オフィスにおける窓システムの熱性能評価に関する研究 (その6)屋外側ガラスにペアガラスを用いたエアフローウィンドウの実測および再現計算結果

オフィス

窓システム

正会員 〇大和田 淳*1

武政 祐 同

同 加藤 正宏*2 八木 崇*1

再現計算

ペアガラス

エアフローウィンドウ

1. はじめに

既報その2¹⁾において、エアフローウィンドウ(以下 AFW)の熱性能予測モデル(以下窓モデル)による計算値と 実測値の比較を行い、再現性は良いものの中空層の空気 温度分布の扱いについて課題が残ることを報告した。本 報では中空層の屋外側ガラスにペアガラスを用いた AFW (以下外側ペア AFW) の測定を行い、既報その3²⁾,その 4³) で用いられている外側ペア AFW 窓モデルにおける中 空層の扱いについて検討を加えた結果について報告する。

2. 実測概要

実測は 2005 年 6/14~7/28 に東京に設置されたモックア ップで行った。対象建物における窓システムの概要を表 1, 図 1 に示す。測定項目を表 2 に示す。モックアップには 空調設備は無く自然室温状態である。ブラインドは全閉 にし、エアフロー換気を24時間連続運転し測定した。

3. 実測結果

(1)外界気象条件(図 2,3) 代表日として、排気風量が 50m³/(h·m)であった、6/27 の結果を示す。最高気温は 32.8℃、水平面全天日射量は最大 1000W/m³以上、風速は 朝 5 時頃までは 1m/s 以下の微風であったが、午後には 4m/s以上と強めの風であった。

(2)各部温度(図 4.5) ブラインドよりも室内側中空層温 度の上下分布(図 4)は、床面給気口位置から窓中央高さ (FL+1.6m)までの間に大きく昇温し、そこから排気口まで の昇温は小さい。FL+1.6m の断面方向の各部温度(図 5)は、 表面温度ではブラインド温度が最も高く、次いで断熱性 の高い屋外側ガラスの内面であり、室内側ガラスと屋外 側ガラス内面の温度差は 7℃程度である。中空層空気温度

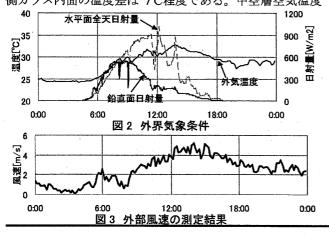


表 1 窓システム概要 測定部 1700mm (幅) ×3200mm (高さ) 中空層奥行き 238mm~278mm 窓面方位 東向、前面は広く開けた立地条件 高透過ペアガラス (10mm+A12mm+10mm) 屋外側 熱貫流率 K=2.7W/(m²·K) ガラス 透過率 85%, 吸収率 7%(単板 10mm の性能) 行=3800mm ブライン アルミ電動ブラインド 透過率 6%, 吸収率 39% (全閉時) 室内側 透明ガラス(10mm, 飛散防止フィルム貼り) K=5.8W/(m·K), 透過率 65%, 吸収率 24% ガラス 排気風量 100m³/(h·m) 6/14~6/24, 7/20~7/28 と運転日 50m³/(h·m) 6/25~7/19 断面図

表 2 主要な測定項目 測定 間隔 項目 測定方法 Vaisala ≵± 外界気象条件 温湿度, 水平面全天日射量, 風向・風速 10分 MAWS201 鉛直面 屋外鉛直面、ブラインド屋外側、 精密全天日射 1分 日射量·照度 インド室内側、室内側ガラス内側 計,照度計 室内温熱環境 FL+0. 1m, 0. 5m, 1. 1m, 1. 7m, 2. 2m, 2. 85m 5分 熱電対(T型) ブ温度(FL+1, 1m), 株・天井表面 (窓から 1m, 3m) FL+0.5.1.6.2.7m のガラス・ブラインド 0.1mm Φ1 芯 窓周り温度 1分 ブラインド内外中空層空気 の熱電対 排気温度 分 窓上排気口温度·窓下給気口温度 熱電対(T型) 涌気風音 給気口の風速を風速計により数点測定 熱線風速計 移動

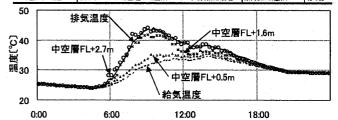
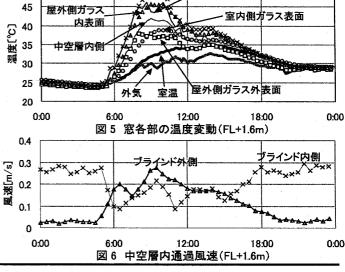


図 4 中空層内上下温度分布(プライントの室内側)

中空層外側



Thermal Performance Evaluation of Window Systems in Office Buildings Part6. Comparison between Field Measurement and Calculation for Air Flow Window System with Double Glazing

OWADA Jun*1,TAKEMASA Yuichi*2, KATOH Masahiro*2, YAGI Takashi*1

50

のブラインド外側と内側の温度差は2~4℃である。

(3)中空層内通過風速(図 6) 中空層内外に温度分布がな い夜間は、ブラインド内側の風速だけが早い。昼間、ブ ラインド外側の空気温度が高くなると、外側の風速が速 くなり、ブラインド内外の気流速度分布は小さくなる。

4. 窓モデルによる再現計算

既報その3²⁾,その4³⁾で用いられている中空層温度を 1 節点として扱ったモデル[1 節点モデル]と、ブラインド 内外を別の空気が流れると仮定し、別の温度節点とした モデル[2 節点モデル]を比較した。[2 節点モデル]では、実 測結果から中空層内通気風量が内外ともに同じ風量であ るものと仮定して計算した(V_{airo} = V_{airi})。 [2 節点モデル]の窓 モデルを図 7 に、熱収支式を表 3 に、記号表を表 4 に示 す。今回の計算では、窓高さ 3200mm を上下 3 分割した。

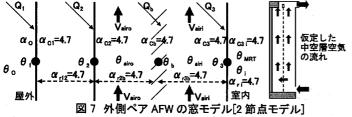
5. 計算結果と実測結果の比較

中空層のブラインド内外の空気温度を、図 8.図 9 に示 す。図中[1 節点モデル]の結果は内外ともに同じ温度を表 示している。[2節点モデル]では、[1節点モデル]よりも、 ブラインド内側の空気温度が低くなり、外側の空気温度 は逆に高めになる。内外に最大 3℃以上の温度差がつき、 実測結果に近づく傾向がみられる。

室内側ガラスの表面温度(図 10)は、[1 節点モデル]でも[2 節点モデル]でも実測結果をよく再現できている。窓上排気温 度(図 11)も2つのモデルの差は少なく、概ねよく実測を再現で きているが、排気温度がやや高めに評価されている。これは ガラス以外の熱容量を見込んでいないことが原因と思われる。

6. まとめ

外側ペア AFW の窓システムに対して、窓モデルによる計算 値と実測値とを比較した結果、[2 節点モデル]の方が[1 節点モ デル]よりも中空層内外空気温度分布を良く再現できることが 確認された。但し、省エネ性能や室内環境については、2つ のモデルでの差は小さく、どちらも概ね良く再現できていた。



注 1) 屋外側総合熱伝達率は、①17.4W/(㎡·K)、②屋外風速実測値からユルゲスの式で推定、③屋外風速実測値をもとに平板強制対流熱伝達式 ³より推定、の3ケースを計算。微風速時には、平板強制対流熱伝達式が最もよく一致したが、室内側の結果には 3ケースで殆ど差がなかった。ここでは、①17.4W/(㎡·K)の結果のみを載せている。 注 2) 夜間放射計算時の雲の影響については、雲量は東京管区気象台のデータを使用

*1:鹿島建設㈱ 建築設計本部

*2:鹿島技術研究所

表 3 外側ペア AFW の熱収支式[2 節点モデル]

屋外側ガラス外面ガラスの熱収支式

 $Q_1 = \alpha_0 \{ \theta_1(I) - \theta_0 \} + \{ (\alpha_{e1} \cdot \alpha_{e2}) / (\alpha_{e1} + \alpha_{e2}) \} \cdot \{ \theta_1(I) - \theta_2(I) \}$

+ α_{r12} { θ_1 (I)- θ_2 (I)}+(Cp_g/3.6)· ρ_g · d_{g1} { θ_1 (I)- θ_1 (I)}/ Δt + J_{ev} · ϵ_g

屋外側ガラス内面ガラスの熱収支式

 $Q_{2} = \{(\alpha_{o1} \cdot \alpha_{o2})/(\alpha_{o1} + \alpha_{o2})\} \cdot \{\theta_{2}(I) - \theta_{1}(I)\} + \alpha_{o2}\{\theta_{2}(I) - \theta_{airo}(I)\} + \alpha_{r12}\{\theta_{2}(I) - \theta_{1}(I)\}$ $+ \alpha_{r2b} \{ \theta_{2}(I) - \theta_{b}(I) \} + (Cp_{g}/3.6) \cdot \rho_{g} \cdot d_{g2} \{ \theta_{2}(I) - \theta_{2} (I) \} / \Delta t$

ブラインドの熱収支式

 $Q_b = k_b \; \alpha_{\; cb} [\{\; \theta_{\; b}(I) - \; \theta_{\; airo}(I)\} + \{\; \theta_{\; b}(I) - \; \theta_{\; airi}(I)\}] + \; \alpha_{\; r2b} \{\; \theta_{\; b}(I) - \; \theta_{\; 2}(I)\} + \; \alpha_{\; r3b} \{\; \theta_{\; b}(I) - \; \theta_{\; 3}(I)\}$ 室内側ガラスの熱収支式

 $\overline{Q_3 = \alpha_{c3i} \{ \theta_3(I) - \theta_i \} + \alpha_{c3} \{ \theta_3(I) - \theta_{airi}(I) \} + \alpha_{ri} \{ \theta_3(I) - \theta_{MRT} \}}$ + α_{s3b} { θ_{s} (I)- θ_{b} (I)}+(Cp $_{b}$ 3.6)· ρ_{s} · \mathbf{d}_{s3} { θ_{s} (I)- θ_{s} (I)}/ Δ t ブラインド外側中空層温度の熱収支式

 $(Cp_a/3.6)\ \rho\ _aV_{airo}(I)\{\ \theta\ _{airo}(I)-\theta\ _{airo}(I-1)\}\\ =A_W(I)\cdot [\ \alpha\ _{c2}\{\ \theta\ _2(I)-\theta\ _{airo}(I)\}\\ +k_b\ \alpha\ _{cb}\{\ \theta\ _b(I)-\theta\ _{airo}(I)\}]$ ブラインド内側中空層温度の熱収支式

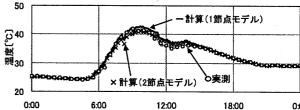
 $(Cp_a/3.6) \ \rho \ _{a}V_{ain}(I) \{ \ \theta \ _{ain}(I) - \ \theta \ _{ain}(I-1) \} = A_{W}(I) \cdot [\ \alpha \ _{c3} \{ \ \theta \ _{3}(I) - \ \theta \ _{ain}(I) \} + k_b \ \alpha \ _{cb} \{ \ \theta \ _{b}(I) - \ \theta \ _{ain}(I) \}]$ ただし、 $V_{airi}(I)=V_{airi}(I-1)$, $V_{airo}(I)=V_{airo}(I-1)$, $\theta_{airi}(0)=\theta_{i}$, $\theta_{airo}(0)=\theta_{airi}(1)$

表 4 記号表

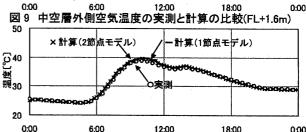
0:外気、1:屋外側ペアガラスの外面ガラス、2:屋外側ペアガラスの内面ガラス、b:ブラインド、3:室内側ガラス、i:室内 添字 heta:温度, heta $_{
m airo}$:中空層ブラインド外側温度, heta 側温度, heta $_{
m airo}$: 1step 中空度ブラインド内 温度[℃] :Istep 前の温度 熱伝達率

「W/ 達率, croni (m·K)] 達率, cr Q:吸収日射量[W/m²], J..:鉛直面夜間放射量[W/m²](Brunt の式から推定 ^{注°}), ε.:ガラスの放射率[ー]

V_{air}: ブラインド外側通気風量[m²/h], V_{air}: ブラインド内側通気風量 [m²/h], Δt: 時間間隔(5mjn), I:上下方向のブロック番号(最下層が 1)









*1:Kajima Corporation, M.Eng

*2:Kajima Technical Research Institute, M.Eng