床面衝突噴流を用いた準置換換気空調方式に関する研究 (その11)天井高の高い空間での乱流熱拡散係数の同定

衝突噴流 置換換気 温度成層 数値実験 ブロックモデル

1. はじめに

室内居住域を対象とする空調方式として、床面付近のダ クトから下向きに給気して室内で温度成層を形成する床 面衝突噴流換気方式¹⁾(Impinging Jet Ventilation、以降 IJV 方式)が近年提案されている。IJV 方式の室内熱環境は十 分に解明されているとは言い難く、本研究では室内鉛直温 度分布の簡易予測手法の提案を目的とする。ここでは一般 的な鉛直温度分布予測モデルとして提案されている戸河 里らのブロックモデル²⁾に基づく IJV 方式の温度分布予測 手法を提案するが、その際温度成層の形成に大きな影響を 及ぼす乱流熱拡散係数 a, [m²/s] が必要となる。既往研究 ³⁾ では天井高2.7mの室において室を2分割して乱流熱拡散 係数を与えることの妥当性を示し、2種のAr数とa,の関 係を示した。しかし、IJV 方式は高熱工場等の高負荷大空 間でより効果的と考えられるため、本研究では天井高 5.4m の IJV 方式の室を対象として、ブロックモデルで温度分布 を予測し得る乱流熱拡散係数の与え方の検討を行う。

2. CFD 解析を用いた鉛直温度分布の予測

既往研究³⁾では寸法9.0×5.0×2.7mの室を対象に CFD 解 析を行ったが、前述の通り、IJV 方式は高熱負荷の大空 間で特に有効と考え、本研究では天井高を5.4m とした室 (図1)を解析する。IJV 吹出面を床上600mmの高さに設 置し、室中央に発熱体(2.0kW)を設置した。吹出口数は 1個(Case1)、2個(Case2)、4個(Case3)、6個(Case4) の4条件を設定し、総給気風量600m³/h、給気温度20℃と して投入熱量は等しい条件とした。図2に4条件の平面図、 表1に CFD 解析の条件を示す。本研究ではここで得られ 正会員 〇西海利哉^{*1} 同 小林知広^{*2} 同 梅宮典子^{*3} 同 杉田雄希^{*4}

た温度分布を真値とみなし、後述のブロックモデルで適切 な乱流熱拡散係数の同定を行う。

3. ブロックモデルの概要

本研究のブロックモデルでは室内空間を鉛直方向に複数のブロックに分割し、室・壁面・プルームの各ブロック間の移流・乱流熱拡散ならびに壁面での熱伝達による熱移動を評価し、鉛直温度分布を簡易に予測する。計算式を表2に、モデル概要を図3に示す。ブロックモデルでは、熱量収支計算の際に上下ブロック間の熱移動係数*C*_b [W/(m²·K)] が必要であり、これは乱流熱拡散係数*a*_i[m²/s] から算出される。そこで、CFD 解析による室内鉛直温度 分布の結果を真値とし、ブロックモデルによる予測結果が 最もよく一致する*a*_iを最小二乗法により同定する。

4. 乱流熱拡散係数の同定

本研究では、対象空間を 20 分割して1 ブロックの高さ 270mm として計算を行う。室上部からブロック番号 (*I*) を1~20 とし、IJV による給気は最下部ブロック、排気 は最上部ブロックから行う。乱流熱拡散係数は実際には室 全体で均一ではないが、計算の簡易化を考慮し、室上部 15 ブロックの領域内の境界面で均一に与えた乱流熱拡散 係数の値を $a_{t.upper}$ 、室下部5 ブロックで均一に与えた値を $a_{t.lower}$ とした 2 領域条件と、室上部 10 ブロックを $a_{t.upper}$ 、 中央部5 ブロックを $a_{t.middle}$ 、室下部5 ブロックを $a_{t.lower}$ と した 3 領域条件の 2 種を Case1, 2, 3, 4 に適用し、計8 条件 で同定した。同定結果とその値を用いて計算した鉛直温 度分布の予測結果を図4 に示す。予測結果は3 領域条件



A Study on Semi-Displacement Ventilation System using Impinging Jet Flow

Part 11. Determination of Turbulent Thermal Diffusivity in a Room with High Ceiling Height

NISHIUMI Toshiya, KOBAYASHI Tomohiro, UMEMIYA Noriko, SUGITA Kazuki

の方が2領域条件より若干精度が高いが、*a_{Lupper}*が拡散係 数としては不自然に大きな値をとる結果となった。一方、 2分割でも比較的高い精度が得られた。以上の検討より、 簡便性と物理モデルの妥当性の観点から、天井の高い空間 においても乱流熱拡散係数を2分割で与える手法は妥当で あると言える。

5. まとめ

本報では IJV 方式を対象に天井高の大きな空間における 適切な乱流熱拡散係数の与え方を検討した。今後は設計条 件を変更した解析により乱流熱拡散係数の関数化を行う。

5400

[参考文献]

5400

- 1) T. Karamipanah, H. Awbi : Theoretical and experimental investigation of impinging jet ventilationand comparison with wall displacement ventilation, *Building and Environment*, Vol.37, pp.1329-1342, 2002
- 2) 戸河里敏, 荒井良延, 三浦克弘:大空間における上下温度分布の 予測モデル-大空間の空調・熱環境計画手法の研究(その1)-, 日本建築学会計画系論文報告集, 第427号, pp.9-19, 1991
- 3)小林知広,杉田雄希,梅宮典子:床面衝突噴流を用いた準置換換 気方式に関する研究 - CFDを用いた数値実験に基づくブロックモ デルによる室内鉛直温度分布の予測-,日本建築学会環境系論文 集,第81巻,pp.1117-1125,2016
- 4) H. Skisted : DISPLACEMENT VENTILATION, Reserch Studies Press Ltd., 1994

5400



*2人阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 講師 傳士 (工学) *3大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 教授 博士 (工学)

* 4 東畑建築事務所

Graduate Student, Department of Urban Eng., Graduate School of Eng., Osaka City University Lecturer, Department of Urban Eng., Graduate School of Eng., Osaka City University, Dr.Eng. Professor, Department of Urban Eng., Graduate School of Eng., Osaka City University, Dr.Eng. Tohata Architects & Engineers