

天井給気チャンバー方式に関する研究 (その2)

——超省エネルギービル (大林組技術研究所本館)
における給気システムとその気流特性——

齋藤隆雄

A Study on a Ceiling Plenum Air Supply System (Part 2)

——An Air Supply System and its Characteristics
in the Super Energy Conservation Building
(Main Building of Ohbayashi Corporation Technical Research Institute)——

Takao Saito

Abstract

The Main Building of Ohbayashi Corporation Technical Research Institute was built as a flat slab structure. There are no prominent obstacles in the ceilings which prevent air flow since this structure does not need beams for supporting the floors above. In order to verify the advantages of a ceiling plenum air supply system in flat slab construction, this system was adopted for air conditioning of research rooms on the second floor. The supply duct has an open end in the ceiling and the end forms a diffuser so as to deliver air uniformly about the ceiling chamber. Measurements were made on the characteristics of air flow. The results show that the static pressure is uniform in the ceiling and that the air flow rate at each outlet is nearly constant and agrees well with the design value.

概 要

大林組技術研究所本館は無梁板構造で建てられている。この構造は上の床を支えるための梁を必要としないため、天井裏には通風の障害となるものがほとんどない。無梁板構造物における天井給気チャンバー方式の利点を実証するため、この方式を2階の研究室のための空調に採り入れた。給気ダクトは天井裏で開放端をもち、空気を天井チャンバー内に均一に供給するために、端部はディフューザーの形をしている。気流の特性について測定を行なった結果、天井裏では静圧が均一であること、また各吹出口における空気流量はほぼ一定で設計値とよく一致することが明らかになった。

1. 序

(その1)では天井給気チャンバー方式のもつ利点と欠点について述べ、この方式をスーパーマーケットに適用した場合の気流特性を模型実験で調べた結果について報告した。今回、この給気方式を実際に採用した大林組技術研究所本館において、気流特性を実測によって調べたので、その結果について報告する。

2. システムの概要

大林組技術研究所本館は、徹底的に省エネルギー化を図った建物である。省エネルギー手法の一つに無梁板構造の採用があり、建物の地上部分の階高減少に役立って

いる。この構造は、(その1)で述べたように、天井給気チャンバー方式を適用するのに都合がよい。給気ダクトから天井裏に吹出された空気は、通風の障害となるものがないため、天井裏に均一にいきわたり、個々の吹出口にファンを使わなくとも吹出し風量が均一になると考えられる。これを実証するため、2階の空調にこの方式を採用した。

建物の2階は研究室で、その平面は図-1のようになっている。平面計画にツインコア形式をとり入れており、東西に、階段室、ロッカー室、便所などが配置してある。部屋は間仕切りなしの一室であるが、空調は南北のゾーンにわけて行なっている。

屋上機械室に北系統と南系統の空調機があり、給気は

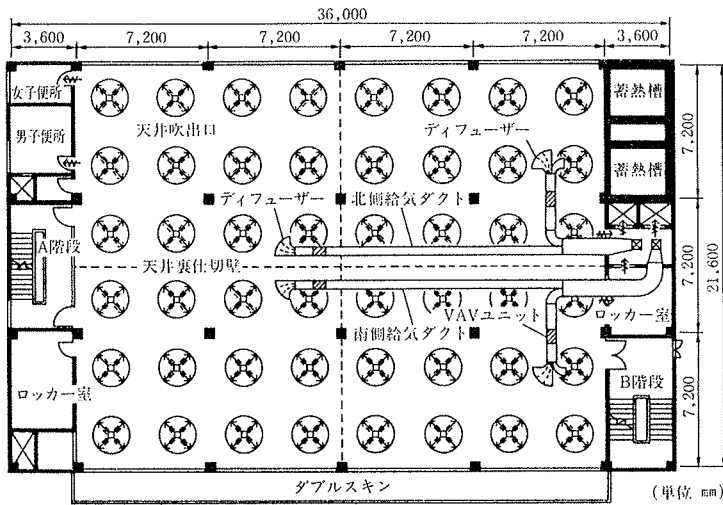


図-1 2階平面図

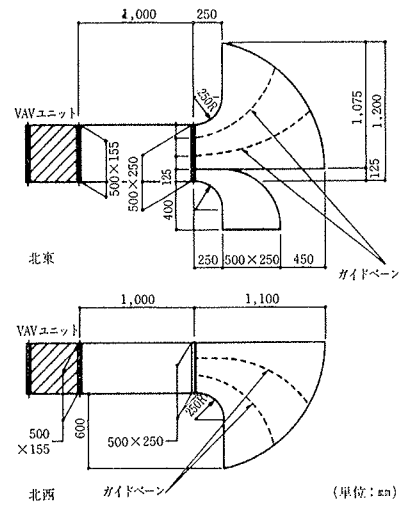


図-2 ディフューザー

東のコアの2本のダクトを通じて各階に導かれる。空調機の出口には圧力センサーがあり、通常はこの静圧が16 mmAq になるように送風機の回転数が制御されている。

給気ダクトは、それぞれが2階の天井裏でさらに東西にわかれ、給気を天井裏に開放する。4分割した空調区画にあわせ、天井裏は仕切壁で4分割してある。四つの開放端の直前にはVAV (Variable Air Volume) ユニットがあり、室内の4カ所の柱に取付けてある温度設定器からの信号を受けて風量を制御している。ダクトから吹出した気流が天井裏全体にいきわたるように、開放端にはディフューザーがつけてある。ディフューザーの寸法を図-2に、取付状態を写真-1に示す。なお、この報告ではディフューザーという言葉でダクト末端の拡散筒を表わすのに用いており、天井から室内への空気の吹出口の意味では用いていない。

天井吹出口は一辺が300 mmの角型のもので内部に風量調節用のダンパーがついている。ただし、風量調節の必要がなかったため、ダンパーはすべて全開状態で使用している。1区画あたりの吹出口の数は12個で、2階全体では48個の吹出口がある。1個の吹出口あたりの設計最大風量は120 m³/hである。室内の空気は、主に東側の壁面のガラリおよび東側のロッカー室の扉のガラリからダクトスペースに吸込まれ、ここから還気・外気取り入れダクトあるいは排気ダクトに入る。一部は便所および西側のロッカー室からも排気される。

天井裏は図-3のように押出発泡スチレンで断熱しており、天井は空気の漏れを防ぐために継目をずらせた3層になっている。写真-2に示すように、天井裏は極めて見通しがよく、通風の障害となるものは、ほとんどない。

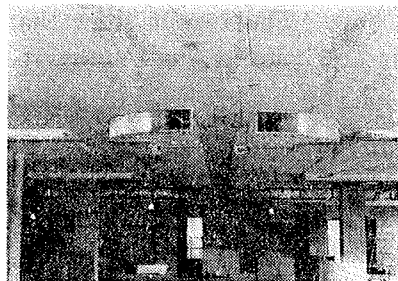
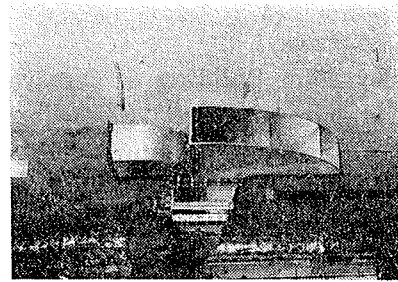


写真-1 ディフューザー取付状態

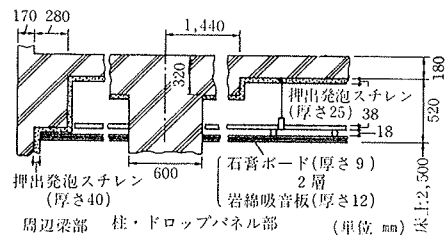


図-3 天井裏断面図

3. 計測項目と計測方法

測定は、天井裏の幾何学的形状が東西軸に関して完全に対称なことから、北半分(図-1の上半分)の北西と北東の区画だけについて行なった。主な測定項目は、天井内静圧と吹出口風量である。

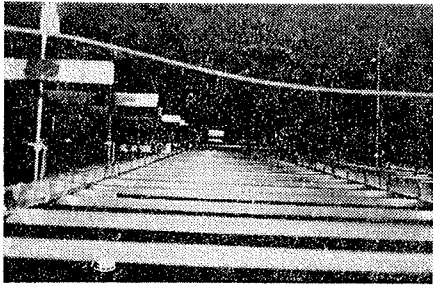


写真-2 天井裏の様子

静圧の測定は、建築工事の際に、天井内の10箇所に取り付けておいた静圧測定用の円盤を用いて行なった。これは、直径 160 mm、厚さが 15 mm のアクリルの円盤で、図-4 に示すような形状をしており、中央に直径 1 mm の静圧孔がある。これを上のスラブ下面に取り付けた。このような円盤を用いたのは、天井内にはかなりの凹凸があり、そのままでは正しい静圧を測ることができないので、円盤によって流れを天井面に平行にして静圧を正しく測れるようにしたためである。静圧 ($P_1 \sim P_{10}$) の測定点の位置を図-5 に示す。

吹出し風量は、北半分にある24個すべての吹出口(図-1 および図-5 を参照) において、図-6 のような装置を使って吸引法で測定した。フード内と室内との圧力差がゼロになるようにファンの回転を調整し、ファン出口のノズルにおける風速から吹出し風量を求めた。

その他に、給気量の変化を監視するため、ディフューザー付根のダクト内の静圧と、縦ダクト内の静圧を測定した。また、参考のため、吸込みガラの裏面に当たるダクトスペースと東側ロッカー室の圧力の測定も行なった。

全体の測定系統図を図-6 に示す。圧力の測定には分解能が 1/20 mm のゲッチングン型 マノメーターと、分解能が 1/100 mmAq の沈鍾式の差動トランス型差圧計を使用した。

4. 測定結果

4.1. 最大風量時の静圧分布と吹出し風量の測定

吹出し風量の測定は手間と人手がかかるので、1983年5月29日に一回行なっただけである。このとき空調は夏季の冷房運転状態にあったので、2階の柱にある、温度設定器をすべて最低温度に設定して VAV ユニットを全開とし、風量を最大にして測定を行なった。

室内の圧力を基準として天井裏の静圧分布を測定した結果を図-7 に示す。北西区画および北東区画のいずれにおいても、それぞれの区画内で、均一な静圧分布が得られている。ただし、それぞれの区画の平均値は北西の区画の方がやや高めである。

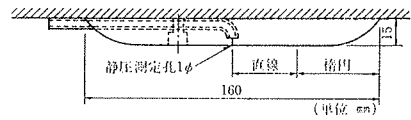


図-4 静圧測定盤

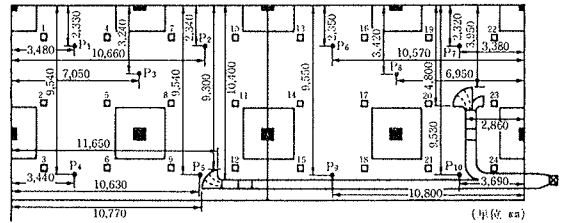


図-5 ダクト, 吹出口, 静圧測定点の位置

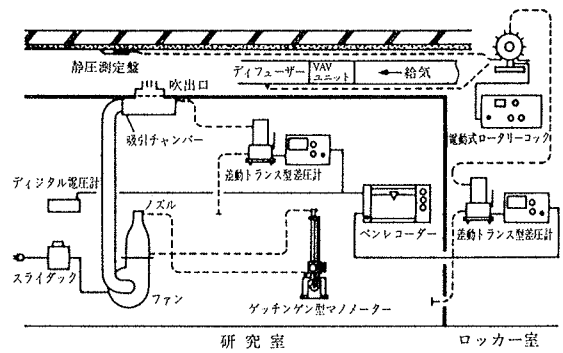


図-6 測定系統図

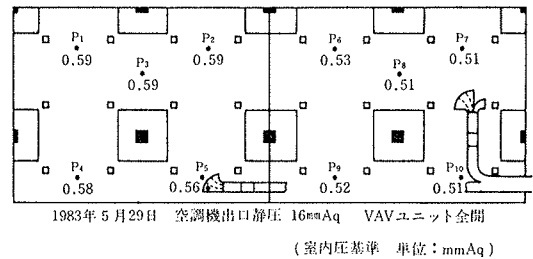


図-7 静圧分布

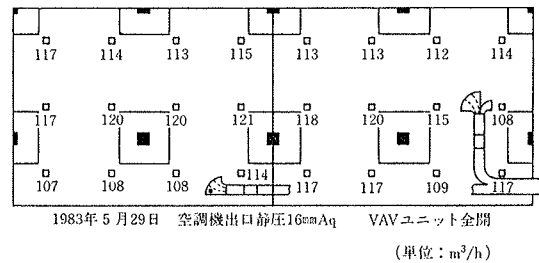


図-8 吹出し風量

図-8 は上記の静圧分布に対応した吹出し風量の分布である。全体を通じてばらつきは平均値の 7% 以内であり、良好な吹出し状態になっている。吹出口一個あたりの設計風量 120 m³/h に対して、北西の区画と北東の区画の吹出口風量の平均値はどちらも 114 m³/h であった。

図-9 は、冬季 (1983年3月9日) に、VAV ユニットを全開にして風量を最大にしたときの静圧分布であ

る。夏季と同様に均一な分布が得られている。

4.2. 風量が少ないときの圧力分布

図-10、図-11は、図-7、図-8の測定のと、VAVユニットは全開状態のまま、空調機の出口静圧を10 mmAq、5 mmAq とすることによって、風量を小さくした場合の静圧分布を測定した結果である。風量に変化しても二つの区画における均一性は損なわれていない。この場合も北西の区画の静圧のほうが、やや高い傾向が認められる。

4.3. 漏気

天井裏から室内への漏気について、蛍光灯の上の天井部分、壁と天井との接合部など、漏気の起こりそうな場所を重点的に、蚊取線香の煙を使って調べた。通常の運転状態では、天井吹出口以外からの空気の吹出しは認められなかった。

5. 検討

5.1. 天井の耐圧性

天井は、2枚の石膏ボードを、支持材に固定し、これに吸音板を接着することで保持されている。当初、空調機の始動時に天井に圧力が急激に加わることによって、天井板に振動が生じるのではないかと懸念があった。そのため、空調機の始動の際はVAVユニットが全閉の状態になるような制御が計画され、実施された。しかし、試運転の際、VAVユニットを全開の状態に保ち、空調機を始動してみたところ、懸念されたような現象は起こらなかった。この制御は取止めた。現在、VAVユニットの開度は、温度設定器の信号のみによって制御されている。

5.2. 測定の精度

最大風量時の吹出口1個あたりの平均吹出し風量と、天井裏の平均静圧をまとめると表-1のようになる。風量測定時の結果では、北西と北東の区画で風量は一致しているが、静圧は北西の方が0.06 mmAqほど高い。風量が一致していれば、静圧も当然一致するはずであるから、これは静圧あるいは風量の測定における誤差に起因するものと考えられる。

静圧を測定する微差圧計は、測定の前後の較正でわずかに0.01 mmAq程度のゼロ点の変化しか生じない。また、風量測定時以外の測定においても北西区画の静圧のほうが高めに出る傾向があったので、静圧の測定の誤差は小さいものと思われる。一方、風量測定は、吸引フード内と室内の差圧をゼロに調整する操作の際に、誤差が生じやすい。また吹出口1個あたりの測定に時間がかかるので測定に同時性がない。総合的にみると風量の測定の方が誤差は大きいと考えられる。しかし、測定された

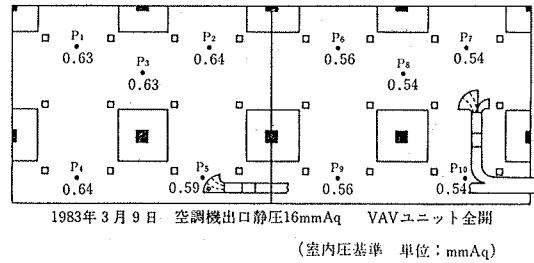


図-9 静圧分布

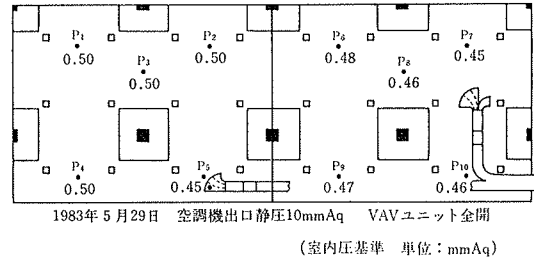


図-10 静圧分布

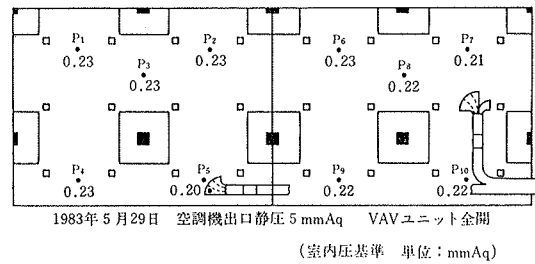


図-11 静圧分布

北西区画		北東区画		空調機
平均静圧 (mmAq)	平均風量 (m ³ /h) 吹出口1個あたり	平均静圧 (mmAq)	平均風量 (m ³ /h) 吹出口1個あたり	出口静圧 (mmAq)
0.58	114	0.52	114	16

表-1 平均風量と平均静圧

静圧は正しいものと仮定し、吹出口の圧力損失は風量の二乗に比例するものとして、風量測定の誤差を見積ってみると、およそ数パーセントであり、この種の測定としては、満足すべき値であると思われる。

5.3. ダクト内の圧力損失

風量、圧力の測定結果をもとにして、最大風量時の北西区画における横引きダクト内の圧力損失を求めてみる。室内の圧力を基準として、2階への分岐点におけるたてダクト内の静圧は14.6 mmAqである。また流速は6.3 m/sで、動圧は2.5 mmAqになり、分岐点での気流のもつ総圧は17.1 mmAqとなる。これと天井裏の平均静圧約0.6 mmAqとの差、16.5 mmAqが、横引きダクト内での気流の圧力損失である。この値からディフューザ出口の圧力損失0.6 mmAq(後述)と計算によるダクトの圧力損失約2 mmAqを引くと、VAVユニットに

よる圧力損失が約 14 mmAq と求められる。これは、分岐後の圧力損失全体のおよそ80パーセントに相当する。今後、天井給気チャンバー方式に VAV ユニットを採用する場合には、圧力損失を減少させる配慮が必要になるであろう。

5.4. ディフューザーの効果

ディフューザーの効果は二つ考えられる。一つは、ダクトからの吹出し気流の角度を広くすることによって、天井裏全体に気流が行きわたるようにすることであり、もう一つは、ダクト先端の断面積を徐々に拡げることによって風速を下げ、静圧を回復させて、先端から吹出す気流の圧力損失を小さくすることである。前者については、今回の実測の方法では確認できない。後者については北西区画の測定結果から次のようなことがわかる。測定したディフューザー付根部ダクト内の静圧は天井裏の静圧にほぼ等しい。したがって、ダクト内の動圧がそのまま圧力損失になり、ディフューザーはダクト先端の圧力損失を減少させる効果は持っていないことがわかる。測定した吹出し風量から求めたダクト内平均風速に対する動圧は約 0.6 mmAq である。

今回の最大風量時の吹出し風量の実測によって、吹出口ごとの風量調整を行わずに、均一な吹出し分布が得られることが明らかになった。風量が少ないときの測定は行っていないが、静圧分布が均一なことから、風量も均一になっているものと考えられる。ディフューザー

の設置、および風量調整ダンパーによる圧力損失の増加は、いずれも風量均一化に寄与するように働くが、前者はコスト低減の上から、後者はコスト低減および送風動力減少の上から、なくて済むものであれば、ないほうが望ましい。これについては、実物の1/10の大きさの模型を用いて、実験することを計画している。

6. 結論

大林組技術研究所本館の2階に適用した天井給気チャンバー方式における気流について、実測を行ない、その特性を調べた。その結果は次のとおりである。

(1) 測定された最大風量は設計最大風量にほぼ一致しており、そのときの天井裏の静圧は約 0.6 mmAq である。

(2) 風量の大小によらず、天井裏の静圧の分布は均一である。

(3) 最大風量時の個々の天井吹出口における吹出し風量はかなりよい均一性を示す。風量が少ないときの測定は行っていないが、静圧分布が均一なことから、風量も均一になっているものと考えられる。

参考文献

- 1) 斎藤：天井給気チャンバー方式に関する研究（その1）、大林組技術研究所報，No. 28，（1984），pp. 147～151