

## 電 磁 誘 導 遮 蔽 ケ ー ブ ル

星 武 夫\* 萩 原 英 二\* 庄 司 一 男\* 堀 口 二 三 男\*

## The Magnetic Shield Cable

By Takeo Hoshi, Eiji Hagiwara, Kazuo Shoji and  
Fumio Horiguchi

Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

The magnetic shield cable has made a great progress of late urged partly by the remarkable development witnessed in recent years in the remote control system partly by the adoption of the alternating current system for the national railway networks.

The writers set forth in this article the outcome of their unyielding studies which has made possible the distinct improvement of the Hitachi's magnetic shield cable along with its theory and design, as summarized below:

- (1) There is a considerable difference in magnetization characteristics between an unused shield tape and used one which is unwound from a cable. The annealing method also affects the magnetization characteristics of a shield tape.
- (2) The resultant shielding factor of a magnetic shield cable having a double or triple shield layer is calculable as the product of the factors of each single-layered cable.
- (3) The close approximation of shielding factor is possible as the difference between actual and theoretical values is negligible. Two examples of shielding factor are shown below:

DM quadded cable having a double shield layer

$\eta$ —32% where  $\eta$  is shielding factor  
induced voltage .....610 V/km  
ground resistance ..... 1  $\Omega$ /km

Control cable having a triple shield layer

$\eta$ —16.5%  
induced voltage .....572 V/km  
ground resistance ..... 0  $\Omega$ /km

## 〔I〕 緒 言

電力線より通信線への誘導障害は大別して静電誘導と電磁誘導に分けることができる。静電誘導の大きさは電力線より通信線への距離、通信線の線間間隔などによつてきまるが、鉛被ケーブルの場合には鉛被が零電位にあるので心線の静電誘導電圧はほとんど問題にする必要がない。これに反し電磁誘導電圧は送電線に並行した通信線または交流電化を行つた鉄道に並行した通信線の場合

には相当大きな値になり問題となる。特に最近のように遠方監視制御方式が発達してくると、電磁誘導電圧をある一定値以下に抑えることが必要になつて来る。誘導障害に関してはわが国ばかりでなく諸外国においてもかなり以前から研究が行われており<sup>(1)~(6)</sup>、磁性材料を用いて電磁遮蔽の目的を達した報告もある<sup>(7)~(9)</sup>。当工場では以前から電磁誘導を軽減するために遮蔽層を持つたケーブルの研究製造を行つて来たのであるが、こゝに成果の一端として遮蔽ケーブルの設計条件、遮蔽理論および遮蔽ケーブルに関する実測結果を報告し、参考に供した

\* 日立製作所日立電線工場

と考える。

〔II〕 送配電線よりの電磁誘導

(1) 送電線よりの電磁誘導

電磁誘導電圧の計算方法については内外において種々の実験式が求められているが、広く用いられているのは Carson-Pollaczek の式<sup>(10)</sup>である。

大地を帰路とする電力線および通信線の相互インダクタンスを  $M(\text{H/km})$  とし、電力線に  $I(\text{A})$  が流れ、互長  $l(\text{km})$  の回路に  $e(\text{V})$  なる電磁誘導電圧が発生したとすると(1)式の関係が成立する。

$$e = -j\omega MI l \dots\dots\dots (1)$$

ただし  $\omega: 2\pi f$

$f$ : 電力線周波数

(1)式における相互インダクタンス  $M$  は(2)式で求められる。

$$M = 0.2 \log_e \frac{2}{\gamma |K| b} + 0.1 - \frac{j\pi}{20} \quad (\text{mH/km}) \dots\dots (2)$$

ここに  $\gamma: 1.7811$  (ベッセル定数)

$$|K| = \sqrt{4\pi\omega \left( \frac{1}{\rho} \times 10^5 \right) \times 10^{-14}}$$

$\rho$ : 大地の固有抵抗 ( $\Omega\text{-cm}$ )

$b$ : 両線路の離隔距離 (cm)

(1)(2)式を用いて電磁誘導電圧を計算するには大地の固有抵抗を知る必要がある。また(1)式は平行2線間の式であるので、電力線と通信線の距離が長さ方向に一定でないときには等価的な離隔距離を算出しなければならない。

これに反し深尾氏は実際の計算に便利な式を発表している<sup>(3)</sup>。この式は大地の固有抵抗がわからない時にも用いることができ、通信線と電力線の関係位置を第1図のように仮定すると電磁誘導電圧は(3)式で示される。

$$e = Kf \sum \frac{l}{b} = Kf \left\{ \sum \frac{l_{12}}{1/2(b_1 + b_2)} + \sum \frac{l}{100} \right\} (\text{V/A}) \dots\dots (3)$$

(3)式は起誘導電流 1A 当りの計算値である。電力線と通信線が交叉する点で離隔距離が 100m 以下の場合には  $\sum \frac{l}{100}$  の項の計算値をとる。また  $K$  は地質係数で今までの実測結果よりつぎのような値が発表されている。

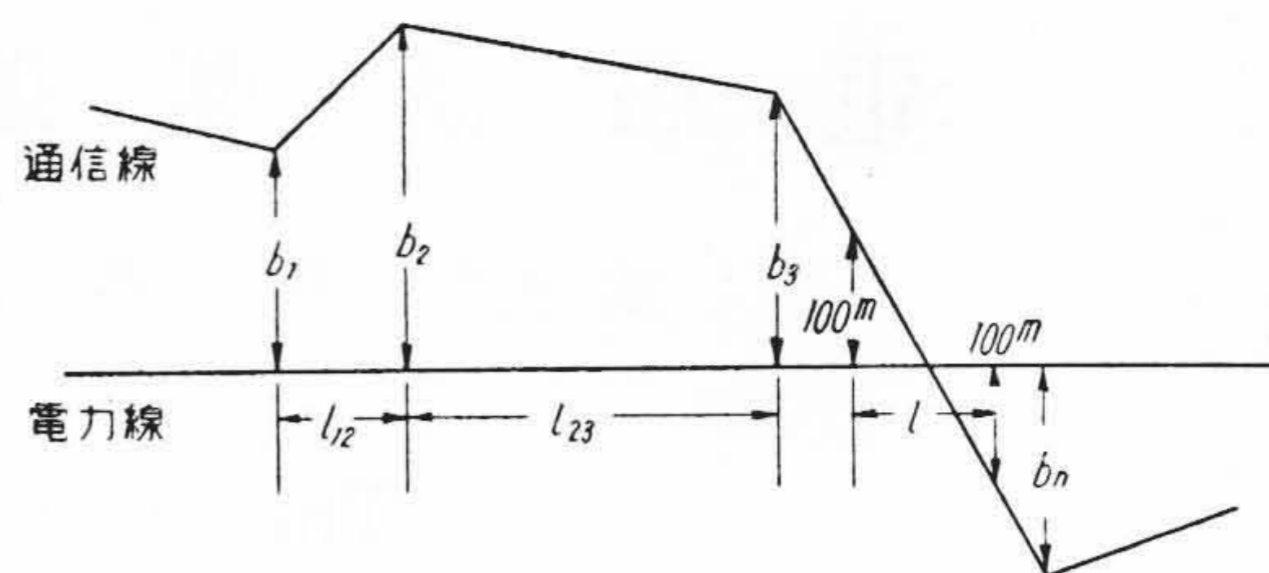
関東平野から西北部にわたって

$$K = (0.25 \sim 0.5) \times 10^{-3}$$

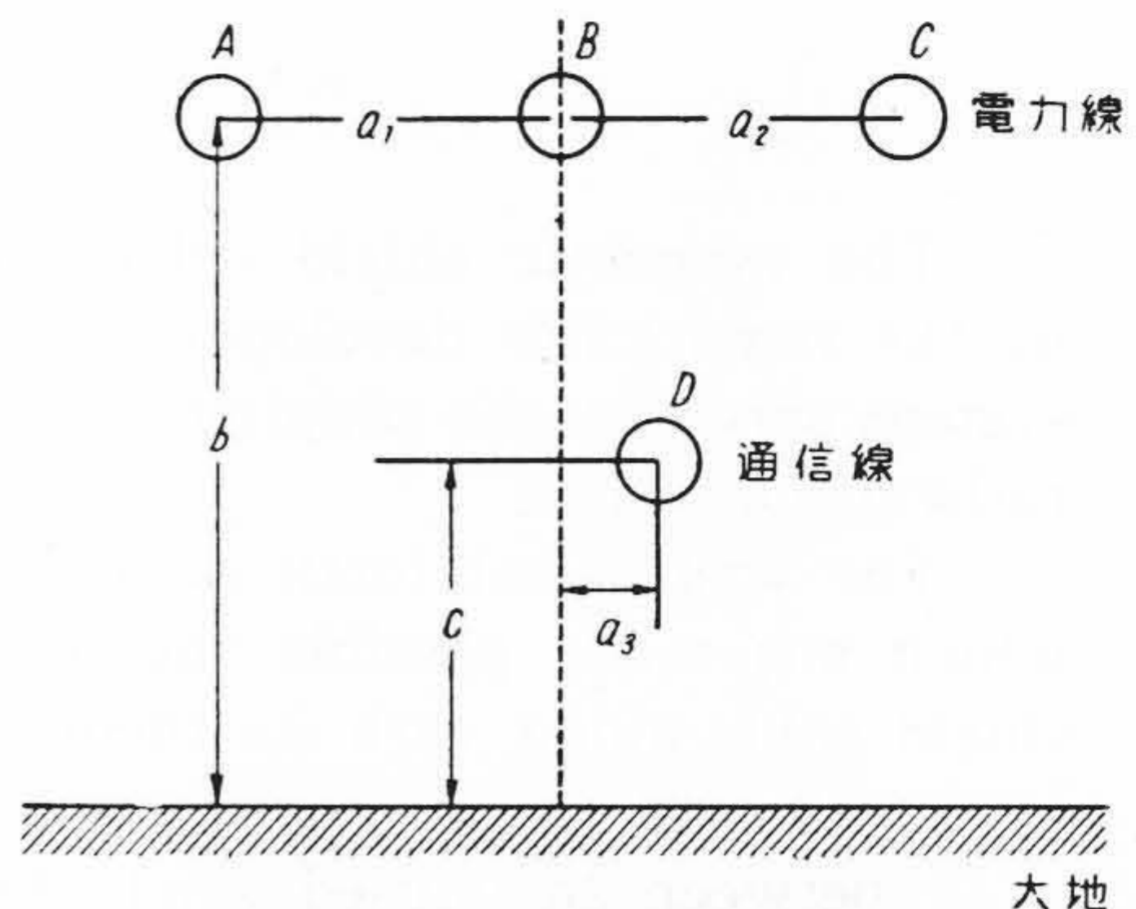
本州中部山岳地帯より関西にわたって

$$K = (0.4 \sim 0.8) \times 10^{-3}$$

一例として両線路間の等価離隔距離を 10m、電力線周波数を 50 $\sim$ 、地質係数を  $0.5 \times 10^{-3}$ 、また1線地絡に



第1図 電力線と通信線の相対位置  
Fig.1. Relative Position of Power Line and Communication Line



第2図 三相配電線と通信線の相対位置  
Fig.2. Relative Position of 3-Phase Distribution Line and Communication Line

よる起誘導電流を 500 A とすれば通信線に誘起される電圧  $e$  は(4)式で計算される。

$$e = 0.5 \times 10^{-3} \times 50 \times \frac{1}{10} \times 500 = 1.25 (\text{V/m}) \quad (4)$$

この場合には km 当り 1,250 V の電圧が誘起されることになる。

(2) 配電線よりの電磁誘導

配電線よりの電磁誘導電圧は配電線の相数、通信線の種類などによつて異なるが、三相3線式の場合を例にとつて考えてみる。单相の場合、三相4線式の場合も三相3線式の場合を基準として誘導することができる。

いま計算の便宜上配電線と通信線の配置が第2図のようになっているものとする。

配電線の正相逆相および零相電流をそれぞれ  $I_1, I_2$  および  $I_0$  とすると通信線  $D$  に発生する誘導電圧  $e_D$  は(5)式で示される。

$$e_D = -j\omega l \left[ (M_{AD} + M_{BD} + M_{CD}) I_0 + \frac{1}{2} \left\{ (2M_{AD} - M_{BD} - M_{CD}) - j\sqrt{3} (M_{BD} - M_{CD}) \right\} I_1 + \frac{1}{2} \left\{ (2M_{AD} - M_{BD} - M_{CD}) + j\sqrt{3} (M_{BD} - M_{CD}) \right\} I_2 \right] \dots\dots (5)$$

(5)式で  $M_{AD}$ ,  $M_{BD}$  および  $M_{CD}$  は大地を帰路とする 2 平行導体間の相互インダクタンスであるから Carson-Pollaczek の式<sup>(10)</sup>を用いればよいがそのままでは計算が厄介なのでこれを簡単にした (6) 式<sup>(11)</sup>を用いると便利である。

$$M_{ab} = 200 \log_e \frac{7 \times 10^4}{\sqrt{a^2 + (b-c)^2} \sqrt{\sigma f}} \quad (\mu\text{H/km}) \quad \dots\dots (6)$$

- ただし  $a$ : 電力線と通信線の水平距離 (m)  
 $b$ : 電力線の地上高さ (m)  
 $c$ : 通信線の地上高さ (m)  
 $\sigma$ : 大地の導電率 ( $\mu\text{U/cm}$ )

(5)式において平衡負荷時 ( $I_0=I_2=0$ ), 1 線接地 ( $I_1=I_2=I_0$ ), 相間短絡 ( $I_1=-I_2, I_0=0$ ), の条件を用いればそれぞれの場合の誘導電圧の計算が可能である。2 線接地の場合は  $I_0 \neq I_1 \neq I_2 \neq 0$  であるから (5)式によつてそのまま計算する。電力線通信線間の相互インダクタンス  $M_{AD}$ ,  $M_{BD}$  および  $M_{CD}$  はそれぞれほとんど相等しいと考えてもよいので, 平衡負荷時および相間短絡の場合の誘導電圧は僅かであり, 1 線または 2 線接地事故の場合のみを考慮すれば十分である。

### [III] ケーブルの遮蔽理論

#### (1) ケーブルの遮蔽係数

(1), (3)または(5)式によつて無遮蔽ケーブルの誘導電圧が計算される。心線に誘起する電圧の計算値が制限電圧を越した場合には遮蔽ケーブルを用いて電圧を下げなければならない。遮蔽ケーブルを使用した結果誘導電圧  $V$  が  $v$  に減少したとすると, 遮蔽係数は (7) 式で表わされる。

$$\eta = \frac{v}{V} \times 100 (\%) \quad \dots\dots (7)$$

したがつて  $\eta$  が小さい程誘導電圧が小さく遮蔽効果が良いことになる。また実際に遮蔽ケーブルを設計する場合の条件は無遮蔽の場合の誘導電圧と遮蔽係数によつて決せられる。

#### (2) 遮蔽係数の計算式

##### (A) 1 重複合遮蔽ケーブル

遮蔽係数を小さくするため, 遮蔽ケーブルでは誘導電流を流すための導電層 (銅テープまたは鉛被等) とリアクタンス分を大きくするための磁性体層 (鉄テープ, パーマロイテープ等) の組合せを使用する。遮蔽係数が 50 % 以上でよい場合には導電層および磁性体層は 1 層で十分である。こゝで遮蔽層の自己インピーダンスを  $Z_2$ , 心線遮蔽層間の相互インピーダンスを  $Z_{23}$  とすると (8) 式が成立する<sup>(11)</sup>。

$$\eta = \left(1 - \frac{Z_{23}}{Z_2}\right) \times 100 (\%) \quad \dots\dots (8)$$

また  $Z_2$ ,  $Z_{23}$  と遮蔽層の抵抗  $R_0$ , 接地抵抗  $R_e$ , 鉄損による損失抵抗  $r$ , 内部リアクタンス  $X_i$ , 外部リアクタンス  $X_0$  の間には (9) 式の関係が成立するから  $\eta$  は (10) 式で示される。

$$\left. \begin{aligned} Z_2 &= R_0 + R_e + r + jX_i + jX_0 \\ Z_{23} &= r + jX_i + jX_0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots (9)$$

$$\eta = \frac{R_0 + R_e}{R_0 + R_e + r + jX_i + jX_0} \quad \dots\dots (10)$$

(10)式にて  $R_0$  は導電層と磁性体層の合成抵抗で計算することが可能であり, 接地抵抗  $R_e$  は設計に先立ち大地の条件で仮定することができる。また外部リアクタンス  $X_0$  は Carson-Pollaczek の式 (11) によつて計算することができる<sup>(10)</sup>。

$$L = 0.2 \log_e \frac{2}{r|K|r} + 0.1 - \frac{j\pi}{20} + 0.05 \quad (\text{mH/km}) \quad \dots\dots (11)$$

- ただし  $r$ : 1.7811 (ベッセル定数)  
 $r$ : ケーブルの半径 (cm)

$$|K| = \sqrt{4\pi\omega \left(\frac{1}{\rho} \times 10^5\right) \times 10^{-14}}$$

- $\rho$ : 大地の固有抵抗 ( $\Omega\text{-cm}$ )

しかし, 今までの実測結果によると外部リアクタンスはケーブルの構造, 地表上の高さおよび布設地の状態には無関係に大体一定値とすることができるとされている<sup>(12)</sup>。たとえばリアクタンスを大地を帰路とする回路のインダクタンスで表わすと, 1 線と大地の場合 2.44 mH/km, 2 線と大地の場合 1.78 mH/km である。

また  $r$  および  $X_i$  は遮蔽層を構成する遮蔽テープの性質, 厚さ, 周波数, 磁化力などによつてきまる量であり簡単に計算することはできないが, 磁性材料の導磁率が高く, しかもテープの厚さの厚い程  $r$ ,  $X_i$  の値は大きくなり遮蔽に効果がある。

##### (B) 2 重複合遮蔽ケーブル

複合遮蔽層が 2 重になつている場合, たとえば銅—鉄—鉛—鉄のように遮蔽層がある場合には遮蔽係数の計算はかなり厄介になる。いま外部遮蔽を①, 内部遮蔽を②, 心線を③で表わし, 各層内および層間のインピーダンスをそれぞれ  $Z_{11}$ ,  $Z_{22}$ ,  $Z_{33}$ ,  $Z_{12}$ ,  $Z_{23}$  とすると全体の遮蔽係数は (12) 式で示される。

$$\eta = \left\{ 1 - \frac{(Z_{11} - Z_{12})Z_{23} + (Z_{22} - Z_{12})Z_{13}}{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2} \right\} \times 100 (\%) \quad \dots\dots (12)$$

(12)式により各層間のインピーダンスがわかつていれば  $\eta$  の計算が可能なのわけであるが, 実際の場合に計算式をそのまま適用することは困難である。しかし内部および外部遮蔽層単独の遮蔽係数  $\eta_1$  および  $\eta_2$  がわかつてい

る場合には全体の遮蔽係数  $\eta$  を (13) 式で求めても大した誤差を生じない。

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \dots\dots\dots (13)$$

たゞし (13) 式の  $\eta_1, \eta_2$  は同一誘導電圧のときの値でない点に注意しなければならない。送配電線の事故により外部遮蔽層に電圧  $E$  が誘起したと仮定する。外部遮蔽層の電圧  $E$  における遮蔽係数を  $\eta_1$  とすれば内部遮蔽層の誘導電圧は  $\eta_1 \times E$  となる。したがって内部遮蔽層の遮蔽係数  $\eta_2$  は誘導電圧  $\eta_1 E$  に対する値を用いなければならない。このように  $\eta_1, \eta_2$  を選定すれば (13) 式で  $\eta$  の計算が可能であり、後述するように計算値は実測値とかなりよく一致する。

(C) 3 重複合遮蔽ケーブル

通常遮蔽ケーブルとしては 2 重までのものが主に使用されるが、特に誘導電圧の高いところで重遮蔽を要求される場合には 3 重遮蔽ケーブルが使用される。この場合の遮蔽係数は 2 重の場合と同様各層の遮蔽係数の積として求められる。

[IV] 鉄テープの磁化曲線

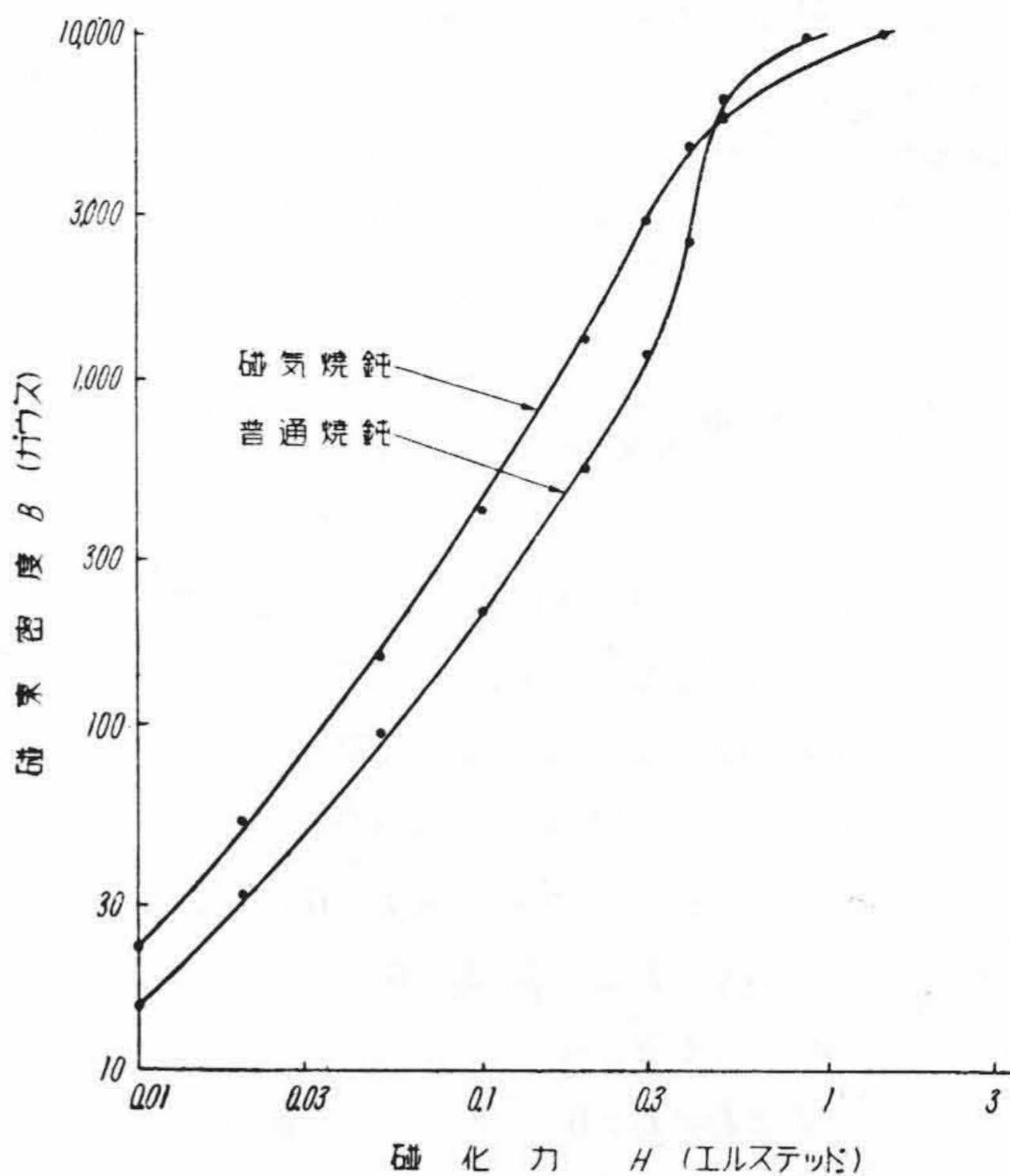
以上述べたように遮蔽ケーブルの遮蔽係数は導電層と磁性体層の性質で左右される。導電層の性質は使用材料の種類と厚みなどによつてきまるので問題ないが、磁性体の性質すなわち導磁率は磁化力によつて変化した磁性体に加えた外力によつても変わるので一概にきめ難い。そこで遮蔽ケーブルに使用される鉄テープの磁化曲線が焼鈍、巻替などの条件でどの程度変化するか測定した。

(1) 焼鈍条件と磁化曲線

通常鉄テープの焼鈍方法としては磁気的特性を失わせないで焼鈍する方法と普通の焼鈍方法の 2 方法がある。第 3 図はパーマロイテープの磁気焼鈍によるものと普通焼鈍によるもの、磁化曲線の一例である。図によると焼鈍方法によつて磁化曲線にかなりの差を生じており、磁化力 0.4 エルステッド以下では磁気焼鈍の方が 1.5 倍~2.5 倍程度磁束密度が大きくなっている。第 3 図はパーマロイテープについて測定した一例であるが他のテープについても同様な結果をえている。したがって遮蔽テープとしてはすべて磁気焼鈍のものを使用している。

(2) 巻替による磁化曲線の変化

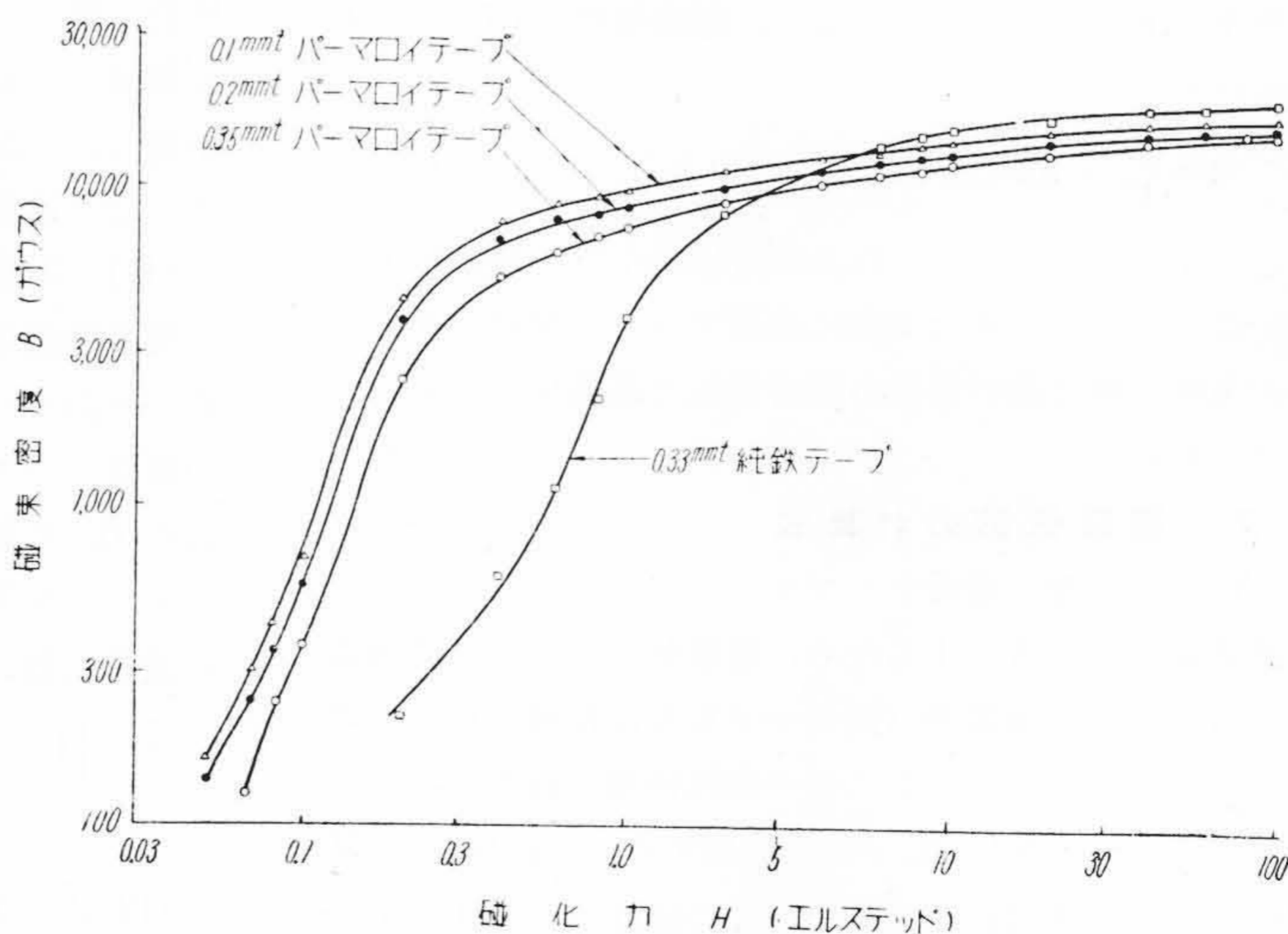
遮蔽層に使用する鉄テープは強磁性体なので、巻替、加圧など外力を加えると



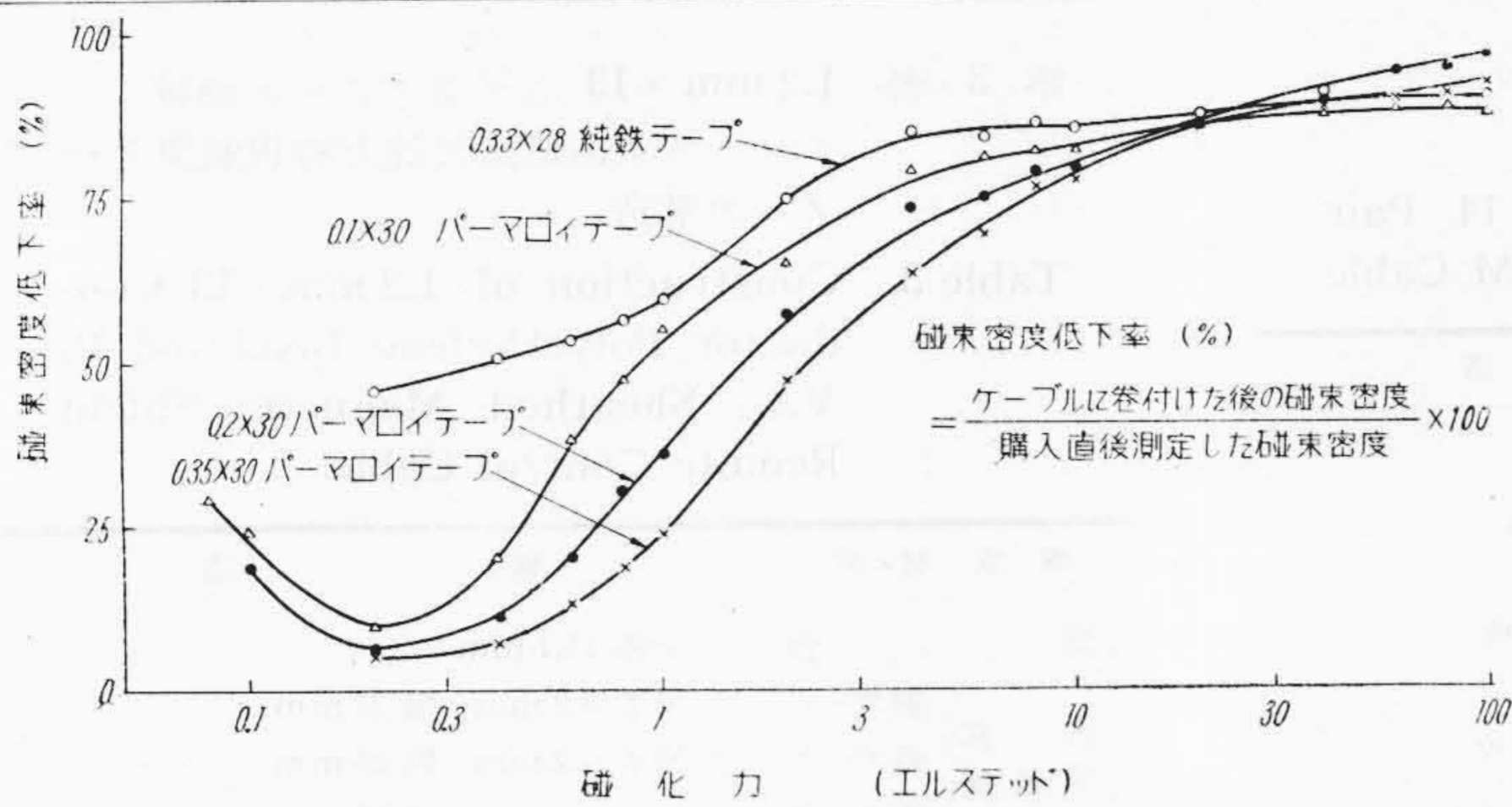
第 3 図 焼鈍方法による磁化曲線の変化 (0.1 mm 厚, パーマロイテープ)

Fig. 3. Effect of Annealing Method on Magnetization Curve (0.1 mm thick, Permalloy Tape)

その磁性が変化する可能性がある。そこで購入直後測定した鉄テープの磁化曲線と一度ケーブルに巻付けたテープを巻もどして測定した磁化曲線の比較を行い、巻替による特性の変化を測定した。測定結果を第 4 図および第 5 図に示す。第 4 図は購入直後測定した磁化曲線であり、第 5 図はこのテープを直径約 20 mmφ のケーブルに巻

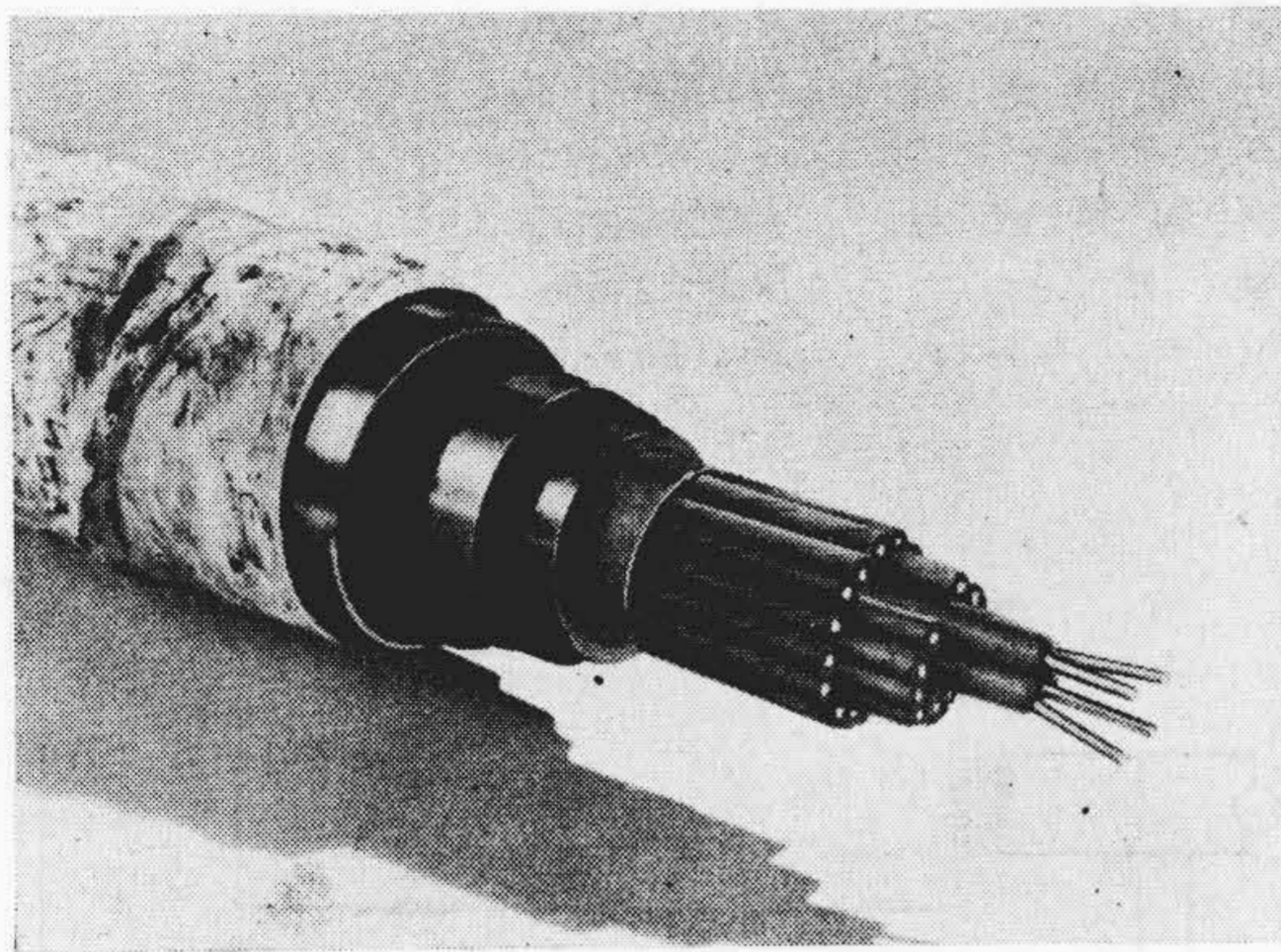


第 4 図 巻付前に測定した鉄テープ磁化曲線 Fig. 4. Magnetization Curve of Iron Tape Measured before Winding

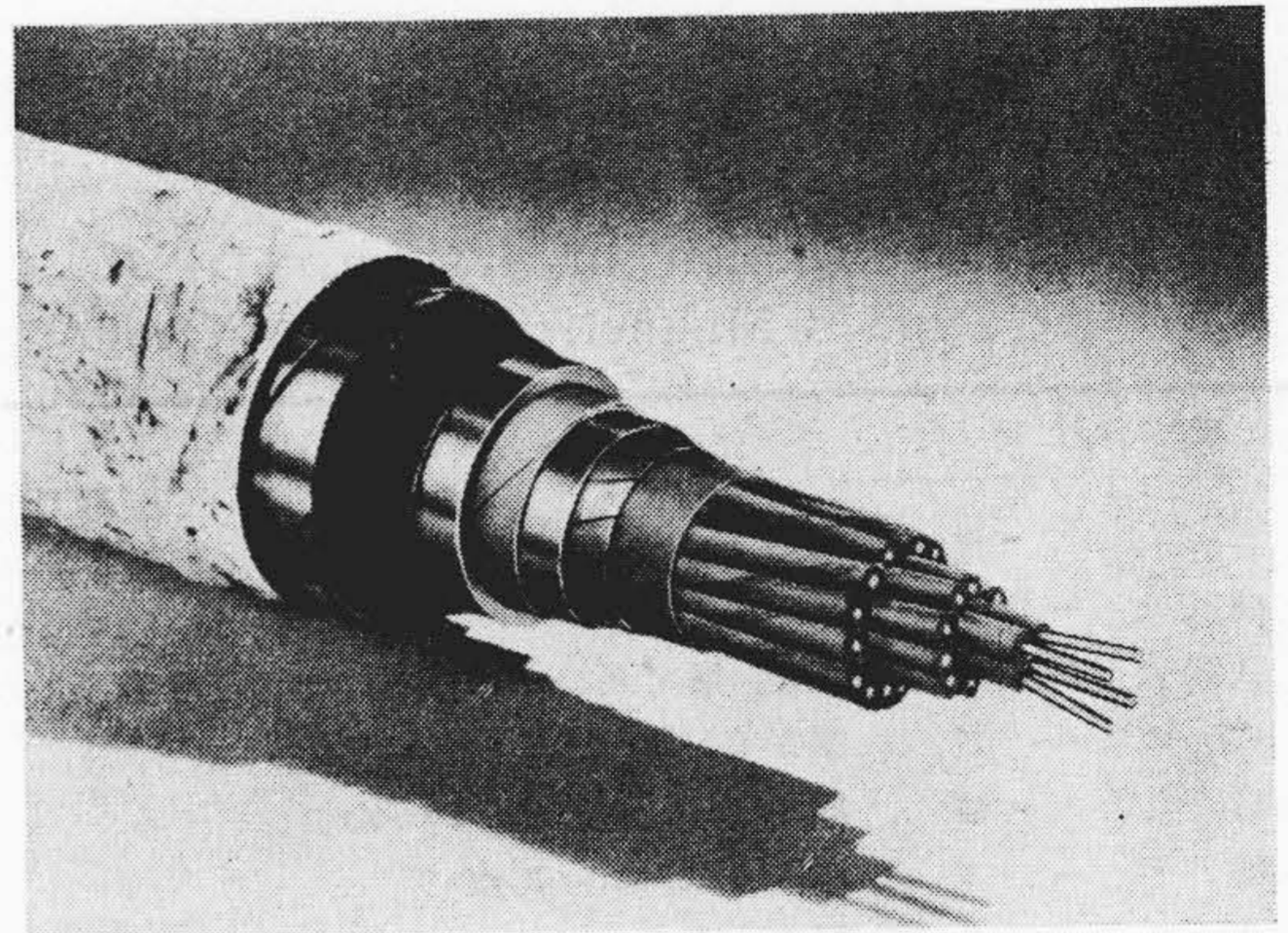


第5図  
巻かえによる鉄テープ磁束密度低下率 (試料寸法の単位は mm)

Fig. 5.  
Decrement of Magnetic Flux Density of Iron Tape due to Unwinding (Sample Dimension in mm)



第6図 1.3 mm x 14 対 A 型重信遮蔽ケーブル  
Fig. 6. 1.3 mm x 14 Pair Type A Magnetic Shield DM Cable



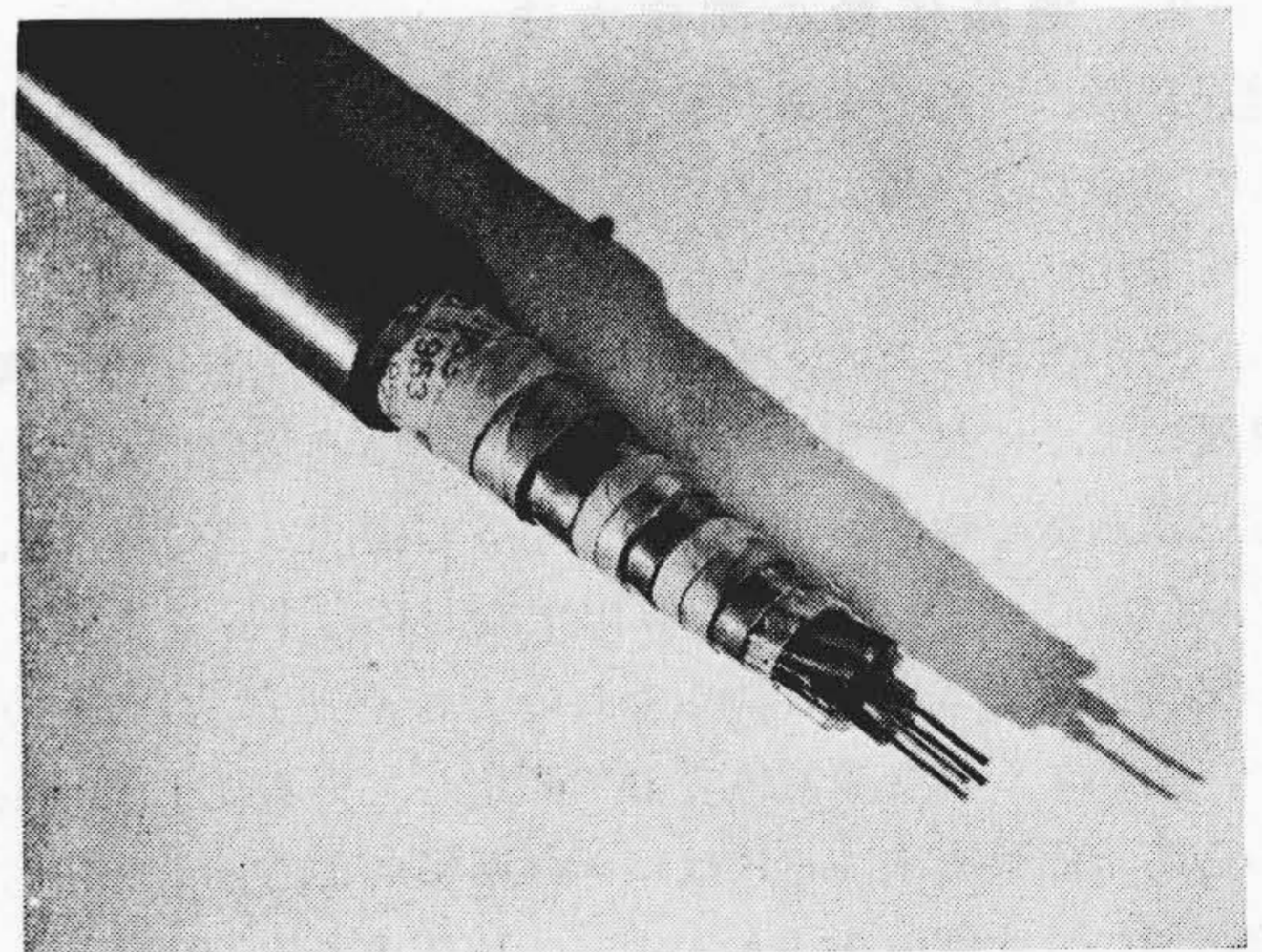
第7図 1.3 mm x 14 対 B 型重信遮蔽ケーブル  
Fig. 7. 1.3 mm x 14 Pair Type B Magnetic Shield DM Cable

付けた後再びテープを巻もどして磁化曲線を測定し、巻付前に対する磁束密度低下率を計算したものである。なお調査した鉄テープの種類はパーマロイテープ3種、純鉄テープ1種である。第5図によると巻付けによる磁束密度の変化は弱磁界において大きく、特にパーマロイテープにその傾向が強いことがわかる。第4図ではパーマロイテープの弱磁界における磁束密度が純鉄テープよりかなり大きくなっているが、巻付け後は磁束密度が低下しパーマロイと純鉄の差はほとんどなくなっている。第5図の結果は鉄テープを一度ケーブルに巻付けたものを巻もどして測定した結果によるものであり、厳密にはケーブルに巻かれているときの特性を表わしていることにはならないが、鉄テープをケーブルに巻付けることにより磁束密度が大幅に減少することはあきらかである。それゆえに遮蔽ケーブルを設計するときには巻付けによる磁性の変化を見込んで設計しなければならないし、作業時には磁性の変化が少ないテープ巻の方法を検討する必要がある。

[V] ケーブルの遮蔽係数

(1) 遮蔽ケーブルの実例

当工場で製造した遮蔽ケーブルの一例を第6図~第8



第8図 1.2 mm x 13 心ポリエチレン絶縁ビニルシース電磁遮蔽付遠方監視制御ケーブル  
Fig. 8. 1.2 mm x 13 Conductor Polyethylene Insulated P.V.C. Sheathed Magnetic Shield Remote Control Cable

図に、その構造を第1表~第3表 (次頁参照) に示す。ただし第6図および第7図は重信遮蔽ケーブル<sup>(13)</sup>の例であり、前者は1重遮蔽ケーブル、後者は2重遮蔽ケーブルである。また第8図の3重遮蔽制御ケーブルは四国電力松尾川発電所に納入したものであり、誘導電圧の高いところですぐれた遮蔽特性を有している。

第 1 表 1.3 mm×14 対 A 型重信遮蔽ケーブルの構造

Table 1. Construction of 1.3 mm×14 Pair Type A Magnetic Shield DM Cable

構成材料	構造
集合鉛被	外径 18.5 mm 厚さ 1.7 mm 外径約 22 mm
含浸黄麻テープ	1 枚厚さ 1.0 mm
パーマロイテープ	厚さ 0.1 mm 幅 30 mm 1 枚
含浸黄麻テープ	1 枚厚さ 1.0 mm
鋼帯	厚さ 0.65 mm 幅 25 mm 1 枚
ジュート	厚さ 1.2 mm 外径 34 mm

第 2 表 1.3 mm×14 対 B 型重信遮蔽ケーブルの構造

Table 2. Construction of 1.3 mm×14 Pair Type B Magnetic Shield DM Cable

構成材料	構造
集合	外径 18.5 mm
銅テープ	厚さ 0.3 mm ストリツプ巻
鉄テープ	純鉄, 厚さ 0.33 mm 幅 28 mm 2 枚
紙テープ	厚さ 0.13 mm 2 枚
鉛被	厚さ 1.7 mm 外径 26.5 mm
紙テープ	厚さ 0.13 mm 2 枚
ジュート	厚さ 1.2 mm
鋼帯	厚さ 0.65 mm 幅 25 mm 2 枚
ジュート	厚さ 1.2 mm 外径 36 mm

(2) 遮蔽係数の測定方法

遮蔽係数は実際の布設状態で心線に誘起する電圧を測定して求めれば一番よいのであるが、接地抵抗などによっても変化し、長尺ケーブルそのものゝ遮蔽係数を測定することが困難なので、つぎのような方法で測定する。第 9 図のように長さ 5~10 m のケーブルの遮蔽層に電流を流し遮蔽層心線間および遮蔽層第 3 心線間の電位差  $V_{23}$ ,  $V_{12}$  を測定して遮蔽係数を算出する。 $V_{12}$ ,  $V_{23}$  を測定する場合真空管電圧計で測定したのでは誤差が大きいのので、図のように交流電位差計で測定している。 $V_{12}$ ,  $V_{23}$  から遮蔽係数を求めるにはつぎの手順による。すなわち遮蔽層に流す電流を  $I$  とすると、 $V_{12}$ ,  $V_{23}$  と  $R_0$ ,  $r$ ,  $X_i$  の間には(14)式の関係が成立する。

$$\left. \begin{aligned} V_{12} &= (R_0 + r + jX_i) I \\ V_{23} &= R_0 I \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

よつて  $V_{12}$ ,  $V_{23}$  の測定値を抵抗分とリアクタンス分に分ければ  $R_0$ ,  $r$ ,  $X_i$  の各値を計算することができる。さらに  $X_0$ ,  $R_0$  を適当に選定すれば(10)式によつて遮蔽係数を求めることができる。

(3) 遮蔽係数の測定結果

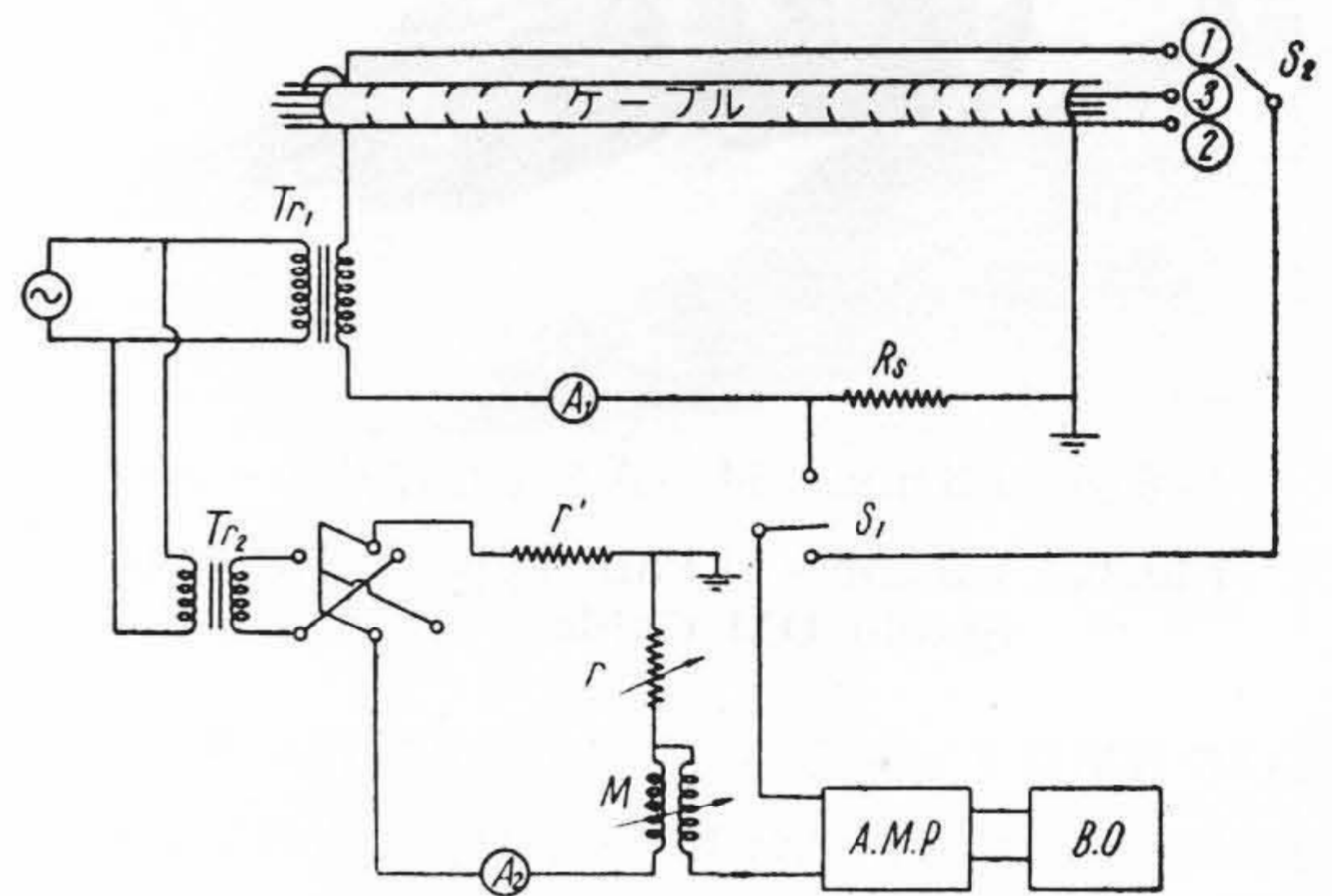
(A) 1 重遮蔽ケーブルの場合

第 6 図に示した A 型重信ケーブルの構造は普通の鋼帯

第 3 表 1.2 mm×13 心ポリエチレン絶縁ビニルシース電磁遮蔽付遠方監視制御ケーブルの構造

Table 3. Construction of 1.2 mm×13 Conductor Polyethylene Insulated P. V.C. Sheathed Magnetic Shield Remote Control Cable

構成材料	構造
集合	外径 15.1 mm
内部遮蔽層	銅テープ 厚さ 0.2 mm 幅 25 mm 鉄テープ 厚さ 0.2 mm 幅 25 mm 鉄テープ 厚さ 0.2 mm 幅 25 mm
紙テープ	厚さ 0.13 mm
中間遮蔽層	内部遮蔽層と同じ
紙テープ	厚さ 0.13 mm
外部遮蔽層	内部遮蔽層と同じ
綿テープ	厚さ 0.3 mm
ビニルシース	厚さ 3.0 mm 外径 27 mm



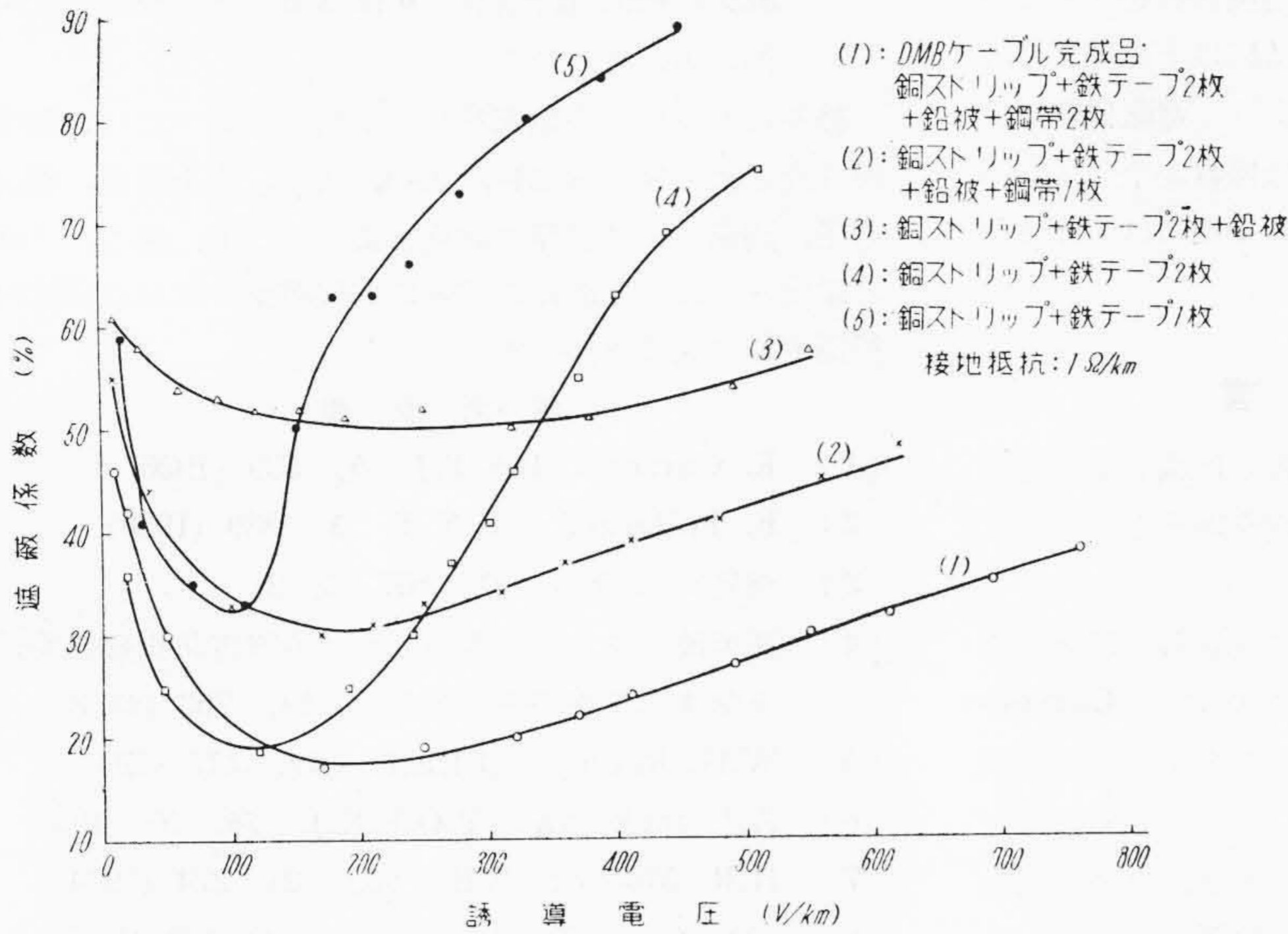
第 9 図 遮蔽係数測定回路  
Fig. 9. Measuring Circuit of Shielding Factor

- A.M.P.: 増幅器
- B.O.: ブラウン管オシロスコープ
- $Tr_1, Tr_2$ : 変圧器
- $R_0$ : 標準抵抗
- $r'$ : 限流抵抗
- $r$ : 可変抵抗
- $M$ : 相互インダクタンス
- $A_1, A_2$ : 電流計
- $S_1, S_2, S_3$ : 切換スイッチ
- ケーブル: 5~10 m

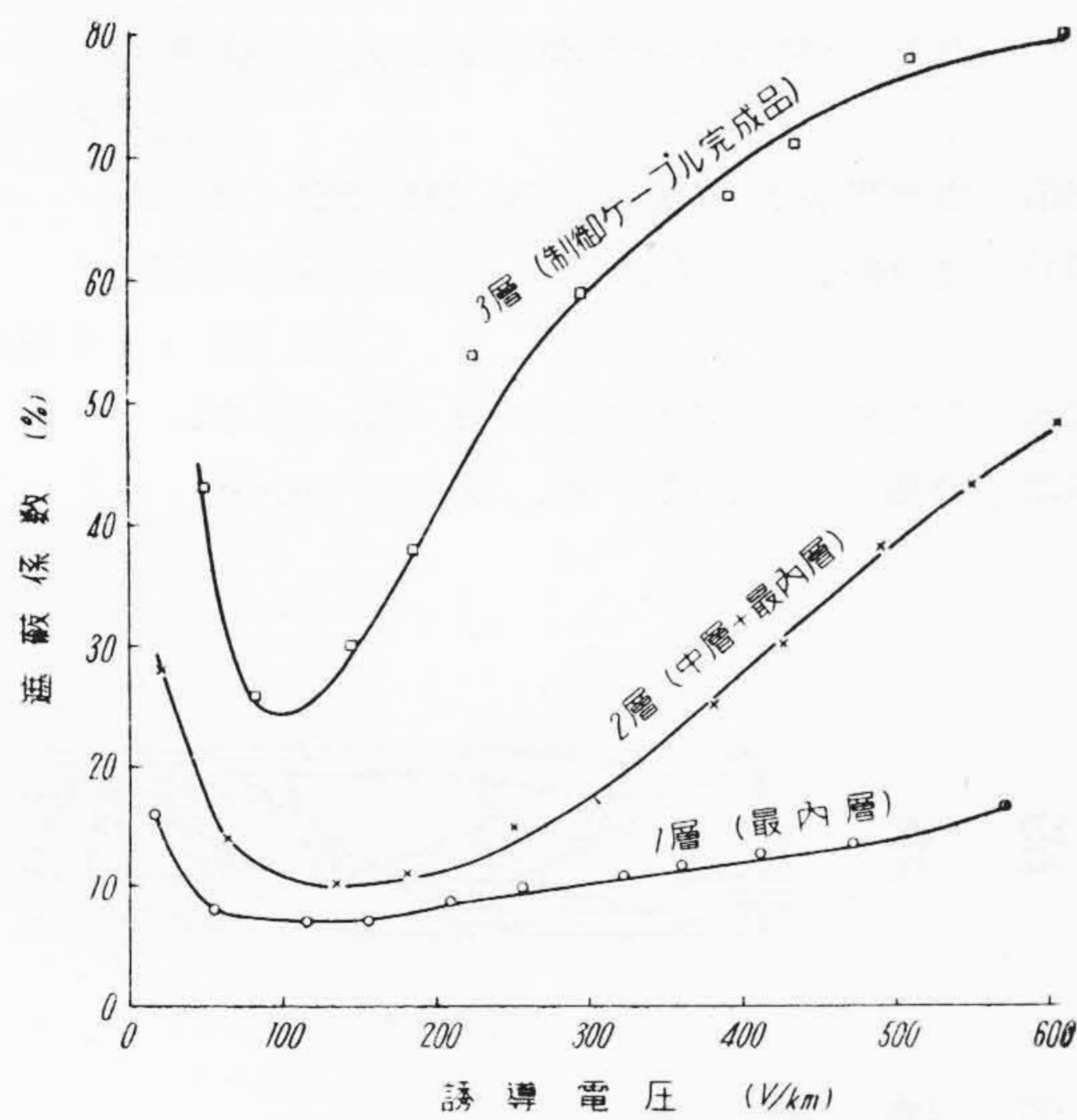
外装ケーブルにパーマロイテープが 1 枚加つたものであり、遮蔽係数も普通の鋼帯外装ケーブルより若干良い程度である。

(B) 2 重遮蔽ケーブルの場合

第 7 図に示した B 型重信ケーブルの遮蔽係数(接地抵抗  $1 \Omega/km$  の場合)を第 10 図に示す。図には全体の遮蔽係数のほかに各層を一枚ずつ剥いだときの遮蔽係数測定結果も示した。測定結果によると遮蔽係数は誘導電圧  $610 V/km$  に対し 32% となつており、このケーブルの遮蔽係数の目標である 35% の値以下になつている。一方(13)式の方法によつて計算した遮蔽係数は誘導電圧  $600 V/km$  において 28% (ただし接地抵抗 0 の場合)



第10図  
1.3 mm×14対B型重信  
遮蔽ケーブルの遮蔽係数  
Fig. 10.  
Shielding Factor of 1.3  
mm×14 Pair Type B  
Magnetic Shield DM  
Cable



第11図 1.2mm×13心ポリエチレン絶縁ビニル  
シース電磁遮蔽付遠方監視制御ケーブル  
の遮蔽係数

Fig. 11. Shielding Factor of 1.2 mm×13 Con-  
ductor Polyethylene Insulated P.V.  
C. Sheathed Magnetic Shield Remote  
Control Cable

となつている。接地抵抗  $1 \Omega/\text{km}$  を入れれば計算値は大きくなり、実測値に近い値になると思われる。しかしながら計算値の場合には銅テープを巻いたものと考えているのに対し、実際には銅ストリップが用いられている点を考えると、計算値と実測値との間に数%の誤差があるのは止むをえない。また外層から逐次テープを剥して行くと遮蔽特性は段々悪くなり、遮蔽係数が最小になる

誘導電圧の値は次第に小さい方に移動する傾向があることは図からあきらかである。

(C) 3重遮蔽ケーブルの場合

第8図に示した制御ケーブルの遮蔽係数測定結果（接地抵抗0の場合）を第11図に示す。この場合ケーブルに要求された遮蔽係数は  $600 \text{ V/km}$  の誘導電圧に対し  $25\%$  という非常に厳密な値であつたが、測定結果は  $572 \text{ V/km}$  で  $16.5\%$  であり条件を十分満足している。一方(13)式の方法によつて計算した遮蔽係数は誘導電圧  $600 \text{ V/km}$  で  $20\%$  であり、実測値とかなりよく一致している。第11図の結果は全く接地抵抗を考えていない場合の測定結果であるが、接地抵抗が入るとそれだけ遮蔽係数は大きくなる。このケーブルは全長  $8,500 \text{ m}$  に亘つて布設されたものであるが、中間接地をすべて省略し両端で  $1, 2, 3, 4 \Omega$  の接地抵抗によつて接地した場合を考えて遮蔽係数を計算したところ第4表の結果をえた。表によ

第4表 接地抵抗と遮蔽係数の関係  
(電磁遮蔽制御ケーブル)

Table 4. Relation between Shielding  
Factor and Ground Resistance  
(Magnetic Shield Control  
Cable)

接地抵抗 ( $\Omega/\text{両端}$ )	接地抵抗 ( $\Omega/\text{km}$ )	遮蔽係数 (%)	無遮蔽誘導電圧 ( $\text{V}/\text{km}$ )
0	0	16.5	572
1	0.116	19.7	616
2	0.234	23.5	638
3	0.349	26.9	660
4	0.465	30.1	682

注 ケーブル条長  $8,500 \text{ m}$

り 600 V/km の誘導電圧で 25% の遮蔽係数をうるにはケーブルの両端の接地抵抗を大体  $2 \Omega$  以下に抑えなければならないことになる。第4表のように遮蔽係数は接地抵抗によつて影響を受け、特に遮蔽係数が小さくなると影響が著しいから重遮蔽ケーブルの接地には十分注意する必要がある。

## 〔VI〕 結 言

以上電磁遮蔽ケーブルの設計条件遮蔽理論および遮蔽係数の測定結果について述べた。結論を取まとめると大体つぎのようになる。

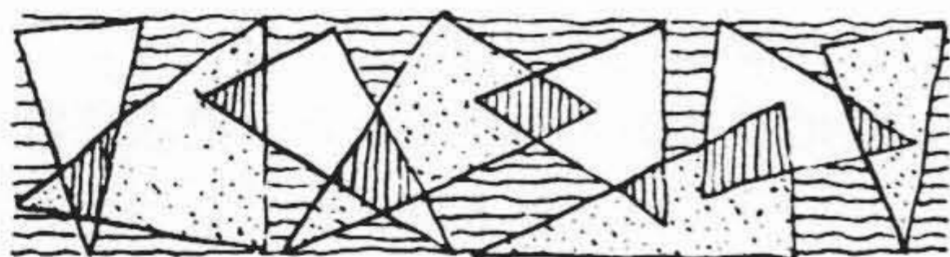
- (1) ケーブルの遮蔽係数の決定に先立ち無遮蔽誘導電圧を決める必要があるが、これには Carson-Pollaczek の式または深尾氏の式を用いると便利である。
- (2) 鉄テープの磁化曲線は焼鈍の方法、巻替作業などでかなり変化する。それゆえ遮蔽ケーブルを設計する場合にはこの点を見込んで設計しなければならない。
- (3) 2重または3重遮蔽ケーブルの合成遮蔽係数は各層単独の遮蔽係数の積と考えることができる。このことは重信遮蔽ケーブルおよび制御ケーブルの実測結果によつて確められた。
- (4) 遮蔽係数の実測結果の一例は2重遮蔽ケーブルの場合 32% (誘導電圧 610 V/km, 接地抵抗  $1 \Omega/\text{km}$ ), 3重遮蔽ケーブルの場合 16.5% (誘導電圧

572 V/km, 接地抵抗  $0 \Omega/\text{km}$ ) となつており所期の値がえられた。

終りに本研究に終始御熱心な御指導を賜つた日立製作所日立電線工場内藤部長, 大和, 久本, 水上課長, 杉山主任, 測定および計算に御協力頂いた岩上, 鈴木, 三浦の諸氏さらに磁化曲線の測定に御配慮頂いた日立研究所杉浦主任に深く感謝する。

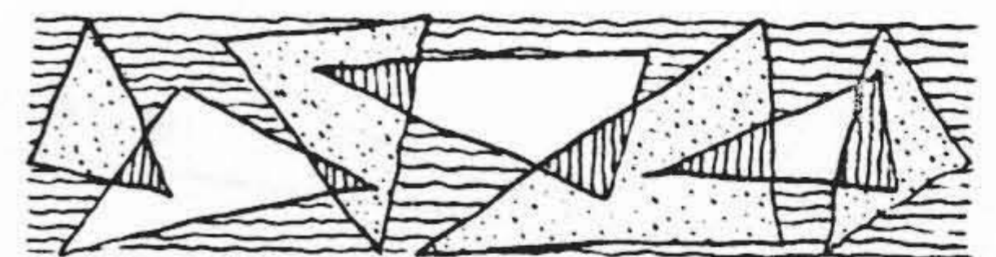
## 参 考 文 献

- (1) R. Carson: B.S.T.J. 5, 539 (1926)
- (2) F. Pollaczek: E.N.T. 3, 339 (1926)
- (3) 深尾: 電学誌 47, 673 (昭 2)
- (4) 誘導障害防止研究委員会: 誘導障害防止研究委員会第4回調査報告 電学誌 54, 763 (昭 8)
- (5) W.G. Radley: J.I.E.E. 69, 1117 (1931)
- (6) A.J. Jackman: P.O.E.E.J. 26, 97 (1933)
- (7) H.R. Moore: E.E. 53, (2) 274 (1934)
- (8) 畑: 電気3学会東京支部連合大会予稿 9—5 (昭 25. 11)
- (9) 畑: 電気3学会第25回連合大会予稿 9—1 (昭 26. 5)
- (10) 電気学会: 送配電工学 III 521 (昭 26)
- (11) 誘導防止専門委員会: 誘導防止規準の解説 (昭 26 コロナ社)
- (12) 電気学会: 送配電工学 I 138 (昭 25)
- (13) 君島: 電気計算 23, 55 (昭 30. 6)



特許第 213065 号

## 特 許 の 紹 介



高 橋 健 三

## 高 圧 筒 型 可 熔 遮 断 器

疾走する電車の火災が可熔遮断器の不完全遮断に端を発することがあるのは知られるところである。ここで不完全遮断というのは定格電流の 2~3 倍程度の過電流のときにおこることが多く、これに対処すべく二つの特性異なるフェーズを直列に結んだものや、またはいわゆる親子フェーズ式のものしばしば登場したが問題の解決となりえなかつた。それは性能の点もあるがこの種のものには構造も取付も取扱いもすべて複雑となり、このために従来品にとつて代るには取付具等一切の改造に大きな困難を伴つて結局実施不能に近い形であつた。本発明はこの点に鑑み充填消弧剤の入れ替えだけでこの難問を解決したもので現在電車用には全面的に採用されるにいたつたものである。それは消弧剤としてカオリナイト ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) を主成分とすることを特長とし、実施

に当つてはそれにもつとも近い物質として蛙目粘土あるいは木節粘土を使用するものである。耐火粘土として著名なこれらの粘土は  $450 \sim 600^\circ\text{C}$  で脱水分解するものでこの際吸熱反応があるものである。この吸熱反応をフェーズ熔断の初期弧光の存在において生ぜしめるところに本発明の新機軸が存し、これによつてフェーズがじりじり熔けて全体が火の柱と化すようなことを防いだものである。つまりはじめ一箇所が生じた弧光をその発生の初期において消滅せしめて大事にいたるのを未然に防ぐのであつて本発明によれば吸熱反応時の吸熱量を小電流遮断の初期の電弧エネルギーよりも大となすことがきわめて容易であるから実際の遮断試験の結果はいづれもきわめて良好であるつた。(宮崎)