

Title	電力線周辺における非磁性材料を用いた磁気遮蔽に関 する検証
Author(s)	久保, 直也
Citation	電気材料技術雑誌. 2017, 26(1), p. 20-24
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76105
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

電力線周辺における非磁性材料を用いた磁気遮蔽に関する検証

久保 直也

株式会社きんでん 京都研究所 〒619-0223 京都府木津川市相楽台 3-1-1

Inspection about the Magnetic Shielding using the Nonmagnetic Materials around the Electric Power Line

Naoya KUBO

Kinden Corporation, Kyoto Institute, 3-1-1, Saganakadai, Kizugawa, Kyoto 619-0223, Japan

Magnetic shielding effect when the nonmagnetic material surrounds four aspects of electric power line circumference was examined by both of a physical experiment with three-phase electric power line and a simulation experiment with finite element method. In the results, the magnetic shielding effect by nonmagnetic materials was got, even if it was the type of plates surrounding all four sides of cables. Then, with the thickness of nonmagnetic materials and the frequency, it was confirmed that magnetic shielding effects increased.

キーワード:磁気遮蔽,電力線,非磁性材料,材料厚さ,周波数

1. はじめに

電気設備から発生する低周波磁界は,電子顕微 鏡や MRI などに対し,画像乱れなどの磁気障害 を発生させる¹⁾²⁾。磁気障害防止のため,透磁率 の高い磁性材料で部屋を構成するシールドルー ムによる磁気遮蔽が一般的で,従来の簡易式³⁾が 概略設計に利用される⁴⁾が,対策費が高価であ る。

そのため,主要な磁界発生源である電力線周辺 を磁性材料で囲む磁気遮蔽について,より効果的 な手法を検討してきた。これまでの研究のなか で,パーマロイなどの磁性材料による磁気遮蔽効 果が大きいことは明らかである⁵⁾⁶⁾。これに対し, 円筒形状による銅やアルミニウムなどの非磁性 金属の場合でも,低周波磁界での遮蔽効果が認め られる報告がある⁷⁾。これは材料内に生じる渦電 流の作用によるもので,厚さが増すことで遮蔽効 果が増大する点についても示されている。

しかし,建物内の電気室から分電盤への電力線 が多く集中し,漏洩磁界が懸念される配線部分に おいては,ケーブルラック上での配線が一般的で あり,円筒形状よりも角筒形状による遮蔽方法 が,作業面などにおいて現実的である。また,電 力線の通電電流は商用周波数帯が主成分である が,高調波(数100Hz帯)および高周波成分(kHz 帯以上)も含まれ,導電率が高い非磁性金属にお ける周波数特性の検証は有効だと考える。

そのため、角筒形の非磁性材料による磁気遮蔽 効果の大きさを実験および解析により検証した。 角筒形の非磁性材料において、遮蔽効果の有無を 確認するとともに、材料厚さおよび周波数による 違いについて検証した内容を報告する。

2. 実験による検証

2.1. 実験方法

図1に実験装置を示す。交流安定化電源(エヌ エフ回路設計ブロック EC1000S×3台および As-142 により構成)および三相変圧器(3.5kVA, 200V/2.5V)を用い,電力線(CV150mm²-1C×3 本)に電流(三相 60Hz,実効値 200A)を通電で きる回路を形成した。座標軸は電力線の長さ方向 を x 軸,鉛直方向を z 軸とし,電力線を木製およ び樹脂製の支持台上に,相間距離 50mm で横一列 に設置した。また,磁束密度の測定には3軸型の 磁界計測器(MTI製 MM-340)を用い,磁気プロ ーブをステンレス製支持台に固定した。各3軸成 分の実効値の合成値として,磁束密度実効値 B ms を記録した。電流センサからオシロスコープ(横 河電機製 DL750)に出力し,通電電流の大きさ および位相を確認した。

図2に材料配置および計測点を示す。非磁性材料には厚さ0.5mmの銅板を選定し,電力線周辺を 正方形管形状(全長1m)に取り囲んだ。正方形 管の構成では,実際の対策での部材を想定し,幅 150mm の平板と幅 30mm の L 形の部材を組み合 わせた。平板4枚とL形4本を組み合わせた「4 面+4L」の条件のほか,「平板4枚のみ」の条件 でも磁気遮蔽効果を確認した。

2.2 実験結果

図3に,各遮蔽条件における磁束密度の距離分 布を示す。非磁性材料であっても、わずかに磁束 密度を低減できることを確認した。図4に,各遮 蔽条件における磁気遮蔽効果の距離分布を示す。 磁気遮蔽効果Sは,(1)式により算出している。

磁気遮蔽効果 S

= (遮蔽前の B_{rms}) / (遮蔽後の B_{rms}) (1)

電力線から 150mm の位置での磁束密度は,「4 面+4L」の遮蔽条件で約 12%,「平板4面のみ」 の遮蔽条件で約 4%低減する結果となった。また, 本検証位置では,電力線からの距離にともない, 磁気遮蔽効果がほとんど変わらないことを確認 した。



電気材料技術雑誌 · 第26巻第1号

J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.26, No.1 2017

3. 解析による検証

3.1. 解析方法

市販の電磁場解析ソフトウェア(フォトン製 PHOTO-EDDY jw)を用い,有限要素法による周 波数応答解析を実施した。図5に解析モデル形状 および評価点を示す。

まず,実験との比較のため,幅1m×高さ1m ×長さ3mの有限長モデルを用意した。長さ3m の電力線を中心間距離50mmで横一列に配列し, その中央部を厚さ0.5mm,長さ1mの銅板による 正方形管(各辺150mm)で囲むモデルとした。な お,正方形管の角部において,閉じたモデルと開 いたモデル(約3mmの隙間)を用意し,モデル の対称性を考慮し, x方向およびz方向でそれぞ れ 1/2 に分割した解析モデルとした。解析モデル の要素数は約136,000である。実験時と同様に, 電流は三相200A,評価点は電力線の中心より上 側のz座標150mm~300mmの位置とした。

なお,銅の導電率は5×10⁷ S/m とした。銅板 の表皮厚さは,周波数 60Hz では 9.2mm だが,周 波数 10kHz では 0.7mm となる。表皮厚さの部分









では,そこを3層以上に要素分割する必要性⁸⁾を 考慮し,銅板の解析要素を細かく分割している。

3.2. 解析結果

まず,材料厚さ 0.5mm,周波数 60Hz の条件で 解析を実施した。図4の実験結果とともに,図6 に有限長モデルにおける解析結果を示す。正方形 管の角部を閉じた条件の解析結果は実験[4面+ 4L]時,角部を開いた条件の解析結果は実験[4面 のみ]時とそれぞれ同様の磁気遮蔽効果であり, 当解析モデルにおいて,非磁性材料による磁気遮 蔽効果を十分に予測できることを示している。

3.3. 長さ方向の磁束密度分布

図7に電力線の長さ方向(x 方向)の磁束密度 分布を示す。角部を閉じた正方形管モデルで,電 力線からの距離は 150mm である。遮蔽時におい て,遮蔽材端部では,磁束密度が大きく端部の影



図6 解析による磁気遮蔽効果





Fig.7 X direction magnetic flux density distribution (z : 150mm)



図8 材料厚さにともなう磁気遮蔽効果

響が見られるが、中心部では位置による違いがほ とんどなく一定である。このため、長さ方向中心 部の解析であれば、無限長を模擬する2次元モデ ルでも、同じ解析結果を得られる。解析時間短縮 のため、2次元モデルにより特性の検証を進め た。

4. 材料厚さおよび周波数による違い

角筒形の非磁性材料において,材料厚さおよび 周波数による磁気遮蔽効果の違いについて,2次 元モデルを用いた解析により検証した。なお,解 析モデルの要素数は約29,000で,いずれの検証に おいても,電力線から150mmの位置での磁気遮 蔽効果を算出している。

4.1. 材料厚さによる違い

図8に材料厚さにともなう磁気遮蔽効果の解 析結果を示す。銅板の厚さとして 0.5mm~4.2mm の条件で解析した結果,厚さにともない磁気遮蔽 効果が増大し,厚さ 4.2mm の条件では磁束密度を 約1/6 に低減できることを示した。

4.2. 周波数による違い

図9に周波数にともなう磁気遮蔽効果の解析 結果を示す。通電電流の周波数として 60Hz から 50kHz の条件で解析した結果,周波数にともない 磁気遮蔽効果が増大し,周波数 10kHz では磁束密 度を約 1/100 に低減できることを示した。

5. おわりに

角筒形の非磁性材料による磁気遮蔽効果の大





きさを実験および解析により確認し,材料厚さお よび周波数による違いについて検証した。主な結 果を以下に示す。

(1) 基本モデルでの実験および解析による検 証において,角筒形であっても非磁性材料(銅板) による磁気遮蔽効果を得られることを確認した。 また,その両者が同様の結果であり,今回の検証 で用いた解析モデルにより,非磁性材料による磁 気遮蔽効果を十分に予測できることを示せた。

(2)電力線に近い位置(z座標 150mm)にお いては,遮蔽材の中心部では長さ方向の位置によ る違いがほとんどなく一定であり,有限長モデル でなく,2次元モデルでも同じ解析結果を得られ ることを示せた。

(3)角筒形の解析モデルにおいて,非磁性材料の厚さにともない,磁気遮蔽効果が増大することを確認した。しかし,磁性材料に比べてその遮蔽効果は小さく,60Hzの条件で単純に厚さを増やしても材料費の増加に対して効果が小さく,実際の設計で採用する可能性は低い。

(4)角筒型の解析モデルにおいて、周波数の 大きさにともない、磁気遮蔽効果が増大すること を確認した。10kHzの場合は約1/100に低減でき るため、高周波を含有する通電電流の場合、磁性 材料と非磁性材料の複合タイプで高い効果を得 られる可能性が高い。

参考文献

 石川登:病院施設における低周波磁界の低減 対策,電気設備学会誌, Vol.26, No.10, (2006), pp.783-787

Fig.8 Magnetic shielding effect with material thickness

電気材料技術雑誌 第26巻第1号

J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.26, No.1 2 0 1 7

- 日本建築学会:電気室から漏洩する磁場の予 測・対策・計測評価技術,丸善出版,(2014)
- Wills, A.P. : On the Magnetic Shielding Effect of Tri-Lamellar Spherical and Cylindrical Shells, Phys. Rev.9, (1899), pp.193-213
- 4) 山崎慶太,藤原耕二,近藤俊成,稲本吉宏:
 三次元磁界解析による磁気シールドルーム
 形状の設計,日本建築学会計画系論文集 第
 493 号, (1997), pp.93-98
- 谷口和彦,森田祐志,久保直也:三相電力線 からの極低周波磁界に対する磁気シールド に関する検討,電気学会論文誌 B, Vol.123, No.6, (2003), pp.734-741
- 6) 久保直也,谷口和彦,森田祐志,道下和明: 低周波磁気遮へい効果における磁性材料の
 多層化による影響,第 20 回電気設備学会全 国大会講演論文集,(2002), pp.17-18
- 7) 山崎健一,河本正,藤波秀雄:円筒型シール ド材による3相交流電流路の磁界遮へい効

果, 電気学会論文誌 B, Vol.119, No.2, (1999), pp.252-258

高橋則雄:三次元有限要素法 磁界解析技術の基礎, 電気学会, (2006)

(2017年8月2日 受理)

著者略歴



 久保 直也(くぼなおや)
 1972年生。1996年3月姫路工業 大学大学院工学研究科修士課程
 電気電子工学専攻修了。同年4月
 株式会社さんでん入社。2017年3
 月広島工業大学大学院工学系研

究科博士後期課程知的機能科学専攻修了。博士(工学)。主と して,建築電気設備の磁気環境に関する研究に従事。電気設 備学会,日本建築学会,電気学会,照明学会員。