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

THE AIR FLOW DISTRIBUTION IN A PRESSURE PLENUM CHAMBER OF THE UNDER FLOOR AIR CONDITIONING SYSTEM WITH LOW RISE RAISED FLOOR SYSTEM

半澤 久 ———*1
樋口祥明 ———*2

Hisashi HANZAWA
Masaaki HIGUCHI

It is significant for the under floor air conditioning systems with a low rise raised floor that distributions of air flow and static pressure in a pressure plenum chamber are maintained properly. Major problems about the introducing supply air to the pressure plenum chamber and the effect of obstacles to the air flow distribution in the chamber were found. Technical solutions to avoid these problems are suggested. Guide vanes are effective to make introducing air flow distribution properly. Less than one second height of the chamber has no influence to the air flow distribution.

キーワード：
床吹き出し空調、二重床、気流分布、静圧分布、空調システム

Keywords：
Under floor air conditioning, Raised floor, Air flow distribution, Static pressure distribution

1 はじめに

近年のオフィスビルでは、低床型OAフロアが普及してきている。二重床内を加圧チャンバとして利用するアンダーフロア空調システムを導入する際に、OAフロアの高さを増加させるのは階高の増加を招き、建設コストが増大することになる。従って、低床型OAフロアによる二重床スペースをそのまま給気用加圧チャンバとして利用する必要が生じる。しかし有効高さが低い二重床を給気チャンバとして利用する場合、二重床内の風速の増加あるいは圧力損失の増加によって、二重床内の静圧及び吹き出し風量に不均一が生じることが予測される。また、二重床内の温度及び吹き出し温度にばらつきが生じることも予測される。それらにより、室内の温熱環境が悪化する可能性がある。従って、低床型OAフロアによる二重床内気流分布に関する問題点を明らかにし、対策を講じることが重要である。

筆者らは1/5縮尺模型を用いて、二重床内の気流性状(風向・風速、二重床内静圧)に関する実験を行い、その問題点について検討した。¹⁾(1991)また、二重床高さ60mm(有効床高さ34mm)の実大オフィスにおける二重床内の気流性状を測定し、二重床高さ60mmの床吹き出し空調方式の可能性について検討を行った。²⁾(1993)いずれにおいても、空調機から二重床内への給気導入方法ならびに二重床内の障害物による気流分布の検討を行った。なお気流場が予測できれば、温度分布の予測は可能であるという観点から今回は温度場に関する検討は行っていない。本報では、これらの模型実験ならびに実大オフィスにおける実測により得られた、低床型OAフロアによる二重床内気流性状の特徴、問題点及びその対応策について述べる。

なおこれまでに二重床高さ300mm(有効)を対象とした1/10縮尺模型実験³⁾(1992)、二重床高さ250mm(有効)を対象とした1/2縮尺模型実験⁴⁾(1992)、二重床高さ75、150mm(有効)を対象とした1/5

縮尺模型実験^{5, 6)}(1994)、二重床高さ70、100、150、300mmを対象とした縮尺模型実験⁷⁾(1994)が報告されている。また、気流シミュレーションでの簡易予測法に関する検討⁷⁾(1994)も報告されている。

2 縮尺模型実験による二重床内気流性状の把握

二重床の高さ、二重床内への空気導入口の大きさ、障害物の有無の影響を検討するためそれらをパラメータとして、縮尺1/5の模型を用い、二重床内の風向・風速、静圧分布を測定した。また、給気導入口直後に設置するガイドベーンの効果についても検討した。

2.1 実験概要

図.1に実験装置の概要を示す。対象空間として15m×15mの平面を想定した二重床内模型(3m×3m、縮尺1/5)とした。実際の吹出口と有効開口面積が等価である、直径20mmの単純開口を吹出口として、52個配置した。二重床内風速を無指向性風速計で、二重床内静圧と実験室内との差圧を沈鐘式微差圧計で測定した。

表.1に実験条件を示す。対象とした二重床高さは実大で300mmと120mmである。吹出口1個当たりの風量は実物で100m³/hとなるように設定し、風速の縮率を1:1として等温実験を行った。◎印の実験条件については床下の障害物(ケーブル、ダクト等)の影響を確認する実験、及び空気導入口直後にガイドベーンを設置し気流の均等拡散を図った実験を行った。障害物、ガイドベーンの位置は図.1に示す。

2.2 実験結果と考察

2.2.1 給気導入口配置

給気導入方法による二重床内風向・風速分布を図.2.1(①全面導入、②1ヶ所導入)に、1ヶ所導入時の二重床内静圧分布を図.2.2に示す。全面導入時には気流はチャンバ奥に平行流で直進し二重床内静圧もほぼ一定であった。これに対して1ヶ所導入では大きな渦

*1 (株)竹中工務店技術研究所応用研究開発部 主任研究員
(〒270-13 千葉県印西市大塚1-5-1)
*2 (株)竹中工務店技術研究所応用研究開発部 研究員・工博

*1 Chier Researcher, TAKENAKA CORPORATION, Research & Development Institute
*2 Researcher, TAKENAKA CORPORATION, Research & Development Institute, Dr. Eng.

図. 1 実験装置概要

表. 1 実験条件一覧(縮尺模型実験)

床高さ(mm) [] は模型床高さ	空気導入方法	
	全面導入	1ヶ所導入
300 [60]	○	○
120 [24]	○	◎

ができ、渦の中心部付近で空気が滞留する傾向がある。二重床内静圧は、空気の流れに沿って値が変化し、導入口からの空気が最初に壁面に衝突する付近で高く、渦の中心部で低い。また隅角部では大きな渦と逆方向の小さな渦が生じており、静圧が低かった。

全面導入時には、低床(二重床高さ 120mm)でも二重床内静圧の分布に大きなばらつきはなかったが、1ヶ所導入の場合は二重床内静圧にばらつきが生じている。(図. 2.2) また、導入した空気が渦の中心部に達するまでの経路が長く(図. 2.1)、途中での熱損失により冷房時に吹出空気温度が高くなる可能性がある。従ってチャンバ全体に均一に気流を送る工夫が必要である。

2.2.2 床高さの影響

1ヶ所導入の場合の二重床高さによる影響を二重床内静圧の出現頻度分布によって示す。(図. 3(①二重床高さ300mm、②同120mm)) 高さ120mmの二重床内静圧は0.9~1.5mmAqと高さ300mmの結果と比較してばらつきが大きく、標準偏差も約5倍となっている。

二重床高さが低いと、導入風量が等しい場合二重床内の風速が大きくなり、摩擦による圧力損失が大きくなる。これによって二重床内静圧のばらつきが大きくなると考えられる。導入風速を大きくしすぎないことで、二重床内静圧のばらつきを小さくできるといえる。

2.2.3 障害物の影響

図. 4に導入気流方向に直行して二重床高さを閉塞する障害物を設置した場合の二重床内風向・風速の分布(①1/2閉塞、②3/4閉塞)を示す。1/2閉塞時には、導入口からの気流は中心方向に曲げられる傾向はあるが、障害物を乗り越え大きな一つの渦を形成しており、障害物がない場合と同様の流れ性状を示す。3/4閉塞時には障害物に到達した気流はそのまま障害物に沿って流れ、障害物前後で二つの渦を形成している。3/4閉塞時の二重床内静圧分布は、導入空気が障害物とぶつかる部分で高く、障害物の手前側の渦の中心付近で低くなる。ただし、障害物以降の静圧のばらつきは小さい。(図. 5)

図. 2.1 二重床内風向・風速分布(床高さ120mm) ○: 床吹出し口

図. 2.2 二重床内静圧分布(床高さ120mm、1ヶ所導入)

①床高さ 300mm

②床高さ 120mm

図.3 二重床内静圧出現頻度分布 (1ヶ所導入)

図.6 二重床内風向・風速分布 (床高さ120mm、1ヶ所導入、ガイドベーン有り)

2.2.4 ガイドベーンの効果

1ヶ所導入で導入口直後にガイドベーンを設置した場合の二重床内風向・風速の分布を図.6に示す。ガイドベーンにより導入空気は放射状に拡がり、ガイドベーン無しの場合の1ヶ所導入(図.2②)でみられた気流の滞留は消え、チャンバ内の各点に最短経路で空気が流れている。これによってチャンバ内での熱損失による床吹出し空気温度の上昇は少なくなると考えられる。ガイドベーン設置の場合の二重床内静圧の頻度分布を図.7に示す。1ヶ所導入時(図.3②)と比較すると床下静圧のばらつきは小さく、ガイドベーンによって床吹出し風量のばらつきを抑えることができるといえる。

図.4 二重床内風向・風速分布 (床高さ120mm、1ヶ所導入)

図.5 二重床内静圧分布 (床高さ120mm、1ヶ所導入、障害物3/4閉塞)

図.7 二重床内静圧出現頻度分布 (床高さ120mm、1ヶ所導入、ガイドベーン有り)

3 実大オフィスにおける二重床内気流性状の把握

実大のオフィスにおいて二重床高さ60mm(有効床高さ34mm)のOAフロアを利用した床吹出し空調方式について、二重床内の気流性状を把握する実験を行った。

3.1 実験概要

実験対象としたオフィスの平面図(38m×38m)を図.8に示す。図中 の領域の二重床内を区画し、加圧方式のアンダーフロア空調を実施した。図.9に空調空気導入ダクト近傍の断面詳細図を示す。二重床内への空調空気の導入は条件によって、2ヶ所の縦ダクト(200×500mm)、もしくは1ヶ所の縦ダクト(500×500mm)を通じ

図. 8 実験対象オフィス平面図 (単位mm)

て行った。床吹き出し口は1個あたり風量 $100\text{m}^3/\text{h}$ の旋回流型吹き出し口を34個設置し、最大風量に設定した。二重床内風速を無指向性風速計で、二重床内静圧とオフィス空間との差圧を沈鐘式の微差圧計で測定した。表. 2に実験条件を示す。導入口配置、二重床内の障害物(ケーブルの幹線等)の量をパラメータとした条件について実験を行った。条件3では障害物をダクト近傍に南北方向に増設した。

3.2 結果と考察

3.2.1 2ヶ所導入時の二重床内気流性状

図. 10に条件1の二重床内風向・風速分布、図. 11に二重床内静圧分布を示す。二重床内風速は導入ダクト近傍で最も大きく、南側窓面に向かって減衰している。2つのダクトから二重床内に吹出した空気は放射状に拡がり、床内で衝突したのち、南側窓面に向かって流れていると考えられる。西側ダクト近傍にはOAケーブルが集中

表. 2 実験条件一覧(実大オフィス実験)

条件	空気導入口配置	二重床内障害物
1	2ヶ所(コア側)	通常使用状態
2	1ヶ所(南西窓側)	通常使用状態
3	1ヶ所(南西窓側)	Fケーブル15本追加

図. 9 SAダクト近辺断面図 (単位mm)

しているため、一部流れが滞留しているが、二重床内の気流は比較的スムーズに流れているといえる。

二重床内静圧については導入ダクト近傍で高くなっているが、全体としては 1mmAq 以下とほぼ均一である。静圧の値から、導入ダクト近傍の床吹き出し風量が3割程度多く、今回用いた床吹き出し口の静圧損失と風量は両対数軸で(静圧損失)の $2 \times (\text{風量})$ で表わせる。従って静圧のばらつきが2割以内なので、床吹き出し風量は1割以内の差であると推定される。

二重床内の導入口は2ヶ所しかないが、ダクトから下向きに空気を導入しているため、放射状に空気が拡がり、二重床内風速が速く減衰する。これにより、高静圧の領域が少なくなっていると考えられ二重床内へ横向きに空気を導入するよりも、静圧分布の点で有利であると考える。ただし、二重床内への空気導入時の圧力損失は増加し、空調機のファン動力が増加する。

●: 床吹き出し口 (単位 m/s)

図. 10 二重床内風速・風向分布 (条件1)

●: 床吹き出し口 (単位 mmAq)

図. 11 二重床内静圧分布 (条件1)

3.2.2 導入口配置の影響

図.12に条件2の二重床内風向・風速分布、図.13に二重床内静圧分布を示す。導入口近傍の風速は約15mと速く、導入口から気流が放射状に拡散している。高風速域は南側、西側窓面に沿って拡がり、導入口からおよそ10mの距離まで風速2m/s以上の領域が拡がっている。

二重床内静圧は導入口近傍で最も高く3.5mmAqを越える。導入口と対角の位置の静圧は最も低く、約1mmAqとなっている。床吹出し風量には約2倍の差が生じると推定される。また、高静圧の領域は南側窓面に沿って拡がっており、室中央付近以降は層状に静圧が低下している。大部分の領域で二重床内静圧は1.2~1.7mmAqであり、床吹出し口特性より風量に約2割のばらつきが生じると推定される。

3.2.3 二重床内障害物の量の影響

図.14に条件3の二重床内風向・風速分布を示す。図.15に二重床

内静圧分布を示す。導入口からの気流は最初放射状に拡散するが、障害物が南北方向に設置されているために、高風速域が南側窓面に沿って拡がらず、室中央に向かう傾向がある。導入口からの気流は障害物以降では障害物のある位置から全面導入されたような気流分布を示している。二重床内の風速が2m/s以下の領域は障害物が無いときに比べると小さい。

二重床内静圧は導入口近傍で最も高く4.5mmAqを越え、導入口と対角の位置で最も低く約1mmAqとなっている。障害物が無いときと同様、吹出し風量に約2倍の差が生じると推定される。障害物があるため、高静圧の領域は南側窓面に沿って拡がらず、障害物以降で層状に静圧が低下する。障害物より導入口の静圧は高くなるが、障害物以降の大部分の領域で二重床内静圧は1.2~1.8mmAqであり、高静圧の領域が小さくなる。障害物が無いときと同様、床吹出し口特性より、風量に約2割のばらつきが生じると推定される。

図.12 二重床内風速・風向分布 (条件2)

図.13 二重床内静圧分布 (条件2)

図.14 二重床内風速・風向分布 (条件3)

図.15 二重床内静圧分布 (条件3)

4 おわりに

アンダーフロア空調システムの普及によって、より低床のOAフロアへの適用が求められている。加圧チャンバータイプのアンダーフロア空調の場合は、二重床内の静圧分布が均一であれば、各床吹出し口からの吹出し風量が均等に維持される。また、二重床内の気流分布が均等であれば、床吹出し温度がほぼ均一になる。したがって、低床型OAフロアを用いた場合の二重床内の気流分布特性を把握しておくことは、床吹出し風量を適正に維持し、室内環境を良好に保つために重要である。今回、縮尺模型を用いた実験結果によって以下のことを確認した。

①空調機から二重床内への空気が1ヶ所から導入されると、二重床内静圧のばらつきが大きくなる。また、導入空気の到達に時間のかかる床吹出し口がある。

②全面導入時には二重床内静圧の分布はより均等になる。

③1ヶ所導入の場合は導入口直後へのガイドベーンの設定により、二重床内静圧分布は改善される。

④二重床内の障害物は床下断面が3/4以上閉塞されると、風速分布が大きく変化し、二重床内静圧のばらつきが大きくなる。但し、障害物以降の静圧のばらつきは小さくなる。

また、二重床有効高さ34mmの実大オフィスでの実験により、以下のことが明らかになった。

①二重床内へ2ヶ所から導入した場合は、二重床内静圧のばらつきは比較的小さかった。導入口からの気流が二重床内で放射状に拡散する方式のため、二重床内の風速が適正となったためである。

②二重床内へ1ヶ所から導入した場合は、二重床内の風速が速く、二重床内静圧のばらつきも大きかった。

③障害物部分での圧力損失が大きいため、障害物以降の領域では、障害物位置から全面導入されたような気流分布を示し、障害物以降の静圧のばらつきは比較的小さかった。

二重床への空気導入方法によって、低床型OAフロアによる加圧

チャンバー方式のアンダーフロア空調が可能であることを確認した。ただし、低床のOAフロア等を利用する場合、二重床内への導入口1ヶ所の受け持ち面積が大きすぎると、二重床内静圧のばらつきが大きくなり床吹出し風量がばらつくことになる。二重床高さや空調対象面積を設定したときに、二重床内の障害物を標準的に設定して、二重床内の風速分布、静圧分布の予測モデルを構築しその静圧分布が1割以内のばらつきに収まるような、床下への導入口の設置個数すなわち1ヶ所の導入口の受け持ち面積を決定できる可能性がある。

今後は、二重床内の気流分布特性を簡易に予測できる計算モデルを構築し、設計時に十分な検討ができる手法を確立する必要がある。

参考文献

- 樋口, 長沢, 半澤, 森山, 有吉, 鹿倉, 荒川: 低床式アンダーフロア空調の二重床内気流性状, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 209-212, 1991年
- 樋口, 長沢, 半澤, 小林, 品田, 貴田: 低床式アンダーフロア空調の二重床内気流性状-OAフロア利用の実大オフィスにおける実験-, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 453-456, 1993年
- 竹浪, 栗林, 山崎: 床吹出し空調方式に関する研究(その2) 床下均圧チャンバ方式の検討, 空気調和衛生工学会学術講演会論文集, pp. 277-280, 1992年
- 深尾, 梅主, 小池, 大黒: 床吹出空調の評価研究(その1) 床下障害物の影響と床面の漏気量, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 293-296, 1992年
- 大和瀬, 中谷, 高橋, 竹村: 加圧方式の床吹出し空調システムに関する研究(その2) 模型による吹出し気流分布の実験的検証, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 1713-1716, 1994年
- 中谷, 大和瀬, 高橋, 竹村: 加圧方式の床吹出し空調システムに関する研究(その3) 気流拡散板の効果と床下障害物の影響, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 1717-1720, 1994年
- 倉淵, 相原, 谷川: C F D手法を用いた床吹出し空調システムの最適化に関する研究 -模型実験及び数値シミュレーション手法の概要-, pp. 1737-1740, 1994年

[1996年5月23日原稿受理 1996年9月10日採用決定]