

도시철도차량 운행안전성 향상방안연구 Study of Driving Methods of Urban Train

*정종덕¹, 편장식¹, 박기준¹

*J. D. Chung(jdchung@krri.re.kr)¹, J. S. Pyun¹, K. J. Park¹

¹ 한국철도기술연구원 도시교통기술개발센터

Key words : Dead section, Contact wire

1. 서론

국내 도시철도는 1974년 8월 15일 서울메트로 1호선 7.8km, 9역을 개통을 시작으로 지금까지 계속적으로 노선확충을 해오고 있는 도시철도는 무엇보다도 다른 교통수단에 비해 엄청나게 많은 승객들을 단시간내에 수송할 수 있어 최적의 교통수단으로 그 역할을 담당해 오고 점진적으로 그 기능과 역할이 확대되고 있는 실정이다. 이러한 도시철도의 이용이 점차 확대함에 따라 운행안전성 확보가 요구되고 있으므로 본 논문에서는 절연구간에 대한 사고사례분석 등을 통하여 도시철도 운행안전성 확보방안을 분석한다.

2. 절연구간

절연구간이란 전기차에 공급되는 전기방식인 교류와 직류방식의 연결부분이나 교류방식에서 전기 공급변전소가 다른 경우 또는 변전소와 변전소간 및 동일변전소에서 공급되는 이상(異相)의 전기를 구분하기 위하여 전차선에 일정한 구간을 전기가 통하지 않게 절연체(FRP)로 구분하는 구간을 말한다.

절연 구간은 전기 철도에서 발생하며, 그 발생의 사유는 다음과 같다.

- 1) 직류 급전 구간과 교류 급전 구간 사이 (교-직 절연구간)
- 2) 동일한 전기 종류라 하더라도 전압의 차이가 발생하는 경우
- 3) 교류 구간에서 교류의 위상 차가 발생하는 경우로, 대개 변전소가 달라지는 경우 (교-교 절연구간)
- 4) 교류 급전의 방식이 달라지는 경우로, 구체적으로 AT급전과 BT급전이 갈리는 경우
- 5) 교류 구간에서 해당 지역의 급전 주파수가 달라지는 경우
- 6) 각 회사간의 전력 구분을 위하여 분리하는 경우
- 7) 평면교차 등 해당 지역의 시설상의 이유로 설치하는 경우

국내의 절연구간은 직류 1,500V와 교류 25,000V 60Hz 가 만나는 절연구간, 교류와 교류가 만나는 절연구간이 설치되어 있으며, Fig. 1, 2, 3은 서울지하철 4호선 남태령~선바위 구간 전차선 사진, 구성도 및 절연구간의 선로 구성도로서 절연구간 방식은 조가선 방식과 R-Bar 브래킷 고정지방식을 절충한 구조로서 가선 급전전압은 서울메트로 구간(직류(DC) 1,500V), 코레일 구간(교류(AC) 25,000V)로 되어 있다.



Fig. 1 Dead section

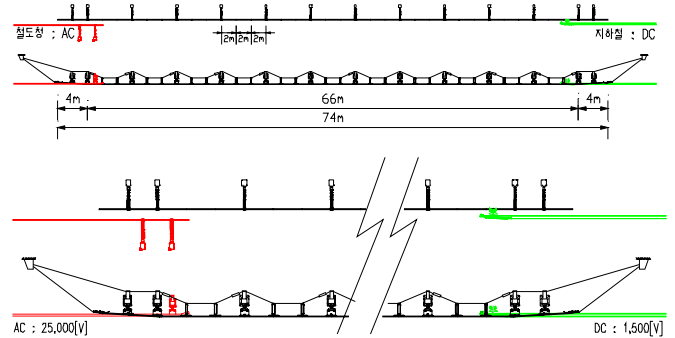


Fig. 2 Contact wire diagram of dead section

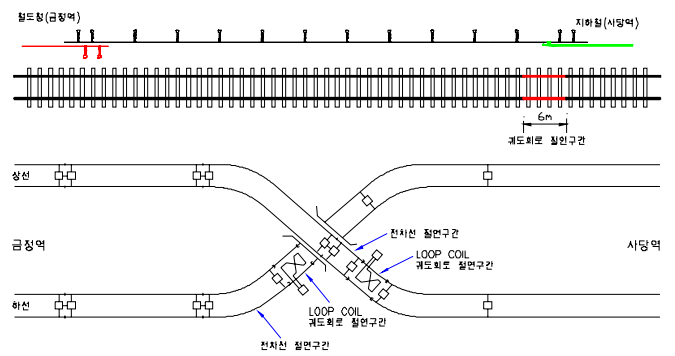


Fig. 3 Track diagram of dead section

절연구간의 경우 두 전력계통을 분리하되, 집전장치가 파손되거나 이탈하는 것을 막기 위하여 중간에 무가압가선이나 FRP 인슐레이터를 삽입한다. 이 구간을 역행 상태로 진입하게 될 경우 무가압 상태에서 갑자기 가압상태로 이전하게 되면서 스파크가 발생하게 되어 화재 및 장비 손상의 우려가 있기에 타행 상태로 통과해야만 한다.

이런 운전상의 이유로, 절연구간의 앞에는 절연 구간을 예고하여 타행 운전을 하도록 하는 표지가 설치되어 있으며, 절연구간을 완전히 벗어난 지점에 재가속이 가능한 지점을 알리는 역행 표지가 설치되어 있다. 단, 역행 표지는 각 차종에 따라 가속 위치가 달라지기 때문에 전기 기관차와 전동차 용의 표지가 따로 설치되며, 특히 전동차 용의 경우 편성 길이에 따라서 별도의 표지가 설치된다. 현재는 열차 종합 제어 관리장치 등에 이들 절연구간에 대한 정보가 수록되어 있어, 해당 지점에 도착했을 경우 절연 구간 취급을 자동으로 하거나, 이를 통보하여 주고 있다.

한편, 절연구간의 통과시에는 기본적으로 전력 공급이 이루어지지 않게 되므로, 객실의 등화나 공조장치 등이 꺼지는 현상이 발생한다. 이를 어느정도 보완하기 위해서 차체에 배터리를 탑재하여 주요 장치의 전원을 유지하거나, 타행 운전시의 회생발전을 사용하여 전력을 공급하는 방식으로 이를 보완한다. 단, 교교절연구간의 경우에는 차량 주행 중에 절환이 이루어지도록 개량하여 서비스 전원의 차단 없이 절연 구간 취급이 이루어지기도 한다.

이러한 절연구간의 설정기준은 절연구간에 전동차가 통과할 시는 동력 없이 타력으로 운행하여야하기 때문에 타행운전을 위하여 적정위치를 고려하여 설치한다. 즉, 곡선반경(R)이 800m 이상인 곳, 평탄지 또는 직선구간, 상구배 5% 이내이다.

3. 사고유형 및 사례

절연구간에서의 사고유형을 살펴보면 기관사의 조치 소홀, 전동차 부품결함, 검수원 정비소홀로 나눌 수 있으며, 각각 교직 절환스위치(ADS) 취급지연, 주차단기(MCB) 차단불능, 정비 후 비사접지제어스위치(EGCS) 미복귀 등의 현상으로 나타난다.

사고유형별로 주요 사고사례를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 기관사의 조치 소홀
 - 4호선 남태령~선바위 사구간 통과시 전차선 단전
 - 4호선 남태령~선바위 운행속도초과로 ATS 체결
 - 1호선 서울역~남영 교·직 절환스위치 지연 취급
- 2) 전동차 부품결함
 - 1호선 서울역~남영 주차단기(MCB) 투입불능 및 판타그래프 상승 불능
- 3) 검수원 정비소홀
 - 4호선 남태령~선바위 사구간 통과시 전력공급 중단 (비상접지제어스위치 / EGCS 취급후 미 복귀)

이러한 사고원인으로 인해 발생한 피해사례를 살펴보면, Fig. 4 (a)는 직류피뢰기 절연파괴로 인해 열차가 20분 지연된 사고이며, Fig. 4 (b)는 용착된 비상접지스위치로 인해 열차가 15분 지연된 사고 이고, Fig. 4 (c)는 주차단기(MCB) 소손으로 인해 열차가 18분 지연된 피해사례이다.



(a) DC arrester dielectric breakdown



(b) Emergency ground switch weld



(c) MCB combustion

Fig. 3 Accidental case

이러한 사고유형 및 피해사례를 보면 교차운행으로인하 구간에서 사고 위험성이 크게 발생하고 있어 운전진행방향의 표준화 필요성이 제기되고 있으며, 진행방향의 표준화는 설치된 시설물 이전이 필수적으로 시설물 이전에 대한 기술적 및 비용 등을 면밀히 검토할 필요가 있다. 또한 전원공급체계를 개선함으로써 절연구간 내에서의 위험노출을 제거 할 수 있을 것이다.

화재, 추돌 사고 등이 발생시 TCMS 데이터 손실이 있을 수 있어 데이터 보존을 위해 Black box 설치의 필요성이 제기 되고 있다.

년간 사고가 발생하는 사구간을 없앨 경우에는 시민들에게 신뢰감을 줄 수 있으며 아울러, AC로 표준화를 수행할 경우 사고 위험이 줄어들 뿐만 아니라, 장기적으로 경제적인 효과가 대단히 클 것으로 본다.

4. 결론

전동차의 안전운행을 위해 절연구간에서의 사고방지 대책이 필요하며, 그 대책으로 크게 단기적인 방법은 절연구간에서 운행하는 전동차에 대해 자동절환스위치(ADS)를 설치하고, MCB의 성능 및 기능을 향상시키는 방법이 있으며, 장기적인 방법으로는 교류-직류 혼용구간의 전압을 단일화하는 방법이 있을 것이다.

참고문헌

1. 장동욱, 이기원, 김주락, 박현준, “절연구간 조가선 FRP 절연봉의 절단사고 원인분석”, 한국전기전자재료학회 하계학술대회 논문집, 2003.
2. 백광선, 이강원, 윤정근, 이광국, “도시철도차량 교직 절연구간 안전운행을 위한 방안 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2004.
3. 이봉이, 김재철, 문종필, “절연구간에서의 전력품질 문제가 전기철도에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국조명전기설비학회 춘계학술대회 논문집, 2005.