

전철용 고분자 장간애자의 실증 시험을 통한 신뢰성 평가

The Evaluation of Reliability through the Field Test of Polymeric Long Rod Insulator for Rail Way

홍진영* LG전선 전력연구소
김영성* LG전선 전력연구소
백주흠* LG전선 전력연구소
박완기* LG전선 전력연구소

J. Y. Hong Electric Research & Technology Center, LG Cable & Machinery
Y. S. Kim Electric Research & Technology Center, LG Cable & Machinery
J. H. Baek Electric Research & Technology Center, LG Cable & Machinery
W. k. Park Electric Research & Technology Center, LG Cable & Machinery

Abstract

In this paper, we describe about the field test of polymeric long rod insulator for rail way. For the test, insulators were mounted at the feeder line system at Kuro base station and were exposed to environmental, electric, and mechanical stress. During the test service, the leakage current was been monitoring and stored the data by the leakage current measuring system that was specially constructed. After about 6 months, diagnostic tests for evaluation of the installed insulators were conducted. The test results proved that the developed polymeric insulator is valid to use for rail way.

1. 서 론

전기절연용 애자는 무기재료인 세라믹을 재료로 하는 porcelain애자가 주로 사용되어져 왔으나 최근 들어 기존의 자기재 애자가 가지고 있는 문제점들을 개선하기 위하여 유기재료의 합성 및 Compounding 기술의 급격한 발달과 고분자 재료의 성형기술의 발달로 유기재료를 이용한 고분자 애자의 개발 및 적용이 활발히 진행되고 있다./1/ 고분자 재료는 자기 재료에 비해 경량이며, 내오손특성이 우수하여 옥외용 절연재료로서의 제반특성이 상대적으로 우수하다고 평가되고 있으나, 사용 역사가 짧아 실포설시 자외선, 습기, 온도, 풍화 등의 환경적 열화요인과 전기적 열화요인에 장기적으로 노출됨으로 인한 장기 신뢰성 측면에서는 논란이 되고 있다./2/ 따라서 최근의 고분자 애자에 대한 연구는 완제품의 실포설 조건에서의 장기 신뢰성을 평가하는 데에 역점을 두고 있다. 본 연구에서는 전철용 자기재 장간애자의 대체용도로서 개발된 고분자 장간애자의/3/ 실포설 시험을 통하여 그 신뢰성을 평가함으로써 전철선로에

대한 고분자 애자의 적용 가능성을 확인해 보았다.

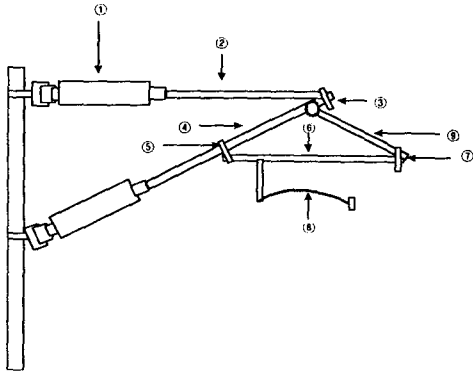
2. 전철용 고분자 장간애자의 개요

2-1 전철용 장간애자의 역할

전철선로에는 장간애자, 현수애자 등이 사용되고 있으며 장간애자는 그림 1과 같이 전철차량에 전력을 공급하는 급전선을 기계적으로 지지하는 가동 브래킷부를 절연하기 위해 사용되는 애자이다.

2-2. 고분자 장간애자의 구조 및 특성

고분자애자는 일반적으로 FRP 심재 (Core), 외피부 (Shed), 단말금구 (Metal Fitting)로 구성된다. FRP Core는 구조체로서의 골격을 유지하면서 내부 절연과 기계적 응력을 감당하고, 외피부는 FRP Core의 보호와 표면누설거리를 길게하여 오손, 습윤시의 절연특성을 확보하는 역할을 하며, 단말금구는 전주에 연결하고, Core의 담당하중을 전선이나 전주에 전달하는 역할을 한다. 그림 2는 고분자애자의 구조를 나타낸 것이다.

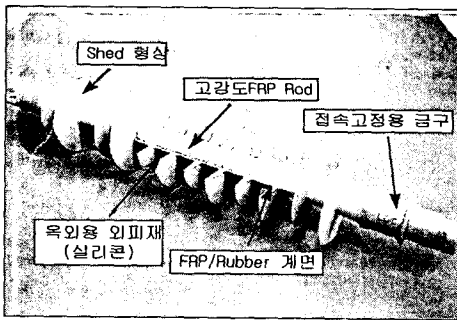


- ① 장간애자, ② 절연상부 파이프 ③ hook
- ④ 절연 주 파이프 ⑤ 진동감쇄 파이프 취부금구
- ⑥ 진동 감쇄 파이프 ⑦ 드로퍼 취부금구
- ⑧ 곡선 당김 금구 ⑨ 드로퍼

<그림 1> 장간애자의 사용 시스템 예

개발된 고분자 장간애자는 외피재로써 발수성 및 내오손 특성이 우수한 실리콘 Comp'd를 사용하였으며 외피절연부의 형상은 교대갯 형태로서 누설거리를 충분히 확보함으로써 우수한 내오손 특성을 갖도록 설계되었다. 또한 FRP Core와 금구부의 접합은 전철선로와 같은 기계적 진동이 많은 사용환경을 감안하여 테이퍼 접착법을 사용하였다.

표 1은 고분자 장간애자의 규격을 나타내었다.



<그림 2> 고분자애자의 구조

3. 고분자 장간애자의 실선로 평가 시험

제작된 고분자 장간애자의 실선로 평가시험을 위하여 공단지대로서 주변 공장 매연 등으로 인한 환경 오염이 비교적 심한 구로역 차량 기지역에 약 6개월간 (1997. 8. 13 ~ 1997. 3. 3) 시험 포설하였다. 표 2는 구로 전철역 부근의 대기오염도를 나타내었다.

표 1 고분자 장간애자의 규격

특 성		정 격
치 수	표면누설거리	A-B : 1,400 mm C-D : 310 mm
	기계적 성능	구부림 파괴하중 : 350 kg 인장 내하중 : 6,000 kg - 1min
전기적 성능	건조섬락전압	A-B : 230 kV C-D : 70 kV
	주수섬락전압	A-B : 180 kV C-D : 50 kV
	50%뇌충격 전압	A-B : 380 kV C-D : 100 kV

표 2. 구로전철역 대기오염도

구 분	1시간 평균치		
	평균	최대	최소
SO ₂ (ppm)	0.0086	0.591	0.001
dust (μg/m ²)	0.157	0.951	0.001
NO ₂ (ppm)	0.032	0.119	0.001
Nox (ppm)	0.085	0.494	0.009
CO (ppm)	5.3	27.4	0.1
O ₂ (ppm)	0.006	0.086	-

3-1 실선로 적용

실선로 평가시험을 위하여 포설된 시료는 총 4개로서 2개의 전철 선로용 전주에 절연상부 파이프와 절연 주파이프용 지지애자로서 한쌍씩 설치하였으며 설치되는 동안 주위 환경에 의한 표면열화 및 오손 정도를 파악하기 위하여 누설전류 측정 시스템을 구성하여 설치하였다. 그림 3은 포설된 고분자 장간애자의 전경이다.

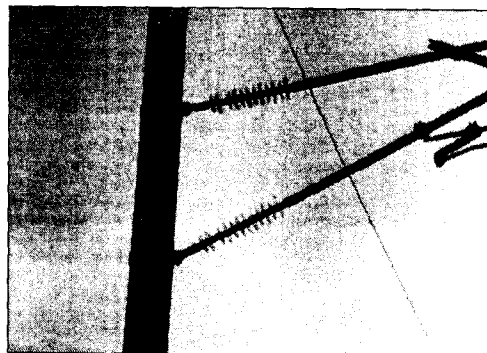


그림 3. 포설된 고분자 장간애자

3-2 누설전류의 측정

누설전류 측정 시스템은 포설된 애자로부터 발생되는 누설전류를 Pre-Amp를 통하여 전압치로 10⁴배

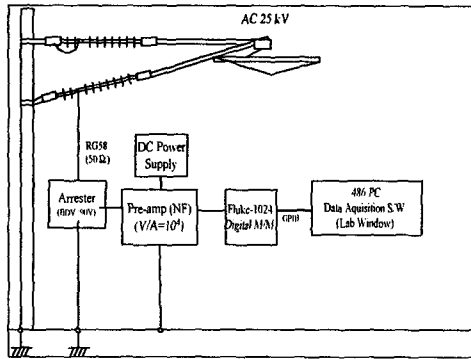


그림 4. 누설전류 측정시스템 개념도

증폭시켜 약 350m 거리에 떨어진 데이터 취득 시스템 (DAS ; Data Acquisition System)까지 전송시키도록 구성하였으며, 데이터 취득 시스템에서는 전송된 신호를 A/D 변환시켜 peak 치 전류를 화면상에 그래프로서 나타나도록 하여 누설전류치를 상시 감시할 수 있도록 하였고, 매 시간 마다 누설전류의 평균치를 저장하도록 구성하였다. 그림 4는 누설전류 측정 시스템의 개념도이며 그림 5는 누설 전류치의 변화량을 화면상에서 monitor하도록 구성된 데이터 취득부의 설치 모습이다.

그림 6은 6개월간의 포설기간 중 약 한달 간의 누설전류변화량을 나타내는 예이다. 포설기간 동안에 측정된 누설전류는 평균적으로 약 $6\mu A$ 정도 있었

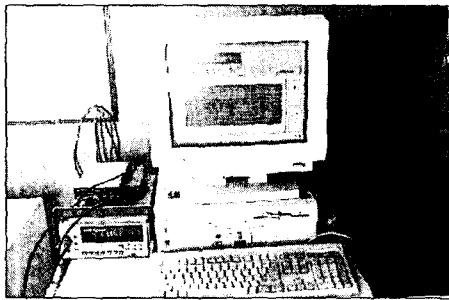


그림 5. 누설전류 데이터 취득 시스템

며 우천시에는 표면 누설전류가 증가하여 일시적으로 십여 μA 정도까지 측정되었으나 맑은 날씨에는 다시 초기치 수준으로 유지하여 6개월간의 포설기간 동안 누설전류량의 증가 추세는 보이지 않고 있음을 알 수 있었다. 이는 포설기간동안 대기중의 분진 등 도전성 먼지에 의해 애자의 표면이 오손 되었음에도 표면열화 없이 실리콘 외피재의 발수성이 여전히 유지되고 있음을 대변하고 있는 것이다.

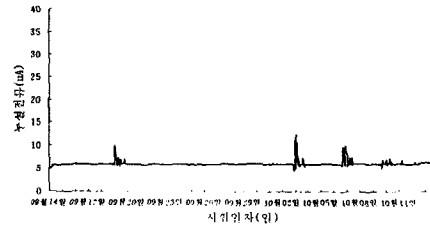


그림 6. 누설전류의 변화량 ('96. 9. 14 ~10. 13.)

4. 평가시험

약 6개월간의 포설시험 후 철거한 시료에 대하여 열화정도를 파악하기 위하여 평가시험을 실시하였다. 우선 포설기간 동안 애자의 내부, 외부의 결함발생 여부를 파악하기 위하여 뇌충격 섬락전압 및 상용주파 건조섬락 시험을 실시하였고, 외피재 표면 오손에 따른 열화정도를 파악하기 위하여 표면 접촉각 및 상용주파 주수섬락전압 시험을 행하였다. 또한 기계적 하중 및 전동차 운행시 발생하는 동적인 진동특성에 의한 기계적 성능저하 여부를 파악하기 위하여 인장 내하중과 굽힘 파괴하중 시험을 실시하였다. 한편, 포설후 평가시험중 애자의 내오손 특성 평가 항목인 접촉각 특성 시험과 주수섬락 시험의 경우 애자 표면의 오손상태를 그대로 유지한 상태에서 평가시험을 실시 하였다.

표 3은 평가시험 결과를 요약한 것으로써 제작된 시료의 초기특성과 비교하기 위하여 개발당시 실시한 공인기관 인증시험과 더불어 포설시험 전에 자체 시험한 초기특성시험 결과를 포함하여 나타내었다. 평가결과 포설후 특성치는 시험 전 항목에 걸쳐서 규격치를 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 개발당시 실시한 시험결과 및 포설전 특성치와 비교할 때 전반적으로 초기특성 그대로 유지하고 있음을 알 수 있었다. 다만 각 시험마다 나타난 다소간의 시험값의 차이는 시험품의 제작시 발생하는 약간의 제조 조건차이와 시험시 주위환경 (온도, 습도, 기압 등) 과 시험설비 및 시험설비 운영자 등의 여러 가지 변수에서 기인되는 편차로 판단된다.

표 3 평가시험 결과

시험항목	시험규격	규격치	개발시험 (공인기관인증)	초기특성 (자체시험)	포설 시험후특성 (공인기관인증)
상용주파 전조섬락전압	KS C 3801	A-B : 230 kV	233.6 kV	234.6 kV	237 kV
		C-D : 70 kV	80.5 kV	88.5 kV	92.7 kV
상용주파 주수섬락전압	KS C 3801	A-B : 180 kV	223.7 kV	218.4 kV	216.2 kV
		C-D : 50 kV	76.2 kV	71.2 kV	66.9 kV
뇌충격 섬락전압	KS C 3801	A-B : 380 kV	513.1 kV	472.1 kV	425 kV
		C-D : 100 kV	180.6 kV	177.6 kV	173.5 kV
인장내하중	KS C 3801	6000 kg-1 min	이상없음	이상없음	이상없음
굽힘파괴하중	KS C 3801	350 kg	595.2 kg	642.2 kg	690.9 kg
표면접촉각	-	-	114.6 °	112.8 °	112.3 °

* 단 표면접촉각은 자체시험임.

5. 결 론

고전압 방전학회 춘계학술대회, 1995

본 연구에서는 고분자 애자로서는 국내 최초로 개발되었던 전철용 고분자 장간애자의 실선로 포설 시험을 실시한 후 포설후 기본 특성에 대한 성능평가 등을 통해 현장적용에 대한 타당성을 확인하였다.

포설중의 애자의 표면오손에 의한 열화 상태를 파악하기 위해 측정된 누설전류 데이터와 더불어 포설 전·후의 특성을 파악하기 위해 행해진 각종 시험 결과를 종합하여 볼 때, 개발된 고분자 장간애자는 실선로에 적용시에도 충분히 신뢰성을 지닌 것으로 판단된다. 특히, 기존의 자기계 애자에 비해 경량이고 우수한 내오손특성을 지님으로 인해 환경오염 하에서도 보다 안정적인 절연성능 유지와 함께 설치 및 유지보수 비용 절감을 기대할 수 있다.

Acknowledgements

본 연구를 수행할 수 있도록 많은 도움을 주신 철도청 전기국과 구로역 기지 관계자 여러분들에게 진심으로 감사 드립니다

참고문헌

- [1] A.E. Vlastos and M. Sjoberg, "Leakage Current data Acquisition System for Field Tests of Polymeric Insulator", 8th ISH, 47.09, 1993
- [2] A.E. Vlastos, T. Sorqvist, "Field Experience of Ageing and Performance of Polymeric Composite Insulators", Electra No. 171, 1997
- [3] 김동욱, 김영성, "전철용 고분자 장간애자 개발",