

論 文

FRP つりざおの高電圧絶縁特性とその改善策

高橋 雄造*, 小林繁雄*, 小林正直*

(1983年8月5日受理)

HV Insulating Characteristics of FRP Fishing Tackles and the Improving Measures

Y. TAKAHASHI, * S. KOBAYASHI* and M. KOBAYASHI*

(Received August 5, 1983)

Measured ac breakdown voltage across the outer surface of a carbon FRP tackle and the carbon fibres is about 3 kV_{rms}. When the tackle is covered with a heat shrinking PVC tube (0.1 mm thick), the breakdown voltage rises up to c. 13 kV_{rms}. Breakdown voltage of the covered tackle remains almost unchanged, even if the surface is wet. So the application of the tube is to be a measure to counter the death from electric shock via fishing tackles. Peak value of prebreakdown current is approximately 3 mA, when voltage of 4 kV_{rms} is impressed to the tackle with a tube. This suggests that a man holding the tackle with a tube feels a pain if the tackle touches bare distribution line of 6 kV class. He is to feel some sensation without pain, even when two layers of the tube are applied onto the carbon FRP tackle. In the case of glass FRP tackles, the danger of the electric shock is far more less: Measured surface flashover voltage of glass FRP tackles is as high as that of polyethylene rod.

1. はじめに

FRP は、こんにち産業用だけでなく民生用にもひろく用いられている。そして、高電圧絶縁用に作られたものではない一般用 FRP が、メーカ、ユーザの意図のいかんを別としても、高電圧にさらされるケースがあらわれるようになった。カーボン FRP つりざおを配電線に接触させて感電するなどは、その例である。レジャー・スポーツ用品への FRP の適用がめざましく拡大していることを考えると、カーボン FRP 用品と電気安全との関係は、現在および近い将来においてまさに重要な問題となる。本論文では、ガラス FRP およびカーボン FRP つりざおの高電圧絶縁特性を測定した結果を述べるとともに、その改善策について考察する。

2. つりざおと感電事故

カーボン FRP 製つりざおを振り出したままかついで歩き高圧配電線に触れたり、同様の状態で電鉄踏切を渡ろうとして架線に触れたりする事例が報じられている。つりざおのうちあゆざおはとくに長くその全長は 9 m を

超えるものがあり、ふつう 7~8 m のものが貰用される。高圧配電線や電鉄架線の地上高最低値は 4~5 m 程度である。それゆえ身長 1.5 m の人があゆざおを伸ばしたまま斜めに肩にかついだとき、これらの電線にさおを引っかける可能性は高い。6.6 kV 高圧配電線（その最高電圧は 6.9 kV_{rms}）は△結線・非接地であるが、平衡三相であるのでその一相の対地電圧は $6.9 \text{ kV}_{\text{rms}} / \sqrt{3} \approx 4 \text{ kV}_{\text{rms}}$ と考えてよいであろう。配電線には通常は被覆が施されているけれども、被覆の経年劣化などを考えると、裸の高電圧部分につりざおを引っかけることも想定される。一方、直流電鉄架線の電圧は 2 kV 未満である。結局、高圧配電線や直流電鉄架線からの感電を考えるときは、対地電圧を最高 4 kV_{rms} としてよいであろう。さお材質がガラス FRP ならば、この電圧により感電事故に至る危険は、さおが乾燥・清浄状態であるかぎり、小さいと考えられる。交流電鉄架線 (20 kV) に対しては、危険はずっと大きくなる。

空地でつりざおを振る練習をしていて高圧送電線から感電したという例もある。66 kV 級送電線の川越え地点で感電事故をおこす可能性もある。66 kV 級送電線の最低地上高は 8 m であるから、あゆの友づりの場合にさおや糸が電線に近づくことが考えられる。これらの場合には、さおがカーボン FRP 製でなくても、またさおや糸を高圧送電線に接触することなく近づけただけでも感電事故につながりうるであろう。

* 東京農工大学工学部電気工学科 (184 小金井市中町 2-24-16)

Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, 24-16, Nakamachi 2-chome, Koganei, 184 Japan

つりざおの使用が感電につながる条件は、第一につりざおが長いことである。第二に、導電性をもつカーボン FRP が用いられていることである。カーボン FRP つりざおは、そのしなやかさとともに、軽さが特長である。長大なあゆざおにあっては重さ（持ったときの重量感）が重要であって、ガラス FRP によってカーボン FRP と同等性能のあゆざおを作ることはできない。高価であってもカーボン FRP あゆざおが賞用されるゆえんである。第三に、つりざおは元来は竹であって良好な絶縁物ではないにせよ金属棒のような導体とはちがうという暗黙の理解または潜在意識があると思われる。ゴルフクラブというとわれわれはとかく“かなもの”を想いうかべると対照すると、このことは明らかであろう。

3. カーボン FRP つりざおの製造法

カーボン FRP あゆざおの製造法をしらべた結果は次のとおりである。

材料は厚さ 0.1~0.2 mm 程度の CG クロスと呼ばれるプリプレグである。これはカーボンファイバをひきそろえてマトリクス（エポキシ樹脂）を含浸したものであり、補強として約 0.03 mm 厚のガラスクロスを裏打ちしてある。このプリプレグをややテープのついたマンドレル（金属棒）に巻きつけて 4 層程度重ねる。約 20 mm φ × 1 m 長のさおであれば、材料プリプレグの寸法は約 250 mm 幅 × 1 m 長になるわけである。

プリプレグをマンドレルに巻きつけたら、上からテープを巻いて押さえつける。テープ材料は、ポリプロピレンやポリエチレンであり、ポリエチレンの場合は離型性をよくするようにシリコーンを塗布しておく。

次に、約 130°C で 2 時間加熱して硬化させたあと、マンドレルを抜く。テープをはがしてから、外面を研磨して塗装して仕上げる。段間のみ込みは、外面を削ってカーボンの生地を出す。

4. 感電対策の考え方

つりざお自体に感電対策を施す可能性を検討しよう。6 kV 級高圧電線にカーボン FRP つりざおを接触させて感電する場合を想定する。電気が高電圧側から通じる順に、次のような対策が考えられるであろう。

- i) 配電線に接触するさおの穂先を絶縁物にする。
 - ii) 高電圧部がさおの穂先に接触してももとざおまでの電位にならないように、途中の部分を絶縁物にする。
 - iii) 手元の部分で高電圧を絶縁する。
- これらを実施するには、次のような方法がある。

a) さおの何番かをカーボン FRP でなく絶縁性のさおにおきかえる。

b) 絶縁チューブをかぶせるなどして、絶縁被覆をもうける。

c) カーボン FRP さお同士のつぎ目（のみ口とのみ込み）は導電性があるので、絶縁性材料でつぎ目を構成する。

これら a) ~ c) のうちいくつかについては、すでに実用新案が申請されている¹⁾。

さおの穂先をガラス FRP 等に変えることは、つりざおの性能を低下させる可能性がある。2番から上あるいはもとざおの材質をガラス FRP やケブラーに変えることも、つりざおの性能や商品性を低下させるおそれがある。

穂先に絶縁チューブをかぶせることも、つりざおの性能をそこなう可能性がある。振出しのさおにあっては、もとざお以外にチューブをかぶせることは困難である。

もとざおに絶縁被覆をもうけることは、人体に最も近いところで防御するのだから、決して上策とはいえない。伸ばしたさおを人がかつぐときに 2 番・3 番をもつ可能性があるので、もとざおに施した絶縁被覆だけで感電に対して十分有効であるとはいえない。しかしこの方法は実行可能と思われる所以、5.2 節において実験の結果を述べる。

のみ口・のみ込みを絶縁することは、上手に構成できれば有効であると思われる。しかし、商品化された例はないようである。

従来看過されてきた点に、さお尻処理の問題がある。配電線に穂先が接触した場合、もとざお中のカーボンファイバには高電圧が通じる。さお尻には金属キャップがつけられることが多いので、これに人が触れて感電する可能性がある。これへの対策の必要性を強調しておきたい。

いざれにせよ、導電性であるカーボン FRP 製のつりざおに満足な感電対策をほどこして商品化することは相当に困難であると思われる。

5. 実験による検討

5.1 つりざお用 FRP パイプの商用周波沿面フラッシュオーバ試験

5.1.1 実験方法

つりざお用 FRP 中空パイプ外面の 2 カ所にアルミ箔 (50 μm 厚) を巻きつけて、商用周波沿面フラッシュオーバ電圧を測定した²⁾。FRP としては、ガラス FRP でマトリクスがフェノールであるものとポリエチレンであるものとの 2 種、およびカーボン FRP でマトリクスがエ

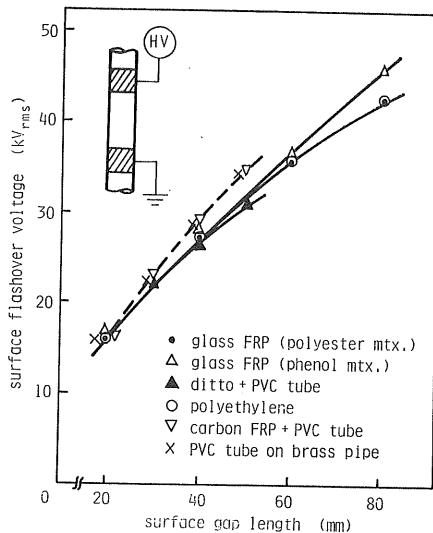


図 1 FRP パイプと塩ビ熱収縮チューブの沿面フラッシュオーバー電圧

Fig. 1 Surface flashover voltage of FRP pipe and heat shrinking PVC tube.

ポキシであるものを用いた。これらにはややテープがついており、長さ 1,115 mm に対して外径は元が 20.7 φ・先が 18.5 φ である。肉厚は 0.65 mm である。ガラス FRP パイプ外面にはウレタン塗料、カーボン FRP パイプ外面にはエポキシ塗料が塗ってある。このカーボン FRP パイプ（長さ 1,115 mm）の長さ方向の電気抵抗は約 1.5 Ω である。比較のために 20 φ 中実ポリエチレン棒も用いた。

カーボン FRP パイプでは沿面フラッシュオーバー電圧は測定できなかった（5.2 参照）ので、熱収縮チューブをかぶせて実験した。用いた熱収縮チューブは透明塩ビ製であり、収縮後の肉厚は約 0.1 mm である。比較のために、ガラス FRP（フェノールマトリクス）および 20 φ 黄銅棒にこの熱収縮チューブをかぶせたものについても測定した。このときカーボンファイバーや黄銅棒は背後電極の役割を果たすことになるが、カーボンファイバーや黄銅棒は浮動電位のまま測定した。

実験は室温（大略 15~25°C）・相対湿度 50~60% の大気中で行なわれた。印加電圧は交流 50 Hz の電圧であって、その上昇速度は 2.5 kV_{rms}/s である。

5.1.2 結 果

商用周波沿面フラッシュオーバー電圧を電極ギャップ長に対して図 1 に示す。ガラス FRP パイプのフラッシュオーバー電圧はポリエチレン丸棒のそれと大差ないことがわかる。マトリクスがフェノールであるもののほうがポリエチレンであるものよりも、ややフラッシュオーバー電圧が高

い。ガラス FRP に熱収縮チューブをかぶせた試料のフランジオーバー電圧も、ガラス FRP やポリエチレンの場合とほぼ同じである。

カーボン FRP に熱収縮チューブをかぶせた試料のフランジオーバー電圧は、黄銅棒に熱収縮チューブをかぶせた試料のそれとよく一致する。

以上の結果から、つりざお用ガラス FRP パイプは高電圧に対しても良好な沿面絶縁特性をもつこと、カーボン FRP は高電圧に対しては金属によく似たふるまいをすることが確かめられた。

5.2 カーボン FRP あゆざおの商用周波貫通破壊試験

本節で述べる実験は、次のような場合を想定したものである。カーボン FRP つりざおの外面には塗膜があり、この塗膜はなにがしかの絶縁耐力をもっている。穂先が 6 kV 級高圧配電線に接触したとき導通状態になるには、塗膜が貫通破壊することが必要である。つりざおのみ口・のみ込みは導電性であるから、穂先の塗膜が貫通破壊すれば高電圧はもとざお中のカーボンファイバまで通ずるわけである。もとざおを握っている人に通電するには、手に触れたもとざおの外面塗膜が貫通破壊しなければならない。結局、人が事故にあうには、穂先と手元との 2 カ所で塗膜の貫通破壊を生ずることが必要である。

実験では、この塗膜の貫通破壊電圧を測定した。さおに塩ビ熱収縮チューブをかぶせて外面の絶縁耐力を改善することを試みた。水ぬれの効果についても検討した。貫通破壊前駆放電電流によって人が感電すると考え、この感電電流レベルと印加電圧との関係を測定した。

5.2.1 実験方法

試料はもとざおから数えて 2 番であって、外径は元が 19.5 φ、先が 18.2 φ、長さ 1,250 mm、肉厚 0.7 mm、重量は約 70 g である。マトリクス・外面塗料ともエポキシであり、塗色は赤褐色である。

熱収縮チューブは透明塩ビ製でコンデンサ用と称するものであって、折径 32.5 mm・収縮前の呼称厚は 0.1 mm、長さ 1 m 当りの重量は 8.8 g である。収縮後の厚さは実測で 0.097 mm であった。

実験は室内で行なわれ、その気温・相対湿度は 20±1.0°C・65±1.5% の範囲にあった。

アルミ箔 (50 μm 厚・30 mm 幅) を試料の 2 カ所に巻きつけて、外面間の抵抗を測定した。ギャップ長 20 mm・印加電圧 50 V の場合、被覆する前のさおの外面抵抗は $3.4 \times 10^{14} \Omega/m$ 、熱収縮チューブを被覆したさおでは $1.1 \times 10^{15} \Omega/m$ であった。

外面塗膜またはこれに熱収縮チューブが加わった層の

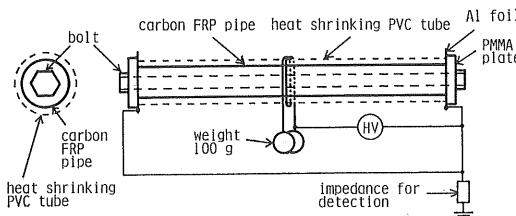


図 2 絶縁破壊試験における電極構成

Fig. 2 Electrode arrangement in breakdown test.

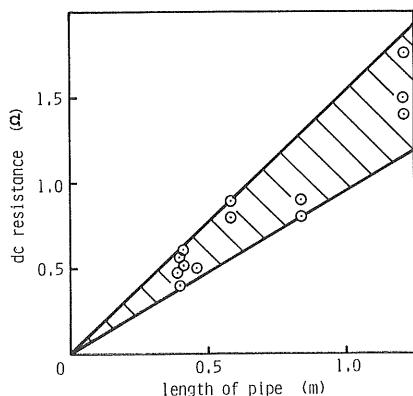


図 3 カーボン FRP パイプ (約 20 φ) の端面間の直流抵抗

Fig. 3 DC resistance between both ends of carbon FRP pipe (c. 20 φ).

貫通破壊電圧を測定するために、図 2 のように、外面に 0.6ϕ の金属線（糸ハンダ）を 1 回半巻きつけて高電圧側電極とした。さおは水平に保持し、金属線には片側あたり 100 g のおもりをつり下げて張力を加えた。低電圧側電極は、カーボンファイバのすべてに接触することをめざして、さお端部にアルミ箔を強く押しあてて構成した。さお中にボルトを通してアルミ箔背後の板を締めつけ、カーボンファイバとアルミ箔との良好な接触を期した。

印加電圧は 50 Hz 交流で、その上昇速度は 500 V_{rms}/s であった。貫通破壊時の遮断は高電圧変圧器 1 次側に入れたフューズによって行なった。

5.2.2 端面間の直流抵抗

さお両端にアルミ箔を当てた状態でテスターにより測定した直流抵抗を、図 3 に示す。1 m 長のさおの直流抵抗は約 1~1.5 Ω であることがわかる。カーボン FRP は、絶縁耐力を考える立場からは、プラスチックよりもむしろ金属に近いと考えるべきである。

5.2.3 貫通破壊電圧

貫通破壊試験におけるサンプル数は、各条件につきそぞれ 4~12 であった。

熱収縮チューブを被覆しないときの貫通破壊電圧は

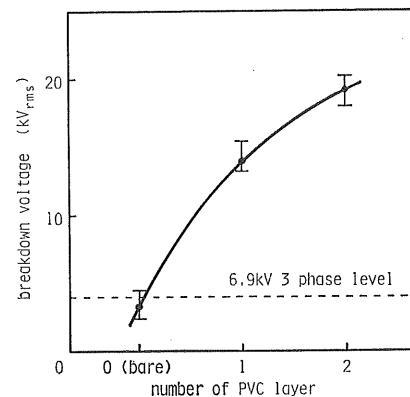


図 4 カーボン FRP パイプにかぶせた塩ビ熱収縮チューブの枚数による貫通破壊電圧の変化

Fig. 4 Change in the breakdown voltage with the number of PVC layers on carbon FRP pipe.

2.4~4.3 kV_{rms} であり、ばらつきも大きい。それゆえ、さおの塗膜自体に 6.6 kV 高圧配電線（平衡三相であればその最高電圧は対地 4.0 kV_{rms} になる）に対する絶縁耐力を期待することはできない。さおの使用中に塗膜が傷つくことを考えればなおさらである。熱収縮チューブを 1 枚または 2 枚被覆した場合の貫通破壊電圧を図 4 に示す。熱収縮チューブ 1 枚を被覆すると、4 kV_{rms} の高電圧印加に対しては貫通破壊電圧は余裕がある。熱収縮チューブを 2 枚被覆するとより良好であるが、1 枚当たりの絶縁耐力は下がる。さおを使用中に熱収縮チューブに傷がつくことを考えると、2 枚以上被覆することが望ましい。

20 kV 交流電鉄架線に接触したときについては、熱収縮チューブをかぶせる方法では対応しきれないことが図 4 からわかる。

熱収縮チューブを被覆する前のさおに傷があったり、金具付のさおに熱収縮チューブを被覆したりすることを想定して、傷をつけたさおに熱収縮チューブ 1 枚を被覆して貫通破壊電圧を測定した。傷は、さお表面の塗膜となにがしかのカーボンファイバおよびマトリクスをいっしょに溝状にはがして作った。溝の幅と深さは大略 1.7×0.22 mm である。この場合の貫通破壊電圧は、図 5 に示すように、無傷のさおに熱収縮チューブを被覆したときの値よりやや低い値であった。

つりざおは使用時に水でぬれたり、泥などでよごれることが考えられる。これらの場合の基礎として、つりざお外面を水道水でぬらして実験した。水道水（抵抗率 73 Ω · m）をガーゼにふくませて試料外面に塗布すると、約 20 φ の試料 1 cm 長当たり約 2 mg の水が付着する。この試料に課電して、水を塗布してから約 3 分以内に破

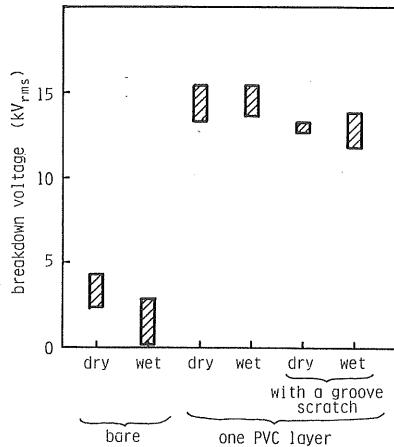


図 5 貫通破壊電圧に対する水ぬれと溝状傷の影響（カーボン FRP パイプ）

Fig. 5 Influence of water and of a groove scratch upon the breakdown voltage (carbon FRP pipe).

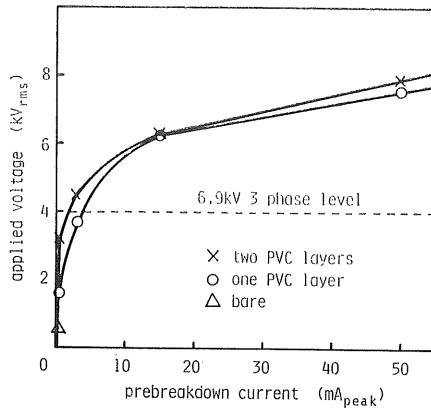


図 6 破壊前駆電流をもたらす印加電圧（塩ビ熱収縮チューブをかぶせたカーボン FRP パイプ）

Fig. 6 Applied voltage that results in prebreakdown current pulse (carbon FRP pipe with PVC layers).

壞に至らしめた。貫通破壊電圧は図 5 に示してある。裸（熱収縮チューブなし）の場合は、貫通破壊電圧は水ぬれによって著しく低下し、塗膜の絶縁性に期待できないことを示している。熱収縮チューブを 1 枚被覆すると、水ぬれによる貫通破壊電圧の低下はほとんど認められず、また溝状傷をつけたさおに熱収縮チューブ 1 枚を被覆した試料をぬらしてもほぼ同様の結果が得られた（図 5）。

以上の実験結果から、熱収縮チューブ 1 枚を被覆すると、乾いた状態でも外面がぬれた状態でも、4 kV_{rms} の高電圧に対する絶縁耐力が相当に期待できることがわかつた。

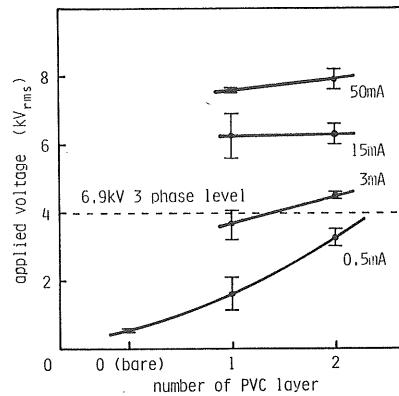


図 7 カーボン FRP パイプにかぶせた塩ビ熱収縮チューブの枚数による、一定の破壊前駆電流パルス（波高値）を与える印加電圧の変化

Fig. 7 Change in the applied voltage giving the specified prebreakdown current pulse (peak value) with the number of PVC layers on carbon FRP pipe.

る。ただし、熱収縮チューブの経年変化・劣化等を考えると、この方法を感電対策として実施するについてはまだ多くの問題があるといわねばならない。

5.2.4 感電電圧

試料が貫通破壊する前に前駆放電電流パルスが流れ、このパルスの波高値が 0.5, 3.0, 15, 50 mA になるときの印加電圧を、これらの試料についての感電電圧と名づけた。これらの電流レベルは、それぞれ、人体に流れたときの感知限界、痛みを感じはじめる限界、離脱限界、心室細動をおこしはじめる限界に大略相当すると考えられる。

感電電圧の測定方法は次のとおりである。測定は貫通破壊試験と同時に実行された。低電圧電極と接地との間に時定数 10 μs の CR 並列インピーダンスを挿入し、その両端にあらわれる放電パルスをコンパレータの入力として、所定のレベルと比較した。

感電電圧-電流レベルの関係を図 6 に示す。この図の曲線は飽和特性を示す。電流-電圧特性としてこの曲線を見ると、部分放電一般と同じく、二次曲線になっている。安全の立場から見ると、この特性ではわずかな電圧上昇とともに電流が大幅に増すので、危険が大きいことになる。

感電電圧と熱収縮チューブの枚数との関係を書きなおす特性を、図 7 に示す。6.6 kV 配電線に対しては、熱収縮チューブ 1 枚を被覆した場合にはほぼ痛みを感じるレベルの電流が流れることが明らかである。感電電圧は熱収縮チューブの枚数増につれて上昇するが、0.5 mA レベル以外では上昇は大きくない。6.6 kV 級配電線に

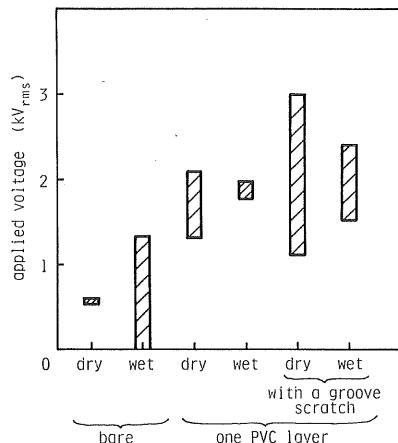


図 8 0.5 mA_{peak} の破壊前駆電流パルスをもたらす印加電圧における水ぬれと溝状傷の影響 (カーボン FRP パイプ)

Fig. 8 Influence of water and of a groove scratch upon the applied voltage giving prebreakdown current pulse of 0.5 mA_{peak} (carbon FRP pipe).

接触したときの電流を感知レベル以下に抑えるには、この熱収縮チューブを 2 枚被覆してもまだ不十分であることがわかる。

0.5 mA レベルの感電電圧に対する水ぬれや溝状傷 (5.2.3 参照) の影響を図 8 に示す。

5.2.5 貫通破壊と放電のようす

貫通破壊孔の位置はすべて、高電圧側電極である金属線の内側かあるいはこの金属線から 1 mm 程度離れたところにあった。溝状傷をつけた試料ではすべて、貫通破壊孔は溝状傷のあるところにあった。貫通破壊孔の直径は 1 mm 以下であって、FRP パイプの裏まで貫通していることはなかった。

熱収縮チューブ 1 枚を被覆したときの乾いた状態における放電のようすを、よりくわしく述べる。低電圧側電極と接地との間に 200 kΩ と 50 pF の CR 並列インピーダンス (時定数 10 μs) を挿入し、このインピーダンスの両端にあらわれる放電パルスをオシログラフで観測した。印加電圧を上昇していくとき、放電パルスの出現する電圧は 0.7~0.8 kV_{rms} であり、このときの最大放電パルスのピーク値は正負とも約 5 V であった。印加電圧 1.1 kV_{rms} 程度までは放電パルスは正負とも同じ大きさであるが、それ以上の印加電圧では負パルスのはうが大きくなる。一方、放電光を暗黒内で観察すると、印加電圧約 10 kV_{rms} までは高電圧側電極の両側で合計幅 40 mm 程度の帯状領域内に放電が存在し、この領域から出ることはない。これ以上の印加電圧では、太い枝

が伸び出し、貫通破壊寸前には放電光の伸びは片側 100 mm を越えるようになる。しかし貫通破壊点は、前述のように高電圧側電極のごく近くに生ずる。

5.3 カーボン FRP あゆざお実物の破壊試験

全長 9 m の 9 本継ぎ振出しがおの破壊試験を行なった。このさおのもとざおの直径は約 31 φ である。もとざおのはば中央と穂先のはば中央にアルミ箔 (50 μm 厚、幅 20 mm) を巻きつけ、5.2 節と同じ方法で 50 Hz の電圧を印加した。つぎ目は導電性接触であるので、この実験ではもとざおと穂先の塗膜を直列にして貫通破壊電圧を測定したことになる。霧氷の気温は 23~25°C、相対湿度は 55~60% であった。破壊電圧は 2.4 kV_{rms} と 3.6 kV_{rms} (サンプル数 2)、0.5 mA レベルの感電電圧は 2.15 kV_{rms} (サンプル数 1) であった。この破壊電圧は 5.2.3 項の裸試料の場合の値に大略のところ近い。貫通破壊孔はアルミ箔の縁端または直下にあり、もとざおの貫通破壊孔は外面上に偶存したひっかききずの上にあった。これらの結果から、あゆざお実物においても塗膜の絶縁耐力は 6 kV 級配電線に対しては不十分であることがわかる。

6. む す び

FRP つりざおによる感電についていくつかの面から検討し、つりざお用ガラス FRP とカーボン FRP に塩ビ熱収縮チューブをかぶせた試料の沿面フラッシュオーバ電圧を測定し、さらにカーボン FRP あゆざおの貫通破壊試験を行なった。これらの実験から次のことがわかった。

- i) ガラス FRP つりざおは、高電圧に対しても良好な沿面絶縁特性を示す。
- ii) カーボン FRP あゆざおの外面塗膜の絶縁耐力は 6 kV 級高圧配電線に対しては不十分である。
- iii) カーボン FRP あゆざおに塩ビ熱収縮チューブ (0.1 mm 厚) を被覆すると、絶縁耐力は相当に改善される。貫通破壊電圧は 4 kV_{rms} (6.6 kV 配電線の最高電圧対地の値) に対して余裕のある値になる。
- iv) カーボン FRP あゆざおに 0.1 mm 厚の塩ビ熱収縮チューブ 1 枚を被覆すると、6 kV 級配電線に接触したときさおを持っている人体には痛みを感じはじめる限界付近の電流パルスが流れれる。6 kV 級配電線に接触したときの電流パルスを感知限界以下に抑えるには、この熱収縮チューブを 2 枚被覆してもまだ不十分である。これらの場合、わずかな電圧上昇にともなって人体に流れれる電流が著しく増大するので、安全とはいえない。

v) 上記iii), iv) から、次のようにいえるであろう。カーボン FRP つりざおに塩ビ熱収縮チューブ (0.1 mm 厚) を被覆すると、穂先が 6 kV 級配電線に接触したとき、貫通破壊がおきて人が感電死する危険性は裸のさおの場合よりもはるかに小さいが、電撃は必ず感じるはずである。

これらの結論は、あくまでも本論文の実験条件において得られたものである。熱収縮チューブを被覆することをつりざおの感電対策として実施するについては、まだ多くの問題が残っている。たとえば、つりざお使用中にチューブに傷がついたり経年変化することも考えなければならない。また、もとざおに絶縁チューブを被覆する方法は感電対策としては限定された効果しか期待できないことは、4 章に述べたとおりである。導電性であるカーボン FRP 製のつりざおに十分な感電対策をほどこし

て商品化することは現状ではかなりの困難を伴うと思われる。

この研究は、文部省科学研究費補助金を使用して行なわれた。電気学会電気安全調査専門委員会（矢部五郎委員長）からいただいた有益な示唆とご指導に感謝申し上げる。ご協力をいただいた化成品メーカ、つりざおメーカーの関係者各位にお礼を申しあげる。

参考文献

- 1) 実用新案出願公開, 昭55-3652, 昭55-3653, 昭56-24872, 昭56-68468, 昭56-75874, 昭57-54275, 昭57-65076
- 2) 小林繁雄, 高橋雄造, 山野芳昭: 昭和 58 年電気学会全国大会, No. 347 (1983)