

# 수도권 전차선로 교차개소에 대한 고찰

## A study on a crossover on overhead catenary system in the urban transit

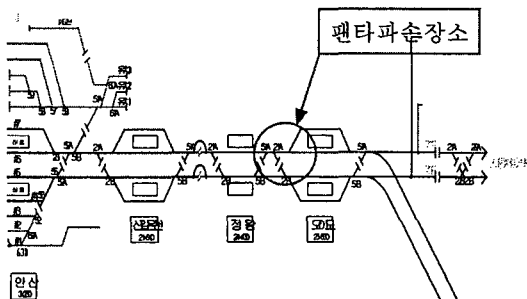
이기원,\*                  권삼영,\*\*                  김주락,                  창상훈\*\*  
Kiwon Lee,              Samyoung Kwon,              Joorak Kim,              Sang-Hoon Chang

### ABSTRACT

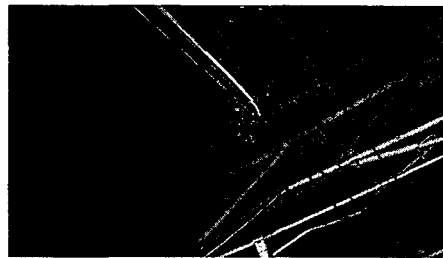
Even if tracks cross each other, a train has to maintain a good current collection. Where catenary cross each other, it is called a crossover. Based on the cause analysis for a breakdown accident of pantograph occurred in the crossover on Ansan-line, a theoretical background and recommendation for the installation rule of a crossover are presented in the paper.

### 1. 서론

2003년 1월 11일 지하철 전동차가 오이도역 반복으로 운행하기 위하여 오이도역 21A/B 건널선을 운행중 2,3,4번 팬터그래프가 파손되고 그중 1개가 전차선에 끼어 상선 사용불능 되어 하선 단선운전으로 열차취급된 사고가 있었다.



[그림 1] 사고구간



[그림 2] 팬터그래프가 교차개소에 끼어있는 상태

\* 한국철도기술연구원 주임연구원  
\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원

또한, 상행선 전차선 측면에 교차금구에서 6.6m 떨어진 지점부터 굽힌 흔적이 있고 행거이어 부위에도 타격흔적이 있었다.

본 사고는 팬터그래프의 일부가 접속구간에 진입하기 이전에 손상되어 교차개소를 주행시 팬터그래프가 할입하였는지(끼였는지), 손상 없던 팬터그래프가 교차개소에 할입하였는지 사고현장 사진 및 전차선의 흔적 등만 가지고는 사고원인을 정확하게 판단하는데 어려움이 있었다. 이는 사고 후 신속한 원상복구를 위하여 빠른시간 내에 모든 사고품이 수거되고 원상복구가 되었기 때문에 더욱 어려움이 크다.

따라서, 본 연구에서는 사고원인 조사에 초점을 맞추지 않고, 현재 우리나라 철도청 교차개소의 팬터그래프가 전차선에 할입 할 수 있는 가능성을 제공할 수 있는 주요 설치 규정에 대한 이론적인 배경을 설명하고 권고사항을 논하고자 한다.

## 2. 교차개소(건널선 장치)

선로가 교차하는 장소에서는 전차선도 교차시켜 원활한 집전을 하여야 한다. 역 구내의 본선 및 측선 상에 가설된 전차선은 선로의 분기장소에서 상호 교차, 2조의 전차선로(catenary)가 1개의 교차금구에 의해 기계적으로 또한, 균압선에 의해 전기적으로 연결된 특수한 가선구조를 형성한다. 이러한 전차선로 교차장소에 설비되는 장치를 "건널선 장치"라 한다.

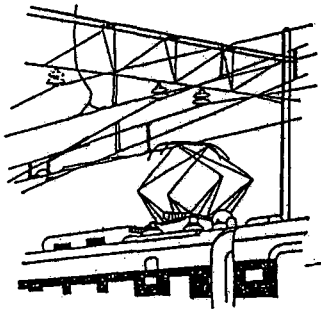


그림 3 교차개소

건널선 장치는 선로의 분기장소에서 상호 전기차가 운전할 수 있도록 전차선을 교차시켜 팬터그래프(pantograph)의 집전을 가능하게 하기 위한 설비이며, 교차하는 양(兩) 전차선로의 레일면상의 높이를 특고(特高)로 유지, 팬터그래프가 할입하는 사고를 방지하기 위한 설비이다. 건널선 장치는 교차금구·균압선 등으로 구성되고 있다.

또한, 이러한 분기 구간에 설치되는 전차선로에 대하여 경부고속철도에 적용되었고, 호남선에 적용되고 있는 평행형 시스템을 사용하기도 한다. 그러나, 본 연구에서는 기존 시스템인 교차형 타입에 대해서만 논하고자 한다.

## 3. 교차개소에 관한 규정에 대한 고찰

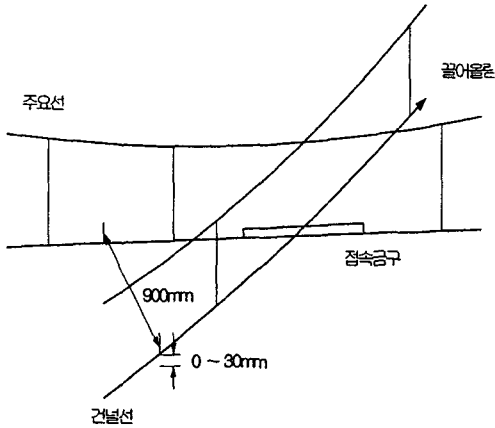
본 장에서는 우리나라 철도청 교차개소의 팬터그래프가 전차선에 할입 할 수 있는 가능성을 제공할 수 있는 아래와 같은 주요 설치 규정이 정해진 배경을 설명하고 주의사항을 논하고자 한다.

『가. 본선 전차선에서 측선(건널선) 궤도중심까지의 거리가 900mm되는 지점의 전차선 고저차는 30mm 이내로 조정하여야 한다.』

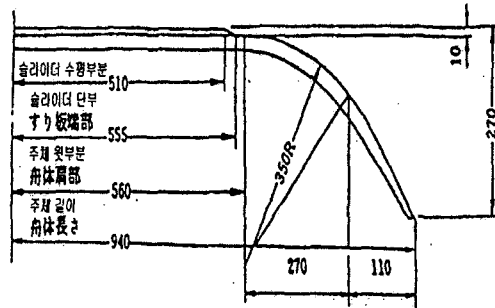
위 규정은 철도청 규정이지만 오래전에 일본 규정에 근거한 규정으로 추측되어 현재 철도청 차량 조건 등에 적용하면 전차선 고저차가 조금 다르게 계산된다. 따라서, 아래에서 일본에서 적용한 계산식을 근거로 철도청 설치방법을 계산하고자 한다.

(1) 일본 국유 철도 전기공작물(전차선로)설계 시공 표준 계산기법 이용한 계산

본 규정은 일본 국유 철도 전기공작물(전차선로)설계 시공 표준(전기국 제정, 電車線裝置 中 / JR 教本 研究 編 / 電氣 概論 (電車線 シリーズ))과 부합하는 것이다. 규정에 따르면 “팬터그래프의 끼어들기 사고방지 상, 전차선의 고저 차는, 주요선의 궤도중심으로부터 900mm인 위치에서, 교차 아래쪽에 있는 주요선에 대한 교차 전차선의 정적(靜的) 높이의 차가 0~30mm, 신칸센의 고속구간에서는 60~70mm, 저속구간에서는 0~30mm로 한다.”라고 하고 있다.



[그림 4] 건물선



[그림 5] JR 팬터그래프 PS-16 형상

일본 재래선의 경우, 팬터그래프의 형상이 위 그림과 같고 전차선이 팬터그래프의 중심에 있다고 가정한다면, 건물선의 전차선은 양 전차선의 간격이 940mm인 위치에서부터 팬터그래프의 상부에 들어가고, 또, 580mm인 위치에서 팬터그래프의 위쪽으로 들어가, 팬터그래프 위에 양 전차선이 올라가게 된다.

따라서, 팬터그래프의 끼어들기 방지를 위해서는 양 전차선의 간격이 940mm인 위치에서 양 전차선 고저 차의 허용값은 270mm(팬터그래프의 동압상량 + 차량 동요)로 된다.

일본 국유 철도 전기공작물(전차선로)설계 시공 표준에서 아래 식과 같이 동적압상량을 정의하고 있다. 따라서, 팬터그래프의 동적(動的) 압상량(m)은 전차선 및 조가선의 장력을 800kg이라고 하고, 경간을 50m, 팬터그래프의 정압상력  $P_0$ 를 5.5kg으로 하면 동적압상량은,

$$m = \frac{3SP_0}{4(T_m + T_l)} \times 1000 = \frac{3 \times 50 \times 5.5 \times 1000}{4(800 + 800)} = 130 \text{ mm}$$

또, 레일의 분기점에서는, 차체 경사, 팬터그래프의 경사가 생기는데, 전차선 높이에서의 팬터그래프의 경사를 6도라고 생각하면 팬터그래프 선단에서의 높이 변화는,

$$940(\text{mm}) \times \sin 6^\circ = 100 \text{ mm}$$

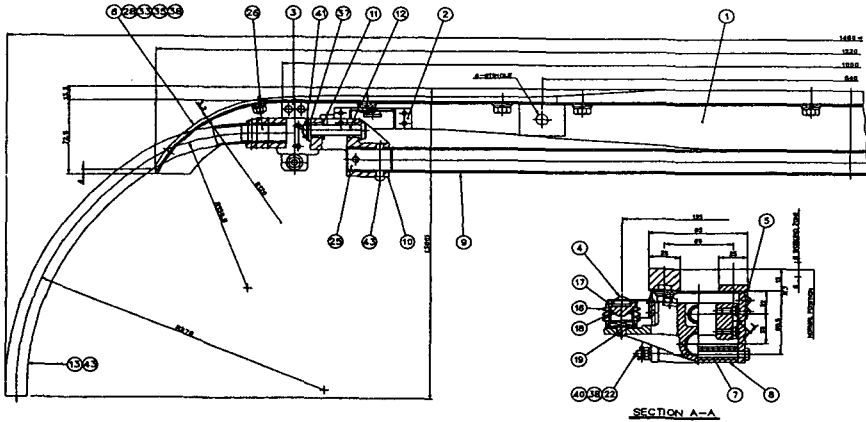
따라서, 전차선 고저 차의 허용값은,

$$270 - (130 + 100) = 40 \text{ mm}$$

로 되는데, 이상의 조건 외에 가선의 동요, 팬터그래프 동요 등의 조건을 고려하고 10mm의 여유도를 두어 30mm를 고저 차의 한도로 하고 있다.

(2) 철도청 안산선 조건을 적용한 계산

안산선 팬터그래프의 형상은 아래그림과 같이 위에서 언급한 JR 재래선용 팬터그래프 PS-16과는 다르고, 전차선로의 장력 및 선종 또한 상이하다.



[그림 6] 안산선 팬터그래프 설계도

그러므로, 여기에서는 일본 국유 철도 전기공작물(전차선로)설계 시공 표준에서의 계산기법을 안산선에 적용하여 보면 다음과 같다.

동적압상량은,

$$m = \frac{3SP_0}{4(T_m + T_r)} \times 1000 = \frac{3 \times 50 \times 6 \times 1000}{4(1000 + 1000)} \approx 113mm$$

또, 레일의 분기점에서는, 차체 경사, 팬터그래프의 경사가 생기는데, 전차선 높이에서의 팬터그래프의 경사를 6도라고 생각하면 팬터그래프 선단에서의 높이 변화는,

$$742.5(mm) \times \sin 6^\circ \approx 78mm$$

이고, 전차선 고저 차의 허용값은,

$$300 - (113 + 78) = 109mm$$

로 되는데, 이상의 조건 외에 바람 등의 조건을 고려하여 여유율을 적용하면 된다. 따라서, 위와 같은 철도청 규정은 팬터그래프가 교차개소에서 안전하게 운행할 수 있는 타당성을 가지고 있다. 이는 정상적인 운행시 팬터그래프가 교차개소에 할입하지 않는다는 타당성 가지고 있다는 것을 의미한다.

「나. 전기차가 주 전차선을 운행할 때 350mm지점의 두 전차선은 팬터그래프 양 측면에 동시에 접촉할 경우 집전판의 절반이내를 덮을 수 있도록 설치하여야 한다.」

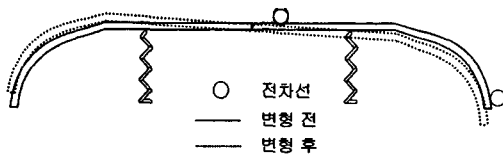
본 규정은 아래 그림과 같이 열차가 교차개소를 통과할 때 집전판의 절반을 기준으로 한 방향으로 본선 및 건널선이 치우쳐야 한다는 규정이다.

[표 1] 교차개소에서 팬터그래프와 전차선

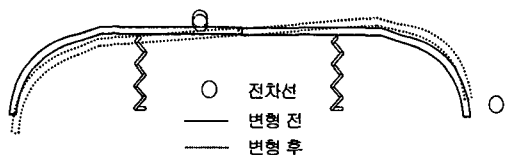
케이스	형상
1	
2	
3	

이러한 점은 본선 및 측선(건널선)의 전차선의 편위를 선로 중심보다 측선 및 본선 쪽에 두어 팬터그래프 접촉면이 경사지는 것을 억제할 수 있게 한다.

또한, 아래 그림과 같이 케이스 3에는 압상량의 변화가 앞 절에서 언급한 측면에서 문제가 되지 않지만, 케이스 1은 앞 절에서 고려하지 않은 압상량이기 때문에 문제의 소지가 있다. 따라서, 교차개소에서 편위는 위 표에서 제시한 설치규정을 준수하는 것이 중요하다. 이러한 설치규정을 준수하지 않았을 경우에는 팬터그래프의 이상변형을 유발하여 전차선 및 팬터그래프의 손상을 일으킬 수 있다.



[그림 7] 케이스 3

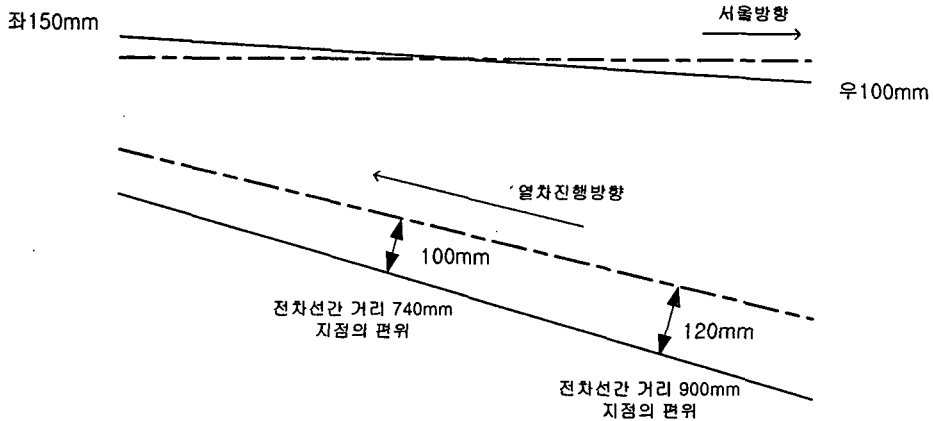


[그림 8] 케이스 1

#### 4. 현장설치 상황

현장설치 상황은 팬터그래프가 교차개소 전차선에 할입할 가능성이 있는 부분만 아래와 같이 조사를 수행하였다.

오이도역 구내 교차개소에 보수열차를 이용하여 전차선간 거리가 900mm되는 지점의 전차선 고저차를 측정한 결과 규정에 적합하게 설치되어 있었다. 그러나, 경간에서 본선의 편위는 좌 150mm 및 우 100mm이고, 건널선의 편위는 아래그림과 같이 우 편위로 설치되어 있다.



[그림 9] 건널선 편위

이러한 점은 앞 절에서 서술한 바와 같이 팬터그래프가 이상변형을 유발하여 사고가 일어날 소지가 있기 때문에 설치시 규정에 적합하게 편위를 고려하여야 한다.

## 5. 결언

오이도역 구내에 교차개소 건널선 팬터그래프가 파손 및 전차선에 할입하여 상선 사용불능 된 사고를 계기로 현재 우리나라 철도청 교차개소의 팬터그래프가 전차선에 할입할 수 있는 가능성이 있는 주요 설치 규정을 제정한 배경을 설명하고 주의사항을 논하였을 뿐만 아니라 사고현장의 전차선로 설치상황에 대하여 조사·검토하였다.

교차형 전차선로 시스템에서 팬터그래프가 전차선에 끼는 사고 및 타흔을 예방하기 위해서는 정밀 시공이 무엇보다도 중요하다. 즉, 앞절에서 제기한 여러 문제(전차선간 고저차 및 편위)들은 유지보수 시 작업자가 항상 점검해야 하나, 시공시 정확한 설치를 하지 못하면 유지보수시에 이를 교정하는데 상당한 어려움이 있으므로 시공시 이러한 문제들을 인식하여 정확한 시공이 될 수 있도록 설계/설치기준을 설정하여 정밀시공을 위한 시공관리를 철저히 해야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] “국유 철도 전기공작물(전차선로)설계 시공 표준”, 電車線裝置 中 / JR教本研究編 / 電氣概論 (電車線シリーズ)
- [2] “건널선의 판타그래프와 가선의 운동에 관한 시험에 대하여”, 大内(오우치), 西方(니시카타), 전기철도, Vol.27, No.5, 1973.5
- [3] “新幹線わたり線構成の速度特性” 久須美 俊一
- [4] “전기설비보수편람”, 철도청
- [5] “전기공사표준시방서”, 철도청 전기국, 1999
- [6] “전철전력시설규정”, 철도청