

현장에서 사용한 배전용 폴리머현수애자의 특성 평가

이재봉, 최선규, 정종만, 권태호, 김병숙
한전 전력연구원

An Assessment of Distribution Class Nonceramic Suspension Insulators used in Field

J. B. Lee, S. K. Choi, J. M. Joung, T. H. Kwon, B. S. Kim
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 국내 배전계통에 90년대 중반이후 초기에 도입된 외국산 및 국산 폴리머애자를 현장에서 발취하여 특성을 평가하였다. 외관 관찰, 하우징의 발수성 및 경도, 전기적 특성, 하우징 재질의 변화특성 등을 시험 평가하였다. 평가 결과 하우징은 발수성이 상실되었으며 표면에 열화가 진행되었다. 그러나 애자의 성능은 양호한 것으로 나타났다.

1. 서 론

국내 배전계통에 1995년부터 폴리머애자가 시범 사용되기 시작하여 현재는 거의 모든 지역에 폴리머 애자가 사용되고 있으며, 매년 사용 수량이 크게 증가하고 있다. 한편 폴리머애자를 생산하는 기업도 10여개 업체에 이르고 있는 실정이다. 국외에서는 폴리머애자가 배전급을 넘어 초고압 송전급에 적용되고 있다. 많은 적용사례에서 20여년 이상 큰 고장 없이 폴리머애자가 사용되고 있다. 그러나 한편으로는 폴리머애자 특유의 고장이 일부 보고 되고 있다. 폴리머애자의 신뢰성이 확보되지 못했던 초기의 제품에서 금구 접촉부의 수분침투에 의한 고장, FRP 코어의 손상에 의한 파괴, 하우징의 부식 등이 나타났다.

국내에서도 폴리머애자의 사용 기간이 10여년에 이르러 현장에서 사용된 폴리머애자를 발취하여 전기적 특성과 재질의 열화 정도를 평가하였다.

2. 본 론

2.1 폴리머애자 시료 발취

2.1.1 도입 초기의 설치 현황

배전급 폴리머애자는 1994년 Ohio Brass사의 폴리머 애자를 1만개 도입하여 해안지역에 시범 설치한 것이 시초이며, 이후 1997년 국내 제품이 개발되어 1998년도에 시범적용하게 되었다. 2002년까지 국내 배전계통에 사용된 애자의 현황을 표 1에 나타내었다. 2000년에 국산품의 품질이 양호하다는 판정 이후에는 더욱 많은 수량이 지속적으로 국내 배전계통에 설치되기 시작하였다.

2.1.2 시료 발취 현황

현장에서 사용된 폴리머애자를 찾아 표 2와 같이 126개의 시료를 발취하였다. 배전사업소에서 과거의 폴리머 애자 설치 이력관리가 이루어지지 않고 있어서 애자의 발취에 상당한 시간이 소요되었다. 국내에 설치된 거의 모든 폴리머애자는 기저 폴리머가 EPDM(Ethylene-Propylene-Diene Monomer)이며, 현재 거의 모든 업체가 개발하고 있는 Silicone 재질의 폴리머애자는 사용되지 않고 있다.

표 1. 배전용 폴리머 애자의 사용 초기 구입 현황

년도별	구입수량(만개)			제조자
	국산	외산	계	
1994	-	1	1	OB, AB
1995	-	3	3	OB
1996	-	3	3	OB
1997	2.5	7	9.5	PI / OB
1998	2.5	9	11.5	MG, JR / OB
1999	2	-	2	SH
2000	16	-	16	PI, JR, LG
2001	60	-	60	PI / DA
2002	87	-	87	PI
계	170	23	193	-

표 2. 폴리머애자 발취내역

발취사업소	설치년도	제조사	수량	특징
제주지사	1995	OB	24	해안 2km
제주지사	1997	OB	12	해안 2km
제주지사	1998	PI	12	해안 1km
목포지점	1995	OB	12	해안 100m
목포지점	1997	OB	12	해안 150m
목포지점	1998	PI	12	해안 150m
목포지점	1995	AB	6	해안 150m
거제지점	1995	OB	12	-
인천지사	1995	OB	12	해안 1km, 제 2 경인고속도로 입구
포항지점	1995	OB	12	해안 200m, 자기애자 추가부착
합계			126	

2.2 애자의 외관 관찰

126개의 폴리머애자의 외관을 관찰한 결과 1995년 OB사의 폴리머애자 갓에 관통(puncture)이 발견되었으며 3개의 애자는 갓이 찢겨 있었다. 그러나 코어는 노출되지 않아 고장이 발생하지는 않았다. 한편 일부 시료에서는 금구에서 녹이 발생한 것이 발견되었다.



(a) CJ5(puncture) (b) CJ8

그림 1. 갓이 손상된 시료들

2003년에 제정된 IEC TS 62073에 의하면 젖음성(Wettability)의 시험방법에는 접촉각 측정법, 표면장력 측정법, 그리고 분무 측정법 등 3가지 방법이 있다. 본 연구에서는 현장에서 적용하기 간편한 분무 측정법에 의하여 애자 표면의 젖음성을 평가하였다. 측정 결과는 표 3에 나타났다. 대부분의 시료가 젖음성이 매우 높은 WC5 또는 WC6을 나타내며 표면이 쉽게 젖었다. EPDM 재질의 하우징은 사용 환경에 따라 1~2년 내에 발수성을 상실하는 것으로 보고 되고 있다.

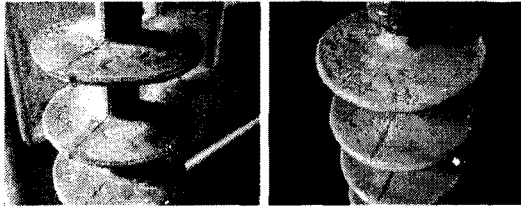


그림 2. Spray method에 의한 발수성 관찰

표 3. 젖음성 및 경도 측정 결과

발취지역	설치연도	제조사	젖음성 등급	경도 (Type A)
제주	1995	OB	WC 5	75
제주	1997	OB	WC 6	74.5
제주	1998	PI	WC 5	83.5
목포	1995	OB	WC 6	75.5
목포	1997	OB	WC 5	74
목포	1998	PI	WC 6	83
거제	1995	OB	WC 5	75
인천	1995	OB	WC 6	81.5
포항	1995	OB	WC 6	74.5

애자의 경도를 측정된 결과 제조회사별로 확연히 구분되었다. 이것은 제조회사별로 무기물 충전제(filler)의 함유량이 다르고, 제조과정 중 경화조건의 차이에 의하여 경도의 차이가 발생하는 것으로 판단된다. OB사의 제품 중 1개는 경도가 다른 시료에 비하여 크게 나타났으며, 이 시료의 발취지역은 인천 지역이다. 인천지역의 시료는 해안지역 및 공업지역으로서 공업 오손의 영향을 받을 수도 있으나 확인할 수 있는 방법을 찾지 못하였다.

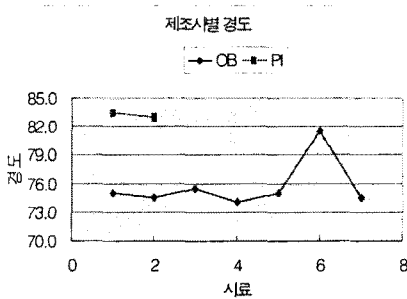


그림 3. 제조사별 경도 분포

2.3 애자의 전기적 특성시험

폴리머애자의 건조섬락전압시험, 뇌충격섬락전압시험, 주수섬락전압시험을 실시한 결과 전반적으로 제조업체별 디자인 차이에 의한 전압치의 차이만 두드러지게 나타났으며, 지역별, 연도별 차이는 크게 나타나지 않았다.

표면의 열화정도에 따라 전기적 특성에 미치는 영향은

크지 않은 것으로 판단된다. 향후 표면의 오손 정도에 따른 전기적 특성의 변화에 대하여 연구가 진행될 예정이다.

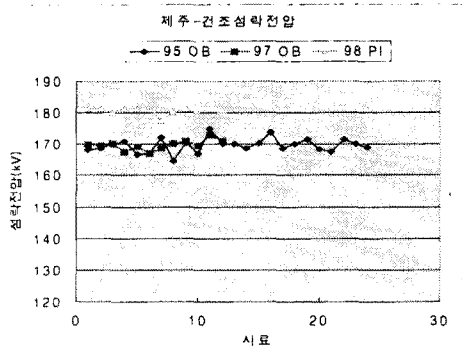


그림 4. 건조섬락전압시험 결과(제주지역)

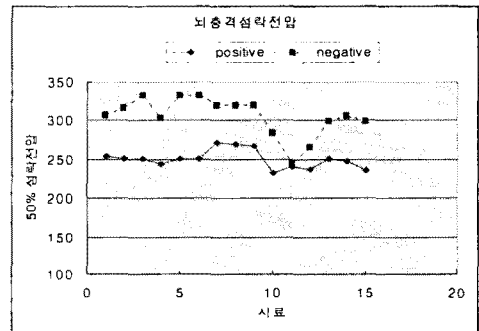


그림 5. 뇌충격 섬락전압시험 결과

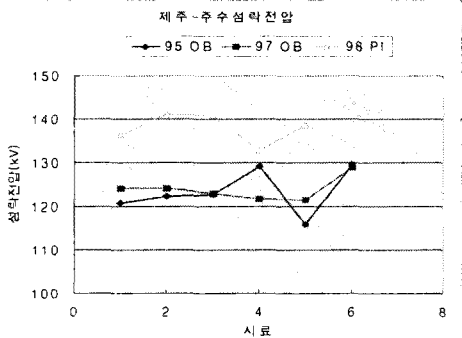


그림 6. 주수섬락전압시험 결과(제주지역)

2.4 애자 표면의 화학적 분석

2.4.1 표면 미세구조 분석(SEM)

폴리머애자의 표면 열화상태를 관찰하기 위하여 발취한 애자의 갓(shed) 일부를 절단하여 표면과 내부 절단면을 SEM(Scanning Electron Microscopy)으로 관찰하여 분석하였다. 이것은 그림 7부터 10까지 사진으로 나타났다.

폴리머애자 하우징의 내부의 경우, OB사의 내부는 무기물 충전제(filler)의 크기가 일정하였으나, PI사의 내부는 무기물 충전제가 균대균대 뭉쳐진 상태가 관찰되었다.

폴리머애자 하우징 외부 표면상태를 관찰한 결과, OB사 제품의 경우 표면이 10 μm 정도의 간격으로 갈라져 있으며, PI사 제품의 경우 표면이 50 μm 정도의 간격으로

로 갈라져 있음이 관찰되었다. 한편 PI사 제품의 갈라짐이 더 깊은 것으로 관찰되었다.

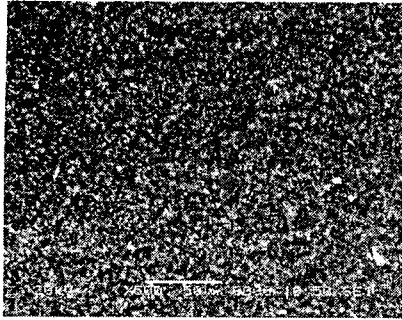


그림 7. 목포 97년 OB사 - 내부

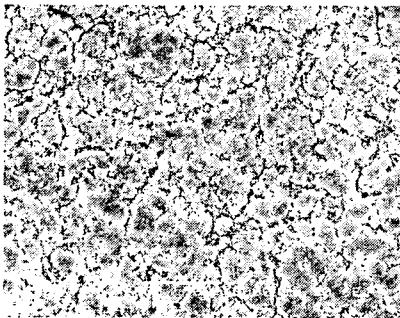


그림 8. 목포 97년 OB사 - 표면

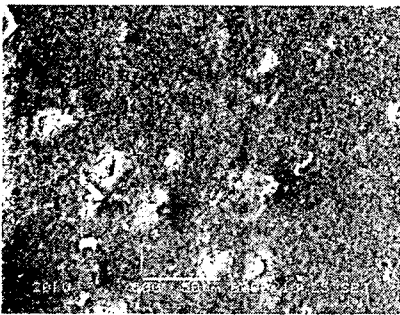


그림 9. 목포 98년 PI사 - 내부

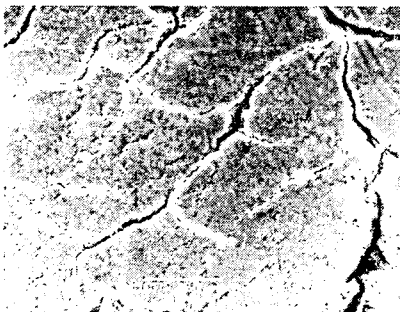


그림 10. 목포 98년 PI사 - 표면

2.4.2 표면 재질변화 분석(FTIR)

폴리머애자의 표면 열화상태를 관찰하기 위하여 발취한 애자의 갓(shed) 일부를 절단하여 표면과 내부 절단면을 FTIR(Fourier-Transform Infra-Red) 분석하였다. 목포지역에서 발취한 시료의 FTIR 분석결과를 그림 11과 12에 나타냈다.

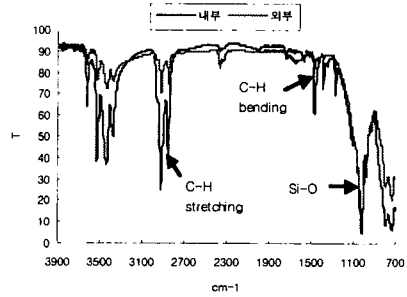


그림 11. 목포 97년 OB사

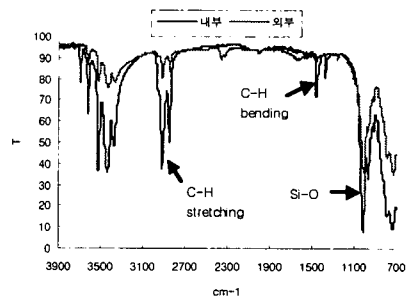


그림 12. 목포 98년 PI사

하우징 표면은 옥외환경에서 자외선이나 오존 또는 오손물에 의하여 표면의 고분자 체인들이 분해되어 미세한 균열과 초킹 현상이 나타났다. FTIR 관찰에서 하우징의 내부에서는 C-H stretching, bending, Si-O 등의 결합에 관한 피크들이 관찰되고 있으나 외부 표면에서는 이러한 피크들이 관찰되지 않고 있다.

3. 결 론

1994년 이후 국내 배전계통에서 사용된 폴리머애자를 발취하여 외관관찰, 전기적 특성 시험, 표면의 열화상태 분석 등을 통하여 폴리머애자의 경년변화 상태를 평가하였다.

폴리머애자의 하우징은 물리적 손상과 화학적 열화 과정을 겪고 있는 것으로 평가되었으며, 애자 본연의 기능인 전기적 절연성능과 기계적 강도 유지 등에서는 문제점이 발견되지 않았다.

다만, 폴리머애자의 표면이 발수성을 상실하여 젖음성이 높게 나타나고 있고, 이번 평가에서 사용된 폴리머애자가 대부분 해안지역에 설치되어 사용된 애자라는 점에서 내륙지역의 공업오존이 예상되는 장소에서 사용된 애자에 대한 평가가 별도로 이루어져야 할 필요가 발생하고 있다. 특히 인천지역의 고속도로 주위에서 발취된 애자의 경도가 특히하게 나타난 점은 오손지역에서 사용된 폴리머애자의 열화 특성이 해안지역에서 사용된 폴리머애자의 열화 특성과는 상이하게 나타날 수 있다는 추정의 근거로 작용할 수 있을 것이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 폴리머애자 경년열화 실증연구 2차년도 중간보고서, 2004.
- [2] IEC TS 62073 Guidance on the measurement of wettability of insulator surfaces, 2003.06