

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 유틱 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, trolley, streetcar)

노면전차에 대한 정의는 대표적으로 도시의 도심지와 외곽 지역, 또는 특정 지역 내에서 도로 교통 수단과 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 이끌어낸다. 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 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 군현역, 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, VVVVF 인버터 방식을 사용하고 있다.

최근 2019년 10월 8일에는 월미바다열차가 개통되었다.



[그림 1-3] 인천교통공사 운행 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 탑입의 차량이며, 미스트 윈도우(mist window : 사생활 보호를 위한 창문 흐림장치)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.

VVF 차량은 한국형 표준 중형 전동차 4량 편성으로 운행하고 있으며, 신호 제어는 ATC/ATO 방식으로 제어하며, 추진 제어 장치는 VVF, 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 운행 열차



[표 1-1] 우이신설경전철 차량 제원

구분	내용	구분	내용
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‰ 이상 감속도 1.2‰ 이상(상용), 1.3‰ 이상(비상)	집전 방식	750V DC 제3궤조 하면 접촉
속도 제어 방식	VVF 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

구분	내용	구분	내용
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 밤곡~탑석 15개 역으로, 영업 거리는 10.6km이다.

[표 1-3] 의정부경전철 차량 제원

구 분	내 용	구 분	내 용
궤간	1,620mm	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

구 분	내 용	구 分	내 용
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