

スティー・ル・サッシュのすきまによる通気について

勝田 高司・後藤 滋・寺沢 達二

まえがき

サッシュの性能として、気密、雨仕舞、防音、強度および維持管理などの諸項目があげられる。これらの特性のうち、気密度はもっとも一般的にサッシュの性能を示す要素としてとりあげられている。とくに、現段階のサッシュでは強風時において、不測の侵入空気のために、暖冷房負荷上また居住性の上から、はなはだしい不利をまねくおそれがある。サッシュのすきまによる通気量は、開閉形式、断面形およびパッキング、締め金具などに影響される。本研究は実用に供されている各種のサッシュについて、それらの開閉形式および構造と気密性との関係を明らかにし、換気量の計算ならびに標準サッシュに対して資料を与えようとするものである。

1. すきまによる通気の一般的性質

すきまに通気が行われるとき、その摩擦損失あるいは圧力降下は次のように表わされる。

$$\Delta p/\rho = \alpha^{-2} u^2 / 2g, \quad (\text{kgm/kg}) \dots\dots\dots (1)$$

あるいは

$$u = \alpha(2g\Delta p/\rho)^{1/2}, \quad (\text{m/hr}) \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 Δp = すきまにおける圧力降下 kg/m^2 あるいは mm W. G. , ρ = 空気の密度 kg/m^3 , α = 流出係数 無次元, u = すきまにおける平均流速 m/hr , $g = 9.8 \times 3600^2 \text{m/hr}^2$.

すきまの幅および長さを d および $L(\text{m})$ とすれば、通気量 Q は

$$Q = dLu, \quad (\text{m}^3/\text{hr}) \dots\dots\dots (3)$$

また、すきまの単位長さ当りの通気量を q とすれば

$$q = Q/L \\ = \alpha d(2g\Delta p/\rho)^{1/2}, \quad (\text{m}^3/\text{hr} \cdot \text{m}) \dots\dots\dots (4)$$

あるいは

$$\Delta p = (\rho/2g\alpha^2 d^2) q^2, \quad (\text{kg/m}^2) \dots\dots\dots (5)$$

流出係数 α はすきまの形、幅、奥行きおよび、すきまにおけるレイノルズ数の関数であって、一定値ではない。したがって通気量 Q あるいは q は、 Δp にたいして測定によって直接もとめなければならない。

$q(\text{m}^3/\text{hr} \cdot \text{m})$ と $\Delta p(\text{mm W.G.})$ との関係は

例えば、もっとも単純な奥行き 30mm のスリット状のすきまについて、その幅 $d(\text{mm})$ が 1, 3 および 6 のとき次のような式で表わされる⁽¹⁾。

$$\left. \begin{aligned} \Delta p(1) &= 0.114q^{1.3} \\ \Delta p(3) &= 0.0032q^{1.7} \\ \Delta p(6) &= 0.0027q^{1.9} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

ただし、 $\Delta p = 0.05 \sim 10 \text{mm W. G.}$ すなわち、すきまの幅が 1mm あるいはそれ以下のとき、またそれが 6mm 以上のときに、通気量 q はそれぞれ、圧力降下 Δp のほほ 1 乗および 1/2 乗に比例するということができる。

また、Thomas および Dick⁽²⁾ は

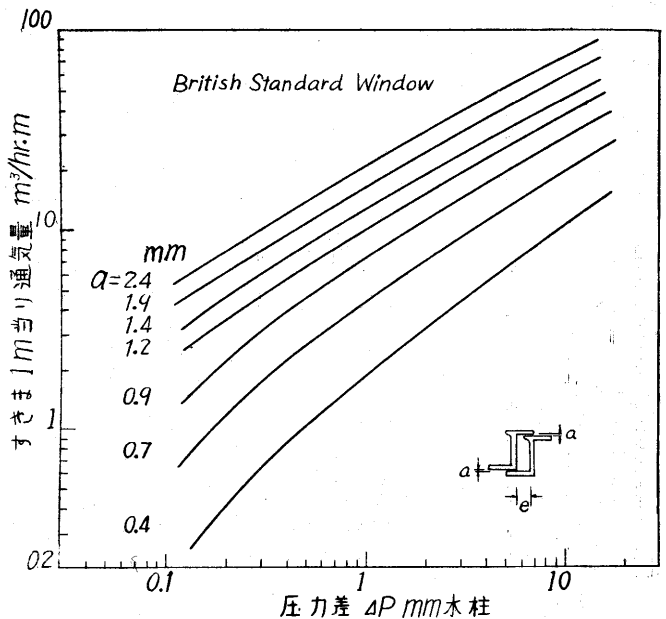
$$\Delta p = Aq + Bq^2 \dots\dots\dots (7)$$

として、英国の規格サッシュ、米国およびドイツなどの窓サッシュについての測定結果から(8)式のような $\Delta p - q$ の標準式をもとめている。

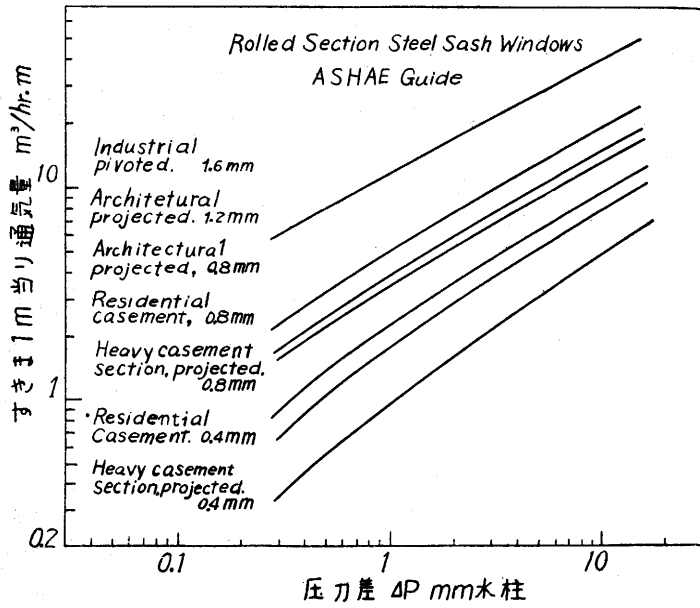
$$\Delta p = 0.053 (q + 0.22q^2) / d^2 \dots\dots\dots (8)$$

ただし、 d = すきまの幅 (mm) 0.13 ~ 2.4, $\Delta p = 0.13 \sim 13 \text{mm W. G.}$

英国規格 B. S. 990/1945 の部材については(8)式の係数 0.22 の代りに 0.16 としたもので表わされるという。



第 1 図



第 2 図

これらの $q-\Delta p$ 測定値を図示すれば第1図のごとくである。また、米国における測定値として第2図の例がある⁽³⁾。これらのすきま幅は、英国規格の場合、第1図中に示された断面図における a (face clearance) の値であって、 e (edge clearance) は 8.3mm を規準とされている。米国の場合、すきま (crack) は上記の edge clearance を意味している。

2. 各種サッシの気密性

現在使用されている窓サッシはきわめて種類が多く、これらは断面の形状、寸法の相違、締め金具、パッキングおよびウエザー・ストリップなど気密性を支配する要素を異にしている。また、同一形式のサッシにおいても製品のできによって多少気密度に差がある。各種の実物スティール・サッシについて、通気試験⁽⁴⁾を行い、それらの開閉形式および構造による気密性能の相違をしらべた。

2.1 測定結果

供試サッシの形式および構造を第3図A~Gに示す。AおよびB：引違い窓、とくに気密を目標としたものでなく、一般用の例。C：上げ下げ窓、ウエザー・ストリップ付。D：上げ下げ窓、パッキング付。E：2重上げ下げ窓、パッキングおよび特殊締め金具付。F：窓の上部および下部が内こぼり障子、パッキング付。G：窓の左右が外開き障子、パッキングおよび特殊締め金具付。C~Gは気

第 1 表

供試サッシ	すきまの長さ m	相当すきま幅 (B.S.) mm
A	7.2	1.7
B	7.2	1.3
C	7.8	0.9
D	7.0	0.65
E	6.8	0.6
F	6.6	0.5
G	8.5	0.4

密を目標として製作されたものである。供試サッシA~Gのすきまの長さを第1表の第2行に示した。

これらの供試サッシについて、サッシ前後の圧力差 Δp に対する、すきま長1m当りの通気量 q の測定値を第4図に示す。

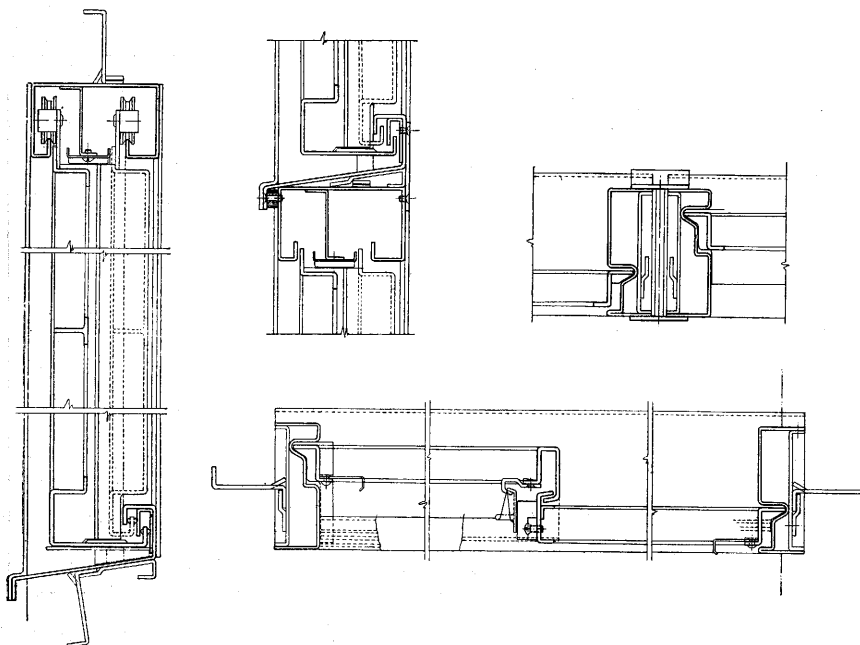
2.2 測定結果による

考察

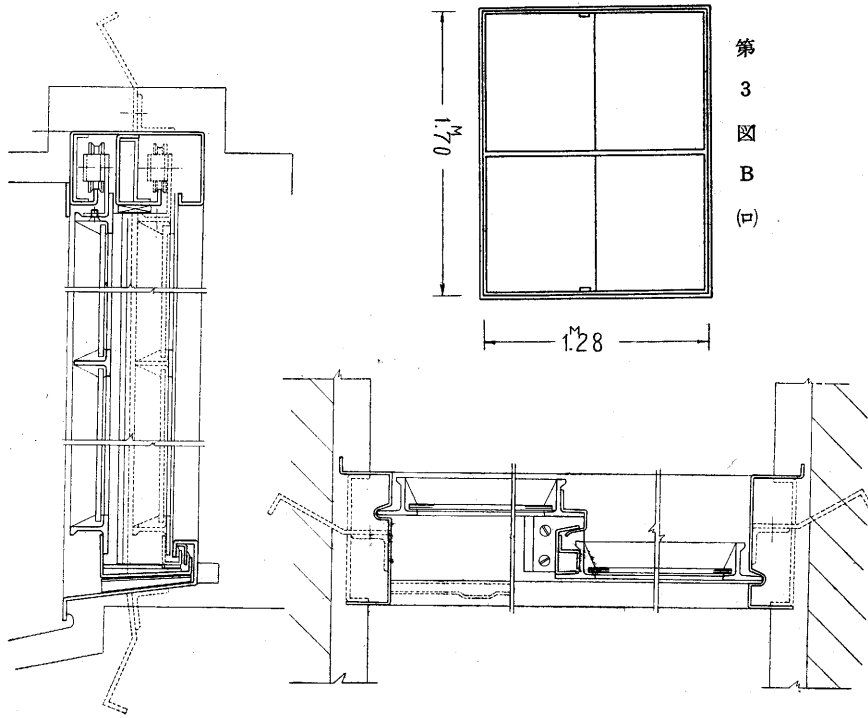
(1) 相等すきま幅 測定値と前述の英国規格サッシ部材の $q-\Delta p$ 図とを比較して、同等の気密性をもつすきま幅をもとめたものが第1表の第3行である。

(2) 各形式による特徴

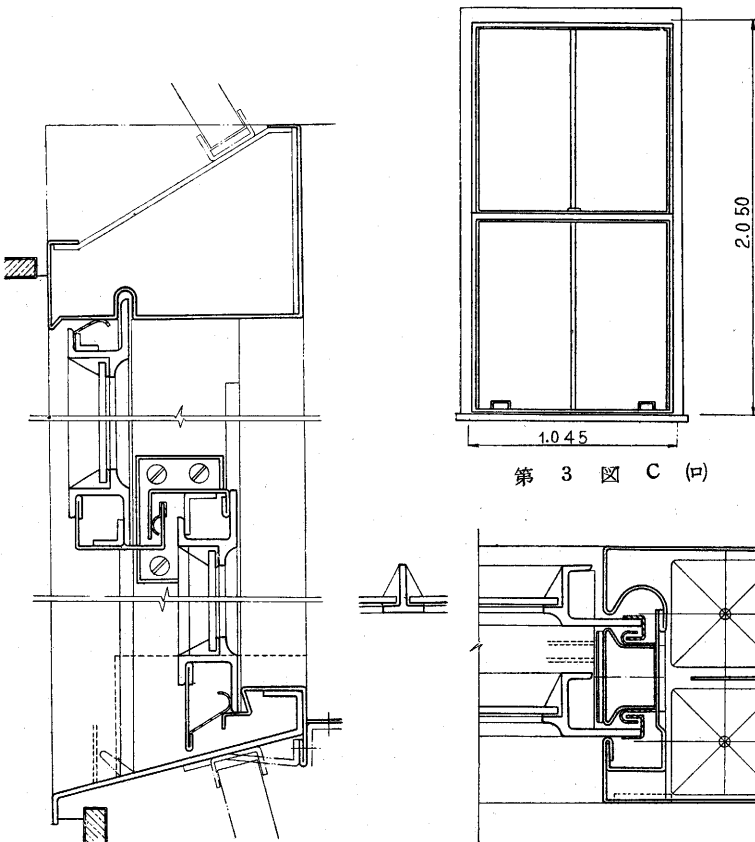
(a) 引違い窓 AおよびBは、とくに気密性を高



第 3 図 A



第 3 図 B (i)



第 3 図 C (ii)

第 3 図 C (i)

めるための対策を行っていないが、相当すきま幅としては 1.7mm および 1.3mm で製作上の限度に近い。一般の引違い窓にはこれより通気量の多いものがあると考えられる。また、すきまの各部分における通気量を B の場合についてもとめた結果は、第 5 図 (a) のようで、縦の戸当りに比べて上部および下部の戸当りは通気量が多い。

(b) 上げ下げ窓 一重上げ下げ、ウエザー・ストリップ付の C および C' を比較する。C と C' は主要構造はほとんど同じで、ウエザー・ストリップの形式が相違する。第 6 図にそれらの通気量を示す。C' は第 4 図における F の程度の気密性を有する。上げ下げ窓で注意すべきこととして、クレセント締りが適当でないとき自重により上かまちと障子との間がすいて通気量の増すことがある。(第 5 図 (b), (c) および第 6 図における C', C'' 参照)

一重上げ下げ、パッキング付 D の場合。モヘヤ・パッキングが上下の戸当りおよび左右の縦溝にとりつけてあるが、内側縦溝上半部からのもれが非常に多かった。

二重上げ下げ、パッキング付 E の場合。クレセントの他に内側の障子に特殊な締め金具がついている。すべての締めをした場合と外側障子を開いた場合とを比較すると第 7 図の E および E' のよ

うになり、後者は約 25% 通気量が多い。

(c) 開き窓 内ころび、パッキング付Fの締め金具は1個で、中央にあるため障子上側隅角部分は締りがきかない傾向があり、もれが著しい。しかし、構造が比較的簡単なのかかわらず、気密性がよい。

外開き、パッキング付Gは特殊な締め金具により気密性が非常によい。圧力差 5 mm W.G. において、煙試験を行っても煙のもれを観察できない程度である。

2.3 結論

(1) 測定値による $4p-q$ 曲線を $4p=Aq+Bq^2$ の形の実験式で表わそうとすると、第8図に示すように、すべての形式について十分適合するというわけにはいかない。ことにパッキングを有する気密度の高いサッシの場合は差がはなはだしい。これらは、部分的にすきまの構造が異なり、通気量がちがうことにもよっている。したがって、構造の相違するサッシの気密性を評価するためには、おのおのにつき測定値による $4p-q$ 曲線が必要である。

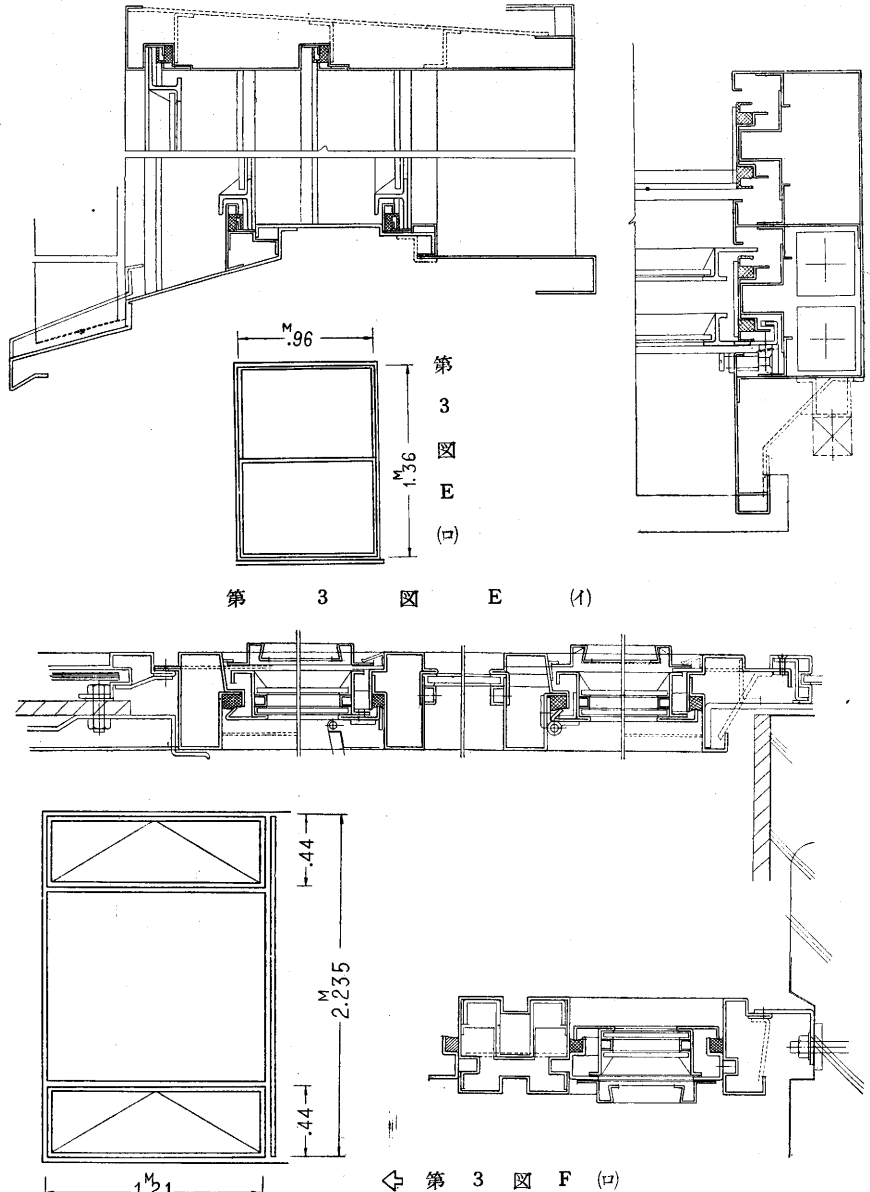
(2) 気密性を高めるには、サッシの精度をあげて、すきまの幅をせまくすればよい。しかし、それには製作技術上の限度がある。一定限度まで精度を高め、それ以上の気密性をうるには、ウエザー・ストップ、パッキングおよび締め金具などの効果によるべきである。

(3) 開き戸形式は滑り戸形式にくらべて気密性を高める上に有利である。

3. すきまによる換気量

3.1 計算方法

(8)式を用いて、すきまによる換気量をもとめる方法は Thomas および Dick によって実用化されている⁽⁶⁾。



ここでは $4p-q$ の測定値をそのまま使って、実験式の形のいかんによらず、換気量をもとめる一般的方法を述べる。

サッシのすきまはそれらの位置によって、空気を室内に流入させるものと、室外に流出させるものとにわけられる。流入側にたいして、(4)式より

$$q_1 = \alpha_1 d_1 (2g \Delta p_1 / \rho_1)^{1/2} \dots \dots \dots (9)$$

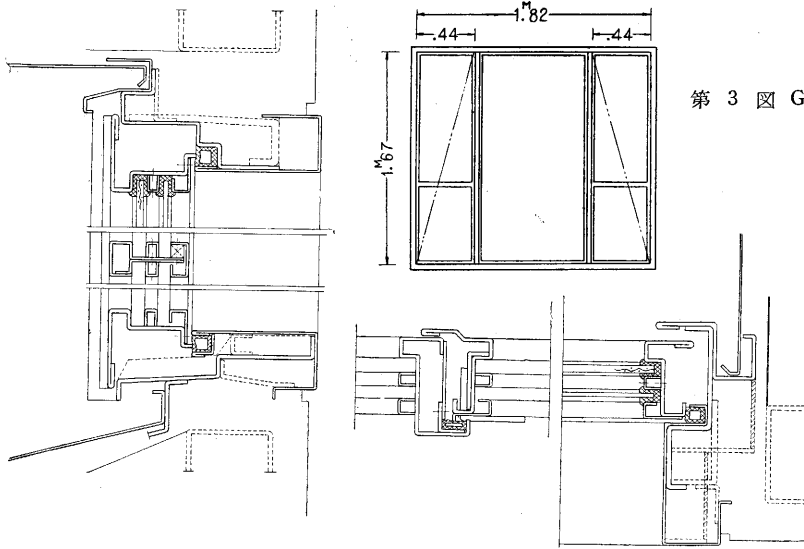
流出側にたいしては、

$$q_2 = \alpha_2 d_2 (2g \Delta p_2 / \rho_2)^{1/2} \dots \dots \dots (10)$$

また、換気量を Q とすれば

$$Q = q_1 L_1 = q_2 L_2 \dots \dots \dots (11)$$

流入側と流出側との間の風または温度差による作用圧



第 3 図 G (i)

(12) および (13)式より

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p} = \frac{1}{1 + \beta^2 n^2} \dots (14)$$

ただし,

$$\left. \begin{aligned} n &= L_1/L_2 \\ \beta &= \alpha_1 d_1 \rho_2^{1/2} / \alpha_2 d_2 \rho_1^{1/2} \end{aligned} \right\} (15)$$

また, (9)および(10)式から

$$\beta = q_1 \Delta p_1^{-1/2} / q_2 \Delta p_2^{-1/2} \dots (16)$$

Δp - q 測定値から, Δp - $q \Delta p^{-1/2}$ 曲線を作っておけば, 任意の Δp_1 あるいは Δp_2 にたいする β の値がわかる. 例えば第9図参照.

換気量の計算は以下のよう

に逐次近似法による.

(14)式において, Δp および n は与えられている. β の第1近似値として $\beta' = 1$ とおいて, 圧力降下の第1近似値 $\Delta p_1'$ および $\Delta p_2'$ をもとめ, それらによって, Δp - $q \Delta p^{-1/2}$ 図を利用して第2近似値 β'' がきめられる.

それを(14)式に入れて第2近似値 $\Delta p_1''$ および $\Delta p_2''$ がえられる. 実際の計算には第2または第3近似までで十分である. 第10図および第11図は供試サッシュ B, F について, 以上の方法でもとめた Δp - $\Delta p_1/\Delta p$ 図である.

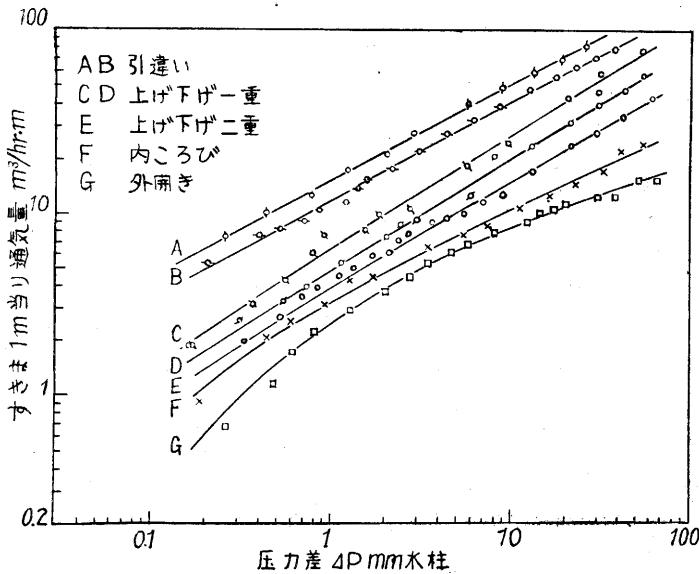
ただし, これらの場合, 流入側と流出側とのサッシュは同種のものとしてある. 使用するサッシュについて, Δp_1 がきまれば Δp - q 曲線によって Δp_1 に対する q_1 を知り, $Q = q_1 L_1$ として, 換気量をもとめられる.

3.2 計算例

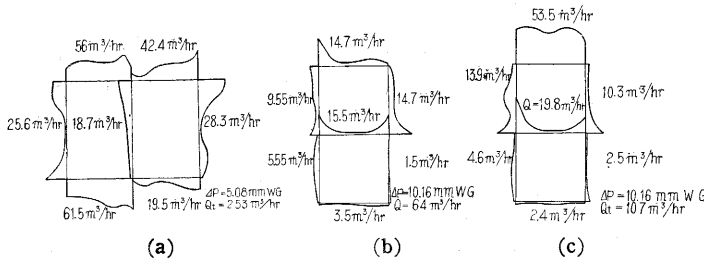
ある室の風上および風下壁面に同種の窓があり, それらの配置は (a) 風上側および風下側に各1個, (b) それぞれ1個および2個とする. 窓サッシュが前述形式 B および F のときの換気量をもとめる. いま, その建物に対して風をさえぎるものがなく,

風速 8 m/sec および 5 m/sec とすれば, 風上と風下との壁面の風圧係数を 0.8 および -0.4 として

$$\begin{aligned} \text{風速 8 m/sec: } \Delta p &= (0.8 + 0.4) \times 1.2 \times (8)^2 / (2 \times 9.8) \\ &= 4.7 \text{ mm W.G.} \end{aligned}$$



第 4 図



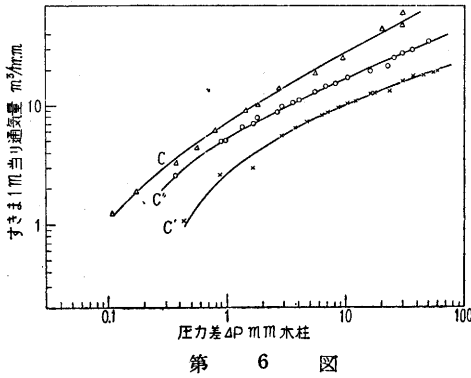
第 5 図

を Δp とすれば

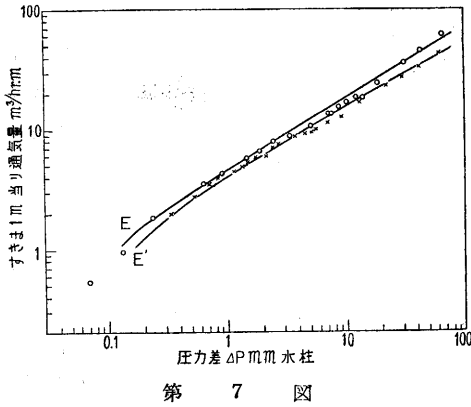
$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \dots (12)$$

(9), (10) および (11)式より

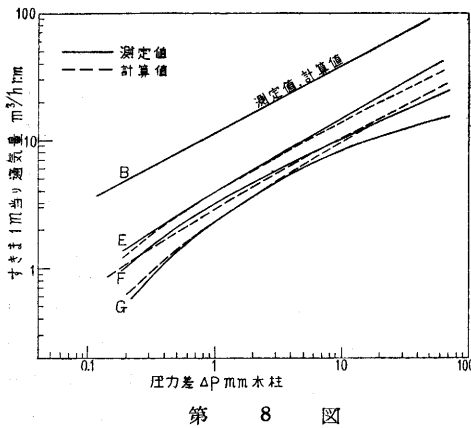
$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = (\alpha_1 d_1 L_1)^2 \rho_2 / (\alpha_2 d_2 L_2)^2 \rho_1 \dots (13)$$



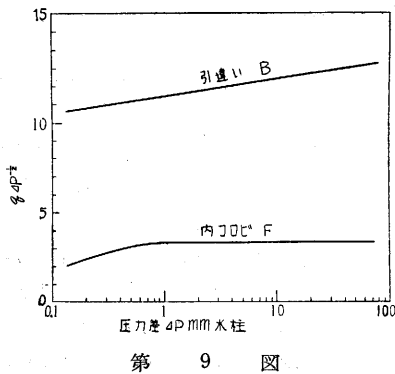
第 6 図



第 7 図

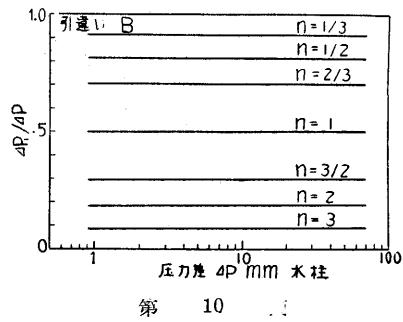


第 8 図

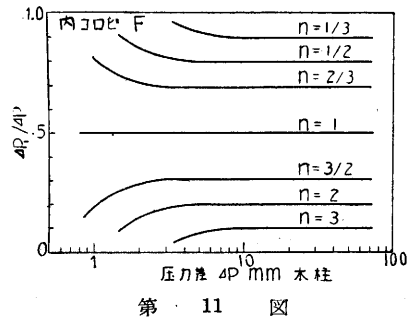


第 9 図

風速 5 m/sec: $\Delta p = 1.8 \text{ mm W.G.}$



第 10 図



第 11 図

第 2 表

サッシ窓配置形式	すきまの長さ (m)	すきまの長さ (m)	n	$\Delta p_1 / \Delta p$		$\frac{\Delta p_1}{\text{mm W.G.}}$		q_1		$Q = q_1 L_1$		
				8m/s	5m/s	8" 5"	5" 5"	8" 5"	8" 5"	(m³/hrm)	(m³/hr)	
B	(a)	7.2	7.2	1	0.50	0.50	2.4	0.9	19	11	137	79
	(b)	7.2	7.2 × 2	1/2	0.82	0.81	3.9	1.5	25	15	180	108
F	(a)	6.6	6.6	1	0.50	0.50	2.4	0.9	5	3	36	22
	(b)	6.6	6.6 × 2	1/2	0.80	0.87	3.8	1.6	6.5	4	47	29

方、実物サッシの通気試験を行った結果について検討をした。その結果、現在わが国で用いられているサッシについては、共通の一般式で表わすことは無理であって、個々のサッシについて測定による通気特性 (Δp - q 曲線) が必要である。また、これら個々の Δp - q 曲線を用いて、すきまによる換気量をもとめる一般的方法を述べた。

おわりに、本研究に関して援助をうけた三機工業KKならびに東京鋼板KKに対して深く謝意を表する。

(1957. 5. 22)

文 献

- (1) 勝用高司: 生産技術研究所報告, Vol. 1, No. 2, (1950).
- (2) Thomas, D.A. and Dick, J.B.: Journ. I.H.V.E., Vol. 21, No. 214, p. 85/97, (1953).
- (3) A.S.H.A.E. Guide, (1955), p. 223/225.
- (4) 勝田, 後藤, 寺沢: 日本建築学会論文報告集, No. 54, p. 481/484, (1956), または生産研究, Vol. 8, No. 8, p. 337, (1956).
- (5) 前掲 (2) に同じ。