

제 7 장 전차선 설비

7.1 설계기준

7.1.1 전차선 가선방식

- 본선 지하구간 : 강제전차선 방식(제3궤조)
- 본선 지상구간 : 강제전차선 방식(제3궤조)
- 차량기지 : 강제전차선 방식(제3궤조)

7.1.2 전압

- 최저전압 : DC 550V
- 표준전압 : DC 750V
- 최고전압 : DC 900V

7.1.3 급전계통구성

- 본 선 : 상, 하선 방향으로 구분하여 급전계통을 구성
- 차량기지 : 유치선 군별(Group) 급전계통 구성

7.1.4 가선설계

1) 전차선 높이

- 전차선 (+)극의 높이는 주행노면에서 760[mm]을 표준으로 하고, (-)극의 높이는 주행노면에서 515[mm]를 표준으로 한다.

2) 지지간격

- 전차선 지지간격은 3[m]이하로 표준으로 한다.
- 노선 곡선 반경에 따른 설치간격은 다음과 같다.

곡선반경	전차선 지지간격	비 고
$\infty > R \geq 115$	• 3m	
$115 > R \geq 80$	• 2.5m	
$80 > R \geq 50$	• 2.0m	
$50 > R \geq 30$	• 1.5m	

7.1.5 부속설비

1) 절연섹션

- 이절연섹션은 급전구분을 위해 급전변전소와 가까운 위치에 설치해야 하고, 열차의 상시 정차구역은 피하여 설치하며 전기적으로 급전구간을 구분하기위하여 설치한다.

2) 익스펜션 조인트

- 익스펜션 조인트 설치간격은 120m 이내를 표준으로 한다.

3) 앙카링 디바이스

- 강체전차선로의 온도변화에 의한 신축으로 흐르는 것을 방지하기 위해 일련의 전차선 중앙에 앙카링 디바이스를 설치한다.

4) 엔드 어프로치

- 강체전차선의 시점과 종단부 및 분기개소 등에 일단의 강체전차선 끝은 차량의 집전장치 진입 및 이탈시 문제가 업도록 설치하여야 한다.(급전구분용으로 사용 가능 할 수 있다.)

5) 지지금구

- 지지금구는 슬라이드용 볼트를 이용하여 상하를 조정하며, 좌우는 조정볼트 및 앙카볼트에 의하여 조정한다.

6) 케미칼 앙카볼트

- 안내궤조와 공용으로 설치되지 않는 특별개소에 지지금구를 설치하는 개소에 설치한다.

7) 차체 접지판

- 차체 접지판은 정거장구내 차량 정차시에 차량 양측의 대차에 어스 브러쉬(Earth Brush)있는 개소에 10m를 표준으로 설치하여 차량이 정거장에 진입할 때 자동으로 접지판에 접촉하도록 한다.

8) 표지류

- 강체전차선로에는 각종 표지류를 안전사고를 미연에 방지하고 보수 및 운전에도 용하도록 설치한다.

9) 접지

- 접지는 전 노선에 F-GV 25[mm²]부설하고, 지지금구 마다 F-GV 10[mm²]의 접지선 접속한다.

10) 피뢰기

- 피뢰기는 지상구간에 500[m]를 표준으로 하고, 강체전차선로 급전구분개소에 설치한다.

11) 스탱거 설비

- 차량기지내 검수고에 차량 견인용 전력공급을 위한 스탱거 설비를 설치한다.

7.1.6 급전선로

1) 정급전선(+)

- 6/10kV급 HF-CO 케이블 400mm²

2) 부급전선(-)

- 0.6/1kV급 HF-CO 케이블 400mm²

3) 급전선 조수

- 변전소에서 인출입 되는 급전선은 충분한 통전용량을 갖는 조수이어야 한다.

4) 보조급전선

- 전기적으로 분리된 강제전차선과 강제전차선간을 연결하기 위하여 보조급전선을 설치하며 충분한 통전용량을 갖는 조수 이어야 한다.

5) 급전선 및 보조급전선 지지

- 클리트(Cleat) 지지를 원칙으로 하며 급전선 및 보조급전선이 쳐지거나 이탈이 되지 않게 해야 한다.

7.2 전기방식 및 급전전압 검토

7.2.1 개 요

- 전기철도의 방식선정과 기술의 적용은 전철화에 있어서 대단히 중요한 문제이다. 그러므로 각각의 시스템 여건을 고려한 적합한 전기방식 및 전압을 선정하여야 한다.

7.2.2 전기방식 선정 고려사항

구 분	고려사항
수송조건	• 수송대상(여객, 화물, 여객+화물), 수송거리 및 수송량
선로조건	• 선로 조건에 적합한 가선방식 선정
전력조건	• 수급 전력계통의 표준전압 및 공급 용량 등을 고려
장래계획	• 교통수요를 예측한 장래선로 확장을 고려한 방식 선정
경제성	• 초기투자비와 투자효과 등의 경제성 검토한 전기방식 선정

7.2.3 전기방식 비교

구 분	직류식	교류식	
		단상	3상
개 요	• 수송수요가 높은 도심구간에 유리	• 고전압을 이용한 장거리 간선철도에 유리	• 도심 간선노선인 경량전철에 유리
전 압	• DC 750V, 1500V	• AC 25kV	• AC 600V
변전소간격	• 짧다(약 2~4km)	• 아주 길다(약 10km)	• 직류식의 약2배
전압강하	• 보통	• 작다	• 크다
전차선로	• 간단	• 보통	• 복잡
특 징	• 통신유도대책 불필요 • 변전소 건설비 증가 • 운전전류가 높아 선택차단이 어려움	• 급전전압이 높다 • 차량시스템이 복잡 • 통신유도대책 필요 • 전원 불 평형 발생	• 변전설비가 복잡(고조파 대책필요) • 선로길이가 짧고 피크수요가 많은 곳에 유리
국내적용현황	• 도시철도 및 경량전철	• 간선철도	• 없음

- 광주도시철도 2호선의 전기방식은 수송수요가 높고 도심구간에 유리하며 변전설비가 간단하고 통신유도대책이 불필요하고 국내의 도시철도 및 경량전철에 사용실적이 많은 직류식 전기방식을 적용한다.

7.2.4 급전전압 검토

구 분	직류 750V	직류 1,500V
개 요	• 경전철에 주로사용하며 제3궤조 가선방식을 사용	• 중전철에 주로사용하며 가공전차 선 가선방식에 사용
부하전류	• 많다(100%)	• 작다(50%)
사고전류	• 작다(50%)	• 많다(100%)
전압강하	• 크다	• 작다
도체의 단면적	• 크다(100%)	• 작다(50%)
변전소 간격	• 짧다(2~3km)	• 길다(3~4km)
설비의 크기	• 작다	• 크다
국내적용사례	• 우이~신설, 인천2호선, 부산4호 선, 부산~김해, 의정부, 용인	• 대구3호선, 인천국제공항

- 광주도시철도 2호선의 경전철의 경우 부하전류가 적고, 전압강하가 작을 뿐 아니라 설비 면적이 상대적으로 작아 저심도 선로조건을 고려한 토목구조물의 최소화 시킬 수 있는 직류 750V방식을 적용한다.

7.3 고무차륜 AGT(Automated Guideway Transit) 안내방식 검토

7.3.1 개 요

- 고무차륜 AGT은 현재 유럽, 미국 등에서 일반적으로 APM(Automatrd People Mover)라 불리우며 “콘크리트 혹은 철제 Guideway 위를 1량 혹은 다량 편성으로 전기를 동력으로 하여 무인자동운전 시스템”으로 정의하고,
- 일본에서는 “고가 등의 전용궤도 위를 소형 경량차량에 고무타이어를 부착하여 Guideway를 따라 주행하는 시스템”으로 정의 하고 있다.
- 우리나라에서는 경량전철 기술개발사업으로 K-AGT로 명명된 표준화 차량이 개발· 제작되어 2005년 시운전을 완료, 부산교통공사 4호선에 채택 운영 중에 있다.

7.3.2 안내방식 비교

- 고무차륜 AGT의 경우 안내륜을 이용하여 주향하는 방식을 채택하고 있으며 안내륜 위치에 따라 측방안내방식, 중앙안내방식, 중앙측구안내방식으로 구분할 수 있다.

1) 측방안내방식

- 주행로 측면에 안내레일을 설치하고 차량의 외측에 부착된 안내차륜에 의하여 안내하는 방식으로 우리나라에서는 경량전철 기술개발사업으로 K-AGT로 명명된 표준화 사양을 규정하고 있음.



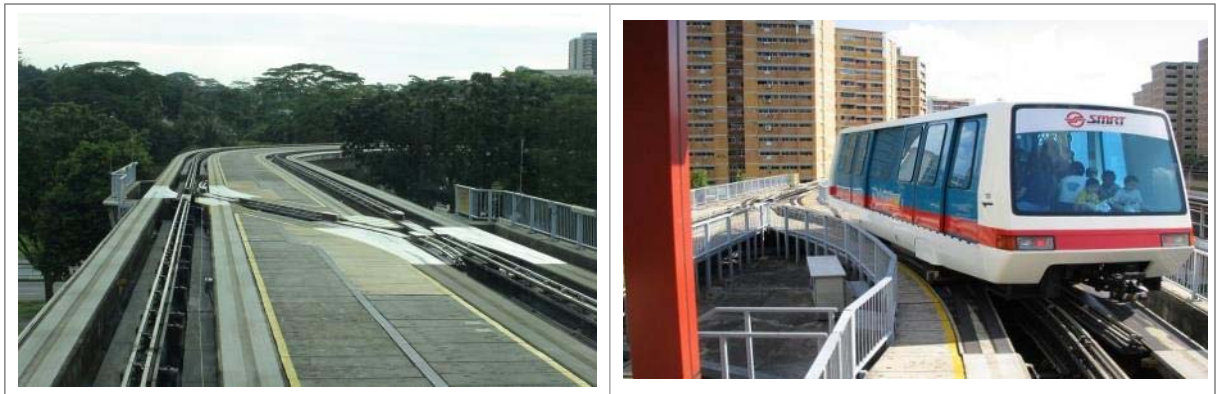
< 부산교통공사 4호선(반송선) >

2) 중앙측구안내방식

- 주행로 구조물의 내측을 안내에 이용하는 방식으로 중앙안내방식과 유사하다.

3) 중앙안내방식

- 궤도중심에 설치된 안내레일과 차량중앙에 부착된 한쌍의 안내차륜에 의하여 주행하는 방식



< 싱가포르 Bukit Panjang 노선 >

4) 안내방식 비교

- 안내방식비교는 측방안내방식과 중앙안내방식으로 비교 검토 한다.

구 분	측방안내방식	중앙안내방식
개 요 도		
전력공급 방 식	 • 선로측면에서 공급	 • 선로바닥 중선에서 공급
차량제작	• 우진(한국), 미쯔비시, 지멘스	• 봄바디어 CX-100
제3레조	• 차량제작 회사와 동일	• 차량제작 회사와 동일
급전전압	• DC 750V	• AC 600V 3상
도체레일 수	• 2조 포설(+, -)	• 3조 포설(R, S, T)
지지방식	• 지지금구 및 애자 취부 단순	• 도체레일이 3조로 지지금구 복잡
시 공 성	• 측면 설치로 유리	• 바닥면에 설치 및 도체레일 많아 불리
유지관리	• 설비가 상대적으로 단순하여 유리	• 설비가 상대적으로 복잡하여 불리

※ 중앙안내방식과 중앙측구안내방식이 유사하여 중앙안내방식으로 선정.

5) 안내방식 따른 운영사례

구분	국가	노선명	노선성격	제작사
측방 안내 방식	프랑스	Metro14(파리)	도시철도	알스톰
		드골공항(파리)	공항셔틀	지멘스 VAL
		릴 1, 2호선	도시철도	지멘스 VAL
	이탈리아	투린	도시철도	지멘스 VAL
	미국	시카고 공항	공항셔틀	지멘스 VAL
		마이애미 국제공항	공항셔틀	미쯔비시
	싱가폴	Punggol Linedhl 2개노선	도시철도	미쯔비시
	홍콩	첵락콕 국제공항	공항셔틀	미쯔비시
	일본	도쿄 닛포리, 도네리선	도시철도	미쯔비시
		고베 포크아일랜드선	도시철도	미쯔비시
		히로시마 신교통	도시철도	미쯔비시
	한국	부산 4호선	도시철도	우진산전
		의정부경전철	도시철도	지멘스 VAL
중앙 안내 방식	영국	Garwick 국제공항(런던)	공항셔틀	봄바디아 C-100
		Standsted 국제공항(런던)	공항셔틀	봄바디아 C-100
	독일	프랑크푸르트 공제공항	공항셔틀	봄바디아 CX-100
	이탈리아	Leonardo Da Vinci 공항(로마)	공항셔틀	봄바디아 CX-100
	스페인	마드리드	공항셔틀	봄바디아 CX-100
	미국	마이애미	도시철도	봄바디아 C-100
		샌프란시스코 국제공항	공항셔틀	봄바디아 CX-100
		라스베가스 국제공항	공항셔틀	봄바디아 CX-100
		시애틀 국제공항	공항셔틀	봄바디아 C-100
	싱가폴	부킷 판장	도시철도	봄바디아 CX-100
	말레이시아	쿠알라룸푸르공항	공항셔틀	봄바디아 CX-100
	중국	베이징 국제공항	공항셔틀	봄바디아 CX-100

6) 검토결과

- 고무차륜 AGT의 안내방식을 검토한 결과 측방안내방식과 중앙안내방식 및 중앙측구

안내방식으로 분류하나 일반적으로 측방안내방식과 중앙안내방식을 전세계적으로 채택 운영하고 있는 실정이다.

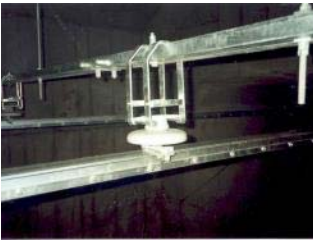
- 안내방식은 차량 선정이 우선적으로 결정되고, 그 차량시스템에 의하여 안내방식을 결정되고 있다, 봄바디어 CX-100 차량의 경우는 중앙안내방식을 알스톰·지멘스 VAL·미쯔비시·우진산전 차량의 경우에는 측방안내방식 시스템을 적용하여 운영하고 있다.
- 또한 한국의 경우에는 경량전철 기술개발사업에 따라 K-AGT차량을 표준으로 한 측방안내방식 시스템을 규정하여 부산교통공사 4호선에 채택 운영 중에 있다.
- 제 3궤조 시스템 또한 차량 및 안내방식에 따라 결정되고 있으며, 제3궤조 시스템 또한 차량제작사에 공급하는 실정으로 중앙안내방식 시스템은 봄바디어 CX-100 차량이 국내에 운행사례가 없어 제3궤조의 시스템에 대한 기술적 자료가 없는 반면, 측방안내방식의 제3궤조 시스템은 우진산전에서 일본 미쯔비시와 기술 제휴하여 국산화 차량 및 시스템을 개발 완료하여 부산교통공사 4호선에 채택 운영 중에 있다.

7.4 전차선 가선 및 급전방식 검토

7.4.1 개 요

- 전동차 집전장치의 구조 및 특성을 고려하여 적합한 전차선로 가선방식을 선정하고, 유지보수 및 비상시 사고구간의 분리 등을 고려하여 급전계통을 구성

7.4.2 전차선 가선방식 검토

구 분	제3궤조 방식	강체가공방식	
		T - bar	R - bar
형 상			
구 조	• 알루미늄과 스테인레스 습동면 일체형	• Al T-Bar에 전차선을 롱이어로 고정	• Al R-Bar에 전차선을 직접 삽입
지지간격	• 4m(최대)	• 5m	• 8 ~ 10m
지지물구조	• 단순	• 다소복잡	• 다소복잡
유지보수	• 용이함	• 어려움(모타카 필요)	• 어려움(모타카 필요)
집전성능	• 우수	• 우수	• 우수
집전자위치	• 차량 하부	• 차량 상부	• 차량 상부
시 공 성	• 용이함	• 고소 작업으로 어려움	• 고소 작업으로 어려움
터널단면적	• 작다	• 크다	• 크다

- 강체 가공전차선과 유사한 특성을 가진 시스템으로 전기적 특성이 우수할 뿐 아니라 지지물 구조가 간단할 뿐 아니라, 터널 단면적 축소로 사업비 절감될 수 있는 제3궤조 방식을 선정

7.4.3 집전방식 검토

1) 개 요

- 경량전철에서의 집전방식을 선정할 때에는 각각의 상반되는 장단점보다는 차량의 시스템의 선정, 도심환경에 설치의 적합성, 시스템의 안전성, 경제성 및 유지보수성 등의 종합적으로 검토하여 선정된다.

2) 구비조건

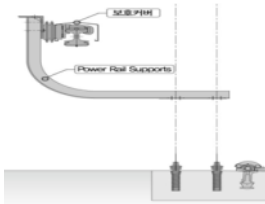
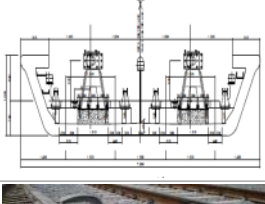
- 도전성이 우수할 것
- 가볍고 기계적 강도가 높을 것
- 습동면은 마모가 적고 집전효율이 좋을 것
- 열 신축이 적고 변형이 없고, 제작 설치가 용이할 것

3) 집전방식 비교

전기방식	측면접촉방식	하면접촉방식	상면접촉방식
제3궤조 형상			
집전자 형상			
구성방식	• 차량의 집전자가 도체 레일의 측면에 습동	• 차량의 집전자가 도체 레일의 하부 면에 습동	• 차량의 집전자가 도체 레일의 상부면에 습동
지지금구	• 복잡	• 보통	• 단순
유지보수	• 도전레일 점검이 불리	• 도전레일 점검이 용이	• 도전레일 점검이 용이
집전효율	• 보통	• 보통	• 우수
안전성	• 낮음 (도체레일 완전 노출)	• 높음 (도체레일 완전 차단)	• 보통 (도체레일 상부 노출)
시공성	• 지지금구 복잡으로 불리	• 지지금구 보통으로 어려움	• 지지금구 단순으로 용이함
적용차량	• 고무차륜, 모노레일, 자기부상	• 철제차륜	• 철제차륜

- 안전성이 우수할 뿐 아니라, 차량 시스템과 일치되는 측면접촉방식으로 적용한다.

4) 국내집전방식 현황

도시/노선	형 상	시스템 현황
서울시 (우이~신설 도시철도)		• 집전방식 : 하면접촉방식 • 급전전압 : DC 750V • 도체레일 : AL + STS • 차량형식 : 철제차륜 AGT(일본미쓰비시)
인천시 (인천도시철도2호선)		• 집전방식 : 하면접촉방식 • 급전전압 : DC 750V • 도체레일 : AL + STS • 차량형식 : 철제차륜 AGT(로템)
부산시 (부산지하철 3호선 미남~반송선)		• 집전방식 : 측면접촉방식 • 급전전압 : DC 750V • 도체레일 : AL + STS • 차량형식 : 고무차륜 AGT(우진산전)
대구시 (대구도시철도3호선)		• 집전방식 : 측면접촉방식 • 급전전압 : DC 1,500V • 도체레일 : AL T-Bar • 차량형식 : 과좌식 모노레일(일본 히다찌)
김해시 (부산~김해간)		• 집전방식 : 하면접촉방식 • 급전전압 : DC 750V • 도체레일 : AL + STS • 차량형식 : 철제차륜 AGT(로템)
의정부시 (의정부 경전철)		• 집전방식 : 측면접촉방식 • 급전전압 : DC 750V • 도체레일 : HEB140 STEEL • 차량형식 : 고무차륜 AGT(독일 지멘스)
용인시 (용인경전철)		• 집전방식 : 상면접촉방식 • 급전전압 : DC 750V • 도체레일 : AL + STS • 차량형식 : 철제차륜 LIM(캐나다 봄바르디아)
인천국제공항 (도시형자기부상열차)		• 집전방식 : 측면접촉방식 • 급전전압 : DC 1,500V • 도체레일 : AL + Copper • 차량형식 : 자기부상열차(로템)

7.4.4 급전방식 검토

1) 개 요

- 급전계통은 변전소에서 전차선로에 직류로 급전하는 직류고속도차단기 계통으로서 방면별 일괄급전방식과 상, 하행선 분리급전방식의 2가지 방식이 있다.

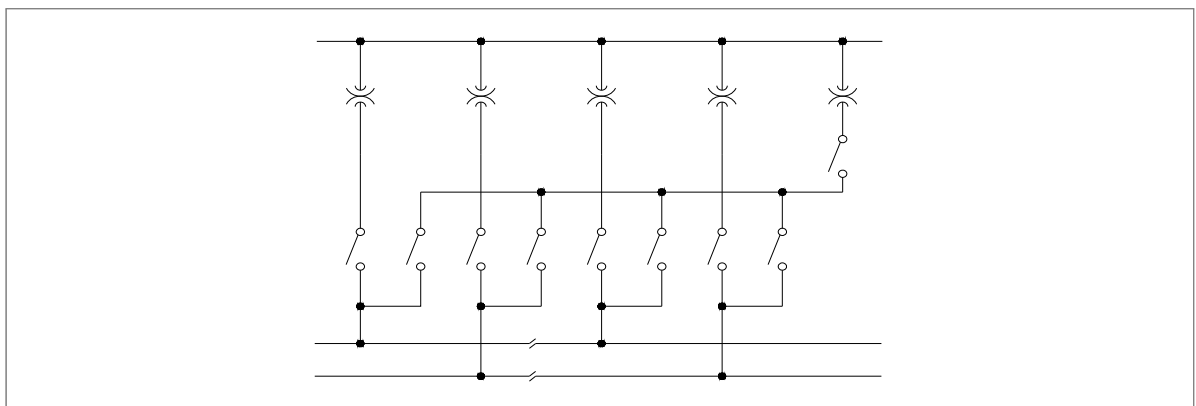
2) 선정조건

- 노선의 운영조건
- 사고범위의 최소화
- 경제성 및 계통신뢰도
- 사고구간처리 및 건전선로 운영

3) 급전방식 검토

가) 상, 하행선 분리급전방식

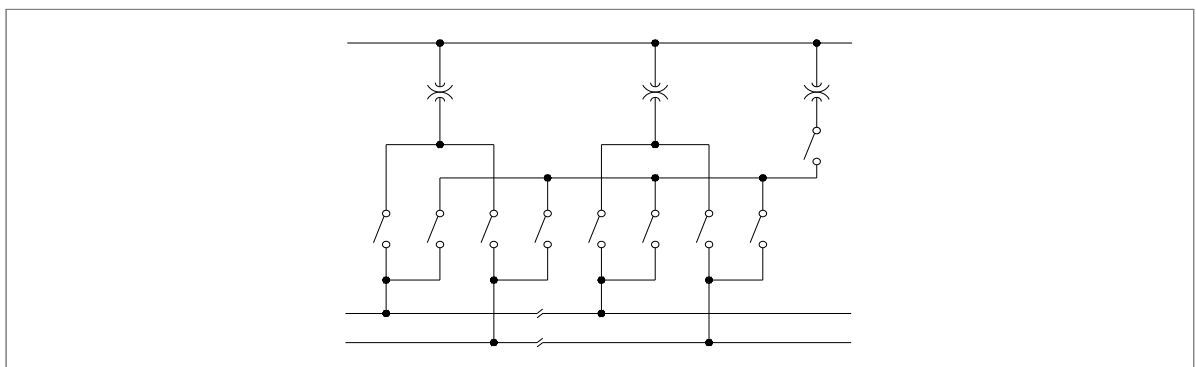
- 구간선로 사고시 계통의 분리작업 없이 사고구간의 건전선로를 이용, 연속운전이 가능하도록 할 수 있는 방식



< 상, 하행선 분리급전방식 >

나) 방면별 일괄급전방식

- 본 방식은 구간선로 사고시 1차적으로 상, 하행선을 모두 차단하고 정상구간의 운전은 사고구간 전단에서 회차하여 정상운전을 하도록 하고, 2차적으로 사고구간내의 건전선로를 이용하여 연속운전 하여야 하나 해당구간의 단로기 조작 후이나 가능한 방식



< 방면별 일괄급전방식 >

다) 급전방식 비교

구분		상, 하행선 분리급전방식	방면별 일괄급전방식
급전회로		• 복잡	• 단순
경제성	장치비	• 많다	• 적다
	변전소 면 적	• 넓다	• 좁다
신뢰성	구 간 사 고	• 단로기 조작 없이 건전선로로 열차 운행 가능	• 단로기 조작 후 건전선로로 열차 운행 가능
	고 장 확 인	• 급전선로별 차단기분리 설치로 고장선로 확인가능	• 좌, 우측선로에 차단기통합 설치로 고장선로 확인곤란
유지 보수	점검항목	• 많다	• 적다
	비 용	• 많다	• 적다
급전구분		• 변전소 앞 및 상, 하선 건넌선 개소	• 변전소 앞 및 상, 하선 건넌선 개소

- 계통 신뢰도를 검토하고 VE/LCC 측면을 감안한다면 사고시 계통의 조작 없이 건전선로에서의 연속운전으로 수송력을 확보할 수 있는 상, 하행선 분리급전 방식을 적용한다.

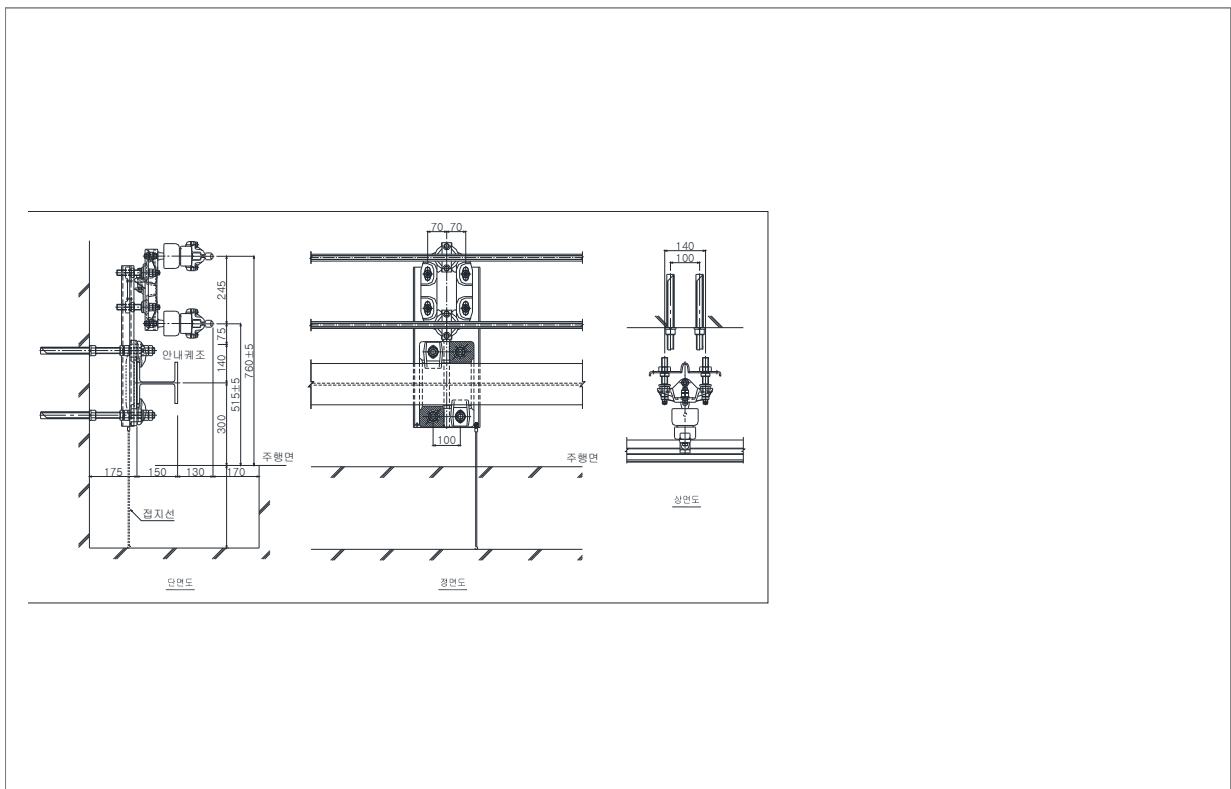
7.5 제3궤조 설비의 구성

7.5.1 제3궤조의 지지간격

- 제3궤조 전차선의 지지물은 도체레일의 특성 중 하나인 온도변화에 따른 신축 및 진동 등을 고려하여 지지금구를 설치하였으며, 도체레일의 지지간격은 이동 등을 고려하여 지지간격을 3[m]를 표준으로 한다.

7.5.2 제3궤조의 지지금구

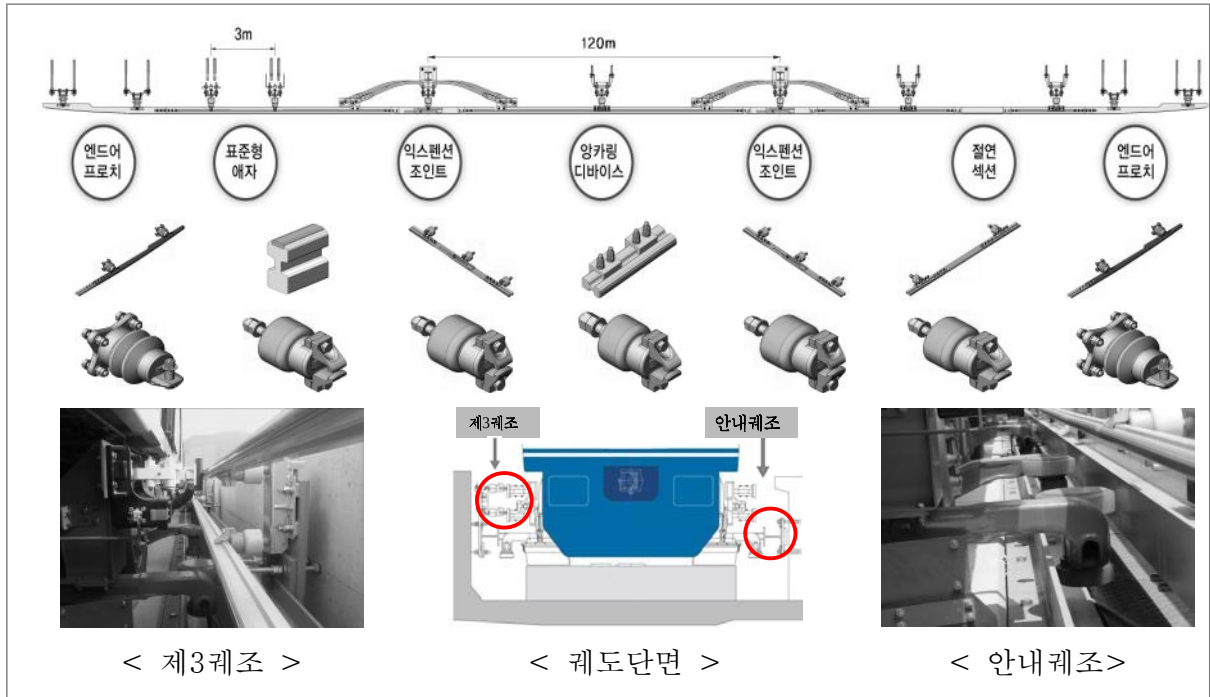
- 제3궤조의 지지금구는 애자 및 도체레일 등을 설치하는 금구로서 궤도편측 측벽을 따라 안내궤조와 병렬로 나란히 설치하며 도체레일 (+)극의 높이는 주행노면에서 760[mm]을 표준으로 하고, (-)극의 높이는 주행노면에서 515[mm]가 되도록 상하의 조정은 슬라이드 용 볼트 및 좌우는 조정볼트에 조정 할 수 있는 형태로 자중 및 외력에 견딜 수 있는 충분한 강도를 가진 구조로 설치하며 제3궤조의 표준 지지금구는 다음과 같다.



< 제3궤조 표준지지금구 >

7.5.3 설비별 구성

1) 설비의 개념도



2) 도체레일

- 알루미늄/스테인리스(Al/SUS) 복합 강체 전차선으로 차량에 전력을 공급하기 위한 도체레일 표준단위 길이는 12m
- 궤도 편측 측벽을 따라 좌우 이행하여 안내궤조와 병렬로 나란히 설치

구 분	형식 및 규격	비 고
관련규격	• KS D 6759, KS D 3706, KS D 3705	
저 항	• 0.0248 ohm/km	DC (20℃)
전류용량	• 1,700A급	
규 격	• 높이 : 75mm, 폭 : 25mm, 단위길이 : 12m	
단 면 적	• 알루미늄 1,365mm ² , 스테인리스 113mm ²	
기 능	• 차량의 집전장치를 통해 차량에 전력 공급	



< 도체레일 >

3) 연결판

- 전차선과 전차선간을 전기적, 기계적으로 연결시켜주기 위한 부속품으로 전위차를 최소화하기 위하여 전차선과 동일한 알루미늄 재질로 설치

구 분	형식 및 규격	비 고
관련규격	• KS D 6759	
전류용량	• 1,700A급	
규 격	• 단위길이 : 280mm	
재 질	• 알루미늄	
기 능	• 전차선과 전차선을 기계적으로 연결	



< 연결판 >

4) 익스펜션 조인트

- 주위온도의 변화에 의한 전차선의 신축량을 흡수하기 위한 구성품으로 설치위치의 주위온도 변화율을 감안하여 120m 이내로 일정한 간격을 유지

구 분	형식 및 규격	비 고
관련규격	• KS D 3698	
전류용량	• 1,700A급	
규 격	• 단위길이 : 1,080mm	
재 질	• 스테인레스	
기 능	• 온도변화에 의한 전차선의 신축을 흡수하는 장치	

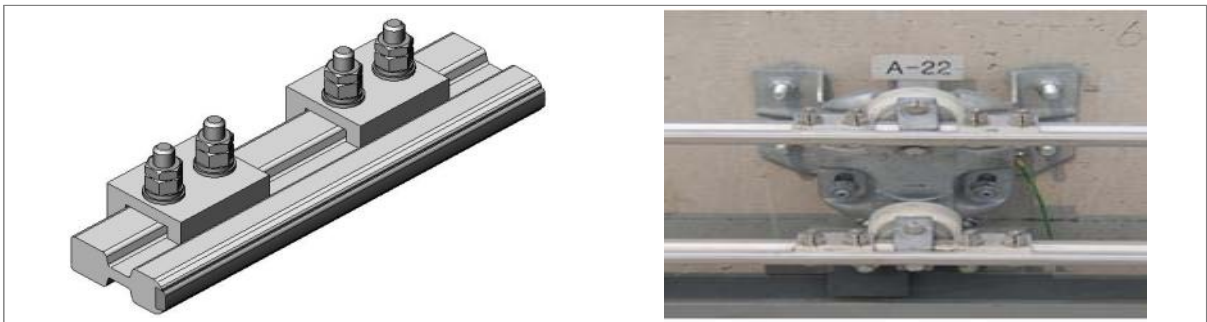


< 익스펜션 조인트 >

5) 앙카링 디바이스

- 전차선의 유동에 대하여 고정시키는 구성품으로, 온도 변화에 의한 전차선 전체의 유동과, 차량의 주행 시 집전장치의 횡압력에 의하여 밀림 현상에 대하여 전차선을 고정시켜주는 기능
- 익스펜션 조인트와 익스펜션 조인트의 사이 절연섹션의 양 끝단
- 엔드 어프로치와 익스펜션 조인트의 사이

구 분	형식 및 규격	비 고
관련규격	• KS D 6759	
전류용량	• 1,700A급	
규 격	• 가로 : 70mm, 세로 : 58.5mm	
재 질	• 알루미늄	
기 능	• 차량의 진행방향에 의한 유동 및 밀림방지 고정 장치	



< 앙카링 디바이스 >

6) 엔드 어프로치

- 전차선의 시점과 종단부에 설치하며, 차량의 집전장치가 전차선으로 진입 및 이탈 시 집전장치와 전차선 사이에서 원활한 접촉 및 이탈을 위하여 설치한다. 또한 섹션의 기능으로 급전을 구분하는데 사용

구 분	형식 및 규격	비 고
관련규격	• KS D 3503	
전류용량	• 1,700A급	
규 격	• 단위길이 : 1,670mm	
재 질	• SS400(일반구조용 압연강)	
기 능	• 집전장치와 전차선 접촉 시 충격흡수 작용	



< 엔드 어프로치 >

7) 절연섹션

- 급전선로의 운영 및 관리상 사고발생 시 일정구간을 전기적으로 절연시켜야 할 필요성에 의하여 설치하며 열차의 주행속도에 영향이 없는 구조로 구성하며, 전기적으로 급전구간을 구분하기위하여 설치

구 분	형식 및 규격	비 고
전류용량	• 1,700A급	
규 격	• 단위길이 : 970mm	
재 질	• 절연강화목/스테인리스	
기 능	• 전기적으로 전차선간 정전구간을 구분하기 위한 장치	

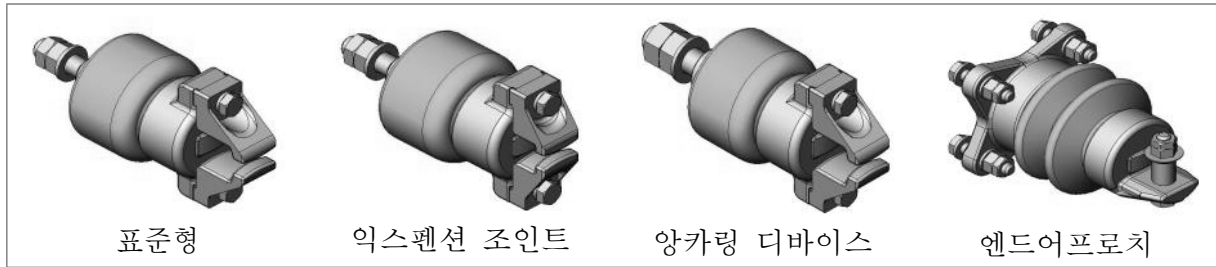


< 절연섹션 >

8) 지지애자

- 지지애자는 지지구조물과 전차선사이에 절연을 시켜주는 구성품으로, 전차선에 걸리는 전기적 기계적 하중에 대하여 견딜 수 있는 강도를 가지며 표준형, 익스펜션 조인트용, 양카링용, 엔드어프로치용 등 4가지 종류를 사용

구 분	형식 및 규격	비 고
관련규격	• KS C 3801, KS C 3802, KS D 0201	
전류용량	• 1,700A급	
재 질	• 자기(Porcelain)	
기 능	• 전차선과 선로장치와의 전기적 절연 및 전차선 지지	



< 지지애자 >

7.6 제3궤조 시공표준

7.6.1 개 요

- 제3궤조 전차선로 시공표준은 본선(지하 및 지상) 및 차량기지 등의 각 구간별 시공표준은 동일한 조건으로 구성된다.

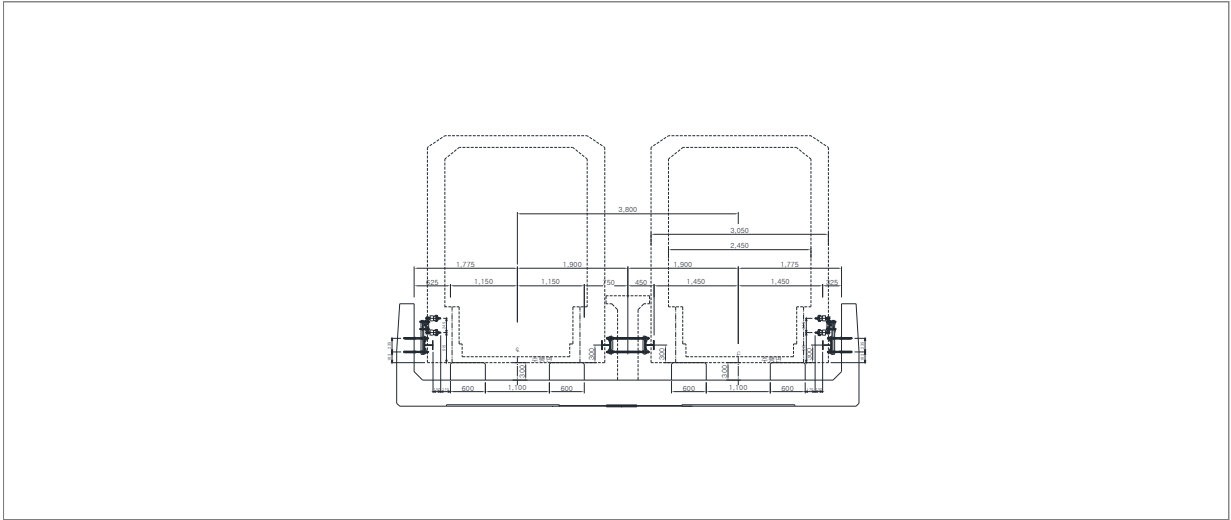
7.6.2 가선구조

항 목	형식 및 규격		비 고
가선방식	• 제3궤조 가선방식		
집전방식	• 측면접촉방식(측방안내방식)		
급전방식	• 상, 하행선 분리급전방식		DC 750[V]
급 전 선	• HF-CO 400[mm ²] : 정급전선 및 부급전선		12[m]
도체레일	• 알루미늄	• 1,365[mm ²]	1,700[A]
	• 스텐인리스	• 113[mm ²]	

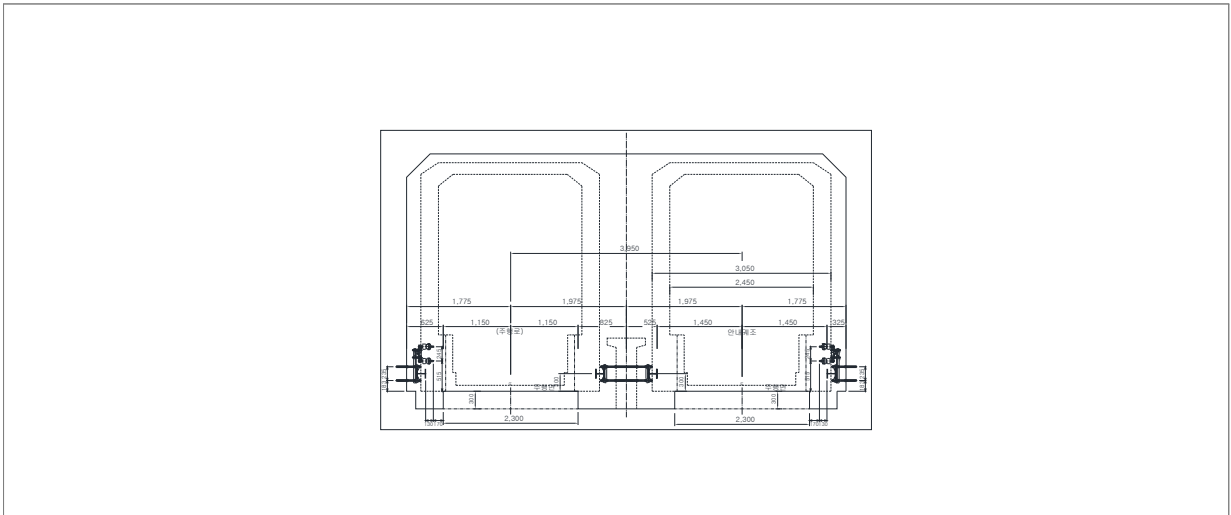
7.6.3 시공표준

항 목	시공기준		비 고
도체레일 높 이	• + 극	• 760[mm]	주행노면 기준
	• - 극	• 515[mm]	
도체레일 길이	• 12[mm]		
도체레일 포설	• 이행구간	• 5[m] 이상	엔드어프로치 길이 제외
	• 절연구간	• 19[m] 이하	
도체레일 구배	• $\pm 2\%$		
지지금구	• 표준	• 3[m]	곡선반경에 따라 변경
	• 급전구간	• 1.5[m]	급전선 접속점 좌, 우60[m] 기준
	• 절연섹션	• 2[m]	양카링과 양카링간 절연섹션
익스펜션 조인트	• 120[m]		
엔드어프로치	• 길이 : 1,670[mm], 각도 : $^{\circ}4^{\circ}$		
양카링 디바이스	• 양카링 디바이스	• 120[m] 이내	익스펜션 조인트 사이
	• 익스펜션 조인트	• 60[m] 이내	익스펜션 조인트와 양카링 간격
	• 엔드어프로치	• 60[m] 이내	

7.6.4 시공단면도



<지상구간 표준 단면도>



<지하구간 표준 단면도>

7.7 제3궤조 도체레일 재질 검토

7.7.1 개 요

- 제3궤조 전차선로의 도체레일은 차량의 집전장치와 접촉(습동)하여 차량에 전력을 공급하는 도체로서 일반적으로 알루미늄/스테인리스 복합강체와 알루미늄과 동 또는 일반강체의 3종류로 내식성 및 도전율이 우수한 도체레일을 선정 검토 한다.

7.7.2 도체레일 검토

1) 알루미늄/스테인리스 복합강체

- 제동과 비교해 알루미늄은 비교적 도전율이 좋고 경량의 도전재로서 경제성이 좋은 반면 마모성에 문제가 있어 마모에 대한 문제를 해결하기 위하여 알루미늄/스테인리스의 기계적 결합구조인 복합 강체를 이용
- 주도전체에 있어 알루미늄 합금을 사용하여 도전율, 중량, 가격 등에 유리
- 집전부에 스테인리스를 사용하여 내마모 특성이 우수
- 구성 재료에 알루미늄과 스테인리스를 사용하여 내식성이 우수
- 경량이면서 레일형상이어서 취부 및 취급이 용이

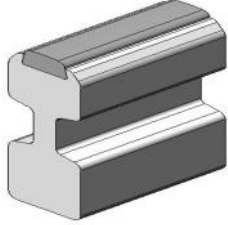
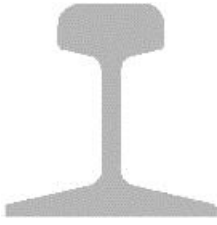
2) 알루미늄/동

- 이미 각종 커티너리식의 전차선을 비롯하여 모노레일 등에 널리 사용
- 동은 트롤리에 있어 많은 사용 실적이 있으나, 가격이 고가임
- 마모로 인한 전차선 수명이 짧아지는 단점

3) 일반강재

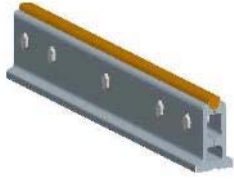
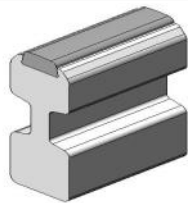
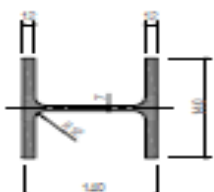
- 일반강(鋼)은 기계적 강도가 크고, 내마모 특성이 좋아 오래전부터 지하철의 -급전레일 용으로 사용
- 도전율이 작아 동일 도전율당 단면적은 동의 3배 이상 되고 이로 인하여 중량 및 체적이 커짐
- 지지배자 등의 대형화에 따른 여러 가지 문제점을 유발
- 전차선으로서 내식성에 약하므로 부식으로 인하여 접촉저항이 증가 요인

4) 도체레일 비교

구 분		알루미늄/스테인리스 복합강재	알루미늄/동	일반강재
형 태				
재 질	습동부	• 스테인리스	• 동	• 철
	도전부	• 알루미늄 합금	• 알루미늄 합금	
내마모성		• 우수	• 보통	• 우수
내 식 성		• 우수	• 보통	• 나쁘다
전기적 특성		• 우수	• 우수	• 보통
기계적 특성		• 보통	• 우수	• 나쁘다
가 공 성		• 우수	• 보통	• 나쁘다
특 징		• 내마모성/내식성 우수 • 대용량 통전 가능 • 경량화가 가능하며 취급이 용이 • 곡선 밴딩이 용이	• 습동면이 작아 마모면이 작음 • 습동면의 교환이 필요	• 마모특성이 우수 • 외부손상에 강함 • 도전율이 나쁘다

- 제3조 도체레일은 재질 면에 있어서는 알루미늄이 도전율, 중량, 가격, 내식성, 가공 등에 있어 주 도전재로서 좋으나 동보다는 기계적인 특성이 약함.
- 형상은 레일 형상이 우수하고 재질은 내식성이 우수한 알루미늄과 스테인리스를 접합한 구조가 내마모성이 우수
- 전기적인 특성면에 있어서도 우수하므로 알루미늄/스테인리스 복합강재 전차선으로 선정

5) 도체레일 적용사례

구 분	형상	개요	재질	적용사례
관형		Aluminum bar에 동 (Copper) 도체를 삽입하고 Bolt로 고정하는 방식	Al & Copper	자기부상
레일형		Aluminum bar에 스테인레스(Stainless) 스틸을 압착 및 용접하여 부착하는 방식	AL + STS	김해, 용인, 인천, 우이신설
I형		전차선은 알루미늄과 스테인리스를 사용한다. 몸체는 알루미늄 표면에 스테인리스 스틸을 코팅한 방식	AL + STS	부산
T형		T-Bar를 제작하여 홈에 전차선을 끼워서 고정하는 형식으로 Long Ear의 불량 시공으로 발생하는 국부마모현상이 현저히 줄어들어 유지보수 측면에서 유리	Al T-Bar + Cu	대구지하철 3호선
레일형		전차선은 H beam으로 습동하는 방식	HEB140 STEEL	의정부

7.8 급전계통 검토

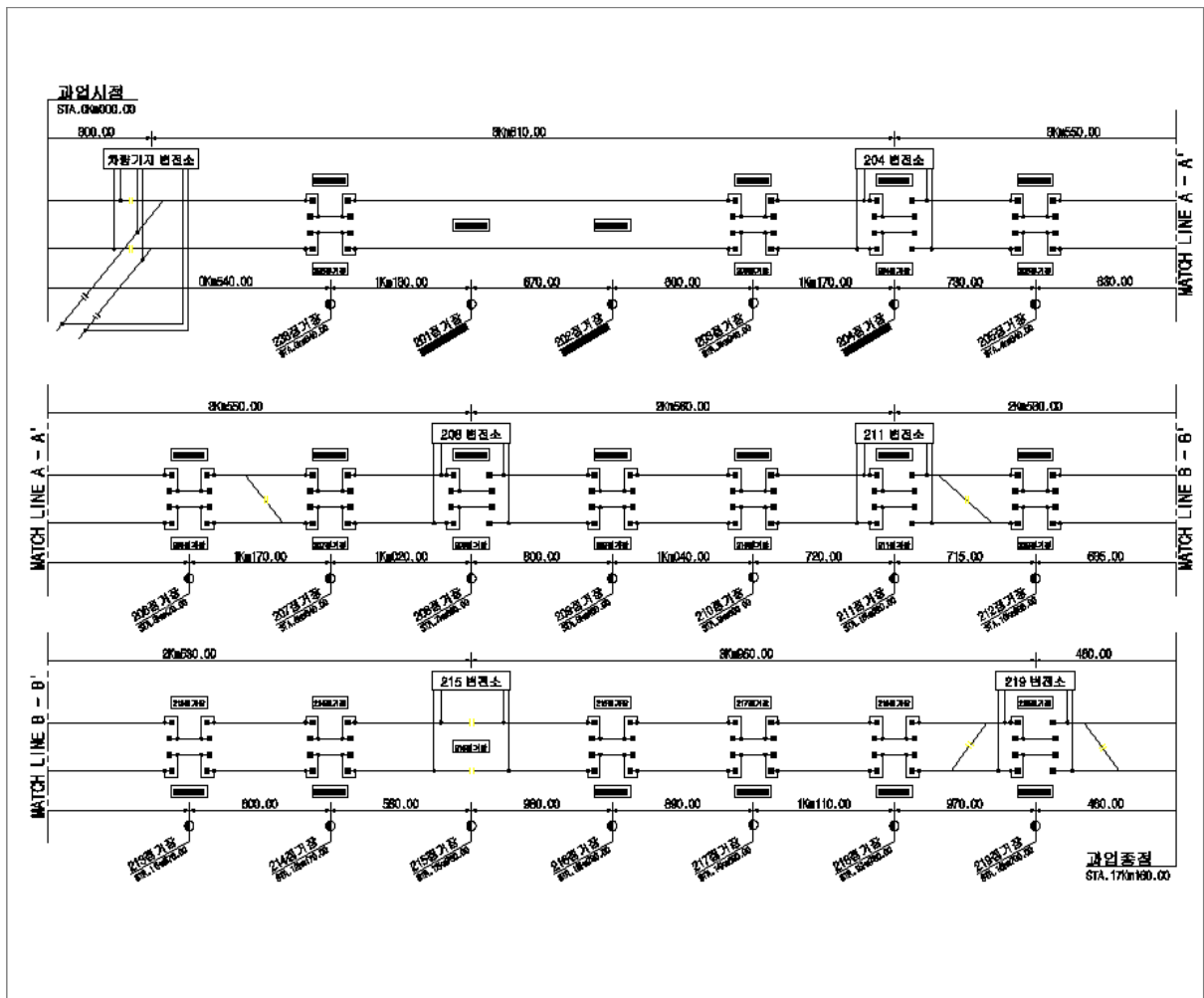
7.8.1 개 요

- 급전계통은 급전방식과 변전소의 위치에 따라 섹션의 위치가 결정되며 급전범위를 고려하여 급전 계통설정
- 선로의 지락, 단락 사고 발생 시 전차선 일부를 단전 시켜야 될 경우 정전으로 인한 영향을 최소화 할 수 있도록 운전 계통, 급전 방법 등을 미리 예상하여 전차선에 급전 또는 정전이 가능토록 계통을 분리구성

7.8.2 급전계통

1) 본선 급전계통

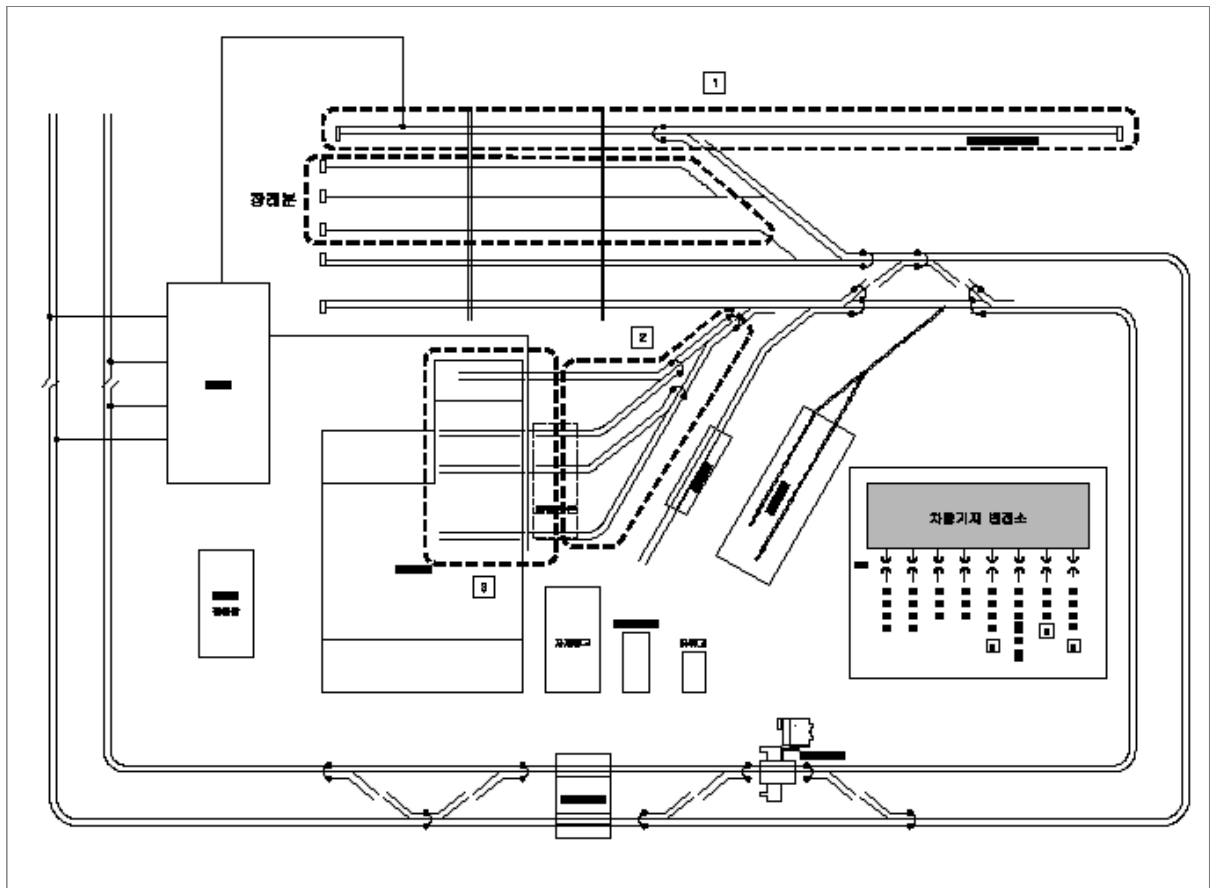
- 본선의 급전구분은 상·하선별로 구분하고 각 변전소 앞에 섹션을 설치하여 급전구간을 구분



<본선 급전계통도>

2) 차량기지 급전계통

- 기지 내는 주공장, 검수고, 유치선 등이 위치하므로 선로별, 군별, 기능별로 급전을 구분하고 선별 기능이 필요한 구간은 단로기를 설치하여 현장여건에 맞게 투입 및 개방 적용
- 입출고선과 차량기지는 절연섹션을 사용하여 구분
- 검수고 입구에는 급단전표시 등을 설치하여 전원의 투입, 개방을 확인할 수 있도록 적용



<차량기지 급전계통도>

7.9 제3궤조 비상전력차단 설비

7.9.1 개 요

- 제3궤조는 도체레일이 주행레일 측면에 설치되어 고압의 전력으로부터 선로에 작업자가 긴급히 내려갈 필요가 있거나 승객이 비상시 주행레일을 대피시설로 이용할 수 있으므로 도체레일에 의한 감전사고 위험이 높아 이에 대한 예방조치가 필요 함.

7.9.2 관련규정

1) 국내규정

구 분	관 련 규 정	비 고
도시철도건설규칙	전차선이 제3레일방식인 경우에는 승강장·궤도·차량기지 등에 승객·승무원·역무원·보수점검원 등이 고압에 감전되는 위험을 최소화할 수 있도록 적절한 설비를 갖추어야 한다.	제42조 3항
도시철도운전규칙	도시철도운영자는 공사나 그 밖의 사유로 선로를 차단할 필요가 있을 때에는 미리 계획을 수립 한 후 그 계획에 따라야 한다. 다만, 긴급한 조치가 필요한 경우에는 운전 업무를 총괄하는 사람(이하 “관제사”라 한다)의 지시에 따라 선로를 차단 할 수 있다.	제41조

2) 국외규정

구 분	관 련 규 정	비 고
미국방화협회 (NFPA-130)	- BLS(Blue Light Station) : BLS는 다음위치에 설치 - 정거장 승강장의 끝부분 - 횡단개소 - 비상탈출구 - 변전소 - 지하본선구간은 운영자의 요구에 의한다.	6.2.7 항

- BLS는 선로에 청색등으로 위치를 표시하며, 비상점검자 또는 승인된 사람에 의하여 통합사령실과 의사소통 및 해당구간에 급전차단을 할 수 있는 설비

7.9.3 비상전력차단설비 검토

1) 열차운영 조건

- 정거장구내 승강장에서 PSD(스크린도어)에 의해 본선과 차단되어 있고, 종합관제실의 승인 하에 출입가능

- 열차 운행차량 중 비상상황이 발생 시에도 비상전력을 차단하지 않고 인접한 승강장으로 탑승한 승객을 대피
- 운행 중인 차량 내에 폭발 또는 화재발생의 경우 차량내의 화재발생경보 또는 비상통화 장치에 의한 상황판단에 따라 통합사령실에서 운행 중인 차량의 비상정지와 함께 해당구간 급전차단으로 승객이 본선(주행레일)으로 대피할 수 있는 시스템 구축.

2) 비상전력차단(BLS)설비의 필요성

- 일반적으로 전차선로는 가공가선방식인 반면 제3궤조의 도체레일은 주행레일 측면에 설치되어 감전 사고에 노출이 되어 비상시 승객대피에 안전을 확보할 수 있는 시스템 구성
- 유지보수 작업자가 비상선로 점검시 감전 위험이 높으므로 선로의 급전상태 파악하기 위함.
- 정거장 구내 승강에서 스크린도어(PSD) 고장으로 인하여 승객이 선로 쪽으로 추락시 전기적인 위험으로부터 보호하기 위함.

3) 비상전력차단설비

가) SCADA 시스템에 의한 비상전력차단

- 일반적으로 도시철도(경량전철)의 전력계통 운영은 통합사령실에서 원격 차단시스템을 구성하여 통합관리 하며 비상상황에 비상통화 장치에 의해 상황판단에 의한 차량 비상정지 및 해당구간(변전소와 변전소간 급전구간) 급전차단 시행

나) SCADA 시스템 및 BLS에 의한 비상전력차단

- BLS 시스템은 열차운행시 비상상황이 발생 시에 통합사령실에 상황보고 및 현장에서 해당구간 급전차단 시행

다) 비상전력차단설비 적용사례

구 분	시스템 구축		비 고
	SCADA 시스템 및 BLS에 의한 비상전력차단	SCADA 시스템에 의한 비상전력차단	
인천 2호선	○	—	
대구3호선	—	○	비상열차정지시스템 구축(신호)
부산4호선	—	○	비상열차정지시스템 구축(신호)
용인경전철	○	—	
의정부경전철	○	—	
김해경전철	—	○	
우이~신설	○	—	

라) 비상전력차단설비 설비

구 분	시스템 구축		비 고
	SCADA 시스템 및 BLS에 의한 비상전력차단	SCADA 시스템에 의한 비상전력차단	
개 요	• 통합사령실 및 현장 해당구간 급전차단	• 통합사령실에서 급전차단	
전원차단	• 원격 : 통합사령실 SCADA 시스템 및 BLS 시스템 • 정거장 및 변전소의 현장 BLS 시스템	• 원격 : 통합사령실 SCADA 시스템 • 수동 : 변전실(고속도차단기)	
경 제 성	• 고가	• 저렴	
유지보수성	• 상대적으로 불리	• 상대적으로 유리	
감전위험	• 통합사령실 및 현장차단으로 상대적으로 적음	• 통합사령실 일괄차단으로 위험	
PSD연동	• PSD(스크린도어) 비정상적 작동 및 강제적으로 열릴 경우 해당구간 통합사령실 및 현장 BLS에서 급전차단 가능	• PSD(스크린도어) 비정상적 작동 및 강제적으로 열릴 경우 해당구간 통합사령실에서 급전차단 가능	
비상상황 열차운행	• 운행차량에 비상상황 발생시 급전차단하지 않고 인접한 승강장으로 대피 • 열차화재시에 통합사령실 및 해당구간에서 BLS 전원차단 후 승객대피	• 운행차량에 비상상황 발생시 급전차단하지 않고 인접한 승강장으로 대피 • 열차화재시에 통합사령실에서 해당구간 전원차단 후 승객대피	
특 징	• 전력 비상차단설비 2중화로 비상상황에 전력공급을 현장에서 임의로 차단시키면 운행선구에 불가피한 혼란이 발생	• 통합사령실에서 일괄 제어하므로 비상상황 발생시에도 운행선구에 혼란을 예방	

- 비상전력차단설비는 통합사령실에서 일괄 전원차단과 통합사령실 및 현장에 전원차단방식을 검토한 결과 승객의 안전을 고려할 경우에는 현장에서 비상상황에 신속한 사고대체를 위하여 SCADA 시스템 및 BLS에 의한 비상전력차단으로 이중화 설비를 구성하는 것이 안전하므로 국내법상 긴급한 조치가 필요한 경우에는 운전업무를 총괄하는 사람(이하 “관제사”라 한다)의 지시에 따라 선로를 차단 할 수 있으므로 SCADA 시스템 및 BLS에 의한 비상전력차단 연계한 시스템을 구성 적용하는 것이 타당하다.

7.9.4 비상전력차단(BLS)의 구성

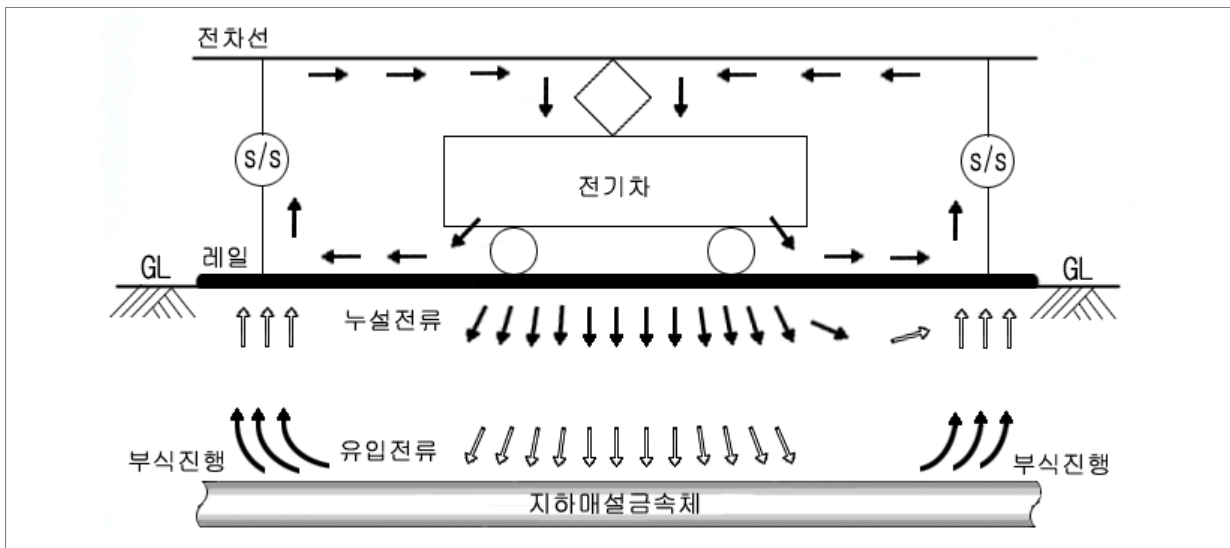
1) 기능 및 구성

구 분		통합 관제실	변 전 소	정거장/차량기지
형 상				
기 능		정거장, 변전소, 차량기지에서 비상전력차단(BLS) 요청에 의한 해당구간 전력차단	통합 사령실에 비상전력차단(BLS) 요청	- 정거장구간은 통합 사령실에 비상전력차단(BLS) 요청 - 차량기지는 사전협의 후 유지보수자의 작동으로 작업구역 전력차단
구 성	차 단	○	—	—
	청 색 등	—	—	○
	전 화	○	○	○
	경 보	○	—	—

7.10 제3궤조 설비의 전식영향 및 방지대책

7.10.1 개 요

- 전식이란 지하 구조물이나 배관 등이 전기의 흐름으로 인해 부식되는 것을 말한다. 이는 매설배관에서 발생하는 부식의 원인 중 가장 큰 비중을 차지하는 것으로서 특히 직류도시철도의 주행레일을 부극전선(-)으로 운용되고 있는 철제차륜의 경우 선로 부근 가스관의 전식 피해는 대형사고의 원인이 될 수 있기 때문에 방지대책을 검토.



<전식의 개념도>

7.10.2 절연관련 법규 및 설계기준 조사

- 1) 전기설비 기술기준의 판단기준(제259조 직류식 전기철도용 전차선로 절연저항)
 - 직류식 전기철도용 전차선로의 절연 부분과 대지간의 절연 저항은 사용전압에 대한 누설전류가 궤도의 연장 1km마다 가공 직류 전차선(강제조가식을 제외한다)은 10mA, 기타의 전차선은 100mA를 넘지 아니하도록 유지하여야 함
- 2) 고무차륜형식 경전철지침(제4장 설비 제1절 전기설비 제42조 전식방지대책)
 - 전차선에는 누설전류에 의하여 케이블, 금속제지, 중관로 및 선로구조물 등에 미칠 장애를 방지하기 위한 적절한 시설을 설치하여야 함

7.10.3 부식의 원인

- 지중 매설 금속관로가 습기와 접촉함으로써 토양이 가지고 있는 지전위, 산성도 및 대지 저항률의 영향으로 자연적으로 부식
- 전기적 부식은 레일을 귀선으로 사용하는 직류 전차선로 시스템에서만 발생
- 직류전원이 레일을 통해 누설전류를 발생시켜 레일주위에 매설된 가스배관, 기타철구조물

에 유입되어 파공 및 금속이 이온으로 떨어져 나가는 현상이 발생

7.10.4 전식방지 대책

- 광주도시철도2호선에 적용되는 차량은 고무차륜 방식으로 제3궤조의 도체레일은 정급전선(+)와 부급전선(-)을 안내레일과 병렬로 나란히 가설되는 측방안내방식으로 도체레일은 절연체인 지지애자를 통하여 대지사이를 완전 절연하므로 철제차륜방식과 달리 레일을 귀선회로로 사용하지 않아 레일을 통한 누설전류가 발생되지 않으므로 전식에 의한 영향이 없다.