ニューマニーズの設計とその性能研究*

(第4報) ニューマニーズ・ダクトに関する実験的研究

(昭和27年3月6日受理)

会 員 新 津

靖**

〃 倉

橋

明

次

→ 摘 要 ←

研究目的

前報で述べた設計理論により、調節ノズル挿入型ダクトを設計し、試作実験を行い、理論と実際の比較、ニューマニーズ・ダクトとしての適否、実用上考慮すべき問題について検討しようとした。

研究結果

1. ノズル調節ダクトの理論と実際はよく一致し、吸取り圧力は任意の強さの処で均一に分布する。
2. 調節ノズルの圧力均一化に対する効果は顕著であり、この設計方式は第3報、第13節で述べたような各種の集合分配管路系に適用し得ることが実証された。
3. 調節ノズルの存在はフリース流通に対し障害とはならない。
4. 量産に適する円錐形ノズルの提唱と抵抗係数の決定。
5. ダクト端のフリース沈積に対する考慮と限界風速の測定。
6. 調節ノズルなしダクトも、ニューマニーズ・ダクトとして実用上差支えなく、構造、工作最も簡易となる。
7. シングル・ダクト形式の提唱。

14. 設 計 例

前報において、一様吸引を行わせるニューマニーズ・ダクトの一設計法として、一様断面の直線本管に、ノズル制御を行う支管を接合する形式について述べた。この形式は設計々算によつて任意の寸法のものが出来ることゝ構造が簡単なので、著者は次の条件のダクトにつき計算を行い、試作と実験を行つた。

即ち ダクト断面……2 1/2" × 6 1/2" (16.5cm × 6.4cm)

ダクト長さ……41 1/2" (12.5m)

支管数……片側32本 (192 箇所) で本管と直角結合

支管内径……7/8" (22.2mm φ)

支管ピッチ……15 3/4" (400mm)

但しダクトは亜鉛引鉄板製とし、流体摩擦係数 $\lambda = 0.017$ ¹⁾を用いた。上記の寸法は綿紡ニューマニーズの標準値である。

ダクトは矩形断面であるから hydraulic mean depth を求めて、相当円管直径に換算し、この場合の面積比 $m = 17.0$ となる。次に計算に用うべき合流抵抗係数 ζ_b, ζ_a の値であるが、唯一の資料である葛西教授の実験は $m = 1 \sim 4$ の範囲内に限られており、この場合の設計には間に

合わない。よつて第1報、第2図に示された実験値を基とし最小自乗法によつて $m = 17.0$ に相当する値を計算して用いたが、これによる誤差は割合に小さなものと考えられる。何故ならば第1報、第2図で分るように、第1支管で流量比 $\frac{G_b}{G_a} = 1.0$ 、第2支管では $\frac{1}{2} = 0.5$ に飛び、

(第 12 図)

* Design of Pneumanez and Researches on its Characteristics. (4nd Report) Experimental Studies on the Pneumanez Duct.

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

第3支管では $\frac{1}{32}=0.033$ 、最終支管で $\frac{1}{32}=0.03$ となるから、實際上計算に入る部分は0.5以下で、各々の ζ_b 、 ζ_d 曲線が急激に一定値に収斂しようとして接近する領域にあるからである。

さて前記寸法のダクトに対し、(7) a'' 式から加減すべき相隣る支管の抵抗係数差 $\zeta_{(n+1)}-n$ を計算すると第12図に示すようになる。本図には参考のため本管径を一定とし、支管系を色々に変えた異なる面積比 m に対する値も示してある。

この結果から見ると、 m が小さければ加えるべき抵抗値は大きく、 m が大きくなれば加えるべき抵抗値は小さくて済み、或る程度以上の面積比があれば附加抵抗は実用上殆んど不要となることが分る。これ等は既に第2報で述べた一般特性の別途の表現といえ得る。

次に $m=17.0$ に対する $\zeta_{(n+1)}-n$ を前報(9) a 式に代入して調節ノズル及びオリフィス直径を計算図示すれば第13図の通りである。このノズル及びオリフィスの形状は送風機試験規格で規定されたものであつて、工作寸法がうるさい。よつて実用的には後に述べるようにもつと簡単化したものを考えた。

さて本図で見ると挿入ノズル又はオリフィス直径は曲線的に小さくなり、相隣るものゝ直径差は大體 0.25mm である。而してノズルの方がオリフィスより流動抵抗が小さいので、全般的に直径は小さくなり、第32番支管のノズルは 12.50mm 、同じくオリフィスでは 15.25mm となる。支管径 22.2mm に対し、これ等最小径のものゝ proportion は第13図の中に示された図面の通りで、流動する細いフリースによる閉塞の危険は先づ無さそうな見当が付けられる。この点については入念に実験によつて確かめた。(後述)

15. 吸引圧力分布試験

以上の計算によりノズル及びオリフィス径が決つたか

(第 13 図)

ら、ニューマニーズとしての実用上の諸問題の検討に先立ち、先づ吸引圧力分布の理論と実際を比較するため、前記寸法のダクトと挿入ノズル及びオリフィス各31個を製作し、続報で述べるフルート (No. 4) 32本を支管に連結し、最も重要なフルート上のフリース吸引ノズル (catcher nozzle) の吸引圧力分布測定実験を行った。先づダクトにフルートを付けた状況を第14図に示す。ダクトの右端はブロワーに連結されており、途中に圧力調節ダンパーがあつて、吸引圧力を任意に加減し得るようにしてある。図はブロワーに最も近い第32支管—これ

(第 14 図)

に最小径(12.5mmφ)の調節ノズルが挿入してある一のフルートで、one staff の試験用精紡機から紡出される4本のフリースの同時吸取りを行っている状況を示している。

支管、調節ノズル、連絡管及びフルートを分解して示すと第15図の通りで、ノズルの取付け方法は第16図に示し

(第 15 図)

(第 16 図)

である。図において①は支管、②が連絡管、③がノズルで、連絡管端面とノズル面が接触する(a)部に隙間が出来ることフリースの引懸りを起す危険を生ずるから、支管と連絡管に(b)の如く突起部を設け、定位置を保つようにする。本例では連絡管を用いたが、現在ではこれを廃止し、ダクトへの消脱自在な新型ソケットとフルートの直結により、部品の節減を計る方法を採用している。(後述)このニューマニースを精紡機につけた配置は第17図のようになる。

さてブロワーを運転し、ダンパーで各種の吸取り圧力(フルート内静圧)に保つて、測定した結果が第18図に示してある。これで見るとノズル調節の場合も、又オリフィス調節の場合も極めて均一な圧力分布を示しており、計算と実験の一致を証明

(第 17 図)

する。同図の右端には、ダクト終端(中央管壁)の静圧も測定して示してあるが、これは吸取り圧力が高い程風速が大きくなり、これの自乗に比例して高くなっている。例えば吸取り圧力 -84mm 水柱の場合、ダクト端は -94mm となり、この差 -10mm はフルート本体の抵抗、合流抵抗、本管内の流動抵抗の和で、この場合フルート本体の抵抗は一様に約 3mm (第30図参照)であるから、本管の先端部から終端までの抵抗は -7mm であり、第32支管では挿入ノズル抵抗がこれに等しく、圧力制御の役目を果たすわけである。而してこのダクト終端圧力と風量がブロワー動力を決定する。圧力測定法はすべて送風機試験規格に従って行い、主にペニシリン注射針を切断し、管壁に垂直に植込んで圧力取出口とした。第19図は任意番号のフルート4本と1本のフルート上の6個の catcher nozzle の吸取り圧力を一個所の圧力計に集めて、その均一分布状態を示したものであり、右端の圧力はダンパー直後のものを示し、右から2番目はダク

抵抗挿入型一本ダクトとフルート番号

(第 18 図)

(第 19 図)

ト終端圧力を示している。

次に調節ノズル及びフルートが吸取り圧力分布にどのように効いているかを知るために a) フルート有、調節ノズル無。b) フルート無、調節ノズル無。c) フルート有、ノズル有、d) フルート無、ノズル有の4つの場合について測定した結果を第20図に示す。

この結果から調節ノズルの効果が明瞭に認められ、又

(第 20 図)

フルートも第2報一般特性研究で述べたように支管の長い場合と同様、一種の附加抵抗として圧力の均一分布に役立っていることを示しており、本図の一番上の曲線が示すように、吸取り圧力約 -180mm において、ダクト両端のフルートの圧力差は 20mm である。一般にニューマニーズにおける実用吸取り圧力は、後に述べるように -50mm 位に採れば充分であるから、このような低圧においては例え調節ノズルを入れなくとも、このダクトの圧力分布は均一化する筈であり、実用上最も簡単なダクトたり得る。(後述)

16. 調節ノズル及びオリフィスにおけるフリースの流れ

以上著者は長大なニューマニーズ・ダクトにおいて均一吸取り圧力分布を実現させることによって、無役な吸込み風量を制御し、ブロワー動力を最小に止めようとする普遍的な設計法を採つて来たが、ニューマニーズにおいてはフリースの空気輸送が重要な役目であるから、これに対する考慮が必要である。以下前記のダクトについて実用上の立場から検討を加へよう。

先づ調節ノズル又はオリフィスであるが、支管の途中にこれ等挿入することによって、フリース流動に支障を来たさなかどうかを綿密に調べた。既に第14図に示したように最小径 (12.5mm) のノズルに対し、数本のフリースを同時に吸入させても全く問題のないことは判つたが、更に流通状況を観察するため第21図に示すよう

(第 21 図)

な装置を製作して測定を行つた。

即ち連絡管 (内径 $22.2\text{mm}\phi$) を硝子管とし、何も挿入しない管①、オリフィス、ノズル、円錐ノズル(後述)夫々を挿入した管②, ③, ④の4本を準備し、これをフルート⑤とダクト⑥の間に入れて試験した。

著者は前記寸法のダクトの外に、数本の断面の異なるダクトを設計試作したが(後述)、それ等におけるオリフィス、ノズル径は殆んど第21図に示す程度以上となるので、最小直径のものについて試験するわけである。この場合のフルートにおける吸取り圧力(フルート内静圧)と吸込み風量の関係は第22図の如く求められているから(次報参照)、これからフルートの吸込み静圧 $-\Delta P$ と

(第 22 図)

(第 23 図)

連絡管内及びオリフィス、ノズル等を流通する風速は第23図の如く求められる。

先づ管①において、ダクト終端のダンパーを絞り、次第に吸取り圧力 $-\Delta P$ を下げて行き、管内風速が低下してフリースの空気輸送能力を失い、連絡管内に停滞を起す限界値を求めると 7mm 水柱前後の極めて低いものである。 $\Delta P = -7\text{mm}$ における管内風速 $w \approx 0.6\text{m/s}$ であつて、著者はフルート内の限界風速を測定して長さ 30cm のフリースに対し 0.48m/s という値を得た(次報参照)、これに近い値を示している。勿論このような低圧吸込みにおいてはフルート端に停滞を起すようになるから、フルートの中央ノズルからフリースを吸わせて実験した。

次にオリフィス管、ノズル管③④を挿入して実験したが、管内に停滞を起す吸取り圧力は①と全く同じであり、ノズルやオリフィス通過速度は連絡管内速度の $2 \sim 4$ 倍の高速であるから、それ以上の圧力では何れも問題なく完全に流通し、オリフィス、ノズルの存在はフリースの流動に対し全く障害とならないことを確めた。而してこれ等三種の機能上の優劣を判定することも困難で、どれでもよいといえる。

次にフリースがこれ等を通過する状況を写真撮影しよ

うとしたが、何分開綿状態で細く而かも catcher nozzle 通過の際小さく引きちぎられたフリースが 10m/s 前後の高速度で流れるのであるから肉眼でも見難い有様で、瞬間火花写真でもなければ撮影困難であつた。

要するに良心的工作及び取付けを行えば、正常運転時において調節ノズル又はオリフィスによるフリース閉塞は全く起きない。

さて工作の点を考えるとオリフィスが最も簡単であるが、規格に定められたノズルを一つ一つ作るのは面倒であるから、次のような方法が考えられる。即ち第24図に

(第 24 図)

の途中に可動ダンパー

(第 25 図)

2 を置き、 θ 又は h で所要の抵抗を与えるよう、固定するのも一法である。これ等の抵抗係数と開口比の関係は公式化して別報で報告する。

17. 限界風速とダクト断面積

ダクト断面積が大きい程、フルートの吸取り圧力は均一分布に近づき、且つ流動抵抗が小さくなるから、ブロー動力は小さくなるが、ダクト内の風速はフリースの空気輸送を完遂するに必要な限界風速以上にあることが必須条件であり、ダクト断面積には自ら限界が生ずるわけである。

物体の空気輸送における限界速度は、その物体の比重

(第 27 図)

従つて著者のニューマニーズにおける、相当余裕を与えた実用吸取り圧力と考へている真空 $-50 \sim -60$ mm 水柱においては、ダクト先端部にフリースの沈積を起す危

(第 28 図)

険がある。よつてこれを確かめるため第28図のようにダクト先端面にセルロイド板の引目 m を設け、一方ダクト終端部に電燈を置いて、ダクト内面全長を照らし、先端面からフリースの流動状況を観察した。これで見ると第1支管から第4支管位までは計算で用いる平均風速の概念は適応せず、図示のような偏流となつて、前記限界風速の考へも用い得ない。即ち、計算平均風速は限界風速より低いに拘らず、長いフリースは支管からの主流に乗つて流れ去り、短いものはポケット部に旋廻運動を行つた後、主流の中へ飛び込んで流れ去る。このダクト先端部は次報で述べるフルートの先端部と全く同様な流れであるが、

一般には流動フリースの量に対し、フルートの場合より空気量が多いので、 -100 mm 前後まではフリースによつて先端部が閉塞を起すような懸念はない。然しながらこれ以下の低圧吸引においては当然沈積を來たす恐れがあるから、第29図の如く先細形にすべきである。即ち常用吸取り圧力 ($-\Delta P$) においてダクト内平均風速は $1.1'$ の如く増大し、限界風速を 2.3 とすると交点 4 の断面 g h から左が危険区域に入る。著者は Δabc のような形の水型を作つてダクト端から差込み、平均風速が限界風速線 (2.3) より上位 (5.6)

(第 29 図)

にあり、且つ断面変化によつて吸取り圧力分布に変動を來たさない程度に位置 Δade を定め、實際のダクトを斜面に沿つた fa の形に作る方法を探つた。このようなダクトの実験結果は第30図に示してある。このようにダクト変形を避けようと思へば、ダクト先端面に孔をあけ、空気

(第 30 図)

を吸入させて、管軸方向の速度を生ぜしむれば解決するが、キャッチャー・ノズル以外の処から吸入する無駄な風量増加を避けてブロワー動力の節減を計るわけである。

18. 調節ノズル無しダクトの実験

既に第20図に示したように、ニューマニーズにおいてはフルートの存在が吸取り圧力分布の均一化に役立っており、ダクトの設計を楽にしている。著者のニューマニーズ・ダクトは換気用ダクトその他への応用のきく設計法を採つたので、フルートの有無、吸引圧力の高低に拘らず、吸取り圧力はダクト全長に亘つて均一に分布する点の特徴である。然しながら単にニューマニーズのみに対する実用的ダクトとしては、続報で述べるようにフルート設計の改善に伴い、吸取り圧力は -50mm という低圧で充分であることが確かめられたから、調節ノズルの挿入を必ずしも必要とせず、工作は非常に簡単化される。即ち第18図に示したダクトから調節ノズルを取り去り、フルートを付けて、catcher nozzleの吸取り圧力とダクト中央管壁上の圧力を同時に測定すると第30図のようになる。今吸取り圧力 -80mm の場合について見ると、吸取り圧力の両端フルートにおける差は僅か 6mm 程度、又ダクト両端の圧力差も同様である。上下圧力線の差約 3mm がこの場合のフルート本体の抵抗と合流損失の和であつて、全長に亘り殆んど一定しており、上記のすべての圧力差は図示のように吸引圧力が低くなる程小さくなって来る。この程度の吸引圧力の不均一は実用上何等の影響なく、ダクト構造に難かしい工作法をとる必要の全くないことを示している。次報で述べるL型フルートを用いれば本例のT型フルートの $\frac{1}{2}$ の抵抗に減少し、性能は更によくなる。この場合、前項で述べた方法で、ダクト尖端部を細くしてあるが、フリースの沈積を防止し、圧力分布にも影響はない。

然しながらこの程度の吸取り圧力の不均一さえもないことが望ましい。即ちニューマニーズ動力はダクト終端即ちブロワー入口の真空と吸込み風量の積に比例し、ダクト端真空は吸取り圧力とダクト構造によつて決るが、風量は第30図を例にとればフルート吸取り圧力がダクト端に近づく程次第に昇つているから、当然全体に亘つての風量は均一吸取りの場合より増大し、ブロワー動力は大きくなる。

今第30図の最上の線を例にとり、この場合第一フルートの真空 -76mm 水柱が必要にして充分な吸取り圧力と仮定すれば、ダクト終端圧力は -86mm と決まり、図示の

ように吸取り圧力が -76mm から順次上昇し、 -83mm までに達するための風量増加による動力の増大は、全フルートが -76mm 均一吸引の場合より約 3% 大きくなる。これ等に関する詳細は続報「ニューマニーズの総合性能研究」で報告する。

19. シングルダクト・ニューマニーズ

現在のニューマニーズは既設の精紡機への取付を考へているので、クリールをはさんでダクト2本を左右に併設している。而して實際上2本にせねばならぬ根拠は、クリールが邪魔になること以外に何もないのであつて、設備費が高くなるだけである。これは当然第31図に示す

(第 31 図)

例のようにシングルダクトに集め、断面積を充分に採つてダクト抵抗の減少と圧力分布の均一化を計るのが適當である。上例では調節ノズルと支管の製作個数を半減させるため、連絡管を左右一緒にしたが、ダクトの左右端面に別々に入れてもよい。ダクトを top board の上に置く場合にはクリール下端を二又金具に取付けて、ダクトをまたがせる。

以上本文では精紡ニューマニーズ・ダクトの標準的寸法のものを試作し、これについて理論と実際の比較、実用上の考察を行つた。この結果からこの形式のダクトの実用性、設計法の普遍性が確認されたのでダクト断面積と長さの異なる二、三の実用機を設計製作し、完全装備の状態における総合性能試験を行つたが、400 鍾当り、モーターブロワー入力 0.30KW (0.41HP) で、ニューマニーズとしての機能を充分発揮することが実測された。(続報参照)

次報ではマルチの設計とその性能について述べる。

- 註 1) 衛生工業便覧 昭和23年版上巻 105頁
2) 佐藤鑑：建築環境学 200頁