

전차선 절연구분장치 절연재의 이상마모 대책

(Countermeasures to Irregular Abrasion of Section Insulators
for Electric Railroad Catenary)

최규형*

(Kyu - Hyoung Choi)

요 약

전원위상이 다른 전차선 구간을 전기적으로 구분하기 위한 절연구분장치 중에서 특히, 지하구간에 설치된 교/직 절연구분장치는 강제가선 및 조가선 가선이 혼합된 특수한 가선구조로 되어 있어, 전동차 팬터그래프와 습동하는 절연재에 불규칙한 파상마모 현상이 발생한다. 본 논문에서는, 이와 같은 절연구분장치 절연재의 마모현상에 대하여, 현장 측정을 통하여 마모정도 및 마모형태를 조사하고, 전기철도 운행 및 유지보수에 미치는 영향을 분석하였다. 그리고, 절연재 이상마모에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서, 절연구분장치의 설치높이 편차와 팬터그래프 압상력에 대응한 절연구분장치의 변위에 대한 실험적 분석을 수행하였고, 절연구분장치와 팬터그래프간에 작용하는 접촉력에 대한 이론적 분석을 통하여 그 발생원인을 규명하였다. 이와 같은 실험적, 이론적 분석을 토대로, 효과적인 절연구분장치 개량방법을 제시하였다.

Abstract

As a section insulator dividing the electric railroad catenaries with different phases, the AC/DC section insulator which divides AC and DC railroad catenary have the complex structure, and suffer irregular abrasion on the surface of insulator rods when it is installed at the underground railroad. This paper is intended as an investigation of the irregular abrasion of section insulators, provides the field measurements of abrasion level along insulator length and the abrasion patterns. The height variation of insulator parts and the bending length of insulators against pantograph's contact force are analysed experimentally, and the irregular abrasion mechanism is clarified with the help of theoretical analysis on the interaction between pantographs and section insulators. On the basis of experimental and theoretical analysis, the countermeasures to reduce the irregular abrasion are provided too.

Key Words : electric railroad catenary, section insulator, FRP insulator, irregular abrasion, pantograph

1. 서 론

전기철도의 전차선로는 위상이 다른 전원계통의

구분, 사고파급범위 최소화 및 유지보수작업의 원활 화등을 위하여 특정 지점에서 전기적으로 구분할 수 있도록 하고 있다. 전차선 절연구분장치는 이러한 구분개소에 설치되어 전차선을 전기적으로 절연시켜 구분함과 동시에, 기계적으로는 양측의 전차선과 단절되지 않고 연결시킴으로써 전동차의 팬터그래프가 원활하게 습동하면서 통과할 수 있도록 하기 위한 장치이다[1]. 이중에서, 교/직 절연구분장치는 직류구간

* 주저자 : 한국철도기술연구원 수석연구원
Tel : 031-461-8531, Fax : 031-461-8537
E-mail : khchoi@krii.re.kr
접수일자 : 2002년 8월21일
1차심사 : 2002년 8월21일
심사완료 : 2002년11월11일

과 교류구간이 연결되는 곳에 설치되는 절연구분장치로서, 국내에서는 직류 1500[V]의 전차선과 교류 25,000[V] 전차선이 교차하는 지점에 설치되어 있다 [2]. 이 장치는 직류계통과 교류계통간의 전기적 절연을 확보하고 전차선간의 기계적 연속성을 확보해주어야 함과 동시에, 절연구간 통과에 따라 전원계통이 변경되는 것을 반영하여 전동차의 주회로가 교류에서 직류로 또는 직류에서 교류로 절체될 수 있도록 하여야 한다. 이러한 기능을 구현하기 위하여, 수지형 절연재 및 공기 갭을 이용하여 충분한 길이의 무가압 절연구간을 두어 절연을 확보하거나, 열차운행측면에서 팬터그래프를 강하시켜 절연구분장치를 통과하도록 하는 방식등이 채용되고 있다[3].

절연구분장치들은, 전차선 구간과 가선 특성이 다르고 경점으로 작용하기 때문에 통과하는 팬터그래프로부터 충격을 받게 되고, 부하를 차단하지 않고 열차가 진입할(모진) 경우에는 아크가 발생하여 장치가 손상되기 때문에, 전차선 구간중에서도 특히 장애 발생 우려가 높은 취약한 개소로 되어 있다[4]. 이와 같은 기술적 어려움 때문에 아직까지 국산화가 되지 못하여 외국기술에 의존하고 있으며, 도입가격이 높고 유지보수품 확보에 애로를 겪는 등 전기철도 운영 및 유지보수 측면에서 해결해야 할 주요 연구과제로 되고 있다[5][6]. 특히, 지하구간에 설치된 교/직 절연구분장치는 세계적으로도 유사한 사례를 찾을 수 없는 독특한 구조로 되어 있어, 이의 설계 및 유지보수에 대한 독자적 국내기술개발이 절실한 실정이다.

최근 VVVF 인버터 구동 차량방식이 주류가 되면서 집전성능을 향상시키기 위하여 전동차에 장착하는 팬터그래프 수가 증대하게 됨에 따라, 절연구분장치 통과횟수가 증가하였고, 이에 따라 전차선 관련 설비의 피로가 가중되면서 장애가 발생할 가능성이 증가하고 있다[7]. 특히, 지하구간용 교/직 절연구분장치에서는 절연재의 절연내력이 열화되는 현상과 더불어, 파상형 마모현상이 발생하면서 특정 부위의 절연재에서 마모가 급속히 진행되어 수명이 단축되는 현상이 발생하고 있다. 본연구에서는, 이와 같은 절연재 이상마모 현상에 대하여, 일차적으로 절연구분장치 구조 및 운영환경을 분석하고, 현장실측을 통하여 마모 발생정도 및 발생형태를 조사하여 전기철도 운

영 및 유지보수에 미치는 영향을 분석한다. 그리고, 이러한 현상에 영향을 미치는 요인들으로써, 절연구분장치의 설치높이 편차와 팬터그래프 압상력에 대응한 절연구분장치 변위등을 실험적으로 분석한다. 또한, 절연재 이상마모의 발생원인을 체계적으로 규명하기 위하여, 교/직 절연구분장치의 구조적 특성에 따른 팬터그래프와 절연구분장치와의 진동 및 접촉력 변동 현상에 대한 이론적 분석을 병행한다. 마지막으로, 이상과 같은 실험적, 이론적 분석을 토대로 효과적인 절연구분장치 개량 방안을 제시한다.

2. 교/직 절연구분장치 구조 및 운영환경

2.1 구조

지상구간에 설치된 교/직 절연구분장치는, 전차선 구간과 동일한 구조의 심플 카테나리 가선 방식으로 되어 있다. 그러나, 지하구간에 설치된 교/직 절연구분장치의 경우, 지하구간이라는 공간상 제약 때문에, R-bar 브래킷 고정지지 및 부분적인 조가선 현수방식을 절충한 특수구조로 되어 있고, 터널내의 분진 등과 같은 열악한 환경에 노출되어 있다[8].

지하구간에 설치된 교/직 절연구분장치의 구조도를 그림 1에 보인다. 교류전차선과 직류전차선의 연결개소에, 절연성능이 뛰어난 FRP 절연봉으로 구성된 절연본체를 삽입하여 무전압 절연구간(neutral section)을 형성하고(표 1), 교류와 직류계통간의 전기적 절연을 확보하도록 되어 있다. 절연본체는 길이 2[m], 두께 30[mm]의 실리콘계 FRP 절연봉 37개를 직렬로 연결하여 총 74[m]에 이르며, 전차선과 같은 높이로 설치되어 팬터그래프가 습동하면서 통과할 수 있도록 되어 있고, 전차선과는 별도의 지지금구를 이용하여 독립적으로 지지되어 있다. 표 1에 FRP 절연봉의 주요성능을 보인다. 절연본체의 지지를 위하여 터널 천장에 6[m] 간격으로 R-bar 브래킷이 설치되어 있고, 인류장치를 통하여 장력을 가하도록 되어 있으며, 이와 별도로 조가선(messenger wire)을 설치하여 드로퍼(dropper)등을 통해 절연본체를 지지한다. 절연본체와 조가선의 장력은 각각 턴버클로 조정한다.

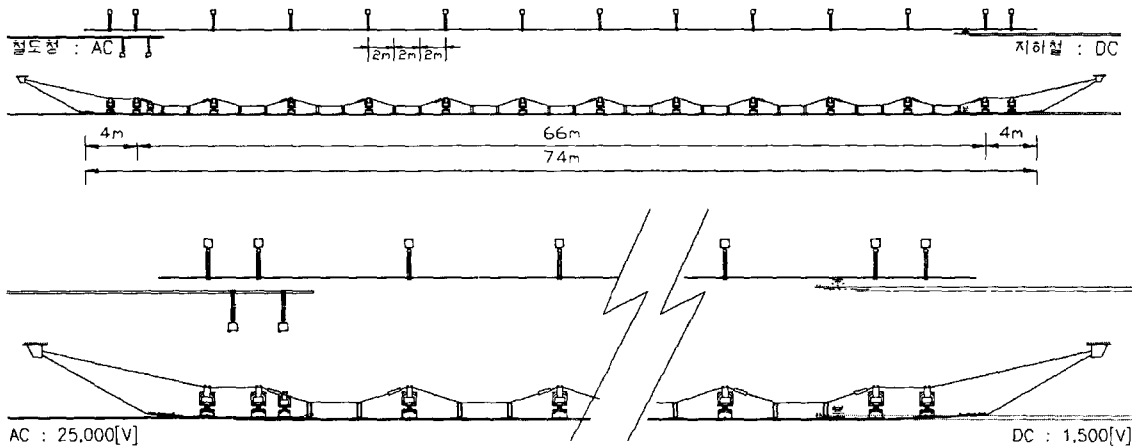


그림 1. 교/직 절연구분장치 구조
Fig. 1. Configuration of AC/DC section insulator

표 1. FRP 절연재 성능
Table 1. Performance of FRP insulators

항 목	성 능
Bending Strength[kgf/mm ²]	13 min
Tensile Strength [kgf/mm ²]	10 min
Insulation Resistance [MΩ]	5.5×10 ⁷
Withstand Voltage[kV/mm]	3
Density	1.6 to 2.1
Hygroscopic Ration [%]	2 max

절연본체 양단 끝 부근은, 전차선과 공기 갭(gap)을 두고 평행하게 설치되어 팬터그래프의 원활한 통과를 피하고 있으며, 이렇게 전차선 구간과 중복되지 않는 순수 절연구간은 66[m]에 달한다.

2.2 운영 환경

과거의 전동차는 직류전동기를 사용하고 저항제어 방식을 채택하였으나, 최근에는 VVVF 인버터에 의한 유도전동기 구동방식이 일반화되고 있다. 이 방식은 구동전동기의 고출력화, 점착성능향상등 많은 장점을 가지고 있지만, 인버터 입력전원이 차단되는 것을 최소화하기 위해 차량당 2기의 팬터그래프를 장착하는등, 열차편성당 팬터그래프 수가 증가하는 것이 일반적이다[7].

수도권 전철구간의 경우 운행밀도가 높고 차량당 조영·전기설비악화논문지 제16권 제6호, 2002년 11월

장착된 팬터그래프가 많기 때문에, 팬터그래프와 절연구분장치가 습동하는 횟수가 많다. 표2는 과천선구간의 예로써, 1일 평균 1,154회, 1주에 약 8,080회 팬터그래프가 절연구분장치를 습동하면서 통과하고 있다. 이 수치는 과거 저항제어 차량과 비교할때 3배 정도 증가한 것으로, 이에 비례하여 FRP 절연재의 마모 및 절연열화가 증가하게 된다. 이와 같이 열차통과횟수가 높은 구간에 적용하는 절연구분장치에 대해서는, 절연재의 내마모성을 높일 것이 요구된다[9].

표 2. 절연구간 통과운행량(팬터그래프 습동량)
Table 2. Train(Pantograph) passage through insulation section

구분	평일	토요일	일요일	팬터 수	습동 횟수		
					평일	1주	
국 철	상선	77	80	68	6	462	3,198
	하선	77	79	65		462	3,174
지하철	상선	71	69	65	10	710	4,890
	하선	71	70	65		710	4,900

3. 절연구분장치 절연재의 파상마모 현상

3.1 파상마모 현상

그림 2는 교/직 절연구분장치의 절연본체를 구성하

전차선 절연구분장치 절연체의 이상마모 대책

는 FRP 절연봉의 마모상태를 나타낸 것으로, 물결모양의 마모현상이 나타나고 있다. 이와 같은 FRP 절연봉의 이상마모 현상은, 차량의 집전시스템에도 나쁜 영향을 미치며, 다음과 같이 절연구분장치 유지보수에 취약요인으로 작용하고 있다.

(1) 교/직 절연구분장치는 취약설비로 분류되어 매월 1회 점검을 시행하여야 하므로, 유지보수에 많은 시간과 인력을 필요로 한다.

(2) 고가로 수입하는 절연구분장치의 교체주기가 짧아져 예산낭비를 초래한다.

(3) FRP 절연봉의 이상마모는 팬터그래프 습동면에 불균일한 마모를 발생시키고, 심할 경우 팬터그래프가 손상되는 사고가 발생할 수 있다.



그림 2. FRP 절연봉 파상마모형태
Fig. 2. Waveform abrasion of FRP section insulators

3.2 마모량 측정

그림 3은 절연구분장치의 절연본체를 구성하는 FRP 절연봉들의 마모량을 측정하는 것으로서, 횡축의 번호는 FRP 절연봉(길이 2m)들의 일련번호를 나타내고, 종축은 FRP 절연봉의 잔존 두께를 나타낸다. FRP 절연봉의 두께는 30[mm]로서 마모한도는 약 5[mm]이며, 잔존 두께가 25[mm] 이하가 되면 교체시기가 된다. 그림에서 보는 것처럼, FRP 절연봉들은 위치에 따라 마모량 차이가 크게 나타나고 있으며, R-bar 브래킷이 설치되는 FRP 절연봉 3 경간을 주기로 하여 변동하고 있다.

표 3은 교/직 절연구분장치 설치 이후의 주요 정비 내역으로써, 팬터그래프를 다수 탑재한 VVVF 인버터 차량이 도입되기 시작한 2000년 이후에, 마모량이 급증하였음을 알 수 있다. 또한, 특정 위치의 FRP 절연봉(8, 17, 23번 절연봉)의 마모가 반복적으로 심화되어 빈번하게 교체되었음을 알 수 있다.

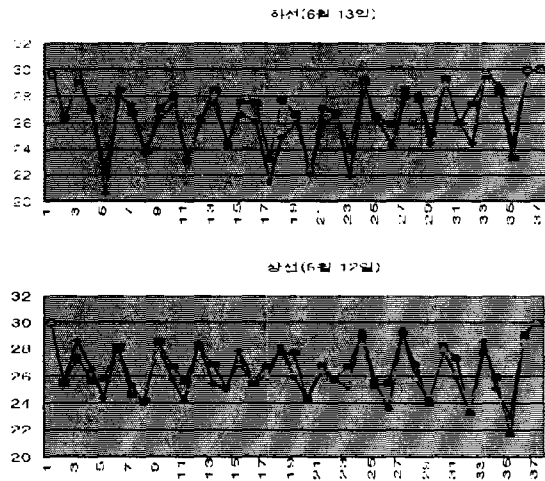


그림 3. FRP 절연봉 마모량 측정
Fig. 3. Measurement of wear level of FRP insulator

표 3. 교/직 절연구분장치 정비이력
Table 3. Maintenance history of AC/DC section insulator

일시	정비 내용
1994. 1	설치
1996.12	전체 개선
2000. 2	전체 개선
2000.10.	FRP 부분 갱신 : (하선) 5번째
2000.11	FRP 부분 갱신 : (하선) 8, 17, 23, 26 번째
2001. 6	FRP 부분 갱신 : (하선) 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 35 번째

3.3 절연구분장치 높이 편차 측정

팬터그래프에 충격을 주지 않고 진동을 억제하기 위해서, 절연구분장치는 전경간에 걸쳐서 일정한 높이를 유지하고, 요철이 없어야 한다. 그림 4는 교/직 절연구분장치에서의 팬터그래프와의 습동면의 높이를 현장에서 측정된 실측치로서, 상/하선 모두 74[m]에 달하는 전경간에 걸쳐 균등한 높이를 유지하지 못하고 있으며, 최대 55[mm]까지 차이가 나고 있다. 이는, FRP 절연봉을 조가선에 현수지지하는 개소에서, 전기적 절연을 위하여 걸이애자를 설치하면서 드로

퍼 와이어(CdCu 10mm)를 이용하여 조가선에 고정하고 있는데, 위치별로 현수거리가 일정하지 않은 데다가 또한 드로퍼 집계를 이용하여 터미널을 압착하는 과정에서 작은 오차를 피하기 어렵기 때문인 것으로 분석된다. 즉, 현재의 가선구조에서는 74[m]에 달하는 절연구분장치 전경간에 걸쳐 균등한 높이를 유지하기가 곤란하고, 이것이 절연구분장치와 팬터그래프의 진동에 영향을 미치게 된다.

5. 선(5월 13일)

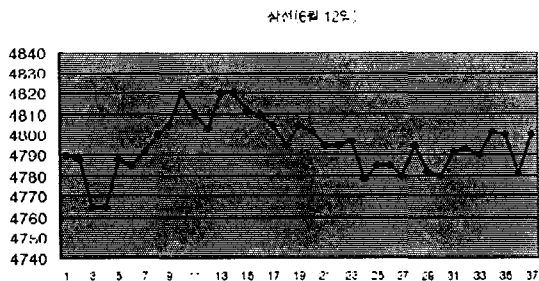
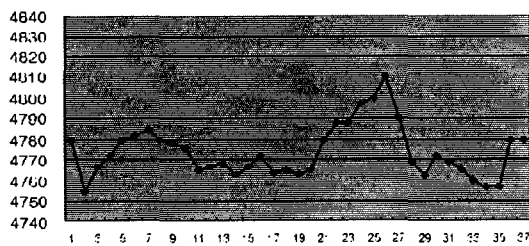


그림 4. 절연구분장치 높이 편차
Fig. 4. Height deviations of section insulator

3.4 절연구분장치 변위(압상량) 측정

팬터그래프 통과시 압상력에 의해 변위되는 절연구분장치의 구간별 압상량에 대한 측정 결과를 그림 6에 보인다. 압상량은 스프링 저울을 사용하여 팬터그래프의 압상력과 같은 크기의 힘(6kgf)을 가하여 측정하였다. 측정결과, FRP 절연봉 3경간마다 설치된 R-bar 브래킷 지지점이 고정점으로 작용하고 있는 반면, 브래킷 지지점과 브래킷 지지점 중간에서는 압상량이 최대 10[cm]까지 나타나고 있어 탄성도가 높음을 알 수 있다. 또한 구간별로도 압상량에 차이가 있어, 절연구분장치 전경간에 걸쳐 장력 및 탄성도에 변동이 있음을 알 수 있다.

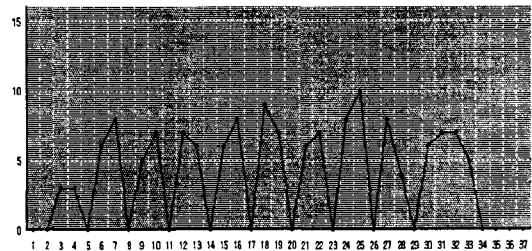


그림 5. FRP 절연봉의 압상량 측정치
Fig. 5. Measurement of lift-up level of FRP insulator rod

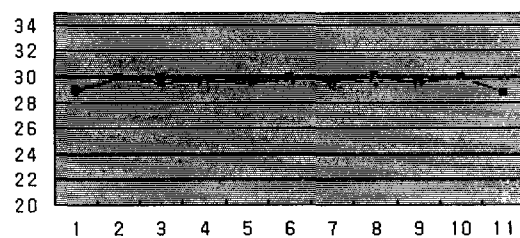


그림 6. 지상구간 절연구분장치의 마모 측정사례
Fig. 6. Measurement of abrasion of simple catenary type section insulator

4. 원인 분석 및 개선방안

4.1 원인분석

지상구간에 설치된 절연구분장치의 경우, 그림 6에 보이는 것처럼 FRP 절연봉의 위치에 관계없이 균일한 마모량을 보이고 있다. 이것은, 지상구간에 설치된 절연구분장치는 대부분 심플 카테나리(Simple Catenary) 가선방식으로 되어 있는데, 절연구분장치 가선 전구간에 걸쳐 탄성도에 변화가 작고 팬터그래프와의 상호작용으로 발생하는 진동을 신속하게 전파시켜 충격을 용이하게 해주기 때문인 것으로 분석된다[10].

그러나, 지하구간에 설치된 교/직 절연구분장치의 경우, 그림 5에 보이는 것처럼, 구간별로 압상량에 큰 차이가 있고, 특히, R-bar 브래킷가 6[m] 마다 설치되어 FRP 절연봉을 직접 고정하여 지지시키기 때문에 절연구분장치와 팬터그래프간 상호작용으로 파생된 파동이 전파되지 못하고 지지점에서 차단되는 구조적 특성을 갖고 있다(그림 7). 이와 같은 가

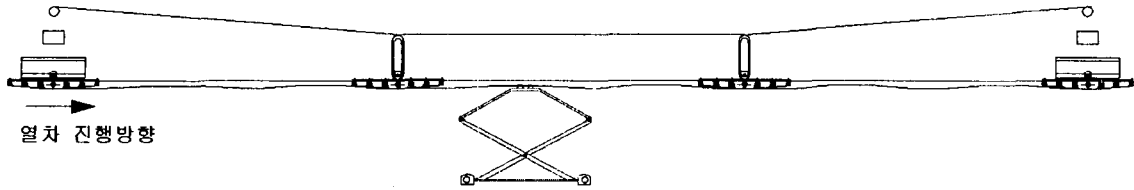


그림 7. 고정 지지점간의 절연구분장치 지지 구조
Fig. 7. Configuration of supporting hardware between fixed supporting point

선구조의 절연구분장치구간을 팬터그래프가 일정 압상력으로 습동하면서 통과하면, 지지점 간격에서 발생하는 절연구분장치의 변위(압상량)에 의해 상하방향의 가진을 받게 된다. 이때, 가진진폭 Y 는 최대 변위량의 1/2에 상당하고, 그 진동 주파수는 식(1)로 표시된다[11].

$$f = v / (3.6 \lambda) \dots \dots \dots (1)$$

단, f :주파수[Hz], λ :지지점간격[m], v 속도[km/h]

팬터그래프를 1 질점 모델로 보았을 때, 상하진동 변위량은 식(2)로 나타낼 수 있으며, 절연구분장치와 팬터그래프간의 접촉력은 식(3), (4)와 같이 계산된다 [12][13].

$$y = Y \sin \omega t \dots \dots \dots (2)$$

단, y :진동변위[m], Y :진동진폭[m], $\omega = 2\pi f$

$$P = P_0 - m \frac{d^2 y}{dt^2}$$

$$= P_0 - m \omega^2 Y \sin \omega t \dots \dots \dots (3)$$

단, P :접촉력[N], P_0 : 압상력[N], m :질량[kg]

$$P_{\max} = P_0 + m \omega^2 Y \dots \dots \dots (4)$$

이상과 같이, 팬터그래프와 절연구분장치와의 접촉력이 주기적으로 변동함으로써 절연구분장치의 절연체에 충격을 가하게 되어 이상마모가 유발된다.

절연구분장치에서 지지점간 간격은 6[m]이고, 그림 6에 보이는 것처럼, 팬터그래프 압상력에 대응하여 최대 10[cm]까지 압상되고 있다. 따라서, 팬터그래

프 통과시 받게 되는 상하진동의 주파수는 열차통과 속도를 60[km/h]라고 할때 2.78[Hz]에 달하고(식(1)), 팬터그래프 1질점 모델에서의 질량을 5.6[kg]이라고 할때 접촉력의 변동폭은 약 84[N]이 된다(식(4)). 즉, 팬터그래프 압상력이 60[N]일 경우, 이의 1.4배에 해당하는 충격이 주기적으로 절연구분장치에 가해지게 된다.

이상과 같은 절연구분장치 지지점간의 변위에 의한 상하진동 이외에도, 지지점 높이의 불일치나 접속 금구 설치등으로 인한 미세한 요철에 의해서도 상하진동이 발생하여 접촉력 변동을 초래하게 된다[14]. 교/직 절연구분장치의 경우, 그림 4에 보이는 것처럼 FRP 절연체의 설치높이가 균등하지 못하고 요철이 있으나, 지지점간 변위에 비해서는 변위가 작고(최대 5.5cm) 파장이 길기 때문에 파급영향은 제한적으로 나타난다.

결론적으로, 지하구간용 교/직 절연구분장치에서는 고정형 지지점간 거리가 길고 변위량이 크기 때문에 진동발생폭이 커지고, 절연구분장치와 팬터그래프간의 접촉력이 크게 변동됨에 따라 절연체의 이상마모가 촉진되는 것으로 분석된다. 이는, 일반적인 강체 가선방식 전차선에서 지지점간의 가선 변위량이 매우 작기 때문에(수 mm 정도) 접촉력의 변동이 매우 작게 나타나는 현상과 대비된다[12].

4.2 개선방안

이상과 같은 절연구분장치의 이상마모를 줄이기 위해서는, 팬터그래프 통과시의 절연구분장치와의 상호작용으로 야기되는 상하진동을 억제시키는 것이 선결과제로서, 다음 두가지 방법을 검토할 수 있다.

4.2.1 기존설비 보완방안

기존설비를 최대한 변경하지 않으면서 이상마모를 경감시키는 방안으로써, 다음과 같은 설비보완책을 강구할 수 있다.

(1) 경량화

절연구분장치를 경량화 하여 진동을 줄이기 위한 방안으로, 조가선 절연용 고분자애자(중량 7[Kg])를 그림 8과 같은 토프론제 절연봉(중량 1.75[Kg])으로 교체하여 절연구분장치의 중량을 감소시킨다.

(2) 높이 조정 금구 도입

조가선과 걸이애자 사이에 높이 조정 금구를 삽입함으로써, 절연구분장치의 높이를 약 3~5[mm] 범위 이내로 일정하게 유지할 수 있다. 또한, 조가선 측과 FRP 연결금구를 하나로 연결하여 상·하 진동을 억제하는 기능을 함으로써 파상마모를 줄이는 효과도 기대할 수 있으나, 설비가 복잡해져 유지보수에 부담으로 작용하는 문제가 있다.

(3) 장력 유지

조가선의 장력이 클수록 압상량은 감소하고 상하진동도 감소하게 되므로, 조가선과 전차선측의 장력을 가능한 증가시킨다[15]. 또한, 장력을 일정하게 유지하기 위하여 턴버클 반대측에 장력계를 설치하여 항상 일정한 장력을 갖도록 조정한다.

4.2.2 고정지지 강체가선방식으로 설비변경

기존의 부분적인 조가선 방식을 폐지하고, 그림 8

에 보이는 것처럼, 절연구분장치의 모든 지지점(2m 간격)에 R-bar 브래킷을 설치하는 것으로서, 다음과 같은 2가지 측면에서 절연구분장치의 팬티그래프와의 습동면 요철을 최소화하고 상하진동을 저감시켜 마모를 최소화한다.

(1) 고정 지지점간의 간격이 2[m]가 되어 종전의 6[m]에서 1/3로 감소하게 된다. 즉, 모든 FRP 절연봉(2m)의 양끝을 R-bar 브래킷으로 고정 지지하게 되는데, 이 경우 팬티그래프의 압상력에 대응한 FRP 절연봉의 변위(압상량)는 압상력 측정그래프에서 보는 것처럼 무시할 정도로 감소한다(그림6에서 1, 2번 사이 압상량). 따라서, 식(1)~식(3)에서 팬티그래프 상하진동의 주파수는 3배 증가하나 진폭이 미미한 수준으로 감소하게 됨으로써, 접촉력의 변동이 억제된다.

(2) R-bar 브래킷은 지지점의 높이를 조정하는 기구가 장착되어 있으므로, 절연본체의 높이를 균등하게 조정하여 지지점간 높이편차를 최소화하고 요철을 제거함으로써, 이로 인한 팬티그래프의 상하진동을 저감시킨다.

이상과 같이, 절연구분장치 지지구조를 지하구간의 전차선과 같은 강체가선방식으로 함으로써, 절연구분장치의 구간별 압상량 편차를 최소화하고 절연구간 전체에 걸쳐 기계적 균일성을 확보함으로써 이상마모를 최소화할 수 있다. 또한, 조가선 관련 설비가 제거됨으로써 설비가 간단해지고 높이조정이 용이해져 유지보수 효율을 높일 수 있다.

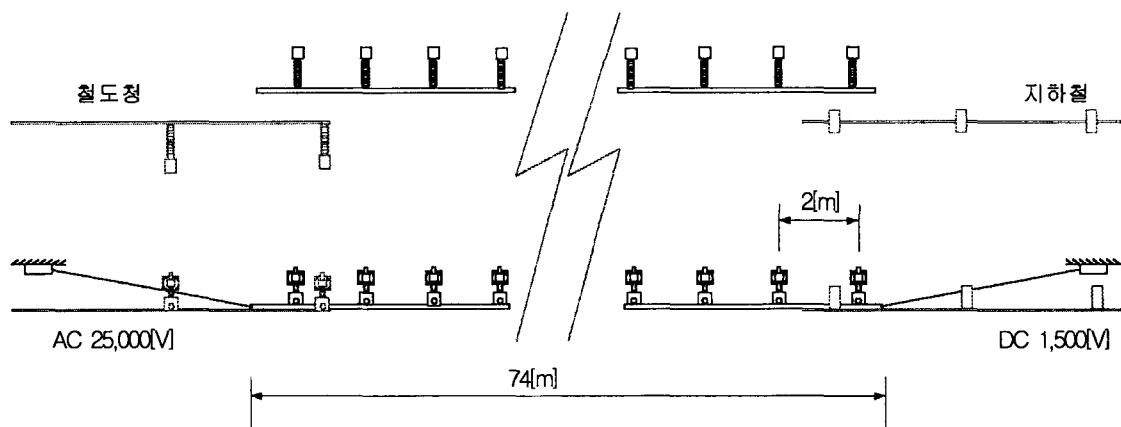


그림 8. 강체가선방식 절연구분장치 설비 구조
Fig. 8. Rigid suspension hardware structure of section insulator

5. 결 론

최근 팬터그래프를 다수 탑재한 열차들의 운행이 증가하면서, 지하구간에 설치되어 있는 교/직 전차선 절연구분장치의 수지형 절연체에 이상마모현상이 발생하고, 특정부위의 절연재 마모가 심화되면서 교체 주기가 짧아지는 현상이 발생하고 있다. 이러한 절연구분장치에 대한 구조특성분석 및 이상마모 형태에 대한 현장측정과 이론적 분석 결과 그 발생원인이 다음과 같이 판명되었다.

(1) 지하구간에 설치된 절연구분장치 지지구조는 강체가선방식과 조가선 현수방식이 혼합된 구조로서, R-bar 브래킷에 의한 고정형 지지점간의 거리가 6m에 달하여 지지점간의 변위량이 많으며, 이로 인해 팬터그래프와 절연구분장치간에 진폭이 큰 상하진동 현상을 발생시킨다.

(2) 이와 같은 가진현상으로 팬터그래프와 절연구분장치간의 접촉력이 주기적으로 변동하고, 절연구분장치 절연재 구간별로 받는 충격이 균등하지 않게 분포됨에 따라 파상마모현상이 발생한다.

이와 같은 이상마모현상을 저감시키기 위한 방안으로서는, 절연구분장치를 경량화하거나 조가선의 장력을 증가시키고, 조가선과 절연재간 연결금구를 고정식으로 개량하여 지지점간 높이 편차를 최소화하는 등의 설비보완책을 강구할 수 있다. 그러나 보다 근본적으로는, 절연구분장치의 모든 지지점을 R-bar 브래킷으로 고정지지하도록 설비를 개량함으로써, 절연구분장치 지지점간의 변위를 최소화하고 구간별 높이편차를 줄여서 진동을 최소화하는 방식이 효과적이다.

이와 같이 교/직 절연구분장치를 개량함으로써, 부품 교체주기를 연장하여 유지보수의 효율성을 높이고, 고가로 수입 되는 외자재를 절약하여 예산을 절감하며, 전기철도 운행안전성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- (1) JR 교본연구회 공저, "철도기술자를 위한 전기개론 전차선로 시리즈③ 전차선 장치", 일본철도전기기술협회, 1998.
- (2) "과천선 건설 전기방식 검토 최종보고서", 한국전기연구소, 1990. 3.
- (3) H.Nagasawa 외 3인, "전차선의 고속용 데드섹션", RFR 제 10권, pp.27~32, 1992. 10.
- (4) "철도청 과천/분당선용 교직 전동차 시운전 보고서", 철도청, 1993. 12.
- (5) T.Cobida, "고속열차대응 가선재료설비의 현상", 철도와 전기기술, Vol.8, No.4, pp.32-34, 1997. 4.
- (6) 최규형, 이기원, "Closed Type 절연구분장치 적용에 관한 연구", 한국철도학회 춘계 학술대회 논문집, pp.498-502, 2002. 5.
- (7) "도시철도차량 표준화 국산화 연구개발보고서", 건설교통부, 1997. 12.
- (8) "SMSC 과천선 시운전 결과보고서", 대우중공업, 1995. 8.
- (9) J.I.Coroshkov, "Use of polymer materials in electric railway overheads", Rail International, pp.7-24, January 1977.
- (10) M.Aboshi, "Influence of wave motion of contact wire on contact force propagation", RTRI Report, Vol.11, No.5, pp.19-24, 1997. 5.
- (11) M. Shimizu 외 2인, "Development of the methods of improving the contact loss between overhead rigid conductor line and pantograph", RTRI Report Vol. 16, No.6, pp. 33-38, 2002. 6.
- (12) "철도총합기술연구소편 : 전차선과 팬터그래프의 특성", 研友社, pp.50-51, 1993.
- (13) M.Keda, S.Nagasaka, "A study of diagnosis method for the overhead catenary system by contact force measurement", RTRI Report Vol.16, No.6, pp.45-50, 2002.6.
- (14) A.Sugahara, "A study of reducing strain of contact wire near a dead section", RTRI Report, Vo. 16, No. 6, pp.15-20, 2002. 6.
- (15) O.Okiyama, Y.Fujii, "Current collection efficiency improved through an increased tension of the messenger wire in simple catenary equipment", RTRI Report, Vo. 10, No. 7, pp.23-28, 1996. 7.

◇ 저자소개 ◇

최 규 형 (崔圭亨)

1959년 1월 31일생. 1981년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1989년 부로란공업대학 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 홋카이도 대학 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 한국철도기술연구원 수석연구원.