

床吹出し空調方式における空気搬送エネルギー消費量の検討

正会員 ○羽山 広文\*  
同 木下 学\*\*

床吹出し空調方式、省エネルギー、通気抵抗

1. はじめに

電算機室や通信機室では、一般的に室内の発熱密度が高く、床吹出し空調方式が用いられている。この空調方式では、空気搬送エネルギー消費量の空調全エネルギー消費量に占める割合が大きいため、室内温度環境を考慮しながら空気搬送エネルギー消費量の削減を目指した気流分配設計が重要である。これまでに半澤ら<sup>1)</sup>は、二重床内に部分的に設置された障害物が二重床内の圧力分布に与える影響について検討しているが、障害物が連続して設置された場合についての検討は見られない。

本報告では、床吹出し空調の気流分配法の開発を目的に、二重床内の障害物を考慮した通気抵抗の評価方法を示し、二重床の高さ、二重床内の障害物などが空気搬送エネルギー消費量に与える影響について検討する。

2. 二重床の吹出し風量分布と圧力損失・開口率

2-1. 二重床の吹出し風量分布： 二重床の吹出し風量分布は、二重床内の形状、通気抵抗により変化する。均一な開口を設けた二重床の吹出し風量分布の不均一率  $\epsilon$  を次式で定義する。

$$\text{風量分布の不均一率 } \epsilon = \frac{\text{最大風量} - \text{最小風量}}{\text{平均風量}} \quad (1)$$

2-2. 二重床の吹出し風量分布： 均一の開口を設けた二重床を連続分配管と考えると、二重床の風量分布は図1に示すように変化する<sup>2)</sup>。一般的に二重床の高さは、建物の階高の問題などで低い方が好まれるため、チャンバの特性係数  $k$  は大きくなり、始端では吹出し風量が多く、末端に行くに伴い少なくなるパターンとなる。

2-3. 二重床の圧力損失・開口率： 風量分布の不均一率  $\epsilon$  をパラメータにすると、チャンバの特性係数  $k$  と圧力損失  $P_s$  の関係は図2となる<sup>2)</sup>。  $P_s$  は  $\epsilon$  が小さくなるほど、また  $k$  が大きくなるほど増加する。これらの結果は次の近似式で表される<sup>2)</sup>。

$$P_s = 0.815 \epsilon^{-0.820} k \frac{\rho v_s^2}{2} \quad \text{ただし } k > 2 \quad (2)$$

3. 二重床内の障害物を考慮した通気抵抗

二重床内には、支柱、配線などがあり通気抵抗となる。これらの障害物の通気抵抗を図3のように、流れに直交する垂直フィンと同様と考えると、二重床内の圧力損失  $\Delta P$  は、(3)式で表すことができる。  $f$  は Fanning の摩擦係

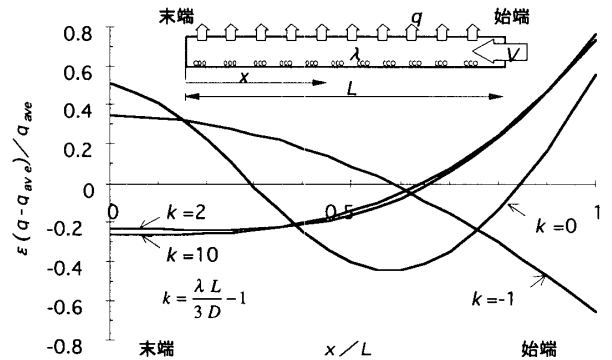


図1 吹出し風量分布

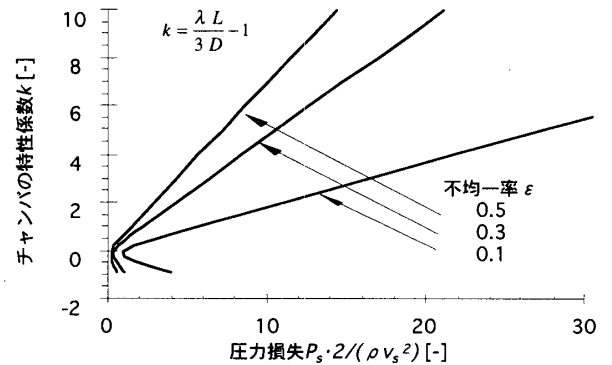


図2 チャンバの特性係数と圧力損失の関係

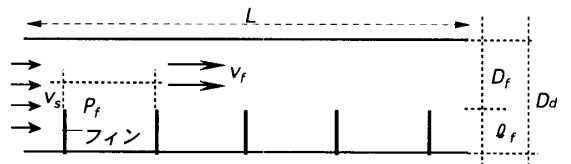


図3 フィン付きチャンバのモデル

数である。植田<sup>3)</sup>は実験から乱流域における摩擦係数  $f$  を求め、(4)式の実験式を得ている。

$$\Delta P = 4 f \frac{L}{D_{fe}} \frac{\rho v_f^2}{2} \quad (3)$$

$$f = 4C \left( \frac{D_f}{\ell_f} \right)^{0.08} \text{Re}^{-0.05}, \quad \text{Re} = \frac{v_f D_{fe}}{\nu}, \quad D_{fe} = 2 D_f \quad (4)$$

$C$  はフィンの形状  $P_f / \ell_f$  によって定まる定数であり、図4に示す値となる。一方、二重床内の圧力損失  $\Delta P$  は(5)式で表される。

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v_s^2}{2} \quad (5)$$

二重床内の開口率を  $O_f = D_f / D_d$  とすると、(3)式と(5)式か

ら、通気抵抗  $\lambda$  は(6)式および図5となる。

$$\lambda = 4C \left( \frac{D_f}{\ell_f} \right)^{0.08} \frac{Re^{-0.05}}{O_f^3} \quad (6)$$

#### 4. 空気搬送エネルギー消費量の評価

4-1. 空気搬送エネルギー消費係数： 室内熱負荷  $H_L$  の冷却に空調用送風機が  $E_F$  のエネルギーを要した場合、空気搬送エネルギー消費係数  $\epsilon_A$  は次式で表される<sup>[4]</sup>。

$$\epsilon_A = \frac{E_F}{H_L}, \quad E_F = \frac{V(P_c + P_s)}{\eta_T} \quad (7)$$

$V = W_d D_d v_s$  とすると、(2)式と(7)式から次式となる。

$$\epsilon_A = \frac{P_c V + 0.815 \epsilon^{-0.820} k \frac{\rho}{2} \left( \frac{1}{W_d D_d} \right)^2 V^3}{\eta_T H_L} \quad (8)$$

4-2. 二重床高さの影響： 二重床の高さが空気搬送エネルギー消費係数  $\epsilon_A$  に与える影響を評価した。検討結果および検討条件を図6に示す。この結果、二重床高さの減少に伴い  $\epsilon_A$  は急激に増加する。その傾向は発熱密度の増加に伴い顕著となる。

4-3. 二重床内障害物の影響： 二重床内に設置される配線等の障害物の高さが空気搬送エネルギー消費係数  $\epsilon_A$  に与える影響を評価した。検討結果および検討条件を図7に示す。この結果、障害物高さの増加に伴い  $\epsilon_A$  は急激に増加することがわかった。

#### 5. まとめ

二重床内の障害物を考慮した通気抵抗の評価方法を示し、二重床高さおよび障害物が空気搬送エネルギー消費に与える影響について計算例を示した。二重床の長さ、障害物の高さは、空気搬送エネルギー消費係数を急激に増加させる要素であり、設計する上で十分配慮が必要といえる。なお、二重床内の障害物をフィン付きチャンバのモデルで扱うことの是非は実験での確認を要する。

#### 参考文献

- [1] 半澤久・樋口祥明：低床式アンダーフロア空調システムの二重床内気流分布に関する研究，日本建築学会技術報告集，第3号，pp.200-206，1996.12
- [2] 羽山広文：床吹き出し空調方式の高効率化，日本建築学会技術報告集第2号，pp.110-114，1996.3
- [3] 植田辰洋・原田一郎：フィン付き伝熱面の熱伝達に関する研究，日本機械学会論文集，30-210，pp.278-287，1964.2
- [4] (社)空調和・衛生工学会：建築・設備の省エネルギー技術指針，pp.192-198，1994.6

#### 記号表

$c_p$ : 空気の比熱[W・s/(kg(DA)・K)]	$q$ : 二重床からの吹出し風量[m <sup>3</sup> /s]
$D$ : 二重床の相当直径[m]、 $D=2D_d$	$\Delta T$ : 送風温度差[°C]、 $\Delta T = \frac{H_L}{c_p \rho V}$
$D_d$ : 二重床の高さ[m]	$V$ : 空調給気量[m <sup>3</sup> /s]
$E_F$ : 送風機のエネルギー消費量[W]	$v$ : 二重床内風速[m/s]、 s: 始端、f: 二重床内の開口部分
$H_L$ : 空調負荷[W]/[J/s]	$W_d$ : 二重床の幅[m]、 $W_d=1$
$k$ : チャンバの特性係数[-]、 $k = \frac{\lambda L}{3D} - 1$	$\epsilon$ : 風量分布の不均一率[-]
$L$ : 二重床の長さ[m]	$\epsilon_A$ : 空気搬送エネルギー消費係数[-]
$\ell_f$ : フィンの高さ[m]	$\lambda$ : 二重床内の通気抵抗係数[-]
$P_f$ : フィンの間隔[m]	$\eta_T$ : ファン効率[-]、 $\eta_T=0.5$
$\Delta P$ : 圧力損失[Pa]	$\nu$ : 渦動粘係数[m <sup>2</sup> /s]
$P_s$ : 二重床の圧力損失[Pa]	$\rho$ : 空気の比重[kg/m <sup>3</sup> ]
$P_c$ : 空調機等の機内静圧[Pa]、 $P_c=294$	

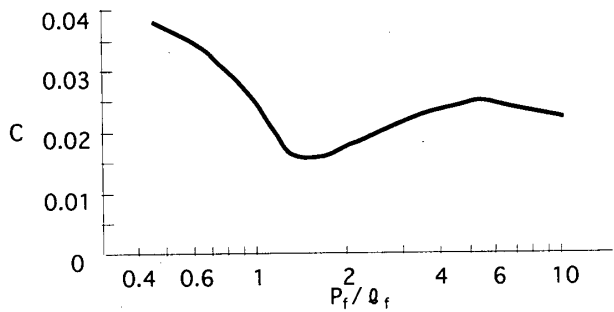


図4 摩擦係数におけるCの値<sup>[3]</sup>

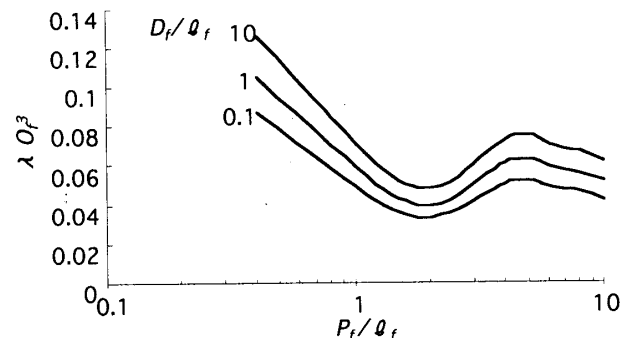


図5 フィン付きチャンバの通気抵抗

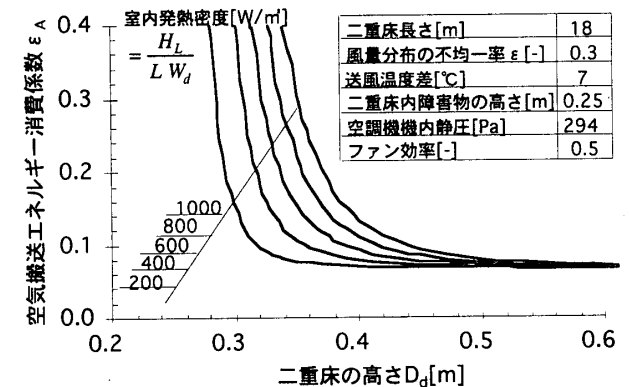


図6 二重床の高さと空気搬送エネルギー消費係数

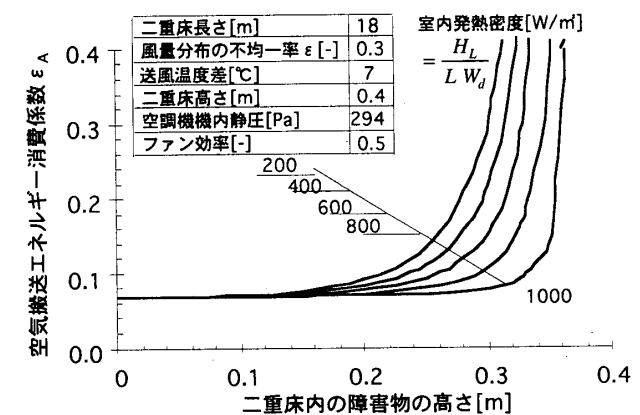


図7 二重床内の障害物高ささと空気搬送エネルギー消費係数

\* (株) NTTファシリティーズ研究開発部 工博  
\*\* (株) NTTファシリティーズ研究開発部

Reserch and Development Dept., NTT POWER AND BUILDING FACILITIES INC., Dr. Eng.  
Reserch and Development Dept., NTT POWER AND BUILDING FACILITIES INC.