

チャンバーを用いた空調気流の検討

(その2 吹き出し・吸い込みチャンバーの特性)

正会員 ○羽山広文* 同 中尾正喜*

1. はじめに

近年、エレクトロニクス産業の発展とともに、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。これらの気流設計ではチャンバーの形状と所定の風量分布を得るための開口量、送風機の容量決定に不可欠なチャンバーの静圧損失の関係が重要である。新津等は各種のダクトについて、スリット間隔と吹き出し風量と圧力分布の関係を報告¹⁾しているが、ダクト内の通気抵抗が小さな場合の検討であり、通気抵抗が変化した場合には触れられていない。一方、筆者らはチャンバーを用いた吹き出し、吸い込み風量分布と圧力分布を求める計算法²⁾³⁾風量分布の不均一率を用いた評価法を³⁾示してきたが、本報では、これらの計算法の実用性を実験により確認し、シミュレーションにより各パラメータ間の関係について検討したので報告する。

2. 吹き出し及び吸い込み気流の計算法

クリーンルームや電算機室のように循環風量が大きく、空調機が連続配置され比較的一様な吹き出し吸い込みを行った場合には、チャンバーを平行平板の一次元の連続分配、集合管と見なすことができる。このとき、図1に示すように微小区間に分割された領域の吹き出し、吸い込み風量及び圧力分布は次式で表わされる。²⁾³⁾⁴⁾

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

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

吹き出し気流：+、 $\zeta = \zeta_o$ 吸い込み気流：-、 $\zeta = \zeta_i$

これらの損失係数は吹き出し、吸い込み口が連続的に配置され、また主流と支流の流量比が小さな場合次式で表される⁵⁾。特に合流の場合主管流速の増加が合流損失になる。

表1 記号表

L	チャンバーの長さ(m)	ζ_o	分岐損失係数
Q	風量(m ³ /h)	ζ_i	合流損失係数
P	静圧(mmHg)	ζ_p	吹き出し及び吸い込みパネルの抵抗係数
V	風速(m/h)	k_d	吹き出しチャンバーの特性係数
W	幅(m)	k_o	吸い込みチャンバーの特性係数
A	断面積(m ²)	r	室内を示すインデックス
D	相当直径(m)	d	チャンバー
λ	通気抵抗係数	p	多孔板
q	吹き出し吸い込み風量(m ³ /h)	i	吹き出し気流
g	重力加速度(m/h ²)	o	吸い込み気流
O	多孔板の開口率(%)	s	チャンバーの始端
γ	空気密度(kg/m ³)	R	レイノルズ数 $R = VD/\nu$
ϵ	風量の不均一率	ν	空気の動粘性係数(m ² /h)

$$\zeta_o = 0 \quad q_j / Q_j \leq 50 \quad \text{： 吹き出し気流} \quad (3)$$

$$\zeta_i V_j^2 = V_{j-1}^2 - V_j^2 \quad \text{： 吸い込み気流} \quad (4)$$

一方、吹き出し、吸い込み風量分布はチャンバーと室内の圧力差から求まり次式となる。

$$q_j = \frac{1}{\zeta^{0.5}} O_p \left(\frac{2g}{\gamma} (P_j - P_r) \right)^{0.5} \quad (5)$$

以上、チャンバー内の圧力分布と吹き出し及び吸い込み風量分布は(1)(2)(5)式を連立させ求めることができる。

3. 吹き出し・吸い込み気流実験

3-1. 実験の目的と概要

ここでの計算法はチャンバーに設置された多孔板から吹き出し・吸い込みされた気流を一次元の連続分配・集合管のモデルで扱っている。そこで、この計算法の適用性を検討するため図2に示すような上面に多孔板を設置したチャンバー(断面600W×100H、長さ6000mm)に整流装置を介して送風機を接続し、吹き出し及び吸い込み気流を生じさせた状態で室内とチャンバー内の静圧差を微差圧計で測定した。また、送風機の総風量はラミナーフロー流量計で測定した。一方、チャンバーの通気抵抗は多孔板を平板に取り替えた状態で始端風速(風量/断面積)とチャンバーの始端と終端の圧力差から求めた。その結果、 $\lambda_d = 0.019 (2 \times 10^4 \leq Re \leq 10^5)$ であった。また、チャンバーに設置した多孔板は5% (穴径5mmφ、ピッチ20mm、厚さ1.6mm)のものを、開口率は(1、5%)は開口をテープでマスキングして行った。なお、多孔板の通気抵抗係数 ζ_p は気密実験の結果、 $\zeta_p = 2.0 (10^3 \leq Re \leq 10^4)$ であった。

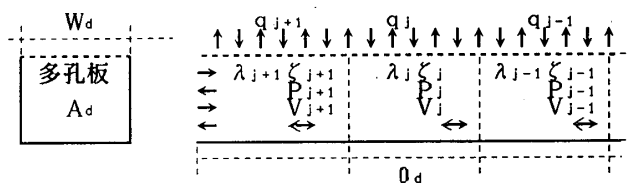


図1 吹き出し・吸い込み気流の計算モデル

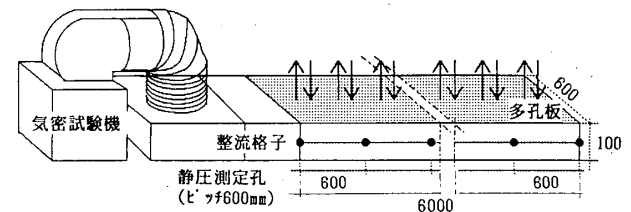


図2 吹き出し・吸い込み気流実験装置の概要

3-2. チャンバーの吹き出し、吸い込み実験と計算結果

前記の条件を用い吹き出しと吸い込み気流の実験と計算を行ったチャンバー内の静圧分布の結果を図3、4に示す。なお、計算は前報¹⁾に示す方法でチャンバーを60個に均等分割し(分割による誤差は60個で約0.5%)、風量の収支は0.01%で収束したものと見なした。これらの結果より、

- ① 開口率が増加するとチャンバーの始端圧力は低下するが圧力分布は増大し、風量分布が悪化する。
- ② 始端風量の違いにより実験値がばらつくのは、チャンバー内と多孔板の通気抵抗係数が風速に依存するためと考えられる。しかし、圧力分布から逆算した風量分布は平均風量に対し最悪±5%程度であり、実用的な精度といえる。

4. 各パラメータの関係

これまでに示した計算法を用い表2に示す各パラメータを変化させシミュレーションを行った。各パラメータ間の関係は表2に示す係数で一般化でき図5、6に示す結果が得られた。これより

- ① 双方の気流において風量分布の不均一率εが増加すると同じ k_d 、 k_c に対し必要静圧は減少し開口率は増大する。
- ② 吹き出し気流の場合、 $k_d=0$ の点で必要静圧は最低点をまた、開口率は最高点を示す。これは、チャンバー内の抵抗による圧力損失が静圧再取得で相殺され、圧力分布が少なくなったためである。一方、 k_d が0より増加、減少すると必要静圧は増大し、開口率は低下する。
- ③ 吸い込み気流の場合は k_c の増加に対し必要静圧と開口率は単調減少する。

5. まとめ

チャンバーを用い比較的一様な吹き出し及び吸い込み風量を必要とする気流方式において、チャンバーの形状、風量の不均一率、チャンバー始端の必要静圧、開口率の各パラメータ間の関係を一般化し定量的に把握した。これらは、気流設計上有効な資料と考えられる。

表2 パラメータの解説

チャンバーの特性係数	吹き出し: $k_d = \frac{\lambda L_d}{3D_d} - 1$ 吸い込み: $k_c = \frac{\lambda L_d}{3D_d} + 2$
必要静圧	$P_s \cdot 2g / (\gamma \cdot V_s^2)$
風量の不均一率ε	$\varepsilon = \frac{\text{最大風量 } Q_{MAX} - \text{最小風量 } Q_{MIN}}{\text{平均風量 } Q_{AVE}}$
チャンバー開口率	$Op \cdot L_d / Ad$ ($\zeta p=2$ として算出)

□ 参考文献

- 1) 新津・他「一様吹き出しスリット・ダクトの特性」第1、2報 空気調和・衛生工学会研究論文S41
- 2) 羽山・中尾「ファン-吹き出し方式における空調気流の検討(その1)」日本建築学会大会梗概集S60
- 3) 羽山・中尾「ファン-を用いた空調気流の検討(その1)」 S61
- 4) 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
- 5) 「管路・ダクトの流体抵抗」 日本機械学会編

*NTT 建築部 建築技術開発室

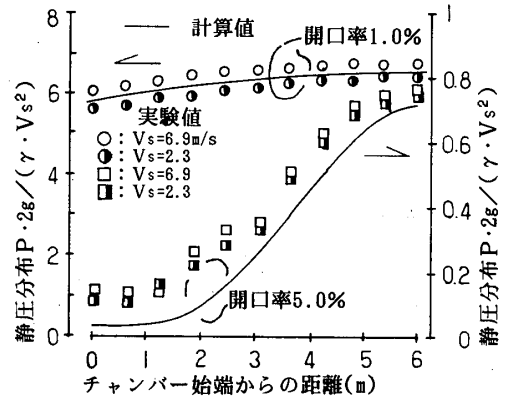


図3 吹き出し気流の実験と計算結果

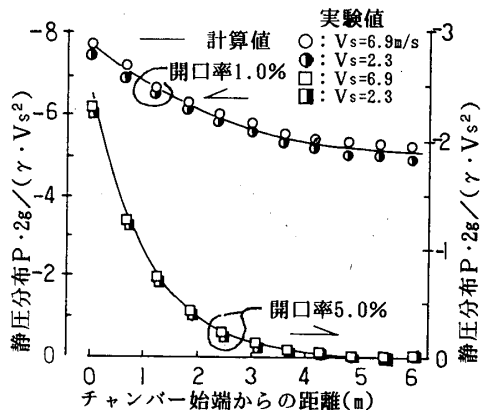


図4 吸い込み気流の実験と計算結果

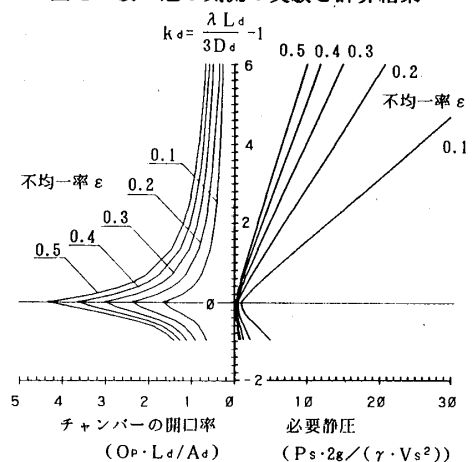


図5 吹き出しチャンバーにおける各パラメータの関係

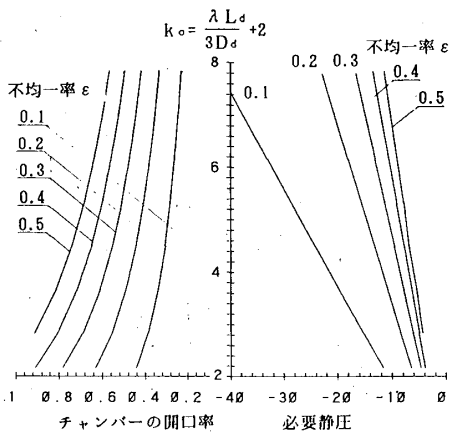


図6 吸い込みチャンバーにおける各パラメータの関係