ニューマニーズの設計とその性能研究*

(第11報) セントラル式ニューマニーズ・ダクト

の設計について

(昭和27年10月13日受理)

会 員 新 津

靖**

倉 橋 明 次

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

ニューマニーズ排気は精紡室内に放出せず、これを集合ダクトで空気調和装置に帰す方式即ち central system が理想的である。この場合排気集合ダクトの設計は各ニューマニーズ・ダクト終端の負圧を均一に保つようにすることが重要で、従来のダクト設計式では満足な結果は得られない。よつてこの集合ダクトにおける一様吸引について設計法を研究しようとした。

研 究 結 果

1. セントラル式ニューマニーズの各種方式について考察した。
2. ニューマニーズの一様性能を保持しようとする場合任意寸法のセントラルダクト設計の一般的方法について検討した。
3. 一様断面のセントラルダクトとする場合について簡略的設計法を見出した。

44. 空気調和装置とニューマニーズの組合せ

従来の我が国の精紡室はニューマニール又はニューマニーズを設備するように計画されていないので、一般にニューマニールには1台毎にモータファンを設け、その排気を床面に排出している工場が多い。前報で述べたように1台のニューマニール排気量は1 IP ファンで $800\text{m}^3/\text{h}$ 、又ニューマニーズは0.5 IP ファンで $600\text{m}^3/\text{h}$ に達し、全機合の排気量はキャリヤ装置からの送入調和空気量に対して相当大きな比率に達し、又排気温度の上昇は前者で 3.5°C 、後者で 2°C に及び、そのため湿度も低下するから完全な精紡室の温調にはニューマニーズ排気を air washer に送還すべきである。

今キャリヤ装置から精紡室へ送入される調和空気の換気回数とニューマニーズ排気による換気回数を事例について比較すると次のような比率になる。一般の工場では冷却水温が 15°C 前後でキャリヤによる換気回数は18回前後となるが、この工場の水温は盛夏 10°C で低く送入空気量 $289800\text{m}^3/\text{h}$ 、気容積 22482m^3 、従つて換

気回数は12.5である。一方ニューマニーズは120台で全排気量 $550\text{m}^3/\text{h} \times 120 = 66000\text{m}^3/\text{h}$ 、換気回数は2.94、約3回に相当する。送入空気12.5回の内半分を粗紡、練條室Bへ流すから精紡室Aからキャリヤへ還える量が約6回分、その内3回分がニューマニーズ排気管で還えるから直接キャリヤへ還える量は約3回分となる。

今その方法について考えると第97図(略図)のような形式がある。先づ①の形式において①は外気取入口調節弁、②が air washer、③が送入ファン、④が調和空気分配ダクト、⑤は吹出し支管である。この分配ダクトの従来の設計法を検討すると非常な簡略計算で、多量な空気の正確な均一分配又は任意量分配は行えないことが判る。従つて現在はダクト本管を著しく太くし、支管との断面比も大きくとつてダクト内流速を下げ、大体の目的を達成すればよいという簡略設計へ逃げているわけである。著者はダクト断面積を小さくし、全長に亘り一様断面として space を節約し構造を簡易化するため各支管毎に適当寸法のオリフィスを挿入する高速、高圧分配ダ

* Design of Pneumatic and Researches on its Characteristics. (11th Report) On Design of Central System Pneumatic's Duct.

** Y. Niitsu, M. Kurahashi, Member. 大阪大学工学部

第 97 図

クトの設計式を求め、実験結果と比較して満足すべき結論を得たが、将来調和空気の分配ダクト様式として最も好適と考える。図において⑥がその制御オリフイスである。⑦はニューマニーズ・フルート、⑧がそのダクト、⑨がモーターファン、⑩がフリース分離器である。さて支管⑪によつて、数十合のニューマヒルを1本の集合管⑫に連結してその排気をキャリーヤに返えす場合、全精紡機が同一の糸を精紡する場合は稀で、綿質が異なる場合が多いから各機合毎に分離器を設けた方がよいと思う。又長大な排気集合ダクトの方も綿が流れなければ綿の流れに対する限界風速の考慮は要らなくなる。一般にこの排気集合ダクトは地下ダクトになるから工費節約のために出来るだけ断面積を小さくしたい。こうした場合数十合のニューマヒルの背圧がどれも変つて来るから各々の吸取り圧力を新設又は既設のダクトに対し如何にして均一化するかが本文の主題である。

集合ダクト⑫は還り管⑬でキャリーヤ装置に連絡されるが、冬期熱経済を考慮する場合は調節弁⑭を開いてキャリーヤ装置の再熱器と噴霧ノズルの間に入れ、夏期は導管⑮によつて全部外気取入口に入れる。我が国でも一、二の工場でこのような計画を行つた処があるようだが、ニューマヒル分離器の網目を抜けて相当量の綿塵が還り管⑬に入るので、air washer に入れることが出来ず、工場外に排出している処もあり、更に分離器⑩を置いて再分離を行い air washer の外気取入口へ入れている処もある。従つて排気の再循環に対してはニューマヒル分離器の分離性能の良いものを設けることが必要である。

精紡室から直接 air washer へ還える空気は⑯及び調

節板⑰によるが、従来の空気調和法では送入ダクト④は何本も設けて精紡室内に万遍なく空気を分散させようとしているのは良いが、還えす方は甚だ簡単で、側壁上の数個のファンによる粗紡、練條室への排出、及びキャリーヤ室窓からの送還によつてゐる。室内空気分布に対する排気口位置の影響は、著者の実験で甚だ敏感なことが判り、予想外の結果を呈する場合が多い。この点送入空気を室内に広く分布したニューマニーズ・キャツチャノズルから吸い取ることは明かに空気分布上好結果をもたらすが、その量は前記の如く送入量に対して小さいから、専用室内還り管を図示の如く設けて均一分布を計ることは是非必要なことと思ふ。

次に第97図の②は各ニューマヒルにモーターファン⑨を設け更に集合ダクト端に補助ファン⑩を置いたもので、我が国で採用されている。若し従来のように低圧シロッコファンの代りに圧力の高い double curved blade fan 又はターボファン⑨を用いるならば各ニューマヒル毎のモーターファン⑨を除いて③のような簡潔な構造とすることも可能であるし、更に又キャリーヤ装置のファン③をターボファンにすれば④のような構造も不可能ではない。

何れの場合にせよニューマニーズの吸取り圧力を均一化するような集合ダクトの設計が問題で、以下これについて述べる。

45. セントラル集合ダクトの設計法

セントラル式においては、集合ダクトに対し各ニューマニーズを一つの支管と考えて第3報に述べたノズル調節法により一様吸引ダクトを設計し得る。しかし、予め

制御ノズル或はオリフィスの寸法を見出す前述の方法は次の欠点を有する。

- 1) ダクトの流体摩擦係数 λ の正確な値を知らねばならぬ。即ちコンクリート地下ダクトとすれば、その内面塗装の状態如何によつて λ が広範囲に変わり、又地下であるため内面が湿潤状態となり、塵埃等が附着しても同様であつて、亜鉛引鉄板ダクトにしないと λ の値がつかめない。
- 2) 本支管の任意断面比に対する合流損失係数 ζ_b , ζ_d の資料不足、(第1報、第1表参照)

3) 所要の制御体の抵抗係数 $\zeta_{(n+1)}$ は第3報(8) a 式から $\zeta_{(n+1)} = \sum \zeta_{(n+1)-n}$ で表わされるが、一般に $\zeta_{(n+1)-n}$ に1) 2)の原因による ε_n だけの誤差があるとなれば、 $\zeta_{(n+1)}$ は $\sum_{n=1}^n \varepsilon_n$ の誤差を含むことになる。

よつて実際のダクト設計に対して、実験的に制御体の挿入抵抗を見出す方法、即ち既設の任意ダクト系に挿入すべき制御抵抗の寸法決定方法について述べる。

先づ制御体を挿入しない時のダクトの流れについて考える。第98図は一般的なセントラル式ニューマニーズダ

第 98 図

クト系を示すもので、図示のようにニューマニーズダクトの本、支管は一般に dn , bn 、セントラルダクトの本、支管は DN , BN で表わし、以下本文中の符号は前報通りとする。なお各支管数を夫々 m , M とする。

一般にニューマニーズの bn 支管についての流れ、即ち室内空気→フルート→ソケットの流れについて次式が成立つ。ここに次報で述べる毛紡用1本引きノズルによつてフリースのキャッチを行う方式の場合には、そのキャッチャノズルパイプをフルートと見做す。

$$P_r = K_f \frac{\gamma_{bn}}{2g} w_{bn}^2 + P_{bn} + \frac{\gamma_{bn}}{2g} w_{bn}^2 \dots \dots \dots (a)$$

但し K_f = フルートの抵抗係数

P_r = 精紡室内大気圧 kg/m^2

次にソケット部分よりセントラルダクト DN の支管 B 部分への流れについて

$$\begin{aligned} P_{bn} + \frac{\gamma_{bn}}{2g} w_{bn}^2 &= \zeta_{bn} \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 + \lambda_{dn} \frac{l_{dn}}{d_{dn}} \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 \\ &+ (\zeta_{d(n+1)} + \lambda_{d(n+1)} \frac{l_{d(n+1)}}{d_{d(n+1)}}) \frac{\gamma_{d(n+1)}}{2g} w_{d(n+1)}^2 \\ &+ \dots \dots \dots \\ &+ (\zeta_{dm} + \lambda_{dm} \frac{l_{dm}}{d_{dm}}) \frac{\gamma_{dm}}{2g} w_{dm}^2 \\ &+ \zeta \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 + P_{BN} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \dots \dots \dots (b) \end{aligned}$$

但し ζ = 左右両ダクトの立上り部分の曲折及び合流による圧力損失及びセパレータ内圧力損失を BN 部分のヘッドで表わした総合圧力損失係数。

(a), (b) 式より

$$\begin{aligned} P_r &= K_f \frac{\gamma_{bn}}{2g} w_{bn}^2 + (\zeta_{bn} + \lambda_{dn} \frac{l_{dn}}{d_{dn}}) \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 \\ &+ \sum_{n=1}^m (\zeta_{dn} + \lambda_{dn} \frac{l_{dn}}{d_{dn}}) \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 + \zeta \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \\ &+ P_{BN} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

しかして(1)式の右辺の項の中 K' を次のようにおく。

$$\begin{aligned} K' &= K_f \frac{\gamma_{bn}}{2g} w_{bn}^2 + (\zeta_{bn} + \lambda_{dn} \frac{l_{dn}}{d_{dn}}) \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 \\ &+ \sum_{n=1}^m (\zeta_{dn} + \lambda_{dn} \frac{l_{dn}}{d_{dn}}) \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 + \zeta \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \end{aligned}$$

この K' の値はエネルギー線図を考えれば明かなように $n=1$, $n=m$ についても同一値となるべきものである。即ち

$$\begin{aligned} K' &= K_f \frac{\gamma_{b1}}{2g} w_{b1}^2 + (\zeta_{b1} + \lambda_{d1} \frac{l_{d1}}{d_{d1}}) \frac{\gamma_{d1}}{2g} w_{d1}^2 \\ &+ \sum_{n=1}^m (\zeta_{dn} + \lambda_{dn} \frac{l_{dn}}{d_{dn}}) \frac{\gamma_{dn}}{2g} w_{dn}^2 + \zeta \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \\ &= K_f \frac{\gamma_{bm}}{2g} w_{bm}^2 + (\zeta_{bm} + \lambda_{dm} \frac{l_{dm}}{d_{dm}}) \frac{\gamma_{dm}}{2g} w_{dm}^2 \\ &+ \zeta \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \end{aligned}$$

即ち K' は n の如何にかゝらず一定値をとるから、次のように表示する。

$$K' = K \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \dots \dots \dots (2)$$

(1), (2) 式より

$$P_r = K \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 + P_{BN} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 \dots \dots \dots (3)$$

(3) 式と (a) 式を比較すれば分るように、 K はセントラルダクトに対する一支管としてのニューマニーズ全系の抵抗係数を表わすことになる。

次にセントラルダクトの N 及び $(N+1)$ 支管の間の流れの関係式について考える。先づ支管 BN 部分より本管 $D(N+1)$ への流れについて次式が成立つ。

$$\begin{aligned} P_{BN} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 &= \zeta_{BN} \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}} \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 \\ &+ \zeta_{D(N+1)} \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ &+ \lambda_{D(N+1)} \frac{l_{D(N+1)}}{d_{D(N+1)}} \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ &+ P_{D(N+1)} + \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \dots \dots \dots (c) \end{aligned}$$

次に支管 $B(N+1)$ より本管 $D(N+1)$ への流れについては

$$\begin{aligned} P_{B(N+1)} + \frac{\gamma_{B(N+1)}}{2g} w_{B(N+1)}^2 \\ &= \zeta_{B(N+1)} \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ &+ \lambda_{D(N+1)} \frac{l_{D(N+1)}}{d_{D(N+1)}} \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ &+ P_{D(N+1)} + \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \dots \dots \dots (d) \end{aligned}$$

(c), (d) 式より

$$\begin{aligned} P_{B(N+1)} + \frac{\gamma_{B(N+1)}}{2g} w_{B(N+1)}^2 \\ &- \zeta_{B(N+1)} \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ &= P_{BN} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 - \zeta_{BN} \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 \\ &- \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}} \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 - \zeta_{D(N+1)} \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ \therefore P_{BN} - P_{B(N+1)} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 - \frac{\gamma_{B(N+1)}}{2g} w_{B(N+1)}^2 \\ &= (\zeta_{D(N+1)} - \zeta_{B(N+1)}) \frac{\gamma_{D(N+1)}}{2g} w_{D(N+1)}^2 \\ &+ (\zeta_{BN} + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}}) \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

$$w_{DN} = \frac{\sum F_{BN} \gamma_{BN} w_{BN}}{F_{DN} \gamma_{DN}}, w_{D(N+1)} = \frac{\sum F_{BN} \gamma_{BN} w_{BN}}{F_{D(N+1)} \gamma_{D(N+1)}} \dots \dots \dots (5)$$

一般に (4) 式はセントラルダクトの任意支管の流れの関係式で (5) の連続式と組合せてその流れの特性を

知りうる。よつて (4) 式で示されるような一般特性をもつダクト系の一様吸引問題についての実際の設計法について検討する。

(A) 一般的方法

セントラルダクト系において、一般に支管 BN の形状寸法は同一と考えられるから、一様吸引のため支管路に設くべき制御体の抵抗係数は第3報 (7) a' 式より

$$\left. \begin{aligned} \zeta_{(N+1)} - \zeta_N &= (\zeta_{D(N+1)} - \zeta_{B(N+1)}) \\ &\left\{ \left(\frac{F_B}{F_{D(N+1)}} \right)^2 (N+1)^2 \right. \\ &\quad \left. + (\zeta_{BN} + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}}) \left(\frac{F_B}{F_{DN}} \right)^2 N^2 \right\} \dots \dots \dots (6) \\ \zeta_{N+1} &= \sum \zeta_{(N+1)} - \zeta_N \end{aligned} \right\}$$

(6) 式にて表わされる。しかし $F_B, F_{DN}, F_{D(N+1)}$ …… は管路寸法より与えられた既知数であるので、

$(\zeta_{D(N+1)} - \zeta_{B(N+1)})$ 及び $(\zeta_{BN} + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}})$ の値を知れば (6) 式より所要の制御体の寸法を求めうる。(第3報 (9) a 式参照)

しかしセントラルダクトの支管 BN より本管 DN への流れに対し次式が成立つ。

$$\begin{aligned} P_{BN} + \frac{\gamma_{BN}}{2g} w_{BN}^2 &= (\zeta_{BN} + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}}) \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 \\ &+ P_{DN} + \frac{\gamma_{DN}}{2g} w_{DN}^2 \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

よつて (1) フルートの吸込み性能試験を行い、吸込み圧力に対する吸込み風量を実測する。(2) ニューマニーズ全体としてのフルート吸込み圧力より風量を算出し、セントラルダクト系としての支管流速 $w_{BN}, w_{B(N+1)}$ を求め (5) 式より本管流速 $w_{DN}, w_{D(N+1)}$ を求める。(3) セントラルダクト系本管及び支管の静圧 $P_{BN}, P_{DN}, P_{B(N+1)}$ を測定する。(2), (3) の項については支管 $BN, B(N+1)$ 本管 DN の全圧を直接測定してもよい。

以上の各項の諸量を知れば (4), (7) 式より $(\zeta_{BN} + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_{DN}})$ 及び $(\zeta_{D(N+1)} - \zeta_{B(N+1)})$ の値を算出するので (6) 式より所要の制御ノズル或はオリフィスの寸法を設計しうる。

この方法はセントラルダクト本管の寸法形状如何にかゝらず任意のダクトに応用することが出来る。

(B) 簡略法

前法は任意ダクトに対する一般的方法であるが、セントラルダクト本管を単に一様断面ダクトにすると制御抵抗の寸法決定も非常に簡略化される。即ち

$$F_{DN} = F_{D(N+1)} = \dots \dots \dots = F_D$$

となり、本支管断面比 $=\frac{F_B}{F_D}$ ＝一定となるので、第1報で述べたように本支管路の合流抵抗係数は単に流量比のみの函数と考えられる。その函数形を簡単に二次函数で表わされうるとすれば、合流抵抗係数は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \zeta_{D(N+1)} &= a' + b' \left(\frac{G_{B(N+1)}}{G_{D(N+1)}} \right) + c' \left(\frac{G_{B(N+1)}}{G_{D(N+1)}} \right)^2 \\ \zeta_{B(N+1)} &= a + b \left(\frac{G_{B(N+1)}}{G_{D(N+1)}} \right) + c \left(\frac{G_{B(N+1)}}{G_{D(N+1)}} \right)^2 \cdots (e) \\ \zeta_{BN} &= a + b \left(\frac{G_{BN}}{G_{DN}} \right) + c \left(\frac{G_{BN}}{G_{DN}} \right)^2 \end{aligned} \right\}$$

但し a, a', b, b', c, c' は比例常数
しかして一様吸引の場合には

$$G_{DN} = N G_{BN}, G_{B1} = G_{B2} \cdots = G_{BN} \cdots = G_B \cdots \cdots (f)$$

よつて (e) 式は次のように簡単になる。即ち

$$\left. \begin{aligned} \zeta_{D(N+1)} &= a' + b' \left(\frac{1}{N+1} \right) + c' \left(\frac{1}{N+1} \right)^2 \\ \zeta_{B(N+1)} &= a + b \left(\frac{1}{N+1} \right) + c \left(\frac{1}{N+1} \right)^2 \cdots \cdots (8) \\ \zeta_{BN} &= a + b \left(\frac{1}{N} \right) + c \left(\frac{1}{N} \right)^2 \end{aligned} \right\}$$

(8) 式を (6) 式に入れると

$$\begin{aligned} \zeta_{(N+1)-N} &= \left\{ (a'-a) + (b'-b) \left(\frac{1}{N+1} \right) \right. \\ &\quad \left. + (c'-c) \left(\frac{1}{N+1} \right)^2 \right\} \left(\frac{F_B}{F_D} \right)^2 (N+1)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \left\{ a + b \left(\frac{1}{N} \right) + c \left(\frac{1}{N} \right)^2 + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_D} \right\} \left(\frac{F_B}{F_D} \right)^2 N^2 \\ &= \left\{ (a'-a)(N+1)^2 + (b'-b)\zeta(N+1) + (c'-c) \right. \\ &\quad \left. + aN^2 + bN + c + \lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_D} \right\} \left(\frac{F_B}{F_D} \right)^2 \end{aligned}$$

今 $\lambda_{DN} \frac{l_{DN}}{d_D} = \lambda_{DN(N+1)} \frac{l_{DN(N+1)}}{d_D} = \cdots = \lambda \frac{l}{d}$ と考えて差支ない時には

$$\begin{aligned} \zeta_{(N+1)-N} &= \left\{ a'N^2 + \{ 2(a'-a) + b' \} N + (a'-a) \right. \\ &\quad \left. + (b'-b) + c' + \lambda \frac{l}{d} \right\} \left(\frac{F_B}{F_D} \right)^2 \cdots \cdots (9) \end{aligned}$$

よつて (9) 式の $a', a, b, b', c', \lambda \frac{l}{d}$ の 6 未知数を
知れば任意支管の制御体の挿入抵抗値は計算により求
まる。従つて (A) 法と同一なダクト系の静圧及び流
速の測定を 6 組合せだけ行い (6) 式より $\zeta_{(N+1)-N}$
の値を求めれば (9) 式を利用することにより他の挿
入抵抗値を求めうる。よつて支管数が多い場合には、
この方法によれば設計及び測定は簡素化され、且つセ
ンtralダクトは一様径 I 本ダクトであり工作も至極
簡単である。

註 (1) 新津靖、倉橋明次、昭和27年10月19日 関西工
学連合講演会、繊維機械部門で講演

(2) 新津靖、昭和27年9月20日 大阪大学繊維機械
研究会講演会にて発表