

## 옥외에서 사용되는 배전용 폴리머애자의 인공오손 특성

### The Characteristics of Artificial Contamination of Distribution Polymer Insulators Used for Outdoor Insulation

\*이병성, \*한재홍, \*김찬영, \*\*한상옥

(\*Byung Sung Lee, \*Jae Hong Han, \*Chan young Kim, \*\*Sang Ok Han)

\*KEPRI, \*\*Chungnam National Univ.

#### Abstract

Polymeric insulators using in an heavy contamination area are easily attached to contaminants such as salt and by-products of industrial processes. To understand its effect on contaminants adhered to these insulators, we manufactured slurry mixed by some kaolin and salt as artificial contaminated solution. And then put samples in its slurry. for about one minute. And these samples are dried in natural condition for 6 days. we measured the degree of contaminant, AC leakage current for these contaminated samples.

#### 1. 서론

폴리머애자는 자연상태에서 장기간 사용하게 되면 주변환경으로부터 표면에 오손물이 부착된다. 오염물의 부착과 표면이 젖는 조건 사이에 충분한 시간이 있다면 오염물은 발수성에 영향을 주지 않는다. 그러나 오손물이 많이 부착된 상태에서 충분한 발수성 회복시간이 주어지지 않고 는다면 표면에 부착된 수분은 도전성막을 형성하게 되고 표면에 누설전류를 크게 하여 국부적인 건조대 아크를 발생하여 섬락고장으로 이어진다. 이렇듯 폴리머애자의 경우는 현장의 사용경험이 적은 우리나라 환경에서 오손에 대한 특성을 이해하는 것이 중요하다.

이러한 오손특성을 평가하기 위해 적용되는 방법이 애자 표면을 인공적으로 오손시켜 전기적 특성을 평가하는 인공오손시험법이다.

본 연구에서는 입자의 크기가 미세한 카올린을 이용하여 인공오손액을 제조하였으며, 현재 우리나라에서 사용하고 있는 2종류의 폴리머 현수애자를 선택하여 이에 대한 표면 오손특성을 평가를 하였다. 애자의 오손은 인공오손액에 담근 후 건조하는 방법으로 애자 표면 발수성이 회복되기 전에 오손을 반복하여 인공오손 시켰다. 표면의 오손물 부착 정도를 평가하기 위해 등가염분부착밀도를 측정하였으며, 표면특성의 변화 및 표면 누설전류를 측

정하였다.

#### 2. 시험

##### 2.1 시료

인공오손 시험을 위해 사용한 시료는 현재 국내에서 사용되고 있는 2종류의 배전급 폴리머 현수애자를 선택하였다. 시험에 사용된 시료의 사양은 표 1과 같다.

표 1. 시료의 사양

시료명	재질	누설거리 (mm)	비고
시료 A	EPDM	785	
시료 B	EPDM	898	

##### 2.2 시험방법

###### 2.2.1 오손액

본 실험에서 오손액 제조를 위해 사용된 카올린은 비중은 2.6 g/cm<sup>3</sup>으로 입자의 92%가 2 μm 이하를 차지하고 있다. 주요한 성분 함량비는 SiO<sub>2</sub> (44.30%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (37.90%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.2%), TiO<sub>2</sub> (1.60%), CaO (0.09%), MgO (0.13%), Na<sub>2</sub>O (0.04%), K<sub>2</sub>O (0.15%) 이다.

또한, 오손액의 제조는 옥외에서 사용되는 세라믹 또는 유리애자에 대한 인공오손 시험 규격인

IEC 507을 참조하였으며, 전도도 320  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (23°C)인 지하수 30 l에 카올린 1,200 g과 시약용 소금(NaCl) 360 g을 혼합하여 균일한 농도가 되도록 충분히 용해시켜서 제조하였다. 이와 같이 제조한 오손액의 전도도는 20,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (23°C) 정도가 되었다.

### 2.1.2 표면오손 방법

위와 같이 제조한 오손액에 폴리머에자를 수평방향으로 1분간 담근 다음 그대로 꺼내어 표면에 수분이 없어질 때까지 실내 공기중에서 약 1시간 정도 건조시키고, 다시 오손시키는 방법을 반복하였다. 이와 같은 방법을 적용하면 표면발수성이 회복되기 전에 오손을 반복하는 결과가 되므로 표면에 균일한 오손층 형성이 가능하게 된다.

그림 1은 건조시간 결정을 위해 측정한 시료의 건조특성을 나타낸 것이다. 대체로 항온 항습이 되는 실내에서 1시간 정도 건조하면 표면에 부착된 수분이 거의 건조된다는 것을 알 수 있었다.

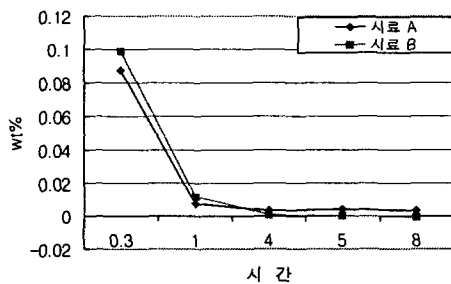


그림 1. 시간의 따른 건조특성

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 오손물의 부착량 비교

시료 표면의 오손물 부착량을 측정하기 위해 오손시킨 시료를 실내에서 48시간 이상 충분히 건조시킨 다음 일정한 크기로 샘플링하여 중량 증가비로 나타내었다. 측정된 결과를 그림 4에 나타내었다.

그림에서와 같이 오손 초기에는 시료 표면에 오손물이 많이 부착되었으나, 오손횟수의 반복에 따라 오손물 부착량이 일정해 지는 것을 알 수 있었다. 또한 두 시료의 오손물 부착 정도를 비슷한 것으로 나타났으며, 폴리머에자의 오손시험을 위해서는 최소한 4회 이상은 오손 건조를 반복하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

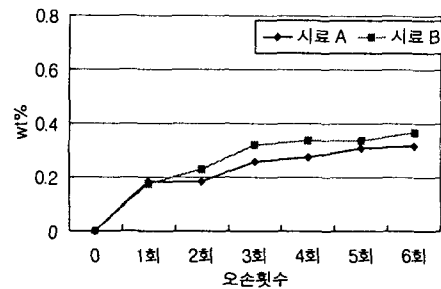


그림 2. 오손횟수에 따른 중량변화

### 3.2 등가염분 부착밀도(ESDD) 측정

오손 시료에 대해 오손의 균일성을 측정하기 위해 시료를 일정하게 3부분으로 나누어 전도도측정하였다. 측정결과 전도도 편차가 10% 이내로 나타나 오손의 균일성을 확인하였다.

또한, 표 2는 6회 오손 건조를 반복한 시료에 대한 등가염분부착밀도를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 측정결과 모두 오손등급 A 등급(0.063  $\text{mg}/\text{cm}^2$  이하)을 나타내었다. 이는 우리 나라 해안지역에서 4~5년 사용한 시료에서 측정된 결과와 비슷한 수치이다.

표 2. 등가염분부착밀도

시료	ESDD ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )	비 고
시료 A	0.0189	
시료 B	0.0158	

### 3.3 표면 발수성 측정

오손액에 6회 반복 오손시킨 시료에 대해 발수성 회복 시간을 주기 위해 대기중에서 일주일 이상 충분히 건조시킨 후 시료 표면에 부착된 오손물을 세정하였다. 표면 세정은 전도도는 20.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 물을 4 mm/min 정도로 약 30분간 주수하였다.

이와 같이 세정한 시료를 다시 일주일간 건조한 후 접촉각 측정기를 이용하여 표면 접촉각을 측정하였다. 측정된 결과를 표 5에 나타내었다.

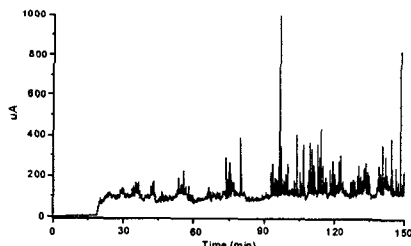
측정결과 시료 A의 경우는 오손전과 큰 발수성 차이가 없었으나 시료 B의 경우는 오손전에 비해 크게 발수성이 저하되었음을 알 수 있었다. 이것은 두 시료간의 발수성 회복특성 차이 때문인 것으로 판단된다.

표 5. 시료의 표면 접촉각

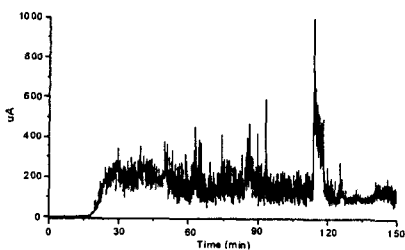
구분 \ 시료명	시료 A (°)	시료 B (°)
오손전	93.5	111.2
인공오손후	88.7	88.5

### 3.3 전기적 특성

AC 누설전류 측정을 위해 사용한 시료는 6회 반복오손 시킨 후 자연상태에서 일주일 이상 충분히 건조시킨 시료를 사용하였다. 2개 시료를 동시에 챔버내에 수직으로 설치하여 시험하였다. 시험시 챔버내부의 온도는 27 °C 이었으며, 배전계통의 상전압에 해당하는 13.2 kV를 시료 양단에 인가한 후 15분간 유지하였다. 전압이 인가된 상태에서 clean fog (를 분무하여 표면 오손에 따른 누설전류 실효값을 연속적으로 측정하였다. 이때 사용한 물의 전도도는 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이었으며, 챔버내부로 공급되는 fog 량은 10.6 cc/min/m<sup>3</sup>이었다. 측정된 결과를 그림 3에 나타내었다.



(a) 시료 A



(b) 시료 B

그림 3. 오손 시료의 누설전류 변화

시료 표면이 오손되어도 표면이 건조된 상태에서는 누설전류가 수 uA 정도로 아주 작았다. 표면에 부착된 오손물이 표면 전기 도전성에 큰 영향을 미

치지 않으므로 오손전의 경우의 경우와 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 clean fog를 공급함에 따라 누설전류는 차츰 증가하였으며, 표면에 절연이 약화되어 미소한 방전형상이 관찰되었다.

보다 긴 표면 누설거리에도 불구하고 시료 B의 표면 누설전류값이 크고 변화가 심한 것은 오손으로 인한 시료 표면의 발수성 저하 때문인 것으로 판단된다.

### 4. 결론

현재 국내에서 많이 사용되고 있는 폴리머에자의 오손특성을 평가하기 위해 오손시험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 시료의 발수성이 회복되기 전에 반복적으로 인공오손 시킨 본 시험의 방법은 균일한 오손층을 형성이 적합하다는 것을 알 수 있었으며, 오손에 따른 발수성이 저하되는 것을 확인 할 수 있었다.

2) 오손액에 인공오손시키는 횟수에 따라 오손물의 부착정도는 초기에는 증가하다가 차츰 증가량이 둔화되어 일정한 수준을 유지하였다.

3) 표면에 부착된 인공오손물로 인해 전기적 누설전류가 증가하였다.

### 참고문헌

- [1] 한재홍, 윤태상, 송일근, 김주용, 이병성, "배전용 폴리머에자의 신뢰성 평가 및 운용기준 제정(중간보고서)", 한국전력공사 전력연구원, pp 32-57
- [2] K. Naito, K. Izumi, K. Takusu and R. Matsouka, "Performane of Composite Insulators Under Polluted Conditions", CIGRE 33-301, pp. 1-8, 1996.
- [3] George G. Karady, "Flashover Mechanism of Non-ceramic Insulators", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 6, No. 5, 1999
- [4] G. G. Karady, M. Shah and R. L. Brown, "Flashover Mechanism of Silicone Rubber Insulators Used for Outdoor Insulation - I", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 10, No. 4, pp.1965-1971, 1995.