



Title	窓と窓枠の伝熱性状に関する研究：その3 窓面通気層の断熱特性
Author(s)	羽山, 広文; 吉村, 正孝
Citation	大会学術講演梗概集. 計画系, 59(計画系), 695-696
Issue Date	1984-09-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/50447
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKK59-K_695-696.pdf



窓と窓枠の伝熱性状に関する研究
(その 3 窓面通気層の断熱特性)正会員 ○羽山 広文*
正会員 吉村 正孝*

1 はじめに これまで 通気層の伝熱性状は本間・溝口、宮野・天野、小宮、梅干野 等によって検討されているが、通気層の中は25~100mmの範囲である。そこで、本報では通気層の中が5~50mmの場合の通気層内対流熱伝達率と流量係数を実験から明らかにし、これらを用いた数値計算から、通気層を設けた窓面の断熱効果について検討したので報告する。

2 実験装置及び実験方法 実験装置は図1で示すように、ヒータを内蔵した加熱面と水槽に面した冷却面とで構成されており、各表面には4枚の熱流板とCu-Co熱電対0.1mmφが埋め込まれている。通気層の中は、2面を支えるボルトにより調節が可能である。加熱面は、垂直方向で4つに分割されたヒータをスライダックを用い等温になるように保たれており、冷却面は水槽に面しているため温度むらは上下方向で最大0.2℃以下であった。各表面にはふく射を防ぐため、アルミ箔(ε=0.05)が貼り付けられており、通気層内の平均温度は水平方向に5点、垂直方向に4点、計20点の算術平均とした。

3 実験結果と考察

3-1 通気層内対流熱伝達率 通気層内の伝熱モデルは図2となり、対流熱伝達率は次式となる。

$$\alpha_{si} = (Q_i - R) / (T_{si} - T_a) \quad (1)$$

$$\alpha_{so} = (Q_o - R) / (T_a - T_{so}) \quad (2)$$

$$R = 4.88 \cdot \epsilon_i \cdot \epsilon_o \left\{ \left(\frac{T_{si} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{so} + 273}{100} \right)^4 \right\} \quad (3)$$

(1)~(3)式を用い、実験結果を R_a (レーリー数)と Nu (ヌッセル

数)の無次元数で整理し図3に示した。そして、これらの実験結果は次の近似式で表現することができる。

$$Nu = 1.623 \cdot Ra^{0.1505} \quad (4)$$

3-2 通気層の流量係数 実験結果から通気層の流量係数と平均流速は次式で求められる。

$$\alpha_e = (Q_i - Q_o) / \{ G_p (T_a - T_i) \cdot A \sqrt{2gH(T_a - T_i) / (T_a + 273)} \} \quad (5)$$

$$U = (Q_i - Q_o) / \{ A \cdot C \cdot \rho (T_a - T_i) \} \quad (6)$$

一方、通気層の流量係数は通気層の出入口及び層内の損失係数を直列合成し、次式から求められる。

$$\alpha_c = 1 / \sqrt{\xi_1 + \xi_2 + \xi_3} \quad (7)$$

通気層の出入口の損失係数は $\xi_1 = 0.5(10)$, $\xi_2 = 1(出口)$ である。層内の損失係数 ξ_3 は層流($Re < 2000$)の場合次式となる。

$$\xi_3 = 96 \cdot H / (Re \cdot de) \quad (8)$$

これに(6)式から求めた平均流速を適用し(7)式から求めた α_c と(5)式から求めた α_e を比較すると図4に示すようほぼ一致した。これより、本実験の範囲では通気層の流量係数が(7), (8)式を用い求められることを確認した。

記号

α_s	表面対流熱伝達率 (kcal/m ² h°C)	ρ	空気比重 (kg/m ³)
Q	表面熱流 (kcal/m ² h)	V	通気層の換気量 (m ³ /h)
T_s	表面温度 (°C)	H	通気層の高さ (m)
ϵ	ふく射率	ξ	損失係数
i, o	高温側, 低温側を示す	de	相当直径 $de = 2S$ (m)
T_a	通気層内平均温度 (°C)	Re	$Re = U \cdot de / \nu$ (レイノルズ数)
T_i, T_o	室温, 外気温 (°C)	Ra	$Ra = Gr \cdot Pr / S$ (レーリー数)
α	流量係数 c : 計算, e : 実験	Gr	$Gr = g S^3 \Delta T \beta / \nu$
U	通気層内平均流速 (m/h)	Pr	$Pr = 0.71$ (プラントル数)
S	通気層の巾 (m)	Nu	$Nu = \alpha_s S / \lambda$
A	通気層の断面積 (m ² /m) = S	ν	動粘性係数 (m ² /h)
α_i	内側対流熱伝達率 $\alpha_i = 8$ (kcal/m ² h°C)	β	膨張率 $1/273$ (1/°C)
α_o	外側対流熱伝達率 $\alpha_o = 20$ (kcal/m ² h°C)	λ	熱伝導率 (kcal/mh°C)
g	重力加速度 (1.27×10^8 m/h ²)	K_c	通気層の熱コンダクタンス (kcal/m ² h°C)
C	空気の比熱 (kcal/kg)	K_w	窓の熱貫流率 (kcal/m ² h°C)

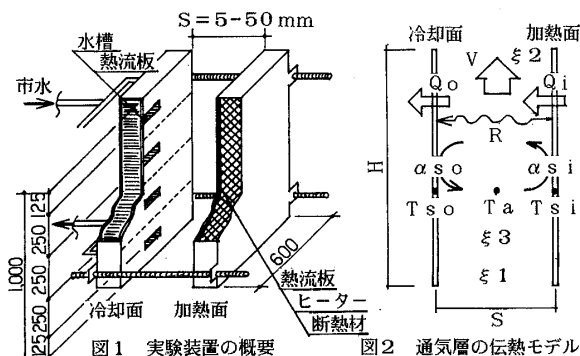


図1 実験装置の概要

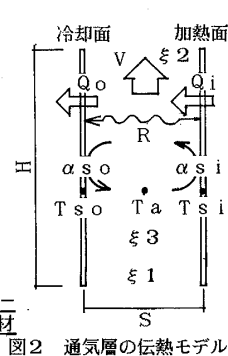


図2 通気層の伝熱モデル

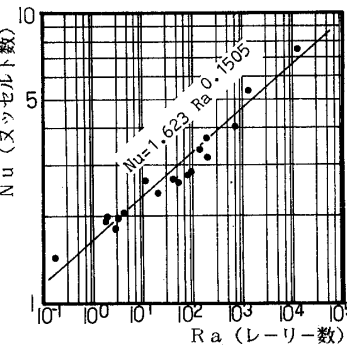


図3 通気層内の Ra-Nu

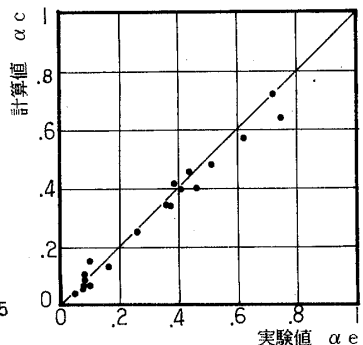


図4 通気層の流量係数

4. 各条件の影響

4-1 通気層の計算方法 通気層の熱性状は形状、温度差、ふく射率といった条件に左右される。そこで図5に示すモデルを用い各条件を変化させ通気層の熱性状を検討した。通気層を構成する材料の熱抵抗を無視すると計算モデルの熱平衡は次式となる。

$$\alpha_{so}(Ta-Tso)+\alpha_{si}(Ta-Tsi)+C \cdot p \cdot V(Ta-Ti)=0 \quad (9)$$

$$\alpha_{si}(Tsi-Ta)+\alpha_i(Tsi-Ti)+4.88\epsilon_{ico}\left\{\left(\frac{Tsi+273}{100}\right)^4-\left(\frac{Tso+273}{100}\right)^4\right\}=0 \quad (10)$$

$$V=\alpha_c \cdot A/\sqrt{2gh(Ta-Ti)/(Ta+273)} \quad (11)$$

(9)~(11)式に(4)式から求めた対流熱伝達率 α_{so} , α_{si} と(7)式から求めた α_c を代入し、収束計算により T_{si} , T_a , V の未知数を求め、次式から通気層の熱コンダクタンス K_c を求めた。

$$K_c=[\alpha_{so}(Ta-Tso)+4.88\epsilon_{ico}\left\{\left(\frac{Tsi+273}{100}\right)^4-\left(\frac{Tso+273}{100}\right)^4\right\}]/(Ti-Tso) \quad (12)$$

4-2 通気層の中と伝熱成分 通気層の中 S と伝熱成分の変化を見るため上記の計算方法で検討した結果を図6に示す。これより、 $S < 5$ mmだと空気の粘性により通気層内の換気はほとんど起こらず、伝導とふく射が主流である。しかし、 $S > 5$ mmになると換気成分が急激に増大し、 $S=30$ mmでピークとなり、その後 S の増加と共に減少する。これは、通気層内と室温との間の温度差が大きくなり、煙突効果が増大するためである。ふく射成分は S の増加と共に増加するが、増加の割合はしだいに緩くなる。以上の結果から、通気層の中が5mm程度で K_c の値が最も小さくなり、その断熱性能は同じ中の気密中空層に匹敵する。

4-3 温度差、高さ、ふく射率の影響 上記の結果をもとに、通気層の中 S を5mmとした場合、温度差(T_i-T_{so})、高さ(H)、ふく射率(ϵ_o, ϵ_i)と K_c 値の関係を図7に示した。これより、 K_c 値は温度差が増すと増大し、ふく射率が低下すると減少し、高さが増すと減少する

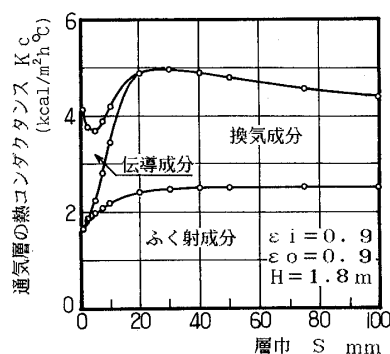


図6 層巾 S と通気層の伝熱成分の関係

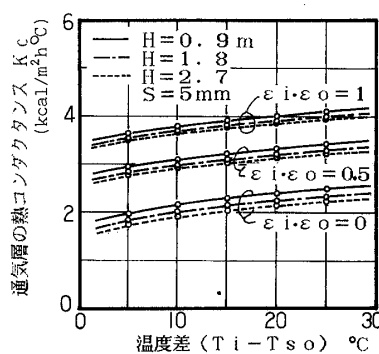


図7 温度差 ふく射率 高さの影響

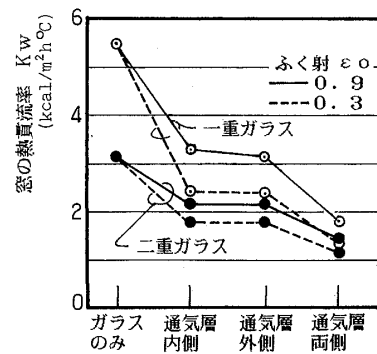


図8 通気層の断熱効果

傾向が見られる。これらの結果より、通気層の中は5mm程度とし、ふく射率の小さな材料を用いることで断熱層として利用できることがわかった。

5 通気層による窓断熱の可能性 以上の検討結果をもとに窓の内外に通気層を設けた場合の断熱効果を表1に示すモデルで検討し、結果を図8に示した。これより、窓の熱貫流率 K_w は通気層の位置が内側、外側、両側の順で減少しており、またふく射率が小さな程断熱効果が大きく現われている。窓ガラスが一重と二重で通気層の断熱効果を見ると、一重ガラスの方が効果が顕著になっている。

6 まとめ 通気層の実験結果をもとに、モデル計算から各条件が変化した場合の通気層の伝熱性状を明らかにした。その結果、通気層の中を5mm程度にするようカーテン、ロールブラインド、断熱戸を設置することにより、気密性を考慮しなくとも十分な断熱効果のあることが推定できた。今回の検討はモデル計算で行ったが、今後実験によりモデル計算の精度を確認する予定である。尚、本研究を行うに当たり本間宏豊橋技術大学助教授に助言をいただいた。記して感謝する。

参考文献

- 1) 「上下に開口のある壁内中空層の気流および熱流の実験的研究」その1他 本間・溝口 S56建築学会大会
- 2) 「空気層並びに通気層の伝熱特性第7報」宮野・天野 S56建築学会大会
- 3) 「温風式集熱壁の特性に関する模型実験」小宮 S56建築学会大会
- 4) 「反射フィルムを用いた各種窓面の日射遮へいおよび断熱特性に関する実験研究」梅干野他 S56建築学会大会
- 5) 「建築換気設計」石原正雄 朝倉書店

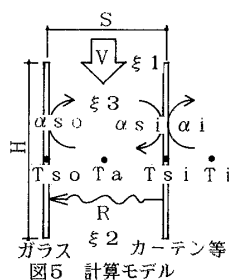


表1 通気層の計算条件

ガラスの種類	位置	ふく射 ϵ
1) 一重ガラス $K_w=5.7$	1) 内側	1) 0.9
	2) 外側	2) 0.3
2) 二重ガラス $K_w=3.2$	3) 両側	ガラス0.9
		$H=1.8m$ $S=5mm$
内外表面熱伝達率 $\alpha_i=8, \alpha_o=2.0$ ($kcal/m^2h^\circ C$)		