

■ 研究論文 ■

廃磁気テープをリサイクルした建築用パネル

Building Panel Recycled from Waste Magnetic Tapes

胡 曙光*・難波 典之**・笠原 兼典***・澤田 英二****

Shukung Hu Noriyuki Nanba Kanesuke Kasahara Eiji Sawada

(原稿受付日1996年2月13日, 受理日8月8日)

Abstract

Irregularly coated magnetic tapes are disused by the tape makers before coming into the market. Such waste products in video-tape and audio-tape amount to a ten thousand ton per year. Thus the recycling has been desired for dissolving the problem of this waste disposal.

These waste tapes were cut into small pieces. The pieces were then heat-treated to curl them. The curled pieces were hot-pressed into a panel. This recycled panel satisfied the standard of heat-insulating structure in the thickness of more than 20 mm and its mechanical strength was satisfactory for a concrete-form. When this panel is used both as a concrete-form in the beginning and a heat-insulating wall subsequently, the construction process can be reduced considerably.

Containing a proper quantity of carbon in this panel, the function for dissolving an electric wave interference which is recently closed up as a new environmental subject is expected. In the frequency range above 100 MHz the shield effect of more than 30dB was obtained in the Panel with the carbon content of 10~15 weight percent.

In the present paper, the recycling process from the waste magnetic tapes to the building panel is described in detail and the usefulness of this recycled panel is discussed for a heat-insulating wall and/or an electromagnetic wave-shielding one.

1. はじめに

近年、廃棄物問題が表面化しつつある。産業廃棄物として焼却はエネルギー浪費と大気汚染を発生し、埋め立てにはその適地が次第に限られてきている。また、プラスチックのように埋め立てても自然分解しない材料も少なくない。廃棄物の対策としてリサイクルが望まれている^{1) 2)}。

ビデオテープ、オーディオテープなどのメーカーにおける廃磁気テープは、年間1万トンに達しているが、これを再利用する有効な方法は見当たらなかった。こ

の廃磁気テープに比較的簡単な再加工を施すことにより、型枠兼用断熱パネルにリサイクルする方法が開発された^{3) 4)}。このリサイクルパネルは省エネルギー、再資源化及び環境保全に貢献できる材料である。この廃磁気テープは有機物のポリエステルと無機物のフェライト・カーボンで構成されている。このことに着目して、新しい電磁環境問題の解消に役立つ電波障害用機能の付与が試みられている^{5) 6)}。本稿では、リサイクルパネルの作製法と諸物性、型枠兼用断熱パネルの特性及び電波シールド性について報告し、実用の可能性が高いことを示す。

2. リサイクルパネルの作製工程

図-1に再資源化工程を示す。廃磁気テープを長さ1~50mmに切断または粉碎し、100~200℃で加熱を行った。熱処理で、廃磁気テープに収縮変形を付与することにより図-2に示すようなカール状粉碎片を得た。

* 関東学院大学大学院工学研究科

** " 工学部電気・電子工学科教授

〒236 横浜市金沢区六浦町4834

*** フジ化成工業㈱専務取締役

〒101 東京都千代田区岩本町1-2-17

**** 日本セメント㈱中央研究所建材研究部主席研究員

〒135 東京都江東区清澄1-2-23



図-1 再資源化工程

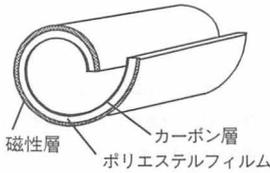


図-2 カールした磁気テープ粉砕片

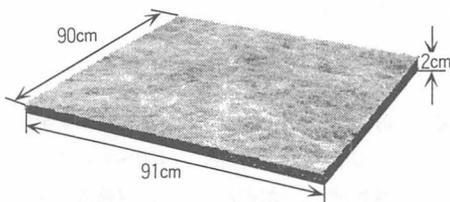
このカールした粉砕片の内部には空隙を形成させることができる。この空隙は断熱性をもたらすポイントである。次いでバインダー樹脂及び添加物を混合し、袋詰めしてフォーミングする。成形工程において圧縮密度や形状を制御する。これらの工程はプラント化され、一日約1.7トンのパネルが生産可能である。

磁気テープ粉砕片のカールはテープの下層がフェライト、上層がカーボンの非対称構造による熱膨張率の差異に基づく。これはいわゆるバイメタル現象である。常に熱膨張の小さいカーボン層を内に巻き込むようにカールする。

3. リサイクルパネルの建材としての諸特性

3.1 リサイクルパネルの物性

写1にリサイクルパネルを示す。表1にリサイクルパネルおよびコンクリート型枠用合板（コンパネ）の基本物性を示す。表1から、現在実用に供されている厚さ12mmのコンパネに比べて、リサイクルパネルの圧縮強度、曲げ強度および曲げヤング率はそれぞれ、約1/6、約1/8および約1/4になっている。施



写1 廃磁気テープのリサイクルパネル

表1 リサイクルパネルとコンクリート型枠用合板の基本物性

項目	単位	測定値		測定法
		リサイクルパネル	型枠用合板	
密度	g/cm ³	0.4	0.56	JIS k7222
圧縮強度	kgf/cm ²	7.7	46.2	JIS k7220
曲げ強度	kgf/cm ²	50.0	398	JIS A5908
曲げヤング率	kgf/cm ²	6071	24887	JIS A5908
熱伝導率	kcal/mh°C	0.04	0.15	JIS A1412
燃焼性	クラス	V-0	—	UL94V

工時において、パネルを支える単管パイプ（端太材）の間隔を約1/2狭め、リサイクルパネルの厚さを約2倍にすることによって、コンパネと同様に建材用型枠として使用できる。また、このリサイクルパネルは、断熱性および防火性を有している。

3.2 リサイクルパネルの断熱性

3.2.1 断熱構造基準（省エネルギー基準）

リサイクルパネルを用いた構造体の断熱性は断熱構造基準によって求められる。表2に断熱構造基準を示す。なお、基準の対象とした地域は関東、関西である。

表2 断熱構造基準

構造	部位	熱貫流率K (kcal/m ² h°C)	
鉄筋コンクリート造及び組積造	屋根又は天井	1.0以下	
	壁	1.3以下	
	床	外気に接する床	1.1以下
		その他の床	1.5以下

3.2.2 断熱構造基準を満たすリサイクルパネル厚さの算定

壁及び外気に接する床にリサイクルパネルを使用した際に、断熱構造基準を満足するパネルの厚さを計算した。算定に用いる部材の熱定数を表3に、熱貫流率Kを式1に示す。

$$K = \frac{1}{(1/a_i) + (1/a_o) + (dc/\lambda_c) + (d/\lambda)} \quad \dots \text{式1}$$

ここに、

1/a_i: 室内側の熱伝達抵抗 [m²h°C/kcal]

1/a_o: 室外側の熱伝達抵抗 [m²h°C/kcal]

dc/λ_c: コンクリートの熱伝導抵抗 [m²h°C/kcal]

d: リサイクルパネルの厚さ [m]

λ: リサイクルパネル熱伝導率 [kcal/mh°C]

表3 各部材の熱定数

熱定数	部材	壁	外気に接する床
熱伝導抵抗(d/λ) ($m^2h^\circ C/kcal$)	コンクリート(150mm厚) リサイクルパネル	0.107 $d/0.04$	0.107 $d/0.04$
熱伝達抵抗($1/\alpha$) ($m^2h^\circ C/kcal$)	室内側(定数) 室外側(定数)	0.13 0.05	0.17 0.17

3.2.3 リサイクルパネル厚さの計算結果

壁とするパネルは表2の断熱構造基準から $K \leq 1.3$ でなければならない。式1に表3のデータ及び $K = 1.3$ を代入してリサイクルパネル厚さを計算した。厚さ d は19.3mmとなり、厚さが20.0mm以上で断熱構造基準を満足することが確認された。外気に接する床とするパネルは断熱構造基準から、 $K \leq 1.1$ が必要である。上に述べた計算結果より厚さは18.5mmとなり、外気に接する床の場合でも厚さが20.0mm以上で断熱構造基準に符合することが確認された。

3.3 型枠兼用とするリサイクルパネル特性

3.3.1 型枠兼用とする意義

現在、製材用と合板用に消費されている木材のうち70%が輸入されている。そのうち、約半数は北米産であり、北洋材、南洋材、ニュージーランド材がこれに続いている。南洋材の中で、合板用、パルプ用とする木材はフィリピンから多量に輸入され、現地語からラワン材と呼ばれた。しかし、伐採し尽くし、同質のもの、インドネシア、マレーシアなどから輸入されて

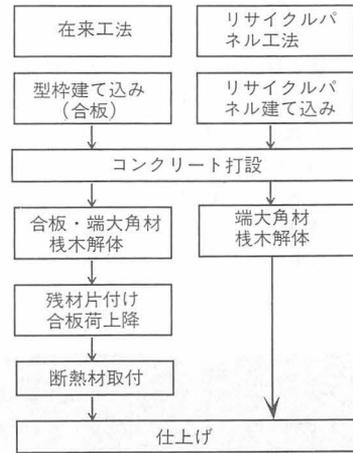
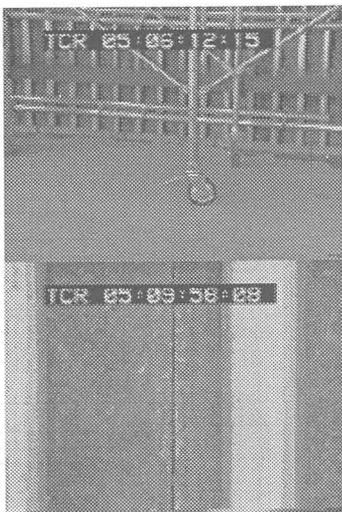


図-3 リサイクルパネル工法と在来工法

いる。平成5年の用材の供給状況を見ると、輸入材は8267万 m^3 である。このうち南洋材は1754万 m^3 を占めており、供給量の30%が合板用に向けられている⁷⁾。一方、これらの地域の森林資源が消費されてきたため、地球全体の環境のバランスに変化を与える問題が生じている。リサイクルパネルは環境問題として南洋材合板型枠の代替として使用できる。また、型枠として使ってから、そのまま断熱材にも使える。図-3にリサイクルパネル工法と在来工法の工程比較を示す。リサイクルパネル工法では型枠を取り除く作業を必要とせず断熱材の装着もいらないので、工程省力化と工期短縮を



(a) リサイクルパネル型枠
試験体の寸法：90×91×2 cm



(b) 市販パネル型枠
試験体の寸法：90×182×2 cm

写真2 リサイクルパネル型枠と市販パネル型枠の比較

表4 型枠パネルの撓み量 (mm)

測定位置 H(cm)	リサイクルパネル		市販品パネル	
	端太材間隔(cm)		端太材間隔(cm)	
	L=16	L=19	L=16	L=19
300	0.80	0.63	0.62	0.49
240	0.79	0.99	1.40	0.99
180	0.82	0.81	1.90	3.14
120	1.31	2.09	2.20	2.63
60	1.01	1.25	2.30	2.63



写3 リサイクルパネル型枠



写4 リサイクルパネルの屋上スラブ

達成することができる。また、コンクリートとの付着性も良く、施工が容易である。

3.3.2 型枠によるコンクリート施工例

実大壁のコンクリート打設実験によって型枠とするリサイクルパネルの性能実験を行った。一枚のリサイクルパネルの寸法は90×91×2cmである。実験は幅930cm、高さ360cm、厚さ20cmのコンクリートの型枠とするもので、実際の現場作業に対応して行った。

写2にリサイクルパネル(a)と市販パネル(b)との比較を示す。生コンクリートを流し込んだ際、パネル間の境目から水分、セメント等の漏れだし及びコンクリート充填後のパネル撓みは殆ど認められなかった。比較のため、同時に実験された市販パネルからは水漏れ、下部におけるセメント漏れだし、撓みなどが認められている。撓み量の測定については、ノギスを用いて測定した各点の撓み量を表4に示す。各試験体の最大撓み量は、リサイクルパネルが端太材間隔16cm、19cmにおいてそれぞれ1.31mm、2.09mm、市販パネルがそれぞれ2.30mm、3.14mmとなり、リサイクルパネルの方が撓み量が小さくなった。市販品より優れた性能を有していることが実証された。この優れた特性は、カール状廃磁気テープの吸水性にあるものと考えられる。生コンクリートを流し込む際には吸水し、コンクリートの硬化の際には給水源となり、硬化を助けると共に接着強度を高める要因となっている。写3にリサイクルパネルの型枠を示す。リサイクルパネルは屋上スラブにも使われている。それを写4に示す。

4. リサイクルパネルの電磁波シールド特性

4.1 シールド性の付与

高度情報化に伴い、電気・電子機器、各種の情報処理装置が使われている。このような機器から高周波の電磁波が外部へ放射されると、周辺の機器に対してノイズ、誤動作などを生じる原因になる。特に病院で使用している医療用機器から出る妨害電磁波及び周囲の環境から発生するノイズが、病院内にある心電図や脳波計などの計測診断用の装置に影響を与えることが深刻な問題となってきている。

この種の電波障害対策の一つとしてシールド材料で

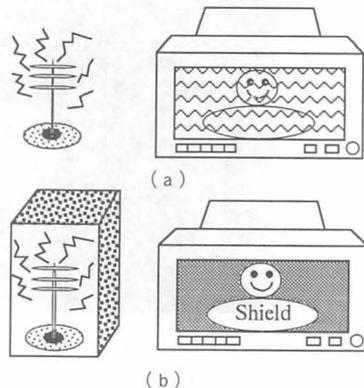


図-4 リサイクルパネルボックスのシールド性

ノイズ源を取り囲み、電磁波を外部へ放射させず一定領域に閉じ込めたり、あるいは外部のノイズ源から放射される電磁波を侵入させないために、シールドボックスやシールドルームが有効である⁸⁾。

図-4 (a) に示すような480MHzの妨害電波によってテレビ画像を乱している発信器に、5重量%カーボン含有のリサイクルパネルで試作したボックスを被せると、図-4 (b) に示すように画像の乱れは除去された。リサイクルパネル製ボックスのこのような電磁波シールド性に着目すると、前述の型枠兼用断熱材に電波障害対策用としての性能が期待できる。

4.2 膨張黒鉛の含有

電波シールド効果 (Shield Effect) SEは電磁波をパネルに入射し反対側でそれを受けたときの透過波における減少比率を表す。単位はデシベル [dB] が使用され次式

$SE = 20 \log (\text{入射波強度} / \text{透過波強度})$ [dB] …式2
 で与えられる。4.3で示す実験においてもこの式を使用した。このSEはパネルにおける反射性や吸収性が高いほど大きくなる。反射性は金属にみられるように導電性があるほど高い。吸収性についても電気抵抗率はあまり高くない方がよい。

最近、機器の筐体には量産性、価格、デザインの面からプラスチック材料が多量に利用されている。プラスチック材料は電磁波に対して透明であり、機器から放射される電磁波をすべて外部に放出させたり、逆に外部からの電波を通してしまうために電磁問題が生じている。電波シールド機能を付与するためには、プラスチック材料をいかに金属化させるかが鍵となっている。今回開発されたリサイクルパネルもプラスチック同様電気抵抗率が高いので、これを下げるために黒鉛を含有させた。膨張黒鉛ははじめ土状黒鉛、鱗片状黒鉛など種々試みた結果、最も優れた特性を示したのは膨張黒鉛であった。

4.3 測定結果及び考察

図-5にリサイクルパネルの電気抵抗率と膨張黒鉛含有率との関係を示す。5重量%以下については含有率の増加に伴って急激に電気抵抗率は減少する。5重量%では電気抵抗率は $2.1 \Omega \cdot \text{cm}$ に減少、それ以上では漸減した。

図-6に膨張黒鉛含有率の異なる厚さ5mmリサイクルパネルのシールド効果SEの特性を示す。この場合の電波はプローブアンテナから発信された高インピーダンス電界波である。膨張黒鉛の含有がないパネルは

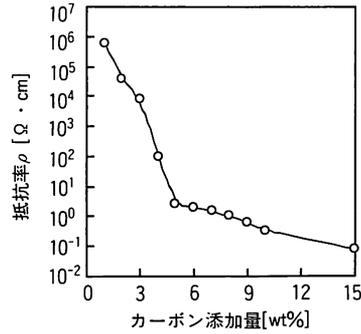


図-5 パネル電気抵抗率-カーボン含有率

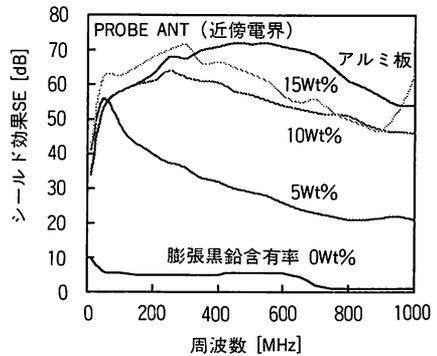


図-6 シールド効果の周波数特性

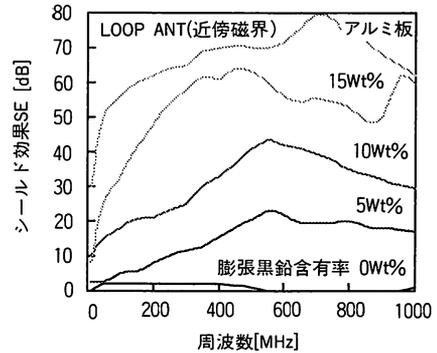


図-7 シールド効果の周波数特性

シールド効果はかなり小さいが、膨張黒鉛含有率を高くするにつれてパネルのシールド効果は大きくなった。特に10重量%および15重量%含有パネルにおいてアルミ板に近い特性が見られた。

図-7はループアンテナから発信された低インピーダンス磁界波に対するシールド効果SEの周波数特性である。膨張黒鉛を含有しないパネルではシールド効果が認められなかったが、図-6と同じように含有率が増加するにつれてシールド効果は大きくなった。特に膨

張黒鉛15重量%含有パネルは100MHz以上において30dB以上のシールド効果を示しアルミ板の特性に近づいた。

図-6のシールド効果SEの結果から膨張黒鉛を10重量%含有させると、高インピーダンス電界波に対するシールド性が顕著に現れることが確認された。図-7におけるSEの結果から膨張黒鉛の含有率を15重量%まで増加すると、低インピーダンス磁界波に対するシールド効果も顕著に現れた。膨張黒鉛10～15重量%含有によって、電気抵抗率が $1 \sim 0.1 \Omega \text{cm}$ 以下になり反射率が上がったのがこのシールド性の主な原因と考えられる。5重量%含有では電気抵抗率が一桁高いためシールド効果も10重量%より下回ったが、パネルの厚さが実用時の20mmの場合にはシールド性の向上が見込まれる。

5. 結論

今回開発した廃磁気テープリサイクルパネルについて以下の結果が得られた。

- ①厚さ20mm以上で断熱構造基準を満たし、断熱用建材として実用可能である。

- ②この断熱パネルは厚さ20mm以上で、型枠として必要な機械強度を有している。これを型枠と兼用することによって、工程の省力化と工期短縮が図れる。
- ③膨張黒鉛15Wt%含有した場合、100MHz以上の周波数において30dB以上のシールド効果を有し、電波シールド用建材としても実用可能である。

参考文献

- 1) 難波, 笠原: 最新・廃棄物処理技術ガイド, p. 102, 日刊工業新聞社 (1993. 5)
- 2) 難波, 笠原: リサイクル技術百科, p. 156, 工業調査会 (1994. 2)
- 3) フジ化成工業株式会社: 特許願第特願平3-174742
- 4) 日本セメント株式会社: セメント工業, No245 1月号, p. 9, 三秀舎 (1995. 1)
- 5) 難波, 胡, 笠原: エネルギー・資源学会第14回研究発表会, 講演論文集, p. 183 (1995. 4)
- 6) 難波, 胡, 笠原: 電気学会計測研究発表会, 講演論文集 P. 57 (1995. 6)
- 7) 林野庁 監修: 林業白書 (1993), p. 115~129, 財団法人日本林業協会
- 8) 清水 康敬 監修: 電磁波の吸収と遮蔽, p. 207, 日経技術図書

協賛行事ごあんない 第5回太陽光発電講習会

「建物と太陽光発電システム」

〔主催〕日本太陽エネルギー学会

〔協賛〕(社)空気調和・衛生工学会 他

〔日時〕平成8年11月27日(水)10:00~17:00

〔場所〕工学院大学新宿校11階第5会議室

〔問合せ先〕

〒151 東京都渋谷区代々木2-44-14

日本太陽エネルギー学会

事務局長 山田 徳雄

TEL 03-3376-6015, FAX 03-3376-6720