

電磁環境リニューアル技術の開発

國分 誠 佐藤 博一 沼田 茂生 森廣 功 澁谷 紳一
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所) (プロポーザル本部) (プロポーザル本部)

Development of Electromagnetic Wave Shielding Technology for Existing Buildings

by Makoto Kokubun, Hirokazu Sato, Shigeo Numata, Isao Morihira and Shinichi Shibuya

Abstract

This paper describes a method of constructing a room capable of shielding electromagnetic waves by renewal work. The objects of study are the wall, the floor, and the ceiling. The characteristics are evaluated using the constructed examination object of each part. A room built with the developed method can reduce the level of electromagnetic waves by 30dB between 25MHz and 3GHz in frequency. The method can be applied to an existing building, without involving difficult work.

概要

電波による情報機器の誤作動や情報漏洩の防止を目的に、リニューアル工事で既存建物内に新たに電磁シールド機能を付加した部屋を構築する電磁環境リニューアル技術を開発した。部屋の構成部位である壁、床、天井のリニューアル工事に対応した電磁シールド工法の開発課題を抽出し、それらを解決した工法を用いて試験施工を行った。電磁シールド性能を評価した結果、本技術を適用することにより周波数25MHz～3GHzで電磁シールド性能30dBの部屋を構築できることを実証した。大がかりなりニューアル工事が不要であり、既存建物内に床面積50m²程度であれば5日間の工期で電磁シールド機能を有した部屋を構築することができる。

§ 1. はじめに

サイバービル（電磁シールドビル）の効果は大きく3つ挙げられる。第一は、車載無線から発信される電波によるコンピュータの誤作動防止や、スタジオ等で使用されるAV機器へのノイズ混入防止である。第二はコンピュータから漏れる微弱電波や、ワイヤレスマイクなどの無線機器から発せられる電波による情報漏洩防止である。そして第三に、事業所用PHSの利用チャンネル不足による輻輳、無線LANの近接チャンネル干渉による通信速度の低下などを防止するための、電波ゾーニングによる無線システムの有効利用が挙げられる。

従来、電磁シールド機能は、これらのニーズに合わせて新築建物だけに付加されてきた。しかし、スタジオや病院などで、電波により機器が誤作動する可能性があるという認識が高まったこと、事業所用PHSを導入する企業が増えていることなどから、既存建物に電磁シールド機能を付加したいというニーズが増加しつつある。

しかし、既存建物にリニューアル工事で電磁シールド機能を付加する場合、電磁シールド材としてデッキプレートや鉄骨等建材の利用が難しいため、床、天井は仕上げ部分で電磁シールド機能を付加する必要がある。そのため新築時に採用する在来の電磁シールド工法を適用すると、床は工事後に床レベルが上がる、天井では仕上面に設置される設備機器と仕上面の電磁シールド材との間に隙間ができる等の問題がある。また壁を在来工法で施工すると、現場加工が多いため数日間では仕上まで完了させることができず、床面積50～100m²程度の部屋を構築するようなりニューアル工事への適用は難しい。

本開発の目的は、リニューアル工事で既存建物内に新たに電磁シールド機能を付加した部屋を構築するための、電磁環境リニューアル技術の確立である。目標性能は新築建物で多くの実績を有する、周波数25MHz～3GHzで電磁シールド性能30dBとした。開発方針は(1)壁は数日間で施工可能な工法の開発、(2)床、天井は施工前の仕上がり状況を変更しない工法の開発である。

具体的には、まず部屋の構成部位である壁、床、天井のリニューアル工事に対応した電磁シールド工法（以下、電磁リニューアル工法と記す）について検討を行い、開発課題を抽出した。それら課題を解決した工法を適用して各部位ごとに試験施工を行い、電磁シールド性能を評価した。さらに開発した各工法を用いた電磁環境リニューアル技術による部屋の構築方法および施工性について検討した。

§ 2. 電磁リニューアル工法の開発課題

電磁シールド機能は部屋の壁、床、天井の6面すべてを導電性の材料で被うことにより付加することができる。そこで壁、床、天井について、在来の電磁シールド工法をリニューアル工事に適用した場合の問題点を洗い出し、問題点を解決するための電磁リニューアル工法を検討し、その開発課題を抽出した。

2.1 壁

既存壁の電磁リニューアル工法は、仕上げを撤去した後、新築時と同様に電磁シールド材を貼り、仕上げを行えばよく、特に開発課題はない。しかし新規に電磁シールド機能を有する壁を施工する場合、新築時と同様に軽鉄下地と石膏ボードによる工法では、現場加工が多く、多業種での施工で工数が多くなり工期がかかる。また、建設廃材の発生や、現場が汚れる等の問題がある。

そこで、パネル構造で簡易に壁を施工できるス

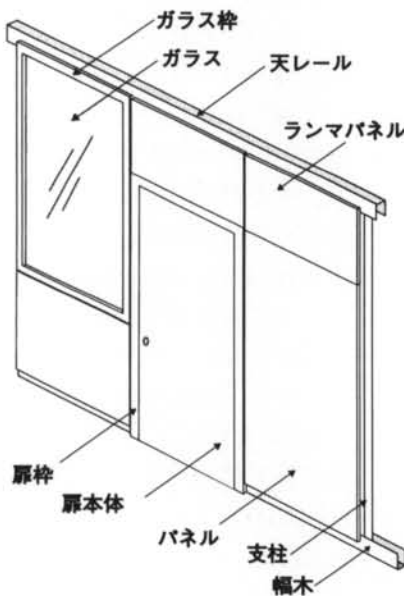


図-1 スチールパーティションパネルの構成例

チールパーティションによる電磁リニューアル工法を検討した。スチールパーティションは、プレハブ工法で施工されるため、単一業種で短時間施工が可能であり、余計な廃材も発生しない。また解体、移設が容易なため、テナントビルなどの場合は、原状復帰が容易にできるなどの利点がある。

スチールパーティションパネルの表面材は鋼板に塗装仕上げをしたものであり、パネル単体では十分な電磁シールド性能を有している。しかし、パネルの複合体であるスチールパーティションに電磁シールド機能を付加するためには以下の課題が挙げられる。

- (1)通常、スチールパーティションは図-1に示すようにパネルと複数の鋼板製部材を組み合わせた構造のため、縦または横方向の細い隙間が生じやすい。特に天レールとパネル間、パネルと幅木間は横方向の隙間が生じやすいため、垂直偏波で電磁シールド性能の低下が予想される。部材間の接続を検討する必要がある。
- (2)スチールパーティションは、パネルと透明フロートガラスを組み合わせたコンビパネルで窓が構成されることが多く、窓の電磁シールド性能がほとんど無い。
- (3)扉本体と三方枠との間には、開閉をスムーズにするための数ミリ程度の余裕がある。また、通常くつずりを設置しないため、扉周囲に隙間ができることになり電磁シールド性能の低下が予想される。
- (4)床、天井の不陸により、スチールパーティションの幅木および天レールと、床および天井の電磁シールド材の間に隙間が生じやすく電磁シールド性能の低下が予想される。スチールパーティションと床および天井の電磁シールド材との電気的接続方法を検討する必要がある。

既存のスチールパーティションを基本にして、以上述べた開発課題を解決した電磁シールドスチールパーティションの開発を行った。

2.2 床

OAフロア等の二重床での電磁リニューアル工法は、二重床下の床コンクリートにエキスパンドメタルや鉄板等の電磁シールド材を敷設すればよく、特に開発課題はない。しかし床コンクリート面にタイルカーペットや長尺シートなどで直接仕上げをする場合には、床コンクリート面にエキスパンドメタルなどの電磁シールド材を敷設した後、仕上がり時の不陸防止のためモルタルを打設する工法が考えられ

る。しかし、モルタルは最低30mm程度の厚みが必要なため、床レベルが上がり、非リニューアル部分との段差が生じる問題がある。

そこで、床レベルをほとんど上げずに電磁シールド機能の付加が可能な既存塗床材と電磁シールド材を組み合わせた電磁リニューアル工法を検討した。塗床材と床の接着性の確保に留意して、電磁シールド材としては導電性メッシュを採用した。本工法の実現のためには以下の課題が挙げられる。

- (1)導電性メッシュの接続部において電磁シールド性能の低下、および仕上がり時の不陸が予想されるため、導電性メッシュの接続法を検討する必要がある。
- (2)導電性メッシュはメッシュ間隔が狭いほど高い電磁シールド性能を有するが、メッシュ間隔が狭過ぎると塗床材と床の接着性が悪化することが考えられる。電磁シールド性能と接着性のバランスのとれたメッシュ間隔を選定する必要がある。

既存の塗床材と導電性メッシュを組み合わせ、以上の開発課題を解決した電磁シールド塗床工法の開発を行った。

2.3 天井

天井の電磁リニューアル工法は、吊り天井の下地材に導電性織布等の電磁シールド材を貼り、岩綿吸音板等で仕上げる方法が考えられる。しかし、天井に設置される照明器具、スピーカー、煙感知器、空調アネモなどの金属製設備機器と、電磁シールド材との隙間による電磁シールド性能の低下が予想されるため、これらの機器の接続方法を検討する必要がある。

天井設置の設備機器の施工方法を含めて、以上の課題を解決した電磁シールド天井工法の開発を行った。

§ 3. 実験

前章で抽出した課題を解決すべく、電磁シールド性能の確保と施工性に留意して開発した壁、床、天井の電磁リニューアル工法を適用して、各部位ごとに試験施工を行い、電磁シールド性能試験を行った。

3.1 試験体

3.1.1 壁試験体

電磁シールドスチールパーティションは既存スチールパーティションの部材間を、より細かい間隔でビス止めをするなど、部材間の電氣的接続がより確実になるようパネルを改良した。窓部には、電磁シールドガ

ラスを使用した。扉部は、導電性ガスケット付きの三方枠とステンレス製つづりを設け、扉本体は反りを防ぐために構造を強化するなど、扉本体と枠の電氣的接続が確実になるよう改良した。

また、図-2に示すように、電磁シールドスチールパーティションと床、天井の電磁シールド材とは、床および天井の不陸を吸収して電氣的接続が簡易に確実にできるよう、導電性ガスケットを介して接続した。

3.1.2 床試験体

電磁シールド塗床は、既存塗床材とニッケルと銅がコーティングされたガラスクロス製導電性メッシュの組み合わせにより構成した。その構造は、図-3に示すように導電性メッシュを電磁シールド層とした5層構造で、床面から中塗までの厚さは1.0~1.5mmである。導電性メッシュは電磁シールド性能および塗床材の接着性を考慮して1.5mmメッシュ間隔とした。また、導電性メッシュ接合部の電氣的接続を確実にするため、導電性メッシュ端部をカーボン系導電性接着剤で接続した。この接合部に現れる不陸は中塗により平準化できる。

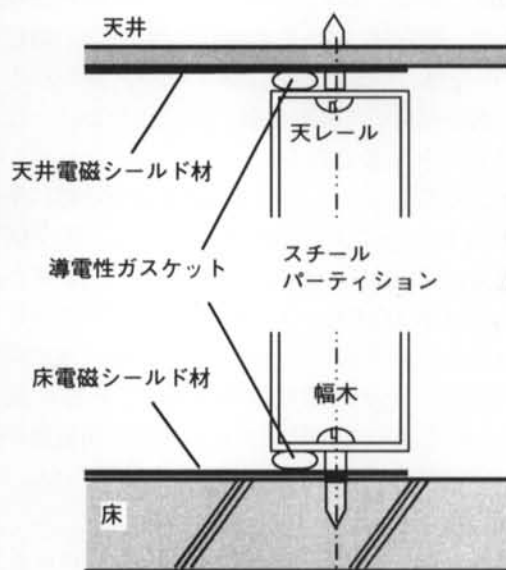


図-2 電磁シールドスチールパーティションと床/天井の接続例

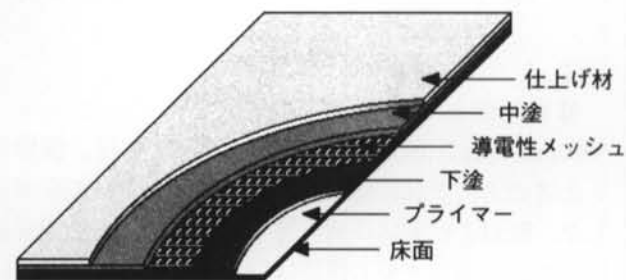


図-3 電磁シールド塗床の構成

なお、塗床材はウレタン系とエポキシ系のどちらかを選択可能であり、塗床材以外にタイルカーベットや長尺シート等での仕上げも可能である。

3.1.3 天井試験体

電磁シールド天井は、図-4に示すように下地用石膏ボードに導電性織布を貼り、最後に岩綿吸音板で仕上げることにより構成した。また、天井設置設備である照明器具、スピーカー、煙感知器、空調アネモは、金属製の枠を有する機器を選定し、これらの機器と天井面とが接触する部分に導電性ガスケットを取り付けて電氣的接続を確実にした。

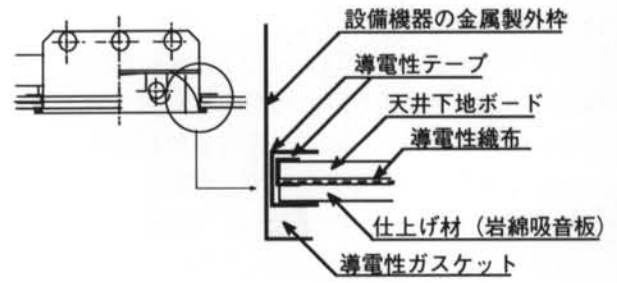


図-4 電磁シールド天井の設備機器(蛍光灯)取付例

3.2 試験方法

3.2.1 壁試験方法

電磁シールドスチールパーティションを用いて図-5に示すような約3600mm×4500mm×高さ2600mmの部屋を実験室内に構築し、部屋の電磁シールド性能を測定した。天井および床部は鋼板により、電磁シールド性能を確保した。部屋は、窓部、ランマパネル部、扉部、および一枚パネル部の組み合わせで構築した。測定は、A～Dの4部位で行った。測定部位Aは窓中央部、測定部位Bはランマパネルのパネル中央部、測定部位Cは扉中央部、測定部位Dは一枚パネルのパネル中央部である。

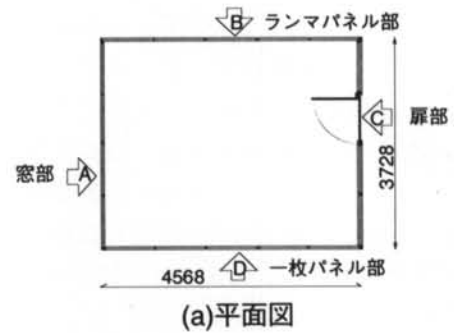
各部位の電磁シールド性能はMIL-STD285に準拠した挿入損失法^{2),3)}により図-6のように、送受信アンテナは測定部位から1000mmの等距離となるように設置し、周波数25MHz～3GHz間で、10秒間のピークホールド測定を行った。リファレンス値は電波暗室内で送受信アンテナ間距離2000mmにて同様の測定を行ったものを用いて、リファレンス値と測定値の差により測定部位の電磁シールド性能を評価した。

3.2.2 床試験方法

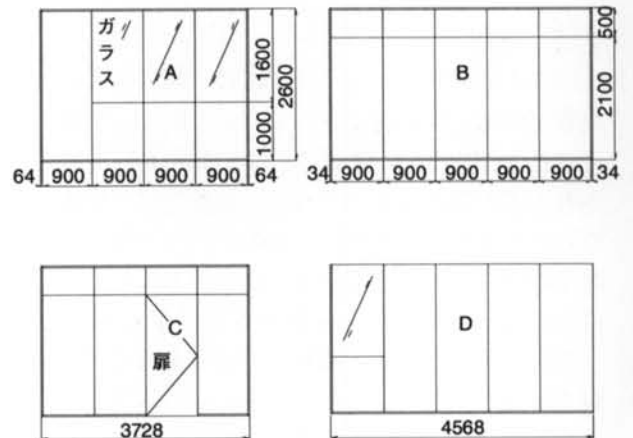
電磁シールド塗床を8000mm×6000mm×高さ2600mmの部屋の床に試験施工し、床の電磁シールド性能を測定した。天井および壁部は鋼板等で電磁シールド性能を確保した。電磁シールド性能は、壁と同様に挿入損失法により部屋中央の上下階層間で測定した。

3.2.3 天井試験方法

導電性織布を電磁シールド材として4000mm×5000mm×高さ2600mmの部屋の天井に各種設備機器を上述の工法で試験施工し、電磁シールド性能を測定した。壁および床部は鋼板等で電磁シールド性能を確保した。電磁シールド性能は壁と同様に挿入損失法により各設備機器の中心の上下階層間で測定した。



(a)平面図



(b)立面図

図-5 電磁シールドスチールパーティション試験体

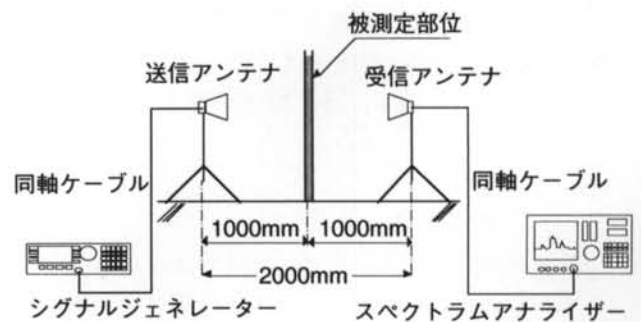


図-6 挿入損失法

§ 4. 電磁シールド性能試験結果

壁（壁と床、天井の接続を含む）、天井、床の電磁シールド性能試験の結果を表-1にまとめる。

4.1 壁

接合部の改良および床、天井との電氣的接続処理を行った電磁シールドスチールパーティションの窓、ランマパネル、扉、一枚パネルのすべての測定部位で、周波数25MHz～3GHzで電磁シールド性能30dB以上を有していた。既存のスチールパーティションの各接続部、および、床、天井との電氣的接続を確実に行うことにより、目標の電磁シールド性能を達成できることがわかった。

4.2 床

既存塗床材と導電性メッシュの組み合わせにより床レベルの増加分を1.0～1.5mmに抑えつつ、周波数25MHz～3GHzで40dB以上の電磁シールド性能を有していた。施工時に導電性メッシュ接合部を導電性接着剤で接続すれば、目標の電磁シールド性能を達成できることがわかった。また、床と塗床材の接着性は既存塗床材と同等であり、電磁シールド性能と接着性能のバランスを考慮すれば、メッシュ間隔1.5mmは適切であることがわかった。

4.3 天井

周波数25MHz～3GHzで電磁シールド性能は40dB以上であった。金属枠の設備機器を天井に設置する場合には、今回採用した施工法のように、設備機器枠と天井電磁シールド材との電氣的接続を取るだけで良いことがわかった。

測定部位		電磁シールド性能
電磁シールドスチールパーティション(壁)	A窓	33dB
	Bランマパネル	32dB
	C扉	33dB
	D一枚パネル	32dB
電磁シールド塗床	床中央部	40dB
電磁シールド天井	蛍光灯	45dB
	ダウンライト	50dB
	スピーカー	45dB
	煙感知器	50dB
	空調アネモ	43dB

表-1 各部位の電磁シールド性能

§ 5. 電磁環境リニューアル技術による部屋の構築方法

開発した電磁リニューアル工法により、壁、床、天井の各部位ごとの電磁シールド機能の付加が可能となった。これらの工法を用いて部屋を構築する電磁環境リニューアル技術の施工手順、施工日数について検討を行った。一例として既存建物内に床面積50m²程度の新たな部屋を構築する場合の施工手順を図-7に示す。

まず天井下地に導電性織布を貼り、床端部に導電性メッシュを敷設する。次に天井および床の電磁シールド材との電氣的接続を取りながら壁を施工する。電磁シールドスチールパーティションは、在来スチールパーティションと同等の手順で施工が可能であり、作業者の技能の習熟度によらず均一の電磁シールド機能を有した壁が施工可能である。以上の天井、壁の施工は1日で完了する。

電磁シールド塗床は、まずプライマー塗布、下塗

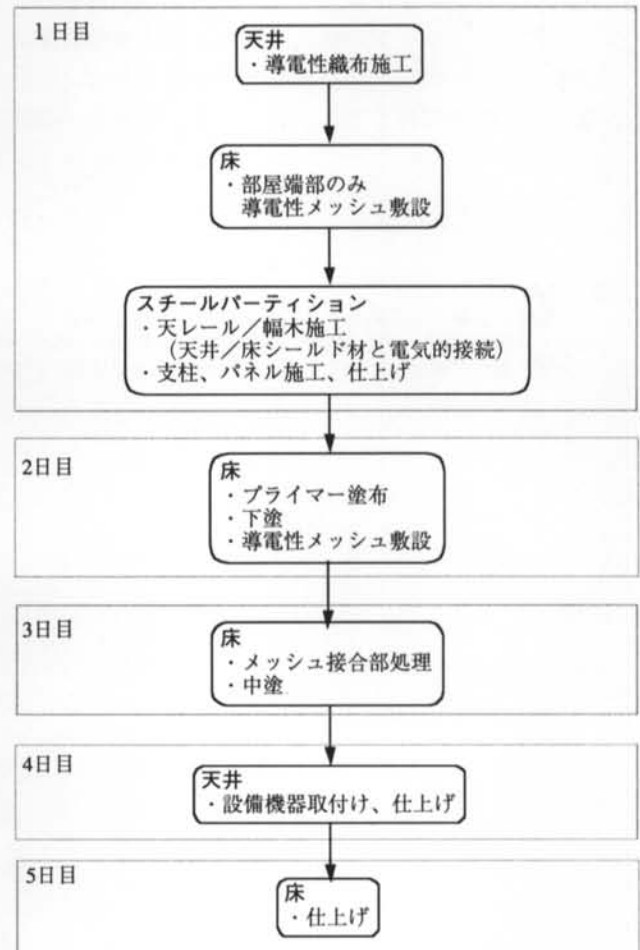


図-7 電磁環境リニューアル技術による部屋の構築手順

り、導電性メッシュ敷設を行い、その後接合部の処理、不陸防止のための中塗りを行う。中塗りまでの厚さが1.0～1.5mmであり、非リニューアル部分との段差がほとんど生じない構造となっている。塗床材の養生期間が必要なため標準的な施工日数は2日間必要である。最後に天井の仕上げおよび設備機器の取り付けを行い、床を仕上げる。

以上のことから、床面積50m²程度の部屋に本電磁環境リニューアル技術を用いれば、少業種で施工可能、現場加工が少ない等の理由により、天井と壁で1日、床2日、仕上げ1日の計5日間で電磁シールド機能の付加が可能である。

§ 6. まとめ

リニューアル工事によって、周波数25MHz～3GHzでシールド性能30dBの部屋を構築できる電磁環境リニューアル技術を開発した。

電磁シールドスチールパーティションは、既存のスチールパーティションの構造を基本にパネル接続部および床、天井との電気的接続をビスや導電性ガスケット等により確実にを行うことにより、床、天井との接続

機能を含めて電磁シールド機能を有した壁を数日で施工することができる。

電磁シールド塗床は既存塗床材と導電性メッシュを組み合わせ、電磁シールド天井は導電性織布と既存の金属製設備機器を導電性ガスケットを介して接続することにより、施工前の仕上り状況と差異なく電磁シールド機能を有した床、天井を施工できる。

これらの工法を組み合わせることにより、既存建物内に、簡易に電磁シールド機能を有した部屋の構築が可能となった。大がかりなりニューアル工事が不要なため、オフィスビルの役員室や生産施設、病院の検査室等の床面積50～100m²程度の部屋の構築に有効である。現在工期は5日程度必要であるが、今後、さらなる工期の短縮を目指し、手軽に電磁シールド機能を有する部屋を構築可能としたい。

謝辞

本開発の電磁シールドスチールパーティションは、株式会社イトーキ、株式会社イトーキクレリオ、電磁シールド塗床は株式会社エービーシー建材研究所との共同研究によって実施されたものである。ご協力をいただいた関係者各位には末筆ながら感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 日本建築学会編：“電磁環境と建築設計”，丸善，2000.
- 2) 米国国防総省規格：“電子関係の試験に用いる電磁シールド室の減衰測定”，1956.
- 3) 電気学会編：“電磁波の散乱・吸収計測と建築電磁環境”，コロナ社，2000.