

Composite insulator의 특성평가 방향 및 필요성

*김인성, 조한구, 강동필
한국전기연구소 전기재료연구부

Evaluating methods of properties in composite insulators and necessities

I.S. Kim, H.G. Cho, D.P. Kang
Div. of Electrical Materials KERI

ABSTRACT

This paper introduced foreign standard testing methods on composite insulators(for transmission, distribution) and mentioned on ①evaluation of material property ②short-term test of prototype ③ insulation efficiency on use to evaluation property of insulators made of composite insulating materials.

1. 서 론

현재까지의 전기절연물(송배전용 예자 및 bushing)은 porcelain이 주종을 이루어왔는데 이것은 아크, 트래킹, 내열성, 자외선 안정성이 좋을 뿐만 아니라 가격도 저렴하여 사실상 모든 절연물에 사용되어왔다. 그러나 최근 신소재의 발달은 porcelain의 장점을 두루 갖추면서도 내아크성, 내트래킹이 뛰어난 composite insulator(복합재료를 사용한 예자류)가 개발되고 그 용도 및 수요가 점차 확대되면서 규격의 표준화 및 특성 평가에 대한 필요성이 다각도로 검토 제안되고 있다.

Composite insulator가 새것일 경우에는 일정한 사양에 준한 규격 시험이 가능하다 그러나 사용중 이거나 시간이 흐른 뒤에 나타나는 경년열화 특성을 초기의 규격 시험만으로 찾아내기란 여간 어려운 것이 아니므로 통상적으로 재료 및 구조에 대한 경년열화 특성을 모의(simulation)해야만 한다. 즉 실제제품의 내구년수가 20 ~ 30년 또는 반영구적이라면 장기간에 일어날 경년열화를 단시간에 찾아내야 하면서 신뢰성 있는 결과를 얻어내야만 한다. 이러한 실험 방법에 대하여 composite insulator를 개발하여 사용중인 미국, 캐나다, 일본, 유럽 등에서는 이미 규격이 검토되고 있다.

본 논문에서는 외국 규격 시험방법(ANSI, IEC, CEA)을 복합재료로된 절연물의 수분 침투 및 트래킹의 관점에서 소개하였으며 특성 평가 차원에서 시제품의 단기 특

성 실험과 실사용 상태의 절연성능 실험 등에 대해서도 간단히 언급을 하였다.

2. 규격화된 시험 방법

2.1 ANSI C29. 11-1989

최소한 두가지 이상의 복합재료를 사용하는 것으로 통상 적으로 하중지지 절연물(core)과 갓(housing)으로 이루어져 있고 양단은 금구로 마무리(end fittings)되어있다.

(1) 전기적 설계 시험(electrical design test)

- Dry arcing distance
- Leakage distance
- Weathershed inclination
- Weathershed diameter
- Weathershed spacing

(2) 시제품의 시험(prototype test)

- 건조와 주수의 선풍 전압(ANSI/IEEE 4-1978)
- Sudden load release : 부하는 SML의 30%
- Thermal mechanical : SML의 5%, 8h
- Water penetration : 100도, 48h
- Impulse voltage : 1000kV/10⁻⁶sec
- Power frequency voltage : 80%, 30 min
- Core time-load test
- Core time load test : 60%, 96 h
- Core material test : 흡습에 의한 core표면의 특성 실험(core와 shed 표면의 계면 현상) (Fig.2-1 참조)

(3) Housing tracking and erosion test

전류는 실효치(RMS) 250mA가 흐를때 전압 강하 5%를 허용하며 1A에서 과전류 trip-out으로 한다. 오손액은 NaCl과 deionized 물을 사용하며 fog 상태로 일정한 chamber내에서 분무 시킨다. 이때 시제품에 직접 분무되어서는 않된다. 실험 조건은 Table 2-1과 같다.

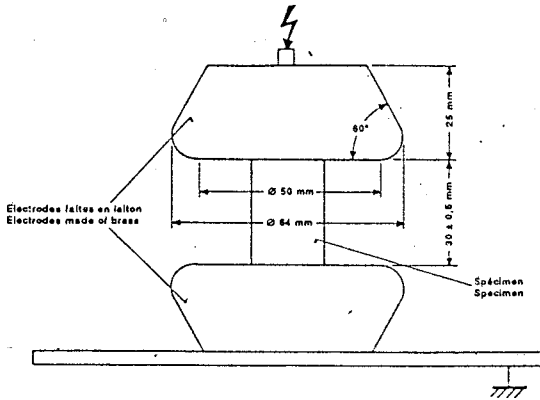


Fig. 2-1 Electrodes for high-voltage test

Table 2-1. Condition of tracking test(ANSI)

항목	조건
Water flow rate	0.4 ± 0.1
Size of droplets	5 ~ 10 ⁻⁶ m
Temperature	20 °C ± 5 °C
Nacl	10kg/cm ³
Test time	1000 h

2.2 IEC 1109, 1992-03

Composite insulator는 metal이 fitting된 core 부분과 elastomers rubber된 housing의 2개의 부분으로 이루어진다. 이때 housing은 한개 또는 그 이상의 조각으로 구성되어 core위의 sheds를 이룬다.

(1) 형상 설계 시험(design test)

- Dry power frequency voltage test
- Prestressing test
- Thermal mechanical : 24h cycle 반복
- Sudden load release
- Water immersion : 0.1% Nacl, 24h 유지
- 급준 충격전압 : 1000kV/10⁻⁶sec
- Assembled core load-time : coupling과파괴 무시
- Core material : L=100 mm ± 0.5mm(ANSI참조)

(2) Test of housing : tracking and erosion test

Table 2-2. Condition of tracking test(IEC)

항목	조건
Duration of the test	1000 or 5000 h
Water flow rate	(0.4 ± 0.1)l/(m ³ X h)
Size of droplet	5 ~ 10 ⁶ m
Temperature	20 °C ± 5 K
Nacl content	(10 ± 0.5) kg/m ³
Heavy or very pollution	by user specification

인가 전압은 14 ~ 20kV 범위이며 누설거리 20 mm당 1 kV를 인가하며 시험품은 수직과 수평으로 설치하여 실시하고 전류는 250mA(RMS)의 내전류와 보호전류 한계치를 1A로 한다. 오손액은 밀폐된 chamber내에서 deionized 물에 Nacl이 녹은 상태로 분무기를 이용하여 fog 상태로 분무되며 실험 조건은 Table 2-2와 같다.

2.3 CEA, LWGIWG-01(91)

69kV를 포함한 배전선로에 이용되는 dead-end/suspension composite insulator에 적용된다. dead-end insulator는 배전선로와 수평으로 지지되며 suspension insulator는 수직으로 지지되어 사용되기 때문에 인장 하중과 비틀림 하중속에 전기적 stress를 받고있는 절연체로써 housing, shed, metal fitting으로 이루어져있다.

(1) 형상 설계 시험(design test)

- Water penetration test : FOV 및 shed의 정도
- Aging or accelerate weathering test : Xenon-arc, fluorescent UV, 반드시 주수
- Dye penetration test
- Power arc : 14kN인장, Q=I · T(150kA)로 결정
*ARC방전 후 메탈을 100g에 fuchsin 1g의 용액에 담근 후 metal fitting을 자르고 housing을 벗겨내서 계면에 염료가 침투하면 불합격.
- Torsional load test : 시험 후 dye penetration test를 모두 통과해야한다. (Table 2-3의 비틀림 하중 참고)

Table 2-3. Mechanical ratings

Min S.M.L	kN	70(15000 lbs)
Min torsional load	N · m	55(40 lb · t)

(2) Tracking and erosion test

Salt water를 spray하면서 계속해서 전압을 인가하는 방법(fig. 2-2)과 수평 위치에서만 인가하고 dipping하는 방법(fig. 2-3)을 제시하고 있다. 조건은 table 2-4와 같으며 no tracking, no erosion to the core, no shed or

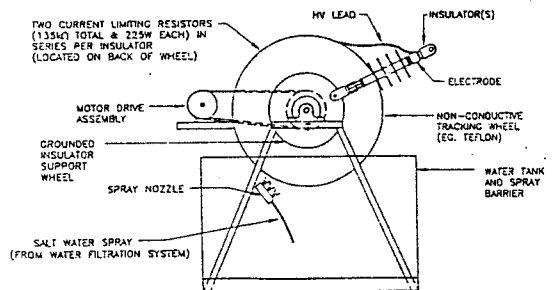


Fig. 2-2 Tracking system #1(salt spray)

housing puncture를 요구한다.

Table 2-4. Condition of tracking test(CEA)

salt spray	electrical stress	35V/mm
	Nacl content	0.22±0.01g/l
	Min duration	1000 h
	wheel rotation	60 ±10 r/h
dipping	electrical stress	35V/mm
	Nacl content	1.4 ±0.06g/l
	Min duration	30000 cycle

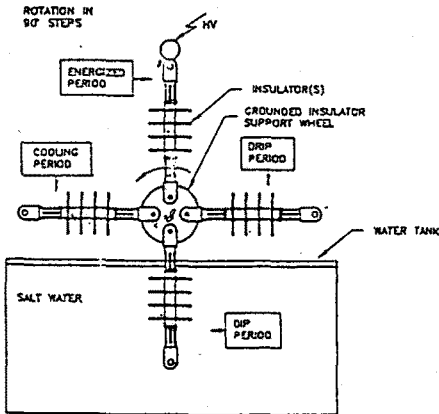


Fig. 2-3 Tracking system #2 (dipping)

3. 복합 Tracking aging방법

3.1 UV, water, electrical stress의 혼합 tracking방법 대부분의 시험 방법이 소재 및 제품에 대한 고유한 특성을 파악하기 위하여 실시되고 있다. 그러나 이러한 경우 평가된 소재의 각각 특성은 좋아도 시제품과의 성질이 연개되지 못하면 그 실험 방법은 잘못된 것이다. 이러한 단점을 없애기 위하여 복합 tracking 방법이 소개되고 있는데 이것은 전기적 스트레스, 오염, 수분, 광, 열을 동시에 환경을 만들어주면서 시제품 상태를 실험하는 것으로 상당한 신뢰성을 가지고 있다. fig. 3-1는 복합 tracking을 설명한 것이며 table 3-1은 실험 조건이다.

Table 3-1. Test condition of hybrid tracking method

test voltage	154 kV AC(user spec.)
contamination	kaolin and dry salt
fog	0.3kg/m ³ h
rain intensity	0.1 ~ 5mm/min
wind velocity	0.1 ~ 1m/s
temp. and cycle	+30°C, 2h

3.2 시제품의 자연상태 평가방법

가장 확실한 평가 방법으로 경제적, 시간적 여유를 요구하지만 자연 상태의 모의 및 신뢰성을 만족시킬 수 있을 것이다. fig. 3-2는 스웨덴의 STRI에서 field test하는 것

Voltage									
Dust contamination									
Fog									
Rain									
Wet									
Drying									

Fig. 3-1 One cycle of the hybrid tracking method

으로 I₀, I_{rms}, Q(I x t)를 측정하므로 시제품의 절연 특성을 평가하고 있는 것이다.



Fig. 3-2 Field test(Sweden STRI)

4. 결 론

Composite insulator를 신뢰성 있는 평가를 하기 위해선 자연 상태의 실험이 최선이지만 그렇지 못할 경우 다음과 같은 조건을 제시한다.

1. 사용된 소재별(core, housing, metal fitting) 특성이 먼저 파악 될 것.
2. 가속 열화 조건의 적합성(환경, 전기적 스트레스, 하중 및 뒤틀임)을 고려할 것
3. 전기적, 기계적, 물리적, 화학적인 복합 stress하에서 시제품의 평가가 이루어질 것.

참고 문헌

1. ANSI C21-11, "For Composite suspension insulator for overhead transmission lines tests" 1989
2. IEC 1109, first Edition "Composite insulator for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V", test methods and acceptance criteria 1992.
3. CEA, LWGIWG-01, "Dead-end/suspension composite insulators for overhead distribution lines" 1991.