

サイレントフレックスの改良に関する研究

Research on Improvement of Silent Flex Ducts

峯 洋治*

Yoji Mine

一般的に室内の空調や換気を行うダクトの最下流には施工性の良い保温フレキシブルダクトが使用される。一方、保温フレキシブルダクトは、設計段階ではなく施工段階で採用を決定することが多く、その結果、施工での潰れやたわみによる局所的な圧力損失の増加により風量が確保しにくくなるという懸念事項もある。そのため保温フレキシブルダクトのコストと性能を確認し、圧力損失を低減する製品を開発した。

Generally, for the lowest portions of ducts used in indoor air conditioning and ventilation, insulated flexible ducts of good workability are used. On the other hand, the decision to use insulated flexible ducts is made not in the design phase but in the construction stage in many cases. As a result, there are also concerns about how it can become difficult to ensure the amount of air flow due to the increase in local pressure loss resulting from crushing or bending during construction. Therefore we have confirmed the cost and performance of insulated flexible ducts, and have developed a product which reduces a pressure loss.

1. はじめに

一般的に室内の温湿度管理や換気を行うためには、空気を搬送する管（以下、ダクトという）が用いられる。そのダクト断面形状は角型や丸型があり、素材は鋼板など用途に合わせた仕様がある。また、搬送する空気温度（ダクト内温度）とダクト周囲温度に差がある場合には、搬送する空気温度を変化させないとともに、温度差により生じる結露を防止する目的でダクト外面を保温材（グラスウールなど）にて断熱処理することが多い。

ダクトの配置は、樹木の幹や枝と同じように本管と枝管で構成され、ダクト下流（空気が吹出る側）ほどダクト

断面が小さくなるよう設計されている。また、ダクトの素材は鋼板製が一般的となる。ただし、施工段階において、吹出口との接続である最下流では、施工性のよい保温処理されたフレキシブルタイプのダクト（以下、保温フレキシブルダクト）に仕様変更されることが多い（図1、図2）。

保温フレキシブルダクトは、鋼板製丸型ダクト（スパイラルダクト）と静圧特性が異なるため、仕様変更時には圧力損失の再計算が必要である。また、施工不良により潰れやたわみがあると局所的な圧力損失が懸念される。

今回、保温フレキシブルダクトに着目し、これらの課題を解決する方法を検証したため、本稿にて報告する。

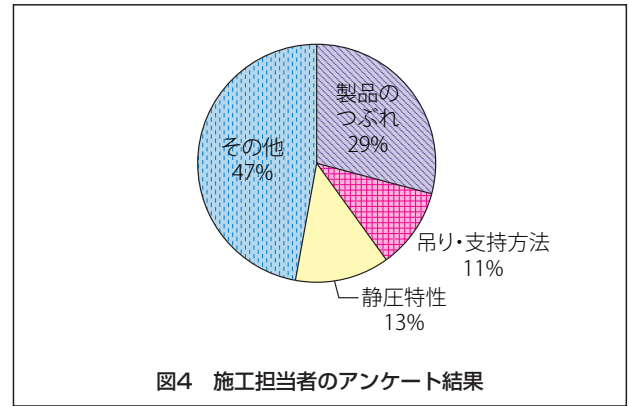
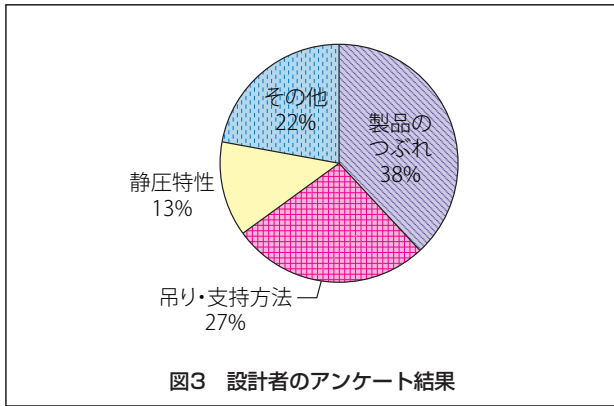


図1 保温フレキシブルダクト施工状況



図2 保温フレキシブルダクト施工状況（最下流）

* 建材事業部 技術開発課



2. 懸念事項の整理と検証方法

2.1 懸念事項の整理

保温フレキシブルダクトの採用時に注意している点について、共同開発先の株式会社竹中工務店殿の設計者と施工担当者にアンケートを取り（図3、図4）、保温フレキシブルダクトの懸念事項を以下に整理した。なお、(3)は自由意見であったコストに関する懸念事項である。

- (1) 施工後の圧力損失が明確ではなく、風量確保が不安。
(設計者)
- (2) 作業員のレベルによっては潰れる、たれ下がる。
(施工担当者)
- (3) 採用によるコストダウン効果の検証がほしい。
(設計者と施工担当者)

2.2 検証方法

懸念事項を解決する方法を以下に示す。

- (1) 実際の施工状況を確認し、その状況を再現した圧力損失の増加量を把握する。
- (2) 潰れにくい、たわみにくい、丈夫な製品が求められる。市場に流通している製品の性能を確認する。
- (3) スパイラルダクトを基準としたコストと性能の比較検証を行う。

3. 検証結果

3.1 圧力損失特性の把握

保温フレキシブルダクトの圧力損失は、各メーカーにて検証されており、各メーカー技術資料などに記載がある。しかし、直線や単純な曲がりのみであり実際の施工状況を再現した検証は少なく、潰れやたわみによる圧力損失への影響は確認されていない。そこで、潰れやたわみによる影響を試験的に検証した。

(1) 潰れによる圧力損失の増加

潰れによる圧力損失の影響の検証は、当社製 保温フレキシブルダクト(商品名:サイレントフレックスNタイプ、

以下サイレントフレックス)を用いて行った(図5)。試験体のサイズは呼び径 150mm、長さ 3m とし、幅 200mm の角材を用いて強制的に潰れを再現した。潰れによる圧力損失増加量は、潰れた時の圧力損失と潰れていない直線状態の圧力損失の差とした。また、圧力損失を算出する際の風量は、スパイラルダクトの圧力損失が 1.0Pa/m になるときとした。

試験結果より、潰れによる圧力損失の影響が大きいことがわかり、外径に対して 40% 潰れたときの圧力損失増加量は 1.1Pa、55% 潰れたときの圧力損失増加量は 4.2Pa、70% 潰れたときの圧力損失増加量は 16.0Pa となった(図6)。また、70% 潰れたときの圧力損失増加量はサ

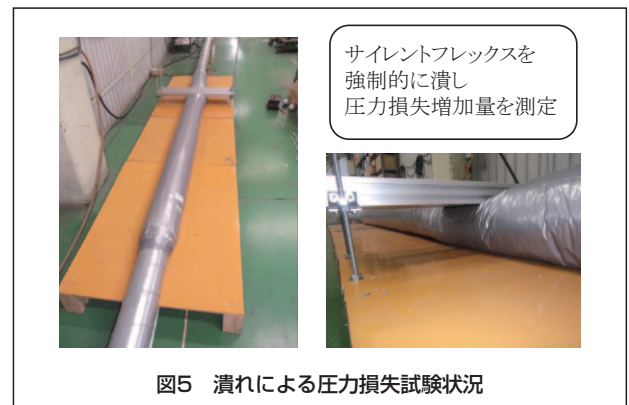


図5 潰れによる圧力損失試験状況

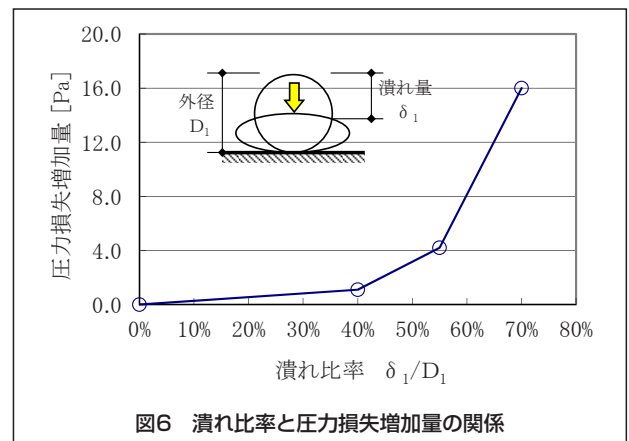


図6 潰れ比率と圧力損失増加量の関係

イレントフレックスを 90° (2R) 曲げた場合の圧力損失 (6.8Pa) より大きくなる結果となった。

(2) 吊り時のたわみによる圧力損失の増加

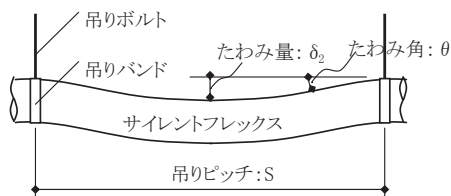
たわみによる圧力損失の影響の検証もサイレントフレックスを用いて行った(図7)。たわみ量(たわみ角)と圧力損失の関係把握するためサイレントフレックスを支持する間隔(以下、吊りピッチという)を試験パラメータとしている。また、サイレントフレックスの自重と曲げ剛性がたわみに影響することにより、呼び径も試験



図7 たわみによる圧力損失試験状況

表1 たわみによる圧力損失試験の試験因子

方法	因子	呼び径 D [mm]	たわみ量 δ_2 [mm]	吊りピッチ S [m]
(a)		150	150	1.0
				1.5
				2.0
				3.0
(b)		150	50	1.5
			100	
			150	
(c)		150	$\frac{2}{3}D, D$	1.5
		200		
		300		



パラメータとした。具体的には以下に示す3通りの試験を実施した(表1)。

(a) 同じたわみ量で吊りピッチを変化させた場合の試験

試験体のサイズを呼び径 150mm、長さ 10m とし、吊りピッチを 1.0、1.5、2.0、3.0m の 4 種類に変化させた場合の圧力損失増加量を測定した。この場合、吊りピッチ内でのたわみ量が 150mm になるよう試験体を設置した。

(b) 同じピッチでたわみ量を変化させた場合の試験

試験体のサイズを呼び径 150mm、長さ 10m とし、たわみ量を 50mm、100mm、150mm の 3 種類に変化させた場合の圧力損失増加量を測定した。この場合、吊りピッチを 1.5 m で固定した状況で試験体を設置した。

(c) たわみ角と呼び径の因子が圧力損失に与える影響

試験体のサイズは長さを 10m とし、呼び径を 150mm、200mm、300mm の 3 種類に変化させると同時に、たわみ量を呼び径と同じ量、および呼び径の 2/3 倍の量に変化させた場合の圧力損失増加量を測定した。この場合、吊りピッチを 1.5m で固定した状況で試験体を設置した。なお、たわみによる圧力損失増加量は、たわんだ場合の圧力損失と直線状態での圧力損失の差としている。

試験結果よりたわみによる圧力損失への影響はたわみの角度により概ね整理することができ、たわみ角が 10 度のときの圧力損失は吊りピッチ 1ヶ所当たり 3Pa の増加となった(図8)。

3.2 施工に対する性能の確認

潰れる、たれ下がるなどの施工担当者の不安に対して、製品の性能確認を行った。メーカーの視点では、潰れないよう、たれ下がらないように取扱っていただくことを想定し、製品を開発、製造、販売しているのが現状である。

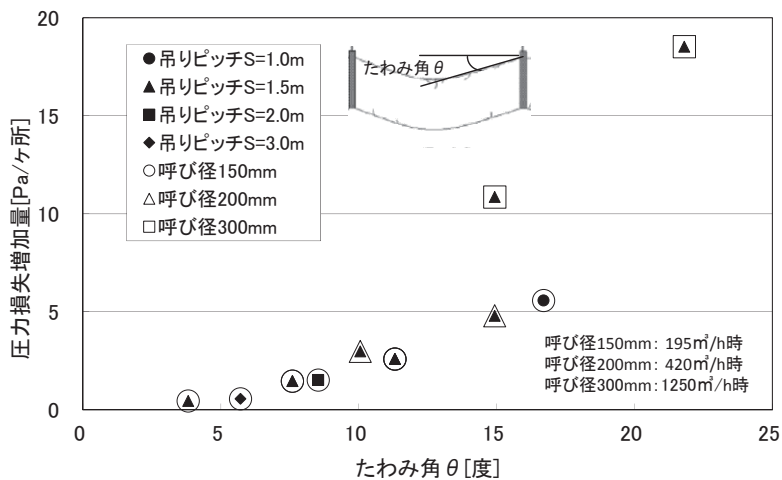


図8 圧力損失試験結果(たわみによる影響)

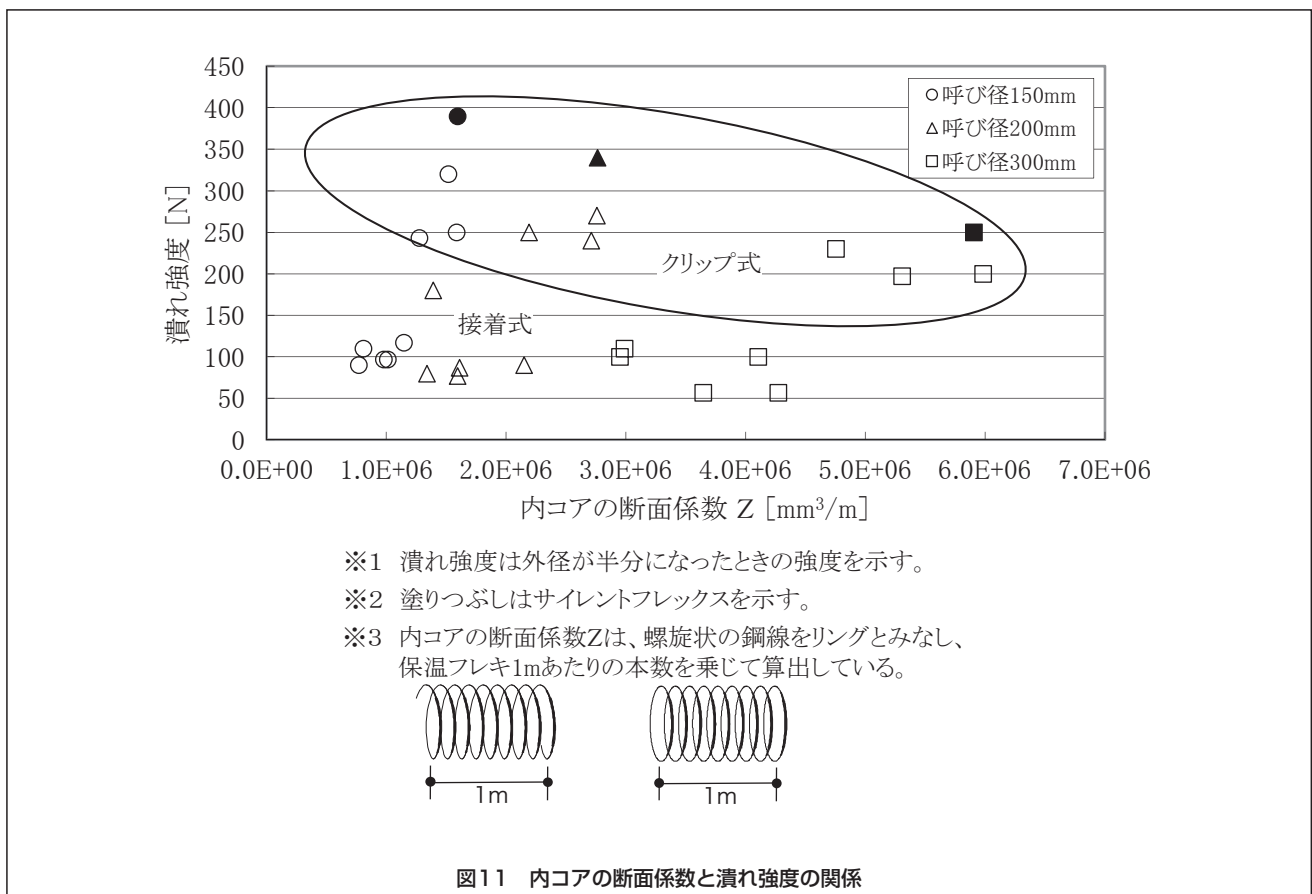
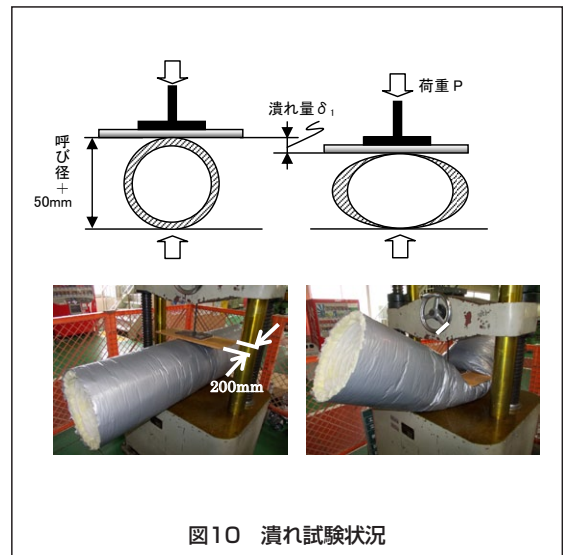
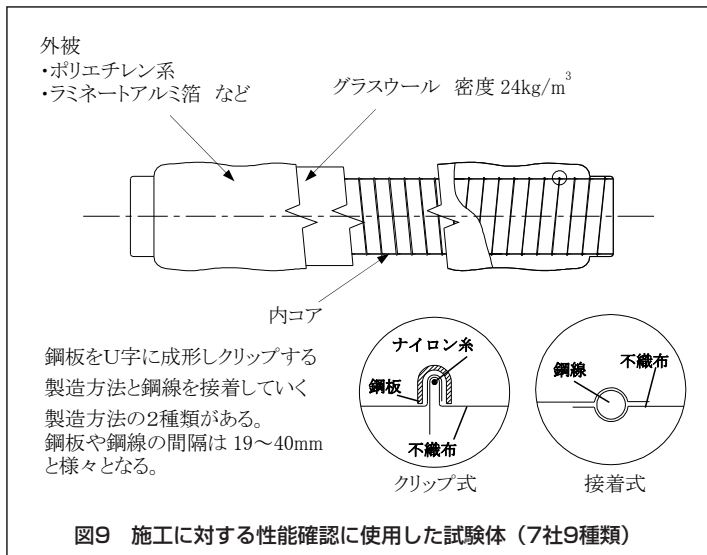
そのため、これらの性能は各メーカーにより異なり、その性能差も明確ではない。そこで、市場に流通している製品の潰れ性能を比較検証することとした。比較対象とした保温フレキシブルダクトは、空気を搬送する内コア、保温層となるグラスウール、保温層を覆う外被で構成されたものとした。

試験体は、呼び径 150mm、200mm、300mm の 3 種類、長さ 1,400mm とした。また、サイレントフレックスを含め、市場に流通している 7 社 9 種類の標準品を比較検

証した(図9)。

試験には万能アムスラー試験機を使用し、建物の梁と天井材の間に保温フレキシブルダクトが挟まれた状態を想定し、載荷部に局所的な荷重が加わらないよう幅 200mm の板を用いて載荷した。測定項目として、潰れたときの強度と潰れ量の関係を測定した(図10)。

試験結果より、仕様により性能に違いがあることが判った。そこで、内コアの断面係数に着目し、断面係数と潰れ強度の関係を検証した(図11)。検証結果より、鋼



板をU字に成型しクリップする製造方法（以下、クリップ式という）を用いた製品が潰れに対し強いことが判った。

3.3 スパイラルダクトを基準としたコストと性能（圧力損失）の比較検証

設計段階ではなく施工段階で保温フレキシブルダクトの仕様が決定されることより、コストと圧力損失の関係を検証することは少ない。そこで、スパイラルダクトを基準とし、コストと圧力損失の関係を検証した。

保温フレキシブルダクトは保温性を有しているためスパイラルダクトのような保温工事が不要となる。そのため、コストメリットの効果はあるが、曲げた場合の圧力損失がスパイラルダクトに用いられる90度バンドと比べてよくない。そこで、図12のようなモデルを想定し、シミュレーションを行った。

その結果、サイレントフレックスはスパイラルダクトに比べ、圧力損失が1.21倍、コストが65%低減となった。なお、圧力損失を改善するためにサイレントフレックスの口径をサイズアップした場合には、スパイラルダクトに比べコストが40%低減する結果となり、コストメリットの効果が明確となった。

4. 圧力損失低減製品の開発

施工に対する性能の確認より、潰れ強度に関してクリップ式が優れ、なかでもサイレントフレックスが最も優れた結果となった。そこで、更なる改良を目指し、圧力損失が低減できる製品の開発を行った。

サイレントフレックスの直線状態の圧力損失はスパイラルダクトとほぼ同等であるが、サイレントフレックスを90度（2R）に曲げた時の圧力損失はスパイラルダクトに用いられる90度バンド（1R）に比べ1.8倍以上ある。そのため、圧力損失の低減には曲げた部分に着目することが有効である。サイレントフレックスを曲げたときにできる内コアのシワ（図13）を小さくすれば圧力損失を低減できると考え、以下の3つのアプローチ方法で開発を行った（図14）。

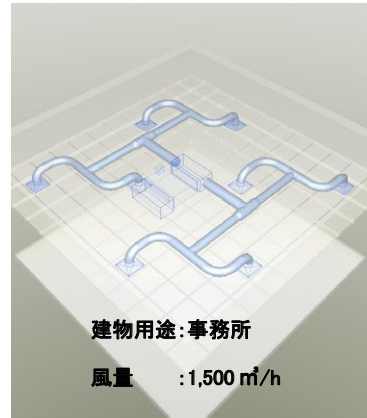


図12 コスト試算モデル



図13 内コア内部

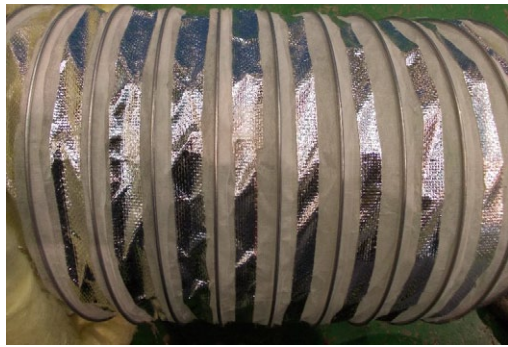
(a) 内コアの素材変更
⇒ シワを削減

(c) 内コアに折り目をつける⇒シワを誘導



(b) 内コアを補強⇒シワを分散

図14 アプローチ方法



(a) ALGC中貼り付け



(b) 不織布中央二重溶着

図15 内コアを補強

(1) 内コアの素材の変更

サイレントフレックスを曲げたときにできる内コアのシワを削減するため、素材を滑らかなものや折れにくいものに変更した。その結果、不均一にシワが発生する状況が改善されず、圧力損失の低減効果は得られなかった。

(2) 内コアを補強

サイレントフレックスを曲げたときにできる内コアのシワを分散させるため、内コアの中央部を補強した。補強方法としては、ALGC（アルミガラスクロス）を不織布中央に貼ること（図15(a)）により中央でのシワの発生を抑え、端で小さなシワを発生させた。その結果、圧力損失を20%低減することができた。また、現仕様よりも硬い不織布を不織布中央に追加で破線溶着すること（図15(b)）により同じく中央でのシワの発生を抑え、端で小さなシワを発生させた。その結果、圧力損失を30%低減することができた。

(3) 内コアに折り目をつける

サイレントフレックスを曲げたときにできる内コアのシワを誘導するため、内コアの不織布表面に折り目をつけた。折り目の形状因子は折り目の数や間隔とし、その成型は内コアの製作前にあらかじめ不織布に設けることとした。9種類の試験体で確認を行ったが、最大で10%圧力損失の低減結果となった。

5. まとめ

懸念事項と検証結果を以下にまとめる。

- (1) 風量確保が不安という懸念事項に対しては潰れやたわみの圧力損失を測定し、施工不良時の圧力損失を把握した。
- (2) 作業員のレベルによっては潰れるという懸念事項に対しては市場に流通している製品を比較し、当社製品が優れていることを確認した。
- (3) コストダウン検証という懸念事項に対してはシミュレーションによりコストダウン効果を確認した。
- (4) 更なる改良のため圧力損失低減製品を開発し、最大で30%圧力損失を低減することができた。

今回、既存製品のサイレントフレックスに着目し、製品の性能を改めて確認した。そこで、新たに自社製品の強みを発見し、圧力損失低減製品を開発することができた。今後は、顧客要望に応えるべく情報収集し、空調設備製品に関する改良、開発を行っていく。

謝辞

共同で開発および試験を行いました、株式会社竹中工務店殿に、厚く御礼申し上げます。

執筆者

峯 洋治

Yoji Mine

1999年入社

空調関連製品の開発に従事

