

建築物の現場における電磁シールド性能測定法

The Measuring Method of EM Shield Effects at Construction Site.

志田 浩義 HIRO SHIDA*1、吉野 涼二 RYOJI YOSHINO*2、笠井 泰彰 YASUAKI KASAI*3

This Paper describes the method of measuring for the Electromagnetic shielding effect of enclosures at construction site.

Key Words: Electromagnetic Shielding, Screened Rooms, Shielded Enclosures, Shielding, Mil Standard,

1. 活動の概要

電磁場計測手法サブワーキンググループは、日本建築学会における電磁環境各種計測評価法の標準化を目指し、原案作成の作業を行っている。その一つとして、1999年に検討を行った建築物の現場における電磁シールド性能測定方法の検討結果を報告する。

建築物における電磁シールド技術の用途はテレビ受信障害および室内無線 LAN (Local Area Network) 通信障害対策、又、工場のロボット等の誤作動防止、医療機器のトラブル防止、その他、電子機器の誤作動、トラブル防止、機密情報の漏洩防止、コンサートホール、劇場などでの携帯電話発着信防止や無線 (ワイヤレスマイク) 等の混信防止など、様々な分野で利用されている。電磁シールド効果の測定法としては米国軍規格の MIL-STD285 がよく知られているが、最近では IEEE299 が国際規格として標準化されている。MIL-STD285 は 1997 年に廃止となったが今でも建築現場では広く用いられその結果を建築現場における電磁シールド性能として使用している場合が多い。電磁場計測手法サブワーキンググループでは、現場における測定方法として、前述の測定法を基にし測定方法の検討を行った。

2. 検討の経緯

電磁シールド性能の測定には、材料そのものを試験室

や実験室において測定する場合と、建築現場において建築物を測定する場合があります、それぞれの目的を持って実

施される。本測定法案は後者の建築物の現場における電磁シールド性能を測定する目的で検討作成された。また、検討に先立ち、従来の測定方法の持つ問題点、信頼性を確認するため SWG メンバーが所有する電磁シールド施設とそれぞれの測定装置を使用し、持ち回り試験を行った。

この実測試験は以下の共通事項の基に実施された。

MIL-STD285 を熟読して実施 (MIL-STD285 法を基本とした)

壁の指定箇所、および扉 (測定箇所は適時判断) を対象

壁面の測定対象位置は測定を行う前に「点」で指定

測定界 (近接電界、近接磁界、遠方界)、測定周波数の指定

測定偏波の指定

この結果、以下の様な事が認められた。

- ・各測定機関によって MIL-STD 285 法に対する解釈の違いが認められた。
- ・測定対象界によっては、測定機関による差が 30dB 以上ある。
- ・アンテナの移動方法、距離に各機関で相違点があった。
- ・測定部位に対する定義に違いがある (扉)。

*1 (株) トキン・イー・エム・シー・エンジニアリング 計測事業部 Tokin EMC Engineering Co., Ltd. EMC laboratory division

*2 大成建設(株)技術研究所 建築環境部 音・電磁環境研究室

*3 (株)大林組技術研究所 音響・電磁研究室

・近接磁界については、測定値のばらつきが少なかった。
実測試験の結果をふまえ、さらに従来の方法の長所を取り入れながら原案の作成を進めた。特に以下の点を考慮した。

- ・従来の現場測定での問題点。
- ・これまでよく用いられてきた測定法である MIL-STD285 の優れた点と問題点。
- ・現状において最もよく用いられている方法を基本とすること。
- ・試験に使用される機器を明確にし、手持ちの測定器や汎用機材を用いた測定法であること。
- ・できるだけ容易で単純な測定法で、測定時間が削減できること、また、同時に誤差の少ない測定法であること。
- ・本文に加え付属解説書を作成し、理解を容易にするとともに実例、具体的仕様等を示す。

今回、作成された「建築現場における電磁シールド性能測定法」および「同付属説明書」を資料として次頁以降に示す。

3. まとめ

今後、現場における電磁シールド性能測定法としては、本測定法（案）では含まなかった測定位置の特定を検討していきたい。また、検討した内容を再度実測試験において検証し、有効性を確認したい。なお、前記の電磁シールド性能測定法に関する持ち回り試験結果については内容が膨大なため、別途詳細報告の場を持ちたいと考えている。

4. むすび

当委員会は、建設会社や材料・機器メーカーが中心となって活動を行っており、なるべく広く意見を取り入れたつもりではあるが、他分野から見た場合、偏った案となっている可能性もある。本案が建築分野のみならず、他分野においても性能評価法の標準として広く受け入れられるものとするため、各界の批判、批評を仰ぎたいと考えている。

[電磁場計測手法 SWG メンバー]

太田 公春	住友特殊金属(株)
大橋 健二	アンリツ(株)
影山 健二	(株)竹中工務店
笠井 泰彰	(株)大林組
勝又 陽一	(株)フジタ
川崎 恭正	アジレント・テクノロジー(株)
後藤 悦孝	協立電子工業(株)
三枝 健二	日本大学
志田 浩義	(株)トーキン・イ・エム・シ・エンジニアリング
島筒 博章	三菱重工業(株)
富樫 元康	日本板硝子環境アメニティ(株)
長田 耕治	清水建設(株)
永野 眞	セントラル硝子(株)
平井 淳一	鹿島建設(株)
堀之内 淳	(株)翔建設計
村上 幸司	建設省
吉野 涼二	大成建設(株)

建築物の現場における電磁シールド性能測定方法（案）

名 称 : 建築物の現場における電磁シールド性能測定方法

適用範囲 : この基準は、各種建築内及び外部に面する壁、扉等各部位の電磁波に対する遮蔽性能を、電磁波発信源を用いて測定する方法について規定する。

測 定 量 : 電磁シールド性能（界強度レベル差、単位：dB）

測定周波数帯域及び測定界 : 原則として対象周波数及び測定界は、下記のものとする。

10k ~ 30MHz : 近接磁界（低インピーダンス界）

10k ~ 30MHz : 近接電界（高インピーダンス界）

30M ~ 3GHz : 遠方界

測定装置 :

発信装置 : 信号発生器を用いる。連続周波数の測定ではスペクトラムアナライザ内蔵のトラッキングジェネレータ<TG>を用いることも可能である。
必要により電力増幅器、減衰器を用いる。

アンテナ : 原則として下記の送信、受信アンテナを用いる。

- ・ 近接磁界 ループアンテナ（12 インチ径が一般的であるが、特に規定しない）
- ・ 近接電界 ロッドアンテナ（41 インチ長が一般的であるが、特に規定しない）
- ・ 遠方界（同調アンテナ）半波長ダイポールアンテナ
（広帯域アンテナ）バイコニカルアンテナ
ログペリオディックアンテナ
ダブルリッジガイドホーンアンテナ

受信装置 : 電界強度計、スペクトラムアナライザ、または、ネットワークアナライザを用いる。必要に応じて前置増幅器、減衰器を用いる。機器の配置が測定値に影響を与えないことを事前に確認する。

ケーブル : 電磁波シールド仕様で測定系のインピーダンスと整合の取れた同軸ケーブル（5D-2W など）とし、高調波数での測定には場合によっては減衰の少ないものを使用する。配線の引回し等が測定値に影響を与えないことを事前に確認する。

その他 : 測定に必要とされる他の備品類は、極力測定値に影響を与えないものを使用する。また、

測定時の人数も最低限とする（特に電磁シールド室内）。

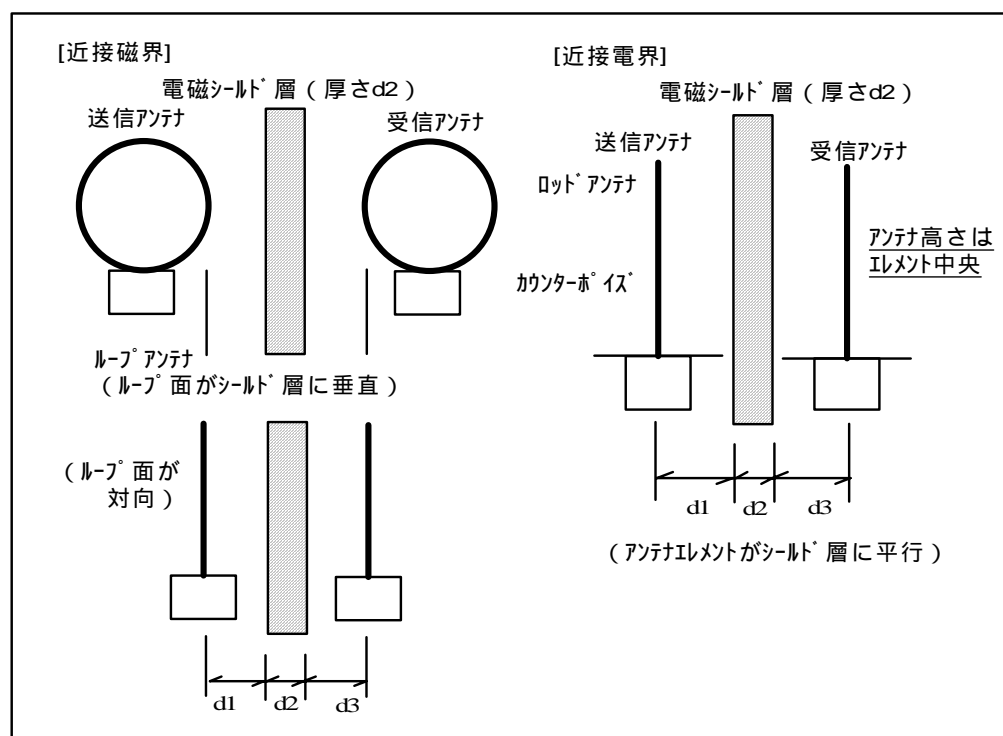
測定方法：

- 発信装置の設定：
- ・信号発生器、電力増幅器、送信アンテナは、測定周波数において安定した周波数特性と、十分な出力を有するものとする。
 - ・必要により減衰器を用いる。
 - ・発信信号は正弦波とする。

- 測定方法：
- ・周波数 10k ~ 30MHz を対象とする近接界測定（電界および磁界）は、挿入損失法にて行う。
 - ・周波数 30MHz 以上の遠方界測定（電界）においては挿入法を基本とするが、透過損失法で行う場合もある。

[近接界測定]

挿入損失法測定



- 1) 基準値測定：対象の電磁シールド層（厚さ d_2 ）を挟まない状態において、 d_2 および送・受信アンテナと電磁シールド層表面までの距離 d_1 、 d_3 の総和 D （ $=d_1+d_2+d_3$ ）だけ送受信アンテナ間隔を離れた時の送信信号の受信レベル L_1 を受信装置により測定する。基本的に、当測定は現場において、周囲環境による影響の最も少ないと判断される部位において実施する。
- 2) シールド層対象測定時：電磁シールド層を挟み、基準値測定と同一の送信側出力、アンテナ間隔（ D ）、アンテナ設定条件において送受信測定を行った場合の受信レベル L_2 を測定する。

3) d1、d3 の設定

d1、d3 の値は 300mm ~ 1000mm 程度の範囲に設定することを基本とするが、具体的には現場の状況により判断する（結果報告等にアンテナ設定条件を明記すること）。参考までに、既存規格における規定値を以下に示す。

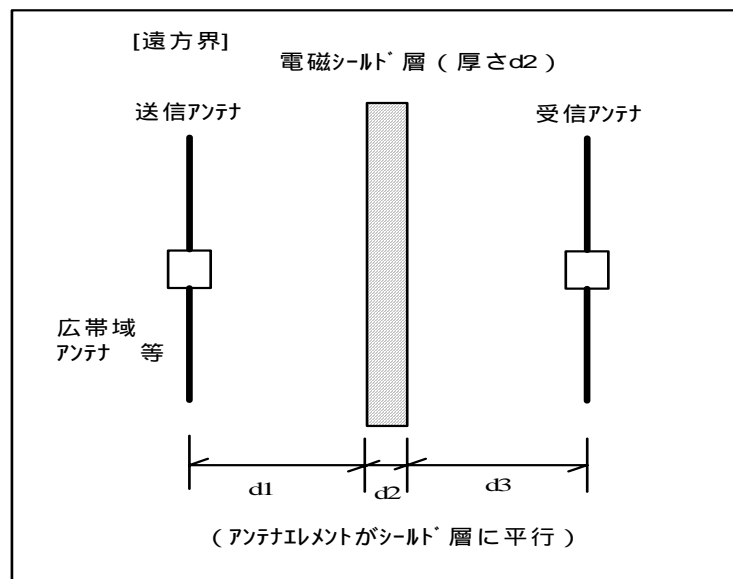
MIL-STD-285（1997 年度廃止）準拠の場合：d1=d3=12inch 305mm

NSA 65-6 準拠の場合： 同 上

IEEE299 準拠の場合： 同 上

[遠方界測定]

(1) 挿入損失法測定



- 1) 基準値測定：対象の電磁シールド層（厚さ d_2 ）を挟まない状態において、 d_2 および送・受信アンテナと電磁シールド層表面までの距離 d_1 、 d_3 の総和 D ($=d_1+d_2+d_3$) だけ送受信アンテナ間隔を離れた時の送信信号の受信レベル L_1 を受信装置により測定する。基本的に、当測定は現場において、周囲環境による影響の最も少ないと判断される部位において実施する。
- 2) シールド層対象測定時：電磁シールド層を挟み、基準値測定と同一の送信側出力、アンテナ間隔 (D)、アンテナ設定条件において送受信測定を行った場合の受信レベル L_2 を測定する。
- 3) d_1 、 d_3 の設定

d_1 の設定は 2 波長 (2λ) 以上を基本とする (例： $d_1=1\text{m}$ とした場合、600MHz 以上の周波数帯域を遠方界測定値として認定し、それ以下の周波数帯域での測定値は参考値扱いとする)。

寸法等の制約により d_1 が 2λ 以上確保できない場合は、対象電磁シールド層と背後障害物との中間位置に送信アンテナを設置するものとする。

d_3 の値は 300mm を基本とする。ただし、受信点付近における測定値のばらつきについて把握し、特異な値 (定在波、共振等) の有無等の問題のないこ

とを事前に確認する。

参考までに、既存の各種規格における $d1$ 、 $d3$ 規定値を以下に示す。

MIL-STD-285 準拠の場合：当手法での測定は規定されていない。

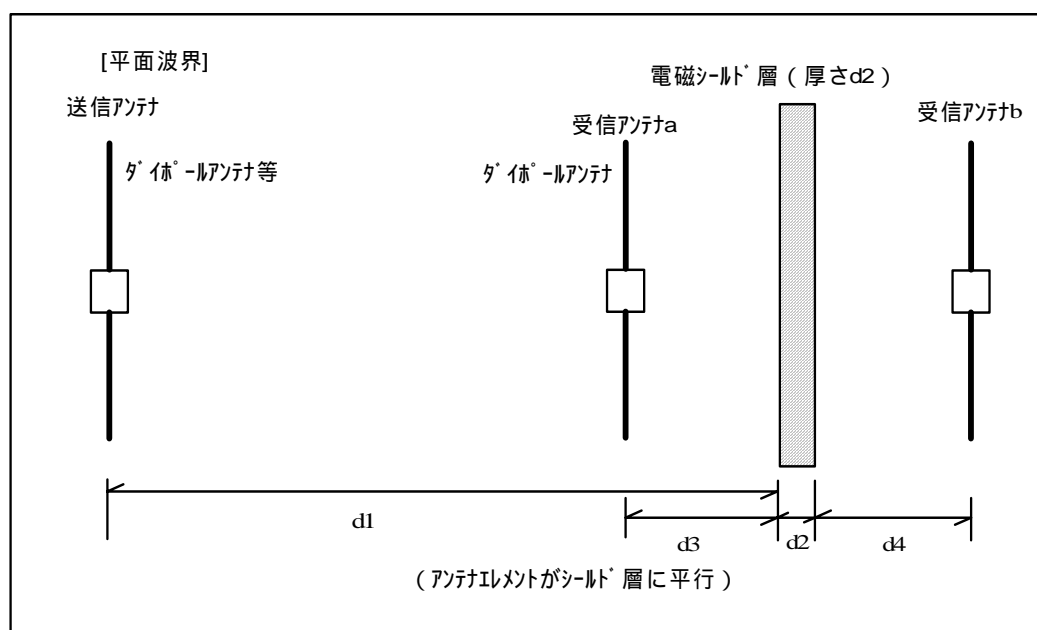
NSA 65-6 準拠の場合： $d1=2$ 以上、 $d3=$ 最小 2inch

IEEE299 準拠の場合：(30M~1GHz) 当手法での測定は規定されていない

(1GHz~) $d1=2m$ 、 $d3=$ 室奥行き $W/2$

- 4) 当手法による測定実施の場合は、結果報告に際して「挿入損失法による」(或いは「NSA 65-6 準拠」「IEEE299 準拠」と記述する。

(2) 透過損失法測定



- 1) 送信アンテナを対象の電磁シールド層より $d1$ だけ離して設置する。
- 2) 受信アンテナ a を電磁シールド層への入射側へ電磁シールド層より $d3$ だけ離して設置し、所定距離移動させ、電磁シールド層への最大入射レベル $L1$ を求める。
- 3) 同様に、受信アンテナ b を電磁シールド層の透過側へも $d4$ だけ離して設置し、(必要に応じて) 所定距離移動させ、電磁シールド層からの (最大) 透過レベル $L2$ を求める。
- 4) $d1$ 、 $d3$ 、 $d4$ の設定

以下のような設定を基本とする (MIL-STD-285 準拠)。

$d1=1800mm$ 、且つ 2 以上

$d3=50mm \sim 600mm$

$d4=50mm \sim 600mm$

参考までに、他の規格設定値を以下に示す。

- NSA 65-6 準拠の場合：当手法での測定は規定されていない
- IEEE299 準拠の場合： $d1=1.3m$ 又は 1.3 の内の大きい方

d3=0.3m、少なくとも /4 移動（上下前後左右）

d4=0.3m

5) 送・受信アンテナについて

受信アンテナは、半波長ダイポールアンテナ、または短縮ダイポールアンテナを使用する。送信アンテナはその限りではない。

受信アンテナの移動は基本的に測定対象面から鉛直の方向とする。ただし、透過面の一部に特異的な指向特性が認められる場合にはその限りではない。

IEEE299 準拠測定実施の場合

送信アンテナ長： /2 受信アンテナ a、b 長： /8

アンテナの偏波：・原則として次の偏波面の測定を実施する。別途指示がある場合はそれに従う。

ループアンテナ	垂直偏波（電界面が地面に垂直）、水平偏波（電界面が地面に水平、必要に応じて実施）、ループ面が対向する向き（「測定方法」の項参照）
ロッドアンテナ	垂直偏波、水平偏波（必要に応じて実施）
バイコニカルアンテナ	水平偏波、垂直偏波
ログペリアンテナ	水平偏波、垂直偏波
ダブルリジッドガイドアンテナ	水平偏波、垂直偏波

測定対象周波数範囲：・原則として次の周波数範囲の測定を実施する。別途指示がある場合はそれに従う。

ループアンテナ	10k ~ 30MHz
ロッドアンテナ	10k ~ 30MHz
ダイポールアンテナ	30MHz ~ 1GHz ~
バイコニカルアンテナ	30MHz ~ 300MHz
ログペリアンテナ	(300MHz) ~ 1GHz
ダブルリジッドガイドホーンアンテナ	1GHz ~

- ・ データベース等の共用公開資料への情報提供を前提とする場合、上記帯域のうち、最低限下記の周波数を対象として測定を実施する。なお、括弧内の周波数については、可能な限り把握するものとする。

[近接磁界・近接電界]

100k, 300k, 1M, 3M, 10M, 30MHz

[遠方界]

(30M), 100M, 300M, 1GHz, (3GHz)

送信、受信アンテナの設定、移動等について：

- ・前記の各測定方法、条件における送信、受信アンテナの設定や移動等に関する各条件は基本的なものであり、現地の状況によりこれらを満足できない場合は、担当者の判断により適切な配置、移動条件を設定するものとする。
- ・測定担当者は、これらの変更の有無に関わらず、各測定実施条件を結果報告等に記載するものとする。

- 受信装置の設定：
- ・受信アンテナ、前置増幅器、電界強度測定器（又はスペクトラムアナライザ、ネットワークアナライザ）は全測定周波数範囲内で安定して十分な出力と良好な周波数特性をもつものとする。
 - ・原則として検波方式は尖頭値とする。
 - ・通過帯域幅の設定は、基準値測定と、シールド層対象測定とで同一とする。

- その他の設定：
- ・高周波数でのケーブルロスを低く抑えるため、アンテナなどへのケーブルは極力短くする。
 - ・電源は商用交流電源を用いる。これが得られない場合、蓄電池、発電機等を用いることになるが、測定時にこれらからの導電性ノイズが測定値に影響を及ぼさないよう処理する。
 - ・機器設置時に、アンテナ、ケーブル、測定者等を多少動かし（揺らす、移動させる等）、受信値の大きな変動の有無を確認する。顕著な変動が認められる場合は適切な対応をとる。

測定結果の整理方法および表示方法：

界強度レベルの算出： ・測定値から下記の計算を行って界強度レベル差を求める。

1) 挿入損失測定値からのレベル差の算出

$$L = L1 - L2 \text{ (dB)}$$

ここで、L：界強度レベル差（dB）

L1：電磁シールド層を挟まない時の受信装置読み取り値
（電圧レベル、dB μ V）

L2：電磁シールド層を挟んだ時の受信装置読み取り値
（電圧レベル、dB μ V）

2) 透過損失測定値からのレベル差の算出

$$L = L1 - L2 \text{ (dB)}$$

ここで、L：界強度レベル差（dB）

L1：電磁シールド層への入射側での受信装置読み取り値
（電圧レベル、dB μ V）

L2：電磁シールド層透過側で受信装置読み取り値
（電圧レベル、dB μ V）

測定値と暗ノイズについて：

- ・ 対象部位における測定の実施に際して、必要に応じて受信位置の暗ノイズレベル L_3 (電圧レベル、 $\text{dB } \mu\text{V}$)を把握する。
- ・ 測定値が L_3 以下の場合、対象信号受信不可能として下記レベル差を求める。
$$L' = L_1 - L_3 \text{ (dB)}$$
 ここで、 L' ：測定限界値
- ・ 表、図等への測定結果の表示に当たっては、適切な方法で「界強度レベル差」「測定限度値」の別を表示する。

挿入損失値と透過損失値について：

- ・ 現状では、周波数 30MHz 以上の帯域を対象とした遠方界測定において適用される可能性のある挿入損失法と透過損失法との測定結果の相関関係は得られていない。
- ・ 測定結果の表記に当たっては、何れの方法を適用したかの明示が必要である。

結果の表示に付記すべき事項：

- (1) 測定現場名、所在地
- (2) 測定対象室の概要（形状、寸法、電磁シールド構造の詳細等）
- (3) 測定位置（出来れば、測定状況写真の添付）
- (4) 測定年月日（曜日）
- (5) 温度、湿度
- (6) 測定機関、測定者名
- (7) 使用機器の名称、測定状況
 - ・ 測定界（近接電界、近接磁界、遠方界）
 - ・ 適用した測定方法（挿入損失法、透過損失法）
 - ・ 測定実施状況（偏波面、送信・受信アンテナ設定位置、及び間隔、移動状況等）
 - ・ 測定対象周波数
 - ・ 発信装置名称、型式、発信信号種類（スイープ、CW）、信号レベル等
 - ・ アンテナ名称、型式
 - ・ 受信装置名称、型式、検波方式、通過帯域幅
 - ・ 使用ケーブルの種類、長さ
 - ・ その他、測定に使用した機器の名称、諸元
- (8) その他、必要と思われる事項