

ダンボールダクト

杉 鉄 也

ダンボールを空調ダクトに利用するアイデアは古くからあるが、実際に実現した商品は今まで無かった。断熱性が高い、加工しやすい、軽いなどの紙が持つ特長を活かしつつ、燃えやすく湿気に弱いという紙の欠点に対しアルミニウムシートを表面に貼るにより克服することができた。また、環境負荷低減という観点では紙やアルミニウムのリサイクルだけでなく、平板のまま大量に運べることで運搬時の効率が格段に向上した結果、二酸化炭素排出量は鋼板製ダクトの約3分の1に抑えることができた。

キーワード：ダンボールダクト (Corrugated Duct), 不燃材料 (Nonflammable material), エコマテリアル (Environmental Conscious Materials), ライフサイクル CO₂ (Life cycle carbon dioxide), リサイクル (recycle)

1. はじめに

我が国の業務その他温室効果ガスの排出量は2006年の段階で基準年度比40%増となっており、排出量の削減が緊急の課題となっている。今回紹介するダンボールダクトは、古紙をリサイクルしたダンボールをリサイクル製品でもあるアルミシートにより不燃加工し、空調・換気用ダクトとして再生させたエコマテリアル製品である。

一般的に使用されるダンボールは、軽い、加工しやすい、安価などのメリットがあるが、湿気に弱い、燃えやすいなどの欠点があった。アルミニウムシートをラミネート加工することでダンボールの欠点を解決し、強度も加わり、多方面での利用が可能となった。

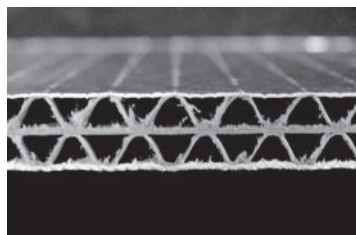
ある程度の断熱性能を持ち、結露を防ぐことができるため、一般的な空調ダクトとして利用できる。また、廃棄の際はアルミシートと紙を分離して各々リサイクルができ、産業廃棄物扱いとならないため環境負荷低減にも寄与できる。

2. 不燃ダンボールボード

(1) 不燃ボードの構造

不燃ダンボールボードは写真—1に示すように厚さ5mmのダンボールを2層に重ね、両面にアルミニウムシート50 μ mと水酸化アルミニウム混抄紙をラミネートした製品である。ダンボール製造上の制約か

ら、ボードの寸法は1.15m $\times$ 2.0mとしている。



アルミニウムシート 50 μ m
ダンボール波板 5mm
ダンボール波板 5mm
アルミニウムシート 50 μ m

写真—1 不燃ダンボールボードの構造

(2) 基本性能

不燃ダンボールボードの基本性能を表—1に示す。密度は亜鉛鉄板の7,860 kg/m³と比較して1/50程度、熱性能はグラスウールとほぼ同等である。不燃性能は、JIS A 1321「建築物の内装材料及び工法の難燃性試験方法」の試験に合格し、国土交通大臣の不燃認定を受けている(写真—2)。不燃ダンボールボードは、アルミニウムシートによるラミネート加工により不燃性



写真—2 不燃試験

能や透湿性能は高いが、傷などにより紙が露出しないよう取扱いに注意を要する。なお、切り傷がついた場合には、市販のアルミテープ等で簡単に補修できる。

表—1 不燃ダンボールボードの基本性能

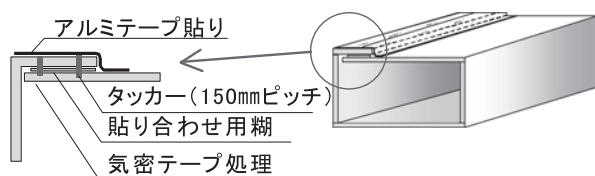
密度	166 [kg/m ³]
不燃性能	0.8 [MJ/m ²] 以下 (20 分総発熱量) (認定番号 NM-0842)
熱伝導性能	熱貫流率: 1.9 [W/m ² K] 熱抵抗値: 0.54 [(m ² K) /W]
遮音性能	透過損失: 21.9 [dB (A)]
強度性能	引張試験: 11.2 kg 衝撃穴あけ試験: 182 [kg] 破裂試験: 3.76 [kg/cm ²]
透湿性能	透過量 : 0.38 [%]

3. ダンボールダクトの組立・接続・分岐

(1) 組立方法

ダンボール強度を保つため、曲げ方向は波目と垂直方向とする。不燃ダンボールボードの幅は 1.15 m であるが、固定のための余白部分を除くと有効で約 1 m の周長のダクトとなる (例えば、幅 300 mm × 高さ 200 mm)。サイズを大きくするには 2 枚を L 型とするかまたは 4 枚のボードを組み合わせて製作する。気密性能を確保するために端部の固定方法を図—1 に示す。タッカーと称するダンボール用の留め具 (ホッチキスのようなもの) を 100 ~ 150 mm ピッチで重なり部分を固定する。

工場で罫線と称される折り目を入れておけば現場加工の手間が省けるが、リニューアル工事などでは現場寸法に合せて平板ボードを折り曲げ加工する事も可能である。



図—1 ダンボールダクトの組立方法

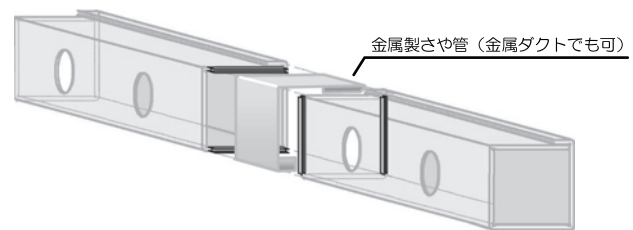
(2) 接続方法

短管を接続する方法は図—2 のような金属製のサヤ管を利用する方法と不燃ダンボール製サヤ管を利用する方法がある。

短管と短管はサヤ管部分で密封するためアルミテープで数巻きし、強固に固定する。サヤ管には、ダクトのゆがみ防止や脱落防止の役割も期待できる。

また、ダンパーや異種金属の接続にもサヤ管方法を応用して採用している。この部位はいろいろな工夫によって更なる省力化が可能であり、今後も改修工事などのニーズにより、合理的な方法が可能と考えられる。

ダンボールダクトは軽いいため、地上で連結して長いダクトのまま楊重することも可能である (写真—3)。



図—2 ダンボールダクトの接続方法

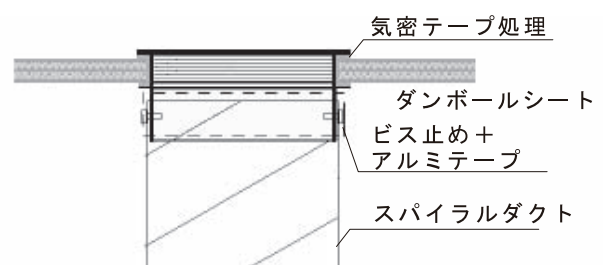


写真—3 9.6mのダンボールダクト吊り込み施工例

(3) 分岐

ダンボールダクトと異種ダクトの接続や分岐方法には、図—3 に示すつば付きスリーブ管を使用する。

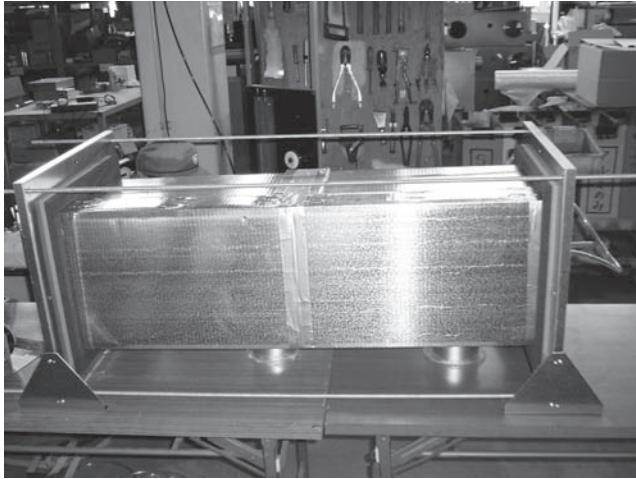
つば付きスリーブは形を変えて、丸ダクト、四角ダクト、90 度エルボ、吹出し口との接続などに応用できる。つば付きスリーブの金属部分が露出しないよう留意する。90 度エルボはダンボールのチャンバーにつば付きスリーブを 2 箇所取付け、直管ダクトをそれぞれに接続する。



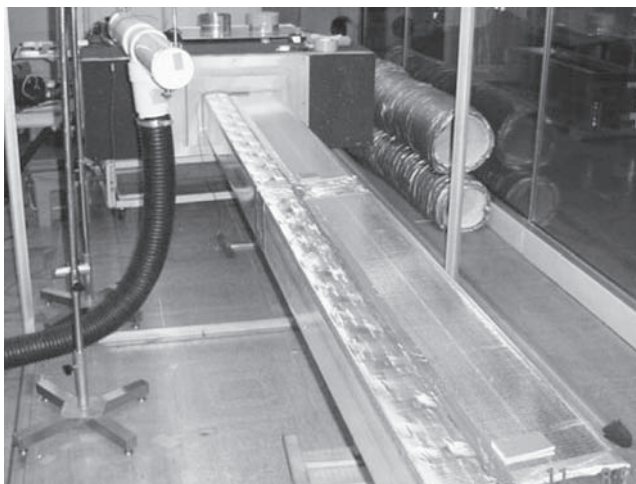
図—3 分岐用つば付きスリーブ管

(4) ダクトとしての基本性能

ダンボールダクトの基本性能として、漏気量の測定と結露の実験をおこなった（写真—4、5）。結果を図—4 および図—5 に示す。



写真—4 気密試験



写真—5 結露試験

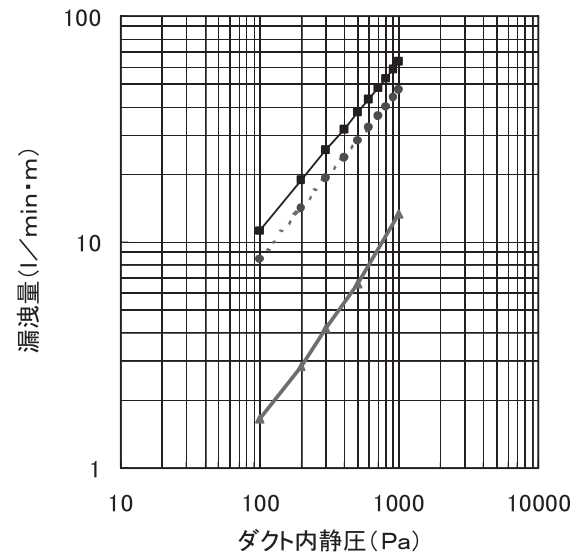
漏気量の測定では、100 から 1000 pa の範囲で圧力をかけてダクトからの漏気量を測定した。その結果、500 mm 単体、500 mm 連結のどちらの場合も、金属ダクトの目標値に対して約 1/3 の漏気量であることを確認できた（図—4）。

結露測定では、150×250 のダクト 3 m に 11℃ および 16℃ の空調給気を送風し、2 時間後の表面結露状況を確認した。その結果、16℃ 送風時（図—5 中の四角印）は周囲温度 30℃ 60% では結露は発生しない。計算値（図—5 中の太線）でもほぼ同様の結果が得られた。

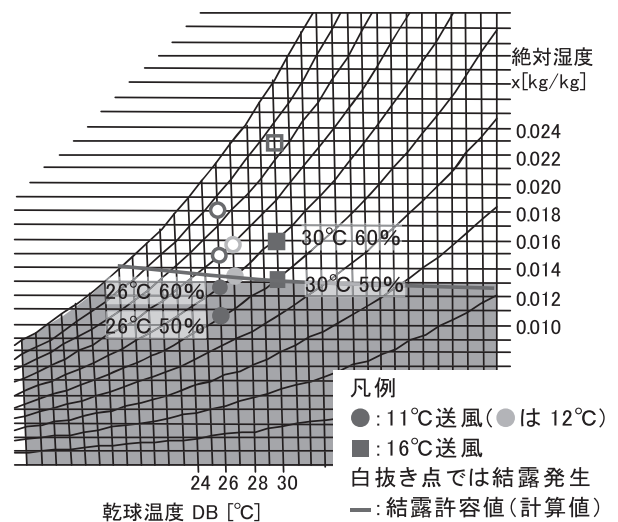
ダンボールダクト接続部
静圧-漏洩量線図

●●●●● 目標値
■ 制限値
— (1) 単体 (500L)

目標値・制限値は、『空気調和・衛生工学便覧』参考値



図—4 漏気量の測定結果



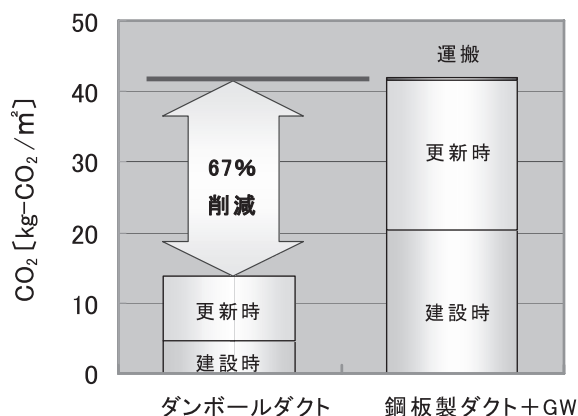
図—5 結露測定実験結果

4. 環境評価

ダンボールダクトと鋼板製ダクト+グラスウール保温の製造・建設時、更新時についての 30 年ライフサイクル CO₂ 評価を行った（図—6）。

建設時、更新時、その際の運搬時にかかる CO₂ 排出量を計算した結果、ダンボールダクトは従来の鋼板製ダクトに比べて 33% 程度となった。

原単位については、日本建築学会「建築の LCA 指針」を、数量は竹中工務店東京本店新社屋建設工事をモデルにした。建設時の CO₂ 排出量は、鋼板製ダクトと比較してダンボールダクトは約 1/5 である。運搬時の

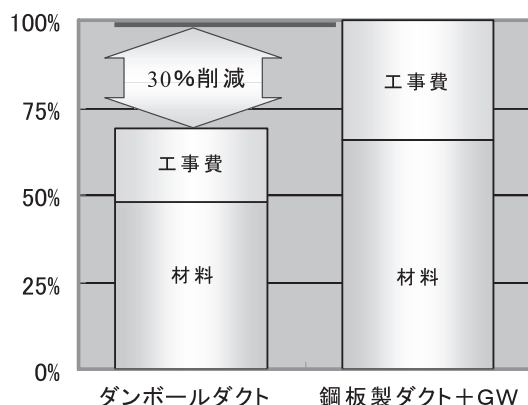
図—6 30年ライフサイクルCO₂評価

CO₂排出量は、ダンボールダクトは平板で大量に搬送できるため、約1/4で済む。更新時のCO₂排出量計算ではダンボールダクトは20年毎の更新、10年毎に10%を部分修繕するものとして計算した。鋼板製ダクトは25年毎の更新として計算した。実際にはダンボールダクトの寿命はグラスウール製ダクトやアルミ製ダクトと同等と考えている。アルミテープの粘着力の加熱促進試験の結果、40年以上性能劣化はないことを確認している。

5. 経済性

ダンボールダクトと鋼板製ダクト+グラスウール保温の製造・建設時についてのコスト比較を行った（図—7）。

ダンボールダクトの材料費は不燃ダンボールボードの製造、罫線加工および工場からの運搬の他に、サヤ管やダクトテープ材などの付属品を含む。一方鋼板製ダクトの材料費は厚み0.5tの鋼板製ダクトの他に、グラスウール24K25mmとした。工事費は竹中工務店東京本店新社屋建設工事の実績工数およびダクト数量を参考にした。



図—7 製造時・建設時の経済性評価

比較の結果、材料費はダンボールダクトの方が約30%低減できた。工事費は、同一サイズで直管だけの条件であったが、30%削減できた。使用する場所や建物の条件により異なると思われるが、概ね全体で30%程度のコストダウンの可能性がある。直管ダクトなどを多く使用し、サヤ管やつば付きスリーブなどの付属品を少なくすることでコストを下げる事が可能となる。また、施工面では床面で極力連結し、高所作業を減らすなどの工夫により作業時間が短縮でき、取り付け工事費も低減できる。ライフサイクルコストの点では、4. 環境評価でも記載したように寿命の差はほとんどない。傷さえつかなければ内外表面のアルミニウムで保護されており、アルミテープについても経年劣化はほとんど無いことを確認している。

6. 実績とまとめ

本製品は2001年に開発を開始、2003年3月に製品化の目処をたて、当社東関東支店にて試験運用し、同社東京本店社屋新築工事にてダクト施工面積約4200m²に採用された（写真—6）。また、その後も実績を重ね、リニューアル物件や直天井のオフィスや店舗にて露出ダクトとして採用されている（写真—7）。さらに2008年7月には洞爺湖サミットの報道拠点と



写真—6 竹中工務店東京本店での採用例



写真—7 都内某テレビ局での採用例

なった国際メディアセンターにおいて主要空調ダクトとして採用され、建物の解体時にはダンボールダクトも紙とアルミにそれぞれリサイクルされた。

2009年3月時点での採用事例として17件の実績があり、CO₂削減量は330t-CO₂となる。これは、約1.78haの育成林が30年かけて吸収する量に相当する。現在も製造中や計画中など全国的に採用検討を頂いている。

不燃ダンボールボードはダクト以外にもアルミニウムシートに化粧紙を貼るなどして内装材などの素材として扱うこともできるし、フスマの心材として使用されている。今後の更なる水平展開のための課題としては、極めて細かい仕様書の再整備や、他材料のダクトとの性能比較などの分かりやすい解説資料の整備が必要であると考えている。そして多くの実績の積み重ねにより、関連部品や取付け方法なども充実し、幅広いニーズに適応が可能と思われる。また、海外からの問

合せも多く、容易に現地調達可能な素材であることから、将来的には海外での普及も視野に置いて組織的な活動を展開していきたい。

建物全体に無理にダンボールダクトを使用するのではなく、ダクトの取付け作業が効率的にでき、安心して使用できる範囲に採用していただき、ダンボールダクトの扱い安さを実感していただければ幸いである。

末筆ながら、開発および、商品化にご尽力いただいた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

杉 鉄也（すぎ てつや）

㈱竹中工務店

東京本店設計部設備部門 課長



大口径岩盤削孔工法の積算

——平成20年度版——

■内 容

平成20年度版の構成項目は以下のとおりです。

- (1) 適用範囲
- (2) 工法の概要
- (3) アースオーガ掘削工法の標準積算
- (4) ロータリー掘削工法の標準積算
- (5) パーカッション掘削工法の標準積算
- (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算
- (7) 建設機械等損料表
- (8) 参考資料

● A4判／約240頁（カラー写真入り）

● 定 価

非会員：5,880円（本体5,600円）

会 員：5,000円（本体4,762円）

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 450円

沖縄県 340円（但し県内に限る）

● 発刊 平成20年5月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>