

전철용 고분자 장간애자 실용화

Installation of Polymer Stem Insulator for Electric Railway

김수연*
Kim, Su-Youn

이상진**
Lee, Sang-Jin

김영성***
Kim, Young-Seong

김동욱****
Kim, Dong-Wook

ABSTRACT

Polymer stem insulator for an electric railway has been developed in 1995 in Korea. Owing to its excellent electrical and physical characteristics, KT mark was awarded for the developed polymer stem insulator. After new specification of KNR(Korea National Railway) was established, the evaluation of long-term reliability combined with the improvement of manufacturing process was carried out. In 1998, this polymer stem insulator was installed in commercial electrical railway line.

This paper presents the long-term reliability properties of the installed polymer stem insulator compared with conventional insulator. The location of the installed polymer stem insulator in KNR is also introduced.

1. 서론

산업발달 및 교통인구의 증가로 인한 수송 및 교통량 해소를 감당하고 있는 전철선로에서의 전기절연용 애자는 무기재료인 세라믹을 재료로 하는 자기재 애자가 주로 사용되어져 왔으나 최근 들어 유기재료의 합성 및 배합 기술의 급격한 발달과 고분자 재료의 성형기술의 발달로 유기재료를 이용한 고분자 애자의 개발 및 적용이 활발히 진행되고 있다.

고분자 애자는 자기재 애자에 비해 상대적으로 경량이며, 내오손 특성이 우수하여 설치 및 유지 보수 비용절감 등에 장점을 지니고 있고, 20여년 이상의 현장 경험을 통해 내후성 측면에서도 신뢰성이 입증되면서 선진국을 중심으로 고분자 애자로의 대체 비율이 급격히 증가되고 있다.¹⁾

이러한 기술적 흐름에 따라 생산기술 개발사업으로 3년간의 연구를 통해 95년 전철용 고분자 장간애자의 개발을 완료하였으며, 철도청 인정시험, 공인기관 인증시험을 거친 후에도 고분자애자의 실증 신뢰성 확인을 위해 오손지역에서의 장시간 평가시험을 완료하였다.^{2), 3)}

또한 KT 마크, 국산신기술제품 인증획득으로 개발된 전철용 고분자 장간애자의 기술 및 품질수준을 인정받았고, 97년 철도청 고분자 장간애자 구매시방 제정으로 98년 국산화 개발로서는 최초로 고분자 장간애자의 실용화가 가능하게 되었다.

* LG전선 전력연구소 연구원

** LG전선 전력연구소 연구원

*** LG전선 전력연구소 선임연구원

**** LG전선 전력연구소 책임연구원

본 논문에서는 고분자 장간애자의 실선로 적용을 위해 평가했던 장기 신뢰성 시험결과와 현재 실용화 현황을 소개하고자 한다.

2. 전철용 고분자 장간애자의 개요

2.1 전철용 고분자 장간애자의 용도

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

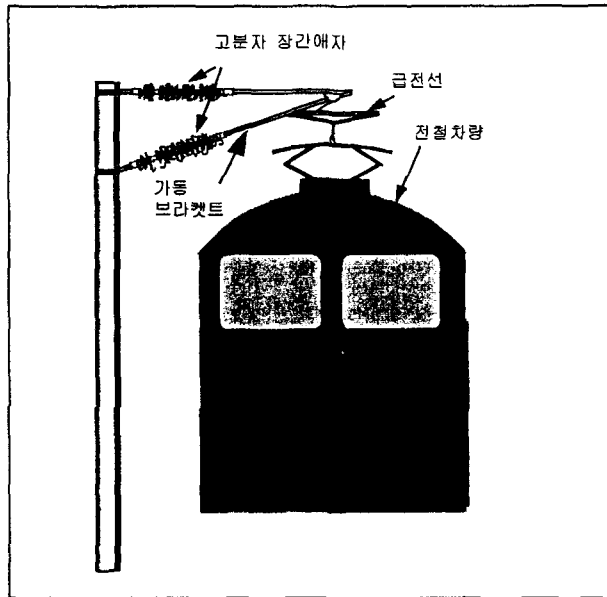


그림 1. 장간애자 사용 시스템

2.2 고분자 장간애자의 구조 및 특성

고분자 애자는 동일 재질인 자기재 애자와는 달리 기계적 특성을 감당하는 Core로써 FRP rod 부와 전기적 절연특성의 안정성을 위해서 외피 절연재료를 Silicone 고무를 사용한 복합제품이다. 또한 단말금구는 고분자 장간애자를 전주에 연결하여야 함으로 기존 선로에 맞게 기계적 특성, 내진동성 등이 우수한 금속을 이용하여 제조하였다.

그림 2에서 기존 자기재 애자와 고분자 애자의 형상을 나타내었으며, 표 1에서는 자기재 애자와 고분자 애자의 특성비교를 요약한 것으로, 고분자 애자의 경우 Vandalism, 표면 발수성, 자기 세정성, 유지보수 비용 등 여러 분야에서 우수한 특성을 지니고 있음을 나타내고 있다. 특히 중량에 있어서 자기재 애자에 비해 1/4배 정도의 경량으로 유지보수 및 설치에 용이한 장점을 가지고 있다.

2.3 장간애자의 제품규격 비교

자기재 애자와는 달리 고분자 장간애자는 재료적인 측면에서 내트래킹 시험, 내후성 시험, 난연성 시험 등의 시험이 추가로 진행되며, 이는 유기재료인 고분자 외피재의 열화특성을 평가하기 위

함이며 이러한 평가를 통해 고분자 장간애자의 안정한 특성을 확인할 수 있었다. 장간애자 제품규격 비교는 표 2에서 나타내었다.⁴⁾

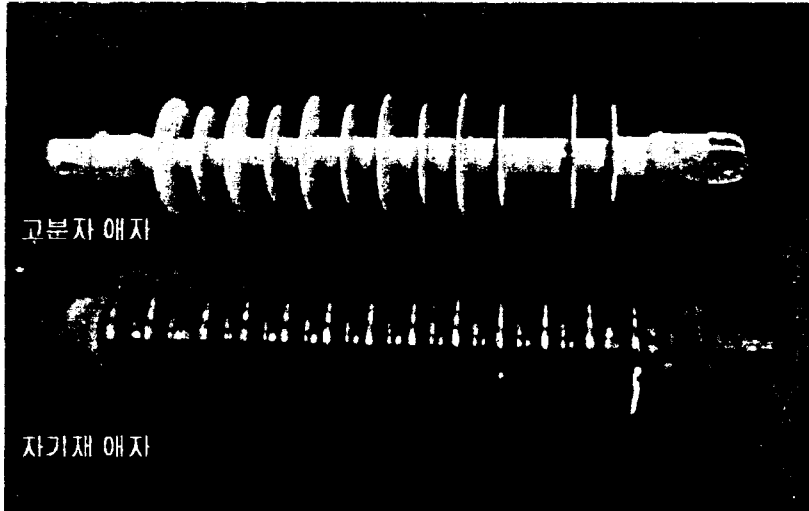


그림 2. 고분자 장간애자와 자기재 장간애자 형상

표 1. 자기재애자와 고분자애자의 특성비교

특 성 항 목	자기재 애자	고분자 애자
Vandalism	×	◎
내트래킹성	○	○
표면 발수성	×	◎
내오손성	×	◎
자기세정성	△	◎
내후성	◎	○
전기적 회복성	○	◎
기계적 특성	○	○
유지보수 비용	×	◎
중 량	×(32kg)	◎(7.5kg)

◎ : very good, ○ : good, △ : normal, × : bad

표 2. 장간애자의 제품규격 비교

분 류	시 험 항 목	규 격 치	적 용 여 부	
			고 분 자	자 기 제
치 수	표면누설거리	A-B : 1,400 mm C-D : 310 mm	○	○
기계적 성 능	구부림 파괴하중	350 kg.m	○	○
	인장 내하중	6,000 kg - 1min	○	○
전기적 성 능	건조섬락전압	A-B : 230 kV C-D : 70 kV	○	○
	주수섬락전압	A-B : 180 kV C-D : 50 kV	○	○
	50%내충격 전압	A-B : 380 kV C-D : 100 kV	○	○
전파장해 전압	상용주파 대지간	25r.m.s kV	○	×
	최대 전파장해전압	10 μ V at 1000kHz	○	×
재료적 성능	내트래킹 시험	1000hr	○	×
	내후성 시험	1000hr	○	×
	난연성 시험	FV 0 등급	○	×
	도금 시험	6회, 50mg/mm ²	○	○

3. 고분자 장간애자 장기 신뢰성 평가 결과

앞에서의 규격비교에서 알 수 있듯이 보다 엄격한 시험규격이 고분자 애자에서 적용되고 있으며, 이것은 장기신뢰성 확보측면에서 시행되고 있다. 따라서 고분자 장간애자의 실선로 적용을 위한 장기적인 신뢰성을 평가하기 위하여 건전 고분자 애자와 장기적으로 오손지역에서 7개월, 15개월 동안 실사용한 고분자 애자를 수거하여 외피재의 장기안정성을 비교분석 하였다. 그 평가항목은 내트래킹 특성, 내아크 특성, 접촉각 등을 통하여 측정하였으며, 자기제 애자와 고분자 애자의 누설전류 특성을 장기간 실선로에서 계측하여 비교하였다.

3.1 내트래킹 특성 분석

건전시료 및 7개월, 15개월 사용된 고분자 애자의 내트래킹 특성분석을 한 결과 6시간 동안 4.0kV의 전압을 인가하였으나 세가지의 시료 모두 기준인 25mm 미만에서 트래킹이 형성됨을 알 수 있었다. 즉 사용기간에 따른 내트래킹 특성은 차이가 없음을 알 수 있었다. 내트래킹 시험에 대한 결과는 그림 3, 4, 5에 각각 나타내었다.

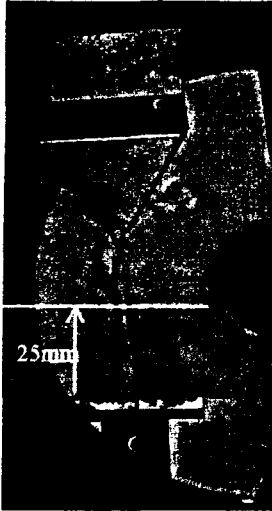


그림 3. 건설 시료

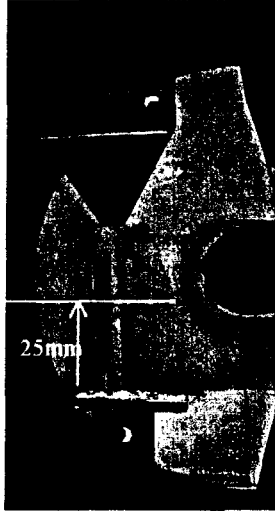


그림 4. 7개월 사용시료

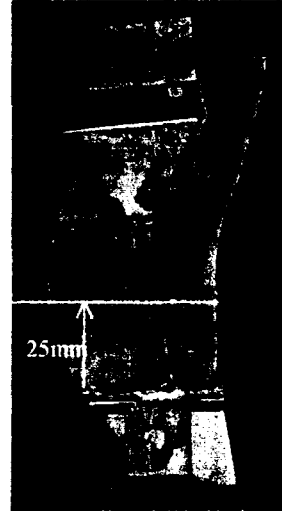


그림 5. 15개월 사용시료

3.2 내아크 특성 분석

입의의 4곳에 내아크 특성분석을 실시한 결과 건설시료, 7개월 및 15개월 등의 사용기간에서는 차이가 거의 나타나지 않았다. 건설 시료의 경우 내아크는 278sec를 나타내었고 7개월 시료의 경우 274sec, 15개월 시료의 경우 272sec를 나타내었다. 이 특성값은 2% 미만의 동일수준의 특성을 보여줌을 알 수 있다. 내아크 특성 시험에 대한 결과는 그림 6에서 나타내었다.

3.3 접촉각 특성 분석

일반적으로 애자가 옥외 노출되어 자외선, 산성비 또는 해안의 염무 등의 영향으로 오손이 되면 최초의 발수성이 서서히 저하되며, 이러한 발수성의 저하는 애자의 표면에 수분의 흡착성을 높여 누설전류의 증대 및 기타 전기 절연성에 악영향을 미치게 된다.⁵⁾

그러나 고분자 애자의 경우 건설시료 및 7개월, 15개월 사용된 시료의 입의의 4곳에서 접촉각 특성 분석을 한 결과 차이가 거의 없음을 알 수 있었다.

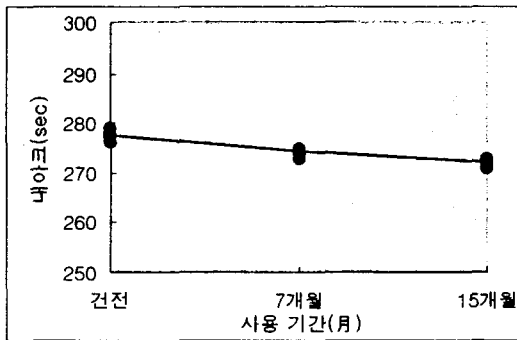


그림 6. 사용기간에 따른 내아크 특성변화

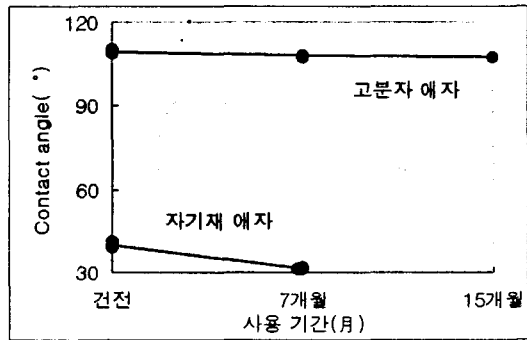


그림 7. 사용기간에 따른 접촉각 특성변화

접촉각 특성 분석 결과 건전 시료의 경우 109.5 °의 접촉각을 보였으며 7개월 사용된 시료의 경우 108 °, 15개월 사용된 시료는 7개월 사용된 시편과 동일한 108 °의 접촉각을 보였다. 이는 건전시료와 사용시료는 2% 미만의 동일수준의 특성을 보여주고 7개월 및 15개월 사용시료의 경우는 동일함을 알 수 있었다.

자기재 애자의 경우 사용기간에 따른 접촉각 특성변화를 측정된 결과 건전시료의 40 °의 접촉각에서 7개월 사용된 시료의 32 °의 접촉각은 20% 이상 낮아졌음을 알 수 있었다. 즉 접촉각의 변화는 고분자 애자에서는 거의 동일함을 보였고 자기재 애자의 경우 차이가 많음을 알 수 있었다. 접촉각 특성에 대한 분석 결과는 그림 7에 나타내었다.

3.4 누설전류 특성 분석

누설전류의 측정은 포설된 애자의 표면에 전극을 설치하여 애자표면에 흐르는 누설전류를 측정하여, 증폭과 필터를 거친 후 데이터 취득 시스템(DAS: Data Aquisition System)을 통해 측정하였다.⁶⁾

측정 결과, 습도, 풍속등의 환경 변화에 따라 영향을 받으나, 평균적으로 고분자 애자의 누설전류는 자기재 애자 누설전류의 1/10수준이며, 특히 전기적으로 고분자 재료의 애자가 아주 안정한 특성을 가짐을 확인하였다. 그 누설전류 측정결과를 그림 8에 나타내었다.

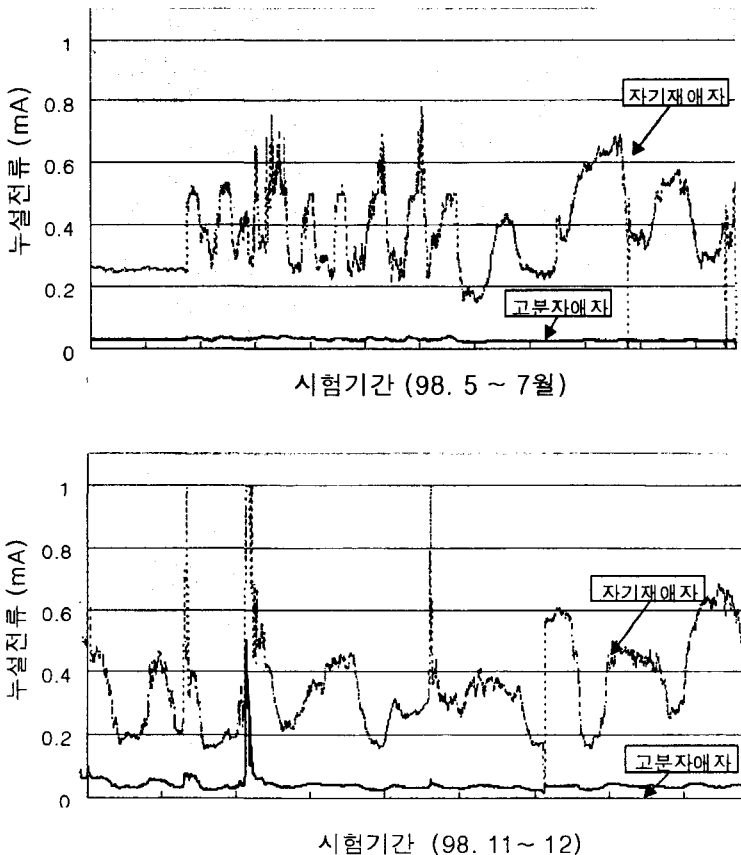


그림 8. 누설전류 측정 Data (위:여름, 아래:겨울)

4. 고분자 장간애자의 포설 현황

경량화 되어진 고분자 장간애자는 앞서 평가된 우수한 장기신뢰성을 바탕으로 신속한 유지보수와 오손환경에서 뛰어난 전기적 안정성으로 향후 전철선로의 고품질화에 크게 기여하리라 생각된다. 이렇게 고분자 재료를 활용하여 개발한 고분자 장간애자는 1998년 5월과 7월에 중앙선, 태백선, 영동선 등의 선로에 약 1500개가 실선로에 사용되고 있다.

이렇게 고분자 장간애자가 설치된 지역은 시멘트 공장 밀집지역으로 시멘트 분진이 애자에 부착되는 열악한 환경조건의 지역이다. 그림 9는 중앙선 도담역 부근에 설치되어 있는 고분자 장간애자 모습을 나타낸 것이다.

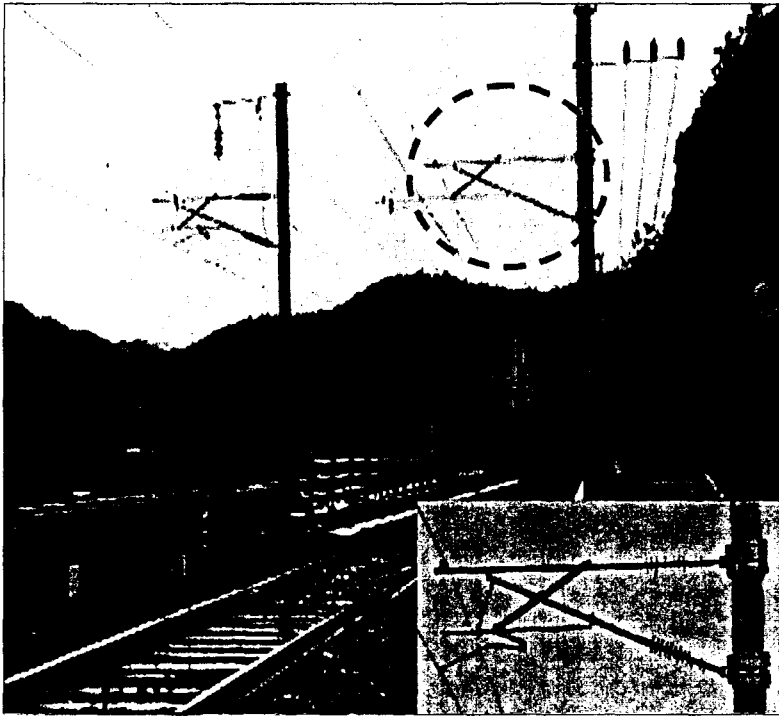


그림 9. 중앙선에 설치된 고분자 장간애자

5. 결 론

기존 자기재 애자와는 다른 새로운 개념의 고분자 장간애자의 연구결과 및 향후 계획을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고분자 애자의 장기적 측면에서 열화분석을 통해 안정성을 확인하였고, 특히 오손지역의 환경 변화에 대해서는 자기재 애자보다 아주 안정적인 특성을 발휘함을 확인하였다.
- 2) 개발된 고분자 장간애자는 우수한 전기적 안정성으로 인해 KT 마크, 국산신기술제품 인증의 획득을 통한 기술 및 품질을 인정받았고, 오손지역에서 장기간의 실증시험을 통한 안정성을 확인하였다.

- 3) 철도청 고분자 장간애자 구매시방 제정과 더불어, 98년 5월에 시멘트 공장 밀집지역으로 오손 정도가 심한 영주지방 철도청 관할의 중앙선, 태백선, 영동선에 약 1500개의 고분자 장간애자를 설치하여 운행중이다.
- 4) 향후에는 영주지방 철도청 관할에 포설되어 있는 고분자 장간애자의 지속적인 감시를 통해 선로환경에 따른 전기적, 기계적, 열적 특성분석 및 Data 확보로 고분자 장간애자의 확대적용에 기여할 계획이다.

참고문헌

1. Brian Porarier(1996), "Experience and Applications with Non-Ceramic Insulators at Power-line Queensland", Symposium on Non-Ceramic Insulator Technology
2. Jeff Burnham(1996), "Application of Polymer Insulators to reduce costs and Increase Reliability", Symposium on Non Ceramic Insulator Technology, #17
3. 홍진영, 김영성, 박완기(1998), "전철용 고분자 장간애자에 대한 양산관점에서의 제조와 품질 관리에 관한 연구", 한국철도학회
4. 한동희, 박완기, 이철호, 황석중(1998), "송배전용 Composite Insulator의 개발동향 및 특성", 한국전기전자재료학회
5. L.Xidong, Z.Renyu(1993), "On the surface hydrophobicity of Insulation Material", 8th International Symposium on High voltage Engineering, 47.03
6. A.E. Vlzstos and M.Sjobeg(1993), "Leakage Current Data Acquisition System for Field Tests of Polymeric Insulators", 8th ISH, 47.09, pp. 205-208