

# 工場建家の換気に関する風洞実験

—ピロティを有する工場建家におよぼす外部風の影響—

西岡利晃

渥美勝利  
(本社建築本部設備部)

中原信生  
(本社建築本部設備部)

## Wind Tunnel Tests on Mechanical Ventilation of Factory Building —Influence of Wind on Factory Building Having Pilotis Spaces—

Toshiaki Nishioka Katsutoshi Atsumi  
Nobuo Nakahara

### Abstract

This paper describes wind tunnel tests performed to examine the influence of wind on a mechanically ventilated two-story factory building. Air enters through vents in the walls of the lower (ground) floor and then passes up through gratings into the upper (main) working floor. Outgoing air removed forcibly through openings in the ceiling must be cleaned to prevent excessive atmospheric pollution. The pressure distribution on the building is measured with a 1/1000 model including neighboring buildings and the pressures in both stories ventilated mechanically are examined with a 1/200 model. The measurements show the pressure distribution on the building to be more flat than for one without surrounding buildings. As a result, a method of lowering influence of wind and an experimental equation for estimating the indoor pressure necessary to prevent reverse flow of air from the ground floor wall vents are obtained.

### 概要

本研究は、建家からの排気を浄化する必要のある工場で、床面から給気し、天井から強制換気する換気システム（第3種換気）に対する外部風の影響を検討するための風洞実験である。実験は1/1000模型を用い、周囲建物の影響を含めた当該建物の風圧分布の測定と1/200模型で、機械換気をした場合に、室内圧、ピロティ空間の圧力分布、側壁開口の流れ等に対する外部風の影響の測定とを行なった。前者より、周囲建物の存在により、当該建家の風圧分布は一様化し、その値も小さくなることが判明した。この結果より設定した風向のもとで行なった後者の測定より、外部風の影響を減殺しピロティ空間の圧力分布を一様にする方法と、側壁開口から建家の空気が逆流するのを防ぐのに必要な室内圧を求めるグラフ等を得た。

#### 1. はじめに

工場建家の換気は、従来、自然換気が主流であったが、近年大気汚染による環境破壊が看過し得なくなり熱と同時に大量の塵埃や有害ガスを発生する工場では建家からの排気も集塵、洗浄等の処理が義務づけられそれに伴い、機械換気の採用例が増えて来た。

機械換気では、処理風量や途中での圧力損失を極力低く押えることが重要であるが、工場建家の処理風量は大きくなりがちである。このため、給気口の設置を調整して室内の気流を均一にするとか、逆に局所的に

気流を強くしたりして、小さな風量で効率よく換気するための、自然換気とは異なる新たな課題が生じる。外部風に対しても、換気の駆動力として利用する度合が低くなり、むしろ機械による制御に対して外乱となるので、新たな面からの風洞実験が必要である。

本研究は、建家の排気を浄化する必要のある工場で、換気の効率を上げるため、床面から給気し、天井から排気する機械換気システムに対する外部風の影響を検討するための風洞実験である。工場は図—1のような断面をもち、短形の熱源が図の垂直方向（棟方向）に一定の間隔で2列に長く配列されている。外気を両側の

壁面開口から取り入れ、熱源廻りの床面から室内に給気する。排気は天井面、棟方向に連続して設けた排気口より吸引し、屋根上に設けたダクトで集塵機まで導く。研究の目的は、本システムで、局所的に熱や汚染物質の滞留が生じないように全ての床面給気口から均等な給気を確保し、強い外部風が存在しても、風下側開口から、室内の汚染した空気が流出しない設計方法を確立するためのデータを得ることを目的とする。

## 2. 実験概要

### 2.1. 方法

上記目的を達成するために、周囲建物の影響を含めた当該建物の風圧分布を検討する1/1000模型を用いた実験（以下‘実験Ⅰ’と称す）と、第3種機械換気を行った場合に、室内圧、ピロティ空間の圧力及び側壁開口の流れ等におよぼす外部風の影響を検討する1/200模型を用いた実験（‘実験Ⅱ’）の2つに別けて行なった。実験Ⅰによって、ある範囲の周囲建物及び当該建物の付属工作物の影響のもとに、当該建物の周囲、とくに開口設置予定部に形成される風圧をかなり詳しく検討し（圧力測定点=60点）、その結果より実験Ⅱの実験条件を抽出する。（写真-1、図-2参照）

実験Ⅱは、当該建家の一部を取り出し、かつ独立模型で、機械換気ができるように、側壁開口、ピロティ空間、床面給気口が設けられた模型を用いる。（図-3、4、5参照）実験Ⅰの結果より選定した外部条件下で、

機械換気を行ない、室圧内、ピロティ空間の圧力分布、壁面開口の流れ等を検討した。建物の規模に応じて、どのような大きさの風洞でも使用できるならば、1/100~1/200程度の大きさの模型を用い、両方の実験を合

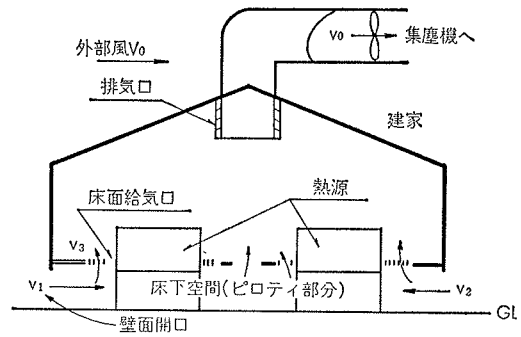


図-1 建家断面と換気系統図

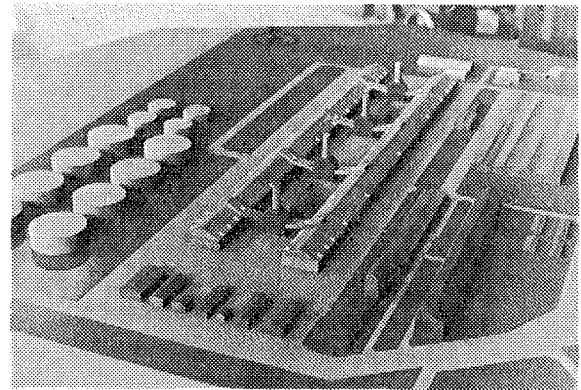


写真-1 1/1000模型

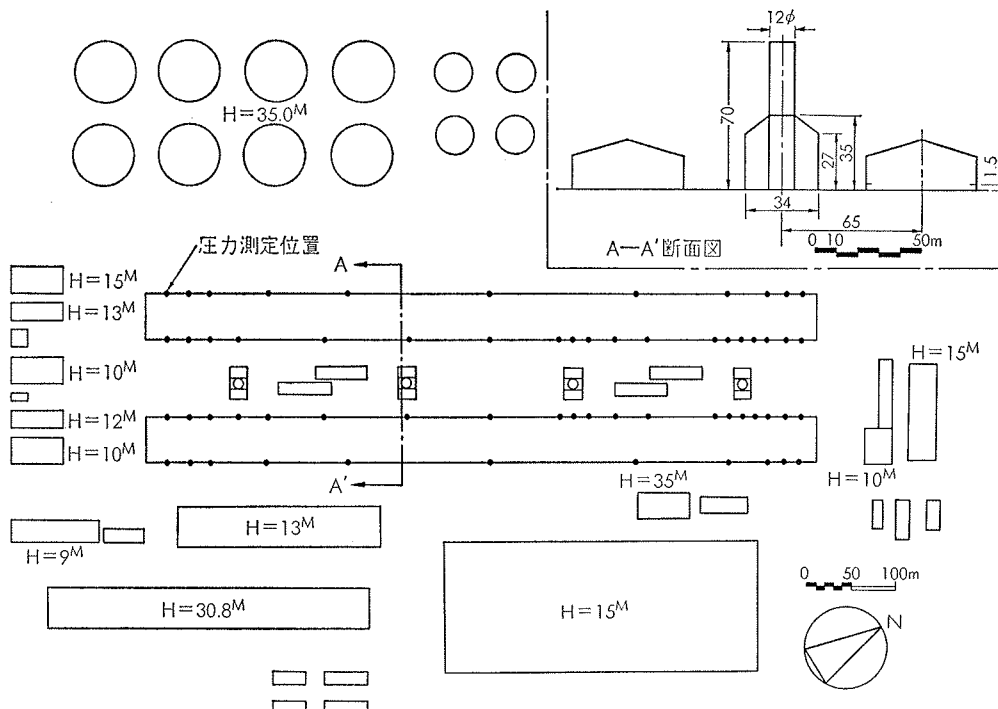


図-2 1/1000模型配置図

せたような実験を行なう方が望ましいが、風洞の大きさに制限があるので以上のような方法によった。

2.2. 装置

風洞は東大生研の境界層型風洞を用いた。測定断面は  $H=1.2m$ ,  $W=1.8m$  で測定部の長さは  $9.4m$  である。測定部における風速のプロフィールは図-6 に示す通りである。

2.3. 相似条件

実験IIでは、模型実験の前提として、換気量の相似条件を明らかにしておく必要がある。図-1 を参照して(添字のPは実物, mは模型を示す)以下の式が成立すると仮定する<sup>1)</sup>。

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{v_1}{V_0}\right)_m &= \left(\frac{v_1}{V_0}\right)_p \\ \left(\frac{v_2}{V_0}\right)_m &= \left(\frac{v_2}{V_0}\right)_p \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

$(V_0)_m = (V_0)_p$  と与えるから

$$\left. \begin{aligned} (v_1)_m &= (v_1)_p \\ (v_2)_m &= (v_2)_p \end{aligned} \right\} \dots\dots(2)$$

代表寸法  $l$ , 室容積  $V$ , 換気量  $Q$  とすれば換気回数  $n$  は,

$$n = \frac{Q}{V}, \quad V \propto l^3, \quad Q \propto v_0 \cdot l^2$$

$$\frac{(n)_m}{(n)_p} = \frac{(Q/V)_m}{(Q/V)_p} = \frac{(v_0)_m}{(v_0)_p} \cdot \frac{(l)_m}{(l)_p} \dots\dots(3)$$

$v_0 = v_1 + v_2$  だから, (2)式より,

$$\frac{(v_0)_m}{(v_0)_p} = 1$$

これを(3)式に代入すれば、換気量の相似条件は以下のごとくなる。

$$\frac{(n)_m}{(n)_p} = \frac{(l)_m}{(l)_p} \dots\dots(4)$$

$(l)_m / (l)_p = 1/200$  と設定したから,

$$(n)_m = 200 \times (n)_p$$

即ち、模型では実物の200倍の換気回数を与えてやればよい。

3. 実験結果と考察

3.1. 実験I

風洞風速  $6m/s$ , 風向8方位で測定を行なった。風圧係数は図-6 に記したピトー管位置高さの風速を基準風速にして求めた<sup>2)</sup>。風圧係数は、独立建物のそれよりいづれも

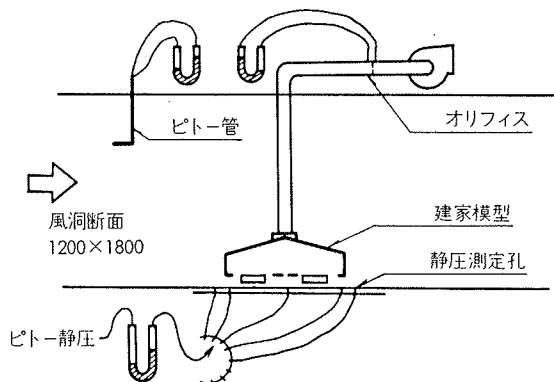


図-5 1/200 模型による実験装置

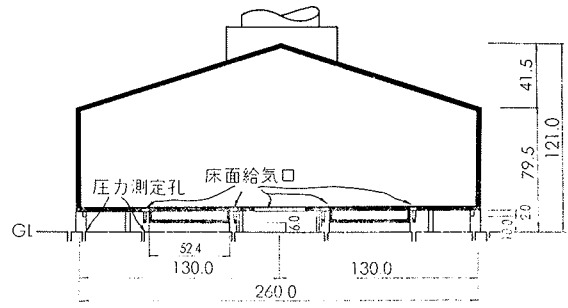


図-3 1/200模型の断面図

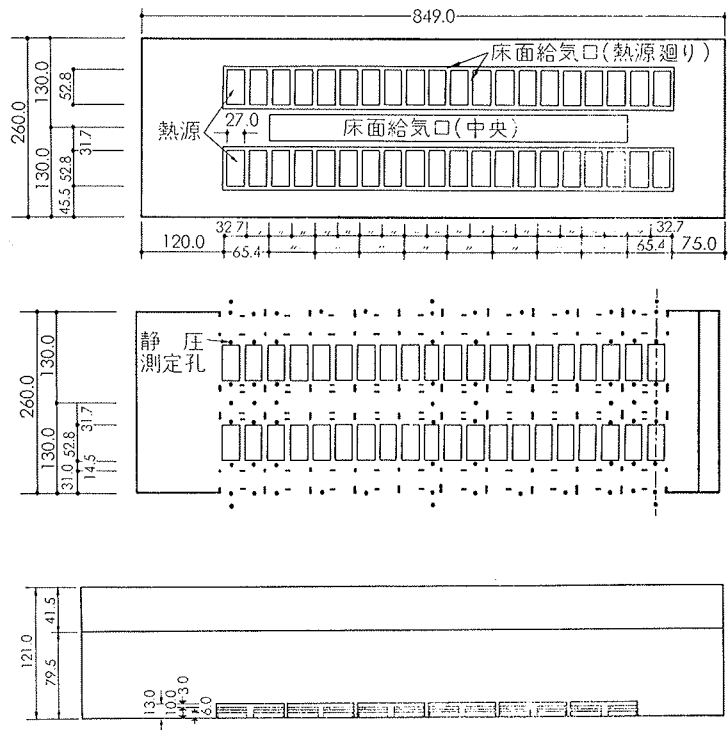


図-4 1/200模型, 上:作業階, 中:ピロティ空間, 下:立面図

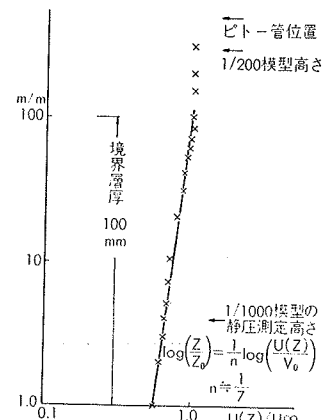


図-6 風洞の風速プロフィール

小さいが、群建物の中の建物の風圧係数とは良く一致している<sup>3)</sup>。

実験Ⅱとの関係で、ピロティ空間の圧力分布を不均一にしたり、風下側壁面開口から室内空気の流出を生じさせたりする危険性のある風向や位置を検討するため、図一7に示した位置での風上側風圧係数と、風下側のそれとの差を外部風の各方位に対して求めグラフにして示した。同図より明らかなように、風上側風圧係数と風下側のそれとの差が最大になるのは風向にしてNW建物の位置は11-30で、その値は $C_{11-30}=0.60$ であり、外部風が10m/sの場合、圧力にして約4mmAqである。

### 3.2 実験Ⅱ

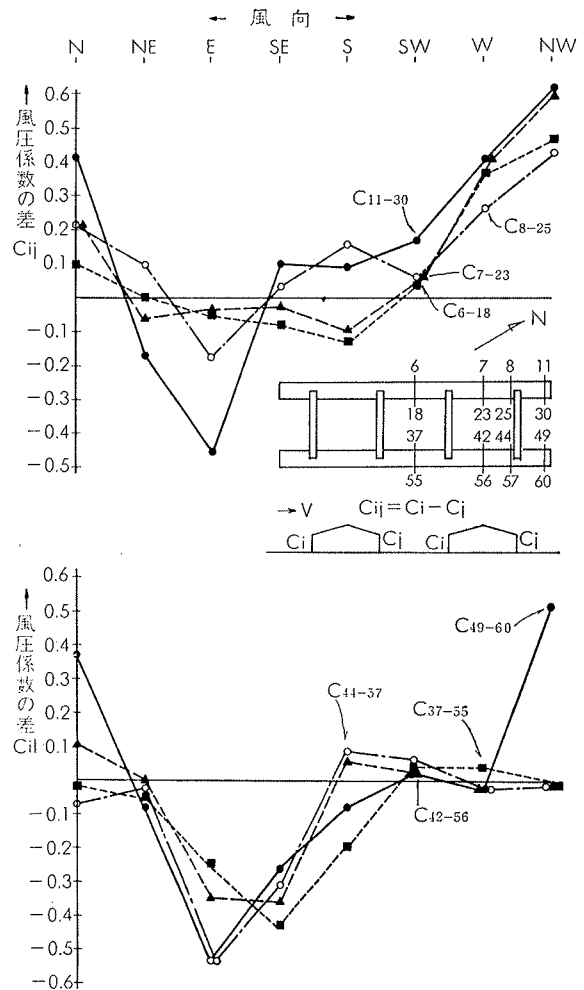
外部風、換気量等の条件を組み合わせ表一1に示す19の場合について測定を行なった。風向は、実験Ⅰの結果より主にNWに設定した。実験Ⅰの結果より図一7に示した11-30断面を取り出し、ピロティ空間の圧力分布を図8a~8bに示した。圧力はいずれも、それぞれの測定時の室内圧(図8-aの×印)を基準に表わした。従って、この値が負の場合、その位置で、室内からピロティ空間への流れが生じていることを示す。図8-aは、外部風を変化させた場合で、外部風の増加により風上側の圧力は上昇するが、風下側はほとんど変化しない。外部風が12m/sをこえたところで、風下側側壁開口から室空気の流出が見られる。図8-bは、換気量を変化させた場合だが、圧力はほとんど変化しない。図8-cは、側壁開口の大きさを変化させた場合だが、開口を小さくするとピロティ空間の圧力分布は一様化し、室内圧との差が小さくなる。図8-dは、遮風屏を設けた場合だが、その効果はあまり見られない。

外部風と換気量の組み合わせによる室内圧の状態を見るため、 $V_0/v_0$  及び  $v_0/V_0$  に対して室内圧を図一9のごとく表わした。これは、モニターやベンチレーターの特性表示の方法<sup>4)</sup>にヒントを得たものである。外部風もしくは換気回数を固定した場合1つのグラフに乗る様である。このグラフにより、任意の外部風と換気量の組み合わせの場合、側壁開口から室空気を流出させないようにするために必要な室内圧を推定することができる。

### 4. まとめ

実験の場合が充分でないので定量的な結論は今後の系統的な実験の積み重ねが必要だが、定性的には、風下側壁開口からの流出は、外部風と換気量の比が一定のところでは生じるのではないこと、ピロティ空間の圧力分布を一様にし、それにより床面給気口からの室内

吹出し気流を均一にし、かつ風下側壁面開口から建物外への流出(室内空気の外部への流出)を防ぐために



図一7 建家廻りの風圧分布

	外部風向風速	換気回数	その他
1	W 6.0m/s	0	風上棟・1棟
2	" "	"	風下 " 2 "
3	NW "	"	風上 " 1 "
4	" "	"	風下 " 2 "
5	" "	20	風上 " 1 "
6	" "	10	" (注:換気回数は)
7	" 3.0 "	20	" (実物での数値を)
8	" "	10	" (表わす。)
9	" 9.0 "	20	"
10	" "	10	"
11	" "	15	"
12	" 12.0 "	20	"
13	" 9.0 "	30	"
14	" "	20	" 床面給気口(中央)閉
15	" "	"	" 壁面開口1/2
16	" "	"	" " 1/4
17	" "	"	" 風上壁面開口閉
18	" "	"	" 遮風壁H=h
19	" "	"	" " H=2h

表一1 実験条件(実験Ⅱ)

は、壁面開口をしぼってやるのが非常に効果的であること等が判明した。

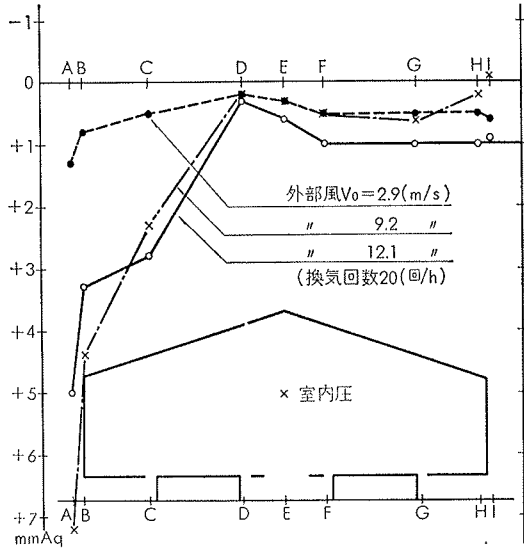


図-8-a 外部風と圧力分布

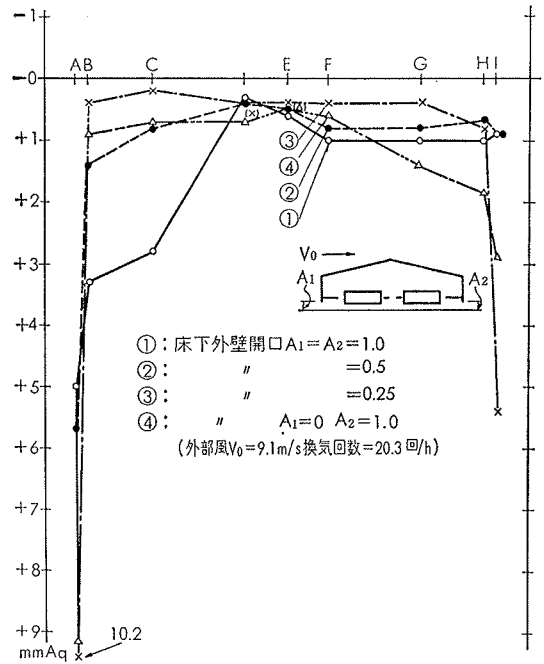


図-8-c 側壁開口面積と圧力分布

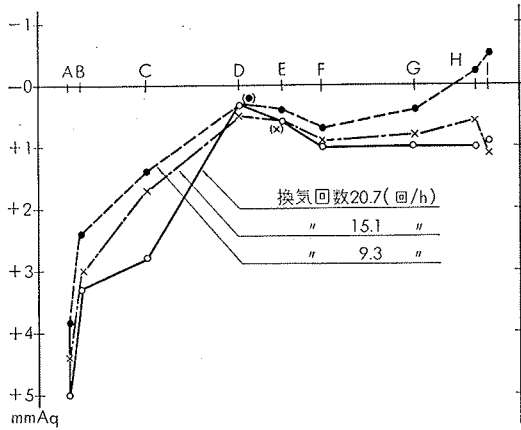


図-8-b 換気回数と圧力分布

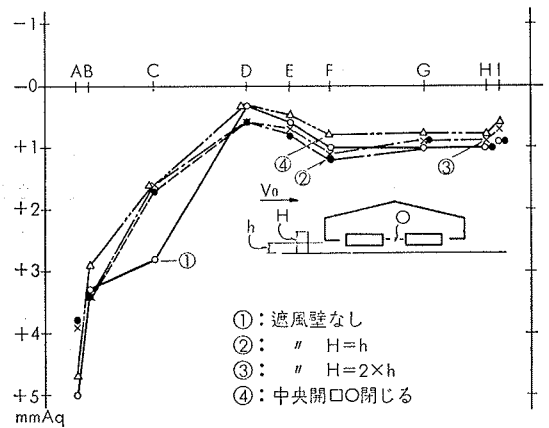


図-8-d 遮風屏の効果

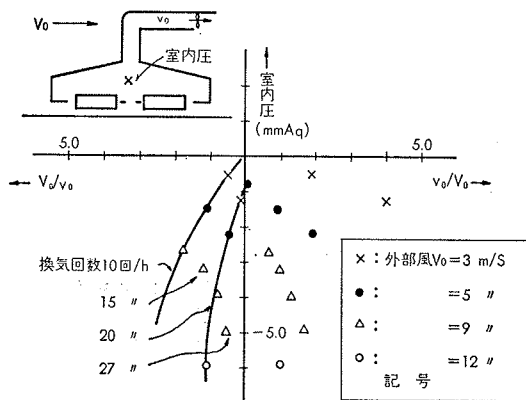


図-9 建家の換気特性

### 謝辞

研究に際し、東大生研、勝田教授、同村上助教授の御指導をいただいた。あつく謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 勝田, 村上他: 市街地の換気回数に関する風洞実験, 建築学会大会, (昭46.11)
- 2) 建築学会パンフレット, 換気設計, p. 17
- 3) Jensen, 他: Model-Scale Tests in Turbulent Wind-Part II
- 4) 立原正雄: ベンチレーターの性能, 建築学会論文報告集, No. 67, (昭32.2)