

# 欠損碍子の組合わせによる高耐電圧維持

## — 交流電圧による懸垂碍子閃絡破壊の基礎実験Ⅲ —

北村 岩雄, 作本 憲大, \*梶田 実, 池田 長康,  
\*\*土田 芳則, \*\*小杉 友男

### 1. 序 論

我々はこの数年、懸垂碍子の抜本的耐電圧向上を目標に懸垂碍子の構造と配置をどのような観点から設計を進めたら良いか決めるため、種々の構造と配置の模擬碍子について閃絡破壊実験を行ってきた。現在、まだ明確ではないが、次のような設計指針を得て、これを確かめるために、基礎実験を進めている。すなわち：

- 1) 電気力線を絶縁物で細かく分断する
- 2) 絶縁物には返しを設け、電気力線をトラップする
- 3) 金属あるいは高い誘電材料で電気力線を制御する
- 4) 耐汚損対策、耐候性対策をとる

などである。このような設計指針から考えられる理想的懸垂碍子は図1のような構造と配置に近いものになるのではないかと予想される。

この基礎実験では電気力線をトラップする絶縁物の内容積と耐電圧の関係を調べた。直流電圧に対しては極めて有効であることは確かめられている<sup>1)</sup>が交流電圧にも有効であるかまだ明確ではない。しかし、2、3の実験では効果的であることが分ってきている。また、懸垂碍子が図1のような構造と配置をとるとすれば、A部分に上部電極を覆うようにして電気力線分断する上向きの絶縁物の返しを設けることになる。しかし、これは雨が降れば雨水が溜まり、塵埃などが溜まることになる。耐電圧を下げないで雨水を逃がす方法、対策が必要である。この実験では、常識では考えられない対策として碍子に切れ目を入れ、水や塵埃を流し、しかも耐電圧が維持できるか模擬碍子を用いて検討した。

実験装置および計測装置は既に富山大学工学部紀要<sup>2)</sup>に発表した500kVの試験用トランスを用いている。これを図2に示す。

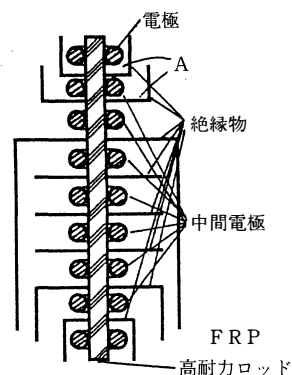


図1

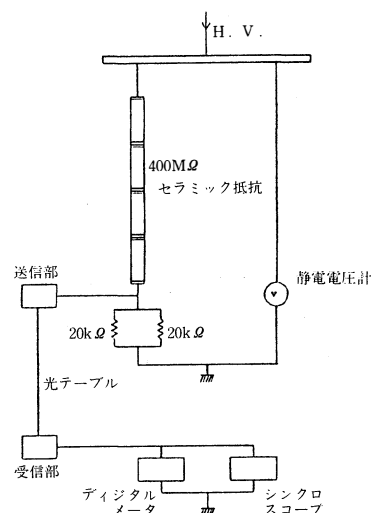


図2

## 2. 絶縁物の内容積と耐電圧の関係

碍子の耐電圧に関する電気力線のトラップ効果を調べるため、模擬碍子として各種の皿を用い、閃絡破壊実験を行った。この皿の内容積と破壊電圧の関係を図3に示す。ほぼ直線に破壊電圧は上昇している。図4に示すように、単位内容積当たりの破壊電圧は容積が $500\text{cm}^3$ 位までは有効であるが、それ以上の体積では飽和に近づく傾向をもつ。

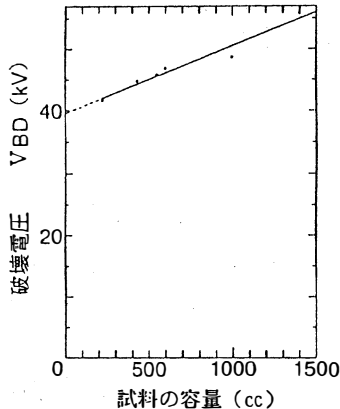


図3

また、この試験に用いた皿の直径は種々あり、直径で整理をして見ると図5のようになり、依存性は明確でない。

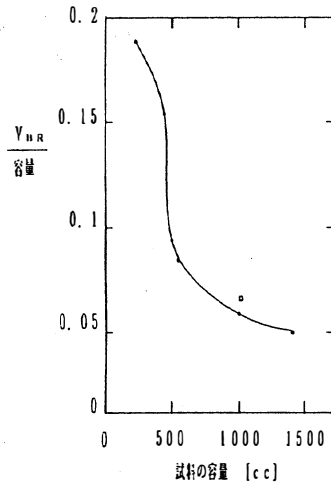


図4

## 3. 切り欠き絶縁物と耐電圧の関係

図1のような懸垂碍子を考えると、上部電極付近の電気力線を分断し、電極を覆うように、トラップする皿状碍子は雨水や塵埃などが溜まる。この対策としては多数の孔を開けるなどいろいろあるが信頼性に欠けるものは採用できない。ここでは、皿状碍子を1箇所半径方向に切れ目を入れ、切り欠きを設けた。これによりどれだけ耐電圧が低下するかを調べた。また、切り欠き皿状碍子を数枚組み合わせ、切り欠き部を少しずつずらし、耐電圧の向上を調べた。

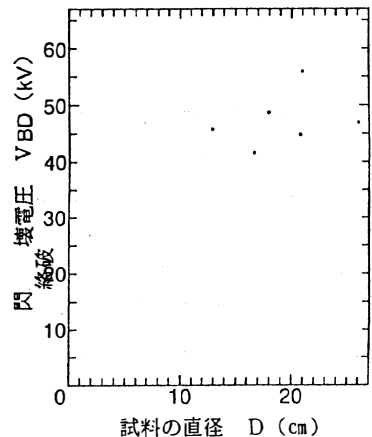


図5

### 3.1 供試皿1枚の破壊電圧

模擬碍子として用いた切り欠き皿と破壊電圧の関係を調べた。供試皿は直径260mmの洋皿で幅2mm、長さ55mmの切り欠きを入れた。切り欠きを入れる前と後の破壊電圧はそれぞれ49.2kV、41.0kVで切り欠きにより、83.3%に低下している。

### 3.2 複数供試皿の切り欠き角度と破壊電圧の関係

複数の切り欠き供試皿で切り欠きのない供試皿と同等の耐電圧を維持することが可能か、上記切り欠き供試皿6枚について切り欠き部を少しずつ角度をずらして破壊電圧の角度依存性を調べた。この角度をどのようにずらすかによって次の4通りの場合について実験を行った。

- 1) 切り欠き供試皿6枚を1枚ずつ交互にずらした場合
  - 2) 切り欠き供試皿6枚を2枚ずつ交互にずらした場合
  - 3) 切り欠き供試皿6枚を3枚ずつ交互にずらした場合
  - 4) 切り欠き供試皿6枚を1枚ずつ階段状にずらした場合
- である。これらのそれぞれの場合を図6の1), 2), 3), 4)に図示する。

これらの場合について、切り欠き供試皿の欠損位置を少しずつずらした角度（これを欠損角と呼ぶことにする）と破壊電圧の関係を図7に示す。同図での1点鎖線は切り欠きの無い模擬碍子（皿）6枚の破壊電圧である。2枚ずつ切り欠き部を揃えた（2）の場合は破壊電圧が低下している。しかし、1枚ずつ交互にずらした（1）の場合や1枚ずつ階段状にずらした（4）の場合は15度もずらせば、切り欠きによる破壊電圧の低下がなくなり、切り欠きの無い正常な場合の耐電圧に戻っている。これは実験前に期待した以上の効果である。

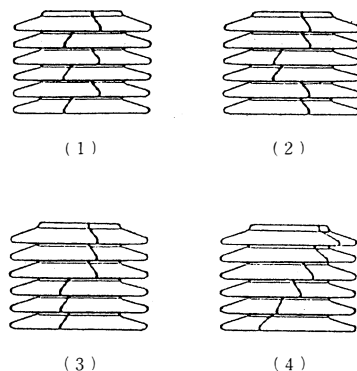


図6

### 3.3 欠損碍子の組合わせによる破壊電圧向上効果の検討

欠損部を少しずつずらした組合わせ碍子が切欠き部を通して閃絡破壊を起こす場合を考えて見る。

電極から電気力線に沿って延びたストリーマは第1の欠損碍子の切欠き部を通して、第2段の欠損碍子に入る。そして、あちこち探りを入れて、切欠き部を見付ける。この時、電気力線に沿ってではなく、電気力線に対して直角方向に探りを入れて進まねばならない。このためには、この第2段の欠損碍子の表面がある程度電導性を持つ必要がある。これにより、ストリーマは横に進み、第2の欠損碍子の切欠き部を見付けることが出来るであろう。これ以後の段においても同様なプロセスが必要であろう。

このような経路で閃絡破壊をするには、各段の碍子表面が電導性を維持しなければならない。電極から長く延び、しかも、碍子表面に沿ったストリーマは空气中を延びるときよりも表面でのエネルギー損失が大きいと考えられる。従って、背後電圧が十分大きくなければ、ストリーマの陽光柱を維持することも、成長させることもできない。一方、切欠きのない碍子ではストリーマは1段目と最後の段の碍子の表面を伝い、途中の碍子では碍子の外側の空中を電気力線に沿って電界方向に進むことが出来る。

従って、閃絡破壊電圧の欠損角は閃絡経路の長さに依存するのでは無いかと考えられる。これを確かめるために、閃絡破壊電圧と閃絡経路の長さを共に無次元化して比較して見る。閃絡破壊電圧は欠損のない場合の閃絡破壊電圧に対する欠損のある場合の電圧の比をとる。欠損のない場合、欠損のある場合の閃絡経路の長さをそれぞれ  $L_0$ ,  $L_1$  とすると、これらは次式で与えられる。

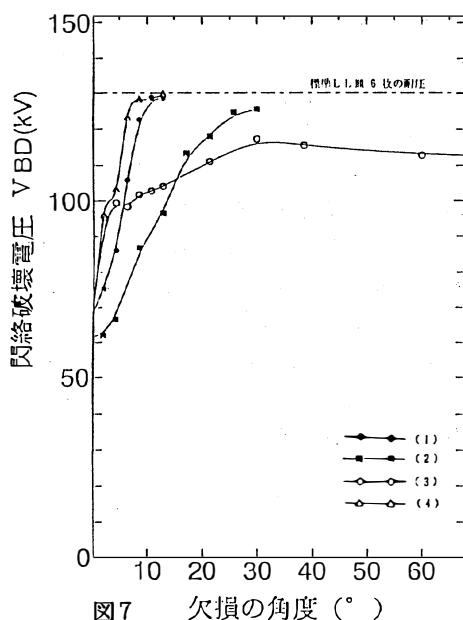


図7

$$L_0(n) = 2(d-a) + nt + (n-1)h \quad (1)$$

$$L_1(n) = 2(d-a-1) + nt + (n-1)(h+x) \quad (2)$$

ここで、 $n$ 、 $d$ 、 $a$ 、 $t$ 、 $l$ 、 $h$ 、 $x$ はそれぞれ皿の枚数、皿の半径、電極の半径、皿の厚み、スリット長、皿の間隔とスリットからスリットへ皿を横切る距離である。この $x$ は

$$x = 2(d-1) \sin \frac{\theta}{2} \quad (3)$$

で表される。ここで $\theta$ は皿の切欠きスリットからスリットへ皿を横切る角度である。ここで $L_0$ と $L_1$ の比を取り、無次元化する。これら無次元化された2つの値の欠損角依存性を図8に示す。これらの値が一致すると見るか、しないと見るかは意見の分かれるところであろうが、このような荒っぽい検討でもこの程度の一致を見ることは考え方が間違っていないためではないかと考えられる。

次に、模擬碍子がある枚数の場合、どれだけの欠損の角度をずらせばよいか、欠損の割合をパラメータとして計算で求めた。この角度は図8から分かるように、実験値よりは大きい値であり、安全側にある。これを図9に示す。枚数が少ない場合、欠損の割合が大きくなると、ずらす角度を最大の180度にしても破壊電圧に耐えないことを示している。図10は直径に対する切欠き部の長さの割合を固定した場合、模擬碍子の枚数とずらす欠損角の関係を示す。これらはほぼ反比例の関係にあることが分かる。

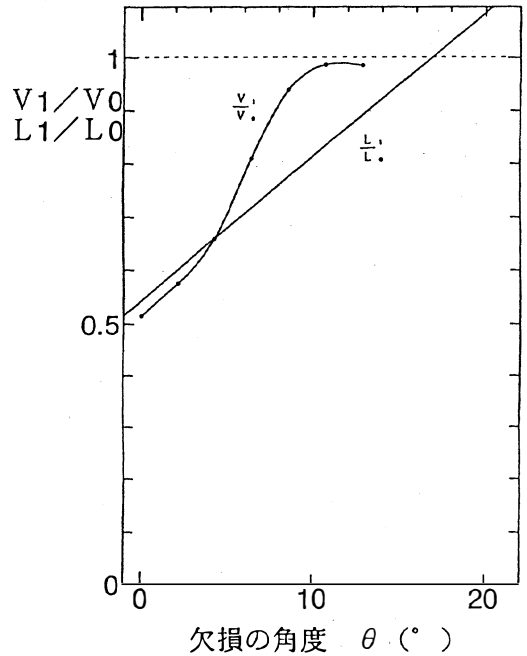


図8

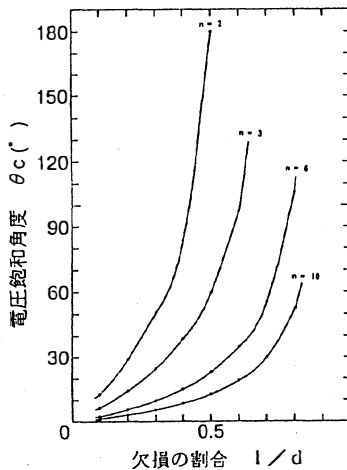


図9

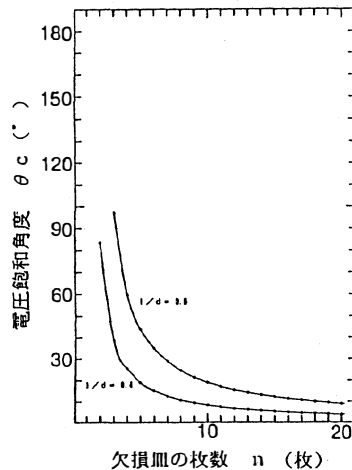


図10

## 4. 結 論

この実験の結論として

- 1) 閃絡破壊電圧に対しては碍子のふくらみの体積は小さい体積では有効であるが、大きくなるとこの有効性は減少する。
- 2) 切欠きをもつ碍子であっても、切欠き部をすこしずつずらし、枚数を重ねた組合わせ碍子を用いることにより、切欠きのない碍子の閃絡破壊電圧まで耐圧を維持することが可能である。
- 3) 切欠き碍子で切欠きのない碍子の閃絡破壊電圧まで耐圧を維持するための枚数は最短放電路が外側放電路より大となる条件を満たすように決めればよいと考えられる。
- 4) 切欠き碍子における枚数とずらし角は図10より決めることが可能である。
- 5) これら実験の結果から、上向きにトラップを持つ高耐電圧懸垂碍子の実現の可能性があると考えられる。

### 参 照 文 献

- 1) 池田長康ら，電気試験所彙報，第32巻，p. 1008，1968
- 2) 北村岩雄ら，富山大学紀要，第43巻，p. 1，1992

## **Sustainment of Insulation for High Voltage by the combination of Porcelain Insulators with cutting parts**

Iwao Kitamura, Norihiro Sakumoto, \*Minoru Kajita, Nagayasu Ikeda

\*\*Yoshinori Tsuchida and \*\*Tomoo Kosugi

(\*Kansai Electric Power Co.)

(\*\*Electric Power Development Co.)

A method of the sustainment of insulation for high voltage by porcelain insulators is to enclose deeply both metal electrodes with the porcelain insulators. Therefore, the method has a fundamental weak point of water stay after rainfalls. For avoiding the water stay, the porcelain insulators were cut in the radial direction. The sustainment for high voltage by the combination of the porcelain insulators with cutting parts are examined in this experiment. It is found that the combination of the porcelain insulators with the cutting parts by rotation of above 15 degree alternately, sustains the same voltage as the insulators without cutting part do.

〔英文和訳〕

## **切り欠き部をもつ碍子の組合わせによる高耐電圧維持**

北村 岩雄, 作本 憲大, \*梶田 実, 池田 長康,

\*\*土田 芳則, \*\*小杉 友男

(\* 関西電力株式会社)

(\*\*電源開発株式会社)

懸垂碍子の高耐電圧維持の方法は両方の電極を碍子の絶縁物で深く囲むことである。この方法は雨が降れば雨水が溜まるという基本的な弱点を持っている。この雨水が溜まるいうことを避けるため、碍子に半径方向に切れ目をいれた。この実験では切り欠き部をもつ碍子の組合わせによる高耐電圧の維持について調べた。切り欠き部をもつ碍子を交互に15度以上回転させた碍子の組合わせは切り欠き部をもたない同じ数の碍子と同じ電圧まで耐えることが分かった。