

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 습득 → 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 신체(적성)검사 : 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) 역측 운전이 사고 발생의 원인이 된다는 것을 명심하여야 한다.
- (7) 규정의 준수와 지시의 실천이 안전 운행 확보의 지름길임을 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 알코올농도 0.01% ~ 0.03% 미만인 경우 1회 경고, 2회 경징계, 3회 중징계, 알코올농도 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 재 실시하여 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 담당자는 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) MCB S/W ON 취급 MCB 투입
- 8) MCB ON등 점등 후 공기압력(MR)이 정상이 될 때까지 대기한 후, 압력이 형성되면 제동핸들을 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 제어핸들 OFF 후 공전 현상이 멈추면 동력 제어핸들을 1단부터 순차적으로 투입한다.
- ② 약 10km/h 속도에서 동력 제어핸들 2단 투입
- ③ 2단 투입 후 약 30km/h 속도에서 동력 제어핸들 3단 투입
- ④ 3단 투입 후 약 50km/h 속도에서 동력 제어핸들 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 제동핸들을 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

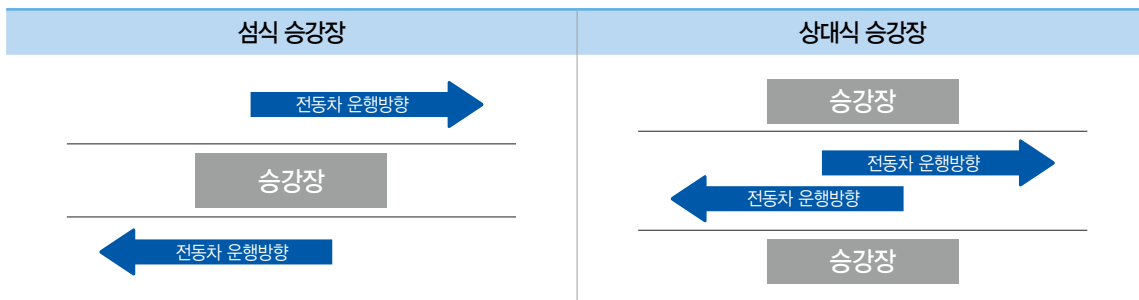
승강장 사이에 본선이 위치한 형태로 한 방향의 열차에 승차가 가능하며, 상 · 하행선 수요가 비슷할 때 유리한 승강장이다.

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



☑ 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

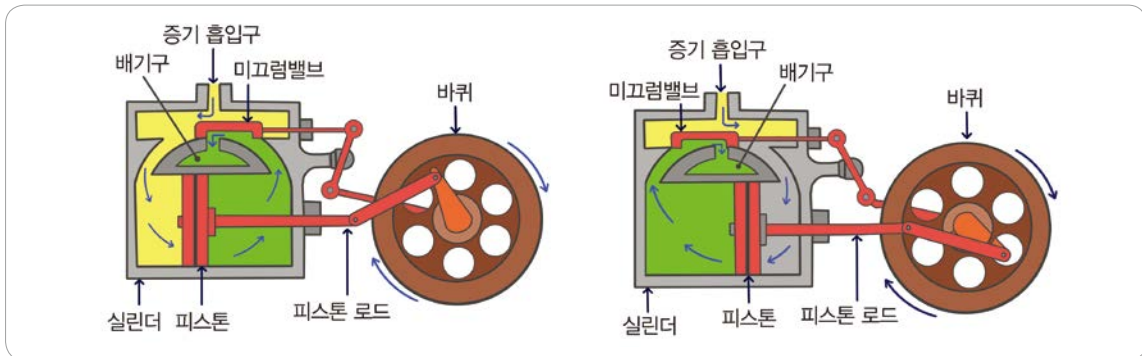
제임스 와트(James Watt)가 증기의 힘으로 피스톤이 회전운동을 하는 증기기관을 1765년에 만들었다. 그 후 1804년 리처드 트레비딕(Richard Trevithick)이 펜-이-다렌(Pen-y-darren)이라는 이름의 증기기관차를 최초로 만든 것을 시초로, 증기기관차와 함께 철도의 역사가 시작되었다.

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 로드(rod)가 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

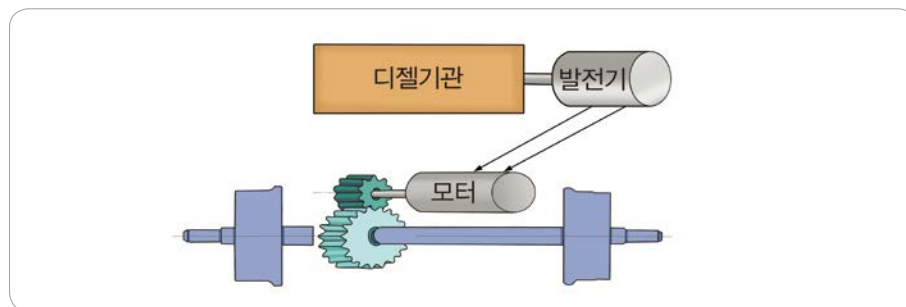
디젤기관차는 1900년대에 들어 증기기관차의 성능에 한계가 명백해짐에 따라, 이것을 개선하기 위해 개발되었다. 초기에는 가솔린 기관차가 많았으나, 열효율이 높은 경유를 사용하는 디젤기관이 발달됨에 따라 디젤기관차가 그 주류를 이루었다.

한국에서는 1950년 6·25전쟁이 발발한 직후 UN군에 의해서 운행되었으며, 휴전 직전까지 50여량의 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 부산공작장 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

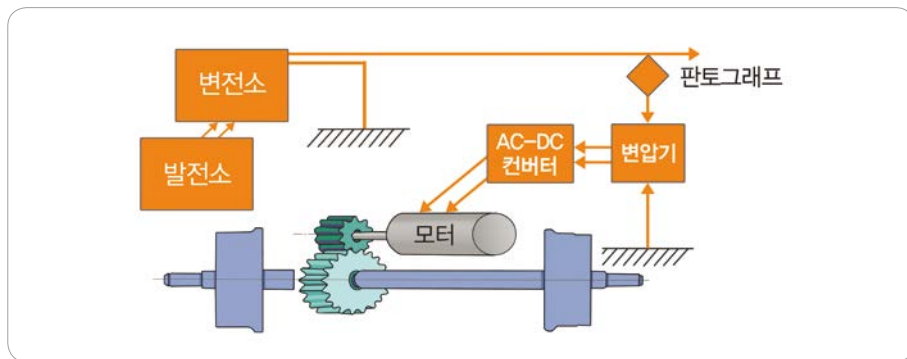
(1) 개요

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 구매가 심한 영동선, 태백선 등을 우선 전철화하였다. 당시 철도청은 프랑스 알스톰사에서 8000호대를 도입해 본격적인 전기기관차 운영을 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 발생한 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 발생하는 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~30,000명/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) 노면전차(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(Tramway)

(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.

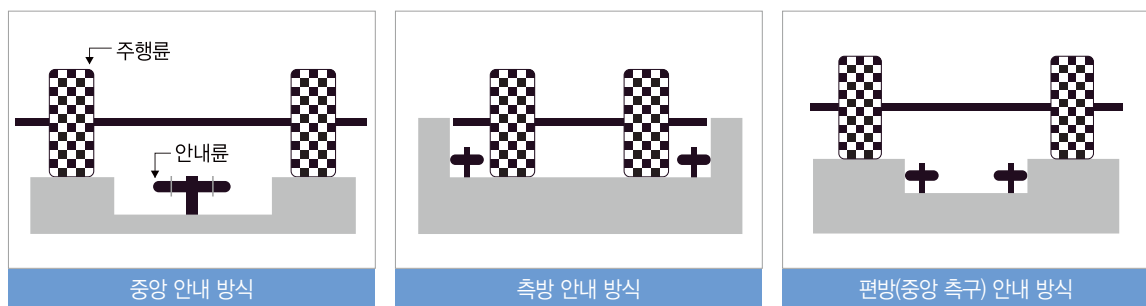
(3) AGT(Automated Guideway Transit)의 구조

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 가이드레일이 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.

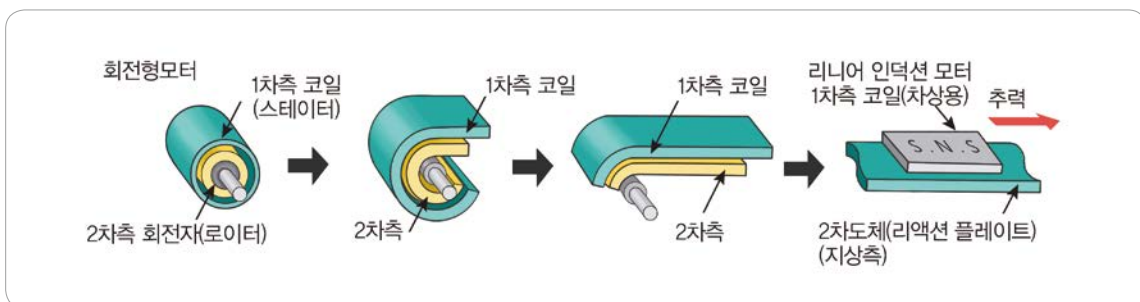


[그림 4-6] 경전철

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 떼 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

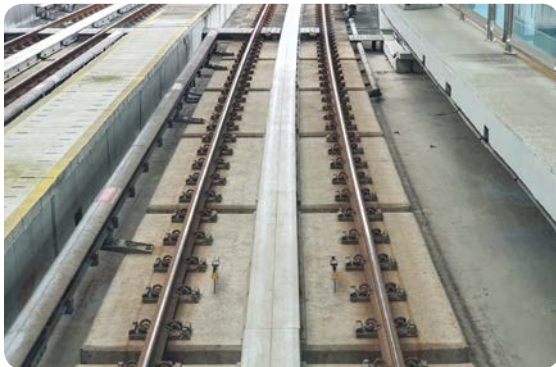
(2) 리니어 지하철의 성능

- 1) 승객 정원 : 50~130명/량
- 2) 차량 편성 : 2~6명
- 3) 수송 능력 : 25,000~30,000명/h
- 4) 차륜 형태 : 소형, 철제

- 5) 최고 속도 : 80~90km/h
- 6) 최고 급기율기 : 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) 급기율기 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

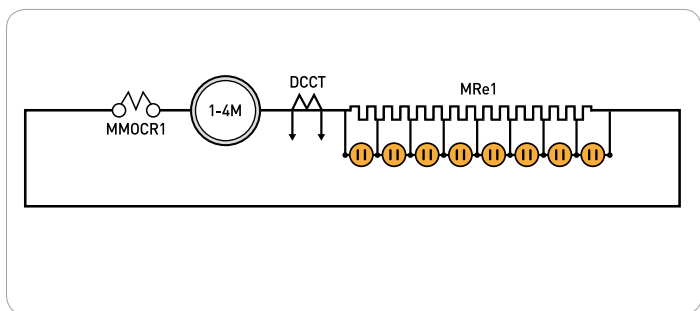
☑ 중량 전철의 종류와 특징을 이해할 수 있다.

[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 저항 제어 및 직병렬 제어를 통하여 최고 속도 110km/h로 주행할 수 있다. 제동 방식은 발전제동과 전자 직통제동(SELD : Straight Electronics Load Dynamics)으로 구성되어 있다.

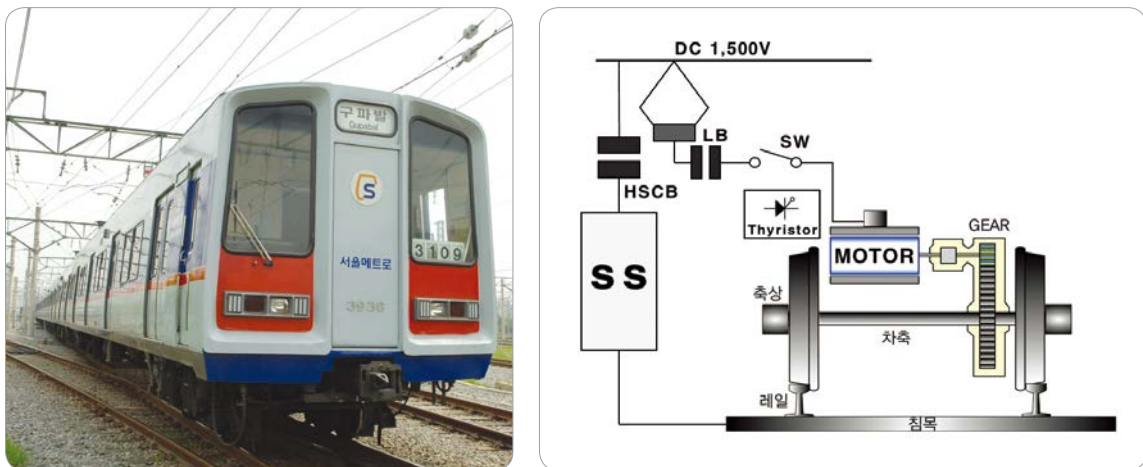


[그림 4-10] AD 저항 제어차

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.



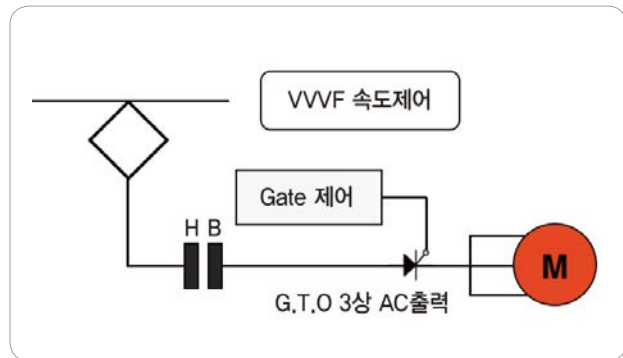
[그림 4-11] DC 전용 초퍼 제어차

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 TCMS를 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

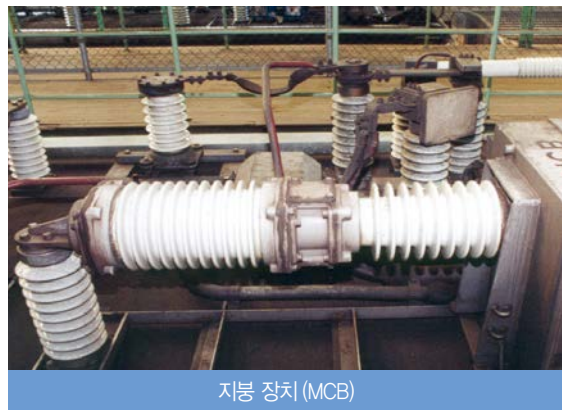
[그림 4-13] AC전용 VVVF 전동차

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

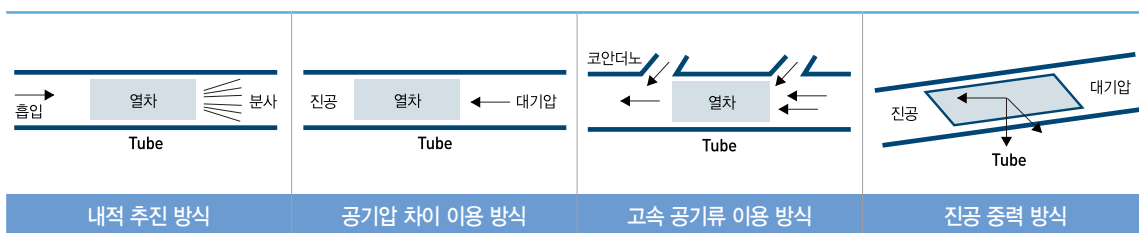
(2) 추진 방식

- 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 감지하여 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 횡가속도를 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 0.08 g 을 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 라이선스(좌), Double Stacks In Claremore® by Doug Wertman CC BY 라이선스(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.