

# 鉄筋コンクリート部材の磁場特性と磁気シールド効果に関する研究

石川 登  
(技術研究所)

## § 1. はじめに

最近、走査電子線の制御を必要とする装置や製品が普及しつつある。それらは、省エネルギー設計により出力の小さい電子線を使用したり、性能向上や小形化のため微弱な磁場のコントロールが要求される傾向がある。一方、建設構造物に使われる鉄骨や鉄筋は、製造工程・運搬・加工時に種々の磁気的な履歴を受け帯磁している。そのため、特に消磁を施さない鋼材を使用している一般の建設物では、鋼材の近傍に磁氣的に均一でない場が形成される。

これまで磁場を考慮した建設物としては、微小磁界の

材 料 名 ( $I_i$ )	備 考	$\times \times 0.5 I' (\times 10^{-6} \text{emu/cc})$					
		0.1	1	10	100	1,000	10,000
セメント	普通ポルトランドセメント 白色セメント			■			
石灰岩 砕石	粉 末			■			
	7 号 6 号			■			
稲田産 白みかけ砕石	細 粒			■			
	1 分 3 分		■				
川 砂 利						■	
パーライト コンクリート	白色セメント 比重1.07			■			
レジン コンクリート	不飽和ポリエステル樹脂 白みかけ砕石			■			
集 水 管	無筋 $\phi 100$ 普通ポルトランドセメント					■	
アスファルト 防 水 層	ゴム化アスファルト系 ガムロン2号			■			
ビニル床タイル	半硬質 ㊦2						■
ビニル床シート	アロンフローリング㊦2.5			■			
石こうボード				■			
塗 料 O.P				■			
" V.P				■			
" エポキシ樹脂				■			
$I_i + I_r$	以下、磁化率で示す	0.1	1	10	100	1,000	10,000
アルミニウム			■				
黄 銅	一般市場品					■	
ステンレス	SUS 304 一般市場品					■	

(応用地質調査事務所資料より抄録)

表一 建築材料の磁化の強さ一覧

測定や高感度の精密な磁界測定を目的としたものや<sup>1)</sup>、天体観測の一環とした地磁気観測の施設がある<sup>2)</sup>。前者は、外部からの磁気雑音や地磁気を遮蔽した空間を作ることが必要となり、一般に磁気シールドルームと呼ばれる特殊な施設が使用される。後者では、地磁気によって建設物が磁化されると、精密な地磁気観測ができなくなる。そのため、地磁気によって磁化されにくい構造物を作ることが必要となり、帯磁力の小さな材料ならびに非磁性の材料が使用されている<sup>2)</sup>。

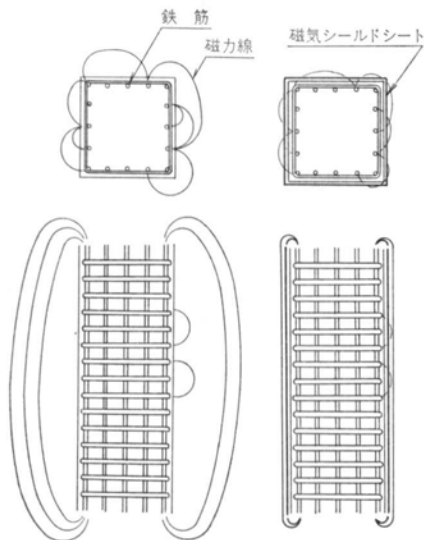
一方、前述の装置や機器製品は一般の建設物内に配置されるため、構造材に起因した磁場の乱れが大きい場合、建設物の使用に制約を与えることとなる。したがって、これらの磁場の擾乱を抑制する方法が、今後要求されるようになると思われる。

本報告は、某電子機器組立工場の施工に際して、鉄筋コンクリート造の柱の磁界の強さを測定するとともに、その影響を軽減するための対策について実験的に検討したものである。

## § 2. 鉄筋コンクリート部材における磁界の概念

鉄筋コンクリート部材は、主としてコンクリートと鋼から構成されている。コンクリートの磁化率は極めて低く、通常の使用状態ではほとんど磁化しないものと考えられる<sup>2)</sup>。一方、鉄筋は複数本の軸方向の鉄筋と、それを取り囲むフープ筋から構成されている。鉄筋が磁化される機構は詳細には不明であるが、その可能性としては以下のことが考えられる。

- (1) 製造時の変形あるいは残留応力
- (2) 運搬あるいは保管時に地磁気や高電圧電源により形成された磁場による帯磁
- (3) 加工時における変形による磁気異方性<sup>3)</sup>
- (4) 溶接組立時の通電により形成された磁場による帯磁



図一 鉄筋コンクリートの磁界とそのシールドの模式図

名称	製造者	仕様
珪素鋼板	新日鉄	ハイライトコア H14 ( $t=0.5\text{mm}$ )
アモルファステープ	日本非晶質金属	METGLAS 2826 MB ( $t=40\ \mu\text{m}$ )
アモルファス粉末	同上	METGLAS 2826 MB
フェライト粉末	日本フェライト	EP-001(GP) ( $\bar{d}=9.5\ \mu\text{m}$ )

表一 使用材料

珪素鋼板	アモルファステープ	アモルファス粉末	フェライト粉末
珪素鋼板を折り曲げ、柱にだかせる。	アモルファステープを柱に巻く。	水性エマルジョンペイントに混ぜ、コルパネに塗る。	モルタルに混ぜ、コンパネに塗る。

表一 被覆方法

切断加工後の鉄筋はほとんどが磁化されており、鉄筋の両端には明瞭に磁極が現われる。また、鉄筋の圧接部は、他の一般部分よりも特に強い磁化が認められた。これは、圧接の加圧による変形が磁気異方性を引き起こしたためと考えられる。これらの鉄筋は、組立時に磁氣的

な特徴を考慮して配筋されていないため、主筋およびフープ筋間で複雑な磁場を形成しているものと思われる。

磁気シールドは、対象とする磁界の強さにより2種類に大別される。すなわち、低磁界に対しては高透磁率材料が用いられる。一方、高磁界に対しては飽和磁束密度の高い材料が使用される<sup>1)</sup>。

鉄筋に起因した磁界のシールド方法としては、鉄筋の周囲を行なう方法と鉄筋コンクリート部材の周囲をシールドする方法がある。個々の鉄筋の磁界をシールドすることはシールド作業が繁雑になること、シールドしたために鉄筋の附着性能等の他の機能を損なう可能性がある。また、鉄筋そのものに対策を施すのであれば、非磁性の鉄筋材料(高Mn鋼やステンレス鋼の鉄筋)を用いる方がより効果的である。すなわち、より一般的な鉄筋コンクリート部材に対する適用性を考慮し、本実験では鉄筋コンクリート部材の周囲に磁気シールドを施した場

### § 3. 実験方法

#### 3.1 磁気シールド材料

低磁界に対する磁気シールド材料としては、一般にパーマロイやスーパーパーマロイが広く用いられている。しかし、パーマロイはひずみによる磁気特性の劣化が著しいため、小片(約 $5 \times 15\text{cm}$ )のものしか製造できない。鉄筋コンクリート部材の磁気シールドを考えた場合、ある程度大きな寸法のシールド材料が望まれる。そこで、高透磁率を有するとともに、それらの適用性を満たすものとして表一の材料を使用した。

鉄筋コンクリート部材への被覆方法としては、既存の鉄筋コンクリート部材に対して実験を行なうため部材に後付けすることとした。表一にその被覆方法を示す。

#### 3.2 計測機器

磁界の強さは単位面積内を通過する磁力線の数で表わされる。本実験では、計器としてはガウスメーターを、センサとしてはホール素子を用いた。それぞれの仕様を表一に示す。

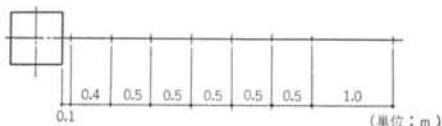
#### 3.3 計測箇所

建物内部の代表的な鉄筋コンクリート柱を対象としてその周囲の磁界を計測した。磁界の計測位置としては、対象となる作業環境を考慮してFL+700mmとした。

磁石のような独立した磁場源の周囲の磁界は、磁場源

ガウスメーター Fw-BELL 社製 640 型	測定範囲	1.0 ガウス FS ~100 K ガウス FS	
	精 度	FS の ±1.5 % (~10 KG) FS の ±2.5 % (~30 KG)	
	分 解 能	FS の 1 %	
トランスバース 型プローブ SAB 4-1082	直 線 性	2 %/30 KG	
	アクティブ域	0.070" dia. nom.	
	動作温度	0.0°C ~ +75°C	
	温度安定度 (最大)	零	±0.09 G/°C
		校 正	-0.04 G/°C

表一 4 計測機器の仕様



図一 2 磁界の計測箇所

からの距離により変化する。磁気双極子モーメントからの距離における磁界は、以下のように表わされる<sup>3)</sup>。

$$H_r = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{M}{|r-r_0|^3} \cdot 2 \cos \theta$$

$$H_\theta = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{M}{|r-r_0|^3} \cdot \sin \theta$$

そこで、鉄筋コンクリート柱の周囲を図一 2 に示すように柱からの距離を変化させて磁界の測定を行なった。

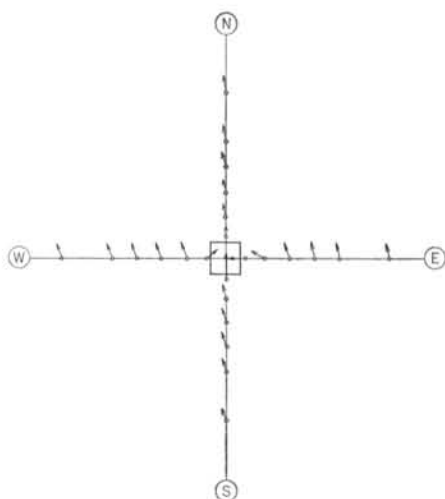
### 3.4 計測方法

磁界計測に用いたホール素子は、その回路内を横切る磁力線の数を計測する。そのため、ホール素子を建物の東西軸方向、南北軸方向ならびに垂直方向に向け磁界を計測した。また、ホール素子を水平面内にて回転させ、最大の磁界を示す方位とその大きさを計測した。

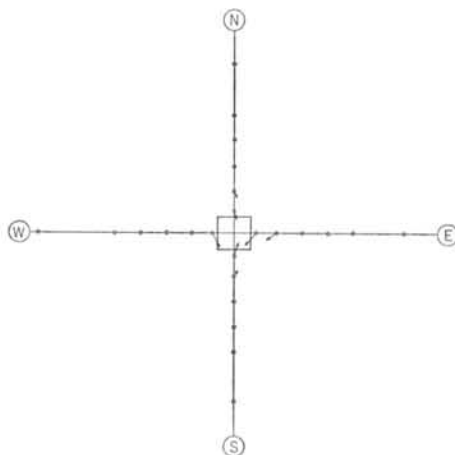
## § 4. 計測結果と考察

### 4.1 鉄筋コンクリート柱周囲の磁界について

鉄筋コンクリート柱周囲の最大磁界の方向と大きさを図一 3 に示す。最大磁界は、鉄筋コンクリート柱の近くでは、測定位置により異なった方向と大きさを示す。特に柱の東面と南面においては、最大磁界は増加するとともに柱に求心的な方向を示す。それに対し柱の西面と北面においては、最大磁界は減少し遠心的な方向をとる。



図一 3 鉄筋コンクリート部材周囲の磁界



図一 4 鉄筋コンクリート部材の鉄筋に起因する磁界

一方、柱から遠い位置においては、いずれの方位も最大磁界の大きさと方向は同等である。複数の磁場源が存在する場合、任意な点における磁界はそれぞれの磁場源から与えられる磁界のベクトル和である。本測定においては、地磁気と鉄筋により引き起こされた磁界を合成したものが存在している。そこで、地磁気の影響を代数的に消去して、鉄筋による磁界のみを求め図一 4 に示す。鉄筋による磁界は鉄筋コンクリート柱の近傍で強く、柱から離れるにつれて急速に低下し、1 m 以上離れた所ではほとんど無視しう程度になる。また、鉄筋コンクリート柱の近傍の磁界は完全に求心的なものではなく、柱を取り巻くような向きを示した。これは、主筋間を結ぶ磁力線が形成されていることを示している。この磁界は、柱のごく近傍 (100 mm) においても地磁気と同程度の強

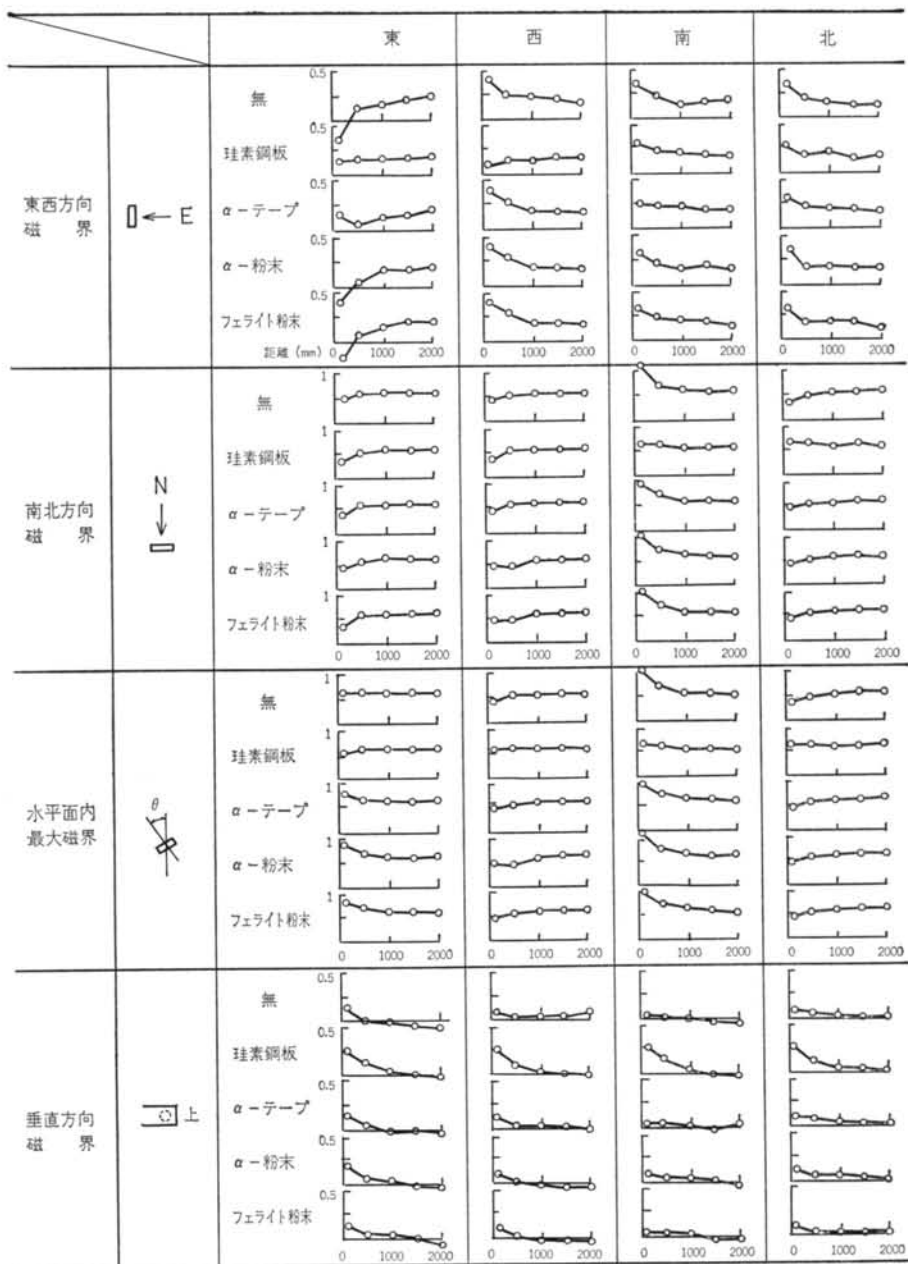


図-5 距離による磁界の変化  
さであった。

#### 4.2 各種磁気シールド材料のシールド効果

鉄筋により引き起こされる磁界は、鉄筋コンクリート柱の周囲約1 m程度の範囲に存在し、その強さも比較的低いことから、磁気シールド材料としては低磁界のシールドに適する高透磁率材料を使用した。

柱の周囲に磁気シールド材料を取り付けた際の各測定点の磁界を図-5に示す。また、柱の各方位において、柱面から100 mmの位置と2000 mmの位置における磁界の強さを図-6に示す。

珪素鋼板は、建物の東西軸と南北軸方向の磁界および水平面内における最大磁界とも、柱の近傍の磁界は離れた位置における磁界とほぼ等しい。また、柱の各方位に

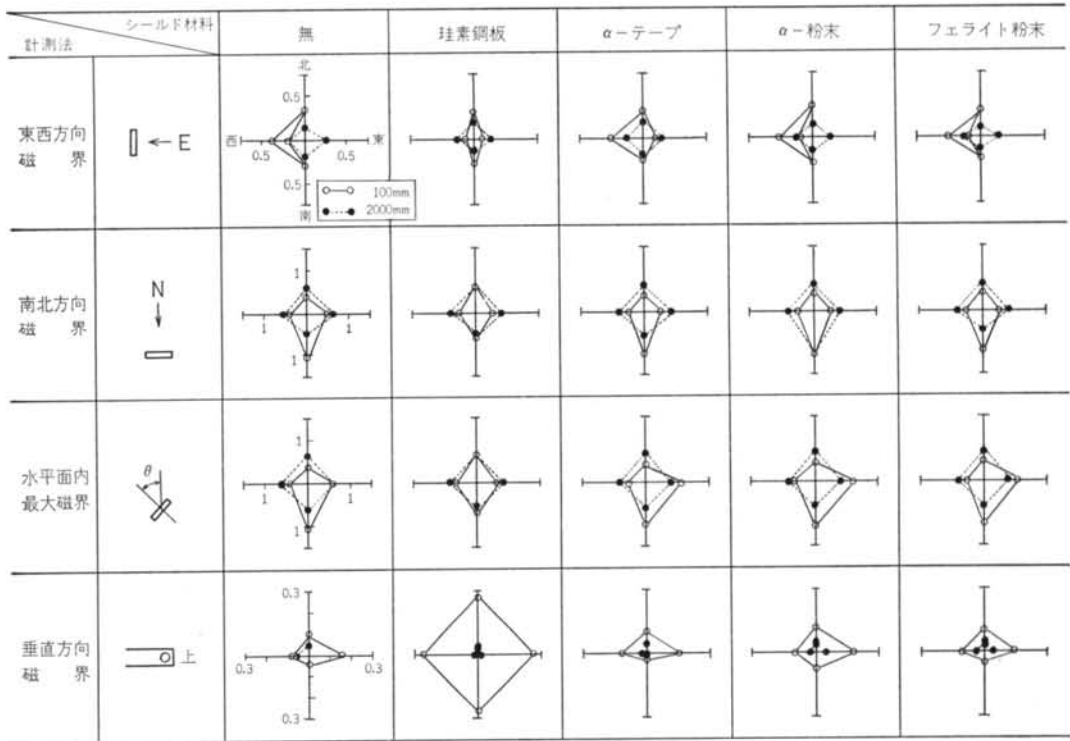


図-6 磁界の方位変化

関しても同等の磁界を示しており、磁気シールド効果が高いことが示された。しかしながら、垂直方向の磁界に関しては逆に増加する傾向がみられた。

一方、アモルファスおよびフェライトの粉末は、磁気シールドを施さない場合と余り変わらない磁界を示しており、今回の実験では大きな磁気シールド効果は認められなかった。

## § 5. 結論

建築物中の鉄筋に起因する磁気障害を解決することを目的として、その第1段階として鉄筋コンクリート部材

の磁界の特徴を把握するとともに、数種の材料を用いて磁気シールドを試みた。その結果、以下の知見が得られた。

(1)鉄筋コンクリート部材の周囲には鉄筋間にわたる磁界が存在するが、鉄筋コンクリートの表面から1 m以上離れた所では、鉄筋に起因する磁界はほとんど無視する程度となる。

(2)鉄筋コンクリート部材の近傍においても、鉄筋に起因する磁界は地磁気と同程度の、比較的小さなものである。

(3)試用した磁気シールド材料のうち、珪素鋼板は鉄筋コンクリート部材の水平方向の磁界をシールドするのに有効であった。

### <参考文献>

- 1) 東北金属工業概カタログ
- 2) 野村 彬, 室橋正太郎: “非磁性建物の設計と施工” 建築技術 No.330 (1979年2月) pp. 1~10
- 3) 高橋正気: “塑性変形に伴う誘導磁気異方性” 日本金属学会会報 第20巻, 第4号 (1981年) pp. 271~276
- 4) 馬越佑吉: “転位観察における磁気的性質の利用” 日本金属学会会報 第19巻, 第9号 (1980年) pp. 645~654
- 5) 近角聡信: “強磁体の物理” 裳華房 (1965年) p. 267

