

グラスウールダクトの設計と施工

宮田 寛明*

要 約

近年、ビルの空調用ダクトとして、鉄板製ダクトに代って省力化の見地から、グラスウールダクトが使われるようになってきた。

しかし、鉄板製ダクトに比較して種々の利点がある反面、限界性もあり、その採用に当っては特別の配慮が必要となる。

ここに、グラスウールダクトの現状、特質、使用上の注意、施工法及び工事費等について検討したものを報告する。

一般に懸念されている物理的特性も、その特徴を十分に把握すれば、保温性、耐久性、工期の短縮化及び工事費の軽減等が活かされ、「グラスウールダクトの設計と施工」がますます可能となり、将来に向かって大いに有望視されることがわかった。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. グラスウールダクトの特性
- § 3. グラスウールダクトの施工方法
- § 4. 鉄板加工ダクト方式との比較
- § 5. グラスウールダクトの実績と将来性
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

グラスウールダクトは、米国で開発され昭和38～43年ごろ米国の各メーカーからの技術導入により日本のガラスメーカーで国産化したものである。従来の鉄板ダクトに断熱工事をあわせ施すというダクト工事を、高密度のガラス繊維断熱材を用いることにより、そのままダクトとしての機能を持たせた、いわば在来の鉄板ダクトプラス保温材を一体化したものである。

実績として現在国内で生産販売しているメーカーには、マイタロダクトシステム(株)・旭ファイバーグラス(株)の二社があり、おのおのの販売シェアは概略前者が75%、後者が25%となっている。二社の製品は、ほとんど類似しており、わずかにダクト内面側の処理方法に差異がある程度である。

販売初期には、ゼネコン各社の自社ビル、一般オフィスビル、ホテル、スーパー、病院等の一部の民間ビルに

施工実績があったが、昨今では、官公庁、設計事務所及び一部ゼネコンでの標準仕様に採用されるようになってきている。昭和55年度の国内販売実績によると、全ダクト工事に占めるグラスウールダクトの施工実績率は2～3%程度であり、今後の飛躍がかかっている。また、販売開始より15～18年経過しているにもかかわらず、いまだ数パーセントの実績に留まっていることにも再注目しなければならない。

以下に、従来の鉄板加工ダクトとできるだけ対比させながら、グラスウールダクトの概要を報告する。

§ 2. グラスウールダクトの特性

グラスウールダクトは、鉄板ダクトに比較してすばらしい利点を多く有しているが、その反面種々の制約的事項がある。以下にその説明を加える。

2-1 材料

グラスウールダクトは、繊細なガラス繊維を熱硬化性樹脂で固めた堅牢、軽量の断熱板であるとともに、外側をガラスヤーンで補強されたアルミ箔(厚さ20～80 μ)で内面を平滑に仕上げることにより、結露、エア漏れを防止している。その一般的な特性を表-1に示す。

(1)ダクト材

グラスウールダクトは建築基準法第2条第9号に規定される不燃材料で、不燃材料第1037号に認定されている。また、素材は密度50kg/m³以上の高密度な製品で、厚さ

*設備部設備課係長

表-1 グラスウールダクトの一般的特性

項 目	特 性
ダクト厚さ	25mm
密 度	60～64kg/m ³
使用可能許容静圧	丸ダクト 100mmAq以下 角ダクト 50mmAq以下
最大可能許容風速	丸ダクト 15m/s以下 角ダクト 13m/s以下
安全使用温度	125℃以下
不 燃 材	建設省認定品。不燃第1037号
ダクト仕様	低速用(高速ダクト用には不適)
輸 送 流 体	ビル一般空調が最適 産業用には不向

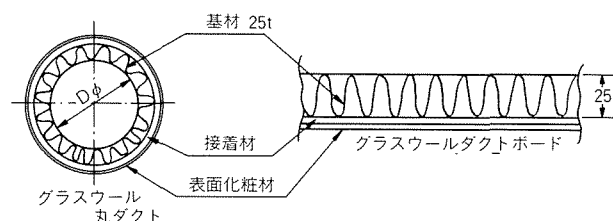


図-1 グラスウールの組成断面

は25mmが一般的である。不燃第1037号による組成断面を図-1に示す。

イ) 表面化粧

アルミニウム箔又ははり合せアルミニウム箔を、単独あるいは適当な材料（ガラスヤーン）で補強したもので、厚さは0.05mm以上のものである。

ロ) 基材

不燃材料第1031号と同等の品質で無機質重量比85%以上、フェノール系樹脂重量比15%以下よりなる。

ハ) 接着材

合成樹脂系フィラーを除く固形分100g/m²以下とする。これを使ってアルミニウム箔と基材を接着させている。

(2) ダクト接着用アルミテープ

ダクト及びボードの端末接続部の接着や空気漏れ箇所の補修などに使用する。アルミ箔の片面に接着材を塗布した圧着テープである。一般には、厚さ0.05mmの軟質アルミ箔を用いており十分な強度と柔軟性があり、被着体（ダクト側アルミ箔）に対して極めて接着性がよく、強力な粘着力とともに低温時でもびったりと貼着し、シール性にすぐれた特性をもっている。特に粘着剤は、耐候性をおもに耐熱、耐水、耐油性にも優れていることが大切である。実際には、添付剥離紙を組合せたもので、施工時に作業能率のよいものを使用しなければならない。

表-2にアルミテープの一般的特性を示す。

(3) 製品規格

現在市販されているダクト材の寸法規格は表-3のとおりである。

表-2 アルミテープの一般的特性

項 目	単 位	数 値
アルミ箔厚さ	mm	0.05
テープ厚さ	mm	0.12
テープ巾	mm	75
引張強さ	kg/25mm	8.8
伸 び	%	4.8
粘着力 (20℃)	kg/25mm	1.4
保持力 (20℃)	1kg荷重/25×25.24h	0.8

表-3 グラスウールダクトの寸法規格

ダクトボード			
長さ (mm)	巾 (mm)	厚さ (mm)	備 考
1,800	1,220	25	A 社
2,400	1,225	25	A、M 社
3,000	1,225	25	A、M 社
丸ダクト			
外径 (mm)	内径 (mm)	長さ (mm)	重量 (kgf/本)
150	100	2,000	1.1
200	150	2,000	1.6
250	200	2,000	2.0
300	250	2,000	2.4
350	300	2,000	2.9

(註記) 1. 丸ダクトは現在大口径ダクトとして600φまで製品化されている。

2-2 グラスウールダクト使用上の注意

グラスウールダクトを設計又は施工上採用する際に、鉄板ダクト工事仕様と比較して基本的に注意することがある。以下にそれらを記述する。

(1) グラスウールダクトは、外力に対して非常に弱く、取扱いには慎重な注意を要する。特にダクト内面より外部アルミ箔に損傷があると、空気漏れだけでなくグラスウールボード部分との剥離現象が起きやすい。それゆえに、コンクリートスラブに直に放置したり、誤って踏みつけたりしないよう、養生などに特別の配慮が必要となる。一部メーカーのカatalogに、自動車や人により踏みつけたあとの復元力をアピールしているものがあるが、このような外力をうけたものは絶対に使用してはならない。なぜなら、目視できない程度のアルミ箔外表面の破れや損傷でも、グラスウールとアルミ箔の剥離現象に繋がることになるからである。

(2) ダクト加工組立てに際しては、メーカー指定の施工基準によること。施工管理上メーカーの施工基準を十分に把握していなければ、グラスウールダクトの利点が生かされないからである。

(3) グラスウールダクトの管摩擦抵抗値、特に曲部摩擦抵抗値については、鉄板ダクトとは異なるのでメー

カーの値を採用すること。

- (4) 規定の静圧及び風速以上では使用しないこと。前述の一般的特性にあるように、静圧では50mmAq以下、風速は12m/sec以下に抑えること。
- (5) ダクト静圧及びダクト断面の大きさによりダクトを補強すること。これは静圧及びダクト長辺の長さにより、チャンネル材等による補強が必要となる。また、吊金具等も同様に変更させること。
- (6) グラスウールダクトは、コンクリートの中やモルタルに直接触れることのないようにすること。これは外表面がアルミ箔仕上げであるため、コンクリートのアルカリ性によりアルミ材が腐蝕されやすくなり、空気漏れ、防湿性の劣化の原因となる。
- (7) 屋外には使用不可。水に弱いため、鉄板ラッキングなどによる防水処理も困難である。
- (8) 空調用ダクトの中でも多湿な空気用には使用できない。また、粉体輸送、粉塵、腐蝕性ガス、タール分の多い排気及び無菌室用ダクトとしても不適である。
- (9) 機械室内で使用する場合は、ケーシングボードで保護すること。

2-3 グラスウールダクトの物理的特性

2-2で述べたように、グラスウールダクトには欠点もあるが、利点も多い。下記にその物理的特性を記す。

(1) 断熱性

ダクトの断熱性能を考えると、最も一般的な方法として熱伝導率による比較がある。熱伝導率の値が小さいほど熱を伝えにくく、ダクトからの熱損失が少なくなる。ゆえに、断熱性能を比較するため、鉄板加工ダクト用グラスウール保温材とグラスウールボードとの熱伝導率を検討する。

イ) グラスウールボードの熱伝導率 λa (kcal/m・h・°C)

$$\lambda a_1 = 0.0255 + 0.00009\theta \quad (64\text{kg/m}^3\text{級ボード})$$

$$\lambda a_2 = 0.026 + 0.000125\theta \quad (60\text{kg/m}^3\text{級ボード})$$

θ : 内外部の温度差

ロ) 鉄板加工ダクト用グラスウールの熱伝導率 λb (kcal/m・h・°C)

$$\lambda b_1 = 0.0271 + 0.00016\theta \quad (24\text{kg/m}^3\text{ボード})$$

$$\lambda b_2 = 0.0261 + 0.00013\theta \quad (32\text{kg/m}^3\text{ボード})$$

普通、鉄板の λ は無視するので、これらの式より熱損失差は明らかに図-2に示すごとく、グラスウールボードの方が30°Cにて約12%よい結果となる。また、これは単材での比較数値であり、実際には保温材を鉄板に巻きつけるときに空隙が生じるので、単位面積当たりの熱損失

は大きくなると思われる。一般には、送風熱容量当たり5%程度の熱損失があるといわれており、その差は更に大きくなる。

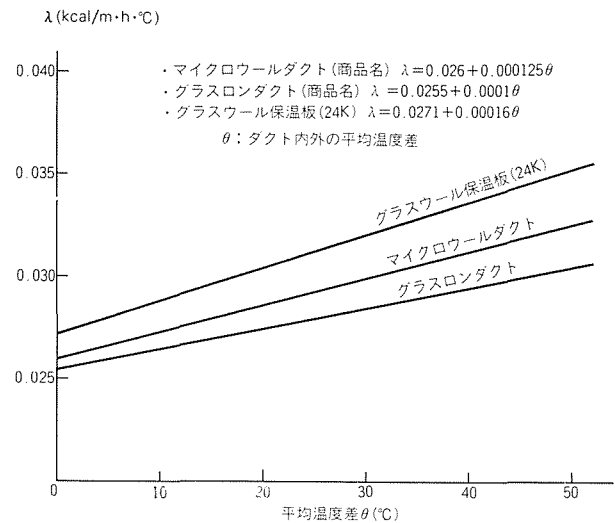


図-2 グラスウールダクトの温度差ごとの λ 値

(2) 結露性

グラスウールダクトは、外表面にアルミ箔を使用しているので施工的に隙間もなく、耐透湿性は非常に優れている。ここに、鉄板加工ダクトプラスグラスウールボード保温材との表面温度比較を表-4に示す。この計算結果からでは、結露に対する温度差はないので、充分に在来方式と同じ効果を持つことが分かる。

表-4 ダクト表面温度比較

	グラスウールダクト (25mm)			亜鉛鍍鉄板+グラスウールボード (24K、25mm)		
ダクト内温度 (°C)	18			18		
外部温度 (°C)	20	30	40	20	30	40
損失熱量 (kcal/m ² ・h)	1.79	10.89	20.28	1.83	11.16	20.77
ダクト表面温度 (°C)	19.64	27.82	35.94	19.63	27.77	35.85
結露に対する湿度 (%)	97	88	79	97	88	79

(註記) 1. 計算式は下記による。

$$Q = \frac{\theta_o - \theta_i}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\ell}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_o}}$$

$$\theta_s = \theta_o - \frac{Q}{20}$$

Q : 損失熱量 (kcal/m²・h)

θ_o : 外部空気温度 (°C)

θ_i : ダクト内空気温度 (°C)

θ_s : ダクト外表面温度 (°C)

α_i : ダクト内表面熱伝達量 (kcal/m²・h・°C)

・鉄板ダクト……………20kcal/m²・h・°C

・グラスウールダクト…25kcal/m²・h・°C

α_o : ダクト外表面熱伝達率…………5 kcal/m²・h・°C

ℓ : ダクト厚 (m)

・鉄板……………0.0006 m

・グラスウールダクト…0.025 m

λ : 熱伝導率 (kcal/m²・h・°C)

・グラスウールダクト…0.026 + 0.000125 θ

・グラスウール保温板…0.0271 + 0.00016 θ

(3) 圧力損失

グラスウールダクトの内表面は、各社とも独特の製造方法によってできるだけ平滑に仕上げられているので、空気の流れに対する摩擦抵抗係数は、鉄板ダクトに比較して図-3、表-5に示すように、また、各社の摩擦抵抗表を見てもそれほど大きな差異は認められない。ゆえに、ダクト口径の決定は、鉄板ダクトの設計手法によっても問題はないと思われる。ただし、曲りや分岐部分等の局部抵抗は鉄板ダクトの施工要領とは異なり、角張った施工方法を取らざるをえないために、全体としては大きな抵抗値となる。しかし、局部抵抗値も個々には鉄板加工ダクトのそれと比較してそれほど大きな差異はない。参考までにダクトエルボ300×300の圧力損失を図-4に示す。

表-5 ダクト材料別の粗度・摩擦抵抗係数

材 料	粗 度 (mm)	摩擦抵抗係数
グラスウールダクト	0.24~0.87	0.016~0.026
鉄 板 ダ ク ト	0.15~0.2	0.022~0.023
木 製 ダ ク ト	0.2 ~1.0	0.023~0.034
コンクリートダクト	1.0 ~3.0	0.034~0.049

(註記) 1. 摩擦抵抗係数はRe数 10^5 付近の値。

2. 粗度はMoody線図によって求められた値を示す。

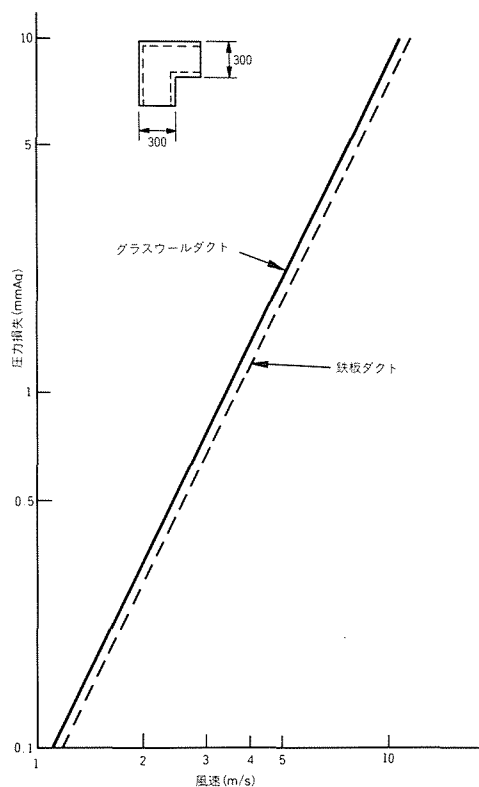


図-4 90°エルボ(300×300)の圧力損失

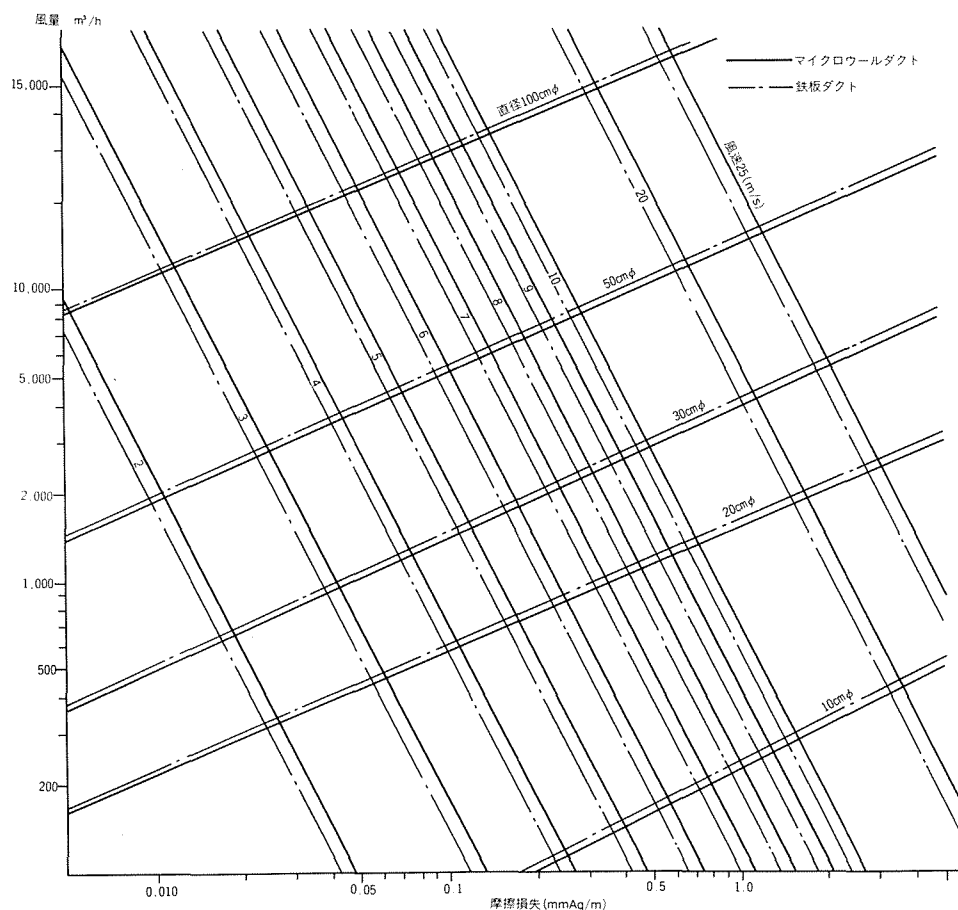


図-3 マイクロウールダクトと鉄板ダクトの摩擦損失

(4) 空気漏れ

鉄板ダクトの施工は、銅製材料等で構成されているために非常に堅実であるが、フランジ接合部やハゼ折り部からの空気漏れ量も多く、一般には5～10%のロスが生じるといわれ、空気調和衛生工学会誌にも実績値として6.01%の漏れ量が報告されている。

グラスウールダクトでの空気漏れ試験については、日本硝子繊維㈱から委託された鹿島建設㈱技術研究所にて、耐圧、エアリークテストが行われ、昭和43年4月1日に発表された報告がある。報告の結果では、「静圧100mmAq以下ではエアリークは全くない。」となっている。ただし、下記の点について留意する必要がある。

- ・アルミ箔表面部分に損傷がないこと。
- ・接合部等のシール用アルミテープは、十分に摩擦圧着し、しわがないこと。
- ・ダクト接続部分のシール用アルミテープは、75mm幅を使用すること。

これらのことに注意すれば、空気漏れについてはグラスウールダクトの方が優れていることが分かる。一般に、施工実績からの空気漏れ量は、約1.0～1.5%といわれているので、設計時その優位性に留意する必要がある。また、その漏れ量はグラスウールダクトの構造的な特徴から当然である。

(5) 耐圧性

グラスウールダクトは、常用圧としては静圧50mmAq

以下の低速用ダクト仕様となるが、前述の鹿島建設㈱技術研究所の報告書から静圧100mmAqでも600mmピッチに補強すれば充分耐えられることが証明されている。ゆえに、メーカーの数値(50mmAq)以下ならば充分に使用できる。また、丸ダクトの場合、耐圧力は角ダクトに比較して大きくとれ、100mmAqでも特別なダクト補強もなく充分に使用できる。負圧時については、角ダクトの場合、実際には使用不可能である。正圧時でのグラスウールダクトの断面変形と表面アルミ箔及び接着テープの剥離についての試験結果が、旭ファイバーグラス㈱の報告書にあるので、参考に表-6、表-7に示す。また、負圧時の角ダクトの変形テスト結果を図-5に示す。

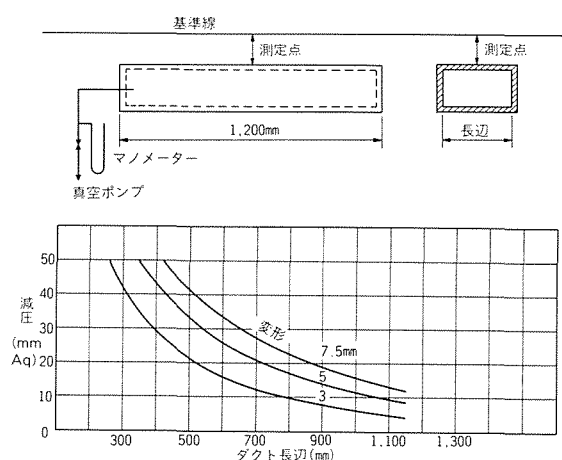
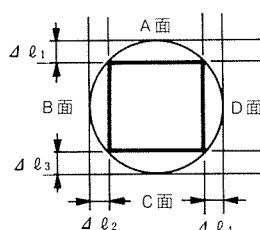


図-5 グラスロンドクトの減圧変形

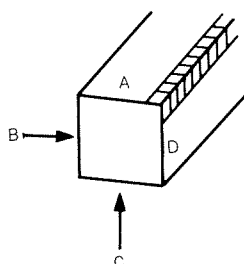
表-6 断面変形値



静圧 変形 (mm)	100mmAq	150mmAq	200mmAq
△ℓ ₁	6.5	12.5	16.0
△ℓ ₂	5.0	7.5	12.0
△ℓ ₃	5.0	8.0	11.0
△ℓ ₄	8.0	10.5	13.5
平均	6.1	9.6	13.1

(註記) 1. 試験体寸法は、300mm×300mm×1200mm。
2. 試験条件は、(100mmAq×100分)+(150mmAq×20分)
+(200mmAq×20分)。

表-7 アルミの剥離



	検査数N	完全に剥離	部分的剥離	軽微な剥離
A面	52	0	0	0
B面	52	0	0	0
C面	52	0	0	0
D面	52	0	0	0

(註記) 1. 試験体寸法及び試験条件は表-6と同じ。
2. 検査数N=52とは、例えばA面(300mm×1200mm)上で、75mm×75mmの検査区域を52ヶ所とったことを意味する。

(6) グラスウールの飛散と侵食性

グラスウールダクト内表面のガラス繊維が飛散するのではないかという不安は当然考えられる。グラスウールダクトの構造的なことから、わずかなりともこのような剥離や飛散があれば空調用ダクト材としては不適となる。

ダクト内風速に対するグラスウールの飛散を抑えるために、グラスウールダクトは、高密度（60～64kg/m³）を有しガラス繊維を長くして、なおかつ内面が硬く仕上げられているので、所定の風速（13m/sec）以下ではグラスウールの飛散がないように考慮されている。各社の自主社内試験、(株)公害技術研究所の「ガラス繊維粉じんに関する報告書」及び米国の種々のレポートから、経年変化に対してもガラス繊維の飛散はほとんどないことが報告されている。また、ガラス繊維粉じんの人体に対する影響も、米国内で初めてグラスウールダクトを施工した時からの保健衛生上の問題点を指摘した著書(例「Glass, A Handbook for Students and Technicians edited by J. H. Dickson」「The Diseases of Occupations, London edited by Donald Hunta」)にみられるようにほとんどないことが判明されている。それゆえ、実験上でも飛散はなく、かりにわずかな飛散があっても保健衛生上、問題がないことから、グラスウールダクトを使用しても支障はない。ただし、施工時に切断加工を行う関係から、加工時の小さな繊維屑がダクト内に少量残るために、最初の試験通風時に1時間程度繊維屑の飛散が認められるので注意する必要がある。

(7) 吸音、減音特性

一般ビル空調用ダクトに求められる機能の中に「静かな送風を」ということがあり、その点でグラスウールダクトは、吸音性が鉄板ダクトに比較して抜群に優れている。ゆえに、設計に当たっては鉄板ダクトの設計要領とは異なり、消音チャンバー、消音エルボ等は大幅に減らすことができる。参考値として、グラスウールダクトの直管ダクト及び90°エルボのオクターブバンドレベル減音量を図-6に示す。直管ダクトでもメーカー間に差があるが、明らかに鉄板ダクトに比較して、ダクト内の減音量が大きいことが分かる。ただし、図-6の上方に示す15HPパッケージ型空調器の送風機の発生騒音特性から、低サイクルのデシベルが高サイクルに比較して大きいので、低騒音はあまり減音できないことが分かる。表-8は、在来のグラスウール吸音ボードを内貼りした消音ダクトの減音量をオクターブバンドごとにその特性を計算値より示したものである。また、マイクロウールダクト、グラスロンダクト及びグラスウール吸音ボードの減音量を比較したものを図-7に示す。これらからも明らかなように、

騒音の減衰量はグラスウールダクトの方が優れていることが分かる。

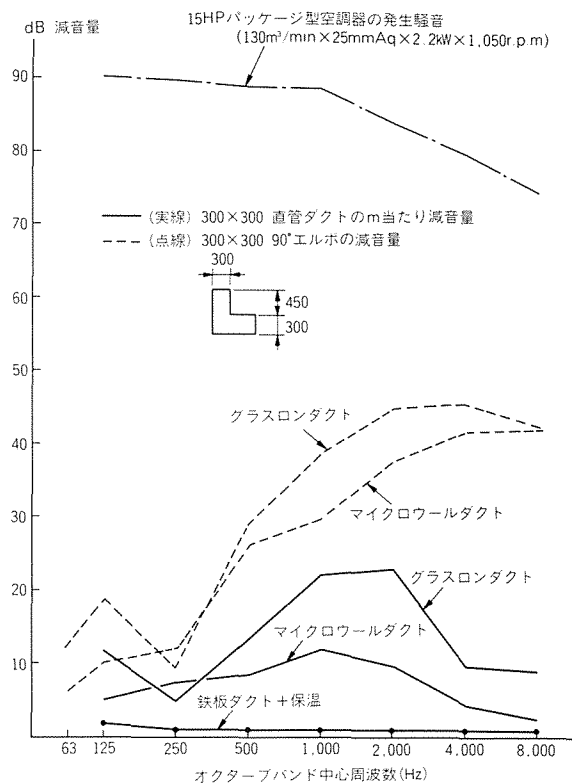


図-6 直管ダクト、90°エルボの各種ダクト別減音量

表-8 在来の消音ダクト(グラスウール吸音ボード内貼り)の減音量

	オクターブバンド中心周波数 (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ky	0.1	0.4	1.5	9.0	32	13
Kz	0.1	0.4	1.5	9.0	32	13
Ky + Kz	0.2	0.8	3.0	18.0	64	26
R/ℓ	1	1.5	2.7	8.5	15.5	3.0

(註記) 1. ダクト断面寸法は300×300で、グラスウール吸音ボード2号、32K、厚さ25mmを使用した時の値。

2. 計算式は下記による。

$$\frac{R}{\ell} = \frac{8.68C}{2\pi f} (Ky + Kz) \quad (\text{bB})$$

R: 減音量 (bB)

ℓ: 吸音材内張り長さ (m)

C: 音速 (m/s)

f: 周波数 (Hz)

Ky, Kz: 波動方程式の係数 (1/m²)

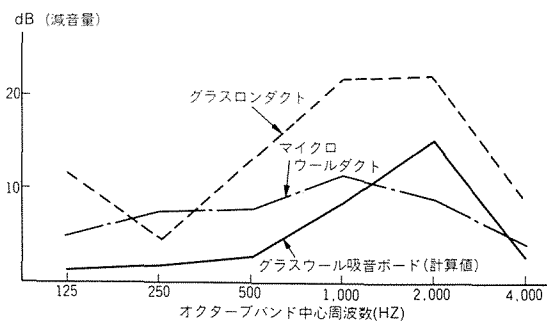


図-7 各種ダクトの減音量

(8) 経年変化

米国では、すでに20年以上も前から施工され、今日では年間約1500万㎡もの施工実績があり、その耐久性は充分にあると思われる。国内でも、二社が国産化し、一度は生産中止されたが、その後販売施工されてきており、ほぼ経年変化に対する問題はないようである。

前にも述べたようにグラスウールダクトは、ガラス繊維を熱硬化性樹脂で成形したもので、化学的には安定した材料なのでガラス繊維とそれを成形する樹脂を侵蝕するような気体の通風に使用しない限り問題はない。しかし施工後、時間の経過に伴い、ダクト内面にゴミが付着しやすいのでは、という疑問点については、日本硝子繊維㈱からの報告書「マイクロダクトボードの耐久性試験結果」によると、満5年を経過したグラスウールダクトのサンプリングテストでは、「経年変化はなし」となっているが、ダクト内面のガラス繊維の色が多少黒くなっていることが報告されている。これはダクト内面に塵埃が付着しやすい傾向にあることが分かる。また、グラスウールダクトと鉄板ダクトの内表面粗度は、前者が0.43～0.84mm、後者は0.15mm程度であるので、当然ゴミ等が付着しやすく、一般空調、換気設備以外のクリーンルーム等には使用できない。

(9) 不燃性

メーカー二社のグラスウールダクトは全て、建設省認定不燃材料第1037号に認定されている。(昭和49年9月18日付認定) それゆえ、建物による使用制限はないので、鉄板ダクト同様に使用できる。また、当然ながら耐火材ではないので防火区画にはファイアーダンパーなどが必要となる。一方、グラスウールは鉄板ダクトの約1/4の重量であるために耐震性もよく、体育館などの無柱建物にダクティングする場合には、建築構造的にも有利である。

§ 3. グラスウールダクトの施工方法

施工方法については、メーカー二社間に多少の差異は認められるが、以下に一般的な工法について述べる。

3-1 施工上の注意点

グラスウールダクトを施工するに際しては、2-2項によるほか、下記の主な点に留意して施工すること。

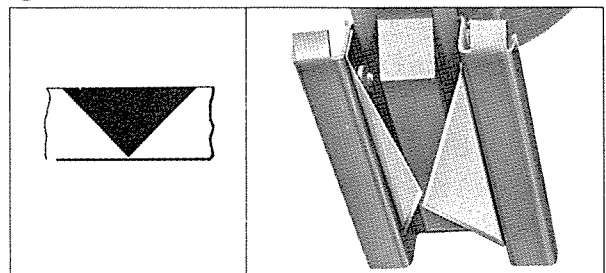
- (1) グラスウールダクトに使用するアルミテープは、必ず各メーカーが指定する専用テープを使用する。通常の保温工事用などに用いられているテープは、粘着力はあっても保持力がないテープがほとんどなので、絶対に使用してはならない。

- (2) ダクトの支持間隔は、グラスウールダクトは軽い(1.5～1.6kg/㎡)からといって、長くとはならない。メーカーによって規定された支持間隔に従って正しい支持を行う。
- (3) ダクトの補強法は、グラスウールダクトが高密度のグラスウールでできているので、ダクト状に加工した場合でも相当の強度をもっているが、ダクト長辺が大きくなり、また、ダクト内の静圧が高くなるに従って補強材が必要となる。丸ダクトの場合は、100mm Aq程度の静圧がかかっても補強は不要である。
- (4) 丸みを帯びた加工は困難なので、なるべく直管部を多くする。もしエルボ等の送風抵抗値を下げる場合は、ガイドペーン又は3ピースエルボ等を使用する。
- (5) 断面の寸法をできるだけ統一し、種類を少なくする。
- (6) 材料の運搬時には、雨水に濡らさないようにする。また、突き穴、傷などに充分注意する。
- (7) 野積みしない。
- (8) ダクトに直接、溶接火花等が当たらないようにする。

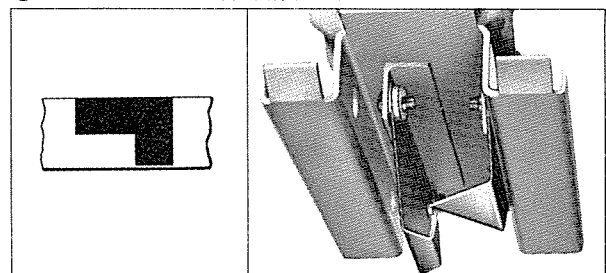
3-2 ダクト加工用工具

ダクト加工用工具としては、専用カッター及びスティプレーを用いて切断、溝切り及び組立てを行うが、加工にあたっては特別な定規を用いなくて加工することができる。写真-1に工具類を示す。

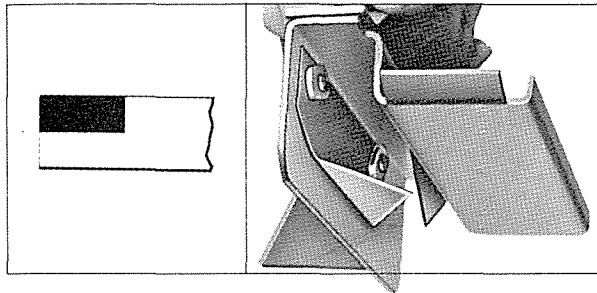
① 赤色工具(V型溝切り)



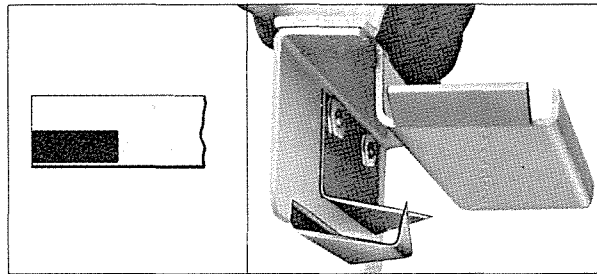
② オレンジ色工具(特殊溝切り)



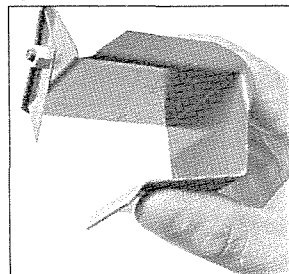
③ねずみ舌工具(メス型スリップジョイント)



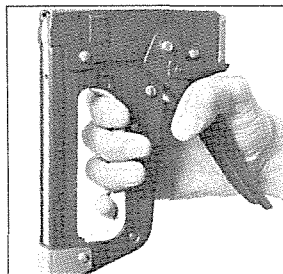
④紫色工具(オス型スリップジョイント)



⑤丸ダクト用工具



⑥ステイプラー



3-3 矩形ダクトの板取り方法

角ダクト製作の場合の板取り方法としては、図-8に示すように四方法があり、ダクトサイズに合わせ、板のロスが最も少なくなる方法をとるようにする。

(1) 1枚取り

最も多く用いられる方法で、他の方法に比べて、ダクトのタテ方向の接着用アルミテープの使用量も少なく、ダクト製作時間も最少で済む。

(2) U形板取り

1枚取りに比べていくらか板ロスが多い。ただし、ダクト加工上で出てくる切りじまいなどをD面に利用することができる。

(3) 2枚取り

L形の組合せであり、ダクトサイズが大きくなるに従ってこの方法が用いられる。

(4) 4枚取り

4面別々なものを組合せる方法で、(2)と同様に加工上で出てくる小断片を利用することができる。

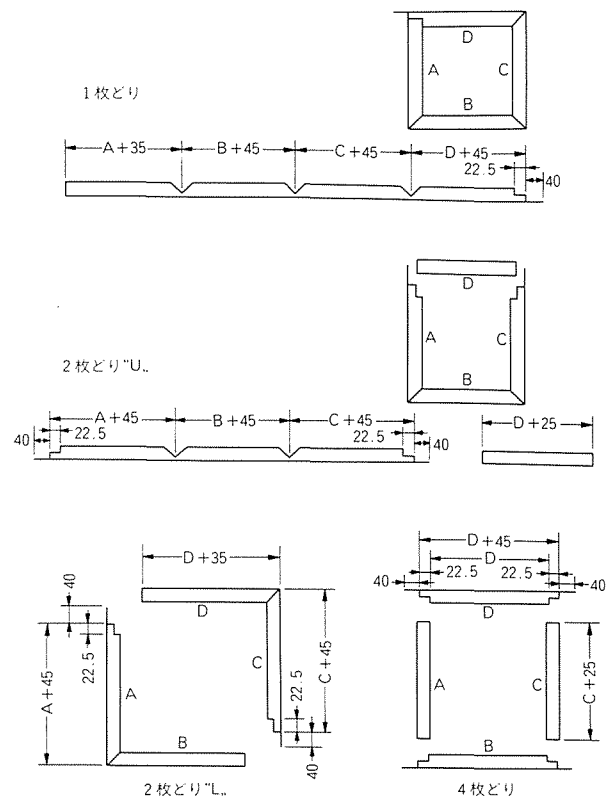


図-8 ダクトの板取り方法

3-4 角ダクトの組立て

前述のように板取りされたダクトは、次の順序で組立てる。

- (1) V溝形部、滑り継ぎ目部に接着剤を塗布し、ダクトを組立てる。ただし、接着剤は木工用の水溶性ボンドを使用すること。
- (2) 継ぎ目部分を合わせ、ステイプラーで仮り止めする。ステイプラーはダクトの軸方向に対して斜めに固定し、50mm間隔でステップルを打ち込む。ステップルを打ち込んだ後のダクト断面が菱形にならないように注意する必要がある。
- (3) メーカー指定のアルミテープで合せ部を固定し、テープを専用ヘラにて完全に摩擦し圧着させる。

3-5 ダクトの接続

グラスウールダクト間の端部接続は、角ダクト、丸ダクトとも基本的にはオス型、メス型のスリップジョイントで行い、鉄板ダクトのようなフランジ接続は行わない。

(1) 角ダクト

イ) 図-9に示すように、ダクトAのメス型部に、ダクトBのオス型部を差込む。

ロ) ダクトBのフラップをダクトAのアルミ箔上に重ねてステップルを50mm間隔に打ち込む。

ハ) アルミテープでシールし、専用ヘラにて完全に摩擦し圧着させる。

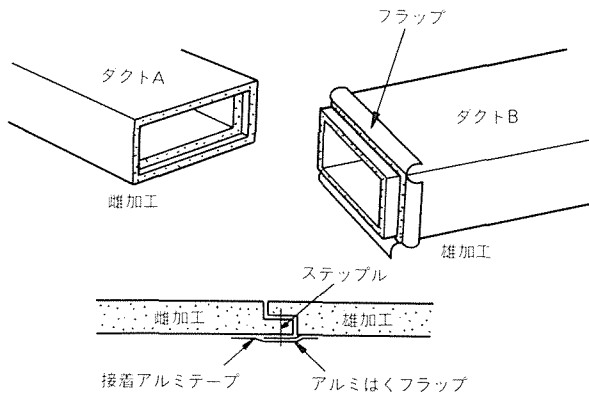


図-9 ダクトの接続

(2) 丸ダクト

前の角ダクトと同様であるがスティプレーによる固定は不要である。

(3) 鉄板ダクトとの接続

グラスウールダクトと鉄板ダクトを接続する場合は、図-10に示すように、以下の方法で行う。

- イ) 相フランジをつけた短管を据付け済みの鉄板ダクトに接続する。短管の長さは最低150mm以上とする。
- ロ) 短管にグラスウールダクトを差し込む。
- ハ) ワッシャ（亜鉛鍍鉄板#26以上で、大きさは40mmφ以上）をグラスウールダクトの外側に当て、最大200mm間隔で鉄板ビス（長さ38mm）にて短管を固定する。

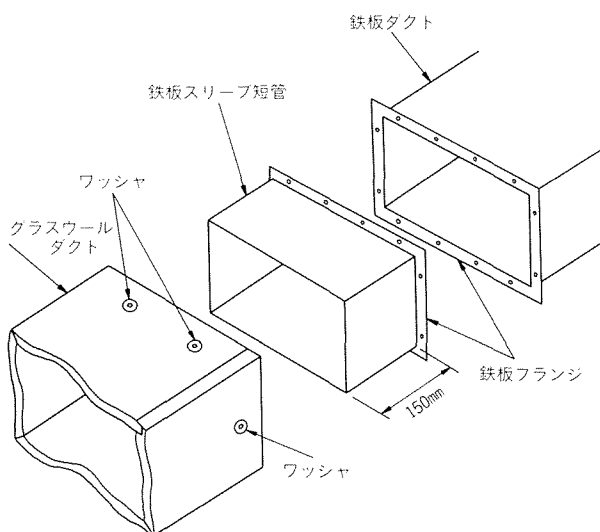


図-10 鉄板ダクトとの接続

3-6 異形ダクトの加工方法

グラスウールダクトの加工方法のうち、異形ダクトの製作は材料の特質から、丸味を帯びた加工が困難なので

「曲り」「ふり（オフセット）」「分岐」「拡大・縮小」等の加工はグラスウールダクト独特の工法をとることになる。異形ダクトの製作方法は次にその概要を述べることにし、詳細については各メーカーの「施工資料」を参照されたい。

(1) 曲り（エルボ）

鉄板ダクトのようにRをとった曲面的なエルボは製作できず直線的なエルボになる。エルボの製作は、基本的には直管ダクトを製作し、それを加工してエルボを作る。エルボの加工方法としては、図-11に示すように、二つ割、三つ割、四つ割の方法がある。表-9により、ダクトを切断し、つぎに切断片を交互に180°逆に戻し、接続部に接着剤を塗布してアルミテープでシールする。接合部を接着剤とアルミテープでシールしたのみでは安定がよくないので、できれば接続金具（亜鉛鍍鉄板スリーブ）を用いて補強する。

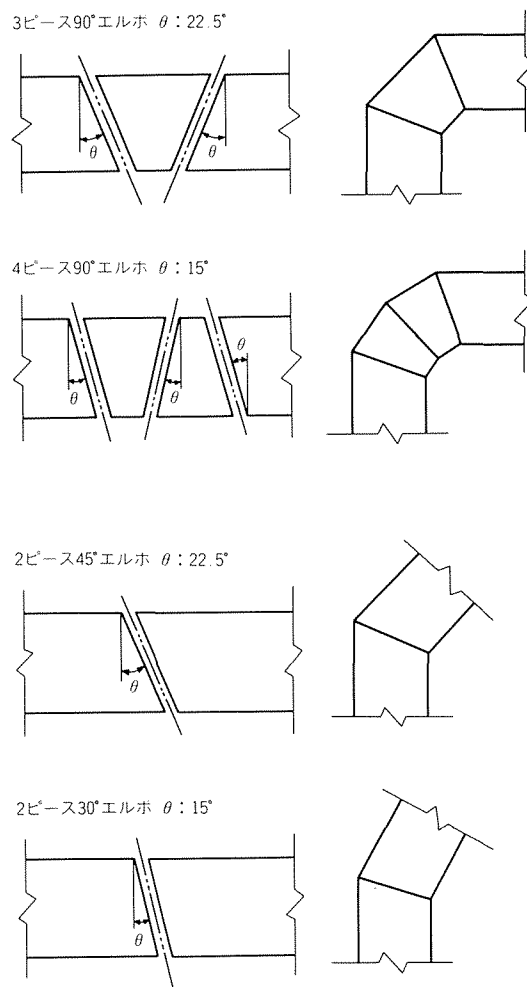


図-11 エルボの加工方法

表-9 ダクトの切断角度

分割方法	切断角度
二つ割	45°
三つ割	67.5°
四つ割	75°

(2) ふり (オフセット)

建物の梁などの取合いによってダクトをふる場合には、その必要とする角度 θ によって、図-12の計算式から、A、Bの寸法を計算し、図のように切断して、中心のダクトを180°逆に返し、エルボの製作と同様な施工方法でふりを作る。

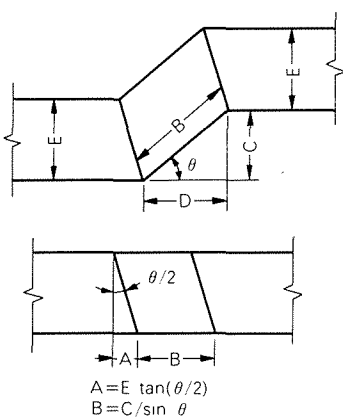


図-12 ふり加工

(3) 分岐

主ダクトから分岐ダクトを取出す場合は、図-13に示す主ダクトに分岐ダクトの外形寸法分の分岐口を開け、分岐ダクトのアルミ箔を25mmはぎ取って接着剤を塗布したあとに差し込み、仮り止めた後分岐ダクトのフラップを主ダクトのアルミ箔上に重ねてステップルを打込む。最後に接着アルミテープでシールする。また、大口径の場合で、取出し用にメーカー指定の鉄板ダクト製接続金具を使用するときは、分岐開口廻りのアルミ箔を25mm巾ではぎ取る。更に、主ダクトの外側にワッシャをあて、鉄板ビスで短管を固定する。丸ダクトを分岐ダクトとして使用する場合も角ダクトと同様であるが、ステップル止めはしない。

(4) 拡大・縮小

拡大・縮小ダクトの加工方法には、前述の展開板取りとあらかじめ組立てられたダクトを加工する方法の二とおりがある。ダクトの断面を変形させる箇所は、漸大又は漸小形とし、その傾斜角度は15°以内とする。図-14にその方法を示す。

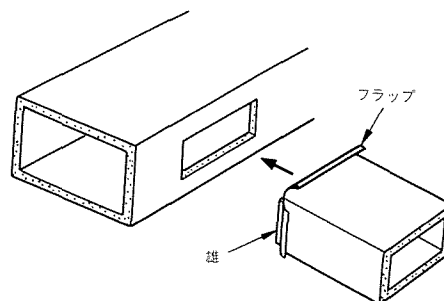


図-13 分岐加工

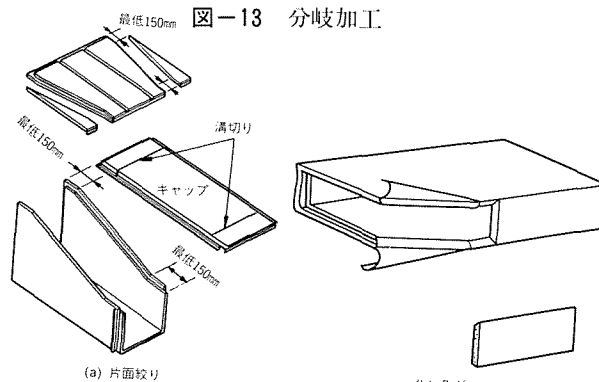


図-14 拡大・縮小 (a) 片面絞り (b) 角ダクト絞り

3-7 器具・ダンパー類の取付け

当然のことながら、グラスウールダクト自体に器具の取付けによる荷重を直接かけることは材質上支障力がないので不適当である。それゆえ、吹出口やダンパー類の取付けに際しては、亜鉛鍍鉄板製短管を利用してダクトが局所的な偏荷重を受けないように配慮する。各メーカーごとにその取付け方法が基準化されているのでそれに従って取付ける。吹出口及びダンパー類の取付け参考図を図-15に示す。また、吹出口用エアーチャンバー類の取付けの場合も図-15と同様に特別な支持金物類が必要となる。

3-8 支持金物類

(1) 支持金物

一般に支持金物材の標準仕様は、下記のとおりである。

イ) ダクト受け金具 (亜鉛鍍鉄板製)

Cチャンネル 50^W×25^H×0.8^t

又は、

Mバー 50^W×19^H×0.5^t

Cチャンネル(Bタイプ) 38^W×12^H×1.2^t

ロ) 吊りボルト

丸鋼 6.0mmφ 以上

ハ) 吊りバンド (丸ダクト専用)

アルミバンド 40^W×0.4^t

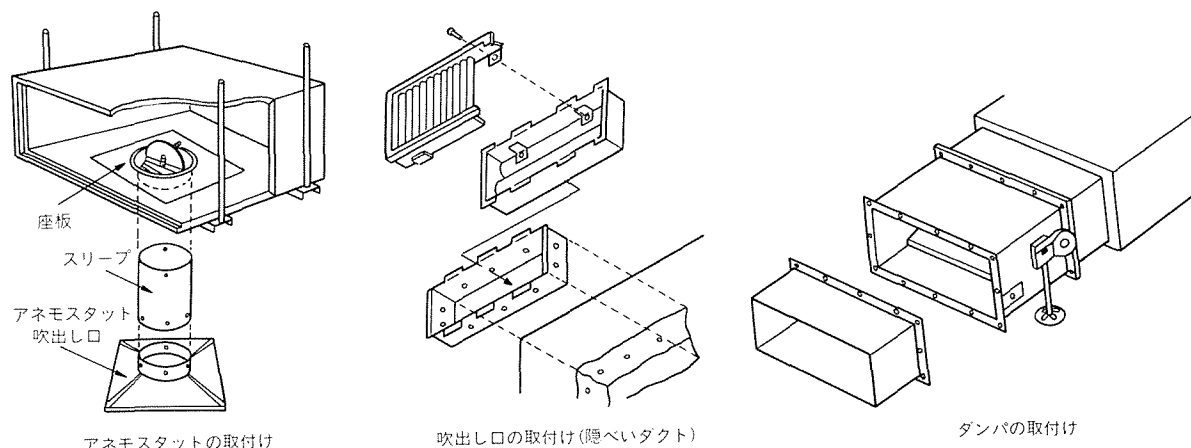


図-15 器具類の取付け

(2) ダクト支持間隔

表-10のような支持間隔で前述の支持金物類を使い施工する。また、ダクトとダクトとの接続箇所が支持間隔中に2箇所以上あってはならない。ただし、ダクト周長が2m以下で、ダクトに補強材がない場合は、2箇所あってもよい。グラスウールダクトの立管の支持方法もダクトを補強するため、ダクト内に鉄板スリーブ管を入れて支持する。

表-10 ダクト支持間隔

角ダクト		丸ダクト
ダクト長辺 (mm)	最大支持間隔 (mm)	最大支持間隔 (mm)
900未満	2,400	2,000
900以上～1,500未満	1,800	
1,500以上	1,200	

3-9 ダクト補強方法

グラスウールダクトは風速、静圧が許容値以下であってもダクトサイズが一定値以上になると補強をする必要がある。補強の方法は、スチールチャンネルを使用した方法とワイヤー又はボルトを使うタイロッド法があるが、一般には前者の方法が普及している。グラスウールダクトは主として空調設備のサプライ用として用いられるので、ダクト内に正圧負荷がかかる時の補強方法を図-16に示す。

なお、レターンダクトの場合は、一般にはダクト内が負圧になるので、ダクト内側にチャンネル補強が必要となる。

(1) 補強間隔

補強間隔は表-11のとおりであるが、各メーカーによって補強材取付け要領が異なるのでメーカーの仕様準ずる。丸ダクトの場合は、特別な補強は不要である。

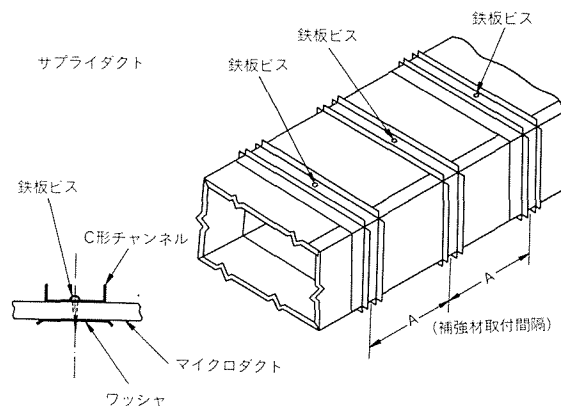


図-16 ダクト内正圧負荷時のダクトの補強方法

表-11 ダクト補強材取付間隔

ダクト内静圧 (mmAq)	ダクト長辺 (mm)	補強材取付間隔 (m)
0～12.5未満	900未満	不要
	600未満	不要
12.5以上～25未満	600以上～800未満	1.2
	800以上	0.6
25以上～50以下	400未満	不要
	400以上～500未満	1.2
	500以上～700未満	0.6
	700以上	0.4

(2) 補強材料

一般には、標準補強材として市販の亜鉛鍍軽量形鋼を使用する。

- ・Mバー $50^W \times 20^H \times 0.5^t$
- ・チャンネル $75^W \times 40^H \times 0.8^t$

3-10 施工図について

今まで述べてきたように、グラスウールダクトボード及び丸ダクト材の特質上直線的な施工となるため、鉄板ダクトのような曲線的な施工図は、グラスウールでは適用されない。ゆえに施工図の作成に当たっては施工要領を熟知しなければならない。しかし、機械室内のダクト及

び他の複雑なダクトを除けば鉄板ダクトによる施工図手
法でも充分に利用できる。また、設計上の観点からは、
エルボなどに曲げをつけたものが静圧損失も少なくなる
ので、グラスウールダクトの使用最高静圧の制限内ででき
るだけ抵抗をなくすよう考慮する必要がある。

§ 4. 鉄板加工ダクト方式との比較

鉄板ダクトとグラスウールダクト方式との一般的な比
較を表-12に、工事単価の比較を表-13に示す。

表-12 鉄板加工ダクトとグラスウールダクトの諸比較

項 目	グラスウールダクト		鉄板ダクト+保温	
不 燃 性	・ 認定不燃材第1037号		・ 保温材は同左第1032号	
断 熱 性	・ $\lambda = 0.0277 \text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$		・ $\lambda = 0.0304 \text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$	
吸 音 性	・ ダクト自体が優れた吸音材 ・ 吸音率1000Hz……88%		・ 吸音性なく、騒音を伝搬する ・ 消音エルボ等が必要	
耐 圧 性	・ 許容静圧50mmAq以下		・ 静圧100mmAq以上でも使用可能 だが、内貼り材の飛散に注意	
許 容 風 速	・ 角ダクトは12m/sec、丸ダクトは 15m/sec以下		・ 20m/sec以上でも使用可能	
摩 擦 抵 抗	・ 10m/sec以下で鉄板と同じ 15m/secまでは10%アップ ・ 抵抗係数0.02～0.026		・ 抵抗係数0.02～0.023	
空 気 漏 れ	・ 外面のアルミ箔、接続部のアル ミテープのシールで、ほとんど エアーリークなし		・ 接続部等からの5～10%のエア ーリークあり	
重 量	・ 鉄板ダクトの約1/3～1/6の重さ 約1.5～1.6kg/m ² + α		・ 約4.2～8.2kg/m ² + α	
強 度	・ 補修が容易 ・ 物理的外力に対してほとんど皆無		・ 施工上の取扱い程度なら充分な 強度あり	
施 工 性	・ 軽さ、加工の容易さ、保温工事 の不要により施工性よい ・ 短期間での技術習得が可能で、 熟練工が不要 ・ 専用工具が必要		・ 重く、保温工事分だけ一工程多い ・ 機械装置、熟練工が必要 ・ 施工時の騒音問題あり	
施 工 管 理	・ ダクト工事と断熱工事が一体な ので管理が容易 ・ 現場での加工組立てが可能で、 設計変更にも対処しやすい ・ 作業量 1人工 10～15m ² /日		・ ダクトと保温工事が別々で管理 が二重に必要 ・ 板金、保温、吸音の3工程で、職 人不足が慢性化している ・ 作業量 1人工 5～6m ² /日	
用 途	・ クリーンルームなどのダクトに は使用不可で使用制限がかなりある		・ 特に問題なし	
年間施工量	日 本	米 国	日 本	米 国
	約72万m ² (55年度)	約1,000万m ²	約1,500～2,000万m ²	約8,000万m ²

表-13 鉄板加工ダクトとグラスウールダクトの工事単価比較

ダクト種別	ダクトサイズ (mm)	グラスウールダクト			鉄板ダクト+保温		
		ダクト費	補強費	計	ダクト費	保温工事費	計
角ダクト	450以下	6,100円	—	6,100円	4,110円	2,200円	6,310円
	451～ 750	6,100	—	6,100	4,540	2,200	6,740
	751～1,500	6,100	1,000	7,100	5,300	2,200	7,500
	1,501～2,100	6,100	1,000	7,100	6,380	2,200	8,580
丸ダクト	100φ	3,000	—	3,000	2,700	630	3,330
	200	4,375	—	4,375	3,700	1,260	4,960
	300	6,250	—	6,250	5,600	1,880	7,480
	400	7,880	—	7,880	7,300	2,510	9,810
	500	9,410	—	9,410	9,100	3,140	12,240

(註記) 1. 上記単価は、東京地区を想定した参考の設計単価で、角ダクトはm²当たり、
丸ダクトはm当たりの単価である。
2. 一般事務所ビルで500m²以上の数量の工事を想定した。
3. 丸ダクト工事費は直管の材工費のみを示す。

§ 5. グラスウールダクトの実績と将来性

5-1 国内での施工実績

冒頭に述べたように、現在のグラスウールダクト販売実績は、鉄板ダクトの施工量に対して2～3%程度であり、米国の施工シェア約25%の実績に比較して大きな差があり、国内の施工量は今後ますます増大すると思われる。実際に、図-17のようにメーカー二社の出荷推移が近年順調に伸びているので、施工上の問題点もメーカーとの協調により今後少なくなれば飛躍的な発展が予想される。

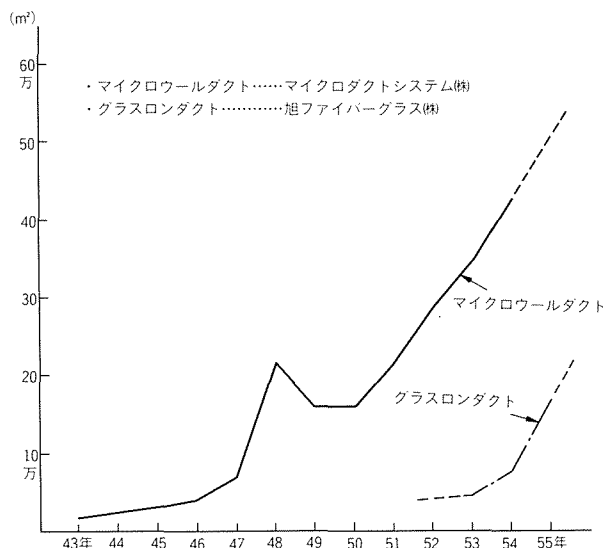


図-17 グラスウールダクトの販売実績

グラスウールダクトの特異性ととも一般空調用として充分使えることもわかったが、製造、販売開始以来十年間ほどは、知名度もなく、工事業者の認識も乏しかったためもあるが実績がなかなか伸びなかったのは、それ以上に大きな障害があったからである。以下にその理由を記す。

- (1) 今までの鉄板ダクト工事業者は、在来工法のみ依存し、新しいものへの取組む意欲があまり見られなかった。また、保温工事業者にいたっては、施工実績そのものを脅かされるという危機感から、グラスウールダ

クトの施工に適応した対策が講じられなかった。

- (2) 初期の販売から、メーカーは販売体制のみで挑み、施工体制が整っていなかったため施工実績がわずかであった。その後、メーカーによる施工体制に準ずべく認定工事店制度が発足したが、全国的な規模からいってもまだまだサービス体制が均一でなく、一部九州や東北地方にかぎって販売実績がよかったことによる地域別サービス体制があったのみで、現在でもその傾向にある。このことは鉄板ダクト工の絶対数がかつとも少なかったことにも起因しているようである。

- (3) 諸官庁及び主たる設計事務所等でグラスウールダクトとして仕様書の認定が得られなかったために、なかく施工の認識がもたれなかった。

- (4) 前述したように、材質及び施工に対する不安感が大きく設計施工に取り入れられなかった。販売当初より当然ながら未経験であるための施工要領もなく、設計上での配慮もないために多くの事故が生じた。それゆえ、現在、メーカーの責任施工体制がある程度完備されたにもかかわらず当初のそうしたトラブルに対する危機感が今なお支配的であるようである。

- (5) 工事費の単価も、一般に鉄板ダクトに比較して高いといわれているが、前述したごとく、直管のみの工事費は廉価であっても、曲がりなどの役物類を含んだ場合は、やや高価になる傾向がある。

5-2 当社の施工実績

当社としての施工実績はあまりないが、その中でグラスウールダクトを空調用ダクトに採用した主な建物を表-14に示す。

表-14からも分かるように実績はまだ少ないが、昭和52年頃から漸次多くなってきているようである。これはメーカーの国内での施工実績に倣っているものであり、今後当社においてもより多く採用されていくものと予想される。

5-3 グラスウールダクトの将来性

前にも述べたように米国の実績から、今後日本におい

表-14 当社の主な施工例

件名	施工場所	竣工年	用途	ダクト面積 (㎡)
銀洋ビル	横浜市	48年	事務所	720㎡
愛媛県勤労会館	愛媛県	48	会館	400
ハynesロフティ	東京都	52	マンション、事務所	650
広川病院	福岡県	53	病院	470
七十七銀行名取西支店	宮城県	55	事務所	150
福島高田ビル	福島県	55	事務所	220
寿屋水俣店	熊本県	56	店舗	2,300

てもグラスウールダクトは増加の傾向にあると思われる。
それは次の主な理由からいえる。

- (1) 第二次オイルショック以降、鉄板ダクト工事費の大幅アップと人件費の高騰により、ややもするとグラスウールダクト工事単価の方が安くなってきた。
- (2) ダクト工の絶対数が不足し、なおかつ鉄板ダクト工事が必要とされる熟練工が少なくなってきたことと、工期の短縮化という命題とともに、グラスウールダクト施工が要求されるようになってきた。
- (3) 初期の施工分の経年変化が解明され、ある条件下ではほぼ安全であることが判明されてきた。
- (4) 一部諸官庁、ゼネコン、大手設計事務所等の標準施工仕様書に採用されはじめ、施工業者への普及により、より一層広く知られるようになった。また、近々、建設省営繕部の「機械設備工事共通仕様書」にも仕様指定される動きもあるといわれている。
- (5) グラスウール丸ダクトは、大きな静圧がとれ、より速い風速でも使えるようになって、利用価値が増し、その実績は角ダクトの施工量より多くなってきている。
- (6) メーカーにより技術的な解明、施工方法の確立がはかられたこと、また、メーカーの指導及びメーカー自身の施工体制の強化から、着実に施工実績が増加している。

新しい工法は、その特異性を十分に把握しなければ、多くの利点を見失うばかりでなく、逆にトラブルのもとになる恐れもあるので、グラスウールダクトを設計又は施工に採用するにあたって、その特長を生かすべく今まで述べてきたことに充分注意を払う必要がある。

§ 6. おわりに

グラスウールダクトの設計及び施工法については、メーカーによる発売以来、15年近くの歴史があり、特別に目新しい工法ではない。しかし、近年建築材料の著しい進展により、より多くの省力化が図られてきていることを考えると、グラスウールダクト工法は、その一環として改めて見直すことができると思われる。また、本工法のうち丸ダクトについては施工実績量が年々増加しており、当レポートに記載したごとく、十分に鉄板ダクトに代わって採用に踏切ることができると判断される。ゆえに、ここにその特長を生かした本工法を推挙した次第である。

最後に、本報告書作成にあたって御協力いただいた東北、九州支店の関係者及びマイクロダクトシステム(株)、旭ファイバーグラス(株)のメーカー各位に対して心から敬意を表する次第です。

参考文献

- (1) 空気調和衛生工学会会誌「空気調和・衛生工学」第52巻第3号
- (2) 空調設備の消音設計 (理工学社)
- (3) 空気調和衛生工学便覧II (改訂第九版)
- (4) 日本硝子繊維(株) マイクロウールダクト技術資料・施工資料
- (5) 旭ファイバーグラス(株) グラスロンダクト技術資料・標準施工