

직류전기철도에서의 고분자 지지애자 적용에 관한 연구
The research for the application of polymer support insulator used in DC railway system

이기승* 김윤식** 심재석** 정호성*** 이기원*** 조호령****
Lee, Gi-Sung Kim, Yoon-Sik Sim, Jae-Suk Jung, Hosung Lee, Kiwon Cho, Horyung

ABSTRACT

The use of polymer insulator has increased all over the world. As of 2000's KEPCO has used it fully since they introduced it in early 1990's. In Korea it is very widely used by KORAIL which uses AC 25 kV system in the ground electric car line. And It is also used in tunnel electric car line to support AT feeder line. But it has not been used in the section of DC 1500 V. In case of DC 1500 V electric railway system It is has been developed by research institutes by means of R&D projects since 2008. The user cleans porcelain insulators regularly by water because of dusts and pollution. In case of polymer insulators It is very easy to be made dirty by pollution because of the material properties and hard to be cleaned by cleansing. In accordance with these reasons It is worried about deterioration. This paper deals with anticipating problems when we apply it to DC electric railway system and the procedure for testing polymer support insulator.

1. 서 론

고분자 애자의 사용은 전 세계적으로 점점 증가하고 있는 추세이다. 한국전력의 경우 1990년대 초반부터 고분자 애자를 도입하기 시작했으며, 2000년대부터는 본격적으로 확대 사용되고 있다. 국내의 AC 25 kV 전기철도 경우 지상부 전차선로에 고분자 장간애자가 사용되고 있으며, 지하구간에도 AT 급전선 지지용 고분자애자가 사용되고 있으나, DC 1500 V 구간에서는 적용된 사례가 없다. 서울메트로에서는 2008년부터 국가R&D과제로 지지애자와 장간애자를 고분자애자로 개발하고 있다[2]. 지하구간의 애자는 주변의 분진에 의한 오손발생 우려가 있어 정기적인 물청소를 하고 있으며, 고분자애자의 경우 재질의 특성상 자기재보다 분진의 부착이 쉽고, 부착된 분진의 세척이 어려워, 장기 사용 시 특성변화가 우려된다. 이러한 이유 때문에 고분자애자를 직류전기철도에 적용하기 위해서는 내오손성, 내아크성 및 세척의 용이성 등이 고려되어야 한다.

본 논문에서는 직류전기철도에서의 고분자애자 적용 때 발생할 수 있는 문제점 및 시험절차에 대하여 논하고자 한다.

* 책임저자 : 정회원, 서울메트로 기술연구소, 시스템연구부, 부장

E-mail : lgisung@seoulmetro.co.kr

TBL : (02)6110-5881 FAX : (02)6110-5338

** 비회원, 서울메트로 기술연구소, 시스템연구부, 과장

** 비회원, 서울메트로 기술연구소, 시스템연구부, 선임

*** 한국철도기술연구원 집전전력연구실 선임

*** 한국철도기술연구원 집전전력연구실 선임

**** (주)평일 기술연구소 부장

2. 본 론

2.1 전기철도의 사용 애자

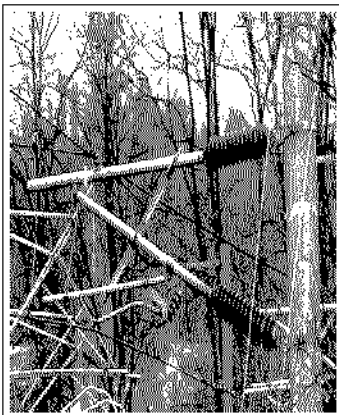
전차선로의 애자는 전선 및 진동방지, 곡선당김장치 등의 부속설비를 전주, 빔, 완금 등에 지지하는 경우와 전차선을 전기적으로 구분하는 경우, 또는 가동브라켓 등에 직접 지지물과의 결연을 목적으로 사용하고 있다.

표1. 애자의 사용구분

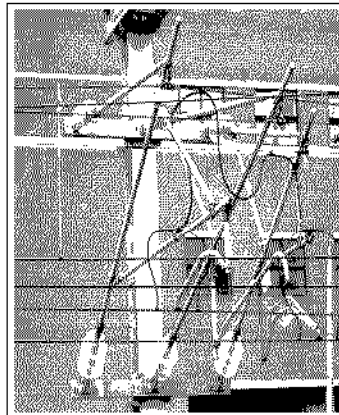
종 류		직류구간	교류구간
현수애자	180mm	·급전선, 전차선, 조가선, 곡선 당김, 구분장치, 가압빔의지지 또는 인류용	
	250mm	·전차선, 급전선의 인류용으로 장력이 특히 크게 되는 경우	·전차선, 급전선의지지 또는 인류용
장간애자	항압용	·가동브라켓 경사파이프	·가동브라켓 경사파이프
	인장용	·급전선, 가공전차선, 곡선당김장치 인류 및 현수 ·가동브라켓 수평파이프	·급전선, 가공전차선, 곡선당김장치 인류 및 현수 ·가동브라켓 수평파이프
지지애자	SP-60		·교량, 터널, 구름다리 및 보호선 지지용
	NSP-50		·지하구간 급전선 지지용

2.2 애자의 재질

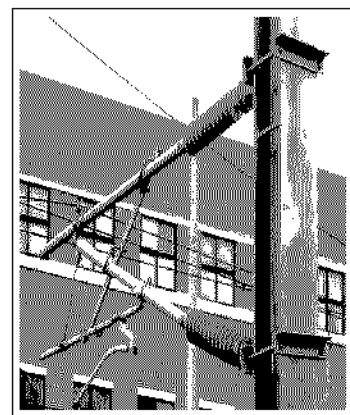
전차선로에 사용되는 애자의 재질은 자기제, 유리제, 고분자애자 등이 사용되고 있다.



(a) 자기제애자



(b) 유리아자



(c) 고분자애자

그림1. 재료에 따른 애자의 종류

2.3 고분자애자의 구조 및 특징

(1) 구조

고분자애자는 FRP 코어, 하우징, 및 금구로 구성 된다

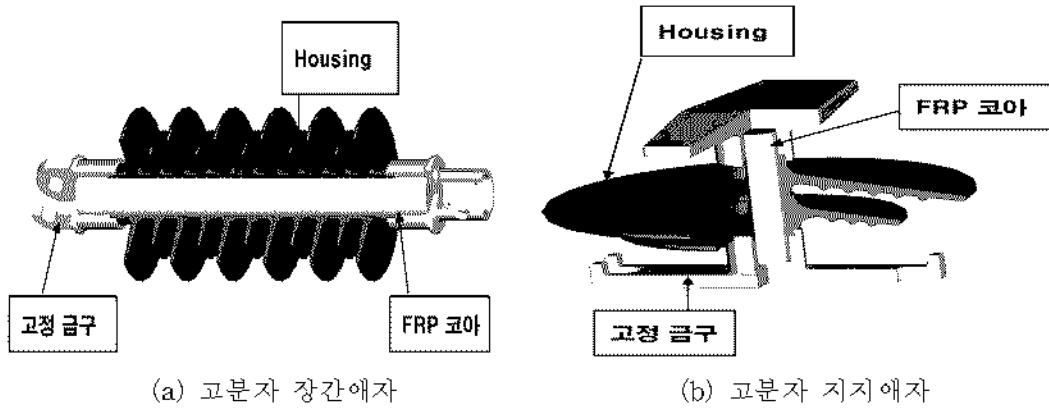


그림2. 고분자애자

(2) 고분자애자의 특징

고분자애자의 일반적인 특징은 자기계 애자에 비해 발수성이 우수하여 내오손 및 내트래킹성을 지닌다.

표2. 고분자애자와 자기계 애자의 특성비교

특성항목	자기계 애자	고분자 애자
깨어짐 내성	×	◎
내 트래킹	◎	◎
발수성	×	◎
내오손성	×	◎
자기 세정성	△	◎
내후성	◎	○
전기적 회복특성	○	◎
기계적 특성	◎	○
유지보수 비용	×	◎
중량	×	◎

◎ : 아주 좋음 ○ : 좋음 △ : 보통 × : 나쁨

2.4 DC 지하구간 고분자 애자에 요구되는 특성

(1) 내오손성

지하부에 설치된 애자의 경우 많은 비산 먼지 및 오염 물질에 의해 애자표면에 많은 이물질이 부착하게 된다. 이러한 이물질은 애자 자체의 절연성능을 저하시키고 금속부의 부식을 촉진시키는 역할을 한다.

(2) 내아크성

T-bar를 지지하는 애자의 경우 열차 판타그래프의 불완전한 접촉에 의해서 발생하는 아크에 직접 노출되어 있으므로 난연성이 뛰어나야 한다.

(3) 세척의 용이성

지하부에 설치된 강제전차선로 지지애자의 경우 밀폐된 공간에서 차량운행으로 발생하는 비산먼지 및 이물질이 쌓이게 되고 비щет김 효과가 없으므로 년 2회 물청소를 하고 있어, 물청소시 세척효과가 좋아야 한다.

2.5 지하구간 전기철도에 적용된 고분자 애자

(1) AC 25 kV 급전선 지지용 고분자 애자(NSP-50)

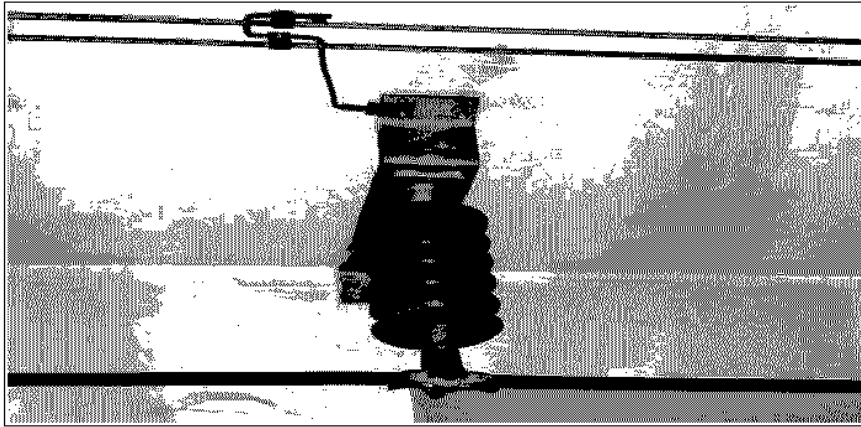


그림3. AC 25 kV 급전선 지지용 고분자 애자(NSP-50)

AC 25 kV 급전선을 지지하는 애자로 과전선에 적용되어 있다. 애자의 오손대책으로 물청소를 하고 있다.

(2) DC 1500 V 급전선 지지용 고분자 애자

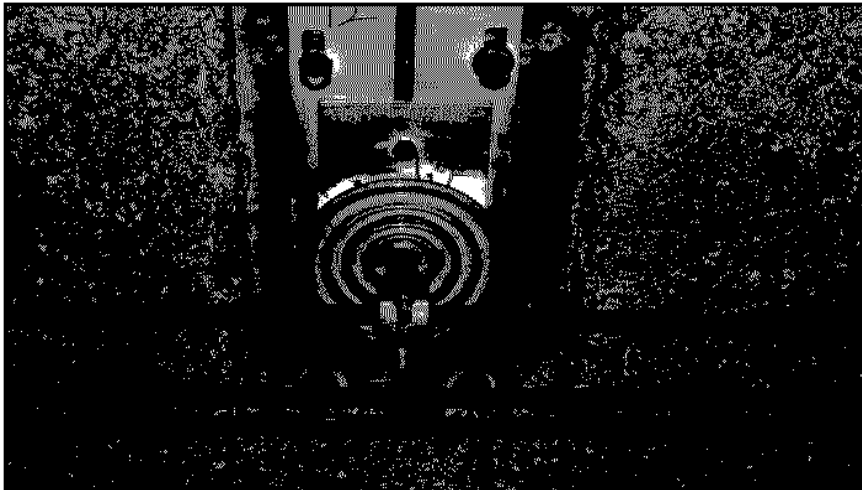


그림4. DC 1500 V 급전선 지지용 고분자 애자

운영중인 선로에 적용된 사례는 찾기 힘들고, 부산지하철 시험선에 일부 설치되어 있다.

2.6 지하구간에 고분자 애자 적용 시 예상되는 문제점

(1) 오손에 의한 절연 저하

전차선로용 애자는 지하구간의 분진, 매연 등에 의해서 애자 표면이 오손되어서 그 표면 저항이 저하되어 누설전류의 증가에 따라 전기적 파괴를 일으킬 수 있다. 이러한 애자의 파손은 지락, 단락 사고 등으로 차량 운행에 심각한 영향을 줄 수 있다. 오손에 의한 섬락사고 방지를 위하여 애자를 정기적으로 청소하는데, 청소에 의한 세척효과가 미미할 경우 애자의 절연저하가 우려되므로 장시간 설치 및 운용에 따른 절연성능 특성 및 청소시 세척 특성에 대한 검증이 필요하다.



(a) 자기계 애자

(b) 고분자 애자

그림5. 자기계 애자와 고분자 애자의 세척효과 비교

(2) 아크에 의한 손상

열차의 판타그래프와 강제전차선의 불완전 접촉에 의해서 아크가 발생되고, 이 아크에 의해서 애자의 손상이 발생할 수 있다.

역사 승강장 천장에 부착된 흡음체에 불꽃이 달라붙어 화재가 발생되었을 때 기존 자기계 애자의 경우 아무런 이상이 없었으나, 고분자 애자의 경우 실제 선로에 시험 설치하여 운영하는 시험이 필요하다.

2.7 직류전기철도 고분자 애자의 시험 절차

애자 시제품 시험과정은 오른쪽의 그림과 같으며, 각 단계에서 정상적인 결과가 이루어지지 않으면 애자의 설계부터 다시 시작해야 한다. 공장시험이나 공인인증기관 시험은 현장시험을 위한 전단계로, 분진이나 아크 발생이 많은 지하구간에서 정상적인 기능이 수행되도록 설계 제작되어야 하고, 이를 검증하기 위하여 실 선로환경 조건에서의 현장시험이 필요하다.

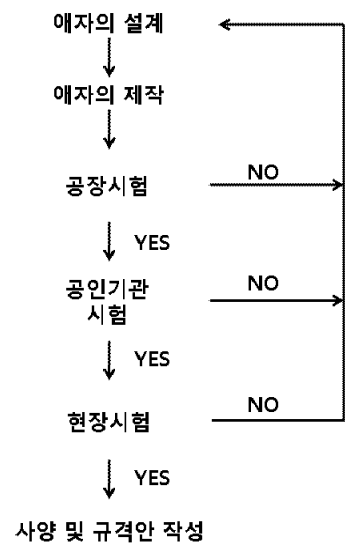


그림6. 애자 시제품 시험과정

(1) 공장시험

공장시험은 제작사 장소에서 성능을 만족하는지 확인하는 시험으로 목표사양(안)을 만족하는지 시험하도록 한다.

표3. 지지애자의 목표사양

평가항목	단위	성능
Rated Voltage	kV	DC 1500v
상용주파건조섬락전압	kV	60 (KS C 3801 7.2)
상용주파주수섬락전압	kV	30 (KS C 3801 7.4)
50%충격섬락전압	kV	100 (KS C 3801 7.9)
뇌충격 내전압	kV	80 (KS C 3801 7.8)
굽힘파괴하중	N	3,000 (KS C 3801 8.2.2)
인장파괴하중	N	5,000 (KS C 3801 8.2.1)
아연도금시험	-	50 mg/cm ² 또는 70μm이상 (KS C 3801 12.1)
염색용액침투시험	-	이상이 없을 것 (CEA LWIWG-01 5.3)
수분확산시험	-	이상이 없을 것 (ANSI C29.11 7.4.2)
경년변화시험	-	이상이 없을 것 (CEA LWIWG-01 5.9)
전파장애 전압시험	-	DC 1500V 10 μV at 1000 kHz
X선 투과시험	-	이상이 없을 것
난연성	-	IEC 707 FV방법 FV 0에 적합할 것
표면누설거리	mm	290

(2) 공인기관 시험

공인기관 시험은 현장시험을 위하여 성능사양을 만족하는지에 대하여 공인기관에서 수행하는 시험이다.

(3) 현장설치 운용 시험

현장설치 운용 시험은 실제노선에서 설치하여 우려되는 오손특성 및 난연특성 등을 확인하기 위한 시험으로, 일정기간 설치/운영하여 기능에 문제가 없는지 확인하는 과정이다.

연물은 그 특성이 수십년 동안 유지되어야 하기 때문에 단기적인 성능은 물론이고 장기적인 성능 평가가 매우 중요하다. 현장시험은 구조적인 면과 기능적인 면에서 평가할 것이다.

(가) 구조적인 면

- 지지금구의 접속부와 가동브라켓 및 전차선의 연결성
- 기존 전차선과의 높이 편위 등 일치성
- 애자 교체작업의 편의성
- 물청소의 용이성

(나) 기능적인 면

- 난연성

· AL T-bar 와 지지철물간의 알루미늄풍선이 부착하여 지락사고가 발생되며 이로 인하여 애자의 파손 또는 아크흔적이 생겨 애자의 교체 및 세척작업을 실시하는 사례 등이 있으므로 난연성을 확인하여야 한다.

· 전차선과 판타그래프 간의 발생하는 아크가 애자 표면에 접촉되므로 난연성을 확인하여야 한다.

– 내오손성

· 폴리머애자는 공해가 심한 공단지역이나 염해지역에서 내오손성이 우수한 것으로 알려져 있지만, 분진이 심한 지하터널구간의 경우 장기 신뢰성평가를 실시해야 한다.

– 세척 후 청결성

· 폴리머 애자는 우수한 특성과 저렴한 가격으로 사용이 증가하고 있지만, 직류 전차선로 지하구간에서 현장 사용 경험이 없기 때문에, 좋은 성능이 오래까지 지속되려면 세척 후 청소효과가 뛰어나야 한다.

3. 결 론

고분자 애자의 사용은 점점 증가하는 추세이다. 송배전 선로에 이어 전기철도용으로도 상당수 사용될 것으로 기대된다. 전차선로에 사용된 고분자 애자는 AT급전선 및 보호선 지지용과 가동브라케트에 설치되는 장간애자 등이며, 직류전기철도용은 국가R&D과제로 개발중에 있다. 직류전기철도용 고분자 애자가 개발되면 공인기관 인증시험을 거쳐 서울메트로에서 현장설치 운용시험을 하게 된다. 시제품은 기존품에 비해 현장사용에 대한 신뢰성이 부족함으로 사고발생 위험이 높다. 더구나 고분자 지지애자(T-bar 지지용)의 경우 운행선로에 적용된 사례가 거의 없으므로 사전 충분한 검토가 필요하다. 따라서 현장시험은 현장 설치에 따라 예상되는 문제점으로 인한 사고 발생을 최소화 하면서 효율적인 시험이 이루어지도록 시험장소 선정 및 시험절차를 정해야 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화 A01)에 의해 수행되었습니다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant(07 Urban Transit Standardization A01) from "the 2nd phase of R&D on the urban transit standardization" funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government.

참고문헌

1. 김양수, 유해출(2008년), "전기철도구조물공학", 동일출판사
2. 조호령, 이상식(2008년), "국가R&D과제 중간보고서", (주)평일