발 간 등 록 번 호
11-1613000-002857-01

제2종
철도차량운전면허 표준교재

OPEN 출처표시 상업용금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

도시철도 시스템 일반



국토교통부

제2종
철도차량운전면허 표준교재

OPEN 출처표시 상업용금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

도시철도 시스템 일반



국토교통부

발간사

근대화의 여명기에 출발한 한국 철도의 시작은 일제 강점기와 한국전쟁의 격변기를 거치면서도 꾸준히 발전하여 산업화 시대의 중추적 역할을 감당하여 왔습니다. 초창기 증기기관차로 시작한 동력기관차는 디젤기관차와 산업선의 전기기관차로 발전하여, 현재 고속철도의 대중화 시대로 접어들고 있습니다. 국가경제의 성장은 인구의 대도시 집중과 교통수요의 증가를 가져왔으며, 이에 새로운 대중교통 체계를 필요로 함에 따라, 1974년에 전기동차를 도입하여 우리나라 최초의 서울지하철 1호선과 인천과 수원을 연결하는 수도권 전철을 개통하게 되었습니다. 이후 수도권 지하철망의 확충과 더불어 지방광역도시인 부산, 인천, 대구, 광주, 대전에서도 지하철이 개통함에 따라 바야흐로 대중교통의 도시철도 시대가 도래하였으며, 현재는 지역별 경량 전철과의 연계 및 도로 교통과의 환승체계를 이용하여 세계에서 가장 우수한 도시교통 네트워크 시스템을 운영할 수 있게 되었습니다.

도시철도의 확대와 고속철도의 대중화 등으로 안전한 열차 운행을 필요로 하였기 때문에, 국토교통부에서는 2005년 철도안전법을 새롭게 제정하면서 안전운행에 가장 중요한 역할을 담당하는 기관사 면허를 국가자격으로 전환해 철도차량 운전면허제도를 시행하여 운전면허를 가진 사람만이 철도차량 운전 업무를 수행할 수 있도록 하였습니다. 철도차량 운전면허의 종류도 고속철도차량, 제1종 전기차량, 제2종 전기차량, 디젤차량, 철도장비 차량, 노면전차 6개 분야로 세분화하여 차량 종류별 전문 기관사를 양성하여 철도차량 안전운행을 위해 최선을 다하고 있습니다.

철도차량 운전면허 취득의 기회는 모든 국민에게 개방되어 있지만, 사전 준비과정이 필요합니다. 제2종 전기차량 운전면허는 국가로부터 지정된 철도차량 운전교육훈련기관에서 철도안전법령에 규정된 교육을 받고 시험에 합격하면 취득할 수 있는 면허입니다. 제2종 전기차량 운전면허 교육의 모델은 수도권 광역철도인 한국철도공사 4호선의 운행구간과 전기동차를 기본으로 하고 있습니다. 지금까지는 대부분의 교육훈련기관이 한국철도공사와 서울교통공사 인재개발원의 교육 교재를 기본으로 각

교육훈련기관 자체로 집필된 교재를 사용하여 왔습니다만, 철도차량 운전을 위한 기본 소양과 기초지식을 강화하고 교육생들이 보다 쉽게 공부할 수 있는 교재의 발간 요구가 있어 국토교통부에서 제2종 전기차량 운전면허 교육과정에 필요한 표준교재를 개발하였습니다. 표준교재는 철도관련법과 운전관련규정, 도시철도시스템, 전기동차의 구조 및 기능, 운전 이론, 비상시 조치, 기능 교육에 대한 내용으로 구성되어 있으며, 도시철도 운전업무 종사자가 갖추어야 할 자질로서 기본적인 내용부터 전문적인 부분까지 학습할 수 있도록 구성되어 있습니다. 철도관련 교육훈련기관 및 학교는 물론 현업에서 제2종 철도차량 운전업무에 종사하고 있는 기관사분들도 이 교재를 활용함으로써 향후 철도인의 안전의식과 기술적 자질을 높일 수 있을 것으로 기대하고 있습니다.

도시의 교통망은 사회의 유기체적 조직과 같아 계속 변화되고 발전을 추구합니다. 이러한 변화와 발전에 도시철도는 대중교통의 핵심이며, 이미 포화상태에 이른 도로교통의 해결점입니다. 철도운영기관에서의 근무를 희망하는 교육생 여러분께서 이 표준교재를 열심히 공부하여 원하는 목표를 달성하시기 바라며, 우리나라의 도시철도를 포함한 모든 철도분야에 도움이 되어 한국 철도가 세계화로 나아가는 큰 발전을 이룰 수 있기를 희망합니다.

아울러 표준교재 제작에 참여하신 집필진과 검토진, 한국교통안전공단의 편찬진 여러분의 노고에 감사의 말씀을 드리며 국민에게 봉사하며 안전한 한국 철도의 위상이 더욱 확립 되도록 최선을 다하고 노력 하겠습니다.

2020년 12월

철도안전정책관 강 희 업

표준교재 이용 및 저작권 안내

표준교재의 저작권

이 표준교재는 「저작권법」 제24조의2에 따른 국토교통부의 공공저작물로서 별도의 이용 허락 없이 자유이용이 가능합니다.

다만, 이 표준교재는 “공공저작물 자유이용허락 표시 기준(공공누리, KOGL, www.kogl.or.kr) 제2유형  ”에 따라 공개하고 있으므로 다음 사항을 준수하여야 합니다.

1. 출처의 명시
2. 상업적 이용 금지

표준교재의 이용 및 주의사항

이 표준교재는 철도운전업무 종사자에게 필요한 기본적인 지식을 모아 제시한 것이며, 철도종사자를 양성하는 전문교육기관 등에서는 이 표준교재에 포함된 내용 이상을 해당 교육과정에 반영하여 활용할 수 있습니다.

또한, 이 표준교재는 「저작권법」 및 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따른 공공저작물 또는 공공데이터에 해당하므로 관련 규정에서 정한 범위에서 누구나 자유롭게 이용이 가능합니다.

그리고 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 다라 이 표준교재를 발행한 국토교통부는 표준교재의 품질, 이용하는 사람 또는 제3자에게 발생한 손해에 대하여 민사상 · 형사상의 책임을 지지 아니합니다.

표준교재의 정정 신고

이 표준교재를 이용하면서 다음과 같은 수정이 필요한 사항이 발견된 경우에는 철도자격 관리시스템(lic.kotsa.or.kr/rlm/)으로 신고하여 주시기 바랍니다.

- 철도안전법 등 관련 규정의 개정으로 내용 수정이 필요한 경우
- 기술된 내용이 보편 타당하지 않거나, 객관적인 사실과 다른 경우
- 오탈자 및 앞뒤 문맥이 맞지 않아 내용과 의미 전달이 곤란한 경우
- 관련 삽화 등이 누락되거나 추가적인 설명이 필요한 경우

※ 주의 : 표준교재 내용에는 오류, 누락 및 관련 규정 미반영 사항 등이 있을 수 있으므로 의심이 가는 부분은 반드시 정확성 여부를 확인하시기 바랍니다.

목차 CONTENTS

1장 도시철도 총론 1-1

1.1 개요 1-2
1.2 도시철도의 정의 및 특징 1-3
1.3 도시철도의 역사 1-6
1.4 국내 도시철도의 현황 1-7

2장 철도 안전 2-1

2.1 개요 2-2
2.2 안전의 이해 2-7

3장 영업 일반 3-1

3.1 도시철도 영업 개요 3-2
3.2 도시철도 법령 체계 3-6
3.3 도시철도 열차 운영 3-9
3.4 도시철도 역 운영 3-18
3.5 도시철도 안전 관리 3-21

4장 운전 일반 4-1

4.1 운전 일반 4-2
4.2 운전 취급 4-9
4.3 철도 시스템 4-14
4.4 철도 동력차 에너지원에 따른 동력 발생 원리 4-17
4.5 궤도 교통의 종류 4-21

5장 차량 일반 5-1

5.1 전기동차 현황 5-2
5.2 전기동차 일반 5-7
5.3 전기동차 구성 5-22
5.4 전기동차 유지 관리 5-35

6장 신호 일반 6-1

6.1 철도신호제어 설비 6-2
6.2 열차진로제어 설비 6-13
6.3 열차운행제어 설비 6-50

7장 전기 설비 일반 7-1

7.1 전기철도 일반 7-2
7.2 전차선로 설비 7-19
7.3 변전 설비 7-46
7.4 원격제어장치(SCADA) 7-53
7.5 경량전철 전기시스템 7-57

8장 토목 일반 8-1

8.1 철도선로(鐵道線路) 8-2
8.2 궤도(Track) 8-31

9장 정보 통신 일반 9-1

9.1 정보 통신 개요 9-2
9.2 통신선로 9-7

목차 CONTENTS

9.3 전화 설비 9-11
9.4 열차 무선설비 9-15
9.5 영상 감시 설비 9-25
9.6 행선 안내 설비 9-28
9.7 방송설비 9-31
9.8 역무 자동화 설비 9-34

10장 관제 일반 10-1

10.1 관제 일반 개요 10-2
10.2 관제 업무 10-3
10.3 열차 통제 10-4
10.4 사고 · 장애 발생 시 조치 10-9
10.5 관제 설비 10-21

11장 노면전차 11-1

11.1 노면전차 시스템 일반 11-2
11.2 노면전차 관련 법령 11-9
11.3 노면전차 차량 시스템 11-24
11.4 노면전차 신호 시스템 11-44
11.5 노면전차 기타 장치 11-57

1장

도시철도 총론



1.1 개요

1.2 도시철도의 정의 및 특징

1.3 도시철도의 역사

1.4 국내 도시철도의 현황

1장 도시철도 총론

1.1 개요

도시철도 시스템 일반은 총론부터 노면 전차까지 총 11개의 장으로 구성되어 있다. 각 장의 내용을 요약하면 다음과 같다.

1장 '총론'은 도시철도에 대한 정의, 역사 및 국내 도시철도 현황으로 구성되어 있다.
2장 '철도 안전'은 철도안전법, 철도 안전 종합 계획 및 철도 안전 관리 체계로 구성되어 있다.
3장 '영업 일반'은 도시철도 운영 기관의 조직 및 영업 부서의 조직과 역할에 대해 기술하고 있는 도시철도 영업 개요, 도시철도 법령 체계에 대한 이해, 도시철도 관제 시스템 및 운영 관제에 대하여 기술하고 있는 도시철도 열차 운영, 도시철도역 운영, 도시철도 안전 관리 및 신(新)교통으로 구성되어 있다.
4장 '운전 일반'은 운전 일반의 개념, 운전 취급(전동차 출고 등)의 이해, 철도 시스템(역, 승강장 등)의 특징, 철도 동력차 에너지원에 따른 원리 및 궤도 교통의 종류로 구성되어 있다.
5장 '차량 일반'은 전기동차의 현황, 일반, 구성 및 유지 관리로 구성되어 있다.
6장 '신호 일반'은 신호 제어 설비의 개요, 열차 진로 제어 설비 및 열차 운행 제어 설비로 구성되어 있다.
7장 '전기 설비 일반'은 전기철도에 대한 정의, 분류 및 구성 요소, 한국 철도의 속도 변화, 전차선로 가선 방식, 구분 장치 및 가공 전차선로로 구성되어 있다.
8장 '토목 일반'은 철도선로(궤간, 곡선 등), 궤도의 주요 요소 및 열차 안전 운전과의 상관 관계 등을 기술하고 있는 궤도로 구성되어 있다.
9장 '정보 통신 일반'은 정보 통신의 개요, 철도 정보 통신 설비 종류(통신선로, 전화 설비, 열차 무선 설비 등), 통신선로(동(銅)케이블, UTP 케이블 등), 및 영상 감시 설비로 구성되어 있다.
10장 '관제 일반'은 열차 통제, 관제 설비 및 열차 제어 모드로 구성되어 있다.
11장 '노면 전차'는 정의, 관련 법령, 차량 시스템, 신호 시스템과 기타장치로 구성되어 있다.

1.2 도시철도의 정의 및 특징

학습목표

☑ 도시철도의 정의, 특징 및 종류를 이해할 수 있다.

[핵심용어]

도시철도, 철도, 도시철도 시설

1.2.1 도시철도의 정의

도시철도(Urban Rail Transit, MRT: Mass Rapid Transit, Metro, Subway)는 국내뿐만 아니라 국제적으로도 관심이 많은 운송 수단이다. 특히 도시철도의 발전에 의해 도시의 발전 방향 및 발전 속도가 좌우될 수 있다. 또한 각국의 경제 활성화를 위한 중요한 사업이 될 수 있으며, 이러한 내용들은 경제적인 측면에서도 다각적으로 분석되고 있다.

'철도'란 철도산업발전기본법(이하 "기본법"이라 한다) 제3조 제1호에 따른 철도로 정의한다. 자세한 내용은 다음과 같다. "철도"라 함은 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설과 철도차량 및 이와 관련된 운영 · 지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말한다.

'도시철도'의 정의는 도시철도법 제2조제2항에 따르면 다음과 같다. 도시 교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통 권역에서 건설, 운영하는 철도, 모노레일, 노면전차, 선형 유도전동기, 자기부상열차 등 궤도에 의한 교통 시설 및 교통수단을 말한다.

또한 '도시철도 시설'이란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 시설(부지를 포함한다)을 말한다.

가. 도시철도의 선로, 역사 및 역 시설(물류 시설, 환승시설 및 역사와 같은 건물에 있는 판매 시설 · 업무 시설 · 근린생활시설 · 숙박 시설 · 문화 및 집회 시설 등을 포함한다.)

나. 선로 및 도시철도차량을 보수 · 정비하기 위한 선로 보수 기지, 차량 정비 기지, 차량 유치 시설, 창고 시설 및 기지 시설

다. 도시철도의 전철 전력 설비, 정보 통신 설비, 신호 및 열차 제어 설비

라. 도시철도 기술의 개발 · 시험 및 연구를 위한 시설

마. 도시철도 경영 연수 및 철도 전문 인력을 양성하기 위한 교육 훈련 시설

바. 그 밖에 도시철도의 건설, 유지 보수 및 운영을 위한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설

1.2.2 도시철도의 특성

(1) 승객과 차량 모두가 안전한 도시철도

전국에 분포되어 있는 도시철도 운영사들이 최우선적으로 목표하는 것이 안전이다. 기존에는 승객들의 안전에만 치우쳐 있었지만, 최근에는 철도 시설의 유지 보수 인력의 사고 등이 발생하면서 도시철도를 구성하고 있는 모든 부분에서의 안전을 최우선으로 하고 있다. 이를 위해 기존의 인적 오류에 의한 사고를 방지하기 위하여 안전 시스템을 고도화하고 다중의 안전 체계를 갖추고 있다.

(2) 정확한 이동 시간을 확인할 수 있는 정시성

최근에는 대도시의 출퇴근 시간뿐만 아니라 도시철도역이 있는 곳은 언제든 교통 정체가 일상화되고 있다. 이를 위해 버스 중앙 차로제, 차량 2부제 운영 등의 다양한 방법들로 교통량을 관리하고자 하지만 현실적인 한계가 있다. 이러한 이유는 제한된 교통 공간을 다양한 교통수단이 공유해야 하기 때문이다. 하지만 도시철도는 독립적인 교통 공간을 이용하기 때문에 최적의 정시성을 확보할 수 있다.

(3) 다른 운송 수단의 환승을 통한 최적의 접근성

도시들이 입체적으로 구성되면서 단일 운송 수단만으로는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해서 다양한 형태의 환승 시스템을 운영되고 있다. 이러한 환경에서 도시철도는 최적의 환승 시스템의 역할을 수행하고 있다. 지하 구간의 도시철도 인프라는 다양한 운송 수단과의 환승이 가능하게 운영되고 있다.

(4) 다양한 콘텐츠가 함께하는 편의성

도시철도역의 전통적인 역할은 열차에 승하차하는 것에 머무르고 있었다. 하지만 최근에는 문화, 경제, 편의 시설 등의 다양한 역할을 수행하고 있다.

1.2.3 도시철도의 종류(차량 종류에 따른 분류)

도시와 위성도시에서 승객들을 이동시켜 주는 모든 종류의 열차를 Urban Rail Transit라고 정의하고 있다. 이러한 도시철도는 아래와 같이 크게 5개 정도의 종류로 구분되어 있다.

1.2.3.1 노면전차(tram, tramcar, trollry, streetcar)

노면전차에 대한 정의는 대표적으로 도시의 도심지와 외곽 지역, 또는 특정 지역 내에서 도로 교통수단과 도로를 공유하여 사용하는 모든 철도 시스템이며, 도로에 다양한 형태의 레일을 설치하고 가공 전차선에서 전원을 공급받는 시스템이다. 노면전차는 도로 교통 규정을 준수하며, 특수한 경우에 철도안전법의 적용을 받고 있다.

1.2.3.2 경전철(LRT: Light Rail Transit)

경전철은 1량 혹은 보통 2~3량 이상의 여객용 열차가 고정된 레일에서 노선의 일부 또는 대부분이 다른 운송 수단과 분리된 교통수단으로 정의된다. 가공 전차선에서 트롤리 폴(trolley pole)이나 팬터그래프를 통해 공급되는 전력으로 구동되고, 기관사가 탑승하여 운행한다(일부 무인운전 운행). 또한 승하차를 위한 고상 승강장이나 저상 승강장(발판을 사용)이 갖춰질 수 있다.

1.2.3.3 모노레일(Monorail)

모노레일은 1개의 레일 또는 빔(beam) 구조물로 제작되어 있는 구조물을 따라 이동하는 철도 시스템이다. 모노레일은 레일과 차량의 형태에 따라 여러 종류로 나누어진다. 대표적으로 현수식과 과좌식으로 나누어지는데, 현수식은 모노레일 차량이 레일 하부에 매달려서 운행하는 방식이고, 과좌식은 레일 위를 모노레일 차량이 운행하는 방식이다.

1.2.3.4 자기부상열차(maglev levitation train)

전기로 인해 발생한 자기력으로 레일에서 낮은 높이로 부상하여, 바퀴를 사용하지 않고 직접 차량을 추진시켜 달리는 열차를 말한다. 기존 전기철도는 바퀴와 레일의 마찰을 통해서 차량을 전진시키는 방식을 취하고 있기 때문에 속도가 빨라질 경우에 차륜(바퀴)이 레일에 밀착되지 않고 공회전하는 경향이 있어, 그보다 더 빠르게 주행하기가 힘들어 더 빠른 속도를 내기 위해서 개발한 것이 자기부상열차이다.

1.2.3.5 무인 궤도 교통(AGT: Automated Guideway Transit)

전용 궤도 위를 주행하는 자동화된 무인운전 교통 시스템이다. 차량은 고무 타이어를 장착하는 장륜(長輪)식이 일반적이지만, 철제차륜과 자기 부상도 포함된다. 궤도는 일반적으로 노면과 차량의 유도를 이끌어 낸다. 고정된 노선 시스템의 사례에서는 철도 노선과 동일하다. 여러 노선을 갖는 시스템에서는 소경(小徑) 바퀴가 안내 도로를 주행하고 기존 자동차처럼 조향 장치를 갖춘다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 도시철도는 (　　), (　　), (　　),(　　)의 특징을 가지고 있다.
2. 도시철도의 종류는 (　　), (　　), (　　), (　　), (　　) 등이다.

1.3 도시철도의 역사

학습목표

☑ 국내 도시철도의 개통 및 운영에 대해 시간순으로 이해한다.

[핵심용어]

국내 도시철도의 역사

국내 도시철도는 크게 서울교통공사부터 영종도 자기부상열차까지 총 11개로 운영되고 있다. 최근 서울교통공사의 9호선과 같이 다수의 호선을 운영하는 운영 기관부터 단일 호선을 운영하는 기관까지 다양하게 운영되고 있다. 아래의 그림은 국내 도시철도 개통 및 운영에 대하여 시간순으로 정리한 결과이다. 시간에 따른 차량 및 운영 인프라에 대한 변화는 도시철도 현황 및 차량 일반에 자세히 기술되어 있다.



[그림 1-1] 국내 도시철도 개통 및 운영 순서

☑ 핵심정리 >>>

1. 국내 도시철도의 개통 순서에 대하여 제시하시오.

1.4 국내 도시철도의 현황

학습목표

- 대표적인 국내 도시철도 11개에 대한 운영 현황을 이해할 수 있다.
- 최근에 개통된 경전철 등에 대한 차량 및 운영 사항에 대해서는 좀 더 자세히 이해할 수 있다.

[핵심용어]

국내 도시철도 현황

1.4.1 서울교통공사

서울교통공사는 1974년 8월 15일 1호선(서울역~청량리, 7.8km)을 시작으로, 1981년 9월 1일 서울특별시지하철공사를 설립하였다. 1994년 3월 15일 서울도시철도공사로 변경한 후, 2012년 10월 27일 7호선 연장 구간(온수~부평구청, 9역 10.25km)을 개통하고, 2017년 5월 31일 서울교통공사로 재(再)출범하였다.

영업 거리는 1호선~8호선(2020년 2월 기준)과 9호선 2, 3단계 구간(2019년 12월 기준)까지 포함하여 314.9km이다.



[그림 1-2] 서울교통공사 운영 열차(7호선(좌), 1호선 및 2호선(우))

1.4.2 인천교통공사

1999년 10월 6일 1호선이 개통(박촌~동막)되었다. 이후 귤현역, 계양역이 차례로 개통되었다. 2011년 12월 28일 인천메트로와 (구)인천교통공사가 합병하여 인천교통공사로 변경되었다. 2016년 7월 30일 2호선이 개통(운연~검단오류)되었다.

1호선은 국내 최초로 열차의 전두부 형상을 유선형으로 채택하였으며, ATC 제어 방식으로 운영되고 있다. 볼스터리스 대차(bolsterless bogie) 방식, VVVF 인버터 방식을 사용하고 있다.

최근 2019년 10월 8일에는 월미바다열차가 개통되었다.



[그림 1-3] 인천교통공사 운영 열차 (1호선(좌), 2호선(우))



[그림 1-4] 인천교통공사 월미바다열차



[그림 1-5] 공항철도 직행열차

1.4.3 공항철도(주)

공항철도는 민간 투자 사업으로, BTO(Build-Transfer-Operate) 방식으로 추진된 철도다. 2007년 3월 23일 인천국제공항역~김포공항역 간 1단계 40.3km 구간을 개통하였고, 2단계로 20.7km

구간(김포공항~서울역)이 2010년 12월 29일 개통되었다. 2018년 1월 13일 인천공항2터미널역을 개통하였다. 차량은 1000호대, 2000호대로 구분되는데, 1000호대는 급행 전동차로 운행되고, 2000호대는 통근형 전동차로서 일반 열차로 운행된다.

차량 편성은 6량, 전기 방식은 교류 25000V 60Hz, 제어 방식은 VVVF 인버터(IGBT 방식), 출입문은 포켓 슬라이딩 도어(통근형), 플러그인 방식의 도어(급행열차)를 장착하였다.

1.4.4 부산교통공사

1985년 7월 19일 1호선 1단계(범어사~범내골) 개통에 이어, 1994년 6월 23일 4단계 건설을 완료하여 32.5km, 34개 역을 운영하다가, 2017년 4월 5단계(다대선 연장 구간: 신평~다대포해수욕장, 7.98km)가 개통되어 역 수가 40개로 증가하였다. 2호선은 1999년 6월 30일 개통(서면~호포)을 시작으로, 2009년 10월 1일 부산대양산캠퍼스역까지 개통되었다. 3호선은 2005년 11월 28일 1단계(수영~대저, 18.3km)를 개통 운영하고 있다. 4호선은 고무 차륜 방식의 경전철으로 2011년 3월 30일 1단계(미남~안평, 12.7km)를 개통하였다. 1~3호선은 DC 1500V, 4호선은 DC 750V를 사용하고 있다. 제어방식은 VVVF 인버터 방식으로 운영되고 있다.



[그림 1-6] 부산교통공사 운영 열차 (1호선(좌), 2호선(우))

1.4.5 대구도시철도공사

대구 지하철 1호선은 1998년 5월 2일 전 구간(진천~안심, 24.9km) 개통 이후, 2002년 5월 10일 1호선 연장 구간(진천~대곡)이, 2016년 9월 8일 1호선 추가 연장 구간(대곡~설화명곡, 2.5km)이 개통되었다. 2005년 10월 18일 전 구간(문양~사월, 28.0km) 2호선이 개통되고, 2012년 9월 19일

2호선 경산 연장 구간(사월~영남대, 3.3km)이 개통되었다.

2015년 4월 23일 3호선 전 구간(칠곡경대병원~용지, 23.95km)이 개통되었다.

전 구간 직류 1,500V, 1~2호선은 6량/1편성, ATC/ATO 시스템으로 운영되고 있고, 3호선은 3량/1편, ATP/ATO 시스템으로 운영되고 있다. 특히 3호선은 모노레일 타입의 차량이며, 미스트 윈도우(mist window : 사생활 보호를 위한 창문흐름장치)가 적용되고 있다.



[그림 1-7] 대구도시철도공사 운영 열차 (1호선(좌), 2호선(우))

1.4.6 광주광역시 도시철도공사

2004년 4월 28일 녹동~상무 간 11.1km 구간을 개통하였으며, 2008년 4월 1호선 전 구간을 개통 운영하고 있다.

VVVF 차량은 한국형 표준 중형 전동차 4량 편성으로 운행하고 있으며, 신호 제어는 ATC/ATO 방식으로 제어하며, 추진 제어 장치는 VVVF, 보조 전원 장치는 일정 전압 일정 주파수(CVCF) 정지형 인버터 (IGBT 소자 사용), 제동 방식은 회생제동 병용 아날로그 전기 지령식 공기제동 방식을 채택하고 있다. 2호선은 고무 차륜 경량 전철 완전 무인운전 시스템으로, 건설 방식은 저심도 위주의 혼합형 경전철로 건설한다. 2023년 1단계(8개 역, 17km) 개통을 목표로 하고 있으며, 추후 2025년 전 구간 개통을 목표로 하고 있다.

1.4.7 대전도시철도공사

2005년 1월 1일 도시철도공사가 설립되어, 2006년 3월 16일 1호선 1단계(판암~정부청사 간 12.4km) 구간 개통, 이후 2007년 4월 17일 전 구간(판암~반석)이 개통되어 총연장 22.6km, 12개



[그림 1-8] 광주도시철도공사 1호선 열차



[그림 1-9] 대전도시철도공사 1호선 열차

역을 운영하고 있다. 2009년 8월 15일 무사고 500만km를 달성하였다. 차량은 편성 량 수 4량, 전기 방식 직류 1,500V, 제어 방식 VVVF(IPM방식), 보안 장치 ATC/ATO 방식을 적용하여 운영 중이다.

2호선은 2025년 개통을 목표로 총 노선 36.6km를 트램으로 운영할 예정이다.

1.4.8 우이신설경전철(주)

우이신설도시철도 노선은 강북구 우이동을 출발하여 수유동, 삼양사거리, 정릉, 아리랑고갯길, 성신여대입구역(4호선), 보문역(6호선)을 거쳐 동대문구 신설동역(1,2호선)을 연결하고 있다.

모든 정거장에 엘리베이터, 에스컬레이터, 스크린 도어 등 편의 시설을 완비하고, 종합 관제실에서 중앙 관리 체계로 운영되는 무인운전 시스템을 갖추고 있어 정시성과 안전성을 동시에 확보하여 운영하고 있다. 정거장 13개소로 총 11.4km이며, 차량 기지와 종합 사령소 각 1개소씩을 운영하고 있다. 차량의 주요 사양은 아래와 같다.





[그림 1-10] 우이신설경전철 운영 열차

[표 1-1] 우이신설경전철 차량 제원

구 분	내 용	구 분	내 용
궤간	1,435mm	차체 재질	알루미늄 압출 소재
승객 정원	정원 : 174명/편성 만원 : 300명/편성	차체 길이	28,000mm/편성 (연결면 간 거리)
최고 속도	성능 : 80km/h 운행 : 70km/h	차체 폭/지붕 높이	2,650mm / 3,400mm
표정속도	35km/h 이상	편성 중량	46.52(공차)ton 66.52(만차)ton
가/감속도	가속도 - 1.1㎪/s 이상 감속도1.2㎪/s 이상(상용), 1.3㎪/s 이상(비상)	집전 방식	750V DC 제3궤조 하면 접촉
속도 제어 방식	VVVF 인버터 제어	제동 방식	회생제동 병용 전기 지령식 공기제동(응하중부)
객실 내 소음	78dB(A) 70km/h 기준 이하	제동 종류	상용/비상/주차/정차

1.4.9 용인경량전철

용인경량전철은 2013년 4월 26일 개통하여 기흥~전대, 에버랜드역까지 운영되며, 총 영업 거리 18.494km이다. 중(重)전철과 비교하여 볼 때 적은 수송량(시간당 5,000~30,000명)을 처리할 수 있는 도시 교통 수단이다. 고가 구조물 또는 지하에 독립된 전용 주행로를 설치하거나, 경우에 따라서는 도로 위에 전용 주행로를 설치하여 완전 자동 무인운전 방식, 1량 또는 다량 편성이 가능한 전기 철도 시스템이다. 차량의 주요 사양은 아래와 같다.

[표 1-2] 용인경량전철 차량 제원

구 분	내 용	구 분	내 용
궤간	1,435mm	신호 방식	CBTC
수송 인원	133명/1량	영업 최고 속도	80km/h
운전 방식	완전 자동 무인운전	추진 방식	선형 유도전동기(LIM)
표정속도	36.28km/h	차륜 방식	철제 차륜(d=660mm) 70km/h 기준 이하
집전 방식	750V DC 제3궤조 하면 접촉		



[그림 1-11] 용인경량전철 운영 열차



[그림 1-12] 의정부경전철 운영 열차

1.4.10 의정부경전철

의정부경전철은 발곡~탑석 15개 역으로, 영업 거리는 10.6km이다.

[표 1-3] 의정부경전철 차량 제원

구분	내용	구분	내용
궤간	1,620㎜	신호 방식	CBTC
승객 정원 (편성당)	236명 (좌석34 + 입석 202)	영업 최고 속도	AGT (Automated Guideway Transit)
운전 방식	완전 무인운전 ATP/ATO/ATS	모델	Siemens VAL208
추진 방식	직류 동기전동기 (Brushless)	차륜 방식	고무바퀴

1.4.11 인천공항 자기부상철도

인천공항 자기부상철도는 인천공항1터미널역과 용유역을 잇는 6.1km 길이의 '영종도 자기부상열차'노선이다. 도시형 자기부상열차 실용화 사업에 따른 시범 노선으로 선정되어 건설되었으며, 2016년 2월 3일에 개통하였다. 이 노선에 운행되는 차량은 에코비(ECOBEE)이다.

[표 1-4] 인천공항 자기부상철도 차량 제원

구분	내용	구분	내용
궤간	1850mm	신호 방식	RF-CBTC
운전 방식	완전 무인운전 ATP/ATO	추진 방식	선형 유도전동기(LIM) 최고 속도 : 80 km/h



[그림 1-13] 인천공항 자기부상철도

☑ 핵심정리 >>>

1. 서울교통공사 : 1~8호선 및 9호선까지 포함하여 ( )km의 영업 거리 운영(2019년 12월 기준)
2. 인천교통공사 : 1호선은 국내 최초로 유선형의 전두부 형상 채택, 2019년 ( ) 개통
3. 공항철도 : 공항의 원활한 인력 수송을 위하여 ( ) 전동차 및 ( ) 전동차 운영
4. 부산교통공사 : 1~4호선으로 운영되고 있으며, 제어방식은 ( )인버터 방식
5. 대구도시철도공사 : 모노레일에 ( )가 적용된 3호선 운영
6. 광주광역시도시철도공사 : ( ) 중형 전동차 4량 편성으로 운영
7. 우이신설경전철 : ( ) 중앙 관리 체계로 운영되는 무인운전 시스템
8. 용인경량전철 : 총 18.494km로 ( ) 무인운전 방식으로 운영

참고 문헌

1. Pulido D, Darido G, Munoz-Raskin R, Moody J. The urban rail development handbook: The World Bank: 2018.
2. Naegeli L, Weidmann U, Nash A. Checklist for Successful Application of Tram-Train Systems in Europe. Transportation research record. 2012:2275(1):39-48.
3. Fact Book Glossary - Mode of Service Definitions". American Public Transportation Association. 2015. Archived from the original on 20 February 2018. Retrieved 6 January 2015.

2장

철도 안전



2.1 개요

2.2 안전의 이해

2장 철도 안전

2.1 개요

2.1.1 철도안전법의 위계

2.1.1.1 철도 관련 법의 체계

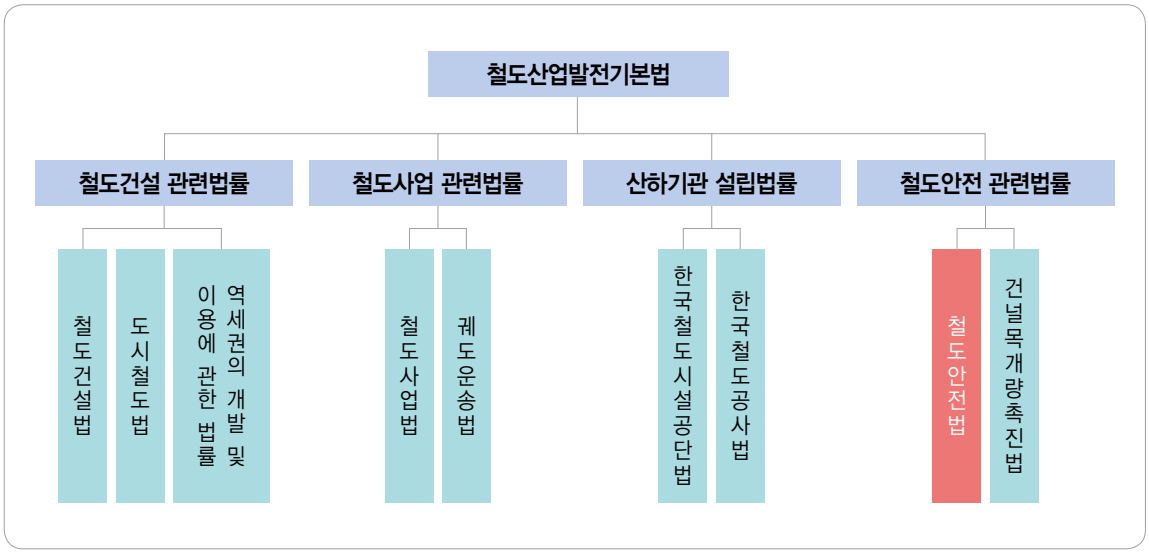
지금의 우리나라 철도 관련 법령의 시작은 철도 구조 개혁의 일환으로 2003년 7월 29일에 제정된 철도산업발전기본법부터라 볼 수 있다. 1960년대 제정되어 적용되어 오던 철도법이 2004년 12월 철도사업법 제정으로 폐지되었고, 지하철도 건설 촉진법이 1979년 4월에 제정되었다가 1990년 12월에는 도시철도법으로 개정되었다. 다시 2007년 7월에는 표준규격과 안전기준, 성능 시험 등의 항목이 추가되어 개정되었다. 2003년에는 철도 구조 개혁으로 철도산업발전기본법, 공단법 및 공사법이 제정되었고, 다시 2004년에는 철도건설법과 철도안전법이 제정되었다. 즉, 요약하면 2003년 철도산업발전기본법의 제정으로 기존의 철도법은 철도건설법(이후, 철도의 건설 및 철도 시설 유지 관리에 관한 법률로 변경), 철도사업법, 철도안전법으로 분리된 것이다.

철도산업발전기본법은 철도 산업의 경쟁력을 높이고 발전 기반을 조성하여 철도 산업의 효율성 및 공익성을 향상시키고 국민 경제의 발전에 공헌하기 위해 제정되었고, 국가 철도망인 고속철도와 일반 철도 및 광역 철도가 그 적용 대상이 된다.(단, 제2장 '철도 산업 발전 기반의 조성'은 모든 철도에 적용)

관련 법령의 위계를 정리하면 철도산업발전기본법이 관련 법령 중 최상위 법으로서, 철도안전법의 근간이 되는 법으로 위치하지만, 철도건설법, 철도사업법, 도시철도법, 궤도운송법과는 독립적이다.

[표 2-1] 철도 관련 법의 종류 및 목적

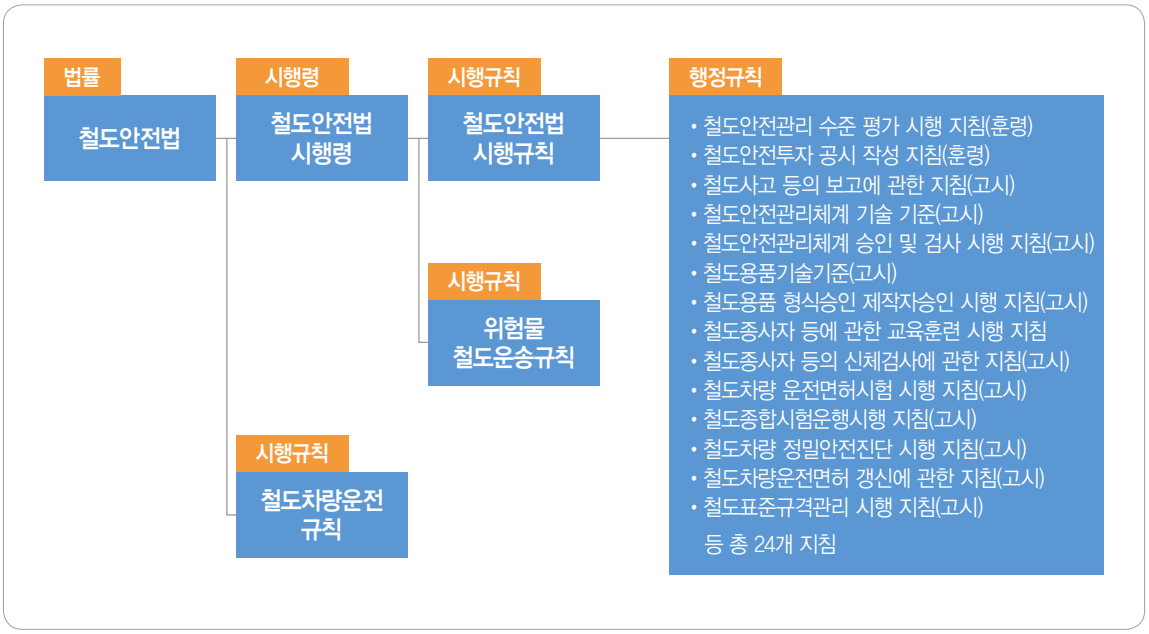
법령	목적	비고
철도산업발전기본법	• 철도 산업의 경쟁력을 높이고 발전 기반을 조성함으로써 철도 산업의 효율성 및 공익성의 향상과 국민 경제의 발전에 이바지함	
철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률	• '철도의 건설 및 철도 시설 유지 관리에 관한 법률'로 개정(2019. 3. 14.) • 철도망의 신속한 확충과 철도 시설의 체계적인 관리를 위하여 철도의 건설 및 철도 시설 유지 관리에 관한 사항을 규정함으로써 공중의 안전을 확보하고 국민의 복리 증진에 기여함	
철도안전법	• 철도 안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 규정하고 철도 안전 관리 체계를 확립함으로써 공공복리의 증진에 이바지함	
철도사업법	• 철도 사업에 관한 질서를 확립하고 효율적인 운영 여건을 조성함으로써 철도 사업의 건전한 발전과 철도 이용자의 편의를 도모하여 국민 경제의 발전에 이바지함	
도시철도법	• 도시 교통 권역의 원활한 교통 소통을 위하여 도시철도의 건설을 촉진하고 그 운영을 합리화하며 도시철도차량 등을 효율적으로 관리함으로써 도시교통의 발전과 도시교통 이용자의 안전 및 편의 증진에 이바지함	
궤도운송법	• 궤도 시설(軌道施設)의 안전을 확보하고, 궤도 운송과 궤도 사업의 능률적인 운영 및 발전을 도모하여 공공복리(公共福利)를 증진함	



[그림 2-1] 철도 관련 법령의 위계

2.1.1.2 철도안전법 체계

철도 안전 법령의 체계는 철도안전법 산하에 시행령과 시행규칙이 있으며 시행규칙에는 총 24개의 행정규칙인 철도 안전 관련 지침이 있다. 그리고 같은 시행규칙으로서 위험물철도운송규칙이 존재하여 한국철도공사에서 취급하는 위험물 수송 안전에 관한 세부 규칙을 정하고 있다.



[그림 2-2] 철도안전법의 체계

2.1.2 철도 안전 관련 용어 정의

(1) '철도'란 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설과 철도차량 및 이와 관련된 운영 · 지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말한다.

(2) '철도 시설'이란 다음과 같다.

1) 철도의 선로(선로의 부대시설을 포함한다), 역 시설(물류 시설 · 환승시설 및 편의 시설 등을 포함한다) 및 철도 운영을 위한 건축물 · 건축 설비

2) 선로 및 철도차량을 보수 · 정비하기 위한 선로 보수 기지, 차량 정비 기지 및 차량 유치 시설

3) 철도의 전철 전력 설비, 정보 통신 설비, 신호 및 열차 제어 설비

4) 철도 노선 간 또는 다른 교통수단과의 연계 운영에 필요한 시설

5) 철도 기술의 개발 · 시험 및 연구를 위한 시설

6) 철도 경영 연수 및 철도 전문 인력의 교육 훈련을 위한 시설

7) 그 밖에 철도의 건설 · 유지 보수 및 운영을 위한 시설로서 대통령령이 정하는 시설

(3) '철도 운영'이란 철도와 관련된 다음의 내용과 같다.

1) 철도 여객 및 화물 운송

2) 철도차량의 정비 및 열차의 운행 관리

3) 철도 시설 · 철도차량 및 철도 부지 등을 활용한 부대사업 개발 및 서비스

(4) '철도차량'이란 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차 · 객차 · 화차 및 특수차를 말한다.

(5) '선로'란 철도차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반 또는 공작물로 구성된 시설을 말한다.

(6) '철도 시설의 건설'이란 철도 시설의 신설과 기존 철도 시설의 직선화 · 전철화 · 복선화 및 현대화 등 철도 시설의 성능 및 기능 향상을 위한 철도 시설의 개량을 포함한 활동을 말한다.

(7) '철도 시설의 유지 보수'란 기존 철도 시설의 현상 유지 및 성능 향상을 위한 점검 · 보수 · 교체 · 개량 등 일상적인 활동을 말한다.

(8) '철도 산업'이란 철도운송 · 철도 시설 · 철도차량 관련 산업과 철도 기술 개발 관련 산업 그 밖에 철도의 개발 · 이용 · 관리와 관련된 산업을 말한다.

(9) '철도 시설 관리자'란 철도 시설의 건설 및 관리 등에 관한 업무를 수행하는 자로서 철도산업발전기본법에서 정한 다음 각 목의 1에 해당하는 자를 말한다.

1) 철도산업발전기본법 제19조의 규정에 의한 관리청

2) 철도산업발전기본법 제20조제3항의 규정에 의하여 설립된 한국철도시설공단

3) 철도산업발전기본법 제26조제1항에 의해 철도 시설 관리권을 설정받은 자

4) 철도 시설의 관리를 대행 · 위임 또는 위탁받은 자

(10) '열차'란 본선을 운행할 목적으로 철도 운영자가 편성하여 열차번호를 부여한 철도차량을 말한다.

(11) '철도 종사자'란 다음의 어느 하나에 해당하는 사람을 말한다.

1) 철도차량의 운전업무에 종사하는 사람(이하 '운전업무 종사자'라 한다)

2) 철도차량의 운행을 집중 제어 · 통제 · 감시하는 업무(이하 '관제업무'라 한다)에 종사하는 사람

3) 여객에게 승무(乘務) 서비스를 제공하는 사람(이하 '여객 승무원'이라 한다)

4) 여객에게 역무(驛務) 서비스를 제공하는 사람(이하 '여객 역무원'이라 한다)

5) 철도차량의 운행 선로 또는 그 인근에서 철도 시설의 건설 또는 관리와 관련한 작업의 협의 · 지휘 · 감독 · 안전 관리 등의 업무에 종사하도록 철도 운영자 또는 철도시설관리자가 지정한

사람(이하 '작업 책임자'라 한다)

6) 철도차량의 운행 선로 또는 그 인근에서 철도 시설의 건설 또는 관리와 관련한 작업의 일정을 조정하고 해당 선로를 운행하는 열차의 운행 일정을 조정하는 사람(이하 '철도운행 안전관리자'라 한다)

7) 그 밖에 철도 운영 및 철도 시설 관리와 관련하여 철도차량의 안전 운행 및 질서 유지와 철도차량 및 철도 시설의 점검 · 정비 등에 관한 업무에 종사하는 사람으로서 대통령령으로 정하는 사람

(12) '철도 사고'란 철도 운영 또는 철도 시설 관리와 관련하여 사람이 죽거나 다치거나 물건이 파손되는 사고를 말한다.

(13) '철도 준사고'란 철도안전에 중대한 위해를 끼쳐 철도사고로 이어질 수 있었던 것으로 국토교통부령으로 정하는 것을 말한다.

(14) '운행 장애'란 철도차량의 운행에 지장을 주는 것으로서 철도 사고에 해당되지 아니하는 것을 말한다.

(15) '사업용 철도'란 철도 사업을 목적으로 설치하거나 운영하는 철도를 말한다.

(16) '전용철도'란 다른 사람의 수요에 따른 영업을 목적으로 하지 아니하고, 자신의 수요에 따라 특수 목적을 수행하기 위하여 설치하거나 운영하는 철도를 말한다.

(17) '철도 사업자'란 「한국철도공사법」에 따라 설립된 한국철도공사(이하 '철도공사'라 한다) 및 제5조에 따라 철도 사업 면허를 받은 자를 말한다.

2.2 안전의 이해

학습목표

☑ 철도안전의 기반이 되는 안전 공학적 개념을 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

안전, 철도안전관리체계

2.2.1 안전의 개념

2.2.1.1 안전의 기원

역사에 있어 안전과 관련한 가장 오래된 기록은 고대 바빌로니아 제1왕조의 제6대 왕인 함무라비 왕(재위 BC 1972 ~ BC 1750)이 마지막 통치 연도에 만든 함무라비 법전(Code of Hammurabi)이다. 우르남무 법전 등 100여 년 이상 앞선 수메르 법전이 발견되기 전까지 세계에서 가장 오래된 성문법으로 알려져 있다. 이 법전은 1901년에 프랑스 탐험대가 페르시아의 고대 도시인 수사[1](Susa)에서 발견하였고, 원형은 프랑스 루브르박물관에 소장되어 있다. 이 법전에는 계급적 법체계와 동해보복형(同害報復型)[2] 등 고대 시대의 후진적인 잔재가 남아 있지만, 담고 있는 분야별 범위는 농경사회 관련 법령 이외에도 운송과 중개 등 상업 관련 규정까지 포함한다.

동해보복형 관련 내용을 살펴보면 만약, 「건축자가 사람을 위해 집을 짓고, 그 건설이 잘못되어 세워진 집이 무너지고 그 집의 소유자가 사망하게 되면 그 건축자는 죽음을 면할 수 없다.」, 「만약 집이 붕괴되어 집의 소유자의 자식이 사망하였다면, 건축자의 자식이 죽음을 면할 수 없다.」, 「만약, 집이 붕괴되어 집 소유자의 노예가 사망했다면, 건축자는 사망한 노예와 동등한 가치를 지니는 노예를 집의 소유자에게 주어야 한다.」, 「만약, 집이 붕괴되어 재산이 파괴되었다면, 건축자는 그 재산이 얼마일지라도 원래대로 복구해야 한다. 건축자의 공사 잘못으로 집이 붕괴되었다면 건축자는 자신의 비용으로 그 집을 재건시켜야 한다.」, 「만약, 건축자가 사람을 위해 집을 지은 후, 그 건설이 요구

1) 이란의 후제스탄주에 있는 고대 도시 유적
2) 탈리오의 법칙 : 눈에는 눈, 이에는 이



[그림 2-3] 함무라비 법전(기원전 약 2,000년)

사항과 합치하지 않아 벽이 무너지면 건축자는 자신의 비용으로 그 벽을 보강해야 한다.」 등 실체적인 보상의 내용과 그 책임을 규정하고 있다.

현대적인 안전관리에 대해 체계화한 이는 허버트 윌리엄 하인리히(Herbert William Heinrich)이며, 그는 '재해방지는 과학인 동시에 예술이기도 하다. 그리고 이 말이 의미하는 것은 특히 제어, 즉 근로자의 작업, 기계의 제어 및 물리적 환경의 제어를 말한다. 제어라고 하는 말을 새삼스레 사용하는 것은 이 말이 불안전 상태냐 환경의 개선뿐만 아니라 예방도 의미하고 있기 때문이다.'라고 말하였다.

그는 1931년에 발간한 '산업재해 예방 : 과학적 접근(Industrial Accident Prevention : A Scientific Approach)'에서 보험회사의 엔지니어로서 업무 성격상 수많은 사고 통계를 접하며 하나의 통계적 법칙을 발견하여 정리하였다. 즉, 산업재해가 발생하여 사망자가 1명 발생하면, 그 전에 같은 원인으로 경상자가 29명, 같은 원인으로 부상을 당할 뻔한 잠재적 부상자가 300명이 된다는 것이다. 이것이 지금 알려진 '하인리히의 법칙'이며 '1:29:300 법칙'으로도 불린다. 이 법칙은 대형사고는 단시간의 우연에 의해 발생하는 것이 아니라, 그 이전에 반드시 가벼운 사고가 반복되는 상황에서 발생한다는 것을 실증적으로 밝힌 것이다.

이후, 이 법칙은 기계화된 산업시스템 속에서 1969년에 프랭크 버드와 로버트 로프터스가 "Loss Control Management" 논문에서 '버드의 빙산' 또는 '버드 & 로프터스의 법칙'으로 새롭게 해석하였다. 이는 하인리히의 법칙이 '사망자-경상자-무상해 사고'로 나누었다면 '버드의 법칙'에서는 사

고가 날 뻔한 '아차사고'까지 통계에 포함하여 "1(사망) : 10(경상) : 30(물적 피해) : 600(아차사고)"의 비율로 나타내었다.

2.2.1.2 안전의 의미

우리 생활 현장에서 반복적으로 많이 듣는 단어 중 하나는 '안전'이며, 일반적으로 안전이라는 말의 의미는 보통 상처, 즉 상해가 없는 것을 말한다.

안전은 영어로는 Safety, 한자로는 安全으로 표기하며, 넓은 의미(廣義)로는 '인간생활의 복지향상을 위해 생활 현장에서 직접 또는 간접적으로 어떠한 형태의 생존권 침해도 받지 않는 상태'를 말하며, 좁은 의미(狹義)로는 '산업활동으로 인한 사고 결과인 재해로부터 인명과 재산을 보호받는 상태'를 말한다.

[표 2-2] 안전의 의미

구 분	의 미
광의(廣義)	인간 생활의 복지향상을 위해 생활 현장에서 직접 또는 간접적으로 어떠한 형태의 생존권 침해도 받지 않는 상태
협의(狹義)	산업 활동으로 인한 사고 결과인 재해로부터 인명과 재산을 보호받는 상태

우리는 일반적으로 안전을 확보하기 위한 노력과 과정을 '안전관리(安全管理)'라고 부르고 있지만 좀 더 구체적으로는 작업자가 산업현장 등의 직장에서 업무, 설비, 재료, 작업 행동 등이 원인이 되어 일어나는 사고에 의해서 부상당하거나 질병에 걸리는 산업재해를 막는 종합적인 활동을 말한다. 즉, 재해로부터 인간의 생명과 재산을 보호하기 위한 계획적이고 체계적인 제반 활동을 의미한다.

언어학적인 '안전'의 기본적 의미는 '위험이 생기거나 사고가 발생할 염려가 없는 상태'이며, 동양과 서양적 관점에서의 차이가 존재한다. 동양적 해석으로 '안(安)'은 집안에 여자가 있다는 의미로서 안녕, 정숙, 즉 편안함과 조용하다는 의미를 포함한다. 또한 '전(全)'은 入과 王이 합쳐진 글자로 王은 구슬 玉의 본자, 즉 수중에 지난 보석을 의미하는 것으로 순수한 완전무결한 것을 의미한다. 따라서 이러한 한자를 조합해 볼 때 '안전'이란 안정되고 위험하지 않은 상태를 말하며, 그것이 완전한 상태에 달해 있고 재차 부족한 일이 없는 상태를 의미한다.

기업에 있어 안전 목표의 달성은 안전의 어원에 따라 사람이 부상당한 일도 없고, 재료 및 설비나 제품의 손해와 손상도 받지 않는 최고의 이상적인 상태를 뜻한다.

[표 2-3] 동양적 관점에서의 안전의 의미

구분	의미
안(安)	安(편안할 안): 家+ 女→ 정서적 안정
전(全)	全(온전할 전): 入+ 玉→ 질서가 선 상태

이러한 동양적인 의미와 비교하여 서양적인 관점에서 '안전'에 대한 해석의 의미는 다음과 같이 SAFETY로 요약될 수 있다.

[표 2-4] 서양적 관점에서의 안전의 의미

구분	의미
S	Supervise : 관리감독, 관찰
A	Attitude : 태도
F	Fact : 현상파악
E	Evaluation : 평가분석 및 대책수립
T	Training : 반복훈련
Y	You are the owner : 주인의식

산업현장에서 안전제일(Safety First)이란 용어가 최초로 사용된 계기는 1906년 U.S Steel Co.에서이며, 이 회사의 회장인 E.H Gary는 빈번하게 발생하는 산업재해를 예방하기 위한 전략을 수립하였다. 그는 기존의 '품질 제1, 생산 제2, 안전 제3'에서 '안전 제1, 품질 제2, 생산 제3'으로 변경한 결과 재해의 감소는 물론 품질 향상과 더불어 생산성의 향상까지 하는 결과를 도출하였다. 이후



[그림 2-4] 안전제일 구호

Gary 회장의 미국 전역에서의 특강에서 '안전제일(Safety First)'이 하나의 대표적인 구호로 자리매김하게 되었다.

이러한 '안전제일'이란 의미는 국가별로 특성을 반영하여 적용되었으며 미국은 'Safety First : 생산에 앞서 안전을 먼저', 영국은 'Production with Safety : 생산에 반드시 안전을 포함'이란 개념을 적용하였으며, 현재는 생산 활동에 대한 전 세계적인 특성으로 '안전작업 : Safety Production'에 대해 관심을 집중시키고 있다.

2.2.1.3 안전 확보의 의미

일반적으로 생산 활동이 이루어지는 기업의 입장에서 안전 목표가 달성되었다는 것은 사람이 다친 사고도 없고, 재료 및 설비나 제품도 손해 · 손상을 받지 않고 앞으로도 받을 우려가 없는 상태로 잘 관리되고 있는 이상적인 상태를 뜻하고 있다.

지금까지 살펴본 생산 활동 자체적인 의미 외에도 안전을 확보함으로써 인간이 얻게 되는 이득은 인간이 존중받는 인도주의가 바탕이 된 안전제일의 실현, 기업의 경제적 손실 예방에 관한 인적 · 물적 손실 예방, 작업의욕 고치 및 생산 활동 증대를 통한 생산성 향상 및 품질 향상, 사회복지의 증진을 위한 삶의 질 향상, 노사협력의 경영태세 완성으로써 대외여론 개선으로의 신뢰성 향상 및 인간의 근본적인 삶의 질 향상을 통한 사회복지 증진 등의 이익이 있다.

2.2.1.4 안전사고 비용(Accident Cost Iceberg)

버드(Bird)가 1974년에 제안한 사고비용 빙산(Accident Cost Iceberg) 이론은 사고와 관련된 숨겨진 간접 비용이 직접비용보다 훨씬 더 클 수 있다는 것을 보여준다. 직접 비용은 일반적으로 사고의 성격에 따라 추정할 수 있지만, 간접비용은 전체 사고비용을 신뢰성 있게 예측하는데 가장 큰 장애요인으로 작용한다.

사고로 인해 회사에 손실이 발생했을 때 금전적 손실은 불가피하고 회사가 안전을 위해 지급한 보험금이 있더라도 지급해야 할 실제 비용은 훨씬 더 커질 수 있다는 것이다.

직접적으로 보이지 않는 간접비용은 행정 벌칙과



[그림 2-5] Accident Cost Iceberg의 개념
출처 : "Iceberg" By Uwe Kils CC BY 라이센스

회사에 부과되는 벌금, 담당 행정 공무원의 조사에 소비한 시간, 생산성과 제품 생산에 손실된 시간, 판매 및 잠재적 고객에 대한 손실, 기계 또는 장비에 대한 손상, 사고에 따른 유휴 시간 비용, 수리 및 세팅 비용, 인력 시간 손실, 대체 인력 채용 및 교육 시행에 따른 시간 지연 및 각종 문서 처리 비용 등이 해당한다. 이러한 직접비용과 간접비용의 비율은 통상 1:50 이상의 비율을 차지하는 것으로 알려졌다.

2.2.2 재해발생의 원인

2.2.2.1 인적요인(Man Factor)

각종 산업영역에서 가장 높은 사고원인이 인적요인에 의한 것이며, 이러한 인적원인은 심리적 원인, 생리적 원인, 조직적 원인 등으로 유발될 수 있다.

먼저 심리적 원인은 개인의 망각, 고민, 집착, 억측 판단, 착오 및 생략적 행위로 말미암은 것이 포함되고, 생리적 원인은 피로, 수면 부족, 신체기능 저하, 음주, 고령에 따른 것이다. 최근에 인적요인 중 새롭게 주목받는 것이 조직적 원인이며, 과거에 개인에 의한 잘못으로 여겨지던 것의 배후에는 조직 내의 인간관계와 리더쉽 부족, 팀워크 결여 등 조직 구성원 간 의사소통 부재에 기인한 것으로 분석되고 있다.

2.2.2.2 설비적 요인(Machine Factor)

과거 안전에 대한 개념이 부족할 시기에 기계 설비에 대한 설계상의 결함으로 빈번히 사고가 발생하였다. 이는 같은 목적을 가진 기계 설비라도 제작사별로 통일되지 못한 동작 기능으로 표준화에 대한 필요성을 앞당기는 계기가 되었다. 또한, 인간공학적 배려 부족으로 방호장치를 갖추지 못하거나, 효율적인 동작 프로세스를 갖추지 못해 사고가 발생하기도 하였다.

2.2.2.3 작업적 요인(Media Factor)

작업적 요인이란 작업정보가 부족하거나 올바르지 못한 정보의 전달로 작업자에 부적절한 정보를 전달해서 발생한 사고나, 작업자세, 작업동작 결함 및 작업 방법이 부족해서 재해가 발생한 경우가 포함된다. 이외에도 작업공간 부족한 경우와 작업환경이 부적한 것도 작업적 요인에 해당한다.

2.2.2.4 관리적 요인(Management Factor)

관리적 요인이란 작업자가 포함된 조직에서의 행정절차, 규정, 지침, 안내서 등의 부적합으로 발

생할 수 있는 재해 원인이며, 이러한 부족 현상에 대해 관리 감독자의 지도와 감독 노력의 결여가 해당한다. 작업자의 특성에 따른 적정 담당 직무 배치 부실 등도 이에 해당한다.

2.2.3 기업경영과 안전책임

경영이란, 생산을 둘러싼 각종 위험을 제거해서 기업의 이익을 확보하는 전략적이고 기술적인 전문 활동이며, 경영자는 이익을 창출하기 위해 생산 능률을 향상하고, 제품의 품질을 높일 수 있도록 안전이 우선이라는 확고한 의식이 필요하다. 과거 경영자 대부분이 기업의 경영 효율을 향상하기 위해 시도한 첫 번째 노력이 안전예산 절감으로 생각했지만, 지금은 안전 확보가 생산성 향상의 바탕이 되고 경비절감, 직장질서 유지, 인간관계 향상 등으로 궁극적인 재해를 예방하는 것으로 이해하게 되었다.

경영자는 근로자에게 안전을 확보하기 위한 시설과 쾌적한 작업환경을 제공하도록 하고, 각종 재해 방지 대책을 마련함으로써 근로자에 관한 안전 책임을 지도록 해야 한다. 또한, 기업은 생산과정에서 불가피하게 발생하는 환경오염, 소음, 진동, 유해가스 등 제 요소들에 대한 안전관리를 적극 시행함으로써 사회에서의 안전 관련 책임감을 가지도록 한다.

이에 발맞추어 근로자는 안전유지와 재해 예방을 위해 필요한 제반 규정을 준수하고, 재해 예방에 대한 경영자의 각종 조치에 적극 협력하도록 한다.

2.2.4 철도안전관리체계(SMS)의 이해

2.2.4.1 철도안전관리체계의 구성

철도 안전 관리 체계(SMS, Safety Management System)란 철도를 운영하거나 철도 시설을 관리하기 위해 갖추어야 하는 인력, 시설, 차량, 장비, 운영 절차, 교육 훈련 및 비상 대응 계획 등 안전 관리에 관한 유기적 체계를 말한다. 이는 철도 안전 관리 시스템(SMS), 열차 운행 체계 및 유지관리 체계로 구성되어 있으며, 전체적으로는 10개 대분류, 47개 중분류, 137개 소분류(2개 부속서)로 구성되어 있다.



[그림 2-6] 철도 안전 관리 체계의 구성

2.2.4.2 철도안전관리시스템

철도 안전 관리 시스템(SMS)은 철도 운영 기관은 명확하고 체계적으로 사전적 · 예방적인 철도 안전 관리 활동을 시행하기 위해 안전 관리의 조직 구조, 역할과 책임, 절차, 준비, 관리, 경영 및 규정 등에 대한 유기적인 체계를 말한다. 철도 운영 기관은 안전 정책, 조직, 직원 참여, 위험 관리, 요구 사항의 준수, 안전 점검, 자원 가용성, 경영 책임, 지속적인 개선 등에 대한 철도 안전 관리 시스템의 요구 수준을 기술한 문서화된 철도 안전 관리 시스템(SMS) 프로그램을 수립하고, 실행 및 지속적인 개선을 통해 적정하게 유지 · 관리하며 '철도 안전 보건 관리 규정'에 따른다. 철도 안전 관리 시스템은 10개 대분류, 28개의 소분류로 구성된다.

[표 2-5] 철도 안전 관리 시스템(SMS) 프로그램의 분류

프로그램 세부 분류	내용
철도 안전 경영	철도 운영자 등의 최고 경영자는 문서화된 안전 경영 방침을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 안전 경영 방침은 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 철도 안전에 대한 경영진의 참여 나. 안전 경영을 기본가치로 하는 의사 결정의 추구 다. 안전경영에 대한 임직원의 역할과 책임 라. 철도 안전 관리 체계의 적절한 이행 방법과 자원의 배분 마. 안전 성과에 따른 안전 경영의 지속적 개선 의지 바. 안전 경영과 관련하여 적용되는 법령 요구 사항 및 철도 운영자 등이 동의한 그 밖의 요구 사항을 준수하겠다는 의지 등
문서화	철도 운영자 등의 철도 안전 관리 체계 문서화 대상에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 안전 경영 방침 및 안전 목표 나. 철도 안전 관리 체계 적용 범위 다. 철도 안전 관리 체계의 주요 구성 요소 및 상호 관계, 관련 문서의 참조 사항 라. 철도 운영자 등의 안전 관리 과정에 대한 효과적인 기획, 운영 및 관리를 보장하기 위해 철도 운영자 등에서 필요하다고 결정한 기록 등의 문서 마. 철도 안전 관리 시스템(SMS) 프로그램 바. 열차 운행 프로그램 사. 유지 관리 프로그램
위험 관리	철도 운영자 등은 철도 사고 및 장애 등을 유발하는 잠재된 위험 요인을 발견하고, 이를 평가 및 관리하기 위해 문서화된 위험 관리 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 위험 관리 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다. 가. 위험 관리 조직 나. 위험도 평가를 시행하여야 하는 조건 및 시기 다. 위험도 평가 절차(위험 요인의 식별, 위험도 분석, 평가 및 안전 대책 등) 라. 위험도 평가 관리 마. 안전 관리 의사 결정 절차 바. 후속 조치 및 위험 재평가 등
요구 사항 준수	철도 운영자 등은 안전과 관련된 법령, 기술 기준 및 규격 등의 요구 사항(이하 "요구 사항"이라 한다)을 파악하고 활용하기 위한 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 요구 사항을 항상 최신의 것으로 유지하여야 한다.
사고 조사 및 보고	철도 운영자 등은 사고 및 장애에 대한 보고 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 사고 및 장애의 보고 절차에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 사고 및 장애의 보고, 기록, 조사, 분석 나. 철도 관련 법령에 따른 국가 기관에의 보고 등

프로그램 세부 분류	내용
내부 점검	철도 운영자 등은 철도 안전 관리 체계가 효과적으로 운영되는지를 주기적으로 확인하기 위한 심사 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 심사 내용에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 안전 경영 방침 및 안전 관리 성과에 대한 충족성 나. 위험 관리에 따른 안전 대책 및 위험 경감의 효과 다. 안전 업무 수행자의 적격성 준수 라. 운영 절차의 준수 등
비상 대응	철도 운영자 등은 철도의 운영 및 관리를 함에 있어 발생 가능한 비상 상황을 식별하고, 비상 상황에서 조직 또는 개인(철도 운영자 등의 내부 조직에서 업무를 수행하는 직원 및 승객 포함)의 비상 대응 절차 등에 대한 비상 대응 계획을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 비상 대응 계획의 수립에 대한 세부적인 사항은 별표 2와 같다.
교육 훈련	철도 운영자 등은 실무 경험이 풍부하고, 적절한 교육 및 훈련을 이수한 사람을 안전 업무 수행자로 선정하여 적격성이 보장되도록 하여야 한다.
안전 정보	철도 운영자 등은 다음과 같은 유형의 안전 정보를 관리하여야 한다. 가. 철도 운영자 등의 안전 정보 문서 및 기록 나. 법령 및 철도 운영자 등의 내부 규정, 절차, 지침 다. 직원의 역할과 책임을 기술한 문서 라. 공지 사항(사고 사례, 취약 개소, 운행 선로 정보, 기상 상태, 선로 작업 현황 등) 마. 간행물 바. 회의록 사. 대외적인 환경 및 안전 정보 등
안전 문화	철도 운영자 등의 내부 조직에 긍정적인 안전 문화의 조성 및 유지를 위해 경영진은 안전 지도력 및 책임을 갖추어야 한다.

2.2.4.3 열차 운행 체계

열차 운행 체계란 열차의 안전 운행을 위해 열차 운행 조직 · 인력, 열차 운행 방법 · 절차 · 계획, 승무 및 역무, 철도 관제, 철도 보호, 질서유지 및 운영 기록 등에 대한 유기적인 체계를 말한다. 이를 기반으로 열차 운행 프로그램에서 열차 운행체계의 조건을 만족하는 철도차량 및 열차의 안전 운행에 필요한 모든 활동 및 절차 등을 기술한 문서를 작성해야 한다.

[표 2-6] 열차 운행 프로그램의 분류

프로그램 세부 분류	내용
열차 운행 체계	철도 운영자 등은 문서화된 열차 운행 프로그램을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 열차 운행 프로그램에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 철도 운영 개요 나. 철도 사업 면허 다. 열차 운행 조직 및 인력 라. 열차 운행 방법 및 절차 마. 열차 운행 계획 바. 승무 및 역무 사. 철도 관제 아. 철도 보호 및 질서유지 자. 열차 운행 기록 관리 차. 위탁 계약자 감독 등 위탁 업무 관리에 관한 사항
철도 사업 면허	철도 운영자 등은 「철도사업법」에 따른 철도 사업 면허 또는 「도시철도법」에 따른 도시철도 운송 사업 면허를 받아야 한다.
열차 운행 조직 및 인력	1. 철도 운영자 등은 열차 운행 체계 이행을 위해 다음 사항을 고려한 열차 운행 조직을 갖추어야 한다. 가. 열차 운행 프로그램의 작성, 승인, 개정 등의 관리 및 실행 나. 운영 절차의 작성, 승인, 개정 등의 관리 및 실행 다. 열차 운행 인력에 대한 지도 및 감독 등 2. 열차 운행 인력 철도 운영자 등은 열차 운행 체계 이행을 위해 다음 사항을 고려한 열차 운행 인력을 갖추어야 하며, 인력의 변경 시 적정성을 검토하고 확인하기 위한 절차를 수립, 실행 및 유지 하여야 한다. 가. 열차 운행 대상의 규모 나. 열차 운행 여객 또는 화물의 규모 다. 열차 운행 업무, 근무 형태 및 업무 내용 등
열차 운행 방법 및 절차	1. 열차 운전 : 철도 운영자 등은 운영하려는 철도의 특성을 고려하여 철도차량 또는 열차를 안전하게 운행하기 위해 문서화된 열차 운전 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 2. 폐색 방식 : 철도 운영자 등은 운영하려는 철도의 특성을 고려하여 열차와 열차 사이의 안전을 확보하기 위해 문서화된 폐색 방식 관련 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
열차 운행계획	철도 운영자 등은 열차의 안전 운행과 철도 이용자의 편의를 위해 문서화된 열차 운행 계획을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 열차 운행 계획에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 열차 운행 구간(기점 · 종점 · 정차역) 및 시간 계획 나. 열차 운행 차량, 운행 횟수 및 선로용량 사용 계획 다. 철도 서비스 종류(여객 운송 · 화물 운송 등) 라. 열차 운행 인력(계약자 포함) 등
승무 및 역무	1. 승무 : 철도 운영자 등은 철도차량 또는 열차의 안전 운행을 위해 문서화된 운전 및 승무 업무 종사자의 운영 및 관리 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 2. 역무 : 철도 운영자 등은 철도차량 또는 열차의 안전 운행을 위해 문서화된 여객 및 화물 취급 역의 운영 및 관리 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.

프로그램 세부 분류	내용
철도 관제	철도 운영자 등은 철도차량 및 열차의 운행 제어, 통제, 감시를 위해 운행 기준 · 방법 · 절차 및 순서를 정한 문서화된 관제 업무 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
철도 보호 및 질서유지	철도 운영자 등은 문서화된 철도차량과 역 구역 내에서의 여객 안전 및 질서유지 계획을 위한 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 여객 안전 및 질서유지를 위한 절차에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 여객열차 안에서의 금지행위 나. 철도보호 및 질서유지를 위한 금지 행위 다. 여객 등의 안전 및 보안을 위한 보안 검색 시 안내 라. 위해 물품의 휴대, 적재 등을 위한 허가 기준 및 안전조치 마. 금지 행위 위반자 및 물건에 대한 퇴거 조치 등 바. 철도 역 구내 질서유지 사. 철도차량 및 시설물 보호 보안 대책
열차 운행 기록 관리	철도 운영자 등은 운전, 관제, 승무, 역무 등의 열차 운행 기록을 작성 및 유지하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
위탁 계약자 감독 등 위탁 업무 관리에 관한 사항	철도 운영자 등은 열차 운행 업무의 일부 또는 전부를 계약자에게 위탁하는 경우에도 안전 관리 체계의 이행에 대한 책임을 가져야 하며, 계약자가 해당 열차 운행 업무에 대한 안전 관리 활동을 수행할 수 있도록 다음 사항을 보장하여야 한다. 가. 안전과 관련된 법령 및 철도 안전 관리 체계 준수 의무 부여 나. 해당 열차 운행 업무와 관련된 위험 관리 결과의 제공 다. 해당 열차 운행 업무와 관련된 사고 및 장애의 재발 방지 대책의 전파 라. 해당 열차 운행 업무와 관련된 교육 훈련 자료의 제공 마. 해당 열차 운행 업무와 관련된 안전 정보의 제공 바. 해당 열차 운행 업무와 관련된 계획, 절차 및 지침의 제공 등

2.2.4.4 유지 관리 체계

철도차량 및 철도 시설의 안전을 확보하기 위해 철도차량, 노반, 궤도, 건축, 전철 전력, 신호, 통신 분야의 점검, 보수, 교체 및 개량 및 개조 등 유지 관리에 대한 유기적인 체계를 말하며, 유지 관리 체계의 조건을 만족하는 철도차량 및 철도 시설의 유지 관리에 필요한 모든 활동 및 절차 등을 기술한 문서를 '유지 관리 프로그램'이라 한다.

[표 2-7] 유지 관리 프로그램의 분류

프로그램 세부 분류	내용
유지 관리 체계	철도 운영자 등은 문서화된 유지 관리 프로그램을 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지 관리 프로그램에는 다음 사항을 포함하여야 한다. 가. 유지 관리 개요 나. 유지 관리 조직 및 인력 다. 유지 관리 방법 및 절차 라. 유지 관리 이행 계획 마. 유지 관리 기록 바. 유지 관리 설비 및 장비 사. 유지 관리 부품 아. 철도차량 제작 감독 자. 위탁 계약자 감독 등 위탁 업무 관리에 관한 사항
유지 관리 조직 및 인력	철도 운영자 등은 유지 관리 체계 이행을 위해 다음 사항을 고려한 유지 관리 조직을 갖추어야 한다. 가. 유지 관리 프로그램의 작성, 승인, 개정 등의 관리 및 실행 나. 운영 절차의 작성, 승인, 개정 등의 관리 및 실행 다. 유지 관리 인력에 대한 지도 및 감독 라. 유지 관리 품질 관리 등
유지 관리 방법 및 절차	철도 운영자 등은 운영 또는 유지 관리하려는 철도가 철도 안전 법령에서 요구하는 다음 사항을 만족하고 있다는 것을 보장하여야 한다. 가. 철도차량 및 철도 시설의 기술 기준 나. 철도 용품 기술 기준 다. 철도차량 형식 승인 및 제작자 승인 라. 철도차량 완성 검사 마. 철도 용품 형식 승인 및 제작자 승인 바. 종합 시험 운행
유지 관리 이행 계획	철도 운영자 등은 철도차량 및 철도 시설에 대한 정기 또는 비정기적인 점검, 보수, 교체 및 개량 등을 원활히 수행하기 위하여 유지 관리 대상, 방법, 인력(계약자 포함) 및 일정 등에 대해 문서화된 유지 관리 이행 계획을 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 다만, 20년이 경과한 철도차량은 안전성 확보를 위해 5년마다 별표 4에 따른 철도차량 정밀 안전 진단 실시 등을 포함한 유지 보수 관리 방안을 별도 수립 · 실행하거나 본 이행 계획에 포함하여야 한다.
유지 관리 기록 관리	철도 운영자 등은 유지 관리 대상, 수행자 및 확인자, 내용, 인원, 일정 및 결과(적합 여부 판정 기준 및 철도차량 개조 시 개조 전 · 후 사양 대비표 등을 포함한다) 등에 대해 문서화된 유지 관리 기록 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
유지 관리 기록의 보존	철도 운영자 등은 유지 관리 기록의 보존을 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지 보수 시행 내용을 항상 확인할 수 있도록 점검부 또는 전산으로 기록 · 관리하여야 한다.
유지 관리 설비 및 장비	철도 운영자 등은 다음 사항을 고려한 유지 관리 설비 및 장비를 갖추어야 하며, 설비 및 장비의 확보를 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다. 가. 설비 및 장비 확보에 대한 역할과 책임 나. 유지 관리 대상의 규모 다. 유지 관리 종류 및 주기 라. 유지 관리 종류별 업무 내용 마. 유지 관리 부품의 저장 및 보호 바. 철도 시설의 유지 관리 환경(온도, 습도 포함) 등

프로그램 세부 분류	내용
유지 관리 부품	철도 운영자 등은 유지 관리 부품을 확보하고 관리하기 위해 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 하며, 유지 관리 부품을 확보하기 위한 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다. 가. 유지 관리 부품 관리의 역할과 책임 나. 유지 관리 부품의 종류, 교체 주기, 보유 수량의 설정 다. 유지 관리 부품의 조달 계획 라. 유지 관리 부품 확보에 대한 중장기 계획 마. 외자 등 조달 불가능한 유지 관리 부품의 종류 및 확보 방안 바. 유지 관리 부품의 보관 절차 등 사. 철도 안전 주요 부품의 고장 빈도 분석. 다만, 운영 실적 자료 축적 또는 신뢰성 분석 등 결과에 따라 기준의 설정은 변경할 수 있다.
철도차량 제작 감독	철도 운영자 등은 철도차량을 제작하는 동안 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 제13조 또는 「지방자치단체를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 제16조에 따라 차량 제작자에 대한 감독 의무를 수행할 수 있는 전문 기관에 준한 전문성을 갖춘 인력으로 구성된 조직을 운영하거나 「철도안전법 시행령」 제63조제4항에 따른 전문 기관으로 감독 업무를 수행하도록 하여야 한다.
위탁 계약자 감독 등 위탁 업무 관리에 관한 사항	철도 운영자 등은 유지 관리 업무의 일부 또는 전부를 계약자에게 위탁하는 경우에도 안전 관리 체계의 이행에 대한 책임을 가져야 하며, 계약자가 해당 유지 관리 업무에 대한 안전 관리 활동을 수행할 수 있도록 다음 사항을 보장하여야 한다. 가. 안전과 관련된 법령 및 철도 안전 관리 체계 준수 의무 부여 나. 해당 유지 관리 업무와 관련된 위험 관리 결과의 제공 다. 해당 유지 관리 업무와 관련된 사고 및 장애의 재발 방지 대책의 전파 라. 해당 유지 관리 업무와 관련된 교육 훈련 자료의 제공 마. 해당 유지 관리 업무와 관련된 안전 정보의 제공 바. 해당 유지 관리 업무와 관련된 계획, 절차 및 지침의 제공 등

☑ 핵심정리 >>

1. 철도안전관련 법체계

– 2003년 ( )의 제정으로 기존 '철도법'은 '철도건설법(이후, 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률), 철도사업법, 철도안전법으로 분리되었다.

– ( )이 관련 법령 중 최상위법으로서, 철도안전법의 근간 법으로 위치하지만, 철도건설법, 철도사업법, 도시철도법, 궤도운송법과는 독립적이다.

2. 철도안전관리체계(SMS)의 이해

– 철도안전관리체계(SMS, Safety Management System)란 철도를 운영하거나 철도시설을 관리하기 위해 갖추어야 하는 인력, 시설, 차량, 장비, 운영 절차, 교육 훈련 및 비상대응 계획 등 안전관리에 관한 유기적 체계를 말한다.

– ( ), ( ) 및 ( )로 구성되어 있다.

3장

영업 일반



3.1 도시철도 영업 개요

3.2 도시철도 법령 체계

3.3 도시철도 열차 운영

3.4 도시철도 역 운영

3.5 도시철도 안전 관리

3장 영업 일반

3.1 도시철도 영업 개요

학습목표

☑ 철도의 시스템적 특성을 이해하고, 철도 현업 부서 간 갈등의 원인을 설명할 수 있다.
☑ 도시철도 운영 기관의 조직 구성과 영업 담당 부서의 조직과 역할을 이해할 수 있다.

[핵심용어]
시스템적 특성, 부서 간 갈등 원인, 상호 의존성, 도시철도 운영 조직, 영업 담당 부서

3.1.1 철도의 시스템적 특성

철도 운영은 철도 여객 및 화물의 운송, 철도차량의 정비 및 열차 운행 관리, 그리고 철도 시설, 철도차량, 철도 부지 등을 활용한 부대사업의 개발 및 서비스를 말한다(철도산업발전기본법 제3조제3항).

철도를 안전하게 운영하기 위해서는 영업, 운전, 차량, 시설, 전기 등 철도 각 분야의 유기적인 협력을 필요로 하기 때문에 철도 모든 분야가 긴밀한 협력 관계를 유지해야 하는 시스템적 특성을 가지게 된다.

특히 운전 업무 종사자의 경우, 철도 각 분야 직원들과의 업무 연관성이 높아 타 분야 업무의 이해가 전제되지 않으면 업무 대립이나 충돌 등의 업무 갈등으로 이어지는 경우가 많다. 사고나 장애 등 이례적인 상황이 발생할 경우, 일반적으로 신속한 상황 판단이 요구되는 경우가 많기 때문에 상대 직원이 대응이나 응답을 하지 않거나 응답이 늦어질 경우에 갈등이 발생하게 된다.

철도 현업 직원의 부서 간 갈등에 관한 기존 연구(인태명, “철도 현업 조직의 부서 간 갈등이 직무 만족에 미치는 영향에 관한 연구”, 1997)를 살펴보면, 갈등의 원인은 주로 타 부서에 대한 지식, 상호 의존성, 목표 차이, 의사소통 장애 및 지각 차이에 의해 발생한다. 철도 각 분야는 각기 다른 업무를 유기적으로 수행하고 있으며 각 분야의 업무는 오랜 숙련과 경험 없이는 이해하기 어려운 특성을 가지고 있기 때문에 타 부서에 대한 지식이 부족할 경우에 갈등으로 이어질 수 있다. 또한 철도의

시스템적 특성으로 인해 철도 각 분야는 밀접한 상호 의존성을 가지고 업무를 수행하고 각 분야별로 지휘 계통이 달라 갈등 상황이 내재되어 있다. 철도 각 분야는 철도의 안전 운행이라는 기본적인 상위 목표를 가지고 있으나 하위 목표에 차이가 있어 분야별 하위 목표의 차이가 갈등의 원인이 되기도 한다. 분야별 특성으로 인해 동일 사안에 대한 인지의 차이를 보이는 경우가 있으며, 이러한 차이가 갈등의 원인이 될 수 있다. 마지막으로 철도 각 분야는 각기 분야별 업무를 수행하고 있으며, 타 분야와의 교류나 업무 환경에 대한 소통 기회가 많지 않아 분야 간 갈등의 가능성이 있다. 철도 현업 부서의 부서 간 갈등은 주로 지각 차이와 의사소통 장애로 발생하고, 운전 분야의 경우에는 타 부서에 대한 지식과 목표 및 지각의 차이로 인해 갈등이 많이 발생하는 것으로 나타났다.

따라서 도시철도 기관사는 철도의 시스템적 특성을 이해하고 도시철도 각 분야 관련 업무에 대한 이해도를 높여, 이례적인 상황에서 주도적이고 효과적인 대처를 하여 문제를 해결할 수 있는 종합적인 역량을 함양할 필요가 있다.

3.1.2 도시철도 영업 조직

[표 3-1] 도시철도 운영 기관의 영업 조직 현황

구 분	도시철도 영업 담당 부서
한국철도공사	광역철도본부(광역계획처, 광역마케팅처, 광역신사업처, 광역운영처)
서울교통공사	고객서비스본부, 승무본부, 안전관리본부(종합관제단, 관제센터)
인천교통공사	영업본부, 기술본부, 종합관제센터
부산교통공사	안전본부(승무처), 경영본부(영업처)
대구도시철도공사	운영본부(영업처, 운전처, 전략사업처), 고객센터, 종합관제센터
광주도시철도공사	고객사업처(영업팀, 고객만족팀, 부대사업팀, 역무자동화팀)
대전도시철도공사	영업처(고객운수팀, 역무운영팀, 역무자동화팀)
서울메트로9호선운영 주식회사	운영기술부문 운영본부(종합관제센터, 승무처, 역운영처)
부산 · 김해경전철 주식회사	운영본부(종합관제팀, 역무팀)
우이신설경전철운영 주식회사	종합관제실
용인경량전철 주식회사	운영안전본부(관제팀, 고객지원팀)
의정부경전철 주식회사	운영관리팀, 종합관제실
네오트랜스 주식회사	운영본부
공항철도 주식회사	사업본부(영업처, 고객지원처), 수송본부(종합관제처, 승무처)
서해철도 주식회사	운영기술본부 운영처
김포도시철도	안전경영실 고객지원처

※ 자료 : 각 도시철도 운영 기관 홈페이지 (2020. 3. 28. 검색), 재정리

도시철도를 운영하는 기관은 한국철도공사, 서울교통공사 등의 기관이 있으며, 각 기관은 일반적으로 도시철도 운영 조직을 경영, 영업, 운전, 차량, 전기, 시설 등의 분야로 구성하여 운영하고 있다.

한국철도공사의 경우, 고속철도, 일반철도, 도시철도 등 다양한 운송 사업을 담당하고 있어, 본사에 광역철도본부를 두고 도시철도 영업을 담당하고 있다. 한국철도공사의 광역철도본부는 광역계획처, 광역마케팅처, 광역신사업처, 광역운영처 등 4개 처로 구성되어 있으며, 다른 도시철도 운영 기관의 영업 담당 조직도 담당 부서의 명칭이 다소 다를 뿐 유사한 업무를 수행하고 있다.

3.1.3 영업 담당 부서의 역할

도시철도 영업 담당 조직은 크게 고객 관련 부서와 운전 관련 부서로 구분할 수 있으며, 기관별로 다소 차이는 있지만 일반적으로 도시철도 수송 계획의 수립, 도시철도 운임 · 요금의 검토 및 고시에 관한 업무, 도시철도 여객 수송 및 서비스의 개선에 관한 업무, 도시철도 여객 관계 규정의 제정 및 개정, 철도 수송 상품의 개발 및 판매 촉진에 관한 업무, 도시철도 열차 운행 관제, 동력차 및 객차 승무원의 운용, 도시철도 안전 관리 등의 업무를 담당하고 있다.

도시철도 운영 기관 중 수도권 도시철도를 운영하는 한국철도공사, 서울교통공사, 인천교통공사의 영업 담당 부서의 업무를 살펴보면, 담당하는 사업의 내용이나 범위에 따라 영업 담당 부서의 구성이 다소 차이가 있는 것을 알 수 있다.

2020년 3월 현재, 한국철도공사의 경우, 광역 · 도시철도를 담당하는 광역철도본부를 별도로 두어 도시철도 영업 업무를 관장하고, 승무 관련 업무는 여객사업본부 산하의 열차운영단에서 총괄 관리하고 있으며, 관제 기능은 안전경영본부 산하에 별도의 조직으로 구성되어 있다. 서울교통공사의 경우, 영업 분야 고객 관련 부서로 고객서비스본부를 두고 산하에 영업계획처, 전략마케팅처, 서비스운영처를 두고 있다. 운전 관련 부서로 승무본부를 두고 승무계획처, 승무시스템처, 승무운영처 등 3개 처로 구성하여 운영하고 있다. 관제 기능은 안전관리본부에 두고 있으며 종합관제단과 제1관제센터, 제2관제센터로 구성되어 있다. 인천교통공사는 영업본부 산하에 도시철도영업처를 설치하고, 기술본부 산하에 차량승무처를 두고 있다. 종합관제실은 안전관리실과 함께 사장 직속 기관이며, 산하에 관제지원팀과 운영관제팀이 있다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 철도를 안전하게 운영하기 위해서는 철도 각 분야의 ( )이 기반이 되어야 하며, 어느 한 분야라도 ( )를 수행할 경우에는 정상적인 운행이 어려워지기 때문에 시스템적 특성이 중요하다.

2. 철도 현업 부서의 갈등은 타 부서에 대한 지식, 상호 의존성, 목표 차이, 의사소통 장애 및 지각 차이에 의해 발생하는데, 운전 분야의 경우는 특히 타 부서에 대한 ( )과 ( ), 그리고 지각의 차이로 인해 갈등이 많이 발생한다.

3. 도시철도 운영 기관은 일반적으로 ( ), ( ), ( ), ( ), ( ), ( ) 등의 분야로 구성하여 운영된다.

4. 도시철도 운영 기관의 영업 담당 부서는 일반적으로 도시철도 수송 계획의 수립, 도시철도 운임 · 요금의 검토 및 고시에 관한 업무, 도시철도 여객 수송 및 서비스의 개선에 관한 업무, 도시철도 여객 관계 규정의 제정 및 개정, 철도 수송 상품의 개발 및 판매 촉진에 관한 업무, ( ), 동력차 및 열차 승무원의 운용, ( ) 등의 업무를 담당하고 있다.

3.2 도시철도 법령 체계

학습목표

☑ 도시철도 관련 법령에는 어떤 법령이 있는지 이해할 수 있다.
☑ 도시철도 관련 주요 법령에 포함된 내용을 설명할 수 있다.
☑ 도시철도법의 제정 목적을 이해할 수 있다.

[핵심용어]
도시철도법, 도시철도법 시행령, 도시철도법 시행규칙, 도시철도건설규칙, 도시철도운전규칙

3.2.1 철도 관련 법령

철도 관련법은 법령에 따라 건설 및 유지 보수, 철도 운영, 철도 안전 등의 내용이 포괄되어 있을 수 있으나, 법령의 주된 내용을 중심으로 크게 철도 건설 및 유지 보수, 철도 운영 그리고 철도 안전 관련법으로 구분해 볼 수 있다.

[표 3-2] 철도 건설 및 운영 관련법 현황

구 분	관계법령
철도 건설 유지 보수	철도건설규칙, 도시철도건설규칙, 도시철도법 등에 의한 구분지상권 등기 규칙 철도의 건설 및 철도 시설 유지 관리에 관한 법률, 시행규칙, 시행령 철도시설관리권 등록령, 시행규칙, 시행령, 철도시설공단법, 철도시설공단법 시행령
철도 운영	철도사업법, 철도사업법 시행규칙, 철도사업법 시행령 한국철도공사법, 한국철도공사법 시행령 도시철도운전규칙 철도 물류 산업의 육성 및 지원에 관한 법률 철도 물류 산업의 육성 및 지원에 관한 법률, 시행규칙, 시행령, 철도차량운전규칙
철도 안전	철도안전법, 철도안전법 시행규칙, 철도안전법 시행령, 위험물철도운송규칙 항공 · 철도 사고 조사에 관한 법률. 시행규칙, 시행령
기타 (철도 건설 및 운영 포괄)	도시철도법, 도시철도법 시행규칙, 도시철도법 시행령

※ 자료 : 법제처(www.moleg.go.kr), 2020.2.22. 키워드 '철도'검색 정리

이상의 분류에 따라 철도 관련 법령을 구분해 보면, 철도 건설 관련법은 철도건설규칙, 도시철도 건설규칙 등이 있으며, 철도 운영과 관련된 법은 철도사업법, 한국철도공사법 등이 있다. 철도 건설과 운영 전반에 걸친 안전과 관련되는 법들은 철도안전법을 기반으로 위험물철도운송규칙, 항공·철도 사고 조사에 관한 법률 등이 근간을 이루고 있다. 도시철도와 관련된 도시철도법, 도시철도법 시행규칙 등 일부 법령은 주된 내용이 건설과 운영의 내용을 종합적으로 규정하고 있기 때문에 주된 내용을 기준으로 건설 또는 운영 관련 법령으로 구분하기가 어렵다.

3.2.2 도시철도 관련 주요 법령

철도 건설, 운영 및 안전과 관련된 법령 중 도시철도와 관련된 주요 법령은 도시철도법, 도시철도법 시행규칙 및 시행령, 도시철도건설규칙, 도시철도운전규칙 등이 있다.

[표 3-3] 도시철도 관련 법령 주요 내용

구 분	주요내용
도시철도법 (49개 조항)	도시철도법(시행 2019.07.01., 법률 제16146호) 도시철도의 건설(계획 수립, 보상 등), 도시철도의 운송 사업(면허, 결격사유 등), 보칙(감독, 보고 및 감사, 권한의 위임), 벌칙(벌칙, 양벌 규정, 과태료) 등을 규정
도시철도법시행령 (29개 조항)	도시철도법 시행령(시행 2019.09.16., 대통령령 제29892호) 도시철도법에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정 도시철도망 구축 계획 등 기본 계획의 제출, 변경, 승인 절차 등 규정
도시철도법시행규칙 (7개 조항)	도시철도법 시행규칙(시행 2019.10.14., 국토교통부령 제00657호) 도시철도법 및 도시철도법 시행령에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사업의 면허 발급 절차, 발급 기준, 부대사업 등 규정
도시철도건설규칙 (86개 조항)	도시철도건설규칙(시행 2014.07.08., 국토교통부령 제00106호) 도시철도법에 따라 건설 기준 등에 관하여 필요한 사항을 규정 도시철도의 궤간, 곡선, 기울기, 건축 한계, 정거장 등 기술 기준
도시철도운전규칙 (76개 조항)	도시철도운전규칙(시행 2018.01.18., 국토교통부령 제00483호) 도시철도의 운전과 차량 및 시설의 유지·보전에 필요한 사항 규정 선로 및 설비의 보전, 운전, 폐색 등 운전, 유지 관리 관련 내용

※ 자료 : 법제처(www.moleg.go.kr), 2020.2.22. 키워드 '도시철도'검색

도시철도법은 도시 교통 권역의 원활한 교통 소통을 위하여 도시철도의 건설을 촉진하고 그 운영을 합리화하며 도시철도 차량 등을 효율적으로 관리함으로써, 도시 교통의 발전과 도시 교통 이용자의 안전 및 편의 증진에 이바지함을 목적으로 제정되었다(도시철도법 제1조). 5장 49개 조항, 시행령은 29개 조항, 시행규칙은 총 7개 조항으로 구성되어 있으며, 도시철도의 사업 계획, 면허 절차, 도시철도 부대사업 등에 관한 내용이다. 도시철도건설규칙은 7장 86개 조항으로 구성되어 있으며, 도시철도법에 따라 건설 기준 등에 관하여 필요한 사항과 도시철도의 궤간, 곡선, 기울기, 건축 한계, 정거장 등 기술 기준을 규정하고 있다. 도시철도운전규칙은 6장 76개 조항으로 구성되어 있으며, 도시철도의 운전과 차량 및 시설의 유지 · 보전에 필요한 사항 규정과 선로 및 설비의 보전, 운전, 폐색 등 운전, 유지 관리와 관련된 내용이다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 도시철도 영업 관련 주요 법령은 ( ), ( ), ( ), ( ) 등이 있다.
2. 도시철도법은 도시 교통 권역의 원활한 교통 소통을 위하여 도시철도의 건설을 촉진하고 그 운영을 합리화하며 도시철도 차량 등을 효율적으로 관리함으로써, 도시 교통의 발전과 도시 교통 이용자의 ( ) 및 ( )에 이바지함을 목적으로 제정하였다.
3. ( )으로 제정된 도시철도 관련 주요 법령에는 도시철도법 시행규칙, 도시철도건설규칙, 도시철도운전규칙이 있다.
4. 도시철도법 시행규칙에는 도시철도법 및 도시철도법 시행령에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사업의 ( ), ( ), ( ) 등이 규정되어 있다.

3.3 도시철도 열차 운영

학습목표

- 도시철도 관제 시스템을 이해하고 운영 관제의 역할을 설명할 수 있다.
- 전동 열차의 운행 관리와 운행 조정에 대해 이해할 수 있다.

[핵심용어]

관제 시스템, 교통관제사, 도시철도 운영 관제, 도시철도 운행 관리, 도시철도 운행 조정, 혼잡도

3.3.1 도시철도 관제 시스템과 운영 관제

도시철도 관제 시스템은 철도안전법과 도시철도운전규칙을 근거로 운영되고 있다. 철도안전법에서는 철도 운영자 및 철도 시설 관리자는 법령에서 정하는 바에 따라 철도 안전을 위해 필요한 조치를 강구하여야 한다(철도안전법 제4조제2항)고 규정하고 있으며, 도시철도운전규칙에서는 도시철도 운영자는 열차 등을 안전하게 운전할 수 있도록 필요한 조치를 강구하고(도시철도운전규칙 제5조제1항), 운전 사고, 운전 장애 등으로 열차를 정상적으로 운전할 수 없을 때는 열차의 종류, 행선, 접속 등을 고려하여 열차가 정상 운행이 되도록 운전 정리를 하여야 한다(도시철도운전규칙 제35조)고 규정하고 있다.

관제 조직은 운행 관제를 중심으로 각 부문별로 지원 업무를 수행하는 형태로 이루어지고 있다. 관제 조직은 도시철도 운영 기관별로 다소 차이가 있지만, 대부분 운전, 신호, 설비, 통신, 전력, 운영 관제 조직의 형태로 구성되어 있다. 운행 관제는 열차 운행 감시 및 운전 정리 업무를 담당하고 있고, 신호 관제는 신호 설비의 운영 상태를 파악하고 감시하며, 설비 관제는 현장의 기계 설비를 제어하고 감시하는 역할을 수행한다. 통신 관제는 통신 설비를 제어 및 감시하고, 전력 관제는 전력 공급 계통의 제어와 감시 그리고 전력 네크워크를 관리한다. 운영 관제는 역사 및 열차 내 승객에게 사고 등 이례적인 사항이 발생할 경우, 신속하게 정보를 제공하고 열차 정상 운행을 위해 운행 관제를 지원한다.

[표 3-4] 도시철도 운영 기관 관제 조직 현황

운영 기관	관제 운영 부서명	운전 관제	신호 관제	설비 관제	통신 관제	전력 관제	운영 관제	로컬 관제	기지 관제
한국철도공사	관제운영실(본사)	○	○	○			○		
	철도교통관제센터	○	○		○	○	○	○	
서울교통공사	종합관제센터(1,2)	○	○	○	○	○	○		
부산교통공사	종합관제소	○							
	경전철관제부	○		○	○	○			○
인천교통공사	종합관제소	○							
	의정부경전철(관제팀)	○							
	자기부상철도(관제팀)	○							
대전도시철도공사	종합관제실	○		○	○	○			
대구도시철도공사	운영부	○							
	경전철관제부						○		
광주도시철도공사	종합관제팀	○							
공항철도(주)	종합관제실	○		○		○	○	○	○
서울메트로9호선운영(주)	종합관제센터	○							
용인경량전철(주)	관제팀	○							
네오트랜스(주)	종합관제센터	○	○	○	○	○		○	
부산김해경전철(주)	종합관제실	○							

※ 자료 : 김칠환 외(2018), 도시철도 관제 시스템론, p.17.

철도 운영 기관은 철도산업발전기본법 시행령 제24조에 따라 국토교통부 장관은 “철도차량 등의 운행 정보의 제공, 철도차량 등에 대한 운행 통제, 적법 운행 여부에 대한 지도 · 감독, 사고 발생 시 사고 복구 지시 등 철도 교통의 안전과 질서를 유지하기 위하여 필요한 조치를 할 수 있도록 철도 교통관제 시설을 설치 · 운영하여야 한다”는 조항에 따라 철도 교통관제 센터를 구축하여 운영하고 있으며, 철도차량의 운행을 집중 제어 · 통제 · 감시하는 관제 업무(철도안전법 제2조10호나목)에 종사하는 철도 교통관제사를 두고 있다.

철도 교통관제사에게는 기본적으로 열차의 안전 운행 및 정시 운행을 위하여 열차 운행에 대한 제어권과 각종 상황에 대한 통제권이 부여되어 있으나, 도시철도 운영 기관의 직제 규정에 따라 업무 영역에 대한 차이가 있을 수 있다. 철도 교통관제사의 업무는 일반적으로 ① 확인 및 점검, ② 감시

업무, ③ 제어 업무, ④ 통제 업무, ⑤ 운전 정리, ⑥ 승인 및 허가, ⑦ 열차 방호, ⑧ 상황 전파, ⑨ 상황 보고 등 9대 분야로 구분할 수 있다.

[표 3-5] 철도 교통관제사의 주요 업무

구 분	주요업무
① 확인 · 점검	분야별 열차 운행 준비 상태 확인 및 점검
② 감시 업무	각 역, 열차별 열차 운행 상황, 안전 운행 등 감시 및 독려
③ 제어 업무	각종 관제 기계 · 설비가 정상적으로 안전하게 작동하도록 제어
④ 통제 업무	열차 운행 관리 및 관계자 행위를 제한하거나 조치하는 모든 업무
⑤ 운전 정리	열차 운행 지장 우려 또는 지장 발생 시, 정상화를 위한 모든 업무
⑥ 승인 · 허가	작업 시행, 본선 개통 등을 위해 시행하는 승인 또는 허가 업무
⑦ 열차 방호	열차 운행 위험 우려 시, 열차 정지 등 안전 통제 조치 업무
⑧ 상황 전파	발생 상황에 대한 공유로 관계자의 자발적 · 협력적 대응 체계 구축 업무
⑨ 상황 보고	열차 운행 관련 각종 사건 · 사고의 대내 · 외 보고 업무

※ 자료 : 곽정호(2014), 도시철도 운영 총론, pp. 511~555, 재정리

도시철도 기관사는 운전, 신호, 통신 등 모든 관제 조직과 밀접한 연관성을 가지고 업무를 수행하고 있다. 고객과의 관련성이 높은 운영 관제의 경우, 사고나 장애 발생 시 기술적인 측면에서의 중요성이 우선시되어 운영 관제 업무의 필요성을 간과하기 쉬우나, 운영 관제의 역할은 매우 중요하다. 최근 사고 발생 시, 기술적인 측면에서의 후속 조치가 잘 시행되었음에도 불구하고 안내 등 고객과의 소통 문제로 사후 조치에 대한 국민의 비난을 받는 경우가 종종 발생하고 있다.

사고나 장애 발생 시, 운영 관제(운영 기관에 따라 여객 관제, 상황팀, 상황반 등 다양한 명칭으로 불리고 있으나 이 책에서는 운영 관제로 통일하기로 한다.)에서는 열차 운행 가능 여부와 복구 시간을 종합적으로 판단하여 지연 안내를 하고, 사고 또는 장애 복구 예상 시간까지 기다릴 수 없는 승객들은 다른 교통수단을 이용할 것을 안내하거나 대체 교통수단을 마련하는 등 상황에 적절한 조치를 취한다.

한국철도공사는 여객, 화물, 도시철도를 담당하는 별도의 운영 관제가 있으며, 담당 사업 분야와 역할이 다르다. 여객 철도 운영 관제라 할 수 있는 여객상황팀은 상기에서 설명한 바와 같이 이례 사항 발생 시 운행 관제를 보조하여 승객들의 철도 이용 불편을 최소화할 수 있도록 대체 교통수단의 강구, 정보 제공 등의 역할을 주로 수행하고 있다. 그리고 화물 철도 운영 관제인 물류상황팀은 화차의 운용 및 수배, 당일 화물 열차의 운행 조정, 수송 통계 및 실적의 종합 작성 등의 업무를 수행한다.

[표 3-6] 한국철도공사 운영 관제 조직 및 역할

구분	주요 업무
여객상황팀	수송 실적 집계 및 보고 자료 작성 이례 사항 발생 시, 여객 열차 운행 조정, 인명 구호 등 조치 영업 사고 등 각종 사고 현황 파악 및 조치 예약 발매 시스템 정보 관리 및 취급 등
물류상황팀	1. 수송 수요의 조사 및 동향 파악, 2. 화차의 운용 및 수송 수비 3. 당일 화물열차의 운행조정, 4. 사고 및 긴급부득이한 수송장애에 대한 조치 5. 긴급 부득이한 경우 수송의 조정수배, 6. 수송통계 및 실적의 종합 작성
광역상황팀	이례 사항 발생 시 전동 열차 운행 조정 협의 전동 열차 운행 상황 파악 및 이용 안내 정보 제공 수송 현황 보고, 운임 반환 승인, 미승차 확인증 승인 등

※ 자료 : 한국철도공사 내부 자료(2020)

한국철도공사 광역상황팀의 경우, 사고나 장애 등 이례 사항 발생 시 전동 열차 운행 조정을 협의하여 시행하고, 운행 상황을 파악하여 고객들에게 정보를 제공한다. 2020년 6월 현재, 광역상황팀의 조직은 3개 조로 구성되어 있으며, 근무 형태는 3조 2교대 체계로 주간 근무는 09:00~19:00, 야간 근무는 19:00~익일 09:00까지다. 야간 근무의 경우에 열차가 운행하지 않는 시간을 포함하여 1인 5시간을 교대로 취침하고, 주간 근무의 경우에 중식도 30분 차이로 교대로 시행하여 이례 사항 발생 시에도 업무 공백이 발생하지 않도록 대처하고 있다. 광역상황팀 업무를 총괄하는 팀장은 평시 열차 운행 상황을 모니터링하고, 일일 상황에 대해 보고를 한다. 팀원 중 1명은 팀장 부재 시 업무를 대행하고, 단체 여객 수송 및 이례 사항 발생 시 여객 운임 반환 승인, 고객 안내 서비스, 여행 정보, 이례 사항에 대한 정보 웹 등재 등의 업무를 수행한다. 또 다른 1명은 원격 안내 방송, 행선 안내 장치 송출 등을 통해 고객 안내 서비스 시행 등의 업무를 수행한다. 사고나 장애 등 이례 사항 발생 시 광역상황팀의 업무는 상황 수보 즉시 열차 운행 상황을 파악하고, 상황을 전파한다. 이후 상황에 대한 고객 안내를 시행하고 필요한 조치를 취하게 된다. 모든 상황이 조치되어 열차가 정상 운행할 경우, 보고서를 작성하여 보고 계통에 따라 보고를 하는 등 사후 조치를 시행한다. 이례 사항 발생 시, 기본적인 절차는 이미 언급한 바와 같이 상황 수보 → 상황 파악 → 상황 전파 → 고객 안내의 순으로 이루어지고, 각 팀장은 전동 열차 운행 간격 조정을 협의하여 조치하고, 팀원 2명은 고객 안내, 현장 상황 전파 등의 역할을 분담하여 상황에 대처한다.



[그림 3-1] 한국철도공사 광역상황팀 이례 사항 발생 시 업무 처리 절차

[표 3-7] 이례 사항 발생 시 한국철도공사 광역상황팀 역할

구분	주요 업무
광역상황팀장	1. 사고 개황(槪況) 파악 및 관제실 협의 후 초등 조치 2. 전동 열차 운행 간격 조정(무선, 유선) 협의 3. 상황 전파 및 개황 보고, 문자메시지 발송 4. 현업 고객 업무의 신속한 지원 등
광역팀원 1	1. 현장 상황 전파 및 긴급 처리 완료 시까지 현장 소통(전화 등) 2. 상황 집계 및 자료 종합 정리(시간대별 조치 사항 정리) 3. 현장 소속 안내 및 지시 사항 전파 4. 해당 열차 승무원에게 상황 전파 및 승객 안내 방송 지시(유선) 5. 사고 개황 파악 및 관계 부서 질서 유지를 위한 요원 배치 협조 6. 이례 사항 승인 조치(전동 열차 반환 승인) 등
광역팀원 2	1. 도시철도 관련 앱(App) 등을 통한 고객 안내 2. 고객 안내(원격 안내 방송, 행선 안내 장치 송출) 3. 관련 열차 승무원에게 사고 내용 통보 및 안내 방송 지시 4. 예 · 발매 시스템을 통한 승차권 발매 현황 파악 5. 해당 직렬별 표준 업무 처리 절차서를 활용한 지시 시행

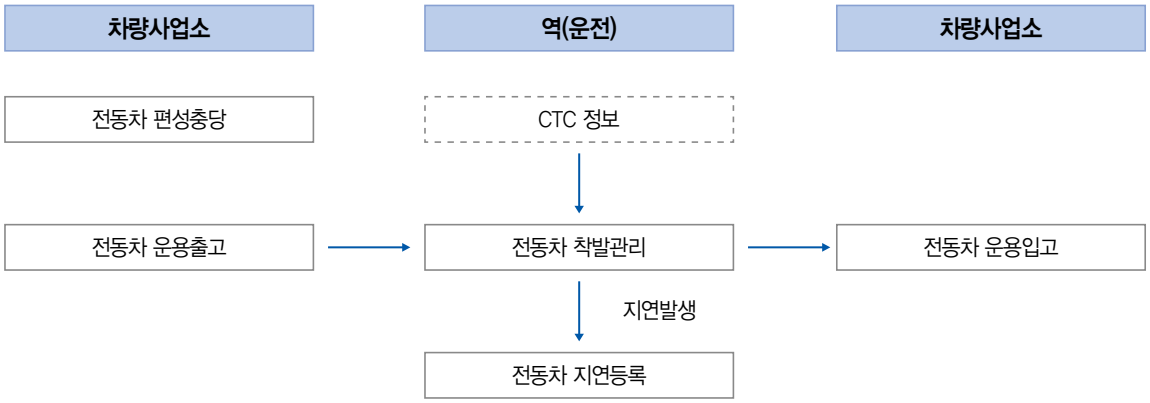
※ 자료 : 한국철도공사 내부 자료(2020)

3.3.2 전동 열차 운행 관리

도시철도 전동 열차는 다양한 노선과 역을 운행하는데 차량 사업소, 역 등 많은 부서가 관련되어 열차가 운행된다. 전동 열차는 차량 사업소에서 출고하여 역에서 착발 관리, 지연 관리, 운행 조정 등의 과정을 통해 운행을 종료한 후 차량 사업소로 입고하는 기본 프로세스를 반복한다.

도시철도 운행 관리 시스템은 운영 기관별로 다소 차이가 있으나, 일반적으로 편성 관리, 운행 관리, 현황 조회, 지연 관리 등의 기능을 포함하고 있다. 도시철도 운영 기관은 운행 정보 시스템을 통해 운영한다. 차량 사업소에서는 출발 예정 전동 열차의 편성 충당 및 교체 업무와, 역과 협의하여 전동 열차의 입 · 출고 업무를 시행한다. 역에서는 CTC로부터 수신된 착발 시각 정보를 열차 운행에 반영하고, 착발 시각 정보는 운행 편성 정보에 자동으로 연계된다. 지연이 발생할 경우에는 지연 사

유를 등록한다. 본사에서는 전동 열차의 운행 실적, 주행거리, 지연 실적 등을 조회하고, 조회 결과를 분석하여 열차 시각 개정 등 운영 정책에 반영한다.



[그림 3-2] 전동 열차 운행 기본 프로세스

[표 3-8] 도시철도 운행 관리 시스템의 일반적 기능

구분	세부 기능
편성 관리	편성 관리, 운용 현황, 운용 계획 변경, 연계 관리, 입 · 출고 관리 등
운행 관리	착발 시각 관리, 도착 선로 관리
현황 조회	운행 내역 조회, 실시간 운행 현황, 경유역 운행 계획 등
지연 관리	지연 현황, 지연 사유 관리, 구역별 지연 사유 관리, 지연 현황 종합 등

3.3.3 전동 열차 운행 조정

사고, 장애 등 이례 사항 발생 시 임시 열차를 운행하거나 열차 운행을 조정한다. 임시 열차는 계획 열차가 없는 심야 시간대, 폭설 등으로 계획 열차가 없는 시간대에 추가 열차 운행이 필요한 경우에 설정하여 운행한다. 임시 열차를 운행하기 위해서는 먼저 임시 열차로 사용할 차량 편성을 확인하고, 승무원을 수배하여야 한다. 승무원 수배는 휴무자, 당일 종무자, 익일 출근자를 대상으로 수배하고, 구간 임시 열차의 경우는 구간 연장 운행이 가능한 승무원을 수배한다. 이후 선로 유지 보수 작업 등 계획된 작업을 취소하도록 관계처에 통보하고, 운행 선상의 역에 임시 열차 운행에 대비하도록 통보한다. 또한 주박이 필요한 임시 열차는 주박지에 통보하여 열차 유치에 지장이 없도록 조치한다.

운행 조정은 운행 간격 조정, 특별 출고, 운행 조정, 운행 중지, 반복 운행 등의 방법이 사용된다. 전동 열차는 운행 시격이 짧기 때문에 특정 열차가 운행 중지를 하거나 지연될 경우에 후속 열차가 당초 계획된 시간에 열차를 운행한다면 승객 입장에서는 열차가 지연되었다는 것을 체감하기 어렵다. 따라서 이례 사항 발생 시 최대한의 열차를 투입하여 시격을 유지하는 것이 매우 중요하다. 열차 빈도가 적은 노선 등에서 이례 사항이 발생하여 몇 개의 편성이 운행을 할 수 없을 경우에는 급행열차를 일반 열차로 전환하여 운행하는 운행 조정의 방법도 있으며, 특정 차량 사업소에서 열차 편성을 출고할 수 없을 경우에는 다른 차량 사업소의 편성을 출고시켜 사용하는 특별 출고의 방법도 있다. 또한 특정 구간을 운행할 수 없는 사고나 장애가 발생했을 경우 열차 반복 운행의 가능 여부 등을 고려하여, 운행할 수 있는 역까지 운행을 하고 열차 운행을 중지하는 운행 중지 방법과 운행 중지 이후 회송을 하거나 여객을 취급하며 반복 운행을 하는 방법도 사용한다.

[표 3-9] 열차 운행 조정의 방법 및 내용

구 분	조정 내용
운행 간격 조정	사고, 장애 등으로 열차 운행이 불규칙할 경우, 계획된 열차 시간에 열차 운행이 가능하도록 운행 간격 유지
특별 출고	차량 사업소에서 출고가 어려운 경우, 해당 노선을 운행하는 다른 차량 사업소에서 편성 출고 열차 운행
운행 조정	급행열차로 운행하는 열차를 일반 열차로 조정하고, 해당 역에 여객 안내 및 승강장 안전문 개폐 등 필요한 조치 지시
운행 중지	열차 운행 중 전도 운행이 불가능할 경우, 정차역 등에서 운행 중지
반복 운행	전도 운행이 불가능할 경우, 정차역 등에서 운행 중지 후 출발역으로 재운행

3.3.4 혼잡도 관리

전동 열차는 수도권 등 대도시의 승객을 대량으로 수송하면서 정시 운행의 장점을 가진 교통수단이다. 그러나 선로 용량 제약으로 승객의 증가와 더불어 혼잡도가 증가하고 있으며, 혼잡도 증가에 따라 승차 쾌적성이 저하되고 안전사고의 위험도 증가하여, 도시철도 운영 기관에서는 혼잡도를 측정하여 혼잡 정보를 사전에 제공함으로써 열차 및 객차별 분산 승차를 유도하려는 노력을 하고 있다.

혼잡도는 승차 쾌적성 확보와 더불어, 도시철도 건설의 타당성을 판단하는 건설 기준으로도 활용되고 있다. 중량 전철의 건설 기준은, 인구 100만 명 이상의 도시를 대상으로 시간 · 방향당 첨두시

최대 혼잡 구간 수송 수요가 개통 후 10년 이내에 4만 명(重量 전철)~2만 명(中量 전철) 수준으로 예측되는 간선 노선을 원칙으로 하고(도시철도의 건설과 지원에 관한 기준 제2장 2호), 경량 전철의 경우에는 인구 50만 명 이상의 도시를 대상으로 시간 · 방향당 첨두시 최대 혼잡 구간 수송 수요가 개통 후 10년 이내에 1만 명 수준으로 예측되는 노선을 원칙으로 한다(도시철도의 건설과 지원에 관한 기준 제2장 3호).

도시철도 건설의 타당성을 판단하는 교통 수요를 계산할 때 중량(重量) 전철은 1편성 8량, 중량(中量) 전철은 1편성 6량, 경량 전철은 1편성 4량을 기준으로 산정하며, 혼잡도 150%의 경우에 수송 능력의 산정은 1량당 중량(重量) 전철 240명, 중량(中量) 전철 192명, 경량 전철 150명을 기준으로 한다.

[표 3-10] 도시철도 건설 타당성 판단을 위한 교통 수요 산정 방법

구 분	산정방법
중량(重量) 전철	1편성 8량 ×20회 ×(160명 ×혼잡도 150%) = 38,400명
중량(中量) 전철	1편성 6량 ×20회 ×(128명 ×혼잡도 150%) = 23,040명
경량 전철	1편성 4량 ×20회 ×(100명 ×혼잡도 150%) = 12,000명

※ 자료 : 도시철도의 건설과 지원에 관한 기준(대도시권 광역 교통 위원회 예규 제1호), 재정리

혼잡도 산정은 목측에 의한 방법과 하중 계산을 통한 방법이 있다. 목측에 의한 혼잡도 측정은 전동 열차에 좌석 또는 입석으로 승차한 승객의 수를 기준으로 혼잡도를 측정하는 방법이고, 하중 계산을 통한 혼잡도 산정은 전동열차 하중의 변화에 따라 제동력을 조정하는 응하중(應荷重, variable load) 제어장치를 활용하여 승객 하중을 계산하는 방식이다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 교통관제사의 업무는 일반적으로 ① ( ), ② 감시 업무, ③ ( ), ④ 통제 업무, ⑤ 운전 정리, ⑥ ( ), ⑦ 열차 방호, ⑧ ( ), ⑨ 상황 보고 등 9대 분야로 구분할 수 있다.
2. 전동 열차는 차량 사업소에서의 ( ), 역의 착발, ( ), 운행 종료 후 차량 사업소로의 입고 등의 기본 프로세스를 반복한다.
3. 도시철도 운행 관리 시스템은 일반적으로 ( ), ( ), ( ), ( ) 등의 기능을 포함하고 있다.
4. 전동 열차 운행 조정은 ( ), 특별 출고, ( ), 운행 중지(타절), 반복 운행 등의 방법이 사용된다.
5. 도시철도 운영 기관은 혼잡도 증가에 따라 승차 쾌적성이 저하되고 안전사고의 위험도 증가하기 때문에, 혼잡도를 측정하여 혼잡 정보를 사전에 제공함으로써 열차 및 객차별 ( )를 유도하려는 노력을 하고 있다.
6. 혼잡도 산정은 전동 열차에 좌석 또는 입석으로 승차한 승객의 수를 기준으로 혼잡도를 측정하는 ( )과, 전동열차 하중의 변화에 따라 제동력을 조정하는 응하중(應荷重, variable load) 제어장치를 활용하여 승객 하중을 계산하는 ( )이 있다.

3.4 도시철도 역 운영

학습목표

☑ 도시철도 역명의 관리 및 제정 절차를 설명할 수 있다.
☑ 도시철도 역무 자동화 기기의 기능과 용도를 설명할 수 있다.
☑ 도시철도 원격 안내 방송의 목적 및 내용을 이해할 수 있다.

[핵심용어]
역명 관리 및 제정, 역무 자동화 기기, 안내 방송

3.4.1 도시철도 노선 및 역명 관리

도시철도 노선 및 역의 명칭은 국토교통부의 "철도 노선 및 역의 명칭 관리지침(2018.11.11. 시행, 국토교통부 고시 2018-671)"에 따라 제정하고 관리한다.

사업용 철도 노선 및 역명은 철도 시설 관리자가 노선명 및 역명 제정 방안을 국토교통부에 제출하면, 국토교통부에서 이를 검토하여 노선명, 노선 번호, 기 · 종점, 정차 역명 등을 지정한다. 국토교통부 장관은 노선명 등을 지정한 이후, 노선 및 역 시설 운영 개시 3개월 전까지 철도 거리표가 포함된 사업용 철도 노선을 지정하고 관보에 고시한다.

[표 3-11] 사업용 철도 노선 및 역명의 제정 고시 절차

구분	내용	시행자
제정 방안 제출	실시 계획 승인 예정일 2개월 전까지, 노선명 및 역명 제정 방안을 국토교통부에 제출	철도 시설 관리자
노선명 등 지정	실시 계획 승인 · 고시한 날부터 1개월 이내에, 사업용 철도 노선의 노선 번호, 노선명, 기점, 종점, 중요 경과지(정차 역명을 포함한다) 지정	국토교통부 장관
철도 거리표 제출	노선 및 역 시설의 운영 개시 예정일 5개월 전까지, 사업용 철도 노선의 철도 거리표를 국토교통부 장관에게 제출	철도 시설 관리자
사업용 철도 노선 지정	노선 및 역 시설 운영 개시 예정일 3개월 전까지, 철도 거리표가 포함된 사업용 철도 노선 지정	국토교통부 장관
고시	사업용 철도 노선을 지정한 경우, 관보에 고시	국토교통부 장관

※ 자료 : 철도 노선 및 역의 명칭 관리 지침(국토교통부 고시 2018-671) 제2장 제4조, 재정리

역명 제정 시, 철도 운영자는 철도 시설 관리자가 의견을 요청할 경우에 역명 안에 대한 의견을 제출하며, 해당 철도 운영자, 철도 건설 사업 시행자 및 지방자치단체장(시장 · 군수 · 구청장)의 의견이 반영된 노선명 및 역명 제정 방안을 국토교통부에 제출하고, 국토교통부 장관은 역명 심의 위원회의 심의를 거쳐 이를 확정한다.

철도 운영자는 철도 이용자의 예매 편의, 안내 등 영업 전략상 필요한 경우, 영업 노선명을 따로 정하여 사용할 수 있고(철도 노선 및 역의 명칭 관리지침 제23조), 철도 이용자가 철도역 인근의 시설 등을 쉽게 이용할 수 있도록 역명 아래에 괄호의 형태로 표기하는 역명 부기(철도 노선 및 역의 명칭 철도 노선 및 역의 명칭 관리지침 제2조13호)는, 수익권자(BTL 방식으로 건설되었거나 미(未)출자된 역사의 경우에는 철도 시설 관리자를 말하며, 철도 운영자에게 출자된 역사는 철도 운영자를 말함)가 광역 전철 노선의 역에 역명 부기를 표기할 수 있다(철도 노선 및 역의 명칭 관리지침 제20조).

3.4.2 도시철도 역무 설비

도시철도역은 지상 또는 지하에 위치해 있으며, 고객이 열차에 승차하는 승강장과 승차권을 구입하여 게이트를 통과하기 전까지의 맞이방으로 구분할 수 있다.

역무 자동화 설비는 승차권 구입 및 반환과 관련되는 발매기, 무인 정산기, 보증금 환급기와 승차권 확인 및 수집과 관련된 개 · 집표기 등의 자동화 기기가 있다. 도시철도를 이용하는 승객들은 자동 발매기, 게이트 등 각종 역무 자동화 기기를 이용하면서 열차에 승차하고 목적지까지 이동하여 하차하게 된다. 과거에는 역무 자동화 기기들이 설치되지 않아 인력에 의한 서비스를 이용했지만, 정보 통신 기술의 발달로 점차 열차 이용이 셀프서비스화되고 있으며 이에 따라 역을 관리하는 직원 수도 감소되었다.

[표 3-12] 도시철도역 주요 역무 자동화 기기 현황

구분	기능 및 용도
역 단위 전산기	역무 자동화 기기 총괄 제어, 역 회계 관리 및 장비 운영 상태 통제 기능
자동 발매기	1회용 교통 카드 및 선불카드 충전 기능
무인 정산기	운임 구간에 설치되며, 교통 카드 운임 부족 시 정산, 충전
휴대용 정산기	RF 교통 카드 판독 정산 처리, 검표 기능
보증금 환급기	자유 구역에 설치되며 1회용 교통 카드 보증금 환불 기능
무인 충전기	대부분 자동 발매기 주변에 위치하며 선불카드의 충전 기능
게이트	일반용, 비상용, 장애인용으로 구분 승차권 개 · 집표 및 출입 통제

3.4.3 도시철도 역 안내 방송

열차 도착 및 출발, 이례 사항 안내 등을 위해 시행하는 안내 방송은 원격 안내 방송, 역 직원의 안내 방송 등을 통해 이루어진다. 역 직원에 의한 안내 방송은 일반적으로 역무실에 설치된 방송 장치를 통한 육성 방송 또는 녹음된 방송으로 시행하고, 원격 안내 방송은 도시철도 전 구간과 역의 승강장, 맞이방 등에 동시에 동일한 내용의 방송을 일괄 시행하거나 노선별 · 역별 상황에 맞게 적절한 구역을 선택하여 부분 방송을 시행할 수도 있다. 원격 방송을 위한 구역은 미리 노선별 또는 구역별로 그룹화하여 설정해 놓는 것이 일반적이다.

원격 안내 방송은 홍보 및 각종 안내 방송, 미아 발생 등 고객 협조 방송, 사고 등 이례 사항 발생 시의 방송으로 구분할 수 있으며, 주요 내용은 다음 표와 같다.

[표 3-13] 원격 안내 주요 방송 내용

구분	주요 방송 내용
홍보 및 각종 안내 방송	상급 부서의 공문 등 공식 지시 등에 의해 계획된 방송 (예정된 안내 방송 문안을 시간대별로 수시 시행)
고객 협조 방송	미아 발생, 치매 노인, 장애인 등 고객 협조 시 방송 시행 (유선 요청 시 상황에 따라 선별하여 즉시성 있는 수시 방송)
이례 사항 발생 시 방송	사고 등 이례 사항 발생 시 상황에 적합한 방송 시행 (예 : 사상 사고, 차량 고장, 신호 장애, 운전 정리, 화재 발생 등)

☑ 핵심정리 >>>

1. 도시철도 노선 및 역의 명칭은 국토교통부의 "(　　)(국토교통부 고시)"에 따라 제정하고 관리한다.
2. 역명 제정 시, 철도 운영자는 철도 시설 관리자가 의견을 요청할 경우에 역명 안에 대한 의견을 제출하며, 해당 (　　), (　　) 및 (　　)(시장 · 군수 · 구청장)의 의견이 반영된 노선명 및 역명 제정 방안을 국토교통부에 제출하고, 국토교통부 장관은 역명 심의 위원회의 심의를 거쳐 이를 확정한다.
3. 도시철도 (　　)의 종류는 역 단위 전산기, 자동 발매기, 무인 정산기, 휴대용 정산기, 보증금 환급기, 무선 충전기, 게이트 등이 있다.
4. 열차 도착 및 출발, 이례 사항 안내 등을 위해 시행하는 안내 방송은 (　　), (　　) 등을 통해 이루어진다.

3.5 도시철도 안전 관리

학습목표

- 도시철도 안전 관리의 법적 근거를 이해할 수 있다.
- 사고 또는 장애 시, 도시철도역의 안전 지원 체계를 설명할 수 있다.
- 도시철도 안전 설비의 기능과 운영 및 영업 사고에 관해 이해할 수 있다.

[핵심용어]

안전 관리 종합 계획, 지원 체계, 승강장 안전문(PSD), 영업 사고, 폐쇄 회로 텔레비전(CCTV)

3.5.1 안전 관리 종합 계획

도시철도 운영 기관은 철도안전법 제5조(철도 안전 종합 계획)를 근거로 국토교통부 장관이 수립한 철도 안전 관리 종합 계획에 따라 도시철도 안전을 관리한다. 국토교통부의 안전 관리 종합 계획에는 철도 안전 종합 계획의 추진 목표 및 방향, 철도 안전에 관한 시설의 확충, 개량 및 점검 등에 관한 사항, 철도차량의 정비 및 점검 등에 관한 사항, 철도 안전 관계 법령의 정비 등 제도 개선에 관한 사항, 철도 안전 관련 전문 인력의 양성 및 수급 관리에 관한 사항, 철도 안전 관련 교육 훈련에 관한 사항, 철도 안전 관련 연구 및 기술 개발에 관한 사항, 그리고 철도 안전에 관한 것으로서 국토교통부 장관이 필요하다고 인정하는 사항이 포함된다(철도안전법 제5조제2항). 이에 따라 국토교통부 장관, 시 · 도지사 및 철도 운영자 등은 철도 안전 종합 계획에 따라 소관별로 철도 안전 종합 계획의 단계적 시행에 필요한 연차별 시행 계획(이하 '시행 계획'이라 한다)을 수립 · 추진하여야 하며, 철도 운영자는 다음 연도 안전 관리 시행 계획을 수립하여 매년 10월 말까지 국토교통부 장관에게 제출하고 그 실적을 매년 2월 말까지 국토교통부 장관에게 제출하여야 한다.

3.5.2 사고 · 장애 시 역의 지원 체계

사고나 장애로 열차 운행이 중지되거나 지연될 경우, 도시철도 운영 기관의 본사나 역의 지원 체계도 기관에 따라 다소 차이는 있지만 기본적으로 본사에서 고객 지원, 열차 지원, 영업 지원, 현장 지원, 언론 등 대외 지원 등의 역할을 수행하는 팀을 구성하여 열차 운행 정상화와 고객 지원 업무를

수행하고, 역에서는 주로 질서 유지 및 안내 업무를 시행한다.

한국철도공사 광역철도본부를 중심으로 사고 또는 장애 발생 시 현장 지원 체계를 살펴보면, 본사 상황팀에서 현장 지원을 총괄하는데 상황팀에서 먼저 현황을 파악한 후 상황 전파가 이루어지고, 고객 지원, 열차 지원, 영업 지원, 현장 지원, 대외 지원 등 각 팀에서 현장을 지원하고 필요한 지시를 한다.

사고, 장애 등 이례 사항 발생 시, 역에서는 상황 전파, 복구 지원 등의 조치를 시행하며, 주요 이례 사항은 전동 열차 운행 중지, 전동 열차 내 환자 발생, 차량 화재 등이 있다.

운행 중지 상황 수보 시, 역에서는 초기 대응반 구성 및 운영, 고객 안내, 상황 전파, 이례 사항 조치 지원 등의 필요한 조치를 시행하고, 상황이 정리되면 조치 사항을 정리하여 보고한다.

구 분	조치 사항
운행 상황 파악 및 상황 전파	– 사고 상황 파악 – 관계 소속(역, 고객 담당 부서, 유관 기관 등)에 상황 전파 – 부상 또는 사망자 발생 시 119 수배 등 조치
여객 수송 방안 마련	– 전동 열차 운행 조정 협의(운행 중지, 구간 변경, 우회 수송, 임시 열차 운행 등) – 현장 지원 인력 요청
운전 정리	– 전동 열차 운전 간격 조정 및 안내 지시 – 정보 시스템 등을 통한 인접 역으로 상황 전파
고객 안내 및 조치 지원	– 고객 안내 및 조치 상황 전파 – 안내 기기 등을 활용한 고객 안내 – 상황 조치 지원(현장 인력 파견 등)
상황 종료	– 조치 사항 정리 및 보고

[그림 3–3] 전동 열차 운행 중지에 따른 도시철도역의 일반적 조치 절차 및 내용

차량 화재 발생 시, 소방서, 경찰서, 병원 등 관계처에 즉시 통보하고, 상황반에서는 역 또는 관계 승무원을 통해 현장 상황을 파악한다. 열차가 운행 중일 경우, 소화 조치와 더불어 터널이나 교량 밖의 안전한 장소에 정차 조치를 한 후 사상자를 구호하거나 승객이 대피할 수 있도록 조치한다. 여객 대피를 시킬 경우에는 반대 선로의 열차에 각별히 유의하고, 필요시 최근 역에 직원 파견을 요청한다. 직원 파견을 요청받은 역에서는 직원을 파견하여 구호를 지원한다. 관계 역에서는 관내 소속에 상황을 전파하고 화재 상황, 복구 예정 시간 등 고객 안내 방송을 시행한다. 차량 화재 진압, 사상자 구호 및 승객 대피가 완료된 이후 열차 운행이 가능하면 관제실의 지시에 의해 전도 운행을 하고, 운

행이 불가능할 경우에는 구원 열차를 운행하여 적절한 운전 정리를 시행함으로써 열차 운행을 정상화한다.

구 분	조치 사항
승객 대피 및 소화 조치	– 관계처(소방서, 경찰서, 병원 등) 통보 및 협조 요청 – 관계 승무원 통화 및 현장 상황 파악
화재 소화, 열차 정차 및 방호 조치	– 관계 승무원 및 승객 협조 소화 조치 – 열차 운행 중일 경우, 안전한 장소에 정차 조치 – 구원 필요 시, 구원 열차 운행
사상자 구호 및 승객 대피	– 사상자 구호(초기 대응반 출동 시 공동 시행) – 승객 대피(반대편 선로 열차 운행 주의)
운전 정리 및 고객 안내	– 열차 운행 간격 조정 – 열차 지연, 복구 예정 시간 등 고객 안내 – 미승차 확인 증명, 승차권 반환 등 조치
상황 종료	– 열차 운행 정상화 – 상황 정리 및 보고

[그림 3-4] 전동 열차 화재 시 일반적 조치 절차 및 내용

전동 열차 내에서 환자가 발생한 경우 상황을 파악하고, 승무원을 통해 차내 의료 관계자를 수배한다. 의료 기관 관계자가 승차하였을 경우에는 일반 승객의 접근을 통제하고 의료 관계자가 응급조치를 할 수 있도록 조치하고, 의료 관계자가 없을 경우에는 환자의 이송을 위해 최근 역 119 수배 등의 조치를 한다. 역에서는 119 수배 등의 조치를 지시받을 경우 119 수배 등 대외 기관 협조 요청을 하고, 환자가 승차한 열차가 정차하면 환자를 병원으로 후송 조치를 한다.

3.5.3 승강장 안전문(PSD : Platform Screen Door) 관리

승강장 안전문(PSD)은 도시철도 열차가 운행하는 선로와 승강장을 분리하여 도시철도 이용자들의 안전 확보, 소음 및 먼지 감소, 냉난방 효율 향상 등을 목적으로 설치된 안전 설비를 말한다.

승강장 안전문은 1961년 舊 소련의 상트페테르부르크(Saint Peterburg) 지하철에 최초로 설치되었으며, 우리나라는 2002년 2월 인천역에 시범적으로 설치를 하였으나 2003년 3월에 철거하였다. 이후 2004년에 광주 도시철도 1호선 도청역(現 문화전당역)에 설치되어 현재까지 운영되고 있다.

승강장 안전문의 종류는 형태에 따라 완전밀폐형, 반밀폐형, 난간형, 로프형으로 구분할 수 있으며, 승강장에서 승강장 천장까지를 완전히 막는 형태를 완전밀폐형, 반만 막는 형태를 반밀폐형, 난간 형태의 유형을 난간형이라 하고, 줄 또는 막대를 사용하여 막는 형태를 로프형이라 한다.



[그림 3-5] 승강장 안전문의 종류

승강장 안전문은 역, 동력차 승무원, 열차 승무원이 제어할 수 있다. 승강장 안전문 조작반은 승강장, 역무실, 기관사실에 설치되어 있으며, 승강문 방식에 따라 제어장치의 형태에 다소 차이가 있지만 일반적으로 역에는 직원이 근무하는 역무실, 전동 열차에는 승강장별로 차장 측, 기관차 측에 설치되어 있고, 승장장 전체 열림/담힘, 장애 발생, 수동 운용 등의 상태를 표시할 수 있도록 구성되어 있다.



[그림 3-6] 승강장 안전문 조작반 예시

승강장 안전문의 출입문 연동 방식은 ATO(Automatic Train Operation) 방식, RF(Radio Frequency) 방식, 센서 방식이 있다. ATO 방식은 열차 운전 상황에 따라 신호 상태에 연동되어 자동으로 승강장 안전문이 개폐되는 방식이고, RF 방식은 열차의 차상 장치와 승강장 안전문의 지상 장치에 설치된 무선통신 장치에 의해 제어되는 방식이다. 센서 방식은 승강장 안전문에 설치된 검지 센서에 의해 출입문이 제어되는 방식이다.

[표 3-14] 승강장 안전문 출입문 연동 방식

구분	출입문 연동 방식
ATO 방식	열차 운전 상황에 따른 신호에 따라 출입문이 자동으로 제어되는 방식
RF 방식	열차(차상 장치)와 승강장 안전문(지상 장치)에 설치된 무선통신 장치에 의해 출입문이 제어되는 방식
센서 방식	승강장 안전문에 설치된 출입문 검지 센서에 의해 출입문이 제어되는 방식

승강장 안전문은 일반적으로 승강장의 사고 위험을 크게 줄일 수 있으며 냉난방 효율을 증대시킬 수 있다는 장점이 있으나, 유지 보수 비용이 많이 들고 기관사의 열차 정위치 정차를 위한 고도의 집중력이 요구되고 구조상의 문제로 승강장 화재에 대처하기 어렵다는 단점이 있다.

승강장 안전문의 출입문 연동 방식별로 장단점을 살펴보면, RF 방식은 열차(차상)와 승강장 안전문(지상) 상호 간의 상태를 무선주파수로 주고받으면서 출입문을 제어하는 방식으로 오동작이 없으며, RF 장치 고장 시 센서 방식으로 자동 전환되어 오류를 방지한다. 센서 방식은 구동 방식이 비교적 간단해서 좋지만, 불완전한 상태에서 기관사가 오인하더라도 열차 출발이 가능하여 RF 방식과 비교하여 볼 때 상대적으로 불안전하다.

[표 3-15] 승강장 안전문 출입문 연동 방식별 장단점 비교

구분	장단점
RF 방식	열차의 문 열림 상태를 송수신하므로 센서 오류 등으로 인한 오동작이 없음. 스크린 도어 출입문이 불완전한 상태(문 열림 상태 등)일 때, 열차 출발을 하지 못하도록 제어하여 상대적으로 안전함. RF 장치 고장 및 오류 시, 센서 방식으로 자동 전환되어 오작동 방지
센서 방식	구동 방식이 비교적 간단 불완전한 스크린 도어 상태일 경우라도 기관사가 오인하고 열차 출발 가능

3.5.4 영업 사고 관리

도시철도 운영자는 여객이나 여객의 재물에 대한 손해가 발생할 경우, 조사와 처리에 관한 사항을 사규 등으로 규정하여 운영하고 있다. 한국철도공사의 경우, 영업 사고의 처리를 위해 사규로 영업 사고 처리 세칙과 철도 사고 조사 및 피해 구상 세칙을 제정하여 운영하고 있다.

한국철도공사 관련 규정을 기준으로 영업 사고 관리 현황을 살펴보면, 영업 사고는 철도 사고의 유형 중 여객 사상 사고와 재물 손해 사고를 총칭하는 의미로 정의할 수 있으며, 여객 사상 사고는 여객 교통 사상 사고와 철도 안전 사상 사고로 구분할 수 있다. 여객 교통 사상 사고는 열차 운행과 관련하여 여객 사상자가 발생한 사고를 말하고, 철도 안전 사상 사고는 여객이 대합실, 승강장, 선로 등 철도 시설에서 추락, 감전, 충격 등으로 사망하거나 부상을 당한 사고를 말한다.

[표 3-16] 철도 사고의 유형 분류

구 분			정 의
철도 교통 사고	열차 사고	열차 충돌	열차가 다른 열차(철도차량) 또는 장애물과 충돌하거나 접촉하여 운행을 중지한 사고
		열차 탈선	열차를 구성하는 철도차량의 바퀴가 궤도를 이탈하여 탈선한 사고
		열차 화재	열차에서 화재가 발생하여 사상자가 발생하거나 열차의 운행을 중지한 사고
		기타 사고	열차에서 위험물 또는 위해 물품이 누출되거나 폭발하는 등으로 사상자 또는 재산 피해가 발생한 사고
	건널목사고		건널목에서 열차 또는 철도차량과 도로를 통행하는 차마, 사람, 또는 기타 이동 수단으로 사용하는 기계 기구와 충돌하거나 접촉한 사고
	철도 교통 사상 사고	여객	열차 운행과 관련하여 여객 사상자가 발생한 사고
		공중	열차 또는 철도차량의 운행과 관련하여 일반 공중 사상자가 발생하였거나, 또는 선로에 사상자가 있는 것을 인지하고 정차하였을 때
		직원	철도 운영 및 철도 시설 관리와 관련하여 근무시간 내에 업무와 관련된 일을 수행하던 중 사상자가 발생한 사고
철도 안전 사고	철도 화재 사고		역사, 기계실 등 철도 시설, 또는 철도차량에서 발생한 화재 사고
	철도 시설 파손 사고		교량, 터널, 선로 또는 신호, 전기 및 통신 설비 등 철도 시설이 손괴된 사고
	철도 안전 사상 사고		철도 화재나 철도 시설 파손의 사고를 동반하지 않고 대합실, 승강장, 선로 등 철도 시설에서 추락, 감전, 충격 등으로 여객, 공중(公衆), 공사(公社) 직원(작업원 포함)이 사망하거나 부상을 당한 사고
	기타 철도 안전사고		위 각 호의 사고에 해당하지 않는 사고

※ 자료 : 한국철도공사(2020), 철도 사고 조사 및 피해 구상 세칙 제4조

도시철도에서는 철도를 이용하는 고객이 많아 영업 사고도 매우 많이 발생한다. 발생 장소는 주로 에스컬레이터, 객실, 승강문, 타는 곳, 계단 등이며, 사고 유형은 넘어짐 사고가 가장 많이 발생하고, 끼임과 부딪힘 사고도 많이 발생한다. 고객이 부상하는 등의 영업 사고 발생 즉시 응급조치를 취하고, 병원 치료가 필요한 경우에는 개별 치료, 또는 119 등 긴급 이송을 통해 치료를 하고, 병원 치료가 불필요할 경우에는 귀가 조치한다.

[표 3-17] 도시철도 영업 사고 조치의 기본 절차

구분		조치 사항
사고 처리		신속한 응급조치 및 119 등을 통한 수배 사상자 의료 기관으로의 이송 관계처, 유관 기관 및 사상자 가족에게 통보 사상자가 남겨 놓은 물건의 보관과 인도 사진, CCTV, 목격자 입증서 등 사고 원인을 밝히기 위한 증거 자료 확보
사고 보고	사고 급보	발생 일시, 장소, 관계 열차, 사고 개황(사고 원인, 책임 관계 등) 및 조치 사항 사상 정도, 인원수 등 사상자 현황, 그 밖의 참고 사항
	서면 보고	사고 개황(발생 일시, 장소, 관계 열차, 사고 원인 등)과 조치 사항 사상 정도, 인원 등 사상자 현황, 책임 여부, 피해 정도, 예방대책 관계 직원에 대한 진상 조사
배상 처리		영업배상책임보험 사고는 주관 보험사와 협의 및 조치 면책 사고는 조위금, 위문금 등 사고 상황에 따른 도시철도 운영사의 사규 근거에 따라 조치
결과 보고		사규에 따라 급보, 월보 등 관계처에 보고

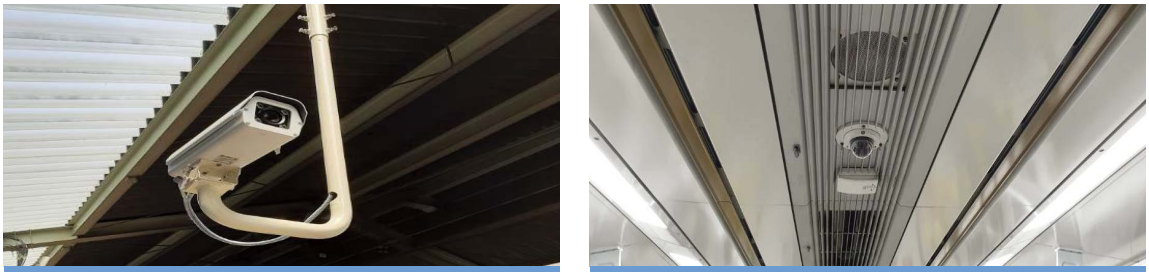
3.5.5 폐쇄 회로 텔레비전(Closed Circuit TeleVision : CCTV)의 설치 · 운영

도시철도법 제41조제1항에 도시철도 운영자는 범죄 예방 및 교통사고 상황 파악을 위하여 폐쇄 회로 텔레비전을 설치하여야 한다고 규정하고 있어, 도시철도 운영자는 도시철도법에 따라 승강장, 대합실, 도시철도 차량 등 범죄 예방 등을 목적으로 특정 수신자를 대상으로 화상을 전송하는 폐쇄 회로 텔레비전 시스템을 설치하여 운영하고 있다.

도시철도법 제41조제2항에서 대통령령으로 폐쇄 회로 텔레비전의 설치 기준과 안내판 설치 등에 관해 규정하도록 위임하고 있다. 폐쇄 회로 텔레비전의 설치 기준은 ①해당 도시철도 차량 내에 사각지대가 없도록 설치할 것, ②해상도는 범죄 예방 및 교통사고 상황 파악에 지장이 없도록 할 것, ③도시철도를 이용하는 승객 누구나 쉽게 인식할 수 있는 위치에 설치할 것 등이다(도시철도법 시행령 제25조).

폐쇄 회로 텔레비전을 설치할 경우, 승객이 도시철도 차량 내에 폐쇄 회로 텔레비전이 설치돼 있음을 쉽게 인식할 수 있도록 폐쇄 회로 텔레비전이 설치된 위치 부근에 ①설치 목적, ②설치 장소, ③촬영 범위, ④촬영 시간, ⑤담당 부서, 책임자 및 연락처, ⑥그 밖에 도시철도 운영자가 필요하다고 인정하는 사항이 포함된 안내판을 설치하여야 한다(도시철도법 시행령 제26조제1항). 이 경우 안내판에는 한글과 영문을 함께 표기하여야 하고, 폐쇄 회로 텔레비전이 설치되었다는 사실을 주기적인 안내 방송 등을 통하여 승객에게 알려야 한다.

도시철도 운영자는 ①범죄 예방 및 교통사고 상황 파악을 위하여 필요한 경우, ②범죄의 수사와 공소의 제기 및 유지에 필요한 경우, ③법원의 재판 업무 수행을 위하여 필요한 경우 외에는 폐쇄 회로 텔레비전으로 촬영한 영상 기록을 이용하거나 다른 자에게 제공하여서는 아니 된다(도시철도법 제41조제4항).



도시철도역 폐쇄 회로 텔레비전 | 전동 열차 폐쇄 회로 텔레비전

[그림 3-7] 도시철도 운영사의 폐쇄 회로 텔레비전 운영 사례

3.5.6 도시철도역 및 열차 내의 안전 설비



도시철도역 안전 설비(한국철도공사)



도시철도 열차 내 안전 설비(서울교통공사)

[그림 3-8] 도시철도역 및 열차 내 안전 설비 예시

※ 자료 : 한국철도공사 도시철도역, 서울교통공사 홈페이지(http://www.seoulmetro.co.kr), 재구성

도시철도역과 열차에는 이용객들을 위한 각종 안전 설비들이 갖추어져 있다. 기본적으로 역에는 소화기, 소화전, 피난 유도등, 통로 유도등, 휴대용 조명등, 화재용 마스크 등이 설치 또는 비치되어 있고, 열차에는 화재 감지기, 비상 통화 장치, 출입문 비상 개방 장치, 소화기 등이 설치되어 있다.

도시철도역 및 열차에 공통적으로 비치되어 있는 소화기와 소화전의 경우, 사용법에 대한 지속적인 교육에도 불구하고 역이나 열차 내 화재 등 위험 상황이 닥쳤을 때 당황하여 사용법을 알면서도 활용하지 못하는 경우가 있다. 도시철도 근무자는 화재 등 위급 상황에 적절히 대응하기 위해서 소화전과 소화기의 사용법을 평소 몸에 익을 정도로 숙지하고 있어야 한다.

역이나 열차에 비치된 일반 소화기의 사용 방법은 다음과 같다. ①소화기를 불이 난 곳으로 옮긴다. ②손잡이 부분의 안전핀을 뽑는다. ③바람을 등지고 서서 호스를 불 쪽으로 향하게 한다, ④손잡이를 힘껏 움켜쥐고 빗자루로 쓸듯이 뿌린다. ⑤ 일반 소화기는 잘 보이는 곳, 사용하기 편리한 곳에 두되, 햇빛이나 습기에 노출되지 않도록 한다. 소화전은 화재가 일어났을 때 소화 용수를 사용할 수 있도록 상수도에 연결된 급수 설비로서, 크게 옥내 소화전과 옥외 소화전으로 구분된다. 옥외 소화전은 주로 도로변에 급수관을 십자가 모양으로 세워 놓은 형태이며, 화재 시 소방 탱크차나 펌프 차에 호스를 연결하여 급수하게 된다. 도시철도 지역의 옥내 소화전은 도시철도역이나 승강장에 설치되어 있으며, 사용할 때는 ①소화전 문을 열고, ②호스를 빼서 노즐을 잡은 후, ③밸브를 돌리고, ④불을 향해 물을 분사하는 순으로 사용한다.



[그림 3-9] 일반 소화기 및 소화전 사용 방법

※ 자료 : 서울교통공사 홈페이지(http://www.seoulmetro.co.kr), 재구성

☑ 핵심정리

1. 철도안전법 제5조(철도 안전 종합 계획)를 근거로 ( )이 수립한 철도 안전 관리 종합 계획에 따라 도시철도 안전을 관리한다.
2. 사고, 장애 등 이례 사항 발생 시, 일반적으로 도시철도 운영 기관은 고객 지원, ( ), 영업 지원, ( ), 언론 등 대외 지원 등의 역할을 수행하는 팀을 구성하여 열차 운행 정상화 업무를 수행하고, 역에서는 주로 질서 유지 및 안내 업무를 시행한다.
3. ( )은 승강장 연단부에 설치하여 열차 출입문과 연동하여 동작하는 출입문으로서, 선로와 승강장을 분리함으로써 도시철도 이용자들의 선로 추락 및 투신자살 사고 등을 원천적으로 차단할 수 있는 철도 안전 설비를 말한다.
4. 승강장 안전문의 출입문 연동 방식은 ( ) 방식, ( ) 방식, ( ) 방식이 있으며, 승강장 안전문은 역, 기관사, 열차 승무원이 조작반으로 제어할 수 있다.
5. 도시철도의 ( )는 철도 사고의 유형 중 여객 사상 사고와 재물 손해 사고를 총칭하는 의미로 정의할 수 있으며, ( )는 여객 교통 사상 사고와 철도 안전 사상 사고로 구분할 수 있다.
6. 도시철도 운영자는 도시철도법에 따라 승강장, 맞이방, 도시철도 차량 등에 ( ) 등을 목적으로 ( )를 대상으로 화상을 전송하는 폐쇄 회로 텔레비전 시스템을 설치하여 운영하고 있다.
7. 도시철도역에는 ( ), 소화전, ( ), 통로 유도등 등이 설치되어 있고, 열차에는 ( ), 비상 통화 장치, ( ), 소화기 등의 안전 설비가 설치되어 있다.

참고 문헌

1. 김칠환 외(2018),『도시철도 관제 시스템론』, 경기 : 도서출판 범한.
2. 곽정호(2917),『도시철도 운영 총론』, 서울 : ㈜골든벨.
3. 서울특별시 도시기반시설본부(2019),『도시철도 업무 편람』.
4. 인태명(1997), “철도 현업 조직의 부서 간 갈등이 직무 만족에 미치는 영향에 관한 연구”, 부산대학교 석사학위논문.
5. 한국철도공사 연구원(2017), “전동 열차 혼잡도 안내 시스템 구축 연구”.
6. 철도 노선 및 역의 명칭 관리지침[시행2018.11.11.] [국토교통부 고시 2018-671]
7. 철도산업발전기본법[시행 2017.07.18.] [법률 제14547호]
8. 광역 철도 역명 부기 운영 규정[2019.8.7. 제3차 전부 개정, 제2019-31호]
9. 도시철도건설규칙[시행 2014.07.08.] [국토교통부령 제00106호]
10. 도시철도법 시행규칙[시행 2019.10.14.] [국토교통부령 제00657호]
11. 도시철도법 시행령[시행 2019.09.16.] [대통령령 제29892호]
12. 도시철도법[시행 2019.07.01.] [법률 제16146호]
13. 도시철도운전규칙[시행 2018.01.18.] [국토교통부령 제 00483호]
14. 도시철도법(국토교통부 법률 16146, 2018.12.31., 시행 2019.07.01.)
15. 도시철도법 시행령(국토교통부 대통령령 29892, 2019.06.25., 시행 2019.09.16.)
16. 도시철도의 건설과 지원에 관한 기준(대도시권광역교통위원회 예규 제1호, 시행 2019.12.20.)
17. 국토교통부 홈페이지(https://www.molit.go.kr)
18. 한국철도공사 홈페이지(http://info.korail.com)
19. 서울교통공사 홈페이지(http://www.seoulmetro.co.kr)
20. 네오트랜스주식회사 홈페이지(http://www.neotrans.kr)
21. 서울메트로9호선운영주식회사 홈페이지(http://www.metro9.co.kr)
22. 경기철도주식회사 홈페이지(http://shinbundang2.co.kr)
23. 신분당선주식회사 홈페이지(https://www.shinbundang.co.kr)
24. 공항철도주식회사 홈페이지(https://www.arex.or.kr)
25. 의정부경전철 홈페이지(https://www.ulrt.co.kr)
26. 용인경전철 홈페이지(https://ever-line.co.kr)

30. 우이신설경전철 홈페이지(http://www.ui-line.com)
31. 부산교통공사 홈페이지(https://www.humetro.busan.kr)
32. 부산김해경전철 홈페이지(http://www.bglrt.com)
33. 인천교통공사 홈페이지(https://www.ictr.or.kr)
34. 인천국제공항공사 홈페이지(https://www.airport.kr)
35. 대구도시철도공사 홈페이지(http://www.dtro.or.kr)
36. 광주광역시도시철도공사 홈페이지(http://www.grtc.co.kr)
37. 대전광역시도시철도공사 홈페이지(http://www.djet.co.kr)
38. 한국도시철도협회 홈페이지(http://www.koura.or.kr)
39. 한국산업안전보건공단 홈페이지(http://www.kosha.or.kr)

4장

운전 일반



4.1 운전 일반

4.2 운전 취급

4.3 철도 시스템

4.4 철도 동력차 에너지원에 따른 동력 발생 원리

4.5 궤도 교통의 종류

4장 운전 일반

4.1 운전 일반

학습목표

☑ 운전 일반의 개념을 이해할 수 있다.

[핵심용어]

기관사 양성, 승무 업무, 승무원 교육, 운전 취급

4.1.1 운전 일반

(1) 운송이란 항공기, 철도, 자동차, 선박 등의 교통수단을 이용하여 사람이나 물건을 원하는 시간에 한 장소에서 다른 장소로 이동하는 것을 말한다. 이 교재에서 다루게 될 도시철도 운전 일반은 열차 운전 업무에 대하여 전반적인 이해를 도모하는 것을 목적으로 집필하였다. 열차 운행은 궤도(Railway) 위에 운반구(Vehicle)의 이동을 통해 '운송 서비스(Transportation Service)'라는 공공 재화(public goods)를 생산하는 행위를 말한다. 이러한 철도 운송 서비스는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

1) 안전성이 확보되어야 한다.
2) 타 교통수단에 비해 빨라야 한다.
3) 이용 시간 선택의 폭이 넓어야 한다.
4) 정시성이 확보되어야 한다
5) 이용 시 쾌적성이 있어야 한다.

이러한 요구 사항은 바로 철도 수송의 사명이며, 이러한 사명을 충족시킬 수 있는 방법은 운전 업무와 직결되고, 그 운전 업무를 직접 수행하는 사람을 기관사(Train Engineer)라고 한다.

(2) 기관사는 운전 업무를 수행하기 전에 열차 운행 스케줄, 운행 구간의 전달 사항, 주의 사항, 운전 조건, 운행 일지 기록, 운행할 열차의 차량 상태, 전방 선로의 신호, 진로, 선로 등 열차 운행에 필요한 시스템적 안전 사항을 확인한 후, 신체적, 정신적으로 건강한 상태에서 열차를 운전하여야 한다.

(3) 열차 운행은 선로 · 차량 · 신호 · 전기 · 시설 · 통신 · 관제 · AFC · 영업 등 각 분야의 다양한 시스템이 복잡하면서도 상호 긴밀하게 연결되어 있다. 즉, 철도는 여러 분야로 나누어져 있으며, 각 분야별 업무의 최종적인 목표는 열차 안전 운행과 회사의 능률화에 있다. 이러한 철도의 안전과 능률 향상은 최종적으로 운송 서비스를 생산하는 운전 업무에 달려 있는 것이다.

4.1.1.1 기관사 양성 과정

(1) 철도차량 운전면허 취득 교육 훈련

- 법에서 정하는 면허 취득 결격 사유 없음 → 신체검사(합격) → 적성검사(합격) → 철도 전문 교육 훈련 기관(교육 훈련 이수) → 철도차량 운전면허 필기시험(교통안전공단) → 철도차량 운전면허 기능 시험(교통안전공단) → 철도차량 운전면허 취득

(2) 기관사 업무 수행

- 철도차량 운전면허 취득 → 철도 운영 기관(한국철도공사, 서울교통공사, 부산교통공사 등) → 운행 구간 실무 수습 → 운행구간 인증심의 → 기관사 업무

(3) 철도차량 운전면허 갱신

- 운전면허 갱신 기간 내에 철도안전법에서 정한 운전면허 갱신에 필요한 경력 또는 교육 훈련 이수

(4) 정기 검사

1) 정기 신체검사 : 업무 수행 중 법이 정한 기간마다 정기적으로 실시하는 철도 종사자 신체검사를 말한다.

2) 정기 적성검사 : 업무 수행 중 법이 정한 기간마다 정기적으로 실시하는 철도 종사자 적성검사를 말한다.

(5) 특별 검사

- 특별 신체(적성)검사 : 업무 수행 중 철도 사고 등을 일으키거나 질병 등의 사유로 운전 업무를 수행하기가 어렵다고 철도 운영자 등이 인정할 때 실시하는 신체검사를 말한다.

4.1.1.2 기관사 업무의 특징

(1) 업무 시작부터 업무 종료 시까지 열차 운전을 전담하기에 단위시간당 업무 긴장도가 타 업무에 비해 높다.

(2) 열차 특성상 단위시간당 수송량이 다른 교통수단에 비해 많다.

(3) 운전 업무는 특성상 운행 차량의 구조와 기능, 궤도, 전기, 신호, 관제, 설비, 통신, 관련 규정 등 전체적인 철도 시스템에 대한 지식이 요구된다.

(4) 철도안전법이 요구하는 신체검사와 적성검사에 합격하여야 한다.

(5) 승무 업무를 하기 전에는 반드시 음주 측정, 휴양 시간 관리 등 승무 적합성 검사를 실시하고 운전 업무에 종사하여야 한다.

4.1.1.3 기관사 안전 수칙

(1) 운전 시작 전 제동 성능과 신호장치 기능을 확인하여야 한다.

(2) 운전 중에는 신호 조건에 따라 운전하고 각종 제한속도는 철저히 준수하여야 한다.

(3) 의심스러울 때는 일단 정차 후 가장 안전한 방법을 취하여야 한다.

(4) 열차 사고 등 선로에 내릴 때에는 인접선 열차에 주의하여야 한다.

(5) 이례 사태 발생 시는 당황하지 말고 침착하게 행동하고 안전하게 조치하여야 한다.

(6) 억측 운전이 사고 발생의 원인이 된다는 것을 명심하여야 한다.

(7) 규정의 준수와 지시의 실천이 안전 운행 확보의 지름길 임을 명심하여야 한다.

(8) 출입문 취급 시 승객의 승하차 상태를 반드시 확인하여야 한다.

4.1.2 승무 사업 준비

4.1.2.1 출근 시각(전동차)

(1) 사업 시작의 경우

1) 출고 : 열차 출발 시각 1시간 5분 이전(한국철도공사 50분 이전)

2) 승계 : 열차 출발 시각 30분 이전(한국철도공사 40분 이전)

(2) 승무 사업 도중(승무선지)

1) 출고 : 열차 출발 시각 35분 이전(한국철도공사 30분 이전)

2) 승계 : 열차 출발 시각 5분 이전(한국철도공사 15분 이전)

4.1.2.2 음주 및 약물 측정

(1) 음주 및 약물 측정 시기

1) 출무 보고 시

2) 열차 안전과 위험 방지를 위하여 필요하다고 인정될 때

3) 근무 중 음주 및 약물을 사용하였다고 인정할 만한 상당한 이유가 있을 때

4.1.2.3 출무 보고 및 승무 중 음주 적발 시 조치

(1) 혈중알코올농도 0.02% 미만일 경우(한국철도공사: 업무 전 알콜농도 0.01% ~ 0.03% 미만인 경우 1회 경고, 2회 경징계, 3회 중징계, 알콜농도 0.03% 이상인 경우 1회 경징계, 2회 중징계)

1) 업무 중지 및 특별 교육을 실시

2) 상습 음주자 또는 그 행위가 고의적일 경우 징계를 요구

3) 승무 적합성 검사를 재실시하여 혈중알코올농도 미(未)검출될 경우 승무시킬 수 있다.

(2) 혈중알코올농도 0.02% 이상인 경우

1) 업무 시작 전 적발 시

① 당일(당해) 업무를 중지

② 특별 교육 실시 및 지도 관리 기록부에 기록

③ 상습 음주자 또는 그 행위가 고의적이거나 악의적인 경우에는 징계 요구

(3) 업무 수행 중 적발 시

1) 업무 중지 및 승무 교대 조치

2) 특별 교육 실시 및 지도 관리 기록부에 기록

3) 인사 규정에 따른 징계 요구 및 철도관련법에 의한 행정처분 의뢰

4.1.2.4 적합성 검사

(1) 승무원은 정해진 시각까지 출근하여 적합성 검사표에 출근 시각 및 휴게 시간 등을 기록하고 승무 일지를 작성하여야 한다.

(2) 당일 업무 담당자는 출무 및 승무 적합성 검사표에 의한 승무 적합성 검사를 시행하여, 승무에 부적합한 경우에는 다른 승무원이 승무하도록 조치하여야 한다.

4.1.2.5 지시 전달 사항의 승무 일지 기록 내용

(1) 임시 열차 운전

(2) 서행 구간 및 제한속도

(3) 선로 차단 공사 및 선로(신호) 일시 사용 중지 관련

(4) 기타 이례적인 운전 명령 사항

4.1.2.6 상황실 교육

(1) 승무원은 상황실에서 승무사업 담당 선구의 운전 주의 사항 및 정보 사항을 승무 일지에 발췌, 기록 및 숙지하고 당일 업무 담당자에게 상황실 지도 교육을 이수하여야 한다.

(2) 당일 업무 담당자은 출무 인사 시 상황실 교육을 병행할 수 있으며, 이 경우 승무 일지 내용을 확인 후 날인하여야 한다.

4.1.2.7 출무 인사

(1) 승무원은 출무 인사 시 운전 관계 사항을 당일 업무 담당자에게 보고하고, 당일 업무 담당자는 추가로 운전상 주의 사항이 있을 경우 이를 승무 일지에 기입하게 한 후 서명 날인을 한다.

(2) 승무원은 당일 업무 담당자에게 열차 운전표 및 운전에 필요한 휴대품을 인수한다

(3) 사업 중 타 소속에 출근한 경우에도 그 소속의 당일 업무 담당자에게 출무 인사를 하여야 한다.

4.1.3 전동차 인수 · 인계

4.1.3.1 전동차 인수

(1) 전동차는 담당 사업 구간을 운전할 수 있는 상태로 인수한다.

(2) 승무원은 당해 사업에 충당되는 전동차를 출고할 경우, 다음에 의거하여 차량 사업 소장이 지정한 담당자에게 인수하여야 한다.

1) 전동차 상태권 및 비품 인수

2) 전동차 이력부의 전동차 상태 및 습성 확인

(3) 승계 사업의 경우에는 도착하는 승무원과 동력차 인수인계

4.1.3.2 인수인계 물품

• 승무원은 전기동차 인수인계 시 다음 각 호에 의한 비품을 확인하여야 한다.

– Key(주간제어기, 출입문, 배전반, 운전 용품함), 제동제어핸들, 전동차 상태권

4.1.3.3 전기동차 승무원 사업 절차

[표 4-1] 승무원 근무 요령

구분	승무원 근무 요령
전기동차를 출고하여 운행할 경우	출근(중간 대기) → 승무 열차 확인 및 출무표 날인 → 승무 적합성 검사 → 운전 지시 사항 확인 → 상황실 교육 → 출무 보고 → 동력차 인수 (검수 담당자) → 출고 → 승무 → 목적지 도착(인계) → 사업 종료
전기동차를 승계하여 운행할 경우	출근(중간 대기) → 승무 열차 확인 및 출무표 날인 → 승무 적합성 검사 → 운전 지시 사항 확인 → 상황실 교육 → 출무 인사 → 출장 → 승무(승계) → 목적지 도착(인계) → 사업 종료
중간 대기(기착지) 승무원 근무 요령	중간 기착 보고(중간 도착 기록부) → 휴게 → 출무표 날인 → 승무 적합성 검사 → 운전 지시 사항 확인 → 출무 인사→ 출장→ 승무 → 목적지 도착 → 사업 종료
전기동차 입고 순서	종착역(영업 운전 종료) 도착 → 차량 기지 회송 → 동력차 인계 (검수 담당자) → 자소 도착 → 다음 사업 확인(중간 도착 기록부) → 사업 종료(퇴근, 휴게)
승무원 퇴근	목적지(승계, 입고) 도착 → 자소 도착 → 도착 보고(사업 종료 보고) → 다음 사업 확인 → 퇴근

4.1.4 전기동차 승무원 교육

4.1.4.1 교육의 방법과 교육의 종류

(1) 교육 방법은 강의식과 시청각 교육, 토론회, 사례 연구 발표회 및 시범 훈련, 실제 승무 훈련, 시뮬레이터 훈련, 사이버 교육, 현장 교육 등 교육이 가능한 방법으로 시행한다.

(2) 철도 안전 교육의 종류

1) 이론 교육 : 강의실 이론교육을 매 분기 3시간 이상 실시

2) 실기 교육 : 현장에서 실습을 매 분기 3시간 이상 실시

3) 일일 교육 : 매일 출무 보고 시 실시

(3) 일반 교육의 종류

1) 상황실 교육 : 출무, 승무 사업 도중에 필요시 업무 담당자 대면으로 전달 사항을 교육

2) 지도 승무 교육 : 업무 담당자의 월간 승무 지도 계획에 의해 해당 열차에 직접 승차하여 교육
3) 게시 교육 : 게시판 게시를 통한 각종 교육 및 지시 사항 등을 교육
4) 계절별 교육 : 계절별 위험 요인을 소집 교육 및 게시 교육을 통해 교육
5) 지적 확인 환호 응답 교육 : 매년 교육 계획에 따라 교육을 시행하고 평가하는 교육
6) 지도 담당 면담 교육 : 지도 단위로 실시하는 개인별 면담 교육
7) 양성 교육 : 신규 및 전입자 발생 시 시행

4.1.4.2 신규자 · 전입자 양성 교육 및 신규 차량 적응 교육

(1) 신규자 양성 교육(기관사)

– 신규 응시 면허 취득자 : 이론 교육 7일 이상 및 운전 실무 수습 6,000km 이상

(2) 전입자 양성 교육(기관사)

1) 운전 실무 수습 인증 구간이 아닌 경우 : 이론 교육 3일 이상 및 운전 실무 수습 1,200km 이상
2) 운전 실무 수습 인증 구간인 경우 : 보완 교육 3일 이상 및 운전 실무 수습 750km 이상

(3) 신규 차량 적응 교육

1) 운전 업무 수행 경력자가 다른 운전면허의 철도차량을 운전하고자 하는 경우, 30시간 이상 또는 600km 이상의 운전 실무 수습 교육
2) 신설 또는 연장 구간 : 30시간 이상 또는 600km 이상의 실무 수습 교육

※ 실무 수습 교육 시간은 이론교육 시간, 준비 점검 시간 및 차량 점검 시간과 실제 운전 시간을 모두 포함한다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 전동차 승무원의 업무 특성을 정리하세요.
2. 전동차 승무원의 업무 수행에 필요한 요소를 정리하세요.
3. 전동차 인수 · 인계 방법 및 사업 절차를 정리하세요.
4. 전동차 승무원의 교육 훈련의 종류 및 교육 방법을 정리하세요.

4.2 운전 취급

학습목표

☑ 전동차 출고 및 운전 취급의 개념을 이해할 수 있다.

[핵심용어]

출고 준비, 구내 운전, 무인운전, 전동차 운전

4.2.1 출고 준비

4.2.1.1 출고 준비 요령

(1) 기동 요령

1) 전차선 가압 상태를 확인하고 제동 제어기 핸들을 투입한 후 비상제동 위치에 놓는다.

2) 제동 제어기 투입 시 알람 확인, ATS(ATC) 기동, 축전지 전압계 “74V이상” 전압 확인

3) ATS/ATC 절환 스위치의 위치 확인(ATS 위치 또는 ATC 위치), ADS 정(正)위치 확인(교류 또는 직류)

4) 운전실에서 ACMCS 스위치 PUSH 상태에서 ACM Lamp 점등 확인

※ 정격 시분 10분 이하로 약 7분 정도면 ACM Lamp가 소등(공기압 정상)됨

5) ACM Lamp가 소등되거나 정격 시분 10분이 경과하면 Pan US S/W 취급

6) 운전실 제어대의 AC 또는 DC등 점등 확인

※ AC 또는 DC등이 점등 불능 시, 운전실 밖에서 Pan 상승 여부를 육안으로 확인(VVVF 차량은 운전실 모니터로 Pan 정상 동작 확인)

7) MCBCS S/W ON 취급 MCB 투입

8) MCB ON등 점등 후 공기압력(MR)이 정상이 될 때까지 대기한 후, 압력이 형성되면 제동변을 7스텝 위치에 둔다.

(2) 기능 시험

1) 동력 시험

① 전후진 제어기 전(후)진 위치, 제동 제어기 제동 위치에서 동력 제어기 1단 취급

② POWER등 점등, 전류계 확인 후 동력 제어기 “0” 위치

2) 제동 시험

① 제동 제어기 비상제동 위치, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 완해 위치 취급

② 완해 위치에서 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 비상제동 위치 취급

③ 제동 제어기 취급 시 제동통 압력 게이지, 모니터 제동통 압력 확인

3) 운전실 무전기, 감청 수신기 S/W ON 취급 후 무전기 성능 확인

4) 각종 계기등, 전조등, 객실 형광등, 행선등 시험 확인

(3) 출입문 및 각종 기기의 기능을 확인하고, 이상 없으면 출고 준비 완료를 관계처에 통보한다.

4.2.2 구내 운전

4.2.2.1 구내 운전

(1) 구내 운전 구간의 동일 구간에는 구내 운전 방식에 의하여 2편성 이상의 차량을 동시에 운전할 수 없다.

(2) 구내 운전을 하는 경우의 운전 위치는 맨 앞 운전실로 한다. 다만, 맨 앞 운전실이 없거나 고장난 경우에는 예외로 한다.

(3) 기관사는 구내 운전을 하는 차량을 퇴행시켜서는 안 된다. 다만, 퇴행의 필요성이 생겼을 때는 퇴행 운전을 개시하기 전에 관계 직원과 협의하여야 한다.

(4) 구내 운전을 하는 열차 및 차량에 대하여는 관통 제동 취급을 하는 것을 원칙으로 한다.

(5) 구내 운전을 하는 구간의 운전 속도는 차량 입환 속도에 준한다.

4.2.2.2 구내 운전 방식

(1) 입환 신호기 또는 선로별 표시등이 설치된 정거장, 차량 기지 구내에서의 구내 운전 방식은 다음과 같다.

1) 역 · 소장은 입환 신호기에 진행 신호 현시 및 선로별 표시등에 백색등 점등시킨 후 구내 운전을 하는 기관사에게 운전의 개시를 지시하여야 한다.

2) 입환 신호기 반응 표지가 설치된 경우에는 차장이 반응 표지의 점등을 확인하고 기관사에게 시동 전호(보통으로 1회)를 하여야 한다.

3) 역 · 소장 또는 차장으로부터 구내 운전(입환) 지시를 받은 기관사는 관계 신호 및 진로를 확인하고 운전을 개시하여야 한다.

4) 구내 운전(입환) 지시는 통신 장치 또는 열차 무선전화에 의할 수 있다. 다만, 통화 불능 시에는 관계 직원의 중계에 의할 수 있다.

(2) 구내 운전을 하는 구간의 끝 지점은 입환 신호기 또는 차량 정지 표지로서 표시를 하여야 한다.

4.2.2.3 입 · 출고 열차번호 부여 및 소멸

(1) 열차번호 부여 : 차량의 최전부가 출고선에 진입한 때 한다.

(2) 열차번호 소멸 : 열차의 최후부가 입고선을 진출한 때 한다.

4.2.2.4 열차의 입 · 출고 시각 시점

• 기지 구내 입 · 출고 열차의 입 · 출고 시각 : 열차가 진행하고자 하는 방향의 입 · 출고 신호기를 통과(신호 정지 또는 안쪽 궤도회로 점유)하는 때로 정한다.

4.2.3 전기동차 운전

4.2.3.1 전기동차 운전 방법

(1) 운전 취급

1) 동력 제어기 취급법

① 제동 제어 핸들 완해 위치를 취함과 동시에 동력 제어 핸들 4단 투입(상(上)구배에서 정차 후 출발 시 제동 4스텝 이내 위치에서 동력 취급)

② 정차제동이 장착된 차량(4호선 VVVF 전동차 등)은 제동 제어 핸들 완해 위치를 취함과 동시에 동력 제어 핸들을 1단에 두고 Power등이 점등(전류계 현시)되는 것을 확인한 후 4단으로 동시 투입하는 것을 원칙으로 하고, 필요에 따라 이를 단계적으로 조절할 수 있다.

2) 무동력 운전 중 재차 동력 시 : 4단 투입

3) 공전 시 동력 제어기 취급

① 동력 제어기 OFF 후 공전 현상이 멈추면 주간제어기를 1단부터 순차적으로 투입한다.

② 약 10km/h 속도에서 주간제어기 2단 투입

③ 2단 투입 후 약 30km/h 속도에서 주간제어기 3단 투입

④ 3단 투입 후 약 50km/h 속도에서 주간제어기 4단 투입을 하여야 한다.

4) 제동 취급법

• 제동 기능 확인은 운전실 교환 및 승무 교대 후 첫 구간 45km/h 속도 이내에서 제동 감속도

시험을 하여야 한다.

5) 역 정차 시 제동 취급

① 정차 직전 상용제동 핸들 각도는 1스텝을 원칙으로 한다.

② 상용제동 핸들의 조작은 최초 2스텝으로 하며, 추가 제동 시 4스텝 이내를 원칙으로 하고, 더욱 큰 감속도를 필요로 할 때는 7스텝 이내로 한다.

③ 상용제동 취급 시 핸들의 조작은 순차적으로 부드럽게 취급할 것.

④ 제동 시 속도의 변화에 따라 제동 제어기를 적절히 조절하여(계단 완해), 정차 시 열차에 충격이 발생하지 않도록 하여야 한다(정차 직전 1스텝).

⑤ ATC 구간에서 지시 속도 초과로 경고음 및 ATC 제동 동작 시 제동 제어기를 1스텝 이상(확인 제동) 유지하고, 실제 속도가 지시 속도 이하에서 완해 위치로 이동한다

⑥ 상용제동이 작용하지 않을 때 또는 긴급히 열차를 정지시킬 필요가 있을 때 비상제동을 사용한다.

⑦ 상용 및 비상제동의 효과가 없을 때 보안제동을 취급한다.

6) 제동 취급 일반 사항

① 차막이 또는 유치 차량을 향하여 운전할 때는 저속으로 주의 운전하며, 충분한 여유 거리를 확보한 상태에서 제동을 가볍게 체결하여 정차한다.

② ATS 구간 속도 초과로 경고음 동작 시에는 확인 제동을 취하고 제한속도 이하에서 완해 위치로 이동한다.

③ ATS 동작으로 비상제동 동작 시에는 즉시 제동변 핸들을 정차할 때까지 비상제동 위치로 하여야 한다.

④ 운전 중 속도제한 장소(구배, 곡선, 선로 전환기 등)에 따른 속도 감속 시, 미리 감속하여 지장 개소 통과 시 열차에 충격이 발생하지 않도록 해야 한다.

⑤ 폭설 및 강우로 레일 면이 습한 상태에서 제동 취급 시, 마찰계수 저하로 인한 제동거리 증가가 우려되니 여유 있는 제동거리를 확보하고 과대 제동 체결을 억제하여 차륜 찰상을 방지한다.

7) 열차 운행 중 주의 사항

① 기관사는 운전 중에는 항상 운전실 계기등 상태, 열차 운전 정보 종합 장치, 신호 확인, 전도 주시, 주행 시 및 기기 동작 시 발생하는 이상음(異常音) 등을 철저히 감시하여, 이상 상태를 조기에 발견해서 사고를 미연에 방지하도록 노력하여야 한다.

② 정거장에서 진출할 때에는 관계 선로 전환기의 상태 및 출발 신호기의 신호 현시 상태를 계속 주시하여야 한다.

③ 정거장에 접근할 때에는 지적 확인 환호 응답 요령에 따라 정차역 또는 통과역 유무를 확인하고 상치신호기의 현시 상태를 주시하여야 한다.

4.2.4 사업 종료

4.2.4.1 동력차 인계

동력차 도착(입고) 시 인계는 운전 상황표에 동력차 불량 개소, 사고/장애 개황(사고/장애 발생 시간 및 기타 사항)을 상세히 기록하여, 차량 사업 소장이 지정한 계원에게 인계하여야 한다.

4.2.4.2 승무 일지 제출

승무원은 승무 사업 종료 후 자기 소속에 도착하면 승무 일지에 필요한 사항을 기록하여 당일 업무 담당자에게 제출하여야 한다.

4.2.4.3 사업 종료 보고

(1) 업무를 마치고 자기 소속에 도착한 승무원은 당일 업무 담당자에게 사업 종료를 보고하여야 한다.

1) 보고 내용

① 열차 운전 개황

② 승무 일지 제출

③ 운전 사고 및 장애

④ 기타 이례적 사항

2) 열차 운전표 등 비품 반납

(2) 승무를 마치고 타 소속에 도착했을 경우에는 그 소속의 업무 담당자에게 도착 보고 및 도착 기록을 하고, 승무 사업에 관련된 지시를 받아야 한다.

☑ 핵심정리 >>

1. 전동차 출고 준비 순서를 정리하세요.
2. 구내 운전 요령을 숙지하고 열차번호 부여 방법을 정리하세요.
3. 사업 종료 및 인수인계 시 확인할 물품을 정리하세요.

4.3 철도 시스템

학습목표

☑ 철도 교통의 시스템이 가지는 특징을 이해할 수 있다.

[핵심용어]

철도 시스템 구성 요소, 역(Station), 승강장(Platform)

4.3.1 철도 시스템의 특징

철도는 다른 교통수단과 비교하여 정해진 선로 상에서만 주행할 수 있다는 제약 조건과 차량을 장대 편성하여 대량으로 수송할 수 있는 특징이 있다. 이러한 제약 조건과 특성을 잘 이용하여 기능을 발휘하기 위해서는 열차 운영을 위한 여러 요소들의 체계적이고 종합적인 관리 시스템이 요구된다. 철도 시스템은 크게 역 설비, 차량, 선로, 에너지 공급 설비, 신호통신 설비 등 5가지 설비로 나누어진다.

4.3.1.1 철도 시스템 설비의 구성요소

(1) 역(Station) 설비는 승객이 타고 내리거나 화물을 싣고 내리기 위해 갖추어진 건물과 승강장 등의 설비를 총칭하며, 다른 교통과의 유기적 연결을 확보하는 교통광장인 동시에 '도시의 얼굴'이라 할 수 있는 도시의 상징적인 공간으로 도시 활동의 거점 공간으로서의 성격을 지니고 있다.

(2) 차량은 승객 또는 화물을 수송하는 설비로서, 사용하는 에너지의 종류에 따라 전기차, 디젤차로 구분할 수 있다. 또한 수송 대상물의 종류에 따라 여객차, 화물차로 구분되며, 동력의 유무에 따라 동력차, 비(非)동력차로 구분된다.

1) 승객 설비 : 객실, 조명, 안내 설비 등

2) 주행 장치 : 전동기, 구동장치, 동력 제어 장치 등

(3) 선로는 차량을 운행하기 위한 전용 통로로서 도상, 침목, 레일과 그 부속품으로 구성되어 있으며, 주행 중인 차량의 하중과 진동을 넓게 분산시켜 주는 역할을 한다.

(4) 에너지 공급 설비는 차량에 동력을 공급하는 설비로서, 발전소로부터 송전된 전기를 변전소에서 변전하여 전차선을 통해 차량에 공급하는, 전기차 운행에 필요한 설비다.

(5) 신호통신 설비는 열차 운행을 위한 정보 전달 체계로서, 위의 4가지 요소와 함께 종합 관리되어 철도의 특성을 보장하는 기능을 하며, 신호 보안 설비, 통신 제어 설비 등의 시설물과 관제실로 구성되어 있다.

4.3.2 역(Station)

4.3.2.1 역(Station)의 기능

(1) 여객 취급을 위한 매표, 검표, 집표 기능을 한다.

(2) 화물 취급을 위해 화물의 적재, 운반, 창고, 화물의 통로 역할을 수행한다.

(3) 운전 지원 기능을 위해 열차의 조성, 입환, 유치, 간이 정비, 검수, 시 · 종점 역할을 수행한다.

4.3.2.2 역(Station)의 고객 편의 시설

(1) 여객의 이동 정보를 상세히 분석하여 인간공학적인 설계로 접근성을 높였다.

(2) 접근 동선 축소(접근 용이성)

1) 계단을 이용한 진 · 출입 동선에 에스컬레이터, 엘리베이터를 설치

2) 버스, 택시 등이 역에 접근 또는 관통하도록 시설 개선

3) 환승주차장, 자전거 보관소 등의 충분한 확보

4) 환승 거리 축소를 위한 설계를 하여야 한다.

4.3.2.3 승강장(Platform)

(1) 개요

여객의 승하차, 환승 및 화물의 적재, 환적이 이루어지는 정거장의 주요 접객 시설물로 승강장의 수, 폭, 길이는 수송 수요, 열차 운행 횟수, 열차 종별에 따라 결정되고, 환승 개소는 승강장 폭을 넓게 하고 승객의 환승량에 따라 폭을 결정하고 있으며, 그 형식에 따라 섬식 승강장과 상대식 승강장으로 구분되며, 선택은 홈 방향 계수를 산정하여 판단한다.

(2) 섬식 승강장

본 선로 사이에 위치하는 형태로 상 · 하(행)선 양방향 열차에 승차가 가능하며, 상 · 하행선 수요차가 많을 때 유리한 형태이며, 확장 개량이 곤란하고 방향 혼동 우려가 있다.

1) 장점

① 용지비가 적게 들고 공사비가 저렴하다.

② 환승이 편리하며 반복 · 회차 시설 설치가 유리하다.

2) 단점

① 이용객의 방향 혼동 우려가 있다.

② 장래 확장 및 개량에 불리하며, 본선과 접속 시 S-curve가 발생한다.

③ 상, 하행선 열차가 동시 진입 시 혼잡하다.

(3) 상대식 승강장

승강장 사이에 본선이 위치한 형태로 한 방향의 열차에 승차가 가능하며, 상 · 하행선 수요가 비슷할 때 유리한 승강장이다.

1) 장점

① 이용객의 방향 혼동 없이 이용하기 편리하다.

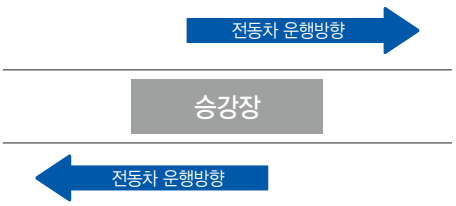
② 장래 확장 개량이 용이하다.

③ 섬식(승강장)에 비하여 상 · 하행선 혼잡 발생이 없다.

④ 확장 개량 편리하다.

2) 단점 : 용지비와 공사비가 섬식 승강장보다 비싸다.

[표 4-2] 승강장 개념도

섬식 승강장	상대식 승강장
	

☑ 핵심정리 >>>

1. 철도 시스템의 특징 및 구성 요소를 정리하세요.
2. 역(Station)의 기능을 정리하세요.
3. 승강장(Platform)의 종류와 장단점을 정리하세요.

4.4 철도 동력차 에너지원에 따른 동력 발생 원리

학습목표

☑ 철도 동력차 에너지원에 따른 동력 발생 원리를 이해 할 수 있다.

[핵심용어]

증기기관차, 디젤전기기관차, 전기 차량

4.4.1 증기기관차 (steam locomotive, 蒸氣機關車)

(1) 개요

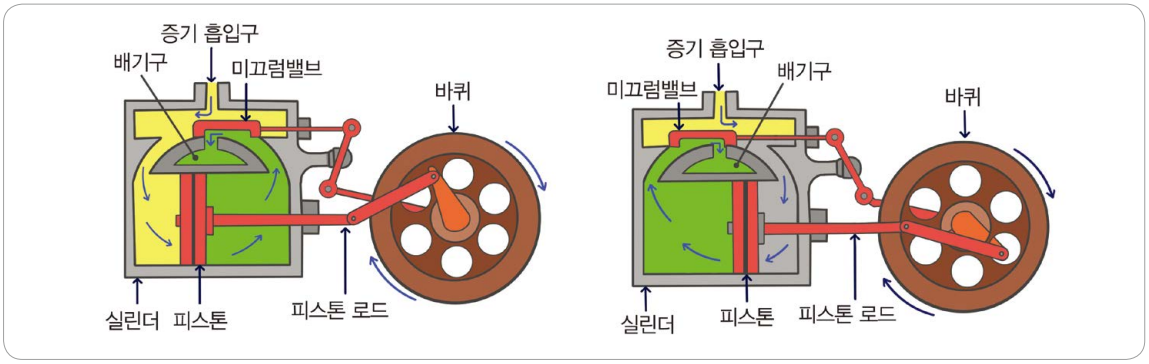
제임스 와트(James Watt)가 증기의 힘으로 피스톤이 회전운동을 하는 증기기관을 1765년에 만들었다. 그 후 1804년 리처드 트레비딕(Richard Trevithick)이 펜-이-다렌(Pen-y-darren)이라는 이름의 증기기관차를 최초로 만든 것을 시초로, 증기기관차와 함께 철도의 역사가 시작되었다.

한국에서는 1899년에 경인선 철도 개통과 함께 모가형 증기기관차가 도입된 것이 최초이며, 이후 경부선의 개통과 더불어 증기기관차의 도입은 확대되었다. 특히, 1920년경부터는 자체적으로 증기기관차를 조립, 생산하기에 이르렀으며, 이후 기관차의 고(高)성능화 및 급행열차 운전이 본격화되면서, 파시형 증기기관차, 미카형 증기기관차 등 대형 기관차들이 속속 도입되어 운행되는 등 증기기관차는 한동안 철도교통의 중추적 역할을 수행하였다. 그러나 점차 새로이 도입되는 디젤 기관차에 의해서 그 역할은 점차 축소되어 1967년 8월 31일에 공식적으로 정기 열차로서의 역할은 종료하게 되었다.

(2) 증기기관차 동력 발생 원리

증기기관은 외연기관이다. 일단 무언가를 태워서 그 태운 열로 보일러를 데우고 나면 가열된 물이 증기로 기화되고, 이때 발생된 수증기의 압력으로 피스톤을 움직여 그 피스톤에 연결된 로드가 바퀴를 돌리는 방식이다. 이론상으로 석탄이든 뭐든 100도 이상의 열을 발생시킬 수 있는 것, 즉 물을 끓일 수 있는 온도까지 도달할 수 있는 물질이라면 뭐든지 사용이 가능하다. 석유로 가는 증기기관차도 있고, 원자로를 탑재하는 방안도 계획되었지만, 안전 문제로 취소되었다. 심지어 전차선으로 전

기를 끌어들여 전기로 물을 끓이는 방식도 있으며, 철도 상태 및 에너지 상태가 열악한 북한에서는 목재를 태우다 지나친 벌목으로 인해 민둥산이 너무 많아지면서 더 태울 게 없어 폐타이어를 태우기도 하니, 흔히 생각하는 것들 외에 다양한 재료들을 활용할 수 있다.



[그림 4-1] 증기기관차 동력 발생 원리

4.4.2 디젤기관차(diesel locomotive)

(1) 개요

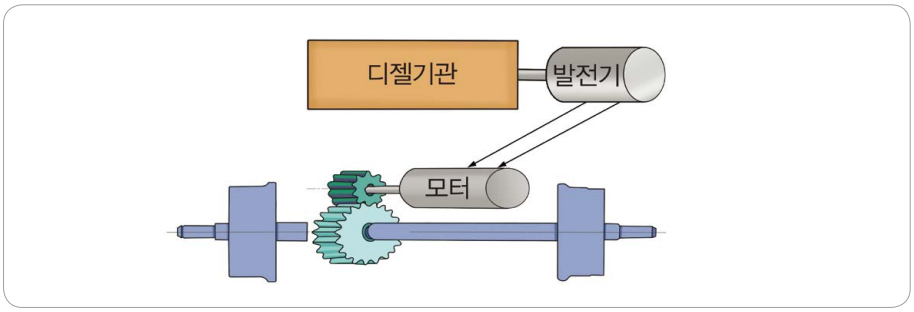
디젤기관차는 1900년대에 들어 증기기관차의 성능에 한계가 명백해짐에 따라, 이것을 개선하기 위해 개발되었다. 초기에는 가솔린 기관차가 많았으나, 열효율이 높은 경유를 사용하는 디젤기관이 발달됨에 따라 디젤기관차가 그 주류를 이루었다.

한국에서는 1950년 6 · 25전쟁이 발발한 직후 UN군에 의해서 운행되었으며, 휴전 직전까지 50여 량의 디젤전기기관차를 UN군에서 군 및 군사 장비를 수송하기 위해 사용하였다. 휴전과 함께 UN군이 철수하자 SW형 4량만은 그대로 존속하여 구내 입환용으로 운용되어 왔다. 1956년 3월 15일 충북 제천읍에 부산공작창 기관차공장 제천분공장이 창설되어, 본격적인 디젤전기기관차의 운용을 시작하였다. 그 후 한국도 디젤전기기관차에 대한 정비와 운전 기술이 크게 향상되었으며, 여러 차례에 걸쳐 AID 차관에 의해 디젤전기기관차가 도입됨으로써, 한국 철도 동력차의 주종으로 등장하게 되었다. 1978년 11월 현대차량(주)에서 최초의 국산 디젤전기기관차를 생산하여 철도 동력의 현대화를 가져오게 되었다.

(2) 디젤전기기관차 동력 발생 원리

디젤전기기관차는 자가발전형 기관차라고도 불린다. 엔진의 실린더 내에 공기를 흡입, 압축해서

고온 고압으로 하고, 여기에 경유를 분사하여 피스톤을 작동시켜서 동력을 얻는 내연기관이다. 피스톤에서 발생된 회전력으로 발전기를 돌려서 만들어진 전기에너지를 차축과 연결된 견인전동기에 공급하여 운행하는 형태의 기관차를 디젤전기기관차라 한다. 디젤전기기관차의 견인력 및 속도 가, 감속은 디젤엔진 회전수 조절로 가능하다.



[그림 4-2] 디젤전기기관차 동력 발생 원리

4.4.3 전기기관차 및 전기동차

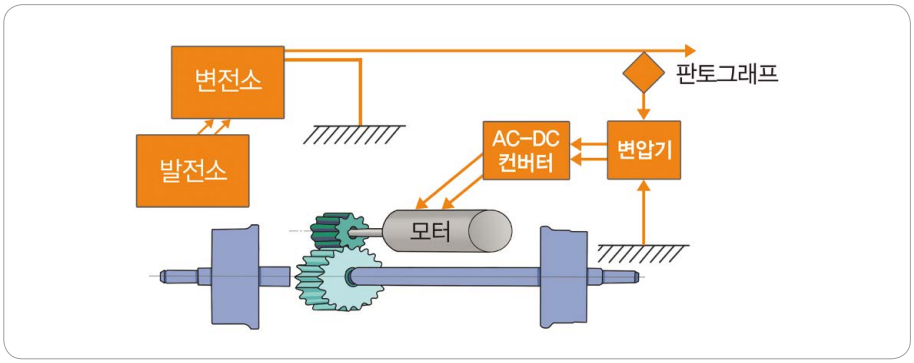
(1) 개요

우리나라 최초의 전기기관차는 일제강점기인 1944년에 경원선에 투입된 3000V용 데로형 전기기관차가 최초이나, 이 구간은 현재 북한 지역에 속하며 차량 역시 북한이 인수하였다. 이후 전기기관차는 사용되지 않다가 급격한 산업화로 높은 견인력을 지닌 전기기관차의 도입이 필요함 따라 1968년에 산업선 전철화가 착공되었고, 1972년에 중앙선 청량리~제천 구간을 시작으로 구배가 심한 영동선, 태백선 등을 우선 전철화하였다. 당시 철도청은 프랑스 알스톰사에서 8000호대를 도입해 본격적인 전기기관차 운행을 시작하였다. 전기 차량의 장점이 부각됨에 따라 현재는 경부선 및 중앙, 영동 등 거의 모든 선로에 전철화를 구축하여 운행하고 있다. 또한 산업화에 따라 도시에 인구가 집중되어 발생된 교통난 해소를 목적으로, 1974년 8월 15일 서울역~청량리 간 지하철 개통을 비롯해 서울 및 수도권, 부산, 대구, 대전, 광주 등에는 도시철도를 운영하고 있다. 그리고 2004년 4월 1일에는 경부고속철도가 개통되면서 우리나라는 프랑스, 일본, 독일, 스페인에 이어 세계에서 다섯 번째로 고속철도 보유국이 되었고, 이로써 당당히 철도 선진국 대열에 들어서게 되었다.

(2) 전기기관차 및 전기동차 동력 발생 원리

디젤전기기관차는 기관차에 디젤엔진을 탑재하여 엔진 출력으로 발생되는 전기에너지로 견인 전

동기를 구동하지만, 전기기관차 및 전기동차는 전철화 설비로 구축된 전차선으로서 AC 25000V, DC 1500V를 직접 공급받아 견인 전동기를 구동하는 방식이다. 그래서 견인력이 크고, 가속과 감속이 용이하며, 고속 성능이 가능하다. 그리고 경제성이 뛰어나며, 동력차의 수선비와 유지비가 저렴하다. 특히, 공기 오염의 유발 요인이 거의 없고 소음이 적어 공해 문제가 발생하지 않는 등 많은 장점이 있다.



[그림 4-3] 전기 차량 동력 발생 원리

☑ 핵심정리 >>>

1. 증기기관차의 역사와 동력 발생 원리를 정리하세요.
2. 디젤전기기관차의 역사와 동력 발생 원리를 정리하세요.
3. 전기차의 역사와 동력 발생 원리를 정리하세요.

4.5 궤도 교통의 종류

학습목표

☑ 경량 전철의 종류와 특징을 이해할 수 있다.

[핵심용어]

경량 전철, 노면전차, 모노레일, AGT, LIM, PRT

4.5.1 도시철도용 차량

4.5.1.1 경량 전철 (Light Weight Electric Railway)

(1) 개요

1) 대형 차량에 비해 고가화가 가능하여 건설비가 적게 소요되며 자동 운전으로 운영비가 낮은 경량 전철(Light Weight Electric Railway)은, 버스와 기존 지하철의 중간 정도의 약 5,000명~40,000명/시간/방향 수송 능력을 가지는 수송 수단이다.

2) 경량 전철의 중량 및 수송 능력

① 축당 중량이 13.5톤 이하 (차량 평균 공차 중량 28톤 이하)

② 차량 규격 W2,800×L18,000 이하

③ 수송 용량(pphpd) 5,000명~30,000명

④ 기본 편성 4량 이하

(2) 경량 전철의 특징

1) 현대인의 취향에 맞도록 1분~2분 이내로 짧은 시격의 배차가 가능하다

2) 정거장의 길이가 기존 지하철에 비해 1/2 이하로 짧다.

3) 차량의 크기, 구조물의 크기가 작아 토목, 건축 등 고정 시설비가 적게 소요된다.

4) 완전 자동 무인운전이 가능하고, 운영 비용의 대폭적인 절감이 가능하다.

5) 급기울기, 급곡선 주행 성능이 우수하다.

6) 무인자동운전 시스템의 경우, 중앙에서 열차 운영을 직접 제어하므로 승객 수송 수요 변화에

신속한 대응이 가능하다.

7) 동력 전달 방식이 원형 모터, 선형 모터, 케이블 견인식, 자기 부상식 등 다양하다.

(3) 경량 전철의 종류

1) 노면철도(tramway, street railway)

2) 모노레일(monorail)

① 과좌식 모노레일

② 현수식 모노레일

3) AGT (Automated Guideway Trainsit)

① 고무 차륜식 AGT

② 철제 차륜식 AGT

③ LIM식 AGT

4) 궤도 승용차 (Personal Rapid Trainsit) 등

4.5.1.2 노면전차(Tram way)

(1) 정의

1) 도로 노면과 주행 레일 면을 동일 레벨로 동일하게 부설하여 자동차와 철도차량을 동시에 주행시키는 도시교통 시스템이다. 노면을 운행하므로 가공 전차선으로 급전을 받아 운행한다.

(2) 특징

1) 노면 점유 및 횡단보도 필요(3~4개 차선 점유, 정차 지점 횡단보도 시설)

2) 홈붙이 레일(grooved rail)을 주로 사용한다

3) 레일 면이 도로 면보다 다소 높게 설치(5~10mm)한다.

4) 대부분 가공 전차선(Trolley wire)으로서 10mm 직경의 경동선을 사용하고, 공급 전력은 직류 600V를 기본으로 사용한다.

(3) 장 · 단점

1) 장점

① 급곡선 및 급기울기 주행이 가능(R=30m, 기울기 100‰)하다.

② 지하, 지상, 고가 모두 적용 가능하여 적용성이 우수하다.

③ 사업비가 적게 소요되어 경제성이 우수(지하철의 약 1/4)하다.

④ 노면에서 직접 승, 하차가 가능하여 이용성이 우수하다.

⑤ 저공해 교통수단이다.

2) 단점

① 낮은 표정속도 및 정시성 결여(표정속도 15km/h 정도)되기 쉽다.

② 무인운전의 어려움(운전원이 반드시 탑승)이 있다.

③ 도로 차량과의 접촉 등 각종 안전사고 발생 우려가 크다.

(4) 국내 도입 검토

1) 서울 시내에서 1960년대 말까지 운행했으나, BUS 및 지하철 체계로 전환하고 폐지되었다.

2) 최근 등판능력과 적용성이 우수하고 경제성이 검증되어, 대도시나 중소도시에서 도입을 검토하고 있다.

4.5.1.3 모노레일(Monorail)

(1) 개요

고가부 1개의 주행 궤도 Beam 위를 고무타이어 또는 강재의 차륜이 과좌 또는 현수하여 주행하는 교통수단을 모노레일(Monorail)이라 한다. 철도와 버스의 중간 정도의 수송 능력을 가지고 있으며, 차량의 지지방식에 따라 현수식(suspended type)과 과좌식(straddle type)으로 구분한다.

(2) 장점

1) 타 교통기관과의 입체교차로 충돌, 탈선 위험이 없다.

2) 운전 속도가 비교적 높다.

3) 급기울기, 급곡선 운전이 용이하다.

4) 공해 발생이 적다.

5) 도로교통에 지장이 적다(도로 중앙에 건설).

6) 공사 기간이 짧고 건설비가 저렴하다.

(3) 단점

1) 차량의 기구가 복잡하며 고가이다.

2) 고무타이어의 경우, 고속 성능이 열악하여 동력비가 높다.

3) 보통 철도와 상호 환승이 불가능하다.

4) 사고 발생 시 복구가 어렵다.

5) 시가지나 주택지 통과 시 경관에 문제가 있다.



[그림 4-4] 모노레일(Monorail)

4.5.1.4 AGT (Automated Guideway Transit)

(1) 개요

AGT란, 전용 궤도를 소형 경량의 차량(고무 차륜 또는 철제 차륜)이 가이드웨이를 따라서 주행하는 중량 수송 시스템으로 신(新)교통 시스템의 일종으로, 컴퓨터 제어에 의한 무인운전도 가능하다.

(2) AGT의 특징

1) 버스와 철도의 중간 정도의 수송 능력(5,000~30,000인/h)을 가진다.

2) 최고 속도는 50~80km/h이고, 표정속도는 30~40km/h 정도 된다.

3) 1량당 정원 60~150인이고, 2~4량을 1편성으로 하여 운행한다.(편성의 구성이 유연함.)

4) 운전 시격은 수요 변동에 따라 컴퓨터 제어에 의해 조정이 가능하다.

5) 무인운전이 가능하다.

6) 노선 선정이 용이하고, 운영 사례가 많다.

(3) AGT(Automated Guideway Transit)의 구조

1) 차량 구조

① 차체 : 알루미늄 또는 FRP 재료로 구성 경량화

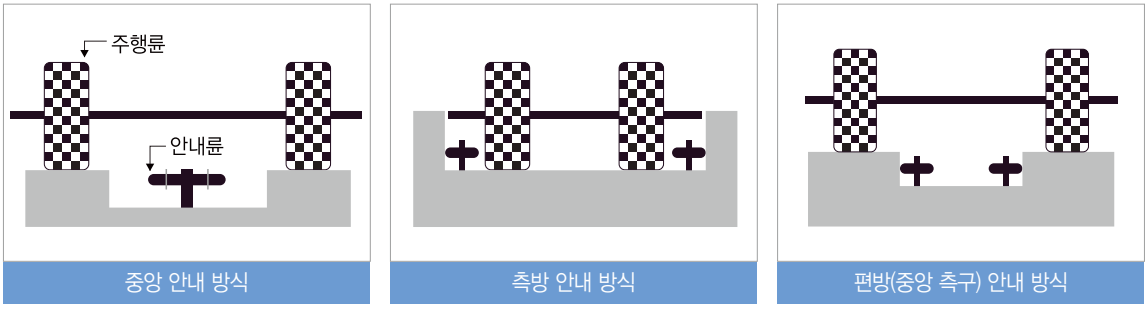
② 바퀴 : 고무 차륜, 철제 차륜

2) 고무 차륜 AGT의 안내 방식

① 중앙 안내 방식은 궤도 중심에 설치된 1본의 가이드레일을 안내 차륜으로 지지하며 주행하는 방식으로, 속도는 낮으나 안정된 주행이 가능하다.

② 측방 안내 방식은 차량 외측에 설치된 안내 차륜이 측벽 가이드를 지지하며 주행하는 방식으로, 속도는 빠르나 중앙 안내 방식에 비해 승차감이 떨어진다.

③ 편방(중앙 측구) 안내 방식은 차량 내측에 설치된 안내 차륜이 주행로 내측 벽을 지지하면서 주행하는 방식으로, 중앙 안내 방식과 유사하다.



[그림 4-5] AGT 운행 형태

3) 고무 차륜 AGT의 분기 방식

① 부침식 : 진행 방향에 따라 가드레일이 상하로 방향을 바꾸는 방식이다.

② 회전식 : 두 종류의 안내빔을 안팎의 분기 장치가 180° 회전하여 진행 방향을 바꾸는 방식이다.

③ 가동 안내판 방식 : 가동안내판을 작동하여 차량의 방향을 진행시키는 방식이다.

④ 블록 평형 이동식 : 블록이 좌우수평이동으로 이동함에 따라 방향을 바꾸는 방식이다.

⑤ 수평 회전식 : 주행 방향과 안내 궤도가 일체로 작동하는 방식이다.

(4) 운영 사례

1) 1981년 일본의 고베와 오사카 남항이 최초 고무 차륜형 AGT를 운영하였다. 고무 차륜형 AGT는 프랑스 릴리시 VAL system, 일본 도쿄 유리카모메, 요코하마 Sea Side Line, 고베 port Liner 등에서 운영되었으며, 철제 차륜형 AGT는 영국 도클랜드에서 운영되었다

2) 국내 적용 사례는 최근 정부의 투자 비율 개선 시책과 민간 투자법 제정에 힘입어 김해시, 의정부시 등에서 운영 중이며, 각 지자체에서 민자(民資)사업으로 추진하는 중에 있다.



고무 차륜 AGT



철제 차륜 AGT

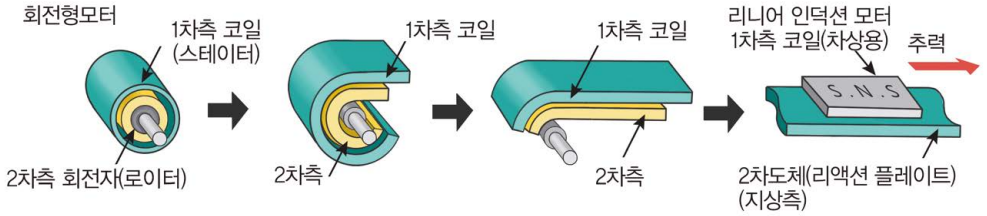
[그림 4-6] 경전철

4.5.1.5 LIM (Linear Induction Motor)

(1) 개요

1) LIM은 차량의 구동장치가 회전 모터가 아닌 선형 모터를 부착하는 형태로, 유도전동기(Induction Motor)인 회전 모터의 1차 코일과 2차 측 회전자를 펴 놓아 1차 측 코일을 차상 측으로 하고 2차 측 도체를 지상 측으로 하여 자기력으로 추진하는 구동 방식이다.

2) 구동은 리니어 모터를 활용하고, 지지 방식은 자기 부상식과 차륜 지지 방식이 있다.



[그림 4-7] Linear Induction Motor 개념도

(2) 리니어 지하철의 성능

1) 승객 정원 : 50~130명/량

2) 차량 편성 : 2~6명

3) 수송 능력 : 25,000~30,000명/h

4) 차륜 형태 : 소형, 철재

5) 최고 속도 : 80~90km/h

6) 최고 급기울기 : 50~60‰

7) 차량 중량 : 14~22t/량

8) 최소 곡선 반경 : 70~100m

(3) 리니어 지하철의 특징

1) 터널 구조물 단면 축소 : 차량 높이 축소로 중형 지하철에 비하여 약 52% 축소 가능하다.

2) 급곡선 대응 : 급곡선 주행성이 양호하다.

3) 급기울기 대응 : 최대 80‰ 기울기도 주행이 가능하다.

4) 저(低)소음화 : 차량의 경량화 및 저소음화가 특징이다.

5) 경제성 : 터널 단면 축소로 구조물 공사비 대폭 감소 및 유지 보수비 절감이 가능하다.



[그림 4-8] LIM (Linear Induction Motor)

4.5.1.6 PRT (Personal Rapid Transit system)

(1) 개요

철도 소형 택시(3~4인승) 개념으로, on-demand 방식 운용에 무인운전 시스템으로 운용된다. 고가 궤도를 따라 목적지까지 도중 정차 없이 Network 망으로 부설되는 소형 궤도 차량 시스템이다. 우리나라에서는 PRT가 가진 특성을 통해 무인 궤도 택시, 무인궤도차, 무인 궤도열차 등으로 불린다.

(2) 특징

1) 경량 전철보다 더 경량화, 소형화된 구조로 되어 있다.

2) on-demand 방식으로 불필요한 전력 손실을 방지한다.

3) Network 망으로 도중 정차 없이 목적지까지 운행하는 시스템이다.

4) 현재는 두 개 역으로 이루어진 셔틀 노선이 주로 운영 중이다.

5) PRT는 무정차 운행이 기본이라, 역간 간격이 좁아도 수요자 중심의 역 배치가 가능하다.

6) 일반 선형 노선뿐만 아니라 여러 갈래의 네트워크 구성도 가능하다.

7) 승객이 목적지만 입력하면, 이동 경로는 계산 후 선택하여 가면 된다.

8) 조건만 맞으면 선로 용량을 꽉 채워 궤도를 운영할 수도 있다.

(3) 장, 단점

1) 환승이 필요 없는 시스템이다.

2) 철도 소형 택시(3~4인승) 개념으로 사생활 보호가 가능하다.

3) 대량 수송에는 부적합한 교통수단이다.

4) 밀집 정차 지역 시, 지상 교통 병목 현상과 같은 것을 초래할 가능성이 있다.

5) 수요 폭주 시를 대비하여 차량 유치 및 대기 공간이 필요하다.



[그림 4-9] PRT 운행

☑ 핵심정리 >>>

1. 경량 전철의 주요 제원(諸元) 및 특징을 정리하세요.

2. 노면전차, 모노레일, AGT, LIM, PRT의 교통수단별 특징을 정리하세요.

4.5.2 중량 전철 (Weight Electric Railway)

학습목표

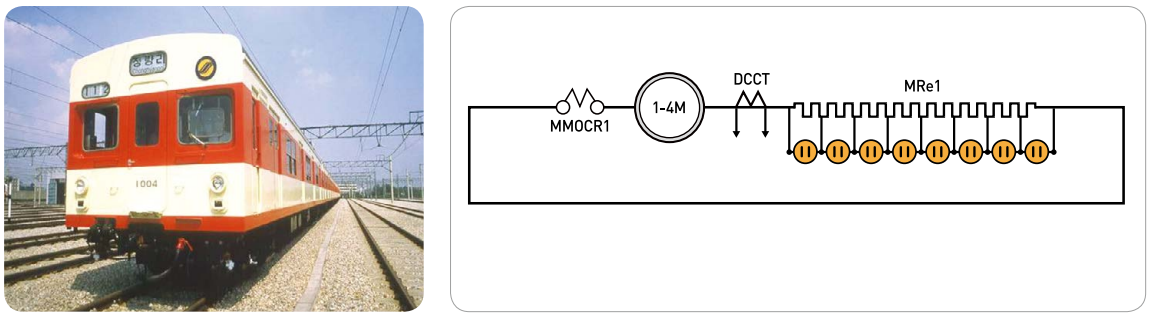
☑ 중량 전철의 종류와 특징을 이해할 수 있다.

[핵심용어]

AD 저항 제어차, DC 전용 초퍼 제어차, DC 전용 VVVF 전동차, AC 전용 VVVF 전동차, 교 · 직 겸용 VVVF 전동차

4.5.2.1 AD 저항 제어차

1974년 8월 15일 '지하 서울역~지하 청량리역' 지하철 개통을 시작으로 경부선 및 경인선, 경원선에 직통 운행을 목적으로 1993년까지 도입된 대한민국 최초의 통근형 전동차이다. 공급 전력은 교류 25,000V 60Hz, 직류 1500V 구간을 운행할 수 있는 교-직류 겸용의 전동차이다. 차량 편성은 TC-M-M'-T-M-M'-T-M-M'-TC(6M4T)로 10량 편성 구성되어 있으며, 견인전동기는 정격전류 120KW의 직류 직권 전동기를 사용하였으며, 가속도는 2.5km/h/s이며, 열차 속도 제어는 저항제어 및 직병렬 제어를 통하여 최고 속도 110km/h로 주행할 수 있다. 제동 방식은 발전제동과 전자직통제동(SELD : Straight Electronics Load Dynimics)으로 구성되어 있다.

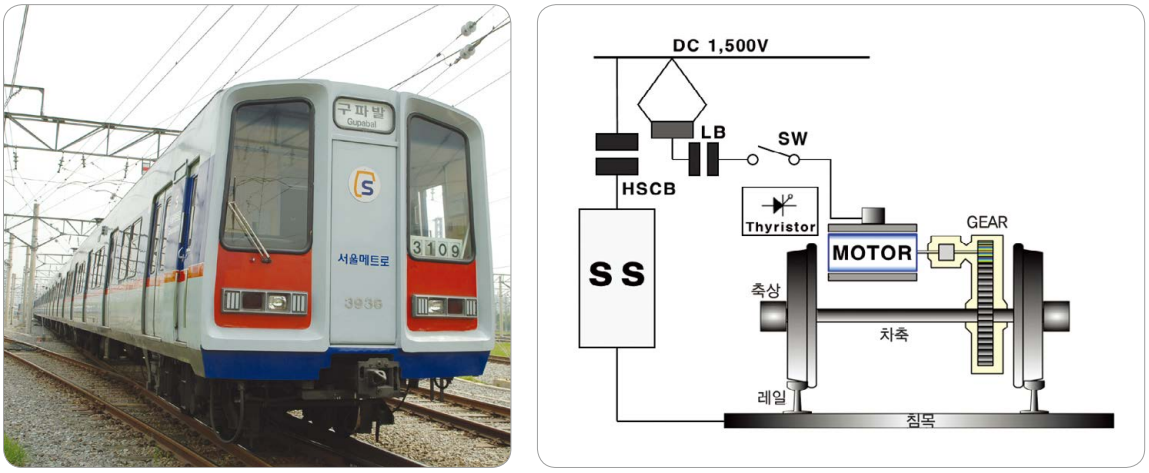


[그림 4-10] AD 저항 제어차

4.5.2.2 DC 전용 초퍼 제어차

DC 전용 초퍼 제어차는 저항 제어 전동차의 단점인 전력 낭비, 열 발생, 승차감 저하 등을 개선한 전동차로서, DC 1500V 구간에서만 운행이 가능하며, 서울교통공사 2호선에서 운행하고 있는 현

대 Chopper (MELCO) 전동차와 GEC Chopper 전동차가 있다. 견인전동기는 모두 직류 직권 전동기를 사용하였다. 주 회로 결선은 4직 2병렬 결선으로 되어 있으며, 사이리스터 초퍼(Chopper) 제어로 열차 속도를 제어하며, 최고 속도는 100km/h로 주행할 수 있다. 그리고 제동은 전기 지령식 공기제동 및 회생제동으로 구성되었으며, 상용제동 최고 감속도는 3.5km/h/s, 비상제동 감속도는 4.5km/h/s이다.



[그림 4-11] DC 전용 초퍼 제어차

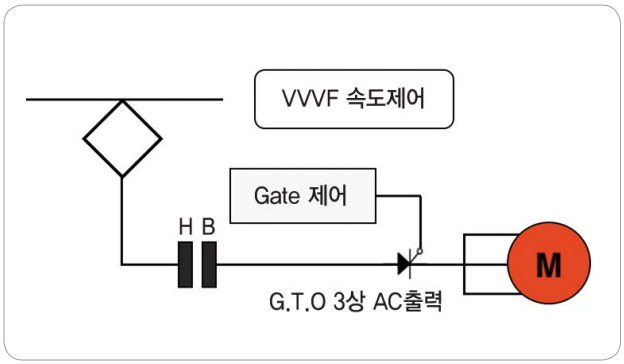
4.5.2.3 DC 전용 VVVF 전동차

대한민국 최초 DC 전용 전동차는 1993년에 서울교통공사 4호선에 도입된 현대, 대우 전동차로 유도전동기를 채용하였으며, 차량 편성 5M'5T로 구성되어 있다. 제어는 VVVF(GTO)를, 제동은 회생제동 병용 전기 지령식 공기제동 방식을 사용하며, 상용제동 최고 감속도는 3.5km/h/s, 비상제동 감속도는 4.5km/h/s이다.

또한, 서울교통공사 5호선 전동차는 차체는 STS304 경량 스테인리스를 사용하고 있으며, ATO에 의한 1인 승무를 기본으로 한다. 이에 따라 자동적인 조절이 가능하도록 동력, 제동 지령, 신호 제어, 서비스 기기 제어 기능이 삽입된 TGIS를 채용하였다.

이후 서울교통공사 6호선, 7호선, 8호선 등에서 DC 전용 VVVF 전동차는 VVVF-IGBT 인버터를 채용하고 있고, 전체적인 소형화와 경량화를 이루어 내고 있으며, 운전 정보 시스템인 TCMS를 채용하고, ATO를 적용한 1인 승무 구조로 되어 있다.





[그림 4-12] DC전용 VVVF 전동차

4.5.2.4 AC 전용 VVVF 전동차

AC 전용 VVVF 전동차 중 5000호대 전동차는 경인선 복복선 개통 및 노후화된 저항 제어차의 대체를 목표로 하여, 안산 · 과천선에서 운행하는 교 · 직류 전동차를 기초로 제작되었다.

5001~5061호는 기존에 도입된 안산 · 과천선용 2030호대 전동차를 기초로 하기 때문에 GTO 사이리스터를 사용한 VVVF 제어 방식을 사용하였으나, 5062호 이후에 도입된 차량은 주 회로 핵심 소자를 최신형으로 개발된 IGBT로 사용하였다. 운전 설비는 기존 2030호대 전동차와 동일하나 ATS 구간만 운행하기 때문에 ATC 관련 장비는 제외되었다, 그리고 정차역 통과를 방지하기 위한 정차역 통과 방지 장치를 구비하고 있다.

그리고 중앙선에서 운행하는 6000호대 전기동차는 교류 전용으로서 직류 장비 및 직류 절환 장치만 제거된 형태이기 때문에 1호선 직류 구간에는 운행되지 않고, 중앙선에서만 운행되고 있다. 또한 기존 10량(5M5T) 편성이 4M4T 편성으로 조정되어 1인 승무를 위해 운전실 구조가 상당 부분 바뀌었다.



ITX 전동차



새마을형 전동차

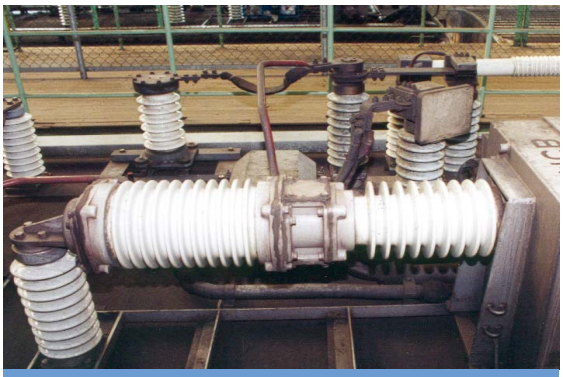
[그림 4-13] AC전용 VVVF 전동차

4.5.2.5 교 · 직 겸용 VVVF 전동차

1993년 과천/안산선에 운용하기 위해 VVVF 제어 방식을 채택하여 GTO 사이리스터를 사용한 가변 전압 가변 주파수 제어 방식을 사용하며, 1개의 제어 기기에 1량 분의 전동기를 사용하는 1C4M 방식을 채택하였으며, 제동은 M-T차를 1개 Unit로 하여 Cross Blending 제어를 한다. 안산 · 과천 · 4호선 운행 차량은 교 · 직류 구간을 운행할 수 있는 전동차로서, 제어대와 계기판, TGIS 모니터 등으로 구성되어 있으며, 특히 전동차 지붕 장치에 MCB와 ADCG 장치가 설치되어 교류와 직류를 수전할 수 있다. 안산 · 과천 · 4호선 운행 차량의 경우, ATC/ATS 겸용 운용을 위해 각각의 속도계가 따로 설치되어 있고, 전동차 내 교류용과 직류용 기기들을 동시에 탑재하고 있어 전동차 구조가 복잡하다.



ADV 전동차


지붕 장치 (MCB)

[그림 4-14] 교 · 직 겸용 VVVF 전동차

☑ 핵심정리

1. 중량 전철의 주요 제원(諸元) 및 특징을 정리하세요.
2. AD 저항 제어차, DC 전용 초퍼 제어차, DC 전용 VVVF 전동차, AC 전용 VVVF 전동차, 교 · 직 겸용 VVVF 전동차 특징을 정리하세요.

4.5.3 기타 철도차량

학습목표

☑ 기타 철도차량의 종류와 특징을 이해할 수 있다.

[핵심용어]

GTX, 초고속 자기 부상 튜브 열차, 틸팅 열차, 자기 부상식 열차, 치차형 산악철도, 궤도 가변 열차, 2단 적재 열차

4.5.3.1 GTX(Great Train Express)

(1) 개요

1) 수도권 광역 급행 철도는 최고 속도 160~200km/h의 속도로 서울 도심과 수도권을 대심도(大深度) 지하 터널로 연결하는 철도이며, '대심도 지하철도'라 한다.
2) 지하 40~50m 공간을 활용하는 대심도 터널을 사용하고, 평균 역 간 거리는 10km 내외를 유지하고 표정속도는 100km/h 정도인 교통수단이다.

(2) 장점

1) 지상 토지 공간 이용이 어려운 서울과 수도권 관통이 가능하다.
2) 보상비 절감이 가능하다.
3) 노선 직선화로 통행 시간 단축이 가능하다.
4) 건설비 절감이 가능하다.
5) 철도 운영 비용의 감소 등 저비용, 고효율의 철도 건설이 가능하다.
6) 소음 발생 최소화 및 환경 피해 문제 감소가 가능하다.
7) 수도권 전역의 균형 발전 및 경쟁력 제고가 기대된다.

(3) 단점

1) 지하 40~50m에서 이루어지는 공사이므로 건설 공법, 작업 구역 계획, 환기구 위치 및 활용도에 대한 계획 검토가 필요하다.
2) 쾌적한 운전 환경을 위해 환기에 대한 계획 검토가 필요하다.

3) 사고 발생 시 신속한 탈출을 위한 설비와 방재 기능에 대한 계획 검토가 필요하다.

4) 이용객의 편의 도모와 신속한 승강장 접근 방안에 대한 계획 검토가 필요하다.

5) 장대 터널 건설에 따른 터널 미세기압파(micro pressure wave), 객차 내 소음 진동, 이명 현상에 대한 대비가 필요하다.

4.5.3.2 초고속 자기 부상 튜브 열차

(1) 개요

1) 진공 혹은 아(亞)진공 상태의 튜브 속을 달리는 자기부상열차로, 공기에 의한 마찰이 없어 에너지 손실이 적으므로 고속을 달성하기 쉽다.

2) 지하철의 고속화 버전이라 할 수 있으며, 튜브를 지상에 고가로 건설할 수 없는 건 아니지만 대체로 논의되고 있는 건 거의 지하에 건설하는 것이 대부분이다.

3) 마하 3에 해당하는 속력인 시속 3000km 이상을 내다보고 있는 꿈의 운송 수단으로, 열차의 수송력을 생각해 보면 항공기를 직접적으로 위협할 만하다

(2) 추진 방식

1) 외적 추진 방식은 점착이나 리니어 모터 등으로 구동을 얻는 방식이다.

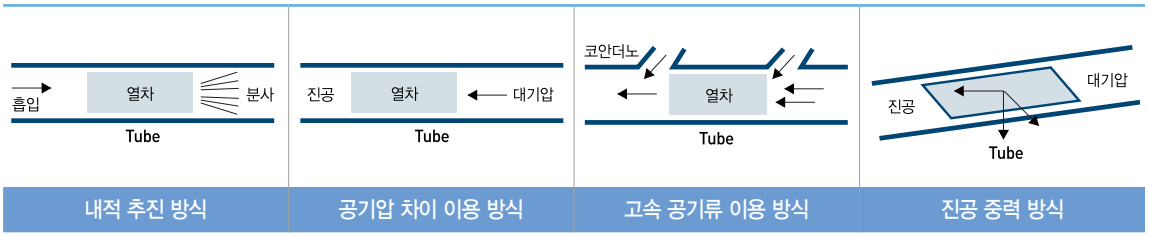
2) 내적 추진 방식은 차량 전방의 공기를 흡입한 후 후방으로 가속 분출하여 구동력을 얻는 방식이다.

(3) 튜브 형식

1) 일반 튜브 방식 : 외적 추진법, 내적 추진법

2) 진공 튜브 방식 : 외적 추진법, 공기압 차이 이용법, 공기압과 중력 이용법

(4) 운영 방법



[그림 4-15] 튜브 열차 운행 개념도

(5) 특징

1) 공기저항을 튜브를 사용하여 최소화하였다.

2) 에너지 효율의 극대화 및 소음 등 환경문제를 최소화(지하 건설)하였다.

3) 열차의 속도 향상 및 초고속화가 가능하다.

4.5.3.3 틸팅 열차(Tilting Train)

(1) 개요

열차가 곡선을 주행할 때 차량의 초과 원심가속도를 상쇄시켜 승차감을 개선함으로써 고속 운전을 할 수 있는 차량을 말한다. 열차가 선로 곡선부 통과 시 초과 원심가속도, 제일 안쪽과 바깥쪽의 높낮이를 검지하여 유압실린더, 전동기 등을 작동시킴으로 곡선부의 안쪽으로 차체를 기울게 하여 곡선 통과 속도를 향상 시킬 수 있는 차량을 '틸팅 열차'라 한다.

(2) 틸팅 열차의 원리

1) 틸팅은 차체가 곡선부 주행 시 발생하는 원심가속도의 횡(橫)방향 성분을 중력가속도(g)의 횡방향 성분으로 감쇠시켜서 곡선부의 안쪽으로 차체를 기울게 함으로 승객이 느끼는 횡 가속도를 저감시켜 곡선부에서 일반적으로 20~30% 정도의 속도 향상을 가능하게 하는 기술이다.

2) 곡선부에서의 속도제한은 궤도 여건이나 차량의 성능에 따른 제한보다는 승차감의 저하를 방지하기 위해 횡가속도 값이 0.08g을 초과하지 않도록 제한하고 있다.

(3) 틸팅 열차의 장점

1) 곡선부 통과 속도 향상을 위한 신설 선로 건설 또는 선로 개량 시 많은 비용이 소요되나, 차량 시스템 개량을 통해 적은 비용으로 곡선부 속도 향상이 가능하다. (급곡선이 많은 국내 철도 적용 유리)

2) 기존 선로를 이용하여 곡선부 운행 속도 20~30% 향상이 가능하다.

3) 곡선부 주행 성능 향상으로 탈선, 전복, 승차감 저하 등 문제점 해소가 가능하다.

(4) 틸팅 차량의 종류

1) 자연 틸팅 방식

곡선부 통과 시 발생하는 원심력에 의해 자연적으로 차체를 곡선 내측으로 기울게 하는 방식이다.

2) 강제 틸팅 방식

곡선부 주행 시 차체를 공기스프링이나 유압실린더 등에 의해 강제적으로 기울게 하는 방식이다.

4.5.3.4 자기 부상식 열차(Magnetic Levitation Propulsion Train)

(1) 개요

기존 철도는 차륜과 레일 간의 마찰 즉, 점착력에 의하여 열차가 주행하는 방식이나 시설 및 보수 면에서의 문제점으로 인해 초고속운전의 한계가 있다. 그러나 자기 부상식 열차는 동일 극성의 반발력을 이용해 차체를 부상시키고 흡인 반발력으로 비(非)접촉구 등에 의해 차량이 주행하는 형식의 교통 시스템이다.

(2) 자기부상열차의 특징

1) 장점

① 500km/h 이상의 초고속 주행이 가능하다.

② Guide Way에 따라 주행하고 컴퓨터 제어로 안전성이 보장된다.

③ 점착식 철도에 비해 시설물이 단순하여 유지 관리가 쉽다.

④ 전기, 차륜 등이 없어 소음 · 진동이 없다.

⑤ 시설물의 보수, 갱환(renewal)이 불필요하므로 보수비용이 절감된다.

⑥ 급 곡선, 급 기울기 등 선형에 따른 제약이 적다.

2) 단점

① 초기 투자비가 많이 든다.

② 기존 철도와 연결 운행이 불가하여 연계 운행이 곤란하다.

③ 열차 운행 시 에너지 소모가 크다.

④ 기술의 신뢰성에 어려움이 있다.

(3) 자기부상열차의 형식

1) 상전도 방식은 100~300km/h 속도로 레일 위를 약 10mm 정도 부상하여 주행하며, 1차 리니어 동기 모터 방식(LSM)과 1차 리니어 유도 모터 방식(LIM)이 있다.

2) 초전도 방식은 레일 위를 약 100mm 내외 정도로 부상하여 500km/h 이상의 속도로 주행이 가능하다.



[그림 4-16] 자기 부상식 열차(Magnetic Levitation Propulsion Train)

4.5.3.5 치차형 산악철도 (Mountainous Railway)

(1) 개요

치차형 산악철도는 높거나 기울기가 급한 정상에 위치한 관광 지역이나 특별한 목적물에 접근하기 위하여 설치되는 철도이다. 동력이 선로에 부설된 치차 시설에 의해 운행되며, 주로 노선의 길이가 길고 급곡선, 급기울기가 있는 지형에서 채택하게 된다.

(2) 산악철도 특징

1) 노선이 길고 급곡선, 급구배의 지형 조건에 적합하다.
2) 최고 급구배는 250‰~400‰ 정도이다.
3) 구배가 50‰ 구간에도 정거장 설치가 가능하다.
4) 스위스 융프라우 산악철도, 브라질 리우데자네이루의 수상 관광지, 호주 블루마운틴 관광지에서 운행되고 있다.



[그림 4-17] 치차형 산악철도 (Mountainous Railway)

4.5.3.6 궤도 가변 열차(Free Gauge Train)

(1) 개요

TKR(한반도 종단 철도)에서 TSR(시베리아 횡단 철도)을 통하여 유럽으로 화물을 운송하는 경우와 같이, 궤간이 다른 두 노선을 직결할 경우 궤간 차이에 따른 문제를 해결하기 위해 개발된 열차이다. 궤간 가변 열차(Gauge Change Train)를 채택한 경우에는 궤간의 변화와 상관없이 부산에서 유럽까지 하나의 열차로 화물 운송이 가능하다.

(2) 궤도 가변 열차의 장 · 단점

1) 장점

① 화물열차 통과에 있어 시간 지연이 거의 없다.

② 환적 및 대차 교환 비용이 없다.

③ TKR과 TSR 연결 시 국경 통과 절차만 완료되면 즉시 통과 가능하여 운행 시간을 단축할 수 있다.

④ 물류비용 절감 효과의 극대화가 가능하다.

2) 단점

① 화물열차의 수량에 따라 예산 규모가 커진다

② 전문화된 유지 보수 인력 및 장비가 필요하다.



구분	궤간	적용국가
협궤	762mm	옛 수인선, 일본의 재래선 철도
표준궤	1435mm	한국 철도, 일본 신간선 등
광궤	1524mm	시베리아 철도 등
	1676mm	방글라데시, 파키스탄, 인도, 아르헨티나, 칠레 등

[그림 4-18] 궤도 가변 열차(Free Gauge Train)

4.5.3.7 2단 적재 열차 (DST : Double Stack Train)

(1) 개요

최근 들어 물류비용 절감을 통한 경제적 제고가 새로운 관심사가 되고 있어, 북미 내륙에서 운행되는 2단 적재 열차(DST) 서비스가 부각되고 있다. 2단 적재 열차(DST)는 컨테이너를 2단으로 쌓아 올

려 내륙으로 운송하는 일종의 화물열차(화차) 운송 방식을 말한다. 수송 효과가 65% 정도 증대된다.

(2) 장점

1) 하나의 기관차에 20개의 화차가 1편성일 경우, 열차당 40TEU를 적재 수송하는 것이 가능하다.

2) DST의 서비스 취지는 화주들에게 좀 더 질 높은 서비스를 제공한다.

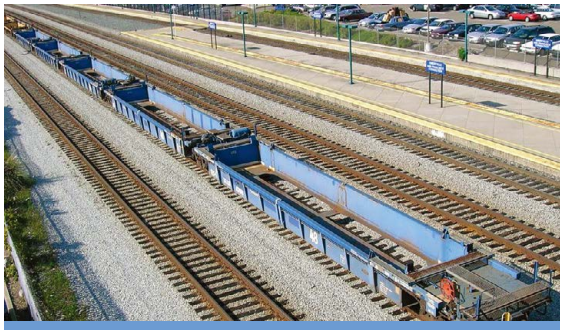
3) DST 시스템은 시간과 경비 절감 및 화물의 대량 수송의 장점이 있다.

4) DTS는 장거리 대량 운송에 적합한 시스템이다.

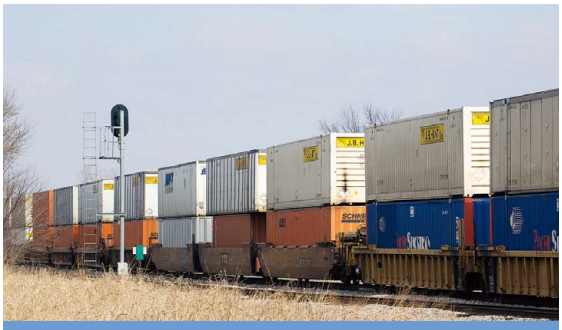
※ 우리나라에서는 2층 객차의 타당성은 검증된 바 있으나, 화물열차는 일부 구간만 검토

(3) 단점

DST 시스템은 수송 효과를 증대할 수는 있으나, 터널, 입체교차 구간 및 전차선 등에 이격 거리 유지를 위한 추가 공사가 필요하다.



2단 적재 열차



2단 적재 열차용 3축 대차

[그림 4-19] 2단 적재 열차

※ 자료 : Double stack car BRAN4708" by Jaggedben CC BY 라이센스(좌), Double Stacks In Claremore" by Doug Wertman CC BY 라이센스(우)

☑ 핵심정리(익힘 문제) >>>

GTX, 초고속 자기 부상 튜브 열차, 틸팅 열차, 자기 부상식 열차, 치차형 산악철도, 궤도 가변 열차, 2단 적재 열차의 특징을 정리하세요.

참고 문헌

1. 2015. 김박진, 철도건설규칙(기준, 해설서) 및 철도 기술 용어 정리, 서울교육문화센터 서울메트로 인재개발원.
2. 1992. 김한태, 운전 규정 기본 해설서, 도서출판 구암
3. 서울교통공사, 승무 관련 규정
4. 철도차량 운전면허 교재(도시철도 시스템 일반)

5장

차량 일반



5.1 전기동차 현황

5.2 전기동차 일반

5.3 전기동차 구성

5.4 전기동차 유지 관리

5장 차량 일반

5.1 전기동차 현황

학습목표

☑ 핵심 용어를 이해하고 설명할 수 있다.
☑ 국내 전기동차 운행 현황을 파악하고 설명할 수 있다.
☑ 광역 철도 · 도시철도에서 전기동차를 사용하는 이유를 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심 용어]

• 도시철도, 광역 철도, 동력 분산, 일괄 제어, 표정속도, 고정 열차 편성, 반복 운전

5.1.1 용어의 정의

(1) '간선형 전기동차'란 도시와 도시 간의 운행을 목적으로 위생 설비 등의 편의 설비를 갖추고, 시속 150킬로미터 이하로 주행하는 전기동차를 말한다.

(2) '광역 철도'란 둘 이상의 시 · 도에 걸쳐 운행되는 도시철도 또는 철도로서, 대통령령으로 정하는 요건에 해당하는 도시철도 또는 철도를 말한다.

(3) '경정비'란 차량의 주요 장치 및 각 부의 기능 상태 점검, 주요 구성 부품 및 소모품의 교체 등 차량 주요 장치의 성능 확보를 위해 시행하는 유지 보수를 말한다.

(4) '도시철도'란 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통 권역에서 건설 · 운영하는 철도, 모노레일, 노면전차, 선형 유도전동기, 자기부상열차 등 궤도(軌道)에 의한 교통 시설 및 교통수단을 말한다.

(5) '롤백(Roll Back)'이란 경사진 선로에 정차한 열차가 제동력을 상실했을 때, 중력에 의해 진행 방향과 반대되는 방향으로 움직이는 것을 말한다.

(6) '무인운전'이란 사람이 열차 안에서 직접 운전하지 아니하고, 관제실에서의 원격조종에 따라

열차가 자동으로 운행되는 방식을 말한다.

(7) '본선'이라 함은 열차의 운전에 상용하는 선로를 말한다.

(8) '역기전력(逆起電力)'이란 전기회로에서 공급 전원과 반대 방향으로 발생하는 기전력을 말한다.

(9) '열차'란 본선을 운행할 목적으로 철도 운영자가 편성하여 열차번호를 부여한 철도차량을 말한다.

(10) '열차 제어 시스템'이란 열차 운행을 직접 또는 간접적으로 제어하기 위하여 신호장치 및 열차 자동제어장치 등이 유기적으로 결합하여 하나의 시스템을 구성하는 것을 말한다.

(11) '운전 보안장치'란 열차 또는 차량의 안전 운행을 지원하는 신호장치, 제어장치 등을 말한다.

(12) '유지 보수'란 차량의 정상적인 기능을 확보하고 이를 보전하기 위해 시행하는 업무의 총칭을 말한다.

(13) '응하중 제어'란 승객의 많고 적음을 대차(臺車)에 설치된 공기스프링의 압력 변화 등으로 검출하여 제동력 또는 견인력에 반영하는 제어 방법을 말한다.

(14) '일괄 교차 제어'란 제동 시 구동차와 부수차를 단위별로 묶어 전기제동을 최대한 사용하고 부족분을 공기제동으로 보충하거나 전기제동 고장 시 공기제동으로 전환되도록 하는 제어 방식을 말한다.

(15) '일괄 제어(총괄 제어)'란 둘 이상의 동력차를 사용하는 경우에 1개소에서 조정하거나, 또는 제어차로서 조정하는 방법을 말한다.

(16) '일반형 전기동차'란 도시 통근형 전기동차로, 제어 방식에 따라 저항제어 전기동차, 인버터 제어 전기동차로 구분한다.

(17) '입창'이란 전동차가 중정비 또는 비정기 검사를 받기 위하여 주공장으로 들어가는 것을 말한다.

(18) '입환'이란 입환 신호 및 전호에 의하여 차량을 이동하거나 연결 또는 분리하는 작업을 말한다.

(19) '전자밸브'란 밸브에 설치된 전자석에 전기를 공급하여 발생된 전자력에 의해 공기 통로를 개방하거나 또는 차단하는 밸브를 말한다.

(20) '전차선로'라 함은 전차선 및 이를 지지하는 공작물을 말한다.

(21) '정거장'이라 함은 여객의 승강(여객 이용 시설 및 편의 시설을 포함한다.), 화물의 적하(積下), 열차의 조성(조성, 철도차량을 연결하거나 분리하는 작업을 말한다.), 열차의 교행(交行) 또는 대피를 목적으로 사용되는 장소를 말한다.

(22) '정비'란 차량의 각 장치별 기기와 부품의 마모, 손상 및 변형 상태 등을 확인, 점검, 조정, 수리, 교환 및 시험 등을 하는 업무를 말한다.

(23) '제3레일(궤조)'이란 전차선의 한 종류로서 레일 또는 주행면과 평행하게 부설하여 차량의 옆면/밑면에서 차량에 전기를 공급하는 시설을 말한다.

(24) '준(準)고속형 전기동차'란 위생 설비 등의 편의 설비를 갖추고 시속 151킬로미터 이상 200킬로미터 미만으로 주행하는 전기동차를 말한다.

(25) '중정비'란 차량 전반에 대한 분해, 부품 교체, 시험 검사 및 측정, 시험 운전 등 종합적인 성능을 확보하기 위해 시행하는 유지 보수를 말한다.

(26) '차량'이라 함은 열차의 구성단위가 되는 1량의 철도차량을 말한다.

(27) '철도'라 함은 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설과 철도차량 및 이와 관련된 운영 · 지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말한다.

(28) '철도차량'이라 함은 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차 · 객차 · 화차 및 특수차를 말한다.

(29) '축중'이란 수평 상태에서 1개 차축에 연결된 차륜에 가해지는 중량의 합을 말한다.

(30) '회생제동'이란 전기제동 체결로 견인전동기에서 발생한 전기를 가선으로 되돌리거나, 또는 자체적으로 사용하는 제동 방식을 말한다.

5.1.2 전기동차 개요

전기동차란, 전기를 동력원으로 하며 객실을 갖추고 전차선을 통해 집전되는 공급전원에 의해 구동하는 구동차, 객실을 갖추고 동력이 없는 부수차, 부수차에 운전실을 갖춘 제어차로 구성된 동력분산 방식의 전기 차량을 말한다.

대도시권 광역 · 도시철도 구간은 혼잡한 주거 밀집 지역이거나 상업 지구가 많은 지상 또는 지하 구간이므로 저소음, 저공해, 저비용, 고감속 · 고가속, 대량 수송이 가능한 철도차량이 필요하며, 이러한 주행 특성에 적합한 차량이 동력 분산 방식의 전기동차이다.

서울을 포함한 수도권 1호선부터 9호선까지의 도시철도 노선과 경인선, 경의 · 중앙선, 경춘선, 경원선, 공항철도, 신분당선, 수인선, 분당선과 같은 광역 철도 노선에서는 대량 수송 수요를 감안하여 대형 전동차를 운영하고 있으며, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전광역시에는 대형 전동차보다 크기가 다소 작은 중형 전동차가 투입되어 도시철도 승객을 수송하고 있다. 또한, 부산 · 김해경전철, 인천2호선, 우이신설선, 의정부경전철, 용인경전철 등에서는 무인 자동 운전이 가능한 소형 경량의 경전철 형식의 전기동차를 운영하고 있다.

이 밖에도 중장거리 중 · 고속 여객 수송을 목적으로 간선형 전기동차(누리로, ITX-새마을)가 경부선, 호남선, 전라선 등에서 여객을 수송하고 있으며, 경춘선에서는 국내 최초 2층 열차인 준고속 전기동차(ITX-청춘)가 운영되고 있다.

이처럼 전기동차는 그 사용 목적과 용도에 따라 다양한 속도와 출력을 발휘할 수 있도록 설계 ·

제작되어 대도시권과 주요 철도 간선의 전철화 구간에서 활약하고 있다. 특히 고속화 추세에 맞게 주요 간선의 고속 주행용으로 EMU-250 등이 개발 완료되었으며, 향후 대도시권 광역 급행 철도(GTX)에 투입될 차량 역시 동력 분산식의 전기동차 형식으로 제작 중인 것을 감안하면, 전기동차야말로 철도 르네상스 시대를 대표하는 철도차량이라고 해도 손색이 없을 것이다.

5.1.3 전기동차 특징

전기동차는 도시철도 및 광역 철도 구간을 운행하는 대표적인 대중교통수단으로서 단시간에 많은 승객을 신속하게 수송하기 위하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

(1) 동력 분산 방식 설계

전기동차는 구동차, 부수차, 제어차 등 서로 다른 기능을 가진 차량을 한 개 열차 편성으로 연결 · 운행하며, 특히 동력을 발생시키는 구동차(M차: Motor Car)를 차량 사이에 분산 · 연결하여 객실 공간의 확보가 용이하고 축당 중량 분배가 가능하여 경량화가 수월하다. 또한 동력을 집중하지 않고 분산할 경우, 운행 중 일부 구동차에 고장이 발생하더라도 정상인 구동차의 동력만으로 자력 운행이 가능하다는 장점이 있다.

(2) 일괄 제어 가능

전기동차는 각각의 차량을 4칸, 6칸, 8칸, 10칸 등으로 조합하여 1개 열차 편성으로 운용할 수 있으며, 각각의 차량을 전 · 후부에 설치된 운전실에서 전체적으로(일괄적으로) 제어할 수 있는 일괄 제어 기능을 구비하고 있다.

(3) 고가속, 고감속 운전 가능

전기동차는 동력이 분산되어 동륜의 점착 성능이 양호하고 견인과 제동 성능이 뛰어나 고가속 및 고감속이 가능하다. 따라서 역 간의 거리가 짧고 정차 회수가 많은 도시철도 구간에서 높은 표정속도를 유지할 수 있으며, 고밀도 운전을 가능하게 해 준다.

(4) 안전성과 신뢰성 확보

전기동차의 주요 장치는 고장 시 안전 측으로 작동한다는 페일세이프(Fail Safe) 개념을 적용하여 안전성이 높으며, 주요 장치는 이중구조(이중계)로 설계되어 1개 장치에 고장이 발생하더라도 나머

지 장치로 운행이 가능하기 때문에 신뢰성이 높은 안전 운행이 가능하다.

(5) 높은 운영 효율

열차 편성 양단에 운전실이 설치된 고정 열차 편성형으로 구성되어 있기 때문에 차량 조성에 필요한 입환 작업이 불필요하며, 종착역에서 운전실만 교환한 후 운행 방향만 바꿔 운전하는 반복 운전이 가능하므로 차량의 운영 효율이 높다.

(6) 친환경성

전기 동력을 사용하기 때문에 내연기관에서 발생하는 유해 먼지나 매연이 없으므로 대기오염 영향이 없다. 뿐만 아니라 견인전동기의 구동으로 동력이 발생하는 만큼 저소음, 저진동 운행이 가능한 친환경적인 교통수단이다.

(7) 승하차 용이

전기동차는 차량마다 2~4개(편측 기준)의 공기식 또는 전기식 출입문이 설치되어 있어 단시간 내 많은 승객들의 동시 승하차가 가능하다. 따라서 단축된 정차시분으로 표정속도 향상이 가능하기 때문에 도시철도 시스템에 적합한 차량이다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 전기동차의 구조 및 특성상 ( ) 대중교통에 적합한 차량이며, 최근 철도 교통의 고속화 추세에 맞춰 주요 ( )에도 널리 활용되고 있다.
2. 전기동차는 ( )으로 설계되어 일괄 제어와 고가속·고감속 운전이 가능하고 ( )·신뢰성·( )이 우수한 친환경 교통수단이다.

5.2 전기동차 일반

학습목표

- 전기동차를 구분하는 기준에 대해 이해하고 설명할 수 있다.
- 전력 공급 방식에 따라 전기동차를 구분하고, 동력 전달 과정을 설명할 수 있다.
- 견인전동기 종류를 구분하고, 견인전동기별 속도 제어 원리와 특징을 설명할 수 있다.
- 수송 용량(크기)에 따라 전기동차를 구분하고, 각각의 특징을 설명할 수 있다.
- 경량 전철의 종류와 시스템별 세부 특징을 이해하고, 차이점을 설명할 수 있다.
- 전기동차 각 부분의 위치 칭호 원리를 이해하고, 이를 실무에 활용할 수 있다.

[핵심 용어]

- 직류 전기동차, 교류 전기동차, 교직류 전기동차, 직류 직권전동기, 교류 유도전동기, 저항제어, 쵸퍼 제어, VVVF 인버터 제어, 일반형 전기동차, 간선형/준고속형 전기동차, 모노레일, 노면전차(트램), 철제 차륜 AGT, 고무 차륜 AGT, 선형 유도전동기, 자기부상열차

5.2.1 전기동차 종류

전기동차는 차량 지붕에 설치된 팬터그래프를 통해 전차선 전원을 수전(受電)하고, 수전 전원을 차량 하부에 설치된 견인전동기에 공급하면, 견인전동기에서 발생한 회전력을 동력전달장치인 기어(치차)가 차륜에 전달하여 차량을 움직이는 구조로 구성된다.

일반적으로 팬터그래프에서 견인전동기까지의 회로를 주회로라 하며, 수전한 AC 25kV 또는 DC 1,500V 등의 특고압 전력을 견인전동기 특성에 맞게 변환 공급하여 동력 운전이 이루어진다. 이러한 동력 운전 신호는 수동 운전 시에는 기관사의 주간 제어기 취급에 따라, 자동 운전 시에는 열차 종합제어장치(TCMS)의 제어 신호에 따라 전달된다. 결국, 전력 공급 방식에 따라 직류 1,500V의 지하 구간을 운행하는 ⅰ) 직류 전기동차, 교류 25kV의 지상 구간을 운행하는 ⅱ) 교류 전기동차, 교류와 직류 구간을 혼용할 수 있도록 교직절환장치가 설치된 ⅲ) 교직류 전기동차로 구분할 수 있다.

이 밖에도 견인전동기에 공급되는 전력의 제어 방법에 따라 견인전동기 회로에 저항을 삽입하여 속도를 제어하는 ⅰ) 저항제어 전기동차, 저항제어 방식의 단점인 전력의 낭비, 열 발생, 승차감 저하 등을 개선한 ⅱ) 쵸퍼제어 전기동차, 교류전력을 사용하는 유도전동기가 장착되어 전압과 주파수

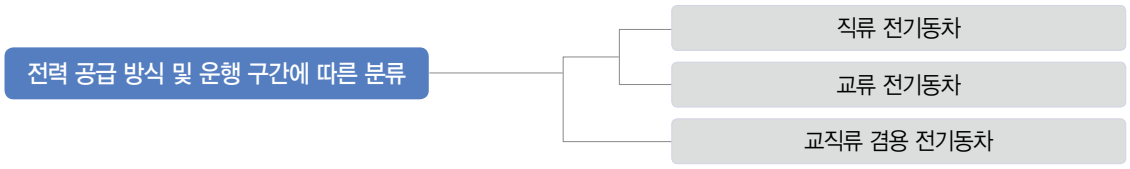
등을 적절히 변화시켜 속도 제어를 하는 iii) VVVF 인버터 제어 전기동차로 구분할 수도 있다.

도시철도 시스템은 건설 단계에서 예상 수송 수요와 건설비 등의 투자비를 고려하여 전기동차 크기를 선택하기 때문에 수송 용량에 따라 다양한 크기의 전동차가 운행되고 있다. 따라서 수송 용량(크기)에 따라 ⅰ) 중량(重輛) 전철, ⅱ) 중량(中輛) 전철, iii) 경량(輕輛) 전철로 구분할 수 있다.

결국, 전기동차는 크게 ⅰ) 전력 공급 방식의 종류 및 ⅱ) 견인전동기와 속도 제어 방식, iii)수송 용량(크기)에 따라 분류된다.

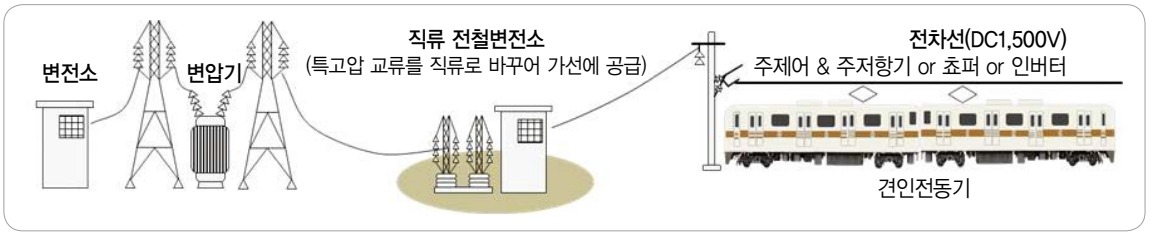
(1) 전력 공급 방식 및 운행 구간에 따른 분류

전기동차의 종류를 사용하는 전원 및 운행 구간에 따라 분류하면 다음과 같다.

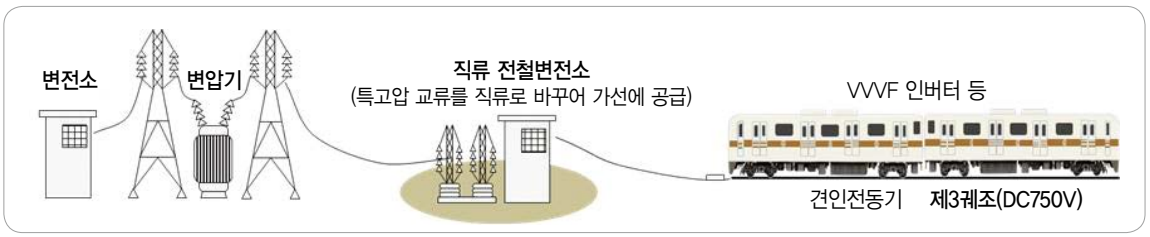


1) 직류 전기동차

서울을 포함한 수도권과 지방 광역시의 도시철도에서 운행하는 대부분의 전기동차는 DC1,500V 구간만 운행하는 직류 전용 전기동차이다. 이 밖에도, 제3레일(궤조) 방식의 DC1,500V/750V 구



[그림 5-1] 직류 전기동차 전원 공급 방법(커티너리 방식)

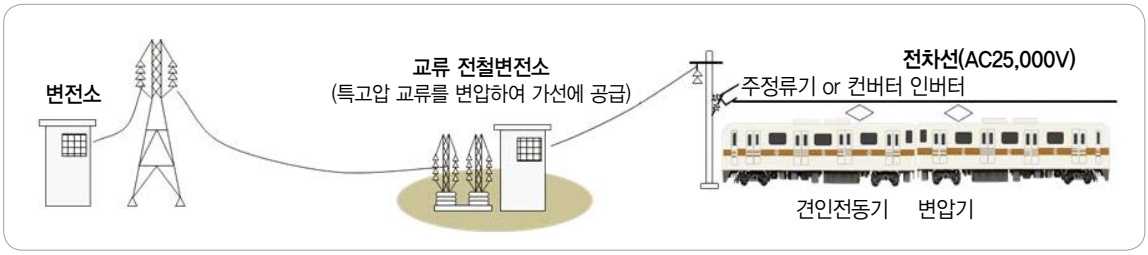


[그림 5-2] 직류 전기동차 전원 공급(제3궤조 방식)

간을 운행하는 경량 전철도 직류 전용 전기동차이다.

2) 교류 전기동차

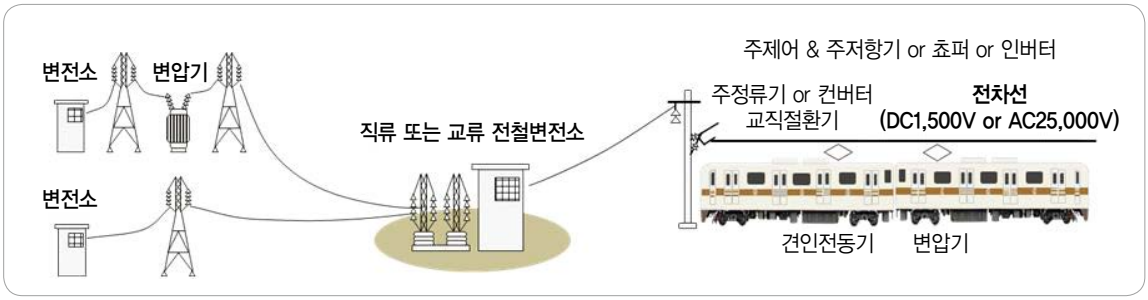
경의중앙선, 경춘선, 분당선, 수인선 등 한국철도공사 구간의 일반형 전기동차 및 간선형 전기동차((누리로, ITX-새마을), 준고속 전기동차(ITX-청춘) 등은 AC 25kV 전원 구간만 운행이 가능한 교류 전용 전기동차이다.



[그림 5-3] 교류 전기동차 전원 공급

3) 교직류 전기동차

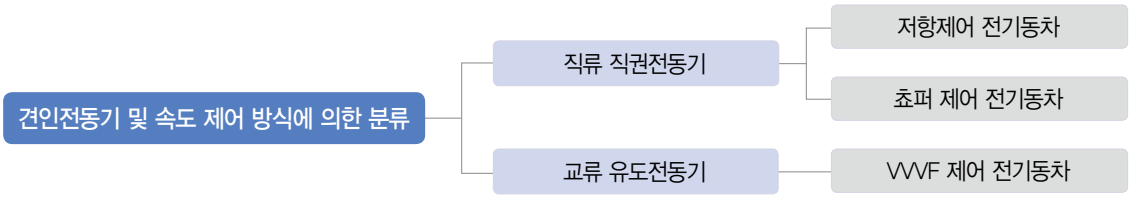
서울 지하철 1호선과 4호선(과천선, 안산선 포함) 직결 구간을 운행하는 전기동차로 한국철도공사 구간의 AC25kV와 서울교통공사 구간인 DC1,500V 모두 운행할 수 있도록 AC25kV를 DC1,500V로 변환하기 위한 특고압 기기와 정류기 등을 장착하고 있다.



[그림 5-4] 교직류 전기동차 전원 공급

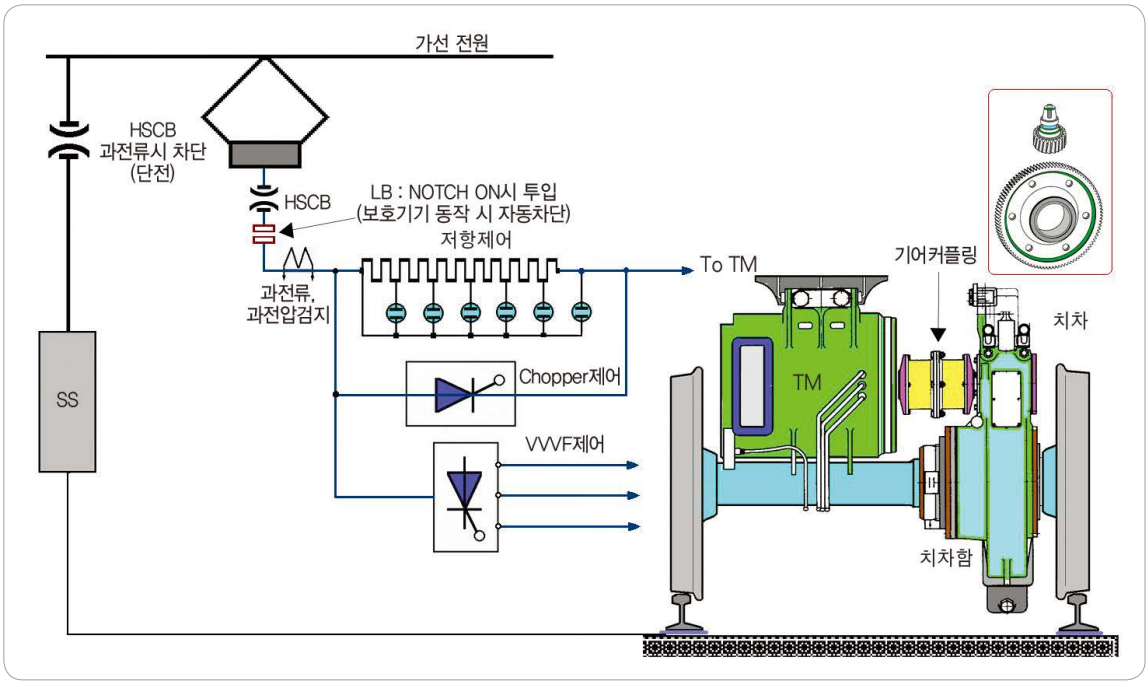
(2) 견인전동기 및 속도 제어 방식에 의한 분류

전기동차의 견인전동기의 종류 및 견인전동기에 공급되는 전력을 제어하는 방법에 따라 분류하면 다음과 같다.



1) 견인전동기 전원 공급 경로

변전소에서 공급하는 가선 전원이 견인전동기까지 공급되는 일반적인 경로는 다음과 같으며, 견인전동기의 속도 제어 방식에 따라 저항제어, 초퍼(Chopper) 제어, VVVF 제어로 구분된다.



[그림 5-5] 견인전동기 전원 공급 경로

2) 견인전동기 종류별 속도 제어

① 직류 직권전동기 개요

직류를 전원으로 하는 전기동차를 구동하는 데에 적합한 토크(torque) 특성을 가진 전동기로, 직류 전원을 회전자에서 정류하기 때문에 브러시를 장착하고 있어 기능 · 성능상, 유지 보수상의 약점이 된다.

직류 직권전동기의 회전수는 단자전압에 비례하고 자속 수에 반비례한다. 일반적으로 전동기

의 자속이 포화점에 도달할 때까지 자속 수는 공급 전류에 비례하므로, 직류 직권전동기의 회전수는 단자전압에 비례하고 전류에 반비례하는 특성이 있다. 그리고 직류 직권전동기는 내부 저항과 회전에 의해 기전력이 발생하는데, 이 기전력은 공급 전류의 방향과 반대이므로 역기전력(逆起電力)이라고 한다.

이러한 직류 직권전동기를 사용하는 대표적인 전기동차로는 저항제어 전기동차와, 초퍼(Chopper) 제어 전기동차가 있다.

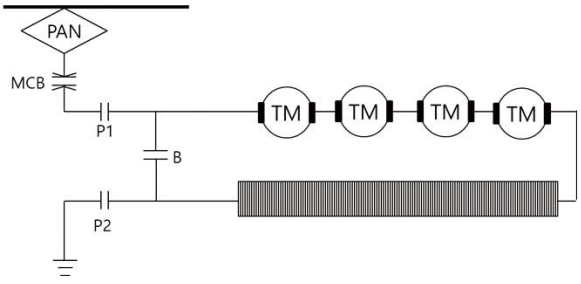
• 저항제어 전기동차

저항제어는 견인전동기 회로에 저항기를 설치하고 순차적 또는 조합적 방식으로 전체 저항값을 변화시켜 견인전동기에 흐르는 전원을 제어하는 방식이다.

기동 시에는 모든 저항을 직렬로 연결하여 견인전동기에 저전압을 공급함으로써 서서히 출발하도록 하고, 열차 속도를 상승시킬 때는 순차적으로 저항을 단락시켜 전동기에 공급되는 전압을 증가시키는 방법으로 속도를 제어한다. 이 밖에도 견인전동기 결선 방법을 직렬, 직병렬, 병렬로 변경 · 접속하여 견인전동기에 공급되는 단자전압을 변화시키는 단자전압 제어법(직병렬 제어법)과, 계자 전류를 약화시켜 속도 제어를 하는 약계자 제어법을 병용하여 속도를 제어한다.

직류 직권전동기를 사용하는 차량의 제동 방식 중 하나인 발전제동은 차량의 직류 직권전동기를 직류 직권발전기로 전환시켜 열차가 가지고 있는 운동에너지를 전기에너지로 변환하고, 그 발전 전력을 주 저항기에서 열로 소모하고 이러한 발전 과정에서 발생하는 역회전력을 이용하여 열차 속도를 감속하는 방법이다.

저항제어 전기동차는 서울 지하철 1호선 등에서 운행되다가 노후화와 내구연한 도래 등으로 신조 VVVF 인버터 제어 차량으로 대체되고 있다.

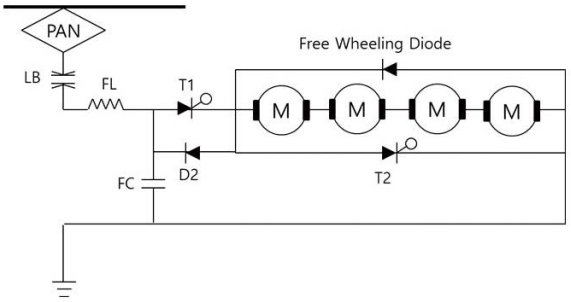


[동작원리] 역행 시 P1&P2 ON, B OFF, 제동 시 B ON, P1&P2 OFF

[그림 5-6] 저항제어의 구조

• 쵸퍼(Chopper) 제어 전기동차

쵸퍼 제어차는 직류 직권전동기를 사용하지만 저항제어 방식의 최대 단점인 전력의 낭비, 열 발생, 승차감 저하 등을 개선하여 기술적으로 한 단계 진보된 전기동차이다. 저항제어 전기동차의 주 저항기 대신 빠른 속도로 ON, OFF 동작을 할 수 있는 싸이리스터라는 스위칭소자를 설치하여 견인전동기에 공급되는 전력을 제어한다.



[동작원리] 역행시 T1 ON으로 전원공급, 회생제동시 T2 ON으로 발전회로 구성, T2 OFF 동안 D2를 통해 전력 회생, FL/FC는 전압 & 전류 안정, FWD는 T1 ON 시 Motor 전압 & 전류안정화

[그림 5-7] 쵸퍼 제어의 구조

또한 제동 시 견인전동기는 차축과 기어(치차)에 직결되어 관성에 의해 회전하고 있는 상태이므로, 여기에 부하를 연결하면 전기동차가 가지고 있는 운동에너지가 전기에너지로 변환된다. 이때 발전된 기전력을 가선 전압보다 높게 승압시킨 다음, 가선으로 회생시켜 동력 운전 중인 다른 전기동차에 공급하는 회생제동을 채택하면 전력 에너지의 소비를 절감시킬 수 있는 장점이 있다.

초퍼 제어 전기동차는 서울 지하철 2,3호선과 부산 지하철 1호선에서 운행 중이나, 노후화에 따라 신조 VVVF 인버터 제어 차량으로 대체되고 있다.

② 교류 유도전동기 개요

유도전동기의 경우 단상과 3상이 있으나, 최근 제작되는 전기동차의 대부분은 3상 농형유도전동기를 사용하고 있다. 가변 전압 가변 주파수(VVVF) 인버터의 개발에 따라 3상 농형유도전동기의 속도 토크 특성을 직류 직권전동기와 같도록 할 수 있어 기존 저항제어, 쵸퍼(Chopper) 제어 전기동차를 대체할 수 있으며, 직류 직권전동기의 정류자나 브러시가 필요 없기 때문에 구조

가 단순하여 유지 보수가 용이하고 소형 경량화가 가능하다는 장점이 있다.

교류 유도전동기의 속도 제어는 상용 교류 전원을 컨버터를 통해 직류 전원으로 변환시킨 후, 인버터를 사용하여 임의의 주파수와 교류 전력으로 변환시켜 교류 유도전동기의 전력을 공급하여 회전속도를 제어하게 된다.

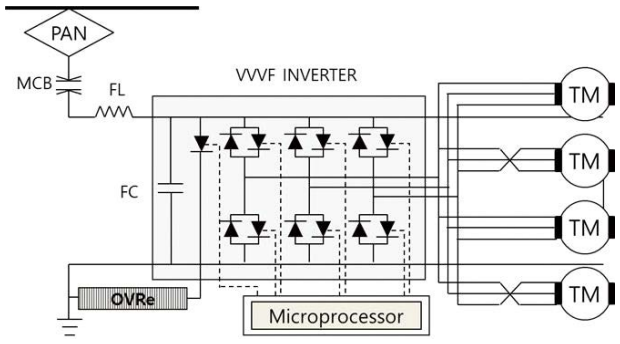
교류 유도전동기의 자속 밀도를 일정하게 유지시키고 효율 변화를 막기 위해 주파수와 함께 전압도 동시 변화시키는 기술이 가변 전압 가변 주파수(VVVF) 인버터 방식이며, 이러한 교류 유도전동기를 사용하는 전기동차로는 VVVF 전기동차가 대표적이다.

• VVVF 제어 전기동차

VVVF 제어(Variable Voltage Variable Frequency) 전기동차는 기존 철도차량에 설치된 직류 전력을 사용하는 직류 직권전동기와 달리 교류 전력을 사용하는 유도전동기가 장착되어, 주회로 및 속도 제어 부분에서 직류전동기 차량과 많은 차이점이 있다.

교류 유도전동기를 장착한 VVVF 제어 전기동차는 견인전동기에 공급하는 교류 3상 전원의 전압과 주파수 등을 적절히 변화시켜 속도 제어를 하므로, 전압을 변화(Variable Voltage)하고 주파수를 변화(Variable Frequency)하여 속도를 제어한다는 의미에서 '가변 전압 가변 주파수 제어 전기동차'라 한다.

보통 대용량 고속 스위칭이 가능한 전력 반도체 소자(GTO, IGBT, IPM)와 ON, OFF 스위칭 명령을 제어하는 컴퓨터 마이크로 프로세스 장치가 조합되어 VVVF 인버터를 제어한다.



[동작원리] 역행 시 VVVF Inverter 내부의 마이크로 프로세서와 전력 반도체 소자의 고속 스위칭 동작을 통해 교류 전압과 주파수가 모터(Motor)로 인가, 회생제동 시는 역순 동작

[그림 5-8] VVVF 제어의 구조

3) 전기동차 종류별 일반 제원

저항제어, 쵸퍼 제어, VVVF 인버터 제어 전기동차는 운행 구간과 최고 속도에 따라 도시철도 구간을 운행하는 일반형 전기동차와 주요 간선을 중 · 고속으로 운행하는 간선형/준고속형 전기동차로 구분되며, 각 전기동차의 제원은 다음과 같다.

① 일반형 전기동차

구분		저항 제어차	쵸퍼 제어차	VVVF 인버터 제어차
궤간		1,435mm		
전기방식		교류 25kV, 60Hz 직류 1,500V	직류 1,500V	교류 25kV, 60Hz 직류 1,500V ※ 직류 전용 차량도 존재
전차선 방식		지상 : 커티너리, 지하 : 강체 가선		
성능	연속정격(2M) 가속도 감속도 상용제동 비상제동 최고 속도	960kW 2.5km/h/sec 3.0km/h/sec 4.0km/h/sec 110km/h	1,200kW 3.0km/h/sec 3.5km/h/sec 4.5km/h/sec 100km/h	1,600kW 3.0km/h/sec 3.5km/h/sec 4.5km/h/sec 110km/h
차체	연결기 면 간 길이 차체 길이 차체 최대 폭 지붕의 높이 상면(床面) 높이	20,000mm 19,500mm 3,180mm 3,800mm 1,200mm	20,000mm 19,500mm 3,180mm 3,750mm 1,150mm	20,000mm 19,500mm 3,160mm 3,750mm 1,150mm
자중		제어차(TC) 34.2 제1구동차(M) 43.0 제2구동차(M') 47.6 부수차(T) 33.0	운전실부 구동차(MC) 41.5 구동차(M) 41.5 부수차(T) 32.0	제어차(TC) 33.1 구동차 41.2 제1부수차(T1) 26.5 제2부수차(T2) 32.0
객실 좌석		M, M', T차 54석 TC 48석	M, T차 54석 MC차 48석	M, T, T차 54석 TC차 48석
견인전동기(정격)		직류 직권(120kW)	직류 직권(150kW)	교류 유도(200kW) 이상
속도 제어 방식		저항,직병렬,계자 제어	초퍼 제어	가변 전압 가변 주파수 제어
동력 전달 방식		중공축 평행 카르단식	기어형 평행 카르단식	기어형 평행 카르단식
치차비		15:87 = 1:5.80	15:98 = 1:6.533	14:99 = 1:7.07

구분		저항 제어차	초퍼 제어차	VVVF 인버터 제어차
대차/구동 장치	대차 형식 고정축 간 거리 차륜 직경	스윙 볼스터식 2축보기 2,100mm 860mm	2축보기 공기스프링 2,100mm 860mm	공기스프링 볼스터레스 2,100mm 860mm
기초 제동장치	구동 대차 부수 대차	답면 제동 디스크 제동	답면 제동 디스크 제동	답면 제동 디스크 제동
제동 방식		SELD형 발전제동 병용 전자 직통제동(회생제동 없음)	전기 지령 전공 병용 제동 (회생제동 있음)	HRDA형, 디지털 전기 지령, 전기 연산식 (회생제동 있음)
제어 전압		직류 100V 교류 200V, 60Hz	직류 100V 교류 200V, 60Hz	직류 100V 교류 200V, 60Hz
운전 보안장치		속도 조사부 ATS 다변주형, 점제어, 연속 속도 조사	속도 조사부 ATS 다변주형, 점제어, 연속 속도 조사	ATS/ATC, 기관사 안전장치(DSD)


저항제어 전기동차


초퍼(Chopper) 제어 전기동차


VVVF 인버터 제어 전기동차

[그림 5-9] 일반형 전동차 종류

② 간선형/준고속형 전기동차

구분		간선형		준고속형(ITX-청춘)
		누리로	ITX-새마을	
궤간		1,435mm		
전기방식		교류 25kV, 60Hz		
전차선 방식		지상 : 커티너리		
성능	가속도 상용제동 비상제동 최고 속도	2.5km/h/sec 3.0km/h/sec 4.0km/h/sec 150km/h	2.5km/h/sec 3.0km/h/sec 4.0km/h/sec 150km/h	2.0km/h/sec 3.0km/h/sec 4.0km/h/sec 180km/h

구분		간선형		준고속형(ITX-청춘)
		누리로	ITX-새마을	
차체	연결기 면 간 길이	23,500mm	24,505mm(TC) 23,500mm(M,T)	21,005mm(TC) 20,000mm(M,T)
	차체 길이	23,080mm(MC) 23,000mm(T1,T2)	24,610mm(TC) 23,000mm(M,T)	20,405mm(TC) 19,500mm(M,T)
	차체 최대 폭	3,180mm	3,150mm	3,120mm
	지붕의 높이	3,750mm	3,750mm	3,750~4,410mm
	상면(床面) 높이	1,200mm	1,200mm	1,170mm
자중		Mc : 45.4 T1 : 42.1 T2 : 36.9	TC : 44.8 M'1: 48.6 M'2: 48.7 M : 46.6 T : 37.0	TC : 43.87 M1 : 46.44 M2 : 46.55 M' : 48.25 T : 42.98
지지(현수) 장치		1차 : 링크암 타입 코일 스프링 + 수직 댐퍼, 2차 : 공기스프링		
견인전동기(정격)		교류 유도(250kW)	교류 유도(250kW)	교류 유도(250kW)
속도 제어 방식		가변 전압 가변 주파수 제어	가변 전압 가변 주파수 제어	가변 전압 가변 주파수 제어
동력 전달 방식		평행 카르단 1단 감속	기어형 평행 카르단식	기어형 평행 카르단식
치차비		19:94 = 1:4.947	19:94 = 1:4.947	22:91 = 1:4.136
대차 및 구동 장치	대차 형식	공기스프링 볼스터레스	공기스프링 볼스터레스	공기스프링 볼스터레스
	고정축 간 거리	2,500mm	2,500mm	2,500mm
	차륜 직경	860mm	860mm	860mm
기초 제동장치	구동 대차	차륜 디스크 제동	차륜 디스크 제동	차륜 디스크 제동
	부수 대차	차축 디스크 제동	차륜 디스크 제동	차륜 디스크 제동
제동 방식		회생제동 병용 전기 지령식 공기제동(응하중 장치부)		
제어 전압		직류 100V	직류 100V	직류 100V
조작 공기압력		5kg/㎠	5kg/㎠	5kg/㎠
운전 보안장치		ERTMS적용, ATP/STM장치	ERTMS적용, ATP/STM장치	ERTMS적용, ATP/STM장치


간선형 전기동차(누리로)

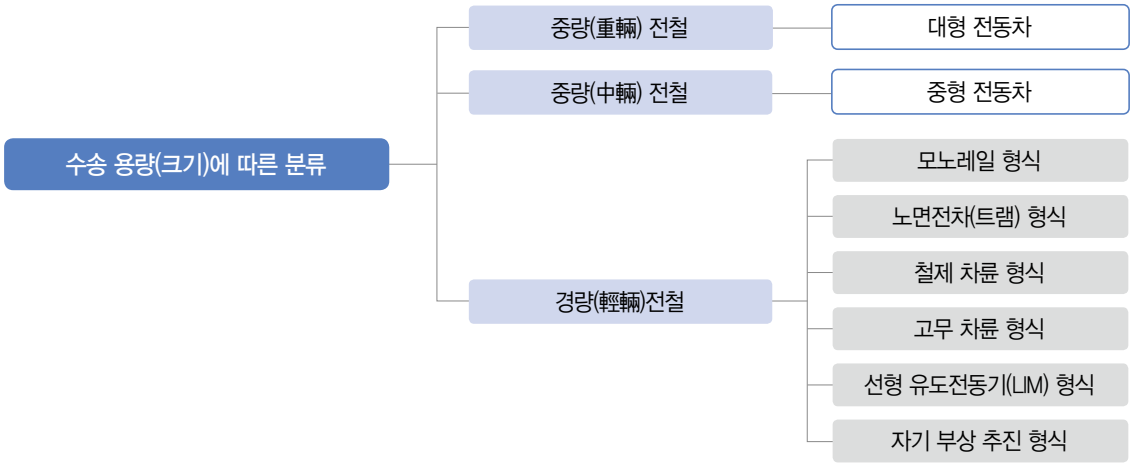

간선형 전기동차(ITX-새마을)


준고속형 전기동차(ITX-청춘)

[그림 5-10] 간선형/준고속형 전기동차 종류

(3) 수송 용량(크기)에 따른 분류

전기동차의 종류를 수송 용량(크기)에 따라 분류하면 다음과 같다.



1) 중량(重輛) 전철

한국철도공사, 서울교통공사, 서울시메트로9호선(주), 공항철도(주), 신분당선(주) 등에서 운영하고 있는 대형 전동차(차체 길이 19,500mm 이상, 차체 폭 3,120mm 이상, 레일 상면 기준 지붕 높이 3,600mm 이상, 승객 정원 140~160명/칸)를 말하며, 중량(重輛) 전철로 표기하기도 한다. 대부분의 중량(重輛) 전철은 지하철 개통 초기부터 도입된 1세대 모델로 유인 수동 운전을 기반으로 하나, 최근에 개통된 신분당선 등은 자동 무인운전 시스템으로 운영 중이다.

2) 중량(中輛) 전철

수송 용량이 중량 전철(重輛)과 경량 전철(輕輛)의 중간 정도 크기이며, 주로 부산, 인천, 대전, 대구, 광주 도시철도공사 등에서 운행 중인 중형 전동차(차체 길이 17,500~19,500mm, 차체 폭 2,750~3,120mm, 레일 상면 기준 지붕 높이 3,600mm 이하, 승객 정원 110~130명/칸)를 말하며, 대부분 자동 운전 기능을 탑재하였으나 안전상 유인 운전으로 전환하여 운영하고 있다.

3) 경량(輕輛) 전철

도시철도건설규칙에서 '경량(輕輛) 전철'은 모노레일 형식, 노면전차 형식, 철제 차륜 형식, 고무 차륜 형식, 선형 유도전동기 형식, 자기 부상 추진 형식 등으로 구분된다. 차량 최대 설계 축중 13.5톤 이하(분포하중의 경우, 단위 미터당 2.8톤 이하를 말한다)의 전기철도를 말하며, 줄여서

경(輕)전철이라고 표기하기도 한다.

경량 전철은 지하철과 버스의 중간 정도의 수송 능력을 갖고 있으며, 독립 또는 공유된 전용노선을 따라 운행되며, 차량의 운행 간격이 짧고 경제적인 건설비로 인해 기존 철도의 지선이나 중소도시의 간선 등을 연결하는 기능을 담당한다. 노면전차(트램)을 제외한 대부분 경량 전철의 열차 제어 시스템은 자동 무인운전을 기반으로 설계 · 운영 중이다.

① 경량 전철 특징

고가속 · 고감속이 가능한 경량 차량으로서 2분 내외의 운행 간격 단축이 가능하며, 차량과 구조물의 크기가 작고, 급구배(경사 또는 기울기), 급곡선 주행성이 우수하여 중량 전철 대비 공사비를 절감할 수 있다. 그 밖에도 대부분이 완전 자동 무인운전이 가능한 시스템이므로 운영비가 저렴하고, 관제실에서 열차 운행을 원격으로 제어하기 때문에 승객 수송 수요 변화에 신속한 대응이 가능하다는 장점이 있다.

② 경량 전철 개요

항목	모노레일	노면전차(트램)	철제 차륜 AGT	고무 차륜 AGT	선형 유도전동기	자기부상열차
1. 시스템 운영						
1) 운전 방식	무인운전	유인 운전	무인운전	무인운전	무인운전	무인운전
2) 정거장 출입 설비	스크린도어 설치	미설치	스크린도어 설치	스크린도어 설치	스크린도어 설치	스크린도어 설치
3) 자동 출개찰	AFC 설치	RF 요금 징수	AFC 설치	AFC 설치	AFC 설치	AFC 설치
2. 이용자 측면						
1) 정시성	우수 또는 보통	떨어짐	우수	우수	우수	우수
2) 최소 운전 시격	(150초)	3~5분	(90초)	(90초)	(90초)	(90초)
3) 편의성	• 짧은 운전 시격 • 유/무인 운전 시스템	• 저상 승하차 용이	• 짧은 운전 시격 • 자동 운전 시스템	• 짧은 운전 시격 • 자동 운전 시스템	• 짧은 운전 시격 • 자동 운전 시스템	• 짧은 운전 시격 • 자동 운전 시스템
3. 환경 측면						
1) 대기오염	• 고무 차륜(분진) • 전기모터 구동 친환경 시스템	• 철제 차륜 • 전기모터 구동 친환경 시스템	• 철제 차륜 • 전기모터 구동 친환경 시스템	• 고무 차륜(분진) • 전기모터 구동 친환경 시스템	• 철제 차륜 • 전기모터 구동 친환경 시스템	• 자기 부상 • 전기모터 구동 친환경 시스템
2) 도시 미관 및 조화	보통	우수	떨어짐	떨어짐	떨어짐	떨어짐

※ 출처 : 경전철 차량 시스템 선정 가이드라인 안내서(국토교통부 / 2014. 08.)

③ 경량 전철 일반 제원

항목		모노레일	노면전차(트램)	철제 차륜 AGT	고무 차륜 AGT	선형 유도전동기	자기부상열차
차량 사진							
운영 노선		대구3호선	오륙도선 (설계 중)	부산김해경전철	부산4호선	용인경전철	인천공항
열차 편성당 칸수		3칸 1열차 편성	5칸 1열차 편성	2칸 1열차 편성	6칸 1열차 편성	1칸 1열차 편성	2칸 1열차 편성
궤간		850mm	1,435mm	1,435mm	1,700mm	1,435mm	1,850mm
공차 중량		94.12ton	49ton	46.5ton	72ton	24ton	38ton
칸당 정원		84명	56명	92명	502명	133명	93명
출입문 수		2개	2개	2개	2개	2개	2개
차체 재질		알루미늄합금	알루미늄합금	알루미늄합금	알루미늄합금	알루미늄합금	알루미늄합금
전기방식		DC1,500V	DC750V	DC750V	DC750V	DC750V	DC1,500V
운전 방식		무인/유인	유인운전	무인/유인	무인/유인	무인운전	무인/유인
신호방식		ATP/ATO	DATP	ATP/ATO	ATP/ATO	ATP/ATO	RF-CBTC
속도 제어		VVVF 제어	VVVF 제어	VVVF 제어	VVVF 제어	VVVF 제어	–
최고 속도		70km/h	60km/h	70km/h	60km/h	80km/h	80km/h
가속도		3.0km/h/s	4.3km/h	4.0km/h/s	3.5km/h/s	3.6km/h/s	4.0km/h/s
상용 감속도		4.0km/h/s	4.3km/h	4.0km/h/s	3.5km/h/s	3.6km/h/s	4.0km/h/s
비상 감속도		4.5km/h/s	9.7km/h	4.5km/h/s	4.5km/h/s	4.68km/h/s	4.5km/h/s
견인전동기		3상 유도전동기	3상 영구자석 동기전동기	3상 유도전동기	3상 유도전동기	선형 유도전동기	선형 유도전동기
차체	길이	15,100mm	35,000mm	27,000mm	9,640mm	17,602mm	12,000mm
	폭	2,980mm	2,650mm	2,650mm	2,400mm	3,200mm	2,700mm
	높이	5,280mm	3,500mm	3,400mm	3,500mm	3,939mm	3,450mm
대차	대차 형식	공기스프링식 볼스타레스	독립 차륜식 볼스타레스	공기스프링식 볼스타레스	공기스프링식 볼스타레스	공기스프링식 강제 조향 대차	–
	고정 축거	1,500mm	–	2,310mm	–	12,000mm	–
	차륜 직경	1,006mm	600mm	600~660mm	–	660mm	–

※ 출처 : 경전철 차량 시스템 선정 가이드라인 안내서(국토교통부/2014.08.), 운영 기관별 홈페이지

5.2.2 전기동차 위치 칭호

전기동차에 있어 각 부분의 위치 칭호를 사전에 정하여 두면, 직원 상호 간에 의사소통을 원활히 하여 운용 및 검수 작업 시 편리하고, 혼선을 방지할 수 있다. 위치 칭호는 한국철도공사 "철도차량 칭호 및 도장에 관한 기준"에 의거하여 다음과 같이 정한다.

(1) 차량의 앞쪽

차량은 앞쪽과 뒤쪽으로 구분하고 다음의 방향을 앞쪽으로 한다.

※ 연결기 옆 차측 및 객실 통로문 위에 ①이라고 표기된 쪽이 앞쪽, ②라고 표기된 쪽이 뒤쪽이다.

차 종		세부 기준
일반형 전기동차	저항 제어차	• 제어차(TC) 및 M' : 분전반이 설치된 쪽
		• M : 분전반이 설치된 반대쪽
	인버터 제어차	• 제어차(TC) : 운전실이 설치된 쪽
		• M', M, T, T1차 : 일반 배전반이 설치된 쪽
간선형 전기동차		• 제어차(MC) : 운전실이 설치된 쪽
		• 부수차 및 제1부수차(T1) : 화장실이 설치된 쪽
		• 제2부수차(T2) : 화장실 반대쪽
준고속 전기동차		• 제어차(TC) : 운전실이 설치된 쪽
		• M', M, T : 일반 배전반이 설치된 쪽

(2) 차량의 좌, 우측

차량의 뒤쪽에서 앞쪽을 바라보고 좌측을 "좌", 우측을 "우"로 한다.

(3) 차량 각 부의 위치 칭호

차량의 앞쪽부터 차례로 '1위, 2위, ……'라 하고 좌 · 우 상대로 위치하고 있는 것은 다음과 같이 한다.

1) 왼쪽 : 앞쪽부터 차례대로 'L1위, L2위, ……'라 한다.

2) 오른쪽 : 앞쪽부터 차례대로 'R1위, R2위, ……'라 한다.

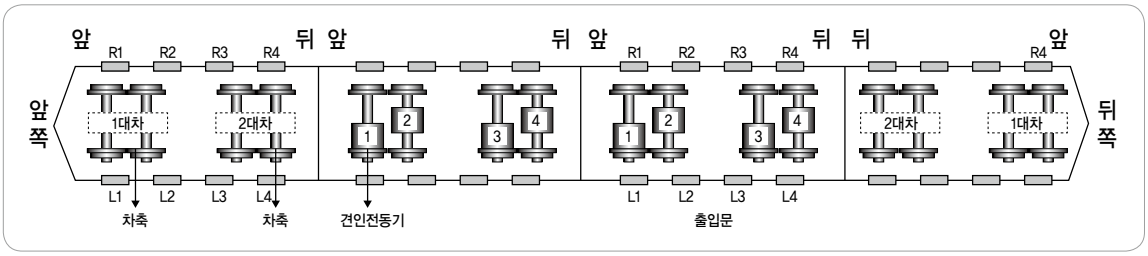
(출입문 예) 앞쪽부터 차례대로 왼쪽은 'L1위, L2위' 순, 오른쪽은 'R1위, R2위' 순이다.

(4) 견인전동기, 대차 및 차륜의 호칭

1) 견인전동기 : 각 M차 앞쪽부터 1, 2, 3, 4로 한다.

2) 대차 : 각 차량 앞쪽부터 1, 2로 한다.

3) 차륜 : 차량 앞쪽부터 왼쪽 1번이 L1위, 오른쪽 1번이 R1위 순으로 한다.



[그림 5-11] 전기동차 주요 기기의 위치 칭호

☑ 핵심정리 >>>

1. 전기동차는 크게 ⅰ) 전력 방식 및 운행 구간에 따라 ㉠ ( ), ㉡ ( ), ㉢ ( ) 전기동차 3종류가 있으며, ⅱ) 견인전동기 및 속도 제어 방식에 따라 ㉠ 직류 직권전동기를 사용하는 저항제어와 쵸퍼 제어, ㉡ 교류 유도전동기를 사용하는 VVVF 인버터 제어로 구분되고, ⅲ) 수송 용량(크기)에 따라 ㉠ ( ), ㉡ ( ), ㉢ ( )로 분류할 수 있다.

2. 전기동차는 운행 구간과 최고 속도에 따라 도시철도 구간을 중저속으로 운행하는 ㉠( ) (, ,)와 주요 간선을 중 · 고속으로 운행하는 ㉡( )/ ( )( )가 있다.

3. 경량 전철은 차량 최대 설계 축중 ( )(분포하중의 경우, 단위 미터당 2.8톤 이하를 말한다)의 전기철도를 말하며, 우리나라에는 ㉠ 모노레일 형식, ㉡ ( ), ㉢ 철제 차륜 형식, ㉣ 고무 차륜 형식, ㉤ ( ), ㉥ 자기 부상 추진 형식 등이 운행되고 있다.

4. 전기동차는 TC1 쪽을 앞쪽, TC2 쪽을 뒤쪽으로 하며, 차량의 ( )에서 ( )으로 바라보고 좌측을 "좌", 우측을 "우"로 칭하며, 차량 각 부의 위치 칭호는 차량의 ( )부터 차례로 '1위, 2위, ……'라 하고, 좌 · 우 상대로 위치하고 있는 것은 앞쪽부터 순서대로 ( )은 'L1위, L2위, ……', ( )은 'R1위, R2위, ……' 순으로 한다.

5.3 전기동차 구성

학습목표

- 전기동차를 구성하는 기본 단위를 이해하고 차종별 기기 배치 상태를 확인할 수 있다.
- 전기동차 열차 편성의 기본이 되는 차종별(TC, M, T) 역할을 이해하고 설명할 수 있다.
- 전기동차를 구성하는 주요 기기의 종류와 기능에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 전기동차 특고압 기기의 종류와 역할을 이해할 수 있다.
- 전기동차 주요 장치 구성 및 기능에 대해 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심 용어]

• 유닛(UNIT), 열차 편성 단위, 팬터그래프, 주 차단기, 교직 절환기, 주 퓨즈, 비상 접지 스위치, 계기용 변압기, 교류 피뢰기, 직류 피뢰기, 교류 과전류 계전기, 주 변압기, 접지 브러시, 필터 리액터, 변류기, 주 변환기, SIV, 공기압축기, 열차 종합 정보 장치, 열차 종합 제어장치, 제동장치

5.3.1 전기동차 구성

전기동차는 견인 및 승차 효율을 극대화하기 위하여 동력을 분산하였으며, 각 차량을 기능별, 용도별로 크게 3가지 ㉠ 제어차(TC), ㉡ 구동차(M, M'), ㉢ 부수차(T) 로 구분한다.

이러한 각각의 차량을 운전실에서 전체 일괄 제어가 가능하도록 기계적, 전기적으로 연결한 상태를 '열차 편성'이라고 한다. 열차 편성은 전기동차의 운행 신뢰성을 확보하는 수준, 즉 최소 유닛의 2배수로 열차 편성하는 것이 기본 열차 편성의 최소 단위이나, 수송량을 고려하고 운행 노선의 중요도를 감안하여 1유닛 열차 편성을 최소 운행 편성으로 하는 경우도 있다.

(1) 유닛(UNIT)

열차 기능을 가진 최소 구성단위를 'UNIT'라 하며, 운전 제어가 가능한 차량과 동력을 제공하는 차량으로 이루어진 열차 편성을 말한다.

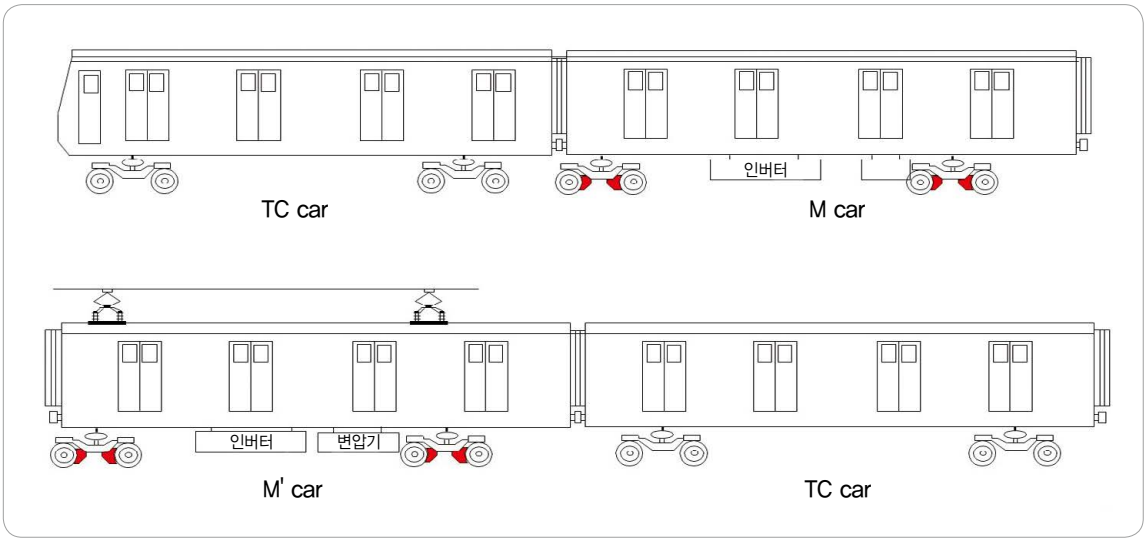
[UNIT 기본 구성]

1) 최초 기동에 필요한 에너지원 ····· 축전지(Batt)
2) 최초 기동에 필요한 압축공기 ····· 보조 공기압축기(ACM), 주 공기압축기(CM)
3) 객실등, 냉난방등 승객 서비스 전원 ····· 보조 전원 장치(SIV)
4) 열차 운행에 필요한 전원 수전 장치 ····· 집전장치(Pantograph), 주 변압기(MT)
5) 동력을 발생 제반 기기 ····· 주 차단기(MCB), 주 변환 장치(C/I) 또는 인버터(Inv), 견인전동기(Motor), 제어 기기

(2) 전기동차의 차종

전기동차 차종은 ⅰ) 운전실이 있는 제어 차량 TC(Train Control), ⅱ) 견인전동기가 장착되어 구동을 담당하는 차량 M(Motor Car), ⅲ) 운전실과 견인전동기가 장착되지 않은 부수 차량 T(Trailer Car)로 구분된다.

기기 배치에 따른 차종은 다음과 같으며, 운영 기관별로 다르게 표기하기도 한다.



[그림 5-12] 기기 배치에 따른 전기동차 종류

차종	호칭 및 약호	구조 및 기능
일반형 전기동차	제어차(TC)	운전실이 설치된 차량
	제1구동차(M')	팬터그래프가 설치된 구동 차량
	제2구동차(M)	팬터그래프가 설치되지 않은 구동 차량
	제1부수차(T)	동력이 없는 차량
	제2부수차(T1)	보조 전원 장치가 설치된 차량
간선형 전기동차	구동 제어차(MC)	운전실이 설치되고 동력이 있는 차량
	제1부수차(T1)	팬터그래프가 설치되고 주 변압기가 설치된 차량
	제2부수차(T2)	팬터그래프가 설치된 차량
준고속형 전기동차	제어차(TC)	운전실이 설치된 차량
	제1구동차(M')	팬터그래프가 설치된 구동 차량
	제2구동차(M)	팬터그래프가 설치되지 않은 구동 차량
	부수차(T)	동력이 없는 2층 객차 차량

(3) 전기동차의 열차 편성 단위

열차의 편성은 열차 기능을 가진 최소한의 기본 편성이 4칸이고, 필요에 따라 6칸, 8칸, 10칸 열차 편성으로 운행하고 있으며, 열차 편성의 예는 다음과 같다.

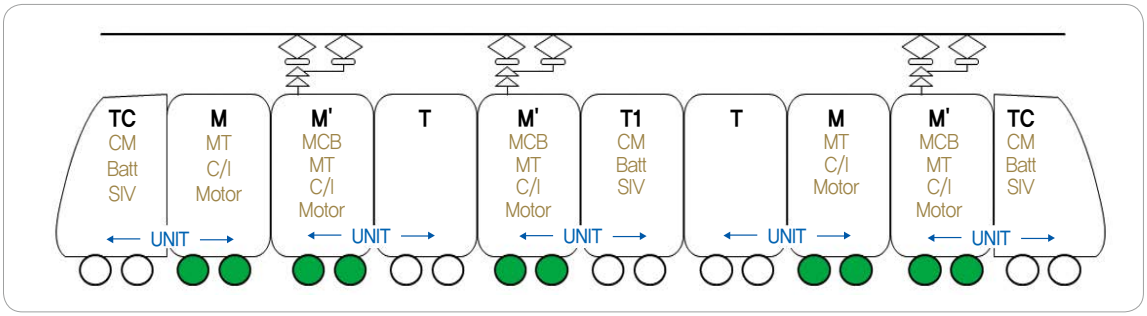
1) 일반형 전기동차(VVVF 제어)

① 4칸 열차 편성(2M2T) : TC-M-M'-TC (광명 셔틀: TC-M'-M'-TC)

② 6칸 열차 편성(3M3T) : TC-M-M'-T-M'-TC

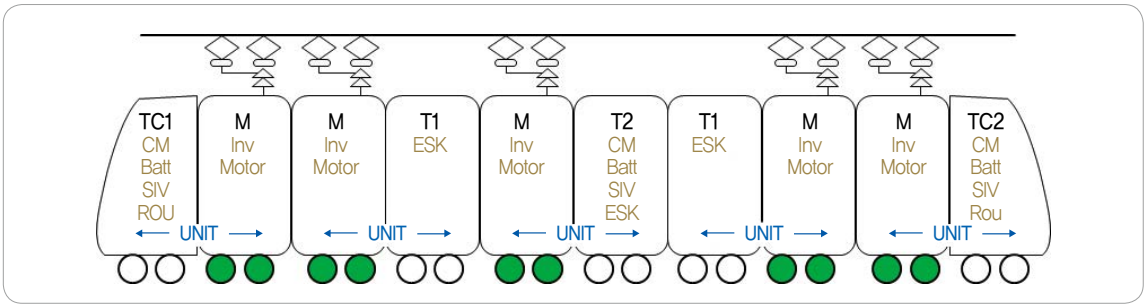
③ 8칸 열차 편성(4M4T) : TC-M-M'-T-T'-M-M'-TC

④ 10칸 열차 편성(5M5T) : TC-M-M'-T-M'-T1-T-M-M'-TC



[그림 5-13] 한국철도공사 과천선(VVVF 제어 교직류 전기동차)

⑤ (서울교통공사) 10칸 열차 편성(5M5T) : TC-M-M-T1-M-T2-T1-M-M-TC



[그림 5-14] 서울교통공사 4호선(VVVF 제어 직류 전기동차)

2) 간선형(준고속형) 전기동차

① 간선형 전기동차(누리로) : MC-T1-T2-MC

② 간선형 전기동차(ITX-새마을) : TC-M'-M-T-M'-TC

③ 준고속형 전기동차(ITX-청춘) : TC-M'-M-T-T-M-M'-TC

(4) 주요 성능 및 사양 한계

일반형 전기동차와 간선형 전기동차는 차량의 사용 목적과 운행 환경에 따라 주요 성능은 상이하나, 일반적인 사양 한계는 다음과 같다.

1) 주요 성능

① 일반형 전기동차

- 최고 속도 : 100km/h(일부 차량 110km/h)
- 최고 운행 속도 : 80km/h(일부 구간 90km/h)
- 가속도 : 3.0km/h/s(저항제어차 : 2.5km/h/s)
- 감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s(저항차 : 상용 3.0km/h/s, 비상 4.0km/h/s)

② 간선형 전기동차

- 최고 설계 속도 : 150km/h(일부 차량 180km/h)
- 가속도 : 2.5km/h/s(일부 차량 2.0km/h/s)
- 감속도 : 상용 3.0km/h/s, 비상 4.0km/h/s

2) 사양 한계

① 견인 장치는 열차의 표정속도 50km/h 이상을 확보하고, 운행 최고 속도는 110㎞/h이다. 또한, 공차 및 20ton 하중 시 35㎞/h까지의 가속도는 3.0㎞/h/s 이상이며, 110㎞/h/s부터 상용 최대 감속도는 3.5㎞/h/s 이상이다. 이때 최대 저크 (Jerk)의 한계는 0.8m/s3 이하이며 비상제동 시의 감속도는 4.5㎞/h/s 이상이다.

② 견인 장치는 3M3T, 4M4T 및 5M5T 열차 편성에서도 견인 및 회생제동 특성은 동일하다.

③ 각 차의 상용제동 제어는

- 구동차의 회생제동에 의한 열차 제동
- 구동차의 회생제동력이 부족할 때 부수차의 공기제동
- 구동차의 회생제동력 및 부수차의 공기제동력이 부족할 때 구동차의 공기제동과 같은 우선 순서에 따라 제어되도록 설계되어 있다.

④ 6칸 열차 편성 시 구동차 1칸, 8칸 또는 10칸 열차 편성 시 전동차 1유닛이 고장난 경우에도 최대 승객 하중 조건에서 고장 난 유닛을 개방한 상태로 35‰ 구배에서 기동이 가능하다.

⑤ 전동차가 고장 난 경우, 고장이 발생한 차량을 전기적으로 용이하게 분리 (VCOS)할 수 있으며, 1조의 견인 장치(컨버터+VVVF 인버터)를 분리하고도 안전하게 운행할 수 있는 용량을 가지고 있다.

5.3.2 전기동차 주요 기기

전기동차 차량은 역할에 따라 고전압을 집전하고 공급하는 고전압 장치, 열차를 기동하는 전기장치, 각 장치를 구성하는 기계장치, 전동차 동력 외 조명 및 냉난방 장치에 전원을 공급하는 보조 전원 장치, 차량을 종합적으로 관리하는 종합 제어장치, 신호 보안을 담당하는 차상 신호장치, 속도 감속 등 제동 기능을 수행하는 제동장치, 공기제동력과 충격을 흡수하는 현수 장치 등에 공기를 공급하는 공압 장치, 차량의 기본 골격을 유지하는 차체 장치, 차륜 및 대차 등의 주행 장치, 그리고 기타 부속 장치로 구성되어 있다.

전동차 기기는 차량 성능 보증과 운행 안전 확보 및 점검 · 정비 업무의 편의를 고려하여 배치하였으며, 주행 시 차량 변위를 고려한 차량 한계를 준수하고 중량의 적절한 균형을 이루도록 주요 기기를 배치하였다.

(1) 운전실 기기 배치

TC차의 한쪽 끝에 운전 제어대 및 각종 차상 신호장치 등 운전에 필요한 각종 기기가 설치된 운전실이 있으며, 운전실과 객실은 벽체로 구분되는데 운전실에서 객실로 이동하기 위한 출입문이 설치되어 있다. TC차 정면 외부에는 전조등이 배치되어 있고, 운전실 전면 유리창 상단에는 행선 표시기와 열차번호 표시기를 설치한다.

운전실에는 주간 제어기, 열차 종합 정보 장치 및 각종 운전 조작 스위치가 내장된 계기판과 좌우로 방송 장치, 열차 무선 장치, 와이퍼 작동 스위치, 시각 표시등이 설치되어 있다.

(2) 옥상 기기 배치

각 차량 옥상의 중앙부에는 냉방장치와 객실 배기 팬이 설치되어 있다. TC차에는 열차 무선전화기용 안테나가 설치되어 있고, M차에는 팬터그래프, 주 회로 퓨즈, 피뢰기 등의 고압 기기가 설치되어 있다.

옥상 기기의 안전한 정비 점검을 위하여 종(縱)방향의 발판이 설치되어 있고, 각 차량 끝머리에는 지붕 위로 올라갈 수 있는 손잡이가 설치되어 있다.

(3) 실내 기기 배치

차량 실내는 소음 차단 성능이 우수한 불연 재질의 바닥 구조로 되어 있으며, 차량 간 이동을 위한 갱웨이에는 출입문이 설치되어 있으나 최근에는 갱웨이를 광폭으로 설계하여 출입문을 생략하고 통행의 불편을 최소화하는 추세이다. TC차 또는 T차에는 휠체어 및 유모차 이용이 가능한 별도 공간을 확보해 두었으며, 차량별 각 출입문을 실내에서 개방할 수 있는 개별 개방 스위치와 전체 출입문을 동시에 개방할 수 있는 전체 개방 스위치 한 개가 실내에 설치되어 있다. 그 밖에도 차량 실내 끝머리에는 각종 배전반과 소화기 등이 내장되어 있다.

5.3.3 특고압 기기 구성 및 기능

교류와 직류 구간을 모두 운행할 수 있는 교 · 직류 전기동차는 직류 전용 전기동차에 비하여 보다 많은 기기 설비가 필요하고, 또한 교류와 직류 구간에 따른 회로의 결선이 다르게 설계되어 있다. 즉 직류 구간에서는 DC1,500V인 전차선 전원을 팬터그래프에서 그대로 수전하여 견인전동기나 고압 보조 기기에 공급하면 되나, 교류 구간에서는 전차선의 AC25kV의 전원을 수전하여 주 변압기에서 소정의 전압으로 강압시켜 주 변환 장치를 거쳐 견인전동기와 고압 보조 기기에 전원을 공급하게 된다.

따라서 교직류 전기동차에는 별도의 교류와 직류를 전환하는 데 필요한 교직 절환기가 M'차 지붕 위에 설치되어 있다. 또, 전차선과 전동차 간의 회로를 개폐해 주는 주 회로 차단기가 M'차 지붕 위에 설치되어 있어 평상시에는 회로를 개폐해 주는 일종의 스위치 역할을 하지만, 교류 구간을 운행하는 중에 전동차 회로에 중대한 고장이 야기되었을 경우에는 신속히 회로를 개방하여 기기를 보호하는 차단기 역할을 수행한다. 교직류 전기동차의 주요 특고압 기기는 다음과 같다.

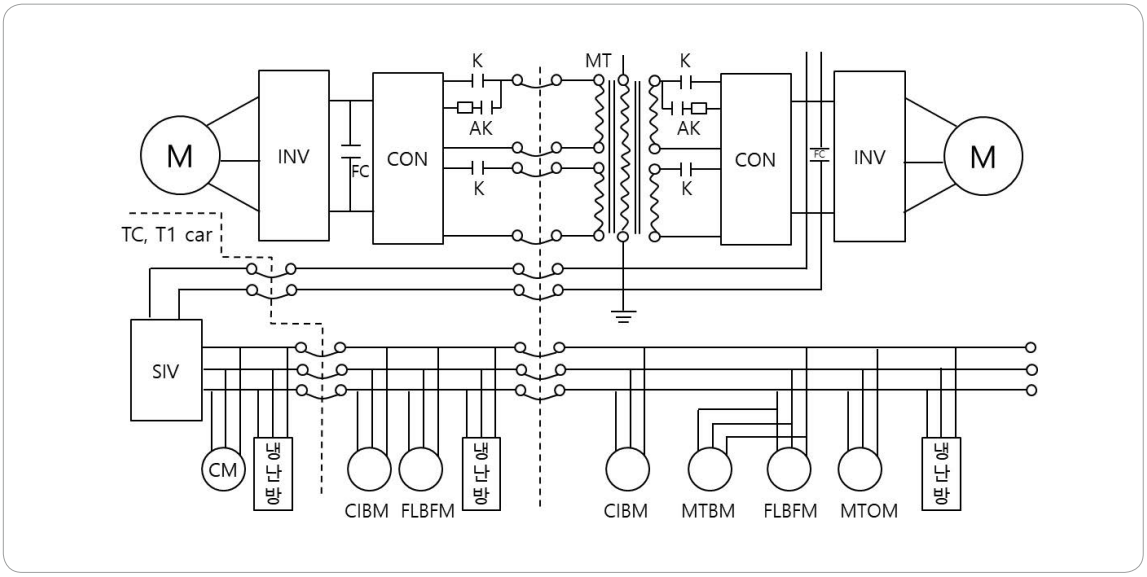
특고압 기기	구조 및 기능
팬터그래프	전차선의 전원을 전기동차로 수전하는 집전장치(集電裝置) 이다.
주 차단기	교 · 직류 전기동차에서 제일 중요한 기기이며, 교류 구간 운전 중 MT(주 변압기) 1, 2차 측 회로에 고장 발생 시 과전류를 신속하고 안전하게 확실히 차단할 목적으로 설치된 기기로서, 교류 구간에서는 차단기와 개폐기를 겸하고 직류 구간에서는 개폐 역할만 하는 기기이다.
교직 절환기	전차선 전원에 따라 전동차의 회로를 교류 또는 직류로 절환하는 기기이다.
주 퓨즈	주변압기를 보호할 목적으로 설치한 기기로 주변압기 1차 측 회로에 이상 전류가 들어올 경우 용손되어 주 변압기를 보호한다.
비상 접지 스위치	비상의 경우에 팬터그래프 회로를 직접 접지시켜 전차선을 단락하고 전원 측(변전소)의 차단기를 개로시킨다.
계기용 변압기	교류 구간에서는 교류 25kV를 AC100V로 강압하고 이를 정류하여 DC24V로 교류전압 계전기(ACVR)를 작동시키며, 직류 구간에서는 1차 측을 통한 전류에 의하여 직류전압 계전기를 작동시킨다.
교류 피뢰기	교류 구간 운전 중 낙뢰 또는 써지(surge) 전압이 흘러 들어왔을 경우, 전차선 전원을 개로한다.
직류 피뢰기	직류 피뢰기는 직류 구간을 운행하는 중 외부로부터 차량에 유입되는 써지를 흡수하여 차량을 보호하고, 교류 구간 모진(冒進) 시에는 절연이 파괴되어 변류기를 통해 방전전류를 검지하고 주 차단기를 차단하여 주 회로를 보호하는 기기이다.
교류 과전류 계전기	주 변압기 1차 측에 과전류 발생 시, 주 차단기를 차단하고 주 변압기를 보호한다.
주 변압기	교류 구간에서 전차선에 공급된 교류 25kV를 840V×2로 조정하여 주 변환기 컨버터에 공급한다
접지 브러시	접지 브러시는 귀환 전류의 통로로서, 베어링의 전기적 부식을 방지하기 위하여 설치한다.
필터 리액터	주 회로의 고조파 성분을 흡수하고 전차선의 이상 충격 전압 등을 흡수하여 주 변환기의 링크부에 이상 전압이 인가되는 것을 방지한다.
변류기	과전류 보호용 변류기는 주 변압기 1차 측에 과전류 발생 시 과전류 계전기를 작동시켜 주 차단기를 개방하고, 모진 보호용 변류기는 직류 구간 운행 중 전차선에 교류 25kV가 접촉해 섞이거나 교류 모진 시에 작동하여 피뢰기 과전류 계전기를 작동시킨다.
주 변환기(C/I)	컨버터와 인버터를 합친 것으로 교류 구간에서는 컨버터와 인버터 모두 구동되고, 직류 구간에서는 교직 절환기에 의해 인버터만 작동된다. 이 기기는 M, M'차에 설치되며 각각 4대의 견인전동기를 병렬 제어한다.

5.3.4 주요 장치 구성 및 기능

(1) SIV 장치

정지형 인버터(SIV)는 전기동차의 보조 전원 공급 장치로서, 전동 차량의 냉방장치, 난방장치, 조명 장치, 제어회로 및 기타 장치에 전원을 공급하는 역할을 한다.

정지형 인버터는 고압 보조 회로의 직류 전원을 받아서 인버터 회로를 통하여 3상 440V 60Hz 전원으로 변환하여 공급하는 역할을 한다.



[그림 5-15] SIV 장치 회로

(2) 공기압축기

전동차에는 제동장치, 출입문 장치, 팬터그래프 상승, 제어장치, 기적 등에 압축공기가 필요하므로 이를 확보하기 위하여 대용량의 전동 공기압축기를 설치한다.

1) 전동기 : DC1500V의 전원을 받아 회전하는 직류 직권전동기를 설치하여 30분 정격으로 되어 있는 차종이 있고, AC380V(과천선 AC440V)의 전원을 받는 3상 농형유도전동기가 설치된 차종이 있다.

2) 압축기 : 전동기의 회전력이 직접 기어(치차)를 거쳐 크랭크축을 회전하여 저압 실린더 및 고압 실린더에 의해 공기를 2단 압축하는 방식과, 압축할 때 소음을 줄이기 위해 오일과 공기를 혼합하여 압축하는 스크류 방식으로 구별된다.

3) 동기 구동 : 2개 이상의 공기압축기를 동시 작동, 동시 정지하여 부하 편중을 방지한다.

4) 공기 건조기 : 마이크로 오일 필터로 되어 있으며, 이곳을 통과하면 오일과 수분이 제거된다.

5) 안전밸브 : CM-G(공기압력을 제어하는 압력조절기) 또는 제어회로의 이상으로 압축공기가 설정치 이상 되면 밸브가 열려서 압력을 분출함으로 기기를 보호하는 장치이다.

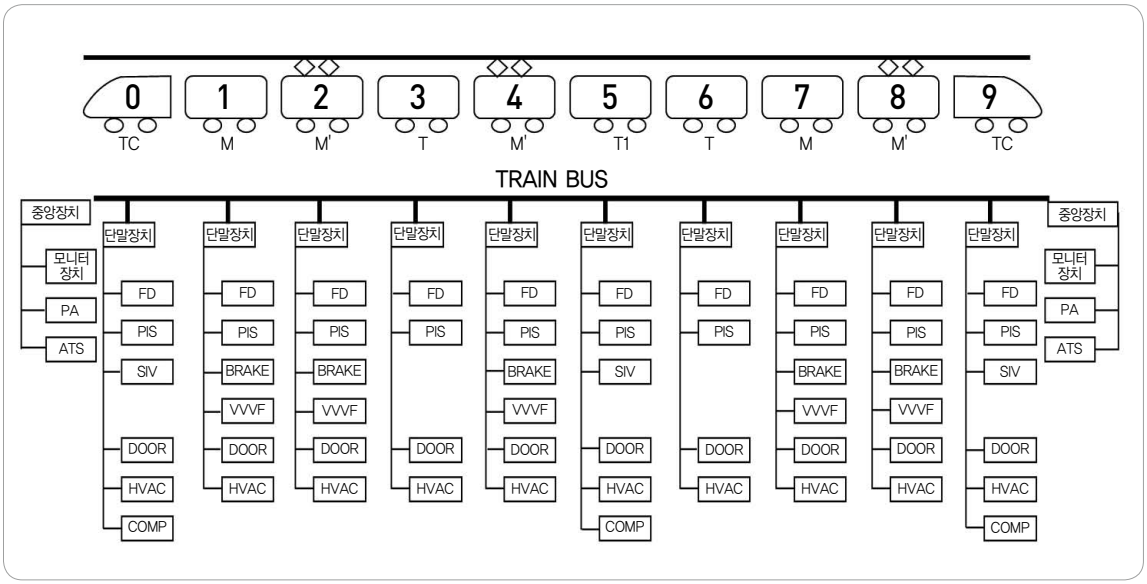
(3) 열차 종합 정보 장치(TGIS)

열차 종합 정보 장치(TGIS : Train General Information System)는 각종 기기의 동작 정보를 수집하여 기록하며, 표시장치를 통해 기관사에게 표시 정보를 제공하며, 열차 운행 중 방송 및 객실 안내 표시 등의 기기를 제어하여 승객에게 역 정보 및 안내 방송을 제공한다. 또한 기관사의 운전 취급 상황을 실시간으로 저장한다.

최근 도입된 전기동차는 정보 처리 기술 발달 추세에 따라 진보된 기술의 열차 종합 제어장치(TCMS : Train Control & Monitoring System)를 갖춤으로써 차내 장비를 제어하고 모니터링한다. 제어장치는 차량 제어 기능과 운전 지원 및 차량 검사 기능을 포함한다. 열차 제어 시스템상 자동 운전이 가능한 전기동차의 경우에는 차량을 직접 제어하기도 한다.

1) 구성

TGIS는 하드웨어 간에 전송선(통신선)으로 연결되어 차량 제어를 위한 정보를 교환할 수 있는



[그림 5-16] TGIS 구성도


중앙장치


단말장치



화면장치

[그림 5-17] TGIS 구성

구조로 되어 있다.

TGIS는 TC차에 설치되어 단말장치와의 통신을 통해 열차 편성 전체를 제어하고 차량의 상태를 파악하는 기능을 담당하는 ㉠ 중앙장치, 각 차량에 설치되어 차량에 설치된 기기의 상태를 감시하고 제어하는 ㉡ 단말장치, TC차 운전실에 설치되어 차량의 상태를 현시하는 ㉢ 표시장치로 구성된다.

2) 모드(Mode)와 기능

① 기관사 지원 기능

- 출고 확인 기능, 운전자 상태 표시
- 고장 표시 및 처치 표시
- 냉난방 자동 온도 제어, 화재 경보 기능

② 서비스 기기 제어 기능

- 열차번호, 행선 표시기 표시 지령
- 차내 안내 표시기 표시 지령, 자동 방송 장치의 지점 정보 지원

③ 검수 지원 기능

- 고장 시 기기 작동 및 차량 상태 기록, 대상 기기의 동작 데이터 수집, 운전 데이터 기록
- 시험(제동장치, 보조 전원 장치, 주 변환 장치, 출입문 닫힘 시간 측정, 차내 안내 표시기)

(4) 제동장치

전기동차에 장착된 제동장치는 저항 제어차의 경우 SELD형 제동장치이고, VVVF 인버터 제어차의 경우 HRDA형 및 KNORR 제동장치이다.

SELD형 제동장치는 전자직통제동과 발전제동을 병용 체결하는 제동장치이다. HRDA형과 KNORR 제동장치는 디지털 전기 지령에 의한 공기제동과 전기 회생제동을 일괄 교차 제어(Cross

Blending)하는 방식으로 VVVF 전기동차에 장착된 최첨단 제동장치이다.

1) 제동장치 종류

① SELD형 제동장치

SELD(Straight Electronics Load Dynamics)형 제동장치에는 전자직통제동과 자동제동이 있으며, 구동차는 발전제동을 주로 사용하고, 부수차는 공기제동을 사용한다. 기관사의 제동변 취급에 의하여, 모든 차량에 연결된 전기선에 의하여 모든 차량에서 동시에 직통 공기(SAP)가 생성되어 제동 작용을 하며, 전자직통제동장치가 고장 났을 때 콕크를 취급하여 순직통 제동으로 응급 운전을 할 수 있다.

자동제동은 제동관 감압에 의하여 이루어지며, SELD형 제동장치에서는 비상제동 작용 시에 사용된다.

② HRDA형 제동장치

VVVF 전동차의 제동 방식은 디지털의 전기 지령에 의해 작동되며, 전자회로에 의하여 연산되어, 회생제동과 공기제동을 병용하는 일괄 교차 연산식의 HRDA(High Response Digital Analog) 전기 공기제동 방식을 채택하고 있다.

비상제동 회로 상시 여자(勵磁, excitation) 방식으로 제동 제어기 취급, ATC/ATS 작동, 주공기압력 부족(MRPS), 비상 스위치(EBS) 취급, 열차 분리 상황 등의 조건에 의한 높은 감속도를 유지하기 위하여 공기제동만 작용하도록 하였다.

또한 제동력 부족과 제동 불(不)완해 검지 및 원격제어 기능을 가지고 있으며, 활주 방지(Anti Skid)의 기능이 가능하고, 제동통 압력이 너무 낮거나 제동 시스템에 고장이 있을 때 경보 기능 및 종합제어장치에 정보 전송이 가능하다.

제동 작용은 구동차와 인접 부수차를 합쳐서 1개의 제동 유닛으로 이루어진다. 구동차에는 제동 단수에 상응하는 회생제동력이 발생하고, 그 후 속도가 점차 떨어지고 회생제동력이 낮아지면 공기제동력이 상승하게 된다. TC차 및 T차, T1차에는 디스크 제동에 의한 공기제동 장치가, M차와 M'차에는 회생제동 장치와 제륜자 제동 방식에 의한 공기제동 장치가 장착된다.

2) 제동 방식의 종류

① 상용제동 : 전기동차가 운행하는 동안 정지할 때 기본적으로 사용되는 제동이다.

② 비상제동 : 비상시 열차를 신속히 정차시키기 위한 제동으로, 안전 루프 회로를 개방시켜서

각 제동장치함의 비상 전자밸브가 소자(무여자) 되면 비상제동이 작용한다. 차종별 차이는 있으나 일반적으로 다음과 같은 경우에 비상제동이 체결된다.

- 제동변 핸들 비상제동 위치 시
- ATS(자동열차정지장치) 또는 ATC(자동열차제어장치)의 비상제동 지령 시
- 운전실의 비상제동 스위치 작동 시
- 주 공기압력이 낮을 경우
- 열차 분리 시 비상제동 작동 시 다음과 같은 경우를 제외하고 해제되지 않는다.
- 비상제동 스위치에 의한 비상제동은 스위치 완해 작동으로 해제된다.
- 주 공기압력 부족에 의한 비상제동은 주 공기압력 설정치 이상으로 상승해야 완해가 된다.

③ 보안제동

상용제동과 비상제동 고장 시에 사용하며, 전 · 후부 운전실 어디에서도 취급이 가능하며, 보안제동 취급 시 양쪽 운전실에 보안제동등을 점등시킨다.

④ 주차제동

차내에 압축공기가 없을 때 필요한 제동이므로, 공기 완해 스프링 제동 방식이다. 주차제동 체결 상태에서 열차가 운행하는 사고를 방지하기 위하여 역행 회로와 연동되어 있다. 운전실 내 주차제동 스위치를 작동시키면 전부 TC차의 주차제동 지령이 후부 TC차의 주차제동 전자밸브와 인통되어 체결된다.

⑤ 정차제동

경사진 선로에서 정차 후 출발할 때, 경사 선로에 의한 전동(전진 또는 후진) 방지를 위해 공기제동을 사용하며, 추진 회로와 연동되어 있다. (과천선 전동차 제외)

3) 제동 체결 방식

① 상용제동 : 회생제동 병용 공기제동 방식, 응하중 제어 방식
② 비상제동 : 지령선 무가압으로 전자밸브 무여자에 의한 순수 공기제동
③ 보안제동 : 지령선 가압으로 전자밸브 여자에 의한 순수 공기제동
④ 주차제동 : MR 압력 배기에 의한 스프링 작용 방식 제동
⑤ 정차제동 : 속도 검지에 의한 자동제동(과천선 전동차 제외)

☑ 핵심정리

1. 열차 기능을 가진 최소 구성단위를 '(　　)'라 하며, 운전 제어가 가능한 차량과 동력을 제공하는 차량으로 이루어진 열차 편성을 말한다.

2. 전기동차를 구성하는 차종은 ⅰ)운전실이 있는 제어 차량 (　　), ⅱ)견인전동기가 장착되어 구동을 담당하는 차량 (　　), ⅲ)운전실과 견인전동기가 장착되지 않은 부수 차량 (　　)로 구분된다.

3. VVVF 인버터 제어 방식의 일반형 전기동차(5M5T, 과천선)의 기본 열차 편성은 (　　)이고, (6M4T, 4호선)의 기본 열차 편성은 (　　)이다.

4. 전기동차 특고압 기기는 팬터그래프, 주 차단기, 교직 절환기, (　　), 비상 접지 스위치, 계기용 변압기, 교류 피뢰기, (　　), 교류 과전류 계전기, (　　), 접지 브러시, (　　), 변류기, (　　) 등이 있다.

5. (　　)는 전기동차의 냉난방 장치 및 조명 장치 등에 전원을 공급하는 역할을 담당하며, 열차 (　　)는 각종 기기들의 정보를 수집하여 차량의 상태를 기관사에게 제공하는 역할을 수행한다.

6. 전기동차 제동은 크게 공기압력과 마찰력을 이용하는 (　　)과 발전제동 및 회생제동 같은 (　　)으로 구분하며, 제동 사용 시기와 기능에 따라 (　　), (　　), (　　), (　　), (　　)으로 구분한다.

5.4 전기동차 유지 관리

학습목표

- 전기동차 유지 관리의 필요성을 이해하고 전기동차 고장의 특징을 설명할 수 있다..
- 전기동차 검사의 종류(정기 검사, 비정기 검사)에 대해 설명할 수 있다.

[핵심 용어]

- 경정비, 중정비, 일상 검사, 월상 검사, 중간 검사, 전반 검사, 임시 검사, 특별 검사, 차륜 교환 검사, 인수 검사

5.4.1 유지 관리 개요

전기동차의 정상적인 기능을 확보하고 이를 보전하기 위해 시행하는 업무의 총칭을 '유지 관리'라 하며, 이를 위하여 시행하는 검사 및 점검 업무를 포함한다.

(1) 전기동차 구조상 특징

전기동차는 대부분 전기장치로 구성되어 동력 장치 및 주행 장치를 제외하면 기계적인 마모가 적은 편이며, 주요 장치가 개별 단위의 부품보다는 유닛화되어 있고, 외부로부터 오염을 막기 위해 주요 부품이 밀봉 상태를 유지하고 있다. 또한 각 차량에는 TGIS 또는 TCMS와 연결된 차량 컴퓨터가 설치되어 있어 차량의 상태를 실시간으로 감시하고 TGIS 또는 TCMS 명령에 따라 차량을 제어 · 통제하는 기능을 수행한다.

(2) 전기동차 고장의 특징

기계적 마모 부분이 적기 때문에 마모고장보다는 우발적인 고장이 많이 발생하는 편이며, 다양하고 복잡한 정밀 부품을 사용하기 때문에 고장 원인이 복잡하여 원인을 규명하기가 곤란하다. 따라서 최신 전기동차는 이상 발생 시 고장 난 부품이나 기기를 수리하기보다는 장치 단위 유닛별로 유지보수를 시행하는 경향이 있다.

5.4.2 전기동차 검사

전기동차의 상태를 최적으로 유지하기 위해서는 전동차 각 장치별 기기와 부품의 마모, 손상 및 변화 상태를 확인하여 정비, 교환 및 시험하는 검사가 필수적이다. 또한 고장 발생에 대비하여 전동차의 각 장치, 기기에 대한 장착 상태, 외관의 이상 유무 확인 및 작동 시험을 시행하는 점검 행위도 수반된다. 운영 기관별로 전기동차 검사 주기나 방법에 차이가 있기 때문에, 본 장에서는 서울교통공사 전동차 관리 규정을 중심으로 알아보기로 한다.

전동차 정기 검사는 대표적으로 경(輕)정비와 중(重)정비로 구분된다.

경정비는 전동차의 단위 기기에 대한 상태 · 기능 점검, 소모 부품 교환 · 조정 및 청소 시행 등의 경미한 검사를 하는 것이다. 전동차의 상태를 정상적으로 유지하기 위해 시행하는 검사로서, 출고 점검, 입고 점검(도착 점검), 3일 검사, 7일 검사, 2월 검사, 3월 검사, 4월 검사 등의 검사를 말한다.

중정비는 전동차의 각 장치별 부품을 분해하여 정비 · 조정 · 청소 · 부품 교환 및 시험 등을 시행하는 것이다. 전동차의 기능을 최적의 상태로 복원시키기 위해 시행하는 검사로, 주공장에 입창하여 시행하는 2년 검사, 3년 검사, 4년 검사, 6년 검사 등의 검사를 말한다.

(1) 전기동차 검사의 종류

전기동차 검사는 검사를 시행하는 기간, 또는 주행거리 기준의 검사 주기를 바탕으로 하는 정기 검사와, 고장 또는 이상 발생 시에 시행하는 비정기 검사로 구분한다.

1) 정기 검사

① 일상 검사 : 정하여진 검사 주기에 이르렀을 때 전동차 해당 장치의 외관 상태 및 동작 상태를 확인하는 검사를 말한다(약호 : D).

② 월상 검사 : 정하여진 검사 주기에 이르렀을 때 전동차 해당 장치의 외관 상태 및 동작 상태를 확인하고, 기기 청소와 주요 소모품을 보충, 교환하고, 주요 장치의 기능을 확인하는 검사를 말한다(약호 : 2M, 3M, 4M).

③ 중간 검사 : 소정의 검사 주기가 도래하였을 때 주요 부품을 분해검사 · 정비 및 시험하여 전동차 기능을 최적의 상태로 유지시키는 검사를 말한다(약호 : 2Y, 3Y).

④ 전반 검사 : 소정의 검사 주기가 도래하였을 때 영구 결합 부분을 제외하고 해체가 필요한 부품을 분해검사 · 정비 및 시험하여 전동차 성능을 최적의 상태로 유지시키는 검사를 말한다(약호 : 4Y, 6Y).

2) 비정기 검사

① 임시 검사 : 전동차의 이상 상태 발생 시, 또는 이상 징후가 감지될 때 이상 부위의 원상회복을 위하여 시행하는 검사를 말한다(약호 : T).

② 특별 검사 : 전동차 개조 또는 정비 등을 목적으로 특별히 계획에 의해 시행하는 검사를 말한다(약호 : S).

③ 차륜 교환 검사 : 차륜 바깥지름이 교환 한도에 도달하거나, 또는 차륜의 균열 · 파손 등으로 차륜을 교환하기 위하여 시행하는 검사를 말한다(약호 : NWC).

④ 인수 검사 : 신규 제작하거나 주요 부위를 개조하여 도입된 전동차의 상태 · 기능 등을 확인하는 검사를 말한다(약호 : A).

(2) 전기동차 검사 주기

전기동차 정기 검사의 주기는 검사 종별로, 차종별로 다양한데, 주행거리 또는 기간에 따른 검사 주기는 다음과 같다.

1) 서울교통공사 전기동차 예시(전동차 관리 규정)

종류		일상 검사(D)	월상 검사(M)	중간 검사(2Y, 3Y)	전반 검사(4Y, 6Y)
주행거리(㎞)	1, 2, 3, 4호선	–	30,000km (VVVF 차량 50,000km)	300,000km (VVVF 차량 500,000km)	600,000km (VVVF 차량 1,000,000km)
	5, 6, 7, 8호선	–	40,000km	–	400,000km
기간	1, 2, 3, 4호선	3일 또는 72시간	2개월 (VVVF 차량 3개월)	2년 (VVVF 차량 3년)	4년 (VVVF 차량 6년)
	5, 6, 7, 8호선	7일	4개월	–	4년

2) 한국철도공사 인버터 제어차 및 준고속형 전기동차 예시(철도차량 유지 보수 세칙)

정비 종류	주기 및 회기		비고
	주행거리(km)	회기 한도	
기본 정비	1,500	5일	2008년도 이전 도입 차량
	2,500		2009년도 도입 차량
	3,500	7일	2010년도부터 도입한 차량

정비 종류	주기 및 회기		비고
	주행거리(km)	회기 한도	
경정비	45,000	4개월	2008년도 이전 도입 차량
	60,000		2009년도부터 도입한 차량
중정비	540,000	4년	2008년도 이전 도입 차량
	720,000		2009년도부터 도입한 차량
	1,080,000	8년	2008년도 이전 도입 차량
	1,440,000		2009년도부터 도입한 차량
차륜 교환	차륜 삭정(WC)		
최초 정비	신규 제작 또는 구입하여 1,600㎞ 운행 시		
임시 정비			사업소(경정비) T1, 사업소(중정비) T2
특종 정비			사업소(경정비) R1, 사업소(중정비) R2

☑ 핵심정리

1. 전기동차 검사는 정기적으로 시행하는 ( )(일상 검사, 월상 검사, 중간 검사, 전반 검사)와, 고장 시 원상회복이나 전동차 개조 등을 위한 ( )(임시 검사, 특별 검사, 차륜 교환 검사, 인수 검사)로 구분한다.
2. ( )는 전기동차의 상태를 정상적으로 유지하기 위하여 단위 기기의 상태 · 기능을 점검하는 등의 경미한 검사를 말한다.
3. ( )는 주공장 등에 입창하여 전동차 장치별 부품을 분해 · 조립하는 검사를 말한다.
4. 전기동차 ( )는 차종별로 주행거리 또는 기간에 따라 다양하다.

6장

신호 일반



6.1 철도신호제어 설비

6.2 열차진로제어 설비

6.3 열차운행제어 설비

6장 신호 일반

6.1 철도신호제어 설비

학습목표

☑ 페일 세이프 원칙이 적용된 신호 제어 설비를 분류하고 도시철도 신호 제어 시스템을 구분할 수 있다.

[핵심 용어]

• 페일 세이프, 안전성, 신뢰성, 시스템 안전도, 도시철도 시스템

철도신호제어 설비란 열차에 대하여 진로를 안전하게 구성하여 주고 기관사에게 운전 조건을 제시하여 주는 설비로서 열차 또는 철도차량의 안전 운행과 수송 능력 향상을 목적으로 시설한 종합적인 설비를 말한다. 이에 열차 또는 차량 운행의 안전을 확보하고 정확성과 신속성을 바탕으로 선로 이용률을 최대로 높여 주며 수송 능률을 향상시키고 운행 열차를 보호한다.

철도신호제어 설비는 열차의 진출 가부를 모양이나 색(色)으로 표시하는 신호기 장치, 열차가 선로를 바꾸어 갈 수 있도록 분기기를 전환하여 주는 선로전환기 장치, 열차 또는 철도차량의 운행 위치를 알려 주는 궤도회로 장치, 진행하고자 하는 진로에 안전을 저해하는 요소가 없이 정당한 방향으로 개통되었는가 여부를 확인하고 신호를 현시할 수 있도록 신호기와 선로전환기 등을 상호 연쇄시켜 주는 연동장치, 일정한 방호 구간 내에서는 1개 열차만을 운행시키기 위한 폐색장치, 신호를 위반하여 운행하는 열차의 안전을 확보하기 위해 설치하는 열차자동정지장치(ATS)와 열차를 중앙 관제실에서 집중 감시하는 열차집중제어장치(CTC) 등을 총칭한다.

특히 근래에 설치된 열차집중제어장치(CTC)는 컴퓨터를 이용하는 시스템으로 구성되어 자동으로 진로를 설정하거나, 열차의 대피나 교행 등을 가장 합리적으로 자동분석 처리하고 인력에 의해 작성되는 각종 열차 운행 통계 등을 자동으로 신속히 기록 · 보관하는 기능을 갖고 있어 인간의 오인 · 오판 · 오조작에서 발생되는 사고를 방지할 뿐 아니라 열차의 운용 효율을 크게 향상시키고 있다. 전기

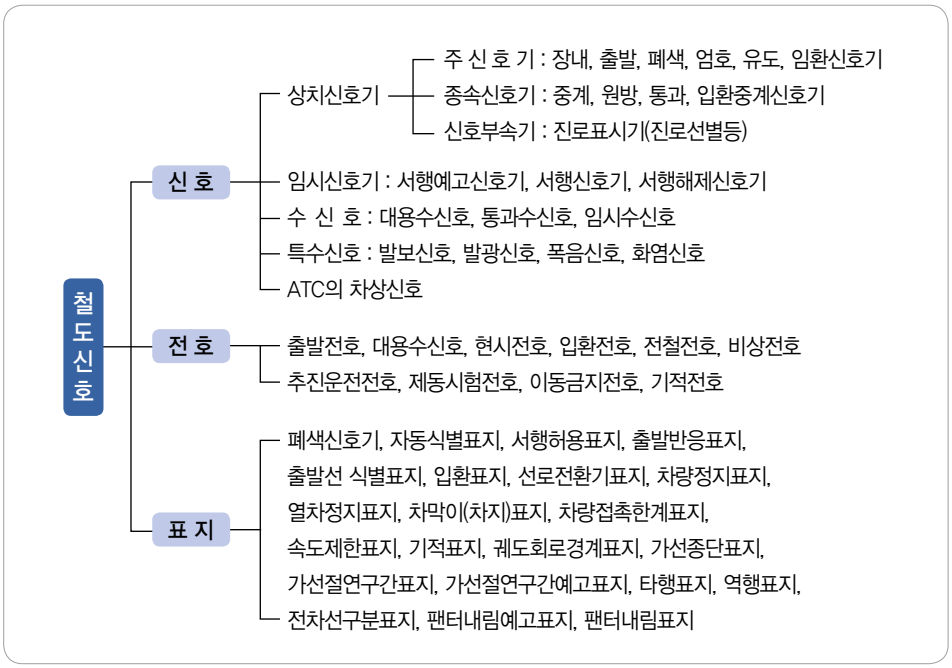
와 전자 기술을 응용한 근대화된 신호 설비의 역할이 경영 측면에서도 적극적인 위치를 차지하게 됨에 따라 근래의 세계적인 추세는 철도의 경영 합리화를 위하여 개량의 범위를 확대해 가고 있다.

최근에는 CBTC(또는 MBS), ATC, ATP, TTC 등 전자연동장치 등 컴퓨터를 이용한 첨단 기술의 열차제어시스템이 설치되면서 철도신호의 자동화, 전산화가 이루어지고 있다.

철도신호는 신호, 전호, 표지로 구분하며, 다음 [표 6-1]과 같다.

[표 6-1] 철도신호 구분

모양, 색, 소리의 구별 / 철도에서 사용하는 신호	모양에 의한 것	색에 의한 것	모양과 색에의한 것	소리에 의한 것
신 호 (운전 조건을 지시하는 것)	입환 신호기 진로 표시기	색등식 신호기 주신호	완목식 신호기 특수 신호 발광기	발보 신호
전 호 (직원의 의지를 표시하는 것)	제동 시험 전호 (신호기를 사용 않을 때 전철 신호)	이동 금지 전호 추진 운전 전호	입환 전호	기적 (기뢰) 전호
표 지 (장소의 상태를 표시하는 것)	입환 표지 차지 표지	입환 신호기 무유도 표지 열차 표지	선로전환기 표지 가선 종단 표지	



[그림 6-1] 철도신호 분류

6.1.1 신호 제어 설비 분류

철도신호 제어 시스템은 열차의 안전한 운행을 확보하기 위한 Back-up 설비로 제어의 중심이 지상 신호기에 있느냐 혹은 차량에 있느냐에 따라 지상 신호방식과 차상 신호방식으로 분류된다.

(1) 지상 신호방식

선로 변에 장내 · 출발 · 폐색 · 중계 · 엄호 · 입환 신호기 등과 같은 상치신호기를 설치하고 선행 열차의 개통 조건이나 전방 진로 구성 조건에 의해 신호를 현시하면 기관사가 신호 현시 여부를 확인한 후 열차 운행 가부를 결정하고 열차를 운행하는 방식이다.

지상 신호방식의 대표적인 것으로 ATS(automatic train stop) 장치가 있으며 ATS 설비는 자동폐색 방식(ABS : automatic block system)을 사용하여 지상 신호를 현시하며, 신호 현시 속도보다 열차 운행 속도가 높을 경우에 비상제동을 가하는 열차 안전 운행 설비이다.

열차제어시스템으로 처음 도입된 ATS 장치는 열차의 진입 가부를 나타내는 신호기 조건에 따라 열차를 정지 혹은 수동으로 감속할 수 있도록 한 것으로서 적극적인 열차제어시스템이라 할 수 없고, 지상에 설치된 신호기의 부수적인 기능으로 보아 이를 지상 신호방식으로 분류한다.

현재 우리나라 철도에서 일반적으로 사용하고 있는 지상 신호방식은 3현시, 4현시, 5현시 방식을 사용하고 있으며, 이러한 지상 신호방식에서는 자동폐색 방식(ABS)을 사용함으로써 열차가 고속화되거나 열차운전 빈도가 고밀도화 될 경우 운전 속도 향상이나 운행 간격 단축에는 한계가 있는 시스템이다.

(2) 차상 신호방식

지상에 설치되어 있는 상치 신호 장치의 현시 조건에 의해 열차가 운행하는 것이 아니라 차내 운전석 전면에 설치되는 차상 신호의 현시 조건에 의해 열차가 운행하는 방식으로 제동 목표 지점을 차상 컴퓨터가 계산하여 운행할 수 있기 때문에 열차의 속도를 향상시킬 수 있고 운행 간격을 단축할 수 있어 선로의 이용 효율을 증대시킬 수 있다.

차상 신호방식은 차상 신호의 송수신 방식, 부가 기능 등에 따라 여러 형태가 있으나 점제어 차상 신호방식인 ATP(automatic train protection) 시스템과 연속 제어 차상 신호방식인 ATC(automatic train control) 시스템으로 대별할 수 있다.

1) 점제어 차상 신호방식(ATP : automatic train protection)

폐색구간 경계 지점에 설치한 지상자(balise)를 통하여 열차 운행에 필요한 정보, 즉 선행 열차

의 운행 위치, 선로의 구배, 곡선 및 열차 간격, 정거장 내의 선로 조건 등 지상의 열차 운행 정보를 디지털 방식의 전송 경로를 거쳐 차상으로 전송하면 차상 컴퓨터는 이를 운행 중인 열차의 종별, 열차 길이, 제동 성능과 종합 비교 분석하여 제동 목표 거리를 자동으로 연산하여 제어할 수 있는 단제동 방식(one-step breaking system)이다. 제어의 중심이 신호기가 아닌 차량에 있기 때문에 차상 신호방식으로 분류된다.

ATP 시스템은 기존 지상 신호 시스템을 철거하지 않고 그대로 두거나 혹은 지상 신호기를 이용하면서 차상 신호 시스템으로 전환하는 것이 가능하므로 ATC에 비해 상대적으로 용이한 측면이 있다.

2) 연속 제어 차상 신호방식(ATC : automatic train control)

선행 열차의 위치, 운행 진로 등 선로의 제반 조건에 따라 속도 코드가 레일에 연속하여 제공되며, 후속 열차에서 운전 허용 속도가 표시되고 허용 속도 초과 시 자동으로 감속 제어하는 장치이다.

ATC는 ATP 기능에 자동 가속 기능과 정 위치 정차, 출입문 개폐 등 기관사 개입이 거의 필요치 않도록 부가하는 기능(ATO)이 있으며, ATP와 마찬가지로 제어의 중심이 차량에 있기 때문에 ATC도 차상 신호방식으로 분류된다. 주로 ATC 장치는 TGV, ICE 등 고속 열차나 지하철 등 운행 패턴이 동일한 철도차량에 쓰이며, 기존 시스템 철거 후 설치해야 하므로 기술 및 비용 측면에서 신설 건설 구간에 많이 이용된다.

ATP와 ATC는 형식적으로는 위에서 설명한 바와 같이 구분할 수 있으나 같은 ATP와 ATC라고 하여도 제작 회사별로 기능이 상이하고 명칭도 다양하기 때문에 현실적으로 명칭 및 기능만으로는 ATP와 ATC를 구분하기는 어려운 측면이 있다.

(3) 지상 신호방식과 차상 신호방식 비교

[표 6-2] 지상 신호방식과 차상 신호방식의 비교

구 분	지상 신호방식	차상 신호방식
신호 확인	– 기상 조건에 따른 안개, 우천 시 신호 확인이 어렵다. – 선로의 형태에 따른 구배와 곡선 등 선로 조건에 따른 신호 확인이 어렵다.	– 차내에 제한속도 및 신호의 현시가 표시되므로 신호의 확인이 용이하다.
신호의 다현시화	– 최대 5현시로 한정되며 그 이상의 제한속도에는 현시가 불가능하다.	– 선로 제한속도 및 운행 속도 패턴에 따라 표시되므로 신호 현시의 다변화가 용이하다.
열 차 제어 방식	– 속도의 가 · 감속 및 제동은 기관사에 의한 수동 제어 방식	– 연속 속도 제어 방식

구 분	지상 신호방식	차상 신호방식
신호의 오 인	– 기관사에 의한 신호 현시 확인 후 가 · 감속이 이루어지므로 사람의 실수에 의한 신호 오인 현상이 발생할 수 있다.	– ATC/ATO 설비에 의하여 자동 가 · 감속이 되므로 기관사는 예비적인 기능을 하며 신호 오인이 없다.
건축 한계	– 신호기를 선로 변에 설치해야 하므로 차량 건축 한계를 고려해서 설치해야 한다.	– 신호 패턴이 차상에 표시되므로 건축 한계와 무관하다.
운전 능률	– R0, R1 간의 오버랩 구간이 필요	– 오버랩(Over lap) 구간 불필요
적합성	– 저밀도 운전에 적합	– 고밀도 운전에 적합
경제성	– 저가	– 고가

6.1.2 안전성과 신뢰성

철도가 신뢰받기 위해서는 차량이나 지상 설비 등의 기능에 대하여 항상 고장 없이 열차를 계획대로 운행시키는 것이 요구된다. 여기에는 열차 충돌이나 추돌, 탈선 등과 위험을 같은 승객에게 끼칠 우려가 없음이 전제되어야 한다. 신뢰성은 주어진 조건 하에서 일정 시간 및 연속적으로 일을 올바르게 수행하는 것을 말하며, 안전성은 시스템에 악성 장애가 발생되지 않도록 하는 성능에 대한 요구 사항이다. 신뢰성을 향상시킴으로써 장애 발생되는 확률을 줄일 수 있으며, 안전성을 높임으로써 악성 고장에 의한 위험도를 줄일 수 있다.

(1) 신뢰성 높은 시스템

시스템의 신뢰성을 높이기 위해서는 첫째, 개개의 부품이 쉽게 고장 나지 않아야 한다. 고신뢰화 기술로서 소자의 고신뢰화 및 테스트에 의한 결함(소프트웨어의 경우 버그)의 제거 등이 이 범주에 속한다. 둘째, 고장이 나더라도 정상 기능을 유지하거나, 일부 중요한 기능을 유지하는 능력이 필요하다. 고장에 대한 내성(내고장성) 또는 결함 허용(fault tolerance)이라고 한다. 가장 완벽한 결함 허용은 고장을 완벽히 방어하는 것이다. 또한 허용 시간 내 고장을 검지하여 기능을 회복하는 것이다. 기능이 회복되기까지에 허용되는 시간은 시스템에 따라 다르다.

(2) 안전도가 높은 시스템

철도신호제어 설비에서는 안전 측의 제어나 상태를 명확하게 정의할 수 있다. 예를 들면 속도를 초과하여 운행 중인 열차를 정지시키는 것, 신호기는 정지신호(또는 하위 신호)를 출력하는 것, 선로전

환기는 그 상태를 유지하여 전환하지 않은 것이 안전성이다.

철도신호의 안전을 확보하기 위해서는 Fail-safe와 위험 측 고장의 저감, 완벽한 검증, 고장 완화, 다중계화, 예비계, 고장 진단 · 회복, 안전 여유 등의 여러 가지 기술이 사용된다.

(3) 고안전 · 고신뢰 시스템 구축 방법

철도신호제어 설비에 마이크로컴퓨터를 도입할 때에 시스템을 Fail-safe로 하기 위한 몇몇 구성 방법이 있다. 기본적으로 하드웨어 리던던시(redundancy)와 소프트웨어 리던던시(redundancy)이다. 하드웨어 리던던시는 복수의 마이크로컴퓨터가 동일 목적으로 처리를 수행하고 각각의 처리 결과나 중간 단계의 데이터를 조합하여 출력을 안전 측으로 고정하는 것이다. 소프트웨어 리던던시는 1대의 하드웨어에 복수의 소프트웨어를 장착하거나 처리하는 데이터 등에 체크 부호를 부가하여 처리 결과나 출력의 정당성을 보장하는 것이다.

(4) 신뢰성 높은 소프트웨어

컴퓨터의 처리 성능 향상에 따라 편성되는 소프트웨어도 계속해서 대규모로 복잡해지고 있다. 그리고 소프트웨어의 신뢰성 향상이 커다란 문제로 대두되고 있다. 철도신호제어 설비에서는 안전에 관련되는 소프트웨어에 대해서는 검증이 완료된 알고리즘을 이용하여 여러 가지 제약을 두어 작성함으로써 단순화하여 버그가 침입하는 요인을 줄이도록 하고 있다. 또한 침입한 버그를 제거하기 위한 철저한 검사가 이루어진다. 하나의 기능을 서로 다른 복수의 알고리즘으로 실현하고 그 결과의 조합에 의한 버그 검지를 통하여 안전을 확보하는 방법 등이 사용된다.

6.1.3 페일 세이프(Fail-safe) 원칙

신호 제어 설비는 철도수송의 안전 · 정확 · 신속의 목적을 달성하기 위한 것이다. 신호 제어 설비가 고장이 나면 열차 운전은 혼란하여지고 정확 · 신속의 특색을 상실한다. 더욱이 악성의 고장 때문에 열차의 충돌이나 차량의 탈선 등이 발생한다면 수송 업무의 기본인 안전 수송도 보장되지 않는다. 따라서 신호 제어 설비는 고장이 적어야 함은 물론, 높은 신뢰도를 필요로 하는 것은 말할 것도 없다. 신호 제어 설비는 고장 또는 장애가 발생하거나, 취급자가 취급을 잘못하였을 경우에도 악성의 고장이 되지 않도록 안전 측으로 동작하는 것을 원칙으로 하고 있다. 이것을 Fail-safe 원칙이라고 한다.

일반적으로 신호 설비에 사고 또는 고장이 발생하는 경우 안전 측으로 동작하도록 시설하는 것을 원칙으로 한다. 또한 '신호 설비에 사용하는 계전기 회로 및 쇄정 전자석 회로는 무여자일 때(전원이

없을 때) 쇄정하는 방법을 원칙으로 하여야 한다.'라고 정하고 있다.

일반적으로 전기회로 고장은 전선의 단선 또는 접촉 불량일 때 주로 많이 발생하며, 전선의 단락 또는 혼선일 경우는 적다. 따라서 신호 설비에 사용하는 계전기 회로 및 쇄정 전자석 회로도 단선, 또는 접촉 불량일 때 기기의 전류가 차단되어 무여자 되는 경우가 많다. 이때 기기는 오동작 하지 않도록 쇄정되어 안전을 유지하는 방식을 택하고 있다. 그리고 단선이나 혼촉 등의 경우에도 위험하지 않도록 고려하고 있다. 신호 제어 설비에서 적용하고 있는 Fail-safe 방식에는 다음과 같은 것이 있다.

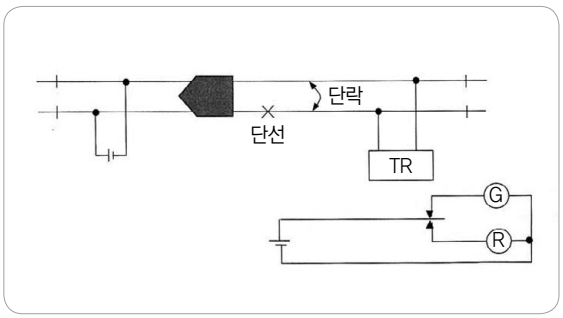
(1) 궤도회로 구성은 폐전로 방식

열차의 유무를 검지하는 궤도회로 장치에서 상시 전기회로를 구성하여 열차 유무 및 시스템을 감시하도록 구성하는 폐전로식 궤도회로 장치를 택하고 있다. 이 방식의 구간에 열차가 진입하면 차륜에 의하여 전기회로를 단락하여 착전단까지 충분한 전류가 흐르지 않는다. 따라서 착전단의 궤도계전기는 무여자 되어 궤도계전기의 여자 접점으로 점등되어 있던 진행신호가 정지신호로 된다. 궤도회로가 고장일 때(단선, 접촉 불량, 단락 등) 계전기는 무여자 되어 열차가 운행 중인 것처럼 표시하도록 안전 측으로 동작하는 것이다.

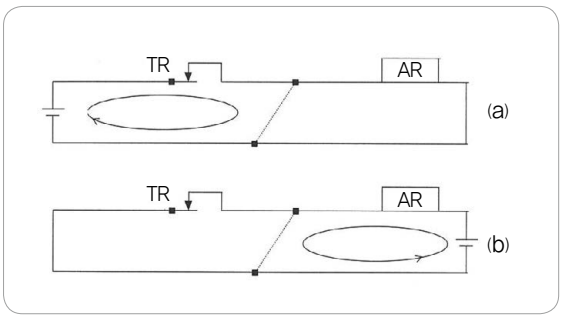
(2) 전원과 계전기 위치를 양단으로 하는 방식

[그림 6-3] (a)와 같이 전원 공급부와 계전기를 양끝으로 설치하여 혼촉 또는 단락 시 계전기가 오동작 되지 않도록 구성하는 방식이다.

열차가 정거장으로 접근하고 있을 때 진로 내에 포함된 선로전환기가 전환하지 않도록 쇄정하여야 한다. 하지만 [그림 6-3] (b)와 같이 구성할 경우 고장으로 인한(혼촉 또는 단락) 회로가 구성될 경우 선로전환기가 쇄정되지 않아 안전도가 낮아지는 것을 방지하기 위하여 (a)처럼 구성하여 안전 측으로 동작되도록 구성하는 방식이다.



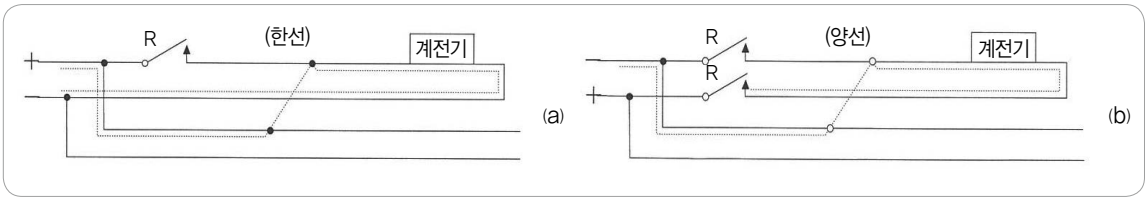
[그림 6-2] 폐전로식 궤도회로방식



[그림 6-3] 전원과 계전기 위치를 맨 끝으로 하는 방식

(3) 양선으로 계전기를 제어하는 방식

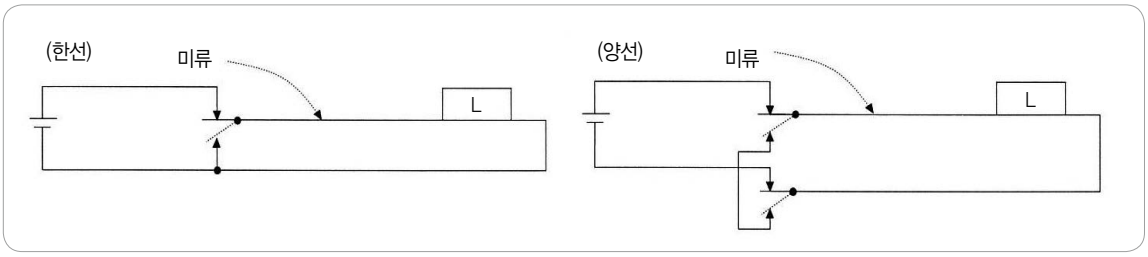
[그림 6-4] (a)와 같이 계전기 동작 제어 조건에서 한쪽 선만 제어 조건을 삽입할 경우 고장으로 인하여 (혼촉, 미류 등) 제어 조건의 유무와 관계없이 오동작 할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 [그림 6-4] (b)와 같이 양쪽 선에 제어 조건을 모두 삽입하여 안전 측으로 동작하도록 회로를 구성하는 방식이다.



[그림 6-4] 양선으로 계전기를 제어하는 방식

(4) 단락을 이용하는 방식

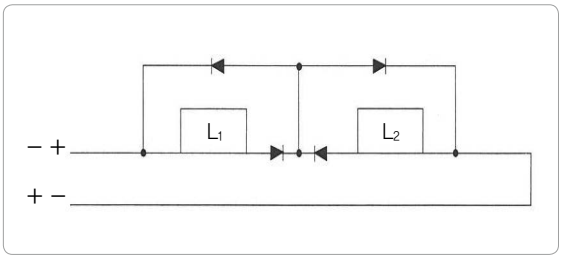
[그림 6-5]에서 보는 것처럼 한쪽 선만 제어 조건을 삽입할 경우 미류에 의한 오동작이 발생할 수 있다. 이때 미류에 의한 오동작 방지를 위하여 양쪽 선 모두 제어 조건을 삽입하여 계전기 쪽을 단락하도록 구성하는 방식이다.



[그림 6-5] 단락을 이용하는 방식

(5) 위상 제어 방식

교류전력계의 회전력은 전류 코일과 전압 코일의 위상차에 따라 변화한다. 따라서 정하여진 위상차가 되면 회전력이 저하하게 된다. 교류 궤도계전기는 이 원리를 응용하여 정해진 위상 이외의 미류에 대해 오동작 되지 않도록 위상으



[그림 6-6] 유극제어방식과 단락방식

로 안전 측 동작할 수 있도록 구성하고 있다. 직류인 경우 유극 제어도 같은 방식이다.

6.1.4 도시철도 시스템의 비교

도시(광역) 철도는 도시 내 여객 수송을 목적으로 건설한 철도로 110㎞/h 이하 속도로 저속 운전하지만 고밀도 운전을 하는 설비로 다양하게 개발되고 있다.

[표 6-3]은 우리나라 도시(광역) 철도별 시스템을 비교한 것이다.

[표 6-3] 우리나라 도시철도 시스템 비교표

구 분	한국철도공사	서울교통공사				기타	
	과천, 분당, 일산선	1호선	2호선	3, 4 호선	5, 6, 7, 8호선	서해선 (소사～원시)	신분당선 용인경전철
신호방식	차상	지상	차상	차상	차상	차상	차상
제어 방식	ATC	ATS	ATP/ATO	ATC	ATC/ATO	ATP/CBTC	CBTC
궤도회로 방식	유, 무 절연	절연	무 절연	무 절연	무 절연	없음	없음
궤도회로 종류	AF	PF	AF	AF, PF	AF, PF	–	–
연동장치	전자/계전	계전	전자	계전	전자	전자	전자
정 위치 정차	수동	수동	자동	수동	자동	자동	자동
출입문 개폐	수동	수동	자동	수동	자동	자동	자동
차상 속도 제어	자동 감속	수동	자동 가·감속	자동 감속	자동 가·감속	자동 가·감속	자동 가·감속
무인 운전	불가	불가	가능	불가	가능	가능	가능

6.1.5 시스템 안전도 비교

지상 신호방식은 지상에 신호기를 설치하여 기관사가 육안으로 신호 현시를 확인하며 운행하는 방식이며, 차상 신호방식은 열차가 운행하여야 할 신호제어 조건을 차상으로 전송하여 차상의 MMI 패널에 표시하여 주고 자동으로 열차를 제어하는 방식이다. 시스템의 안전도는 철도차량 운전자에게 의존하는 지상 신호제어 방식보다는 열차 운행을 자동으로 제어하는 차상 신호 시스템 방식이 안전도가 높다.

(1) ATS 방식

ATS 시스템은 지상 신호기를 설치하고 기관사가 육안으로 신호의 현시를 확인하며 3현시 구간의 점제어 방식과 4, 5현시 구간의 속도 조사식 방식이 있다. 전동 열차가 운행하는 구간은 4현시 구간을 주로 운행하며, 5현시 구간도 운행한다. 전동 열차가 운행하는 구간에서 사용되는 속도 조사식 시스템은 속도 지시(45㎞/h, 15㎞/h 등) 구간에서 과속할 경우 지시하는 속도로 주어진 시간(과속 경보 후 3초)내에 열차의 속도를 감속하지 않으면 열차를 비상 정지시키는 역할을 수행한다. 따라서 기관사의 졸음운전, 신호 모진 시 사고를 예방할 수는 있으나 자칫 역 승강장을 통과하여 정차할 수 있다.

기관사는 운전 중 지상 신호기의 현시를 확인해야 하며 한 폐색구간을 지시하는 신호에 의하여 운전을 해야 하는데 ATS 방식은 전방 궤도의 변화에 민감하기 못하기 때문에 기관사의 숙련도가 중요하다.

(2) ATC 방식

ATC 시스템은 차내 신호방식으로 45㎞/h 이상의 최고 속도에서도 과속 운전 시 과속 경보 후 3초 이내에 반응하여 속도 이하로 감속되어 제동이 해제되며 과속이 지속될 경우 비상 정지되므로 ATS 방식에 비하여 높은 안전도를 가지고 있다. 또한 연속 제어 방식으로 한 폐색구간 운전 중 어느 지점에서나 차상 신호를 수신하므로 전방 궤도의 변화에 민감하다.

(3) ATO 방식

ATO 자동운전 시스템은 ATC 시스템을 기본으로 안전 확보 및 자동화 기능이 부가되어 기관사의 운전 부담을 경감시킨다. 또 운전 부분에서는 숙련된 기관사 기능을 지닌 대행 프로그램에 의해 자동운전을 수행하도록 되어 있다. 안전은 ATC 방식에 의하여 확보되며 ATO 기능은 수송 효율과 인력 및 에너지 절감에 기여한다.

(4) CBTC 방식

무선통신을 기반으로 이동 폐색(moving block) 시스템을 구현하는 방식으로 열차자신의 속도에 따른 제동거리를 열차 스스로 판단하고 제어한다. 열차와 지상 신호 제어 설비 간 상호 무선통신을 통하여 열차는 현재 운행하는 위치를 지상으로 전송하고 신호 제어 설비는 그 정보를 받아 선행 열차 정보를 후속 열차에게 전달함으로써 열차 간의 거리는 궤도회로와 같은 고정 폐색구간의 길이에 영향을 받지 않기 때문에 정차 거리가 감소되어 열차 간의 운행 간격이 단축된다. 또한 열차가 지상의 정보를 수신하여 자동으로 속도와 가 · 감속을 결정하므로 안전도도 향상된다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 철도신호제어 설비 분류

– 열차에 대하여 진로를 안전하게 구성하여 주고 기관사에게 운전 조건을 제시해 주며, 열차(철도차량)의 안전 운행과 수송 능력 향상을 목적으로 ( )는 발전해 왔다.

– 선로 변에 상치 신호기 등을 설치하여 기관사로 하여금 지상의 신호를 확인하여 운행하는 ( )과 차내 운전석 전면에 설치되어 있는 차상 신호의 현시 조건에 의해 열차가 운행하는 ( )이 있다.

– 차상 신호방식에는 발리스를 이용하여 차내에 정보를 전송해 주는 점제어 방식인 ( )와 궤도회로를 이용하여 수시로 변화된 정보를 연속으로 전송해 주는 연속 제어 방식인 ( )가 있다.

2. 안전성과 신뢰성

– ( )은 주어진 조건 하에서 일정 시간 및 연속적으로 신호 제어 설비 기능을 올바르게 수행하여야 한다. 철도신호 시스템은 허용 시간 내 고장을 검지하여 기능을 회복하는 것으로 시스템마다 허용되는 시간이 다르다.

– ( )에 악성 장애가 발생하지 않도록 하는 성능에 대한 요구 사항이다. 철도신호의 안전을 확보하기 위해서는 Fail–safe와 위험 측 고장의 저감 및 완벽한 검증, 고장 완화, 다중계화, 예비계, 고장 진단 · 회복, 안전 여유 등의 여러 가지 기술이 사용된다.

3. ( ) 원칙

– 신호 제어 설비는 악성 고장으로 열차 충돌, 차량 탈선 등이 발생할 우려에 대비하여 신호 제어 설비의 고장 또는 취급자가 잘못 취급 시에도 악성 고장이 되지 않도록 안전 측으로 동작하도록 시스템을 구성하는 설정하는 것이다.

– 신호제어 설비에 적용하고 있는 페일 세이프 방식에는 궤도회로 구성은 폐전로방식, 전원과 계전기 위치는 양단으로 하는 방식, 양선으로 계전기를 제어하는 방식, 단락을 이용하는 방식, 위상 제어 방식 등이 있다.

4. 도시철도 시스템의 비교

– 도시철도는 도시 내 ( )을 목적으로 건설한 110㎞/h 이하 속도로 운행하지만 고밀도 운전 시스템에 대하여 지속적으로 개발되고 있다.

– 도시철도 운영 구간마다 지상, 차상 방식의 유무, ( ), ATC/ATO, ( ), CBTC 등의 여러 신호 체계에 따라 비교하고 있다.

5. 시스템의 안전도 비교

– 철도신호 제어 시스템은 열차의 안전한 운행을 확보하기 위한 ( )로 제어의 중심이 지상 신호기에 있느냐 혹은 차량에 있느냐에 따라 지상 신호방식과 차상 신호방식으로 분류되며, 종류에는 지상 신호 제어 방식인 ATS 방식, 차상 신호 제어 방식인 ATC 방식, ( ), ( ) 등이 있다.

6.2 열차진로제어 설비

학습목표

☑ 열차진로제어 설비인 신호기 장치, 궤도회로 장치, 선로전환기 장치, 폐색장치, 연동장치, 열차 집중 제어 장치(CTC)에 대하여 설명할 수 있다.

[핵심 용어]

• 열차진로제어 설비, 신호기, 선로전환기, 궤도회로, 폐색장치, 연동장치, CTC 장치

철도신호제어 설비는 크게 열차진로제어 설비와 열차운행제어 설비로 구분되며, 열차진로제어 설비는 신호기 장치, 궤도회로 장치, 선로전환기 장치, 폐색장치, 연동장치, 열차 집중 제어 장치(CTC) 등이 있다. 열차진로제어 설비는 현장의 신호 제어 설비로 각 장치별로 특색을 가지고 있으며 열차 안전 운행을 위한 중요한 요소로 작용한다.

6.2.1 신호기 장치

신호기 장치는 철도차량 운전자에게 열차 운전 조건을 제시하여 주는 설비로서 열차의 진행 여부를 색(色)이나 형(形)으로 표시하는 것이며 기관사에게 열차의 운행 조건을 지시하는 신호와 종사원의 의지를 표시하는 전호 및 장소의 상태를 표시하는 표지로 분류한다. 또한 신호기는 상치신호기와 임시 신호기로 분류한다.

(1) 상치신호기(Fixed signal)

지상의 고정된 장소에 항상 설치되어 신호를 현시하는 신호기이다.

1) 기능별 분류

신호기를 기능별로 분류하면 주 신호기, 종속 신호기, 신호 부속기로 분류한다.

① 주 신호기(Main signal) : 일정한 방호 구역을 가진 신호기로 장내, 출발, 폐색, 유도, 엄호, 입환 신호기가 있다.

• 장내신호기(Home signal) : 정거장에 진입할 열차에 대하여 그 신호기 내방으로 진입 여

부를 지시하는 신호기이다.

- 출발신호기(Starting signal) : 정거장에서 출발하는 열차에 대하여 그 신호기 안쪽으로의 진출 여부를 지시하는 신호기이다.
- 폐색신호기(Block signal) : 폐색구간에 진입할 열차에 대하여 폐색구간의 진입 여부를 지시하는 신호기이다.
- 유도신호기(Caller signal) : 주체의 장내신호기가 정지신호를 현시함에도 불구하고 유도를 받을 열차에 대하여 신호기 내방으로 진입할 것을 지시하는 신호기이다.
- 엄호 신호기(Protecting signal) : 특별히 방호를 요하는 지점을 통과할 열차에 대하여 신호기 안쪽으로의 진입 여부를 지시하는 신호기이다.
- 입환 신호기(Shunting signal) : 입환 차량에 대하여 신호기 안쪽으로의 진입 여부를 지시하는 신호기이다.

② 종속 신호기(Subsidiary signal) : 주 신호기의 인식 거리를 보충하기 위하여 주체 신호기 외방에 설치하는 신호기로 원방, 통과, 중계신호기가 있다.

- 원방신호기(Distance signal) : 주로 비자동 구간의 장내에 종속하며 주체 신호기의 현시를 예고하는 신호기이다.
- 통과신호기(Passing signal) : 출발신호기에 종속되어 있으며 주로 장내신호기의 하위에 설치하는 신호기로서 정거장의 통과 여부를 예고하는 신호기이다.
- 중계신호기(Repeating signal) : 주로 자동 구간의 장내 · 출발 · 폐색신호기에 종속하며 주체 신호기의 신호를 중계하기 위하여 설치하는 신호기이다.



ⓐ 중계신호기



ⓑ 통과신호기(나팔형)


ⓒ 입환 중계신호기

[그림 6-7] 종속 신호기

③ 신호 부속기(Signal Appendant) : 주 신호기에 부속하여 주 신호기의 지시 조건을 보완하는 장치로 진로표시기(진로 선별등) 등이 있다.

- 진로표시기(Route Appendant) : 주 신호기의 진로 개통 방향을 표시하기 위하여 설치한 것으로서 주 신호기를 2이상의 선로에 사용할 때에는 주 신호기의 하단에 설치하여 그 신호기의 진로 개통 방향을 나타내는 것이다.



[그림 6-8] 진로표시기

2) 구조상 분류

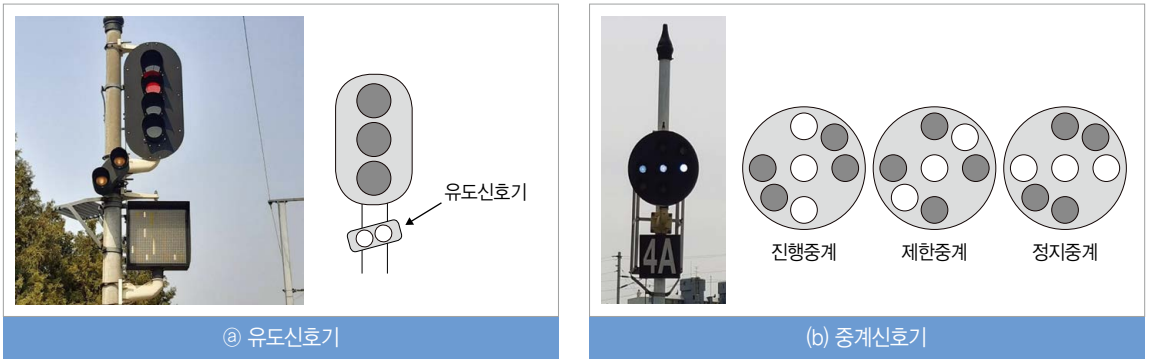
① 완목식 신호기(Semaphore signal) : 기계 구간에 사용하는 신호기로 직사각형의 완목(Arm)을 신호기주에 설치하여 주간에는 완목의 위치 · 형태 · 색깔에 따라 신호를 현시하는데 수평일 때는 정지신호를 현시하고 45°하방일 때는 진행신호를 현시한다.
야간에는 완목에 달려 있는 신호기등 유리의 색깔에 따라 적색일 때는 정지를, 녹색일 때는 진행신호를 나타내는 것으로 주 신호기와 종속 신호기에 사용하고 있다.

② 색등식 신호기(Color light signal) : 신호기등의 색깔 및 배치 위치로 신호를 현시하는 것으로 단등형 신호기와 다등형 신호기가 있다.

- 단등형 신호기(Search-light type signal) : 신호기등은 1개만 있고 내부에 고정된 전구에 등황색(Y), 적색(R), 녹색(G)의 색유리가 좌우로 움직여 신호를 현시하여 주는 신호기로 현재는 사용하지 않고 있다.
- 다등형 신호기(multi-unit type signal) : 신호기주에 등황색(Y), 적색(R), 녹색(G) 등을 수직으로 설치하여 2현시에서 5현시 방식까지 현시하는 신호기로 가시거리가 좋으므로 주간에도 800m의 거리에서도 신호 현시를 확인할 수 있다.

③ 등열식 신호기(position signal) : 여러 개의 백색등을 조합하여 수직, 수평, 경사지게 하여 신호를 현시하는 것으로서 유도, 중계신호기에 사용되고 있다.

- 유도신호기 : 평상시에는 소등되어 있다가 현시할 때에만 2개 백색등이 45°로 점등하여 진행신호를 현시하는 신호로 평상시는 소등 또는 무현시가 정위이다.
- 중계신호기 : 주 신호기의 현시를 그대로 중계하기 위하여 주 신호기의 제어 계전기 여자 접점과 같은 접점을 사용하여 제어회로를 구성하며 입환 신호기와 같이 유백색 계단 렌즈를 사용한다.



[그림 6-9] 등열식 신호기

3) 조작상 분류

① 수동 신호기 : 신호 취급자가 신호를 취급함으로써 현시하는 신호기로 비자동 구간의 신호기에서 사용한다.

② 자동 신호기 : 궤도회로를 이용하여 열차 또는 차량의 유무에 따라 자동적으로 신호를 현시하는 것으로서 신호 취급자가 조작할 수 없는 신호기이며 자동폐색 구간의 폐색신호기가 이에 해당한다.

③ 반자동 신호기 : 궤도회로에 의해 자동적으로 신호를 현시할 수도 있으나 신호 취급자도 조작할 수 있는 신호기이다. 자동 구간의 장내, 출발신호기가 이에 해당된다.(자동 진로 설정 구간)

4) 신호 현시별 분류

① 2위식 신호기 : 신호기의 현시를 정지/진행 또는 주의/진행, 소등/점등 등으로 두 가지를 현시하는 신호기로 입환, 원방, 엄호, 비자동 구간의 출발신호기, ATC 구간 진입 허용 신호기 등이 있다.

② 3위식 신호기 : 등황색, 적색, 녹색의 3가지 색을 사용하여 정지, 경계, 주의, 감속, 진행을 현시하는 신호기이다.

- 3현시 : 정지(R), 주의(Y), 진행(G)
- 4현시 : 정지(R), 주의(Y), 감속(YG), 진행(G)_지상 구간
  정지(R), 경계(YY), 주의(Y), 진행(G)_지하 구간
- 5현시 : 정지(R), 경계(YY), 주의(Y), 감속(YG), 진행(G)

5) 신호 현시 상태별 분류

① 절대 신호 : 진행신호가 현시된 경우 이외는 절대로 신호기 내방에 진입할 수 없는 신호기이다.

② 허용 신호 : 정지신호가 현시된 경우라도 일단정지 후 제한속도로 신호기 내방에 진입할 수 있는 신호기이다.

6) 상치신호기의 건식

정거장 구내 또는 역과 역 사이에 많은 신호기를 설치할 경우에 열차의 기관사가 해당 운행 선로에 대하여 식별을 용이하게 하기 위하여 다음과 같이 설치하고 있다.

① 신호기는 소속선의 바로 위 또는 왼쪽(우측통행 구간은 오른쪽)에 세운다. 다만, 지형 또는 특별한 사유가 있을 때에는 예외로 한다.

② 2이상의 진입선에 대해서는 같은 종류의 신호기를 같은 지점에 세우는 경우, 각 신호기의 배열 방법은 진입 선로의 배열과 같게 한다.

③ 신호기는 1진로마다 1신호기를 설치하는 것을 원칙으로 하며 특별한 경우에는 예외로 한다.

④ 같은 선에서 분기되는 2이상의 진로에 대하여 같은 종류의 신호기는 같은 지점 또는 같은 신호기주에 설치해야 한다.

⑤ 신호기는 그 신호 현시가 다음의 확인 거리를 확보할 수 있도록 하여야 한다.

- 장내, 출발, 폐색신호기 600m 이상
- 입환 신호기 200m 이상
- 유도신호기 100m 이상
- 원방신호기 200m 이상
- 중계신호기 200m 이상
- 진로 표시기(주 신호용) 200m 이상
- 진로 표시기(입환 표지용) 100m 이상

7) 신호기의 정위 : 신호기의 정위는 취급하기 전(평상시) 상태를 말한다.

① 정지 : 장내, 출발, 엄호, 단선 구간 폐색, 입환 신호기

② 주의 : 원방신호기

③ 진행 : 복선 구간 폐색신호기

④ 현시하지 않음(소등) : 유도신호기

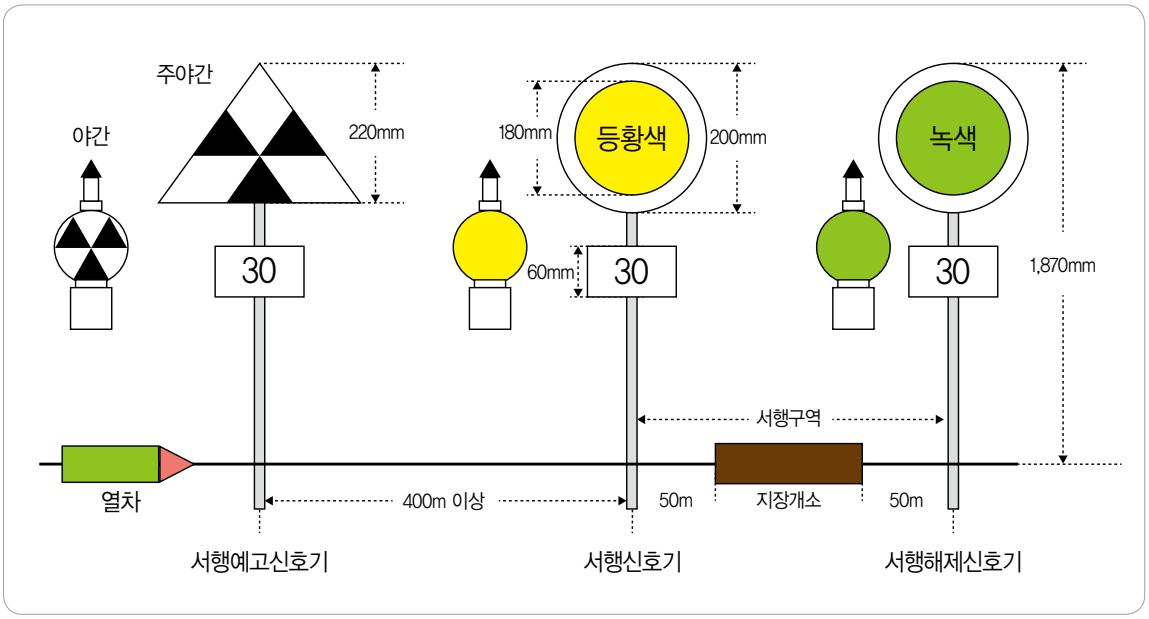
(2) 임시 신호기(Temporary signal)

선로 작업이나 고장 등으로 인하여 열차가 정상적인 속도로 운전할 수 없을 경우에 임시로 설치하는 신호기이다.

1) 서행 예고 신호기(slow speed approach signal) : 서행 신호기 외방 400m 이상의 지점에 설치하여 전방에 서행 신호기가 있음을 예고하는 신호기이다. 다만, 선로 최고속도가 130㎞/h 이상 지상 구간에서는 700m 지하 구간에서는 200m 이상 지점에 설치한다.

2) 서행 신호기(slow speed signal) : 서행을 요하는 구역을 통과하는 열차에 대하여 그 구역을 제한속도로 서행할 것을 지시하는 신호기이다.

3) 서행 해제 신호기(slow speed release signal) : 서행 구간을 벗어나는 열차에 대하여 서행이 해제되었음을 지시하는 신호기이다.



[그림 6-10] 임시 신호기

(3) 수신호

수신호는 고장이나 기타 사유로 인하여 장내신호기, 출발신호기, 엄호 신호기에 진행을 지시하는 신호를 현시할 수 없는 경우, 관계 선로전환기의 개통 방향과 쇄정 상태를 확인하고 진행 수신호를 현시하는 것을 말한다. 대용 수신호, 통과 수신호, 임시 수신호 등이 있다.

1) 정지신호

① 주간 : 적색기

② 야간 : 적색등

2) 서행 신호

① 주간 : 적색기 및 녹색기의 기폭을 걷어잡고 머리 위에서 교차

② 야간 : 깜박이는 녹색등

3) 진행신호

① 주간 : 녹색기

② 야간 : 녹색등

(4) 특수 신호(Special signal)

낙석, 낙뢰, 강풍 또는 긴급히 열차를 방호하기 위하여 경계가 필요로 할 때 빛 또는 음향에 의해서 신호를 발생하는 장치이다.

1) 발보 신호(열차 무선 방호 장치) : 긴급한 상황에서 경보음을 발생시킴으로써 1㎞ 이내에 운행하는 열차를 정차시킨 후 안전을 확인한 후 운행할 수 있도록 하기 위한 장치이다.

2) 발광신호(특수 신호 발광기) : 건널목 지장, 궤도 불량, 강풍, 지진 등으로 열차를 운행하는데 있어 경계를 요하는 장소에 평상시에는 소등되어 있다가 경계의 필요가 있을 때 여러 개의 적색등을 순환 점등하는 신호기이다.

(5) 전호

전호는 종사원 상호 간의 의사 전달을 하기 위한 것으로 중요한 전호는 다음과 같은 것이 있다.

1) 출발 전호 : 정차장에서 열차를 출발시키는 경우 역장과 차장은 지정된 방식에 따라 출발 지시 전호를 하여야 한다.

2) 전철 전호 : 전철 전호는 선로전환기의 개통 상태를 관계자에게 알릴 경우에 사용한다.

3) 입환 전호 : 정차장에서 차량을 입환할 때 수전호 또는 전호기에 의하여 행하는 방식이다.

4) 제동 시험 전호 : 열차의 조성 또는 해결 등 제동기를 시험할 경우에 사용한다.

5) 대용 수신호 현시 전호 : 상치신호기의 고장 또는 신호기의 사용 중지 등으로 대용 수신호를 현시할 경우에 사용한다.

(6) 표지

표지는 장소의 상태를 표시하는 것으로 여러 가지가 있으나 중요한 표지는 다음과 같다.



ⓐ 자동폐색 식별 표지 ⓑ 차량 접촉 한계 표지 ⓒ 궤도회로 경계 표지 ⓓ 속도제한 표지

ⓔ 출발신호기 반응 표지 ⓕ 열차 정지 표지 ⓖ 차막이 표지 ⓗ 가선 종단 표지

[그림 6-11] 각종 표지류

1) 자동폐색 식별 표지 : 자동폐색 구간의 폐색신호기 아래쪽에 설치하여 폐색신호기가 정지신호를 현시하더라도 일단정지 후 15㎞/h 이하 속도로 폐색구간을 운행하여도 좋다는 것을 나타낸다. 이 식별 표지는 초고휘도 반사재를 사용하여 백색 원판의 중앙에 폐색신호기의 번호를 표시한 것이다.
2) 서행 허용 표지 : 선로 상태가 1,000분의 10이상의 상구배에 설치된 자동폐색신호기 하위에 설치하여 폐색신호기가 정지신호를 현시하더라도 일단정지하지 않고 자동폐색신호기 내방으로 진입할 수 있도록 표시하는 것이다.
3) 출발신호기 반응 표지 : 승강장에서 역장 또는 기관사가 출발신호를 확인할 수 없는 정차장에 설치하여 백색등을 점등하여 출발신호를 표시한다.
4) 입환 표지 : 차량이 입환을 하는 선로에서 개통 상태를 표시할 필요가 있는 경우에 이를 표시한다. 입환 신호기와 다른 점은 무유도 표시등이 없거나 점등되지 않는 경우의 형태로 차량 입환 작업을 할 때 수송원의 유도를 필요로 한다.
5) 열차 정지 표지 : 정차장에서 항상 열차의 정차할 한계를 표시할 필요가 있는 지점에 설치하

며 그 선로에 도착하는 열차는 열차 정지 표지 설치 지점을 지나서 정차할 수 없다.

6) 가선 종단 표지 : 가공 전차선로의 끝부분에 설치하여 전차선로의 종단을 표시하는 것이다.

7) 출발선 식별 표지 : 정차장 내 또는 지역 여건상 출발신호기가 동일한 장소에 2기 이상 나란히 설치되어 해당선 출발신호기의 확인이 곤란한 경우 해당 선로 번호를 표시하는 표지이다.

8) 차량 정지 표지 : 정차장에서 입환 전호를 생략하고 입환 차량을 운전하는 경우 운전 구간의 끝 지점을 표시할 필요가 있는 지점 또는 상시 입환 차량의 정지 위치를 표시할 필요가 있는 지점에 설치한다. 필요에 따라 정차장 외 측선에도 설치할 수 있으며 입환 차량은 설치 지점을 지나서 정차할 수 없다.

9) 차막이 표지 : 본선 또는 주요한 측선의 끝 지점에 설치하는 표지이다.

10) 차량 접촉 한계 표지 : 선로가 분기 또는 교차하는 지점에 선로상의 인접 선로를 운전하는 차량을 지장하지 않는 한계를 표시하기 위하여 설치하는 표지이다.

11) 속도제한 표지 : 선로의 속도를 제한할 필요가 있는 구역에 설치하는 표지이다.

12) 궤도회로 경계 표지 : 신호 원격제어 구간에서 역간의 궤도회로 고장 시 열차 운행을 원활하게 하기 위하여 자동폐색 궤도회로의 경계 지점에 설치하는 표지이다.

6.2.2 궤도회로 장치

(1) 개요

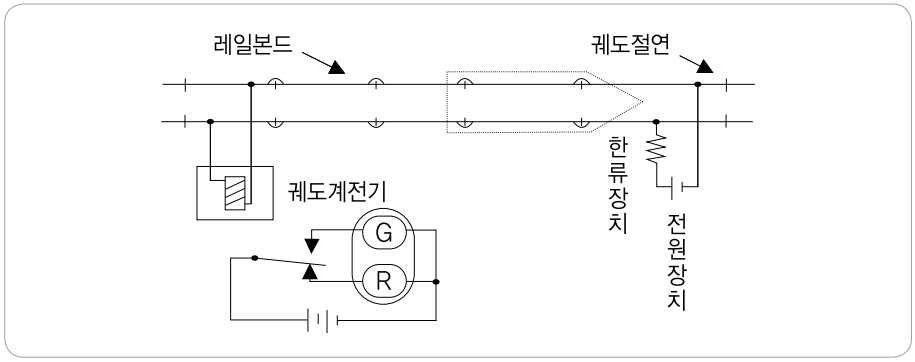
궤도회로(Track Circuit)란 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 회로를 구성하고, 그 회로를 차량의 차축에 의해 레일 간을 단락 또는 개방함에 따라 열차의 유무를 감시하기 위한 것이다. 신호기 장치, 선로전환 장치, 기타의 보안장치를 직접 또는 간접으로 제어할 목적으로 설치하고 있다.

궤도회로는 1869년 미국의 윌리엄 로빈슨(William Robinson)에 의해 발명되어 당초 개전로식이었으나, 1872년부터 현재까지 많이 사용되고 있는 폐전로식으로 개량되었다.

(2) 궤도회로 원리

궤도를 적당한 구간으로 구분하여 인접 궤도회로와 전기적으로 절연하기 위하여 궤도 절연을 설치하고 궤도회로 내의 궤도 이음매 부분의 접속 저항을 적게 하기 위하여 레일본드(Rail bond)로 접속한 다음 한쪽에는 전원을 부하 쪽에는 궤도계전기를 연결하여 구성한다. 궤도회로 내에 열차가 없을 때에는 송신부로부터 흐르는 전류에 의하여 계전기가 여자 되고, 궤도회로 내에 열차가 진입하면 차축에 의하여 전기회로가 단락되어 계전기는 무여자가 되며, 궤도회로 자체에 고장이 발생하였을 때

에도 계전기는 무여자가 된다. 궤도계전기가 여자 접점으로 전류가 통할 때 녹색등이 현시되고 무여자 접점으로 전류가 통할 때 적색등이 현시되도록 신호기를 자동적으로 제어시키므로 선로 용량의 증대, 열차 횟수의 증가 등 선로 용량의 효율을 높이게 되었다.



[그림 6-12] 궤도회로 원리

궤도회로 구성은 종류에 따라 차이가 있으나 주요 구성으로는 전원장치, 한류 장치, 궤도 절연 및 궤도계전기로 구분된다.

1) 전원장치(power supply equipment)

각 궤도회로의 송신단에 설치하는 것으로 직류 궤도회로에서는 정류기와 축전지를 사용하고 교류 궤도회로에서는 궤도변압기, 주파수변환기, 송신기 등이 사용되고 있다.

2) 한류 장치(current limiting equipment)

열차의 차축에 의하여 궤도회로의 전원을 단락하였을 때 직류 궤도회로에서는 전원장치에 과전류가 흐르는 것을 제한하고 전압을 조정하기 위해서 설치한다.

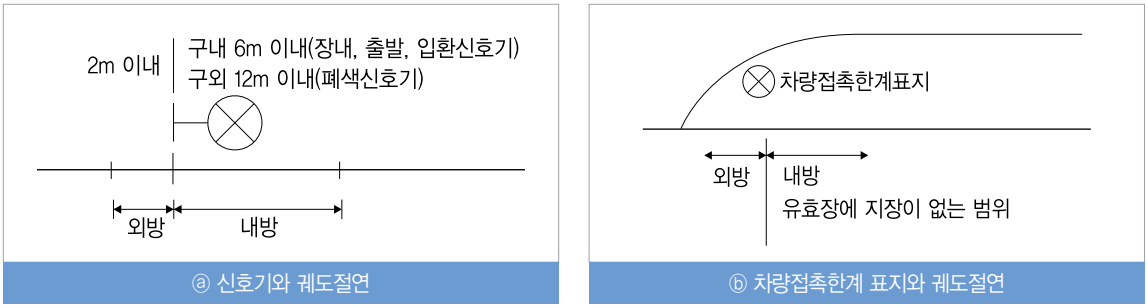
3) 궤도 절연(insulation rail joint)

궤도회로는 레일을 사용하여 전기회로를 구성하는 것이므로 인접 궤도회로와 전기적으로 절연하기 위하여 사용하는 것이다.

궤도 절연의 위치는 신호기, 열차 정지 표지 및 차량 접촉 한계 표지 등의 위치와 일치하여야 하나 지형, 건축 한계, 레일 길이 등으로 궤도 절연과 일치시키기가 어렵다.

따라서 신호기, 열차 정지 표지, 차량 정지 표지 등의 경우 신호기 내방은 정거장 구내에서는

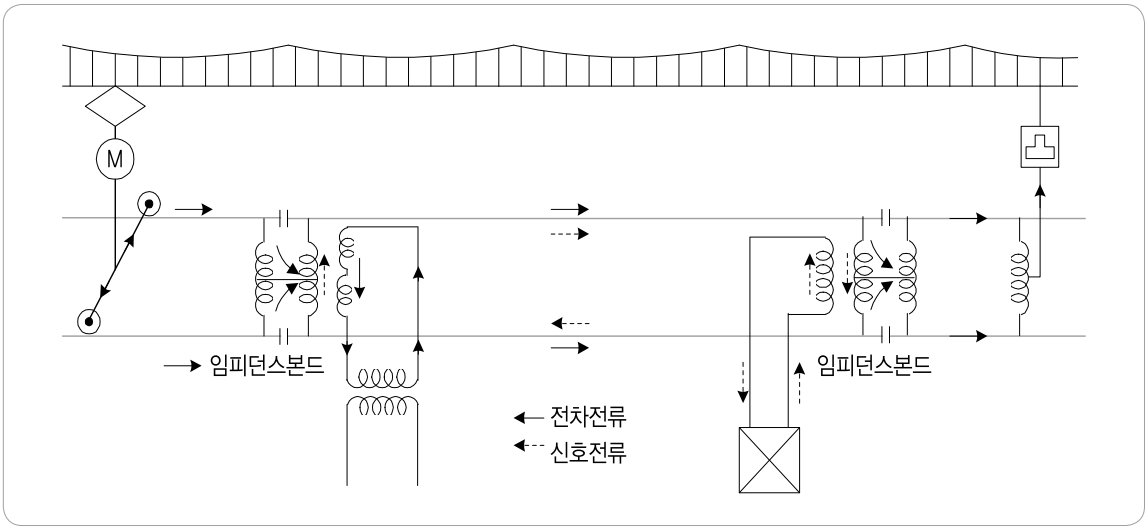
[그림 6-13] ⓐ와 같이 6m, 정거장 외에는 12m 이내, 외방은 2m 이내에 절연을 설치한다. 차량 접촉 한계 표지의 경우는 [그림 6-13] ⓑ와 같이 내방으로 유효장에 지장이 없는 범위에서 설치한다.



[그림 6-13] 궤도절연 설치위치

① 임피던스 본드 : 전철 구간에서는 전차선의 귀선 전류와 신호 전류는 동일 궤도를 공용한 전기회로로 구성되어 있다. 따라서 신호 전류는 1개의 궤도회로에만 흐르고 귀선 전류는 변전소까지 회로가 구성되어 있어야 하므로 신호 전류를 차단시키고 귀선 전류가 흐르게 하는 임피던스 본드를 복궤조 궤도회로의 경계점에 설치해야 한다.

궤도에 [그림 6-14]과 같이 전차 전류는 변전소까지 회로가 구성되어 있고 신호 전류는 1개의 궤도회로 내에만 전류가 흐른다. 전차 전류는 코일의 반반씩 반대 방향으로 흐르므로 철심은 자화하지 않으나 신호 전류는 코일이 감겨진 방향으로만 흐르므로 임피던스의 저하를 가져온다.



[그림 6-14] 임피던스 본드 원리

임피던스는 계전기에 충분한 전류를 공급하여 변동을 적게 하기 위하여 도상 자갈 구간의 누설 임피던스 값에 비해 적은 값으로 신호 전류를 흘려보내며, 전차선 전류는 영전위의 중성점을 상호 접속함으로써 인접 궤도회로에 영향을 받지 않게 한다.

4) 궤도계전기(TR, track relay)

궤도회로(track circuit) 내에 흐르는 전류나 주파수의 유무에 따라 궤도회로 상의 열차 또는 차량의 유무를 검지하는 기기이다. 신호기의 신호 현시를 변경시키거나 또는 열차 통과 중의 선로전환기를 전환할 수 없도록 쇄정하는 조건을 제공하는 등 매우 중요한 역할을 한다.

(3) 궤도회로 분류

1) 사용 전원에 따른 분류

① 직류 궤도회로(DC Track circuit)

② 교류 궤도회로(AC Track Circuit)

③ 정류 궤도회로(Commutation track circuit)

④ 코드 궤도회로(Code track circuit)

⑤ AF 궤도회로(Audio Frequency Track circuit)

⑥ 고전압 임펄스 궤도회로(High Voltage Impulse Track circuit)

고전압 임펄스 궤도회로는 한국철도공사 운영 구간에서 사용되는 궤도회로 장치로 모든 구간(전철 구간, 비전철 구간)에서 사용 가능한 장치로서 3Hz의 임펄스 궤도회로 주파수를 사용하고 있으나 최근에는 AF 궤도회로 방식으로 바꾸어 가고 있다.

2) 회로 구성 방법에 따른 분류

① 개전로식 궤도회로 : 최초에 개발된 방식으로 전기회로가 개방되어 있어 평상시는 전류가 흐르지 않다가 열차가 궤도에 진입하면 차축을 통하여 전류가 흘러 궤도계전기가 여자 하도록 하는 방식이다. 전력 소모가 적게 드는 장점은 있으나 전원 고장, 회선 단선, 레일 절손 등 기기가 고장 났을 때 열차를 검지할 수 없는 위험성이 있어 특수한 경우에만 사용한다.

② 폐전로식 궤도회로 : 평상시 폐회로로 구성하여 전류가 흐르다가 열차가 궤도에 진입하면 차축에 의하여 단락되므로 전류가 차단되어 궤도계전기가 무여자 되는 방식이다. 항상 전류가 흐르고 있어 전력 소모가 많은 단점은 있으나 기기의 고장 또는 장애 시 궤도계전기가 무여자 되어 안전 측으로 동작하는 장점이 있어 일반적으로 많은 곳에서 사용하고 있다.

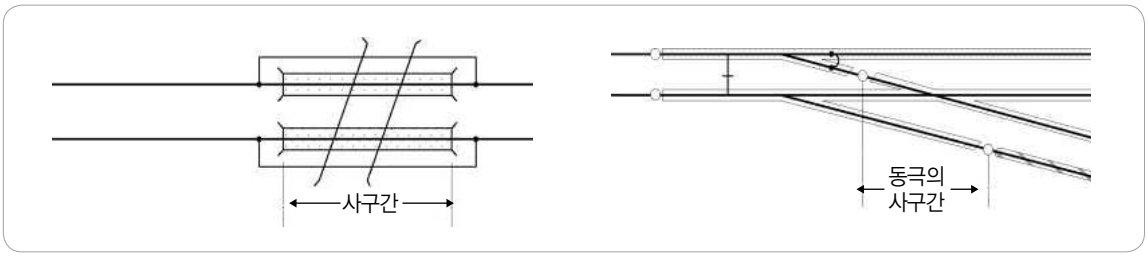
3) 궤도 절연 유무에 따른 분류

① 유절연 궤도회로 : 레일에 물리적인 절연체를 이용하여 전기 흐름을 방해할 목적으로 설치하는 것으로 궤도 절연이 설치되어 있는 방식이다. 전기적 연속성을 방해하고 이음매판의 기계적인 강도를 확보하여야 한다. 구성 방법에 따라 단궤조식 궤도회로와 복궤조식 궤도회로로 구분한다.

② 무절연 궤도회로 : 레일에 물리적인 궤도 절연을 사용하지 않고 주파수를 사용하여 궤도 임계점에서 상호 주파수에 대한 공진회로를 이용하여 전기적으로 절연하는 궤도회로이다. 레일을 절단하지 않고 사용하기 때문에 편리하게 사용하고 있다.

(4) 궤도회로 사구간

궤도회로는 그 구간 내의 어떠한 지점에서 단락하더라도 계전기는 정확하게 무여자 되는 것이 이상적이지만, 선로의 분기기 교차 지점, 크로싱 부분, 교량 등에 있어서는 좌우의 레일 극성이 같게 되어 열차에 의한 궤도회로의 단락이 불가능한 곳이 생기게 된다. 이러한 구간을 사구간(Dead section)이라 하는데 [그림 6-15]은 사구간의 보기를 나타낸 것이다. 사구간의 길이는 7m를 넘지 않도록 해야 한다.



[그림 6-15] 궤도회로 사구간

(5) 궤도회로 단락 감도

단락 감도는 궤도회로의 기능의 양부를 판단할 목적으로 궤도회로 내의 임의의 궤도 사이를 저항으로 단락하여 궤도계전기의 여자 상태를 시험하는 것이다. 폐전로식에 있어서는 궤도계전기의 무여자 접점이 떨어지려 할 때의 단락 저항 값을 나타낸다.

단락 감도 기준은 맑은 날 측정하여 임피던스 본드 및 AF 궤도회로 구간에서는 0.06Ω 이상, 그 밖의 구간에서는 0.1Ω 이상이 되어야 한다.

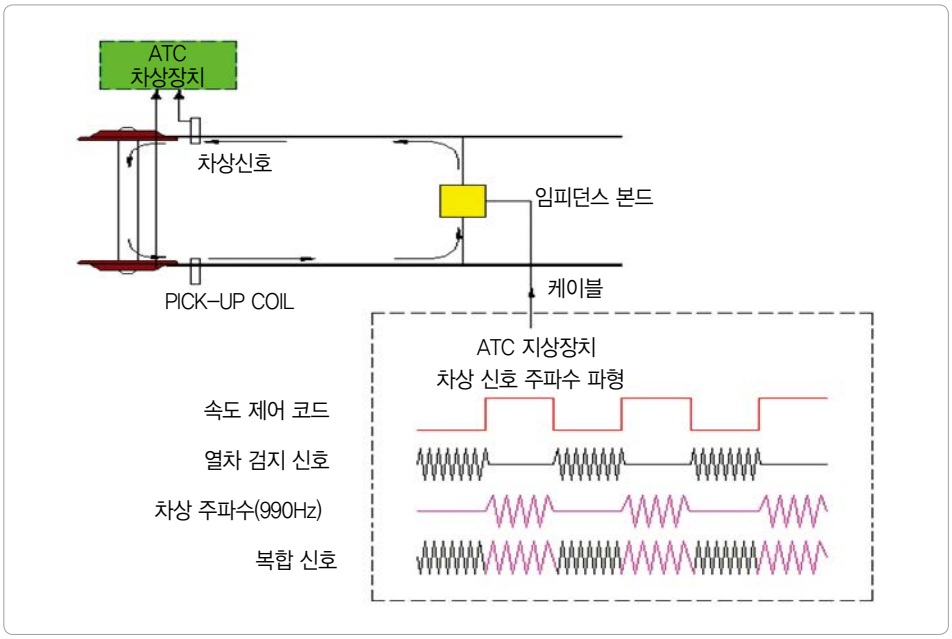
단락 감도 측정 위치는 직류 궤도회로의 경우에는 송전단의 레일 위, 교류 궤도회로의 경우에는 착

전단의 레일 위, 병렬 궤도회로의 경우에는 앞의 두 경우 이외의 병렬 부분의 끝 궤도 위에서 측정하여야 한다.

(6) AF 궤도회로

사람이 귀로 들을 수 있는 16~20,000Hz대의 가청 주파수를 사용하여 궤도회로를 구성하는 것으로 궤도회로 자체만 사용하는 것과 차상 신호방식인 ATC 장치에 활용하는 것이 있다. AF 궤도회로는 차상 신호용으로 가장 적합한 형태의 궤도회로 설비로 시스템의 설계 방식에 따라 여러 가지 형태로 나눌 수 있다. 최근 디지털 신호 기술의 발달로 열차 운행 및 제어 정보를 코드화 하여 차량과 현장 설비 간 안테나를 사용하여 정보를 전송하고 있다.

AF 궤도회로는 단순한 열차 검지 기능뿐만 아니라 전방 열차와의 운행 간격, 해당 열차의 지시 속도, 차량 운행 정보를 차상 장치에 전달하고 제동장치에 직접 연결하여 신호를 무시하고 진입하는 열차를 자동으로 감속하거나 정지할 수 있게 함으로써 열차의 안전 운행을 확보할 수 있다. 전동차 구간 ATC 장치에 사용되는 주파수는 열차 검지 주파수, 차상 신호 주파수, 지시 속도 코드로 구분할 수 있다. 열차 검지 주파수는 궤도회로의 가장 기본이 되는 열차를 검지할 목적으로 궤도에 흘려주는 주파수이다. 차상 신호 주파수는 차상에 신호정보를 전송할 목적으로 열차가 해당 궤도회로를 점유하고 있는 동안에만 열차 맨 앞차의 첫 번째 차축 전면에 있는 pick-up 코일을 통하여 차상으



[그림 6-16] ATC 구간 열차 검지 및 차상 신호 제어 구성도(과천선 "예")

로 정보를 전달한다. 지시 속도 코드는 지상 장치로부터 코드 선별 회로에 의하여 결정된 조건을 받아서 해당 속도 코드를 변조, 증폭하여 차상 신호 발생 회로(Cab enable) 조건이 만족되면 궤도회로에 송신하고 이 속도 코드를 수신한 전동차는 패널에 지시 속도를 표시하고 제동장치와 연결되어 지시 속도보다 운행 속도가 빠르면 자동으로 감속하거나 정지하게 된다. AF 궤도회로는 상용주파수에서는 불가능한 무절연 궤도회로로 레일을 장대화할 수 있으며 ATC 방식 또는 ATO 자동운전, 무인운전에 사용하는 궤도회로이며, 지상 신호기를 사용하지 않는 차내 신호방식으로 레일을 속도 코드 안테나로 사용하여 연속적으로 속도 명령을 지시한다.

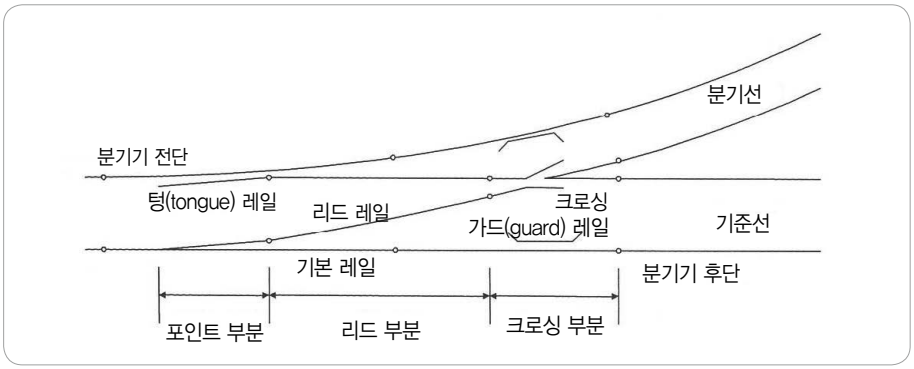
AF 궤도회로는 본선의 분기부와 차량 기지를 제외한 전 구간에 사용되며 차량 기지 내 시험선 및 PDT 시험을 위한 구간의 유치선 및 검수선의 필요한 개소에는 송신부만 구성하여 차상 신호 전송에만 이용한다.

6.2.3 선로전환기 장치

정거장 구내에서는 본선으로부터 측선으로 진로를 바꾸는 등 열차 또는 차량을 한 선로에서 다른 선로로 이동시키기 위하여 설치한 선로 상의 설비를 분기기라 한다. 분기기의 선로를 전환하여 분기기의 방향을 변화시키는 것을 선로전환기라 한다.

(1) 분기부

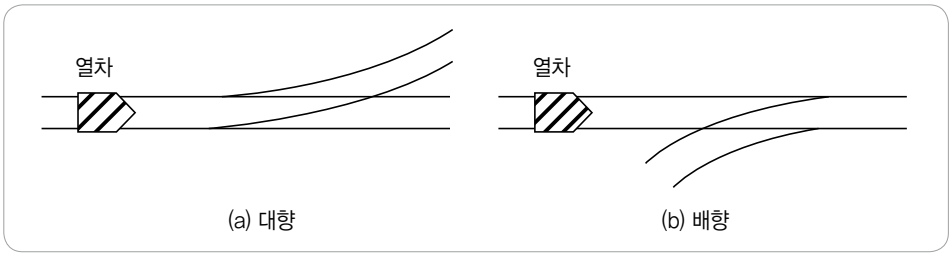
분기기는 선로가 두 방향으로 분리되거나 합쳐지는 부분에 설치하여 열차를 유도하고 싶은 방향으로 전환시켜 주는 포인트(point 또는 switch) 부분, 리드(lead) 부분, 크로싱(crossing) 부분으로 구성되어 있다. 정거장 구내에는 많은 분기기가 복잡한 구조로 설치되어 있는데, 선로전환기 부분은 선로가 가동



[그림 6-17] 분기기 구성도

되는 부분으로 열차를 운행하는 데 있어 가장 취약 개소로 사고 발생율도 매우 높은 편이다.

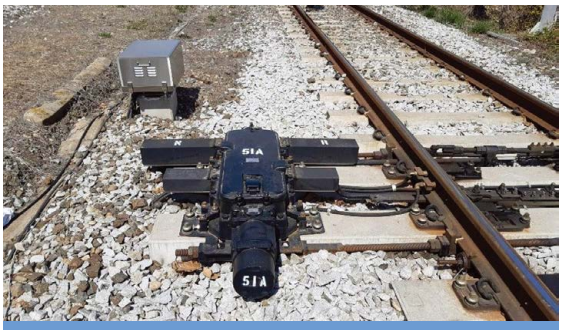
분기기는 열차의 통과 방향에 따라 대향 선로전환기와 배향 선로전환기로 나누는데, 대향 방향 운행의 경우 선로전환기(텅레일) 첨단의 밀착이 불량하면 열차가 탈선할 우려가 있으며, 배향 방향 운행의 경우 할출(割出) 우려가 있다.



[그림 6-18] 대향과 배향 분기기

(2) 선로전환기

분기부의 방향을 변환시키는 것을 선로전환기라 하며 선로의 방향을 전환시키는 전환 장치와 전환된 선로전환기가 다시 전환되지 않도록 하는 쇄정하는 쇄정 장치로 구분된다.



ⓐ 일반형 전기 선로전환기



ⓑ 고속형 전기 선로전환기

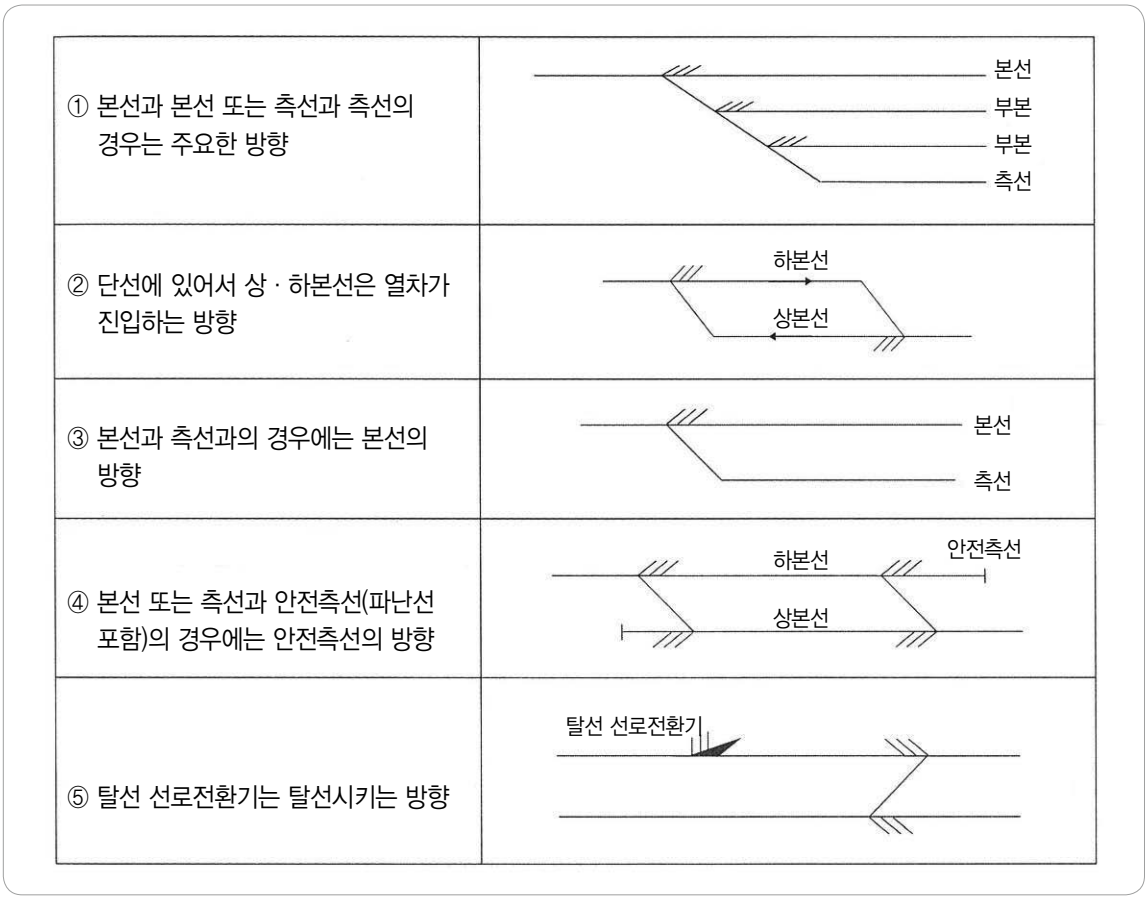
[그림 6-19] 일반형 전기 선로전환기와 고속형 전기 선로전환기

(3) 선로전환기 정위 결정법

선로전환기가 평상시 개통되는 방향을 정위(Normal position)라 하고 그 반대 방향을 반위(Reverse position)라 하는데 정위 결정법은 다음과 같다.

1) 본선과 본선 또는 측선과 측선과의 경우는 주요한 방향

2) 단선에 있어서 상하 본선은 열차가 진입하는 방향



[그림 6-20] 정위 결정법

3) 본선과 측선의 경우에는 본선의 방향

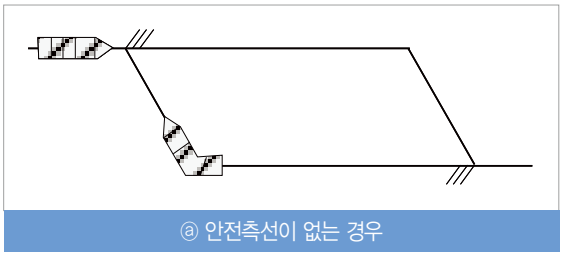
4) 본선 또는 측선과 안전측선의 경우에는 안전측선의 방향

5) 탈선 선로전환기는 탈선시키는 방향

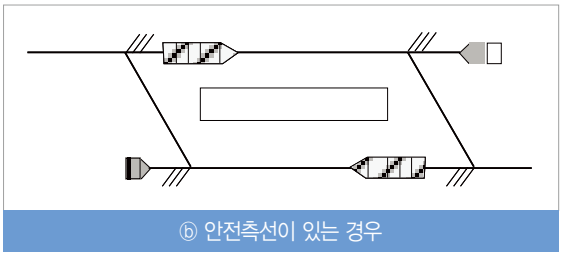
(4) 안전측선과 탈선 선로전환기

열차가 교행하는 장소에서 열차가 정차 위치를 벗어나 과주 할 경우 반대 방향에서 운행하는 열차와 충돌할 우려가 있는 개소에 안전측선을 설치하여 열차 충돌을 방지하여야 하며, 안전측선 끝에는 차막이 표지를 설치하여 쉽게 정차할 수 있도록 하고 있다.

탈선 선로전환기는 공간 확보 등의 이유로 안전측선을 설치하지 못할 경우 텅레일만 설치하고 리드부와 크로싱부를 설치하지 않는 분기기로 유사시 탈선은 되더라도 대형 열차 충돌을 방지하는 데 목적이 있다.



ⓐ 안전측선이 없는 경우



ⓑ 안전측선이 있는 경우

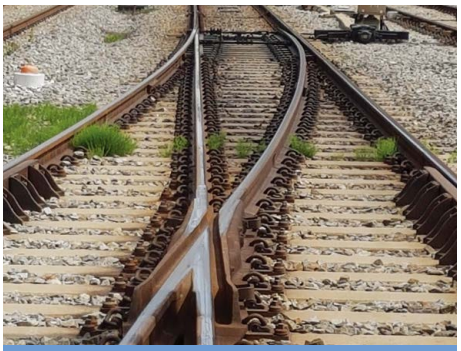
[그림 6-21] 안전측선이 있는 경우 동시 진입 가능

(5) 노스 가동 분기기

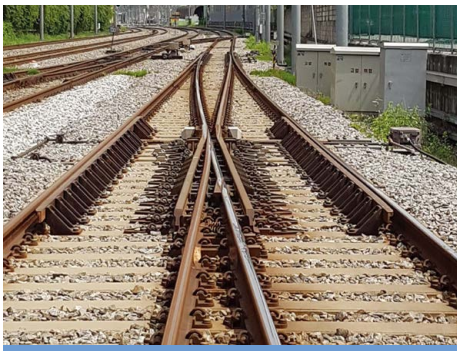
분기기 각이 적고 리드 곡선 반경이 커 열차 속도제한을 없애고 승차감을 향상시킬 수 있다. 주로 고속 열차 운행 구간 및 일반선과 고속선 연결 구간에 사용되고 있다. 노스 가동 분기기와 일반 분기기의 특성을 비교하면 다음과 같다.

[표 6-4] 노스 가동 분기기와 일반 분기기의 비교

구분	노스 가동 분기기	일반 분기기
크로싱 분류	F18.5 ~ F65	F8 ~ F15
열차 통과 속도	100 ~ 230 (㎞/h)	22 ~ 55 (㎞/h)
분기기 길이	68 ~ 193 (m)	26 ~ 47 (m)
구 성	고망간 크래들 및 크로싱 노스 레일	볼트에 의한 조립식 또는 망간 크로싱
포인트	탄성 포인트	관절식 또는 탄성 포인트
선 형	포인트에서 크로싱 후단까지 일정한 곡률 유지	리드부만 곡선
안전성	안전성 및 승차감이 크게 개선	선로 취약부로 열차 진동이 많음



ⓐ 일반 분기기



ⓑ 노스 가동 분기기

[그림 6-22] 일반 분기기와 노스 가동 분기기

(6) 선로전환기의 종류

1) 구조상의 분류

① 보통 선로전환기(Point switch) : 텅레일이 2본 있고 좌우 2개 분기에 사용

② 삼지 선로전환기(Three throw point) : 텅레일이 4본 있고 좌 · 중 · 우 3개 분기기에 사용

③ 탈선 선로전환기(Derailing point) : 크로싱이 없는 선로전환기로 차량을 탈선시키는 데 사용

2) 사용 동력에 의한 분류

① 수동 선로전환기(Manual switch) : 사람의 힘에 의하여 선로전환기를 전환하는 것

② 발조 선로전환기(Spring switch) : 사람 및 스프링의 힘에 의하여 선로전환기를 전환하는 것

③ 동력 선로전환기(Switch machine) : 전기 및 압축공기의 힘에 의하여 선로전환기를 전환하는 것으로 전기 또는 전공 선로전환기라고 한다.

3) 선로전환기의 전환 수에 의한 분류

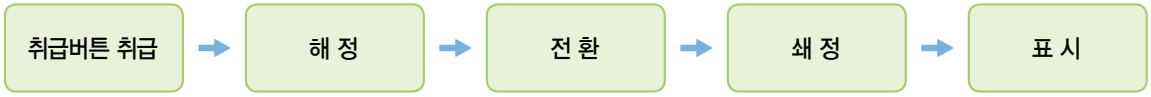
① 단동 선로전환기

② 쌍동 선로전환기

③ 삼동 선로전환기

(7) NS형 전기 선로전환기

원거리에 설치한 선로전환기와 사용 횟수가 많은 선로전환기를 인력으로 전환한다는 것은 매우 어려울 뿐만 아니라 동작의 확인도 불확실하므로 이와 같은 불편과 결점을 보완하기 위하여 전기 선로전환기를 사용하고 있다.



[그림 6-23] 전기 선로전환기 동작 순서

1) 성능

NS형 전기 선로전환기의 정격은 다음과 같으며, 전기 선로전환기의 정부하 특성에 있어서 전동기의 슬립(slip) 전류가 8.5A가 되도록 조정한다.

[표 6-5] NS형 전기 선로전환기 정부하 특성

종 류	동작 범위(㎜)		정 격	
	동작 간	쇄정 간	전 환	제 어
교류 NS형	185	130～185	AC105/220V 단상 60Hz	DC 24V

2) 설치

전기 선로전환기는 궤도의 좌우 어느 쪽으로나 설치할 수 있으나 보통 대향으로 보아 왼쪽에 설치한다. 전기 선로전환기 설치하는 쪽 레일 내측에서 선로전환기 중심선까지 거리는 1,200㎜이며 열차가 진동하더라도 흔들리지 않도록 설치한다.

(8) 밀착 검지기

기본 레일과 텅레일이 허용치 이내로 밀착되었는지를 확인하기 위하여 설치하는 것으로, 활출 또는 불밀착 상태에서 열차가 대향으로 운행할 경우에도 탈선 사고를 방지하기 위한 목적으로 설치하고 있다. 밀착 검지기는 고속선에서 사용하는 기계식(뽈베)와 일반 선에서 사용하는 전자식(근접 센서 방식)이 있다.

6.2.4 폐색장치

열차를 안전하고 신속하게 운행하기 위해서는 대향 열차, 선행 열차, 후속 열차가 서로 지장이 없도록 열차의 제동 능력을 감안하여 선행 열차와 후행 열차 간에 일정한 거리를 확보하여야 한다. 이를 위하여 역과 역 간은 일정한 거리를 두고 열차가 운행할 수 있도록 폐색구간을 두고, 한 폐색구간에는 2개 이상의 열차가 동시에 운행되지 않도록 하여야 한다. 이와 같이 일정한 간격을 두고 운행하는 방법으로는 시간 간격법(time interval system)과 공간 간격법(space interval system)이 있다. 그리고 폐색구간을 정해서 폐색식 운행을 하기 위한 일체의 설비를 폐색장치라 하는데, 이것은 폐색구간의 입구에 설치한다. 폐색구간의 길이는 폐색장치에 의해서 정해지며 열차의 운행 시격과 밀접한 관계가 있다. 폐색장치에는 취급 방법에 따라 종사원 상호 간의 협의에 의하는 수동 폐색식과 궤도회로를 이용하여 열차 자체에 의하여 자동적으로 이루어지는 자동 폐색식의 두 가지가 있다. 또한 일정한 거리를 두는 1폐색 구간에서는 반드시 1개 열차만 운행하도록 하고 있다. 따라서 폐색장치는 열차의 안전 운행을 위하여 필수적으로 설치해야 한다. 폐색구간은 자동구간에서는 출발신호기와 폐색신호기 간, 폐색신호기 상호 간, 폐색신호기와 장내신호기 간을 의미하며, 비자동 구간

에서는 출발신호기와 장내신호기 간을 말한다.

(1) 고정 폐색 방식(fixed block system)

국내 국철 및 지하철에서 널리 사용되고 있는 방식이다. 역간 궤도회로의 폐색구간을 최초 계획된 운행 간격에 맞추어 분할한 뒤 이 분할된 구간 내에 궤도회로를 설치하여 해당 속도 명령을 궤도회로에 송신하는 방식(AF)과 전방 폐색구간의 열차 점유 또는 무점유 상태에 따라 지정된 계열에 의하여 자동으로 신호 현시 계열이 바뀌는 열차 자동폐색 방식(ABS)이 있다.

1) 시간 간격법

일정한 시간 간격을 두고 연속적으로 열차를 출발시키는 방법으로 선행 열차가 도중에서 정차한 경우라 하더라도 후속 열차는 일정한 시간이 지나면 출발하게 하는 것이다. 그러므로 운행하는 도중에 장애물(선행 열차)에 유의하여 감속을 하면서 운행해야 한다. 시간 간격법은 보안도가 낮기 때문에 천재지변 등으로 인하여 통신이 두절되는 경우와 같은 특수한 상황일 때에만 사용하는 것이다.

2) 공간 간격법

열차와 열차 사이에 항상 일정한 공간을 두고 운행하는 방법으로 선행 열차가 위험 구역에 있는지의 여부를 알 수 있고 고속 운행을 하는데 적합하다. 다시 말하면, 일정한 공간을 두고 일정 구역을 정하여 1개의 열차만을 운행할 수 있도록 한 것이다. 이러한 구간을 폐색구간이라고 하는데, 이와 같은 폐색구간을 정해서 운행하는 방식을 공간 간격 폐색 방식이라 한다. 폐색구간이 길면 길수록 보안도는 향상되지만 운행 밀도상의 제한을 받는다.

(2) 이동 폐색 방식(moving block system)

고정 폐색구간의 개념을 깨뜨리고 궤도회로 없이 선 · 후행 열차 상호 간의 위치 및 속도를 무선 신호 전송 매체에 의하여 파악하고 차상에서 직접 열차 운행 간격을 조정함으로써 열차 스스로 이동하면서 자동운전이 이루어지는 첨단 폐색 방식이다.

1) 설비의 구성

지상 설비와 차상 설비 간의 정보를 전송한다. 지상 설비는 신호 기계실(연동장치)로부터 생성된 지상 정보를 지상 안테나(동축 케이블 포함), 유도식 루프 코일, 태그(Tag), 엑셀 카운터(Axle

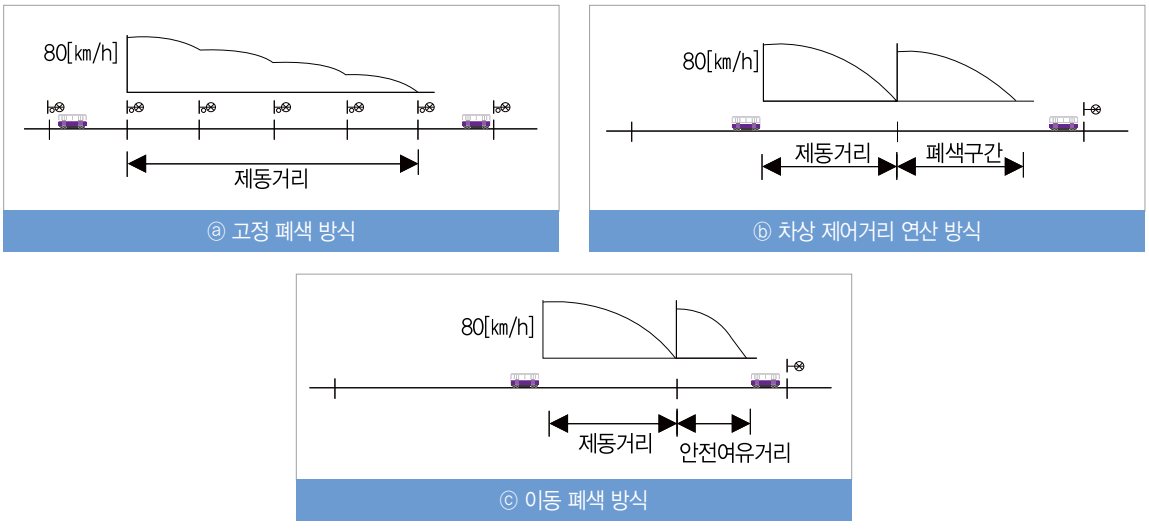
counter) 등을 설치하여 차상으로 정보를 전송하고 차상에서는 열차의 위치 정보를 지상 설비로 전송하는 방식이다. 차상/지상 상호 간의 데이터통신을 위한 송수신 안테나와 차상의 페일-세이프 처리 방식을 사용한 마이크로프로세서로 구성된다.

2) 선행 열차의 위치 검출

동축 케이블, 유도식 루프 코일, 태그(Tag), 엑셀 카운터(Axle counter) 등 지상 설비로부터 위치 정보를 수신한 열차는 차상 설비를 이용하여 열차의 운행 위치 정보를 지상으로 전송함으로써 선행 열차 및 후행 열차의 위치 정보를 알 수 있다.

3) 선구의 제한속도

신호 기계실(연동장치)에서는 지상 설비로 선구의 구배, 곡선 등에 따른 제한속도 정보를 송신하고 차상에서는 전방 제한속도를 수신한다. 각 열차의 차상에서는 자체의 위치와 속도를 결정하고, 이들 데이터를 지상 설비로부터 수신된 데이터와 비교하며 열차의 가 · 감속 실행을 계산하여 최대 속도를 지시한다. 이의 속도는 전방의 각종 조건에 따른 제한속도와 관련하여 안전제동거리를 확보한다.



[그림 6-24] 고정과 이동 폐색 방식의 속도 패턴

(3) 폐색 방식의 종류

폐색 방식이라 함은 1폐색 구간에 1열차 이외에 다른 열차를 동시에 운전시키지 않기 위하여 시행하는 방법으로, 이를 상용 폐색 방식과 대용 폐색 방식으로 대별한다. 또한 폐색 방식에는 취급 방법에 따라 종사원 상호 간의 협의에 의한 수동 폐색식과 궤도회로를 이용하여 열차 자체에 의하여 자동적으로 이루어지는 자동 폐색식 및 무선통신을 이용한 이동 폐색 방식이 이용한 두 가지가 있으며 선로의 상태, 수송량이 많고 적음에 따라 폐색 방식이 결정된다.

1) 상용 폐색 방식

폐색구간에 열차를 운전하는 경우에는 평상시 상용 폐색 방식에 의하여 선로의 상태에 따라 다음과 같이 분류한다.

① 복선 구간

- 자동 폐색식(Automatic Block System)
- 연동 폐색식(Controlled manual Block System)
- 차내 신호 폐색식(Cab Signalling Block System)

② 단선 구간

- 자동 폐색식(Automatic block system)
- 연동 폐색식(Controlled manual block system)
- 통표 폐색식(Tablet instrument block system)

2) 대용 폐색 방식(Substitute block system)

폐색장치의 고장 또는 기타의 사유로 인하여 상용 폐색 방식을 시행할 수 없을 때 상용 폐색 방식의 대용으로 사용하는 방식이다.

① 복선 운전을 할 때

- 통신식
- 지령식

② 단선 운전을 할 때

- 지도 통신식
- 지도식
- 지령식

(4) 폐색장치의 구성 및 기능

1) 연동 폐색식

양역에 폐색장치(통표 기계식 또는 전기 계전기식)를 설치하고 이를 출발신호기와 연동시켜 폐색 취급이 이루어지고 난 후 출발신호가 현시되도록 폐색 취급과 출발 신호 취급의 2중 취급을 단일화한 방식이다. 연동 폐색기는 복선과 단선 구간에 사용하는 것으로서 복선 구간의 쌍신 폐색기와 단선 구간의 통표 폐색기의 단점을 보완한 것인데, 관계 출발신호기를 폐색기와 상호 연동시킴으로써 한 가지라도 충족되지 않으면 열차를 출발시킬 수 없는 설비이다. 따라서 단선 구간에서는 통표의 수수를 위한 열차의 서행 운전은 하지 않게 되었다.

연동 폐색식을 시행하는 폐색구간의 양쪽 역에 설치한 출발신호기 또는 폐색신호기는 다음과 같은 조건이 구비되어야 한다.

① 폐색구간에 열차가 있을 때에는 정지신호를 현시할 것

② 장치에 고장이 났을 때는 정지신호를 현시할 것

③ 단선 운전을 하는 구간의 정거장에 있어서 출발하려고 하는 열차에 대하여 진행신호를 현시하였을 경우에는 반대 방향의 신호기는 정지신호를 현시할 것

2) 자동 폐색장치(ABS : automatic block system)

철도에서는 고정된 하나의 선로를 길게 연결된 열차가 고속으로 운전하게 되며 정차 시에는 제동을 건 후 멈출 수 있는 거리가 길어야 하므로 열차 상호 간 안전 확보가 절실하다고 할 수 있다. 그러므로 열차와 열차 사이에는 항상 일정한 거리를 유지하면서 운행하고 있으며, 이처럼 구분한 구간을 폐색구간이라 하고 보통은 역과 역 사이를 1개 신호 구간으로 정한 후 이 구간에서는 반드시 1개 열차만 운행할 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 산업사회의 발달로 철도 수송량이 급격히 많아짐에 따라 기존 선로 상에서 운행할 수 있는 열차 횟수는 한계가 있어 선로를 단선에서 복선, 복선을 복복선으로 건설하거나 역과 역 사이 열차의 제동능력 등을 감안, 역 간을 여러 개의 폐색구간으로 분할하고 신호기를 설치하여 종래 1개 열차만 운행하던 것을 2개 이상의 열차를 운행할 수 있도록 한 설비를 자동 폐색장치라 한다.

자동 폐색장치는 폐색구간에 설치한 궤도회로를 이용하여 열차의 진행에 따라 자동적으로 폐색 및 신호가 동작하는 것으로 폐색구간의 시점에 설치된 폐색신호기는 열차가 그 구간에 있을 때에는 정지신호를 현시하지만 열차가 없을 때에는 주의 또는 진행신호를 현시하도록 되어 있다. 이와 같이 신호와 폐색은 일원화되어 있으므로 인위적인 조작이 불가능하다.

① 자동 폐색장치의 효과

- 열차 운행 횟수를 증가시킬 수 있다.
  신호기를 설치하여 폐색구간을 용이하게 분할하므로 수동 폐색식에 비하여 선로의 상태, 역 간 거리, 운행해야 할 열차 수에 따라 현저히 증가시킬 수 있다.
- 열차의 안전도를 향상시킬 수 있다.
  신호 현시는 궤도회로를 이용, 열차 자체에 의하여 직접적으로 자동제어 되므로 인위적인 착오와 취급 잘못으로 인한 사고 발생이 없으며 설비의 확실성이 증가된다.
- 열차를 합리적으로 운용할 수 있다.
  폐색구간에 열차 유무를 확인하기 위하여 신호기를 수동으로 취급하는 것과 통 표를 주고받는 등의 번거로움이 없으며 이에 필요한 취급 시 · 분이 소요되지 않으므로 운전을 합리적으로 할 수 있게 된다.

6.2.5 연동장치

연동장치는 정차장 구내에 열차의 운행과 차량의 입환을 안전하고 신속하게 하기 위하여 신호기, 선로전환기 등의 장치를 기계적, 전기적 또는 전자적으로 상호 연쇄하여 동작하도록 한 장치이다. 정차장 구내에는 많은 선로들이 집합 또는 분기되어 있고 여기에서 열차의 도착과 출발 및 입환 등을 하기 위하여 빈번히 선로전환기를 전환시키고 신호기를 조작하게 된다. 그러나 신호 취급자의 주의력만으로는 사고가 발생할 우려가 있으며 운전 정리 작업 능률도 떨어지게 된다. 따라서 선로전환기나 신호기의 조작을 잘못한다 하더라도 일정한 순서에 의해서만 동작하고 인위적으로나 잘못된 조작에는 쇄정을 하여 조작되지 않도록 연쇄를 한다. 이와 같이 연쇄 관계를 유지하면서 동작하게 하는 것을 연동이라 하며 조작하는 기구를 연동기 또는 표시 제어부(조작판)라 하고 전자적, 전기적 또는 기계적으로 연쇄하는 장치를 연동장치라 한다. 종류에는 기계 연동장치, 전기연동장치, 전자연동장치가 있다.

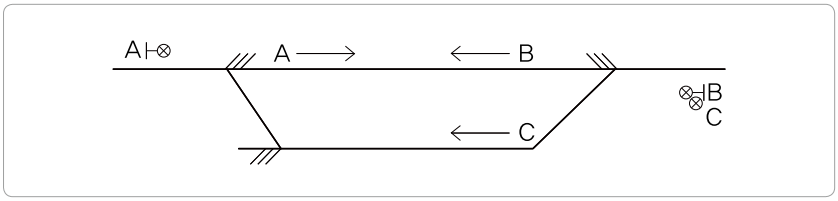
(1) 연쇄의 의의

정거장 구내에서 열차의 도착, 출발 혹은 차량의 입환 등 복잡한 작업을 하는 경우 관계있는 신호기, 입환 표지 및 선로전환기 등의 기기 상호 간에 일정한 순서에 의하여 직접 또는 간접으로 서로 쇄정 관계를 갖도록 하는 것이다. 이와 같이 신호기, 입환 표지, 선로전환기 등을 전기적 또는 기계적으로 동작하지 않도록 잠금장치(쇄정)를 하는 것을 쇄정(lock)이라 하며 기기 상호 간 일정한 순서에 의해서만 동작되도록 한다.

(2) 쇄정

1) 정위 쇄정

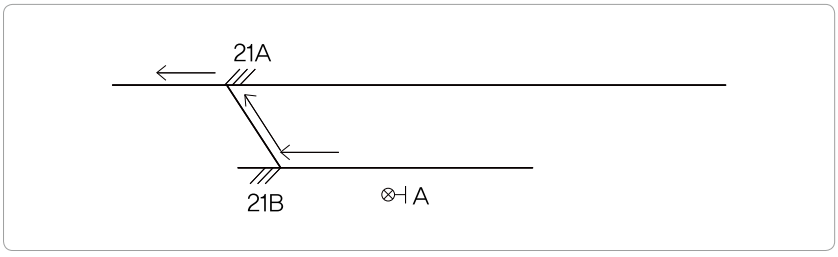
장내신호기 A와 B의 진로가 1번 선으로 상호 대향일 때 A와 B가 동시에 진행이 현시되어 열차가 진입할 경우 열차 충돌과 같은 중대 사고가 발생한다. 이와 같은 사고를 예방하기 위하여 A 또는 B중 한쪽의 신호기가 반위(진행)로 취급하였을 때에는 다른 쪽 신호기는 반위로 취급할 수 없도록 정위(정지)로 쇄정하는 것을 정위 쇄정이라 한다.



[그림 6-25] 정위 쇄정(A ⇔ B)

2) 반위 쇄정

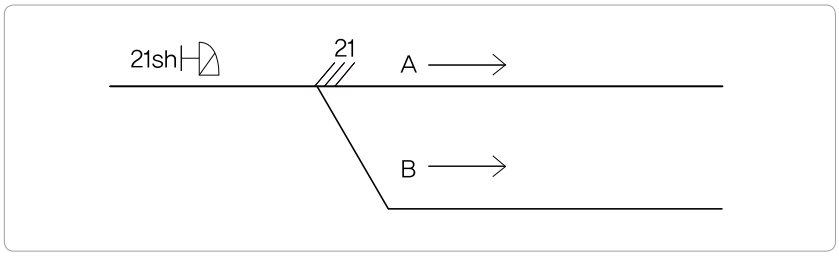
출발신호기 A가 반위로 될 때 21호 선로전환기가 정위일 경우는 안전측선으로 열차가 진입하여 운행을 할 수가 없다. 이와 같이 신호기 A를 반위로 취급하려고 할 때 선로전환기 21호는 반위로 전환되어야 하고 신호기가 반위로 되었을 때는 선로전환기를 반위로 쇄정하는 것을 반위 쇄정이라 한다.



[그림 6-26] 반위 쇄정(A ⇔ 21호)

3) 정반위 쇄정

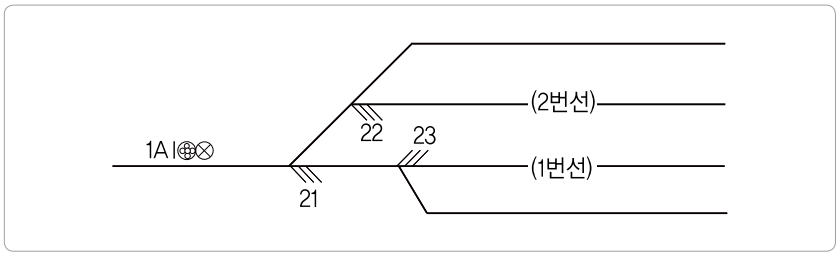
21호 입환 표지는 A 방향 또는 B 방향으로 진로를 구성할 수 있다. A 방향으로 입환 표지를 반위로 할 때는 21호 선로전환기는 정위로 쇄정되어야 하고, B 방향으로 입환 표지를 반위로 할 때는 21호 선로전환기는 반위에서 쇄정되어야 한다.



[그림 6-27] 정반위 쇄정(21sh ⇔ A 또는 B)

4) 조건부 쇄정

신호기 1A는 1번 선 또는 2번 선으로 진로를 확보하기 위해서는 선로전환기 21호의 진로 방향에 따라 정해진다. 즉 21호 선로전환기가 정위일 때는 23호 선로전환기가 정위에 있어야 하며, 21호 선로전환기가 반위일 때는 22호 선로전환기가 정위에 있어야 한다. 이러한 쇄정을 조건부 쇄정이라 한다.

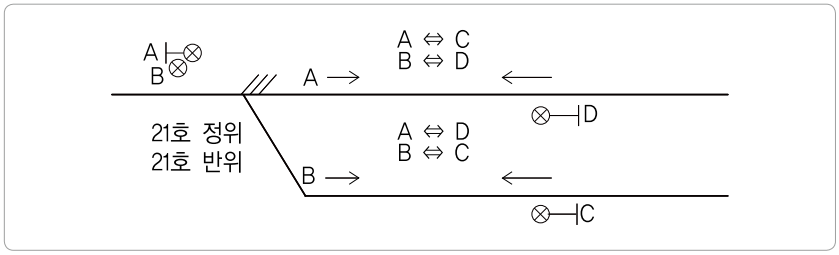


[그림 6-28] 조건부 쇄정

(3) 연쇄의 기준

1) 신호기 상호 간의 연쇄

신호기 상호 간에 연쇄를 하지 않고 열차를 운전하게 되면 중대 사고가 일어나기 때문에 상호 연쇄를 하여야 한다. 신호기 상호 간, 신호기와 입환 표지 간 또는 입환 표지 상호 간에 연쇄를 하여야 한다.



[그림 6-29] 신호기 상호 간 쇄정

① 신호기 A와 B의 연쇄

신호기 A는 21호 선로전환기가 정위일 때 진행신호가 현시되고 신호기 B는 21호 선로전환기가 반위일 때 진행신호가 현시되므로 신호기 A 또는 B는 21호 선로전환기에 의하여 간접쇄정된다.

② 신호기 A와 C 또는 B와 D간의 연쇄

신호기 A와 C 또는 B와 D는 해당 진로가 대향이므로 한 개의 신호기가 진행을 현시하면 다른 신호기는 진행으로 할 수 없도록 쇄정하여야 한다.

2) 신호기와 선로전환기 상호 간의 연쇄

열차가 정차장 구내에 진입 또는 진출할 경우 신호기의 취급 버튼을 반위로 하면 그 진로와 관계 선로전환기가 정당한 방향으로 전환한 다음 진행신호를 현시하게 된다. 따라서 신호기와 선로전환기 사이에는 취급의 순서가 있고, 또 신호기 취급 버튼에 의해 선로전환기를 쇄정하기 때문에 연쇄 관계가 성립된다. 신호기와 선로전환기 사이의 연쇄는 신호기의 진로에 대한 선로전환기를 정당한 방향으로 전환하고 쇄정할 뿐만 아니라, 진로 외의 선로전환기에 있어서도 다른 열차 또는 차량이 진입할 우려가 있는 경우에는 위험이 없는 방향으로 신호기와 연쇄 관계를 구성하여야 한다.

3) 선로전환기 상호 간의 연쇄

신호기 및 입환 표지 등을 사용하여 열차를 운전하는 경우에는 관계 선로전환기를 정당한 방향으로 개통하고 쇄정하므로 안전하게 운행할 수 있는 진로가 확보된다. 그러나 신호기 또는 입환 표지를 사용하지 않고 열차를 운전하거나 또는 차량을 입환 할 경우에는 각 선로전환기를 단독으로 취급하여야 하기 때문에 취급자가 잘못 취급하면 사고를 일으킬 우려가 있다. 선로전환기를 취급한다는 것은 전환된 방향으로 열차를 운전한다는 것이므로, 선로전환기와 근접하고 있는 다른 선로전환기가 정위 또는 반위로 있지 않으면 안 되는 것도 있다. 이와 같은 경우 취급 버튼을 집중하여 선로전환기에 연쇄를 붙여서 오취급의 위험을 방지한다.

(4) 전기 쇄정법

전기 쇄정법은 연동장치의 기본이 되는 쇄정법으로 연동 도표 작성 시 기초가 되는 쇄정법이며 전자연동장치 쇄정 프로그램 작성 시에도 기본적으로 적용되어 있다.

1) 조사 쇄정

장내신호기 진로를 취급할 때 장내에 진입하는 열차가 그 전방에 있는 출발신호의 정지를 무시하고 과주할 경우를 감안하여 안전 확보를 위해 출발신호기 전방의 일정 거리(비상 제동거리 약 200m) 내에 있는 선로전환기를 안전한 방향으로 개통하고 쇄정하는 것을 말한다.(일정 거리 : 일반 열차 운행 구간 200m 이상, 전동차 전용구간 150m 이상)

2) 표시 쇄정

정지 정위인 신호기가 정지로 복귀되어 그 표시가 확인될 때까지 관계 진로가 쇄정되는 것을 말한다. 즉 선로전환기 취급 버튼을 정위에서 반위, 또는 반위에서 정위로 할 때 해당 진로의 신호기 정지(정위) 표시 계전기가 낙하되어 선로전환기를 정위 또는 반위로 전환할 수 없는 쇄정을 말한다.

3) 철사 쇄정

선로전환기를 포함하는 궤도회로 내에 열차가 있을 때(궤도회로에 단락되어 있으면) 그 선로전환기를 전환할 수 없도록 쇄정하는 것을 말한다.

4) 진로 쇄정

신호기 또는 입환 표지를 진행 현시에 의해 그 진로에 열차 또는 차량이 진입하였을 때 관계 선로전환기를 포함해 궤도회로를 통과할 때까지 그 선로전환기가 전환되지 않도록 쇄정하는 것을 말한다.

5) 진로 구분 쇄정

진로 쇄정 구간을 여러 개의 궤도회로로 구분하여 열차 또는 차량이 그 구분되어 있는 구간을 벗어날 때마다 그 구간 내에 있는 선로전환기 쇄정 장치를 순차로 해정시켜 다른 열차의 운전 또는 차량의 입환 등에 사용할 수 있도록 한 것을 말한다.

6) 접근 쇄정

접근 쇄정이란 다음과 같은 경우 해당 진로의 선로전환기 등을 전환할 수 없도록 하는 것이다.

① 신호기 또는 입환 표지에 진행을 지시하는 신호를 현시하고 신호기 또는 입환 표지 외방 일정 구간에 열차가 진입하였을 경우

② 열차가 신호기 또는 입환 표지 외방 일정 구간에 진입하고 나서 신호기 또는 입환 표지에 진행을 지시하는 신호를 현시하였을 때

또한 접근 궤도회로가 구성된 신호기 및 입환 표지에는 접근 쇄정한다. 다만 접근궤도회로가 구성되어 있어도 열차의 제동거리를 확보하지 못할 경우에는 보류 쇄정으로 한다. 접근 궤도회로는 신호기 외방에 열차 제동거리와 여유 거리를 더한 거리 이상으로 하며, 본선의 궤도회로를 해당 신호기 또는 입환 표지의 접근 궤도회로로 이용할 수 있다. 그리고 접근 쇄정의 해정은 다음 경우에 한다.

- 접근 궤도회로에 열차가 없을 경우 즉시 해정
- 열차가 있을 경우 그 신호기 내방에 진입하였을 때 또는 해당 신호기에 정지신호를 현시하고 나서 정해진 시 · 분 경과 후
- 접근 쇄정의 해정 시 · 분은 다음과 같다.
  - 장내신호기 90초±10%
  - 출발신호기, 입환 표지(입환 신호기 포함) 30초±10%

7) 보류 쇄정

신호기 또는 입환 표지 외방에 접근 궤도가 없는 구간에서 신호기 또는 입환 표지에 진행을 지시하는 신호를 현시하였다가 취소 시 정해진 시간 동안 해정할 수 없도록 하는 것이다. 해정 방법은 열차 또는 차량이 해당 신호기 내방으로 진입하거나 정해진 시 · 분이 경과 후 해정하도록 하는 쇄정을 말한다.(정해진 시 · 분은 접근 쇄정과 동일)

8) 시간 쇄정

분기기를 포함하고 있는 유효장 내 장내신호기를 취급하여 열차가 진입 시 유효장 내로 진입은 하였으나 선로전환기를 포함한 궤도회로를 점유하지 않았을 경우 해당 선로전환기는 해정 할 수가 없다. 이때 일정 시간 경과 후 해정 하는 것을 말하며 다음과 같은 경우 시간 쇄정을 한다.

① 진로 내의 선로전환기가 진로 쇄정을 설비할 수 없는 선로전환기
② 진로 내의 선로전환기가 열차 도착 전 해정 될 수 있는 선로전환기
③ 과주 여유 거리 내의 선로전환기

9) 폐로 쇄정

출발신호기 또는 입환 표지(신호기)를 소정의 위치에 설비할 수 없는 경우, 열차 및 차량 정지 표

지를 설치하고 출발신호기 또는 입환 표지(신호기)까지의 궤도회로 내에 열차가 점유하고 있을 때 취급 버튼을 정위로 쇄정하는 것을 말하며 다음 신호기에는 폐로 쇄정을 설비한다.

① 출발신호기를 소정의 위치에 설치할 수 없는 관계로 그 위치에 열차 정지 표지를 설치한 경우

② 지형 등 기타 사유로 인하여 신호기 취급자로부터 열차 또는 차량의 유무를 확인하기 곤란한 신호기

(5) 전자연동장치

1) 개요

전자연동장치는 기존 연동장치의 전기적이고 기계적인 부분을 전자화 하여 현장 신호 제어 설비를 제어하고 표시하는 장치이다. 컴퓨터의 소프트웨어를 사용한 전자연동장치는 가상할 수 있는 상황이 다양하여 하나의 고장이 또 다른 장애를 유발시킬지를 예측할 수 없기 때문에 단순한 원리로 설계되어서는 안 된다.

따라서 전자연동장치 시스템의 안정성 확보를 위하여 연동 논리를 하드웨어에 의해 구현하고 연동 논리부의 CPU 모듈을 2중화 하여 두 CPU 모듈 결과가 일치할 경우에만 제어하도록 하여 안정성을 확보하여야 한다. 또 하드웨어의 Fail-safe를 완벽히 실현한 전자연동장치를 구현하기 위해 입출력(I/O) 모듈에 Vital 개념을 도입하여 주 프로세서에서 연속적인 확인 신호가 제공되어야만 출력하는 안전 측으로 동작하는 기능을 기본적으로 갖춰야 한다. 전자연동장치는 운전 취급의 용이성과 경제성 및 시스템 2중화에 의해 무중단 운용은 물론, 시스템의 자가 진단 기능과 설치 및 부분 개량이 용이하다는 등의 장점을 가지고 있다. 다시 말하면 기존의 전기연동장치와 같은 고도의 안전성을 유지하면서도 취급과 운용에 있어서 보다 효율적인 컴퓨터 시스템을 이용하는 것이다.

2) 전자연동장치의 기능

전자연동장치는 전기연동장치의 기능을 모두 갖추고 있으며, 자기 진단 기능과 재현 기능 등 컴퓨터 시스템에서 활용할 수 있는 기능들이 있다. 전자연동장치의 특징은 다음과 같다.

① 시스템의 표준화 : 각 역에서 공통적으로 사용할 수 있는 연동장치의 기본 기능 표준 프로그램으로 장치하고 각 역마다 다른 운전 조건이나 연동 조건을 대폭 표준화한 효율이 좋은 시스템이라 할 수 있다.

② 운전 업무의 현대화 : 전자연동장치 도입에 따라 진로 설정의 자동화, 열차 운행 표시 및 여객 안내 장치로 정보 전송이 가능하게 되고 연동장치 표시 제어판은 상시 제어가 필요하지

않게 되었다.

③ 차량 추적 기능 : 전기연동장치는 열차가 진행 중 궤도회로를 부정한 방법으로 여자 하면 진로 및 선로전환기가 해정 되고 잘못된 진로가 구성되거나 선로전환기 전환할 가능성이 있다. 하지만 전자연동장치는 부정한 방법으로 궤도회로를 낙하하여도 그 궤도에 열차가 있다고 보지 않는 논리를 가지고 있다.

④ 다른 시스템과의 인터페이스 기능 : 전자연동장치는 컴퓨터 프로그램을 이용하고 있어 CTC, TTC 등 다른 시스템과 인터페이스가 용이하다. 또 진로의 자동제어에 필요한 진로의 지장 판단 및 진로의 자동 복귀 기능이 있다.

⑤ 동작의 기록 및 저장 기능 : 제어 및 표시 정보가 항시 기억되어 있기 때문에 장애 발생 시 원인 분석을 위하여 재실행(리플레이) 기능이 있다. 또 현장 신호 제어 기기의 상태 감시 기능을 갖고 있어 이상을 검지한 경우 경보의 발생과 유지보수부로 정보를 표출하는 기능이 있다.

3) 전자연동장치의 장점

전자연동장치는 전기연동장치의 기능을 모두 수행할 수 있을 뿐만 아니라 첨단 기술의 컴퓨터를 응용하여 자동화 기능까지 수행할 수 있다. 장점은 다음과 같다.

① 적은 비용으로 시스템의 다중화를 이룰 수 있어 신뢰성을 향상시킬 수 있고 고장 발생 시에도 열차 운행에 지장을 주지 않는 상태에서의 보수가 가능하다.

② 자기진단 기능을 갖고 있어 효율적으로 장치를 관리할 수 있으며 장애 발생 시에도 신속한 보수가 가능하다.

③ 소량의 통신케이블에 의해 설비를 제어할 수 있다.

④ 연동장치 본체 및 현장 신호 설비의 동작을 상시 감시하고 그 내용을 상당 기간 동안 보관하는 등 제어 출력 및 동작 상태에 대한 기록 등이 자동 관리되고 있기 때문에 사고나 장애 발생 시의 원인 추적이 가능하다.

[표 6-6] 전기연동장치와 전자연동장치의 비교

구 분	전기연동장치	전자연동장치
하드웨어	• 대형, 중량 – 다량의 계전기를 설치하여 상호 연동 또는 쇄정 토록 결선	• 소형, 경량(신호기계실 면적 축소) – 연동장치의 지역 데이터가 내장된 해당 모듈들을 표준 커넥터로 연결
제 어	• 현장 설비 연결은 케이블로 계전기실과 연결	• 현장 설비와의 연결은 데이터통신 또는 케이블 결선
안전성 및 보수성	• 안전 측 동작 특성은 우수하나 계전기 고장 시 전체 시스템의 고장으로 연결 • 고장 발견에 장시간 소요	• 주요 부분 2중화로 신뢰성 확보 – 이중 출력으로 시스템 운용에 영향 없이 모듈 교체 가능 • 고장 메시지에 의한 장애 발생 시간 및 위치 등을 정확히 알 수 있고 신속한 보수 유지 가능
운용 체계	• 운용중 기기 점검 불가능	• 시스템 동작 상태 등 자체 진단으로 운용자 장치에 자동 기록 • 데이터 분석으로 고장 진단 및 예방 점검 가능
기 능	• 열차운전을 위한 최소한의 감시와 신호 설비의 제어	• 광범위한 시스템 자기진단 기능 • 승객에게 열차 운행 정보 제공
호환성	• 역 구내 선로 모양 변경 시 많은 경비와 기간 소요	• 역 조건의 변동 데이터만 수정 • 연동장치 계속 사용 가능

6.2.6 열차 집중 제어 장치(CTC, centralized traffic control)

종합관제실의 관제사가 CTC 권역 내의 모든 열차 운행 상황과 신호 제어 설비의 동작 상태를 실시간으로 집중 감시하고 운행 진로상의 신호기와 선로전환기를 원격제어 하여 열차의 운전 정리를 효율적으로 할 수 있는 장치이다. 열차의 위치를 직접 확인하여 통과, 대피를 결정하기 때문에 보안도가 높고 기관사에게 운전 조건을 직접 지시할 수 있기 때문에 신속하고 정확한 운전 정리를 할 수 있어 운전 능률을 향상시킨다.

(1) CTC 효과

광범위한 구역에 산재해 있는 신호 제어 설비를 한 곳에서 감시 제어할 수 있으므로 인적인 착오 발생으로 일어날 수 있는 휴먼 에러의 방지와 고밀도 운전에 필요한 선로 용량을 향상 시킬 수 있다.

1) 열차 운전 정리의 신속 정확화

현재 운행 상황이 실시간으로 표시되는 CTC 관제사는 지연 열차나 사고 또는 장애 시 신속하고 정확한 판단을 할 수 있다.

2) 열차 운행 상황에 대한 정보 수집 자동화

진로 설정은 모두 CTC 관제실에서 원격제어로 이루어지며 열차 운행 상황을 모두 자동적으로 CTC 관제설비에 저장 · 관리되므로 열차 운행 실적을 별도로 관리할 필요가 없다.

3) 선로 용량 증대 및 안전도 향상

CTC 관제 설비는 역 간을 열차 자동 폐색장치를 설치하여야 하기 때문에 선로 용량을 증대시킬 수 있으며 관제사가 열차 위치를 실시간으로 확인하여 교행 · 대피를 결정하므로 안전도를 향상시킬 수 있다.

4) 신호 제어 설비 고장 파악 용이 및 보수 효율적 관리

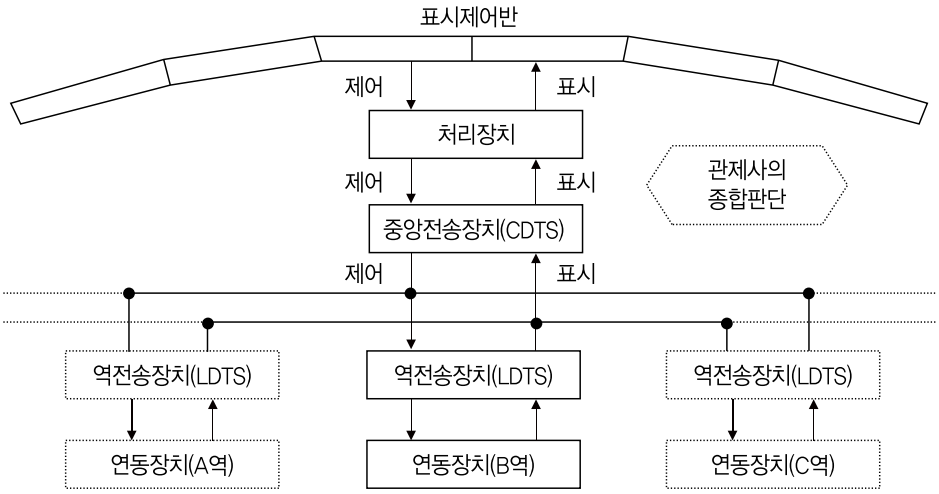
신호 제어 설비 상태를 실시간으로 감시하여 기기의 고장, 장애 상태를 CTC 관제 설비에서 확인할 수 있어 신속한 보수가 가능하여 효율적으로 관리할 수 있다.

5) 경영 합리화

열차 운행 상황이 자동으로 CTC 관제 설비에 표시되고 진로 설정도 CTC 관제 설비에서 원격으로 이루어지기 때문에 각 역에서 운전 취급을 생략할 수 있을 뿐만 아니라 열차 운행 실적을 활용하여 이용 승객에게 정보를 제공함으로써 서비스 향상에도 기여한다.

(2) CTC 구성

CTC 제어 구간은 선로 용량을 높이고 신속한 운전 상황 판단을 위하여 역 간을 자동 폐색장치로 설치하고 피제어 역의 연동장치도 전기 또는 전자연동장치를 설치한다. 또 관제실과 각 피제어 역에는 신호 설비를 조작할 수 있게 제어반을 설치하며 관제사의 승인에 따라 열차 운행 및 차량 입환 등을 직접 조작할 수 있도록 역 자체에 Local 조작반을 설치한다. CTC 관제 설비 구성도는 [그림 2-24]와 같이 대형 패널에 취급 버튼을 설치하는 방법, 모니터와 키보드를 사용하여 컴퓨터 콘솔을 활용하는 방법, 각 역 상황을 표시하도록 프로젝트를 사용하는 방법과 대형 표시 패널을 없애고 모니터만 사용하는 방법 등 다양하다.



[그림 6-30] CTC 장치 구성도

(3) CTC 주요 기능

1) 열차 운행 계획 관리

열차 운행 스케줄을 입력하여 계획에 따라 관리, 운용하고 열차 운행 변경 시 운행 계획을 수정 및 편집을 수행한다.

① 열차 운행 계획 작성에 필요한 기본 정보 관리

② 열차 운행 계획 작성 및 전송

③ 열차 운행 계획 출력 기능

④ 운영 관리 기능

2) 신호 설비 감시 · 제어

현장의 신호 제어 설비 신호기, 선로전환기, 궤도회로 등의 상태 변화 및 고장 여부를 원격으로 감시하고 표시한다. 또한 진로 제어 정보를 전송하여 현장 신호 제어 설비를 제어한다.

3) 열차 진로 자동 제어

열차의 운행 계획과 열차 번호, 시간, 진행 경로 등 다양한 항목을 점검하고 가능성을 타진하여 열차가 운영자의 개입 없이도 지정된 경로를 주행할 수 있도록 하는 기능을 말한다. 열차 운행 계획을 바탕으로 하여 현장 신호 제어 설비를 감시 · 제어한다.

4) 열차 운행 상황 표시

열차 위치와 열차 번호를 식별하여 열차 운행을 실시간으로 검지 표시 제어반에 표시하고 실적을 컴퓨터에 저장한다. 표시 제어반에 표시하는 내용은 다음과 같다.

① 열차 번호, 열차 위치(궤도회로 점유 상태)

② 진로 상태

③ 신호기, 선로전환기, 궤도회로 장치의 동작 상태 및 고장 여부

☑ 핵심정리 >»»

1. 신호기 장치

– 신호기 장치는 철도차량 운전자에게 열차 운전 조건을 제시해 주는 설비로 열차의 진행 여부를 ( ) 이나 ( )로 표시한다.

– 철도신호는 기관사에게 열차의 운행 조건을 지시하는 ( )와 종사원의 의지를 표시하는 ( ) 및 장소의 상태를 표시하는 ( )로 분류한다.

– 신호기 장치는 상치신호기와 임시 신호기로 구분하며 상치신호기는 ( ), ( ), ( )로 분류한다. ( )는 서행 예고 신호기, 서행 신호기, 서행 해제 신호기가 있다.

2. 궤도회로 장치

– 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 회로를 구성하고 그 회로를 차량의 차축에 의해 레일 간을 단락 또는 개방함에 따라 ( )를 감시하기 위한 전기회로로 신호기 장치, 선로 전환 장치, 기타의 보안 장치를 직접 또는 간접으로 제어할 목적으로 설치하고 있다.

– 궤도회로의 구성은 ( ), 한류 장치, ( ), 궤도계전기이다.

– 궤도회로 분류는 사용 전원에 따른 분류, ( ), 궤도절연 유무에 따른 분류가 있다.

– AF 궤도회로는 단순한 열차 위치 검지뿐만 아니라 전방 열차와의 운행 간격, 해당 열차의 지시 속도, 차량 운행 정보 등을 차상 장치에 전달하고 ( )에 직접 연결하여 열차 안전 운행에 기여하는 ATC 장치로 활용된다.

– ATC 장치에 사용하는 주파수는 ( ), 차상 신호 주파수, ( ) 등이 있다.

3. 선로전환기 장치

– 열차의 운행에 사용되는 본선으로부터 측선으로 진로를 바꾸는 등 열차 또는 차량을 한 궤도(선로)에서 다른 궤도(선로)로 이동시키기 위하여 설치한 궤도(선로) 상의 설비를 분기기라 한다. 이 분기기의 선로를 전환하여 분기기의 방향을 변화시키는 것을 ( )라 한다.

– 분기기는 선로가 두 방향으로 분리되거나 합쳐지는 부분의 궤도 위의 설비로 선로로 방향을 전환시켜 주는 ( )과 ( ), ( )으로 나눌 수 있다.

☑ 핵심정리 >>>

– (　　)는 분기기 각이 작고 리드 곡선 반경이 커 열차 속도제한을 없애고 승차감을 향상시켜 줄 수 있어 고속 열차 운행 구간에 사용되고 있다.

4. 폐색장치

– 역과 역 간 열차 안전 운행을 위하여 폐색구간을 설정하여 그 폐색구간 안에는 2이상의 열차를 동시에 운행시키지 않도록 하는 장치이다. 일정한 간격을 두고 운행하는 방법으로는 고정 폐색 방식과 이동 폐색 방식이 있는데, (　　)에는 공간 간격법과 시간 간격법이 있으며, 선 · 후속 열차 상호 간의 위치와 속도 정보를 무선신호로 전송하여 차상에서 열차 간격을 조정하는 (　　)이 있다.

– 열차 운용에 따라 폐색 방식은 상용 폐색 방식과 대용 폐색 방식이 있으며, 폐색 방식의 사용이 불가능한 경우 폐색 준용 방식으로 운행한다.

– 자동 폐색장치는 궤도회로를 이용하여 열차 운행에 따라 자동적으로 폐색 및 신호가 동작하는 것으로 열차 운행 횟수의 증가, 안전도 향상, 합리적인 열차 운용의 효과가 있다.

5. 연동장치

– 정차장 구내에 열차의 운행과 차량의 입환을 안전하고 신속하게 하기 위하여 신호기, 선로전환기 등의 장치를 (　　), (　　) 또는 (　　)으로 (　　)하여 동작하도록 한 장치를 말한다. 종류에는 전자연동장치, 전기연동장치, 기계 연동장치가 있다.

– 연쇄의 기준은 신호기 상호 간의 연쇄, 신호기와 선로전환기 간의 연쇄, 선로전환기 상호 간의 연쇄가 있으며, 쇄정의 종류에는 (　　), 반위 쇄정, (　　), 조건부 쇄정이 있다.

– 전기 쇄정법에는 (　　), 표시 쇄정, (　　), 진로 쇄정, 진로 구분 쇄정, (　　), 보류 쇄정, 시간 쇄정, 폐로 쇄정 등이 있다.

– (　　)에는 시스템의 표준화, 운전 업무의 현대화, 차량 추적 기능, 다른 시스템과의 인터페이스 기능, 동작의 기록 및 저장기능 등이 있다.

6. 열차집중제어장치

– 종합관제실의 관제사가 CTC 권역 내의 모든 열차 운행 상황과 신호 제어 설비의 동작 상태를 실시간으로 집중 감시하고 운행 진로상의 신호기와 선로전환기를 원격제어 하여 열차의 운전 정리를 효율적으로 할 수 있는 장치를 (　　)라고 한다.

– 열차 운전 정리의 신속 정확화, 열차 운행 상황에 대한 정보 수집 자동화, 선로 용량 증대 및 안전도 향상, 신호 제어 설비의 고장 파악 용이 및 보수의 효율적 관리 등의 효과가 있다.

6.3 열차운행제어 설비

학습목표

☑ 열차운행제어 설비인 열차자동정지장치(ATS), 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차자동방호장치(ATP), 무선통신을 기반한 열차제어장치(CBTC)에 대하여 설명할 수 있다.

[핵심 용어]

- 열차운행제어 설비, 열차자동정지장치(ATS), 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차자동방호장치(ATP), 무선통신을 기반한 열차제어장치(CBTC)

철도 개통 초기에는 열차의 효율적인 운행에 대한 개념이 없었으나 점차 열차의 속도와 운행 횟수가 증가함에 따라 이에 대한 연구가 시작되었다. 열차제어 방식은 처음에는 일정한 시간을 두고 출발시키는 시간 간격법을 사용하였으나, 이 방식은 역 간에 도중 정차한 열차들이 추돌하는 사고가 자주 발생하였다. 이에 따라 1872년 로빈슨에 의해 궤도회로 방식이 발명된 이후 현재는 컴퓨터 기술의 응용과 인공위성을 이용한 차량 추적 시스템으로 급속하게 발전되고 있다. 최근 도로의 교통체증과 환경오염의 가속화로 인하여 도시 간 고속 교통수단으로써의 철도가 새롭게 주목을 받고 있다. 현재로서는 철도를 대신할 수 있는 다른 대량 교통수단은 생각할 수 없으므로 철도에 대한 중요성은 나날이 증가되어 새로운 열차제어시스템이 요구되고 있다.

한편, 유럽 철도 선진국에서는 차상 신호방식에 대한 개발을 활발하게 진행하고 있으며 우리나라도 차상 신호에 대한 기본 개념을 정립하고 LTE-R을 활용하여 KRTCS-2 시스템을 개발 중에 있다.

6.3.1 차상 신호방식의 필요성

(1) 안전성과 신뢰성 확보

차상 신호방식은 지상 신호방식 구간에서 우려되는 악천후 시 기관사의 신호 현시 확인에 대한 어려움과 ATS 장치에 대한 열차 속도제한 및 ATS 장치 고장 시 열차 안전 확보에 대한 문제점 등을 해결할 수 있다. 또한 지상 신호방식보다 기기의 안전성과 신뢰성을 향상시키고 열차의 정시 운전

및 안전 운행을 확보할 수 있기 때문에 여객 서비스 향상에 기여할 수 있다.

(2) 열차 속도 향상

차상 신호방식에서는 거리 간격법에 의해 제동 목표 거리를 차상 컴퓨터에서 자동으로 계산하여 운행 속도를 지정하기 때문에 지상의 신호 정보에 따라 차상 신호 시스템을 운용할 수 있어 열차 속도를 높일 수 있다.

(3) 선로 용량 증대

차상 신호방식은 거리 간격법에 의해 열차 운행 최고 속도 및 표정속도 등 운행 속도를 향상시키고 선행 열차와 후속 열차 간의 운행 간격을 최소화시킬 수 있어 선로용량을 증대시킬 수 있다.

6.3.2 구조 및 시스템 종별

(1) 구조

차상 신호방식은 열차 운행에 대한 제어를 차상에서 자동으로 실행하는 설비로 열차자동제어장치를 상위 개념으로 하고 열차자동운전장치, 열차 자동 보호 장치 및 열차 자동 감시 장치 등의 하부 장치가 있다.

차상 신호방식은 고속의 열차를 안전하고 효율적으로 운행하기 위해 사용한다. 이는 선행 열차의 위치와 지상의 운행 열차 조건에 따른 정보 코드가 지상 장치를 통하여 차상으로 전송되며, 차상에서는 지상 장치로부터 전송된 정보를 운전실에 표시한다.

(2) 시스템 종별

현재 운용하고 있는 차상 신호방식은 크게 연속 제어 정보 전송방식인 ATC 시스템과 점제어 정보 전송방식인 ATP 시스템 및 통신방식인 CBTC 시스템으로 구분할 수 있다. 차상 신호방식에 대한 시스템은 [표 6-7]과 같다.

[표 6-7] 차상 신호방식 시스템

차상신호 방식	시스템 종류	개 발 사
ATC 시스템	TVM 계열	프랑스 알스톰
	신간선 ATC	일본
ATP 시스템	EBICAB 계열	스웨덴 AD트랜즈
	SACEM	프랑스 알스톰
	ZUB 계열	독일 지멘스
	KVB	프랑스 알스톰
	ERTMS/ETCS의 유로캡 및 유로발리스	프랑스 알스톰 CS 트랜스포트 독일 지멘스 영국 알카텔 스웨덴 AD트랜즈 안살도(CSEE) 등
CBTC 시스템	LZB	독일 ICE

6.3.3 열차운행제어 기술 및 종류

열차운행제어 시스템의 주요한 기능은 열차의 속도 제어로 열차의 안전 운행과 직결되어 있으며, 신호 현시와 열차 운전 속도, 차량의 제동 성능 등에 의해서 설비에 대한 조건이 달라진다. 또한 지상 설비와 차상 설비의 정보 전송방식에 의해 지상의 특정 지점에서 차상으로 정보를 전송하는 점제어 방식과 궤도회로 등을 이용하여 지상으로부터 차상으로 연속적인 정보를 전송하는 연속 제어 방식으로 나누어진다.

점제어 방식은 연속 제어 방식에 비해서 신호 현시 변화에 대응하는 추종성이 떨어지는 반면, 시스템 구성을 단순화할 수 있는 장점이 있다. 이 때문에 점제어 방식은 자동 · 비자동 구간, 전철 · 비전철 구간, 직 · 교류 방식에 관계없이 설비가 가능하고 경제성이나 유지 보수 면에서 유리하다.

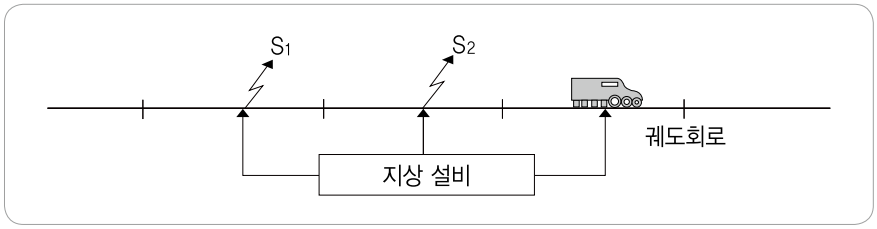
반대로 연속 제어 방식은 연속적으로 차상에서 정보를 수신할 수 있기 때문에 신호 현시의 변화에 대한 대응이 빠르고 운전 능률은 상대적으로 높일 수 있지만 설치비가 고가인 점이 단점이다.

차상 신호방식은 차상과 지상 간의 인터페이스 하는 방법에 따라 아래와 같이 두 가지로 나눌 수 있다.

(1) 궤도회로를 이용한 시스템

궤도회로 방식은 현재 세계적으로 가장 많이 보급되어 있다. 지상 설비는 선행 열차의 점유 상태에

따라 사전에 설정된 여러 개의 속도 코드 중에서 적정한 속도 코드(S_1, S_2, …)를 선정하고 이를 궤도회로를 통해 후속 열차로 전송시킨다.



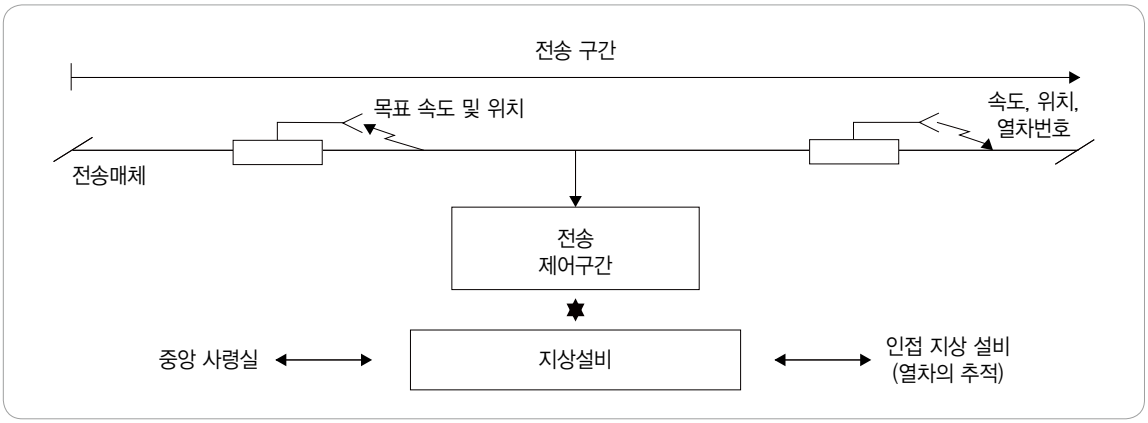
[그림 6-31] 궤도회로를 이용한 시스템

[그림 6-31]에서 S_1은 목표 속도=0, S_2는 비상제동 또는 최고 속도=0을 의미한다. 국내에서 궤도회로 방식과 유사한 ATC 구간은 한국철도공사 과천선, 분당선, 일산선이며 서울교통공사 3, 4호선 및 5, 6, 7, 8호선의 ATC/ATO 구간이 이에 해당된다.

(2) 궤도회로를 이용하지 않는 시스템

차상 신호방식 중에서 궤도회로를 이용하지 않는 시스템으로 이동 폐색 방식이 있다. [그림 6-32]와 같이 선행 열차의 속도와 위치 및 열차 번호가 지상 설비를 통해 후속 열차에 전송되면 후속 열차는 자신의 운행 위치 및 속도를 지상으로부터 수신된 데이터 및 최대 허용 속도와 비교를 한 후 자신의 최대 주행속도를 실시간으로 산출해 낸다. 즉, 운행하는 열차의 속도에 따라 전방의 안전제동거리를 자동으로 판단한다.

궤도회로를 이용하는 차상 신호방식과는 달리 궤도와 열차 간에는 양방향 통신이 필요하며, 시스



[그림 6-32] 이동 폐색 방식

템의 안전도를 유지하기 위해 모든 열차는 전송 기기와 실시간으로 통신이 되어야 한다. 만일 전송에 문제가 있을 경우 열차는 즉시 정지하게 되며 후속 열차 또한 정지시킨다.

열차운행제어 설비 종류는 지상 신호방식의 열차자동정지장치(ATS)와 차상 신호방식의 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차자동방호장치(ATP), 무선 기반 열차제어장치(CBTC) 등이 있다.

국내 철도에 열차운행제어 설비로 처음으로 도입된 것은 열차자동정지장치(ATS)로, 지상 신호방식에서 기관사에게만 의존하여 운행하는 열차의 안전한 운행을 위함이었다. 열차자동정지장치(ATS)는 레일 중앙에 설치된 지상자(점제어 방식)를 통해 신호기에서 지시하는 속도를 초과하여 운행하는 열차에 대한 정보를 차상에 제공하고 이에 따라 기관사는 열차의 감속 제어를 수동으로 취급하여 왔다.

그 이후 속도의 향상과 고밀도 운행을 위하여 차상 신호방식인 열차자동제어장치(ATC)가 도입되었으며, 여러 종류의 ATC 장치 중 일부 도시철도 구간에서는 ATC 기능에 열차 자동 보호 기능과 열차 자동 운전 기능을 추가한 ATP/ATO 시스템을 사용하고 있다. 또한 일부 구간에서는 ATC/ATS를 연계한 시스템을 도입했는데, 지상 설비가 ATC 구간과 ATS 구간으로 구분되어 설치됨으로써 두 시스템의 인터페이스 및 자동 절환 방법을 적용하고 있다. 일반적으로 열차운행제어 시스템은 크게 ATC, ATO, ATP, CBTC(MBS)로 분류된다.

6.3.4 열차자동정지장치(ATS, Automatic train stop)

열차 운전의 안전을 확보하기 위해서는 차량이나 선로가 정상 상태로 유지되어야 하며, 또한 기관사의 주위 상황에 대한 정확한 판단과 이에 따른 기민한 행동이 필요하다.

특히 지상 신호방식에서는 기관사의 정확한 판단이 아주 중요하다고 할 수 있다. 이러한 중요성에 비추어 지상 신호방식에서 기관사는 신호기의 신호 현시에 따라 운전 취급하여야 하나 안전 운행을 저해하는 자연현상(짙은 안개, 폭풍우, 눈보라 등)으로 신호의 확인이 어려운 경우 열차 속도의 저하, 또는 기관사의 우발적인 신호 확인 결여로 중대한 열차 운전 사고가 유발되는 사례가 있었다.

바로 이러한 열차의 안전 운행을 저해하는 요소를 해결하고 기관사로 하여금 주의를 촉구함과 동시에 자동적으로 제동을 작용토록 하는 설비가 열차자동정지장치(ATS)이다.

열차자동정지장치는 1969년 경부선에 처음으로 점제어식 ATS 장치를 설치하기 시작하여 전국으로 확대 설치하였으며, 1977년에는 수도권 CTC 구간에, 1988년에는 경부선 CTC 구간에 각각 차상속도 조사식 ATS 장치를 설치하여 운용하고 있다.

(1) 동작 방식

ATS 장치는 전철 구간이나 비전철 구간 모든 개소에 사용되는데, 3현시 신호방식의 경우 지상 장치는 정지신호에서만, 차상 장치는 단변주 방식에 의하여 동작한다.

4현시, 5현시의 경우는 5가지 신호에 따라 동작하는 다변주 방식에 의하여 차상 장치가 동작한다. 차상 장치의 동작 방식을 요약하면 [표 6-8]와 같다.

[표 6-8] 열차자동정지장치 차상 장치 동작 방식

종 류	차상 장치 동작 방식
3현시	점제어, 단변주(105㎑ → 130㎑) (78㎑→130㎑)
4현시	차상 속도 조사식, 다변주(78㎑ → 5종류)
5현시	차상 속도 조사식, 다변주(78㎑ → 5종류)

(2) 공진주파수 및 제한속도

4현시 및 5현시 구간에서의 ATS 장치 종류별 지상 장치 공진주파수와 차상 장치 제한속도는 다음과 같다.

[표 6-9] 4현시 구간 공진주파수와 제한속도

신 호 현 시		절대정지	허용 정지	경계	주의	감속	진행
		(R0)	(R1)	(YY)	(Y)	(YG)	(G)
전기동차용	공진주파수(㎑)	130	122	114	106	98	
	속도 제어(㎞/h)	0	15	25	45	FREE	
KTX 및 일반 열차용 (경부선)	공진주파수(㎑)	130		–	122	114	106
	속도 제어(㎞/h)	0		–	25	65	105

[표 6-10] 5현시 구간 공진주파수와 제한속도

신 호 현 시		정지	경계	주의(Y)		감속	진행
		(R)	(YY)	(일반선)	(경춘선, 중앙선)	(YG)	(G)
KTX 및 일반 열차용	공진주파수(㎑)	130	122	114		106	98
	속도 제어(㎞/h)	0	25	65		105	FREE
전기동차용	공진주파수(㎑)	130	114	106	90	98	
	속도 제어(㎞/h)	0	25	45	65	FREE	

(3) 차상 속도 조사식 ATS 장치 특성

ATS 특성은 운전 취급, 신호 현시와 관련하여 열차의 운행 속도, 차량의 제동 성능 등에 따라 조금씩 다를 수 있으나 열차자동정지장치 기본 조건은 다음과 같다.

- 열차를 정지 현시 신호기 앞에 정지시켜야 한다.
- 다른 열차 운행에 지장을 주지 않아야 한다.
- 정지신호 현시의 경우 기관사가 제동 조작을 하지 않으면 자동적으로 비상제동이 체결되어야 한다.

이러한 조건을 만족시키기 위하여 고밀도로 운행하는 광역 전동차 구간에서는 차상 속도 조사식 ATS 장치를 사용하고 있다. 차상 속도 조사식 ATS 장치의 구성은 다음과 같다.

1) 지상 장치

경보 시점의 궤도 사이에 설치되어 그 지점을 통과하는 열차에 정보를 보내는 지상자와 이것을 신호 현시에 따라 제어하는 지상 제어 계전기 및 리드선으로 구성되어 있다.

① 지상자 : 설치 위치는 해당 신호기 20m 전방에 설치하여 차상자와 대응하도록 열차 진행 방향 우측에 설치한다.



[그림 6-33] ATS 지상자와 지상 제어 계전기(CR)

② 리드선 : 지상자와 지상 제어 계전기를 연결해 주는 전선(7/0.6x20)으로, 제작된 전선을 임의로 자르거나 연장해서 사용할 수 없다.

③ 지상 제어 계전기 : 지상자 코일을 제어하기 위한 계전기로서 지상자 회로와 같은 미세한 전류회로 제어에 적합한 PGS(백금, 금, 은, 합금) 접점을 가진 소형 계전기이다. 정격전압 DC 24V, 50㎃의 소형 계전기와 콘덴서로 구성되어 있으며 지상자 리드선을 접속하여 제어한다.

2) 차상 장치

차상 장치는 지상으로부터 다양한 정보(130, 122, 114, 106, 98kHz)를 받는 차상자, 제동장치의 회로를 제어하는 수신기 속도 조사부, 계전기 논리부, 운전실 내에 설치된 경보기, 표시기, 전원부 및 기타 부속품, 그리고 전동차 속도를 감지하는 속도발전기 등으로 구성되어 있다.



[그림 6-34] ATS 차상자(안테나)

① 차상자 : 차량 중심에서 우측으로 300±10㎜ 위치에 차상자의 중심이 오도록 하고 궤도면 상에서 130mm의 높이에 부착한다. 2조의 코일에 의하여 지상에서 정보를 받아 이를 리드선으로 연결한 4심 케이블로 수신기에 전달한다.

② 수신기 : 운전실에서 진동이 적은 곳을 선정하되 차상자와의 거리가 가까운 곳에 설치한다. 평상시에는 차상자와 조합하여 78kHz에서 발진하고 있으나 차상차가 130kHz의 공진회로를 구성하고 있는 지상자에 접근하면 130kHz로 주파수가 변하므로 여파기(Filter)의 작용에 의하여 주 계전기는 무여자 되며 경보 회로와 제어회로를 제어하게 된다.

(4) 4현시 차상 속도 조사식 ATS

다변주 점제어 방식으로 광역 전동차 운행 구간에서 사용하고 있으며 지상 구간은 정지(R_0), 정지(R_1), 주의(Y), 감속(YG), 진행(G)을 현시하고, 지하 구간은 정지(R), 경계(YY), 주의(Y), 진행(G) 현시하는 방식을 채택하고 있다.

1) 진행 또는 감속신호 현시의 경우, 신호기 내방으로 진입할 때 속도 조사를 받지 않고 자유(Free) 주행한다.

2) 주의신호 현시의 경우 신호기 내방으로 진입하는 속도 조사는 45㎞/h 이하로 운행한다. 속도를 초과할 경우 3초 이내에 제한속도 이하로 운행하여야 하며, 3초가 지나면 비상제동이 자동으로 체결된다. 이럴 경우 비상제동에 의한 정지 후 45㎞/h 이하로 운행한다.

3) R_1 정지 구간을 운행할 경우 일단정지 한 다음 15㎞/h 스위치 조작에 의해 15㎞/h 이하로 운전 가능하다.

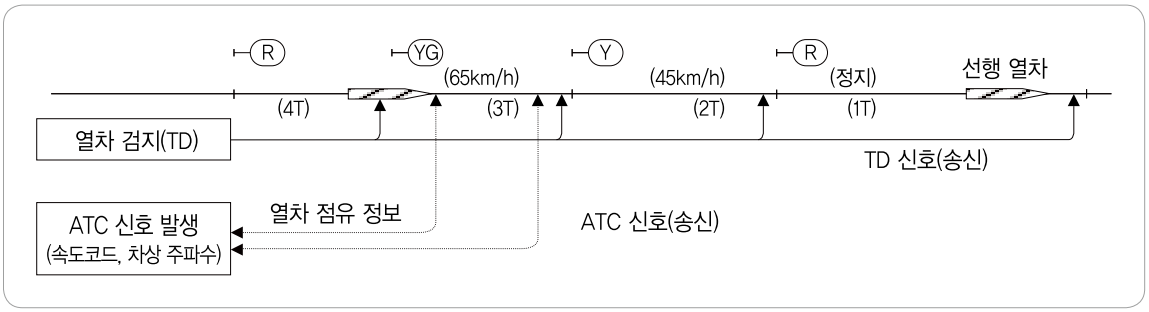
4) R_0 정지 구간을 운행할 경우 일단정지 한 다음 특수 스위치 조작에 의하여 1회에 한하여 15㎞/h로 운전 가능하지만 반드시 관제사로부터 R_0 승인을 득한 후 ATS 스위치를 개방하고 운전하여야 한다.

6.3.5 열차자동제어장치(ATC, Automatic train control system)

열차자동제어장치(ATC)는 열차는 점유하고 있는 궤도회로로부터 속도 정보(ATC 정보)를(열차의 운행속도, 선행 열차와의 간격, 진로의 상태 등) 연속적으로 수신 받아 그 구간을 주행할 수 있는 최대 허용 속도를 검지한다. 이때 열차의 실제 속도가 허용 속도보다 빠르면 허용 속도 이하로 자동으로 감속시키는 장치이며 열차 이동에 대한 제어 및 열차의 안정성과 열차 운용 명령을 자동으로 실행한다.

또 선행 열차의 위치, 운행 진로 등 선로의 제반 조건에 따른 정보 코드를 선로를 통하여 차상으로 전송하고, 차상에서는 지상에서 전송된 정보를 표시장치에 현시한다.

ATC 장치는 지상 장치(연동장치)에서 각 구간마다 열차를 검지하여 신호정보(ATC 신호)를 송신하고 그것을 차상 장치에서 수신하여 그 신호정보에 의해서 열차는 그 구간 내에 현재 허용된 제한 속도 이하로 자동적으로 속도를 제어하면서 운행할 수 있다.



[그림 6-35] ATC 기본 구성도

이 구간마다의 운행 허용 속도는 [그림 6-35]에서 표시한 것처럼 지상의 신호 현시를 기관사가 육안으로 확인하는 대신에 궤도회로로부터 보내오는 신호 정보를 차상에서 수신하여 자동으로 운행 허용 속도를 판단하고 열차의 현재 속도와 비교하는 점이 다른 것이다.

ATC 장치에 있어서 궤도회로는 크게 열차 검지와 지상 측으로 부터 차상에 대하여 ATC 신호를 전달하는 2중 역할을 한다. ATC 장치는 다음과 같은 역할을 한다.

- 각 구간의 지상 측 열차 검지 기능
- 각 구간의 지상 측 신호정보 전송 기능
- 신호정보의 차상 측 수신 기능
- 수신 정보에 따른 제한속도와 열차의 현재 속도를 비교하여 차상 장치에서 열차 속도를 허용 속도 내로 유지하는 기능

(1) 열차 위치 검지

궤도회로 내에 열차의 유무를 검지하는 것으로 일반적으로 자동신호 구간에 있는 궤도회로와 같다.

그러므로 유무 절연식, 저주파 궤도회로, AF 궤도회로 등 여러 방식으로 나눌 수 있지만 신호정보 전송도 병용이 가능한 형태로 설비한다.

(2) ATC 신호

1) 열차검지 신호(TD, train detection)

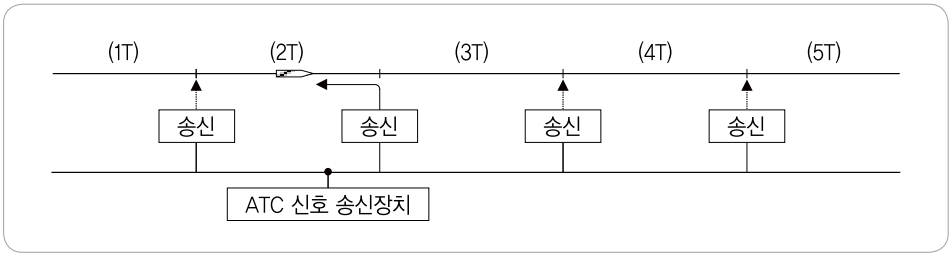
열차 검지(TD)에 따라 각 열차의 운행 위치를 알게 되면 선행 열차와 충돌하지 않는 속도 즉, 정지가 가능한 열차 간 거리를 후속 열차에 전송한다.

이 기능은 종래에는 궤도회로 입구에 설치된 신호기의 현시 조건에 따라 기관사가 육안으로 확인하면서 수동으로 조작하여 열차 속도를 제어하였다.

이것을 자동으로 실행하기 위해서는 지상으로부터 열차가 현재 점유하고 있는 구간에서 허용되는 최대 속도의 정보를 차상에서 수신한 후 판독하게 된다.

ATC 신호를 차상에 전달하는 경로는 열차 검지와 같은 궤도회로가 이용된다. [그림 6-36]에서처럼 궤도회로에는 두 종류의 신호 전류가 흐르지만 신호를 수신하는 위치가 다른데 열차 검지 신호는 지상 측으로, ATC 신호는 차상 측으로 하기 때문에 열차 검지 신호와 ATC 신호를 공용하여 시스템을 간소화하고 있다.

또 AF 궤도회로의 경우 열차 검지 신호와 ATC 신호를 분리하여 평상시 열차 검지 신호만을 흐르게 하고 열차가 검지되면 그 구간에 한하여 ATC 신호를 흐르게 한다.



[그림 6-36] ATC 신호 회로

2) ATC 신호 코드

ATC 신호는 일반적으로 궤도회로에 송신되는 수백㎐ ~ 수㎑ 사이의 주파수를 갖는 AF 반송파를 10㎐ ~ 수십㎐의 저주파로 변조하여 사용한다. 이 저주파의 주파수를 신호 코드라 한다.

예를 들어 신호 코드가 13.6㎐이면 80㎞/h 이하, 신호 코드가 3.2㎐이면 25㎞/h 이하의 기지 모드의 신호 현시에 사용된다. 다음 [표 6-11]은 과천선, 일산선, 서울지하철 3, 4호선에서 사용하는 ATC 신호 코드 이다.

[표 6-11] 지시 속도와 코드 주파수(과천선, 일산선, 서울지하철 3, 4호선용)

지시 속도	코드 주파수
15㎞/h	코드 주파수 없음 (일단 정지 후 진행 모드)
25㎞/h	3.2㎐ 기지 모드
25㎞/h	5.0㎐ 수동 모드
40㎞/h	6.6㎐
60㎞/h	8.6㎐
70㎞/h	10.8㎐
80㎞/h	13.6㎐
15㎞/h	16.8㎐ (일단 정지 후 진행 모드) yard cancel

3) 차상 신호

ATC에서는 신호 현시에 상당하는 신호가 궤도회로를 경유하는데, 이때 기관사가 신호기 상태를 보지 않더라도 운전실 차량 패널 속도계에 신호 현시 상태를 표시함으로써 운전할 수 있도록 한 것이 차상 신호(cab signal) 방식이다.

① 자동 모드 : ATO 장치에 의한 열차 자동 운전 기능을 의미하며, 각 역 간의 자동 주행과 역에서의 자동 정 위치 정차, Door의 자동 개폐 및 자동 안내 방송을 수락하는 모드로 주로 서울교통공사 등 도시철도에서 사용하고 있다.

② 수동 모드 : 지상의 궤도회로로부터 연속적으로 정상적인 지시 속도를 받아 운전하는 방식으로 경부고속철도 및 한국철도공사 구간에 운행하는 열차의 운전 방식이다.

③ 기지 모드 : 차량 기지 또는 유치선에서 연속적인 지시 속도를 제공할 수 없을 때 운전하기 위한 것으로 최대 25㎞/h로 운전 속도를 제한하고 있다.

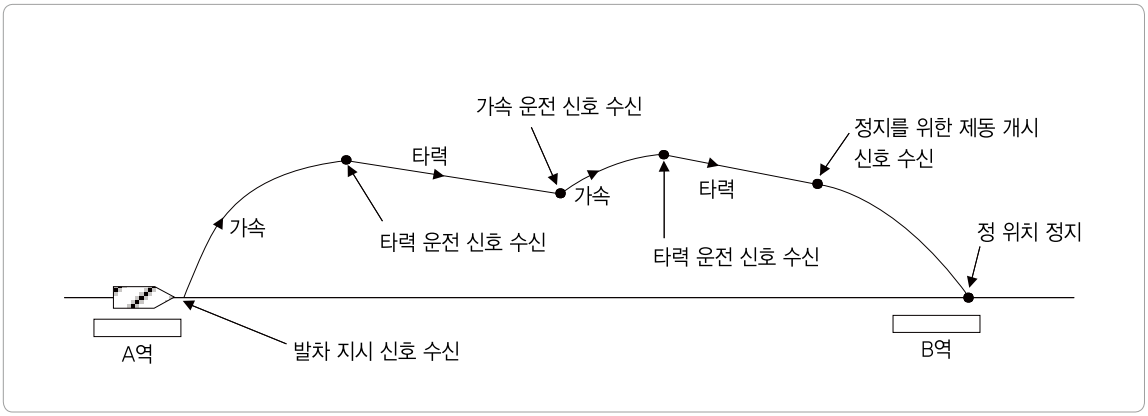
④ 일단정지 후 진행모드 : 정상적인 지시 속도를 받아 운전하던 열차(manual mode)가 지시 속도를 수신할 수 없다면 과속 상황이 적용되어 일단정지 후 15㎞/h 이내 운전을 허용하는 방식이다.

⑤ 비상제동 : 정상 운행 중인 ATC 차량은 일반적으로 비상제동이 발생하지 않는다. 비상제동(emergency mode)은 정상 열차가 운행 중에 과속 상황이 발생하여 자동적으로 상용제동이 작동할 때 일정 시간 내에 제동률이 2.4㎞/h/s 이하일 때만 발생한다. 즉 제동 상황에서 브레이크 파손 등 중대한 고장이 발생하였을 때에만 작동된다는 것을 뜻한다.

6.3.6 열차자동운전장치(ATO, automatic train operation)

열차가 정거장을 출발하여 다음 정거장에 정차할 때까지 가속, 감속 및 정거장에 도착할 때 정 위치에 정차하는 일을 자동적으로 수행하게 하며 ATC의 기능도 함께 하고 있다. 열차에 출발 신호가 지시되면 자동적으로 가속되고, 주행 구간의 규정 속도에 이르면 다시 타력 운전으로 열차를 운행하게 한다.

자동 운행 중 ATC에 의해 속도제한을 받을 경우에는 자동적으로 비상제동이 동작되며, 속도제한이 해제되면 다시 속도가 가속된다. 또 열차 속도가 제한속도 이하로 떨어지면 제동을 풀어 준다. [그림 6-37]과 같이 정거장에 접근한 열차는 제동 개시점을 통과한 다음 정차 패턴에 따라 속도 조사를 하여 제동기를 가감하면서 B역 정거장의 정 위치에 자동적으로 정차하게 된다.



[그림 6-37] ATO 속도 제어 곡선

(1) ATO 기능

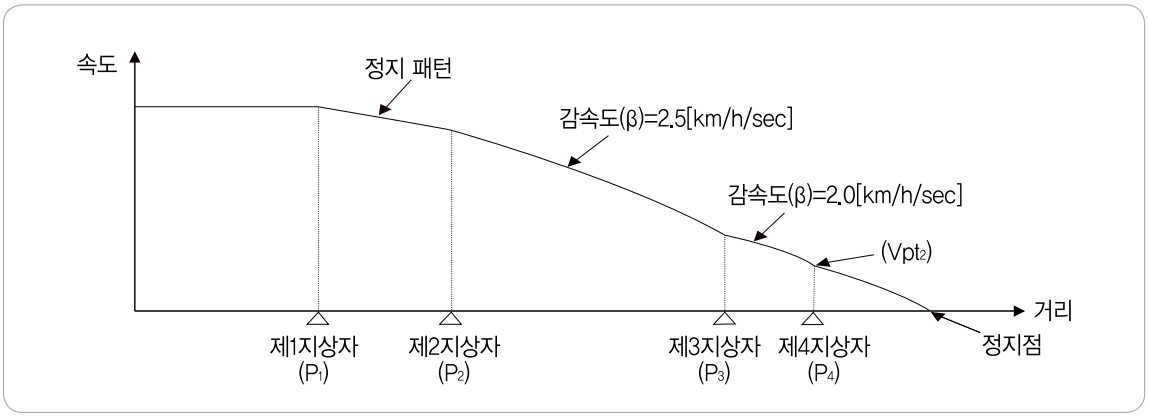
ATO 장치에서 기관사는 열차 내 기기를 감시하거나 역 진입 시 승객의 안전을 감시하는 일을 하므로 기관사와 차장의 승무를 한 사람이 할 수도 있다. 또한 열차의 무인운전도 가능하므로 인력을 절감할 수 있으며 안전하고 정확한 열차 운행으로 여객 서비스를 향상시킬 수도 있다. ATO 장치는 다음과 같은 여러 가지 기능을 가지고 있다.

1) 정속도 운행 제어

역과 역 사이에 있어서 ATC 신호의 허용 운행 속도 지시에 따라 지정된 속도로 열차가 주행하도록 제어한다. 또 ATO 장치의 내부에 지정된 속도와 같은 기준 속도를 발생시키고 열차의 실제 속도와 기준 속도와의 차이점을 검출한 다음, 속도의 차이에 비례한 역행 또는 제동 단(노치, notch) 수를 차량의 제어부에 제공하여 기준 속도와 실제 열차 속도와의 차이가 없도록 열차를 제어한다.

2) 정 위치 정지 제어

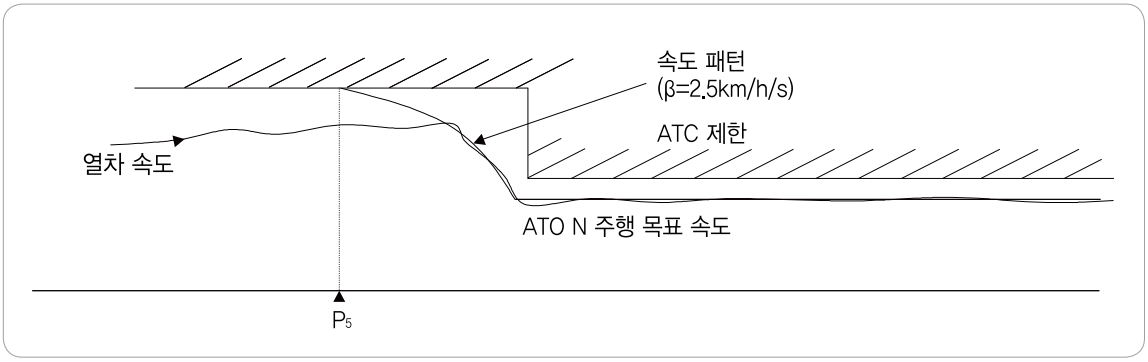
정거장에 정차할 때에는 정해진 위치에 정차할 수 있도록 정 위치 패턴에 따라 속도 제어를 한다. 정지 패턴은 레일 간에 설치된 지상자(제1지상자에서 제4지상자) 및 루프 코일의 정보를 차상에서 검지하여 열차의 위치를 검출함으로써 정지 지점까지의 거리와 속도와의 기준 패턴이 발생한다.



[그림 6-38] 정위치 패턴에 의한 속도제어

3) 감속 제어

정거장 사이의 곡선 또는 구배로 인하여 ATC 신호가 감속을 필요로 하는 구간에 있어서는 ATC 속도 변화점 전방에서 감속을 하도록 알려주는 감속용 지상자(제5지상자) 또는 루프 코일을 설치한다. P5 지상자의 설치 위치는 [그림 6-39]과 같이 ATO 내에서 ATC 속도 변화점에서의 패턴 속도가 감속 신호에 대하여 주행 레벨과 일치하도록 계산된 지점이다. 속도 패턴을 검지한 다음에도 운행하고 있는 열차 속도가 패턴에 접근하기까지에는 정속도 운행 제어가 이루어진다. 패턴 접근에 의하여 역행 주행중에는 일단 타력 제어를 한 다음 예비 제동에 의한 비례 제동이 작동하고



[그림 6-39] 감속 제어

운행 속도가 감속되는 변화점에서는 ATC제동을 하지 않고 그대로 진입하게 된다.

4) 출입문 자동 개폐 및 정차 시간 표시등

출입문 개폐 기능은 열차 정보 송신장치(TWC)를 통하여 정 위치 정차 정보를 받으면 기계실에서 개폐 정보를 발생하여 차상에 전송하게 된다.

정차 시간 표시등(dwell light)은 기관사에게 출발 시간을 예고하여 주는데 정시 운행에 도움을 주는 기능을 하는데 출발 시각의 일정 시간 전에 정차 시간 표시등이 점멸하면 기관사는 출발 조작을 한다.

5) 열차 정보 송신장치(TWC, train to wayside communication)

운행하는 차량과 현장 설비 간의 양방향 통신을 하는 정보교환 장치이다. 이 시스템은 차상 설비와 현장 설비의 2개의 시스템으로 분리되는데, 현장에서는 정거장의 특정한 위치에 지상 TWC 루프 코일을 설치해 정보를 교환하고 차량에서는 차량의 하부에 루프 안테나를 설치해 무선으로 정보를 교환하는 장치이다.

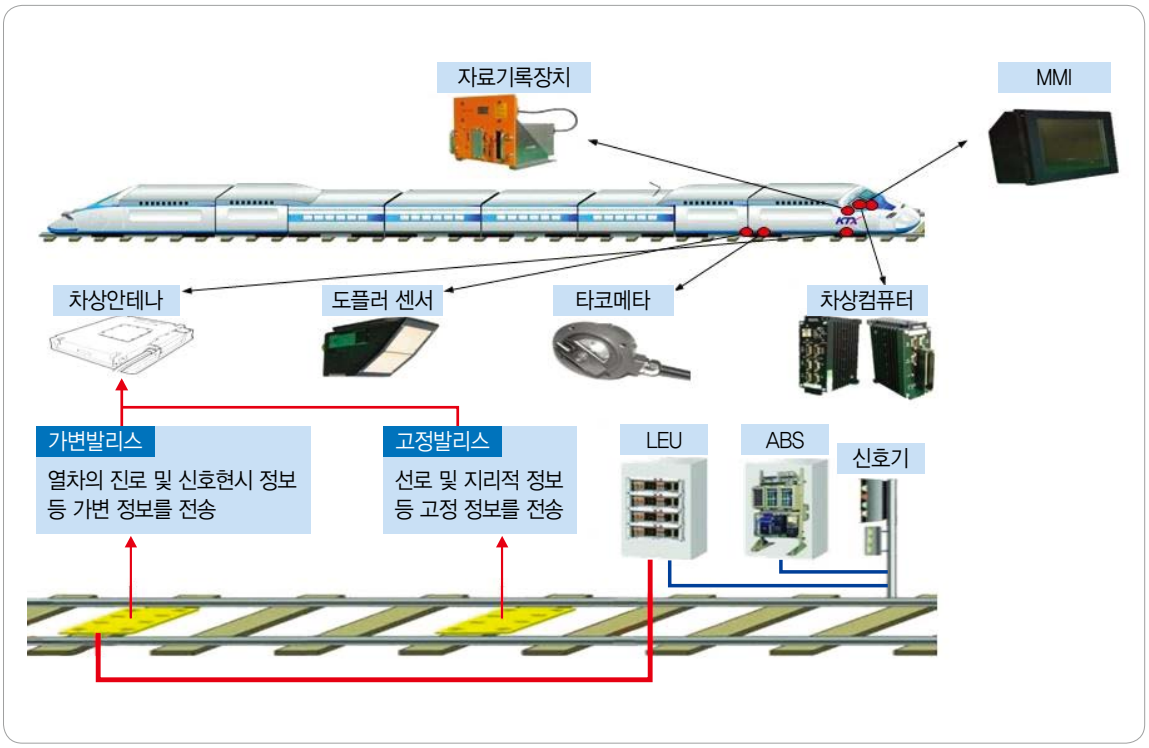
무선으로 송수신 한 정보는 각각 차상 설비인 열차자동제어장치(ATC), 열차자동운전장치(ATO), 열차제어 감시 장치(TCMS : train control monitor system)와 연결되어 열차 운전을 제어하고 현장 설비는 TWC 유니트가 신호 기계실의 주 컴퓨터와 연결되어 정보를 송수신 함으로 열차 자동 운전에 필요한 각종 기능들을 수행하게 된다. 또한 정차장 출발점에 설치된 정차 시간 표시등은 기관사에게 발차 시간을 예고하여 열차 정시 운행에 도움을 주는 기능을 하는데, 출발하기 일정 시간 전에 정차 시간 표시등이 점멸하면 이때 기관사는 출발 조작을 한다.

6.3.7 열차자동방호장치(ATP, automatic train protection)

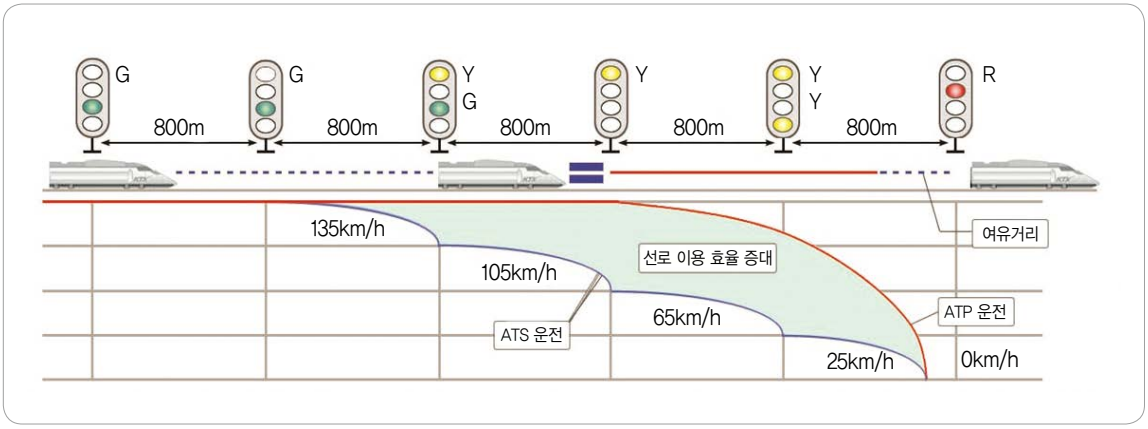
열차 검지, 선행 열차와 후속 열차 사이의 거리 유지, 진로 연동 및 속도제한 등을 통해 안전한 열차 운영을 유지하는 ATC 하부 시스템이다. 폐색구간 경계 지점에 설치한 지상자(발리스, 비콘, 루프 등)를 통하여 열차 간 운행 정보를 상호 교환하여 최소 제동거리를 확보함으로써 운행 간격의 단축, 선로 용량 증가 및 열차 추돌에 따른 열차 보호를 실행하는 장치이다.

열차자동방호장치는 궤도회로가 아닌 별도의 비컨(발리스) 또는 루프 코일을 이용하여 열차 운행에 필요한 이동 권한, 제한속도, 구배 등의 정보를 디지털로 지상에서 차상으로 전송하는 방식이며 Distance-to-go 기능에 의한 차내 신호방식이다. 현재 우리나라에서 사용하는 ATP 시스템은 유럽의 ETCS Level 1을 국내에 도입한 것으로 지상 장치는 기존의 신호장치와 인터페이스 되어 가변정보를 생성하는 선로 변 제어 유니트(LEU)와 지상 정보를 차상으로 전송하는 발리스(Balise)로 구성된다. 차상 장치는 바이탈 컴퓨터, 입출력 장치, 운전 표시장치, 자료 기록 장치 안테나 및 정보변환 모듈 등이 있다.

• 차상 컴퓨터에는 경고 곡선과 비상제동 곡선의 두 종류 제어 곡선이 입력되어 있다.



[그림 6-40] 열차자동방호장치 시스템 구성도



[그림 6-41] 열차자동방호장치 제동 곡선

- 열차가 경고 신호를 통과하기 전에는 열차 최대 허용 속도가 표시된다.
- 열차가 경고 신호를 통과하면 보조 표시장치가 00을 표시한다.
- 일정 시간 이내에 기계적인 제동장치(수동 제동 취급)가 동작되면 속도 제어 System이 동작하지 않지만 실제 운행 속도가 비상제동 곡선을 초과하면 즉시 비상제동 장치가 작동되어 열차를 정지시킨다.(열차가 완전히 정지할 때까지 비상제동 장치 동작)
- 이 제어 곡선은 열차가 위험지역 내로 진입하지 못하고 정지되도록 실시간으로 계산된다.

ATP 차상 신호방식을 간단히 설명하면, 차내에 처리 장치(Processing Unit)와 차상 신호 표시 반(Indication Panel), 데이터 반(Data Panel) 및 수신 안테나를 설치하고 데이터 반에는 다음 사항을 입력한다.

- 최대 허용 속도(10km/h 단위)
- 열차 길이
- 열차 등급(여객열차, 화물열차, 모터 카, 멀티플 등 열차 종류별)
- 열차의 가속도 및 감속도(m/s)

지상 설비로는 선로 중앙에 2개가 1조로 구성된 지상자(Beacon)를 설치하고 선로 변에는 신호 부호 전송기(LEU)를 설치하여

- 제한속도(최대 허용 속도, 목표 속도)
- 목표 거리(정지점과의 거리)
- 구배 등 선로 Data

입력하면 이 지상자 위를 통과한 열차는 지상에서 수신한 데이터와 차상에서 입력된 데이터를 비교한 후 목표 지점을 계산하여 속도를 제어한다. 때문에 특성이 서로 다른 열차가 혼용 운행될지라도 정지 목표 지점을 과주할 우려가 없는 안전한 설비로 한때 경부선 신호방식으로 검토하기도 했다. 그러나 점제어 방식이기 때문에 감속 신호를 수신하여 저속으로 폐색구간에 진입한 열차는 그 구간이 개통되더라도 다음 구간의 지상자를 통과할 때까지는 저속 운행이 불가피한 설비이기 때문에 연속 제어 ATC 차상 신호장치에 비해 운행 효율이 감소할 수 있는 단점을 가지고 있어 경부선 신호방식으로 적용되지 않았다.

(1) ATP 기능

1) 과속도 방어

안전성의 개념에 따라 열차에 주어진 제한속도를 초과하지 않도록 보장하는 기능으로 과속도 방어는 실제 속도와 제한된 최고 속도 사이의 비교에 의해 주어진다.

① 제한속도 코드

선행 열차와 후속 열차 사이의 거리 유지, 진로 연동 및 열차 감시 절차를 제공한다.

② 최대 허용 속도

궤도 상태 관련 정보를 제공한다.

2) 선행/후속 열차 거리 유지

동일 선로 상에서 열차 사이의 충돌을 피하기 위해 선행 열차와 후속 열차 사이의 충분한 안전거리를 유지하는 기능으로, 이는 실제적인 제동 기능과 과속도 방어에 사용되는 최대 허용 운행 속도 사이의 관계에 의해 결정된다.

3) 열차 검지

열차검지는 모든 열차가 위치해 있는 궤도의 위치를 결정한다. 대부분의 경우 열차의 위치는 절대적으로 기록되며, 열차 속도는 열차가 최종적으로 검출된 위치에 있어서는 “0”으로 가정한다. 열차 위치의 예측 기법은 사용 기술에 의존하며 정확성을 요구한다.

4) 궤도 및 열차 감시

궤도 및 열차감시는 비정상 상태 발생에 대한 경보 시스템으로부터 주어진다. 열차 감시는 열차의 접촉, 화재, 제동 시스템의 결함 또는 제동 능력의 감쇠 등으로 분류되며, 궤도 감시는 레일 절

손 또는 건널목 통과 차량의 건널목 통과 장애 등으로 표시된다.

5) 진로 연동

진로 연동에 있어서 “진로”개념은 열차의 이동 시작점, 목적지 및 열차가 진행할 궤도를 의미한다. 진로 연동은 먼저 설정된 진로 내에 다른 열차가 존재하는지 유무를 확인한 후 선행 점유 열차가 존재하지 않을 경우 열차가 진행할 수 있다. 그러나 요청된 진로가 점유되어 있거나 사용할 수 없는 경우 열차는 선행 열차와 후속 열차 사이의 거리 유지 방식에 의해 열차 운행을 실행한다.

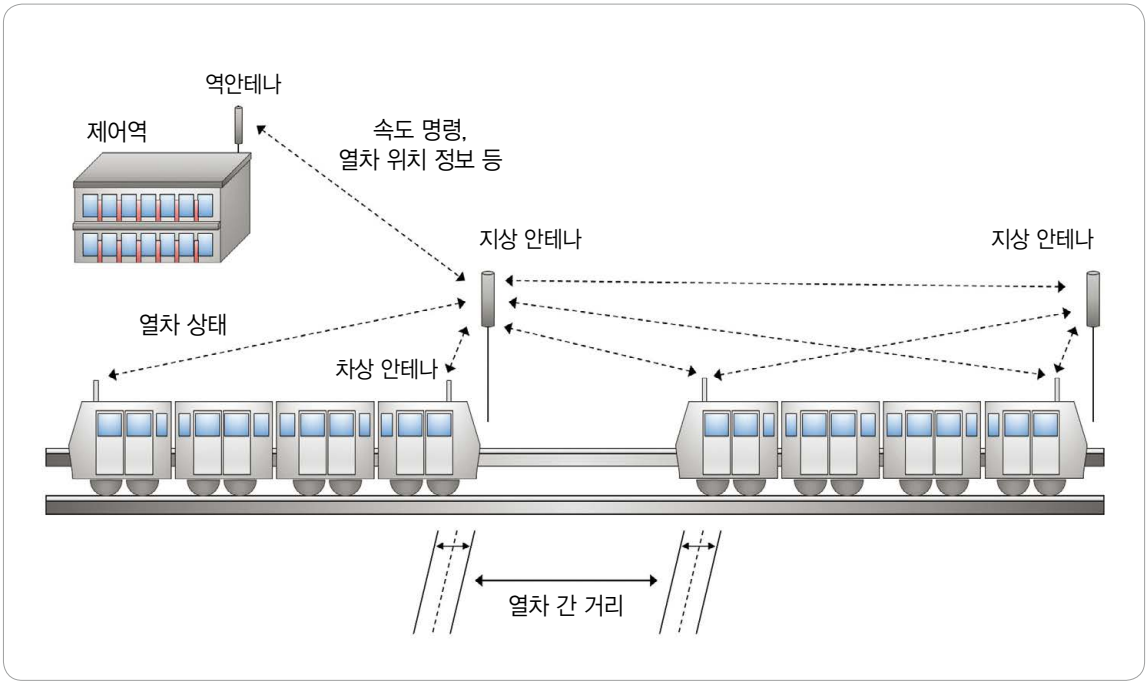
6.3.8 무선통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC, communication-based train control)

최근 들어 도로 교통의 포화 상태에 따른 혼잡 문제로 인해 정시성과 대량 수송 능력을 갖춘 철도 시스템의 효용성이 새롭게 주목되고 있다. 이에 따라 점점 철도 시스템이 차지하는 비중이 증가하면서 새로운 철도 시스템이 요구되어 왔으며, 철도 선진국을 중심으로 새로운 열차제어시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 즉 통신 기술을 이용한 새로운 열차제어 방식에 대한 개발 및 적용이 철도 선진국을 중심으로 활발하게 이루어지고 있으며, 이 결과 궤도회로에 의존하지 않고 무선통신을 이용한 CBTC를 개발하거나 개발 중에 있고, 이를 이용해 이동 폐색(moving block) 시스템 또한 구현하고 있다.

이동 폐색 시스템은 열차 자신의 속도에 따른 제동거리를 열차 스스로가 판단하고 제동하는 방식으로, 열차 간의 거리는 더 이상 폐색구간의 길이에 의해 제한을 받지 않기 때문에 정차 거리가 감소되고, 승객의 열차 대기시간 및 열차 간의 운행 간격이 단축되어 열차 편성 수를 확보할 수 있다. 또한 유지 보수의 측면에서도 열차 점유 상태를 검지하기 위해 매 폐색구간마다 궤도회로를 설치할 필요가 없고, 정보를 전송할 필요가 없기 때문에 지상 설비의 수가 감소되어 유지 보수 비용의 감소로 이어진다.

이동 폐색 시스템은 CBTC 시스템에 의해 구현되며, CBTC 시스템은 다음과 같은 특성을 갖는다.

- 이동 폐색 시스템의 구축
- 지상 장치와 열차 간의 무선을 이용한 인터페이스
- 궤도회로를 사용하지 않음
- 타고메터, 발리스, 유도 루프, RF 기술 등 다양한 열차 위치 확인 방식 사용
- 기존 열차제어시스템과 쉽게 병행 운전 가능
- 지상 신호 설비들의 감소에 따른 유지 보수비 절감



[그림 6-42] CBTC 기본 구성도

(1) 기본 원리

이동 폐색 방식에 있어 열차 간의 간격은 궤도회로로 구성된 고정 폐색구간에 좌우되지 않으며, 각각의 열차는 정지 또는 주행 중인 선행 열차 및 분기점에서의 신호로 구성된 정차 지점을 비교하여 안전한 충돌 방지를 위한 제동 곡선을 계산해 낸다. 이러한 제동 곡선은 어떠한 상황 하에서도 계산된 정차 지점에 도달하기 전에 열차가 정지될 수 있도록 열차에 목표 주행속도 또는 이동 권한을 인가하게 된다.

고정 폐색 방식에 의한 열차제어는 선로가 많은 폐색구간으로 분할되며, 선행 열차가 폐색구간을 완전히 통과하였을 때에만 후속 열차가 그 폐색구간에 진입할 수 있다. 폐색구간의 길이는 최대 허용 속도를 주행할 때 안전 정차 거리를 확보할 수 있도록 결정이 된다.

반면 이동 폐색 방식의 지상 설비는 선행 열차의 위치 및 전방 신호의 상태를 각 열차에 전송하고, 각 열차는 자신의 현재 위치와 속도 정보를 파악하여 이를 지상 설비로부터 열차로 전송된 정보와 비교를 한 후 자신이 주행해야 할 최대 속도를 계산하게 된다. 열차는 이 최대 주행속도에 따른 안전제동거리도 산출해 낸다. 이 안전제동거리는 열차 전방의 고정 또는 이동 장애물과 열차 사이의 거리보다 항상 짧게 된다.

(2) CBTC 기능

CBTC는 기본적으로 열차제어를 위한 ATP(automatic train protection) 기능과 역 정차 등을 위한 ATO(automatic train operation) 기능을 가져야 한다. 그 외에 노선 전체의 운행 상황을 감시 및 제어하기 위한 ATS(automatic train supervision) 기능도 가져야 한다. CBTC는 이 중 ATP 기능은 반드시 가지고 있어야 하며, 나머지 기능은 시스템의 구성에 따라 달라질 수 있다.

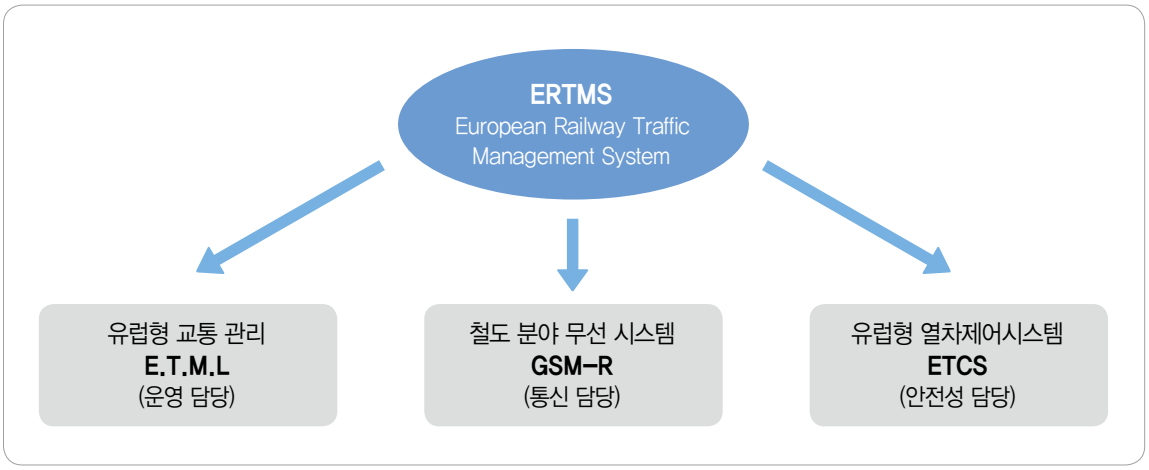
차상 장치와 지상 장치 간의 CBTC 통신 인터페이스는 모든 ATP, ATO 및 ATS 기능을 지원할 수 있어야 한다. 데이터 링크는 CBTC 제어 영역 내에서 연속해서 링크 구성이 되어야 하며, 터널 등 지하 구간에서도 열차 운전을 지원해야 한다. 또한 데이터 링크는 양방향 데이터 전송을 지원해야 한다. 데이터 링크는 열차제어 메시지를 안전하고 적절하게 보안을 유지하면서 전송할 수 있는 프로토콜 구조를 갖는다.

6.3.9 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS)

유럽 각국 철도에서는 열차제어시스템이 서로 달라 인접 국가들 간의 연계 운행에 어려움이 많다. 그래서 ETCS 즉, 유럽열차제어시스템 개발을 위한 컨소시엄을 구성하여 ERTMS 차상 신호 시스템을 개발하였다.

철도 수송을 구체화하기 위한 유럽연합과 국제철도연맹의 지원 하에 ERTMS의 개발은 급속도로 발전하기 시작하였다. 개발의 주목적은 기술적, 경제적, 상업적인 면에 있어서 철도 수송량 취급을 개량하기 위해 각각의 국가에서 사용하는 열차제어 및 안전관련 설비 운영 방법을 통합하는 데에 있다. 그 결과 ERTMS의 개발은 기본적으로 모든 현존하는 유럽 각국의 신호 시스템에서 사용 가능한 상호 호환성(interoperability), 신호 시스템 관련 기술 사양의 표준화에 의한 단일 시장성(single market), 열차 운행상의 안전성(safety), 그리고 에너지 효율성(energy efficiency)에 중점을 두고 진행되었다.

현재 진행 중인 ERTMS(european railway traffic management system)는 열차 운행의 안전성을 필수 조건으로 하는 ETCS(european train control system), ERTMS에서 중점적으로 사용 예정인 무선정보 전송 방식인 GSM-R(global system mobile for railway), 그리고 운영을 주요 목적으로 하는 ETML(european traffic management layer)로 분류된다.



[그림 6-43] ERTMS 기본 구조

(1) ERTMS/ETCS의 특징

유럽의 차세대 열차제어시스템으로 불리는 ERTMS/ETCS는 유럽 철도망에서의 국경 없는 열차 운행에 중점을 두고 개발을 시작하였다. 이의 주요 목적은 신호 시스템과 열차 운행 안전에 기본을 두고 현재 유럽에 존재하는 약 15개의 상이한 신호 시스템을 통합하는 데 있다. ERTMS/ETCS는 유럽 신호 관련 시장 단일화는 물론, 현존하는 신호 시스템 성능에서 요구하는 기본 기술 사양을 표준화함으로써 관련 철도 산업체 간에 공유함으로서 통합된 철도 신호 시장 형성을 목적으로 한다. 이에 따라 ERTMS/ETCS는 현재의 기술 한계와 미래의 가능한 기술 개발 능력(특히 무선통신 시스템)을 고려하여 기능적인 면에 있어서 레벨 1, 레벨 2, 레벨 3으로 분류하여 취급한다.

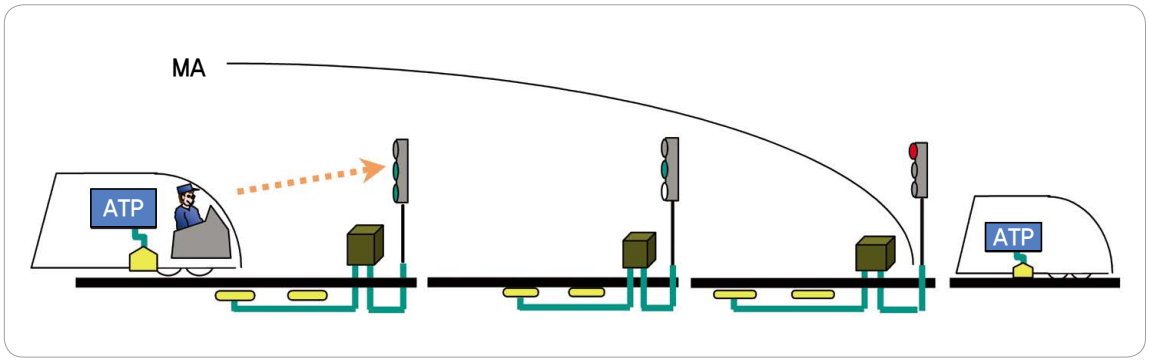
여기서 ERTMS/ETCS는 생산품이 아닌 유럽 통합 열차제어시스템이 보유해야 하는 기본적인 요구 사양을 의미하여, 관련 산업체는 이들 사양에 대한 요구 조건을 충족하도록 제품을 생산해야 할 의무를 갖는다.

[표 6-12] ERTMS/ETCS 레벨 특성

구 분	Level1	Level2	Level3
사용된 폐색 시스템	고정 폐색	고정 폐색	이동 폐색(MBS)
정보 전송 매체	발리스(balise)	무선(radio)	무선(radio)
궤도회로/차축 계수기	필요	필요	불필요
지상 신호기	필요	필요/불필요	불필요

1) ERTMS/ETCS 레벨 1

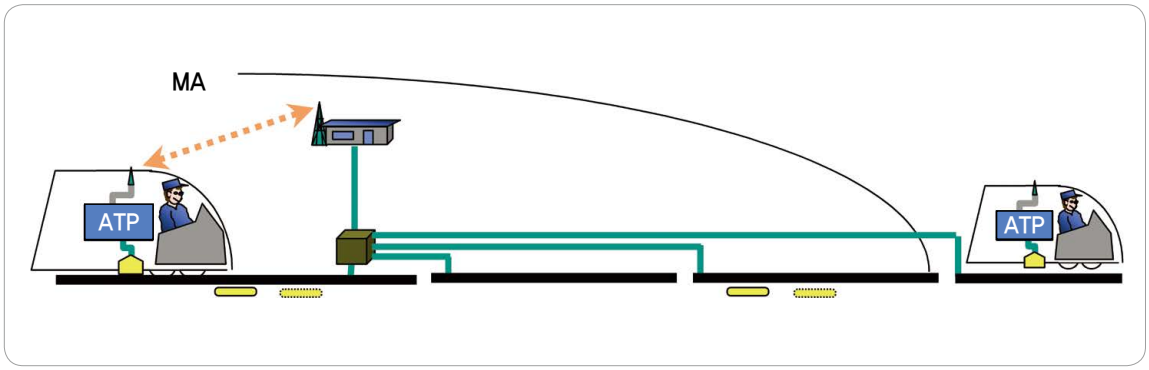
ERTMS/ETCS 레벨 1은 주로 고정 폐색 시스템과 선로 변 신호기에 의존한다. 이는 현존하는 ATP 시스템과 동일한 형태로 특성이 주어짐에 따라 불연속 정보를 전송하는 eurobalise 또는 반연속 정보를 전송하는 euroloop가 열차의 속도 제어를 위해 궤도에서 차량으로 정보를 전송한다.



[그림 6-44] ERTMS ETCS 1단계

2) ERTMS/ETCS 레벨 2

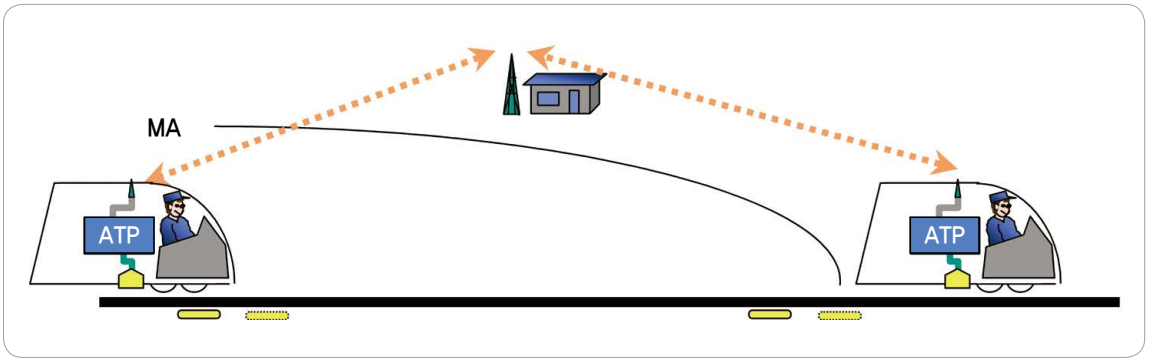
ERTMS/ETCS 레벨 2는 발리스 또는 loop 등과 같은 선로 변 신호기가 아닌 무선에 의해 열차의 속도가 제어된다. 즉 ERTMS/ETCS 레벨 2는 지상과 차량 간의 연속적인 양방향 무선통신과 열차 검지를 위한 불연속 정보 전송을 이용하여 연속적인 열차의 속도 제어 기능을 실행하는데, 이것이 ERTMS/ETCS 레벨 1과의 주요 차이점이다. 단지 기존 신호 시스템의 이중화 시에는 지상 신호기의 사용을 필요로 하지만, 단독적으로 ERTMS/ETCS 레벨 2만을 사용할 경우에는 지상 신호기를 필요로 하지 않는다.



[그림 6-45] ERTMS ETCS 2단계

3) ERTMS/ETCS 레벨 3

ERTMS/ETCS 레벨 3은 기능 면에 있어서 완전한 ATC 기능을 수행함으로써 연속적인 속도 제어를 실행한다. 열차 검지 및 선행 열차와 후속 열차의 열차 간격을 조정하는 기능이 ERTMS/ETCS 레벨 1과 레벨 2에서는 고정 폐색 시스템을 이용하는데 비해, ERTMS/ETCS 레벨 3에서는 이동 폐색 시스템을 사용한다는 것이 주요 특성이다. ERTMS/ETCS 레벨 3은 열차 운행에 연관된 신호 시스템이 완전한 무선방식에 의해 구현됨을 알 수 있다.



[그림 6-46] ERTMS ETCS 3단계

이러한 열차제어시스템의 발전방향은 기존선 및 고속선 철도망에 있어서 최적의 열차 운행 성능 및 안전성을 제공할 수 있음은 물론, 기존 시스템과의 호환성, 국가 간의 열차제어시스템 호환성, 국경 없는 철도 시스템의 건설, 선로 용량의 증대, 그리고 가장 적은 비용의 운영 및 유지 보수를 실행할 수 있을 것으로 기대된다.

특히 ERTMS/ETCS 시스템이 하위 레벨에서 상위 레벨로의 업그레이드가 가능함에 따라 향후 선로 변 설비는 새로운 무선 시스템 관련 설비로 대부분 교체되며 선로 변 설비의 운영 및 유지 보수가 급격히 감소할 것으로 예상된다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 차상 신호 방식의 필요성

– 철도차량을 운전하는 기관사에게만 의존하는 ( )의 단점을 보완하고 기상 악화나 기관사 인적 오류를 방지하기 위한 안전성과 신뢰성 확보가 필요한 시점이 되었다.

– ( )은 안전성과 신뢰성이 확보되어 열차 속도 향상, 선로 용량의 증대에 기여할 수 있다.

2. 구조 및 시스템 종별

– ( )은 열차 운행에 대한 제어를 차상에서 자동으로 실행하는 설비로, 복잡한 도시철도나 고속 열차를 안전하고 효율적으로 운행하기 위해 사용한다.

– 차상 신호제어 방식에는 ( ) 방식인 열차자동제어장치(ATC)와 ( ) 방식인 열차자동방호장치(ATP) 및 ( ) 제어 방식(CBTC)이 있다.

3. 열차 운행 기술 및 종류

– 지상 신호 정보를 차상으로 인터페이스 하는 방법은 ( )를 이용한 방법과 ( ) (지상자 또는 발리스 등)을 사용하는 방법 등이 있다.

– ( ) 폐색 방법인 무선통신을 이용한 열차제어 방법도 개발되었다.

4. 열차자동정지장치(ATS)

– 지상 신호방식은 기관사의 정확한 판단을 중요시한다. 하지만 인적 오류 또는 기상 악화로 인하여 제 기능을 발휘하지 못할 경우를 대비하여 규정 위반 운전 시 열차를 즉시 정차할 수 있도록 한 장치이다.

– ATS 장치는 전철 구간이나 비전철 구간에서 모두 사용되며 3현시에서는 정지신호에서만 동작하는 ( )을 사용하고 있으며, 4현시, 5현시에서는 5가지 신호에 따라 동작하는 ( )으로 차상 장치가 동작한다.

5. 열차자동제어장치(ATC)

– 궤도회로를 이용한 차상 신호 제어장치로 열차의 속도, 선행 열차와의 간격, 진로 상태 등에 따라 ( ) 정보를 차상으로 전송하는 장치이다.

– ATC 장치에는 각 구간의 지상 측 열차 검지 기능, 신호정보 전송 기능, 차상 측 신호정보 수신 기능, 수신 정보에 따른 제한속도와 열차의 현재 속도를 비교하여 차상 장치에서 열차를 ( ) 내로 유지하는 기능 등이 있다.

– ATC 신호는 열차를 검지하는 ( )(TD), 속도 정보를 전송하는 ( ), 차상에서 인식하는 ( )(CAB signal)가 있다.

6. 열차자동운전장치(ATO)

– 열차가 정거장을 출발하여 다음 정거장에 정차할 때까지 가속 및 감속을 조절하고 정거장에 도착 시 정위치에 정차하는 일을 자동적으로 수행한다.

☑ 핵심정리 >>>

– 열차에 출발 신호가 지시되면 자동적으로 가속되고 주행 구간의 규정 속도에 이르면 다시 ( ) 으로 열차를 운행하게 한다.

7. 열차자동방호장치(ATP)

– 궤도회로가 아닌 별도의 ( ) 또는 ( )을 이용하여 열차 운행에 필요한 이동 권한, 제한속도, 구배 등의 정보를 차상으로 전송하는 Distance-to-go 기능에 의한 차내 신호방식이다.

– 차상의 ( )에는 최대 허용 속도(10km/h 단위), 열차 길이, 열차 등급(여객열차, 화물열차, 모터 카, 멀티플 등 열차 종별), 열차의 가속도 및 감속도(m/s) 등을 입력한다.

– 지상에는 제한속도(최대 허용 속도, 목표 속도), 목표 거리(정 지점과의 거리), ( ) 등 선로 Data를 포함한 고정 및 가변 정보를 가지고 있는 ( )를 설치하여 열차 운행 시 차상에서 지상의 정보를 수집, 제동 곡선을 연산하여 열차를 안전하게 방호한다.

– ATP 기능은 과속도 방어(제한속도, 최대 허용 속도), 선행/후행 열차 거리 유지, ( ), 궤도 및 열차 감시, ( ) 등의 기능이 있다.

8. 무선통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC)

– 궤도회로에 의존하지 않고 무선통신을 이용한 CBTC(또는 이동 폐색 시스템(MBS)) 시스템에 의해 구현되며, CBTC 시스템은 다음과 같은 특성을 갖는다.

- ( ) 폐색 시스템의 구축
- 지상 장치와 열차 간의 ( )을 이용한 인터페이스
- ( )를 사용하지 않음
- 타고메터, 발리스, 유도 루프, RF 기술 등 다양한 열차 위치 확인 방식 사용
- 기존 열차제어시스템과 쉽게 ( ) 운전 가능
- 지상 신호 설비들의 감소에 따른 유지 보수비 ( )

9. 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS)

– 유럽은 열차제어시스템이 서로 달라 인접 국가들 간의 연계 운행에 어려움이 많으므로 ETCS 즉, 유럽 열차제어시스템인 ERTMS 차상 신호 시스템을 개발하였다.

– 유럽 각국의 신호 시스템에서 사용 가능한 ( ), 신호 시스템 관련 기술 사양의 표준화에 의한 단일 시장성(single market), ( ), 그리고 에너지 효율성(energy efficiency)에 중점을 두고 개발되었다.

– 열차제어시스템의 발전방향은 기존선 및 고속선 철도망에 있어서 최적의 열차 운행 성능 및 안전성을 제공할 수 있음은 물론, 기존 시스템과의 호환성, 국가 간의 열차제어시스템 호환성, 국경 없는 철도 시스템의 건설, ( ), 그리고 가장 적은 비용의 운영 및 유지 보수를 실행할 수 있을 것으로 기대된다.

7장

전기 설비 일반



7.1 전기철도 일반

7.2 전차선로 설비

7.3 변전 설비

7.4 원격제어장치(SCADA)

7.5 경량전철 전기시스템

7장 전기 설비 일반

7.1 전기철도 일반

학습목표

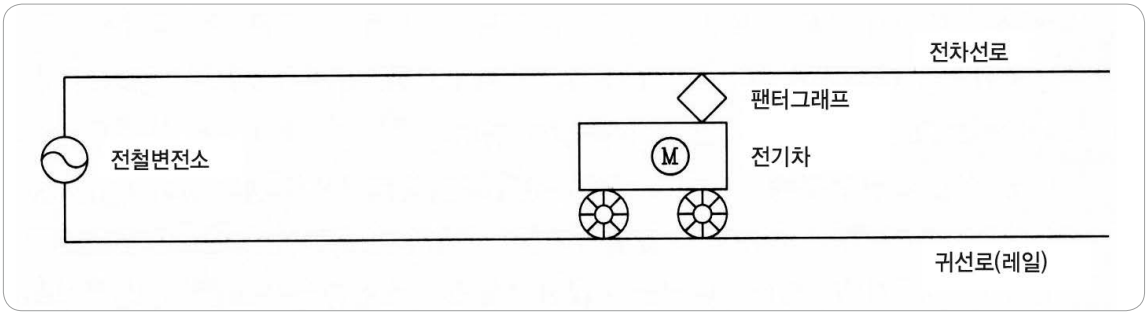
- 전기철도의 개요를 통하여 전기철도의 구성 요소를 설명할 수 있다.
- 전기철도 용어의 정의를 전반적으로 이해하고 설명할 수 있다.
- 세계 및 우리나라의 전기철도 역사를 알고 설명할 수 있다.
- 전기철도의 장 · 단점에 대하여 알고 설명할 수 있다.
- 전기철도를 전기방식, 급전방식에 따라 분류한 내용을 설명할 수 있다.
- 전기철도의 급전계통 구성과, 운용, 분리에 대한 내용을 설명할 수 있다.
- 우리나라 전철망 현황을 그림을 보고 이해할 수 있다.
- 한국철도의 속도 변화에 대하여 그림을 보고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

전철 변전설비, 급전설비, 부하설비, 변전소, 급전구분소, 보조 급전구분소, 단권변압기 급전방식, 직류식 전기철도, 교류식 전기철도, 제3궤조식, 급전계통의 특성, 급전계통의 운용 조건, 급전계통의 분리

7.1.1 전기철도의 개요

전기철도란 전기를 주 동력원으로 하여 차량을 운전하는 철도를 말하며, 아래 그림과 같이 전기차에 필요한 전력으로 변성하여 공급하는 전철 변전소(S/S)와, 전력을 전기차(전기기관차, 전기동차, 고속열차 등)까지 공급하는 전차선로 및 전기차에 동력을 공급한 후 다시 전철 변전소에 되돌려 보내는 귀선로로 구성되어 있다. 여기에서 전기차는 전동기, 즉 부하설비로 취급되므로, 전기철도는 전철 변전설비, 급전설비, 부하설비로 구성되어 있다.



[그림 7-1] 전기철도의 구성

7.1.1.1 전기철도의 정의

철도(鐵道, Railway, Railroad)의 정의를 살펴보면,

> "철도"란 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설과 철도차량 및 이와 관련된 운영 · 지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말한다(근거: 철도산업발전기본법).

철도를 동력 방식으로 분류하면, 증기철도(steam railway), 전기철도(Electric Railway), 내연기관 철도(internal combustion railway)로 분류되며, 전기철도(Electric Railway)는 『전기를 주 동력으로 하는 전기차를 운행하여 여객 및 화물 수송을 하는 철도를 말한다.』라고 정의할 수 있다.

7.1.1.2 전기철도 용어의 정의

(1) "전기설비"라 함은 발전 · 송전 · 변전 · 전철 · 배전 또는 전기 사용을 위하여 설치하는 기계 · 기구 · 전선로 · 보안 통신선로 기타의 설비

(2) "전철설비"라 함은 전기철도에서 송전선로 · 변전설비 · 전차선로와 이에 부속되는 설비를 총괄한 것

(3) "변전소"라 함은 구외로부터 전송된 전기를 구내에 시설한 변압기 · 전동발전기 · 회전변류기 · 정류기 등 기타의 기계 기구에 의하여 변성하는 장소로서, 변성한 전기를 다시 구외로 전송하는 곳

(4) "급전구분소"라 함은 급전 구간의 구분과 연장을 위하여 개폐장치를 시설한 곳

(5) "보조 급전구분소"라 함은 작업 시 또는 사고 시에 정전 구간을 한정하거나 연장 급전할 목적으로 개폐장치를 설치한 곳

(6) "단말 보조급전 구분소"라 함은 전차선로의 말단에 가공 전차선의 전압강하 보상과 유도 장애를 경감하기 위하여 단권변압기를 시설한 곳

(7) “전기 관제”라 함은 원격 감시제어에 의하여 변전소 등의 감시제어와 동시에, 전기설비 전반에 대하여 지시와 통제를 하는 곳

(8) “송전선로”라 함은 발전소 상호 간 · 변전소 상호 간 및 발전소와 변전소 간에 시설된 전선로

(9) “전차선”이라 함은 전기차의 집전장치에 습동 접촉하여 이에 전기를 공급하는 가공전선

(10) “합성 전차선”이라 함은 조가선(강체 포함) · 전차선 · 행거 · 드로퍼 등으로 구성한 가공전선

(11) “가공 전차선”이라 함은 합성 전차선과 이에 부속된 곡선당김장치 · 건널선장치 · 장력조정장치 · 구분장치 · 급전분기장치 · 균압장치 · 흐름방지장치 등을 총괄한 것

(12) “가공 전차선로”라 함은 가공 전차선 및 이를 지지하는 설비(전주 · 비임 · 하수강 · 애자(碍子) · 브래킷 등)를 총괄한 것

(13) “급전선”이라 함은 합성 전차선에 전기를 공급하는 전선

(14) “부급전선”이라 함은 통신유도장애 경감을 위하여 귀선 레일에 병렬로 시설하여 운전용 전기를 변전소로 통하게 하는 전선

(15) “전차선로”라 함은 가공 전차선로 · 급전선로 · 귀선로 및 이에 부속하는 설비를 총괄한 것

(16) “병렬급전”이라 함은 1급전 구간에 2이상의 급전점을 가진 급전방식

(17) “연장급전”이라 함은 2이상의 급전점에서 급전할 수 있는 급전 구간을 1급전점에서 급전하는 방식

(18) “단권변압기”라 함은 교류 전차선로에서 전압강하 및 유도 장애 등을 경감시킬 목적으로 전차선로에 설치하는 변압기

(19) “장력조정장치”라 함은 전차선과 조가선을 한꺼번에 잡아주는 장치와, 전차선 또는 조가선을 각각 잡아주는 장치(자동식 및 수동식 포함)

(20) “이행구간”이라 함은 커티너리(Catenary) 가선 구간과 강체 가선 구간의 접속 구간

(21) “가고”라 함은 합성 전차선의 지지점에서 조가선과 전차선과의 수직 중심 간격

(22) “건식 게이지(Gauge)”라 함은 전주 중심과 궤도 중심과의 직선 이격 거리

(23) “지지물”이라 함은 목주 · 철주 · 강관주 · 콘크리트주 · 철탑 · 전주대용물의 부속 장치

(24) “저압”이라 함은 직류에 있어서는 750V 이하, 교류에 있어서는 600V 이하의 전압

(25) “고압”이라 함은 직류에 있어서는 750V 초과, 교류에 있어서는 600V를 초과하여 7,000V 이하의 전압

(26) “특별고압”이라 함은 고압의 한도를 초과하는 전압

(27) “공해지역”이라 아황산가스 오염도가 기준치(0.05ppm)를 넘는 공해 발생 장소

(28) “염해지역”이라 함은 염수의 침입 및 해풍으로 해안 지역의 식물이나 전기 시설물의 피해 우려가 있는 지역

7.1.1.3 전기철도의 역사

7.1.1.3.1 전기철도의 탄생

전기철도는 1835년 미국의 Tomas Davenport가 전지를 동력원으로 하는 모형 전차를 만들어 일반인에게 관람시킨 것이 최초이며, 이후 1840~1842년까지 영국인 Robert Davidson이 중량 5톤의 전기기관차를 시속 6km로 시운전하였다. 이어서 1850년 미국 Boston의 Hall이 제3궤조 방식 2인승 전기차를 주행시킨 것이 전차선의 최초이며, 1875년 미국 G.F Green이 가공식 전차선 및 궤조귀선 방식을 발명하였다.

7.1.1.3.2 전기철도의 실용화

1879년 독일의 Siemens Halsice 회사가 세계산업박람회에 제3궤조 방식의 직류 150V, 3Hp 2P 직권전동기를 사용하여 시속 12km 20인승 전기기관차를 출품한 후, 1881년 베를린 남부 근교에서 영업을 개시한 것이 전기철도를 최초로 실용화한 것이다.

7.1.1.3.3 우리나라의 전기철도 역사

1899년 5월 4일 미국인 콜브렌(H.Collblen)과 보스트위크(H.D Bostwick) 양인이 조선 왕실의 특별 허가를 받아 서대문~동대문 간에 직류 600V 방식인 노면전차를 처음 운행한 것이 우리나라 전기철도의 시작이라 할 수 있다.

그 후 1931년 경원선(철원~내금강) 116.6km 구간을 직류 1,500V 방식으로 개통하였고, 1937년 경원선 복계~고산 간 53.9km 구간을 직류 3,000V로 전철화하였으며, 1944년 중앙선 단양~풍기 간 23km 구간을 직류 3,000V로 전철화하는 공사를 착수하였으나 한국전쟁으로 중단되고 말았다.

전후(戰後) 우리나라는 경제개발5개년계획의 일환으로 급증된 시멘트 및 무연탄 기타 광석 등의 주요 산업 물자를 수송하기 위하여, 산업선(중앙선, 태백선, 영동선) 전철화를 시작했다. 1969년에 착공하여 1972. 6. 9. 태백선(증산~고한 간) 10.7km 시험 구간을 교류 25㎸ 방식으로 건설한 후, 1973. 6. 20. 중앙선 (청량리~제천 간) 155.2km를 개통하였고, 1973. 6. 20. 태백선(제천~동백산 간) 103.8km를 개통하였으며, 1975. 12. 5. 영동선(철암~북평 간) 61.5km를 개통하였다.

한편, 수도권의 인구 격증으로 인한 도심지 교통난 해소와 도시 기능의 광역화, 도심지 인구의 교

외 분산 및 대량 수송 수단의 확보 방안을 마련하여, 1974. 8. 15. 국철 구간 경인선, 경부선, 경원선 98.6km는 단상교류 25kV AT 방식으로, 지하철 1호선 서울~청량리 간 7.8km는 DC 1,500V로 건설하여 수도권 전철 교통망을 형성하였다.

고속철도의 경우, 2004. 4. 1. 서울~부산 간 398.2km, 2015. 4. 2. 오송~광주 송정 간 183.8km, 2016. 12. 9. 수서~평택 간 61.1km를 개통하여 현재 운행 중에 있다.

7.1.1.4 전기철도의 효과

7.1.1.4.1 수송 능력 증강

철도의 수송 능력은 열차당의 편성 량수와 운전 속도 등에 의해 정해지는데, 일반적으로 전기기관차는 견인전동기의 출력이 커서 급한 구배에서도 높은 속도로 운전이 가능하며, 정차장 간격이 짧은 도시철도 구간의 전동차는 가속도와 감속도가 크므로 고빈도 운전으로 열차 회수를 높일 수 있어 대량 수송이 가능하다.

열차의 견인력은 동륜 점착 계수(U)에 비례한다.

$U \propto \frac{F}{W}$ 〈 F : 견인력, W : 동력차의 중량(kg)〉

일반적으로 디젤기관차의 점착계수는 약 0.25~0.28이며 전기기관차의 점착계수는 약 0.32~0.34이므로 전기차가 약 30%의 견인력이 증가하는 것을 알 수 있다.

7.1.1.4.2 에너지(Energy) 이용 효율 증대

철도 운전 수단별 Energy 이용 효율을 비교하여 보면, 디젤기관차(DL : Diesel Locomotive)와 전기기관차(EL : Electric Locomotive) 간의 에너지 소비율 차이는 약 25% 정도 전기기관차가 에너지 절약 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

[표 7-1] 철도 운전 수단별 에너지 이용 효율 비교

EL 운전			DL 운전		증기 운전	
화력발전소 (송전단)	직류	교류	기관 열효율	30	보일러 열효율	60
	37 (87)	37 (87)				
송전선	90	90	기관차	85	증기 효율	11
전철용 변전소	95	98				
전차선	90	95	전달 효율	80	기관 효율	80
기관차	85	80				
견인에 유효하게 이용되는 에너지	24 (57)	25 (58)		20		5

※ ( )는 수력발전의 경우 (단위 : %)

※ 출처 : 철도에서의 에너지 이용효율 평가방법에 관한 고찰 (2008.11.7.)

7.1.1.4.3 수송 원가 절감

디젤기관차(DL)에 비해 전기기관차(EL)는 내연기관 등 설비가 적어 유지보수 비용이 40% 정도 감소되고, 차량의 내구연한도 2배가 길며 차량 중량도 줄어 궤도 보수 비용도 절감된다. 또한 장거리 운전이 가능하고 회차율이 높아 적은 차량으로 운용이 가능하며, 열차운행 시간 단축으로 승무원 운용 효율을 증대시킬 수 있다. 이러한 수송 원가의 절감이 결과적으로는 경영의 합리화와 수입을 증대시키는 것이기 때문에, 철도의 경영 개선을 가능하게 한다.

☞ 일 열차 km 및 일 승무 km도 EL이 DL의 약 1.7~1.8배

7.1.1.4.4 환경 개선 및 서비스 제공

전기철도는 매연이 없고 소음이 적어서 도시의 심각한 공해 문제를 고려할 때 그 장점이 돋보이는 환경친화적(親和的)인 설비이다. 또한 도시철도 지하 구간의 전철화는 그 특성상 필수적인 것이다.

[표 7-2] 수송수단별 대기오염 비교(단위 수송량 당)

(단위: 배)

전기철도	승용차	화물차	해운	기 타
1	8.3	30	3.3	단위수송량당

※ 출처 : 전기연감 (1997)

7.1.1.4.5 지역 균형 발전

도시 전철은 인구 및 경제활동의 분산, 도심 도로 혼잡도 완화, 지역 주민의 교통 편의 제공 등 도심에 집중된 도시 기능을 외곽 지역으로 적절히 분산 배치하여 도시 전체의 균형적 발전에 기여하고 있다. 그리고 간선 전철은 인접 도시 및 지역 간 대용량 수송 체계를 구축함으로써 원활한 인적, 물적 교류를 통해 균형 있는 경제 발전에 기여한다. 또한 짧은 시간 간격의 고빈도 운전으로 대량 고속 수송이 가능하며, 높은 품질의 교통 서비스를 제공해 준다.

7.1.1.5 전기철도의 장 · 단점

7.1.1.5.1 장점

(1) 국내 에너지 자원의 유효한 이용

석유 에너지에 의존하던 것을 수력발전, 화력발전, 원자력발전으로 전기차 운전용 에너지 자원을 대체 · 활용할 수 있다. 그리고 전기차 운전용 전력은 전력 공급자 측면에서 볼 때 철도가 대용량 사용자이며 연중무휴 야간 전력도 이용하여 발전소의 부하율을 증가시킬 수 있기 때문에, 전기철도는 에너지를 유효하게 이용하므로 국내 에너지 절감에 적극 호응하고 있다.

(2) 동력비 절감

동력차의 효율은 출력 대 입력의 비율로, 전기차는 증기 및 디젤 기관차보다 훨씬 효율이 높으므로 동력비가 절감된다.

(3) 수송력 증강

철도의 수송력은 열차당 편성 량수와 운전 속도에 의해 정해지는데, 전기철도는 견인력이 크고 가 · 감속 특성이 좋고 점착 성능이 우수하며, 고빈도, 고속 운전이 필요한 구간과 곡선 구간에서 높은 평균속도를 얻을 수 있어 운전 시간을 단축하므로, 디젤기관차 운전보다 약 30% 이상 수송력을 증강시킬 수 있다.

(4)서비스 향상

전기차 운전은 매연과 소음이 없고, 열차 속도가 빨라서 열차 운행 횟수를 늘릴 수 있어 철도 이용객에게 고품질의 서비스를 제공할 뿐만 아니라, 대도시의 인구 분산과 도시 발전을 위해 전 국토에 친환경 철도를 구축할 수 있다.

(5) 차량 및 설비의 보수비 절감

전기차는 내연기관이 없으므로 보수 유지비가 절감되며, 축중도 줄어 궤도 유지 보수비도 절감된다.

(6) 전기차는 속도 제어를 임의로 할 수 있고, 1인의 기관사가 수량의 편성 열차를 집중적으로 제어가 가능하여, 운전과 취급이 간단하다.

7.1.1.5.2 단점

(1) 초기 투자비의 증가

전기철도는 송전선로, 변전소, 급전선로 및 전차선로 등의 시설물을 설치하여야 하므로 초기 투자비가 소요되며, 시설물의 유지 보수비가 추가된다.

(2) 전식(전기적인 부식)과 통신유도장애

전기철도는 궤도가 전기적인 회로로 이용되므로, 직류방식의 경우에 누설전류에 의한 수도관 등 지중 금속 관로에 전식을 일으켜 선택배류기나 강제배류기를 설치하여 전식을 방지하여야 한다. 교류 방식은 통신선에 대한 유도 장애가 발생하므로, 차폐선을 설치하는 등 기술적인 대책이 필요하다.

(3) 지장물의 개량이 필요

전기차는 전차선에서 전력을 공급받으므로 역사, 터널, 선로 횡단 등 시설물의 건축한계 부족으로 인한 이격 거리 확보가 필요하여, 기존선을 전철화 할 때 지장물의 개량이 필요하다.

[표 7-3] 한국철도공사의 전철 · 전력 설비 현황

• 송 · 변전 설비 2020. 1. 1. 기준

구 분		단 위	계	일반 철도	고속철도	비고
변전소(SS)	직 류	개소	5	5	–	
	교 류	〃	56	43	13	
급전 구분소(SP)		〃	66	51	15	
보조 급전 구분소(SSP)		〃	157	155	2	(ATP, TP 포함)
병렬 급전소(PP)		〃	41	–	41	〃
급전 제어소(CC)		〃	1		1	철도교통관제센터
송전선로 (연장)	가공	km	173.4	610.3	173.4	
	지중	〃	204.4	595.5	204.4	
	계	〃	1,205.8	1,205.8	377.8	

• 전차선로설비

구 분	단위	계	일반 철도	고속철도	비고
전철 거리	km	2,990.1	2,332.8	657.3	전철화율 72.1% 철도 거리 4,146.2km
전차선 가선 거리	km	9,059.3	7,353.5	1,705.8	

• 전력설비

구 분		단위	계	일반 철도	고속철도	비고
배전 선로	가선 거리 (영업 거리기준)	km	6,188.1	4,924.9	1,263.2	
	가선 연장		18,564.3	14,774.7	3,789.6	
수전 변전실		개소	148	130	18	본사 사옥
비상 발전기 (100kW이상)		대	19	14	5	본사 사옥

7.1.2 전기철도의 분류

전기철도(Electric railway)의 형태는 크게 나누어 전기방식, 급전방식, 가선방식, 조가방식 등에 따라 분류하고 있다.



7.1.2.1 전기방식에 의한 분류

전기방식을 크게 나누면 직류 전기철도와 교류 전기철도로 나눌 수 있으며, 교류방식은 상별, 주파수별, 전압별로 분류된다.

7.1.2.1.1 직류식 전기철도

직류식 전기철도는 전압을 직류로 사용하며, 3상으로 수전된 교류를 전철용 변전소에서 직류로 변환시킨다. 교류를 직류로 변환시키는 설비로는 회전변류기, 수은정류기. 실리콘정류기를 사용하고 있다. 직류 사용 전압으로는 600V, 750V, 1,500V, 3000V 등이 사용되고 있으나, 절연 문제와 정류 문제로 DC 1,500V 방식을 가장 많이 사용하고 있다. 우리나라 지하철은 DC 1,500V 방식, 경량 전철은 DC 750V을 사용하고 있고, 직류 전기철도는 세계 전기철도의 약 43%를 점유하고 있다.

(1) 직류방식의 장점

1) 직류 직권전동기의 특성이 전철용으로 가장 적합하다.
2) 철도 연변의 통신선에 대한 전자유도장애가 없다.
3) 전압이 낮아 절연이 용이하다.
4) 신호 궤도회로에 교류 사용이 가능하다.
5) 활선작업이 용이하다.

(2) 직류 방식의 단점

1) 정류 장치가 필요하여 변전소의 건설비가 높다.
2) 전압이 낮으므로 전류가 커서 전차선, 급전선의 건설비가 높다.
3) 전압강하 방지를 위하여 변전소 수를 증가시켜야 한다.
4) 귀선로의 누설전류에 의한 지하 금속 관로에 대한 전식의 피해가 크다.
5) 운전 전류가 커서 사고 전류의 선택 차단이 곤란하다.
6) 보호 방식이 복잡하다.

7.1.2.1.2 교류식 전기철도

교류식은 상별, 주파수별, 전압별로 분류된다.

1889년 스위스에서 처음으로 3상 2선식 42Hz 750V의 교류 전철이 시작되었다. 최근에는 상용 주

파수 50Hz, 60Hz 25kV 교류식 전철이 소련(러시아), 프랑스, 영국, 인도, 일본, 중국에서 널리 보급되었으며, 일본에서는 20kV 방식이 공급되다가 신간선부터 25kV 방식이 도입되었다. 교류 전기철도를 사용하는 나라는 세계 전기철도의 약 57% 정도이다.

[표 7-4] 전기방식의 분류

전기 방식	전압 종별
직류식	600V, 750V, 1,500V, 3,000V
단상교류식	16 2/3Hz : 11kV, 15kV 25Hz : 6.6kV, 11kV 50Hz : 6.6kV, 16kV, 20kV, 25kV 60Hz : 25kV
3상 교류식	16 2/3Hz : 3.7kV, 6kV 25Hz : 6kV

(1) 교류방식의 장점

1) 집전 전류가 적고 가벼운 팬터그래프를 사용하므로 집전이 용이하다.
2) 차내에서 임의로 교류 전원을 얻을 수 있다.
3) 점착 성능이 우수하다.
4) 사고 시 급전 차단이 확실하다.
5) 건설비가 적게 든다.
6) 전식의 피해가 없다.

(2) 교류 방식의 단점

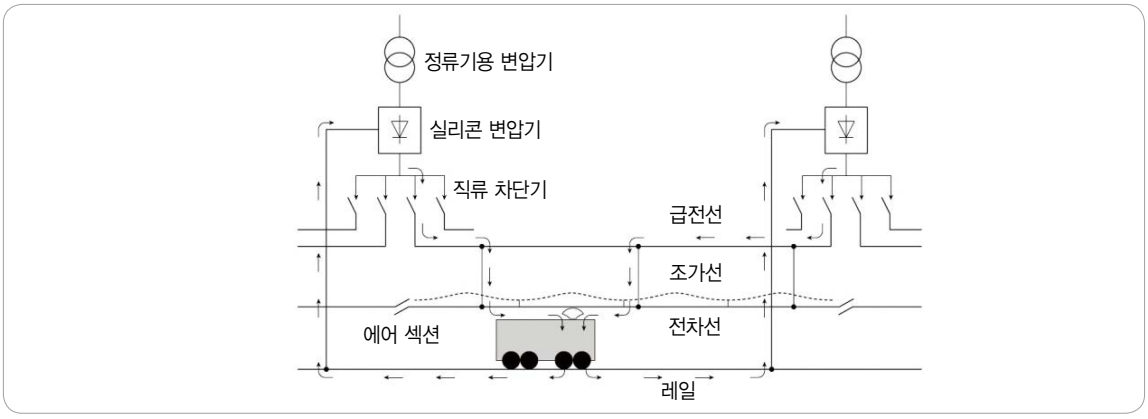
1) 급전 전압이 높아 절연도가 높아야 하므로 절연비가 고가이다.
2) 차량에 변압기와 정류기가 탑재되어야 하므로 차량이 복잡하다.
3) 통신선로에 대한 유도장애 대책이 필요하다.
4) 3상을 단상으로 변환하므로 전압의 불평형이 발생한다.
5) 보호방식이 복잡하다.

7.1.2.2 급전방식에 의한 분류

7.1.2.2.1 직류 급전방식

(1) 병렬 급전방식

직류 급전방식은 양측 변전소로부터 급전하는 병렬 급전방식이 표준이며, 전류용량 증대 및 전압강하 보상을 위하여 전차선과 병렬로 급전선을 설치하고 레일을 귀선으로 이용한다.



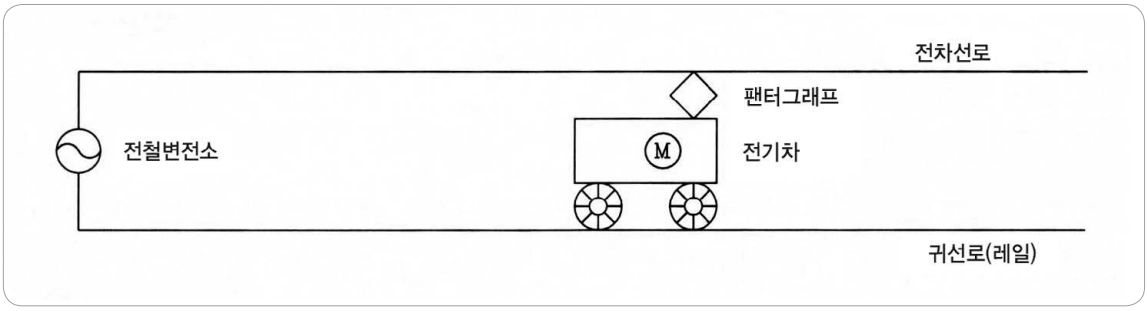
[그림 7-2] 직류 급전방식(병렬급전)

※ 자료 : 한국철도기술연구원 블로그 (https://blog.naver.com/krriblog/221356770315)

7.1.2.2.2 교류 급전방식

(1) 직접 급전방식(Simple Feeding System)

가장 간단한 급전 회로로 전차선로를 구성하는 방법은 전차선과 레일만으로 구성하는 것과 레일과 병렬로 별도의 귀선(歸線)을 설치하는 것으로 2가지 방법이 있다. 이 방식은 회로 구성이 간단하기

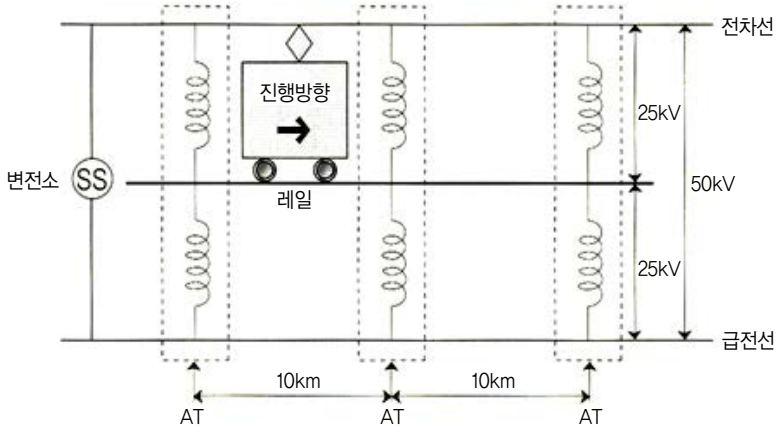


[그림 7-3] 직접 급전방식

때문에 보수가 용이하며 경제적이지만, 전기차 귀선 전류가 레일에 흐르므로 레일에서 대지 누설전류에 의한 통신 유도 장애가 크고 레일 전위가 다른 방식에 비해 크다는 단점이 있다.

(2) 단권변압기 급전방식(AT 급전방식)

AT(Auto-Transformer) 급전방식은 급전선과 전차선 사이에 약 10km 간격으로 AT를 병렬로 설치하여 변압기 권선의 중심점을 레일에 접속하는 방식으로, 권선비는 1:1이며, 대용량 열차 부하에서도 전압 변동, 전압 불평형이 적어 안정된 전력 공급이 가능하므로 고속 전철에서도 이 방식을 채택하고 있다. 레일에 흐르는 전류는 차량을 중심으로 크기는 같지만 각각 반대 방향의 AT 쪽으로 흐르기 때문에, 근접 통신선에 대한 유도장애가 적다는 장점이 있다.



[그림 7-4] 단권변압기 급전방식

※ 자료 : 철도산업정보센터 철도상식 – 통신선에 생기는 잡음은 AT방식으로 간단히 해결 –

7.1.3 전기철도의 급전계통

7.1.3.1 급전계통의 구성 및 특성

7.1.3.1.1 급전계통의 구성

전철 급전계통이란 변전소로부터 급전 거리, 전압강하, 사고 시의 구분, 보수 등을 고려하여 전차선로를 적당한 구간으로 나누어 급전, 정전이 가능하도록 한 전기적인 계통 구성을 말한다. 급전 계통은 전압강하, 사고 시의 구분, 보호계전기의 보호 범위 및 가선 범위 등과 관련하여 전철화 계획

시 고려되어야 할 중요한 요소들 중의 하나이다.

7.1.3.1.2 급전계통의 특성

전철 급전계통은 동력원인 전기가 정전되면 열차 운행이 정지되므로 고(高)신뢰도, 고(高)안정도의 전원 설비가 요구되며, 전철 부하는 차량의 특성상 기동, 정지가 빈번하게 반복되고 그 위치가 이동하기 때문에 부하의 크기 및 시간적 변동이 극히 심한 것이 특징이다.

7.1.3.2 급전계통의 운용 및 분리

7.1.3.2.1 급전계통의 운용 조건

열차를 안전하고 신속하며 확실하게 운행하게 하기 위해서는 전차선 전압이 차량의 운전에 영향을 주지 않는 일정한 범위를 유지하여야 하고, 전류용량이 차량 부하에 충분히 견딜 수 있도록 하여야 한다.

7.1.3.2.2 급전계통의 분리

(1) 급전별 분리

급전별 분리는 인접 변전소와 상호 계통 운전을 원칙으로 하고, 각 변전소별로 전압 위상별, 방면별, 상하선별로 구분하여 급전할 필요가 있다.

(2) 본선 간의 분리

본선 간의 분리는 동일 계통 급전 구간에 사고 발생 시, 해당 구간을 분리하고 급전할 수 있도록 급전구분소(SP) 및 보조 급전구분소(SSP)를 두어 구분한다.

(3) 본선과 측선의 분리

주요 역 구내에서는 사고 시 사고 구간의 단선 운전 또는 도중 운전 중지 등을 할 필요가 있기 때문에, 주요 역 구내의 전차선을 분리하여 상하선별 다른 급전 계통으로부터 상호 급전이 가능하도록 하거나, 측선에서 사고 발생 시 본선과 분리하여 열차 운행을 할 수 있도록 하는 것이다.

(4) 차량 기지와 본선과의 분리

전동차 및 전기기관차의 차량기지에서는 수많은 열차가 대기 및 정비를 하고 있기 때문에, 본선 계통의 사고에 의한 구내의 검수 등에 영향을 받는다. 따라서 본선으로부터 분리하여 별도의 급전을 할 필요가 있다.



[그림 7-5] 전기철도 급전계통도

※ 자료 : 한국철도공사 제공

7.1.4 한국철도의 속도 변화

한국철도의 속도 변화를 살펴보면, 1899년 증기기관차(모갈)가 50km/h를 시작으로, 1986년도에는 디젤기관차와 새마을 동차가 150km/h로 열차의 운행 속도를 향상시켰으며, 2004년에는 서울~부산 간 경부고속철도가 개통되면서 최고 속도 330km/h로 주행하여 전국을 반나절 생활권으로 만들었다. 이로써 지역 사회의 균형적인 발전을 도모하고 국민의 삶의 질을 높이게 되는 등 한국철도의 속도 혁명을 이루었다.

2009년에는 한국형 고속철도(산천 HSR-350X) 차량을 개발하여 호남선과 경부선에 운행을 시작하였으며, 2013.3.28. 차세대 고속 열차인 HEMU-430X를 호남선 일부 구간에서 최고 속도 421.4km/h로 주행(시운전)하는 데 성공하였다.



[그림 7-6] 한국철도의 속도 변화

☑ 핵심정리

1. 전기철도는 ( ), 급전설비, ( )로 구성되어 있다.
2. 우리나라의 전기철도는 1899. 5. 4 서대문 ~ 동대문 간에 직류 600V 방식인 노면전차를 처음 운행한 것이 전기철도의 시작이라 할 수 있다.
3. 전기철도의 효과로는 ( ), 에너지 이용 효율 증대, 수송 원가 절감, 환경 개선, ( ) 등이 있다.
4. 전기철도의 전기 방식은 ( )와 ( )로 나눌 수 있으며, 교류 방식은 상별, 주파수별, 전압별로 분류된다.
5. 단권변압기(AT) 급전 방식은 급전선과 전차선 사이에 약 ( ) 간격으로 AT를 ( )로 설치하여 변압기 권선의 중심점을 레일에 접속하는 방식이다.
6. ( )는 차량의 특성상 기동, 정지가 빈번하게 반복되고 그 위치가 이동하기 때문에 부하의 크기 및 시간적 변동이 극히 심하다.

7.2 전차선로 설비

학습목표

- 전차선로의 가선 설비와 부속하는 설비의 특징과 구성에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 전차선로 가선방식인 가공식과 강체식, 제3궤조식에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 가공 전차선로의 조가방식에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 강체조가방식인 R-Bar와 T-Bar에 대한 구성도를 보고 이해하고 설명할 수 있다.
- 전차선로의 지지물인 전철주와 가동브래킷 등의 역할에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 교류 가공 전차선로의 주요 설비에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 직류 가공 전차선로의 주요 설비에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 전차선로와 열차 운전에 대하여 표지류와 절연구간에서의 운전 취급 방법 대하여 설명할 수 있다.

[핵심용어]

가공 단선식, 강체식, 제3궤조식, 심플 커티너리조가방식, T-Bar, R-Bar, 가동브래킷, 평행틀, 하수강, 전차선(높이, 편위, 구배, 가고, 경사), 건널선장치, 장력조정장치, 구분장치(에어섹션, 에어조인트), 이상 절연구분장치, 이중절연방식), 절연구간(교-직, 교-교), 표지류(예고표, 타행표, 구분표, 역행표, 가선종단표, 팬터내림예고표, 팬터내림표)

7.2.1 전차선로의 개요

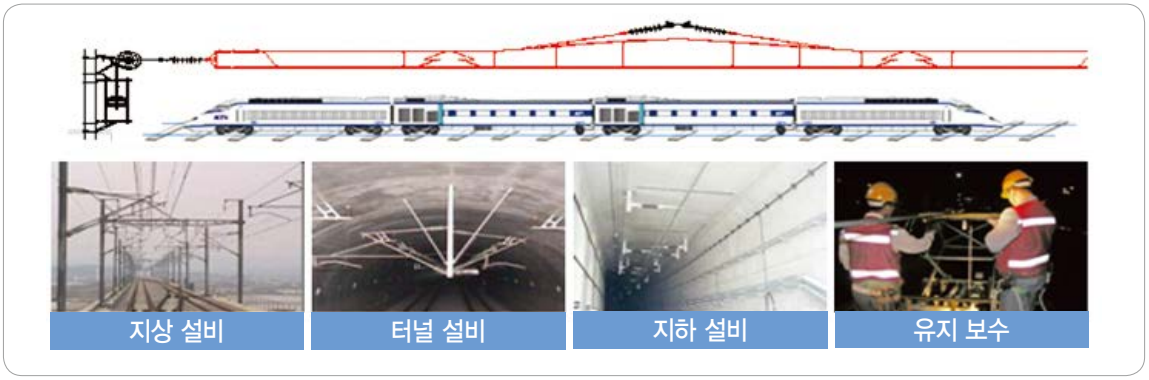
"전차선로"라 함은 가공 전차선로 · 급전선로 · 귀선로 및 이에 부속하는 설비를 총괄한 것을 말하며, 집전장치를 통하여 전기차에 전력을 공급하기 위한 설비이다.

7.2.1.1 전차선로의 특징

전차선은 전기차의 팬터그래프에 동력을 전달하는 설비로, 신뢰도가 높고 공공성이 강하며, 전기차의 운전에 따라 부하점이 이동하는데 그 부하는 급격한 변동을 수반한다. 또한 전기차의 팬터그래프와 전차선은 불완전 접촉 상태이고, 레일을 귀선(-)으로 하는 1선 접지 회로로 구성되어 있으며, 예비 선로가 없어 열차 운행 선로에서 사고 및 장애 시 열차 운행에 직접적인 영향을 주게 된다.

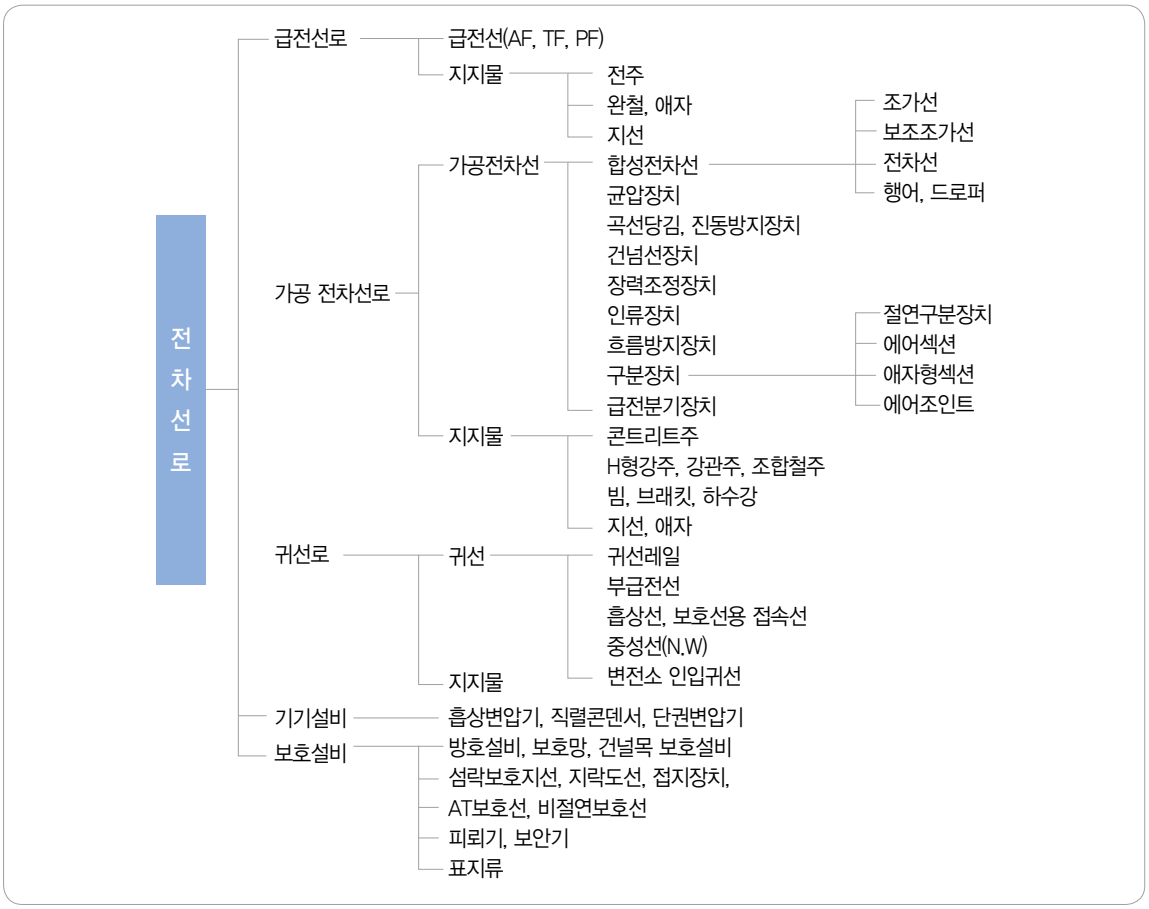
7.2.1.2 전차선로 시스템과 구성

7.2.1.2.1 전차선로의 시스템



[그림 7-7] 전차선로 시스템

7.2.1.2.2 전차선로의 구성



[그림 7-8] 전차선로의 구성

7.2.2 전차선로 가선 방식

전기차에 전원을 공급하는 전차선의 가선 방식에는 전기를 급전하는 방식에 따라 가공식과 제3궤조식이 있으나 철도의 건설기준에 관한 규정에서 가공 전차선의 가선 방식은 가공 단선식인 심플 커티너리(Simple Catenary)방식 또는 강체 가공방식으로 설치하도록 되어 있다.

7.2.2.1 가공식

(1) 가공 단선식

궤도 상부에 1조의 가공 전차선을 설치하고 전철 변전소로부터 전차선에 전원을 급전하며, 전기차는 상부에 설치된 팬터그래프에 의해 전차선과 접촉하여 전기차 모터에 전원을 공급하고 주행 레일을 귀선로로 하여 남은 전력을 변전소로 귀환하는 방식이다.

가공 단선식은 가장 대표적인 전차선로 가선 방식으로 직류, 교류 전기철도에 널리 사용하는 방식이다. 귀선로로 레일을 사용하는 1선 접지 회로로, 직류에서는 누설전류에 의해 전식이 발생하며 교류에서는 통신유도장애가 발생하므로 이에 대한 대책이 필요하다.

(2) 가공 복선식

궤도 상부에 대지와 전선 상호 간에 절연된 2조의 가공 전차선을 설치하고, 전기차는 2조의 팬터그래프에 의해 집전하는 방식이다. 전차선로 구조가 복잡하고 건설비가 높아, 노면전차 및 무궤조인 트롤리버스(Trolly bus) 등에 사용하고 있다.

7.2.2.2 강체식

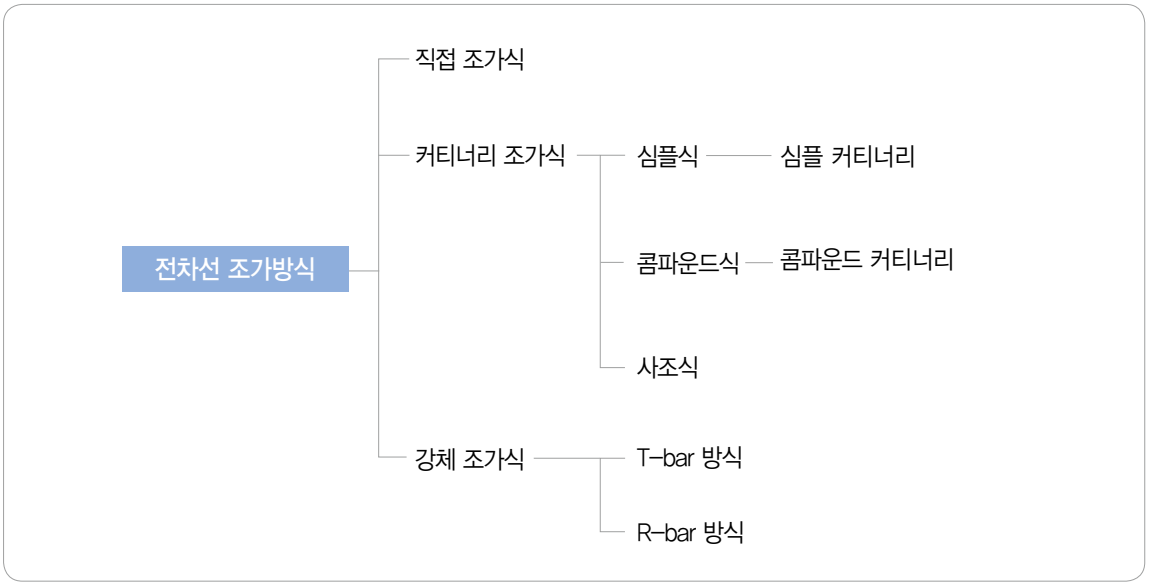
지하 구간에 적합하도록 개발된 도시 지하철 구간의 대표적인 방식이다. 강체 전차선을 강체에 완전히 일체 시켜서 고정한 것으로, 터널 등의 천장에 애자를 달아메고 측면에 브래킷을 연결하여 여기에 강체 전차선을 조가하는 방식이다.

7.2.2.3 제3궤조식

주행용 레일 측면에 설치된 제3레일로부터 전기차에 전원을 공급하고, 귀선으로 주행 레일을 사용하는 방식이다. 지지 구조가 간단하고 가공 설비가 필요하지 않아 터널 단면적을 적게 할 수 있어 우리나라에서는 DC 750V를 사용하고 있다.

7.2.3 가공 전차선의 조가방식

전차선(Contact wire)을 지지하는 방법에 따라 직접조가(弔架)방식, 커티너리(현수)조가방식, 강체 조가방식으로 나눈다. 직접조가방식은 조가선을 설치하지 않고 직접 전차선을 가선하는 방식으로 저속 주행하는 역 구내 측선이나 노면전차 등에 사용되고, 우리나라에서는 커티너리조가방식을 주로 사용하고 있으며, 터널 구간 등에서는 강체조가방식을 사용한다.



[그림 7-9] 가공 전차선 조가방식

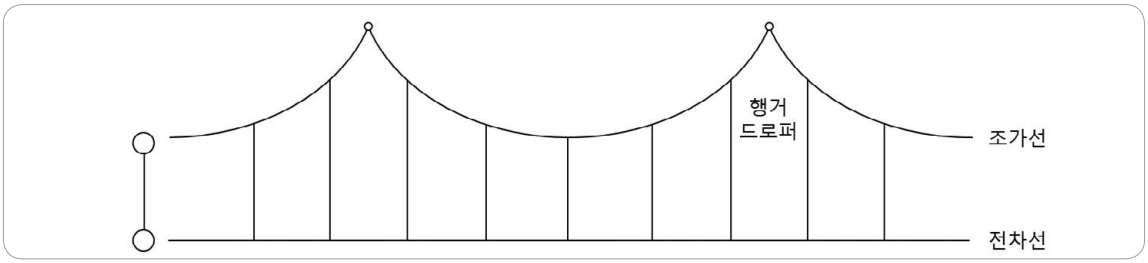
7.2.3.1 커티너리(Catenary) 조가식

7.2.3.1.1 심플 커티너리(Simple Catenary)조가방식

조가선과 전차선의 2조로 구성되어 있고, 조가선에서 행거(Hanger)나 드로퍼(Dropper)로 전차선이 궤도면에 평행하게 조가된 구조의 조가방식이다. 이 방식은 커티너리 조가방식의 가장 기본적이고 대표적인 것으로, 110km/h 정도의 중속도용으로 우리나라 지상 전철 구간의 전차선 방식으로 채택하고 있다. 이 방식은 드로퍼의 간격을 조정하고 장력을 크게 하는 등 설비를 일부 보완하여 300km/h 이상 고속 운전에 사용되고 있다. 또한 심플커티너리조가방식의 장력과 전선의 단면적을 크게 한 것을 '헤비심플커티너리(Heavy Simple Catenary)'라 한다.

우리나라에서는 강체 조가식을 설치한 지하 구간 등을 제외하고, 본선 및 부본선은 헤비심플커티

너리방식(차량 기지 및 측선과 건널선은 심플커티너리방식)을 사용하고 있다.



[그림 7-10] 심플 커티너리 조가방식

7.2.3.2 강체 조가식

커티너리 방식으로는 터널의 단면적이 커질 수밖에 없기 때문에 지하철 등에서는 강체 조가방식이 사용된다. 터널 천장에 알루미늄합금제의 T-bar를 애자에 의해 지지시켜 놓고, 이 아랫부분에 알루미늄제 이어(Ear)에 의해 전차선을 연결 고정한다. 알루미늄합금제인 T-Bar가 급전선을 겸하면서 단선의 위험이 없고 터널의 높이를 낮게 할 수 있는 것이 최대의 장점이다.

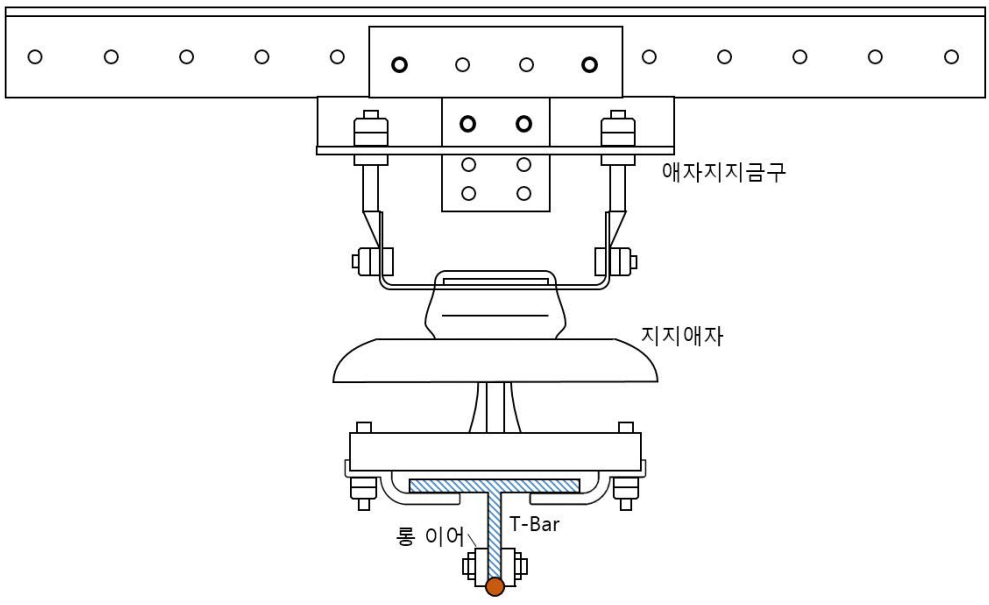
최근 건설된 과천선과 분당선, 신분당선에는 지하 구간에 교류 25,000V 방식으로 건설하면서 강체 조가방식 중에서도 R-bar 방식을 채택하였다. 이 방식은 지하 구간을 기존의 교류 25,000V 방식으로 시공할 경우, 지지물과 이격 거리 확보가 곤란한 것을 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 전차선 지지점 간격이 T-bar에 비해 2배이며 자동 가선 도르래를 이용하여 가선할 수 있어 시공상 예산을 절약할 수 있다는 장점이 있다.

7.2.3.2.1 강체 가선방식의 특징

(1) 전차선이 강체(Bar)와 일체가 되어 커티너리 가선과 같이 단선 사고의 위험이 없다.
(2) 건널선 등 교차 개소에서 팬터그래프가 전차선에 끼이지 않는다.
(3) 전차선의 압상(壓上)이 거의 없으며, 터널의 단면적을 적게 할 수 있다.
(4) 곡선당김장치나 진동방지장치가 필요 없다.

7.2.3.2.2 T-Bar 방식

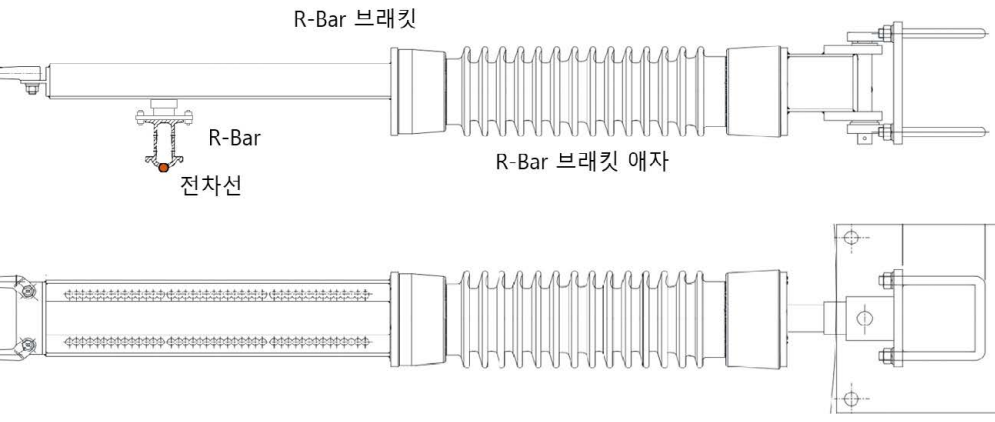
우리나라 지하철에 사용하는 T-Bar 방식은 T-Bar의 표준길이를 10m로 하여 2,100㎟ 알루미늄 합금 압출형제를 사용하고 아랫면에 롱이어(Long ear)에 의해 전차선을 볼트로 지지하는 방식이며 5m 간격으로 애자지지금구에 고정되어 있다.



[그림 7-11] T-Bar 방식

7.2.3.2.3 R-bar 방식

교류 방식의 지하 구간에 사용하고 있는 R-bar의 표준 길이는 10m이고 단면적은 2,214㎟로, 가선 도르래를 이용하여 자동으로 R-bar에 전차선을 삽입하는 가선 방식이다. 시공이 간단하고 가선 시간을 단축할 수 있다. R-bar의 지지 간격은 10m로 R-bar 브래킷에 의해 지지되며 과천선, 분당선, 신분당선 AC25kV 지하 구간에 사용되고 있다.



[그림 7-12] R-Bar 방식

7.2.4 전차선로의 구조물

7.2.4.1 개요

가공 전차선, 급전선, 귀선, 보호선 및 그 부속물을 지지하고 있는 설비 전체를 전차선로의 지지물이라 한다. 지지물을 구성하고 있는 주요 설비는 전주, 전주기초, 비임, 가동브래킷, 지선, 완철, 하수강, 평행틀, 전주방호설비 등이다. 이들은 가공 전차선과 강도 협조, 수명 협조가 이루어져야 하며, 내부식성이 우수하고 내구연한이 길고 열차의 진동에 풀림이 없어야 하며, 경제성과 유지 보수성, 시공성, 편리성, 안전성, 취급성 등을 고려하여 설치하여야 한다.

7.2.4.2 전주의 표준 경간

커티너리식 가공 전차선로 지지물의 표준 경간은 전차선로 속도 등급이 300킬로급 이상은 65m이하(터널 50m)로 하고 250킬로급 이하는 다음 표에 의하고, 인접하는 경간의 차는 10m 이하로 한다. 다만 부득이한 경우, 20m로 할 수 있다.

[표 7-5] 곡선반경에 따른 경간

곡선 반경(m)	경간(m)
곡선 반경 2,000 초과	60
곡선 반경 1,000초과 ~ 2,000까지	50
곡선 반경 700초과 ~ 1,000까지	45
곡선 반경 500초과 ~ 700까지	40
곡선 반경 400초과 ~ 500까지	35
곡선 반경 300초과 ~ 400까지	30
곡선 반경 200초과 ~ 300까지	20

(1) 터널 브래킷의 설치 표준 경간은 20m(강체 가선 방식의 경우 10m이하) 이하를 원칙으로 한다.
(2) 커티너리 가선 구간의 터널 입 · 출구의 경간은 20m를 표준으로 한다.
(3) 승강장, 화물 적하장 등에 건식하는 전주는 홈의 연단에서 1.5m 이상 이격한다.
(4) 자동차 등이 통과하는 건널목에 인접하는 전철주는 건널목 양단에서 5m 이상 이격한다.
(5) 인류주 등 차막이 후방에 건식하는 전주는 10m 이상 이격한다.

7.2.4.3 전철용 전주

7.2.4.3.1 콘크리트주(PC)

전차선로에 사용하는 콘크리트주는 원심력을 이용한 철근 콘크리트주를 사용하고 있으며, 우리나라 전철화 초기에 사용하였으나 최근에는 철주를 주로 사용하고 있다.

7.2.4.3.2 철주

(1) 조합 철주

조합 철주는 주재는 ㄱ형강을 사용하고 사재에는 ㄱ형강 또는 평강을 사용하는 4각 철주와, 인류개소 등에 ㄷ형강을 사용하고 사재는 ㄱ형강 또는 평강을 사용하는 인류용 챤넬주 등이 있다.

(2) 강관주

강관주는 중량이 가볍고 미관이 좋으며, 최근에는 콘크리트주 대용으로 사용하고 있다.

(3) H형강주

H형강주는 단일재로 제작이 용이하고 시공이 간편하여 최근 전철주로 가장 많이 사용하고 있다. 그러나 비틀림 현상이 있으므로 주의가 필요하다.

7.2.4.3.3 전주의 안전율

(1) 철근 콘크리트주는 파괴하중에 대하여 2이상

(2) 철주는 소재 허용응력에 대하여 1이상

(3) 목주는 신설 시에 있어서 파괴하중에 대하여 3이상

7.2.4.4 가동브래킷

가동브래킷은 조가선과 전차선이 온도 변화에 의하여 신축함으로써 생기는 전선의 이동에 따라 동시에 그 방향으로 이동할 수 있는 구조로 되어 있으며, 장간애자에 의해 전주와 절연되어 있다.

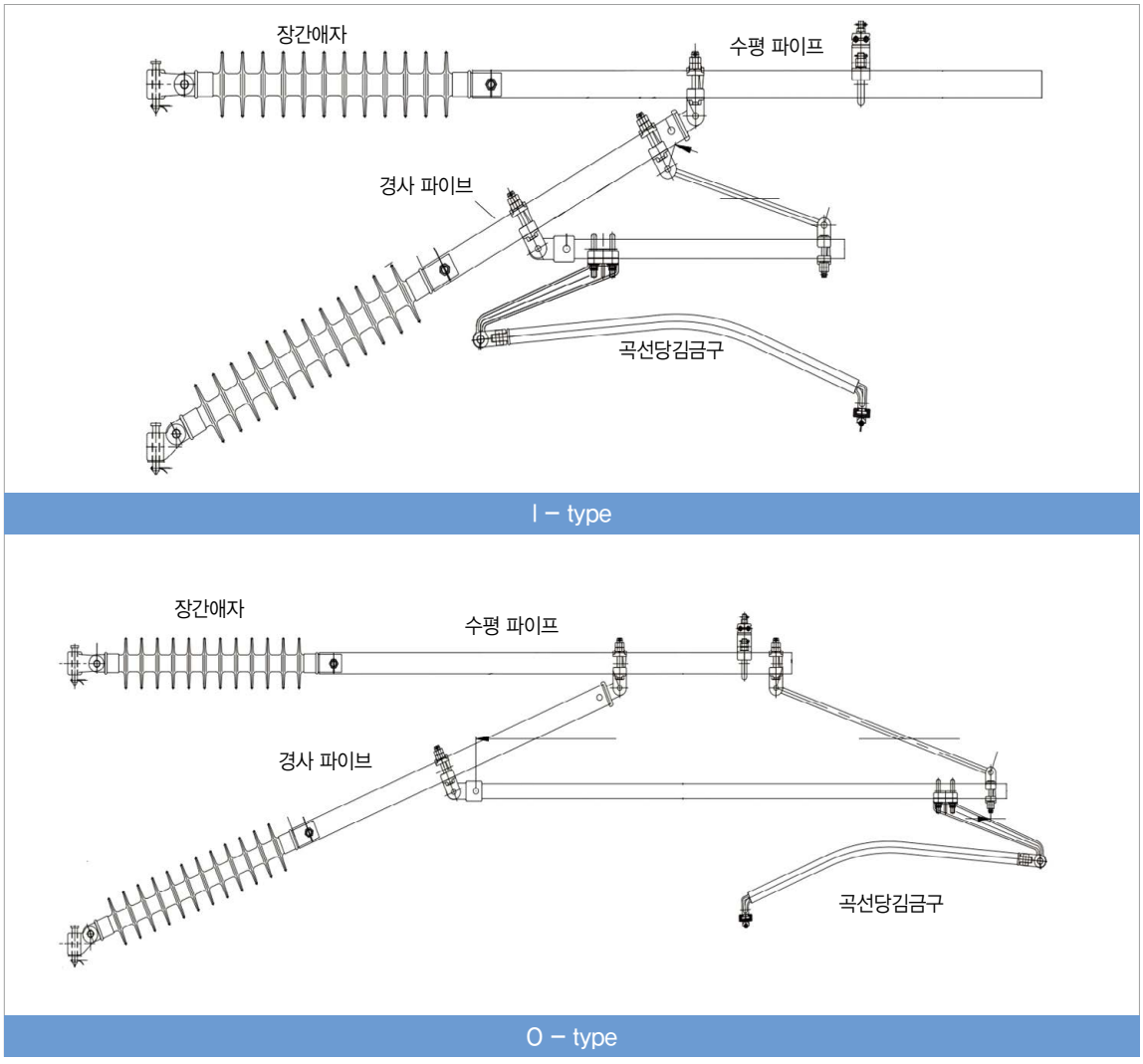
7.2.4.4.1 가동브래킷의 종류

(1) I형(In Type)

곡선로에서 선로의 외측에 지지물을 설치하고 가동브래킷의 곡선당김금구를 지지물 측에 설치하는 방법이다.

(2) O형(Out Type)

곡선로에서 선로의 내측에 지지물을 설치하고 가동브래킷의 곡선당김금구를 지지물의 반대측에 설치하는 방법이다.



[그림 7-13] 가동브래킷의 종류

※ 자료 : "철도용품 공사규격서" 한국철도공사

7.2.4.5 평행틀

전차선 평행 개소(Over Lap) 등에서 1본의 전주에 2개(고속철도 구간은 3개)의 가동브래킷을 지지하기 위한 지지물을 평행틀이라 한다.



[그림 7-14] 평행틀

7.2.4.6 하수강

전주의 건식이 곤란한 개소에서 고정비임이나 터널의 천장 아래로 가동브래킷 또는 곡선당김장치 등을 지지하기 위한 구조물이다.

7.2.5 가공 전차선

7.2.5.1 전차선(Trolly Wire or Contact Wire)

전차선은 레일면상 일정한 높이로 가선되어 전기차의 팬터그래프와 직접 접촉하여 전기차 모터에 전원을 공급하기 위한 전선으로, 전차선로에서 열차의 안전 운행과 직결된 전선을 말한다.

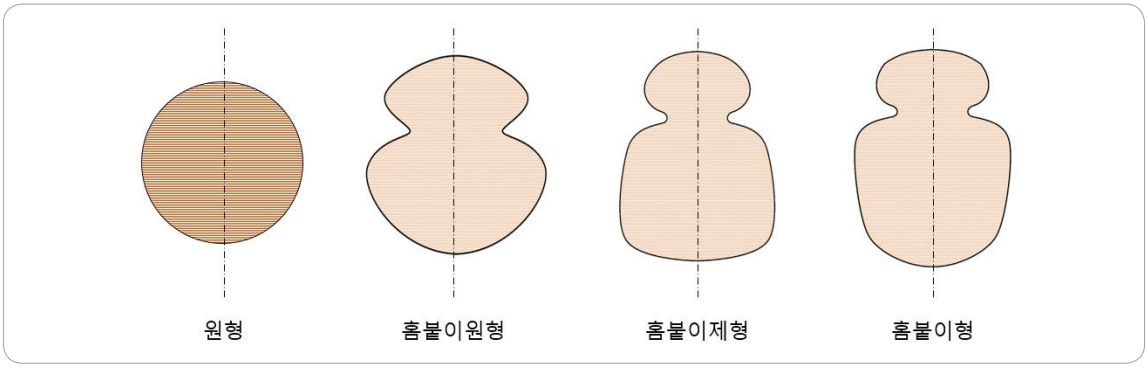
7.2.5.1.1 요구 조건

(1) 가선 장력에 대하여 충분히 견딜 수 있도록 인장 강도가 클 것

(2) 팬터그래프 통과 및 집전에 지장이 없도록 도전율이 높고, 전류용량이 크며, 내열성이 우수할 것

(3) 내마모성 및 내식성이 우수하고 피로 강도에도 충분할 것

(4) 접속 개소의 통전 상태가 양호할 것



[그림 7-15] 전차선 단면 형상

7.2.5.1.2 전차선의 단면 형상

전차선의 단면 형상은 원형, 제형, 이형 등으로 분류하며, 직류방식의 지하 구간은 제형을, 교류방식의 지상 구간은 원형을 사용하고 있으며, 경부고속철도 구간에는 팬터그래프와의 접촉면이 큰 이형 홈붙이 전차선을 사용하고 있다.

7.2.5.1.3 전차선의 설치 높이

가공 전차선의 높이는 레일 면에서 전차선까지의 높이를 말한다. 전차선 공칭 높이는 5,000mm에서 5,200mm까지로 하고, 일반철도에서 표준 높이는 5,200mm, 고속철도에서는 전차선로의 설계속도, 차량 재원을 고려하여 최적의 높이로 한다. 전동차 전용 지하구간에서 강체 전차선의 높이는 레일면 상 4,750mm 이상으로 하고 차량 구조에 따라 조정 할 수 있다.

7.2.5.1.4 전차선의 편위

전차선과 궤도 중심선과의 거리를 편위라 한다. 전차선의 편위가 지나치게 크면 팬터그래프가 전차선에서 벗어나 사고가 일어나므로, 궤도 중심에서의 편위는 다음과 같은 시설 기준에 맞게 시공 또는 유지 보수를 하여야 한다.

(1) 전차선의 편위를 정하는 요소

1) 차량 동요에 의한 팬터그래프의 편위

2) 풍압에 의한 전차선의 편위

3) 곡선로에서 전차선의 편위

4) 가동브래킷, 진동방지금구의 회전에 의한 전차선의 편위

5) 지지물 경사에 의한 전차선의 편위

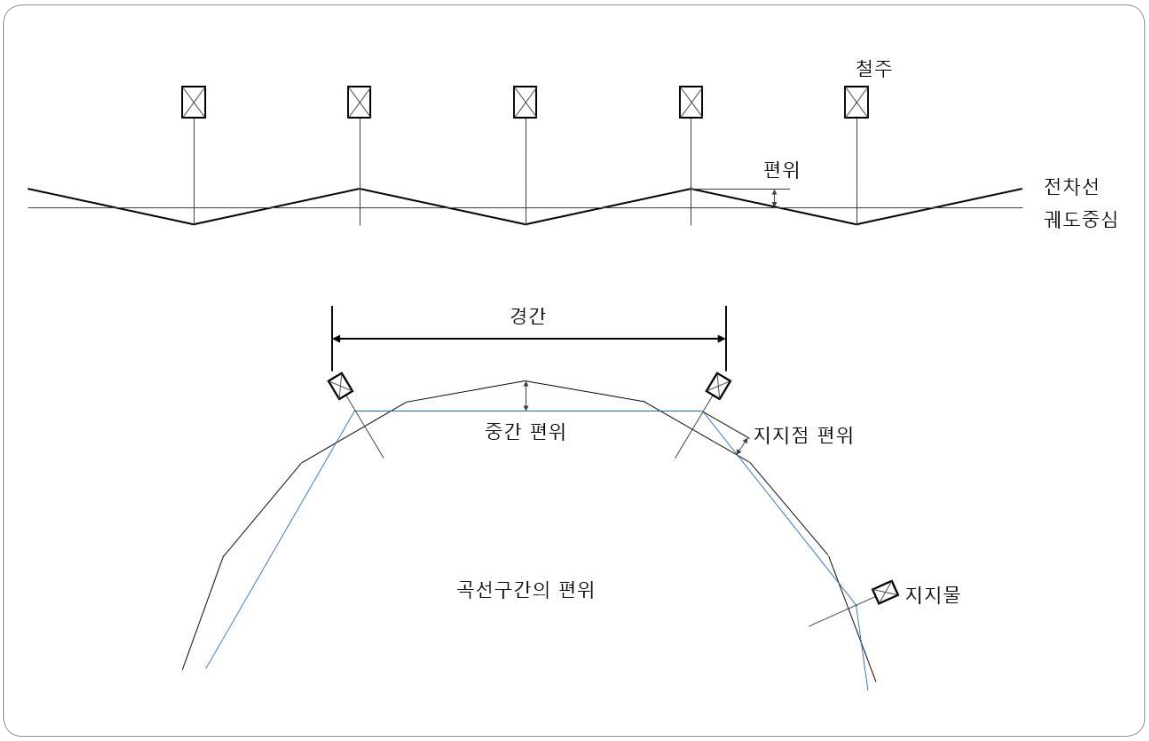
(2) 전차선의 편위 시설 기준

1) 레일 면과 수직인 궤도 중심 면에서 200mm를 표준으로 하고 최대 250mm까지 할 수 있다.

2) 본선의 직선로 및 곡선 반경 1,600m 이상의 곡선로에서는 좌 · 우 각각 200mm, 곡선 반경 1,600m 미만인 곡선로에서는 선로 외측으로 200mm의 편위를 둔다.

3) 강풍 구간 및 승강장 구간은 100mm 이하로 한다.

4) 곡선로의 경간 중앙에서 편위는 150mm로 한다.



[그림 7-16] 전차선 편위

(3) 전차선의 편위 250mm 근거

전기차의 궤도면상 585mm인 점을 중심으로 좌우 610mm인 점이 수평에서 상하 최대 32mm 이동한다고 볼 때, 팬터그래프의 편위는 (5,200 - 585) ×32/610 = 242mm이다.

팬터그래프가 가공 전차선과 접촉하는 유효 폭을 약 1,000mm라 보면, 가공 전차선의 허용 수평거리는 1,000/2 - 242 = 258mm이므로 이것을 250mm로 정한 것이다.

7.2.5.1.5 전차선의 기울기

(1) 열차 속도 150km/h 이상 1,000분의 1 이하, 150km/h 미만 1,000분의 3 이하

(2) 터널, 구름다리, 건널목 등이 인접한 장소는 1,000분의 4 이하

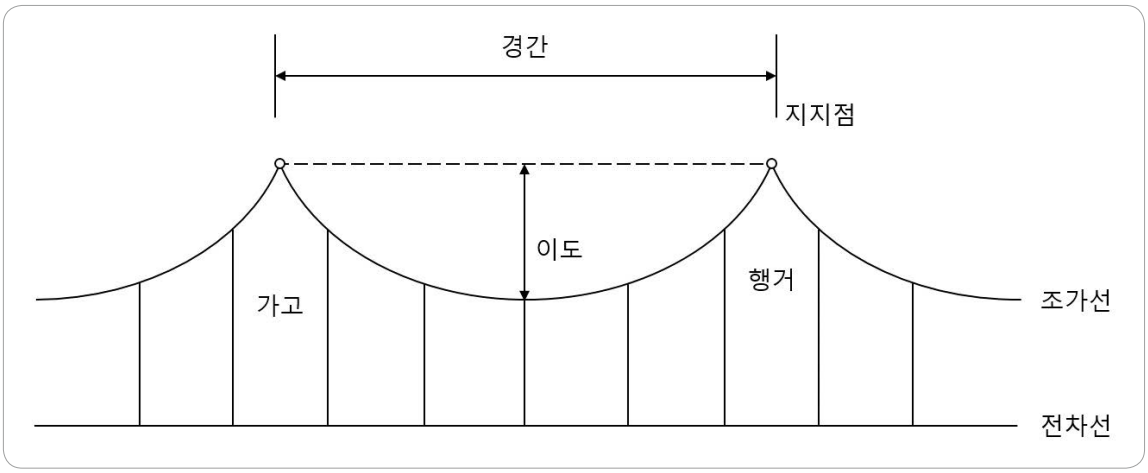
(3) 측선은 1,000분의 15 이하

(4) 지하 강체 구간은 1,000분의 1 이하

(5) 고속철도는 열차 속도 250km/h 이상에서 구배는 0이며, 250km/h 미만 200km/h 이상은 1,000분의 1 이하이다.

7.2.5.1.6 전차선의 가고

커티너리 전차선에서 지지점에 대한 조가선과 전차선과의 중심 간격을 가고라 한다. 심플, 헤비 심플 커티너리 표준 가고는 960mm로 하며, 교량, 터널, 구름다리 밑 등 부득이한 경우는 710mm, 500mm, 180mm로 단축할 수 있다. 열차 속도 향상에 따라 전차선의 압상량이 증대됨으로써 1,100mm, 1,250mm로 증대되고 있으며, 고속철도에서는 가고를 1,400mm 이상으로 크게 하고 있다.



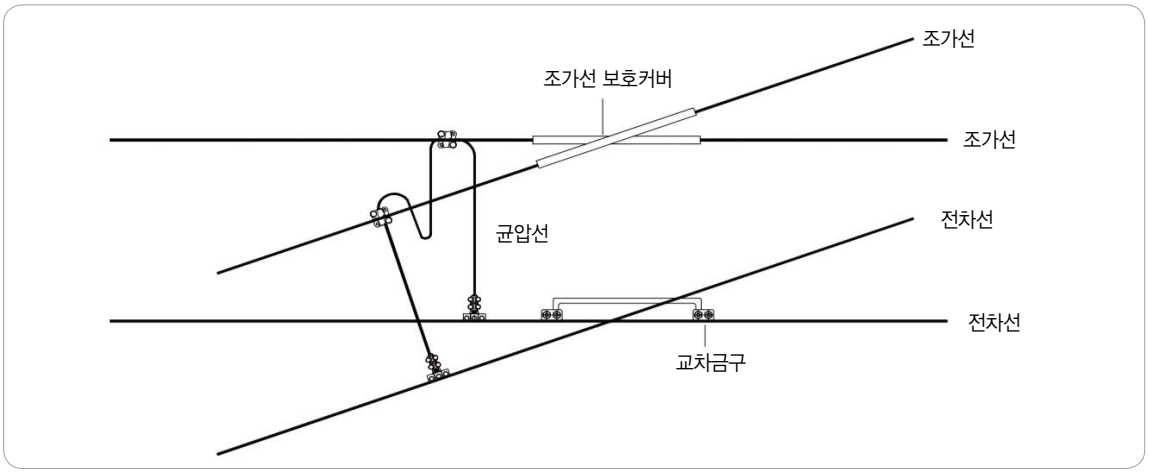
[그림 7-17] 전차선 가고

7.2.5.2 건널선장치

선로가 교차하는 분기 장소에서 각 선로에 전기차를 운행할 수 있도록 전차선을 교차시켜 팬터그래프의 집전을 가능하게 하는 설비이며, 교차하는 두개의 전차선의 레일 면상 높이를 같게 유지하여 팬터그래프의 통과에 지장이 없도록 하기 위한 설비이다.

7.2.5.2.1 건널선장치의 구성

역 구내의 본선 및 측선에 가선된 전차선은 선로의 분기 개소에 있어서 서로 교차하므로, 2조의 커티너리 가선이 1개의 교차 금구로 기계적으로 연결되고 균압선에 의해 전기적으로 연결된 구조로 되어 있다.



[그림 7-18] 건널선장치 구성

※ 자료 : 국가철도공단 2016.08.24 KR E-03190 "건넘선 장치"

7.2.5.2.2 건널선장치 시설 방법

(1) 운전 빈도가 높은 주요 선(본선)을 하부로 시설한다.

(2) 전차선이 교차하는 개소에는 교차금구를 시설하고 조가선 상호 간 및 전차선 상호 간 또는 조가선과 전차선을 일괄 균압선으로 접속한다.

(3) 교차금구는 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않도록 시설한다.

(4) 교차금구의 표준 길이는 다음과 같다.

1) 12번 분기 이하 : 1,400mm

2) 15번 분기 이상 : 1,800mm

7.2.5.3 장력조정장치

전선로는 온도 변화에 의해 신축하며, 외기 온도가 상승하면 전차선이 늘어나 장력이 감소하고, 이로 인하여 전차선의 처짐 현상이 일어난다. 전차선 처짐 개소에 팬터그래프가 통과하게 되면 가선 진동이 증대하여 이선(離線)과 아크(arc)가 발생하고, 전차선이나 팬터그래프 집전판에 마모가 발생

하여 전차선 단선 사고가 발생한다. 이것을 방지하기 위하여 전차선의 장력을 일정한 크기로 유지하기 위한 설비를 장력조정장치라 한다.

7.2.5.3.1 장력조정장치의 종류

(1) 활차식

활차의 원리를 이용한 것으로 소활차에 전차선을 고정하고 대활차에 중추를 걸어 내린 것이다. 활차비는 3:1, 4:1, 5:1 등이 사용되고 있으며, 전차선과 조가선을 한꺼번에 조정하는 방식과 각각 조정하는 방식으로 2톤, 3톤용이 사용되고 있다.

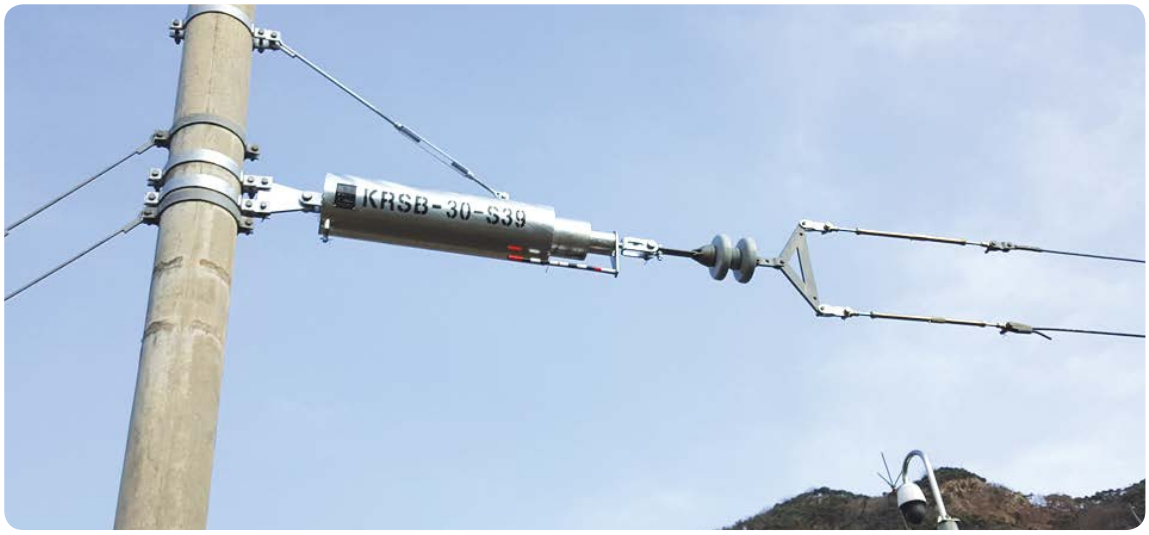


[그림 7-19] 활차식 자동장력조정장치

※ 자료 : 제룡산업주식회사 제공

(2) 스프링식 자동장력조정장치

스프링의 탄성을 이용하여 장력을 조정하고 역구내의 상하 건널선 및 측선에 사용하는 스프링식 자동장력조정장치와, 터널에 사용되고 있는 터널용 자동장력조정장치가 있다. 스프링식은 활차식에 비해 유지 보수비가 절감되는 효과가 있다.



[그림 7-20] 스프링식 자동장력조정장치

※ 자료 : 제룡산업주식회사 제공

7.2.5.4 구분장치(Section Insulator)

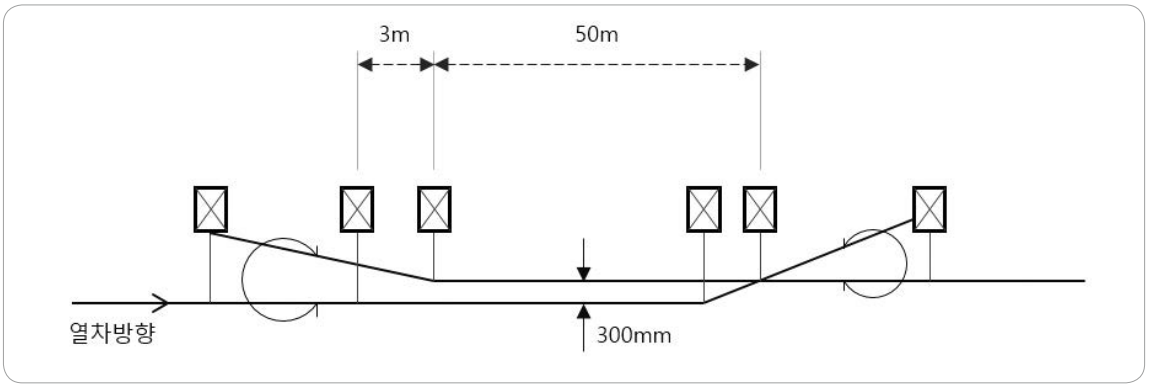
7.2.5.4.1 개요

전차선로의 일부 구간에 단선 및 장애 등의 사고가 발생한 경우, 또는 정전작업의 필요가 생긴 경우에 정전 구간을 한정하고, 다른 구간의 열차 운전 확보를 목적으로 하여 팬터그래프의 습동에 지장을 주지 않으면서 전차선을 전기적으로 또는 기계적으로 구분하는 장치를 말한다.

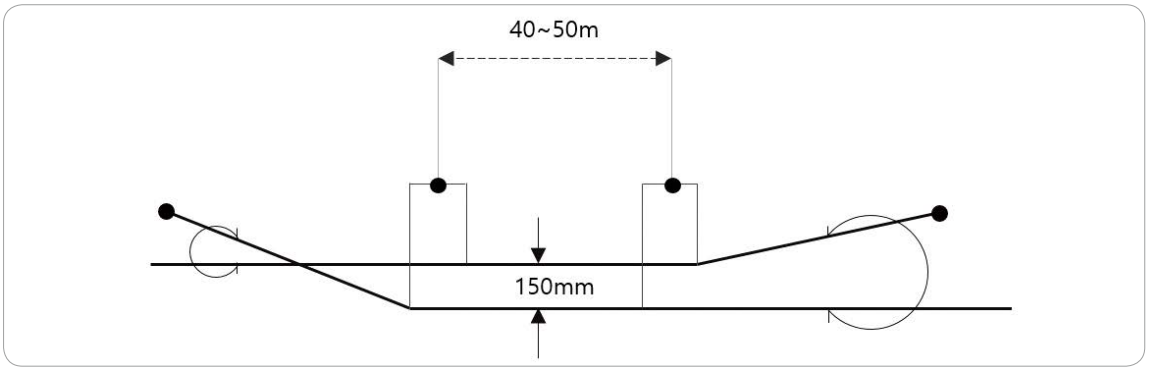
7.2.5.4.2 구분장치의 종별

(1) 에어섹션(Air section)

집전 부분의 전차선에 절연물을 넣지 않고 전차선 상호 간의 평행 부분을 일정 간격으로 유지시켜 공기의 절연을 이용한 구분 장치이다. 철도 전철전력설비 설계지침에는 평행 부분의 경간 길이가 40m 이상인 경우 1경간으로 하고, 40m 미만인 경우 2경간으로 구성하도록 되어 있다.



[그림 7-21] 에어섹션



[그림 7-22] 에어조인트 (한 경간)

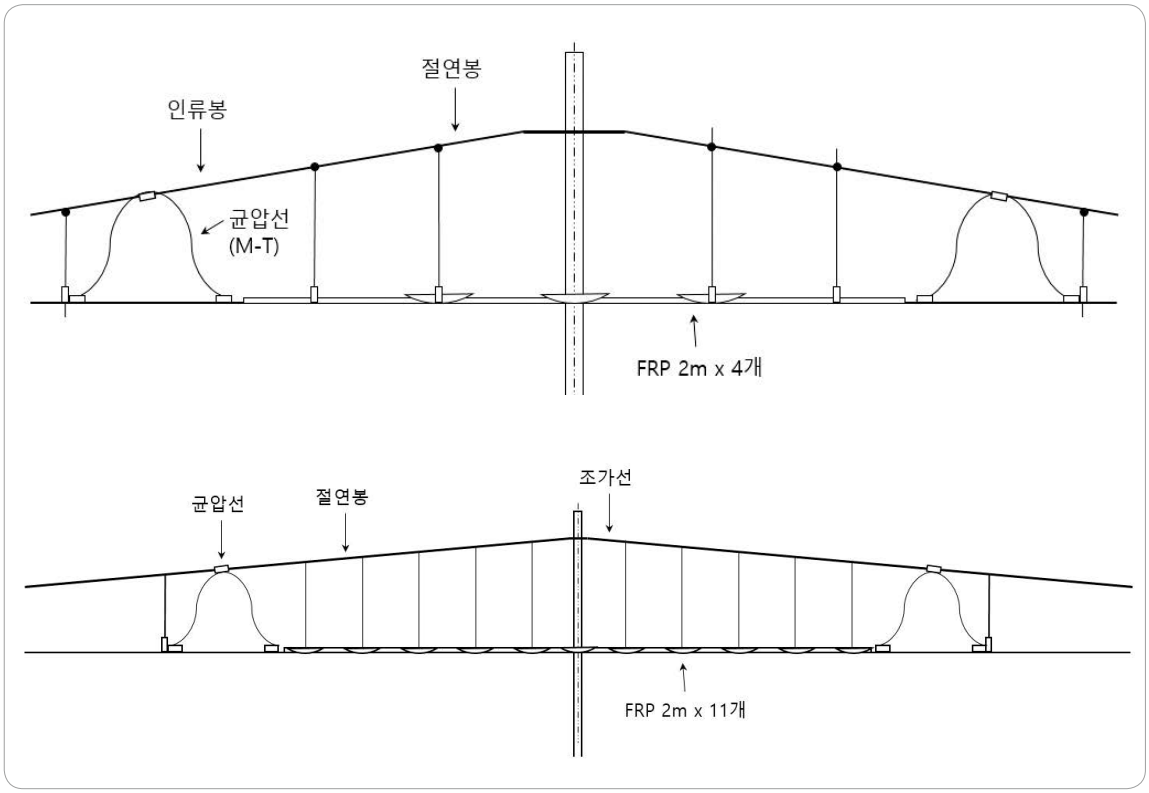
(2) 에어조인트(Air joint)

전차선 가선 시 무한정 가선할 수 없으므로 작업의 편리성을 위해 온도 변화 등에 의한 전차선의 신축 때문에 전차선을 일정 길이마다 인류하기 위해 설치하는 기계적인 구분장치이다. 경간이 40m 이상일 때 1 경간으로 하고, 40m 미만일 때에는 2경간으로 구성한다.

(3) 이상 절연구분장치

1) FRP(Fiberglass Reinforced Plastics) 방식

변전소(SS) 및 급전 구분소(SP) 급전 인출구 등에서는 서로 다른 전원의 상호 접촉을 방지하기 위하여 전차선을 전기적으로 구분하여야 한다.



[그림 7-23] FRP 절연구분장치 8m용(위)과 22m용(아래)

2) 이중 절연방식

절연구분장치 개소에 절연체를 사용하지 않고 에어섹션을 양측에 2중으로 설치하고 중간에 전차선 무가압 구간을 약 47m 정도 삽입한 구조로, 경부고속철도 절연구분장치에 사용하는 방식이다.

7.2.6 직류 가공 전차선로

7.2.6.1 개요

직류 전차선로 방식은 지상 구간, 지하 구간 및 지상과 지하 구간이 만나는 이행 구간으로 분류되며, 가공선 방식으로 우리나라 지하철에는 DC 1,500V 방식을 사용하고 있다. 지상 구간은 헤비 심플커티너리 방식을, 차량기지 등에는 심플 커티너리 방식을 사용한다.

이행 구간은 트윈 심플커티너리 방식으로 설치되어 있으며, 지하 구간은 부산 지하철의 경우 콤파운드 커티너리 방식을 서울 등 5개 광역 도시철도는 강체 가선방식으로 시설되어 있다.

7.2.6.2 강체 전차선로

전차선을 조가하기 위한 별도의 조가선을 사용하지 않고 강체 bar를 사용하여 직접 조가하는 방식으로 다음과 같은 특징이 있다.

(1) 터널 구조물의 단면적을 축소할 수 있어 건설비가 절감된다.

(2) 전차선이 알루미늄 bar에 시설되어 장력조정장치, 곡선당김장치, 진동방지장치가 필요하지 않다.

(3) 유지 보수가 쉽고, 전차선의 단선 사고가 발생하지 않는다.

(4) 직류 방식에서는 급전선 및 조가선을 별도로 설치할 필요가 없다.

(5) 집전 특성이 좋지 않아 열차 운행 속도가 제한된다.

(6) 유연한 가요성(可撓性)이 없어 이선에 의한 전차선의 마모가 심하다.

7.2.6.2.1 T-bar 방식

터널 천장에 전식 방지를 위하여 절연매립전을 설치하고 애자지지금구를 5m 간격으로 설치하여 애자로 T-bar를 고정시키고 T-bar의 아래 면에는 롱이어(Long ear)로 전차선을 볼트로 지지하는 구조이다.

T자형의 알루미늄합금제로 단면적은 2,100㎟이고, 1본의 길이는 10m이며, 아르곤 가스용접으로 T-bar 상호 간을 접속한다.

7.2.6.2.2 R-bar 방식

(1) 개요

교류 터널 구간에 전차선을 조가선 없이 Rigid bar에 삽입하는 방식으로, 알루미늄 합금제를 사용하며, R-bar의 표준 지지 간격은 10m이고, 우리나라에서는 과천선, 분당선, 신분당선에 사용하고 있다.

(2) R-bar 전차선로의 구성

1) 급전선(Positive feeder)

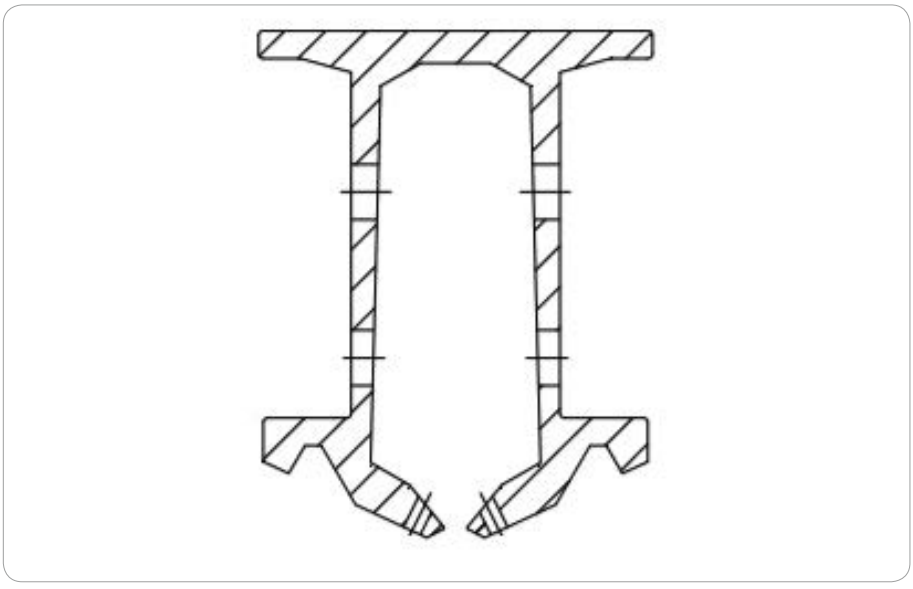
AT 급전방식의 터널에 설치하는 전선으로, 지지애자(NSP 50)에 의해서 Cu-OC 200㎟를 사용하고 있다.

2) 비절연 보호선(FPW)

철제류, 지지물 등을 귀선 레일에 접속하는 비절연 방식으로, 대지에 대하여 절연하지 않는 전선으로 Cu 75㎟를 사용한다.

3) R-bar

R자형의 알루미늄합금제로 단면적은 2,214㎟이고 1본의 길이는 12m이며, R-bar 상호 간은 접속 금구로 체결한다.



[그림 7-24] 강체 R-Bar

※ 자료 : 국가철도공단 2018.12.27 KRSA-3072-R2 "강체전차선(R-Bar) 시스템"

4) R-bar 브래킷(Bracket)

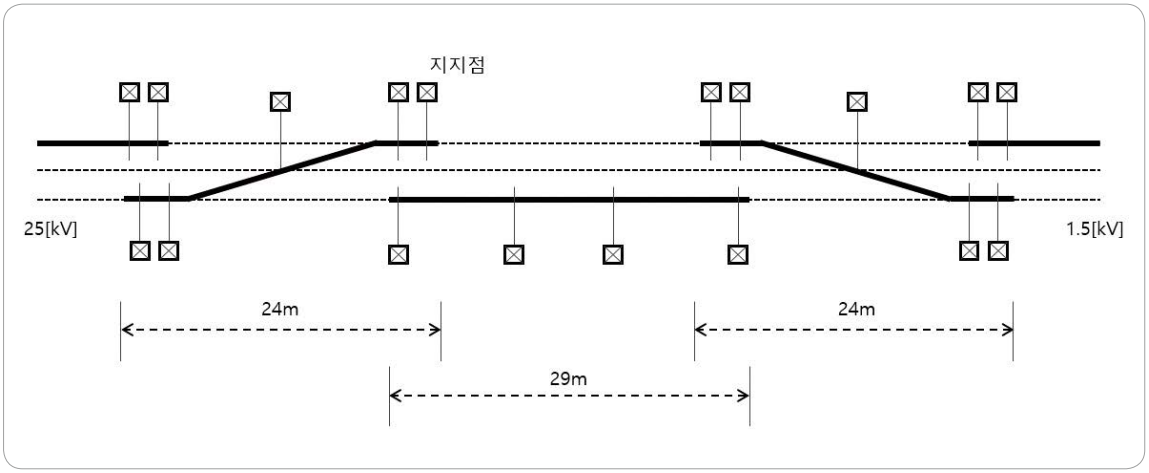
H형강주 등 지지물에 설치하여 R-bar를 지지하며 꼬리금구, 머리금구, 접지봉 연결금구, 장간애자로 구성되어 있다.

5) 신축 장치(Expansion Device)

R-bar의 온도 신축에 따라 400~600m를 기준으로 접속 개소를 두는 것을 말하며, 최대 500mm 상호 신축이 가능하고, 커렌트 브릿지는 구리리본(300mm)으로 상호 연결되어 있다.

6) 절연 구분 장치

AC 25kV와 DC 1,500V의 교/직류 절연구분장치와 변전소 이상(異相) 구분장치는 그림과 같이 2중 에어섹션을 설치하여 구분하며, 약 70mm 정도 강체의 끝부분을 위로 구부린다.



[그림 7-25] 절연 구분 장치

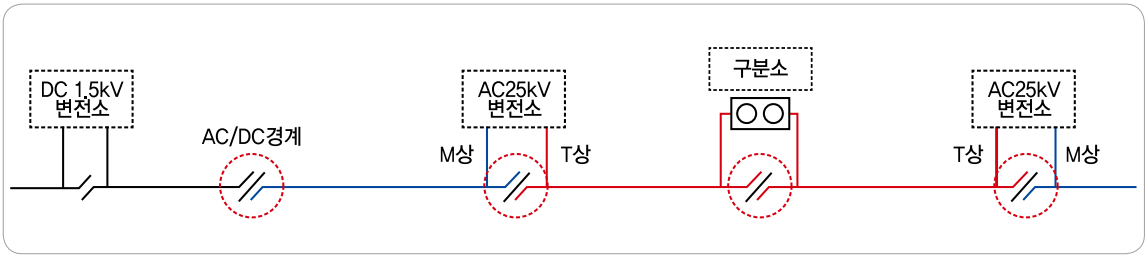
7.2.7 전차선로와 열차 운전

7.2.7.1 절연구간과 열차 운전

7.2.7.1.1 절연구간(Neutral Section)의 필요성과 설치 기준

(1) 절연구간(絕緣區間 Neutral Section)이란

전기차에 공급되는 이종(異種)의전기 방식인 교/직류 방식 간의 연결 부분이나, 교류 방식에서 전기 공급 변전소가 다른 경우, 또는 변전소와 변전소 간 및 동일 변전소에서 공급되는 이상(異相)의 전기를 구분하기 위하여 전차선의 일정 구간을 전기가 통하지 않는 물체(FRP)로 구분하는 장치를 말한다.



[그림 7-26] 절연구간

(2) 절연구간의 필요성

1) 교/직 절연구간

직류방식(DC 1,500V)을 사용하는 서울교통공사와 교류방식(AC 25,000V)을 사용하는 한국철도공사(코레일) 구간을 전기적으로 구분하기 위하여 설치(이종(異種) 전기 구분)한다.

2) 교/교 절연구간

변전소 앞이나 변전소 간에 이상(異相)의 전기를 구분하기 위하여 설치한다.

(3) 절연구간의 설정 기준

1) 절연구간 통과 시에는 전기차가 동력이 없는 상태인 무동력(타행)으로 운행 시 운전을 원활히 하기 위하여 가급적 평탄지 또는 하(下)구배 및 직선구간에 설치한다.

2) 절연구간 적정 위치 선정 조건

곡선 반경 (R) = 800m 이상, 평지 또는 하(下)구배에 설치함을 원칙으로 하나, 상(上)구배일 경우 5‰ 이내인 곳에 설치한다.

7.2.7.2 절연구간 안전 설비

(1) 고속선 구간은 절연구간에서 ATC 불연속 정보를 수신하여 절연구간 표시 램프가 점등되고 주회로 차단기(MCB)가 자동 개방 및 투입된다.

(2) 수도권 및 산업선(ATS 설치 구간)은 절연예고장치를 설치하여 절연구간 통과 시 기관사에게 음성으로 경고한다.

(3) 경부선 및 호남선 전철화 구간

열차방호장치(ATP)의 지상장치(Balise)를 통해 차상장치에서 주 회로차단기(MCB)가 자동 개방 및 투입된다.

[표 7-7] 절연구분장치 설치 현황

구 분	형식	수 량	비 고
교류/교류	이중 공기 절연 (2중 오버랩)	127	경부고속선(30), 호남고속선(18), 경부선(24), 가야선(3), 경전선(6), 중앙선(2), 경의선(6,R-bar), 경강선(8), 동해남부선(1), 전라선(16),분당선(2×R-bar), 경강선(1×R-bar), 수서평택선(8), 호남선(2)
	애자 절연 (NS-25)	46	호남선(18), 경부선(8), 태백선(2), 중앙선(6), 건천연결선(2), 대구북연결선(2), 동해선(2), 경강선(4), 경전선(2)
	합성수지 절연 (FRP)	91	경부고속선(2), 경인선(12), 가야선(1), 중앙선(7), 태백선(5), 영동선(9), 경원선(4), 경춘선(8), 오송선(2), 안산선(2), 충북선(9), 경의선(4), 경부선(19), 분당선(2), 수인선(2), 대불선(1), 대전선(1), 망우선(1)
교류/직류	FRP	6	1호선[경부선(2), 경원선(2)], 4호선[과천선(2)]
합 계		270	

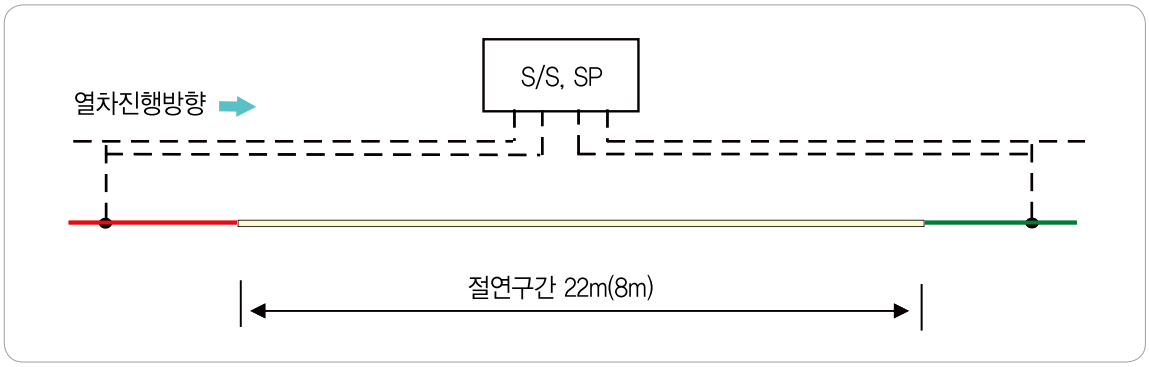
[표 7-8] 전동차 운행 구간의 절연 구분 장치

선 별	구 간	구 분	길 이
1호선	• 서울역 ~ 남영역 간 • 지하청량리역 ~ 청량리역 간	직류/교류	66m
4호선	• 남태령역 ~ 선바위역 간	"	66m
경원선	• 회룡역 ~ 의정부역 간 • 서빙고역 ~ 이촌역 간	교류/교류	22m 22m
망우선	• 광운대역 ~ 망우역 간	"	22m
중앙선	• 회기역 ~ 중량역 간 • 구리역 ~ 도농역 간	"	22m 22m
경의선	• 서울역 ~ 신촌역 간	"	22m
경부선	• 구로역 ~ 가산디지털단지역 간 • 금천구청역 ~ 안양역 간 • 군포역 ~ 의왕역 간 • 수원역 ~ 세류역 간 • 서정리역 ~ 평택역 간	"	22m 22m 22m 22m 22m
고속선	• 금천구청역 ~ 광명역 간	"	22m
경인선	• 구일역 ~ 개봉역 간 • 송내역 ~ 부개역 간 • 도화 ~ 제물포 간	"	22m 22m 22m
안산선	• 수리산역 ~ 대야미역 간	"	22m
분당선	• 모란역 ~ 야탑역 간	"	22m

7.2.7.3 절연구간의 열차 운전

7.2.7.3.1 절연구분장치의 구조

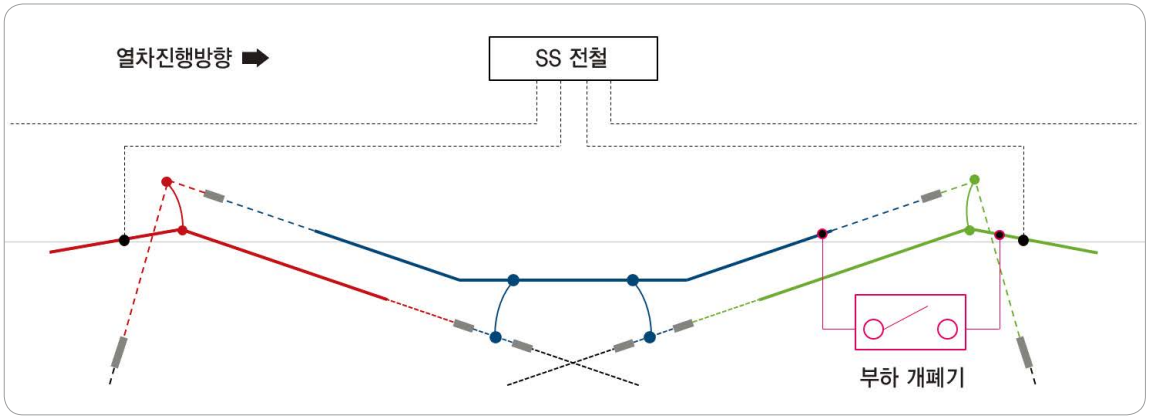
(1) 교류/교류 절연구간의 길이는 22m이며, 2m용 FRP(절연체)를 11개 연결한 구조이다.



[그림 7-27] 교류/교류 절연구간

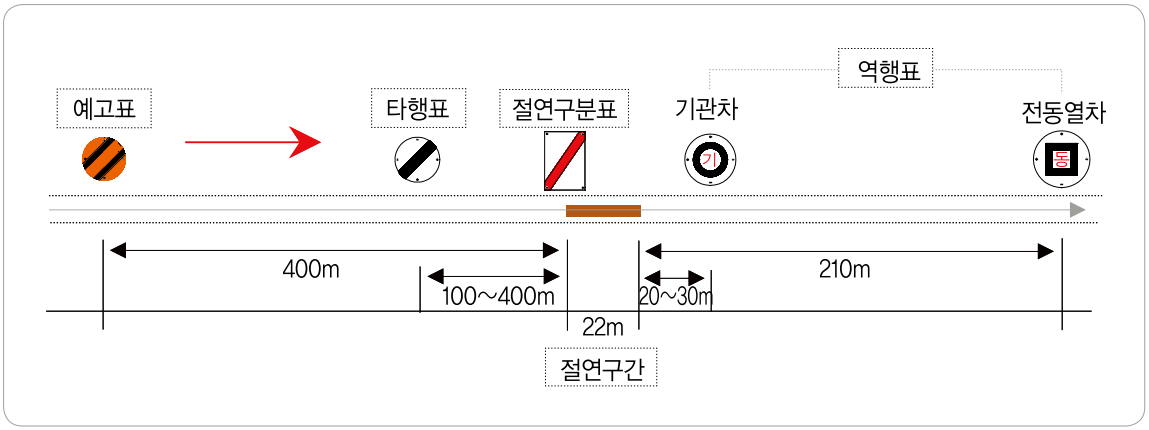
(2) 교류/직류 절연구간의 길이는 66m로서 2m(FRP)×11개+22m(전차선)+2m(FRP)×11개로(확인/22+22+22=66m로 반복되는 것입니다.)되어 있으며, 전차선은 항상 가압되어 있지 않다.

(3) 기타 열차 운행 속도 및 선로 상태, 운행 차량의 특성에 따라 에어섹션 2개를 이용하여 절연구간을 구성하는 이중 절연방식이 있다.



[그림 7-28] 이중 절연방식

7.2.7.3.2 운전 관련 절연구간 각 표지류와 설치 기준



[그림 7-29] 운전 관련 절연구간 각 표지류와 설치 기준

7.2.7.3.3 절연구간의 열차 운전 방법

(1) 교/교 절연구간

절연구간에 열차 진입 전 회생제동 차단, 단(Notch) off 하고 절연구간을 무동력(타행)으로 통과한 후 동력 운전(역행) 취급한다.

(2) 교/직 절연구간

절연구간에 열차 진입 전 회생제동 차단, 단(Notch) off 한 후 교/직절환스위치를 조작하고 절연구간을 무동력(타행)으로 통과한 후 동력 운전(역행) 취급한다.

7.2.7.3.4 절연구간 운전 미(未)취급 시 시설 장애

(1) 모든 절연구간을 단(Notch) off 하지 않고 통과할 경우, 절연구간에서는 아크(Arc)가 발생하여 절연구분장치의 수명을 단축시킬 뿐만 아니라, 이상전압 등으로 인해 변전소의 계전기를 동작시켜 트립(Trip) 등이 발생한다.

(2) 특히 교/직 절연구간에서 교/직절환스위치 미(未)조작 상태로 절연구간을 통과할 경우, 전기차는 무전압을 감시하여 전동차 주 회로를 자동 차단하는 보호회로 기기가 작동되나, 보호회로 기기가 작동하기 전에 직류 구간으로 진입하면 전동차의 퓨즈(Fuse)와 피뢰기(Arrester)가 소손하는 사고가 발생한다.

7.2.7.3.4 절연구간 열차 정지 시 조치 방법

(1) 전기동차가 교/교 절연구간에 정차한 경우

1) 후진 운전(퇴행)일 경우, 운전 관제사에게 보고하여 후진 운전(퇴행) 승인을 얻는다.

2) 회생제동을 차단하고 차장과 협의하여 적당한 지점까지 타력으로 후진 운전(퇴행 또는 진출(25km/h 이하)한 후, MCB 차단 시 투입 후에 계속 운전한다.

(2) 전기동차가 교/직 절연구간에 정차한 경우

1) 전부(前部) 팬터그래프 1개가 절연구간에 정차하거나, 또는 전부(前部) 팬터그래프가 절연구간에 인접하여 정차한 경우

① 전차선 전원과 ADS(교/직절환스위치) 위치를 합치시켜 MCB를 투입한다.

② 후진 운전(퇴행)일 경우, 운전 관제사에게 보고하여 후진 운전(퇴행) 승인을 얻는다.

③ 회생제동을 차단하고 차장과 협의하여 일정 거리까지 후진 운전(25km/h 이하)한 후, 절연구간 전방에서 교/직 절환하여 계속 운전한다.

2) 전부(前部) 팬터그래프 이후의 팬터그래프가 절연구간에 정차한 경우

• 앞의 유닛의 MCB가 투입되어 있으므로, 그대로 인출하여 전도 운전한다.

7.2.7.4 열차 운전 관련 각종 표지류

7.2.7.4.1 가선종단표

(1) 전차선로가 끝나는 지점에 설치하여 더 이상 전차선이 없음을 표지

(2) 운전 방법

전기기관차, 전기동차(이하 전기차)는 이 표지를 넘어서 운전하지 못한다.

7.2.7.4.2 구분표

(1) 전차선의 절연구분장치 시작 지점에 설치

(2) 전기적 구분장치가 있음을 알림(즉, 같은 상(相) 전기를 분리할 때나 측선 또는 본선 등 작업 시 정전으로 분리될 경우)

(3) 운전 방법

전기차 운전 중 팬터그래프가 절연구분장치에 정지하지 않도록 하여야 한다.(머무르거나 정지하면 장애가 발생)

7.2.7.4.3 팬터내림예고표와 팬터내림표

(1) 전차선 작업 시에 작업 장소를 알려 운전에 지장이 없도록 하기 위한 표시

(2) 팬터내림예고표는 작업 전방 200m 이상(곡선은 400m 이상) 지점에 설치

- 팬터내림표는 작업 전방 20m 이상 지점에 설치

(3) 운전 방법

예고표지를 확인하고 관계처(관제사, 역 운전)에 무선 교신으로 작업을 확인한 후 지시에 따르거나, 작업 장소 접근 시(내림표 지점) 먼저 주의 기적을 울리고 팬터그래프를 하강시켜 타력으로 통과하여야 한다.

7.2.7.4.4 전차선 작업 표시

(1) 역 구내외 본선에서 작업을 할 때, 그 작업 지점을 표시하기 위하여 전차선 작업 장소 200m (곡선 구간 400m 이상) 전방에 설치한다.

(2) 운전 방법

전차선 작업 표지를 확인하였을 경우에는 주의 기적을 울려 열차 접근을 알려야 한다.



[그림 7-30] 운전 관련 각종 표지류

☑ 핵심정리 >>>

1. 전차선로의 특징은 전기차의 집전장치와 ( ) 접촉 상태이며, 레일을 귀선으로 하는 1선 접지 회로로서 예비 선로가 없어 사고 · 장애 시 열차 안전 운행과 직결되는 설비이다.
2. 전차선로는 ( ), 가공 전차선로, ( ), 기기 설비와 보호설비로 구성되어 있다.
3. 가공 전차선의 조가방식은 직접 조가식, ( ), 강체 조가식이 있으며, 우리나라 일반철도와 고속철도는 심플 커티너리 방식과 헤비 심플 커티너리 방식을, ( ) 구간은 R-Bar와 T-Bar방식을 사용하고 있다.
4. 전차선의 높이, 편위, 구배 등은 ( ) 와 ( )에 적용하는 시설 기준이 다르므로 이에 대한 학습이 필요하다.
5. ( )는 선로가 교차하는 분기 장소에서 각 선로에 전기차를 운행할 수 있도록 전차선을 교차시켜 팬터그래프의 집전을 가능하게 하는 설비이며, 교차하는 양 전차선의 레일 면상 높이를 같게 유지하여 팬터그래프의 통과에 지장이 없도록 하기 위한 설비이다.
6. ( )는 전차선로의 일부에 단선 및 장애 등의 사고가 발생한 경우, 또는 정전작업의 필요가 생긴 경우에 정전 구간을 한정하고, 다른 구간의 열차 운전 확보를 목적으로 하여 전기적으로 또는 기계적으로 구분하는 장치이다. 에어섹션, 에어조인트, 이상 절연구분장치, 이중절연방식 등이 있으므로 이에 대한 학습이 필요하다.(에어조인트는 기계적인 구분장치이다.)
7. ( )에서의 열차 운전 방법과 전차선로 표지류의 형상을 숙지하여 열차 안전 운행에 기여할 필요가 있다.

7.3 변전 설비

학습목표

- 변전설비는 한국전력공사 변전소에서 154kV 또는 22.9kV를 공급받아 전철 변전소에서 열차 운전에 필요한 전압(AC 또는 DC)으로 변성하는 설비로, 그 역할과 기능에 대하여 설명할 수 있다.
- 직류 전철 변전소의 구성과 단선 결선도, 기기 등에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 교류 전철 변전소의 구성과 기기에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

직류 고속도차단기, 실리콘정류기, 직류 부족전압계전기(80), 스코트결선변압기, 차단기, 가스절연개폐장치(GIS)

7.3.1 개요

변전설비는 전압을 변성시키는 설비이지만, 전철 변전설비는 일반 변전설비와 달리 전기차의 전원 공급을 주목적으로 하고 있다. 직류 전철변전소는 한국전력공사(KEPCO)에서 22.9kV를 공급받아 정류기를 통해 직류 600V, 750V, 1,500V, 3,000V로 전압을 바꾸어, 전차선로를 통하여 전기차에 전원을 공급한다. 우리나라의 직류전압은 직류 1,500V를 표준으로 사용하고 있다.

교류 전철변전소는 한국전력공사(KEPCO)에서 154kV를 공급받아 주 변압기(스코트 결선 변압기)를 통해 단상 55kV로 전압을 바꾸어, 전차선로를 통하여 전기차에 전원을 공급한다.

7.3.2 직류 전철 변전소의 구성

7.3.2.1 수전설비

수전설비는 한전에서 특별 고압 전원을 받기 위한 설비로 교류차단기, 단로기, 계기용변성기, MOF(Metering Out Fit), 수전 모선, 보호계전기 등으로 구성되어 있다.

7.3.2.2 변성설비

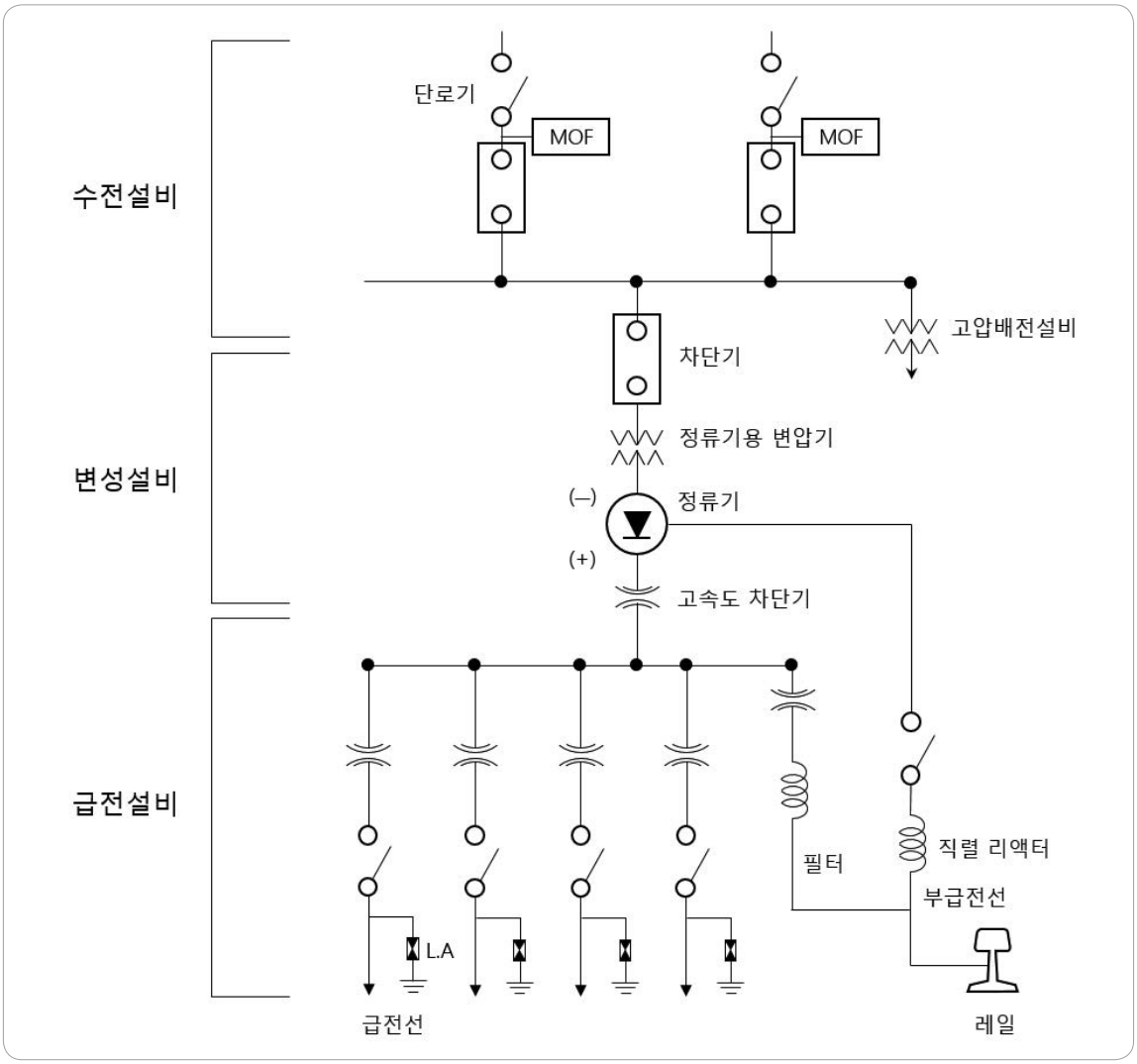
정류기용 변압기, 실리콘정류기, 교류차단기, 직류 고속도차단기, 변류기, 보호계전기 등으로 구

성되며, 특별 고압을 정류기용 변압기로 3상 AC 1,200V로 변환하고 정류기에서 DC 1,500V로 변성하여 전기차에 전원을 공급한다.

7.3.2.3 급전설비

변성된 DC 1,500V를 전차선을 통하여 전기차에 공급하기 위한 설비이며, 직류 고속도차단기, 단로기, 직류 변류기, 분류기, 직류 모선, Z 모선, 보호계전기 등으로 구성되어 있다.

7.3.2.4 직류 전철변전소 구성 및 단선 결선도



[그림 7-31] 직류 전철변전소 구성 및 단선 결선도

7.3.3 직류 전철변전소의 기기

7.3.3.1 직류 고속도차단기(HSCB)

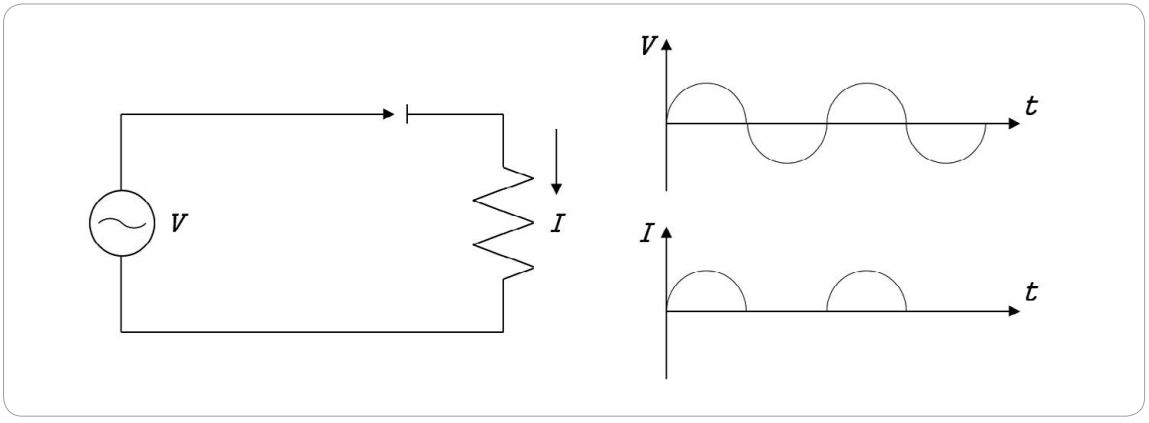
직류 변전소에서 정류기로부터 출력된 DC 1,500V를 전차선에 공급하는 주 차단기 및 피더(Feeder)용 차단기를 직류 고속도차단기(HSCB : high speed circuit breaker)라 하는데, 직류회로에서는 교류회로와 달리 고장 전류의 극성이 일정하며 교류와 같이 ½싸이클마다 0점을 통과하지 않는다. 그러하기 때문에 낮은 전압의 아크(arc) 단락이라도 고장 전류가 지속되고 자연적으로 소멸할 가능성은 적다. 따라서 고장 개소의 확대를 방지하기 위하여 되도록 빨리 고장 회로를 분리시켜야 하므로 직류 고속도차단기를 사용한다. 이 차단기는 사고 전류와 과부하 전류를 구별하여 선택차단하는 능력이 필요하다. 사고 시 차단은 직류회로의 이상(異常) 전류 발생 시에 고속도로 개극(開極)하는데, 이때는 단위시간당 전류 증가율(Δi)을 가지고 부하 전류와 구별하여 차단하게 한다.

7.3.3.2 실리콘정류기

직류 전기철도에서 교류를 직류로 변환하는 장치는 당초 회전변류기, 수은정류기를 사용하였는데 1960년대 반도체 기술의 발전으로 실리콘정류기를 사용하고 있다.

7.3.3.2.1 정류 작용

실리콘정류기의 소자는 P형 반도체와 N형 반도체를 결합한 것이다. P형과 N형 반도체에 역방향으로 전압을 인가하면 캐리어의 양 소자 간에 이동이 곤란해지며, 순방향으로 전압을 인가하면 캐리어는 상대의 경계를 넘어 자유롭게 이동이 이루어진다.



[그림 7-32] 정류 작용

7.3.3.2.2 실리콘정류기의 특성

(1) 구조, 취급이 간단하며 보수나 운전이 용이하다.

(2) 냉각을 충분히 수행하면 온도 제어나 진공 유지의 필요가 없다.

(3) 효율이 높고, 소형 경량으로 설치 면적도 적고, 가격도 저렴하다.

(4) 순방향의 전압강하가 적고(0.8~1.5V), 역내전압이 높고 역전류도 대단히 적다.

(5) 허용 온도가 높다.

(6) 단시간 과부하 및 과전압 내량이 작다.

(7) 내수성이 풍부하다.

7.3.3.3 직류 부족전압계전기(80)

급전 변압기 선로 측 양단에 80F, 전차선의 중간 지점(mid point)에 80A를 설치하여 전차선의 전압이 900V 이하가 되면 사고로 판단하여 작동함으로써 전압강하를 감지하여 회로를 보호하고 사고가 파급되는 것을 방지하는 효과가 있다.

7.3.4 교류 변전설비

7.3.4.1 개요

교류 전철변전소는 한국전력공사(KEPCO)에서 154kV를 공급받아 주 변압기에서 전압을 변성하여 단권변압기를 거쳐 급전선, 전차선을 통하여 부하설비인 전기차에 전원을 공급한다. 우리나라의 교류전압은 단상 55,000V를 최고 전압으로 사용하고 있다.

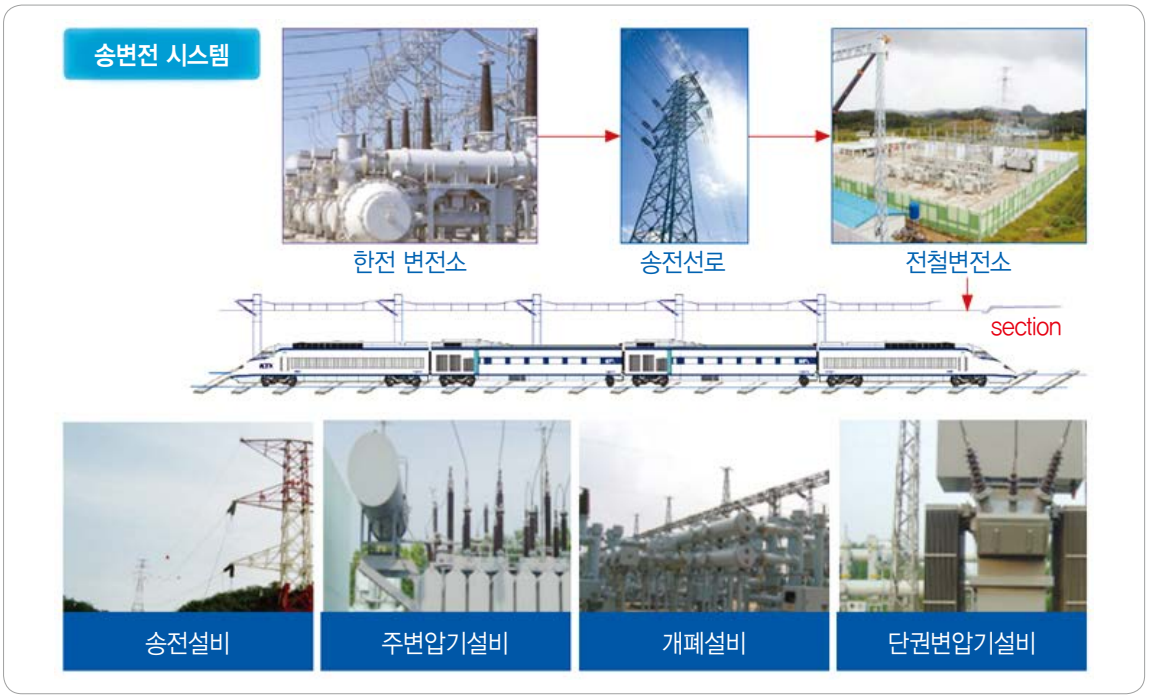
7.3.4.2 교류 전철 변전소의 구성

(1) 수전설비

수전설비는 한국전력공사에서 3상 154kV 특별 고압 전원을 받기 위한 설비로, 상용 · 예비 2회선을 수전하여 무정전을 확보하고 있으며, 차단기, 단로기, 계기용 변성기, MOF(Metering Out Fit), 수전 모선, 피뢰기, 보호계전기 등으로 구성되어 있다.

(2) 변압기설비

전차선로에 필요한 전압을 공급하기 위하여 구성된 급전용 주 변압기는 수전 전압인 3상 154kV]를 단상 55kV 2상(M상, T상)으로 변압하기 위하여 스코트결선변압기를 사용하고 있다.



[그림 7-33] 교류 변전설비

(3) 급전설비

주 변압기 2차 측의 급전용 모선으로부터 급전 인출 설비까지를 말하며, 차단기, 단로기, 피뢰기, 보호설비 및 단권변압기(AT) 등으로 구성되어 있다.

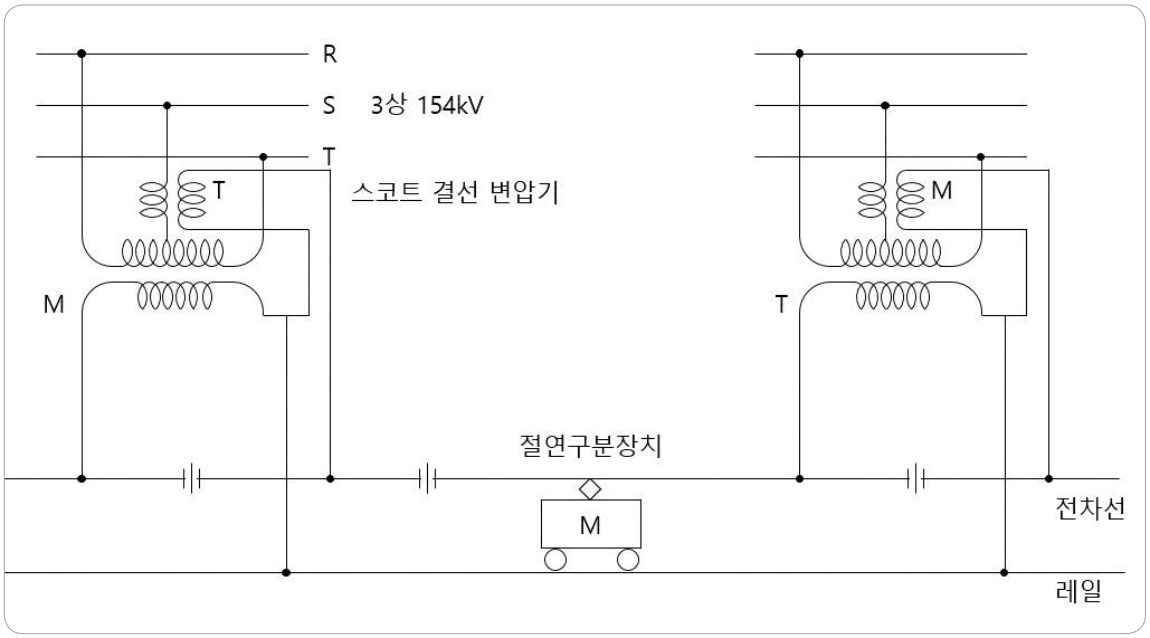
7.3.4.3 주요 변전기기

(1) 주 변압기(교류)

전철 변전소에서 사용되는 변압기는 스코트결선변압기로서, 이 변압기는 T결선방식의 변압기라고도 하며, 3상을 2상으로, 또는 2상을 3상으로 변환하는 방식의 변압기이다. 스코트결선(Scott Connection) 변압기에서는 아래 그림에서 보는 바와 같이, 1차 측은 역 T형으로 결선하여 3상에 접속하고, 2차 측은 역 L형으로 결선하여 단상 부하에 접속하는 것이다. 여기서 2차 측의 M상(Main Phase) 측과 T상(Teaser Phase) 측의 위상은 각각 90° 위상 차이를 가지고 있다.

(2) 차단기

전로를 개폐하기 위한 기기를 크게 나누면 무부하 상태에서 전로를 개폐할 수 있는 단로기(Disconnecting Switch), 상시의 부하 전류 또는 과부하 정도의 전류를 안전하게 개폐할 수 있는



[그림 7-34] 스코트결선 변압기에 의한 방식

부하 단로기(Load Disconnecting Switch), 그리고 유입 차단기 등과 같이 상시의 부하 전류는 물론 고장 시의 대전류도 지장 없이 개폐할 수 있는 차단기(Circuit Breaker)가 있다. 이 개폐 장치는 사용 목적에 따라 단독, 또는 조합에 의하여 사용되고 있으며 전력 계통 구성상 중요한 기기이다.

(3) 가스절연개폐장치(GIS)

전력 수요 증가에 따라 최근의 변전소는 점차 고(高)전압화되고 있는 추세로, 대도시 주변이나 도심지에 변전소가 위치하게 되므로 변전소의 위치 선정이 어려워졌다. 뿐만 아니라 염해, 먼지, 분진 등에 의한 오손, 소음 공해, 안전성 등의 문제를 해소하기 위하여 충전부를 접지된 탱크 내에 내장하고, 절연내력이 우수한 SF6 가스를 이용하여 절연 이격 거리를 대폭 축소시킨 가스절연개폐 장치(Gas Insulated Switch gear)를 사용하고 있다.

1) GIS에 내장되는 기기

GIS에 내장되는 기기는 차단기, 모선, 단로기, 접지 개폐기, 피뢰기, 계기용 변압기, 계기용 변류기 등이며, 지중 케이블인 경우 Cable Sealing end, 가공 선로인 경우 Air Bushing 등이 GIS에 내장된다.

2) GIS의 특징

① 종전의 옥외형 변전 설비에 비해 설치 면적이 약 1/4 축소된다.

② 모든 충전부는 접지된 탱크 내에 내장되고 SF6 가스로 절연되어 감전 및 화재의 위험이 없고 안정성이 높다.

③ 도전부, 접속부, 절연부 등의 충전부가 전부 가스로 충전된 탱크 내에 완전 밀폐되어 염해, 먼지, 분진 등에 의한 오손이나 강풍, 낙뢰 등의 외부 영향을 받지 않아 신뢰성이 높다.

④ 열화나 마모가 적어 모선이나 단로기 등의 보수가 필요 없다.

⑤ 가능한 각 유닛별로 완전 조립된 상태로 공급하므로 설치가 간편하고 설치 기간이 단축된다.

⑥ 조작 중에 발생하는 소음이 적고 라디오, TV의 방해 전파를 줄일 수 있다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 전철 변전설비는 일반 변전설비와 달리 전기차의 ( )을 주된 목적으로 하고 있으며, 직류 전철 변전소는 한전에서 22.9kV를 수전하여 직류 600V, 750V, 1500V, 3000V로 변성하여 전기차에 공급하며, 우리나라 지하철은 직류 1500V, 경전철은 750V를 사용하고 있다.
2. 직류 전철변전소는 수전설비, ( ), 급전설비, 고압 배전설비, 소내용 전원설비로 구성되어 있다.
3. 직류 전기철도에서 교류를 직류로 변환하는 장치로서, 예전에는 회전변류기, 수은정류기를 사용했으나, 최근에는 구조, 취급이 간단하고 유지 보수, 운전이 용이한 ( )를 사용하고 있다.
4. 교류 전철변전소는 수전설비, ( ), 급전설비, ( ), 고압 배전설비, 소내용 전원설비로 구성되어 있다.
5. 교류 전기철도의 급전용 변압기(MT)는 3상 154kV를 단상 55kV로 변환하는 ( )를 사용한다.
6. 교류 전기철도의 개폐장치는 절연내력이 뛰어나고 유지 보수자의 안전을 고려하여 ( )를 사용하고 있다.

7.4 원격제어장치(SCADA)

학습목표

- 원격제어장치(SCADA System)의 개념과 역할 수행에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 원격제어장치(SCADA System)의 주요 기능에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 원격제어장치(SCADA System)의 구성도를 보고 각 장치들의 역할 수행을 이해할 수 있다.
- 중앙제어소장치(CC)의 구성과 각 장치들의 역할 수행에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 원격소장치(RTU)의 구성과 각 장치들의 역할 수행에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

원격제어장치(SCADA System), 중앙제어소장치(CC), 원격소장치(RTU), 통신장치(CU)

7.4.1 시스템의 개요

SCADA System은 Supervisory Control And Data Acquisition의 약자로서, 원격감시제어와 데이터 수집 시스템을 총칭하여 원격감시제어 시스템이라고 한다.

(1) 지정한 장치를 제어할 수 있는 능력을 제공하고, 지시하는 대로 작동하는지 운전 상태를 확인하는 일을 한다.

(2) 제어할 위치와 제어될 장치 사이의 거리가 직접 제어로는 불가능한 경우에 사용된다.

(3) 일반적으로 한 개 이상의 특별한 장치들의 운전에 국한하지 않고, 전반적인 전력 시스템 운전에 관련된 대량의 데이터를 수집하도록 구성되어 있다.

7.4.2 시스템의 주요 기능

(1) 원격 감시 기능

① 시스템의 운용 및 통신 상태

② 전철 · 전력 계통망의 상태(차단기, 단로기, 개폐기, 보호계전기, 출입문 등)

③ 원격소 장치 및 통신회선의 상태 변화

(2) 원격 제어 기능

동작 전 확인 방식(Select-Before-Operate)으로 3단계 제어

(3) 원격 계측 기능

① 아날로그 데이터를 순시 또는 주기적 측정

② 계측 포인트의 상 · 하한치를 설정 운용

(4) 기록 기능

(5) 경보 발생 기능

① 시스템 및 원격소 장치 고장 발생 시

② 전철 · 전력 계통상 사고, 장애 발생 시

③ 감시 포인트 상태 변화 시

④ 계측값의 상 · 하한치 초과 시

(6) 표시 화면 기능

(7) 일괄 제어 기능

수전 변전소의 정전 또는 급 · 단전 작업 시, 운용자의 선택에 의하여 컴퓨터가 자동으로 제어

(8) 자동 구간 검색 기능

계통 장애 시 자동으로 장애 구간을 검색하여 운용자에게 알려 주는 기능

7.4.3 시스템의 구성

전기철도 구간의 각 변전소, 급전구분소, 보조 급전구분소 등은 관제실(Control Center)에서 원격으로 감시제어 운용할 수 있도록 하고 있다. 원격 제어, 감시 설비는 크게 나누어, 제어를 하는 중앙 제어 장치와 피(被)제어 장치가 되는 원격소장치(RTU)로 구성된 시스템과, RTU 없이 통신장치(CU)를 통하여 직접 상위 감시 제어소로 전송 및 수신할 수 있는 시스템으로 구성되어 있다.

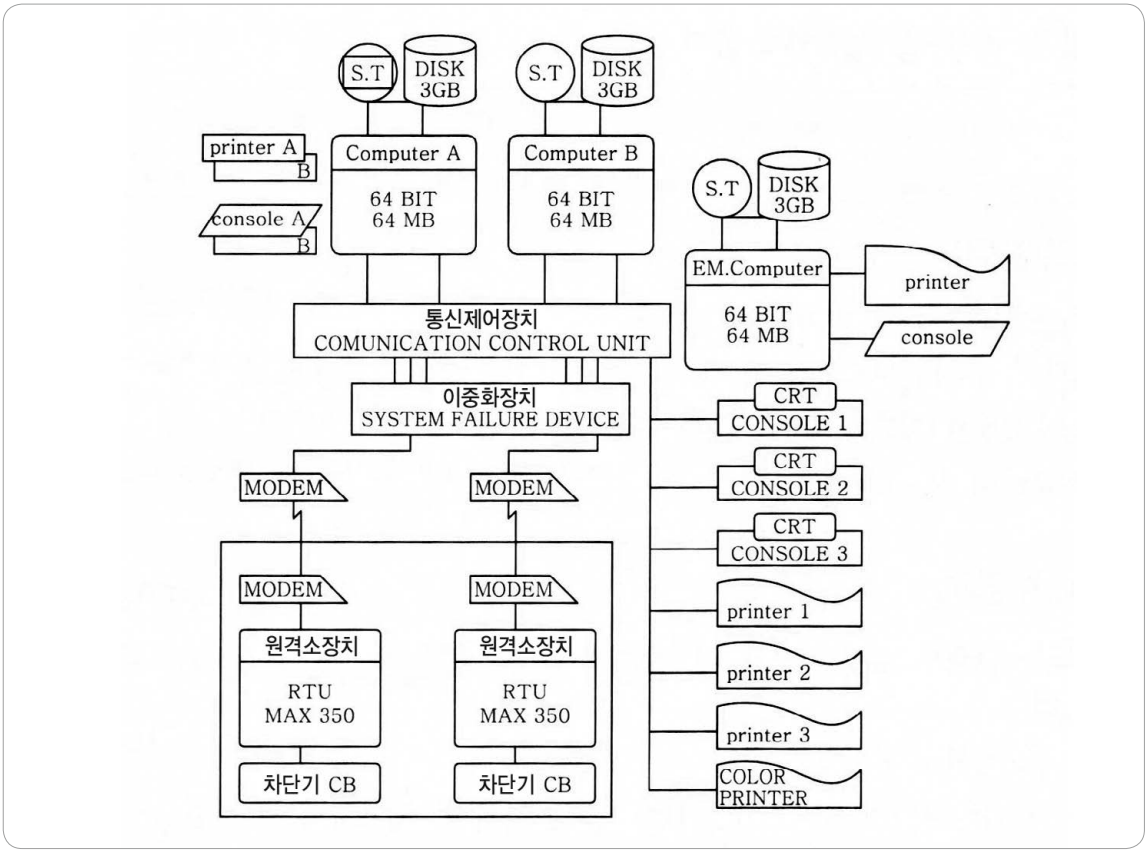
7.4.3.1 중앙제어소장치

(1) 주 컴퓨터장치

원격감시제어 시스템의 중추적인 역할을 담당하는 장치로, 수집된 각종 정보를 처리하며 제어 명령을 발생시키는 일을 수행한다.

(2) 인간/기계연락장치(MMI : Man Machine Interface)

운용자와 컴퓨터 시스템 간의 대화를 가능하게 해 주는 장치로, 운용자가 운용 상태를 점검할 수 있고 피(被)제어소를 선택해서 임의의 제어가 가능하도록 한다.



[그림 7-35] 전철 급전 원격제어 계통도

(3) 시스템 이중화장치

주 시스템의 장애가 발생하면 자동으로 통신 장치를 예비 시스템으로 절체(切替)를 하여 작업의 중단을 방지하는 장치이다.

(4) 근거리 통신 네트워크(LAN)

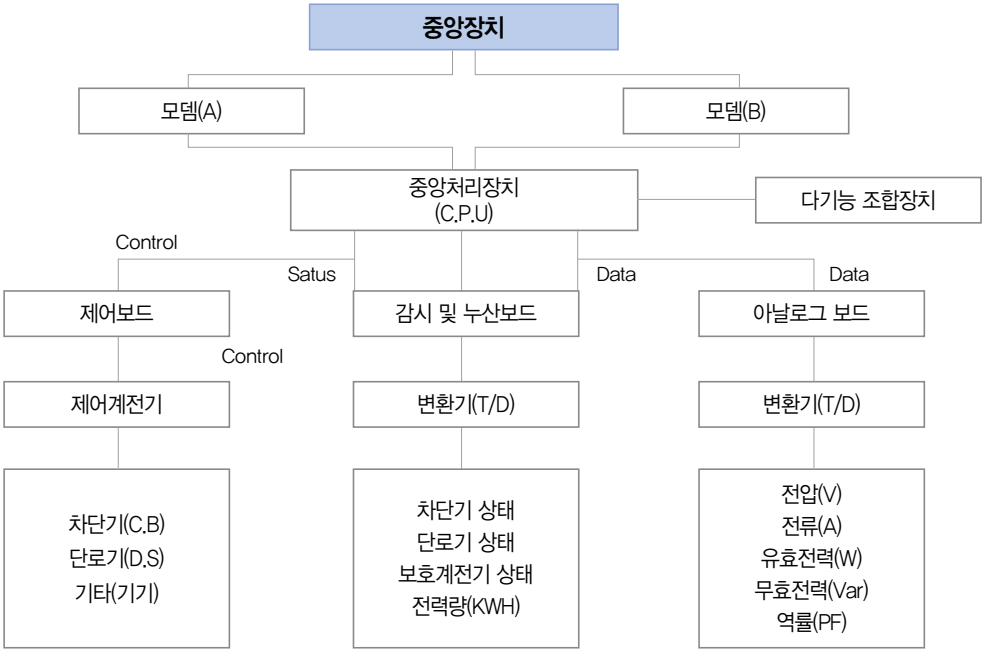
각 장치들 간의 고속 근거리 통신(LAN)이 가능하도록 해 주는 케이블 및 장치들과 용이하게 접속되도록 해 주는 장치이다.

(5) 무정전 전원장치(UPS)

상용 전원 또는 예비 전원의 전압. 주파수 변동 및 정전 시, 안정된 교류 전원을 중앙제어장치에 공급하는 장치이다.

7.4.3.2 원격소장치(Remote Terminal Unit – R.T.U)

RTU(Remote Terminal Unit) 장치는 피(被)제어소에 설치되어 변전설비로부터 현장 정보를 취득, 분석하여 제어소의 통신제어장치로 송신하고 통신제어장치로부터 제어 명령을 수신 처리할 수 있도록 설치된 장치로, 아래와 같이 구성되어 있다.



[그림 7-36] 원격소 장치(Remote Terminal Unit)

☑ 핵심정리

1. SCADA System은 Supervisory Control And Data Acquisition의 약자로서, 원격감시제어와 데이터 수집 시스템을 총칭하여 ( )이라고 한다.
2. 시스템의 주요 기능으로는 원격감시, ( ), 원격계측, 기록, ( ), 표시 화면, 일괄 제어, 자동구장구간 검색 기능 등이 있다.
3. 원격제어, 감시 설비는 크게 나누어, 제어를 하는 ( ),와 피(被)제어 장치가 되는 ( )로 구성된 시스템과, RTU 없이 통신장치(CU)를 통하여 직접 상위 감시 제어소로 전송 및 수신할 수 있는 시스템으로 구성되어 있다.
4. ( )는 주 컴퓨터장치, 인간/기계 연락 장치. 통신제어장치, 시스템 이중화장치, 근거리 통신 네트워크(LAN), 맵보드(Map Board), 소프트웨어(Software)로 구성되어 있다.

7.5 경량전철 전기시스템

학습목표

- 경량전철(Light Rail Transit)의 특징과 종류에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 안내궤조식 경량전철(AGT)의 전차선로 시스템의 구성도를 이해하고 설명할 수 있다.
- 선형 유도전동기 추진 시스템(LIM)의 특징을 이해하고 설명할 수 있다.
- 자기부상열차(MAGLEV)의 부상 원리(흡인식, 반발식)를 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

안내궤조식 경량전철(AGT), 선형 유도전동기 추진 시스템(LIM), 흡인식, 반발식

7.5.1 개요

경량전철(Light Rail Transit)은 시간 / 방향당 5,000~30,000명 정도의 수송 능력을 갖고 차량 규모나 수송 인원은 기존의 중량 지하철보다는 작으나, IT 기술의 개발로 첨단 H/W 및 S/W를 탑재하여 운행 효율을 극대화하고 있다. 전용 궤도로 운행함으로써 도로 교통에 비해 정시성, 안전성, 친환경성을 갖춘 대중교통수단인 신(新)대중교통 시스템으로, 현재 용인, 김해, 의정부, 우이신설선 등에서 운행 중이다.

7.5.2 경량전철 전기시스템

7.5.2.1 안내궤조식 경량전철(AGT)

7.5.2.1.1 개요

AGT(Automated Guideway Transit)는 고가 등의 전용 궤도를 고무타이어 또는 철제 차륜을 이용한 소형 경량 차량이 가이드웨이를 따라 운행하는 경량전철로, 무인운전도 가능한 시스템이다.

7.5.2.1.2 AGT의 특징

(1) 차량이 소형으로 터널 및 구조물 설치 등 건설 비용 감소

(2) 무인운전 도입으로 운용 효율 향상

(3) IT 기술 도입으로 탄력적 수송 수요 대응 가능

(4) 운행 자동화로 승무원 수 감소

(5) 산악 지형이 많은 지역에도 운행 가능

(6) 전기 동력 사용으로 친환경 기여

7.5.2.1.3 AGT 시스템의 구성

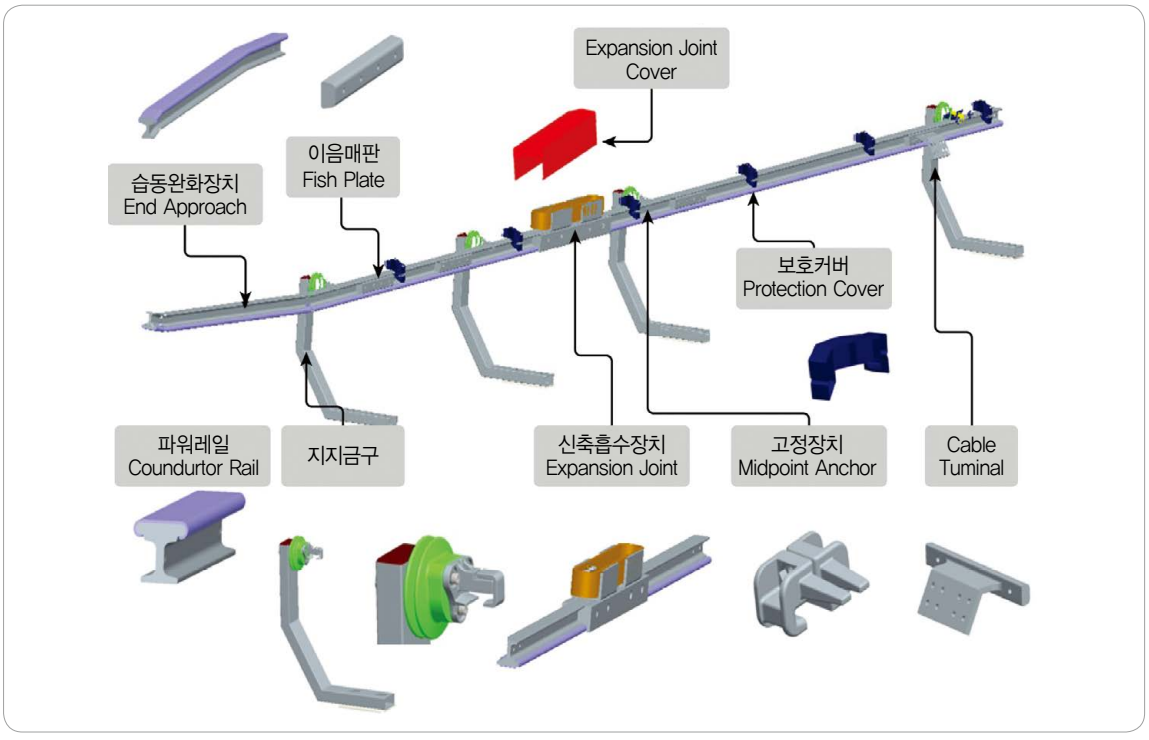
(1) 지지 방식은 하부 지지 방식으로 철제 차륜 및 고무 차륜 사용

(2) 안내 방식은 안내 궤조를 따라 차량의 안내 바퀴가 운행하는 방식으로, 중앙안내방식과 중앙 측구(확인:전문용어로 맞음)안내방식, 측방안내방식이 있다.

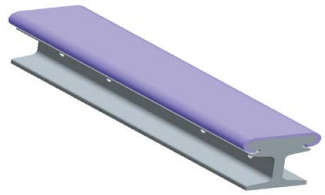
7.5.2.1.4 AGT 시스템의 전차선로 구성

전차선로 구성은 크게 나누어 볼 때 차량이 전기를 집전하는 도전부(제3레일), 변전소 급전반과 도전부를 연결하는 급전 케이블, 급전 구분용 단로기, 스팅거(stinger), 비상 급전 차단 시스템(BLS) 등으로 이루어져 있다.(※ 자료 : 김포도시철도 실시설계보고서)

(1)도전부 전체 구성도



(2) 급전 레일(Conductor Rail)



- 차량의 집전장치와 접동하며 차량의 부하 전력을 공급하는 설비로서, 알루미늄 몸체에 스테인리스 접동판을 덧붙인 구조
- 한 본의 길이는 12m 이상이며, 차량 운행 부하 전류를 충분히 흘릴 수 있는 도체 단면적을 선정

(3) 신축 흡수 장치(Expansion Joint)



- 급전 레일이 온도 변화로 인하여 팽창 및 수축되는 것을 흡수하는 설비로서, 120m 이하를 표준으로 설치
- 재질 : 급전 레일과 동일(알루미늄+스테인리스 스틸)
- 간극 : 좌, 우측 각 100mm (여유 포함)

(4) 지지대(Support)



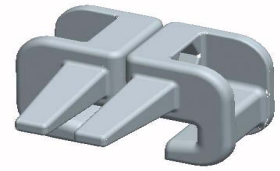
- 급전 레일을 애자와 함께 고정하는 장치
  차량 집전장치(correctot) 압상력 및 전기적 사고에 대하여 충분히 견딜 수 있는 구조로, 전차선 공급사에서 보장하는 지지 간격으로 직선, 곡선을 구분하여 설치
- 표면 처리 : 용융 아연 도금
- 재질 : 스틸

(5) 지지애자(Insulator)



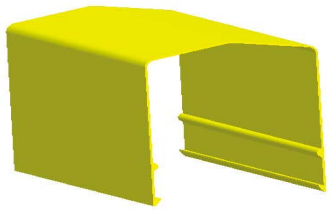
- 급전 레일을 구조물과 전기적으로 절연
- 재질 : 전기적, 기계적으로 충분한 강도를 가지며, 유지 보수성(우수 세정 및 인공 세정 효과 좋음) 및 오손, 내전압 성능, 내트래킹성이 좋은 에폭시 재질

(6) 중앙점 고정 장치(Midpoint Anchor, Fixed Anchor)



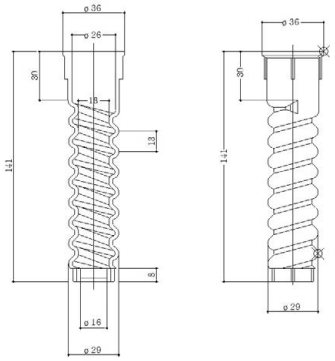
- 신축 장치와 신축 장치의 중앙 및 분기기를 필요 개소에 설치
- 온도 변화에 의한 신축 및 집전장치의 마찰력 등으로 인한 급전 레일의 흐름을 방지
- 재질 : 가단주철 + 용융 아연 도금, 또는 알루미늄, 스테인리스 스틸

(7) 보호 커버(Protection Cover)



- 급전 레일의 접촉에 의한 감전 사고와 추락물에 의한 접지 사고를 방지하기 위하여 도전 레일의 상부에 설치
- 적용 개소 : 차량 기지, 정거장, 본선 분기기, 건널목
- 옥외(차량 기지) : 자외선 차단, 난연 (PVC)
- 터널 : 저독, 난연 (GRP 또는 PCAB)
- 112[㎏/m]의 수직 하중 인가 시 문제없는 제품

(8) 매립전(Insert)



- 지지대를 침목(또는 도상)에 고정하기 위하여 차량 기지 PC 침목, 본선 콘크리트 도상에 개소별로 2개소 매립
- 급전 레일을 애자에서 1차 절연하고, 2차로 누설전류 방지 대책으로 절연 매립전 설치
- 재질 : 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)

(9) 단로기(Disconnection Switches)



- 본선 및 차량 기지에 설치하여 급전 계통 분리 및 유지 보수 시 안전을 확보한다.
- 투입, 개방 및 접지의 3단계 전동 조작이 가능한 구조로 되어 있다.

(10) 비상 급전 차단 시스템(Blue Ligtht Statation)



- 승강장 연단의 계단 인근, 차량 기지 선로 진입 출입구 인근에 설치하고, 급전 차단기반 또는 관제실과 연계하여 비상시 급전을 차단할 수 있는 설비로, 관제실과의 통화가 가능하고 급전측에 표시등이 있어 유지 보수자의 안전을 확보할 수 있다.
- 변전소, 차량 기지, 본선 Type 3가지로 구성되어 있다.

7.5.2.2 선형 유도전동기 추진 시스템(LIM)

7.5.2.2.1 개요

원형 전동기 회전자의 회전력을 이용하여 추진력을 얻는 방식이 아니라, 회전형 전동기를 절개한 평면구조의 리니어 모터 1차 측을 차량에 부착하고 2차 측인 리액션 프레이트(Reaction plate)는 지상에 설치하여 차상자와 지상자 상호 간의 자력에 의해 직선운동을 발생시켜 추진력을 얻는 방식이다.

7.5.2.2.2 LIM의 특징

(1) 건설 비용 절감과 편리성 향상에 크게 기여할 수 있다.
(2) 좌우의 차륜이 독립적으로 회전이 가능하여 급곡선(50R)에서도 주행이 가능하다.
(3) 소음이 적고 보수 비용을 절감할 수 있다.
(4) 차륜과 레일의 마찰력을 이용하지 않아 급구배(약 80‰)에서 주행이 가능하다.
(5) 터널의 단면적을 대폭적으로 축소(약 50%)하는 것이 가능하다.
(6) 구동장치의 형상이 평편하여 감속장치가 필요하지 않아서 차륜의 직경을 작게 할 수 있어 차체를 저상화할 수 있다.

7.5.3 자기부상열차(MAGLEV)

7.5.3.1 개요

자기부상열차는 기존 차륜과 레일의 마찰력에 의한 진동, 소음 문제의 개선과 열차 속도 한계를 해결하기 위해 개발된 시스템으로, 전자력(흡인력 및 반발력)을 이용하여 궤도로부터 차량을 부상하고 선형 전동기(LIM)로 추진하는 시스템이다. 차체 부상 방식으로 나누면 일반 전자석의 자력을 이용한 상전도 방식이 있고, 초전도체가 극저온에서 전기저항이 제로(0)가 되는 초전도 현상을 응용한 초전도 전자석의 강력한 자기력을 이용한 초전도 방식이 있다.

7.5.3.2 자기부상방식

7.5.3.2.1 흡인식

자석의 흡인력을 이용하여 자체에 걸리는 중력과 평형을 유지하면서 일정한 부상 높이(약 1cm)를 일정하게 유지하기 위하여 정밀한 센서를 이용한다.

7.5.3.2.2 반발식

자석의 반발력을 이용한 것으로 중력과 평형한 부상 높이를 얻기 위해 2개의 자석이 접근하면 반발력이 증가하고, 멀어지면 약화되어 물체의 무게에 의해서 낙하하는 원리를 이용한 것이다.

☑ 핵심정리 >>>

1. ( )은 시간/방향당 5,000~30,000명 정도의 수송 능력을 갖고 있는 전철이다.
2. ( )(Automated Guideway Transit)는 고가 등의 전용 궤도를 고무타이어 또는 철제 차륜을 이용한 소형 경량 차량이 가이드웨이를 따라 운행하는 경량전철로, 무인운전도 가능한 시스템이다.
3. ( )의 지지 방식은 하부 지지 방식으로 철제 차륜 및 고무 차륜을 사용하고, 안내 방식은 안내 궤조를 따라 차량의 안내 바퀴가 운행하는 방식으로 중앙안내방식과 중앙측구안내방식, 측방안내방식이 있다.
4. ( )의 전차선로 구성은 크게 나누어 볼 때, 차량이 전기를 집전하는 도전부(제3레일) 변전소 급전반과 도전부를 연결하는 급전 케이블, 급전 구분용 단로기, 스팅거(stinger), 비상 급전차단시스템(BLS) 등으로 이루어져 있다.
5. ( ) 흡인식은 자석의 흡인력을 이용하여 자체에 걸리는 중력과 평형을 유지하면서 일정한 부상 높이(약 1cm)를 일정하게 유지하기 위하여 정밀한 센서를 이용한다.
6. ( ) 반발식은 자석의 반발력을 이용한 것으로, 중력과 평형한 부상 높이를 얻기 위해 2개의 자석이 접근하면 반발력이 증가하고, 멀어지면 약화되어 물체의 무게에 의해서 낙하하는 원리를 이용한 것이다.

8장

토목 일반



8.1 철도선로(鐵道線路)

8.2 궤도(Track)

8장 토목 일반

8.1 철도선로(鐵道線路)

학습목표

- 철도선로와 관련한 용어의 정의를 공학적으로 이해하고 설명할 수 있다.
- 선로의 기하학적 조건이 열차 운전에 미치는 영향을 이해하고 선로제표 등이 제공하는 운전 정보를 활용하여 안전 운행을 할 수 있다.

[핵심용어]

선로, 궤간, 완화 곡선, 확대 궤간, 캔트, 기울기, 분기기, 건축 한계, 차량 한계, 궤도 중심 간격, 선로제표

8.1.1 개론

8.1.1.1 용어의 정의

(1) 토목 일반 관련 용어

1) '본선'이란 열차의 운전에 상용(常用)하는 선로를 말한다.
2) '측선'이란 본선이 아닌 선로를 말한다.
3) '설계 속도'란 해당 선로를 설계할 때 기준이 되는 상한 속도를 말한다.
4) '선로'란 철도차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반(路盤) 또는 인공 구조물로 구성된 시설을 말한다.
5) '궤간'이란 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14mm 아래 지점을 기준으로 한다.
6) '캔트(Cant)'란 차량이 곡선 구간을 원활하게 운행할 수 있도록 안쪽 레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것을 말한다.

7) '정거장'이란 여객 또는 화물의 취급을 위한 철도 시설 등을 설치한 장소로써 다음의 장소를 말한다.

① '역'이란 열차를 정차하고 여객 또는 화물의 취급을 위하여 설치한 장소를 말한다.

② '조차장'이란 열차의 조성 또는 차량의 입환(入換)을 위하여 설치한 장소를 말한다.

③ '신호장'이란 열차의 교행 또는 대피를 위하여 설치한 장소를 말한다.

8) '종곡선(縱曲線)'이란 차량이 선로 기울기의 변경 지점을 원활하게 운행할 수 있도록 종단면에 두는 곡선을 말한다.

9) '궤도'란 철도차량이 운행할 수 있도록 레일 · 침목 및 도상(道床)과 이들의 부속품으로 구성된 시설을 말한다.

10) '도상'이란 레일 및 침목으로부터 전달되는 차량 하중을 노반에 넓게 분산시키고 침목을 일정한 위치에 고정시키는 기능을 하는 자갈 또는 콘크리트 등의 재료로 구성된 구조 부분을 말한다.

11) '슬랙(Slack, 확대 궤간)'이란 차량이 곡선 구간의 선로를 원활하게 통과하도록 바깥쪽 레일을 기준으로 궤간을 넓히는 것을 말한다.

12) '건축 한계'란 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도 위에 설정한 일정한 공간을 말한다.

(2) 운전 일반 관련 용어

1) '철도차량'이란 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차 · 객차(客車) · 화차(貨車) 및 특수차를 말한다.

2) '열차'란 본선을 운행할 목적으로 철도 운영자가 편성하여 열차 번호를 부여한 철도차량을 말한다.

3) '열차 제어 시스템'이란 열차 운행을 직접 또는 간접적으로 제어하기 위하여 신호장치 및 열차 자동 제어장치 등을 유기적으로 결합하여 하나의 시스템을 구성하는 것을 말한다.

4) '신호소'란 열차의 교차 통행 및 대피를 위한 시설이 없이 열차의 운행에만 필요한 상치신호기(常置信號機)(열차 제어 시스템을 포함한다)를 취급하기 위하여 시설한 장소를 말한다.

(3) 차량 일반 관련 용어

'기지'란 화물의 취급 또는 차량의 유치 등을 목적으로 시설한 장소로서 화물 기지, 차량 기지, 주박 기지(駐泊基地), 보수 기지 및 궤도 기지 등을 말한다.

(4) 전기 설비 일반 관련 용어

1) '전차선로'란 동력차에 전기 에너지를 공급하기 위하여 선로를 따라 설치한 시설물로서 전선, 지지물(支持物) 및 관련 부속 설비를 총괄하여 말한다.
2) '전기동차 전용선'이란 도시 교통 처리를 주목적으로 전기동차가 운행되는 선로로서 디젤 기관 등에 의한 여객 열차 · 화물 열차는 운행되지 아니하는 선로를 말한다.

(5) 신호 일반 관련 용어

1) '분기기'란 열차 또는 차량을 한 궤도에서 다른 궤도로 이동시키기 위하여 설치한 궤도의 설비를 말한다.
2) '궤도회로'란 레일을 전기회로 일부분으로 사용하여 차량의 차축에 의해 전기회로를 단락 또는 개방함으로써 열차의 유무를 검지하도록 전기적으로 구성한 회로를 말한다.
3) '건널목 보안장치'란 도로와 철도가 평면 교차 하는 건널목에 열차, 자동차 및 사람 등의 통행에 안전을 확보하기 위하여 설치하는 각종 보안 설비를 말한다.
4) '신호기'란 폐색구간(閉塞區間)의 경계 지점 또는 측선의 시점 등 필요한 곳에 설치하여 열차 또는 차량의 진입 여부 등을 지시하는 신호기 및 신호표지 등의 장치를 말한다.
5) '폐색구간'이란 선로를 여러 개의 구간으로 나누어 반드시 하나의 열차만 점유하도록 정한 구간을 말한다.
6) '연동장치'란 신호기 · 선로 전환기 · 궤도회로 등의 제어 또는 조작이 일정한 순서에 따라 연쇄적으로 동작되는 장치를 말한다.(출처:철도건설규칙 2019.03.20)

(6) 정보 통신 관련 용어

'통신 설비'란 열차 운행 및 철도 운영에 관한 정보(음성, 부호, 문자 및 영상 등)를 송수신 하거나 표출하기 위한 통신선로 등의 통신 설비와 이에 부속되는 설비 등을 말한다.

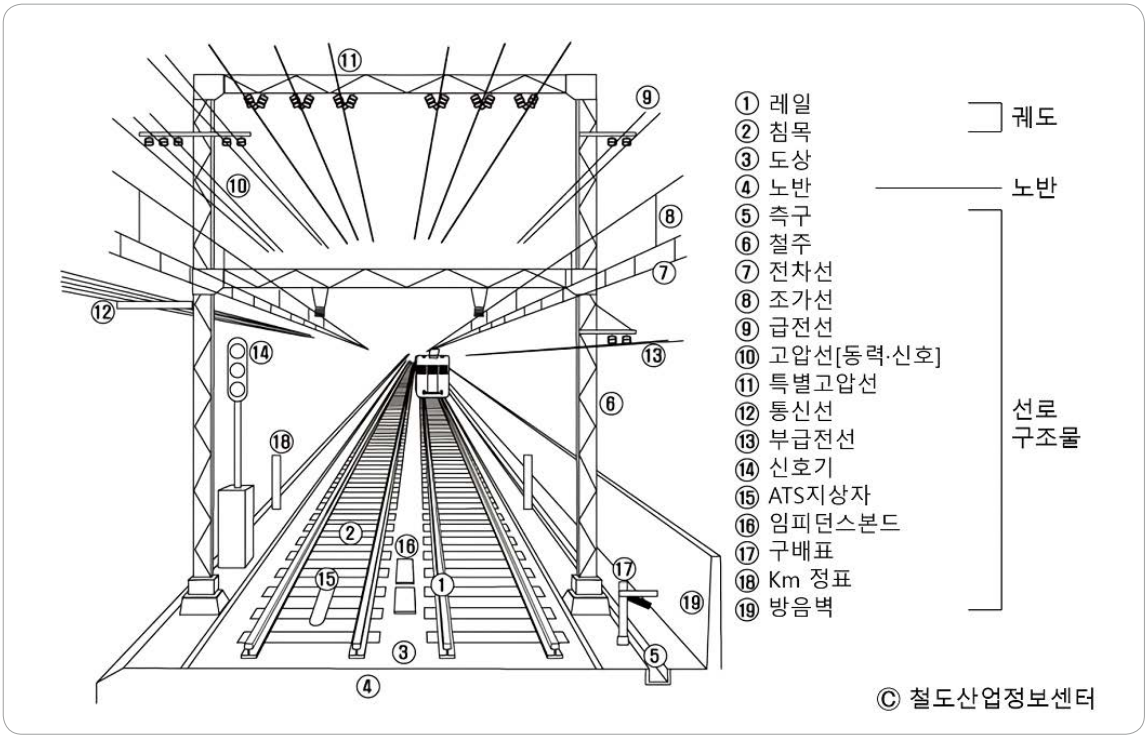
8.1.1.2 철도선로의 정의

(1) 철도선로

철도선로는 여객 또는 화물을 운송하는 데 필요한 철도 시설 즉, 철도차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반 또는 공작물로 구성된 시설로 이와 관련된 운영 · 지원 체계가 유기적으로 구성된 운송 체계를 말하는 것(철도산업발전기본법)으로 폭넓게 정의할 수 있다. 여기서는 철도 시설 일부분으로 철도선로를 정의하고자 한다.

궤도는 레일, 침목, 도상으로 이루어지는 철도선로의 중요한 부분으로 레일과 침목을 체결하는 부속품을 포함한다. 레일과 침목, 도상으로 전달된 열차 또는 차량 하중을 직접 지지하는 노반과 관련 부속 선로 구조물을 포함하면 궤도와 구분하여 선로라는 용어를 사용한다.

철도선로를 건설하기 위해서는 건설 대상 지역의 지형적 지리적 여건을 충분히 반영하여야 하므로 직선, 곡선, 교량, 터널, 깎기, 성토, 오르막, 내리막 등 기울기와 다양한 제한 조건을 수용하지 않을 수 없다. 근본적으로 고속으로 주행하는 열차의 안전 운행을 위한 여러 가지 조건과 한도를 철도건설규칙(2019.03.20)과 도시철도건설규칙(2014.07.08)에서 규정하고 있다.



[그림 8-1] 철도시설물

(2) 선로(線路)의 구조(構造)

도시철도선로의 설계 속도는 노선, 수송량, 차량의 형식 등 여러 요소에 영향을 미친다. 신설 및 개량 노선의 설계 속도를 정하기 위해서는 초기 건설비, 운영비, 유지 보수 비용 및 차량 구입비 등의 총비용 대비 효과 분석, 역간 거리, 해당 노선의 기능, 장래 교통 수요 등을 고려하여 속도별 비용 및 효과 분석을 시행하여 결정하여야 한다.

도심지 통과 구간, 시 · 종점부, 정거장 전후 및 시가지화 구간 등 노선 내 다른 구간과 동일한 설

계 속도를 유지하기 어렵거나, 동일한 설계 속도 유지에 따르는 경제적 효용성이 낮은 경우에는 구간별로 설계 속도를 다르게 정할 수 있다(철도건설규칙).

[표 8-1] 선로 구조 기준

항 목		기 준	비 고
건축 한계 (폭×높이)		3,600×5,150(5,500)㎜ 지하, (지상)	
차량 한계 (폭×높이)		3,200×4,750㎜	
기울기 한도	정거장 밖 본선	35/1000, 곡선인 경우 곡선 보정 기울기	
	정거장 안	3/1000, 차량 분리. 연결 유치하는 경우	
		8/1000 (10/1000 부득이한 경우)	
	측선	3/1000	
		45/1000, 차량을 유치하지 않는 측선	
종곡선 삽입		기울기 변화 5/1000 초과 경우 R=3,000m이상	• 철제 차륜 형식 경량 전철의 경우 R=2,000m이상 • 고무 차륜 형식 경량 전철의 경우 R=1,000m이상
열차 하중		차량의 축중 16톤 이하	경량 전철 13.5톤 이하
승강장 연단 높이		레일 윗면으로부터 1.135m	
최대 캔트량		160mm	철제 차륜 형식 경량 전철의 경우 150mm

[표 8-2] 궤도 구조 기준(서울교통공사)

항 목			기 준				비 고
레 일			레일의 중량은 m당 50㎏ 이상				
침 목 (20m당 침목 수)			지하 본선(정)		고가 본선(정)		교량 : 50 차량 기지 : 30
			W.T	P.C.T	W.T	P.C.T	
			34	34	35	34	
구 분			도상 두께(mm)		너 비(mm)		건설 시 : (R.L에서 F.L) 자갈 도상 두께 지상, 고가: 600 지하 : 700 콘크리트 : 500
콘크리트 도상			120		3,150		
자 갈 도 상	지하 및 고가부		250		3,200		
	지상부	단선	250		도상 위	3,200	
		복선	250		도상 위	7,200	
	차량 기지		170		3,200		

8.1.1.3 궤간(軌間, Gauge)

(1) 궤간의 정의

차량은 좌우 두 레일에 의하여 유도되어 주행한다. 레일에 접하는 차륜의 주행 면 및 플랜지 면에는 좌우 한 쌍의 차륜이 항상 궤도의 중심을 따라 주행하도록 기울기가 붙여져 있다. 이와 같은 상태로 차량이 주행하면 차륜과 레일의 접촉부는 상호 간 마모가 생겨 변형되고 양자의 허용 오차 영향도 있어 접촉 위치는 항상 어떤 범위 내로 한정되어 있어야 한다. 이 접촉 위치의 양측 레일 간의 최단 거리를 궤간이라 한다(2000, 서사범 철도공학의 이해).

현행 도시철도건설규칙에서는 궤간에 대하여 다음과 같이 정의하고 있다.

'궤간'이란 다음 각 항의 구분에 따른 궤도 사이의 간격을 말한다.

1) 철제 차륜을 사용하는 도시철도차량(이하 '차량'이라 한다)의 경우: 레일의 맨 위쪽 부분으로부터 14mm 아래 지점에 위치한 양쪽 레일의 안쪽 간의 가장 짧은 거리

2) 고무 차륜을 사용하는 차량의 경우: 차륜 중심 간의 거리

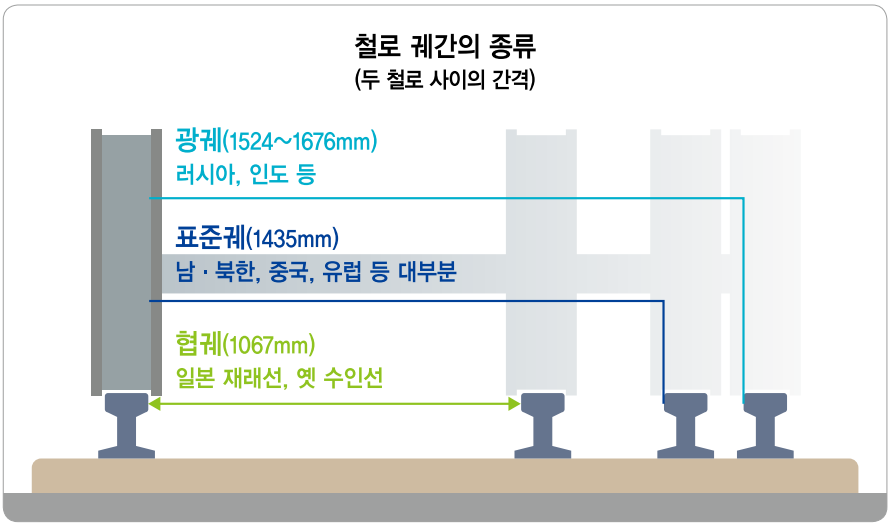
3) 자기 부상 추진 방식을 사용하는 차량의 경우: 부상 레일 중심 간의 거리

위의 가장 짧은 거리는 레일 플로우(flow)를 고려한 것이며 레일 두부 형상과 차륜 플랜지 형상의 상관관계를 보면 양자가 상시 접촉하는 범위는 마모 상황을 고려하여도 레일 면부터 13mm 전후이며 여유를 보아 14mm에서 측정하도록 하고 있다.

(2) 궤간의 종류와 특징

세계 주요 국가에서 이용하고 있는 궤간은 1,676mm에서 762mm까지 다양하지만 대부분 1,435mm인 표준 궤간(standard gauge)을 채용하고 있으며 이보다 넓은 궤간은 광궤(broad gauge), 좁은 궤간은 협궤(narrow gauge)로 분류한다.

궤간의 대소는 운전 속도, 수송량, 차량의 주행 안전성, 건설비 등에 많은 영향을 준다. 광궤는 건설비를 제외하면 모든 면에서 유리하며 차륜의 지름을 크게 할 수 있으므로 충격이 작고 승차감이 좋으며, 차량 궤도의 파괴를 감소시킬 수 있다. 반면 협궤는 모든 구조물을 작게 할 수 있으므로 용지비를 포함한 건설비가 싸며 곡선 통과가 쉬우므로 곡선 반경의 제한이 적게 된다. 철도를 운영하는 기관 간의 궤간이 다를 경우에는 상호 직통 운행이 불가능하므로 도시철도건설규칙에서 표준 궤간으로 정한 것이다.



[그림 8-2] 궤간의 분류

8.1.2 곡선(曲線, Curve)

(1) 곡선의 종류

철도선로는 운전 및 유지 보수 측면에서도 가장 이상적인 것은 직선으로 건설하는 것이다. 그러나 여러 가지 지형적인 제한 조건으로 곡선 선형의 철도 노선이 불가피하다. 곡선 선형에서는 전망이 불량하고 원심력의 작용 때문에 차량의 안정을 나쁘게 하고 운전에 위험이 있으며, 승차감이 좋지 않다. 또한 열차 저항을 증가시키며 궤도 파손이 빠르고 속도가 제한되는 등 불리한 점이 많다.

곡선은 평면 곡선과 종단 곡선으로 분류하며 평면 곡선은 원곡선(circular curve), 완화 곡선(transition curve), 복심 곡선(compound curve), 반향 곡선(reverse curve) 등이 있으며 종방향의 기울기 변화 점에는 종단 곡선(vertical curve)을 설치한다.

(2) 곡선의 표시 방법

철도 선형은 지형 조건상 부득이 곡선 선형의 삽입이 불가피하다. 곡선의 설치는 대부분 원곡선을 사용하며 곡선의 표시는 곡선 반경 R(m)로 표시하는 방법과 곡선도(100ft의 현으로 표시되는 각) θ°로 표시하는 방법이 있으나 일반적으로 곡선 반경 R로 표시한다.

(3) 최소 곡선 반경(minimum radius of curve)

철도선로의 곡선 반경은 열차의 안전 운행 및 선로 유지 보수의 측면에서 가능하다면 큰 것이 좋으

나, 부득이하게 곡선 반경이 작은 곡선을 설치할 수밖에 없는 경우가 많다. 해당 선구의 최소 곡선 반경은 궤간, 열차 속도, 차량의 고정 축거(Rigid Wheel Base)등에 따라 결정된다.

1) 철도의 건설 기준에 관한 규정 제6조(2020.07.07)

[표 8-3] 선로의 곡선 반경

일반 본선			정거장 전후 등 부득이한 경우		전기동차 전용선
설계 속도 V(km/h)	최소 곡선 반경(m)		설계 속도 V(km/h)	최소 곡선 반경 (m)	
	자갈도상 궤도	콘크리트도상 궤도			
400	–①	6,100	–	–	설계 속도에 관계없이 250m
350	6,100	4,700	–	–	
300	4,500	3,500	–	–	
250	3,100	2,400	200<V≤400	운전속도 고려 조정	
200	1,900	1,600	150<V≤200	600	
150	1,100	900	120<V≤150	400	
120	700	600	70<V≤120	300	
V≤70	400	400	V≤70	250	

① 설계속도 350<V≤400 킬로미터/시간 구간에서는 콘크리트상 궤도를 적용하는 것을 원칙으로 하고, 자갈도상 궤도 적용 시에는 별도로 검토하여 정한다.

※ 부본선, 측선 및 분기기에 연속되는 경우 200m까지 축소 가능

2) 도시철도건설규칙 기준

선로의 곡선 반경은 선로의 구간 및 기능 등에 따라 그 크기를 시 · 도지사 등이 정한다.(제10조)

[표 8-4] 선로의 곡선 반경(서울특별시 도시철도 기준) (단위 : m)

구 분 \ 선로별		중량 전철			경량 전철	
		1호선	2호선	1, 2호선 외의 선로	철제 차륜	고무 차륜
정거장 외의 본 선	일반의 경우	160	180	250	100	100
	부득이한 경우	135	140	180	50	40
정거장 내의 본선		400	400	400	300	250
측 선	일반의 경우	120	120	120	50	30
	부득이한 경우	–	–	90		
분 기 부 대		145	145	150		

[표 8-5] 선로의 곡선 반경(부산광역시 도시철도 기준) (단위 : m)

구 분 \ 선로별		중량 전철	경량 전철	
		철제 차륜	철제 차륜	고무 차륜
본선	일반의 경우	200	100	100
	부득이한 경우	160	50	40
정거장		300	300	250
측선		120	50	30
분기 부대		145	–	–

(4) 완화 곡선(transition curve)

1) 완화 곡선의 정의

열차가 직선(直線) 선로에서 곡선(曲線) 선로로 운행할 때나 또는 그 반대일 경우, 곡률의 급격한 변화로 차량은 심하게 요동하게 된다. 이 점을 보완하기 위해 직선과 원곡선 사이에 완화 곡선을 삽입하여 회전각의 변화(곡률의 변화)를 완화하는 것이다.

2) 완화 곡선의 종류

완화 곡선에는 한국철도공사에서 채택하고 있는 3차 포물선, 도시철도에서 채용하고 있는 클로소이드 곡선, 사인 반 파장 곡선 등 여러 종류의 완화 곡선이 있다.

3) 완화 곡선의 길이를 결정할 때 고려할 사항

① 차량의 고정 축거로 3점 지지에 의한 차량의 부상 경향이 있으므로 캔트의 체감을 완만하게 하여 부상으로 인한 탈선의 위험이 없도록 한다.

② 주행 차량이 받는 단위 시간당의 캔트량의 변화와 캔트 부족량의 변화는 승차 기분이 나쁘지 않은 범위 내에서 일정한 값 이상이어야 한다. 따라서 완화 곡선의 길이는 열차 운전 속도에 비례하여 길이를 정하게 된다. 철도의 건설 기준에 관한 규정 제8조에서는 완화 곡선 설치에 대하여 자세히 규정하고 있다.

(5) 확대 궤간(슬랙, Slack)

1) 확대 궤간의 필요성

차량이 곡선을 통과하는 경우 차량이 안전하고 원활하게 주행하기 위해서는 차축이 곡선의 중

심을 향하고 있는 것이 바람직하다. 그러나 곡선부에 차량이 주행할 때는 차량의 차축 중에 2개 또는 3개의 차축이 대차에 강결 되어 고정된 프레임으로 구성되어 있다. 따라서 이 차량이 곡선을 통과할 경우에는 전후 차축의 위치 이동이 불가능할 뿐 아니라 플랜지(flange)가 있어 원활한 통과가 어렵고 차축의 한쪽 또는 양쪽 모두가 궤도 진행 방향과 직각이 될 수 없다. 차륜은 레일과 어떤 각도로 접촉하면서 진행하게 되는데 차축의 간격이 클수록 차륜이 레일에 닿는 각도가 크게 된다. 만약 각도가 크게 되면 원활한 주행이 어렵다. 그 결과, 차량의 동요, 횡압이 증대하며 보수 측면에서도 궤간 및 줄 틀림의 증가와 레일 마모에도 영향을 주게 된다. 이러한 영향을 최소화하기 위해서는 곡선부에서는 곡선 반경의 대소에 따라서 궤간을 확대하는데 이를 '슬랙(gauge widening 또는 slacking)'이라 하고, 이 넓히는 양을 '슬랙량'이라고 한다.

2) 슬랙량의 산정

슬랙량의 산정은 고정 차축 거리, 차륜 가동 여유치 등을 고려하여 다음과 같이 결정한다.

$$S = \frac{2{,}250}{R} - S'$$

여기서 S: 확대 궤간(슬랙, 밀리미터)

R: 곡선 반경(미터)

S': 조정치

확대 궤간은 곡선 부분의 안쪽 레일에 두어야 하며, 그 치수는 25㎜를 초과하지 아니하는 범위에서 해당 곡선의 반경 등을 고려하여 특별시장 · 광역시장 · 도지사 · 특별자치도지사 · 시장 또는 군수(이하 '시 · 도지사들'이라 한다)가 정하는 것으로 도시철도건설규칙 제7조에 규정되어 있다.

(6) 캔트(Cant)

1) 캔트(Cant)의 정의

열차가 곡선을 통과하는 경우 열차에서 발생하는 원심력이 곡선 외측으로 작용하기 때문에 승객의 몸이 곡선 외측으로 쏠림에 따른 승차감 저하, 외측 레일에 열차의 중량과 횡압 증가에 따른 궤도의 보수량 증가, 곡선 외측으로 열차의 전복 위험 증가 등이 발생하게 된다.

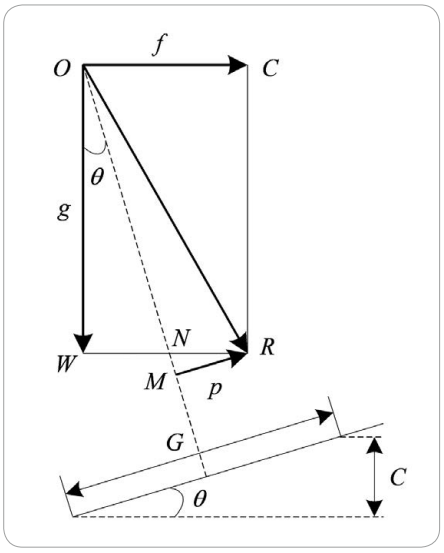
이러한 원심력에 의한 악영향을 방지하기 위하여 열차의 주행 속도에 따라 곡선의 외측 레일을 높여 주는 것을 '캔트(cant)'라고 하며, 높여 주는 양을 '캔트량'이라 한다.

$f = \frac{V^2}{R}$: 원심 가속도

R: 곡선 반경

V: 열차 속도

g: 중력 가속도



[그림 8-3] 캔트의 원리

2) 설정 캔트

일반적으로 곡선부에서 통과 열차의 속도와 선로 상태가 일정하지 않으므로, 아래의 식과 같이 고속 및 저속 열차에 대한 불균형과 승객의 승차감, 그리고 현장 실정을 고려하여 캔트를 조정하도록 조정치 즉, 부족 캔트 C_d을 두어 설정 캔트를 결정한다. 따라서 균형 캔트 C_{eq}는 설정 캔트 C'와 부족 캔트 C_d의 합이다.

$$C = 11.8\frac{V^2}{R} - C_d$$

여기서 C: 설정 캔트(mm)

V: 열차 속도(km/h)

R: 곡선 반경(m)

C_d : 부족 캔트(mm)

철도의 건설기준에 관한 규정 제7조 (2020.07.07.)

[표 8-6] 캔트의 한계기준

설계 속도(km/h)	자갈 도상 궤도		콘크리트 도상 궤도	
	최대 설정 캔트(mm)	최대 부족 캔트①(mm)	최대 설정 캔트(mm)	최대 부족 캔트①(mm)
$350 \le V$	–②	–②	180	130
$200 < V \le 350$	160	80	180	130
$V \le 200$	160	100③	180	130

① 최대 부족 캔트는 완화 곡선이 있는 경우 즉, 부족 캔트가 점진적으로 증가하는 경우에 한한다.

② 설계속도 350<V≤400 킬로미터/시간 구간에서는 콘크리트도상 궤도를 적용하는 것을 원칙으로 하고, 자갈도상 궤도 적용 시에는 별도로 검토하여 정한다.

③ 선로를 고속화하는 경우에는 최대 부족 캔트를 120mm까지 할 수 있다.

④ 도시철도건설규칙 제11조에서는 최대 캔트를 160mm를 초과할 수 없다고 규정하고 있다.

8.1.3 기울기(勾配)

(1) 기울기의 정의

선로의 기울기는 선로의 종방향 선형에서 높이 변화를 의미하는 것으로 일정 구간을 기준으로 시점부 보다 종점부의 위치가 높을 경우에는 상향 기울기로, 시점부 보다 종점부의 위치가 낮을 경우에는 하향 기울기로 정의한다. 선로의 기울기 결정은 다른 선형 조건들과 마찬가지로 설계 · 공사비의 증감 및 영업 차량의 운행 배치 최적화와 직결되는 부분이므로 세심한 검토가 요구되며, 기울기 결정 대상 구간의 기본 특성(상향 기울기, 하향 기울기, 역사 등과 같은 정지 구역의 존재 여부 등)이 선결된 이후에 가능하다.

기울기 결정 대상 구간의 기본 특성이 결정된 이후, 상향 기울기 부분에 대해서는 정지 시의 재가동 여부를 포함한 등판능력 검토가 수행되어야 하며, 하향 기울기 부분에 대해서는 비상제동 시 제동거리의 확보 여부에 대한 검토가 수행되어야 한다. 이는 곧 운행할 차량의 중량, 견인력, 제동력, 제동 초기 속도, 공주시간, 출발 저항, 주행 저항, 기울기 저항, 곡선 저항 등의 차량 특성 요소에 대한 종합적인 고려가 수반되어야 함을 의미한다.

(2) 기울기의 표시 방법

1) 천분율(‰)

수평 거리 1000m에 대한 수직 높이를 천분율로 표시하고, 한국, 프랑스, 독일, 일본 등 세계 각국 철도에서 많이 사용한다. (예 : 수평 거리 1000m에 대한 고저 차가 30m일 때 30‰로 표시)

2) 백분율(%)

수평 거리 100m에 대한 수직 높이를 백분율로 표시하고, 미국 철도와 우리나라의 도로에서 사용하고 있다. (예 : 수평 거리 100m에 대한 고저 차가 20m일 때 20%로 표시)

(3) 최급 기울기

열차 운전 구간 중 가장 경사도가 심한 기울기를 말한다. 우리나라의 경우 최급 기울기는 설계 속도, 선로의 구분, 또는 운전 조건 등으로 상당한 제한을 두고 있으며 그 제한은 다음과 같다.

1) 철도의 건설기준에 관한 규정 제10조 (2020.07.07)

[표 8-7] 선로의 한계기울기

설계 속도V(km/h)		일 반(‰)	부득이한 경우(‰)
여객전용선	$400 \leq V$	35①②	–
여객화물혼용선	$200 < V \leq 250$	25	30
	$150 < V \leq 200$	10	15
	$120 < V \leq 150$	12.5	15
	$70 < V \leq 120$	15	20
	$V \leq 70$	25	30
전기동차 전용선		설계 속도와 관계없이 35	–

① 연속한 선로 10킬로미터에 대해 평균기울기는 1천분의 25이하여야 한다.
② 기울기가 1천분의 35인 구간은 6킬로미터를 초과할 수 없다.

2) 정거장 내

① 일반적인 경우 : 2‰

② 열차를 분리 또는 연결하지 아니하는 본선

– 전기동차 전용선 : 10‰

– 그 외 : 8‰

③ 열차를 유치하지 아니하는 측선 : 35‰

3) 도시철도건설규칙 기준[도시철도건설규칙 제15~17조]

[표 8-8] 선로의 한계기울기(도시철도건설규칙 기준)

구 분			기울기 한도(‰)
일반 본선			35
정거장 내	본선	차량을 분리 · 연결 또는 유치 용도로 사용	3
		그 외(부득이한 경우)	8(10)
	측선	일반	3
		차량을 유치하지 않는 측선	45

(4) 기울기의 분류

1) 최급 기울기(最急勾配)

열차 운전 구간 중 가장 높이차가 심한 기울기를 말하며, 장대 터널 내부는 습기가 많아 레일이 미끄러우므로 기관차의 견인력이 감소하고 열차에 대한 공기 저항이 증대되므로 최급 기울기를 규정하고 있다. 전차 전용 선로(電車專用線路)의 경우 한도를 35‰로 정하였다.

2) 제한 기울기(制限勾配)

기관차의 견인정수(牽引定數)를 제한하는 기울기를 말하며, 반드시 최급 기울기(最急勾配)와 일치하는 것은 아니다.

3) 타력 기울기(惰力勾配)

제한 기울기보다 심한 기울기라도 그 연장이 짧으면 열차의 타력에 의하여 이 기울기를 통과할 수 있을 때의 기울기를 말한다.

4) 표준 기울기(標準勾配)

열차 운전 계획상 정거장 사이마다 조정된 기울기로서, 역 사이의 임의 지점 간의 거리 1㎞의 연장 중 가장 급한 기울기로 조정된다.

5) 가상 기울기(假想勾配)

기울기 선을 운전하는 열차의 벨로시티 헤드(velocity head, $\frac{v^2}{2g}$)의 변화를 기울기로 환산하여 실제의 기울기에 대수적으로 가산한 것을 가상 기울기라 하고, 열차 운전의 시(時) · 분(分)에 적용된다.

(5) 종곡선

선로(線路)의 기울기가 변화하는 개소에는 열차의 운전 속도 및 차량의 구조 등을 고려하여 열차의 주행 안전성 및 승차감에 지장을 주지 않도록 종곡선을 설치하여야 한다.

1) 철도의 건설기준에 관한 규정 제11조 (2020.07.07)

① 종곡선을 설치해야 하는 경우

선로의 기울기가 변화하는 개소의 기울기 차이가 설계 속도에 따라 다음 표의 값 이상인 경우에는 종곡선을 설치하여야 한다.

[표 8-9] 종곡선 설치 기준

설계 속도 V(km/h)	기울기 차(‰)
$200<V\leq350$	1
$70<V\leq200$	4
$V\leq70$	5

② 종곡선의 반경

[표 8-10] 최소 종곡선 반경

설계 속도 V(km/h)	최소 종곡선 반경(m)
$335\leq V$	40,000
300	32,000
250	22,000
200	14,000
150	8,000
120	5,000
$V\leq70$	1,800

(주) 이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다.

$R_v = 0.35V^2$

여기서 R_v : 최소 종곡선 반경(m)

V : 설계 속도(km/h)

다만, 종곡선 반경은 자갈도상궤도는 25,000m, 콘크리트 도상 궤도는 40,000m이하로 하여야 한다.

③ 도심지 통과 구간 및 시가지화 구간 등 부득이한 경우에는 설계 속도에 따라 다음 표의 값과 같이 최소 종곡선 반경을 축소할 수 있다.

[표 8-11] 부득이한 경우의 최소 종곡선 반경

설계 속도 V(km/h)	최소 종곡선 반경(미터)
200	10,000
150	6,000
120	4,000
70	1,300

(주) 이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다.

$R_v = 0.25V^2$

여기서 R_v : 최소 종곡선 반경(m)

V : 설계 속도(km/h)

다만, 종곡선 반경은 500미터 이상으로 하여야 한다.

④ 종곡선 연장은 20미터 이상으로 하여야 한다.

⑤ 종곡선은 직선 또는 원의 중심이 1개인 곡선 구간에 부설해야 한다(부득이한 경우에는 콘크리트 도상 궤도에 한하여 완화 곡선 또는 직선에서 완화 곡선과 원의 중심이 1개인 곡선 구간까지 걸쳐서 설치 가능).

2) 도시철도건설규칙 기준(도시철도건설규칙 제18조)

선로의 기울기가 변하는 경우로서 인접 기울기의 변화가 1천분의 5를 초과하면 반경 3천 미터 이상의 종곡선(從曲線)을 삽입하여야 한다.

(6) 곡선 보정

1) 곡선 보정의 정의

차량이 곡선 구간을 주행하는 경우, 관성에 의해 궤도에 가해지는 횡압, 마찰력 등으로 곡선 저항력이 발생한다. 이와 같은 곡선 저항을 고려하여 기울기를 보정하는 것을 곡선 보정이라 한다.

2) 기울기의 곡선 보정

기울기 구간에 곡선이 중첩되어 있을 때는 열차의 곡선 저항이 가산되므로 이럴 경우 곡선저항과 동등한 기울기만큼 최대 기울기를 완화해야 한다.

3) 환산 기울기

곡선의 저항을 기울기 저항으로 환산하여 표시한 기울기를 말하며 그 크기는 $G_c = \frac{700}{R}$ 이다.

4) 보정 기울기

기울기 중에 곡선이 있을 때는 최대 기울기를 완화하기 위하여 곡선 저항을 선로 기울기로 환산하여 차인하게 되는데, 이때의 기울기를 보정 기울기라고 한다.

5) 상당 기울기

상당 기울기란 설치하는 실제 기울기와 환산 기울기와의 합계를 말하며, 이는 제한 기울기를 초과할 수 없다. 그 크기는 $i_e = i + G_C = i + \frac{700}{R}$ 이다.

여기서 i_e=상당 기울기

i=실제 기울기

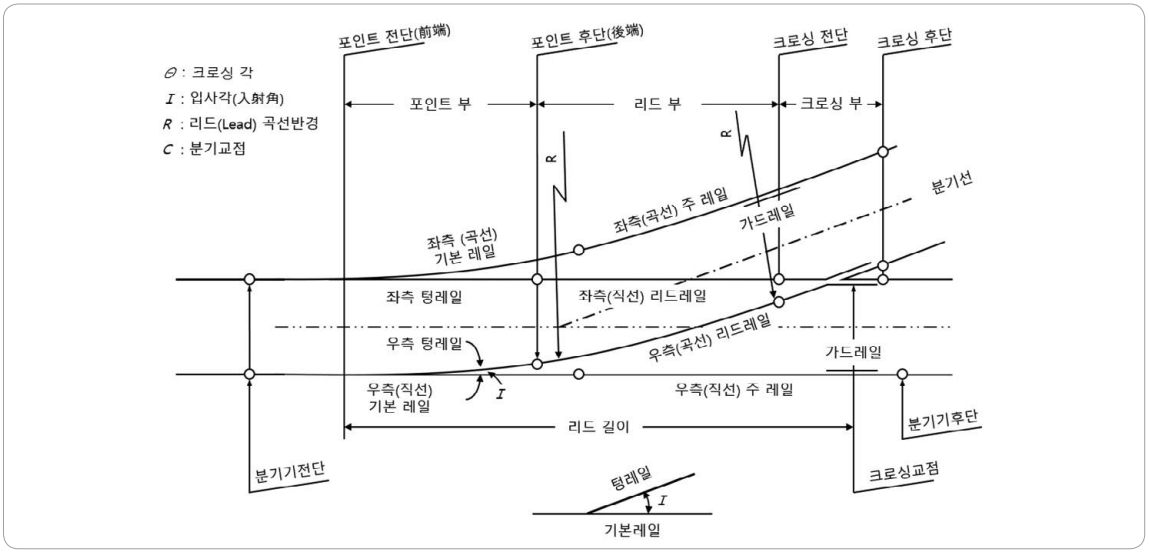
G_c=환산 기울기

R=곡선 반경

8.1.4 분기기

(1) 분기기의 정의

차량 또는 열차 등의 운행 선로를 변경시키기 위한 설비를 말한다. 하나의 선로를 두 방향으로 나누는 설비, 즉 철도선로의 방향 전환 장치를 말하는 것으로 다음 그림과 같이 포인트부, 리드부, 크로싱부의 세 부분으로 구성된다.



[그림 8-4] 분기기 일반



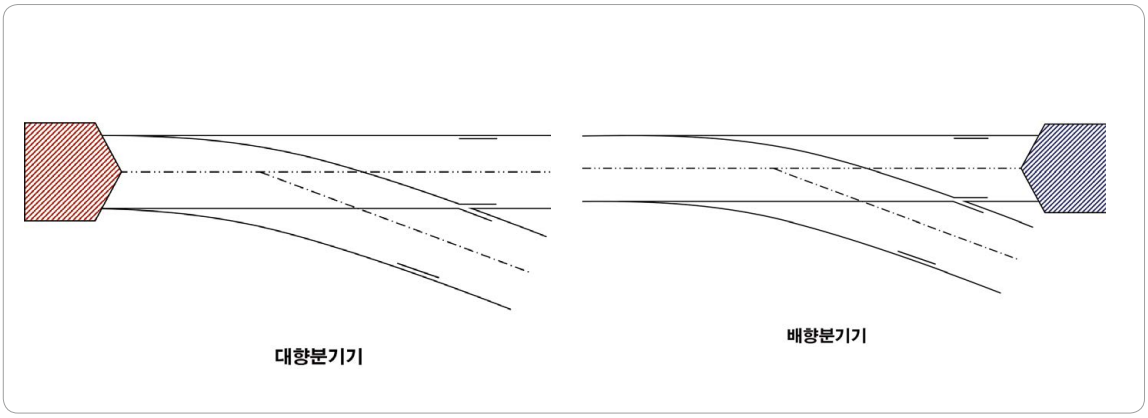
[그림 8-5] 포인트



[그림 8-6] 크로싱

(2) 분기기의 대향과 배향

차량이 분기기를 통과하는 경우에 분기기의 전단에서 후단의 방향으로 진입할 때의 차량은 분기기에 대하여 대향(facing)이라고 하고 반대로 크로싱을 통하여 포인트를 통과하는 경우를 배향(trailing)이라고 한다. 열차 운전상의 안전도 측면에서 대향의 위치에 있을 때의 위험도가 높으므로 정거장의 배선 시에는 대향 분기기를 가능한 한 적게 하는 것이 좋다.



[그림 8-7] 분기기의 대향과 배향

(3) 분기기의 정위(定位)와 반위(反位)

포인트는 전환기에 의하여 임의 방향으로 진로를 개통시킬 수 있으나 이것을 임의 상태로 방치하는 것은 운전 보안상 대단히 위험하다. 그러므로 평상시는 일정 방향으로 개통시키고 사용이 끝나는 직후 원래의 방향으로 복귀시킨다. 이 경우 상시 개통되어 있는 방향을 포인트의 정위라 하고 반대로 개통되어 있는 것을 반위라 한다.

실제에서는 포인트가 어떤 방향이 정위인가는 대략 운전 횟수가 많은 중요한 방향이 정위가 되며 표준은 다음과 같다.

- 본선과 본선의 경우 주요한 본선. 다만, 단선 운전 구간의 정거장에서는 열차가 진입할 본선
- 본선과 측선의 경우 본선
- 본선 또는 측선과 안전 측선(피난선을 포함)의 경우 안전 측선
- 측선과 측선의 경우 주요한 측선
- 탈선 분기기 또는 탈선기는 탈선시킬 상태에 있는 것을 정위로 한다.

(4) 분기기의 종류

1) 구조에 의한 포인트의 분류

① 둔단 포인트 : 우리나라에서는 사용하지 않음

② 선단 포인트 : 주로 사용

③ 스프링 포인트

④ 승월 포인트

2) 구조에 의한 크로싱의 분류

크로싱부는 기준선 측과 분기선 측의 분기기 안쪽 레일이 서로 교차하는 개소이다.

① 고정 크로싱

크로싱은 가동 부분이 없으며 차륜의 플랜지가 통과하는 플랜지 웨이 폭을 확보하기 위하여 결선부를 두고 있다. 차량이 어떤 방향으로 진행하든지 결선부를 통과하여야 하므로 차륜의 진동과 소음이 크고 승차 기분이 불쾌하다. 크로싱의 대부분이 이 형식이다.

고정 크로싱은 제조 방법에 따라 다음과 같이 분류한다.

㉠ 조립 크로싱

㉡ 망간 크로싱

㉢ 용접 크로싱

㉣ 압접 크로싱

② 가동 크로싱

가동 크로싱은 고정 크로싱의 최대 약점인 결선부를 없게 하여 차량의 충격, 동요, 소음 등을 해소하고 승차 기분을 개선하여 고속 운행 시 안전도를 향상하는 데 그 목적이 있다.



[그림 8-8] 고정 망간 크로싱



[그림 8-9] 노즈 가동 크로싱

㉠ 가동 노즈 크로싱 : 노즈 레일이 움직이도록 되어 있음. 결선부가 없어 승차감 및 안전도가 높다.

㉡ 가동 둔단 크로싱(천이 포인트)

㉢ 가동 K자 크로싱

3) 배선에 의한 분기기의 분류

① 단 분기기(보통 분기기)

㉠ 편개 분기기(좌개, 우개)

㉡ 양개 분기기

㉢ 곡선 분기기(내방, 외방)

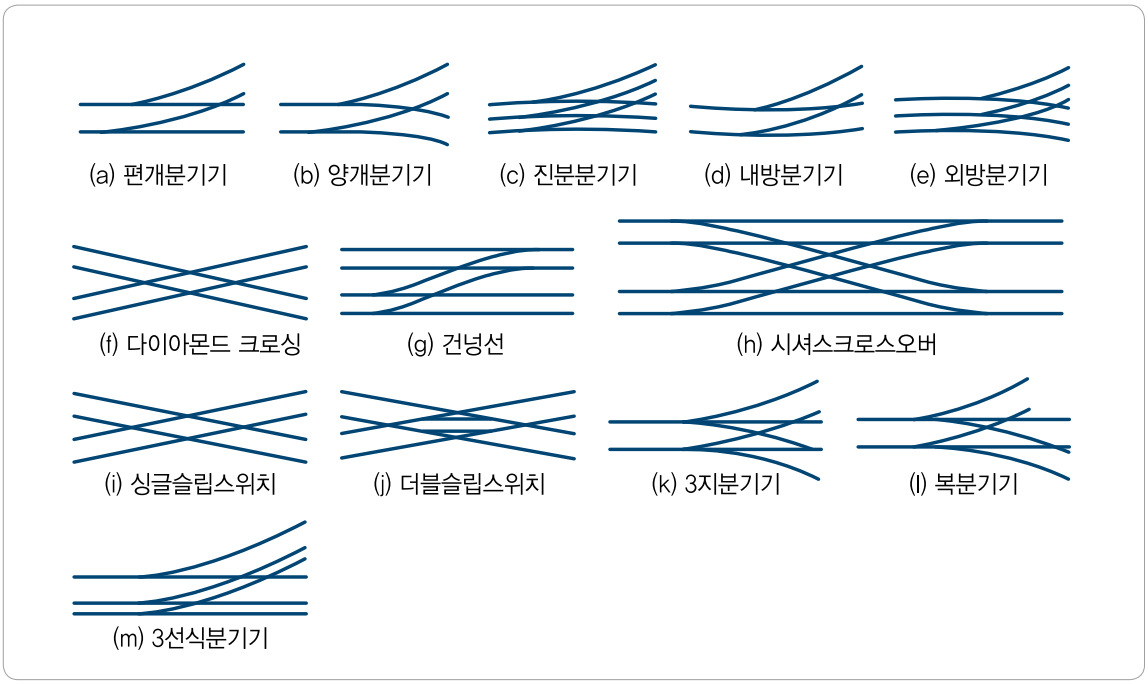
② 특수 분기기

㉠ 건넘선

㉡ 교차 건넘선

㉢ 승월 분기기

㉣ 천이 분기기



[그림 8-10] 분기기의 분류

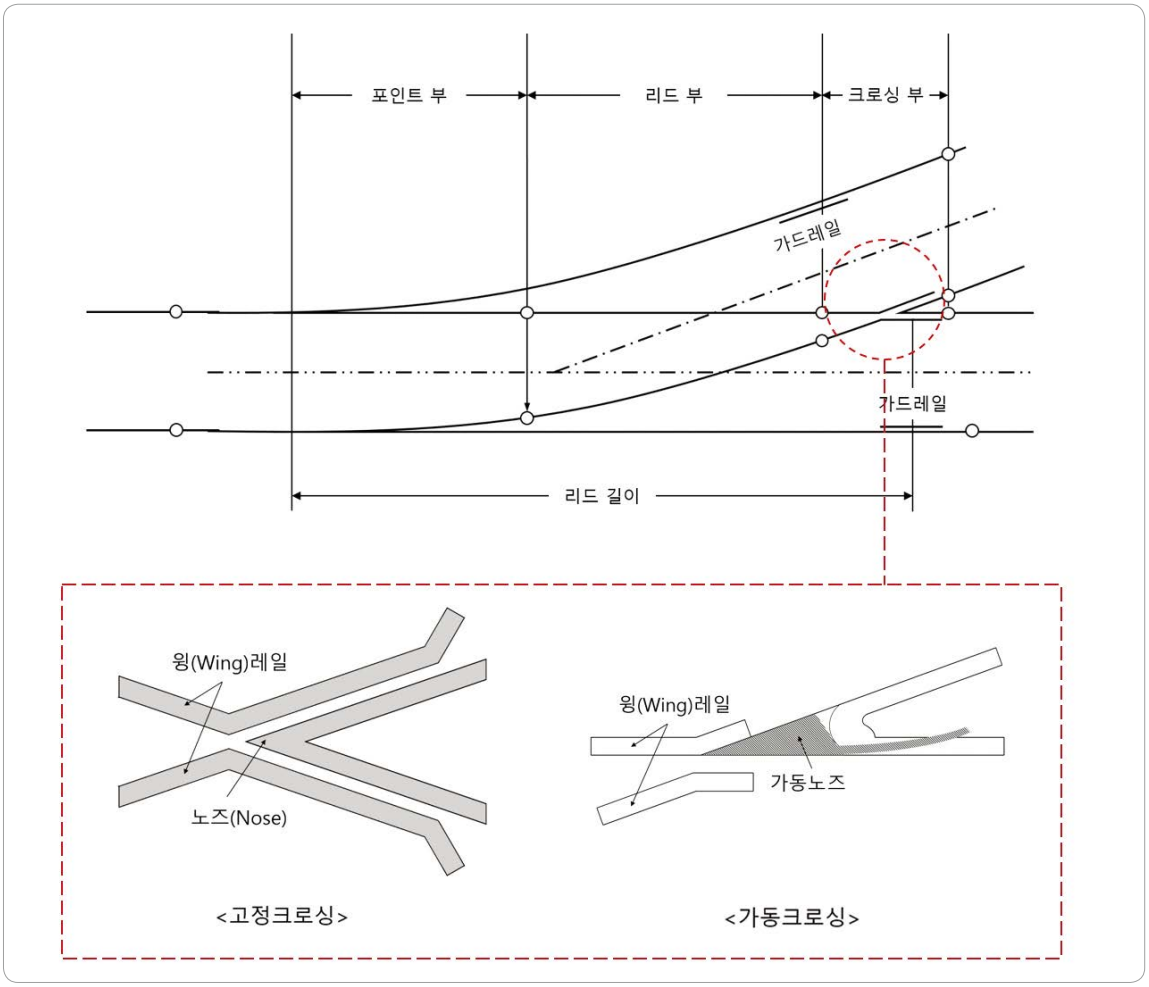
㉤ 탈선 분기기

㉥ 갠틀릿 궤도

㉦ 탄성 포인트

(5) 분기기의 명칭

1) 분기기의 각부 명칭



[그림 8-11] 분기기와 크로싱

2) 크로싱의 번호

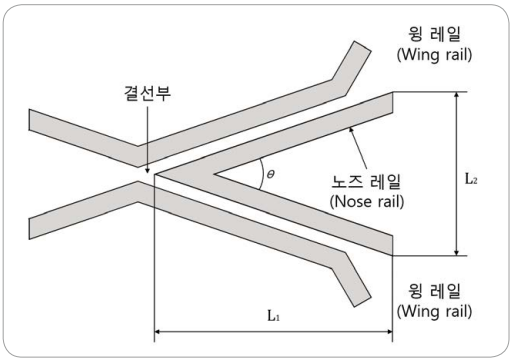
분기기는 크로싱 각의 대소에 따라 다르며 크로싱 번호는 N으로 표시.

크로싱 각이란 크로싱의 교차하는 각도, 즉 기준선 측과 분기선 측의 안쪽 레일이 교차하는 각도

를 말하며 이 각의 대소를 표현하기 위해 크로싱 번수를 사용한다.

분기 번수가 커지면 분기 각도가 작아지고 열차가 받는 횡방향 동요도 적어지므로 열차의 분기기 통과 속도를 높일 수 있다.

[그림 8-12]에서 분기기 번수 N= $\frac{L_1}{L_2}$ 이 된다.



[그림 8-12] 고정 크로싱 상세도

8.1.5 건축 한계와 차량 한계

(1) 건축 한계와 차량 한계

철도차량이 안전하게 선로를 주행하기 위해서는 철도선로에 인접하여 구축되는 모든 건조물과는 상당한 여유 공간을 확보하여야 한다. 건조물이란 정거장 · 사무실 · 창고 · 주택 등의 건축물 및 각종 시설물을 말하며, 일정 한계 내에는 상기의 건조물을 설치하여서는 아니 된다. 다만, 가공 전차선 및 그 현수 장치와 선로 보수 등의 작업상 필요한 일시적 시설로서 열차 운행에 지장이 없을 경우에는 그렇지 않다. 이 목적을 달성하기 위하여 궤도 위에 일정한 공간을 설정하며 이 공간은 열차 안전 운행의 절대적인 조건이다.

(2) 건축 한계

'건축 한계'란 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도 위에 설정한 일정한 공간을 말하며 다음 사항을 고려하여 정해야 한다.

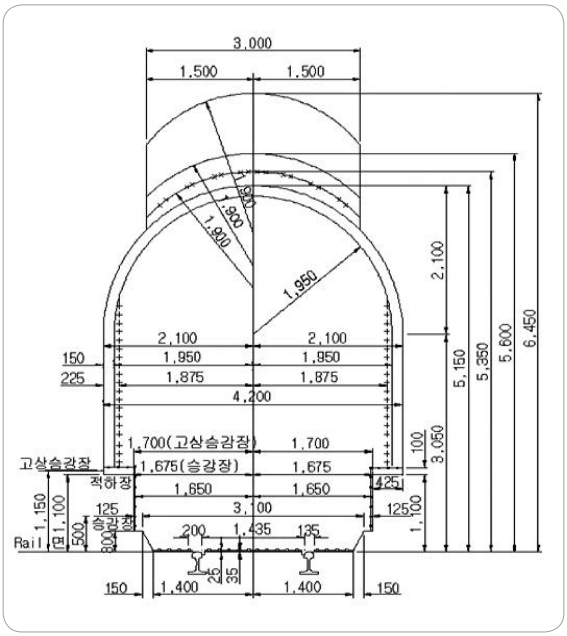
- 직선 구간의 건축 한계와 차량 한계의 간격은 차량이 주행할 때 발생하는 동요 등을 고려하여 차량의 주행과 여객 및 승무원의 안전에 지장을 주지 않도록 정할 것
- 전기 기관차 또는 전차가 주행하는 경우 직선 구간의 건축 한계와 차량 한계의 간격은 차량이 주행할 때 발생하는 동요 등을 고려하여 감전 및 화재가 발생하지 않도록 정할 것
- 곡선 구간의 건축 한계는 캔트(철도차량이 곡선 구간을 원활하게 운행할 수 있도록 안쪽 레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것을 말한다)의 크기에 따른 차량의 기울기에 따라 산정된 건축 한계보다 확대하여 정할 것
- 건축 한계 외부라 하더라도 건축 한계 내로 무너질 우려가 있는 것을 두어서는 아니 된다.(철도시설의 기술기준)

(3) 차량 한계

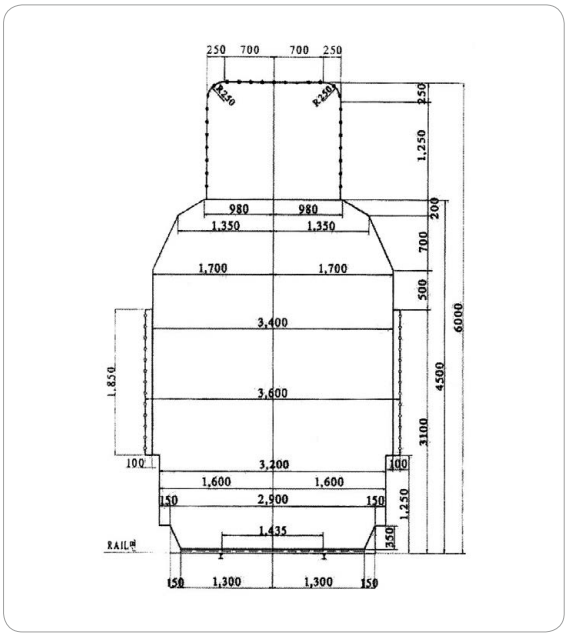
'차량 한계'란 철도차량의 안전을 확보하기 위하여 궤도 위에 정지된 상태에서 측정한 철도차량의 길이 · 너비 및 높이의 한계를 말하며 건축 한계보다 좁게 설정하여 철도 시설물과 차량과의 접촉을 방지하는 것이다.

[표 8-12] 건축한계와 차량한계

구 분		폭	높이	승강장 높이	직선 승강장		곡선부 확 폭
					궤도 중심 폭	간격	
건축 한계	한국철도공사	4,200	5,150~6,450	1,150	1,700	50	$\frac{24,000}{R}$ 부산은 $\frac{20,000}{R}$
	서울	3,600	5,150	1,100	1,650		
	부산	3,200	5,070	1,100	1,600		
차량 한계	한국철도공사	3,600	4,500~6,000	–	1,600		
	서울	3,200	4,750	–	1,600		
	부산	2,800	4,320	–	1,400		

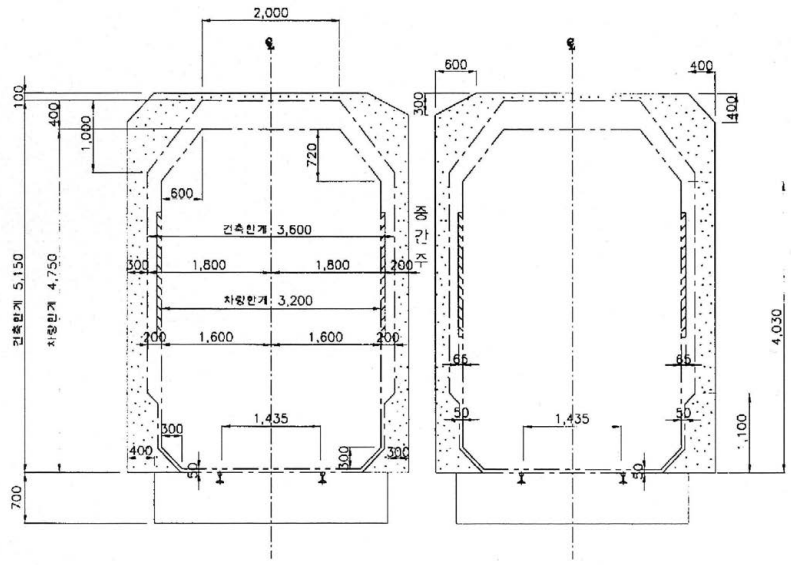


[그림 8-13] 철도건설규칙에 의한 직선 구간 건축 한계

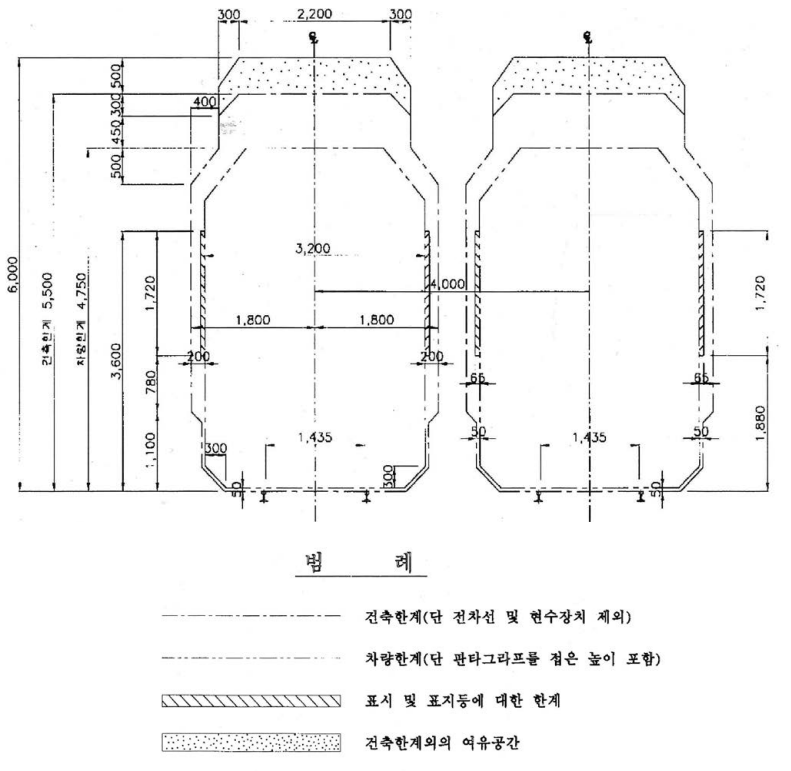


[그림 8-14] 철도차량 안전기준에 관한 규칙에 의한 차량 한계

[서울교통공사의 건축 한계 및 차량 한계]



[그림 8-15] 지하 부분 건축 및 차량 한계도(직선)



[그림 8-16] 지상 부분 건축 및 차량 한계도(직선)

8.1.6 궤도 중심 간격(軌道中心間隔)

(1) 궤도 중심 간격(軌道中心間隔)의 의의(意義)

궤도(軌道)가 2선(線)이상으로 나란히 부설(敷設)되었을 때는 궤도 중심 간격을 충분히 확보하여 열차의 교행(郊行)에 지장이 없고, 열차 내의 승객이나 승무원에게 위험이 없어야 하며, 또 정차장 내 병렬 유치되어 있는 차량 사이에서 종사원이 차량 정비 작업 및 입환 작업을 할 수 있는 여유가 있어야 한다. 그러나 궤도 중심 간격(軌道中心間隔)이 너무 넓게 되면 용지비와 건설비가 증대되므로 일정한 한계를 정하게 된다. 직선 구간의 궤도 중심 간격은 차량 한계의 최대 폭과 차량의 안전 운행 및 유지 보수 편의성 등을 고려하여 설정한다.

(2) 궤도 중심 간격(軌道中心間隔)

1) 철도의 건설기준에 관한 규정 제14조 (2020.07.07)

① 정거장 외 구간

2개의 선로를 나란히 설치하는 경우 궤도의 중심 간격은 설계 속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 하여야 한다.

[표 8-13] 궤도의 중심 간격

설계 속도 V(km/h)	궤도의 최소 중심 간격(M)
350 < V ≤ 400	4.8
250 < V ≤ 350	4.5
150 < V ≤ 200	4.3
70 < V ≤ 150	4.0
V ≤ 70	3.8

② 정거장 내 구간

㉠ 정거장(기지 포함) 안에 나란히 설치하는 궤도의 중심 간격은 4.3미터 이상 되어야 한다.

㉡ 6개 이상의 선로를 나란히 설치하는 경우에는 5개 선로마다 궤도의 중심 간격을 6.0미터 이상 확보해야 한다.

㉢ 선로 사이에 전차 선로 지지주 및 신호기 등을 설치하여야 하는 때에는 궤도의 중심 간격을 그 부분만큼 확대하여야 한다.

㉣ 곡선 구간 궤도의 중심 간격은 소정의 궤도 중심 간격에 건축 한계 확대량을 더하여 확대하여야 한다. 다만, 곡선 반경이 2,500미터 이상의 경우는 확대량을 생략할 수 있다.

2) 도시철도건설규칙[도시철도건설규칙 제22조~23조]

① 열차가 서로 반대 방향으로 운행되는 본선 궤도의 경우에는 열차와 승객 등의 안전을 위하여 궤도 간의 간격을 충분히 두어야 한다.

② 궤도의 간격은 해당 궤도의 지상부, 지하부, 궤도 병설 수 및 차체 규격 등을 고려하여 시·도지사 등이 기준을 정한다. 이 경우 궤도 사이에 가공 전차선 지주(支柱)나 신호기 지주 등을 설치하는 경우에는 해당 부분만큼 궤도의 간격을 확대하여야 한다.

③ 곡선인 궤도의 중심 간격은 곡선부의 건축 한계 확대 치수의 두 배 이상으로 확대하여야 한다.

8.1.7 선로제표

(1) 선로제표의 정의

철도선로에는 열차 운행에 필요한 정보를 제공해 주기 위하여 곡선, 기울기 등의 운전상 필요한 선로 조건을 알리고 선로 유지 보수를 담당하는 종사원에게 선로 정보를 제공하며 일반 시민에게 철도용지 경계, 건널목 위치 등을 알리기 위해 선로의 소정 위치에 선로제표를 건식한다.

(2) 선로제표의 분류

1) 건식표(부착표 포함)

① 거리표

선로의 기점에서 종점 쪽으로 거리를 표시하는 것으로 1km마다 건식하는 킬로미터표와 그 중간 200m(지하 구간은 100m)마다 건식하는 미터 표를 선로 좌측에 설치한다.



[그림 8-17] 키로미터표



[그림 8-18] 미터표

② 기울기표

선로 기울기의 변환점에 건식하여

기울기의 상, 하의 정도를 표시하여 열차운전 편의를 제공한다. [그림 8-19]의 해당 표지는 3/1,000의 기울기의 상구배로 기울기 연장이 480m라는 의미이다.



[그림 8-19] 기울기표

③ 선로 작업표 : 선로 작업 상황을 알리는 표지로 열차 진행 방향에 대향으로 건식한다.

④ 용지 경계표 : 철도 용지의 경계를 표시하고 관리하도록 하는 제표이다.

⑤ 차량 접촉 한계표 : 인접 궤도의 차량과 접촉을 피하고자 건식하는 표지로서 궤도 중심 간격 4m 지점에 설치한다.

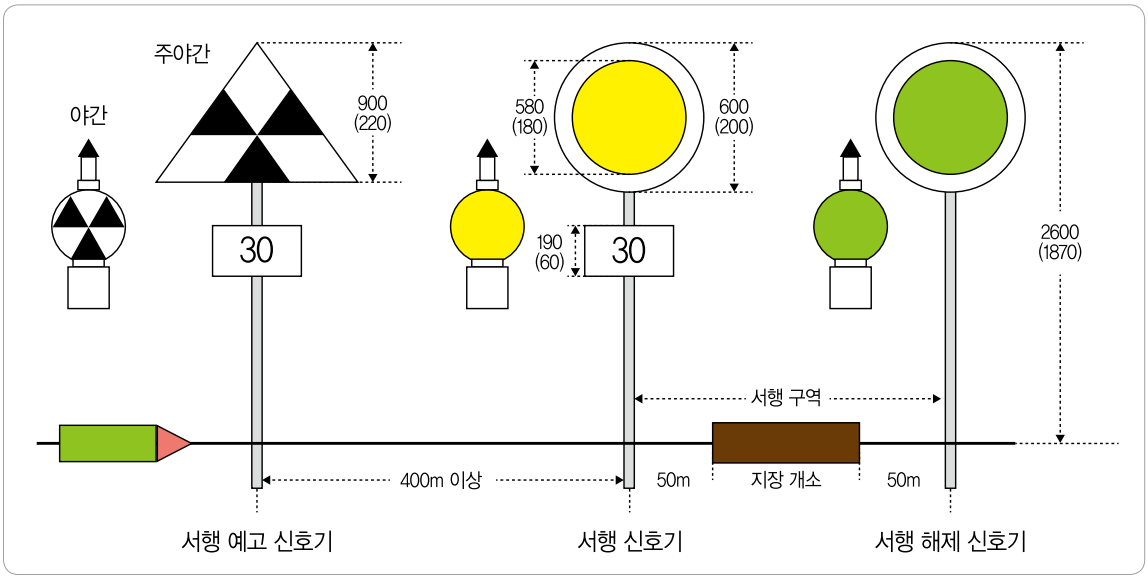
⑥ 관할 경계표

⑦ 수준표 : 선로의 표고를 측정하는 기준이 되며 약 1km마다 선로의 우측에 설치한다.

⑧ 낙석표

⑨ 취약 지구 경고표

⑩ 서행 예고 신호기 : 서행 신호기를 향하는 열차 또는 차량에 대하여 그 앞쪽에 서행 신호의 현시 있음을 예고하는 신호기



[그림 8-20] 서행 관련 신호기

⑫ 차단기 없는 건널목표

⑬ 열차 정지목표

⑭ 기적표 : 건널목, 교량, 급곡선 등 기적을 울릴 필요가 있는 곳에 열차 진행 방향 400m이상 앞쪽에 설치한다.

⑮ 속도 제한표 : 서행표라고도 하며 속도를 제한할 사유가 있는 곳의 400m 외방에 설치한다.

⑯ 속도 제한 해제표

⑰ 서행 신호기 : 서행 운전할 필요가 있는 구간에 진입하려는 열차 또는 차량에 대하여 그 구간을 서행할 것을 지시하는 신호기

⑱ 정차장 구역표 : 정거장의 구내 외의 경계를 표시하는 제표로서 장내신호기 설치에 따른다.

⑲ 곡선표 : 원곡선의 시점과 종점에 세워 곡선 반경, 캔트, 확대 궤간 등을 기입한다.

⑳ 서행 해제 신호기 : 서행 구역을 진출하려는 열차 또는 차량에 대한 것으로서 서행 해제되었음을 지시하는 신호기



[그림 8-21] 철길건널목 표지판



[그림 8-22] 곡선표

2) 기록표

① 교량

② 구교

③ 터널

④ 정거장 중심표 : 정거장의 중심 위치를 표시한다.

⑤ 분기기 번호

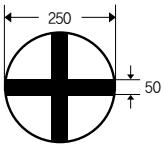
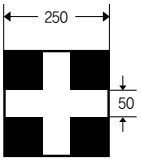
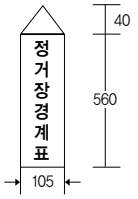
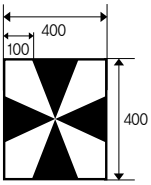
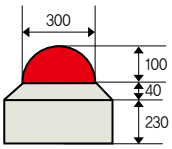
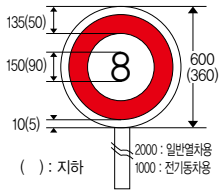
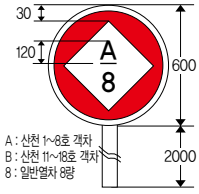
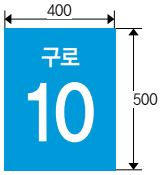
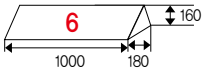
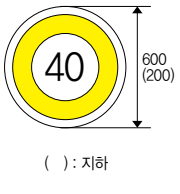
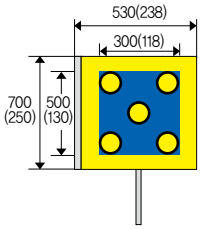
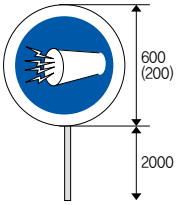
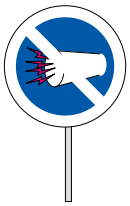
⑥ 양수표 : 하천의 출수 상태를 조사하기 위해 건식하는 표식

⑦ 레일 번호 : 선로 시설 유지 관리의 효율을 기하기 위해 레일마다 고유 번호를 기재하여 관리한다.

⑧ 곡선 종거 및 캔트량 : 해당 곡선의 위치별 종거 및 캔트량을 레일에 기재하여 선로 관리의 효율성을 높인다.

⑨ 운전 취급 규정(한국철도공사)의 각종 표지

[표 8-14] 표지(한국철도공사)

<table>
<tr><th>열차 정지 표지</th><th>차량 정지 표지</th><th>정거장 경계 표지</th><th>차막이 표지</th><th>차량 접촉 한계 표지</th></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><th colspan="2">열차 정지 위치표지 지상용</th><th rowspan="2">열차 정지 위치표지
벽면 부착용</th><th rowspan="2">열차 정지 위치표지
선로 중앙 설치용</th><th rowspan="2">일단 정지 표지
지상용</th></tr>
<tr><th>일반 열차</th><th>일반 지상용</th></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><th>일단 정지 표지
지하 구간용</th><th>속도 제한 표지</th><th>선로 작업 표지</th><th>기적 표지</th><th>기적 제한 표지</th></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td> 
</td><td>  </td></tr>
</table>

☑ 핵심정리

1. 핵심 용어인 선로, 궤간, 완화곡선, 확대궤간, 캔트, 기울기,분기기, 건축한계, 차량한계, 궤도중심간격, 선로제표에 대해 간단히 설명해 보시오.
2. 열차의 안전운행에 영향을 미치는 선로의 기하학적 구조요소에는 어떤 것이 있을가요?(선로의 선형조건, 확대궤간, 캔트, 기울기)
3. 분기부는 ( ), ( ), ( )의 세부분으로 구성된다.
4. 각종 선로제표를 그려 보세요.

8.2 궤도(Track)

학습목표

- 궤도를 구성하는 주요 요소에 대하여 공학적으로 이해하고 설명할 수 있다.
- 궤도를 구성하는 주요 요소와 열차 안전 운행과의 상관관계에 이해하고 열차 안전 운전에 적용할 수 있다.

[핵심용어]

궤도, 궤도 구조, 레일, 침목, 도상, 레일 체결 장치

8.2.1 궤도 구조(軌道構造)

8.2.1.1. 궤도의 의의(意義)

철도(鐵道 · railroad)가 다른 교통 기관과 다른 특징은 일정한 선로 위를 차량이 주행하는 점이다.

철도선로의 일반적인 구조는 견고한 노반 위에 정해진 두께의 도상을 설치하고 그 위에 침목을 일정 간격으로 부설한 후 침목 위에 두 줄의 레일을 소정 간격으로 체결하는 구조로 이루어진다. 특히 궤도(Track)는 철도선로를 구성하는 가장 주요한 부분으로 레일과 그 부속품(체결구), 침목 및 열차하중을 직접 지지하는 도상으로 구성된다.

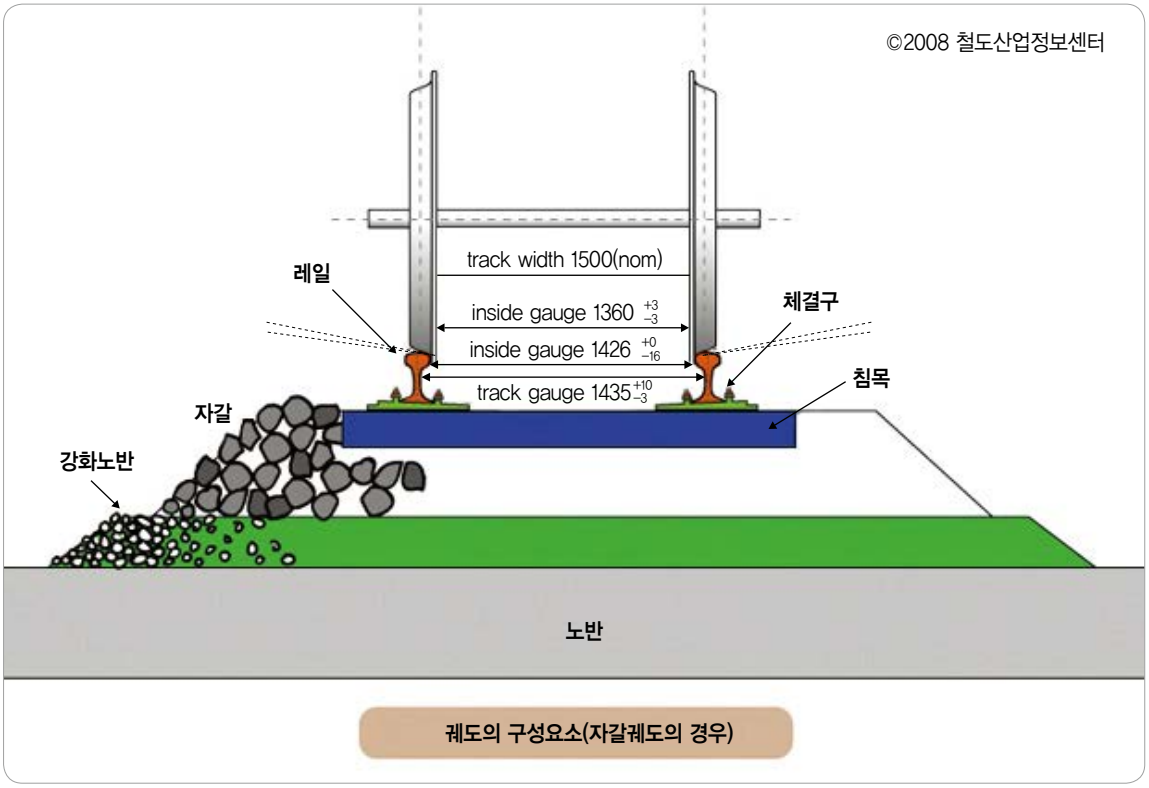
궤도의 주요한 구성 요소 및 기능은 다음과 같다.

- 레일 : 차량 하중을 직접 지지하며, 차량에 대해 주행면과 주행선을 제공하여 주행을 유도한다.
- 침목 : 레일로부터 받은 하중을 도상에 전달시키는 역할을 하며 레일을 일정한 간격의 궤간을 확보하며 그 위치를 유지한다.
- 도상 : 침목으로부터 받는 하중을 분포시켜 노반에 전달하며, 침목 위치를 유지하고 탄성에 의한 충격력을 완화한다.

8.2.1.2 궤도의 구비 조건

철도선로의 가장 중요한 구성 요소인 궤도는 열차의 주행 하중 및 충격 하중을 직접 받으므로 이에 견딜 수 있는 재료로 구성되어야 하며, 열차 하중을 시공기면 이하의 노반에 광범위하고 균등하게 전달할 수 있어야 한다. 또한 차량의 동요와 진동이 적고 승차감이 좋게 주행할 수 있어야 한다. 선

로의 공용 사용 중에는 유지 보수가 쉽고 구성 재료의 교환이 간편해야 할 뿐 아니라 궤도 틀림이 적고 열화 진행이 완만하여야 한다. 철도차량의 원활한 주행과 안전이 확보되고 경제적이어야 하는 것도 궤도가 갖추어야 하는 필수 조건이다.



[그림 8-23] 궤도 구성 요소

8.2.2 레일(Rail)

(1) 레일의 역할

레일은 열차 하중을 직접 받아 침목과 도상을 통하여 노반에 전달하고 주행 저항을 작게 하여 차량의 안전 운행을 확보하여야 한다.

레일에 작용하는 힘은 수직력 이외에도 측면에 작용하는 횡압력과 길이 방향의 축방향력이 동적으로 작용하므로 이에 충분히 견딜 수 있는 구조로 제작되어야 한다.

궤도를 구성하는 궤도 재료 중 레일은 가장 중요한 역할을 한다.

1) 레일의 역할

① 열차와 차량의 하중을 직접 지지한다.

② 평면, 종단의 선형을 유지하여 차량의 운행 방향을 안내한다.

③ 적절한 유지 보수를 통하여 평탄한 주행면을 제공한다.

④ 전기 및 신호 전류의 흐름을 원활하게 하여 시스템 엔지니어링 기능을 유지한다.

2) 레일의 구비 요건

① 넓지 않은 단면적으로 수직 및 수평 방향의 작용력에 대하여 충분한 강도와 강성을 가질 것

② 두부의 마모가 적고, 마모에 대하여 충분한 여유가 있으며, 내구연한이 길 것

③ 침목과 체결이 쉬우며, 외력에 대하여 구조적 안정성을 가질 것

④ 소음 및 진동 저감에 유리할 것

3) 레일에 작용하는 하중

① 차륜에 의해 레일 두부에 수직 방향으로 작용하는 윤중

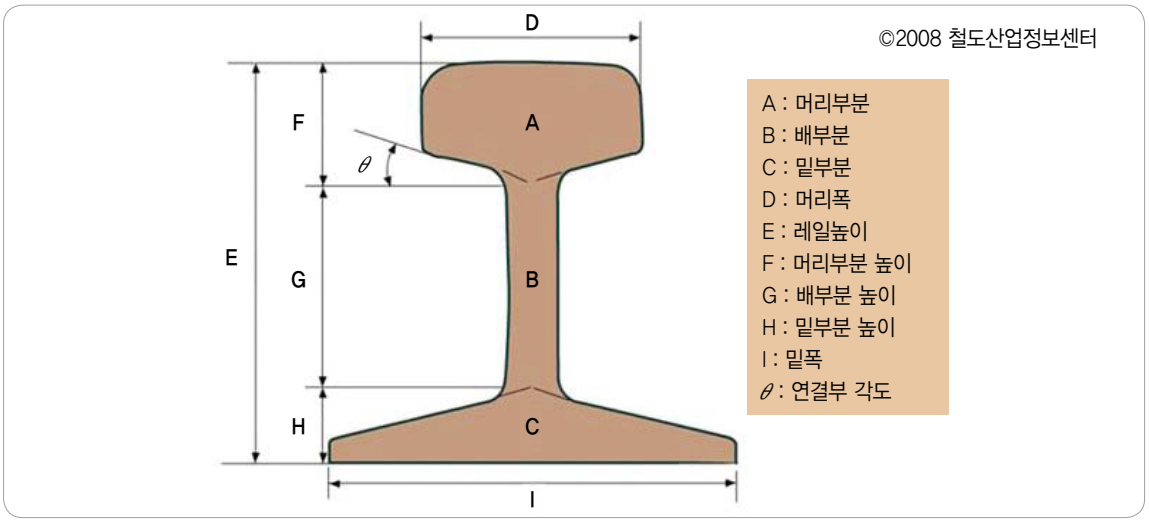
② 레일 두정면에서 길이 방향에 대하여 직각, 수평 방향으로 작용하는 횡압

③ 온도 변화 때문에 레일 길이 방향으로 작용하는 축방향력

④ 차륜과의 마찰력에 의한 접선력

(2) 레일의 단면 향상과 중량

레일은 윤하중이나 진동 등의 수직력 외에 좌우 방향의 사행동이나 횡압력 등의 수평력 등에 대해서도 강도상으로 충분히 견딜 수 있어야 한다. 레일 단면 형상에서 바람직한 조건으로는 차륜이 탈선하기 어려운 두부 형상이어야 하고, 마모 후의 형상과 큰 차이가 없어야 한다. 또 수직 하중에 대하여 높이가 높은 쪽이 유리하며, 저부의 형상은 폭이 넓어 안정적이고 부식에 대해 고려되어야 한다. 이러한 조건을 충분히 만족하는 레일 형상으로는 단면 2차 모멘트가 큰 형상의 레일로 평저 레일이 유리하며, 현재 우리나라에서 사용하는 대부분 레일은 평저 레일이다. 중량에 대해서는 레일의 단위 미터당의 중량 kg/m로 구분하는 방법으로 50kg, 60kg을 주로 사용한다. 이들에 대한 주요 제원은 다음과 같다.



[그림 8-24] 레일의 단면 형상

[표 8-15] 레일의 단면 제원

종 별	두부 폭(mm)	저부 폭(mm)	높이(mm)	중량(kg/m)	단면 2차 모멘트 Ix (cm^4)
50kg N	65	127	153.00	50.40	1,960
50kg PS	67.86	127	144.46	50.40	1,740
UIC 60	72	150	172	60.34	3,055
KS 60kg	65	145	174.5	60.80	3,090

(3) 레일의 선정

도시철도를 운행하기 위한 궤도 부설 시 사용하는 레일의 종류를 결정하기 위해서는 다음과 같은 환경적 특성을 고려해야 한다.

1) 도시철도의 환경적 특성

① 빈번한 열차 운행 횟수 및 높은 승객 혼잡도에 의한 열차 통과 톤수

② 협소한 지하 터널 공간과 제한된 유지 보수 시간

③ 곡선 반경이 작은 노선으로 이어지는 불리한 선형 조건

④ 지하 터널의 누수로 인한 부식과 전식

2) 레일 중량화의 장점

레일 중량화란 단위 미터당의 레일 중량이 가벼운 레일에서 더 무거운 레일로 교환하는 것을 의

미하는 것으로 다음과 같은 장점이 있다.

① 단면 2차 모멘트가 상대적으로 커서 외부에서 작용하는 하중에 대해 구조적으로 안전하다. 따라서 열차 안전 운행을 도모할 수 있다.

② 단면적 등이 넓어 마모 한도 등 내구연한이 길다.

③ 열차 하중에 대한 궤도 틀림량이 작아 유지 보수비를 절감할 수 있다.

④ 소음 및 진동 저감에 유리하다.

(4) 레일의 마모와 수명(壽命)

레일 마모는 직선에서는 레일 위를 작은 미끄러짐으로 주행하여 작은 마모량이 발생하지만 곡선부에서는 큰 미끄러짐 비율로 주행하면서 마모량이 크다. 이 현상은 레일이 경도가 낮고 경량 레일일수록, 직선보다 곡선 외궤가, 곡선 반경이 작을수록, 평탄선 보다는 구배선이 심하며, 열차 중량, 속도, 통과 톤수가 많을수록 마모 진행이 빠르다. 탈선을 방지하기 위한 레일의 교환 기준은 차륜 플랜지와 최대 마모 높이의 관계로 정해진다. 이와는 달리 레일의 길이 방향으로 수 ㎝씩 파형으로 마모되는 파상(波狀) 마모 현상이 있는데, 이것은 도상이 과도하게 견고한 장소나 콘크리트 도상 등 레일의 지승체(支承體)가 견고하여 탄력성이 부족함에 따라 균열이 발생하는 것을 말한다.

레일의 마모 방지는 레일 경질(硬質)화, 중량(重量)화, 레일 도유기 설치로 가능하다.

열차 운행 이후 공용 사용 기간의 경과와 레일 위를 통과한 차량 중량의 총계(통과 톤수)에 따라 레일 교환의 목표가 정해지기도 하지만 궤도 보수의 방침이나 궤도 재료의 운용 면에서 수명이 결정되는 경우도 많다. 열차 속도 등의 조건, 궤도 보수의 정도, 경영 상황 등에 따라서도 레일 수명이 결정된다. 일반적인 레일의 교환 기준과 수명은 다음과 같다.(선로유지관리지침)

[표 8-16] 레일의 교환 기준과 수명

종 류	구분		
	수직 마모(mm)	편 마모(mm)	통과 톤수(억 톤)
60kg	13	15	6
50kg	12	13	5

(5) 레일의 길이

레일의 이음매는 철도선로의 궤도 구조상 가장 취약한 개소로 유지 보수 노력이 증가하고 차량 동요와 진동을 유발하여 승차 기분을 해친다.

레일은 길이가 길면 길수록 이음매 수가 감소하여 보수 노력의 경감 등 여러 장점이 있지만, 다음과 같은 이유로 그 제작 길이를 제한한다.

- 온도 신축에 따른 이음매 유간의 제한
- 레일 구조상의 제한
- 운반 및 보수 작업상의 제한
- 레일 길이와 차량의 고유 진동 주기와의 관계

한국철도공사에서 사용하는 레일은 25m를 정척 레일로 사용하고 있으나 도시철도에서는 도로 운송에 대한 제약을 비롯해 지하 터널 및 고가 구조물로의 레일 투입과 운반의 어려움을 고려하여 한 개의 레일 길이를 20m로 하는 정척 레일을 사용하고 있다.

[표 8-17] 레일의 길이에 의한 분류

레일의 분류	한 개의 길이 (m)
장대 레일 (Long Rail, C.W.R:Continuous Welded Rail)	200m 이상
장척 레일 (Longer Rail)	20m 이상 ~ 200m 미만
정척 레일 (Standard Rail)	20m (한국철도공사 : 25m)
단척 레일 (Shorter Rail)	10 ~ 20m 미만

(6) 레일의 재질

레일의 재질은 강도, 내마모성, 내식성 등에서 일반적으로 우수한 고탄소강을 채용하고 있다. 또한 내접촉 피로성, 용접성 등도 요구되는 재질의 성능이다.

[표 8-18] 주요 화학 성분과 기계적 성질

종 류	화학 성분				
50kgN, 60kg	C(탄소)	Si(규소)	Mn(망간)	P(인)	S(유황)
50kgN, 60kg	인장 강도		800MPa	연신율	10%

(7) 특수 레일

1) 고탄소강 레일

탄소강 레일의 탄소 함유량을 증가(탄소 함유량을 0.85% 정도)시켜 내마모성을 증가시킨 것이다.

2) 경두 레일(쏠바이트 Sorbite Rail , 열처리 레일)

레일 두부 표면에서 약 20mm를 열처리하여 솔바이트(sorbite) 조직으로 한 것이다.

강인하고 내마모성이 크며, 1910년경 영국에서 레일을 압연할 때 적열 상태에서 레일에 냉수를 분사시켜 급랭하여 제작하였다.

이음매부의 끝 닳음을 예방하기 위하여 보통 레일의 끝부분을 10~20㎝ 정도 표면을 열처리한 것을 레일 끝부분 열처리(Rail end hardening)라 한다.

3) 망간 레일(Manganese rail)

망간(Mn)을 10~15% 정도 함유시킨 레일로서 내구연한이 길며(보통 레일의 6배) 마모가 심한 곳에 주로 쓰이며, 또한 인장 강도는 100㎏/㎟(보통 레일 80㎏/㎟)이며 신율도 40%나 된다.

망간은 레일의 성분 중 제강 시 탈산제(인이나 유황의 유해성 제거) 작용 양이 증가함에 따라 경도나 항장력은 증대시키나 연성은 감소되게 하는 성분이다.

4) 복합 레일(합성 레일, Compound rail)

레일 두부만 내마모성이 큰 특수강을 사용하여 제작한 레일로 두부에 고탄소 크롬강을, 복부 및 저부에는 저탄소강을 사용한 것이다.

내마모성이 보통 레일의 약 6배이다.

크롬[기호 : Cr/24/51.996]은 백색의 단단하면서도 잘 부서지는 금속 원소로 자성이 강하고, 공기와 물속에서 녹이 슬지 않아 도금이나 합금으로 쓰인다.

(8) 레일의 훼손(毁損)

레일이 외력의 작용과 레일 자신이 보유하고 있는 내부 결함 또는 양자의 결함으로 사용 불능 상태로 되는 것을 말한다.

1) 레일 훼손의 주요 원인

① 레일 제작 시 결함

㉠ 레일 제작 시 강철 덩어리 내부의 결함

㉡ 압연 작업 불량으로 품질적인 결함 발생

㉢ 압연 시 가스에 의한 내부 공기공이 발생하거나, 냉각 수축에 의한 중앙부에 관상 줄 발생

② 레일 부설 및 취급에 의한 결함

㉠ 레일의 취급 방법과 부설 방법이 불량할 때

㉡ 레일의 단면이 하중에 비하여 약할 때

㉢ 부식, 이음매부, 레일 끝 처짐 등으로 레일 상태가 악화될 때

㉣ 궤도 보수 상태가 불량한 때

㉤ 차량 불량과 탈선, 전복 사고가 발생한 때

8.2.3 침목(枕木, Tie)

(1) 침목의 역할 및 구비 조건

1) 침목의 역할

침목은 레일을 소정 위치에 견고히 고정하고 지지하며 레일을 통하여 전달되는 차량의 하중을 도상에 널리 분포시키는 역할을 함

2) 침목의 구비 조건

① 레일과 견고한 체결에 적당하고 열차 하중을 지지할 수 있을 것

② 탄성이 풍부하고 내충격성, 완충성이 있을 것

③ 저면적이 넓고 동시에 도상 다지기 작업(자갈 도상)이 편리할 것

④ 도상 저항력(침목의 종·횡방향 이동에 대한 저항성)이 클 것

⑤ 재료 구입이 용이하고 가격이 저렴하여 경제적일 것

⑥ 취급이 간편하고 내구연한이 길 것

⑦ 전기 절연성이 양호할 것

(2) 침목의 종류

1) 사용 목적에 의한 분류

① 보통 침목(Common Tie)

② 분기 침목(Switch Tie)

③ 교량 침목(Bridge Tie)

2)재질에 의한 분류

① 목 침목(Wooden Tie)

② 콘크리트 침목(Concrete Tie)

③ 철 침목(Metal Tie)

④ 조합 침목(Composite Tie) : 철재, 콘크리트, 또는 목재 등의 조합으로 만든 침목

3) 재질에 다른 특성

현재 세계 각국에서는 궤도의 안정성과 유지 보수비 측면에서 유리한 침목을 채택하고 있으며, 대부분 목 침목과 콘크리트 침목을 사용하고 있다. 콘크리트 침목은 목 침목에 비하여 중량이 크므로 궤도 틀림에 대한 저항력이 증대되어 궤도의 안정성에 미치는 효과가 클 뿐만 아니라 수명도 길어(약 3배 이상) 훨씬 경제적이다.

그러나 분기부 및 레일 이음매부 등 열차 통과 시 충격이 심한 개소나 급곡선부의 확대 궤간 체감에서는 그 구조상 취약성을 나타내므로 이런 구간에는 목 침목이 유리하다.

(3) 목 침목

1) 목 침목의 장점

① 레일의 체결이 쉽고 가공이 편리하다.

② 탄성이 풍부하며 완충성이 크다.

③ 보수와 교환 작업이 쉽다.

④ 전기 절연도가 높다.

2) 목 침목의 단점

① 자연 부식으로 내구연한이 비교적 짧다.

② 하중에 의한 기계적 손상을 받기 쉽다.

③ 충해를 받기 쉬우며 주약해서 사용해야 한다.

④ 갈라지기 쉽다.

3) 방부 처리 방법

① 주약 처리 방법 : 크레오소오트 50% + 중유 50% : 침목의 수명 연장

② 소재 침목을 6개월~1년간 야적하여 완전히 건조시킨 후 크레오소오트유의 가압 주입법을 사용한다.

③ 방부 처리 방법에는 베셀법(Bethell), 로오리법(Lowry), 루핑법(Rueping), 불톤법(Bouiton) 등이 있다.

④ 방부제 효과를 높이기 위해서 주약 전 침목 표면에 자상을 내어 침목 전체의 주입 효과를 올려야 한다.

⑤ 레일 못 위치에 예비 천공을 하여 레일 못 주위에 주약의 주입도를 높여야 한다.

4) 침목의 치수 [길이×폭×두께(㎜)]

① 보통 침목 2,500×240×150

② 이음매 침목 2,500×300×150

③ 분기 침목(분기 침목은 폭과 두께는 일정하고, 길이가 300㎜씩 길어진다.)
2800×240×150, 3100, 3400, 3700, 4000, 4300, 4600 등 7종이 된다.

④ 교량 침목 3,000×230×230

(4) P.C 침목

콘크리트 침목은 제조 방법에 따라 R.C 침목과 P.C 침목으로 구분되며, 주로 P.C 침목을 사용한다.

P.C 침목은 Prestress 도입 시기에 따라 프리텐션(Pre tensioning) 방식과 포스트텐션(Post tensioning) 방식이 있다

1) 프리텐션 공법(Pre tensioning Method)

프리텐션 방식은 긴장 abutment에 P.S 강선을 배열하고 소정의 인장력을 준 상태에서 콘크리트를 타설한 뒤 양생하여 경화되면 거푸집 외측의 강선을 절단함으로써 P.S 강선과 콘크리트와의 부착력에 의하여 침목에 압축 응력을 도입시키는 공법이다. 우리나라에서 사용되고 있다.

2) 포스트 텐션 공법(Post tensioning Method)

P.S 강선이 콘크리트에 부착되지 않도록 쉬스관을 배치하고 콘크리트를 타설한 후 P.S 강선에 인장력을 주어 콘크리트에 압축 응력을 도입시키는 공법이다. 대형 구조물에 많이 반영하여 시공한다.

3) 콘크리트 침목의 장점

① 부식의 염려가 없고 내구연한이 길다.

② 자중이 커서 안정이 좋아 궤도 틀림이 적다.

③ 기상 작용에 대한 저항력이 크다.

④ 보수비가 적게 소요되어 경제적이다.

4) 콘크리트 침목의 단점

① 중량이 무거워 취급이 곤란하고 부분적 파손이 발생하기 쉽다.

② 레일 체결이 복잡하고 균열 발생의 염려가 크다.

③ 충격력에 약하고 탄성이 부족하다.

④ 전기 절연성이 목 침목 보다 부족하다.

⑤ 인력 보수 작업 시 침목에 손상이 우려된다.

(5) 침목의 부설 수 및 배치 간격(서울교통공사의 예)

[표 8-19] 침목의 부설 수 및 배치

구 분	침 목 별	20m당 부설수	1km당 부설수	침목 간격(mm)			장대 레일 구간
				A	B	C	
지하 본선	WT, PCT	34정	1,700	480	595	595	588
지하 정거장	단 침목	68	3,400	480	595	595	588
고 가	WT	35	1,750	463	578	578	–
본 선	PCT	34	1,700	480	595	595	588
교 량	교량 침목	50	2,500	400	400	400	–
차량 기지	WT, PCT	30	1,500	550	675	675	–

8.2.4 도상(道床, Ballast)

(1) 도상의 역할

도상은 침목을 소정 위치에 견고히 안정시키는 동시에 침목에서 받는 차량 하중을 노반에 전달하는 역할을 한다. 도상은 자갈 도상과 콘크리트 도상으로 구분되며 자갈 도상은 자갈 사이의 마찰력에 의해 안정성을 유지하고 그 자체의 탄력성으로 충격 및 소음을 흡수하며, 콘크리트 도상은 침목을 콘크리트로 지지하거나 레일 자체를 콘크리트에 직접 체결하는 구조로 안정성을 확보하고 별도의 탄성 대책으로 충격과 진동을 흡수하는 구조이다.

도상의 역할은

- 레일 및 침목으로부터 전달되는 하중을 널리 노반에 전달할 것
- 침목을 탄성적으로 지지하고 충격력을 완화하여 선로의 파괴를 경감시키고 승차 기분을 좋게 할 것
- 침목을 소정 위치에 고정하는 경질일 것
- 수평 마찰력(도상 저항)이 클 것
- 궤도 틀림 정정 및 침목 교환 작업이 쉽고 재료 공급이 수월하며 경제적일 것 등이다.

(2) 자갈 도상 궤도

1) 도상 자갈의 구비 조건

① 경질로서 충격과 마찰에 강할 것

② 단위 중량이 무겁고, 능각(모서리각)이 풍부하고 입자 간의 마찰력이 클 것

③ 입도가 적정하고 도상 작업이 쉬울 것

④ 점토 및 불순물의 혼입률이 적고 배수가 양호할 것

⑤ 동상과 풍화에 강하고 잡초 육성을 방지할 것

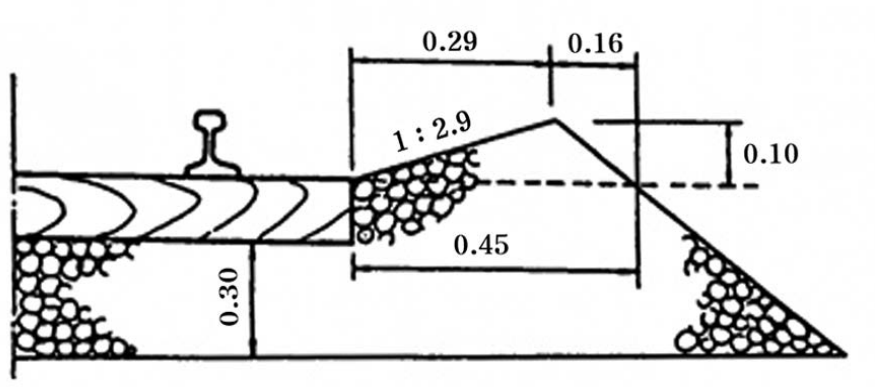
⑥ 양산이 가능하고 값이 경제적일 것

2) 도상의 단면 형상

도상 횡단면의 표준은 시공기면 위에 사다리꼴 모양으로 형성된다. 도상의 조건에는 침목 저면의 압력을 가능한 한 균등하게 노반에 분포시키는데 필요한 도상 두께와 침목 길이 방향의 도상 횡저항력을 확보하기 위한 침목 연단으로부터 도상 어깨까지의 어깨 폭, 또한 열차의 진동에 따른 도상 붕괴가 일어나지 않을 적당한 경사가 요구된다.

도상 두께는 침목의 형상 치수, 침목 간격, 도상 재료의 하중 분산성, 열차 하중의 크기 및 노반의 지지력에 의해 결정된다. 또한 도상 횡방향 저항력을 위해 필요한 어깨 폭의 유효 폭은 사용된 도상 재료의 석질 침목의 노출량에 따라 다르나 도시철도에서는 350mm~450mm로 정하고 있다.

도상의 두께는 열차 하중과 속도, 통과 톤수, 선로 등급에 따라 다르나 침목 하면에서 25cm~35cm 정도로 정한다.



[그림 8-25] 도상단면의 형상

3) 도상의 강도

도상의 품질은 궤도의 안전성을 지배하며, 궤도 틀림 발생량, 보수 노력비, 진동 가속도, 승차기분 등에서 평가하여야 한다. 도상 자갈의 품질에 따라 보수 노력의 절감 정도가 크고, 도상 두께가 클수록 보수 노력이 적게 든다. 도상 강도를 표시하는 데는 도상 계수(道床 係數 Ballast coefficient)를 사용한다. 도상 계수의 정의는 다음과 같다.

① 도상 계수

– 공식 : K= P/R(K: 도상 계수(MPa), P: 도상 반력(MPa), R: 측점 지점의 탄성 침하량(cm))

– K는 도상 재료가 양호할수록, 다지기가 충분할수록, 노반이 견고할수록 큰 값이 된다.

② 판정 기준

k = 0.5MPa : 불량 노반

k = 0.9MPa : 양호 노반

k = 1.3MPa : 우량 노반

(3) 콘크리트 도상 궤도

1) 개요

콘크리트 도상 궤도는 자갈 도상 궤도의 문제점을 보완하고 궤도 분야 기술 발전을 꾀하고자 유럽, 일본 등 철도 선진국에서 개발했으며, 이는 대부분 레일을 지지하는 침목을 도상 콘크리트 속에 매입하거나 레일 자체를 콘크리트 슬래브에 직접 체결하는 구조로서 별도의 탄성 대책과 함께 채택 부설됐다.

이 형식은 자갈 도상 궤도와 비교하면 건설비가 고가이고 시공에 정밀을 필요로 하지만 궤도의 강성을 높여 건설 후 유지 보수비를 대폭 줄일 수 있을 뿐 아니라 잦은 보수 작업 없이도 지속 가능해서 승객에게 쾌적한 승차감을 제공할 수 있는 장점이 있다.

2) 콘크리트 도상의 특징

① 기술성

㉠ 궤도의 선형 유지가 좋아 선형 유지용 보수 작업이 거의 필요치 않다.

㉡ 궤도의 횡방향 안전성이 개선되어 레일 좌굴에 대한 저항력이 향상되므로 급곡선에도 레일의 장대화가 가능하다.

㉢ 궤도 강도가 향상되어 에너지 비용, 차량 수선비, 궤도 보수비 등이 감소한다.

㉣ 자갈 도상보다 시공 높이가 낮으므로 구조물의 규모를 줄일 수 있다.

㉤ 궤도의 세척과 청소가 쉽다.
㉥ 열차 속도 향상에 유리하다.
㉦ 궤도 주변의 청결로 인해 각종 궤도 재료의 부식이 적어 수명이 연장된다.

② 경제성

자갈 도상 궤도의 경우 부설 후 지속적인 유지 보수가 필요하고 더욱이 열차 운행 횟수의 증가는 궤도 보수 주기를 더욱 단축하기 때문에 보수 작업 투입은 더욱 빈번해진다. 이에 비해 콘크리트 도상 궤도 구조는 초기 투자비가 많은 대신 유지 보수의 실질적인 감소와 보수 작업을 위한 열차 운행 제한이 감소된다.

콘크리트 도상 궤도의 건설비는 자갈 도상 궤도보다 약 1.5~2.5배가 되므로 건설 시 통상의 조건으로서는 경제성 효과가 있다고 말할 수 없으나, 자갈 도상의 경우 보수비가 계속 투입되어야 하므로 콘크리트 도상 궤도가 경제적이다.

3) 콘크리트 도상의 장단점

① 콘크리트 도상의 장점

㉠ 도상 다짐이 불필요하므로 보수 노력이 경감
㉡ 배수가 양호하여 동상이 없고 잡초 발생이 없음
㉢ 도상의 진동과 차량의 동요가 적어 승객 안전성과 승차감이 양호
㉣ 궤도의 세척과 청소가 쉬움
㉤ 궤도 틀림 진행이 적음
㉥ 궤도 횡방향 안전성 개선(도상의 고강도 확보)
㉦ 궤도 강도가 향상되어 장대 구간 확대 가능
㉧ 궤도 강도가 향상되어 에너지 비용, 차량 수선비, 궤도 보수비 감소
㉨ 자갈 도상보다 두께가 낮으므로 구조물 규모를 줄일 수 있음
㉩ 차량 탈선 시 궤도의 피해를 줄일 수 있음
㉪ 역 구내의 청결 유지 및 환경 개선

② 콘크리트 도상 단점

㉠ 궤도의 탄성이 적으므로 충격과 소음이 큼
㉡ 시공 기간이 길어 건설비가 많음

㉣ 레일이 파상 마모될 우려가 있음

㉤ 레일 이음매부의 손상, 침목 교환, 도상 파손 시 수선이 곤란

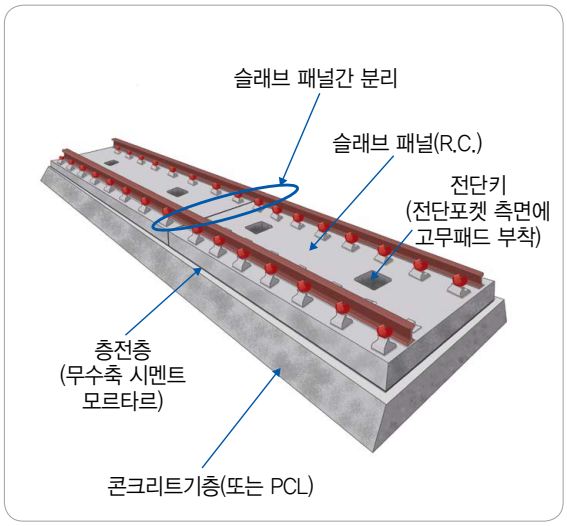
㉥ 장래 선로 변경에 대한 융통성이 없음

㉦ 수명이 다했을 경우 막대한 교환 비용이 소요됨

㉧ 탄성 부족으로 충격과 소음이 높아 별도의 방진 설비가 필요

(4) 슬래브 궤도(Slab Track)

직결 도상 체결 방식에 의한 콘크리트 도상과 노반 사이에 시멘트 아스팔트 모르타르를 완충재로 삽입시키는 궤도를 말하며, 기존 콘크리트 도상의 약점인 소음과 진동을 감소시킬 수 있다. 공장 제작 시공으로 품질이 우수하고 공기를 단축할 수 있는 장점이 있는 궤도 구조로 서울교통공사에서 개발한 B2S Track 시스템이 있다.



[그림 8-26] 슬래브 궤도



[그림 8-27] 서울교통공사 "B2S"개량궤도

8.2.5 레일 체결 장치(Rail Fastener)

(1) 체결 장치

궤도를 구성하는 주요 요소인 레일과 침목을 소정 위치에 견고하게 강결 고정하는 것을 레일 체결이라 하고, 레일을 침목 또는 다른 레일 지지 구조물에 결속시키는 장치를 레일 체결 장치라 한다.

(2) 체결 장치의 역할

레일 체결 장치는 레일에 가해지는 각종 부하 요소, 즉 레일의 상하 방향, 좌우 방향, 종방향의 하중 또는 작용력, 여기에 수반된 회전력, 충격력 및 진동에 저항할 수 있어야 한다. 좌우 레일을 항상 바른 위치로 유지시켜야 하며, 이와 같은 부하 요소를 침목, 도상 등 하부 구조에 전달 또는 차단하는 역할을 한다.

(3) 체결 장치의 기능

1) 내구성 부재의 강도

각종 하중에 대해 충분한 강도를 가지고 내구성이 있어야 하며 각 부재로 결합 구성되어 있으므로 강도가 균일해야 한다.

2) 궤간의 확보

가장 기본적인 기능으로 어떤 형식의 체결 장치에서도 불가결한 요소이므로 이 경우 단순한 수평 하중뿐만 아니라 레일 경사에 대해서도 억제 기능이 필요하다.

3) 레일 체결력

레일을 누르는 힘, 레일의 복진 방지, 레일의 신축 및 축력의 규제, 레일의 부상(浮上) 등은 궤도의 안전성 관계되는 것으로 항상 일정한 힘으로 체결력을 유지하여야 한다.

4) 하중의 분산과 충격의 완화

레일 체결 장치의 부재 자체 및 침목 등 지지 구조물의 부담력을 경감시켜 부재를 보호하기 위해서는 하중을 넓게 분산시키고 충격력을 완화하는 것이 필요하다.

5) 진동의 감쇠, 차단

도상의 열화, 유동 등의 궤도 파괴는 진동으로 인한 것이 대부분이다.

레일에 일어나는 진동은 가능한 한 침목, 도상 등 하부 구조에 전달되는 것을 저감 또는 차단해야 한다. 최근에는 구조물 진동으로 인한 환경 공해 방지 대책이 주요 기능의 하나로 요구되고 있다.

6) 전기적 절연 성능의 확보

레일은 일반적으로 각종 열차의 신호 또는 제어의 궤도회로 및 전차 전류의 귀선 회로로 구성되

어 있으므로 체결부에 있어 레일과 하부 구조물과 절연 저항의 신뢰성을 유지하지 않으면 안 된다.

7) 조절성

확대 궤간(Slack), 레일 마모, 궤도 틀림 등에 대해 궤간은 조정되어야 한다.

특히 최근 콘크리트 도상 궤도 등의 직결 궤도 구조에서는 궤도 부설 시공 시의 위치 조정, 궤도 틀림의 보수를 주로 체결 장치가 받게 되어 조절성은 기능은 매우 중요하다.

8) 구조의 단순화 및 보수 노력 절약

부설 수량이 대단히 많으므로 시공, 보수, 제작이 쉬워야 한다.

따라서 부품 및 형상의 단순화, 유지 관리의 노력 절약, 사용 조건(예를 들면, 레일 침목 종별의 변경에 대한 부재의 실용과 호환성을 고려할 필요가 있다.

(4) 체결 장치의 종류

레일 체결 장치는 궤도 조건과 궤도 구조의 조합에 의해 여러 종류, 모양으로 고안되어 있으나 실용적으로는 레일, 침목 형상, 치수 등의 물리적 제약, 하중과 기능을 고려하여 체결구 형식을 통일화 할 필요가 있다.

1) 일반 체결

① 일반 스파이크(개 못) : 가장 단순하며 오래전부터 사용된 것으로, 단점으로는 지지력이 작고, 침목 섬유 손상이 심하며, 부패하기 쉽고, 박았던 것을 다시 뽑아 박으면 체결력이 떨어진다.

② 나사 스파이크 : 일반 스파이크의 지지력을 증대시키기 위한 것으로 스크류 스파이크, 스크류 볼트라고 하며, 단점으로는 박기와 뽑기의 품이 많이 소모된다.

2) 탄성 체결 장치

탄성 체결이란 열차가 주행할 때 레일에 발생하는 고주파(매초 1,000회 정도) 진동을 흡수 완화하기 위해, 탄성이 있는 클립과 타이 패드 등을 사용하게 되는데, 탄성 클립만으로 체결하는 것을 단 탄성 체결이라 하며, 고무제의 탄성 패드를 깔고 상하 쌍방에서 체결하는 것을 이중 탄성 체결이라 한다.

① 단 탄성 체결 : 탄성 클립만으로 체결하는 것

② 2중 탄성 체결 : 고무제의 타이 패드를 깔고 상하 쌍방에서 체결하는 것

3) 탄성 체결구의 특징

① 레일 압력에 따른 레일의 안정성을 얻을 수 있고 열차로부터의 진동과 충격을 흡수 완화한다.

② 레일과 침목이 항상 압착 상태에 있으므로 레일의 복진을 방지하고 횡압력에도 유효하게 저항한다.

③ 타이 패드를 사용하면 침목 수명을 연장할 수 있다.

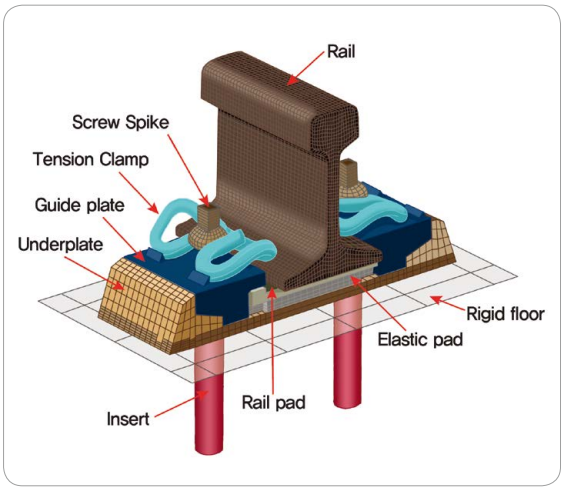
④ 궤간의 틀림, 레일 두부의 경사, 레일 마모 등에 대하여 효과적이다.

⑤ 높은 진동수의 진동이 흡수되기 쉬우므로 침목 이동의 동적 부담력을 완화하고 궤도의 동적 틀림을 경감시킨다.

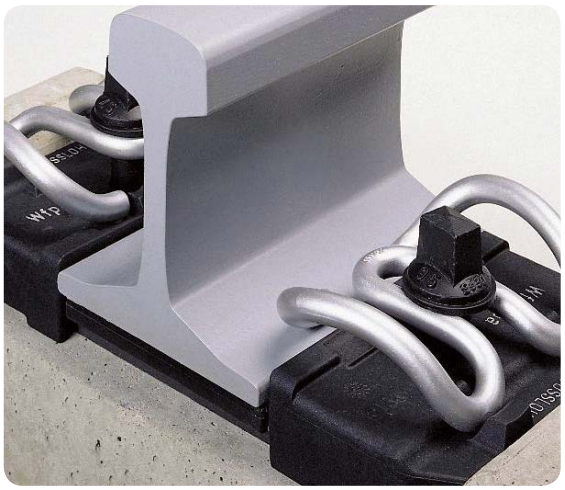
⑥ 궤도 보수 노력의 절감과 소음의 흡수가 어느 정도 가능하다.

⑦ 콘크리트 침목 및 콘크리트 도상의 탄성 부족을 보충할 수 있다.

⑧ 타이 패드의 전기 절연성에 의한 레일과 침목과의 절연을 확보할 수 있다.



[그림 8-28] 탄성 체결구



[그림 8-29] Vossloh사 System300 체결장치

☑ 핵심정리 >>>

1. 궤도를 구성하는 주요 요소는 ( ), ( ), ( ), ( ) 등 이다.
2. 레일(Rail)의 기능에 대하여 말해 보시오.
3. 침목(枕木, Tie)의 역할에 대하여 말해 보시오.
4. 도상(道床, Ballast)의 역할에 대하여 말해 보시오.
5. 체결장치의 기능에 대하여 설명해 보시오.

참고 문헌

1. 철도공학개론, 이종득 2017.2 노해출판사, 서울
2. 철도공학 및 설계, 김응록, 2010.12, 송원대학 출판부, 광주
3. 제2종 전기차량 운전면허 도시철도시스템 일반, 2018.2, 서울교통공사 인재 개발원
4. 철도건설규칙 2019.03.20
5. 도시철도건설규칙 2014.07.08
6. 도시철도운전규칙 2018.01.08
7. 철도의 건설기준에 관한 규정 2020.07.07
8. 철도시설의 기술기준 2019.03.21
9. 운전취급규정 2020.01.07
10. 도시철도법 2019.07.01
11. 철도산업발전기본법 2017.07.18
12. 철도안전법 2020.06.09.
13. 부산광역시 도시철도의 건설기준에 관한 규칙 2015.11.25.
14. 한국철도표준규격 KRS TR 0001-15(R) 레일
15. 서울시 도시철도건설 기준에 관한 규칙 (서울시규칙 제4143호, 2017.02.23)

9장

정보 통신 일반



9.1 정보 통신 개요

9.2 통신선로

9.3 전화 설비

9.4 열차 무선설비

9.5 영상 감시 설비

9.6 행선 안내 설비

9.7 방송설비

9.8 역무 자동화 설비

9장 정보 통신 일반

9.1 정보 통신 개요

학습목표

- ☑ 정보 통신 개요 이해
- ☑ 전송 매체의 종류 이해(유선 매체, 무선 매체)

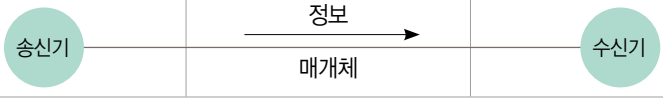
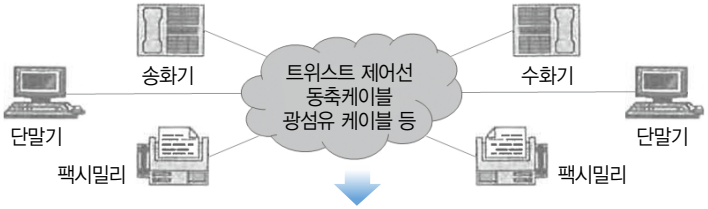
[핵심용어]

송신기, 수신기, 전송 매체, 아날로그 데이터/디지털 데이터

9.1.1 정보 통신 개요

송신자와 수신자 간에 효율적으로 정보를 전달하거나 교환하는 과정으로써 통신 매체(전화기 등)를 이용하여 사람 간 의사, 지식, 감정 또는 각종 자료를 포함한 정보나 데이터를 주고받는 것을 말한다.

9.1.2 정보 통신 기본 구성 요소

<table>
<tr><th>구분</th><th>송신기(Sender)</th><th>전송매체(Trans. Medium)</th><th>수신기(Receiver)</th></tr>
<tr><td>구성도</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>예</td><td colspan="3"> 

세 가지 구성 요소의 유형 → 정보 유형(음성, 데이터, 영상)에 의해 결정</td></tr>
</table>

9.1.2.1 송신기

신호(영상, 음성, 데이터 등)를 전파에 실어 증폭한 후 안테나나 케이블을 통해 출력하는 장치이다. 최초의 무선송신기는 1887년 독일의 물리학자 하인리히 루돌프 헤르츠에 의해 제작되었으며, 1901년 이탈리아의 전기공학자 굴리모리 마르코니가 대서양을 횡단하는 장거리 무선통신에 성공함으로써 현대 장거리 무선통신의 기초가 되었다.

9.1.2.2 수신기

안테나를 이용하여 전파를 수신하고 송신하는 정보를 사용 가능한 형태로 변환하는 전자장치를 말한다. 안테나가 미약한 전파를 수집한 뒤 이를 증폭하여 송신된 정보를 추출한다.

9.1.2.3 전송 매체

송신자와 수신자 사이의 데이터 흐름의 물리적인 경로(유선 매체와 무선 매체)

9.1.2.3.1 전송 매체의 종류

(1) 유선 매체

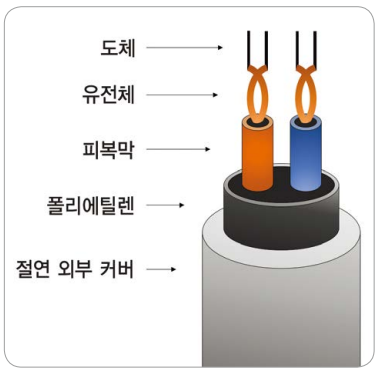
송신자와 수신자 사이의 데이터 흐름을 전기,광신호 등으로 변환하여 물리적인 경로로 전달한다.

1) 트위스트 페어 케이블(Twisted Pair Cable)

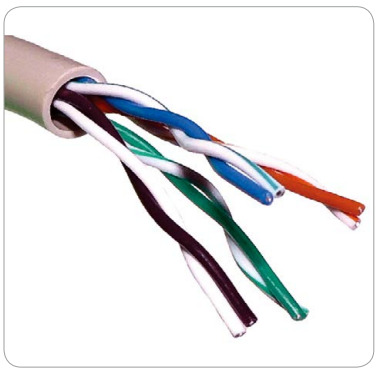
두 개의 절연 구리선을 상호 전기적 간섭 현상을 줄이기 위해 규칙적으로 꼬아 만든 케이블

① UTP(Unshielded Twisted Pair) 케이블

- 전자기 간섭을 줄이려고 케이블을 나선형으로 꼬아 놓은 형태
- 전화선이나 근거리 통신망용 케이블에 사용



[그림 9-1] Twisted Pair Cable



[그림 9-2] Unshielded Twisted Pair



[그림 9-3] Shielded Twisted Pair

② STP(Shielded Twisted Pair) 케이블

데이터 신호의 간섭을 줄이기 위해 각 쌍들에 외부 차폐 보호막을 씌운 형태

(2) 무선 매체

송신자와 수신자 사이의 데이터 흐름을 물리적 경로 없이 전달

[표 9-1] 유선 매체 및 무선 매체의 특징

전송매체	종 류	정보 전송 수단	특 징
유선 매체	트위스트 페어 케이블	전기 (금속 도체)	• 기후 조건(온도, 날씨)으로 인하여 감쇠 현상 발생 가능 • 지형에 따라 설치 시 장애 발생 • 근거리 통신에 적합 • 광대역 통신에 적합
	동축 케이블		
	광섬유 케이블	빛	
무선 매체	마이크로파(위성, 지상)	전파	• 지형, 재해에 상관없이 전송 가능 • 원거리 통신에 적합
	라디오파		

9.1.2.4 아날로그 데이터/디지털 데이터

(1) 아날로그 데이터 : 주어진 구간에서 연속적인 값을 가지는 데이터로, 전기나 전류처럼 시간에 따라 연속적으로 변화하는 물리량을 그대로 표현(소리, 카세트테이프, 음악 CD)

(2) 디지털 데이터 : 이산 값(discrete value)을 가지는 데이터로, 아날로그 데이터를 임의의 시간에 대한 물리량으로 정수화하여 표현(컴퓨터의 각종 파일들, MPEG 혹은 MP3 CD)

☑ 핵심정리 >»»

1. 전송 매체의 종류에는 ( ), ( )가 있다.
2. 유선 매체에는 트위스트 페어 케이블, 동축 케이블, 광섬유 케이블 등이 있으며, ( ) 통신망에 적합하다.
3. 무선 매체에는 마이크로파, 라디오파 등이 있으며 지형, 재해에 상관없이 전송이 가능하므로 ( ) 통신에 적합하다.

9.1.3 철도 정보 통신설비 종류

학습목표

☑ 철도 정보 통신 설비 종류 이해

[핵심용어]

통신선로, 전화 설비, 열차 무선설비, 영상 감시 설비, 행선 안내 설비, 방송설비

9.1.3.1 통신선로

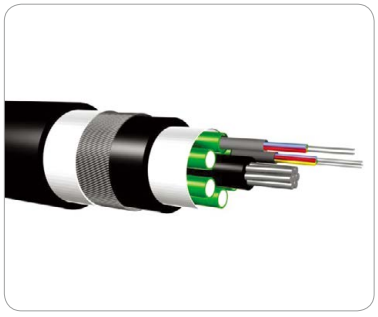
전기통신 신호를 송수신하기 위해 사용하는 전송 매체와 그 전송 매체를 수용 또는 접속하기 위해 철도 연변에 시설하는 통신 케이블 및 기타 부속 설비

9.1.3.2 전화 설비

유선으로 가입자와 가입자 간에 통화를 하기 위한 설비

9.1.3.3 열차 무선설비

열차 운행 시 기관사, 승무원, 관제사 및 역무원 등 상호 간에 각종 정보를 교환하기 위한 설비로서 유지 보수를 하기 위하여 유지 보수자 상호 간에도 사용



[그림 9-4] 통신선로(광케이블)



[그림 9-5] 전화 설비



[그림 9-6] LTE-R 휴대용 단말기

※ 자료 : "Optical_fiber_cable"by Srleffler / CC BY 라이선스

9.1.3.4 영상 감시 설비

승객들의 안전 상태 및 열차 운행 정보를 모니터링하고 주요 시설물 및 무인 개소, 취약 개소에 설치되어 있는 중요 설비 등의 이상 유무 상태를 감시하기 위한 설비

9.1.3.5 행선 안내 설비

승객의 편안하고 쾌적한 여행을 위하여 열차 운행에 관한 정보(열차의 접근, 도착, 출발, 행선지, 도착 승강장 안내 등)와 공지 사항 등을 안내해 주는 설비



[그림 9-7] 카메라 종류

※ 자료 : "CCTV Cameras"by Tamasflex / CC BY 라이선스



[그림 9-8] 행선 안내 설비

9.1.3.6 방송설비

승강장 및 대합실에 있는 승객에게 열차 운행에 관한 정보와 비상시 경보 및 안내 방송 등을 자동 또는 수동으로 송출하는 설비



[그림 9-9] 방송설비

9.1.3.7 역무 자동화 설비

수도권 광역 철도와 일반 철도 일부 구간에 설치하여 승차권 예약, 발매, 정산, 회계 처리 따위의 경영과 여객에 대한 각종 서비스를 자동화하기 위한 정보 처리 시스템



[그림 9-10] 자동 개집표기

☑ 핵심정리 >>>

1. 철도에서 사용되는 주요 정보 통신의 종류에는 통신선로, 전화 설비, ( ), 영상 감시 설비, ( ), 방송설비 등이 있다.
2. 통신선로는 전기통신 신호를 송수신하기 위하여 철도 ( )에 시설한다.
3. ( )는 기관사, 승무원, 관제사 상호 간에 각종 정보를 음성으로 전달하는 설비이다.
4. ( )는 열차 운행에 관한 정보와 공지 사항 등을 승객들에게 안내해 주는 설비이다.
5. ( )는 승차권 발매, 정산, 회계 처리 등을 위하여 지하철 역사에 설치하는 설비이다.

9.2 통신선로

학습목표

- ☑ 주요 통신선로의 종류 이해
- ☑ 장비 간에 통신을 위해서 가장 많이 사용되는 케이블(UTP 케이블)
- ☑ UTP 케이블 구조 이해
- ☑ 광케이블 개요 및 구조 이해

[핵심용어]

동 케이블, UTP 케이블, 광케이블

9.2.1 개요

전기 통신용 및 제어용 데이터를 한 지점에서 다른 지점으로 전송하는데 사용되는 선로(telecommunication line)를 의미하며, 광케이블이 보급되기 이 전에는 주로 동 케이블이 사용되었으나 최근에는 각 가정의 가입자용이나 장거리용으로 광케이블이 사용되고 있고 근거리용으로는 UTP 케이블 등이 사용된다.

9.2.2 설치 목적

수도권 지하철 노선이나 일반 철도 노선, 고속철도 노선을 운행하는 각종 열차의 운행 상태를 모니터링 하고 제어한다. 또한 전차선이나 배전 선로 등에 전기를 공급하거나 차단할 경우나 열차 내에서 기관사와 관제사간에 열차 무선 통화를 하는 경우에는 그 기능을 컨트롤하는 각종 데이터를 주고받아야 되는데, 이러한 데이터를 발신지로부터 수신지까지 전송하기 위한 매체로 통신선로를 경유하여 사용한다.

9.2.3 통신선로의 종류

9.2.3.1 동 케이블

다수의 가느다란 동선으로 된 케이블을 말하며 광케이블이 본격적으로 보급되기 이전의 통신선로는 대부분 동 케이블이 사용되었다. 오늘날 고속철도, 일반 철도, 지하철 역사와 역사 사이 또는 역사 내부에 일부 동 케이블이 사용되고 있으며 모든 정보 통신설비 및 전기 설비가 IP화 되어 가는 추세에 반비례하여 동 케이블의 용도는 점차 사라지고 있다.

(1) 동 케이블의 특징

동 케이블은 접속 불량에 의한 감쇠 현상이 크므로 3M 접속 공법으로 접속하여 접속 불량을 최소화하여야 하며 서울에서 부산까지의 장거리 구간에도 통신이 가능하다.

(2) 동 케이블의 분류

1) 심선경에 의한 분류

① 0.4mm : 가장 가는 동 케이블로 근거리용에 사용

② 0.5mm : 우리나라 표준 심선으로 가입자 케이블 등에 사용

③ 0.65mm : 광역 케이블에 사용

④ 0.9mm : 가장 굵은 동 케이블로 통신실과 통신실 중계용 케이블에 사용



[그림 9-11] 폴리에틸렌 차폐 동 케이블

2) 용도에 의한 분류

① 시내 케이블 : 가입자 케이블, 통신실 간 중계 케이블

② 시외 케이블 : 장거리 통신 케이블

③ 구내 케이블 : 역사 구내 또는 건물 내 통신 케이블

9.2.3.2 UTP 케이블

주로 근거리 통신망을 구축하기 위해 사용되는 케이블로, 오늘날 일반적으로 장비 간의 통신을 위해 가장 많이 사용되는 케이블이다. UTP는 Unshielded Twisted-Pair의 약자로 절연체로 감싸여 있지 않으면서 꼬여 있는 한 쌍의 선을 의미한다. 선을 꼬아 놓은 이유는 전류가 흐를 때 간섭을 최소화하기 위해서이다.

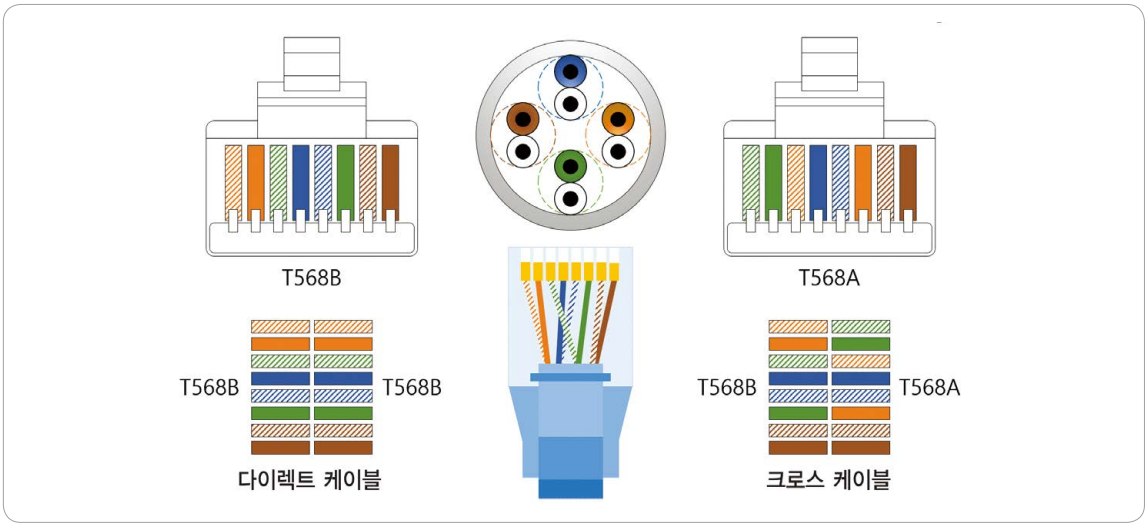
(1) UTP 케이블의 구조

1) 내부의 선은 8가닥의 데이터 선으로 이루어져 있다. 실제로 사용되는 선은 4가닥이며 나머지 4가닥의 케이블은 모두 접지에 사용된다.

2) 연결 방법에 따라 다이렉트 케이블과 크로스 케이블로 분류한다.

① 다이렉트 케이블

각 선 양 끝의 전선 색깔이 같은 순으로 정렬된 케이블, 즉 양쪽의 케이블 순서를 똑같이 해 만든 케이블이다. 컴퓨터와 허브를 연결한다.



[그림 9-12] UTP 케이블

② 크로스 케이블

전선 가닥이 같은 색깔 순으로 연결되지 않은 케이블이다. 허브 없이 컴퓨터 2대를 연결하거나 허브와 허브를 연결한다.

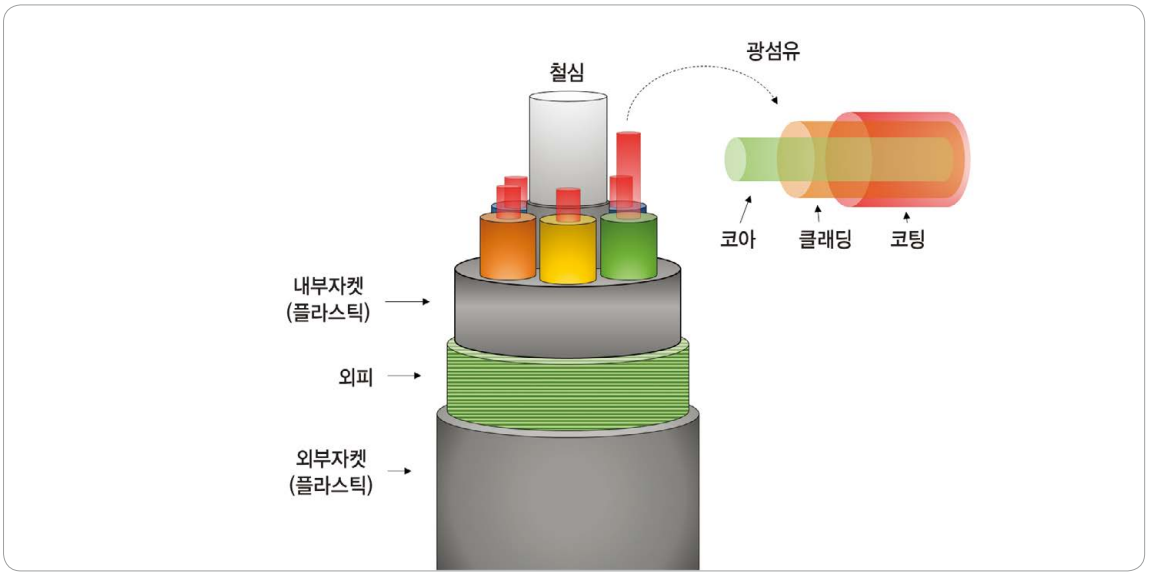
3) 카테고리는 품질에 따라 등급을 매기며 품질이 가장 낮은 것을 1, 가장 높은 것을 5로 하여 전자산업진흥회(EIA)에서 등급을 부여한다.

9.2.3.3 광케이블

전기 신호를 광 신호로 바꾸어 유리 섬유를 통하여 전달하는 케이블이다. 빛의 형태로 전송되므로 충격성 잡음, 누화 등의 외부적 간섭을 받지 않는다. 근거리와 광역 통신망, 장거리 통신, 군사용, 가입자 회선 등에 많이 쓰인다.

(1) 광케이블의 구조

광케이블은 심(Core)과 클래드(Clad), 재킷(Jacket) 등으로 구성되어 있다. 광케이블은 심과 클래드 사이 굴절률 차이에 의한 전반사를 이용해 빛을 전달한다. 광케이블의 심은 유리 섬유 물질로 만들어지며 클래딩은 심의 손상을 보호하기 위하여 코팅된다. 재킷은 광케이블의 맨 바깥층으로서 플라스틱 등의 물질로 되어 있어서 습기, 마모, 파손 등을 막아 주는 역할을 한다.



[그림 9-13] 광케이블 단면도

☑ 핵심정리 >>>

1. 통신선로의 종류에는 동 케이블, UTP 케이블, ( ) 등이 있다.
2. 동 케이블은 ( )에 의하여 시내, 시외, 구내 케이블로 분류된다.
3. ( )은 장비 간의 통신을 위하여 가장 많이 사용되는 케이블이다.
4. UTP 케이블은 ( )의 데이터 선으로 되어 있으며 실제로 사용되는 선은 ( )이다.
5. UTP 케이블 ( )은 내부적으로 꼬여 있는데, 꼬아 놓은 이유는 전류가 흐를 때 간섭을 최소화하기 위해서이다.
6. 광케이블은 전기 신호를 광 신호로 바꾸어 ( )를 통하여 전달한다.
   ( )로 전송되므로 잡음, 누화 등 외부적 간섭을 받지 않는다.

9.3 전화 설비

학습목표

☑ 전화 설비 종류 이해
☑ 운전 취급용 관제 전화기 개념 이해
☑ 연선 전화기 사용 용도 이해

[핵심용어]
관제 전화기, 연선 전화기, IP 전화기

9.3.1 개요

음성을 전기 신호로 바꾸어 먼 곳에 전송하고 이 신호를 다시 음성으로 재생하여 상호 간의 통화를 가능하게 하는 장치이다. 전화기는 특정한 상대뿐만 아니라 많은 상대와 통화하기 위해 전화회선을 교환 접속하는 전화교환기에 의해서 접속이 이루어지며 전화기에서 오는 전기 신호를 전송해 주는 전화회선을 필요로 한다.

9.3.2 전화 설비의 종류

고속철도, 일반 철도, 지하철이 운용되는 현장과 운영 기관 등에는 주로 자동 전화기, 직통 전화기, 관제 전화기, 승강장 비상 전화기, 연선 전화기 등이 사용된다.

9.3.2.1 자동 전화기

교환기에 연결되어 각각의 고유한 전화번호를 갖고 있는 전화기로 일상에서 사용하는 사무실 전화기를 일컫는다. 철도 현업에서 사용하는 자동 전화기용 교환기는 통신 기기실에 설치되어 있으며 가입자 별로 구역을 나누어 관리한다. 전화회선이 동 케이블에서 광케이블로 바뀌면서 인터넷 회선과 구내 정보통신망(LAN)을 이용한 IP 전화기가 보편화되고 있다. IP 전화기는 음성, 데이터, 화상 등을 통합하여 서비스할 수 있으며 유선전화의 고정성과 이동전화의 이동성의 특성을 모두 구현할 수 있다.



[그림 9-14] 자동 전화기



[그림 9-15] IP 전화기



[그림 9-16] IP 교환기

※ 자료 :"IP Phone"by Escene / CC BY 라이선스

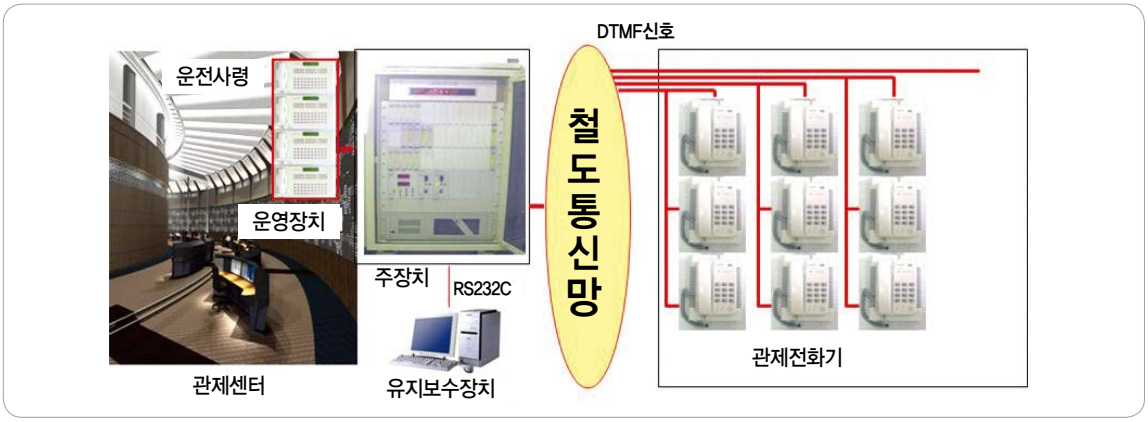
9.3.2.2 직통 전화기

일반 전화기처럼 전화번호를 누르지 않고 전화기를 들면 바로 상대방과 연결되는 방식의 전화기로 운전 취급을 하는 로컬 역과 로컬 역 사이의 운전 취급자들이 주로 사용한다. 과거에는 자석식 전화기와 공전식 전화기를 사용하였으나, 최근에는 번호 버튼이 있는 자동 전화기에 직통전화 기능을 부여하여 사용한다.



[그림 9-17] 직통 전화기

※ 자료 : "철도청 전화시스템" by 우영정보통신(주)



[그림 9-18] 관제 전화기 구성도

9.3.2.3 관제 전화기

열차 운전 협의 등을 위하여 관제 센터 관제사와 로컬 역 운전 취급원 간에 직접 통화하는 전용 전화 설비로 개별 호출, 군별 호출, 일체 호출 기능이 가능하다.

9.3.2.4 승강장 비상 전화기

지하철 역사 승강장 또는 대합실 등에서 비상 상황 발생 시, 로컬 역의 역무원이나 관제 센터의 관제사 등과 통화할 수 있는 전화기이다.

9.3.2.5 연선 전화기

철도 연변에 시설되어 있는 통신선로(동 케이블, 광케이블)와 접속하여 열차의 안전 운행을 위한 업무 연락용 전화기로, 현장 보수 작업자(시설, 전기, 기관사) 또는 기관사가 비상 상황 발생 시 해당 부서에 긴급 연락을 할 수 있다. 연선 전화기는 지하철 터널 구간과 지상 구간의 역과 역 사이,



[그림 9-19] 비상 전화기



[그림 9-20] 연선 전화기

지상 구간 터널 입구 등에 설치되어 있다.

9.3.2.6 인터넷 전화기(IP 전화기)

기존의 전화망보다는 인터넷 기반의 망인 IP 네트워크를 통해서 구현하는 음성 통화 전화기로 음성, 데이터, 화상 등을 통합하여 서비스가 가능하다.

9.3.2.7 페이징 폰 설비

광역 철도 승강장 및 차량 기지의 공장동, 검수고에서 근무자가 휴대하여 여객에 대한 안내 방송 및 검수원 간의 통화를 위해 사용하는 설비이다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 철도 현업에서 사용되는 전화기의 종류에는 자동 전화기, 직통 전화기, ( ), 승강장 비상 전화기, ( ), 인터넷 전화기, 페이징 폰 설비 등이 있다.
2. ( )는 관제 센터의 관제원과 로컬 역 운전 취급원 간에 직접 통화할 수 있는 전용 전화 설비이다.
3. ( )는 철도 연변에 시설되어 현장 보수 작업자 또는 기관사가 비상 상황 발생 시 해당 부서에 긴급 연락을 할 수 있는 전화 설비이다.
4. ( )는 음성, 데이터, 화상 등을 통합하여 서비스할 수 있는 전화 설비이다.

9.4 열차 무선설비

학습목표

- 열차 무선설비 방식 이해(VHF, TRS, LTE-R)
- 열차 무선 방식의 LTE-R 방식으로 전환 시기 이해
- LTE-R 방식의 특징(음성 통화, 문자 뿐만 아니라 대용량의 영상 데이터 전송이 가능하며 사물 인터넷과 결합하여 각종 시설물 유지 관리, 철도차량 운전 정보 관리 등의 서비스 가능) 이해

[핵심용어]

열차 무선설비, VHF, LTE-R, 열차 무선 통신 장애 대책

9.4.1 개요

열차 무선설비는 1960년대 후반에 열차 안전 운행에 기여할 목적으로 철도 현장에 도입되었다. 열차 무선설비의 가장 큰 기능은 관제사와 기관사, 역무원과 기관사, 기관사 상호 간, 관제사와 역무원, 휴대용 상호 간에 통신할 수 있도록 하는 데 있다. 열차 무선설비는 사용 주파수대에 따라 VHF, TRS, LTE-R 순으로 발전하였으며, 현재 대한민국의 대부분 광역 철도, 도시철도, 일반 철도에서는 VHF 대역의 열차 무선설비가 사용되고 있다. 2004년도 경부 고속철도 개통 시에 TRS 열차 무선설비가 도입되었고, 2017년 서원주~강릉 구간의 고속철도 개통 시에 LTE-R 열차 무선설비가 고속철도 구간에 최초로 상용 개통되어 운용되고 있다.

정부에서는 VHF와 TRS 주파수를 회수하는 정책을 시행하고 있으며 2027년까지 전국의 광역 철도, 도시철도, 일반 철도, 고속철도에는 광대역 통합 무선망(LTE-R)이 설치 완료될 예정이다. 부산 도시철도 구간에는 2017년 4월 SKT에 의해 LTE-R망이 구축 완료되었으며 서울, 인천, 대전, 광주 등 타 지자체 도시철도 구간에도 순차적으로 LTE-R망이 구축되어질 예정이다. LTE-R망을 전국 철도 구간에 한꺼번에 구축을 할 수 없기 때문에 일정 기간 동안에는 기존 시스템(VHF, TRS)과 병행 운전해야 하는 문제점이 있으며, 이러한 문제는 VHF 구간과 TRS 구간, LTE-R 구간을 시스템적으로 연동함으로써 해결하고 있다.

9.4.1.1 무선국 종류

(1) 기지국 : 철도 관제 센터, 역, 사업소 등에 설치 운용하는 무선국을 말한다.

(2) 이동국 : 육상을 이동하는 무선국으로 차량용과 휴대용으로 구분한다.

1) 차량용 : 디젤 기관차, 전기 기관차, 전기동차, KTX, 자동차 등에 부착하여 이동 중에 사용하는 무선국을 말한다.

2) 휴대용 : 일정 장소에 부착하지 않고 무전기 자체 전원을 사용하여 운용하는 무선국을 말한다.

9.4.1.2 통화의 종류

(1) 비상 통화 : 천재지변 또는 열차 운전 사고, 기타 위급한 사태가 발생하였거나 발생할 우려가 있을 때 사용하는 통화

(2) 관제 통화 : 열차 운행에 관한 정보 교환을 위하여 관제와 하는 통화

(3) 일반 통화 : 비상, 관제, 작업 통화 이외의 통화로서 통화 가능 구역 내에서 상호 정보 교환을 위하여 하는 통화

(4) 작업 통화 : 설비의 보수 및 건설 업무와 구내 입환 업무를 수행함에 있어 상호 간에 정보 교환을 위하여 하는 통화

(5) 통화 순위 : 위 각 호의 순서에 의한다.

9.4.2 VHF 열차 무선설비

9.4.2.1 개요

VHF 열차 무선설비의 사용 주파수는 146~174MHz대로 초단파에 속하며 초단파대의 전파는 파장이 짧기 때문에 대지, 건물 등에서 반사 현상을 나타낸다. 따라서 VHF 열차 무선설비는 주로 가시거리 선상의 직접파와 반사파에 의한 통신을 한다. 이때 송수신 지점 간에 장애물이 있으면 음영지역이 발생하는 문제가 생긴다. VHF 열차 무선 구간에는 터널 등의 장애물 구간에 중계 장치를 설치하여 난청 문제를 해소하고 있다.

9.4.2.2 VHF 무전기 사용법

(1) 무선전화 통화 요령

1) 상대국 호출 부호를 연속 2회 호출(철도 ○○역, 철도 기관차 ○○○호)

2) 자국 호출 부호 1회 송화하여 상대국의 응답을 받은 후 통화(여기는 철도 ○○역, 철도 기관

차 ○○○호)

3) 통화 중 자국 통화가 끝날 때마다 “이상”을 외침

4) 통화가 모두 끝났을 때는 “통화 끝”이라 함

5) 운전용은 일반 통화(채널 1번)와 비상 통화(채널 2번) 사용

6) 보수 작업용은 일반 통화(채널 1번)와 비상 통화(채널 2번) 및 작업 통화(채널 3번, 4번) 사용

7) 구내 입환용은 일반 통화(채널 1번)와 입환 작업 통화(채널 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8번) 사용

(2) 비상 통화 요령

1) 채널 스위치를 ‘2’번에 놓고 “비상”, “비상”, “비상”연속 3회 호출

2) 수신한 상대국은 즉시 채널 스위치를 ‘2’번으로 하여 통화

3) 일산선에서는 EMER 버튼을 누르고 상대방이 나오면 비상임을 알린 후 통화

4) 비상 통화의 호출을 수신한 모든 무선국은 통화를 즉시 중지하고 비상 호출자의 통화를 청취하여야 하며, 해당국은 즉시 응답하고 그 지시 또는 통보에 따른다. 해당국이 아니면 통화 내용을 계속 청취하여 상황을 판단한다.

(3) 관제 통화 요령

1) 관제실에서 기관차 또는 역 · 소를 호출할 경우

① 관제사는 채널 스위치를 ‘2’번에 놓고 상대국을 호출

② 수신한 상대국(기관차 또는 역 · 소)은 채널 스위치를 ‘2’번에 놓고 응답

③ 관제사와 상대국은 해당 관제 채널(채널 3, 4번)로 바꾸어 통화

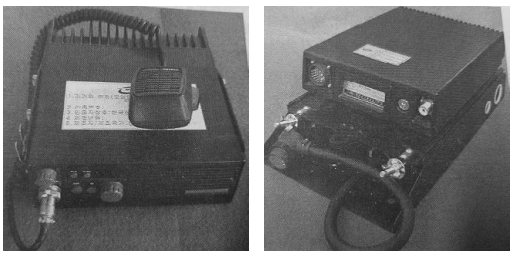
④ 통화가 끝나면 채널 스위치를 각각의 사용 채널로 복귀

2) 기관차에서 관제사를 호출할 경우 채널 스위치를 관제 채널(채널 3, 4번)에 놓고 직접 호출하여 통화

3) 수도권 전동차에 한하여 지하 구간에서의 관제 통화

① 지하철 1호선을 운행 중인 전동차는 관제 채널(4번)로 직접 호출하여 통화

② 과천선, 분당선을 운행 중인 전동차는 일반 통화 채널(채널 1번)로, 일산선은 채널 ‘3’번으로 통화



[그림 9-21] VHF 무선 송수신기(기지국용, 기관차용)

※ TRCP : Train Radio Control Panel

(4) 감청 수신기 사용 방법

1) 감청 수신기는 비상 통화를 전용 수신하도록 되어 있으며, 1종(기관차 및 역용)과 2종(수도권 전동차용)으로 나누어진다. 볼륨은 청취 가능한 상태로 조정하여야 하며, 스켈치 볼륨은 잡음이 멈추는 지점에 맞추어 놓는다.

2) 감청 수신기 2종은 스캔 기능이 있어 채널 우선 선택이 가능하다.

(5) VHF 채널 사용법

1) VHF 무선 장치의 통화 종류에 따른 사용 채널 선정 및 사용 구간, 통신 상대방은 다음과 같다.

통화 종류	사용 채널	사용 구간	통신 상대방
VHF 채널 사용법	채널 1번	고속선을 제외한 전 노선의 통신 가능 구역 내	기지국과 육상 이동국 간 육상 이동국 상호 간
비상 통화	채널 2번	고속선을 제외한 전 노선의 통신 가능 구역 내	모든 무선국 상호 간 (다만, 입환용 제외)
관제 통화	채널 3번	경북, 강원, 충북 본부 이외 본부 관내의 통신 가능 구역 내	관제실과 육상 이동국 간
관제 통화	채널 4번	경북, 강원, 충북 본부 관내의 통신 가능 구역 내	상동
작업 통화	채널 3, 4번	전 노선의 통신 가능 구역 내	보수 작업장 내 무선국 상호 간
	채널 2, 3, 4번 (채널 2번 비상 통화 주파수와 상이)	전 노선의 통신 가능 구역 내	입환 작업장 내 무선국 상호 간

2) 과천선, 분당선 지하 구간의 통화 종류, 사용 채널, 사용 구간 및 통신 상대방

통화 종류	사용 채널	사용 구간	통신 상대방
VHF 채널 사용법	채널 1번	지하철 구간의 통신 가능 구역 내	기지국과 육상 이동국 간 육상 이동국 상호 간
비상 통화	채널 2번	상 동	기지국과 육상 이동국 간 육상 이동국 상호 간
관제 통화	채널 1번	상 동	관제실과 육상 이동국 간 (관제실에서 그룹 또는 일체 호출)

3) 일산선에서의 채널 선정

통화 종류	사용 채널	사용 구간	통신 상대방
일반 통화 관제 통화	채널 3번	지하철 구간의 통신 가능 구역 내	기지국과 육상 이동국 간 육상 이동국 상호 간 관제실과 육상 이동국 간 (관제실에서 그룹 또는 일제 호출)
일반 통화	YARD 버튼 (차량 기지 통화)	차량 기지 내의 통신 가능한 구역	차량 기지와 육상 이동국 간
비상 통화	EMERG 버튼	지하철 구간의 통신 가능한 구역	기지국과 육상 이동국 간 육상 이동국 상호 간

9.4.3 서울메트로 열차 무선설비

9.4.3.1 개요

지하철 및 한국철도공사 구간을 운행하는 1, 3, 4 호선에서 사용하는 무선통신 시스템이다. VHF 146~174MHz의 주파수를 사용하며 본선 및 지선 구간에 운행하는 열차의 승무원과 종합관제실 및 운전 취급실 간 열차 안전 운행을 위한 업무 연락을 주목적으로 사용한다. 관제 조작반(CCP)과 무인 기지국(WBS), 열차의 이동국(TRE) 장치 등이 있으며, 제어 및 통화를 위한 열차무선 중앙 제어장치(CCE)가 정보 통신 관제실에 설치되어 있다. 연선 기지국은 관제의 중앙 제어장치와 열차의 이동국 간에 원활한 무선 통화를 가능하게 하는 무인 중계국으로 해당 역 통신 기계실에 설치되어 있다. 1호선 열차 무선 장치는 서울역에서 청량리 간 지하철 구간에서 사용하는 채널(SMSC)과 한국철도공사 구간에서 사용하는 채널(KNR)로 나누어지며, 군자 차량 기지 간 입출고 시 2호선 구간(신설동~신답)에서 2호선 관제와 통화할 수 있도록 원격 제어용 장치가 2호선 운전 관제소에 설치되어 통화할 수 있게 되어 있다.

9.4.4 사용자 준수 사항

9.4.4.1 준수 사항

(1) 관계 규정 엄수

(2) 통화는 간단명료하게 하고 불필요한 전파 발사를 하지 말 것

(3) 자국 호출을 항시 청취하며 호출이 있을 때에는 즉시 응답

(4) 기관사는 열차에 충당하는 동력차(기관차, 동차, 전동차, 기중기)를 출고할 때에는 반드시 무전기 상태를 확인하여 이상이 있을 경우 관련 소속에 통보하여 조치를 받아야 한다.

9.4.4.2 열차 무선전화 장치의 인계인수

(1) 무선전화 장치는 다음에 해당할 때에는 반드시 인계인수한다.

1) 교대 근무, 출무 및 귀소 할 때
2) 기관차, 동차 및 전동차가 차고에 입고 또는 출고할 때
3) 기관차, 동차 및 전동차가 차량 관리단에 입고 또는 출고할 때
4) 무선전화 장치의 신설 및 철거 등 기타 필요하다고 인정한 때

(2) 기관차, 동차 및 전동차 무선전화 장치의 인계인수는 다음 각 호에 의한다.

1) 위 1)호와 2)호의 규정에 의한 때에는 운전 상황표, 차내 설비 인계서의 무선전화 장치 및 감청 수신기란에 기재된 내용과 현차 대조 확인 후 인계 인수자 상호 간에 서명 날인한다.
2) 인계인수 시 운전 상황표와 차내 설비 인계서의 기재 내용이 현차 대조 확인 결과 상이할 경우에는 정정할 수 있으나, 이때에는 인계자로부터 상당한 이유서를 징구하여 운전 상황표 또는 차내 설비 인계서에 첨부한다.
3) 입고 시에는 최종 입고 승무원과 인수 담당 직원 간에 인계인수한다.

9.4.4.3 열차 무선 장치의 훼손 또는 망실 시의 책임

(1) 무선전화 장치는 선량한 관리자의 주의로서 관리하여야 하며 무선전화 장치 훼손 시에는 즉시 관할 지역 본부장, 관련 소속장 또는 무선전화 장치 관리 소속에게 반납하여야 한다.

(2) 무선전화 장치의 훼손 또는 망실 시의 책임은 다음과 같다.

1) 기지국 또는 고정국인 경우 사용자 또는 소속장
2) 운행 중인 동력차의 경우는 해당 승무원, 다만 인계인수 소홀로 인하여 책임 한계가 분명하지 아니한 때에는 최종 승무원
3) 차고에 입고되어 승무원으로부터 인계가 완료된 동력차에 대하여는 인수 담당자
4) 입고 중인 동력차에 대하여는 입고 담당자
   다만, 입고 담당자가 해당 정비 센터장에게 인계하였을 때에는 해당 정비 센터장

9.4.4.4 장애 처리

(1) 운행 중인 열차에 장애가 발생하였을 때에는 일시, 열차 번호 및 기관차 번호, 신고자(기관사) 명, 장애 상태 등을 연락 가능한 역에 통보하고 역장은 보수 담당자와 관제사에 통보

(2) 입고된 전동차의 상태권에 무전기 장애 상태가 기록되었을 경우에는 관할 보수 담당자에게 통보한다.

9.4.5 LTE-R 열차 무선설비

9.4.5.1 개요

LTE-R(Long Term Evolution-Railway)은 한국철도기술연구원 주도로 개발되어 2014년 국내 표준으로 제정되었다. LTE-R은 '700MHz'주파수 대역을 사용하여 철도 무선통신 서비스를 제공하기 위한 LTE 기술 기반의 철도 통합 무선 통신망이다. 철도에서는 대부분 초단파(VHF), 주파수 공용 통신(TRS)같은 음성 위주의 무선통신 기술을 사용하고 있어 음성과 간단한 단문 메시지 정도의 저용량 데이터만 전송할 수 있었다. 그러나 2017년 KTX 원주~강릉 간 노선에서 처음 적용된 LTE-R 시스템에서는 열차~지상, 열차~열차, 지상~지상 간 대용량(음성 통화, 영상 통화, 동영상 전송 등) 무선통신이 가능해졌다.

전국 철도에 LTE-R망이 구축되는 2027년이 되면 LTE-R망과 사물 인터넷을 활용하여 선로 작업자, 역무원, 기관사, 관제사 간 실시간 열차 운행 정보공유로 안전사고 예방과 빅 데이터 분석을 통한 각종 시설물 유지 관리, 철도차량 관리, 영상 감시 등 전 분야에서 자동화 및 지능형 철도가 구현될 것으로 예상된다.

9.4.5.2 LTE-R 구성 요소

(1) 기지국 장비

1) eNB(RU : Radio Unit) : RF 모듈과 안테나로 구성되어 있으며 전파 송출 및 수신 장비

2) eNB(DU : Digital Unit)

① Physical Layer 처리 기능

② 무선 신호의 송수신 기능

③ 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위한 패킷 스케줄링 기능

3) LTE-R 통화 장치

기관사 또는 관제사 등과 실제 통화할 수 있는 장비이다.



[그림 9-22] LTE-R DU



[그림 9-23] LTE-R RU



[그림 9-24] LTE-R 통화 장치



[그림 9-25] LTE-R 차상 장치 단말기(KTX)



[그림 9-26] LTE-R Sector 안테나

4) 안테나

통신의 목적을 달성하기 위하여 공간에 효율적으로 전파를 방사하거나 전파를 받기 위한 변환 장치를 말한다. LTE-R용 안테나는 용도에 따라 Yagi 안테나(터널), Patch 안테나(건물 내), Omni 안테나(건물 내), Sector 안테나(지상 또는 터널) 등이 사용된다.

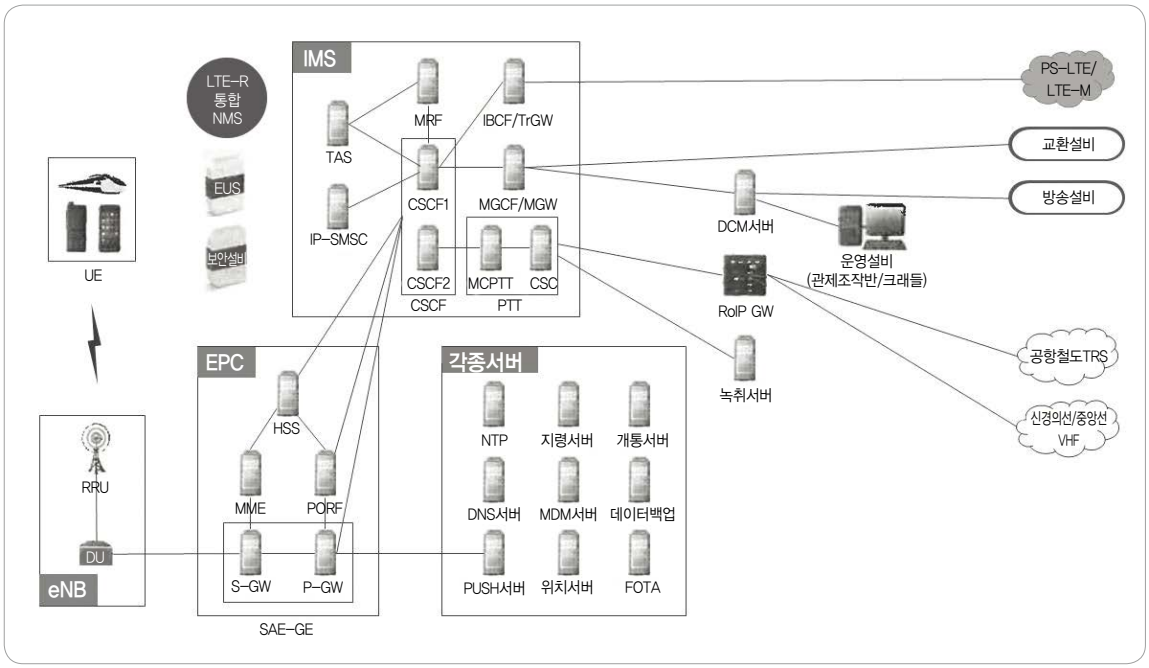
(2) LTE-R 서비스 서버(Server)

1) IMS(CALL) 서버 : VoIP(Voice over Internet Protocol) 음성 및 영상 등 멀티미디어 서비스 기능을 제공하기 위하여 VoIP Signal Process의 주요 기능인 SIP(Session Initiation Protocol)을 처리하는 서버

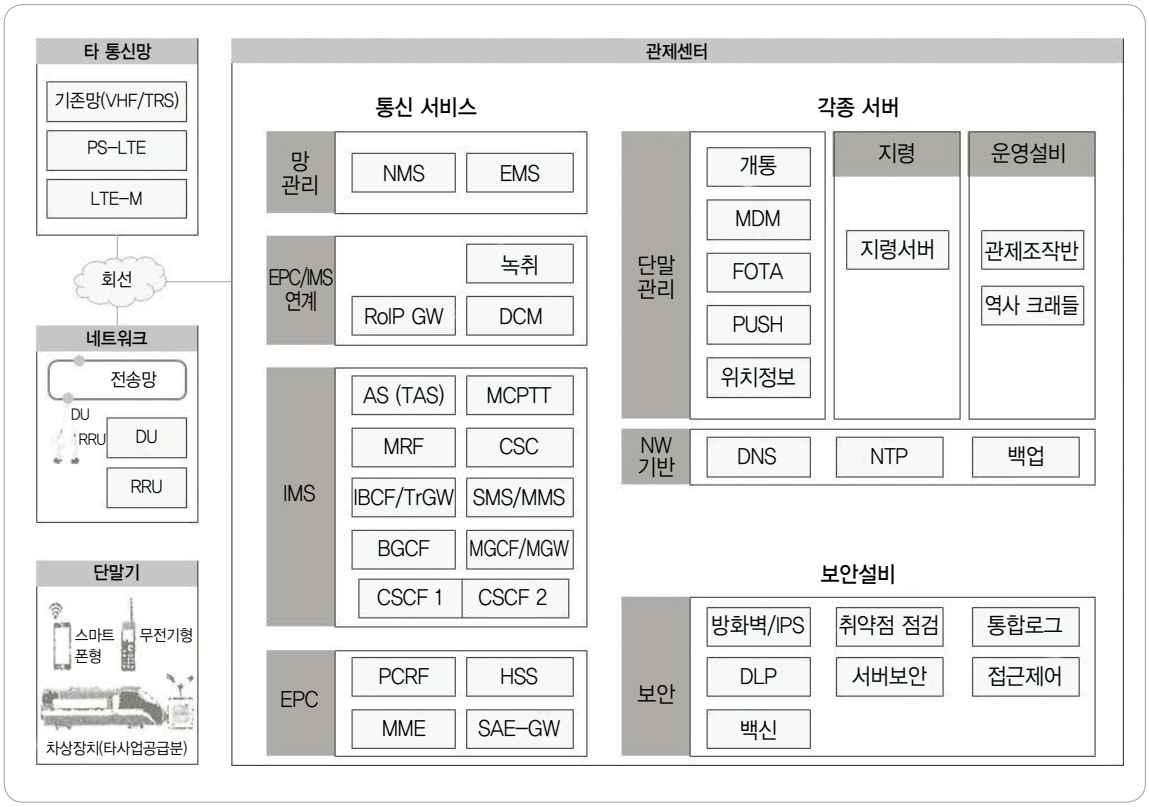
2) PTT(Push-to-Talk) 서버 : IP Network 상에서 SIP 기반으로 단말에 무전 기능을 결합한 시스템으로 반이중 통신을 지원

3) 다자간 통화 서버 : 가입자 3명 이상이 동시에 상호 통화할 수 있는 다자간 통화 서비스 제공

4) 관제 서버 : IMS(Call) 서버, PTT 서버 및 다자간 통화 서버와 연동되어 차상용 통신 장치와 휴대용 통신 장치의 상태 정보를 각 서버의 DB를 통해 관리하고, 통신 교환 관리 및



[그림 9-27] LTE-R 구성도



[그림 9-28] LTE-R 시스템 서비스 구성도

Communication Logging 등의 정보를 저장

5) 녹취 서버 : 사고의 사후 분석을 통해 음성 통화 및 영상 통화를 녹취하는 기능을 제공

(3) 열차 무선통신 장애 대책

LTE-R은 무선으로 통신과 제어가 이루어지므로 통신의 신뢰도가 매우 중요하다. 현장에 설치되는 기지국 DU 장비는 이중화로 설계되어 자동 절체가 되도록 구축되었으며 RRU를 교번 배치하여 DU가 절체 되는 동안에도 인접 DU로 셀을 커버할 수 있도록 한다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 철도 현장에서 사용되는 열차 무선설비 방식에는 VHF, TRS, ( ) 방식이 있다.
2. VHF, TRS 열차 무선 방식은 2027년까지 LTE-R 방식으로 전환되어진다.
3. 열차 무선 통화의 종류에는 비상 통화, 관제 통화, 일반 통화, 작업 통화가 있으며 통화 우선순위는 비상 → ( ) → 일반 → ( ) 통화 순이다.
4. 열차 무선 장치를 훼손했을 경우에는 즉시 관할 지역 본부장, 관련 소속장 또는 무선전화 장치 관리 소속에게 반납하여야 한다.
5. LTE-R 열차 무선설비의 사용 주파수대는 ( )이다.
6. LTE-R 열차 무선설비의 장점은 음성 통화, 영상 통화, 동영상 전송을 ( ) 할 수 있어 철도 전 분야에 자동화 및 지능형 철도를 구현할 수 있다는 점이다.

9.5 영상 감시 설비

학습목표

- 영상 감시 설비의 개요 이해
- 영상 정보 저장 기간 : 일주일
- 영상 감시 설비 용도 이해

[핵심용어]

IP 카메라, NVR, LCD 모니터

9.5.1 개요

역사 승강장, 맞이방, 광장, 주요 터널, 교량, 무인 기능실 등에 설치된 카메라 영상 정보를 역무실 등의 모니터로 보내어 승객의 이동 상태나 열차 운행 상태 등을 감시할 수 있는 설비로 관리 역 및 종합 관제실에서 원격으로 영상을 표시하거나 제어한다.

9.5.2 영상 감시 설비 구성

9.5.2.1 영상 감시 카메라

영상 감시 카메라 촬상 소자(빛을 전기 신호로 전환하는 소자)는 CCD(Charge Coupled Device) 또는 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)를 사용한다.

(1) 렌즈 선정 시 고려 사항

감시 거리(또는 초점 거리), 설치 장소, 요구 성능 등을 고려하여 최적의 렌즈 사이즈를 선정하여야 한다.

(2) 렌즈의 선택 방법

카메라 렌즈는 고정형과 회전형 두 가지 형태를 사용하며, 주요 장소에는 회전형에 펜틸트(Pan/Tilt), 줌(Zoom)기능으로 원격 조정 감시하도록 하고 기타 개소는 고정형으로 설치한다.



[그림 9-29] 영상 감시 설비 구성도

(3) 영상 감시 카메라 선정 시 고려 사항

카메라는 IP(Internet Protocol Camera) 카메라를 기본으로 한다. IP 카메라는 유무선 인터넷에 연결하여 사용하는 카메라로서 카메라가 설치되어 있는 곳(승강장, 대합실, 취약 개소 등)의 영상을 휴대폰을 사용하여 실시간으로 확인할 수 있다.

(4) 카메라 주변 장치

1) 펜/틸트(Pan/Tilt) : 카메라를 상하좌우로 이동할 수 있도록 하는 장비

2) 브라켓 및 지지대 : 카메라를 지상이나 건물 또는 승강장 등에 지지하는 장비

9.5.2.2 모니터

(1) 쿼드(Quad) : 4개의 개별 영상을 입력받아 4개의 화면으로 분할하는 장비

(2) 모니터(Monitor) : 카메라에서 보내 주는 영상 신호를 표출하여 보여 주는 장비로서 LCD모니터가 주로 사용된다.

9.5.2.3 녹화장비

전송된 영상을 저장하는 장비로서 DVR(Digital Video Recorder) 방식과 NVR(Network Video Recorder) 방식이 있으며 IP 카메라의 보급이 확대되면서 NVR 저장 장치가 많이 사용되어 진다. 영상 정보는 보통 일주일 단위로 저장되며 옵션에 따라서 저장 기간을 늘릴 수 있다.



[그림 9-30] NVR

※ 자료 : "IPCorder NVR with cameras"by che / CC BY 라이선스



[그림 9-31] 승강장 감시 영상 설비

9.5.3 영상 감시 설비 용도

9.5.3.1 승강장 감시 영상 설비

전동차를 승하차하는 승객들의 이동 영상을 모니터로 전송하여 기관사 또는 차장이 전송된 영상을 보고 전동차 문을 개폐할 수 있도록 도와주는 설비

9.5.3.2 터널, 교량 등 취약 개소 감시 영상 설비

열차 안전 운행에 중요한 시설인 터널, 교량 등에 대한 출입자 감시 영상 또는 실시간 영상을 유지관리 소속이나 철도교통관제센터로 전송하여 감시하는 설비

9.5.3.3 선로 전환기 감시 영상 설비

선로가 분기되는 선로전환기의 동작 상태에 대한 영상을 실시간으로 전송하여 모니터링 할 수 있는 설비

9.5.3.4 중요 설비 감시 영상 설비

무인 변전소, 전기실, 통신실 등의 실시간 영상을 전송하여 감시하는 설비

9.5.3.5 역무 통신 설비 감시 영상 설비

대합실 역무 자동화 설비, 에스컬레이터, 엘리베이터 등의 동작 상태와 승객들의 이용 상태, 동선 등을 모니터링 하는 설비

☑ 핵심정리 >>>

1. ( )는 카메라, 모니터, 녹화 장비 등으로 구성된다.
2. 카메라는 ( )를 기본으로 사용한다.
3. 녹화 장비로는 IP 카메라의 보급이 확대되면서 ( )가 많이 사용된다.
4. 영상 정보는 보통 ( ) 단위로 저장되며 옵션에 따라 저장 기간을 늘릴 수 있다.

9.6 행선 안내 설비

학습목표

☑ 행선 안내 설비 개요 이해
☑ 행선 안내 설비 구성 이해

[핵심용어]
HSE, LSE, 표시기

9.6.1 개요

각 역 및 지하철역 승강장 또는 대합실에 설치되어 열차의 운행 상태, 차량 편성, 도착 안내 정보, 공지 사항 등을 표시해 주는 장치로, 다양한 열차 운행 정보를 LED 모듈이나 LCD 화면을 통하여 문자, 그래픽 등으로 표출함과 동시에 방송 장치를 통하여 음성으로 안내해 준다.

9.6.2 시스템 구성

9.6.2.1 중앙 HSE(Host System Equipment) 서버

행선 안내 설비의 중앙 제어장치로서 관제 센터로부터 열차 운행 기본 정보를 수신하여 행선 안내 표시기에 표출할 열차 운행 정보를 생성하고 대민 홍보와 각종 공지 사항의 작성 및 이의 표출을 위

한 스케줄을 작성한다. 또 가공 생성된 데이터를 각 역의 LSE(역 장치)로 전송, 제어하는 기능을 수행하며 각 역에 설치된 LSE(역 장치)의 작동 상태를 감시한다.

9.6.2.2 역 LSE(Local System Equipment) 서버

LSE는 각 역에 설치되어 있는 HSE로부터 전송되어 온 열차 운행 정보를 포함한 모든 표출 정보를 수신하여 표시기에 표출하게 하는 기능을 수행한다. 표시기 각 부분의 이상 여부 확인 및 운영보고서 작성, 운영 제어를 담당한다.

9.6.2.3 표시기

역 LSE 서버의 시각과 행선지를 문자 및 숫자로 여객에게 안내하는 장치로서 승강장 표시기, 통로 표시기로 구분한다.

9.6.2.4 보수자용 단말기

역 LSE 서버에 연결되어 보수자가 열차 행선 안내 설비의 고장 유무를 확인할 수 있도록 하는 단말기



[그림 9-32] 행선 안내 설비 구성도



[그림 9-33] 행선 안내 표시기(LCD)



[그림 9-34] 행선 안내 표시기(LED)

☑ 핵심정리

1. (　　)는 지하철역 승강장 또는 대합실 등에 설치되며 열차의 운행 상태, 차량 편성, 도착 안내 정보, 공지 사항 등을 표시해 주는 설비이다.
2. (　　)는 중앙 HSE, 역 LSE, 표시기, 보수자용 단말기 등으로 구성된다.

9.7 방송설비

학습목표

- 방송설비 개요 이해
- 방송 순서 이해

[핵심용어]

관제 원격 방송

9.7.1 개요

각 역 및 지하철 역사에 설치하여 승객들에게 필요한 정보 전달 및 열차, 전동차 운행 정보를 안내하기 위한 장비로, 방송설비와 스피커 등으로 구성되어 있다. 평상시에는 열차 및 전동차 운행 정보를 자동 또는 수동으로 안내해 주고, 비상 상황 발생 시에는 관제 센터에서 각 역사의 방송 장비에 동시에 접속하여 방송할 수 있는 기능도 있다. 승강장, 대합실 등에서 스마트폰이나 무전기를 이용하여 방송 장비와 결합한 후 방송할 수 있는 기능도 사용된다.

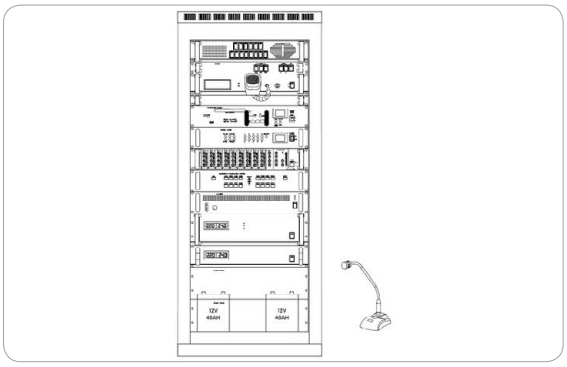
9.7.2 시스템 구성

9.7.2.1 주 방송 장비

방송을 위한 장비로 RACK에 수용되어 있으며 Amp와 라디오, CD, 마이크, 믹서 장치 등으로 구성된다. 화재 발생 시 안내 방송을 할 수 있는 화재 경보 방송 기능이 있으며 상선, 하선, 대합실 별로 각각 또는 동시에 방송할 수 있다.

9.7.2.2 주 조정탁(Console Desk)

일반 안내 방송, 라디오, CD 및 화재 경보 방송을 위한 것으로서 주 방송 장비와 연결하여 사용하는 방송 장치이다.



[그림 9-35] 주 방송 장비



[그림 9-36] 칼럼형 스피커

9.7.2.3 충전기함

교류 전원이 정전 시 축전지로 자동 절체 되어 사용될 수 있도록 자동으로 축전지를 충전시켜 주는 설비이다.

9.7.2.4 스피커

방송 장비에서 전송된 전기 신호를 소리로 재생하여 주는 장비로 승강장, 대합실, 역무실 및 역 구내 등에 설치된다. 역사에 설치되는 스피커는 용도에 따라 칼럼형, 혼형, 천장형 등으로 구분된다.

9.7.3 방송 순서

방송 우선 순위는 다음과 같다.

(1) 화재 경보 방송

(2) 열차 접근 및 도착 · 출발 방송

(3) 관제 원격 방송

(4) 일반 방송

9.7.4 관제 원격 방송

9.7.4.1 개요

열차 운행 등에 관한 긴급 상황 발생 시 각 역사에서 열차, 동차를 기다리고 있는 승객들에게 열차 운행 정보나 비상시 행동 요령 등을 방송하기 위하여 관제 센터에서 운영하는 장비로서 각 역사를

개별 및 부분 그룹, 전체 그룹으로 방송할 수 있다.

9.7.4.2 구성

(1) 주 장치

방송설비, 일제 및 개별 호출 버튼, 녹음 장치 등으로 구성되어 있으며, 각 역의 자장치를 호출하여 개별, 부분 그룹, 전체 그룹 방송이 가능하게 한다.

(2) 운용 장치

각 선별로 지정한 그룹의 역을 개별로, 또는 일제히 방송 및 호출 등을 할 수 있으며, 각 역의 호출 방송 상태를 식별할 수 있다.

(3) 자장치

각 역에 설치된 방송 장비 내에 설치하여 Amp와 연계, 작동되도록 한다.

☑ 핵심정리 >>>

1. ( )는 열차 및 전동차 운행 정보, 공지 사항 등을 스피커를 통하여 자동 또는 수동으로 안내해 주는 설비이다.
2. 방송 우선순위는 ( ) → 열차 접근 및 도착 · 출발 방송 → 관제 원격 방송 → 일반 방송 순이다.
3. 관제 원격 방송은 열차 운행에 관한 긴급 사항 발생 시 ( )에서 각 역사의 방송 장비를 통하여 개별 방송, 부분 그룹 방송, 전체 그룹 방송을 할 수 있는 설비이다.

9.8 역무 자동화 설비

학습목표

- 역무 자동화 설비 구성 이해
- 교통 카드 개념 이해

[핵심용어]

역 단위 전산기, 통합 발매기, 교통 카드

9.8.1 개요

광역 철도, 도시철도 구간에 승차권 자동 발매기, 게이트, 역 단위 전산기, 중앙 전산기, 정산기, 충전기 등의 부속 장비 등으로 구성되어 설치되어 있으며 승차권 발매, 개 · 집표, 통계, 회계 업무를 자동으로 처리할 수 있는 시스템을 말한다. 요즘에는 승차권 발권 대신 선불 또는 후불 교통 카드를 주로 사용하며 휴대폰에 교통 카드 기능을 탑재하여 사용하기도 한다.

9.8.2 시스템 구성

9.8.2.1 역 단위 전산기(ISACU)

역 단위 전산기는 통합 발매기, 무인 정산기, 환급기로부터 자료를 수집 및 집계하여 처리하고 수신된 자료를 통신 제어 전산기(SCO)로 전송한다. 역 단위로 설치되는 이 장비는 역의 기본 정보, 장비 정보, 운임 정보 등의 운영 정보를 조회 및 관리할 수 있다.

9.8.2.2 통합 발매기

승객이 지폐 및 동전을 정확하게 투입하여 가고자 하는 목적지에 맞는 일회권 카드를 발급받을 수 있는 장비이다. 우대권 승차권을 발급받고자 할 경우에는 신분증 인식기를 통하여 승객(경로, 장애, 우대)의 정보를 인식한 후에 우대권 승차권을 발매한다. 충전은 투입한 금액만큼 되며 이때 생성된 발매 정보 및 충전 정보는 역 단위 전산기로 전송된다.



[그림 9-37] 통합 발매기



[그림 9-38] 자동 개 · 집표기

9.8.2.3 자동 개 · 집표기

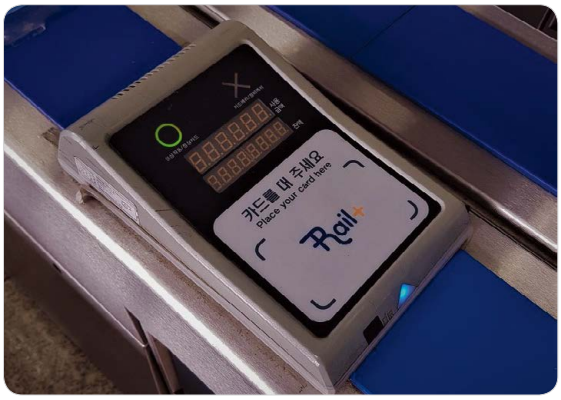
승객이 지하철을 승차하고자 할 때, 승차권 또는 교통 카드 등을 교통 카드 단말기(안테나)에 접촉하면 자동 개 · 집표기는 승차권의 유 · 무효 정보를 판독하여 승객의 통과 여부를 통제한다. 무효 승차권일 경우 플랩이 작동하며 램프, 부저 및 음성 메시지가 출력된다.

9.8.2.4 교통 카드 단말기

RF 교통 카드 단말기는 지하철 자동 개 · 집표기에 부착된 설비로서, 지하철을 이용하고자 하는 승객이 일회용 승차권이나 교통 카드, 스마트폰 등을 접촉하면 교통 카드에서 발신하는 정보를 수신하여 판독한다.

9.8.2.5 교통 카드

대중교통의 운임을 전자적으로 지불할 때 사용하는 카드이다. 선불 교통 카드는 사용 전 현금으로 충전하여 버스, 전철 탑승 시 단말기에 태그하여 잔액을 차감하는 방식이며, 종류에는 티머니, 캐시비, 레일플러스 등이 있다. 후불 교통 카드는 버스, 전철 탑승 시 지불된 금액을 1개월 주기로 일괄적으로 카드사에서 청구하는 방식이며, KB국민카드, 비씨카드 등 다수의 은행권에서 발급한다.



[그림 9-39] 교통 카드 단말기



[그림 9-40] 교통 카드

핵심정리

1. (　　)는 역 단위 전산기(ISACU), 통합 발매기, 자동 개 · 집표기, 교통 카드 단말기 등으로 구성된다.
2. 역 단위 (　　)는 역의 기본 정보, 장비 정보, 운임 정보 등의 운영 정보를 조회 및 관리할 수 있다.
3. (　　)는 목적지에 맞는 일회권 카드를 발급받을 수 있으며 교통 카드를 충전할 수 있다.
4. 교통 카드에는 선불 교통 카드와 후불 교통 카드가 있는데 선불 교통 카드에는 티머니, 캐시비, 레일플러스 등이 있고 후불 교통 카드는 다수의 은행권에서 발행하는 KB국민카드, 비씨카드 등이 있다.

10장

관제 일반



10.1 관제 일반 개요

10.2 관제 업무

10.3 열차 통제

10.4 사고 · 장애 발생 시 조치

10.5 관제 설비

10장 관제 일반

10.1 관제 일반 개요

학습목표

- 관제사와 기관사 간의 소통을 위한 핵심 용어를 이해하고 설명할 수 있다.
- 관제 범위와 열차 통제에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 비상시 열차 통제 범위 및 조치 절차에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
- 열차 운행 도표에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

관제 지시, 운전 정리, 열차 통제, 관제 설비, 열차 운행 도표

"도시철도"란 도시 교통의 원활한 소통을 위하여 도시 교통 권역에서 건설 · 운영하는 철도 · 모노레일 · 노면전차(路面電車) · 선형 유도전동기(線形誘導電動機) · 자기부상열차(磁氣浮上列車) 등 궤도(軌道)에 의한 교통 시설 및 교통수단을 말한다. 도시철도는 대도시 혹은 광역권 지역 간의 교통을 담당하기 위해 건설된 철도로서 대다수 지하로 건설돼 지하철로도 불린다. 우리나라의 도시철도는 도시철도법(법률)에 따라 건설되어 지방자치단체가 관리하는 철도를 말하며, '대도시권 광역 교통 관리에 관한 특별법'에 따라, 둘 이상의 특별시 · 광역시 · 특별자치시 및 도에 걸쳐서 운행하는 광역철도와 의미가 구분된다. 우리나라에서는 1974년 8월 15일 처음으로 서울역에서 청량리역까지 도시철도가 개통되었다. 도시철도는 전기철도 시스템으로 단시간에 많은 승객을 실어 나르는 수송 분담을 해야 함으로써 조밀한 운행 시격과 차량의 연결 수(편성량)와 함께 안전성이 중요시된다. 도시철도를 담당하는 기관사와 관제사 간의 소통은 승객의 안전 확보에 절대적이기 때문에 작은 소통의 부재가 엄청난 사고로 이어지는 결과를 초래할 수 있으며, 이는 기존에 발생한 사고 사례를 통하여도 알 수 있는 사실이다. 관제 일반에서는 이러한 승무원과 관제사 간에 원활한 소통을 이루기 위한 내용을 다루어 보고자 한다.

10.2 관제 업무

10.2.1 용어의 정의

(1) “관제 업무”란 「철도안전법」(이하 “안전법”이라 한다) 제39조의2 및 철도산업발전기본법 시행령(이하 “철산법”이라 한다) 제24조제4항에서 정한 업무 등으로 다음의 각 목과 같다.

1) 선로 사용 계획에 따라 철도차량의 운행을 제어 · 통제 · 감시
2) 철도 시설의 운용 상태 및 철도차량 등의 운행과 관련된 조언과 정보의 제공
3) 철도차량 등의 적법 운행 여부에 대한 지도 · 감독
4) 철도 보호 지구에서 안전법 제45조제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 할 경우 열차 운행 통제 업무
5) 철도 사고 등 발생 시 사고 복구 지시
6) 철도 교통관제 시설의 관리
7) 기타 국토교통부 장관이 철도차량의 안전 운행 등을 위하여 지시한 사항

(2) “관제 업무 수행자”란 철산법 시행령 제50조 및 같은 법 시행규칙 제12조에 따라 철도 교통관제 시설의 관리 업무 및 관제 업무를 위탁받아 수행하는 자를 말한다.

〈한국철도공사 관제사 정의〉
“관제사”란 사장의 책임으로서 열차의 운행을 집중제어, 통제 · 감시하는 업무를 하는 자를 말한다.

(3) “관제 업무 종사자”란 관제 업무 수행자의 직원으로 관제 기관에서 관제 업무를 수행하는 사람을 말한다.

(4) “관제 지시”란 관제 기관 또는 관제 업무 종사자가 철도차량의 안전 운행을 위하여 철도 운영자, 철도 시설 관리자, 철도 시설의 유지 보수 시행자, 철도 종사자, 철도 시설 내에서 운행하는 자동차의 운전자 등에게 지시 또는 필요한 조치를 하는 것을 말한다.

(5) “운전 정리”란 철도 사고 등으로 열차 운행에 혼란이 발생하거나 혼란의 염려가 있을 경우, 열차의 운행 조건 및 일정 등을 변경하여 열차가 정상적으로 운행할 수 있도록 행하는 수단이다.

그 종류는 다음의 각 목과 같다.

1) 운전 휴지 : 열차 운행을 일시 중지하는 것
2) 운행 순서 변경 : 먼저 운행할 열차의 운행 시각을 변경하지 않고 운행 순서를 변경하는 것
3) 운행 선로 변경 : 소정의 열차 운행 방향을 변경하지 않고 운행 선로를 변경하는 것
4) 운행 시각 변경 : 계획된 열차 운행 시각을 앞당기거나 늦추는 것
5) 열차 합병 : 운행 중 둘 이상의 열차를 1개 열차로 편성하여 운행하는 것
6) 특발 : 지연 열차의 도착을 기다리지 아니하고 따로 열차를 조성하여 출발시키는 것
7) 교행 변경 : 단선 구간에서 열차의 교행 정거장을 변경하는 것
8) 대피 변경 : 복선 구간에서 열차의 대피 정거장을 변경하는 것
9) 열차 번호 변경 : 소정의 열차 번호를 변경하는 것
10) 폐색구간 또는 폐색 방식 변경 : 신호, 차량 등에 장애가 발생하여 폐색구간 또는 폐색 방식을 변경하는 것
11) 임시 서행 : 철도 사고 등으로 열차 속도를 낮추어 운행하는 것
12) 임시 정차 : 철도 사고 등의 발생, 부상자 긴급 후송, 선로의 긴급 수리 등을 위하여 열차를 임시로 정차시키는 것
13) 편성 차량 변경 : 열차 소정의 철도차량 연결량 수를 변경하는 것
14) 임시 열차 운전 : 철도 사고 등에 따른 구원열차, 임시 열차의 운행을 승인 또는 지시하는 것
15) 단선 운행 : 복선 구간에서 사고 등 기타로 한쪽 방향의 선로를 사용할 수 없는 경우, 다른 방향의 선로를 사용하여 상 · 하행 열차를 운행하는 것
16) 그 밖에 철도 교통의 안전과 질서 유지에 필요한 사항

10.3 열차 통제

10.3.1 열차 통제

열차 통제(관제 업무)는 철도 교통의 안전과 질서를 유지하는 데 필요한 업무로 철도차량의 정상적인 운행 유지 및 적법 운행 여부에 대한 지도 · 감독을 수행한다.

열차 계획에 의해 정해진 열차 시각과 운행 노선에 따라 열차가 정상적으로 운행하는지를 시스템을 통해 감시하며 계획된 선로 작업 또한 안전한 작업이 이루어질 수 있도록 작업 통제를 하게 된다.

정상적인 열차 운행에 지장을 주어 열차 운행을 일시 중지하는 요건이 발생할 경우에는 관련 규정에 의하여 열차를 긴급하게 통제하며 인명 구조, 차량 및 시설 복구와 함께 본선을 개통하여 열차가 정상적으로 운행할 수 있도록 조치함을 원칙으로 한다.

10.3.2 열차 번호의 부여

열차 번호는 다음 각 호에 따라 부여하여야 한다.

(1) 시발역에서 종착역까지 동일한 번호를 부여하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 열차가 도중에 해방 또는 연결 지정 역에서 분할 또는 합병 운전을 하는 경우에는 이에 따르지 않을 수 있다.

(2) 열차 번호는 네 자리 숫자로 표시한다. 다만, 전동 열차와 회송 열차의 경우 영문 한 자리를 숫자 앞에 추가한다.

(3) 하행 열차는 홀수로 표시하고 상행 열차는 짝수로 표시하는 것을 원칙으로 하며, 여러 선구를 거쳐 운전하는 경우에는 다음 각 목의 기준에 따라 결정한다.

(4) 2개 이상 선구에 걸쳐 운전하는 경우에는 중요 선구

(5) 주요 선구와 주요 선구의 경우에는 운행 거리가 길거나, 운행 정거장 수가 많은 쪽

(6) 열차 번호 배정은 열차 번호 배정 기준에 따라 상위 등급 열차부터 순차적으로 부여한다.

(7) 열차 번호는 열차 종별로 구분하고 그 범위 내에서 노선 및 직통 등 우선순위를 정하여 배정한다.

(8) 운영 기관을 달리하는 전동 열차의 열차 번호는 열차 번호 앞에 한국철도공사의 경우 K를, 서울교통공사의 경우 S를 붙여 표기한다.

(9) 같은 날짜에 같은 열차 번호를 부여하지 않는다.

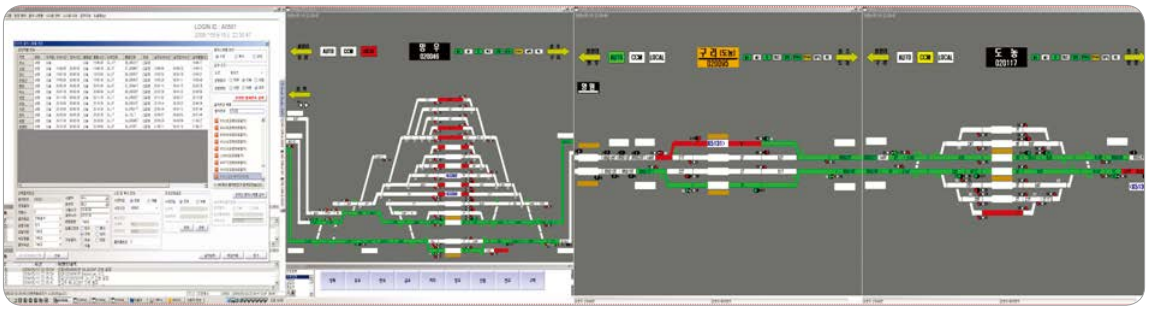
10.3.3 알파벳 사용 기준

알파벳	열차 종별	내용
A	여객열차	알파벳 없음
B	화물열차	알파벳 없음
K	전동 열차	한국철도공사의 차량으로 운행되는 전동 열차
S	전동 열차	서울교통공사의 차량으로 운행되는 전동 열차
H	여객열차 회송	사업 시작 전 차량 기지로부터 출고되는 여객열차
D	여객열차 회송	사업 종료 후 차량 기지로 입고되는 여객열차
L	단행 열차 회송	사업 시작 전 차량 기지로부터 출고되는 단행 열차

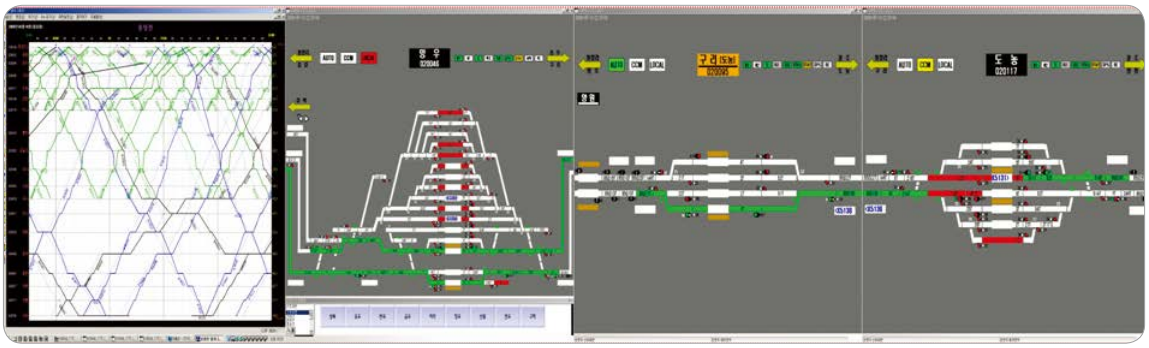
알파벳	열차 종별	내용
M	단행 열차 회송	사업 종료 후 차량 기지로 입고되는 단행 열차
Y	단행 열차 회송	객 · 화차 연결이 가능한 역간 회송 열차(적의 사용)
R	단행 열차 회송	객 · 화차 연결이 가능한 역간 회송 열차(적의 사용)
F	전동 열차 회송	사업 시작 전 출고 열차
G	전동 열차 회송	사업 종료 후 입고 열차
P	회송 열차	객 · 화차 연결이 가능한 역간 회송 열차(적의 사용)
J	회송 열차	객 · 화차 연결이 가능한 역간 회송 열차(적의 사용)
T	특발 열차	이례 사항 발생 시 지연 열차에 대한 중간 역에서 특발

10.3.4 정상적인 열차 통제

운행 노선에 따라 설정된 열차 계획에 의하여 열차가 정상적으로 운행되는지를 시스템(LDP, L/S)을 통하여 감시하며 통제하게 된다.



[그림 10-1] 열차 스케줄 제어 흐름도, KORAIL



[그림 10-2] 열차 스케줄 제어 흐름도, KORAIL

승객이 많은 시간대인 출 · 퇴근 시간대(RH)에는 열차 시격을 조밀하게 운행하게 하며, 도시철도 운행의 경우 1분목 열차 다이어그램(열차 운행 도표)를 이용하여 실시간으로 운행하는 열차를 감시(LDP, L/S, TG)하고 제어한다.

관제 업무 종사자의 업무 방법(철도교통관제업무규정 제25조)

① 관제 업무 종사자는 운전 명령 및 이와 관련된 특기 사항 등을 숙지하여야 하며, 철도차량에 대한 운행 정보 등을 수시로 파악하여 안전하고 정상적인 철도차량의 운행이 가능하도록 노력하여야 한다.

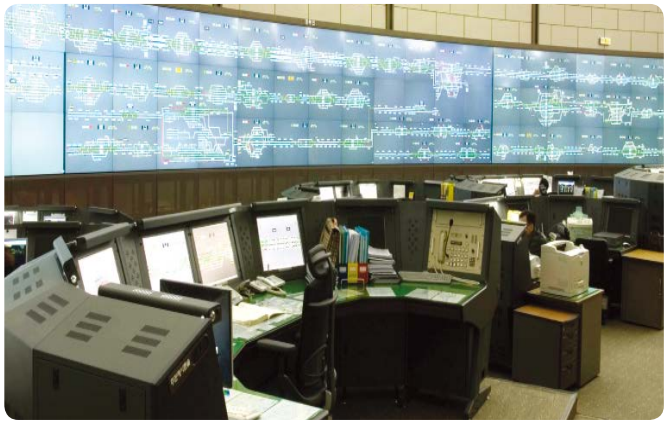
② 관제 업무 종사자는 철도 사고 등의 발생으로 철도차량의 운행을 조정할 필요가 있는 경우에는 철도운영자 등과 협의하여 구원 조치, 철도차량 운행 대기, 운전 휴지, 타절, 반복 운행 등의 운전 정리 조치를 취하여야 한다.

③ 제2항에 따라 운전 정리를 하는 경우에는 다음 각 호의 순서에 따라야 한다. 다만, 철도 사고 등의 발생으로 사고 복구를 위하여 운행하는 철도차량은 그러하지 아니하다.

1. 열차 등급에 따른 상위 열차
2. 동일한 철도 운영자의 동급 열차는 속도가 빠르거나 운전 구간이 긴 열차
3. 서로 다른 철도 운영자 간의 동급 열차는 열차 운행 계획에 따라 운행함을 원칙으로 하되, 다음 각 목의 사유로 순서 변경이 필요한 경우에는 후속 열차 연쇄 지연, 여객 혼란, 환승 등을 고려하여 운전 정리를 시행할 수 있다.
4. 그 밖에 차량 운용 및 역 구내 시설 등을 고려한 운전 정리

10.3.5 관제 설비

"관제 설비"란 관제사가 관제 업무를 수행하기 위하여 관제 기관에 설치한 시설로 열차집중제어장치(CTC : Centralized Traffic Control System), 대형 표시반(LDP : Large Display Panel), 주 컴퓨터, 제어(관제) 콘솔, 열차 무선설비 및 관제 전화설비 등을 말한다.



[그림 10-3] 관제설비

10.3.6 이례 사항 발생 시 열차 통제

(1) 철도 사고 등으로 열차 운행에 혼란이 발생하거나 혼란의 염려가 있을 경우 열차의 운행 조건 및 일정 등을 변경하여 열차가 정상적으로 운행할 수 있도록 철도차량 등의 운전 정리를 시행하며 철도 사고 등 발생 시 사고 보고 및 상황 전파, 사고 확산 방지 및 피해 최소화를 위한 사고 수습 · 복구 등의 조치(지시)를 한다. 또한 긴급한 선로 작업을 포함한 열차 운행 노선 지장 작업에 대한 승인 · 조정 · 통제를 통하여 열차의 정상 운행을 도모한다.

> "관제 지시"란 관제 기관 또는 관제 업무 종사자가 철도차량의 안전 운행을 위하여 철도 운영자, 철도 시설 관리자, 철도 시설의 유지 보수 시행자, 철도 종사자, 철도 시설 내에서 운행하는 자동차의 운전자 등에게 지시 또는 필요한 조치를 하는 것을 말한다.(철도 교통관제 운영규정 제2조 정의)

(2) 관제사는 근무 중 특별한 사유로 승인한 사항을 철도 운행 정보 시스템(XROIS)에 입력한다. 철도 운행 정보 시스템 장애로 인하여 승인 사항 입력이 불가능할 경우에는 관제 업무 승인 기록부 서식에 의하여 수기로 기록 · 유지한다.

10.3.6.1 이례 사항 발생 등 관제 업무의 범위

관제 업무는 철도 교통의 안전과 질서를 유지하는 데 필요한 업무로 그 범위는 다음 각 호와 같다.

(1) 철도차량의 정상적인 운행 유지 및 적법 운행 여부에 대한 지도 · 감독

(2) 철도 사고 등으로 열차 운행에 혼란이 발생하거나 혼란의 염려가 있을 경우 열차의 운행 조건 및 일정 등을 변경하여 열차가 정상적으로 운행할 수 있도록 철도차량 등의 운전 정리

(3) 철도 사고 등 발생 시 사고 보고 및 상황 전파, 사고 확산 방지 및 피해 최소화를 위한 사고 수습 · 복구 등의 조치(지시)

(4) 긴급한 선로 작업을 포함한 열차 운행 노선 지장 작업에 대한 승인 · 조정 · 통제

(5) 열차 출발 또는 작업 개시 72시간 이내에 시행하여야 하는 사전 계획되지 아니한 긴급 · 임시 철도차량의 운행 설정 · 승인 및 작업 구간의 열차 운행 통제

(6) 귀빈 승차 및 국가적 행사 등으로 특별열차가 운행하는 경우 조치

(7) 관제 업무 수행에 필요한 다음 각 목의 정보의 입수 · 분석 및 판단, 전달 · 전파, 기록 유지에 관한 업무

1) 관제 운영에 관한 정보

2) 철도 사고 등 및 재해 · 재난에 관한 정보

(8) 관제 시설의 관리 및 비상 대응 훈련

(9) 그 밖에 국토교통부 장관이 관제 업무와 관련하여 지시한 사항

※ 관제사가 사용하는 관제 승인 기록부 양식(예)

〈사용 시기〉

(1) 역 운전 취급자의 요청에 의하여 승인을 할 때

(2) 기관사 및 장비 운전자 등의 요청에 의하여 승인을 할 때

(3) 관제사가 업무 수행상 필요에 의하여 지시가 필요할 때

〈사용 방법〉

(1) 승인 번호는 연간 일련번호에 의하여 부여한다(예:2020-1).

(2) 승인 일시는 승인을 위한 최종 협의 시각과 완료 시각을 기록한다.

(3) 승인 내용은 승인한 사항(지시 사항 포함)을 구체적으로 기록한다.

(4) 승인 요구자 및 승인자 난에는 해당 사항을 기록한다.

[표 10-1] 관제 업무 승인 사항 기록부

승인 번호	승인 월일 및 시각			승인 내용 및 지시 사항	승인 요구자		승인자
	월일	시작시각	완료시각		소속	성명	
1	*1.1*	*01:00*	*02:00*	*선로 일시 사용 중지 작업*	*00*	*000*	*000*
				이하 여백			

10.4 사고 · 장애 발생 시 조치

10.4.1 사고와 장애의 정의

"철도 사고"란 철도 운영 또는 철도 시설 관리와 관련하여 사람이 죽거나 다치거나 물건이 파손되는 사고를 말한다(철도안전법 제2조 정의).

"운행 장애"란 철도차량의 운행에 지장을 주는 것으로서 철도 사고에 해당되지 아니하는 것을 말한다.

철도안전법 제60조(철도 사고 등의 발생 시 조치)

① 철도 운영자 등은 철도 사고 등이 발생하였을 때에는 사상자 구호, 유류품(遺留品) 관리, 여객 수송 및 철도 시설 복구 등 인명 피해 및 재산 피해를 최소화하고 열차를 정상적으로 운행할 수 있도록 필요한 조치를 하여야 한다.

② 철도 사고 등이 발생하였을 때의 사상자 구호, 여객 수송 및 철도 시설 복구 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

③ 국토교통부 장관은 제61조에 따라 사고 보고를 받은 후 필요하다고 인정하는 경우에는 철도 운영자 등에게 사고 수습 등에 관하여 필요한 지시를 할 수 있다. 이 경우 지시를 받은 철도 운영자 등은 특별한 사유가 없으면 지시에 따라야 한다.

10.4.2 철도사고 등의 보고에 관한 지침(행정규칙)

10.4.2.1 정의

① 이 지침에서 사용하는 "철도 사고"라 함은 다음 각 호의 사고를 말한다(전용철도에서 발생한 사고는 제외한다). 다만, 열차 또는 철도차량의 운행으로 발생된 제1호부터 제6호까지의 사고를 통칭하여 "철도 교통사고"라 하고, 제1호부터 제4호까지의 사고를 통칭하여 "열차 사고"라 한다.

1. 열차 충돌 사고 : 열차가 다른 열차(철도차량) 또는 장애물과 충돌하거나 접촉하여 운행을 중지한 사고
2. 열차 탈선 사고 : 열차를 구성하는 철도차량의 바퀴가 궤도를 이탈하여 탈선한 사고
3. 열차 화재 사고 : 열차에서 화재가 발생하여 사상자가 발생하거나 열차의 운행을 중지한 사고
4. 기타 열차 사고 : 열차에서 위험물(「철도안전법」 시행령 제45조에 따른 위험물을 말한다. 이하 같다) 또는 위해 물품(「철도안전법」 시행규칙 제78조제1항에 따른 위해 물품을 말한다. 이하 같다)이 누출되거나 폭발하는 등으로 사상자 또는 재산 피해가 발생한 사고
5. 건널목 사고 : 「건널목개량촉진법」 제2조에 따른 건널목에서 열차 또는 철도차량과 도로를 통행하는 차마(「도로교통법」 제2조제17호에 따른 차마를 말한다), 사람 또는 기타 이동 수단으로 사용하는 기계 기구와 충돌하거나 접촉한 사고

6. 철도 교통 사상 사고 : 위 제1호부터 제4호까지의 사고를 동반하지 않고 열차 또는 철도차량의 운행으로 여객(이하 철도를 이용하여 여행할 목적으로 역 구내에 들어온 사람이나 열차를 이용 중인 사람을 말한다), 공중(公衆), 직원(이하 계약을 체결하여 철도 운영자 등의 업무를 수행하는 사람을 포함한다)이 사망하거나 부상을 당한 사고
7. 철도 안전사고 : 제1호부터 제6호까지의 사고 및 제3항의 재난을 동반하지 않고 철도 운영 및 철도 시설 관리와 관련하여 인명의 사상이나 물건의 손괴가 발생한 다음 각 목의 사고를 말한다.
   가. 철도 화재 사고 : 역사, 기계실 등 철도 시설 또는 철도차량에서 발생한 화재
   나. 철도 시설 파손 사고 : 교량, 터널, 선로 또는 신호, 전기 및 통신 설비 등 철도 시설이 손괴된 사고
   다. 철도 안전 사상 사고 : 위 '가'목과 '나'목의 사고를 동반하지 않고 대합실, 승강장, 선로 등 철도 시설에서 추락, 감전, 충격 등으로 여객, 공중(公衆), 직원이 사망하거나 부상을 당한 사고
   라. 기타 철도 안전사고 : 위 각 목의 사고에 해당되지 않는 사고

② 이 지침에서 사용하는 "운행 장애"라 함은 제1항의 철도 사고에 해당되지 아니하는 것으로서 다음 각 호의 것을 말한다.

1. 위험 사건 : 철도 사고로 발전될 가능성이 높은 다음 각 목의 경우를 말한다.
   가. 운행 허가를 받지 않은 구간을 운행할 목적으로 열차가 주행한 경우
   나. 열차가 운행하고자 하는 진로에 지장이 있음에도 불구하고 당해 열차에 진행을 지시하는 신호가 현시된 경우
   다. 열차가 정지신호를 지나쳐 다른 열차 또는 철도차량의 진로를 지장한 경우
   라. 열차 또는 철도차량이 역과 역 사이로 굴러간 경우
   마. 열차 운행을 중지하고 공사 또는 보수 작업을 시행하는 구간으로 열차가 주행한 경우
   바. 측선에서 탈선한 철도차량이 본선을 지장하는 경우
   사. 열차의 안전 운행에 지장을 초래하는 선로, 신호 장치 등 철도 시설의 고장, 파손 등이 발생한 경우
   아. 열차의 안전 운행에 지장을 미치는 주행 장치, 제동장치 등 철도차량의 고장, 파손 등이 발생한 경우
   자. 열차 또는 철도차량에서 화약류 등 위험물이 누출된 경우
   차. 위 각 목에 준하는 경우
2. 지연 운행 : 출발역, 정차 역 또는 종착역에서 계획 시간표보다 지연된 경우로, 고속 열차 및 전동 열차는 20분 이상, 일반 여객열차는 30분 이상, 화물열차 및 기타 열차는 60분 이상 지연된 다음 각 호의 경우를 말한다. 다만, 관제 업무 종사자가 철도 사고 또는 운행 장애가 발생한 열차의 운전 정리로 지장 받은 열차의 지연 시간은 제외한다.

③ “재난”이란 「재난 및 안전관리 기본법」제3조제1호에 따른 재난으로 철도 시설 또는 철도차량에 피해를 준 것을 말한다.

④ 이 지침에서 사용하는 “사상자”라 함은 다음 각 호의 인명 피해를 말한다.

1. 사망자 : 사고로 즉시 사망하거나 30일 이내에 사망한 사람
2. 부상자 : 사고로 24시간 이상 입원 치료한 사람

⑤ 이 지침에서 사용하는 “철도 안전 정보관리 시스템”이라 함은 「철도안전법 시행령」(이하 “영”이라 한다) 제63조제1항제7호에 따라 구축되는 정보 시스템을 말한다.

10.4.3 도시철도 사고 발생 특징

2003년 2월 18일 09시 53분경 대구 지하철 1호선 중앙로역 구내에서 방화범에 의한 열차 화재 사고는 도시철도 구간에서 발생할 수 있는 사고 발생 규모 및 대처 방안을 다시 한 번 엿볼 수 있는 사례라 할 수 있다.

(사고개요)

– 2003년 2월 18일 09시 53분경 대구 지하철 1호선 중앙로역에 정차한 안심 행 제1079열차 1호 객차에서 자신의 처지를 비관한 50대 남자의 방화로 화재 발생 후

– 09시 56분경 맞은편에 정차한 제1080열차로 화재가 확산된 사고이며, 사망자 192명 부상자 148명이 발생하였다.



[그림 10–4] 대구 지하철 1호선 중앙로역 구내 열차 화재 사고 사진

당시의 허술한 비상 대응 매뉴얼로 인하여 수많은 승객이 사망 및 부상하였으며 열차를 운행하였던 기관사, 관제사, 역무원 등 관계자가 법적인 처벌을 받았던 안타까운 열차 화재 사고였다.

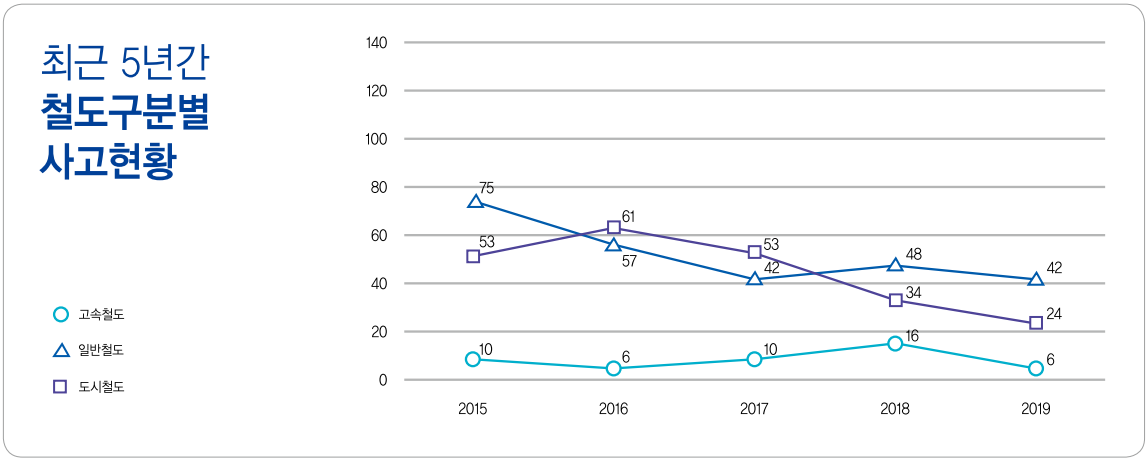
도시철도 운행 구간 대부분은 지하 구간으로 건설되어 운행하고 있어 열차 내에서 화재가 발생하면 대형 사고로 확산될 수 있다. 그러므로 더욱 신속한 비상 대응 조치가 필요하다.

대구 지하철 화재 사고는 정부가 인적 안전 관리를 개선하기 위하여 철도차량 운전 업무 종사자 및 관제 업무 종사자에 대한 기준을 강화하고 체계적인 육성과 관리의 필요성을 제기하는 시발점이 되었다.

도시철도 운행 구간에서 발생하는 사고 및 장애를 보면 차량 고장, 열차 출입문 고장, 승강장 안전 문(PSD) 고장, 기타 장애가 발생하며, 이 중 출입문 고장과 승강장 안전 문 고장이 수시로 발생되어 승무원의 현장 안전조치와 함께 관제사의 신속한 열차 통제 조치가 필요하다.

※ 최근 승강장 안전 문(PSD) 사고 사례

2016년 10월 19일 오전 7시 18분, 서울 지하철 5호선 김포공항역에서 방화 방면으로 운행하는 제 5016 열차(536편성) 내리던 승객이 전동차와 승강장 안전 문 사이 공간에 갇힌 것을 기관사가 알지 못한 채 전동차를 출발시켜 승객이 사망하는 사고가 발생하였다.
당시 노후화된 시설과 직원 업무 미숙, 그리고 승객의 무리한 하차 시도가 사고의 원인이 된 것으로 나타났다.

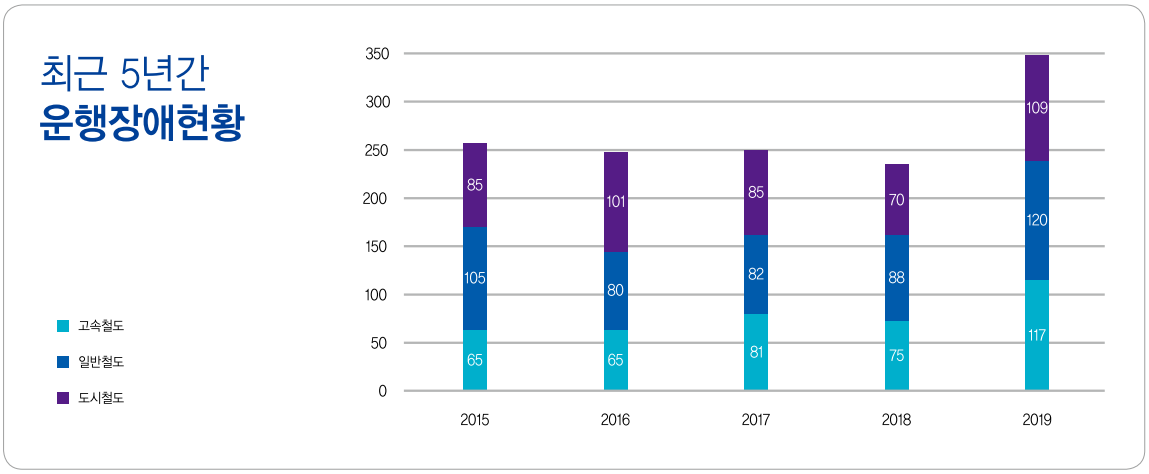


[그림 10-5] 최근 5년간 철도 구분별 사고 현황(출처: 철도 안전 정보관리 시스템)

위 그림을 보듯이 최근 5년간 철도 구분별 사고 현황을 보면 고속철도, 일반 철도, 도시철도 모두 사고가 감소 추세에 있는 것을 볼 수 있다.

그러나 운행 장애 현황을 보면[그림 10-6] 고속철도, 일반 철도, 도시철도 모두 증가한 것을 볼 수 있다.

장애 원인으로는 종사원의 취급 부주의와 철도 공중 사상 사고 등이 많다. 승강장 안전 문 설치 이후에는 철도 공중 사상 사고가 감소 추세에 있기는 하지만, 여전히 지속적으로 발생하고 있어 특별한 관리가 필요한 실정이다.



[그림 10-6] 최근 5년간 장애 현황(출처: 철도 안전 정보관리 시스템)

10.4.4 철도 사고 등 발생 시 조치

철도 사고 등이 발생하였을 경우 사상자 구호, 유류품 관리, 여객 수송 및 철도 시설 복구 등 인명 및 재산 피해를 최소화하고 열차를 정상적으로 운행할 수 있도록 필요한 조치를 하여야 한다.

사고 발생 시 최초 보고자는 사고 발생의 주요 보고 사항 외 인명 피해가 발생되었을 경우 우선적으로 인명 구조를 최우선적으로 시행하여야 하며 현장 상황을 정확히 관제사(인접 역장)에게 보고하여야 한다. 현장 상황을 보고받은 관제사는 상황 청취 후 사고 구간에 접근하는 열차를 긴급히 통제하고, 인명 구조를 위한 119와 112에 대한 지원 등 인명 구조에 필요한 조치를 시행한다.

또한 열차 탈선 등으로 본선에 지장이 생겨 2차 사고 등 병발 사고가 발생할 우려가 있을 경우에는 신속한 열차 방호 조치와 함께 관계 부처에 사고 상황을 신속하게 보고하여야 한다.



[그림 10-7] 철도사고발생 시 사고복구 기본원칙

※ 국토교통부 장관에게 즉시 보고하여야 하는 사고

(1) 열차의 충돌이나 탈선 사고

(2) 철도차량이나 열차에서 화재가 발생하여 운행을 중지시킨 사고

(3) 철도차량 또는 열차의 운행과 관련하여 3명 이상의 사상자가 발생한 사고

(4) 철도차량 또는 열차의 운행과 관련하여 5천만 원 이상의 재산 피해가 발생한 사고

철도사고 등의 발생 시 조치 사항

철도안전법 시행령 제56조(철도사고 등의 발생 시 조치 사항) 법 제60조제2항에 따라 철도 사고 등이 발생한 경우 철도 운영자 등이 준수하여야 하는 사항은 다음 각 호와 같다. [개정 2014. 3. 18]

1. 사고 수습이나 복구 작업을 하는 경우에는 인명의 구조와 보호에 가장 우선순위를 둘 것
2. 사상자가 발생한 경우에는 법 제7조제1항에 따른 안전 관리 체계에 포함된 비상 대응 계획에서 정한 절차(이하 "비상 대응 절차"라 한다)에 따라 응급처치, 의료 기관으로 긴급 이송, 유관 기관과의 협조 등 필요한 조치를 신속히 할 것
3. 철도차량 운행이 곤란한 경우에는 비상 대응 절차에 따라 대체 교통수단을 마련하는 등 필요한 조치를 할 것

철도사고 등의 발생 시 후속조치(철도안전법 시행규칙)

철도안전법 시행규칙 제76조의8(철도사고 등의 발생 시 후속조치 등) ① 법 제40조의2제5항 본문에 따라 운전 업무 종사자와 여객 승무원은 다음 각 호의 후속 조치를 이행하여야 한다. 이 경우 운전 업무 종사자와 여객 승무원은 후속 조치에 대하여 각각의 역할을 분담하여 이행할 수 있다. [개정 2019. 1. 4]

1. 관제 업무 종사자 또는 인접한 역 시설의 철도 종사자에게 철도 사고 등의 상황을 전파할 것
2. 철도차량 내 안내 방송을 실시할 것. 다만, 방송 장치로 안내 방송이 불가능한 경우에는 확성기 등을 사용하여 안내하여야 한다.
3. 여객의 안전을 확보하기 위하여 필요한 경우 철도차량 내 여객을 대피시킬 것
4. 2차 사고 예방을 위하여 철도차량이 구르지 아니하도록 하는 조치를 할 것
5. 여객의 안전을 확보하기 위하여 필요한 경우 철도차량의 비상문을 개방할 것
6. 사상자 발생 시 응급 환자를 응급처치 하거나 의료 기관에 긴급히 이송되도록 지원할 것

② 법 제40조의2제5항 단서에서 "의료 기관으로의 이송이 필요한 경우 등 국토교통부령으로 정하는 경우"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다. [개정 2019. 1. 4]

1. 운전 업무 종사자 또는 여객 승무원이 중대한 부상 등으로 인하여 의료 기관으로의 이송이 필요한 경우
2. 관제 업무 종사자 또는 철도 사고 등의 관리 책임자로부터 철도 사고 등의 현장 이탈이 가능하다고 통보받은 경우
3. 여객을 안전하게 대피시킨 후, 운전 업무 종사자와 여객 승무원의 안전을 위하여 현장을 이탈하여야 하는 경우

10.4.4.1 철도 사고 발생(장애) 시 조치 사항(한국철도공사 노선 기준)

(1) 정거장 내 열차 탈선 시 관제 절차

역장 및 기관사로부터 열차 충돌, 탈선 사고 발생을 보고받은 경우 관제사는 다음과 같이 조치한다.

1) 역장 및 기관사에게 열차 무선 방호 장치 동작 여부를 확인한다.
2) 사고 발생 역 또는 사고 발생 지점으로 향하는 선로의 해당 신호기에 정지신호를 현시하며 필요시 역장에게 신호기 일괄 정지를 지시한다.
3) 고속 선은 연동 구역(PTGT[1]) 정지신호를 설정한다.
4) 사상자가 발생하였을 경우 역장이 철도 특별 사법 경찰대, 119 구급대, 경찰, 병원 등에 신고 또는 지원 요청하였는지 확인한다. 다만, 역장이 신고 또는 지원 요청 하지 않았을 경우에는 관제사가 하며, 고속 선은 관제사가 신고 또는 지원 요청한다.
5) 관련 콘솔에 상황을 전파한다.
6) 필요시 관제에게 전차선 단전을 요청한다.
7) 복구 장비(기중기, 유니목, 재크키트(jack kit) 등)를 수배하고 출동을 지시한다.
8) 관제 운영실장 및 복구 지휘자와 협의하여 복구 방법 및 기중기 투입 방향을 협의한다.
9) 관제 운영실장과 협의하여 구원열차를 운행하고 양호한 차량은 회수를 한다.
10) 후속 및 인접 열차에 대한 운전 정리 및 통제를 한다.
11) 관제 운영실장은 관제에게 사상자 구호, 여객 유도 및 안내 방송 등을 시행하도록 지시한다.

1) PTGT(Global protection per track in an interval) : 인터벌 궤도당 연동 구역 보호

(2) 전동 열차 구원 운전 시 관제 절차

전동 열차 운행 중 철도 사고 등이 발생하여 구원을 요청[2]하는 경우 관제사는 다음과 같이 조치한다.

1) 구원 요청 접수

① 고장 열차의 정차 지점 및 현장 상황을 확인한다.

② 관내 운행 열차 정차 등 안전조치 시행(필요시 열차 방호 최우선 지시)한다.

③ 관제 운영실장에게 보고하고 인접 관제사에게 상황을 전파한다.

④ 관제에 통보하여 여객 안내 및 기술 지원 하도록 한다.

⑤ 관제 운영실장과 구원열차 및 구원 방법(견인 또는 추진)을 협의한다.

⑥ 관계 역에 전령자 선정을 지시한다.

2) 응급조치 시간이 10분을 경과한 경우 관제 운영실장과 관제에 협의 · 통보 후 구원 조치를 우선 시행한다.

3) 고장 열차 구원 조치

① 정차 지점 및 현장 상황 등을 재확인하고 구원열차(전령자)에 통보한다.

② 구원열차의 출발, 이동 방향 등을 고장 열차에 통보하여 2차 병발 사고를 예방한다.

③ 구원열차에 전령자 승차 확인 후 출발을 지시한다.

④ 구원열차 연결 완료 후 최근 유치 가능 역으로 회송 조치한다.

⑤ 주행부 등 주요 사항의 고장일 경우 최근 역 측선에 유치하고 영업 열차 종료 후 관제로부터 업무 협의서 및 고장 조치 체크 리스트를 확인받아 관제 운영 실장과 협의하여 차량 기지로 회송한다.

⑥ 고장 조치로 최근 역(전 또는 후방)까지 자력 운전이 가능한 경우 관제 운영실장과 협의하여 구원열차를 회수하는 등 고장 열차 이동 선로의 안전을 확보하고 최근 역까지 운전하도록 지시하고 이후 운전에 대해서는 관제 운영 실장 및 관제와 재협의한다.

2) 기관사는 철도 사고 등으로 응급조치(매뉴얼 및 고장 처리 지침)에도 전도 운전이 불가능하다고 판단되는 경우에는 신속히 관제사 또는 역장에게 구원을 요청하여야 한다.

⑦ 고장 조치로 정상 운전이 가능한 경우 전방 선로의 안전을 확보하고 관제 운영 실장 및 관제와 계속 운행 여부를 협의하여 지시한다.

⑧ 구원 조치가 장시간 길어지거나 길어질 것이 예상될 경우, 관제 운영 실장과 협의하여 여객 환승 및 연계 수송 방법을 강구한다.

4) 상황 종료

① 고장 조치 완료하여 운행을 개시하거나, 구원 연결 후 최근 역에 유치 완료하여 상황이 종료된 경우 관제 운영 실장에게 보고한다.

② 지장 열차 운전 정리 및 열차 지연 현황을 파악한다.

(3) 열차 화재 사고 발생 시 관제 절차

역장 및 기관사로부터 열차 화재 사고 발생을 보고받은 경우 관제사는 다음과 같이 조치한다.

1) 화재가 발생한 열차는 가급적 최근 역 또는 지하 구간 밖으로 운행하여 신속한 승객 대피가 이루어지도록 하고, 정차 시에는 출입문과 PSD를 개방 상태로 유지하도록 지시하여야 한다.

2) 인접 선을 운행하는 열차는 상황에 따라 비상 정차, 퇴행 운전 등의 조치를 하여야 한다.

3) 역장으로 하여금 소방서 및 119 구급대, 경찰 등 관계 기관에 지원 요청을 하도록 지시하여야 한다.

4) 최근 역 또는 지하 구간 밖으로 운행이 불가능하여 도중에서 정차하여 승객을 유도 대피시키는 경우, 승무원에게 출입문을 개방하고 대피 동선에 대한 안내 방송을 시행하도록 지시하여야 한다. 이때 인접 선 운행 열차는 정차 조치하여야 한다.

5) 관제 운영실에 보고한다.

6) 필요시 전기 사령에게 전차선 단전을 지시한다.

7) 필요시 승무원에게 팬터그래프 하강을 지시한다.

8) 복구 장비(유니목, 재크키트(jack kit) 등)를 수배하고 출동을 지시한다.

9) 후속 및 인접 열차에 대한 운전 정리를 시행한다.

10) 승객 대피를 시행한 경우 대피 완료 시까지 인접 선로 열차 운행을 통제한다.

(4) 철도 사고 등이 발생할 경우 급보 책임자 및 보고 내용

1) 급보 책임자

[표 10-2] 급보 책임자

발생 장소	급보 책임자	비고
정거장 내 (전용선 내의 입환 포함)	역장	신호소, 신호장에 근무하는 선임 전기장, 전기장, 전기원, 간이역에 근무하는 역무원 포함
정거장 외 (자갈 선 내의 입환 포함)	기관사	필요시 열차 승무원이 급보
기타 장소	발생 장소의 장, 발견자	

2) 공통 사항

[표 10-3] 공통 사항

수보 사항	세부 내용
1. 언제	○○년 ○○월 ○○일 ○○시 ○○분경
2. 어디서	○○선 ○○역 ~ ○○역 간 ○○km지점 ○○부근에서
3. 누가	○○열차가 시속 ○○km로 운행 중
4. 왜	○○(원인)으로 ○○ 사고가 발생하여
5. 어떻게	○○ 상태이니(사고 및 조치 상태 등)
6. 무엇을	○○ 조치를 요구함.
7. 추가 보고 시기	○○을 확인하여 ○○분 후 추가 보고하겠음.

3) 열차 화재 발생 시 세부 보고 사항(예시)

① 화재 위치(동력차 또는 객 · 화차)

② 정차 위치(터널 내 · 외, 교량 등)

– 산불 등 2차 화재 가능성

③ 자체 소화 가능 여부 및 소화 구조 차량의 접근로

④ 인명 피해 유무

⑤ 승객 대피 여부

4) 상황 발생 시 관계자별 조치 사항(예, 열차 충돌 시 승무원 보고)

[표 10-4] 상황 발생 시 관계자별 조치 사항

기관사
• 즉시 비상 정차 • 열차 방호 – 열차 방호 장치, 무선 방호(채널 2번), 정지 수신호, 열차 표지 방호, 단락용 동선 설치 ※ 무선 방호(채널 2번 전환) → 제00열차 OO~▽▽역 간 하(상) 1선 무선 방호 (3~5회 반복 → 제00열차 열차 충돌로 정차했습니다.) • 구름 방지 – 기관차 구름 방지 및 열차 승무원에게 객차 구름 방지 요구 • 사고 급보(인접 역, 관제실), 열차 승무원, 안전처(근무 시간 외는 당직실) – 일시, 장소, 열차, 개황, 사상자 발생 여부, 인접 선로 지장 여부, 기타 인지된 사항 1. 인접 역 통보(인접 선 지장 확인) → 철도 ○○역, 철도 ○○역, 제○○열차 이상 → ○○역~○○역 간 ○○km 지점 열차 충돌로 비상 정차하였습니다. 112, 119 수배 및 관계 부처 통보 바랍니다. 2. 열차 승무원 통보-1(무선 채널 1번 전환) → 제○○열차 기관사 이상 → 제○○열차 열차 충돌로 정차하였습니다. → 여객 안내 방송 및 안내 조치 부탁드립니다. 3. 정확한 사고 상황 파악, 조치, 보고(인접 역 및 관계처) • 병발 사고 방지 조치 – 정지 수신호 방호 및 단락용 동선 설치 (인접 선로에 지장 또는 전 차량 탈선 등으로 궤도회로를 단락하지 않을 염려가 있는 경우) – 급전 회로 차단, 팬터그래프 하강한다.(전기 차) • 사고 내용 신고 및 인명 구조 요청(인접 역 경유 또는 H.P로 119, 112 신고) • 상황 파악 및 현장 위험 방지(열차, 승객, 전기) • 피해 상황 확인 및 중간 보고 • 현장 감시 • 구원 가능 여부 판단 및 구원 요구

10.4.4.2 도시철도 사고 복구 장비

도시철도 운행 구간은 대부분이 터널 구간으로 운행함으로써 열차 사고 발생 시 터널 내 구조적인 문제로 기중기 출동이 어렵다, 또한 도시철도차량은 대부분 경량 차량으로 유니목이나 재크키트(jack kit)로 복구하는 경우가 대부분이다.



[그림 10-8] 유니목



[그림 10-9] 한국철도공사 기중기

※ 자료 : Unimog U400 by Kecko CC BY 라이센스



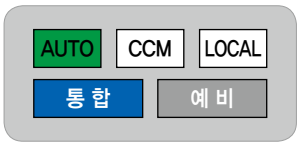
[그림 10-10] 유압 재크키트 (※ 참고 : 한국철도공사 복구 장비)

10.5 관제 설비

10.5.1 CTC

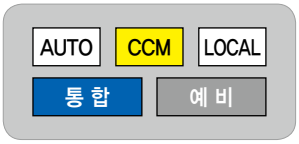
"열차집중제어장치(CTC: Centralized traffic control)"란 1개소의 철도 교통관제 센터에서 각 역을 직접 제어하여 열차 운전 취급 및 감시를 수행하는 신호 보안 설비를 말하고, CTC에 의하여 제어하는 방식을 CTC 제어 방식, CTC 제어 방식에 의하는 구간을 CTC 구간이라고 한다.

(1) 자동 제어 방식(AUTO : Central Computer Auto Mode)
CTC Computer System에 따라 자동으로 제어하는 방식을 말한다.



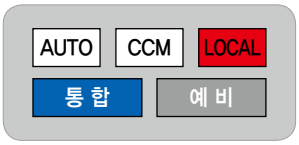
(2) 콘솔 제어 방식(C.C.M : Console Control Mode)

CTC 콘솔에서 Keyboard 및 Mouse를 사용하여 수동으로 제어하는 방식을 말한다.

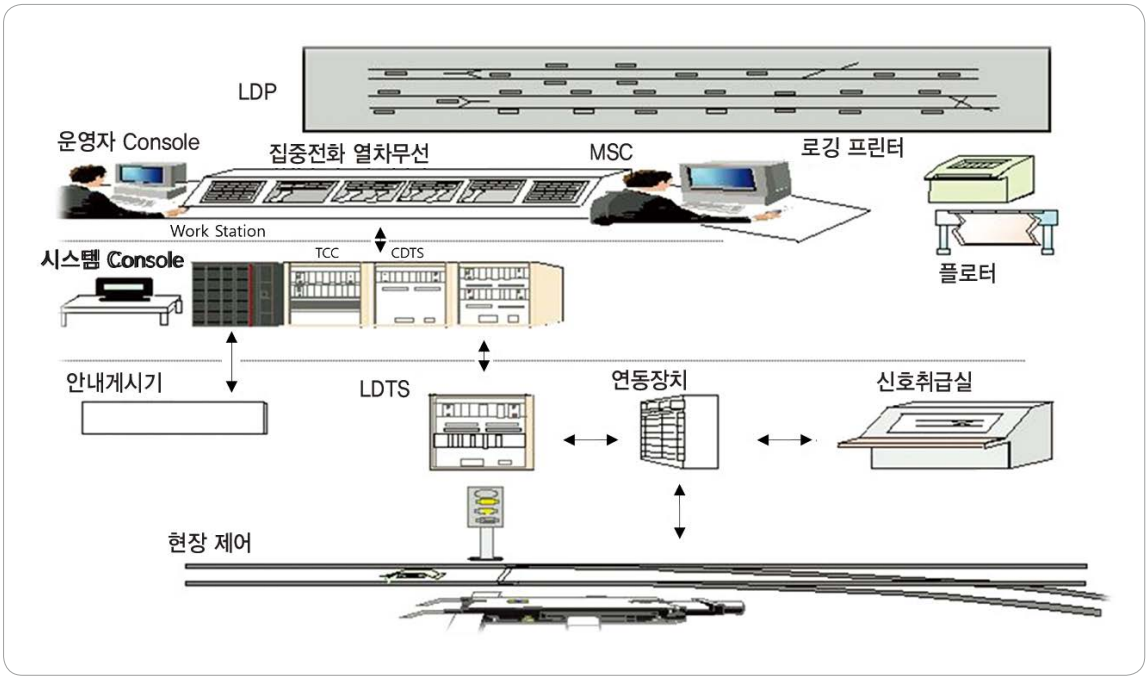


(3) 로컬(LOCAL) 제어

CTC 또는 제어 역에서 취급할 수 없거나, 피제어 역으로 제어권을 이전하는 경우에 피제어 역 자체적으로 신호 및 진로를 제어할 수 있는 제어 방식을 말한다.



10.5.2 도시철도 TTC 주요 장치



[그림 10-11] 도시철도 관제 시스템

(1) 운행 관리 컴퓨터 : MSC(Management Support Computer)

열차 운행을 위한 열차 운행 계획(DIA)을 작성 또는 운행 스케줄을 입력하고 열차 운행 실적을 저장 관리하는 컴퓨터이다.

(2) 주 컴퓨터 : TCC(Traffic Control Computer)

MSC에서 작성된 열차 운행 스케줄을 전송받아 이에 따라 각 역의 선로 전환기와 신호를 제어하여 열차의 운행 제어를 하는 주 컴퓨터이다.

(3) 정보 전송 장치 : DTS(Dater Transmission System)

TTC 장치로부터 송출되는 제어 정보를 현 장신호 시스템으로 전송하고 현장 신호 기계실의 연동 장치로부터 수신되는 진로 설정 및 궤도 점유 등의 운행 정보를 TTC 장치에 전송하는 정보 전송 장치이다.

(4) 대형 표시반 : LDP(Large Display Panel)

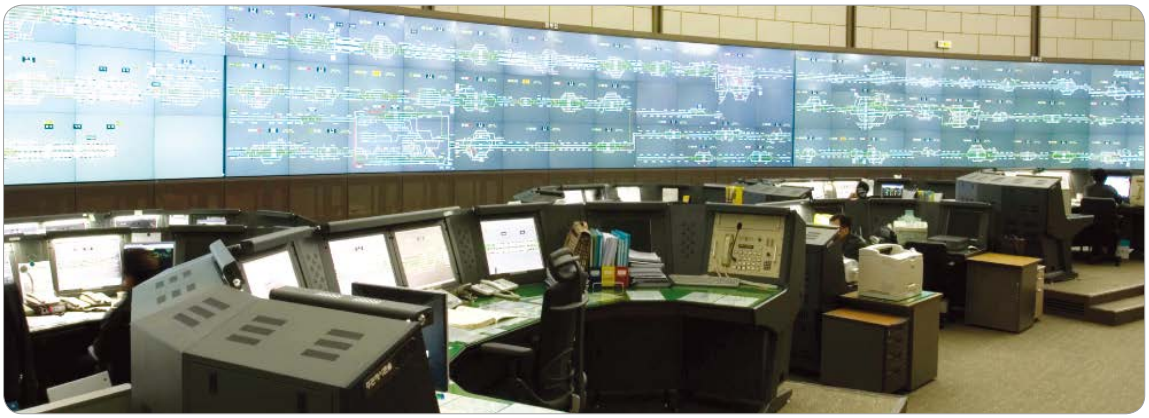
LDP란 현장의 선로 전환기, 신호 현시 등 신호 보안장치의 동작 상태를 알 수 있고 열차의 번호, 운행 위치, 진로, 운행 순서 등 열차의 운행 정보를 알 수 있어 열차 운행이 정상적으로 이루어지고 있는지를 감시할 수 있는 대형 표시반을 말한다.

(5) LDP 주요 표시 사항

1) 궤도회로 개통 · 점유표시 : 신호기가 방호하는 구간 또는 선로 전환기가 설치된 궤도회로의 번호와 개통 또는 점유 상태를 색으로 표시한다.
2) 진로 구성 표시 : 열차가 진행할 진로 구성을 색으로 표시한다.
3) 선로 전환기 동작 상태 표시 : 선로 전환기마다의 번호와 동작 상태로 정위 · 반위 상태를 나타낸다.
4) 신호기 번호 표시 : 장내, 출발, 반자동 폐색, 입환 등 신호기의 번호와 진로를 표시한다.
5) 도착 · 출발 열차 표시 : 열차 번호, 발차 시간, 행선, 반복 열차 등 열차 정보가 순차적으로 표시된다.
6) 출 · 입고 열차 표시 : 출 · 입고 순서에 따라 출고 열차 번호와 시각이 표시된다.
7) 제어 모드 표시 : TTC 장치의 제어 모드에 따라 해당 역명 아래 TTC, CTC, LOC 표시등이 점등된다.

(6) 콘솔 (Console)

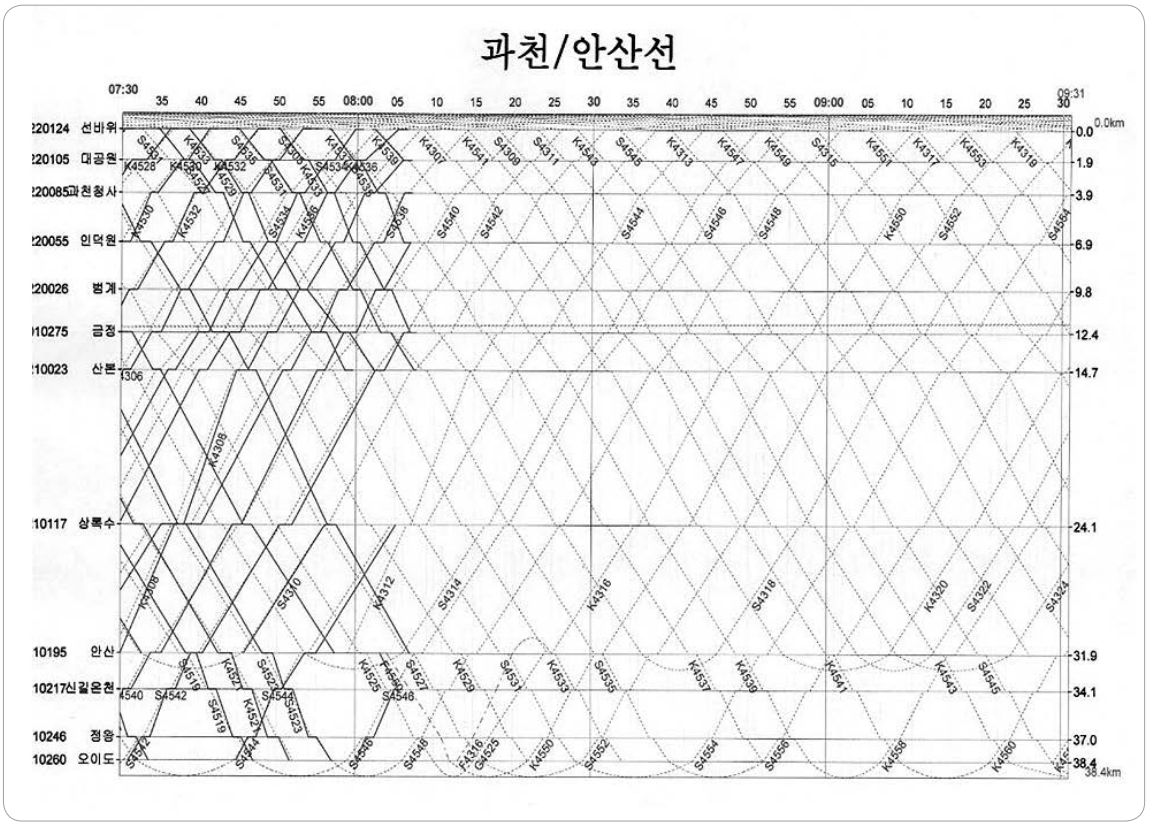
관제사가 CTC 자동제어 중 필요할 경우 수동 제어 시 사용하며 열차 운행 스케줄 작성, 변경 및 조회 등을 한다.



[그림 10-12] 관제사 콘솔과 LDP

※ 참고 : "TMC/CTC"© 대아티아이(주)

(7) 열차 다이어그램(열차 운행 도표)



[그림 10-13] 도시철도 열차 다이어그램

※ 참고 : 한국철도공사 열차스케줄 TG

1) 열차 다이어그램(Train Diagram)의 종류

열차 다이어그램은 열차의 설정을 도표화한 것으로, 운전 수송 업무의 예정 시간을 그림으로 나타낸 열차 운행 도표를 말한다. 시간의 지남에 따른 열차 운행 상황을 도식화한 것이며, 열차 운행 도표 용도와 시각 선 간격을 기준으로 다음과 같이 구분하여 사용한다.

① 1시간목 다이어그램

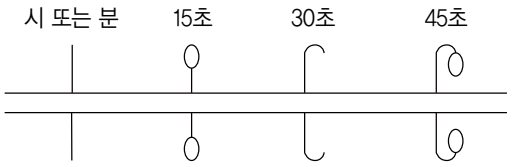
② 2분목 다이어그램

③ 1분목 다이어그램

필요시에는 10분목 다이어그램을 작성할 수 있으며 도시철도(수도권 전동 열차) 등 열차의 운행 일도가 높은 선로 구간에서는 1분목 다이아가 사용되고 시각의 기입, 표시는 15초, 30초, 45초 단위까지 기호화하여 기입할 수 있는 매우 세밀한 열차 운행 도표이다.

2) 기호 표시

1분목 다이아의 시각표시 기호



15초, 30초, 45초는 시분선 중앙에 기재한다.

3) 열차 다이어그램 표기 사항

열차 다이어그램에는 다음 각 호의 사항을 표기하여야 한다. 다만, 특별한 사유가 있는 경우 그 일부를 생략할 수 있다.

① 열차 선

② 열차 번호

③ 정거장 명 및 정거장의 종류

④ 하행 열차에 대한 표준 상 또는 하 구배

⑤ 정거장 간의 거리

⑥ 각 정거장의 기점부터의 거리

⑦ 폐색 방식의 종류

⑧ 정거장 구내 본선의 유효 장

⑨ 대피 또는 교행 가능 여부

10.5.3 CBTC(Communication-Based Train Control)

"CBTC"란 Communication Based Train Control의 약어로 통신을 기반으로 열차의 위치를 파악하고 제어하는 신호방식을 말한다. 중앙관제센터에서 통신을 기반으로 열차를 중앙 집중 원격제어하며 기관사 없이(Driverless) 열차 운행을 한다. 모든 운행 및 차량 상황은 양방향 무선통신 열차제어(CBTC) 방식을 기반으로 종합관제센터에서 원격으로 자동 조정 · 제어된다.

현재 우리나라에서는 유도 루프 방식(IL-CBTC) 및 무선통신 기반(RF-CBTC)의 이동 폐색 방식에 의한 열차 제어 시스템을 사용한다.

※ 유도 루프 방식(IL-CBTC) : 의정부경전철, 대구 3호선
무선통신 기반(RF-CBTC) : 신분당선, 김해경전철, 인천 2호선, 서해선

10.5.3.1 열차 제어 모드

(1) 자동 열차 운행 모드(AM)

"자동(AM) 운전 모드"란 역 출발 시 전동 열차의 ATO 출발 버튼을 누르면 다음 정차 역까지 열차의 운전이 자동으로 이루어지는 운전 모드를 말한다.

자동 열차 운행 모드(AM 혹은 ATO-모드)에서 열차는 자동으로 운행된다. 모든 기능, 예를 들면, 가속, 제동, 타행 및 출입문 개방 등은 자동적으로 이루어진다. 열차는 최대한 고객들의 편의를 보장하면서도 에너지 절약 모드에서 출발 · 도착 시간표에 따라 제어된다.

(2) SM 모드(Supervised train operating mode)

"수동(SM) 운전 모드"란 감시-수동 열차 운전(Supervised Manual Train Operating Mode)의 약어로서, 지상 ATP 장치(TGMT)에 의해 제공되는 차내 신호 정보에 의해 열차를 수동으로 운전하는 모드를 말한다.

SM 모드에서, 기관사는 표시된 제한속도 내에서 열차를 수동으로 운행한다.

(3) RM 모드(Restricted train operating mode)

"속도제한(RM) 운전 모드"란 시스템 장애 시 또는 CBTC 통신 초기화가 필요한 경우 제한속도(25km/h) 이하로 수동 운전하는 모드를 말한다.

RM 모드에서 열차는 제한된 자동 열차 보호 시스템에서 승무원에 의해 수동으로 운행된다.

(4) 비상 운전 모드

“비상(Bypass) 운전 모드”란 ‘CBTCCOS’를 차단 위치로 취급하여 수동 운전하는 모드를 말한다.

10.5.3.2 CBTC 제어 원리

일반적인 운행 조건은 열차가 이동 폐색 수준(CTC)에서 제어되고 ATOM(AM 모드)에 의해 운영되며, 연속적인 통신이 제공된다.

(1) ATS 자동 진로 설정 기능이 활성화된다.

(2) 운행은 이미 도착하여 정거장에 정지 상태인 열차로부터 시작한다.
모든 열차 출입문과 플랫폼 스크린 도어(PSD)는 개방한다.
ATS 기능은 이미 앞에 있는 열차에 대해 출발 및 도착 시간을 생성하고, 필요한 경우, 연동장치에 진로를 요청한다.

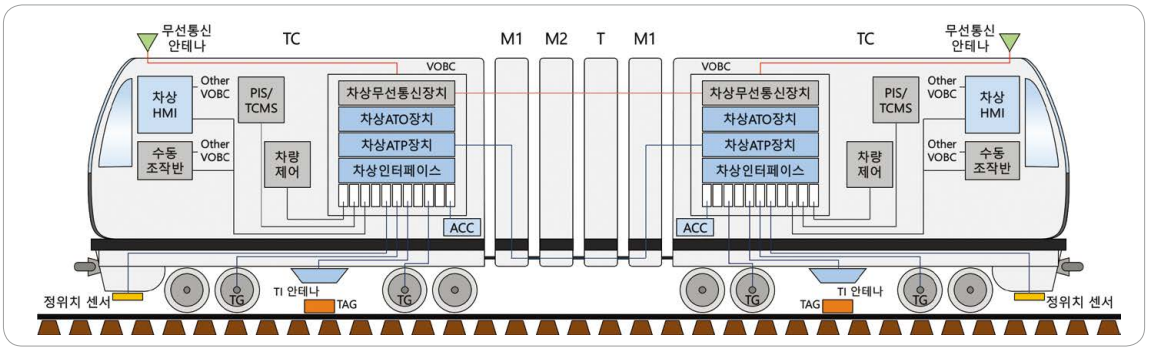
(3) 정상적인 상태에서, 연동장치는 다중의 열차 루트를 설정하고 열차를 ATP 감시 모드 하에서 운행한다. 지상 ATP는 연속적인 통신을 통해 차상 ATP로 전송되는 열차에 대해 이동 권한을 계산한다.

(4) 승객들이 열차에 탑승하는 동안, ATS는 정차 시간을 계산하고 정차 시간이 초과되면 ATS는 운전 명령을 설정하고, 지상 ATP는 정지 조건을 취소한다. 이것은 연속적인 통신에 의해 열차로 전송되어 출발 절차를 시작한다.

(5) ATO는 자동으로 출발 절차를 시작한다.
차상 ATO 또는 승무원은 열차 출입문을 닫고, 지상 ATP가 연속적인 통신을 통해 출입문 닫힘 텔레그램을 받는 동시에 PSD를 닫는다. 만일 지상의 ATP가 모든 PSD가 안전하게 닫혔고 이어서 차상 ATP가 모든 열차 출입문이 안전하게 닫힌 것을 감지하면, 차상 ATP는 이동 권한에 따라 감시된 속도 프로파일을 계산하여 제동을 해제한다.

(6) 정차 시간이 지속되고 모든 출발 조건이 충족되면, 열차 기관사의 HMI에 표시된다. 그리고 기관사는 ATO 시작 버튼을 누르고, 열차는 가속을 시작한다.





[그림 10-14] 신호 제어 시스템 ※ 참고 : KORAIL 서해선

[표 10-5] 상황 발생 시 관계자별 조치 사항

순서	용어 정의
1	열차 자동 제어Automatic Train Control(ATC) 시스템은 자동으로 열차의 움직임을 제어하며, 열차 안전을 실행하고 열차 운행을 지시한다.
2	열차 자동 보호Automatic Train Protection(ATP) 자동 열차 제어 시스템 내의 서브시스템은 충돌, 과속, 열차 검지, 열차 탈선 및 연동 등의 조합을 통한 다른 위험 조건들에 대해 안전 보장 및 보호를 유지 한다.
3	열차 자동 감시Automatic Train Supervision(ATS) 열차를 감시하는 자동 열차 제어 시스템 내의 서브시스템은 개별적인 열차들의 성능을 조절하여 스케줄을 유지하고 데이터를 제공을 통해 서비스를 조절하며 불규칙적인 상황에 의해 야기되는 불편을 최소화한다.
4	열차 자동 운행Automatic Train Operation(ATO) 자동 열차 제어 시스템내의 서브시스템은 속도제어, 프로그램 된 정차, 출입문 제어, 운행성능레벨 제어 및 다른 기능들의 일부 또는 전부를 수행한다

☑ 핵심정리 >>>

1. ( )란 관제 기관 또는 관제 업무 종사자가 철도차량의 안전 운행을 위하여 철도 운영자, 철도 시설 관리자, 철도 시설의 유지 보수 시행자, 철도 종사자, 철도 시설 내에서 운행하는 자동차의 운전자 등에게 지시 또는 필요한 조치를 하는 것을 말한다.
2. ( )란 철도 사고 등으로 열차 운행에 혼란이 발생하거나 혼란의 염려가 있을 경우, 열차의 운행 조건 및 일정 등을 변경하여 열차가 정상적으로 운행할 수 있도록 관제사가 지시 및 승인하는 수단이다.
3. ( )란 관제사가 관제 업무를 수행하기 위하여 관제 기관에 설치한 시설로, 열차집중제어장치(CTC : Centralized Traffic Control System), 대형 표시반(LDP : Large Display Panel), 주 컴퓨터, 제어(관제) 콘솔, 열차 무선설비 및 관제 전화 설비 등을 말한다.
4. 철도 사고 발생 시 사고 복구 기본 원칙으로는 첫째, ( ) 둘째, 본선 개통 및 증거 확보 셋째, 민간 및 철도 재산의 보호이다.
5. ( )은 열차의 설정을 도표화한 것으로 운전 · 수송 업무의 예정 시간을 그림으로 나타낸 열차 운행 도표를 말한다.

11장

노면전차



11.1 노면전차 시스템 일반

11.2 노면전차 관련 법령

11.3 노면전차 차량 시스템

11.4 노면전차 신호 시스템

11.5 노면전차 기타 장치

11장 노면전차

11.1 노면전차 시스템 일반

학습목표

- ☑ 핵심 용어를 이해하고 설명할 수 있다.
- ☑ 국내 · 외 노면전차 현황을 파악하고 설명할 수 있다.
- ☑ 노면전차의 특징을 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

노면전차, 트램, 무가선, 유가선, 슈퍼 커패시터, 유도 급전, 하이브리드, MTB

11.1.1 용어의 정의

(1) '냉난방 장치/공기 조화 장치(HVAC)'란 공기의 조건(냉난방 · 제습 · 가습 · 정화 등)을 대상 공간의 요구에 맞추어 동시에 처리하기 위해 사용하는 기계장치이다. 기본 장치인 공기 조화기와 열원 장치인 보일러 · 냉동기 등과 열 운반 장치인 송풍기 · 펌프 · 덕트 · 배관 · 분출구 · 흡입기 · 방열기 등과 말단 장치, 그리고 이런 장치들이 공기 조화의 조건을 충족시킬 수 있도록 하는 자동제어장치 등을 모두 합하여 부른다.

(2) '노면전차/시가전차(Street Car)/트램(Tram)'이란 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통 권역에서 건설 · 운영하는 궤도에 의한 교통 시설 및 교통수단으로서 도로상의 일부에 부설한 레일 위를 주행하는 전차를 말한다.

(3) '무가선(無架線)'이란 가공 전차선 또는 제3궤조로부터 전력을 공급받지 아니하고 차량에 탑재된 에너지원을 통하여 운행하는 급전 방식을 말한다.

(4) '바이 모달(Bi-modal)'이란 '두 가지 모드(Mode)를 가진'뜻으로 일반 도로와 전용 궤도를 모두 운행할 수 있는 차량 형태를 의미한다.

(5) '슈퍼 커패시터(Super Capacitor)'란 커패시터(콘덴서)의 성능 중 전기 용량의 성능을 강화하여 전지의 목적으로 사용하도록 한 부품으로, 평범한 커패시터보다 많은 양의 에너지를 저장할 수 있으면서 동시에 배터리보다 훨씬 높은 출력을 낼 수 있다.

(6) '열차 정보 전송 장치(Track Wayside Control)'란 차상 설비와 지상 설비 간의 열차 정보를 상호 교환하기 위한 장치이다.

(7) '열차 종합 제어장치(Train Control and Monitoring System, TCMS)'란 열차의 총괄적인 제어와 감시를 수행하는 장치이다. 차량의 상태 및 고장을 감시하여 ADU에 현시 및 기록하고 차량의 원활한 운행을 위해 서비스 및 전기장치의 제어를 담당한다.

(8) '유가선(有架線)'이란 가선 급전 방식처럼 가공 전차선이나 제3궤조 등을 이용하여 외부로부터 전력을 공급받아 운행하는 급전 방식을 말한다.

(9) '유도 급전'이란 기존 전력선과의 접점을 이용한 전력 공급 방식과 달리 무선의 전자유도 방식을 활용하여 비(非)접촉으로 전기적 에너지를 공급하는 방식이다.

(10) '열차 자동 정지 장치(Automatic Train Stop, ATS)'란 지상에서 지시하는 속도제어 정보에 일치하는 기관사의 제어가 발생하지 않을 경우 열차를 정지시키는 장치이다.

(11) '열차 자동제어장치(Automatic Train Control, ATC)'란 지상에서 전송되는 열차 제어 정보를 인식하여 자동적으로 열차를 제어하는 장치이다.

(12) '자동 열차 방호(Automatic Train Protection, ATP)'란 지상에서 전송된 제어 정보와 열차의 위치 · 속도 정보를 비교하여 제동 경보 또는 강제적으로 제동을 취급하는 장치이다.

(13) '제3궤조'란 가공 전차 선로가 아닌 도전율(導電率)이 큰 레일을 주행 레일에 평행 또는 철도차량의 측면에 부설하여 전동차에 전기를 공급하는 방식이다.

(14) '팬터그래프(pantograph)'란 전기 동력차 지붕에 설치하여 전차선으로부터 전기를 받아들이는 장치로 습판(摺板, slider)형으로 된 집전장치(集電裝置)이다.

(15) '하이브리드(Hybrid)'란 '두 가지 이상의 방식을 조합한'이란 뜻으로 노면전차에서는 유가선 방식과 무가선 방식으로 모두 운행할 수 있는 운전 방식을 말한다.

(16) 'BRT(Bus Rapid Transit)'란 간선 급행 버스 체계로 버스 전용 차로를 이용, 편리한 환승 시설, 교차로에서의 버스 우선 통행 및 그 밖의 법령에서 정하는 사항을 갖추어 급행으로 버스를 운행하는 대중교통 체계를 말한다.

(17) 'MTB(Magnetic Track Brake)'란 노면전차 차량 하부에 탑재된 제동 패드를 전자기력으로 매설된 레일에 흡착시켜 감속하는 방식의 제동장치이다.

(18) 'ORR(Office of Rail and Road)'이란 영국 철도 및 도로에 대한 안전 및 규제 기관이다.

(19) 'Bostrab'란 경량 전철의 건설과 운영에 관한 독일 연방 규정을 말한다.

(20) 'VVVF(Variable Voltage-Variable Frequence)'란 가변 전압 가변 주파수란 의미로 교류 유도전동기에 공급하는 교류의 전압과 주파수를 조절하여 견인전동기의 출력을 제어하는 방식을 말한다.

11.1.2 노면전차 역사



[그림 11-1] 마차철도

19세기 무렵 최초로 등장한 노면전차는 노면전차, 시가전차(Street Car) 또는 트램(Tram, Tram Car)으로 불린다. 유럽 및 각국에서는 현재까지 운행 중에 있으며, 우리나라에서는 1899년 처음 등장해 1968년까지 운행을 이어 오다 버스와 자동차의 교통량 증가로 자취를 감추게 되었다. 그러나 현재에 들어서 차세대 친환경 교통수단으로서 노면전차의 필요성이 재차 각광받고 있음에 따라, 우리나라에서도 머지않은 미래에 다시 볼 수 있을 것이다.

노면전차는 마차철도의 동력인 마력(Horsepower)을 대체할 에너지를 생각함으로써 개발되었다. 1879년 독일의 전기회사인 지멘스(Siemens)가 처음 베를린 박람회에서의 시험 주행을 시작으로 운행하게 되었다. 이후, 1881년에는 베를린 교외에서 본격적으로 운행이 시작되었으며, 1887년에는 미국에서 현재와 같은 방식의 노면전차가 개발되었다.

우리나라에서는 서울과 평양, 부산에서 노면전차가 운행된 적이 있다. 1882년 미국과 수교 후, 1898년에 한성 전기회사가 설립되었으며, 1899년에 서대문과 동대문 간에 전차를 개통하였다. 발전소는 동대문 문루 아래에 건설하였고, 서대문에서 홍릉까지 단선의 궤도가 부설되었다. 전차는 정원 40명의 일반용 차량 8대와 귀빈용 차량 1대가 운행하였다. 그러나 개통한 지 얼마 지나지 않아 어린 아이가 전차에 치여 죽는 사고가 발생하였고, 이에 격분한 군중들이 전차를 불태워 버렸으며 이 일 때문에 전차는 몇 달간 운행을 중지하게 되었다.

11.1.3 노면전차 도입 사례

(1) 해외 노면전차 운용 사례

우리나라에서 상용 운행을 하는 노면전차는 아직 없으나, 해외 여러 국가에서는 이미 많은 노면전차가 상용 운행을 하고 있다. 해외에서 운행하고 있는 여러 노면전차의 도입 사례는 다음 표와 같다.

[표 11-1] 무가선 저상 트램 해외 도입 사례

국가	제작사	모 델 명	차량	전원 방식	비 고
프랑스	Alstom	Citadis Nice		Ni-MH 배터리	유/무가선 하이브리드
		Citadis Bordeaux		제3궤조 가선 급전	지중 매설 유가선 (APS 방식)
스페인	CAF	CAF Urbos		ACR 시스템 (울트라 커패시터)	정거장 급속 충전
카타르	Siemens	Avenio Doha		슈퍼 커패시터 및 Li-Ion 배터리	유/무가선 하이브리드
벨기에	Bombardier	Flexity De Lijn		PRIMOVE (슈퍼 커패시터)	비접촉 유도 급전 충전
일본	RTRI	Hi-Tram LH-02		72kWh급 Li-Ion 배터리	유/무가선 하이브리드
중국	Hitachi Rail Italy	Sirio Zhuhai		지면 전원 급전	집전 슈 접촉 방식

※ 자료 : ① "Tramway Nice T2 essais"by Jesmar CC BY 라이센스
② "Citadis 402 at Victoire tram stop Bordeaux"by Peter Gugerell CC BY 라이센스
③ "Seville Metro Train"by Daniel Silva CC BY 라이센스
④ "InnoTran2016 – Simens Avenio Qatar"by ubahnverleih CC BY 라이센스
⑤ "De Lijn Albatros 5-delig Lijn 10"by Willem_90 CC BY 라이센스
⑥ "RTRI-LH02"by Rsa CC BY 라이센스
⑦ "Zhuhai Tram Line 1"by LN9267 CC BY 라이센스

이와 같이 유럽 국가나 가까운 일본에서도 여러 종류의 노면전차가 이미 상용 운행 중에 있다. 노면전차는 일반 중량 전철에 비해 수송 용량은 적은 편이나, 도시 미관을 해치지 않으며 이용자 계층의 폭이 넓고 접근성이 매우 우수하다.

(2) 국내 노면전차 사례

우리나라에서는 여러 해외 국가들처럼 대중적으로 운용 중인 노면전차는 아직 많지 않지만 일부 운용 중에 있으며, 앞으로 여러 종류의 노면전차가 우리의 실생활 속에서 만나 볼 수 있을 것으로 기대된다. 다음은 우리나라 순수 기술로 제작된 노면전차이다.

[표 11-2] 대한민국 제작 노면전차

구분	제작사	모 델 명	차량	전원 방식	비 고
바이 모달 방식	㈜우진산전	바이 모달 트램		디젤 하이브리드	디젤 고무 차륜
하이브리드 방식	현대로템(주)	하이브리드 저상 트램		리튬-이온 배터리	유,무가선 하이브리드
		터키 이즈미르 트램		리튬-이온 배터리	유,무가선 하이브리드 (터키 수출)

※ 자료 : ① "KRRI Bimodal Tram(Phileas) front iso"by Minseong Kim CC BY 라이센스
② "무가선 저상 트램"한국철도기술연구원 제공
③ "Tram at Bostanli Iskele"by Btian Paul Dorsam CC BY 라이센스

바이 모달 트램의 경우, 여타 노면전차와 달리 일반 도로 주행이 가능한, 소위 전기 버스 형태를 하고 있으며, 차량 후부에 디젤엔진 발전기를 탑재해 운행 전원을 생산하는 방식이다. 일반 도로 지하에 자기유도 코일을 매설하여 차량 운행을 유도할 수 있다는 특징이 있다.

11.1.4 노면전차 특징과 기대 효과

(1) 노면전차의 특징

노면전차는 경량 전철 종류에 속하며, 중량 전철보다 수송량은 적으나 시가지의 접근성이 매우 우

수한 특징이 있다. 또한 버스보다 수송량이 많으며 동력원으로 화석 연료를 사용하지 않아 친환경적이다. 최소 곡선 반경이 25m 수준으로 매우 작아 급(急)곡선 주행 또한 가능하다.

(2) 노면전차의 장점과 단점

1) 노면전차의 장점

① 중량 전철에 비해 건설 비용이 매우 저렴하고 공사 기간이 길지 않음

② 급곡선의 노선 설계 가능

③ 승강장이 노면에 있어 계단이 최소화되므로 이용이 매우 편리

④ 교통 약자의 접근성이 매우 우수

2) 노면전차의 단점

① 건설 공사 착공 시 해당 기간 동안 도로 교통이 매우 혼잡

② 도로를 공유하므로 기존 자가용 이용자의 불편 초래

③ 교통사고 발생 시 전 구간 노면전차의 운행이 중단

④ 지상 운행을 목적으로 하므로 기후의 영향을 많이 받음

이 밖에도 노면전차는 많은 장점을 가지고 있다. 현재 미세 먼지, 지구 온난화 심화, 급격한 기후의 변화 등 환경적인 문제점들이 지속해서 대두되고 있는 만큼 노면전차는 차세대 친환경 신(新)교통수단으로서 손색이 없을 것이다.

(3) 노면전차의 향후 기대 효과

향후 노면전차의 도입으로 기대되는 효과는 매우 클 것으로 예상된다.

1) 지역 경제 활성화

중량 전철의 접근이 어려운 지역의 경우 노면전차의 도입으로 편향된 유동 인구를 분산함으로써 지역 경제 활성화에 도움이 될 것이다. 접근성 및 이용 편의성을 증대하여 지역 경제 활동에 이바지할 수 있다.

2) 친환경적인 차세대 교통수단

지구 온난화의 심화, 이상 기후, 미세 먼지 등 전 세계적으로 각종 환경 문제가 더 이상 먼 미래의 문제가 아닌 현재에 들이닥친 심각한 문제가 됨에 따라 전 세계가 여러 대책을 마련하고 있는 추세이다. 이에 노면전차를 도입함으로써 화석 연료의 사용을 줄이고 친환경적인 에너지원을 사용해 심각한 환경 문제 해결방안의 한 가지 대책으로 작용할 수 있다.

3) 심각한 교통난을 해소하기 위한 수단

20세기 말부터 소위 'My Car 시대'라 일컬어질 정도로 현대 사회에는 자동차가 매우 많은 시대이다. 이에 따라 우리나라를 포함한 여러 국가의 도로는 심각한 교통난에 시달리고 있다. 이러한 문제들은 노면전차를 도입함으로써 쉽게 해결할 수 있다. 노면전차는 자동차와 같이 접근성과 이용 편의성이 매우 뛰어나며 심각한 도로 교통난을 해소할 수 있다.

이처럼 현대 사회에서 대두되고 있는 문제점들을 노면전차의 도입으로 해결함으로써 우리 사회가 얻을 수 있는 이익은 무궁무진하다.

☑ 핵심정리 >>>

1. 해외에서 노면전차는 도시 미관을 훼손시키지 않으며 이용자 편의를 고려한 대중교통으로 이용자 계층의 폭넓은 접근이 매우 우수하다.
2. 타 교통수단, 타 철도 시스템에 비하여 다양한 장점으로 향후 기대 효과가 클 것으로 예상된다.

11.2 노면전차 관련 법령

학습목표

- 노면전차 관련 법령을 이해하고 설명할 수 있다.
- 도로교통법에 포함된 노면전차 관련 법령을 파악하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

노면전차 3법(도시철도법/철도안전법/도로교통법), 노면전차 시설 설계 지침

11.2.1 관련 법령 개요

노면전차 관련 법령은 크게 노면전차 운영에서 핵심적인 법적 근거를 포함하는 노면전차 3법(도시철도법/철도안전법/도로교통법)과 기타 노면전차 운영 및 시설 관리에 대한 사항을 간접적으로 규정하는 철도사업법, 노면전차 운영에 대한 지원 및 가능한 연계 조치를 규정하는 법령들로 구성된다.

도시철도법에서는 노면전차를 도시철도의 일종으로 정의(제2조제2항)하고 건설 · 운전에 관한 주요 원칙 규정하고 있으며, 도로교통법 제2조제17의2항은 노면전차를 도시철도법 위 조항에 따라 도로에서 궤도를 이용하여 운행되는 차로 규정, 1982년 노면전차 통행에 관한 조항 삭제로 없어진 도로상 궤도 부설 및 노면전차의 통행에 대한 법적 근거를 확보하고 노면전차 통행상의 주요 원칙을 규정하고 있다. 철도안전법은 노면전차를 포함한 도시철도의 안전 관련 최상위 근거 법령으로 노면전차 운영에 필요한 차량 및 용품의 형식 승인과 철도 안전 관리 체계 승인에 관하여 규정함과 동시에 노면전차 운전면허 및 현실적으로 노면전차와 맞지 않는 철도 보호 지구 적용에 대한 특례 적용 등을 규정하고 있다.

노면전차 3법 등에서 포괄적으로 명시한 내용의 세부 사항은 기술 기준 · 규칙 · 시행 지침에서 규정하고 있으며, 해당 법 및 하위 시행령 · 시행규칙과 함께 다음 기준 · 지침에서 운영 관련 세부 사항을 규정하고 있다.

노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙에서는 도시철도법에서 규정한 전용 차로 및 도로의 건설 중 각종 시설물 설치 시의 기준, 노면전차 운전 시 종사자가 준수해야 할 통행 관련 주요 원칙을 규정하며, 해당 규칙에서 별도로 규정하지 않는 사항의 경우 도시철도건설/운전규칙에서 규정한 사항을 준용하고 있다.

철도차량 기술 기준에서는 노면전차 관련 내용을 별도의 파트로 규정하고 있으며, 해당 기준에서 별도로 규정하지 않는 사항은 철도 용품 기술 기준 준용하고 있다.

철도 안전 관리 체계 기술 기준과 승인 · 검사 시행 지침, 철도 종합 시험 운행 시행 지침은 노면전차를 포함한 모든 철도 운영 사업자에 공통으로 적용되는 안전 관리 체계 승인과 시험 운행에 대하여 포괄적으로 규정하고 있으며 유형(고속/일반/도시철도)에 따라 선별적으로 해당하는 사항은 별표 등으로 추가 명시

다음 기타 규정 · 지침은 노면전차에 관한 별도의 규정 사항을 미포함하고 있다.

- 철도 시설의 기술 기준(도시철도 중 중(重)전철에 대해서만 별도로 규정하고 노면전차를 포함한 경전철 규정 사항 미포함)
- 철도 보호 지구에서의 행위 제한에 관한 업무 지침(개정 철도안전법 보호 지구 규정과 연동되어 있으나 노면전차 특례 관련 세부 규정 사항 미포함)
- 철도 교통관제 운영 규정(규정에 명확한 적용 범위를 명시하지 않은 관계로 우선 국유철도에 한정하여 적용하고 도시철도 운영 사업자는 자체 운영 규정 적용)
- 도시철도 정거장 및 환승 · 편의 시설 설계 지침(노면전차를 제외한 도시철도에 적용)

건설 · 운전 측면(간소한 정류장/전용 차로 · 도로 주행/입체화된 도로 또는 우선 · 전용 신호 기반 통행 처리 등)에서 BRT와 유사한 특성상 기존 BRT 관련 법 · 제도(간선급행버스체계의 건설 및 운영에 관한 특별법 및 간선급행버스체계의 기술 기준)의 구조 및 내용을 참고하여 관련 제도(노면전차 시설 설계 지침 등)의 추가 정비를 진행하는 중에 있다.

[표 11-3] 노면전차 관련 법령 및 기준 · 지침 현황

분야	구분	법령	기준/지침
건설 및 운영	노면전차 3법	도시철도법	• 노면전차의 건설 및 운전 등에 관한 규칙 • 도시철도건설 · 운전 규칙
		철도안전법	• 철도 차량 · 용품 기술 기준 • 철도 안전 관리 체계 기술 기준/승인 및 검사 시행 지침
		도로교통법	
지원/연계 및 기타	• 대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률 • 도시교통정비 촉진법 • 도시재생 활성화 및 지원에 관한 특별법		• 교통약자의 이동편의 증진법 • 지속가능 교통물류 발전법 • 여객자동차 운수사업법/자동차손해배상 보장법 등

※ 자료 : 국회입법조사처, 도로교통공단(2016)

[표 11-4] 노면전차 3법 및 관련 법령과 기준 · 지침 등 제 · 개정 경과 및 향후 정비 계획

법령/개정 시기		규정 내용	기술 기준 · 시행 지침 등
도시철도법	도시철도법 (2016. 12)	• 노면전차 전용로 설치 • 노면전차 건설 · 운전 등 사항 위임 근거	–
	노면전차 건설 및 운전에 관한 규칙 (2018. 01)	• 노면전차 건설 · 운영 관련 일반 기준 등 • 총 3장(총칙/노면전차의 건설/운전) 47조로 구성	• 노면전차 시설 설계 지침 개발 · 고시 예정
철도안전법	철도안전법 (2017. 01) (2018. 02)	• 노면전차의 철도 보호 지구 적용 범위 조정 특례 조항 제정 • 노면전차 운전자 철도 운전면허 외 도로 교통법상 운전면허 추가 요구	• 노면전차 관련 내용 반영 예정 – 철도 종합 시험 운행 시행 지침 – 철도 안전 관리 체계 기술 기준 – 철도 안전 관리 체계 승인 및 검사 시행 지침 – 철도 사고 등의 보고에 관한 지침 – 철도차량 운전면허 시험 시행 지침
	시행령 (2017. 01) (2018. 02 입법 예고)	• 철도차량 운전면허 종류에 노면전차 운전면허 추가 • 법률이 위임한 노면전차 철도 보호 지구 적용 범위 조정사항 규정	
	시행규칙 (2017. 01)	• 노면전차 운전면허 교육 · 훈련 과목 및 시간/시험 과목 · 합격 기준 등 규정	
도로교통법	도로교통법 (2018. 03)	• 노면전차 전용로 정의 • 노면전차 통행 방법 규정 • 노면전차/자동차 운전자 위반 시 처벌	• 노면전차 관련 내용 반영 예정 – 노면전차 운전면허 관련 법령 및 시행 규칙 – 교통사고 조사 규칙 등 노면전차 교통사고 관련 지침 – 교통신호기/교통안전 표지/노면 표시 설치 · 관리 매뉴얼 등
	시행령(예정)	• 전용 차로 규정에 노면전차 전용 차로 추가	
	시행규칙(예정)	• 노면전차 신호기/교통안전 표지/노면 표시 신설	

※ 자료 : 도로교통공단(2018)

11.2.2 도시철도법

(1) 법령

노면전차 노선 건설 시 전용 차로 · 도로의 원칙적 설치와 관련 국토교통부령(노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙)을 통한 건설 및 운영 관련 세부 사항 규정 명시

노면전차 전용로 건설과 관련 기준 · 지침의 법적 근거(도시철도건설 · 운전 규칙과의 상충 방지)

[표 11-5] 도시철도법 노면전차 관련 조항

조항	내용
정의(제2조)	• 도시철도 정의 범위에 노면전차 포함 – 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통 권역에서 건설 · 운영하는 철도/모노레일/노면전차/선형 유도전동기/자기부상열차 등 궤도에 의한 교통 시설 및 교통수단
노면전차의 건설 운전 및 전용로의 설치 등 (제18조의2)	• 도로상에 노면전차 노선 건설 시 전용 차로 · 도로를 설치하도록 규정 – 전용 차로 : 차도 일정 부분을 노면전차만 통행하도록 안전표지 등으로 구분 – 전용 도로 : 노면전차만 통행할 수 있도록 분리대 · 연석 등으로 구분 • 예외적으로 혼용 차로 설치가 가능한 경우 규정 – 전용 차로 · 도로 설치로 도로 교통이 현저히 혼잡해질 수 있거나 기타 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙으로 정하는 사유

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

(2) 규칙 : 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙

1) 총칙(제1장)

• 규칙의 목적/규정 범위/다른 법령과의 관계 규정 및 노면전차 건설 등에 관한 일반 기준 설정

• 규정 내용과 분류 측면에서 도시철도건설규칙 및 도시철도운전규칙을 토대로 하되 노면전차의 특수성을 고려하여 별도의 규칙으로 규정해야 할 내용만 선별적으로 융합하여 제정

[표 11-6] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제1장(총칙)

조항	내용
목적/다른 법령과의 관계(제1 · 2조)	• 노면전차의 건설과 운전 등에 관한 사항 규정 – 해당 규칙에서 규정하지 않은 사항은 도시철도건설규칙 · 운전규칙 적용
노면전차의 건설 등에 관한 일반 기준 (제3조)	• 외부로부터 받는 전기적 영향을 최소화하고 발생 가능한 최대한의 기계적/전기적/열적 부하를 견딜 수 있도록 시설 건설 • 교통 약자가 용이한 접근 · 이용 보장/필요한 경우 별도 시설물 설치 · 운영

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

2) 건설(제2장)

• 선로(제1절) 부분에서 노면전차 전용 차로 · 도로와 혼용 차로 각각의 설치 기준 및 요건/선로 및 도로의 교차/공공 시설물의 설치 시 안전 운행을 위한 요건/궤도의 설치 기준과 기타 관련

시설(분기기/선로 전환기/대피 · 배수 시설/검지 장치 등)에 관한 사항을 구체적으로 명시

[표 11–7] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제1절(선로)

조항	내용
노면전차 혼용 차로 (제4조)	• 노면전차/자동차 혼용 차로 설치 가능 여건 규정 – 전용로 설치로 인해 해당 도로의 설계 서비스 수준(도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙)이 국토교통부 장관 지정 등급 이하가 될 경우 – 자동차 등 주행로와 전용로의 구분이 어려울 정도로 좁은 경우
노면전차 전용로(제5조)	• 전용 차로 · 도로의 구성 요소 규정 – 경계부 분리대 · 연석 또는 유사 시설물 및 노면 높이를 차이 – 인접 차로와 운행 방향이 다른 경우 경계부에 충돌 방지 시설 설치
교차로(제6조)	• 평면 교차로 설치가 가능/물리적인 차단 시설 설치 최소화
선로의 설치 기준 (제7조)	• 원칙적으로 복선으로 설치하나 다음 경우에는 단선 가능 – 노선별 도시철도 기본 계획에 의한 구간 – 민간투자 시설 사업 기본 계획에서 정하는 구간 • 단일 노선 내 도로상 궤도와 독립형 선로 혼재 가능 • 혼용 차로 구간은 전체 선로의 5분의 1 이하로 제한
공공 시설물 (제8조)	• 맨홀의 건축 한계 밖 설치 원칙 및 불가피한 경우의 요건 • 선로 내 관로 · 케이블 설치 시 수월한 유지 · 보수 및 운행 영향 최소화
궤도 및 관련 시설 (제9~16조)	• 광역 자치 단체장은 시설 특성 및 조건을 고려한 궤도/보도/경계선 및 기타 시설과의 거리 설정 가능 • 도로 통행을 방해하지 않기 위한 전용로 설치 기준 규정 • 도로 이용 시 위험 또는 자동차 손상이 염려되는 위치 분기기 설치 금지 • 선로 전환기의 안전한 작동을 위한 요건 규정 • 기타 대피 시설/배수 기능/운행 특성 등을 고려한 검지 장치의 설치

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

• 신호(제2절) 및 전기 설비(제3절) 부분에서는 신호기 및 신호 표지의 설치 기준과 주요 기능/보행자 횡단 시설 및 관련 신호/전력 공급의 방식과 관련 시설 및 안전기준 등 규정(구체적인 신호기/속도제한 · 서행 및 특별 신호 표지는 별표로 규정)

[표 11-8] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제2 · 3절(신호 · 전기 설비)

조항	내용
신호 설비 (제17~22조)	• 노면전차 운전자의 명확한 신호기 및 신호 표지 구분 · 인식을 위한 조건 확보 및 중계신호기 의무 설치 조건 규정 • 일반 신호기/속도제한 및 서행 신호 표지/특별 신호 표지 설치 요건 • 교차로에서의 신호 · 제어 운용 방안/보행자 횡단 시설 설치 의무 및 요소
전기 설비 (제23~25조)	• 전력 공급 방식 및 방식별 표준 또는 필요한 경우 안전장치 마련 의무 • 전력 공급 시설 정상 전압 유지를 위한 용량/전압으로부터의 사람과 설비 보호/누설전류로 인한 위험 · 급전 시설 지지 구조물 통행 방해 · 훼손 가능성 최소화/허가를 갖춘 사람 외 접근 차단 등 전기 안전 관련 사항 규정 • 가공 전차선 설치 기준(높이 및 지지 구조물 등) 규정

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

• 관제실 및 통신 설비(제4절) 부분에서는 노면전차 운영 사업자가 갖추어야 할 관제 시설 및 통신 설비와 해당 시설 · 설비의 운영 요건 및 절차 규정

[표 11-9] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제4절(관제실 및 통신 설비)

조항	내용
관제 방법 등(제26조)	• 노면전차 운영 사업자는 관제실을 설치 · 운영하고 자동 또는 원격으로 제어되는 차량과 시설을 실시간으로 감시 – 관제실 : 노면전차의 운전 · 운행/관련 시설과 도로교통법에 따른 신호기 및 안전표지 감시/사고 · 장애 시 조치 및 복구를 총괄하는 곳 • 운영 사업자는 관제 업무 종사자의 선발 기준 및 교육 · 훈련/종사자의 업무와 권한/시스템 고장 · 사고 등 운행 장애 시의 조치 · 절차/기타 관제 시스템의 운영 · 관리 관련 사항을 포함한 관제실 운영 방법 및 절차를 마련 · 준수
관제실의 통합 (제27조)	• 운행 제어실과 전력 공급 제어실을 단일 공간에 설치하여 통합 운영하여야 하며, 부득이하게 분리 운영할 경우 양 제어실 간의 전용 통신 설비 설치
관제실의 통신 및 비상 전원 설비(제28 · 29조)	• 운영자 간이나 관제실과 경찰서 · 소방서 · 의료 기관 등 외부 관련 기관 간 양방향 무선통신 설비 및 정전 시 정상 운영을 위한 비상 전원 설치 – 관제실과 도로 교통 신호기 등 설치 · 관리 기관 간 전용 통신 설비 구축
폐쇄회로 텔레비전 등 (제30조)	• 주요 교차로와 정거장에 폐쇄회로 텔레비전을 설치하여 관제실에서의 실시간 영상 시청이 가능하도록 하고, 차량 운행 상태/선로 전환기 작동 방향/전력 공급 현황의 실시간 확인 가능한 장치 설치
비상 통신 장치 (제31조)	• 플랫폼에 관제실과 통화 가능한 비상 통신 장치 설치 시 바닥에서 1.5 m 높이로 2개 이상 장소에 분산하여 설치

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

• 조명 시설(제5절)/정거장(제6절) 부분에서는 각각 조명 시설과 정거장의 설치 요건 및 구성 요소/각종 관련 시설의 설치 여부 및 설치 시 정량적인 기준을 명시

[표 11-10] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제5 · 6절(조명 시설 · 정거장)

조항	내용
조명 시설 (제32 · 33조)	• 노면전차 운전자의 신호 인식에 방해가 되지 않도록 설치하고, 도로 연계형 선로에서는 도로관리청과의 협의를 거쳐 설치 • 정거장과 진 · 출입로에는 플랫폼 가장자리 인식을 위한 조명 시설 설치 – 예외적으로 도로 연계형 선로에 있는 정거장과 진 · 출입로의 경우 도로상의 기존 조명 이용 가능 시 별도 조명 미설치 가능
도로 내 노면전차 정거장 (제34조)	• 해당 도로 관리청과의 협의를 거쳐 정거장의 위치 결정 • 교차로와의 안전거리/모든 사람의 편리한 접근/이용객과 운전자의 수월한 상호 식별/접근성 및 환승 편의, 주변 교통을 함께 고려 • 맞이방/화장실 등의 시설 미설치 가능
플랫폼 길이와 너비 · 높이 (제35 · 36조)	• 플랫폼 길이는 노면전차의 최장 편성을 수용할 수 있는 길이 이상, 너비는 일상적인 이용객의 규모와 안전을 고려하여 설정하고, 플랫폼 높이는 교통 약자의 원활한 이용을 위하여 출입문 바닥과 15mm 이내로 설정
플랫폼의 안전기준 (제37조)	• 안전과 편의를 해칠 수 있는 구조물을 설치할 수 없으나, 전력 공급 시설물을 지지하는 구조물 등으로 지상에서 2m 초과 시에는 제외 • 플랫폼 선로 측 가장자리에는 플랫폼의 다른 부분과 구별되는 색깔과 표면의 마감재를 사용하여 경계를 명확히 하고 자동차 등이 운행하는 차로와의 경계부에는 추락 방지 등을 위한 별도의 안전시설 설치 • 교통 약자가 이용 가능한 노면전차 출입문 또는 플랫폼 승하차 위치가 별도로 있는 경우 차량 출입문과 플랫폼에 이를 알리는 표시 설치

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

3) 운전 등(제3장)

• 운전(제1절) 부분에서는 노면전차 운전 시 운전사 및 기타 운영 종사자가 준수해야 할 통행 관련 주요 원칙을 규정

[표 11-11] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제3장 제1절(운전) 중 제38 · 39조

조항	내용
운전 원칙 (제38조)	• 노면전차 운전자의 안전한 차량 운행을 위한 원칙 규정 – 일정한 운행 간격을 유지하면서 차량을 운전하고 선행 차량의 비정상 정지 시 안전 정지를 위한 거리 확보 – 신호기 고장 또는 인식 곤란 시 정지신호로 간주하여 정지 – 연계형 선로에서는 시계 운전/독립형 선로에서는 시스템 운전을 원칙으로 하되 단일 노선 내 두 유형의 선로 혼재 시 시계 운전 가능
운전 방향 (제39조)	• 복선 선로 운행 시 우측통행을 원칙으로 하되, 선로 또는 차량의 고장이나 사고 복구 또는 공사 목적의 차량 운전 시 보행자와 차량의 안전을 확보한 상태에서 방향 전환 가능

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-12] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제3장 제1절(운전)

조항	내용
속도제한 (제40조)	• 도로 연계형 선로 운행 시 해당 도로의 최고 속도 및 시속 70km 초과 주행 금지 및 다음 중 하나에 해당하는 경우는 시속 15km 이하로 운행 – 선로 전환기가 쇄정되지 않은 곳을 운행할 경우 – 최초 진행 방향과 반대로 주행할 경우 – 같은 차로 내 선행 차량 및 자동차와의 거리가 100m 이하일 경우 • 노면전차 운영 사업자는 곡선 구간 차량 성능 및 승객 승차감/내리막 구간 제동 거리 및 제동 성능을 고려하여 속도제한 기준 설정
승객 안전 및 안내 (제41조)	• 노면전차 운전자는 승객의 안전과 정보 안내를 위하여 다음 사항을 반드시 준수하도록 규정 – 모든 승객의 승하차 완료 및 폐문 확인 후 출발 – 정상 운영 과정에서 정차 시 플랫폼 방향으로만 출입문 개폐 – 도착 역명, 개문 방향 및 환승 정보를 승객에게 제공 – 운행 장애로 승객의 불편이 예상되는 경우 정거장과 차내 승객에게 장애 상황과 대체 교통수단에 대한 정보 제공
긴급자동차의 우선 통행 등(제42조)	• 노면전차 운전자는 긴급자동차가 전용 차로 · 도로를 통행하는 경우 제동 거리 이상의 간격을 유지하고 교차로에서 우선 통행할 수 있도록 양보

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

• 안전 관리 등(제2절) 부분에서는 노면전차 운영 사업자가 차량과 관련 장치 및 설비의 안전 · 보안 상태를 관리하고 운영 종사자들이 필요한 유지 · 보수 작업 수행 시 준수해야 할 사항을 규정

[표 11-13] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제3장 제2절(안전 관리 등)

조항	내용
장치나 설비의 안전 관리(제43조)	• 노면전차 운영 사업자는 장치나 설비의 안전 관리를 위하여 다음 업무 수행 – 허가받지 않은 사람의 장치 · 설비 접근이나 임의 조작을 막기 위한 안전시설의 설치 및 보안 조치 – 가스 누출/상수도관 파열 및 교통사고 등 예상 가능한 비상 상황에 대한 안전 관리 계획 수립 · 시행
노면전차 유치 (제44조)	• 노면전차 운영 사업자는 운행 종료 후 선로에 유치된 차량의 이동을 방지하고 외부인의 침입이나 파손의 예방을 위해 필요한 조치 마련
고장 노면전차 (제45조)	• 안전 운행에 지장이 있는 노면전차 차량은 운행할 수 없으며, 운행 중 고장이 발생한 경우 적절한 안전조치를 한 후 가까운 정거장까지 운행 – 진행 방향 맨 앞 선두 운전실에서 운전이 어려울 때 운영 종사자가 선두 운전실에 진입하여 무선통신 등의 방법으로 진행 방향의 안전을 확보한 후 운전실 외 장소에서의 추진 운전 가능
노면전차 선로 주변 작업(제46조)	• 노면전차 운영 사업자는 선로 주변 작업 관리 계획을 마련하여 시행 – 작업 관리 대상/작업 시행 내용 및 일정/작업 시 안전 확보 방안 등
노면전차 시설과 노면전차의 유지 · 보수 등(제47조)	• 노면전차 운영 사업자는 시설물 안전 관리에 관한 특별법과 도시철도 운전 규칙에 의거, 노면전차 차량과 시설에 대한 최소한의 점검 및 검사 주기를 따르되, 차량 및 시설의 건설 방식과 사용 수준에 따라 정비 · 점검 방식과 범위 결정 • 노면전차 운영 사업자는 노면전차의 편성과 운행에 관한 내용 기록 · 관리

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

1.2.3 철도안전법

(1) 법령

1) 철도 안전 관리 체계 승인(제7~9조)

철도 운영 사업자의 안전 관리 체계 수립과 승인 및 유지 · 관리, 취소 등을 규정하고 필요한 철도 안전 관리 체계 기술 기준을 별도로 지정 · 고시하고 있다.

2) 철도차량 운전면허(제10조)

노면전차 운전면허는 철도차량 운전면허의 일종이나, 기존 철도와는 다르게 도로 일부를 주행로로 활용하는 노면전차의 특성을 고려하고 있다.

• 노면전차를 운전하려는 사람은 국토교통부 장관이 부여하는 철도차량 운전면허 외에 도로교통법 제80조에 따른 1종 대형 운전면허(버스)를 받도록 규정

• 철도차량 운전면허는 시행령에 따라 철도차량의 종류별로 받도록 규정

3) 철도차량 형식 승인 · 완성 검사 및 사후 관리 · 감독(제26 ~ 31조)에 필요한 각종 필수 요구사항 및 구조 · 규격에 대하여 철도차량 기술 기준 중 별개의 부분을 노면전차 기술 기준으로 설정하여 규정

• 도시철도차량 → 경전철 → 고무 차륜/철제 차륜/노면전차/모노레일/자기부상열차로 분류
• 도시철도법에 따른 도시교통 권역 내 운영하는 노면전차 차량 전반에 적용
• 기술 기준에서는 차량의 안전/성능/인터페이스/운영 및 유지 관리/신뢰성 및 가용성/환경 보호/기술적 호환성 등 국토교통부 장관이 검증해야 하는 최소한의 요구 사항 규정
• 철도 용품 형식 승인과 중복 또는 상충하는 경우에는 철도 용품 기술 기준 우선 적용

4) 철도 보호 지구에서의 행위 제한 등(제45조)

① 기존 철도안전법에서는 철도 경계선에서 30m 이내 지역을 철도 보호 지구로 정하고 선로 안전에 영향을 미치는 행위를 원칙적으로 제한하고 신고하도록 하고 있으나, 노면전차는 특성상 적용 범위를 달리하여 원활한 지원과 운행 안전을 확보하는 방향으로 개정되었다.

• 도시철도법 제2조 제2호에 따른 도시철도 중 노면전차의 경우 바깥쪽 궤도 끝에서 10m 이내의 지역을 철도 보호 지구로 지정
• 토지의 형질 변경 및 굴착/토석 · 자갈 및 모래의 채취/건축물의 신축 및 증 · 개축 또는 인공구조물의 설치/나무의 식재(시행령으로 정하는 경우 한정)/기타 철도 시설 파손 또는 차량 안전 방해 소지가 있는 것으로 시행령에서 정하는 행위

② 노면전차 철도 보호 지구 바깥쪽 경계선에서 20m 내 지역에서 굴착, 인공 구조물의 설치 등 철도 시설의 파손 또는 철도차량의 안전 운행을 방해할 우려가 있는 행위로 시행령에서 규정하는 행위를 하려는 자는 시행령으로 정하는 바에 따라서 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사에게 신고해야 한다.

③ 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사는 철도차량의 안전 운행 및 철도 보호를 위하여 필요하다고 인정할 때 행위 금지 · 제한 명령이나 시행령으로 정하는 필요한 조치 명령이 가능하다.

④ 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사는 철도차량의 안전 운행 및 철도 보호를 위하여 필요하다고 인정할 때 토지 · 나무 · 시설 · 건축물 및 기타 공작물 소유 · 점유자에게 해당 조치 명령이 가능하다.

• 시설 등이 시야에 장애를 줄 때 장애물 제거

- 시설 등이 붕괴하여 철도에 위해를 끼치거나 끼칠 우려가 있을 때 이를 제거하고 필요할 때 방지 시설 설치
- 철도에 토사 등이 쌓이거나 쌓일 우려가 있으면 이를 제거하거나 방지 시설 설치

⑤ 철도 운영 사업자는 철도차량의 안전 운행 및 철도 보호를 위하여 필요한 경우 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사에게 행위의 금지 · 제한 또는 조치 명령을 할 것을 요청할 수 있다.

(2) 시행령

1) 운전면허 종류(제11조)

기존 철도차량 운전면허 종류에 노면전차 운전면허를 추가하여, 노면전차 차량을 운전하려는 사람은 국토교통부 장관으로부터 해당 면허를 받도록 규정

- 다른 철도차량에 비하여 속도가 느리고 직무 난이도는 낮지만, 도로 위를 운행하는 노면전차의 특성에 적합한 운전면허를 별도로 도입

2) 철도 보호 지구 관련 사항(제46~48조의2)

철도 보호 지구 및 노면전차 특례 관련 법 규정 사항 중 대통령령 위임 사항을 구체적으로 규정하고, 보호 지구 내 행위에 대한 신고와 안전조치 등에 관한 세부 사항을 철도 보호 지구에서의 행위 제한에 관한 업무 지침에 위임

(3) 시행규칙

1) 운전면허의 종류에 따라 운전할 수 있는 철도차량의 종류(제11조)

노면전차 차량에 신설된 노면전차 운전면허에 대응(별표1의 2)한다.

2) 운전 교육 · 훈련의 기간 및 방법 등(제20조)

노면전차 운전면허 응시자는 현장 실습, 운전 실무 및 모의 운행 훈련 등 교육 · 훈련 과목에 대하여 240시간 교육 · 훈련을 받도록 하는 등 구체적인 교육 · 훈련 과목과 시간을 규정(별표7)하고 있다.

3) 운전면허 시험의 과목 및 합격 기준(제24조)

철도 관련 법령과 노면전차 시스템 일반에 관한 필기시험에서 평균 60점 이상을 받도록 하는 등 운전면허 시험 과목 및 합격 기준 등에 관한 사항을 규정(별표10)하고 있다.

11.2.4 도로교통법

(1) 법령

1) 노면전차의 도로 통행을 위해 노면전차 및 노면전차 전용로를 정의하고, 통행 방법 및 운전자 준수 사항과 의무 위반 시 벌칙의 근거 신설

2) 도로상의 노면전차 운행을 위한 법적 근거 확보 : 도로를 통행 수단으로 하는 차마(車馬)에 노면전차를 포함

3) 노면전차 신호 표지 및 통행 방법 규정

① 관련 기관 신호 · 지시/통행금지 · 제한/교통 약자 보호/교통 혼잡 완화 등의 조치

② 노면전차 운행 시 주요 책무(도로 횡단 및 교차로 · 건널목 통행/통행 시 우선순위 및 속도 제한 · 서행 또는 일시 정지/음주 · 약물 · 과로 운전 금지/사고 시 대처 요령 등

[표 11-14] 도로교통법 노면전차 관련 제 · 개정 조항 및 내용 중 제1장(총칙)

조항	내용
정의(제2조)	• 기존 법에서 정의한 도로상의 차마에 더하여 노면전차에 대한 정의 추가 – 도시철도법에 따른 노면전차로 도로에서 궤도를 이용하여 운행되는 차 – 전용로 : 도로에 궤도를 설치하고 안전표지/구조물 경계 표시로 설치한 도시철도법 제18조의2 제1항 각 호에 따른 도로 또는 차로
신호 또는 지시에 따를 의무(제5조)	• 노면전차의 운전자는 교통안전 시설이나 국가/자치 경찰 또는 보조원이 표시하는 신호 · 지시를 따르도록 규정 • 도로를 통행하는 노면전차 운전자는 교통안전 시설이 표시하는 신호 · 표시와 경찰 또는 보조원의 신호 · 지시가 다른 경우 후자를 따름

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-15] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제1장(총칙)

조항	내용
통행의 금지 및 제한 (제6조)	• 지방경찰청장은 도로 위험 방지, 교통안전 및 소통을 위해 필요한 경우에 지정 구간의 노면전차 통행금지 · 제한이 가능하며, 해당 조치를 우선 취한 후 도로 관리자와의 협의를 거쳐 대상과 구간 및 기간 지정 가능 • 지방경찰청장이나 경찰서장은 이와 같은 조치 시 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 공고 • 경찰은 도로 파손/화재 및 기타 위험 방지를 위한 긴급조치가 필요할 때 노면전차 통행의 일시 금지 · 제한 가능
교통 혼잡 완화 조치 (제7조)	• 경찰은 노면전차의 통행이 밀려 교통 혼잡이 뚜렷하게 우려될 경우 혼잡 완화를 위하여 필요한 조치 가능

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11–16] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(보행자의 통행 방법)

조항	내용
도로의 횡단 (제10조)	• 보행자는 차와 노면전차의 바로 앞이나 뒤로 횡단해서는 안 되나, 횡단보도나 신호기 또는 경찰공무원 신호 · 지시에 따른 도로 횡단은 예외
어린이 보호구역 지정 · 관리(제12조)	• 시장 등은 교통사고의 위험에서 어린이를 보호하기 위하여 보호구역을 지정, 노면전차의 통행속도를 시속 30km 이내로 제한 가능
노인/장애인 보호구역 지정 · 관리(제12조의2)	• 시장 등은 노인 · 장애인 보호구역 지정으로 노면전차의 통행 제한 · 금지 등이 가능하며, 노면전차 운전자는 보호구역에서 해당 조치를 준수하고 안전에 유의하면서 운행

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11–17] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(차마의 통행 방법) : 제16/17/24조

조항	내용
노면전차 전용로의 설치 (제16조)	• 시장 등이 노면전차 전용로를 설치하려는 경우 도시철도법에 따라 사업 계획 승인 전 다음 사항을 지방경찰청과 협의하고 변경 시에도 동일 – 노면전차 설치 방법 · 구간/전용로 내 교통안전 시설 설치 · 관리 등 • 차마 운전자는 다음 경우를 제외하고는 전용로 통행금지 – 좌 · 우회전/횡단/회전을 위하여 궤도 부지를 가로지르는 경우 – 도로/교통안전 시설/도로 부속물 보수를 위하여 진입이 불가피한 경우 – 노면전차 전용 차로에서 긴급자동차가 본래의 긴급 용도로 운행할 경우
자동차 등과 노면전차의 속도(제17조)	• 노면전차의 도로 통행 속도는 행정안전부령으로 지정 • 경찰청장은 고속도로, 지방경찰청장은 고속도로를 제외한 도로에서의 위험을 방지하고 교통안전과 원활한 소통을 위하여 필요할 때 지정 구역 · 구간 내 제한속도 지정 가능 • 교통 체증 등 부득이한 사유를 제외하고는 제한속도를 반드시 준수
철길 건널목의 통과(제24조)	• 노면전차 운전자는 철길 건널목 통과 시 건널목 앞에서 일시 정지하여 안전 확인 후 통과 : 신호기 등이 표시 신호에 따를 때는 통과 가능 • 노면전차 운전자는 건널목의 차단기가 내려져 있거나 내려지려는 경우, 건널목의 경보기가 울리는 동안에는 진입 불가 • 노면전차 운전자는 건널목 통과 중 고장 등에 사유로 운전 불능 시 즉시 승객을 대피 후 비상신호 등으로 철도 · 경찰공무원에 연락 및 사실 통보

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-18] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(차마의 통행 방법 등) : 제25~29/31/37/39조

조항	내용
교차로 통행 방법 (제25조)	• 노면전차 운전자는 신호기로 교통정리 중인 교차로 진입 시 진행 진로 앞의 차 또는 노면전차 상황에 따라 교차로에 정지하게 되어 다른 차가 있거나, 또는 노면전차의 통행에 방해가 될 우려가 있을 시 진입 금지
보행자의 보호 (제27조)	• 노면전차 운전자는 보행자(자전거 운반 통행 포함) 횡단보도 횡단 시 방해 · 위험 방지를 위해 보도 앞(정지선 있을 때 정지선 기준) 일시 정지 • 노면전차 운전자는 교통정리 중인 교차로 회전 시 신호기 또는 경찰 등의 신호 · 지시에 따라 횡단하는 보행자의 통행을 방해하지 않도록 운전
보행자 전용로의 설치 (제28조)	• 노면전차 운전자는 보행자 전용로를 통행할 수 없으나 필요할 때 지방경찰청장이나 경찰서장의 허용을 전제로 통행 가능
긴급자동차 우선 통행 (제29조)	• 노면전차 운전자는 교차로나 인근에서 긴급자동차 접근 시 교차로를 피해 일시 정지/기타 장소에서는 긴급자동차 우선 통행을 위해 양보
서행 또는 일시 정지할 장(제31조)	• 서행 : 교통정리 미(未)시행 교차로/도로가 구부러진 부근/비탈길 고갯마루 부근/가파른 비탈길의 내리막/기타 안전표지 지정 장소 • 정지 : 교통정리 미시행/좌우 확인 불능 또는 교통이 빈번한 교차로 등
차와 노면전차의 등화 (제37조)	• 노면전차 운전자는 야간/안개/우천/터널 내 운행 또는 주정차 시 전조등/차폭등/미등 및 기타 등화를 작동하고, 야간 교행 및 선행 차량 바로 뒤에서의 운행 시 등화 밝기 조절 또는 일시 점멸
승차/적재 방법 · 제한 (제39조)	• 노면전차 운전자는 운전 중 승하차 시 추락이 없도록 출입문을 정확히 개폐

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-19] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(차마의 통행 방법 등) : 제25~29/31/37/39조

조항	내용
술에 취한 상태에서의 운전 금지(제44조)	• 노면전차의 음주 운전 금지/경찰은 필요할 때 음주 여부 호흡 조사 가능/운전자가 측정에 의무적으로 응하도록 규정 – 불복 시 운전자의 동의를 받아 혈액 채취 등으로 측정 가능 – 운전이 금지되는 상태의 기준은 운전자 혈중알코올농도 0.05 %
과로 등 시 운전 금지 (제45조)	• 과로/질병/약물의 영향과 기타 사유로 정상 운전이 어려울 때 운전 금지
위험 방지를 위한 조치 (제47조)	• 경찰은 무면허/음주/과로 운전으로 판단 시 차량 일시 정지 및 면허증 제시 요구/정상 운전 가능 시까지 운전 금지 및 차량 이동 등 조치 가능
안전/친환경/경제 운전 의무(제48조)	• 노면전차 운전자는 차량의 조향 · 제동장치 및 기타 장치를 정확하게 조작하고 다른 사람에게 위험 · 장해를 주는 속도나 방법으로의 운전 금지

조항	내용
모든 운전자의 준수 사항 등(제49조)	• 노면전차 운전자는 다음 사항 준수 – 물이 고인 곳을 통과 중 물을 튀겨 타인에게 피해를 주지 않도록 운전 – 어린이/시각 · 지체장애인/노인 등 횡단 및 사고 위험 시 일시 정지 – 도로에 차량을 세운 채 시비 · 다툼으로 다른 차마의 통행 방해 금지 – 차량을 떠날 때 사고 방지 및 무단 운전 불능을 위한 조치 수행 – 안전을 확인하지 않은 상태에서의 출입문 개폐 및 하차 금지 – 정당한 사유 없는 소음 발생과 안전 운전에 지장을 줄 정도인 승객의 소란 행위를 방치한 상태에서의 운전 금지 – 차량 정지 또는 각종 범죄 및 재해 신고 시를 제외한 휴대전화 사용 금지 – 차량 정지 또는 운전에 필요하거나 국가 비상사태 · 재난 등 긴급 상황을 제외한 경우 운전 중 방송 등 영상물의 수신 · 재생 장치의 운전자 가시 범위 내 영상 표시/장치 조작 금지 등 지방경찰청장 지정 · 공고 사항

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11–20] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제4장(운전자 · 고용주 등의 의무) : 제54조

조항	내용
사고 시의 조치 (제54조)	• 노면전차 운전 등 교통으로 인하여 인명 · 재산 피해가 발생한 교통사고 시 운전자나 기타 승무원은 즉시 정차하여 인명 구호 등 필요한 조치 수행 및 피해자에 대한 인적 사항 제공 • 경찰이 현장에 있으면 해당 공무원에게, 그렇지 않으면 가장 가까운 지구대 · 파출소 · 출장소에 위치, 인적 · 물적 피해 및 기타 조치를 바로 신고 – 노면전차만 손괴된 것이 분명하고 도로에서의 위험 방지와 원활한 소통 조치를 한 경우에는 예외 • 신고를 받은 경찰은 인명 구호와 기타 위험 방지를 위하여 필요에 따라 경찰(자치 경찰 제외) 도착까지 신고 운전자 등 대기 명령 가능 • 경찰은 사고를 낸 운전자 등에 대하여 현장에서의 부상자 구호와 교통안전을 위하여 필요한 지시 가능 • 운전자는 긴급한 경우 동승자의 필요 조치 및 신고 후 운전 재개 가능 • 경찰(자치 경찰 제외)은 교통사고 발생 시 대통령령에 따라 조사 수행
고용주 등의 의무 (제56조)	• 노면전차 운전자의 고용주 등은 운전자에게 도로교통법과 해당 법에 따른 명령을 항상 주의시키고 감독 • 고용주 등은 운전을 해서는 안 되는 운전자가 노면전차를 운전하는 것을 알고도 말리지 않거나 운전을 지시하는 행위 금지
벌칙 (제148조의2/제151조/제154조/제156조)	• 음주 운전/업무상 주의 태만 또는 중대 과실로 인한 타인의 건조물 및 재물 손괴/면허 시 교통안전 교육 내용 등을 위반한 경우/과로 · 질병으로 인하여 정상적인 운전이 불가능할 우려가 있는 상태에서 노면전차를 운전한 경우/전용로 통행 및 기타 명시된 법령 위반에 대한 벌칙 규정

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

(2) 시행령 및 시행규칙

기존 차마의 통행 방법(제3장)에 각각 노면전차를 추가하여 세부 조항 수정

☑ 핵심정리 >>>

1. 노면전차 운영에 관련된 핵심 법적 근거는 노면전차 3법(도시철도법/철도안전법/도로교통법)으로 구성된다.
2. 노면전차의 도로 통행을 위해 노면전차 및 노면전차 전용로를 정의하고 통행 방법 및 운전자 준수 사항과 의무 위반 시 벌칙의 근거가 도로교통법에 명시되어 있다.

11.3 노면전차 차량 시스템

학습목표

☑ 노면전차의 전력 공급 방식에 따라 차량 종류를 구분하고 설명할 수 있다.
☑ 노면전차 팬터그래프를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
☑ 노면전차 견인전동기를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
☑ 노면전차 보조 전원 장치(APU)를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
☑ 노면전차 냉난방 장치(HVAC)를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
☑ 노면전차 제동 시스템과 유압 제동장치를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.

[핵심용어]

하이브리드 노면전차(유/무가선), 배터리 방식, 슈퍼 커패시터 방식, 유도 급전 방식, 팬터그래프, 견인전동기, 보조 전원 장치(APU), 냉난방 장치(HVAC), 유압 제동장치, MTB(트랙 브레이크)

11.3.1 노면전차의 차량 종류

노면전차 차량 종류는 급전 방식에 따라 분류할 수 있다. 기존 철도차량과 같이 가공 전차선을 설치하고 팬터그래프를 상승하여 전원을 급전 받는 가선 급전 방식 차량, 팬터그래프는 있지만 탑

재된 배터리 충전에 이용하거나 가선 급전 방식처럼 유가선 운행을 할 수 있는 유/무가선 하이브리드 차량, 팬터그래프 없이 급전 설비를 지중에 매설하여 유도 전원을 공급받는 유도 급전 방식 차량 등이 있다.

(1) 가선 급전 방식 노면전차

기존의 철도차량과 같이 선로 위 공중에 설치된 가공 전차선과 전차의 팬터그래프가 접촉하여 전원을 공급받는 노면전차를 말한다. 일반적인 전기철도는 전차선으로부터 AC 25,000V나 DC 1,500V와 같은 고전압의 전력을 공급받고 있으나, 노면전차는 도심 위를 달리는 특성상 안전을 위하여 DC 600~800V 사이의 더 낮은 전압을 사용하고 있다. 가선 급전 방식의 노면전차는 전차선으로부터 상시 전력을 공급받으므로 배터리 방식의 노면전차와 달리 별도의 충전 시간을 필요로 하지 않으며, 배터리가 방전될 우려가 없어 운행 안정성이 높다. 그러나 노면전차 상단에 전차선을 설치하기 위해서는 도심 곳곳에 전주(電柱)와 전선 등의 구조물을 설치하여야 하므로 도시의 미관을 크게 해치게 되며, 도로 위에 전차선을 노출시키는 특성상 감전 등의 안전사고가 발생할 수 있는 문제점이 있다. 이로 인해 국내에서는 전차선을 사용하지 않고 운용할 수 있는 방식의 노면전차 위주로 개발하고 있다.

(2) 하이브리드 방식 (유/무가선 방식) 노면전차

전차선 설치 여부와 관계없이 운용할 수 있다는 점이 가장 큰 특징이다. 하이브리드 방식 노면전차의 상부에도 가선 급전 방식 노면전차처럼 팬터그래프가 설치되어 있으나, 이 팬터그래프는 가선 전



[그림 11-2] 가선 급전 방식 노면전차

원을 공급받아 전동기를 움직이게 하는 역할과 동시에 무가선 운행을 위해 탑재된 대용량 배터리를 충전하기 위한 충전기 역할도 함께 수행한다.

1) 대용량 배터리 방식

노면전차 차량 내에 별도의 장소에 운행을 위한 대용량의 배터리 시스템을 탑재하여 운행 전원으로 사용하는 방식을 말한다. 대용량 배터리 방식의 차량은 가공 전차선을 필요로 하지 않으므로 변전소 등 건설 비용을 절감할 수 있다. 노면전차에 주로 탑재되는 대용량 배터리는 니켈-수소 전지(Ni-MH), 리튬 이온 전지(Li-Ion)를 이용한다.

① 니켈-수소 전지(Ni-MH)

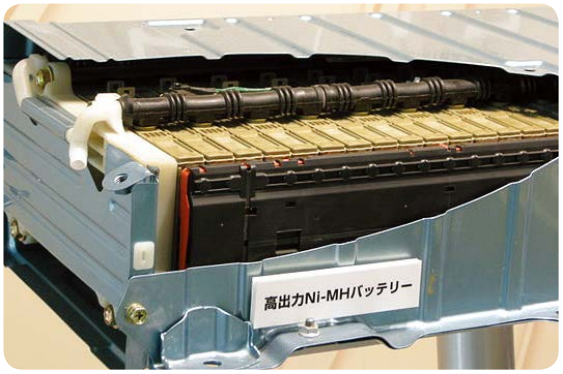
니켈-수소 전지의 정식 명칭은 니켈 메탈 하이드라이드 배터리(Nickel Metal Hydride Battery)이다. 니켈 카드뮴 배터리를 개선한 배터리이며, 음극에는 니켈, 양극에는 수소 흡장 합금을 사용한다. 전해질로 80Bar 이상의 압축 수소를 사용하며, 니켈 카드뮴 배터리에 비해 고용량으로 만들 수 있는 장점이 있다. 또한 배터리의 완전 충전/완전 방전을 하지 않으면 배터리 충전 용량이 줄어들게 되는 기억 효과(Memory effect)가 기존의 니켈 카드뮴 배터리보다 적어 전자 기기 등에 주로 사용하였다. 그러나 기억 효과가 상대적으로 적긴 하여도 완전히 없는 것은 아니므로 배터리의 장기 사용 시 충전 용량이 줄어들 수 있으며, 결과적으로 노면전차의 주행거리 또한 줄어들게 된다. 이를 보완하기 위해 리튬 이온(Li-Ion) 전지가 개발되었다.

② 리튬 이온 전지(Li-Ion)

니켈-수소 전지의 단점을 보완하여 탄생하게 된 배터리가 리튬 이온 전지이다. 리튬 이온 전지는 니켈 전지의 가장 큰 단점인 기억 효과가 없을 뿐 아니라, 에너지를 사용하지 않고 있는 상



[그림 11-3] Ni-MH 배터리 Citadis-Nice



[그림 11-4] Ni-MH 고출력 배터리 팩

※ 자료 : "Tramway Nice T2 essais"by Jesmar CC BY 라이센스

태에서 스스로 방전되는 자연 방전 현상도 매우 적은 편이다. 그러나 리튬 이온 전지는 햇빛을 오래 받아 고온 상태이거나 충돌 사고가 났을 때 폭발할 위험이 있다. 이를 개선한 것이 리튬 폴리머(Li-Po) 배터리이다. 리튬 이온이 양극과 음극을 오가며 전기를 발생시키는 것은 기존의 리튬 이온 전지와 동일하지만, 전해질이 용액이 아닌 젤 형태로 되어 있어 훨씬 안정적이다. 현재 우리나라에서 시험 중에 있는 '하이브리드형 무가선 저상 트램(오송 시험선)'또한 동력원으로 196kwh 급 대용량 리튬 폴리머 배터리 시스템을 사용하고 있다.



[그림 11-5] 리튬 이온 배터리 무가선 트램



[그림 11-6] 196kwh Li-Ion Battery

※ 자료 : ① "무가선 저상 트램" 한국철도기술연구원 제공
② "세계 최대 용량 무가선 트램 배터리 개발", 2016.02.23, 한국철도기술연구원 보도자료

③ 대용량 배터리 장점

- 슈퍼 커패시터 방식에 비해 건설 비용이 적게 든다.
- 가선을 설치할 필요가 없으므로 노선 건설 비용이 적게 든다.
- 가선의 유도 전력에 의한 감전 위험이 없다.
- 타 공법에 비해 공사 기간이 적게 걸린다.

④ 대용량 배터리 단점

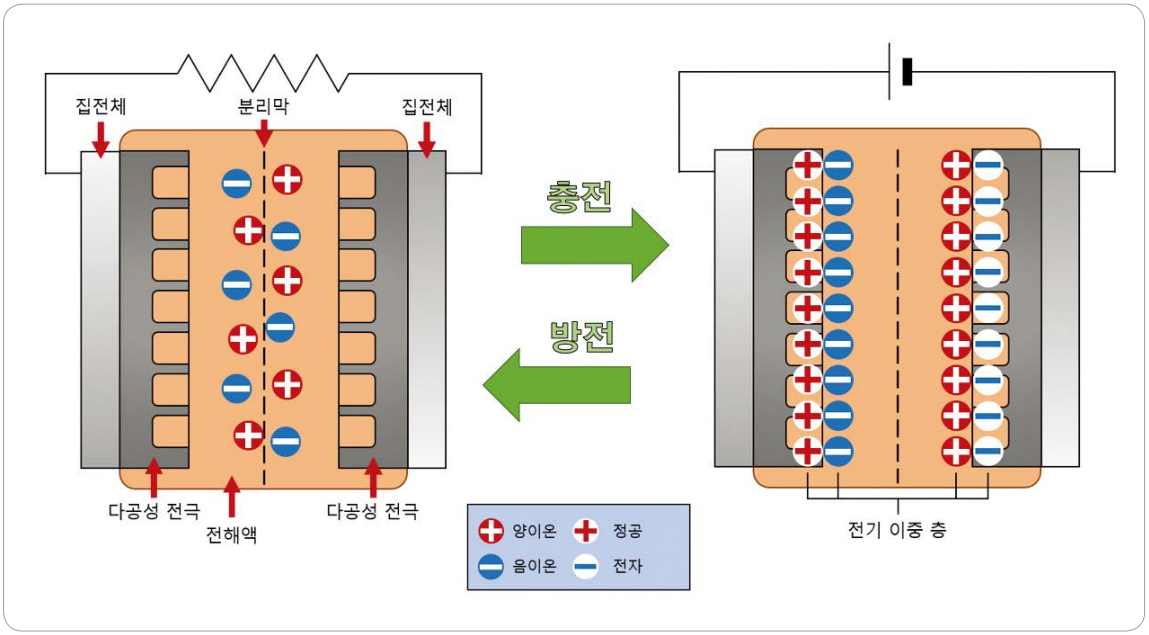
- 습도 등의 영향으로 배터리에 문제를 야기할 수 있다.
- 충돌 사고 등 발생 시 폭발의 위험이 있다.
- 사용 기간이 장기간이 될수록 충전 용량이 적어질 수 있다.
- 가선 운행 방식에 비해 운행 속도가 낮다.
- 주기적으로 배터리를 교체해야 한다.

2) 슈퍼 커패시터(SuperCapacitor) 방식

대용량 배터리 방식 외에 다른 전원 공급 방식으로 슈퍼 커패시터 방식이 있다. 커패시터 표면에 전하의 물리적 흡 · 탈착으로 에너지를 충전 또는 방전하는 원리로, 순간적으로 많은 에너지를 저장하고 높은 전류를 순간적 또는 연속적으로 공급할 수 있는 특징을 지닌 고출력 동력원이다.

① 슈퍼 커패시터 구조

슈퍼 커패시터의 기본 구조는 위의 그림과 같이 양극과 음극으로 구성하는 다공성 전극, 전해질, 집전체, 분리 막 또는 격리 막으로 이뤄져 있다.



[그림 11-7] 슈퍼 커패시터의 구조 및 원리

② 노면전차 활용

슈퍼 커패시터 방식은 고속 충전이 가능하며, 짧은 거리마다 커패시터를 충전하여 고출력을 지속 및 유지할 수 있다는 점에서 대용량 배터리 탑재 방식보다 우위를 점한다. 충전 시간이 매우 짧다는 점을 고려해 노선 운용 효율과 운행 속도를 높일 수 있는 것이 특징이다. 그러나 대용량 배터리 탑재 방식에 비해 용량 대비 고비용이 소모되며, 별도의 전력 공급실 구축이 필요하다. 또한 충전 순간에는 고출력을 얻을 수 있으나, 짧은 충전 시간만큼 방전되는 시간도 짧은 편이기에 1.5km마다 충전 장치를 설치해야 한다.



[그림 11-8] 가오슝 슈퍼 커패시터 트램



[그림11-9] 슈퍼 커패시터 배터리

※ 자료 : ① "KMRT CAF Train"by Subsriptshoe9 CC BY 라이센스
② "Maxwell Portfolio Shot"by Maxwell Technologies, Inc CC BY 라이센스

③ 슈퍼 커패시터의 장점

- 배터리 탑재 방식 보다 고출력을 얻을 수 있다.
- 충전하는 데 오랜 시간이 필요하지 않다.
- 주로 표면에서 작용하므로 폭발 위험이 없다.
- 운용 효율을 증대할 수 있다.

④ 슈퍼 커패시터의 단점

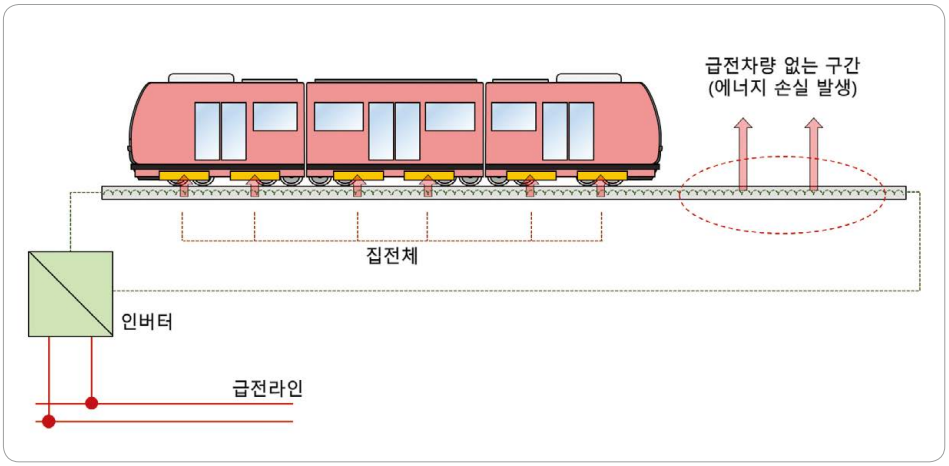
- 배터리 방식보다 비용이 많이 든다.
- 별도의 전력 공급실을 필요로 하므로 노선 건설 비용이 많이 든다.

(3) 유도 급전 방식

가선 급전 방식 노면전차와 같이 팬터그래프를 통해 가공 전차선으로부터 전원을 공급받는 방식은 접촉에 의한 급전 방식이다. 이러한 접촉 급전 방식은 몇 가지 단점이 존재한다. 집전장치의 구성이 복잡하고, 집전 성능의 확보를 위해 팬터그래프의 압상력(押上力)을 높일 경우 전차선에 가해지는 부담이 커지며, 전차의 속도가 빨라질수록 팬터그래프가 전차선에 이탈하는 이선(離線) 현상이 심해지게 된다. 이로 인해 전력 품질의 저하, 소음 문제, 그리고 전차선의 변형에 따른 파손 · 절단이 발생할 가능성이 있다.

이런 문제점을 개선하고자 도입된 것이 비접촉 유도 급전 방식이다. 비접촉 유도 급전 시스템은 노면전차와 노선(이동 영역) 사이에 일정한 간격(공극)을 두고 비접촉으로 급전하는 방식으로, 노면전차의 전 이동 영역에 걸쳐 긴 전원 공급 시스템을 설치한다. 공극의 간격이나 집전 자성체의

형상에 따라 이동 영역에서 노면전차로 유도되는 전력의 비율(인덕턴스)이 결정되며, 이 인덕턴스에 맞는 공진주파수의 전원을 지상에 매설된 전원 공급 권선에 인가한다. 전원 공급 권선에 인가된 전력은 인버터를 거쳐 비접촉 상태로 이동하고 있는 노면전차로 전송된다. 그러나 이동 영역 중 노면전차의 집전체로 뒤덮이지 않은 부분은 고주파 전자장에 노출되며 에너지 손실이 발생한다. 이 외에도 인버터에 연결되는 집전체가 주행 구간이 긴 영역 전체에 걸쳐 있어 불필요하게 인버터 용량이 커져야 하거나, 대수가 증가하는 등 동일한 급전 성능 대비 최초 설비가 낭비될 우려가 있다는 단점이 있다.



[그림 11-10] 유도 급전 방식



[그림 11-11] Bombardier PRIMOVE 유도 급전 방식 집전장치

※ 자료 : "PRIMOVE Bombardier-III"by Spoorjan CC BY 라이센스

11.3.2 팬터그래프(Pantograph)

팬터그래프(Pantograph)는 전기동차 또는 전기기관차에 전차선의 전원을 공급하는 집전장치를 말한다. 이전에는 노면전차 또한 전기를 동력원으로 움직이는 차량인 만큼 집전장치인 팬터그래프의 설치를 반드시 필요로 하였다. 그러나 최근 개발되는 신형 노면전차의 팬터그래프 주요 설치 목적이 운행 전원 공급이 아닌 배터리 충전 용도로 바뀌게 되면서 팬터그래프 고유의 역할은 축소되고 있으며, 팬터그래프를 사용하지 않고 전원을 공급받는 노면전차의 종류 또한 늘고 있다.



[그림 11-12] 크로스 암 방식 팬터그래프와 싱글 암 방식 팬터그래프

※ 자료 : "Cross Arm Type", "Single Arm Type"© 유진기공㈜

팬터그래프의 종류는 크게 마름모꼴 형태의 크로스 암 방식(Cross Arm Type) 과 사람의 다리 관절 구조를 가진 싱글 암 방식(Single Arm Type)으로 구분할 수 있다. 크로스 암 방식의 팬터그래프는 구조적으로 안정적이고 강도가 뛰어나며 압상력이 커서 전차선 상태가 좋지 않은 경우에도 안정적인 집전 성능을 갖는 것이 특징이다. 현재 우리나라에서는 운영 주체를 구분할 것 없이 대다수의 전동차가 크로스 암 방식의 팬터그래프를 채택하고 있다. 싱글 암 방식의 팬터그래프는 크로스 암 방식에 비해 상대적으로 가볍고 공기저항이 적으며 다양한 전차선 높이에 대응할 수 있다는 것이 특징이다. 이전에는 유럽 위주의 철도차량에서만 주로 사용되는 방식이었으며 강도와 안정성 측면에서 의심을 받기도 하였으나, 현재는 철도 시설물 관리가 엄격해지고 싱글 암 방식 팬터그래프의 기술적인 검증이 이루어지면서 그 안정성을 인정받았다. 가볍고 공기저항이 적으며 유지 보수가 용이하다는 장점이 부각되면서 현재 전 세계 주요 국가의 철도차량에서 싱글 암 방식 팬터그래프를 채택하고 있으며, 노면전차 또한 싱글 암 방식의 팬터그래프를 주로 사용하고 있다.

[그림 11-13]은 하이브리드형 노면전차 전용으로 개발 중인 싱글 암 방식 팬터그래프 중 하나로, 외형은 고속철도나 전기기관차에서 쓰이는 싱글 암 팬터그래프와 유사하나 기능 면에서 일부 차이가 존재한다. 기존에 사용되는 팬터그래프가 압축공기에 의해 상승 작용을 하고 자중 또는 스프링 작용에 의해 하강하는 원리로 작동하는 팬터그래프라면, 노면전차에 사용된 이 팬터그래프는 DC 24V 모터의 동작에 의해 상승, 하강하는 방식이다. 또한 전차선 구간에서 전원을 공급하는 기존의 팬터그래프의 기능 이외에도 운행 전원 공급용 대용량 배터리를 충전하는 역할을 함께 수행하게 된다.



[그림 11-13] 노면전차 전용 싱글 암 팬터그래프

※ 자료 : "YC-YP140G"© 유진기공㈜

[표 11-21] 팬터그래프 제원

구분	동작 방식
제어 전원	DC 24V 제어 전원
상승 · 하강 작용	Motor에 의한 상하 작용
팬터그래프 타입	싱글 암 방식
가선 전압	DC 750V
습판 재질	Metallized Carbon

11.3.3 노면전차 견인전동기

(1) 개요

철도차량에 요구되는 견인전동기는 기동 토크가 크고 속도가 빠르며 넓은 속도 범위에서 운전이 가능해야 한다. 주로 동기전동기와 유도전동기가 철도차량에 사용되고 있다. 동기전동기는 KTX 등 고속 전철에도 적용되고 있으나, 회전자 권선을 사용하는 구조적 복잡성과 빈번한 정비 요소로 인해 최근에는 출력밀도가 높고 효율이 뛰어난 영구 자석형 동기전동기를 시도하고 있다. 그 반면 유도전동기는 전자기 유도 현상을 이용하여 회전력을 얻는 방식으로, 권선을 사용하지 않는 농형 회전자를

적용할 수 있어 구조가 간단하고 견고하며 고장 및 정비 요소가 자주 발생하지 않아 철도차량 견인용으로 주로 사용하고 있다.

(2) 차량 성능 요건

1) 중량 : 5 Module 1편성. (45ton, 만차 시)
2) 가속도 : 3.5km/h/s
3) 감속도 : 3.5km/h/s
4) 필요 견인력 : 50kN(역행 시) / 48.6kN(제동 시)
5) 전동기 요구 대수 : 8대 (A, B Module, 각 륜 구동)
6) 정격속도 : 40km/h (최고속도 : 70km/h)

(3) 견인전동기 제원

1) 형식 : 3상 농형 유도전동기
2) 극수 : 4극
3) 출력 : 45kW
4) 전압 : AC 550V (가선 전압 : DC 750V)
5) 회전수 : 정격 : 2233rpm (40km/h), 최대 3893rpm (70km/h)(단, 휠 직경 600mm, 기어비(比) 6.29일 때)
6) 냉각 방식 : 전폐형 자기 통풍식

(4) 노면전차 견인전동기 구성

1) 고정자

고정자는 전동기의 외형을 이루고 크기를 결정하는 부분으로, 철심과 권선으로 이루어진다. 철심은 주로 규소강판이 사용되며, 회전력을 발생시키는 자속이 통과하는 경로가 된다. 고정자 권선을 자속을 만들어 주는 전류가 흐를 수 있는 구리 도체로, 3상 교류 전원 인가 시 회전자계를 생성하여 토크를 발생시키는 역할을 한다.

2) 회전자

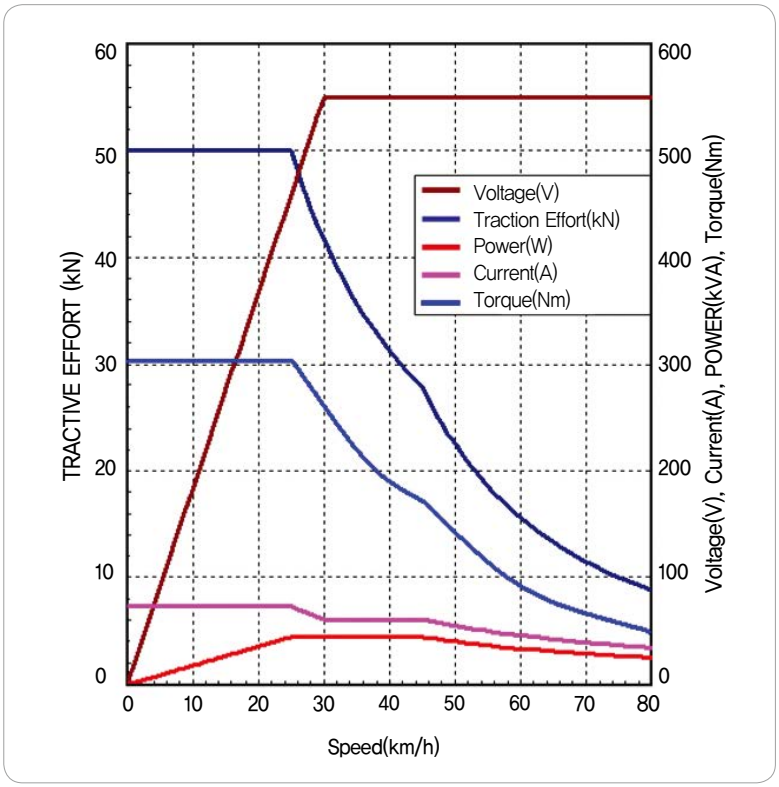
회전자는 고정자와 같이 몸체를 이루는 철심과 유도전류가 흐르는 도체 바 및 엔드 링(end-ring), 회전력을 바퀴로 전달하는 축으로 구성된다. 회전자 철심은 고정자와 같이 규소강판을 사용하며, 축은 철심 접속 부분의 응력 변화와 구동축으로부터 전달되는 힘, 온도 상승에 충분히 견

딜 수 있도록 합금강으로 제작한다. 회전자 바와 엔드 링은 전류를 잘 흐르도록 하는 전기적 특성뿐만 아니라 진동이나 충격에도 견디도록 인장 강도와 연신율, 항복 강도 등 기계적 특성이 우수하고 온도 변화 계수가 작은 재질을 사용한다.

3) 냉각 팬

냉각 팬은 회전자 축에 연결되는데, 전폐형 구조에서 내부 및 외부의 공기를 순환시키기 위해 2개의 팬을 설치한다. 내부의 냉각 팬은 내부 공기를 순환시켜 고정자 권선 및 회전자 바와 엔드 링으로부터 발생되는 열을 식혀 주고, 외부의 냉각 팬은 내부의 열에 의해 상승된 고정자 철심과 외부 구조를 냉각시켜 주는 역할을 한다.

(5) 견인전동기 성능 곡선



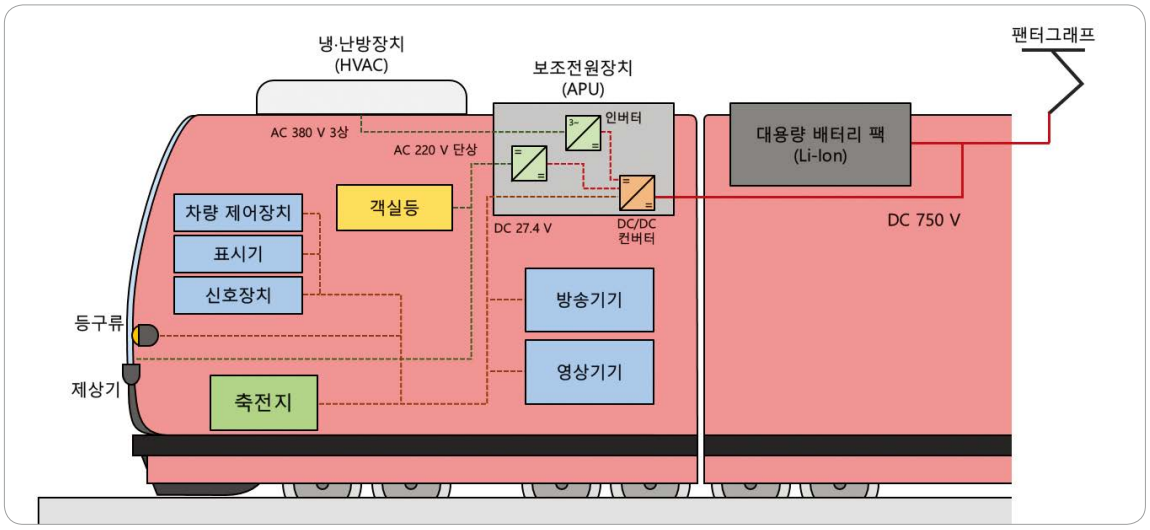
[그림 11-14] 저상 트램용 견인전동기 성능 곡선

※ 자료 : "무가선 저상 트램 시스템 개발 연구 최종 요약 보고서", 2013. 05, 국토교통부

11.3.4 보조 전원 장치(APU)

(1) 개요

일반 철도 차량에서 보조 전원 장치로 사용되고 있는 정지형 인버터(Static Inverter SIV)의 같은 일환으로, 노면전차에서는 Auxiliary Power Unit(APU)라 칭한다. 보조 전원 장치는 차량의 HVAC(냉난방 공조 시스템), 제상기, 서비스 전원 등의 AC 차량 부하와 제어 전원, 영상 기기, 방송 기기, 등구류, 표시기, 냉각 팬, 신호 장치 등의 DC 부하 장치에 사용되는 안정적이고 일정한 전압과 주파수를 공급하고 차량 전원용 축전지를 충전하는 장치이다.



[그림 11-15] 보조 전원 장치(APU)

(2) 보조 전원 장치 APU의 특징

1) 공진형 DC/DC Converter 적용으로 보조 전원 장치 소형화/경량화 설계
2) 공진회로를 이용하여 스위칭 turn on 또는 turn off 시 전압/전류의 교차를 최소화하여 스위칭 시에 발생하는 열 손실 최소화
3) 최적화 설계된 입력 필터는 입력 가선 전류의 리플 성분을 억제함에 따라 시스템의 에너지 소비를 줄여 효율적인 시스템을 구현
4) Set up Converter를 이용하여 입력 전압을 승압하여 고효율의 보조 전원 장치 설계
5) Module Type 설계로 유지 보수의 편의성 도모
6) 냉각 팬을 이용한 강제 냉각 방식을 채택하여 발열 부품의 소형화/경량화 설계 가능

(3) 보조 전원 장치 제원

[표 11-22] 보조 전원 장치 제원

구분		사양	비고
구성	주 회로	DC Converter + 6 Step Inverter	
	제어 방식	Pulse Width Modulation (PWM)	
	냉각 방식	강제 냉각 방식	
	용량	46kA	
DC 입력	정격전압	750V DC	
	동작 변동 범위	500V DC ~ 900V DC	
AC 출력	정격출력전압 정격출력전압	3상 380V AC (+5% ~ -10%)	
		단상 220V AC (+5% ~ -10%)	
	정격 용량 정격 용량	32kVA (380V AC)	
		4kVA (220V AC)	
	출력 주파수	60Hz ±1%)	
	왜율	10% 이하	
	역률	85% (lagging)	
DC 출력	정격출력전압	27.4V DC (±2%), 안정 상태	축전지 충전 전압
	정격 용량	10kW	
	맥동률	5% (RMS) 이하	
효율		90% 이상	
온도 조건		-25℃ ~ +40℃	
소음		85dB 이하	
통신 방식		TCN (MVB 통신)	

11.3.5 냉난방 장치(HVAC)

(1) 개요

공기 조화 장치(HVAC)는 객실 냉난방 및 환기를 위해 설치되었으며, 노면전차 C, D Module 지붕에 설치되어 있다. 공기 조화 장치는 '환기', '전 냉방', '반(半)냉방', '전 난방', '반(半)난방'의 5가지

모드로 제어된다. HVAC는 운전실의 TCMS의 버튼으로 조작되며, 냉난방 시 각 유닛과 연계된 온도 검출기에 의해 객실 평균 온도를 측정하고 설정된 온도에 도달하도록 자동으로 운전한다. 환기는 천정에 설치된 CO2 센서에 의해 객실 내 공기 질을 측정하고 나쁘다고 판단될 경우 팬을 동작시켜 신선한 공기를 공급한다. 또한 필요시 공기 조화 장치 유닛 내부에 설치된 냉난방 제어기(MICOM)의 조작으로 수동으로도 동작이 가능하다.

(2) 특징

공기 조화 장치(HVAC)는 환기 및 냉난방을 할 수 있도록 일체화된 장치로 C, D 차량의 지붕에 1개씩 취부(取付) 된다. 소음, 진동을 최소화하기 위해 스크롤 타입의 컴프레서를 적용하며 공기 조화 장치 내부에 냉난방 제어기(MICOM)의 조작으로 자동 또는 수동 모드로 운전이 가능한 것이 특징이다.

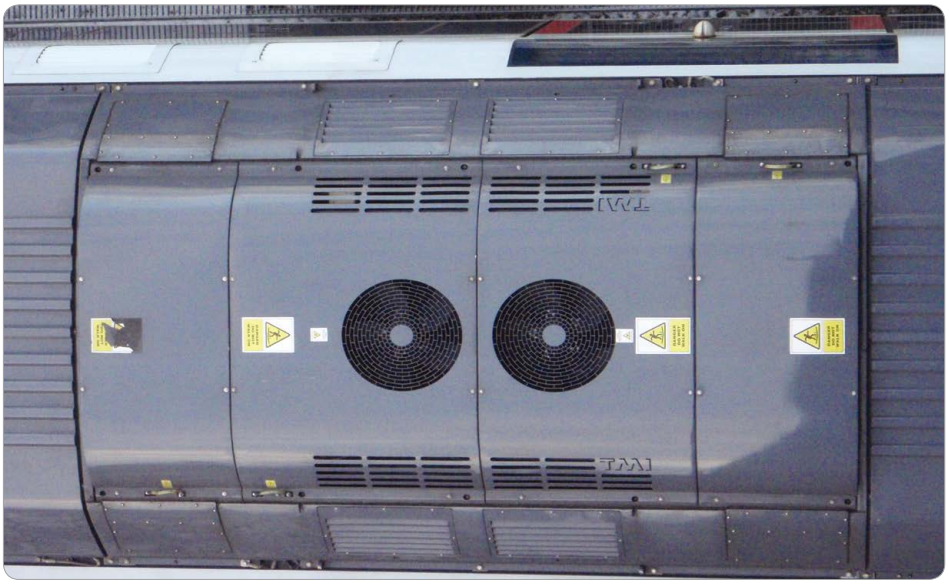
(3) 냉난방 장치(HVAC) 제원

[표 11-23] 냉난방 장치(HVAC) 제원

구분	사양	비고
설치 형식	옥상 취부형	
냉방 용량	30,500kCal/hr/unit 이상	
난방 용량	20kW 이상	
주 전원	3상, 60Hz, AC 380V	
제어 전원	DC 24V	
환기	공기 중 일정 기준 이상의 CO2 감지 시 동작	
냉매	R-407C 친환경 냉매	
제어 방식	MICOM 제어 방식에 의한 일괄/개별 제어	

(4) 냉난방 장치(HVAC) 구성

공기 조화 장치(HVAC)의 구성은 진동 및 소음을 감소시켜 승차감을 개선하고 경량화에 용이한 스크롤식 컴프레서를 적용한다. 응축기, 응축기 팬 및 모터, 증발기, 증발기 팬 및 모터, 팽창밸브, 전기 히터, 배관 등으로 구성되며 스테인리스 스틸로 제작된 프레임 및 케이스에 적절히 고정되어 공기 조화 장치(HVAC)를 구성한다.



[그림 11-16] 전동차 전용 냉난방 장치(HVAC)

※ 자료 : "IC4 HVAC"by Morten Haagensen CC BY 라이센스

11.3.6 노면전차 유압 제동장치

(1) 개요

기존 철도차량이 압축공기를 이용한 제동장치를 사용한 것에 비해, 노면전차는 일반 교통수단과 함께 운행하므로 철도차량보다 더욱 높은 제동 응답률과 고감속도를 필요로 한다. 이에 유압 제동장치를 채택하여 신뢰도가 높은 제동 응답률과 고감속도를 얻을 수 있다.

노면전차에 적용되는 유압 제동 시스템은 대차 제어용 제동장치로서, 차량의 TCMS로부터 필요로 하는 제동력을 요구받으면 이에 상응하는 제동력을 대차 단위로 생성하여 각 대차에 설치된 유압 캘리퍼 장치에 전달한다.

(2) 구성

유압 제동장치는 설치되는 대차의 위치에 따라 동력 대차용과 부수 대차용 장치로 구분이 가능하다.

1) 동력 대차용

동력 대차에는 모터가 설치되는 전위 축과 후위 축에 각각 2개의 유압 제동장치가 설치되며, 부수 대차에는 각각의 축에 4개의 제동장치가 장착된다.

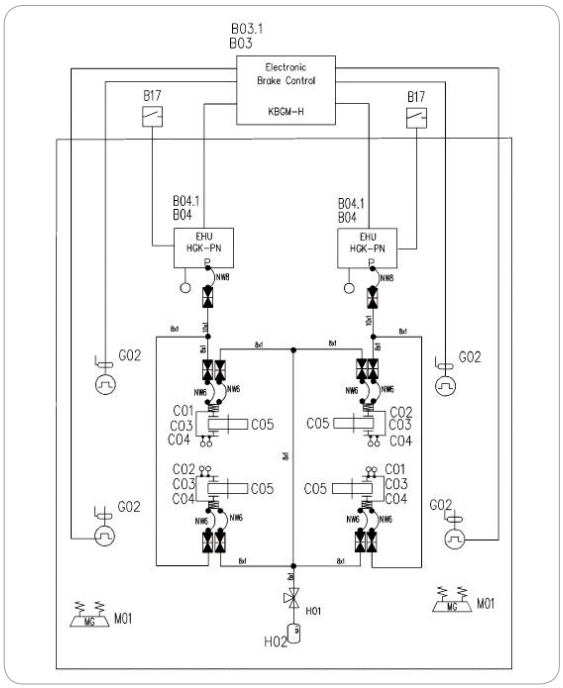
동력 대차에 설치되는 유압 제동장치는 다음과 같다.

- 입출력 신호를 제어하는 Micro Controller
- 유압 제동력을 생성하는 유압 제어장치
- 유압 캘리퍼
- 제동 디스크
- 제동 패드
- 트랙 브레이크
- 보조 제동용 정션 밸브
- 오일 탱크
- 속도 센서

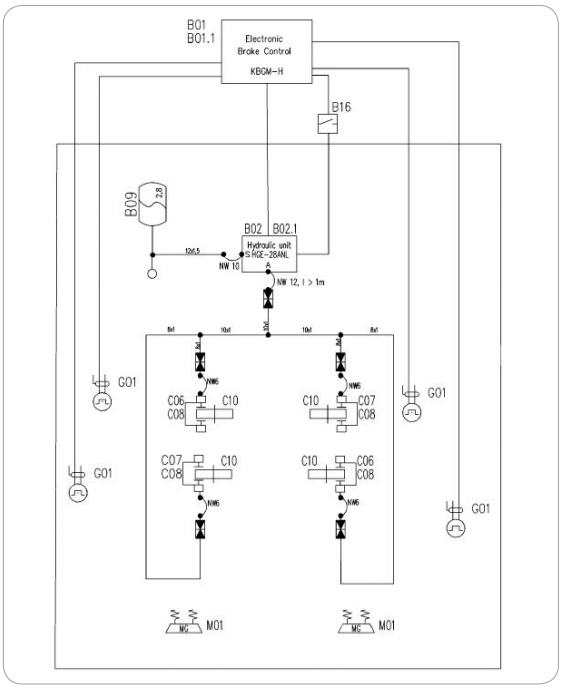
2) 부수 대차용

부수 대차용 구성은 다음과 같다.

- 입출력 신호를 제어하는 Micro Controller
- 유압 제동력을 생성하는 유압 제어장치



[그림 11-17] 동력 대차용 제동장치 구성



[그림 11-18] 부수 대차용 제동장치 구성

※ 자료 : "무가선 저상 트램 시스템 개발 연구 최종 요약 보고서", 2013. 05, 국토교통부

- 유압 캘리퍼
- 제동 디스크
- 제동 패드
- 트랙 브레이크
- 어큐뮬레이터
- 속도 센서

위의 그림은 각 동력 대차용[그림 3-16], 부수 대차용[그림 3-17] 유압 제동 시스템 Diagram이다.

11.3.7 노면전차 제동 시스템

(1) 개요

무가선 저상 트램에 적용된 제동 시스템은 고응답, 고성능의 마이크로프로세서 제어 제동 시스템이 적용되었다. 또한 유압 제동장치는 동력 대차와 객차 대차의 차륜에 설치되며, 제동 지령에 해당하는 제동력을 디스크나 제동 패드와 같은 마찰재(摩擦材) 사이에 마찰력을 생성하도록 구성되었다.

(2) 기호 및 약어

1) B : 제동 모드 (Braking Mode)
2) EB : 비상제동 (Emergency Brake)
3) HB : 정차제동 (Holding Brake)
4) SS : 속도 센서 (Speed Sensor)
5) ED : 전기제동 (Electro-dynamic)
6) EH : 유압제동 (Electro-hydraulic)
7) EHU : 유압 제어장치 (Electro-hydraulic unit)
8) HCM : 유압 제어 모듈 (Hydraulic Control Module)
9) EBCU : 전자 제동장치 (Electronic Brake Contol Unit)

(3) 상용제동

일반적으로 차량이 운행을 하는 동안 감속 또는 정지할 때는 요구된 감속 수준에 도달하려는 목적

으로 주로 전기제동을 이용하여 수행한다. 상용제동이 작용할 때는 동력 대차의 전기제동을 우선으로 사용하며, 제동력이 부족할 경우 부수 대차의 유압 제동력을 추가로 이용한다.

(4) 비상제동

비상제동은 승객이나 승무원, 그 이외 다른 인원의 안전을 최대화하는 목적이 가장 중요하다. 일반 승객과 승무원의 안전을 위해 적절하게 규정된 감속도 수준과 정의된 속도와 거리의 관계 안에서 움직이는 열차가 정지하도록 작용하는 것을 말한다.

1) 비상모드 1 : 운전자 경계 장치 또는 ATO에 의한 비상제동 체결
2) 비상모드 2 : 승객 경보에 의한 비상제동 체결
3) 비상모드 3 : 제동 제어기의 비상 위치를 통해 운전자 또는 ATP 시스템에 의한 비상제동 체결
4) 비상모드 4 : 제동 제어기와 분리된 별도 장치를 통해 권한을 부여받는 사람에 의한 비상제동 체결

비상제동 1, 2, 3, 4 모드에 해당하는 경우, 동력 대차의 전기제동과 객차 대차의 유압 제동은 자동으로 체결된다.

(5) 보안제동

상용제동과 비상제동보다 시스템 무결성을 더 높은 수준으로 달성하기 위해 설치한 제동으로 제동성능은 비상제동 또는 상용제동보다 낮게 설정되었다.

(6) 정차제동

역에서 정차하는 동안 차량을 정지 상태로 유지하거나 정차 후 출발할 E0 추진력이 충분히 도달하기 전에 선로에 경사가 있는 여건에서 차량이 뒤로 밀리는 Roll Back 현상을 방지하기 위해 사용한다. 동력 대차에 설치된 유압 제동장치를 이용하여 체결한다.

(7) 주차제동

주차제동은 에너지 공급이 없는 상태에서 차량을 장기간 정지 상태로 유지하고자 할 때 체결하는 제동이다. 주차제동은 동력 대차의 유압 제동장치를 이용하여 체결한다.

(8) 제동 시스템별 제동력

무가선 저상 트램에 적용된 각 제동 시스템별 제동력은 다음과 같다.

1) 상용제동(40, 70km/h)

[표 11-24] 상용제동 시 제동 거리

상용제동	속도(km/h)		비고
	40	70	
감속도(km/h/s)	3.7	3.9	Max : 3.5 km/h/s
감속도(m/s^2)	1.04	1.09	
제동 거리(m)	59	173	

2) 비상제동(40, 70km/h)

[표 11-25] 비상제동 시 제동 거리

비상제동	속도(km/h)		비고
	40	70	
감속도(km/h/s)	7.5	6.3	Max : 6.0 km/h/s
감속도(m/s^2)	2.09	1.76	
제동 거리(m)	30	108	

(9) MTB(Magnetic Track Brake)

노면전차는 일반 교통수단과 함께 운행하는 특성상 사고 및 이례 상황 발생 시, 전용 운행 구역으로 이동하는 일반 철도 차량보다 더욱 높은 감속도로 정지해야 한다. 이에 전자기력으로 레일을 흡착하여 비상 정차하는 방식의 트랙 브레이크(레일 흡착 제동)를 설치하였으며, 트랙 브레이크의 경우 감속도가 약 6.0km/h/s에 달한다.

[표 11-26] 트랙 브레이크 제동력

트랙 제동장치	속도(km/h)						비고
	20kph	25kph	40kph	50kph	60kph	70kph	
Coefficient	0.153	0.142	0.116	0.104	0.094	0.086	@64kN
Braking force	58,881N	54,554N	44,700N	39,895N	36,023N	32,837N	
Average deceleration	1.04	1.01	0.88	0.80	0.74	0.68	Load : EL 4 Unit : m/s2



[그림 11-19] MTB(Magnetic Track Brake)

※ 자료 : "Wirbelstrombremse aktiv"by Sebastian Terfloth CC BY 라이센스

☑ 핵심정리 >>>

1. 노면전차의 차량 종류는 팬터그래프를 이용한 ( ) 차량, 탑재된 배터리와 가선 급전 방식의 혼용이 가능한 ( ) 차량과 급전 설비를 지중에 매설하여 ( )을 이용하는 차량으로 분류할 수 있다.

2. ( )(Magnetic Track Brake, MTB)는 이례 상황 발생 시 신속한 비상 정차를 위하여 레일 흡착 제동을 하는 방식을 말하며, 트랙 브레이크의 최대 감속도는 6.0km/h/s에 달한다.

11.4 노면전차 신호 시스템

학습목표

- 해외 노면전차 운영 환경에 대해 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 시계 운전과 시계 운전 규정을 설명할 수 있다.
- 해외 노면전차 신호 시스템의 종류와 현황을 설명할 수 있다.
- 국내 노면전차 신호 설비 구성을 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 우선 신호 체계를 이해하고 설명할 수 있다.

[핵심용어]

혼용 노선, 전용 노선, 배타적 전용 노선, 평면교차, 입체교차, 시계 운전, 신호 시스템, ATP(Automatic Train Protection), ATS(Automatic Train Stop), 고정식 우선 신호, 능동식 우선 신호, Early Green, Green Extension, Phase Insert

11.4.1 노면전차 운전 및 신호 시스템 현황

(1) 해외 노면전차 운영 환경

1) 노면전차 운영 현황

해외 노면전차 노선은 하나의 노선에 현지 교통 상황과 도로 환경에 적합하도록 전용 노선을 기본으로 혼용 노선, 배타적 전용 노선이 함께 적용되어 있으며, 최근 구축되는 신규 노선들은 주로



혼용노선



전용노선



배타적 전용노선

[그림 11-20] 노면전차의 노선 방식

※ 자료 : "Tokyo Tram 8803" by Svetlov Artem CC BY 라이센스(배타적 전용노선)

전용 노선으로 구축되고 있는 추세이다.

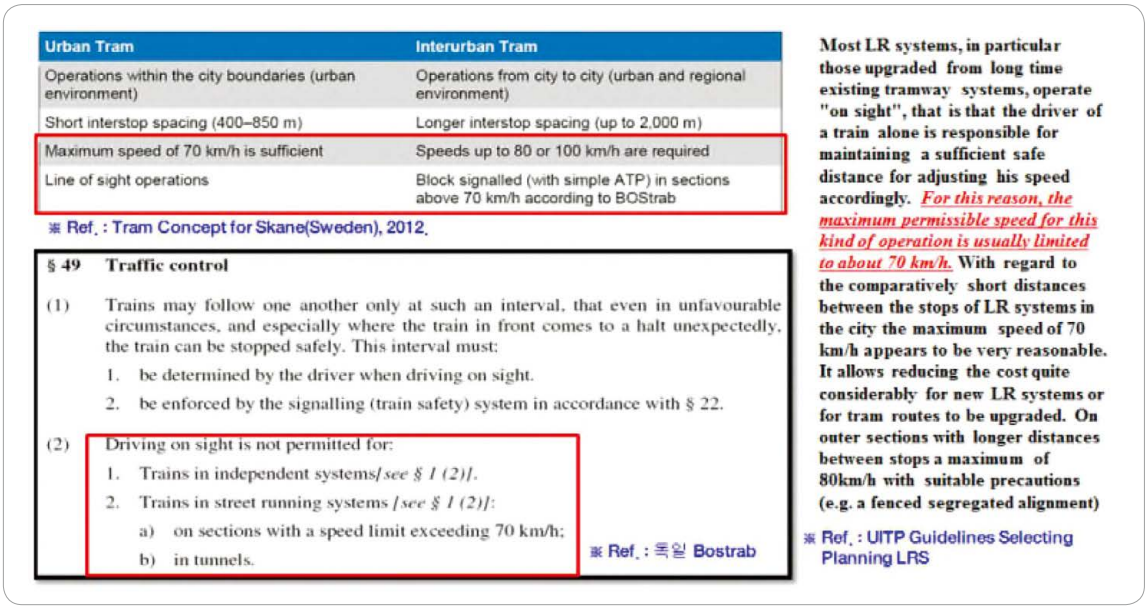
[표 11-27] 노면전차 운영 형태 분류

구분	사양		운전속도(km/h)	신호 시스템
	교차로	주행로		
혼용 노선 (Integrated on-street tram ways)	평면교차 (우선 신호 가능)	도로 교통 혼용	40 이하	– 시계 운전 – 노면전차 전용 신호등
전용 노선 (Dedicated Right of Way)	평면교차 (우선 신호 가능)	도로 교통 분리	40 이하(주행로) 20 이하(교차로)	– 시계 운전 – 노면전차 전용 신호등
배타적 전용 노선 (Exclusive Right of Way)	평면교차 (차단기 설치) 또는 입체교차	도로 교통 분리	70 이상	– 시계 운전 – 노면전차 전용 신호등

※ 자료 : "무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서", 2013, 국토교통부

2) 시계 운전 규정

해외 노면전차 운전은 전용 노선에서 운전자 책임하에 시계 운전(Drive on Sight)을 기본으로 하고 있다. 운전자는 육안으로 교차로 노면전차 신호 및 분기부 분기 신호를 준수하고, 전방 노면



Urban Tram	Interurban Tram
Operations within the city boundaries (urban environment)	Operations from city to city (urban and regional environment)
Short interstop spacing (400–850 m)	Longer interstop spacing (up to 2,000 m)
Maximum speed of 70 km/h is sufficient	Speeds up to 80 or 100 km/h are required
Line of sight operations	Block signalled (with simple ATP) in sections above 70 km/h according to BOStrab

※ Ref. : Tram Concept for Skane(Sweden), 2012.

§ 49 **Traffic control**

(1) Trains may follow one another only at such an interval, that even in unfavourable circumstances, and especially where the train in front comes to a halt unexpectedly, the train can be stopped safely. This interval must:

1. be determined by the driver when driving on sight.
2. be enforced by the signalling (train safety) system in accordance with § 22.

(2) Driving on sight is not permitted for:

1. Trains in independent systems *[see § 1 (2)]*.
2. Trains in street running systems *[see § 1 (2)]*:
   a) on sections with a speed limit exceeding 70 km/h;
   b) in tunnels.

※ Ref. : 독일 Bostrab

Most LR systems, in particular those upgraded from long time existing tramway systems, operate "on sight", that is that the driver of a train alone is responsible for maintaining a sufficient safe distance for adjusting his speed accordingly. *For this reason, the maximum permissible speed for this kind of operation is usually limited to about 70 km/h.* With regard to the comparatively short distances between the stops of LR systems in the city the maximum speed of 70 km/h appears to be very reasonable. It allows reducing the cost quite considerably for new LR systems or for tram routes to be upgraded. On outer sections with longer distances between stops a maximum of 80km/h with suitable precautions (e.g. a fenced segregated alignment)

※ Ref. : UITP Guidelines Selecting Planning LRS

[그림 11-21] 노면전차 시계 운전 제한속도 규정(독일 Bostrab 외)

※ 자료 : "무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서", 2013, 국토교통부

전차와의 간격을 유지할 책임이 있다. 따라서 대다수의 상용 노면전차 차량에는 노면전차 간 안전거리 확보 등의 도시철도에 필수적으로 설치되는 자동 방호 설비(ATP)가 별도로 갖추어져 있지 않다. 노면전차는 저속으로 운행되며 감속 성능이 도시철도보다 높기 때문에 자동차 운전과 같이 노면전차 운전자가 교통 환경 및 교차로 상황에 반응하여 충분히 운전이 가능하다.

독일 Bostrab(노면전차 운영 및 건설 규정)과 영국 ORR 규정에서는 터널이나 가시 확보가 어려운 구간을 제외하고는 노면전차가 최대 70[km/h]까지 운행할 수 있도록 규정하며 다른 유럽 국가들도 Bostrab을 준용하여 이를 적용하고 있다.

■ 상용감속도 : 1.3m/s^2, 비상감속도 : 2.8m/s^2

구분		최고속도(km/h)	상용감속도(m/s^2)	비상감속도(m/s^2)
알스톰	Citadis X 02	70	>1	>2.8
	Citadis X 03	80	>1	>2.8
안살도브레다	Sirio	80	1.3	2.8
	Sirio(Tram-Train)	100	1.3	2.8
봄바르디아	Flexity Outlook(북미용)	80	1.34	2.7
킨키샤료	ameriTram	80	1.3	2.3
지멘스	Avenue	80	1.2	2.8
	S70	88.5	1.34	2.25

※Ref. : Guideline of North American Application of Modern Streetcar Vehicles, 2011, 07

■ 제동거리(1.3m/s^2, 비상감속도 : 2.8m/s^2)

	10(km/h)	20(km/h)	30(km/h)	40(km/h)	50(km/h)	60(km/h)	70(km/h)
상용제동거리	3	12	27	48	74	107	145
비상제동거리	1.4	6	12	22	34	50	68

[그림 11-22] 해외 노면전차 감속도 성능 및 제동 거리

※ 자료 : "무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서", 2013, 국토교통부

(2) 해외 노면전차 신호 시스템 현황

프랑스, 독일, 스페인, 아일랜드 등 대부분의 노면전차 상용 노선은 전용 노선으로 운영되어 있으며, ATP(Automatic Train Protection), ATS(Automatic Train Stop) 등의 열차 간 안전거리 간격 유지를 위한 철도 신호는 사용되지 않고 있다.

타 차량 및 보행자의 간섭이 많은 노면전차의 도로 주행 환경에서 시스템의 운전 개입은 운전자의

운전을 혼란스럽게 할 수 있으며, 시스템에 대한 과도한 신뢰에 의해 운전 부주의 등의 문제가 발생될 수도 있다.

따라서 운전자 책임 아래 시계 운전에 의한 신호 준수, 보행자 및 차량 충돌 회피를 위한 예측 운전이 가능하고, 전방 트램에 대한 간격 유지도 시계 운전으로 가능하리라 판단되기 때문에 ATP 등의 철도 신호 적용에 대한 필요성은 대두되지 않고 있다.

[표 11-28] 해외 노면전차 신호 시스템 적용 사례

구분	노선	상용 운전 시기	노선 형태	ATP, ATS 적용 유무	운전 방식
프랑스	파리 T2	2012년 2012년	전용 노선	無	시계 운전
			배타적전용 노선	ATS 적용	신호 운전
	파리 T3a/T3b	2006년/2012년	전용 노선	無	시계 운전
	파리 T5	2013년	전용 노선	無	시계 운전
	파리 T7	2013년	전용 노선	無	시계 운전
	기타 뮐루즈, 니스 등	2006년~2010년	전용 노선	無	시계 운전
아일랜드	Luas 노선	2004년	전용 노선	無	시계 운전
스페인	마드리드	2007년	전용 노선	無 (1호선 지하 구간만 ATP 적용)	시계 운전
	바르셀로나	2007년	전용 노선	無	시계 운전
	사라고사	2013년	전용 노선	ATP에 의한 선로 제한속도 제한	시계 운전
독일	베를린 등	–	전용 노선	無	시계 운전

※ 자료 : "무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서", 2013, 국토교통부

해외 노면전차 신호의 기본 원칙은 운전자가 노면전차 노선에 장애물이 있을 경우 멈출 수 있어야 하며, 항상 주변 상황을 고려하여 노면전차의 속도를 제어해야 한다. 또한 교통 법령 및 제한속도 등의 주어진 지시에 따르며 신호등의 현시에 따라 운행한다.

여기에서 노면전차 신호 시스템은 교차로와 분기부에서 운전자 시계 내에서 안전 운전을 지원하는 시스템으로, 노면전차 도로 신호와 노면전차 철도 신호로 구분할 수 있다.

노면전차 도로 신호는 표정속도 보장을 위해 교차로 무정차 통과를 목표로 하며, 노면전차가 교차로 접근 시 도로 교통 제어기가 노면전차에 대하여 우선적으로 신호를 현시한다. 노면전차 철도 신

호는 분기부에서 관제 또는 운전자 요청에 의해 노면전차의 진로를 설정하거나 쇄정하여 상충된 진로 내 노면전차 간의 충돌을 방지한다.

11.4.2 노면전차 신호 설비 구성

(1) 도로교통 신호기 및 표지

1) 일반 사항

노면전차 도로 교통 신호기 및 표지는『노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙』에서 정한 신호기와 도로교통법에서 정하는 교통안전 표지, 교통신호기를 말하며, 하위 지침인『교통안전표지/교통신호기/교통 노면 표시 설치 · 관리 매뉴얼』을 준용하여야 한다.

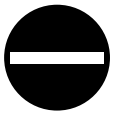
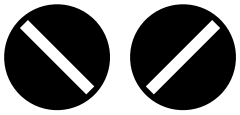
노면전차 전용 차로 및 전용 도로 설치 시 도로 구조 변경에 따른 운전자의 혼란 방지 및 주행성 · 안전성 확보를 위해 필요한 지점이나 구간에 교통안전 표지를 설치해야 한다. 노면전차 신호기-일반 신호기는 노면전차 선로 및 교차로 등에서 도로 및 노면전차 선로에서의 위험을 방지하고, 교통의 안전을 보장하고 통행 우선권을 노면전차에게 제공하도록 설치해야 한다. 교차로에 설치된 노면전차 우선 신호의 길이는 하나로 편성된 노면전차가 통과할 수 있도록 해야 한다.

2) "노면전차 신호기-일반 신호기 및 분기부 신호기"시설 설계 지침

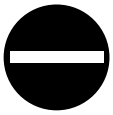
노면전차 전용 신호기는 노면전차가 운영되는 교차로, 단일로 횡단보도 등 기타 신호기가 필요한 곳에 설치되며, 신호기는 노면전차 운행 방향 우측에 지주등 종형으로 교차로 정지선 부근 또는 인접한 곳에 설치한다. 차량 신호등, 보행 신호등 등과 동일 지주에 설치할 수 있으나 가급적 별도의 지주에 설치하는 것을 권장한다.

황색 T자형 등은 노면전차의 우선 신호 정보를 제공하며, 우선 신호 요청 및 도로 교통에서 접수되어 우선 신호처리 정보를 제공한다. 설치 위치는 통과하는 교차로의 전방에 설치되며, 현장 여건에 따라 위치 변경은 가능하다. 단, 운전자가 쉽게 볼 수 있는 위치에 설치한다. 노면전차 신호등의 경우 시인성과 안전성을 고려하여 신호등의 높이를 3.5m~4m 이하로 설치하여야 한다. 선로 분기부에는 노면전차 진행 방향을 안내하는 분기부 신호기를 설치할 수 있다.

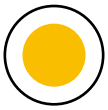
[표 11-29] 노면전차 신호의 종류, 명칭 및 의미

종류	명칭	의미
	황색 T자형	① 점등 : 진행신호(백색 세로 · 사선) 예고 ② 점멸 : 진행신호 임박 예고
	백색 가로 막대형	① 점등 : 정지신호 ② 점멸 : 정지선 · 횡단보도에 일시 정지한 후 다른 교통 또는 안전표지에 주의하며 진행
	백색 점형	① 점등 : 정지신호(백색 가로 막대형) 예고 ② 점멸 : 다른 교통 또는 안전표지에 주의
	백색 세로 막대형	노면전차 진행 신호
	백색 사선 막대형	기울어진 방향으로 좌 · 우회전 진행 신호

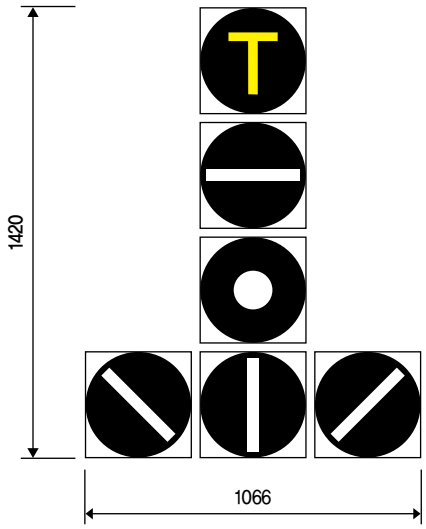
[표 11-30] 노면전차 신호기(노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 별표1)

일반 신호기					
모양	설명	의미	모양	설명	의미
	수평의 흰색 막대형 조명등	정지		왼쪽으로 기운 흰색 막대형 조명등	좌측 진행
	수직의 흰색 막대형 조명등	진행		초점형 흰색 막대형 조명등	정지 예고
	오른쪽으로 기운 흰색 막대형 조명등	우측 진행		노란색 T자형 조명등	출발 예고

[표 11-31] 노면전차 신호 표지(노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 별표1)

속도제한 표시기					
모양	설명	의미	모양	설명	의미
	다이아몬드 모양 흰색 바탕에 검은색 숫자	속도제한		최고 속도제한 표지 내 붉은색 사선	속도제한 해제
서행 신호 표지					
모양	**설명**	**의미**	**모양**	**설명**	**의미**
	삼각형 흰색 바탕에 검은색 삼각형	서행 운행 예고		흰색 바탕에 황색 원형	서행 운행
	흰색 바탕에 초록색 원형	서행 운행 해제			

[표 11-32] 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치 기준(도로교통법 시행규칙 제7조 제1항 관련)

구분	종류	만드는 방식(단위 : 밀리미터)	설치 기준
노면전차 신호등	종형 육구등		• 노면전차 전용 도로, 전용 차로에 설치한다.

11.4.3 우선 신호체계

중량 전철과 달리 타 교통수단과 동일 진로상에서 운행하는 노면전차의 특성상 자가용이나 버스에 비해 우선적으로 통행해야 할 필요성이 있다. 이에 따라 우선 신호 체계를 도입하였다. 가장 널리 쓰이는 우선 신호 방식은 고정식과 능동식이 있다.

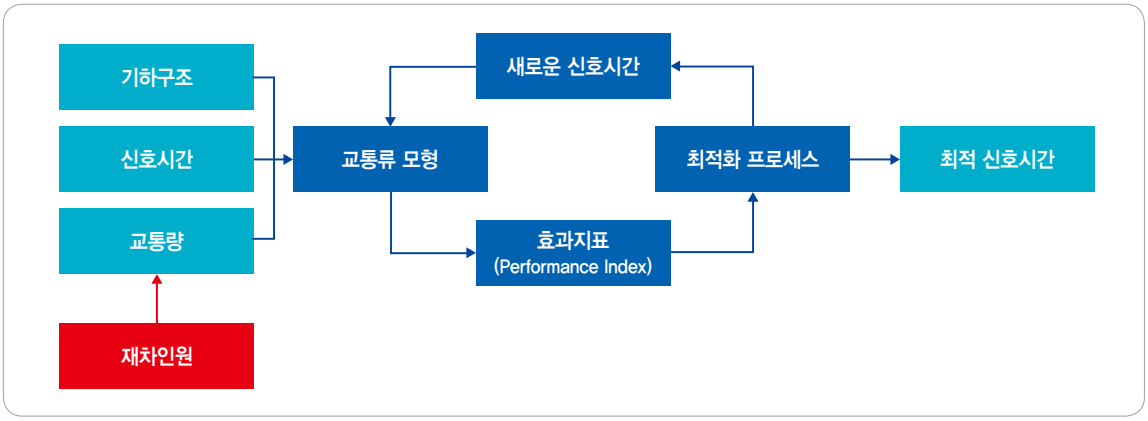
(1) 고정식 우선 신호

고정식 대중교통 우선 신호는 능동식 및 실시간 신호 제어와 결합한 형태의 우선 신호에서 요구하는 하드웨어 및 소프트웨어는 필요하지 않으며, 대중교통 검지 여부에 관계없이 운영된다. 고정식 우선 신호는 버스 교통량이 많고, 일반 교통량이 적은 상황, 교차로 간 간격이 짧고 승객 수요가 고정적일 때 우수한 효과가 예상된다. 고정식 우선 신호 방식에는 3가지 방식이 있다.

1) 사람당 지체 및 통과 인원수를 이용해 우선 현시에 가중치를 부여하는 방식

대중교통의 우선 처리를 위해서는 재차 인원을 고려해 차량의 지체가 아닌 사람당 지체를 최적화 과정에서 적용할 수 있다. 이때 지체와 더불어 차량의 통과교통량에 해당하는 통과 인원수를 최대화하는 등 대중교통의 특성을 반영한 신호 최적화가 가능하다.

Skabardonis와 Al-Mudhaffar는 지체와 정지 수 최소화를 목표로 하는 신호 최적화 도구인 TRANSYT-7F를 이용하여, 버스의 서비스 특성에 기반한 신호 최적화 결과를 도출한 바 있다. TRANSYT 모형의 목적함수는 지체와 정지 횟수를 기준으로 하며, 각각의 가중치를 고려하기 위



[그림 11-23] 재차 인원 기반의 고정식 우선 신호 방법 Diagram

※ 자료 : "트램 우선 신호 운영 기술 개발"정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

한 W 및 KW를 적용할 수 있다. 이때 버스 이동류(移動流)를 제어하는 현시에 대해 평균 재차 인원을 고려한 가중치를 적용하는 방식을 사용하였다.

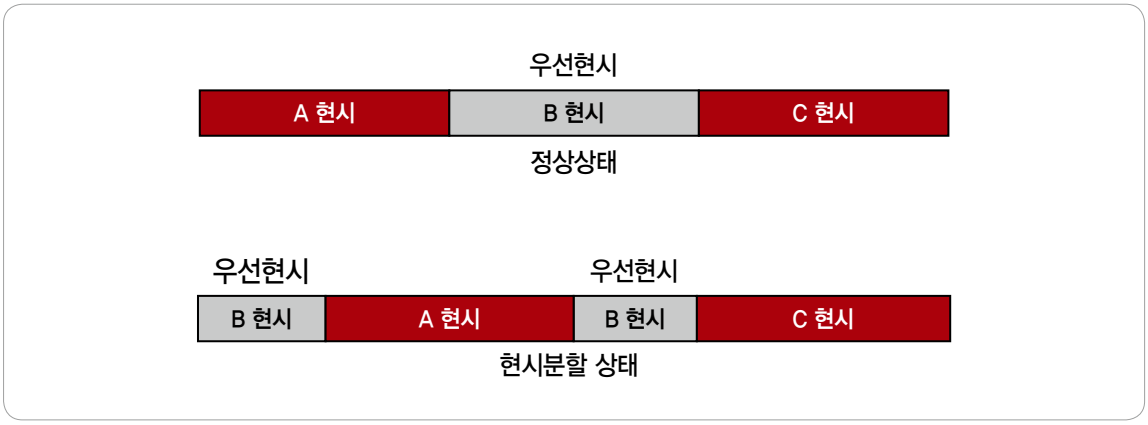
이러한 방식의 신호 시간 최적화 분석 결과 버스의 지체는 감소하나 일반 승용차의 지체는 증가하는 것을 관찰하였으며, 버스의 평균 재차 인원이 증가함에 따라 지체의 변동 폭 또는 민감도 또한 증가함을 확인하였다. 사람당 지체를 이용하는 또 다른 형태로 Kejun와 Ma는 차량 대수를 기준으로 하는 전통적인 신호 시간 산정 방식을 개선하여, 버스의 승객 수를 기준으로 하는 신호 시간 산정 방식을 제시하였다.

일반 차량 및 버스의 지체에 재차 인원 가중 평균을 산출하여 버스의 우선 처리를 위한 현시를 산정하였으며, 이를 능동식 우선 신호의 Early Green과 유사한 방식인 Pre-signal과 함께 분석하였다. 분석 결과 사람당 지체를 이용한 방식은 일반 차량당 지체를 이용한 방식 대비 주기 길이 변화에 둔감한 특성을 나타내었으며, 사람당 지체 감소+ 효과를 명확히 확인하였다.

이때 교통 수요에 따라 일시적으로 증가된 녹색 시간을 제공하는 방법인 Pre-Signal과 동시에 운영함으로써 더욱 우수한 버스의 지체 감소 효과를 확인하였다. 이와 같이 버스의 승객 수를 기준으로 재차 인원이 많은 대중교통 차량을 우선 처리하기 위한 기법으로 사람당 지체를 고려할 수 있다.

2) 대중교통을 위해 신호 시간을 조정하는 방식

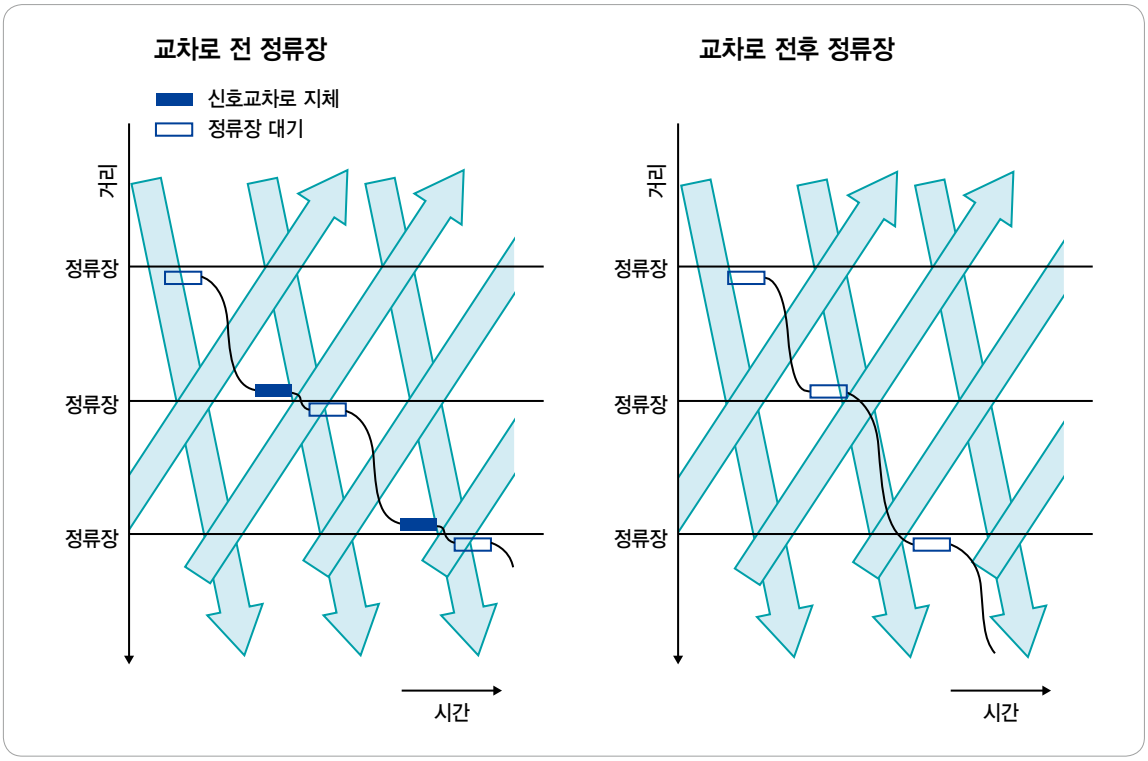
이 방식에는 주기 길이의 조정, 현시의 분할, 현시 길이의 확대, 일반 차량의 미터링 기법이 있다.



[그림 11-24] 현시 분할 기반의 고정식 우선 신호 방법 Diagram

※ 자료 : "트램 우선 신호 운영 기술 개발"정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

3) 정류장 정차 시간을 고려한 대중교통을 연동 대상으로 적용하는 방식



[그림 11-25] 교차로 위치 조정 방식의 고정식 우선 신호

※ 자료 : "트램 우선 신호 운영 기술 개발"정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

전통적인 신호 시간 계획에서 연동은 일반 차량만을 대상으로 이뤄져 왔다. 대중교통은 일반적으로 정류장 정차 시간으로 인해 승용차 중심의 연동 서비스에 포함되기 어려우며, 교차로와 정류장의 위치 등에 따라 우선 신호를 적용할 수 있다. 대중교통의 연동을 위해 신호 최적화 도구를 이용한 연구로서 Romeu는 버스의 연동을 위해 버스의 교차로 도착 확률 분포를 적용한 시뮬레이션 모형을 구축하였으며, 정규 분포를 가지는 정류장 정차 시간을 적용하여 버스 중심의 연동 계획을 수립할 수 있도록 하였다.

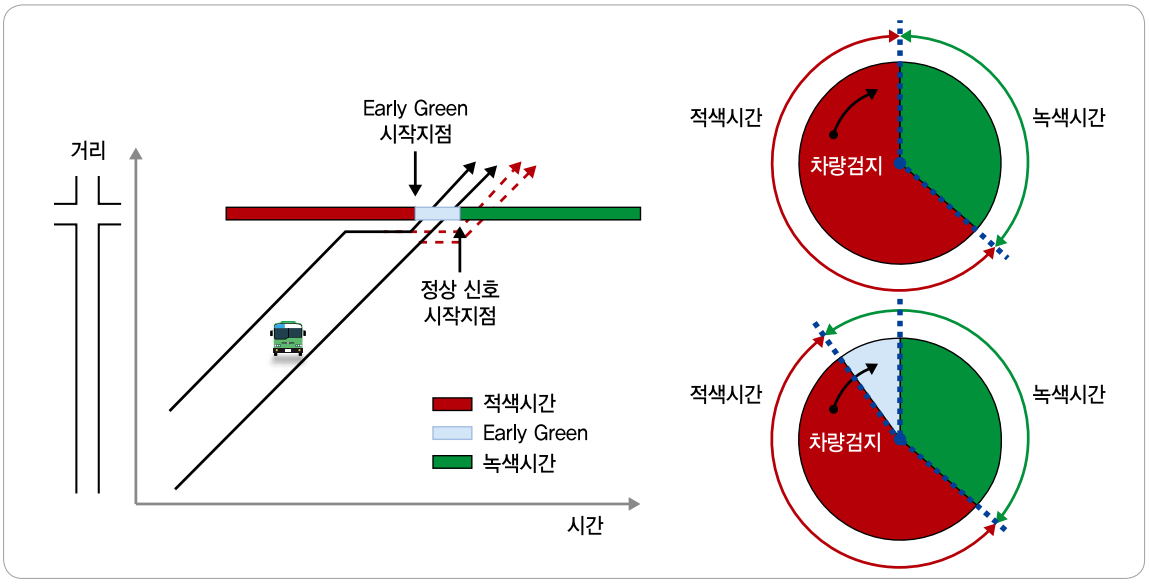
고정식 우선 신호 전략의 유형을 사람당 지체를 이용한 신호 시간 계획 기법, 대중교통 현시의 조정 기법, 대중교통의 연동 처리 기법으로 구분하여 고찰하였으며, 이들은 모두 대중교통의 지체를 최소화하기 위해 녹색 시간 동안 교차로의 통행권을 확보할 수 있도록 가능성을 증진시키는 방법들에 해당한다.

(2) 능동식 우선 신호

능동식 우선 신호는 검지 체계와 우선 현시 요청 Process를 이용하여 특정 차량에 한해 우선 현시를 제동하는 방법에 해당한다. 이는 실시간 위치 정보를 이용하여 대중교통이 교차로에서 최소한의 지체 시간을 보내기 위해 신호 시간을 조정하는 방법을 적용한다. 능동식 우선 신호 기법에는 Early Green, Green Extension, Phase Insert 기법이 가장 널리 적용되고 있다.

1) Early Green 기법

Early Green 기법은 대중교통이 교차로의 적색 신호에 도착하였을 경우, 비(非)우선 현시를 이용해 우선 현시를 정상 상태보다 일찍 시작하는 방법이다. 즉, 우선 신호 적용 대상 대중교통에 한해 기준이 된 적색 신호 시간을 줄이고, 녹색 시간을 기준 시간보다 일찍 적용하여 지체 시간을 줄여 주는 것을 말한다. 이 기법에서 우선 현시를 제공받는 대중교통 차량은 적색 시간이 감소한 길이와 동일한 크기로 통행 시간 및 지체가 감소하게 된다.



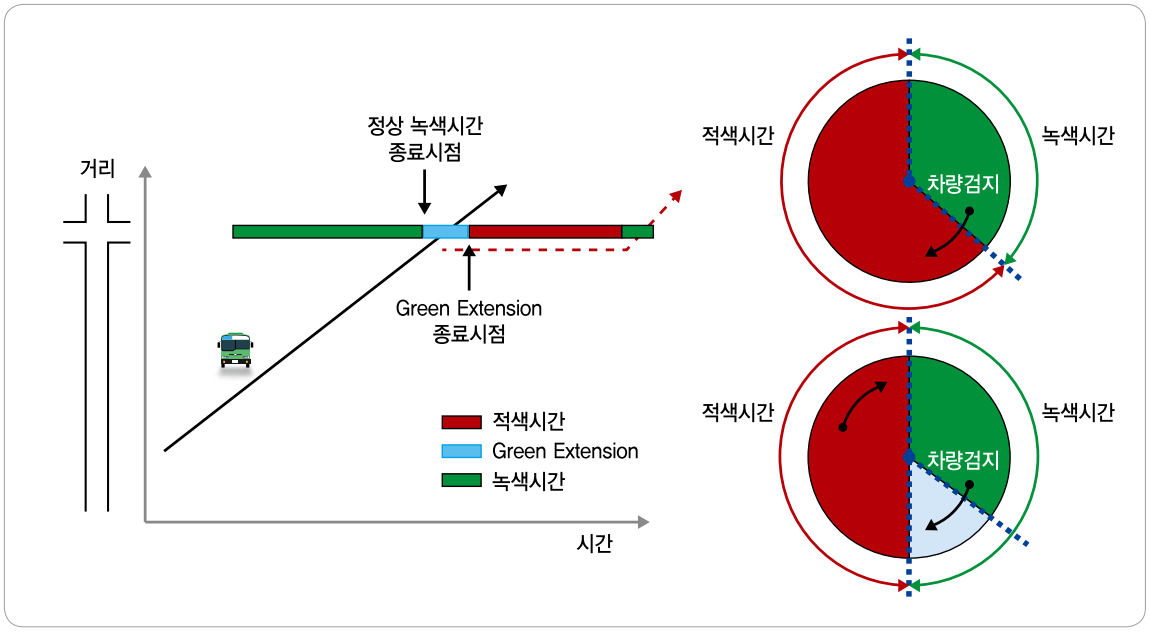
[그림 11-26] Early Green 기법의 우선 신호 전략도

※ 자료 : "트램 우선 신호 운영 기술 개발"정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

2) Green Extension 기법

Green Extension 전략은 대중교통이 해당 녹색 신호 시간 동안 교차로로 접근해 오고 있으나, 기준 녹색 신호 현시 시간 동안 통과가 불가능한 경우에 시행한다. 즉, 녹색 신호 시간이 끝나기

얼마 남지 않은 시점에서 우선 신호 적용 대상 대중교통이 교차로에 접근한 경우, 녹색 신호의 우선 현시를 연장하여 지체 없이 교차로를 통과할 수 있도록 한 기법이다. 만약 Green Extension 기법이 적용되지 않으면, 해당 대중교통은 적색 신호 시간 대부분에 해당하는 지체가 발생하게 된다. Green Extension 기법은 Early Green 기법 대비 지체 감소 효과가 우수하나, 발생 가능 시간대가 Early Green을 위한 차량 검지 시간대 대비 짧아서 발생 빈도는 Early Green이 상대적으로 높다.

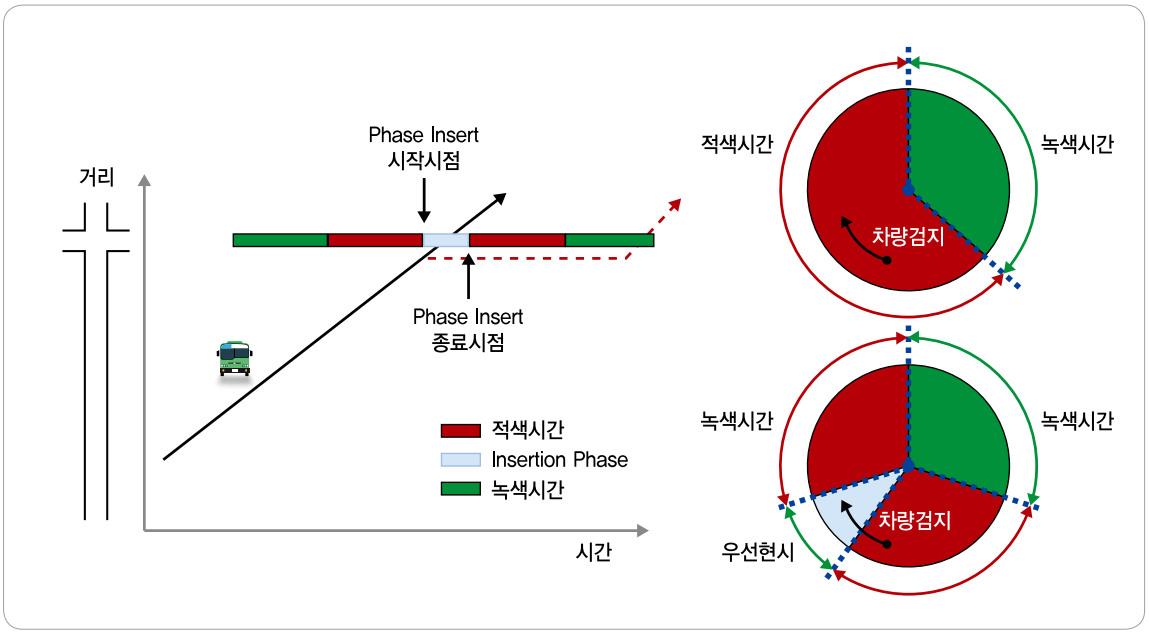


[그림 11-27] Green Extension 기법의 우선 신호 전략도

※ 자료 : "트램 우선 신호 운영 기술 개발"정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

3) Phase Insert 기법

Phase Insert 기법은 대중교통이 교차로 도착 시간에 삽입하는 방식을 말한다. 즉, 적색 시간 도중 우선 신호 대상 대중교통이 교차로에 도착한 경우, 적색 시간 중 한시적으로 대중교통 1~2대만이 통과가 가능하도록 짧은 시간만을 제공하는 것이다. 이 기법은 일반 차량에 미치는 영향을 가장 최소화할 수 있는 방법이며, 일반적으로 비우선 현시의 강제 종료를 이용하는 대중교통 우대 신호 전략에 해당한다.



[그림 11-28] Phase Insert 기법의 우선 신호 전략도

※ 자료 : "트램 우선 신호 운영 기술 개발"정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

☑ 핵심정리

1. 최근 구축되는 해외 트램 노선은 하나의 노선에 현지 교통 상황과 도로 환경에 적합하도록 전용 노선으로 구축되고 있는 추세이다.
2. 해외 노면전차는 주로 전용 노선에서 운전자 책임하에 ( )으로 운행된다.
3. 노면전차의 정시성 확보를 위해 사용되는 능동식 우선 신호 기법에는 ( ), ( ), ( )가 가장 널리 적용되고 있다.

11.5 노면전차 기타 장치

학습목표

- 노면전차 TCMS(열차 종합 제어장치)를 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 ICCP(종합 방송 제어장치)를 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 출입문 장치의 종류를 이해하고 특징 및 기능을 설명할 수 있다.

[핵심용어]

TCMS(열차 종합 제어장치), ICCP(종합 방송 제어장치), 출입문 장치

11.5.1 TCMS(열차 종합 제어장치)

열차 종합 제어장치(TCMS)는 차량의 상태 및 고장을 감시하여 운전자 화면에 현시 및 기록하며 차량의 원활한 운행을 위해 서비스 및 전기장치의 제어를 담당한다.

(1) TCMS의 주요 기능

1) 차량의 주요 기능 제어

- ATC/ATO/TWC 신호 기기를 직접 제어해 신호를 수신하고 판단하여 추진 제어 기기에 역행/제동 지령을 전송할 수 있으며, 이를 운전 사용 모니터와 신호 기기에 현시하는 기능
- 팬터그래프, VVVF, 보조 전원 장치, 차단기, CM, 축전지, 제동장치 등 각종 전기기기를 실시간으로 감시, 제어하여 모니터에 현시하며, 고장 시 자동으로 기기를 차단 및 백업을 실시하며, 이를 검수용 메모리 장치에 기록하는 기능
- 출입문, 형광등, 방송 장치, 냉난방 기기 등 각종 서비스 기기를 실시간으로 감시, 제어하고 모니터에 현시하며, 고장 시 해당 기기를 자동으로 차단 및 백업하며 이를 검수용 메모리 장치에 기록하는 기능

2) 자동 점검 및 운행 기록

- 차량의 출고 시 기동 및 출고 점검을 자동으로 실시해 결과를 모니터에 현시하고, 검수용 메모리에 기록하며 일상 점검, 월상 점검 등 검수원의 지시하에 자동으로 실시 가능
- 차량의 운행 내용, 속도, 승차율, 주행거리, 사고 기록 등을 자동으로 검수용 메모리 장치에 기록

• 차량의 시운전 시 시운전 정보 수집용 컴퓨터를 연결해 열차의 성능, 시운전 정보 등을 기록 가능

(2) TCMS 시스템 구성

TCMS는 CCU(Central Control Unit), MVB_IO(Multi-function Vehicle Input Ouput), DU(Display Unit)으로 구성되어 있다.

양쪽 운전실에 CCU가 장착되어 있으며, 한쪽의 CCU에 문제가 발생 시, 다른 쪽 운전실의 CCU에서 제어권을 가지는 이중구조로 구성되어 있으며, Network 역시 이중으로 구성되어 있어, 한쪽의 Network가 고장일지라도 다른 쪽에서 정보 전송이 지속적으로 이루어지도록 되어 있다.

1) CCU(Central Control Unit) 제원

[표 11-33] CCU(Central Control Unit) 제원

구분	사양	비고
CPU	MPC 860 (32bit)	
Flash Memory	32Mbyte (flash type)	
RAM	32Mbyte (SDRAM)	
주위 온도	-25℃~70℃	
입력 전원	DC 24V	
Digital Input	40Ch	
Digital Output	16Ch	
MVB	2Ch	
RS-485	4Ch	

2) MVB_IO(Multi-function Vehicle Bus Input Output) 제원

[표 11-34] MVB_IO(Multi-function Vehicle Bus Input Output) 제원

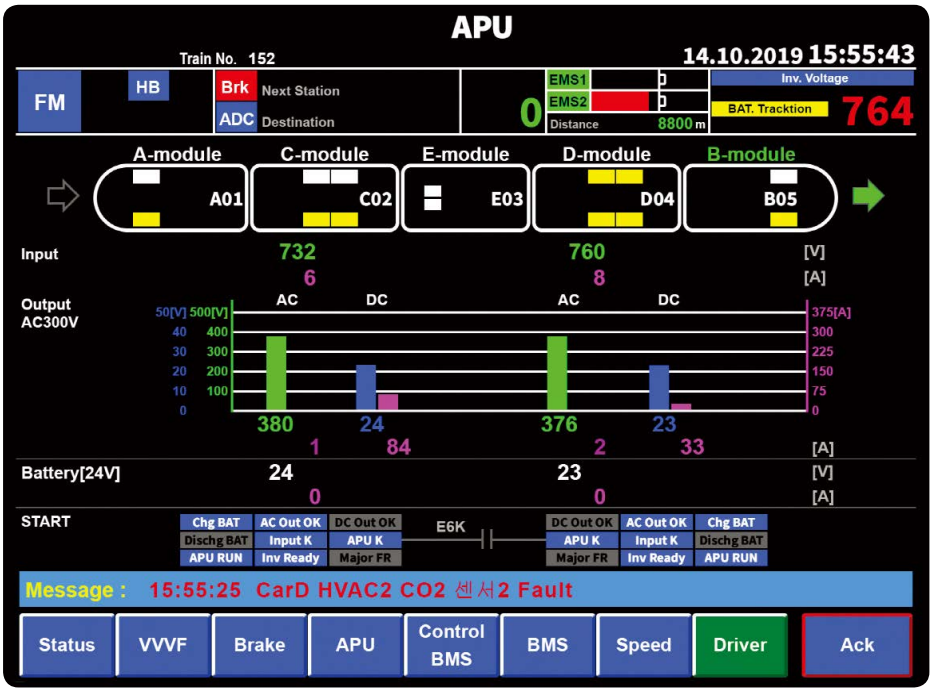
구분	사양	비고
입력 전원	DC 24V	
출력 전원	5V, 15A	
주위 온도	-25℃ ~ 70℃	
입력	DI - 20Ch / DO - 4Ch	
	AI - 3Ch (0~10Vdc)	
MVB	2Ch	
RS-485	1Ch	

3) DU(Display Unit) 제원

[표 11-35] DU(Display Unit) 제원

구분	사양	비고
입력 전원	DC 24V	
형 식	10.4Inch, TFT-LCD Color Display	
	Touch-Screen	
해상도	800*600Pixel	
Supporting Color	High Color, 18Bit(262,144 Colors)	
밝기	400cd/㎡	
CPU	650MHz 이상, 32bit Pentium M	
주 메모리	512MByte SRAM 이상	
HDD	2MByte, Compact flash	
동작 온도	-25℃~70℃	

4) 노면전차 TCMS 예시 화면



[그림 11-29] APU TCMS

11.5.2 ICCP(종합 방송 제어장치)

노면전차의 종합 방송 제어장치 ICCP는 차상에 설치되는 Network를 통해 차상 방송 장치, 승객 안내 표시 장치, 실내/외 감시 카메라 및 현시 장치의 기능 중 운전자 혹은 유지 보수자가 설정하는 기능의 내용을 제공하는 장치이다. 또한 안내 방송 제어부와 연동하여 운전 마이크 조립체를 통한 수동 방송하는 기능과 자동 방송을 수정 및 제어하는 기능이 있으며, 안내 표시 제어부와 연동하여 LCD 승객 행선 표시기, LED 행선 표시기 등을 수동으로 설정하는 제어 기능이 있다.

(1) ICCP 구성

1) 안내 방송 제어부(PACU)

- TCMS의 운전 정보에 따라 승객에게 안내 방송을 자동으로 하며, 자동 방송, 수동 방송, 비상 인터폰 등 음성별로 방송 우선순위를 정하여 방송하는 기능을 한다.
- 기본적으로 TCMS로부터 전송된 운전 정보를 승객 안내 표시 장치와 실내/외 감시 카메라 및 현시 장치에 전달할 수 있다.

2) 운전실 방송 증폭부(DAU)

- 전/후방 운전실에 안내 방송이 가능하도록 안내 방송 제어부로부터 온 Audio 신호를 증폭하여 운전실에 설치된 운전실 스피커(DSP)에 전달한다.

3) 객실 방송 증폭부(SAU)

- 각 차량 객실에 안내 방송이 가능하도록 안내 방송 제어부로부터 온 Audio 신호를 증폭하여 각 차량 객실에 설치된 객실 스피커(SSP)에 전달한다.

4) 차 외 방송 증폭부(EAU)

- 승강장에 있는 승객에게 안내 방송을 위해 안내 방송 제어부로부터 온 Audio 신호를 증폭해 차량 외부에 설치된 차 외 스피커(ESP)에 전달한다.

5) 운전 차량 장비 RACK

- 운전 차량 장비 RACK은 승객 안내 LCD, 전면 행선 LED, 승객 안내 LED를 통해 행선지, 역 정보 및 주변 정보, 그리고 공공 정보를 표출하도록 제어하는 PID CU와 실내부 카메라,

차 외 측면 카메라, 차내 전면 카메라에 전송된 영상 화면을 저장하고 ICCP에 운전자의 조작에 따라 현시하도록 제어하는 CCTV CU로 구성

6) 운전 차량 객실 장비 RACK

• 운전실에 설치되는 장비 RACK으로 운전 차량 객실 장비 RACK은 PU, EAU, SHU가 기본으로 구성되며 PACU, DAU, SAU 장착되는 장비 RACK이다.

7) 객실 차량 장비 RACK

• 객실에 설치되는 장비 RACK으로 PU, PACU, SAU, SHU 유닛으로 이루어진다.

8) 안내 표시 제어부(PIDS CU)

• 안내 방송 제어부와 연동하여 승객 안내 LCD, 전면 행선 LED, 승객 안내 LED를 통해 행선지, 역 정보 및 주변 정보, 공공 정보를 표출하도록 제어하는 장치

① 승객 안내 LCD

E Module 차량에 설치되며, 주변 역 정보, 공익광고 및 홍보, 노선 안내도 등을 승객에게 표시

② 전면 행선 LED

A 및 B 차량 전면에 설치되며, 행선지 정보를 차량 진입 시 외부 승객에게 제공

③ 승객 안내 LED

각 객실 차량에 설치되어 내부 승객에게 행선지 정보를 제공

9) 실내/외 감시 카메라/현시 장치

• 객실 내부 및 외부에 카메라를 설치하여 기관사가 승객들의 상황과 승하차 시 안전 확보를 위해 기관실에 설치된 모니터를 통해 감시

① 감시 카메라 제어부(CCTV CU)

객실 내부 카메라, 차 외 측면 카메라, 차내 전면 카메라에 전송된 영상 화면을 저장하고, 통합통신 제어반(ICCP)에 운전자의 조작에 따라 현시하도록 제어하는 기능을 한다.

② 객실 내부 카메라(SI CAM)

운전원이 객실 내부에 있는 승객들의 상황을 감시하여 예기치 못하는 상황에 대해서 대응할 수 있도록 한다.

③ 차 외 측면 카메라(ES CAM)

트램이 정차하고 있을 때 출입구를 통해 승객이 승하차하는 상황을 감시하도록 하는 장치

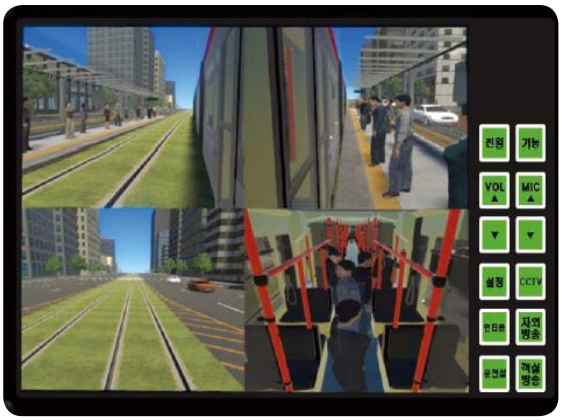
④ 차내 전면 카메라(IF CAM)

저상 트램의 전면에 설치되어 운전원이 트램 진행 시 트램 전면 상황을 감시하여 예기치 못하는 상황을 인식하도록 한다.

(2) ICCP 구성 장치의 제원

[표 11-36] ICCP 구성 장치의 제원

구분	사양	비고
LCD 크기	10.1Inch (Touch Screen)	
해상도	1024*768	
Port	Video Input (VGA) / DATA 입출력 (D-SUB)	
스위치	조광식 LED 스위치	
MIC	콘덴서 타입	
Power	DC 24V	





[그림 11-30] 오송 시험선 ICCP 장치

11.5.3 출입문 장치

현재까지 일반적으로 철도 차량에서 사용해왔던 출입문 방식은 압축공기를 이용해 Door Engine에 공기 밸브를 통해 공급하여 급기/배기 작용을 통해 출입문 개문/폐문 취급을 하였다. 그러나 최근에는 압축공기 이용 방식의 공기식 출입문 장치는 사라지고, 전자식으로 변화해가는 추세이다. 현

재 시험선에서 운영 중인 하이브리드 방식 저상 트램 역시 전자식 출입문 장치를 도입하였다.

(1) 출입문 장치의 구분

저상 트램의 설치된 출입문 장치는 크게 운전실 쪽 차량에 취부 된 Single Riff Type 출입문과 일반 객실 차량에 취부 된 Double Riff Type으로 구분할 수 있다.

1) Single Riff Type 출입문

Single Riff Type 출입문 장치는 출입문을 조작하는 Door Engine, Door Panel, DCU(Door Contol Unit)으로 구성되어 있다. DCU에는 DCU Master, DCU Slave로 구분하여 해당 출입문 Door Engine 고장으로 인한 개폐가 불가능한 경우, 다른 쪽의 DCU가 By-Pass 회로를 통해 해당 출입문의 Door Engine을 거치지 않고 출입문 개폐가 가능하도록 하였다.



[그림 11-31] 오송 시험선 Single Riff Type 출입문 장치

① Single Riff Door Engine

- 도어 형식 : Plug-in Sliding
- 구동 방식 : Screw-nut
- 구동 모터 : DC 18V Motor
- 잠금장치 : 전자 브레이크
- 해제 장치 : 레버 및 링크 구조
- 제어 폭 : 2,117.5mm(H)*920.0mm(W)

② Single Riff DCU(Door Control Unit)

- 작동 전압 : DC 24V
- Controller : 50MHz 32bit
- 입출력 제어 방식 : Digital
- Motor 제어 : PWM 방식

2) Double Riff Type 출입문

Double Riff Type 출입문 장치 역시 구성은 Single Riff Type과 동일하게 Door Engine, Door Panel, DCU로 구성되어 있으며, Single Riff와 Double Riff 출입문 모두 하단에 장애우 승차용 발판을 설치하여 승차 편의성을 높였다.



[그림 11-32] 오송 시험선 Double Riff Type 출입문 장치

① Double Riff Door Engine

- 도어 형식 : Plug-in Sliding
- 구동 방식 : Screw-nut
- 구동 모터 : DC 18V Motor
- 잠금장치 : 전자브레이크
- 해제 장치 : 레버 및 링크 구조
- 제어 폭 : 2,117.5mm(H)*1,300mm(W)

② Double Riff DCU(Door Control Unit)

- 작동 전압 : DC 24V
- Controller : 50MHz 32bit
- 입출력 제어 : Digital
- Motor 제어 : PWM 방식

(2) DCU(Door Control Unit)의 기능

1) 비상 핸들 작동

행 중 비상 상황 발생 시 기관사 또는 승무원이 출입문 취급을 할 수 없는 경우, 혹은 임의로 승객이 출입문을 취급하고자 할 때 각 출입문에 비상 핸들 조작으로 출입문을 열 수 있는 기능

2) Isolation S/W

출입문의 비정상적인 동작이나 고장으로 인해 출입문 개폐가 불가능한 경우나 차량과 출입문 간 신호 이상으로 인한 고장 발생 시, 출입문 신호의 By-Pass를 위해 DCU의 Isolation Switch를

취급하면 해당 출입문에 고장 신호가 있으나 신호를 다음 DCU로 넘겨 고장 출입문을 제외한 모든 출입문은 정상 동작하도록 하는 기능

3) 고장 메시지 출력 기능

차량 운행 시 발생하는 모든 고장을 실시간으로 TCMS와 DCU 간의 통신을 통해 TCMS로 전송하며, 고장 시 DCU 7 Segment를 통해 코드화 된 메시지로 출력하여 손쉽고 빠른 조치가 이뤄질 수 있도록 하였다. 또한 TCMS 화면상에 고장 메시지를 현시함으로써 기관사가 고장을 판단할 수 있도록 하는 기능

☑ 핵심정리 >>>

1. ( )(TCMS)는 차량의 상태 및 고장을 감시하여 운전자 화면에 현시 및 기록하며, 원활한 운행을 위해 서비스 및 전기장치의 제어를 담당한다.
2. ( )(ICCP)는 노면전차에 설치되는 Network를 통해 차상 방송 장치, 승객 안내 표시 장치, 실내/외 감시 카메라 및 현시 장치의 기능 중 운전자 혹은 유지 보수자가 설정하는 기능의 내용을 제공하는 장치이다.
3. 노면전차의 출입문 장치는 개폐 방식에 따라 ( )과 ( )으로 구분되고, 출입문의 형태에 따라 Single Riff Type과 Double Riff Type으로 구분할 수 있다.

집필위원

권태삼(송원대학교), 김응록(송원대학교), 김호연(송원대학교),
박민규(동양대학교), 송상일(한국철도공사), 신규철(매플렉스),
심규식(부원전기), 이규(한국철도공사), 이광희(안세기술),
인태명(한국철도공사), 전준표(서울시메트로9호선)

검토위원

김창배(우송대학교), 이찬봉(우송대학교), 한길수(한국철도공사)

기획 및 관리

국토교통부

강희업(철도안전정책관), 임종일(철도안전정책과장), 류윤하(철도안전정책과),
심정찬(철도안전정책과), 박재흥(철도안전정책과)

한국교통안전공단

엄득종(철도안전실실장), 이지웅(철도안전처처장), 김재학(철도안전처팀장),
김재성(철도안전처)

편집 및 디자인

도서출판 **성진문화**

주소 | 서울특별시 영등포구 당산로41길 11 당산 SK V1 Center W동 430호

TEL | 02-2272-4641 **FAX** | 02-2272-4643

출판등록 | 2007년 9월 20일 제 2015-000120호

ISBN 978-89-85682-55-8 15530

제2종 철도차량운전면허 표준교재 **도시철도 시스템 일반**

발행일 | 2020년 12월 7일

발행처 | 국토교통부 철도안전정책과



제2종 철도차량운전면허 표준교재

도시철도 시스템 일반

국토교통부

비매품/무료
15530
9 788985 682558
ISBN 978-89-85682-55-8 (PDF)