

## セメントボードの製造に関する研究(第3報)

- 導電性材料の挿入による電磁波シールド建材の開発 -

堀江 秀夫      阿部 龍雄<sup>\*1</sup>      小川 尚久<sup>\*1</sup>  
清水 光弘<sup>\*1</sup>      菊地 伸一<sup>\*2</sup>      佐藤 久隆<sup>\*3</sup>  
戸梶 孝<sup>\*3</sup>      二俣 正美<sup>\*4</sup>      中西喜美雄<sup>\*4</sup>

## Studies on the Production of Cement-bonded Particleboard ( )

- Development of Building Material Board Inserted  
Conductivity Sheet Having Electromagnetic Shielding Ability -

Hideo HORIE      Tatsuo ABE      Naohisa OGAWA  
Mitsuhiro SHIMIZU      Shin'ichi KIKUCHI      Hisataka SATO  
Takashi TOKAJI      Masami FUTAMATA      Kimio NAKANISHI

This study is reported on the electromagnetic shielding ability of cement-bonded particleboard (CBP) inserted conductivity materials (carbon fiber, carbon fiber paper, carbon fiber cloth, copper net).

Results of strength test, dimensional stability test, incombustibility test and electromagnetic shielding test indicated that CBP inserted carbon fiber paper was the best in all-round performance as building material board.

*Key words* : cement-bonded particleboard, electromagnetic shielding effectiveness, carbon fiber  
セメントボード, 電磁波シールド性能, 炭素繊維

木片セメントボードに、セメントの強アルカリに耐える導電性材料として炭素繊維のチョップ繊維・紙・布、銅網を混入または挿入したボードを製造し、その電磁波シールド効果、強度性能、寸法安定性能、難燃性能を測定し、安価で軽量で難燃性を有する電磁波シールド建材の可能性について検討した。

その結果、炭素繊維紙を木片セメントボード表面に一体成型したボードが、総合的に優れた難燃性電磁波シールド建材であることを確認した。

## 1. はじめに

第1報<sup>1)</sup>では、木質系廃棄物のボ - ド原料化をはかるため、セメント硬化阻害樹種であるカラマツ材等が含まれるためこれまで使用されなかった廃パレットや廃梱包材等も、その混入率を15%以下に押さえれば問題ないことを報告した。第2報<sup>2)</sup>では、セメントボードの軽量化をはかるため、市販のコンクリート混和材を混入することにより軽量(薄くても高強度)なボードが製造可能なことを報告した。

本報告は、第2報で得られた軽量セメントボードを基本に、セメントの強アルカリに耐える導電性材料として炭素繊維のチョップ繊維(CF)、炭素繊維紙(CFP)、炭素繊維布(CFC)、銅網(CN)を混入または挿入したボードを製造し、その電磁波シールド効果、強度性能、寸法安定性能、難燃性能を測定し、安価で軽量で難燃性を有する電磁波シールド建材(壁・天井用)の可能性について検討したものである。このとき、電磁波シールド効果の目標は、事務所・電算センターや医療・放送・通信施設の性能の目安である30～60dB<sup>3)</sup>とした。

パソコン、テレビ、携帯電話、電子レンジなど各種電気・電子機器から放射される電磁波が社会問題となっている。これは近年の、機器の信号電圧の低下、クロック周波数の高速化、機器の近接化が原因といわれ<sup>3)</sup>、我が国では平成5年に資源エネルギー庁が電磁界影響に関する調査・検討を行い、現状の総合評価と今後の課題を報告している<sup>4)</sup>。こうしたことから、平成10年10月1日、郵政省は電波法施行規則を一部改正し、電波防護のための基準を制度化する省令を公布した。この電磁波障害の現実的防止策の一つとして、電磁波を発生する機器や障害を受ける恐れのある機器、さらには建物全体を電磁波シールド材料で覆うことが有効である。この電磁波シールド材料として、導電性材料(炭素繊維、金属箔など)を混合またはシート状で挿入した木質ボード(MDF、パーティクルボード、合板)<sup>5-8)</sup>、金属メッキした木材<sup>9-11)</sup>、木質系材料の表面に金属を溶射被覆した建材<sup>12,13)</sup>の研究が行われているが、安価で軽量で難燃性を有する電磁波シールド建材はまだ開発されていないのが現状である。コンクリート建築物では、炭素繊維を混合した電磁波シールド壁パネ

ルの研究<sup>14,15)</sup>が行われている。実際の建物では、金属のメッシュや板炭素繊維を用いた電磁波シールドビルが建築され始めている<sup>16-20)</sup>。

一方、シールド材料に対する統一的な評価法は現在確立しておらず、代表的な測定法として

自由空間法

シールドボックス法

同軸伝送線路法

があり、本研究では同軸伝送線路法に自由空間法の要素を取り入れた同軸キャビティ管法<sup>13)</sup>により電磁波シールド効果(電界強度の減衰量)を測定した。また、シールド効果がどの程度あればよいかという明確な基準はなく、

10dB以下 : ほとんど効果なし

10～30dB : 最小限度のシールド効果あり

30～60dB : 平均

60～90dB : 平均以上

90dB以上 : 最高技術によるシールド

という大まかな区分<sup>3)</sup>となっている。

なお、本報告の概要は、第49回日本木材学会大会(1999年4月、東京都)で発表した。

## 2. 適正製造条件の検討

かさ比重0.24のコンクリート混和材(美瑛白土工業(株)製、商品名:タイセツバルーンC)を添加した軽量木片セメントボードの適正製造条件(設定比重1.2、厚さ12×320×340mm)の木片セメントボード<sup>2)</sup>を基本に、導電性かつ耐アルカリ性のある電磁波シールド材料を加えた木片セメントボード2種類を製造した。

1種類は、長さ3mmのCF(炭素繊維)をセメントボードに混入したものである(CF混入板)。

もう1種類は、シート状の電磁波シールド材料をセメントボードの内部に挿入したものである(シート挿入板)。用いた電磁波シールドシートは、セメントボード原料との付着性を考慮して、CN(銅網)、CFP(炭素繊維紙)、CFC(炭素繊維布)の3種類である。

2.1 CF 混入板

2.1.1 製造方法

供試したCFは、長さ3mmの炭素繊維のチョップ繊維である。

単層の木片セメントボードに混合する場合と、3層(表層 3mm × 2, 芯層 6mm)の芯層にのみ混合する場合の2種類を試作した。つまり、CFが板全体に均一に混入される場合と、中央部に層状に混入される場合の2種類である。

CF混入率は、ボード原料(木パーティクル、セメント、硬化促進剤、混和材)の合計全乾重量に対する重量比で、0、5、10%の3水準とした。

試作板は各条件4枚製造した。このときの製造条件を第1表に示す。なお、木パーティクルは札幌市近郊で得られた建築解体材を原料とし、大パーティクルは篩目 4.3 ~ 2.2mm、小パーティクルは篩目 2.2mm下の粒度である。セメント木比は全乾木パーティクル重量に対するセメント重量比であり、硬化促進剤(塩化マグネシウム)添加率および混和材(タイセツバルーンC)添加率はセメント重量に対する重量比である。また混合は、セメントとCFの混合物を作った上で(木パーティクル+硬化促進剤水溶液+水)+(セメント・CF混合物)+(混和材)の順で行った。フォーミングは手まきで行った。

2.1.2 性能試験方法

試作したボードは、20・65%RH恒温恒湿室内で4週間養生したのち各種試験片を木取り、性能試験を行った。

強度性能および寸法安定性能試験として、JIS A 5908(1994)「パーティクルボード」に準じて、50 ×

230mm 試験片の常態曲げ(2片)および湿潤時曲げ(1片)、50 × 50mm 試験片のはく離(4片)の各試験を行った。なお、湿潤時曲げ試験は、試験片を24時間20 水中浸せき後の曲げ試験であり、同時に厚さ膨張率および長さ膨張率も測定した。また、乾燥収縮試験として、50 × 230mm 試験片1片の3日間40 乾燥後の厚さ収縮率および長さ収縮率を測定した。

電磁波シールド効果の測定は、試験片1片(直径74mm)について、一般公共放送で用いる50 ~ 800MHzの周波数帯域を対象に、同軸キャビティ管法と呼ぶ試作装置を用いて行った。この装置は、左右対称の同軸管の中間部にキャビティ管(中空管)を設け、内部導体の先端に送信用と受信用の直径30mmの円盤状アンテナを取り付けたものである。両アンテナ間の距離は、試験片を装着せずに50 ~ 800MHzの周波数帯で測定したときの電界強度が大きかった距離20mmに固定している。また、測定にあたっては、周波数依存性をコンピュータ処理により相殺、基準化した。この装置による電磁波シールド効果は、試験片の取り付け前後の電界強度減衰量(強度差)で示される。

難燃性能試験は、220 × 220mm 試験片1片について、JIS A 1321(1994)「建築物の内装材料および工法の難燃性試験方法」に準じて難燃性試験を行った。

2.1.3 性能試験結果

(1) 強度性能および寸法安定性能

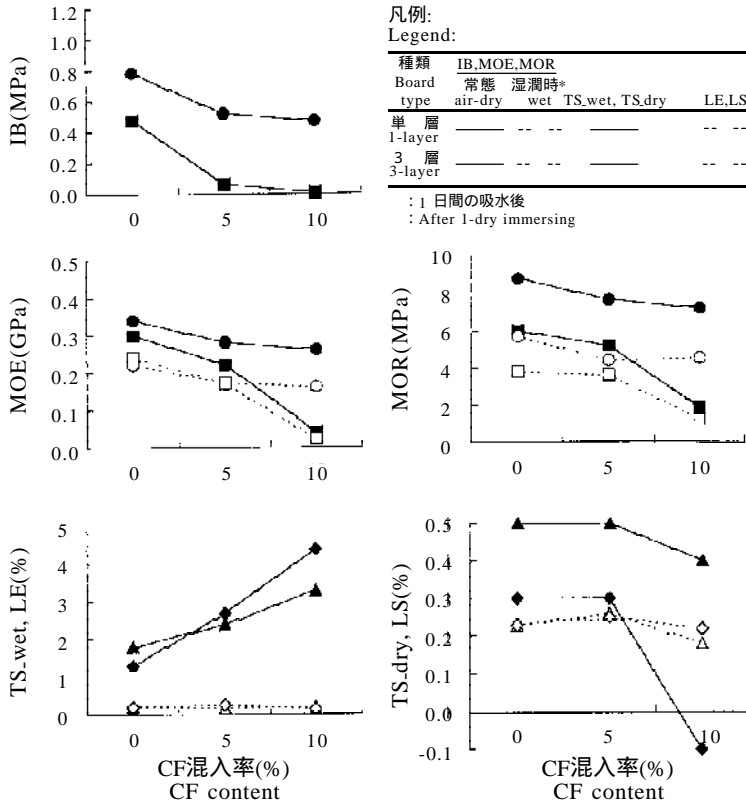
強度性能および寸法安定性能に関する試験結果を第1図に示す。

図から、3層よりも単層が優れ、CF混入率は5%が限度と思われた。これはCFを木片セメントボードの原料混合時に混入すると、CFが均一に混合されずに毛玉状となり、混入率が高いほどこの傾向が著しくなったためである。特に3層の場合には芯層のみにCFを混入するために単層の場合よりも一層毛玉となる傾向が見られた。このため、CFどうしの接着が不十分となり、特に

第1表 炭素繊維(CF)混入板の製造条件

Table 1. Board manufacturing conditions combined with carbon fiber(CF).

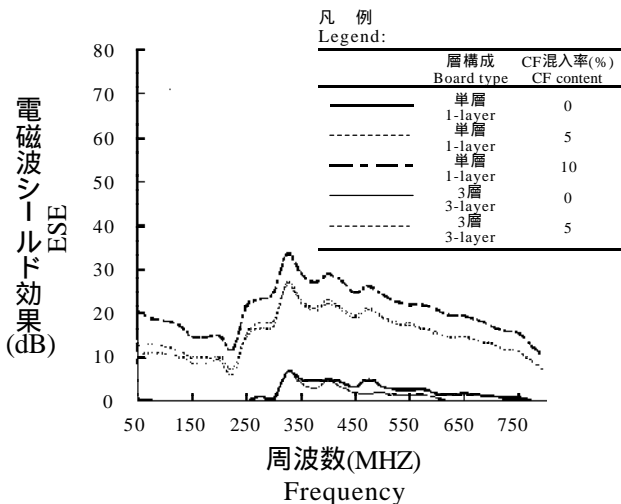
種類 Board type	CF混入率 CF content			木パーティクル の種類 Wood particle size	セメント 木比 Cement /wood	水セメント 比 Water /cement	硬化促進剤 添加率 Accelerator content	混和材 添加率 Admixture content
	水準 Level							
	1	2	3					
単層 1-layer	0%	5%	10%	大パーティクル Coarse	2.4	0.60	2%	10%
表層 Surface layers				小パーティクル Fine	2.4	0.60	2%	10%
3層 3-layer				大パーティクル Coarse	2.4	0.90	2%	10%
芯層 Core layer	0%	5%	10%					



第1図 CF混入板の強度性能および寸法安定性能  
凡例: IB : はく離強さ, MOE : 曲げヤング係数, MOR : 曲げ強さ, TS.wet&LE : 1日間吸水後の厚さ膨張率および長さ膨張率, TS.dry&LS : 40℃ 3日間乾燥後の厚さ収縮率および長さ収縮率

Fig. 1. Strength and dimensional stability properties of boards combined with CF.

Legend : IB : Internal bond strength ; MOE : Modulus of elasticity ; MOR : Modulus of rupture ; TS.wet & LE : Thickness swelling and linear expansion in wet condition after 1-day immersing ; TS.dry & LS : Thickness shrinkage and linear shrinkage in dry condition after 3-days drying at 40℃ .



第2図 CF混入板の電磁波シールド効果  
Fig. 2. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness(ESE) of 1-layer and 3-layer boards combined with CF.

はく離強さの低下と吸水時の厚さ膨張率の増大と

なって現れた。

(2) 電磁波シールド効果

電磁波シールド効果の測定結果を第2図に示す。なお、3層構成のCF混入率10%は、強度が小さかったため試験片の木取りができず、測定できなかった。

図から、単層と3層で大きな差は見られず、CF混入率が多いほど効果は大きくなっている。しかし、シールド効果の目標である30~60dBを達成するものはなかった。

(3) 難燃性能

難燃性試験の結果、すべての製造条件の試験体は難燃2級(準不燃材料)の基準に合格し、CFチョップ繊維が難燃性に悪影響を及ぼすことはなかった。

(4) まとめ

CF混合板では、CF混入率10%(CF混入量:約1,120g/m<sup>2</sup>)においても、目標とするシールド効果を達成することができなかった。また、これ以上のCFを混入することは、建材としての強度や寸法安定性を確保できなくなることから、CF混合板は不適と評価される。

2.2 シート挿入板

共試した3種類の市販品の電磁波シールドシートの概要を第2表に、その電磁波シールド性能を第3図に示す。CNは網戸用の銅網、CFPは炭素繊維原糸と樹脂バインダー(エステル)を湿式で漉いた紙、CFCは炭素繊維の平織の布である。

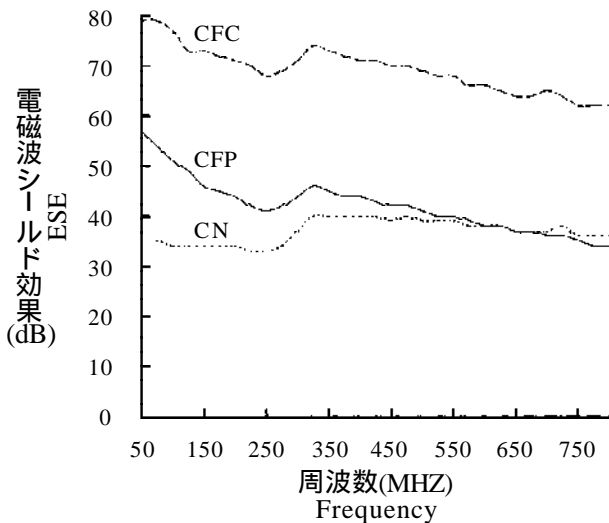
シート挿入により注意しなければならないのは、シートと木片セメントボード原料との付着性およびシート自体のはく離強さが、シート挿入板のはく離強さを決定すると思われることである。そこで3種類のシートについて、無処理、穴あけ処理、セメントペースト浸せき処理の3処理を行った場合のシート挿入板を各1枚製造し、はく離試験を行った。シートの挿入は、フォーミング時に、板の片側半分の中層にシート1枚を挿入することで行った。

このとき、試作板1枚の片側をコントロール(シート無挿入板)、もう一方の片側をシート挿入板とし

第2表 シート挿入板に用いた電磁波シールド材料

Table 2. Electromagnetic shielding materials used inserting sheet.

種類	記号	重量	厚さ	価格
Kind of sheet	Symbol	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)	price (円/m <sup>2</sup> ) (Yen/m <sup>2</sup> )
銅網 Copper net	CN	366	線径0.18, 16mesh Diameter of wire 0.18mm, 16 mesh	1,000
炭素繊維紙 Carbon fiber paper	CFP	30	0.5	400
炭素繊維布 Carbon fiber cloth	CFC	220	0.6	1,700



第3図 3種類の市販電磁波シールドシート単体の電磁波シールド効果

Fig. 3. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness(ESE) of three sheets.

て、両者のはく離強さを比較した。

### 2.2.1 製造方法

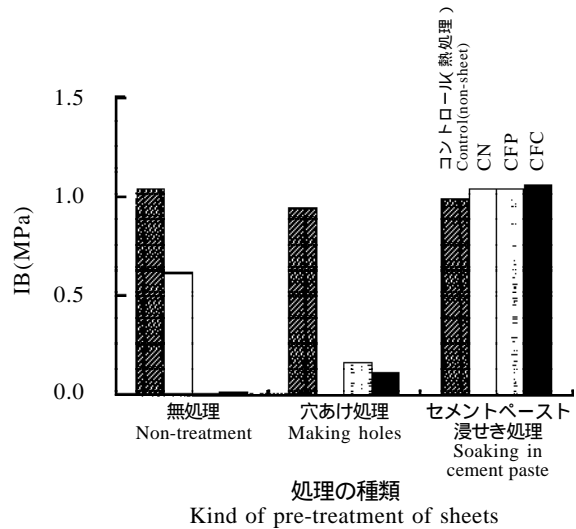
基本となる木片セメントボードの製造条件は、単層構成、設定比重1.2、小パーティクル、セメント木比3.0、水セメント比0.70、硬化促進剤添加率2%、混和材添加率10%である。

シートの処理は、無処理、穴あけ処理(直径10mm、間隔20mmの穴)、10秒間セメントペースト浸せき処理(水セメント比1.0)の3種類である。

試作板は各条件1枚製造した。製造作業は、(木パーティクル+硬化促進剤水溶液+水)+(セメント)+(混和材)の順で混合した混合物の半分を型枠内に手まきし、その上にシートを片側に寄せて載せ、さらに残り半分の混合物を手まきした。

### 2.2.2 性能試験方法

試作した板は、20・65%RH恒温恒湿室内で4週



第4図 シート挿入板のはく離強さ( IB )

Fig. 4. Internal bond strength( IB ) of sheet-inserted boards.

間養生したのちJIS A 5908(1994)「パーティクルボード」に準じて、試作板1枚からコントロール部4片およびシート挿入部4片の試験片を木取り、はく離試験を行った。

### 2.2.3 性能試験結果

試作板のはく離強さをコントロール(シート無挿入部)のはく離強さの平均とともに表し、第4図に示す。

無処理および穴あけ処理では、破壊はシートまたはシート境界層から起こり、はく離強さは大きく低下した。しかし、10秒間セメントペースト浸せき処理では、破壊は木片セメントボード自体で起こり、はく離強さの低下は見られなかった。

この結果から、今後の製造試験では、3種類の電磁波シールドシートをセメントペースト浸せき処理したシート挿入板が適していると評価される。

### 3. 電磁波シールド効果を有する木片セメントボードの総合性能試験

前章の適性製造条件の検討結果から、CF混入板よりも10秒間セメントペースト浸せき処理(以下、セメントペースト処理)をしたシート挿入板が適していることが分かった。

そこで、設定厚さ9mm、比重1.23、3層構成の木片セメントボードと前章で用いた3種類の電磁波シールドシートを基本に、シートの挿入位置および枚数を変化させたセメントペースト処理シート挿入板を試作した。これは、シートの挿入位置と枚数が、強度性能および電磁波シールド効果に与える影響を調べるためである。

#### 3.1 製造方法

基本的な木片セメントボードの製造条件は、第3表のとおりである。

1条件当たりの製造枚数は、シート挿入位置が内層1枚の場合は強度試験用1枚、寸法安定性・釘耐力・電磁波シールド効果試験用1枚、難燃性試験用1枚の計3枚、シート挿入位置が内層2枚の場合は各試験用2枚の計6枚、シート挿入位置が表面1枚の場合は難燃性試験用を除いた各試験用2枚の計4枚である。これは、表面の電磁波シールドシートは難燃性に影響を与えないため省略したものである。また、CFCはシート挿入位置が表面1枚のみを試作した。

具体的な製造手順は、次のとおりである。

- 1) ダルトン型ミキサーに木パーティクル、硬化促進剤水溶液、添加水を加えて攪拌する。
- 2) セメントを添加して攪拌し、さらにタイセツバルーンCを添加して3分間攪拌する。
- 3) 320×340mmの型枠内に、手まきでフォーミングを行う。
- 4) シート挿入位置が内層1枚の場合は、表層をフォーミングしたのちに10秒間セメントペーストに浸せきしたシートを水切り後に載せ、その上に芯層さらに表層をフォーミングする。

シート挿入位置が内層2枚の場合は、表層をフォーミングしたのちに10秒間セメントペーストに浸せきしたシートを水切り後に載せ、その

上に芯層をフォーミングし、その上に同様にシートを載せ、その上に表層をフォーミングする。

シート挿入位置が表面1枚の場合は、フォーミング前の型枠内に、10秒間セメントペーストに浸せきしたシートを水切り後に敷き、その後フォーミングを行う。

- 5) 6枚ないしは4枚一組で圧縮し、20・65%RH恒温恒湿室内で養生する。
- 6) 約20時間後に脱型し、20・65%RH恒温恒湿室内で4週間養生する。
- 7) 養生後、性能試験を行う。

#### 3.2 性能試験方法

試作した板は、20・65%RH恒温恒湿室内で4週間養生した後、各種試験片を木取り(第5図)、性能試験を行った。

強度性能試験として、JIS A 5908(1994)「パーティクルボード」に準じて、常態曲げ、湿潤時曲げ、はく離の各試験を行った。なお、湿潤時曲げ試験は、試験片を24時間20水中浸せき後の曲げ試験である。また、曲げ試験は、挿入したシートが下側(引張側)になるようにして行った。

釘耐力試験として、日本繊維板工業会規格「下地用パーティクルボード」(1978)に準じて、釘の引抜抵抗試験と側面抵抗試験、JIS A 5905「繊維板」(1994)に準じて釘の逆引抜抵抗試験を行った。なお、用いた釘はCN50釘であり、釘は挿入したシート側から打ち込んだ。

寸法安定性能試験は、試験片を24時間20水中浸せき後の膨張率を測定する吸水膨張試験、および3日間40乾燥後の収縮率を測定する乾燥収縮試験を行った。また、シート挿入位置が表面1枚の試験片については、非対称のため反りが生じやすいと思われるので、吸水膨張試験時に、気乾状態、20水中に1日間浸せき、3日間浸せき、40のファン付き乾燥器で5日間乾燥、という吸水・乾燥処理を続けて行い、それぞれの処理後の反り(スパン28cmに対する矢高)を測定した。

電磁波シールド効果の測定は、前章と同様に、一般公共放送で用いる50～800MHzの周波数帯域を対

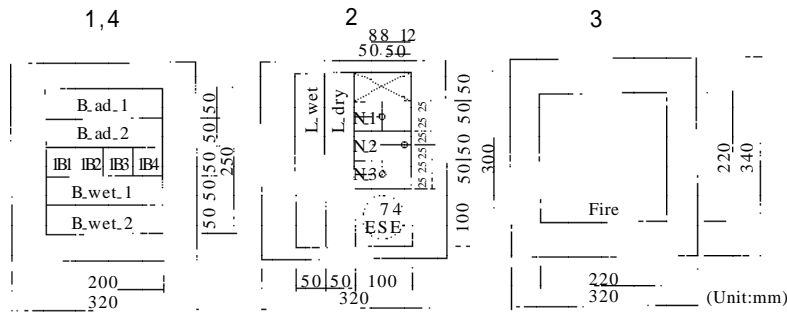
第3表 シート挿入板の製造条件

Table 3. Manufacturing conditions for sheet-inserted boards.

設定密度 : 1.2g/cm <sup>3</sup> Target density	
構成比 : 表層 : 芯層 : 表層 = 1 : 2 : 1 Target construction of 3-layer board Surface : Core : Surface=1:2:1(Volume ratio)	
設定寸法 : 9 × 320 × 340 Target size	
表層 木チップ : 篩目2.2mm 下のパーティクル (建築解体材) 含水率63%	
Surface layers Wood	Particle under 2.2mm sieve Moisture content 63% (Raw material : wood member generated from wooden building demolition.)
セメント木比 : 3.0 Cement-wood ratio	
水セメント比 : 0.70 Water-cement ratio	
硬化促進剤添加率 : 2% Accelerator content	
混和材添加率 : 10% Admixture content	
芯層 木チップ : 篩目2.2mm ~ 4.3mm のパーティクル (建築解体材) 含水率63%	
Core layer Wood	Particle over 2.2mm and under 4.3mm sieves Moisture content 63% (Raw material : wood member generated from wooden building demolition.)
セメント木比 : 2.8 Cement-wood ratio	
水セメント比 : 0.65 Water-cement ratio	
硬化促進剤添加率 : 2% Accelerator content	
混和材添加率 : 40% Admixture content	
挿入シートの処理 : 10秒間セメント・ペースト浸せき処理 (水セメント比1.0) Treatment of inserting sheet : Immersing in paste (Water-cement ration 1.0) for 10-sec.	
挿入シートの種類 : 4水準 Kind of inserting sheet	
	無挿入 (コントロール) Non-inserting (Control)
	CN
	CFP
	CFC
シートの挿入位置 : 3水準 Inserted position of sheet	
	内層1枚 (表層と芯層の間に1枚) In side 1-sheet (1-sheet in between surface layer and core layer.)
	内層2枚 (表層と芯層と表層の各間に各1枚の計2枚) In side 2-sheets (2-sheets in between surface layer and core layer.)
	表面1枚 (表面に1枚) Out side 1-sheet (1-sheet on surface layer.)

象に同軸キャビテイ管法の試作装置を用いて行った。なお、シート挿入位置が表面1枚の試験片は、その表面のセメント皮膜を紙ヤスリで研磨してシートそのものが表面に現れるようにして測定装置に取り付けた時に同軸管に接地されるように配慮した。

難燃性能試験は、JIS A 1321(1994)「建築物の内装材料および工法の難燃性試験方法」に準じて難燃性試験を行った。



第5図 試験片の木取り方法

凡例：B.ad：常態曲げ，B.wet：1日間吸水後の湿潤時曲げ，IB：はく離強さ，N.1：引抜抵抗，N.2：側面抵抗，N.3：逆引抜抵抗，L.wet：1日間吸水試験，L.dry：40 3日間乾燥試験，Fire：難燃性，ESE：電磁波シールド効果

Fig. 5. Methods of cutting manufacturing boards for performance tests.

Legend：B.ad：Bending strength in air-dry condition, B.wet：Bending strength in wet condition after 1-day immersing, IB：Internal bond strength, N.1：Nail withdrawal resistance, N.2：Lateral nail resistance, N.3：Nail-head pull-through resistance, L.wet：1-day immersing test, L.dry：3-days drying test at 40 °C, Fire：Incombustibility, ESE：Electromagnetic shielding effectiveness.

第4表 シート挿入板の強度性能・釘耐力・寸法安定性試験結果

Table 4. Results of performance tests of sheet-inserted boards.

			シート挿入板 Sheet-inserted board							
			コントロール Control	CN			CFP			CFC
				内層1枚 Inside 1-sheet	内層2枚 Inside 2-sheets	表面1枚 Outside 1-sheet	内層1枚 Inside 1-sheet	内層2枚 Inside 2-sheets	表面1枚 Outside 1-sheet	表面1枚 Outside 1-sheet
基礎材質 Basic properties	厚さ Thickness	(mm)	9.58	9.80	10.02	9.78	10.04	10.87	10.28	9.83
	密度 Density	(g/cm <sup>2</sup> )	1.08	1.08	1.15	1.08	1.08	1.12	1.11	1.1
	含水率 Moisture content	(%)	10.3	10.0	9.8	9.2	11.0	10.8	10.6	10.0
強度性能 Strength	MOE-ad	(Gpa)	3.65	3.75	3.78	2.82	3.92	4.31	4.79	4.2
	MOR-ad	(Mpa)	6.86	8.39	7.44	8.06	7.27	9.62	11.04	13.56
	MOE-wet	(Gpa)	2.85	3.02	3.12	2.19	3.36	3.61	4.13	3.65
	MOR-wet	(Mpa)	4.61	5.73	5.96	6.99	6.90	5.97	8.59	11.26
	IB	(Mpa)	0.71	0.65	0.65	0.62	0.58	0.55	0.60	0.65
釘耐力 Nail resistance	NWR	(N)	159	144	235	137	267	303	227	169
	LNR	(N)	627	685	657	612	949	1012	765	748
	NPR	(N)	568	473	643	588	619	647	630	630
寸法安定性能 Dimensional stability	WA	(%)	22.2	22.8	20.9	22.8	20.4	21.7	22.6	22.4
	TS-wet	(%)	1.55	1.28	1.18	0.66	1.41	1.03	0.81	0.92
	LE	(%)	0.173	0.162	0.152	0.116	0.172	0.156	0.166	0.168
	MC-dry	(%)	3.6	4.0	3.6	3.7	3.9	3.9	4.0	4.1
	TS-dry	(%)	0.39	0.27	0.44	0.10	0.58	0.26	0.45	0.31
LS	(%)	0.324	0.295	0.286	0.265	0.298	0.281	0.251	0.275	

注：MOE.ad & MOR.ad：常態の曲げヤング係数および曲げ強さ，MOE.wet & MOR.wet：1日間吸水後の曲げヤング係数および曲げ強さ，IB：はく離強さ，NWR：釘引抜抵抗，LNR：釘側面抵抗，NPR：釘逆引抜抵抗，WA：吸水率，TS.wet & LE：1日間吸水後の厚さ膨張率および長さ膨張率，MC.dry & TS.dry & LS：40 3日間乾燥後の含水率および厚さ収縮率および長さ収縮率

Note：MOE.ad & MOR.ad：Modulus of elasticity and modulus of rupture in air-dry condition；MOE.wet & MOR.wet：Modulus of elasticity and modulus of rupture in wet condition after 1-day immersing；IB：Internal bond strength；NWR：Nail withdrawal resistance；LNR：Lateral nail resistance；NPR：Nail-head pull-through resistance；WA：Water absorption；TS.wet & LE：Thickness swelling and linear expansion in wet condition after 1-day immersing；MC.dry & TS.dry & LS：Moisture content and thickness shrinkage and linear shrinkage in dry condition after 3-days drying at 40 °C.

3.3 性能試験結果

強度性能，釘耐力，寸法安定性能の試験結果

を第4表に示す。

試験体の製造に用いたプレスの容量が小さかったため設定厚さの9mmに完全にプレスすることができず、仕上がり厚さ約10mm、仕上がり密度約1.1g/cm<sup>2</sup>となった。

3.3.1 強度性能

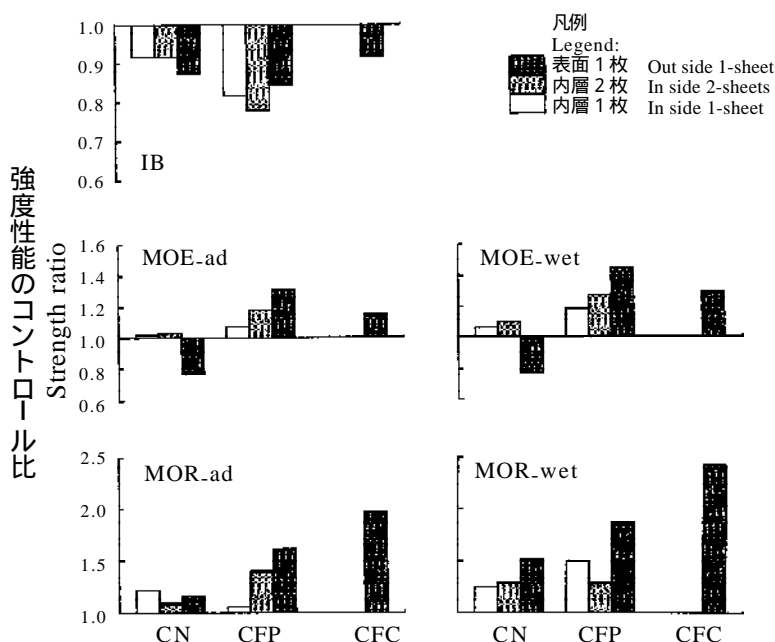
常態および湿潤時の強度性能を第4表に示す。また、シートを挿入したことによりどれだけ強度性能の変化があったかを、シート挿入板の強度値をコントロールの強度値で除したコントロール比(低下率を表す)で表し、第6図に示す。

図より、曲げ性能の向上は、CNよりもCFPおよびCFCに顕著であり、シート挿入位置が表面1枚の場合が顕著である。特にCFPの表層1枚は、厚さ0.5mm、重量30g/m<sup>2</sup>の紙の挿入だけで、曲げヤング係数では常態1.3倍および湿潤時1.5倍、曲げ強さでは常態1.6倍および湿潤時1.9倍と、顕著かつ安定した性能向上が見られた。

一方、はく離強さは、どの場合もシートを挿入したことにより低下したが、CFPの内層1枚の一部を除いて破壊位置は芯層のはく離で起こり、

シートおよびシート境界層ではなかった。また、最も低下したCFPの内層2枚の場合でも、そのコン





第6図 強度性能のコントロール比(シート挿入板/コントロール)

注: IB, MOE-ad, MOE-wet, MOR-ad, MOR-wetは第4表を参照のこと。

Fig. 6. Strength ratio of sheet-inserted boards to control.

Note: See Table 4 for IB, MOE-ad, MOE-wet, MOR-ad, MOR-wet.

コントロール比は0.77およびはく離強さは0.55MPaあることから,シート挿入による悪影響は小さいといえる。

### 3.3.2 釘耐力

釘耐力を第4表に示す。また,シートを挿入したことによりどれだけ強度性能の変化があったかを,シート挿入板の強度値をコントロールの強度値で除したコントロール比で表し,第7図に示す。

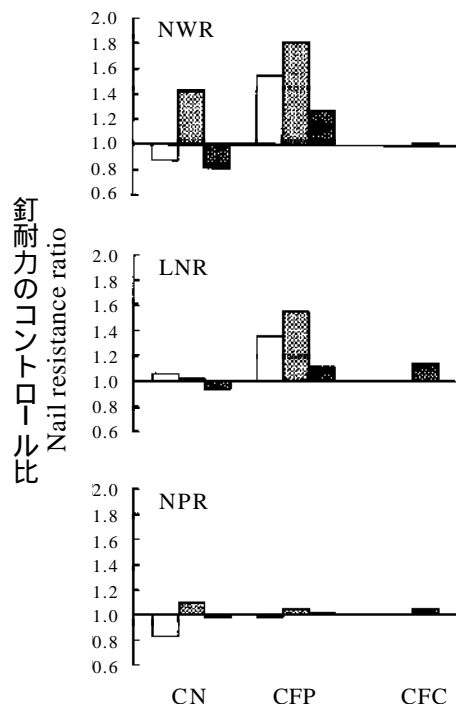
図より,釘の引抜抵抗および側面抵抗の向上は,CFPが顕著かつ安定していた。釘の逆引抜抵抗の顕著な向上は,どの場合も見られなかった。

また,全体として,シートの挿入枚数の多い方が向上していた。

### 3.3.3 寸法安定性能

湿潤時および乾燥時の寸法安定性能を第4表に示す。また,シートを挿入したことによりどれだけ寸法安定性能の変化があったかを,シート挿入板の値をコントロールの値で除したコントロール比で表し,第8図に示す。

図より,吸水厚さ膨張率,吸水長さ膨張率,乾燥長さ収縮率は,どの場合もシート挿入により性能が向上しており 特にシート挿入位置が表面1枚が向



第7図 釘耐力のコントロール比(シート挿入板/コントロール)

注: 凡例は第6図を参照のこと。NWR, LNR, NPRは第4表を参照のこと。

Fig. 7. Nail resistance ratio of sheet-inserted boards to control.

Notes: Legends are the same as in Fig.6. See Table 4 for NWR, LNR, NPR.

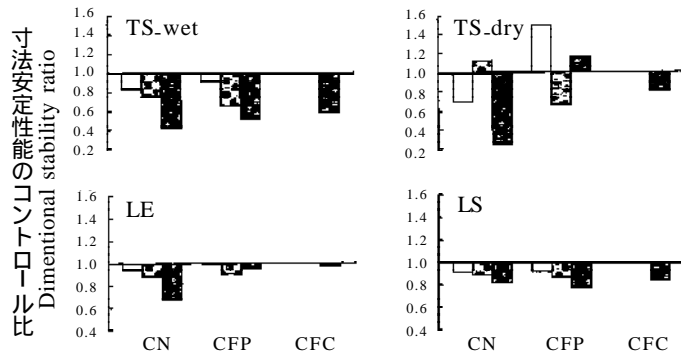
上している。一方,乾燥長さ収縮率は,条件により差があり一定の傾向が見られなかった。

シート挿入位置が表面1枚の試験片について測定した吸水・乾燥処理時の反り(スパン28cmに対する矢高)を第9図に示す。気乾状態,20 水中にて1日吸水後,3日吸水後,及び40 乾燥5日後とも,反りの変化が少ないのはCFPであった。なお,各処理時の含水率は,それぞれ10,35,37,4%であった。

### 3.3.4 電磁波シールド効果

電磁波シールド効果の試験結果を第10図に示す。

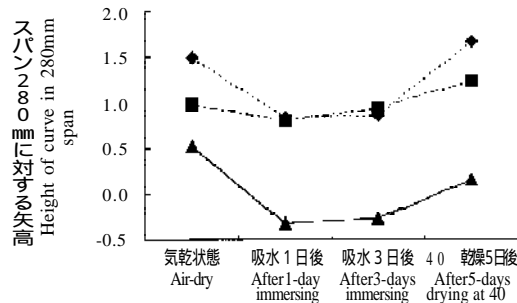
図より,どのシートの場合も,内層にシートがあるよりも表面にある方が効果が大きい。これは,測定装置の構造上 表面にシートがある試験片を装置に取り付けると同軸管にシートが接地されるため,大きなシールド効果が測定されたためである。この



第8図 寸法安定性能のコントロール比(シート挿入板/コントロール)  
注:凡例は第6図を参照のこと。TS.wet, LE, TS.dry, LSは第4表を参照のこと。

Fig. 8. Dimensional stability ratio of sheet-inserted boards to control.

Notes: Legends are the same as in Fig.6. See Table 4 for TS.wet, LE, TS.dry, LS.



第9図 表面1枚シート挿入板のL-wet試験片における吸水・乾燥時の反り

注:L-wetは第6図を参照のこと。  
凡例: :CN表面1枚, :CFP表面1枚, :CFC表面1枚

Fig. 9. Warping of L-wet specimen of outside 1-sheet board in each condition.

Note: See Fig.6 for L-wet.  
Legend: :CN out side 1-sheet; :CFP; out side 1-sheet; :CFC out side 1-sheet

ことはCNを除いて,シート単体の効果が最も大きい理由でもある。

CNの格子はゆがみやすく(格子間隔が変化しやすい),このゆがみによりシールド効果が変化し,ゆがみがある(格子間隔が狭くなる)程,シールド効果は大きくなる。図中のCN単体の測定値はゆがみのない状態のものであり,シート挿入板内のCNはゆがんで固定されているため,シート挿入位置が表面1枚の板の方が効果が大きくなったものと思われる。

3種類のシールドシートとも,シートの挿入位置は表面1枚がシールド効果には適していることが分かる。

第11図は,シート挿入位置が表面1枚について,3種類のシートのシールド効果を比較したものである。3種類とも目標の30~60dBを達成しているこ

とが分かる。

### 3.3.5 難燃性能

難燃性試験の結果,すべての試験片は難燃2級(準不燃材料)の基準に合格し,電磁波シールドシートが難燃性に悪影響を及ぼすことはなかった。

## 4.まとめ

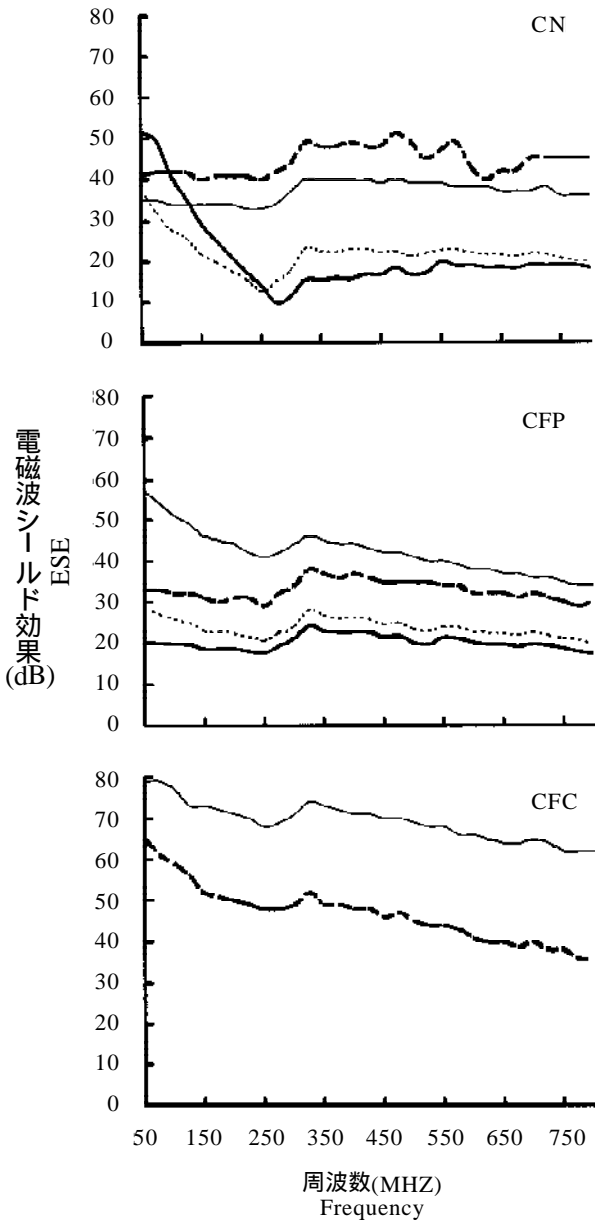
電磁波シールド効果の目標値30~60dBを達成すること,強度性能・釘耐力・寸法安定性能が安定して向上すること,比較的安価なシールド材料であることの3条件から今回の試験結果を考察すると,CFPを木片セメントボード表面に一体成型したシート挿入板(CFP表面1枚)が総合的に優れた難燃性電磁波シールド建材であると結論付けられる。

ただし,このCFP表面1枚の板は非対称構成の材料であるため,実大サイズの板を製造した場合には,吸放湿にともなう反りが大きく現れる可能性があるが,表裏面にCFPを挿入した対称構成にして反りを防止する方法が考えられる。また,このことは各種性能向上にもつながることである。

今回の試験から,難燃性電磁波シールド建材の商品化の可能性を確認できたが,施工経費と施工後のシールド性能を左右するのは,建材目地部でのシールド材料の連結をどのような方法で行うかである。このため商品化にあたっては,難燃性電磁波シールド建材の施工法の検討が今後の課題と思われる。

## 文 献

- 1) 堀江秀夫 ほか3名:林産試験場報,12(1),1-6(1998).
- 2) 堀江秀夫 ほか3名:林産試験場報,12(2),1-12(1998).
- 3) 電子情報通信学会編:電磁妨害波の基本と対策,電子情報通信学会(1995).
- 4) 電磁界影響調査検討会:電磁界影響に関する調査・検討報告書(1993).
- 5) 富村洋一,鈴木岩雄:木材学会誌,33(8),645-649(1987).
- 6) 畑 俊充,海老原徹:木材工業,46(8),361-365



第10図 シート挿入板の電磁波シールド効果

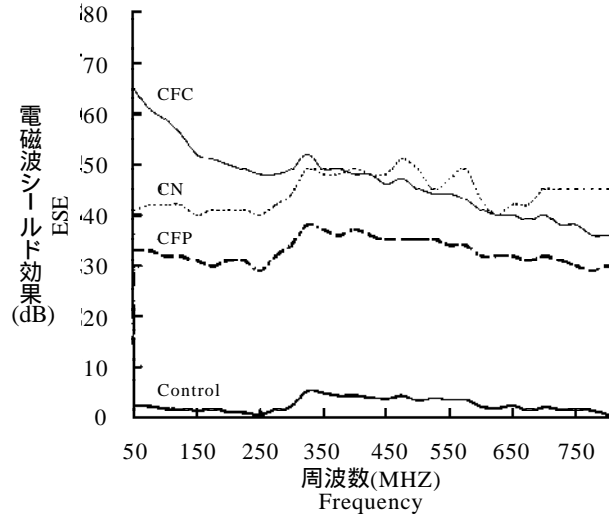
凡例 —: シート単体, - - -: 表面1枚,  
 .....: 内層2枚, — · —: 内層1枚

Fig. 10. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness(ESE) of sheet-inserted boards.

Legend: —: Sheet only, - - -: Out side 1-sheet,  
 .....: In side 2-sheets, — · —: In side 1-sheet.

(1991).

- 7) 唐沢健司 ほか4名: 木材工業, 47(7) 312-318 (1992).
- 8) 長澤長八郎: 木材工業, 51(5) 188-193 (1996).
- 9) 長澤長八郎, 熊谷八百三: 木材学会誌, 35(12),



第11図 表面1枚シート挿入板の電磁波シールド効果  
 Fig. 11. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness(ESE) of out side 1-sheet board.

1092-1099 (1989).

- 10) 長澤長八郎, 熊谷八百三, 卜部 啓: 木材学会誌, 36(7) 531-537 (1990).
- 11) 長澤長八郎, 熊谷八百三, 卜部 啓: 木材学会誌, 37(2) 158-163 (1991).
- 12) 二俣正美 ほか3名: 溶射技術, 16(3), 26-30 (1997).
- 13) 二俣正美 ほか3名: 高温学会誌, 24(5) 179-184 (1998).
- 14) 坂本 新 ほか3名: 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 1049-1050 (1997).
- 15) 吉田克雄 ほか3名: 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 1051 - 1052 (1997).
- 16) 日経産業新聞, 1995年10月18日号
- 17) 日刊工業新聞, 1997年 9月22日号
- 18) 日刊工業新聞, 1998年 6月26日号
- 19) 日刊工業新聞, 1998年 7月30日号
- 20) 日刊工業新聞, 1998年 9月 7日号

- 利用部 再生利用科-

- \*1: 技術部 成形科-

- \*2: 性能部 防火性能科-

- \*3: 北見工業大学-

- \*4: 美瑛白土工業株式会社-

(原稿受理: 99.12.12)