

내마모성이 우수한 절연구분장치 국산화 개발

Development of Section Insulator with Improved Wear Characteristics

이 기 원[†] · 정 호 성* · 박 영** · 조 호 령*** · 이 상 식***
(Kiwon Lee · Hosung Jung · Young Park · Ho Ryung Cho · Sang Sik Lee)

Abstract - In a section of AC electric railway, a phase between the sections is different although voltage levels supplied from substations are the same. Therefore, section insulators have been installed to electrically divide between the sections. Two different types of section insulator, namely an overlap type and insulator type, are used. In Korean high-speed lines, overlap type section insulator has been adopted. And, insulator type is used in conventional line. The overlap type has the advantage of having no speed limit, but has the disadvantage of requiring long section length. However, the insulator type has the advantage of section length, but also has the disadvantage of having speed limit. In Korean conventional line, an insulator type one relies on the import and there is some problem with wear.

In this study, we developed the insulator type section insulator which adopts Teflon tube insulation material. The Teflon material has advantage of the excellent electrical characteristics and wear-resistance characteristics for a longer expected life than that made of existing FRP. In order to compare wear characteristics between the materials, wear tests with reciprocal wear tester are performed. And dynamic behavior tests between the insulators and pantograph are also performed for showing its better dynamic characteristics.

Key Words : Section insulator, Wear

1. 서 론

전기철도에서 직류구간과 교류구간의 전원을 구분하거나, 교류 전차선로 구간의 이상(different phase)간 전원을 구분하기 위하여 절연구분장치(Section Insulator)를 설치한다. 절연구분장치는 전차선로를 기계적으로 연결하고 전기적으로 분리하기 위하여 설치하고, 전기차의 집전장치인 팬터그래프(pantograph)가 통과하는데 문제가 없어야 한다.

전차선로 구간에서 전기적으로 전원을 구분하기 위한 절연구분방식은 크게 이중절연방식과 절연체를 이용한 방식으로 나눌 수 있다. 이중절연방식은 절연체를 사용하지 않고 오버랩(overlap)을 구성하여 전차선로가 구성된다. 이중절연방식은 속도 향상에 유리한 반면 상대적으로 긴 설치구간이 필요하기 때문에 경부고속철도와 같은 고속구간에서 주로 사용하고 있다. 절연체를 이용한 절연구분방식의 경우는 도시철도를 비롯하여 기존선 구간에서 주로 사용하고 있다[1]. 도시철도 구간 등에서 절연체를 이용한 절연구분장치는 일본에서 수입하는 FRP제 절연구분장치를 주로 사용하고 있고, 절연구분장치 절연체의 파상 마모에 대한 원인 분석 및 대책[2-3]에 대한 연구와 절연구분장치의 속도향상과 관련

한 연구[4-6] 등이 진행되고 있다.

교류 이상용 구분 및 교류/직류 연결구간에서 사용하고 있는 절연구분장치는 현재 전량 수입품을 사용하고 있는 실정이다. 절연구분장치에 사용되는 절연재료 유리섬유 Fabric에 열경화성 실리콘수지를 함침시킨 FRP(Fiberglass Reinforced Plastics) 재료로써 팬터그래프 집전판(contact strip)에 의한 마모와 오염으로 잦은 점검 및 보수가 수행되고 있으며 사용수명이 짧은 문제점 등[2-3]이 있어서 마모특성 및 오염특성을 개선한 절연체의 개발이 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 전량 수입에 의존하고 있는 절연구분장치를 국산화 개발하였다. 내마모성이 높은 절연체를 사용하였고, 집전성능을 향상시키기 위하여 슬림형 구조를 채택하였다. 마모 특성을 확인하기 위하여 왕복식 마모시험기를 제작하여 각각의 절연체에 대하여 내마모 시험을 수행하였다[7-8]. 또한, 개발한 절연구분장치의 향상된 동특성을 확인하기 위하여 한국철도기술연구원의 구내 테스트 베드에서 동특성 시험을 수행하였고, 기존의 FRP제 절연구분장치와 동특성을 비교하였다.

2. 본 론

2.1 FRP제 절연구분장치 운영 현황 및 사용 특성

FRP제 절연구분장치를 설치하는 구간은 전력공급 방식에 있어 AC(Alternating Current) - DC(Direct Current) 구간의 전력구분용과 AC-AC 구간의 이상간 위상구분용으로 사용되고 있다. 현재 국내 전기철도 전차선로에서 FRP제 절연

* High-Speed Railroad Research Center, KRRI
** Metropolitan Transportation Research Center, KRRI
*** Pyungil Co., Ltd
† Corresponding Author : High-Speed Railroad Research Center, Korea Railroad Research Institute, Korea
E-mail : kenlee@krri.re.kr

Received : October 1, 2013; Accepted : October 15, 2013

구분장치는 도시철도와 기존선 구간에서 사용되고 있으며, 주요 설치 현황은 표 1에 정리하였다[7].

표 1 FRP제 절연구분장치 설치현황[7]
Table 1 Usage of FRP Section Insulator

설치구분	설치길이(m)	설치개소	비고
AC-AC	22, 8	84	고속선(2), 경부선(2), 수도권(40), 산업선 및 충북선(40)
DC-AC	66	6	도시철도 1호선 및 4호선
합 계		90	

전기철도 차량의 팬터그래프는 절연구분장치와 기계적으로 접촉하여 속도가 100 km/h일 때 평균적으로 약 70 N의 압상력을 유지하며 집전하게 된다. 이때 절연구분장치에는 그림 1에서와 같이 팬터그래프의 집전판(그림 2 참조)에 의해 절연성능을 저하시키는 이물질이 용착되어 절연저항이 감소된다. 또한 팬터그래프 압상력과 마찰운동에 의하여 과상마모 현상이 유발된다. 이러한 현상으로 인한 FRP제 절연구분장치의 빈번한 유지보수 및 교체 작업에서 발생하는 손실을 개선해야하는 필요성이 대두되고 있다.



그림 1 FRP제 절연구분장치
Fig. 1 FRP Section Insulator

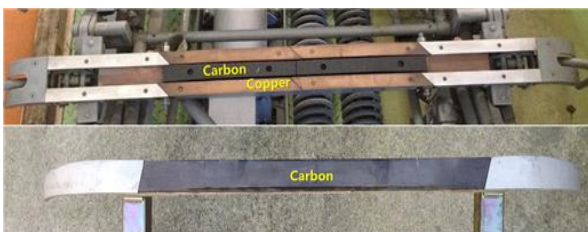


그림 2 도시철도 및 기존선 운영 차량의 집전판
Fig. 2 Contact strip of Pantograph

그림 3에서는 전철 차량 운행에 따른 FRP제 절연구분장치의 마모현상을 나타낸 것으로 연결금구의 앞뒤 지점에서

절연구분장치의 마모량이 유독 많은 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 절연구분장치의 각각의 부품이 무게가 달라서 탄성이 달라지기 때문인 것으로 판단된다.

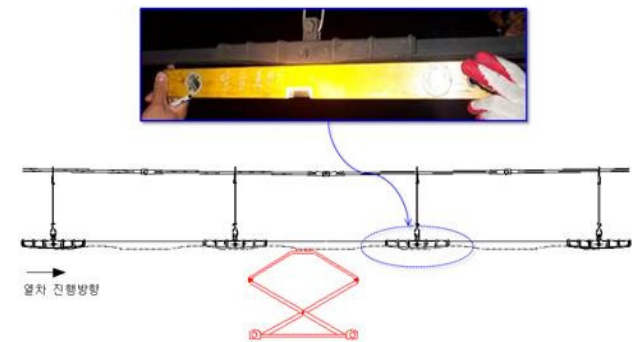


그림 3 FRP제 절연구분장치의 마모현상
Fig. 3 Wear problem of FRP Section Insulator

위와 같은 FRP제 절연구분장치의 마모 및 오염에 의한 성능 저하를 개선하기 위해서 새로운 절연구분장치를 연구 개발하였으며, 그 배경 및 기술적 특성은 아래와 같다.

2.2 국내·외 절연구분장치 특성 비교

현재 국내 전철화 구간의 절연구분 방법은 고속선에서 사용하는 오버랩형식의 전차선으로 구성하는 방법과 도시철도 및 기존선 구간에서 사용되는 절연재를 이용한 절연구분장치를 사용한 방법으로 나눌 수 있다. 최근에는 스위스를 비롯한 유럽 시장에서 PTFE(Polytetrafluoroethylene)제와 FRP제를 조합한 절연구분장치를 사용하고 있다. 국내 기존선 호남선 구간에도 러시아 등에서 개발한 절연구분장치를 설치하여 운영 중에 있으며, 절연성과 내열성 윤희특성이 뛰어난 PTFE제를 튜브형상으로 제작하여 FRP제 Insulator Rod를 튜브 중심에 삽입한 형식을 사용하고 있다[9]. 이와 같이 기존 FRP제 절연구분장치보다 내마모성과 절연성, 내열성 등을 향상시키기 위해서 PTFE 절연재를 사용한 제품이 국외에서 개발되어 사용되고 있으며, 그 특성을 표 2에 정리하였다. 주요 특징으로는 PTFE제 절연구분장치에서 내전압과 누설전류 특성이 뛰어난을 알 수 있다[8].

PTFE제 절연구분장치는 구조적으로 중심에 FRP제 절연봉과 PTFE제 절연튜브로 형성되어 있으며, 각 재료의 특성이 기존의 FRP제의 절연구분장치와 비교하여 동등이상의 성능을 가지고 있다.

표 3에서는 PTFE 절연재의 재료특성을 나타내었으며, 유리섬유가 25% 충전된 제품과 비 충전된 제품을 구분하여 비교하였다[8].

유리섬유가 충전된 PTFE 재료의 특성이 충전되지 않은 재료 보다 우수한 재료특성을 나타내고 있다. 이를 기반으로 본 연구에서는 유리섬유 함유량을 조절하여 기존의 FRP제 절연구분장치 보다 성능을 향상시키는 연구를 수행하였다.

표 2 절연구분장치 특성비교

Table 2 Characteristic of Section Insulators

FRP제 절연구분장치				PTFE제 절연구분장치		
평가항목	단위	성능	참고시험결과	평가항목	Insulator Rod	Neutral Section Insulator
절연구분장치	인장내하중	kgf/5min	2,000 (Cu 100mm ²) / 3,000 (Cu 170mm ²)	상용주파검조내전압	600 kV 이상	500 kV 이상
	절연저항	MΩ	2,000이상 / DC 1,000V	상용주파주수내전압	395 kV 이상	300 kV 이상
	내전압	kV/5min	100 이상	충격내전압	950 kV 이상	500 kV 이상
	누설전류	mA	1 이하	누설거리	2500 mm	2500 mm
절연체	굽힘강도	kgf/mm ²	13 이상	21	절연저항	1.2 GΩ
	인장강도	kgf/mm ²	10 이상	14	누설전류	120 μA 이하
	절연저항	MΩ	5.5 × 10 ⁵ 이상	2.0×10 ⁷	내아크 특성	-
	내전압	kV/mm	3.0 이상	4.2	내아크 특성	-
	비중	-	1.6 ~ 2.1	2.05	인장파괴하중	80 kN 이상
	흡수율	%	2 이하	0.035	인장파괴하중	120 kN 이상
					굽힘강도	350 Nm

표 3 PTFE 재료 특성 (EPM, Inc.사 자료)

Table 3 Material Properties of PTFE

Test Method	Property	PTFE (unfilled)	PTFE (25% glass filled)
D792	Density (lb/in ³) / (g/cm ³)	0.079 /2.2	0.081 /2.24
D570	Water Absorption, 24 hrs (%)	< 0.01	0.02
D638	Tensile Strength (psi)	6,000	2,700
D638	Tensile Modulus (psi)	80,000	-
D638	Tensile Elongation at Break (%)	300	270
D790	Flexural Strength (psi)	No break	1,800
D790	Flexural Modulus (psi)	27,000	19,000
D695	Compressive Strength (psi)	3,500	1,500
D695	Compressive Modulus (psi)	70,000	110,000
D785	Hardness, Shore D	D50-65	D54
D256	IZOD Notched Impact (ft-lb/in)	3.5	2.0

2.3 절연재 내마모 시험

본 연구에서는 개발한 절연재의 내마모 특성을 확인하기 위하여 기존품인 FRP 절연재와 유리섬유가 25% 충전된 PTFE 절연재 그리고 15% 충전된 절연재를 제작하여 동일 조건에서 내마모 시험을 수행하였다. 내마모 시험은 그림 4 와 같은 왕복식 마모시험기를 사용하였으며, 팬터그래프 집

전판의 경우는 구리 소재를 사용하였다. 시험에 사용된 시편의 마찰하중은 10 kgf, 마찰속도 300 rpm, 왕복 마찰거리 100 mm, 왕복시험 횟수는 2,000,000회에 걸쳐 시험을 진행하였다[7].

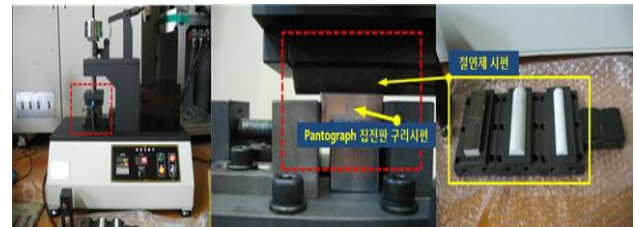


그림 4 왕복식 마모시험기를 이용한 절연재 내마모 시험
Fig. 4 Abrasion Test of the Insulation materials using a Reciprocating Wear tester

아래의 표 4에서 내마모 시험을 수행한 결과를 정리하였다. 마모시험 전/후에 절연재와 집전판에 대한 마모량의 변화와 중량의 변화를 각각 측정하였다.

왕복식 마모시험기를 사용한 절연재와 집전판의 마모시험 결과 각 소재의 물리적 변화량은 FRP제 절연재 보다 더 우수한 성능을 보였으며, 유리섬유 함유량 15%의 PTFE 절연재 개발품은 유리섬유 함유량이 25%인 A사의 절연재와 동등이상의 내마모 특성을 확인하였다.

표 4에서 제시한 FRP제 대비 성능 향상비율은 식 1에 의하여 계산하였다.

$$\text{FRP제 대비 성능향상비율} = \frac{\text{기준품 변화량} - \text{대비품 변화량}}{\text{기준품 변화량}} \times 100$$

표 4 절연재 및 집전판 마모시험 결과

Table 4 Wear Test Result between Insulation Materials and Contact strip

구분		시험 후 물리적 변화량			FRP제 대비 성능 향상비율%	
		FRP제	A사 PTFE제 (유리섬유:25%)	국내개발 PTFE제 (유리섬유:15%)	A사 PTFE제 (유리섬유:25%)	국내개발 PTFE제 (유리섬유:15%)
절연재	치수변화 (mm)	-0.51	-0.29	-0.30	43.14	41.18
	중량변화 (g)	-0.89	-0.21	-0.18	76.40	79.78
집전판	치수변화 (mm)	-0.63	-0.31	-0.40	50.79	36.51
	중량변화 (g)	-1.79	-0.37	-0.36	79.33	79.89

여기서, 기준품은 FRP제 절연재 및 집전판의 변화량이며, 대비품은 A사의 PTFE제 절연재와 개발품 및 집전판의 변화량이다.

FRP제와 비교한 성능 향상비율에서 개발품에 대한 절연재 및 집전판의 중량 변화량이 약 79%정도로 A사와 비교하여 그 특성이 향상되었으며, 치수 변화에 따른 특성 향상은 약 40% 정도로 A사와 비교하여 근사한 결과를 나타내고 있다. 이상과 같이 PTFE 재료의 특성과 내마모 시험 결과를 기초로 하여 유리섬유 함유량 15%의 PTFE제 절연구분장치 시작품을 제작하였다.

2.4 시작품 제작

절연구분장치의 개발을 위한 시작품 제작에 있어 내마모성과 내오염성을 향상하기 위하여 PTFE 절연재에 유리섬유를 15% 충전하였으며, 연신율 및 기계적 강도 향상을 위하여 튜브형태로 절연재를 제작하고 그 내부에 FRP제 코어가 삽입된 형태의 절연구분장치를 제작하였다. 그림 5에서는 PTFE 절연재를 압출성형에 의해 튜브형태로 제작한 후 예열 공정을 거쳐 FRP제 코어를 삽입한 형상을 나타내었다.



그림 5 PTFE제 절연구분장치 개발 시작품 제작
Fig. 5 The Prototype of the PTFE Section Insulator

PTFE 절연재 튜브를 예열 공정에 의하여 팽창시킨 후 FRP제 코어를 삽입하였고, 그 후 냉각공정으로 절연재를 수축하여 코어와의 공극을 줄여 1차적으로 고정하였다. 절연재와 코어 양 끝단에 금구류를 압착하는 추가 고정 작업으로 내구성을 향상시키고 절연구분장치의 추가 연결이 용이하도록 제작하였다.

위와 같은 절연재를 이용하여 2가지의 시작품을 개발하였

다. 개발 초기에 2열 구조를 가진 시작품을 제작하고 예비 설치 테스트에서 설치상에 어려움과 연결금구의 중량을 많이 감소시킬 수 없는 단점을 발견하고, 2차적으로 1열 구조를 가진 절연구분장치를 추가적으로 개발하였다. 아래의 표 5에서는 기존의 절연구분장치와 개발품의 절연재 및 연결금구의 중량을 비교하였다. 1열 구조의 개발품은 기존의 FRP제 보다 약 32%의 중량이 감소하는 반면 2열 구조품은 약 2% 정도만 감소하는 것을 알 수 있다.

표 5 절연재 및 연결금구별 중량 비교

Table 5 Weight Comparison between the Section Insulators

구분	절연재 중량 (kg)	연결금구 중량 (kg)	총 합
기존 FRP제	3.78	1.66	5.44
2열 구조 PTFE제	3.75 (0.79%)*	1.56 (6.02%)*	5.31 (2.39%)*
1열 구조 PTFE제	2.95 (21.95%)*	0.733 (55.84%)*	3.683 (32.29%)*

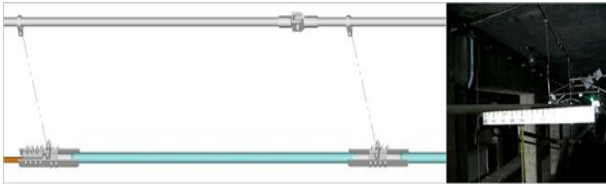
* FRP제 기준 대비 중량 감소비율%

2.5 설치상태에서 동특성 시험

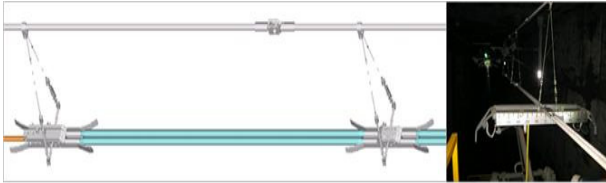
위와 같은 조건으로 제작된 시작품에 대하여 동특성 및 설치 편의성을 확인하기 위하여 한국철도기술연구원 구내 테스트 베드에서 동특성 측정 시험을 수행하였다. 개발된 1열 구조와 2열 구조 및 기존 FRP제 절연구분장치에 대하여 동특성을 상대비교하기 위하여 동일한 설치조건 및 속도에서 시험을 진행하였다. 그림 6에서는 1열과 2열 구조의 절연구분장치 시작품 형상과 설치 사진을 나타내었다.

현장설치 시험에서 2열 구조의 시작품의 설치 과정을 1열 구조의 시작품과 비교하였을 때 연결금구의 구조가 복잡하여 작업량과 시간이 늘어나는 단점을 가지고 있다. 또한 팬터그래프의 예비 주행시험에서 2열 구조의 절연구분장치에서 좌우 흔들림현상이 발생하였다.

2조의 시작품 및 기존 사용품의 동특성을 비교하기 위하여 동일한 속도에서 주행중 팬터그래프 집전판의 충격가속도를 측정하였다. 주행 중 집전판의 충격가속도는 그림 7과 같이 2조의 집전판 하부에 각각 가속도 센서를 설치하였다.



(a) 1열 구조 절연구분장치 설치



(b) 2열 구조 절연구분장치 설치

그림 6 절연구분장치 개발 시작품 설치

Fig. 6 Installation of prototypes

시험에 사용한 가속도 센서의 사양은 표 6과 같다.

팬터그래프 집전판에 가속도 센서를 부착한 주행시험기가 절연구분장치를 70 km/h의 속도로 주행하면서 집전판의 가속도를 측정된 결과를 정리하면 그림 8과 같다.

표 6 가속도 센서 사양

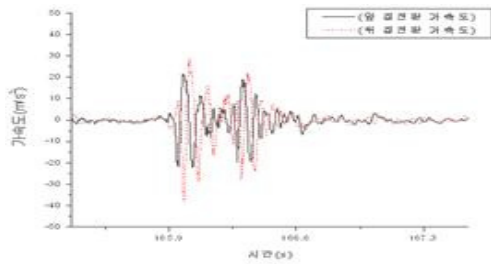
Table 6 Specification of Acceleration Sensor

특성	사양
정격용량(R.C)	200 m/s ²
정격출력(R.O)	comp(-) 0.424 mV/V Tens(+) 0.421 mV/V
비선형성	1% R.O.
히스테리시스	1% R.O.
Resistance	input 121.5 Ω output 125.1 Ω
Ambient Temp. & Hum	23℃ & 50%

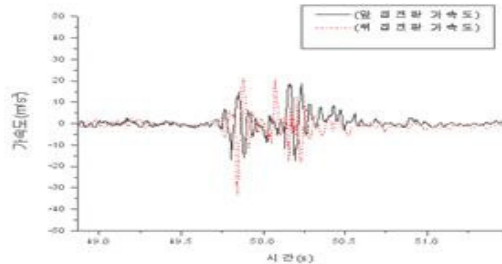
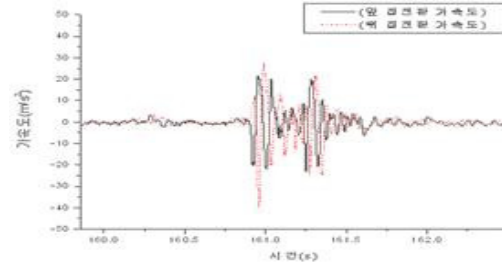


그림 7 절연구분장치 현장운영 모의시험을 위한 팬터그래프 집전판에 부착한 가속도 센서

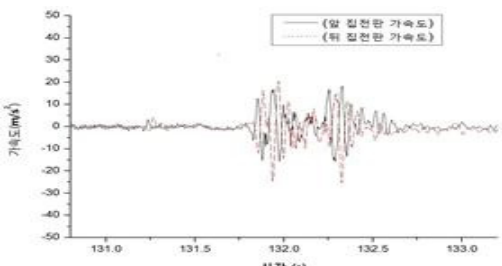
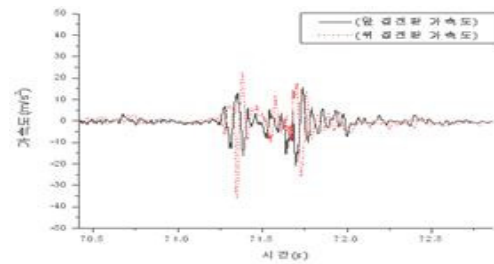
Fig. 7 Acceleration Sensor under the Contact strip for Field Test



(a) 기존 FRP제 절연구분장치 통과시 측정된 집전판 가속도



(b) 2열 구조 개발품 절연구분장치 통과시 측정된 집전판 가속도



(c) 2열 구조 개발품 절연구분장치 통과시 측정된 집전판 가속도

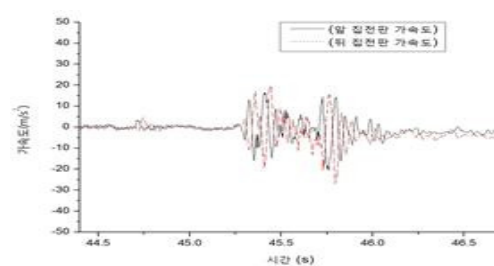


그림 8 절연구분장치 통과에 따른 팬터그래프의 가속도 측정 결과

Fig. 8 Field Test Results of the Section insulators

그림 8의 측정 결과와 같이 기존 FRP제 절연구분장치보다 개발한 구분장치 구간을 통과할 때의 충격가속도 레벨이 낮음을 알 수 있다. 그리고 1열 구조의 장치가 2열 구조의 장치보다 충격 가속도 레벨이 낮았다. 이와 같은 충격 가속도 측정 결과를 고려하면 개발한 1열 구조의 절연구분장치가 기존의 FRP제의 장치보다 주행특성이 우수한 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 전기철도 전차선로에 설치되는 절연구분장치에 대하여 내마모성 향상 및 집전특성 향상을 고려한 국산화 개발을 수행하였다. 절연구분장치 개발을 위하여 기존 국내에서 사용되는 FRP제 수입품과 해외에서 사용되는 PTFE제 절연재의 고유 특성을 파악하여 비교하였으며, 그에 따른 개발품의 절연재료를 선정하여 기계적 및 전기적 특성시험을 진행하였다. 절연재료의 내마모 특성을 확인하기 위하여 왕복식 마모시험기를 제작/사용하여 동일한 조건으로 각각의 절연재 시편으로 내마모 시험을 수행한 결과 유리섬유를 15% 충전된 PTFE제 절연재가 FRP제 기존품 보다 뛰어난 내마모 특성을 보이는 것을 확인하였다. 또한 해외에서 개발되어 사용되는 PTFE제 절연재와는 동등이상의 성능임을 확인하였다. 이에 따라 유리섬유 15%의 PTFE제 절연재 튜브에 FRP제 코어를 삽입하여 내마모성과 기계적 강도를 확보하는 절연구분장치 1열 구조 및 2열 구조를 가진 시작품을 제작하였다. 제작된 시작품에 대한 동특성을 확인하기 위하여 한국철도기술연구원 구내 테스트 베드에서 동특성 시험을 수행하였다. 주행시험기의 펜더그래프 집전판에 가속도 센서를 설치하여 각각 절연구분장치를 통과할 때의 가속도를 측정하였으며, 그 결과 1열 구조의 개발품이 현장 시공성 및 동특성 측면에서 기존의 제품보다 우수하였다.

본 연구 결과 PTFE제 절연구분장치 개발품은 내마모성 및 동특성 측면에서 기존의 사용제품 보다 우수하였다. 절연재의 내마모성 및 동특성 향상은 집전판은 물론 절연구분장치의 파상마모 현상을 감소시켜 현장 운영에 따른 유지보수 및 교체 주기를 줄일 수 있고 수입 제품에 의존하던 절연구분장치의 수입대체 효과와 국내 철도 전차선로 운영 기술 향상에 기여할 것으로 기대된다.

References

[1] "Technique on the speed up of neutral section in the catenary system," The Korean Institute of Electrical Engineers - Electrical Facilities Society, 2005.
 [2] "Countermeasures to Irregular Abrasion of Section Insulators for Electric Railroad Catenary," K. H. Choi, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Journal of the KIEE, Vol.16, No.6, 2002. 11.

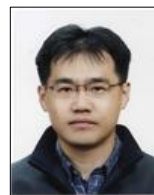
[3] "Insulation Deterioration of AC/DC Section Insulators for Electric Railroad Catenary," K. H. Choi, The Korean Institute of Electrical Engineers, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.52, No.1, pp. 16-22, 2003. 1.
 [4] "A Study of Reducing Strain of Contact Wire near a Dead Section," RTRI Report, Vol. 16, No. 6, 2002.
 [5] "An Application Study of the Closed Type Section Insulators to the High Speed Catenary System," K. H. Choi, K. Lee, 2002 Spring Conference of the Korean Society for Railway, 2002
 [6] "A study on neutral section device adopted in the catenary system with maximum speed of 200km/h", Y. H. Ahn, C. H. Kang, 2003 Autumn Conference of the Korean Society for Railway, 2003
 [7] "A study on the Development of Enhanced Insulator for Section Insulator," H. R. Cho, K. Lee, H. Jung, S. S. Lee, Y. S. Kim, 2010 Autumn Conference of the Korean Society for Railway, 2010
 [8] "Development of Enhanced Insulator for Section Insulator," H. R. Cho, J. M. Joo, The Korean Institute of Electrical Engineers, Proceeding of the KIEE Summer Conference 2011, 2011.
 [9] "Present State Discussion of a Section Insulator for a Neutral Section," K. Lee, S. Chang, S. Y. Kwon, Y. H. Cho, H. Jung, 2010 Autumn Conference of the Korean Society for Railway, 2010.

저 자 소 개



이 기 원 (李 基 源)

1997년 RIT(미) 기계공학 졸업(공학석사), 2009년 성균관대 기계공학 졸업(공학박사), 현재 한국철도기술연구원 선임연구원



정 호 성 (鄭 澣 聖)

1998년 성균관대 전기공학과 졸업(공학석사), 2002년 동대학원 전기전자 및 컴퓨터 공학부 졸업(공학박사), 2002년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원



박 영 (朴 暎)

2000년 성균관대 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학석사), 2004년 동대학원 동학과 졸업(공학박사), 2004년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원



조 호령 (趙 號 領)

1993년 서울과기대 기계설계과 졸업(학사), 2004년~현재 (주)평일 기술연구소 소장 이사



이 상식 (李 相 植)

2003년 서울과기대 금형설계과 졸업(학사), 1996년~현재 (주)평일 기술연구소 차장