



Title	電力紙ケーブル製造におけるスパイラル構造の機械的特性についての研究
Author(s)	石山, 文雄
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/29003">https://hdl.handle.net/11094/29003</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	石 山 文 雄 いし やま あや お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 7 9 7 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 11 月 1 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	電力紙ケーブル製造におけるスパイラル構造の機械的特性についての研究
論文審査委員	(主査) 教 授 上田 太郎 (副査) 教 授 小島 公平 教 授 副島 吉雄 教 授 田中 義信 教 授 津和 秀夫 教 授 山村 豊

## 論 文 内 容 の 要 旨

電力紙ケーブルは、電力ケーブルの内で王者格の位置をしめ、超高圧ケーブルにまで使用されているが、現在においても構造的に満足すべき状態のものでなく、その事故原因が構造上から生ずる場合が多い。

一般に電力紙ケーブルが破壊する場合の要因としては、(1) 電氣的破壊、(2) 機械的破壊、(3) 熱的破壊などがあるが、この内でも実際の事故は機械的な損傷により起こる場合が大部分である。

そこで本研究は、実用電力紙ケーブルの機械的諸特性の向上化を目的とし、その構成材料が大部分スパイラル構造より成立していることから、スパイラル構造としての各材料の諸問題をとらえ、主として実験的にこれらに対する基礎研究を行ない実用面に役立たせることを試みた。

本研究の結果は、第一編：「電力紙ケーブルの概説」，「スパイラル構造の沿革」，「研究の目的」，第二編：「スパイラル構造をもつ導体の特性」，第三編：「スパイラル構造をもつ絶縁層の特性」，第四編：「スパイラル構造をもつ外装の特性」，最後に全部の結論をまとめた。

以下に本研究の結果，明らかになった主要事項を概述する。

### 1 第二編，スパイラル構造をもつ導体の特性

(i) まずスパイラル構造をもつ導体の撚線ピッチとケーブル可撓性との関係を実験的に究明した。

すなわちケーブルは単心 600mm<sup>2</sup> 中空撚線を採用し、撚線ピッチ、ピッチの撚り方、撚線ブレーキなどの条件を変えた各種試料を作り、その曲げ剛性の比較を行なった。

その結果、導体のみの場合は、撚線ブレーキのみが曲げ剛性に影響すること、また、導体上に絶縁紙があるコアーおよび鉛被ケーブルの場合は、撚線ピッチの相違が曲げ剛性に影響し、ピッチの小なるもの程、曲げ剛性が小さいことなどを見出した。

また、導体上におさえがある場合とない場合とでは曲げ剛性が大きく変わることから、曲げ剛性を論ずる場合は導体表面に数枚の紙を巻いたもので比較すべきことを提案した。

- (ii) 次に、圧縮成形導体の普及を促進する意味から扇形導体、楕円形導体、分割導体の可撓性を実験的に追求した。

その結果、扇形導体、楕円形導体は負荷方向により、その曲げ剛性が異なること、さらにはその取り扱い上の問題点などの対策を明らかにした。

また、分割導体についても可撓性実験を行ない、普通導体との比較ならびに予燃有無の比較において、予燃有り分割導体が可撓性にすぐれていることを定量的に明確にした。

- (iii) さらにケーブルの各構成材料とケーブル可撓性との関連を実験的に究明した。

すなわち、電力紙ケーブル製造中、生紙、乾紙、油浸紙の工程を経るにしたがい、その可撓性がどのように変わるかを追求し、ケーブル全体の曲げ剛性に対する絶縁層の占める割合は、生紙が一番大きく、次に乾紙、油浸紙の順であることを定量的に求めた。

- (iv) またケーブルの異常現象中、曲げならびに曲げ戻しにより生ずるウネリ、導体の反発性、スパイラル加工したものの張力による変形について解明した。

## 2, 第三編 スパイラル構造をもつ絶縁層の特性。

- (i) まずスパイラル絶縁層を有効紙厚率という形で現わし、その計算式ならびに実際のケーブルの実験結果を究明した。

この結果、有効紙厚率は puncture path, step path, Zig-Zag path の三種を考慮し、この三者の有効紙厚率が良好となるような紙巻き条件を選定すべきこと、また実際のケーブルを曲げた時と曲げない時とでは、有効紙厚率が異なることなどを明らかにし、曲げ回数は出来るだけ、少なくすることを提案した。

- (ii) 次に、絶縁層のヤング率を実験的に求めた。

すなわち、絶縁層の積層方向のヤング率を、生紙積層、油浸紙積層の場合に分けて、それぞれ求めた。

- (iii) さらに絶縁層の導体締付力について、実験的に究明した。

すなわち一ッ割金属パイプ内面に歪計を取り付けた仮導体上に絶縁紙を巻き、歪計の変化量で導体の締付力を求める新方法で測定した。

その結果、紙巻数と総合締付力との関係は、最初の一枚目が締付力が最も大きく、紙巻数が増加するにしたがい総合締付力が漸増し、ついには飽和すること、その他「紙幅と導体締付力との関係」、「紙質と導体締付力との関係」などについて明らかにした。

- (iv) また絶縁層内の半径方向締付力分布を実験的に把握した。

すなわち、モデル積層絶縁紙中に、引き抜き可能な紙を軸方向にはさみ込み、この絶縁紙を引き抜く力を測定量とした新測定法を用いて、種々の条件での締付力分布を求めた。

この測定法によれば、どんな複雑な紙巻き条件でも、その締付力分布を容易に測定することが出来る。

## 3, 第四編 スパイラル構造をもつ外装の特性

(i) まずスパイラル絶縁層ならびにスパイラル外装紙の曲げ座屈について実験的研究を行なった。

絶縁紙のギャップに落ち込む座屈皺発生条件を求めるため、特殊な座屈試験器具を作り、各種試料をこれにセットして、圧縮試験を行なった。

この結果、座屈応力、座屈歪は共に  $h/r$  ( $h$ : 紙筒厚さ,  $r$ : 円筒の平均半径) の増加にともない漸増すること、ギャップの方向が試料軸に直角でも、70度方向の場合でも座屈特性は同一傾向を示すこと、またギャップ幅の変動、円筒径の大小は座屈応力、座屈歪に影響は及ぼさないが、積層枚数は座屈応力、座屈歪を漸増させることなどを明らかにした。

さらに座屈皺数についても追求し、絶縁紙の座屈皺防止対策も明らかにした。

(ii) 次に同様に、外装材料としてのビニルテープ、ポリエチレンテープ、ポリプロピレンテープ、布テープなどの座屈特性を究明した。

ビニルテープは  $h/r$  の増加にともない座屈応力、座屈歪はそれぞれ急増、漸増し、 $h/r$  が  $0.0275 \sim 0.055$  の範囲で座屈応力は  $0.9 \sim 4.3 \text{ kg/cm}^2$ 、座屈歪は  $0.3 \sim 0.8\%$  を示す。

ポリエチレンテープも  $h/r$  の増加にともない座屈応力、座屈歪はそれぞれ急増、漸増し、 $h/r$  が  $0.03 \sim 0.05$  の範囲で座屈応力は  $13 \sim 40 \text{ kg/cm}^2$ 、座屈歪は  $0.3 \sim 1.8\%$  を示す。

ポリプロピレンテープの座屈特性は  $h/r$  の増加に対して、座屈応力、座屈歪共に急増し、 $h/r$  が  $0.03 \sim 0.05$  の範囲で座屈応力は  $6.5 \sim 50 \text{ kg/cm}^2$ 、座屈歪は  $0.28 \sim 1.1\%$  である。

また布テープについては  $h/r$  の増加で座屈応力、座屈歪はそれぞれ急増、漸増し、 $h/r$  が  $0.032 \sim 0.063$  の範囲では、座屈応力は  $1.2 \sim 4.5 \text{ kg/cm}^2$ 、座屈歪は  $0.2 \sim 0.5\%$  である。

さらにこれら諸材料の積層条件と座屈皺との関係について求めると共に、座屈特性向上の対策についても解明した。

以上のこれら一連の研究により、電力紙ケーブルにおけるスパイラル構造の諸特性を明らかにすることができ、その結果、実用電力紙ケーブルの機械的特性の向上化に役立てることが出来た。

## 論 文 の 審 査 結 果 の 要 旨

本論文は電力紙ケーブルのスパイラル構造体ならびにその構成材料の機械的特性を研究した結果をまとめたもので5編からなっている。

第1編は諸論で電力紙ケーブルの概説とスパイラル構造の沿革および問題点について述べ、スパイラル加工分野における基礎的研究の不十分な点を指摘し本研究の目的と意義を述べている。

第2編は電力紙ケーブル用導体のスパイラル特性を実験的に検討したものでケーブルの機械的特性中最も重要な可撓性について导体ピッチとの関係を求め曲げ剛性におよぼすピッチや撚線ブレーキの大きさおよび絶縁厚さの影響を明らかにし导体のみの場合は撚線ブレーキのみが影響し导体上に絶縁紙を巻いたコアーおよび鉛被ケーブルの場合には撚線ピッチの相違が影響し、ピッチ小なるものほど曲げ剛性の小さいことを見出している。なお導体の曲げ剛性を論ずる場合には导体表面に数枚の紙を巻いたもので比較すべきことを提唱している。また圧縮成形導体の普及を促進する意味から扇形導

体，だ円形導体，6分割導体の可撓性を測定して扇形導体とだ円形導体は負荷方向により曲げ剛性が異なることや取り扱い上の問題を明らかにするとともに分割導体においては予撓分割導体が可撓性にすぐれていることを定量的に明らかにしている。

また電力紙ケーブルの絶縁層を生紙，乾紙，油浸紙でつくる場合における可撓性を測定してケーブル全体の曲げ剛性に対する導体+絶縁体の占める割合は生紙絶縁体の場合が一番大きくて70～80%，次いで乾紙の場合が40～70%，油浸紙の場合が20～35%であることを見出している。

さらにケーブルの異状現象のうち「うねり」，導体の反発性，スパイラル加工したものの張力による変形などについて実験的説明をなすとともにそれら異状現象の防止対策を論じている。

第3編は電力紙ケーブルの絶縁層のスパイラル特性について実用的問題をとらえて実験的に究明したもので電気的特性に直接影響するスパイラル絶縁層の有効紙枚数を有効紙厚率という形で表わしその計算式を導き出すとともに実際のケーブルについてそれらを測定している。この結果有効紙厚率はケーブルの絶縁破壊路である Puncture Path, Step Path, Zig-Zag Path の3種を考慮し，この三者に対する効率が良好となる紙巻き条件を選定すべきことを明らかにしている。

さらに絶縁層の導体締付力を特殊な測定器を考案して実測し紙巻き数と総合締付力との関係を明らかにするとともに紙幅と総合締付力との関係，紙質と導体締付力との関係などを解明している。またスパイラル絶縁層内の応力分布に関する問題を実験的に検討して電力紙ケーブルの絶縁層内の機械的問題を明らかにしスパイラル絶縁層締付力の最適条件を見出して電力紙ケーブルの紙巻き条件決定の有力手段を提供している。

第4編はスパイラル絶縁層ならびにスパイラル外装紙の曲げ座屈について実験的研究を行なった結果を述べたもので絶縁紙のギャップに隣接絶縁紙が曲げのときに落ち込む座屈皺発生条件を求めるため，特殊な座屈皺発生試験器を試作し，これをテンシロン圧縮試験機にかけて絶縁紙円筒の圧縮試験を行ない，座屈皺発生条件を明らかにして，その防止対策を論じている。進んで外装材料中のビニルテープ，ポリエチレンテープ，ポリプロピレンテープ，布テープについても同様の試験を行ない皺発生防止対策を明らかにしている。

さらにこれらの諸材料の座屈特性向上対策について究明し積層条件と座屈皺との関係を求めている。

第5編はこれら研究の結果を総括したものである。

本論文は電力紙ケーブルのスパイラル特性に関する基礎的な究明を行ない，各スパイラル構造ごとにあるいは総合的なスパイラル構造における実用的問題をとらえ，広範な実験的追求により電力紙ケーブルの製造ならびに使用時における諸問題に明確な解決を与え，その機械的性能の向上化に大きく寄与するとともに電力ゴムおよびプラスチックケーブル，通信ケーブルその他のスパイラル加工品あるいは積層材を製造する場合の参考資料を提供したもので工学上ならびに工業上に貢献するところ大きいものがある。

よって本論文は博士論文として十分価値あるものと認める。