

チャンバーを用いた空調気流の検討
(その3 吹き出し・吸い込みチャンバーの風量分布特性)

気流設計 風量分布 開口調整

○正会員 羽山広文* 同 中尾正喜*

1. はじめに

近年、クリーンルーム、電算機室等の空調にチャンバーを用いた気流方式が多い。これらの気流設計にはチャンバーの形状、圧力損失、所定の風量分布を得るための開口量等の決定が重要である。

前報¹⁾²⁾では、チャンバー内の圧力と吹き出し・吸い込み風量を求める計算法を示し、シミュレーションによりチャンバーの形状と風量分布の不均一率、圧力損失、開口量の関係を明確にした。

しかし、吹き出し・吸い込み面の開口を一樣に設定する方法では、チャンバーが細長く通気抵抗が大きな場合、開口を小さくしチャンバー内と室内の圧力差を増大させる必要があり、送風機動力の増加を招いた。

そこで、本報ではチャンバーの形状と風量分布の関係から、簡便な開口調整法について検討したので報告する。

2. 吹き出し・吸い込み気流の計算法

計算法は前報¹⁾²⁾と同様、モデルを連続的に開口を設置した1次元の連続分配、集合管と見なした場合、微小区間に分割した領域の圧力は次式となる。²⁾³⁾

$$Q_{j-1} - Q_j = A_d(V_{j-1} - V_j) = q_j \quad Q_j = \sum_{j=1}^n q_j \quad (1)$$

$$P_{j+1} - P_j = \frac{\gamma}{2g} (V_j^2 - V_{j+1}^2) \pm (\zeta + \lambda_d \frac{L}{D_d}) \frac{\gamma}{2g} V_j^2 \quad (2)$$

吹き出し気流: +, $\zeta = \zeta_0 = 0$ $q_j / Q_j \leq 50$

吸い込み気流: -, $\zeta = \zeta_1$ $\zeta_1 V_j^2 = V_{j-1}^2 - V_j^2$

また、吹き出し・吸い込み風量はチャンバーと室内の圧力差から求まり次式となる。

$$q_j = \frac{1}{\zeta \rho^{0.5}} O_p \left(\frac{2g}{\gamma} (P_j - P_r) \right)^{0.5} \quad (3)$$

これらの式からチャンバー内の圧力と吹き出し・吸い込み風量を求めることができる。

3. チャンバー形状と吹き出し・吸い込み風量分布

チャンバーを構成する形状(サイズ、通気抵抗)は吹き出し・吸い込み風量分布を決定する大きな要因で

ある。そこで、チャンバーの形状を種々変化させ、前述の計算法を用い風量分布を求めた。なお、チャンバーの形状を表わすため以下に示すチャンバーの特性係数、また風量分布の評価に不均一率を用いた。

$$\text{吹き出し気流: } k_d = \frac{\lambda L}{3D} - 1 \quad (6)$$

$$\text{吸い込み気流: } k_c = \frac{\lambda L}{3D} + 2 \quad (7)$$

$$\text{風量分布の不均一率: } \varepsilon = \frac{\text{最大風量} - \text{最小風量}}{\text{平均風量}} \quad (8)$$

風量の不均一率を $\varepsilon = 0.3$ とした場合、チャンバーの特性係数 k_d 、 k_c と風量分布の関係を図1、図2に示す。これらの結果、以下のことがいえる。

- ① k_d は1以上、 k_c は2以上の場合、末端へ向かって吹き出し・吸い込み風量は減少し、 k_d 、 k_c の値にかかわらず風量分布の傾向はほぼ同一になる。

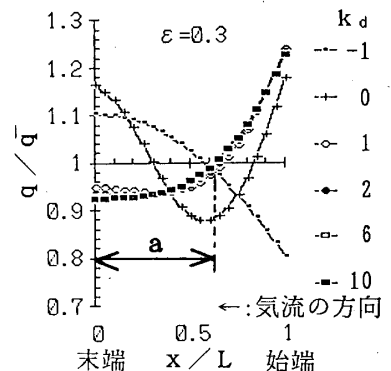


図1 吹き出し気流の風量分布

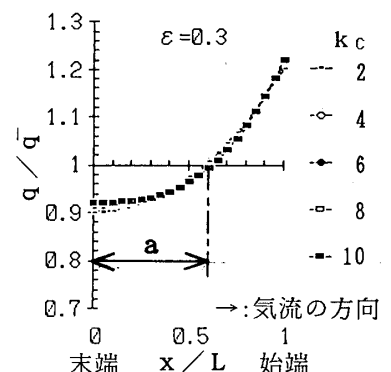


図2 吸い込み気流の風量分布

表1 記号表

L: チャンバーの長さ(m)	X: x/L チャンバー内の位置
Q: 風量(m³/h)	a: 平均風量になる位置
P: 静圧(mmHg)	ζ₀: 分岐損失係数
V: 風速(m/h)	ζ₁: 合流損失係数
D: 相当直径(m)	ζ: 吹き出し・吸い込み開口の抵抗係数 = 2.0
λ: 通気抵抗	k_d: 吹き出しチャンバーの特性係数
λ: 区間の長さ(m)	k_c: 吸い込み
q: 吹き出し吸い込み風量(m³/h)	r: 室内を示すインデックス
q-bar: 平均風量(m³/h)	d: チャンバー
g: 重力加速度(m/h²)	p: 多孔板
O: 多孔板の開口(m²)	i: 吹き出し気流
γ: 空気密度(kg/m³)	o: 吸い込み気流
ε: 風量の不均一率	

A study on air flow in plenum chamber system

Part III Characteristics of supply and suction air flow distribution

②この場合、吹き出し・吸い込み気流とも平均風量になるのは、末端から約0.63 (a) の位置である。

4. 風量分布の近似

不均一率と風量分布の関係を把握するため、 $k_d=6$ 、 $k_c=6$ の形状で不均一率 ϵ を変化し、吹き出し・吸い込み風量分布を求め図3に示した。その結果、

①双方の気流とも不均一率 ϵ が増加しても風量分布の傾向と平均風量になる位置は変わらない。

②この風量分布の計算結果を近似すると次式となる。

$$q = \epsilon X^3 - \epsilon a^3 + 1, a=0.63 \therefore a^3=1/4 \tag{9}$$

$$X=x/L \tag{10}$$

風量は不均一率 ϵ と平均風量になる末端からの距離aで表わすことができる。この近似式の精度を図4に示す。その結果、 k_d は1以上、 k_c は2以上の場合、数%の精度で近似できることがわかった。

5. 吹き出し・吸い込み開口の簡易調整法

開口調整により風量分布を均一化する方法は種々ある。ここでは、(9)式に示す風量が末端から特定の位置で平均風量になる性質を利用し、この位置を境に開口量の調整を行い、風量分布を均一化する簡易な方法を提案する。

末端からaまでの平均風量は(8)式から得られる。

$$\bar{q}_{0-a} = \frac{1}{a} \int_0^a q dX = \frac{1}{a} \int_0^a (\epsilon X^3 - \epsilon a^3 + 1) dX \tag{11}$$

$$= 1 - \frac{3}{4} \epsilon a^3 = 1 - \frac{3}{16} \epsilon \tag{12}$$

一方、aから始端までの平均風量は次式となる。

$$\bar{q}_{a-1} = \frac{1}{1-a} \int_a^1 q dX = \frac{1}{1-a} \int_a^1 (\epsilon X^3 - \epsilon a^3 + 1) dX \tag{13}$$

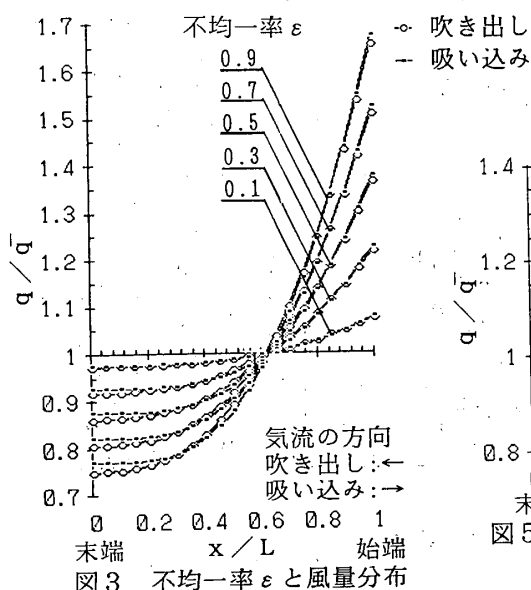


図3 不均一率 ϵ と風量分布

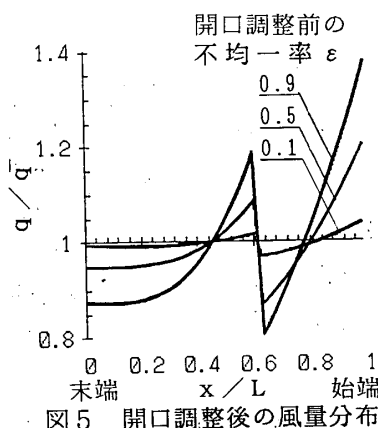


図5 開口調整後の風量分布

$$= 1 + \frac{3}{4(1-a)} \epsilon a^4 = 1 + \frac{3}{16(1-a)} \epsilon a \tag{14}$$

これらの結果を用い、一樣に設定された開口 O_p の調整を以下のように行う。

$$0 < x < a: O_{p0-a} = O_p / (1 - \frac{3}{16} \epsilon) \tag{15}$$

$$a < x < 1: O_{pa-1} = O_p / (1 + \frac{3}{16(1-a)} \epsilon a) \tag{16}$$

この修正した開口率を用い風量分布を求めると図5に示す様、鋸状の分布になり風量分布の均一化が行える。この場合、不均一率 ϵ は図6に示すように調整前と比較し30~35%改善する。この方法により送風機動力を上昇させず、容易に風量分布の改善が可能である。

6. まとめ

チャンバーの形状と吹き出し・吸い込み風量分布、不均一率の関係を明確にし、簡易な風量分布の調整法を示した。簡易な調整ではあるが、実用上十分な精度と考えられる。

参考文献

- 1) 羽山・中尾「ファンを用いた空調気流の検討(その1)」 建築学会大会S61
- 2) 羽山・中尾「同(その2)」 建築学会大会S62
- 3) 佐藤「等流量分配管ならびに集合管」 日本機械学会論文報告集S34

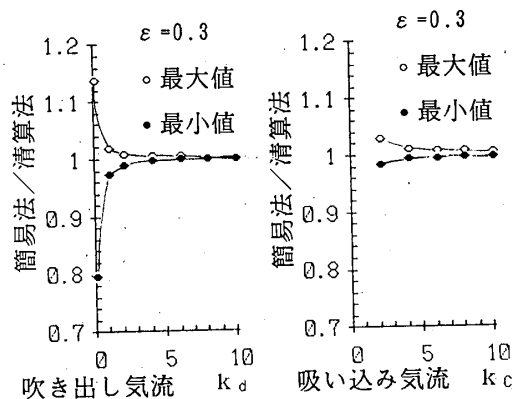


図4 風量分布の近似精度

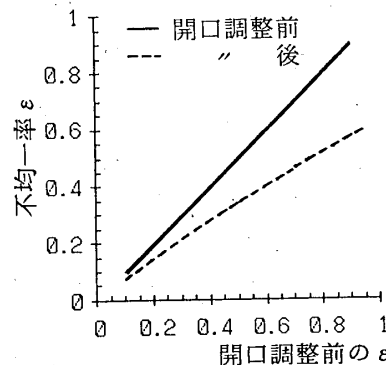


図6 不均一率の改善効果

*NTT 建築部 建築技術開発室