

강체전차선방식(AL T-Bar)에서의 Expansion joint 및
Air Section 설비 개량방안 연구
A Study of Equipment Improvement method of the Expansion
joint & Air Section in Rigid Trolley Bar System
(AL T-Bar)

유정상*1) 장우진** 이병송***
Yoo, Jeung-Sang, Jang, Woo Jin Lee, Byung-Song

ABSTRACT

AS City traffic means, the electric railway of the role is overwhelming with recognizing good merits of safety, no environment disruption and accurate destination time. Currently, Korea subway are running about 290km through eight subway lines. The latest constructed subway had been made by improved materials which is going on improving. Therefore, we researched this project to keep up facilities easily, repress a leakage current and reduce install cost and repair time in changing facility at overhead Contact wire system because of arc by reforming construction plan about Expansion Joint and Air Section which is regarded as weak point when facilities are fixed and maintained of Rigid Trolley bar System. as above we can contribute various part to making useful O.C.S(overhead contact wire system)

1. 서론

도시교통 수단으로서의 전기철도의 역할은 안전성 및 환경친화성, 정시성등의 우수성이 확인되면서 대량 수송 방안으로 지하철 건설이 지속되어 왔다. 이 결과 현재 우리 서울의 지하철은 1호선에서 8호선까지 약290km가 건설 운용되고 있으며 최근에 건설된 지하철에서는 사용자재 및 일부 설비들의 성능개선이 이루어져 왔다. 본 연구에서는 지하철 강체전차선 방식에서의 유지 보수 시 취약개소로 분류되는 Air Section 및 Expansion Joint 설비의 시공 방안을 개선하여 동일 지지물 설비에 의한 시공으로 정밀성 확보 및 전차선로의 Arc로 인한 전차선 교체시 보수시간 단축 및 설치비용 절감, 전차선로에 대한 대지로의 누설전류 억제효과 및 토목구조물 내에 전차선 설비 시공의 단순화를 기할 수 있도록 검토하였다.

2. 강체 전차선로의 개요

2.1 전차선로의 구성

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, 정회원
** 서울 산업대학교 전기공학과 교수, 단체회원
*** 한국철도기술연구원 전력변환그룹 책임연구원, 정회원

구동하는 전동차에 전원을 공급하는 강체 전차선로의 구성은 급전케이블을 포함한 급전설비, 양카링 설비를 포함한 가선설비, 선로지지를 위한 지지금구류 설비등으로 구분할 수 있으며 전차선로는 차량에 설치된 Pantograph의 원활한 집전성능을 유지키 위한 전차선로 설비구성으로 양질의 전력을 전동차에 공급하여야 한다.

2.2 Expansion Joint 설비 특성

직류 강체 가선방식에서의 Expansion Joint 설비는 계절적 온도 변화에 의한 전차선로의 신축 작용에 대응하기 위해 기계적으로 분리시키고 전기적으로는 Jumper Wire(Cu200mm²4,5조)로 AL T-Bar 상호간을 연결하여 전동차에 전원을 공급하는 전차선로를 구성하고 있는 중요 설비로써 전동차의 Pantograph가 Expansion Joint 구간을 통과시 충격을 받지 않도록 T-Bar의 끝단을 가공하여 설치를 하며 지지금구로 T-Bar상호간 이격거리 및 수평 등고면 길이 200mm를 확보하여 설치를 하고 있다.

2.2.1 기존 설치방안 검토

Expansion Joint설치지점 10m 범위내에서 지지철클물설치를 위한 매입전 설치방법은 아래 그림과 같은 치수를 적용하였다.

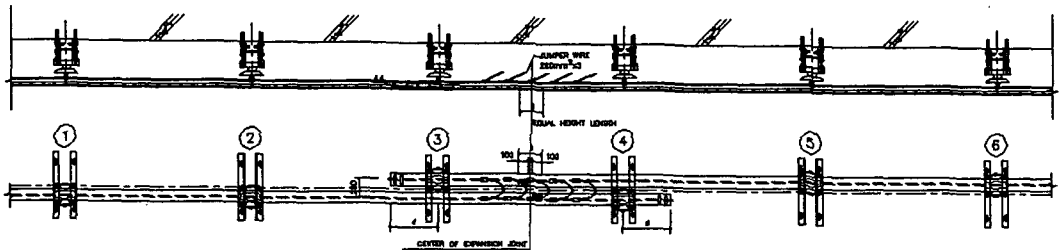


그림1.기존Expansion Joint 설치도

서울지하철 2, 3, 4호선에서는①↔②번애자 설치간격은 2375mm이고 ②↔⑤번애자 설치간격은 1750mm,⑤↔⑥번 애자는 2375mm로 설치하였으며, 2기 지하철 2단계 구간에서는 각 2000mm로 변경시공 하였음. Expansion Joint 표준설치 간격은 200m를 기준으로 하였으며 호선별 또는 공사구간별 200~250m 범위 내로 설치되었다.

도표1. 기존Expansion Joint 설치간격

호 선	구 간	설 치 간 격 (M)	비 고
2	신도림 - 영등포	200 ~ 210	
3	안 국 - 종로 3	250	
4	길 음 - 돈 압	200 ~ 250	

2.2.2 기존설비의 문제점

Expansion Joint설비를 위한 토목 구조물 시공시 매입전 설치 수량이 많아져 시공의 어려움이 따르며, T-Bar의 신축작용으로 하단의 수평 등고면 200mm확보를 위해 정기적인 점검 및 보수가 필요하다.또한 등고면 불량으로 인한 이선현상 발생으로 Arc에 의한 전차선 마모가 커지며, 마모로 인한 전차선 교체 빈도가 높고, 교체시 보수비용 및 보수시간이 많이 소요된다.

2.2.3 개선 방안

기존 매입전 설치 방안은 10M범위내에서 6개소의 매입전을 시공하여 전차선로 설비를 시설하였으나 설치위치 조정방안 적용시 4개소의 설치만으로 Expansion Joint 설비의 성능을 확보 할 수 있다.

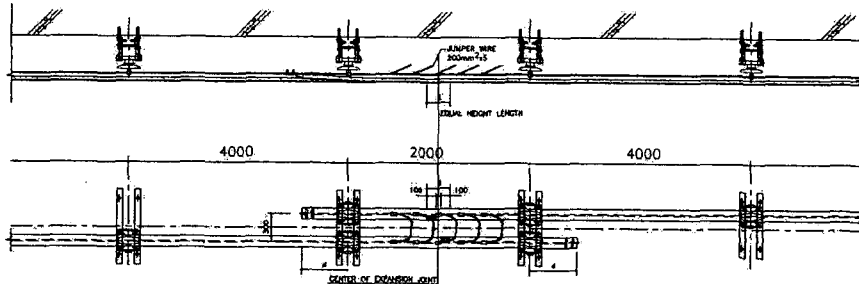


그림2. 개선된 Expansion Joint 설치도

상기 설치도면과 같이 토목공사시 설치되는 매입전 수량 감소로 인한 전차선로의 누설전류 감소 효과를 예측할 수 있으며 동일 지지물에 전차선 설비가 취부되므로써 등고면 최소 확보 길이가 2000mm 가능하여 지하 구간에서의 온도 변화로 인한 T-Bar 신축작용으로 발생하는 병행 습동면의 등고면 불량과 이로 인해 발생하는 설비의 손상을 예방할 수 있고(이선현상방지로 인한 Arc 발생 원인 해소로 마모발생억제) Expansion Joint 설비설치간격을 균일하게 적용가능하며 이에 따른 설치 비용을 절감 할 수 있다. 또한 강체 전차선 설비의 설계조건에는 설치장소에서의 최저 및 최고 온도 조건하에서 ALT-Bar 금속체로서의 신축량이 결정이 된다. 터널 온도가 -15℃에서 75℃까지 설계시 검토되었으나 각 호선별 터널내 온도를 측정한 결과 아래 「도표2」와 같이 나타난 것처럼 현실적으로 터널내 기온이 -15℃까지 내려가기는 어려운 것으로 판단됨

도표2. 터널내 온도 측정표

호 선 별	측 정 구 간	측 정 일 시	측 정 온 도	외 기 온 도
5호선	왕십리-장한평(4개소)	200.2.10 (04:00)	7-13℃	최저:-9.5℃
7호선	중화-떡골(2개소)	200.2.10 (04:00)	6.5-8.3℃	
8호선	석촌-몽촌토성(2개소)	200.2.10 (04:00)	7-15℃	

온도 변화에 따른 T-Bar 신축량은 아래 [그림3]에서 Expansion Joint의 등고부분을 l [mm], 말단 지지금구에서 T-Bar 끝부분까지의 거리를 d [mm] 라고 하면 온도변화에 따른 l 값 및 d 값은 변화하게 되는데 최악조건인 -15℃일 때 d 값은 300mm를, l 값은 100mm를 기준하여 다음식에 의거 아래 [도표3.] 과 같이 유동됨을 알 수 있다.

도표3. T-Bar 신축량 산출

t [°C] ℓ, d [mm]		-15	0	10	15	20	30	40	50	75	비 고 10-75°C 신축거리
		125m	d	300	347	378	394	441	441	472	
ℓ	100		147	178	219	241	241	272	303	381	203
150m	d	300	356	394	413	469	469	506	548	638	244
	ℓ	100	156	194	213	269	269	306	348	438	244

산출근거 L : A (1+αΔt) L : 온도변화후의T-Bar길이

A: -15°C일 때T-Bar가선길이 α: 선팅창계수 25×10ⁿ (n=-6) Δt : 변화된 온도차

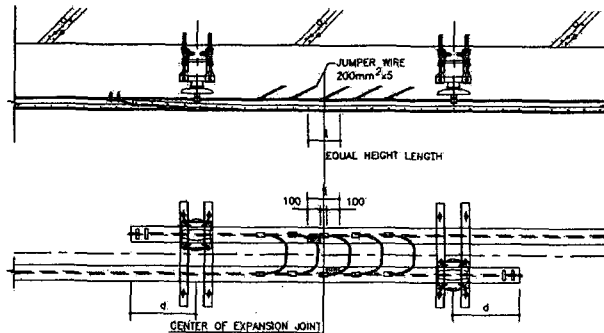


그림3. T-bar 신축거리와 이행구간 상세도

매입전 설치간격을 조정할 경우 터널내 온도 변화에 따른 T-bar의 신축량에 따른 등고면 확보가 2000mm정도 가능하며 Expansion Joint 설치간격을 표준 200m, 최대250m에서 표준250m, 최대300m로 조정하여도 기술적 문제가 없을 것으로 판단되며, 또한 시설구간 연장에 따른 설치비용의 절감과 전차선 마모 발생 요인이 최소화됨에 따른 선로보수 주기 연장이 기대되어 인력 및 유지보수 시간을 크게 절감할 수 있음.

2.3 Air Section 설비 특성

강제전차선방식에서 사용하고 있는 대표적인 구분장치는 공기의 절연을 이용한 Air Section이다 지하철 직류급전 시스템에서의 Air section설비는 급전변전소를 기준하여 상하선의 방면별 전원을 구분하여 선로의 전원을 공급하여 운전분야의 선로운영 및 유지보수를 고려하여 시설하고 있다.

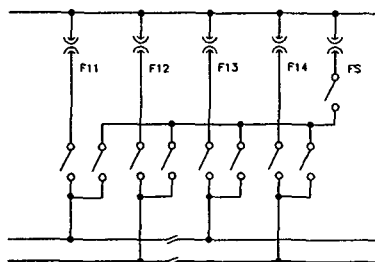


그림4. 상,하행선 분리급전 방식계통도

2.3.1 기존설치방안 검토

Air Section 설치지점 10m 범위내에서 급전설비를 위한 지지철물 설치 및 선로 이격거리는 아래 그림과 같이 적용하였다.

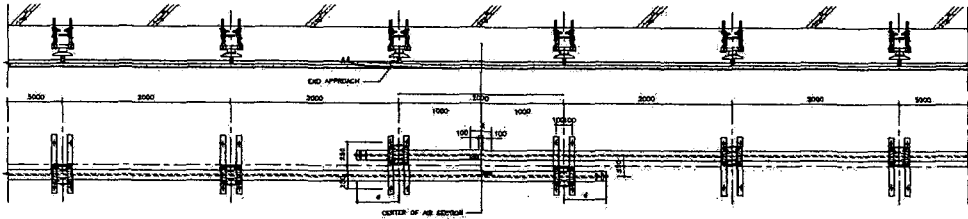


그림5. 기존 Air Section설치도

※ 지지금구 설치간격은 Expansion Joint 설치방법과 동일하며 T-bar 상호간의 이격거리는 250mm로 확보한 점과 선로구분에 따른 Jumper Wire가 설치되지 않는 점만 다르다.

2.3.2 기존설비의 문제점

Air Section설비를 위한 토목구조물 시공시 매입전 설치 수량이 많아져 시공의 어려움이 따르며 열차의 운전부하에 의한 선로간의 전압차로 Air Section지점 에서의 Arc 발생으로 전차선 마모가 커진다. 또 마모로 인한 전차선 교체빈도가 높고 교체시 보수비용 및 보수 시간이 많이 소요된다.

2.3.3 개선방안

Air Section설비를 위한 매입전 설치방안은 10m 범위 내에서 6개소의 매입전을 사용하였으나 3개소의 매입전 설치만으로도 Air Section설비의 기능을 유지하며 전차선로에의 반복적인 Arc 발생으로 인한 마모시 전차선 교체작업의 단순화가 가능하도록 설비를 구성하였다.

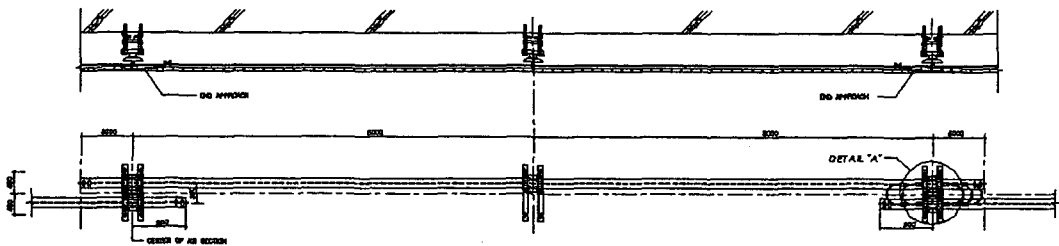


그림6. 개선된 Air Section 설치도

상기 도면과 같이 시공할 경우 기존 Air Section설비에서의 매입전 설치수량 감소로 전차선로의 누설전류 감소 효과가 기대되며, 선로간의 전압차에 의한 Arc 발생으로 전차선 설비 손상시 비상복구용으로 제작 준비된 설비 전체를 교체함으로써 야간 단전작업 시간의 단축 및 교체비용의 절감이 가능하며 또한 동일지지물에 전차선 설비가 취부되므로써 병행 승동면의 등고면 불량으로 인한 Arc 및 이선현상을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

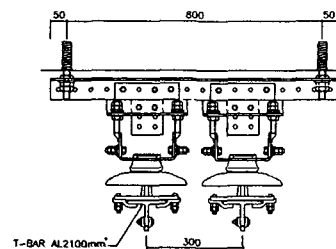


그림7. 지지금구 상세도

3.결언

상기에서 논한것들은 모두 토목구조물 내에 설치되는 매입전 설치 방안의 변경이 전제되어야만 Expansion Joint 나 Air Section 설치변경이 가능하다. 신설되는 지하철 설계에 적용시에는 토목공사 부문에서의 절연매립전 설치가 용이하며, 전기적으로 선로의 누설전류 감소효과가 기대되며, 전차선로의 병행습동면의 등고면 길이의 확보가 매우 수월하며, 토목 및 전차선공사의 시공비 절감효과가 있으며, 유지보수시 소요되는 작업시간 및 보수인력을 크게 절감할 수 있어 유지보수 비용이 적게 들며, 향후에 건설되는 강제전차선 가선방식의 지하철에서 적용할 수 있는 방안으로 활용 될 수 있을 것으로 판단이 된다.

참 고 문 헌

- (1)“전기철도공학” 동일출판사 김양수 · 유해출 공저,2000년2월25일
- (2)“지하철전기설비”(사)일본철도전기기술협회 지하철전기기술교본간행위원회 편집,평성5년
- (3)“서울지하철3,4호선 최종동력조사서”Westinghouse Electric Co 1982년9월
- (4)“지하철전기설비”이중호 · 윤종철 공역,1995년10월
- (5)“대전도시철도1호선 운영시스템 구축사업 전차선분야 설계보고서”(주)신우디엔시,2003년7월
- (6)“21세기 핵심전기철도”도서출판 광명 편저자 이준경 · 이현화, 감수 김양수 2003년8월