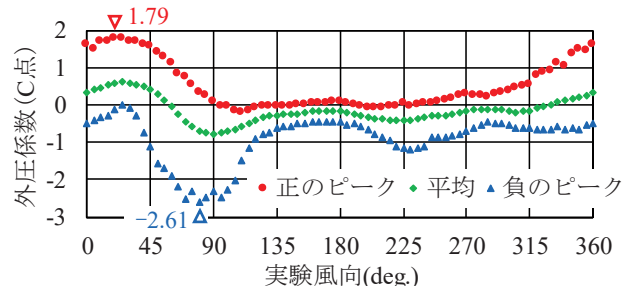
Fig.8 実験気流の鉛直分布 [地表面粗度区分II相当] (Wind Tunnel Flow)



(a) 機械室内の内圧係数（風圧測定点 A）



(b) 外壁開口位置の外圧係数（風圧測定点 B）



(c) 外壁開口位置の外圧係数（風圧測定点 C）

Fig.9 風向と風圧係数の関係 [開口面積 $A=400 \text{ mm}^2$ 、開口率 $\varepsilon=20\%$ 、機械室隅角位置] (Relationships between Wind Direction and Wind Pressure Coefficients)

点の外圧係数の最小のピークは、時間 $t=13.6s$ (図中の四角印) で発生しており、このピークは $t=7.1s$ のピークとは異なり、スパイク状の鋭い形状になっている。これは建築物の隅角部からの剥離により生じる局部負圧に起因するピークと考えられる。なお、B'点の外圧係数についても、 $t=13.6s$ でスパイク状の負のピークを示すが、B'点は隅角部から離れた位置にあるため、その絶対値はC'点に比べて大幅に小さい。一方、内圧係数には、 $t=13.6s$ でのスパイク状の負のピークは見られない。これは、内圧が外壁開口部に設置した通気性材料による外圧の圧力損失や 2 箇所の開口位置での外圧の混合などによる影響を受けたためと考えられる。以上の理由から、機械室内のピーク内圧係数の最小値は、外壁隅角部付近のピーク外圧係数の最小値に比べて大幅に絶対値が小さくなると思われる。

(2) ピーク内圧係数に及ぼす機械室位置の影響

Fig.11 に開口面積 $A=400\text{ mm}^2$ 、開口率 $\varepsilon=20\%$ (開口面積比 $r=0.8\%$) に注目して、機械室位置 X と機械室内のピーク内圧係数の 72 風向中の最大値 $C_{pi_M\text{ max}}$ および最小値 $C_{pi_M\text{ min}}$ の関係を示す。図中には外壁開口位置のピーク外圧係数の 72 風向中の最大値 $C_{pe\text{ max}}$ および最小値 $C_{pe\text{ min}}$ についても示した。また、参考として、建築物模型の外圧係数データを用いて、閉鎖型建築物と同様の内圧評価法³⁾で検討した $C_{pi_M\text{ max}}$ および最小値 $C_{pi_M\text{ min}}$ も図中に示す。ピーク内圧係数の最大値 $C_{pi_M\text{ max}}$ は、機械室の位置 X にかかわらず $1.5\sim 1.6$ であり、ピーク外圧係数に比べて小さい傾向を示す。一方、ピーク内圧係数の最小値 $C_{pi_M\text{ min}}$ は、機械室隅角位置の $X=0\text{ mm}$ では -1.5 であるが、 X の増加に伴い絶対値が減少し、機械室中央位置の $X=200\text{ mm}$ では -1.1 になる。これはピーク外圧係数の絶対値が X の増加、すなわち建築物外壁面の中央部に近づくほど減少することから、ピーク内圧係数は外壁開口部を通じて外圧の影響を受けていることが確認できる。また、ピーク内圧係数は、外壁開口部での圧力損失や機械室内での外圧の混合などにより、最大値、最小値共にピーク外圧係数に比べて絶対値が小さいことがわかる。なお、閉鎖型建築物と仮定して検討したピーク内圧係数については、最大値は実験値に比べて小さい傾向を示したが、最小値については実験値とほぼ対応する結果になった。

(3) ピーク内圧係数に及ぼす開口面積および開口率の影響

Fig.12 に開口率 $\varepsilon=20\%$ に注目して、開口面積 A と機械室内のピーク内圧係数の 72 風向中の最大値 $C_{pi_M\text{ max}}$ および最小値 $C_{pi_M\text{ min}}$ の関係を示す。ここでは、機械室隅角位置の $X=0\text{ mm}$ と中央位置の $X=200\text{ mm}$ に注目した。また、図中には外壁開口位置でのピーク外圧係数の 72 風向中の最大値 $C_{pe\text{ max}}$ と最小値 $C_{pe\text{ min}}$ についても示した。Fig.12(a),(b) に示すピーク内圧係数の最大値 $C_{pi_M\text{ max}}$ は、ピーク外圧係数の最大値 $C_{pe\text{ max}}$ に比べて値は小さいが、開口面積の増加に伴い値が

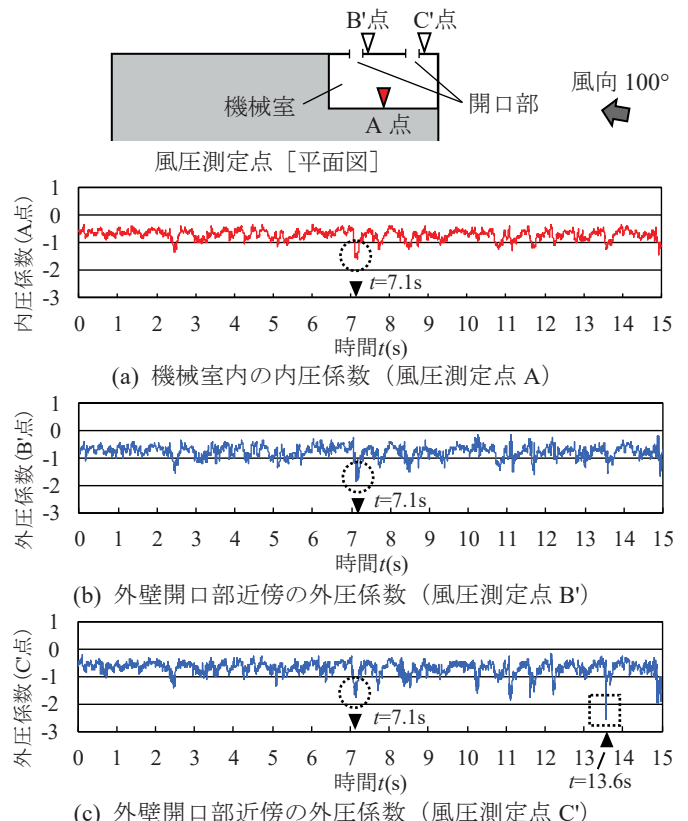


Fig.10 風圧係数の時刻歴波形 (実 10 分間相当)

[風向 100° 、開口面積 $A=400\text{ mm}^2$ 、開口率 $\varepsilon=20\%$ 、機械室隅角位置]
(Time History Waveform of Wind Pressure Coefficients)

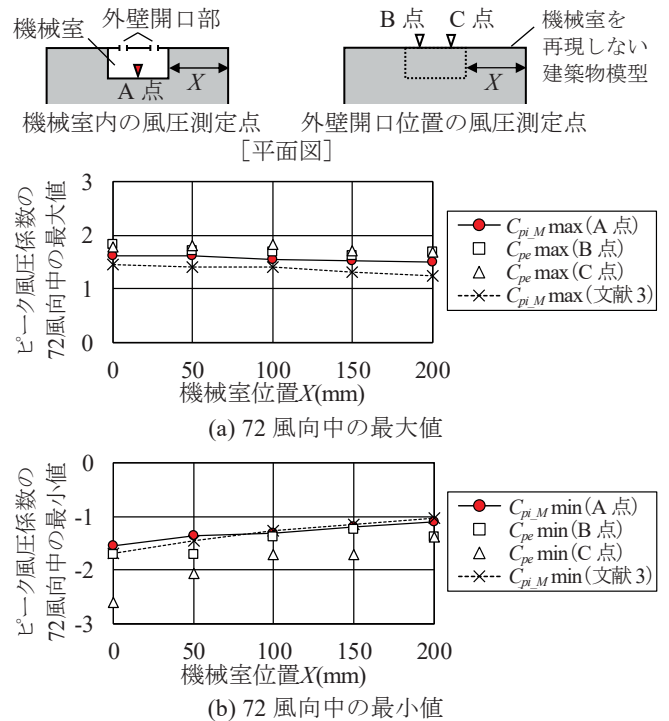


Fig.11 機械室位置とピーク風圧係数の関係

[開口面積 $A=400\text{ mm}^2$ 、開口率 $\varepsilon=20\%$]

(Relationships between Machine Room Position and Peak Wind Pressure Coefficients)

増加し、 $C_{pe\ max}$ に近づく傾向を示す。これは開口面積が大きいほど外圧が機械室内に伝達し易いためと考えられる。Fig.12(c),(d)に示すピーク内圧係数の最小値 $C_{pi_M\ min}$ についても、開口面積の増加に伴い絶対値が増加し、ピーク外圧係数の最小値 $C_{pe\ min}$ に近づく傾向が確認できる。また、機械室隅角位置の $C_{pi_M\ min}$ は、C 点の $C_{pe\ min}$ に比べて絶対値が大幅に小さいが、これは Fig.10 で述べたように、内圧には外圧で発生するスパイク状の負のピークが現れないことが原因と考えられる。

次に、Fig.13 に開口面積 $A=400\text{mm}^2$ に注目して、開口率 ε と $C_{pi_M\ max}$, $C_{pi_M\ min}$ の関係を示す。ピーク内圧係数に及ぼす開口率の影響についても、 $C_{pi_M\ max}$ および $C_{pi_M\ min}$ の絶対値が開口率の増加に伴い増加する傾向が見られた。特に、 $C_{pi_M\ max}$ は、開口率 100%で $C_{pe\ max}$ と概ね等しくなることがわかる。

以上より、機械室内のピーク内圧係数は、開口面積や開口率が大きいほど絶対値が増加することを確認した。

IV. ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果

1. ピーク風圧係数比の定義

ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果を定量的に確認するため、式(3)および式(4)に定義するピーク風圧係数比 R を求めた。ピーク外圧係数については、外壁開口位置 B 点と C 点の内、絶対値が大きい方とした。なお、このピーク風圧係数比 R は、機械室内壁の耐風設計の観点から、現行の耐風設計基規準^{1),2)}に規定されている外壁面のピーク外圧係数(全風向中の最大値および最小値)に乗じることで、機械室内のピーク内圧係数を推定可能な換算係数を想定している。

正圧部のピーク風圧係数比 R

$$R = \frac{\text{ピーク内圧係数の 72 風向中の最大値 } C_{pi_M\ max}}{\text{ピーク外圧係数の 72 風向中の最大値 } C_{pe\ max}} \quad \dots (3)$$

負圧部のピーク風圧係数比 R

$$R = \frac{\text{ピーク内圧係数の 72 風向中の最小値 } C_{pi_M\ min}}{\text{ピーク外圧係数の 72 風向中の最小値 } C_{pe\ min}} \quad \dots (4)$$

2. 機械室位置の影響

Fig.11 に示した開口面積 $A=400\text{mm}^2$ 、開口率 $\varepsilon=20\%$ (開口面積比 $r=0.8\%$) のデータに関して、機械室位置 X とピーク風圧係数比 R の関係を Fig.14 に示す。正圧部のピーク風圧係数比 R は、機械室位置 X にかかわらず 0.85~0.9 であり、ほぼ同等の値を示す。一方、負圧部のピーク風圧係数比 R は、機械室隅角位置の $X=0\text{mm}$ では 0.6 と最も小さい値を示すが、これは Fig.9, 10 で示したように、ピーク外圧係数の 72 風向中の最小値の絶対値が非常に大きいためである。負圧部の R

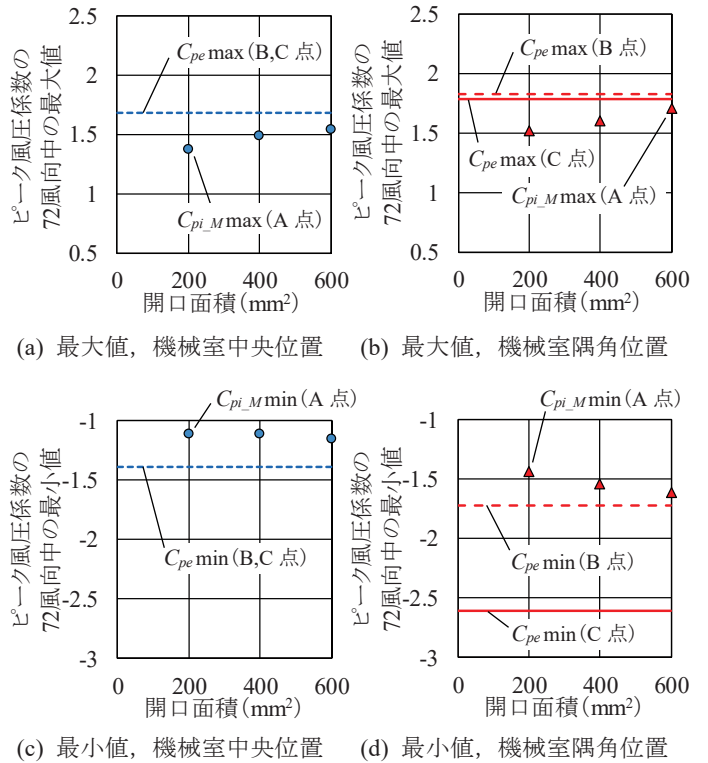


Fig.12 開口面積とピーク風圧係数の関係 [開口率 $\varepsilon=20\%$]

(Relationships between Opening Area and Peak Wind Pressure Coefficients)

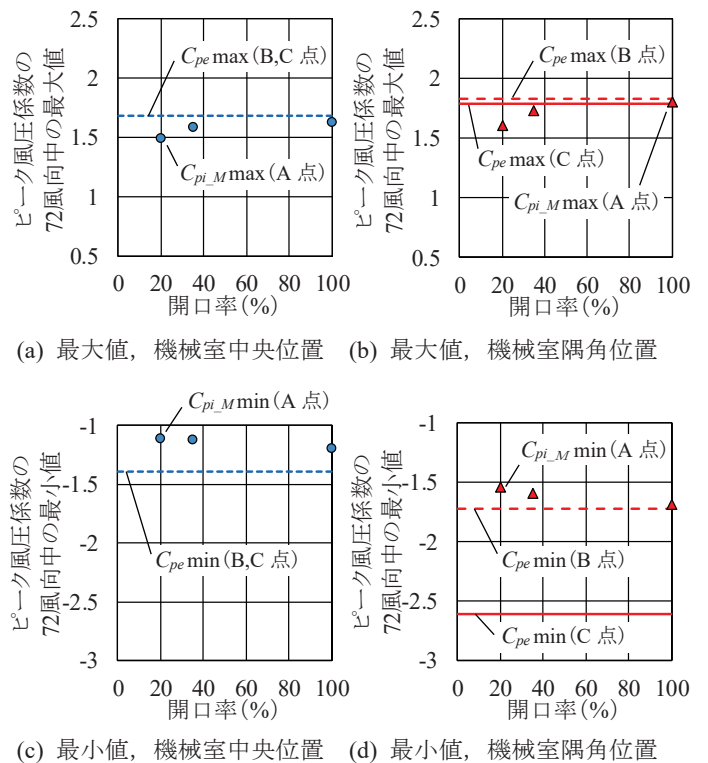


Fig.13 開口率とピーク風圧係数の関係 [開口面積 $A=400\text{mm}^2$]

(Relationships between Opening Ratio and Peak Wind Pressure Coefficients)

は、機械室位置 $X=50\text{mm}$ では 0.65, $X \geq 100\text{mm}$ では 0.7~0.8 と機械室が中央位置に近づくほど値が増加する傾向を示す。ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果は、正圧部では機械室位置による影響は小さいが、負圧部では機械室が隅角位置に近いほど大きいといえる。

3. 開口面積比の影響

Fig.12, 13 に示した開口面積や開口率をパラメータとしたデータに関して開口面積比 r で整理し、開口面積比 r とピーク風圧係数比 R の関係を Fig.15 に示す。ここでは、機械室隅角位置の $X=0\text{mm}$ と中央位置の $X=200\text{mm}$ に注目した。正圧部のピーク風圧係数比 R は、開口面積比 $r=0.4\%$ で 0.83 であるが、開口面積比の増加に伴い値が増加する。しかし、 $r > 2.1\%$ になると約 1 になり、ピーク内圧係数とピーク外圧係数が概ね等しくなる。また、機械室隅角位置と中央位置の値は、 $r=2\%$ 付近で若干の違いが見られるが、正圧部の R に及ぼす機械室位置の影響は小さいといえる。一方、負圧部のピーク風圧係数比 R は、機械室中央位置の場合、0.8~0.86 であり、実験範囲では開口面積比 r の違いによる差は小さい。また、機械室隅角位置の場合についても、開口面積比の増加に伴い値が増加する傾向が見られるが、実験範囲では 0.55~0.67 程度であり、開口面積比に対する R の変化は小さいといえる。負圧部の R に関して、機械室位置の違いを比較すると、機械室隅角位置の R は、中央位置に比べて 0.2 程度小さく、機械室隅角位置の方がピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果は大きい。また、正圧部と負圧部の R の比較から、ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果は、負圧部の方が正圧部に比べて大きいといえる。

V. おわりに

本報告では、生産施設の機械室内のピーク内圧係数に及ぼす機械室位置、外壁開口部の面積と開口率の影響を風洞実験により明らかにした。また、機械室内のピーク内圧係数と外壁開口位置でのピーク外圧係数との比較により、ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果を明らかにした。その結果、以下の知見が得られた。

- a. 機械室の外壁開口部に設置する通気性材料の流量係数を調査した結果、開口率 20% では約 0.17, 開口率 30% では約 0.27, 開口率 35% では約 0.31, 開口率 50% では約 0.54 であった。風洞実験では、この通気性材料を使用して検討を行った。
- b. 機械室内のピーク内圧係数に及ぼす機械室位置の影響を検討した結果、ピーク内圧係数は外壁開口部を通じて外圧の影響を受けること、外壁開口部の通気性材料による外圧の圧力損失や 2 箇所の開口位置での外圧が機械室内で混合される影響などにより、ピーク外圧係数に比べて低減することを確認した。
- c. 機械室内のピーク内圧係数に及ぼす外壁開口部の面積と開口率の影響を検討した結果、ピーク内圧係数は、開口面積や開口率が大きいほど、外圧が機械室内に伝達し易いため絶対値が増加することを確認した。
- d. ピーク外圧係数に対するピーク内圧係数の低減効果を定量的に確認するため、ピーク風圧係数比 R (=ピーク内圧係数の 72 風向中の最大値 (または最小値) / ピーク外圧係数の 72 風向中の最大値 (または最小値)) を検討した結果、正圧部の R は、機械室の位置によらず、開口面積比 (=有効開口面積/機械室外壁面積) が 2%未満

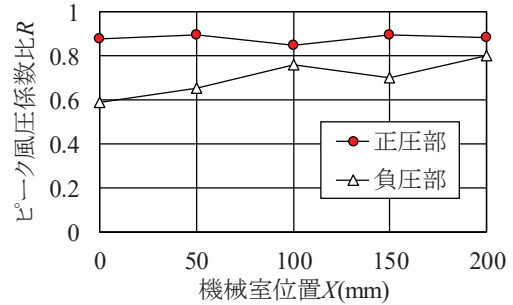
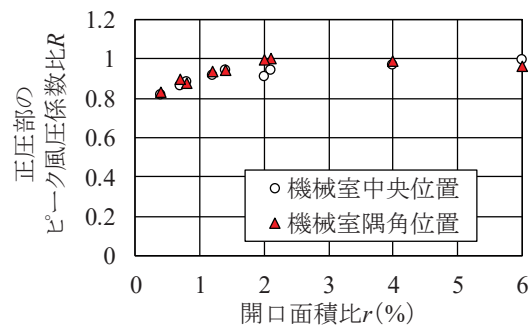
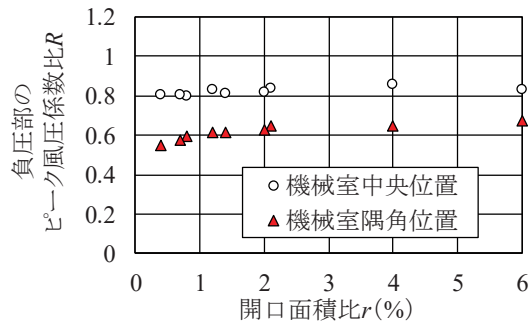


Fig.14 機械室位置とピーク風圧係数比の関係
[開口面積 $A=400\text{mm}^2$, 開口率 $\varepsilon=20\%$]

(Relationships between Machine Room Position and Peak Wind Pressure Coefficient Ratio)



(a) 正圧部



(b) 負圧部

Fig.15 開口面積比とピーク風圧係数比の関係
(Relationships between Opening Area Ratio and Peak Wind Pressure Coefficient Ratio)

では0.83~1.0(ピーク内圧係数はピーク外圧係数に比べて0~17%低減)であるが,約2%を超えると1(ピーク内圧係数はピーク外圧係数と同等)になることを明らかにした。

- e. 一方,負圧部の R は,実験範囲の開口面積比0.4%~6%では,機械室が中央位置の場合,0.8~0.86(ピーク内圧係数はピーク外圧係数に比べて14~20%低減),機械室が隅角位置の場合,0.55~0.67(同様に33~45%低減)になることを明らかにした。

謝 辞

通気性材料の通風性試験に際し,鹿島技術研究所 建築環境グループ 加藤主任研究員,弓野研究員に貴重な御意見を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 平成12年建設省告示第1454号,第1458号,2000.
- 2) 日本建築学会;建築物荷重指針・同解説,2015.

- 3) 日本建築学会;建築物荷重指針を活かす設計資料 2 - 建築物の風応答・風荷重評価/CFD適用ガイド,2017.
- 4) 日本建築学会;実務者のための建築物外装材耐風設計マニュアル,2013.
- 5) 日本建築学会;建築物の耐風設計資料 建築物外装材の耐風設計と耐風性能評価,2008.
- 6) 相原知子;博士学位論文 高層建築物の外壁に設置される通気性を有する外装材の設計用風荷重に関する研究,2018.
- 7) 相原知子ほか;風洞実験に用いる通気性材料の抵抗係数について,日本建築学会大会学術講演梗概集,2009.8, pp.119-120.
- 8) 植松康ほか;ポーラスな独立上屋の設計用風荷重に関する研究 その1 切妻・翼型・片流れ屋根の場合,膜構造研究論文集,2012, pp.63-70.
- 9) 喜々津仁密ほか;竜巻状気流発生装置を活用した低層建築物に作用する風力特性に関する基礎的研究,第21回風工学シンポジウム論文集,2010.12, pp.149-154.

Peak Internal Pressure Coefficients on the Inner Wall of the Machine Room of the Production Facility with Openings in the Outer Wall

Manabu Yamamoto, Keigo Nakajima, Takashi Miyanaga and Kahoru Nakayama

Generally, openings for indoor ventilation are installed on the outer wall surface of the machine room of a production facility. The external pressure is transmitted to the machine room through these outer wall openings, so that a wind load acts on the inner wall of the machine room. However, the inner wall of the machine room cannot be rationally designed for wind safety, because peak internal pressure coefficients in the machine room are not well understood. This study investigated the peak internal pressure coefficients in the machine room of a production facility by wind tunnel experiments. As factors that affect such coefficients, the experiment parameters were the machine room position, the opening area and the opening ratio of the outer wall opening. As a result, it was revealed that the maximum in 72 wind directions of the peak internal pressure coefficient was approximately equal to the peak external pressure coefficient at the outer wall opening position when the opening area ratio (= effective opening area/machine room outer wall area) exceeds about 2%, the minimum in 72 wind directions of the peak internal pressure coefficient was reduced by 14% to 20% compared to that of the peak external pressure coefficient at the machine room center position, and by 33% to 45% at the machine room corner position under the experimental condition of opening area ratio of 0.4% to 6%, and so on.