미래철도기술개발사업 최종보고서

R&D/04철도안전B02

철도시설 안전기준 및 체계 구축

2008. 8

핵심주관기관 / 한국철도기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Construction & Transportation R&D Report

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “철도시설 안전기준 및 체계 구축”의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 8

핵심주관기관 : 한국철도기술연구원
원장 최 성 규
위탁연구기관 : 서울대학교
총장 이 장 무
위탁연구기관 : 홍익대학교
총장 권 명 광
위탁연구기관 : (주)하나기연
대표 김 인 선
위탁연구기관 : 대진대학교
총장 이 천 수
위탁연구기관 : 서울산업대학교
총장 노 준 형

■ 핵 심 연 구 책 임 자	/ 책임연구원	이희업	과제 총괄업무
■ 핵심주관기관 참여연구원	/ 책임연구원	이준석 김동현	선로구조물 / 철도터널
		김용규 이재호	신호제어 / 정보통신
		권삼영 김만철	전철전력 / 선로구조물
	/ 선임연구원	장승엽 김진호	선로구조물 / 역시설
		이진욱 여인호	선로구조물
		방춘석 김이현	선로구조물
		김성일 이인규	선로구조물
		정원석 김현민	선로구조물
		장용준 박원희	철도터널 및 화재
		김형철 장동욱	전철전력
		윤용기 황종규	신호제어 / 정보통신
		권혁빈	강풍 및 강설
	/ 주임연구원	황성호	선로구조물
	/ 연 구 원	이주범 김태훈	선로구조물
		유은서 신동근	선로구조물 / 전철전력
		강여옥 김원영	신호제어 / 정보통신

■ 위탁기관 참여연구원	/ 책임연구원 이성모	광역철도 및 건널목
	/ 연 구 원 박신형 정연정	광역철도 및 건널목
■ 위탁기관 참여연구원	/ 책임연구원 최은수	선로구조물 안전설비
	/ 연 구 원 곽재훈 임승진	선로구조물 안전설비
■ 위탁기관 참여연구원	/ 책임연구원 김영돈	역사시설
	/ 연 구 원 조경재 신민정	역사시설
■ 위탁기관 참여연구원	/ 책임연구원 차준민	전철전력
	/ 연 구 원 구본희 김영현	전철전력
■ 위탁기관 참여연구원	/ 책임연구원 최규형	정보통신
	/ 연 구 원 심원섭 윤선호	정보통신

요 약 문

Ⅰ. 제 목

철도시설 안전기준 및 체계 구축

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 철도산업 구조개편 및 고속화에 따른 운영여건의 변화와 철도안전법 제정에 따른 세부시행기준이 필요

○ 철도시설에 대한 안전관련 규정을 정비하고, 안전기준을 국제수준으로 강화하는 동시에 우리실정에 적합한 기준마련

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

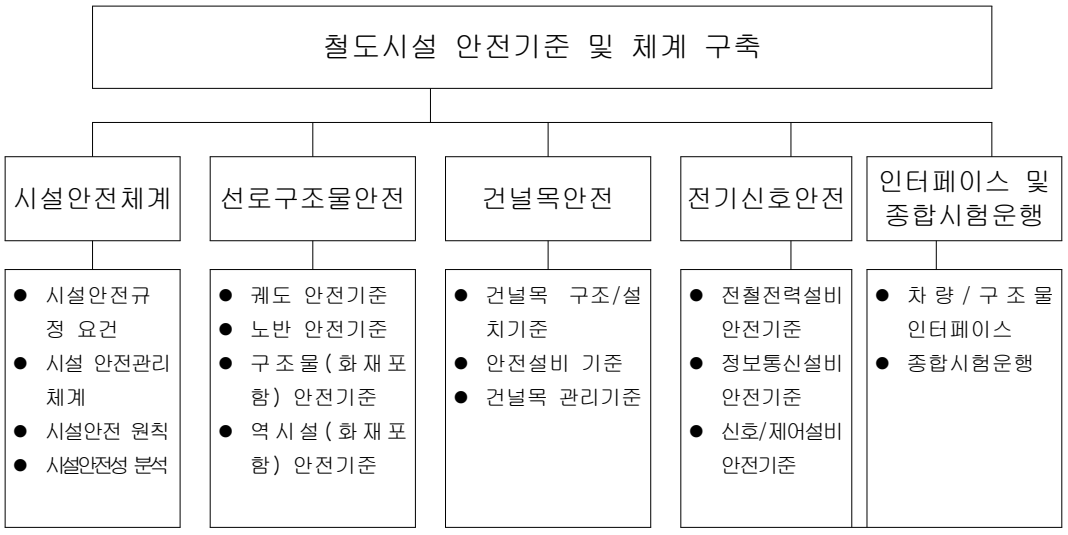
○ 철도시설 안전관리 체계 구축

○ 선로구조물 안전기준(안) 및 해설

○ 건널목 안전기준(안) 및 해설

○ 전기신호 안전기준(안) 및 해설

○ 종합시험운행 지침 및 절차서 제시



Ⅳ. 연구개발 결과

○ 총괄 요약

<table>
<tr><td rowspan="2">과업전</td><td colspan="4">과업수행 중 및 과업 결과</td></tr>
<tr><td>구분</td><td>현행(개선점)</td><td>개정방향</td><td>개정(안)</td></tr>
<tr><td>철도안전법
(2004.10.22)</td><td>철도안전법/시행령
(개정 준비)</td><td>사업단 총괄</td><td>-국가안전관리체계 구성(안)
심의 및 확정 후 일부 개정</td><td></td></tr>
<tr><td>해당없음</td><td>철도시설 안전기준에 관한 규칙
(기고시)
(2005.10.27)</td><td>-철도시설 안전성분석
-터널 방재기준
-건널목 안전기준
-승강장 안전시설 등
-철도시설 유지관리</td><td rowspan="2">-시설안전 일반원칙(추가)
-안전성분석(보완)
-선로구조물 안전(추가)
.궤도 안전
.노반 안전
.구조물 안전
(교량 추가, 터널 보완)
-건널목 안전(보완)
-전기신호 부문(추가)
.전철전력설비 안전
.정보통신설비 안전
.신호제어설비 안전
-유지관리 등(보완)</td><td rowspan="2"><철도시설 안전지침(안) 및 해설>

1. 총칙
2. 철도시설 안전 일반원칙
3. 철도시설 안전성분석
4. 궤도(선형 및 선로구조) 안전
5. 노반 안전
6. 구조물(교량 및 터널) 안전
7. 역시설 안전
8. 건널목 안전
9. 전철전력설비 안전
10. 정보통신설비 안전
11. 신호제어설비 안전
12. 유지관리 등

※ 분야별 지침(안) 및 해설 제시
※ 분야별 규격(추천서/요령) 제시</td></tr>
<tr><td>해당없음</td><td>철도시설 안전세부기준 (기고시)
(2006.9.22)</td><td>-철도시설 안전성분석
(규칙의 세부기준 마련)

-터널 방재기준
(규칙의 세부기준 마련)

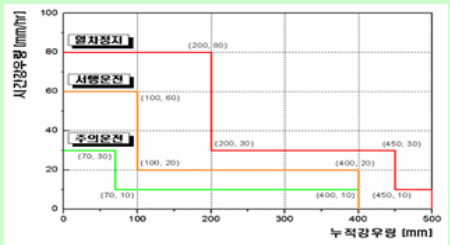
-건널목 안전기준
(규칙보완 : 안전설비)

-철도시설의 유지관리
(규칙보완 : 전문기관)</td></tr>
<tr><td>해당없음</td><td>종합시험운행 시행지침 (기고시)
(2006.6.27)
(2007.12.22개정)</td><td></td><td>※점검항목 및 시험내용</td><td><종합시험운행 시행지침 및 절차서>

※ 해설 및 절차서 제시
※ 분야별 규격(추천서/요령) 제시</td></tr>
</table>

○ 선로구조물 안전기준(안) 및 해설

- **궤도부문 안전기준(안) : 선형, 선로**
  - 선형 : 궤간, 선로선형, 곡선반경 등
  - 선로 : 궤도, 궤도중심간격, 시공기면폭 등
- **노반/구조물 안전기준(안)**
  - 강우시 열차운전규제 방안
  - 강풍시 열차운전규제 방안
  - 설빙피해 방지관련 기준 및 대책
  - 철도교량 안전기준 및 해설
  - 철도터널 안전기준 및 해설
  - 선로 안전설비 설치기준 등



- 철도시설안전기준에관한규칙 및 철도시설안전세부기준 제/개정

○ 역사설 안전기준(안) 및 해설

- 역사시설 부문 안전기준 대상 분류 : 승강장, 일반인 접근구역, 일반인 접근 제한구역, 환승구역, 화재시설
- 주요기준 항목 (30개 조항)

구 분	기준항목 대상
승강장시설	길이, 폭, 높이, 끝단, 좌우측 연단, 안전발판, 안전펜스, 스크린도어, 대피경로, 대피장소, 지장물, 승강장의 설치제한
승강장 이외 일반인 접근구역	통로, 출입구 및 문, 조명, 음향, 안내표지, 환기장치, 대합실, 집개표구, 역광장, 침수방지
일반인 접근제한구역	접근제한구역, 통제실, 기기설비장소
환승시설	계단 및 램프, 에스컬레이터, 무빙워크, 승강기, 이동시설의 설치 및 운영
화재시설	구조 및 자재, 화재경보, 소화설비, 환기 및 제연설비, 피난로, 피난설비

- 안전기준 해설서 작성 : 용어의 정의, 기준의 해설, 기준적용을 위한 사례 등 기술

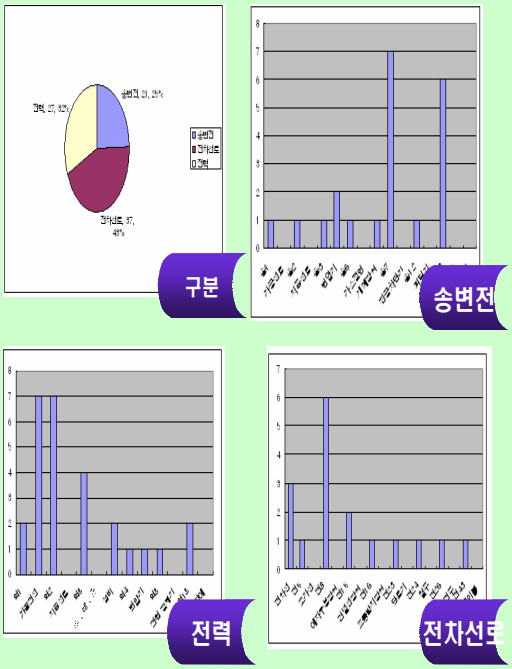
○ 건널목 안전기준(안) 및 해설

- 건널목 안전기준 국내외 세부기준 비교분석 및 개선(안) 도출
  - 국내, 일본, 미국 건널목 기준분석
  - 건널목 구조 및 설치기준
  - 건널목 신호 보안설비
  - 교통안전 표지
  - 보판 및 차량 진입금지 설비
  - 건널목 관리
  - 건널목 조명시설
  - 도로측 안전시설
- 건널목 안전기준 개선(안) 작성

○ 전철전력설비 안전기준(안) 및 해설

- 전철전력 설비 분석
- 2003년 – 2005년 장애 분석
- 전차선 유지보수 가이드라인 분석
  (International Union of Railways)

- 전철전력 부문 안전기준(안)
  - 총칙 : 목적/정의/적용범위
  - 전철전력설비 보호기준
  - 경고표시 및 접근금지 기준
  - 송변전, 전력 시설물 안전기준
  - 전차선 안전기준 및 대책
    (전식방지/케이블 이격거리 등)



○ 정보통신설비 안전기준(안) 및 해설

- 정보통신분야 안전기준(안)
  - 총칙 : 목적 / 범위 / 정의
  - 철도통신설비 일반 : 구성 / 접지 / 보호 / EMC
  - 철도통신선로 : 시설방식 / 관로매설 / 경고페이프 / 광케이블 접속 / 케이블 보호 / 가공통신선 시설
  - 전송설비 : 설치기준 / 보호 및 접지 / 전력선과의 관계
  - 열차무선설비 : 차상장치 / 중계기지국 / 음영지역 / 설치(기지국, 안테나, 피뢰침)
  - 역무용 통신설비 : 설비종류 / 교환설비 / 사령전화설비 / 영상감시장치 / 정보통신망설비 / 연선전화기

- 정보통신설비 안전요구사항 정립
  - 철도통신설비의 위험분석
  - 통신설비별 안전관련 기술검토
  - 철도정보통신설비 기술분석
  - 영국 Railway Group Standard 분석 : 안전관련 정보의 전송 외 5건

○ 신호제어설비 안전기준(안) 및 해설

● 신호제어분야 안전기준(안)
- 총칙 : 목적 / 범위 / 정의
- 철도신호안전기준 일반 : 신호설비임무 / 안전성 강화 / 신호설비선정 등
- 신호사령실
- 차상신호설비 : 운전자안전 / 제동 / 설비취부 / 운행실적기록 / 화재·안전용품
- 열차위치검지 및 폐색 : 안전간격 / 열차위치검지장치 / 열차이동
- 연동장치 : 설치 / 기능 / 선로전환기 / 신호기 / 열차번호확인
- 신호설비 설치 : 여유간격 / 케이블 포설
- 안전설비 : 표시 / 장애물감지 / 경고·대피 / 도로인접지역
- 전기안전 및 EMC
- 신호설비의 관리

● 신호제어설비 안전요구사항 정립
- 철도신호설비의 위험요인 / 위험도 분석
- 국내외 철도신호제어설비기준 분석
- 영국 Railway Group Standard 분석 : 연동장치 안전원칙 외 10건

○ 종합시험운행 지침 및 절차서(안)

● 종합시험운행지침(안)
- 공종별 시험
- 종합시험운행을 위한 사전점검
- 시설물 검증시험 세부내용 및 점검항목 정립
- 영업시운전 세부내용 및 점검항목 정립
- 종합시험운행 기간 및 생략범위
- 시험운행 결과의 처리

● 종합시험운행 절차서
- 궤도/교량/터널 분야 시험절차서
- 전철전력(전차선/전력) 분야 시험절차서
- 신호통신 분야 시험절차서

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

연구결과	활용계획
-국가철도안전관리체계 시설부문 -광역철도 시설안전관리 체계 구축 ● 철도연계구간 현황 및 문제점/개선점	-철도시설 안전관리 구축 자료 -광역철도 시설안전관리 체계 구축 자료
-궤도 안전기준(안) 및 해설 ● 선형 : 궤간, 선로선형, 곡선반경 등 ● 선로 : 궤도, 궤도중심간격, 시공기면폭 등 -노반/구조물 안전기준(안) 및 해설 ● 강우시 운전규제 방안 마련 ● 강풍 및 고속선 설빙 대책 마련 ● 철도교량 대피시설 등 ● 지진시 대책 및 운전규제 등 ● 철도시설 안전설비 -역시설 안전기준 개선(안) 및 해설 ● 승강장시설 : 길이, 폭, 대피경로/장소 등 ● 승강장 이외 일반인 접근구역 ● 일반인 접근제한구역 ● 환승시설 및 화재시설	-철도시설안전 세부기준 개정에 활용 -철도 선로구조물 안전기준(안) 작성에 활용
-건널목 관련 안전기준개선(안) 제시 ● 건널목 설치기준(안) 제시 ● 건널목 설비기준(안) 제시	-건널목 안전기준 개선(안) 작성에 활용
-전철전력설비 안전기준(안) 및 해설 ● 전철전력설비 보호기준 대책 ● 경고표시 및 접근금지 기준 대책 ● 송변전, 전력 시설물 안전기준 대책 ● 전차선 안전기준 대책(전식/ 케이블 이격) -신호제어설비 안전기준(안) 및 해설 ● 철도신호안전기준 일반 ● 신호사령실, 차상신호설비 ● 열차위치검지 및 폐색 ● 연동장치, 안전설비, 전기안전 및 EMC -정보통신설비 안전기준(안) 및 해설 ● 철도통신설비 일반 ● 철도통신선로, 전송설비, 열차무선설비 ● 정보통신설비 안전요구사항 도출	-전기신호 안전기준(안) 작성에 활용
-종합시험운행 시행지침 및 세부절차서 개발	-종합시험운행 시행지침(안) 및 세부절차에 활용

※ 별책 1, 2, 3, 4 참조

Summary

Ⅰ. Title

Establishment of safety regulations and guidelines for Korean railroad infrastructures

Ⅱ. Research Objective & Necessity

○ Needs for detailed safety task guideline due to Korean railroad industry structural reformation, rapid operational condition changes for high-speed transit system and environmental changes for lunching new railroad safety regulation

○ Establishments and amendments of advanced Korean safety regulations which can keep pace with those of other developed countries

Ⅲ. Research Scopes

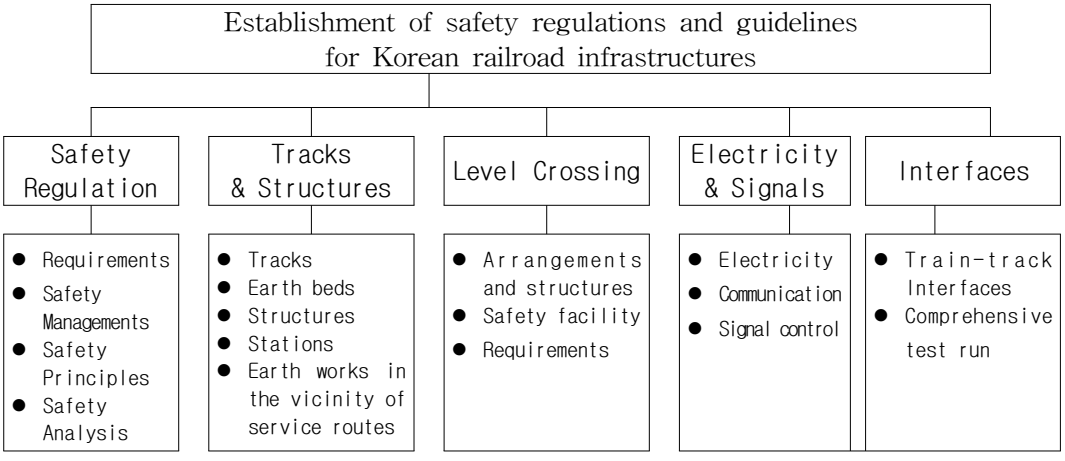
○ Safety Management System for Railway Infrastructure

○ Safety Criteria for Track & Route System

○ Safety Criteria for Level Crossing System

○ Safety Criteria for Electric/Signal System

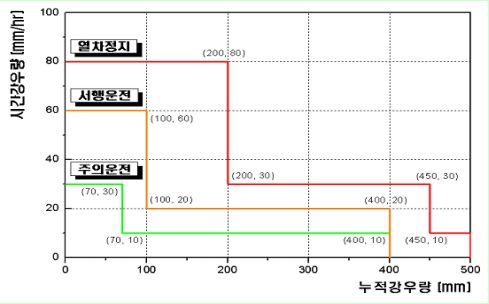
○ Guideline & Manual for Comprehensive Test Train Service



Ⅳ. Main Results

○ Safety Criteria for Track & Route System (Draft)

- **Safety Criteria for Track System : Curves, Gradients, Route**
  - Curves & Gradients : Track gauge, Curves, Curvatures etc.
  - Route : Track, Distance between tracks, Soil bed width etc.
- **Safety Criteria for Track beds/structures (Draft)**
  - Train Service Control Guideline under Heavy Rainfall
  - Prevention Guideline against Heavy Snowfall / Icy Environment
  - Safety Analysis Guideline & Commentary for Infrastructure
  - Safety Analysis Guideline & Commentary for Tunnel
  - Safety Criteria of the Facilities to be used for Route Safety



- **In preparation for amending a regulation/criteria for Rail Infrastructure**

○ Safety Criteria for Station Facilities (Draft)

- Safety standards classification for station facilities: platform, passenger accessible area, passenger restricted area, railway junction facilities, anti-fire facilities
- Main standards articles (30)

Items	Standards articles
Platform	length, width, height, the edges of platform, the edges of the beginnings and ends of platform, safety footing, safety fence, platform screen door, shelter, obstacle, platform installation restriction
Passenger accessible area except platform	pathway, entrance and door, light, background noise, directional sign, concourse, ticket gate(barrier), station square, the prevention of inundation
Passenger restricted area	control room, equipment installation place
Railway junction facilities	stair and ramp, escalator, moving walk, elevator, installation and operation of transfer facility
Anti- fire facilities	structure and material, fire alarm system, fire extinguishing system, ventilation and smoke control equipment, fire escape route, fire escape apparatus

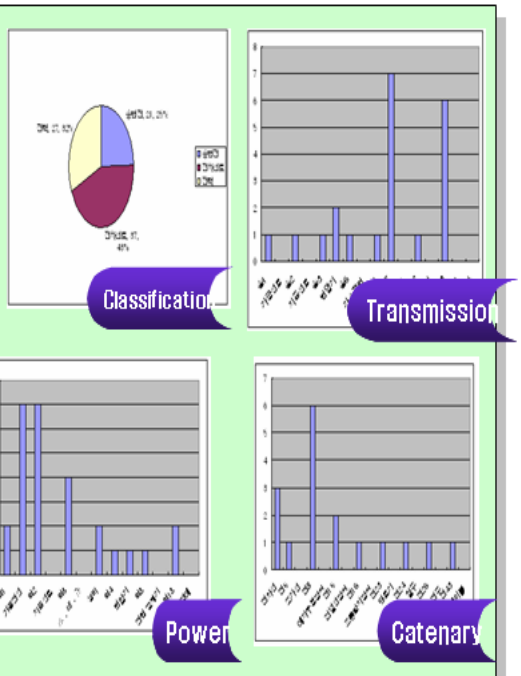
- Preparation of a commentary for safety standards : terms definition, commentary for each standard, cases for standards application, etc

○ Safety Criteria for Level Crossing (Draft)

- **Comparative Study for Different Level Crossing Criteria of Korea & Foreign Countries and Its Improvement (Draft)**
  - Level Crossing Criteria of Korea, Japan & US
  - Level Crossing Structures & Its Installation Guideline
  - Signal Security Facility for Level Crossing System
  - Traffic Safety Sign
  - Pedestrian Walks & Vehicle Restriction Facility
  - Management of Level Crossing System
  - Lightening System of Level Crossing
  - Safety Sign & Facility at Approaching Vehicle Roads
- **Improvement of Safety Criteria for Level Crossing (Draft)**

○ Safety Criteria for Electric Power Facilities (Draft)

- Analysis of rail transit power system
- Failure analysis from 2003 to 2005
- Analysis of catenary maintenance guideline (International Union of Railways)
- Safety Criteria for rail transit power (Agenda)
  - Provision: Purpose /Definition/ Scope
  - Protection standards for rail transit power system
  - Warning sign and accessibility criteria
  - Safety criteria for Transmission, power facilities
  - Safety criteria and prevention for catenary (Prevention of electric corrosion / cable- separation distance)



○ Safety Criteria for Information & Communication (Draft)

- Safety Standards on Information and Communication (draft)
  - General: Purpose/Scope/Definition
  - General Railway communication facilities Configuration/Earth/Protection/EMC
  - Railway Communication line: Installation Methods/Pipe Laying/Warning tape/Optical Cable Connection/Cable Protection/Installation of Cable (build in the air)
  - Transmission Facilities: Installation Standards/Protection and Earth/Relations with power lines
  - Train Radio Facilities: Trainborne equipment/Base Station/Shadow Area /Installation (Base Station, Antenna, Conductor etc)
  - Station Communication Facilities: Type of installation/exchange facilities/Command call facilities/Video surveillance equipments/Network/Way-side telephone

- Establishment of safety requirements on information and communication facility
  - Risk analysis on railway communication system
  - Safety related technical review on communication facilities
  - Technical analysis on railway information and communication facilities
  - UK Railway Group Standard Analysis: Including transmission of safety related information

○ Safety Criteria for Signaling Control System (Draft)

- Safety Standards for signaling system (draft)
  - General: Purpose/Scope/Definition
  - Railway Signaling Safety standards: Main tasks of signaling system/Safety reinforcement/Selection of signal facilities
  - Signaling Command Center
  - Trainborne equipments: Driver's safety/Brake/Installation of Facilities/Running records/Fire. Safety supplies
  - Train position detection and block system: safety gap/train position detector/train movement
  - Interlocking: Installation/Function/Switch/Signal/Train No. identification
  - Signaling facility installation: Margin gap/Cable laying
  - Safety facilities: mark/obstruction sensing/Warning, sheltering/Road adjacent area
  - Electrical Safety and EMC
  - Signaling facility management

- Establishment of safety requirements on signaling control facilities
  - Risk factor/risk analysis on railway signaling facilities
  - Analyses on national/international standards for railway signaling control system
  - UK Railway Group Standards Analysis: Including IXL safety principles

Ⅴ. Application

Research Goals	Practical Use
-National Railway Safety Management System (Part of Infrastructure) -Metropolitan Rail System	-Basic Information
-Track & Route System ● Curves : Gauge, Curvatures etc. ● Route : Track, Track beds etc. -Track Beds/Structures ● Heavy Snowfall/ Icy environment ● Heavy Rainfall ● Emergency Facility of Bridge ● Natural Disaster(Earthquake) ● Safety Facilities -Stations ● Clearances, Emergency Routes ● Public Accessible Areas ● Prohibited Area ● Connection & Fire Facility	-Guidelines -Safety Criteria
-Level Crossing System ● Installation ● Facilitation	-Safety Criteria
-Electric Power/Facility System ● Safeguard ● Warning Sign & Restricted Area Sign ● Facility for Transmission & Transformation ● Clearance -Signal Control ● Generals ● TOC & On-Board Signal Equipments ● Location & Block ● Safety Facility, EMC -Information & Communications ● Generals ● Main Lines, Transmission(Wireless) Facility ● Safety Requirements	-Safety Criteria
-Comprehensive Test-Train Service ● Test Items & Criteria	-Guidelines & Manuals

※ Reference to the APPENDIX 1, 2, 3, 4

목 차

제1장 서론 ····· 1
제1절 연구개요 ····· 3
제2절 연차별 연구개발 목표 및 내용 ····· 6
제3절 연구추진 계획 및 절차 ····· 7

제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 9
제1절 국내 기술동향 ····· 11
제2절 국외 기술동향 ····· 15

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 19
제1절 국내외 안전제도 분석 및 대상항목 선정 ····· 21
제2절 철도시설 안전체계 구축(안) ····· 67
제3절 철도시설 안전원칙 및 안전성분석(안) ····· 99
제4절 궤도 안전기준(안) 및 해설 ····· 141
제5절 노반 안전기준(안) 및 해설 ····· 203
제6절 구조물 안전기준(안) 및 해설 ····· 343
제7절 역시설 안전기준(안) 및 해설 ····· 431
제8절 건널목 안전기준(안) 및 해설 ····· 507
제9절 전철전력설비 안전기준(안) 및 해설 ····· 541
제10절 정보통신설비 안전기준(안) 및 해설 ····· 631
제11절 신호제어설비 안전기준(안) 및 해설 ····· 671
제12절 종합시험운행 시행지침 및 절차서(안) ····· 729

제4장 목표달성도 및 결과 활용계획 ····· 859
제1절 목표 달성도 ····· 861
제2절 연구개발 결과의 활용계획 ····· 863

제5장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 865

제6장 참고문헌 ····· 871

[별책 1] 철도시설 안전지침(안)
[별책 2] 철도시설 안전지침(안) 및 해설
[별책 3] 철도시설 안전규격(요령)(안)
[별책 4] 철도종합시험운행 시행지침 및 해설

CONTENTS

Chapter 1. Introduction ····· 1
Section 1. Background & Scope ····· 3
Section 2. Objectives and Goals ····· 6
Section 3. Strategies and Procedures ····· 7

Chapter 2. Current Situation of Korea & Foreign Countries ····· 9
Section 1. Korea ····· 11
Section 2. Foreign Countries ····· 15

Chapter 3. Safety Criteria and Its Commentaries ····· 19
Section 1. Safety Legislation Analysis & Standards Articles Selection ····· 21
Section 2. Establishment of Railway Safety Management System ····· 67
Section 3. Safety Principles & Safety Analysis of Railway ····· 99
Section 4. Track & Route System ····· 141
Section 5. Track Beds System ····· 203
Section 6. Infrastructures(Included Fire Control) ····· 343
Section 7. Stations(Included Fire Control) ····· 431
Section 8. Level Crossing ····· 507
Section 9. Electric Power Facility ····· 541
Section 10. Information & Communication ····· 631
Section 11. Signal Control ····· 671
Section 12. Comprehensive Test-Train Service ····· 729

Chapter 4. Practical Use of Safety Criteria/Guidelines ····· 859
Section 1. Achievements ····· 861
Section 2. Practical Use ····· 863

Chapter 5. Foreign Technical Informations ····· 865

Chapter 6. References ····· 871

[APPENDIX 1] Safety Criteria (Draft) for Korean Railroad Infrastructures
[APPENDIX 2] Safety Criteria (Draft) & Its Commentary for Korean Railroad Infrastructures
[APPENDIX 3] Safety Guideline (Draft) for Korean Railroad Infrastructures
[APPENDIX 4] Guideline & Manual for Comprehensive Test Train Service

제1장 서 론

제1절 연구개요
제2절 연차별 연구개발 목표 및 내용
제3절 연구추진 계획 및 절차

제1장 서 론

제1절 연구개요

문명의 발전은 우리에게 여러 가지 이로운 점을 주는 동시에 다양한 위험도 수반하는 양면성을 지니고 있다. 그래서 문명의 이기를 활용할 때는 항상 안전성에 유의해야 하며, 얻을 수 있는 이득이 발생 가능한 위험도를 훨씬 능가하는 경우만이 우리 일상에 널리 받아들여진다. 철도사고가 절대로 일어나지 않거나 어떠한 사고에서도 철도 운영자 및 이용자의 안전이 철저히 보장되는 철도시설의 구축은 현실적인 비용 한도 내에서는 상당히 어렵다. 따라서 신설 또는 기존의 철도시설에 대해 적절한 안전 수준을 요구하고, 철도시설관리자 및 운영자가 지켜야 할 다양한 기준 및 규칙을 제정하여 사고의 발생과 그로 인한 피해를 합리적인 수준 이하로 유지하고 있는 실정이다.

국내철도의 영업연장은 2004년 말 현재 3,374.1km(도시철도 제외)로서 철도선진국의 1/10수준이며, 철도현대화의 지표라 할 수 있는 영업연장 대비 복선화률과 전철화률은 각각 39.1, 39.8%로 주요 선진국의 70~80%수준이고 개선속도도 낮다. 또한 국내철도의 선로시설 특성을 분석하면 급곡선, 급구배 등 선로선형이 취약하여 속도제한 구간이 상존하고, 50년 이상 경과된 교량 및 터널의 구성비가 각각 38.5, 32.9%에 달하고 있으며, 특히 영동선, 태백선, 중앙선 구간중 산악지역은 재해에 취약하여 열차의 안전운행에 제약사항이 있는 실정이다. 이러한 여건에서도 철도시설 및 안전설비의 개량, 노후차량의 교체, 건널목 입체화, 지속적인 안전대책 등으로 인하여 철도사고는 점차 감소하는 추세이지만, 국제적인 수준과 비교하면 선진국에 비해 안전수준이 아직 저조하다. 즉 열차주행 백만키로당 사고발생 건수를 기준으로 우리나라는 0.55건을 나타내 일본 0.31건 등 선진국보다 약 2배 정도 높으며, 건널목 사고의 경우 100개소당 사상자 수를 보면 우리나라는 1.98명으로 일본 0.34명, 프랑스 0.24명에 비해 피해수준이 높은 것을 알 수가 있다. 아울러 최근 국내철도는 고속철도 개통, 도시철도의 고밀도화, 첨단 경량전철 등 신교통시스템 도입, 그리고 대륙횡단철도의 연계 추진 등 급변하는 철도산업환경에 따른 철도안전의 위협요소가

증가하고 있다. 철도안전확보는 국민의 삶의 질 향상과 국가안전보장에 관련된 공공적 중요사안이며, 국민이 원하는 안전하고 쾌적한 철도교통 구현과 안전성·신뢰성·운영효율성이 향상된 철도서비스 제공 측면에서 필수적인 사항이다. 따라서 종합적인 철도안전대책 수립이 절실하며, 이를 위해서는 안전관리체계의 정비, 철도시설 및 설비의 안전성능 확보, 그리고 통합안전정보시스템 구축 등을 위한 관련 기술의 체계적인 개발이 필요하다.

이러한 시대적 요구에 부응하기 위해 최근 철도안전법(법률 제7245호, 2004.10.22)이 제정되고 이의 효율적인 시행기반을 구축·지원하기 위하여 철도종합안전기술개발사업이 진행되고 있으며, 이 사업의 한 분야로 철도시설의 안전체계 구축 및 기술분야별 안전기준 개발과업이 수행되고 있다. 이 과업의 최종목표는 철도안전법 시행을 위한 철도시설의 안전체계 구축 및 기술분야별 안전기준 개발이며, 주요기술 개발내용은 일반철도, 고속철도 및 도시철도를 포괄하는 체계적인 철도시설 안전관리체계 구축과 분야별 안전기준 개발, 즉 선로구축물, 건널목, 전기신호 안전기준, 인터페이스 및 시설분야 종합시험운행 절차서 개발 등으로 요약된다. 이 과업을 통하여 위험도 기반의 철도 안전관리체계가 확립되고, 철도시설에 대한 안전관련 규정을 정비하며, 안전기준을 국제수준으로 강화하는 동시에 우리 실정에 적합한 안전기준이 마련될 것이다. 이를 통하여 철도시설의 안전성이 향상되고 철도시설 관련업체의 기술경쟁력이 확보될 것으로 기대된다.

본 과업의 연구개발 최종목표 및 주요기술 개발내용은 다음과 같다.

○ 연구목표 :

- 철도안전법 시행을 위한 철도시설의 안전체계 구축 및 기술분야별 안전기준 개발

○ 주요기술 개발내용 :

- 일반철도, 고속철도 및 도시철도를 포괄하는 체계적인 철도시설(시설물 화재 및 건널목 포함) 안전관리체계 구축

- 철도시설 안전기준 작성(중대사고 방지 및 평가기술 개발과업과 연계)
  - 선로구조물(궤도, 노반, 구조물, 역시설) 안전기준
  - 건널목 안전기준
  - 전기신호(전철전력설비, 정보통신설비, 신호제어설비) 안전기준
  - 인터페이스 및 시설분야 종합시험운행 절차서 개발

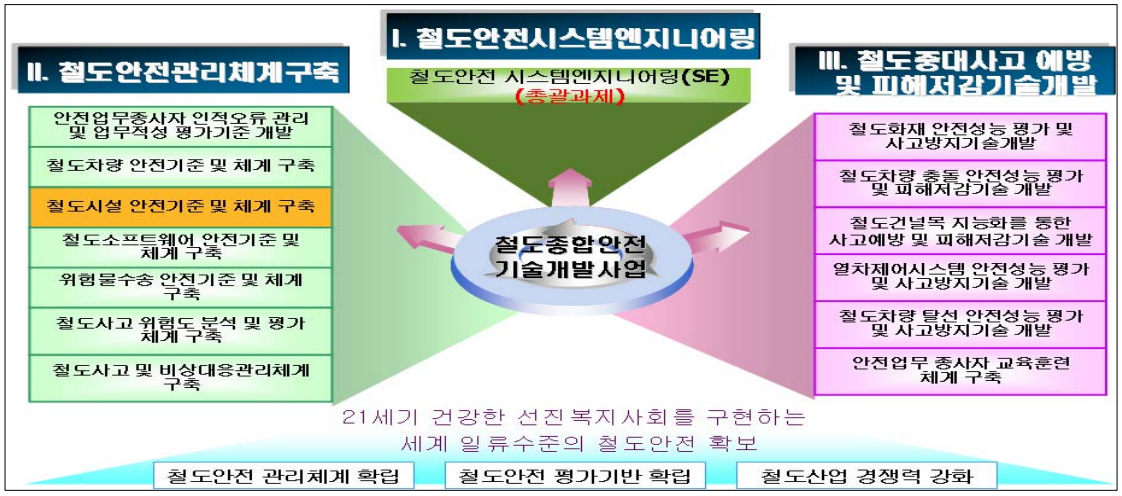


제2절 연차별 연구개발 목표 및 내용

구 분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위	비고
1차년도 (2004.10-2005.08)	철도시설 안전규정 요건도출 및 기술기준 대상항목 선정	-국내 철도시설의 안전취약성 및 대책 분석 -국내외 철도시설안전관련 사고 사례 통계조사 및 원인분석 -국외 철도시설안전 체계/기준 비교 분석 -철도시설 안전기준의 범위설정 -철도시설 안전성능 요건분석 및 개선항목 도출 -기술분야별 안전기준 대상항목 선정	
2차년도 (2005.08-2006.08)	철도시설 안전관리체계 구축 및 기술기준 개발(Ⅰ)	-SE 요건관리체계 운영 지원 -철도시설 안전관리 체계구축 -선로구조물 안전기준 개발(Ⅰ) -건널목 안전기준 개발 -전기신호 안전기준 개발(Ⅰ) -종합시험운행 절차서 개발	
3차년도 (2006.08-2007.08)	철도시설 안전기준 개발(II)	-SE 요건관리체계 운영 지원 -철도시설 안전관리 체계구축 광역철도 시설안전 관리체계 구축 -선로구조물 안전기준 개발(Ⅱ) -건널목 안전기준 개발 시설기준 개선안 도출 -전기신호 안전기준 개발(Ⅱ) -종합시험운행 절차서 개발 개별/종합시험 항목 및 시험내용/판정기준 제시	
4차년도 (2007.08-2008.08)	철도시설 안전기준 개발(III) 및 현장적용	-SE 요건관리체계 운영 지원 -철도시설 안전관리 체계구축 -선로구조물 안전기준 개발(Ⅲ) 및 현장적용 -건널목 안전기준 개발 및 현장적용 -전기신호 안전기준 개발(Ⅲ) 및 현장적용 -종합시험운행 절차서 개발 및 차량/구조물 인터페이스	

제3절 연구추진 계획 및 절차

다음 <그림 1-1>은 철도종합안전기술개발사업 구성도이며, 이 사업은 크게 3개 분야로 구분된다. 즉 총괄SE, 철도안전체계 구축 그리고 철도 중대사고 예방 및 피해저감기술 개발 등으로 대별되며, 철도시설 안전기준 및 체계 구축 과업은 철도안전체계 구축의 한 분야로 수행되었다. 이 과업은 철도안전SE 과제 및 전 과제와의 연계성을 유지하여 요건관리 프로세스를 준용한 프로젝트 요구사항(SR) 설정 지원 및 WBS 체계 적용으로 수행되었으며, <그림 1-2>는 인터페이스 메트릭스를 나타낸 것이다.



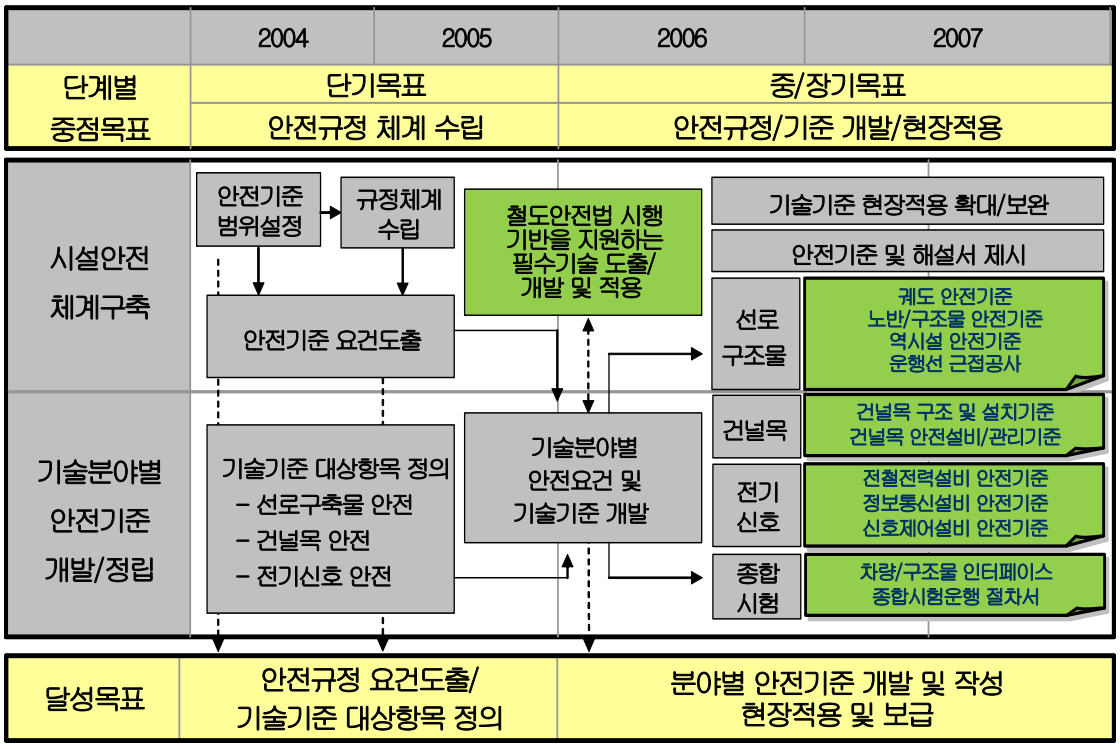
<그림 1-1> 철도종합안전기술개발사업 구성도

		SE 및 사업총괄	차량안전기준	시설안전기준	SW 안전기준	위험도분석	비상대응	안전정보시스템	인적오류	교육훈련	위험물수송	철도화재	차량충돌	열차제어	차량탈선	건널목
1	SE 및 사업총괄															
2	차량안전기준															
3	시설안전기준															
4	SW안전기준															
5	위험도분석															
6	비상대응															
7	안전정보시스템															
8	인적오류															
9	교육훈련															
10	위험물수송															
11	철도화재															
12	차량충돌															
13	열차제어시스템															
14	차량탈선															
15	건널목															

- SE 공정회의 결과
- 화재, 열차제어, 탈선 과업의 경우, 시설안전기준 과업과 병행 참여
- S/W, 충돌, 건널목 과업 수시협의

<그림 1-2> I/F Matrix

<그림 1-3>은 본 과업의 추진절차를 나타낸 것인데, 1차년도에는 주로 철도시설 안전기준의 범위설정, 안전기준 요건도출, 분야별 대상항목을 선정하였다. 2차년도는 1차년도에서 선정된 철도시설 안전기준의 대상항목의 내용보완 및 년차별 계획조정, 그리고 분야별 안전기준 작성이었으며, 주요 내용은 철도시설의 안전성분석, 철도터널 방재기준, 종합시험운행, 분야별 일부 안전기준 작성 등이었다. 3차년 및 4차년도에서는 선로구조물, 건널목, 전기신호 그리고 종합시험운행에 관련된 각 분야별 안전기준을 작성하고, 작성된 안전기준(안)에 대한 관계기관 의견수렴, 그리고 현장 적용성 검증 및 전문가 자문을 수행하고, 기준(안)에 대한 정부의 고시지원 준비 등이 이루어졌다. 이 과업을 통하여 철도안전법의 원활한 시행기반을 구축하고, 체계적인 SE기반의 철도시설 안전기준 확보, 철도시설의 안전성 향상으로 철도시설관리자 및 운영기관, 철도시설 관련 업체의 기술경쟁력을 제고할 수 있을 것이라 판단된다.



<그림 1-3> 철도시설 안전기준 연구 추진절차

제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내 기술동향

제2절 국외 기술동향

제2장 국내·외 기술개발 동향

제1절 국내 기술동향

철도구조개혁(2005.1.1) 전까지의 일반철도 및 고속철도의 안전규정 체계는 철도법을 근간으로 하여 철도청(현재 철도공사) 등 운영기관 자체적으로 내부적인 특성을 고려하여 <표 2-1>과 같이 안전규정과 기준을 마련하고 대부분 법적 구속력이 없는 훈령수준으로 제정 관리되어 왔다.

<표 2-1> 철도청(2005.1.1 이전) 시설관련 기준/규정/규칙 목록

구분	기준/규정/규칙 제목	비고 (규정수)
건설관련규정	국유철도건설규칙, 국유철도건설규칙해설, 철도청공사시행절차, 선로측량규칙, 공사준공도정리요령, 철도선로영업개시절차규칙, 선로및건조물제도요령, 공공철도건설촉진법, 공공철도건설촉진법시행령	9
건축관련규정	철도급수시설관리규정, 철도수목관리규정, 철도건축물유지관리지침	3
안전환경관련규정	철도청안전관리규정, 철도사고보고및수습처리규정, 철도재해우려및악천후시열차안전운행규정, 철도환경관리규정, 지적확인환호응답요령, 철도무재해규정, 정신차려통보내규, 열차운행선지장공사및보수작업안전수칙, 방음시설관련법규	9
보선관계규정	선로정비규칙, 보선작업표준, 선로점검규정, 철도재해업무처리규정, 선로지장업무처리요령, 주한미국군전용선 보수감독절차규정, 레일용접관련규정, P.C침목설계시방서, 철도궤도공사표준시방서, 청원시설설계 및 심사수수료 징수표준, 명예철도원위촉에관한규칙, 보선장비관리규정, 강형재도장공사표준시방서, 철도선로인접지역안에서공사등행위시의신고서식, 영업선내선로및건조물도표류정비규칙, 건널목개량촉진법, 건널목개량촉진법시행령, 건널목입체교차화비용부담에관한규칙, 건널목설치및설비기준규정, 건널목안내원근무지침, 입체교차시설구조기준, 수탁업무처리규칙	22

<표 2-1> 철도청(2005.1.1 이전) 시설관련 기준/규정/규칙 목록(계속)

구분	기준/규정/규칙 제목	비고 (규정수)
기타관련규정	운전취급규정발췌, 귀빈열차운영및경비규정, 철도사상사고처리규정, 도급회사 장비운전원 자격증 발급규정, 철도청위임전결규정, 철도청도면관리규정, 도시철도건설규칙, 철도법, 철도용지및퇴거지역의범위에관한규정, 철도보호에 관한 규정	10

철도안전을 향상시키기 위하여 필요한 사항을 규정하고 철도안전관리체계를 확립함으로써 공공복리의 증진에 기여함을 목적으로 철도안전법이 제정(2004.10.22)되었고, 이 법은 철도구조개혁(2005.1.1)으로 철도청이 철도공사가 되면서 시행되었다. 이를 토대로 철도안전법에서 위임된 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 철도안전법시행령, 철도안전법시행규칙이 제정되고, 철도안전법 제25조의 규정에 의하여 건교부 주관 하에 철도시설 안전기준에 관한규칙(건교부 제476호, 2005.7)과 철도시설안전 세부기준(건교부 제2006-395호, 2006.9.22)이 만들어 졌다. 또한 최근에는 <표 2-1> 목록의 규정 중에서 고속철도선로정비규정은 고속철도선로정비지침으로 레일용접관련규정은 레일용접관련지침으로, 선로정비규정은 선로정비지침으로 지침개정안이 작성었다. 물론 국가의 지침으로 되지 않은 규정/기준 들은 시설관리자 및 운영기관 측면에서 시설공단 및 철도공사의 사칙으로 제정되고 있는 실정이다.

한편 2004.12 철도망의 신속한 확충과 역세권개발사업의 활성화를 위하여 철도망 구축계획의 수립, 철도건설, 역세권개발에 관한 사항을 규정함으로써 철도교통망의 효율적인 확충과 공공복리의 발전에 이바지함을 목적으로 철도건설법(제정 2004.12.8, 공포 2004.12.31)이 제정되었다. 또한 동법에서 위임(철도건설법 제19조)된 철도의 건설 및 개량에 관하여 필요한 사항을 규정하기 위하여 철도건설규칙(건교부령 제453호, 2005.7.6)을 제정하였다. 최근에는

철도건설법을 일부개정(2007.5.17 법률 제8466호)하였고, 철도건설규칙 또한 개정을 준비하고 있는 실정이다.

도시철도는 1995.12 개정된 도시철도법을 모법으로 도시철도법시행령을 가지고 있고, 도시철도법 제10조의2의 규정에 의하여 도시교통권 안에서 건설하는 도시철도의 건설기준 등에 관하여 필요한 사항을 규정한 것으로 시설관련 사항은 “제2장 선로”, “제3장 정거장”, “제6장 선로표지등의 안전설비”에 규정되어 있다.

철도 안전분야 최근의 연구로는 한국철도기술연구원에서 「고속철도 운행안전관리방안 연구(2001.12)」, 「철도안전향상 프로그램 개발(2003.4)」,「철도종합안전기술개발사업 기획연구(2003.5)」,「건설교통 안전관리 개선방안(철도안전부문)(2003.6)」, 「고속철도 성능기준 및 안전기준 기술개발(2003.11)」, 「철도사고방지 및 안전확보를 위한 핵심기술개발(2003.12)」, 「철도안전개선을 위한 제도화 기반구축 연구(2003.12)」, 「철도 안전관리 시스템 개선방안 연구 1단계 연구용역(2004.8)」, 「철도건설 안전제도의 문제점 및 개선방안(2006.9)」등이 있다. 주요과업별 연구내용을 요약하면 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 철도안전관련 주요과업 및 내용

과업명	연구내용	비고
철도종합안전 기술개발사업 기획연구	-세계 일류수준의 철도안전성이 확보되는 철도종합안전시스템 구축방안 도출 -철도안전법에서 요구하는 제도적 기술기반과 안전관리시스템 기술 도출 -철도안전 현황 및 개선 대책을 분석하여 철도안전을 보장하는 기술적 체계 도출	
고속철도 운행안전관리 방안 연구	-고속철도 운영국가의 안전사례조사 -운행안전관리의 외국의 현황을 검토하여 시사점을 도출 -경부고속철도에 설치되는 안전시스템 조사 -고속열차운행에 따른 안전관리 방안제시	
건설교통 안전관리 개선방안(철도안전부문)	-철도시설·차량·장비에 대한 안전점검 및 조사·분석 -철도관련법령 및 철도시설·차량 등에 관한 안전기준 등 제도 조사·분석 -철도안전관리체계 조사·분석 -외국의 철도안전관련 정책 및 제도 조사 -장·단기 철도안전 개선방안 제시	
철도안전개선을 위한 제도화 기반구축 연구	-철도 안전관리 및 안전개선 프로그램 국가규정 제도화 연구 -철도 안전규정체계 수립 및 안전기준 제정 방안 연구 -철도 사고 조사 제도 구축 및 사고분석 전문기관 지정방안연구	
철도건설 안전제도의 문제점 및 개선방안	-철도 건설공사 안전제도의 개선방안 -철도운행선 지장공사 안전제도의 개선방안	

한편 우리나라의 재해에 관련된 연구동향을 살펴보면 다음과 같다. 국내의 경우에는 지진재해에 대하여 연구가 먼저 시작되었으며, 태풍 및 홍수재해에 대한 연구는 이에 비하여 저조한 실정이다. 우선 지진재해에 대한 연구는 1990년대 초 이후 지진공학연구센터의 설립과 함께 지진해석 및 설계기술의 개발은 상당부분 진행된 상태이나, 지진피해평가기법에 대해서는 개발필요성에 대한 정부 및 학계의 공감대 형성에도 불구하고 기본적인 연구만이 진행되고 있다. 또한 재해피해추정을 위해서는 다양한 요소기술의 연구가

수반되어야 한다. 지금까지 우리나라에서는 재해피해추정을 위한 종합적인 연구가 시도되었으나, 분야별 요소기술에 대한 체계적인 연구의 시도는 부족한 실정이다. 2000년 서울시에서 「서울시 지진대응모델 개발」연구가 수행되었고, 여기서 서울시에 대한 종합적인 지진대응 방안을 도출하였으며 일부 피해추정기법의 필요성과 종합적인 방법론을 제시하였다. 2007년 현재 소방방재청에서는 지진재해 대응시스템 구축 사업을 수행하고 있으며, 국립방재교육연구원 방재연구소에서는 지진, 태풍, 홍수 등 다양한 재해에 대한 재해피해추정기법을 개발하려고 노력하고 있다. 또한 태풍 및 홍수관련 해서는 기상청 등에서 위성사진을 통해 전송해오는 태풍의 이동경로와 추정되는 상륙위치 등을 파악하는 정도에 그치고 있어 사전대피나 예방이 피상적인 수준에 머물러 매년 피해규모를 줄이지 못하고 있는 실정이다. 이는 관련 기술이 국내에 전무하거나 기 확보하고 있는 경우에도 태풍 위험도 평가 관점에서 통합되어 있지 못하기 때문이다.

제2절 국외 기술동향

철도 선진국의 철도안전정책 동향은 국가 기간산업인 철도의 안전성 확보 및 향상된 서비스 제공을 위하여 국가차원의 정책적인 투자를 확대하고 있다. 전체 교통의 안전성을 향상시키기 위해서 안전성 높은 철도교통의 수송분담률을 증대시키고, 이에 따른 정책적 안전목표를 설정하고 있다. 또한 안전목표 달성을 위해 철도법을 근거로 일관된 국가 안전관리체계를 수립하여 철저히 안전규제를 시행하고 있다. 철도안전관리의 공정성, 투명성을 확보하기 위하여 이원화된 국가 안전관리 전담조직을 운영하고 있다.

철도 선진국의 안전규제는 정부기관 내 독립적인 철도감독국(규제실행기관)을 두어 지속적인 안전확보를 위한 관리·감독 수행하고 있다. 철도감독국은 안전관련 법규에 따라 ①안전관리기준을 제시 ②시설관리자 및 운영자의 안전능력을 평가 ③철도사업을 승인한다. 철도사업자는 이 기준에 맞는

자체적인 안전관리규정 적성 및 안전관리계획을 수립하여 시행하고 있고, 또한 규제기관인 철도감독국은 사고조사 및 분석을 위한 철도안전평가 정보지원시스템을 구축하고 있으며, 표준화된 절차에 따라 정보를 공개하고 있다.

아울러, 철도 선진국은 철도법, 안전규정, 안전규칙 등 단계별 안전요건을 보유하고, 이를 통하여 일관적인 안전체계를 수립하고 안전규정 및 규칙에는 각 분야별 세부기준을 제시하고 있다.

영국의 경우, HSE(Health and Safety Executive)는 철도사업면허제도에 대한 양해각서를 통해 HMRI(Her Majesty's Railway Inspectorate)에 안전심사 및 승인에 대한 권한을 위임하였으며, 역, 열차 및 철도망 운영자는 반드시 운영권 허가신청에 앞서 철도감독국이 승인하는 철도안전규정을 확보해야 한다. 철도사업면허와 관련하여 철도규제사무소(Office of Railway Regulator)에 의해 3가지 면허가 발행되며, 여객철도 프랜차이징 사무소(Office of Passenger Railway Franchising)가 경쟁입찰에 기초하여 여객운송의 지역영업권을 주고 있다. 철도안전규정에 따른 Safety case 작성지침을 제공하고 있으며, Safety case는 ①안전관리의 기본방침, ②시설・기기・취급・연수 등에 대한 기술기준, ③위험도 평가, ④안전관리의 실시방법, ⑤안전성의 모니터 방법, 안전감독, 안전리포트 등의 사항을 기본적으로 포함하고 있다. 철도관련 주주들이 만든 독립기관인 철도안전기준위원회(Rail Safety and Standards Board; RSSB)가 2003년에 만들어져서 이곳에서 안전기준을 만들게 되었다. 2000년 10월에 발생한 Hatfield 철도사고를 비롯한 일련의 대형 철도사고로 인하여 영국의 안전체계의 변화가 생겼고, 이를 정리하여 나타내면 <표 2-3>과 같다.

<표 2-3> 영국 안전체계의 변화

구분	민영화 추진 당시의 체계	변경된 체계
안전법의 준수 및 종합적인 안전책임	HSE(1993)	ORR(2004)
사고조사 기능	HMRI(1993)	RAIB(DfT : 교통부)(2003)
안전정책 기능	DRP(1993)	RAIB(DfT : 교통부)(2003)
안전기준 제정	RSSB(2003)	RSSB(2003)
안전인증(Certification)	HSE, Railtrack(1993)	ORR(2004), NetworkRail(2002)
안전조항(Safety case)	Railtrack, TOC(1993)	NetworkRail(2002), TOC

미국의 경우, 철도법(US Code Title 49, Subtitle V, Rail programs)에 안전을 규정하고 있으며, 연방철도국(FRA)에서는 이를 근거로 안전규정과 절차를 마련하여 각 부분별 안전기준을 제정하고 있다. 미국 철도안전의 세부적인 규정들은 연방규정집(CFR, Code of Federal Regulation) 49편 운송(Title 49 Transportation)의 Part 200~268에 있다.

일본의 경우, 국토교통성의 철도국에서 철도사업에 관한 감독·감사업무를 맡고 있다. 철도국에는 현재 총무과, 간선철도과, 도시철도과, 재무과, 업무과, 기술기획과, 시설과의 7개부서가 설치되어 있다. 이 중에 안전대책업무는 주로 기술기획과에 설치되어 있는 안전대책실에서 담당하고 있으며, 각 지역에서의 안전관리와 사고조사는 지구별(8개)로 분할된 국토교통성의 지방운수국에서 전담하고 있다. 각 지방운수국의 철도부 운전보안과에서는 철도시설, 차량 등의 안전검사 및 지도, 사고 예방을 위한 대책마련, 철도사고의 조사 및 분석, 동력차기관사 운전면허 발급 등의 철도안전관련 업무를 수행하고 있다.

마지막으로 프랑스의 경우, 철도안전의 절대적 필요성, 공공서비스의 지속적 제공을 위해 실질적으로 SNCF가 통합 운영체계 유지하면서 본사→지방지사→현업사무소의 3단계로 조직된 각 단계별로 안전책임을 구분하고, 본사차원의 안전콘트롤 및 감사기능을 보유하고 있다. 안전규제기관인 SNCF 내의 안전 컨트롤・감사부(DAS)에 의해 실행안전감사(ASNO), 기획안전감사(ASC), 직원안전감사(ASI), 화재일반안전감사가 이루어지고 있다. 즉 SNCF가 철도 운행 및 안전관리의 책임을 지는 공적인 기관으로서 일반철도와 고속철도를 모두 포괄하는 일반안전규정(RGS)을 제정하여 철도운행안전의 특수성을 감안한 안전규정, 운전취급과 운전담당의 관계를 고려한 안전규정, 환경을 감안한 안전규정 등에 대한 관리 및 지시사항의 법적인 기반을 조성하고 실행 및 대책을 제공하고 있다.

제3장 연구개발 수행내용 및 결과

제1절 국내외 안전제도 분석 및 대상항목 선정
제2절 철도시설 안전체계 구축(안)
제3절 철도시설 안전원칙 및 안전성분석(안)
제4절 궤도 안전기준(안) 및 해설
제5절 노반 안전기준(안) 및 해설
제6절 구조물 안전기준(안) 및 해설
제7절 역시설 안전기준(안) 및 해설
제8절 건널목 안전기준(안) 및 해설
제9절 전철전력설비 안전기준(안) 및 해설
제10절 정보통신설비 안전기준(안) 및 해설
제11절 신호제어설비 안전기준(안) 및 해설
제12절 종합시험운행 시행지침 및 절차서(안)

제1절 국내외 안전제도 분석 및 대상항목 선정

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR01 - 2006 작성일 : 수정일 :

1. 프로젝트는 철도시설 안전관련 제도분석 및 대상항목을 선정하여야 한다.

1.1 프로젝트는 국내외 철도시설 안전관련 제도를 분석하여야 한다.

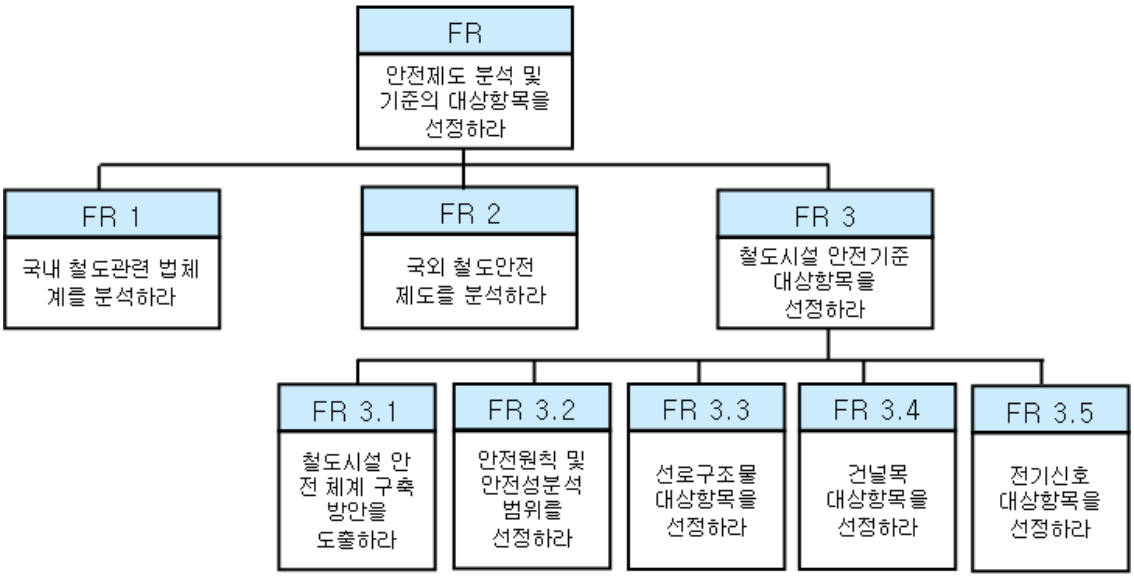
1.2 프로젝트는 시설안전 체계 및 기준에 대한 대상항목을 선정하여야 한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 및 관련논증보고서 (SE제공) - 철도시설안전 과제 VRTM Templates ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - MVP(종합검증계획서) - PM(Project Management) - 철도시설안전 과제 Architecture ☐ **설계정보 및 평가자료** - 물리 아키텍처 - 검증기준(Verification Criteria) - 설계 분석 보고서 (DARs) - 시험 및 입증 자료 (N/A) ☐ **검증 방법** - 엔지니어링 분석, 비교검증	- SE 검증	- 수정 VRTM - RVCD

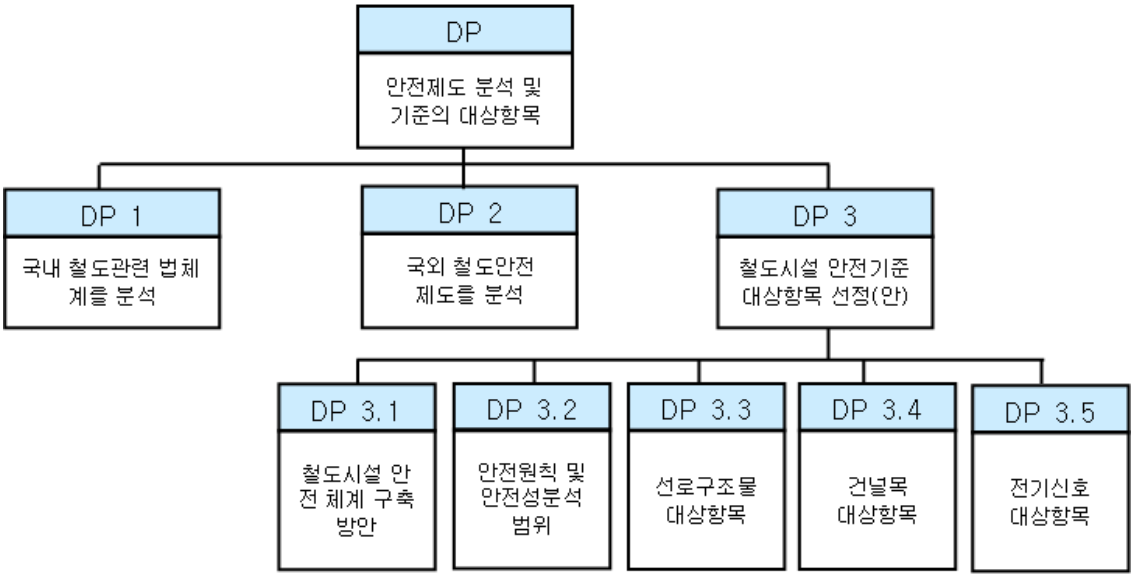
Verification Specification (검증기준) :

- 기능 (Function) : 기능실현성의 적합성 (시스템 평가자 검토)
- 물리적 구조 (Physicals) : 물리적 구조의 적합성 (시스템 평가자 검토)
- DAR의 적합성 : 국내외 법체계 분석 및 대상항목 선정 결과의 적합성 (전문가 검토)
- 성능 시험 (N/A)
- 안전성 시험, 내구성 시험 (N/A)

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

철도시설 안전제도 분석 및 대상항목 선정은 시스템 요구사항 『SR 1. 프로젝트는 철도시설 안전관련 제도분석 및 대상항목을 선정하여야 한다.』 중 『SSR 1.1 프로젝트는 국내외 철도시설 안전관련 제도를 분석하여야 한다.』 및 『SSR 1.2 프로젝트는 철도시설 안전기준 대상항목을 선정하여야 한다.』 에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 국내외의 철도관련 법체계 및 시설안전관련 기준을 분석하고, 국내실정에 적합한 시설안전 체계 및 안전기준 대상항목을 선정하였다.

나. 설계기준

- 국내외 철도안전 법체계 및 제도
- 철도시설 안전기준 항목 등

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

국내외 철도관련 법체계 및 시설안전관련 기준 분석, 시설안전 체계 구축(안), 철도시설 안전기준 대상항목 등

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 국내 철도관련 법체계 분석

한국의 철도는 100년이라는 긴 역사를 가지고 있으며, 1960년대까지는 주요 육상 교통 수단으로의 역할을 충실히 해 왔지만 그 후의 국내 산업정책 및 교통환경 여건의 변화 등으로 다소 주춤한 실정이었다. 그러나 최근에는 지구온난화 문제, 에너지 고갈 등의 문제로 친환경 및 에너지 절감형 교통수단인 철도의 역할에 대한 재인식이 시작되고 있는 실정이다. <표 3-1-1>은 2007년 현재 국내 철도의 거리 및 이용객을 나타낸 것인데 고속 및 일반철도를 운영하는 코레일 뿐만 아니라 서울메트로를 비롯한 7개의 도시철도와 민간으로 운영되는 공항철도 등 아주 다양하다.

<표 3-1-1> 국내 철도운영 현황

가)

기관 / 발생	코레일		서울메트로	서울도시철도	인천지하철	대구지하철	대전도시철도	광주도시철도	부산교통공사	시설공단	공항철도(민간)	계
	고속	일반										
철도거리(km)	240.4	3,158.7	287.0		24.6	57.3	22.6	20.1	96.8	-	40.3	3,947.8
주행거리(백만km)	117.7		22.3	18.8	2.4	6.1	1.6	1.0	11.0	2.0	2.2	185.1
이용객(천만명)	98.9		106.2	83.6	7.3	10.7	2.3	1.4	23.8	-	1.3	335.5

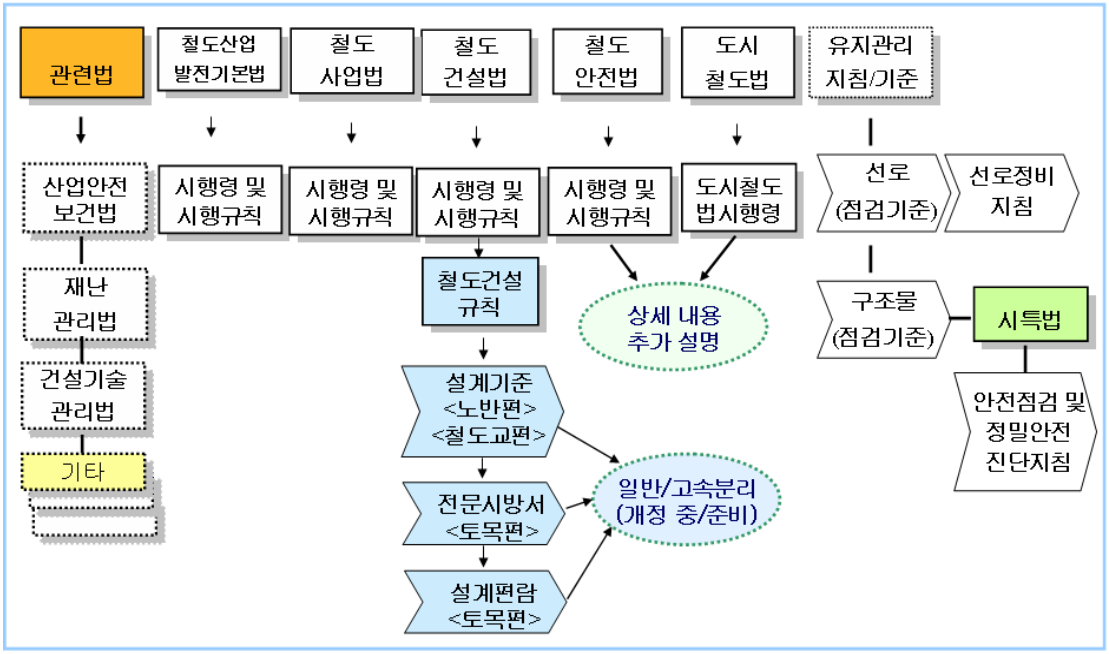
또한 <표 3-1-2>는 국내 철도에 관련된 법 등의 제도적 근거를 분석한 것인데, 고속・일반・광역・도시철도 및 민자사업자의 등장 등으로 철도분야의 통일된 기술기준이 필요하고, 철도별 설계, 시공, 유지관리에 대한 체계적인 기준과 절차 마련이 요구된다.

<표 3-1-2> 국내 철도관련 법 및 시행령 등의 제도현황

법률	대통령령	부령	훈령/지침/고시
14	14	14	125[주)]

주) 국토해양부 법령자료(훈령/지침/고시) 검색(철도 keyword) 결과(2008.5 현재)

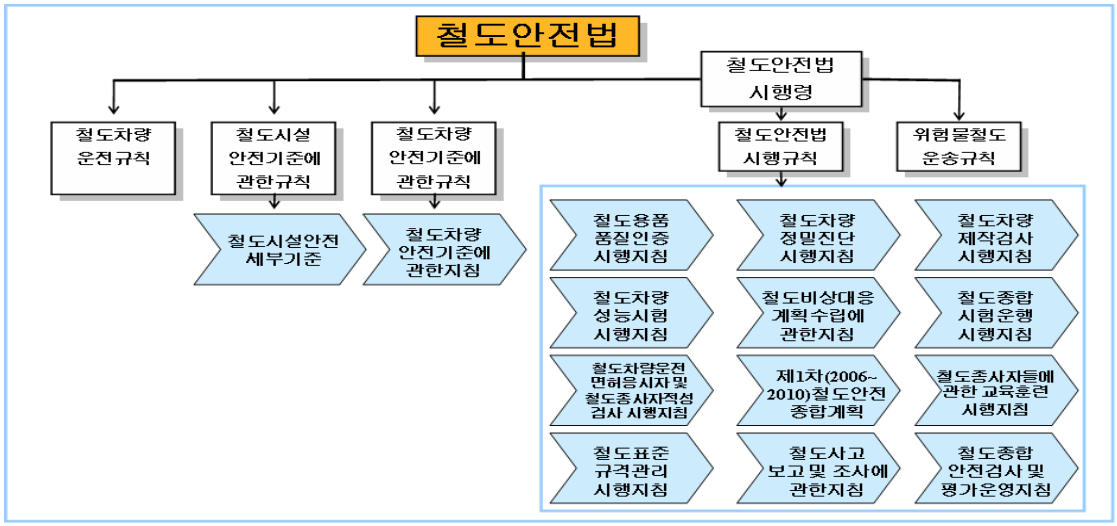
한편 국내철도 건설, 안전 및 유지관리에 관련된 법, 체계 및 규칙을 요약하여 정리하면 <그림 3-1-1>과 같다. 이 그림에서와 같이 철도에 관련된 법체계는 다양하게 구성되어 있고, 적용 또한 복잡하다고 할 수 있다. 따라서 이 절에서는 각 법의 구성 체계 및 안전관련 내용을 검토 분석하고자 한다.



<그림 3-1-1> 국내 철도 관련법 및 체계

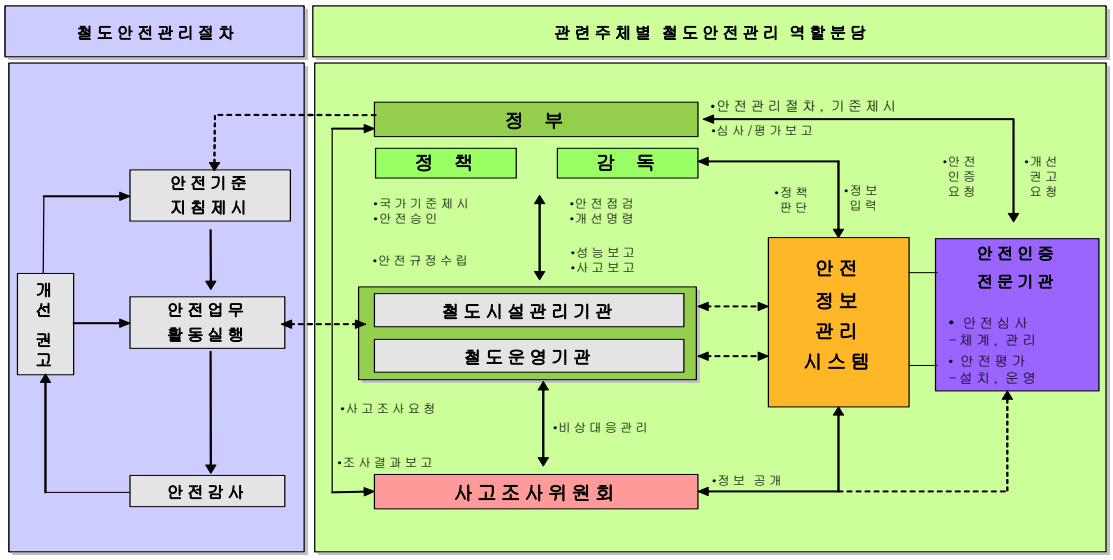
(가) 철도안전법 및 체계

철도안접법은 2004.10.22에 공포되어 2005.1.1부터 시행되는 법률로서 철도안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 규정하고 철도안전관리체계를 확립함으로써 공공복리의 증진에 기여함을 목적으로 제정되었다. 2004.10 제정 이후 지금까지 관련 규칙 및 기준이 제·개정되어 왔으며, 그 내용을 나타내면 <그림 3-1-2>와 같다.

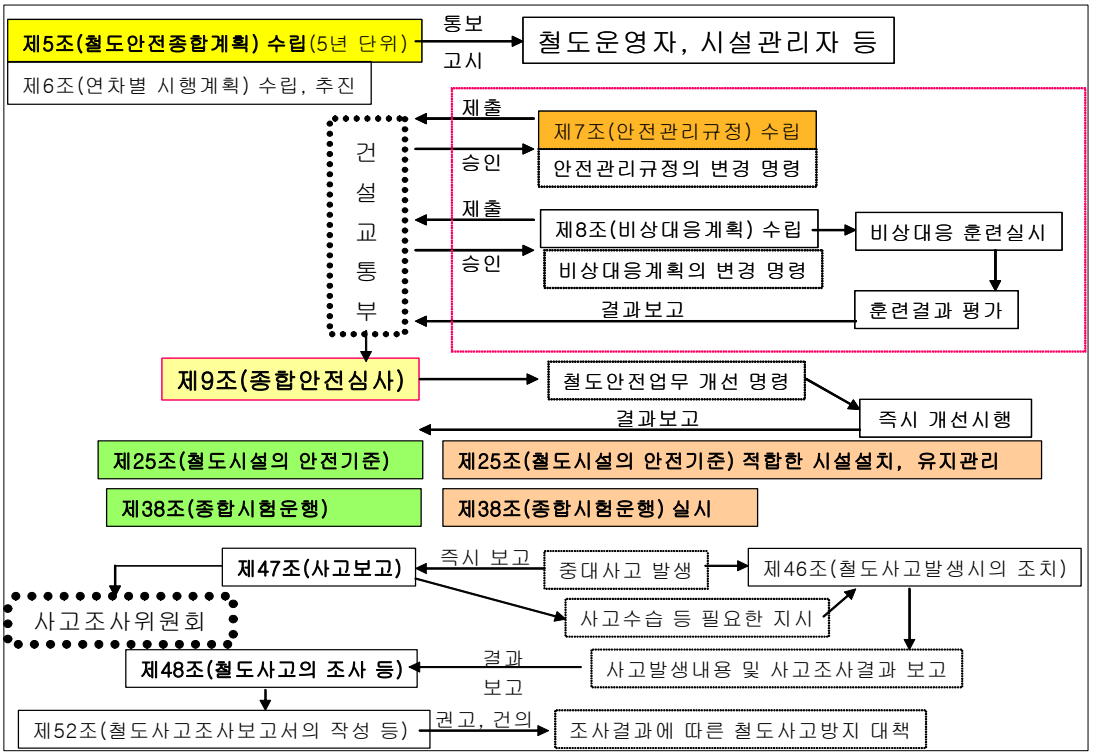


<그림 3-1-2> 철도안전법 및 관련 규칙/기준

또한 철도안전법에서 요구하는 철도안전관리 절차 및 역할 분담, 철도시설에 관련된 안전관리 체계는 <그림 3-1-3>, <그림 3-1-4>에 각각 나타내었다.



<그림 3-1-3> 철도안전관리절차 및 역할분담(철도안전법)



<그림 3-1-4> 철도시설 안전관리 체계

<그림 3-1-4>에서와 같이 이 법의 제25조(철도시설의 안전기준)에는 "①철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치하여야 한다. ②철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 철도시설을 점검·보수하는 등 유지관리 하여야한다."라고 되어 있다. 최근에 철도안전법 제25조의 규정에 의한 철도시설의 안전기준과 유지관리에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 다음 <표 3-1-3>과 같은 "철도시설 안전기준에 관한규칙(건교부령 제476호, 2005.10.27)"을 제정하였다.

<표 3-1-3> 철도시설 안전기준에 관한규칙(건교부 제476호)

제 1장 총칙	제 4장 건널목의 안전
제1조(목적) 제2조(정의) 제3조(적용범위) 제4조(세부기준)	제19조(건널목 분류 및 안전설비 설치기준) 제20조(건널목의 신설·폐지) 제21조(교통량 조사) 제22조(차단기·경보기 그 밖의 안전장치 고장시의 조치) 제23조(차단기의 설치) 제24조(경보기의 설치 등) 제25조(관리원없음표지의 게시) 제26조(건널목 보판의 여유 폭과 차량진입 금지설비) 제27조(건널목의 안전설비) 제28조(건널목 대장의 비치 등)
제 2장 철도시설의 안전성 분석	
제5조(철도시설의 안전성분석)	
제 3장 터널 방재기준	제 5장 승강장의 안전시설 등
제6조(대피로의 설치) 제7조(안전난간) 제8조(대피통로) 제9조(대피통로 접속부의 안전기준) 제10조(제연설비) 제11조(배연설비) 제12조(송수관 설비) 제13조(비상조명등) 제14조(전기시설물의 보호) 제15조(터널 안의 표지판) 제16조(비상통신장비) 제17조(터널의 출입구) 제18조(단전 및 접지기구 설치)	제29조(승강장의 안전시설) 제30조(철도교량의 안전시설) 제31조(차량탈선방지 안전시설) 제32조(선로의 안전시설) 제33조(선로 방호시설) 제34조(철도교량의 대피시설)
	제 6장 시설유지관리
	제35조(철도시설의 유지관리) 제36조(유지관리계획) 제37조(유지관리의 시행) 제38조(기록의 관리)

(나) 철도건설법 및 체계

철도건설법은 2004.12.8에 제정되어 2004.12.31에 공포된 법으로, 철도망의 신속한 확충과 역세권개발사업의 활성화를 위하여 철도망 구축계획의 수립, 철도건설, 역세권개발에 관한 사항을 규정함으로써 철도교통망의 효율적인 확충과 공공복리의 발전에 이바지함을 목적으로 제정되었다.

<표 3-1-4> 철도건설법

제1장 총 칙 제1조(목적) 제2조(정의) 제3조(다른 법률과의 관계) **제2장 철도의 건설** 제1절 국가철도망구축계획 제4조(국가철도망구축계획의 수립 및 변경) 제5조(국가철도망구축계획의 내용) 제6조(철도건설심의위원회의 설치 및 기능) 제2절 철도의 건설체계 제7조(철도건설사업별 기본계획의 수립) 제8조(철도건설사업의 시행자) 제9조(철도건설사업별 실시계획의 승인) 제10조(토지에의 출입 등) 제11조(다른 법률에 의한 인·허가등의 의제) 제12조(수용 및 사용) 제13조(국·공유재산의 대부 등) 제14조(토지매수사업 등의 위탁) 제15조(대체공공시설등의 설치) 제16조(준공확인) 제17조(시설의 귀속등) 제18조(고속철도건설사업의 촉진 및 품질향상 등을 위한 특례) 제19조(철도의 건설기준) 제3절 철도건설 비용부담 제20조(비용부담의 원칙) 제21조(수익자·원인자의 비용부담)	**제3장 역세권 개발** 제22조(역세권개발구역의 지정) 제23조(역세권개발사업 시행 등) **제4장 보 칙** 제24조(보고 검사 등) 제25조(감독) 제26조(청문) **제5장 벌 칙** 제27조(벌칙) 제28조(양벌규정) **부 칙** 제1조(시행일) 제2조(다른 법률의 폐지) 제3조(철도망계획에 대한 심의위원회 심의에 관한 적용례) 제4조(실시계획 승인에 대한 위원회의 심의에 관한 적용례) 제5조(일반적인 경과조치) 제6조(의제조항에 관한 경과조치) 제7조(계획에 관한 경과조치) 제8조(벌칙 등에 관한 경과조치) 제9조(다른 법률과의 관계) 제10조(다른 법률의 개정 등)

철도건설법에서 위임(철도건설법 제19조)된 철도의 건설 및 개량에 관하여 필요한 사항을 규정하기 위하여 “철도건설규칙”을 제정하였다. 기존 국유철도건설규칙을 수정하고 있는 기준의 주요내용은 다음과 같다.

○ 선로의 등급을 고속선·1급선·2급선·3급선 및 4급선으로 구분함
○ 선로의 등급에 따라 설계속도를 정하고 설계속도에 맞추어 선로의 곡선반경, 시공기면의 폭, 선로의 부담력 등을 규정함
○ 이 규칙에서 정한 사항외의 사항은 사업시행자가 사업별 설계기준 등을 따로 정하여 시행할 수 있도록 함
○ 이 규칙에서 정하지 아니한 전동차 전용선에 대한 사항은 도시철도건설규칙을 준용할 수 있도록 함

철도건설규칙에서 시설관련 사항은 “제2장 선로”와 “제3장 정거장 및 기지”에 규정하고 있으며, 그 항목을 정리하면 아래의 <표 3-1-5>와 같다.

<표 3-1-5> 철도건설규칙

제2장 선로	제21조 터널안의 재난설비
제4조 선로의 등급	제22조 철도횡단시설
제5조 설계속도	제23조 선로의 방호설비
제6조 궤간	제24조 선로표지
제7조 곡선반경	
제8조 완화곡선의 삽입	제3장 정거장 및 기지
제9조 곡선사이의 직선의 삽입	제25조 정거장 및 신호소의 설비
제10조 선로의 기울기	제26조 간이역
제11조 종곡선의 삽입	제27조 유효장
제12조 슬랙	제28조 승강장
제13조 건축한계	제29조 선로중심과 승강장 등과의 거리
제14조 궤도의 중심간격	제30조 전차대
제15조 시공기면의 폭	제31조 차막이
제16조 선로의 부담력	제32조 구름 등 방지설비
제17조 레일의 중량	제33조 선로의 분기 및 평면교차
제18조 도상의 두께	제34조 선로접근도로 및 비상구조 헬리콥터 착륙장
제19조 캔트	
제20조 구조물구간의 안전설비	

최근에는 철도건설법을 일부개정(2007.5.17 법률 제8466호)하였고, 철도건설규칙 또한 개정을 준비하고 있는 실정이다. 여기서 개정된 철도건설법의 체계를 간략히 분석하면 <표 3-1-6>과 같으며, 주목할 사항은 정부주관으로 사양규정으로 마련된

기준을 사업시행자가 시행하는 것으로 되어 있다.

<표 3-1-6> 철도건설법(2007.5.17) 체계 분석

구분	건설교통부	승인 협의	사업시행자	철도건설 심의위원회
국가철도망 구축계획	-10년 단위로 수립 시행 -5년마다 타당성 검토 -내용 · 철도의 중장기 건설계획 · 다른 교통수단과의 연계교통체계 구축 · 소요재원의 조달방안 · 환경친화적인 철도의 건설방안 · 기타 필요 인정하는 사항			철도망계획의 수립 및 변경 심의
철도 건설사업별 기본계획	-기본계획 수립 시행 -내용 · 장래의 철도교통수요 예측 · 철도건설 경제성타당성 등 평가 · 개략적인 노선 및 기지 배치계획 · 공사내용/기간 및 사업시행자 · 개략적인 공사비/재원 계획 · 연차별 공사시행계획 · 환경보전 관리에 관한 사항 · 지진대책	관련부처 및 지자체 협의		
철도 건설사업별 실시계획		건교부 승인	-사업규모/내용 -사업구역 -사업기간 -구간별/시설별	
철도의 건설기준	-철도건설기준 수립		-기준 시행	

(다) 도시철도법 및 체계

도시철도법은 도시교통권역의 원활한 교통소통을 위하여 도시철도의 건설을 촉진하고 그 운영을 합리화하며, 도시철도차량 등을 효율적으로 관리함으로써 도시교통의 발전과 도시교통 이

용자의 안전 및 편의증진에 이바지함을 목적으로 제정되었다(1995.12.29개정).

<표 3-1-7> 도시철도법 및 시행령

도시철도법	도시철도법시행령
도시철도법	도시철도법시행령
[법률 제5967호 일부개정 1999.01.15]	[대통령령 제17175호 일부개정 2001.03.27]
제1조 (목적)	제1조 (목적)
제2조 (적용범위)	제1조의2 (도시철도기본계획의 수립·제출 등)
제3조 (정의)	제2조 (경미한 기본계획의 변경)
제3조의2 (도시철도기본계획의 수립 등)	제5조 (지하사용보상의 대상 및 기준)
제4조 (사업면허 등)	제6조 (재결신청)
제5조 (토지 등의 수용 및 사용)	제9조 (도시철도책권의 발행절차)
제6조 (토지에의 출입 등)	제10조 (도시철도채권의 발행방법 등)
제7조 (공사장애물의 이전 등에 관한 협의 등)	제12조 (도시철도채권의 매입대상 등)
제8조 (이주대책 등)	제13조 (도시철도채권발행원부의 비치)
제9조의2 (피해건축물의 개축)	제14조 (도시철도채권의 사무취급기관 등)
제10조 (국공유지의 처분제한 등)	제14조의2 (도시철도기술연구기관)
제10의2 (건설 및 운전)	제15조 (건설과 운영의 위탁승인신청)
제11조 (도시철도의 건설 및 운영을 위한 자금조달)	제16조 (시설물의 무상운영기간 등)
제12조 (도시철도채권의 발행)	제17조 (도시철도 시설물의 귀속)
제13조 (도시철도채권의 매입)	제18조 (건설·운영규정의 승인 등)
제14조 (정부지원)	제19조 (건설과 운영의 위탁의 취소 등)
제15조 (건설과 운영의 위탁)	제20조 (도시철도위원회의 기능)
제16조 (사업개선명령)	제21조 (위원회의 구성 등)
제17조 (연락운송)	제22조 (위원회의 운영)
제18조 (도시철도공사의 설립 등 협의)	제23조 (차량위원회)
제19조 (면허의 취소 등)	제24조 (표준사양의 제정 등)
제20조 (청문)	제25조 (도시철도차량의 구조 및 장치)
제21조 (도시철도운영인력의 수급)	제25조의2 (성능시험의 대상)
제22조 (도시철도차량의 표준사양)	제25조의3 (성능시험의 신청 등)
제23조 (다른 법률과의 관계)	제25조의4 (성능시험의 기준 및 방법 등)
제24조 (감독 등)	제25조의5 (성능시험자의 지정 등)
제25조 (보고 및 검사)	제25조의6 (품질인증의 대상·기준 등)
제26조 (지원자금의 목적 외 사용금지 등)	제25조의7 (정밀진단자의 지정 등)

도시철도법 제10조의2의 규정에 의하여 도시교통권안에서 건설하는 도시철도의 건설기준 등에 관하여 필요한 사항을 규정하기 위하여 “도시철도건설규칙”이 제정되었으며, 시설관련 사항은 “제2장 선로”와 “제3장 정거장”과 “제6장 선로표지등의 안전

설비"에 규정되어 있으며 항목은 다음 <표 3-1-8>과 같다.

<표 3-1-8> 도시철도건설규칙

제2장 선로	제6절 구조물
제1절 궤간	제26조 건축한계외의 여유 공간
제6조 궤간	제27조 도로면 등으로부터의 간격
제7조 확대궤간	제7절 분기
제8조 확대궤간의 체감거리	제29조 분기
제9조 궤간의 공차	
제2절 곡선	제3장 정거장
제10조 선로의 곡선반경 등	제30조 정거장의 시설·설비
제11조 캔트	제30조의2 승강장의 안전시설
제12조 캔트의 체감거리	제30조의3 정거장간 거리
제13조 완화곡선	제31조 승강장의 너비
제14조 직선의 삽입 등	제32조 승강장연단의 높이
제3절 기울기	제33조 승강장연단과 차량한계와의 간격
제15조 정거장밖의 기울기한도	제34조 승강장·통로의 길이·폭
제16조 정거장안의 기울기한도	제35조 노면출입구 및 지상보행로
제17조 측선의 기울기	제35조2 특별피난계단
제18조 종곡선	제35조3 정거장의 구조물 등의 마감재료
제4절 건축한계	
제19조 건축한계	제6장 선로표지등의 안전설비
제20조 직선부의 건축한계	제61조 선로의 표지
제21조 곡선부의 건축한계	제62조 차막이시설
제5절 궤도	제63조 대피시설
제22조 궤도의 중심 간격	제64조 침수방지설비
제23조 곡선인 궤도의 중심 간격	제65조 방화·방재설비
제24조 레일	제66조 환기구 내부의 설비
제25조 도상의 두께 등	제67조 재연설비
	제68조 물을 사용하는 소화설비
	제69조 유도등
	제70조 비상조명등
	제71조 터널안의 연결송수관설비 등
	제72조 터널로 통하는 진입로
	제73조 내진설계기준

(라) 시설물의 안전관리에 관한 특별법(시특법) 및 체계

철도안전법 제25조(철도시설의 안전기준)②에는 철도시설의 점검·보수 등의 유지관리에 대한 조항이 있으며, 현재 철도운영기관에서 수행하고 있는 유지관리 절차를 알아보면 다음과 같다.

○ 선로관리 및 점검

- 선로순회점검 : 시설관리원(2일1회), 선임시설관리장(주1회), 분소장, 소장(수시)
- 궤도검측차 : 주요선(년7회), 기타선(년4회)
- 레일탐상 점검 : 탐상차(년1회), 탐상기(년3,4회)
- 궤도상태 및 재료검사 : 소장 책임하에 시행, 본청 수시시행
- 계절별 관리

● 해빙기 (3.1～4. 30) : 낙석제거와 감시, 궤도이완개소보수 등

● 하절기 (5.1～9. 30) : 수해예방, 레일좌굴예방작업, 재해대책본부설치

● 월동기 (10.1～익년 2. 28) : 토막레일 사전준비, 응급이음매판 배치 및 레일절손 대비 응급복구재료확보 등

○ 구조물 안전관리 및 점검

- 시설물의 안전관리에관한특별법(이하 시특법)에 의거 구조물에 대한 점검 및 진단을 실시하여 보수·보강계획 수립 추진
- 50년 이상 경과 노후구조물 보수·보강계획 : 노후시설물의 내하력 증강과 안전점검·진단결과 C급 판정시설물 보수·보강공사에 집중투자
- 수중교각 점검관리 : 115개 교량 중 교각 517기(수심 1m이상 교각)에 대하여 매년 갈수기(1～3월, 9～11월)를 이용, 수중탐사 전문기관에 용역 및 자체 잠수요원을 활용하여 정밀조사를 시행하여 이상발생시 즉각 조치함
- 구조물 분류 및 점검주기는 각각 다음 <표 3-1-9>와 <표 3-1-10>과 같다.

<표 3-1-9> 구조물 분류

구 분	1종 시설물	2종 시설물
교량	트러스교량, 연장 500m이상의 교량	연장 100m이상의 교량으로서 1종 시설물이 아닌 교량
터널	연장 1km이상의 터널	특별시 또는 광역시 안에 있는 터널로서 1종 시설물이 아닌 터널

<표 3-1-10> 구조물 점검주기

정기점검	정밀점검	긴급점검	정밀안전진단
보선소장	보선소장	보선소장	1종 : 완공10년후부터 5년1회 2종 및 기타 : 필요시
반기1회	2년 1회	긴급시	

○ 건축물 안전관리

- 일상점검 : 건물 내·외관 형태 및 상태관찰(분기별1회)
- 정기점검 : 경도측정기 등 장비를 이용한 점검(년1회이상)
- 특별점검 : 정밀점검을 요하는 건축물에 대하여 외부기관에 의뢰함

이상과 같이 선로 및 구조물의 유지관리에 관한 점검기준을 살펴보았는데, 구조물의 경우 “시특법”에 의하여 유지관리를 수행하고 있다. 즉 시설물의 안전점검과 적정한 유지관리를 통하여 재해 및 재난을 예방하고 시설물의 효용을 증진시킴으로써 공중의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여함을 목적으로 시특법이 1995.1.5에 제정되었다(개정1999.1.29). 또한 시특법 제13조 및 같은법 시행령 제13조의 규정에 의하여 제정한 안전점검 및 정밀안전진단지침(건설교통부 고시 1999-409호, 1999.12.27)의 시행을 위하여 세부실시요령 및 표준서식을 정한 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(건설교통부, 2000.9)이 마련되어 운용중이다. 이 지침은 교량, 터널, 건축물로 구분되어 있으며, 각각은 제1장 총칙, 제2장 관리일반, 제3장 안전점검, 제4장 정밀안전진단, 제5장 보수·보강방법 등으로 구성되어 있다. 최근에 이 지침서에서 교량분야는 도로교 위주로 작성되었기 때문에 철도교 특성에 적합한 정밀안전진단 지침의 마련을 요구하고 있는 실정이다.

시특법과 같은법 시행령을 요약하면 다음 <표 3-1-11>과 같다.

<표 3-1-11> 시설물의 안전관리에 관한 특별법 및 시행령

시설물의 안전관리에 관한 특별법	시 행 령
제 1 장 총 칙	제 1 장 총 칙
제1조 (목 적)	제1조 (목 적)
제2조 (정 의)	제2조 (시설물의 범위)
제3조 (시설물의 안전 및 유지관리 기본계획의 수립)	제3조 (관리주체)
제4조 (시설물의 안전 및 유지관리 계획의 수립·시행 등)	제4조 (시설물의 안전 및 유지관리기본계획의 수립)
제5조 (다른 법률과의 관계)	제5조 (안전 및 유지관리계획의 수립·시행)
제2장 시설물의 안전조치등	제 2 장 시설물의 안전조치 등
제1절 안전점검 및 정밀안전진단	제6조 (안전점검의 실시시기)
제6조 (안전점검의 실시)	제7조 (책임기술자의 자격 등)
제7조 (정밀안전진단의 실시)	제8조 (안전점검 및 정밀안전 진단의 대가)
제8조 (정밀안전진단의 실시기관 등)	제8조의2 (주요부분의 하자담보책임기간)
제9조 (안전진단전문기관의 등록)	제9조 (정밀안전진단의 실시)
제9조의2 (결격사유)	제10조 (정밀안전진단을 실시할 시설물)
제9조의3 (명의대여의 금지 등)	제11조 (안전진단전문기관의 등록)
제9조의4 (등록의 취소 등)	제12조 (중대한 결함)
제9조의5 (행정처분후의 업무수행)	제12조의2 (정밀안전진단의 실시 결과에 대한 평가의 대상 등)
제9조의6 (지도·감독)	제13조 (안전점검 및 정밀안전진단 지침)
제9조의7 (시정명령)	제14조 (시설물의 사용제한)
제10조 (안전점검 및 정밀안전진단 실시자의 의무)	제15조·제16조 삭제<'99.6.8>
제11조 (안전점검 및 정밀안전진단 실시결과의 통보)	제17조 (설계도서 등을 보존하여야 하는 보수·보강의 범위)
제11조의2 (안전점검및정밀안전진단의실적관리)	
제11조의3 (정밀안전진단실시 결과에 대한 평가)	제 3 장 시설물의 안전조치등
제12조 (비용의 부담)	제18조 (다른 법령에 의하여 유지 관리하는 시설물)
제13조 (안전점검 및 정밀안전진단 지침)	제19조 삭제<'99.6.8>
	제20조·제21조 삭제<'97.7.10>
제 2 절 안전조치등	제 4 장 한국시설안전기술공단
제14조 (사용제한 등)	제22조 (출연단체)
제15조·제16조 삭제<'99.4.15>	제23조 (재 원)
제17조 (설계도서 등의 보존의무등)	제24조 (출연금의 출연요구)
제 3 장 시설물의 유지관리	
제18조 (시설물의 유지관리의 방법)	
제19조 내지 제24조 삭제<'99.1.29>	
제 4 장 한국시설안전기술공단	

(마) 산업안전보건법령 및 체계

○ 산업안전보건법

- 산업재해예방을 위한 각종제도를 설정하고 그 시행 근거를 확보하며 정부의 산업재해예방정책 및 사업수행의 근거를 설정한 것으로써 70여개의 조문과 부칙으로 구성되어 있다.
- 벌칙사항(제9장) : 산업안전보건법상의 각종 제도의 실효성을 확보하기 위한 장치로써 벌칙내용을 각 규정내용의 중요도에 따라 벌칙은 최고 5년이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에서 최저 500만원이하의 벌금으로, 과태료는 1천만원 이하의 벌금에서 최저 300만 원 이하의 벌금으로 나누어 제67조에서 제72조까지 규정되어 있다.

○ 산업안전보건법 시행령

- 산업안전보건법 시행령은 법에서 위임된 사항, 즉 제도의 대상・범위・절차 등을 설정한 것으로써 48개 조문과 부칙으로 구성되어 있다.

○ 산업안전보건법 시행규칙

- 동법 시행규칙과 산업안전기준에 관한 규칙, 산업보건기준에 관한 규칙 및 유해・위험작업 취업제한 규칙 등 4개의 규칙으로 구분되어 있다.
- 산업안전기준에 관한 규칙 : 사업주가 행한 안전상의 조치에 관한 기술적 사항을 통칙, 작업장 등의 안전기준, 기계・기구 기타 설비에 의한 위험예방, 폭발・화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지, 전기로 인한 위험방지, 건설작업에 의한 위험방지, 중량물 취급시의 위험방지, 하역작업 등에 의한 위험방지, 벌목작업에 의한 위험방지로 구분되어 있으며, 500여개의 조문과 부칙으로 구성되어 있다.
- 산업보건기준에 관한 규칙 : 사업주가 행할 보건상의 조치에 관한 기술적 사항, 작업장・구급용구・보호구 등에 관한 조치기준, 분진・연・4알킬연・유해용제・특정화학물질에 의한 건강장해예방으로 구분되어 있으며, 250여개 조문과 부칙으로 구성
- 유해・위험작업 취업제한에 관한 규칙 : 유해 또는 위험한 작업에 필요한 자격・면허・경험에 관한 사항을 규정하고 있으며 10여개 조문과 부칙으로 구성되어 있다.

(바) 재난관리법 및 체계

○ 재난의 예방 수습과 긴급구조 등 재난관리체계를 확립하여 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호

○ 재난관리계획 수립

- 대상시설 : 교량, 철도, 지하철, 항만, 공항, 댐, 가스시설, 광산, 통신구, 공동주택, 다중이용건축물
- 재난관리책임기관별로 작성, 사고예방대책, 재난발생시 수습 및 복구대책 등

○ 재난위험시설 지정관리 : 점검-조치-사후관리

○ 재난관리체계

- 재난관리 총괄 : 중앙안전대책위원회(위원장 : 국무총리) 또는 지역안전대책위원회(위원장 : 지방자치단체장) - 재난의 예방과 수습 재난관리에 관한 국가의 중요정책을 총괄, 조정하게 됨.
- 사고 수습 및 복구, 보상 : 중앙사고대책본부(본부장 : 주무부처 장관) 또는 지역사고대책본부(본부장 : 시도지사 또는 시군구청장) 설치 - 사태파악 및 재정지원 등 재난의 수습업무 총괄.
- 긴급구조 기구 : 중앙긴급구조구난본부(본부장 : 행정안전부장관, 통제관 : 소방국장) 또는 지역긴급구조구난본부(본부장 : 시도지사, 또는 시군구청장, 통제관 : 소방본부장 또는 소방서장) - 긴급구조를 위해 구조구난기관(소방, 경찰, 군부대, 의료기관, 대한적십자사)의 출동요청, 민방위대원 동원, 지역주민대피명령, 경계구역 설정 및 출입제한 명령, 응급조치 등의 역할을 담당

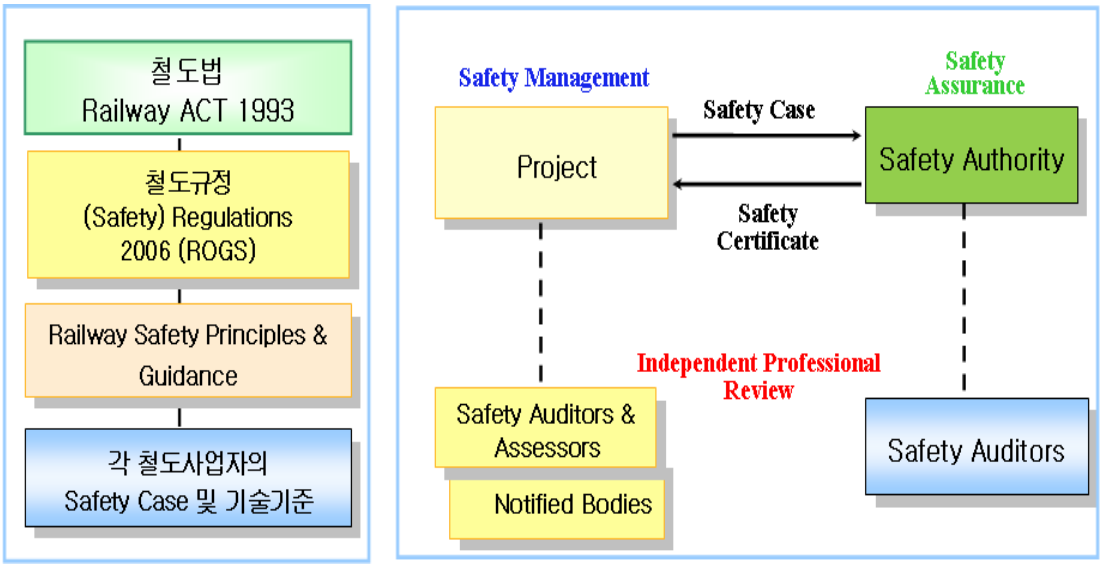
○ 특별재해지역 선포

- 대규모 재난 및 재난이 발생한 당해 시·도의 행정 재정능력으로는 수습이 곤란한 재난 등
- 중앙사고 대책본부장은 중앙안전대책위원회의 심의를 거쳐 당해 지역을 특별재해지역으로 선포할 것을 대통령에게 건의

(2) 국외 철도안전 제도 분석

(가) 영국

제2장에서 언급하였듯이 영국의 철도안전관리 체계는 최근에 변화가 있었는데, 그 중에서 주요한 내용은 2006년에 발효된 ROGS(2006)가 철도(안전 케이스) 규정 2000(The Railways (Safety Case) Regulations 2000)을 대신하는 것이다. <그림 3-1-5>는 영국의 철도안전법의 체계를 나타낸 것인데, 여기서 주요한 내용은 철도사업자가 해당사업에 적합한 안전규정(Safety case)를 작성하여 관련 당국에 제출하고 당국으로부터 안전인증을 받아서 사업을 시행하는 것이다.



<그림 3-1-5> 영국의 철도안전관련 법체계

1) 철도법(Railway Act 1993)

영국의 철도안전 기본제도는 Railway Act 1993에 근거하고 있으며, 약 250페이지에 걸쳐 150개의 항과 부칙으로 구성되어 있으며, 주요 내용은 다음과 같다.

- 법적 권한과 의무를 지닌 철도감시위원 및 여객철도운영권관리자의 임무 규정
- 운행정비차고와 같은 철도운영 및 보조활동에 관련된 회사들의 신 자격체계
- 철도노선망, 차고 및 기타 주요 시설물 사용권에 관한 규정 등 새로운 체계
- 철도 여객서비스 및 이에 따른 결과로서 이전 철도와 일반규정상의 변화에 대응하여 운영할 수 있는 권한
- 기존 철도근로자의 이익, 특히 연금이나 양도여행자격 등의 이익 보호 조치
- 재정적 구조조정 권한과 함께 새로운 회사의 설립, 자산 및 고용자 변동에 의한 철

도의 재조직에 관해 보강된 권한
- 사업이나 재산을 처분할 수 있도록 동일하게 보강된 권한

2) 안전규정 2006(ROGS)

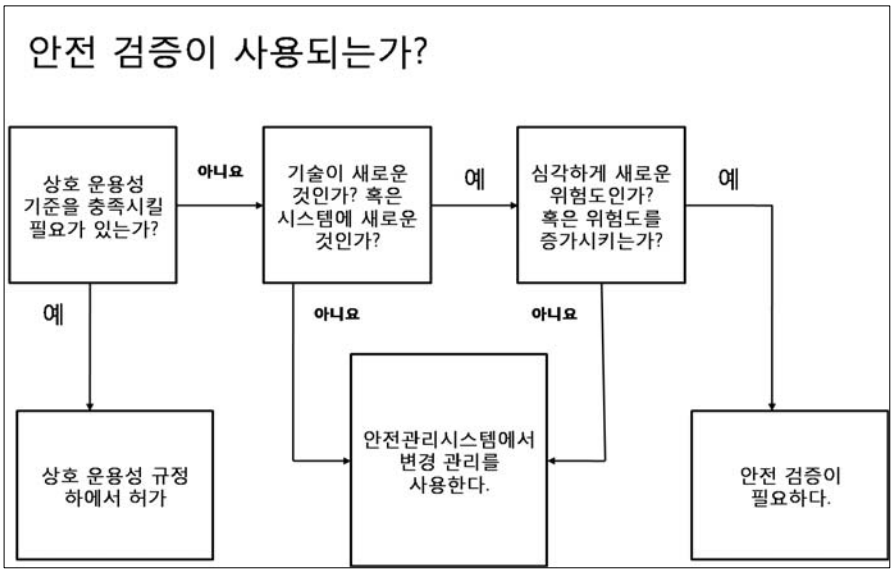
(The Railways and Other Guided Transport Systems (Safety) Regulations 2006 (ROGS))

이 규정은 철도감독국(ORR)에서 발행하였는데, 의무적으로 따라야 할 필요는 없고 다른 조치를 취해도 무방하며 철도안전관리 및 관련자에게 어떤 책임을 가지고 있는지를 쉽게 이해할 수 있도록 도와주는데 목적을 두고 제정되었다. 이 규정의 주요한 구성은 다음과 같다.

- 제1장 : 안전관리시스템
- 제2장 : 안전 검증
- 제3장 : 안전 인증 및 안전 허가
- 제4장 : 위험도 평가
- 제5장 : 연차보고서
- 제6장 : 협력
- 제7장 : 안전(에 중요한) 업무의 관리

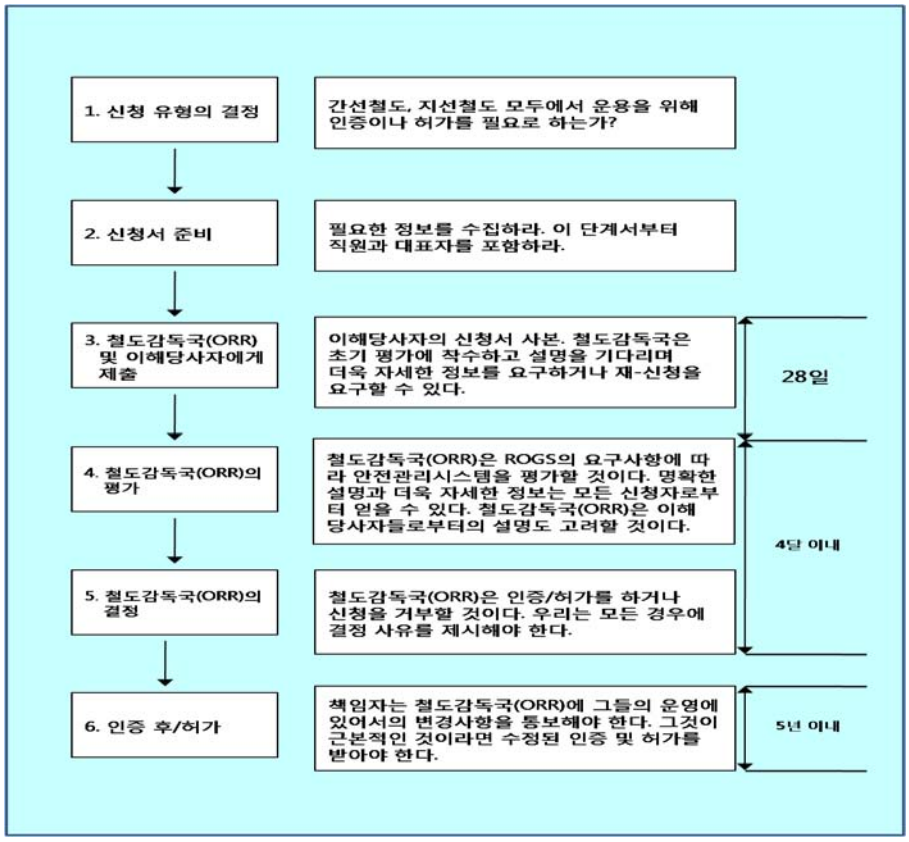
여기서 안전검증, 안전인증 및 안전허가, 위험도 평가 등에서 주요한 내용을 간략히 요약하면 다음과 같다.

안전검증에서 주요한 것은 책임자가 안전검증이 필요한 것인지를 결정하고, 무엇을 해야 하는가? 를 확인하고 그것이 적절히 수행되었는지를 확인하는 것이다. 아래의 <그림 3-1-6>은 안전검증 필요성 여부 결정관련 흐름도이다.



<그림 3-1-6> 안전 검증 필요성 여부 결정 프로세스

또한 안전인증 및 안전허가의 프로세스는 <그림 3-1-7>과 같다.



<그림 3-1-7> 안전인증 및 안전허가 프로세스

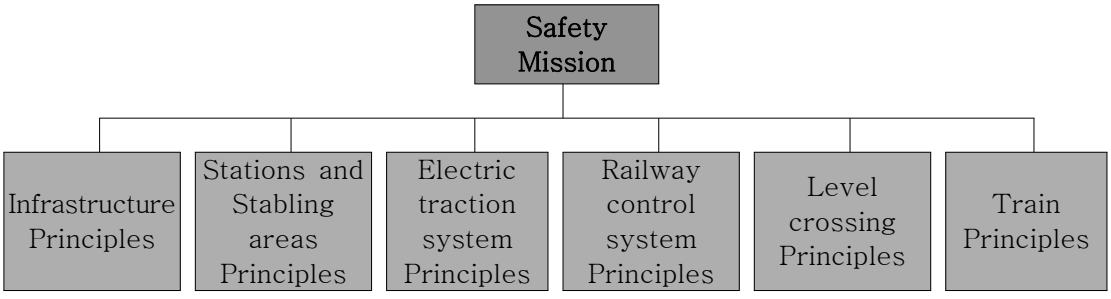
마지막으로 위험도 평가 프로세스는 다음과 같이 보건안전청(HSE) 간행물 “INDG 163 위험도 평가의 5단계”의 모델을 적용하는 것으로 하고 있다.

- 1 단계 : 여러분들이 운영하고 있는 교통시스템에서 발생하는 위험을 식별하기 위한 시스템을 개발한다.
- 2 단계 : 어떤 사람이 어떻게 피해를 입을 수 있는지를 결정한다. - 특히 여러분들은 위험에 처할 수 있는 승객이나 근로자들을 식별해야 한다.
- 3 단계 : 위험도 평가 - 여러분들은 이미 갖춘 계획이 위험도를 통제할 수 있는지의 여부에 대한 판단을 내릴 필요가 있다. 그렇지 않다면, 여러분들은 이를 고치기 위한 조치를 취해야 한다.
- 4 단계 : 여러분들의 결과를 기록한다. - 이것은 일단 갖추어졌을 때, 여러분들이 감시할 수 있는 조치 계획을 만드는 것을 포함해야 한다.
- 5 단계 : 평가를 검토한다. - 정기적으로나 아주 새로운 프로세스 혹은 (교대근무와 같은) 업무 계획이 도입되었을 때

3) 안전원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance)

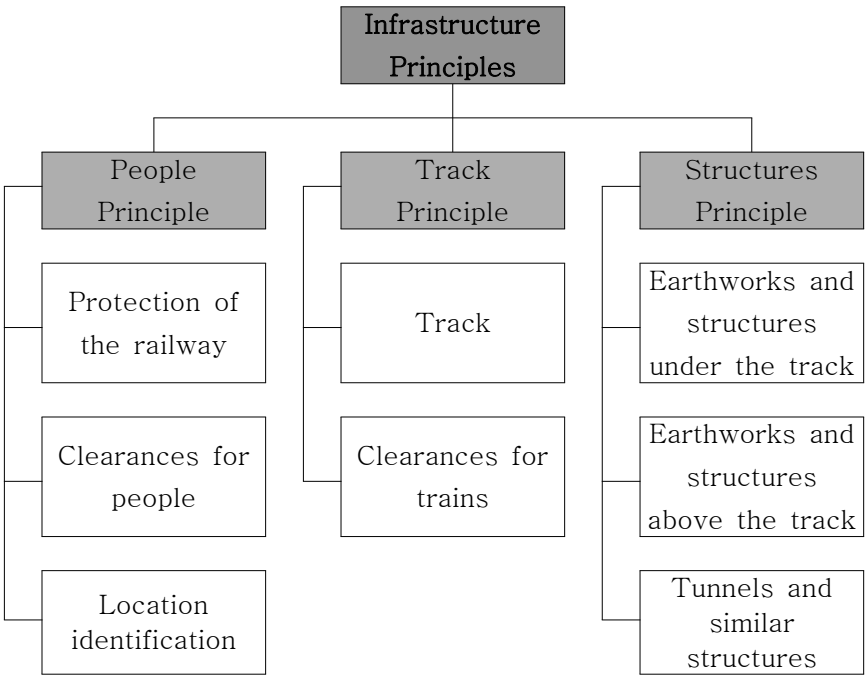
이것은 2006.4에 HSC(Health and Safety Commission) 및 HSE(Heath and Safety Executive)에서 ORR(Office of Rail Regulation)으로 철도의 안전원칙 및 가이드를 제공하는 것이다. 이 안전원칙 및 가이드는 제1부(Principle) 및 제2부(Guidance)로 구성되어 있다.

제1부에는 안전관리의 기본목표인 33항이 제시되어 있고, 안전을 확보하기 위한 기본이념이 서술되어, 성능 기준화된 규정으로 되어 있다.



<그림 3-1-8> 전체 Principle의 구조

궤도, 토공, 교량 그리고 터널에 관계된 안전원칙을 정의하는 시설물 원칙(Infrastructure Principle)은 모두 9개의 원칙을 구성되어 있으며 사람과 관계된 안전원칙, 궤도와 관계된 안전원칙, 그리고 구조물에 관계된 안전원칙 등 3개의 대원칙으로 구분된다.



<그림 3-1-9> 선로구조물의 Principle의 구조

제2부는 시설물(Infrastructure), 역(Station), 전력시스템(Electric Traction System), 신호(Signalling), 건널목(Level Crossing), 열차(Trains) 등 각각에 대한 세부적인 요건이 제시되어 있다. 시설물(Infrastructure)에 관계된 안전규정 가이드는 다음과 같은 사항들을 고려하고 있다.

- 궤도 : 레일, 선로변 부지와 장비, 선로변 보도, 안전구역 및 대피소
- 토공(제방 및 절토)
- 교량 : 철도교 및 철도횡단교량, 안전 펜스
- 터널 : 진입로, 도상면 및 측면보도, 소방시설, 환기시설, 조명시설, 비상시 연락시설
- 여유간격 : 열차와 구조물간의 여유간격, 열차 상호간의 여유간격, 구조물 상호간의 여유간격
- 선로 진입 통제

(나) 미국

미국의 철도안전에 대한 법체계 및 제도는 <그림 3-1-10>에서와 같이, US Code Title 49 Transportation의 Subtitle V-Rail Programs에 있으며 세부적인 구성은 다음과 같다.

- Part A 안전(Safety)
  - Chapter 201 : 일반(General)
  - Chapter 203 : 안전적용(Safety appliances)
  - Chapter 205 : 신호시스템(Signal systems)
  - Chapter 207 : 차량(Locomotives)
  - Chapter 209 : 사고/사건(Accidents and incidents)
  - Chapter 211 : 서비스시간(Hours of services)
  - Chapter 213 : 벌칙(Penalties)
- Part B 지원(Assistance) : 지역철도화물, 저밀도 철도라인 시험프로젝트
- Part C 승객수송(Passenger transportation) - 개선프로그램
- Part D 고속철도(High speed rail) - 지원
- Part E 기타(Miscellaneous) - 법적강화, 표준작업



<그림 3-1-10> 미국의 철도관련 법체계 분석

또한 세부적인 규정들은 미연방규정집(FRA, CFR, Code of Federal Regulation) 49편 운송(Title 49 Transportation), B부 운송과 관련된 다른 규정(Subtitle B Other Regulations relating to Transportation), 2장 교통부 산하 연방철도청(Chapter Ⅱ Federal Railroad Administration, Department of Transportation)의 Part 200~268에 있다. 다음 <표 3-1-12>는 연방규정의 전체목록이다.

<표 3-1-12> 미연방철도규정 전체목록(CFR, Title 49, Subtitle B, Chapter II, Part 200-268)

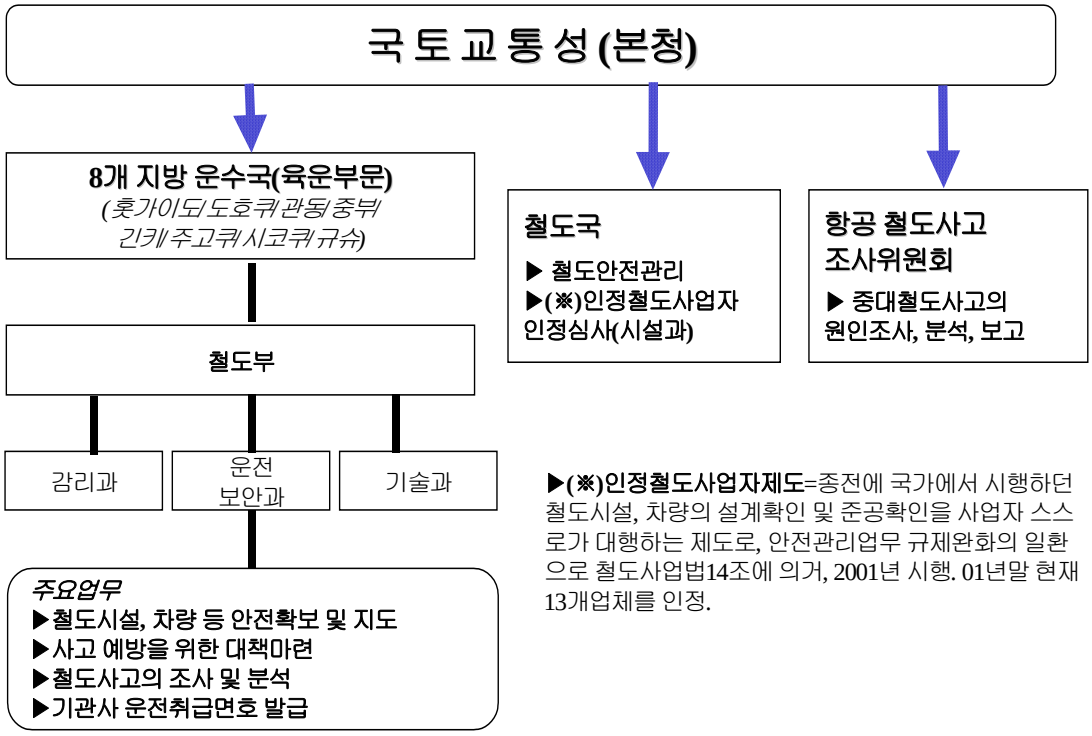
200절 여객 서비스 실시에 대한 약식 규정
201절 여객 서비스 실시에 대한 정식 규정
207절 철도 경찰관
209절 철도안전 강화 절차
210절 철도 소음방사 준수 규정
211절 실시규정
212절 주(State) 안전 참여 규정
213절 궤도 안전 규정
214절 철도 작업장 안전
215절 철도 화물차 안전기준
216절 특별 통지 및 비상 명령 절차: 철도 궤도, 기관차 및 장비
217절 철도 운행 규정
218절 철도 운행 방식
219절 알코올 및 약물 복용의 제한
220절 철도 통신
221절 후미 표시 장치 - 객차, 통근열차 및 화차
222절 고속도로와 철도의 건널목에서 기관차 경적의 사용
223절 유리창 안전기준 - 기관차, 객차 및 승무원차
225절 철도 사고/사건: 보고 분류와 조사
228절 철도 종사자의 근로시간
229절 철도 기관차 안전기준
230절 증기기관차 점검 및 보수 기준
231절 철도 안전장치 기준
232절 화차 및 그 외 승객 비 탑승 열차에 대한 제동시스템 및 장치안전기준(열차단부장치 포함)
233절 신호 시스템 보고 요건
234절 건널목 신호 시스템 안전
235절 신호시스템의 중요한 변경과 중단의 승인 및 236절 요건의 경감에 대한 지침
236절 신호 및 열차제어시스템, 장치, 장비의 설치, 점검, 보수, 수리에 대한 규정, 기준 및 지침
238절 객차 안전 기준
239절 객차 긴급 상황에 대한 대비
240절 기관사의 자격 및 인증
241절 미국 철도 운영의 지령을 위한 미국철도 지역 요건
244절 철도 통합, 합병 및 지배력 획득과 관련한 안전 통합 계획 규정
245절 철도 이용요금
250절 재편중인 철도의 수탁 증명서 보증
256절 철도역에 대한 재정적 지원
260절 철도 개량 및 진흥을 위한 자금지원 프로그램의 융자 및 융자담보에 대한 규정
261절 지상교통수단 프로젝트에 대한 신용대부 지원
265절 연방에서 지원하는 철도 프로그램에 대한 비차별
266절 교통부 법령 5항에 명시된 지역철도 서비스를 제공하는 주에 대한 지원
268절 자기부상 교통기술 전개 프로그램

주) 본과업 관련 규정 : 213, 214, 220, 231, 233, 234, 235, 236

(다) 일본

일본은 <그림 3-1-11>과 같이 국토교통성의 철도국에서 철도사업에 관한 감독·감사업무를 맡고 있는데, 철도국에는 현재 총무과, 간선철도과, 도시철도과, 재무과, 업무과, 기술기획과, 시설과의 7개 부서가 설치되어 있다. 이 중에 안전대책 업무는 주로 기술기획과에 설치되어 있는 안전대책실에서 담당하고 있고, 각 지역에서의 안전관리와 사고조사는 지구별(8개)로 분할된 국토교통성의 지방운수국에서 전담하고 있다. 각 지방운수국의 철도부 운전보안과에서는 철도시설, 차량 등의 안전검사 및 지도, 사고 예방을 위한 대책마련, 철도사고의 조사 및 분석, 동력차기관사 운전면허 발급 등의 철도안전관련 업무를 수행하고 있다.

또한 철도관련 모든 법률을 총 망라하여 국토교통성 철도국에서 구성하여 발간하였으며, 철도 육법속에는 <표 3-1-13>와 같은 철도사업법 등 수십가지의 철도관련 법률이 수록되어 있다.



<그림 3-1-11> 일본의 철도 안전규제체계

<표 3-1-13> 일본 철도육법

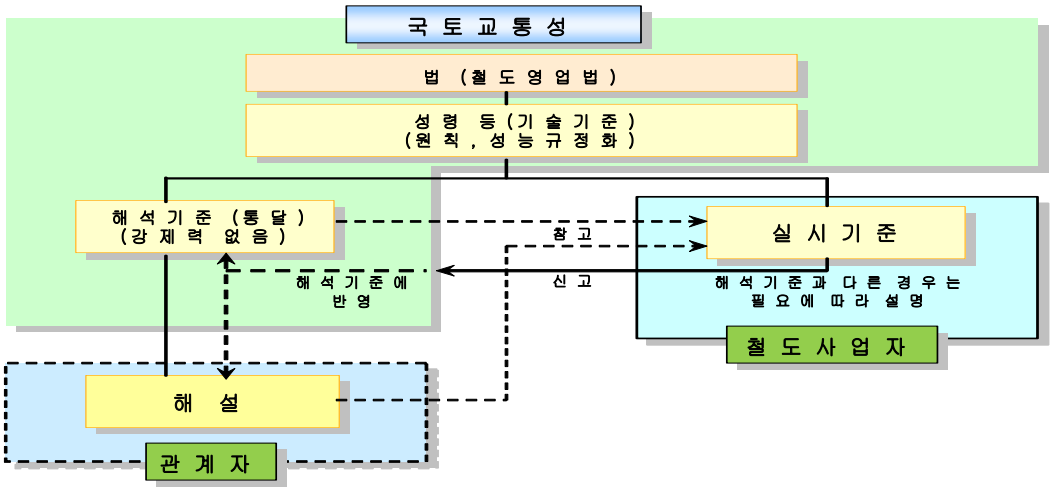
<table>
<tr><th>철도사업관련 법</th><th>철도영업관련 법</th></tr>
<tr><td>●철도사업법(법률)
○철도사업법 시행규칙(성령, 고시등)
○설계관리자의 요건과 관계되는 기술부분 을 정하기 위한 고시
○철도사고등 보고규칙
○철도사업등 감사규칙
●철도저당법
○철도저당법 시행규칙</td><td>●철도영업법
○철도운전규정
○환자의 철도승차 규정
○철도선박을 통한 운송규정
●신간선철도와 관련되는 열차운행의 안전을 방해하는 행위의 처벌에 관련된 특수법</td></tr>
<tr><th>궤도관련 법</th><th>철도정비관련 법</th></tr>
<tr><td>●궤도법
◎궤도법 시행령
○궤도법 시행규칙
○궤도사업의 영업보고서 및 실적보고서의 의무를 정하기 위한 고시
○궤도운송규정
○궤도사고등 보고규정
○궤도 운송요금 할인등 규정
○전용궤도 규칙
○궤도건설규정
○궤도 차량의 제동기 구조기준
○궤도운전규칙</td><td>●전국 신간선 철도정비법
◎전국 신간선 철도정비법 시행령
○전국 신간선 철도정비법 시행규칙
○건설을 시작하는 신간선 철도의 노선을 정하기 위한 기본계획
●대도시 지역에 택지를 개발하기 위한 철도정비의 일체적 추진에 관한 특별조치법
●특정 도시철도 정비추진 특별조치법</td></tr>
<tr><th colspan="2">시설, 차량, 운전, 보안 관련</th></tr>
<tr><td colspan="2">○철도와 관련되는 기술상의 기준을 정하는 성령
○철도와 관련되는 기술상의 기준을 정하는 성령의 시행 및 국토교통성 관계성령의 정비 등에 관련된 성령
○특수철도와 관련되는 기술상의 기준을 정하기 위한 고시
○시설 및 차량의 정기검사에 관련된 고시
○철도와 관련된 기술상의 기준을 정하기 위한 성령 제2조, 제20호의 위험품을 정하기 위한 고시
○전용철도 시설의 기술상의 기준을 정하기 위한 성령
○동력차 조정자의 운전면허에 관련되는 성령
○동력차 조정자의 양성에 관련되는 성령
●화약류 취급법
●원자력 기본법
●방사성 동위원소 등에 관련된 방사선 장해의 방지에 관련한 법률
●화학물질의 검사 및 제조 등의 규제에 관련된 법률
●고압가스 보안법</td></tr>
</table>

주) ●법률, ◎정령, ○성령, 고시

<그림 3-1-12>는 일본철도의 법 및 기준에 관한 체계이며, 상세한 골격과 내용을 분석하면 다음과 같다.

○ 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령(기술기준)

- 철도 시설 및 차량의 구조 및 취급에 필요한 기술상의 기준을 정함으로써 안전한 수송 및 안정적인 수송의 확보를 도모
- 성능규정화에 있어서는 안전 등을 확보하면서 신기술 도입 등에 대해서도 장애가 되지 않고 사업자의 자유도를 향상시킴. 이 경우 추상적인 성능으로 해석하는 우려가 있어, 원칙적으로 가능한 한 구체적으로 요구되는 성능을 표시한 기준 제정
- 기술기준의 체계
  - ·시설 및 차량, 요구되는 운전취급, 종사자 등 종합적 관리 하에 설비별로 요구되는 성능과 운전취급을 표시
  - ·사양규정의 기술기준에서 성능규정으로 전환 : 철도 종류별로 속도와 구조가 다르기 때문에 이에 따른 사양을 표시할 필요가 있었으나, 성령(기술기준) 등의 성능규정화에 따라 규정해야 할 성능요건은 철도의 종류에 관계없이 대략 동일해질 것으로 판단
  - ·따라서, 3가지 구조규칙(보통철도, 신간선 철도, 특수철도), 2가지의 운전규칙(철도, 신간선 철도)을 통합하고, 해석기준, 실시기준, 해설을 정비하여 계층적 구조로 전환



<그림 2-3> 일본철도 법 및 기준 등의 체계

○ 해석기준(통달) : 강제력은 없음

- 성령(기술기준)의 성능규정화에 따라 철도사업자의 기술적 판단의 참고, 국토교통성의 인허가 등의 심사 시의 판단기준을 명확히 하기 위해 성령 등의 해석을 강제력이 없는 형태로 구체화, 수치화해서 명시

○ 실시기준

- 철도사업자가 사업을 시행하기 위하여 성령의 실시에 관한 기준을 정하고 준수, 즉 시설, 차량의 설계, 유지관리 및 운행을 하는 데에 있어서 성령의 범위 내에서 개별 철도의 실상을 반영한 상세한 실시기준을 책정
- 건설주체가 실시기준을 정하거나 또는 변경시 사전에 영업주체에 협의
- 실시기준을 정하거나 변경하고자 할 때에는 지방운수국장에게 신고
- 지방운수국장은 실시기준이 성령의 규정에 적합하지 않다고 판단될 시 변경지시 가능
- 실시기준은 해석기준을 참고로 정하도록 하는데 기술적 실적에 따라 실증데이터에 의한 확인과 이론해석 등 객관적인 검토방법에 의해 철도사업자가 성령에의 적합을 증명한 경우에는 해석기준에 따르지 않은 구조 등이 무방, 이 경우 신고할 때에 그 근거 등을 설명

○ 해설 : 법령에 그 작성 근거를 갖지 않는 참고자료

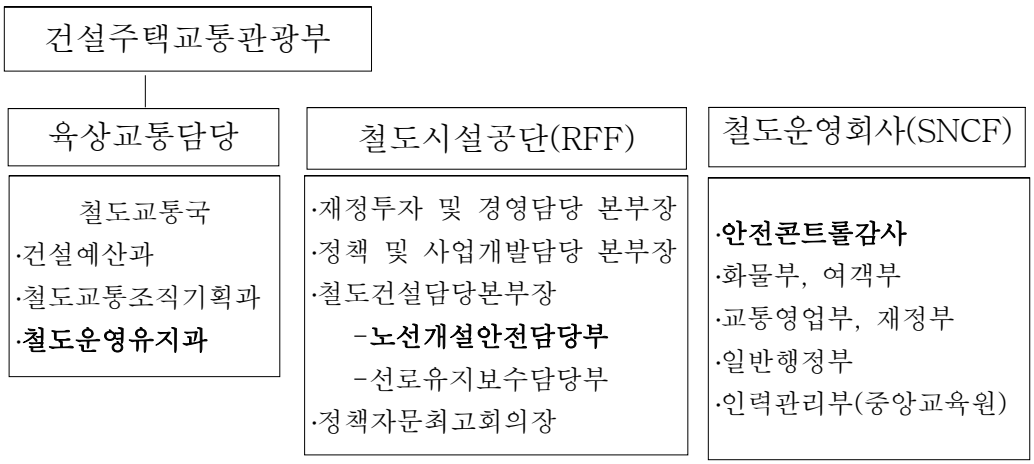
- 필요에 따라 실무자의 참고가 되도록 관계자(국가, (재)철도종합기술연구소, 철도기술계협회, 철도사업자 등)가 연계하면서 성령 등 해석기준의 설정근거, 여러 가지 고려사항 등을 정리
- 성령(기술기준) 등 및 해석기준을 제정한 시점에서의 생각, 사례 등을 기재하여 관계자에 제시한 참고자료

결국, 사양규정에서 성능규정으로 전환하고 신기술 도입 등의 장애사항을 제거하고 유연성을 확보하였고, 국가의 관여로 확보해야 할 안전성의 수준은 모든 사람과 사물에 미칠 수 있는 위험을 기술적 실현성과 경제성을 바탕으로 가능한 최소화하는 것을 목표로 함. 일정한 수준의 안전성을 확보하는 것은 철도사업자의 책무이지만 보다 높은 수준의 안전성 확보는 철도사업자의 투자비용과 효과에 대한 이용자의 의견을 바탕으로 판단

(라) 프랑스

프랑스 철도는 <그림 3-1-13>과 같이 안전의 절대적 필요성, 공공서비스의 지속적 제공을 위해 실질적으로 SNCF가 통합 운영체계 유지하면서 본사→지방지사→현업사무소의 3단계로 조직된 각 단계별로 안전책임을 구분하고, 본사차원의 안전 콘트롤 및 감사기능을 보유하고 있다.

- 정책 및 제도 : 철도교통국(철도교통조직기획과, 철도운영유지과, 건설예산과)
- 안전규제기관 : SNCF내의 안전 컨트롤・감사부(DAS)에 의해 실행안전감사(ASNO), 기획안전감사(ASC), 직원안전감사(ASI), 화재일반안전감사가 이루어지고 있음



<그림 3-1-13> 프랑스 철도의 안전규제 체계

철도안전관의 책임하에 고속철도와 일반철도를 포괄하는 일반안전규정(RGS)를 제정하여 다음 사항의 안전관리 및 지시사항의 법적인 기반을 조성하고, 실행 및 대책을 제공하고 있다.

○ 철도운행안전의 특수성을 감안한 안전규정
- 안전담당 요원의 분산(기관사, 선로보수 요원, 전철기 조작원 등)
- 긴급상황 발생시 부분적인 시각에 의한 단독결정

○ 운전취급과 운전담당의 관계를 고려한 안전규정
- 신호지시 내용과 관련 규칙(정지신호, 차상신호, 속도제어 등)
- 운행관련 규정

○ 환경을 감안한 안전규정

- 철도망 통합, 구조개편 등에 따른 임무와 권한의 재조정
- 새로운 기술도입과 환경규제에 대응한 안전규정의 개정

이 규정 속에는 법적 성격을 지닌 지시사항, 단지 실행차원의 지시사항 그리고 요원의 입사교육을 위한 지시사항들이 함께 포함되어있다. 아주 오랫동안 안전 실행자들의 기능에 관련된 철도안전의 개념은 RGS를 통해 주로 이루어졌다. 그러므로 프랑스에서 RGS는 직원들의 정신 속에 깊이 뿌리내리고 있으며 철도안전문화의 중요한 구성 성분을 이루고 있다. 일반안전관리규정(RGS)의 구성은 다음 <표 3-1-14>와 같다.

<표 3-1-14> 프랑스 철도 일반안전관리규정(RGS)

구 분	내 용
S0규정	적용요건/요원간통신/직원간 업무범위, 역할, 용어정의
S1규정	신호관련 규정
S2규정	역구간 및 역간 열차운행 담당부서의 조직 및 업무 구분
S6규정	운전보안장치의 사용 준수 규칙 및 이상시 대책
S7규정	열차의 구성, 제동력, 최대속도 준수규칙
S9규정	역구간 및 역간에서의 열차운행지장 초래 작업보호
S11규정	급전운영취급규정(급전관리와 중앙운전보안장치 연계

(3) 철도시설 안전 체계 및 기준 대상항목 선정

안전체계 구축(안) 및 안전기준의 대상항목 선정은 국내철도시설의 취약요소 및 안전요건, 사고사례, PHA과업, 국내외 기준비교 등을 통하여 선정하였다. 앞서 언급하였듯이 철도종합안전기술개발사업은 크게 3개분야 15개 과업이 진행중이다. 본 과업에서는 요건관리 프로세스를 준용한 사업 SE 요건관리체계 운영 지원 및 WBS 체계를 운영하였고, SE 공정회의를 통하여 PHA과업에서 선정된 위험원을 참조하여 대상항목을 수정하였다. 따라서 이 절에서는 SE 요건관리체계 운영 지원내용과 PHA과업에서 선정된 관련 위험원, 본 연구에서 선정된 철도시설 안전기준 대상항목을 수정보완한 것을 나타내고자 한다.

(가) SE 요건관리체계 운영지원

본 과업을 수행하는 동안 수차례에 걸쳐 SE공정회의를 개최하였고, 이 과업에서도 아래 <그림 3-1-14>와 같이 SR 및 WBS체계를 구축하여 운영하였다. 또한 <표 3-1-15>는 PHA 과업에서 선정된 위험원을 분석하여, 철도시설 안전기준에 관련된 내용을 정리하여 나타내었다.

1. 프로젝트는 일반철도/도시철도/고속철도를 포괄하는 철도시설(시설물화재 및 건널목 포함) 안전관리체계를 구축해야 한다.
2. 프로젝트는 선로구조물(궤도, 노반, 구조물, 역시설)의 안전기준을 개발해야 한다.
3. 프로젝트는 건널목의 안전기준을 개발해야 한다.
4. 프로젝트는 전철전력설비, 정보통신설비, 신호제어설비 관련 안전기준을 개발해야 한다.
5. 프로젝트는 인터페이스 및 시설분야 종합시험운행 절차서를 개발한다.

1. 프로젝트는 사업 SE 요건관리체계 운영을 지원한다.
2. 프로젝트는 WBS 체계(철도안전SE과제와의 연계)를 운용한다.
3. 프로젝트는 철도시설 안전관리체계를 구축해야 한다.
   3.1 철도시설 안전규정 관리체계 구축방안 제시
   3.2 광역철도 시설안전 관리체계 제시
4. 프로젝트는 철도시설안전기준을 개발해야 한다.
   4.1 철도시설안전 시스템 사양서 작성
   4.2 분야별 시설안전기준 작성(I)
   (선로구조물, 건널목 시설, 전기?신호시설, 인터페이스)

WBS	작업이름	기간	시작날짜	완료날짜
1	SE 운영지원 및 WBS 운영	365일	2005-08-08	2006-08-07
2	광역철도 시설안전 관리체계 구축	180일	2005-10-08	2006-06-07
3	**선로 구조물 안전기준의 대상항목 설정**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
3.1	**궤도/노반 안전기준**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
3.2	**구조물/역시설(확재포함) 안전기준**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
4	**건널목(시설기준) 개선안 도출**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
5	**전기신호 안전기준의 대상항목 설정**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
5.1	**전철전력설비 안전기준**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
5.2	**정보통신/신호제어설비 안전기준**	365일	**2005-08-08**	**2006-08-07**
6	**종합시험 운행 절차서 개발**	150일	**2006-02-08**	**2006-08-07**
6.1	**시험 항목 및 내용 제시**	100일	**2006-02-08**	**2006-06-17**
6.2	**판정기준 제시**	70일	**2006-05-28**	**2006-08-07**
7	**안전성 분석 절차서 개발**	150일	**2005-11-08**	**2006-04-07**
8	운영기관 및 전문가 자문, 공청회	240일	2005-11-08	2006-07-07

<그림 3-1-14> SR 및 WBS 체계

<표 3-1-15> 철도시설 안전기준 관련 위험원 분석

SR. Num	SR	SSR. Num	SSR	위험원	시작시점	완료시점	제도화 시점	비고
1	국내외 안전제도 분석 및 대상항목 선정	1.1	국내외 안전제도 분석		1차년도	2차년도		
		1.2	대상항목 선정		1차년도	2차년도		
2	철도시설 안전체계 구축	2.1	국가철도안전관리체계 구축(안) 지원 및 시설부문	HAZ-충돌/탈선/화재	1차년도	4차년도	4차년도	
		2.2	광역철도 안전관리 체계 구축	HAZ-충돌/탈선/화재	2차년도	4차년도	4차년도	
3	안전원칙 및 안전성분석	3.1	안전원칙	HAZ-충돌/탈선/화재	2차년도	4차년도	4차년도	
		3.2	안전성분석	HAZ-충돌/탈선/화재	2차년도	2차년도	2차년도	
4	선로구조물 안전기준 작성	4.1	궤도 안전기준 작성 : 궤도구조, 선로변, 안전구역 등	HAZ-충/탈-01,02,19,20,21	2차년도	4차년도	4차년도	
		4.2	노반 안전기준 작성 : 토공(제방 및 절토), 선로지하횡단시설 등	HAZ-충/탈-15,16	2차년도	4차년도	4차년도	
		4.3	구조물(화재포함) 안전기준 작성 : 교량, 터널, 건축한계/진입통제 등	HAZ-충/탈-09,15,16,20, 화재-17,19,20	2차년도	4차년도	2,4차년도	
		4.4	역시설(화재포함) 안전기준 작성 : 승강장, 출입구, 방화시설/대책 등	HAZ-충/탈-09,16, 화재-12,18,20	2차년도	4차년도	4차년도	
5	건널목 안전기준 작성	5.1	건널목 구조 및 설치기준 작성 : 일반지침, 설치기준 등	HAZ-건널목-02,03,05,06,08	2차년도	4차년도	4차년도	
		5.2	건널목 안전설비 및 관리기준 작성 : 설비기준(교통안전표지, 차단기, 경보기, 고장표시 등)	HAZ-건널목-02,03,05,06,08	2차년도	4차년도	4차년도	
6	전기신호 안전기준 작성	6.1	전철전력설비 안전기준 작성 : 전력, 변전, 송전, 전철 등	HAZ-화재-01,12,18,19	2차년도	4차년도	4차년도	
		6.2	정보통신설비 안전기준 작성 : 선로변/역사 화재방지, 터널/역사 탈출, 비상대응관련 등	HAZ-화재-15	2차년도	4차년도	4차년도	
		6.3	신호제어설비 안전기준 : 열차진로제어, 열차속도제어, 선로장애물감지, 열차이선진로진입방지	HAZ-충/탈-06,07,08,09,10,11,12	2차년도	4차년도	4차년도	
7	인터페이스 및 종합 시험운행 절차서 작성	7.1	종합시험운행 지침/절차서 작성 : 종합시험운행 총괄, 시설물검증시험, 영업시운전 등	HAZ-충돌/탈선/화재	2차년도	2차년도	2,4차년도	

(나) 시설안전 체계구축 및 안전기준 대상항목

1) 시설안전 체계구축 범위

국가철도안전관리체계 구축(안) 지원 및 시설부문 체계 구축

2) 철도시설 안전원칙 및 안전성분석

구분	세부항목	세부사항
안전원칙	철도기반시설	선로의보호, 사람에 대한 안전간격 확보, 열차 안전간격 확보, 위치 파악, 궤도, 궤도 상하부 구조물, 터널 및 유사구조물
	역시설	사람의 안전, 승강장 안전, 선로의 종단에 설치된 궤도, 제어, 대피, 화재 예방
	건널목	이용자 및 열차를 위한 안전
	전력공급시스템	사람의 안전, 관리, 상호작용
	신호	상호작용, 성능저하상태
안전성분석	궤도, 교량, 터널, 역시설, 전차선, 신호	

3) 선로구조물 안전기준 대상항목

가) 궤도

구분	세부항목	세부사항
궤도	선형	궤간, 선로선형, 곡선반경, 직선 및 원곡선의 최소길이, 캔트, 슬랙, 완화곡선, 선로의 기울기, 종곡선
	선로구조	궤도
	안전간격	궤도중심간격, 시공기면의 폭, 건축한계
	안전설비	선로내의 진입 방지, 선로 진입로, 차량탈선 등의 방지, 피난용 설비, 선로변 감지기, 선로표지
	유지보수	선로의 보전, 신설 및 개량 선로의 검사 및 시운전, 선로의 정기 검사, 기록

나) 노반 및 구조물

구분	세부항목	세부사항
노반	노반	토공일반, 사면, 세굴 및 침식방지공, 토공배수, 접속구간, 연약지반,
	재해시 운전규제기준	강우시 열차운전규제기준, 홍수시 교량통과에 대한 열차운전규제기준, 온도에 대한 열차운전규제, 강풍 및 강설시 열차운전규제기준, 지진시 열차운전규제기준
교량	교량	교량일반, 탈선대책, 방호시설, 횡단교량, 세굴, 난간 등
터널	사고예방 시설물	분기기의 배치, 터널의 출입구, 비상통신장비, 안전스위치, 터널안의 표지판, 정기점검
	사고피해저감 시설물	터널구조물의 보호, 전기시설물의 보호, 방재를 위한 터널의 형태, 소화기, 방연문 등, 배연 설비, 대피통로 접속부의 안전기준, 선로 배수시스템
	구조촉진 시설물	단전 및 접지기구 설치, 터널 입출구부로의 진입로, 방재구난지역, 연결송수관 설비, 콘센트 설비
안전설비	차막이 및 차륜막이, 안전측선, 낙하물 방호설비, 교량전낙방지망, 선로방호책, 보수자 횡단장치, 교량열차탈선 방호벽, 지장물 검지장치, 끌림물체 검지장치, 레일온도 검지장치, 분기기 히터장치, 기상 감시설비, 차축온도 검지장치	

다) 역시설

구분	세부항목	세부사항
승강장	승강장 길이	열차유효길이, 정차위치의 편차
	승강장 폭	형식, 폭 산정, 장애물과의 이격거리
	승강장 높이	열차 종류별 높이, 승강장 마감면
	승강장 끝단	진입통제설비
	승강장 연단	경계선, 바닥면 처리, 장애물 이격거리, 통과열차 속도
	안전설비	안전팬스-난간높이, 난간 재질, 이동설비 위치
		스크린도어-승강장 연단과 이격거리, 높이와 너비, 재질
		안전발판-이격거리, 경고표시, 장애인 인지 여부
	대피장소	공간위치, 공간 크기, 장애물
공통 시설	대합실	승객 동선 분리, 장애인설비 설치위치
	집·개표구	대기공간, 이동공간, 통행분리
	안내표지 및 안내설비	설치위치, 역 이용정보 제공, 표시 방법, 승객이동 흐름, 장애인용 안내표지
	역광장	역 접근 동선, 긴급차량 공간
	침수방지설비 및 배수설비	개구부, 차수시설, 배수시설
	통제실	배치계획, 통제실 역할 및 기능
	출입구 및 문	출입구 크기, 출입구, 비상출구 안내표시, 장애인 출입 위한 유효폭, 형태 및 부착물
	피난로 및 피난설비	피난출입구, 피난계단, 제연설비, 유도등, 유도표지, 비상조명등, 조명도, 독립전원
	내화구조	불연재료, 최소방화시간, 내화구조
	화재경보	수동조작, 장애인용 경보설비, 경보전달 장비, 위치
	소화설비	소화설비 종류, 위치, 용량
	제연설비	제연설비 종류, 위치, 용량
	방재설비	구조물의 구조, 지진하중
	통로	최소폭, 경사도, 바닥재질, 이동동선, 장애인 편의시설
	계단 및 램프	계단치수, 계단수, 계단참, 난간손잡이, 경사로, 바닥면 재질, 직통계단, 피난계단, 장애인 시설
	에스컬레이터 및 수평보행기	위치, 폭, 속도, 대기 공간크기, 비상시 정지설비, 벽과 이격거리,
	승강기	설치제한, 비상조명장치, 대기공간, 위치, 화물승강기, 장애인용 편이장치, 비상경보장, 보행동선

4) 건널목 안전기준 대상항목

구 분	세부항목
건널목의 구조 및 설치기준	건널목의 설치기준 건널목의 신설 및 폐지
건널목의 설비기준	건널목의 종류별 설비기준 고장시의 조치 차단기의 설치 및 접지설비 경보기의 설치 건널목의 안전설비(지장물검지장치, 출구측차단간검지기, 정시간제어기, 고장검지 및 감시장치, 정보분석 및 원격감시장치, 기타필요하다고 판단되는 장치) 관리원없음 표지와 게시
교통안전 표지	건널목 교통안전표지의 종류와 설치
보판 및 차량 진입 금지 설비	건널목 보판의 여유폭과 차량진입 금지설비
건널목 관리	관리원 배치기준 건널목 대장의 비치 관리원 근무시간 지정 교통량 조사

5) 전기신호 안전기준 대상항목

가) 전철전력설비

전철전력설비는 크게 송·변전설비, 전차선설비, 배전설비로 나뉠 수 있다. 전철전력설비의 대상항목은 전철전력설비의 구조 안전과 각 설비별 장치로 구성되어 있다. 시설물 구조 안전은 일반인의 출입 등으로 인한 사고 예방 방지 측면에서 경고 표시를 설치 및 부착하는 것으로 되어 있다. 유지보수 및 안전작업에 관한 규칙은 여기에서는 제외하였다. 각 설비별 장치의 대상항목에는 변압기, 개폐기, 계전기 등으로 나누어 제시하였으며 송·변전설비 및 배전설비안전은 공통항목으로 구성하였다. 전철전력설비에 관한 안전기준대상항목은 다음과 같다.

구분	세부항목	세부사항
전철 전력	시설물 구조 안전	경고 신호
		무단 출입 제한
	송·변전설비 안전	변압기(급전용/단권변압기)
		개폐기(단로기,차단기,GIS 등)
		보호계전기
		피뢰기
		접지설비
	배전 설비 안전	축전지
		정류기
		외함
		고조파억제장치
		배전반
		소화설비시설
		비상장치
		레일전위억제장치
	전차선 설비 안전	전식방지시설
		케이블
		판토그래피

나) 신호통신설비

다음은 신호·통신에 관련된 대상항목은 다음과 같다. 여기에서는 “철도시설 안전기준에 관한 규칙”에 의하여 철도시설안전기준을 작성함에 있어 신호·통신분야에 해당 되는 설비중 안전기준설정을 필요로 하는 대상을 선정하였다. 신호·통신에서 시설안전기준제정을 필요로 하는 대상을 선정하기 위해서 다음과 같은 자료를 분석하였다.

- 국내 철도관련 법령·규칙·기준
- “철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축”과제에서 도출된 철도안전관리체계
- 철도신호·통신분야의 안전과 관련한 해외의 법령·기술기준
- 해외 철도사고분석보고서 등

“철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축”보고서는 사고코드는 다음과 같이 제한하였다.

- 열차의 충돌
- 열차의 탈선
- 건널목사고
- 화재

또한 영국에서 발생된 철도사고분석보고서인 “Profile of safety risk on the UK mainline railway issue3. 2003″의 경우는 열차사고를 다음과 같이 제한하고 있다.

- 열차의 충돌

- 열차의 탈선
- 건널목사고
- 인명사상사고
- 화재 및 폭발사고
- 전기

위 사고중 열차의 충돌·탈선, 건널목사고 및 화재사고를 유발하는 위험요인중에 신호·통신분야와 관련성 있는 것을 정리하면 다음과 같다.

○ 충돌·탈선사고

위험사건	위험상황	위험요인
선로전환 결함 (본선지장)	선로전환불능	조정부고장
	열차주행상태에서 선로전환	제어부 결함, 제어장치 취급오류, 가동부 결함, 고정부 결함, 고정장치 취급오류
이선진입	진로설정 오류	제어장치 결함, 고정부 결함, 취급오류
	차량 일주	역구내 이선진입, 차단구간 진입, 측선/안전선 진입
과속주행	곡선부 과속	부적절한 속도신호설정, 신호/제어 결함 제한속도 위반, 제어장치의 기능수행 불능
	분기부 과속	
	직선부 과속	
	기관사운전능력상실	기관사의 업무수행 불능
선로장애물	외부장애물	낙석, 수목, 추락한 자동차・장비, 선로를 침입한 동물・사람, 방치한 장비・위험물, 고의적인 선로점거
	철도시설물	선로변 신호・정보통신 설비
	차량탈락물	화물추락, 차량구성품 탈락, 컨테이너 파손
제동충격	급제동	곡선부 급제동

○ 건널목사고

건널목사고를 발생시키는 위험사건을 건널목 갇힘 및 건널목 진입으로 설정하였다. 두 가지 위험사건을 발생시키는 위험상황은 자동차엔진정지, 보판이탈, 교통정체, 제동/가속구조, 안전설비결함, 차량한계초과, 차단기돌파(우회진입), 직전횡단(차단/경보동작중) 및 보행자 무단횡단 등 9종류로 설정되었다. 이러한 위험사건, 위험상황 및 위험원인은 신호·통신분야와 관련성이 적은 것으로 판단되어 제외하였다.

그렇지만 건널목 경보설비의 오작동 및 취급오류로 인한 건널목사고는 철도시설물에서 관리해야 할 위험원으로 판단된다.

○ 화재사고

위험사건	위험상황	위험요인
차량화재를 감지하지 못함.	승차한 승객이 화재사실을 통보하지 않음	화재가 발생한 차량에 승객이 없음, 기관사의 화재신호무시, 화재감지기가 작동하지 않음.
	기관사 판단 오류	
기관사대응실패	피난대피 절치 미통보	사령실에 통보하지 않음, 비상대응 요청실패
	사령통신 장비 고장	
차량탈출실패	전원차단	
터널탈출실패	탈출 유도장비 부족	인접선로 열차운행, 인접선로 차단 실패
선로탈출실패	인접선로 열차운행	비상탈출로 폐쇄
비상대응실패	사령실의 상황 미인지	
	인근 역사상황 미인지	
	접근로 폐쇄	
	비상대응 장비부족	

위에서 언급한 각 사고에 대한 위험사건(또는 위험상황)이 발생하는 원인, 발생장소, 이에 해당하는 위험요인 및 이와 같은 위험사건의 발생을 방지하기 위한 안전대책을 정리하였다. 이상에서 언급된 위험사고에 대한 안전대책으로 하드웨어 와 소프트웨어의 fail-safe설계, 열차위치・속도정보의 신뢰도성 확보, 안전설비설치, 기존 신호기설치위치 조정 및 운영요원(기관사, 관제요원, 유지보수요원) 취급·유지보수 교육 등을 제시하였다.

원인분류	장소	위험요인	안전대책
프로그램오류 (논리오류)	분기구간	선로정보·열차정보 오류 열차위치검지·판단논리 오류 연동장치 제어논리 결함 역구내 이선진입 차단구간 진입 측선/안전선 진입 열차속도명령생성논리 결함 열차속도명령 위반	소프트웨어 안전성평가 소프트웨어 fail-safe 설계 ·열차진로제어부분
	주행구간	선로정보·열차정보 오류 열차위치검지·판단논리 오류 열차속도명령생성논리 결함 열차속도프로파일생성 오류 열차속도명령 위반	소프트웨어 안전성평가 소프트웨어 fail-safe 설계 ·열차간격제어부분 열차위치정보의 신뢰도 향상
하드웨어오류 (장치오류)	분기구간	선로전환제어장치 결함	하드웨어 안전성평가

		선로전환기 결함 ·선로전환장치 조정부 결함 ·선로전환장치 가동부 결함 ·선로전환장치 고정부 결함	하드웨어의 다중계 구성 하드웨어 fail-safe 설계
	주행구간	열차간격제어장치 결함 ·열차속도검지장치 결함 ·열차위치검지장치 결함 ·열차간격제어장치 결함	하드웨어 안전성평가 하드웨어의 다중계 구성 하드웨어 fail-safe 설계
	차량	화재감지기 미작동	하드웨어 신뢰도 향상
인적오류 (운영오류)	분기위치 현장취급실 사령실	연동장치 제어장치 취급오류 연동장치 고정장치 취급오류 시설물 불법침입	fail-safe 설계 ·오취급에 작동하지 않도록 하드웨어와 소프트웨어 설계 운영취급요원에 대한 장비취급교육 시설물 잠금장치 및 침입차단설비 구축
	선로	관계자의 위험물 방치	기관사/유지보수요원의 위험물취급요령 교육
	차량	열차속도명령 확인곤란 ·신호기설치위치 부적절 ·차상신호기 확인곤란 열차속도명령 무시 운전자 운전능력상실 화재발생사고 미통보	신호기 설치위치 조정 기관사 안전교육 열차운행상황감시능력 강화 운전자 감시장치 설치 기관사 화재발생 조치요령교육
설비미설치	선로	선로장애상태정보 부족 ·경사지에서의 낙석 ·자동차/장비 추락 ·시설물 침입 ·열차화물 추락 ·차량 구성품 탈락 ·레일온도상승 선로기상상태정보 부족	선로의 안전시설과 연계하여 선로상태감시 ·위험물 침입방지·검지장치 ·지장물 검지장치 ·끌림검지장치 ·열차접근장치 ·융설장치 기상설비와 연계하여 선로상태감시
	터널	터널내 화재발생정보 부족 열차 터널진입·진출정보부족	터널 안전시설과 연계하여 선로상태감시 ·터널화재감지설비 설치 ·터널진입경보장치
	차량	열차운행상태정보 부족	열차내 화재감지장치 설치

		·차량차축온도상승 ·열차화재발생 화재발생사고 미통보 화재발생에 대한 기관사판단 오류 사고발생 시 비상대응요청실패	열차내 화재발생시 자동통보 장치 설치
	사령실	인접선로 열차운행판단 오류 인접역 역상황 확인곤란 열차(차량)내 운행상태를 확인하는 것이 곤란	안정(stability)성을 지속할 수 있는 통신설비 구축 ·위험지역과 인접지역을 신속히 확인할 수 있는 설비 설치 ·승객-관재요원, 승객-운전자 및 승객-운전자-관제요원이 통신할 수 있는 설비구축

○ 신호·통신설비 안전기준 대상항목

위에서 분석한 신호·통신설비의 안전대책, 국내 철도관련법령·규칙·지침, 영국의 안전지침과 규격(Railway Safety Principles and Guidance, Railway Group Standard), 오스트리아의 안전규격, 한국철도시설공단의 설계편람 등을 토대로 하여 안전기준대상항목을 다음과 같이 최종적으로 작성하였다.

구분	세부항목	세부사항
신호	철도신호설비 일반	- 철도신호설비의 임부 - 철도신호설비의 선정 - 철도신호설비의 구조 - 철도신호설비의 설치 및 보호 - 철도신호설비의 성능저하 - 철도신호설비의 변경 및 추가
	철도신호설비의 안전성 활동	- 안전성활동 - 철도신호설비와 관련한 사고 - 열차충·추돌사고관련 위험원 - 열차와 지장물간 충돌사고관련 위험원 - 열차와 차막이 충돌사고관련 위험원 - 열차탈선사고관련 위험원 - 열차와 건널목사고관련 위험원 - 인명사상사고관련 위험원 - 화재 및 폭발사고관련 위험원 - 전기 및 전자파

	철도신호설비 구성품의 임무, 설치 및 취급	- 철도교통관제센터 - 차상신호설비 - 신호기 - 열차위치검지장치 - 열차이동 - 연동설비 - 신호설비설치 - 철도안전설비와의 연계
	철도신호설비 유지관리	- 교육훈련 - 관리
통신	일반사항	- 철도통신설비의 임무 - 철도통신설비의 구조 - 철도통신설비의 설치 및 보호 - 철도통신설비의 변경 및 추가
	철도통신설비의 안전성 활동	- 안전성활동 - 위험원 분석
	철도통신설비 구성품의 임무, 설치 및 취급	- 통신선로 - 전송설비 - 사령전화설비 - 연선전화 - 열차무선 - 교환설비 - 안내방송설비 - 영상감시설비
	철도통신설비 유지관리 교육	- 교육훈련 - 관리

제2절 철도시설 안전체계 구축(안)

	검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR01 - 2006 작성일 : 수정일 :

2. 프로젝트는 철도시설 안전체계 구축(안)을 제시하여야 한다.

2.1 프로젝트는 국가철도 안전관리 체계 구축의 시설부문(안)을 제시하여야 한다.

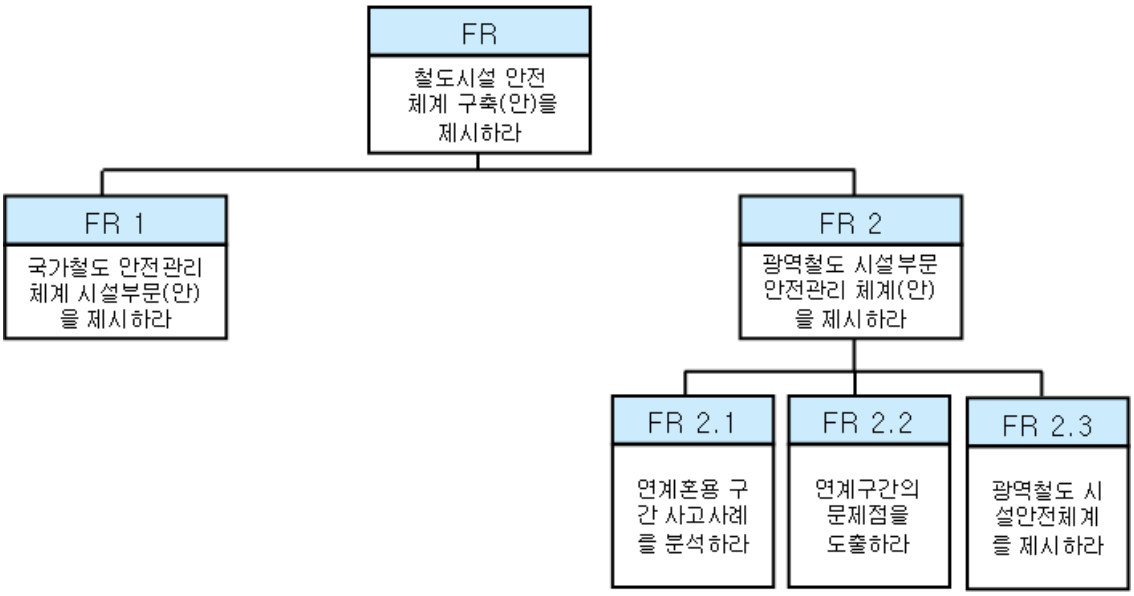
2.2 프로젝트는 광역철도(시설부문) 안전관리 체계 구축(안)을 제시하여야 한다.

입력물 :	**업무 :**	**출력물 :**
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 및 관련논증보고서 (SE제공) - 철도시설안전 과제 VRTM Templates ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - MVP(종합검증계획서) - PM(Project Management) - 철도시설안전 과제 Architecture ☐ **설계정보 및 평가자료** - 국가철도(시설부문) 및 광역철도(시설부문) 안전관리 체계의 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 검증기준(Verification Criteria) - 설계 분석 보고서 (DARs) - 시험 및 입증 자료 (N/A) ☐ **검증 방법** - 엔지니어링 분석, 비교검증	- SE 검증	- 수정 VRTM - RVCD

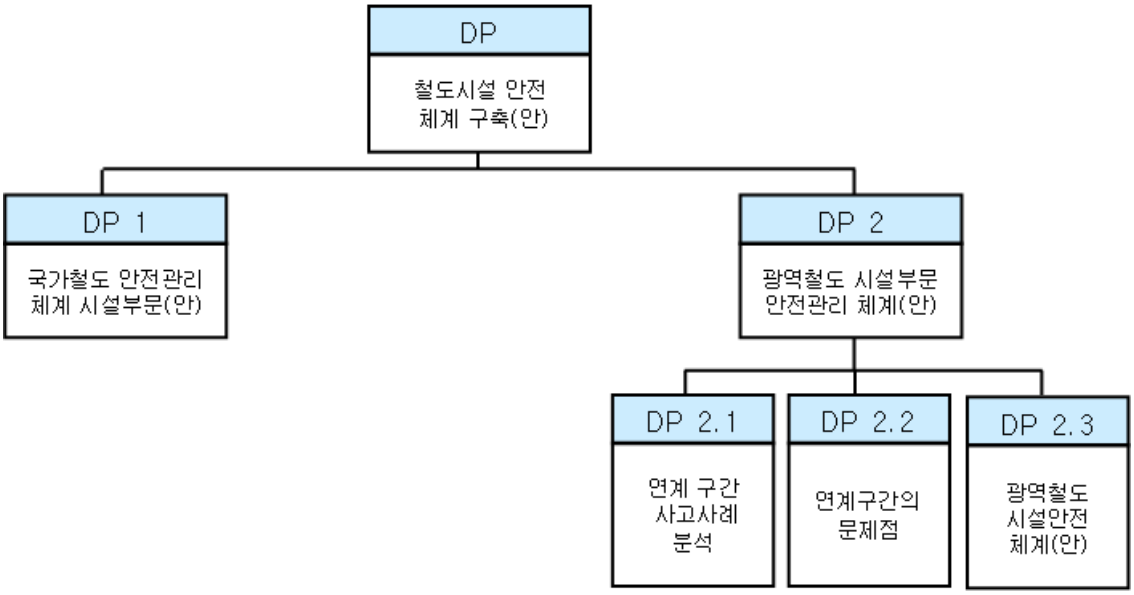
Verification Specification (검증기준) :

- 기능 (Function) : 기능실현성의 적합성 (시스템 평가자 검토)
- 물리적 구조 (Physicals) : 물리적 구조의 적합성 (시스템 평가자 검토)
- DAR의 적합성 : 국가철도(시설부문) 및 광역철도(시설부문) 안전관리 체계의 설계 근거 및 설계의 적합성 (전문가 검토)
- 성능 시험 (N/A)
- 안전성 시험, 내구성 시험 (N/A)

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

국가철도 안전관리 및 광역철도 안전관리의 시설부문에 대한 체계 구축(안) 제시는 시스템 요구사항 『SR 2. 프로젝트는 철도시설 안전체계 구축(안)을 제시하여야 한다.』 중 『SSR 2.1 프로젝트는 국가철도 안전관리 체계 구축의 시설부문(안)을 제시하여야 한다.』및 『SSR 2.2 프로젝트는 광역철도(시설부문) 안전관리 체계 구축(안)을 제시하여야 한다.』 에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 총괄SE에서 구축하고 있는 국가철도 안전관리 체계 구축을 지원하고, 시설부문에 대한 체계 구축(안) 및 광역철도 시설 안전관리 체계 구축(안)을 제시하였다.

나. 설계기준

- 총괄SE에서 구축하는 국가철도 안전관리 체계 지원 및 시설부문 구축(안)
- 광역철도 안전관리체계는 선행연구인 “지하철 및 광역전철의 건설, 운영 개선방안(한국교통연구원 외, 1999)”, “수도권종합교통체계조사(한국교통연구원 외, 2000)”, “수도권전철 이용효율 증대를 위한 광역전철 운행체계 개선방안 연구(한국교통연구원 외, 2003)”, “광역철도사업의 효율적 추진을 위한 제도개선방안(한국교통연구원, 2004)”을 검토하고 기 수행된 연구와 차별화된 연구를 수행하였다.

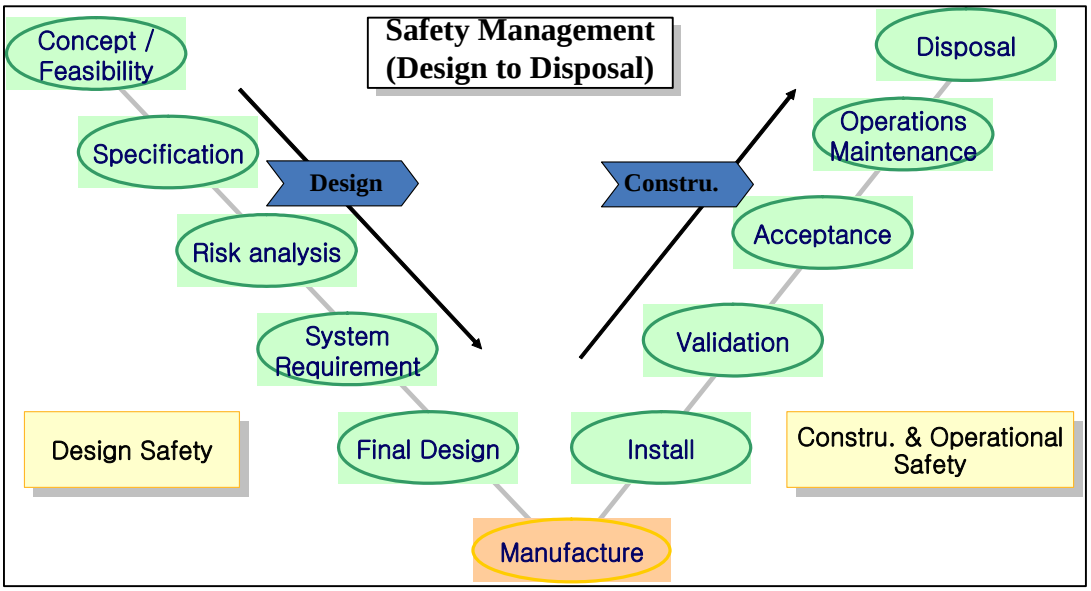
다. 검증 방법에 따른 증거 자료

국가철도 안전관리 체계 구축(안)의 시설부문, 광역철도 시설부문 안전관리 체계 구축(안) 등

라. 성과물의 내용 및 결과

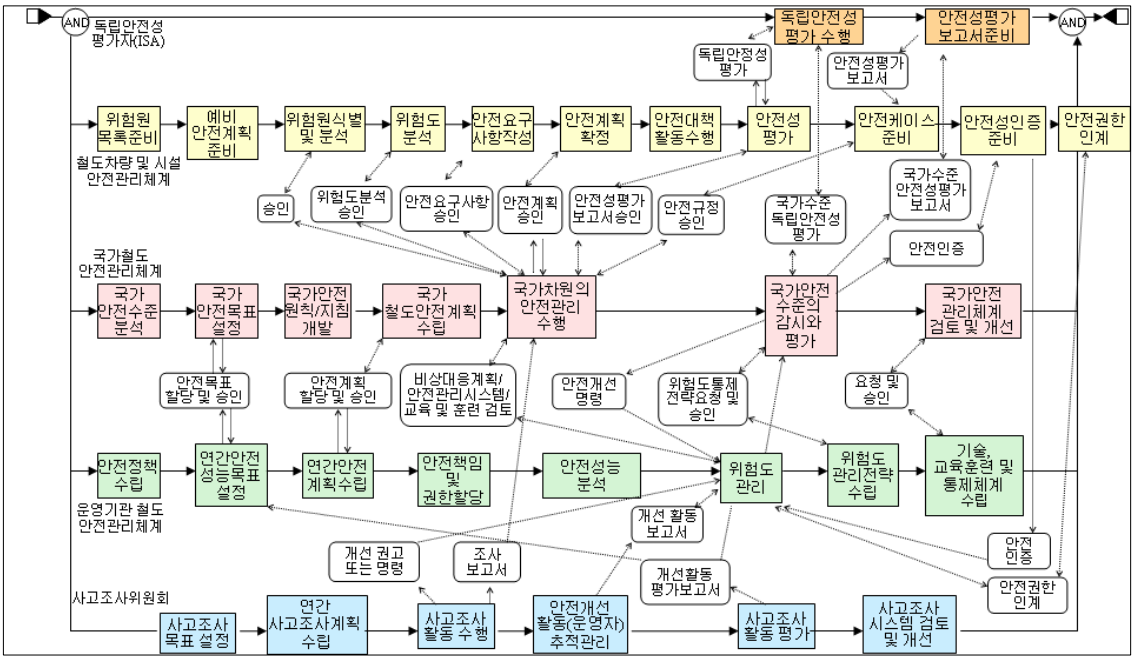
(1) 철도시설 안전체계 구축(안)

철도 안전관리체계는 철도 시설관리 및 운영 형태에 따라 약간씩 다르게 하고 있다. 앞 장에서도 언급하였듯이 영국과 같이 상하분리, 일본과 같이 선로 배분의 개념으로 민영화 한 경우나, 그렇지 않은 경우에 따라 안전심사, 인증 및 허가 등의 체계가 조금 차이가 난다. 영국의 경우 ROGS 및 RSPG와 같이 안전관리체계(SMS), 검증, 인증 및 허가, 평가, 감사, 기록 등으로 구분하여 사업자가 당국에 안전케이스(Safety case)를 제출하고 승인을 받는 형식으로 체계가 구성되어 있다. 또한 호주나 Yellow Book에서 언급하고 있는 안전관리체계는 시스템의 전주기적인 안전관리체계를 구성하고 있으며, 그 체계는 <그림 3-2-1>과 같이 나타낼 수가 있다.



<그림 3-2-1> 시스템의 전주기적인 안전관리 체계

국내의 경우, 철도안전법에서는 철도안전관리체계를 구축하기 위한 제반 요구사항들이 기술되어 있고, 특히 제2장에 철도안전관리체계는 철도안전종합계획(매 5년 마다), 시행계획, 안전관리규정, 비상대응계획, 종합안전심사 등으로 구성되어 있다. 이러한 현재의 체계를 철도종합안전기술개발사업을 통하여 개선하고자 하는 노력이 지속되었고, 총괄 SE에서 다음 <그림 3-2-2>와 같은 국가철도안전관리체계 구축(안)을 제시하고 있다.



<그림 3-2-2> 국가철도안전관리체계 구축(안)

<그림 3-2-2>를 살펴보면, 국가(정부), 시설관리자, 운영기관이 각각 해야 할 기능/역할이 정의되어 있으며, 국가가 해야 할 주요한 내용은 국가 안전수준 분석, 국가 안전목표 설정, 국가 안전원칙/지침 개발, 국가 철도안전계획 수립 국가 차원의 안전관리 수행, 국가 안전수준의 감시와 평가, 국가 안전관리체계 검토 및 개선 등이다. 또한 시설관련 안전관리 체계의 주요 핵심은 위험원 목록, 위험도 분석, 안전요구사항 작성, 안전대책 활동, 안전성 평가, 안전케이스 준비, 안전성 인증 준비 및 안전권한 인계 등으로 구분할 수 있다. 철도시설 부문에서는 시설안전 일반원칙, 안전성 분석, 안전지침, 안전관리 및 점검 등에 대한 상세한 내용을 철도안전법의 시행규칙(안)에 세부적으로 분야별로 정의해 놓았다.

(2) 광역철도의 시설안전체계 구축(안)

(가) 광역철도의 개념 및 특수성

1) 광역철도의 개념

고속철도, 일반철도, 그리고 도시철도로 나뉘는 일반적인 철도의 분류에서, 고속철도는 200km/h라는 명확한 속도 기준에 의해 구분되고, 도시철도는 도시교통권역 내의 궤도에 의한 교통시설 및 수단으로 물리적 구분이 가능하며, 일반철도는 고속철도와 도시철도를 제외한 철도로 명시함으로써 각각의 경계가 명확하다. 반면에, 광역철도는 일정 요건을 충족하는 기존의 도시철도 혹은 철도에 대해 지정되고, 철도시설 자체는 일반철도와 도시철도의 시설을 그대로 이용하는 기능이나 운영측면에서의 개념이므로 광역철도의 시설안전체계에 대해서는 기존의 분류 관점에 따른 철도와는 다른 관점에서의 접근이 필요하다.

뿐만 아니라 법적으로 정의되는 광역철도의 개념 역시 구체적인 지정요건을 명시하고 있지 않다. 흔히 광역철도로 인식되고 있는 서울지하철 또는 도시철도와 연계된 수도권 전철은 실제로 '대도시권광역교통관리에관한특별법'을 제정하기 이전에 건설된 노선이기 때문에 광역철도로 지정되어 있지 않은 실정이고, 다만 2006년 3월 일부 개정되면서 '50km 이내의 구간'이라는 조건만이 포함되어 있을 뿐이다. 하지만, 현행 수도권 전철 역시, 수도권 통근통학 수요를 처리하는 데 큰 비중을 차지하고 있으며, 운행 형태나 구간 등 광역철도의 지정요건에 비추어 보았을 때 광역철도의 범주에 포함시켜야 할 것으로 사료된다.

따라서, 광역철도의 개념은 '특별시·광역시 또는 도간의 일상적인 교통수요를 대량으로 신속하게 처리하기 위한, 대도시권광역교통관리에관한특별법 제정 이전에 건설, 운영되고 있는, 수도권 전철을 포함한 50킬로미터 이내 구간의 도시철도 또는 철도와 이를 연결하는 도시철도 또는 철도'로 정의할 수 있다.

2) 광역철도의 특수성

광역철도는 일정 요건을 충족하는 일반철도 혹은 도시철도에 대해 지정되는 것이므로 제반의 철도시설 자체는 일반철도와 도시철도의 시설을 그대로 이용한다.

또한, 국내 철도시설 관련법 및 체계에 따라 철도안전법, 철도건설법, 철도건설규칙 등에서 전체 철도에 대해 포괄적으로 규정되어 있을 뿐, 광역철도의 특성을 고려한 별도의 안전체계가 마련되어 있지는 않다.

이러한 현실과 더불어, 광역철도 운영을 위해 높은 안전성이 확보되어야 하는 이유는 다음 지정요건에서도 드러난다.

<표 3-2-1> 광역철도의 지정요건

항 목	요 건
서비스범위	2개 이상의 광역지자체에 걸친 광역도시권 내 50km이내의 구간(대도시권광역교통관리에관한특별법 시행령에 명기) 중심대도시로부터 50km 이내의 범위 혹은 50km/h 이상의 속도로 차내시간 60~70분 이내에 도달할 수 있는 영역
역간 거리	2.5km 이상 그 이하인 경우 skip-stop과 같은 급행열차 운행방식 적용이 가능해야 함
표정속도	50km/h 이상
통행목적	통근통학

이상의 지정요건을 보면, 광역철도는 역간 거리가 길고, 높은 표정속도를 요구하기 때문에 고속으로 운행하며, 통근통학 승객을 처리하기 위한 목적을 가지므로 오전, 오후 첨두시에 승하차 수요가 많다. 뿐만 아니라 첨두시에는 시격이 짧기 때문에 역당 열차운행횟수가 많아서 승강장이 극심한 혼잡을 보이며, 특히 대도시 내 도시철도 등과 연계되는 주요 환승역에서는 기존 도시철도와의 환승 수요까지 대량 발생되므로 혼잡도가 배가되기도 한다.

이러한 이유로 인해 안전사고의 위험이 상존하며, 자칫 대형 사고로 이어질 수 있는 잠재성을 내포하고 있으므로 높은 안전성이 요구되는 것이다.

3) 국내 광역철도 현황

앞서 정의한 광역철도의 개념에 따라 광역철도의 기능을 수행하고 있는 수도권 전철 역시 광역철도의 범주에 포함할 수 있으며, 그 현황을 정리하면 아래 표와 같다 .

<표 3-2-2> 수도권전철 일반현황

구분		계	경부선	경인선	경원선	중앙선	안산선	과천선	분당선	일산선
구간		8개 노선	서울~구로(천안)	구로~인천	소요산~청량리(지하)	용산~덕소	오이도~금정	금정~남태령	선릉~보정	지축~대화
거 리(㎞)		288.4	96.6	27.0	42.9	29.9	26.0	14.4	27.7	19.2
역 수(개)		144	36	20	23	14	13	8	19	10
소요시분(분)		-	112.0	47.0	64.5	44.0	35.5	22.5	45.0	27.5
차량수(량)		2,086	1,458			90	300		168	160
운영차량수(기본편성)		213 (6~10)	139 (10)			9 (10)	30 (10)		28 (6)	16 (10)
운행시격(분)	평시	-	2.3 (7.0)	5	7.5	15.9	6.7	8.9	6.9	8.6
	R/H	-	1.6 (6.0)	2.7	6	9.2	5	5.5	4	6
운행회수(구간횟수)		2,107	442	546	27 (455)	166	292		356	278
표정속도(km/h)		-	51.8	1선:51.9 2선:34.5	39.9	40.8	43.9	38.4	36.9	41.9
2006 수송(천명)	승차	563,700	174,137	136,908	80,639	9,399	37,377	29,911	64,770	30,559
	일평균	1,544	477	375	221	26	102	82	177	84
착공일		'71. 4. 7				'97.10.	86. 2.28	89. 12.29	90.2 .26	90.12.31
개통일		'74. 8.15				'05.12. 16	88.10.25	94. 4.1	94.9 .1	96.1.30

또한, 2015년을 목표년도로 하여 2006년 고시된 국가철도망구축계획에 따르면 현재 13개(수도권 12개, 동해남부선)의 광역철도 노선이 운영 혹은 추진되고 있다.

<표 3-2-3> 광역철도 현황

권역	노선명	사 업 명	연장(km)	완공(예정)
수도권	중앙선	청량리-덕소 복선전철	18.0	2005년
	경원선	의정부-동안 복선전철	22.3	2006년
	경의선	용산-문산 복선전철	48.6	2008년
	수인선	수원-인천 복선전철	52.8	2008년
	분당선	왕십리-선릉 복선전철	6.8	2008년
	분당선	오리-수원 복선전철	19.5	2008년
	경춘선	망우-금곡 복선전철	17.9	2009년
	신분당선	강남-정자 복선전철	18.5	2010년
		강남-용산 복선전철	9.9	2015년
	신분당선 연장	정자-수원 신설	19.2	2014년
	신안산선	안산-청량리 신설	40.8	2015년
	-	소사-대곡 신설	15.0	2015년
부산권	동해남부선	부산-울산 복선전철	72.1	2015년

주) 자료 : 국가철도망구축계획(건설교통부, 2006), 한국철도시설공단

(나) 철도연계혼용 구간 사고사례 분석

2005년부터 2007년까지 광역철도에서 발생한 총 419건의 사고 중 일반철도와 도시철도(지하철)의 연계·혼용구간에서 발생한 사고는 29건으로 전체 사고 대비 약 7%정도이다. 샘플 수가 적어 세분해서 분석하기가 힘들고, 따라서 그 결과를 일반화하기에 다소 무리가 있으나 특별히 발생빈도가 높은 부분에 주목하여 보면 사고의 성격과 개선이 필요한 부분을 파악할 수 있다.

아래 표는 2005년부터 2007년까지 연계·혼용구간에서 발생한 총 29건의 사고에 대해 사고유형 발생노선 및 장소, 그리고 개황과 원인을 기술한 내용이다.

<표 3-2-4> 연계·혼용구간에서 발생한 사고 개요

종별 1	종별 2	종별 3	년도	노선	장소	개황 및 원인

종별 1	종별 2	종별 3	년도	노선	장소	개황 및 원인
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2007	1호 선	종각역	종각역에서여객승하차후전부에서6량째차량출입문이닫히지않아후속열차에여객계승후구로차량사업소로회송 *출입문제어장치(DCU)내반도체소자(IGBT)단락및퓨즈용단 *출입문제어장치내다이오드용량이너무낮은부품을설치,순간적인써지전류를견디지못함
철도 사고	철도 교통 사고	공중 교통 사상 사고	2007	경부 선	지하서울역-남영	K291전동열차가지하서울역을발차하여절연구간부근운행중갑자기선로좌측에서가운데로들어온사람과접촉
운행 장애	지연 운행	기타	2007	1호 선	동대문역	제K289전동열차가동대문역출발중주공기압력이떨어지며기관이정지되어후속열차로구원연결후구로차량사업소로회송 *덕정역에서외부물체(개)가공급공기통배수관를타격하여절손
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2007	과천 선	남태령-선바위	남태령-선바위교직절연구간통과후주회로차단기양소등현상발생하여타력으로선바위역도착후재기동하였으나,기동불능으로후속열차를후부에연결후회송 *판타그라프상승 · 하강작동을하는PanV1전자변불량및일시적축전지전압강하
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2007	1호 선	지하서울역	서울메트로관내지하서울역에서주회로차단기를투입시키는순간전차선전원공급이일시중단된후재기동불능,후속열차를후부에구원연결하여이문차량기지로회송 *직류피뢰기(DCArr)절연불량으로접지현상발생으로전원공급이중단
운행 장애	지연 운행	규정 위반	2007	경부 선	서울역	제K1504급행전동열차가서울역에도착하는과정에서고상홈이없는10번선으로진입하여장내신호기외방으로퇴행후정당선로인경인1번선으로전선 *장내신호기신호장애에따른수신호취급시선로전환기잠금및개통상태확인소홀
운행 장애	지연 운행	기타	2007	경원 선	청량리역	경원선청량리역구내제29호전철주위에무단으로사람이올라가119구급대가구조하는동안전차선단전및7개전동열차지장 *성균관대재학중인중국인교환학생(단기일과성정신병장애자)
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2007	1호 선	동대문역	제K111전동열차서울메트로동대문역에서출발중주공기압력저하로전도운전지장이우려되어여객계승후구로기지회송 *제동변(ME36AK형)셀프랩장치내균형피스톤과조정너트의중심이맞지않아균형피스톤이원활하게작동하지못함
철도 사고	철도 안전 사고	직원 안전 사상 사고	2007	1호 선	신설동역	K761전동열차차장이신설동역에도착하여출입문취급중열차에서하차한취객이주먹으로차장얼굴을가격하여코뼈골절 *청량리역인상선에서소변을보겠다고출입문을열어달라고하는것을추락의위험이있어청량리역도착후용변을보도록안내

종별 1	종별 2	종별 3	년도	노선	장소	개황 및 원인
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2007	경원선	지하청량리-회기	제K230전동열차가경원선지하청량리-회기역사이교직절연구간(DC→AC)을통과하기위해교직절환스위치를취급하였으나,EC-5307호차량의차단불능현상이발생,교류구간을진입하면서직류피뢰기가방전되면서단전된장애 *교직절환취급시주회로차단기의일시적인현상으로차단불능
운행 장애	지연 운행	열차 분리	2007	4호선	당고개역	서울메트로4호선당고개역구내에서출발을위해하인상선에서하출발선으로전선중전부에서5량과6량사이의차량이분리(1m)상태에서출발선에서정차,분리된차량을서울메트로창동차량기지로회송한장애 *차량연결기고정및충격방지용완충기취부대가재질결함으로파손되어분리됨
운행 장애	지연 운행	기타	2006	1호선	지하서울역-시청	K238전동열차가지하서울역-시청역사이운행중감류저항기에외부이물질접촉으로절연파괴되어고속도차단기차단,저압제어회로의기능을상실 *후속열차에여객계승후이문차량기지입고
운행 장애	지연 운행	기타	2006	4호선	이촌-동작	운전자기기취급소홀로주변환장치가모두정지되어구원조치중복귀되어시흥차량기지로입고 *기관사의운전취급오류,개량된IGBT주변환장치에대한전파교육미흡
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2006	1호선	남영역-지하서울역	남영-지하서울역교직절연구간통과중전차선이단전되어비상팬터그래프하강스위치를취급한후복귀가되지않아기동불능되어후속열차로구원조치 *직류피뢰기절연파괴로기동불능
운행 장애	지연 운행	기타	2006	1호선	지하청량리	K735 전동열차가 지하청량리역 Y선 인상후 하본선으로 진입하는 과정에서 입환신호기 진로가 현시되지 않은 상태에서 하 부본선으로 진입하여 P112호 선로전환기 할출
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2006	1호선	신설동	신설동에서주간제어기캠스위치접촉불량으로역행불능되어구원요구,후속열차에연결하여구로차량사업소회송 *주간제어기캠스위치접촉면오염
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2006	1호선	종각역	종각역출발시출력부족현상발생되어여객은후속열차에계승하고지하청량리역으로회송 *접지함내냉난방제어기접지선이와고터미널단자대스프링탄성부족에의한접촉불량
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2006	1호선	지하서울역	교직절환기불량으로주회로차단기(MCB)가투입불능,후속열차에여객계승후이문차량기지입고 *교직절환스위치내고정단자대몸체의플라스틱조각이떨어져연동접촉편에끼임
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	1호선	지하서울역	지하서울역에서여객취급후출발중이음이발생되면서기동정지,후속열차연결하여비상대피선으로유도 *고압대전류에의해고속도차단기및제어회로소손되어전차량PAN하강및축전지전압저하로기동불능

종별 1	종별 2	종별 3	년도	노선	장소	개황 및 원인
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	1호선	종로3가	종로3가역진입중안전선밖에있는여객을발견하고비상정차, 제동이풀리지않아후속열차구원받아성북차량기지로입고 *주공기관과공기호스를접속시키는접속부나사가이완되어 분리되면서주공기누설
운행 장애	지연 운행	급전 장애	2005	경부선	지하서울역-남영역	서울메트로 소속 S589 전동열차가 지하서울역-남영사이 절연구간 운행중 비상접지스위치가 동작된 상태로 교류 가압구간을 진입하여 전차선 단전, 고장열차는 뒤따라 운행하는 K243 전동열차를 후부에 연결하여 구로기지로 회송
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	1호선	지하서울역	남영-지하서울역간절연구간을통과중후부동력차주회로차단기의절연이파괴되어전차선전원공급중단,타력으로지하서울역에도착하여응급조치후전도운행 *주회로차단기(MCB)절연파괴
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	4호선	지하서울역	선바위-남태령간교직절연구간통과후2개차량의인버터가차단되어지하서울역까지만운행한후Y선에유치 *인버터내자기보호회로계통일시적오동작
운행 장애	지연 운행	기타	2005	경부선	지하서울역-남영	K239전동열차가서울역을출발하여남영역진입시주회로차단기(MCB)가투입되지않아비상팬터하강스위치를취급하고타력운전으로남영역에도착하여응급조치하고구로역까지운행후구로차량기지로입고 *절연구간통과시교직절환스위치절환(DC→AC)을하지않음
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	1호선	지하서울역-시청역	인버터제어회로차단기 트립으로 기동 정지, 차단된 인버터 스위치를 취급하는 등 조치관계로 20분 정차후 출발(운전실 배전반에 IVCN이 전부 OFF되어 있는 것을 확인 복귀취급)정상운행 후 구로기지로 회송함.
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	과천선	선바위-남태령	선바위-남태령간 절연구간 통과 후 직류전압계전기의 2번코일이 단선되어 주회로차단기가 투입되지 않아 팬터그래프를 내린후 완전부동취급 후 종착역에 20분지연 도착
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	1호선	동대문역	K248전동열차가동대문역진입중갑자기비상제동이체결되어 자연정차,추진운전으로정지위치까지운전한후후속열차에 여객계승후이문차량기지로입고 *제동변내셀프랩장치불량(조정너트제작결함):균형피스톤과조정너트의중심이맞지않아균형피스톤이원활하게 작동하지 못함
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	4호선	이촌-신용산	공기압축기 기동장치함내 정류다이오드 단락으로 인한 보조전원장치 정지, 주공기압력이 떨어져 비상제동이 체결되어 구원요구 후 창동기지로 입고
운행 장애	지연 운행	차량 고장	2005	1호선	지하청량리	K27전동열차가지하청량리역에서여객취급후출발중역행운전불능으로후속열차에여객계승후구로차량기지로회송 *주변환장치충전저항기절손(재질불량)

1) 사고유형별 분석

우선, 위의 사고들을 전체사고와 마찬가지로 '철도사고등의 보고에 관한 지침'에 근거한 분류기준으로 정리하면 다음 표와 같다.

<표 3-2-5> 광역철도 연계·혼용구간 사고분류

종별1	종별2	종별3	발생 건수
철도사고	철도교통사고	열차충돌	-
		열차탈선	-
		건널목 사고	-
		여객교통사상사고	-
		공중교통사상사고	1
		직원교통사상사고	-
	철도안전사고	철도화재사고	-
		여객안전사상사고	-
		공중안전사상사고	-
		직원안전사상사고	1
	합계		2
운행장애	위험사건	정지신호 위반운전	-
	지연운행	차량탈선	-
		열차분리	1
		규정위반	1
		선로장애	-
		급전장애	1
		신호장애	-
		차량고장	18
		열차방해	-
		기타	6
	합계		27
총합계			**29**

철도사고는 총 2건이 발생했는데, 한 건은 심야에(밤 10시 15분) 선로에 뛰어든 시민이 열차와 접촉하여 사망하는 사고였고, 다른 한 건은 취객이 열차 차장을 폭

행한 사고로서, 발생 장소가 연계·혼용구간이었을 뿐, 시설안전체계와는 무관한 사고라고 볼 수 있다.

운행장애 사고는 총 27건이 발생했는데, 위험사건은 한 건도 없었으며, 차량고장으로 인한지연운행이 가장 많이 발생하였다. 주목할 점은 교직절연구간으로 인해 발생하는 사고가 총 9건으로 운행장애 사고의 3분의 1을 차지하고 있다는 점이다.

수도권 전철은 교류, 도시철도는 직류를 사용함에 따라 전동차를 교직류 양용으로 하여 교류와 직류를 모두 사용할 수 있도록 한 다음, 철도 간 연계구간에서 전기가 교류에서 직류로 또는 그 반대로 바뀔 때 서로 다른 형태의 전기를 사용하기 위하여 일시적으로 전기공급을 중단하는 사구간을 두어 전류 방식의 변경이 가능하도록 운영하고 있다. 이러한 구간은 1호선 서울역(서울메트로)↔남영(한국철도공사), 1호선 회기(한국철도공사)↔청량리(서울메트로), 4호선 남태령(서울메트로)↔선바위(한국철도공사) 등 총 3개의 구간에 존재한다. 사구간 통과 시에는 열차 내 모든 전력공급이 차단되며, 열차는 가속없이 달리던 힘(관성)으로만 통과하게 되는데. 3호선과 일산선은 철도공사 - 서울메트로 간의 합의로 모두 직류방식을 사용하고 있으므로 사구간이 존재하지 않는다. 반면 국철 - 지하철 1호선 노선 구간과 국철 - 지하철 4호선 노선 구간은 직·교류 겸용차를 운행함으로써 교류와 직류 변동구간 통과 시 순간적인 충격전류로 인한 차량 고장사례가 빈발하고 있다. 위의 실제 사고 사례에서도 볼 수 있듯이 사구간을 통과하면서 기기 오작동이나 부품 노화 및 불량, 운전자의 취급 부주의 등으로 인해 발생하는 사고 사례가 2005년 5건, 2006년과 2007년 각각 2건으로 적지 않게 있었다. 3년간의 총 사고 419건에 비하면 그리 많지 않은 빈도로 볼 수 있지만, 수도권지역의 대규모 통근통학 수요를 처리하고 운행의 신속성과 정시성을 높게 요구하는 광역철도의 특성상, 운행지연으로 인해 승객들의 불편함을 유발한다면, 대중교통수단으로서의 신뢰도를 크게 상실할 가능성이 있다. 뿐만 아니라, 9건의 사고 중 이용 승객 수가 특히 많은 첨두시간대(오전 7시 30분 ~ 9시 30분, 오후 5시 ~ 8시 30분)에 일어난 사고가 8건이라는 점과 전동열차에서의 지연운행사고란 10분 이상 열차운행이 지연되는 경우라는 점에서 볼 때, 첨두시간에서의 이러한 사고는 해당 노선 전체 열차 운행에 지장을 초래하고 역구내의 극심한 혼잡을 유발함으로써 2차사고 발생의 위험성까지 내포하고 있다 할 수 있다.

운행장애 사고 중 교직절연구간 사고를 제외한 18건의 사고는 각각 열차분리 1

건, 규정위반 1건, 차량고장 11건, 기타 5건으로 구성된다. 규정위반은 운전자 부주의로 인해, 열차분리와 차량고장은 부품 오작동, 기기나 재질의 결함 및 파손, 기타 사고의 경우 동물(개)이나 이물질의 접촉, 정신이상자의 고의 훼손, 운전자 부주의 등에 기인하고 있다.

2) 사고원인별 분석

다음으로, 위의 사고들을 기술적인 측면과 운영적인 측면에서 그 원인을 분석하고 아래 표와 같이 분류하였다.

<표 3-2-6> 사고원인별 분류

분류	원인	사고건수	비고
기술적 측면	부품	13	▪ 부품 결함, 작동불량 및 노후화(11) ▪ 오작동(2)
	전기	5	▪ 교직절연구간 통과 시 발생한 사고(4) ▪ 고압 대전류에 의한 기기 충격(1)
운영적 측면	돌발	5	▪ 외부요인에 의한 예기치 못한 돌발사고(5)
	부주의	6	▪ 신호장애 이후 직원의 대응 미숙(1) ▪ 신호위반(1) ▪ 기기취급소홀(4)

기술적으로는 부품의 결함이나 노후로 인한 파괴와 일시적인 오작동으로 운행에 지장을 준 경우와 전기적인 요인으로 운행장애가 발생한 경우들이 있었다. 운영적인 측면에서는 직원의 부주의나 업무상 미숙함으로 사고가 발생한 경우가 있었고, 예기치 못한 돌발사고들은 외부적 요인에 의해 발생한 사고이기는 하나 기술적인 요인에 의하지 않은 철도시스템의 장애라는 점에서 운영적 요인으로 분류하였다.

분류한 결과를 보면, 연계·혼용구간에서 발생한 총 29건의 사고 중 가장 빈도가 높았던 원인은 부품문제였으며 직원의 부주의, 돌발사고, 교직절연구간으로 인한 전기문제 등도 주요 요인임을 알 수 있다.

(다) 도시철도와 일반철도(국철) 연계구간의 문제점

앞서 살펴본 도시철도와 일반철도의 연계구간 중 별도의 환승이 필요없이 직결 운행하고 있는 노선의 경우 운영주체가 다름으로 인해 발생하는 여러 비효율적인 문제들이 상존하고 있다. 이러한 문제들은 크게 두 부류로 나뉘는데, 하나는 전기 형식, 신호방식, 운행방향 등과 같은 기술적·구조적인 문제이며 다른 하나는 수익 및 비용정산 문제, 준수 법규 문제, 운영체계 문제 등과 같은 제도적·행정적·조직적 문제라고 볼 수 있다. 본 절에서는 도시철도와 일반철도의 연계·혼용구간에서 발생하는 문제들을 보다 자세히 분석해 보고자 한다.

1) 전기 형식의 문제

전기 형식으로 인한 문제는 결론부터 말하자면 수도권 철도(광역철도)는 교류 25,000V를 사용하는 반면, 도시철도는 직류 1,500V를 사용함으로 인해 수도권 철도를 도시철도에 맞추어 직류방식으로 하면 유지비 과다의 문제가 있고, 도시철도 구간을 교류로 하면 감전의 위험이 있다는 것이다.

<표 3-2-7> 전철/전력 주요시설 현황

구 분	시 설 명	단위	총 시설량	일반철도	고속철도	비 고
송전 선로	송전선로 (연장)	㎞	1,173.3	992.6	180.7	
	배전선로 (연장)	㎞	10.983.7	9,651.1	1,332.6	
전철 설비	전차선로 (연장)	㎞	5,354.1	4,682.6	671.5	
	구 분 장 치	개소	2,146	2,083	63	절연구분+애자구분
	가 동 브 래 키 트	조	114,071	102,539	11,532	
	장 력 조 정 장 치	개소	11,460	10,308	1,152	
변전설비	원격제어소 (CC)	개소	4	1	3	
	전철변전소 (SS)	개소	3	38	5	교류 38 직류 5
	급전구분소 (SP)	개소	43	37	6	
	보조급전구분소 (SSP)	개소	103	103	-	
	병렬급전소 (PP)	개소	13	-	13	
전력설비	수 전 변 전 실	개소	89	84	5	
	고 압 배 전 반	면	7,119	6,304	815	
	고 압 변 압 기	대	5,277	5,080	197	
	비 상 발 전 기	대	218	204	14	
	조 명 등	등	761,499	720,401	41,098	

가) 전기철도 방식

○ 교류단상 25kV 급전방식

- 고속철도(경부고속선), 일반철도(수도권, 경부선, 호남선, 충북선, 산업선)

○ 단상교류 25kV 방식

- 산업선, 광역철도

○ BT(흡상변압기) 방식

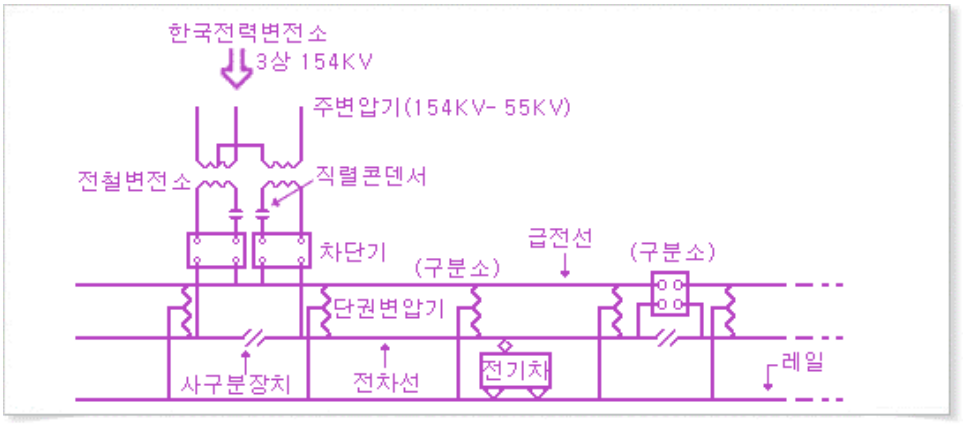
- 산업선 - 중앙선(덕소 ~ 제천 간), 태백선(증산 ~ 백산 간), 영동선(철암 ~ 고사리 간)
- 권선비 1:1의 BT(흡상변압기)를 약 4km마다 직렬 접속하는 방식
- BT 급전방식 급전계통도

○ AT(단권변압기) 방식

- 수도권 - 전 구간(일산선 제외)
- 경부고속선, 경부선, 호남선, 충북선 - 전 구간
- 산업선 - 중앙선(청량리 ~ 덕소, 제천 ~ 영주 간), 태백선(제천 ~ 증산 간), 영동선(영주 ~ 철암, 고사리 ~ 강릉 간)
- 경급전선을 가설 전차선과의 사이에 약 10km간격으로 AT를 설치 변압기 권선의 중성점을 레일에 접속하는 방식

○ 지하구간(전차선로 - 강체가선방식)

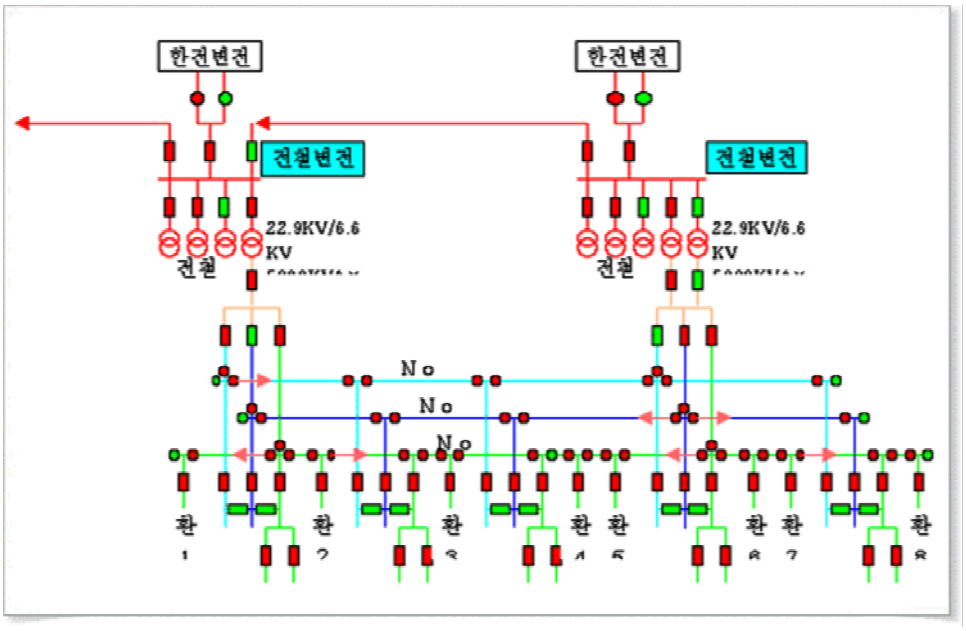
- 산업선
  - 중앙선(청량리 ~ 제천 간), 태백선(제천 ~ 백산 간), 영동선(철암 ~ 동해 간)
  - 권선비 1:1의 BT를 약 4km마다 직렬접속
- AT 급전방식 급전계통도



<그림 3-2-3> AT 급전방식 급전계통도(자료출처 : 한국철도공사 홈페이지)

○ 직류 1,500V 급전방식

- 일산선(지축 ~ 대화 간)
- 한전변전소로부터 22.9kV 의 전원을 수전하여 직류변전소에 설치된 정류기에서 교류(AC) 22.9kV 전기를 직류(DC) 1,500V 전기로 변환하여 전철에 전원을 공급하는 방식



<그림 3-2-4> 직류 1,500V 급전방식(자료출처 : 한국철도공사 홈페이지)

나) 급전설비

교류급전방식은 3상 전원을 단상으로 변경하여 전차선에 전원을 공급하는 스코트 결선방식으로 AT급전방식구간인 수도권과 산업선 일부구간의 전철변전소에서는 한전 변전소로부터 3상 154 kV 를 수전하여 단상 55 kV 로 변압하고, BT 급전방식 구간인 산업선 전철변전소에서는 3상 66kV 를 수전하여 단상 25kV로 변압하여 전차선에 전원을 공급하고 있으며, 직류급전방식은 한전변전소에서 3상 22.9kV의 교류전원을 수전하여 정류기용 변압기와 정류기를 통하여 직류 1,500V로 변환하여 전차선에 전원을 공급하고 있다

다) 전차선로

○ 지하구간(전차선로 - 강체가선방식)

전차선로의 경우 수도권 지하구간 합성 전차선은 강체 가선방식으로 설치되어 있으며 과천·안산선과 분당선은 전차선을 자동으로 신설, 철거할 수 있는 강체 R-bar방식으로 최대 600m까지 가선할 수 있고 10m마다 가동브래키트로 전차선이 끼어있는 강체R-bar를 지지한다. 한편, 일산선은 서울시 지하철과 동일한 강체 T-bar 방식으로 가선표준을 200m로 하고 있으며 전차선이 끼어있는 강체 T-bar는 현수 조가장치로 되어있다.

○ 지상구간(전차선로 - 가공단선가선방식)

궤도 상부에 설치된 가공 접촉선(contact wire)으로부터 공급을 받은 전기차의 전류를 주행레일을 통하여 변전소에 돌려보내는 방식으로 가장 대표적인 방법이다. 전차선로의 구성은 전기차에 전력을 직접적으로 공급하는 전차선 등의 가선설비와 이것을 전기적, 기계적으로 구분하거나 보호, 조정하는 전차선 장치 및 지지 구조물 등으로 구성되어 있다.

○ 교류-직류 절연구간(교직 절연구간 - 사구간)

수도권 전철은 교류, 도시철도는 직류를 사용함에 따라 전동차를 교직류 양용으로 하여 교류와 직류를 모두 사용할 수 있도록 한 다음, 철도 간 연계구간에서 전

기가 교류에서 직류로 또는 그 반대로 바뀔 때 서로 다른 형태의 전기를 사용하기 위하여 일시적으로 전기공급을 중단하는 사구간을 두어 전류 방식의 변경이 가능하도록 운영하고 있다.

이러한 사구간은 다음과 같다.

- 1호선 서울역(서울특별시 지하철공사)↔남영(한국철도공사)
- 1호선 회기(한국철도공사)↔청량리(서울특별시 지하철공사)
- 4호선 남태령(서울특별시 지하철공사)↔선바위(한국철도공사)

사구간 통과 시에는 열차 내 모든 전력공급이 차단되며, 열차는 가속없이 달리던 힘(관성)으로만 통과하게 되는데, 3호선과 일산선은 철도공사 - 지하철공사간의 합의로 모두 직류방식을 사용하고 있으므로 사구간이 존재하지 않는다. 반면 국철 - 지하철 1호선 노선 구간과 국철 - 지하철 4호선 노선 구간은 직·교류 겸용차를 운행함으로써 전동차의 구입비용부담이 증가하고 교류와 직류 변동구간 통과 시 순간적인 충격전류로 인한 차량 고장사례가 빈발하고 있다.

하지만, 전기방식의 일원화를 위해서는 기존 차량 및 노선시설 등의 변경이 필요하나 기존 차량의 개조와 선로 등 시설구조의 변경이 어려워 기존 시설에 대한 전기방식의 일원화는 거의 불가능하다.(이창운, 1998)

2) 신호 방식의 문제

철도신호는 열차의 전방 운행조건을 제시하여 열차의 진행여부 및 위험의 유무를 알려 주는 것으로서 열차운행의 안전성을 확보하고 정확성과 신속성으로 수송효율을 최대한으로 높여주며 운행열차를 보호하는 설비를 총칭한다.

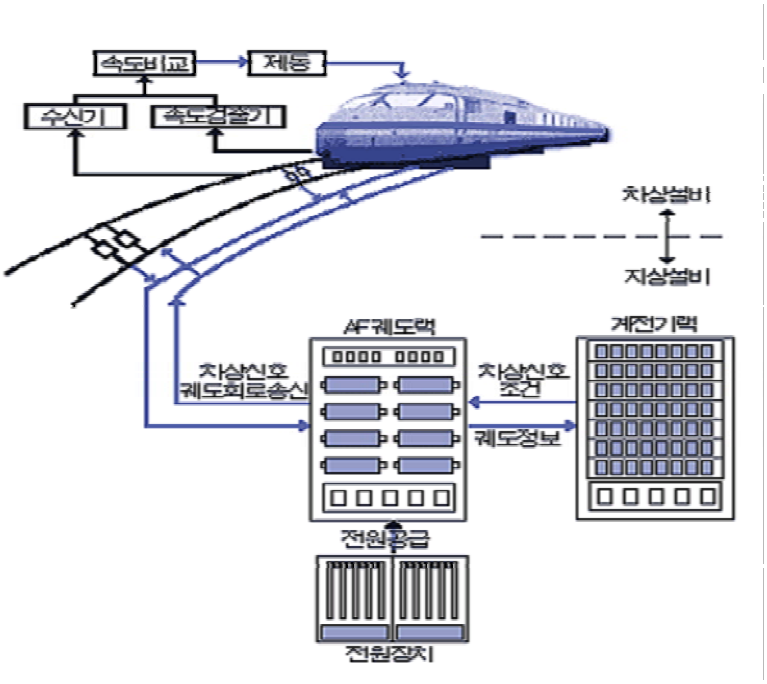
여기에는 신호기장치, 궤도회로 장치, 선로전환기장치, 연동장치, 폐색장치, 건널목 보안 장치, 기타 안전 설비 및 이에 부대되는 모든 신호 보안 시설이 포함되며 전자공학과 컴퓨터산업의 눈부신 발전에 따라 자동화된 첨단설비인 차상신호시스템(ATP), 지능형열차제어시스템(MBS), 자동열차제어장치(ATC), 열차집중제어장치(CTC), 열차자동정지장치(ATS), 전자연동장치 및 정보분석장치 등이 있으며, 열차의 안전한 열차운행과 수송력 증강 등의 향상에 크게 기여하고 있다.

<표 3-2-8> 주요 신호시설 현황

장 치 별	내 용	연 장 (Km)	역 수	설치율 (%)
열차집중 제어장치 (C.T.C)	수도권(8개선) 경부선(서울～수원), 경인선(구로～인천) 경원선(용산～동안), 경의선(서울～화전) 안산선(금정～오이도), 과천선(금정～남태령) 분당선(선릉～오리), 일산선(지축～대화)	220.4	66	
	경 부 선 (수 원～부 산)	400.2	58	
	중 앙 선 (청량리～영 천)	344.9	67	
	호 남 선 (서대전～목 포)	252.5	34	
	태 백 선 (제 천～백 산)	103.5	19	
	영 동 선 (영 주～강 릉)	193.6	32	
	묵호항・삼척・부전・범일・가야・광주・함백선	56.8	9	
	경부고속신선(시흥～대구)	238.6	19	
	계	1,812.5	304	53.4
열차자동제어 장치 (A.T.C)	과천선, 분당선, 일산선	61.3	27	
	경부고속신선, 연결선	238.6	19	
	계	299.9	46	8.8
자동폐색장치 (A.B.S)	경부선외 22개선	2,444.5	390	72
열차자동정지 장치 (A.T.S)	경부선외 53개선	3,392	525	100

가) 열차자동제어장치(Automatic Train Control ; ATC)

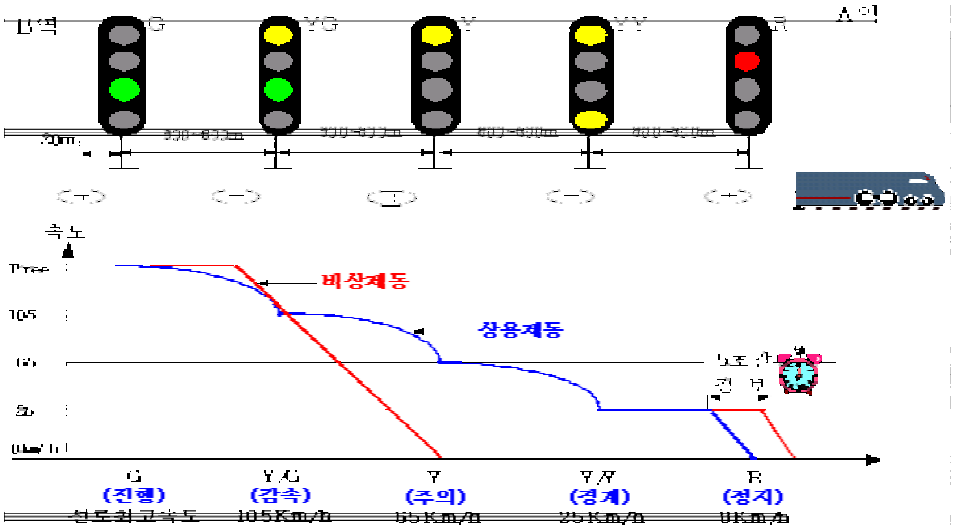
열차 안전운행에 필요한 속도정보를 레일을 통하여 연속적으로 차량의 컴퓨터에 전송하여 허용속도를 표시하며, 운행속도가 허용속도 초과 시 자동으로 감속 제어 하는 장치를 말한다. 과천선(금정 ~ 남태령), 분당선(수서 ~ 오리), 일산선(지축 ~ 대화) 구간과 서울지하철 3 ~ 8호선에 설치・운영되고 있다.



<그림 3-2-5> 열차자동제어장치(자료출처 : 한국철도공사 홈페이지)

나) 열차자동정지장치(Automatic Train Stop ; ATS)

기관사가 악천후(짙은 안개, 눈보라) 또는 졸음 등의 상황으로 신호를 무시하거나 정해진 속도를 초과하여 운전할 경우 5초간 경보를 하고 자동으로 열차를 정지시키는 장치이다.



<그림 3-2-6> 열차자동정지장치(자료출처 : 한국철도공사 홈페이지)

서울지하철 3 ~ 8호선과 과천선, 분당선, 일산선의 경우 ATC 방식을 사용하며, 서울지하철 1, 2호선과 기타 수도권 전철 구간은 ATS 방식을 사용하고 있다. 수도권 전철과 도시철도의 연계구간 중 또 다른 연계구간인 경원선·경부선·경인선 - 지하철 1호선 구간은 ATS 방식, 3호선 - 일산선, 4호선 - 과천선 연결 구간은 ATC 방식으로 같은 신호 방식을 사용하므로 아무런 문제가 없으나, 안산선의 경우 ATS 방식을 사용하므로 안산선 ~ 과천선 ~ 4호선을 운행하는 열차는 겸용이 가능한 열차로 운행하고 있다. 이 경우 유사시 전동차의 대체투입, 차량기지의 탄력적 운행, 잉여차량의 상호투입, 장래운행계획 등 신호방식의 이원화에 따른 많은 비효율이 초래되고 있어 종합조정 및 운영계획의 수립이 요망되고 있다.(이창운, 1998)

3) 통행 방식(열차 운행 방향)의 문제

수도권 전철과 도시철도는 운행 방향에 있어서도 차이를 보이고 있다. 수도권 전철의 경우, 옛 철도청(현 한국철도공사)에서 일제시대에 건설된 철도시설을 그대로 사용하는 관계로 좌측 통행을 하고 있는 반면, 도시철도는 도시철도법에 근거하여 우측통행을 하고 있기 때문에[1] 두 종류의 노선이 연계되는 경우 통행 방향을 바꾸어 줘야 하는 문제가 있다. 서울역과 지하 청량리역을 연결한 서울지하철 1호선의 경우에는 수도권 전철이 이미 건설되어 있었기 때문에 열차 진행방향을 기존 일반철도와 같게 함으로써 방향 전환의 문제가 발생하지 않았고, 지하철 3호선이 만들어진 이후에 건설된 일산선 구간은 서울 지하철의 방식을 따라 우측통행을 기준으로 하였으며, 분당선 구간은 철도공사의 방식대로 좌측 통행을 기준으로 건설되었으나 3호선과 직결되지 않고 환승을 하게끔 분리되어 있으므로 통행 방식에 따른 문제가 발생하지 않는다.

반면 지하철 4호선과 과천선이 연결되는 구간에서는 서울시와 경기도의 경계가 있는 남태령 ~ 선바위 사이에서 통행 방향을 전환해 주고 있다. 일명 '꽈배기 굴'이라 불리는 세계에서 유래가 없는 지하입체교차 구간으로서 복선 터널이 두 개의 단선터널로 분리된 뒤, 하나의 단선터널이 다른 단선 터널을 타넘은 후, 다시 복선

1) 영국식 교통체계를 도입한 일본에 의해 철도가 건설된 관계로 우리나라 현실과 맞지 않게 철도는 좌측통행을 기준으로 하고 있었는데, 서울역 ~ 지하청량리를 연결한 1호선을 제외하고 2호선부터는 우리나라 통행 방식에 맞게 우측통행을 하도록 도시철도법을 통해 규정하였다. 하지만 이로 인해 일반철도와 도시철도의 연계 시 방향 변경으로 인한 불편과 함께 많은 비용이 소요되는 결과를 낳고 있다.

터널로 합쳐지게 함으로써 좌측통행과 우측통행이 바뀌도록 하는 방법이다. 즉 철도공사가 운영하는 과천선 구간(선바위 역)까지는 좌측통행을 하다가 '꽈배기 굴'을 통과하면서 서울메트로에서 운영하는 지하철 4호선 구간(남태령 역)으로 진입할 때는 우측통행을 하게 되는 것이다.(반대방향도 마찬가지) 이 방식을 통해 상행과 하행이 평면 교차하는 방식보다 열차 운행에 장애가 없고 안전성을 훨씬 높일 수는 있게 되었으나, 건설하는 과정에서 엄청나게 큰 비용을 들임으로써 불필요한 예산 낭비라는 지적을 많이 받기도 하였다.

열차 운행 방향에 관한 문제는 그 과정이 어떠했건 현재 상황에서는 원활히 운영되어가고 있지만 향후 추가로 건설·확장되는 노선이나 기존선 간에 연결이 되는 경우에는 통행방식의 차이로 인한 연계 시 발생하는 문제들을 미리 충분히 검토함으로써 비용을 절감하고 운영상의 효율성을 제고할 수 있는 방향으로 해결해 나가야 할 것이다.

4) 운영 주체의 문제

앞서 언급한 것과 같이 광역철도 및 이와 연계·혼용되어 운행되는 도시철도는 서울메트로(서울지하철 1~4호선), 서울시 도시철도공사(서울지하철 5~8호선), 한국철도공사(수도권 전철 구간) 등 3개의 기관에서 각각 운영·관리하고 있다. 이는 물리적으로 분리된 구간에서는 각각의 운영규정에 따라 철도를 운영하면서 유지관리에 관한 책임 소재를 명확히 할 수 있으나 본 연구에서 분석 대상으로 하는 철도 간 연계 및 혼용구간에서는 기관 간 조정과 합의를 통해 풀어야 할 문제가 많은 실정이다. 예를 들어 지하철 1호선과 수도권 전철이 공동 운행하는 구간에서 사고가 발생하였다면, 책임전가로 인해 처리 및 대응이 지연될 수가 있고 복구에 투입되는 비용의 배분 문제 또한 해결이 쉽지 않을 것이다.

가) 수입금 및 비용정산 문제

열차 운임에 의한 수입금의 경우, 수도권 전철과 도시철도를 함께 이용한 승객에 대해 각각 따로 운임을 징수하는 것이 아니므로 추후 운임에 의한 수입금을 정산해야 하는 문제가 있다. 승객마다 이용구간 및 거리가 저마다 다르며 기관별로도 시설투자비용, 운영원가 등 운임에 반영되는 비용이 저마다 다르므로 수입을 배분하기에 많은 어려움이 따르는 것이다. 뿐만 아니라 선로사용료, 차량정비료, 전기료, 승무원 인건비 등의 비용의 정산에 있어서도 이해관계가 상충하게 되므로 원만

한 정산 협의가 어렵다.

나) 인력 및 시설운용의 비효율성 문제

3호선-일산선과 4호선-과천・안산선 등과 같이 많은 구간을 두 기관이 함께 운영하는 경우 시설의 보수 및 유지관리에 필요한 인력이 중복해서 채용되거나 차량 운영기지, 검수시설, 전동차 등 시설장비의 중복 운영으로 비효율성이 증대될 수 있다.

다) 광역철도 운영에 관한 종합적 조정 및 행정기구의 부재

앞서 언급하였듯이 광역철도는 일정요건을 충족하는 도시철도 및 철도에 대해 지정되는 개념적인 성격을 가지므로 실제로 광역철도의 운영에 관해 종합적인 계획을 세우고 개별 운영기관에 대한 조정 기능을 가지는 행정조직이 부재한 실정이다. 그 결과 인력 및 시설에 관한 중복투자나 수입금 및 비용 정산 문제 등의 해결에 있어 효율성이 떨어지고, 전기・신호・운행 등에 관한 기술적 문제를 풀어나감에 있어서도 기관 간 자율적 협의가 이루어지길 기대하는 것 이외엔 대안이 없다. 따라서 기관 간의 이해관계가 상충할 경우 조정력을 갖고 중재하거나 중・장기적 관점에서 일관된 광역철도 정책을 수립하고 추진해 나갈 수 있는 광역철도 전담 조직체계가 갖추어져야 할 것으로 사료된다.

5) 준수 법규의 문제

수도권 전철의 규정은 철도건설규칙상의 4급선에 해당하므로 도시철도의 시설을 준용하여도 시설상의 문제는 발생하지 않는다. 하지만 아래 철도시설 관련법에서 철도안전법과 철도건설법은 고속철도와 일반철도, 그리고 '대도시권광역교통관리에관한특별법'상에 명시된 광역철도에 관한 시설의 보수 및 운영, 안전관리체계 등에 관한 규정이 마련되어 있으나 도시철도는 도시철도법과 하위법령 및 지침 등의 별도 규정이 마련되어 있어 따르는 법규가 구분되어 있다. 그런데 광역철도의 경우 철도안전법과 철도건설법을 따르도록 되어 있지만 '대도시권광역교통관리에관한특별법'에서는 광역철도를 '대통령령이 정하는 요건에 해당하는 도시철도 또는 철도'로 정의함으로써 광역철도 노선 중 도시철도에 해당하는 것은 도시철도법을 준수해야 하는 문제가 생긴다. 즉 광역철도라는 개념상의 모호한 구분으로 인해 일관된 법규를 따르지 못하는 상황이 발생할 수 있는 것이다.

(라) 광역철도 시설안전체계 문제점 및 개선 방안

우선 시설기준에서 일반철도와 도시철도 간에 일부분 차이가 있으며 이로 인해 전차선로 전기방식, 신호방식, 열차의 진행 방향 등이 맞지 않는 문제가 상존하고 있다. 이에 기술적으로 전기방식의 문제를 해결하기 위해 교류·직류 겸용열차를, 신호문제 해결을 위해 ATS(Automatic Train Stop)·ATC(Automatic Train Control) 겸용열차 등을 투입하거나 열차진행방향 문제의 해결을 위해 꽈배기 굴(선바위 ~ 남태령 구간)을 건설하였으며, 직류·교류 변환 구간에 사구간(절연구간) 설치하여 연계·혼용구간의 문제를 해결하고 있는데, 이는 철도의 안전성을 저해하고, 철도운영의 효율성을 떨어뜨리는 원인이 되고 있다.

실제로 광역철도 연계·혼용구간에서 발생했던 사고를 분석해본 결과, 교직절연구간에서 발생한 사고가 전체의 3분의 1을 차지하는 주요 원인 중의 하나였다.

이러한 기술적 문제에 대한 근본적인 해결방안은 철도 기반시설을 재정비하여 모든 철도에 대해 운영방식을 표준화하고 일원화하는 것이라 할 수 있으나, 그러기 위해서는 어마어마한 노력과 시간, 비용이 투입되어야 하므로 현실적으로는 불가능하다. 따라서, 근본적인 해결책을 고집하기 보다는 현재 상황에서 열차의 안전성을 높일 수 있는 방안들을 강구하는 것이 훨씬 현실적인 대응이라 볼 수 있다. 예를 들어, 서울지하철 3호선과 한국철도공사 일산선의 경우, 두 기관의 합의에 따라 먼저 건설된 3호선의 진행방향, 전기방식, 신호체계 등의 기준을 따르도록 함으로써 1호선과 4호선에서 발생하는 문제는 전혀 발생하고 있지 않다.

운영적인 측면에서도 역시 법제도적으로는 철도시스템의 원활한 운영을 위한 근거들이 모두 마련되어 있다. 철도안전법에서는 철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치하고 유지관리를 하도록 규정하고 있으며, 이에 필요한 사항을 정하기 위해 '철도시설안전기준에관한규칙'을 별도로 지정하고 있다. 또한 철도시설의 유지관리에 관한 유지보수 계획을 수립하여 철도시설이 안전기준에 적합한 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 철저히 시행토록 하고 있다. '철도비상대응계획수립에관한지침'에서는 철도운영자등이 표준운영절차 및 비상대응훈련절차를 수립하여 비상사태 시 현장매뉴얼에 의한 비상대응을 할 수 있도록 함으로써 철도이용승객 및 관련종사자들의 안전을 도모하며, '철도종합안전

심사및평가운영지침'은 종합안전심사반의 구성 및 운영과 종합안전심사 평가위원회의 운영에 관하여 필요한 세부사항을 정하고 있다. '철도시설안전세부기준'은 철도시설의 안전기준과 유지관리의 세부적인 시행에 필요한 사항을 정하고 있으며, '철도사고보고및조사에관한지침'은 철도사고 등의 조사 및 보고절차·방법 등에 필요한 세부사항을 정하고 있다.

도시철도 역시 이에 상응하는 법제도적 근거를 모두 마련하고 있다.

'도시철도운전규칙'은 도시철도의 운전과 차량 및 시설의 유지·보전에 관하여 필요한 사항을 정함으로써 도시철도의 안전운전을 도모하기 위한 규정이다. 선로 및 설비와 열차 등이 도시철도경영자가 정하는 속도(지정속도)로 안전하게 운전할 수 있는 상태로 보전하도록 규정하였고, 운전, 폐색방식, 신호 등에 대해서도 세부규정을 마련하였다. '도시철도건설규칙'은 선로, 정거장, 설비, 선로표지등의 안전설비 등에 관한 자세한 기준을 마련하고 있고, '도시철도차량안전기준에관한규칙'은 도시철도차량의 구조 및 장치의 안전운행에 필요한 안전기준을 규정하고 있으며, '도시철도차량관리에관한규칙'은 도시철도법 및 동법시행령의 규정에 의한 도시철도차량실무위원회의 구성·운영, 조시철도차량의 성능시험 및 정밀진단, 도시철도용품의 품질인증 등에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있다.

하지만, 중요한 것은 시스템의 안전한 운영을 위한 제반 지침과 조직, 제도가 모두 마련되어 있다 하더라도 운영주체는 결국 사람이라는 점이다. 앞서 분석한 사고사례에서 사고 원인이 운영상의 이유로 분류된 사고들의 경우, 운전자나 배전담당자 등의 부주의나 업무에 대한 미숙함에 기인한 사고가 많았다. 이는 평소 직원에 대한 직무 교육과 유사시를 대비한 비상대응지침에 따른 훈련이 충분히 되어있었다면 사고를 미연에 방지하거나 사고로 인한 피해를 현저히 줄일 수 있었을 것이다. 외부요인에 의한 돌발적인 사고는 비록 예상하기에 어려움이 있으나, 선로 등의 구조물이 철도의 중요시설물임을 감안한다면 '철도시설 안전기준에 관한 규칙' 등에서 제시한 규정에 따라 방호울타리를 설치하거나 안전성분석 후 영상감시장치를 설치하여 상시적인 모니터링 체계를 구축함으로써 사고를 방지하려는 노력이 있어야 할 것이다. 또한 기술적 요인으로 분류된 사고들 중 부품의 불량이나 노후화 등으로 인한 사고도 결국 시설과 장비의 정비와 점검이 완벽히 이루어지지 못했다는 측면에서 볼 때 운영적 요인에 기인한다고 볼 수 있는 것이다.

운영적 측면에서 또 하나 짚어볼 수 있는 문제는 전년도 연구에서도 언급한 바

있는 운영주체의 문제이다. 동일한 선로와 역사를 한국철도공사와 서울메트로에서 함께 이용하고 있는 구간이 다수 존재하므로, 이런 구간에 대한 운영 및 유지관리 등의 역할을 어떻게 분담하고 있으며, 유사시 책임소재와 비용처리문제는 어떻게 해결하는 지도 안전과 관련하여 중요한 부분이라 볼 수 있다. 이에 관해서는 해당 기관의 실무자와 면담을 통해 질의해본 결과, 각 정거장이나 역마다 운영주체가 정해져 있고, 정해진 운영주체의 책임 하에 운영되고 있으므로 운영주체의 중복으로 인한 혼선은 없다는 답변이외의 더 구체적인 내용을 확인할 수가 없었다. 따라서 운영주체에 대한 논의는 본 연구에서는 더 이상 진행하지 않기로 하였다.

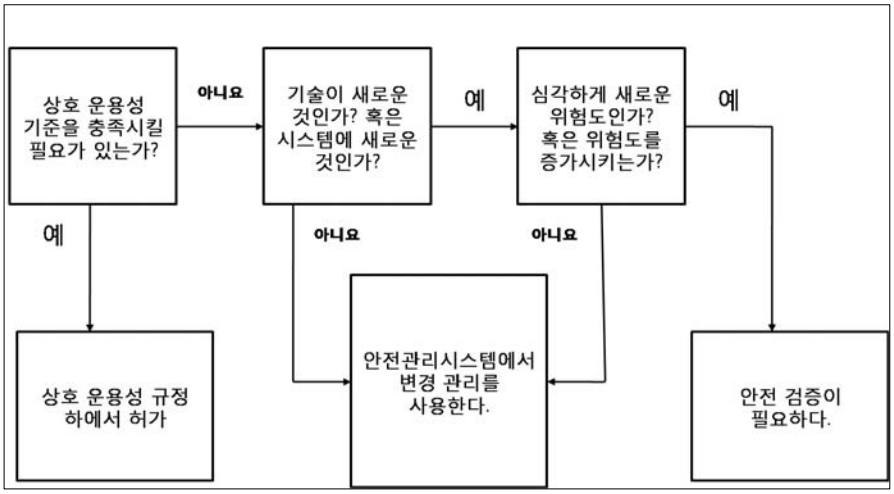
지금까지 정리된 내용을 바탕으로 광역철도의 연계·혼용구간에서 시설안전과 관련하여 발생할 수 있는 문제점과 이의 개선방안을 정리하면 다음 표와 같다.

<표 3-2-9> 연계·혼용구간의 문제점 및 개선 방안

분류	문제점	개선 방안
기술적 요인	전기, 신호 방식, 열차 진행 방향 등 시설기준의 불일치	▪ 향후 광역철도 건설 시에는 연계·혼용구간을 고려하여 일원화 ▪ 전철설비와 차량 등에 대한 표준화
	부품, 장비 등의 결함 및 노후화	▪ 구매 시 철저한 검수 ▪ 과학적이고 체계적인 정비 및 점검 체계 마련 ▪ 부품 개량 및 설비 개선을 위한 지속적인 연구개발
운영적 요인	업무상 과실	▪ 업무에 적합한 조직 및 기능체계 구축 ▪ 직무교육 및 훈련 강화를 통한 능력향상
	안전관리	▪ 안전관리 매뉴얼 개선 ▪ 안전관리 실행프로그램 개발 ▪ 안전도 유지를 위한 점검 시행 및 보수작업 ▪ 비상대응지침 숙지 ▪ 안전자료 구축, 분석 및 연구 ▪ 국가철도안전관리체계 개선(안) 참고 ※ 광역철도의 특수성 감안
	사고예방	▪ 승무원 및 여객 사고 예방 ▪ 시설물에 대한 상시 모니터링 체계 마련
	사후관리	▪ 철저한 원인 규명 및 재방방지대책 마련

○ 국가철도안전관리체계 -광역철도부문

- 시설관리자 및 운영기관이 다른 경우, 국가철도안전관리체계 구축(안)에서 제시되고 있는 안전정책, 안전목표, 안전검증, 안전 인증 및 허가 등의 공유, 협의뿐만 아니라 독립성이 철저히 유지되어야 함
- 또한 안전 검증의 필요성 여부 결정 및 방법이 중요하며, 다음과 같은 일련의 프로세스 정립이 요구됨



○ 광역철도의 운영 및 조직

- 광역철도는 그 형태에 따라 도시철도 연장형(3호선 - 일산선, 4호선 - 과천·안산선 등), 일반철도 전환형(수도권 전철 경부선, 경인선 등), 독립형(신분당선 등)으로 구분할 수 있음
- 따라서 각각의 운영형태와 이를 통해 구분지어지는 특성에 맞게 시설안전체계를 구축해 나간다면 적용성이 향상될 수 있을 것임
- 수도권 단일조직 구성의 필요성을 유지보수 비용의 낭비, 인력의 중복으로 인한 시스템 효율성 저하 등의 측면에서 논리적으로 구체화할 필요가 있음.
- 조직체계를 수도권과 지방 대도시권으로 나누어 각각의 성격에 맞는 운영체제를 확립할 필요성에 대해서도 언급

○ 관련 조직 및 기구

현재 광역철도의 운영주체가 나누어져 있는 현실을 감안하였을 때 통합조정기구의 역할이 클 것으로 판단됨

현재 항공사고뿐만 아니라 도시철도를 포함한 모든 철도에서 발생하는 사고에 대해 사고조사 및 조정역할을 수행하고 있는 항공·철도사고조사위원회의 역할을 강화하는 방안도 생각해볼 수 있음

○ 관련 규정 및 지침

광역철도와 시설안전의 공통부분은 건설 부문으로 볼 수 있는데, 광역철도는 고속철도/일반철도/도시철도의 분류에서 [일반열차 + 전동차 운행]의 성격을 띠므로 건설관련 규정만으로 처리할 수 없는 영역이 발생할 수 있음

이런 관점에서 광역철도의 시설에 관한 지침을 일반철도의 지침을 따를 것인지, 도시철도 지침을 따를 것인지, 새로운 지침을 마련할 것인지 등에 대한 논의도 필요하며, 이런 과정을 통해 광역철도의 특수성을 반영한 시설안전체계나 지침을 마련함으로써 적용성 문제를 해결할 수 있음

제3절 철도시설 안전원칙 및 안전성분석(안)

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR01 - 2006 작성일 : 수정일 :

3. 프로젝트는 철도시설 안전원칙 및 안전성분석(안)을 제시하여야 한다.

3.1 프로젝트는 철도시설 안전원칙(안)을 제시하여야 한다.

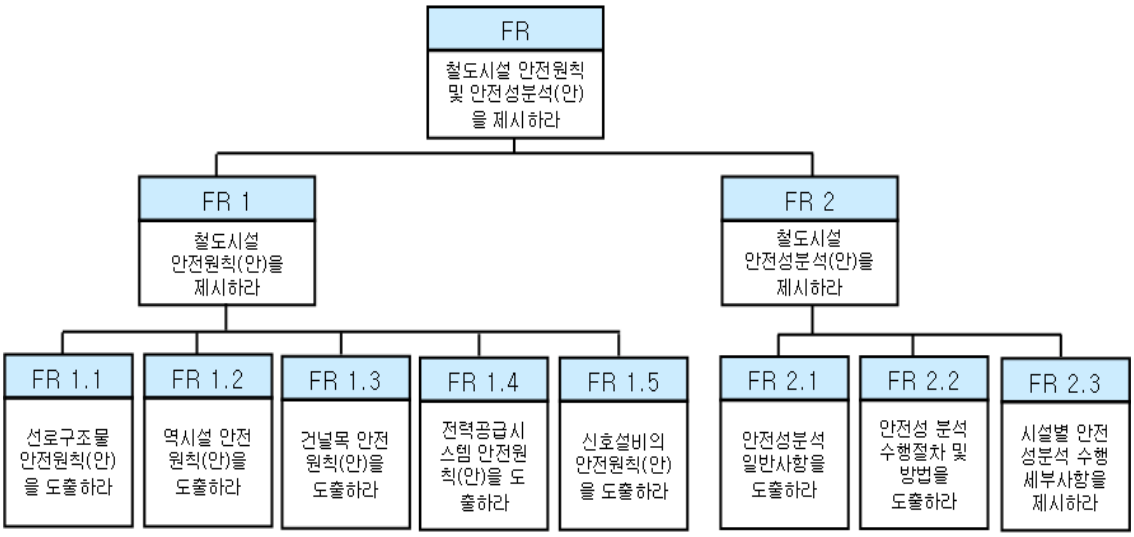
3.2 프로젝트는 철도시설 안전성분석(안)을 제시하여야 한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 및 관련논증보고서 (SE제공) - 철도시설안전 과제 VRTM Templates ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - MVP(종합검증계획서) - PM(Project Management) - 철도시설안전 과제 Architecture ☐ **설계정보 및 평가자료** - 안전 일반원칙 및 안전성분석의 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 검증기준(Verification Criteria) - 설계 분석 보고서 (DARs) - 시험 및 입증 자료 (N/A) ☐ **검증 방법** - 엔지니어링 분석, 비교검증	- SE 검증	- 수정 VRTM - RVCD

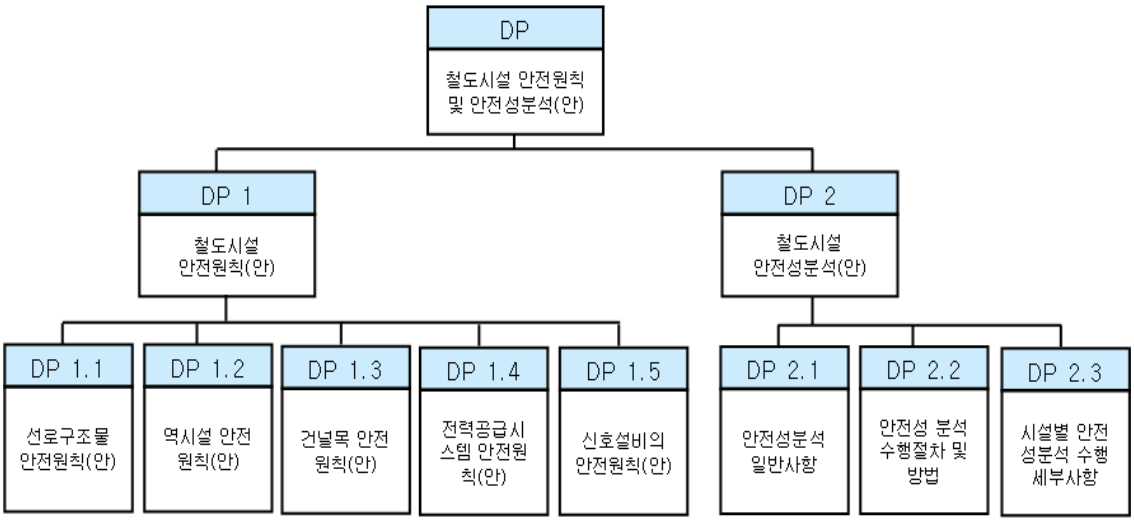
Verification Specification (검증기준) :

- 기능 (Function) : 기능실현성의 적합성 (시스템 평가자 검토)
- 물리적 구조 (Physicals) : 물리적 구조의 적합성 (시스템 평가자 검토)
- DAR의 적합성 : 철도시설 안전 일반원칙 및 안전성분석(안)의 적합성 (전문가 검토)
- 성능 시험 (N/A)
- 안전성 시험, 내구성 시험 (N/A)

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

철도시설 안전 일반원칙 및 안전성분석(안) 제시는 시스템 요구사항 『SR 3. 프로젝트는 철도시설 안전원칙 및 안전성분석(안)을 제시하여야 한다.』 중 『SSR 3.1 프로젝트는 철도시설 안전 일반원칙(안)을 제시하여야 한다.』 및 『SSR 3.2 프로젝트는 철도시설 안전성분석(안)을 제시하여야 한다.』 에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 총괄SE에서 구축하고 있는 국가철도 안전관리 체계 구축(안)에 따라 철도시설의 안전 일반원칙 및 안전성분석(안)을 제시하였다.

나. 설계기준

총괄SE에서 구축하여 제시하고 있는 국가철도안전관리체계(안)에 따라 시설분야의 철도시설 안전 일반원칙, 철도시설의 안전성분석(안) 관련하여 연구를 수행하였다.

(1) 국내 설계기준 또는 기준

- 철도건설법
- 철도건설규칙
- 철도안전법
- 철도시설 안전기준에 관한 규칙

(2) 국외 설계기준 또는 지침

- 철도기술기준성령(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance Part Section A Guidance on the Infrastructure(영국)

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

철도시설 안전 일반원칙 및 안전성분석(안) 등의 연구성과물에 대한 국내 전문가 자문 및 관계기관 의견수렴을 통하여 국제규격 및 국내규정의 부합성 등을 검증

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 철도시설 안전 일반원칙(안)

철도시설관리자 및 철도운영자(또는 철도사업자)는 다음의 철도시설 안전에 관한 일반원칙으로 안전활동을 수행해야 한다.

(가) 철도 기반 시설

① 선로의 보호 : 불필요한 출입 및 불법침입으로부터 철도를 보호해야한다.

- 불법 출입 위험 개소 파악, 적절한 방호책 및 표식 설치
- 불필요한 출입 방지 및 (작업자, 긴급서비스 등)출입승인
- 전력공급 시스템의 위험요인 파악 및 특별대책
- 선로 하부, 상부 또는 인접지역의 토공/구조물 대책
- 건널목에 대한 보호대책
- 선로인접지역의 활동상황 파악 및 대책
- 인접공항 및 활주로 배치
- 도로와 선로가 인접한곳의 충돌방지
- 선로와 인접한 도로의 차량에 의한 시각적 혼란방지

② 사람에 대한 안전간격 확보 : 열차가 운행되는 동안에 철도기반시설의 운영 및 유지관리 업무를 수행하는 사람이 직무를 안전하게 수행할 수 있도록 적절한 안전간격을 확보해야 한다.

- 철도기반시설에 출입이 허가되는 사람들의 범위
  (작업자, 긴급서비스 제공자 및 철도업무 관련자 포함)
- 열차운행의 공기역학적 효과를 고려한 선로변 안전 여유간격
- 선로변 안전설비 또는 안전지역의 배치-작업자가 이곳까지 가는데 필요한 시간에 대한 규정
- 안전여유간격 미확보 구조물에 대한 적절한 표시
- 모든 통행로의 안전 여유간격(신호기 기둥, 축선 및 차고통로 등을 포함)
- 열차 내 사람들의 비상 탈출 대책

- 모든 전력공급 시스템 및 장치의 안전 배치 및 보안

③ 열차 안전간격 확보 : 열차의 안전운행을 보장하기 위하여 인접한 궤도상의 열차사이, 열차와 구조물 및 고정 장치사이에는 적절한 안전간격을 확보해야 한다.

- 선로선형 및 열차(차량)의 정·동적 거동을 고려한 안전간격 확보
- 제한된 공간의 통과 열차로 인한 공기역학적 영향
- 안전간격에 영향을 미치지 않는 구조물 영역내 장치 배치
- 승강장에 요구되는 최대 및 최소 안전간격
- 구조물과 관련한 궤도배치 및 위치에 대한 특별대책

④ 위치 파악 : 철도의 안전한 운영 및 유지보수를 위하여 철도기반시설상의 특정 위치를 확인할 수 있는 적절한 방안을 마련해야 한다.

- 정확한 위치파악의 필요성(위험개소, 방호책, 표식설치)
- 구조물의 정확한 위치파악의 필요성
- 정상 및 비정상 상황에서의 철도 운영상의 필요성
- 예상가능 사건대응 및 긴급서비스 수행상의 필요성
- 철도 및 모든 건널목에 대한 대책
- 선로 인접 지역의 활동상황 파악
- 인접공항 및 활주로 배치
- 도로가 선로에 인접해 있는 곳의 충돌방지규정
- 선로와 인접한 도로의 차량에 의한 시각적 혼란방지

⑤ 궤도 : 궤도는 열차의 안전한 유도로 및 지지기반을 제공해야 한다.

- 열차에 의한 궤도의 정적, 동적 허용응력
- 지지 구조물로의 하중전달
- 열차의 궤도 환승대책
- 궤도 성능에 대한 온도의 영향 대응
- 신호, 열차제어, 전력공급 시스템의 필요성
- 탈선의 영향이 심각하게 예상되는 곳의 적절한 억제대책
- 궤도 오염에 대한 저항능력

- 배수, 초목 대책
- 건널목에 대한 대책
- 궤도의 고장감지 및 경보시스템
- 발생 가능한 소음 및 진동의 영향과 억제대책

⑥ 궤도 상/하부 토구조물 및 구조물 : 궤도를 지지하는 토구조물과 구조물은 열차에 의해 발생되는 응력을 지탱, 전달할 수 있어야 한다.

- 해당 장소의 지반상태
- 선로상 또는 인접한 구조물에 가해지는 정적, 동적하중
- 도로나 수상교통과의 충돌/충격 위험과 피해방지
- 홍수 및 노반유실의 위험과 피해방지
- 탈선위험 및 탈선 억제 규정의 필요성
- 전력공급 시스템, 장치의 위치 및 설치
- 선로인접지역의 활동상황에 따른 위험과 피해방지
- 궤도 하부 또는 선로변의 파이프 및 기타 서비스 시설의 고장시 토구조물 및 구조물의 위험과 피해방지

⑦ 터널/유사 구조물 : 터널 및 기타 폐쇄공간에서 사람의 안전한 대피에 필요한 환경을 제공해야 한다.

- 터널 내 단선 및 복선궤도에 따른 연결통로 확보
- 운행 특성(열차종류, 빈도)에 따른 터널의 길이
- 터널내의 안전간격 확보(열차운행, 작업자 이동)
- 터널 및 내부 장치의 화재에 대한 부담(화재규모 고려)
- 연기/화재 감지, 소화 및 화재 억제에 대한 모든 대책
- 환기, 연기제어 및 배출에 대한 대책
- 제한된 공간의 통과 열차로 인한 공기역학적 영향
- 비상탈출을 위한 차량과의 적합성
- 허용 가능한 시간 내 안전장소로의 대피
- 비상조명, 비상통신 및 대피경로 표시
- 비상 시설로의 안전한 접근보장

- 침수 위험 대책
- 전력공급 시스템의 전원차단 방안
- 터널입구의 방벽설치 및 안전대책

(나) 역시설

① 사람의 안전 : 역사에서 사람이 자유롭고 안전하게 이동할 수 있어야 한다.
- 정상 및 비정상 운영상황에서 역내 사람 이동 및 대기
- 혼잡 통제 규정
- 폐쇄 구역내 사람들의 행동
- 중앙홀, 통로, 경사로, 계단, 에스컬레이터 및 승강장의 크기 및 표면 처리
- 에스컬레이터, 엘리베이터 및 승객 콘베이어가 수송하는 인원수에 대한 적합성
- 출구의 개수, 크기 및 간격
- 예약 사무소 및 기타 판매구의 배치
- 통신 장치 및 표지에 대한 규정
- 조명규정
- 동력공급 차단시의 비상 조명 규정
- 환기 대책
- 역사 구조물 무결성 및 비상 상황시 생존능력

② 승강장안전 : 승강장에서 사람이 안전하게 대기하고 열차 승하차를 할 수 있어야 한다.
- 탈선에 대비한 구조 지지물의 방호대책
- 열차와의 호환성
- 궤도 높이 및 열차 바닥 높이와 관련한 면 맞춤
- 승강장 진입 통제 대책
- 승객의 승하차를 감시하는 열차 승무원을 위한 설비
- 승강장 대기 승객 및 사람의 이동에 대한 규정
- 승강장 입구 및 출구의 '병목 구역' 방지대책
- 역 및 기타 철도 시스템상의 스크린도어의 효과

- 자동판매기 설치
- 승강장에서 철도 출입금지 구역의 무단침입 방지대책
- 발을 헛디디거나 미끄러지는 것을 방지하기 위한 승강장 표면 처리 및 배수
- 승강장 청소의 용이성, 먼지 누적 개소의 제거 필요성
- 제한된 공간의 통과 열차가 발생하는 공기역학적 영향
- 환기 대책

③ 선로의 종단에 설치된 궤도 : 역 선로의 종단에 궤도가 있는 경우 안전하게 열차를 정지시키고, 과행으로 인한 피해로부터 사람과 역을 보호할 수 있는 대책을 마련해야 한다.

- 구조물 및 중요한 지지물의 배치
- 예약 사무소 및 기타 판매구의 배치
- 사람들이 모이기 쉬운 장소
- 과행 규정 및 제공되는 열차정지설비(차막이)의 종류
- 자동열차보호 시스템 및 열차정지 시스템에 의한 보호
- 외부시설 또는 궤도가 브레이크 성능에 미치는 영향
- 열차와 승객 피해, 역과 역 이용객들의 피해 사이의 위험도 조화

④ 제어 : 선로 및 선로 인접 부근의 활동사항과 연관된 역사의 운영을 제어할 수 있는 시설을 제공해야 한다.

- 선로상의 활동과 역구내 활동의 상호작용에서 추가 위험도 발생을 방지하는 활동의 연계방법
- 인접해 있거나 연결되어 있는 선로 시스템 및 선로 인접 부근의 활동과의 관계 및 연락 대책
- 역 구내의 활동을 통제하는데 필요한 감독, 통신 및 안내의 수준 및 다양성
- 작업자 등에 대한 연락통신 방안과 안내/지시 규정
- 긴급서비스를 위한 역 구내 연락 대책
- 비상 상황시 시설물의 제어의 유용성

⑤ 대피 : 역사와 역구내 제어 설비는 비상시 안전한 대피를 보장해야 한다.

- 역에서 탈출을 완료하기까지 걸리는 시간
- 탈출로 보호
- 긴급서비스로의 접근(특히 지하역의 경우)
- 역의 탈출 안내 시스템
- 안내 방송 시스템의 구획화
- 모든 환기 시스템의 관리

⑥ 화재 예방 : 역사는 화재 위험관리 및 대피 대책에 알맞은 화재 방지 및 제어 대책을 갖추어야 한다.

- 화재 부담의 최소화 (발화원, 가연성 물질 등의 제거)
- 화재 위험도가 높은 구역과 역사내 공공 구역의 분리
- 화재 감지/경보 시스템 규정 및 화제 억제 시스템
- 화재/연기가 역의 다른 구역으로 퍼지지 못하도록 하는 연기배출 시스템의 환기 및 시스템
- 제한된 공간의 통과 열차가 발생하는 공기역학적 영향
- 소방관들을 위한 시설 및 시스템
- 역무원이 긴급 서비스를 마중하는 적절한 '회합지' 지정
- 지하역사의 추가적인 화재 위험도 고려, 탈출로 분리 및 환기 제어 시스템 제공

(다) 건널목

① 건널목 이용자 및 열차를 위한 안전 : 건널목은 건널목 이용자에게 위험을 알리고 이들을 보호하며 철도를 보호할 수 있게 적절한 대책을 마련해야 한다.

- 건널목 이용자의 특성 파악: 예상되는 철도, 도로 및 보행자 통행의 이용 빈도 및 통과 속도
- 건널목 종별 구분에 따른 안전설비 및 장치
- 비정상적인 도로통행이 건널목에서 발생할 가능성
- 건널목 양쪽의 도로 및 통로의 종류
- 선로의 불법침입 및 무단진입 방지의 필요성
- 설비/장치의 고장이 열차운행 및 건널목 이용자의 안전에 미치는 영향

- 건널목 이용자가 갇히는 경우 대피 대책
- 현장 건널목 관리자 운영의 필요성
- 전력공급 시스템과의 인터페이스

(라) 전력 공급 시스템

① 사람의 안전 : 전력공급 시스템이 사람의 안전에 위협을 주지 않도록 해야 한다.
- 활선상태인 비절연 부품의 배치 및 범위
- 선로내와 인접 구조물간의 위험한 감전 가능성 방지
- 건널목에 대한 전기안전대책
- 정상운영, 유지보수 및 긴급 상황별 구획화 및 차단대책
- 가공 전차선과 서스펜션의 구획화 및 차단 특별 대책
- 위험을 초래할 수 있는 불법침입 및 불법행위 방지대책
- 바람, 얼음 및 낙뢰의 영향

② 관리 : 전력공급 시스템은 안전하게 관리 및 운영해야 한다.
- 전기제어센터, 전기공급자, 철도제어센터, 긴급서비스와 연락 가능한 선로변에 설치한 통신설비
- 정상운영, 유지보수 및 긴급 상황별 구획화 및 차단대책
- 급전의 연속성 보장 및 연속성 차단이 미치는 영향
- 급전 및 귀선의 특성과 관리
- 접지사고 및 회로 단락 방지
- 전력공급 시스템 장치의 상태 감시
- 전기견인 시스템 장치 및 구조물의 위치 표시
- 지하 급전선로의 특수 상황

③ 상호작용 : 전력공급 시스템은 철도 내부 및 외부 시스템과의 상호작용에 의한 위험을 유발하지 않아야 한다.
- 전기 열차의 특성
- 상이한 전력공급 시스템과의 호환성 및 분리

- 열차 또는 기타 설비 및 장치와의 인터페이스
- 선로상 구조물과의 상호작용 및 전기적 안전 간격
- 건널목에서 도로 차량 또는 이동 시설물과의 장애나 선로상의 기타 구조물에 장애가 되지 않도록 충분한 안전간격을 제공할 수 있는 가공전차선 설비와 부지 계획
- 전차선이나 인접 시설/장치에서 발생하여 주변에 영향을 미칠 가능성이 있는 전자기적 영향의 전달

(마) 신호

① 기능 및 상호연계 : 신호시스템은 열차의 진로제어, 열차의 안전간격제어, 열차운행계획관리를 안전하게 수행하여야 한다. 이에 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 열차충돌사고 방지
- 열차운행과정에서 발생 가능한 운영자의 취급오류
- 열차종류
- 전력공급시스템이 신호시스템에 미치는 영향
- 궤도 종류 및 궤도 상태
- 통신 및 기타 시스템과의 인터페이스
- 불안전상태인 신호시스템으로 인한 사고가 발생하지 않도록 철도를 보호
- 보조설비 및 기타 시스템과의 연계로 인하여 신호시스템의 성능이 저하되지 않도록 보호
- 신호설비를 유지보수과정에서 위험한 상황이 발생하지 않도록 철도를 보호
- 선로변 신호기의 배치목적과 확인을 위한 신호설비의 표시
- 비상상태에서 이미 취급되어 표시된 사용을 취소하는 방법
- 신호시스템의 변경 또는 운전모드 변경(예:육안운전)이 있을 경우, 운전자에게 이를 알리는 방법
- 신호시스템을 변경했을 때의 효과
- 건널목 위치
- 전력공급시스템의 전자파 간섭

② 성능저하상태 : 신호시스템은 시스템의 성능이 저하된 상태에서도 운행허가를

받은 열차의 안전한 주행을 지속적으로 보장하여야 한다. 이에 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 신호시스템의 구성품의 성능이 점진적으로 저하되도록 설계하고, 정상적으로 동작하는 신호시스템의 구성품을 사용하여도 안전을 유지하도록 함.
- 불안전한 상황을 초래하는 고장 모드에서도 철도를 보호함.
- 불안전한 상황을 초래하는 전력공급의 차단 및 복구
- 특정 열차 또는 신호기와 확인 및 통신
- 열차 및 신호원에 대한 알림(통보)
- 신호원과 열차운전자 및 신호원과 신호원간의 통신을 대체하는 방법
- 전체 신호시스템의 통제복구
- 성능저하상태에서 철도를 운영할 때 발생할 수 있는 취급오류 방지

③ 철도 운영 제어 시스템 : 비상상황이 발생한 상황에서, 철도와 다른 기관간의 유기적인 업무협조와 철도의 안전한 운전을 제공하기 위한 여러 가지 설비를 구축하여야 한다. 이에 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 철도 시설물, 철도차량 및 역 설비의 제어(관리)장치와 비상 서비스와의 연계
- 철도 시설물, 철도차량 및 역 설비의 제어장치, 비상 서비스 및 철도이용자간의 통신
- 정상상황, 비정상상황, 성능저하상황 및 비상상황을 대비한 효과적인 설비
- 제어시스템 간의 상호연계

(2) 철도시설의 안전성분석 기준 및 해설(안)

(가) 철도시설 안전성분석의 일반사항

철도시설관리자가 철도시설에 대한 안전성 분석을 시행 하는 경우에는 다음 각 호를 고려하고 객관적인 자료를 근거로 하여 합리적인 방법으로 수행하여야 한다.

- 안전성 분석을 위한 기본 자료는 타당성을 입증할 수 있도록 충분히 조사·기술 하여야 한다.
- 안전성 분석은 가능한 한 정량적인 방법으로 수행하는 것을 원칙으로 하되, 객관적인 평가방법이 확립되지 아니한 경우에는 기존의 자료 또는 사례를 이용하거나 정성적인 방법을 적용할 수 있다.
- 자료의 조사 및 안전성 분석은 가능한 한 최근에 확립된 방법 및 기술을 사용하여 실시하며, 적용된 방법 및 기술을 명시하고 인용된 자료 또는 가정은 그 출처를 분명히 하여야 한다.

[해설]

철도시설 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제476호, 2005.10.27) 제5조에서는 철도시설에 대하여 안전성분석(Safety analysis)을 요구하고 있다. 여기서의 안전성분석의 정의는 “철도시설을 설치하는 경우 당해 철도시설이 가질 수 있는 위험을 식별하고 그 원인 및 영향을 분석하여 정량화한 결과를 설계 및 시공 등에 반영함으로써 철도시설의 결함 또는 고장 등으로 인한 철도사고의 발생가능성을 최소화시키는 과학적인 기법을 말한다.”라고 되어 있다.

일반적으로 안전성분석 방법은 결정론적 방법(Deterministic approach)과 확률론적 방법(Probabilistic approach)으로 크게 구분된다. 원자력의 경우 확률론적인 안전성 평가(Probabilistic Safety Assesment; PSA)는 1960년대 후반 영국의 Farmer 등에 의해 개척되었으며, 1970년대 중반 미국의 Rasmussen 등이 수행한 “Reactor Safety Study (WASH-1400으로 흔히 알려짐)”에 의하여 더욱 발전되었다. 설계기준 사고는 주로 보수적인 결정론적 방법으로, 중대사고는 확률론적 방법으로 각각 해석하는 것이 과거의 관례였으며, 각 방법의 특징을 살펴보면 다음 <표 3-3-1>과 같다. 그러나 현재는 사고의 구분과 해석 방법을 이와 같이 명확하게 연결짓는 것이 어렵게 되었다.

<표 3-3-1> 안전성분석 방법의 특성비교

구분	결정론적 안전성분석	확률론적 안전성분석
사고 발생요인	중요한 사고 발생요인(전문가 의견에 따라 보수적으로 선정)	모든 사고 발생요인(발생 예상 빈도 고려)
사고 경위개발	중요사고 경위 선정(전문가 의견에 따라 보수적으로 선정)	사고 요인별 모든 사고 경위 개발(귀납적 방법)
계통신뢰도 분석	분석 안함	연역적 방법을 사용하여 분석(부품 고장률, 인간 실수율 고려)
사고 경위 분석	선정된 사고 경위에 대해서만 분석, 특정사고 경위를 상세히 분석 (원자력 경우, 노심 용융 전후까지)	전 사고 경위를 분석, 특정사고 경위를 근사적으로 분석 (원자력 경우, 노심 용융 전후까지)
분석 결과의 활용	절대적 기준(허용기준)과 비교하여 안전성 평가	상대적 기준으로 안선정 평가 -중요한 사고 요인 및 경위 파악 -설계 및 절차상의 취약점 파악
기타 특성	-보수적 관점 강조(보수적 가정에 따른 상한값 계산) -안전성에 대한 정성적인 판단 : 실제적인 민감도 분석이 어려움 -주요 관심 분야의 과도 설계 및 중요 사고 누락 가능성 -절차 및 방법론 확립	-최적 추정관점 강조(현실적인 해석에 따른 최적값과 불확실도) -안전성에 대한 정량적인 판단 가능 : 실제적인 민감도 분석 가능 -모든 중요 사고취급 및 최적 설계 가능 -절차 및 방법론 개선 필요성

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

(나) 안전성 분석 수행 절차 및 방법

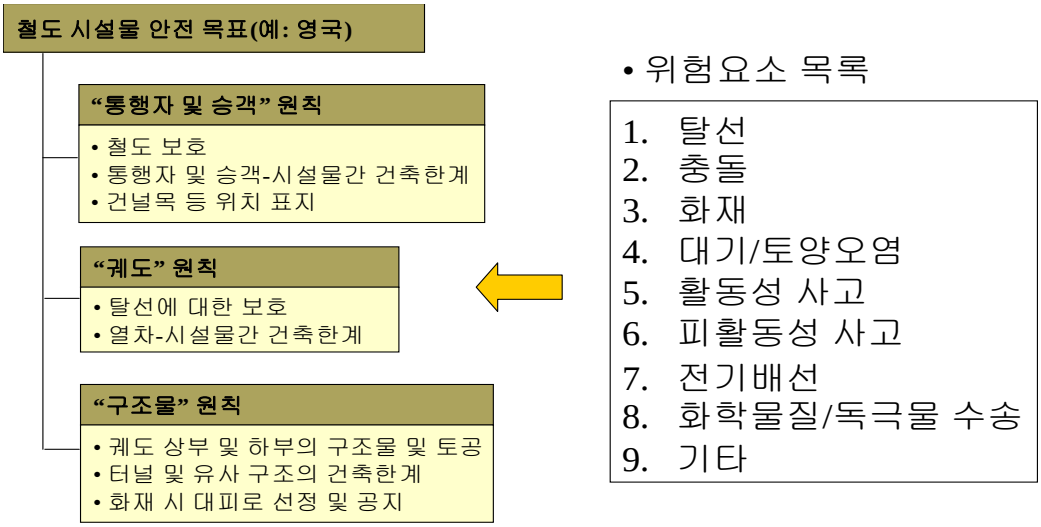
철도시설관리자가 안전성 분석을 원활히 수행하기 위하여 철도시설의 유지보수 및 운영환경 등에 대한 지원 요청을 하는 경우에 철도운영자는 특별한 사유가 없는 한 이에 협조하여야 한다.

철도시설의 안전성 분석은 다음 각 호의 절차에 따라 수행하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 이 절차를 따르지 않는 경우에는 그에 대한 타당한 사유와 합리적인 근거를 제시하여야 한다.

- 잠재위험 확인은 충돌·탈선·화재 등의 사고를 유발할 수 있는 잠재적인 위험을 식별하고 원인을 분석하여야 하며, 식별된 위험원이 사고로 전개될 수 있는 가능한 시나리오를 작성한다.
- 사고발생 확률계산은 각각의 시나리오의 단계별 사건발생에 대한 가능성(확률)을 객관적으로 산정한다.
- 사고영향 분석은 각각의 시나리오의 단계별 사고결과에 따른 피해영향을 분석한다.
- 안전성 분석은 각각의 시나리오별 사고발생 확률과 피해정도를 산출하여 안전성을 정량적으로 평가한다.
- 안전대책 수립은 안전성 분석 결과가 요구하는 안전수준을 만족하지 못하는 경우에는 그에 대한 원인규명을 하고 요구수준에 부합하도록 안전대책을 합리적으로 재수립한다.
- 안전대책의 검증은 수립된 안전대책이 요구하는 안전수준에 부합하며, 비용-편익 면에서 적정한 것임을 검증·확인한다.

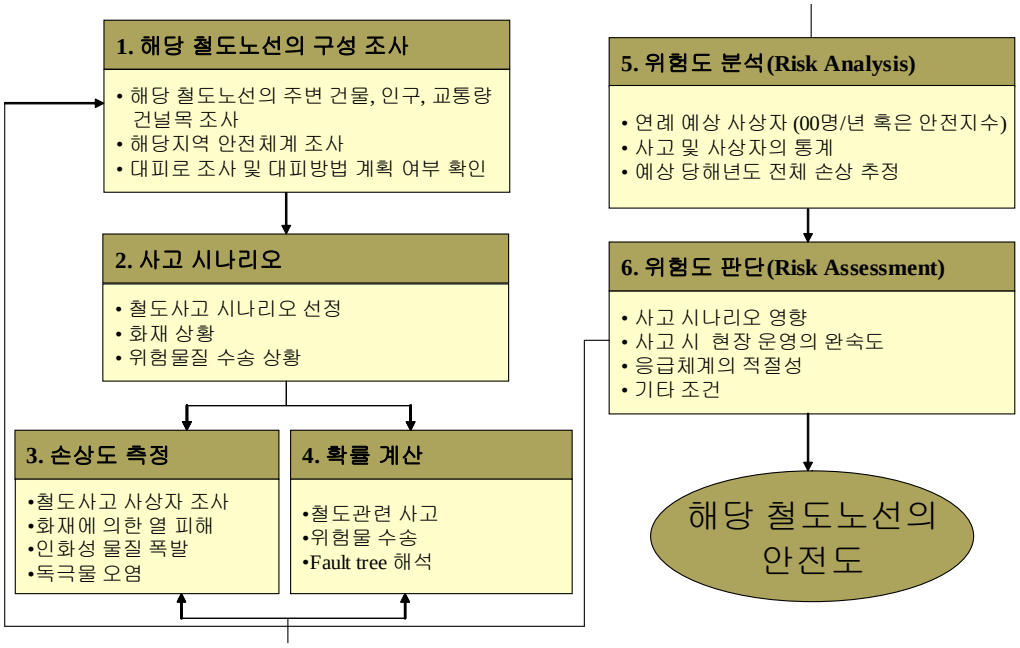
[해설]

철도 주요국가의 안전성분석에 대한 인식은 국내에서 추진하고 있는 안전성분석의 개념과 기본적으로 유사하나 용어에 있어 위험도 분석과 혼용되고 있다. 그러나 위험도 분석과 안전성 분석의 차이는 최종 위험도 또는 안전성을 판단할 때 사고자(사고 위험율)를 판단하느냐 또는 안전성(안전지수)를 판단하느냐에 따라 달려있다. 이러한 안전성분석의 사례를 <그림 3-3-1>과 <그림 3-3-2>를 통해 살펴보도록 한다.



<그림 3-3-1> 영국 철도안전원칙 및 시행가이드의 철도시설물 부분

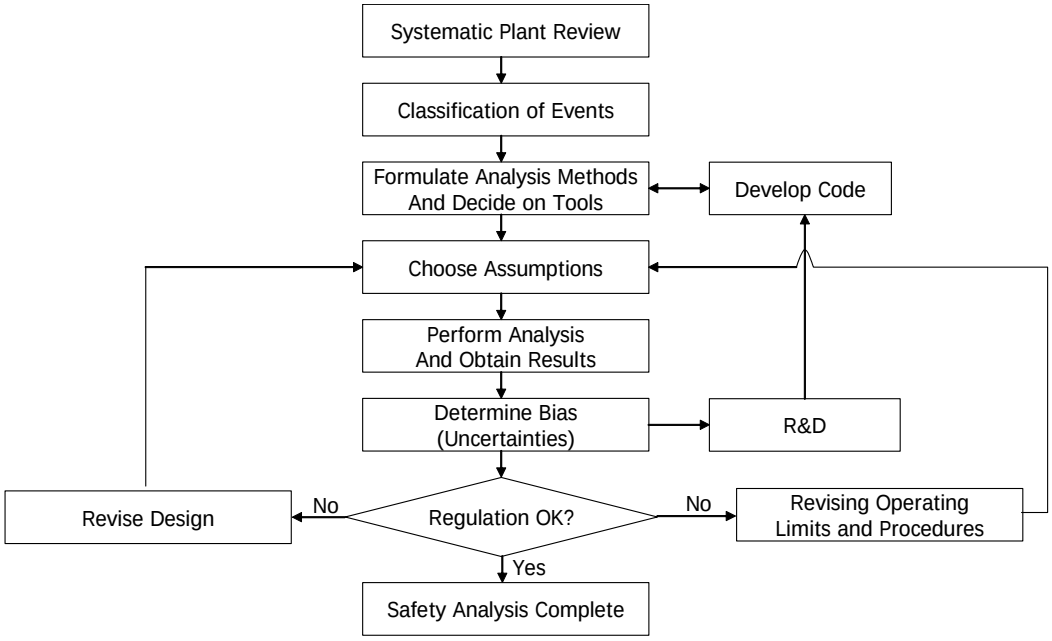
우선 <그림 3-3-1>에서 보여 지는 내용은 영국 철도안전원칙 및 시행가이드의 내용 중에서 철도시설물 관련 부분으로 철도시설물의 범위 및 정의를 통해 안전대상(safety target)을 정하고 있다. 정해진 안전대상의 안전성 분석(safety method)을 위해서는 해당 안전대상에 고려해야할 부분을 세 가지, 즉 (가) 통행자 및 승객, (나) 궤도 그리고 (다) 구조물로 분류하여 각 부분의 세부 위험요소목록을 탈선, 충돌, 화재, 대기-토양오염, 활동성 사고, 비활동성 사고, 전기배선, 화학물질 및 독극물 수송 등의 분야에 각각 명시하고 있다. 그러나 구체적인 안전성분석의 결과인 안전성 지수(safety indicator)에 대한 내용은 명시하고 있지 않다. 이는 다양한 안전성분석의 방법을 산업분야의 자체 축적된 지식이나 지속적으로 발전하는 새로운 기법을 허용하기 위함으로 보여 진다. 결과적으로 이러한 연유로 영국에서는 안전성분석이 철도시설물 설계 시 설계용역사의 자체보고서에 따르며 권고형식으로 존재한다.



<그림 3-3-2> 네델란드 TNO 용역회사의 안전성분석의 예제

<그림 3-3-2>의 내용은 네델란드 소재 TNO 사회기반시설물의 안전성분석 전문용역사의 도심철도 철도노선에 대한 안전성(위험도)분석에 대한 내용이다. <그림 3-3-1>에서는 구체적으로 나타나지 않았던 안전성분석 방법이 6단계로 체계적으로 제시되어 있다. 먼저 인구밀도가 높은 도심부를 통과하는 철도노선에 대한 안전성분석이며 제 1단계에서는 대상 철도노선에 대한 기초조사, 예를 들면, 교통량 조사, 건널목 조사, 건물 및 인구밀집도 조사 그리고 비상상황에 대한 대피로의 유무 등을 조사하며, 제 2단계에서는 기초조사의 자료를 토대로 사고시나리오, 예를 들면, 화재상황, 독극물 유출, 탈선으로 인한 주변건물/인명 피해 등에 대해 정의한다. 제 3단계에서는 사고시나리오에 대한 사고피해를 조사하는 단계로 각 사고 이벤트에 대한 인명 및 재산상 피해 및 손상에 대한 조사가 이루어지고, 동일한 수준에서 제 4단계인 확률 피해계산이 이루어진다. 이때는 각 사고이벤트에 조합에 따른 Fault tree 해석 등을 통해 각 사고이벤트별 또는 사고시나리오별 사고확률을 계산한다. 제 5단계에서는 이러한 4단계까지의 정량적인 결과를 기반으로 한 사고확률을 위험도지수(risk) 또는 안전도지수(safety)등 으로 정규화 한다. 마지막으로 제 6단계에서는 전문가 그룹의 자문을 통해 사회적 인식, 응급체계의 적절성, 사회시스템의 완숙도 등을 고려하여 최종적인 대상 철도노선의 안전도를 평가한다.

<그림 3-3-3>은 철도시설의 안전성 분석의 절차를 나타낸 것이다.



<그림 3-3-3 안전성분석 절차>

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

(다) 시설별 안전성 분석 수행

1) 궤도

철도시설관리자는 궤도시설의 안전성 분석과 검증시 다음 각 호를 고려하여 수행하여야 한다.

- 선로선형경합개소에 대한 주행안전성을 정량적으로 분석하여야 한다.
- 탈선방지 가드레일 설치개소에 대한 주행안전성을 정량적으로 분석하여야 한다.
- 차량이 탈주하거나, 또는 열차가 과속으로 인하여 위해를 가할 우려가 예상되는 곳에 열차의 주행속도 등을 고려하여 적합한 안전설비(안전측선, 차량정지장치 등)를 갖추어야 하며, 이에 대한 설계의 적합성을 확인·점검하여야 한다.

[해설]

일본에서는 하향구배 변화점 및 연속하향구배와 급곡선을 함께 부설하는 구간 등과 같이 선로선형 경합개소에서 탈선사고가 다량 발생하였다. 이러한 선로선형 경합개소로는 다음과 같다.

○ 원곡선과 종곡선의 경합

원곡선과 종곡선의 경합하는 경우, 종곡선상에서 발생하는 상하방향 가속도와, 원곡선상에서 발생하는 좌우방향 가속도의 영향이 상호작용을 통해 부정적 영향이 미치게 되어 차량의 주행 안전성을 저하시키므로 가능한 한 피해야 한다.

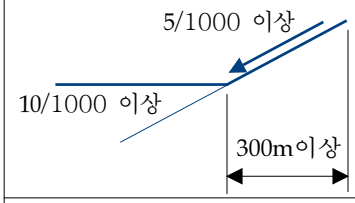
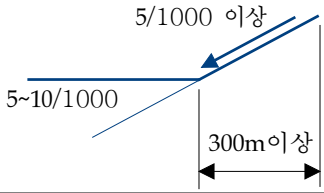
○ 완화곡선과 종곡선의 경합

완화곡선은 캔트를 체감하고 있기 때문에 구조적인 궤도틀림(평면성 틀림)이 발생하고 있다. 한편, 종곡선에서는 볼록형의 경우에 원심력의 작용에 의하여 차량을 부상시키는 힘이 작용하며, 그 결과 윤중 감소가 일어나기 쉽다. 오목형의 경우에는 차량의 수직방향 모멘트의 변화에 의하여 궤도 및 차량에 큰 충격력이 작용하고, 더욱이 열차와 전부에 주행저항이 작용하기 때문에 중간차량의 부상 현상이 생긴다. 이와 같은 불리한 조건을 가지는 양자가 경합하면 선로보수는 극히 곤란하게 되며, 게다가 차량의 주행 안전성 및 승차감을 손상하는 결과로 되는 점에서 가능

한 한 피하여야 한다.

선형적으로 보아 사고다발의 경향을 보이는 개소에 대해서는 방호를 목적으로 탈선방지를 위한 가드레일이 설치되어야 한다. 종곡선이 설치되지 않은 구배 변경 구간 혹은 연속 하구배 구간과 평면의 급곡선이 경합한 경우는 일반 구간에 비하여 중도탈선(derailment in mid-train) 사고의 확률이 높으므로 조건에 따라서는 탈선방지 가드레일(guard rail for anti-derailment) 등을 부설하고 있다.

<표 3-3-2> 선로정비규칙의 탈선방지 가드레일 부설기준

<table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="3">설치개소</td><td rowspan="2">설치구역</td></tr>
<tr><td>구배</td><td>곡선반경
1,2급선</td><td>곡선반경
3,4급선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구배
변화
구간</td><td>5/1000 이상 하구배가 300m 이상인 구간에서 구배변화 값이 10/1000 이상인 경우
 
</td><td>800m 이하</td><td>600m 이하</td><td rowspan="2">구배변환점
에서 300m
이내의
곡선전장</td></tr>
<tr><td>5/1000 이상 하구배가 300m 이상인 구간에서 구배변화 값이 5/1000 이상 10/1000 미만인 경우
 
</td><td>600m 이하</td><td>설치
안함</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
하구배
구간</td><td>5/1000 이상 10/1000 미만 구배가 100m 이상 연속한 구간에 있는 곡선</td><td rowspan="3">600m 이하</td><td rowspan="3">설치
안함</td><td rowspan="3">하구배
시점에서
300m 이상의
곡선전장</td></tr>
<tr><td>10/1000 이상 15/1000 미만 구배가 500m 이상 연속한 구간에 있는 곡선</td></tr>
<tr><td>15/1000 이상의 구배가 300m 이상 연속한 구간에 있는 곡선</td></tr>
</table>

※ 적용제외구간

(1) 곡선반경 300m 이상 단선구간

(2) 복선구간 중 다음 각 호에 해당하는 경우

① 인접선과의 거리가 8m를 초과하는 경우

② 인접선의 거리가 8m 이하라도 그 선의 중간에 홈 등 탈선차량을 방호할 수 있는 경우와 인접선이 1.5m 이상 높은 경우

다만, 인접선이 고가교로 교각이 무너질 염려가 있는 경우는 설치한다.

③ 궤도 개량으로 탈선의 위험이 현저히 낮다고 판단되는 경우

일본의 경우에는 차량의 주행안전성 확보를 위하여 선로선형 경합개소에 대해 해당곡선의 제원과 해당곡선을 주행하는 차량의 제원 등으로부터 추정탈선계수비를

산정하고, 그 값이 1.2를 하회하는 곡선부에는 탈선방지가드를 설치하는 것으로 하고 있다.

따라서 선로선형 경합개소 및 탈선방지 가드레일 필요 개소에 대한 주행안전성 분석을 차량동력학 해석 기법 등을 통하여 정량적으로 분석하여 이에 대한 타당성을 검증하여야 한다.

차량이 탈주하거나, 또는 열차가 과속으로 인하여 위해를 가할 우려가 예상되는 곳에 열차의 주행속도 등을 고려하여 적합한 안전설비(안전측선, 차량정지장치 등)를 갖추어야 하며, 이에 대한 설계의 적합성을 확인・점검하여야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 일본 철도기술기준 성령

2) 교량

철도시설관리자는 철도교량의 안전성 분석과 검증시 다음 각 호를 고려하여 수행하여야 한다.

- 100미터 이상의 지간을 갖거나 풍하중, 지진하중에 의한 영향이 크게 발생할 우려가 있는 교량의 경우에는 주행안전성을 분석하여야 한다.
- 교량의 경우 비상사태 상황에서 승객 또는 승무원의 대피 및 긴급구조를 위한 피난용 설비 등의 대책을 확인·점검하여야 한다.
- 교통이 번잡한 도로나 선로 또는 하천에 가설하는 교량으로서, 자동차 또는 선박의 충격을 받을 우려가 있거나 교량 하부를 통행하는 것에 위해를 가할 우려가 있는 경우에는 방호설비 등의 안전대책에 대한 적합성을 확인·점검하여야 한다.

[해설]

일본의 경우, 상시와 지진시로 구분하여 주행안전성에 관계된 변위를 검토하고 있다. 구조물의 성능조사에 있어서는 사용 목적에 따른 요구성능을 설정하고, 적절한 검토지표를 이용하여 요구성능을 만족하는 것을 검토하고 있다. <표 3-3-3>은 철도 구조물의 설계에 이용하는 요구성능, 성능 항목 및 조사 지표의 예를 나타낸 것이다.

<표 3-3-3> 철도 구조물의 설계에 이용하는 요구 성능, 항목 및 조사지표(일본)

요구성능	성능항목	조사지표의 예
안전성	상시의 주행 안전성	변위
	지진시의 주행 안전성에 관계된 변위	
	파괴	내력, 변위
	피로파괴	피로강도, 피로내력
	안정	기초 지반의 안정 보의 전도모멘트나 상장력
	공중안전	피복두께 건전도 볼트강도(지연파괴)

안전성의 조사는 그 성능 항목이 구조물 공용기간 중에 생기는 설계 작용력에 대

하여 안전성에서 정해지는 한계 상태에 도달하지 않는 것을 확인하는 것이며, 상시의 주행안전성 및 지진시의 주행안전성에 관계된 변위에 대하여 실시한다.

국내의 철도설계기준(철도교편)의 적용범위는 지간 150m이하의 교량에 적용하는 것을 원칙으로 하고, 지간이 150m를 넘는 경우 장대교량의 종류, 구조형식, 가설지점의 상황에 따라 적절한 보정을 해야 하는 사항을 제외하고는 이 기준을 적용하는 것으로 하고 있다. 일반적으로 교량 구조물 자체의 안전에 대한 문제는 설계기준에서 정립된 것으로 간주하고, 여기서는 100m이상 지간의 교량에 대한 주행안전성 검토, 비상사태에서의 승객 및 승무원의 안전 및 대피시설에 대한 대책, 교량의 방호시설 등의 안전대책을 확인・점검하는 것으로 하였다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도설계기준(철도교편)
- 철도 구조물 등 설계 표준・동해설 변위 제한(철도총합기술연구소)

3) 터널

철도시설관리자는 철도터널의 안전성 분석과 검증시 다음 각 호를 고려하여 수행하여야 한다.

- 철도터널 안전대책에는 화재가 발생하는 때에 승객 또는 승무원의 안전한 대피를 위하여 상황별 피난시나리오와 긴급구조에 관한 사항을 포함하여야 한다.
- 철도터널 안전대책 수립을 하는 때에는 승객 또는 승무원이 터널 외부로 안전한 탈출이 가능한지「화재 및 승객피난 시뮬레이션」을 수행하여 분석하여야 한다. 이 경우 철도객차의 화재규모는 10MW이상을 적용하여야 한다.
- 철도터널 안에서 화물열차와 교행을 하는 노선인 경우에는 가장 많이 운행되는 화물열차 1량 이상의 화재규모가 반영되어야 한다.
- 실시설계 단계에서 연장 10킬로미터 이상의 철도터널 안에 제연설비 또는 배연설비를 적용할 때에는 필요한 경우 터널의 축소모형을 이용한 모의화재실험을 실시하여 제2호의 시뮬레이션 결과를 보완할 수 있다.
- 제연설비 또는 배연설비를 적용한 터널이 완공된 후에는 제연 또는 배연 성능에 대한 시험을 실시하여야 한다.

[해설]

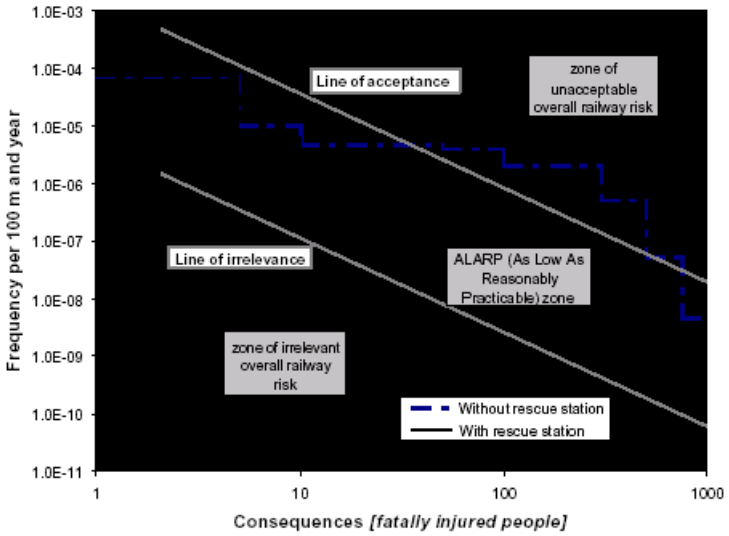
○ 관련 설명 :

- 터널 화재는 탈선과 충돌과 같은 다른 터널 사고와 비교해 볼 때 인명 사상 정도는 상대적으로 낮다. 그러나 대구 지하철 사고에서 보듯이 터널 화재 발생시에 인명 사상에 대한 위험도가 높고, 치명적인 사고로도 귀결될 수 있다. 따라서 이러한 이 위험도를 관리하면서 관련 시스템에 잠재되어 있는 모든 위험요인을 체계적으로 파악하여 위험도라는 정량화된 개념으로 표현 하는 방법으로 정량적 위험도 해석 방법(Quantitive Risk Analysis)이 있다.

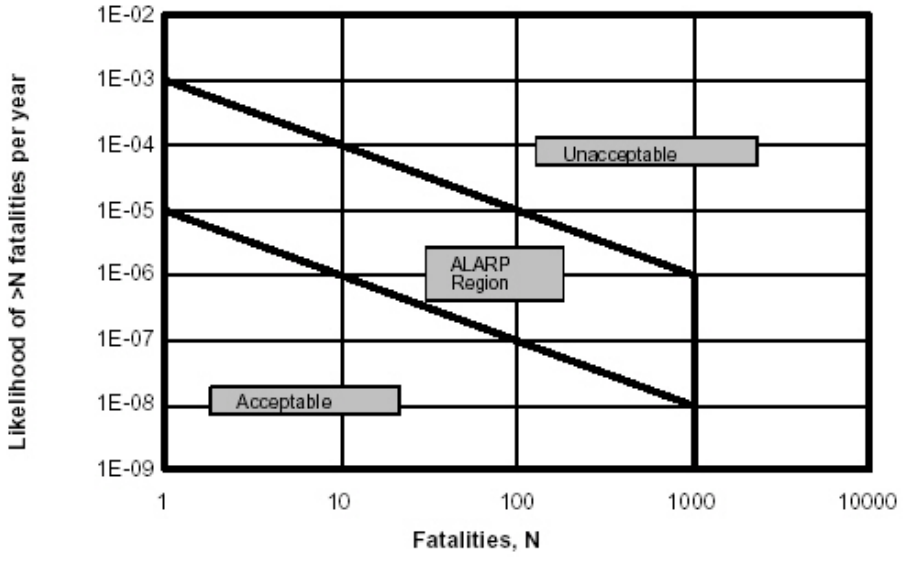
  정량적 위험도 평가기술은 위험성을 평가하고 분석하는 다른 여러 가지의 정성적인 평가기법들을 보완하여 잠재해 있는 사건과 사고들을 밝혀내고 그 예방조치를 제시해 주는 방법이다.

  또한 터널 방재설계에서는 과다/과소 설계를 방지하는데 목적이 있다. 즉, 궁극적인 목적은 최적설계를 하도록 도와준다. 또한, 안전이란 문제에서는 과다설

계를 하기 쉬운데 과다설계에 의한 예산낭비를 사전에 방지하는데 목적을 둔다.



<그림 3-3-4> 영동선 동백산-도계간 장대 철도터널의 정량적 위험도 분석 사례(대우건설, 1999년)



<그림 3-3-5> 잠재적 위험시설에 적용하는 총체적 위험기준(1993, 홍콩)

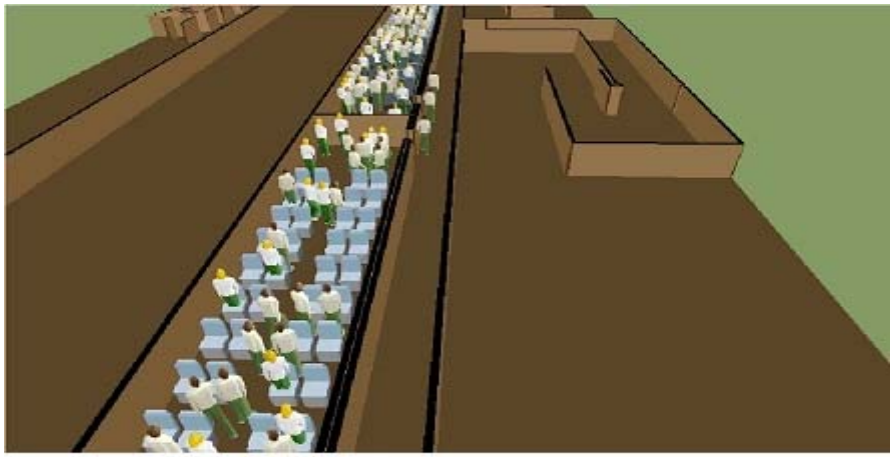
○ 관련 설명 : 10MW ⇒ KTX 1량 기준

국제 철도차량	화재규모
China Metro [1)]	10MW/량
싱가포르 Metro [1)]	10MW/량
홍콩 MTR (Metro) [1)]	7MW/량
중국 KCRC 철도차량 [1)]	17MW/량
국내 KTX 열차(추정치)	7 ~ 10MW/량
새마을호, 무궁화호 (추정치)	15 ~ 20MW/량

주 1): 출처 근거 - Parsons Brinckerhoff Ltd.



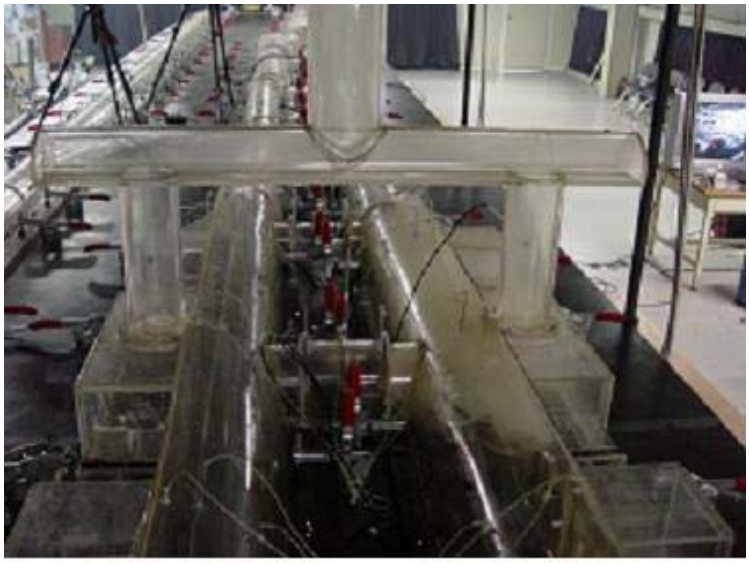
(a) 열차 내에서의 승객피난 시뮬레이션



(b) 철도터널에서 대피로를 통한 승객피난 시뮬레이션

<그림 3-3-6> BuildingEXODUS를 이용한 승객피난 시뮬레이션의 사례

○ 관련 설명 : 축소모의화재 시험의 사례



<그림 3-3-7> 터널 축소모형을 이용한 지하구난역 모의화재 시험

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

4) 역시설

철도시설관리자는 역시설의 안전성 분석과 검증을 다음과 같이 고려하여 수행하여야 한다.

- 잠재위험 확인을 위한 시나리오를 작성하는 때에는 역 및 승강장에서의 위험사례는 환승구역, 일반인 접근구역, 접근제한구역 등으로 구획하여 작성하고 각 사례의 상호관련성을 고려하여야 한다.
- 안전성 분석을 하는 때에는 철도차량의 운행조건과 승강장 안전시설과의 상호관련성, 비상사태가 발생하는 때에 승객 및 승무원의 구조를 위한 철도운영기관, 소방기관, 의료기관 등의 제반활동 사항을 포함하여야 한다.
- 안전대책 수립에 따른 안전대책이 화재를 포함한 비상사태에 대하여 승객과 승무원의 안전에 적정한지를 검증하기 위한 피난인원의 산정을 하는 때에는 열차대피인원에 승차대기인원의 가산, 피난대상자별 최단거리에 위치한 출구로부터 외부의 안전한 장소까지 소요되는 피난허용시간 사항 등을 고려한 피난안전성 시뮬레이션을 수행하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

5) 전차선

철도시설관리자는 전차선시설의 안전성 분석과 검증을 다음과 같이 고려하여 수행하여야 한다.

- 전철전력설비의 유도에 의한 위험전압이 상존하는 곳에는 인체에 접촉하여 감전 등 상해를 주지 아니하도록 접지를 하는 등 이에 대한 대책을 수립하여야한다.
- 전차선로에서 발생할 수 있는 전자기파 유도 등으로 인한 사고예방대책을 수립하여야 한다.
- 전차선로-전차선로간, 전차선로-구조물간 등의 이격거리가 적합한지를 검토해야한다.
- 사고예방 및 차단 장치를 포함한 급전시스템의 안전성을 검토해야 한다.

[해설]

○ 관련 설명 :

- 접지장치는 지락사고와 역섬락으로 사람이나 기기에 위험을 주지 않도록 견고히 시설한다.

1. 변전소등의 접지(건물・기기・부대설비 포함)
2. 제어용 연락선 접지

- 변전소등의 접지는 망상접지로 한다.
- 접지전선은 부식을 감안하여 충분한 전류용량을 가진 것으로 하고 그 사용구분은 다음 표에 의한다.

(단위 : [㎟])

설치개소	철구, 주요기기	주 Mesh	배전반	건물 접지	기타
SS	150	120	25	120	25
SP	70	70	25	70	25

- 옥내 접지전선은 경질비닐관에 수용하고 접속은 접속함 내에서 하여야 한다.

- 옥외 접지전선은 직매하고, 기초에 매설하는 것은 경질비닐관에 수용하여야 한다.
- 접지선은 금속관에 수용함을 금한다.
- 가공지선의 접지는 다음의 각호에 따른다.

1. 가공지선의 접지 간격은 200[m]를 표준으로 하며 접지저항은 50[Ω] 이하로 한다. 다만, 공사상 부득이한 경우에는 접지 간격을 150[m] 이하로 하여 그 접지저항을 75[Ω] 이하로 할 수 있다.
2. 가공지선 및 가공전선의 시·종단부 또는 가공전선의 굴곡점 및 분기점에는 가공지선에 접지를 하며 그 접지저항은 50[Ω] 이하로 한다. 다만, 접지점이 상호 근접하는 경우에는 접지 수량을 줄일 수 있다.
3. 가공지선의 접지는 고압배전선로 피뢰기의 접지 또는 전차선로 매설접지와 공용할 수 있다.

- 분전반의 접지는 다음의 각호에 따른다.

1. 분전반의 금속제외함 또는 이것을 지지하는 모든 금속제는 사용전압 400[V]를 초과하는 경우에는 특별 제3종 접지공사를, 사용전압이 400[V] 이하의 경우에는 제3종 접지공사를 한다.
2. 접지측정용 접지단자(2개)를 별도 설치하여야 한다.

○ 관련 설명 :

유도장애의 문제는 전동차와 전력설비 내에서 뿐 아니라 이러한 부속 시스템으로부터 발생한다. 이러한 시스템은 노선전체에 걸쳐 분포되어 있으며 정상적인 동작에서도 다른 시스템에 영향을 미치는 전자기 소음원이 될 수 있다. 이들 시스템간의 전자기적 결합은 매우 잘 알려진 물리적 현상으로 다음과 같이 구분할 수 있으며 제한치는 이들 현상의 항목으로 표현될 수 있다.

- 충전체로부터 취약회로에 대한 방전이 야기되는 정전결합
- 어느 한 회로에서 변화하는 전압이 상호 Capacitance에 의하여 취약회로에 전압변화를 생성하는 용량성 결합
- 어느 한 회로의 한가지 전류에 의한 변화하는 자기장이 상호인덕턴스에 의한 취약회로와의 결합으로 전압을 유도하는 유도성 결합
- 원인회로와 피해회로간의 공통 도전경로를 공유함으로 인한 도전성 결합

- 회로의 구조가 안테나로 작용하여 에너지를 송신, 수신하는 전자기 방사

이러한 전자기적 결합으로 시스템이 영향을 받지 않기 위해서는 일정한 내성을 지녀야 하며 다음과 같은 현상을 고려하여야 한다.

- 인가전압의 딥이나 서지, 전압 변동 및 불평형, 전력변환장치의 전력변환에 따른 고조파. 전력선을 이용한 통신. 상용주파수의 변화, 유기된 저주파 전압등에 의한 저주파수 전도현상
- 정상 및 과도 자계, 전계에 의한 저주파수 방사현상
- 일과성 혹은 주기성 버스트의 단방향성 및 맥동성 과도현상, 유도 전류에 의한 고주파수 전도현상
- 자계, 전계, 무선주파수의 방사파에 의한 고주파수 방사현상

이와 같은 여러 가지 요인들 가운데 도시철도시스템의 구성 시스템으로서 그 방사의 정도를 제한할 수 있는 전자기 현상은 다음과 같다.

- 전원주파수와 9kHz까지의 고조파 주파수 전류에 의하여 생성되는 자계
- 전원주파수와 고조파 전류에 의하여 생성되는 전압 변동
- 열차에 의하여 생성되는 무선주파수 전자계

유럽연합에서는 ENV 50121시리즈에 의하여 전체 철도시스템이 주위환경에 대한 EM 방사를 제한하고 주위 환경으로부터의 EM 방사와 철도시스템 전체의 방사제한에 만족시켜야 하는 철도내부에서 동작하는 장치의 내성을 규정하고 있다. 이를 위하여 직류에서 400GHz까지의 주파수를 다루며 1GHz까지의 주파수는 시험을 하도록 하고 있다. 국내의 경우에도 전기설비기술기준 제273조 통신상의 유도 장해 방지 시설에 규정되어 있다.

○ 관련 설명 :

개폐기는 전력시스템의 운용 중 발생하는 과부하전류를 차단할 수 있는 기능을 가져야 하며 동작 상태에 따라 그 상태를 표시하는 설비를 구비하여야 한다. 부하전류를 차단하기 위한 목적이 아닌 개폐기는 부하전류가 통하고 있을 경우 개로가 될 수 없도록 적절한 조치를 취한다. 중력 등에 의하여 자연히 작동할 우려가 있는 개폐기는 쇄정장치 또는 이의 작동을 방지할 수 있는 장치를 설치하여야 한다. 개폐기 시설을 보호하기 위해서 고압용 또는 특별고압용의 개폐기는 그 동작에 따라 그 개폐상태를 표시하는 장치 혹은 그 개폐상태를 쉽게 확인할 수 있어야한다.

- 전선 및 전기기구를 보호하기 위하여 전로 중에 필요한 장소에는 적정한 과전류차단기를 시설한다. 제1항의 과전류차단기는 과부하 겸용 누전차단기를 시설한다. 다만, 부득이한 경우에는 배선용차단기를 시설할 수 있다. 변전소의 급전측에는 급전구간의 단락전류를 자동적으로 차단하는 차단기를 설치하고 용량은 전원의 장래계획을 감안하여 결정한다.

- 전선 및 전기기구를 보호하기 위하여 전로 중에 필요한 장소에는 적정한 과전류차단기를 시설한다.
- 제1항의 과전류차단기는 과부하 겸용 누전차단기를 시설한다. 다만, 부득이한 경우에는 배선용차단기를 시설할 수 있다.

○ 관련 설명 :

UIC-606-1 과 철도전력 지침에 따르면 전차선의 안전높이는 레일면상 다음 각호에 의한다

1. 고속철도, 일반철도의 전차선 높이는 철도전철전력시설지침에 따라 고속철도는 5,080[㎜], 일반철도는 5,200[㎜]를 표준으로 한다.
2. 강체 가선구간 전차선의 높이는 레일면상 4,750[㎜] 이상으로 하고, 차량 구조에 따라 조정할 수 있다.

- 전차선로의 절연이격은 다음의 각호에 따른다.

1. 전차선로의 절연 및 안전이격거리는 다음 표에 의한다.

구분		종 별	이격거리[㎜]	부득이한 경우[㎜]
일반 철도	AC 25kV	급전선 및 합성전차선과 접지물간	300 이상	250 이상
		급전선과 부급전선(보호선) 상호간	1,200 이상	-
		급전선과 합성전차선 상호간	550 이상	-
		이상 에어섹숀	500 이상	-
		동상 에어섹숀	300 이상	250 이상
		에어조인트	150 이상	100 이상
		부급전선 또는 보호선과 접지물간	150 이상	70 이상
	DC 1.5kV	급전선 및 합성전차선과 접지물간	250이상	70이상

구분	종 별	이격거리[㎜]	부득이한 경우[㎜]
고속 철도	타전선과 전차선간	2,000 (보수관계 고려)	
	합성전차선과 대지간	320 (오손구간)	
	25[kV]와 25[kV]간	1,300	
	전차선과 접지케이블간	500	
	전차선과 신호기간	2,000(측면)	
		4,000(높이)	

2. 차고 등 상시 팬터그래프가 승강하는 장소에서는 전차선과 팬터그래프의 접은 높이와의 거리가 커티너리 가선구간은 500[㎜], 강체 가선구간(이동전차선 포함)은 250[㎜]이상 되어야 한다.
3. 가공전차선로의 가압부분과 접지물간, 급전계통이 다른 가압부분 상호간은 작업상의 안전을 고려 2[m] 이상 이격한다. 기존 시설인 경우 개량시에 2[m] 이상 이격하여 시설한다.
4. 직류 가공전차선에 있어서 급전계통이 다른 가압부분 상호간은 작업상의 안전을 위해 가능한 0.6[m] 이상 이격한다

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력설비시설
- 전철전력시설지침
- 영국 Railway Safty Principle and Guidance
- 일본 전기설비기준 제 49조
- 미국 고속철도 안전규정(Sec. 243.807)
- UIC 791-1 "Maintenance Guidance for overhead contact lines"
- Railway Groiup Standard GE/RT 8000- AC2 rule book
- 전기작업시의 작업공간 확보에 관한 기술지침
- KS C IEC 62128

6) 신호

철도시설관리자는 신호시설의 안전성 분석과 검증을 다음과 같이 고려하여 수행하여야 한다.

- 신호시설에 적용하기 위한 안전요구사항을 전체시스템 요구사항을 바탕으로 설정하여 안전요구사항의 달성기준을 제시하여야 한다.
- 신호시설의 안전성분석을 함에 있어 최소한 철도시스템의 시스템운영, 환경조건, 적용조건, 운영조건 등의 위험원을 도출하여야 한다.
- 신호시설의 설계 및 개발단계에서 인적요인이 철도안전에 영향을 미칠 수 있는 위험원을 도출하여야 한다.
- 신호시설을 구성하는 기본기능, 대상장치의 외부인터페이스 및 내부인터페이스, 운영시나리오 등을 대상으로 위험원을 도출하여야 한다.
- 도출된 위험원의 원인분석 및 위험원으로 인한 사고의 심각도 평가와 발생빈도의 조합인 위험도를 통해 안전요구사항을 제시하여야 한다.
- 안전요구사항의 적용으로 인한 위험원의 위험도가 허용할 수 있는 안전수준으로 제어되었음을 안전요구사항을 기준으로 정량적 수치 또는 판단논리에 따라 입증되어야 한다.

[해설]

철도신호설비에 대한 안전성 분석 및 검증은 철도신호설비의 개념정의, 설계, 개발(제작), 설치, 운용, 운용중단 및 폐기로 이루어지는 모든 수명주기(전수명주기)를 대상으로 한다.

일반적인 수명주기, 철도신호설비에 요구되는 수명주기(EN50126) 및 각 단계에서 수행할 안전성 활동은 다음과 같다.

EN50126의 수명주기	일반적인 수명주기	안전성활동
개념정의	개념・타당성	예비 위험원 도출
		위험원 로그 확립
		예비 안전계획서
시스템 정의와 적용 조건	요구사항 정의	위험원 분석(다시)
리스크 분석		리스크 평가
시스템 요구사항		안전 요구사항 수립

		완성된 안전계획서
시스템 요구사항 할당	설계	리스크 평가
설계・개발		안전 감사
	제작(개발)	리스크 평가
제조		종합안전대책기술서
설치	설치 / 인수・인계	안전 평가
시스템 검증		안전 승인
시스템 인수・인도		안전 책임 전가
운용과 유지보수	운용 / 유지보수	위험원기록 및 종합안전대책 갱신
조정과 갱신		
성능 모니터링		
사용중단과 폐기	사용중단과 폐기	

○ 안전요구사항

철도신호설비를 설치하거나 개량하는 경우, 발생될 수 있는 위험원의 발생빈도와 사고의 심각도를 리스크를 허용 가능한 수준까지 줄였다고 증명될 때까지 안전요구사항은 계속 유지된다. 안전요구사항은 다음과 같은 사항을 상세히 한다.

- 취급자의 위험한 취급오류를 방지할 수 있도록 돕는 기능이나 특징
- 안전 확보를 위해 철도신호설비가 용인해서는 안될 것
- 철도신호설비가 안전하게 운용될 수 있는 환경 조건
- 확실히 기능을 수행하기 위한 목표나 확실히 피해야 하는 위험 상황
- 설계 특징과 프로세스 수립
- 운용 절차와 제한사항

철도신호설비의 리스크를 허용 가능한 수준까지 감소하기 위해서는 위험원의 제거, 위험발생 가능성의 축소, 발생위험의 영향을 최소화, 사고발생 시 피해를 줄이는 긴급조치 등이 있으며, 다음과 같은 방법을 취급한다.

- 위험원 제거 또는 이의 가능성을 줄이기 위해 재조사 또는 재설계.
- 안전 특징을 추가함으로써 설계상 리스크 감소.
- 경고 장치를 추가하여 리스크 감소.
- 절차와 교육을 통한 리스크 감소.
- 경고 표지판과 알림판 추가를 통한 리스크 감소.

철도신호설비가 달성해야 할 안전목표를 안전무결성(SIL) 수준 또는 위험결함률로 정의한다. 이러한 정성적인 방법은 EN 50129와 IEC 61508 등에 기술되어 있으며, 이는 다음과 같다. SIL은 5개의 레벨로 구분되며, 가장 엄격한 수준인 SIL 4에

서부터 가장 약한 단계인 SIL 1이 있다. 리스크 관리와 전혀 상관이 없는 기능들은 SIL 0으로 표시된다.

운용상 낮은 요구 수준 모드 (요구에 대한 결함 확률)	운용상 지속/높은 요구 수준 모드 (연간 위험 결함률)	SIL
>=10^{-5} 에서 10^{-4}	>=10^{-5} 에서 10^{-4}	4
>=10^{-4} 에서 10^{-3}	>=10^{-4} 에서 10^{-3}	3
>=10^{-3} 에서 10^{-2}	>=10^{-3} 에서 10^{-2}	2
>=10^{-2} 에서 10^{-1}	>=10^{-2} 에서 10^{-1}	1

철도신호설비의 목표 위험도(리스크)는 철도시스템의 허용 가능한 위험도를 달성할 수 있도록 설정되어야 한다. 기본적으로 철도신호설비의 SIL은 철도시스템의 가장 높은 SIL을 내포한다. 만약 철도신호설비의 SIL이 낮은 경우에는 백업이나 보호 기능의 여분구조(redundant architecture)를 사용하여 철도시스템의 SIL을 마족할 수 있다.

○ 위험원 도출

위험원 도출은 철도신호설비의 안전성 분석과 검증의 기본이다. 위험원을 도출하지 못한다면 이를 제거하거나 이와 관련된 리스크를 줄일 수 있는 어떠한 행동도 취할 수 없다. 그러나 안전여유 도입과 같은 일반적인 행동은 취할 수 있다.

철도신호설비의 위험원 도출은 정상 운행 동안에 발생할 수 있는 사고에 대해서만 고려할 것이 아니라 설치, 현장시험, 인수, 유지보수, 응급상황, 사용중지 및 보관 등에서 일어날 수 있는 경우도 고려해야 한다. 또한 변경사항이 영향을 미칠 수 있는 사람들을 고려하고 실수를 예방할 수 있도록 설계해야 한다.

위험원을 도출할 때는 철도신호설비 또는 다른 설비의 변경으로 인해 철도와 인근에 발생할 수 있는 모든 영향요소를 고려해야 한다. 도출한 위험원의 발생 가능성이 매우 경미하여도 발생활률을 기록하고 관리하여야 한다.

- 위험원 도출

위험원 도출을 실행하기 전에 시스템의 영역과 시스템 주변 환경과의 상호관계를 이해하여야 한다. 위험원을 도출할 때는 여태까지 도출해 보지 않았고 잠재적으로 위험원이 될 수 있는 상호작용에 대해 항상 살펴보아야 한다.

체크리스트, 체계적인 예행 연습, 장비와 시스템에 대한 FMEA, 인간-기계 인

터페이스에 대한 업무 분석, 브레인스토밍 및 HAZOP 등의 방법이 있다.

- 위험워의 원인 분석

위험원을 도출하고 순위를 정했으면 다음과 같은 목적으로 각 위험원을 발생시키는 요인들을 확인한다.

: 각 위험원의 발생확률을 정확히 평가, 발생확률을 줄이기 위한 방법 도출

- 결과분석

각 위험원에 대한 영향을 파악한다. 이는 다음의 용도로 사용된다.

: 위험원과 관련된 가능한 손실의 정확한 평가를 지원, 위험원에 대한 관리 방법을 파악하는데 지원.

- 손실 및 옵션분석

손실분석은 리스크 감소 방법을 고려하기 전에 맡은 일에 대한 위험원과 관련된 손실을 평가한다.

옵션분석은 손실분석과정에서 결정되는 손실을 줄이기 위한 옵션을 정하는 것이다. 옵션은 전형적으로 다음과 같이 나눠질 수 있다:

: 위험원 발생율을 줄이고, 일단 발생된 위험원의 결과를 제한하기 위한 목적.

- 영향분석

영향분석은 손실에 대한 옵션분석에서 파악된 각 옵션의 적절한 효과를 정하는 것이다.

- ALARP 시연과 준수

ALARP원칙에 따른 시연은 다음 두 가지 사실을 시연하는 것을 포함한다.

: 전반적 리스크가 허용구간 내에 존재하고, 허용 상한치 아래에 있다.

: 리스크가 ALARP 수준으로 감소되었다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Yellow Book

(라) 안전성분석 결과

철도시설관리자는 안전성분석의 결과는 다음과 같이 작성하고 기록하여야 한다.

- 시설의 개요 및 현황은 철도시설의 사업개요, 시설내용, 부지사용, 주요특성, 법적인 사항 및 일정계획 등 시설의 전반적인 개요를 기술한다.
- 시설의 설계는 철도시설의 설치, 운영에 따른 고려사항, 설계 특성, 설계기준 등 철도시설 운영기간 동안의 전반에 대하여 안전성을 검증·확인할 수 있도록 설계에 관한 제반내용을 상세하게 기술한다.
- 수행된 안전성 분석의 내용 및 결과에 대하여 상세하게 기술한다.
- 상기의 안전성 분석을 토대로 당해 철도시설의 운영, 제도적 관리 및 폐쇄 등 시설의 전반적인 운영관리를 위해 적용되어야 할 핵심적인 기준과 해당 근거를 분별하여 기술지침을 제시·작성한다.
- 참고자료 및 인용문헌은 안전성분석 보고서 작성에 활용한 참고자료 및 인용문헌을 기술한다.

철도시설관리자는 안전성분석 결과를 종합관리 하여야 하며, 그 결과를 철도운영자에게 통보하여야 한다. 또한 안전성분석 결과를 관계기관에 교부할 수 있다.

제4절　궤도 안전기준(안) 및 해설

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

4. 프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.

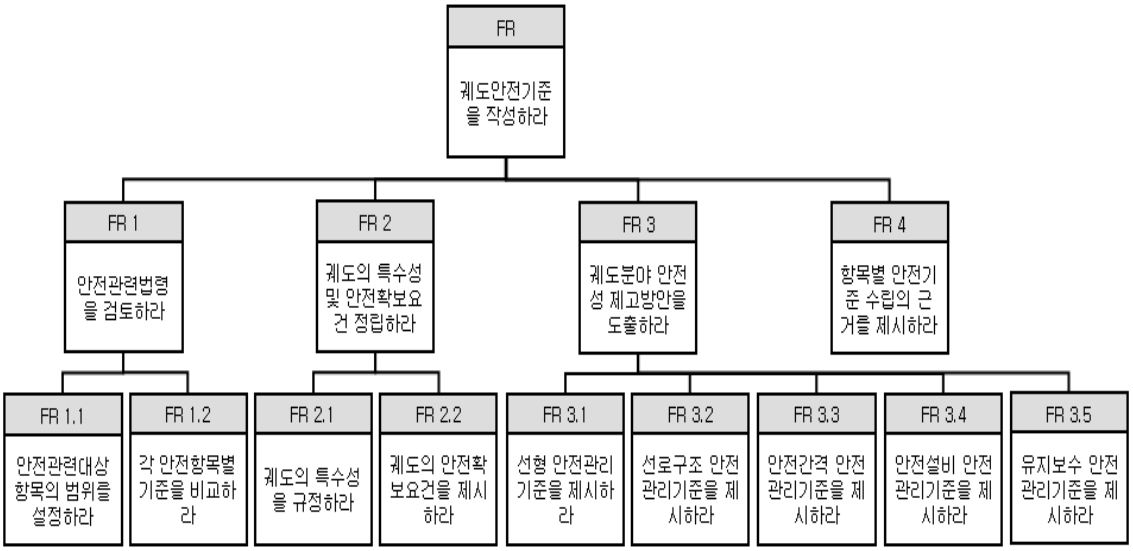
4.1 프로젝트는 궤도 안전기준을 작성하여야 한다. (궤도구조, 선로변, 안전구역 등)

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 궤도 안전기준(안) 및 해설서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

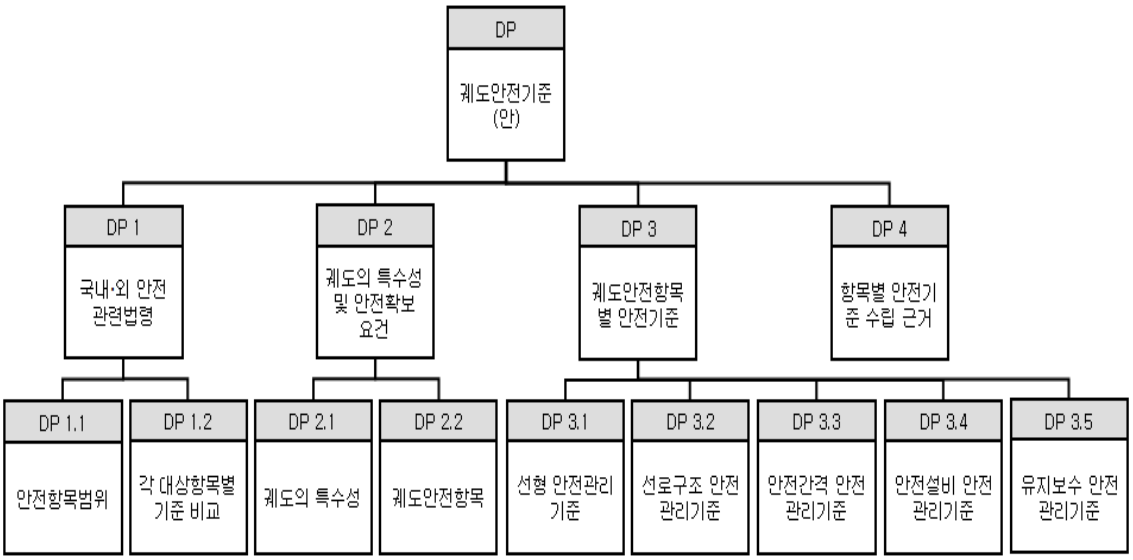
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

궤도 안전관리 체계 구축은 시스템 요구사항 『SR 4. 프로젝트는 선로구축물 안전기준 작성을 하여야 한다.』 중 『SSR 4.1 프로젝트는 궤도 안전기준을 작성하여야 한다.』에 해당하는 내용이다.

나. 설계기준

(1) 국내 설계기준 또는 기준

- 철도건설법
- 철도건설규칙
- 도시철도법
- 도시철도건설규칙
- 철도안전법
- 철도시설 안전기준에 관한 규칙
- 보선작업지침
- 선로점검지침
- 선로정비지침

(2) 국외 설계기준 또는 지침

- 鐵道に關する技術基準(일본)
- UIC 703R Layout characteristics for lines used by fast passenger trains
- Railway Safety Principles & Guidance Part Section A Guidance on the Infrastructure(영국)
- FRA 49 CFR Part 213 Track Safety Standards(미국)
- Florida Overland Express Subpart-D Track Safety Standards(미국)

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

연구 성과물에 대한 전문가 자문회의를 통하여 국내자료와 비교, 외국자료와 비교, 국제규격 부합, 국내규정 부합 등에 관한 검증

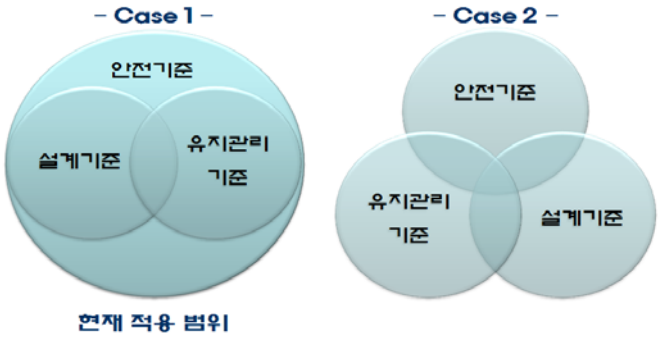
라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 궤도분야 안전기준(안) 작성 방안

궤도분야에 있어서는 이미 철도건설법, 철도건설규칙 등 국내 건설 법/규칙 및 유지보수 지침이 제정되어 적용되고 있다. 이와 같이 이미 국내에서 제정되어 적용되고 있는 규칙 중에서 안전과 관련성이 높은 항목에 대해서는 안전기준(안)이 포괄적으로 포함할 수 있도록 하였다. 또한 국외 안전기준 항목에는 포함되어 있으나, 국내 건설 및 유지보수 관련 내용에서 포함하고 있지 않으나 안전과 관련성이 높은 항목에 대해서는 안전기준(안)에 상세하게 기술하여 국내 관련기준을 보완하고자 하였다.



(a) 작성 방안 개요도



(b) 안전기준의 범위

<그림 3-4-1> 궤도분야 안전기준(안)

(2) 궤도분야 안전기준(안)

(가) 선형

1) 궤간

궤간은 안전하고 안정된 차량의 주행을 확보할 수 있도록 정해야 한다.

[해설]

이 조항은 궤간을 결정하는 데에 있어서 안전상 가장 기본적인 요건을 정의내린 것이다. 차량은 2개의 레일에 의해 유도되어 주행한다. 이 경우, 차륜 플랜지와 레일의 접촉부의 상호마찰에 의한 변형과 양자 사이의 차에 의한 영향으로 접촉위치는 변화한다. 그러나 차량의 안전하고도 쾌적한 주행을 확보하기 위해서는, 이 접촉위치를 일정 범위 내로 한정하지 않으면 안 된다. 이 접촉위치의 양측 레일 간의 최단거리를 궤간이라고 부른다. 일반적으로 궤간이라 함은 레일의 맨 위쪽 부분으로부터 14mm 아래 지점에 위치한 양쪽 레일의 안쪽간의 최단거리를 의미한다.(보통 궤간에 대한 정의는 나라마다 조금씩 다르며, 전자에 제시한 정의는 우리나라에서 현재 적용하고 있는 기준이다.) 궤간의 종류에는 광궤간, 표준궤간, 협궤간이 있으며, 우리나라에서는 표준궤간(1,435mm, 4‘ 8.5“)을 채택하여 사용하고 있다. 가까이 일본에서는 협궤간도 많이 이용하고 있으며, 러시아 등에서는 광궤간을 통한 화물선의 활용도 활발한 편이다.

궤간은 철도의 종류를 구분하는 가장 기초적인 요소라고 할 수 있다. 궤간에 따라 열차를 다르게 사용하여야 하며, 레일의 종류도 달라질 수 있고, 침목, 체결 장치 등 모든 궤도의 구성품과 연관을 가지고 있기 때문이다. 또한 궤간의 변화는 승차감, 열차의 탈선 등 주행 안정성에 큰 영향을 미치기 때문에 반드시 안전 기준에서 다루어야 할 부분이다.

따라서 거의 모든 나라의 안전 기준에 궤간과 관련된 사항이 언급되어져 있으며, 정한 기준이 다소 상이하더라도 일정한 궤간을 유지하도록 하고 있다.

하지만 이러한 궤간도 다소의 오차를 허용하며, 이를 궤간의 공차라 부르고 있

다. 이 밖에도 곡선부의 주행시 매끄러운 열차의 이동을 위해 확대궤간을 둠으로써 궤간의 변화를 규정하고 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

2) 선로선형

본선의 곡선반경 및 기울기는, 설계최고속도 및 설계견인중량 등을 고려하여, 철도수송의 고속성 및 대량성을 확보할 수 있는 것이어야 한다. 단 지형 및 기타의 이유로 부득이한 경우는 예외로 한다.

[해설]

이 조항은 철도가 발휘해야 할 특성인 고속성과 대량성의 확보를 위한 관점에서, 요구되는 성능을 확보하기 위한 고려사항을 정한 것이다. 대부분의 나라에서 선로선형의 기본 요건에 대해 정의내리고 있지는 않지만, 선형을 결정하는 세부사항에 대해 따로 규정하고 있다. 현재 우리나라도 곡선반경 및 기울기 등에 대해 정의내리고 있지만, 선형의 기본 설계 개념을 제시할 필요성이 있다.

노선의 계획과 선정에 있어서는, 곡선반경 및 기울기 등의 선로선형 규격이 그 기본이 된다. 곡선반경 등의 평면선형은, 곡선주행을 전제로 한 고속철도에서부터 시가지를 저속으로 주행하는 도시철도에 이르는 여러 철도의 역할에 부응하여, 고속성과 대량성이라고 하는 철도의 운송특성을 발휘할 수 있는 것이지 않으면 안된다. 또한 종단선형에 관해서도, 특히 화물열차를 운전하는 선구에서는 대량성이라고 하는 철도의 운송특성을 발휘할 수 있도록 고려하여야 한다.

선로의 선형은, 일단 건설하면 변경이 어렵고, 개량하는 경우에는 대규모의 경비를 필요로 한다. 이 조항은, 선로선형 중에서도 특히 중요한 곡선반경 및 기울기에

관하여, 이를 결정하는 경우의 고려사항을 규정한 것이지만, 완화곡선 및 종곡선 등을 포함한 선형의 결정에 있어서는 장래의 수송체계 및 수송계획을 포함한 광범위한 검토가 필요하다. 또한, 고속성 및 대량성에 관해서는 사업기본계획에서 설계최고속도 및 설계견인중량을 선구별로 정함으로써 확보하게 된다.

한편, 실제의 선로 계획시에는, 지형 및 기타의 이유로 부득이하게 위에서 기술한 선형으로 하기에 곤란한 경우가 있다. 이 경우에는, 열차의 주행안전성 및 유지보수상의 조치를 검토한 후에, 해당 개소에 있어서 가능한 최대한의 곡선반경과 최소한의 기울기로 할 필요가 있다.

부득이한 경우의 선형결정 판단기준으로서, 주행안전성 등을 유지하기 위한 곡선반경 및 기울기는, 수송계획상 결정해야 할 선로선형으로 구분하여, 별도로 정한다. 따라서 선로선형을 고려할 경우에는, 원칙으로서 고속성 및 대량성의 확보를 기본원칙으로 하고, 지형 및 기타의 이유로 부득이한 경우의 선형은, 열차의 주행안전성을 확보할 수 있음을 전제로 한 곡선반경 및 기울기 등으로 할 필요가 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

3) 곡선반경

곡선반경은 차량의 곡선통과성능 및 운전속도 등을 고려하여, 차량의 안전한 주행에 지장을 줄 우려가 없는 것으로 하여야 한다. 다만, 정거장 전후 구간 및 측선과 분기기에 연속되는 경우에는 곡선반경을 축소할 수 있다.

[해설]

이 조항은 차량의 안전한 주행에 지장을 주지 않는 곡선반경에 대하여 규정한 것이다. 기본적으로 직선인 철도가 진동 및 소음의 문제를 적게 야기하며 가장 안

정적인 주행 특성을 보여주지만 현실적인 여건상 모든 철도를 직선으로 부설할 수는 없다.

철도의 특성인 고속성 및 기타 성능을 유지하기 위한 곡선반경은, 선로선형에서 규정하는 범위에서 결정된다. 이 경우 설계최고속도에 따른 최대운전속도를 고려하여 곡선반경이 결정되어야 한다.

그러나 현실적으로는 용지확보의 제약으로 급곡선이 부득이하게 채택된 경우가 있다. 이 경우의 최소곡선반경에 관하여 검토를 하고 이에 관한 규정을 제시하게 된다.

곡선구간을 주행하는 열차의 속도에 따라 캔트와 선로의 곡선반경이 정하여 진다. 아래의 그림에서 열차속도 V에 대해서 궤도면에 평행한 횡가속도 p가 0일 경우의 캔트(C)를 균형캔트(C_{eq})라하며 이때, 곡선반경과 원심력, 중력, 궤간, 균형캔트의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{V^2}{R} = \frac{C_{eq}}{G} g \tag{3-4-1}$$

$$C_{eq} = \frac{GV^2}{gR} \tag{3-4-2}$$

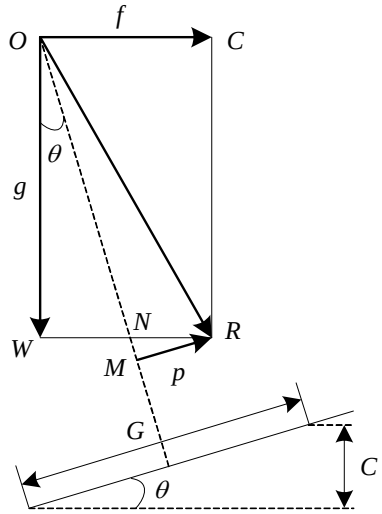
여기서 C_{eq} : 균형캔트

G : 궤간

V : 열차속도

R : 곡선반경

g : 중력가속도



<그림 3-4-2> 캔트

위의 식에서 중력가속도 g=9.8m/sec^2, 레일의 좌우 접촉점간 거리 G=1,500mm라 하고, 각 기호의 단위를 맞추면 다음과 같다.

$$C_{eq} = \frac{1500(\text{mm}) \times V(\text{km/hr})^2}{9.8(\text{m/sec}^2) \times 3.6^2 \times R(\text{m})} \approx 11.8\frac{V^2}{R} \qquad (3\text{-}4\text{-}3)$$

여기서, C_{eq} : 균형캔트(mm)

V : 열차속도(km/h)

R : 곡선반경(m)

따라서 선로의 곡선반경은 열차의 속도와 균형캔트에 따라 다음의 관계식에 의하여 정하여 진다.

$$R = 11.8\frac{V^2}{C_{eq}} \qquad (3\text{-}4\text{-}4)$$

일반적으로 곡선부에서 통과열차의 속도와 선로상태가 일정하지 않으므로, 고속 및 저속열차에 대한 불균형과 승객의 승차감, 그리고 현장실정을 고려하여 최대운행속도(V_{max})에 대해 균형캔트(C_{eq})이하로 조정하여 캔트를 설정한다. 따라서 최대운행속도(V_{max})와 곡선반경(R)은 일반적으로 식 (3-4-5)와 같이 설정캔트(C)와 부

족캔트(C_d)로 나타낼 수 있으며, 최소운행속도(V_{min})와 곡선반경은 식 (3-4-6)과 같이 설정캔트(C)와 초과캔트(C_e)로 정의할 수 있다.

$$R = \frac{11.8 V_{max}^2}{C + C_d} \tag{3-4-5}$$

$$R = \frac{11.8 V_{min}^2}{C - C_e} \tag{3-4-6}$$

그러므로 곡선반경은 열차의 운행속도와 설정캔트(C), 부족캔트(C_d) 및 초과캔트(C_e)의 한계값에 따라 다음과 같은 관계식이 만족되도록 결정되어야 한다.

$$\frac{11.8 V_{max}^2}{C + C_d} \leq R \leq \frac{11.8 V_{min}^2}{C - C_e} \tag{3-4-7}$$

역내 승강장 주위의 곡선반경에 관해 규정하는 이유는, 승객의 안전을 확보하기 위해서는 차량과 승강장의 간격을 작게 할 필요가 있다. 이는 승강장에 대한 조항에서 규정하는 것으로 충분하지만, 선로의 평면선형을 결정하는데 있어서의 중요사항이므로, 곡선반경에 대한 조항에서 규정하였다. 역내 곡선반경에서 가장 중요한 요소는 열차와 승강장 연단 사이의 이격거리이다. 이 거리(e)는 아래의 식을 통해 계산된다.

$$e_{\max} = \frac{L_t^2}{8R} \tag{3-4-8}$$

여기서, $e_{\max}$: 열차와 승강장연단 사이의 최대이격거리

L_t : 차량 길이

R : 최소곡선반경(m)

승객의 승하차시 안전을 확보하기 위해서는, 차량과 승강장과의 간격을 가능한 한 작게 하는 것이 바람직하며, 열차와 승강장연단 사이의 최대이격거리를 통해 최

소곡선반경을 결정하게 된다. 측선이나 분기부대 곡선의 경우 일반 설계통과속도가 아닌 제한된 속도로 주행을 하기 때문에, 이에 대한 곡선반경의 규정은 따로 두게 된다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

4) 직선 및 원곡선의 최소길이

직선과 원곡선은 설계속도를 고려하여 일정길이 이상으로 하여야 한다.

[해설]

급격한 직선과 곡선의 연결은 승차감을 저해하게 된다. 특히 횡방향 불평형 가속도 변화에 의해 열차의 좌우 움직임을 일으키는 가진 진동수와 차량의 고유진동수와 일치하게 되면 공진에 의해 열차의 동요가 커지고 승차감이 급격히 저하하게 된다. 따라서 가진 진동수가 차량의 고유진동수보다 작도록 원곡선과 직선의 최소길이를 설정해야 한다. 즉

$$f = \frac{1}{T} = \frac{V_{max}}{3.6\,L} < f_n = \frac{1}{T_n} \qquad (3\text{-}4\text{-}9)$$

여기서, f, T : 열차의 좌우 움직임을 일으키는 가진 진동수(Hz)와 가진 주기(sec)

f_n, T_n : 차량의 고유진동수(Hz)와 진동주기(sec)

V_{max} : 최대운행속도(km/h)

L : 원곡선 또는 직선 구간의 길이

따라서 원곡선 또는 직선의 최소 길이는 다음과 같이 주어진다.

$$L > T_n \frac{V_{max}}{3.6} \qquad (3\text{-}4\text{-}10)$$

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- FOX(미국)

5) 캔트

원곡선에는 차량이 받는 원심력과 바람의 영향 등을 고려하여 차량 전복의 위험이 발생하지 않도록, 궤간, 곡선반경 및 운전속도 등에 대응한 캔트를 부가하지 않으면 안 된다. 단 분기 내 곡선, 그 전후의 곡선(이하「분기부대곡선」이라 함), 측선과 그 밖에 캔트를 설정하기 곤란한 개소에 있어서 운전속도의 제한과 그 외 차량전복의 위험이 발생하지 않도록 조치를 한 경우는 예외로 한다.
캔트는 원곡선의 캔트량, 운전속도 및 차량구조 등을 고려하여, 차량의 안전한 주행을 확보할 수 있도록 상당거리를 두고 체감하여야 한다.

[해설]

이 조항은, 차량이 주행 중에 받는 원심력을 고려하여, 원곡선에 주는 캔트량을 규정하기 위한 것이다. 열차가 어떤 속도에서 곡선을 통과할 때에는 원심력이 작용하여 다음과 같은 현상이 발생한다.

- 승객이 곡선외측으로 기울어지는 듯한 느낌이 들어, 승차감이 악화된다.

- 원심력 또는 차량의 전향에 의한 횡압이나 외궤측에 작용하는 윤중에 의하여 궤도파괴가 진행되기 쉽다.
- 심한 경우에는 곡선외측으로 차량전복의 위험이 있다.

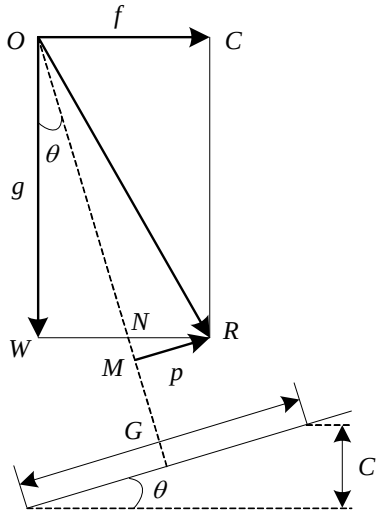
따라서 이러한 악영향을 방지하기 위해서 열차의 주행속도에 따라 곡선의 외측레일을 높여주는 것을 '캔트를 준다'라고 말하고, 그 양을 캔트량이라 한다. 본래의 캔트란 경사라는 의미이지만, 철도에서는 외궤와 내궤 레일면의 고저차, 특수철도에서는 경사(캔트율) 또는 경사각(캔트각)으로 표현하고 있다.

캔트를 줌에 있어서는 바람에 의한 곡선 내측으로의 전복, 차체경사에 의한 승차감의 악화 및 유도상 구간에 있어서의 도상단면유지 등을 고려하여, 캔트의 상한을 정할 필요가 있다.

또한 캔트의 하한에 있어서도 캔트가 부족하면 차량에 초과원심력이 발생하므로 안전성 및 승차감 등에 영향을 미친다. 캔트의 하한은 초과원심력에 의해 승차감을 저해하지 않는 한도와 차량이 바람에 의하여 내측으로부터 외측으로 전복되지 않도록 하는 한도를 고려하여 정해야 한다.

○ 균형캔트

차량이 반경 R(m)의 곡선을 속도 V(km/h)로 통과하는 경우, 곡선 외측으로 원심력이 작용하게 된다. 그 결과 아래의 그림에 나타내는 것과 같이 차량에 작용하는 중력(g)과 원심력(f)과의 합력($\overline{OR}$)이 차량중심에 작용하는 것으로 생각된다. 합력의 방향은 속도가 높으면 궤도 중심보다 외측으로, 또한 속도가 낮으면 궤도 중심보다 내측으로 향하게 된다. 여기서, 궤도면이 캔트 C만큼 기울어져 있다고 하면, 합력($\overline{OR}$)에 의해 생기는 궤도면에 평행한 횡가속도 성분 $\overline{MR}=p$를 구할 수 있다.



<그림 3-4-3> 캔트

$$\overline{MR} = \overline{NR}\cos\theta = \left(\frac{V^2}{R} - g\ \tan\theta\right)\cos\theta \qquad (3\text{-}4\text{-}11)$$

여기서, $\overline{NR} = f - \overline{WN}$, $f = \frac{V^2}{R}$: 원심가속도

$\overline{WN} = g\tan\theta$

R : 곡선반경

V : 열차속도

g : 중력가속도

θ는 미소하므로, $\tan\theta \approx \sin\theta = \frac{C}{G}$, $\cos\theta \approx 1$ 이다. 따라서 $p = \overline{MR} = \frac{V^2}{R} - \frac{C}{G}g$ 이다.

열차속도 V에 대해서 횡가속도 p가 0일 경우에 원심가속도와 중력가속도와의 합력이 궤도중심을 향한다. 이와 같이 가장 바람직한 상태가 되는 때의 캔트를 균형캔트(C_0)라 한다.

$$\frac{V^2}{R} = \frac{C_0}{G}g \qquad (3\text{-}4\text{-}12)$$

$$C_0 = \frac{GV^2}{gR} \tag{3-4-13}$$

이 식에서 중력가속도 g=9.8m/sec^2, 좌우 접촉점간 거리 G=1,500mm라 하고, 각 기호의 단위를 맞추면,

$$C_0 = \frac{1500(\mathrm{mm}) \cdot V(\mathrm{km/hr})^2}{9.8(\mathrm{m/sec^2}) \cdot 3.6^2 \cdot R(\mathrm{m})} \approx 11.8\frac{V^2}{R} \tag{3-4-14}$$

여기서, C_0 : 균형캔트 (mm)

V : 열차속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

일반적으로 곡선부에서 통과열차의 속도와 선로상태가 일정하지 않으므로, 아래의 식과 같이 고속 및 저속열차에 대한 불균형과 승객의 승차감, 그리고 현장실정을 고려하여 캔트를 조정하도록 조정치 C_d을 두어 설정캔트를 산정한다.

$$C = 11.8\frac{V^2}{R} - C_d \tag{3-4-15}$$

여기서, C : 설정캔트 (mm)

V : 열차속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

C_d : 허용부족캔트 (mm)

○ 설정캔트

일반적으로 곡선부에서 통과열차의 속도와 선로상태가 일정하지 않으므로, 아래의 식과 같이 고속 및 저속열차에 대한 불균형과 승객의 승차감, 그리고 현장실정을 고려하여 캔트를 조정하도록 조정치 즉, 부족캔트 C_d을 두어 설정캔트를 결정한다. 따라서 균형캔트 C_{eq}는 설정캔트 C와 부족캔트 C_d의 합이다.

$$C = 11.8\frac{V^2}{R} - C_d \quad (3\text{-}4\text{-}16)$$

여기서, C : 설정캔트(mm)

V : 열차속도(km/h)

R : 곡선반경(m)

C_d : 부족캔트(mm)

○ 최대설정캔트

캔트가 설정되어 있는 곡선부에서 차량이 정지한 경우 혹은 곡선부를 서행으로 주행하는 경우에는 균형캔트가 0이므로 설정캔트가 그대로 캔트 초과량이 된다. 이러한 경우에는 외측으로부터의 풍하중에 의한 차량의 내측 전도에 대한 안전과 차체 경사에 의한 승객의 승차감을 고려하여 최대설정캔트를 설정할 필요가 있다.

$$\frac{x}{H} \approx \frac{C}{G} \quad (3\text{-}4\text{-}17)$$

$$x = \frac{C}{G}H \quad (3\text{-}4\text{-}18)$$

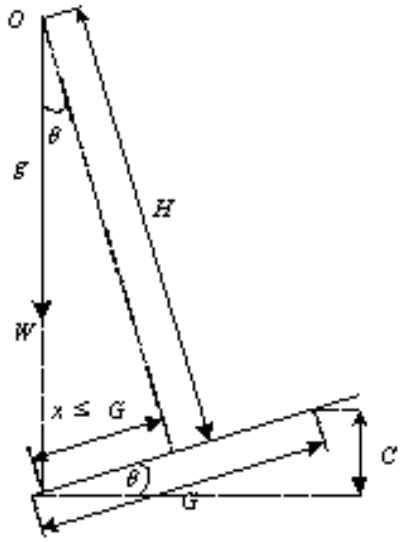
최대설정캔트는 곡선 내 열차 정차 시 내측으로의 전복에 대한 안전율을 3.5 즉, $x \leq \frac{G}{7}$ 이내에 들도록 하면 최대설정캔트는 다음과 같이 정의된다.

$$C_{lim} = \frac{G^2}{7H} \quad (3\text{-}4\text{-}19)$$

여기서, C_{lim} : 최대설정캔트(mm)

G : 궤간, 좌우접촉점간 거리(mm, 1,500mm)

H : 레일 면으로부터 차량 무게 중심까지의 높이(mm)



〈그림 3-4-4〉 설정최대캔트

○ 부족캔트

부족캔트 결정에 미치는 가장 중요한 요소는 곡선부 주행시 승객이 느끼는 원심가속도 즉, 궤도면에 평행한 횡가속도 성분 $\overline{MR}=p$이다.(그림 3-4-3 참조)

$$a_q = \frac{V^2}{R} - \frac{gC}{G} \qquad (3\text{-}4\text{-}20)$$

여기서, a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도

V : 열차속도

R : 곡선반경

g : 중력가속도

C : 설정캔트

G : 궤간(좌우접촉점간 거리)

이 식에서 중력가속도 g=9.8m/sec^2, 좌우 접촉점간 거리 G=1,500mm라 하고, 각 기호의 단위를 맞추면,

$$a_q = \frac{V^2}{12.96R} - \frac{C}{153} \tag{3-4-21}$$

여기서, a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도(m/sec^2)

V : 열차속도(km/hr)

R : 곡선반경(m)

C : 설정캔트(mm)

설정캔트 식으로부터 부족캔트 C_d를 정리하면 아래의 식과 같다

$$C_d = 11.8\frac{V^2}{R} - C \tag{3-4-22}$$

식 (3-4-22)를 캔트 C로 정리하고, 이를 식 (3-4-21)에 대입하여 불평형 횡가속도로 나타내면 아래의 식과 같다.

$$a_q = \frac{C_d}{153} \leqq a_{q,lim} \tag{3-4-23}$$

여기서, a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도(m/sec^2)

C_d : 부족캔트(mm)

$a_{q,lim}$: 허용 원심가속도(m/sec^2)

○ 최대부족캔트량

부족캔트은 설정캔트가 균형캔트보다 작은 경우에 생기는 것으로, 차량이 곡선부를 통과할 때 초과 원심력에 의한 승차감의 악화, 차량 진동 및 곡선 내측으로부터의 횡풍의 영향으로 인한 외방 전도 등을 고려하여 캔트 부족량의 한도를 정하여야 한다. 캔트 C에 대한 균형속도를 V_0라 하면 다음 식과 같다.

$$C = \frac{GV_0^2}{127R} \tag{3-4-24}$$

또한 속도 $V(V > V_0)$로 통과하면 마찬가지로 식 (3-4-25)와 같고, 식 (3-4-24)와 (3-4-25)를 정리하면 식 (3-4-26)과 같다.

$$C + C_d = \frac{GV^2}{127R} \tag{3-4-25}$$

$$\frac{C_d}{G} = \frac{1}{127R}\left(V^2 - V_0^2\right) \tag{3-4-26}$$

궤간중심으로부터의 편위량 b는 다음 식 (3-4-35)와 (3-4-26)을 이용하면 다음과 같이 부족캔트량을 나타낼 수 있다.

$$b = H \times \frac{V^2 - V_0^2}{127R} = H\frac{C_d}{G} \tag{3-4-27}$$

$$C_d = \frac{bG}{H} \tag{3-4-28}$$

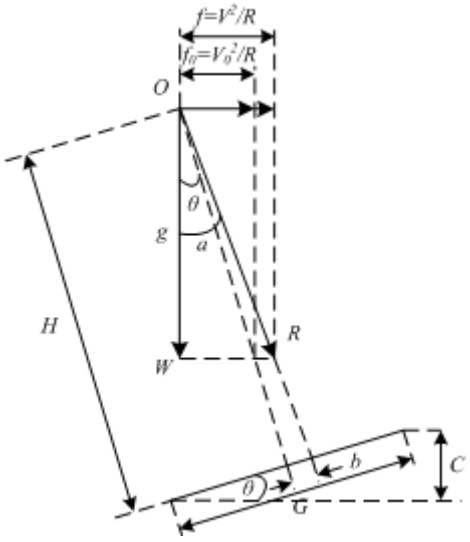
부족캔트는 곡선 주행 시 차량이 외측으로 전복되는 것에 대한 안정성(안전율 4, $b = \frac{G}{8}$)을 확보하도록 정하며, 다음과 같이 구한다.

$$C_{d,\max} = \frac{G^2}{8H} \tag{3-4-29}$$

여기서, $C_{d,\max}$: 최대부족캔트 (mm)

G : 궤간, 좌우접촉점간 거리 (mm, 1,500mm)

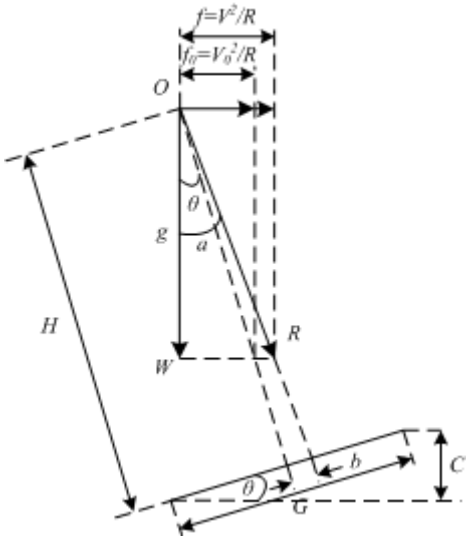
H : 레일 면으로부터 차량 무게 중심까지의 높이 (mm)



<그림 3-4-5>부족캔트

○ 열차속도와 전복에 대한 안전율

정차중 차량중심방향 g가 궤도중심에서 내궤측에 있으나 차량이 주행할 때는 아래의 그림과 같이 원심력 f가 작용하여 g와 f의 합력 $\overline{OR}$이 궤도중심에 일치하면 균형속도 V_0가 된다. 속도가 향상되면 외궤도위로 가기 때문에 합력 $\overline{OR}$가 외궤도 위에 올 때 열차속도에 의한 전복한계가 된다. 아래의 그림에서 b를 구하면 다음과 같다.



<그림 3-4-6> 차량중심과 원심력의 합력관계

$$\tan(a-\theta)=\frac{b}{H} \tag{3-4-30}$$

$$b=H\times\tan(a-\theta) \tag{3-4-31}$$

삼각공식을 이용하면 $\tan(a-\theta)=\frac{\tan a-\tan\theta}{1+\tan a\times\tan\theta}$이므로, 여기서 a와 θ가 미소하므로 $\tan a\times\tan\theta\approx 0$로 하면 b는 다음과 같다.

$$b=H\times(\tan a-\tan\theta) \tag{3-4-32}$$

$\sin\theta=\frac{C}{G}$이고, $\tan\theta=\frac{C}{G\cos\theta}$이다. 여기서 θ가 미소하므로 즉, $\cos\theta\approx 1$이므로

$$\tan\theta=\frac{C}{G}=\frac{V_0^2}{127R} \tag{3-4-33}$$

$$\tan a=\frac{V^2}{127R} \tag{3-4-34}$$

여기서 V_0는 균형속도, V는 열차속도이다. 식 (3-4-32)에 식 (3-4-33)과 (3-4-34)를 대입하면 다음과 같다.

$$b=H\times\frac{V^2-V_0^2}{127R} \tag{3-4-35}$$

S를 안전율로 하여 b에 대한 한계치를 $S\times b=\frac{G}{2}$로 하면, 즉 $b=\frac{G}{2S}$이므로 이를 식 (3-4-35)에 대입하면 다음과 같다.

$$S=\frac{G}{2H}\times\frac{127R}{V^2-V_0^2} \tag{3-4-36}$$

$$S=\frac{G}{2H}\times\frac{1}{\frac{V^2}{127R}-\frac{C}{G}} \tag{3-4-37}$$

식 (3-4-36)과 (3-4-37)은 캔트설정속도(균형속도) 보다 빠른 속도로 주행하는 열차전복에 대한 안전율이다.

$$\frac{V^2-V_0^2}{127R}=\frac{G}{2SH} \tag{3-4-38}$$

$$V^2=\frac{127RG}{2SH}+V_0^2 \tag{3-4-39}$$

캔트와 안전율을 알고 있을 때 열차의 최고속도를 구하는 일반식은 식 (3-4-33)과 식 (3-4-39)에 의해서

$$V^2=\frac{127RG}{2SH}+\frac{127RC}{G}=127R\left(\frac{G}{2SH}+\frac{C}{G}\right) \tag{3-4-40}$$

$$V=\sqrt{127R\left(\frac{G}{2SH}+\frac{C}{G}\right)} \tag{3-4-41}$$

여기서, C : 설정캔트 (mm)

V : 열차속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

H : 레일 면으로부터 차량 무게 중심까지의 높이 (mm)

S : 안전율

G : 궤간(좌우접촉점간 거리)

식 (3-4-40)과 (3-4-41)은 열차속도 V가 균형속도 V_0보다 클 때이다. 열차속도 V가 균형속도 V_0보다 적을 때는 다음과 같이 된다.

$$V^2 = V_0^2 - \frac{127RG}{2SH} \tag{3-4-42}$$

$$V = \sqrt{127R\left(\frac{C}{G} - \frac{G}{2SH}\right)} \tag{3-4-43}$$

예를 들면 C=160mm, 안전율 S=7.0, H=2,000이라 하면 식 (3-4-41)에 따라 $V = 4.54\sqrt{R}$(km/h)이다.

○ 캔트체감

캔트가 변화하는 구간에서는 구조적인 평면성 틀림이 발생하므로 차량의 3점 지지에 의하여 윤중이 감소하고, 그 정도가 심할 경우에는 주행 안전성에 지장을 미치는 경우가 있다. 그러므로 완화곡선이 있는 경우에는 완화곡선 전체에 걸쳐서 곡률의 체감에 맞추어 캔트를 체감하여야 한다. 완화곡선이 없는 경우에는 주행 안전성을 고려하여 캔트는 직선부에서 적정 거리 이상으로 체감하도록 하고 있다.

鐵道に關する技術基準(日本)에서는 3점지지 탈선 사례를 참조하여 캔트체감 기준을 정립하였다. 일본에서 3점지지로 인한 탈선사고 조사 결과 탈선사고를 방지하기 위하여 한쪽 차륜의 부상량을 20mm 이내로 되도록 제한하였으며, 궤도틀림에 의한 평면성틀림 한계 9mm를 고려, 캔트체감에 의한 평면성 틀림의 한계값을 20-9=11mm로 설정하였다. 따라서 차량의 고정축거에 따라 캔트체감길이의 최소값을 다음과 같이 결정하였다.

$$\frac{C}{L_1} = \frac{d_a}{A} \tag{3-4-44}$$

$$L_1 = \frac{A}{d_a}C \tag{3-4-45}$$

또한 곡선부에서 캔트를 체감하면 3점지지에 의한 윤중 감소에 곡선부에서의 횡압이 더해져서 직선부에서 캔트를 체감하는 경우보다도 탈선계수가 증대하여 주행안전상 불리한 조건이 된다. 직선부에서 캔트를 체감할 경우에는 수평 틀림이 있는 경우와 같은 현상이 생기므로 운전속도와 차량조건 등을 고려하여 캔트의 체감구

간을 결정하는 것이 바람직하다. 두 개의 원곡선이 접속하는 경우에는 반경이 큰 원곡선에서 캔트를 체감하는 편이 곡률 변화가 적으므로 주행 안전상 바람직하다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

6) 슬랙

원곡선에는 곡선반경 및 차량의 고정축거 등을 고려하여, 궤도에 과대한 횡압이 가해지는 것을 방지할 수 있는 슬랙을 두어야 한다. 단 곡선반경이 큰 경우나 차량의 고정축거가 짧은 경우 및 그 밖에 궤도에 과대한 횡압이 발생할 우려가 없는 경우는 예외로 한다.
슬랙은 차량의 고정축거 등을 고려하여, 차량의 안전한 주행에 지장을 미칠 우려가 없도록 상당 길이에 걸쳐서 체감해야 한다.

[해설]

이 조항은 차량이 안전하면서도 원활하게 곡선을 통과하기 위해서 설정해야 하는 슬랙에 대하여 규정한 것이다.

차량이 곡선을 통과하는 경우 차량이 안전하고 원활하게 주행하기 위해서는 차축이 곡선의 중심을 향하고 있는 것이 바람직하다. 그러나 곡선부에 차량이 주행할 때는 차량의 차축 중에 2축 또는 3개의 차축이 대차에 강결되어 고정된 프레임으로 구성되어 있다. 따라서 이 차량이 곡선을 통과할 경우는 전후 차축의 위치이동이 불가능 할 뿐 아니라 플랜지가 있어 원활한 통과가 어렵고 차축의 한쪽 또는 양쪽 모두가 궤도 진행방향과 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 어렵

다. 그 결과, 차량의 동요, 횡압이 증대하며 보수 측면에 있어서도 궤간 및 줄 틀림의 증가와 레일마모에도 영향을 주게 된다. 이들의 문제를 완화시키기 위하서는 곡선부에서는 곡선반경의 대소에 따라서 직선보다 궤간을 약간 확대하는 것을 “슬랙”이라 하고, 이 넓히는 량을 “슬랙량”이라고 한다. 이러한 슬랙은 캔트체감과 일치하도록 체감하여야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

7) 완화곡선

직선과 원곡선의 사이 및 두 개의 원곡선 사이에는 차량 구조와 캔트량 및 운전속도 등을 고려하여 차량의 안전한 주행에 지장을 미치지 않도록 완화곡선을 두어야 한다. 단 분기부대곡선이나 캔트량이 작은 원곡선 및 그밖에 완화곡선을 두는 것이 곤란한 개소에 있어서는 운전속도를 제한하거나 탈선 방지를 위한 설비의 설치 및 기타 차량의 안전한 주행을 위한 조치 등을 마련한 경우에는 예외로 한다.

[해설]

이 조항은 직선과 원곡선 및 두 개의 원곡선을 부설할 때에 차량의 안전한 주행을 확보하기 위해서 수행해야 할 사항을 정한 것이다.

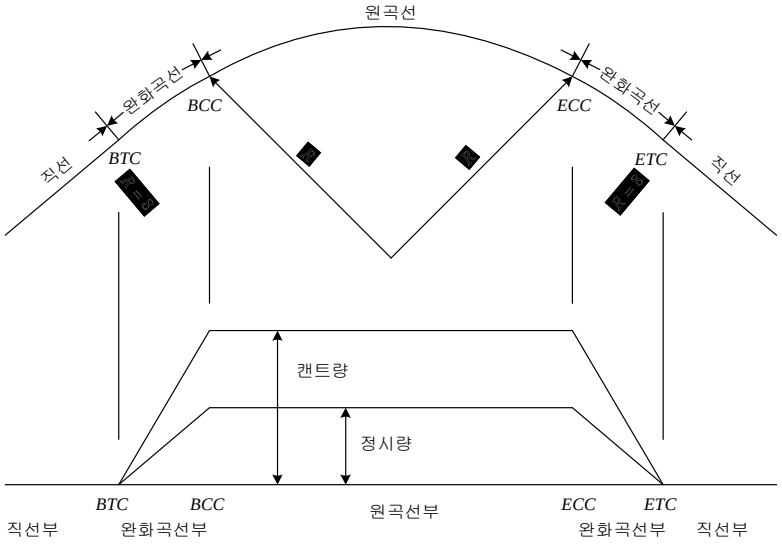
열차가 곡선부를 주행하는 경우에는 외방으로 원심력이 작용하므로 이를 상쇄시키기 위한 것으로 통상 캔트를 설정하고 있다. 직선으로부터 원곡선으로 이어질 때에 이 캔트는 충분한 길이에 걸쳐서 설정하여야 할 필요가 있다.

이 연결구간에서 캔트는 규칙적으로 서서히 변화해 가지만 캔트는 곡률에 비례하므로 캔트의 변화에 대응하여 곡률도 동시에 변화하는 특수한 곡선이 요구된다.

또한 캔트 부족이 있을 경우에는 이것을 서서히 변화시키기 위하여 캔트와 같이 곡률을 규칙적으로 서서히 변화시키기 위한 특수한 곡선이 필요하다.

이와 같이 직선과 원곡선(두 개의 원곡선의 경우도 동일 함) 사이에는 「완화곡선」이라고 하는 특수한 곡선을 삽입하는 것이 필요하다. 완화곡선은 곡선과의 접속점에서는 곡선반경이 무한대(∞), 원곡선과의 접속점에서는 곡선반경과 동일하게 해야 한다. 또한 완화곡선에 있어서의 슬랙에 관해서도 캔트와 동일한 방식으로 체감하는 것으로 하고 있다.

완화곡선의 종류로는 3차 포물선(cubic parabola), 클로소이드(clothoid) 곡선, S형 곡선, Bloss형 곡선, 코사인곡선, 사인반파장곡선 등 다양한데 그 기본이 되는 것은 3차 포물선으로 곡률을 0에서부터 $1/R$까지 직선으로 변화시키는 방법이다.



<그림 3-4-7> 완화곡선의 개념

완화곡선의 설치는 부족캔트 변화량의 한계값을 고려하여 주행안전과 승차감을 확보하도록 결정되어야 한다. 완화곡선의 길이는 주행안전 및 승차감 상 다음의 조건을 고려하여 결정하는 것으로 하고 있다.

○ 차량의 3점지지에 의한 탈선을 방지하기 위한 안전한도(L_1)

완화곡선에서는 캔트를 체감하면서 궤도면에 일종의 평면성 틀림이 발생하게 되는데 이 평면성 틀림에 의해 차량이 3점지지 되면서 탈선을 일으킬 수 있다. 따라

서 3점지지 탈선을 방지하기 위해 평면성 틀림을 안전한도 이내로 유지할 수 있도록 충분한 길이에 걸쳐 캔트를 체감해야 한다. 일본에서의 3점지지 탈선 사례를 보면 3점지지로 인한 한쪽 바퀴 부상량은 20mm 이내로 제한되는 것이 바람직하다. 이 값은 차량의 제원에 따라 다소 차이가 있을 수 있지만 가장 보수적인 조건에서 제시된 값이므로 최소값으로 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 일본에서는 궤도의 최대 변위량(고저틀림)을 9mm로 보고, 캔트체감에 의한 평면성 틀림의 한계값을 20-9=11mm로 하고 있다. 이렇게 하면 차량의 고정축거에 따라 캔트체감길이의 최소값을 결정할 수 있다. 즉,

$$\frac{C}{L_1} = \frac{d_a}{A} \tag{3-4-46}$$

$$L_1 = \frac{A}{d_a} C \tag{3-4-47}$$

여기서, A : 차량의 고정축거

d_a : 3점지지 탈선방지를 위한 평면성 틀림의 한계

d_a = 20-9 = 11mm

○ 캔트의 시간변화율을 고려한 승차감 한도(L_2)

캔트가 없는 직선구간을 주행하는 열차가 완화곡선을 통과하면서 캔트에 따라 기울어지고 원곡선 구간에 이르러 일정한 캔트 C를 가지게 된다. 이 때문에 열차는 완화곡선 상에서는 캔트 변화에 따라 진행방향의 축을 따라 회전하게 되는데, 이 회전속도가 빨라지면 승차감을 해치게 된다. 이 회전속도는 캔트의 시간변화율(dC/dt)에 직접 비례하므로 회전속도를 승차감 한도 이내에 들도록 하는 캔트체감길이는 다음과 같이 캔트의 시간변화율의 한계값에 의해 구할 수 있다.

$$L_2 = \frac{V_{max}}{3.6} \frac{\Delta C}{(dC/dt)_{lim}} \tag{3-4-48}$$

○ 부족캔트에 의해 열차가 받는 초과 원심력의 시간변화율을 고려한 승차감 한도

(L_3)

원곡선에서 부족캔트가 있는 경우 완화곡선 시점에서부터 서서히 부족캔트에 의한 초과 원심력이 점차 커지게 되어 승차감에 영향을 주게 된다. 따라서 초과 원심력의 시간변화율을 승차감 한도 이내에 들도록 해야 한다. 초과 원심력의 시간변화율에 대한 승차감 한도를 확보하기 위한 완화곡선 길이는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$L_3 = \frac{V_{max}}{3.6} \frac{\Delta C_d \, g}{G(da_q/dt)_{lim}} = \frac{V_{max}}{3.6} \frac{\Delta C_d}{(dC_d/dt)_{lim}} \qquad (3\text{-}4\text{-}49)$$

여기서, $(da_q/dt)_{lim}$: 초과 원심가속도의 시간변화율 한계값 (m/sec^3)

G : 레일 중심거리(mm)

앞서 서술했듯이 완화곡선의 길이는 저속구간을 제외하고 탈선방지 안전한도보다는 캔트와 부족캔트의 시간변화율을 고려한 승차감 한도에 의해 결정되고, 그 중에서도 일반적으로 캔트가 부족캔트에 비해 크기 때문에 캔트의 시간변화율에 의한 승차감 한도가 더 지배적이 된다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)

8) 선로의 기울기

선로의 기울기는 차량의 동력발생 장치와 브레이크 장치의 성능 및 운전속도 등을 고려하여, 차량이 기동하고, 소정의 속도로 연속해서 운전할 수 있고, 또한 소정의 거리에서 정지할 수 있는 것이어야 한다.
열차 정지구역의 선로의 기울기는 차량의 동력발생 장치 및 브레이크 장치의 성능 등을 고려하여 열차의 발착에 지장을 미칠 우려가 없는 것이어야 한다.
차량의 주박 및 조성을 하는 구간에서의 선로의 기울기는 차량 전동(轉動)의 우려가 없는 것으로 해야 한다. 단, 차량의 전동(轉動)을 방지하는 조치를 마련하는 경우는 예외로 한다.

[해설]

본 조항은 차량의 안전한 주행에 지장을 미치지 않는 차량 성능 등에 대응한 열차의 주행구역 및 정지구역에 있어서의 선로의 기울기에 대하여 규정한 것이다.

선로의 기울기는 선로의 종방향 선형에 있어서의 높이 변화를 의미하는 것으로 일정구간을 기준으로 시점부보다 종점부의 위치가 높을 경우, 상향 기울기로, 시점부보다 종점부의 위치가 낮을 경우, 하향 기울기로 정의한다.

상향기울기 부분에 대해서는 등판능력(정지시의 재가동 여부를 포함)에 대한 검토가 수행되어야 하며, 하향 기울기 부분에 대해서는 비상제동시 제동거리의 확보 여부에 대한 검토가 수행되어야 한다. 이는 곧 운행할 차량의 차량 특성요소(열차중량, 견인력, 제동력, 제동초기속도, 공주시간, 출발저항, 주행저항, 기울기저항, 곡선저항 등)에 대한 종합적인 고려가 수반되어야 함을 의미한다.

○ 상향기울기

상향기울기 부분에 대한 등판능력 검토시(최급기울기 내에서의 정지시 재기동 가능여부 및 연속주행 가능여부를 기준) 적용할 수 있는 식은 다음과 같다. 이 경우, 견인력, 열차중량, 출발저항 등에 대한 상세정보가 요구된다.

$$i < \frac{T}{W} - r_s \qquad (3\text{-}4\text{-}50)$$

여기서, i : 최급기울기 (‰)

T : 견인력 (kN)

W : 열차중량 (KN)

r_s : 출발저항 (‰)

○ 하향기울기

하향기울기 부분에 대해서 비상제동시 제동거리 확보에 대해 적용할 수 있는 식은 다음과 같다. 이 경우, 산정된 제동거리가 선형계획상의 평탄부 내에 위치하는가 하는 점이 주검토사항이며, 차량성능에 따라 좌우되는 제동초기속도, 제동력, 공주시간 등에 대한 상세정보와, 주행저항, 기울기저항, 곡선저항 등에 대한 상세정보가 요구된다.

$$S = \frac{KV^2}{B/W + r_r - r_g + r_c} + \frac{V \times t}{3.6} \qquad (3\text{-}4\text{-}51)$$

여기서, S : 제동거리(km)

K : 상수

V : 제동초기속도 (km/h)

B : 제동력 (kN)

W : 열차중량 (kN)

r_r : 주행저항 (‰)

r_g : 기울기저항 (‰)

r_c : 곡선저항 (‰)

t : 공주시간 (sec)

○ 곡선구간의 기울기

차량이 곡선인 선로구간을 주행할 경우 관성에 의하여 곡선의 접선방향으로 직진하려 하므로 차량바퀴의 플렌지(Flange)가 궤도에 횡압을 가하게 되고, 또 곡선구간의 선로에는 내외측 레일간 길이의 차이가 있어 근소하지만 차량바퀴의 미끄럼이 발생하므로 캔트량과 관련하여 원심력에 의한 횡압으로 저항력이 발생한다.

이와 같이 곡선을 주행할 때 일어나는 주행저항을 제외한 마찰에 의한 저항을

“곡선저항”이라 한다. 곡선저항은 곡선반경 · 캔트량 · 슬랙량 · 대차구조 · 레일형상 및 운전속도 등의 인자에 의하여 변화한다. 이 곡선저항에 대하여는 “모리슨”의 실험식을 적용하는 것이 일반적이며, 크게 4축 2대차와 2축차의 경우로 구분된다.

$$r_c = \frac{1000 \cdot f \cdot (G+l)}{R} \quad \text{(4축 2대차인 경우)} \qquad (3\text{-}4\text{-}52)$$

$$r_c = \frac{1000 \cdot f \cdot (G+l)}{2R} \quad \text{(2축차인 경우)} \qquad (3\text{-}4\text{-}53)$$

여기서, r_c : 환산기울기(‰)

f : 레일/차륜 간의 마찰계수 (0.10~0.30 적용)

G : 궤간(m)

l : 고정축거길이(m)

R : 곡선반경(m)

○ 정거장 내에서의 기울기

열차의 정지 및 차량의 주박 또는 입환 작업 등에 대해서는 열차의 전동 위험성 방지 측면에서 기울기를 최대한으로 완만하게 하는 것이 바람직하다. 정거장내 본선 및 측선의 기울기는 열차의 출발저항을 고려한 상태에서, 차량을 인력으로 견인할 경우 작업중 차량이 중력에 의하여 전동되지 않아야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

· 철도건설규칙

· 鐵道に關する技術基準(일본)

9) 종곡선

선로의 기울기가 변화하는 개소에는 열차의 운전속도 및 차량의 구조 등을 고려하여 열차의 주행안전성 및 승차감에 지장을 미칠 우려가 없도록 종곡선을 설치하여야 한다. 다만, 기울기의 변화가 작은 경우나 운전속도가 낮은 경우 및 그 밖에 열차의 안전한 주행에 지장을 미칠 우려가 없는 경우는 예외로 할 수 있다.

[해설]

본 조항은 선로의 기울기가 변화하는 개소에 있어서, 주행 안전상 삽입해야할 종곡선에 대해서 정한 것이다.

선로의 기울기 변화가 크면, 차량의 연직방향가속도가 증가되어 승차감을 악화시키며, 윤중의 감소에 의하여 탈선을 초래할 우려가 있다. 또한 차량의 상하방향 동요에 의한 변위로 인하여 건축한계와 차량한계의 확보에 영향을 줄 수 있다. 뿐 만 아니라 차량의 전후방향으로 인장력과 압축력이 크게 발생되어 연결기의 파손위험이 발생할 수 있으므로 이러한 악영향을 완화시키기 위하여 기울기의 변화점에 종곡선을 설치한다.

종곡선의 설치를 위한 기울기변화의 한계기준은 차량한계와 건축한계의 여유와 차량의 주행안전성과 승차감을 고려하여 결정하여야 한다.

<표 3-4-1> 종곡선 반경 설치에 있어서 검토해야할 항목

검 토 항 목	내 용
건축한계·차량한계에 대한 검토	주행 시의 차량동요에 의한 변위와 차량한계와의 간격의 여유를 고려한 차량 치수에 관한 기하학적 한도.
상하 정상 가속도에 의한 차량의 부상에 대한 검토	상하 가속도가 커지면 승차감이 악화되는 것을 고려한 한도.
평면곡선과의 경합에 관한 검토	볼록형 종곡선 개소와 평면곡선이 경합하는 구간에서는 전도안전성이나 주행안전성이 저하되는 것을 고려한 한도

종곡선구간의 열차속도와 종곡선 반경, 차체의 상하가속도의 관계식은 다음과 같

다.

$$R_v = \frac{V_{\max}^2}{12.96 a_v} \qquad (3\text{-}4\text{-}54)$$

여기서 R_v : 종곡선 반경(m)

$V_{\max}$: 최대운행속도(km/h)

a_v : 차체의 상・하방향가속도(m/sec^2)

위의 식에서 차체의 상하방향 가속도는 차량의 승차감과 주행안전성(탈선)을 고려하여 결정하게 되는데, 일반적으로 차량의 탈선을 방지하기 위한 차체상하방향 가속도의 한계값보다 승차감을 확보하기 위한 가속도의 값이 더욱 엄격하므로 승차감 기준을 만족시키기 위한 가속도값을 적용한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)

(나) 선로구조

1) 궤도

궤도는 다음 기준에 적합한 것이어야 한다.
- 차량 구조에 적합하고, 차량을 소정의 방향으로 유도할 수 있을 것.
- 예상되는 하중에 견디어 낼 것.
- 차량의 안전주행에 지장을 미치는 변형을 일으킬 우려가 없을 것.
- 보전에 지장을 미칠 우려가 없을 것.

본선에 있어서, 곡선반경이 작은 곡선과 그 밖에 탈선의 우려가 있는 개소 또는 탈선한 경우에 피해가 막대해 질 우려가 있는 개소에는, 시설의 상황이나 차량 구조 등에 대응하여 탈선을 방지하기 위한 시설 또는 탈선한 경우의 피해를 최소화하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

[해설]

본 조항은 차량의 주행안전에 직접적인 관련이 있다. 일정한 수준의 유지보수를 전제로 한 궤도의 구조강도와 분기기의 부설조건 및 가드레일의 설치에 관하여 정한 것이다.

가) 궤도구조에 관한 검토

① 유도상궤도의 설계에 관한 기본적인 고려사항

궤도설계에 있어서 기본적으로 고려해야할 사항은 「부재와 궤광(軌框)에 발생하는 응력에 관한 검토」, 「궤도의 장기적인 안정성에 관한 검토」및「좌굴안전성에 대한 검토」가 있다.

각 응력의 비교, 검토를 위한 하중조건은 아래의 표와 같다. 부재 및 궤광(軌框)과 좌굴안정성에 관해서는 각 부재의 허용응력과 설계하중에 의한 발생응력을 비교, 검토하는 것으로, 그 설계는 「허용응력 설계법」에 토대를 두고 있다.

○ 「최대하중」에 대한 비교, 검토

대상 선구에 있어서의 열차하중 중에서 최대의 하중에 의해 초래되는 것으로, 궤

도로서의 기능을 상실시킬 우려가 있는 부재나 궤광의 파괴에 관한 검토

○ 「반복하중」에 대한 비교, 검토

대상 선구에 있어서의 열차하중 전체의 반복하중에 의해 초래되는 것으로, 궤도정비나 재료교환을 필요로 한다고 판단되는 상·하 및 좌우변위나 부재의 피로 및 노화에 관한 검토

<표 3-4-2> 유도상 궤도설계시 하중조건

검토항목 \ 하중조건			열 차 하 중				온도하중
			상하방향하중		좌우방향하중		축방향하중
			최대하중	반복하중	최대하중	반복하중	최대하중
부재, 궤광의 발생응력	부재	레일	○				
		레일체결장치		○	○	○	
		대못			○		
		PC침목	○				
		노반	○				
	궤광	급격한 좌우변위			○		
궤도의 장기적 안정성		상하변위		○			
		좌우변위				○	
좌굴안정성							○

② 슬래브 궤도의 설계에 관한 기본적인 고려사항

속도향상이나 수송량 증강 등의 궤도에 대한 하중증대와 유지보수 주기의 감소 및 노동력 확보난 등의 궤도 유지보수 체제의 변화를 고려하기 위하여 슬래브 궤도가 개발되었다.

슬래브 궤도의 설계는 슬래브의 설계, 돌기콘크리트의 설계, 노반콘크리트의 설계 및 충전재의 설계 등으로 구분된다. 슬래브는 초기에는 철근콘크리트 (RC :

Reinforced Concrete) 구조뿐이었으나 한랭지에는 균열방지의 관점에서 프리스트레스트 철근 콘크리트 (PSC : Prestressed Reinforced Concrete)구조가 채용되었다. 또한 소음에 대한 대책으로서 슬래브 아래에 진동저감장치를 삽입하는 방진(防振) 슬래브 궤도가 개발되었다.

○ 슬래브의 설계

슬래브의 단면력은 개발 당초부터 탄성도상 위의 보 이론에 의해서 구하고, 이를 토대로 설계가 행해져왔으며, 현재는 유한요소법을 이용하여 단면 및 소요철근량을 검토한다.

③ 포장궤도 등의 설계에 관한 기본적인 고려사항

운행선에 있어서도 생력화궤도의 도입에 대한 기대는 컸으나, 슬래브 궤도를 그대로 운행선에 부설하는 것은 극히 곤란했던 관계로, 현재에는 기존선 유도상궤도의 생력화를 위하여 포장궤도를 개발, 적용하고 있다. 포장궤도를 적용하여 궤도의 침하를 억제하기 위해서는 아래의 점을 고려하여야 한다.

- 도상의 충전작업을 하지 않아도 되도록 한다.
- 도상압력과 도상진동가속도를 가능한 한 작게 한다.
- 도상이나 노반에 우수가 들어가지 않도록 한다.

나) 분기기

① 분기기의 구조와 응력검토

분기기는 특수한 경우를 제외하고 새로 설계되는 경우는 없고, 보통은 기존에 설계되어 있는 분기기 중에서 사용조건에 적합한 것을 선택하게 된다.

향후에 구성부재의 단면을 변경하는 등의 신규 분기기를 설계할 경우에는 다음의 사항을 고려할 필요가 있다.

○ 부재강도의 확인

검토하는 부재별로 적당한 계산모델을 선정하여 부재강도를 확인한다. 보통은 레일을 보로 생각하고 정정보나 캔틸레버보 및 탄성도상의 보에 의한 계산이 이용되지만, 크로싱 등의 복잡한 단면응력의 계산에는 유한요소법이 이용되는 경우가 있

다. 이때에 하중으로는 편의상 일반궤도의 설계하중이 이용되는 경우가 많다.

○ 상판(床版) 및 부속품의 산정

부품의 표준화를 위하여 가능한 한 기존설계의 부품을 사용하는 것을 고려하여 소요되는 상판(床版) 및 부속품을 산정한다.

② 분기기의 선형

분기기의 선형을 결정하는 경우에는 다음의 사항을 고려할 필요가 있다.

○ 선형의 산정

분기기의 선형은 분기측 통과속도 등의 사용조건으로부터 리드곡선반경을 결정하고, 레일의 길이와 스켈톤(skeleton)을 산정한다.

○ 포인트와 크로싱 및 가드의 치수 산정

포인트의 치수는 리드곡선반경, 텅 레일의 길이. 텅 레일 후단의 열림, 슬랙의 설치방법 및 레일 단면을 설계조건으로 하여 산정한다.

크로싱의 수치는 크로싱 각, 크로싱 전후단의 길이, 플랜지웨이 치수, 윙 레일 도입각으로부터 기하학적으로 산정한다.

가드의 치수는 사용레일, 방호범위, 플랜지웨이 폭, 가드레일 도입각으로부터 기하학적으로 산정한다.

○ 포인트, 크로싱, 가드의 상세설계

산정된 치수에 토대를 두고 분기기 구성부재 상호의 관계 및 차륜과의 접촉상태를 고려하여 상세설계한다.

③ 분기기의 부설조건

분기기의 부설에 있어서는 아래의 사항에 유의해야 한다.

○ 완화곡선 내에는 곡선 및 캔트가 항시 변화하고 있는 관계로 그 구간용의 분기기를 별도로 설계 및 제작하고 유지보수하기는 힘들다. 일반적으로 분기기와 완

화곡선을 함께 부설하는 것은 피하지 않으면 안 되지만, 부득이한 경우에는 일반적으로 완화곡선길이가 길고 곡률의 변화가 완만한 곡선체감에 한하여 허용하는 것으로 하였다. 단 곡선체감은 중앙부에서는 곡률의 변화가 커지므로, 완화곡선 내에서도 캔트의 변화 및 곡률의 변화가 적은 양 단부에 한하여 허용하는 것으로 정할 필요가 있다.

○ 궤도 위에 분기기를 부설하려 하면, 교량 거더의 휨 및 신축이 분기기에 영향을 미치지 않도록, 교량 거더의 길이, 횡 거더의 간격, 침목 간격 및 체결장치의 부설방법 등을 고려하지 않으면 안 된다. 예를 들면 분기기의 가동부(포인트부, 가동크로싱부)와 거더의 이음매부가 겹치면, 거더 간의 단차 및 각 꺽임의 영향을 받아서 분기기가 전환되지 않는 현상이 일어날 우려가 있으므로 가동부는 거더의 이음매부로부터 벗어나게 하고, 또한 횡 거더의 간격을 좁게 하여 휨을 적극적으로 억제하는 등의 조치가 필요하다. 이와 같이 교량설계 상 또는 유지보수 상의 문제가 많은 관계로 원칙적으로는 이것을 금지하고 있다.

○ 일반적으로 교량과 흙노반의 경계부분이 되는 교대 배면 등 궤도구조가 변화하는 개소는 타 구간에 비해 도상의 침하가 촉진되어 열차의 동요도 커지는 경향이 많다. 따라서 분기기 부설에 있어서는 그와 같은 구간으로부터 적어도 열차동요에 영향을 미치지 않을 정도의 거리를 두고 분기기를 부설할 필요가 있다. 그러나 배선 상의 문제로 부득이하게 교대배면에 부설하지 않으면 안 되는 경우에는 노반 위에 노반콘크리트 등을 타설하여 궤도침하를 완화시키는 방안을 마련하는 것도 필요하다.

다) 가드레일

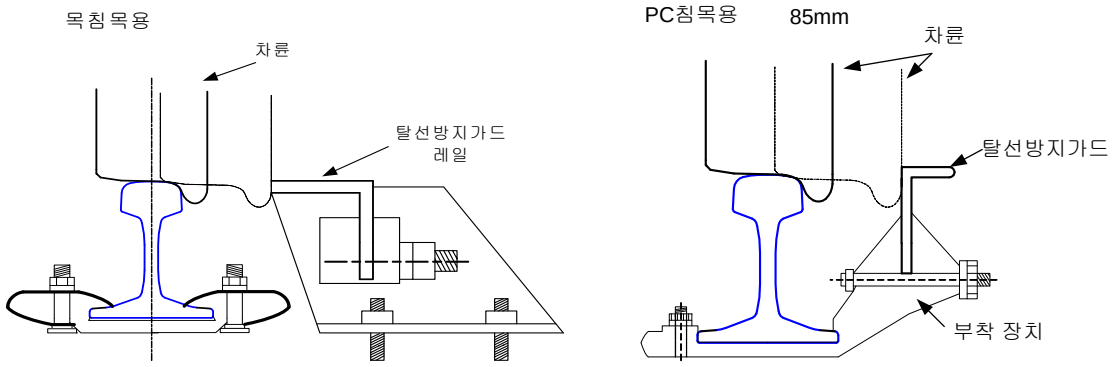
① 가드레일 설치의 목적

가드레일은 차량탈선으로 인하여 큰 사고가 발생하는 것을 방지하기 위하여 설치되는 것으로, 차륜이 레일을 타고 오름에 의한 탈선 자체를 방지한다. 또는 탈선한 차륜을 본선 레일에 따라 유도함으로써 차량의 전복이나 인접선에 지장을 주는 것을 방지함을 그 목적으로 하고 있다.

탈선방지레일 및 탈선방지가드는 차륜 내측에 부착되어 차륜의 올라탐을 방지하

기 위한 것이다. 한편 안전레일은 탈선 후의 차량의 전복이나 인접선에 지장을 주는 것을 방지할 목적으로 부설되어 있으며, 설치개소는 탈선방지레일 및 탈선방지가드를 설치해야하는 개소이나, 이것을 설치한 경우에 오히려 위험성이 발생하는 개소(낙석 또는 적설이 많은 개소 등)로 되어 있다. 또한 교량 위의 가드레일은 교량 상부 및 교량 직전에서 탈선한 열차의 전락(轉落)을 방지하는 목적으로 설치되어 있고, 건널목 가드레일은 건널목 도로면에서의 플랜지웨이(Flangeway) 폭의 확보를 목적으로 한다.

또한 급곡선 또는 곡선 분기기 등에서는 레일의 마모방지도 가드레일을 설치하는 목적의 하나이다.



<그림 3-4-8> 탈선방지 가드레일의 구조(앵글식의 경우)

<표 3-4-3> 가드레일 종류 및 설치목적

가드레일의 종류	설 치 목 적
탈선방지 가드레일	차륜 내측에 부착되어 차륜의 올라탐을 방지하고 차량의 탈선을 막기 위하여, 위험이 큰 쪽의 반대편 레일에 설치
안전가드레일	차량이 탈선한 경우에 안전레일에 따라 차량을 유도하고, 차량의 전락(轉落)이나 인접선에 지장을 주는 등의 큰 사고를 막기 위한 것으로, 원래 탈선방지 가드레일을 설치해야 하는 위치이자만, 탈선방지 가드레일을 설치할 경우에 오히려 위험성이 발생하는 위치(낙석 또는 적설량이 많은 위치 등)에 설치하는 것으로 위험이 큰 쪽 레일의 궤간 외측에 불설
교량 상 가드레일	교량 상부나 그 부근에서 차량이 탈선한 경우에 탈선한 차량이 교량 아래로 전락(轉落)하지 않도록 유도하기 위하여 주로 교량침목을 사용하는 무도상 교량이나 곡선교량에서 본선 레일 양쪽의 내측에 부설
건널목 가드레일	건널목 위의 플랜지웨이(Flangeway)를 확보하기 위하여 본선 레일의 양쪽 내측에 부설
그 밖의 마모방지가드레일 포인트가드레일	급곡선에 설치하여 레일의 마모를 경감시키기 위하여 부설 분기기 텅레일의 마모를 경감시키기 위하여 부설

② 가드레일을 반드시 설치해야할 개소

○ 곡선 및 그 밖에 필요하다고 인정되는 개소

지금까지 과거의 경합(競合)탈선이 다발하였던 점 등에 비추어볼 때, 하향구배 변화점 및 연속하향구배와 급곡선을 함께 부설하는 구간 등이나, 선형적으로 보아 사고다발의 경향을 보이는 개소에 대해서는 방호를 목적으로 탈선방지를 위한 가드레일이 설치되어야 한다.

일본의 경우에는 차량의 저속 운행 시 주행안전성 확보를 위하여 해당곡선의 제원과 해당곡선을 주행하는 차량의 제원 등으로부터 추정탈선계수비를 산정하고, 그 값이 1.2를 하회하는 곡선부에는 탈선방지가드를 설치하는 것으로 하고 있다.

○ 무도상 교량

가드레일의 설치목적은 탈선한 차량을 레일방향으로 유도하고, 교량 아래로 전락(轉落)하는 등 피해가 커지는 것을 방지하기 위한 것이므로, 급곡선이나 급구배 및 교량길이의 조건 등을 고려하여, 가드레일의 설치개소를 검토할 필요가 있다.

○ 제방

탈선한 차량이 제방 아래로 전락(轉落)하는 등 피해가 커지지 않도록 가드레일의 설치개소를 검토할 필요가 있다.

이와 같이 가드레일을 반드시 설치해야할 개소에 대해서는 추정탈선계수비 등 정량적으로 산출할 수 있는 조건도 있지만, 일반적으로는 과거의 사고 사례나 탈선한 경우의 피해가 커질 우려가 있는 개소 등, 철도사업자의 판단에 의해서 그 설치를 검토할 필요가 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)
- FOX(미국)

(다) 안전간격

1) 궤도중심간격

궤도의 중심간격은 차량한계의 최대폭 등을 고려하여 설정하여야 하며, 교행시 공기역학적 검토 등이 필요한 노선은 차량의 주행안정성을 고려하여 일정 값을 더하여야 한다. 곡선부의 궤도 중심간격은 곡선반경에 따라 건축한계 확대량에 상당하는 값을 추가하여 결정한다.

[해설]

본 조항은 차량의 주행안전과 승객 및 승무원의 안전에 지장을 미칠 우려가 없는 궤도중심간격을 규정한 것이다.

궤도중심간격은 인접하는 궤도의 중심 간의 거리를 말하는 것으로, 열차동요, 선로의 궤도변위, 열차가 서로 지나칠 때의 풍압에 대한 안전, 승객 및 승무원이 창밖으로 손이나 머리를 내밀었을 때의 안전, 인접 선로에서 작업 중인 작업관계자의 안전, 선로 사이에서의 대피, 작업용 기구의 유치, 초대형화물 운송 등의 모든 조건을 고려하고, 선로의 상황(본선 및 정차장)에 따라 규정하고 있는 것으로, 기본적으로는 건축한계 그 자체 내용과의 중복이 아닌 차량 간의 간격을 검토하는 것이다.

또한 곡선구간에서의 차량 편기에 의한 상당량의 확장이 궤도 중심 양측에서 이루어진다는 것을 고려하여 궤도중심간격에 더해줄 필요가 있다.

가) 직선에 있어서의 궤도중심간격

궤도중심간격은 차량한계의 기초한계최대폭에 열차의 동요나 열차가 교행할 때의 풍압에 대한 안전, 승객이 창밖으로 손이나 머리를 내밀었을 때의 안전등을 고려하여 소요되는 폭 이상을 더한 것으로 하여야 한다. 따라서 승객이 창밖으로 신체를 내밀 수 없는 구조의 차량만이 주행하는 구간에 관해서는 궤도중심간격의 축소가 가능하다.

정차장 구내는 열차나 차량이 정지 또는 통과하는 것만이 아니라, 입환 작업, 객차와 화차의 점검 등의 여러 가지 작업, 또는 선로 사이에 설치하는 신호기, 전철

기 표식, 전주, 조명탑 등의 설비를 고려하여 이에 소요되는 폭을 확보해 둘 필요가 있다. 또한 차량 주박을 주요한 목적으로 하는 측선 등에서는 열차의 진입속도가 낮고, 승객의 출입도 없으므로 궤도중심간격을 축소할 수 있다.

나) 궤도중심간격과 풍압

열차가 다른 열차와 고속으로 지나칠 때의 주행 안전성은 선두차량에서 발생하는 압력변동에 의한 차체 좌우 진동가속도로 평가할 수 있다. 이 압력변동은 열차속도, 차체 폭, 차체 측면 간격에 의해 결정된다.

즉 열차가 서로 교행할 때의 주행안전성의 관점에서 차체측면간격이 결정되어야 한다. 열차가 서로 스쳐지나갈 때의 압력변동은 선두차량의 형상에 크게 의존한다는 것과, 차체 좌우 진동은 작지만 충격음 등이 승객에게 미치는 심리적인 영향은 무시할 수 없다는 것 등에 유의할 필요가 있다.

다) 선로 사이에서 대피할 경우의 궤도중심간격

복선 구간 등에서 대피할 경우에는 통상 궤도가 부설된 좌우 양측에 대피통로를 설치하지만, 선형 등의 이유로 선로 사이에 대피통로를 설치할 경우에는 이를 고려하여 확장하여야 한다. 그 때 열차통과 시의 풍압을 고려하여 여유폭을 두고, 대피위치를 명시한다. 또는 대피용 통로에 난간을 설치하는 등의 안전 대책을 마련하는 것이 바람직하다.

또한 삼선 이상의 궤도가 병설되어 있는 구간에 있어서는 열차가 동시에 진입한 경우 등 부득이하게 작업원이 선로 사이에 대피하는 경우도 있을 수 있다. 따라서 작업원 등의 안전을 고려하여 삼선 이상의 궤도가 병설되어 있는 구간은 적어도 한 선로 사이에는 대피가 가능하도록 궤도중심간격을 설정하는 것이 바람직하다.

라) 곡선에 있어서의 궤도중심간격

곡선에 있어서의 궤도중심간격은 두 선의 캔트 차에 의한 편기량 및 두 선의 곡선에 의한 편기량을 확장할 필요가 있으며, 그 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$W = A + W_1 + W_2 \qquad (3\text{-}4\text{-}55)$$

여기서, W : 확장치수(mm)

$A=|C_1-C_2|$: 캔트 차에 의한 편기량(mm)

W_1 : 해당 선에 있어서의 곡선에 의한 편기량(mm, $W_1=\frac{L_0^2+L_1^2}{8R_1}$)

W_2 : 인접 선에 있어서의 곡선에 의한 편기량(mm, $W_2=\frac{L_0^2+L_1^2}{8R_2}$)

R_1, R_2 : 곡선반경(mm)

L_0 : 고정축거

L_1 : 대차중심간거리

마) 고속선에서의 궤도중심간격

고속선에 있어서의 궤도중심간격은 차량한계의 기초한계최대폭에 아래의 소요되는 폭을 더하여 결정된다.

- 궤도 유지보수 작업상의 안전성
- 열차 교행시 풍압
- 열차가 통과할 때에 일어나는 바람에 대한 작업원의 안전
- 궤도 부설의 오차
- 곡선 구간에 있어서의 확폭

또한 터널 내에서 열차가 서로 스쳐지나갈 때의 풍압은 실측 결과에 의하면 일반 구간보다도 큰 압력이 발생하지만, 상대 열차로부터 받는 압력과 같은 정도의 압력을 터널 측면으로부터도 받기 때문에, 차량주행 상의 안정은 더욱 좋다는 것이 모형실험 등에서도 확인되었다. 오히려 터널 내에서 열차가 서로 스쳐지나갈 때는 차내 압력의 변동에 의하여 승객의 고막에 미치는 충격이 문제가 되어, 차량 기밀화의 개량을 도모하고 있다.

정차장 구내의 궤도중심간격은 차량의 점검, 청소, 급수, 입환 등의 구내 작업 및 보선작업 등을 고려한 경우의 작업 공간과 함께 통과 열차가 있는 경우에는 작업관계자

가 대피한 후의 열차통과 시에 일어나는 바람에 대해서도 검토하여 결정할 필요가 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)
- FOX(미국)

2) 시공기면의 폭

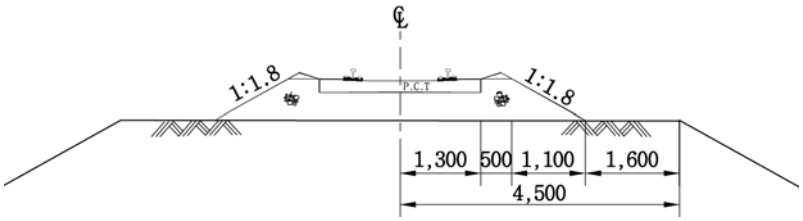
직선에 있어서의 시공기면의 폭은 궤도의 구조에 대응하여 궤도로서의 기능을 유지하고, 전철주 및 공동관로 등의 설치와 보수요원의 안전대피공간 확보가 가능하도록 정하여야 한다. 곡선에 있어서의 차량의 기울어짐 및 캔트의 영향을 고려하여야 한다.

[해설]

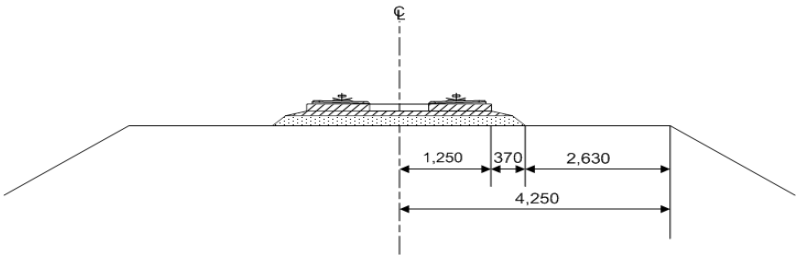
본 조항은 열차의 주행안전 및 관계자 등의 안전을 고려하여, 최소한으로 확보해 두어야 하는 시공기면의 폭을 규정한 것이다.

가) 시공기면 폭의 개념

시공기면의 폭은 궤도 중심선으로부터 외연(外緣)까지의 수평거리이다. 시공기면이란 노반의 높이를 나타내는 기준면으로서, 이에 대하여 배수 구배를 설치한 것을 노반면이라고 부르고 있다(그림 3-4-9).



(a) 자갈도상



(b) 콘크리트도상

<그림 3-4-9> 시공기면의 폭

시공기면의 폭은 일반적으로 다음의 사항 등을 고려하여 결정되는 것이다.

- 궤간
- 도상두께나 도상어깨폭 등 궤도구조상의 소요폭
- 보선작업 시의 작업성을 고려한 작업용 통로 및 열차대피
- 전기관계 시설물의 설치
- 노반구간에 있어서의 여유량

또한 노반구간에 있어서의 여유량은 다음의 사항 등을 고려해 두는 것이 필요하다.

- 기본적 여유
- 성토의 잔유 압축침하에 대한 여유
- 지반의 잔유 압밀침하에 대한 여유

나) 최소한으로 확보해 두어야 할 시공기면의 폭

○ 일반구간

시공기면의 폭은 궤도가 받는 하중을 확실하게 노반에 전달할 수 있는 폭을 최소한으로 확보할 필요가 있다. 따라서 궤도의 구조를 유지하기 위해서 최소한으로

확보해야 하는 도상두께 및 선형 등을 고려하여, 시공기초면의 최소폭을 규정한다. 실제로는 최소한의 건축한계 폭은 확보해 두어야 하고, 또한 도상두께에 따라 확폭할 필요가 있다. 그 경우에 도상의 사면은 자갈의 흘러내림 방지책을 실시함으로써 축소할 수 있다.

또한 선로작업 등으로 대피하는 등의 경우에는 해당선구의 건축한계에 관계자 등의 일반적인 사람의 신체폭의 여유를 두고 확대하는 것을 표준으로 하지만, 구체적으로는 열차속도 및 열차밀도 등을 감안하여 사업자가 판단하게 된다.

예를 들면, 열차속도 및 열차밀도가 비교적 낮은 선구에 있어서, 열차접근 경보기를 설치한 경우 등은, 신속하게 대피자세를 취할 수 있으므로 대피 시에는 열차를 주시하는 자세를 취한다는 것을 고려하면, 반드시 신체폭에 대한 여유가 없이도 안전을 확보하는 데에 저해가 되지는 않는다.

또한 선로작업 등을 감안하면 시공기면 내에는 전기 제반설비 등의 고정시설물은 가능한 한 지장을 미치지 않는 시공기면의 가장자리에 두지만, 시공기면 외에 설치하는 것이 바람직하다.

○ 곡선구간

곡선에 있어서의 시공기면 폭의 확대량 산정식은 곡선반경에 대응한 캔트를 설정함으로써 도상구간에서 곡선 외방의 도상두께가 커지게 되어 사면의 길이가 길어지는 것을 고려하여야 한다.

○ 고가교 등 그 밖의 구조인 구간

고가교 등에 대해서는 그 양단에 벽이 설치되어 폐쇄구간이 되므로, 대피 등을 위하여 여유를 두고 건설하는 것이 일반적이다. 또한 보선작업이 기계화되고 열차가 고속화되는 등의 현상을 고려하여야 한다. 따라서 열차의 운행시간 대에는 선로내에 진입하지 않는 작업형태를 취하는 경우나 슬래브 궤도 등을 부설함으로써 도상 작업이 발생하지 않는 등으로 작업 공간을 축소할 수 있는 경우 등은 건축한계에 지장을 미치지 않는 범위까지 축소할 수 있다.

○ 무도상 교량 및 터널 등의 구간

무도상 교량 및 터널 등의 구간에 있어서도, 교측(橋側)보도 및 작업용 통로 등

을 확보한 시공기면의 폭으로 해야 한다. 그러나 이러한 것들을 연속적으로 확보하는 것이 곤란한 경우에 있어서는 선로작업 등을 감안한 대피소를 설치하는 것으로 하여야 한다. 이경우 현장에서의 열차에 대한 가시거리와 열차속도 및 작업형태 등으로부터 사업자가 안전을 확보할 수 있는 설치간격을 판단할 필요가 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)

3) 건축한계

직선에 있어서의 건축한계는 차량 주행에 따라 발생되는 동요 등을 고려하여, 차량한계와의 간격이 차량의 주행과 여객 및 승무원의 안전에 지장을 줄 우려가 없도록 정해야 한다.
전기기관차 또는 전차가 주행하는 경우의 직선에 있어서의 건축한계는 차량 주행에 따라 발생되는 동요 등을 고려하여, 차량한계와의 간격이 감전 및 화재의 우려가 없도록 정해야 한다.
곡선에 있어서의 건축한계는 차량의 기울어짐에 대응하여 전 항에 있어서의 건축한계를 확대하고, 또한 차량의 기울어짐은 캔트에 의한 것이어야 한다.
건축한계 내에는 건물이나 그 밖의 건조물 등을 설치해서는 안 된다.
건축한계 내에는 열차 등 그 밖의 것을 두어서는 안 된다. 단 공사 등 기타 작업을 위하여 부득이한 경우로서 열차 및 기타 차량의 안전한 운행을 위하여 운전속도를 제한하는 등의 조치를 마련한 경우는 예외로 한다.
건축한계 외부라 하더라도 건축한계 내부로 무너질 우려가 있는 것을 두어서는 안 된다.

[해설]

본 조항은 일반 건축한계의 표준을 규정하는 것이다. 건축한계는 차량운전의 안전을 확보하기 위해서 차량한계의 외측에 필요한 최소한의 여유공간의 양(치수)을 정한 것이다. 따라서 건물 등의 건조물 또는 천연암석이나 식수 등도 이 공간을 침범할 수 없다. 보통철도인 경우의 여유공간은 차량동요(차량 자체의 기울어짐이나 궤도변위에 의한 기울어짐)량에 여객 및 승무원이 차창밖으로 신체를 내미는 경우를 고려한 값을 더하여 정하고, 고속선의 경우는 승무원이 차측을 주시하기 위해서 창밖으로 얼굴을 내미는 것 등을 고려한 값을 차량동요량에 더한 값으로 정하고 있다. 또한 차량한계 및 전기철도에 있어서는 절연이격(絶緣離隔)을 기본조건으로 하여 정하고 있다.

궤도는 초기에 설정된 궤도중심을 유지하도록 항시 유지보수함과 동시에 건조물 등의 이상에 주의를 기울여 건축한계를 확보함으로써 차량운전의 안전을 확보한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)

(라) 안전설비

1) 선로내의 진입방지 설비

사람이 선로에 진입할 우려가 있는 장소에는 필요에 따라 상당하는 진입방지 설비를 갖추거나, 또는 위험하다는 표시를 해야 한다.
전항 규정에 관계없이 고속선의 경우에는 교량, 터널 및 그 외 객장에 진입하는 것이 불가능한 장소를 제외하고 진입방지 설비를 갖추어야 한다.

[해설]

본 조항은 사람이 선로 내에 진입하는 것을 방지하기 위한 설비 등을 규정한 것이다.

가) 선로내의 진입방지 목적

사람이 선로로 진입하였을 경우 진입자의 신체 위험은 물론 중대한 사고로 연결될 우려가 있기 때문에 방호설비를 설치하여야 한다.

진입 방지를 위한 방호설비란 담 또는 진입금지 등의 위험표시 등을 말하며, 특히 고속선에 대해서는 고속운전이기 때문에 교량, 터널 및 그 외 사람이 쉽게 진입할 수 있는 부분을 제외하고 담을 설치하는 것이 의무로 되어 있다.

나) 사람이 선로에 진입할 우려가 있는 장소

① 도로가 궤도와 평면교차 및 평행, 또는 근접한 구간에서 통학로 및 놀이터가 설치되어 있는 곳
② 인가가 궤도와 가까이에 밀집되어 있거나, 또는 공원과 놀이터가 있으며 사람이 모이기 쉬운 장소
③ 그 외 과거에 사고가 있었던 곳, 또는 그 고장의 청원 등으로 특별히 필요하다고 인정된 장소

다) 방벽 등의 구조

방벽은 길고 명확히 구분되며 튼튼하게 지어져야 하며, 사람이 선로에 쉽게 진입할 수 없는 높이 및 구조로 해야 한다. 어떤 지역은 자연식생이나 개울 또는 제방

이 적절한 방벽이 되기도 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)
- FOX(미국)

2) 선로 진입로

교량 또는 터널의 시작점 및 끝점, 산악지역 등 외부에서 선로로의 접근이 곤란하다고 인정되는 주요지점에는 비상상황이 발생하는 경우, 선로의 유지보수 및 관리를 위하여 선로접근도로를 설치하여야 한다. 다만, 선로접근도로의 설치가 곤란하다고 인정되는 지점에는 「항공법」에 의하여 회전익항공기가 이·착륙할 수 있는 장소를 확보할 수 있다.

[해설]

본 조항은 유지보수 및 비상사고 발생시 응급조치 및 승객 구난을 위한 시설 등을 규정한 것이다.

가) 선로 진입로의 목적

유지보수 및 비상사고 발생시 응급조치 및 승객 구난을 위해서는 선로로의 진입로를 설치하여야 한다.

나) 선로 진입로가 필요한 개소

통상적으로 선로 접근은 선로의 경계를 따라 이루어져야 한다. 그러나 교량 또는 터널의 시작점 및 끝점, 산악지역 등 외부에서 선로로의 접근이 곤란하다고 인정되는 주요지점에는 선로 진입로가 설치되어야 하며, 이 경우 진입로 끝에 주차와 회송이 가능하도록 하여야 한다. 다만, 선로접근도로의 설치가 곤란하다고 인정되는 지점에는 「항공법」에 의하여 회전익항공기가 이·착륙할 수 있는 장소를 확보할 수 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)

3) 피난용 설비

궤도는 사고가 발생한 경우 및 그 외 긴급한 경우에 피난하려는 승객이 안전하게 보행할 수 있어야 한다. 단, 시설 상황에 따라 상당 피난 설비를 설치한 경우는 반드시 이에 준하지 않아도 된다.

[해설]

본 조항은 유지보수 및 비상사고 발생시 응급조치 및 승객 구난을 위한 시설 등을 규정한 것이다.

가) 피난용 설비의 목적

궤도는 사고가 발생한 경우 및 그 외 긴급시에 승객을 안전하게 피난시킬 수 있는 구조로 할 필요가 있다. 이 경우, 피난 경로로서는 승객이 통로상을 걸어서 안전하고 긴급하게 피난할 수 있는 것은 그것을 이용하지만, 불가능한 구조를 갖는 철도의 경우에는 피난 설비를 갖출 필요가 있다.

나) 피난용 설비가 필요한 개소

① 무도상 교량

무도상 교량에서 침목 시설 구간에 있어서는 침목간 빈 틈이 있기 때문에 궤도간 내를 보행하는 것이 곤란하며, 승객의 피난 또는 담당자의 작업상 안전을 확보하기 위해서는 궤도간 내에 연결재 등을 갖추어 보행판을 설치하거나, 교측 도보를 설치할 필요가 있다.

② 지하역 및 지하역에 인접된 터널

지하역 및 지하역에 인접된 터널은 피난 유도설비를 설치하여, 쉽게 피난이 가능

하도록 할 필요가 있다. 예를 들어, 정전 및 지진 발생시 등 부득이하게 전철을 역과 역 사이에 정지시킨 경우, 승객은 가장 가까운 역까지 피난하게 되는데, 그 설비로서 비상용 전원에 의한 조명설비 및 역까지의 거리 및 방향을 나타내는 표식을 설치한다. 또한 피난 방법은 궤도 등을 보행하게 된다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도건설규칙
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)

4) 선로표지

본선에는 궤도 유지보수 및 열차의 운전 안전 확보에 필요한 선로표지를 설치해야 한다.

[해설]

본 조항은 유지보수 및 열차운행의 안전확보를 위하여 필요한 선로표시에 대해 규정한 것이다.

가) 선로표시의 설치

선로표시는 궤도 보호와 관련된 역무원 및 작업상 필요성 외에 운행 보안상 필요성으로부터 설치하는 것이다. 선로표시의 종류는 다음과 같다.

① 차량 접촉 한계표

차량접촉 한계표는 궤도의 분기장소 또는 교차장소까지 차량이 타 궤도에 지장을 주지 않는 한계를 나타내는 것이다.

② 거리표

궤도의 기점에서부터의 거리를 나타내는 것이다. 거리표의 종류는 매1km, 매

500m, 매 100m 등의 간격으로 현지 실정에 맞는 형태로 설치한다. 터널 내 및 적설지 등 이것들을 설치하기 어려운 경우에는 적합한 특수 구조를 사용하거나 측벽 등에 거리를 기입하도록 한다.

③ 곡선표

곡선표는 해당곡선의 곡선 반경, 실제 캔트, 완화곡선 길이 등을 표시하는 것이다. 곡선표의 설치 위치는 곡선의 중앙, 곡선의 시종점, 곡선의 시종점 및 체감표 설치, 완화 곡선 시종점 등이 있다.

④ 경사표

경사표는 경사의 변경점에 설치하고, 각각 경사를 표시하는 것이다. 경사의 굴절 방향이 상반되는 경우는 표판을 한장으로 하고, 그 양면에 각각 경사를 표시할 수 있다. 표시의 단위는 ‰(1/1,000)을 표준으로 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도건설규칙
- Railway Safety Principles & Guidance(영국)
- FOX(미국)

(마) 유지보수

1) 선로의 보전

선로는 열차 등이 소정의 속도로 안전하게 운전할 수 있는 상태로 유지되어야 한다.

[해설]

본 조항은 열차의 주행안전성을 확보하기 위해서 필요한 선로의 보전에 대해 규정한 것이다.

가) 선로 정비

선로의 정비는 선구의 궤도 구조, 윤중, 운전 속도, 통과 톤수 등에 따라 실시하는 것으로, 위의 조건에서 보수 주기를 상정하고 미리 정비값, 보수의 예산, 종사원수, 보수 방법 등을 정하여 계획적으로 실시할 필요가 있다. 따라서 정비 상태에 따라서는 열차 또는 차량이 소정 속도로 주행할 수 없다는 점도 고려해야 한다.

그리고 정비값에 대해서는 궤도 변위의 종별마다 구체적으로 설정하고, 그 정비값를 초과한 때에 적절한 처리가 실시되도록 체제를 정비해 둘 필요가 있다.

나) 궤도 감시

레일, 이음매판 등의 손상, 분기기의 접착·밀착 불량, 노반 함몰 등 열차의 안전 운행에 지장을 끼칠 우려가 있는 상황을 발견한 경우에는 그 정도에 따라 아래와 같이 적절한 처지를 강구하여 중대한 사고에 이르지 않도록 하여야 한다.

① 열차의 정지 준비를 한다.
② 열차의 서행 준비를 하고 재료 교체 준비를 한다.
③ 요주의 장소로서 감시 마크를 붙여 정기적으로 감시한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

・ 鐵道に關する技術基準(일본)

2) 신설 및 개량 선로의 검사 및 시운전

신설 및 개량을 실시한 선로는 이것을 검사하고 시운전을 실시한 후에만 사용할 수 있다. 단, 소규모 개량한 선로는 본선에 지장을 끼칠 우려가 없는 측선에서는 시운전을 생략할 수 있다.
재해 기타 운전 사고가 발생한 선로에서, 고장 우려가 있는 것과 사용을 중지한 선로에서 열차 등을 운전하는 경우는 미리 해당 선로를 검사하고 필요에 따라 시운전을 실시해야 한다.

[해설]

본 조항은 검사 및 시운전이 필요한 시설에 대하여 규정한 것이다.

가) 선로의 검사 및 시운전

① 신설 및 개량의 경우

선로를 신설 및 개량을 한 경우는 다음 항목 등에 대하여 검사를 실시하고, 필요에 따라서 시운전을 실시하여 차량의 안전 운전을 확보할 필요가 있다.

- 건축 한계에 지장을 초래하는 설비 등이 설치되어 있지 않은가?
- 궤간·수준 등의 궤도틀림이 허용치를 넘지 않았는가?
- 도상 및 노반을 신설 또는 개량한 경우는 소정의 지지력이 확보되어 있는가?

그리고 시운전을 생략할 수 있는 경우는 다음의 표와 같다.

<표 3-4-4> 시운전을 생략할 수 있는 경우

공사 종류		시운전 생략할 수 있는 경우
소규모의 선로 개량		· 대폭적인 궤도 중심선의 변경이 없는 경우 · 분할 시공에 의해 부분적으로 선로를 개량하는 경우 등
궤도 재료교환	레일, 분기기 등	· 도상 및 노반 작업을 실시하지 않는 경우 등
	도상, 침목 등	· 도상 및 노반 작업을 실시해도 상응의 처치를 한 경우 등

② 재해 기타 운전 사고가 발생한 경우

재해 기타 운전 사고가 발생하여 고장의 우려가 있거나 사용을 중지한 선로도 신설 및 개량의 경우와 마찬가지로 검사하고 필요에 따라 시운전을 실시할 필요가 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

・ 鐵道に關する技術基準(일본)

3) 선로의 정기검사

선로는 사용 상황에 따라서 검사 주기, 대상으로 하는 부위 및 방법을 정하여 정기검사를 실시해야 한다.

[해설]

본 조항은 열차의 주행 안전성을 확보하기 위해서 실시해야할 선로의 정기 검사에 대해서 규정한 것이다.

가) 정기 검사의 필요성

열차를 지지하고 열차 주행 공간을 확보하고 안내한다는 매우 중요한 기능을 가진 기반시설인 선로는 설계, 시공 과정에서 검증이 필요할 뿐만 아니라, 운행 개시 후의 기능 보전이 특히 중요하다. 이를 위해서는 정기적으로 그 기능을 확인하고 필요에 따라서 개량 등을 실시하여야 한다.

나) 궤도의 정기적 기능 확인

열차의 운전 등에 의해서 손상, 마모, 열화 등이 발생할 우려가 있는 궤도는 정기적으로 기능을 확인함으로써 사람과 화물 수송용에 제공해도 안전하다는 것이 보증되어야 한다. 또한 이 기능의 확인 결과, 필요하면 유지보수 등을 실시하여 사고와 고장 등을 미연에 방지할 수 있다.

따라서 이들 기능을 확인하기 위해서 최저한 확보해야 할 검사 주기는 과거의 실적과 경험 등을 감안하여 일정한 기준을 제시하는 동시에 운영자는 이를 바탕으로 각각의 사용 조건과 구조 등에 따라서 검사 주기, 검사 방법 등을 보다 상세하게 정하고 이를 준수해야 한다.

다) 궤도의 정기 검사

궤도의 정기 검사는 다음과 같은 사항에 대해서 철도 상황에 따라서 실시할 필요가 있다.

① 궤도 틀림 검사(궤간, 수준, 고저, 통과 및 평면성)

② 열차 동요 검사

③ 유간 검사
④ 레일, 분기기, 신축 이음매, 침목, 슬래브 및 기타 재료 검사
⑤ 도상 및 노반 검사

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

4) 기록

앞 조의 규정에 의해 선로 검사와 개량 등을 실시한 때에는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다.

[해설]

본 조항은 선로의 검사 결과를 기록하여 유지 관리에 활용해야 하는 사항에 대해서 규정한 것이다.

가) 기록의 필요성

선로를 적절하게 유지 관리하기 위해서는 이들 상태에 대해서 정기적으로 검사를 실시하여 그 실태를 정확하게 파악하고, 그 결과 처리를 요하는 것에 대해서는 때를 놓치지 말고 적절하게 처리하는 것이 중요하다. 그리고 선로를 개량한 경우에 대해서도 그 내용 등을 파악해 두는 것이 사후의 설비 관리상 불가결하다.

그러기 위해서는 선로의 정기 검사 또는 개량을 실시한 경우, 그에 관련된 실시 시간, 실시 내용(위치 및 정도) 및 결과 등에 대하여 기록하는 것이 중요하다.

철도 운영자는 이 기록에 근거하여 면밀한 보수 계획 등을 세우고 그 보수 계획에 근거하여 철저하게 보수를 실시해야 하며, 그런 의미에서 본 조항에서 이들 기록에 대하여 규정한 것이다. 또한 이들 기록에 대해서는 각 선로의 중요도 등을 감안하여 상세한 기록 방법 등에 대해서 정하고, 이를 지키는 것도 필요하다.

나) 기록 보존

선로에 있어서 기본적으로는 전체가 교체될 때까지 기록을 보존하는 것이 중요하다. 따라서 순회 기록, 궤도 틀림 기록, 재료 검사 기록, 유간 검사 기록, 공사 기록 등 각 검사 등의 목적에 입각하여 적절하게 유지 관리하는 것을 기본으로 검사 등의 주기도 감안하여 기록 종별마다 보존 기간을 정해둘 필요가 있다.

또한 분기기, 교량, 터널 등에 대해서는 개별적으로 검사, 보수 기록을 관리할 필요가 있다. 예를 들어 분기기에 있어서는 장대레일 등의 마모 상황 및 보수 이력을 기록해 둘 필요가 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 鐵道に關する技術基準(일본)
- FOX(미국)

제5절 노반 안전기준(안) 및 해설

	검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

4. 프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.

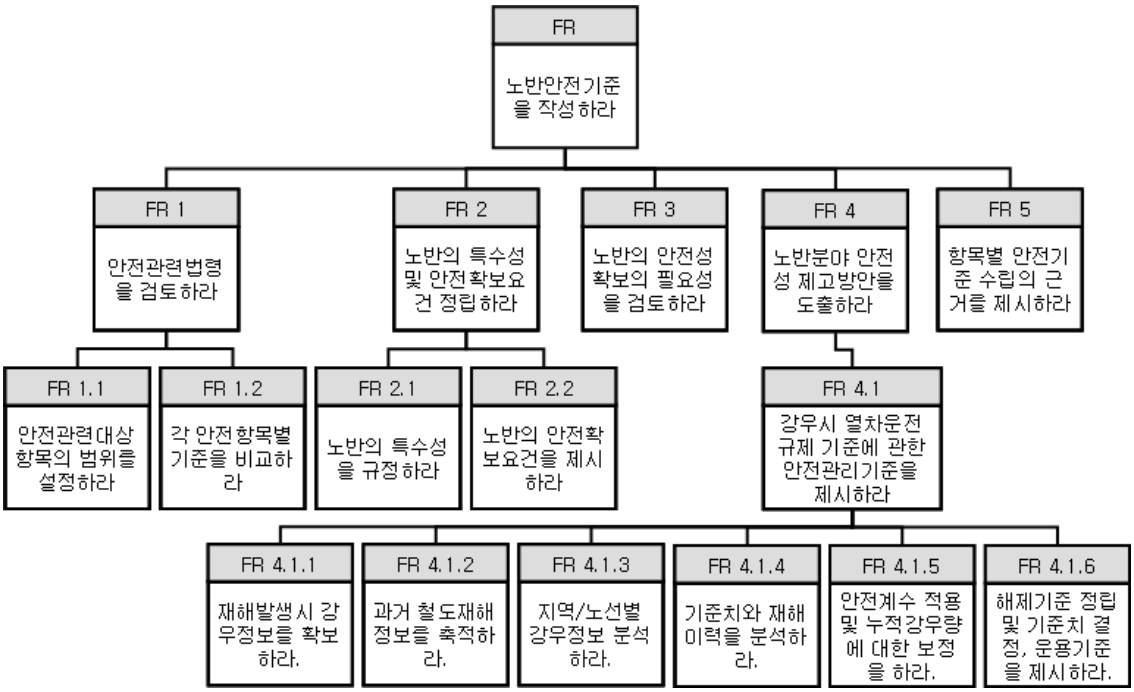
4.2 프로젝트는 노반안전기준을 작성하여야 한다.

입력물 :	**업무 :**	**출력물 :**
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 궤도 안전기준(안) 및 해설서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - RVCD

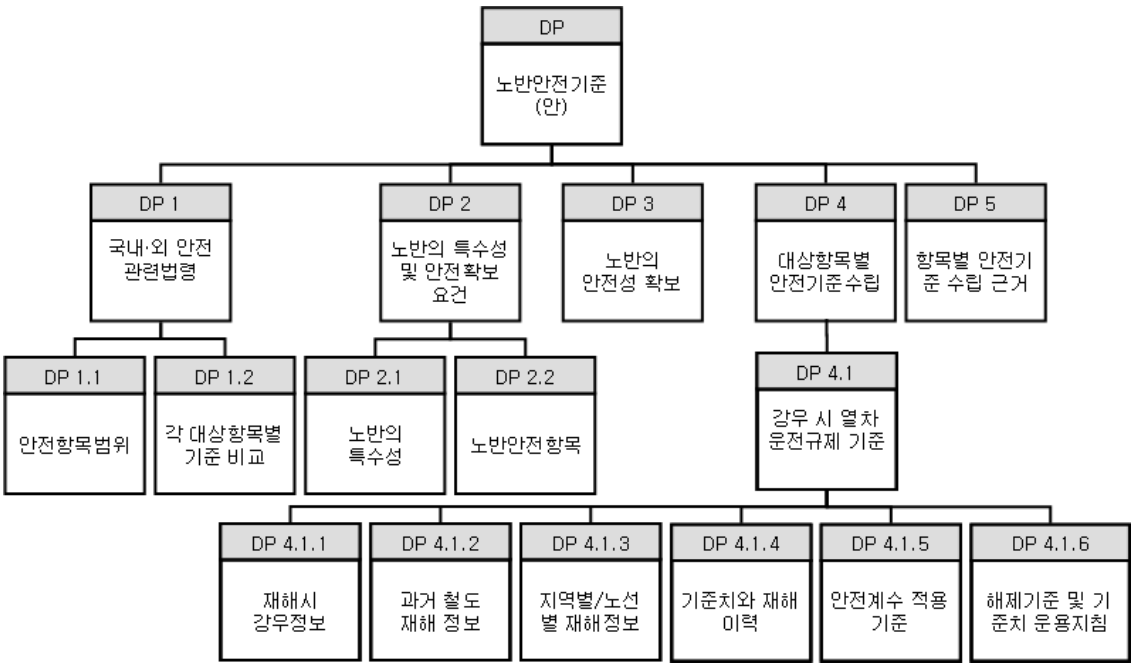
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 비교분석 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

노반 안전관리 체계 구축은 시스템 요구사항 『SR 4. 프로젝트는 선로구축물 안전기준을 작성하여야 한다.』 중 『SSR 4.2 프로젝트는 노반안전 기준을 작성하여야 한다.』 에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 노반 안전기준(안), 재해시 대책 및 열차운전규제기준(안)을 작성하였다.

나. 설계기준

(1) 국내 설계기준 또는 지침

- 철도건설법
- 철도건설규칙
- 철도설계기준
- 철도재해업무처리규정
- 철도설계기준
- 고속철도설계기준

(2) 국외 관련기준 또는 지침

- 강우에 관한 운전규제등 요령(재래선), JR東日本
- 강우에 관한 운전규제등 요령(신간선), JR東日本

열차운전규제기준의 작성을 위하여 <표 3-5-1>과 같이 국내외 강우경보기준을 검토하고 궤도특성을 고려하여 과거 재해이력과 강우DB를 활용하여 연구를 수행하였다.

<표 3-5-1> 국내외 산사태 및 사면관련 강우경보기준 일람

기관	분류	예경보	기준우량	강우지표	단위
건설부 (1988)	1지역	산사태 주의보	당일우량	90	mm/day
	2지역			75	mm/day
	3지역			55	mm/day
	1지역	산사태 경보		105	mm/day
	2지역			90	mm/day
	3지역			75	mm/day
홍원표 (1990)	소규모 산사태	산사태 경보	최대시간강도	10	mm/hour
			2일누적강우량	40	mm/2day
	중규모 산사태		최대시간강도	15	mm/hour
			2일누적강우량	80	mm/2day
	대규모 산사태		최대시간강도	35	mm/hour
			2일누적강우량	180	mm/2day
이영남 (1991)		산사태 경보	24시간내 강우량	200	mm/day
			24시간 이상 내린비의 시간당 평균	10	mm/hour
산림청 (1993)	연속강우량	산사태 주의보		100	mm/hours
	시우량			20	mm/hour
	일강우량			80	mm/day
	연속강우량	산사태 경보		200	mm/hours
	시우량			30	mm/hour
	일강우량			150	mm/day
김상규 (1994)	2일 연속강우량	산사태 주의보		100	mm/hours
	시우량			15	mm/hour
	일강우량			80	mm/day
	2일 연속강우량	산사태 경보		200	mm/hours
	시우량			30	mm/hour
	일강우량			140	mm/day
홍콩	24시간 예상강우량이 175mm 이상일 때 경보 발령			175	mm/day
일본	일강우량이 150-200mm 이상이면 붕괴급증		150	200	mm/day

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

연구 성과물에 대한 전문가 자문을 통하여 국내외 자료와 비교, 국제규격의 부합성 등에 대한 검증

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 노반 안전기준(안)

(가) 토공일반

흙쌓기, 땅깎기 등 토공은 열차를 안전하게 지지하는 동시에 부등침하가 발생되지 않도록 하여야 하며, 충분한 내구성과 안정성을 확보할 수 있도록 적절한 재료를 사용하여 시공되어야 한다.

[해설]

토공은 철도 선로시설의 기초 부분으로서 근본적인 내구성과 안전성이 확보되어야 하며, 특히 흙쌓기의 경우 재료의 투수성, 압밀성 등 사용재료의 제반 물성과 시공성 및 장기적 안정성에 대한 객관적인 검증이 시공 단계 이전에 수행되어야 한다. 흙쌓기시 한 층의 마무리 두께는 다짐 규정을 만족하는 두께로 하여 30㎝를 넘지 않는 것을 표준으로 하며 소요 다짐도를 만족하기 위한 적당한 한 층 두께는 흙쌓기 재료, 다짐기계, 다짐 회수 등에 따라 다르므로 실제 시공 전에 시험 다짐시공에 의해 반드시 확인할 필요가 있다.

한국철도시설공단의 철도설계기준에서 토공에 대한 기준은 다음 <표 3-5-2>와 같이 제시하고 있다.

<표 3-5-2>흙쌓기시 흙의 종류에 따른 강도정수 기준(철도설계기준 노반편 4.1.5)

흙의 종류 (통일분류법)	재료의 상태	단위중량 ($tonf/m^3$)	내부마찰각 (도)	점착력 ($tonf/m^2$)
GW, GP	다진것	2.0	40	0
SW, SP	입도분포가 좋은것	2.0	35	0
	입도분포가 나쁜것	1.9	30	0
SM, SC	다진것	1.9	25	3이하
ML, MH, CL, CH	다진것	1.8	15	5이하

흙노반 재료는 상부노반과 하부노반으로 분리하여 기준을 규정하고 있다.

○ 상부노반의 흙쌓기 재료(철도설계기준 노반편 4.2.2)

(1) 흙노반의 재료는 양질의 자연토 등을 이용하여 설계한다.
(2) 흙노반의 재료는 노반 분니가 발생하지 않고, 진동이나 유수에 대해서 안정해야하며 열차 하중을 지지할 수 있는 강도가 있어야 한다.
(3) 자연토의 노반재료로서의 적합 조건은 다음과 같다.
① 최대 입경은 25mm이하일 것.
② 200번체 통과율이 35%이하일 것.
③ 40번체 통과분에 대한 소성지수가 10이하일 것.
(4) 상기의 조건 외에 이암질 등의 불량한 토사가 혼입하지 않도록 하여야 한다.

○ 하부노반의 흙쌓기 재료(철도설계기준 노반편 4.4.1)

(1) 흙쌓기 재료는 다짐시공이 쉽고 외력에 안정성을 확보해야 하고 유해한 변형이 발생하지 않는 재료로 설계한다.
(2) 특히 동결된 재료나 함수비가 높아 소요의 다짐도가 얻어질 수 없는 재료는 사용하지 않도록 하여야 한다.
(3) 화강풍화토의 경우에는 일반적으로 물을 함유하는 능력이 작고 투수성이 크며 점착성이 작기 때문에 우기시 침식에 약하고 식생에 적당치 않으므로 경사면 다짐을 하여야 하고 적정한 비탈면 보호공법이 필요하다.

흙노반의 다짐방법 또한 상부노반과 하부노반을 분리하여 규정하고 있다.

○ 상부노반의 흙쌓기 다짐(철도설계기준 노반편 4.2.3)

(1) 상부노반의 흙노반 다짐은 KSF2312의 D다짐에 의한 최대건조 밀도의 95%이상 다짐도(이하 1종다짐이라 한다.)로 설계해야 한다. (2) 평판재하시험 K_{30}값이 11kgf/㎠이상(K_{30}>11kgf/㎠)으로 다짐하도록 하여야 한다. (3) 다짐장비는 상기 다짐도를 얻을 수 있는 장비로 하여야 한다.

○ 하부노반의 흙쌓기 다짐(철도설계기준 노반편 4.4.2)

(1) 하부노반 다짐은 KSF 2312의 A방법에 의한 최대건조 단위중량의 90%이상의 다짐도(이하 2종다짐이라 한다)로 설계하여야 한다. (2) 또한, 평판재하시험에 의한 K_{30}값이 7kgf/㎠이상으로 다짐하도록 설계하여야 한다. (3) 다짐장비는 상기 다짐도를 얻을 수 있는 장비로 설계하여야 한다.

흙쌓기 지지지반은 흙쌓기를 안전하게 지지하는 한편 침하가 되지 않도록 하여야 하며 지표에서 흙쌓기 폭의 약 2배(25m를 한도)의 깊이까지 지진시액상화가 일어나지 않는 지반이어야 한다. 흙쌓기 지지지반의 조건은 철도설계기준 노반편에서 다음 <표 3-5-3>과 같이 규정하고 있다.

<표 3-5-3> 흙쌓기 지지지반 조건

구 분	세구분	흙쌓기 지지지반으로서 필요한 조건
암 반		조건 없음
풍화층	자갈층	조건 없음
	모래층	N값이 10이하인 경우에는 지진시 액상화될 위험이 있는 층이 아닐것
	세립토층	N>4 조건 없음 4≧N≧2 인 경우에는 층두께 3m 이하 일 것 2>N인 경우에는 층두께 2m 이하로서 안정성을 확인할 것

땅깎기의 기울기, 소단 등의 땅깎기면 형상은 지형, 지질, 암질, 토질 등을 검토하고 안정성과 배수공을 고려하여 설계해야 한다. 비탈면의 기울기는 한국철도시설공단 노반설계기준에서는 다음과 같은 값을 표준으로 한다.

<표 3-5-4> 땅깎기 비탈면의 표준 기울기

토 질		땅깎기 높이	비탈면기울기	비고
암괴, 호박돌을 함유한 점성토		5m 이하	1 : 1.0~1.2	GM, GC
		5~10m	1 : 1.2~1.5	
점 성 토		0~10m	1 : 1.0~1.5	ML, MH, CL, OL, CH
자갈	조밀하고 입도가 양호한 경우	10m 이하	1 : 1.0	GW, GM, GC, GP
		10~15m	1 :1.0~1.2	
	조밀하지 못하고 입도가 불량한 경우	10m 이하	1 : 1.0~1.2	
		10~15m	1 : 1.2~1.5	
사질토	조밀한 경우	5m 이하	1 : 1.0	SM, SC
		5~10m	1 : 1.0~1.2	
	조밀하지 않은 경우	5m 이하	1 : 1.0~1.2	
		5~10m	1 : 1.2~1.5	
모 래			1 : 1.5 이상	SW, SP
연 암			1 : 0.5~1.2	
경 암			1 : 0.3~0.8	

<표 3-5-5>흙쌓기 비탈면의 표준 기울기

시공기면까지의 높이(m)	비탈면 기울기
7.5m 미만	1:1.8
7.5m 이상 13.5m 미만	1:2.0
13.5m 이상	1:2.3

또한 토공은 콘크리트 구조물이나 강구조물에 비하여 시공의 정밀도가 완성후의 품질에 미치는 영향이 크기 때문에 시공에 필요한 공기 및 시공시기를 신중히 검토하여야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 고속철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단

(나) 사면

① 사면은 완만하게 시공되어야 하며, 급비탈면에는 선로에 토사, 낙석 및 유수 등이 유입되지 않도록 예방조치를 하여야 한다. ② 낙석 및 붕괴위험 지역에서는 지장물 검지장치 및 낙석 방지공 등을 설치하여 낙석으로부터 주행하는 열차의 안전을 확보하여야 한다.

[해설]

선로변에 토사, 낙석, 유수 등의 유입시, 심한 경우에는 열차의 운행 자체가 차단될 수 있다. 따라서 가능한 한 급한 경사를 갖는 사면이 조성되지 않도록 하여야 하며, 급사면의 경우에는 토사, 낙석, 유수 등에 대한 예방조치가 사전에 확보되어야 한다. 특히 낙석의 경우에는 주행열차와 직접 충돌되거나 선로변에 놓여진 암괴로 인하여 열차의 탈선 등 대형사고와 연결될 수 있으므로 검지장치 및 낙석 방지공 등을 설치하는 등, 추가적인 안전설비 및 안전대책이 사전에 확보되어야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 고속철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단

(다) 세굴 및 침식방지공

흙쌓기 또는 땅깎기의 하단은 강우 시 세굴 및 침식에 대한 방지수단이 강구되어야 한다.

(라) 토공배수

흙쌓기 및 땅깎기 등 토공은 배수에 대한 모든 요구조건을 만족하여야 한다.

[해설]

강수는 강우와 강설을 포함하고 있으며 우리나라의 경우 최고 유출량에 영향을 주는 것은 강우가 지배적이므로 철도배수시설 기준의 유출량은 강우를 대상으로 한다. 실질적으로 강우 및 유수에 의한 토공 피해가 빈번하게 발생되는데, 이러한 피해가 우려되는 지역의 경우에는 원칙적으로 배수에 대한 최대한의 고려가 사전에 이뤄져야 한다.

노반 배수공을 설치하는 경우는 다음을 기준으로 구분하여 설계한다.

<표 3-5-6> 노반 배수공 설치개소

목적	형상	명칭	설치개소
노반 및 땅깎기 비탈면의 표면수 배수	배수구	선로측구	전구간 본선수로 및 지축수로
		선로간 배수구	1) 복선 이상의 구간
			2) 복선 이상에서 시공기면에 단차가 있는 구간
			3) 노반표면의 횡단구배가 오목하게 되는 구간
	배수관	선로횡단 배수공	1) 구배구간에 설치된 구조물 상방향의 개소
			2) 선로간 배수구와 선로측구 연결개소
			3) 긴 절취구간의 흙쌓기,땅깎기부 경계
지하수의 배수		지하 배수공	선로측구 및 선로간 배수구 하부
	배수층		노반아래 전체 폭

토공노반 표면수를 배수하기 위하여 노반표면을 시공면 폭 중심에서 외측방향으로 3%의 횡단기울기로 하고 선로측구, 선간배수구 및 선로횡단 배수공을 설계한다. 또한 토공노반 표면수가 쉽게 배수 되도록 배수구의 구조를 잘 선택하도록 하고 표면수의 배수를 방해하는 장애물이 없도록 하여야 한다. 노반 상에 배수를 저해하는 시설물이 있는 경우에는 노반 측구를 설치하고 배수처리를 원활히 하기 위하여 지형에 따라 약 20～30m 마다 집수정을 설치하여야 한다.

강우에 의한 직접적인 침식 및 세굴 이외에도 토공 내 지하수위의 증가 및 수압의 증가에 의해 지지력의 약화 및 부등침하의 발생 등이 우려될 수 있으며, 이는 곧 주행열차의 안전성과 직결되기에 설계단계에서 적극적인 검토가 수행되어야 한다. 토공노반 땅깎기 구간에 지하수위가 있을 경우 노반표면에 분니발생 또는 간극수압의 상승으로 지지력이 감소되므로 지하배수공을 설치하며 지하배수공은, 다공 콘크리트관, 부직포 등의 필터재가 부착된 유공관 등의 지하배수관과 두께 15cm의 배수층을 두어야 한다. 또한 지하배수관은 토사의 유입 또는 막힘이 발생하지 않는 구조로 하여야하며, 배수관의 설치위치는, 열차하중을 직접 받지 않도록 침목 단부에서 45°각도로 그은 선보다 외측에, 또 비탈면의 안정에 나쁜 영향을 미치지 않도록 비탈면 연장선상보다 외측에 배치해야 한다. 만약 배수관의 설치위치가 벗어날 경우에는, 열차하중 등에 대한 안전성 및 비탈면의 안정에 대한 검토를 하여야 한다. 배수층의 재료는, 입도배합이 좋고, 노반재료에 대해 필터의 효과가 있는 강모래 등의 재료로 하여야한다.

땅깎기면을 직접 노반으로 하는 암반의 경우에는 배수층은 불필요하지만 비화 또는 팽윤이 발생하기 쉬운 연암 또는 취약암의 경우에는 배수층을 검토해야 하며 토목섬유를 이용하는 경우는 배수성 및 내구성 등을 충분히 검토하여 선정한다.

땅깎기와 흙쌓기의 접속부에는 반드시 배수공을 설치하여야 하며, 특히 종단 기울기가 변화하는 변곡점부에는 노반의 연약화를 방지하기 위한 횡단배수 유도관을 설치하여 배수처리를 하여야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 고속철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단

(마) 옹벽

① 옹벽은 장기적 안정성이 확보되도록 설계 및 시공되어야 하며 가능한 토압이 작게 발생하도록 그 위치를 선정하여야 한다.

② 옹벽배면의 뒷채움에 있어서는 배수문제를 토압계산과 함께 매우 중요하게 고려하여야 한다.

③ 급사면을 갖는 옹벽에는 종사자(철도시설관리자)들의 접근을 위해 난간 등을 설치하여야 한다.

[해설]

옹벽은 가능한 한 토압이 작게 발생하는 위치를 정함과 동시에 시공법 및 경제성을 고려하여 현장의 실상에 맞는 적절한 형식 및 기초구조를 선정하여야 한다. 옹벽구조형식의 선정에 있어서는 경제성이 우선 고려되어야 하지만 지나치게 경제성만 강조하여 현장의 지형상황, 시공성 등을 무시해서는 안된다. 옹벽에서 배수기능이 불충분하면 토압보다 훨씬 큰 수압이 작용하기 때문에 배수문제를 토압계산과 함께 매우 중요하게 고려하여야 한다. 옹벽 배수는 지표면배수와 뒤채움 배수로 대별된다. 지표면배수는 우수 등의 지표면수가 뒤채움 흙 속에 침투하지 않도록 상

부일반표준배수기준을 적용한다. 옹벽의 상부는 불투수층으로 마감하고 경사를 두어 물이 침투하지 않도록 한다.

뒤채움 흙의 종류별 배수대책은 다음과 같다.[구조물기초 설계기준 해설, 2003]

① 뒤채움 흙이 조립토인 경우

직경 100mm 이상의 경질 염화비닐관이나 기타재료로 형성된 물구멍(weep hole)을 용이하게 배수할 수 있는 높이에서 배수공의 면적을 합하여 2~4m^{2}에 한 개씩 설치(<그림 3-5-1>의 (a)) 하거나 다공파이프를 옹벽의 길이 방향으로 매설하여 배수를 유도(<그림 3-5-1>의 (b))한다. 부벽식 옹벽에서는 부벽사이의 한 구간마다 1개 이상의 물구멍을 설치한다. 옹벽 뒷면의 물구멍 주변에는 필터역할을 할 수 있는 자갈 또는 쇄석을 채워서 토사가 물구멍을 막는 일이 없도록 한다.

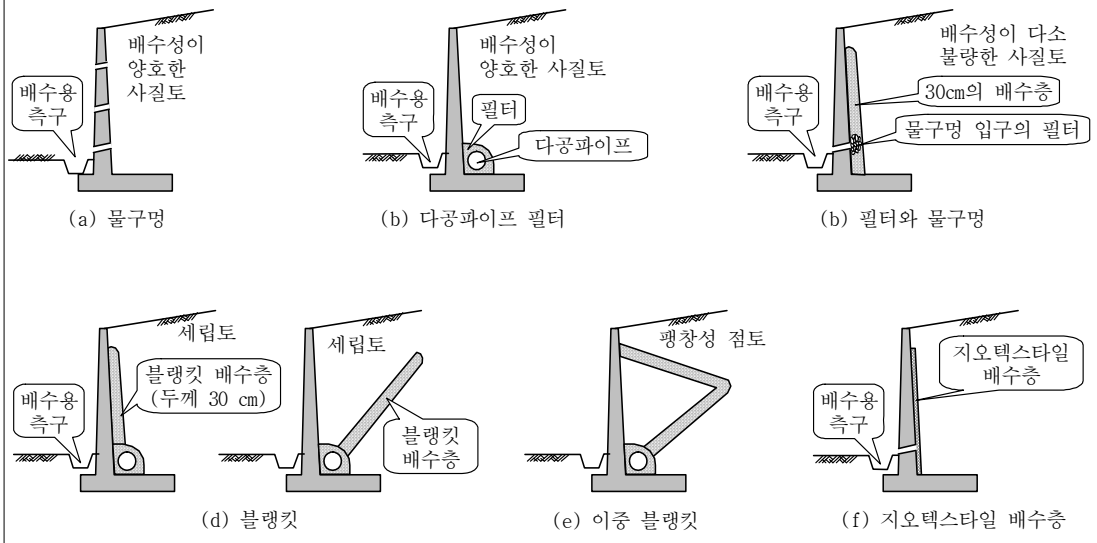
② 뒤채움 흙이 세립토를 함유한 경우

배수시설과 더불어 옹벽의 뒷면에 필터재를 설치하여 배수층을 형성(<그림 3-5-1>의 (c))한다. 배수층으로는 통상 벽 안쪽 전면에 걸쳐 두께 300mm 정도의 자갈 또는 쇄석층을 두되 배면토에 대한 필터층으로서의 조건이 만족되도록 입도배합을 한다. 이와 같이 연속적인 배수층을 설치하면 이층에 도달된 물은 가장 가까운 배수공으로 배출되지 않고 아래로 흘러서 최하단의 배수공으로 집중된다. 따라서 배수층 하단에 배수관을 설치하고 안전한 위치로 배수되도록 한다. 또한 유하된 물이 기초 슬래브 바닥에 정체되어 흙을 연화시키지 않도록 그 주변을 불투수층으로 차단하는 것이 좋다.

③ 뒤채움 흙이 세립토인 경우

필터 역할을 할 수 있는 자갈 또는 쇄석의 배수층을 300mm 두께로 옹벽 뒤의 전면을 따라 설치하거나 경사지게 설치(<그림 3-5-1>의 (d). (e))한다. 이 때 뒤채움 흙에 대한 필터층으로서의 조건이 만족될 수 있도록 필터재 조성시 입도 분포에 유의한다. 침투된 물은 배수층을 타고 아래로 흘러 내려서 하단 배수공으로 집수 되도록 한다. 그리고 배수관은 집수된 물을 원활히 배수할 수 있는 크기의 것을 선정하고, 또한 집수된 물이 저판 아래에 정체되어 주변의 지반을 연화시키

지 않도록 그 주변을 불투수재로 차단하는 것이 좋다. 만약 흙이 팽창성 점토질인 경우에는 침투수는 흙의 팽창을 유발할 수 있으므로 원칙적으로 이러한 흙은 뒤채움재로서 좋지 않으나 만약 부득이 사용할 경우 이중의 블랭키트 배수시설(blanket drain)을 설치(<그림 3-5-1>의 (e))한다.



<그림 3-5-1> 옹벽 배수대책의 예

또한 옹벽파괴 원인의 대부분은 집중호우 등에 의한 배수불량과 동시에 기초지지의 불량에 의한 것이므로 배면지반의 배수계통과 기초의 지반조건을 충분히 검토하여야 한다. 기초지반의 조사깊이는 지지력, 활동, 침하 등에 영향을 미치는 범위에 대해 실시하여야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 철도설계편람(토목편) 한국철도시설공단

(바) 접속구간

토공과 구조물이 접하는 구간에서는 부등침하가 발생되지 않도록 하는 동시에 노반의 강성이 급격히 변화하지 않도록 하여야 한다

[해설]

토공과 구조물이 접하는 구간은 하부구조의 급격한 변화로 인해 다양한 기술적 문제를 발생시키게 된다. 주행열차 충격하중의 증가로 인한 궤도의 파괴 및 부등침하의 발생, 열차 진동가속도의 증가로 인한 승차감의 저하 등, 발생가능한 문제에 대한 사전 검토가 요구되며, 특히 하부구조의 강성이 급격하게 변화하지 않도록 적정한 대책(방진침목 설치, 구조물 배면 강화, 접근강성구간 설치, 보강레일 설치 등)이 설계 단계에서 수립되어야 한다.

접속부의 표준 단면과 재료는 철도공사 전문시방서(토목편) 3-7(구조물 접속부)을 참조하여 설계하며 접속부에 사용하는 재료는 압축성이 작고 입도분포가 좋은 강화노반재료와 동등한 재료를 사용하며 접속부는 K_{30}이 15kgf/cm^3 이상이 되도록 다짐하는 것으로 설계한다.

흙쌓기와 구조물이 접하는 부분에 분기기 설치시는 접속부를 분기기까지 연장하고 사각구조물에서는 좌우 궤도강성의 균일성을 유지하도록 설계하여야 한다.

[적용범위] 일반철도

[참고기준/근거 등]

- 철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 고속철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단

(사) 연약지반

토목구조물이 원지반상에 놓이게 될 경우 지반은 상부하중에 대해 안전해야 한다.

[해설]

연약지반의 판정은 하중재하에 따른 성토규모나 구조물의 목적에 따라 상대적인 의미로 평가되므로 정량적인 기준을 설정하는 것은 어려운 문제이지만 연약지반의 판정은 잠재적 차원에서 원지반이 갖고 있는 지반특성치를 판단하여 향후 발생될 지반활동을 예측하는 차원에서 매우 중요하므로 불특정하중 등이 발생할 것을 예상하여 일정한 기준치 이하를 연약지반으로 설정할 필요가 있다. 일반적으로 연약지반의 잠재성을 내포하고 있는 지반의 판정기준은 아래 <표 3-5-7> ~ <표 3-5-9>과 같다.

<표 3-5-7> 연약지반의 판단기준[건설교통부, 2000]

구 분	연약층두께 (m)	*N*값	일축압축강도 (kN/m^2)	콘 지 수 (kN/m^2)	비 고
이탄질 및 점토질 지반	D < 10	4 이하	58.8 이하	784 이하	
	D ≥ 10	6 이하	98 이하	1,176 이하	
사질토 지반		10 이하		3,920 이하	

<표 3-5-8> 구조물 종류에 따른 연약지반 판정기준[한국도로공사, 2002]

구조물 종류	지반상태							판정
	토질	층두께	N값	q_u (kN/m^2)	q_c (kN/m^2)	q_b (kN/m^2)	함수비 (%)	
도로	-		2이하	24.5이하	12.25이하	-	-	초연약
			2~4	24.5~49	12.25~245	-	-	연약
			4~8	49~98	245~4,900	-	-	보통
고속도로	이탄층	-	4이하	48이하	-	-	-	연약지반
	점성토	-	4이하	48이하	-	-	-	
	사질토	-	10이하	-	-	-	-	
철도	-	2m이하	0	-	-	-	100이상	연약지반
		5m이하	2이하	-	-	-	50이상	
		10m이상	4이하	-	-	-	30이상	
		30m이상	30이상	-	-	-	-	지지층
고속철도	-		2이하	-	19.6 이하	-	-	정밀조사필요
			2~5	-	245~4,900	-	-	연약층이 두꺼우면 추가조사 필요
			5이상	-	490이상	98 이하	-	연약지반 아님
건축	-		10이하	-	-	-	-	연약지반
휠댐	-		20이하	-	-	-	-	연약지반

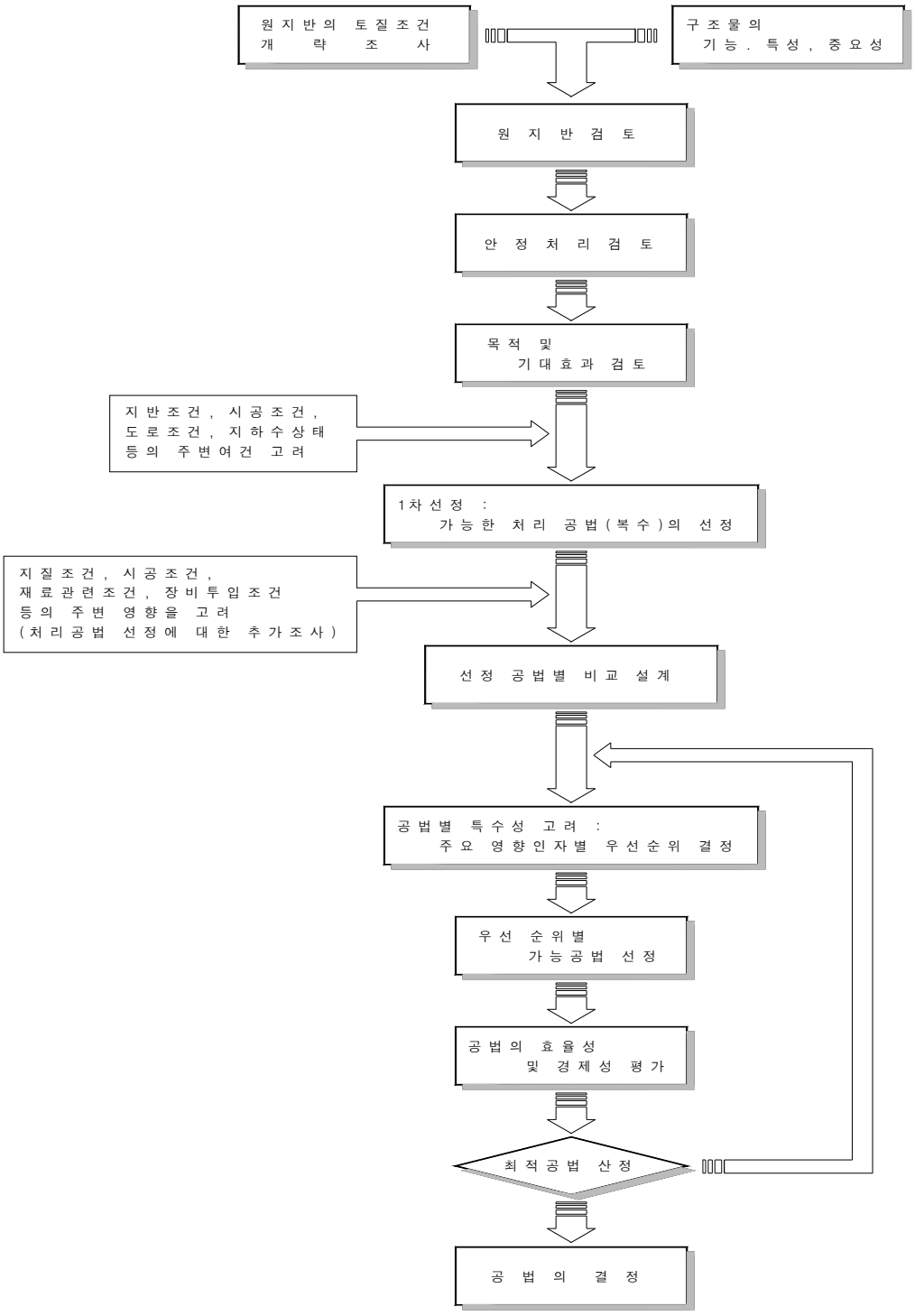
주) q_u : 일축압축강도, q_c : 콘관입 지지력, q_b : 장기허용지내력

<표 3-5-9> 토질특성에 따른 연약지반 판정기준[건설교통부, 2000]

지반구분	토질 및 토질구분			토 질 정 수			
				w_n(%)	e_o	q_u (kN/m^2)	N값
이탄지반	고유기질토	이탄토	섬유질 고압축토	300이상	7.5이상	39.2이하	1이하
		흑 니	분해가 진척된 고유기질토	300～200	7.5～5.0		
점토지반	세 립 토	유기질토	소성도 A선이하의 유기질토	200～100	5.0～2.5	98이하	4이하
		화산회질 점 토	소성도 A선이상의 화산회질 2차 퇴적 점성토				
		실 트	소성도 A선이하, 다일러턴시가 큰세립토	100～50	2.5～1.25		
		점 토	소성도 A선이상, 다일러턴시가 큰세립토				
사질지반	사 질 토	SM, SC	0.074mm체 통과량 15～20%	50～30	1.25～0.8	≒ 0	10이하
		SP-SC SW-SM	0.074mm체 통과량 15%이하	30이하	0.8이하		

주) w_n : 자연함수비, e_o : 초기간극비, q_u : 일축압축강도, N값 : 표준 관입시험

원지반상에 토목구조물이 놓이게 될 경우 현재의 상부하중 뿐만 아니라 차후에 건설될 구조물이 원지반으로서 안정성을 만족하지 못할 경우 지반보강이나 보완대책을 강구해야 한다. 지반개량은 반드시 하나의 원리에 입각하여 존재하는 것이 아니라 복수의 원리에 의해 혼합 병행공법으로 적용하는 경우가 많다. 그러므로 연약지반 처리공법의 선정에 있어서는 개량의 목적을 명확히 하여야 하며, 대상 지반의 성질, 하중조건, 시공여건, 공사기간, 주변 자연환경과 주변에 미치는 영향 등 제조건을 감안하여 개량목표와 원활한 시공, 경제성을 고려한 적합한 공법을 선정하여야 한다. 처리공법의 선정에 대한 흐름도와 유의사항은 다음과 같다.



<그림 3-5-2> 공법 선정의 흐름도

<표 3-5-10> 공법선정에 따른 유의사항

구 분	유 의 사 항
· 구조물 특성	구조형식, 규모, 기능, 중요도
· 연약지반의 특성	연약층의 종류, 연약층의 범위, 심도, 지반전체의 지층상태, 지지층의 심도와 경사, 각 층의 공학적 특징
· 개량의 필요성	가설적 개량, 영구적 개량
· 개량의 목적	강도증가, 침하촉진, 침하 및 액상화 방지, 지수
· 지반개량공법의 특성	설계의 정도, 시공능력, 시공의 난이도, 시공기계나 재료입수의 난이도, 효과판정의 난이도
· 공기나 환경에 따른 제약	공기, 오염, 진동, 소음
· 종합적인 경제성	기타 공법과 비교
· 기타	설계 변경의 난이도, 장래계획의 연계성

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 고속철도설계기준(노반편) 한국철도시설공단
- 한국도로공사 연약지반 판정기준
- 건설교통부 연약지반 판정기준

(2) 철도재해 최소화를 위한 대책 및 열차운전규제기준

(가) 강우시 열차운전규제기준(안)

강우시 열차운전규제기준은 열차의 안전운행을 확보하기 위하여 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 과거 철도재해 정보 및 재해발생시의 강우정보
2. 지역/노선별 강우정보 분석
3. 재해자료 및 강우정보 비교분석을 통한 기준 상한치와 안전계수
4. 열차운전규제기준은 시간강우량과 누적강우량을 기준으로 설정
5. 적절한 규제 해제방안

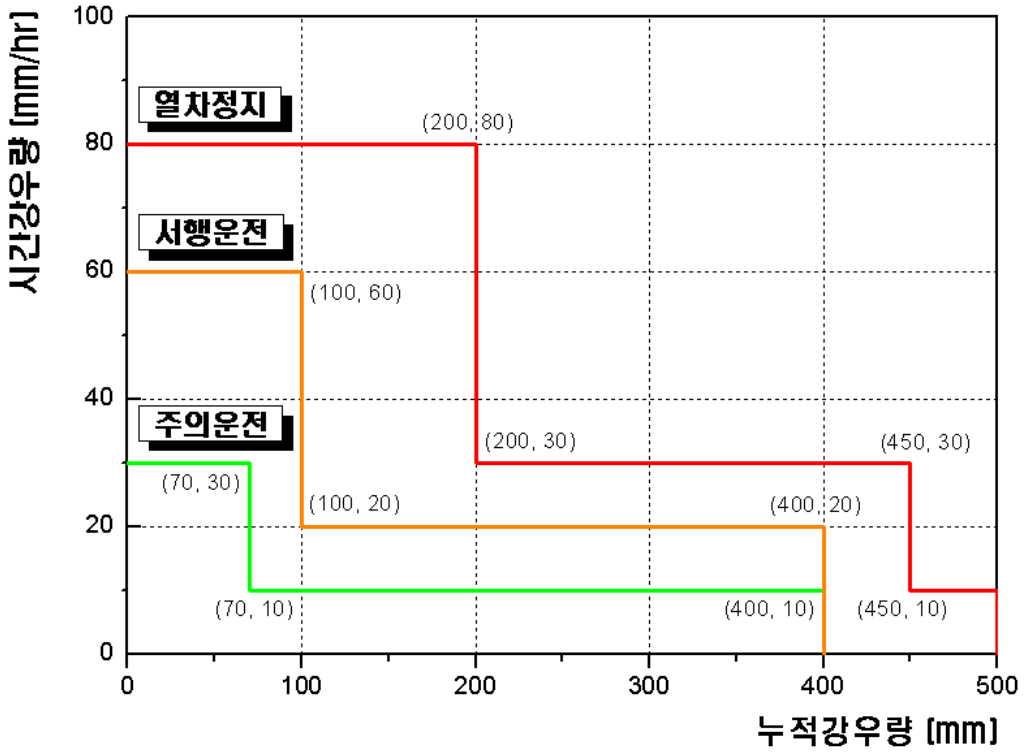
[해설]

열차운전규제기준은 강우시 시간강우량과 누적강우량에 따라 열차를 정지, 서행, 주의, 정상운행으로 구분하여 발령하므로서 열차의 안전을 확보하여야 한다. 강우시 열차운전규제기준은 과도한 안전측으로 작성될 경우 비효율적 철도운영으로 인한 문제가 발생할 수 있으며 불안전측으로 고려될 경우에는 승객의 안전을 보장할 수 없는 위험한 사태가 도래할 수 있다. 따라서 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ㅇ 열차운전규제 발령빈도 대비 철도재해 발생 비율을 고려하여 적절한 열차운전규제기준을 설정하여야 함.
- ㅇ 강우데이터와 재해이력 비교를 통하여 정기적인 열차운전규제기준의 보완이 있어야 함.
- ㅇ 열차의 안전측면과 운용측면 모두를 고려한 적절한 접근이 이루어져야 함.
- ㅇ 재해발생시 적극적인 대처가 가능한 열차서행도 안전측으로 고려되어야 함.
- ㅇ 열차운전규제 발령시 적절한 해제방안은 인력에 의한 부분과 시스템에 의한 부분을 분리하여 역할을 분담하고 필요한 분야에 대해서는 상호연동이 이루어져야 함.

이상의 고려사항들을 반영하여 과거 재해이력과 2004년 철도강우정보, 1995년~1999년 기상정보를 비교 분석함에 의해 '열차서행' 및 '운행정지' 기준을 제시하였으

며, ‘경보발령’의 경우에만 국한하여 안전측으로 적용함에 의해 강우시 열차 안전확보를 위한 ‘경보발령-주의운전’ 기준으로 제안하였다. 시간강우량 30mm/hr, 누적강우량 400mm를 상한선으로 두고, 시간강우량 10mm/hr 그리고 누적강우량이 70mm 이상인 영역에 대하여 ‘경보발령’ 영역으로 정의하였다.



<그림 3-5-3> 강우시 열차운전규제 기준
(적색선 열차운행정지, 주황색선 열차서행, 녹색선 경보발령-주의운전)

[적용범위] 일반철도

[참고기준/근거 등]

- 강우에 관한 운전규제등 요령(재래선) JR東日本
- RSPG(영국)

1) 개요

대륙횡단철도 및 남북철도연계사업 등으로 어느 때보다 철도의 중요성이 부각

되고 있는 시점에 있으나, 철도차량의 고속화, 첨단화, 현대화에 비해 상대적으로 기존 철도시설의 많은 부분이 사용년수 경과로 인한 노후화 및 건설 당시와 상이한 환경조건 및 설계조건으로 안전성과 신뢰성에 많은 문제점이 내재해 있으며, 근래 세계적인 기후의 이상변동으로 인해 지진, 호우 등 천재지변이 다발하여 철도의 안전을 위협하고 있다. 또한 고속으로 열차가 주행 중 재해가 발생하게 되면 인적, 물적 손실은 물론 국가 경제에 미치는 손실도 방대해지게 되므로 지진, 호우, 강풍, 강설 등의 자연재해에 대한 종합적인 방재대책이 필요로 된다.

효율적인 방재대책을 위해서는

① 재해우려시설 추출 및 현장조사(안전진단, 점검)에 의한 안전성 평가

② 재해우려시설의 안전성 향상 방안 수립

③ 재해복구지원체계 등을 적절히 조화시켜 시행해야 하며

여기에서 '재해우려시설의 안전성 향상 방안 수립'은 다시 철도시설물 보수·보강, 재해우려 시설물에 대한 상시계측으로 예·검지시스템 구축, 재해우려시 철도시설물별 열차운전규제기준 정립으로 나뉠 수 있다.

본 절에서는 정보수집체계의 전산화를 통해 강우자동경보시스템을 구축함에 있어 강우에 기인한 철도시설 등의 재해를 안전하고 효과적으로 예방하기 위한 강우시 열차운전규제를 설정하기 위해 요구되는 기본적인 제안사항을 기술함과 동시에 과거 및 금년 철도 재해규모와 당시의 강우정보를 비교 분석함에 의해 지역별 강우시 열차운전규제기준을 제안하여 철도운영기관에서 강우시 열차안전 확보를 위해 명확한 판단을 시행함에 있어 보다 정량적인 근거가 될 수 있도록 하였다.

향후 전산화된 강우정보 DB가 축적되고 강우정보와 철도수해와 상관성 분석을 실시한다면 보다 정밀도 있는 규제기준으로 현업에 활용도 높은 기준이 될 것이라 판단된다.

2) 강우시 고속철도 열차운전규제기준

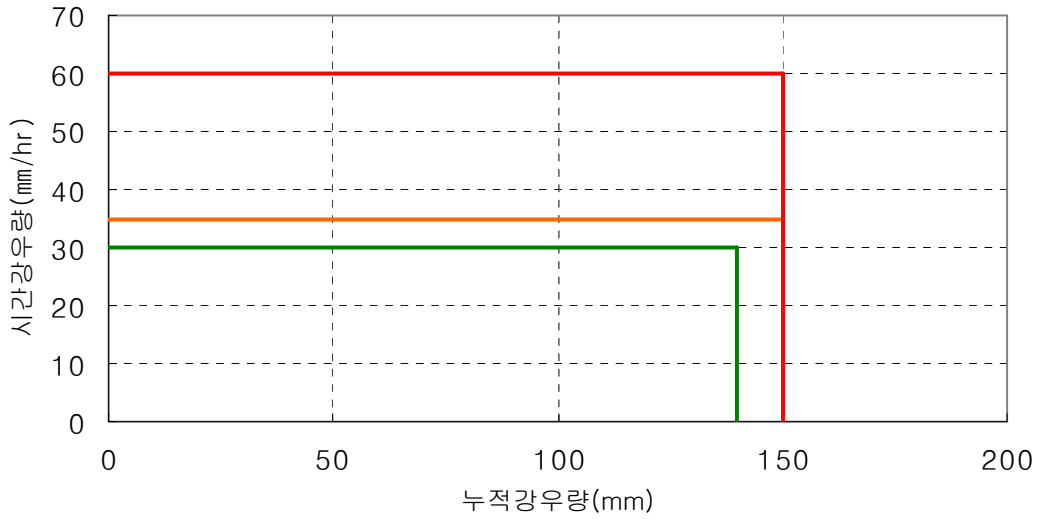
고속철도에서 급격한 기상조건 변화(태풍, 집중호우, 폭설 등)는 고속으로 주행하는 열차에 직접적인 위험요소가 될 수 있으므로 변화하는 기상조건을 검지하여 관련정보를 운영자에게 전송하여 상황에 따라 열차를 감속 또는 정지하도록 하는 설비를 구축하여 운용하고 있다.

국내의 고속철도의 강우시 열차운전규제기준으로는 철도에 적용할 만한 국내 기

준이 없어 프랑스와 일본에서 시행하고 있는 기준을 그대로 채택하여 운용하고 있다. 아래의 <표 3-5-11>은 외국 기준을 참조하여 도입된 강우시 고속철도의 열차 운전규제기준을 보인 것이며, <그림 3-5-4>는 현재 경보발령, 열차서행, 운행정지 순으로 시간강우량과 누적강우량의 기준으로 나타낸 것이다.

<표 3-5-11> 고속철도 운전규제기준

운전기준	시간강우량	일연속강우량	24시간 강우량	비고
경보발령	-	-	-	해당없음
열차서행	30mm	-	140mm	A구역(170km/h)
열차서행	35mm	-	150mm	B구역(70km/h)
운행정지	60mm	150mm	-	-

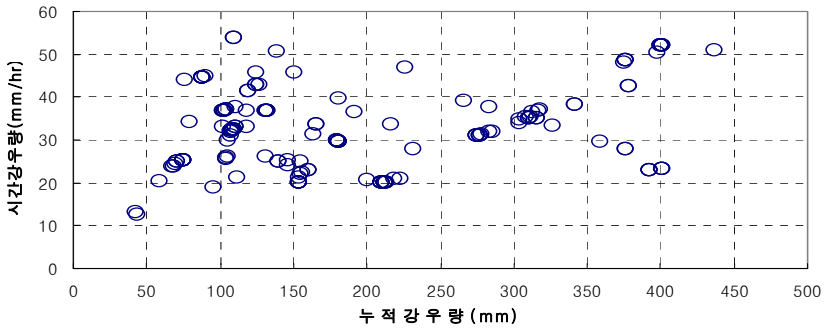


<그림 3-5-4> 고속철도 운전규제기준 그래프

3) 강우시 열차운전규제기준

가) 한국철도공사의 과거 재해이력 및 강우정보

본 연구에서는 한국철도공사에서 과거 수년간 태풍 및 국지성 호우에 의해 받은 재해이력과 강우정보를 비교 분석하여 강우시 열차운전규제기준으로 제안하고자 하였다. 재해가 발생한 대상개소는 전국 노선에 걸쳐 약 4년간 170여개소를 추출하였으며, 재해발생개소의 강우정보에 대해서는 한국철도공사 재해대장 자료를 적극 참조함과 동시에 기상청 관측데이터를 입수하여 보간법을 활용하여 전국 노선에 대한 강우량을 산정하였다.



<그림 3-5-5> 재해발생시 시간강우량과 누적강우량 분포

<그림 3-5-5>에 나타난 바와 같이 재해발생의 경우 누적강우량은 약 50mm에서 450mm 정도로 다양하게 분포하지만, 시간강우량에 있어서는 약 20mm/hr에서 55mm/hr까지 분포하며, 대략 20mm/hr 이상인 경우에서 대부분 발생하는 것을 확인할 수 있다. 다시 말해서 시간강우량이 약 20mm/hr 이하인 경우로 지속적인 강우가 내리는 경우에 있어서는 강우시 열차운행에서 안전을 확보할 수 있다고 판단할 수 있다. 일반적으로 시간강우량에 의한 재해는 표층붕괴 등의 소규모 재해발생과 관련이 있고, 누적강우량이 증가함에 따라 발생하는 경우는 원호활동파괴 등의 중대규모의 재해발생이 많으므로 재해사례를 근거했을 때 국내 철도노선은 누적강우량에 의한 중대규모의 재해발생 가능성이 작은 것을 알 수 있다. 보간법에 의한 자료이므로 강우량정보의 정확성에 신뢰도는 높지 않지만, 과거 재해발생이 어떤 정도의 강우량에서 발생하였는가에 대한 개략적인 판단자료로 활용할 수 있을 것

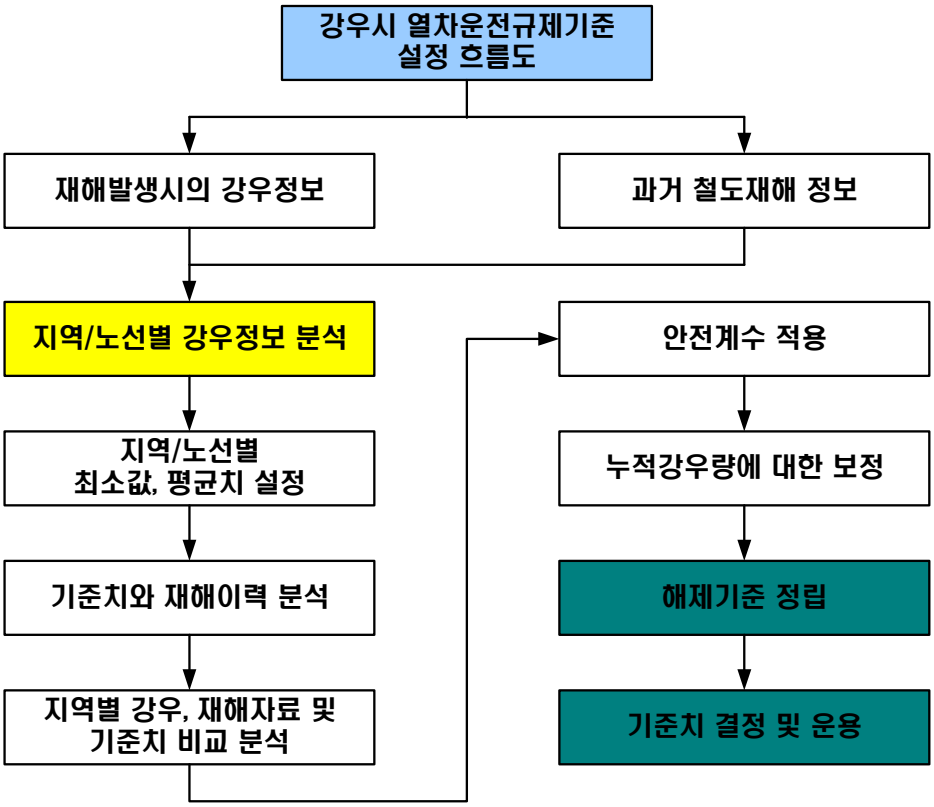
이다.

국내외 기관에서 기준을 설정함에 있어 활용한 데이터의 수와 비교하면, 강우데이터가 많다고 할 수 없으나, 일본의 '강우시 열차운전규제 등 요령'에서 대상 구간으로 내강우강도를 추정하기 위한 자료가 부족한 경우 등의 기준치 결정방법에 따라 과거 강우 데이터가 부족하거나 연속적인 이력이 얻어지지 않는 경우에 대하여 과거의 재해발생시의 누적강우량·시간강우량, 기존에 대응하는 우량의 극한치(시우량, 24시간우량, 2일간우량 등), 법면채점표에 의한 허용일우량 평가결과, 유사 타구간에 있어서 재해·강우 데이터 및 기준우량 등으로부터 종합적으로 판단하여 발령기준우량을 결정한다고 제시된 바, 본 연구에서도 과거 재해사례와 강우량 정보, 그리고 공학적인 판단에 근거하여 기준을 정립하고자 하였다.

나) 강우시 열차운전규제기준 설정

철도선로에서 발생하는 제반 재해 가운데에서 특히 높은 발생건수 비율을 가지는 토사재해의 대부분이 강우와 관련된 우수에 기인하는 것이며 더욱이 강우 그 자체는 극히 일상적인 자연현상이기 때문에 강우에 대한 적절한 재해경비 및 운전취급의 방법을 정하는 것은 운송의 안전·안정 확보 측면에서 가장 중요한 한가지이다.

근본적으로 강우시 열차운전규제기준의 문제는 토사재해에 대한 정밀도 높은 예지·예측이 기술적으로 곤란하다는 것과 더불어 전체적인 판단 및 처치를 충분한 시간적 여유가 없이 이상기후의 경우에 대해서 시행되어져야만 한다는 것이다. 그러므로 강우시 열차안전확보를 위한 운전규제기준 등을 작성함에 있어서는 세부적인 부분까지 포함한 내용으로 작성되도록 사전에 충분한 준비 및 검사가 필요하다. 또한 그 적용에 있어서는 자의적인 판단의 여지가 전혀 남아있지 않도록 절대기준으로서 엄정하게 작성되어야 한다.



<그림 3-5-6> 강우정보 및 재해이력을 이용한 강우시 열차운전규제기준 흐름도

본 연구에서 국내외 기관에서 활용하고 있는 다양한 강우기준치를 검토하여, 강우시 열차운전규제기준 설정 및 운용함에 있어 간편성, 용이성, 정보 전달성 등을 적극적으로 검토하여 1차적으로 시간강우량과 누적강우량을 활용한 기법으로 기준을 설정하고자 하였다. <그림 3-5-6>은 시간강우량과 누적강우량을 활용한 기법으로 기준치를 설정하기 위한 진행과정을 제시한 것이다.

① 강우시 열차운전규제기준(안) 도출

강우시 열차운전규제기준의 설정을 위하여 철도에서의 전체 재해발생에 대하여 강우량 정보를 종합적으로 표현하여 <그림 3-5-7>에 나타내었다. 적색으로 표시된 선이 재해발생 평균우량지표이며, 주황색으로 표시된 선이 재해발생이 시작되는 우량지표를 제시한 것이다.

한편, 태풍이나 국지성 호우 등에 의한 철도재해의 예측 및 경보시스템을 설정하

기 위한 방법, 즉 강우시 열차운전규제기준은 다음과 같은 세가지 범주로 나뉠 수 있다.

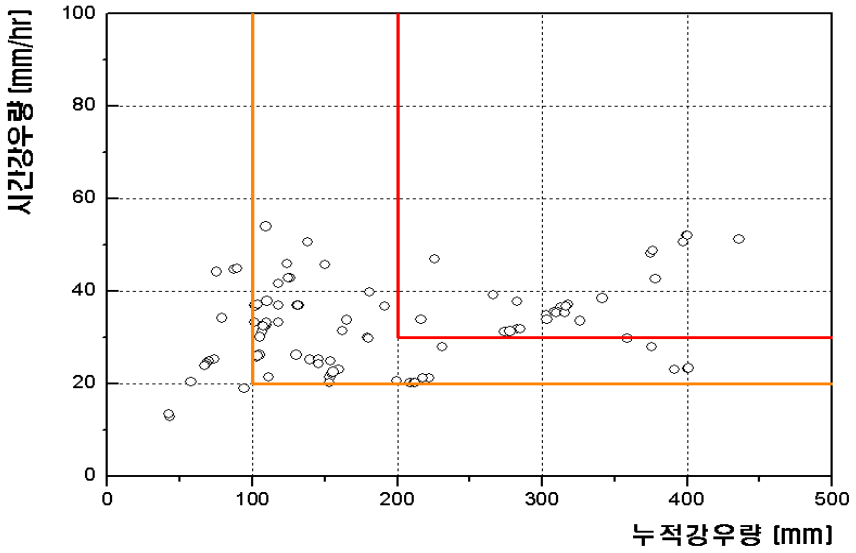
① 범주 I : 근사적인 방법

② 범주 II : 지형·지질·지반공학적 요소를 고려한 방법

③범주 III : 공학적 해석 기반을 갖는 방법

범주 I의 근사적인 방법은 단순하게 정의할 수 있는 특징을 갖고 있으며 상당히 유용하게 활용할 수 있다. 하지만 다음과 같은 제한사항이 존재하게 된다.

- 선행강우량의 영향이 토층 상태에 따라 달라지게 되므로 근사적인 방법이 일반적으로 적용가능하지 않은 경우가 있다.
- 근사적인 방법은 파괴의 진행에 앞서 경보를 주기에는 부족하다.



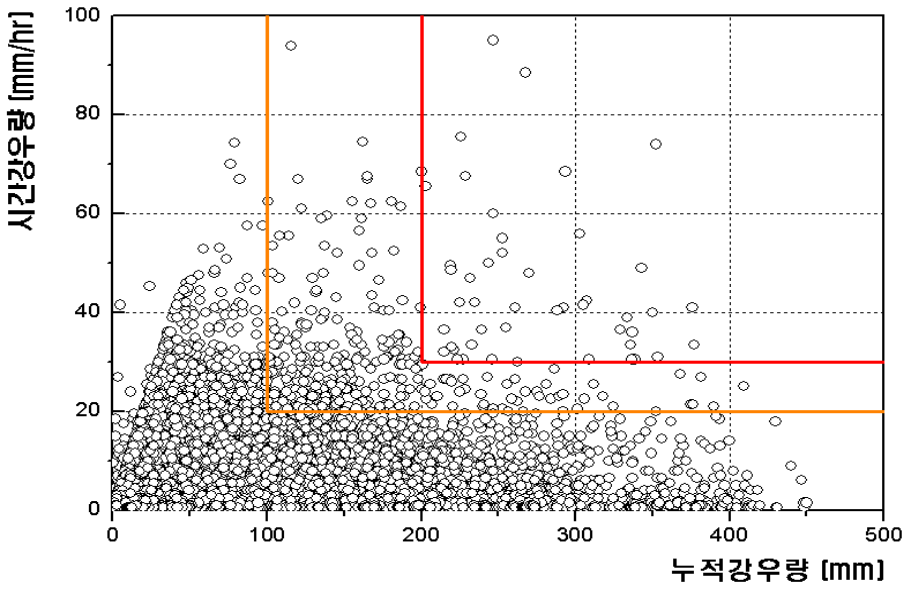
<그림 3-5-7> 재해발생 시작 강우정보와 평균 강우정보 비교 총괄

각각의 범주는 여건에 따라 선택할 수 있으나 범주의 단계가 높아짐에 따라 보다 선진화된 기준으로 설정될 것으로 판단된다. 본 과업에서는 국내 철도 현실을 고려하여 1차적으로 범주 I의 방법으로 기상청 및 한국철도공사의 강우자료와 철도재해와의 단순 통계해석을 통한 근사적인 방법으로 강우시 열차운전규제기준을 제안하고자 하였다. 추후 지속적인 강우량 데이터의 축적, 지형·지질·공학적 요인

을 고려한 해석 등이 추진됨에 따라 보다 정밀도 있는 기준으로 정립될 것이라 판단된다.

② 강우자동경보시스템 자료와 재해발생 강우지표 비교분석

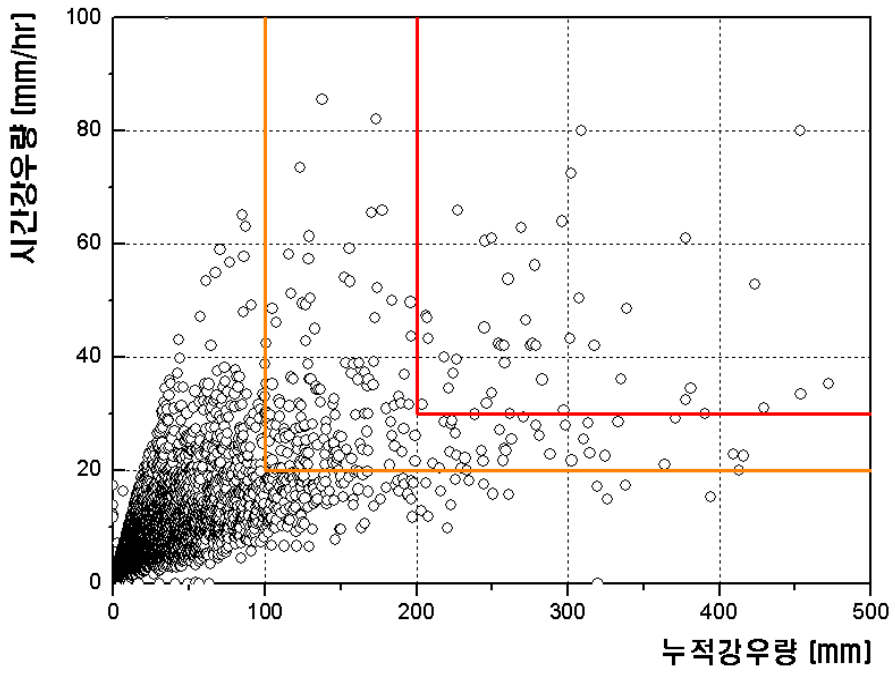
재해사례와 강우정보 분석에 의해 재해발생 시점 강우지표와 재해발생 평균 강우지표를 1차적으로 강우시 열차 운전중지상황과 정상운행상황의 2단계로 나누어 정립하였다. 2004년 한 해 동안 강우자동경보시스템에서 저장된 모든 강우지표를 시간강우량과 누적강우량의 형태로 전환하고, 이를 재해사례에 근거해서 얻어진 기준과 비교하였다. 또한 기준작성의 신뢰도 향상을 위해서 재해근거자료로 삼고 있는 1995년부터 1999년까지의 모든 강우자료를 기상청으로부터 입수하여 분석하였다.



<그림 3-5-8> 2004년 강우량정보와 재해사례에서 얻어진 우량지표 비교(주황색선 재해발생 시점 우량지표, 재해발생 평균 우량지표)

2004년의 경우, 전년도와 달리 국내 철도영업선에 막대한 악영향을 크게 끼친 태풍이 적었지만, 모두 3차례의 태풍이 있어 크고 작은 철도피해를 유발시켰다. 과거 재해가 발생했었던 시점 우량지표를 열차운행중지 기준으로 적용함이 안전상 가장 바람직하겠지만, 재해발생을 고려하지 않고 순수하게 강우상황만을 고려한 강우자동경보시스템에 저장된 강우정보를 보면(<그림 3-5-8>), 재해발생 시점 우량

지표의 경우 과도하게 열차정지가 많이 발생하게 되므로 철도운영처의 입장에서 보면 매우 곤란한 경우로 발전될 여지가 있다. 또한 <그림 3-5-9>에 제시한 1995년부터 1999년까지의 기상자료에서도 동일한 상황이 보여지고 있다. 그리고 지금까지 철도에서는 적정한 강우시 열차운전규제기준이 없어 시간당 강우량이 약 150mm/hr인 상황에서도 열차를 운행한 사례가 있었던 것 만큼, 재해발생시 적절한 조치가 가능한 열차서행도 안전측으로 고려하여 재해발생 시점 우량지표를 열차서행의 기준으로 정하고, 재해발생 평균 우량지표를 열차정지 기준으로 설정함이 타당하리라 판단되었다.



<그림 3-5-9> 1995년~1999년 강우량정보와 재해사례에서 얻어진 우량지표 비교

다시 말해, 재해발생 시점 우량지표를 열차정지의 기준으로 설정하지 않고 재해발생 평균 우량지표를 설정하는 이유는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 철도 자체망을 활용하지 않고, 과거 재해이력과 재해시 기상청 강우정보를 비교/보간하여 우량지표를 산정함에 따라 강우정보의 정확도가 떨어진다.
- 재해발생 시점우량지표를 적용한 경우, 2004년 철도강우정보 및 1995년~1999년

기상청 자료에서 볼 수 있듯이 열차정지가 과도하게 발생된다.

- 한국철도공사에서는 국민의 안전뿐만 아니라, 정시운행이라는 국민과의 약속도 매우 중요하기 때문에 운용 측면에서의 접근도 필요하다.
- 과거 강우시 열차운전규제기준이 존재하지 않았을 때를 기준으로 하면, 재해발생시 적극적인 대처가 가능한 열차서행도 안전측으로 고려될 수 있다.
- 강우자동경보시스템에 저장되는 강우정보와 향후 발생 가능한 재해와의 분석으로 최소 5년 정도의 지속적인 기준의 재설정이 추진되어야, 보다 완전한 형태의 기준으로 설정될 수 있는 바, 초기 기준으로서 보다 관대한 기준을 적용하여 운영하고, 강우정보의 축적에 의한 조정이 요망된다.

따라서 본 과업에서는 재해발생 시점의 우량지표를 '열차서행'의 기준으로 설정하고, 재해발생 평균 우량지표를 '열차중지' 기준으로 설정하여 시범운용토록 유도하였다.

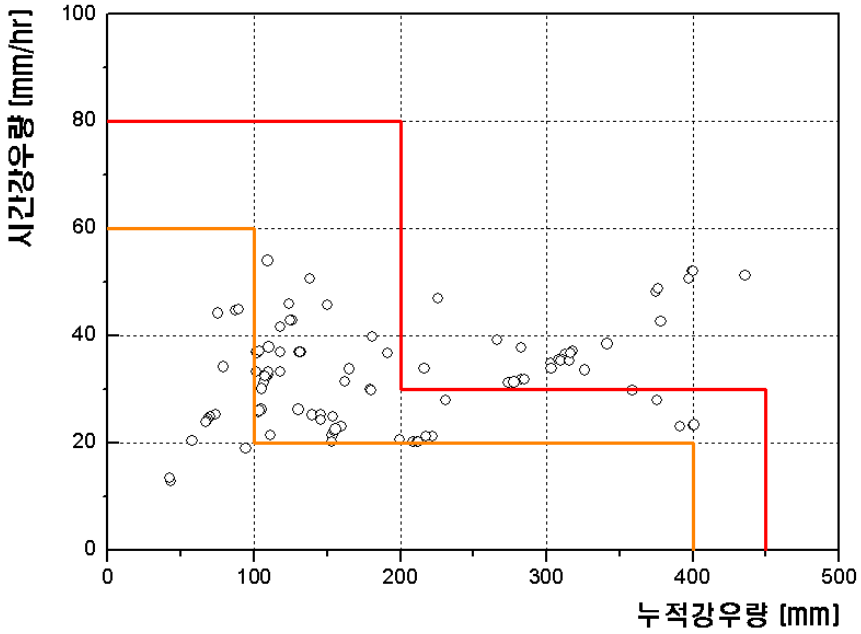
③ 강우시 열차운전규제기준 제안

강우시 열차운전규제기준의 개발은 운영기관의 입장에서나 국가적으로 매우 민감한 사안으로 과도한 안전측으로 작성될 경우 철도영업과 직접적인 관계로 손실이 발생할 수 있으며, 반대로 불안전측으로 고려될 경우에는 승객의 안전을 보장할 수 없는 위험한 사태가 도래할 수 있다. 따라서 전 절에서 설명한 바와 같은 기준의 도입을 검토하였으며, 시간강우량과 누적강우량의 상한을 결정함으로서 강우시 열차운전규제기준을 설정하였다.

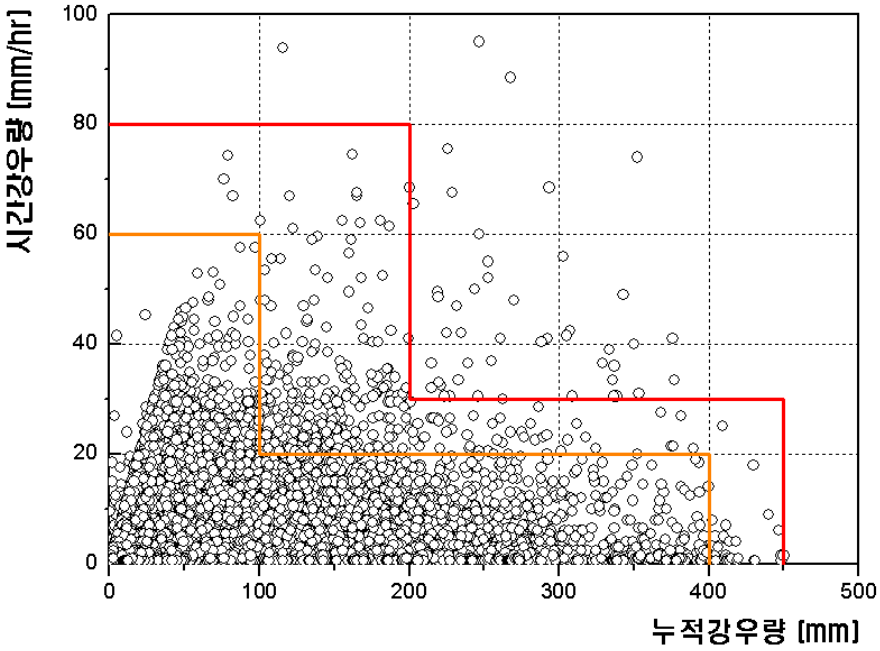
본 연구에서는 열차서행기준의 시간강우량 상한점을 60mm/hr로 설정하였으며, 누적강우량 상한선은 400mm로 산정하였다. 한편 열차정지의 경우 시간강우량 상한점은 80mm/hr, 누적강우량의 상한선을 450mm로 설정하였다. 이상과 같이 설정된 각각의 기준을 재해이력과 함께 도시한 것이 <그림 3-5-10>이며, 기준과 2004년도의 모든 강우상황을 함께 도시하여 <그림 3-5-11>에, <그림 3-5-12>에 1995년부터 1999년까지의 모든 강우상황을 보였다. 재해발생 평균 우량자료를 활용함이 전절에서 설명한 바와 같은 이유로 타당하다고 판단되었으며, 시간강우량과 누적강우량의 경우 상한선은 재해이력에서 볼 수 있듯이 재해가 발생하지 않아 상당히 큰 기준치를 설정할 수 있었다.

특히, 열차서행을 안전측으로 고려했을 때, 기존에 발생한 재해에 대해서 거의

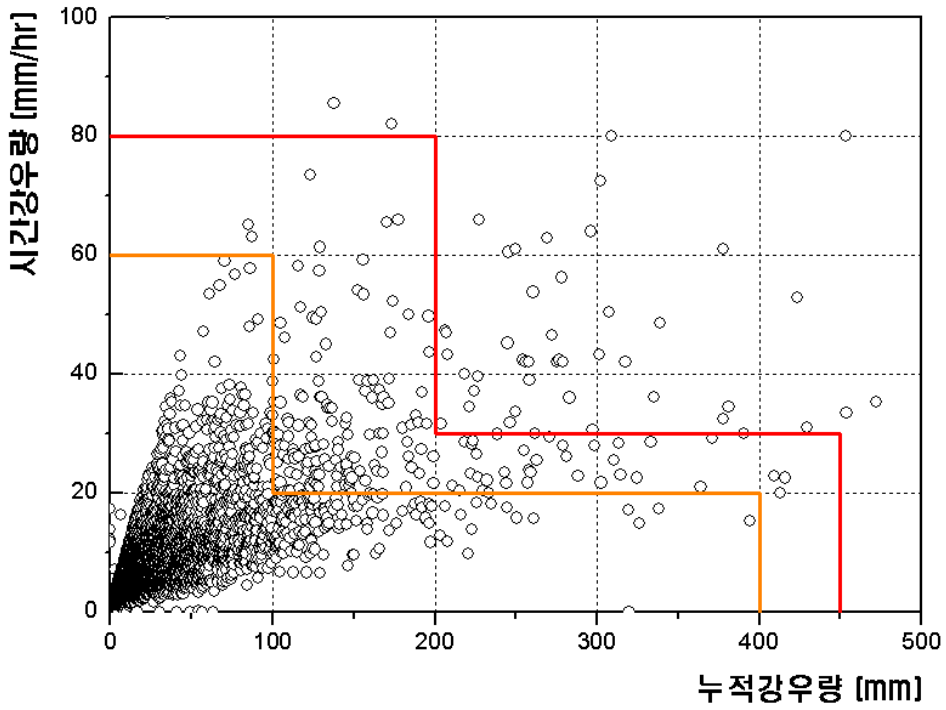
모든 발생이력을 기준치 안으로 포함할 수 있어 적정한 기준 설정이라 할 수 있다.



<그림 3-5-10> 시간강우량과 누적강우량의 상한 작성(재해이력)



<그림 3-5-11> 시간강우량과 누적강우량의 상한 작성 (2004년 강우자료)



<그림 3-5-12> 시간강우량과 누적강우량의 상한 작성
(1995년~1999년 강우자료)

일본에서는 재해가 발생함에 있어 열차의 안전확보를 위해 1.2, 1.5의 안전율을 두어 열차서행, 경보발령의 기준으로 채택하고 있다. 열차서행 및 경보발령기준우량의 결정방법은 다음 식과 같다.

$$a_1,\ a_2 = \frac{a_1}{1.2} \qquad a_3 = \frac{a_1}{1.5}$$

여기서, a_1은 열차정지시의 발령기준우량이며, a_2는 열차서행시의 발령기준우량이며, 경보발령시의 기준우량은 a_3로 정의한다.

이상과 같이 각각의 항목에 대하여 안전율을 정해 '열차서행', '경보발령'의 단계를 설정할 수 있지만, 본 연구에서는 과거 재해이력과 2004년 철도강우정보, 1995년~1999년 기상정보를 비교 분석함에 의해 '열차서행' 및 '운행정지' 기준을 제시하였으며, '경보발령'의 경우에만 국한하여 안전측으로 적용함에 의해 강우시 열차 안전확보를 위한 '경보발령-주의운전' 기준으로 제안하였다. 따라서 <그림 3-5-3>에 나타낸 것과 같이 시간강우량 30mm/hr, 누적강우량 400mm를 상한선으로 두고, 시

간강우량 10mm/hr 그리고 누적강우량이 70mm 이상인 영역에 대하여 '경보발령' 영역으로 정의하였다.

4) 철도강우방재시스템 데이터 분석에 의한 강우시 열차운전규제기준 검토

2003년부터 한국철도공사에서 구축하여 운용중인 철도강우경보시스템은 전국 노선에 203개소의 강우량 측정결과를 기반으로 열차의 안전운행을 확보하는데 기여하고 있다. 본 절에서는 2004년부터 2007년까지 수집된 강우정보를 분석하여 본 연구에서 제안하고자 하는 강우시 열차운전규제기준의 적정성 및 적합성을 분석하고자 하였다.

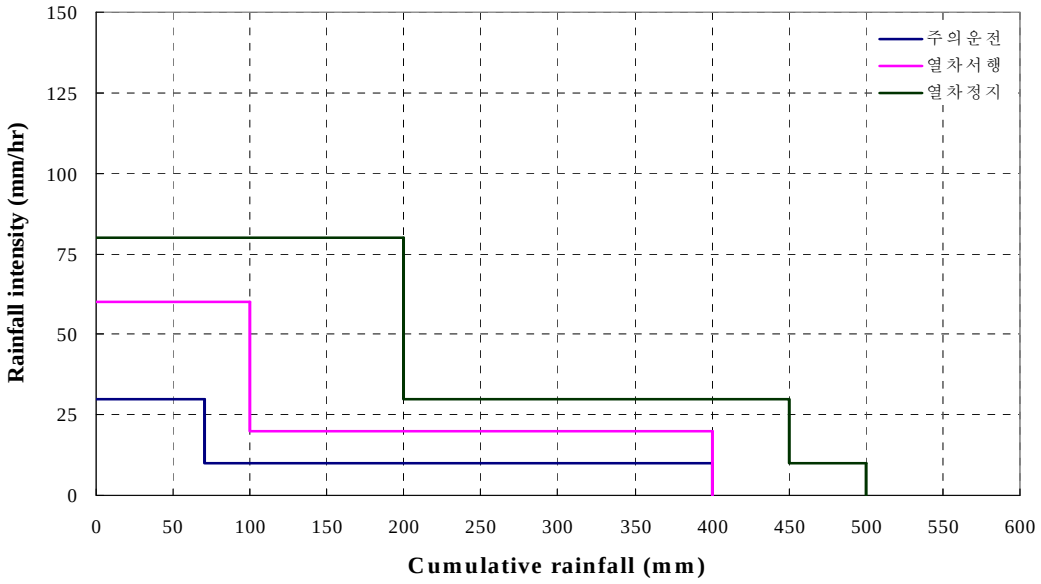
현재, 강우경보시스템은 강우정보를 제공함과 동시에 열차의 운행안정성의 판단에 있어 보조적인 역할을 수행하고 있으며, 주의운전・열차서행・열차정지와 같은 능동적인 적용은 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이는 강우정보의 DB화가 아직까지는 미비하며, 재해발생건수와의 비교분석도 자료 부족과 현장특성을 명확하게 반영할 수 없다는 점에 기인한다고 판단된다. 따라서, 기존 강우 DB에 근거하여 재해발생건수와의 비교를 시행하였으며, 결과적으로 보다 많은 강우 DB와 재해발생건수의 분석이 필요하다는 한계를 확인할 수 있었다.

철도사면재해 및 철도교량 홍수위 등의 수해는 기본적으로 국지성 호우, 태풍 등과 같은 강우가 주요 인자로 영향을 미치고 있으나, 반복적으로 발생하게 되는 주의운전・열차서행・열차정지의 경보는 한국철도공사의 수익구조에도 악영향을 미치게 되므로 경제성과 안정성을 동시에 확보할 수 있는 혁신적인 제도의 개선 및 보완이 필요로 된다. 본 연구에서는 이와 같은 강우경보시스템의 한계를 극복하기 위하여 철도사면의 안전관리 계측시스템 및 홍수위 감시시스템과 강우시 열차운전규제기준을 연계하여 운용할 수 있다는 점에 착안하여 개선 및 보완에 대한 방안을 제안하였다.

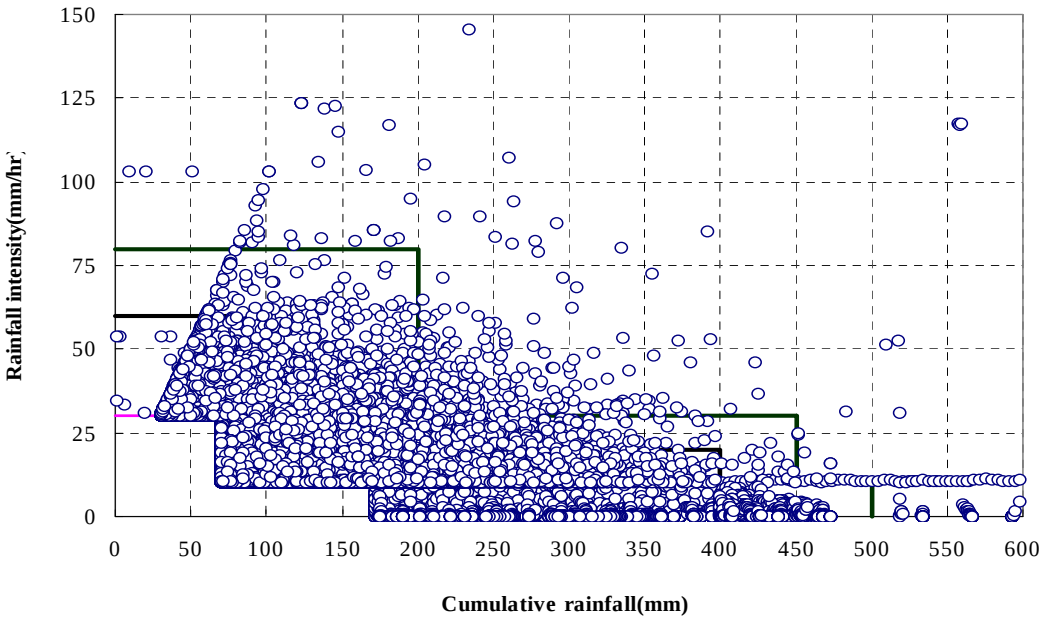
가) 주의운전, 열차서행, 열차정지

현재 제안된 기준을 적용하면, 4년간의 강우정보에 기초하여 아래의 <그림 3-5-14>~<그림 3-5-15>와 같이 많은 수의 각종 경보가 발령되고 있음을 확인할 수 있다. 철도의 운영측면을 고려할 때, 본 결과에 기인한 경보의 발령은 많은 혼선과 혼란을 야기할 수 있다는 단점이 있다. 하지만, 국외 기준 예를 들면 일본, 영

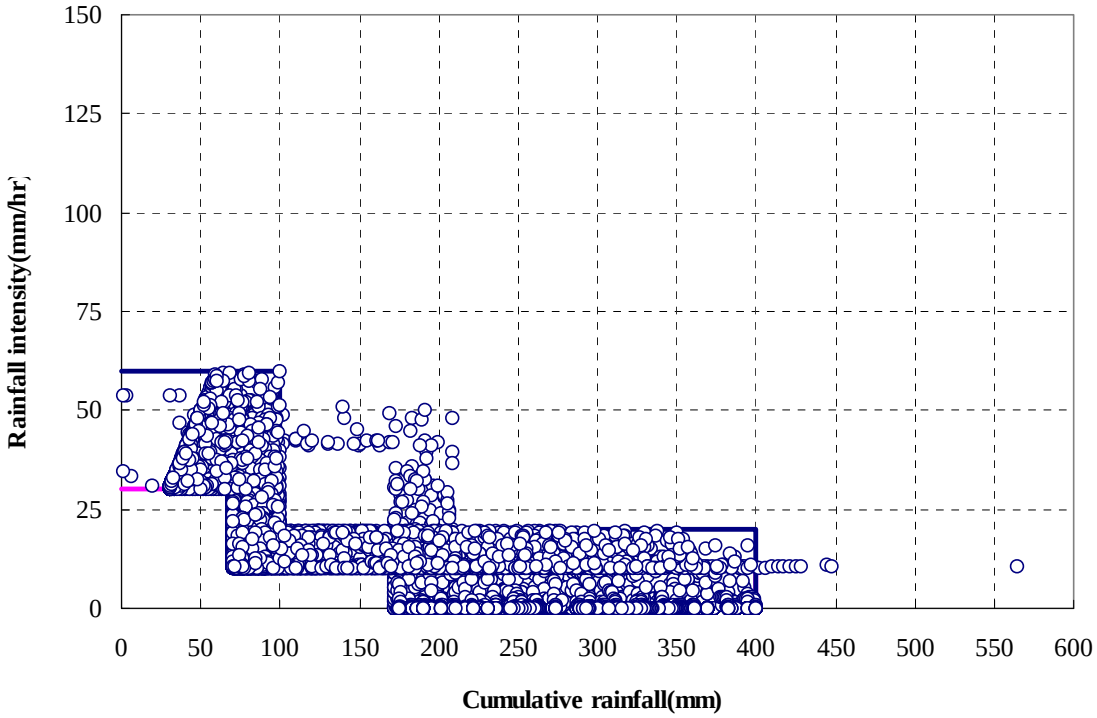
국, 홍콩 등의 산사태 경보와 비교할 때 제안된 기준은 상당히 완화된 결과임을 감안하면, 경제성과 안정성을 동시에 고려한다는 것이 매우 어렵다는 것을 알 수 있다.



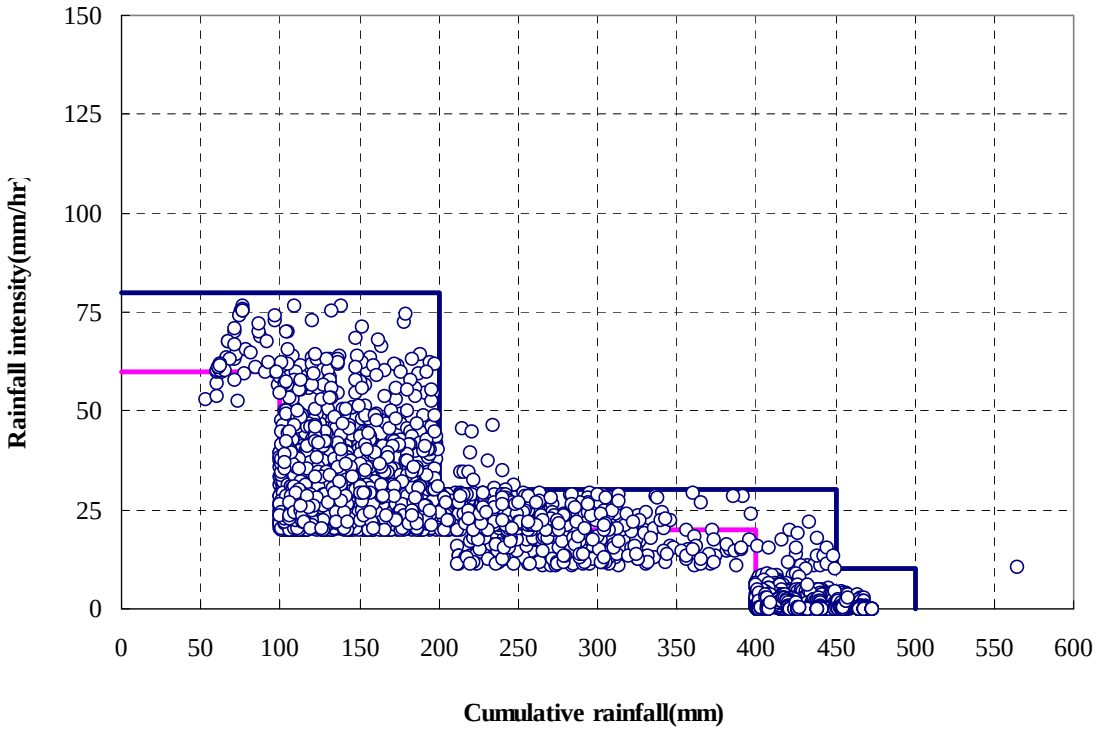
<그림 3-5-13> 강우시 열차운전규제기준



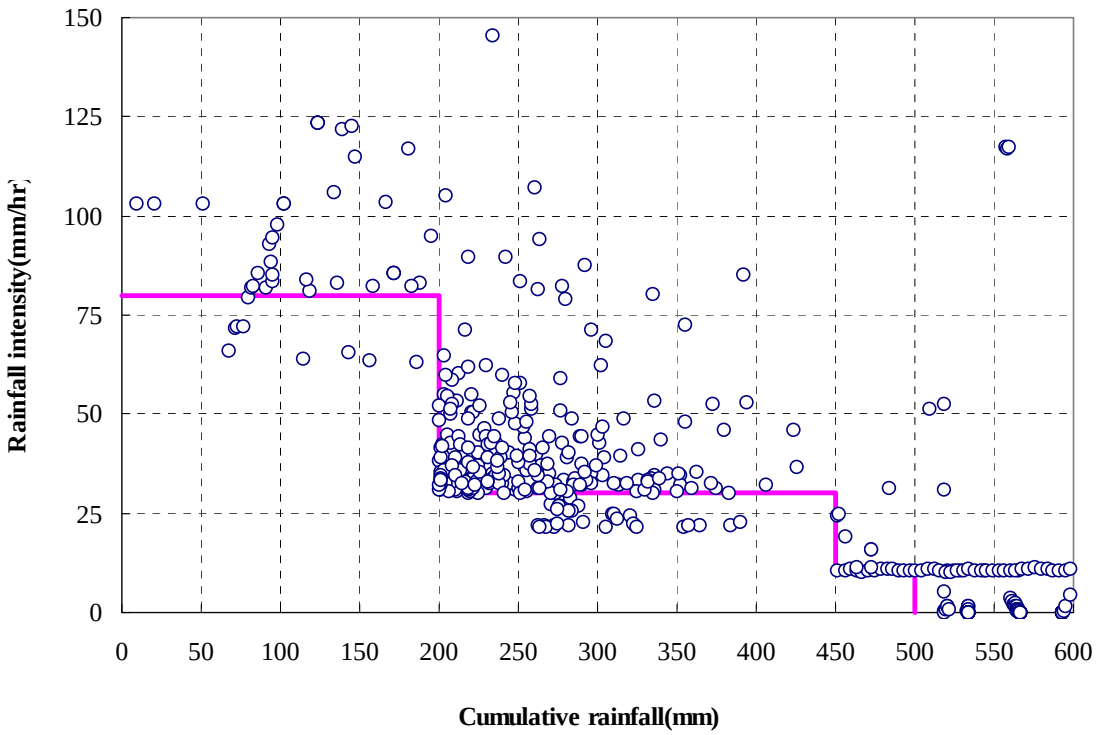
<그림 3-5-14> 경보발령 총괄 현황(2004~2007)



<그림 3-5-15> 주의운전 경보발령 현황(2004~2007)



<그림 3-5-16> 열차서행 경보발령 현황(2004~2007)



<그림 3-5-17> 열차정지 경보발령 현황(2004~2007)

나) 재해발생시 강우정보 분석

한국철도공사로부터 과거 4년간의 피재사례를 입수하였으며, 각 개소별로 재해발생 당시의 강우량을 시스템으로부터 추출하여 재해 발생과 강우량과의 상관성을 분석하였다.

<그림 3-5-18>에서는 노선별로는 산악지역에 걸쳐 분포하는 영동선과 태백선의 피해가 가장 빈번하게 발생하고 있는 것을 볼 수 있으며, 남해안의 경전선, 동해남부선의 피해도 상당수 발생하는 것을 확인할 수 있다. 기타 노선의 경우 약 1건에 해당하고 있어 강우량에 따라 다양한 수해가 발생한다는 것을 알 수 있었으며, 불특정 다수의 광범위한 지역에서 수해가 발생하기 때문에 이에 대한 적극적인 대처가 필요한 것을 볼 수 있다.

한편, 년도별 발생건수는 <그림 3-5-19>에 제시하였다. 재해발생은 기본적으로 각 년도마다의 집중호우, 국지성 호우 및 태풍 등의 규모에 민감하게 반응하기 때문에 년도에 따른 발생건수는 각기 다르게 분포하게 된다. <그림 3-5-20>에서는

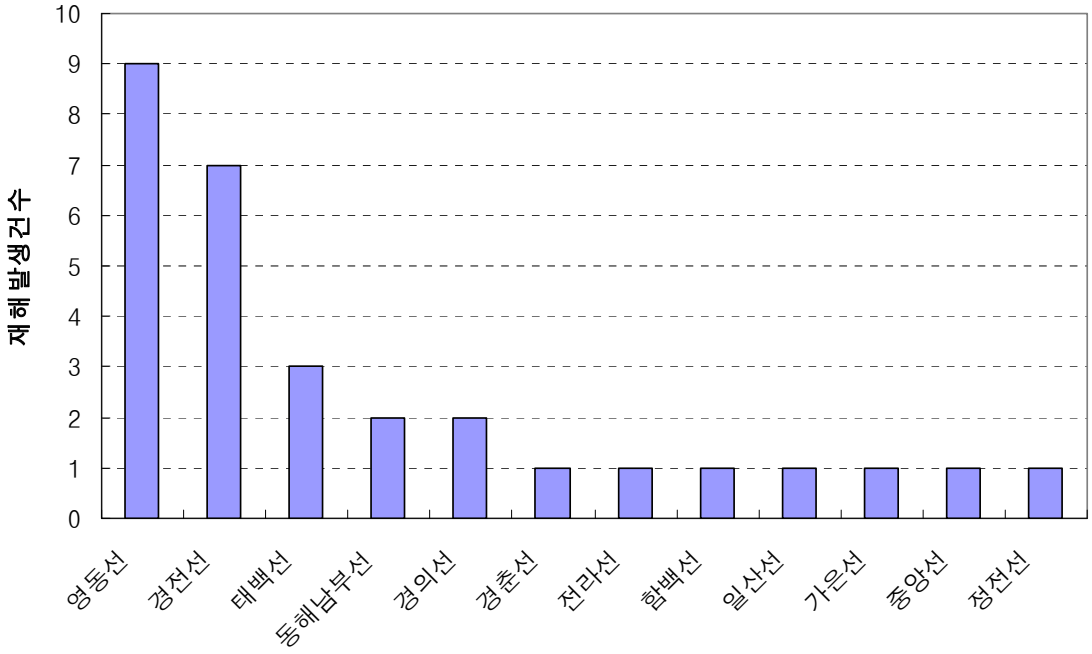
조성, 보성, 연당의 3개소에서 발생한 재해 당시의 강우량을 시간강우량과 누적강우량의 함수로 표현한 것이다. 시간강우량 50mm/hr 이상에서 재해발생이 되고 있으며, 누적강우량의 경우에는 220mm 이상에서 재해가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

<표 3-5-12>는 분석대상인 4년간의 재해건수에 대한 시간강우량과 누적강우량의 평균값과 최대/최소 우량을 제시한 것이다. 평균강우량의 경우 누적강우량은 197mm, 시간강우량은 43mm/hr로 산출되고 있다. 최대강우량의 경우, 누적강우량은 361mm, 시간강우량 83.5mm/hr로 매우 높은 값을 보이고 있는데 반해, 최소 강우량은 누적가우량 62mm, 시간강우량 9.5mm/hr에서 재해가 발생하고 있음을 볼 수 있는데, 이는 두가지 강우량의 조합에 의해 재해가 발생하고 있음에 기인하고 있다.

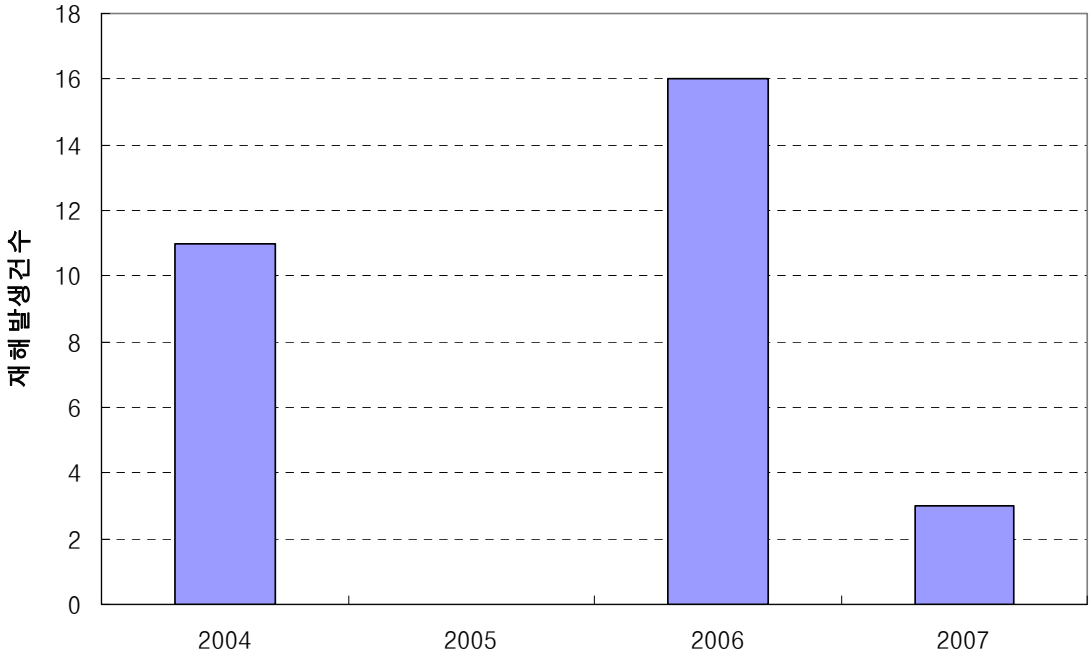
<표 3-5-12> 재해발생 강우량의 평균값, 최대 및 최소 강우량

항목	누적강우량(mm)	시간강우량(mm/hr)
평균값	197	43
최대강우량	361	83.5
최소강우량	62	9.5

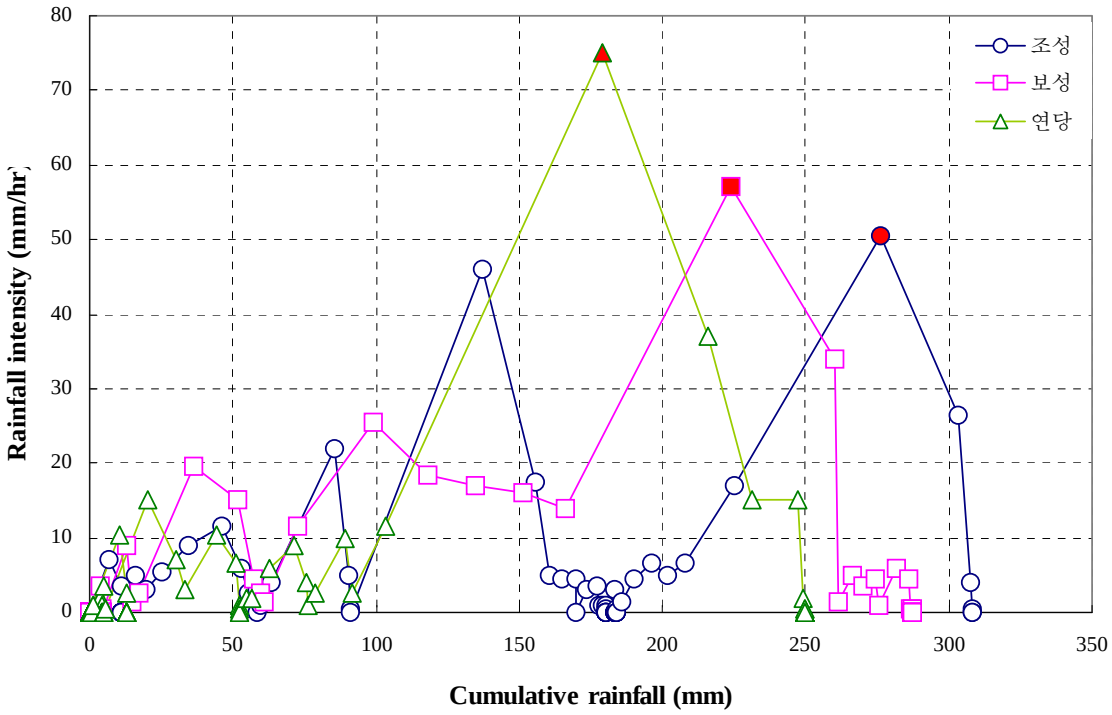
이와 같이 발생한 재해에 대한 강우량 정보를 분석함에 의해 현재 제안된 기준의 적정성을 검토할 수 있으며, 보완 및 개선이 가능하리라 판단된다.



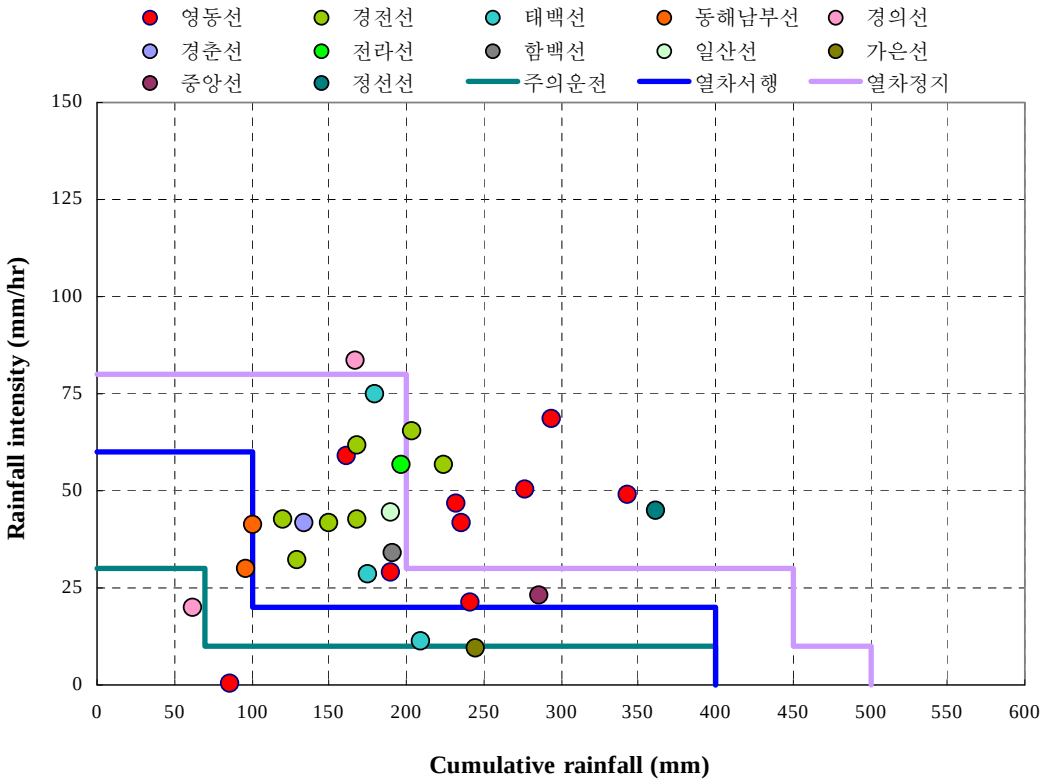
<그림 3-5-18> 노선별 재해발생 건수



<그림 3-5-19> 년도별 재해발생건수



<그림 3-5-20> 2007년도 재해발생시 강우량



<그림 3-5-21> 재해발생 현황

<표 3-5-13> 과거 4년간 재해발생 현황 및 강우정보

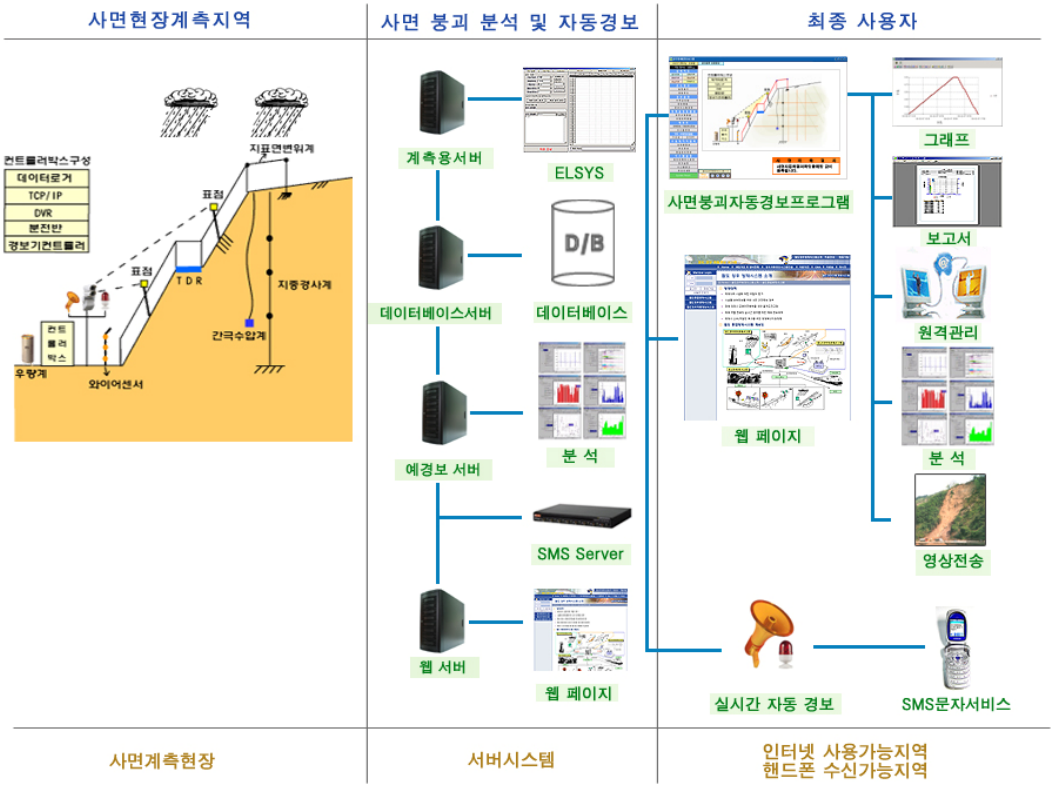
연번	지역	누적강우량	시간강우량	년도	노선
1	조성	276	50.5	2007	영동선
2	동해	86	0.5	2006	영동선
3	석포	189.5	29	2006	영동선
4	강릉	343	49	2004	영동선
5	옥계	232	47	2004	영동선
6	동해	161.5	59	2004	영동선
7	고사리	241	21.5	2004	영동선
8	미로	293.5	68.5	2004	영동선
9	신기	235	42	2004	영동선
10	보성	224	57	2007	경전선
11	북천	168.5	42.5	2006	경전선
12	함안	149.5	42	2006	경전선
13	광양	120	42.5	2006	경전선
14	조성	129.5	32.5	2006	경전선
15	능주	167.5	62	2004	경전선
16	이양	203	65.5	2004	경전선
17	연당	179	75	2007	태백선
18	연당	174.5	28.5	2006	태백선
19	태백	209.5	11.5	2004	태백선
20	월내	101	41.5	2006	동해남부선
21	남창	96	30	2006	동해남부선
22	문산	62	20	2006	경의선
23	백마	167	83.5	2006	경의선
24	마석	134	42	2006	경춘선
25	갈촌	196	57	2006	전라선
26	예미	190.5	34	2006	함백선
27	화전	189.5	44.5	2006	일산선
28	점촌	245	9.5	2004	가은선
29	제천	285.9421	23.17597	2004	중앙선
30	정선	361	45	2006	정선선

다) 계측시스템 연계방안

강우자동경보시스템에 의한 강우량 정보만으로는 대상으로 하는 철도시설물의 안전성 여부의 직접적인 판단이 어려운 경우가 많고, 특히 철도운영이라는 경제적인 측면을 고려하면 보다 향상된 안전 확보방안의 마련이 요구된다. 강우정보에만 의존하는 강우자동경보시스템을 보완 및 개선하기 위해 철도시설물의 계측시스템(안전관리 시스템)을 연계한 운영 방법을 제안하고자 하였다.

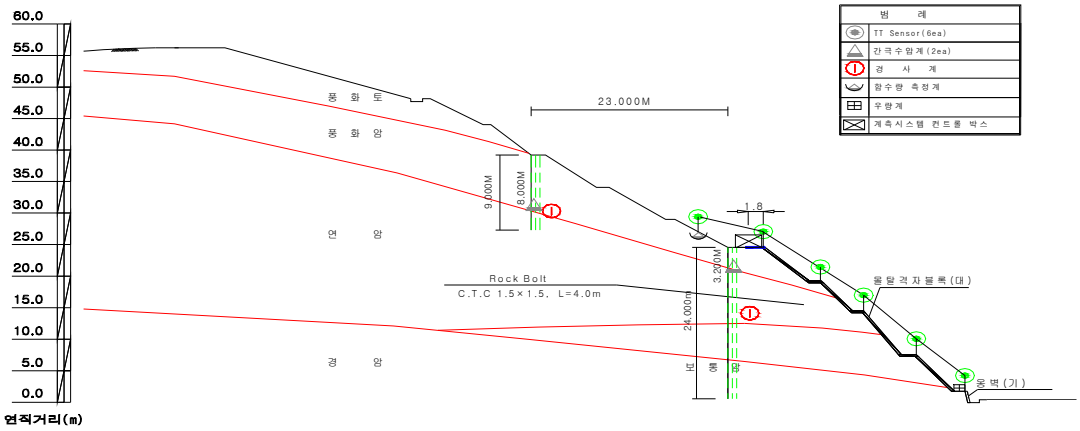
① 철도시설물 안전관리 시스템

철도시설물은 교량, 터널, 사면 등과 같은 제1종, 제2종 시설물을 중심으로 궤도, 토공 등의 시설물로 구성되어 있다. '철도시설물 안전관리 시스템'이란 이상과 같은 철도시설물 전반을 아우르는 실시간 계측관리시스템으로 정의하도록 하며, 강우시 운전규제기준은 직간접적으로 사면과 교량 분야의 시설물과 연관되므로 사면 분야의 지반재해와 연계하는 방안을 모색하였다.



<그림 3-5-22> 철도사면의 안전관리 시스템 구성도

위의 그림은 철도사면을 예로 하여 안전관리 시스템의 구성을 보인 것이다. 안전관리 시스템은 현장 계측센서 및 저장장치, 통신장비 등으로 현장에 구축되며, 온라인으로 중앙 서버와 연결되어 실시간으로 현장의 안전 여부를 판단할 수 있다. 사면을 대표 예로 선정하여 제시하였으나, 전체 철도시설물로의 확장도 가능하다. 계측센서는 각 시설물별 특성과 지역적 특징을 반영하여 설치하며, 통신방법 및 전원공급 방법은 현장여건에 맞도록 선택하여 적용한다. 이렇게 송출된 각종 정보는 서버에서는 이미 설정되어 있는 관리기준에 따라 이상 여부를 검토하며, 최종 사용자에게 다양한 방법으로 경보를 전달하게 된다.

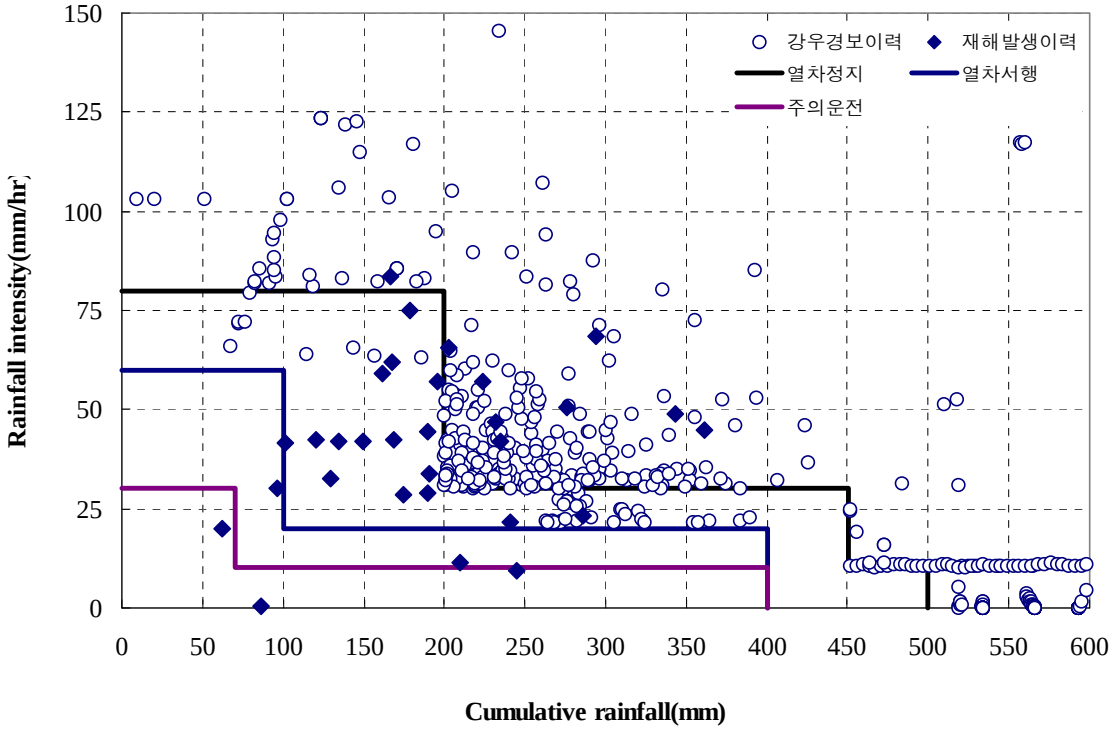


<그림 3-5-23> 사면의 안전관리 시스템 설치 예

각 시설물에 대한 관리기준은 문헌자료를 참조하거나, 개소별 안정해석결과를 반영하여 결정될 수 있다. 안전관리시스템에서 송출되는 위험경보는 강우량 정보에 비해 현장 시설물의 거동을 명확하게 반영할 수 있다고 판단되므로 강우자동경보시스템의 1차 경보를 안전관리시스템의 경보 여부와 비교 분석하면, 보다 정확한 재해 예경보가 가능해 지기 때문에 경제적 측면을 고려한 안전 확보가 가능할 것이라 판단된다. 다시 말해, 강우량 정보를 이용한 제1차 정보를 기반으로 현장 및 시설물 고유특성을 반영한 관리기준에 의한 제2차 정보를 동시에 검토하여 재해 발생여부를 현재 수준과 비교할 때 정확하게 예측할 수 있으며, 오경보(경보는 발령되었지만, 재해 발생은 없는 경우)의 사례도 상당히 적어질 것으로 판단된다.

② 연계방안

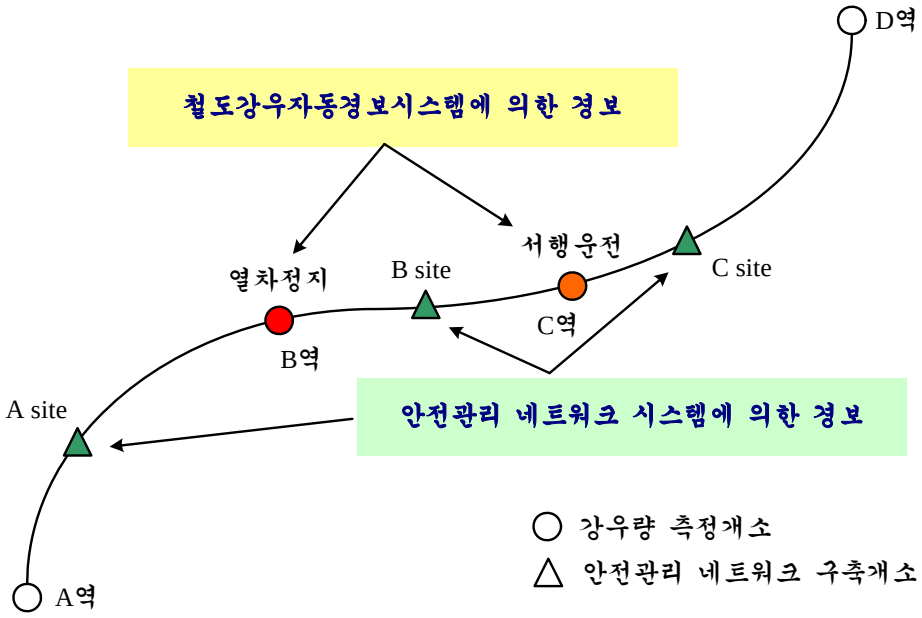
<그림 3-5-24> 경보이력과 재해발생 이력에서 보는바와 같이 재해발생시 시간당 강우량과 누적강우량은 대부분 서행경보가 발령되는 기준치를 상회하여 경보가 발령되었으나 재해발생 건수에 비하여 각종 경보가 과도하게 많이 발령된 것을 알 수 있다. 따라서 현재의 강우자동경보시스템에 의한 열차운전규제기준 적용은 안정성면에서는 효율적인 기준이지만 철도 영업면에서는 불합리한 기준일 수 밖에 없다. 이러한 경제성과 안정성을 동시에 고려하기 위해서는 단순히 여기서 제시하고 있는 철도강우자동경보시스템에 의한 경보만으로는 만족하는 결과를 얻을 수가 없다.



<그림 3-5-24> 경보이력과 재해발생이력 비교

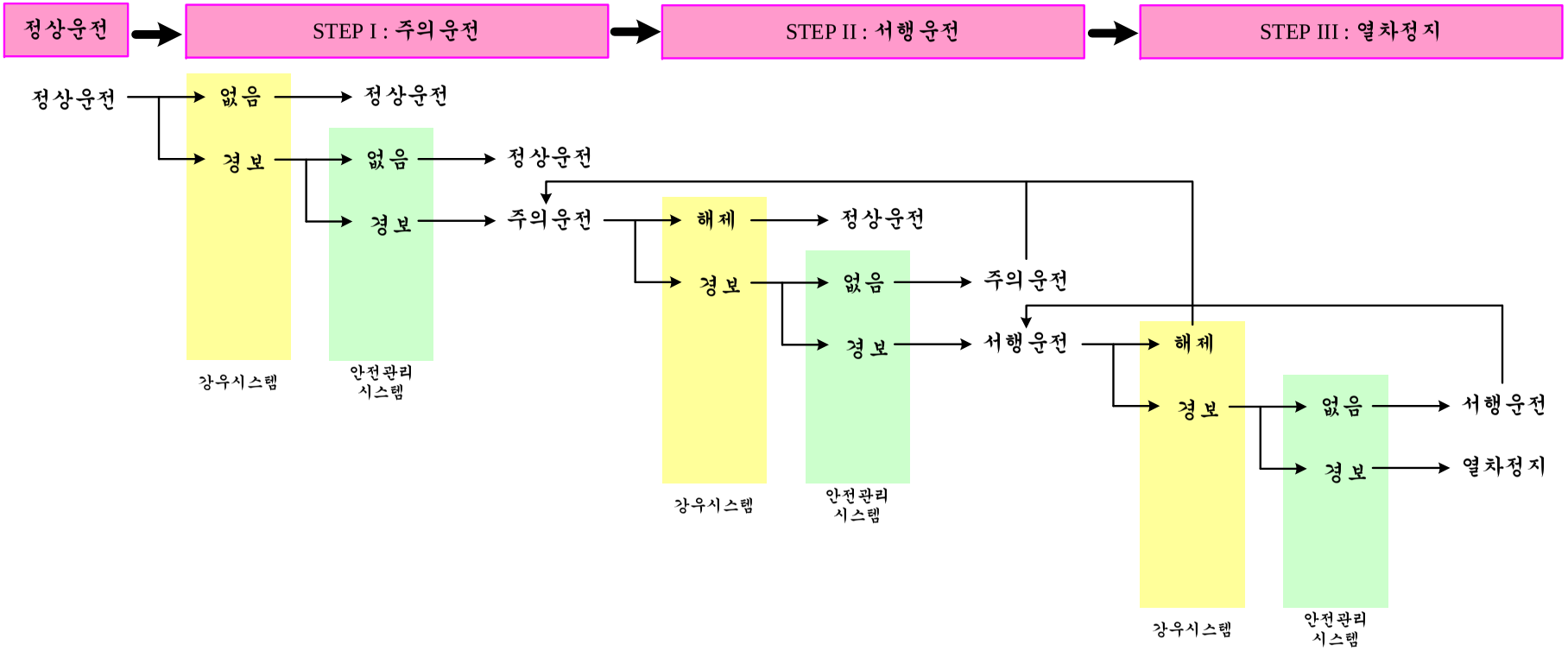
따라서 앞에서 설명한 안전관리 네트워크 시스템에 의한 경보와 철도강우자동경보시스템에 의한 경보를 동시에 고려하여 열차운전경보를 발령함으로써 강우시 열차운전의 안전을 효율적으로 확보할 수 있다. <그림 3-5-25>는 두 시스템의 경보발령 모식도를 나타내고 있다. 역사에 설치된 철도강우자동경보시스템에 의해 해당선로의 강우량을 측정하고 해당선로의 위험개소에 설치된 안전관리 네트워크 시스

템에 의해 위험개소의 위험도를 분석하므로서 효율적인 열차운전규제 발령이 가능할 것이다.



<그림 3-5-25> 각종 시스템의 구성 및 경보 발령 모식도

<그림 3-5-26>은 철도강우방재시스템과 안전관리 시스템에 의한 열차운전규제 기준 발령방법에 대해 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 철도강우방재시스템에서 주의운전 경보가 발령되어도 안전관리 네트워크 시스템에서 경보가 발령되지 않으면 운전규제를 발령하지 않고 정상운전을 하고 철도강우방재시스템에서 주의운전 경보가 발령되고 안전관리시스템에서도 주의운전 경보가 발령되면 열차에 주의운전 경보를 발령하게 된다. 서행운전과 열차정지 발령도 주의운전 경보와 같이 열차강우자동경보시스템에서 경보가 발령되고, 안전관리 시스템에서도 경보가 발령시 해당 열차운전규제를 발령하게 된다. 그러나 철도강우자동경보시스템에서 열차운전규제가 발령되지 않더라도 안전관리시스템에서 열차운전규제가 발령된다면 현장인력에 의해 해당 개소에 대한 현장점검 결과와 센서의 이상유무 결과를 확인한 후, 이상이 없을 때에는 열차운전규제를 발령하여야 한다. 이는 강우량이 작게 발생하는 경우에도 재해가 종종 발생하기 때문에 열차운전규제발령의 우선순위는 안전관리 시스템에 있다. 다만 안전관리 시스템의 센서 오작동에 의한 운전규제 발령을 방지하기 위하여 반드시 인력에 의한 현장 확인이 이루어져야 한다.



<그림 3-5-26> 강우시 열차안전 확보방안

다) 강우시 열차운전규제기준 해제방안

① 인력 의존적인 운행재개 현황

일본에서는 강우에 의한 중지 또는 제한 후, 열차운전의 재개는 강우가 거의 진정되었다고 인정될 경우 다음과 같은 확인사항을 검토하도록 되어있다.

○ 시간강우량과 누적강우량이 모두 초과하여 열차운행이 정지된 경우에는 해당 지역의 노선을 지상순회 실시

○ 일시적인 집중호우 또는 국지성 호우(시간강우량 45㎜이상)로 운행정지된 경우는 '관내의 수해우려개소'를 긴급 지상순회

두 경우와 기타 개소는 열차 또는 모터카를 탑승하여 순회점검하고, 안전을 확인한 뒤에 운전을 재개한다. 또한 열차 서행 및 경비체제의 해제는 강우량과 현장상황을 감안하여 시설관리 사무소장이 판단한다. 긴급순회 종료 후의 속도향상은 단계적으로 실시하는 것을 원칙으로 한다.

한편 운전규제는 각 지역마다의 우량계에서 시간강우량 및 누적강우량이 재해경비 발령기준치 및 운전규제치에 도달한 경우에 재해경비와 운전규제를 발령하게 된다. 또한 운행재개와 관련하여 운전규제구간의 강우가 소강상태로 되면, 선로순회를 실시한 결과 선로에 이상이 없는 것을 확인하고, 통제사령실을 경유해서 운전규제 해제를 행하게 된다. 또한 규제해제가 이루어진 다음에 발생하는 강우에 대해서는 그 대부분이 현장 담당자 또는 소장이 노선의 특징 및 성상과 경험을 바탕으로 판단하고 있고 현장경험이 적은 담당자에게 큰 부담으로 작용할 여지가 있다. 경험도 큰 요인으로 작용하지만 운전규제해제 후에 토사붕괴와 토사유입에 의한 선로재해가 발생한 경우도 국외 사례에서 많이 보고되고 있어 운전규제 후의 운행재개에 대한 문제를 명확하게 할 필요가 있다.

② 강우자동경보시스템에 의한 해제방안

국내의 경우 운전규제기준의 도입에 있어서도 초기단계이며, 따라서 해제 후 열차운행재개에 대한 기준 또한 명확하게 정하여 진 바가 없다. 본 연구에서는 국외기준 가운데 일본의 규정을 검토하여 운행재개 방안을 제안하고자 하였다.

또한 시간강우량의 경우 운전규제치를 상회하더라도 강우진행에 따라 빈번하게 강우량이 변화되어 시스템 상에서 즉각적인 대처가 가능하지만 운행재개와 관련해서는 누적강우량 측면에서 집중적으로 조명하여 시간강우량과 누적강우량에 의해

열차의 운전중지를 시행한 후의 ‘열차서행’, ‘경보발령’, ‘정상운행’으로의 해제기준과 아래 단계로 전이한 상태에서 추가로 강우가 내렸을 경우의 재 규제안에 대해서도 언급하였다.

○ 열차운전규제해제

시간강우량과 누적강우량의 조합에 의해 운전규제기준을 상회하여 열차의 운전중지를 시행한 후의 열차운전규제 해제의 취급은 다음의 사항을 기준으로 행한다.

- 열차운전중지의 해제

현장인력에 의해 해당 강우량규제구간의 전 노선을 도보 또는 모터카 등에 의해 점검하고, 열차의 운전에 지장이 없는가를 확인함과 동시에 시스템상에서 시간강우량 및 누적강우량이 규제기준 이하로 된 것이 확인되면 ‘열차서행’에 의해 열차의 ‘운행정지’를 해제한다.

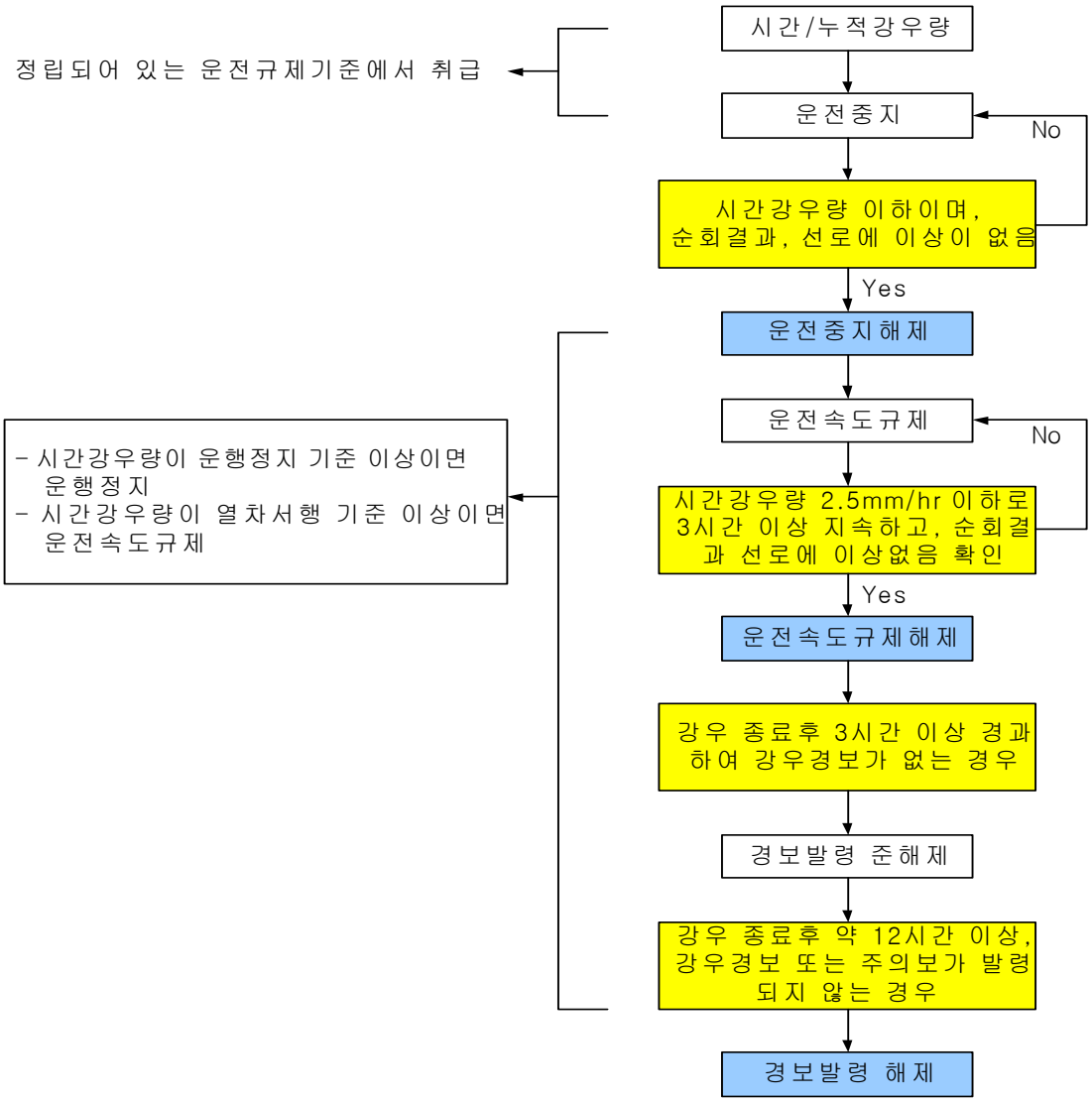
- 열차운전속도규제의 해제

시간강우량이 대략 2.5mm/hr 이하의 상태로 3시간 이상 연속하여 있으면 순회 등에 의해 열차의 평상운행에 지장이 없음을 확인한 후 열차운전속도 규제를 해제한다.

○ 열차운전규제 재요청

하향으로 조정된 열차규제가 누적강우량 및 시간강우량이 다시 ‘열차운전규제기준’의 기준치를 초과하는 경우, 즉 강우가 연속하여 있는 경우는 다시 규제기준을 적용하여 열차의 운전규제를 요청한다. 이 취급은 선행 강우 정지를 기준으로 대체로 12시간을 경과할 때까지 적용한다. 본 항목에 대해서는 기본적으로 강우자동경보시스템에서 자동적으로 지원된다.

강우에 의해 운전규제가 발령되고 해제되기까지 일련의 과정을 순서도로 표현하여 <그림 3-5-27>에 보였으며, 이는 강우자동경보시스템에 도입되어 시범적으로 운용될 것이다.



<그림 3-5-27> 운전규제기준 발령 및 해제기준

라) 강우시 열차운전규제기준 마련시 주요 고려사항

철도분야에서 세계적으로도 가장 먼저 강우방재개념을 도입한 일본에서 조차도 초기의 강우시 열차운전규제기준을 매년 강우량정보 분석 또는 재해발생시 특별 조사팀·연구진에 의해 보완하여 적용하고 있으며 이는 우리나라에서도 앞으로 자연재해를 대비하기 위해 어떠한 의지를 가지고 추진되어야 하는 바를 단적으로 보여주고 있다.

따라서 체계적이고 보다 정확한 기준으로 정립되기 위해서는 우선 현재 구축된 강우자동경보시스템의 강우자료를 지속적으로 DB화하여 향후 발생하는 재해자료와 분석한 결과로 꾸준히 업데이트해야 할 것이다. 이는 현재 본 과업에서 분석한 자료가 과거 일부분의 재해자료에 대하여 추진되고, 강우정보가 기상청의 국부적인 자료를 참조하여 보간법으로 추출하여 정확성이 떨어지기 때문이다.

본 연구에서 제안한 기준에서는 열차서행의 경우 대략 감속운행 정도의 의미를 갖고 있는 것으로 ◇◇km/hr로 서행 혹은 ○○% 감속 등과 같이 명확한 속도를 제시할 수 없었다. 이는 철도운영기관의 서행에 따른 영업손실을 일부 고려하였기 때문이며, 재해발생시 긴급대처가 가능한 열차의 운행속도가 확인되지 않는 등 복합적인 이유가 있었다. 향후 얻어지는 강우 및 재해자료 분석에 의해 기준별 엄밀한 정의 및 대처방안에 대해서도 논의되어 규정화되어야 할 것으로 판단된다.

다양한 시각의 방법에 대한 방법이 개발되어야 한다. 본 과업에서는 가장 단순한 시간강우량과 누적강우량을 활용한 방법으로 기준설정이 되었으나, 탱크모델을 활용한 실효우량법 또는 지반·지질적인 요소를 가미하여 일본 철도총연에서 개발한 유효우량법 등과 같은 기법 전환에 의한 개선도 적극적으로 요망된다.

한편, 강우시 열차운전규제기준의 해제방법에 대해서도 일본의 예를 들어 국내기준으로 제안하였지만, 인력에 의한 부분과 시스템에 의한 부분을 분리하여 역할을 분담하고 필요한 분야에 대해서는 완전히 연동되어야만, 철도수해 저감을 위해 유효하게 작용할 수 있을 것이라 판단된다.

(나) 홍수시 교량통과에 대한 열차운전규제기준(안)

홍수시 교량통과에 대한 열차운전규제기준은 열차의 안전운행을 확보하기 위하여 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 호안 취약개소가 존재할 경우에는 가장 위험성이 높은 개소를 “집중경비개소”로 지정하고 이 개소의 수위를 고려
2. 강우량과 하천수위 최고치와의 시간적 차이
3. 해당교량의 변상유무
4. 수위에 따른 열차운전규제와 해당교량의 변상시 강우에 의한 운전규제 동시 적용
5. 적절한 규제 해제방안

[해설]

운전규제구간에 호안 취약개소가 존재할 경우에는 원칙으로 가장 위험성이 높은 개소를 “집중경비개소”로 지정하고 이 개소의 수위가 규제수위 상한치에 도달하면 운전중지 또는 속도규제를 실시한다. 또한 하천연장이 긴 경우 강우량과 하천수위의 피크(peak)는 시간적인 차가 생길 수 있기 때문에 그러한 경우에는 센서 설치 등을 검토하여야 한다.

일반적으로 계류(溪流)의 경우 유역면적이 작아 강우량의 증감과 하천유량의 증감의 시간차가 작은 경우가 많다. 이와 같은 계류하천은 강우에 의한 운전규제로 해당교량의 안전성을 확보하는 것이 가능하다. 다만, 이 경우 해당교량을 미리 정하여 집중경비개소로 지정하고 변상(變狀)의 유무를 확인할 필요가 있다. 또한, 운전중지에 이르지 않도록 강우시 해당교량이 변상하면 강우에 의한 운전규제를 하는 것도 고려해 볼 필요가 있다.

홍수시 교량통과에 대한 열차운전규제기준 작성시 고려사항은 다음과 같다.

- ㅇ 피해가능성 여부를 판별하는데 있어 만곡과 하폭변화에 대한 위험성 비교는 절대치를 산출하지 않고 세굴비 비교를 통하여 판별.
- ㅇ 하천증수에 대해 재해 발생우려가 지극히 낮다고 판단되는 교량은 하천증수에 대한 운전규제 및 경계에서 제외
- ㅇ 강우에 의한 교량의 변상은 감시카메라와 센서로 상시 감시하여 적절한 열차운전규제를 발령하는 것이 바람직하지만 모든 교량을 직접 감시하는 것은 매

우 어렵고 이 때문에 우량을 관측하여 규제기준치를 설정하여 운전규제를 시행하는 간접적인 방법을 이용하여야 함.

하천 증수시 운전규제는 하천교량의 안전성을 검토하고 규제치를 정하여 <표 3-5-14>에 기초한 발령 및 해제를 수행한다.

<표 3-5-14> 하천 증수시의 운전규제 발령・해제(안)

<table>
<tr><td>발령</td><td>
○양수표에 의한 경우
<table>
<tr><th>구분</th><th>운전규제</th><th>경비</th></tr>
<tr><td>경계</td><td>-</td><td>기준치에 이르면 경비원을 소집하고 고정경비를 수행한다.</td></tr>
<tr><td>속도규제</td><td>기준치에 이르면 열차속도를 정해진 값으로 제한한다.</td><td>고정경비를 수행한다.</td></tr>
<tr><td>운전중지</td><td>기준치에 이르면 열차의 운전을 중지한다.</td><td>기준치에 도달하면 3~4시간 주기로 보도 등에 의해 경비를 수행한다.</td></tr>
</table>
○수위에 의한 경우
<table>
<tr><th>구분</th><th>운전규제</th><th>경비</th></tr>
<tr><td>속도규제</td><td>기준치에 이르면 열차속도를 정해진 값으로 제한한다.</td><td>기준치에 이르면 3~4시간 주기로 도보 등에 의해 경비를 수행한다.</td></tr>
<tr><td>운전중지</td><td>기준치에 이르면 열차의 운전을 중지한다.</td><td>-</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>해제</td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>해제기준</th></tr>
<tr><td>경계</td><td>기준치를 하회한 경우</td></tr>
<tr><td>속도규제</td><td>기준치를 하회하고 변상이 없다는 것을 확인한 경우</td></tr>
<tr><td>운전중지</td><td>기준치를 하회하고 변상이 없다는 것을 확인한 경우</td></tr>
</table>
※운전중지를 해제한 경우는 속도규제, 속도규제를 해제한 경우는 경계의 처치를 수행한다. 그러나 운전중지 해제 후 열차의 통과가 없고 속도규제의 해제기준이 만족스러운 경우는 최초의 열차를 속도 규제한다.
</td></tr>
</table>

강우에 의한 정량적인 운전규제기준치의 제시는 철도교량의 하천수위에 대한 위험도 평가결과와 열차운전규제 수위상한치 결과를 비교 검토하여 제시하여야 하며, 철도교량 홍수위 감시관리시스템의 현장구축을 통하여 각 교량별 수위상한치를 보

정, 보완함으로써 비로소 각 교량에 적정한 열차운전규제기준을 수립할 수 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- RSPG(영국)

1) 기본적인 고려사항

운전규제구간에 호안 취약개소가 존재할 경우에는 원칙으로 가장 위험성이 높은 개소를 “집중경비개소”로 지정하고 이 개소의 수위가 규제수위 상한치에 도달하면 운전중지 또는 속도규제를 실시한다. 또한 하천연장이 긴 경우 강우량과 하천수위의 피크(peak)는 시간적인 차가 생길 수 있기 때문에 그러한 경우에는 센서 설치 등을 검토하여야 한다.

일반적으로 계류(溪流)의 경우 유역면적이 작아 강우량의 증감과 하천유량의 증감의 시간차가 작은 경우가 많다. 이와 같은 계류하천은 강우에 의한 운전규제로 해당교량의 안전성을 확보하는 것이 가능하다. 다만, 이 경우 해당교량을 미리 정하여 집중경비개소로 지정하고 변상(變狀)의 유무를 확인할 필요가 있다. 또한, 운전중지에 이르지 않도록 강우시 해당교량이 변상하면 강우에 의한 운전규제를 하는 것도 고려해 볼 필요가 있다.

호안 취약개소 중에서 위험성이 가장 높은 집중경비개소의 선정은 다음에 관한 것을 기본으로 한다.

○ 피해가능성 여부를 판별하는 데 있어 만곡과 하폭변화에 대한 위험성 비교는 절대치를 산출하지 않고 세굴비를 구한 다음 이 값이 큰 쪽을 위험성이 높은 쪽으로 지정한다. 즉 만곡 등의 세굴은 규제수위 상한치 이상의 수위가 되고 나서 생기고 증수시 수위 상승량에도 큰 차이가 있기 때문에 수위 상승량이 큰 개소는 그만큼 규제수위 상한치도 높다. 따라서 세굴로 인한 호안붕괴의 위험성이 가장 높은 개소를 구할 때 규제수위 상한치의 높이보다는 세굴비, 즉 규제수위 상한치 이상의 수위가 된 때에 어느 정도 세굴된 것으로 판단해도 좋다.

○ ‘예정된 경비구간’이란, 위항에서 구한 개소와 변상 또는 과거재해이력 등을 비교 검토하여 『1운전규제구간-1개소』지정 순으로 구간별 집중경비개소를 정한다.

2) 하천증수에 대해 운전규제가 필요한 교량의 판별

교량은 가설하는 목적과 구조에 의해 하천교량, 가도교, 성토체 하부의 암거, 호소에 가설하는 교량 등으로 구분되지만, 하천증수에 대해 운전규제가 필요한 교량을 판별할 때의 검토대상교량은 가도교를 제외한 모든 교량이다.

하천증수에 대한 운전규제는 강우로 인한 홍수 때문에 교량 피해를 예상하여 실시되고 있으며 물의 흐름이 생기는 모든 교량에 운전규제가 이루어지는 것이 기본이다. 그러나 물의 흐름이 있다 해도 하천증수에 의한 재해발생 우려가 없는 경우에는 하천증수에 대한 운전규제는 실시하지 않는다.

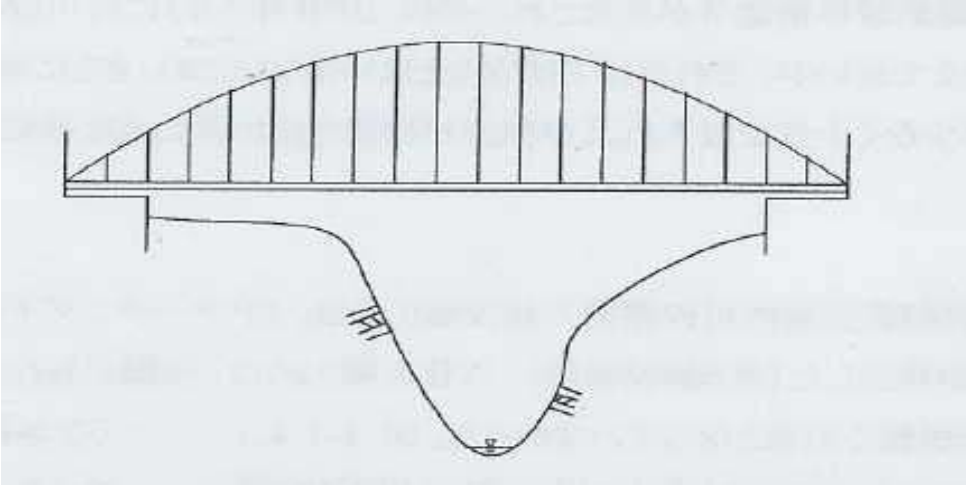
따라서 하천증수에 대해 재해의 발생우려가 지극히 낮다고 판단되는 교량은 하천증수에 대한 운전규제 및 경계에서 제외한다. 다만 하천증수에 대한 운전규제의 필요성을 명확히 판단할 수 없는 교량에 대해서는 운전규제가 필요한 교량으로 가정하여 필요한 검토를 수행한다.

다음은 하천증수에 대한 운전규제가 필요하지 않은 교량을 판별하는 기준과 특수한 경우에 대한 대처 방법이다.

가) 하천증수에 대한 운전규제가 불필요한 교량

① 하천 개·보수에 의해 교량을 개량한 경우로서 하천관리시설 등 관계법령을 만족하고 교각 등에 변상도 없으며 교각주변의 국소세굴도 적어 충분한 근입깊이와 강도를 가지고 있는 교량

② 골짜기에 설치된 교량으로 하천 증수에 전혀 영향이 없는 교량(<그림 3-5-28>)



<그림 3-5-28> 골짜기에 설치된 교량의 예(교각이 없는 경우)

③ 일반하천에 있는 교량으로 거더가 침수되어도 유속이 느리고, 유수압에 대해 거더 중량으로 충분히 저항할 수 있는 교량

④ 제방이 월류되어도 유속이 느리고, 부근에 물이 저류상태에 있으며 교량 배후의 성토체(교대)가 유출될 우려가 없는 교량

⑤ 기타 하천이 증수되어도 위험하지 않은 교량

나) 특수한 경우에 대한 대처법 (수위가 낮아짐에 따라 위험하게 되는 경우)

수위가 낮아짐에 따라 위험에 노출되는 몇가지 예가 있다. 다음은 그 예이다.

예) 감조하천에서 상류측에 배가 버려져 있는 경우 수위가 저하됨에 따라 그 배가 이동하여 교량거더에 충돌함으로써 변위가 발생되는 경우

예) 하구부근의 인공하천 교량에서 하류측 배수장의 펌핑(pumping)에 의한 수위저하가 원인이 되어 교각이 세굴, 경사지게 되는 경우

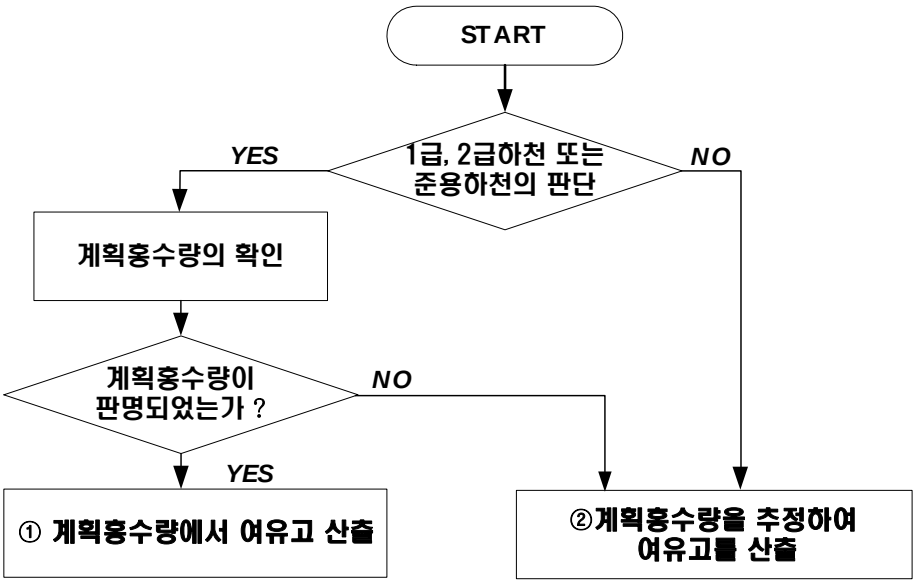
이와 같은 상기의 특수한 경우는 실태에 준하여 안전시책을 강구해야 한다. 안전시책에는 수위에 의한 운전규제 이외에 구조물의 내력보강과 변상검지 등의 방법을 생각할 수 있다. 또한 필요에 따라 전문가의 자문을 얻어 개별적으로 검토하고 적절한 방법을 사용해야 한다.

3) 강우에 의한 운전규제 적용방안

가) 규제수위 상한치의 설정

① 여유고 구하는 방법

여유고는 아래 흐름도에 따라 구한다. 여기서 구한 여유고는 다음 항에 설명될 “규제수위의 상한치”를 정하는 데에 활용된다.



<그림 3-5-29> 여유고 흐름도

㉠ 하천관리자가 정한 계획홍수량으로부터 여유고를 구하는 방법

1급, 2급, 준용하천의 경우는 계획홍수량을 하천관리자에게 문의하고 계획홍수량과 여유고의 대응관계를 보여주는 <표 3-5-15>로부터 여유고를 구한다.

<표 3-5-15> 계획홍수량과 여유고의 관계

항목	계획홍수량(m^3/s)	여유고[△hi (m)]
1	200	0.6
2	100이상 300미만	1.0
3	300이상 2,000미만	1.2
4	2,000이상 6,000미만	1.5
5	6,000이상	2.0

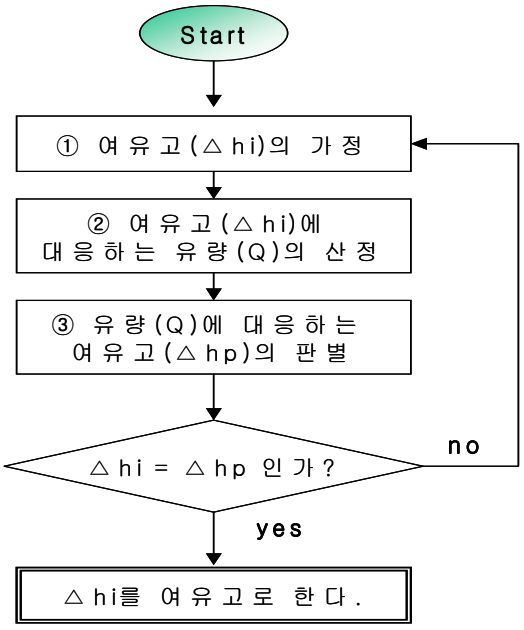
㉡ 계획홍수량을 추정하여 여유고를 구하는 방법

하천관리자가 계획홍수량을 정해놓지 않아 계획홍수량이 불분명할 경우 다음에 의해 산출한다.

○ 해당 하천의 단면과 거더 하단의 높이로부터 최대유량을 구한다.

○ 그 유량을 계획홍수량 추정치로 하여 상기 표에 의해 여유고를 구한다.

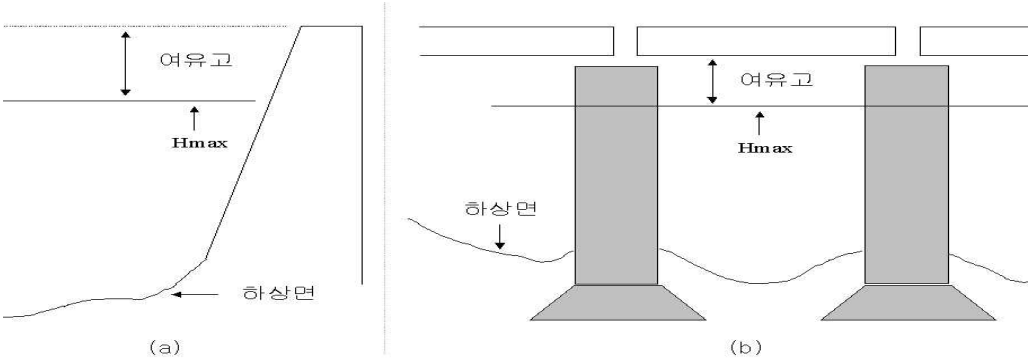
다음은 계획홍수량을 추정하여 여유고를 구하는 경우의 순서이다.



<그림 3-5-30> 계획홍수량 추정
여유고 흐름도

② 규제수위 상한치를 구하는 방법

규제수위 상한치(H_{max})는 유하물의 교량 거더에의 충돌 또는 집적에 의한 거더 유실 및 변형, 그리고 제방의 결괴 또는 월류에 의한 홍수에 의해 교량 배후의 성토체 유실을 고려하여 결정한다(<그림 3-5-31>).



(a) 제방결괴 또는 월류된 홍수에 의한 교량 배후의 성토체 유출이 우려되는 경우
(b) 유하물의 거더 충돌 또는 집적 우려가 있는 경우

<그림 3-5-31> 규제수위 상한치(H_{max}) 설정에 대한 기본개념

구체적으로는 <표 3-5-16>에 기초하여 정한다. 다만 교량배후의 성토체 유출을 고려하는 경우에는 교량지점의 제방뿐만 아니라 상·하류 방향의 제방높이도 고려한다.

<표 3-5-16> 규제수위 상한치(H_{max}) 설정방법

유하물의 거더충돌에 의한 안전성 위협여부	교대안 성토체가 유출될 가능성 여부	규제수위의 상한치
있음	있음	둑마루 또는 거더 하부면 양자 중 낮은 쪽에서 여유고를 뺀 표고치를 H_{max}로 한다.
있음	없음	거더 하부면에서 여유고를 뺀 표고치를 H_{max}로 한다.
없음	있음	둑마루에서 여유고를 뺀 표고치를 H_{max}로 한다.
없음	없음	원칙적으로 거더최하단과 제방고 가운데서 낮은쪽의 표고치를 H_{max}로 한다.

㉠ 교량 거더의 유실 및 변형의 우려

다음과 같은 경우에는 교량 거더의 유실 및 변형 우려가 없다고 판단해도 좋다.

○ 홍수위에 대해 교량 거더가 충분히 높은 교량
○ 하천, 호소, 댐 등에서 유속이 작은 수역에 설치된 교량
○ 도시하천 등에서 유하물의 우려가 전혀 없는 하천에 설치된 교량
○ 유하물 등을 고려해도 충분히 안전하다는 것을 확인한 교량

여기서 마지막항의 유하물에 의한 위험성은 충돌에 의한 파괴, 유하물 집적에 의한 방죽 상승, 유하물 집적에 의한 작용면적 증대에 따른 유수압의 증가 등이다. 유하물의 충격력에 의해 교량자체의 파손뿐만이 아니라 교각 또는 교량·거더에 유하물이 집적되어 유수의 소통이 현저히 저해되고, 상류측 수위상승에 따른 제방의 월류파손, 홍수압 증대에 따른 교각·교량파손 또는 유실을 일으킨다.
이러한 위험성에 대해 다음과 같은 검토를 수행하여 충분한 안전성이 확인된다면, 상한치 Hmax을 높게 하여도 좋다. 이 검토 결과가 실태와 부합되지 않는 경우에는 별도의 방법을 참고하여 검토해도 좋다.

• 충돌에 의한 파괴 검토 (안전성 평가)

현재의 설계는 교량거더에 유하물이 충돌하는 일이 없도록 교량거더를 충분히 높혀 유하물의 충돌하중을 고려하지 않는 것이 일반적이다. 그러나 기존의 교량에는 교량거더에 수위가 도달하고 유목 등에 의한 유하물 충돌의 위험성이 존재한다.

• 집적에 의한 상류부 수위상승 (안전성 평가)

유하물이 대량으로 집적된 경우의 상류측 수위상승량은 최대 2~3m 정도에 이르기도 한다. 따라서 집적 가능성이 있는 경우에는 교대안의 성토체 유출에 대한 검토를 수행한다.

• 집적에 의한 유수압 증대 (안전성 평가)

통상 교량거더에 수위가 이르지 못하도록 설계되어 유수압을 고려하는 경우는 없다. 그러나 교량거더에 수위가 도달할 가능성이 있는 경우에는 홍수압 계산에 있어 투영면적에 교량거더와 교각의 연직투영면적을 이용하고 교량거더 유실과 함께 교각의 전도에 대해서도 검토한다.

㉡ 교대안의 성토체 유출에 대한 우려

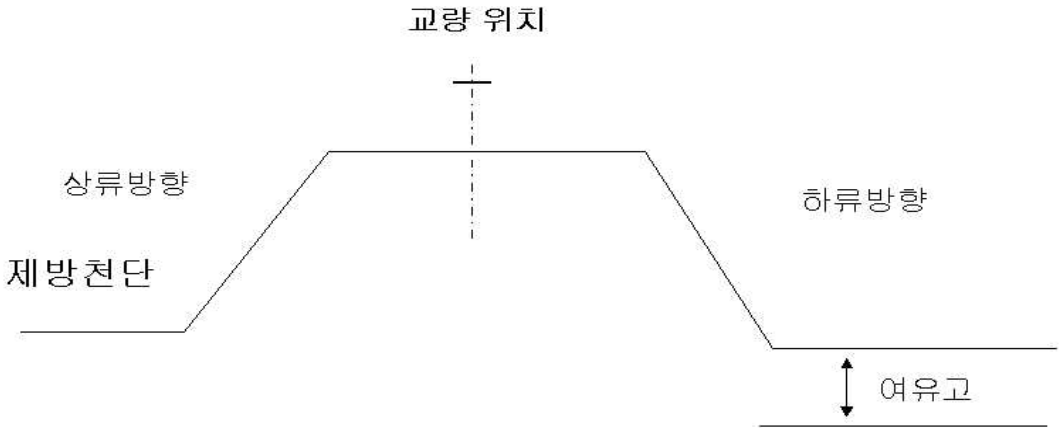
교대에 접한 호안이 세굴에 의해 전도 또는 무너질 우려가 없고, 교대안측 성토체가 다음과 같은 경우에는 유출에 대한 우려가 없다고 판단해도 좋다.

○ 성토가 콘크리트 블럭 등에 의해 방호되고 있는 경우

○ 월류를 하여도 유속이 느려 침식의 염려가 없는 것을 확인한 경우

㉢ 둑마루의 높이

둑마루의 높이는 기본적으로 교량위치이다. 다만, 교량위치의 제방 높이보다 상하류 측의 제방높이가 낮고, 월류할 경우 그리고 교대안의 성토체가 유출할 우려가 있는 경우에는 낮은 제방 높이를 둑마루 높이로 한다.



<그림 3-5-32> 교량위치의 제방 높이보다
상·하류 측의 제방 높이가 낮은 경우

㉣ 교량 거더 및 교대 안 성토체의 유출우려가 없는 경우

㉠, ㉡항의 검토를 수행하고 교량거더 및 교대 안 성토체의 유출우려가 없는 경우에는 원칙으로 거더 최하단과 제방높이 중 낮은 측을 Hmax로 한다. 다만, 현지 상황을 충분히 조사하여 안전이 확인된 경우에는 Hmax를 더 높게 하여도 좋다.
여기서 홍수위에 대해 교량거더가 충분히 높은 교량이란 물리적으로 고려되는 최대 수위(제방고 등)에 2m를 더해도 교량거더 최하단에 도달하지 않는 경우의 교량을 말한다.

㉲ 운전규제수위의 상한치를 정할 필요가 없는 경우

운전규제수위의 상한치(Hmax)는 유하물의 교량거더에의 충돌 또는 집적, 제방 결괴 또는 월류된 홍수에 의한 교대 배후의 성토체 유출을 고려하여 정한다. 유하물이 교량거더에 충돌할 우려가 없는 교량 또는 충돌할 우려는 있어도 유속이 상당히 작아 교량거더와 교각의 피해가 전혀 없다고 판단되는 교량에 대해서는 상한치(Hmax)를 정할 필요가 없다. 원칙으로는 거더 최하단과 제방 높이 중 낮은 쪽을 상한치(Hmax)로 한다.

충분한 검토 후 안전성을 확인할 수 있다면 상한치를 정하지 않아도 좋다. 이때 충분한 검토라는 것은 기본적으로 홍수시 충분한 현지실태조사를 포함한다.

② 강우에 의한 운전규제방안

열차의 운전규제를 행할 경우, 일반적으로 역에 설치된 우량계 세트의 값에 의한 경보음에 의해 역장이 열차의 서행 또는 정지조치를 행하는 경우가 대부분이지만 시설관리사무소에서 행하는 경비 또는 기상정보 등에 의한 정황판단에 의해 정확한 운전규제를 행하는 것이 중요하다.

열차를 운전규제 하여 서행 또는 정지한 후 그것의 재개여부에 대한 판단 또한 시설관리사무소에서 수행하지만 과거에도 운전재개의 판단착오로 인해 재해사고 예가 많았기 때문에 충분히 주의할 필요가 있다. 이와 같은 기술적인 판단은 지극히 어려운 일이지만 평상시의 강우 방재대책 마련 및 운전규제시 현장상황, 기상상황 등을 정확히 파악토록 노력하여야 하고 동시에 신중한 판단을 하지 않으면 안 된다.

특히 주의해야 할 것은 강우량의 추이인데, 연속강우량이 이미 규제치를 초과하고 다시 강우가 계속해서 내리고 있다는 것은 점차 위험도가 증가하고 있다는 것이다. 강우 중 선로우회시 이상이 없다고 확인되어도 비가 지속적으로 내릴 경우에 한해 재해발생 우려가 높다고 판단할 수 있다.

따라서 운전재개를 위한 선로점검은 그와 같은 상태에서 안전하다고 판단되어도 의미가 없다. 특히 장대하천의 경우에는 강우에 의한 유수가 교량부위에 도달하는 데에는 지형, 유역면적의 넓이 등에 의해 차이가 난다. 강우상황, 하천의 유수상황을 보아 이제 더 이상 위험한 상태가 아닐 경우 선로의 안전을 확인하고 운전재해

판단을 내린다. 이에 평소부터 지형, 지질 등의 상황으로부터 방재상의 주의개소를 파악해 두고, 이상시 순회 주의 포인트로 해 놓을 경우 효율적이고 정확한 기술적인 판단이 도출될 수 있도록 하는 것이 중요하다.

노반 및 사면의 경우 강우에 대한 열차운전규제는 다음과 같은 방법에 의거하여 이루어진다.

강우에 기인한 재해에서 열차의 운행이 불가능하게 되는 상태로서 '성토의 붕괴'에 의해 선로가 사다리모양으로 되기도 하고, '절개·자연사면 등의 붕괴'에 의해 붕괴토사가 선로에 지장을 주기도 하고 '선로횡단배수능력'보다 큰 우수의 유입에 의한 선로의 수몰 등의 재해 형태가 있다.

이와 같은 재해의 발생을 감시카메라와 센서로 상시감시하고 100% 정확하게 파악해서 적절하게 열차를 정지하는 것이 가장 바람직하지만, 모든 연선에서 재해발생을 직접 감시하는 것은 매우 어렵고 이 때문에 우량을 관측하여 규제기준치를 설정하고 운전규제를 시행하는 간접적인 방법을 이용하고 있다.

㉠ 우량계

선로연선에 각각 10km, 최대 15km 간격으로 우량계를 설치하고 있다. 고가교의 연속구간 및 장대터널의 출입구 부근을 제외한 부분 등은 내강우성이 강하다고 고려되어지는 것에서 운전규제의 대상에서 제외하는 것으로 한다.

㉡ 우량지표

운전규제에 이용하는 우량지표는 <표 3-5-17>에 보인 것과 같이 재래선·신간선의 각각에서 단기우량과 장기우량의 우량지표를 수단계로 나누어 조합되어 설정하고 있다.

<표 3-5-17> 우량지표

	재래선	신간선
단기	'시간우량'	
장기	'연속우량'	'24시간우량'

또 연속우량으로 파악할 수 없는 장기간 강우의 영향을 받기 쉬운 개소는 장기간 강우 중점경비개소로 하여 '누적우량'의 기준치를 정하여 운전규제를 시행하고 있다.

○ 시우량 : 임의의 시각에 대하여 1시간 전부터 그 시각까지의 강우량의 합계

○ 연속우량 : 임의의 시각에 대해서 강우가 12시간이상 중단없이 내릴 때, 그 시각까지 연속한 기간의 강우량의 합계

○ 24시간우량 : 임의의 시각에 대하여 24시간 전부터 그 시각까지 내린 강우량의 합계

○ 누적우량 : 임의의 시각에 대해서 강우가 48시간 이상 중단 없이 대릴 때 그 시각까지 연속한 기간의 강우량의 합계

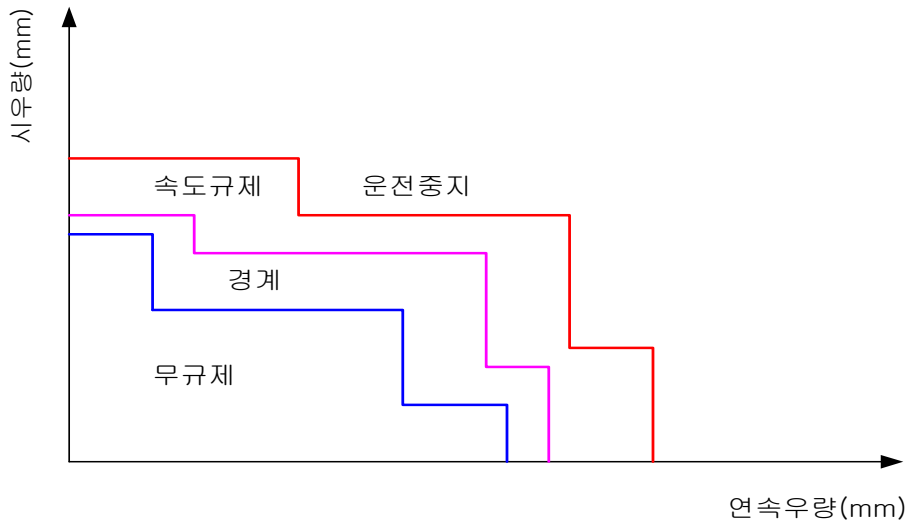
<표 3-5-18> 강우시 운전규제의 발령기준

우량의 기준	기준치가 가지는 의미
경계	우량이 발령기준치에 도달한 경우, 재해의 발생은 대부분 없지만 현장 곳곳에서 재해의 전조의 일부가 관측되고 있다.
속도규제	우량이 발령기준치에 도달한 경우, 과거의 경험에서 재해가 발생하지는 않지만 현장 및 시간적으로 이상한 강우 패턴으로 경미한 재해가 발생하고 있다.
운전중지	우량이 발령기준치에 도달한 경우, 재해가 발생할 가능성이 있다.

㉣ 운전규제의 발령기준치

<표 3-5-18>에 보인 바와 같이 고려할 방안으로 '경계', '속도규제', '운전중지'의 운전규제발령기준치를 설정하고 있다. 이와 같은 기준치는 과거의 강우실적과 재해사례의 기록을 기초로 하여 통계적으로 정하고 있다.

<그림 3-5-33>에 재래선의 우량지표 조합에 의한 운전규제의 이미지를 도시하였다



<그림 3-5-33> 우량지표의 조합에 의한 운전규제의 이미지(JR 동일본)

㉣ 하천증수시 운전규제 방안

하천증수에 대한 운전규제 등은 선로주변의 강우량 증가와 하천수위의 증가와 반드시 비례하지 않기 때문에 강우에 대한 운전규제와 완전히 분리하여 교량거더 하부 수위로 운전규제 발령 기준을 정하는 것이 바람직하다.

○ 운전규제 등의 대상

하천증수가 원인인 재해가 발생할 우려가 있는 교량은, 운전규제를 행하는 것으로 되어 있지만 구체적으로는 다음과 같은 개소를 대상으로 한다.

- 교량 등의 경사, 결괴 : 하천 가운데 유수를 저해하는 교각 등이 존재하고, 증수에 동반되어 주변세굴 및 유수압에 의해 교각 등이 불안정하게 될 우려가 있는 개소
- 유하물 등에 의한 교량거더 유출, 변위 : 유하물 또는 유수압에 의한 교량거더의 변형, 유출이 발생할 우려가 있는 개소
- 교대부분의 성토체 유출 : 제방을 월류 또는 제방이 결괴하고, 교량배후의 성토체가 유출할 우려가 있는 개소

○ 수위 측정방법

지금까지 수위측정은 하천교량에 양수표를 설치하고 경비원이 육안으로 교량하부

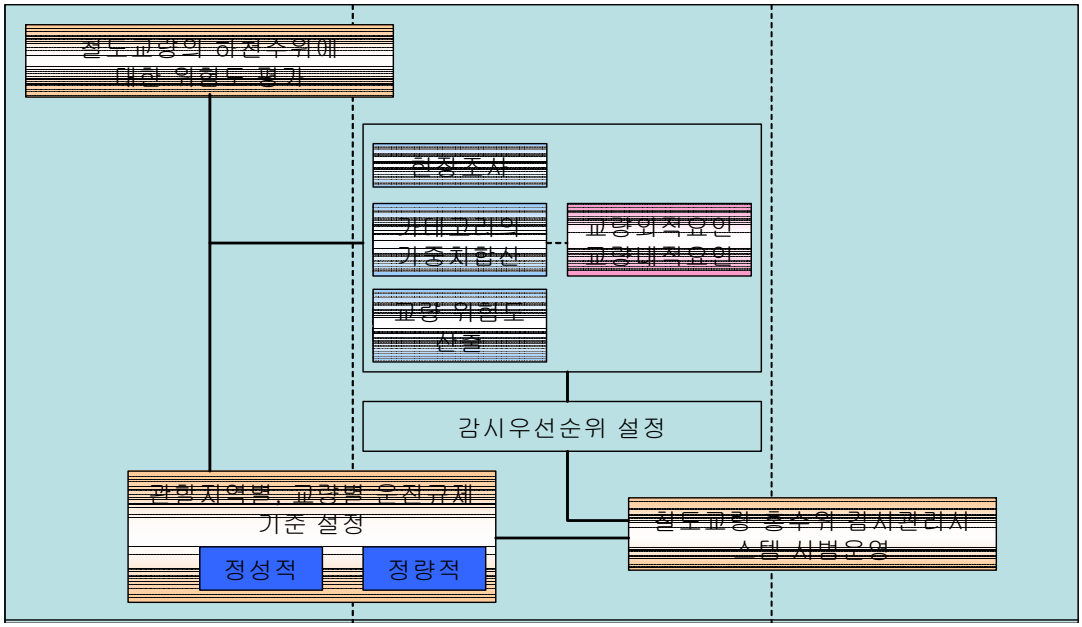
의 수위를 측정하였다. 그러나 상시 또는 홍수시 교량수위를 실시간으로 감시·관리할 수 있는 시스템을 적용함으로써 향후 교량하부의 수위를 인력계측 및 감시가 아닌 상시계측 및 감시체제로 전환하고 이에 의한 수위측정이 바람직하다고 판단된다.

○ 운전규제 발령기준(안)

하천 증수시 운전규제(안)은 하천교량의 안전성을 검토하고 규제치를 정하여 <표 3-5-14>에 기초한 발령 및 해제를 수행할 것을 제안한다.

강우에 의한 정량적인 운전규제기준치(안)의 제시는 철도교량의 하천수위에 대한 위험도 평가결과와 열차운전규제 수위상한치 결과를 비교 검토하여 제시하여야 하며, 철도교량 홍수위 감시관리시스템의 현장구축을 통하여 각 교량별 수위상한치를 보정, 보완함으로써 비로소 각 교량에 적정한 열차운전규제기준을 수립할 수 있다.

이와 같은 열차운전규제기준 설정을 위한 일반적인 로드맵을 참고로 나타내면 다음 <그림 3-5-34>와 같다.



<그림 3-5-34> 열차운전규제기준 설정을 위한 로드맵

(다) 온도에 대한 열차운전규제

강우에 의한 열차운전규제외에도 레일 장출사고의 주원인인 온도와 열차 전복사고를 유발할 수 있는 강풍 및 강설에 따른 열차운전규제가 필요하다. 그러나 이러한 운전규제는 안전에 대한 위험요인을 도출하여 각 요인에 대한 영향을 파악하고 국내 철도특성과 현장조사, 과거재해이력 및 수치해석 등을 통하여 국내 기상에 적합한 규제의 제시가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 이미 오래전부터 방재시스템을 구축하여 여러 운전규제를 활용하고 있는 일본에서의 각 열차운전규제를 제시하고자 한다. 이러한 운전규제들은 향후 좀더 깊이있는 연구를 통하여 국내 현실에 맞는 열차운전규제로 변경, 적용되어야 한다.

일본에서의 여름철 레일 장출사고는 최근 수년동안 감소 경향을 보이고 있지만 여전히 운전사고를 방지하기 위해서는 대단히 중요한 테마이다. 그 때문에 여름철에 있어서는 각 보선 지구에 설치된 자기식 레일 온도계에 의해 기록된 온도를 눈으로 확인하고 고온일 때 특별 순회를 실시해 왔다.

또 고온시의 운전 규제는 종래까지는 정해지지 않았지만 96년 8월에 여름철 이상온도시에 있어서의 운전 규제를 도입하여 각 지구·본구에서 레일 온도와 대기 온도를 실시간으로 파악할 수 있고 이상시에 신속하고 확실하게 대응하는 것을 목적으로 레일 온도 검시 시스템을 도입하였다.

여름철의 레일 고온시에 있어서의 운전규제 기준으로서는 종래 유간 판정 C랭크 개소에서 60℃의 서행 기준이 있었지만 장대레일에서는 그 기준이 명확하게 되어 있지 않았다. 또 지금까지는 최고 레일 온도를 60℃를 기준으로 해 왔지만 기록적인 더위에 있어서 레일 온도 60℃를 넘는 경우가 있어 60℃를 넘는 이상 고온시에 대한 대응을 명확하게 해 둘 필요가 있었다.

그래서 현재의 궤도 구조, 유간 관리, 장대레일 관리의 실태, 과거의 최고 레일 온도의 발생 빈도 등을 고려하여 이상 고온시의 운전 규제 기준을 도입하였다.

JR 동해에서는 여름철 특별 순회 경비의 관리 구분을 <표 3-5-19>에 나타낸 것과 같이 R·Y·G 세 개로 구분하여 경비 발령을 하고 있다.

<표 3-5-19> 여름철 특별순회 경비관련 선로구분 기준(JR 동해)

구 분	유간 판정	좌굴에 대한 안전율	비 고
Red	C 랭크	a ≥ 90%	도상이완 작업후 소정의 도상횡저항력이 회복되지 않은 개소
	B 랭크	90%> a ≥ 75%	
Yellow	A 랭크	a < 75%	
Green	무 랭크		

여기서 유간판정은 안전도 판단기준에 의해 구분하고 있다. 그 판단기준은 장대레일의 안전도 고려방법을 이용하여 발생축력이 최저좌굴강도의 65%이상의 값을 갖는 A, B, C 랭크로 구분하여 안전도 판정을 한다. 안전도 판정방법은 다음과 같다.

① 발생축력(P)의 계산

$$P = EA\beta(T_{max} - t - E_r/\beta l)$$

여기서 E : 레일의 탄성계수(2.1×10^6kg/㎠)

A : 레일의 단면적(㎠)

β : 레일강의 선팽창계수(0.0114)

E_r : 수정유간(<표 3-5-9> 참조)

t : 유간측정시 레일의 온도(℃)

T_{max} : 최고 레일온도(℃)

l : 이음매의 평균레일길이(m)

<표 3-5-20> 이음매판 구속력의 유간량 환산치

구 분	침목종별	레일길이	이음매판 구속력 유간환산치(c)	수정유간량 환산
레일온도 상승시	PC침목	25m	1.0㎜	측정유간 - c
	목침목	25m	1.0㎜	
		50m	4.0㎜	
레일온도 하강시	PC침목	25m	1.0㎜	측정유간 + c
	목침목	25m	1.0㎜	
		50m	4.0㎜	

② 최저좌굴강도(P_t) 계산

최저좌굴강도는 레일이 좌굴을 일으킬 가능성이 있는 최저의 축력으로 다음식에 의해 구한다.

○ 현장 곡선반경 $R \geq R_0$ 혹은 직선인 경우

$$P_t = 3.63 J^{0.383} g^{0.535} Nj^{0.267}$$

○ 현장 곡선반경 $R < R_0$ 인 경우

$$P_t = 3.81 J^{0.383} g^{0.535} Nj^{0.267} - 20.2 J^{0.789} Nj^{0.600} l / R$$

여기서 $R_0 = 112.2 J^{0.406} g^{0.535} Nj^{0.333} / g^{0.535}$

J : 레일의 휨강성($㎝^4$)

g : 도상횡저항력(N/㎝)

Nj : 궤광 휨강도

R : 곡선반경(m)

③ 판정기준 : 안전율(a)

a = 발생레일축력/최저좌굴강도

= P / P_t

위의 식에 의해 수정유간의 이음매 3개의 평균을 이용하여 각 이음매마다의 안전율 a(%)를 계산한다. a=65%를 연속 5개 이음매 이상 초과하는 개소에 대해서 그 구간의 최대 안전율 a에 의해 안전도 판정(랭크 구분)을 한다.

C 랭크 : a ≥ 90%

B 랭크 : 90%> a ≥ 75%

A 랭크 : 75%> a

또한 이음매 3개 이상 무유간인 개소는 C랭크로 한다.

각 궤도상태에 대해서 이러한 식을 계산하는 것은 복잡하므로 몇 개로 구분하여 계산하고 있다.

선형의 경우는 R≥1000m, R=500m, R=300m의 3종류로 하며 중간의 반경은 작은 반경측의 값을 사용한다. 또한 궤도조건은 궤도구조와 도상 횡저항력 g의 값에 의해 <표 3-5-21>과 같이 구분하여 행한다. 레일의 종별은 60㎏, 50N, 50T, 50PS, 40N, 37㎏으로 나누고 있다.

<표 3-5-21> 궤도조건에 따른 도상횡저항력 등의 평가구분

구분	도상횡저항력	궤광강도	도상종별	도상어깨	침목	비 고
Ⅰ-1	4.90kN/m	1.1	쇄석	있음	특수형 특수구간용 6호	
Ⅰ-2	4.41kN/m	1.1	쇄석	있음	PC침목	좌굴방지판 설치
Ⅰ-3	3.92kN/m	1.2	쇄석	있음	PC침목	개량형 가드부설
Ⅰ-4	3.92kN/m	1.1	쇄석	있음	PC침목	
Ⅱ-1	3.92kN/m	1.0	쇄석·오래됨	있음	목침목	좌굴방지판
Ⅱ-2	2.94kN/m	1.0	이항 이외에는 해당사항 없음			
Ⅲ	1.96kN/m	1.0	오래됨	없음	목침목	

여름철 특별순회 발령구분 및 열차운전규제기준은 <표 3-5-11>과 같이 과거체험 온도대응, 특별순회발령, 서행 및 정지로 제시하고 있으며 구체적인 발령·해제의 취급은 다음에 따라 정해진다.

- 발령·해제의 요청 : 보수 담당 구장이 시설 지령에 요청한다.
- 해제 온도의 판단 : 레일 온도가 운전 규제 온도를 밑돌고 하강경향(구체적으로는 1℃이상 내려간 상태)에 있을 때
- 서행 속도 : 동해선 40km/h, 그 외 선구 30km/h
- 서행 해제의 확인 : 열차 순회 혹은 요주의 개소의 SPOT 순회에 의해 확인
- 정지 해제의 확인 : 요주의 개소의 SPOT 순회 혹은 전선 순회의 의해 확인

레일온도가 특별순회 발령온도에 이른 경우는 순회경비를 실시하여 안전확인을

하고 있다. 여름철의 순회경비는 레일온도상승에 의해 레일이 경험한 레일온도를 기체험 온도로 하여 기체험한 레일온도에서의 순회경비를 생략하여 효율화를 꾀하고 있다. 지상순회요원의 배치는 온도계의 담당범위 전역에 약 2~3㎞마다 2명을 배치하고 운전규제치의 온도를 하회한 시점에서 순회를 개시, 궤도상태에 이상이 없는 것을 확인하고 규제를 해제하도록 하고 있다. 이 경우, 레일 온도계의 담당범위가 넓기 때문에 상당수의 순회요원을 필요로 하게 된다. 따라서 요원의 수배는 특별순회가 발령되기 전에 시작하고 요원부족 및 배치시기가 늦지 않도록 미리 각 보선소에서 수배방법을 정하고 있다.

<표 3-5-22> 여름철 특별순회 발령구분 및 열차운전규제기준

<table>
<tr><td>관리
구분</td><td>레일온도(℃)
개소</td><td colspan="14">45 50 55 58 60 62 64</td></tr>
<tr><td>R</td><td>・유간 B랭크
・연속분니개소
・도상이완시공개소
・소정의 저항력 회복되지 않은 개소</td><td colspan="3">과거
체험온도
대응</td><td colspan="5">항시 특별순회 발령</td><td>서행</td><td colspan="4">정지</td></tr>
<tr><td>Y</td><td>・유간 A랭크</td><td colspan="4"></td><td colspan="3">과거체험온도
대응</td><td colspan="3">항시
특별순회
발령</td><td>서행</td><td colspan="3">정지</td></tr>
<tr><td>G</td><td>・유간 무랭크</td><td colspan="6"></td><td colspan="2">특순
발령</td><td colspan="3">서행</td><td>정지</td></tr>
</table>

국내의 경우, 도상횡저항력, 궤광휨강도 등의 궤도구조의 물성치를 직접 측정하여 DB화한 경우가 없으며 국내 하절기 레일온도에 대한 DB부족 등으로 인하여 앞에서 설명한 일본의 경우와 같이 계산식에 의한 방법으로 열차운전규제기준을 현재로서는 설정할 수 없다. 더구나 이제까지 온도에 대한 열차운전규제는 현장의 경험으로 이루어지고 있어, 각 선로에 대한 취약개소 및 특성에 대한 기록 등의 열차운전규제기준을 정할 토대가 마련되어 있지 않은 실정이다. 따라서, 향후 온도와 궤도의 안정성에 관한 좀 더 깊이 있는 연구를 통하여 국내 현실에 맞는 열차운전규제를 설정하여야 하지만, 열차의 주행안전을 위하여 우선 일본의 열차운전규제기준을 준

용하여 적용할 필요가 있다고 판단된다. 준용하는 방법으로 우선 국내철도를 고속철도, 기존선(신설선 포함) 및 궤도상태 불량선로로 크게 3가지로 구분하고 구분한 선로를 일본의 관리구분 R, Y, G에 대응시켜 국내에 적용하고자 한다.

이미 국내 고속철도에서는 일본의 열차운전규제의 관리구분 G에 해당하는 64℃ 이상일 경우 운행중지, 60℃이상일 경우 전구간 70㎞/h이하로 운행을 하도록 하고 있으므로 고속철도의 경우는 관리구분 G를 적용한다.

일본 관리구분 R에 해당되는 개소는 유간 B랭크로 정의되어 있으나, 국내에서는 B랭크의 판단이 불가능하다. 하지만 <표 3-5-22>에 제시되어 있듯이 R개소의 특성상 연속분니개소, 도상이완시공개소 및 소정의 저항력이 회복되지 않은 개소 등이 여기에 해당된다. 따라서, 기존선중 궤도상태가 극히 불량한 선로, MTT작업 등에 의해 저항력이 회복되지 않은 선로, 새로운 선로 건설직후 도상안정이 이루어지지 않은 개소 등에 R에 해당되는 열차운전규제 적용이 가능하다. 그리고 나머지 재래선(도상이 안정된 신설선로 포함)은 일본 열차운전규제의 Y에 해당하는 열차운전규제 적용이 가능할 것이다.

<표 3-5-23>는 일본 열차운전규제기준을 적용하기 위한 일본 선로관리구분의 국내철도의 적용구분을 나타내고 있다. 앞에서도 언급하였듯이 우선 <표 3-5-23>과 같이 열차운전규제기준을 적용하고 향후, 국내 궤도구조와 궤도특성 등을 감안한 심도있는 연구를 통하여 국내실정에 맞는 열차운전규제기준을 제정할 필요가 있다.

<표 3-5-23> 일본 선로관리구분의 국내적용 선로

관리구분	국내적용 선로	비 고
R	선로불량개소 또는 도상저항력이 약한 개소가 연속한 선로	○ 기존선의 경우, 연속분니개소, 작업에 의해 도상저항력이 약한 개소, 침목부상 또는 도상자갈이 충분하지 않은 개소가 많은 선로 ○ 신설선의 경우, 건설직후 도상안정이 이루어지지 않은 개소가 많은 선로
Y	기존선 및 신설선	○ 신설선인 경우, 일정기간이 경과하여 도상이 안정된 선로
G	고속철도	○ 현재 적용중

(라) 강풍시 열차운전규제기준(안)

강풍시 열차운전규제기준은 열차의 안전운행을 확보하기 위하여 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 과거 철도재해 정보 및 재해발생시의 강풍정보
2. 지역/노선별 강풍, 선로 및 차량 정보 분석
3. 열차운영환경을 고려한 노선별 안전규제 기준 및 절차
4. 강풍위험구간의 선정과 위험 관리
5. 강풍위험구간에 대한 강풍 모니터링 시스템 설치와 필요 시 방풍벽 설치

[해설]

강풍 시에는 열차에 가해지는 측력이 일시적으로 증가하여 한계치를 초과할 경우 전복할 수 있기 때문에 사전에 열차가 전복하지 않을 한계풍속을 설정하여야 하고 이를 초과 시에는 열차를 정지하며, 이외에는 서행, 주의, 정상운행으로 구분하여 발령함으로써 열차의 안전을 확보하여야 한다. 강풍 시 열차운전규제기준은 과도한 안전측으로 작성될 경우 비효율적 철도운영으로 인한 문제가 발생할 수 있으며, 불안전측으로 고려될 경우에는 승객의 안전을 보장할 수 없는 위험한 사태가 도래할 수 있다. 따라서 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ㅇ 과거 철도재해 정보 및 재해발생시의 강풍정보를 고려하여 안전규제기준을 설정하여야 함.
- ㅇ 재해이력이 없거나 노선의 건설, 개량, 열차의 변경 혹은 증속 등 열차운행환경이 변화되는 경우에는 지역/노선별 강풍, 선로 및 차량 정보를 수집, 분석하여 안전규제기준 및 절차를 설정하여야 함
- ㅇ 재해이력과 열차운행환경을 고려하여 강풍취약구간을 선정하고 집중적인 위험관리를 실시하여야 함
- ㅇ 강풍취약구간의 위험관리를 위하여 강풍 모니터링 시스템을 설치하고 필요 시 방풍벽 설치를 고려함.

이상의 고려사항을 반영하여 설정된 강풍시 열차운전규제 기준은 아래 <표 3-5-24>와 같다.

<표 3-5-24> 강풍시 열차운전규제 기준

구분		일반철도	고속철도	강풍위험구간
정의		열차최고속도 200km/h 미만	열차최고속도 200km/h 이상	운영자가 별도 지정[1]
규제 주체		관제사/역장[2]	관제사	관제사/기관사[3]
풍속 측정 방법		풍속계 기상 경보, 육안 관측[4]	풍속계	현장 풍속계[5]
풍속별 운전규제	30m/s 이상	운전 중지	운전 중지	운전 중지
	25~30m/s	최고속도의 60% 이하 운전중지[6]	최고속도의 40% 이하	운전 중지
	20~25m/s	최고속도의 60% 이하	최고속도의 60% 이하	최고속도의 40% 이하

1) 강풍위험구간은 아래 <표 3-5-25>를 참조하여 운영자가 별도로 지정하여 운전규제를 적용한다.

2) 일반철도의 일반구간에서는 역장이 기상조건을 판별하여 역의 출발 혹은 통과를 통제할 수 있다.

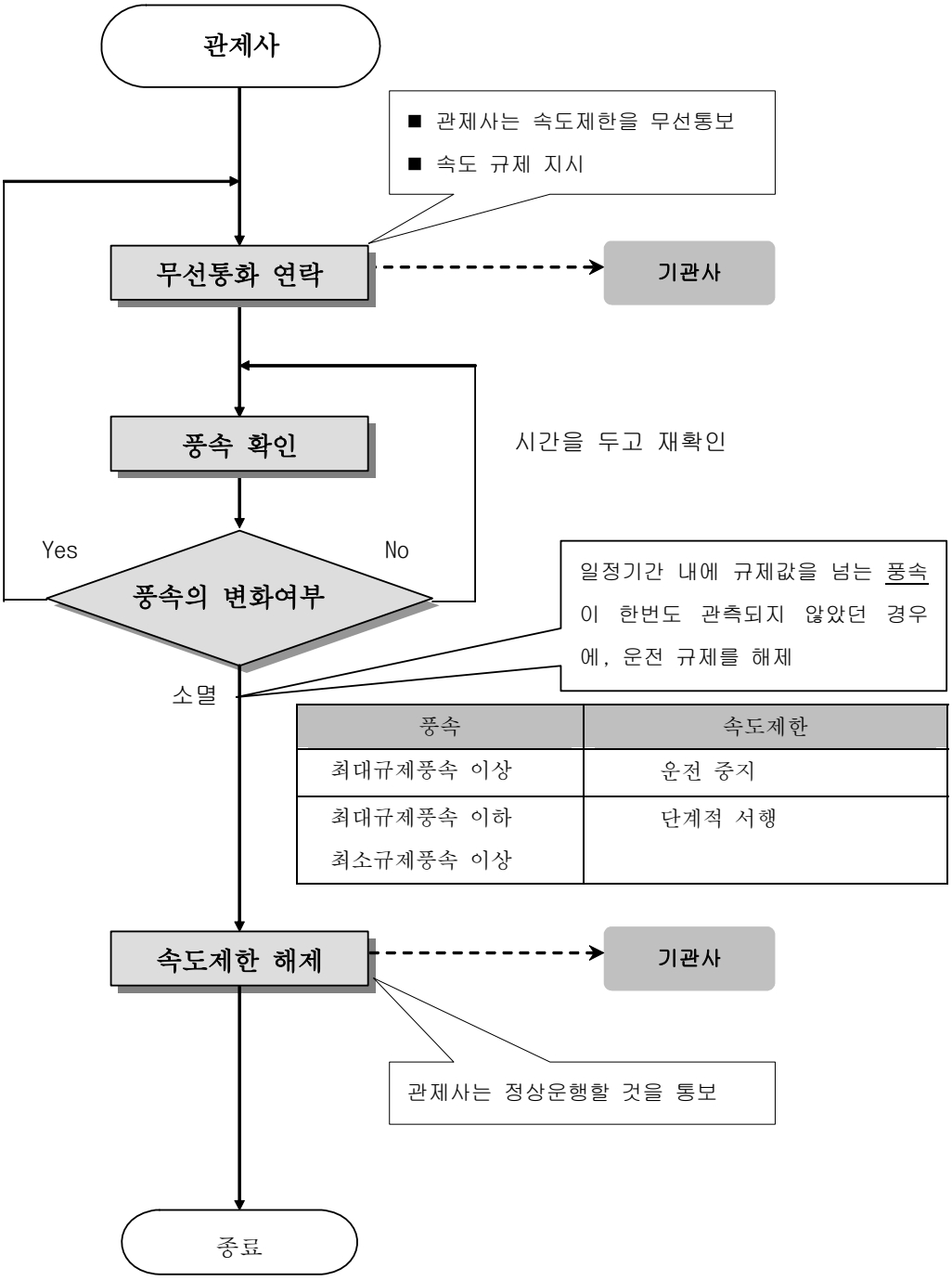
3) 강풍 위험구간 통과 시 현시되는 경보에 의하여 기관사가 운전규제를 직접 실시할 수 있다.

4) 풍속의 측정은 선로변에 풍속계를 설치하여 측정하는 것을 원칙으로 하되, 일반철도의 풍속계가 설치되어 있지 않은 구간에는 기상청이 발표하는 기상경보, 기상정보, 혹은 육안 관측을 이용하여 풍속을 추정할 수 있다.

5) 강풍위험구간에는 반드시 현장에 풍속계를 설치하여 실시간으로 관제실에 현시한다.

6) 일반철도의 경우 해당 풍속에서 최고속도의 60% 이하로 주행하되, 기상 특보, 기관사의 이상 감지 등의 상황을 고려하여 위험하다고 인정되었을 경우 운전을 중지한다.

이상의 강풍시 열차운전규제기준은 아래 그림 <3-5-35>의 절차에 기초하여 발령 및 해제를 수행한다.



<그림 3-5-35> 강풍시 열차운전규제 절차

강풍위험구간은 고가교, 해안지역 등 강풍 발생 빈도가 높거나 고속차량, 경량차량 등 전복한계풍속이 낮은 차량이 통과하는 구간에 별도로 지정하며, 신속하고 정확한 운전규제를 위하여 해당 지구에 강풍 모니터링 시스템을 설치하여야 하고, 경

우에 따라 강풍의 영향을 저감시킬 수 있는 방음벽의 설치를 고려할 수 있다.

강풍위험구간의 선정을 위해서는 아래 표 <3-5-25>의 강풍위험구간 평가 인자를 고려하여야 한다.

<표 3-5-25> 강풍위험구간 평가 인자

인자		단위	참고
선로 형상	곡선반경	m	
	캔트값	°	
구조물 상부구조	성토높이	m	
	교량높이	m	
	터널 여부	-	터널 구간은 측풍의 영향 없음
	방음벽 높이	m	레일 상면 기준
지리적 인자	선로 방향	°	북쪽을 0°로 함
	해안 거리	km	해안으로부터의 최단 직선거리
차량 인자	운행 차종	-	
	열차 속도	km/h	
	운행량	sec/day	하루 중 열차가 구간 내에 있는 시간

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- RSPG(영국)
- 운전취급사항, JR 각사

1) 국내외 강풍 시 사고사례 및 안전대책 현황

가) 일본

① 일본의 강풍 사고 현황

일본에서는 1889년에서 1994년 106년의 기간 동안 강풍에 의한 철도차량의 전복 및 탈선 사고가 총 27건 발생한 것으로 나타났으며, 이는 평균 4년에 1회 정도의 빈도에 해당된다. 이 중 사상사고는 12건에 총사상자 422명이고 이 중 사망자 39명으로 나타났다. 태풍에 의한 사고보다 돌풍에 의한 사고가 더 빈발한 것으로 나타났으며, 사고 당시의 측정 또는 추정풍속은 10m/s에서 55m/s로 다양하게 나타났다. 또한, 사고의 상당수가 교량이나 둑에서 발생하였기 때문에 사상자가 발생한 사고의 비율이 44%에 달했다.

<표 3-5-26> 일본 철도의 강풍에 의한 재해(1889-1994)

발생연월일	선명	역간	키로정	개요	편성양수	탈선차	풍속(m/s)	원인	사망자	부상자	참고문헌
1889. 9.11	東海道	沼津·原		新橋발 하행열차가 沼津역 발차 후 약1리 지점에서 객차 완급차 6량 전복		객차 계 완급 6		폭우	1	7	1
"	東海道	中泉[e]·天竜川		天竜川교량위에서 神戸발 상행 여객열차가 객차 4량 완급차 1량 탈선, 객차에 이상없음		객차 4 완급 1		폭우	0	0	1
1899. 6.30	東海道	御油[f]·蒲郡	119리20	축제부 주행중 기관차를 포함하여 전차량이 탈선 및 전복(混227レ)	11	기 1 객차 5 화차 4 객완 2	49	돌풍	0	25	1,2
1899. 10.7	日鉄본선[a]	矢板·野崎	87리80	箒川교량 주행중 11번째 차량 이하 전락(混227レ)	18	객차 8 화차 10	28 추정	태풍	20 86*	45	2,3
1909. 4.7	東北	野内·浦町[g]	451리40	기관차 2량부터 바람을 인해 객차 7량 전복 1량 탈선		객차 8	10.5	돌풍	1	32	2
1918. 9.24	羽越	水原·天王新田[h]	10리11	운전중 돌풍을 만나 뒷부분부터 순차적으로 가장 앞쪽 1량을 제외하고 탈선	14	객차 7 화차 6	30 추정	돌풍	0	33	2
1922. 2.5	東北	野辺地·狩場沢		10m의 축제를 주행중 돌풍으로 인해 객차 4량 기관차 탈선(客206レ)		기 1 객차 4		돌풍			1
1926. 2.27	常磐	広野·水戸		회송객차 5량 화차 2량 탈선전복(貨264レ)							*
1928. 2.24	東北	藤田·貝田		보기객차 3량 탈선전복(客131レ)							*
1928. 3.4	常磐	夜ノ森·大野		態川교량 위에서 화차 26량 전복, 그 중 14량 다리 아래로 낙하(貨289レ)		화차 26	26 (大野)	돌풍			2
1929.	信越	亀田·		호유니 1량 탈선(客915レ)			37				*

4.21		上沼垂					추정				
1931.1.10	五所川原[b]	鰺ヶ沢·陸奥赤石		화차 2량 4륜 객차 7량 전복 1량 탈선(混9レ)	10	객차 8 화차 2	40 추정	돌풍			*
1934.3.21	黒石[c]	川部·黒石		보기객차 1량 경사진 상태(混42レ)			35 추정				*
1934.9.21	東海道	草津·石山		속도 10㎞/h운전으로 瀬田川교량 통과 중 3번째 차량 이하 9량이 탈선전복(객차7レ)	11	객차 9	50	室戸태풍	11	216	1,2
"	東海道	高槻·摂津富田	549k300m	위험물이 날아와 정지 중 뒷부분 객차 3량이 탈선(客130レ)	6	객차 3	50	室戸태풍	0	13	1,2
"	大阪電軌[d]	布施		2량 편성 전차 중 1량 전복	2	전차 1	50	室戸태풍			4
1936.1.6	五所川原[b]	鰺ヶ沢·陸奥赤石	47k180m	화차 1량 보기객차 3량 전복	4	객차 3 화차 1	40	돌풍	0	14	2
1940.4.4	常磐	夜ノ森·大野		態川교량에서 회송중의 객차 1량이 탈선(客226レ)		객차 1	35 추정				2
1950.1.10	東北	矢板·野崎		箒川교량 주행 중 화차 1량 탈선 다리 아래로 낙하(226レ)		화차 1	30 추정				2
1950.9.3	和歌山	船戸·布施屋	77k100m	강풍으로 인해 정지중의 화물열차 앞부분부터 7량 화차가 탈선(貨533レ)		화차 7	55	돌풍			2
1970.1.31	東北	白坂·豊原		상행 장내신호기의 정지신호에 의해 정지중 돌풍으로 인해 화차 2량 탈선(貨2192レ)	38	화차 2	50 추정	돌풍			*
1970.2.5	羽越	神山構内		시속 10㎞/h로 역행중 가장 뒷부분 차장차 1량 횡전		차장 1		회오리		4	*
1978.2.28	영단지하철東西	南砂町·葛西	19k500m	荒川·中川교량을 78㎞/h로 통과중 10량 편성의 뒷부분 2량 탈선전복 1량 탈선(B2177S)	10	전차 3		회오리		21	4
1979.10.1	湖西	北小松·近江舞子		시속 40㎞/h로 近江舞子역 진입중 18번째 차량 화차가 탈선 고가 아래로 전락 19량도 탈선(貨4574レ)	34	화차 2		태풍16호	0	0	*
1986.12.25	山陰	鎧·餘部	188k500m	회송열차가 余部교량을 약 55㎞/h로 통과중 기관차를 제외한 객차 7량 탈선 다리 아래로 낙하(臨回客9535レ)	7	객차 7		돌풍	6	6	5
1994.2.22	三陸철도南리아스(rias)	甫嶺·三陸		높이 약 10m의 축제를 서행주행중 기동차 2량이 탈선전복 수답으로	2	기동차2	25 이상	돌풍	0		
"	根室	広内·西新得(信)(信)	128k500m	약 50㎞/h로 주행중 7량 편성에 기동차 앞부분 3량이 탈선(특급기4010D)	7	기동차3		돌풍	0	6	

※ 회사명, 선명, 역명, 역간은 사고당시의 것. 아래에 현재의 명칭을 나타낸다.

*: 부내 자료

a)일본철도본선=東北본선 b)五能선 c)弘南철도 黒石선 d)大阪전기궤도=近畿일본철도奈良선 e)磐田 f)愛知御津 g) 선로변경에 따라 현존하지 않음 h)月岡

② 일본의 강풍 시 운전규제의 역사

일본의 강풍 시 운전규제를 살펴보면, 1924년 12월 제정의 "운전취급사항"에 강풍 시 조치에 관한 규정(주의취급)이 제정된 이래 1934년 무로토(室戶) 태풍 시 세타가와(勢田川)교량 사상사고(사망 11명 부상 216명)를 계기로 한 풍속규정 정비를 통하여 풍속시설 및 보안사항(1935.12), 풍속계에 의한 운전취급방법(1935.12), 풍속계에 의한 열차운전취급수속(1938.9)을 제정하여 풍속 20m/s 부터 주의, 30m/s 에서 운행정지를 실시하도록 하였다. 또한, 1986년 요배 교량 탈선전복사고로 인하여 25m/s 에서 운전규제를 실시하는 빠른규제개소를 증가시켰으며, 풍속계의 정비에 따라 규제풍속의 기준이 평균풍속에서 순간풍속으로 변화하였다.

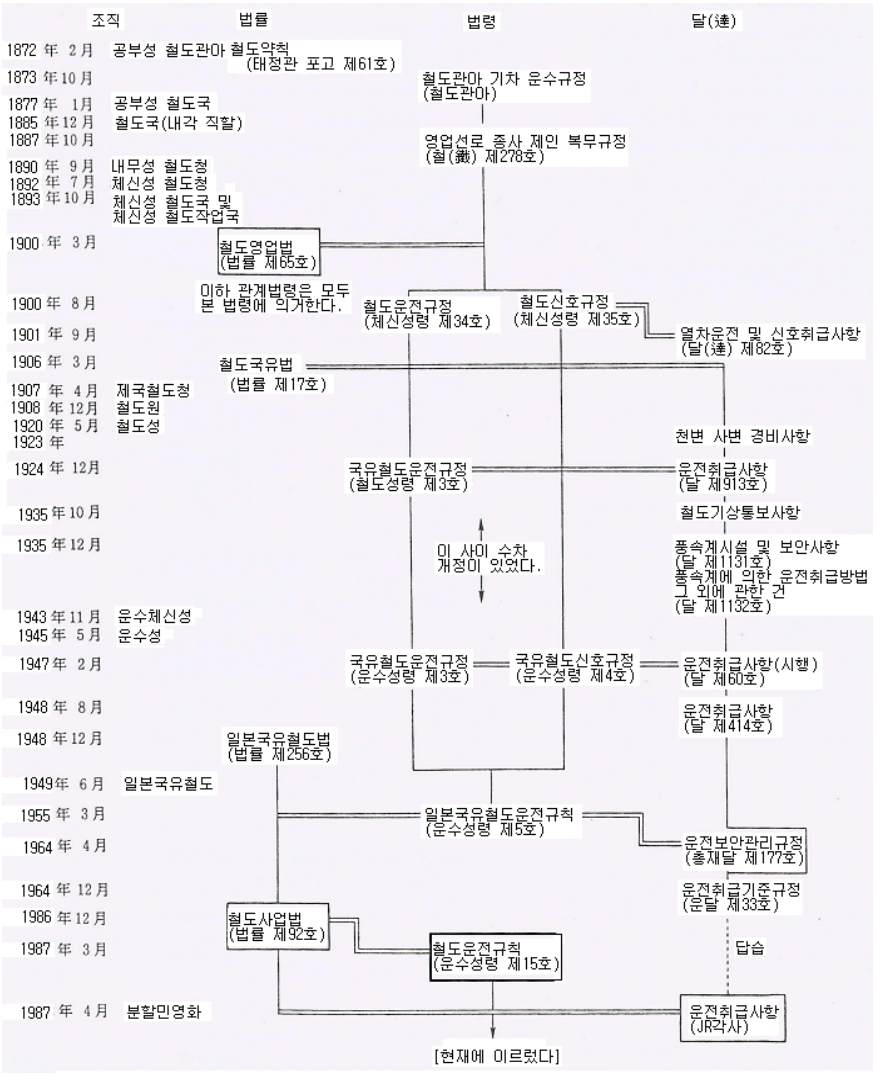


그림 3-5-36 운전취급관계법령·규정체계의 변천사는 현재 적용되고 있는 것

일본철도의 개통 이후 철도원의 발족까지 기록에 남아있는 것만으로도 5건의 운전사고가 있는데, 그 중에서도 1899년 10월 7일에 발생한 일본철도본선(현 도후쿠(東北)본선) 야이타(矢板)·야쟈키(野崎)간 호우키가와(箒川)교량의 열차전복사고는 사망자 20명(86명이라고 한 자료도 있음), 부상자 45명의 대참사로 당시 사회문제로까지 발전하였다. 이 시점에서는 아직 철도운행에 관한 법률 혹은 규정류가 정비되지 않은 상태이며, 또한 첫 번째 사철사고이기도 했기 때문에 국유철도에서 풍속규제에 관한 규정류를 작성하는 움직임은 볼 수 없었던 것 같다.

1900년 3월 “철도영업법”의 공포에 따라 같은 해 8월에 “철도운전규정”이 정해졌다. 여기에는 바람에 관한 사항으로 특히 규정된 조문은 눈에 띄지 않아 전년 발생한 호우키가와(箒川)교량사고와의 관련성은 없다고 생각된다. 하지만 제2조 제3항에, 이른바 요주의 구간에는 감시원을 배치하여 감시하도록 정해져 있어 본 조문이 바람과 관련성이 있는 규정의 근원으로 볼 수 있을 것이다. 또한 상세한 연월일은 불분명하지만 이 시기에 육상(연기, 나무 등)이나 해상(파도)의 상태로부터 평균풍속을 구하는 풍력계급표가 철도에 도입되었던 것으로 보인다. 이 풍력계급표는 현재에도 목측(눈대중)으로 풍속을 판정할 경우에 이용되고 있다.

◎ 1900년 8월 철도운전규정 (체신성령 제34호)

제2조 · 선로는 열차운전 상 위험의 우려가 없도록 항상 고안하여 관리하고 순시시킬 것 · 선로는 매일 적어도 그 상태를 감시시킬 것 · 열차운전 상 특히 주의를 요하는 장소에는 감시원을 두고 항상 감시시킬 것

1924년 12월 제정의 “운전취급사항”에 현재의 “운전취급사항”에 있는 강풍 시 조치에 관한 조문의 일부가 규정되어 있다. 본 조문에는 직원의 운전취급방법은 정해져 있지만 아직 구체적인 풍속치는 정해지지 않고 발령시기는 오로지 현장책임자의 판단에 맡긴 것으로 보인다. 본 규정의 근원은 1901년 9월 제정의 “열차운전 및 신호취급사항”인데, 여기에 본 조문이 규정되어 있었는지는 현재 불분명하다.

◎ 1924년 12월 운전취급사항 (달(達) 제913호)

제221조 폭풍우의 경우 역장은 아래의 각호에 의해 취급할 것

1 풍력이 심하여 운전이 위험하다고 판단한 경우에는 열차를 발차시키지 않을 것
2 공차나 경량으로 거대한 짐을 싣고 있는 차량은 되도록 연결하지 않을 것
3 유치되어 있는 차량은 움직이지 않도록 엄중하게 관리할 것

제222조
열차 운전 중 폭풍우에 조우한 경우 승무원은 아래의 각호에 따라 취급할 것
1 풍력이 심한 장소는 되도록 열차속도를 균일하게 하도록 노력하고 갑자기 속도를 높이거나 갑자기 브레이크를 걸지 말 것
2 운전이 위험하다고 판단된 경우에는 되도록 안전하다고 생각되는 장소에 정지할 것

쇼와(昭和, 1926~1989))초기에 도후쿠(東北)지방에서 바람에 의한 탈선전복사고가 잇따랐다. 또한 1934년 9월 21일 니시니혼(西日本) 일대를 강타한 무로토(室戸) 태풍에 의해 도카이도(東海道) 본선 쿠사츠(草津)·이시야마(石山)간 세타가와(勢田川) 교량에서 탈선전복사고가 발생하여 사망자 11명, 부상자 214명이 나왔다. 같은 날 도카이도(東海道) 본선 다카츠키(高槻)・셋쯔톤다(攝津富田)간 및 오사카(大阪) 전기궤도(현 킨테츠나라(近鐵奈良)선)에서도 탈선사고가 발생했다. 이러한 일련의 강풍재해가 계기가 되어 이후 수년에 걸쳐 풍속규정에 관한 규정류의 정비가 이루어져 간다.

◎ 1935년 10월 철도기상통보사항

기상통보 전달경로를 중앙기상대→운수국 운전과장→관계철도국 운전과장→각처 관장, 주임, 공장장 등과 규정, 각처 관장들은 기상 고지판의 제시에 의해 승무원에게 고지하는 것이 정해졌다.

◎ 1935년 12월 풍속시설 및 보안사항 (달(達) 제1131호)

제3조
풍속계를 아래와 같이 분류한다.
1 갑종풍속계라고 하는 것은 풍정발신용의…
2 을종풍속계라고 하는 것은 순시치 발신용의…
3 병종풍속계라고 하는 것은 앞의 각호 이외의 것을 말한다.
제5조
풍속발신기는 선로 면에서 5m이상의 전주 위에 풍속 매초 60m에 견딜 수 있도록 설치할 것

철도에 풍속계가 도입되었던 시기에 관해서는 불분명하지만 이 무렵 이미 풍속계

가 설치, 운용되고 있었다는 것을 알 수 있다. 본 사항에서는 풍속계의 종별, 초보적인 원리, 기능, 설치방법 등에 관하여 규정되어, 규제의 기준이 되는 풍속치나 운전취급에 관해서는 특히 정해져있지 않다. 또한 풍속계의 종류로서 평균풍속용과 순간풍속용의 구별이 있다는 것도 알 수 있다. 이 둘의 풍속평가시간은 전자에 관해서는 1분간 같지만 후자에 관해서는 불분명하다.

◎ 1935년 12월 풍속계에 의한 운전취급방법 그 외에 관한 건 (달(達) 제1132호)

제2조
풍속기록계가 설치되어 있는 정차장(신호소를 포함. 이하 동일)의 역장은 특별히 바람의 상태에 주의하여 열차운전의 안전에 유의할 것
제3조
풍속기록계에 의해 측정한 풍속(매초의 속도로 한다. 이하 동일)이 20m 이상이 되었을 때는 적당한 처리를 함과 동시에 이것을 관계개소에 통보할 것. 통보를 받은 역장도 이와 같이 한다.
풍력이 약해졌을 때는 전항의 취급에 준하여 그것을 관계개소에 통보할 것
앞의 2항의 풍속에 따른 처리방법 및 통보해야 할 개소는 철도장이 결정할 것
제4조
풍속기록계가 설치되어 있는 정차장의 역장은 풍속기록계에 의해 측정한 속도가 20m 이상이 되었을 때는 그 날의 최대풍속과 그 시각을 대신 및 철도국장에게 전보로 전달할 것
제6조
풍속기록지는 여기에 연월일을 기입하고 매월 5일까지 그 전월분을 담당 관리부장 또는 운수부장에게 제출할 것
운수부장은 전항의 풍속기록지를 검사한 뒤 보선부장에게 통지할 것

여기에서는 처음으로 이른바 본사규정 중에 “20m/s”라고 하는 구체적인 풍속치가 등장하는데, 이 풍속이 순간풍속을 의미하는 것인지 평균풍속을 의미하는 것인지는 명시되어 있지 않다. 또한 철도대신, 철도국장에게 통보, 풍속기록지 제출 등, 역장의 의무가 현재와 비교해도 상당히 엄격했던 것으로 되어 있는 것에서도 분명히 세타가와(勢田川)사고의 재발을 방지하기 위한 조치라고 생각된다.

◎ 1938년 9월 풍속계에 의한 열차운전취급수속 (대들갑(大達甲) 제119호)

제2조
풍속기록계가 설치되어 있는 정차장(신호소를 포함. 이하 동일)이 역장은 측정한 속도가 20m 이상이 되었을 때는 관계개소에 통보함과 동시에 담당 관리부장 또는 운수부장에게 통보할 것. 20m, 30m 이상 위와 동일

제3조
풍속기록계가 설치되어 있는 정차장의 역장 또는 풍속의 통지를 받은 역장은 풍속계 설치개소 방향으로 진입하는 열차(입환을 위해 운전하는 차량을 포함. 이하 동일)에 대하여 아래와 같은 취급을 할 것

1 풍속 20m 이상의 경우
해당 정차장을 발차하는 열차의 승무원(필요하다고 판단한 경우는 통과열차는 이것을 정지시킨 후)에게 통지할 것

2 풍속 25m 이상의 경우
해당 정차장을 발차하는 열차의 승무원(통과열차는 정지시킨 후)에게 통지함과 동시에 지붕이 있는 화차로 짐을 싣지 않은 것과, 지붕이 없는 화차에 경량으로 높이가 있는 짐을 싣고 있는 것은 되도록 연결을 피할 것. 단, 화차 자체의 무게가 5.5톤 이하의 화차에 경량의 물품을 싣고 있는 것은 연결하지 않을 것

3 풍속 30m 이상의 경우
풍속발신기가 설치되어 있는 구간에 열차를 발차시키지 말 것

세타가와(勢田川)사고 이래 재발방지를 위해 철도성 본성에서도 풍속계나 강풍시의 운전취급에 관한 규정이 정해져 왔지만, 사고당사자의 오사카(大阪)철도국에서는 일련의 사고 이후 20, 25, 30m/s의 풍속치를 구했다. 여기에 처음으로 현재의 “운전취급사항”에 있는 기준치가 설정되었다. 또한 당시 개념적으로는 이미 평균풍속과 순간풍속의 풍속치 구별은 있었지만 실제 운용에서는 이 둘을 혼용하고 있었다는 것을 알 수 있다.

이러한 풍속치에 관하여 당시 오사카(大阪)철도국이 본성에 대하여 전국기준으로서 운용하기 위한 요청을 하여 본성과의 절충도 있었다는 기록이 남이 있는 것 같으나, 본성에서는 특별하게 기준치를 정하지 않고 결국 이러한 수치는 오사카(大阪)관내의 로컬룰(local rule)로서의 운용에 머물러 있었던듯하다. 또한 현재에는 확인할 수 없지만 다른 철도국에서도 당연히 어떠한 규정을 작성한 것으로 생각된다. 그 후 시기는 불분명하지만 “운전취득사항”을 개정하는 기운이 생겨 “운심개정위원회” (정식 명칭일지는 불분명)가 만들어져 검토가 진행되었지만, 태평양전쟁 발발에 의해 본 위원회에 의한 운심 개정은 결국 보류되었다고 한다. 또한 현재로서는 이 위원회와 오사카(大阪)철도국-본성의 절충과의 관계에 관해서도 불분명하다.

국철의 발족을 앞에 두고 1947년 “운전취급사항”이 개정, 시행(試行)되어 다음 해 8월 본격적인 운용이 시작되었다. 간신히 여기에서 본사의 규정 안에 구체적인 풍속치가 설정되었다. 당시 관계자의 이야기에 따르면 “이 때의 풍속계는 풍정식으로, 풍속의 개념도 평균풍속이였다.”라고 한다. 부속의 풍력계급표도 평균풍속을 나타낸 것으로 규정의 근본은 평균풍속을 의도하고 있었다고 생각된다. 그러나 전쟁 전 일련의 규정에 따르면, 소수이지만 이미 순간풍속에 의해 운전규제를 실시하고 있던 개소도 있어 국유철도 모두가 평균풍속에 의해 운전취급을 실시하고 있었던 것은 아니다. 이 당시부터 이미 이 둘의 풍속이 혼용되어 있던 상태로 보인다.

그 뒤 합리화의 시책으로 실시되었던 CTC화 등에 따라 기계화가 진행되어 풍속계, 풍속경보기의 신규도입, 갱신이 이루어졌다. 이러한 기기는 순간풍속을 측정하는 것으로, 쇼와(昭和, 1926~1989)초기의 을종 풍속계에 상당하는 것이였다. 지금까지도 평균풍속을 의도하여 정해져 있던 각 규정에 대하여 순간풍속을 이용하여 규제를 실시하고 있었던 개소가 일부 있었지만 이 무렵부터 순간풍속을 이용하는 개소가 비약적으로 증대, 압도적으로 다수를 차지하게 되어 규정의 개념과 실태와의 사이의 괴리가 커졌다. 그렇지만 일반적으로 순간풍속에 의한 규제는 평균풍속에 의한 규제와 비교하여 빨리 발령되게 되므로 운전중지가 빈번하게 이루어지는 측면이 있었을지도 모르지만 보안상으로는 오히려 안전측의 조치가 되는 것이므로 특별히 지장은 생기지 않았던 것으로 생각된다.

현재에는 거의 모든 풍속계가 순간풍속을 계측하는 것으로 되어 있어 표시된 순간풍속을 평균풍속으로 대체하는 것도 현실적이지 않다는 점에서, 표시된 풍속치를 그대로 규제에 이용하고 있는 것이 실태이다.

국철말기의 1986년 12월 28일 산인(山陰)본선 아마루베(余部) 교량에서 탈선사고가 발생하여 교량 바로 밑이 공장종업원 등 사망자 6명, 부상자 6명이 발생하였다. 아마루베(余部) 교량에서는 1965년부터 풍속 25m/s로 운전을 중지하는 이른바 빠른 규제를 실시하고 있었는데, 이 사고 이후 빠른 규제를 실시하는 개소가 증가하였다. JR 이행 후 실태에 맞는 세세한 부분의 수정이나 현장 상황에 맞는 탄력적인 운용은 볼 수 있지만 규정의 근본은 대체로 국철시대의 것이 답습되어 현재에 이르고 있다.

규제발령의 기준치는 “운전취급사항” 등에 나타나 있어, 일부 이것보다도 엄격한 규제치를 정하고 있는 경우도 있지만, “운전취급사항”의 풍속치보다도 안전측으로

설정되어 있기 때문에 규정상 특히 문제는 없다. 또한 규제발령 후의 운전취급, 규제해제방법에 관해서는 일반적으로는 세칙 등에 의해 정해져 있다.

예를 들어 풍속 25m/s 이상의 경우에는 지역에 따라 운전을 중지하는 곳, 서행하는 곳, 또는 전혀 규제를 실시하지 않는 곳이 있으며, 또한 같은 서행의 경우에도 그 속도는 한결같지 않다. 해제에 관해서도 보수담당구간에서 이상이 없다는 보고를 받고, 한편 어느 일정시간 이상 규제치 이하의 풍속이라면 규제를 해제 또는 완화하는 방식이 거의 대부분이지만, 그 시간에 관해서도 지역마다 정해져 있는 경우가 많다.

나) 유럽

① 유럽의 강풍 사고 현황

유럽에서 발생한 강풍에 의한 열차 탈선, 전복사고는 1903년 영국의 Leven Viaduct에서 발생한 여객열차 전복사고이다. 사고가 일어난 선로는 표준궤로서 당시 수마일 떨어진 지점에서 120mph(53m/s) 풍속이 측정된 강한 폭풍에 의해 고가교를 통과하는 여객열차를 전복시켰다. 사고 당시 30m/s의 풍속에서 경보를 알리게 되어있는 컵 풍속계가 설치되어 있었다.

1925년에는 아일랜드의 협괴에서 사고가 발생하였다. 사고가 발생한 지점은 개활지일 뿐만 아니라 고가와 아치교 사이에 위치한 좁은 둑에서 발생하였으며, 현재의 풍공학자들이 보기에는 사고의 개연성이 매우 높은 곳이다. 둑의 필요성은 알려지지 않았으나, 이 둑으로 인하여 고가와 아치교 하부를 흐르는 공기까지 둑의 표면을 따라 선로로 상승하게 하여 바람을 가속시키는 역할을 하고 있었다.

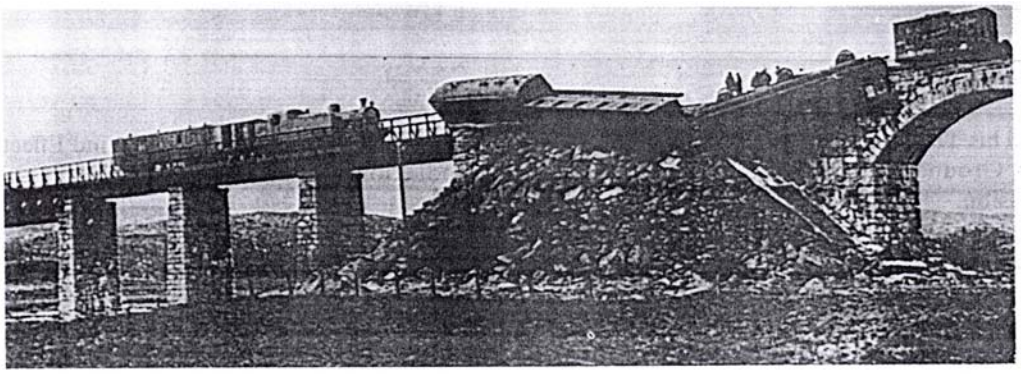
1990년 2월 27일 스위스에서 6량의 화물 차량이 모두 전복되는 사고가 발생하였다. 이 차량은 Oberalpsee 근처의 궤간이 1m인 협궤의 8m 제방에서 정지한 상태였으며, 약 14t에서 21.5t의 중량이었다. 이때의 풍속은 약 56m/s로 상당히 강한 바람이었다.

1997년 벨기에 Oostkerke에서는 EMU의 2량에 전복되는 사고가 발생하였다. 이때, 차량은 116Km/h의 속도로 큰 곡률반경을 가지는 선로의 제방을 주행하고 있었다.

2003년 이탈리아 Sarno 근처에서는 17량의 차량 중 10량이 전복하는 사고가 발생하였다. 이중 6량은 공차 상태였다.

<표 3-5-27> 유럽의 강풍에 의한 열차 전복, 탈선 사고

연도	국가	장소	궤도	풍속	차량피해	특이사항
1903	영국	Morecombe Bay Leven Viaduct	표준궤	53.6m/s	객차 전복	30m/s돌풍경보장치
1925	아일랜드	Owencarrow Viaduct	협궤		일부 차량 전복	고가교와 아치교 사이의 둑의 지점에서 발생
1990.2.27	스위스	Oberalpsee	협궤	56m/s	6량 모두 전복	8m 제방에서 정지한 상태
1997	벨기에	Oostkerke	미확인	미확인	2량 전복	곡선구간에서 116km/h로 주행시 캔트 부족구간에서 발생
2003	이탈리아	sarno	미확인	미확인	17량중 10량 전복	10량 중 6량은 공차



<그림 3-5-37> Train blown over on Owencarrow Viaduct, Ireland, 1925



<그림 3-5-38> 강풍에 의한 열차 전복, 탈선 사고 현장

② 유럽의 강풍 안전기술

앞선 유럽의 사고사례를 살펴보면, 유럽 전역에서 사고의 건수가 그리 많지 않고, 그 중 상당수가 동역학적으로 불안정한 협괘열차에서 발생했다는 것을 알 수 있다. 특히 독일과 같이 철도운송의 규모가 큰 국가에서는 아직까지 한 번도 강풍에 의한 탈선사고가 발생하지 않았다. 그러나, 이들 나라에서도 강한 측풍을 열차운행의 주요 위협요소로서 인식하고 있고, 특히 최근 EC가 추진하고 있는 유럽 내 고속철도의 상호운행을 위해 개발되고 있는 기술규격인 TSI(Technical Specifications for Interoperability)에서도 측풍에 대한 안전평가 및 대책기술을 주요한 사항으로 취급하고 있으며, 이에 대한 연구를 상호 활발히 진행 중이다. 이는 철도기술의 발전에 따라 열차가 고속화, 경량화되면서 측풍에 대한 안전도가 점점 낮아지고 있으며, 현재의 강풍에 대한 위험도가 허용가능한 수준 이하인지 아닌지를 주요한 환경의 변화가 있을 때마다 평가하여야 하기 때문이다.

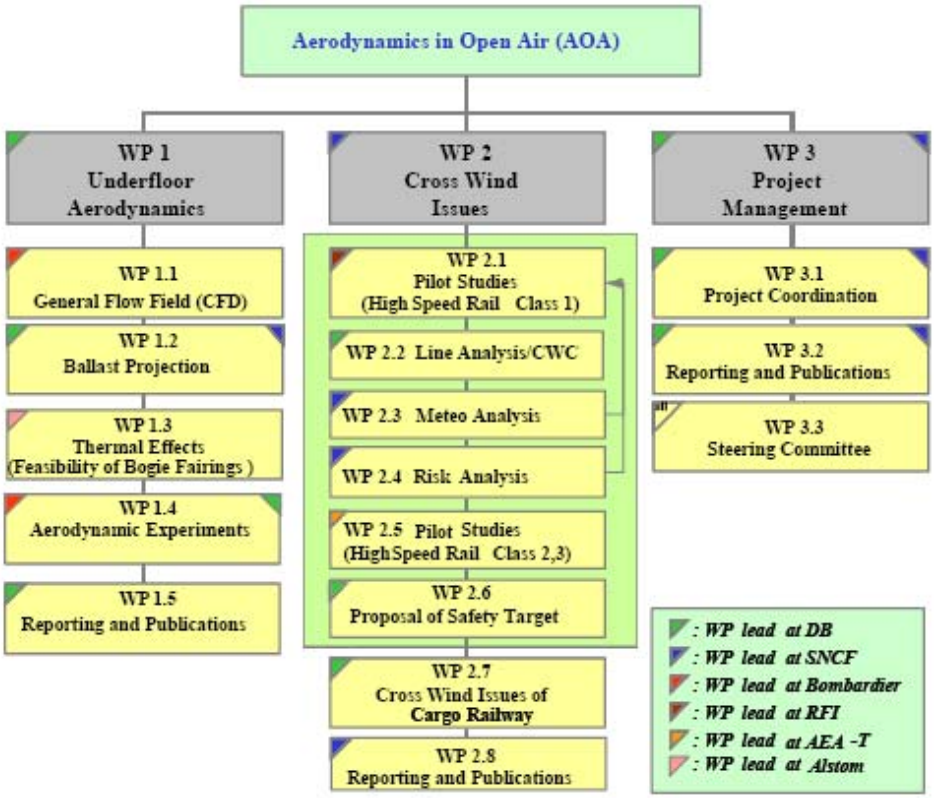
독일과 프랑스를 비롯한 유럽에서 고속철도를 운영하고 있거나 건설 중인 국가와 산업체가 공동으로 참여하고 있는 DeuFraKo Crosswind Project와 그 후속 연구인 DeuFrako Project - AOA의 주요 내용은 다음과 같다.

□ DeuFraKo Crosswind Project

- ㅇ 독일과 프랑스의 열차상호운행을 위해 양국이 주도하는 DeuFraKo cooperation 의 연구테마 중 하나
- ㅇ 고속열차의 운행 시 안전운행에 치명적인 영향을 줄 수 있는 측풍의 위험도를 평가하기 위한 방법론 및 규정의 개발
- ㅇ 차량과 시설물에 대한 공통 방법론이 개발완료되었으며, TSI와 CEN 등의 규격에 반영 예정

□ DeuFraKo Project - Aerodynamics in Open Air(AOA)

- ㅇ DeuFraKo Crosswind Project의 후속과제로서 기존의 측풍안전과 관련해서는 몇몇 대상에 대해 시범적용을 하는 것을 목적으로 하고 있으며, 또다른 주제로서 차량하부 공기역학에 대한 두 가지 테마가 추가되었음
- ㅇ 4개 주관기관과 5개 협력기관이 향후 총 470만 유로 투자 예정



<그림 3-5-39> DeufraKo Project - AOA 의 주요 연구테마 및 참여기관

위 그림에도 나타나 있듯이 작년에 시작한 AOA연구는 크게 자갈비산과 관련한 차량하부 공기역학과 측풍에 대한 안전평가 연구로 이루어져 있으며 13개의 세부 연구주제에 대하여 DB, SNCF, RFI 등 독일, 프랑스, 이탈리아의 철도운영사와 Bombardier, AEA-T, Alstom 등 세계 주요 철도차량 회사 및 컨설팅 회사가 참여하고 있다.

다) 국내

① 고속선

우리나라의 경우에는 2004년 4월 고속철도의 개통과 더불어 선진적인 강풍안전대책이 도입되어 고속선 주변 10개 지점에서 측정된 기상정보를 통해 운전규제를 실시하는 METEO 설비를 운영하고 있다. 고속선에서의 강풍규제는 풍속 45m/s 이상일 때 운행 보류 또는 중지하도록 하고 있으며, 풍속 30m/s에서 45m/s 사이에서는 풍속에 따라 단계적으로 감속운행하도록 하고 있다. 이 때 규제기준이 되는 METEO 측정 풍속은 원격 측정컴퓨터에서 실제 측정값에 보정계수를 곱하여 CTC

사령실에 현시하고 있으므로 실제로 규제가 이루어지는 측정풍속은 30m/s~20m/s로 볼 수 있다.

◎ 고속철도 운전취급규정 (2008년 10월 21일 개정, 제2008-82호)

제38조(강풍 시 운전취급) ①관제사는 고속선에 강풍이 예상되거나 발생한 경우 다음 각 호에 의하여 운행속도를 제한하여야 한다. 이때 풍속은 지역별 조정계수(Corrective Value)가 적용된 CTC 정보에 의한다. <개정 08.4.1>

1. 풍속45m/sec 이상 일 때 : 운행보류 또는 중지
2. 풍속40m/sec이상 45m/sec미만 일 때(위험경보) : 90km/h 이하
3. 풍속30m/sec이상 40m/sec미만 일 때(단순경보) : 170km/h 이하
4. 풍속30m/sec 미만 일 때 : 풍속에 따라 단계적으로 감속운행

②운행을 중지한 구간에 열차운행을 재개하기 위하여 다음 각 호의 1에 의한 시설물을 점검하여 열차운행에 지장이 없을 때 운행을 재개하여야 한다.<전문개정 08.10.21>

1. 유지보수직원(시설, 전기)의 순회점검
2. 최초 열차에 유지보수 직원을 승차시켜 시계운전에 의한 시설물점검

③제1항 각 호에 의하여 운행을 중지 또는 열차운행속도를 제한했던 구간에 풍속이 낮아져 운행을 재개하는 경우에는 다음 각 호에 의하여야 한다. 다만, 운행중지 구간을 운행 중인 열차는 일단정차 후에 시계운전에 의할 수 있다. <전문개정 08.10.21>

1. 운행을 중지한 경우에는 매 15분마다 풍속을 측정하여 풍속이 낮아질 때 제2항에 의한 점검을 시행하여 열차운행에 지장이 없음을 확인하고 다음 각 목에 의한다.
   가. 위험경보 또는 단순경보로 낮아진 경우에는 제1항제2호 또는 제3호에 의한 운행
   나. 경보가 복귀된 후 최초열차는 170km/h 이하로 운행하면서 열차순회 점검을 시행하고 이상이 없을 경우 정상운행
2. 운행속도를 제한한 경우에는 매 15분마다 풍속을 측정하여 풍속이 낮아질 때 최초열차에 한하여 제1항제2호 또는 제3호에 의한 운행을 하고, 그 이후 열차부터는 다음 각 목에 의하여 운행하면서 열차순회 점검을 시행하고 이상이 없을 경우에는 정상 운행한다.
   가. 위험경보 : 170km/h 이하
   나. 단순경보 : 230km/h 이하

② 기존선

기존선에서의 강풍과 관련된 운전규정은 2005년 1월 1일 제정된 철도공사의 안전보건관리규정의 제 6절에서 다루고 있다. 풍속이 20m/s를 초과하게 되면 역장이 관제사에게 사실을 보고하도록 되어 있으나, 실제로 규제가 시작되는 풍속은 25m/s로서 이 때에는 역장의 판단에 따라 열차의 출발 혹은 통과를 중지하도록 하고 있다. 그리고, 풍속이 30m/s 이상이 되었을 때는 관제사가 열차운전의 일시중지를 지시하도록 되어 있다. 그리고, 기관사는 폭풍우를 만났을 경우 상황에 따라 주의운전 혹은 대피하도록 하고 있다.

◎ 철도공사 운전취급규정(2007. 10.21 개정)

제417조(풍속이 20m/s 이상으로 되었을 때의 조치) ①풍속이 20m/s 이상으로 되었거나 20m/s 이상이 되었다고 판단될 때에 역장은 관제사에게 그 사실을 보고하여야 한다.
②풍속의 측정은 다음 표준에 의하여 측정한다.

종 별	풍 속(m/s)	현 상	비 고
센바람	13.9 - 17.1	나무전체가 흔들린다. 바람을 안고서 걷기가 어렵다(파도 : 4m)	
큰바람	17.2 - 20.7	작은나무가 꺽인다. 바람을 안고서는 걸을 수가 없다(파도 : 5.5m)	
큰센바람	20.8 - 24.4	가옥에 다소 손해가 있음(파도 : 7m, 굴뚝이 넘어지고 기와가 벗겨짐)	
노대바람	24.5 - 28.4	수목이 뿌리채 뽑히고 가옥에 큰 손해가 일어남(파도 : 9m)	내륙지방에서는 보기 드문 현상임.
왕 바 람	28.5 - 32.6	광범위한 파괴가 생김(파도 : 12m)	거의 발생을 않음.
싹쓸바람	32.7 이상	광범위한 파괴가 생김 (파도 : 12m초과)	거의 발생을 않음.

제418조(풍속이 25m/s 이상으로 되었을 때의 조치) 역장은 풍속이 25m/s 이상으로 되었다고 인정하였을 때에는 다음 각 호에 정하는 취급을 하여야 한다.
1. 열차의 운전이 위험하다고 인정하였을 때에는 그 상황에 따라서 일시 열차의 출발 또는 통과를 중지할 것
2. 유치하고 있는 차량에 대하여서는 엄중히 구름방지의 조치를 할 것

제419조(풍속이 30m/s 이상으로 되었을 때의 조치) 관제사는 기상통보 또는 역장으로부터의 보고에 의하여 풍속이 30m/s 이상으로 된다고 인정하였을 때에는 일시 열차의 운전을 중지하는 요지의 지시를 하여야 한다.

제420조(폭풍우의 경우 승무원의 조치) 기관사는 열차를 운전하고 있는 도중에 폭풍우를 만났을 때에는 다음 각 호의 취급을 하여야 한다.
1. 풍속이 심한 지점에서는 급격한 속도변화 또는 급제동을 피할 것
2. 열차의 운전이 위험하다고 인정하였을 때에는 안전한 장소에 정차할 것

공항철도의 경우에는 운전취급규정에서 강풍에 대한 조치를 다루고 있는데, 관제사에 의해 풍속 20m/s 이상 25m/s 미만일 때 60km/h 이하의 속도로 주의운전하며, 25m/s 이상 30m/s 이하일 경우에는 상황에 따라서 지상구간을 운행하는 열차의 출발 및 통과를 일시 중지시키도록 하고 있으며, 풍속 30m/s 이상일 경우에는 지상구간의 운전을 중지시키고 필요한 경우 열차 또는 차량을 안전한 장소로 대피시키도록 하고 있다.

◎ 공항철도 운전취급규정(2008. 9.29 개정)

제165조(강풍에 대한 조치) ①관제사는 기상통보 및 강풍표시기 제어시스템(WCCC)에 의하여 강풍의 상황을 확인하였을 때에는 역장, 관련부서장에게 관할구역을 순회점검토록 하여야 하며, 점검결과 열차운행에 지장이 예상될 때는 관제사에게 그 요지를 보고하여야 한다.

②관제사는 다음 각 호에 따라 열차운행에 대한 조치를 하여야한다. 단, 영종대교구간을 운행하는 열차 및 차량은 “영종대교 강풍표시기 운영절차(별표5)”에 의하여야 한다.

1. 풍속 20m/s이상 25m/s미만일 때 지상구간을 운전하는 열차에 대하여 60km/h이하의 속도로 주의운전 할 것을 지시하여야 한다.
2. 풍속 25m/s이상 30m/s미만으로 열차운전이 위험하다고 인정하였을 때는 그 상황에 따라서 지상구간을 운행하는 열차의 출발 및 통과를 일시 중지시켜야 한다.
3. 풍속 30m/s이상일 때 지상구간의 운전을 중지시키고, 필요한 경우 열차 또는 차량을 안전한 장소로 대피시켜야 한다.

별표 5 (제165조 2항 관련) 영종대교 강풍표시기 운영절차

1. 강풍표시기의 현시방법

①강풍표시기는 강풍 및 폭풍우 발생 시 영종대교구간(서기41.0Km~43.3Km)을 운행하는 열차의 안전을 위하여 영종대교구간의 운행조건을 현시하는 장치로서 항상 점등이 현시된 상태이어야 한다.

②강풍표시기의 현시방법은 다음 각 호와 같다.

가. 녹색등(G) 점등 : 풍속 20m/s미만인 경우 점등

나.황색등(Y) 점등 : 풍속 20m/s이상 ~ 25m/s미만인 경우 점등

다. 적색등(R) 점등 : 풍속 25m/s이상인 경우 점등

2. 강풍표시기에 의한 운전취급

①기관사는 열차 또는 차량을 강풍표시기의 현시방법에 따라 영종대교구간(서기41.0Km~43.3Km)을 운전하여야 한다.

가. 진행(G) : 제한 없음
나. 주의(Y) : 40km/h이하의 속도로 주의운전
다. 정지(R) : 즉시 정차 후 관제실 지시에 따름

②관제사는 강풍표시기의 주의(Y) 및 정지(R) 현시 시 영종대교구간을 접근하는 열차에 대한 운전취급을 지시하고, 영종대교구간을 운행 중인 열차에 대하여는 신속하게 교량구간을 통과하도록 하고, 이후 운전취급을 지시한다.

3. 강풍표시기의 장애 발생시 취급

①강풍표시기의 현시가 소등 또는 명확하지 않을 때에는(교차현시포함) 즉시 관제사에게 확인하고 그 지시에 따라 운전하여야 한다.

②관제사는 영종대교구간의 운행조건을 확인한 후 전도운행에 대한 지시를 하여야 한다.

이상의 국내의 강풍시 열차 운전규제기준을 요약하면 아래 <표 3-5-27>과 같다.

<표 3-5-28> 국내의 강풍시 열차운전규제 현황

		고속철도	기존철도	공항철도
열차최고속도		300km/h	140km/h	110km/h (영종대교는 100km/h)
규제 주체		관제사	역장/관제사	관제사
풍속 측정 방법		METEO (현장측정값에서 1.5 보정하여 CTC에 현시)	육안으로 관측	기상통보 및 강풍표시기 제어시스템(WCCC)
최대 규제풍속		45m/s (현장측정값 환산 30m/s)	30m/s	30m/s (영종대교는 25m/s)
최소 규제풍속		30m/s (현장측정값 환산 20m/s)	20m/s	20m/s
풍속별 운전규제	최대 규제풍속 이상	운전 중지	운전 중지(관제사)	운전 중지 대피(필요시)
	최소 규제풍속 ~ 최저 규제풍속	- 40~45m/s: 90km/h - 30~40m/s: 170km/h	- 25m/s~30m/s: 역장이 열차출발 또는 통과를 중지 (필요시) - 20~25m/s: 역장이 관제사에게 통보	- 25m/s~30m/s: 열차출발 또는 통과를 일시 중지(필요시) - 20~25m/s: 60km/h 이하(영종대교의 경우 40km/h 이하)
운전규제 해제 방법		- 매 15분마다 풍속 측정 - 순회점검 및 열차탑승 점검		
운행 재개 시 조치		- 최초열차는 170km/h로 서행 운전 및 순회점검		

2) 측풍 취약개소 평가기준

현장에서의 빠르고 간편한 적용이 가능한 선로의 개별적인 측풍 취약개소 평가기준은 다음과 같이 마련되었다.

먼저, 선로의 위험평가를 위하여 고려해야할 인자들은 아래 <표 3-5-29>와 같다.

선로 형상은 크게 곡선반경과 캔트값을 기준으로 평가한다. 곡선반경은 곡선부의 곡률을 표시하기 위하여 해당 곡률과 등가인 원의 반경으로 표시하는데, 곡선부에서는 열차가 원심력을 받고 이를 상쇄하기 위하여 켄트각을 주기 때문에 이 두 가지 인자가 횡가속도에 미치는 영향을 평가하여야 한다.

구조물의 형태에 따라서 측풍의 영향이 달라질 수 있는데, 먼저 성토구간의 경우 자연풍의 성토구간의 사면을 따라 진행하여 선로 위에 다다르게 되면, 바람의 크기가 커질 수 있고, 각도 또한 상부로 향할 수 있다. 이러한 이유 때문에 초창기의 철도는 개활지 상의 성토부 위의 교량에서 탈선사고가 발생한 경우가 빈발하였다. 따라서, 성토구간의 높이를 취약개소 평가에 포함하여야 할 것이다. 또한, 교량은 지표면과 달리 지면 경계층의 영향을 덜 받게 되므로, 지표면에 비하여 풍속의 세기가 더 커질 수 있으며, 이러한 사실은 앞서 기상대 관측값과 현장계측값의 비교를 통해서 확인된 바 있다.

터널에서는 측풍의 영향이 없으므로 위험이 전혀 없다고 볼 수 있으며, 방음벽이 존재하는 경우에는 측풍의 크기가 상당히 약화되므로 레일 상면을 기준으로한 방음벽의 높이를 평가인자로 삼아야 할 것이다.

지리적인 인자로서는 선로방향과 해안과의 거리를 고려할 수 있는데, 자연풍의 풍향이 연중 일정한 경우에는 선로방향에 따라 실질적인 측풍의 영향이 달라질 수 있으며, 해안과의 거리에 따라 자연풍의 크기가 영향을 받는 것으로 나타나기 때문에 이에 대한 고려도 필요하다.

또한, 차량에 의한 인자로서 운행차종과 열차속도 및 운행량을 들 수 있는데, 운행차종과 열차속도는 추후 차량별 특성바람곡선이 확보될 경우에 보다 세밀한 위험도 평가가 가능하며, 운행량도 정량적 위험도 평가 시 중요한 지표가 될 수 있다.

<표 3-5-29> 측풍 취약개소 평가 인자

인자		단위	참고
선로 형상	곡선반경	m	
	캔트값	°	
구조물 상부구조	성토높이	m	
	교량높이	m	
	터널 여부	-	터널 구간은 측풍의 영향 없음
	방음벽 높이	m	레일 상면 기준
지리적 인자	선로 방향	°	북쪽을 0°로 함
	해안 거리	km	해안으로부터의 최단 직선거리
차량 인자	운행 차종	-	
	열차 속도	km/h	
	운행량	sec/day	하루 중 열차가 구간 내에 있는 시간

(3) 측풍 취약개소 관리방안

새로운 노선의 건설과 새로운 차량의 개발 등 철도 운용환경의 변화와 세계적인 기후변화로 인한 자연풍 환경의 악화로 인하여 측풍에 대한 열차운행의 안전이 위협받고 있고, 이로 인하여 일본과 유럽에서는 측풍에 대한 열차운행의 위험도를 평가하고 안전을 입증하도록 하는 추세이다. 따라서, 본 연구에서는 앞서 제시한 측풍 취약개소 평가기준을 이용하여 손쉽게 적용할 수 있는 측풍 취약개소 관리방안을 제시하고자 한다. 본 관리방안은 선로를 중심으로 한 측풍 취약개소 평가인자를 토대로 한 간략한 평가방법이며, 이후 측풍에 대한 열차운행의 종합적인 안전도 평가 방법 및 기준이 확립될 경우 이와 병행하거나 통합될 수 있다.

<그림 3-5-39>에는 측풍 취약개소 관리방안의 개요를 나타내었다. 먼저, 기존 운행 중인 선로에서의 취약개소 선정은 운행기간 중 사고이력을 토대로 취약개소를 선정할 수 있을 것이다. 다행히도 우리나라에서는 아직 측풍에 의한 탈선 및 전복 사고의 사례가 보고된 바 없으므로, 기존의 운행환경은 기후조건의 중대한 변화의 조짐이 보이지 않는다면 측풍에 대한 안전성을 확보하고 있다고 가정할 수 있을 것이다. 그러나, 철도의 운행환경이 변화함에 따라 측풍에 대한 안전확보가 더 어려워

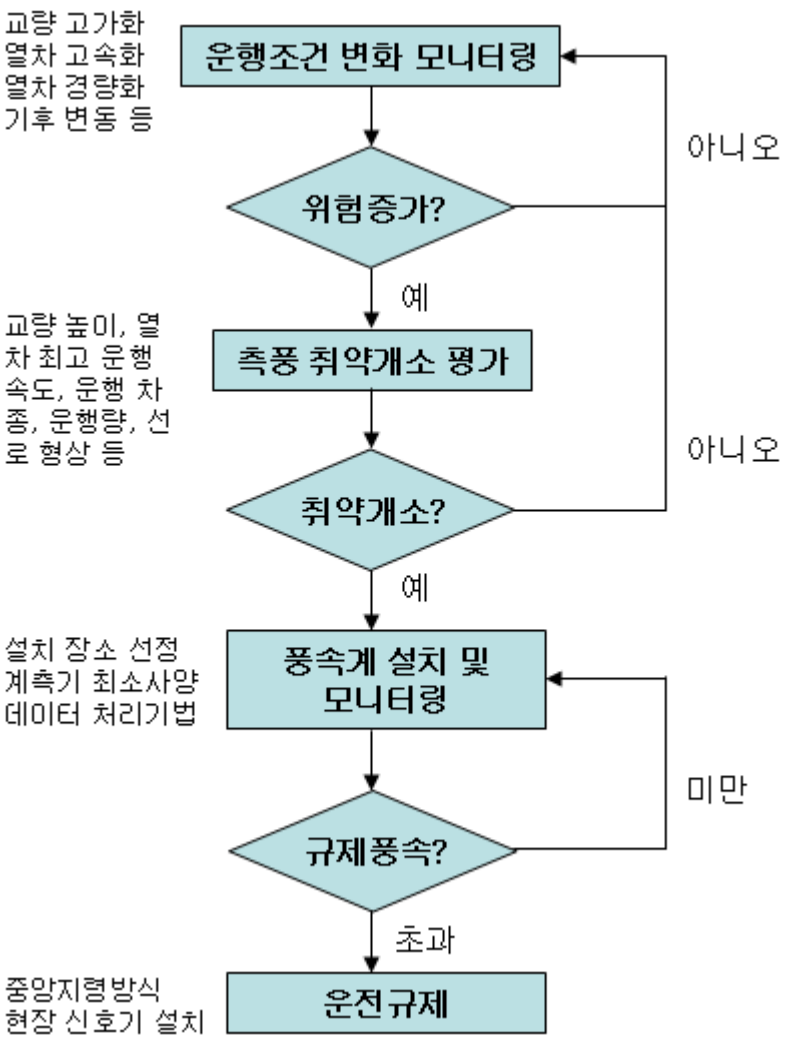
질 수 있으므로 교량의 고가화, 열차 속도 및 중량의 변화, 기후변화 등 열차의 운행조건에 중대한 변화가 생기는 여부를 지속적으로 모니터링하는 것이 필요한데, 특히 철도노선의 신설, 새로운 철도차량의 개발 시에는 이러한 변화의 모니터링이 필수적이다.

다음으로 이러한 모니터링을 통해 운행조건의 변화가 측풍의 위험도를 어떻게 변화시키는 지를 파악하여야 한다. 이것은 <표 3-5-29>의 평가인자를 기준으로 파악할 수 있는데, 노선의 신설이나 개량 시 곡선반경이나 켄트가 어떻게 변화하는지, 교량이나 성토구간이 얼마나 증가하고 형상은 어떻게 변화하는지 파악하여야 할 것이다. 또한 지리적인 인자를 평가하여 자연풍의 크기가 어떻게 변화하는지와 함께 거시적인 기후지표의 변화도 함께 살펴보아야 한다. 또한 차량의 경우에도 새로운 차량의 운행 시 차량의 중량과 속도가 어떻게 변화하는지 살펴보아야 한다.

최근의 세계적인 철도기술의 동향을 살펴보면, 각종 요소기술의 발전으로 인해 차량이 경량화, 고속화되고 있으며, 고속화를 위해 선로가 직선화됨에 따라 교량의 비율과 높이도 증가하고 있는 실정이다. 따라서 현재, 고속선의 신설, 기존선의 고속화, 고속철도 및 틸팅차량 등의 개발 및 상용화는 대부분 측풍에 대한 위험을 증가시키는 방향으로 이루어진다고 할 수 있을 것이다.

이처럼 운행조건의 변화를 감지하여 측풍에 대한 위험이 증가하는 방향으로 변화가 이루어지고 있다고 판단되면 앞서 제시한 측풍 취약개소의 평가를 실시하여 취약개소 여부를 판단하여야 한다.

취약개소로 판단된 지점에는 풍속계를 설치하고 풍속을 실시간으로 지속적으로 모니터링하여 운행 중 규제풍속에 도달하는지 여부를 파악하여야 한다. 풍속의 모니터링은 중앙에서 집중적으로 이루어지며, 규제풍속에 도달 시 서행 및 운지 등 운전규제를 즉각 실시 가능해야 하며, 현장에도 신호기를 설치하여 중앙지령에 의한 조치가 실패할 경우에 대비해야 한다.



<그림 3-5-40> 측풍 취약개소 관리방안의 개요

(마) 설빙피해 방지관련 안전기준(안)

강설시 선로에 눈이 일정한 높이 이상 쌓이면 열차주행에 상당한 지장을 초래하며, 무리한 운행시에는 열차탈선 등의 사고유발 요인이 된다. 아울러 선로 및 전차선 등의 선로구축물이나 차량 등의 다양한 철도 구성요소 중 하나라도 강설, 적설, 동결 등의 현상으로 피해를 입으면 교통수단으로서의 철도 기능을 상실하게 된다. 따라서 이러한 설빙에 대한 대책과 적절한 운전규제 등의 안전기준(안)의 마련이 요구된다. 본 절에서는 '고속선 설빙피해 방지대책 연구(2005, 권혁빈)'를 통하여 정립된 설빙피해에 관련된 사건수형도(event tree)별 대책과 운전규제에 대한 내용을 요약 정리하고자 한다.

1) 설빙피해의 단계별 대응방안

① 운전규제 : 눈이 내리기 시작하면 강설검지설비 운영자 및 사령실 근무자, 기관사, 승무원, 시설관리 책임자 등의 운영주체들은 강설량과 적설현황 등을 신중히 검토하여야 한다. 만약 적설량이 일정한 운전규제 제한치를 넘게 되면 서행 또는 운전규제를 통하여 위험을 사전에 예방하여야 한다.

② 착설 방지 : 내린 눈의 적설량이 운전규제 제한치를 초과하지 않을 경우에는 적설된 눈이 차체하부에 착설되지 않도록 대책을 세워야 하는데, 이를 위한 대책방안으로는 선로제설을 통해서 착설 자체를 방지하는 방법과 차체하부의 눈을 제거하는 대책을 세워야 한다.

③ 설빙낙하 방지 : 착설된 눈이 궤도변에 낙하하지 않도록 하는 방안을 강구하여야 하는데, 이를 위해서는 주행 중 착설된 차체하부의 눈을 제거하는 대책을 강구해야 한다.

④ 자갈비산 방지 : 설빙이 낙하하였을 때 자갈이 비산하지 않도록 하는 방법은 크게 도상 자갈을 피복하는 방법과 고착시키는 방법으로 나뉘어 지는데, 그 중 자갈비산방지 네트, 자갈비산방지 스크린, 합성수지살포 등이 널리 적용되고 있다.

⑤ 피해저감 : 자갈이 비산되면 이로 인한 피해가 발생하게 되며, 발생피해는 사고의 유형에 따라 인명피해, 낙석피해, 차량피해, 시설피해 등으로 나뉘어 지며, 각각의 유형별로 피해를 저감할 수 있는 적합한 대책을 강구해야 한다.

2) 설빙피해 방지관련 운전규제 및 대책

가) 국외사례 분석

일본에서 영업중인 신칸센 노선 중 도카이도 신칸센, 도호쿠 신칸센, 조에츠 신칸센등은 기본적인 설빙대책을 살펴보면, 도카이도 신칸센에서는 적설이 차체 하부에 부착되어 얼음으로 성장한 후, 선로에 낙하하여 터널내부에서 튀거나 자갈을 비산시키는 현상이 발생하여 선로변에 스프링클러를 설치하여 강설시에는 살수를 통한 비산방지 대책을 하고 있다. 또한 차량에 부착된 눈을 제거하기 위하여 기후역(동경-오사카 중간부근)에 2개의 눈 제거용 선로를 설치하였다. 도호쿠 및 호쿠리쿠 신간선에서는 영업차에 의한 자력 제설 주행 가능한 설비를, 강설지대인 조에쯔 신간선에서는 살수소설 설비를 기본대책으로 하고 있다.

<표 3-5-30> 일본 신칸센의 기후 및 설빙대책

항목	도카이도 신칸센	도후쿠 신칸센	조에츠 신칸센
평년 최심적설량	45cm	16~51cm	32~271cm
선로구조	토노반	콘크리트 노반	콘크리트 노반
궤도구조	자갈궤도	슬라브궤도	슬라브 궤도
기본대책	살수	저설식 고가	살수
차량		차체부착 제설기구	차체부착 제설기구
차체하부 눈 제거	역 (나고야/신오사카역)	차량기지 (모리오카/센다이차량기지)	
야간 제설	모터카, 러셀	모터카, 러셀	

일본 신칸센에서는 강설이 시작되면, 운전사의 시야 및 연선 CCTV에 의한 기후정보와 적설 정보로부터 판단되는 차량의 착설정보를 예의 주시하게 되면, 강.적설량이 일정한 규제치에 이르게 되면 운전규제나 제설작업을 시작하게 된다. 강.적설 및 착설 상황에 따른 운전규제는 아래의 표를 표준으로 실시하고 있다.

<표 3-5-31> 선로상 적설상화에 따른 운전규제(도카이도 신칸센)

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">기후상황
적설상황</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td>비</td><td>맑음 또는 흐림</td><td>진눈깨비</td><td>소설
(小雪)</td><td>눈</td><td>눈보라</td></tr>
<tr><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">선로
자갈</td><td>보임</td><td colspan="3" rowspan="2">230km/h 이하</td><td>170km/h
이하</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>안보임</td><td colspan="3" rowspan="2">170km/h 이하</td><td colspan="3">120km/h 이하</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B</td><td rowspan="2">침목
요철</td><td>보임</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3" colspan="3">70km/h 이하</td></tr>
<tr><td>안보임</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C</td><td rowspan="2">레일면
기준으
로</td><td>면까지</td><td>120km/h
이하</td><td colspan="4" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>높음</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

<표 3-5-32> 차량 적설에 따른 운전규제(도카이도 신칸센)

상하 착설량	운전 규제 구간	규제 속도
4~5 cm	종착역 또는 제설역까지	230km/h 이하※
6~10 cm	종착역 또는 제설역까지	170km/h 이하
11 cm 이상	종착역 또는 제설역까지	120km/h 이하

주) 속도규제를 취하지 않을 경우 운행속도는 차량에 따라 210~270km/h

<표 3-5-33> 적설량에 따른 운전규제(도호쿠 신칸센, 조에츠 신칸센)

레일면 상의 적설량(cm)	21미만	21~25	25~35	35이상
운전속도(km/h)	규제없음	160	110	0

주) 속도규제를 취하지 않을 경우 운행속도는 최고 260km/h

프랑스 TGV에서 운영하고 있는 강설 시 운행기준의 기본방향은 설빙피해의 방지에 초점이 맞추어져있다. 이러한 안전규제의 기준은 적설량이나 차량 착설량 등의 정량적인 지료로 정하여져 있지 않고 국가운영본부가 설빙 피해의 위험정도에 대한 정보를 수집하여 지방 운영본부에 경보를 발행하는 시스템으로 이루어져 있다. 지방운영본부에 전달되는 경보는 속도제한 원인, 해당 선로구간, 제한속도, 해당 차량 등으로 구성되며, 정량적인 기준은 없지만 고속선의 경우 TVM300은 220km/h, TVM430은 230km/h 이하로 제한하는 것을 원칙으로 하고 있다. <표 5-34>는 프랑스 남동선(파리-리옹)에서 강설시 행하여진 운전규제를 나타낸다.

<표 3-5-34> 프랑스 남동선(파리-리옹)에서 강설시 운전규제

시기	적설량	제설기구 사용	운전규제
2001~2002 겨울	레일상면 5cm 이하 높이	없음	2일간 220km/h 감속
2002~2003 겨울	레일상면 5cm 이하 높이	없음	2일간 220km/h 감속
2003~2004 겨울	레일상면 10cm 이하 높이	없음	6일간 220km/h 감속

나) 국내 설빙대책 현황 및 개선점

현재 철도공사에서는 “고속철도운행안전규정”을 발령하여(2004.3.26) 강설량에 따라 170km/h, 110km/h로 속도규제를 시행하고 있으며 별도규정으로 설빙피해 우려 시 230km/h로 감속하도록 규정하고 있다. 또한 야간 운전휴지기의 적설방지를 위해 제설열차를 운영하고, 운전속도를 100km/h 이하로 규정하고 있다. 강설 시 운전규제는 운행안전을 위한 필수조치이지만 속도제한에 따른 운행지연과 이로 인한 영업손실이 불가피하며 감속후에도 착설 및 설빙피해 가능성이 상존한다.

기존선의 경우 강설시 제설작업은 주로 인력에 의존하였으며, 차량속도도 그다지 빠르지 않아 영업열차에 의해 제설하는 방식이었다. 그러나 고속열차의 경우 무리한 자력제설은 열차 탈선과 같은 중대한 안전사고를 유발할 수도 있으므로 제설기구를 사용하는 것이 바람직하도고 할 수 있다. <표 3-5-35>는 현행 고속선의 운전규제, 제설대책, 차량 및 시설대책의 현황과 개선점을 보여주고 있다.

<표 3-5-35> 고속선 설빙대책 현황 및 개선점

항목	세부현황		개선점
운전규제	적설량	-강설량 기준 -21cm~25cm: 170km/h -25cm~35cm: 110km/h	-평지 적설량과 선로 상 적설량의 불일치(주기적인 차량운행으로 쌓인 눈이 날리고 녹음)
	설빙피해	-230~170km/h 감속	
	운행중지	강설량 35cm 이상시	
제설대책	제설열차	-폭풍선 또는 대설경보 발령 시 중지시간 제설열차 운영(100km/h 이하)	-제설열차 운행간격 -제설열차 운행불가 시 제설대책 없음
	제설기구	-	
차량대책	차체하부설빙제거	-차량기지 일상검수 시 수작업 설빙제거	-대차에 착설된 설빙제거 대책 -제동답면 동결로 운영 지장
	차량착설방지설계	-	
시설대책	역사	-자갈면 궤도 아래 5cm 이하 유지	-중요 위험지역(통과역사, 교차개소)에 대한 보완대책
	도로교차개소	-자갈면 궤도 아래 5cm 이하 유지	

<표 3-5-36> 설빙 시 열차운전 규제(안)

항목	기존안	개선안	비고
적설량	-강설량 기준 -21cm~25cm: 170km/h -25cm~35cm: 110km/h -35cm~ :운행중지	-궤간 내 적설량 기준 -7cm~14cm:230km/h -14cm~21cm:170km/h -21cm~ :130km/h	
설빙피해	-230~170km/h 감속	-변동없음	
운행중지	강설량 35cm 이상시	-차륜 플랜지 눈압착 시 -차체하부/적설면의 마찰 시	*KTX 기장/승무원이 이상진동/소음 여부로 판단

<표 3-5-37> 강설 시 열차선로 제설대책(안)

항목	기존안	개선안	비고
제설열차	-폭풍선 또는 대설경보 발령 시 중지시간 제설열차 운행(100km/h 이하)	-제설열차 운행간격 제시(2시간 간격) -제설열차 속도 상향조정(170km/h)	*제설열차 운영조건 추가 (7cm이상 강설 예상시)
제설기구	-	-이상기후 대비 제설기구 준비	*ATC개량 디젤 기관차 부착

<표 3-5-38> 설빙 시 열차차량대책(안)

항목	기존안	개선안	비고
차체하부설빙제거	-차량기지 일상검수 시 수작업 설빙제거	-대차융설설비 설치 및 운용(차량기지, 반복역 등) -반복역 간이 설빙제거 작업 실시	*대차융설설비 처리용량 :20분 당 1편성
차량착설방지설계	-	-차량 착설방지 설계 대책제안	*기존 운행차량은 적용대상에서 제외

<표 3-5-39> 설빙 시 열차시설대책(안)

항목	기존안	개선안	비고
통과역사 대책	-자갈면 궤도 아래 5cm 이하 유지	-통과역사 자갈비산 방지대책 적용	
도로교차개소 대책		-도로교차개소 자갈비산 및 낙석 방지 대책 적용	*자갈펜스 전 구간 설치, 합성수지 살포는 시험시공 후 확대

(바) 지진시 운전규제 등의 대책

지진시의 철도안전은 나라마다의 지진발생 빈도 및 규모, 내진설계 방법, 그리고 열차 안전운행을 위한 지진경보시스템 등의 대응방안에 따라 적합한 운전규제 기준 및 대책이 수립되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 절에서는 최근 일본에서 연구되고 있는 지진시의 운전규제, 경보시스템 그리고 구조물 진동변위에 대한 열차 주행성 조사기법 등을 요약 정리하고자 한다.

1) 지진발생 후의 운전규제판단의 적정화

일본 JR에서는, 토카이도 신간선을 지진피해로부터 지키기 위해 고가교 기둥이나 성토구간의 내진보강 등 토목구조물 강화를 추진하는 외에, 지진발생 시에 신속하게 열차를 감속・정지시키는 '지진방재시스템'의 성능향상에 몰두하고 있다.

일본 도카이도 신간선 개업직후인 1965년부터 1992년까지는 연선지진계에서 관측된 최대가속도를 근거로 운전규제판단을 행하고 있었다. 최대가속도를 관측하는 시스템은 당초 기계적인 동작원리의 지진계를 사용하고 있었으나, 1985년에 전기적인 동작원리로 1 *gal* 단위로 최대가속도를 관측할 수 있는 지진계를 도입하여 관측기능을 강화해 왔다. 기계식 및 전기식 연선지진계는 현재도 사용하고 있지만 그 역할은 지진발생 시에 지진경보를 출력하여, 송전 정지하는 것으로 특화하고 있다.
1993년 지진동 조기감지 경보시스템 도입에 의해 지진 시 운전규제판단도 그때까지의 최대가속도를 근거로 한 것으로부터 진보했다. 지진에 따른 강한 흔들림이 퍼지는 범위는 지진규모가 크면 클수록 멀리까지 확산되는데 당시의 운전규제판단은 이러한 점을 이용한 것이었다. 지진규모와 그 지진 중앙으로부터 피해를 입은 철도구조물까지 거리 관계를 조사했더니, 피해는 진도 5.5 이상에서 발생하고 피해구역은 중앙을 중심으로 한 일정범위에 국한되었다. 이로부터 일본기상청 발표의 지진규모・중앙 위치를 근거로, 연선지진계의 최대가속도나 각지의 진도정보도 가미해서, 피해가 발생할 우려가 있는 범위를 산정하고 그 자료를 근거로 지진 시 운전규제판단하고 있다.

2) 지진발생 후의 조기운전재개를 위한 영역지진계의 도입

일본 동경 메트로에서는 지진을 감지하여 운전규제하기 위한 경보장치로서 1988년에 지진계를 3곳 설치하고, 1997년에 신형 지진계(컴팩트 UrEDAS)로 개량함과 동시에 6곳에 증설하고, 열차운행의 안전 확보에 노력해 왔다. 또한 2006년 중에는 P파 검지 후 1초 이내에 경보출력이 가능한 신세대 조기지진계(FREQL)로 갱신할 예정이다. 현재의 지진계는 지진발생 시에 열차를 안전하게 정지시키기 위한 시스템이다. 2005년 7월 23일에 발생한 치바현 북서부 지진(진도 6.0)에서는, 동경도 아다치구에서 진도 5.0 이상이 관측되는 등 강한 흔들림에 의해 장시간에 걸쳐 열차운행이 정지되고, 일본 수도권 교통이 마비되었다. 동경 메트로에서도 같은 사태가 발생했는데 이는 6곳에 설치된 지진계의 최대값이 규정값을 넘어 열차를 긴급 정지시켜 모든 노선을 보행점검 및 안전 확인에 따른 것이다.

이 사건을 바탕으로 동경메트로에서는 조기운전재개를 목표로 하기 위한 방책으로서, 철도구조물의 흔들림을 직접 그리고 세분화된 구간에서 측정함으로써 실제 흔들림을 파악하여 운전규제 및 점검범위를 명확히 할 수 있도록 소형지진계(영역지진계)를 설치하기로 했다. 영역(소형)지진계의 운용과 데이터의 신속한 전송을 위한 네트워크 구축이루어지고 있다.

3) 지진 시 구조물 진동변위에 대한 열차주행성 조사기법

2004년 니가타현 츄에츠 지진에서는 진원에서 약 10km 떨어진 지점에서 신간선이 탈선했다. 지진에 대해 열차 주행안전성이 높은 철도구조물을 설계하는 것이 한층 요구되고 있다. 통상적으로 지진 시 궤도면의 변위에는 굴절・어긋남과 횡진동변위의 2종류가 있다. 전자와 관련해 구조물의 최대변위로부터 산정한 궤도면의 굴절・어긋남 양은 설계표준에 정한 제한 값을 넘지 않도록 조사하는 방법(정적 조사법)이 이미 확립되어 있다. 후자인 횡진동변위에 대한 조사는 동적인 조사지표 SI(스펙트럼 강도)를 이용하는 조사법(동적 조사법)이 현행의 일본 철도구조물 등 설계표준・동해설(내진설계)에 규정되어 있다. 지진 시 열차주행안전성의 조사법을 확립하기 위한 SI에 의한 조사법은 조사정밀도와 안정도라는 점에서 뛰어남이 판명되었다. 또한 이 조사법을 이용할 수 있는 실무설계용 노모그램을 작성되었다. 위의 SI에 근거하는 열차주행안전성조사법은 2006년2월에 간행된 철도구조물 등 설계표준・동해설(변위제한)에 채용되고 있다.

4) 국내외 철도 지진발생시의 이행사항 및 운전규제

철도재해우려 및 악천후시의 열차안전운행 규정(철도공사 1999.12)에 의하면 지진이 발생되었을 경우 운전사령, 역장 등 관계자의 이행사항은 다음 <표 3-5-40>과 같다.

<표 3-5-40> 국내철도 지진시 열차안전운행 규정(관계자 이행사항)

구분	진도 5(강진)이상	진도 4.0 ~ 5.0미만(중진)
운전사령	-지진발생지역 관내의 전열차 운행 중지 지시 -담당보선사무소장(분소장)의 현장 상태 확인보고에 따라 열차운행통제여부 결정 -인접 지역사무소 운전사령에 통보	-지진 발생지역 관내의 전열차 25km/h 이하 운전 -담당보선사무소장(분소장)의 현장 상태 확인보고에 따라 열차운행 통제여부 결정 -인접 지역사무소 운전사령에 통보
역장	<강지을 감지하여 열차운전이 위험하다고 인정된 경우> -운전사령에 보고 -사령에 보고할 시간적 여유가 없을 경우 또는 보고할 수 없을 때에은 열차운행 여부를 결정 -운전사령으로부터 열차운행 중지 등 지시가 있을 때는 운전명령고지서에 의거 승무원에 통보	
기관사	-위험을 감지하였을 경우 긴급 정차조치 강구 -열차가 정차하면 상호간 협의하여 최근역장에게 연락을 취하고 그 지시를 받는다	
지진계가 설치된 사무소 분소장	-진도를 운전사령과 소재역장, 인접 보선분소장에게 보고 -운전사령에게 열차운행여부 보고 -필요에 따라 열차운행 통제구간 순회실시	
지진계가 설치되지 않은 사무소 분소장	-기상청 또는 지진계가 잇는 보선분소장으로부터 통보를 받음 -운전사령에게 열차운행여부 보고 -필요에 따라 열차운행 통제구간의 순회실시	

일본에서 적용하고 있는 지진시 차량 운전규제는 다음 <표 3-5-41>과 같다.

<표 3-5-41> 일본의 지진에 대한 운전규제

구분	진도 및 진동가속도	관련 규제 내용
재래선	진도 Ⅳ 미만	정상운행
	진도 Ⅳ	열차서행
	진도 Ⅴ 이상	운행정지
신간선	진동가속도 0.041g	점검요원을 승차시켜 70km/h로 서행 순회한 후 160km/h의 서행에서 동요시험을 시행하여 이상이 없는 경우 정상운행
	진동가속도 0.082g	열차를 정지한 후 도보 순회하여 안전 확인한 후 점검요원을 승차시켜 70km/h의 서행 순회하고 이후는 위와 동일하게 적용

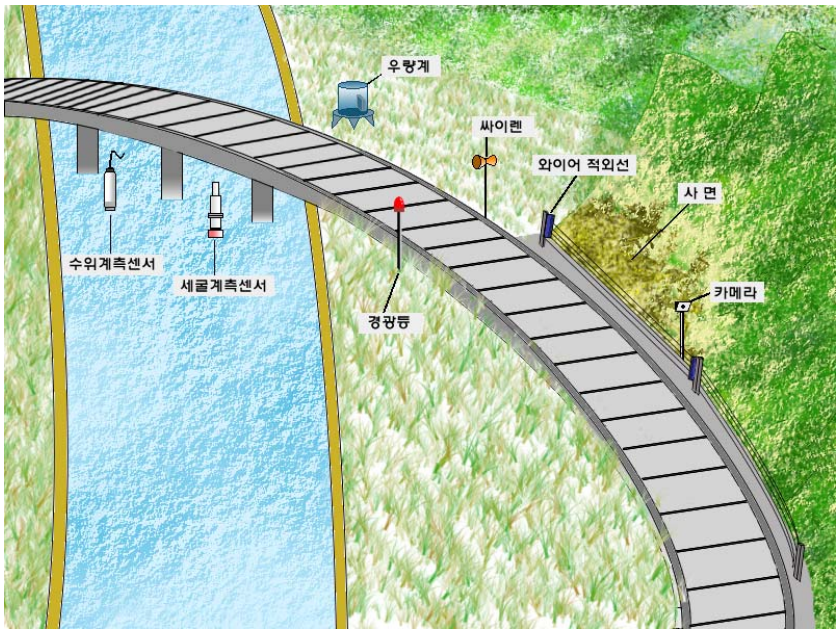
(3) 강우 및 교량홍수위 열차운전규제를 위한 시스템 구성방안

1) 시스템 구성

시스템은 크게 계측컴퓨터와 데이터 송수신 장비, 각종 센서 및 전력공급장치로 구분되며 각각의 장비들을 적용목적에 부합되게 연결하여 전체 시스템을 구성하게 된다. 즉, 계측 컴퓨터의 통제 아래 각종 센서들이 작동하게 되고 데이터 로거와 데이터 송수신장비를 통하여 서버까지 데이터를 송·수신 할 수 있게 된다. 계측현장의 종류와 특성에 따라 계측컴퓨터의 현장설치 필요성을 결정하게 되고, 현장의 특성상 전력공급이 어려운 지역을 감안하여 태양전지 모듈과 배터리로 전력공급을 할 수 있다.

시스템은 계측정보를 측정하고 전송하는 계측정보 부분과 이의 원활한 작업수행을 지원하는 전력공급 부분으로 구분된다. 각종 센서에서 측정된 신호는 단지 전기적인 신호일 뿐 본 시스템에서 자료화하기 위해서는 일차적으로 검지된 신호를 적절한 방식으로 변환시켜 줄 장비가 필요하다. 이를 위하여 센서에서 수집된 자료를 변환시키기 위한 데이터 로거를 사용한다.

<그림 3-5-41>은 전체적인 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.



<그림 3-5-41> 시스템 구성도

가) 계측 컴퓨터

① 하드웨어

계측 컴퓨터는 로거와 통신 장비에 의해 연결되고 현장 자동화 계측 운영 프로그램에 의하여 로거로부터 수집된 데이터를 전송받고 중앙 데이터베이스 서버에 안정적으로 계측 데이터를 송출한다. 본 시스템에서는 IBM 호환 컴퓨터로써 성능이 우수하고 다른 구성품간에 호환성이 뛰어난 컴퓨터를 사용한다. 운영체제는 Windows 2000을 사용하며, 외부 접속 방법은 데이터로거의 사양에 맞게 RS-232나 TCP/IP를 사용한다. <표 3-5-42>에 계측컴퓨터의 제원을 제시하였다.

<표 3-5-42> 현장 컴퓨터 시스템 사양

종 류	사 양
중앙처리장치(CPU)	· 팬티엄Ⅳ 1.5MHz이상
RAM	· 256M이상
하드디스크	· 100G이상
외부연결 단자	· 100M 이더넷(TCP/IP)
	· RS-232 직렬포트

② 소프트웨어

센서로부터 측정된 데이터는 로거에 의해 변환·저장되고 데이터 전달장치에 의해 현장 자동화 계측 프로그램으로 전달된다. 이때 계측기기간 정보를 주고받을 때는 통신방법에 대한 규칙과 약속에 의해 계측 데이터를 전달한다. 일반적으로 기종이 다른 장비는 통신규약도 다르기 때문에 기종이 다른 장비간에 정보통신을 하려면 표준 프로토콜을 설정하고 채택하여 통신망을 구축해야 한다. 대표적인 표준 프로토콜의 예는 인터넷에서 사용하고 있는 TCP/IP(Transmission Control Protocol /Internet Protocol)가 이에 해당된다. 하지만 현재 개발된 데이터 로거의 프로토콜은 아직까지 표준이 마련되지 않았기 이 때문에 현장 계측 프로그램은 상이한 프로토콜을 해석할 수 있는 해석기가 필요하며 모두 각각의 로거에 대한 해석모듈이 개발되어야 한다. 본 프로그램에 지원되는 데이터 로거는 DataTaker, CR10X, Rotech, AWS200P 등이며 차후에 프로토콜 해석기를 추가하여 다른 데이터로거를 지원할 수 있도록 설계하였다. 실제로 로거와 센서의 호환 여부에 따라서 로거의 선택이

좌우 되는 경우가 있으며 현장 계측 프로그램이 이를 제대로 지원하지 않는 경우 전체 계측 시스템이 작동하지 않기 때문에 로거 프로토콜에 대한 해석기지원이 중요하다.

현장 계측 프로그램은 Visual Basic 6.0에 의해 개발되었다. SDI(Single Docu-ment Interface)방식으로 구성되었으며 모뎀 설정, 센서 설정, 캘리브레이션 설정, 그래프 보기, 측정 데이터 리스트, 에러 리스트, 중앙데이타 베이스 설정 등으로 구성되어 있다.

모뎀 설정은 일반적인 직렬통신을 위한 포트 번호, 전송 속도, 패리티, 데이터 비트, 스탑 비트, 모뎀 테스트, 테스트 입력창으로 구성되어 있다. 모뎀은 대부분 56000bps를 지원하나 데이터 로거가 4800bps로 지원 한계가 있으므로 설정에 각별한 주의가 필요하다.

자동측정창은 센서가 데이터 로거에 어느 위치에 접속되어 있는지의 설정과 먹스의 지원여부, 센서 고유 코드, 호출 간격별 시각별 측정 여부, 경고값 설정, 경고 대상자 설정(이메일, 핸드폰 번호), 중앙 데이터베이스 계측 데이터 전송여부로 구성되어 있다. 또한 현재의 설정 정보를 저장하거나 다시 불러올 수 있도록 센서정보 저장, 센서정보읽기 기능을 지원한다.

로거에 저장된 데이터는 대부분 전기적 신호이기 때문에 일정한 캘리브레이션에 의해 물리적 값으로 변환해야 한다. 센서마다 캘리브레이션식이 다르므로 각각의 센서에 대하여 캘리브레이션식을 달리 하였으며 특히 경사계 같은 경우에는 주위에서 계측된 값을 서로 참조함으로 캘리브레이션창에서 다른 센서의 캘리브레이션 된 값을 참조하도록 하였다.

차트보기 창은 측정된 데이터를 시각적으로 보이는 기능으로 현장 자체 데이터베이스에 저장된 내용을 읽어 들여 도시할 수 있다. 데이터 보기창은 현재 측정된 데이터의 리스트를 보여준다. 측정 즉시 이창에 표시되며 경고상황발생시 가로막대가 붉은색으로 변해서 사용자가 쉽게 경고 상황을 알 수 있도록 하였다. 붉은 막대를 더블클릭하면 어떤 경고상황인지 로그창으로 연결된다. 이곳에 나열된 데이터는 현장 데이터베이스에 저장될 뿐만 아니라 테스트 파일로도 저장되어 차후에 재사용을 쉽게 할 수 있도록 하였다.

로그창은 현재 시스템 전반에 일어나는 경고, 예외상황 등을 감지하여 리스트 한다. 로그내용은 서버와 동기화 되어 있으며 현장에서 발생된 로그 내용은 바로 서

버로 전달됨으로 서버에서는 현장의 측정상황 및 경고상황을 모니터링 할 수 있다.

원격지 메인 서버에 데이터를 전달하는 방식은 소켓통신에 의한 방식이며 이를 구현하기 위해서는 필수적으로 프로토콜 정의가 필요하다. 본 연구에서는 서버/클라이언트간 프로토콜을 자체 정의하였으며 이 프로토콜은 측정데이터 저장 및 검색, 로그 데이터 송출, 원격조정 등을 지원할 수 있도록 설계하였다. 소켓통신의 장점은 속도가 빠르고 중앙 데이터 베이스 형식에 대하여 독립적이라는 것이다. 현장 계측 프로그램은 그 목적이 계측을 위한 프로그램이기 때문에 중앙서버의 설계 구조에 영향을 받지 않아야 하고 차후에 중앙 데이터베이스의 확장 및 이전이 있을 경우 계측 프로그램도 영향을 받게 되면 전체 시스템이 변동되기 때문에 유지보수가 힘들게 된다. 이 때문에 각층에 해당되는 프로그램은 서로 독립적이어야 하며 에러발생 상황시 다른 층에 대한 에러파급효과를 최소화하여야 한다. 따라서 본 프로그램은 다수의 컴포넌트에 의해 구성되었고, 메시지 교환 방식을 채택하여 컴포넌트간 버전 업데이트시 인터페이스 호환문제를 최소화하였다.

나) 데이터 송수신 장비

① 현장 네트워크 구축

현장에 설치된 다양한 검지 센서들에 의해 측정된 자료를 중앙 관리처, 사용자, 관리자 및 열차 운전자 등에게 전송하기 위해서는 데이터 송수신 장비 구축이 필수적이다. 따라서 각각의 장비들에 대한 형식을 이해한 후 통합된 형식으로의 현장 네트워크 구축이 선행되어야 할 것이다.

기본적으로 철도 강우방재 시스템 구축을 위해 적용한 센서들은 각각 상이한 통신방식을 사용하고 있다. 일반적으로 센서와 컴퓨터 그리고 기타 계측 및 제어 장치들 사이의 데이터 전송을 위한 표준은 미국 EIA가 제정한 RS-232, RS-422, RS-485 등의 직렬 인터페이스 방식이 사용되어진다. 이러한 직렬 인터페이스는 1대 1의 통신만이 가능하기 때문에 현장의 모든 센서 및 계측기들을 하나의 제어장치에서 제어하기는 다소 어려움이 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 계측 및 제어 시스템의 일부로서 복수의 센서를 컴퓨터에 네트워킹하기 위해 멀티드롭 LAN, Ethernet과 IEEE-1451을 사용한다.

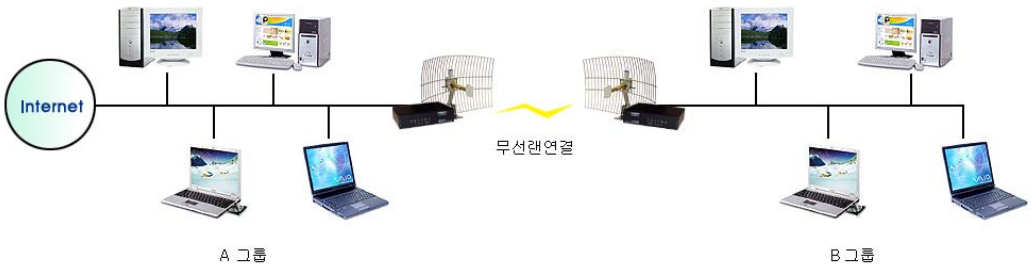
철도 강우방재 시스템에서 현장 네트워크로 구축한 LAN은 빠른 전송속도를 유지하고 편리한 통합관리를 수행할 수 있는 장점이 있지만, 기본적으로 적용방식이

근거리 통신망이기 때문에 기기와 기기간의 거리가 200m 이상일 경우에는 속도저하 및 통신상태 불량 등의 문제가 발생할 수 있는 단점을 지니고 있다. 따라서 이러한 문제를 근본적으로 해결하고자 본 시스템에서는 센서에서 허브, 또는 현장컴퓨터에서 허브까지의 거리가 원거리라고 판단될 경우에는 무선랜(Wireless LAN) 시스템을 이용하여 원거리 통신이 가능하도록 하는 방법도 사용할 수 있다.

무선랜은 유선 케이블 대신 전파(RF)나 빛(적외선) 등을 이용하는 네트워크 구축 방식으로 케이블의 연결 없이 무선으로 랜 환경을 구현하는 개념이다. 무선랜에는 두 가지의 기본 기술 즉, 전파기술을 이용한 라디오 방식과 빛을 이용한 적외선 방식으로 나눌 수 있는데, 라디오 방식을 이용하고 있는 무선랜은 다시 구체적인 기술특성에 따라 스프레드 스펙트럼 방식과 협대역 마이크로웨이브(narrowband microwave) 방식으로 분류된다. 이 중 ISM band를 이용하는 스프레드 스펙트럼 방식의 무선랜이 혼신이 적고 서로 다른 사용자들이 동시에 같은 주파수대역을 사용할 수 있는 장점 때문에 무선랜 기술 중 가장 보편화되어 있다. 무선랜에는 여러 가지 표준 규격이 있으며, 현재 11Mbps 급의 표준 규격으로는 무선 RF 기술을 이용하는 IEEE 802.11b가 확정되어 있다. IEEE 802.11b는 누구나 허가 없이 자유롭게 쓸 수 있는 2.4GHz대역의 ISM Band의 주파수 대역을 이용하며, 주파수 확산 방식으로 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)를 사용한다. 또한 WEP(Wired Equivalent Privacy)이라고 부르는 암호화 방식을 채용하고 있어서 보안성을 확보하고 있다.

본 시스템에서는 이러한 무선랜 시스템의 장점 중 서로 다른 지점의 네트워크를 연결하여 하나의 네트워크로 묶어줄 수 있는 브릿지를 사용한 무선랜 시스템을 구축하였다. 브릿지는 일반적으로 서로 다른 빌딩간의 랜 접속에 이용된다. 즉, 빌딩간의 접속을 위해 광케이블을 도입하려할 경우 비용 문제가 대두되거나 도로, 하천 등 물리적 장애물이 존재하는 경우 무선랜 브릿지는 경제적인 대안으로 채택될 수 있다.

무선랜 브릿지는 지향성 안테나(Directional Antennas)를 이용하여 비교적 고속 데이터를 전송할 수 있으며 수 Km에 걸친 반경에서 이용될 수 있다.



<그림 3-5-42> 브릿지를 이용한 무선랜 구축

<그림 3-5-42>의 A그룹은 인터넷과 직접 연결되어 있는 네트워크 환경이다. 여기서 B그룹은 인터넷을 직접 연결할 수 없는 지역이거나 건물로 브릿지를 이용한 무선랜 시스템을 구축하게 되면, B그룹도 A그룹과 같은 네트워크가 형성되어 인터넷과의 연결이 자유롭게 된다.

② 외부와의 데이터 송수신

철도 강우방재 시스템에서는 빠르고 정확한 데이터의 송수신이 요구된다. 이는 천재지변이나 응급상황에서의 정보의 신속한 전달이 피해를 예방 또는 감소시키는데 중요한 역할을 하기 때문이다. 그래서 본 시스템에서는 현재 보급되어있는 통신 시스템 중에 가장 보편적이고 대량의 데이터를 신속하고 정확하게 송수신 할 수 있는 Ethernet, VDSL, ADSL, SDSL 등의 초고속 인터넷을 외부와의 데이터 송수신 방법으로 선택하였다.

다) 센서 및 데이터

① 철도 강우 자동경보 시스템

○ 강우량 감지기

전도형 강우량계는 <그림 3-5-43>과 같이 뚜껑과 물받이 그리고 기본 구조물로 구성되어 있다. 200mm 직경인 그물이 덮인 깔대기 형태로 되어 있어 강우시 0.5mm의 빗물이 모일 때마다 삼각형 물받이로 흘러 들어간다.

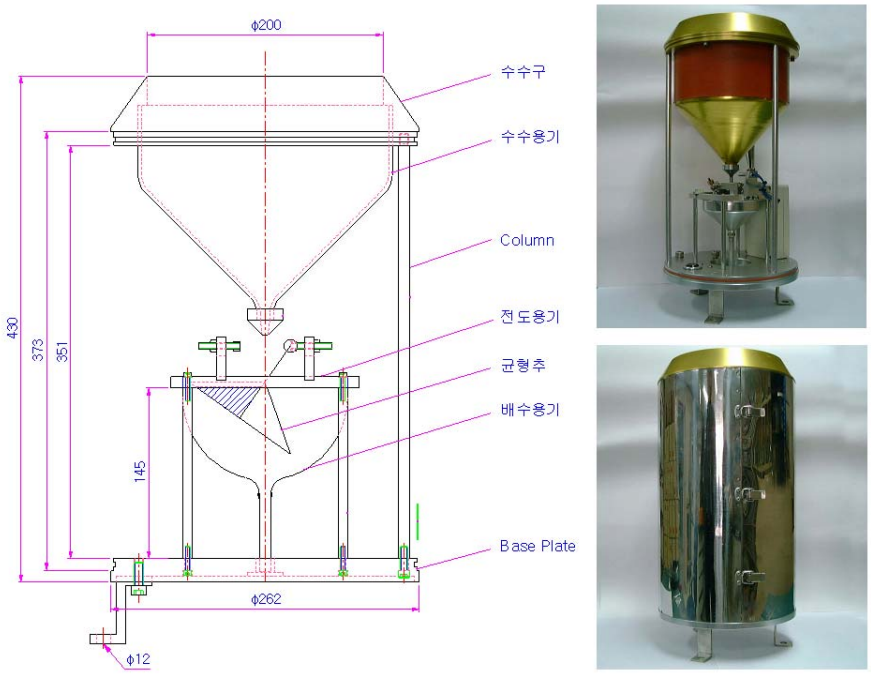
가열기(heater)의 전력은 200W로 기온이 5℃ 이하일 때 동작하여 눈을 물로 변화시켜 간접적으로 눈의 양도 측정한다. 물받이에 물이 차면 기울어져 밀봉된 리드(Reed) 스위치를 작동시키고 이 신호를 자료수집기(Data Logger)로 보낸다. 기울어

져 흘러내린 물은 바닥홈통을 통하여 밖으로 나간다. 본 감지기는 우량의 level을 자료 수집기로 이송한다.

강우량감지기는 주기적으로 깔대기의 스크린을 검사하여 축적된 불순물을 제거하고 Tipping Bucket과 배수로를 매년 청소하고 다음과 같은 방법으로 리드 스위치의 작동 유·무를 검사한다.

<표 3-5-43> 강우량 감지기의 사양

형 식	Tipping Bucket 형
크 기	직경 200mm
분해능	0.5mm
전 원	AC 220V
가열기의 작동환경	기온이 5℃ 이하 시
형 식	전도형 (비/눈 겸용)
운용환경	온도 -50℃~+50℃ 모든 악천후기상 조건



<그림 3-5-43> 강우량 감지기 구성도 및 사진

② 철도교량 홍수위 감시시스템

○ 압력식 수위센서

본 시스템에서는 여러 종류의 압력센서 중 성능이나 가격 면에서 우위를 점하며 수위의 계측에 널리 쓰이고 있는 전자식 압력센서의 한 종류인 정전용량형 압력센서를 사용한다. 다음 <그림 3-5-44>는 본 시스템에 사용되는 압력센서이다.



<그림 3-5-44> 압력식 수위센서

(ILT-100-A2N10)

정전용량형 압력센서는 매우 간단한 계측 기기로써 물 속에 잠입시켜 유체 정역학적인 압력을 비례 제어하여 micro voltage로 변환하고, 이 신호는 전기적인 신호로 변경되어 전류를 4~20mA의 범위로 출력된다.

반영구적으로 사용할 수 있으며 신뢰도가 높다. 물속에 잠입시킬 수 있는 IP67 (Water-proof) 등급으로 제작되어, 강 깊이 측정이나 Sewage water 레벨 측정에 사용 가능하다. IP란 기기에 대한 보호등급을 말하며 67은 방진(防塵)에 대한 완벽한 보호와 방수에 대해 일정한 조건에서 물에 잠겨서 사용할 수 있는 등급이라 할 수 있다.

○ 레이저 거리측정기

본 연구에서는 거리측정이 가능한 센서를 이용하여 수위의 계측에 응용하기 위하여 레이저 거리 측정기를 이용한 수위계측을 사용한다. 본 연구에서 선정한 레이저 거리측정기는 발사된 레이저의 회선에 필요한 반사판이 필요 없으며, 이 때 약 100m 이상의 거리가 측정 가능한 장비이다. 만약, 반사판이 존재할 경우에 본 장비의 측정 가능 거리는 이보다 훨씬 증가하여 수 백 미터 거리도 미소한 오차범위에서 측정 가능한 특징을 지니고 있다.

선정된 장비의 세부 사양은 <표 3-5-44>에 설명하였으며, 오차범위는 ±1.5mm로써 비교적 정확한 거리측정이 가능하다. 특히 노트북이나 PC에 연결하여 데이터를 직접 받아올 수 있는 기능도 갖추고 있으며 현장 네트워크의 불안정한 요인이 있더라도 데이터를 기록할 수 있는 메모리 기능이 있기 때문에 안정성이 더욱 확보되리라 예상된다.

<표 3-5-44> 본 연구에 이용한 레이저 거리 측정기의 세부사양

구 분		내 용
측정 정확도	평 균	± 1.5 mm
	최 대	± 2 mm
측 정 범 위		0.3 m ~ 100 m 이상
거리 측정 시간		0.5 ~약 4 초
연속 측정 시간		0.16 ~ 약 1 초
표 현 단 위		mm, cm, ft, ft in 1/32, in, in 1/32
측 정 값 저 장		9
4-Line 그래픽 디스플레이		-
크 기		188 X 70 X 47 mm
무 게		440g
사 용 전 원		Type AAA 4*1.5V

○ CCTV 시스템

일반적으로 CCTV 시스템은 대상을 직접적으로 확인할 수 있는 카메라(렌즈 포함), 카메라의 각도를 변경하여 다양한 지점을 측정할 수 있도록 지원하는 팬/틸트 드라이버 및 중앙제어장치에서의 명령을 수신하여 팬/틸트 드라이버의 작동을 제어하는 리시버 장비로 구성된다.

본 시스템에 사용되는 CCTV 시스템은 측정하고자 하는 대상지역의 직접적인 촬영이 가능하며, 다수의 대상지역이 존재할 경우에도 각각의 지점을 주기적인 촬영이 가능한 특징을 가지고 있다. 또한 제 2, 제 3의 지점을 관측하는 동안에도 사용자가 원할 경우에는 즉각적으로 측정지점을 변경함으로써, 재해우려지구에 설치되어진 모든 센서들의 작동 상황을 종합적으로 관찰할 수 있는 특징이 있다.

이는 홍수위의 고저를 화상을 통해 직접 관찰함으로써 중앙 관리자 및 운전자로 하여금 안전한 열차주행성을 확보하도록 해준다.

③ 철도교량 세굴계측 시스템

○ 초음파 센서

본 시스템에 사용되는 초음파 센서는 세굴심을 계측하기 위하여 사용된다. 세굴심을 계측하기 위하여 사용되는 초음파 센서의 조건으로는 첫째, 수중에서 사용이 가능하여야 하고, 둘째, 초음파의 발진각 작아야 한다. 대기중과 수중에서는 초음파의 도달속도가 다르기 때문에 수중에서의 거리측정용 센서이어야 하고, 또한 항상 수중에 잠겨있어야 하기 때문에 센서가 외부의 압력이나 물로부터 보호되어야 한

다. 뿐만 아니라 교각의 바로 옆에 설치를 해야하기 때문에 발진각이 크면 발진된 초음파가 교각에 부딪힐 수 있기 때문에 발진각이 작아야 하는 것이다.

○ 경사계

경사계는 인위적 또는 자연적인 영향에 의해 주변 구조물이나 옹벽 및 교각 등에 설치하여 부등침하로 인한 기울기 측정에 사용되는 센서로, 철도교량 세굴계측 시스템에서는 세굴심이 교각에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사용된다.

본 시스템에 사용되는 경사계의 특징으로는 방수기능과 높은 정밀도와 안정성 그리고 반복하중에도 출력감도가 좋은 제품으로 사용하였다.

○ 전자 유속계

본 시스템에서 유속과 세굴심과의 영향정도를 알아보기 위하여 전자유속계를 사용한다. 전자 유속계는 하천이나 각종 수로 등에서 유속을 간단·정확하게 측정하기 위해 개발된 현장용 Portable형의 1축 전자유속계이다.

하천에서 사용방법은 지대봉에 의한 고정 또는 Van과 Balance weight를 조합시켜 케이블에 연결 후 현장여건에 맞추어 사용한다.

과거의 프로펠러 식에 비교하여, 고장이 적고, 취급 및 보수가 간단하며, 미유속에서부터 고유속까지 유속측정치를 디지털로 표시가 되어 자동화계측에 적합하며, 표시부는 경량 방수성의 FRP로 고장의 염려가 적다.

○ 데이터 로거

센서로부터 발생한 아날로그 신호를 AD변환기를 통해서 디지털 신호로 변환하고 메모리 장치에 일정한 시간주기로 계측값을 저장한다. 과거에는 타이프라이트 저장방식이 많이 쓰여졌으나 현재는 완전한 디지털 컴퓨터의 기능을 가지고 있다.

현재 지반 거동 측정용으로 주로 쓰여지는 데이터 로거는 DataTaker, Rotech, CR-10X 등이다.

계측기가 설치된 현장은 큰 일교차, 다량의 잡음과 진동, 높은 습도와 우수등 전자장비에 치명적인 영향을 줄 수 있는 인자가 항상 존재한다. 그러므로 데이터 로거는 이러한 치명적인 영향에 대해 견고해야만 신뢰성 있는 측정값을 저장, 전달 할 수 있다. 주변충격(시트파일 항타, 굴착, 건설기계 운행, 열차의 이동)에 의한 로거

나 센서의 오작동은 계측자가 측정된 데이터가 충격에 의한 실제 물리량 변동인지 센서 및 로거의 오작동인지 판단하기 힘들게 만든다.

본 시스템에서는 DataTaker와 Rotech등을 사용한다. DataTaker는 프로토콜이 공개되어 있고 CR-10X의 기능을 거의 갖추고 있으며 내구성도 뛰어난 것으로 알려져 있다. Rotech 로거는 토목 계측용으로 개발된 제품으로 자체 메모리가 없으나 사용하기 간편하다는 장점이 있다.

④ 낙석검지 시스템

○ CCTV 시스템

일반적으로 CCTV 시스템은 대상을 직접적으로 확인할 수 있는 카메라(렌즈 포함), 카메라의 각도를 변경하여 다양한 지점을 측정할 수 있도록 지원하는 팬/틸트 드라이버 및 중앙제어장치에서의 명령을 수신하여 팬/틸트 드라이버의 작동을 제어하는 리시버 장비로 구성된다.

본 시스템에서 사용하는 CCTV 시스템은 측정하고자 하는 대상지역의 직접적인 촬영이 가능하며, 다수의 대상지역이 존재할 경우에도 각각의 지점을 주기적 측정이 가능한 특징을 가지고 있다. 또한 제 2, 제 3의 지점을 관측하는 동안에도 기타 낙석검지용 센서에서의 검지가 발생되었을 경우(낙석이 발생되었을 경우), 즉각적으로 낙석 발생지점을 자동적으로 인지하여 측정지점을 변경함으로써, 재해우려지구에 설치되어진 모든 센서들의 작동 상황을 종합적으로 관찰할 수 있는 특징이 있다.

이는 낙석 발생 예상 지역의 모든 낙석발생 유무를 화상을 통해 직접 관찰함으로써 중앙 관리자 및 운전자로 하여금 안전한 열차주행성을 확보하도록 해준다.

○ 레이저 거리측정기

임의 지점 및 물체까지의 거리를 측정하는 방법으로는 크게 물리량을 직접 측정하는 방법과 센서 등을 이용하여 간접적으로 측정하는 방법으로 구분할 수 있다. 직접 측정하는 방법은 일반적으로 대상물까지의 거리가 한정적이며, 측정 구간에 지장물 또는 장애요인이 없을 경우 손쉽게 적용할 수 있는 반면, 측정하고자 하는 거리가 길 경우나 지장물 등을 통과해야 할 경우에는 적용성의 한계를 가지고 있다. 다음으로 간접적인 방법에 의해 측정하는 방법은 센서 등을 이용하기 때문에

지장물 또는 장애물의 영향을 비교적 적게 받으며, 물리적 신호에 의해 측정된 결과를 신속하게 자료화하여 정밀한 거리 측정이 가능한 장점이 있다. 이러한 간접적 거리 측정에 이용되는 센서로는 음향 및 광선을 이용한 방법이 선호되는 실정이며 구체적으로 초음파를 이용하거나 레이저 광선을 이용한 장비가 개발되어 상용되고 있다.

센서를 이용한 거리 측정시 기기적 장단점을 비교한 결과, 본 시스템에서는 레이저 거리측정기를 선정하였다. 본 연구에서 선정한 레이저 거리측정기는 발사된 레이저의 회선에 필요한 반사판이 필요 없으며, 이 때 약 100m 이상의 거리가 측정 가능한 장비이다. 만약, 반사판이 존재할 경우에 본 장비의 측정 가능 거리는 이보다 훨씬 증가하여 수 백 미터의 거리도 미소한 오차범위에서 측정 가능한 특징을 지니고 있다.



<그림 3-5-45> 레이저 거리 측정기

○ 적외선 센서

적외선은 가시광선(可視光線)보다 파장이 길며, 0.75μm에서 1mm 범위에 속하는 전자기파로 대기 중에서의 투과성을 이용한 것으로 항공사진측량(0.8μm)·원거리사진·야간촬영·거리측정·적외선감시장치 등에 이용되고 있다.



<그림 3-5-46> 적외선 센서

적외선 센서는 적외선 검지센서와 센서에서 검지된 신호를 받아 경보장치에 전달하는 종합수신반 그리고 사용자 및 관리자에게 경보를 전달할 수 있는 사이렌과 경광등으로 이루어져 있으며, 적외선 검지센서에서 검지된 신호가 종합수신반을 거쳐 사이렌과 경광등이 작동되기까지의 진행은 모두 실시간으로 이루어진다.

본 시스템에 사용되는 적외선 검지센서는 적외선 2중빔 동시 차단방식을 채택하고, 렌즈타입의 설계로 빔의 강도를 강화한 제품으로 200m 내의 물체의 통과를 검지할 수 있는 기능이 있다. 환경 여건에 따라 차단시간을 0.7sec에서 0.05sec까지 조정이 가능하며 외부 커버는 충격에 강한 PC재질로 되어 있어 옥외 환경에서 사용할 수 있도록 되어있다. 적외선 경보기의 센서와 센서 사이에 낙석 통과시 즉각적인 통보가 가능하도록 사이렌과 경광등을 함께 설치한다.

○ 와이어 센서

일반적으로 국내외에서 사용되는 낙석 방지 대책으로는 낙석 발생 사면을 대상으로 네트를 설치하거나 낙석방지책을 설치하는 방법이 가장 보편적이다. 본 시스템에서는 이러한 낙석 방지 대책과 사면 변위계를 응용하여 낙석 발생 유무를 사전에 예/검지할 수 있으며 가장 일차적인 예/검지 방안으로 발생 예상 지점의 암반 또는 암석 주위 및 선로 주변에 센서를 설치하였다. 이 방안은 낙석 발생 가능성이 있는 암반 또는 암석의 움직임을 가장 먼저 검지할 수 있으며, 만약 낙석이 검지 센서를 피하여 운동할 경우라 하더라도 선로 위로 낙하하는 낙석을 이차적으로 검지함으로써 열차의 주행성을 확보할 수 있다.

이를 위한 센서로는 사면의 변위를 측정하는 사면 변위계와 와이어 센서가 사용된다. 사면 변위계는 양쪽 지점에 고정단을 설치하고 고정단 사이에 설치된 와이어와 연결된 신장계의 조합으로 사면의 변위를 측정하는 장비이다. 따라서, 측정지점 암반의 움직임이 발생하면 설치된 와이어가 신장되고 이를 검지하여 낙석 발생 유무를 판정할 수 있으며 비교적 간단하게 설치할 수 있는 장점이 있다. 두 번째, 와이어 센서도 사면 변위계와 그 측정원리를 같이 하는 반면 측정 방식에 있어서 신장계를 사용하는 대신 와이어 내부의 전류 흐름으로 와이어의 단선 여부를 측정하는 방식으로써 사면 변위계에 비해 경제적으로 우위에 있다.

본 시스템에서 사용되는 와이어 센서는 종합수신반에서 검지할 수 있는 릴레이 방식의 센서를 응용하여 제작된다. 즉, 낙석의 검지가 필요한 곳의 양쪽 끝에 기둥을 세우고 기둥과 기둥사이에 전선을 연결하고 전선의 양쪽 끝은 외부의 충격에 쉽게 빠질 수 있도록 설

계하여 재활용이 용이하게 하였다. 낙석 발생으로 인하여 단선될 경우 이를 검지하고 조기 경보 시스템이 작동되는 방식이다.

⑤ 재해우려 토공시설물에 대한 상시계측 시스템

○ 센 서

지반 거동 측정에 사용되는 대표적인 센서의 종류는 경사계, 침하판, 기울기계, 간극수압계, 지하수위계 등이다. 센서의 선택은 현장여건, 로거의 지원여부, 기상형태, 물리량의 범위에 따라 선정 기준이 다르므로 센서의 선택시 주의가 필요하다. 특히 로거의 지원 여부에 따라서 센서의 선택이 좌우되므로 현장설치전 충분한 실내 테스트 및 검측과정을 거쳐야 한다.

○ 데이터 로거(데이터이력기록기)

센서로부터 발생한 아날로그 신호를 AD변환기를 통해서 디지털 신호로 변환하고 메모리 장치에 일정한 시간주기로 계측값을 저장한다. 과거에는 타이프라이트 저장방식이 많이 쓰여졌으나 현재는 완전한 디지털 컴퓨터의 기능을 가지고 있다.

현재 지반 거동 측정용으로 주로 쓰여지는 데이터 로거는 <표 3-5-45>와 같이 DataTaker, Rotech, CR-10X 등이다.

<표 3-5-45> 데이터 로거의 종류에 따른 특징 및 단점

종 류	특 징	단 점
DataTaker	· 범용으로 개발 · 프로토콜 공개 · 간단한 사용방법	· 표준 RS-232가 아님
Rotech	· 토목용으로 개발 · 프로토콜 공개 · 로거가 먹서와 분리됨	· 다소 미흡한 기능 · 진동형식 센서만 측정 가능
CR-10X	· 가장 범용으로 사용됨 · 프로토콜 미공개 · 내구성 우수	· 자체 운영프로그램으로만 측정가능

라) 전원 공급 장비

불안정한 전력이 공급될 경우에 센서 및 데이터 로거에서는 미묘한 오동작을 일으키며 현장에서는 그 원인을 규명하기 매우 어렵다. 본 시스템에서는 안정적인 전력의 확보를 통해 정확하고 신뢰성 있는 데이터를 수집하고 이를 조기에 전송할 수 있도록 전력공급장치를 설계하였다.

일반적인 계측 현장의 전력공급상황이 원활하지 않다는 것을 감안하여 본 시스템에서는 공용전력의 공급뿐 아니라 소형 발전기의 사용, 연료전지의 사용 및 태양전지에 의한 전력공급을 사용할 수 있게 하였다. 발전기와 연료전지는 기후 및 기상에 따른 영향은 없으나 주기적으로 연료를 공급해야 하며 유지비가 크기 때문에 비경제적이라는 단점이 있다. 이에 반해 <표 3-5-46>과 같이 태양전지에 의한 전력공급방법은 기후에 영향을 받고, 초기 설치비가 크다는 단점은 있지만, 장기적으로 사용할 경우에도 유지비가 들지 않으며, 전압이 높지 않기 때문에 노이즈의 영향이 없다는 장점이 있다. 또한 태양전지의 근원인 태양빛 에너지는 무공해이고 고갈될 염려가 없으므로 매우 훌륭한 에너지원이기 때문에 시스템의 전체 전력을 담당할 수 있는 메인 전력공급장치로 사용할 수 있다.

<표 3-5-46> 전력공급방법에 따른 특징

구 분	공용 전력	발전기	태양열	연료전지
경제성	경제성 우수	설치비 증대 및 정기적인 연료의 보충이 필요함	설치비 증대	정기적인 연료의 보충이 필요함
기후의 영향	비교적 안정	비교적 안정	기후의 영향 많이 받음	비교적 안정
데이터의 안정성	비교적 안정 노이즈 발생 가능성 존재	비교적 안정	기후에 따른 데이터의 불안정	비교적 안정
유지비	비교적 경제적	비경제적	경제적	비교적 경제적

3) 중앙 제어프로그램 및 데이터베이스

기존의 현장 계측 시스템은 측정된 데이터를 파일 또는 문서에 보관하였다. 이는 데이터의 재사용을 불가능하게 하는 중요한 요인이 된다. 즉, 관리되지 않는 분

산된 데이터는 분실의 위험이 크고 검색이 어렵다. 결국 데이터베이스화가 되지 않은 데이터는 재사용이 어렵고 유사한 현장에 대한 설계 반영이 힘들게 된다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 계측 데이터베이스를 구축하였다. 데이터베이스 구축은 계측 데이터의 빠른 접근과 통합적 관리를 지원하므로 단순한 계측 데이터가 아닌 정보로서 가치를 지니게 한다.

계측데이터의 데이터베이스화를 구축함으로써 실시간 접근이 가능하고 궁극적으로 컴퓨터에 의한 계측 데이터 분석이 가능해짐으로써 사용자는 계측 데이터의 단순한 검색뿐만 아니라 분석된 데이터를 실시간으로 관람할 수 있게 된다.

일반적으로 계측값은 물리량의 표현이며 이를 분석식에 의해 가공되지 않으면, 표면적인 이해로 멈추게 된다. 따라서 본 연구에서는 같은 물리량에 대해서 다양한 분석식들을 적용시켰고 분석결과를 최종 사용자에게 실시간으로 전달함으로써 단순한 계측결과의 서비스뿐만 아니라 사용자가 수행하기 힘든 계측분석을 빠르고 정확하게 서비스 할 수 있도록 하였다.

분석 시스템은 서버에 설치되어 있으며 <표 3-5-47>에 분석시스템을 개략적으로 설명하였다.

<표 3-5-47> 분석시스템 개요

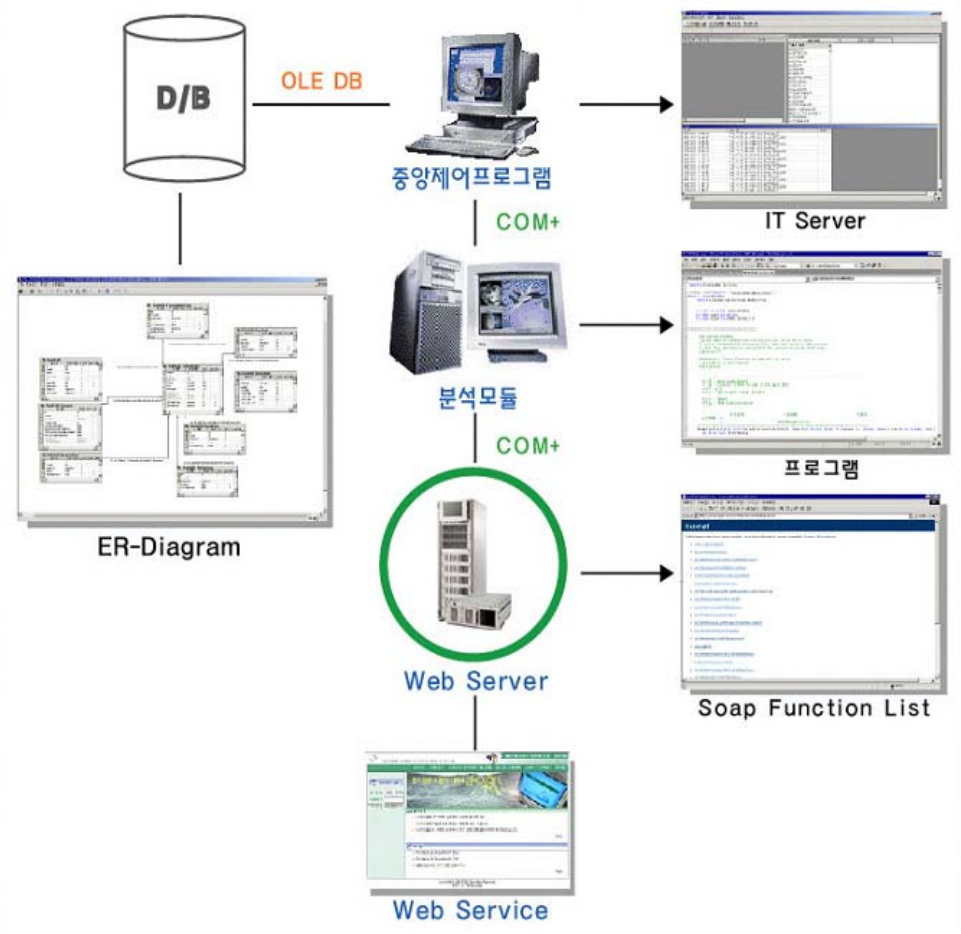
프로그램 목록	설 명
IT 서버	· 계측데이터 수집 · 현장상태 이상유무 판단
분석 모듈	· 현장계측 데이터 분석 · 경고시스템(SMS,E-Mail)
데이터베이스 서버	· 계측 데이터베이스 구축 · 안정적 백업시스템
웹 서버	· 웹페이지와 DB연결 · 계측데이터 실시간 관람

<그림 3-5-47>은 데이터 베이스 및 분석시스템의 구성도를 나타낸 것으로 중앙제어프로그램과 데이터베이스로 대별하여 구성하였다.

중앙제어프로그램은 IT 서버를 중심으로 운영되며 현장의 정보를 수집할 수 있는 환경을 설정하며 자료의 수집을 제어하여 데이터베이스를 효율적으로 관리하는 중

앙통제 기능을 담당한다. 이 때 데이터베이스에 자료화 된 정보들은 분석모듈에 의해 실시간으로 분석되고 만약 설정된 한계값을 초과할 경우 경보시스템 즉, 메일서버 또는 SMS 서버를 통제하여 E-Mail이나 문자 메시지로 관리자 및 사용자에게 경고를 전달한다.

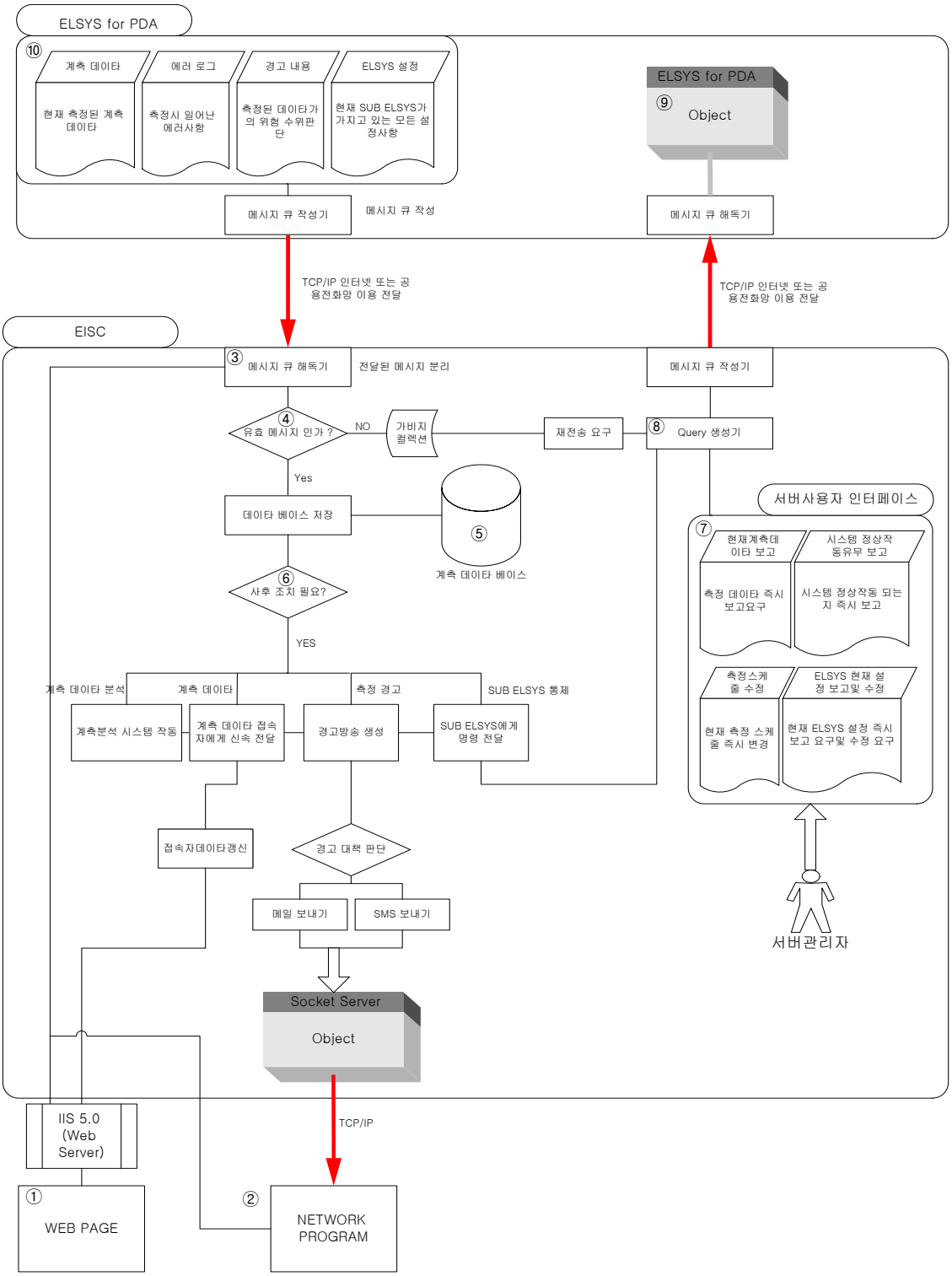
일련의 과정을 거친 모든 데이터는 웹서버를 통하여 관리자 및 사용자에게 실시간으로 제공할 수 있으며 동시에 데이터베이스에 자료화되어 필요에 의해 자료의 재사용을 가능하게 한다.



<그림 3-5-47> 데이터베이스 및 분석시스템의 구성도

가) 중앙 제어 프로그램

① 시스템 구성도



<그림 3-5-48> 중앙 통제 프로그램 시스템 설계도

② 시스템 설명

○ 웹페이지

현재의 계측 데이터를 그래프로 표시할 수 있을 뿐만 아니라 데이터 로거, 센서의 현재 설정을 관람, 수정할 수 있다. 웹 페이지로부터 수정해야 할 데이터 로거 및 현장계측시스템의 수정 사항을 I웹서버를 통하여 전달받고 이 전달 메시지는 메시지 큐 해독기에 의해 해독되어 현장계측시스템에 전달될 내용이면, 메시지 큐 생성기에 의해 다시 현장계측시스템로 전달, 현장계측시스템에서는 다시 데이터 로거에 전달될 내용인지를 판단하여, 다시 Query생성기에 의해 데이터 로거로 전달된다.

○ 네트워크 프로그램

기본적으로 웹페이지의 기능은 모두 가지며 서버 시스템의 통제를 위한 통로이다.

○ 메시지 큐 해독기

모든 데이터는 큐 형태의 데이터 집합을 가지며 현장계측시스템, 웹페이지의 모든 메시지를 전달 받아 관리, 해독, 전달한다.

○ 유효 메시지 판정

유효 메시지인가 판단하여 현장계측시스템의 메시지가 정상적으로 도착하지 못하였을 경우 재전송 요구를 한다. 그리고 유효 메시지일 경우 미리 설정된 데이터베이스 스키마에 따라 저장한다.

○ 데이터 베이스

계측 데이터, 경고 상황, 로그인 상황, 분석 결과 등을 저장한다.

○ 사후 조치 여부 판정

만약 메시지 큐에 의해 전달된 메시지가 사후조치를 필요로 할 경우라면 미리 정해진 프로세스에 의해 다음 과정들을 수행한다. 예를 들어 계측 데이터 요구, 분석 시스템 작동, 경고방송 요구, 현장계측시스템에 명령 전달요구 등이다.

○ 서버 사용자 인터페이스

전체 시스템 관리자는 측정 데이터의 관람 뿐만 아니라 전체 시스템의 정상 작동 유무를 판단하기 위해 현재 연결된 현장계측시스템의 테스트, 설정변경 등의 권한을 가진다.

○ QUERY 생성기

EISC의 모든 메시지는 QUERY생성기에 의해 생성되며 이곳에서 현장계측프로그램에 필요한 메시지를 작성한다.

○ 현장 계측시스템

데이터 로거로부터 수집된 계측 데이터를 자체 데이터 베이스에 저장하거나 데이터 로거를 통제하고 웹페이지, 중앙프로그램의 통제를 받거나 자체 운영한다.

○ 현장계측프로그램의 메시지

현재 계측 계측 데이터, 데이터 로거 및 ELSYS for PDA의 에러사항, 경고사항, 데이터 로거 설정 사항 등을 중앙프로그램으로 송출한다.

나) 데이터베이스

계측 데이터는 계측 현장, 중앙 서버, 일반 사용자 접근 등 다양한 주체에 의해 추가, 삭제, 수정, 가공될 수 있어야 한다. 서버측 가장 외곽에 존재하는 접속문은 유연하고 간단해야 할 뿐만 아니라 보안대책도 수립되어야 한다. 본 연구에서는 중앙메인서버의 논리적인 외부 접속 수단에 대하여 비교, 검토를 수행하였다. 다양한 접속통로는 보안 측면에서 문제시 되지만 다른 접속점과 다양하게 호환될 수 있다는 장점 때문에 확장성이 높다.

데이터베이스를 외부에서 추가, 삭제, 수정 할 수 있는 방법에는 COM+, SOAP, OLEDB에 의한 데이터베이스 직접접속, ODBC, 웹 페이지에 의한 ADO사용, 프로토콜 직접구현에 의한 방법이다. 본 프로그램은 3-Tier설계로 웹 클라이언트나 계측현장의 데이터베이스에 대한 직접 접속을 지원하지 않는다. 이는 계측 데이터가 저장시 가공을 필요로 하는 경우 분석층을 통과시키기 위함이고 또한 악의를 가진 외부로부터 데이터를 보호하기 위함이다.

COM+ 서비스는 마이크로소프트에서 제시한 서비스로 여러 언어를 사용하는 객체 지향적이고 고객 의존이며 갱신 가능하고 분산가능한 애플리케이션을 작성할 수 있도록 도와주는 명세서이다. 이진 표준을 기본으로 하고 거의 모든 언어를 지원 하지만 인터넷 보안이 강조되어지면서 COM+서비스가 방화벽을 통과 해야하는 문제점 때문에 보안상의 문제가 대두되기도 한다.

SOAP(Simple Object Access Protocol)은 웹상의 객체들을 액세스하기 위한 마이크로소프트의 프로토콜이다. 이 프로토콜은 HTTP(hypertext transfer protocol)를 사용하여 인터넷에 텍스트 명령어를 보내기 위해 XML(extensible markup language) 구문을 쓴다. HTTP(hypertext transfer protocol)를 사용하기 때문에 방화벽 통과에 문제가 없고 다른 시스템과 쉽게 연동이 가능하기 때문에 확장성과 편리성을 가지지만 많은 데이터의 전송시 속도가 느리다는 단점이 있다.

OLEDB(Open Database Connectivity)에 의한 데이터베이스 접속은 클라이언트가 분석식을 가져야만 하는 문제가 있으나 COM+서비스와 조합할 경우 속도와 확장성을 동시에 만족하는 시스템을 구축할 수 있다.

ODBC는 원격 접속을 기본적으로 지원하지 않기 때문에 외부접속 어뎁터를 별도로 구현해야 하고, 다른 접속방법에 비해 전송속도가 느리다. 하지만 여러 데이터베이스를 지원할 수 있으므로 확장성이 뛰어나다.

웹페이지에 의한 데이터베이스 접속방법은 서버측 스크립트를 사용하여 데이터베이스에 접근하는 방식으로 현재 가장 인기 있는 데이터베이스 접근방법중 하나이다. 사용자에게 친근한 인터페이스를 제공할 수 있고, 쉽게 구현 될 수 있다는 장점 때문에 본 연구에서는 센서설정, 그래프 설정, 수동 데이터 입력 같은 데이터의 속도와 크게 관계없는 부분에 적용하였다.

자체 프로토콜에 의한 데이터 통신은 설계·구현이 모두 자체적으로 해야 하지만 최대의 속대를 이끌어 낼 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서는 자체 프로토콜을 서버/클라이언트 구간에 적용하여 빠른 속도로 클라이언트에게 계측 데이터를 전송하도록 하였고, 서버측분석모듈은 COM+ 서비스를 이용하여 데이터베이스를 통제하였으며 웹 페이지는 ODBC 또는 OLEDB에 의해 데이터베이스에 접근하였다.

4) 조기 경보 시스템

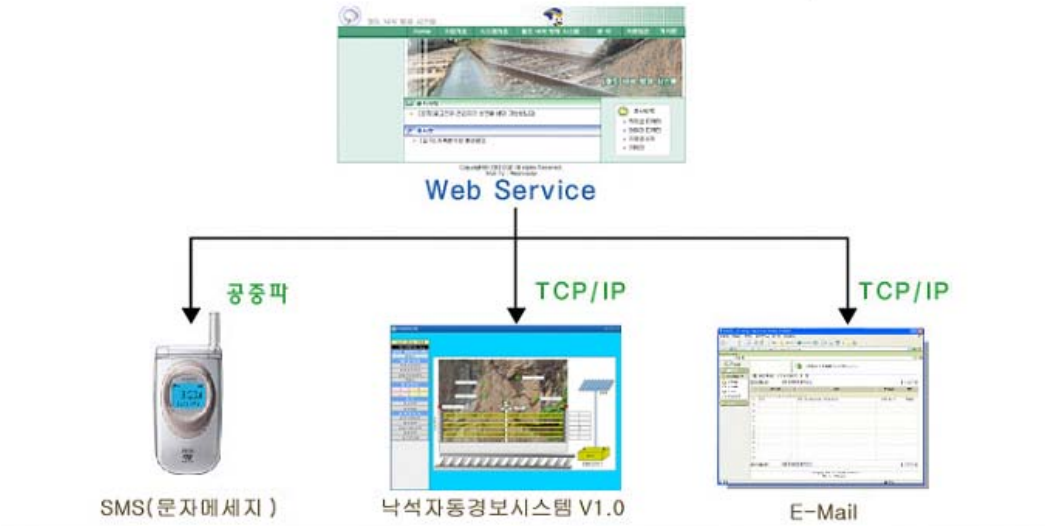
본 연구에서 구축한 조기경보 시스템은 단계적인 경로에 의해 현장과 관리처 및 열차의 운전자에게로 열차의 위험유무를 통보하게 설계하였다.

현장에 설치된 적외선 센서 및 와이어 센서를 통해 낙석발생이 검지될 경우 일차적으로 이러한 정보는 현장에 설치한 경보시스템에 의해 검지 유무를 신속하게 전달하게 된다. 즉, 센서를 통제하는 종합수신반으로 통보된 자료가 경광등과 사이렌을 작동시켜 작업자 및 현장에 접근하는 열차 운전자에게 경고하여 열차의 주행성을 확보할 수 있게 한다.

이차적으로 이는 즉각적으로 조기경보시스템 즉, SMS 서비스, 메일서비스 등을 구동시켜 열차운전자, 보선사무소 및 중앙관리센터로 낙석발생을 전달하게 된다. 이를 수신한 관리자는 위험상황에 따라 열차의 운전을 규제할 수 있게 한다.

마지막으로 웹 서비스를 통하여 현장에 대한 자세한 분석과 열차의 위험성을 예측하여 서비스함으로써 위험한 지역과 시간을 확인할 수 있으며, 이러한 순차적인 경보 송신 경로를 통해 다양한 메시지를 전달하는 것은 혹시 발생할 수 있을 경보의 수신실패로 인한 재해를 방지하는데 보다 효과적일 것으로 판단된다.

<그림 3-5-49>는 전술한 조기 경보시스템의 구성체계를 도식화하여 설명한 것이다.



<그림 3-5-49> 조기 경보시스템의 구성도

가) 실시간 현장 경보 서비스

현장에서 발생하는 상황은 검지된 순간 즉각 현장의 경광등과 사이렌에 전달 멀리서도 열차 운전자가 이를 감지하고 열차를 서행 또는 정지시킬 수 있다. 정확하게 어떤 일이 발생하였는지를 전달할 수는 없지만 관련자에게 현장의 필요한 정보를 즉시 전달할 수 있다는 장점이 있다.



<그림 3-5-50> 현장 경보 서비스

나) 휴대전화 이용 무선 경보 서비스

정보통신 기술의 발전으로 현재 우리나라는 휴대 전화 보급률이 거의 100%에 가깝다고 해도 과언이 아닐 것이다. SMS 서비스는 이렇게 이미 우리들 속에 대중화 되어있는 이동통신 매체를 사용하며 현재 전국의 거의 모든 지역에서 통신이 가능한 장점이 있다.

현장에 설치된 경광등과 사이렌이 작동하는 1차적인 경보 이후에 현장에 있는 사람 뿐만 아니라, 현장에 있지 않은 관련자에게도 분석을 통해 얻어진 결과로 SMS를 발송하여 현장의 상황을 즉시 통보할 수 있게 하였다.



<그림 3-5-51> 휴대전화 이용 무선 경보 서비스 화면

다) 인터넷을 통한 웹서비스

현장경보서비스나 SMS서비스가 일시적인데 비해 웹서비스는 컴퓨터가 인터넷 망에 접속되어 있다면 웹서비스에서는 항상 현 상태를 확인할 수 있고, 이미 시간이 지난 데이터도 모두 데이터베이스화 하여 저장하고 있기 때문에 통계자료로도 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 즉각적인 상황이 아닌 서서히 진행되는 위험요소의 감지도 가능하다. 또한 웹서비스에서는 현장에 대한 정보나 자료의 교환도 가능하며 자문의견 코너를 두어 관련 전문가들과의 정보교류도 가능할 것으로 판단된다.

(다) 강우량계 제작 및 설치

1) 강우량계 설치개소 선정방법

강우량계를 전선로에 설치하기 위해서는 강우량계 설치개소의 선정기준이 필요하다. 강우량계 설치개소의 선정기준은 우선 설치방법의 결정이 선행되어져야 한다. 강우량계를 설치하는 방법은 등간격 설치방법과 부등간격 설치방법으로 나눌 수가 있다. 두 가지 설치방법의 특성을 보면, 등간격 설치방법은 전 선로에 일정한 간격으로 강우량계를 설치하는 방법으로서 장점으로는 전 선로에 대한 정확한 강우 DB 구축이 가능하고 강우량계가 설치되어 있지 않은 지역에 대한 강우정보는 보간법을 이용하여 강우량의 추정이 가능한 장점이 있다. 그러나 이 설치방법의 경우는 재해가 일어나지 않는 지역과 강우량이 작은 지역 또는 태풍과 장마의 영향권에 들지 않는 지역까지 일정간격으로 배치하여 예산낭비의 단점이 있다. 또한 설치간격이 넓게 설정될 경우 국지성 호우에 대한 정확한 강우 데이터를 얻기 힘든 문제점도 발생을 하게 된다. 선구별 부등간격 설치의 경우는 과거재해자료를 통한 재해다발지역과 사면위험구간 등의 위험지역에 대해서는 강우량계 설치간격을 좁혀서 설치함으로써 그 지역에 대한 정확한 강우량 DB구축을 할 수 있으며, 그 외 지역은 설치간격을 넓혀 설치함으로써 강우량게 설치비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 이러한 설치방법은 설치하고자 하는 대상지역의 범위가 넓어 강우에 대한 피해가 국부적으로 발생하는 경우에 효율적이며 강우량계 설치비용의 확보가 어려운 경우, 우선 위험지역에 적정 간격으로 설치를 먼저 한 후 향후 예산을 추가확보하여 기타 지역에 추가 설치하고자 하는 경우에 유리하다. 그러나 이 설치방법은 강우량계 설치간격이 넓은 지역이 발생하여 전 선로에 대한 정확한 강우량 DB구축이 곤란하고 예상하지 못한 지역에 집중적인 강우 발생시 재해를 사전에 예방하지 못하는 단점이 있다.

이들 두 가지 설치방법, 즉 등간격 설치와 부등간격 설치를 비교분석해 본 결과 국내의 경우, 대부분의 태풍과 장마가 전 국토에 영향을 미치고 있고 현재까지 철도에서의 강우 DB가 전혀 이루어지지 않아 재해시의 재해구간에서의 강우량과의 상관관계를 도출할 수 없는 등의 문제점이 있었다. 따라서 강우량계의 설치방법은 등간격 설치를 통하여 전 선로에 대한 정확한 강우량 DB를 구축하고 향후 재해기준에 따른 열차운행규제 기준을 설정하는데 필요한 데이터를 확보하고자 한다.

2) 강우량계 설치개소

가) 강우량계 설치간격

강우량계 설치개소간 직선거리는 10㎞를 기준으로 하여 역사에 설치하는 것을 기준으로 하였다. 이는 요즘 호우의 특성으로 나타나는 국지성 호우의 반경이 최소 10㎞이상이므로 강우량계를 직선거리 10㎞설치시 국내에서 발생하는 국지성 호우의 영향을 반영하는 강우량 DB가 가능하다. 일본 JR동일본의 경우도 강우량계 설치거리가 10㎞를 기준으로 최고 15㎞로 설치를 하였다. 영업거리를 기준으로 설치할 경우 선로선형으로 인해 강우량계의 설치거리가 너무 가까워져 강우량계를 과다설치하는 경우가 발생하게 된다. 또한 설치장소는 이번에 구축한 강우자동경보시스템이 웹기반의 인터넷을 통한 자동강우측정장치이므로 LAN시설이 갖추어진 역사를 기본으로 하고, 시설관리사무소가 있는 역사인 경우는 시설관리사무소에 설치하도록 하였으며 설치하고자 하는 역사에 시설분소가 있는 경우는 시설분소에 설치하도록 하였다. 단, 설치개소의 현장조사 결과 LAN설치가 되어 있지 않은 개소, 지형의 영향에 의한 강우특성예측이 곤란한 개소는 한국철도공사의 요구사항 등을 반영하여 직선거리 기준에 맞게 설치개소를 변경 또는 수정하였다.

나) 강우량계 설치개소 선정시 고려사항

강우량계 설치개소 선정방법은 앞에서 설명하였듯이 직선거리 10㎞를 기준으로 하여 등간격으로 전 노선에 대해 선정하였다. 개략 선정된 설치개소에 대해 매년 집중호우 발생개소, 수해다발지역 및 절개면/성토구간 토사붕괴 우려개소 등의 조사를 통하여 강우량계 설치예정개소와 관계를 분석하였다. 이는 현재 계획하고 있는 강우량계 설치개소가 과거발생지역 또는 향후 발생가능 지역에 대한 강우량 DB를 정확하게 구현할 수 있는가를 확인하기 위하여 시행하였다. 매년 집중호우 발생개소 및 수해다발지역은 최근 5년간(1999년 ~ 2003년)의 자연재해 현황을 분석하였으며, 절개면/성토구간으로 토사붕괴 우려개소는 한국철도공사에서 제시한 절개면 위험지역을 분석하였다. 최근 5년간의 자연재해는 궤도매몰, 선로침수, 노반침수, 토사유입 등 총 304건으로, 이것에 대한 분석은 앞에 나타나 있다. 한국철도공사에서 제시한 절개면 위험지역은 <표 3-5-48>과 같다.

<표 3-5-48> 선로별 절개면 위험지역 개소수 (한국철도공사제시)

선 별	개 소 수	선 별	개 소 수
경부선	16	정선선	4
경전선	11	경춘선	4
중앙선	10	동해선	5
태백선	8	영동선	27
기 타	5	총 계	90

재해우려개소와 수해다발지역을 검토한 결과 위에서 제시한 재해우려개소 90개소 중 영업거리로 검토시 강우량계 설치위치와의 거리가 5㎞이내인 경우가 76%였으며, 직선거리로 검토시 5㎞이내인 경우가 90% 이상으로, 직선거리 10㎞ 기준을 적용하여 강우량계를 설치하더라도 국지성 집중호우에 대한 강우자동경보시스템 적용에는 전혀 문제가 없을 뿐만아니라 강우량 DB에도 전혀 문제가 없다. 또한 수해다발지역에 대한 강우량계 설치개소와의 거리를 비교분석해 본 결과, 재해우려개소 및 수해다발지역 검토결과와 같은 결과를 나타내었다.

다) 강우량계 설치개소

앞에서 설명한 설치기준과 설치시 고려사항 등을 고려하여 설정한 강우량계 설치개소는 총 207개소이다. 강우량계는 역사에 설치하는 것을 기본으로 하고 한국철도공사 지사가 있는 지역은 지사에 설치하였다. 선로별 설치개소수는 <표 3-5-49>와 같다.

<표 3-5-49> 선로별 강우량계 설치개소수(총 207개소)

선 로 명	개 소 수	선 로 명	개 소 수
경 부 선	36	태 백 선	7
호 남 선	20	충 북 선	9
전 라 선	14	경 북 선	8
경 전 선	22	경 춘 선	6
영 동 선	15	경 의 선	4
중 앙 선	26	군 산 선	2
장 항 선	11	경 인 선	2
경 원 선	7	대 구 선	2
동 해 선	11	기 타	5

* 기타선 : 교외선, 진해선, 정선선, 안산선, 광주선

강우량계 평균설치거리는 10.8㎞로 최소평균설치거리는 영동선으로 10㎞로 설치가 되었으며, 최대평균설치거리는 교외선으로 12㎞로 설치되었다. 또한 설치개소간 가장 먼 직선거리는 경전선 마산~함안 사이로 영업거리 17.5㎞에 직선거리 15.8㎞이며 가장 가까운 거리는 호남선 노령~백양사 사이로 영업거리 7㎞에 직선거리 6㎞이다. 영업거리로 가장 멀리 설치된 개소는 안선선 수원~중앙역간 28.8㎞이다. 이는 강우량계 설치개소간 거리기준은 10㎞이지만 앞에서도 설명하였듯이 웹기반상의 인터넷 강우자동경보시스템 구축으로 인해 LAN이 설치되어 있어야 하는 전제조건에 의해 각 역간 거리가 일정하지 않아 발생된 결과이다.

3) 실황판 설치

철도강우자동경보시스템을 통하여 누구나 원하는 개소의 강우상태를 인터넷을 통해 확인할 수 있으나 지사의 경우, 지사 소재지의 강우량뿐만 아니라 지사에서 관할하는 지역의 강우상황을 기타업무를 보면서 전반적으로 파악하기 위해서 각 지사내에 강우정보 실황판을 설치하였다. 실황판에는 각 관할지역에서 대표되는 6개 강우량계 설치개소의 강우정보가 일정시간 간격으로 나타나게 되어 있다. 또한 5개 지역사무소 운전사령실과 한국철도공사 본청 운전사령실에는 운전규제가 필요한 경우에만 운전규제 종류와 장소가 표시되는 실황판을 설치하였다.

4) 강우량계 설치위치

우량계의 설치장소를 선정 할 때는 바람이 강하게 닿는 장소나 상승기류가 생기기 쉬운 장소는 피한다. 고원이나 해안 등에서 바람의 영향이 크고 절벽근처는 상승기류의 영향을 받기 쉬우므로 적당하지 않다. 또 건물과 건물사이의 바람이 불어나가는 곳도 바람이 강해지므로 좋지 않으며 주위에 건물이나 수목 등이 있으면 바람의 영향을 어느 정도 막을수 있지만 난류가 생기므로 좋지 않다. 우량계의 설치위치는 우량계와 지물까지의 거리가 지물높이의 최소한 4배 이상은 떨어진 곳이어야 한다. 우량관측은 다음 조건을 만족해야 한다.

① 비를 받는 수수구의 직경은 너무 적지 않을 것(직경: 약 20㎝내외).
② 일단 들어온 빗방울이 밖으로 튀어나가거나 또는 밖에 떨어진 빗방울이 튀어들어 오지 않을 것.
③ 제본스 효과를 최소로 줄일 것.

위에서 말한 제본스 효과란 바람이 있을 때 수수구 주위의 기류가 뒤섞여 들어오는 빗방울의 양이 적어지는 현상을 말한다. 이러한 현상은 풍속이 클수록, 떨어지는 빗방울의 낙하속도가 느릴수록 크다. 제본스 효과를 줄이기 위한 대책으로는 다음과 같은 것이 있다.

① 수수구를 되도록 낮게 해서 바람의 영향을 적게 한다.
② 주위의 지물 등을 이용해서 바람의 영향을 적게 한다.
③ 바람막이 등의 장치를 설치한다.

207개소에 설치된 강우량계는 강우량계의 관리상 사람의 손이 닿지 않는 곳에 설치하기 위해 해당 건물 옥상에 설치했으며, 위에서 언급한 조건 등을 최대한 만족시킬 수 있는 위치에 설치하였다.

5) 강우량계의 검・교정

기상관측용으로 사용하려는 기상측기의 성능・구조・형식・상태 등을 기준기 등과 비교하여 기상측기로서의 적합성을 판단하는 것을 검정이라 하는데, 기상업무법 시행규칙 제9조의 규정에서 위임된 사항과 그 시행 및 기타 기상측기의 검정에 관하여 필요한 사항을 규정한 기상측기 검정규정 제9조(검정공차 및 구조검사 등)에

따라 모든 기상측기는 검정공차와 구조검사를 기상청에서 받아, 기상측기로서의 적합성에 관한 합격판정을 받은 기상측기에 대하여 이를 확인하는 검증증명을 받아야 한다. 기상측기의 검정 목적은 기상측기의 표준화 및 일원화를 기하고 기상측기의 정확도 유지를 위하여 기상측기의 검정이 필요하다. 검정을 받지 않았거나 검정 유효기간이 경과된 기상측기를 사용해서는 안된다. 잘못된 관측자료는 혼란을 가져오기 때문에 효용가치가 없다. 검정된 강우량계의 유효기간은 자동기록장치가 되어 있는 기기의 경우 5년, 자동기록장치가 되어 있지 아니한 기기의 경우 10년으로 정해져 있다.

우량계의 검정공차는 저수형 우량계의 경우, 검정점 20㎜에 대해 ±0.2㎜, 전도형 우량계의 경우, 검정점 100㎜에 대해 ±5㎜ 기차를 허용기준으로 하고 있다. 여기서 검정점이라 함은 검정의 효율성을 위하여 참값에 대하여 미리 정하여 놓은 일정단계의 비교 기준점을 말하며, 기차라 함은 검정대상 기상측기에 나타난 값에서 기준기에 나타난 값을 뺀 값을 말한다.

강우량계에 대한 구조검사 및 검정방법은 다음과 같다.

○ 누수기의 구경, 최대측정우량(전도형 우량계에 있어서는 1회 전도우량)이 표기되어 있어야 한다.

○ 각 부분의 도장 및 도금의 상태가 양호해야 한다.

○ 접합부의 누수가 없어야 하고 24시간 물을 넣어 누수여부를 검사하여야 한다.

○ 수수기 및 테두리는 아연도금된 철판·동판, 스테인레스 등의 견고한 재질을 사용하여야 한다.

○ 200㎜ 이외의 수수기의 내경을 가지고 있는 측기는 내경 200㎜를 기준으로 한 비율로 검정한다.

○ 수평을 조절할 수 있도록 우량계 내부에 물방울 수평기가 부착되어야 한다.

○ 자기우량계의 저수통에 물을 넣어 누수여부를 검사한다.

○ 싸이폰식 우량계는 우량계 상태를 검사하여야 하고, 배수시간은 13초 이내야 한다.

○ 우량승의 재료는 유리 또는 이와 동등이상의 내구성이 있는 것이어야 한다.

○ 우량승의 눈금은 0.1㎜마다 새겨져 있어야 하고 상단에 0.1㎜의 가외눈금과 수수기의 직경이 표시되어 있어야 한다.

○ 우량승의 눈금선은 중심축에 대하여 직각으로 새겨져 있어야 하고 기차는 0.02㎜이내 이어야 한다.

○ 히터부착형 우량계는 히터의 접점(4℃±2℃)과 분점(15℃±2℃) 상태를 검사한다. 다만, 현지검정의 경우에는 히터의 접점과 분점의 동작상태를 확인한다.

(4) 소결론

강우로 인한 철도시설물 재해를 사전에 예방하고, 재해시 신속한 복구를 통해 철도시설물의 절대안전을 확보하기 위한 철도시설물 강우방재시스템 구축 방안을 수립하고 철도시설물 강우방재시스템의 가장 기본적인 데이터가 되는 강우량 실시간 데이터 확보 및 강우 DB 구축을 위한 철도 강우자동경보시스템을 구축하여 강우에 의한 열차운전규제를 제시함으로서 열차의 안전운행을 목적으로 하였다.

철도강우방재시스템은 강우자동경보시스템, 교량자동수위감시시스템, 철도사면방재시스템으로 구성되어 있으며 각 시스템에 대한 구성방안을 제시하므로서, 철도강우방재시스템을 구축하기 위한 기본 틀을 마련하였다.

철도강우자동경보시스템은 전국 207개소에 강우량계를 설치하고 웹기반의 강우자동경보시스템을 구축되어 있다. 강우량계 설치간격은 직선거리 10㎞를 기본으로 하여 설치되었으며 우량데이터는 1분 간격으로 실시간으로 측정되어 인터넷을 통해 언제, 어디서나 전국 전 선로의 강우상태를 파악할 수 있다. 또한 각 지사 및 운전사령실에 설치된 전광판을 설치하여 인터넷을 통하지 않고도 해당지역의 강우상태를 전반적으로 파악할 수 있도록 하였다. 또한 강우에 대한 DB를 구축함으로써 향후 발생되는 재해와 강우와의 연관성을 통한 열차운전규제의 정확성과 효율성을 증대시킬 수 있도록 하였다.

정보수집체계의 전산화를 통해 강우자동경보시스템을 구축함에 있어, 강우에 기인한 철도시설 등의 재해를 보다 안전하고 효과적으로 예방하기 위해 강우시 열차운전규제기준을 제안하였다. 이 기준은 운영처와 사령실 등에서 기상악화시 운행관련 판단을 시행함에 있어 정량적인 근거가 될 수 있을 것이다. 향후 강우량정보가 단계적으로 축적되어 정보의 질과 양이 향상되면, 본 과업에서 제안한 기준안과 축적 정보의 재분석을 통한 보완작업으로 완성도를 높여야 할 것이다. 부가적으로 선진화된 기법인 '지질・지형・지반공학적 특성을 고려한 접근'과 '공학적 해석기반을 갖는 접근' 등의 도입을 검토하여 보다 높은 수준의 기준이 되도록 해야 한다. 재해예방을 위한 시스템 및 운전규제기준은 반드시 지속적인 관심을 갖고 유지관리, 보완작업이 추진되어야 한다.

교량 홍수위에 대한 운전규제(안) 설정에 대한 분석을 통하여 최종적인 방안을

마련하였으며 그 내용을 요약하면 우선 기본적인 고려사항과 집중경비개소 선정기준을 제시하였고, 하천증수에 대한 운전규제가 필요한 교량의 판별과 강우에 의한 운전규제 적용방안으로 여유고와 규제수위 상한치의 설정방법을 제시하였다. 향후 계속과제로 예정하고 있는 교량수위자동감시시스템에서는 강우에 의한 정량적인 운전규제기준치(안)의 제시는 “철도교량의 하천수위에 대한 위험도 평가결과”와 서술한 “열차운전규제 수위상한치” 결과를 비교 검토하여 문제점을 보완, 최종 완료후에 홍수시 열차운전규제기준 설정이 가능할 것으로 판단된다.

또한 온도에 따른 열차운전규제는 국내 궤도의 도상저항력, 온도특성, 레일휨강성, 열차하중 및 곡선반경 등의 영향인자에 의한 열차속도에 따른 안전도를 판단하여 결정하여야 한다. 하지만 국내의 경우, 도상횡저항력, 궤광휨강도 등의 궤도구조의 물성치를 직접 측정하여 DB화한 경우가 없으며 국내 하절기 레일온도에 대한 DB부족 등으로 인하여 온도에 대한 열차운전규제를 제시할 수 없다. 따라서, 향후 온도와 궤도의 안정성에 관한 좀 더 깊이 있는 연구를 통하여 국내 현실에 맞는 열차운전규제를 설정하여야 하지만, 열차의 주행안전을 위하여 우선 본 보고서에서는 일본에서 사용되고 있는 열차운전규제를 제시하고 그 규제를 준용하여 우선, 국내 철도를 고속철도, 기존선(신설선 포함) 및 궤도상태 불량선로로 크게 3가지로 구분하고 구분한 선로를 일본의 적용관리구분에 대응시켜 국내에 적용하여야 하며, 온도에 대한 열차운전규제는 향후 좀 더 심도있는 연구를 통하여 국내 실정에 맞는 운전규제를 도출하는 것이 바람직하다.

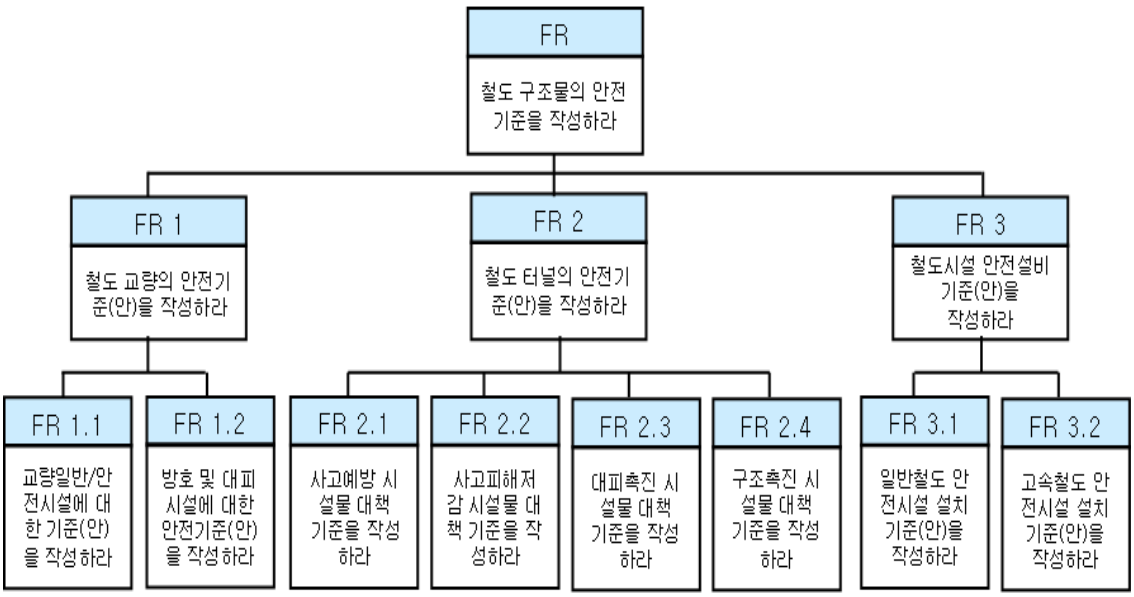
현재 구축 운영되고 있는 강우자동경보시스템은 교량홍수위 감시시스템과 사면방재시스템과 연계되어 하나의 시스템으로 운영되는 것이 좀 더 효율적인 방재시스템으로서의 제 기능을 수행할 수 있을 것이다.

마지막으로 설빙피해에 관련된 사건수형도(event tree)별 대책과 운전규제에 대한 내용을 요약 정리하고 단계별 대응방안 및 열차운전규제(안)을 제시하였으며, 이에 대한 세부내용은 운영여건을 감안하여 지속적으로 보완할 예정이다.

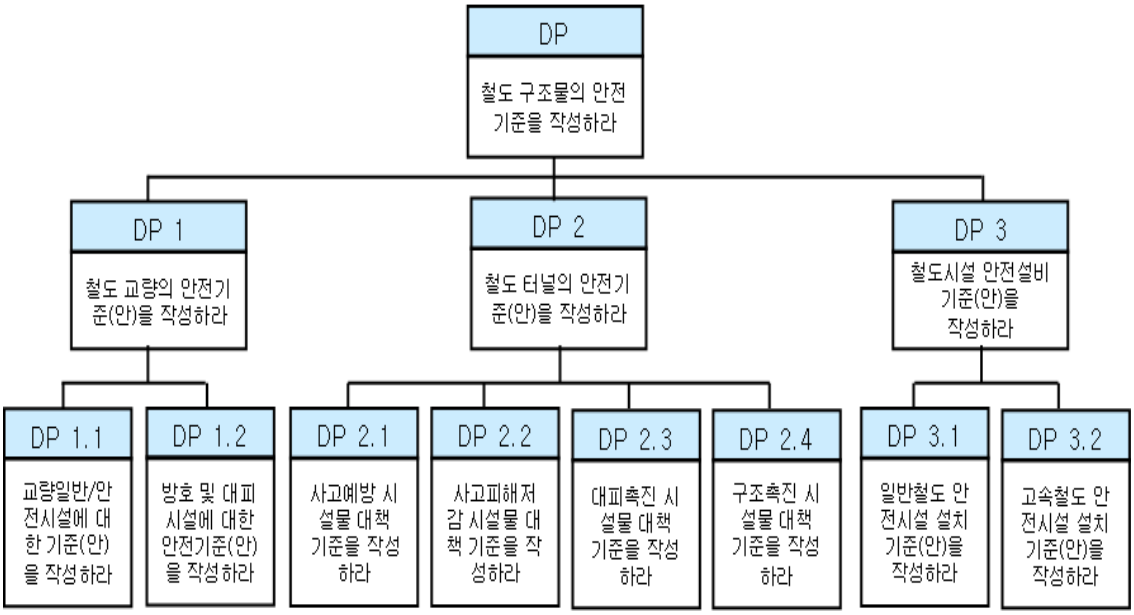
제6절 구조물 안전기준(안) 및 해설

	검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR03 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :
4. 프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.		
4.3 프로젝트는 구조물 안전기준을 작성하여야 한다. (교량, 터널, 안전설비 등)		
입력물 : ☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 구조물 안전기준(안) 및 해설 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	**업무 :** - SE 검증	**출력물 :** - 수정 VRTM - 검증결과표
Verification Specification (검증기준) : - 우리나라 실정에 적합한가 - 현재의 기술수준으로 달성가능한가 - 국제규격 및 국내규정에 부합하는가 - 관련기관의 의견을 수렴하였는가 - 전문가 자문이 이루어졌는가. - 현장 적용성 검증이 가능한가.		

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

철도시설안전 세부기준은 시스템 요구사항 『SR 4. 프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.』 중 『SSR 4.3 프로젝트는 구조물 안전기준을 작성하여야한다』 에 해당하는 내용이다. 본 절에서는 교량, 터널, 안전설비 등의 구조물에 대한 안전기준(안)을 작성하였다.

나. 설계기준

철도시설안전 세부기준은 건설교통부령 제476호 (2005년 10월 27일)『철도시설안전기준에 관한 규칙』제4조의 규정에 의하여 시설 안전규칙에 관한 세부기준을 작성하기 위하여 교량부문 안전기준 및 터널 화재안전 대책, 안전설비에 관하여 연구를 수행하였다.

(1) 국내 설계기준 또는 기준

- 철도건설법
- 철도건설규칙
- 철도안전법
- 철도시설 안전기준에 관한 규칙

(2) 국외 설계기준 또는 지침

- 철도기술기준성령(일본)
- Railway Safety Principles & Guidance Part Section A Guidance on the Infrastructure(영국)

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

구조물(화재포함) 안전기준(안) 등의 연구성과물에 대한 국내 전문가 자문 및 관계기관 의견수렴을 통하여 국제규격 및 국내규정의 부합성 등을 검증

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 철도교량의 안전기준(안) 및 해설

(가) 철도교량 일반사항

철도 교량은 예상되는 하중을 견딜 수 있어야 하며, 또한 열차 하중, 충돌 등으로 인한 구조물의 변위에 의해 차량의 안전한 주행에 지장을 줄 염려가 없도록 설계 및 시공, 유지관리 되어야 한다.

- 교량의 목적에 적합하고, 안전하며 경제적이 되도록 설계 및 시공
- 상시에 차량이 안전하며 쾌적하게 주행할 수 있는 구조물로 설계 및 시공
- 강풍, 지진 등 자연재해에 대해 주행안전성에 유리한 구조물로 설계 및 시공
- 점검과 유지관리가 용이하며, 유지관리요원 등의 종사자 안전을 고려

[해설]

철도 교량은 주행하는 차량을 지지하는 구조물이기 때문에 충분히 안전성을 갖고 있어야 하며, 내구성이 높은 구조여야 한다. 또한 승객의 승차감이 적절하게 확보되고, 경제성도 고려하여 설계하는 것이 중요하다. 다시 말해서 철도 구조물 설계 시에 그 구조물이 갖는 목적에 적합하며 안전 및 경제적이기 위해서는 구조물 또는 부재가 시공 중 또는 사용 중에 받게 되는 하중에 대하여 적당한 안전성을 유지하며, 열차가 안전하고 쾌적하게 운행될 수 있도록 고려해야 한다. 아울러 시공이 가능하고 쉬워야 하며, 설계 내용 기간에 따른 충분한 내구성을 갖추어야 하며, 유지관리도 용이해야 하는 것은 물론 환경에도 잘 맞도록 설계할 필요가 있다.

상시에는 일상의 궤도의 유지관리뿐만 아니라 교량 구조물 자체의 유지관리도 용이하도록 설계 및 시공되어야 한다. 또한 지진시에는 주행안전성에 유리한 구조물이 될 수 있도록 설계되어야 하며, 적절한 성능을 유지해야 한다. 그리고 대규모 지진동에 대해서는 주행안전성을 확보하는 것이 곤란한 경우도 있기 때문에 구조물의 중요도 등을 고려하여 철도시스템 전체에서 보아 적절한 대책을 실시하는 것이 좋다.

교량 구조물의 안전한 설계는 철도설계기준(철도교편)을 준용하여 실시하면 된다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도설계기준(철도교편)

(나) 철도교량의 안전시설

○ 철도교량은 열차가 교량 상이나 교량에 접근하면서 탈선하는 경우에 대비하여 열차의 이탈을 방지할 수 있도록 설계하여야 하며, 이에 대한 대책을 강구하여야 한다.

○ 도로 및 하천을 횡단하는 교량은 통행하는 교통수단과의 충돌을 방지할 수 있도록 충분한 형하 공간을 확보하여야 한다.

○ 교통이 빈번한 도로 또는 하천 위에 가설한 철도교량에는 자동차 또는 선박에 의한 충격을 방지할 수 있는 보호대 등의 설비를 설치하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

(다) 철도교량의 방호시설

○ 철도교량의 양끝부분에는 외부인의 무단침입을 방지할 수 있는 방호울타리를 설치하여야 한다.

○ 철도를 횡단하는 교량의 경우 다음의 대책을 강구하여야 한다.

- 사람이 교량 난간에 오르거나 열차 주행을 방해하는 물질을 선로에 투척하지 못하게 하는 대책을 강구하여야 하며, 전차선 등 전기가 흐르는 장치로부터 사람이 안전거리에 있도록 하여야 한다.
- 횡단교량의 난간은 도로교의 관련기준의 요구성능을 만족해야 하며, 구성품들은 선로에 떨어지지 않도록 견고하게 설치되어야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

(라) 철도교량의 대피시설

철도교량의 길이가 1킬로미터 이상인 경우, 당해 철도교량 구간에서 철도사고가 발생한 경우 승객 및 승무원이 신속하게 대피할 수 있는 통로 및 계단을 설치하여야 한다. 다만 현장여건으로 인하여 통로 및 계단을 설치할 수 없는 경우 이에 대한 대책을 강구하여야 한다.

[해설]

대만고속철도 설계기준에 의하면 교량의 안전요구 시설은 다음과 같다.

교량의 양측면에 폭 0.8m이상의 안전보도를 설치하고, 안전손잡이 설치를 의무화 하고 있다. 또한 관련 접시시설을 요구하고 있다. 고가교의 경우 매 3km 마다 대피통로 및 계단을 설치하고, 인접도로와의 연결을 위한 폭 6m의 접근로 설치를 요구하고 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

(2) 철도터널의 안전기준 및 해설

(가) 철도터널의 안전성확보 일반원칙

철도터널은 열차가 안전하게 운행될 수 있도록 안전성이 확보되어야 하며, 철도터널내의 화재 등 안전사고 대책의 일반적인 원칙은 다음과 같다.

- 사고 예방
- 사고 피해 감소
- 대피 촉진
- 구조 촉진

철도터널 내부에서의 방재는 차량, 열차운행조건 및 기반시설에 대한 종합적인 안전성을 분석하여 방재대책을 수립하여야 한다. 터널방재는 사고가 발생되지 않도록 사고예방을 가장 우선적으로 고려하여야 하며, 비상사태 발생시 승객 및 승무원들이 안전하게 대피할 수 있는 대피시설의 확보와 구조 및 소방 활동을 원활하게 수행할 수 있는 시설 및 설비 구축으로 안전수준을 확보하여야 한다. 터널 방재시설은 안전성을 향상시키기 위하여 반드시 철도 운행차량의 안전설비와 열차운행조건을 동시에 고려하여 종합적으로 검토하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

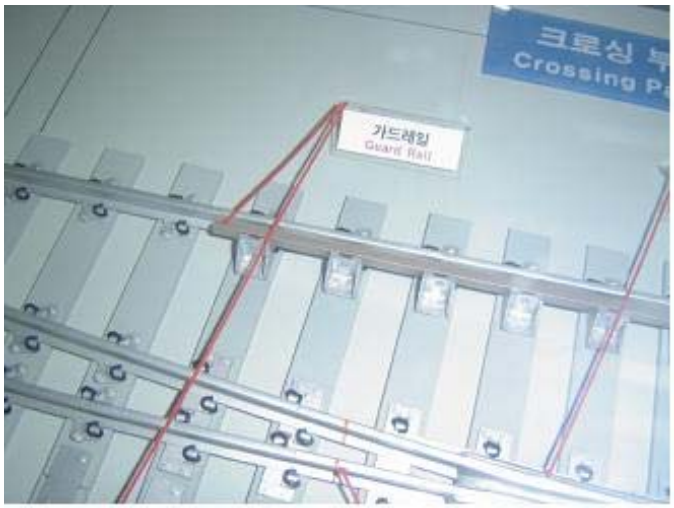
(나) 사고예방 시설물 대책

1) 분기기의 배치

터널 내부나 터널 입구에 근접한 곳에는 분기기 또는 기타 노선 단속 장치를 가능한 한 설치하지 아니하여야 한다. 부득이 분기기나 기타 노선 단속 장치를 터널 내부나 터널입구의 근접한 곳에 설치하는 경우에는 가드레일 등과 같은 차륜을 연속적으로 안내하고 지지할 수 있는 장치를 설치하여야 하며, 분기기와 터널입구 사이의 거리는 열차속도에 의하여 최적화되어야 한다.

[해설]

터널 내부나 입구 근접한 곳에 분기기 등을 설치하지 않도록 하고, 설치하는 경우에는 다음 <그림 3-6-1>과 같이 가드레일 등과 같은 안전장치를 설치하여야 한다.



<그림 3-6-1> 분기기의 일부분인 가드레일

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-5
- UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준

2) 터널의 출입구

철도시설관리자는 규칙 제17조 제1항의 규정에 의하여 터널출입구에 표지판, 울타리 또는 자물쇠가 있는 출입문 등을 설치할 경우에는 다음과 같이 하여야 한다.

- 표지판은 터널 입구에 세워지는 출입금지 경고문을 말한다.
- 출입문은 평상시에는 잠겨져 있어 비인가자의 출입이 제한되며, 내부에서는 누구나 열수 있고 외부에서는 원격 또는 인가자가 용이하게 현장에서 열수 있는 구조이어야 한다.

「통합방위법」 제15조의 2의 규정에 의하여 국가중요시설로 지정된 본선터널의 출입구에 원격감시장치를 설치하거나 감시인력을 배치하여 실시간으로 감시할 경우에는 다음과 같다.

- 본선터널의 출입구 부분은 방호울타리와 비상진입용 대형문(철책문)을 폭 4미터 이상으로 설치하여야 하며, 필요한 경우에는 안전성 분석 결과에 따라 자동감지장치를 설치하여야 한다.
- 터널에 대한 원격 감시는 관제실에서 가능하도록 하여야 한다.
- 일반도로와 연결된 비상진입용 대형문은 “비상출입” 표지판을 부착하여야 하며, 보통 때에는 잠금상태로 유지하고 출입문의 열림은 감시 전담요원과 해당지역 소방대에서 통제 가능하여야 한다.

본선터널의 출입구에는 소방차량 등 긴급구조차량이 쉽게 접근할 수 있도록 진입로를 설치하여야 한다.

[해설]

「통합방위법」 제15조의2 (국가중요시설의 경비·보안 및 방호)의 세부사항을 살펴보면 다음과 같다.

① 국가중요시설의 소유자 또는 관리자(이하 "시설주"라 한다)는 경비·보안책임을 지며, 통합방위사태에 대비하여 자체방호계획을 수립하여야 한다. 이 경우 국가중요시설의 시설주는 자체방호계획의 수립에 관하여 필요한 경우에는 지방경찰청장 또는 지역군사령관에게 협조를 요청할 수 있다.

② 지방경찰청장 또는 지역군사령관은 통합방위사태에 대비하여 국가중요시설에 대한 방호지원계획을 수립·시행하여야 한다.

③ 국가중요시설의 평시 경비·보안활동에 대한 지도·감독은 관계행정기관의 장과 국가정보원장이 행한다.

④ 국가중요시설은 국방부장관이 관계행정기관의 장 및 국가정보원장과 협의하여 지정한다.

⑤ 국가중요시설의 자체방호·방호지원계획 및 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

또한 <그림 3-6-2>는 터널입출구 및 원격감시장치를 나타낸 것이다.





<그림 3-6-2> 터널 출입 관련 사례

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-7
- UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준
- 독일 EBA : 터널 안전 설계법

3) 비상통신장비

철도시설관리자는 규칙 제16조의 규정에 의하여 비상연락 유선전화기를 설치할 경우에는 다음 각 호와 같이 하여야 한다.

- 식별 및 사용이 용이하여야 하며, 안내표지판을 설치하여야 한다.
- 관제실 및 해당지역 소방대와 직접 연결이 가능하여야 한다.

철도시설관리자는 규칙 제16조의 규정에 의하여 열차 무선전화 및 휴대폰을 사용할 수 있도록 다음과 같이 시스템을 설치하여야 한다.

- 기관사를 포함한 승무원과 관제실, 인근 현장역 등을 무선으로 의사소통이 가능하도록 무선통신시스템을 구축하여야 한다.
- 터널 내에서 휴대폰 이용에 필요한 시스템을 구축할 수 있도록 하여야 한다.

[해설]

O 관련 설명 :



(a) 유선전화: 터널내 비상전화와 서비스 전화



(b) 무선전화: 터널내 900MHz와 450MHz의 무선통신설비

<그림 3-6-3> 비상통신

■ 전화기 설치 간격 : 500 - 1,000m (UIC 779-9 Code)

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-42
2. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준
3. 독일 EBA : 터널 안전 설계법
4. 이탈리아 RFI : 터널안전 설계기준

4) 안전스위치

철도시설관리자는 안전스위치를 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 안전스위치는 궤도회로 경계지점 1.5킬로미터 이내의 간격으로 설치하여야 하며, 안전스위치가 식별될 수 있도록 안내표지판을 설치하여야 한다.
- 궤도회로 경계구간이 터널 내에 없는 짧은 터널의 경우는 가까운 궤도회로 경계구간의 안전스위치를 활용하여야 한다.

[해설]

궤도회로 (track circuit) : 궤도회로는 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 레일상의 열차를 검지하는 회로 및 레일을 전송로로하여 차상에 정보를 전달하는 회로를 말한다. 궤도회로의 기본형은 궤도를 소요의 길이로 구분하여, 그 양단의 레일 이음매를 전기적으로 절연하여 그 한끝에 전원을, 다른 끝에 궤도 계전기를 접속한 전기회로이다. 열차가 없을 때는 궤도 계전기가 작동을 계속하지만, 그 구간에 열차나 차량이 진입하면 레일 사이가 차축에서 단락되어 궤도 계전기가 작동을 않고, 열차나 차량이 그 구간에 들어가고 있는 것을 검지한다. 또, 레일을 흐르는 신호전류에 따라서 할 수 있는 자계로서 열차의 전두부에 설치한 수전기에 신호전압을 유기시켜 ATC등을 작동시키는 정보가 전해진다. 경계레일 이음매에 절연물을 넣고, 구간 내의 이음매는 레일본드로 접속하여 전기저항을 낮게 한다. 레일 이음매의 절연은 전천후 하에서 열차의 동적하중에 견디는 것이 필요하므로, 일반적으로 강도가 큰 유기절연재료판을 레일과 강제 이음매판과의 사이에 삽입하고, 절연 튜브를 개입시켜 볼트로 단단히 조인다. 레일의 파단이나 단선, 정전 등의 경우에는 열차가 있는 상태와 같은 페일 세이프(fail-safe)로 하고 있다.

한편, 안전스위치의 종류는 다음과 같다.

○ 역구내에서 사용하는 안전스위치 (ZEP Switch)



<그림 3-6-4> 역구내에서 작업중인 보수자 보호 및 스위치 절체시 속도코드(RRR) 전송

○ 역간에서 사용하는 안전스위치 (CPT Switch)

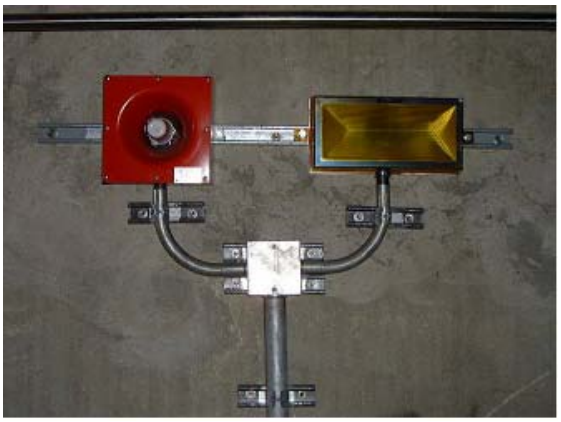


<그림 3-6-5> 역과 역 사이에서 작업중인 보수자 보호 및 스위치 절체시 속도코드(RRR) 전송

○ 터널입구 안전스위치 : 보수자가 터널 내에서 작업중 터널에 열차가 접근할 때 경보등 및 경광등을 동작시킴으로써 인명피해를 방지하는 설비, 열차접근시 터널 도달까지 최소한 30초 이전에 검지하고 경보를 시작, 경보기는 승객의 승차감을 고려하여 터널 진입전에 복귀되고, 경광등은 터널출구 궤도회로 통과 시까지 점멸한다.



(a) 터널입구 안전스위치



(b) 터널 내 경보 장치

<그림 3-6-6> 안전스위치 및 경보장치

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준

5) 터널안의 표지판

철도시설관리자는 규칙 제15조 제1항의 규정에 의하여 표시등 표지판(피난유도등 및 유도표지판)을 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 표지판의 조도는「유도등 및 유도표지의 화재안전기준(NFSC 303)」의 기준에 적합한 것이어야 한다.
- 외부전원공급을 차단하는 때에는 60분이상 자체적으로 전원을 공급할 수 있는 축전지가 내장되어야 한다.

철도시설관리자는 규칙 제15조 제2항의 규정에 의하여 축광 위치 표지판을 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 축광 위치 표지판의 식별도는 200럭스 밝기의 광원으로 20분간 조사 시킨 상태에서 다시 주위 조도를 0럭스로 하여 60분간 발광시킨 후 직선거리 10미터 떨어진 위치에서 위치표지가 있다는 것이 식별되어야 한다. 그때의 휘도는 7mcd/m2 이상이어야 한다.
- 축광 위치 표지판은 준 불연재(산소지수는 26%이상)이면서 표면의 내마모, 내오염, 미끄럼 방지가 될 수 있는 제품이어야 한다.
- 준 불연재(산소지수는 26%이상)의 축광 위치 표지판은 화재가 발생하는 때에 인체에 유해한 유독가스의 발생이 현저히 적어야 한다.
- 축광 위치 표지판은 축광을 위한 충분한 밝기의 광원이 없을 경우에는 적절한 형태의 전원 공급이 이루어져야 한다.

철도시설관리자는 규칙 제15조 제1항의 규정에 의하여 탈출구 표시 표지판을 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 탈출구 표시를 하고 양쪽 방향에 대한 가장 가까운 터널입구 또는 비상탈출구까지의 거리를 명시하여야 한다.
- 거리는 25미터 단위로 반내림(또는 반올림)하여 표시할 수 있다.

5) 터널안의 표지판(계속)

- 설치높이는 지면에서 1미터 이하이어야 하며 두 탈출구 표시 사이의 간격은 100미터 이하이어야 한다.
- 비상조명의 위치와 같은 곳에 배열하도록 하며, 파란색 바탕을 가져야 하고 부착물 등에 의해 가려지지 아니하여야 한다.
- 대피통로 접속부에 설치되는 표지판은 접속부의 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 방향만 표시하고, 설치높이는 대피자가 용이하게 인식할 수 있어야 한다.

철도시설관리자는 각종 표지판을 운행 열차의 진동이나 풍압에 의해 탈락되지 아니하도록 견고하게 설치하여야 한다.

[해설]

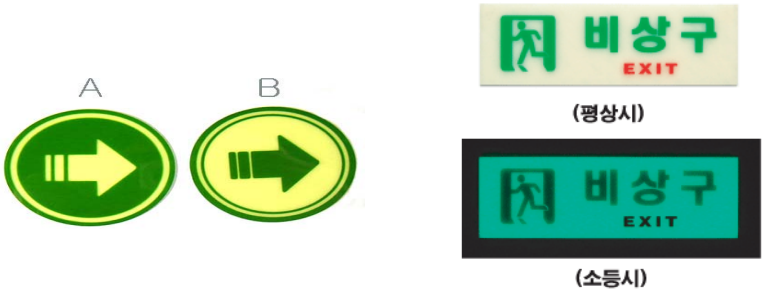
<표 3-6-1>는 표시등 표지판에 대하여 정해진 철도건설규칙과 도시철도건설규칙의 조항을 비교한 것이다.

<표 3-6-1> 표시등 표지판에 대한 관련 규칙 비교

사 항	철도건설규칙 (건설교통부령 제453호) 2005년 7월 6일	도시철도건설규칙 (건설교통부령 제 412호) 2004년 12월6일 (개정)
표시등 표지판 (피난 유도등 및 유도 표지판)	4장 제58조 : ② 300미터 이상의 터널구간에는 평상시 항상 켜져 있고 정전된 경우 60분 이상 계속하여 켜질 수 있는 유도등을 설치하여야 한다.	제69조 (유도등) ① ~ 정전되었을 경우 60분 이상 계속하여 켜질 수 있는 유도등을 설치하여야 한다. 제70조 (비상조명등) ① 정거장 또는 터널에는 정전되었을 경우 60분 이상 계속하여 켜질 수 있는 비상조명등을 설치하여야 한다.

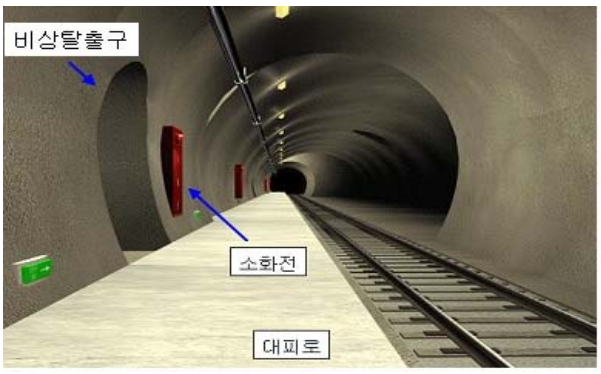


<그림 3-6-7> 터널 내 표지판의 예



<그림 3-6-8> 축광 표지판의 예

<그림 3-6-9>은 비상탈출구, 대피로, 소화전에 대한 예를 나타낸 것이다.



<그림 3-6-9> 터널 내의 본선터널의 비상탈출구, 대피로, 소화전



<그림 3-6-10> 터널 내의 본선터널에 설치된 비상탈출구(일본 세이칸 터널)

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준

6) 정기점검

철도시설관리자는 터널내 방재시설 및 설비에 대하여 정기적이고 체계적인 정비 및 점검계획을 수립·시행하여 터널방재 성능을 확보·유지하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준

(다) 사고피해저감 시설물 대책

1) 터널구조물의 보호

철도시설관리자는 설계를 하는 때에는 터널구조물의 보호에 대하여 다음 을 고려하여야 한다.

- 터널 구조는 화재가 발생하는 경우에 하중 지지력이 손상되지 아니하도록 설계되어야 하며, 사용되는 자재와 장비는 연기발생 및 인화성을 검토한 후 적용하여야 한다.
- 터널라이닝은 불에 잘 타지 않는 재료를 사용하여야 하며, 불연성 재료 및 연기발생에 관한 특성이 확인된 재료를 사용하여야 한다.
- 화재가 발생하는 때에 추가적인 부하로 터널이 붕괴될 수 있으므로 인명피해를 막기 위해 사전에 붕괴 위험여부를 점검하여 사고를 방지하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-22
2. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

2) 전기시설물의 보호

철도시설관리자는 규칙 제14조의 규정에 의하여 설계시 전기시설물의 보호에 대하여 다음을 고려하여야 한다.

- 고압 이상인 전기회로에서 손상될 우려가 있는 개소에는 불연성이나 난연성 재료를 사용하여야 한다.
- 전선 및 케이블 피복은 불에 타지 아니하거나 불에 잘 타지 아니하는 재료를 사용하여야 하며, 케이블은 화재를 확산시키지 않고 연기 발생, 유해가스 발생 그리고 부식성의 정도가 감소된 피복, 케이스를 통해서 절연되어야 한다.
- 터널내의 비상조명등, 통신시스템의 전력은 이중화 전원계통에서 전원을 공급하여야 한다. 다만 이중전원 확보가 곤란한 단선철도에서는 무정전 전원장치 또는 축전지 설비등 적절한 설비를 갖추도록 하여야한다.
- 탈선이나 건설작업으로부터 케이블이 물리적으로 보호될 수 있도록 케이블 위치를 최적화하여야 한다.
- 독성연기 방출을 방지하기 위하여 물성이 잘 알려진 재료를 사용하여야 한다.

[해설]

■ 불연재, 준불연재, 난연재

건축법 시행령

[일부개정 2005.12.2 대통령령 제19163호]

・제 2조

9. "난연재료"라 함은 불에 잘 타지 아니하는 성능을 가진 재료로서 건설교통부령이 정하는 기준에 적합한 재료를 말한다.
10. "불연재료"라 함은 불에 타지 아니하는 성질을 가진 재료로서 건설교통부령이 정하는 기준에 적합한 재료를 말한다.
11. "준불연재료"라 함은 불연재료에 준하는 성질을 가진 재료로서 건설교통부령이 정하는 기준에 적합한 재료를 말한다.

・보충 설명

- 불연재료 : KS F 2271(건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 시험방법)이 정하는 바에 의하여 시험한 결과 난연 1급에 해당하는 것
- 준불연재료 : KS F 2271이 정하는 바에 의하여 시험한 결과 난연 2급에 해당하는 것

- 난연재료 : KS F 2271이 정하는 바에 의하여 시험한 결과 난연 3급에 해당하는 것

따라서 건축물의 내부마감재료로 불연재료, 준불연재료, 난연재료를 사용하고자 하는 경우에는 KS F 2271에 따라 시험한 성적서를 납품자로 부터 제출받아 적합한 재료인지 여부를 확인할 수 있음.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

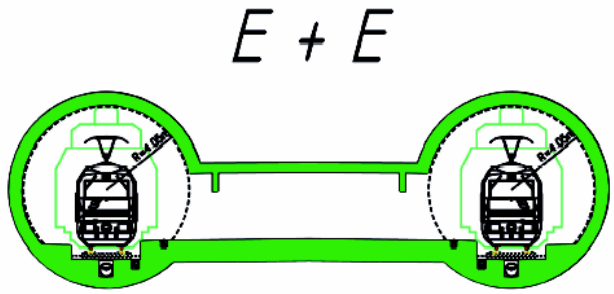
1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 ; I-67, I-65

3) 방재를 위한 터널의 형태

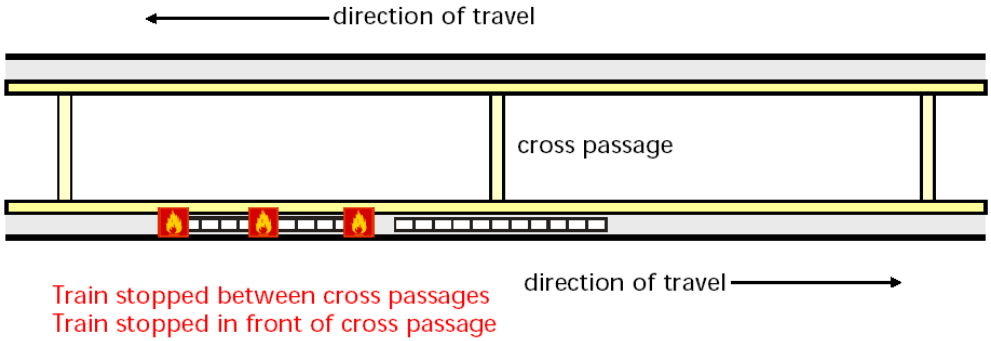
철도시설관리자는 복선터널 및 단선병렬터널을 화재가 발생하는 때에 구조 활동이 가능하도록 계획하여야 한다. 철도시설관리자는 복선터널 및 단선병렬터널 등 터널의 형태를 결정할 때는 건설 비용적인 고려뿐만 아니라 안전과 관련된 변수(터널의 연장, 여객 및 화물혼용 여부 등)를 평가하여 계획하여야 한다. 단선병렬터널은 화재가 발생한 때에 한쪽 터널갱구를 통해서 외부로 배출되는 연기가 바로 인접한 다른 쪽 터널갱구 안으로 옮겨가는 현상이 최소화 될 수 있도록 설계하여야 한다.

[해설]

단선병렬터널의 경우에는 2개의 단선터널 중에서 어느 쪽에서 화재가 발생하면 다른 쪽 터널은 안전터널(구조터널)의 기능을 발휘해야 한다. 따라서 2개의 단선병렬터널 사이에 교차통로를 일정간격으로 설치하고, 교차통로 내부에는 방화문 등을 설치하여 승객 피난 및 구조활동이 용이하게 하여야 한다. 또한 양쪽 터널 사이에는 일정압력 차이를 형성되게 하여 안전터널(단선병렬터널의 한쪽터널)로의 유독가스의 전파가 차단되게 하여야 한다.

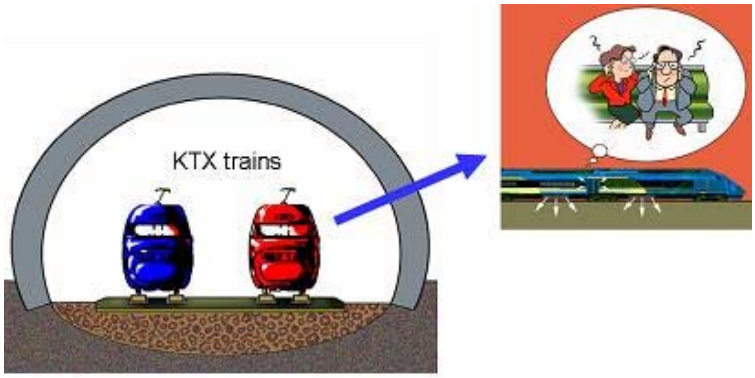


(a) 단선병렬터널 사이에 설치된 교차통로(cross passage)



(b) 단선병렬터널과 교차통로(cross passage)의 평면도

<그림 3-6-11> 단선병렬터널의 예



<그림 3-6-12> 승객 귀울림 현상

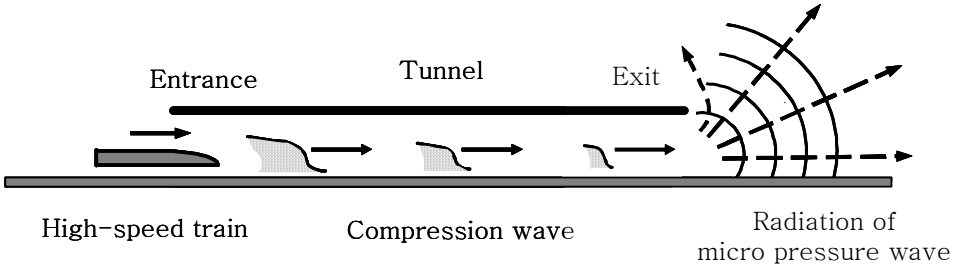
○ 귀울림

140km/h급 이상의 열차가 터널에 진입하면 압축파(압력파)가 발생되고 터널 끝단에서 팽창파로 반사하게 된다. 이 팽창파는 터널입구와 열차표면에서 다시 압축파로 반사하게 되어 터널 내에서는 심한 압력변동이 지속적으로 발생하게 된다. 이러한 압력변동과 열차진입시의 급격한 압력상승으로 인하여 승객의 귀에서는 귀울림(ear-discomfort)

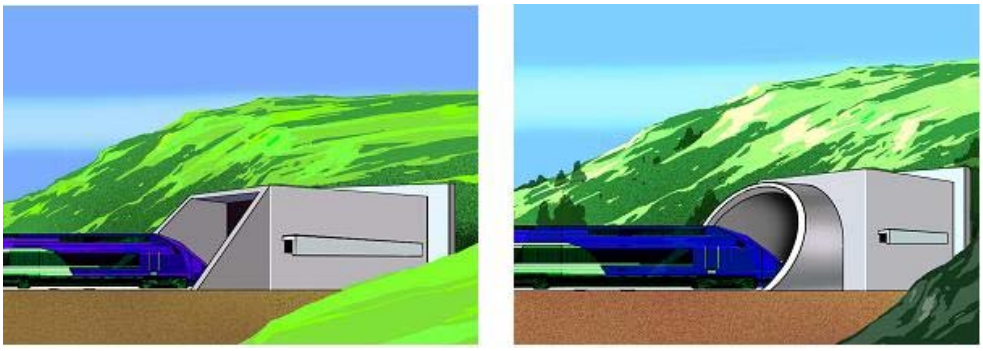
현상으로 인한 통증을 느끼게 된다. 열차의 차체 기밀도가 낮으면 터널 내의 압력변동이 바로 객실내의 승객에게 전달되고, KTX열차나 G7열차와 같이 차체 기밀도가 높거나 객실 여압장치가 설치되어 있으면 승객 귀울림 현상을 차단할 수 있다. 다른 분야의 사례로는 여객기를 들 수 있는데 공항에 착륙할 때 귀울림 현상을 승객들이 느끼게 된다. 특히 감기 환자들은 점액이 귀와 코사이의 통로를 막고 있어 귀울림을 심하게 느끼게 된다.

○ 미기압파

열차가 고속으로 터널에 진입하면, 차체가 공기를 밀고 나가 압축함으로써 압력파가 형성된다. 이 압력파는 터널 내·외 환경에 영향을 미치는데, 터널 내부에서는 공기압의 변동이 나타난다. 또한 압력파는 터널 단면적이 매우 작은 경우에 터널의 출구에서 충격성 소음으로 '덩~'하는 소리와 함께 터져 나가는데, 이를 미기압파라고 한다. 충격성 환경소음인 미기압파는 대기압의 1/1000 정도 크기라서 'micro-pressure wave'라 명명되었다.



<그림 3-6-13> 터널에서의 미기압파 발생



<그림 3-6-14> 터널 미기압파 저감후드 모델

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- UIC 779-1 철도터널 단면적 최적설계 기준 : 터널 단면적을 최적 설계하는 목적

이 있고 더불어 최소 설계하여 터널 건설비를 절감하는데 기준의 목적이 있음

- UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-21

4) 소화기

철도시설관리자는 소화기를 다음 각 호와 같이 비치하여야 한다.

- 터널의 기자재 저장장소에는 소화기를 비치하여 화재가 발생하는 때에 신속히 초동조치 할 수 있어야 한다.
- 소화기는 ABC분말 대형 수동식 소화기(20kg) 또는 상응하는 성능의 액체형 강화소화기를 안내표지판과 함께 소화기함 내에 수납 설치하여야 하며, 바닥이나 벽체에 견고하게 부착되어야 한다.
- 개인 휴대가 어려운 중 대형 소화기는 대피로를 통해 이동이 가능한 운반대와 바퀴가 부착되어야 하며, 운반대에서 쉽게 탈착이 될 수 있는 구조이어야 한다.
- 화재가 발생한 때에는 비인가자도 소화기함에서 탈착이 가능한 구조이어야 하며, 소화기함이 대피로의 승객탈출 공간을 침해하지 아니하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

5) 제연경계벽 등

①제연경계벽, 제연커튼

1. 제연경계벽·제연커튼에 사용되는 재료의 재질은 불연재로 최소한의 내화성능을 보유하여야 하며 이음부나 접합 틈새로 연기가 새지 않도록 기밀성을 갖는 구조이어야 하고 제연기류에 의하여 그 하단이 쉽게 흔들리지 않아야 한다.
2. 제연경계벽·제연커튼의 유효높이는 최소 0.6미터 이상의 가동식 또는 고정식으로 하여 연기가 쉽게 넘지 않도록 하며 하단부면은 대피에 장애가 되지 않도록 바닥에서 최소 2.1미터 이상을 확보하여야 한다.

②방연문, 방연셔터, 방연용 워터커튼

1. 방연문은 연기 침투를 방지할 목적으로 차단구역 내부에 설치하는 문으로 화재발생으로 인한 연기침투를 저지할 수 있어야 한다.
2. 방연문의 개폐작동은 자동폐쇄형 장치에 의해 운영되어 피난자 통과 시에는 용이하게 열려야 하고 통과 후에는 자동으로 닫히는 구조이어야 한다.
3. 방연셔터는 연기차단 벽으로서 주로 경사터널 등과 같이 비상시 자동차 등 차량 통과를 용이하게 하고 연기침투를 방지할 목적으로 설치할 수 있으며 평상시에는 개방된 형태의 가동식 셔터를 말한다.
4. 방연셔터 대신에 방연용 워터커튼을 사용할 수 있으며 워터커튼 사용시 연기차단성능 및 누전문제 등은 별도로 규명되어야 한다.
5. 방연문이나 방연셔터, 방연용 워터커튼에 사용되는 재료는 불연재이어야 하며 최소한의 내화성능을 보유하여야 하고 이음부나 접합틈새로 연기가 새지 않도록 기밀성을 갖는 구조이어야 한다.
6. 방연셔터가 설치되는 비상통로에는 출입문(방연문)을 설치하여 차량의 통과와는 별개로 대피자가 용이하게 통과할 수 있는 구조이어야 한다.

③ 제연경계벽, 제연커튼, 방연문, 방연셔터, 방연용 워터커튼 등의 설비는 열차 정상운행 시에 열차풍에 의한 구조적 안전성을 확보하여야 한다.

[해설]

O 관련 설명:

제연커튼 : 대피통로나 안전지대의 입구부에 천정부를 따라서 확산되는 연기층이 인접구역으로 급격히 확산되지 않도록 천정부에 달아맨 형태의 벽체로서 일종의 커튼벽을 말한다.



<그림 3-6-15> 제연경계벽의 예 (지하철 승강장의 경우)

방연문 : 연기 침투를 방지할 목적으로 대피통로 접속부에 설치하는 문으로 평상시 개방된 상태로 되며, 화재발생시 감지기에 의해 닫히는 구조로 하며 기밀성을 높임으로서 화재발생으로 인한 연기침투를 저지할 수 있는 문을 말하며 제연시설의 하나이다.



<그림 3-6-16> 워터커튼의 사례 (지하철)

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. 독일 EBA : 터널 안전 설계법
2. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

6) 배연 설비

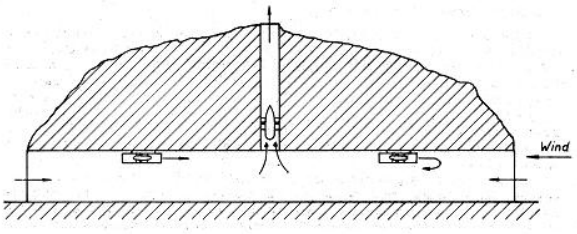
철도시설관리자는 규칙 제11조의 규정에 의하여 안전성 분석 결과에 따라 배연설비를 설치하는 때에는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- 배연은 두 개의 다른 전기 공급원을 갖춘 두 대의 가역모터에 의해 보장되어야 하며, 설계상의 어려움이 있을 경우에는 추가의 예비 배연설비를 설치할 수 있다.
- 배연시스템의 고장으로 주변설비가 송풍 및 흡입되는 연기를 통제할 수 있도록 설계되었을 경우에는 이중 모터를 설치하지 않을 수도 있다.
- 환기 및 배연의 기능을 겸용으로 사용하기 위한 환기설비는 비상시 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

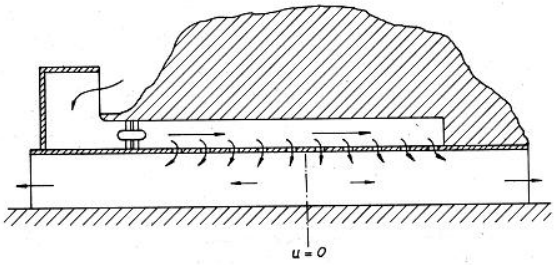
본선터널 바닥면과 연결되어 있는 배기통로를 대피통로로 사용하는 경우에는 내화구조물로 구획되어야 한다. 배연설비는 열차가 정상운행을 하는 때에는 열차풍에 의한 구조적 안전성 및 성능을 확보하여야 한다. 배연 설비중에서 전동기, 배풍기, 배출풍도 및 배풍막(배풍기와 배출풍도를 연결하는 막을 말한다)은 섭씨 250도에서 1시간 이상 정상적으로 기능을 유지할 수 있어야 한다. 다만 배풍기와 분리 설치되어 배출가스의 영향을 받지 아니하는 전동기는 그러하지 아니하며, 배출가스의 영향을 받는 배풍기 및 관련부품, 동력전달 기구 등은 섭씨 250도에서 1시간 이상 정상적으로 기능을 유지할 수 있어야 한다.

[해설]

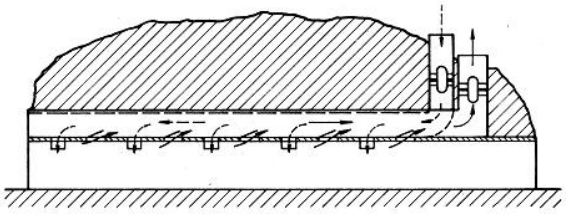
배연설비 : 터널 화재시 발생하는 연기 및 유독가스를 기계적인 팬을 사용하여 터널외부로 배출시키거나 일시적으로 연기 침투를 차단하기 위해 신선공기를 불어넣어 가압, 차단하는 설비를 의미



Longitudinal ventilation system with shaft extraction



Semi transverse ventilation system



Fully transverse ventilation system

<그림 3-6-17> 터널 내 배연 및 환기설비 설계사례

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-25
2. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준
3. RFI (이탈리아 철도청)
4. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준
5. 일본 국토교통성
6. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

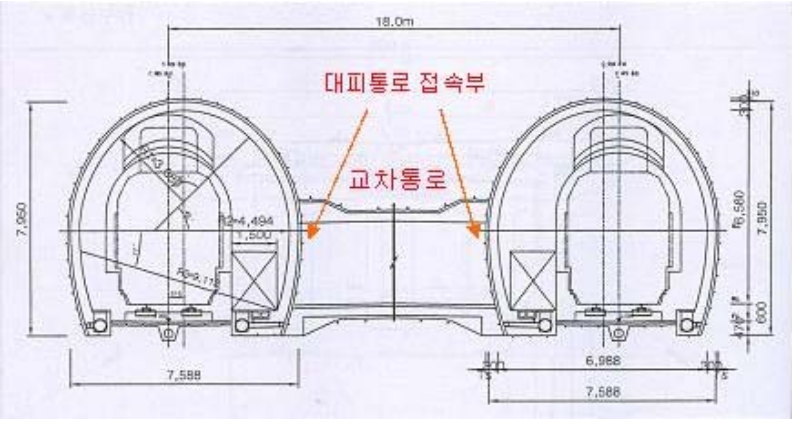
7) 대피통로 접속부의 안전기준

철도시설관리자는 규칙 제8조 제4항의 규정에 의하여 병렬터널에서 터널 사이를 연결하는 교차통로가 대피통로로 사용될 경우에는 규칙 제9조의 규정에 의한 제연설비 또는 방화문은 두 터널 사이의 통로를 통한 연기가 한쪽 터널에서 다른 쪽으로 옮겨가는 현상이 최소화 될 수 있도록 설계하여야 한다. 본선터널과 수직터널 및 100미터 이상의 경사터널 사이에는 최소 12미터 길이의 차단구역을 다음과 같이 설치하여야 한다.

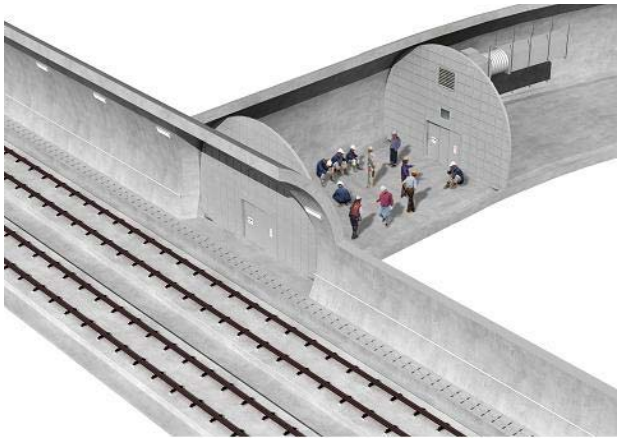
- 본선터널로 이어지는 문 및 차단구역과 경사터널 또는 수직터널 사이에 있는 문은 방화문이어야 하며, 아울러 연기를 차단하는 구조이어야 한다.
- 차단구역의 출구는 최소한 대피통로 입구와 같은 폭을 가져야 하며, 문은 대피방향으로 열려야 하고 문짝의 폭은 1미터 이상이어야 한다.
- 접속부의 차단구역에 설치된 제연설비는 방화문을 열었을 때에 연기가 차단구역으로 확산되는 현상을 최소화 할 수 있는 구조이어야 한다.
- 차단구역에 제연설비를 설치하는 경우에는 열차운행에 따른 공기압력 조절 댐퍼를 설치할 수 있다.

경사터널의 길이가 300m 이상인 경우에 경사터널의 접속부는 소방차량 등 긴급구조차량이 회전할 수 있도록 공간이 확보되어야 한다.

[해설]



<그림 3-6-18> 교차통로에서의 대피통로 접속부



<그림 3-6-19> (12m 이상의 차단구역(방연문 및 차압팬설치)

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 : I-40, I-43, I-46
2. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준
3. EBA (독일 연방정부 철도 기준)
4. RFI (이탈리아 철도청)
5. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준
6. 일본 국토교통성
7. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

8) 선로 배수시스템

철도시설관리자는 선로 배수시스템에 대하여 다음 각 호를 고려하여 설치하여야 한다.
- 터널 배출수 및 액체상태의 위험물을 효과적으로 제거하기 위하여 터널의 수직방향과 횡단방향에 대해 일정량의 경사를 두어야 한다.
- 위험화물의 터널 통과가 계획되어 있는 경우에는 비상사태가 발생하는 때에 오염된 방화수를 담아두거나 위험물질을 배출하기 위한 저수조를 설치하여야 한다.
- 저수조의 용량을 결정하는 때에는 화차 누수량과 정해진 시간동안의 주 급수관의 물 공급량을 더하여야 한다.
- 산에서 내려오는 예상수량이 저수조의 용량에 영향을 주지 아니하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 ; I-26
2. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준
3. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준

(라) 대피촉진 시설물 대책

1) 대피로의 설치

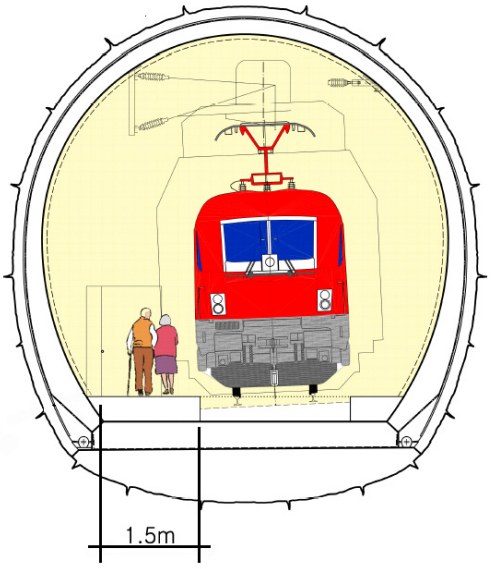
철도시설관리자는 규칙 제6조의 규정에 의하여 대피로를 설치할 경우에 폭은 0.7미터 이상으로 하고 높이는 2.1미터 이상 확보하는 것을 원칙으로 하며, 대피로의 폭과 높이로 형성된 단면의 공간에는 기타 시설물이 침범할 수 없도록 하여야 한다.

[해설]

대피로(Escape Way) : 터널 내 바닥에 궤도를 제외한 부분으로서 비상시 승객 및 승무원들이 원활하게 이동할 수 있도록 통행 목적으로 구축된 보도를 말한다.



(a) 터널 내 대피로(경부고속철도)



(b) 대피로의 폭이 1.5 m

<그림 3-6-20> 터널 내 대피로

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전 기준
2. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 ; I-40
3. EBA (독일 연방정부 철도 기준)
4. RFI (이탈리아 철도청)
5. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준
6. 일본 국토교통성
7. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

2) 안전난간

철도시설관리자는 안전난간에 대하여 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 대피로의 측벽에는 승객의 안전한 대피를 위하여 대피로의 바닥 면에서 1.2미터 이내의 높이에 안전난간을 설치하여야 한다.
- 안전난간은 내부식성이고 열전도율이 낮은 재질을 사용하여야 한다.

[해설]



<그림 3-6-21> 대피로의 핸드레일

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전 기준 ; I-40
2. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제 3장

3) 대피통로

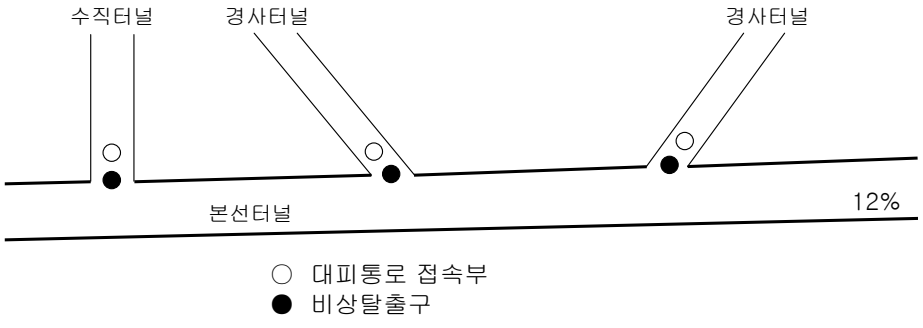
철도시설관리자는 규칙 제8조의 규정에 의하여 대피통로를 다음을 고려하여 설치하여야 한다.

- 화재발생에 대한 승객피난 분석을 통하여 대피통로간 간격의 적정성을 검증하여야 한다.
- 제연 또는 배연 통로로만 사용되는 수직터널 및 경사터널이 지표면과 가까운 곳에 위치할 경우에는 승객탈출용 대피통로(수직터널, 경사터널)를 겸용하여야 한다.
- 대피통로의 입구에는 비상사태가 발생하는 때에 대비하여 식별이 용이한 표지판을 설치하여야 한다.
- 대피통로 출구부에는 비인가자의 출입을 제한하는 개폐장치가 있는 문을 설치하여 내부의 승객이 외부로 용이하게 열 수 있는 구조이어야 한다.

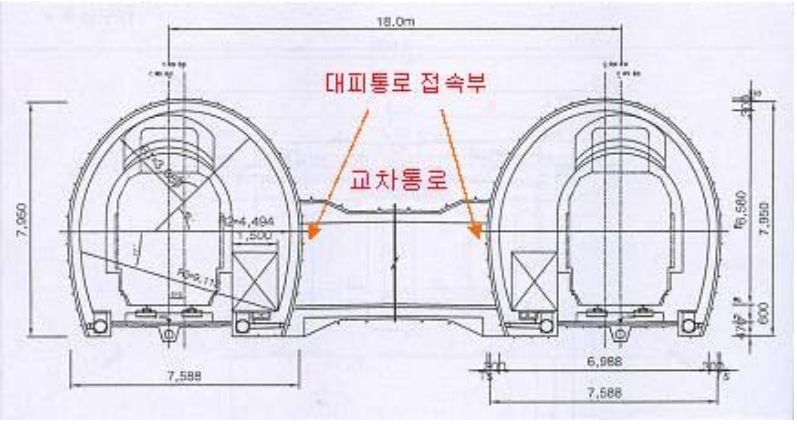
[해설]

대피통로(Escape Route) : 터널 본선과는 별도로 터널내부에서 외부로 직접 탈출하는 데 필요한 통로로서 연기로부터 오염되지 않은 구조로 이루어져 비상시 승객 및 승무원들이 외부로 탈출이 가능한 통로를 말한다.

- 부가설명: 대피통로로는 터널 출입구, 수직터널, 경사터널을 말한다.



(a) 본선터널에 설치된 수직터널, 경사터널



(b) 대피통로 접속부

<그림 3-6-22> 대피통로

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 ; I-40
2. UN 사회/경제분과위원회 철도터널 안전기준
3. EBA (독일 연방정부 철도 기준)
4. RFI (이탈리아 철도청)
5. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준
6. 일본 국토교통성
7. 한국고속철도건설공단 고속철도 설계기준 (노반편 : 터널방재부문) 제3장

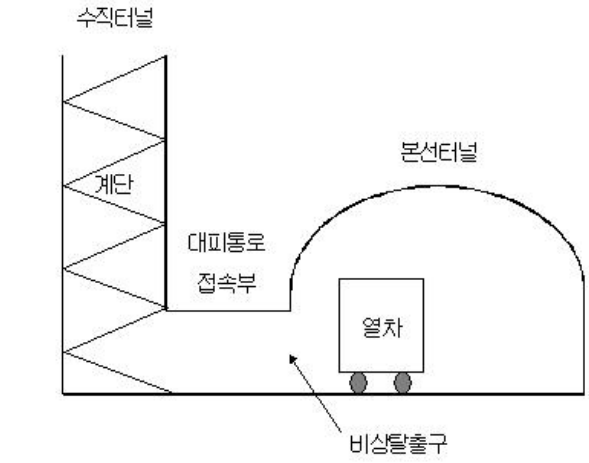
4) 수직터널

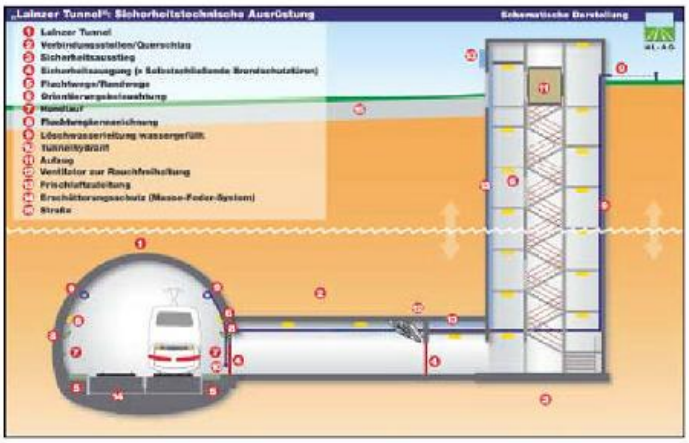
철도시설관리자는 수직터널에 대하여 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 수직터널의 내부에는 승객이 이용 가능한 계단과 안전난간을 설치하여 화염으로부터 보호될 수 있는 구조이어야 한다.
- 수직터널의 높이가 30미터 이상인 경우에는 계단 이외에 추가적인 안전공간 또는 엘리베이터를 계획할 수 있다.
- 계단의 폭은 1.2미터 이상이어야 하며, 엘리베이터의 수용면적은 2.5제곱미터 이상을 원칙으로 한다.
- 터널의 내부에는 적정한 조명시설 및 통신수단이 설치되어야 한다.
- 수직터널의 대피통로에 설치하는 방화문은 30분 이상 화염에 견딜 수 있는 성능을 확보하여야 한다.
- 방화문은 비상사태가 발생하는 때에 본선터널 안쪽에서 용이하게 열 수 있는 구조로 하여 경보시설로 감시되어야 하고, 평상시 수직터널 쪽에서 방화문을 열고자 하는 때에는 인가자를 제외한 타인의 출입이 제한되는 구조이어야 한다.

[해설]

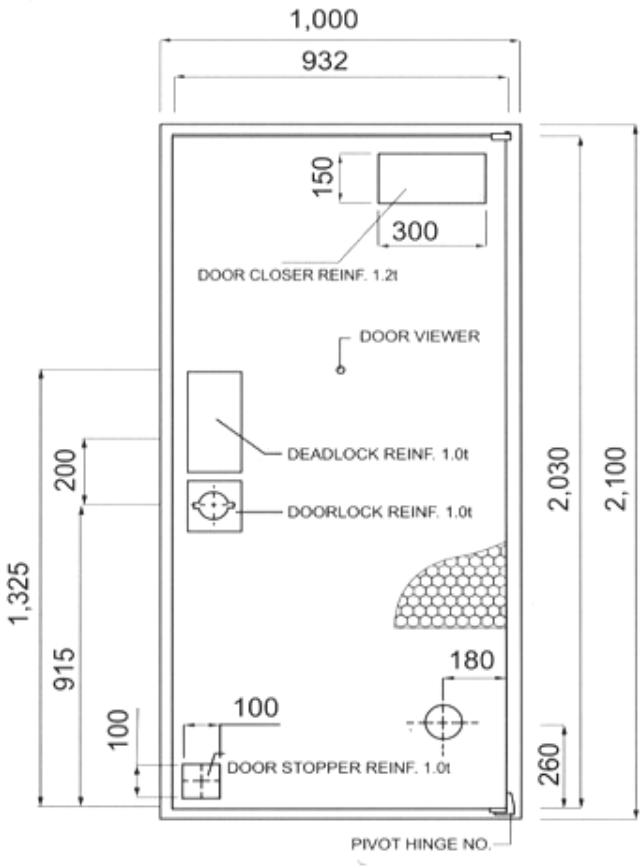
“수직터널(Vertical exit)”이라 함은 본선터널에서 외부로 나갈 수 있도록 연결된 터널로서 본선 터널의 바닥 면과 동일한 높이를 가진 수평연결구로 연결되고 지표면으로 수직 관통되어 사람이 통행 가능한 터널을 말하며, 배연 목적으로 본선 터널 천정부에서 지표면으로 직접 관통하는 터널은 수직터널에 포함하지 아니한다.





<그림 3-6-23> 수직터널

방화문: 건물에 불이 났을때 사람들이 대피하는 시간을 벌어주며 불이 옮겨붙는 것을 차단하거나 옮겨붙는 시간을 늘리거나 차단하기 위해서 만들어진, 불에 일정 시간이상 견디도록 만들어진 문이다.



<그림 3-6-24> 방화문 구조의 예

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준: I-44
2. UN 사회/경제분과 위원회철도 터널 안전기준
3. 독일 EBA 터널 안전 설계법/설계구성/비상출구/비상조명등, 대피로의 통제
4 경부고속철도 설계 기준(노반편: 터널 방재 기준)

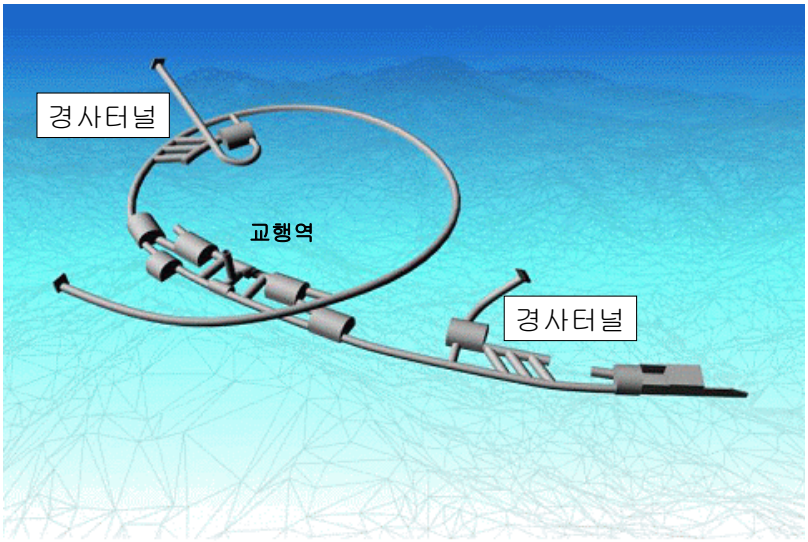
4) 경사터널

철도시설관리자는 경사터널에 대하여 다음과 같이 설치하여야 한다.

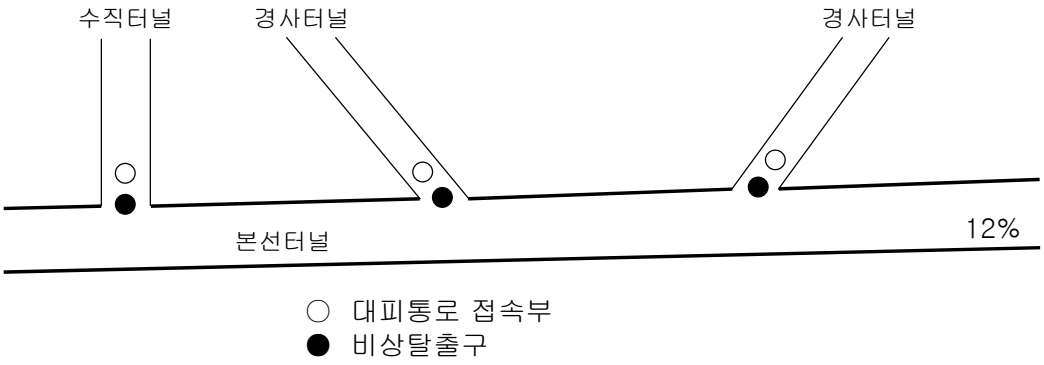
- 경사터널의 폭 및 높이는 2.25미터 이상을 원칙으로 한다.
- 경사터널이 바로 지상출구로 이어지지 않고 수직터널로 이어질 경우에는 경사터널의 길이는 150미터 이하를 원칙으로 한다.
- 경사터널의 길이가 300미터 이상일 경우에는 도로용 차량으로 진입할 수 있어야 하며, 250미터 간격마다 차량이 교차통행 할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.
- 경사터널의 경사도와 길이는 승객대피와 도로용 차량의 이동이 용이하도록 설계되어야 한다.
- 승객들의 대피가 용이하도록 조명시설 및 통신수단과 100미터 간격으로 출구까지의 거리표지판을 설치하여야 한다.
- 경사터널의 대피통로에 설치하는 방화문은 수직터널의 경우를 준용하여야 한다.

[해설]

“경사터널(Lateral exit)”이라 함은 본선터널에서 외부로 나갈 수 있도록 본선터널 바닥 면에서 외부와 직접 경사지게 설치하는 터널을 말하며 자동차 등 차량통행이 가능한 구조로서 수직터널과 구별된다.

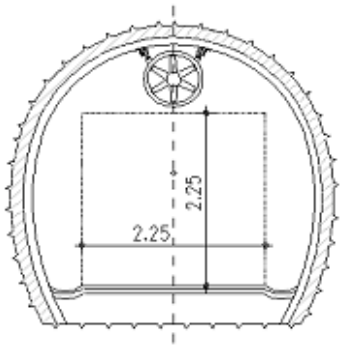


<그림 3-6-25> 장대터널에서의 경사터널



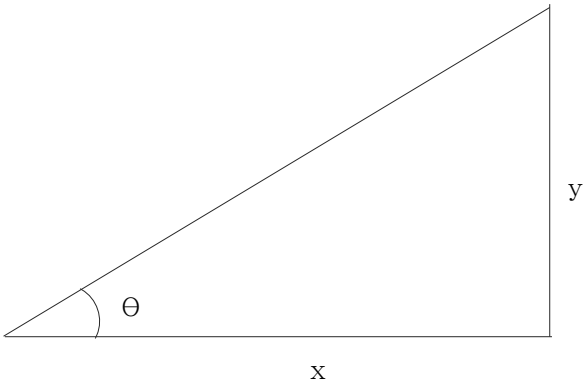
<그림 3-6-26> 경사터널과 수직터널의 구분

다음은 경사 터널의 단면구조도와 사진이다.



<그림 3-6-27> 경사터널 단면구조

경사도 계산사례



10% -> $\frac{y}{x}$ = 0 .1

10% = 5.71°

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준: I-45, I-61
2. 독일 EBA 터널 안전 설계법/설계구성/기본사항/비상출구
3. 이탈리아 RFI 터널 안전 설계법
4. 경부고속철도 설계 기준(노반편: 터널 방재 기준)

5) 교차통로

철도시설관리자는 교차통로에 대하여 다음과 같이 설치하여야 한다.
- 교차통로의 폭 및 높이는 2.25미터 이상이어야 한다.
- 교차통로는 안전대피를 위한 장소로 연기가 확산되는 것을 방지하는 구조이어야 한다.
- 비상조명등 및 비상연락전화기 등의 통신수단이 설치되어야 한다.

[해설]

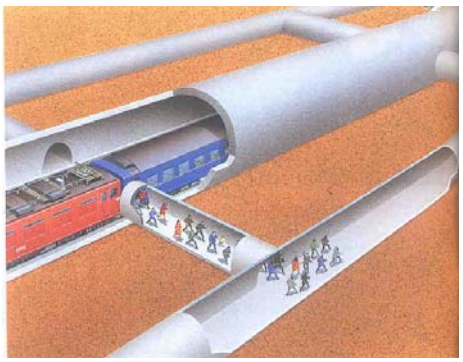
"교차통로(Cross passage)"라 함은 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 대피통로를 말한다.

① 두 개의 본선터널이 병렬로 설치된 경우 그 사이의 연결통로

② 본선터널 안의 선로가 복선(複線)인 경우 선로와 선로사이에 설치한 시설물을 통과할 수 있는 통로

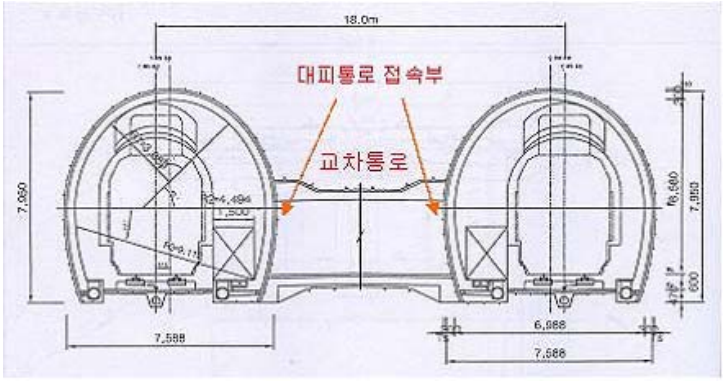
③ 본선터널과 본선터널 사이에 점검·보수를 위한 안전터널이 설치된 경우 본선터널과 안전터널을 연결하는 통로

④ 본선터널과 안전터널이 병렬로 설치된 경우 그 사이의 연결통로

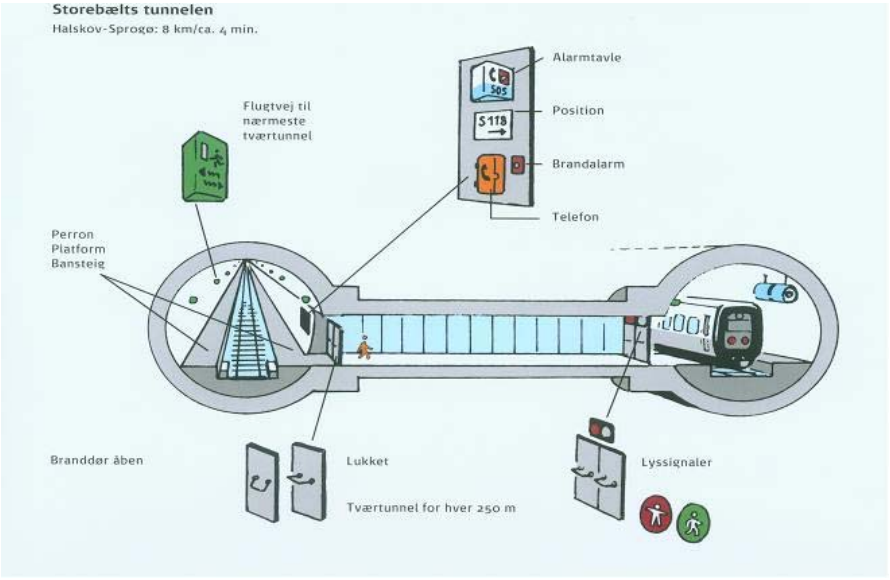




<그림 3-6-28> 본선터널에서 교차통로를 이용한 안전터널로의 승객 탈출 (일본 세이칸 철도터널)



<그림 3-6-29> 단선병렬 터널의 교차통로



<그림 3-6-30> 단선병렬 터널의 교차통로

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 : I-46
2. UN 사회/경제분과 위원회철도 터널 안전기준

3. 독일 EBA 터널 안전 설계법

4. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준

5. 이탈리아 RFI 터널 안전 설계법

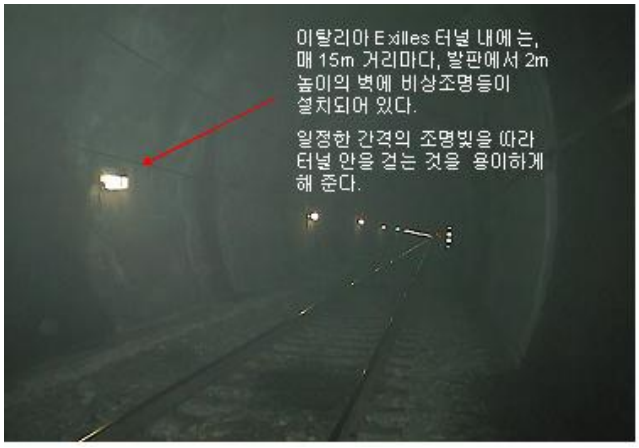
6) 비상조명등

철도시설관리자는 규칙 제13조의 규정에 의하여 비상조명등을 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 본선터널 안에는 비상사태가 발생하는 때에 승객의 안전한 대피를 위하여 비상조명등을 설치하여 대피로를 균일하게 비추도록 하여야 한다.
- 비상조명등의 전원공급장치는 이중화 전원계통으로 계획되어야 한다.

[해설]

"비상조명등"(Emergency tunnel lighting)함은 터널내 화재 등 비상사태의 경우에 비상조명등을 설치하여 승객이 안전하게 대피할 수 있도록 하는 비상조명을 말한다.



(a) 이탈리아의 터널내 비상조명등 사례



(b) 경부고속철도의 터널내 비상조명등

<그림 3-6-31> 터널 내 비상조명등

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 : I-41, I-67
2. UN 사회/경제분과 위원회 철도 터널 안전기준
3. 독일 EBA 터널 안전 설계법/설계구성/기본사항/비상출구
4. 프랑스 내무부/시설, 교통 주택부 시설기준
5. 이탈리아 RFI 터널 안전 설계법
6. 일본 국토 교통성 기준
7. 경부고속철도 설계기준(노반편: 터널 방재 기준)

(마) 구조촉진 시설물 대책

1) 단전 및 접지기구 설치

철도시설관리자는 규칙 제18조의 규정에 의하여 단전 및 접지기구를 다음 각 호를 고려하여 설치하여야 한다.

- 철도시설관리자는 비상사태가 발생하는 때에 단전을 포함한 접지 등의 안전한 작동에 대하여 성능을 확보하여야 하며, 소방대 및 구조대가 단전을 시켜야만 하는 상황에서는 분명한 절차가 주어지고 지켜져야 한다.
- 단전과 접지장소에는 통신수단과 조명이 확보되어야 하며, 단전작업은 작업절차와 책임소재가 명확하여야 한다.
- 터널 입구와 대피통로 입구에는 터널천장 전선의 상태를 알리는 표시등을 설치하여 관제실 또는 인근 현장역과의 교신이 두절될 경우를 대비해서 직접 수동으로 접지 할 수 있도록 제어장치를 마련하여야 한다.
- 수동접지시 관제실 또는 인근 현장역에 통보될 수 있는 시스템을 확보하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 : I-60
2. UN 사회/경제분과 위원회 철도 터널 안전기준
3. 독일 EBA 터널 안전 설계법/설계구성/상측전선/상측전선의 전력차단, 접지장치

2) 터널 입·출구부로의 진입로

철도시설관리자는 터널 입·출구부로의 진입로에 대하여 다음을 고려하여 설치하여야 한다.

- 터널 입·출구부와 대피통로 출구부는 소방대 및 구조대의 접근이 가능하도록 진입로를 확보하여야 한다.
- 진입로의 폭은 5미터 이상이어야 하여야 하며, 곡선구간은 적절하게 더 넓혀야 한다.
- 바닥은 견고하여야 하고, 차선은 분리되어야 한다.
- 진입로 도로는 방재구난지역이나 회차 지역에서 끝나게 하여야 한다.
- 방재구난지역이 막다른 길과 이어질 경우에는 차량이 회전할 수 있을 정도로 방재구난지역이 넓어야 한다.
- 해당 지역의 지형에 따라 다르지만 터널 입·출구부에 최대한 근접해야 한다.
- 도로변 진입로 입구에는 소방대 및 구조대가 터널을 쉽게 찾을 수 있도록 이정표지판을 설치하여야 한다.

[해설]

터널 입출구는 열차안전운행을 위하여 외부인 및 동물 등의 출입을 통제할 수 있는 표지판·울타리·자물쇠가 있는 출입문 등을 설치하여야 하며 통합방위법 제15조의2에 의한 국가중요시설로 지정된 터널 등에는 원격감시장치 및 인력배치 등 현지감시를 할 수 있어야 한다.





<그림 3-6-32> 터널 출입 관련

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 : I-61 터널 입구와 출구로의 접근
2. UN 사회/경제분과 위원회 철도 터널 안전기준
3. 독일 EBA 터널 안전 설계법/설계구성/구조 공간 및 진입로
4. 이탈리아 RFI 터널 안전 설계법 XIV.1 철도 터널의 안전성 목적의 비상공간, 출입도로, 구조 헬리콥터 착륙 구역 등의 설치를 위한 설계 기준(1998/08)
5. 경부고속철도 설계기준(노반편: 터널 방재 기준)/방재기준/대피, 구조

3) 방재구난지역

철도시설관리자는 불가피한 경우를 제외하고는 방재구난지역에 대하여 다음을 고려하여 설치하여야 한다.

- 터널 입·출구부 및 경사터널, 수직터널 출구부에는 구조·소방차량 등이 정차하고 회전할 수 있는 방재구난지역을 확보하여야 한다.
- 터널 입·출구부, 대피통로 출구부까지의 진입이 방재구난지역을 통해 가능하여야 한다.
- 방재구난지역은 가급적 터널입출구 및 대피통로 출구부에 가깝게 위치하여야 하며, 지형여건상 부득이한 경우에는 최대 200미터 이내에 설치 할 수 있다.
- 방재구난지역의 면적은 400제곱미터 이상이어야 하며, 콘테이너 박스 등 다른 시설물을 설치하지 아니하여야 한다.
- 터널 입·출구에 있는 방재구난지역은 가능한 선로높이와 비슷한 높이에 있어야 한다.
- 방재구난지역에 구조용 회전익항공기(헬리콥터)가 착륙할 수 없는 경우에는 인근에 헬기장을 설치하여야 한다.
- 헬기장의 H 문자를 표시한 착륙공간은 방재구난지역의 구조용 차량이 쉽게 도달할 수 있어야 하고, 항공법에서 요구하는 헬기장에 적용되는 기준에 따라야 한다.
- 방재구난지역은 야간 구조 활동을 위하여 조명기둥을 설치하여야 하며, 조명기둥들은 적절한 도르래 장치를 갖추거나 구조 활동에 필요한 그 밖의 다른 장치를 갖추어야 한다.
- 방재구난지역에는 화재를 진압하고 소화하는데 필요한 소화수조를 설치하여야 하며, 용량은 40세제곱미터 이상이어야 한다. 다만 연결송수관 설비에서 규정하는 소화수조를 설치하였을 경우에는 겸용하여 사용할 수 있다.
- 소화수조의 탱크는 내식성이어야 한다.
- 단선병렬터널의 경우에는 구조용 차량이 터널갱구들 앞을 통과할 수 있도록 입·출구 근처 바깥쪽에 구획을 정리하여야 한다.
- 터널 입·출구부와 대피통로 출구부의 방재구난지역이 궤도 높이와 구난지역 지면과 표고차가 발생할 경우에는 현지여건을 고려하여 대피 및 구조가 가능하도록 하여야 한다.

[해설]




(a) 터널출구 방재구호지역 (b) 사갱 입구 방재구호지역

<그림 3-6-33> 방재구난지역 설치 사례

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. 독일 EBA 터널 안전 설계법
2. 이탈리아 RFI 터널 안전 설계법 XIV.1 철도 터널의 안전성 목적의 비상공간, 출입도로, 구조 헬리콥터 착륙 구역 등의 설치를 위한 설계 기준(1998/08)/구조차량의 정차를 위한 비상 공간
3. 경부고속철도 설계기준(노반편: 터널 방재 기준)/소방/소화수조, 방재기준/구조

4) 연결송수관 설비

철도시설관리자는 규칙 제12조의 규정에 의하여 연결송수관 설비를 안정성분석 결과에 따라 설치할 경우에는 다음을 고려하여야 한다.

- 소방용수의 공급은 본선터널의 출구와 입구를 연속으로 연결하는 연결송수관으로 평상시에는 물이 없는 건식배관이어야 한다.
- 연결송수관은 저수지, 터널 근처 소화수조, 기타 용수 공급원(예: 강)으로부터 물이 공급되어야 하며, 터널 입출구부 또는 대피통로 접속부 등의 차량진입이 가능한 공간에 송수구를 설치하여 소화용수의 공급이 가능하도록 하여야 한다.
- 소화수조의 용량은 터널 내의 건식배관을 채우고도 유효수량이 100세제곱미터 이상이어야 하며, 소화수조는 터널 입·출구부 또는 대피통로 접속부 인근에 설치하여야 한다.
- 배관은 선로 한쪽 측면에 설치하여 유지관리에 용이하도록 배치하여야 한다.
- 소화전에는 가까운 곳에 보기 쉽게 “연결송수관설비 소화전” 표지판을 설치하여야 한다.
- 소화전은 10미터 거리에서 쉽게 식별할 수 있도록 적색의 위치표시등을 발광식 또는 축광식으로 설치하여야 하며, 인근에는 표식을 설치하여야 한다.
- 연결송수관 설비의 배관과 소화전

· 배관은 구역별로 분리되어 안전한 위치에 배관되어야 한다.

· 연결송수관이 연속적으로 설치된 경우에는 125미터 간격으로 방수구가 내장된 소화전을 설치하고, 소방용수가 오직 대피통로를 통해서만 공급되는 경우에는 본선터널의 대피통로 입구에 소화전을 설치하여야 한다.

· 배관 재질은 스테인리스 강관으로 하며, 관경은 150밀리미터 이상으로 한다.

· 소화전의 방수구는 개폐 가능하여야 하며, 방수구의 접결구는 바닥으로부터 0.5미터 이내에 직경 65밀리미터로 설치하고 소방대 호스와 연결 가능하여야 한다.

4) 연결송수관 설비(계속)

- 가압송수장치
· 펌프의 토출량은 1분당 2400리터 이상이 되어야 한다.
· 펌프의 양정은 가압송수장치로부터 가장 멀리 떨어진 방수구의 노즐단 압력이 0.343메가파스칼 이상이 되어야 한다.
· 가압송수장치는 방수구가 개방될 때 자동으로 기동되거나 수동스위치의 조작에 의하여 기동되도록 하여야 한다. 이 경우 수동스위치는 2개 이상 설치하고, 그 중 1개는 송수구 주변에 강판으로 수납하여 설치하여야 한다.
- 연결송수관설비에 의한 소화작업은 소방활동을 전문적으로 수행할 수 있는 전문소방대가 수행하는 시스템으로 구축하여야 하며, 소방용수의 공급은 연 1회 이상 정기적으로 점검하여야 한다.
- 연결송수관설비는 평상시에는 터널내부 살수용으로 활용할 수 있어야 한다.

[해설]

터널 내 송수관 설비는 건식과 습식이 있으며, 건식의 경우는 평상시에는 파이프라인에 소방용수가 안들어 있다가 화재 시에 저수조, 또는 주변 강 등에서 펌프작동에 의해 물을 공급하는 방식이다. 터널 내 송수관 설비의 설치는 대피로 아래의 공간을 이용하여 파이프라인을 설치하는 방법, 터널 측벽을 이용하여 파이프라인을 설치하는 방법 등이 있다.



(a) 터널내 송수관 설비(대피로 밑으로 설치하는 경우)



(b) 터널 송수관설비의 저수조



(c) 송수관설비 배관



(d) 터널내 송수관 설비의 수중펌프 조작판넬



(e) 송수관 설비의 수직펌프 조작 판넬



(f) 터널내 송수관 설비의 메인밸브

<그림 3-6-34> 터널 내 송수관 설비(이탈리아 기존선 엑셀터널)

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 : I-66 용수공급(진입로 및 터널 내부),I-64, I-26.
2. 일본 국토 교통성 기준
3 경부고속철도 설계기준(노반편: 터널 방재 기준)/소방/연결 송수관, 소화수조, 송수관 설비

5) 콘센트 설비

철도시설관리자는 콘센트 설비를 다음과 같이 설치하여야 한다.

- 터널 내부에서의 전기 공급시스템은 비상구조 활동에 적합하여야 하며, 전류 차단 단자와 함께 표준 소켓이 설치되어야 한다.
- 터널내 콘센트설비 설치는 복선터널은 양측 250미터, 단선터널은 편측 125미터 간격으로 설치하여야 한다.
- 전선과 플러그는 사고가 발생하는 때에 파손되지 아니하도록 계획되어야 하며, 열과 물로부터 보호되어야 한다.
- 콘센트는 전용배전선로의 이중화 전원계통에서 전원을 공급하여야 하며, 접속은 일반적으로 사용하는 방식을 적용하여야 한다.
- 노출된 전선의 길이는 안전상의 이유로 제한되어야 하며, 정기적으로 점검을 실시하여야 한다.
- 콘센트설비의 전원회로는 단상교류 220V인 것으로서, 그 공급용량은 단상교류 1.5KVA 이상이어야 한다.
- 콘센트 설비는 접지가 되어 있어야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

1. UIC 779-9 철도터널 안전기준 : I-65
2. 독일 EBA 터널 안전 설계법
3. 이탈리아 RFI 터널 안전 설계법
4. 경부고속철도 설계기준(노반편: 터널 방재 기준)

(3) 철도시설의 유지관리

(가) 철도시설의 유지관리

○ 철도시설관리자는 열차가 규정된 속도로 안전하게 운행할 수 있고 이 규칙에 의한 안전기준에 적합한 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 철도시설을 점검·보수하는 등 유지관리를 하여야 한다.

○ 철도시설관리자는 제1항의 규정에 의하여 철도시설을 점검·보수하고자 하는 경우에는 철도시설의 특성 등을 감안하여 각 시설별 관리기준, 시설의 등급, 점검항목, 점검주기 및 방법 등에 관한 세부사항을 정하여 시행하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

(나) 철도시설의 유지관리계획

○철도시설관리자는 철도시설의 유지관리에 관한 계획(이하 “유지관리계획”이라 한다)을 수립하고 이를 시행하여야 한다.

○유지관리계획에는 철도시설의 종류별로 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

- 유지관리조직 및 인원
- 유지관리전략 및 시행지침
- 유지관리교육 프로그램
- 유지관리요원의 자격 또는 교육기준
- 유지관리 설비와 장비의 보유 및 관리방안
- 유지관리부품의 확보 및 관리방안
- 유지관리부품의 품질 확보방안
- 그 밖에 건설교통부장관이 필요하다고 인정하는 사항

○철도시설관리자는 유지관리계획을 수립하거나 이를 변경한 경우에는 국토해양부장관에게 이를 제출하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

(다) 철도시설 유지관리의 시행

○ 철도시설관리자는 유지관리계획에 따라 철도시설을 유지관리하여야 한다.
○ 철도시설의 유지관리업무는 적정한 교육을 이수하여 해당 철도시설의 유지관리에 적합하다고 인정되는 자에 한하여 수행할 수 있도록 하여야 한다.
○ 철도시설관리자는 전차선·신호·궤도 등의 철도시설에 대한 점검·보수 등 유지관리업무를 하는 경우에는 법 제69조의 규정에 의한 철도안전 전문기관 또는 단체중 국토해양부장관이 정하는 설비 및 인력기준 등을 갖춘 전문기관 또는 단체에 의뢰하여 실시할 수 있다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

(라) 철도시설의 유지관리 기록의 관리

○ 철도시설관리자는 철도시설의 점검·보수 등 유지관리를 하는 경우에는 당해 점검·보수 등 유지관리에 관한 기록을 작성하여 이를 보존하여야 한다.

[해설]

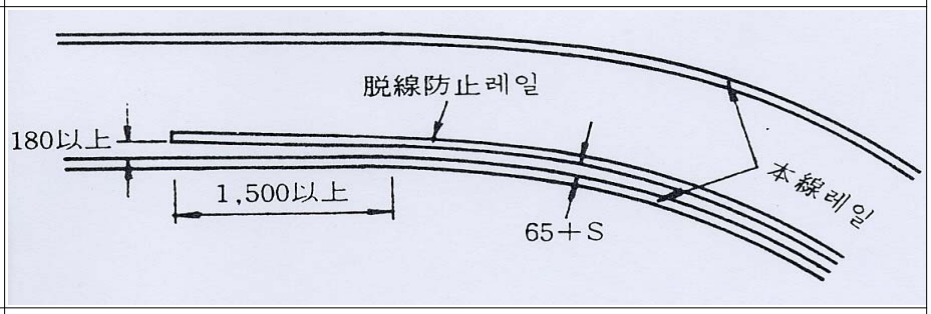
[적용범위] 일반철도, 고속철도

(4) 철도시설 안전설비

(가) 일반철도 안전시설 설치기준

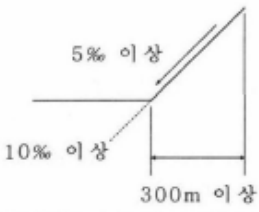
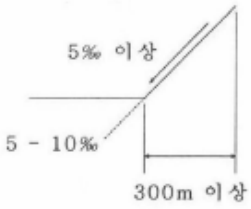
① 가드레일

- 탈선방지 가드레일

내 용	급곡선부의 주행시 탈선방지를 위하여 설치
사 진	
설치기준	<국철 선로정비 규칙> 본선으로서 다음 각 호에 해당하는 개소는 탈선방지 가드레일을 부설하여야한다. • 반경 300m 미만의 곡선에 부설한다. • 탈선방지 가드레일 부설기준에서 정한 구배 변화와 곡선이 중복되는 개소 또는 연속하구배 개소와 곡선이 중복되는 개소에 부설한다. • 위험이 큰 쪽의 반대쪽 레일 궤간 안쪽에 부설한다. • 가드레일은 특수한 경우를 제외하고는 본선 레일과 같은 레일을 사용하여야 하며 본선레일보다 낮거나 또는 25mm 이상 높게 하여서는 안 된다. • 플렌지웨이의 폭은 70~100m로 부설하고 그 양단은 2m 이상의 길이를 깔대기형으로 구부려서 종단은 본선 레일에 대하여 200mm 이상의 간격이 되도록 하여야 한다. • 탈선방지 가드레일의 이음부는 특수한 경우를 제외하고는 이음매판을 사용하고 이음매판 볼트의 플렌지웨이 바깥족에서 조여야 한다. 다만, 특수한 구조의 가드레일 이음부는 신축구조로 하여야 한다. ※보편적으로 도시철도에서 적용하는 탈선방지 방식은 FP일식과 앵글식이 있다. 앵글식은 자갈도상 PC침목개소 및 콘크리트도상 구간에 작용이 가능라며, 레일식은 자갈도상 PC침목구간에 적용

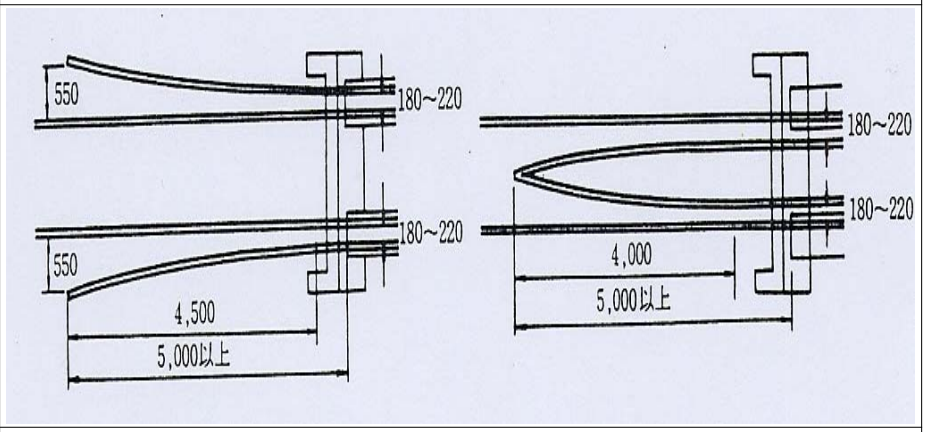
시 별도의 PC침목 구조변경이 필요하고 목침목개소에 주로 적용되고 있다.

<탈선방지 가드레일 부설기준>

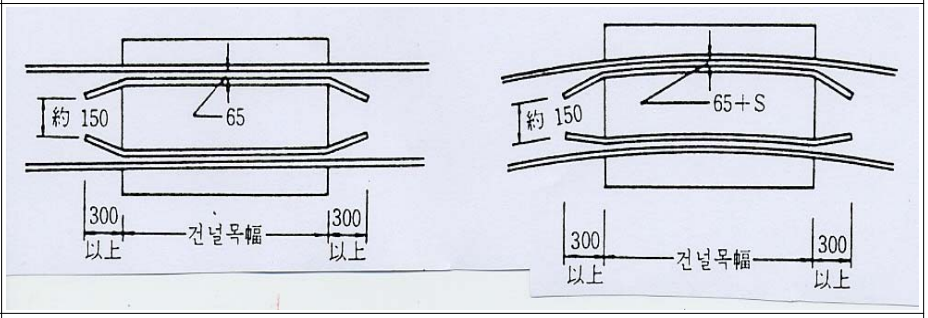
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="3">설치개소</th><th rowspan="2">설치구역</th></tr>
<tr><th>구배</th><th>곡선반경
1,2 급선</th><th>곡선반경
3,4 급선</th></tr>
<tr><td rowspan="2">구배
변화
구간</td><td>5‰ 이상 하구배가 300m 이상인 구간에서 구배변화 값이 10‰ 이상인 경우
 
</td><td>800m 이하</td><td>600m 이하</td><td rowspan="2">구배변환점에서 300m 이내의 곡선전장</td></tr>
<tr><td>5‰ 이상 하구배가 300m 이상인 구간에서 구배변화 값이 5‰ 이상 10‰ 미만인 경우
 
</td><td>600m 이하</td><td>설치
안함</td></tr>
<tr><td rowspan="3">연속
하구배구간</td><td>5‰ 이상 10‰ 미만 구배가 100m 이상 연속한 구간에 있는 곡선</td><td rowspan="3">600m 이하</td><td rowspan="3">설치
안함</td><td rowspan="3">하구배 시점에서 300m 이상의 곡선전장</td></tr>
<tr><td>10‰ 이상 15‰ 미만 구배가 500m 이상 연속한 구간에 있는 곡선</td></tr>
<tr><td>15‰ 이상의 구배가 300m 이상 연속한 구간에 있는 곡선</td></tr>
</table>

기능 및 작용	

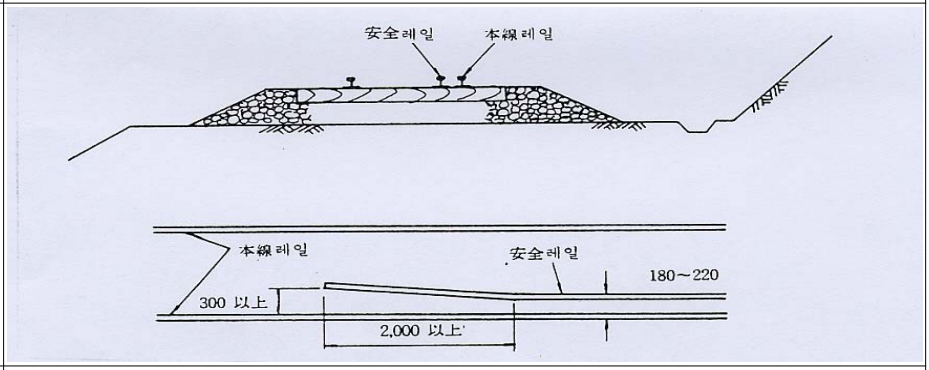
- 교상 가드레일

내 용	교량상 주행시 탈선방지 및 탈선시 교량하부로의 차량 추락방지를 위하여 설치
사 진	
설치기준	교량 침목을 사용하는 교량으로서 다음 각호에 해당하는 경우에는 교상가드레일을 부설하여야 한다. ● 트러스교, 플레이트 거더교와 전장 18m 이상의 교량 ● 곡선중에 있는 교량 ● 10‰이상 구배중 또는 종곡선중에 있는 교량 ● 열차가 진입하는 쪽에 반경 600m 미만의 곡선이 인접되어 있는 교량 ● 유도상 PC침목구간(앵글식 가드레일 적용) ● 기타 필요하다고 인정되는 교량
기능 및 작용	

- 건널목 가드레일

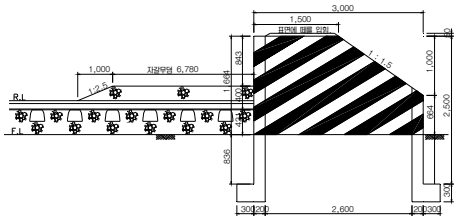
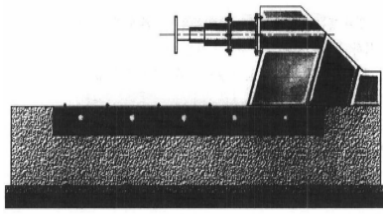
내　　용	건널목의 안전한 통행 확보를 위하여 설치
사　　진	
설치기준	• 건널목에는 본선레일 궤간안쪽 양측에 가드레일을 부설하여야 하며, 특수한 경우를 제외하고는 본선과 같은 레일을 사용하며 플렌지웨이 폭 65mm에 슬랙을 더한 치수로 하여야 한다. • 건널목 보판 또는 포장은 본선레일과 같은 높이로 하며 특수한 경우를 제외하고는 본선레일 바깥 양쪽으로 약 450mm 보판을 깔아야 하며, 궤간 내 차량의 복귀가 용이하도록 양끝 쪽은 경사지게 설치하여야 한다.
기능 및 작용	

- 안전 가드레일

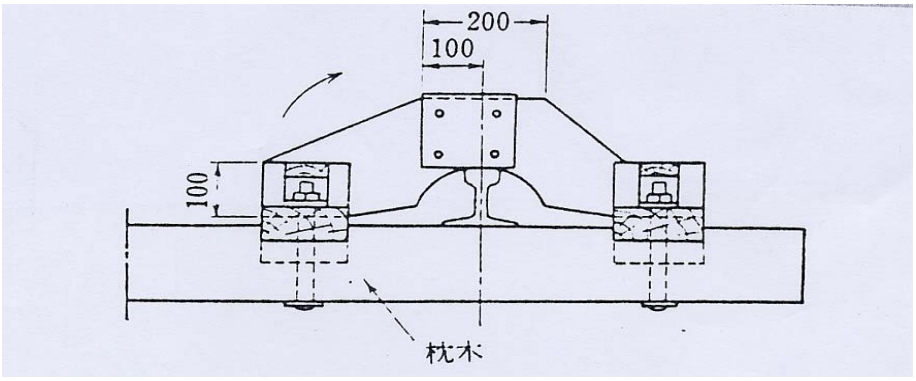
내 용	탈선방지 가드레일이 필요한 개소로서 이를 설치하기가 곤란하거나 낙석 또는 강설이 많은 개소 혹은 위험지역에서 탈선된 차량의 본선 유도를 위하여 설치
사 진	
설치기준	<국철 선로정비규칙> 안전가드레일의 부설방법은 PC침목 부설구간 등 특별한 경우를 지외하고는 다음 각 호에 의하여야 한다. ● 위험이 큰쪽의 반대측 레일의 궤간 안쪽에 부설 해야 한다. 다만, 낙석, 강설이 많은 개소는 위험이 큰쪽 레일의 궤간 바깥쪽에 부설하여야 한다. ● 안전가드레일은 본선 레일과 같은 종류의 헌레일을 사용하는 것을 원칙으로 한다. ● 안전가드레일의 부설간격은 본선레일에 대하여 200mm~250mm 이상 간격으로 부설하고, 그 양단부에서는 본선 레일에 대하여 300mm이상의 간격으로 하여 2m 이상의 길이에서 깔대기형으로 구부려야 한다. ● 안전가드레일의 이음매는 이음매판을 사용하고 이음매판볼트는 안전가드레일을 궤간 안쪽에 부설하는 경우에는 플렌지웨이 바깥쪽에서, 궤간 바깥쪽에 부설하는 경우에는 안전가드레일 바깥쪽에서 조이도록 하고 스파이크는 침목 1정마다 2개씩 박을 수 있다.

	<지하철 궤도정비규정> ● 고가부중 곡선반경 400m 이하의 곡선에는 차량탈선시 전도방지를 위하여 안전레일을 설치할 수 있다. ● 안전레일은 곡선내측 궤간안쪽에 동종의 레일을 사용하여 그 곡선의 스렉에 220mm를 가산한 간격으로 부설하여야하고, 양단부에는 500mm길이의 깔대기형으로 구부려서 끝부분을 370mm이상의 간격을 유지하여야 한다. ● 안전레일은 이음매판으로 체결하고 볼트 너트는 되도록 플렌지웨이 바깥쪽에서 조이고,. 스파이크는 침목 1정마다 2개씩 박아야 한다.
기능 및 작용	

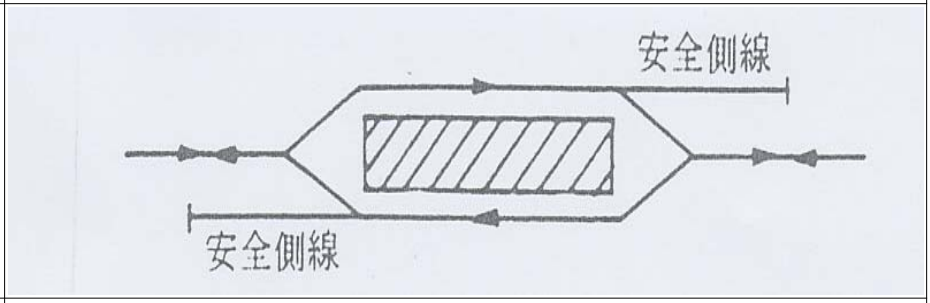
② 차막이

내 용	차량의 과도한 주행 등을 방지하기 위해 궤도의 종단에 설치
사 진	  <둑식 차막이> <유압식차막이>
설치기준	<둑식 차막이> ● 성토나 콘크리트블록 구조 및 이와 동등한 것을 표준으로 한다. 통상은 콘크리트조로하며 높이는 2m 전후, 길이는 1.5~2.5m 정도로 설계된다. 차량의강도를 감안하여 100tf 까지는 견딜수 있는 것으로 하며, 그 이상이되면 차막이가 전도되도록 설계한다. <유압식차막이> ● 충격력을 받아 저지하는 부분의 구조 : 차량의 피해를 감안, 연결기를 끼워넣어 충격력을 받아 저지하는 구조로 한다. ● 저항력의 크기 : 차체의 강도를 고려하여 결정한다. ● 완충의 용량 : 차량에 과대한 충격력을 주지 않고 동시에 진입하는 열차의 운동에너지를 짧은 stroke로 효율성 좋게 흡수할 수 있는 구조로 한다.
기능 및 작용	열차 또는 차량의 과도한 주행 등을 방지하기 위하여 궤도의 종단에 설치하는 설비로서 본선로로 주행 등의 위험이 생길 가능성이 있는 개소에는 상당한 보안 설비를 확보할 필요가 있다. 일반적으로 사용되는 차막이는 둑식, 유압식, 자갈돋기식, 레일식 등이 있다. 둑식 차막이는 건물, 높은 축제, 절취선이 설치되어 있는 경우에, 열차또는 차량이 정지 위치를 오인하면 중대한 피해를 줄 우려가 있는 개소에 설치된다. 유압식 차막이는 본선로의 선로 종단에서 열차가 과주하면 여객 공중과 각종 역설비에 중대한 피해를 줄 우려가 있거나 기설건조물에 중대한 지장이 생기는 경우에 이용된다.

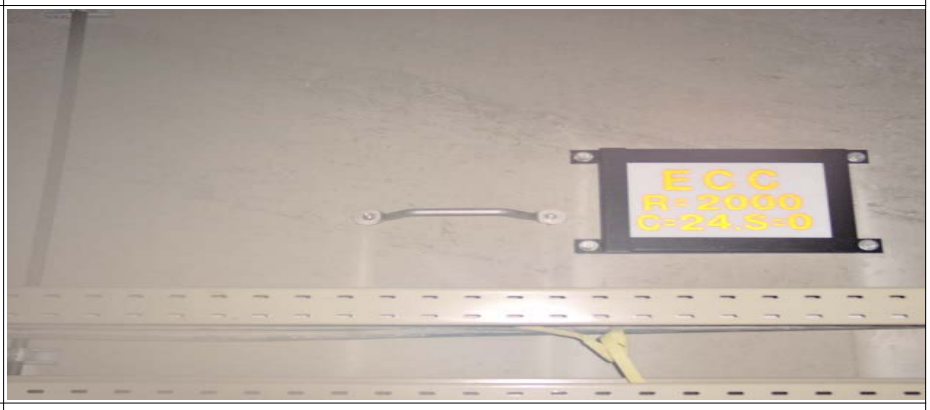
③ 차륜막이

내 용	측선에서 유치중인 차량이 자연적으로 굴러 타선로와 차량에 지장을 줄 염려가 있을때 설치
사 진	
설치기준	● 단단한 목재 및 고무재료를 사용하고 기타재료는 설계도에 의한다. ● 형상치수 및 허용차는 설계도에 의하고, 허용차가 없는 것은 표준치수로 한다. ● 반전식 차륜막이는 본선으로부터 분기하는 측선의 차량접촉 한계표지 내방 3m 지점에 설치한다. ● 조립완료 후 소정의 페인팅은 설계도면에 의한다.
기능 및 작용	차륜막이는 측선에서 유치중인 차량이 자연적으로 굴러 타 선로와 차량에 지장을 줄 염려가 있을 때 레일상에 설치하는 반적식 차륜막이가 있고, 쐐기형으로 된 차륜막이는 차륜 밑에 고여서 차량의 전주를 막는다.

④ 안전측선

내 용	정차장 등에 복수이상의 차량이 진입시 충돌사고 방지를 위하여 설치, 과주시 타선로에 지장이 없도록 유도하여 정지 혹은 탈선시키기 위하여 설치
사 진	
설치기준	● 안전측선은 수평 또는 상구배로 하고 그 종점에는 부도에 의하여 제동설비를 하여야 한다. ● 안전측선과 피난선은 본선로와의 간격은 되도록 크게 하여아 한다. <안전측선의 설치기준-도시철도공사> ● 부설길이 : 분기기교점에서 70m이상 ● 구 배 : 3‰ 이하 ● 종단제동설비 : 차막이(레일식) 설치 ● 본선과의 간격 : 4.3m 이상 <안전측선의 설치기준-외국자료> ● 본선과 본선사이 또는 본선과 측선사이에는 안전측선을 설치하여야 하며 폭은 900mm 이상이어야 한다. ● 충분한 시간동안 열차의 진입을 인지할 수 없는 곳에서는 자동으로 열차 진입을 알릴 수 있는 장치를 설치해야 한다. ● 한계선로 유효장을 표시하는 신호는 눈높이로 적어도 40m 간격을 두고 설치되어야 한다. ● 열차 운행시 직원의 출입이 허용되지 않는 경우 출입금지 표시를 양옆에 설치하여야 한다. ● 40m 거리내의 안전대피소가 설치되어 있지 않거나 열차진입 시간내에 안전 대피소로 피난할 수 없는 경우를 대비하여 안전측선을 설치해야 한다. ● 안전측선은 다음 장소에서는 필수적으로 설치해야 한다. - 터널, 선로유효장이 옹벽이나 건물에 의해 제한되어 있는 경우, 장대교량이나 고가교의 경우, 열차주행동안 대피할 곳이 없는 제방이나 개척구간.
기능 및 작용	

⑤ 열차대피 손잡이

내 용	열차운행중 철도터널 선로 본선 점검시 복선 터널구간은 단면 폭이 넓고 열차(교행) 진입시 거리가 멀어 사고 발생 우려가 있으므로, 유지관리 점검반의 안전을 위하여 반드시 열차대피 손잡이를 설치
사 진	
설치기준	• 설치 위치 : 복선터널(직선, 곡선부) 설치 • 설치 기준 : 곡선부 R=2000이하 • 설치 높이 : 터널 중앙부 1.1m 스트롱 앵커로 고정 • 설치간격 : 5m • 규격 및 재질 : 폭 0.4m, 봉경 50mm의 스테인레스 제품 ※복선 터널일 경우 양쪽측벽에 모두 설치하고 단선병렬 터널일 경우 보도 헌치가 설치된 측벽에 설치할 것
기능 및 작용	

⑥ 본선 출입용 계단

내 용	정거장 시, 종점 부위에 본선 출입용 계단을 설치하여, 터널구간은 콘크리트 계단으로 BOX구간은 철제형 계단으로 설치
사 진	
설치기준	• 정거장 시,종점 부위에 설치
기능 및 작용	

⑦ 낙하물 방호설비

내 용	동절기 열차의 상하에 부착된 설빙 덩어리가 고속운전에 의해 선로에 낙하하거나, 또는 낙하된 설빙 덩어리가 도상 자갈층에 떨어져 열차의 안전운전에 방해되는 사고를 방지하기 위한 설비임.
사 진	
설치기준	<일반고가구간> ● 전선로에 걸쳐서 1m 작업용 통로 외측에 50m 간격으로 유형강구조(3600×1000)을 설치하도록 계획하는 것으로 하지만 현재 100m 간격마다 설치하여도 된다. <터널구간> ● 터널 순회차를 사용하지 않는 터널내의 중앙통로 노측벽에 아치 슬립메달에 의한 도비라 형식의 설비를 설치한다. 간격은 터널 출입구 1km 이내에서는 50m 마다, 기타는 100m 마다 설치한다.
기능 및 작용	

⑧ 교량 전낙방지망

내 용	야간 교량 침목 궤도구간에서 보수작업등을 행하는 작업원의 전낙을 방지하기 위해서 설치하는 장치임. 교측보도와 주교간, 상하선주교간에 철망으로 만들어진 보호공을 설치함.
사 진	
설치기준	● 교측 보도와 빔사이 상하거더사이에 철망을 설치
기능 및 작용	

⑨ 선로 방호책

내 용	일반인이 선로내에 들어오는것을 방지하기 위한 장치로 선로내에 단순한 침입을 막고, 전선로에 설치하는 강구조로 함.
사 진	
설치기준	• 전선로에 설치하는 강구조로 하며, “신간선 선로방호설비 설치요령”에 의하면 높이는 2.1m 이상으로 한다.
기능 및 작용	• 일반인이 선로내에 들어오는 것을 방지하는 시설.

⑩ 자동차 전낙방호공

내 용	자동차가 낙하하는 것을 방지하기 위한 것으로 근접평형도로, 레일면에서 도로가 높이 위치하고 있는 개소 또는 도로가 낮게 있어도 접근할 위험이 있는 개소에 설치함.
사 진	
설치기준	• 자동차 전낙방지공은 자동차가 낙하하는것을 방지하기 위한 것으로 근접평형도로, 레일면에서 도로가 높이 위치하고있는 개소 또는 도로가 1.5km 낮게 있어도 접근할 위험이 있는 개소에 설치한다. • 1.4ton의 자동차가 80km/h의 속도로 직각 또는 15°의 각도로 충격을 주었을때, 충격에 대한 내구성을 가지게 설계되고 설비되어야 한다. 과선 도로교의 난간에는 강성 방호책을, 평행도로의 선로측에는 가드레일 S형 또는 가드로프 S형을 설치한다. 또한 과선 도로교에는 적하 전낙방지망을 설치하는데. 이 설비는 도로부대물의 필요레 따른 개소에는 도로관리자가 요청하여 설치하는 것으로 한다.
기능 및 작용	

⑪ 보수자 횡단장치

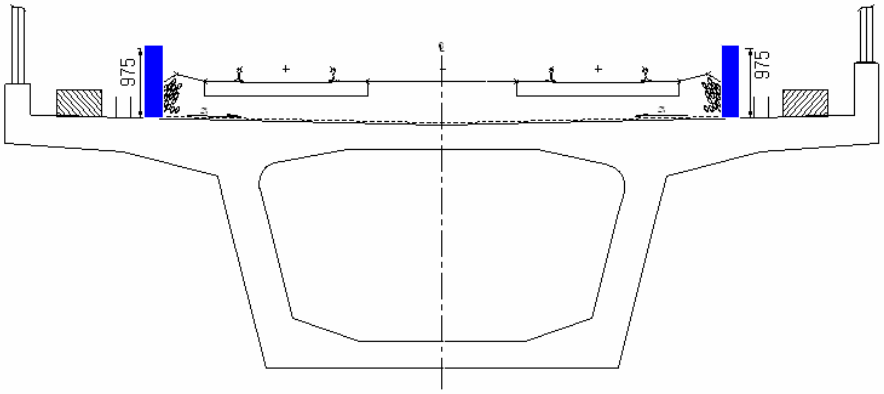
내 용	보수자가 지정된 장소에서 열차유무를 확인하고 접근열차가 없을 때 선로를 횡단하는 장치
사 진	
설치기준	• 장대 교량구간 • 분기기 설치장소 등
기능 및 작용	• 횡단 소요시간 : 20초 기준 • 확인버튼을 눌러 녹색등 현시되면 : 선로를 신속히 횡단 • 확인버튼을 눌러 적색등 현시되면 : 선로 횡단 불가

⑫ 터널경보장치

내 용	보수자가 터널내에서 작업중에 터널에 열차가 접근하게 되면 경보등과 경보기를 동작시켜 보수자가 안전한 곳으로 대피할 수 있도록 하여 인명피해를 방지하기 위함.
사 진	
설치기준	● 모든 터널에 설치 ● 경보장치는 터널내 상하선의 측벽에 250m 간격으로 교차하여 설치
기능 및 작용	● 열차접근시 터널 도달까지 최소한 30초 이전에 검지하고 경보 시작 ● 경보기는 승객의 승차감을 고려하여 터널 진입 전까지만 동작 ● 경보등은 열차가 터널출구 궤도회로 통과 시까지 계속 섬광

(나) 고속철도 안전시설 설치기준

① 교량 열차탈선방호벽

내 용	탈선 사고 시 KTX가 교량 아래로 추락하는 것을 방지하기 위함.
사 진	
설치기준	• 콘크리트 구조물 높이 0.975 m로 교량 양측 전구간에 설치
제품SPEC	• 차량의 충돌에 의해 파괴되지 않으며, 차량의 추락을 방지할 수 있는 능력을 보유해야함.

② 지장물 검지장치

내 용	낙석 또는 토사붕괴가 우려되는 지역이나 고속철도를 횡단하는 고가차도 등에서 지장물(자동차, 낙석 등)이 선로에 침입하는 것을 검지하여 접근하는 열차에 정지신호나 감속운행토록 유도하여 사고를 예방하기 위함.
사 진	
설치기준	● 설치위치 - 철도와 도로가 인접하여 사고 자동차 등이 철도변 침입우려 개소 - 철도를 횡단하는 고가도로(Over bridge) - 낙석 및 토사붕괴 우려개소 - 철도와 도로가 병행개소로서 차량탈선 우려 개소 등임.
기능 및 작용	- 1개 검지선 단선 : CTC에 경보전송, 주의운전 유도 - 2개 검지선 단선 : 인접구간 운행열차에 정지신호 전송⇒열차정지 후 기관사 확인⇒확인버튼을 취급하여 열차운행 재개 (검지장치 보수시까지 170㎞/h로 속도제한)

③ 끌림물체 검지장치

내 용	열차·차량 부속품의 파손이나 이탈로 차량하부에 매달린 상태로 주행시 궤도상의 시설물을 파손시킬 우려가 있으므로 초기에 검지하여 조치를 취하기 위함.
사 진	
설치기준	● 설치위치 - 기지나 기존선에서 고속선으로 진입하는 개소에 설치 - 궤도 중앙의 침목에 약 200㎜ 간격으로 연속 5개의 검지기 설치 ● 설치개소 - 터널, 장대교량, 고가입구 등이며 60km간격 정도로 설치함.
제품SPEC	- 검지장치 파손 시, CTC에 경보전송, 해당열차에 정지신호전송 비상정지 - 기관사는 차량상태 확인 후, 확인버튼을 취급하여 열차운행 재개

④ 레일온도검지장치

내 용	레일온도의 급격한 상승으로 레일장출 등의 궤도좌굴에 따른 위험을 사전에 예지하여 한계온도 이상 시에 경보 및 운전규제 등의 적절한 조치를 강구하여 열차의 안전운행을 도모하기 위함.
사 진	 <레일온도 측정기>  <외부온도 측정기>
설치기준	● 설치장소 - 곡선부 - 양지 및 통풍이 잘 안되는 곳 - 레일온도관리 개소 : 장출위험 또는 온도감시가 필요한 개소 - 가능한 차축검지기 인접개소 ● 설치위치 - 레일온도 측정기 : 레일두부 밑에 밀착시켜 견고하게 설치 - 외기온도 측정기 : 지상으로부터 1M이상 백엽상내에 설치
제품SPEC	● 시스템 구성 - 대기 및 레일온도 측정장치 → 중앙장치 → CTC / 보수사령실에서 감지 ● 기능 및 작용 - 단순경보 : 레일온도 40℃ 이상 시 - 위험경보 : 레일온도 60℃ 이상 시

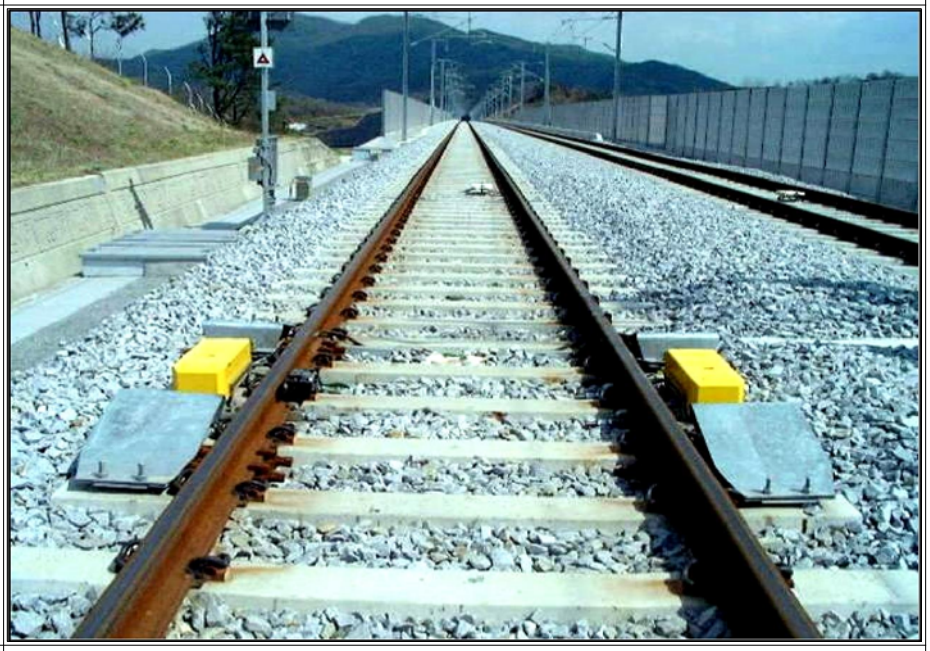
⑤ 분기기 히터장치

<table>
<tr><td>내 용</td><td colspan="2">동절기에 강설이나 기온저하로 인해 분기기가 결빙되면 제대로 동작하지 않을 가능성이 있어 전기적인 가열장치(히터)를 설치하여 원활하게 동작하도록 하기 위함.</td></tr>
<tr><td>사 진</td><td> 
<크로싱부(Frog)></td><td> 
<첨단부(Point)></td></tr>
<tr><td>설치기준</td><td colspan="2">● 설치위치
- 해빙장치는 모든 분기기(Frog+Point)에 설치
- 히터공급전원은 교류 3상 380V</td></tr>
<tr><td>제품SPEC</td><td colspan="2">● 기능 및 작용
- 원격조작 : 운전취급실 LCP에서 히터전원 조작
- 수동조작 : 분기기 현장제어반(GCP)에서 히터전원 조작</td></tr>
</table>

⑥ 기상감시설비

내 용	자연재해로 인한 피해에도 대비하여 선로변의 급격한 기상조건 변화(태풍, 집중호우, 폭설)는 고속으로 주행하는 열차에 직접적인 위험요소가 될 수 있으므로 변화하는 기상조건을 감지하여 관련정보를 운영자에게 전송하므로서 상황에 따라 열차를 감속 또는 정지하는 설비인 강풍, 강우, 적설 검지장치를 설치
사 진	 <강풍, 강우 검지기>  <강설 검지기>
설치기준	● 설치 위치 - 강풍검지장치 : 하천, 계곡 등 강풍이 우려되는 지역 (약 20㎞ 간격) - 강우검지장치 : 집중호우 발생지역이나 주요 태풍경로 (약 20㎞ 간격) - 강설검지장치 : 폭설이 빈번한 지역이나 적설량이 많은 지역
제품SPEC	● 기능 및 작용 - 강풍 : 초당 20m 이상시 감속운행, 초당 35m 이상 시, 열차운행중지 - 강우 : 1시간당 60㎜ 이상 또는 1일 연속 150㎜ 이상 시, 열차운행중지 - 강설 : 폭설 발생 시, 감속운행

⑦ 차축온도 검지장치

내 용	고속으로 주행하는 열차의 차축이 일정온도 이상으로 과열될 경우 이를 검지하여 운영자에게 정보를 송출하고 열차의 운행을 감속 또는 정지시킴으로써 승객의 안전을 도모하기 위함.
사 진	
설치기준	● 설치 위치 - 최고속도로 주행하는 구간에 평균 30km 간격으로 설치
제품SPEC	● 기능 및 작용 - 단순경보 : 70~90℃ CTC에 경보전송, 사령자 통제,속도제한(170㎞/h) - 위험경보 : 90℃이상 CTC와 기관사에 경보전송, 속도제한(30㎞/h) - 기술적경보 : 양차축 온도차가 심할 경우

⑧ 보수자 선로 횡단장치

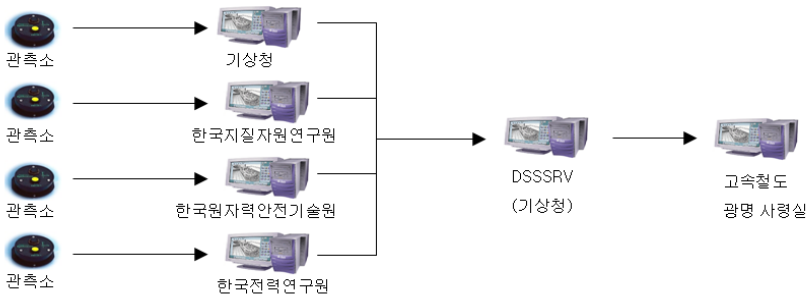
내 용	보수자가 지정된 위치에서 선로를 횡단할 필요가 있을 경우 접근하는 열차 유무를 확인하여 접근 열차가 없을 때 안전하게 선로를 횡단하도록 하기 위함.
사 진	
설치기준	● 설치 위치 - 장대교량 구간 - 분기기 설치장소 등
제품SPEC	● 기능 및 작용 - 횡단 소요시간 : 20초 기준 - 확인버튼을 눌러 녹색등 현시되면 : 선로를 신속히 횡단 - 확인버튼을 눌러 적색등 현시되면 : 선로 횡단 불가

(다) 기타 안전설비

① 선로변 안전스위치(TZEP, CPT)

<table>
<tr><td>내 용</td><td colspan="2">선로변에서 열차 운행에 위험 요소가 발견되었을 때 관계자가 안전스위치를 조작 열차를 정지시켜 승객의 안전을 확보하고, 또한 선로상에서 작업중인 보수자의 안전을 확보하기 위함.</td></tr>
<tr><td>사 진</td><td> 
<TZEP 스위치></td><td> 
<CPT 스위치></td></tr>
<tr><td>설치기준</td><td colspan="2">● 설치위치
- 역구내방호스위치(TZEP) : 승강장에 설치
- 폐색구간방호스위치(CPT) : 폐색표지 기둥에 설치</td></tr>
<tr><td>제품SPEC</td><td colspan="2">● 기능 및 작용
- TZEP : 역구내용이며, 스위치 조작하면 해당구간 열차진입 불가
- CPT : 역간용이며, 스위치 조작하면 해당구간 열차진입 불가</td></tr>
</table>

② 지진계측설비

내 용	경부고속철도 노선 중 장대교량 및 장대터널 등의 주요 취약개소에 지진계측 설비를 설치하여 노선상의 지진동의 정보를 직접 감시할 수 있는 시스템을 구축하여 실시간으로 지진정보를 수집 및 분석하여 일정 수준 이상 검지 시 신속한 경보발령으로 열차의 안전운행과 승객을 보호하기 위한 설비를 구축하도록 한다.
사 진	
설치기준	• 설치위치 - 고속선 구간 21개소 (서울-대전 10개소, 대전-동대구 11개소)
제품SPEC	• 기능 및 작용 - 40gal 이상-65gal 미만: 일단정지 후 지진 통과 시 90 km/h 이하로 운행 - 65gal 이상 : 일단정지 후 지진통과 시 30 km/h 이하로 운행 - 후속열차는 90 km/h, 170 km/h 등으로 단계적으로 속도 향상

제7절 역시설 안전기준(안) 및 해설

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR04 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 : 2007. 06. 08

4. 프로젝트는 선로구조물 안전기준을 작성하여야 한다.

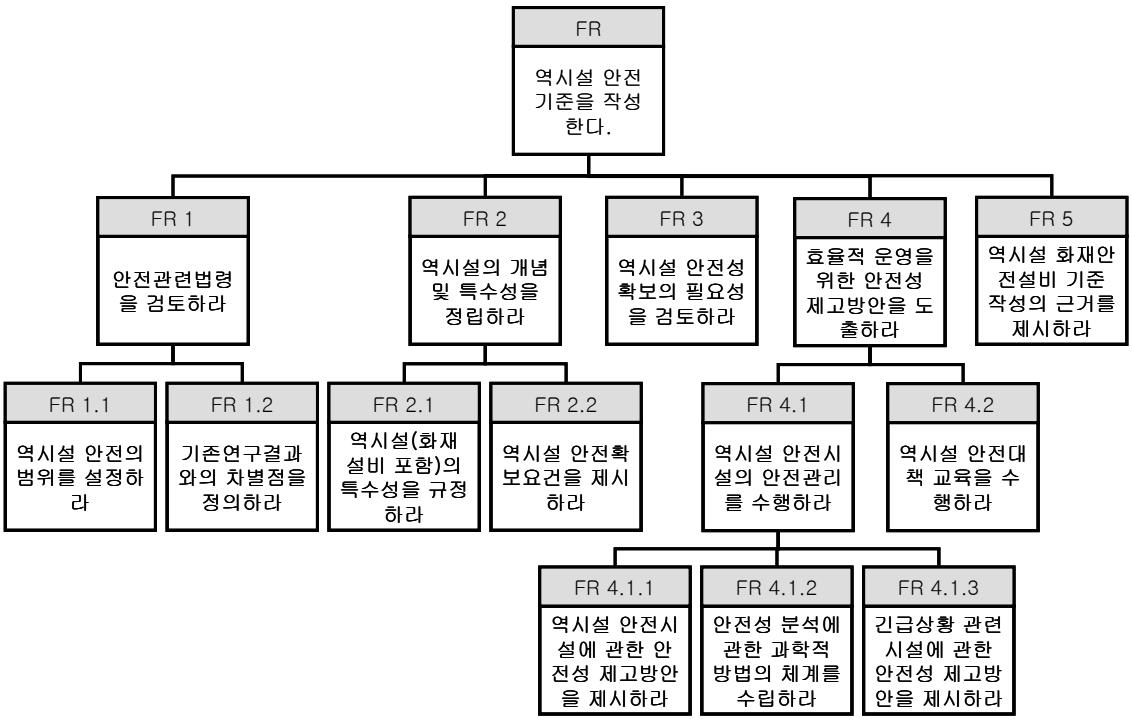
4.4 프로젝트는 역시설(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다. (승강장, 출입구, 방화시설/대책 등)

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 역시설(화재포함) 안전기준(안) 및 해설서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

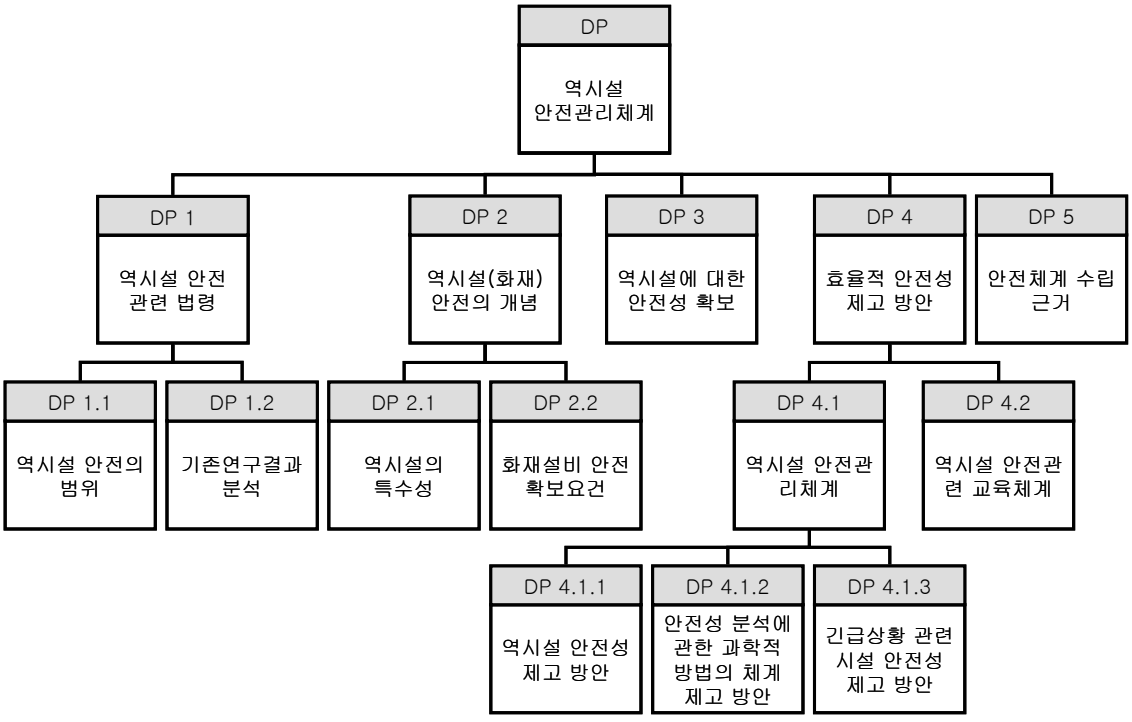
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

최근 도시철도를 포함한 철도 이용객수가 계속 증가하고 있으며(06년 기준 05년 대비 4.5% 증가, 철도공사) 지속적인 노선확장 계획과 더불어 이용승객의 누적수는 계속 증가할 것으로 예상된다. 그러나 해마다 철도 이용 승객은 늘어나고 있는 만큼 안전과 관련된 사고 또한 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 특히, 승강장을 포함한 역사에서 사고가 빈발하고 있다. 이에 사고를 미연에 방지할 수 있는 종합적 기준이 요구되나, 현 안전기준은 이러한 요구를 제대로 반영하지 못한 채 각종 안전사고 발생 후에 사고수습을 하기에 급급하였다. 따라서 역사 및 승강장에서의 안전에 대한 사회적 요구를 반영하여 안전사고를 미리 예방함과 동시에 산재된 법과 규칙간의 상이한 기준을 통일하여 혼란을 없애고, 선진국 수준의 안전기준을 확보함이 요구된다.

역사시설 안전관리 체계 구축은 시스템 요구사항 『SR 4. 프로젝트는 선로구축물 안전기준 작성을 하여야 한다.』 중 『SSR 4.4. 프로젝트는 역시설(화재포함) 안전기준을 작성하여야 한다.』 에 해당하는 내용이다.

나. 관계법령 및 설계기준

본 역사시설 안전기준에 관련된 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완설계 지침 (건설교통부, 2002), 철도설계지침 (한국철도시설공단, 2006) 등 국내에 운영기관별로 산재한 설계기준을 검토하였고 화재를 포함한 장애인, 노약자 관련시설 안전기준을 강화하는 등 기 수행된 연구와 차별화된 연구를 수행하였다. 검토된 국내·외 설계기준 또는 지침을 정리하면 다음과 같다.

(1) 국내 설계기준 또는 지침

- 철도설계지침 (한국철도시설공단, 2006)
- 도시철도 정거장 및 환승 · 편의시설 보완설계 지침 (건설교통부, 2002)
- 도시계획 시설 기준에 관한 규칙
- 편의시설 설계지침
- 건축물 설비기준
- 건축법

· 도시철도건설규칙
· 도시철도법
· 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률
· 승강기제조 및 관리에 관한 법률
· 철도건설규칙
· 철도건설법
· 철도시설 안전기준에 관한 규칙
· 철도안전법
· 환경 · 교통 · 재해 등에 관한 영향 평가법
· 교통약자이동편의시설 설치관리 매뉴얼
· 장애인 안전시설
· 장애인 편의시설(공공교통시설)
· 장애인편의시설 설치방안(내부시설)
· 장애인 편의시설(건축물)
· 장애인 · 노인 · 임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률
· 장애인 복지법

(2) 국외 설계기준 또는 지침
· 일본
- 철도기술기준성령
· 영국
- infrastructure requirements at stations
- infrastructure requirements personal safety in respect of clearances and access
- station planning standards & Guidelines

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

연구 성과물에 대한 전문가 자문회의를 통하여 국내자료와 비교, 외국자료와 비교, 국제규격 부합, 국내규정 부합 등에 관한 검증.

라. 성과물의 내용 및 결과

1) 승강장 길이

승강장의 길이는 유효길이를 확보하여야 한다.

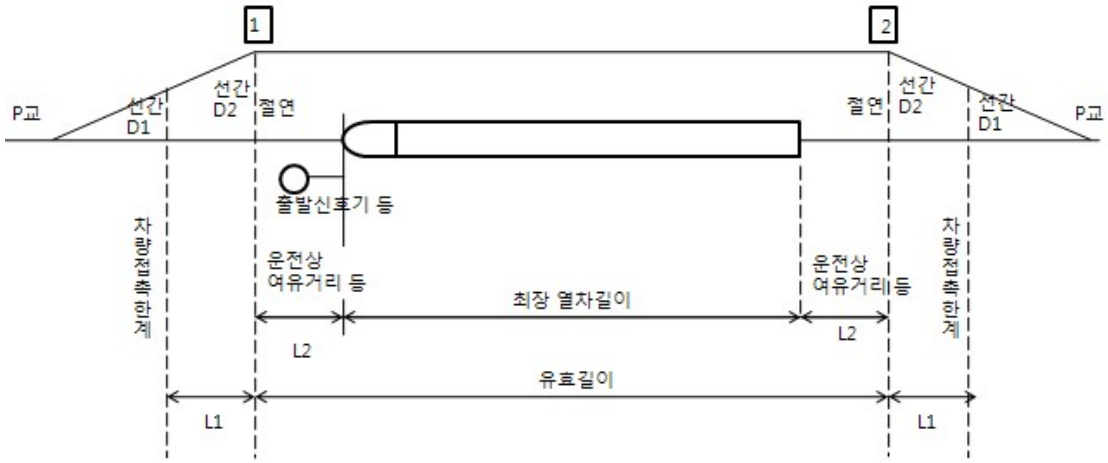
[해설]

승강장은 열차가 정차하는 곳 일 뿐 아니라 승객이 승·하차 하는 공간이다. 예정된 승·하차 공간을 벗어나면 승객이 열차에 안전하게 승차하기 어려우며, 통로나 계단이 열차의 출입구와 바로 연결될 경우, 승강장 대기 승객과 계단 및 통로에서 열차로 바로 진입하려는 승객 사이의 안전사고가 일어날 우려가 있으므로 유효길이를 확보하여야 한다.

승강장은 열차의 발차와 정차가 이루어지고 여객이 승·하차 하는 공간으로 적절한 길이가 마련되어야 한다. 승강장의 길이는 승강장의 단부에서 반대측 단부까지로, 승강장에서 열차가 대피하는 본선의 유효 길이는 대피하는 최장 열차길이에 여유길이를 더한 것으로 한다. 이 여유길이는 열차를 정지시킬 때 여유길이 및 신호보안상 필요한 길이 등이다.

승강장의 유효길이란 통상적으로 열차의 발착에 이용하고 있는 범위로 다음 사항을 고려하여 승객의 원활하고 안전한 승강에 지장이 없도록 하여야 한다.

- ㅇ 승강장은 가장 긴 열차가 정차할 수 있어야 함
- ㅇ 부정확한 열차의 길이까지 허용할 수 있도록 길어야 함
- ㅇ 열차 정지 시 정확도에 대한 오차를 허용할 수 있도록 길어야 함
- ㅇ 일반 정지 위치에서 열차의 양쪽 끝 모두에서 통로에 접근할 수 있어야 함

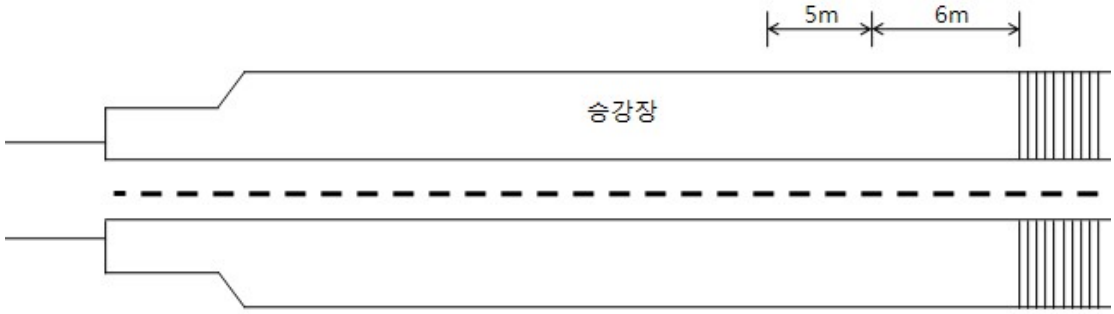


L_1 : 차량 접촉한계 표식에서부터 신호기 및 분계점(레일절연)
L_1, L_2 : 열차가 정지되기까지 필요한 여유 거리 등 운전 취급상 필요한거리
D_1 : 차량 접촉한계 표식을 설치하는 장소의 필요한 궤도 중심간격
D_2 : 레일 절연을 설치하는 장소에 필요한 궤도 중심간격

<그림 3-7-1> 본선의 유효길이

철도설계지침 노반편에는 승강장의 길이를 최장열차 편성길이(1량 × 연결량 수) + 과주여유거리로 하고 있다. 과주여유거리는 전동차 경우 지상구간은 10m, 지하구간은 5m, 일반의 경우 20m를 기준으로 한다.

도시철도의 경우, 열차의 길이에 열차 정차시의 여유 및 전동차 앞·뒷부분의 방향표시 확인을 위한 여유를 고려하여 5m를 추가한 길이로 하고 승강장 단부에 환승통로나 계단이 있을 경우 해당 단부에 별도로 6m를 연장하는 것을 기준으로 한다. 또한 승강장의 유효길이 및 통로의 폭은 당해 노선의 수송수요 및 운전계획 등을 고려하여 정하되, 이에 필요한 세부적인 사항은 국토해양부 장관이 정하여 고시하도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-2> 도시철도 승강장의 유효길이

일본에서는 지선 또는 차량기지 인입선 등 특수한 곳에 설치하는 승강장의 경우에는 이용여객 수, 지형의 특성(승강장 끝에 건널목, 하천 등이 존재하는 경우로 협의에 의해서도 해결이 어려우며 수송력 증강이 긴급을 요한다고 인정되는 경우) 등을 고려하여 그 기준 이하로 할 수 있고, 여객수가 적은 등 원활한 승강에 지장이 없는 경우는 승강장의 유효 길이를 해당 승강장을 이용하는 열차의 길이보다 짧게 할 수 있도록 규정하고 있으며, 이러한 경우에는 안내 방송(차내 방송 포함)을 실시하는 등 여객 전락 등의 위험 방지 조치를 강구하도록 하고 있다. 본선의 유효길이를 다음의 방식으로 산정하고 있다.

○ 일반 선구역

$$EL = a \times N/n + E + S$$

EL : 착발선의 유효길이(m)
a : 화차 1량당 평균길이(m) * 일반적으로 8.0m
N : 선 구역의 견인 정수(열차를 10톤으로 환산한 환산차량수로 나타냄)
n : 화차 1량 당 환산 양수 * 일반적으로 2
E : 기관차 길이(m) * 평균 20m
S : 여유길이(m) * 35m

- 열차정지 위치의 여유 전후 각 10m
- 출발신호 주시거리 10m
- 연결기의 신축여유 5m

※ 화물열차 주행 선구역의 발착장의 유효길이는 최대 편성의 화물 열차를 기준으로 하여, 선 구역을 통해 표준치를 구한다.

<표 3-7-1> 견인 정수별 표식 유효길이

견인 정수	유효길이(m)	견인 정수	유효길이(m)
130	600	100	460
120	550	80	380
110	500	70	340

ㅇ 여객차 전용선

EL = a × N + E + S

EL : 착발선의 유효길이(m)
a : 화차 1량당 평균길이(m) * 일반적으로 20m
N : 선 구역의 견인 정수(열차를 10톤으로 환산한 환산차량수로 나타냄)
E : 기관차 길이(m) * 평균 20m
S : 여유길이(m) * 35m
- 열차정지 위치의 여유 전후 각 10m
- 출발신호 주시거리 10m

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완설계 지침
- 도시철도건설규칙 제34조
- 한국철도시설공단, 철도설계지침(건축편)
- 한국철도시설공단, 철도설계지침(노반편)
- 일본 철도기술기준성령
- 영국 안전기준

2) 승강장 폭

승강장의 폭은 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 승강장 폭은 예상되는 최다 승객을 수용할 수 있어야 하며 승객들의 이동에 방해가 되는 장애물은 없어야 한다.
2. 승강장 내 구조물, 열차의 통과속도 등에 따라 승강장의 승객안전을 확보할 수 있는 조치가 강구되어야 한다.

[해설]

승강장은 승·하차인원 및 대기인원의 추락, 전도 및 실족 등의 안전사고가 발행할 수 있으며 이를 예방하기 위하여 충분한 안전폭을 확보하여야 한다.

1. 승강장의 폭은 승강장의 형식, 계단의 위치, 피크시 최대 승·하차인원, 열차운행시격 및 열차종별 등을 고려하여야 하며 특히 예상되는 최다 승객을 수용할 수 있어야 한다.

(1) 승강장의 폭 산정

승강장 폭은 피크시 승·하차 인원을 고려하여 폭원을 산정하여야 한다. 철도설계지침 건축편에서 승강장의 최소폭은 다음과 같이 제시하고 있으며, 제시된 값 이상이 되도록 한다.

가) 고상승강장

ㅇ 섬식승강장

- 섬식승강장 최소폭원 : 9.55m
  - · 에스컬레이터 : 3.55m(유효폭 1.2m 상·하행 각 1대씩 2대 설치)
  - · 기둥, 벽, 건축마감 등 : 1.0m
  - · 승강장 통로 폭원 : 4.0m(통로 2.0m × 2개소)
  - · 양쪽 안전펜스 : 1.0m(0.5m × 2개소)

※ 단, 부득이한 경우(에스컬레이터 유효폭이 0.8m인 경우) 승강장의 최소폭원을 8.74m 이상으로 할 수 있음

○ 상대식 승강장

- 상대식승강장 최소폭원 : 6.55m

・에스컬레이터 : 3.55m(유효폭 1.2m 상・하행 각 1대씩 2대 설치)

・기둥, 벽, 건축마감 등 : 1.0m

・승강장 통로 폭원 : 2.0m

・양쪽 안전펜스 : 0.5m

※ 단, 부득이한 경우승강장의 최소폭원 을 5.74m 이상으로 할 수 있음

나) 저상승강장

○ 섬식승강장

- 섬식승강장 최소폭원 : 8.55m

・고상홈 섬식 승강장의 최소폭원(9.55m)에서 양쪽 안전펜스 폭(1.0m)제외

※ 단, 부득이한 경우승강장의 최소폭원을 7.74m 이상으로 할 수 있음

○ 상대식 승강장

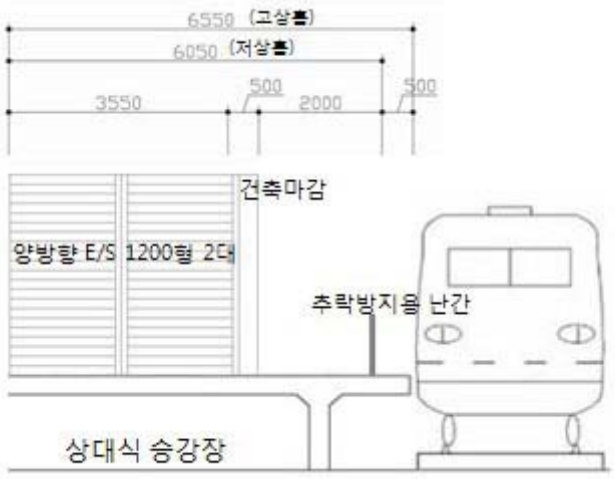
- 상대식승강장 최소폭원 : 6.05m

・고상홈 상대식 승강장의 최소폭원(6.55m)에서 한쪽 안전펜스 폭(0.5m)제외

※ 단, 부득이한 경우승강장의 최소폭원 을 5.24m 이상으로 할 수 있음



<그림 3-7-3> 철도설계지침의 섬식 승강장 폭



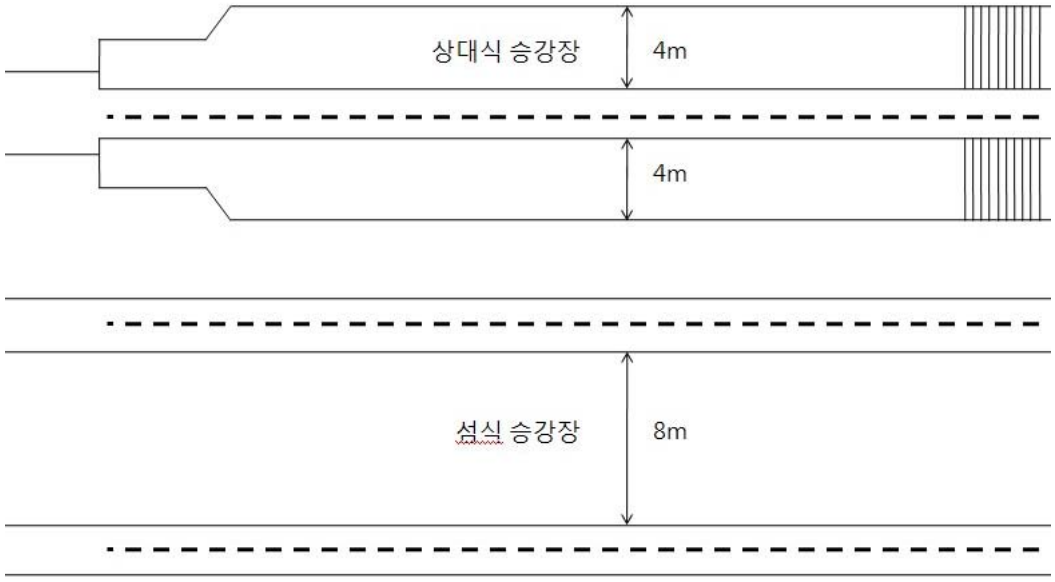
<그림 3-7-4> 철도설계지침의 상대식 승강장 폭

도시철도의 경우, 도시철도건설규칙 제31조에 따라 다음 기준과 같이 규정한다.

ㅇ 본선과 본선사이에 설치된 승강장의 경우에는 8m 이상

ㅇ 본선의 양옆에 설치된 승강장의 경우에는 4m 이상

다만, 승강장 끝단 등 승객의 이동이 적은 부분과 유효길이 이상의 연단부에서는 승강장 폭을 여건에 따라 최소폭 이하로 할 수 있다.



<그림 3-7-5> 도시철도의 승강장 폭 예

고속철도 및 일반철도의 경우 한국철도시설공단 철도설계지침의 노반편과 건축편에서 제시하고 있는 승강장 폭 산정 기준을 고려하여 적정한 폭을 산정한다. 도시철도의 경우 한국철도시설공단 철도설계지침의 노반편과 건축편 및 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침에서 제시하고 있는 폭 산정 기준을 만족하여야 하며 피크 시 승객 폭주로 인한 혼잡도를 줄이고 계단 및 에스컬레이터 등이 설치뒤는 부분에는 최소폭원을 만족하여 안전한 이용을 도모하여야 한다. 특히 지하역사의 경우에는 다음을 고려하여야 한다.

- ㅇ 에스컬레이터가 설치되는 승강장 부분만을 특별히 확폭하여 승강장 연단에서 에스컬레이터가 가장자리까지의 거리가 2.5m 이상 확보되는 경우에는 확폭한 치수만큼 승강장 폭을 완환하여 적용한다.
- ㅇ 승강장 기둥폭이 1m가 넘어 승강장 연단의 추락방지용 난간에서 기둥 가장자리까지 거리가 1.5m 이상 확보되는 않을 경우 부족한 치수만큼 승강장 폭을 확대 적용한다.

일본에서는 보통철도 및 특수 철도의 승강장 최소폭은 보행자 한 사람의 점유폭 0.75m에서 '두 사람이 함께 통과할 수 있는 폭 1.5m'를 기본으로 다음과 같이 규정하고 있다.

- ㅇ 양측을 사용하는 경우에는 중앙부를 3m, 단부를 2m이상

○ 한쪽을 사용하는 경우에는 중앙부를 2m이상, 단부를 1.5m 이상

신칸센의 승강장 폭은 하차객에 의한 유동 폭원, 승차객에 의한 운집 폭원, 상가 주폭, 역원의 통행 및 열차풍 대피폭등을 고려하여 다음을 따른다.

○ 양측을 사용하는 경우에는 9m 이상

○ 한쪽을 사용하는 경우에는 5m이상

○ 곡선 승강장의 경우 단부에서는 양쪽을 사용하는 경우에는 5m 이상

○ 곡선 승강장의 경우 한쪽을 사용하는 경우에는 4m 이상

열차풍과 대피폭의 관계에 대해서는 재래 도카이도센에서 현행 홈을 따라서 최고 통과 속도로 생각되는 95.km/h인 것에 대하여, 도호쿠혼센 시라오카-구키 구간에서의 각종 시험결과에서 백선의 위치(약0.8m)에서의 열차풍은 9～12m/sec로 추정된다. 신칸센에서 통과 홈 상(=250㎞/h)의 열차풍도 9m/sec정도로 억제하면 그 위치는 승강장 가장자리에서 2.4m의 위치가 되므로 다소의 여유를 주어 승객의 열차풍에 대한 대피폭을 2.5m로 하였다.

이 경우의 여객의 통로폭은 0.5m가 된다. 그러나 실제로는 고속으로 통과 열차를 운전하는 선로를 따라서 설치된 홈에는 열차의 통과 시 여객에게 위험을 초래하지 않도록 방호 설비가 설치되어 있다.

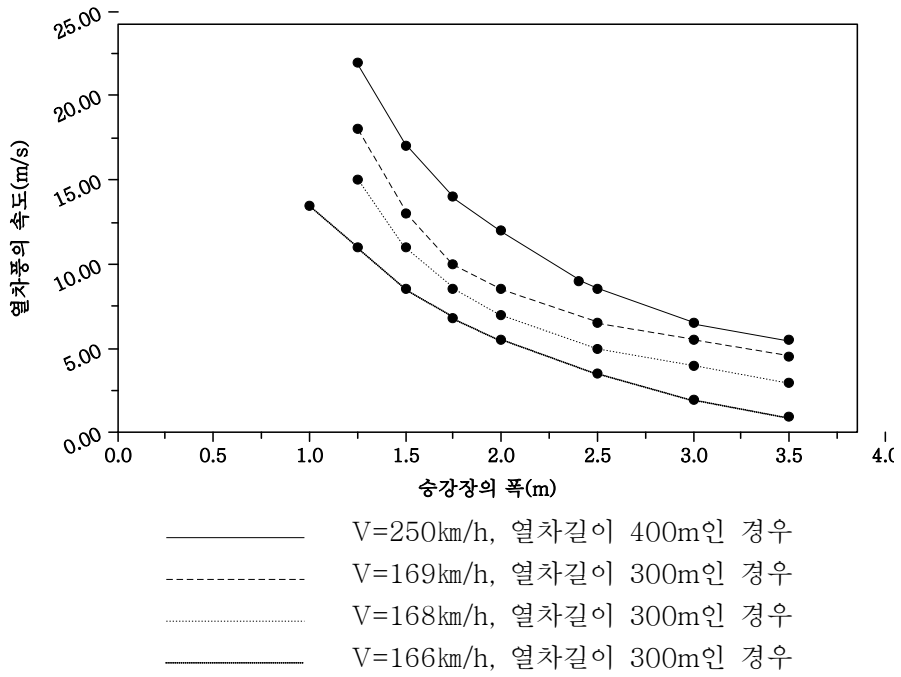
통과 열차가 없는 경우에는 계단의 폭원을 가능한 크게 하기 취하므로 여객의 일시적인 체류는 있어도 열차풍의 영향은 적기 때문에 2.5m까지 감소할 수 있다.

$$\text{기본식 } u = \left\{1-\left(\frac{\delta}{y}\right)^{n}\right\}$$

여기서, V = 열차 속도 250km/h

n = 0.09

$\delta = \alpha \cdot Xm$ (α=0.92, m=⅓, X=400m)



<그림 3-7-6> 도카이도 신칸센의 열차풍(최후미 통과 시)

영국의 경우, 통과열차의 속도 165㎞를 기준으로 하여 승강장의 최소폭을 제시하고 있으며 다음과 같다.

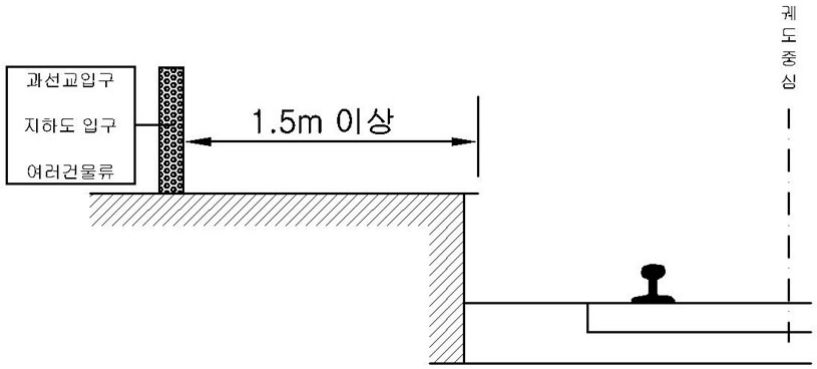
- ㅇ 탑승면이 하나인 승강장의 경우에는 3m 이상
- ㅇ 탑승면이 중앙인 승강장의 경우에는 6m 이상

(2) 승강장 내 장애물

승강장에서 승객의 이동을 원활하게 하기 위해 승강장 연단에서 일정거리 이내에는 구조물 및 장애물의 설치를 금하고 있다.

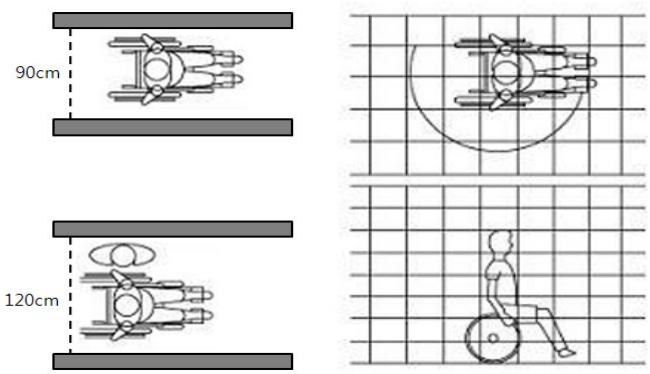
철도건설규칙 제28조에 따라 승강장에 세우는 조명전주·전차선전주 등 각종 기둥은 선로쪽 승강장 연단으로부터 1.0m 이상, 승강장에 있는 역사·지하도·출입구 등 벽으로 된 구조물은 선로쪽 승강장 연단으로부터 1.5m 이상의 거리를 두어야 하며 도시철도건설규칙 제31조 제2항에 따라 승강장의 연단으로부터 너비 1.5m, 높이 2m 이내의 공간에는 승객의 실족·추락방지시설, 대피시설 등 안전시설 외에는 기둥·계단 등 어떠한 시설도 설치하여서는 안된다.

철도설계지침 건축편에는 승강장 연단으로부터 건축물 각 부분까지의 수평거리는 1.5m 이상으로 하여야 하며 특히, 전철 승강장의 경우 승강장 연단으로부터 계단부까지 2.5m 이상 이격하여 승강장 통행에 지장이 없도록 하고 있다.



<그림 3-7-7> 승강장 연단과 장애물간의 간격

일본 보통열차 및 특수열차의 승강장에 있는 기둥류와 승강장 단부와의 거리는 1m 이상으로 한다. 통과 열차의 속도가 일정 기준 이상인 경우 승강장의 폭을 넓혀 승객이 열차 진입풍을 피할 수 있도록 해야 하고, 스크린도어 등을 설치한 승강장에서는 스크린도어 등과 과선교, 지하도, 대합실 등과의 거리는 서있는 사람이 있어도 휠체어로 통행할 수 있는 폭 및 열차에 휠체어의 방향을 바꾸어 승강할 수 있는 폭을 확보하기 위해 1.2m 이상으로 규정하고 있다. 가능하다면 보행자와 휠체어가 스쳐 지날 수 있도록 1.4m이상 확보하는 것이 바람직하다.



<그림 3-7-8> 휠체어 통행공간 예

신간센의 경우, 승강장 연단과 기둥류의 최소거리는 2m로 정하고 있다. 또한 승강장에 있는 과선교구, 지하도구 대합실 등과 승강장 연단의 거리는 2.5m(통과 열차를 운전하는 선로의 승강장은 3m)이상으로 하고 있다.
영국에서는 자동판매기, 전화기, 현금입출금기 등은 통행 흐름에 방해가 되지 않게 배치하고 있다. 또한 승강장에 부득이하게 장애물을 설치할 경우에는 승객의 이동에 지장이 없도록 일정한 간격을 두고 설치하도록 하고, 승객을 위한 편의시설 설치 시에도 승객의 예상 동선을 고려하여 설치함으로써 승객의 이동에 불편함이 없도록 해야 한다고 규정하고 있다.

2. 국내에는 열차속도에 따른 안전대책에 대한 규정이 없으나 일본은 보통 열차의 승강장에서 130㎞/h를 넘는 속도로 통과하는 열차가 있는 경우에는 통과하는 열차의 속도, 차량 형상에 따라 다음 중 하나의 조취를 강구하도록 하고 있다.

ㅇ 가동식 홈 철책 등의 설치
ㅇ 열차가 통과할 때는 여객이 홈에 나오지 않도록 조치를 강구함
ㅇ 홈 담당자에 의한 여객에의 주의 환기 등에 의해 여객의 안전을 확보

계단부 설치 시 승강장 폭을 일정하게 하기 위하여 계단부위는 승강장 연단으로부터 폭을 넓혀 충분한 공간(최소 2.5m 이상)을 확보해야 한다. 특히 구조물에 의해 승강장 연단까지의 폭이 협소 한 곳은 승·하차 공간 부족, 대기공간의 부족, 통행에 어려움이 있을 뿐 아니라 추락, 전도 등과 같은 안전사고가 우려되므로 안전펜스 또는 스크린도어와 같은 안전설비를 설치하여야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도
[참고기준]

- 철도건설규칙 제28조
- 도시철도건설규칙 제31조 제2항
- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완설계 지침
- 한국철도시설공단, 철도설계지침(건축편)
- 일본 철도기술기준성령
- 영국 안전기준

3) 승강장 높이

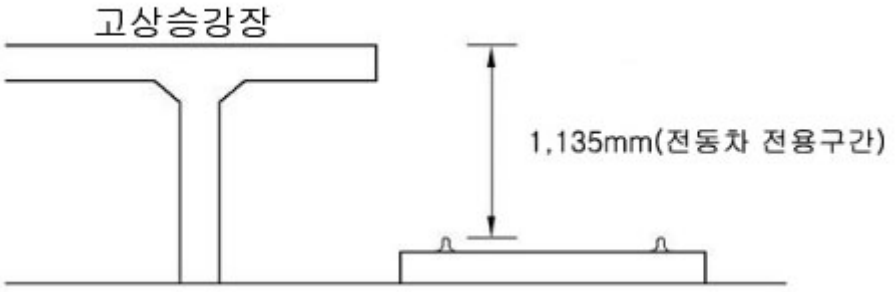
승강장 연단 높이는 해당 선로에 주행하는 열차를 고려하여 결정되어야 한다.

[해설]

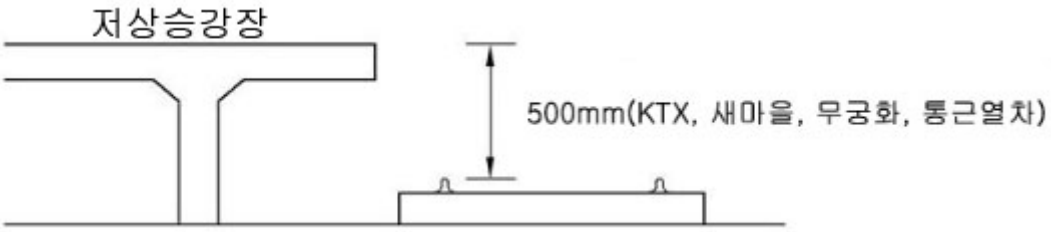
승강장의 높이는 레일 윗면으로부터 승강장 연단까지의 높이를 말한다.

높이차를 확인하지 못하고 열차에서 승·하차하는 경우 발생하는 안전사고를 미연에 방지하고 휠체어나 유모차를 이용하는 승객의 원활한 승강을 도모하여야 한다.

고속철도 및 일반철도가 운행되는 저상승강장의 높이를 레일윗면으로부터 500㎜로 하고, 전동차 전용선 구간인 고상승강장의 높이는 레일 윗면으로부터 1,135㎜로 하는 것을 표준으로 한다.



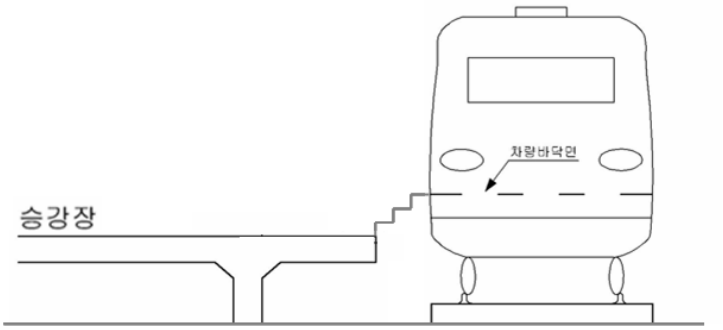
<그림 3-7-9> 고상승강장 높이



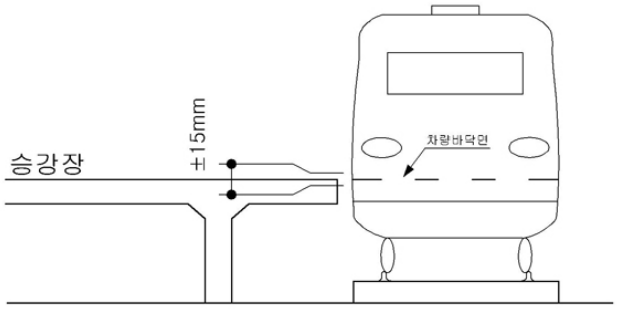
<그림 3-7-10> 저상승강장 높이

승강장과 차량승강구 바닥면의 높이는 가능한 평평할 필요가 있으며 승강장의 높이는 승객의 안전하고 원활한 승강을 고려하여 차량 승강계단 바닥면 높이 이하로

해야 한다. 도시철도의 경우 승강장의 마감 높이는 승강장면과 차량바닥면간의 차가 ±15㎜ 이내가 되는 것을 기준으로 하고 있다.

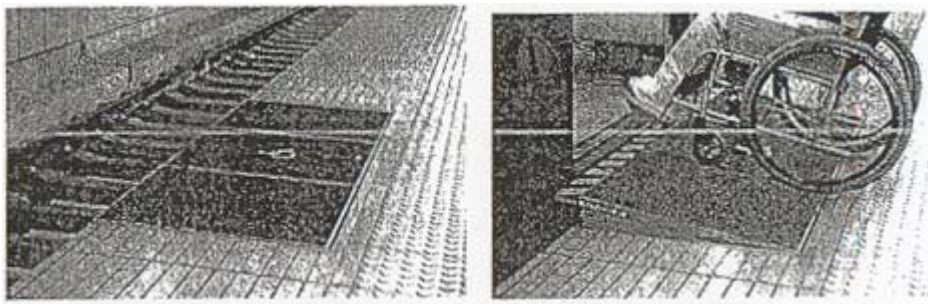


<그림 3-7-11> 고속철도 및 일반철도의 승강장과 차량 승강계단



<그림 3-7-12> 도시철도의 경우, 승강장과 열차 바닥면의 단차

일본에서는 부득이하게 단차가 있는 승강장의 경우, 휠체어가 안전하게 열차에 탑승할 수 있도록 승강장과 차량과의 단차를 해소하기 위한 방법으로 가동식 슬로프를 설치하는 등의 조치를 취하고 있다.



<그림 3-7-13> 가동식 슬로프의 예

또한, 승강장의 높이는 차량 바닥 높이와의 차이가 가능한 적으면서 바닥면보다 낮은 것이 바람직하므로 장시간의 사용으로 인한 차륜 및 레일 마모를 고려하여 설정하여야 한다. 곡선형 승강장의 경우, 승강장 표면에 배수 구배가 발생할 수 있다. 이 경우 구배는 1% 이상 생기지 않도록 하는 것이 필요하다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도
[참고기준]

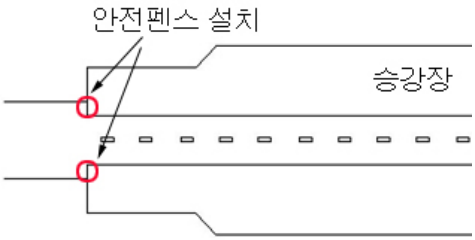
- 철도건설규칙 제28조
- 도시철도설계규칙 제28조
- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완설계 지침
- 일본 철도기술기준성령

4) 승강장 끝단

평상시 선로에 연결되는 승강장 끝단은 승객들이 선로에 진입할 수 없도록 진입통제설비를 설치하여야 하며, 비상시에는 개폐가 가능하도록 한다.

[해설]
승강장 끝단은 선로에 진입할 수 있는 공간으로, 승객의 진입으로 인한 사고 및 추락의 위험을 방지하여야 한다.

본선터널의 출입구 부분, 철도교량의 양끝부분 또는 외부인의 무단침입으로 철도사고의 발생가능성이 있는 선로 등의 철도시설에는 진입통제설비를 설치하거나 위험하다는 표시를 해야 하며 필요한 경우 안전성분석 결과에 따라 영상감시장치를 설치하여야 한다. (화물열차를 대상으로 안전펜스 설치관련사항 추가 여부)

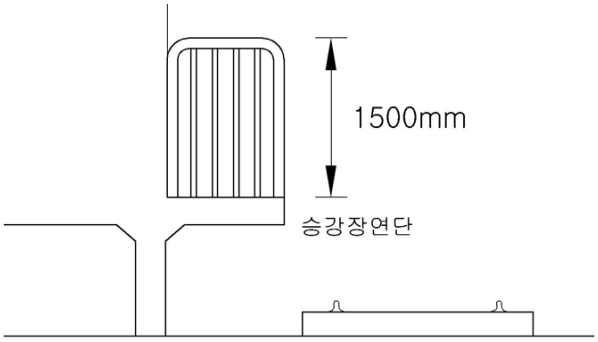


<그림 3-7-14> 승강장 끝단 안전펜스 설치위치의 예



<그림 3-7-15> 승강장 끝단 진입통제설비 설치의 예

영국의 경우 승강장 끝단에 1,500㎜ 높이의 방벽을 설치하도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-16> 승강장 끝단 펜스 설치 높이의 예

지하 역사의 경우, 승강장 끝단에 설치하는 안전설비는 무단침입 등을 방지하기 위하여 평상시에는 폐쇄하여야 하나 화재 및 비상시에는 대피로로 이용되므로 개폐가 가능하도록 하여야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 철도시설 안전기준에 관한 규칙 제33조
- 도시철도건설규칙 제72조

5) 승강장 연단

승강장의 연단 부분은 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 승강장의 연단으로부터 안전을 확보할 수 있는 경계 표시를 하여야 하며 무정차 통과 열차 운행 시 열차 속도에 따른 추가 경계선 및 안내표시를 하여야 한다.
2. 승강장 연단부에 미끄럼 방지용 마감재를 사용하여야 하며 시각장애인이 승강장 가장자리를 감지할 수 있도록 점자블록을 설치하여야 한다.

[해설]

승강장 연단은 승·하차가 원활하도록 배려하여야 할 필요가 있다.

연단 경계 표시가 없으면 추락 및 실족 등의 안전사고가 발생하며 장애인들의 승·하차에 영향을 주게 되므로 별도의 표식이 마련되어야 한다.

1. 승강장 연단은 안전을 확보할 수 있도록 단의 노면 가장자리 부분과 그 주위 부분의 색이나 밝기 등의 차이를 두어 경계표시를 하여 열차 진입시 열차에 치이거나 마찰에 의한 사고를 방지하도록 한다.

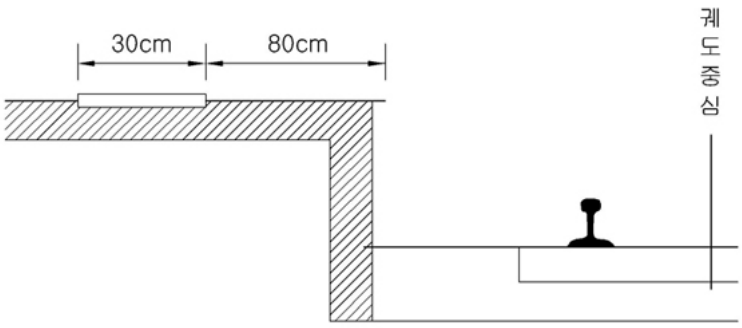
일본에서는 무정차 통과 열차가 있는 경우 통과 열차의 속도에 따라 안전거리를 설정하고 통과 열차 속도에 따라 승강장 연단에 추가 경계선을 표시하도록 하도록 규정하고 있다.

영국의 경우, 연단은 밝은 색으로 명확히 표시하도록 하고 있으며 열차의 속도가 165㎞이상으로 통과하는 역에는 승강장 연단에서 1m 이상 떨어진 곳에 추가 안전선을 설치하도록 규정하고 있다.

2. 승강장의 연단은 비나 눈 등으로 젖은 경우에도 여객이 잘 미끄러지지 않도록

표면이 평활하고 미끄럽지 않아야 한다. 연단은 미끄럼 방지를 위하여 고무혼합 타일, 고무제 타일, 원형돌기 타일, 수지모르타르 타일, 수제지 타일, 흠이 있는 타일 등의 미끄럼 방지용 마감재를 사용하도록 한다.

시각장애인이 승강장의 구조에 대해 인식할 수 있도록 표면을 입체로 처리하여 사고를 예방하여야 한다. 교통약자의 이동편의증진법 시행규칙에 의하면 승강장의 가장자리로부터 0.3m ~ 0.9m 내에 위험방지를 위하여 점자 블록을 설치하도록 규정하고 있으며, 철도설계지침 건축편에는 승강장 가장자리로부터 80㎝ 이상 떨어진 곳에 폭 30㎝ 의 주의환기용 바닥마감재를 설치하도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-17> 점자블록의 설치위치

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 일본 철도기술기준성령
- 교통약자의 이동편의증진법 시행규칙
- 한국철도시설공단의 철도설계지침 건축편

6) 승강장 안전설비

승강장내 승객의 안전을 확보하기 위하여 다음과 같은 안전설비의 설치를 검토하여야 한다.

1. 승강장 연단에는 적정한 높이의 안전펜스 또는 스크린도어를 설치하여야 한다.
2. 승강장 연단과 차량과의 간격은 5㎝ 이하여야 하며 승강장과 차량 간격이 10㎝가 넘는 부분에는 실족방지를 위한 안전발판을 설치하여 한다.
3. 승강장 내 상황을 실시간 감시할 수 있는 영상감시장치를 설치한다.

[해설]

승강장에서 승·하차를 위한 공간을 제외한 곳에서 승객의 추락, 전도 및 실족을 미연에 방지하고 승·하차시 열차와 승객간의 안전간격을 확보하기 위하여 안전설비를 설치하여야 한다. 또한 안전사고 발생 시 신속한 대응을 하기 위하여 필요 장소에 영상감시장치를 설치하여야 한다.

1. 안전펜스 또는 스크린도어의 설치

(1) 안전펜스

도시철도의 경우에는 승강장에 승객의 안전사고를 방지하기 위하여 안전펜스 혹은 스크린도어 중 어느 하나에 해당하는 안전시설을 설치하여야 한다.

하지만 현재 국내 안전펜스의 설치에 관한 규정은 각 법령 및 지침에 따라 차이를 보이고 있으며 이는 다음과 같다. 각 법령과 지침을 참고하여 안전펜스는 최소 1.2m 높이로 설치함이 바람직한 것으로 판단된다.

- ㅇ 건축법 시행령 제40조 : 옥상광장 또는 2층 이상의 층에 있는 노대 기타 이와 유사한 것의 주위에는 높이 1.2m 이상의 난간을 설치하여야 한다.
- ㅇ 교통약자 이동편의시설 설치·관리 매뉴얼
  : 추락할 우려가 있는 승강장의 경우에는 그 양끝부분에 승강장의 바닥면으로부터 높이 1.1m~1.5m 이하의 추락방지용 난간을 설치하여야 한다. 다만, 당해 끝부분에 계단이 설치되어 있는 경우에는 그러지 아니하다.
- ㅇ 장애인법 : 높이 1.2~1.5m의 추락방지용 난간을 설치한다.

승강장에 안전펜스 등을 설치하는 경우에는 승강장 내 부대시설 배치 상황, 여객의 혼잡도, 유동 상황, 차장의 시야 확보 등을 고려하여 일정한 간격으로 설치하되, 안전펜스의 설치가 승객의 승, 하차에 지장을 주어서는 안된다.

(2) 스크린도어

스크린도어란 지하철이나 경전철 승강장 위에 선로와 격리되는 고정벽(스크린)과 가동(可動)문을 설치해 차량의 출입문과 연동하여 개폐되도록 하는 승강장 안전지원 장치 또는 유사시스템을 말한다. 전동차가 승강장 홈에 완전히 멈추어 서면 전동차 문과 함께 열려 승객의 추락 및 전동차 접촉 방지, 역무원 인력의 절감, 열차의 무인 운전 가능 승객 유동성 향상 및 고속통과 운전 가능, 차량 강풍 방지와 방음·방진(防塵) 효과를 통한 승강장의 쾌적성 유지, 열차 화재시 방연(防煙) 효과 역환기탑 및 기계실의 축소 등의 효과를 기대할 수 있다.

승객의 안전을 도모하기 위하여 다음의 경우에 설치할 수 있다.

- ㅇ 승객이 집중되어 인파에 밀려 승객의 안전이 위협받는 경우(서비스수준 E 등급 이하 0.2~0.3㎡/인 경우)
- ㅇ 고속주행열차를 동일 승강장에서 취급하여 대기승객의 안전이 위협을 받는다고 판단될 때

승객이 전동차와 스크린도어 사이에 끼는 것을 방지하기 위하여 도시철도건설규칙 제30조는 승강장의 연단으로부터 스크린도어의 출입문까지의 거리를 10㎝ 이내로 제한하고 있다. 다만, 승강장의 구조가 곡선인 경우 스크린도어 제어를 위한 설비와 감시용 모니터가 설치되는 승강장의 양끝지역, 도시 철도의 여객 운송차량과 화물 운송차량을 함께 운용하는 선로구간의 승강장인 경우에는 승강장의 연단으로부터 스크린도어의 출입문까지의 거리를 10㎝ 이상으로 할 수 있다.

스크린도어의 설치로 인하여 열차의 탑승객, 승강장 대기 인원이 역의 정보를 파악하는데 곤란하지 않고 쉽게 올라갈 수 없는 충분한 높이를 지녀야 하고, 되도록이면 승강장에서 승강장 천장까지의 높이를 스크린 도어의 설치 높이로 하는 것이 바람직하다.

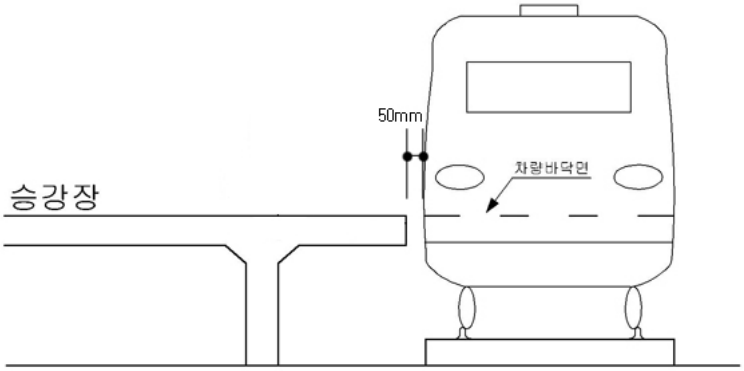
승객이 전동차와 스크린도어 사이에 끼었을 경우 이를 감지하여 승무원과 역무원

에게 인지시킬 수 있는 경보장치를 설치하여야 하고 화재발생 등 비상상황이 발생하는 경우 수동으로 출입문을 열 수 있도록 규정하고 있다.
승강장의 구조와 승강장의 바닥구조물의 강도를 고려하도록 규정하고 있으며 영국의 경우, 승객들의 혼잡으로 인한 충격 하중(crush loading)을 견딜 수 있도록 설계기준을 제시하고 있다. 스크린도어 설비의 재질을 도시철도 차량 안전기준에 관한 규칙 제10조제1항의 규정에 의한 불연재료 또는 동조 제3항의 규정에 의한 재료를 사용하도록 제한하고 있다.



<그림 3-7-18> 스크린도어 설치 예

2. 승강장 연단과 차량 바닥 또는 발판 연단의 간격은 차량의 주행에 지장을 주지 않는 범위 내에서 가능한 한 작게하는 것이 바람직하지만 승강장에 따른 곡선, 차량의 문 위치 등을 고려하여 계획해야 한다.
차량의 좌우 진동을 통해서 승강장 연단과의 충돌이 발생하지 않고 휠체어를 이용하는 승객이 불편함이 없어야 하므로 승강장과 차량과의 간격은 5cm 이하로 한다.
곡선 승강장의 경우, 철도건설규칙 제29조와 도시철도건설규칙 제33조에 따라 곡선에 의한 치수를 가산하여 설치하고 곡선으로 인한 승강장의 연단과 차량과의 간격이 최소화되는 위치를 선정하여 장애인의 탑승위치를 표시하도록 한다.



<그림 3-7-19> 승강장과 열차와의 간격

도시철도의 경우 차량과 승강장 연단의 간격이 10cm가 넘는 부분에는 안전발판 등 승객의 실족을 방지하는 설비를 설치하도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-20> 안전발판 설치의 예

일본의 경우, 승강장 간격에 대한 경고표시의 설치 및 방송 등을 통하여 승객의 주의를 환기시키고 있다.

3. 승객들의 움직임, 안전사고 발생 및 비상시 상황을 빠르게 파악하고 신속하게 대처하기 위해 안전설비 이외에 영상감시장치를 설치하여 실시간 감시가 이루어지도록 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

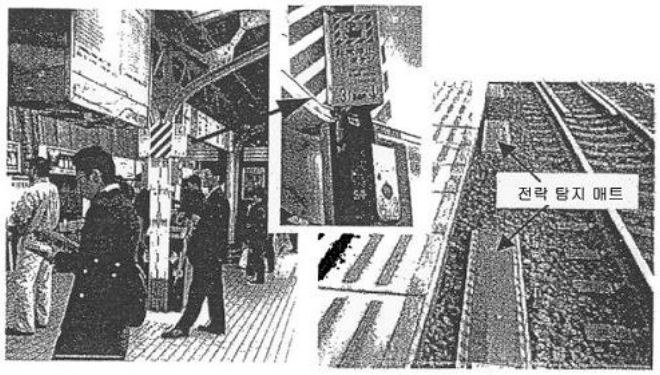
- 철도시설 안전기준에 관한 규칙 제33조
- 도시철도건설규칙 제 30조, 제33조
- 철도건설규칙 제29조
- 건축법 시행령 제40조
- 건설교통부, 교통약자 이동편의시설 설치・관리 매뉴얼
- 도시철도 차량 안전기준에 관한 규칙 제10조
- 일본 철도기술기준성령

7) 대피장소

승강장에 접한 선로에서의 비상시 대피를 위하여 고상승강장 아래에 적정한 크기의 여유 공간을 마련하여야 한다.

[해설]

고상승강장 아래의 대피 공간에 대해서는 단속적이지만 승강장 전장에 걸쳐 추락한 승객이 용이하게 대피할 수 있어야 한다. 일본의 경우, 승객의 실족 및 추락을 미연에 방지하여 승객의 전락사고를 예방하고, 승객의 전락사고 발생 후 안전하게 대피할 수 있도록 승강장 아래 대피공간을 확보하는 등 사고 발생 후의 대책을 마련하도록 하고 있다. 또한 안전펜스를 설치하지 못하는 경우에는 비상정지버튼, 승강장 밑 대피공간을 확보하는 등 사고 후의 대책을 마련함으로써 승객의 안전을 도모해야 한다. 승강장의 구조 등의 이유로 인하여 대피 공간을 설치할 수 없는 경우에는 선로에서 승강장으로 올라갈 수 있는 계단을 마련하거나, 비상정지 버튼, 추락 탐지 매트를 설치하여 승객의 안전을 도모해야 한다.



<그림 3-7-21> 비상정지 버튼과 전락탐지매트

[적용범위] 도시철도

[참고기준]

- 일본 철도기술기준성령

8) 대합실

대합실은 혼잡도를 완화하고 승·하차 동선을 원활하게 하기 위해 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 일반통행인 동선과 승객 동선을 분리하여 승객 흐름을 원활히 한다.
2. 기둥, 매표소, 집개표구 등은 원활한 동선 흐름을 고려하여 배치한다.
3. 대합실 내 단차가 있는 경우, 장애인 및 노약자의 이용에 지장이 없도록 조치를 취하여야 한다.
4. 장애인의 편의를 위하여 점자블록 설치하여 각 장소로 쉽게 이동할 수 있도록 한다.

[해설]

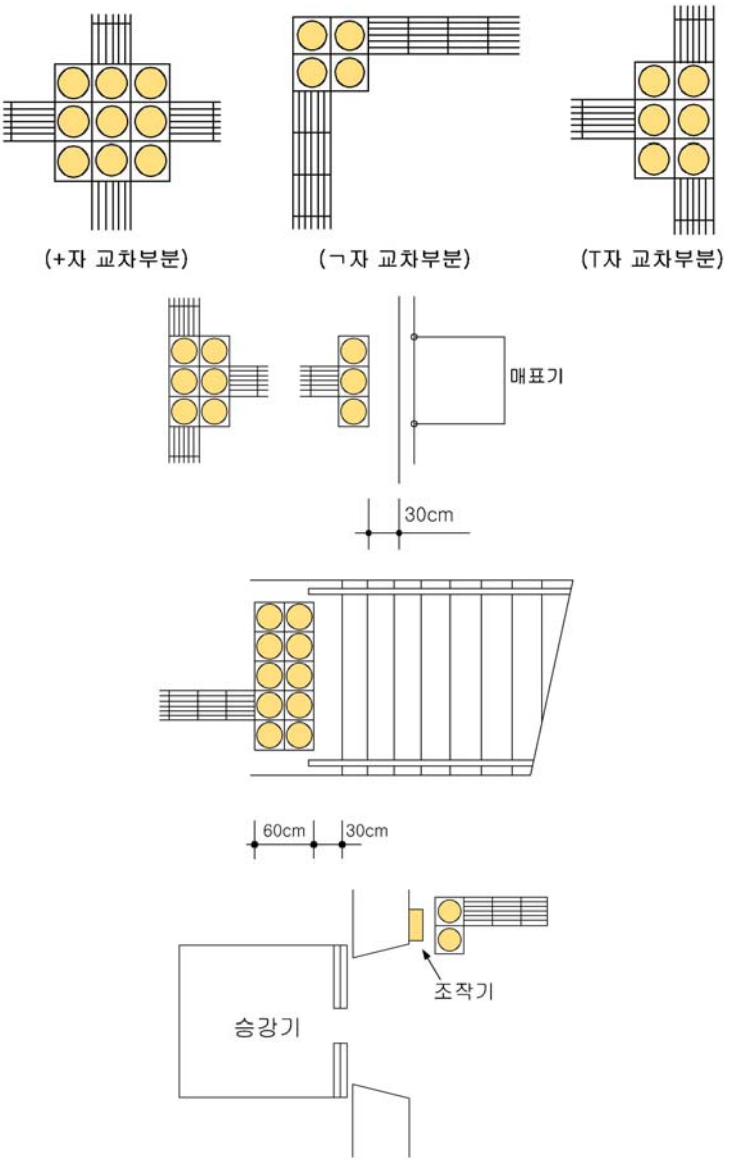
대합실은 승객이 승차를 목적으로 열차를 기다리며 체류하는 공간이며 역사 내 편의시설을 이용하기 위한 공간으로 승객이 편리하고 안전하게 역의 모든 시설을 이용할 수 있도록 하여야 한다.

1. 일반통행인 동선과 승객 동선을 가급적 분리하여 혼잡을 방지하고 승객 흐름의 교차와 막다른 동선을 최대한 억제한다. 부득이하게 혼재하는 공간은 충분한 여유를 두고 계획한다.

2. 기둥 크기 및 간격은 원활한 동선 흐름을 고려하여 배치한다. 또한 매표소, 집·개표구의 전후 공간을 충분히 확보하여 승객의 대기 행렬이 승객의 유동에 방해가 되지 않도록 한다. 또한 시각장애인의 통행에 방해가 되는 돌출물은 가급적 통로에 설치하지 않고, 기둥이나 벽의 모서리 등은 둥글게 하거나 45°또는 60°로 모따기를 하는 것이 바람직하다.

3. 대합실 내 동일층에는 원칙적으로 단차를 두지 않도록 하여야 하나 부득이하게 단차를 두어야 할 경우에는 경사로를 설치하도록 하며 위험 방지 측면에서 표면이 원활하고 미끄럽지 않아야 한다. 장애인 및 노약자들의 미끄러짐을 방지하기 위하여 집·개표구 부분과 계단의 시·종점부 등 미끄럼이 우려되는 장소에서는 미끄럼 방지 마감재를 사용한다.

4. 시각장애인 점자블록은 방향을 유도하거나 위험 등을 알려주는 주의환기용으로 사용된다. 점자블록은 출입구에서 개찰구를 거쳐 승강장에 이르는 경로에 유도동선을 설정하는 선형블록과 계속적인 이동에 경고를 발해야 하는 장소에 부설하는 점상블록이 있다. 시각장애인용 유도 블록은 시각장애인의 유도 등에 가장 유효한 수단으로 주변 상황을 고려하여 계획하여 보행하기 하여야 한다.



<그림 3-7-22> 점자블록 설치의 예

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편
- 영국 안전기준

9) 집 · 개표구

집·개표구는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

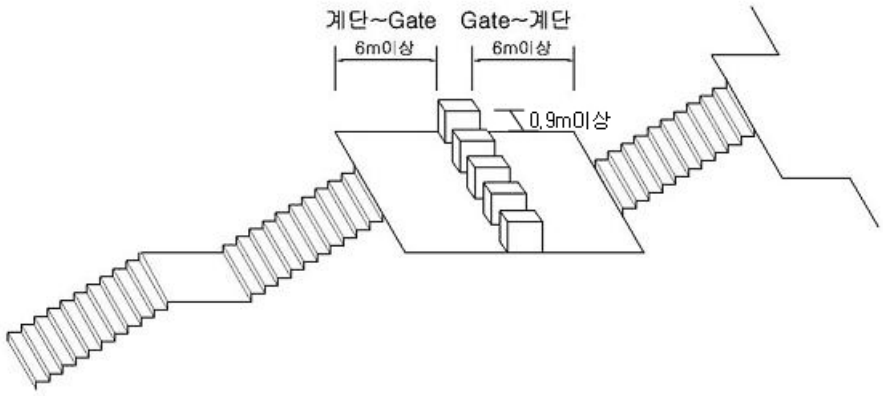
1. 매표소와 집·개표구의 전후공간을 충분히 확보하여야 한다.
2. 장애인용 집·개표구를 최소 1개 이상 설치하여야 하며, 집·개표구와 전면 계단은 충분히 이격한다.
3. 집·개표구는 양방향 개폐가 가능하도록 한다.

[해설]

집·개표구는 차량 이용의 시작이자 끝을 내는 곳으로서, 승객이 최단시간 내에 쾌적하게 움직일 수 있게 계획되어야 하며 대합실이나 승강장에 장시간 체류하지 않게 하는 것이 중요하다.

1. 집·개표구는 일방향 집중 배치하고, 방범셔터 내에 설치한다. 장래 확장 및 비상시를 고려하여 설치 line당 개표구 및 집·개표구는 각 각 2대의 여유를 둔다.

2. 폭 0.8m 이상의 자동 집, 개표구를 1개소 두어 휠체어 사용자뿐만 아니라 유모차 이용객, 부피가 큰 짐을 소지한 승객 등의 출입구로 사용한다.
도시철도의 경우 집개표구와 전면계단은 6m 이상 이격하여 혼잡을 방지하며, 집·개표구 및 계단 앞 10m 이내에 지장물 설치를 금지하도록 기준으로 하고 있다.



<그림 3-7-23> 도시철도의 경우, 계단과 개표구의 간격

일본의 경우, 집·개표구는 휠체어 사용자 기타 고령자, 신체장애인 등이 용이하게 개폐하고 통과할 수 있는 구조여야 하고, 그 중 1개 이상은 유효폭이 80㎝이상이여야 한다고 규정하고 있다. 또한 개찰구의 개수는 주간 교통 중 가장 혼잡한 5분간을 기준으로, 입구 및 출구부분은 따로 계산한다.

3. 출·퇴근 혼잡시간대의 경우, 하차한 다수의 승객과 승차하려는 소수의 승객간의 충돌이 일어나는 경우가 발생하므로 집·개표구는 양방향 개폐가 가능하도록 하고 집·개표구의 일방향이 가능케 하여 승객의 이동이 신속하고 빠르게 이루어질 수 있도록 하여 대시기간을 줄이고 안전사고를 미연에 방지하도록 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 일본 철도기술기준성령
- 한국철도시설공단의 철도설계지침 건축편

10) 안내표지 및 안내설비

역을 이용하는 승객에게 유용한 정보를 제공하는 안내표지 또는 안내설비를 설치하여야 하며 안내표지 또는 안내설비는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 안내표지에 설치하는 내용은 쉽게 이해할 수 있어야 하며 모든 환경에서 명확히 인지될 수 있어야 한다.
2. 안내표지에서 정보를 찾는 승객들이 다른 승객들의 이동흐름을 방해하지 않도록 설치하여야 한다.
3. 역 이름이 포함된 안내판은 조명시설을 갖추어 야간에도 명백히 알아 볼 수 있어야 한다.
4. 시각 또는 청각장애인이 정보를 이용할 수 있는 안내표지 또는 안내설비를 설치하여야 한다.
5. 역사 및 승강장내에서 공지방송 및 안내방송을 명확히 청취할 수 있도록 방송설비를 마련해야 한다.

[해설]

안내표지 및 안내설비는 역 진입로 및 역 내·외부에 설치하여 승객 및 공중에게 역의 위치, 방향을 알려줄 뿐 아니라 열차의 접근, 도착, 출발 정보 등을 승객에게 알려주는 장치로 목적하는 방향과 장소로 원활히 이동할 수 있도록 유도 및 안내할 필요가 있다. 이러한 안내표지 및 안내 방송은 방문객을 목적지에 빠르고 정확하게 도달하게 만든다.

1. 역사는 다중이 이용하기 때문에 안내표지는 이용자가 최소한의 이동으로 목적하는 방향과 장소로 원활히 이동할 수 있도록 정확한 유도 및 안내 정보 전달이 이루어지도록 모든 승객이 쉽게 이해하도록 하여야 한다. 눈에 잘 띄는 곳에 설치하여 평상시에 안내 내용을 미리 숙지할 수 있도록 하여 비상시 빠르게 대처할 수 있도록 한다. 또한 주변색과 조화되면서 인지도를 높이기 위해 문자, 기호, 그림 등이 주변의 색이나 밝기를 고려하여야 한다.

2. 안내표지를 이용하기 위해 승강장 또는 통로에 멈춰서야 하는 경우 승객의 동선에 방해가 될 수 있으므로 승객의 동선에 영향을 주지 않는 곳에 설치하는 것이 바람직하다.

영국의 경우, 안내 표지가 광고물에 가리지 않도록 적절한 위치와 장소에 설치되어야 하고, 식별이 충분히 가능하도록 설치하도록 규정하고 있다. 또한 역의 이름을 나타내는 안내 표지는 열차의 문이 열리는 곳에 설치하여 열차에 탑승하고 있는 승객의 하차시 역의 이름을 쉽게 파악할 수 있도록 규정하고 있다.

일본에서는 승객에게 유용한 정보를 제공하고 적절하게 유도 안내하기 위한 설비로 유도사인, 위치사인, 안내 사인, 규제 사인 등을 설치하도록 하고 있으며 안내표지는 피난시 통로가 되는 부분의 노면에서 높이 1.5m 이하의 위치에서 간격 100m 이내 마다로, 식별이 충분히 가능하도록 설치하는 것으로 하고 있다.



<그림 3-7-24> 유도 사인의 예



<그림 3-7-25> 위치 사인의 예



<그림 3-7-26> 안내 사인의 예



<그림 3-7-27> 규제 사인의 예

3. 야간에도 명백히 인지되도록 충분한 조명시설을 갖추어 승객의 접근이 용이하도록 하여야 한다. 조명장치를 갖춘 안내표시는 명도의 차이를 더욱 크게 하여 인지도를 높일 수 있다. 조명장치를 하면 반사, 영락등으로 인한 피해를 줄일 수 있으며 조명으로 명도를 높이면 노약자 등의 약시자와 청각장애인에게 유리하다.

4. 시각장애인의 시설이용 편의를 위하여 주출입구 부근에 점자안내판, 촉지도식 안내판, 음성안내장치 또는 기타 유도신호장치를 1개 이상 설치해야 하고, 청각장애인의 시설이용 편의를 위해서 청각장애인 등의 이용이 많은 곳에는 전자문자안내판 또는 기타 전자문자안내설비를 설치하여야 한다. 점자안내판의 경우 정거장의 내·외부계단 양측 벽체에 설치되는 계단 손잡이에 점자 표시판을 부착하여 호선, 정거장명, 출입구 방향, 계단 오르내림 표시, 열차 진행 방향 등의 점자표시, 혹은 음성 안내장치를 설치하여 시각장애인의 이용에 있어서 편의를 제공하여야 한다. 또한 계단에 설치되는 점자표시는 계단의 시작과 끝지점, 방향전환지점 등에는 손잡이에 층안내 등의 점자표시를 부착해야하고, 손잡이를 360° 둘러싸도록 하도록 규정하고 있다. 에스컬레이터만 설치할 경우에는 전·후 공간 300mm 전면에 경고용 점자타일을 설치하며, 계단과 병행되는 경우 유도용 점자타일을 계단의 방향으로 설치한다. 설치위치는 휠체어 리프트를 제외한 모든 외부출입구 및 내부 계단의 양측 벽, 계단 손잡이 시 · 종점부에 설치하는 것이 바람직하다.

5. 승강장에 있는 승객을 대상으로 열차의 접근을 문자 등으로 경고하기 위한 설비가 마련되어야 하며 비상시 승객들의 원활한 피난 행동 및 재해 진입을 통제할 수 있는 방송설비를 마련하여 승강장 내 공지방송 및 안내방송을 명확히 청취할 수 있도록 하여야 한다. 단 전기 설비가 없는 경우 기타 기술상의 이유로 인하여 부득이한 경우에는 그러하지 아니하다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률 시행규칙 별표2
- 교통약자의 이동편의증진법 시행령 및 동시행규칙
- 영국 안전기준
- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편

11) 역광장

역 광장은 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 역내로 승객이 안전하게 접근할 수 있어야 한다.
2. 긴급차량이 안전하게 접근할 수 있어야 한다.

[해설]

역 광장은 철도의 이용편의를 위하여 철도간의 환승뿐만 아니라 철도와 타 교통수단과의 원활한 환승을 위한 기본공간으로서의 역할을 수행해야 한다.

1. 도로차량이 안전하게 역으로 진입할 수 있어야 하며 안전하게 도로차량을 타고 내릴 수 있도록 도로교통, 보행자, 그리고 열차의 분리가 이루어져야 한다. 또한 버스, 택시 등을 이용해 철도로 환승하기 편리하도록 안전한 승, 하차를 제공하도록 하여야 한다.
또한 장애인이 쉽게 접근할 수 있도록 안전통행접근로가 출입구까지 연결되어야 하며 고령자, 장애인. 임산부 등 모든 사람이 가능한 한 단독으로 여객시설의 외부에서 내부로의 접근, 차량에의 승차까지 연속성이 있는 무장애 이동 동선이 되어야 한다.

2. 비상시 긴급차량이 안전하게 접근함으로서 사고에 빠르게 대처하도록 한다. 또한 비상시 구호활동을 위한 응급차량 및 소방차 등의 접근이 용이하도록 최소한의 면적을 확보하여야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 전철

[참고기준]

- 영국 안전기준
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편
- 한국철도시설공단의 철도설계지침 건축편

12) 침수방지설비 및 배수설비

역 및 승강장 내 침수방지설비는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

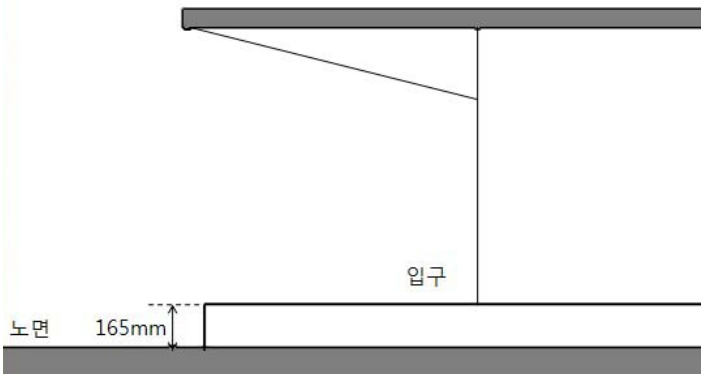
1. 역에는 침수 방지설비 및 필요한 배수량에 따른 배수설비를 갖추어야 한다.
2. 우천 시 빗물이 지하역사 내로 흘러들지 않도록 지면 출입구 부분을 보도면보다 충분히 높게 시공하여 빗물의 유입을 막는 등의 조치를 취해야 한다.
3. 환기구 등을 통해 빗물이 흘러 들어오지 않도록 계획해야 한다.

[해설]

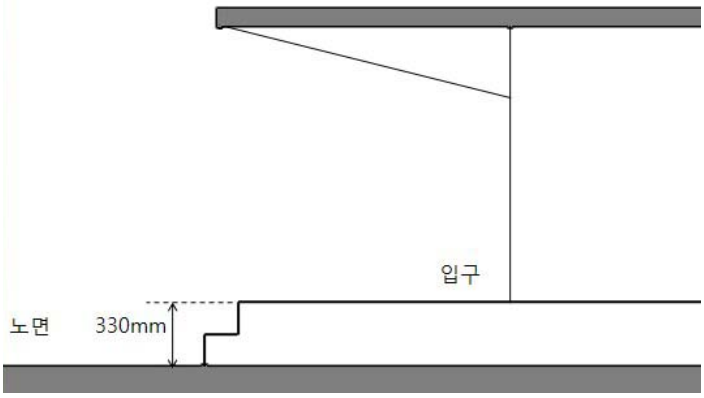
우천 시 또는 홍수 등으로 인해 지하역사 내에 대량의 물이 유입되는 것을 방지하기 위하여 침수방지설비 및 배수설비를 설치하여야 한다.

1. 지하역 내 및 터널 등에 유입되는 물 및 구체로부터의 누수량을 가정하여 그에 맞는 기능의 배수설비가 마련되어야 한다.

2. 역의 각 입구는 폭우 시 개구부로 유입되지 않도록 주변상황을 고려하여 보도면보다 상향 조정한다. 도시철도의 경우 일반지역의 계단은 기존보도 높이에서 1단(165㎜) 높게 침수가능지역의 계단은 2단(330㎜) 높게 시공하며 여건변화로 노면배수가 곤란할 때를 대비하여 출입구 전면 개구부에 긴급차단시설을 설치할 수 있는 시설물은 반영해야 하며 긴급차단시설의 높이기준은 보도면에서 1m로 하여 예상치 못한 폭우 등에 대비할 수 있도록 빗물차단 막을 설치하도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-28> 일반지역의 침수방지



<그림 3-7-29> 침수가능지역의 침수방지

3. 침수가능지역에서는 환기 덕트의 지상개구부로 우수가 유입되지 않도록 보도면에서 1m 이상의 돌출형으로 계획하거나 돌출형의 설치가 곤란한 경우에는 별도의 차수시설을 설치하고, 도로상 등에 설치하는 경우에는 개구부의 높이가 설계수위 이하가 되는 경우 구내에 침수방지 철문을 설치한다. 일반지역에서는 환기 덕트의 지상개구부 주변의 지상면을 구배조정하여 우수가 유입되지 않도록 계획한다.

컴퓨터 관련시설・전자기기가 설치되어 침수시 큰 피해가 우려되는 실은 상층바닥, 당해실의 벽, 개구부 등을 방수구조로 한다. 화재층에서 방사된 물이 아래층으로 침수되지 아니하도록 층마다 특별피난계단의 전실 입구 등에 유도수로를 마련하고 각층의 바닥을 관통하는 설비배관의 슬리브는 충분한 길이를 확보한 방수구조로 한다. 동일한 층에서도 엘리베이터 홀 및 특별피난계단의 전실의 바닥 마감 레벨을 다른 부분보다 높게 한다. 특별피난계단과 엘리베이터 샤프트는 계단이나 샤프트 내에 물이 들어가지 않도록 하고, 만일 물이 들어갔을 경우를 대비하여 지하층의 배수펌프 용량은 충분히 확보하여야 한다.
선로가 지하에 있을 경우 소화 작업으로 물이 선로에 차 있지 않도록 충분한 배수용량의 배수설비를 갖추어야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도
[참고기준]
- 도시철도 정거장 및 환승・편의시설 보완 설계지침
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편

13) 통제실

통제실은 공공장소와 분리되어야 하며 관계자 외의 출입을 통제하여야 하며 다음 각 호를 고려하여야 한다.

1. 1개 이상의 역을 1개의 통제실에서 관리할 수 있으나 비상시를 대비하여 각 역마다 통제실이 설치되어야 한다.
2. 비상상황을 포함한 역 및 승강장을 감시할 수 있는 감시체계가 구축되어야 한다.
3. 모든 화재 탐지 장치는 통제실과 연결되어야 한다.
4. 비상 시 내·외부와의 연락방법, 응급반 집결지와의 연락 방법등에 대한 수단이 강구되어야 한다.

[해설]

통제실은 역사의 운행, 통제 등을 위한 시설이 설치되어 있는 공간이다. 일반승객의 이용 공간 또는 동선과 분리되어 주로 승무원과 관계자들만 접근이 허용되며 허가 없이는 승객의 출입을 금지할 수 있는 적절한 조치가 마련되어야 한다.

1. 역 통제실이나 통제지점은 외부로부터 비상통로를 거쳐 쉽게 긴급 구조가 이루어질 수 있어야 하며 비상시에 제 기능을 수행할 수 있도록 하여야 한다. 통제실의 경우 1역 1통제실 시스템을 구축해야 하며, 부득이한 경우 1통제실이 여러 역을 관리할 수 있으나, 그 감시 및 통제의 효율성이 감소되는 것을 고려하여 결정하도록 한다.

2. 통제실에서는 긴급 상황 및 비상사태 발생 시 이를 빠르게 파악하고 다른 기관에 연락을 취하여 이에 대응을 쉽게 할 수 있도록 긴급 상황 정보시스템을 구축하고 있어야 한다. 이를 위하여 긴급운영 정보시스템, 시청각 경보와 역에 구비된 기타 모든 화재 안전장치를 조절하고 통제할 수 있는 장치, 긴급 서비스 지시 장치, 역내 직원간의 통신시설, 기타 선로시스템과 긴급 서비스 장소를 비롯한 외부 기관과의 통신시설, 적절히 구분된 방송시설, 에스컬레이터·수평 보행기·승강기·매표소·기타 승객의 편의를 도모하는 장치 운영 및 통제 감시시설, 다양한 환기 모드를 선택하고 통제할 수 있는 시설, 비상구/계단 등 평상시에 잘 이용되지 않는 역내 공공장소에 대한 영상감시장치 및 모니터 시설이 마련되어야 한다.

3. 모든 화재 감지 시스템은 역의 중앙 화재 경보 시스템과 연결되어 있어야 하며, 기계실내 직원들에게 화재 경보 발효를 경고할 수 있는 효율적인 시설이 구비되어야 한다.

4. 비상 시 내·외부와의 연락방법, 응급반 집결지와의 연락 방법등에 대한 수단이 강구되어야 하며 다음을 고려하여야 한다.

- ㅇ 사고수습 또는 복구 작업을 하는 때에는 인명의 구조 및 보호에 가장 우선순위를 둘 것
- ㅇ 사상자가 발생한 경우에는 철도안전법 제8조의 규정에 의하여 수립한 비상대응계획에서 정한 절차에 따라 응급처치, 의료기관에의 긴급이송, 유관기관과의 협조 등 필요한 조치를 신속히 할 것
- ㅇ 철도차량 운행이 곤란한 경우에는 비상대응절차에 따라 대체교통수단을 마련하는 등 필요한 조치를 할 것

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 영국 안전기준
- 철도안전법 제8조

14) 출입구 및 문

모든 출입구는 명확히 표시되어야 하며 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

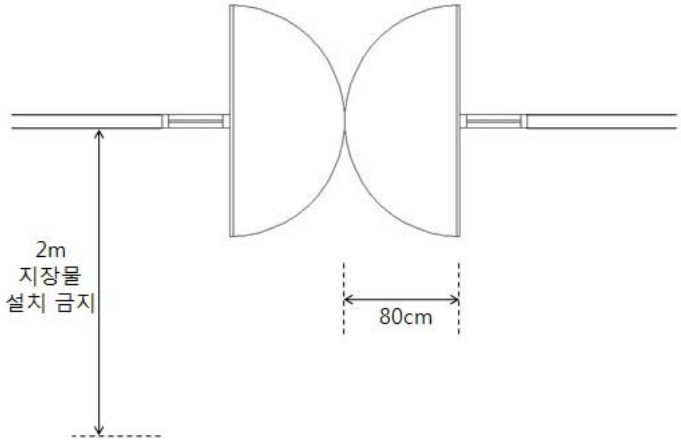
1. 역내 혼잡 지역과 통로에는 출입구 설치를 피한다.
2. 출입구는 비상시 이용될 수 있도록 안전지대로 연결되도록 하고, 화재와 연기로부터 보호되어야 한다.
3. 장애인 및 노약자의 이용이 편리한 구조여야 한다.
4. 출입구를 지상보도에 설치하는 경우 지상보행로의 폭을 고려한다.

[해설]

1. 역사 주요 지역과 승객 통로에는 모두 출입문 설치를 피해야 한다. 승객들이 이동 및 활동하는 구역에 문을 설치하여 이동에 방해가 되지 않아야 하지만, 특별히 구별이 필요한 경우나 승객의 이동을 통제해야 할 필요가 있는 구역에서는 문을 설치할 수 있다. 에스컬레이터, 수평보행기, 승강기 출구 인근에 설치할 경우 이동에 영향을 받아 뒤쪽에서 접근하는 승객들과의 접촉 위험이 생기므로 문을 설치하지 않도록 한다.
또한 출입구는 광장, 역사 관련 사업시설과 연계교통수단에서 접근되는 곳의 성격(규모, 색상, 볼륨 등)을 달리하여 배치할 수 있다. 이용인원이 많은 역사의 출입구는 콘코스 및 대합실의 이용인원을 고려하여 2개소 이상 설치하며, 비상시 피난을 고려한 출입구 폭을 확보하되 일정거리를 두고 배치한다.

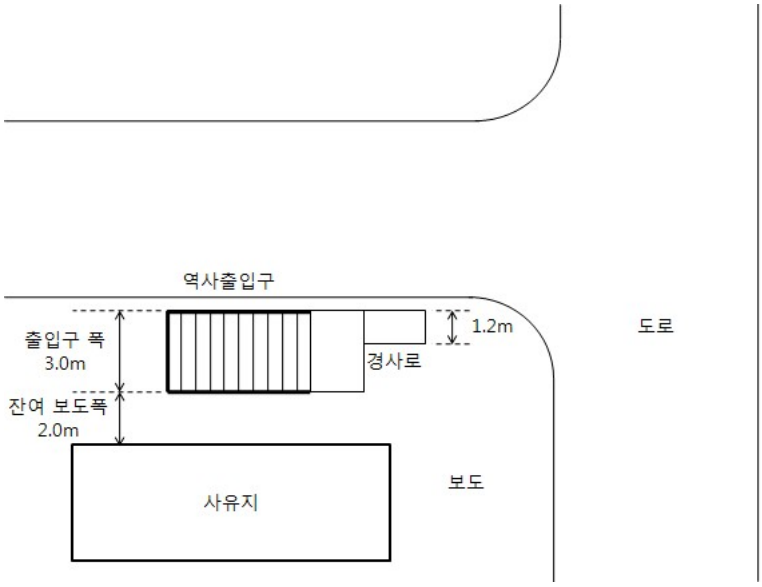
2. 출입구는 비상시에 이용될 수 있는 안전지대로 연결되어 있어야 하며 역사 외부로 연결되어야 한다. 출입구는 화재와 연기로부터 보호될 수 있어야 하며, 탈출 경로로 사용될 경우 화재와 완전히 분리될 수 있는 안전한 지역으로 연결되어 있거나, 역사 바깥으로 연결이 되어 화재 진압이 지연되는 경우에도 안전에 영향을 주지 않도록 하는 것이 바람직하다.

3. 자동으로 개폐되는 구조 또는 휠체어를 이용하는 장애인 및 노약자 등이 용이하게 개폐하고 통과할 수 있는 구조여야 한다. 또한 장애인들이 쉽게 출입할 수 있도록 단차가 없어야 하며 단차가 있는 경우에는 장애인 및 노약자의 이용이 편리하도록 계단과 병행하여 경사로를 설치한다. 이때 경사로의 최소 유효폭이 1.2m 이상이 되도록 하고 있다.
출입구에는 많은 여객이 일시에 집중되는 현상이 자주 발생되므로 충분한 폭을 확보해야 하며 병목현상이나 장애인이 출입하기 어려운 회전문등은 설치하지 않아야 한다. 출입구의 폭은 휠체어를 이용하는 승객을 고려하여 설계하도록 하고, 문의 구조는 노약자, 장애인이 쉽게 열수 있는 구조로 하여야 한다.
출입문의 유효폭은 90cm 이상으로 하여야 하나 구조상의 이유로 인해 부득이한 경우에는 80㎝ 이상으로 할 수 있다. 또한 문 앞 2.0m 이내에는 지장물이 없어야 한다.



<그림 3-7-30> 출입문 부근 지장물 설치 금지 구역

4. 출입구를 지상보도에 설치하는 경우, 도시철도건설규칙 제35조에 준하여 출입구를 제외한 지상보행로의 폭이 2m 이상이 되도록 하고 출입구의 최소폭은 3m 이상되어야 하나 부득이한 경우 2m 이상으로 하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 에스컬레이터와 병행 시에는 1.5m 이상이어야 하고, 보도상에 설치할 경우 잔여 보행폭은 2.0m 이상으로 한다.



<그림 3-7-31> 외부 출입구 폭과 잔여 보도폭

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편
- 도시철도건설규칙 제35조
- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 교통약자 이동편의시설 설치·관리 매뉴얼

15) 피난로 및 피난설비

피난로 및 피난설비는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 비상시 역 및 승강장에서 안전한 구역으로 피난할 수 있는 통로, 출입구, 계단 등이 확보되어야 한다.
2. 승강장에서 터널로 통하는 진입로의 경우, 비상시 쉽게 대피할 수 있도록 적정 너비와 안전시설을 마련하여야 한다.
3. 비상시 역 및 승강장에서 안전한 피난을 위해 유효하게 작동할 수 있는 유도등, 비상조명등 등과 같은 적절한 피난설비를 갖추어야 한다.
4. 유도등, 비상조명등은 정전시에도 일정시간 동안 전력이 공급되어야 하고 일정 조도 이상의 밝기를 지녀야 한다.

[해설]

피난로는 비상시의 인간심리 및 생리를 고려하되, 장애인등 재해약자를 배려하여야 한다. 화재 등 긴급상황 발생에 대비한 대피 및 방재시설은「소방법」및「소방시설 설치유지및안전관리에관한법률」,「국가화재안전기준(NFSC)」등의 규정을 준수하도록 하고 있다.

1. 피난로는 비상시 쉽게 접근 할 수 있도록 승강장과 가깝고 외부와 직접 연결되는 위치에 설치하여야 한다. 지하3층 이하의 승강장에는 승강장과 지상을 계단으로 직접 연결하는 별도의 특별피난계단을 설치하도록 하고 있다. 도시철도의 경우, 도시철도건설규칙 제35조의 2 에 준하여 본선과 본선 사이에 설치된 승강장에는 1개소 이상, 본선의 양옆에 설치된 승강장에는 승강장별로 각 1개소 이상의 특별피난

계단을 설치하여야 한다. 또한 방화구역이 설정되어 있지 아니한 경우는 제연(除煙)시설을 두도록 하며 비상사태 발생시, 장애인의 대피 시설은 '소방기술기준에 관한 규칙'을 준용한다.
일본에서는 다른 둘 이상의 피난통로 출입구 중에서 하나의 피난 통로로의 출입구는 승강장의 50m 이내에, 그 외 피난통로 중 하나의 피난통로의 출입구는 승강장의 다른 끝 쪽에서 50m 이내에 설치하도록 하고 있으며 승강장의 각 부분에서 피난로까지의 거리는 100m 이하로 한다.

2. 도시철도건설규칙 제72조는 승강장에서 터널로 통하는 진입로는 너비가 90㎝ 이상이 되어야 하며, 비상시 여객이 쉽게 대피할 수 있도록 계단 등 안전시설을 설치하도록 규정하고 있다.

3. 정전 또는 비상시를 대 비하기 위해 승객이 안전하게 역사를 빠져나갈 수 있도록 유도등, 비상조명등과 같은 피난설비를 설치하여야 한다.

4. 승강장・대합실・통로・계단 등에는 평상시에는 항상 켜져 있고, 정전되었을 경우 60분 이상 계속하여 켜질 수 있는 유도등을 설치하여야 하며, 비상조명등은 화재로 인한 연기 속에서도 뚜렷하게 보여야 한다. 도시철도의 경우, 비상조명등은 바닥의 평균조명도(照明度)가 5lux 이상 60분 동안 계속 켜질 수 있어야 하고, 일반 철도의 경우 10lux 이상 60분 동안 계속 켜질 수 있어야 하며, 터널안의 비상조명등은 바닥으로부터 1m 이상 1.5m 이하의 높이, 20m 이내의 간격에 설치하여야 한다.
정거장에는 화재, 사고 등 비상 대피 시 고객이 휴대할 수 있는 비상손전등을 보행거리 25m이내마다 3개 이상을 설치하고, 설치높이는 바닥에서 0.8m 이상 1.5m 이내로 하고 어둠속에서 위치확인이 가능하도록 비치할 것과 건축물에서의 재해발생시 피난자들의 원활한 피난 행동 및 재해 진입을 통제할 수 있는 방송설비통제실을 구축하고, 모든 지하역사에는 층별 2대 이상의 인명구조용 공기호흡기를 설치한다.

유도등 및 비상조명등의 형식승인 및 검정기술기준은 소방시설 설치유지 및 안전

관리에 관한 법률 제35조 및 동법 시행령 제37조의 규정에 의거 소방방재청고시 제2005 ~ 96호 및 97호에서 규정하고 있다.
일본 철도기술성령에 따르면 비상조명등은 피난로 바닥의 평균조명도가 5럭스 이상의 밝기를 유지하도록 설치되어야 하고, 표식은 노면에서부터 높이 1.5m 이하 위치에, 간격 100m 이내마다 식별이 충분히 가능하도록 설치하도록 규정하고 있다.

철도설계지침 건축편에는 피난 인원의 산정을 다음과 같이 제시하고 있다.

가) 고속철도, 일반철도

	피난 인원 산정
입석불가	- 열차부하 (열차 탑승 정원이나 열차 좌석수 중 큰수) + 승강장 대기인원(피크시 승차 대기인원)
입석가능차량 (통근열차 등)	- 열차부하 (열차 탑승 정원이나 열차 좌석수 중 큰수) + 입석자수 + 승강장 대기인원(피크시 승차 대기인원)

나) 광역 철도 (상시 개집표)

	피난 인원 산정
수 식	- 피크시 승강장 대기인원 + 열차수용인원 × 2
특 이 사 항	- 피크시의 승강장 대기인원은 첨두 1시간 대기인원의 30%를 첨두 15분 대기인원으로 하여 분당 인원을 산정한다. - 열차 수용인원은 재차 인원으로 하되 열차 수용 인원 × 2의 값이 만차 인원을 초과시에는 만차 인원을 적용한다.

다) 피난 허용시간 및 거리

구 분	**설 계 지 침**
피난 허용시간	승강장 피난 허용 시간 : 4분
	승강장의 가장 먼 지점에서 외부 또는 안전한 장소까지 피난 허용 시간 : 6분
승강장 최대 보행거리	승강장의 어떤 지점에서 한 출구로의 최대 보행 거리 : 91.4m 이하

라) 피난 수단별 이동속도 및 대피 수용량

○ 수평 이동 요소

수평 이동 요소	대피 수용량	대피 요소별 승객 이동속도
승강장, 대합실, 통로	80 인 / m · 분	60 m / 분 [밀도(1.0인/㎡이상)가 높은 경우에는 30m/분 적용]

○ 수직 이동 요소

수직 이동 요소	대피 수용량	대피 요소별 승객 이동속도
계단, 정지된 E/S	60 인 / m · 분	15 m / 분
작동중인 E/S	120 인 / m · 분	36 m / 분

○ 개 ·집표구 : 개 · 집표구당 60 인 / 분

[적용범위] 도시철도

[참고기준]

- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편
- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 소방기술기준에 관한 규칙
- 일본 철도기술기준성령
- 도시철도건설규칙 제69조 및 제70조
- 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제35조 및 동법 시행령 제37조

16) 내화구조

승강장을 포함한 역사 내 주요 구조부는 내화구조로 하여야 하며 마감재는 불연재료를 사용하여야 한다.

[해설]

벽, 기둥, 보 등의 주요구조부와 방화문, 방화셔터 등의 연소확대 방지설비에 대하여 관련법규 등에서 정한 내화구조 및 성능기준을 충족하여야 한다.

승강장 및 대합실에 사용되는 마감 재료는 불연재료를 사용하도록 하되 도시철도의 경우, 도시철도건설규칙 제35조의 3에서 정하는 바에 따라 냉·온방장치 등 기계설비가 설치된 장소의 바닥에 사용되는 마감 재료에 대해서는 예외를 허용할 수 있다.

불연 재료의 사용 장소는 다음과 같다.

- ㅇ 승강장 및 대합실에 사용되는 마감재료
- ㅇ 복도·계단 및 통로에 사용되는 마감재료
- ㅇ 조립식 칸막이의 외·내부 마감재료
- ㅇ 실내 장식물
- ㅇ 가판대·안내소·공중전화 부스 등의 편의시설에 사용되는 마감재료

철도설계지침 건축편에는 내장재료의 사용기준을 표7과 같이 제시하였으며, 역사 내의 승강장과 콘코스는 피난경로로 간주하여 NFPA 101에 의해 Class A 내장재를 사용하도록 규정하고 있다.

<표 3-7-2> 내장재료의 사용 기준

대 상		법적기준	
지상층	거실벽, 반자 등	불연재료, 준불연재료, 난연재료	건축법시행령 제61조
	계단, 복도, 통로 등	불연재료, 준불연재료	
지하층	거실, 통로 등	불연재료, 준불연재료	

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편
- 건축법시행령 제2조
- 도시철도건설규칙 제35조의3

17) 화재경보설비

역 및 승강장내 설치하는 경보설비는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 경보장치를 설치하여야 하며 원활히 작동되도록 하여야 한다.
2. 장애인을 위한 화재경보설비가 마련되어야 한다.
3. 모든 경보 장치는 작동과 동시에 각 역 및 중앙사령실에 전송되어야 한다.

[해설]

화재경보설비는 화재 감지 시 빠르게 작동하여 초기에 진압하여 위급한 상황에 빠르게 대처할 수 있도록 하여야 한다. 역에 설치되는 화재경보장치를 비상경보설비, 비상방송설비, 누전경보기, 자동화재 탐지설비, 시각경보기 등으로 규정하고 있으며 「국가화재안전기준(NFSC)」 등의 규정을 준수하여야 한다.

1. 화재경보장치는 열이나 연기를 자동으로 탐지하여 작동되어야 하며 초기에 화재를 발견한 사람 누구나 화재 경보를 울려 사고 발생 사실을 즉각 알릴 수 있도록 수동으로 조작이 가능하게 하여 화재를 초기에 진압하도록 하여야 한다.
일본에서는 자동화재 탐지설비는 정전을 대비한 비상전원을 부설하도록 규정하고 있다. 화재경보장치의 작동과 화재 진압 장치의 사용 내역은 신호의 진원지를 파악할 수 있도록 하여 추가적인 화재 진압 작업이 원활히 진행되도록 하고 있다.
영국의 경우, 전기 화재경보기는 승객이나 역무원이 수동으로 조작할 수 있어야 하고 역 내 공공시설에는 감시와 안내방송에 관련된 시스템의 마련을 요구하고 있다.

또한 역의 비 공공장소, 기계실에 있는 직원에게 역 화재경보 발령을 급히 알릴 수 있도록 일반인 접근제한구역에도 화재경보 장치가 설치되도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-32> 점멸형태의 비상경보등

2. 장애인을 위한 경보설비가 마련되어야 한다. 특히 청각장애인을 위한 시각경보기는 자동화재탐지설비에서 발하는 화재신호를 시각경보기에 전달하여 청각장애인에게 점멸형태의 시각경보를 하는 것을 말한다. 한국소방검정공사 또는 법제42조의 규정에 따라 성능시험업무를 위탁받은 기관에서 검증받은 것으로 소방방재청고시 자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203)에 준하여 다음 항목을 고려하여야 한다.

- ㅇ 복도・통로・청각장애인용 객실 및 공용으로 사용하는 거실(로비, 회의실, 강의실, 식당, 휴게실 등을 말한다)에 설치하며, 각 부분으로부터 유효하게 경보를 발할 수 있는 위치에 설치할 것
- ㅇ 설치높이는 바닥으로부터 2m 이상 2.5m 이하의 장소에 설치할 것 다만, 천장의 높이가 2 m 이하인 경우에는 천장으로부터 0.15m 이내의 장소에 설치하여야 한다.
- ㅇ 시각경보장치의 광원은 전용의 축전지설비에 의하여 점등되도록 할 것. 다만, 시각경보기에 작동전원을 공급할 수 있도록 형식승인을 얻은 수신기를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 모든 화재경보, 연기탐지, 급수개폐밸브의 작동 표시, 유수검지장치 신호 등은 작동과 동시에 중앙사령실에 되고 중앙사령실에는 인접건축물과 연락할 수 있는 통신 설비를 설치하여 신속히 대처하도록 한다.

일본의 경우, 역 내 공공시설에는 안내방송에 관련된 시스템으로 구내 방송장치 및 비상 전화와 같은 비상 음성경보 전달 장치 등을 효율적으로 마련하도록 규정하고 있다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 소방관련 법령 및 기준
- 일본 철도기술기준성령
- 영국 안전기준
- 국가화재안전기준(NFSC)

18) 소화설비

화재시설의 소화설비는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 승강장 및 역내에는 시설의 규모 및 상황에 따라 화재 시 대응할 수 있는 소화설비를 설치하여야 한다.
2. 물을 사용하는 소화설비는 단전시에도 사용할 수 있어야 한다.

[해설]

승강장 및 역내 등에는 시설의 상황에 따라 필요한 소화 설비, 피난 설비 그 외 화재대책 설비를 설치하여야 한다.

1. 역에는 소화기, 실내 소화전 설비, 연결 살수설비 또는 송수구를 단 스프링클러 설비, 연결 송수관(역간 거리가 긴 경우에는 역간에도 연결송수관을 설치) 등과 같은 소화설비를 설치하여야 하며 설치기준은 다음을 고려하여야 한다.

- 소화기구 : 수동식, 자동식, 간이소화용구 등을 설치한다.
- 옥내소화전 설비 : 소화전함은 소화기 내장형으로 스테인레스 재질로 설치한다.
- 스프링클러 설비 : 습식을 우선하고 건식은 동파 등 우려가 있는 곳에 설치 적정성 여부를 검토하여 설치하되, 계단상부에도 설치하여야 한다.
- 동파우려개소에는 열선을 설치한다.(외부 출입구에서 20m 내외)
- 물분무 등 소화설비 : 전기실, 통신실, 계전기실 등 전기 장비가 배치되는 실에는 물분무 등 소화설비를 설치하여 재해로 인한 피해를 최소화 하여야 한다.
- 사람이 상주하는 곳에서 CO_2 소화약제 사용을 금지한다.
- 해당 실이 별도로 멀리 떨어져 있을 때에는 PAC 청정소화 약제 설비를 설치하여야 한다.
- 물분무 등 소화설비 설계시에는 한국소방검정공사의 FI인증을 받은 소화약제(설비) 및 소화설계프로그램을 사용하여야 한다.

스프링클러와 소화기는 화재 초기 진압에 필요한 설비이므로, 각 구역마다 반드시 설치하도록 한다. 스프링클러의 설치는 소방방제청에서 고시한 스프링클러 설비의 화재안전기준(NFSC 103)에 의거하여야 한다. 또한 상수도 소화용수설비의 화재안전기준(NFSC 401)에 의거하여 설치하여야 한다.

화재시 바로 대처할 수 있도록 수동식소화기 또는 간이소화용구를 설치하고, 승객이 쉽게 찾을 수 있는 곳에 배치한다. 연면적 1,500㎡ 이상이거나 지하층, 무창층 또는 층수가 4층 이상인 층 중 바닥면적이 300㎡ 이상인 층이 있는 것은 전 층에 옥내소화전설비를 설치하여야 하고, 수용인원 500인 이상 혹은 층수가 3층 이상이며 바닥면적 합계가 6,000㎡ 이상인 경우 스프링클러설비를, 연면적 5,000㎡ 이상인 경우 상수도 소화용수설비를 설치한다. 지하층의 층수가 3개 층 이상이고 지하층의 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 이상인 것은 연결송수관설비, 비상콘센트설비를 설치하여야 한다. 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 이상인 경우 혹은 지하층으로서 바닥면적의 합계가 150㎡ 이상인 경우에는 연결살수설비를 설치하여야 하고, 지하층의 바닥면적의 합계가 3,000㎡ 이상인 것 또는 지하층의 층수가 3개 층 이상이고 지하층의 바닥면적의 합계가 1,000㎡ 이상인 것은 지하층의 전 층에 무선통신보조설비를 설치하여야 한다.

2. 역 내에 설치하는 옥내소화전·스프링클러 등 물을 사용하는 소화설비는 단전 시에도 작동할 수 있도록 상수도소화용수설비와 연결하여 설치되어야 한다. 도시철도건설규칙 제71조 제1항에 의하면 터널 안에는 비상시 소화용으로 활용할 수 있도록 연결송수관설비를 설치하여야 하며, 방수구는 터널의 동일 선로 연결방향으로 50m 이내의 간격으로 설치하여야 한다고 규정하고 있다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 일본 철도기술기준성령
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편
- 도시철도건설규칙 제71조 제1항
- 소방관련 법령 및 기준

19) 제연설비

화재가 발생할 경우 승객의 질식에 의한 사고를 방지하고, 안전하게 대피할 수 있도록 제연설비를 설치하여야 한다.

[해설]

제연설비는 화재 시 발생하는 연기를 제어하여 피난상의 안전 확보 및 연기에 의한 손실을 방지하고, 소방활동을 위한 시계를 확보하며 유독가스를 배출할 수 있는 공간을 마련하는 등, 공기의 흐름을 조정하여 화재 연소 경로를 유도하는 것을 그 목적으로 한다. 제연설비는 기본적으로 연기를 희석시키고 배출시키며 차단시키는 것을 원리로 하고 있다. 제연설비에 있어서 가장 핵심적인 것은 제연 경계를 설정하는 것인데, 이와 관련해서는 소방방제청에서 고시한 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)을 준용한다. 이에 따르면 제연구역의 구획은 아래와 같이 세 가지 유형으로 구분할 수 있다.

ㅇ 보

ㅇ 제연경계벽

ㅇ 벽(가동벽, 샷다, 방화문 포함)

소방관련 법령 및 기준에 의하면 철도역사로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1,000㎡ 이상인 것은 제연설비를 설치하여야 하며 제연설비의 재료는 불연 재료이거나 불연 재료로 덮인 것으로 규정하고 있다.

대규모 및 지하역사의 경우, 대합실과 승강장(스크린도어 설치시)에 제연경계구획을 선정하여 용량에 맞는 급·배기 설비와 제연 경계벽을 설치하여야 하며 제연경계벽은 제연경계구역과 계단입구 등에 설치하여 연기의 확산을 방지한다.

정거장 및 터널 안에는 화재가 발생할 경우 승객이 쉽게 대피할 수 있도록 화재발생장소를 고려하여 유독가스 배출방향을 조절할 수 있는 제연설비를 설치하여야 한다. 제연설비 중 전동기, 배풍기, 배출풍도, 배풍막은 섭씨 250도에서 1시간 이상 정상적으로 기능을 유지할 수 있어야 하며, 전원을 필요로 하는 제연설비의 경우 비상전원을 부설한다. 터널 안에 설치하는 제연설비는 승객이 대피하는 반대방향으로 연기가 배출될 수 있도록 연기의 배출방향을 조절할 수 있는 성능을 갖추어야 하며, 비상시 배출되는 연기의 기류속도는 초속 2.5m 이상이 되도록 하여야 한다.

도시철도건설규칙 제67조에서 정하는 위치 또는 기타 필요한 위치에 설치하여야 한다. 특히 특별피난계단의 승강장 측 입구와 승강장에서 대합실로 통하는 계단 또는 에스컬레이터의 입구에는 제연경계벽 등 유독가스의 확산을 지연시키거나 방지하는 설비를 각각 설치하도록 규정하고 있다.

철도설계지침 건축편에서는 제연설비 설치기준을 다음과 같이 규정하고 있다.

가) 제연설비 설치기준

ㅇ 대규모 공간 및 인접한 각층의 용도, 구조 등의 특성을 고려하여 공학적으로 제연구역을 구획한다.

ㅇ 제연설비는 NFPA의 기준에 의하여 하부급기, 상부배기식(강제 급·배기+자연 급·배기)을 적합하게 배치하고, 급·배기구의 개방과 배연 팬의 기동은 감지기에 의해 자동으로 작동되거나 대규모 공간에 설치된 수동기동 스

위치에 의하여 동작 시킬 수 있도록 한다.

ㅇ 대규모 공간에 광전식 분리형 감지기 또는 각층 통로에 설치된 배연감지기 등을 적합하게 설치하고, 대규모 공간 내에 설치된 CCTV가 연동하여 화재를 확인할 수 있도록 한다.

ㅇ 창 및 지붕에 설치되는 배연창(배기구)과 급기구는 대규모 공간 내부의 환기에 이용할 수 있어야 한다.

ㅇ 급·배기량 (NFPA 기준)

ㅇ 급·배기 팬의 위치 및 크기 등은 소방법 등 관련법규에 따르고 공간 구조 특성에 의하여 풍량을 늘려야 할 경우에는 NFPA 기준을 참조한다.

<표 3-7-3> 제연설비의 급·배기량

대규모 공간의 규모	배기량	급기량
높이가 17m 이하이고, 체적이 17,000㎥ 이하	시간당 6회 이상 환기량으로 최소 19㎥/s	최하단에 자연급기구를 설치하고 크기는 배기량의 75%가 되도록 할 것
높이가 17m 이하이고, 체적이 17,000㎥ 초과	시간당 4회 이상 환기량	
높이가 17m 초과	상 동	대규모 공간 바닥 근처에 강제급기(기계급기), 급기량은 배기량의 75%

[주] 화재시 대규모 공간내부가 가압이 되면 연기가 타부분으로 확산될 우려가 있으므로 급기량은 배기량의 75% 정도로 함.

- 지상층의 제연계획

·설계기준 - 어느 구역에서나 법규에서 요구하는 배기용량 이상이 되도록 한다.

<표 3-7-4> 제연계획의 법적기준

항 목		법적기준
제연 구역	제연구역 면적	1,000㎡ 이내
	거실과 통로	폭 0.6m 이상 배연커튼으로 상호 제연 구획
	하나의 제연 구역	직경 60m 원내에 들어갈 수 있을 것
제연방식		배연창 또는 덕트 급·배기 방식
배연량		5,000 ㎥/h 이상
댐퍼 및 배출기의 작동		자동화재탐지설비와 연동 각 제연구역 및 제어반에서 수동 기동

- 작동방식 : 연기감지기와 연동하며, 각 소방구획 내에 설치된 수동기동 스위치에 의해서도 작동되도록 한다.
- 지하층의 제연계획 : 제연구획은 1,000㎡ 이하로 하며, 지하가를 겸하는 지하철 역사는 지하가와 지하철 역사의 배연덕트 계통을 분리하여 유사시 위험도를 분산한다.
- 계단 전실의 제연계획 : 화재시 특별피난계단 및 비상용승강기를 보호하기 위한 전실을 설치하되, 전실에는 가압식 제연설비를 설치하여야 한다.

나) 지하철도의 배연대책 기준(일본 철도기술성령)

ㅇ 용어의 정의

지하역사를 설계하는 경우 배연 대책을 다음과 같이 정한다.

- 화점(火点) 블록

열차 화재가 발생한 경우에, 승강장의 연기가 확산되는 공간 중에 연기 농도가 가장 짙다고 추정되는 일정 공간을 말한다. 화점 블록 설정은 다음에 따른다.

- 궤도 직각 방향 단면은 그림대로 하며, 그림 이외의 형식의 역 구조에 대해서는 그림에 나타난 사항에 준하도록 한다.
- 단면적은 연기가 확산되는 범위 단면적에서 차량 단면적(바닥 하부를 포

함)을 감소시킨 것으로, 그림에서 나타난 사항에 준하도록 한다.

- 궤도방향 길이는 20m로 한다.
- 화점 블록의 용적은 다음 식에 따라 계산한다.

$$V=(A_o-A_v)\times 20 \qquad A_o=\frac{V_a-V_b}{L}$$

V : 점검 블록 용적(m2)

A_0 : 궤도직각방향 단면적(m2)

A_v : 차량 단면적(바닥 하부를 포함)(m2)

V_a : 화점블록 설정 단면에서 홈의 유효길이 부분의 전 용적(㎥)

V_b : V_a 내의 기둥, 계단 등 연기가 확산되지 않는 부분의 용적(㎥)

L : 홈의 유효길이(m)

- 연기 확산용적

플랫폼이 있는 층에서 화재가 발생한 경우, 연기가 확산되는 공간 중 연기가 머무르는 것으로 추정되는 공간의 용적을 말한다.

연기 확산용적 설정은 다음에 따른다.

- 높이는 홀의 천장 높이에서 2m를 뺀 것으로 한다.
- 바닥 면적은 기둥 등의 연기가 확산되지 않는 부분의 면적을 뺀 것으로 하며, 배연 설비가 설치되어 있지 않은 경우에는 10분간의 누적 환기량을 천정 높이에서 뺀 것을 단면적에 더한 것으로 한다.
- 연기확산용적은 다음 식에 따라 계산한다.

$$V_o = (A_r - A_t + \frac{V_3}{H}) \times (H - s)$$

V_0 : 연기확산용적(㎥)

A_f : 플랫폼 층 바닥 면적(m2)

A_t : 플랫폼 층 기둥 등 연기가 확산되지 않은 부분 면적(m2)

V_3 : 배연설비의 10분간 누적 환기량(㎥)

H : 홀 층 부의 천정 높이(m)

ㅇ 승강장부의 배연대책

- 배연 설비의 필요 환기능력 :

승강장에 대한 배연설비의 환기 능력은 원칙적으로 화점 블록 용적 크기마다 별도 표에서 규정하는 환기 회수를 확보하도록 한다.

- 배연 방식:

배연방식은 제1 피난장소가 되는 홀의 층 부분에 연결되는 계단 등에 하강기류가 흐르는 등, 홀 층 부에 연기가 확산되는 것을 제어할 수 있는 방식으로 하도록 한다.

ㅇ 홀 층 부분의 연기 대책

- 필요 연기 확산 용적:

홀 층 부분은 원칙적으로 1,050㎡이상의 연기 확산용적을 확보하도록 한다.

- 역 설비 구조 등 :

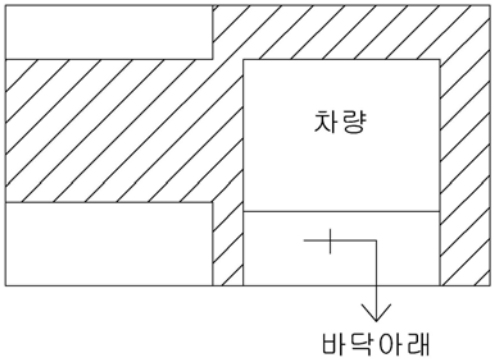
홀 층부의 화재 발생시에는 승강장 층에 연기가 확산되는 것을 제어할 수 있는 구조로 한다.

- 환승역 등의 대규모역

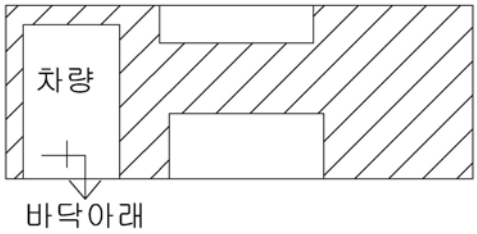
홀 층 부분의 연기 대책은 역과 타 선의 역(동일 승강장을 사용하는 것 제외)과의 구획마다 위의 기준을 만족시키는 것으로 한다.

ㅇ 거실의 배기설비

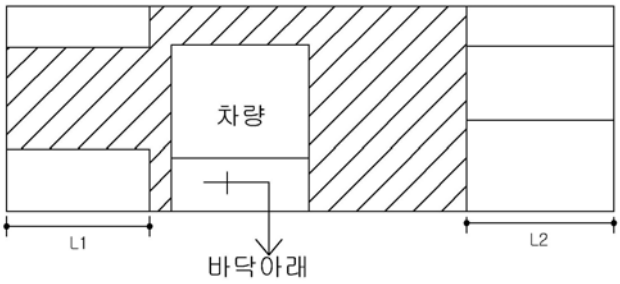
거실에는 배연기를 설치하는 것으로 한다. 배연기는 배연구를 개방하면 자동적으로 작동하며, 1분간에 120㎥ 이상으로, 또한 방연 구획 부분의 바닥 면적 1㎢ 당 1㎥(둘 이상의 방연 구획 부분에 관련된 배기기에 있어서는 해당 방연 구획 부분 중 바닥 면적이 최대 이것의 바닥 면적 1㎢당 2㎥)이상의 공기를 배출하는 능력을 보유한 것으로 한다. 그 외 구조물에 대해서는 건축기준법 시행령 제126조의 3규정에 준하도록 한다.



<그림 3-7-33> 선로가 하나인 승강장



<그림 3-7-34> 선로가 두개인 승강장



<그림 3-7-35> 상대식 승강장

화재 열차와 반대측 홈은 궤도 부분보다 천정이 낮기 때문에 연기는 확산되지 않고, 인접 승강장 및 궤도만으로 확산되는 것으로 하며, 역으로 진입하는 화재 열차에 따라 설정되는 단면 중 작은 단면으로 한다.

(예: 그림에 있어서 홈 층이 L1<=L2인 경우, 사선 부분을 설정범위로 한다.)

<표 3-7-5> 화점 블록 용적에 따른 필요 환기회수

화점 블록 용적㎥	1시간당 필요환기회수	화점 블록 용적㎥	1시간당 필요환기회수
255이하	50	446 ~ 460	27
256 ~ 260	49	461 ~ 476	26
261 ~ 266	48	477 ~ 492	25
267 ~ 271	47	493 ~ 509	24
272 ~ 277	46	510 ~ 528	23
278 ~ 283	45	529 ~ 547	22
284 ~ 290	44	548 ~ 568	21
291 ~ 296	43	569 ~ 590	20
297 ~ 303	42	591 ~ 613	19
304 ~ 311	41	614 ~ 638	18
312 ~ 318	40	639 ~ 665	17
319 ~ 326	39	666 ~ 693	16
327 ~ 335	38	694 ~ 723	15
336 ~ 343	37	724 ~ 756	14
344 ~ 353	36	757 ~ 790	13
354 ~ 362	35	791 ~ 827	12
363 ~ 372	34	828 ~ 868	11
373 ~ 383	33	869 ~ 909	10
384 ~ 394	32	910 ~ 955	9
395 ~ 406	31	956 ~ 1005	8
407 ~ 418	30	1006 ~ 1056	7
419 ~ 432	29	1057 ~ 1113	6
433 ~ 445	28	1114이상	5

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 소방관련 법령 및 기준
- 도시철도건설규칙
- 도시철도건축설계지침
- 일본 철도기술기준성령

20) 방재시설

역 및 승강장은 지진과 같은 자연재해에 대하여 기능수행 및 붕괴방지 수준을 유지할 수 있어야 한다.

[해설]

국내 철도시설물의 내진설계기준이 91년 이후 제정되었으며, 따라서 91년 이전 건설된 철도시설물의 내진성능은 몹시 취약한 것으로 판단된다. 또한 빈번한 지진의 발생과 최근 내륙의 강진의 발생으로 인하여 내진설계기준은 강화되어가는 추세이다. 이에 역사를 포함한 철도시설물의 내진성능의 평가와 평가결과에 따른 내진성능보강이 시급히 요구된다.

역시설은 지진 시, 지진이 발생한 후에도 구조적 안전성을 유지하고 그 기능을 발휘할 수 있어야 한다. 구조적 성능은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분할 수 있으며, 기능수행수준이란 중간 이하의 규모를 가진 지진에 대하여 구조부재들이 탄성영역 내에서 저항하여 심각한 손상을 입지 않는 수준이며 붕괴방지수준은 비교적 큰 규모의 지진에 의한 지반진동에 의해서도 구조물의 전부 또는 일부가 붕괴되어서는 않는 수준이다.

역시설은 자체하중, 재하 하중, 적설, 풍압, 토압 및 수압 외에 지진 및 진동, 충격에 대한 안전한 구조이여야 하며 구조물의 구조 내력상 주요 부분은 사용상 지장을 일으킬만한 변형 또는 진동이 발생하지 않도록 강성(剛性)을 가져야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 기존시설물에 대한 내진성능 평가요령(2004)
- 일본 철도기술기준성령

21) 통로

통로는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 비상시의 혼잡상황을 고려하여 예상되는 최다인원을 수용할 수 있는 폭을 확보하여야 한다.
2. 환승객, 일반승객 및 장애인의 동선을 분리하여 승·하차 동선은 단순화하고 승객의 주동선에 방해가 되는 지장물은 없어야 한다.
3. 통로의 바닥은 연속적이고 미끄러지지 않는 재질로 마감하여야 한다.

[해설]

통로는 차량 등 승강구와의 사이의 경로로 장애인 및 노약자의 통행에 적합한 것을 각 승강장마다 하나 이상 설비하여야 한다.

1. 여객용 통로의 폭은 여객 수에 따라 산정하는 것을 기본으로 하는데, 사람이 보행할 때의 폭이 약 0.6m이기 때문에 적어도 두 사람이 스쳐 지나는 폭을 최소로 하였다.

ㅇ 보행자의 폭(2명)	0.6m × 2=1.2m
ㅇ 스쳐 지나는 경우 접촉하지 않는 여유	0.1m
ㅇ 벽면에 접촉하지 않는 여유	0.1m × 2=0.2m
	합 계 1.5m

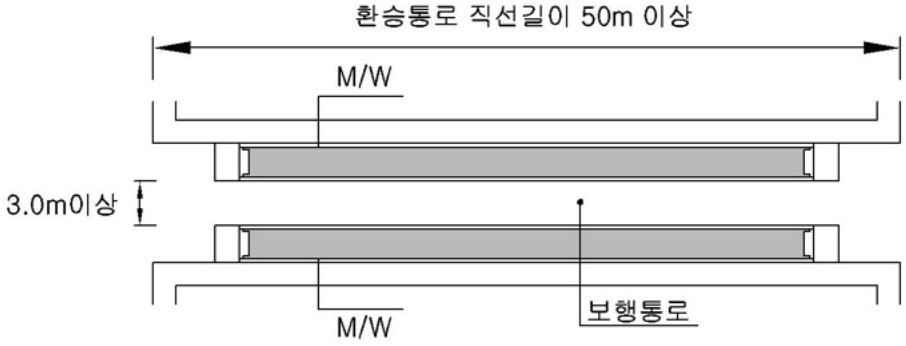
휠체어가 통행할 수 있는 최소 폭은 0.8m이며, 휠체어와 보행자가 스쳐 지나는 최소 폭은 1.2m로 하고 있다. 휠체어가 180° 회전할 수 있는 폭은 1.4m가 표준이며, 휠체어끼리 스쳐 지나는 경우는 1.8m를 표준으로 한다.

도시철도 환승통로의 최소폭은 3m 이상이어야 하며 길이 방향에 따라서 일정하게 유지되어야 하고 중간에 지장물이 없도록 규정하고 있다.

2. 통로는 승객의 인지도 확보를 위하여 가능한 한 직선화한다. 가급적 환승객과 일반 승객의 동선을 분리하고 승하차 동선을 단순화하여 방향성을 제고하여야 한다. 환승통로의 경우 일반 승하차 동선과 분리하고 승강장과 승강장간의 직접연결로 환승동선 단순화 및 동선거

리 최소화를 추구한다. 또한 장애인의 환승이 가능하도록 편의시설을 설치하여야 하도록 권고하고 있다.

환승통로의 길이가 50m 이상인 경우 수평보행기를 설치하는 등 승객의 이동편의를 도모해야 하며, 짐을 운반하는 승객, 아이들을 동반한 승객과 혼잡을 줄이도록 한다.



<그림 3-7-36> 환승통로 길이 및 폭

통로 중간에 편의시설, 안내시설이나 만남의 광장 및 휴게시설을 설치하는 경우 별도의 공간으로 처리하여 승객의 주동선에 방해가 되지 않도록 한다.

3. 교통약자의 이동편의증진법과 교통약자 이동편의시설 설치관리 매뉴얼은 통로의 바닥표면은 미끄러지지 아니하는 재질로 평탄하게 마감하여야하며, 넘어졌을 경우 가급적 충격이 적은 재료를 사용하도록 제한하고 있다.

계단, 경사로 및 에스컬레이터의 상단 및 하단에 근접하는 통로에는 점자블록을 부설해야 한다. 통로에 경사로를 설치할 경우 기울기를 1/18 이하로 하는 것을 원칙으로 하나 지형상 곤란한 경우에는 1/12까지 완화하도록 한다. 또한 경사로 시작부분에 이에 대한 경고표시를 부착하여 승객의 주의를 환기시키도록 한다.

바닥의 연결부위에 턱이 있을 경우 그 높이와 틈은 2㎝ 이내로 한다.

통로에서 바닥의 높낮이 차가 있는 경우는 경사로 또는 엘리베이터를 설치하여야 한다. 단, 구조상의 이유에 의해 경사로 또는 엘리베이터를 설치하는 것이 곤란한 경우에는 에스컬레이터로 교체할 수 있다.

단을 설치할 경우에 노면의 가장자리와 그 주위 부분과의 색의 명도 차이를 크게 하여 단을 쉽게 식별할 수 있어야 한다. 또한 끝이 돌출되지 않도록 하여 잘 걸려

넘어지지 않는 구조로 하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 시각장애인 유도용 블록을 설치하고, 점자에 의한 안내판 기타 설비, 화장실의 출입구 승차권 등 판매소간의 경로를 구성하는 통로 등 에는 각각 시각장애인 유도용 블록을 설치하도록 규정하고 있다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 도시철도 정거장 환승・편의시설 보완 설계지침
- 교통약자의 이동편의증진법
- 교통약자 이동편의시설 설치・관리 매뉴얼
- 일본 철도기술기준성령
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편

22) 환승시설 - 계단 및 경사로

계단 및 램프는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 계단 및 경사로는 혼잡 상황을 고려하여 충분한 너비를 가져야 하며 그 너비는 균일하여야 한다.
2. 계단 및 경사로에는 어떠한 장애물도 설치되어서는 안 되며 미끄럼 방지 표면을 갖추어야 한다.

[해설]

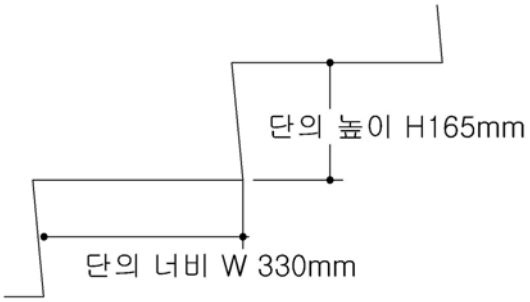
계단 및 경사로는 혼잡시 실족 및 전도등의 사고가 발생할 수 있으므로 일반인 뿐 아니라 장애인 및 노약자의 이용에 안전파고 편리하도록 고려되어야 한다.

1. 계단 및 경사로의 너비

(1) 계단

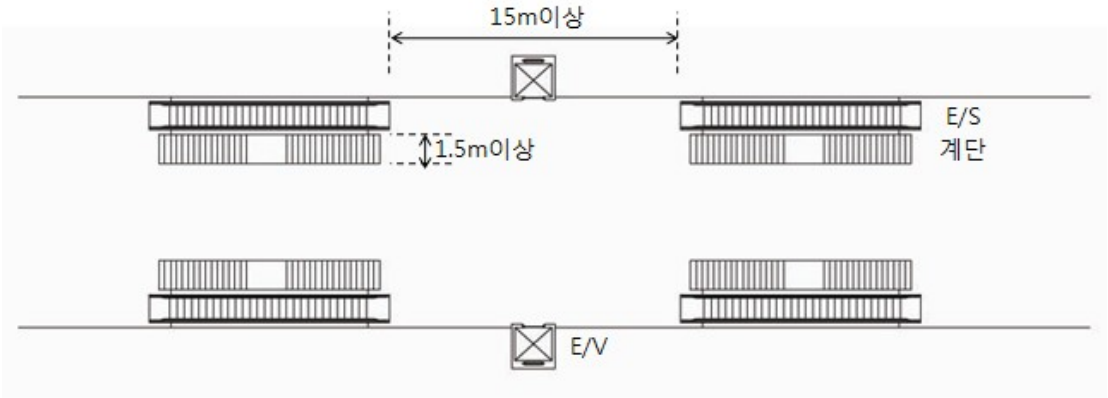
계단의 폭은 여객수에 따라 산정되는 것을 기본으로 하지만 최소폭은 1.5m로 한다. 약시자의 계단부 인지도 향상을 위하여 시·종점부 계단코를 특수색깔 처리하며,

일반계단은 W330㎜×H165㎜를 표준으로 하고, 폭 5m 이상의 계단에는 중앙난간을 3m 이내마다 설치하도록 기준을 제시하고 있다.

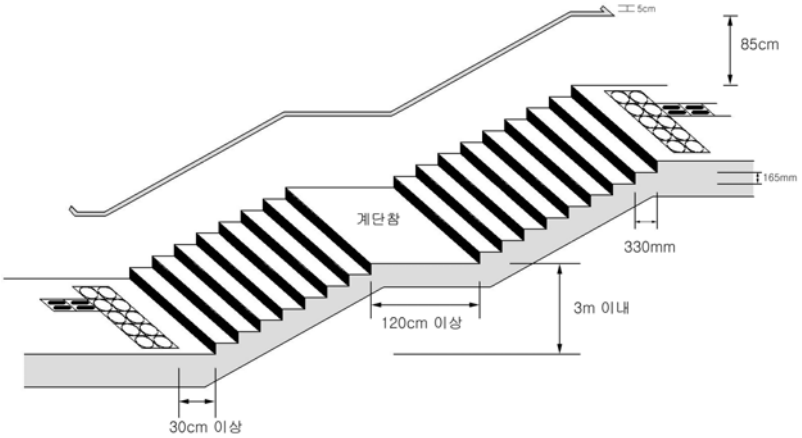


<그림 3-7-37> 계단의 크기

도시철도의 경우, 계단사이에 엘리베이터 설치 시 양 계단 사이의 간격은 15m 이상으로 하고 계단 높이 3m 이내마다 계단참을 설치한다. 계단의 폭은 3m 이상, 에스컬레이터와 병행할 경우는 1.5m 이상으로 제한하고 있다.



<그림 3-7-38> 내부계단 설치기준



<그림 3-7-39> 계단 계획 기준

계단부는 승강장 연단으로부터 충분한 공간(최소 2.5m 이상)을 확보해야 한다. 승강장별 계단이 2개 이상인 경우 계단 간 순 간격과 계단정면에는 충분한 여유 공간을 확보하고, 상대식 승강장에서 계단 확폭하는 경우 확폭부로부터 환승계단까지 확폭부를 연장한다.

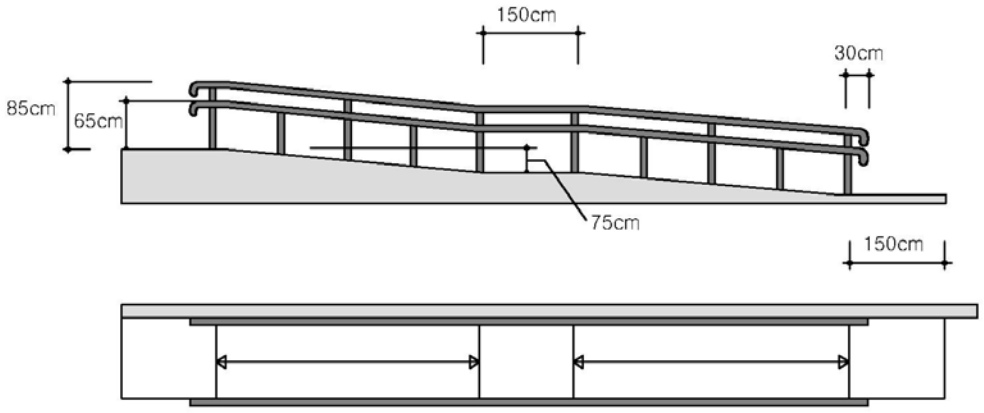
대합실과 승강장을 연결하는 계단부는 상대식에서는 각각의 편측에 2개소씩 총 4개소 이상 설치하고, 섬식의 경우는 2개소 이상 설치한다. 환승정거장에서는 가급적 환승을 위한 계단을 별도로 설치하여 승하차 승객과 환승객의 동선을 분리한다. 이용객이 일시에 군집을 이루어 사용되므로 꺾이지 않게 직선으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.

건축법에 의하면 너비가 3m를 넘는 계단에는 너비 3m 이내마다 난간을 설치하도록 되어 있다. 난간 손잡이는 최대지름 3.2㎝ 이상 3.8㎝ 이하인 원형 또는 타원형의 단면으로 설치하고, 벽으로부터 5㎝, 바닥으로부터 높이 85㎝ 위치에 설치한다. 난간은 계단이 끝나는 수평부분에서 바깥쪽으로 30㎝ 이상 나오도록 설치하고, 끝부분을 둥글게 마무리 하여 옷 등이 걸리지 않도록 한다.

(2) 경사로

경사로는 장애인 및 노약자 등이 안전하고 용이하게 이동할 수 있도록 양측에 손잡이를 설치하여야 하고 측면이 벽 이외의 경우에는 휠체어 바퀴가 빠지지 않도록 '시작부분'을 설치할 필요가 있다.

경사로의 유효폭은 1.2m이상(시작과 끝 방향전환지점은 1.5m이상)으로 하고, 기울기는 1/18 이하로 하되, 지형상의 이유 등으로 부득이한 경우에는 1/12 이하로 할 수 있다. 또한 동절기 적설량이 많고 결빙기간이 긴 지방에서 기울기 1/12는 사고의 위험이 높고 사용이 불가능한 경우가 많으므로 별도의 해빙 또는 결빙방지장치 없이 옥외에 사용할 없다.

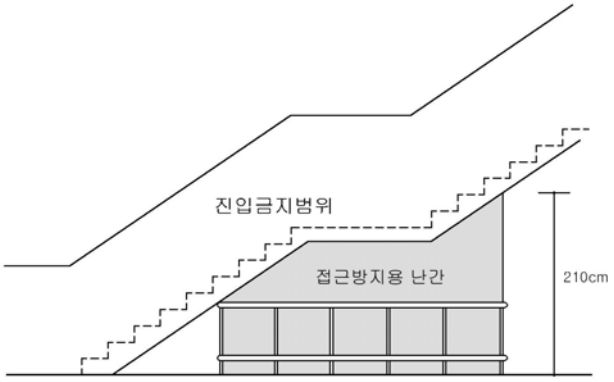


<그림 3-7-40> 경사로의 계획 기준

2. 계단 및 경사로의 장애물과 표면

(1) 장애물

계단 전후 10m 이내에는 지장물 설치를 금지한다. 계단의 상부는 바닥으로부터 2.1m 이상의 유효높이를 확보하여야 한다. 다만, 유효높이 2.1m 이내에 장애물이 있는 경우에는 바닥면으로부터 높이 0.6m 이하에 접근방지용 난간 또는 보호벽을 설치해야 한다고 규정하고 있다.



<그림 3-7-41> 계단의 접근방지용 난간

(2) 표면

계단과 경사로 표면은 승객이 전락하지 않도록 거친면으로 하거나 미끄러지지 않는 재료를 사용하거나 미끄럼 방지책을 강구해야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 교통약자이동편의시설 설치관리 매뉴얼 2007
- 건축법
- 교통약자의 이동편의증진법 시행규칙 별표1

23) 에스컬레이터 및 수평보행기

에스컬레이터, 수평보행기를 설치 시 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 에스컬레이터 및 수평보행기는 적절한 너비와 충분한 대기공간이 마련되어야 한다.
2. 인접한 벽과 적당한 간격을 두고 손잡이가 설치되어야 한다.
3. 비상 정지 스위치는 잘 보이는 곳에 설치하여야 한다.
4. 비상시 필요한 모든 장비들은 각 에스컬레이터 및 수평보행기 부근에 설치되어야 하며 역무원들이 쉽게 접근 할 수 있어야한다.
5. 계획되지 않은 운행 중단에 대한 경고음 시스템이 설치되어야 한다.

[해설]

일반 승객 또는 노약자의 이동을 원활히 하기 위하여 에스컬레이터 또는 수평보행기를 설치 시 승객의 동선, 외부출입구와의 동선, 전면 최소여유공간, 유효폭, 속도 등이 고려되어야 한다. 또한 기계의 고장 및 점검과 피크시를 고려하여 계단을 병행 설치하도록 하여야 한다.

1. 에스컬레이터 및 수평보행기의 최소 유효폭은 80㎝ 이상으로 하며 가능한 모든 계단에 상·하행 에스컬레이터를 1개소 이상씩 설치함이 바람직하다. 다만, 승객이 동시에 쌍방향으로 이동하지 않는 경우에는 그러지 아니하다. 효율성 제고를 위해 2개 층에 걸쳐 연속 설치한다. 기계의 고장 및 점검과 이용승객이 늘어날 경우를 대비하여 가능하면 계단의 병행 설치를 고려한다.

철도설계지침 건축편 및 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침에는 에스컬레이터와 계단의 병행설치 시 다음과 같이 기준을 정하고 있다.

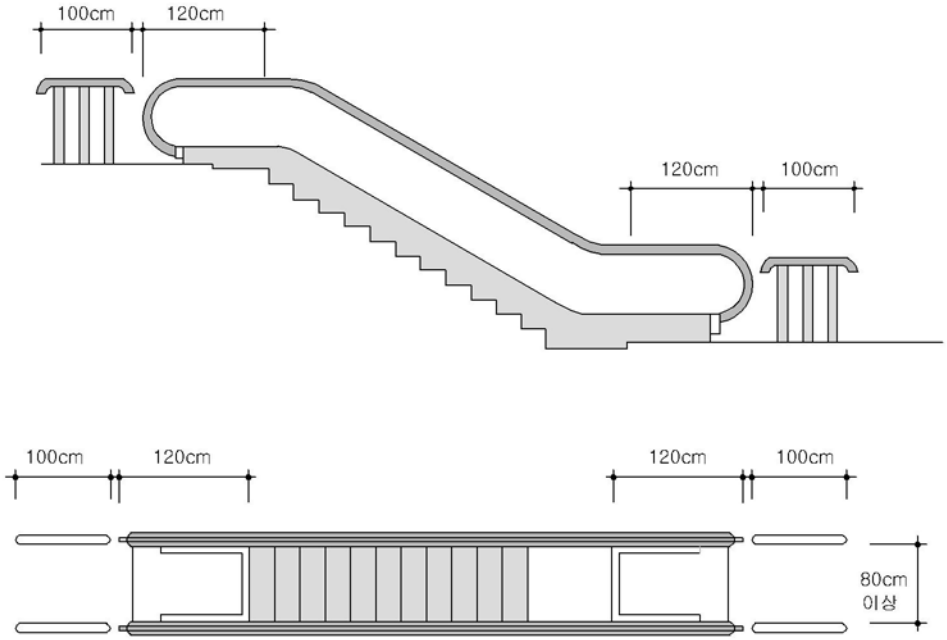
- ㅇ 통로 폭이 3.0~3.5m : 1인용 에스컬레이터를 상·하행 설치
- ㅇ 3.5m 이상 5.0m 미만 : 2인용에스컬레이터 상·하행 설치
- ㅇ 통로 폭이 5.0m이상 : 2인용에스컬레이터 설치, 보조계단을 설치하며 보조계단의 폭은 1.5m 이상
- ㅇ 상향 에스컬레이터와 하행 계단만 있을 경우 계단 폭은 1.5m 이상.
- ㅇ 유효폭은 1,200㎜를 기본으로 하되, 부득이한 경우 800㎜ 이상으로 한다.
- ㅇ 층고가 6m 이내인 경우 에스컬레이터의 속도는 40m/분, 6m 이상의 경우에는

30m/분으로 한다. 다만, 연계되는 E/S의 속도는 동일하여야 한다.

ㅇ 장애인의 에스컬레이터의 유효폭은 0.8m 이상으로하고, 속도는 분당 30m 이내로 하여야 하고, 에스컬레이터의 경사도는 30도 이하로 해야 한다.

영국의 경우, 디딤판의 최소폭은 1m 이어야 하며 승객용 트로리(trolley)가 허용된 곳에는 최소폭이 1.4m 이상이 되도록 규정하고 있다.
승강장 끝단에 위치한 에스컬레이터의 경우, 구조물과 승강자 연단 사이에 최소 2m의 여유공간이 마련되어야 한다.

2. 에스컬레이터의 경우, 양 측면에는 디딤판과 같은 속도로 움직이는 이동 손잡이를 설치하여야 하며 수평이동손잡이를 1.2m 이상 설치하여야 한다. 또한 수평이동손잡이 전면에는 1m 이상의 수평고정손잡이를 설치할 수 있으며, 수평고정손잡이에는 층수, 위치 등을 나타내는 점자표지판을 부착하여야 한다.
발판의 표면 및 빗살 판은 잘 미끄러지지 않도록 마감되어 있어야 하며 승강구에는 세 장 이상의 발판이 동일 평면상에 있어야 한다. 발판의 단부와 그 주변색의 명도 차이를 크게 하고 빗살 판의 단부와 발판의 색 명도 차이를 크게 하여 발판의 경계를 용이하게 식별할 수 있도록 하여야 한다.



<그림 3-7-42> 에스컬레이터의 계획 기준

3. 승객의 부주의로 인해 옷자락이나 신발이 끼거나 운전 장애 및 승객 폭주로 인한 전락, 실족 등의 사고 발생 시 에스컬레이터 및 수평보행기의 작동을 멈출 수 있도록 비상 정지 스위치가 설치되어야 한다.
영국의 경우, 손잡이의 바깥쪽 끝과 인접한 벽 사이의 수평거리 80㎜이내에는 비상정지스위치를 설치하지 못하도록 규정하고 있다. 또한 비상 정지 설비는 다른 에스컬레이터나 수평보행기가 직접 정지해 있는 에스컬레이터나 수평보행기의 승객에게로 떨어지지 않게 작동해야 한다. 이러한 경우 다른 에스컬레이터나 수평보행기 역시 정지하도록 하고 있다.

4. 구조에 필요한 모든 장치가 에스컬레이터나 수평보행기 인접한 곳에 설치되어 있어야 하며 역 직원들이 쉽게 접근할 수 있는 곳에 마련하여 비상시 신속하게 대처하도록 하여야 한다.

5. 에스컬레이터나 수평보생기가 뜻하지 않게 정지되었을 경우에는 진입하지 않도록 경고음 시스템을 설치하여야 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도

[참고기준]

- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 장애인관련 법령 및 기준
- 영국 안전기준

24) 승강기

승강기를 설치하는 경우 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

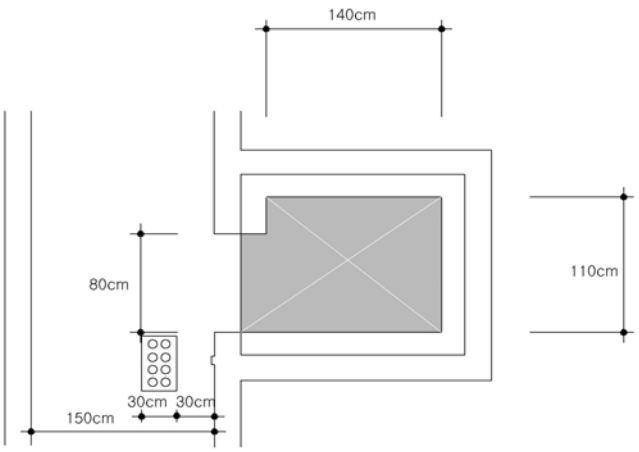
1. 휠체어 이용 승객들이 원활히 탑승할 수 있도록 적정한 크기의 출입문 폭과 내부 공간이 마련되어야 한다.
2. 장애인을 위한 조작설비 및 음성안내표시가 마련되어야 한다.
3. 전원 공급의 차단 이후에도 적당한 조도를 유지할 수 있도록 비상조명 장치가 설치되어야 한다.
4. 역무실과의 양방향 통화 장치가 설치되어야 한다.

[해설]

승강기는 일반 승객 뿐 아니라 계단 이용에 어려움이 있는 장애인 및 노약자를 위한 필수적인 이동수단이다. 승강기의 설치 시 출입구에서 눈에 잘 띄는 장소에 보행동선의 흐름에 방해가 되지 않도록 하며, 장애인 및 노약자의 이용편의를 고려하고 공공지하보도의 기능을 수행할 수 있도록 하여야 한다.

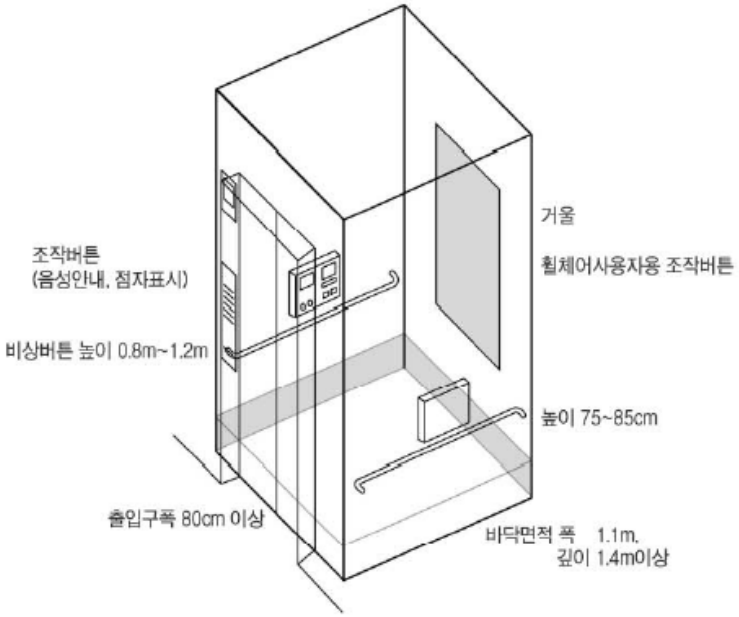
1. 승강기의 출입문 유효 통과폭은 휠체어 사용자를 고려하여 0.8m 이상으로 하고 승강기 내부 유효 바닥면적은 1.1m × 1.4m 이상으로 규정하고 있다.
승강기 운행회수, 속도에 따른 대기 시간을 감안하여 전면에 1.4m×1.4m 이상의 활동공간을 확보하여야 한다. 휠체어사용자가 통행할 수 있도록 보도 또는 접근로의

유효폭은 1.2m 이상으로 한다.



<그림 3-7-43> 승강기의 계획 기준

호출버튼, 조작반, 통화장치 등 승강기의 안팍에 설치되는 모든 스위치의 높이는 바닥으로부터 80~120㎝ 이내에 설치하여야 하지만, 스위치의 수가 많아 120㎝ 이내에 설치하는 것이 곤란한 경우 140㎝까지 완화 할 수 있도록 규정하고 있다.



<그림 3-7-44> 승강기의 개요도

2. 승강기 내 휠체어사용자용 조작판은 진입방향의 우측 중앙면에 설치하고 조작판의 높이는 바닥으로부터 85~100㎝내에 위치하도록 한다. 시각장애인을 위한 조작

판의 점자표시는 주조작판에 설치하며 출입문 개폐, 비상호출, 상호통화장치등에도 점자표시를 하여야 한다.
승강기 전면 및 내부에는 승강기의 진행방향과 정지예정층, 현재 위치 등에 대한 문자표시장치가 있어야 하며 도착층, 출입문의 개폐 상황등에 대한 음향 및 음성안내표시를 하여야 한다.
승강기 내부에는 손잡이를 설치하여야 한다. 승강기 전면 호출버튼의 0.3m에는 점자블록을 설치하거나 시각장애인이 감지할 수 있도록 바닥재의 질감 등을 달리하여야 하며, 승강기 내부의 상황을 외부에서 알 수 있도록 승강기 전면의 일부에 유리를 사용할 수 있다.

3. 정전시에도 일정시간 동안 유지할 수 있는 비상 조명이 설치되어야 하며, 이는 주 전원이 나갔을 때 자동적으로 작동되어야 한다.

4. 승강기에 위급한 상황에서 쓰일 수 있는 경고 버튼이나 양방향 통화시설이 마련하여 구조 요청 및 상황 파악에 신속하게 대처하도록 한다.

[적용범위] 고속철도, 일반철도, 도시철도
[참고기준]
- 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계지침
- 교통약자의 이동편의증진법 시행규칙
- 교통약자 이동편의시설 설치관리 매뉴얼 2007
- 영국 안전기준
- 한국철도시설공단 철도설계지침 건축편

제8절 건널목 안전기준(안) 및 해설

검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR02 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

5. 프로젝트는 철도 건널목 안전기준(안)을 작성하여야 한다.

5.1 프로젝트는 철도 건널목 설치기준(안)을 제시하여야 한다.

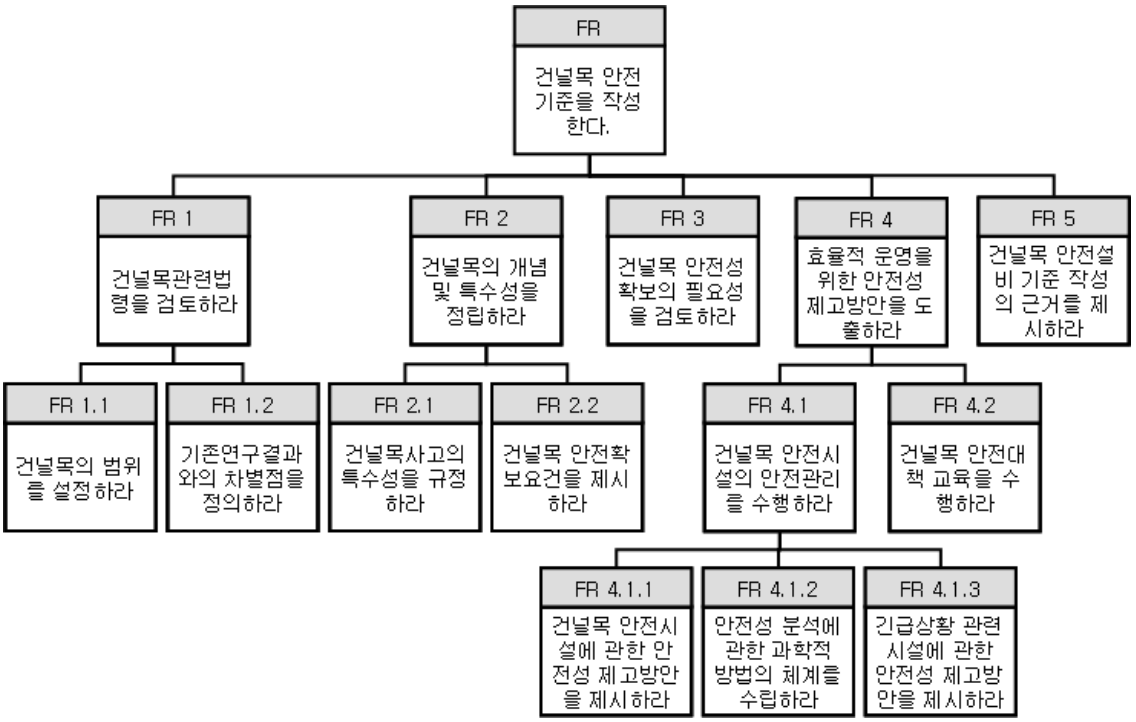
5.2 프로젝트는 철도 건널목 설비기준(안)을 제시하여야 한다.

입력물 :	업무 :	출력물 :
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 및 관련논증보고서 (SE제공) - 철도시설안전 과제 VRTM Templates ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - MVP(종합검증계획서) - PM(Project Management) - 철도시설안전 과제 Architecture ☐ **설계정보 및 평가자료** - 건널목 안전기준(안)의 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 검증기준(Verification Criteria) - 설계 분석 보고서 (DARs) - 시험 및 입증 자료 (N/A) ☐ **검증 방법** - 엔지니어링 분석, 비교검증	- SE 검증	- 수정 VRTM - RVCD

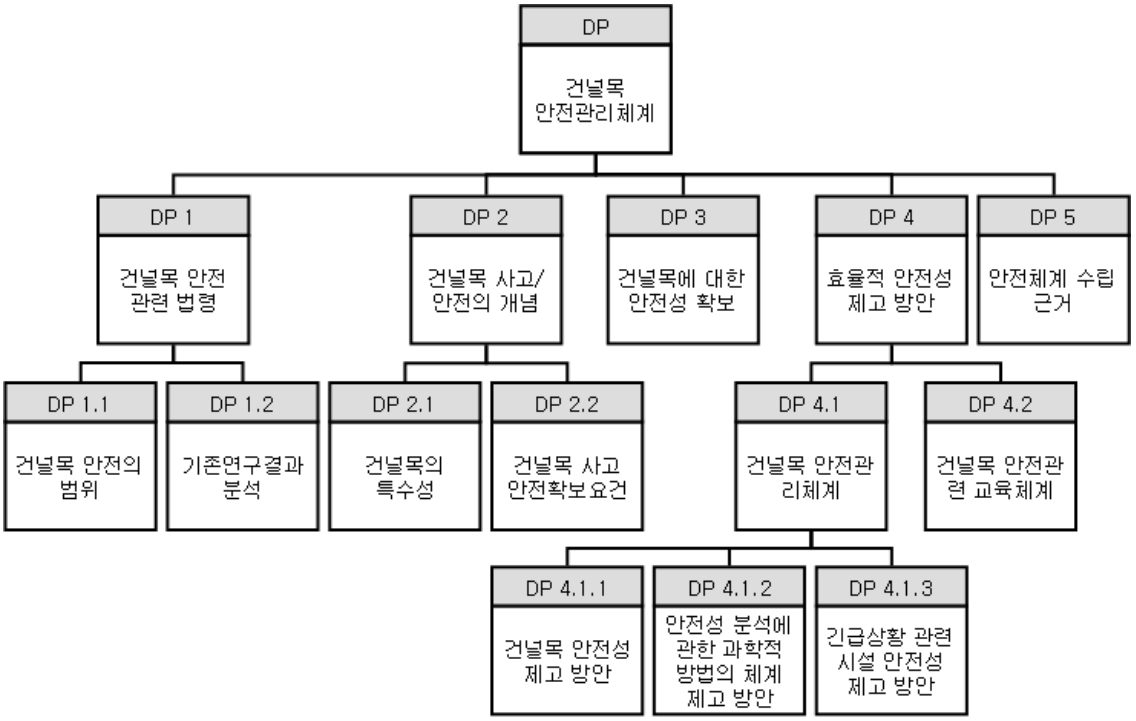
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

건널목 안전관리 체계 구축은 시스템 요구사항 『SR 5. 프로젝트는 철도 건널목 안전기준(안)을 작성하여야 한다.』 중 『SSR 5.1 프로젝트는 건널목 설치기준(안)을 제시하여야 한다.』 및 『SSR 5.2 프로젝트는 건널목 설비기준(안)을 제시하여야 한다.』에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 건널목 설치기준 및 설비기준(안)을 작성하였다.

나. 설계기준

(1) 국내 설계기준 또는 기준

- 철도건설법
- 철도건설규칙
- 철도안전법
- 철도시설 안전기준에 관한 규칙
- 건널목 설치 및 설비기준 규정(2001.11.08)
- 건널목 개량 촉진법(2006.03.24)
- 건널목 관련 첨단 교통관리체계 구축 운영지침(2006.01.06)
- 건널목 관리원 근무지침(2002.06.12)
- 대도시권광역교통관리에관한특별법(2005.01.27)

(2) 국외 설계기준 또는 지침

- 철도기술기준성령(일본)

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

연구 성과물에 대한 전문가 자문을 통하여 국내자료와 비교, 외국자료와 비교, 국내기준의 적합성에 관한 검증

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 건널목 안전기준(안)의 목적

현재 건널목 안전기준은 '철도시설 안전기준에 관한 규칙' 제4장 건널목의 안전기준에 대부분 나와 있다. 이 기준은 선진국들의 안전 기준에 뒤지지 않을 만큼 철도시설로서 건널목의 안전에 관하여 잘 정리해 놓았다. 하지만 건널목 안전과 관련되어서 '철도시설 안전기준에 관한 규칙'이외에도 다른 법령들에 관련된 내용들이 제시되어 있으므로, '철도시설 안전기준에 관한 규칙'의 내용을 중심으로 건널목 안전기준(안)을 새롭게 만들 경우 기존 법령과의 중복되는 문제들이 발생하므로 본 연구에서는 건널목과 관련된 기존 법령들의 내용을 중심으로 각각의 내용들과 건널목 안전을 위한 계획들을 고려하여 각 법령의 내용을 보완한다. 이에 본 연구에서 사용하는 건널목 안전기준(안)은 건널목 관련 법령들의 수정(안)들을 통칭한다. 이러한 수정(안)들을 통해 건널목 안전과 관련된 구체적인 기준을 제안하며, 현재 법률 규정상 각각 정의된 요소는 건널목의 구조적 측면에서 유기적으로 정의하고, 다르게 나타난 부분은 통일하여 건널목 안전과 관련된 체계적인 법령 구조를 마련한다. 본 연구에서 제안하는 내용은 다음과 같다.

(가) 추가 시설 기준 제안

- 건널목 안전을 위해 '철도안전법' 제5조에 의한 철도안전종합계획에는 출구측 차단간 검지기, 지장물 검지장치 등 새로운 건널목 안전설비의 설치를 실시하고 있는 데, 현재 '철도시설 안전기준에 관한 규칙'에는 "안전성 분석 결과에 따라 설치하여야 한다."라는 규정만 있을 뿐 구체적인 설치 기준이 없음
- 이에 본 연구에서는 건널목 안전을 위해 반드시 필요한 안전설비들에 대하여 설치 기준 및 설비기준을 제안함

(나) 법령간 상충되는 내용의 수정

- 건널목은 구조상 궤도와 도로가 물리적으로 만나는 공간이므로, 안전에 관한 법령이 철도 관련법과 도로관련법에 동일하게 나타나야 하지만, 철도안전법 이후 도로관련법

은 수정하지 않은 채 철도관련법만 수정

- ○ 건널목의 입체화와 개량 기준에서 사용되는 기준은 철도교통량에 대한 도로교통량이지만, 건널목의 종별 분류 기준은 도로교통량× 철도교통량임
- ○ 건널목 사고를 줄이기 위해서는 모든 건널목을 입체화하거나 첨단 건널목 관리 시설로 개량하면 되지만, 한정된 재화에서 발생하는 문제에 의해 건널목의 위험도에 따라 입체화 및 안전설비를 차등적으로 적용할 수밖에 없음
- ○ 대부분의 연구에서 건널목의 위험도는 '도로교통량'과 '철도교통량'의 곱인 '총교통량'으로 표현
- ○ 이에 건널목 개량시 '총교통량'을 사용할 것을 제안함
- ○ 건널목 설치시 물리적 구조에 있어서 철도측 관련 법령은 새롭게 내용이 강화된 반면 도로측 관련 법령들은 이전 내용을 포함하고 있어 서로 상충되고 있음
- ○ 이에 강화된 철도측 관련 내용으로 도로측 관련 법령들을 수정할 것을 제안함

(다) 추상적 표현의 구체화

- ○ 기존 법령의 경우 '급격히 변동', '매우 큰 차이', '부득이한 경우에는', '쉽게 알 수 있는 ' 등 해석하기에 따라 달라질 수 있는 기준들을 제시하고 있음
- ○ 해석의 폭이 다양할 경우, 사고위험도가 매우 높지만 안전시설 추가에 드는 비용문제 때문에 해석의 폭을 크게 하여 추가적인 시설 설치를 실시하지 않더라도 법적으로 제제할 수 없음
- ○ 이에 해석의 폭이 다양하게 나타날 수 있는 추상적 표현들을 구체적 기준으로 제안함

(라) 도로측 기준 추가

- ○ 이전 건널목 안전기준인 '건널목설치 및 설비기준규정'에는 도로측 기준이 있었으나 현재 건널목 안전기준인 '철도시설 안전기준에 관한 규칙'에는 빠져 있음.
- ○ 건널목 사고의 대부분은 도로 사용자에 의해 발생하므로 건널목 안전 기준에 도로 구조와 관련된 내용의 명시가 필요함.

○ 현재 도로관련법에는 건널목 통과방법이나 물리적 교차기준에 관한 내용만 있고 건널목 안전을 위한 도로측 시설들의 구조적 설치 기준에 관한 내용은 없음.

○ 이에 건널목 안전과 관련된 도로측 시설들의 구조적 설치 기준에 대해 제안함.

(2) 건널목개량촉진법시행령 개정(안)

(가) 용어의 정의

이 영에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다

1. '일반열차환산교통량'이라 함은 건널목을 통과하는 일평균 열차를 일반열차로만 구성되었다고 가정한 환산교통량으로서 일평균 열차의 수에 별표 1에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.

2. '보행자환산교통량'이라 함은 건널목을 횡단하는 일평균 인마 및 차량을 보행자로만 구성되었다고 가정한 환산교통량으로 일평균 인마 및 차량의 수에 별표 2에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.

3. "건널목시설물"이라 함은 건널목의 보안설비·교통안전표지 및 간수처소를 말한다.

[별표 1] 철도교통량환산율

열차종별	환산율	기 사
입환차량및단기	0.5	
일반열차	1	

[별표 2] 도로교통량환산율

열차종별	환산율	기 사
보행자	1	
자전거	2	자전거 및 리어카
우마차	3	
2륜자동차	4	오토바이,원동기부자전거,경운기
3륜자동차	8	
4륜소형자동차	10	버스,트럭이외의 보통자동차
4륜대형자동차	12	버스,트럭,특수자동차

[해설]

○ 기존 내용

1. "철도교통량"이라 함은 건널목을 통과하는 일평균 열차의 수(계속 3일간 조사한 것을 평균하여 산출한다)에 별표1에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.
2. "도로교통량"이라 함은 건널목을 횡단하는 일평균 인마 및 차량의 수(계속 3일간 조사한 것을 평균하여 산출한다)에 별표2에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계 를 말한다.

○ 일반적으로 교통량은 시간당 어느 지점을 통과하는 차량대수 또는 사람수를 의미하는데, 건널목의 입체화와 개량 기준에서 사용되는 '철도교통량'은 시간당 통과하는 모든 철도의 수가 아니라 일반열차로 환산한 교통량이고, '도로교통량'은 보행자로 환산한 교통량이므로 '철도교통량'은 '일반열차환산교통량'으로 '도로교통량'은 '보행자환산교통량'으로 수정

○ 3일간 조사한 것의 평균은 첨두시 교통특성을 반영하지 못한다. 사고위험도는 도로 첨두시가 가장 높으므로 교통량 조사 방법을 일평균교통량 조사에서 설계시간교통량 조사로 바꿀 필요가 있으므로, 일평균조사방법에 대한 내용을 삭제함

(나) 개량건널목의 지정기준

①건설교통부장관은 법 제4조 규정에 의하여 다음 각호의 1에 해당하는 건널목을 개량건널목으로 지정한다.

1. '환산총교통량'('일반열차환산교통량'×'보행자환산교통량')이 1,000,000 이상이 되는 건널목.

2. 건널목에서의 교통 소통의 원활을 위하여 필요하거나 교통사고의 위험이 많다고 인정되는 건널목.

②개량건널목의 지정은 2년마다 행하되, 그 우선 순위를 정하여야 한다.

[해설]

○ 기존 내용

1. 철도교통량 및 도로교통량이 별표3에 정한 수치 이상이 되는 건널목.

○ 현재 개량 건널목의 지정기준의 경우 '일반열차환산교통량(철도교통량)'에 대한 '보행자환산교통량(도로교통량)' 위주로 되어 있어, '일반열차환산교통량(철도교통량)'과 '보행자환산교통량(도로교통량)'을 종합적으로 볼 때 중요한 건널목이 입체화 대상에서 제외되는 경우가 발생[2)]

2) 방연근, 이순철(2005) "건널목 개량제도에 관한 고찰", 한국철도학회논문집, 제8권, 제4호.

개량건널목의 지정기준

(일반열차환산교통량(철도교통량)에 대한 보행자환산교통량(도로교통량))

일반열차환산교통량(철도교통량)	보행자환산교통량(도로교통량)
50 미만일 때	30,000 이상
50 이상 100 미만일 때	20,000 이상
100 이상일 때	10,000 이상

○ 현재의 기준을 적용했을 때, '일반열차환산교통량(철도교통량)'이 1이고 '보행자환산교통량(도로교통량)'이 30,000일 경우 개량 건널목의 기준을 충족하나 건널목 설치기준을 적용했을 때는 3종 건널목 지정수준이며 '일반열차환산교통량(철도교통량)'이 100이고 '보행자환산교통량(도로교통량)'이 9,000일 경우 개량 건널목의 기준을 충족하지 못하지만, 건널목 설치기준을 적용했을 때는 1종 건널목 지정수준으로 위험도가 높은 건널목이 개량 건널목으로 지정되지 못하는 경우가 발생할 수 있음

○ 개량건널목 기준은 최소한 1종 건널목 지정수준보다 높아야 하므로 '환산총교통량'이 1,000,000이상일 경우로 제안함

pp385-390

(3) 철도시설 안전기준에 관한 규칙 개정(안)

(가) 건널목의 분류 및 안전설비 설치기준

①건널목의 종류는 <표 3-8-1>의 건널목 분류기준에 따른다.
②건널목의 종류별 안전설비 설치기준은 <표 3-8-2>과 같다.

<표 3-8-1> 1종, 2종, 3종 건널목의 설치 기준

구 분	환산총교통량(일반열차환산교통량×보행자환산교통량)
제1종 건널목	500,000회 이상
제2종 건널목	300,00회 이상 - 500,000회 미만
제3종 건널목	300,000회 미만

- 제2종 또는 제3종 건널목 기준에 적합한 건널목이 사고다발지역이거나 고속철도 운행구간이어서 위험도가 높다고 인정되는 때에는 위 표의 기준에 의한 건널목 분류 기준보다 상위 등급으로 분류할 수 있다.

- '환산총교통량'이라 함은 '일반열차환산교통량'에 '보행자환산교통량'을 곱한 것을 말한다.

- '일반열차환산교통량'이라 함은 평일에 건널목을 통과하는 1일 평균 열차 통과횟수에 다음에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.

일반열차환산교통량 환산율표	
종별	환산율
입환차량	0.5
일반열차	1.0

- '보행자환산교통량'이라 함은 평일에 건널목을 횡단하는 1일 평균 보행자 통과횟수 및 차량 통과횟수에 다음에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.

보행자환산교통량 환산율표			
종별		환산율	대 상
보행자		1	일반보행자 및 아동 (다만, 운전자, 차량탑승자, 업힌 유아등은 포함되지 아니함)
자전거		2	자전거 (다만, 자전거를 타고 가는 사람은 포함하지 아니함)
손수레		3	손수레, 리어카(다만, 수레끄는 사람 등은 포함하지 아니함)
이륜자동차		4	원동기 달린 자전거, 오토바이, 경운기 등
자동차	소형	8	승용차, 1톤 이하 트럭, 소형승합차(17인승 이하)
	중형	10	중형승합차, 10톤 미만 트럭, 렉카
	대형	12	대형버스, 10톤 이상 트럭, 트레일러, 탱크로리, 컨테이너, 기중기, 레미콘차, 펌프카 그 밖의 중장비

- 2년마다 실시하는 교통량 조사 결과에 따라 **건널목의 종별 구분을 새롭게 실시한다.**

<표 3-8-2> 건널목 종목별 설비기준

종류별	세부종별	차단기	건널목경보기	정시간제어기	현원장격건감널시목장치	고장표시장치	전스철또는펜구간빔선	건널목교통안전표시	안내원없음표시	기적표	조명장치	고장검지장치	장치및사용안내문 전동차단기수동취급
1종	자동	○	○	△	△	△	○	○	△	△	△	△	△
	수동	○	○	△	△	△	○	○	△	△	△	△	
2종	자동		○	△	△	△	○	○		△			
3종	수동						○	○		△			
임시건널목		△	△	△	△	△	○	○		△	△	△	△

※ ○ 표는 반드시 설치하여야 하는 설비를 말한다.
※ △ 표는 사정에 따라 설치를 하지 아니할 수 있는 설비를 말한다.

[해설]

○ 기존 내용

- '총교통량'이라 함은 철도교통량에 도로교통량을 곱한 것을 말한다.
- '철도교통량'이라 함은 평일에 건널목을 통과하는 1일 평균 열차 통과횟수에 다음에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.
- '도로교통량'이라 함은 평일에 건널목을 횡단하는 1일 평균 보행자 통과횟수 및 차량 통과횟수에 다음에 정한 환산율을 곱한 수치의 합계를 말한다.

○ 현재 기준의 경우 '건널목개량촉진법' 제7조에 의해 입체교차화가 불필요하다고 인정되는 곳에 한하여 건널목을 종별로 구분하여 설치한다고 되어 있을 뿐, 건널목 종별 변경에 대한 시기적 기준이 없음.

○ '건널목 개량촉진법 시행령' 제5조에 의하면 개량건널목의 지정은 2년마다 한 번씩 행하고, '철도시설 안전기준에 관한 규칙' 제21조에 의하면 2년마다 교통량 조사를 한 번씩 하므로, 건널목의 종별 구분도 2년마다 새롭게 실시한다고

명시함.

- ○ 건널목의 종별 구분의 시기를 명확히 정의함으로서 ‘철도안전법’ 제5조에 의한 철도안전종합계획 수립과 제6조에 의한 시행계획 수립 시 이 결과를 반영하여 입체화 및 안전설비 설치 순위를 정할 수 있음.
- ○ 철도건설규칙 제22조에 의한 임시건널목의 경우 1종 건널목의 안전설비 중 건널목 구조와 통행환경에 따라 설치할 것을 제안
- ○ ‘철도시설 안전기준에 관한 규칙’ 제27조에 나와 있는 건널목의 안전설비들을 포함하여 새로운 건널목의 종류별 설비기준(안) 제안
- ○ ‘현장건널목 원격감시장치’는 ‘철도시설 안전세부기준’ 제36조에 나와 있는 ‘지장물검지장치’, ‘출구측차단간검지기’, ‘정시간제어기’, ‘고장검지 및 감시장치’. ‘정보분석 및 원격감시장치’, ‘기타필요하다고 판단되는 장치’를 뜻함

(나) 건널목의 신설·폐지

①철도시설관리자는 ‘건널목개량촉진법’ 제7조 단서의 규정에 해당되어 입체교차화가 불필요하다고 인정된 곳에 한하여 철도운영자의 의견을 들어 건널목을 설치하여야 한다.
②철도시설관리자는 제1항의 규정에 의하여 건널목을 설치하고자 하는 때와 **철도건설규칙 제22조에 의하여 입체화시설 공사 중 임시건널목**을 설치할 경우에는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 인접 건널목과의 거리는 1천미터 이상일 것
2. 열차투시거리는 당해 선로에서 열차가 최고운행속도로 운행할 때의 제동거리 이상을 확보할 것
3. 건널목의 폭은 3미터 이상일 것
4. 철도선로와 접속도로와의 교차각은 60도 이상일 것
5. 양쪽 접속도로는 반드시 포장되어야 하며, **도로와 교차시 철도경계선으로부터 30미터까지의 구간을 직선으로 하여 굴곡이 없어야 하고, 그 구간의 경사도는 3퍼센트 이하로 하며, 농어촌 도로와 교차시에는 구간의 경사도를 2.5퍼센트 이하로 한다. 자전거도로와 철도가 평면교차할 경우에는 철도경계선으로부터 10미터까지의 구간을 직선으로 하며, 그 구간내의 경사도는 3퍼센트 이하로 한다.**

③철도시설관리자는 건널목을 폐지하고자 하는 때에는 폐지예정일 10일전에 폐지사유와 폐지연월일을 통행인이 잘 볼 수 있는 건널목 주변에 게시하여야 한다.

[해설]

○ 기존 내용

②철도시설관리자는 제1항의 규정에 의하여 건널목을 설치하고자 하는 때에는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

5. 양쪽 접속도로는 반드시 포장되어야 하며, 철도경계선으로부터 30미터까지의 구간을 직선으로 하여 굴곡이 없어야 하고, 그 구간의 경사도는 3퍼센트 이하일 것

○ 철도건설규칙 제22조는 입체화시설 공사 중 일시적으로 필요한 곳에는 임시건널목을 설치할 수 있음을 명시하고 있지만, ‘철도시설안전기준에 관한 규칙’에는 임시건널목에 대한 내용이 없으므로 임시건널목에 관련된 내용을 추가해야 함

○ 임시건널목이므로 반영구적으로 운영되는 건널목 안전설비들을 의무적으로 설치할 수 없으므로, 다른 구체적인 기준들이 반드시 필요함

○ 이에 임시건널목 설치 기준에 건널목 신설시 도로와의 물리적 구조에 대한 기준을 그

대로 적용함

○ 법령 '도로의 구조, 시설 기준에 관한 규칙', '농어촌 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규칙', '자전거 이용시설의 구조 시설 기준에 관한 규칙'에 나온 건널목 구조에 대한 기준을 반영하여 제2조 제5항 수정

(다) 교통량 조사

①철도시설관리자는 건널목을 설치했을 때와 이후 2년마다 별지 제1호서식의 건널목교통량조사표에 의하여 건널목에 대한 교통량을 조사하여야 한다.
②철도시설관리자는 기상악화 등 일시적 요인으로 인한 교통량 증감이 발생하는 날에는 제1항의 규정에 의한 교통량조사를 실시하여서는 아니된다
③제1항의 규정에 의한 교통량 조사는 **지방부 도로의 경우 매주의 주말 최대시간교통량을 구하여 이를 평균한 값을 구하고, 도시부 도로의 경우 매주 평일 최대시간교통량을 52주간 구하여 이를 평균한 것을 구한다.**
④계절별 변동이 심한 위락관광도로처럼 첨두현상이 매우 심하게 나타나서 ③에서 구한 값이 매우 큰 값이 되어 경제성이 떨어진다고 판단되면 상황에 따라 80~100번째 시간교통량을 구한다.
⑤이와 같은 시간교통량을 구할 수 없는 도로는 도로특성이나 교통상황이 유사한 다른 도로의 실측치를 이용하여 설계교통량을 추정한다.

[해설]

○ 기존 내용

①철도시설관리자는 건널목을 설치한 때와 그 이후 2년마다 별지 제1호서식의 건널목교통량조사표에 의하여 건널목에 대한 교통량을 조사하여야 한다. 다만, 건널목 주변여건에 따라 교통량이 급격히 변동된 때에는 수시로 교통량조사를 실시할 수 있다.
③제1항의 규정에 의한 교통량 조사는 평일에 3일간 연속하여 실시하여야 한다. 다만, 교통량조사기간중 교통량이 평상시의 교통량보다 매우 큰 차이가 있다고 인정되는 날이 있는 경우에는 3일을 초과하여 조사할 수 있다.

○ 교통공학에서 첨두시간 교통량의 용도는 다음과 같음

차로수 및 폭, 도류화, 교차로, 램프, 갓길 등의 기하설계

포장, 교량 등 도로구조물의 구조설계

화물차의 승용차 환산계수 계산

통행료 수입 추정

교통량 조사지점 조정

- 건널목을 신설하거나 개량을 하기 위해서는 장래 예상되는 교통량을 추정해야 함
- 연평균 일교통량은 하루 중의 교통량 변화패턴, 특히 첨두특성을 나타내지 못하므로 차량분류 조사나 투자개선계획 및 도로구조물 설계에서는 중요한 자료일 수 있지만 도로의 기하설계에서는 적용할 수 없음
- 설계의 기초로는 하루보다 짧은 시간대(통상 한 시간)의 교통량이 설계의 기초가 됨
- 설계목표 연도의 첨두시간예상교통량을 설계시간교통량(Design Hourly Volume: DHV)이라고 함
- 지방부 도로에서의 설계시간 교통량은 1년 중 30번째로 높은 시간당 교통량을 기준으로 하며 이를 30HV라 함
- 이를 기준으로 하면 1년 중 29시간은 혼잡이 불가피하지만, 이를 모두 만족시킬 경우 시설규모가 매우 커지기 때문에 경제적 측면에서 볼 때 30번째 교통량을 기준으로 하는 것이 타당하다고 알려져 있음
- 1년 365일 매시간 교통량을 측정하여 30HV를 얻는 것은 매우 어려운 일이므로 지방부 도로의 경우 매주의 주말 최대시간교통량을 구하여 이를 평균한 값을 30HV로 보고, 도시부 도로의 경우 매주 평일 최대시간교통량을 52주간 구하여 이를 평균한 것을 30HV로 봄
- 계절별 변동이 심한 위락관광도로에서 첨두현상이 매우 심하게 나타나서 30HV가 매우 큰 값이 되어 경제성이 떨어진다고 판단되면 상황에 따라 80~100번째 시간교통량을 분석시간 교통량으로 정함
- 교통량을 상시 관측하는 도로나 매년 주말 혹은 평일의 첨두시간 교통량을 구할 수 있는 도로의 경우 그 값을 이용하여 30HV를 구하고, 이와 같은 시간교통량을 구할 수 없는 도로는 도로특성이나 교통상황이 유사한 다른 도로의 실측치를 이용하여 설계교

통량을 추정

(라) 차단기·경보기 그 밖의 안전장치 고장시의 조치

①건널목관리원 또는 보수자는 차단기·경보기 그 밖의 안전장치가 고장으로 작동하지 아니하는 때에는 <그림 3-8-1>의 고장표지를 그 안전장치의 전면에 게시하고 필요한 안전조치를 취한 후 즉시 종합관제실에 통보하여야 한다.
②철도시설관리자는 차단기·경보기 그 밖의 안전장치가 고장인 것을 알게 된 때에는 지체 없이 이를 보수하여야 한다.
③철도시설관리자가 제2항의 규정에 의하여 보수를 하는 경우에는 보수를 하여야 하는 안전장치의 앞쪽에 <그림 3-8-1>의 고장표지를 게시하여야 한다. 다만, 자동으로 고장표시등이 켜지는 경우에는 고장표지를 게시하지 아니할 수 있다.



<그림 3-8-1> 고장표지

[해설]

○ 현재 기준과 동일

(마) 차단기의 설치

①차단기는 **건축한계 외방으로 차량 및 열차운행에 지장을 주지 않는 곳에 설치한다.**
②차단기에는 접지저항값이 100오옴(Ω) 이하인 접지설비를 하여야 한다.
③차단기는 고압전선으로부터 1.5미터 이상의 거리를 두고 설치되어야 한다.
④제1종 건널목의 차단기에는 차단간 하강 직전 진입하는 차량을 감지하여 당해 차량이 건널목을 통과할 때까지 맞은편 차단봉의 하강시간을 조정할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.
⑤차단기는 선로 양측에서 건널목 통행폭 전체에 걸쳐 차단하고, 차단간 좌우 주변에 우회통과가 가능하지 못하도록 한다
⑥부득이하게 양방향-전차단 방식의 차단기를 설치하지 못할 경우, 차단기는 건축한계 외방으로 우측에 설치하고, 도로에 중앙분리대를 함께 설치한다.
⑦필요할 경우 시인성 향상을 위하여 차단간에 경고등을 부착한다.
⑧차단기설비와관련된 구체적인 구조 및 성능은 한국철도표준규격 'KRS SG 0041-07(R) 건널목전동차단기'와 'KRS SG 0046-07(R) 건널목전동차단기(장대형)'의 내용을 따른다.

[해설]

○ 기존 내용

①차단기는 지형상 부득이한 경우를 제외하고는 도로에서 선로를 바라볼 때 우측에 설치하되, 열차운행에 지장을 주지 아니하는 곳에 설치하여야 한다.

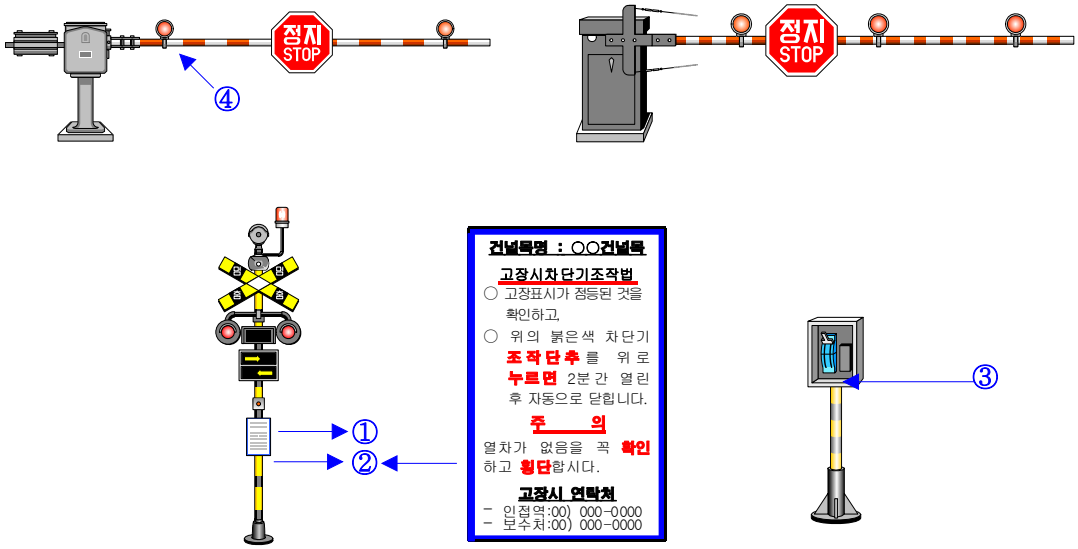
○ 도로 우측에 설치하는 기존 단방향 차단기는 직전통과 및 우회통과의 문제가 있음. 출구측 차단기가 입구측 차단기보다 늦게 작동하여 건널목에 갇힌 차량을 해소하기 위해서는 양방향-전차단 방식의 차단기를 설치하여야 하므로 기존 기준안에서 도로 우측이라고 규정된 부분을 삭제할 것을 제안함

○ ⑤는 일본의 건널목 차단기의 설치기준에 있는 내용임. 건널목 사고의 원인 중 큰 요인이 차단기 우회통과에 의한 사고이므로, 차단기를 우회통과 할 수 없도록 원천적으로 통행을 막을 수 있는 기준을 제안함

○ ⑥은 차단기 우회통과에 의한 사고를 방지하기 위한 방안으로서 도로에 중앙분리대를 설치하여 차단기를 우회통과하는 가능성을 원천 차단하기 위해 제안함

○ ⑦는 야간 또는 시야가 좋지 않은 날 차단기의 시인성을 높이기 위해 제안함

전동차단기(일반형) 전동차단기(장대형)



장 치 명	기 능
① 수동조작기	경보장치 고장에 따른 차단봉 하강으로 통행차량 지장시 차단봉을 일시 상승(2분)시켜 차량을 통과시키기 위한 설비
② 안내게시판	수동조작기 사용법 및 고장시 연락처
③ 수동개폐기	차단봉의 인위적 하강 및 상승 필요시 건널목관리원이 취급할 수 있도록 하는 설비
④ 차단봉표시등	열차진입으로 차단봉 하강시 건널목 진입 차량에게 차단봉 하강상태 표시

<그림 3-8-2> 차단기의 종류

(바) 경보기의 설치 등

①건널목에 차단기를 설치하지 아니하고 경보기만을 설치하는 경우에는 지형상 부득이한 경우를 제외하고는 도로에서 선로를 바라볼 때 우측에 설치하되 열차운행에 지장을 주지 아니하는 곳에 설치하여야 한다.
②경보기를 차단기와 함께 설치하는 경우에는 차단기 바깥쪽에 차량운전자 및 보행자가 쉽게 알아볼 수 있는 위치에 설치한다.
③편도 2차로 이상의 도로와 편도 1차로인 도로와 연결되는 제1종 건널목에 설치되는 경보기는 차량운전자 및 보행자가 쉽게 그 위치를 알 수 있도록 철제빔 등의 보조장치를 사용하여 가능한 높게 설치하여야 한다.
④ 경보기의 투시가 불량하고 편도 2차로 이상 또는 편도 2차로 도로 중 대형차량이 번번하게 통행하는 건널목에는 현수형 경보기를 설치하고, 전기철도 구간내 철도건널목 중 도로폭이 넓고 교통량이 많은 건널목은 가교형 경보기를 설치한다.
⑤ 도로선형이 좌측으로 굽은 곡선부일 경우에는 접근부 좌측에 원형표지판을 추가로 설치한다.
⑥ 경보기 위반 통과사례가 많은 건널목에 한해서는 감시카메라를 함께 설치한다.
⑦ 경보기의 설치와 관련된 구체적인 구조 및 성능은 한국철도표준규격 'KRS SG 0040-06R 건널목경보장치', 'KRS SG 0044-06R 건널목 경보기용 경보등', 'KRS SG 0045-06R 건널목 경보기(현수형)'과 'KRS SG 0052-06R 건널목경보기장치(가교형)'의 내용을 따른다.

[해설]

○ 기존 내용

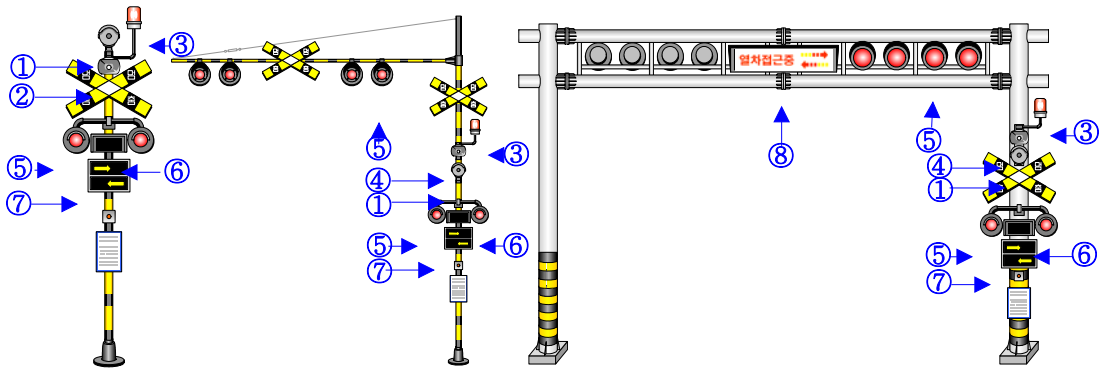
③편도 2차선 이상의 도로와 편도 1차선인 도로와 연결되는 제1종 건널목에 설치되는 경보기는 차량운전자 및 보행자가 쉽게 그 위치를 알 수 있도록 철제빔 등의 보조장치를 사용하여 가능한 높게 설치하여야 한다.

○ '차선'은 올바른 표현이 아니므로 올바른 표현인 '차로'로 수정

○ ④에서 일반형 경보기의 경우 건널목 구조에 따라 투시가 불량한 경우가 발생하고 있음. 이를 방지하기 위해 철도신호규정에 있는 현수형 경보기설치기준과 한국철도표준규격에 있는 가교형 경보기의 설치 기준을 명시할 것을 제안함

○ ⑤는 미국의 경보기 설치기준에 있는 내용으로서 도로 선형이 좌로 굽은 곡선부일 경우, 운전자의 시선은 우측 도로물 시설이 아니라 좌측 도로물 시설에 있게 됨. 경보기의 설치 기준이 도로 우측을 대상으로 하고 있으므로, 좌측에도 이를 보완하는 시설이 필요함. 이에 접근부 좌측에 원형표지판을 추가로 설치할 것을 제안함

○ ⑥은 현재 건널목 사고의 원인 중 하나가 경보기가 작동하고 차단기가 하강한 상태 또는 하강하기 직전, 그 지역을 잘 아는 주민들에 의한 무단횡단에 의한 것이므로, 이를 방지하기 위해 무인단속카메라를 함께 설치하는 것을 제안함



일반형경보기 현수형경보기 가교형경보기

장 치 명	기 능	비 고
① 경보종	소리(청각)로 열차진입 유무를 알림	
② 혼스피커	주, 야간 음량조정 가능(청각)	
③ 경광등	섬광하는 불빛(시각)으로 열차진입 유무를 알림	
④ 음성안내장치	음성멘트로 열차진입 유무를 알림(청각)	
⑤ 경보등	빛(시각)의 점멸로 열차진입 유무를 알림	
⑥ 정지(고장)표시등	경보장치 작동 시 '정지', 고장 시 '고장'을 표시(시각)	
⑦ 방향표시등	화살표로 열차진행 방향을 표시(시각)	복선용
⑧ 안내표지등	열차의 유무, 진행방향, 안전문구 표시(시각)	가교형

<그림 3-8-3> 경보기의 종류

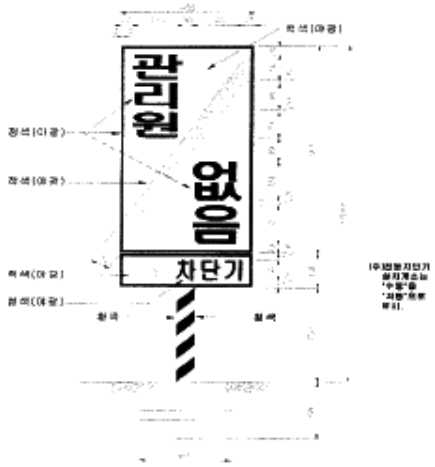
(사) 관리원 없음 표지의 게시

①관리원을 배치하지 아니한 제1종 건널목과 관리원을 배치하였으나 관리원이 근무하지 아니하는 시간대의 제1종 건널목에는 <그림 3-8-4>의 관리원없음표지를 차량운전자 및 보행자가 쉽게 알 수 있는 위치에 게시하여야 한다.

②<u>시설관리자는 주기적으로 “관리원 없음”표지의 발견거리와 확신거리에 대하여 시인성 평가를 실시하여, 기준에 부합하지 않을 경우 설치 위치를 변경하여야 한다.</u>

[해설]

○ ②항에서 “관리원 없음” 표지의 발견거리와 확신거리를 주기적으로 측정하는 시인성에 기초한 방법을 구체적으로 표시하고 판단의 기준을 제시하여, 보다 객관적이고 강력한 표지 관리 방안을 제안함



<그림 3-8-4> 관리원없음표지

(아) 건널목 보판의 여유폭과 차량진입 금지설비

①건널목 보판(補板)의 양끝은 도로보다 각각 50센티미터 이상 넓게 설치되어야 한다. 다만, 지형여건상 부득이한 경우에는 **지장물 검지장치와 지장알림장치를 설치하고 도로측에 미끄럼방지포장과 과속방지턱을 설치한다.**
②건널목 보판의 여유폭 확보가 어려운 곳이나 여유폭이 확보되어도 차량이 보판 밖으로 이탈할 위험이 있는 곳에는 건널목 보판의 끝부분에 경사판을 설치하여야 한다.
③차량통행이 금지된 건널목은 차량이 통행할 수 없도록 일시정지선 위치에 적당한 간격으로 말뚝을 설치하여야 한다.
④ 보판 가장자리가 명확하게 인식될 수 있도록 도색하거나 시인성 강화물을 부착한다.

[해설]

○ 기존 내용

①건널목 보판(보판)의 양끝은 도로보다 각각 50센티미터 이상 넓게 설치되어야 한다. 다만, 지형여건상 부득이한 경우에는 그러하지 아니하다.

○ 현재 기준에서 부득이한 경우 그러하지 아니하다로 규정되어 있으므로 최소한의 조건조차 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있음

○ 보판 조건이 부실할 경우 차량이 보판에서 미끄러져 건널목을 지장하는 사고가 발생하고 있으므로 지장물 검지장치와 지장알림장치를 설치하여 보판이탈사고발생을 방지함

○ 보판이탈의 대부분의 원인이 차량의 과속 또는 미끄러짐으로 인해 발생하므로 차량의 과속을 방지하기 위해 과속방지턱을 설치하고 미끄럼을 방지하기 위해 미끄럼방지포장을 실시함

○ 과속방지턱과 미끄럼방지포장은 '도로안전시설 설치 및 관리지침'을 따름

○ 보판 가장자리의 시인성이 낮을 경우 보판을 벗어나는 사고가 발생할 가능성이 높으므로 보판 가장자리의 시인성을 높일 수 있는 도색 또는 부착물을 설치할 것을 제안함

(자) 건널목의 안전설비

건널목관리자는 안전성분석 결과에 따라 건널목 주변의 각종 장애물 등으로 인한 건널목사고를 예방하기 위하여 건널목 및 주변 환경에 따라 다음 각 호의 안전설비를 설치하여야 한다.

1. 열차 종별에 따라 경보시간이 현격하게 차이가 나는 건널목 : 경보시간을 일정하게 제어하는 정시간 제어장치
2. 종합관제실에서 원격감시하는 건널목 : 현장건널목원격감시장치

[해설]

○ 현재 기준과 동일

(차) 건널목 대장의 비치 등

①철도시설관리자는 건널목을 설치한 때에는 **별지 제2호 서식**의 건널목대장에 관련사항을 기재하고 이를 전산관리하여야 한다.

②철도시설관리자는 제1항의 규정에 의한 기재사항이 변경된 경우에는 지체 없이 그 변경사항을 건널목대장에 기재하여야 한다.

[해설]

○ 현재 기준과 동일하나 현재 기준의 [별지 제2호]중 아래의 건널목 대장 양식 변경

⑲ 경보기 및 기타보안설비 중 기타안전설비에서 지장알림장치 추가

⑳ 건널목 표지 변경

1. 철도건널목 표지(110)
2. 과속방지턱 표지(129)
3. 위험표지(140)
4. 일시정지표지(227)
5. 진입금지표지(211)
6. 일시정지표시(521)
7. 안내원 없음 표지판
8. 기타

(카) 건널목 교통안전표지의 종류와 설치

①건널목 교통안전표지의 설치는 '도로교통법' 제3조 및 '동법시행규칙' 제8조에 의하며 그 종류는 다음과 같다.

1. 철길건널목 표지(110호), 위험표지(140호)
2. 일시정지 표지(227호) 및 일시정지표시(521호)
3. 과속방지턱 표지(129호)
4. 진입금지 표지(211호, 차량통행이 금지된 건널목에 한함)

②시설관리자는 주기적으로 건널목 안전표지의 발견거리와 확신거리에 대하여 시인성 평가를 실시하고, 건널목 교통안전표지의 설치 및 관리 상태를 파악하여 기준에 맞지 않는 사항은 도로관리청에 수시 통보하고 도로관리청이 건널목 교통안전표지를 설치 관리하는데 협조하여야 한다.

[해설]

○ 현재 기준인 '철도시설 안전기준에 관한 규칙' 및 '철도시설 안전 세부기준'에는 반영되지 않은 내용으로 이전규정인 '건널목설치 및 설비기준 규정'을 기준으로 기준(안) 제안

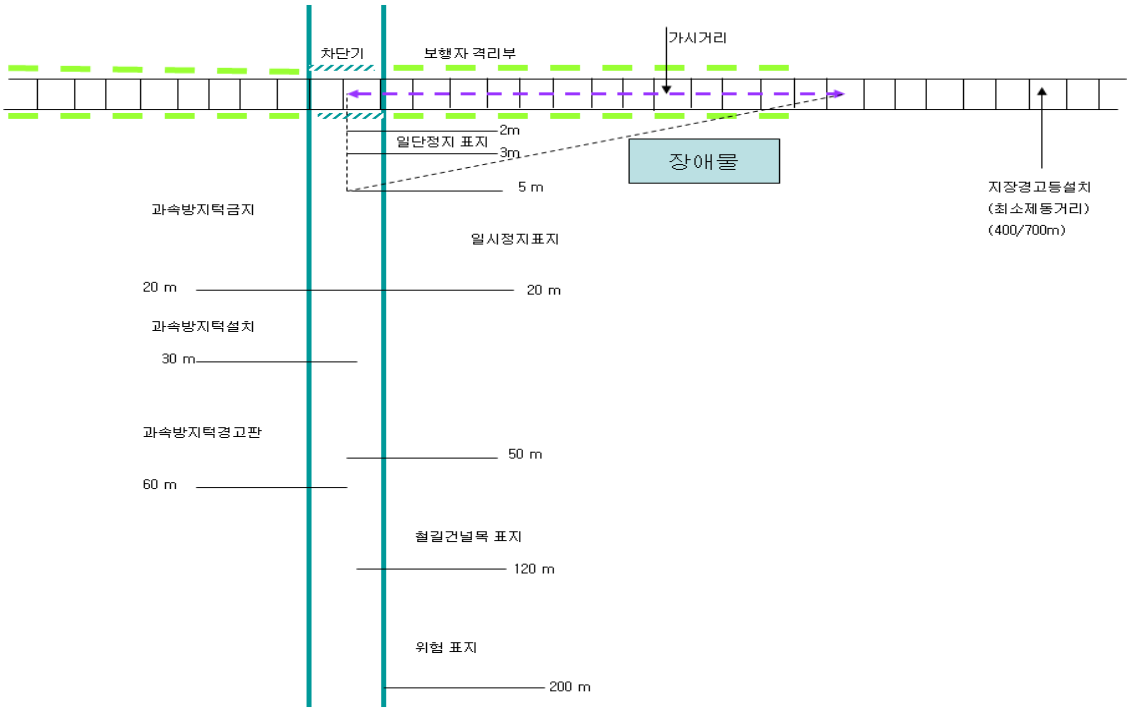
○ 2006년 5월 30일 '도로교통법 시행규칙' 전면개정에 따른 내용 변경과 과속방지턱 시설 안내를 나타내는 과속방지턱 표지 추가함

○ '도로교통법 시행규칙'에 의하면 안전표지의 설치 위치는 다음과 같음

<표 3-8-3> 안전표지의 설치 위치

안전표지	가시구간의 길이(m)
철길건널목 표지	철길건널목 전 50미터 내지 120미터의 도로 우측에 설치
위험표지	위험지역 전 50미터 내지 200미터의 도로 우측에 설치
일시정지표지	차가 일시 정지하여야 하는 교차로 기타 필요한 지점의 우측에 설치
일시정지표시	교차로, 횡단보도, 철길건널목 등 차가 일시정지하여야 할 장소의 2미터 내지 3미터 지점에 설치
과속방지턱 표지	과속방지턱이 있는 지점 전 30미터 내지 200미터의 도로 우측에 설치

○ 과속방지턱의 설치 위치가 '도로안전시설 설치 및 관리지침'에 따라 건널목 20~30미터 지점이므로 이를 고려하여 안전표지의 설치 위치를 보면 <그림 3-8-5>와 같음(단, 도로의 통행이 우선일 경우 과속방지턱은 설치하지 않음)



<그림 3-8-5> 건널목 안전표지 설치의 예

- 이 때, 정보의 과다한 노출은 통행자가 표지를 불신하게 되므로, 통행자의 정보 전달 과정을 반영하여 한 번씩만 사용
- 건널목에서 먼 지점부터 보면, 50~200미터 이내 지점에 위험표지를 설치하여, 통행자에게 위험지역임을 알림. 구체적인 값은 건널목의 구조와 도로의 평균 통행속도, 차종 비율 등에 따라 정함
- 이후 50~120미터 지점에 철길 건널목 표지를 설치하여, 위험지역이 철길 건널목이었음을 인지
- 통행자의 감속을 유도하기 위하여, 과속방지턱을 설치하여야 하는데, 갑작스럽게 등장하는 과속방지턱은 오히려 사고의 위험을 증가시키므로 미리 과속방지턱 경고판을 설치해야 함
- PIEV 시간 중 갑작스런 변화를 고려한 1.64초를 사용하고, 평균 속도를 60km/h로 가정한다면, 과속방지턱 설치 위치 약 30미터 앞에 과속방지턱 경고판을 설치
- 과속방지턱 규정을 따라. 건널목 20~30미터 지점에 과속방지턱을 설치하고, 3~20미터 사이에 일시 정지 표지를 설치. 다시 한 번 운전자의 경각심을 유도시킨 후, 일단 정지

후 주변을 주시할 수 있도록, 2~3미터 지점에 일단 정지선을 표시

○ ②항에서 설치 및 관리 상태를 파악한다고만 제시하면 파악하는 주기도 없을 뿐더러 구체적인 기준과 방법이 되지 못하므로, 교통안전 표지의 발견거리와 확신거리를 주기적으로 측정하는 시인성에 기초한 방법을 구체적으로 표시하고 판단의 기준을 제시하여, 보다 객관적이고 강력한 안전표지 관리 방안을 제안함

<표 3-8-4> 도로측 안전표지의 종류와 설치

종류	번호	표지명	규격	용도	설치 기준
주의 표지	110	철길 건널목 표지		철길건널목이 있음을 알리는 것	• 철길 건널목이 있는 지점에 설치 • 주행속도가 높은 구간에는 적당한 간격으로 중복 설치 • 철길건널목 전 50미터 내지 120미터의 도로 우측에 설치
주의 표지	129	과속 방지턱 표지		과속방지턱이 있음을 알리는 것	• 과속방지턱이 있는 지점 전 30미터 내지 200미터의 도로우측에 설치
주의 표지	140	위험 표지		도로교통상 각종 위험이 있음을 알리는 것	• 위험 지역에 설치 • 위험지역 전 50미터 내지 200미터의 도로우측에 설치
규제 표지	211	진입 금지 표지		차의 진입을 금지하는 것	• 차의 진입을 금지하는 구역 및 도로의 중앙 또는 우측에 설치 • 진입금지기간 및 이유를 명시한 보조표지를 부착·설치
규제 표지	227	일시 정지 표지		차가 일시정지하여야 할 장소임을 지정하는 것	• 차가 일시 정지하여야 하는 교차로 기타 필요한 지점의 우측에 설치
노면 표시	521	일시 정지 표시		차가 일시정지하여야 할 것을 표시하는 것	• 교차로, 횡단보도, 철길건널목 등 차가 일시정지하여야 할 장소의 2미터 내지 3미터 지점에 설치

(4) 철도시설 안전세부기준 개정(안)

(가) 건널목의 안전설비

①규칙 제27조 규정에 의하여 설치하는 건널목 원격감시장치는 다음 각 호와 같다.
1. 지장물검지장치
2. 출구측차단간검지기
3. 정시간제어기
4. 고장검지 및 감시장치
5. 정보분석 및 원격감시장치
6. 기타 필요하다고 판단되는 장치
②건널목안전설비의 전원은 순간장애로 인하여 정전이 되는 경우에 자동투입이 되도록 하여야 한다.
③건널목안전설비는 낙뢰의 직·간접적인 영향을 받지 아니하도록 보호장치를 하여야 한다.

[해설]

○ 현재기준과 동일

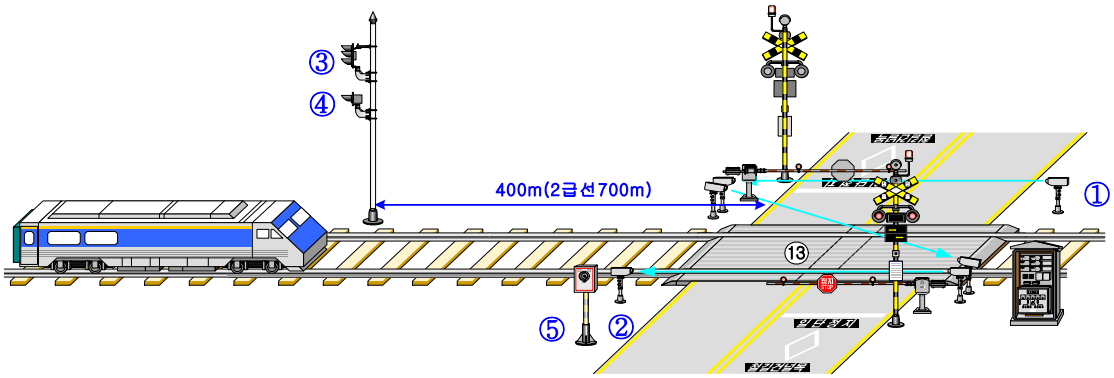
(나) 지장물 검지장치의 설치

①지장물검지장치는 다음 건널목에 설치한다.
1. 소형자동차 이상(경운기포함)의 차량 등이 통행하는 건널목으로 환산총교통량이 10,000 이상인 개소 중 다음 각항에 해당하는 건널목
 - 선별 최고속도 기준 최소 제동거리 위치까지의 열차투시거리 미확보 건널목
 - 인접교차로 50m이내
2. 고속열차(KTX) 운행구간 내에 있는 건널목
3. 기타 상습정체 개소 및 사고발생 또는 사고우려가 많은 취약개소
②차량 및 열차운행에 지장을 주지 않는 곳에 제어기, 수광기, 발광기를 설치한다.
③발광기에서 수광기간의 거리는 40m 이하로 하고, 발광기·수광기의 광선중심축까지 높이의 표준은 지상에서 745mm로 한다
④수광기는 일출 또는 일몰시에 5°이내에 직사광선이 들어가지 않도록 설치하고 발광기의 광선확산각도는 3°이하로 한다.

⑤건널목관리원은 히터글라스(Heater Glass)면과 렌즈면의 청결을 항상 유지한다.
⑥지장경고등은 건널목 주변의 선로상태, 지형조건 등에 따라 선구 최고속도를 기준으로 건널목 경계지점 외방까지의 최소 제동거리를 확보할 수 있는 지점에 설치하고 그 외방 400m 위치에서 건널목 지장 경고등의 확인이 가능하게 설비한다. 다만 확인거리 미달 또는 지형 조건 등에 따라 건널목 지장경고등의 설치위치를 조정하거나 중계기를 설치할 수 있다. 이 경우에도 최소 제동거리는 확보되어야 한다.
⑦정시간 제어기가 설치된 개소에서는 최저속도에서 최소 제동거리 위치에 지장경고등을 추가 설치한다.
⑧지장물검지장치와 관련된 구체적인 구조 및 성능은 한국철도표준규격 'KRS SG 0043-06R 건널목 지장물검지장치'의 내용을 따른다.

[해설]

- ①의 설치기준은 '건널목보안장치설비기준제정(안)' (2003)에 있는 내용으로 '일반열차환산교통량(철도교통량)' 10회 이상, '보행자환산교통량(도로교통량)' 1000회 이상으로 되어 있는 내용을 '환산총교통량' 10,000회 이상으로 수정
- 건널목 안전시설은 차량과 열차의 원활한 흐름을 방해해서는 안 되므로, 차량 및 열차 운행에 지장을 주지 않는 곳에 제어기, 수광기, 발광기를 설치함
- ③, ④, ⑤는 '신호설비 보수규정'에 있는 내용으로서 지장물 검지장치의 현재 설치 기준임. 이 중 히터글라스면과 렌즈면의 청결유지 관리를 건널목 관리원으로 명시함
- ⑥은 '신호설비 보수규정'에 있는 내용으로 선로에 설치하는 지장경고등에 관한 내용임. 지장경고등은 열차가 정지하기 위해 필요한 최소 제동거리에 설치하여야 하며, 400m 떨어진 곳에서도 경고등의 작동여부를 판단할 수 있도록 가시거리를 확보해야 함. 다만 확인거리가 미달이거나 지형조건이 여의치 않을 경우는 지장경고등의 설치위치를 조정하거나 중계기를 설치해야 함. 이 때 역시 최소 제동거리는 확보되어야 함
- 정시간 제어기가 설치되면 열차의 속도에 따라 경보기가 다르게 작동되므로 저속의 열차를 위해 최저속도에서 최소 제동거리 위치에 추가 설치함



장 치 명	기 능	비고
① 발광기	지장물검지를 위한 레이저광선 출력(경보장치 동작 후 3~8초 후 동작)	자동
② 수광기	발광기의 레이져광선을 수신하여 지장물검지계전기 여자(지장물검지후 2초 후 낙하)	자동
③ 지장경고등	지장물을 검지로 지장물검지계전기 낙하시 5개의 등이 1등씩 회전하여 기관사에게 경고	자동 수동
④ 고장표시등	평상시 점등하여 정상상태를 표시하고, 지장물검지장치 고장시 소등하여 고장표시	자동 수동
⑤ 조작스위치	지장물검지시 건널목관리원이 취급하여 지장경고등을 동작시키기 위한 설비	수동

<그림 3-8-6> 지장물 검지장치의 설치

(다) 출구측 차단간 검지기의 설치

① 출구측 차단간 검지기는 다음 건널목에 설치한다.

1. 소형자동차 이상(경운기포함)의 차량 등이 통행하는 건널목으로 건널목상에서 교행이 불가능(도로폭 5m이하)한 건널목 중 다음 각 항에 해당하는 건널목

- 환산총교통량이 10,000 이상인 건널목
- 고속열차(KTX) 운행구간 내에 있는 건널목
- 기타 사고발생 또는 사고우려가 많은 취약 건널목

2. 궤도회로 구성이 불가능한 건널목

3. 1종 건널목

②출구측 차단간 검지기는 차량 및 열차 운행에 지장을 주지 않는 곳에 설치한다.

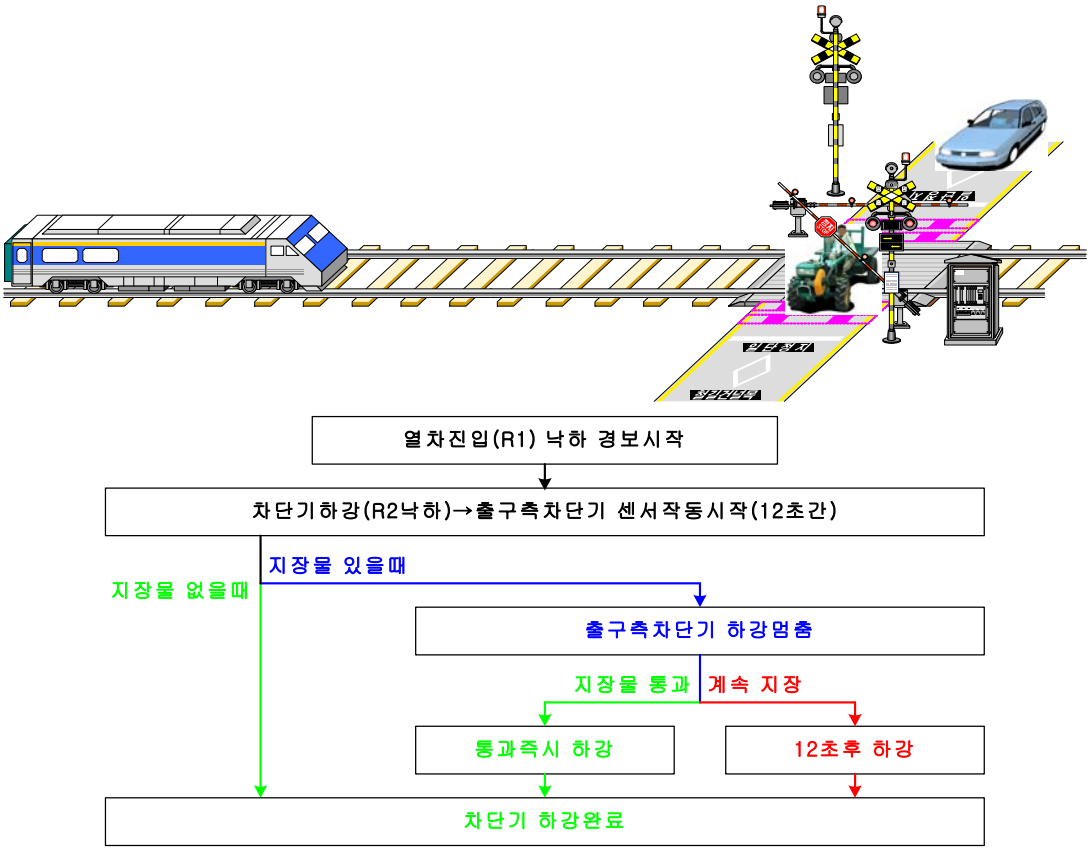
③출구측 차단간 검지기와 관련된 구체적인 구조 및 성능은 한국철도표준규격 'KRS SG 0049-06R 건널목출구측차단간검지기'의 내용을 따른다.

[해설]

○ ①의 설치기준 1, 2는 '건널목보안장치설비기준제정(안)' (2003)에 있는 내용으로 '일반열차환산교통량(철도교통량)' 10회 이상, '보행자환산교통량(도로교통량)' 1000회 이상으로 되어 있는 내용을 '환산총교통량' 10,000회 이상으로 수정

○ '철도시설 안전기준에 관한 규칙' 제23조 차단기의 설치 제4항에 "제1종 건널목의 차단기에는 차단간 하강 직전 진입하는 차량을 감지하여 당해 차량이 건널목을 통과할 때까지 맞은편 차단봉의 하강시간을 조정할 수 있는 장치를 설치하여야 한다."라는 내용이 있으므로 ① 의 설치기준 3을 제시

○ 건널목 안전시설은 차량과 열차의 원활한 흐름을 방해해서는 안 되므로, 차량 및 열차운행에 지장을 주지 않는 곳에 출구측 차단간 검지기를 설치할 것을 제안



<그림 3-8-7> 출구측 차단간 검지기의 설치와 작동 원리

※ 지자계 센서 : 건널목 진입측에 2개의 센서를 간격 0.5m, 깊이 0.7m의 위치 설

치하여 경운기 크기 이상 물체의 이동방향 검지

(라) 정시간 제어기의 설치

① 정시간 제어기는 다음 건널목에 설치한다.

1. 열차의 종별에 따라 저속 및 고속열차의 제어시분 차가 40초 이상인 건널목 중 환산총교통량이 10,000회 이상으로 시점에서 종점까지의 속도변화의 차가 30%이내인 건널목

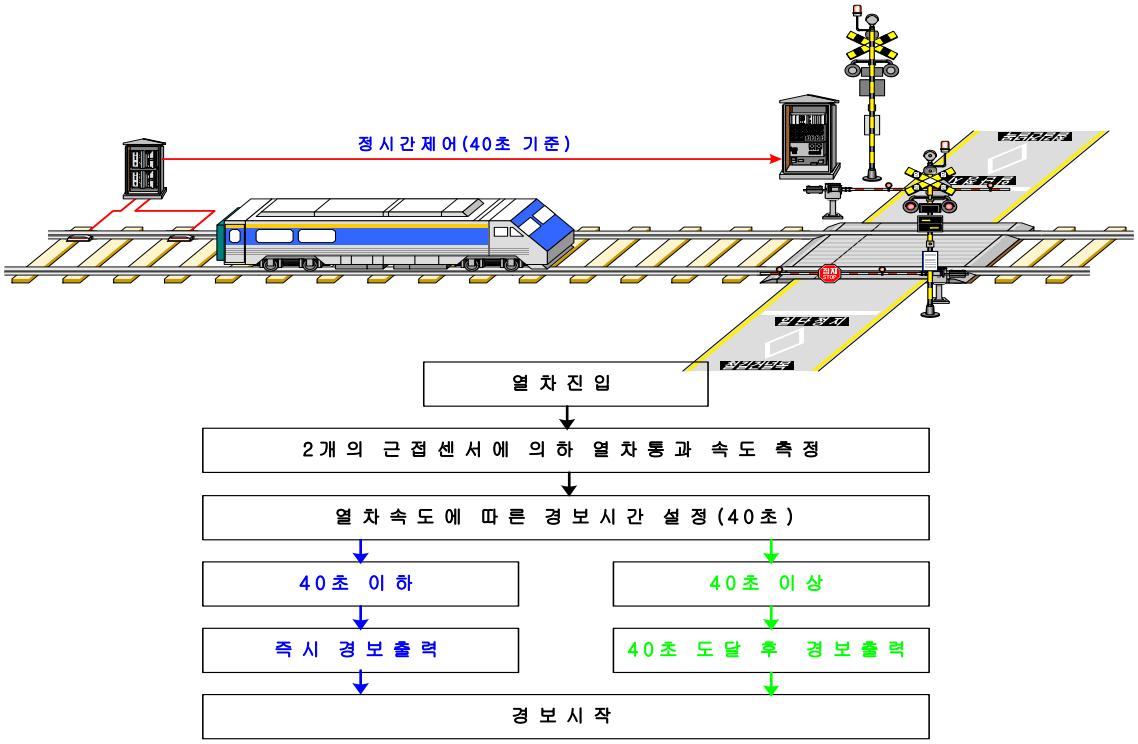
2. 궤도회로 구성이 불가능한 건널목

3. 철도건널목으로 교통체증이 발생하는 건널목

②정시간 제어기와 관련된 구체적인 구조 및 성능은 한국철도표준규격 'KRS SG 0048-06R 건널목 정시간제어기'의 내용을 따른다.

[해설]

○ ①의 설치기준은 '건널목보안장치설비기준제정(안)' (2003)에 있는 내용으로 '일반열차환산교통량(철도교통량)' 10회 이상, '보행자환산교통량(도로교통량)' 1000회 이상으로 되어 있는 내용을 '환산총교통량' 10,000회 이상으로 수정



<그림 3-8-8> 정시간 제어기의 설치와 작동원리

※ 차륜검지기 : 비접촉식 자기근접센서로써 열차진입 방향 전방 일정지점

(800~1,200m)에 3m의 간격으로 2개를 설치하여 열차통과속도 측정

(마) 고장검지 및 감시장치

①원격감시장치 설치 구간이 아닌 1종 건널목에 설치한다.

[해설]

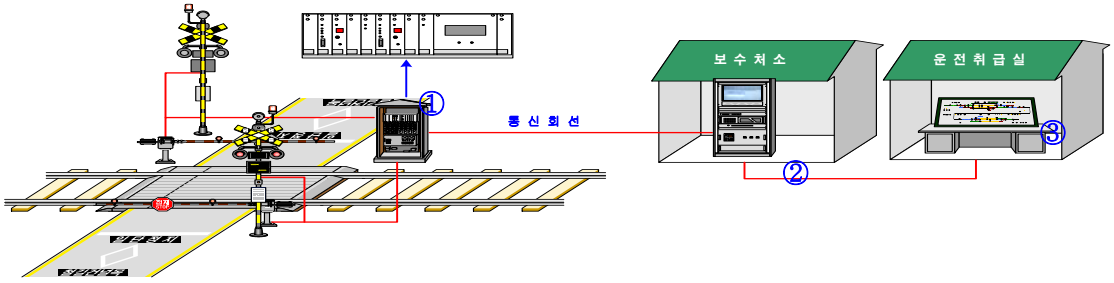
○ ①의 설치기준은 '건널목보안장치설비기준제정(안)' (2003)에는 원격감시장치 설치구간이 아닌 1,2종 건널목에 설치한다고 되어 있으나 '철도시설 안전기준에 관한 규칙'의 별표 2에 고장검지장치는 1종 건널목에만 사정에 따라 설치를 아니할 수 있는 설비로 되어 있으므로 1종 건널목에 설치한다로 제안

(바) 정보분석 및 원격감시장치

①1,2종 건널목에 설치한다.
②정보분석 및 원격감시장치와 관련된 구체적인 구조 및 성능은 한국철도표준규격 'KRS SG 0047-06R 건널목 정보분석장치'와 'KRS SG 0050-06R 건널목원격감시장치'의 내용을 따른다.

[해설]

○ ①의 설치기준은 '건널목보안장치설비기준제정(안)' (2003)에 있는 내용



장 치 명	기 능	비 고
① 정보분석장치	경보기, 차단기 등 건널목보안장치 동작 및 고장상태 기록 및 저장	
② 원격감시장치	보수자에 의한 건널목보안장치의 동작 및 고장상태 감시 및 분석	
③ 조작반	운전취급자에 의한 건널목보안장치의 동작 및 고장상태 감시	

<그림 3-8-9> 정보분석 및 원격감시장치

(사) 관리원 배치기준

①1종 건널목의 관리원 배치는 철도시설관리자가 건널목의 여건과 복잡도에 따라 관리원의 배치여부를 정하여 주·야 교대근무 또는 교통량이 많은 일정한 시간을 지정하여 근무토록 할 수 있다.
②철도건설규칙 제22조에 의한 임시건널목에서 차단기와 경보기를 설치하지 아니할 경우 관리원을 배치 등 이에 대한 적절한 조치를 강구하도록 한다.

[해설]

- 관리원 배치기준과 관련된 기준은 '철도시설 안전기준에 관한 규칙'에는 없고 '철도시설 안전세부기준'에 있음.
- 제1항은 현재 기준과 동일
- 임시건널목은 입체교차화 대상 지역에 설치되므로 사고위험도가 매우 높은 지역. 이곳에 차단기와 경보기가 설치되지 않을 경우, 24시간 관리원이 건널목을 통제할 것을 제안

(아) 제38조 관리원 근무시간 지정

①건널목 관리원의 근무시간, 근무요령 등 필요한 사항은 **건널목을 통과하는 열차시간 및 회수를 고려하여** 철도시설관리자가 정한다.

[해설]

○ 기존 내용

①건널목 관리원의 근무시간, 근무요령 등 필요한 사항은 철도시설관리자가 정한다.

○ 관리원 근무시간 지정과 관련된 기준은 '철도시설 안전기준에 관한 규칙'에는 없고 '철도시설 안전세부기준'에 있음. 그러나 근무시간과 근무요령을 정하는 구체적 기준에 대한 언급이 없음

○ 이전규정인 '건널목설치 및 설비기준규정'에서는 건널목을 통과하는 열차시간 및 회수를 고려하여 정한다고 기준을 제시하고 있음. 이에 본 기준(안)에는 이전규정의 기준을 반영하여 건널목을 통과하는 열차시간 및 회수를 고려하여 철도시설관리자가 정한다고 명시함

○

(자) 건널목 대장의 비치 등]

①철도시설관리자는 규칙 제28조의 규정에 의하여 건널목 대장을 관리하여야 하고, 건널목 관리대장 사본 1부를 건설교통부장관에게 제출하여야 한다.
②철도시설관리자는 건널목 관리대장 전산관리 프로그램을 설치하여야 한다.

[해설]

○ 현재기준과 동일

제9절　전철전력설비 안전기준(안) 및 해설

	검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR04 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 06. 24 수정일 :

6. 프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.

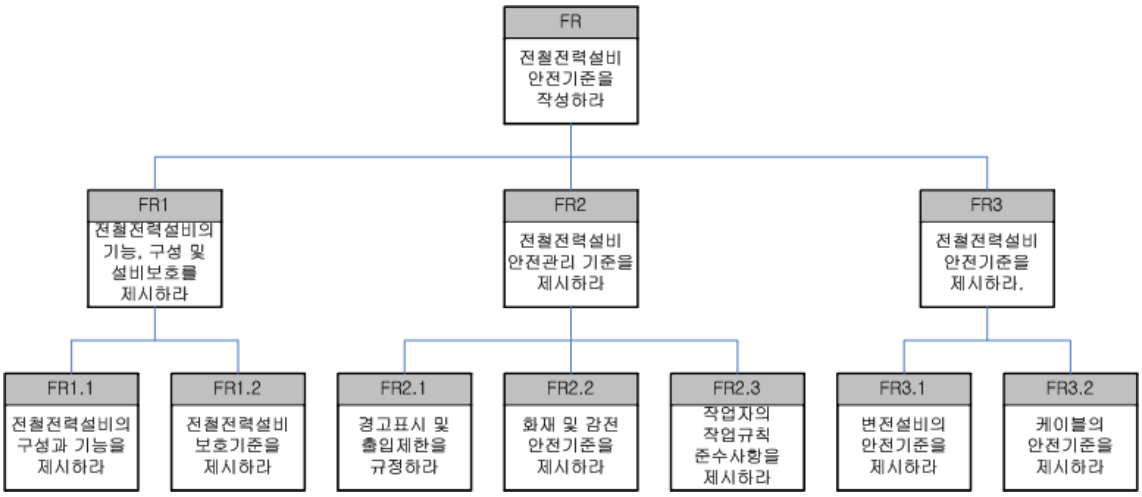
6.1 프로젝트는 전철전력설비 안전기준을 작성하여야 한다. (전력, 변전, 송전, 전철 등)

입력물 :	**업무 :**	**출력물 :**
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 전철전력설비 안전기준(안) 및 해설서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

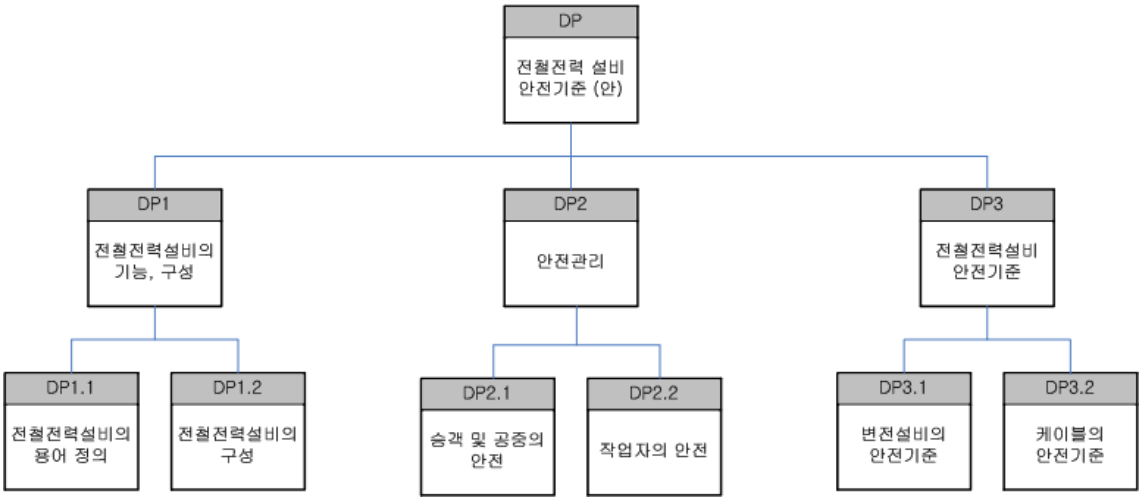
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

전철전력설비 안전관리 체계 구축은 시스템 요구사항 『SR 6. 프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.』 중 『SSR 6.1 프로젝트는 전철전력설비 안전기준을 작성하여야 한다. (전력, 변전, 송전, 전철 등)』에 해당하는 내용이다.

나. 설계기준

- 우리나라 실정에 적합한가.
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가.
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가.
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가.
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

-자문회의 및 회의록

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 개요

본 안전기준은 국내 전기철도 전력공급의 신뢰도 확보를 통한 열차의 안전운행을 도모하기 위하여 전철전력설비의 안전에 관계되는 기준을 제시하는 것이다. 이 안전기준의 목적은 전력시스템 운영에 있어서 승객 및 작업자 등의 안전을 확보하고자 한다.

본 안전기준에는 전기철도 전력시스템에 대한 전기적인 안전과 각 장치에 따른 장치별 안전에 관한 기본적인 기준을 제시하고 있다. 특히, 도시철도는 도시철도특별법에 의한 안전기준에 따른다. 따라서 본 안전기준은 대규모 철도 전력시스템 기본계획과 기본설계 및 실시·설계 시 뿐만 아니라 기존에 건설되어 운영되고 있는 전력시스템의 시설개량 및 대규모 유지·보수 시에 적용할 수 있다. 이를 위해 전력시스템을 크게 전력시스템의 구조와 인명에 관련된 안전관리 및 전철전력 설비에 필요한 각 개별 장치가 갖춰야 할 기본적인 안전을 다룬 장치에 관한 안전기준을 수립하도록 하였다.

(2) 전철전력 시설물 안전기준

(가) 전철전력 설비의 구성 및 기능

1) 용어의 정의

본 안전기준에 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “전철설비”라 함은 전기철도에서 송·변전설비, 전차선로, 배전선로, 전력기기, 조명설비와 이에 부속되는 설비를 총괄한 것을 말한다.
2. “송전선로”라 함은 발전소간 선로, 변전소 간 선로, 발전소 및 변전소 간 선로를 말한다.
3. “변전소”라 함은 구외로부터 전송된 전기를 구내에 시설한 변압기·전동발전기·회전변류기·정류기 등 기타의 기계기구에 의하여 변성(전압을 높이거나 낮추는 것)하는 장소로서 변성한 전기를 다시 구외로 전송하는 곳을 말한다.
4. “급전구분소”라 함은 전철 변전소간 전기를 구분 또는 연장 급전을 하기위하여 개폐장치를 설치한 장소를 말한다.
5. “보조급전구분소”라 함은 작업, 고장, 장애 또는 사고시 정전(단전)구간을 한정하거나 연장급전을 하기 위하여 개폐장치를 설치한 장소를 말한다.
6. “변전소 등”이라 함은 변전소, 급전구분소, 보조급전구분소, 단말보조급전구분소, 병렬급전소를 말한다.
7. “전기실 등”이라 함은 변전소·수전설비 이외의 장소에 개폐기 기타의 장치에 의하여 전로를 개폐할 수 있는 설비와 배전용 변압기 등이 설치되어 있는 역구내의 옥내 외 장소를 말한다. 다만, 변압기만 설비되어 있는 장소는 제외한다.
8. “전기관제실”이라 함은 원격감시제어(이하 “원제장치”라 한다.)에 의하여 변전소등의 감시제어와 동시에 설비의 유지관리 및 운용을 위한 감시, 제어 및 계통운용과 보호계전기 셋팅치 정정 등에 대하여 지시와 통제를 하는 곳을 말한다.

9. “역소”라 함은 역, 조차장, 신호장, 각 사무소 기타 이와 유사한 장소를 말한다.
10. “구내”라 함은 벽·울타리·도랑 등으로 구분된 지역 또는 시설관리자 및 그 관계자 이외의 사람이 자유로이 출입할 수 없거나 지형상 및 사회통념상 이에 따르는 장소를 말한다.
11. “전선”이라 함은 강전류 전기의 전송에 사용하는 나전선, 절연전선, 코드선, 케이블 등의 전기도체를 말한다.
12. “전선로”라 함은 전기사용장소 상호간의 전선 및 이를 지지하거나 또는 보장하는 시설물을 말한다. 또한 부급전선, 보호선, 비절연보호선 및 가공공동지선, 섬락보호지선도 전선으로 본다.
13. “전차선”이라 함은 전기차량의 집전장치에 접촉, 동작하여 이에 전기를 공급하는 가공전선을 말한다.
14. “합성전차선”이라 함은 조가선(강체 포함), 전차선, 행거, 드롭퍼 등으로 구성한 가공전선을 말한다.
15. “가공전차선”이라 함은 합성전차선과 이에 부속된 곡선당김장치, 건널선장치, 장력조정장치, 구분장치, 급전분기장치, 균압장치, 흐름방지장치 등을 총괄한 것을 말한다.
16. “가공전차선로”라 함은 가공전차선 및 이를 지지하는 설비(전주, 비임, 하수강, 애자, 브래키트 등)를 총괄한 것을 말한다.
17. “급전선”이라 함은 합성전차선에 전기를 공급하는 전선으로 합성전차선에 직접 전원을 공급하는 인출급전선(TF)과 단권변압기(AT)와 흡상변압기(BT) 급전선으로 구분되며, 흡상변압기의 정급전선(PF)을 포함한 전선을 말한다.
18. “급전선로”라 함은 급전선 및 이를 지지 또는 보장하는 설비(전주, 완철, 문형완철, 애자, 관로 등)를 총괄한 것을 말한다.
19. “부급전선”이라 함은 통신유도장해 경감을 위하여 귀선레일에 병렬로 시설하여 운전용 전기를 변전소로 통하게 하는 전선을 말한다.
20. “귀선”이라 함은 운전용 전기를 통하는 귀선레일·보조귀선·부급전선·흡상선·중성선·보호선용접속선 및 변전소인입귀선을 총괄한 것을 말한다.

21. “귀선로”라 함은 귀선 및 이를 지지 또는 보장하는 설비를 총괄한 것을 말한다.
22. “전차선로”라 함은 가공전차선로·급전선로·귀선로 및 이에 부속하는 설비를 총괄한 것을 말한다.
23. “급전회로”라 함은 전기철도에 있어서 급전선·합성전차선·레일(부급전선 또는 보호선) 등으로 구성되는 전기회로를 말한다.
24. “배전선로”라 함은 전철변전소 또는 변전실의 배전반 2차측부터 전기실, 배전소 등(이하 “전기실 등”이라한다.) 변압기 1차측까지의 전선로 및 이에 부속되는 개폐장치 등의 설비를 말한다.
25. “흡상변압기”라 함은 통신유도장해 경감을 위하여 급전회로에 직렬로 연결하여 레일에 통하는 운전전류를 부급전선으로 흐르게 하는 변압기를 말한다.
26. “단권변압기”라 함은 교류전차선로에서 전압강하 및 유도장해 등을 경감시킬 목적으로 전차선로에 설치하는 변압기를 말한다.
27. “흡상선”이라 함은 흡상변압기방식에서 부급전선과 귀선레일을 접속하는 전선을 말한다.
28. “중성선”이라 함은 단권변압기의 중성점과 귀선레일을 접속하는 전선을 말한다.
29. “보호선(PW)”이라 함은 단권변압기방식에서 애자의 부측을 연접하여 귀선레일에 접속하는 가공전선으로서 대지에 대하여 절연한 전선을 말한다.
30. “비절연보호선(FPW)”이라 함은 단권변압기방식의 지하구간 및 공용접지방식 구간에서 섬락보호를 위하여 철재·지지물을 연접하여 귀선레일에 접속하는 가공전선으로서 대지에 대하여 절연하지 아니하는 전선을 말한다.
31. “가공지선”이라 함은 가공전선로의 뇌격방지를 위하여 전선로 상부에 설치하는 접지전선을 말한다.
32. “지락도선”이라 함은 애자의 부측을 섬락보호지선·부급전선 또는 보호선에 접속하는 전선(애자보호선)과 콘크리트주 등에 취부한 가동브래키트·비임 등의 설치 밴드와 섬락보호지선·부급전선 또는 보호선에 접속하는 전선(지락유도선)을 말한다. 또한, 섬락보호지선에 연결되지 아니한 인접 철지지물 상호간을 연결하는 연접가공접지선(연접지선)을 포함한다.

33. “전차선로용보안기”라 함은 한쪽은 대지와 접지 또는 섬락보호지선에 연결, 일정한 간극을 유지하고 다른 한쪽의 부급전선 또는 보호선에 접속하여 대지의 정격전압을 제한하기 위하여 삽입하는 방전간격장치를 말한다.
34. “인류구간”이라 함은 가공전차선의 한 인류지점에서 맞은편 인류지점까지의 구간(흐름방지장치 제외)을 말한다.
35. “장력구간”이라 함은 가공전차선의 한 인류지점에서 장력조정장치의 힘이 미치는 구간을 말한다.
36. “장력조정장치”라 함은 전차선과 조가선을 일괄 인류하는 장치와 전차선 또는 조가선을 개별로 인류하는 장치(자동식 및 수동식 포함)를 말한다.
37. “가고”라 함은 합성전차선의 지지점에서 조가선과 전차선과의 수직 중심 간격을 말한다.
38. “보호선용접속선”이라 함은 단권변압기방식에서 보호선과 귀선레일을 접속하는 전선을 말한다.
39. “직렬콘덴서”라 함은 인덕턴스에 의한 전압강하의 경감을 위하여 급전선·부급전선 또는 전차선에 직렬로 접속하는 콘덴서를 말한다.
40. “보조조가선”이라 함은 합성전차선의 지지점에서 조가선의 가고를 조정하기 위하여 보조로 설치한 조가선을 말한다. 또한, 콤파운드 가선방식에서 본 조가선 밑에 설치한 조가선도 이에 포함한다.
41. “이중조가선”이라 함은 합성전차선의 지지점(구름다리 하부 등)에서 조가선의 손상을 방지하기 위하여 2중으로 설치한 조가선을 말한다.
42. “보조곡선당김장치”란 곡선로의 경간 내 또는 건널선에서 중간편위를 조정하기 위하여 보조로 설치하는 곡선당김장치를 말한다.
43. “공용접지방식”이라 함은 레일과 병행하여 지중에 매설접지선을 포설하여 변전소로 돌아오는 전류의 귀환을 용이하게 하는 방식으로 모든 전기설비를 등전위접지망으로 구성하여 레일 및 귀선을 연결시키는 접지방식을 말한다.
44. “매설접지선”이라 함은 공용접지방식에서 레일과 병행하여 양쪽 또는 한쪽에 매설하는 접지용전선을 말한다.
45. “인입선”이라 함은 배전선로로부터 분기하여 수용장소의 인입구에 이르는 부분의 전선을 말한다.

46. “인하선”이라 함은 배전선로의 지지점으로부터 분기하여 지지물을 따라 옥외시설의 제표지등·역명표·외등 및 기타 시설물의 인입구에 이르는 부분의 전선을 말한다.
47. “접지선”이라 함은 다음 각목에 열거한 것을 접지극 또는 접지단자함에 접속하는 금속선을 말한다.
   가. 전기기계·기구의 금속제 프레임 또는 외함
   나. 금속제의 전선관·덕트 등
   다. 케이블의 금속피복
   라. 전로의 중성점 1 단자
   마. 피뢰기의 접지단자
   바. 변성기의 2 차측 접지단자
   사. 기타 접지의 목적물
48. “절연전선”이라 함은 절연물로 피복한 전선을 말한다.
49. “지지물”이라 함은 목주·철주·강관주·콘크리트주·철탑·전주대용물 및 이의 부속장치를 말한다.
50. “전주”라 함은 전선로에 사용하는 목주·철주·강관주 및 콘크리트주를 말한다.
51. “지중관로”라 함은 지중에 일정한 공간을 확보하여 지중전선로, 지중 약전류전선로, 지중 광섬유케이블선로, 지중에 시설하는 수관 및 가스관과 이와 유사한 것 및 이들에 부속되는 지중함 등을 말한다.
52. “건조물”이라 함은 사람이 거주하거나 근무하며 또한 빈번한 출입이 있고
53. “배전반”이라 함은 개폐기·과전류차단기·계기·보호계전기 등을 설비한 독립된 반으로서 구내배전설비로 전기를 공급하는 전기설비를 말한다.
54. “분전반”이라 함은 전로를 2 이상으로 분기하기 위하여 필요한 기기를 설비한 독립된 반을 말한다.
55. “저압”이라 함은 직류에 있어서는 750[V] 이하, 교류에 있어서는 600[V] 이하의 전압을 말한다.
56. “고압”이라 함은 직류에 있어서는 750[V]를, 교류에 있어서는 600[V]를 초과하여 7,000[V] 이하의 전압을 말한다.

57. “특별고압”이라 함은 고압의 한도를 초과하는 전압을 말한다. 단, 고압 또는 특별고압의 다선식전로(중성선을 가지는 것에 의한다.)의 중성선과 다른 1선을 전기적으로 접속하여 시설하는 전기설비에 관하여는 그 사용전압 또는 최대 사용전압이 그 다선식전로의 사용전압 또는 최대 사용전압과 같은 것으로 하여 이 규정을 적용한다.
58. “정격전압”이라 함은 전기사용 기계·기구·배선기구 등에서 사용상 기준이 되는 전압을 말한다.
59. “공칭전압”이라 함은 그 전선로를 대표하는 선간전압을 말한다.
60. “최대 사용전압”이라 함은 보통의 사용 상태에서 그 회로에 가하여지는 선간전압의 최대치를 말한다.
61. “대지전압”이라 함은 접지식 전로에서는 전선과 대지 사이의 전압을 말하고, 비접지식 전로에서는 전선과 그 전로 중의 임의의 다른 전선 사이의 전압을 말한다.
62. “접촉전압”이라 함은 지락이 발생된 전기기계·기구의 금속제외함 등에 사람이 닿았을 때 생체에 가하여지는 전압을 말한다.
63. “인입구”라 함은 옥외 또는 옥측으로부터 전로가 가옥의 외벽을 관통하는 부분을 말한다.
64. “과전류”라 함은 과부하 전류 또는 단락전류를 말한다.
65. “과부하전류”라 함은 기기에 대하여는 그 정격전류, 전선에 대하여는 그 허용전류를 초과하여 그 계속되는 시간을 합하여 생각하였을 때, 기기 또는 전선의 손상방지상 자동차단을 필요로 하는 전류를 말한다.
66. “단락전류”라 함은 전로의 선간이 임피던스가 적은 상태로 접촉되었을 경우에 그 부분을 통하여 흐르는 큰 전류를 말한다.
67. “지락전류”라 함은 지락에 의하여 전로의 대지로 유출되어 화재·감전 또는 전로나 기기의 손상 등 사고를 일으킬 우려가 있는 전류를 말한다.
68. “누설전류”라 함은 전로 이외를 흐르는 전류로서 전로의 절연체(전선의 피복·애자·부싱·스페이서 및 기타 기기의 부분으로 사용하는 절연체 등)의 내부 및 표면과 공간을 통하여 선간 또는 대지 사이를 흐르는 전류를 말한다.

69. “과전류차단기”라 함은 배선용차단기 및 기중차단기와 같이 과부하 전류 및 단락전류를 자동차단하는 기능을 가지는 기구를 말한다.
70. “배선용차단기”라 함은 전자작용 또는 바이메탈의 작용에 의하여 과전류를 검출하고 자동으로 차단하는 과전류차단기로서 그 최대 동작전류가 정격전류의 100[%]와 125[%] 사이에 있고 또한 외부에서 수동·전자적 또는 전동적으로 조작할 수 있는 것을 말한다.
71. “정격차단용량”이라 함은 과전류차단기가 어떤 정해진 조건에서 차단할 수 있는 차단용량의 한계를 말한다.
72. “지락차단장치”라 함은 전로에 지락이 생겼을 경우에 부하기기 금속제외함 등에 발생하는 고장전압 또는 지락전류를 검출하는 부분과 차단기 부분을 조합하여 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 말한다.
73. “누전차단기”라 함은 누전차단장치를 일체로 하여 용기 속에 넣어서 제작한 것으로서 용기 외로부터 수동으로 전로의 개폐 및 자동차단 후의 복귀가 가능한 것을 말한다.

(나) 안전관리

1) 승객/공중의 안전

① (위험알림표시) 선로변의 전선로 및 이를 지지하는 전철주등에는 위험경고표시를 하여야 한다. 또한 급전시스템 고압설비는 인체감전 및 화재발생 위험을 방지할 수 있도록 잘 보이는 곳에 위험을 알리는 표시를 해야 한다.

② (접근경고표시) 전철전력설비가 구축된 장소에는 관계자 이외의 일반인의 출입을 제한하며, 안전확보를 위하여 접근경고 표시를 해야 한다.

③ (화재) 사람들의 접근이 용이한 장소의 케이블이나 설비에 대한 화재위험성이 최소화 할 수 있도록 해야 한다.

④ (감전) 사람들이 감전에 노출되지 않도록 감전에 대한 보호방법이 있어야한다.

⑤ (전자기파 유도) 전력시스템의 설비 또는 장치로부터 발생할 수 있는 전자기 잡음 등은 차량, 지상설비 및 기타 선로에 인접한 설비와 인체에 유해한 영향을 미치지 않도록 해야 한다.

[해설]

위험경고표시에 대한 사항은 다음과 같다.

1. 출입의 허가가 필요한 장소에서의 관계자들이 가압 설비나 장소에 출입을 할 때에는 설비가 가압중이라는 적절한 표시를 현시하여야 한다.
2. 건널목, 플랫폼과 작업장에는 특별히 주의를 요구하는 표시를 해야 한다.
3. 사람들이 가압설비에 접근된 작업을 위해 사다리 또는 지붕에 올라가기 위한 장소에서 주의 표시를 한다.
4. 경고 표시를 하기위한 고려 사항
   가. 학교나 오락시설 같은 공공장소와 인접한 선로
   나. 크레인이나 비슷한 설비가 설치되어 있는 장소와 이와 유사하게 전차선로 사고 위험이 있는 장소는 별도로 안전장치가 필요하다.
   다. 급전선을 나선으로 사용하는 장소
5. 자동차가 통행할 수 있는 건널목에 전차선로를 가설하는 경우에는 선로의 양쪽

또는 도로의 위쪽에 빔 또는 스팬선을 설치하고 이에 위험경고 표지를 하여야 한다.

또한 국내 철도 운영기관의 경우에도 안전확보와 보수점검을 위하여 아래와 같은 장소 및 설비에 전기위험표시, 상표시 등을 명확히 표시하도록 규정하고 있다.

1. 수전선 및 고압배전선의 휴즈・단로기・철구가대 비임에 상표지(R,S,T)
2. 변전소 ・ 전기실 등의 전기위험표시
3. 급전선 모선철구의 비임에 상표지(M,T)

일본의 전기설비기준 제 49조 변전소 등의 설비에서는 “변전소, 배전소 및 개폐소에는 구내에 취급자 이외의 사람이 출입하지 못하도록 시설하여야 한다.”라고 제시되어 있다. 또한 미국의 고속철도 안전규정(Sec. 243.807)에서는 “송전소(supply stations), 변전소(substations) 및 단권변압소(autotransformer station)는 권한을 부여받은 자만이 출입할 수 있도록 제한된다.” 고 규정되어 있다. 국내의 전기설비기술기준 제 44조에서는 발전소 등의 울타리・담 등의 시설에서도 출입을 제한하는 설비 및 표시를 아래와 같이 제시하고 있다.

1. 고압 또는 특별고압의 기계기구・모선 등을 옥외에 시설하는 발전소, 변전소, 개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 다음 각호에 의하여 구내에 취급자이외의 자가 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 사람이 들어갈 우려가 없는 곳은 그러하지 아니하다.
   가. 울타리, 담 등을 시설할 것
   나. 출입구에는 출입금지의 표시를 할 것
   다. 출입구에는 자물쇠장치 기타 적당한 장치를 할 것
2. 제1항의 울타리・담 등은 다음의 각 호에 의하여 시설하여야 한다. 다만, 특별고압전로의 사용전압이 170,000V 미만인 경우에 특별한 이유에 의하여 시・도지사의 인가를 받은 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 울타리, 담 등의 높이는 2m 이상으로 하고 지표면과 울타리・담 등의 하단 사이의 간격은 15cm 이하로 할 것

나. 울타리, 담 등과 고압 및 특별고압의 충전부분이 접근하는 경우에는 울타리, 담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지 거리의 합계는 다음 표에서 정한 값 이상으로 할 것

사용 전압의 구분	울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지의 거리의 합계
35,000V이하 35,000V를 넘고 160,000V이하 160,000V를 넘는 것	5m 6m 6m에 160,000V를 넘는 10,000V 또는 그 단수마다 12㎝를 더한 값

3. 고압 또는 특별고압의 기계기구, 모선 등을 다음 옥내에 시설하는 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 다음 각호의 1에 의하여 구내에 취급자 이외의 자가 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 제1항의 규정에 의하여 시설한 울타리·담 등의 내부는 그러하지 아니하다.
   가. 울타리·담 등을 제2항의 규정에 준하여 시설하고 또한 그 출입구에 출입금지의 표시의 자물쇠장치 기타 적당한 장치를 할 것
   나. 견고한 벽을 시설하고 그 출입구에 출입금지의 표시와 자물쇠장치 기타 적당한 장치를 할 것
4. 고압 또는 특별고압 가공전선(전선에 케이블을 사용하는 경우는 제외함)과 금속제의 울타리·담 등이 교차하는 경우에 금속제의 울타리·담 등에는 교차점과 좌, 우로 45m 이내의 개소에 접지공사를 하여야 한다. 또한 울타리·담 등에 문등이 있는 경우에는 접지공사를 하거나 울타리·담 등과 전기적으로 접속하여야 한다.

화재예방 및 감전에 관한 사항은 다음 각호에 따른다.

1. 화재와 전기장치 노후화 및 오동작의 원인이 되는 먼지는 주기적으로 청소 한다.

2. 과전류에 의한 과열소손으로부터 전선 및 전기기계기구를 보호하고 화재의 발생을 방지할 수 있도록 과전류로부터 보호하는 차단 장치를 시설하여야 한다.

3. 감전을 일으킬 수 있는 충전부는 노출되지 않아야 하나, 부득이하게 충전부를 노출 할 경우 감전에 대한 보호 방법이 있어야 한다.
4. 전원이 차단된 상태에서 잔류전하에 의해 감전의 위험이 있는 콘덴서는 자동 방전시키는 장치나 감전에 대한 보호 방법이 있어야 한다.
5. 승차권발매기, 개표기, 스크린도어, 에스컬레이터 및 승강기 등 승객이 접촉하는 하는 장비는 누전차단기를 설치한다.

유도장애의 문제는 전동차와 전력설비 내에서 뿐 아니라 이러한 부속 시스템으로부터 발생한다. 이러한 시스템은 노선전체에 걸쳐 분포되어 있으며 정상적인 동작에서도 다른 시스템에 영향을 미치는 전자기 소음원이 될 수 있다. 이들 시스템간의 전자기적 결합은 매우 잘 알려진 물리적 현상으로 다음과 같이 구분할 수 있으며 제한치는 이들 현상의 항목으로 표현될 수 있다.

- 충전체로부터 취약회로에 대한 방전이 야기되는 정전결합
- 어느 한 회로에서 변화하는 전압이 상호 Capacitance에 의하여 취약회로에 전압변화를 생성하는 용량성 결합
- 어느 한 회로의 한가지 전류에 의한 변화하는 자기장이 상호인덕턴스에 의한 취약회로와의 결합으로 전압을 유도하는 유도성 결합
- 원인회로와 피해회로간의 공통 도전경로를 공유함으로 인한 도전성 결합
- 회로의 구조가 안테나로 작용하여 에너지를 송신, 수신하는 전자기 방사

이러한 전자기적 결합으로 시스템이 영향을 받지 않기 위해서는 일정한 내성을 지녀야 하며 다음과 같은 현상을 고려하여야 한다.

- 인가전압의 딥이나 서지, 전압 변동 및 불평형, 전력변환장치의 전력변환에 따른 고조파. 전력선을 이용한 통신. 상용주파수의 변화, 유기된 저주파 전압등에 의한 저주파수 전도현상
- 정상 및 과도 자계, 전계에 의한 저주파수 방사현상
- 일과성 혹은 주기성 버스트의 단방향성 및 맥동성 과도현상, 유도 전류에 의한 고주파수 전도현상

- 자계, 전계, 무선주파수의 방사파에 의한 고주파수 방사현상

이와 같은 여러 가지 요인들 가운데 도시철도시스템의 구성 시스템으로서 그 방사의 정도를 제한할 수 있는 전자기 현상은 다음과 같다.

- 전원주파수와 9kHz까지의 고조파 주파수 전류에 의하여 생성되는 자계
- 전원주파수와 고조파 전류에 의하여 생성되는 전압 변동
- 열차에 의하여 생성되는 무선주파수 전자계

유럽연합에서는 ENV 50121시리즈에 의하여 전체 철도시스템이 주위환경에 대한 EM 방사를 제한하고 주위 환경으로부터의 EM 방사와 철도시스템 전체의 방사제한에 만족시켜야 하는 철도내부에서 동작하는 장치의 내성을 규정하고 있다. 이를 위하여 직류에서 400GHz까지의 주파수를 다루며 1GHz까지의 주파수는 시험을 하도록 하고 있다. 국내의 경우에도 전기설비기술기준 제273조 통신상의 유도 장해 방지 시설에 규정되어 있다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도, 도시철도

[참고기준/근거 등]

- 영국 Railway Safety Principle and Guidance
- 일본 전기설비기준 제 49조
- 미국 고속철도 안전규정(Sec. 243.807)
- 전기설비기술기준 제 13조(과전류에 대한 보호)
- KS C IEC 62128-1 : 5, 8, 6.2.2, 8.2
- KS C IEC 61991

2) 작업자의 안전

① 작업자는 안전에 관한 작업규칙을 숙지해야한다.
② 작업자는 주변 환경에 대해 주의하며 작업한다.
③ 작업자의 안전을 최소화 하기위해 안전대책을 마련한다.
④ 작업 매니저는 작업에 따라 작업자의 숙련도를 참작하여 선정한다.

[해설]

전차선로나 그 인근에서 작업하는 경우, 기본적으로, 작업자의 안전은 본질적으로 장치의 상태와 가공전차선의 전기적 기계적 특성과 설치 상태, 철도환경과 교통, 작업환경 등에 달렸다. 전기적 설치의 특성에 의한 위험 요인은 다음과 같은 요인이 포함된다.

- 가공전차선의 접지, 절연물의 상태, 순환회로
- 가공전차선과 선로사이, 전차선과 급전선, 급전선과 선로사이의 전압
- 작동 중인 짧은 회로 전류의 기대 수치
- 급전부분, 고장 또는 회로 단락의 정의
- 같은 마스트 또는 관련 스팬 교차에 의해 지원된 다른 도체의 존재
- 철도자기장에 노출
- 레일전위
- 가공전차선 도체에 유도된 전압
- 충전용량 확률
- 전기 분야 관련 파견 작업자와 노동자들 사이의 상호 작업

가공전차선의 기계적 특징으로 인한 위험 상황
- 작업이 완료된 전선에서 높은 장력 이 존재
- 작업자에게 상해를 줄 수 있는 전선 또는 장력 요소의 풀림

철도환경에 인한 위험 상황:

- 작업이 이행되고 있는 선로에 인접한 통과열차
- 근접 선로에서 통과되는 차량
- 전차가 작업이 수행되고 있는 트랙으로 보내 질 수 있는 위험
- 교통제어 장치와 작업자들 간에 상호작업
- 철도직원 또는 계약직원, 동료 사이의 상호 작업
- 현장에서의 보호 장비의 종류

위험한 상황을 야기 시키는 작업자들의 부적절한 행동은 다음과 같다:

- 작업준비(수작업을 위한 off 된 가공전차선 부분, 적절히 이행된 가공전차선의 off 과정)
- 작업 구성과 수행(작업 관리자, 직무와 책임의 배분, 안전벨트와 특수 장비의 사용)
- 채택된 도구의 특징과 성능(차량, 사다리 시설)
- 접지와 짧은 회로 장비의 수리 (가공 전차선과 선로, 피더와 선로 사이, 선로의 shunting, 금속부품의 earth 로 shunting)
- 작업과중
- 플랫폼의 상하이동
- 크고 무거운 물체를 플랫폼 위로 올림
- Catenaries 또는 부품위로 걷거나 밟음
- 긴 장치나 재료의 취급

날씨로 인해 발생할 수 있는 위험한 상황:

- 과도한 강수량(비, 해일, 눈)
- 작업 플랫폼에서 작업자들에게 닥친 강력한 폭풍우 또는 강풍
- 좋지 않은 시야 (어둠, 어스름, 안개)
- 낙뢰에 의한 감전 위험

최소한의 몇 가지정도의 사원에 대한 인적 사항과 숙련도가 참작되어야 하며 특히 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- 작업 매니저의 미숙한 조직 능력
- 작업 수행자의 부적절한 행동
- 작업자의 무능력 과 부주의
- 비 숙련직의 채용

작업자는 작동중인 장비에서의 작업시에는 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- 접지시설물에 대한 청소
- 도구 및 장비
- 전문 기술 숙지
- 차량 및 열차 움직임으로부터 안전한지 여부
- 열차 작동중인 장비 위치 파악
- 가공전차선의 접촉

또한 가공전차선설치에 있어 어떤 작업을 시작하기 전에 작업자에 영향을 줄 수 있는 모든 잠재된 위험성이 분석되어야하며 관련 대책이 세워져야 한다. 표 는 다른 대책에 대해 제안된 사항들과 함께 가공 전차선 작업자들에게 위험을 줄 수 있는 주원인들 (위에서 언급)에 대해 열거하고 이것은 작업동안에 활용될 수 있다. <표 3-9-1>에서 추천된 대책들은 효율성의 내림차순에 의해 만들어 졌다. 다수의 것들이 동시에 적용될 수 있다. 대책에 대한 비용은 선택된 보호의 종류에 따라 달라지며, 보호 종류의 선택은 얼마나 오랫동안 이 작업이 이행되는지에 따라 달라진다.

<표 3-9-1> 가공전차선 작업자의 위험과 관련 대책

위험	대책
인접 트랙 위를 달리고 있는 전차와의 충돌	- 전차를 멈춤 - 제한 속도 제안 - 진입하고 있는 전차에 대한 경고 방송 - 작업 전차 사용과 다른 트랙에 근접하게 접근 하는 것을 차단 - 트랙사이 공간에 보호벽 설치 - 안전복 착용
추락사고	- 작업 플랫폼위에 보호벽설치 - 가공 전차선 설치에 대한 안전방안 제시 - 적절한 보호와 비계구조(scaffolding structures) 또는 스탭 리프팅 램프로 작업 전차 사용 - 개별 안전장치 사용
감전사	- 공급하고 접지한 모든 동력의 off - 가공전차선 설치 또는 작업 전차에 보호장비(스크린)설치 - 안전규칙을 따랐는지에 대한 확인(안전거리, 유사한 잠재적 안전항목 등) - 낙뢰에 대한 보호장치
가공 전차선 구성품과 충돌	- 기계적인 밀림 피함 (도체의 깨짐, 커브 tensioning) - 헬멧 사용과 보호장치 착용

작업 중에 사고의 위험을 최소화하기 위해서는, 비록 생산성과 작업량이 결과적으로 감소되더라도, 추천된 한개 또는 그 이상의 안전대책이 이행되어야한다. 게다가 새로운 기술과 최상의 조직구성은 안전을 쉽게 증가 시킬 수 있고, 생산성과 작업량 목표를 달성할 수 있다. 선택된 방법에 따라 작업을 철저하게 구성하고, 모든 작업적 상황을 고려해야한다.

- 작업이 이행된 트랙과 인근 트랙 에 있는 전차 트래픽에 관한 상황
- 운행된 가공 전차선과 다른 전기적 설치의 상태
- 사용되는 자원의 상태 (인력, 장비와 보호구)
- 계획된 활동과 작업의 구체적인 순서

Off 된 회로차단기의 사용이 요구되는 가공 전차선의 유지보수는 최대 속도 허용범위에서 조정과 라인의 재개방을 위한 실질적 가능성에 따라 최소 트랙 점유시간에 의해 구성된다. 이것은 운용과 유지 보수 관리 사이에서 계속되는 절충의 결과이다. 직원들의 안전 조건을 위해 현장에 적용되는 보호와 개개인의 구동 트랙과 장비를 제거하는 예방조치가 이루어진다. 조정하는 동안에, 인근 트랙으로 갑자기 진입할 가능성은 상당히 많고, 이 위험을 줄 일 수는 없다. 트랙 보유가 모든 다른 관련 트랙까지 확대되어야 한다. 사고들을 방지하기위해서 적용되는 조치들 가운데 인근 트랙에 관한 열차 속도제한이 제시 될 수 있다. 이러한 경우에, 제한 속도는 수행되는 작업과, tight curve의 존재, 관련 트랙의 중앙 라인 사이의 거리, 야간 또는 시야가 좋지 않은 여건, 등에서 작업하는 동안의 어려움에 따라 달라진다. 가공전차선의 시공과 재개를 위한 조정에서, 위의 특별한 경우에 따라 인근 트랙의 제한 속도가 제시되어질 수 있다. 고속선로 상에서는 경우를 막론하고 반대편 선로의 속도를 감소한 후에 선로에 직원 투입이 가능하다.

의도하지 않게 구동될지도 모를 가공전차선의 도체, 절연체와 모든 구동 부위의 조작을 포함하는 작업과, 구동 부위 근처의 작업의 관리는 직간접적 감전사의 모든 위험을 제거하기위해 계획되고 시행되어야 한다. 이는 전기적 보호 거리를 벗어나 작업하고 있는 작업자의 안전을 확보하기위해서 고안된 모든 작업조치와 예방조치를 가진 작업 조직에 따라 이행된다. 이 조종기간 동안에, 안전거리 안에 zone 으로 들어올 가능성은 상당하고, 위험을 제로화 시키는 것은 불가능하다. 작업을 중단하거나, 회로 차단기가 관련 다른 모든 부위까지 확대되어진 후에 계속 되어야한다. (예, 인근 트랙에서 가공전차선의 off 과 접지)

몇몇 나라에서는 특별한 수단과 절차가 있다면, 구동 라인에 대한 작업과 전기적 설치가 허용된다. 특히, 교육받고 전문 인증을 받은 권한이 부여된 사원은 구동 전차가공선 작업이 허용된다. 이런 타입의 작업은 절연 사다리나 특별한 절연 플래폼을 갖춘 차량을 사용 하는 것만 가능하고, 전기적 배차원에 의한 허가 후에 가능하다. 게다가, 전류가 통하지 않을 때의 설치작업은 전류가 통할때의 설치 작업과는 다른 습성을 갖기 때문에, 전류가 통하는 가공전차선을 작업하기 전에, 동일 작업자들의 적절한 휴식을 보장해야한다.

[참고기준/근거 등]

- UIC 791-1 "Maintenance Guidance for overhead contact lines"
- Railway Groiup Standard GE/RT 8000- AC2 rule book
- 전기작업시의 작업공간 확보에 관한 기술지침(KOSHA CODE E-35-2007) 4.1.1
- Australian Standard "Railway safety management"

(다) 설비안전

1) 변압기

① 변압기는 진동, 충격 등이 외부로부터 가해지지 않는 위치 또는 장소에 설치하여야 한다.
② 환기설비를 갖춰 환기가 용이하고 변압기의 온도상승 여부를 확인할 수 있는 설비가 구비되어야 한다.
③ 용량은 연장급전을 포함하여 예상된 부하를 견딜 수 있어야한다.
④ 변전소의 용량은 급전구간별 장래 수송수요 등의 정상급전 및 연장급전을 고려하고 주변압기는 뱅크를 구성하고 예비용 변압기를 설치하여야 한다.

[해설]

철도에서 사용하는 변압기는 설치장소의 여건상 특별히 인정하는 경우를 제외하고는 표준규격에 따른 정상 운전상태로 사용되도록 하여야 한다. 또한 변압기 권선의 온도상승을 검출하기 위해서 각 상의 저압측 권선에 온도검출소자를 설치하여 설정온도를 초과하면 1차로 경보를 전기관제실로 보내고, 2차로 트립 신호를 차단기반과 사령으로 보내는 접점을 구비하며, 변압기반의 고압과 저압 권선 사이의 공기 온도를 측정하기 위하여 경보용 다이알 온도계를 설치하고 최대 온도를 초과하면 경보를 보낼 수 있도록 하며, 변압기의 권선의 온도와 변압기반 내부의 온도를 측정할 수 있는 온도계를 설치하도록 하고 있으며 변압기류(급전용변압기・단권변압기・절연변압기・변성기 등)는 그 회로의 단락전류에 견딜 수 있는 것으로 한다.

- 변압기 용량 및 위치의 선정은 다음의 각호에 따른다.

1. 유지・보수 관리 측면을 충분히 고려하여 공급범위가 서로 교차되지 아니하도록 명확히 구분한다.
2. 유사한 부하밀도에 있어서는 현저한 공급범위의 대・소를 각각 적정한 범위로 평균화한다.
3. 공급범위의 부하설비용량에 대하여는 사용 상태에 따라 수용률・부하율・부하증가율 등의 제반조건을 정하여 그 최대부하에 따른 적정용량을 선정한다.

4. 변압기의 위치는 가능한 한 부하의 중심에 설치하고 또한 보수 관리상의 제반 사항을 충분히 고려하되 다음 각호의 전주에는 시설을 피한다.

가. 각도주

나. 구분용 개폐기 설치주

다. 다수의 전선을 가설하여 장주가 복잡한 전주

- 변압기의 시설은 다음의 각호에 따른다.

1. 고압 및 특고배전반의 가선위치를 분리하여 그 회선구간에 전송하는 변압기는 설치위치를 분리한다.
2. 고압 2회선구간의 상용과 예비의 변압기는 각각 단독으로 시설하고 저압 자동 절체방식으로 한다. 다만, 부득이한 경우에는 고압 절체방식으로 할 수 있다.
3. 고압인하선의 시설은 다음 각호에 의한다.

가. 고압부분의 인하선은 8[㎟] 이상의 고압인하선을 사용하고 지지점간의 거리는 약 3[m] 이하로 하여 혼촉되지 아니하도록 지지한다.

나. 고압인하선의 지지는 라인포스트애자 또는 현수애자 180[㎜] 2연으로 한다.

- 변압기의 설치는 다음 각호에 의한다.

1. 변압기의 설치에는 현수식·거치식 또는 큐비클형으로 한다.
2. 변압기의 2차측과 저압배전선과의 접속선은 600[V] 전력케이블로 한다.
3. 변압기에는 진동 등에 의한 낙하 또는 전도방지시설을 한다.

- 지상 변압기대의 시설은 다음 각호에 의한다.

1. 지상에 변압기를 설치하는 경우는 사람이 접촉할 우려가 없도록 울타리를 설치하고 또한 위험을 알리는 표시를 하며, 특히, 일반 공중이 접촉할 우려가 있는 장소에는 울타리와 울타리에서 충전부분까지의 거리의 합이 5[m] 이상으로 한다. 다만, 큐비클형으로 설치하는 경우에는 그러하지 아니할 수 있다.
2. 지상 변압기대의 기초는 강우시 등의 배수 및 적설을 고려하여 시설한다.
3. 지상 변압기대의 크기는 변압기의 설비 대수 및 보수작업을 고려하여 결정한다.
4. 지상 변압기대의 울타리에는 제3종 접지공사를 한다.

- 변압기 2차측의 접지는 다음 각호에 의한다.

1. 변압기에는 특고압, 고압전로와 저압전로의 전기적 접촉에 의하여 생기는 위험을 방지하기 위하여 그 저압측의 1단에 접지공사를 한다. 다만, 변압기의 구조 또는 배전방식에 의하여 그 중성점에 접지하기가 곤란한 경우에는 저압측의 1단을 접지할 수 있다.
2. 혼촉방지판 부착 변압기(신호용 등)의 경우에는 혼촉방지판에 접지공사를 한다.
3. 누전차단기 등 보호장치 동작의 확보를 위하여 특히 필요한 경우에는 절연변압기의 2차측에 제3종 접지공사를 한다.

- 변압기 외함의 접지는 변압기 2차측 접지를 공동으로 하여 접지한다. 다만, 변압기를 철주 또는 지상에 설치하는 경우에는 제1종 접지공사를 한다.

- 공동접지는 접지극을 2대 이상의 변압기에 공동으로 사용하기 위하여 행하는 것으로서 그 시설은 다음 각호에 의한다.

1. 가공지선에는 22[㎟] 이상의 경동연선 또는 이와 동등 이상의 강도 및 굵기를 가진 전선을 사용하여 저압 가공전선에 준하여 시설한다.
2. 가공지선의 접지공사는 변압기를 중심으로 하여 직경 400[m] 이내의 지역에서 변압기의 양측 2개소 이상에 시설하며 그 합성저항치는 1[㎞]를 직경으로 하는 지역마다 제2종 접지공사의 저항치를 갖도록 하고 또한 각 접지선과 대지와의 저항치는 300[Ω] 이하로 한다.
3. 저압배전선의 1선을 가공공동지선에 병용하는 경우의 가공지선은 1[㎞]를 직경으로 하는 지역마다에 제2호의 시설을 한다.

- 변압기의 보호장치는 다음의 각호에 따른다.

1. 변압기의 1차측에는 변압기 용량과 사용환경에 적합한 보호장치를 시설한다.
2. 변압기의 2차측에는 변압기 용량에 적합한 퓨즈(전력퓨즈・배선용차단기・켓치홀더 등)를 시설하고 변압기 인출선과의 접속부분에는 커넥터 또는 단자 등을 사용한다.
3. 뱅크 용량이 5,000[kVA] 이상 10,000[kVA] 미만인 특별고압용변압기에 대하여 그 내부에 생긴 고장을 경보하는 장치를 시설하는 경우 이외에는 그 내부에

고장이 생겼을 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 설치하여야 한다.

- 변전소의 용량은 다음 각호를 따른다.

1. 변전소의 급전용 변압기는 스코트결선방식을 원칙으로 하며 상시운전용과 예비용으로 구성한다.
2. 변전소 변압기의 용량은 1시간 최대출력를 고려하고 순시최대출력에도 견딜수 있도록 다음 표에서 선택한다.

[주변압기 및 단권변압기 표준용량 및 부하한도(자냉식 기준)]

변압기 종별	표준용량 [MVA]	1시간 최대출력 (정격치에 대한 백분율)	순시 최대전력 (정격치에 대한 백분율)
급전용 변압기	10, 20, 30, 45, 60, 90	한쪽상에 대해서 100%	한쪽 상에 대하여 300% 2분간
단권변압기	5, 7.5, 10, 15	100%	300% 2분간

3. 변전소 용량은 기기의 점검과 고장 등에 의해 사용 정지하는 경우에도 열차부하에 중대한 지장을 미치지 않도록 적당한 예비 능력을 보유하는 것이 필요하다. 따라서 정상적인 급전조건 뿐만 아니라 인접한 변전소 운전 정지의 경우에 연장급전에 의한 부하의 증가에 대처할 수 있도록 변전소 용량을 결정한다. 단, 말단 변전소는 예상 설비를 고려한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력설비시설 제223조(변압기 용량 및 위치의 선정)
- 철도전철전력설비시설 제224조(변압기의 시설)
- 철도전철전력설비시설 제225조(변압기대의 시설)
- 철도전철전력설비시설 제226조(변압기의 접지)
- 철도전철전력설비시설 제227조(변압기의 보호장치)
- 철도건설규칙 제38조(변전소의 용량)

2) 보호장치

① 개폐기는 전력시스템의 운용 중 발생하는 과부하전류를 차단할 수 있는 기능을 가져야 한다.
② 단로기는 변압기의 여자전류를 개폐할 수 있어야한다.
③ 차단기는 전선 및 전기기구를 보호하기 위하여 설치되어야한다.
④ 보호계전기는 사고발생 시에 계통을 분리하여 기기시설의 손상 방지도록 하여야한다.

[해설]

개폐기는 전력시스템의 운용 중 발생하는 과부하전류를 차단할 수 있는 기능을 가져야 하며 동작 상태에 따라 그 상태를 표시하는 설비를 구비하여야 한다. 부하전류를 차단하기 위한 목적이 아닌 개폐기는 부하전류가 통하고 있을 경우 개로가 될 수 없도록 적절한 조치를 취한다. 중력 등에 의하여 자연히 작동할 우려가 있는 개폐기는 쇄정장치 또는 이의 작동을 방지할 수 있는 장치를 설치하여야 한다. 개폐기 시설을 보호하기 위해서 고압용 또는 특별고압용의 개폐기는 그 동작에 따라 그 개폐상태를 표시하는 장치 혹은 그 개폐상태를 쉽게 확인할 수 있어야한다.

- 개폐기 및 단로기는 다음 각호에 의한다.

1. 개폐기는 운전계통별・상하선별・방향별・전압위상별로 구분하여 설치하여야 한다.
2. 정거장구내 측선은 필요에 따라 본선으로부터 적당한 군으로 분리하여야 한다.
3. 수차고 및 일상검사선 등 차량을 점검정비하는 선과 화물적하장은 매선마다 구분개폐기에 의하여 구분한다. 다만, 전기차차고선은 본선에서 구분하여야 한다.
4. 개폐기는 되도록이면 모아서 설치하고 전용주 또는 전차선로주에 설치하여야 한다.
5. 개폐기는 지표상 5[m] 이상에 설치한다. 다만, 부득이한 경우에는 다음과 같이 할 수 있다.

가. 개폐기는 되도록이면 전용부지에 설치하고 사람이나 동물 등 위험이 없는 위치에 설치한다.

나. 사람이나 동물 등의 접촉을 방지하기 위하여 그 주위에 적당한 울타리를 설치할 경우는 그 울타리로부터 충전부분까지의 거리의 합이 5[m] 이상이 되도록 하고 위험주의표를 게시한다.

6. 개폐장치에는 부하상태에서 원격제어를 할 수 있는(수동조작도 가능) 동력단로기와 무부하상태에서만 조작 가능한 수동단로기의 두 종류로 구분 설치하여야 한다.
7. 동력 단로기는 본선로의 절연구분 장치개소와 에어섹숀개소 또는 전압 변성기(전압감지 설비) 설치개소 등에서 전차선로 전주나 부득이한 경우는 전용 단독주에 설치하여야 한다.
8. 수동 단로기는 역 구내측선 구분 개소 등에서 무부하시에 수동으로 레버 조작을 할 수 있도록 전차선 전주 또는 전용주에 설치한다. (필요에 따라 원격제어로 가능한 구조)
9. 개폐기는 개폐상태를 밑에서 육안으로 확인 할 수 있도록 설치하여야 한다.
10. 개폐기를 설치할 때는 다른 가압부분 또는 구조물 등과의 안전 이격거리 확보에 유의하여야 한다.
11. 개폐기를 사람이 조작할 때 전기적인 안전을 위해 조작자가 올라서서 개폐기 레버를 조작할 수 있는 발판지지대를 설치하여야 한다.
12. 개폐기는 조작 후에 안전을 확보하기 위해 아무나 조작할 수 없도록 개폐기 조작레버에 쇄정장치를 설치하여야 한다.
13. 개폐기 지지철물, 기기장치 및 조작 발판대를 보호회로(매설접지회로)에 결선하여 접지회로가 완전히 구성되도록 시설하여야 한다.

- 전선 및 전기기구를 보호하기 위하여 전로 중에 필요한 장소에는 적정한 과전류차단기를 시설한다. 제1항의 과전류차단기는 과부하 겸용 누전차단기를 시설한다. 다만, 부득이한 경우에는 배선용차단기를 시설할 수 있다. 변전소의 급전측에는 급전구간의 단락전류를 자동적으로 차단하는 차단기를 설치하고 용량은 전원의 장래계획을 감안하여 결정한다.

- 전선 및 전기기구를 보호하기 위하여 전로 중에 필요한 장소에는 적정한 과전류차단기를 시설한다.
- 제1항의 과전류차단기는 과부하 겸용 누전차단기를 시설한다. 다만, 부득이한 경우에는 배선용차단기를 시설할 수 있다.

- 과전류차단기는 다음 각호에 의하여 점검 및 조작이 용이한 장소에 시설한다.
  1. 보호하는 전로 및 전력사용장치의 전원측 각극에 시설한다.
  2. 개폐기와 같이 시설하는 경우에는 그 부하측에 시설하고, 다선식전로의 중성선에는 과전류차단기를 시설하지 아니한다. 다만, 다극용차단기와 같이 각극이 동시에 개로되는 것은 그러하지 아니하다.
- 대지전압이 150[V] 이하로서 접지측 이외의 전선에 시설하는 과전류차단기가 동작하는 경우로서 각극이 동시에 차단되는 경우에는 그 전로의 접지측 전선의 과전류차단기는 생략할 수 있다.
- 분기회로용 배전반에 있어서 전원측의 각극에 개폐기를 시설하는 경우 2회선식 분기회로의 접지측 전선의 개폐기를 생략하는 전선에는 과전류차단기를 생략할 수 있다.
- 제2항 및 제3항 이외의 저압 2선식 전로에 시설하는 과전류차단기는 인입구장치의 과전류차단기, 간선의 과전류차단기 또는 분기회로의 과전류차단기를 제외하고는 단극으로 할 수 있다.

- 과전류차단기의 정격 및 조정치는 보호하는 전로의 전선허용전류치를 초과하지 아니하는 범위에서 그 전선의 회로정격 또는 최대 사용전류에 의하여 정한다. 다만, 소요치에 적합한 정격의 과전류차단기가 없을 때에는 그 전선의 허용전류치를 초과하지 아니하는 범위에서 소요치의 직근상위의 것을 선택할 수 있다.

- 전력시스템의 보호를 목적으로 하는 설비는 이상전압 또는 고장시의 과도전류에 대하여 그 부분을 계통 분리하여 공급지장을 최소한 억제하고 기기시설의 손상을 축소하여 그 기능을 유지시켜야 한다. 또한 전력시스템에서 발생한 고장은 적절한 기록장치 등에 의하여 표시되어야 하며, 일시적인 현상에 의한 고장조건이 해소되고 안전한 상태가 확인된 경우 정상적인 동작으로 회복될 수 있어야 한다.

보호계전기는 계통의 구성·회로정수·사고전류를 감안하여 관계처와 협의 후 정정한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력설비시설 제84조(보호계전기)
- 철도전철전력설비시설 제164조(개폐기)
- 철도전철전력설비시설 제165조 (전차선로용 개폐기 번호부여 및 관리)
- 철도전철전력설비시설 제228조(고압용개폐기의 시설장소)
- 철도전철전력설비시설 제229조(고압용개폐기의 종류 및 사용구분)
- 철도전철전력설비시설 제230조 (고압용개폐기의 시설)
- 전철전력시설지침 제159조(단로기)
- 전철전력시설지침 제160조(단로기 관리)
- 전철전력시설지침 제71조(기기)
- 철도전철전력설비시설 제236조(과전류 보호)
- 철도전철전력설비시설 제237조(과전류차단기의 시설)
- 철도전철전력설비시설 제238조(과전류차단기의 정격 및 조정치)

3) 접지시설

전기설비가 필요한 장소에는 비상시의 전위상승 등에 의한 감전 및 화재 방지, 전기설비의 보호에 유효한 접지를 하여야 한다.

[해설]

- 다음 각 호의 접지장치는 지락사고와 역섬락으로 사람이나 기기에 위험을 주지 않도록 견고히 시설한다.

  1. 변전소등의 접지(건물・기기・부대설비 포함)
  2. 제어용 연락선 접지

- 변전소등의 접지는 망상접지로 한다.
- 접지전선은 부식을 감안하여 충분한 전류용량을 가진 것으로 하고 그 사용구분은 다음 표에 의한다.

(단위 : [㎟])

설치개소	철구, 주요기기	주 Mesh	배전반	건물 접지	기타
SS	150	120	25	120	25
SP	70	70	25	70	25

- 옥내 접지전선은 경질비닐관에 수용하고 접속은 접속함 내에서 하여야 한다.
- 옥외 접지전선은 직매하고, 기초에 매설하는 것은 경질비닐관에 수용하여야 한다.
- 접지선은 금속관에 수용함을 금한다.
- 가공지선의 접지는 다음의 각호에 따른다.

  1. 가공지선의 접지 간격은 200[m]를 표준으로 하며 접지저항은 50[Ω] 이하로 한다. 다만, 공사상 부득이한 경우에는 접지 간격을 150[m] 이하로 하여 그 접지저항을 75[Ω] 이하로 할 수 있다.
  2. 가공지선 및 가공전선의 시・종단부 또는 가공전선의 굴곡점 및 분기점에는 가공지선에 접지를 하며 그 접지저항은 50[Ω] 이하로 한다. 다만, 접지점이 상호 근접하는 경우에는 접지 수량을 줄일 수 있다.
  3. 가공지선의 접지는 고압배전선로 피뢰기의 접지 또는 전차선로 매설접지와 공용할 수 있다.

- 분전반의 접지는 다음의 각호에 따른다.

1. 분전반의 금속제외함 또는 이것을 지지하는 모든 금속제는 사용전압 400[V]를 초과하는 경우에는 특별 제3종 접지공사를, 사용전압이 400[V] 이하의 경우에는 제3종 접지공사를 한다.
2. 접지측정용 접지단자(2개)를 별도 설치하여야 한다.

[참고기준/근거 등]

- KS C IEC 62128 철도고정설비 : 전기안전 및 접지에 관련된 보호조치
- KS C IEC 61991 : 4.1, 6.2
- 철도전철전력설비시설 제91조(접지계통)
- 철도전철전력설비시설 제92조(접지방식)
- 철도전철전력설비시설 제93조(변전소등의 접지)
- 철도전철전력설비시설 제198조(가공지선의 접지)
- 철도전철전력설비시설 제241조(분전반의 접지)

4) 피뢰기

전차선로, 급전선, 여기에 부속하는 기기, 배전선로 등 뇌해가 우려되는 지점에는 피뢰기를 설치하여야하며, 이 피뢰기는 폭발위험을 방지하는 설비를 가지고 있어야한다.

[해설]

- 송전선로는 다음 각호에 열거한 장소에 피뢰기를 설치하여야 한다.
  1. 가공송전선을 따라 송·수전을 하는 변전소
  2. 가공송전선과 직접 접속하는 지중케이블에서 낙뢰에 의해 절연파괴의 우려가 있는 케이블의 단말

- 가공지선은 옥외에 설치한 기기와 주회로가 차폐범위에 들어가도록 설치하고 차폐각도와 사용전선의 종류는 다음 표에 의한다.

차폐지역	차폐각도	사용전선	비고
가공지선의 외측지역	40도~45도	경동연선 38[㎟] 이상	D : 복가공지선 상호간격[m] H : 가공지선의 지표상높이[m]
가공지선의 내측지역(D/H≤1.0)	75도~85도		

- 피뢰기는 수전단의 근접된 장소와 급전선의 인출설비에 설치하고 설치장소는 철도시설관리자가 따로 정한다.

- 전차선로용 피뢰기는 다음 각호에 의하여 시설한다.
  1. 피뢰기는 흡상변압기 및 단권변압기의 1차측 및 2차측·급전용케이블 단말에 설치한다.
  2. 주상에 설치하는 피뢰기는 지표상 5[m] 이상 높이에 설치한다.
  3. 피뢰기의 접지단자와 지중 접지도체 리드선과의 접속은 22[㎟]의 전력케이블을 사용하고 지표상 2[m] 높이까지는 절연관으로 보호한다.
  4. 피뢰기 누설전류 측정이 가능하도록 피뢰기 본체와 지지대간 절연체 또는 절연애자를 삽입하여 시설한다.

5. 고속철도의 경우는 급전용케이블에 유기되는 충전전류를 방지하기 위하여 급전용케이블 피뢰기를 설치하여야 한다.

- 고압 및 특별고압의 전로중 다음 각호 또는 이에 근접한 곳에 설치한다. 다만, 가공지선이 설치된 구간은 생략할 수 있다.
  1. 변전소의 인입구 및 인출구와 수용장소(수전설비)의 인입구
  2. 가공전선로에 접속하는 신호용변압기 또는 조명 및 동력용 주요 변압기의 전원측 50[m] 이내
  3. 가공전선과 지중선로가 접속되는 곳(지중케이블 긍장이 200[m] 이상은 양단)
  4. 가공지선의 시·종단부의 가공전선

- 피뢰기는 가능한 한 보호하는 기기와 가깝게 시설하되 누설전류 측정이 용이하도록 가대와 절연하여 설치한다.

- 피뢰기는 다음 각호의 조건을 고려하여 선정한다.
  1. 피뢰기는 밀봉형을 사용하고 유효 보호거리를 증가하기 위하여 방전개시전압 및 제한전압이 낮은 것을 선정한다.
  2. 유도뢰서어지에 대하여 2선 또는 3선의 피뢰기가 동시에 동작이 우려되는 변전소 근처의 단락전류가 큰 장소에는 속류차단능력이 크고 또한 차단성능이 회로조건의 영향을 받을 우려가 적은 것을 사용한다.

- 피뢰기에 시공하는 접지공사의 접지저항치는 10[Ω] 이하로 한다.

[참고기준/근거 등]
- 철도전철전력설비시설 제39조(피뢰기의 설치장소)
- 철도전철전력설비시설 제40조(피뢰기의 선정)
- 철도전철전력설비시설 제41조(피뢰기의 접지)

5) 축전지

축전지는 발화물질과 최대한 떨어져서 이를 설치 및 보관하여야한다.

[해설]

축전지함은 축전지로부터 누출되는 가스가 축적되지 아니하도록 환기장치를 설치하거나 자연통풍으로 방출될 수 있도록 설계하여야 한다. 또한 축전지를 보관할 경우에는 방전으로 용량을 잃지 아니하도록 적절한 보호조치를 강구하여야 한다. 영국의 GE/RT 8016에서는 충전시스템과 기타 시스템과의 상호작용에 새로운 또는 주요한 변경에 대한 입증절차를 지시하고 있다. 축전지의 충전시에는 수소와 산소가 발생하며 이때 발생하는 가스는 촉매장치에 의하여 물로 재결합되고 전지내로 환원될 수 있도록 하고 있다. 그러나 수소와 산소의 발생비율은 충전상태 및 주위 온도 등에 의하여 바뀔 수 있으며 가스가 100% 물로 환원되지 않으므로 외적인 요인에 의한 발화시 폭발의 가능성이 있으며 돌발적인 상황으로 인한 폭발시에도 그 피해를 최소화하기 위해서는 축전지와 인화물질은 최대한 멀리 하여야 한다. 축전지를 함에 설치하는 경우 축전지로부터 발생하는 충전가스가 함내부에 축적되지 않도록 환기장치를 설치하여야 한다. 축전지는 여러 개의 셀(단위 축전지)을 한조로서 직렬연결하여 사용중 상시 충전이 이루어지도록 부동충전방식에 의하여 사용한다. 이러한 경우 장기간 사용하게 되면 축전지의 각 셀간에 자기방전등 부분적인 방전이 일어날 수 있으며 이러한 현상은 보관중에도 발생하게 된다. 따라서 축전지는 각 셀간의 충전상태가 평균치 이내로 유지하도록 부동충전전압 보다 약간 높은 전압으로 균등충전을 행할 필요가 있으며 자기방전의 비율은 축전지의 성능에 따라 차이를 가지고 있지만, 항상 사용가능한 상태로 보관하기 위하여 1개월에 1회 정도의 균등충전을 실시하여야 한다.

- 제어용 직류전원은 축전지와 정류기를 사용하되 부동충전방식을 사용하며, 축전지의 용량은 다음 표에 의한다.

구분	축전지 용량	
	알칼리축전지 (Cell 공칭전압 1.2[V])	무보수연축전지 (Cell 공칭전압 2[V])
변전소	150～200[AH]	200～300[AH]
급전구분소 보조급전구분소	60～100[AH]	100～200[AH]

[참고기준/근거 등]

- 고속철도전철전력시설지침 제58조(기기)
- 철도전철전력설비시설 제78조(부대설비)

6) 배전반

전력설비가 구축된 장소에는 감전 및 화재의 우려가 없도록 시설해야 한다.

[해설]

전력설비가 구축된 장소에는 취급자 이외의 사람 출입을 제한하기 위한 설비를 설치하고 출입구에는 제한구역표지를 하여야한다. 또한 감전 및 화재의 우려가 없도록 시설해야 한다.

1. 변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 배전반에 붙이는 기구 및 전선(관에 넣은 전선 및 제151조 제4항 제2호에 규정하는 개장한 케이블을 제외한다)은 점검할 수 있도록 시설하여야 한다.
2. 제1항의 배전반에 고압용 또는 특별고압용의 기구 또는 전선을 시설하는 경우에는 취급자에게 위험이 미치지 아니하도록 적당한 방호장치 또는 통로를 시설하여야 하며, 기기조작에 필요한 공간을 확보하여야 한다.
3. 전기사용장소의 배전반 및 분전반에 시설하는 기구 및 전선은 쉽게 점검할 수 있도록 하고 다음의 각호와 같이 시설하여야 한다.

가. 노출된 충전부가 있는 배전반 및 분전반은 취급자 이외의 사람이 쉽게 출입할 수 없는 장소에 설치하여야 한다.

나. 한 개의 분전반에는 한 가지 전원(1회선의 간선)만 공급하여야 한다. 다만, 안전확보가 충분하도록 격벽을 설치하고 사용전압을 쉽게 식별할 수 있도록 그 회로의 과전류차단기 가까운 곳에 그 사용전압을 표시하는 경우에는 그러하지 아니하다.

[참고기준/근거 등]

- 전기설비기술기준 제61조

7) 소화설비 시설

화재발생이 우려되는 설비에 대하여는 화재가 발생하였을 경우 화재 전파를 방지하기 위한 소화설비가 설치해야 한다.

[해설]

화재가 발생하더라도 적절한 방화 및 소화설비에 의하여 화재를 초기 진화 내지는 국한화함으로서 변전소 소방대책에 관한 설계는 인명과 재산을 화재로부터 보호하며, 만일의 경우 변전소 내부에서 인접한 타 설비로의 연소나 변전소 외부로의 재해 파급을 방지함과 아울러, 외부화재의 변전소 내로의 파급도 방지함을 목표로 하여야 한다. 또한 설계 시에는 관련법령과 지방조례에 따라야 한다.

[참고기준/근거 등]

- 고속철도전철전력시설지침 제58조(기기)

8) 비상등

전력시스템의 안정적인 운영을 위해서 중요한 사령실 및 무전통신실, 신호실과 변전소등의 주기계실, 전기실 및 주요 통로 및 계단수 5이상의 건조물의 계단 및 복도에는 비상등을 설치한다. 또한 지하의 비상유도등은 상용전원 정전 시 60분 이상 점등해야 한다.

[해설]

- 비상등의 시설 장소는 다음 각호에 의한다.
  1. 대합실, 승강장, 연결통로, 계단 등 이용인원이 많은 장소
  2. 지하구간의 사람이 상주하거나 왕래가 잦은 장소
  3. 매표실, 전기관제실, 운전실, 전기실, 신호계전기실, 통신실 등 정전시 업무수행에 지장이 우려되는 장소
  4. 기타 필요하다고 인정되는 장소

- 비상등의 종류는 다음 각호에 의한다.
  1. 축전지내장형은 평상시는 상용전원으로 점등하고 정전시에는 내장 축전지에 의하여 60분 이상 점등되는 등기구를 사용한다.
  2. 예비전원 설치형은 평상시에는 상용전원으로 점등하고 정전시에는 예비전원에 의하여 점등되는 등기구를 사용하며 또한 다음 각목에 의한다.
     가. 축전지에 의하여 점등되는 방식
     나. 무정전 전원장치(UPS)에 의하는 방식
     다. 자가용발전장치(정전 후 10초 이내에 전압이 확보되는 것)에 의하여 점등되는 방식

- 비상등의 조명은 직접조명으로 하고 바닥면에 있어서 수평면조도 1[lx] 이상으로 한다. 다만, 형광등을 사용하는 경우에는 2[lx] 이상으로 한다.

- 예비등은 수송의 안전확보를 위하여 사고 기타 정전시에 비상등 이외로 점등하는 것으로서 필요한 장소에 시설할 수 있다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력설비시설 제250조(비상등 및 예비등)

9) 전력용 콘덴서

전력시스템의 설비 또는 장치로부터 발생할 수 있는 전자기 잡음 등은 차량, 지상설비 및 기타 선로에 인접한 설비와 인체에 유해한 영향을 미치지 아니하도록 최대한 억제한다.

[해설]

변전소등의 직렬콘덴서는 급전용변압기 또는 전차선로 전압강하 분을 보상하며 고주파 발생을 억제할 수 있어야 한다.

- 고압 및 특별고압 수전설비의 수전단에 역률개선을 위하여 진상용콘덴서를 설비하는 경우에는 다음 각호에 의한다.
  1. 개선 후의 역률은 95[%]를 표준으로 한다.
  2. 진상용콘덴서의 설치위치는 부하상황・역률개선효과・경제성 등을 고려하여 선정한다.
- 저압 수전의 경우 진상용콘덴서는 개개의 부하에 시설하는 것을 원칙으로 한다.
- 진상용콘덴서의 결선은 Y결선으로 한다.
- 고압진상용콘덴서의 시설은 다음 각호에 의한다.
  1. 콘덴서는 그 총용량이 300[kVA]를 초과하는 경우에는 2군 이상, 600[KVA]를 초과할 때에는 3군 이상으로 분할하고 또한 부하의 변동에 따라 접속하여 콘덴서의 용량을 변화할 수 있게 시설한다. 다만, 부하의 성질상 접속하는 콘덴서의 용량을 변화시킬 필요가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. 콘덴서의 회로에 개폐장치를 시설하는 경우에는 다음 표의 적용 구분에 따라 시설한다.

콘덴서 용량	개폐장치
50[kVA] 이하	고압 COS 또는 이와 동등 이상의 것
50[kVA] 초과	부하개폐기 또는 이와 동등 이상의 것

3. 콘덴서 회로에는 콘덴서 보호에 적합한 한류퓨즈를 시설한다. 다만, 콘덴서의 고장을 초기에 검출하여 콘덴서에 의한 2차 재해를 방지하도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- 콘덴서 회로에는 방전저항·방전코일 또는 기타 개로 후에 잔류전하를 방전시키는 적당한 장치를 다음 각호에 의하여 시설한다.

1. 방전장치는 콘덴서 회로에 직접 접속하거나 또는 콘덴서 회로를 개로한 경우 자동적으로 접속할 수 있게 시설하고, 또한 개로 후 방전저항의 경우에는 5분 이내에, 방전코일 기타의 경우에는 5초 이내에 콘덴서의 잔류전압을 50[V] 이하로 저하시키는 능력을 가진 것으로 한다.
2. 다음 각목의 경우에는 방전장치를 생략할 수 있다.
   가. 콘덴서가 조작개폐기로부터 부하측에 직접 접속되어 있는 경우
   나. 콘덴서가 변압기 1차측에 직접 접속되어 있는 경우
   다. 콘덴서를 설치함으로서 공급 회로의 고조파전류가 현저히 증대하거나 또는 돌입전류가 현저히 커서 유해한 경우에는 콘덴서 회로에 유효한 직렬리액터를 시설한다.
   라. 콘덴서의 외함에는 접지공사를 한다.

- 저압진상용콘덴서를 개개의 부하에 시설하는 경우에는 다음 각호에 의한다.

1. 콘덴서는 현장조작개폐기 또는 이에 상당하는 것의 부하측에 시설한다.
2. 간선으로부터 분기하여 콘덴서에 이르는 전로에는 개폐기 등을 시설하지 아니한다.

- 저압진상용콘덴서를 변압기 2차측에 일괄하며 시설하는 경우에는 다음 각호에 의한다.

1. 부하 변동이 있는 경우에는 콘덴서의 용량을 부하의 변동에 따라 변화될 수 있도록 시설한다.
2. 콘덴서에 개폐기를 설비하는 경우에는 콘덴서 전용의 개폐기로 한다.

- 콘덴서의 회로에는 방전저항·방전코일 또는 기타 개로 후의 잔류전하를 방전시키는 장치를 다음 각호에 의하여 시설한다.

1. 방전장치는 콘덴서 회로에 직접 접속하거나 또는 콘덴서 회로를 개로한 경우 자동적으로 접속할 수 있게 시설하고, 개로 후 3분 이내에 콘덴서의 잔류전압을 75[V] 이하로 저하시킬 수 있는 것으로 한다.

2. 다음 각목의 경우는 방전장치를 생략할 수 있다.

가. 콘덴서가 현장조작개폐기로부터 부하측에 직접 접속되고 또한 부하 기기의 내부에 개폐기류를 갖추지 아니하는 경우

나. 콘덴서가 변압기의 2차측에 직접 접속되어 있는 경우

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력설비시설 제233조(진상용콘덴서의 시설방식)
- 철도전철전력설비시설 제234조(고압진상용콘덴서)
- 철도전철전력설비시설 제235조(저압진상용콘덴서)

10) 레일전위억제장치

레일 전위 상승에 따라 사람에게 위해를 가져올 우려가 있는 곳에는 전위상승을 억제하는 장치를 설치한다.

[해설]

N50122-1 에서는 레일전위상승에 대한 제한을 제시하고 있는데 허용되는 접촉 혹은 접근 가능한 전압에 대한 값의 계산은 'IEC 발표 479-1:1994 신체를 통하여 흐르고 있는 전류의 효과"와 'EN 50179 - 1 kV a.c.을 초과하는 전력 장치들'에 제시되어 있다.

또한 EN50179에 따라서, 부가적으로 어떤 시간 사이에 설 수 있는 표면 저항이 고려될 수 있다. 전체 신체 임피던스의 50% 확률이 IEC 479-1에 제시되었다.: 1994 표1은 손에서 손으로 흐르는 전류와 관련되어있다. 손에서 발까지 전류경로에 대한 0.75 감소 변수를 적용함에 의해서 다음과 같은 <표 3-9-2>를 얻을 수 있다.

<표 3-9-2> 신체 임피던스 Z와 신체전류 I

	a.c.시스템			d.c. 시스템		
U_T	Z(100)	Z(75)	I_B(75)	R(100)	R(75)	I_B(75)
25	3250	2438	10	3875	2906	9
50	2625	1969	25	2990	2243	22
75	2200	1650	45	2470	1853	40
100	1875	1406	71	2070	1553	64
125	1625	1219	103	1750	1313	95
220	1350	1013	217	1350	1013	217
700	1100	825	848	1100	825	848
1000	1050	788	1270	1050	788	1270

여기서,

$$I_B(75) = \frac{U_T}{Z(75)} \times 10^3 \text{ or } \frac{U_T}{R(75)} \times 10^3$$

U_T는 V로 접촉 전압이다.

Z(100)은 Ω로 전체 신체 임피던스이다.

Z(75)은 Ω로 전체 신체 임피던스의 75%이다.

R(100)은 Ω로 전체 신체 저항이다.

R(75)은 Ω로 전체 신체 저항의 75%이다.

- A.C. 견인 시스템

AC traction 시스템에서 시간 지속 작용으로써 신체 전류와 접촉/이용할 수 있는 전압				
t	I_{C1}	U_{C1}	Ut	Ui
0,02	500	440	940	
0,05	500	435	935	-
0,1	442	400	842	-
0,2	350	320	670	-
0,3	252	245	497	-
0,4	145	160	305	-
0,5	100	125	225	-
0,6	78	105	-	-
0,7	66	95	-	160
0,8	58	90	-	130
0,9	52	85	-	110
1,0	50	80	-	90

$$U_t = U_{C1} + R_A \times I_{C1} \times 10^3$$

I_{C1}는 IEC 발표 479-1에 있는 c1에 일치하고 있는 mA 전류이다.

R_A는1000Ω는 오래되고 젖은 shoes들의 저항이다.

t는 흐르는 전류 흐름에 대한 지속시간(s)

U_{C1}는 접근 가능한 전압이고 IC1과 관계있다.

U_t는 짧은 시간동안의 접촉전압이다.

Ui는 접근 가능한 전압에 대한 값으로 그것은 그 값들 Ut와 Uc1사이의 내삽에 의한다.

- D.C. 견인 시스템

d.c traction 시스템에서 시간 지속 작용으로써 신체 전류와 접촉/접근 가능한 전압				
t	I_{C1}	U_{C1}	Ut	Ui
0,02	500	440	940	-
0,05	410	360	770	-
0,1	340	320	660	-
0,2	275	260	535	-
0,3	240	240	480	-
0,4	215	220	435	-
0,5	195	200	395	-
0,6	180	190	-	310
0,7	175	185	-	270
0,8	165	180	-	240
0,9	160	175	-	200
1,0	160	170	-	-

$U_t = U_{C1} + R_A \times I_{C1} \times 10^3$

여기서,

I_{C1}는 IEC 발표 479-1에 있는 c1에 따르는 mA 전류이다.

R_A는1000Ω는 오래되고 젖은 shoes들의 저항이다.

t는 전류 흐름에 대한 지속 시간(s)

U_{C1}는 접근 가능한 전압이고 IC1과 관계있다.

U_t는 짧은 시간동안의 접촉전압이다.

Ui는 접근 가능한 전압(V_{rms})에 대한 값으로 U_t(t=0.5 s)와 U_{c1}(t=1.0 s)사이의 내삽에 의해서 구해진다.

11) 지지물

①전주, 지선, 빔, 브래킷 등의 지지물은 견고하여야하며 안전율을 유지하여야 한다.

②지지물은 승객이나 공중이 쉽게 올라가지 못하도록 설계되어야 하며 부득이한 경우 오름 방지 설비가 되어야 한다.

[해설]

- 오름방지에 대한 고려사항은 다음 각호에 따른다.

1. 출입이 가능한 지역에서의 고정된 사다리는 사용할 수 없다.
2. 가압설비에 접근하기위해서 특정한 장소 또는 지붕으로 접근 할 때에는 보안이 요구되거나 보호장치를 해야 한다.
3. 철도시설의 외부 또는 상부의 구조물은 가선설비의 접근이나 출입을 최소화 하도록 보호되어야 한다.

- 전주의 기초는 다음의 각호에 따른다.

1. 전주기초의 안전율은 2.0 이상으로 시설한다.
2. 전주의 기초는 그 기초가 부담해야 하는 하중의 크기와 방향, 사용목적, 지형, 토질 등을 충분히 고려하여 기초의 형상 및 크기를 결정하여야 한다.
3. 고속철도의 일반기초형 콘크리트 기초는 보통지질과 암반개소의 경우 원형 콘크리트치기를 하고, 하중이 크고 지반이 연약한 개소에는 4각형 기초를 원칙으로 한다.
4. 일반철도의 전주 기초는 터널·교량 등에 앵커볼트로 고정하는 경우를 제외하고는 콘크리트기초를 한다. 다만, 선로변 배수로에 지장이 되는 경우는 배수로용 특수기초로 할 수 있다.
5. 터널 내에는 C찬넬 또는 매입전을 터널천장 구체콘크리트에 박아 설치하는 철강제 C형강 또는 매입전기초를 사용하여야 한다.
6. 토질이 연약한 곳에 전주를 설치하는 경우에는 침하방지시설을 한다.

- 전주의 안전율은 철근콘크리트주는 파괴하중에 대하여 2.0 이상, 철주는 소재 허용응력에 대하여 1.0 이상으로 한다.

- 비임 및 브래키트의 안전율은 다음의 각호에 따른다.

1. 비임 및 브래키트는 소재 허용응력에 대하여 안전율을 1 이상으로 시설한다.
2. 가동브래키트의 애자의 안전율은 최대 만곡하중에 대하여 2.5 이상으로 한다.

- 전철용 지선설비는 다음 각호에 의한다.

1. 지선의 안전율은 2.5 이상으로 한다.
2. 지선은 135[㎟], 90[㎟] 및 55[㎟]의 아연도강연선을 사용한다. 다만, 필요할 경우 이와 동등 이상의 아연도강봉을 사용할 수 있다.
3. 가공전차선·급전선 및 부급전선의 인류용 밴드와 지선용 전주밴드는 원칙적으로 분리한다.
4. 가공전차선의 인류용 지선은 V형 또는 아연도강봉을 사용한 보통지선으로 한다. 다만, 기설된 2단 지선은 향후 개량시까지 사용한다.
5. 지선은 하중과 토질에 적합한 콘크리트기초 또는 지선용 블록을 사용한다.
6. 원형 지선기초는 다음 각목에 의한다.
   가. 기초 구덩이의 크기는 직경 0.75[m] 이상으로 하여야 한다.
   나. 지선 고정용 근가는 H200×200 형강을 수직으로 설치하여야 한다.
   다. U볼트앵커는 U볼트 끝의 나사 부분에서 1[m] 이상 위치까지는 용융아연도금하며, 크기는 직경(ϕ) 27[㎜]×1,500[㎜]이상으로 하여야 한다.
   라. 원형 기초는 최대 인장저항력이 4,000[daN] 이하인 개소에만 사용하여야 한다.
   마. 지선 고정용 철물은 중심에서 전주중심까지의 거리는 7[m] 이상으로 하여야 한다.
7. 4각형 지선기초는 다음 각목에 의한다.
   가. 기초 구덩이의 크기는 직경 0.75[m] 이상으로 하여야 한다.
   나. 지선 고정용 근가는 U볼트 지선앵커 부분 선단에서 1.5[m] 이상 위치까지는 용융아연도금을 하여야 하며, 근가는 수평면과 45도 경사지게 설치하여야 한다.
   다. 기초 설치위치는 전주중심에서 4각 콘크리트 지선기초 전면까지의 거리가

7[m] 이상이 되도록 하여야 한다.

8. 철도교량, 고가교 및 터널 내의 지선기초는 다음 각목에 의한다.

가. 앵커볼트에 인류용 지선기초 강판을 설치하여 지선을 인류하여야 한다.

나. 콘크리트 상부에 노출되는 앵커볼트 부분은 아연도금을 하여 부식을 방지하도록 하여야 한다.

- 레일과 지선간의 표준거리 허용오차는 -20[㎜]/+50[㎜]를 초과할 수 없다.
- 고가교상의 지선기초는 미리 설치해 놓은 앵커플레이트를 앵커볼트에 설치하여야 한다.
- 장력조정금구로 미리 약간의 과장력을 지선측으로 걸어 전선가선 후 장력의 불균형으로 전주가 경사되지 않게 하여야 한다.
- 고가교상의 지선위치는 전주중심에서 기초 중심까지의 거리를 7.065(-2/+5[㎝]) 이내가 되도록 해야 한다.
- 교량상에 지선을 설치할 때는 전주와 지선기초 사이에 교량상판의 연결개소가 없는 개소를 선정하여 설치해야 한다.
- 지선을 취부할 수 없는 경우에는 지주로 대용할 수 있다

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제28조(지선의 설비)
- 철도전철전력시설지침 제9조(표준장주)
- 철도전철전력시설지침 제16조(전주의 기초)
- 철도전철전력시설지침 제19조(전주의 안전율)
- 철도전철전력시설지침 제105조(비임 및 브래키트의 안전율)

12) 애자

애자의 절연누설거리등 절연성능은 환경조건, 운영조건 등을 반영하여야하며, 유리애자의 경우 폭발에 의한 파편의 2차 사고에 대비하여야 한다.

[해설]

- 전차선로에 사용하는 애자는 현수애자·장간애자 및 지지애자를 사용함을 원칙으로 한다.

- 애자의 표준 사용구분은 다음 각 호 및 표에 의한다.

1. 염해 우려 지역·공장지대 등 공해지역에는 내오손용 애자를 사용하거나 현수애자의 경우 그 수량을 늘려 설치한다.
2. 기기배선용 애자는 급전선 및 부급전선(보호선)에 준용한다
3. 표에서 괄호 내의 숫자는 일반철도 2중 절연방식의 경우에 추가하여야 하는 애자의 숫자를 나타낸 것임.

애자 종별 / 사용 설비		현수애자			장간애자		지지애자
		180[㎜]	250[㎜]	고분자	항압용	인장용	지지용
급전선	인류	(1)	4	1		1	
	현수	(1)	4	1			1
	이상 구분		5	1			
부급전선 및 보호선	인류	1					1
	현수	1					
	흡상변압기 단자 구분	2					
가공전차선	인류		4	1		1	1
	현수		4	1		1	
	곡선당김장치	(1)	4	1		1	
	스팬선	(1)	4	1		1	
	보조곡선당김장치	(1)	4	1		1	
	이상 구분장치		5	1			
	흡상변압기 구분장치		2				
가동브래키트	수평파이프					1	
	경사파이프				1		
스팬선브래키트	하수파이프					1	

※ ( )는 설비 개량시 까지로 한다.

4. 고속철도 장간애자는 수직횡 (횡장력)이 작용하는 곳에는 사용하지 말아야 한다.

기능별 / 장치별	설치개소	명칭	비 고
급전장치	일반 노출구간	현수애자(ϕ266×4)	
	노출 오손구간	현수애자(ϕ266×4)	
	외부 침해우려구간(구름다리등)	현수용장간애자	
	터널구간	지지애자	
가동브래키트 장치	일반구간	상부파이프 절연용 장간애자	
		주파이프 절연용 장간애자	
	오손구간	상부파이프 절연용 장간애자	
		주파이프 절연용 장간애자	
	외부 침해 우려개소 (구름다리, 터널입구 등)	상부파이프 절연용 장간애자	
		주파이프 절연용 장간애자	
인류장치	인류개소	전차선, 조가선, 급전선 인류 절연장간애자	
구분장치	구분개소	구분개소 절연장간애자	
급전분기장치	단로기 구분개소	급전분기선 지지애자	
개폐기장치	단로기 조작롯드 개소	단로기 조작롯드 절연장간애자	

5. 애자의 절연누설거리등 절연성능은 환경조건, 운영조건 등을 반영하여 철도시설관리자가 따로 정하는 바에 의한다.

[참고 기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제110조(애자의 종류)
- 철도전철전력시설지침 제111조(사용구분)

13) 전차선로

① 전차선로는 차량안전운행 및 유지보수에 필요한 절연이격거리, 편위, 높이, 기울기를 유지해야한다.
② 가공전차선은 시설장소의 상황, 표준전압에 따라 감전의 우려 및 다른 교통의 지장이 없는 높이를 유지하여야 한다.
③ 가공전차선이 유도장애에 의한 장애가 밖으로 미치지 않도록 전선 상호간의 이격거리를 유지하여야한다.
④ 가공전차선이 지나가는 과선교나 고상홈 또는 교량에는 안전설비를 하여야 한다.
⑤ 가공전차선로의 지지물은 그 지역의 최대 풍속과 강설 및 최고, 최저 온도 조건 및 터널이나 교량, 개활지 등의 구간 및 지형 특성 등을 반영하여 설계하여야 하며, 지진 하중 및 적절한 안전율을 주어 시설하여야 한다.

[해설]

UIC-606-1 과 철도전력 지침에 따르면 전차선의 안전높이는 레일면상 다음 각호에 의한다.

1. 고속철도, 일반철도의 전차선 높이는 철도전철전력시설지침에 따라 고속철도는 5,080[㎜], 일반철도는 5,200[㎜]를 표준으로 한다.
2. 강체 가선구간 전차선의 높이는 레일면상 4,750[㎜] 이상으로 하고, 차량 구조에 따라 조정할 수 있다.

- 전차선로의 절연이격은 다음의 각호에 따른다.

1. 전차선로의 절연 및 안전이격거리는 다음 표에 의한다.

구분		종 별	이격거리[㎜]	부득이한 경우[㎜]
일반 철도	AC 25kV	급전선 및 합성전차선과 접지물간	300 이상	250 이상
		급전선과 부급전선(보호선) 상호간	1,200 이상	-
		급전선과 합성전차선 상호간	550 이상	-
		이상 에어섹숀	500 이상	-
		동상 에어섹숀	300 이상	250 이상
		에어조인트	150 이상	100 이상
		부급전선 또는 보호선과 접지물간	150 이상	70 이상
	DC 1.5kV	급전선 및 합성전차선과 접지물간	250이상	70이상

구분	종 별	이격거리[㎜]	부득이한 경우[㎜]
고속 철도	타전선과 전차선간	2,000 (보수관계 고려)	
	합성전차선과 대지간	320 (오손구간)	
	25[kV]와 25[kV]간	1,300	
	전차선과 접지케이블간	500	
	전차선과 신호기간	2,000(측면)	
		4,000(높이)	

2. 차고 등 상시 팬터그래프가 승강하는 장소에서는 전차선과 팬터그래프의 접은 높이와의 거리가 커티너리 가선구간은 500[㎜], 강체 가선구간(이동전차선 포함)은 250[㎜]이상 되어야 한다.
3. 가공전차선로의 가압부분과 접지물간, 급전계통이 다른 가압부분 상호간은 작업상의 안전을 고려 2[m] 이상 이격한다. 기존 시설인 경우 개량시에 2[m] 이상 이격하여 시설한다.
4. 직류 가공전차선에 있어서 급전계통이 다른 가압부분 상호간은 작업상의 안전을 위해 가능한 0.6[m] 이상 이격한다

- 전차선의 접속은 다음 각 호에 의하여 시설하여야 한다.

1. 전차선 및 조가선의 접속지점은 팬터그래프의 통과에 지장이 없도록 시설하여야 한다.
2. 전차선 상호간은 평행형 전차선 접속 크램프 또는 더블이어를 사용하여 접속하여야 한다

3. 신설시에 있어서 본선의 전차선은 부득이한 경우 이외에는 접속하지 아니한다.

- 가공전차선 절연은 다음의 각호에 따른다.

1. 구름다리·승강장·지붕 등에 시설하는 조가선은 밀어 올림 등으로 접지될 우려가 있을 경우에는 무가압으로 한다.
2. 제1항에서 조가선을 무가압으로 하였을 때에는 순환전류에 의한 장해를 방지하기 위해 그 양단의 조가선과 전차선에 균압선을 설치하고 무가압구간은 조가선과 동등 이상의 허용전류를 가진 전선으로 연결한다.

- 합성전차선의 경사는 지지점에서 조가선과 전차선이 만드는 면과 조가선 지지점에서 내린 수직선과의 간격은 일반철도 50[㎜] 이하, 고속철도 10[㎜] 이하로 한다.

- 전차선의 편위는 다음 각 호에 의한다

1. 일반철도 전차선의 편위는 레일면에 수직인 궤도중심선으로부터 200[㎜]를 표준으로 하되, 표준 유지가 곤란할 경우 최대 250[㎜]까지 할 수 있다.
2. 고속철도 전차선의 편위는 레일면에 수직인 궤도중심선으로부터 200[㎜]를 표준으로 하며 편위의 허용오차는 ±10[㎜] 이내로 한다. 다만 곡선구간에서는 곡선반경의 크기에 따라 200[㎜]를 초과하지 않는 범위 내에서 조정하여야 한다.

- 전차선의 레일면에 대한 기울기는 한 경간을 기준으로 0[‰]로 하고 열차속도에 따라 다음 표에 부합되도록 하여야 한다.

구분	속도[㎞/h]	기울기[‰]	2지점 경간 사이에서의 기울기[‰]
고속철도	S〉 250	0	0
	250≥S〉 200	1이하	0.75이하
	200≥S〉 160	2이하	1이하
	160≥S〉 120	3이하	1.5이하
일반철도	S≥150	1이하	
	S＜150	3이하	
	터널, 구름다리등과 건널목 인접장소	4이하	
	측선	15이하	

- 검수담당자는 관할 전차선 섹숀에 고유번호를 부여하고 섹숀 도면 및 대장을 비치하여 측정치를 기록·분석 관리하여야 하며 통합시설관리시스템에 등록하여야 한다.
- 검수담당자는 관할 전철설비의 접속개소 온도를 적외선온도측정기를 이용하여 급전분기개소는 반기 1회 이상 측정하여야 한다.

1. 전차선로가 가설되는 건널목에 시설하는 빔 또는 스팬선 시설은 전차선로와 충분한 거리가 확보하여야 하며, 구조물이 철제인 경우에는 접지를 하고 사람 등이 감전되지 아니하도록 위험방지시설을 하여야 한다.
2. 제1항의 규정에 의한 빔 또는 스팬선의 도로 윗면으로부터의 높이는 전차선의 높이에서 500㎜를 내린 값 이하로 하여야 한다.
3. 가공 전차선로를 과선교나 고상홈 또는 교량 아래 등에 설치할 때에는 전차선로의 가압 부분과 과선교 등과의 이격거리는 300㎜ 이상으로 하고, 조가선이나 급전선은 피복 전선으로 하거나 절연 방호관을 씌워야 한다.
4. 가공 전차선로가 지나가는 과선교나 고상홈 또는 교량에는 다음 각 호의 안전시설을 하여야 한다.
   가. 과선교, 고상홈 등의 경우에는 보호망을 설치할 것.
   나. 교량의 난간, 거더 등의 금속부분은 접지할 것.
   다. 안전상 필요한 장소에는 위험표지를 설치할 것.

- 조가선의 보호는 다음의 각호에 따른다.

1. 카드뮴동연선·동복강연선 및 청동연선을 사용한 조가선의 지지점에는 보호스리브, 행거이어 개소에는 보호덮개, 소선이 손상될 우려가 있는 교차장치·구름다리·선상역사 및 터널입구 등의 조가선에는 방호관을 설치하여 보호하여야 한다.
2. 아연도강연선을 사용한 조가선에는 다음 각호에 의한 조가선 보호덮개를 설치하여야 한다.
   가. 직선구간은 지지점에서 양방향으로 제1행거, 곡선구간은 제2행거까지
   나. 평행설비는 그 경간의 모든 행거까지
   다. 카드뮴동연선·청동연선 및 동복강연선을 사용한 행거이어 개소의 조가선에

는 조가선 보호덮개를 전량 설치하고, 특히 구조물이 조가선 상부에 위치한 경우 구조물 내측 지지점 및 외측 첫 지지점의 조가선은 이중조가선으로 한다.

- 절연조가선의 시설은 다음의 각호에 따른다.

1. 선상역사 및 구름다리 하부 또는 터널입출구 등 조가선 소선 단선의 위험성이 있는 개소에는 낙하물 등에 의한 조가선 소손 및 단선의 방지를 위해 절연조가선을 설치하여야 한다.
2. 공기절연방식의 절연구분장치 개소에는 유도전차선과 두 전원의 평행부분에는 팬터그래프 통과시 발생할 수 있는 아크열로 인한 소선 단선의 방지를 위해 절연조가선을 설치하여야 한다.

- 조가선의 접속은 다음 방법에 의한다.

1. 나선 조가선의 접속은 볼트조임식 쐐기형 크램프로 연결접속, 압축 또는 접속철물로 접속하며, 접속철물로 접속한 경우에는 상호 균압한다.
2. 기 설치된 아연도강연선은 접속철물로 접속한다.
3. 나선의 청동연선 조가선과 절연조가선의 접속 및 절연 조가선 서로간을 접속할 때는 스리브를 사용하여 압축접속을 하여야 한다.

- 전차선의 무효부분에는 그 길이가 30[m] 이상으로서 접속점이 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않는 경우에 한하여 조가선으로 대체 사용할 수 있다.

- 조가선의 표준장력은 철도시설기준에 의한다.
- 보조조가장치는 다음의 각호에 따른다.

1. 스팬선비임 가선구간에서 흐름방지장치로부터 200[m]를 초과하는 지지점에는 조가선을 보호하기 위하여 보조조가장치를 설치하거나, 지지점에 조가선 지지 도르래를 취부하여야 한다.
2. 보조조가선 설치개소의 비임하부스팬선과 조가선간에 설치하는 드롭퍼의 조가선 쪽에는 슬라이딩 드롭퍼크램프를 설치한다.

-가공전차선로의 안전율은 다음의 각호에 따른다.

1. 가공 전차선로 설계에서 사용하는 그 지역의 최대 풍속은 최근 30년간의 기록에서 가장 가혹한 순간 풍속 중에서 가장 가혹한 순서로 3번째 값을 기준으로 한다. 최고, 최저 온도라 함은 최근 30년간의 기록에서 가장 가혹한 기록을 기준으로 한다.

2. 가공 전차선로의 지지물에는 작용이 예상되는 모든 하중을 산출하고, 거기에 다음 각호의 최소 안전율을 주어야 한다. 안전율은 최저 온도 조건을 기준으로 한 것이어야 하며, 전차선의 경우는 15% 마모를 기준으로 한 것이어야 한다.

분류	안전율
전차선	2.2
조가선	2.5
고분자 애자	3.0
지지물, 기초, 지선	2.0
기타 전선 및 설비	2.0

[참고기준/근거 등]

- UIC 606-1 OR
- EN 50119 "Railway applications-Fixed installation - electrical traction overhead contact lines"
- 철도전철전력시설지침 제113조(전차선로의 절연이격)
- 철도전철전력시설지침 제114조(가공전차선의 분리)
- 철도전철전력시설지침 제115조(합성전차선에 사용하는 전선의 종류)
- 철도전철전력시설지침 제116조(가공전차선 절연)
- 철도전철전력시설지침 제120조(합성전차선의 경사)
- 철도전철전력시설지침 제122조(전차선의 편위)
- 철도전철전력시설지침 제123조(전차선 높이)
- 철도전철전력시설지침 제124조(전차선의 기울기)
- 철도전철전력시설지침 제128조(전차선 및 조가선의 접속)
- 고속철도전철전력설비보수지침 제21조(전차선 마모 관리)
- 고속철도전철전력설비보수지침 제31조(정기 측정)
- 철도전철전력시설지침 제117조(조가선 보호)

- 철도전철전력시설지침 제118조(절연조가선의 시설)
- 철도전철전력시설지침 제128조(전차선 및 조가선의 접속)
- 철도전철전력시설지침 제129조(무효부분 전차선의 조가선 대용)
- 철도전철전력시설지침 제135조(전차선 및 조가선의 표준장력)
- 철도전철전력시설지침 제136조(보조조가장치)
- 철도건설규칙 제47조(가공전차선로 설비의 강도)

14) 각종 구분장치 (에어섹숀, 에어 조인트, 애자구분, 절연구분장치)

각종 구분장치는 편위 및 상호간 이격거리를 준수하여야 한다.

[해설]

- 일반철도 에어섹숀(Air Section)은 다음 각 호에 의하여 시설한다.

1. 평행부분에서 전차선 상호간의 이격거리는 300[㎜]를 표준으로 하고 부득이한 경우에는 교류에 있어서는 250[㎜], 직류에 있어서는 200[㎜]까지 단축할 수 있다.
2. 구분용 애자의 하단은 본선의 전차선 높이에서 200[㎜] 이상 올린다.
3. 평행부분은 경간 50[m] 이상의 곳에 시설한다. 다만, 50[m] 미만인 경우는 2경간 이상으로 하던가, 애자섹숀을 사용해서 전차선의 인상 높이를 저감할 수 있다.
4. 계통이 다른 가압부분 상호는 가동브래키트 등의 이동을 고려하고 제1호의 이격거리를 유지하도록 시설한다.
5. 평행부분의 동일 급전계통에 속하는 전차선과 조가선의 사이는 상호 균압한다.
6. 평행부분에 있어서 양방향의 전차선의 레일면 높이의 등고 부분이 500[㎜] 이상 되도록 시설한다.
7. 무가압 부분의 전차선과 조가선 및 이에 근접하는 가압부분의 조가선도 상호 균압한다 .

- 고속철도 에어섹숀(Air Section)은 다음 각호에 의하여 시설한다.

1. 평행구간의 전선 상호간 0.50[m] 이격거리를 확보하여야 한다.
2. 경간과 편위, 가고는 기본도대로 설치하여야 하며 중심전주의 쌍브래키트개소 전후에서 평행등고구간이 이루어지도록 하여야 한다.
3. 평행구분개소에 삽입되는 합성수지절연애자는 양 중간전주에 0.55[m] 상승되는 전차선과 조가선을 지지하는 브래키트로부터 3.0[m] 이격된 위치에 삽입 설치하여야 한다.
4. 평행구간 전주의 평행틀에 설치된 두 브래키트의 간격은 중심전주에는 1.6[m], 양 중간전주에는 1.0[m] 이격되게 설치하되 간격의 허용오차 이내로 한다.
6. 에어섹숀 평행구간의 양 중간전주에는 가압된 전차선과 인류되는 무가압 부분

에 균압설비를 설치하여야 한다.

7. 중심전주에서 6[m] 이격된 위치에 단로기 단독주를 설치하여 평행개소의 양 전차선 사이에 단로기를 설치하여 필요시 두 전차선간을 급·단전할 수 있도록 하여야 한다.
8. 에어섹숀구간의 일반개소(직선개소)에는 4경간으로 구성하나, 곡선이 심한 개소나 강풍구간에서는 5경간으로 구성한다.

- 비상용섹숀은 다음의 각호에 따른다.

1. 비상용섹숀은 재해 또는 사고시에 합성전차선을 전기적으로 구분할 필요가 예상되는 곳에 설치한다.
2. 정거장간의 비상용섹숀은 부스타섹숀(Booster Section) 또는 에어섹숀(Air Section)에 준하여 시설한다.
3. 정거장구내의 비상용섹숀은 애자섹숀(Section Insulator)에 준하여 시설한다.

- 일반철도 전차선로의 에어조인트(Air Joint)는 다음 각호에 의하여 설치하여야 한다.

1. 평행부분에서 전차선의 상호간격은 150[㎜]를 표준으로 하며, 부득이한 경우 100[㎜]까지 할 수 있다.
2. 평행부분 양단에서 조가선 상호간·전차선 상호간 및 조가선과 전차선간을 일괄 균압한다.
3. 균압선의 리드선은 적당한 여유를 두고 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않도록 시설하며 연동연선 100[㎟] 이상으로 한다.
4. 지지점에 있어서 전차선의 인상 높이는 300[㎜]로 하고 접속철물 등은 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않도록 시설한다.
5. 평행부분의 경간은 40[m] 이상으로 하고 40[m] 미만인 경우는 2경간으로 한다.
6. 평행부분에서는 단독주에 평행틀 설치를 원칙으로 하고 필요한 경우 복주를 설치할 수 있다.

- 고속철도 전차선로의 에어조인트(Air Joint)는 다음 각호에 의하여 설치하여야 한다.

1. 에어조인트의 구성은 경간, 편위, 가고 등을 정확하고 정밀하게 설치하여 고속열차운행에 지장이 없도록 설치하여야 한다.
2. 에어조인트의 평행구간의 두 전차선의 상호 이격거리는 200[㎜]를 유지하도록 설치하여야 한다.
3. 평행틀, 브래키트 설치와 가고는 에어섹숀 설비와 같다.
4. 에어조인트개소의 두 전차선이 교차되는 중간전주의 브래키트에는 균압설비를 설치하여 전기적으로 완전한 접속이 이루어지도록 하여야 한다.

- 애자구분장치(Section Insulator)는 다음 각 호에 의하여 시설한다.

1. 건널선 및 측선에 설치하는 애자구분장치는 본선을 통과하는 열차 팬터그래프에 지장이 없도록 본선 궤도중심으로부터 가급적 멀리 이격시켜 설치하여야 한다.
2. 고속철도용 애자구분장치의 설치위치는 전차선 지지점으로부터 4.5[m] 이격된 위치에 설치하여야 한다.
3. 애자구분장치의 팬터그래프 접촉동작부인 슬라이더부와 전차선접속부는 열차통과에 지장이 없도록 수평으로 설치하여야 한다.
4. 애자구분장치는 인류점으로부터 가급적 가까운 곳에(200[m] 이내) 설치하여 온도변화에 따라 변형되지 않는 구조로 한다.
5. 팬터그래프 통과시 동요가 적고 아크가 완전히 끊어져 아크로 인해 절연이 파괴되지 않도록 하여야 한다.
6. 애자섹숀은 합성전차선 또는 전차선의 장력을 자동조정할 경우에 변형되지 않도록 시설한다.
7. 애자구분장치가 설치된 개소에는 구분장치 앞뒤의 전차선과 조가선을 균압선으로 균압하여야 한다.

- 일반철도 전차선로의 절연구분장치는 다음 각 호에 의하여 설치하여 한다.

1. 구분장치(Neutral Section)의 길이는 당해선구를 운행하는 전기열차의 속도·팬터그래프의 성능 및 설치간격·지형조건 등을 고려하여 선정한다.
2. 절연구분장치는 다음 각호에 의하여 시설한다.
   가. 절연구간을 갖는 인류구간의 길이는 600[m] 이하로 하며 활차식 자동장력 조정장치에 의한 일단 조정을 시행한다.
   나. 강체구간의 절연구분장치는 에어갭(Air Gap)식 또는 FRP식으로 할 수 있으며 강체는 고정한다.
   다. 절연구분장치 양단의 전차선과 조가선은 상호 균압한다.
   라. 절연구분장치구간의 조가선은 팬터그래프 통과로 생기는 아크(Arc)에 의한 손상이 없도록 시설한다.

- 고속철도 전차선로의 절연구분장치는 다음 각 호에 의하여 설치하여 한다.

1. 절연구분장치는 기본도에 따라 각 경간, 편위, 가고를 정확하고 차질이 없도록 설치하여야 한다.
2. 절연구분장치는 상이 다른 두 개의 전원 사이에 무가압의 중성구간을 만들기 위해 2중의 에어섹숀으로 구성되며, 에어섹숀의 평행구간을 정확하게 설치하여 두 전원이 완전이 절연 구분되도록 설치하여야 한다.
3. 중성구간 양측에 설치된 에어섹숀의 인류주 앞쪽 중간전주 중심에서 절연구간 측으로 2.5[m] 이상 이격된 위치에 설치되는 합성수지 애자 사이와 또한 두 전원의 에어섹숀개소인 평행구간 조가선(중성구간 측 중간전주 쪽은 전주중심에서 2.5[m], 반대측 즉, 절연구간 끝 쪽의 중간전주의 중심으로부터 1.5[m] 이격된 위치간)은 보호조가선으로 설치하여야 한다.
4. 중성구간측 중간전주의 브래키트에는 보조전차선과 인류되는 전원선의 무가압 부분의 전차선을 서로 균압하고 절연구간 양 끝에 있는 중간전주의 브래키트에서는 본선 전원선의 전차선과 보조전차선의 인류측 무가압구간의 전차선과 균압설비를 설치하여야 한다.

- 구분장치의 종별과 사용구분 및 속도는 다음 표에 의한다.
- 구분장치는 다음 표에 의하여 각 운전속도에 적합한 것을 사용한다.

구분	종별	세목		사용구분	속도[㎞/h]	비고
전기적 구분	에어섹숀 (Air Section)			동상의 본선 구분용, 흡상변압기 및 직렬콘덴서용	120	
	애자섹숀 (Section Insulator)	현수애자제		동상 상, 하선 및 측선 구분	45	S형
		장간애자제		--- 〃 ---	85	A, B, C, D형
		수지제	FRP제	--- 〃 ---	85	F, FE형
			GCF제	--- 〃 ---	200	G형
	절연구분장치 (Neutral Section)		FRP제	이상 구분 또는 교/직 구분 120		수도권 및 산업선
			GCF제	이상 구분 120		산업선 40[m]
			PTFE제	이상 구분 180		호남선, 평택SS, 천안-대전
		이중에어섹숀		이상 구분 300		고속철도
	비상용	역구내 (에어섹숀) 구내 구분 (애자 삽입)		사고시 긴급 구분용 120		상시는 전기적으로 접속
기계적 구분	에어조인트 (Air Joint)	본선 구분		합성전차선 평행설비 구분	120 300(고속철도)	전기적으로 접속
	R-Bar 조인트 (Expansion Element) T-Bar 조인트 (Expansion Joint)	본선 구분		강체 전차선 평행설비 구분	160	전기적으로 접속 R-Bar, 또는 T-Bar 구간

- 구분장치의 설치위치는 다음 각 호에 의한다.

1. 복선구간에서 장내신호기 부근에 설치하는 구분장치는 장내신호기의 위치와 일치시키거나 또는 그 내측에 시설한다.
2. 복선구간에서 출발신호기 부근에 설치하는 구분장치는 입환을 행하는 역단 분기기에서 인상 열차 길이에 50[m]를 가산한 길이 이상 이격한다.
3. 제2호의 이격거리를 택한 경우 구분장치와 그 전방의 폐색신호기까지의 거리가 당해선구를 운전하는 열차장에 50[m]를 더한 값 이하일 경우에는 폐색신호기의 내측에 시설한다.
4. 단선구간에서 장내신호기 부근에 설치하는 구분장치는 장내신호기의 외측에 당해선구를 운전하는 열차장에 50[m]를 더한 값 이상 이격한 위치에 설치하며 입환을 행하는 구간은 제2호에 준한다.

5. 정거장간에 설치하는 구분장치는 폐색신호기 위치와 일치시킨다. 다만, 단선구간으로 상・하의 폐색신호기의 외방이 중복할 경우에는 대향의 신호기 어느 것에서 당해선구를 운전하는 열차장에 50[m]를 더한 값 이상 이격한 위치에 시설한다.
6. 출・입고선에 설치하는 구분장치는 차량정지표지에서 전방 20[m] 이격한 위치에 시설한다.
7. 절연구분장치(Neutral Section)는 변전소 앞 및 구분소 앞 선로 곡선반경 R=800[m]이상 기울기 5[‰] 이하 개소에 설치함을 원칙으로 한다. 다만, 부득이한 경우 급전 조건・차량의 성능・신호기 위치 및 열차운전 조건을 관련부서 관계자와 협의 후 선정한다.

- 흡상변압기 및 콘덴서용의 섹숀 설치위치는 제1항 각 호에 준한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제138조(구분장치의 종별과 사용구분)
- 철도전철전력시설지침 제139조(전기적 구분장치의 설치위치)
- 철도전철전력시설지침 제140조(에어섹숀)
- 철도전철전력시설지침 제141(애자구분장치)
- 철도전철전력시설지침 제142조(절연구분장치)
- 철도전철전력시설지침 제143조(에어조인트)
- 철도전철전력시설지침 제144조(비상용섹숀)
- EN 50119, "Railway applications-Fixed installations-electrical traction overhead contact lines", 2001: Table 8(첨부 3)

15) 곡선당김장치

곡선당김장치는 곡선구간의 장력에 대응하여 전차선의 편위를 일정하게 유지하여야 한다.

[해설]

- 일반철도 합성전차선의 가동브래키트·고정브래키트 등 각 지지점에는 다음 각호에 의한 곡선당김장치를 원칙으로 한다.
  1. 곡선당김철물의 각도는 레일에 대하여 궁형은 11°, 직선형은 15°를 표준으로 하고 순간풍속 30[m/s] 이하에서 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않아야한다.
  2. 궁형 곡선당김철물의 설치 철물은 궤도중심면(수직선)에서 1[m] 이상 이격하든가 또는 기타 방법에 의하여 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.
  3. 자동장력조정장치를 설치한 합성전차선은 장력 조정에 대한 곡선당김장치의 억제저항이 증가하지 않도록 하여야 한다.
  4. 비임하스팬선에 취부하는 경우는 이종금속의 접촉 등에 의한 부식·소선·단선이 없도록 설치하고 동일 스팬선에 2조 이상 병설하는 경우는 순환전류에 의한 손상이 없도록 한다.

- 고속철도 합성전차선의 가동브래키트 각 지지점에는 다음 각호에 의한 곡선당김장치를 원칙으로 한다.
  1. 전차선과 가동브래키트의 수평파이프 수직중심간의 거리는 0.6[m]를 표준으로 하며 허용오차의 한계를 초과할 수 없다. 다만, 교차개소와 분기개소 등의 일부 특수개소에서는 예외로 한다.
  2. 전차선과 수평파이프간의 0.60[m]의 이격거리는 폭풍 또는 팬터그래프의 불량 등으로 인하여 최악의 경우 열차운행시 곡선당김장치에 설치된 전차선이 0.40[m]의 상승 작용이 가능하도록 하여야 한다
- 분기기 부근 등에서 주곡선당김장치만으로 중간편위의 규정치 확보가 곤란한 지점에는 합성전차선 또는 조가선에 별도의 보조곡선당김장치를 시설한다. 합성전차선의 무효부분도 또한 같다.

- 곡선당김장치를 취부할 수 없는 경우는 직접 조가방식 등 적당한 방법으로 합성전차선을 지지할 수 있다. 다만, 자동장력조정장치를 설치한 구간(Section)에서는 장력조정에 대한 억제저항이 증가하지 않도록 한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제125조(곡선당김장치)

16) 자동장력 조정장치

자동장력조정장치는 온도변화・조정거리・설치장소 등을 고려, 사용 전에 고려하여 적합한 것을 사용하여야 한다.

[해설]

- 일반철도의 장력조정장치는 다음 각호에 의한다.

1. 전차선・조가선 및 비임하스팬선의 온도변화에 따른 장력변화는 자동장력조정장치에 의하여 조정함을 원칙으로 한다. 다만, 속도 45[㎞/h] 이하 선로의 전차선 및 조가선은 수동장력조정장치를 사용할 수 있다.
2. 자동장력조정장치는 온도변화・조정거리・설치장소 등을 고려, 사용 전에 적합한 것을 사용하여야 한다.
3. 자동장력조정장치의 종류와 사용구분은 다음 각 호에 의한다.

   가. 스프링식

   ① 비임하스팬선에는 스프링밸런스를 설치한다. 다만, 비임하스팬선을 2본 이상 연속하여 시설할 때는 스프링밸런스의 설치위치는 지그재그로 설치하고, 차고・차량기지 등에서 4선 이하인 경우는 턴버클로 할 수 있다.

   ② 활차식 장력조정장치를 설치하거나 유지보수가 곤란한 곳에는 스프링식 장력조정장치를 설치한다.

   ③ 스프링밸런스의 통기 구멍은 반드시 아래쪽으로 향하도록 설치한다.

   나. 활차식

   ① 본선 및 본선과 교차하는 합성전차선 또는 전차선에 사용하고 인류구간의 길이가 800[m] 이하인 경우는 한쪽에, 800[m]를 넘고 1,600[m] 이하인 경우는 양쪽에 설치한다.

   ② 중요한 측선 등으로 필요한 경우는 “가”에 준하여 설치한다.
4. 수동장력조정장치의 종류와 사용구분은 다음 각 호에 의한다.

   가. 턴버클식 : 자동장력조정장치를 필요로 하지 아니하는 합성전차선 또는 전차선에 사용한다.

나. 조정스트랩식

① 제1호에 준한다.

② 활차식에 보조용으로 사용한다.

5. 기울기구간에서 인류구간의 한쪽에 자동장력조정장치를 설치하는 경우는 그 인류구간의 아래(낮은)쪽에 설치한다.
6. 자동장력조정장치의 조가선 및 전차선은 억제저항이 적게 되도록 시설한다.
7. 터널을 통과하여 설치하는 것은 활차식으로 하고, 터널 내에 설치하는 장력조정장치는 스프링식 또는 수동식으로 할 수 있다.

- 고속철도의 장력조정장치 설치는 다음 각호에 의한다.

1. 전차선·조가선의 온도변화에 따른 장력변화는 자동장력조정장치에 의하여 조정함을 원칙으로 한다.
2. 자동장력조정장치는 온도변화·조정거리·설치장소 등을 고려, 사용 전에 적합한 것을 사용하여야 한다.
3. 자동장력조정장치의 설치기준은 다음 각호에 의한다.
   가. 본선 및 본선과 교차하는 합성전차선 또는 전차선에 사용하는 도르래식 자동장력조정장치는 인류구간의 길이가 750[m] 이하인 경우는 한쪽에, 750[m]를 넘고 1,500[m] 이하인 경우는 양쪽에 설치하여야 한다.
   나. 중요한 측선 등으로 필요한 경우는 제1호에 준하여 설치한다.
   다. 자동장력조정장치 설치 전주기초 상부에는 길이 1.10[m] 높이 0.2[m]의 중추유도파이프 고정용 콘크리트기초대를 설치하여야 한다.
   라. X길이와 Y길이와의 관계는 설치당시의 정확한 온도에 의해 장력장치조정표에 의거 설치하여야 한다.
   마. 전선의 장력과 중추의 중량의 비는 활차비에 따라 5:1로 한다.
   바. 장력장치개소의 전차선은 정상방향으로 가선하여 인류시켜야 하며 역방향 가선은 피하여야 한다.
4. 자동장력조정장치의 조가선 및 전차선은 억제저항이 적게 되도록 하여야 한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제134조(장력조정장치)

17) 금구류

각종 금구류는 다른 시설물과의 이격거리가 충분히 고려되어야 한다.

[해설]

- 고속철도 직선분기개소에서 본선 통과속도가 220[㎞/h] 이상인 경우 다음 각호와 같이 설치한다.
  1. 건널선장치는 전주위치, 경간, 가고, 편위, 전차선의 인상 높이, 선간이격거리 및 상호 절연이격거리 등에 차질이 없도록 정밀하게 설치하여야 한다.
  2. 교차개소에서 팬터그래프의 본선 통과시 측선 전차선과의 측면접촉을 피할 수 있는 설비로 시설하여야 한다.
  3. 건널선개소의 양측 분기기가 F46형일 경우에는 보조전차선이 추가되는 에어섹숀 구조로 설치하고, 양측 분기기가 F18.5형 이하인 경우에는 애자형 구분장치를 시설하여야 한다.

- 고속철도 직선분기개소에서 본선 통과속도가 220[㎞/h] 이하인 경우 다음 각호와 같이 시설하여야 한다.
  1. 직선구간의 통과속도가 220[㎞/h] 이하인 때에는 보조전차선 없이 직선궤도의 전차선과 분기궤도의 전차선만으로 평행구간을 구성하여야 한다.
- 일반철도 합성전차선의 건널선장치는 다음 각호에 의한다.
  1. 건널선장치는 운전 빈도가 높은 주요선을 하부로 시설한다.
  2. 전차선이 교차하는 위치에는 교차철물을 설치하고 조가선 상호간 및 전차선 상호간 또는 조가선과 전차선을 일괄 균압한다.
  3. 교차철물은 전차선의 이동에 따라서 교차한 전차선·곡선당김철물 등과 경합해서 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않도록 시설한다.
  4. 건널선장치에서 곡선당김철물은 상대되는 전선의 외측에 설치한다.
  5. 교차철물의 표준길이는 다음과 같다. 다만, 산업선의 기설 2,000[㎜]는 개량시까지 계속 사용한다.

가. 12번 분기 이하 : 1,400[㎜](기설 1,200[㎜])

나. 16번 분기 이상 : 1,800[㎜]

6. 건널선장치에서 본선과 부본선 공히 상대측 궤도중심에서 전차선까지 거리의 300[㎜] 되는 지점은 수평을 유지하여야 하고, 900[㎜]되는 지점은 부본선 전차선이 본선의 전차선 보다 30[㎜] 높게 설치되어야 한다.
7. 조가선은 상호 접촉에 의한 마찰 등으로 소선이 손상되지 않도록 분리한다.
8. 건널선장치 교차점에서 본선측 궤도중심과 측선측 전차선간의 간격이 1,200[㎜]가 되는 지점까지는 곡선당김철물 등 일체의 크램프를 설치해서는 안 된다.

- 인류구간의 양쪽에 활차식 또는 도르레식 자동장력조정장치를 사용한 경우 다음 각호에 의한 흐름방지장치를 시설한다.

1. 인류구간의 중앙점에 전선의 이동을 억제하기 위하여 흐름방지장치를 시설하여야 한다.
2. 흐름방지는 전선의 처짐·강하 등으로 열차운전에 지장이 없도록 전선의 이도·가고 등을 조정하고 급전선과의 이격거리는 충분히 고려하여야 한다.
3. 고속철도 전차선로에서 흐름방지장치가 설치되는 주축전주의 브래키트는 항상 선로에 대해 수직이 되게 설치하여야 한다.
4. 흐름방지장치의 양 인류전선은 해당 선로의 조가선과 동일한 전선으로 하며 인류전선의 인장력은 현지 온도에 따라 설치해야 하며 흐름방지장치의 인류를 하기 전에 지선을 먼저 설치하여야 한다.

- 강체 가선구간에서는 인류구간(섹숀)중앙점에 흐름방지장치를 시설한다.

- 드롭퍼의 설치는 다음 각호에 의한다.

1. 일반철도의 행거 및 드롭퍼 설치간격은 5[m]를 표준으로 한다. 다만, 기존 산업선 전철구간에 한하여 드롭퍼 간격을 10[m]로 설치할 수 있다.
2. 고속철도의 드롭퍼 설치간격은 4.50[m]와 6.75[m]를 조합하여 사용하고, 드롭퍼의 최소 길이는 0.275[m]이상으로 한다.
3. 건널선장치의 행거 및 드롭퍼는 서로 접촉되지 않도록 설치한다.

- 일반철도 가공전차선로의 인류구간(길이를 나타낼 때에는 “섹숀” 또는 “인류길이”라 한다.)설정은 다음과 같이 한다.

1. 커티너리 가선구간은 1,600[m] 이하로 한다. 다만, 터널 내에는 800[m](터널을 통과하는 섹숀은 제외)이하로 하되, 스프링식 장력조정장치를 시설할 경우 1,200[m]까지 연장할 수 있다.
2. 교류 강체 가선구간은 400[m]~600[m], 직류 강체 가선구간은 150[m]~300[m] 이하로 한다.
3. 급전선·부급전선·보호선의 인류구간은 2,000[m] 이하로 한다.

- 고속철도 가공전차선로의 최대 인류길이는 1,400[m](터널 내 1,800[m]) 이내로 하여야 한다.
- 가공전차선의 장력구간은 인류구간의 1/2을 표준으로 한다.
- 전차선 무효부분 및 인류선로의 굽힘각도는 10도 이내로 한다.
- 전차선·조가선·급전선·부급전선·보호선 등의 인류장치는 다음 각 호 및 표준도에 의한다.

1. 전차선·조가선 및 합성전차선의 인류장치는 인류구간이 800[m] 이하일 때에는 일단에 설치한다. 다만, 터널 내에서 자동장력조정장치를 설치하지 아니한 경우에는 인류구간의 양단에 인류장치를 설치할 수 있다.
2. 인류장치는 지지물에 견고하게 설치한다. 다만, 부득이한 경우에는 콘크리트 옹벽 등에 시설할 수 있다.
3. 인류전용주는 가선종단주 이외에는 별도로 시설하지 아니 함을 원칙으로 한다.
4. 급전선·부급전선 및 보호선의 인류장치는 2000[m]마다 설치함을 원칙으로 하고 선로횡단 및 터널입구 등의 취약 지점이나 보수상 필요한 곳, 횡장력이 극히 심한 구간(곡선반경 300[m] 이하)의 장력을 분할할 필요가 있는 곳에 설치한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제119조(드롭퍼)
- 철도전철전력시설지침 제126조(건널선장치)
- 철도전철전력시설지침 제131조(인류구간과 장력구간)
- 철도전철전력시설지침 제132조(인류장치)
- 철도전철전력시설지침 제137조(조가선의 흐름방지장치)

18) 가공지선

가공전선로에는 가공지선을 설치하며, 지지물과 함께 접지를 하여야 한다.

[해설]

- 고압과 특별고압의 배전선로에는 가공지선을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 전철주에 첨가시는 비보호절연선을 가공지선으로 대용할 수 있다. 이때는 비보호절연선을 최상위에 시설하고 배전용 전선은 차폐범위 안(45°)에 들 수 있도록 비보호절연선 하부에 설치한다.

- 가공지선의 가설은 다음 각 호에 의한다.
가공지선과 가공전선과의 지지점에 있어서 수직이격거리는 1[m] 이상으로 하며, 가공지선의 이도는 최저온도에서 가공전선 이도의 80[%]를 표준으로 한다.

- 가공지선의 접지는 다음의 각호에 의한다.
1. 가공지선의 접지 간격은 200[m]를 표준으로 하며 접지저항은 50[Ω] 이하로 한다. 다만, 공사상 부득이한 경우에는 접지 간격을 150[m] 이하로 하여 그 접지저항을 75[Ω] 이하로 할 수 있다.
2. 가공지선 및 가공전선의 시·종단부 또는 가공전선의 굴곡점 및 분기점에는 가공지선에 접지를 하며 그 접지저항은 50[Ω] 이하로 한다. 다만, 접지점이 상호 근접하는 경우에는 접지 수량을 줄일 수 있다.
3. 가공지선의 접지는 고압배전선로 피뢰기의 접지 또는 전차선로 매설접지와 공용할 수 있다.

[참고기준/근거 등]
- 철도전철전력시설지침 제195조(가공지선의 시설)
- 철도전철전력시설지침 제197조(가공지선의 가설)
- 철도전철전력시설지침 제198조(가공지선의 접지)

19) 섬락보호설비

가공전차선로, 급전선로의 가압부분에 사용하는 애자에는 필요에 따라 섬락보호설비를 해야 한다. 다만, 구분개소 및 다른 계통을 분리할 목적으로 전선에 삽입하는 애자는 제외한다.

[해설]

- 섬락보호지선은 다음 각호에 의하여 시설한다.

1. 섬락보호지선에는 경동연선 50[㎟] 이상을 사용한다.
2. 가공전차선 등의 가압부분과의 이격거리는 1. 2[m] 이상으로 한다.
3. 고저압 가공전선·통신선 등 타의 병가전선과의 이격거리는 0.5[m] 이상으로 한다.
4. 약 1[㎞] 마다 구분하여 접지저항 10[Ω] 이하로 접지하고 그의 대략 중앙점에 보안기를 통하여 부급전선 또는 보호선에 접속한다. 단, 정거장 길이가 긴 경우 2[㎞] 이내까지 허용할 수 있다.
5. 섬락보호지선 지표상 높이는 5[m] 이상, 건널목에 있어서는 6[m] 이상으로 한다.

- 보호선 및 비절연보호선은 다음 각호에 의하여 시설한다.

1. 보호선 및 비절연보호선에는 귀전류 용량에 적합한 것을 사용한다. 다만, 변전소등에 인접한 장소는 지락전류에 견딜 수 있는 용량의 것을 사용한다.
2. 보호선의 지지와 배열은 제145조(급전선의 지지와 배열)에 준하고 다른 전선과의 이격거리는 제175조(섬락보호지선) 제2호 및 3호에 준한다.
3. 보호선의 지표상 높이는 제150조(급전선의 높이)에 준한다.
4. 보호선은 각선별(급전 방면별)로 단권변압기 상호간의 약 1~1.2[㎞] 마다 보호선용접속선으로 귀선레일(임피던스본드)에 접속하고 단말은 단권변압기의 중성점에 접속한다. 다만, 정거장구내에서는 홈 양쪽의 가장 가까운 임피던스본드 장소에 보안기를 통하여 접지 및 귀선레일(임피던스본드)에 접속한다.
5. 터널 내에는 비절연보호선 3선이 가선되어야 하며 터널 입출구에서는 모두 공동접속시켜 상하선별 전차선 전주의 비절연보호선과 각각 연결되게 하여야 한다.
6. 전주 하부에 설치된 가공 보호접지 인하선의 고정 단자와 매설접지선과 임피던스본드를 통해 모든 궤도간을 서로 횡단 접속하여 비절연보호선 매설접지선 및 궤도회로가 완전 등전위가 되도록 회로를 구성하여야 한다.

7. 비절연보호선 가선시는 기온에 따른 가선 장력과 이도표에 의해 정확하고 안전한 이도와 장력으로 가선하여야 한다.

- 보조부급전선 및 보조보호선은 다음의 각호에 따른다.

1. 지락도선을 직접 부급전선 또는 보호선에 접속할 수 없는 경우는 보조부급전선 또는 보조보호선을 시설하여 접속한다.
2. 보조부급전선 및 보조보호선은 제176조(보호선 및 비절연보호선)에 준하여 시설한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제175조(섬락보호지선)
- 철도전철전력시설지침 제176조(보호선 및 비절연보호선)
- 철도전철전력시설지침 제177조(보조부급전선 및 보조보호선)
- 철도설계편람

20) 귀선로

건널목 및 통로등에 시설하는 귀선로는 대지와의 전위차에 의해 통행하는 사람 등에 감전되지 않도록 시설되어야 하며, 레일로부터 대지로 흐른 누설전류가 되도록 적게 시설되어야 한다.

[해설]

- 부급전선의 지지와 배열은 다음의 각호에 따른다.

1. 부급전선은 가공식으로 하고 가공전차선로 지지물에 가설한다. 다만, 부득이한 경우에는 콘크리트벽·천정이나 단독주에 가설할 수 있다.
2. 부급전선의 배열은 급전선에 준한다.

- 부급전선의 선종과 표준장력은 다음 표에 의한다.

선종[㎟]	표준장력[kg]
비닐절연전선 250	300
경알루미늄연선 200	250
경동연선 150	900
경알루미늄연선 95	100

- 부급전선의 높이는 급전선의 높이에 준한다.
- 귀선레일의 이음매에는 레일본드 또는 용접본드로서 기계적·전기적으로 접속한다.
- 레일과 대지간의 전위차로 사람이나 동물에 대하여 위험의 우려가 있을 때에는 다음 각 호에 의한 시설을 한다.

1. 건널목 부분에 시설하는 레일을 타부분의 레일과 전기적으로 절연하여 그 레일과 대지간의 전위차가 감소되도록 시설하고 타부분에 시설하는 레일 상호간의 접속선에는 600[V] 비닐절연케이블 동연선 100[㎟] 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것을 관로에 수용하여 시설한다.
2. 레일간과 레일의 외측 2.5[m]까지 견고한 기초를 하고 아스팔트 콘크리트 등으로 절연 포장한다.

- 흡상선은 다음 각 호에 의하여 시설한다.

1. 흡상선은 흡상변압기 설치간격의 중앙에서 복궤조식은 임피던스본드의 중성점에, 단궤조식은 귀선레일측에 부급전선을 접속한다.
2. 흡상선에는 600[V] 비닐절연케이블(가교폴리에틸렌절연 비닐시이스케이블[CV] 100[㎟]) 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것을 사용한다.
3. 지중에 매설하는 경우는 트러프 또는 관로에 수용하고 궤도 밑을 횡단할 때는 노반면에서 750[㎜] 이상의 깊이에 매설한다.
4. 지표상 2[m]의 높이까지 절연관 등으로 보호한다.
5. 흡상선은 2본 병렬로 시설한다.

- 중성선 및 보호선용접속선은 다음의 각호에 의하여 시설한다.

1. 중성선 및 보호선용접속선은 흡상선에 준하여 시설하되 단권변압기 설치장소에서 귀선레일과 연결된 임피던스본드의 중성점을 단권변압기의 중성점과 접속한다.
2. 보호선용접속선은 흡상선에 준하여 시설하되 설치간격은 800[m] 이상 2.5[㎞] 이내로 하되 궤도회로 2~3개 이상 이격하여 설치한다. 다만, 1본만 시설할 수 있다.

- 귀선로는 다음 각 호에 의하여 설치한다.

1. 귀선로는 우선적으로 레일을 통하므로 레일의 도전성과 연속성(이음매의 접속)이 최대로 확보되도록 설치하여야 한다.
2. 귀선로는 임피던스를 최저로 낮추기 위해 가급적 짧고 접속 케이블의 길이가 100[m]를 넘지 않도록 하여야 한다.
3. 귀선로는 최대한 직선을 이루어 최단거리가 되도록 하여 임피던스를 최대로 낮출 수 있도록 직렬 연속성이 확보 되도록 설치하여야 한다.
4. 주귀선레일과 변전소(AT 설치개소) 사이에 설치되는 변전소인입귀선(중성선)은 최단거리로 케이블 길이가 100[m] 이하가 되도록 설치하여야 하며 다음 각목의 2단계로 구분되도록 설치하여야 한다. 단 부득이한 경우 예외로 한다.

   가. 궤도로부터 변전소간에 설치된 맨홀에 위치한 접속단자판까지

   나. 접속단자판에서 변전소까지

5. 접속단자판과 궤도 사이의 배선 수는 궤도당 절연전선 Cu 70[㎟] 4선으로 배선하고 각 레일간에는 절연전선 Cu 70[㎟] 2선으로 레일에 견고히 고정 연결하여야 한다.
6. 궤도회로가 없는 주귀선레일에 연결된 보조귀선레일(측선, 부본선 등)은 주귀선레일과 적어도 두 지점의 각 끝을 연결한다. 그러나 선로 끝 부분이며 짧은 거리만 전철화 되어 있으면 단일(두 선으로) 연결도 할 수 있다.
7. 궤도회로가 구성되어 있고 주귀선레일에 연결되는 보조귀선레일 궤도회로의 정상적인 운전을 방해하지 않기 위해 보조귀선레일의 한쪽 끝만이 주귀선레일에 연결한다. 그러나 보조귀선레일의 길이가 적당하면(두 개의 외부접속의 허용거리와 같으면) 주귀선레일에 대한 추가적인 접속을 할 수 있으며 이 접속은 횡단접속 쪽에 위치하도록 하여야 한다. 전선의 접속은 임피던스본드의 중앙 또는 궤도공심자기유도코일에 연결하여야 한다.
8. 보조귀선레일은 반드시 매설접지선에 연결하든가 또는 가공보호선이 설치된 전차선로 지지물의 아래 부분에 설치된 접지단자 볼트에 접속하여야 한다.
9. 보조귀선레일이 주귀선레일과 연결된 지점으로부터 100[m]가 초과되면 접지설치를 하여야 한다

- 전철구간 종단·귀선레일과 다른 레일과의 분기점·정거장구내 선로의 귀선종단지점 및 기타 필요한 곳에는 레일이음매 절연을 시설한다.

- 변전소인입귀선은 다음의 각호에 따른다.
1. 지중식은 600[V] 비닐절연케이블 동연선 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것을 사용하고, 흡상선에 준하여 시설한다.
2. 가공식은 급전선의 지지와 배열에 준하여 시설한다. 다만, 애자의 사용구분은 애자의 사용구분표에 의하고 귀선레일과의 접속은 흡상선에 준한다.

[참고기준/근거 등]
- 철도전철전력시설지침 제151조(부급전선의 지지와 배열)
- 철도전철전력시설지침 제152조(부급전선의 선종과 표준장력)

- 철도전철전력시설지침 제153조(부급전선의 높이)
- 철도전철전력시설지침 제154조(흡상선)
- 철도전철전력시설지침 제155조(중성선 및 보호선용접속선)
- 철도전철전력시설지침 제156조(귀선레일의 접속)
- 철도전철전력시설지침 제157조(건널목의 절연)
- 철도전철전력시설지침 제158조(귀선로의 접속)
- 철도전철전력시설지침 제159조(레일이음매의 절연)
- 철도전철전력시설지침 제160조(변전소인입귀선)

21) 급전선

급전선은 상호간의 이격거리 유지, 표준장력 및 최대이도를 준수하여야 한다.

[해설]

1. 급전선 상호간의 이격거리는 다음의 각호에 의한다.

급전선 상호간의 수평·수직의 이격거리는 경간 및 전선 상호간의 장력의 차이 등을 고려하여 혼촉되지 않도록 시설하며 급전계통이 다른 급전선의 가압부분 상호간은 1,200[㎜] 이상 이격한다.

2. 급전선의 선종과 표준장력은 다음 각 호에 의한다.

급전선에 사용하는 전선은 전기차의 부하특성 등 운전조건과 공해·기후·구조물 및 기타 조건 등을 고려하여 채택하고, 그 사용온도가 허용 최고온도 범위 이내를 유지하여야 한다. 염해 등 공해지역과 강풍구간에는 경동연선 또는 이와 동등 이상의 선종을 사용한다. 또한, 급전선의 지표상 높이는 최대이도의 경우 철도전철시설지침에 의한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제146조(급전선 상호간의 이격거리)
- 철도전철전력시설지침 제147조(급전선의 선종과 표준장력)
- 철도전철전력시설지침 제150조(급전선의 높이)

22) 보안기

보안기는 선로와의 이격거리, 설치 높이 및 기준을 준수하여야 한다.

[해설]

- 보안기는 다음 각호에 의하여 각선별(급전 방면별)로 시설한다.

1. BT구간 정거장구내 홈 양쪽 흡상선이 설치된 가장 가까운 장소에 보안기를 설치하여 부급전선에 접속하고, 섬락보호지선을 통하여 대지와 접속한다.
2. BT구간 정거장간에는 흡상변압기에 보안기를 설치하여 부급전선과 연결하고 제1종 접지로 대지와 접속한다.
3. AT구간 정거장구내에 설치하는 보안기는 섬락보호지선 양단에 병렬로 설치, 보호선에 접속하고 접지로 대지와 접속한다.
4. AT구간 정거장간 설치된 보호선용접속선으로부터 1[㎞] 마다 보안기를 설치하여 보호선에 접속하고, 접지로 대지와 접속한다.
5. 설치 높이는 지표상 3.5[m] 이상으로 하고 보안점검이 용이한 위치에 시설한다.
6. 역간은 약 1[㎞]마다 구분 접지한 섬락보호지선의 대략 중앙점에 시설한다.
7. 보안기와 전차선로의 가압부분, 고·저압 가공전선 및 통신선 등 병가전선과의 이격거리는 0.6[m] 이상 이격한다.

[참고기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제178조(보안기)

23) 표지류

표지류는 시설기준에 준하여 육안으로 식별할 수 있는 위치에 설치하여야 하여야 한다.

[해설]

- 전철용 전주번호표는 다음 각호에 의한다.

1. 고속철도 일반개소의 전주번호표는 전주 제작시 미리 천공해 놓은 위치에 볼트로 설치하고, 터널 내의 브래키트지지용 하수강 위치의 번호는 케이블덕트 위 표면에서 1.5[m] 높이에 설치하여야 한다.
2. 일반철도 구간의 전주에는 레일면상 약 2.5[m]의 위치에 지하구간은 레일면상 3.0[m]의 위치에 설치하고 터널브래키트에는 지지철물에 설치한다.
3. 전주번호표 및 터널브래키트 번호표는 철도시설관리자가 따로 정한 표준도에 의한다.
4. 전주의 번호표는 선로와 직각방향(선로측)으로 설치한다.
5. 전주번호는 정거장간과 정거장구내로 구분하고, 터널브래키트는 터널별로 일련번호를 부여한다. 단, 고속철도 구간은 km로 정한 별도의 시설기준에 의한다.
6. 전주번호의 부여는 선로의 서울쪽을 기준으로, 복선 이상의 경우에는 하선을 기준으로 한다.
7. 지하구간의 전주번호표는 5경간마다 설치한다(처음 및 마지막 전주번호표 포함).

- 배전선로용 전주번호표는 다음 각호에 의한다.

1. 전주에는 철도 또는 도로에 면하는 측의 지표상 약 2.5[m]의 위치에 전주번호표를 부착한다.
2. 전주번호표에는 철도 마크・전주번호・건식 년 월 일 등을 기재하며 다음과 같이 한다.

가. 철도선로의 종점에 향하는 간선에 있어서 수전점에 가장 가까운 지지물을 제1호로 하고 순차적으로 번호를 붙인다. 간선에서 분기되는 것은 “가”, “가” 선로에서 분기되는 것은 “나”, “나” 선로에서 분기되는 것은 “다”, 이하 “라”, “바”‥‥“하”로 한다.

나. 간선에서 분기하는 전선로에 있어 동일주에서 2방향 이상으로 분기되는 선로는 종단을 향하여 “좌”, “우” 또는 그 방향의 주요시설의 명칭·약호를 기재하여 구별한다.

다. 역소 2개소 이상에 걸치는 전선로에는 역구내와 인접 역간으로 나누어 각 구간마다 철도선로 기점에 가까운 지지물을 제1호로 하고 순차 번호를 정한다.

라. H주·A주 기타 조립주는 하나의 전주번호로 기재하고, 나머지 전주에는 부주로서 번호를 정한다.

마. 전주대용물은 그 시설된 구조물에 따라 터널·홈·교량·고가교 등을 약하여 터널·홈·교·고가 등의 문자를 기재한다.

바. 콘크리트주 및 철주의 경우에는 페인트로서 전주에 기재 또는 번호표를 붙인다.

사. 전차선로 및 다른 전선로의 지지물에 첨가할 경우에는 그 지지물의 기호 및 번호에 의한다.

아. 전주번호표는 알루미늄제로 제작 취부한다. 다만, 콘크리트주·철주에 직접 기재할 경우에는 백색 바탕에 검은색 글씨로 기입한다.

3. 전주번호표의 크기 및 형상은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 접지전선의 매설 장소에는 매설표를 설치하고 매설표는 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 전철급전케이블 매설표는 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의하며 지중케이블을 포설한 구간에는 매설경로를 표시하는 케이블매설표를 철도부지 내에는 10[m] 이내, 철도부지 이외에는 도로법시행령 제24조 제1항 제2호(점용의 장소와 면적) 및 도로법시행규칙 제16조의2(표지 등의 설치기준)에 준하여 육안으로 식별할 수 있는 위치에 설치하여야 한다. 다만, 선로횡단 전·후 방향변경지

점 또는 취약개소나 임시선로 구성시 거리에 관계없이 육안식별이 가능하도록 설치하되 10[m]이내로 설치하는 것을 원칙으로 한다.

- 가공전차선의 전차선구분표는 다음 각호에 의한다.
  1. 구분장치(가선 절연구간 장치를 제외)는 그 소재를 승무원에게 경고할 필요가 있는 경우에 애자형섹션 및 에어섹션 개소에 승무원이 쉽게 알 수 있도록 전차선구분표를 시설한다.
  2. 전차선구분표는 고속선로 구분장치의 시단과 일반선로 구분장치의 시단 또는 시단측 최근접 지지물에 설치하고 그 형상 및 치수는 철도시설관리자가 따로 정하는 전차선로 설계시공표준도에 의한다.

- 건널목·구름다리 등 차량이나 사람의 통행이 많은 곳에는 다음 각 호에 의한 주의표를 설치한다.
  1. 건널목에는 스팬선식 및 브래키트식의 주의표를 조가하거나 입식주의표 또는 일체형 주의표를 설치한다.
  2. 주의표의 형상 및 치수는 철도시설관리자가 따로 정하는 전차선로 설계시공표준도에 의하되 설치기준은 다음과 같다.
     가. 스팬선식 : 2차로 이상 차량통행 건널목
     나. 브래키트식 : 1차로 이하 차량통행 건널목
     다. 입찰식 : 차량통행이 없고 사람만 다니는 곳
  3. 보호망(책)에는 통행인이 잘 보이는 곳에 주의표를 설치한다.
  4. 건널목의 스팬선식주의표에 사용되는 전주는 전도시 피해가 없도록 설치하되 스팬선에는 제3호에 의한 주의표를 설치한다.

- 가선 절연구간 예고표지는 다음 각호에 의한다.
  1. 고속철도 구간은 가선 절연구간 중앙에서 1,100[m] 전방에 설치하고, 일반철도 구간은 가선 절연구간표의 400[m] 전방에 설치한다.
  2. 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
  3. 가선 절연구간 예고표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 역행표지는 다음 각호에 의한다.

1. 고속철도 구간은 가선 절연구간 중심의 465[m]의 후방에 설치한다.
2. 일반철도 구간은 다음 각목에 의한다.
   가. 전기기관차 : 가선 절연구간의 후방에서 20~30[m]를 더한 곳에 설치하되, 중련운전 구간은 40~50[m]의 곳
   나. 전기동차 : 가선 절연구간의 후방에서 열차장에 10[m]를 더한 곳
   다. 고속철도차량 : 가선 절연구간의 후방에서 열차장에 30[m]를 더한 곳
3. 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
4. 역행표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다

- 타행표지는 다음 각호에 의한다.

1. 고속철도 구간은 가선 절연구간 중앙에서 310[m]의 전방에 설치한다.
2. 일반철도 구간은 교·직(AC/DC) 가선 절연구간의 150~200[m], 교·교(AC/AC) 가선 절연구간의 100~200[m] 전방에 설치한다.
3. 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
4. 타행표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 가선 절연구간표지는 다음 각호에 의한다.

1. 고속철도 구간은 가선 절연구간 중심의 110[m]의 전방에 설치한다.
2. 일반철도 구간은 교류 가압구간의 이상 접속지점 또는 교류구간과 직류구간의 접속지점의 가공전차선로(강체 포함) 시단 또는 시단측 최근접 지지물에 설치한다.
3. 가선 절연구간표지는 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
4. 가선 절연구간표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 팬터내림 예고표지는 다음 각호에 의한다.

1. 기존선과 고속선의 전차선 경계구간 중앙에서 1,310[m]의 전방에 설치한다. 다만, 절연구간이 없는 연결선의 경우 650[m] 전방에 설치한다.
2. 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
3. 팬터내림 예고표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 팬터내림표지는 다음 각호에 의한다.

  1. 기존선과 고속선의 전차선 경계구간 중앙에서 100[m] 전방에 설치한다.
  2. 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
  3. 팬터내림표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 팬터올림표지는 다음 각호에 의한다.

  1. 기존선과 고속선의 전차선 경계구간 중앙에서 495[m] 후방에 설치한다.
  2. 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
  3. 팬터올림표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 가선종단표지는 다음 각호에 의한다.

  1. 가선종단표지는 다음에 명기한 곳에 승무원이 쉽게 알 수 있도록 설치한다.
     가. 본선의 가공전차선로 종단
     나. 입환이 빈번한 측선의 가공전차선로 종단
     다. 제1호 가목, 나목 이외에 특히 필요하다고 인정되는 가공전차선로 종단
  2. 제1호의 규정에 불구하고 가공전차선로의 종단에 차막이표지를 시설하여야 할 경우에도 가선종단표지를 설치한다.
  3. 가선종단표지의 형식은 철도시설관리자가 따로 정하는 표준도에 의한다.

- 각종 표지는 식별이 명확한 재질을 사용하고 열차진행방향의 좌측에 설치한다. 다만, 양방향운행구간이거나 기관사가 인식하기 곤란할 경우에는 열차진행방향의 우측에 설치할 수 있다.
- 가선 절연구간 관련표지는 반대방향 운행이 가능토록 설치하여야 한다.
- 철도시설관리자는 관할 구간 내의 각종 표지를 설치하고 관리하며, 열차운행상 특별한 주의가 필요한 개소에는 이를 표시하는 표지를 따로 설치할 수가 있다.

[참고 기준/근거 등]

- 철도전철전력시설지침 제49조(전주번호표)
- 철도전철전력시설지침 제50조(접지매설표)

- 철도전철전력시설지침 제51조(케이블매설표)
- 철도전철전력시설지침 제52조(전차선구분표)
- 철도전철전력시설지침 제53조(주의표)
- 철도전철전력시설지침 제54조(가선 절연구간 예고표지)
- 철도전철전력시설지침 제55조(역행표지)
- 철도전철전력시설지침 제56조(타행표지)
- 철도전철전력시설지침 제57조(가선 절연구간표지)
- 철도전철전력시설지침 제58조(팬터내림예고표지)
- 철도전철전력시설지침 제59조(팬터내림표지)
- 철도전철전력시설지침 제60조(팬터올림표지)
- 철도전철전력시설지침 제61조(가선종단표지)
- 철도전철전력시설지침 제62조(각종 표지의 설치와 관리)

24) 터널 조명

철도의 안전 운행 및 비상 시 승객의 안전을 위하여 일정 길이 이상의 터널 내에는 조명 설비와 유도등 설비를 시설하여야 한다. 다만, 건축 또는 소방관련법령 등에서 방재기준을 따로 정한 경우에는 그러하지 아니하다.

[해설]

철도의 안전운행 및 비상시, 승객의 안전을 위하여 터널내 조명 설비를 하여야 하며 터널화재 등 재난상황 발생시, 승객이 신속하게 대피할 수 있도록 비상유도등 및 유도표지판 등을 설치하여야 한다.

조명기구 등의 시설위치는 신호기의 투시에 지장을 주지 아니하는 장소로 하고 다음 각호에 의한다.

1. 단선터널은 한 측, 복선터널은 양 측에 시설한다.
2.. 조명기구의 시설 높이는 바닥면상 1.8~2.5m(단, 형광등기구는 1.8m), 스위치함은 1.2m, 전력수구(receptacle)는 1m 표준으로 한다.
3. 조명기구의 설치간격은 10m를 표준으로 하고 입구에서 70m까지는 7m로 하며 관원에 따라 그 간격을 달리 할 수 있다. 그리고, 전력수구(receptacle)는 4등 마다 1개 설치를 표준으로 한다.
4. 조명기구의 시설은 대피소 상부에 위치하도록 균등한 간격으로 설치하고 터널 양측에 설치하는 경우에는 지그재그 배열을 하여야 한다.

- 광원은 형광램프 또는 나트륨 램프, 메탈할라이드 램프, 태양전구 등을 사용하고 조명기구는 열차통과에 의한 진동 및 산・알칼리・수분 등에 충분히 견디는 터널용(형광등 기구는 방습방진형)을 사용하고 스위치함 및 전력수구(receptacle)는 방수형을 사용한다.

-터널 조명설비는 내부식성 재료를 사용한다.

-대피소내의 조명은 중・소형 대피소는 1등, 대형 대피소는 2등을 설치를 표준으로 한다. 다만, 맨홀(접속박스) 설치위치에 조명이 필요할 경우에는 조명시설을 할 수 있다.

[참고기준/근거 등]

철도건설규칙 제57조(터널 조명)

제10절　정보통신설비 안전기준(안) 및 해설

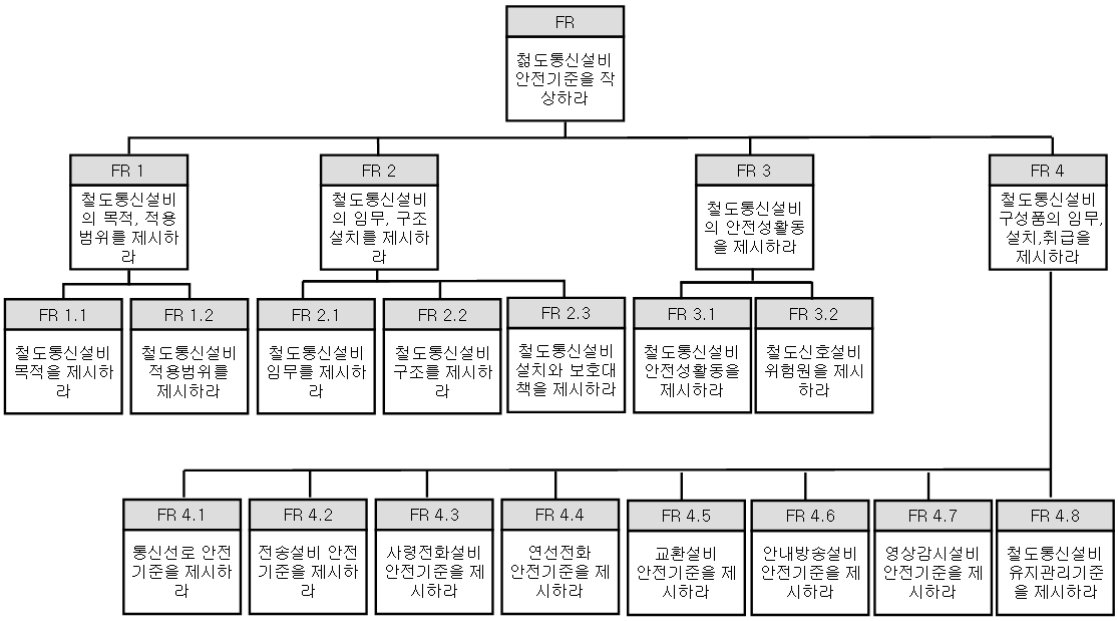
검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR04 - SSR02 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

6. 프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.

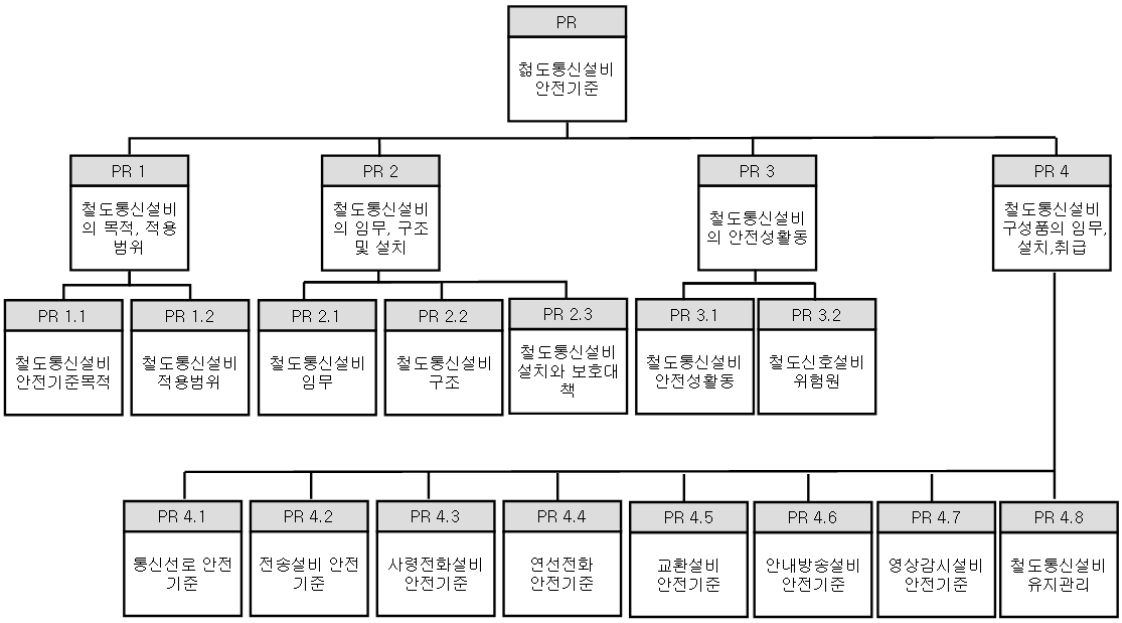
6.2 프로젝트는 정보통신설비 안전기준을 작성하여야 한다. (선로변/역사 화재방지, 터널/역사 탈출, 비상대응관련 등)

입력물 : ☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 정보통신설비 안전기준(안) 및 해설서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합 **Verification Specification (검증기준) :** - 우리나라 실정에 적합한가 - 현재의 기술수준으로 달성가능한가 - 국제규격 및 국내규정에 부합하는가 - 관련기관의 의견을 수렴하였는가 - 현장 적용성 검증이 가능한가.	**업무 :** - SE 검증	**출력물 :** - 수정 VRTM - 검증결과표

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

정보통신설비 안전기준(안)은 시스템 요구사항 『SR 6. 프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.』 중 『SSR 6.2 프로젝트는 정보통신설비 안전기준을 작성하여야 한다. (선로변/역사화재방지, 터널/역사탈출, 비상대응관련 등)』에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 철도안전관리체계 구축으로서 정보통신설비 안전기준(안)을 작성한다.

나. 설계기준

- 정보통신설비 안전기준(안) 작성은 국내 실정의 적용 가능성, 현재 기술수준으로의 구현성, 국제 규격과 국내 규격과의 부합 등의 검토를 통하여 연구를 수행한다.
- 또한, 국내 철도시설건설기관, 철도운영기관의 의견을 수렴하고, 전문가의 자문 등의 검증을 통하여 정보통신설비 안전기준(안) 작성을 수행한다.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

- 국내의 관련 법령 및 기준
  ·철도시설안전기준에 관한 규칙
  ·국유철도운전규칙
  ·국유철도건설규칙
  ·철도신호지침
- 해외 관련 법령 및 기준
  ·영국의 Railway Safety Principles and Guidance
  ·영국의 Railway Group Guidance Note
- 전문가 자문
  ·독일 TUV-SUD(안전성 인증기관)의 자문
  ·서울산업대 철도전문대학원의 위탁

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 정보통신설비 안전기준(안)

(가) 총칙

1) 목적

이 기준은 「철도안전법」 제25조의 규정 및 「철도시설 안전기준에 관한 규칙」 제4조에 의하여 철도통신설비의 설치 및 유지관리에 필요한 안전기준사항을 정함을 목적으로 한다.

[해설]

철도통신설비 안전기준의 제정 근거는 다음 각 호와 같다.

(1) 철도안전법

제25조(철도시설의 안전기준) ①철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치하여야 한다.

②철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 철도시설을 점검·보수하는 등 유지관리하여야 한다.

(2) 철도시설 안전기준에 관한 규칙

제4조(세부기준) 건설교통부장관은 이 규칙에서 정하는 기준의 시행에 필요한 세부기준을 정하여 고시할 수 있다.

제16조(비상통신장비) ①본선터널 안에는 화재 등 비상사태가 발생한 경우에 승객 또는 승무원이 종합관제실 또는 소방서 등 구조기관과 직접 유선 또는 무선으로 통화할 수 있는 비상통신장비를 설치하여야 한다.

②비상통신장비는 터널의 출입구, 대피통로의 내부 또는 대피로에 설치하되, 비상통신장비의 설치간격은 500미터 이내이어야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

2) 정의

이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “철도통신설비”라 함은 열차운행 및 철도운영정보(음성, 부호, 문자 및 영상)를 송·수신하거나 표출하는 통신선로 및 설비와 이에 부속하는 장치들을 총괄한 것을 말한다.

2. “철도시설관리자는 철도안전법” 제2조 제8호의 규정에 의한 철도시설관리자를 말한다.

[해설]

철도통신설비는 다음과 같이 구분된다.

(1) 통신선로설비

음성 및 데이터 등 각종 정보를 전송하는 경로를 제공하는 공동관로와 광케이블 및 동케이블 설비를 말한다.

(2) 전송설비

유선, 무선 및 광선 등의 전기통신매체를 통해서 전송되는 신호에 의하여 어떤 지점에서 다른 수신 지점에 음성, 데이터 및 영상정보를 전달하는 통신장비를 말한다.

(3) 열차무선설비

열차무선전화설비는 열차운행시 관제실 또는 기지국과 차량이동국의 열차승무원간 또는 휴대 이동국과 이동국 상호간 통화를 가능하게 하는 설비이다.

(4) 역무용 통신설비

역무용 통신설비는 통신망 운용 센터설비, 교환설비, 사령전화설비, 전기시계설비, 자동방송설비, 정보통신설비, 네트워크 설비 등 역무를 지원하는 통신설비를 말한다.

- “교환설비”라 함은 다수의 전기통신회선(이하“회선“이라 한다.)을 제어·접속하여 회선 상호간의 전기통신을 가능하게 하는 교환기와 그 부대설비를 말한다.
- “사령전화설비”라 함은 관제실의 사령원과 현장간의 각 사령업무용 통화를 위한 일제호출, 그룹호출, 개별호출이 가능한 직통전화 설비를 말한다.
- “전기시계설비”라 함은 고속철도 운용에 관련된 각 기관 및 유관 부서, 표준시각 정보를 필요로 하는 각종설비, 고속철도 운행에 관련된 어느 장소나 위치에 정확하고 통일된 표준시각을 제공하는 설비로서 모시계, 부모시계 및 자시계로 구성된다.
- ″자동안내방송장치“라 함은, 열차를 타는 곳, 맞이방 등에 있는 여행자에게 열차운행 등에 관한 여객안내정보를 방송으로 제공하거나, 필요에 따라 수동방송 및 비상방송을 수행하여 역무 및 여객서비스 증진에 기영하며, BGM(Back Ground Music) 방송으로 쾌적한 분위기 조성이 가능하도록 구성하는 설비이다.

(5) 역무자동화설비

통합정보시스템(예약발매서버, 영업관리서버, 여행상품포탈서버 ,운행관리서버, 중앙TIDS서버, 여행정보서버 등)에서 고속철도운행에 필요한 정보를 제공받아 역무업무를 전산 처리하는 설비로서, 역단위서버(SMCS), 역TIDS서버, 승차권발매용단말기(WTIM), 자동발매기(ATIM), 자동개집표기(AGM), 여행정보안내기(KIOSK), 무선이동 단말기, 여객안

내게시기 및 행선안내게시기 등을 말한다.

- “여객안내설비”라 함은 고속철도를 이용하는 여객에게 열차운행에 관한 제반정보를 제공하는 시스템으로 중앙 TIDS 서버 및 각 역 TIDS서버와 각종 정보를 표출하는 표시기 등으로 구성된다.
- “여행정보설비”라 함은 열차운행 관련 정보, 연계교통수단, 숙박시설, 관광지 정보 등을 제공하여 여객의 편의증진과 여객유치로 경영효율을 극대화하기 위한 설비를 말한다.

(6) 영상감시장치

여객안전과 열차안전운행을 확보하기 위하여 역구내 여객의 이동상황과 변전소 등 주요설비의 운용상황을 관제실 및 통제소 에서 영상으로 원격 표시 및 제어하는 시스템을 말한다. 철도 주요 시설물, 열차 도착, 출발상황, 낙석개소, 분기기 등 근무요원이 관리할 수 없는 취약개소에 원격영상감시시스템(CCTV)을 구성하여 현장상황을 상시 감시, 저장하여 그 내용을 효과적으로 분석하여 각종 시설물을 사전 점검, 정비하여 각종 사고를 사전에 예방하고, 유사시 신속히 대처하게 지원함으로써 피해를 최소화하는 설비를 말한다.

(7) 부대설비

통신설비를 동작시키고 보호하기 위한 전원 및 접지, 보호설비 등의 기타 부대설비를 말한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

3) 적용범위

철도통신설비의 설치 및 유지관리에 대하여 별도로 정하고 있는 안전관련 기준을 제외하고는 이 기준이 정하는 바에 의한다.

[해설]

철도통신설비와 관련하여 기 제정, 공표된 법규정 및 기준은 다음 각 호와 같다.

(1) 철도안전법 및 시행규칙, 건설교통부

(2) 철도시설 안전기준에 관한 규칙, 건설교통부령 제476호, 2005. 10.27.

(3) 철도시설 안전세부기준, 건설교통부고시 제2006-395호, 2006. 9.22.

(4) 철도건설규칙, 건설교통부령 제453호

(5) 통신선로시설지침, 건설교통부, 2004.12.30.

(6) 고속철도통신설비시설지침, 건설교통부, 2004.12.30.

(7) 철도산업기본법, 건설교통부

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

(나) 철도통신설비 일반

4) 임무

철도통신설비는 관제실, 정차장, 운전실, 변전소 그 외 보안상 필요한 개소의 상호간에 음성, 부호, 데이터 및 영상 등의 중요한 정보를 지속적으로 안전하게 송수신하여 신속히 연락 통보할 수 있도록 하여야 한다.

[해설]

철도안전과 관련된 철도통신설비의 임무는 다음과 같다.

1. 철도통신설비는 비상통신체계, 화재감지, 탈출안내방송 등을 신속하고 안정적으로 수행할 수 있어야 한다.
2. 철도통신설비의 사용 주체가 되는 통신주체는 다음과 같다.
   (1) 관제실
   (2) 열차
   (3) 역사 : 승강장, 대합실, 역무실, 전기/신호/통신 기계실
   (4) 현장 : 선로변
   (5) 유지보수기지
3. 철도통신설비에서 송수신되는 주요 정보는 다음과 같다.
   (1) 음성
   사령전화, 직통전화, 연선전화 및 일반 업무전화 등의 음성정보
   (2) 데이터

CTC, SCADA 등 설비에서 감시제어를 목적으로 송수신되는 데이터형의 정보

(3) 영상

CCTV 설비에서 승강장, 대합실, 무인변전소, 분기기 등의 주요 개소에 대한 감시제어를 목적으로 송수신되는 미디어형의 정보

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

5) 설비 구조

철도통신설비는 임무를 충실하게 수행하기 위하여 안전성, 신뢰성 및 유지보수성을 확보하여야 하며, 주요 장치에 대하여 다음 각 호의 내용을 적용하여야 한다.

1. 주요부분은 이중화하여 고장시 자동 및 수동 절체로 운용에 지장이 없어야 한다.
2. 기능 및 인터페이스 등에 대한 무결성을 스스로 진단하고, 장애가 발생하면 가청 정보를 발하도록 한다.
3. 전원장치는 전력공급이 중단되더라도 통신설비가 일정시간 동작을 계속할 수 있도록 무정전 전원장치를 설비하여야 한다.

[해설]

철도통신설비는 임무를 충실하게 수행하기 위하여 안전성, 신뢰성 및 유지보수성을 확보하여야 하며, 주요 장치에 대하여 다음 각 호의 내용을 적용하여야 한다.

1. 통신선로 및 장비의 주요 부분은 이중화하여 고장시 자동 및 수동 절체로 운용에 지장이 없어야 한다.
2. 기능 및 인터페이스 등에 대한 무결성을 스스로 진단하고, 장애가 발생하면 가청 정보를 발하도록 한다.
3. 전원장치는 전력공급이 중단되더라도 통신설비가 일정시간 동작을 계속할 수 있도록 무정전 전원장치를 설비하여야 한다.

가. 전원공급장치(정류기, 무정전 전원장치 등)는 통신장비와 인접한 지역에 분산 수용하되, 통신장비와 별도의 전원실에 분리 설치하며, 자체 또는 외부로부터 화재가 확산되지 않도록, 방화벽으로 분리되어야 한다.

나. 정류기 설치에 있어서 축전지 충·방전선의 거리 및 부하공급선의 거리가 가장 짧도록 배열하여야 한다.

다. 전력선은 전원공급에 충분한 용량으로 가급적 짧게 통신설비에 접속될 수 있도록 시설하여야 한다.

라. 축전기실은 정류기 설치장소와 최단 거리에 인접되어 있어야 하며, 다음 사항을 고려하여야 한다.

(1) 축전지실은 직사광선이 비치지 않아야 한다.

(2) 축전지실은 축전지에서 발생되는 가스를 내보내기 위한 적절한 환기시설을 하여야 한다.

(3) 축전지실은 바닥을 경사지게 하여 축전지 용액이 흘러내릴 수 있도록 하고, 벽의 하부와 바닥은 내산 도료를 칠하여야 한다.

(4) 축전지 전해액의 온도가 5℃ ~ 25℃의 온도를 유지할 수 있도록 하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

6) 설비 설치 및 보호

철도통신설비는 다음과 같은 설비 보호 및 안전 대책을 실시하여야 한다.

1. 철도통신설비는 동작환경조건하에서 철도통신설비의 임무를 정확히 수행하여야 한다.

2. 철도통신설비는 주변에 설치되어 있는 다른 시설물 또는 장치가 안전하게 동작하는 것을 방해하지 않도록 하여야 하고, 다른 시설물 또는 장치로부터 방해를 받지 않아야 한다.

3. 철도통신설비를 통행로 또는 대피로에 설치하는 경우, 작업자의 이동이나 승객의 탈출 시 안전하게 이동하는데 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

[해설]

철도통신설비는 다음 각 호와 같은 설비 보호 및 안전 대책을 실시하여야 한다.

1. 철도통신설비는 동작환경조건하에서 철도통신설비의 임무를 정확히 수행하여야 한다.

가. 열차 진동, 습기, 온도, 분진 등의 주위 환경에 기기성능이 영향을 받지 않도록 하여야 한다.

나. 낙뢰, 서지, 선로 진동, 주변 온도 등 통신설비가 설치되어 있는 곳의 환경조건이 통신설

비에 미치는 영향을 차단 또는 최소화하여야 한다.

(1) 낙뢰 또는 대전류 전선과의 접촉 등에 의하여 이상 전류 또는 이상전압이 유입될 우려가 있는 전기통신설비에는 과전류 또는 과전압을 방전시키거나 이를 제한 또는 차단하는 보호기가 설치되어야 한다.

(2) 보호기와 금속으로 된 주배선반, 지지물, 단자함 등이 사람 또는 전기통신설비에 피해를 줄 우려가 있는 개소에는 접지를 하여야 한다.

(3) 철도통신설비가 설치된 개소에는 이상시 전위상승, 고전압 침입에 의한 감전 및 설비 보호에 유효한 접지를 하여야 한다.

2. 철도통신설비는 주변에 설치되어 있는 다른 시설물 또는 장치가 안전하게 동작하는 것을 방해하지 않도록 하여야 하고, 다른 시설물 또는 장치로부터 방해를 받지 않아야 한다.

가. 전송설비가 대전류가 흐르는 전선과 교차·접근하거나 동일 지지물에 설치되는 경우에는 대전류가 흐르는 전선으로부터 피해를 받지 아니하도록 충분한 거리를 두거나 보호망 또는 보호선을 설치하는 등의 보호대책을 마련하여야 한다.

나. 교류전차선로 구간의 통신설비는 전력유도전압으로부터 장해가 없도록 설치하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

7) 설비 변경 및 추가

운용중인 철도통신설비를 변경하거나 추가하는 것으로 인하여, 안전에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.

[해설]

철도통신설비는 다음 각 호를 만족하여야 한다.

1. 운용중인 철도통신설비를 변경하거나 추가하는 것으로 인하여, 안전에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

(다) 철도통신설비 안전성활동

8) 안전성활동

철도통신설비를 도입, 변경 및 추가하는 자(이하, 철도통신설비관리자)와 철도통신설비를 개발, 제작, 공급하는 자(이하, 철도통신설비공급자)는 철도통신설비의 안전성 목표를 설정하고, 이를 달성하고 유지하기 위한 안전성 활동을 하여야 한다.

[해설]

철도통신설비관리자와 철도통신설비공급자가 철도통신설비에 대하여 수행하여야 할 안전성 활동은 다음 각 호를 포함하여야 한다.

1. 철도통신설비에 대한 안전성목표를 설정함에 있어 다음 각 호를 고려하여야 한다.
   가. 허용 가능한 수준이어야 한다.
   나. 현실적으로 수행할 수 있어야 한다.
   다. 기존 철도통신설비의 안전성 목표와 동등하거나 보다 높아야 한다.
2. 철도통신설비관리자는 안전성 활동을 보증하기 위하여 다음과 같은 업무를 수행하여야 한다.
   가. 철도신호에서 발생한 안전과 관련한 장애, 고장 사고에 대한 기록과 분석
   나. 철도신호설비의 고장률 관리
   다. 설정된 안전성목표의 재조정

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

9) 위험원 분석

철도통신설비관리자 및 철도통신설비공급자는 다음 각 호의 철도사고의 유발 및 사고파급과 관련된 위험원을 확인·평가하여야 한다.

1. 열차 충돌사고
2. 열차탈선사고
3. 열차의 건널목사고
4. 인명사상사고
5. 화재 및 폭발사고

[해설]

철도통신설비에 대한 안전성활동에서 다음 각 호의 위험원에 대하여 안전성을 확인하고 평가를 수행하여야 한다.

1. 열차-열차간, 열차-지장물간, 열차-차막이간 충돌사고
   가. 비상통신체계에 관한 오류
2. 열차탈선사고
   가. 비상통신체계에 관한 오류
3. 열차의 건널목사고
   가. 비상통신체계에 관한 오류
4. 인명사상사고
   가. 비상통신체계에 관한 오류
5. 열차화재 및 폭발사고
   가. 화재감지를 위한 영상감시설비와 관련한 오류
   나. 탈출/대피를 위한 안내방송설비와 관련한 오류
   다. 비상통신체계에 관한 오류

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

(라) 철도통신설비 구성품의 임무, 설치 및 취급

10) 통신선로

철도통신선로는 지상 및 지하의 타 시설에 영향을 주지 않고 외부로부터 영향을 받아 통신에 지장을 주지 않도록 시설되어야 한다.

[해설]
철도통신선로는 지상 및 지하의 타 시설에 영향을 주지 않고, 외부로부터 영향을 받아 통신에 지장을 주지 않도록 다음 각 호와 같이 시설되어야 한다.

1. 철도통신선로를 지하에 포설할 경우 전선관이나 공동관로(트라후) 등으로 보호하여야 한다.
   가. 지하선로시설(통신관로, 직매케이블)구간에 각종 굴착 작업등으로 인한 통신선로 피해를 사전에 방지하기 위하여 경고테이프를 관로 상단의 지면으로부터 30[cm] 아래에 매설 경로를 따라 포설 하여야 한다.
   나. 공동관로 내에서 통신케이블을 고압케이블로부터 충분히 이격 시켜야 하고, 이격이 곤란할 시 격벽시설 등으로 통신케이블을 보호조치 하여야 한다.
2. 가공 통신선은 타 교통의 지장이 될 우려가 없는 높이에 시설해야 한다.
   가. 가공 통신선에 접속하는 전화기의 설치개소에는 타 전선과의 혼촉 장애, 뇌해 등에 대한 보안장치를 설치하여야 한다.
   나. 가공 통신선은 사람 및 기기에 위해를 미칠 우려가 없고 또한, 다른 전선과의 혼촉 장애 및 뇌해를 방지할 수 있도록 시설해야 한다.
3. 별도의 난연 내관을 시설하지 않은 터널 및 지하구간에 설치하는 케이블의 외피는 난연케이블 또는 현장 여건에 따라 난연 도료 도포를 적용한다.
4. 교류전철구간이나 교류전철화 계획구간 또는 유도장해가 우려되는 구간에는 중차폐(15[%]) 케이블을 적용한다.

[적용범위]
- 일반철도·고속철도

11) 전송설비

전송설비는 철도를 운영 및 유지보수하는데 있어서 안전 관련 정보의 통신에 단절이 발생하지 않도록 시설되어야 한다.

[해설]
전송설비는 철도를 운영 및 유지보수하는데 있어서 안전 관련 정보의 통신에 단절이 발생하지 않도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

1. 전송망의 손상 시 통신서비스의 치명적 장해가 발생하므로, 전송망의 생존성을

확보하기 위한 대책을 수립하여야 한다.

2. 전송로의 절단과 같은 극한 상황에서는 완벽한 통신망의 신뢰성 확보가 어려워지므로, 주요 전송로에 대해서는 전송로의 안정화를 위한 이원화 방안을 강구하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

12) 사령전화설비

사령전화설비는 관제실의 각 관제원(운전, 급전/전력, 신호, 역무, 기타)과 현장의 각 부서(역무실, 운전취급실, 전기실, 변전소, 신호실, 매표소 등)를 상시 연결하여 정보교환을 신속, 정확하게 할 수 있도록 하여야 한다.

[해설]

사령전화설비는 관제실의 각 관제원(운전, 급전/전력, 신호, 역무, 기타)과 현장의 각 부서(역무실, 운전취급실, 전기실, 변전소, 신호실, 매표소 등)를 상시 연결하여 정보교환을 신속, 정확하게 할 수 있도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

가. 개별호출, 군 호출, 일제 호출이 가능하여야 한다.

나. 주장치의 제어부, 신호부, 전원부 등 주요부분은 이중화하여 고장시 자동 및 수동 절체로 운용에 지장이 없어야 한다.

다. 전원장애 발생 시 가시, 가청 정보를 발하고, 고장원인이 제거된 후에는 해제되며, 가청경보는 고장원인 제거 전이라도 경보차단 스위치에 의해 정지된다.

라. 자장치에서 자체 진단후에 자체 고장으로 판단시 통신회선에서 자동으로 분리되어 동일 회선에 연결된 다른 자장치의 통화 및 호출에 지장을 주지 않아야 한다.

마. 자장치의 송수화기 방치시 경고음을 송출할 수 있도록 한다.

바. 유지보수 또는 자장치의 증설 작업 시 전체 시스템의 동작이 중단되지 않아야 한다.

사. 별도의 설비로부터 시각정보를 수신하여, 모든 운용장치와 유지보수장치에 동일한 시각을 표시할 수 있어야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

13) 연선전화

철도선로 연변에는, 선로 순회 점검, 긴급사태 발생 또는 열차사고 복구 시 관련 직원과의 전화통화가 가능하도록 연선전화기를 설치하여야 한다.

[해설]
연선전화기 설비는 선로 순회 점검, 긴급사태 발생 또는 열차사고 복구 시 관련 직원과의 전화통화가 가능하도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

가. 연선전화기는 지세여건과 이용자의 편의성 및 안전성을 고려하여, 토공구간에는 약 500m 마다 설치하되, 터널 및 교량구간에는 토목구조물에 따라 적절한 장소에 설치한다.

나. 전화기에 3개의 단자(3회선)을 설치하는 등의 방식을 적용하여 연장 운용 할 수 있도록 구성하여야 한다.

다. 사용자가 열차에 대항하여 전화기 개폐가 가능하도록 전화기 설치 방향을 정하여야 한다.

[적용범위]
- 일반철도·고속철도

14) 열차무선

열차무선설비는 열차와 지상 간, 열차와 열차 간 또는 지상 상호간에 상호정보를 교환하여 열차 운전 및 유지보수업무를 수행할 수 있도록 하여야 한다.

[해설]
열차무선설비는 열차와 지상 간, 열차와 열차 간 또는 지상 상호간에 상호정보를 교환하여 열차 운전 및 유지보수업무를 수행할 수 있도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

가. 지상설비와 지상설비 사이 및 지상설비와 차상설비 사이에 데이터 및 음성통신을 위한 충분한 용량을 가져야 하며, 음성 및 데이터를 고 신뢰도, 정확성 및 간섭 없이 송수신하여야 한다.

나. 개별호출, 그룹호출, 일제호출 및 비상호출이 가능하여야 하고, 중앙제어센터에서 통화의 우선순위를 설정할 수 있어야 하며, 비상호출은 모든 호출의 최우선 순위가 되어야 한다.

라. 열차가 고속으로 운행하는 구간에서는, 통화의 연속성이 보장될 수 있는 Hand Over 시스템을 제공하여야 한다.

마. 터널구간 또는 철도선로구간내의 전파 음영 지역에는 공간파 안테나 또는 누설동축케이블 등을 이용하여 음영 해소 대책을 강구하여야 한다.

바. 선로연변에 설치되는 기지국이나 중계기는 중앙제어국이나 각 역으로부터 멀리 떨어져서 단독설비로 분산 설치되어 있으므로 무선장비, 제어 및 관제장비 그리고 무선기기의 작동 보호를 위한 적절한 시설이 되어야 한다.

사. 기지국용 안테나 시스템은 60m/s 이상의 풍압하중에 견딜 수 있어야 하고, 열차에 장착되는 안테나는 시속 350Km/h 속도에 충분히 견딜 수 있어야 한다.

자. 철탑에는 피뢰침 및 접지설비를 설치하여 낙뢰 피해를 줄이도록 하여야한다.

차. 정전으로 인한 전력공급 중단 시에도 시스템 동작은 8시간 이상 전혀 이상이 없도록 하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

15) 교환설비

철도에 설치되는 교환기는 각종 정보통신기기와 정합되어 다양한 음성 및 비음성 데이터 통신 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

[해설]

교환기는 각종 정보통신기기와 정합되어 다양한 음성 및 비음성 데이터 통신 서비스를 제공할 수 있도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

가. 교환기 내부의 주제어부, 보조제어부는 이중화되어야 하며, 전원부는 모든 제어부, 가입자 가트에 개별로 장착하여 장애 발생 시 서로 영향을 주지 말아야 한다.

나. 이중화된 주제어부 및 보조제어부의 고장 발생 시 자동절체 및 수도절체가 가능하고, 이때 동작중인 회선에는 전혀 영향을 주지 말아야 한다.

다. 전원 정전 후 입전 시에도 메모리에 저장된 운용프로그램이 자동 및 수동으로 원래의 동작 상태로 되며, 저장된 프로그램의 신뢰성을 위하여 충분한 주 메모리와 보조 메모리를 갖추어야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

16) 안내방송설비

안내방송설비는 구내 안내방송, 라디오 방송 및 BGM 방송, 방재설비와 연동하여, 화재 등 비상시 경보음 송출과 비상방송이 가능하도록 구성되어야 한다.

[해설]

안내방송설비는 구내 안내방송, 라디오 방송 및 BGM 방송, 방재설비와 연동하여, 화재 등 비상시 경보음 송출과 비상방송이 가능하도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

가. 방송장치의 회로 구성은, 복도, 기능실, 맞이방, 타는 곳 상·하행 등으로 개별 및 일제방송이 가능하도록 구성하여야 한다.

나. 방송장치 설치 이외의 장소에서 리모트 컨트롤이 가능하도록 한다.

다. 여객자동안내장치와 연동하여 자동방송이 되도록 하며, 열차 접근, 도착, 승환, 출발 방송을 할 수 있도록 한다.

라. 관제실에서 해당 역 또는 전체 역에 비상방송이 필요할 때, 우선적으로 가로채기를 하여 비상방송을 할 수 있도록 사령원격방송설비를 하여야 한다.

마. 사무소 및 차량기지의 공장동, 검수고에 설치된 페이징 폰을 통해 방송이 가능하도록 방송랙에 인터페이스 장치를 설치한다.

바. 배선 및 배관

(1) 음량조절기를 부착한 스피커의 배선은 3선식 배선으로 하여, 음량조정기 Off시에도 일제방송시 방송이 가능하여야 한다.

(2) 옥내 배선시 내화 또는 내열전선(HIV)을 사용하며, 옥외배선시 차폐케이블을 사용하여 배선한다.

(3) 방송설비의 배관은 별도의 배관으로 설치한다.

사. 자동안내방송장치와 소방설비는 다음과 같이 연동되도록 한다.

(1) 연면적 3,500[㎡]이상이거나 층수가 11층 이상 또는 지하층의 층수가 3층 이상인 건물에는 화재 발생시 수신반으로부터 정보를 받아 비상방송이 가능토록 한다.

(2) 화재시, 다른 설비의 방송을 차단할 수 있는 구조로 한다.

(3) 건물 전구역에 일제방송이 가능하도록 한다.

(4) 화재시 수신반으로부터 정보를 받은 후 방송이 개시될 때까지의 소요시간은 10초 이하로 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

17) 영상감시설비

각 역사 승강장 및 변전소 등 주요시설의 상황을 모니터링하고, 필요시 영상의 선택 및 녹화를 하기 위한 영상감시설비를 구축하여야 하고, 특히 지하구간에서는 화재탐지설비와 연계하여 화재발생영상을 자동으로 모니터링 할 수 있도록 한다.

[해설]
영상감시설비는 각 역사 승강장 및 변전소 등 주요시설의 상황을 모니터링하고, 필요시 영상의 선택 및 녹화를 할 수 있도록 다음과 같이 시설되어야 한다.

가. 카메라의 영상신호는 장시간 디지털 녹화기에 의해 자동 또는 수동으로 녹화 및 재생이 가능하여야 한다.

나. 고해상도의 디지털 비디오 녹화시스템을 구축하여, 카메라에서 아날로그 신호로 입력되는 피사체의 화상정보를 디지털 신호로 전환하여 영상을 압축 복원해 저장매체에 저장하고, 필요시 신속하게[검색 및 재생할 수 있도록 한다.

다. 카메라는 해당 영상감시장치 목적에 부합하도록 조도 등을 고려하여 설치하여야 한다.

라 차량에 의해 파손될 우려가 있는 장소에서의 카메라 설치 시, 차량 방지턱이나 통과높이 표지판을 부착한다.

마 옥외용 카메라는 관련 법규에 의거하여 보안접지를 시공하여야 한다.

바. 지하구간에서는 화재탐지설비와 연계하여 화재발생영상을 자동으로 모니터에 표출하여 화재발생상황을 감시할 수 있도록 한다.

[적용범위]
- 일반철도·고속철도

(마) 철도통신설비 유지관리

18) 교육・훈련

철도통신시설관리자는 해당업무 수행에 필요한 지식과 기능을 보유한 것을 확인한 후 해당업무를 수행하도록 하여야 하며, 지속적인 교육과 훈련을 실시하여야 한다.

19) 관리

1.철도통신시설관리자는 철도통신설비를 완전한 상태로 보전하여야 한다.

2. 철도통신시설관리자는 유지관리 작업 시행 및 시행 후에 열차 또는 차량의 운행에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

[참고기준/근거 등]

[1] 철도안전법 및 시행규칙, 건설교통부

[2] 철도시설 안전기준에 관한 규칙, 건설교통부령 제476호, 2005. 10.27.

[3] 철도시설 안전세부기준, 건설교통부고시 제2006-395호, 2006. 9.22.

[4] 철도건설규칙, 건설교통부령 제453호

[5] 통신선로시설지침, 건설교통부, 2004.12.30.

[6] 고속철도통신설비시설지침, 건설교통부, 2004.12.30.

[7] 철도산업기본법, 건설교통부

[8] 정보통신설비 공사설비기준, 한국철도공사

[9] 철도설계편람(통신편), 한국철도시설공단, 2004.

[10] 전기업무자료, 한국철도공사 전기사업단, 2006.

[11] 도시철도법 관련 시행규정, 건설교통부

[12] 鐵道에 關한 技術上의 基準을 定하는 省令, 일본 國土建設省, 1999. 12. 25.

[13] 고속철도 무선통신, 동일출판사, 이수원・강일용, 2007. 1.

[14] 철도경영연수원 무선통신교재 : 열차무선반, 2001

[15] 철도안전법령집, 한국철도기술연구원, 2006. 1.

(바) 철도통신설비 일반 및 안전 요구사항

1. 광케이블

1) 관련 법·규정 및 기준

- 대한전기학회 내선규정 제820-7항 (지중전선과 지중 약전선 또는 지중 광케이블 등과의 접근 및 교차) 난연케이블
- KT 설계기준 (광케이블 공통, 포설, 배선, 접속, 성단)
- 철도정보통신설비공사 설계표준 제2항(통신선로공사)
- ITU-T G652 (단일모드 광섬유 케이블)
- 철도 초고속 광통신망 구축계획
- 한국정보통신공사협회(광케이블 표준공법)

2) 일반 요구사항

- 광선로는 맨홀 및 관로내의 수분, 허용 포설장력, 허용 구부림 반경 등이 충분하여야 한다.
  - 일반적으로 광케이블은 저손실, 광대역, 작은 케이블 외경, 경량, 유연성, 전력유도 및 누화손실이 없다는 장점이 있는 반면 그 기계적 강도가 매우 약하다는 단점이 있다.
  - 광케이블의 주요 재질인 융용 유리는 그 특성상 수분이 침투하면 광손실이 증가하고 포설시 허용치 이상의 인장력이 가해지거나 설치시 허용 구부림 이하로 설치되면 그 수명이 급격히 단축된다.
- 다음과 같은 광케이블의 유지보수 및 기술적 문제점을 고려한다.
  - 루트 선정에 따른 전송손실
  - 향후 traffic 용량 증가에 따른 core 수 선정
  - 접속 및 성단
  - 토목 구조 및 관로 시설에 따른 케이블 종류 선정의 적합성
  - 적절한 케이블의 조장 적용

3) 안전요구사항

- 광케이블의 외피는 “지하구간의 정보통신안전설비 세부설치방안”에 의해서 별도의 난연 내관을 시설하지 않은 터널 및 지하구간에는 난연케이블(현장 여건에 따라 난연 도료 도포)을 적용하고, 일반 토공구간에는 비 난연 케이블을 적용한다.

- 광케이블의 접속은 동일한 광섬유끼리 접속하도록 하고, 접속손실을 최소화하며 다음과 같은 방법으로 시설해야 한다.
  · 광코아의 접속은 융착접속을 원칙으로 하되 필요시 기계식으로 접속할 수 있다.
  · 광 코어는 접속후 Q-PACK(심선접속자) 등에 의해 보호하여야 한다.
  · 광분배함에서의 접속은 광코어와 광 점퍼코드간에 융착 접속하고 열수축튜브로 보호하여야 한다.
  · 케이블 인장선은 커넥터, 스리브 압착, 본드 클립에 의해 접속하여야 한다.
- 광케이블은 다음과 같은 방법으로 보호되어야 한다.
  · 통과 인·수공내 내관으로부터 노출된 광케이블에 대해서는 스파이럴 슬리브를 이중으로 중첩되게 씌워 케이블을 외부 충격으로부터 보호하고, 다른 케이블로부터 짓눌림을 받지 않도록 지지철물 받침대에 케이블 타이로 고정시켜야 한다.
  · 광케이블접속이 완료된 후, 접속점 인공내 노출된 케이블의 여장은 외부 충격으로부터 케이블이 보호될 수 있도록 스파이럴을 이중으로 중첩되게 씌우고, 허용곡률 반경에 유의하여 감아 정리한 후 인·수공 벽에 새들로 고정 시켜야 한다.
  · 공동관로 내에서 통신케이블을 고압케이블로부터 충분히 이격시켜야 하고 이격이 곤란할시 격벽시설 등으로 통신케이블을 보호조치하여야 한다.

2. 동케이블

1) 관련 법·규정 및 기준

- 건설교통부 통신선로시설지침 제122조 (케이블 시공)
- 대한전기학회 내선규정 제820-7항 (지중전선과 지중 약전선 또는 지중 광케이블 등과의 접근 및 교차)
- 철도정보통신설비공사 설계표준 제2항(통신선로공사)
- KT 설계기준 (광케이블 공통, 포설, 배선, 접속, 성단)
- 국유철도 건설규칙 제52조(전력유도방지)

2) 일반 요구사항

- 선로시설은 대부분 옥외에 설치되므로 외적 자연환경에 따른 특성 변화가 적어야 하고 미관을 해치지 않아야 한다.
- 통신사용자에 안정된 전송품질을 제공하기 위하여 전송손실, 직류저항 제한치 등을 충분

히 고려한다.

- 토목구조 및 관로시설에 따라 케이블의 적용 및 유지보수, 기술상 문제점 등을 고려한다.

3) 안전요구사항

- 철도 전 구간의 전철화 사업 추진으로 인해, 교류전철구간이나 교류전철화 계획구간에는 젤리충진형 중차폐(15[%]) 케이블을 적용한다.
- “지하구간의 정보통신안전설비 세부설치방안”에 의해서 별도의 난연 내관을 시설하지 않은 터널 및 지하구간에는 난연 케이블 또는 현장 여건에 따라 난연 도료 도포를 적용한다.

3. 통신관로

1) 관련 법·규정 및 기준

- 건설교통부 통신선로시설지침
  - 제7~17조 (통신선로의 선정)
  - 제122조(케이블 시공)
  - 제123조 (케이블 파묻기의 깊이)
  - 제124조 (케이블 파묻기 할 때의 주의)
  - 제128조 (정거장 구내 시공)
  - 제129조 (지중 케이블 터파기)
  - 제136조(관로)
- 한국철도시설공단 안전설비보강 시행방안(EMS)
- 철도법 제76조 (철도선로 인접지역안의 건축, 굴착공사 등의 제한)
- 철도 정보통신관련 협정집
- KT 설계기준 (통신토목편)
- 국유철도 건설규칙
  - 제13조 (건축한계)
  - 제14조 (선로의 중심간격)
  - 제15조 (시공기면의 폭)

2) 일반 요구사항

- 통신관로 구성은 지하에 관로를 시설하는 것을 원칙으로 한다.
- 재해의 위험이나 전력유도장해 및 유해물질의 영향이 적은 위치에 선정하여야 한다.
- 통신관로 구성시 선로거리가 최단거리이며, 건설 및 유지보수가 편리하여야 한다.

- 통신관로 구성시 건축한계에 접촉하여서는 아니 되며, 되도록 직선으로 건설하고 급격한 곡선 등은 피한다.
- 교량 및 터널 등의 구조물에는 공동관로 구성을 원칙으로 한다.
- 통신케이블의 횡단개소, 접속점 및 케이블 인입 개소 등에 수용 관로 용량에따라 맨홀을 설치하며 현장조건에 따라 배수구를 설치한다.
- 다음과 같은 장소는 되도록 이를 피하여야 한다.
  · 전주가 넘어지거나 경사되었을 때에 철도선로에 영향을 주는 장소
  · 인가가 밀집한 장소
  · 하천의 제방이 유실우려가 있는 개소
  · 하천의 중간지점
  · 교량의 살유측
  · 수렁 또는 이와 같은 장소
  · 해수에 근접한 장소
  · 암석, 토사 등의 붕괴 및 낙하의 우려가 있는 장소
  · 설해의 염려가 있는 장소
  · 제방 또는 깍기 비탈의 사면
  · 교대 또는 돌담에 접근되는 장소
  · 발, 변전소 부근
  · 특별고압선에 접근되는 장소
  · 교통에 지장을 주는 장소
  · 가목 및 수옥에 의하여 지장을 받는 장소
  · 주간거리가 긴 구간
  · 역소 구내에 있어서 작업에 지장을 받는 장소
  · 신호기, 표시기 등의 투시에 지장을 주는 장소
  · 전선 부식 및 그 우려가 있는 개소

3) 안전요구사항

- 철도통신선로를 지하에 포설할 경우 전선관이나 공동관로(트라후)등으로 보호하여야 한다.
- 관로에 사용하는 PVC관은 외부하중과 토압에 견딜 수 있는 충분한 강도와 내구성을 가져야 하며, 관내부에는 통신케이블의 견인시 손상 및 지장을 주지 말아야 한다.
- 지하선로시설(통신관로, 직매케이블)구간에 각종 굴착 작업등으로 인한 통신선로 피해를

사전에 방지하기 위하여 경고테이프를 관로 상단의 지면으로부터 30[cm] 아래에 매설 경로를 따라 포설 하여야 한다.

4. 연선전화설비

1) 관련 법·규정 및 기준

- 건설교통부 통신선로시설지침
  - 제7~17조 (통신선로의 선정)
  - 제122조(케이블 시공)
  - 제123조 (케이블 파묻기의 깊이)
  - 제124조 (케이블 파묻기 할 때의 주의)
  - 제128조 (정거장 구내 시공)
  - 제129조 (지중 케이블 터파기)
  - 제136조(관로)
- 철도용품 표준규격(철도 5805-3219가)
- ITU-T G652 (단일모드 광섬유 케이블)
- 국유철도 건설규칙
  - 제13조 (건축한계)
  - 제15조 (시공기면의 폭)

2) 일반 요구사항

- 회선 선택기능(3회로)이 있어야 한다.
- 전화기는 전자식 또는 MFC 겸용이어야 한다.
- 철도연변 보수자가 안전하게 사용할 수 있도록 설치하여야 한다.
- 취약개소나 절연구분개소에 설치한다.
- 연선전화기는 철도연변환경(강설, 혹한, 폭염, 강풍, 진동)에서 장기간 사용할 수 있도록 견고한 구조 및 형태이어야 한다.

3) 안전성 요구사항

- 연선전화기는 지세여건과 이용자의 편의성 및 안전성을 고려하여 설치하여야 한다.
- 토목 구조물에 따라 아래 구간별 설치간격에 준한다.
  - 본선 토공구간 : 약 500m 마다 설치
  - 터널 구간 : 기자재 창고내와 열차무선중계장치용 갱내에 설치
  - 교량 및 고가 구간 : 전차선 지주, 난간 또는 방음벽과 열차무선용 중계장

치 개소에 설치

- 통신선로 구성
  · 분기케이블은 본선 동케이블과 동등 이상의 케이블로 시설한다.
  · 교류전철구간이나 교류전철화 계획구간 또는 유도대책을 필요로 하는 구간에는 중차폐(15% 이하) 케이블을 시설한다.
  · 터널 및 지하구간에는 난연 케이블 또는 난연 도료 등을 적용한다.
- 환경대책
  · 연선전화기는 철도연변환경(강설, 혹한, 폭염, 강풍, 진동)에서 장기간 사용할 수 있도록 견고한 구조 및 형태이어야 한다.
  · 30 ~ +60[℃[의 온도 및 97[%]의 상대습도에서 지장없이 사용할 수 있어야 한다.

5. 전송설비

1) 관련 법·규정 및 기준

- 전기통신기술기준에 관한 규칙
- ITU-T 제3권(권고 G700 - G722)
- 전기통신설비의 환경관리기준(KTS-KT-Q001-04)
- 철도 정보통신설비공사 설계표준 제3항(전송설비공사)
- 한국정보통신공사협회(전송설비 표준공법)

2) 일반 요구사항

- 전송품질 기준 및 전기적 특성을 만족할 것
- 장래(5년 기준)의 회선수요를 만족할 것
- 회선계획의 변동 또는 신기종의 출현에 대하여, 현재 기기와 분기 및 접속이 용이하며 현재 사용하는 전원을 그대로 사용 가능할 것
- 광통신장치는 많은 반도체 소자들의 집합체이므로, 냉난방을 철저히 하여 통신기계실내의 온도와 습도를 규정대로 유지하여야 한다.
- 전원공급은 중단됨이 없이 계속되어야 한다.

3) 안전성 요구사항

- 낙뢰 또는 강전류전선과의 접촉등에 의하여 이상 전류 또는 이상전압이 유입될 우려가 있는 전기통신설비에는 과전류 또는 과전압을 방전시키거나 이를 제한 또는 차단하는 보호기가 설치되어야 한다.
- 보호기와 금속으로 된 주배선반, 지지물, 단자함등이 사람 또는 전기통신설비에 피해를

줄 우려가 있을 때에는 접지설비를 하여야 한다.

- 전송설비가 강 전류전선과 교차·접근하거나 동일 지지물에 설치되는 경우에는 강 전류전선으로부터 피해를 받지 아니하도록 충분한 거리를 두거나 보호망 또는 보호선을 설치하는 등의 보호대책을 마련하여야 한다.
- 전송망의 손상시 통신서비스의 치명적 장해가 발생하므로, 전송망의 생존성에 대한 검토가 필요하다.
- 전송로의 절단과 같은 극한 상황에서는 완벽한 통신망의 신뢰성 확보가 어려워지므로, 전송로의 안정화를 위한 이원화 방안을 강구할 필요가 있다.

6. 열차무선설비

1) 관련 법·규정 및 기준

- 전파법 무선설비 규칙
  - 제14조(전계강도의 허용치)
  - 제16조(기타 무선설비)
  - 제19조(무선설비의 안전시설)
  - 제20조(공중선 등의 안전시설)
- 철도정보통신설비공사 설계표준 제4항(무선설비 공사)
- 철도 KRS (초단파 무선ㄴ송수신기, 초단파수신기, VHF 터널 중계장치)
- 건설교통부 전기통신운용지침 제71조(채널 선정, 조작 등)

2) 일반 요구사항

- 시스템 동작 신뢰성과 안정성이 보장
- 구성설비의 운용 및 조작 간편
- 정보 전송 및 제어방식이 국내외 관련기준에 적합
- 기지국을 제어할 중앙제어장치는 관할구역내 기지국 개별 또는 전체를 원격제어 및 감시, 열차이동국이 호출시 운전사령 조작반에 열차번호, 통화구역 및 통화종류를 표시한다.
- 기지국과 열차이동국간의 사령용 통화채널은 동일주파수에서 비상호출, 개별호출 및 일제호출이 가능하여야 하고, 통화우선순위는 비상호출, 일제호출, 개별호출순으로 통화한다.
- 기지국제어는 디지털신호에 의하며 기지국 통화권연계(Handover)가 가능하다.
- 열차무선방식은 향후 기술발전 추세에 부합하는 시스템으로 구축한다.
- 인접무선 기지국간 전파간섭 및 혼신을 최소화하여야 한다.
- 구성설비는 Fault Tolerant 또는 Redundancy되어 현 사용 장비 장애시 예비 장비 로 자동절체 가능하다.
- 사용주파수 및 전파형식이 정부의 관련법규 및 고시 등에 적합하여야 한다.
- 구성설비의 고장정보는 자동수집 처리되어 유지보수용 감시모니터에 동작상태를 표시, 해당 유지보수분소에 전송되며 해당 유지보수분소에서도 원격으로 구성설비의 동작 상태

감시 및 제어가 가능하여야 한다.

- 무선설비, 전원장치, 급전선, 안테나 및 기계실 등은 낙뢰 및 외부유도로부터 보호를 위해 접지 시설을 하도록 한다.

3) 안전요구사항

- 열차통행량이 많은 주요 선로구간에는, 열차운행시 관제실 또는 기지국과 차량이동국의 열차승무원 또는 휴대이동국 간의 통화, 휴대이동국 간의 통화가 가능하도록 차량과 지상간의 무선통신설비를 구축한다.
- 무선설비, 전원장치, 급전선, 안테나 및 기계실 등은 낙뢰 및 외부유도로부터 보호를 위해 접지 시설을 하도록 한다.
- 널 또는 터널과 터널사이 등의 난청지역에 사용되는 케이블 안테나, 외곽 송·수신기 및 양방향 중계기와 접지 설비 등을 하여 난청지역을 해소하여야 한다.
- 차상장치는 동력차의 전후방에서 기관사가 사용할 수 있도록 열차운행정보를 입력할 수 있는 기능과 호출 순위별 자동선택 및 알람기능, 위치등록, 수시로 사용되는 용어에 대한 압축송출 기능 등이 있어야 하며, 다음 기능을 충족하여야 한다.
  - 운전사령, 열차상호간 및 연선의 유지보수요원과 통화가 가능하여야 한다
  - 열차진동, 습기, 온도 등의 주위환경에 기기성능이 영향을 받아서는 안된다.
  - 안테나는 주위환경에 특성변화가 없어야 하며, 전압정재파비(VSWR)가 1:1.5이하여야 한다.
- 중계기지국 중계기지국은 중계장치, 전원공급장치(UPS), 안테나, 철탑 및 접지시설을 하여야 한다.
- 선로연변에 설치되는 기지국이나 중계기는 중앙제어국이나 각 역으로부터 멀리 떨어져서 단독설비로 분산 설치되어 있으므로 무선장비, 제어 및 관제장비 그리고 무선기기의 작동 보호를 위한 적절한 시설이 되어야 한다.
- 중계기지국용 안테나는 다음 각 호의 기준을 만족할 수 있도록 설치하여야 한다.
  - 지향성 안테나로 안테나에 반사판을 부착하여야 한다.
  - 안테나는 수직으로 똑바로 세우고, 지향성 안테나는 정확한 방향(복사방향)을 맞추어 전파장애가 없도록 하여야 한다.
  - GPS용 안테나는 각 중계기지국 철탑(강관주)에 설치하여야 한다.
  - FAR SIDE 용 안테나는 송수신 겸용 안테나로 이용한다.
- 기지국용 안테나 시스템은 60m/s 이상의 풍압하중에 견딜 수 있어야 하고, 열차에 부착되는 안테나는 시속 350Km/h 속도에 충분히 견딜 수 있어야 한다.
- 철탑 등에 설치하는 피뢰침은 다음 각 호에 따라야 한다.
  - 피뢰침은 항상 철탑 최상단부의 안테나보다 높게 설치하여야 한다.

· 피뢰침 보호각은 30°에서 60°이내에 들어야 한다.

· 접지선은 철탑재에 접지 되지 않도록 특별히 유의하여 시공하여야 하며(피복선 이용) 2미터 간격으로 철탑재에 새들로 견고히 포설 하여야 한다.

· 피뢰침을 파이프에 끼울때는 절연애자를 사용하여야 한다.

· 접지선은 GV 100㎟ 이상을 사용하여야 한다.

7. 교환설비

1) 관련 법·규정 및 기준

- 전기통신기본법 제30조(구내통신설비의 접지)
- 전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙
- 철도통신시설 보수규정 제442조(교환기)
- KT 표준규격(전전자식 교환기)
- 철도표준규격 “철도5805-3259나”(전전자식 교환기)

2) 일반 요구사항

- 통화품질 기준 및 전기적 특성을 만족하여야 한다.
- 이종 통신망의 연동은 물론 각종 정보통신기기와 정합하여 다양한 음성, 비 음성 서비스를 제공하여야 한다.
- 통신기술 발전속도를 감안하여, 향후 고도의 통신서비스를 제공하는 정보통신망에 적합하여야 한다.
- 전원공급은 중단됨이 없이 계속되어야 한다.

3) 안전성 요구사항

- 철도에 설치되는 교환기는 각종 정보통신기기와 정합되어 다양한 음성, 비음성 각종 데이터 통신 서비스를 제공할 수 있어야 하고, 철도표준규격을 충족하여야 한다.
- 교환기는 다음의 안전조건을 만족하여야 한다.
  · 교환기 내부의 주제어부, 보조제어부는 이중화되어야 하며, 전원부는 모든 제어부, 가입자가트에 개별로 장착하여 장애 발생시 서로 영향을 주지 말아야 한다.
  · 이중화된 주제어부 및 보조제어부의 고장 발생시 자동절체 및 수도절체가 가능하고, 이때 동작중인 회선에는 전혀 영향을 주지 말아야 한다.
  · 전원 정전후 입전시에도 메모리에 저장된 운용프로그램이 자동 및 수동으로 원래의 동작상태로 되며, 저장된 프로그램의 신뢰성을 위하여 충분한 주메모리와 보조 메모리를 갖추어야 한다.

- 철도망의 개선 및 철도운행의 안전과 이익 창출을 위한 효율적인 업무와 각종 철도관련 유지보수 및 관리업무 등에 의해 통화량은 증가할 것이며 증가되는 통화량을 해결하기 위해서는 교환국소의 증가나 가입자 추가 구성시 하드웨어 및 소프웨어적으로 유지보수 및 관리가 원활하도록 체계적인 구성이 되어야하며, 융통성 및 신속성을 유지하고, 최대한 추가비용이 발생하지 않도록 체계화된 계획으로 지속성을 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- 교환망은 교환 중계선의 회선사용 효율성(다수 인원에 의해 공유)을 높이면서 통화를 최대한 보장하고, 경제적인 통신을 유지하기 위해서 기존의 회선 방식의 중계선 구성이 아니라 트렁크 단위의 중계선 구성으로 전체 교환망 차원에서 종합적으로 검토되고 체계화가 되게 추진하여야 할 것이다.

8. 사령전화설비

1) 관련 법·규정 및 기준

- 전기통신기본법 제30조(구내통신설비의 접지)
- 전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙
- 철도통신시설 보수규정 제10조(통신사령)
- ITU-T G711(펄스 부호 변조)
- 철도표준규격(사령전화장치)

2) 일반 요구사항

- 사령전화 주장치는 전체전화를 통합할 수 있어야 한다.
- 사령전화 자장치는 각 회선의 용도에 맞게 같은 기능의 사령전하 회선은 같은 그룹으로 구분하여 해당 사령 제어반에서 개별, 그룹, 일제 호출이 가능하도록 구성한다.
- 사령전화 회선은 1회선에서 최대 40대의 자장치를 병렬로 접속하여 원활한 호출 및 통화가 가능하도록 구성한다.

3) 안전성 요구사항

- 안전한 철도운행을 위하여 사령전화설비를 구축하고, 통합관제실의 각 관제원(운전, 급전/전력, 신호, 역무, 기타)과 현장의 각 부서(역무실, 운전취급실, 전기실, 변전소, 신호실, 매표소 등) 내에 사령전화기를 연결하여 개별, 군, 일제 통화방식으로 호출하여 정보교환을 신속, 정확하게 할 수 있도록 한다.
- 사령전화 주장치는 운용장치와 자장치간의 통화로를 상시 구성하며 자장치에서 운용장치 호출은 음성 및 신호에 의한 호출이 가능하여야 한다.
  · 전원장애 발생시 가시, 가청 정보를 발하고, 고장원인이 제거된 후에는 해제

되며, 가청경보는 고장원인 제거 전이라도 경보차단 스위치에 의해 정지된다.

· 주장치의 제어부, 신호부, 전원부 등 주요부분은 이중화하여 고장시 자동 및 수동 절체로 운용에 지장이 없어야 한다.

· 주장치의 가입자부 및 자장치의 통신화선 접속부는 2중화된 구조로 통신회선을 2중으로 접속이 가능하며, 통화 및 신호 송신기능은 2중 통신선로에 송신하고 수신기능은 통신회선으로부터 양부를 판단하여 양호한 통신선로로부터 운영이 가능하여야 한다.

- 사령전화 자장치는 각 회선의 용도에 맞게 같은 기능의 사령전하 회선은 같은 그룹으로 구분하여 해당 사령 제어반에서 개별, 그룹, 일제 호출이 가능하도록 구성한다.

· 자장치에서 자체 진단후에 자체 고장으로 판단시 통신회선에서 자동으로 분리되어 동일회선에 연결된 다른 자장치의 통화 및 호출에 지장을 주지 않아야 한다.

· 자장치의 송수화기 방치시 경고음을 송출할 수 있도록 한다.

· 자장치의 증설작업시 시스템의 정상동작에 중단이 없어야 한다.

- 전원장치는 상용전원(AC)으로부터 사령전화장치에 필요한 전원(DC)로 변환하며, 다음 조건을 만족하여야 한다.

· 기기 내부로부터 유입되는 과전류, 낙뢰, 서어지 및 기본파의 순간전압 상승으로부터 보호받는다.

· 충전기능, 통화 및 신호 전원공급이 가능하여야 하며, 전원 정전시 축전지 전원으로 정상 동작하여야 한다.

· 충전회로 출력단이 단락 등 과부하 시에도 전원부 자체 기능에는 이상이 없어야 하고, 단락 및 장애가 복구 되면 정상적으로 동작한다.

- 별도의 설비로부터 시각정보를 수신하여, 모든 운용장치와 유지보수장치에 동일한 시각을 표시할 수 있어야 한다.

- 유지보수시 전체 시스템의 동작이 중단되지 않아야 한다.

9. 자동안내방송장치

1) 관련 법·규정 및 기준

- 전기통신 기본법, 동 시행령, 동 시행규칙
- 전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙
- 소방법, 동 시행령, 동 시행규칙
- 민방위 기본법, 동 시행령, 동 시행규칙

- 전기용품안전관리법, 동 시행령, 동 시행규칙
- 한국정보통신공사협회(음향, 영상설비공법)

2) 일반 요구사항

- 타는 곳 및 맞이방에 있는 여객에게 열차운행 등에 대한 정보를 제공하거나 여객안내 외에 각 역 기능실의 업무 전달과 사무소 및 차량기지내의 기능실이나 검사고 등의 작업장에도 필요한 정보를 전달할 수 있도록 한다.
- 안내방송, 일반상업방송, 화재 등 비상시 경보음 송출과 비상방송이 가능하도록 구성하여야 한다.
- 방송우선순위는 다음과 같다.
  - 1순위 : 화재경보방송
  - 2순위 : 열차접근, 도착, 출발방송
  - 3순위 : 사령원격방송
  - 4순위 : 일반방송
- 방송장치의 회로 구성은, 복도, 기능실, 맞이방, 타는 곳 상·하행 등으로 개별 및 일제방송이 가능하도록 구성하여야 한다.
- 방송장치 설치 이외의 장소에서 리모트 컨트롤이 가능하도록 한다.
- 여객자동안내장치와 연동하여 자동방송이 되도록 하며, 열차 접근, 도착, 승환, 출발 방송을 할 수 있도록 한다.
- 사령원격방송설비의 자장치를 각 역의 방송랙에 설치하여, 관제실에서 개별 또는 일제방송 및 호출시 각 역의 방송 앰프를 통해 전달되도록 한다.
- 사무소 및 차량기지의 공장동, 검수고에 설치된 페이징 폰을 통해 방송이 가능하도록 방송랙에 인터페이스 장치를 설치한다.
- 소방설비와 연동되도록 한다.
- 매표소, 강당 및 홀, 회의실 등은 별도의 방송장치를 설치한다.

3) 안전성 요구사항 - 자동안내방송설비

- 자동안내방송장치는 구내 안내방송, 라디오 방송 및 BGM 방송, 방재설비와 연동하여, 화재 등 비상시 경보음 송출과 비상방송이 가능하도록 구성되어야 한다.
- 방송장치의 회로 구성은, 복도, 기능실, 맞이방, 타는 곳 상·하행 등으로 개별 및 일제방송이 가능하도록 구성하여야 한다.
- 방송장치 설치 이외의 장소에서 리모트 컨트롤이 가능하도록 한다.
- 여객자동안내장치와 연동하여 자동방송이 되도록 하며, 열차 접근, 도착, 승환, 출발 방송을 할 수 있도록 한다.
- 사령원격방송설비의 자장치를 각 역의 방송랙에 설치하여, 관제실에서 개별 또는 일제방송 및 호출시 각 역의 방송 앰프를 통해 전달되도록 한다.

- 사무소 및 차량기지의 공장동, 검수고에 설치된 페이징 폰을 통해 방송이 가능하도록 방송랙에 인터페이스 장치를 설치한다.
- 자동안내방송장치와 소방설비는 다음과 같이 연동되도록 한다.
  · 연면적 3,500[㎡]이상이거나 층수가 11층 이상 또는 지하층의 층수가 3층 이상인 건물에는 ,화재 발생시 수신반으로 부터 정보를 받아 비상방송이 가능토록 한다.
  · 화재시, 다른 설비의 방송을 차단할 수 있는 구조로 한다.
  · 건물 전구역에 일제방송이 가능하도록 한다.
  · 화재시 수신반으로부터 정보를 받은 후 방송이 개시될 때까지의 소요시간은 10초 이하로 한다.
- 배선 및 배관
  · 음량조절기를 부착한 스피커의 배선은 3선식 배선으로 하여, 음량조정기 Off시에도 일제방송시 방송이 가능하여야 한다.
  · 옥내 배선시 내화 또는 내열전선(HIV)을 사용하며, 옥외배선시 차폐케이블을 사용하여 배선한다.
  · 방송설비의 배관은 별도의 배관으로 설치한다.

③ 안전성 요구사항 - 사령원격방송설비
- 관제실에서 해당역 또는 전력에 비상방송이 필요할 때, 우선적으로 가로채기를 하여 자동방송을 할 수 있도록 하여야 한다.
- 관제실 방송조작기에 의하여 각 역 방송장치를 제어하며 전체, 그룹, 개별방송이 가능하도록 구성한다.

10. 영상감시설비

1) 관련 법·규정 및 기준
- 한국산업표준규격(KS)
- 전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙
- 철도 KRS 표준규격(영상감시장치)
- 철도 통신시설 보수규정 제40조(영상감시장치)
- 철도 정보통신설비공사 설계표준 제5항(영상감시장치 공사)
- 전기통신 기본법 제26조(기수기준)
- 국유철도 건설규칙
  · 제13조 (건축한계)

· 제28조 승강장

2) 일반 요구사항

- 역 구내 감시설비
  · 각 역에는 타는 곳별로 적정한 수의 카메라를 설치하고, 이들의 Zoom/Focus 및 Pan/Tilt를 원격제어하는 조정장치와 로컬 모니터를 설치하여야 한다.
  · 각 역에는 열차 진입 및 출발상태, 승하차 여객의 혼잡상태, 비상시의 플랫홈 상황을 파악할 수 있도록 각 타는 곳마다 CCTV 카메라를 설치하고, 이들로부터 송출되는 신호를 관제실로 전송하는 장치와 역사 역무실에서 감시할 수 있는 역 CCTV 설비를 시설하여야 한다.
- 관제실 설비
  · 관제실에는 사령용 화상전송장치에 연결 작동하는 모니터와 각 역의 조작장치를 경유하여 카메라를 원격 조정할 수 있는 운용장치를 설치한다.
- 건널목 감시
  · 건널목에 CCTV 카메라를 설치하여 인근 역에서 열차의 안전운행을 감시한다.
- 터널·교량, 낙석우려개소 감시
  · 터널·교량, 낙석우려개소에 CCTV 카메라를 설치하여 인근 역에서 열차의 안전운행을 감시한다.
- 선로전환기 감시
  · 역구내 선로전환기의 감시설비로써, 주야간 상시 감시가 가능한 적외선/저조도 카메라를 설치한다.
- 절연구분개소 감시
  · 구분소, 보조구분소에서 서로 다른 전력공급에 의해 생기는 절연구분장치를 감시하기 위한 설비로서 CCTV를 설치하여 관할 전기분소에서 감시한다.
- 무인 변전설비 감시
  · 무인 변전소 내/외각 감시 및 주요 기능실 출입 감시용으로 CCTV 카메라를 설치 운용한다.
- 무인 기능실 감시
  · 주요 전기설비가 설치되어 있는 무인 기능실(전기실, 통신실 및 신호계전기실)에 출입통제자치 및 CCTV 감시설비를 설치하여 원격관리보안체계를 구축한다.

- 대열차 공간 화상전송

  · 역사내 타는 곳의 영상을 열차에 무선으로 전송하여 운전석 모니터에 화상을 표출한다.

  · 열차내 운전석에서 타는 곳 감시 및 차량 모니터링이 가능하여 열차운영의 효율성과 안전성 향상을 기대할 수 있다.

3) 안전성 요구사항

- 각 역사 승강장 및 변전소 상황을 모니터링 할 수 있어야 하며, 운용자의 필요시 영사의 선택 및 녹화를 위한 제어가 되어야 한다.
- 카메라의 영상신호는 장시간 디지털 녹화기에 의해 자동 또는 수동으로 녹화 및 재생이 가능하여야 한다.

  · 고해상도의 디지털 비디오 녹화시스템을 구축하여, 카메라에서 아날로그 신호로 입력되는 피사체의 화상정보를 디지털 신호로 전환하여 영상을 압축 복원해 저장매체에 저장하고, 필요시 신속하게[검색 및 재생할 수 있도록 한다.

- 카메라는 해당 영상감시장치 목적에 부합하도록 조도 등을 고려하여 설치하여야 한다.
- 진동 등 외부 환경에 안정적이어야 한다.
- 영상감시장치와 자동화재탐지설비를 연계구축하여 화재발생영상을 자동으로 모니터할 수 있도록 설치한다.
- 옥외용 카메라는 관련 법규에 의거하여 보안접지를 시공하여야 한다.
- 차량에 의해 파손될 우려가 있는 장소에서의 카메라 설치 시, 차량 방지턱이나 통과높이 표지판을 부착한다.

제11절 신호제어설비 안전기준(안) 및 해설

	검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR04 - SSR03 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

6. 프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.

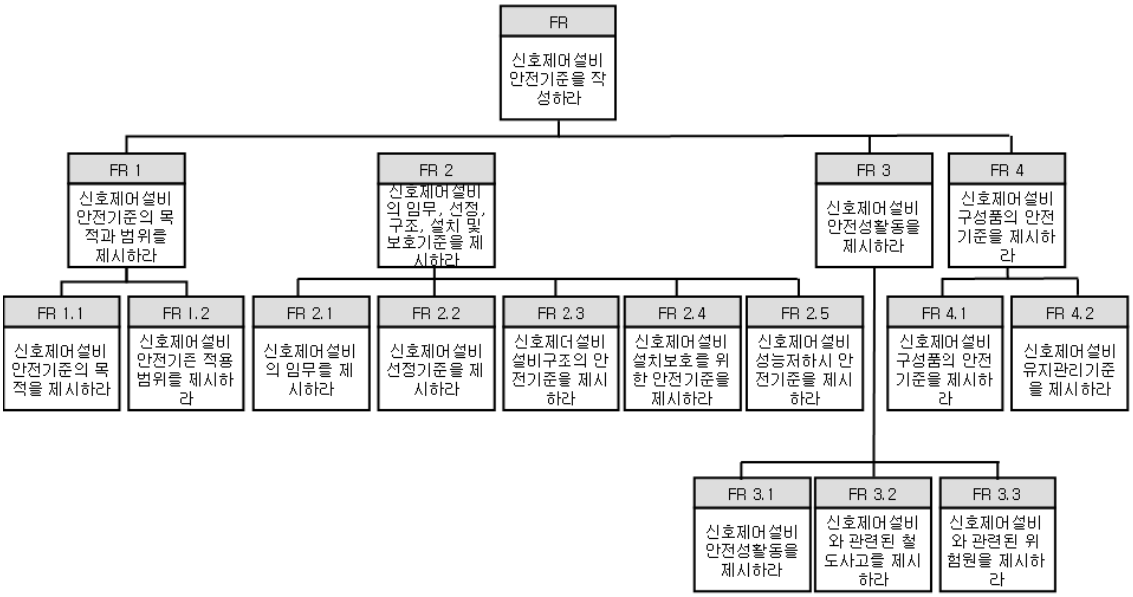
6.3 프로젝트는 신호제어설비 안전기준을 작성하여야 한다. (열차진로제어, 열차속도제어, 선로장애물감지, 열차이선진로진입방지)

입력물 :	**업무 :**	**출력물 :**
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 신호제어설비 안전기준(안) 및 해설서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

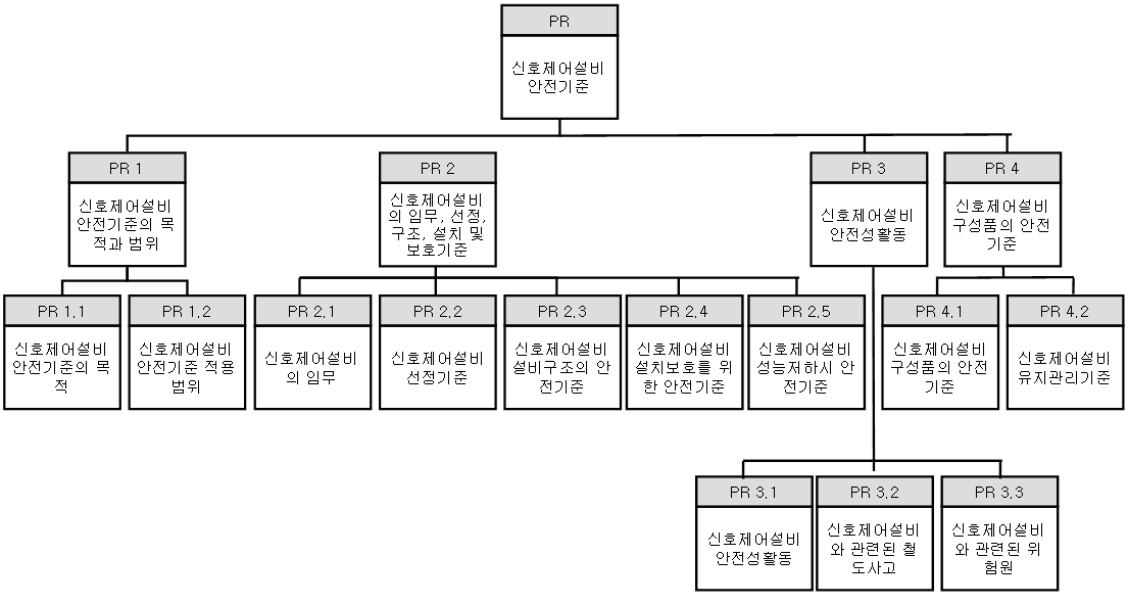
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

신호제어설비 안전기준(안)은 시스템 요구사항 『SR 6. 프로젝트는 전기신호 안전기준을 작성하여야 한다.』 중 『SSR 6.3 프로젝트는 신호제어설비 안전기준을 작성하여야 한다. (열차진로제어, 열차속도제어, 선로장애물감지, 열차이선진로진입방지)』에 해당하는 내용이다. 본 과제에서는 철도안전관리체계 구축으로서 신호제어설비 안전기준(안)을 작성한다.

나. 설계기준

- 신호제어설비 안전기준(안) 작성은 국내 실정의 적용 가능성, 현재 기술수준으로의 구현성, 국제 규격과 국내 규격과의 부합 등의 검토를 통하여 연구를 수행한다.
- 또한, 국내 철도시설건설기관, 철도운영기관의 의견을 수렴하고, 전문가의 자문 등의 검증을 통하여 정보통신설비 안전기준(안) 작성을 수행한다.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

- 국내의 관련 법령 및 기준
  - · 철도시설안전기준에 관한 규칙
  - · 국유철도운전규칙
  - · 국유철도건설규칙
  - · 철도신호지침
  - · 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편)
- 해외 관련 법령 및 기준
  - · 영국의 Railway Safety Principles and Guidance
  - · 영국의 Railway Group Guidance Note
  - · 호주의 Railway Safety Management part4
  - · EN50126
  - · EN50129
  - · IEC 62267

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 철도신호제어설비 안전기준(안)

(가) 총칙

1) 목적

이 기준은 「철도안전법」 제25조의 규정 및 「철도시설 안전기준에 관한 규칙」 제5조에 의하여 철도신호설비의 설치 및 유지관리에 필요한 안전관련 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

[해설]

「철도안전법」 제25조(철도시설의 안전기준)에 의하여 철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치하여야 한다. 또한, 철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 철도시설을 점검·보수하는 등 유지관리하여야 한다.

「철도시설 안전기준에 관한 규칙」 제5조(철도시설의 안전성분석)에 의하여 철도시설관리자는 철도터널, 철도교량, 역사시설, 전차선, 신호, 궤도시설 등의 철도시설을 신설 또는 개량하기위하여 당해 철도시설에 대한 설계를 하는 때에는 철도시설의 공사·유지보수 및 운영환경 등에 대하여 안전성분석을 하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도·고속철도

[참고기준/근거 등]

-「철도안전법」 제25조(철도시설의 안전기준)
-「철도시설 안전기준에 관한 규칙」 제5조(철도시설의 안전성분석)

2) 정의

이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “철도신호설비”라 함은 신호기장치, 선로전환기장치, 궤도회로장치, 폐색장치, 연동장치, 건널목보안장치, 열차자동정지장치(ATS : Automatic Train Stop), 열차동제어장치(ATC : Automatic Train Control), 열차집중제어장치(CTC : Centralized Traffic Control), 신호원격제어장치(RC : Remote Control) 등을 말하며, 열차 또는 차량의 안전운행과 수송능력 향상을 목적으로 설치한 종합적인 시설을 말한다.

2.“철도시설관리자”라 함은 철도안전법(이하 “안전법”이라 한다.) 제2조제8호의 규정에 의한 철도시설관리자를 말한다. 이 기준에서는 “철도신호설비관리자”라 한다.

3) 적용범위

철도신호설비의 설치 및 유지관리에 관하여 별도로 정하고 있는 안전관련 기준을 제외하고는 이 기준이 정하는 바에 의한다.

[해설]

도시철도의 표준화체계를 구축하고, 도시철도시설의 성능, 안전성 및 효율성을 높이기 위하여 「도시철도시설표준규격, 국토해양부고시 제2008-302호」를 고시하였다. ‘ 제 3편 신호 및 열차제어설비’는 계획・설계 단계～시스템 사용기간에 걸쳐 시스템 안전을 확인하기 위한 시스템안전 요구사항 제시하도록 하였으며, 시스템안전요구사항은 다음을 포함한다.

- 안전프로그램요구사항
- 위험상황 확인 및 위험평가절차
- 주요 부분의 바이탈기능
- 안전성능의 요구사항
- 기본안전설계원칙

[적용범위]

- 일반철도・고속철도

[참고기준/근거 등]

-「도시철도시설표준규격」제3편 (신호 및 열차제어설비)

(나) 철도신호설비 일반

4) 설비의 임무

철도신호설비는 다음 각 호의 임무를 수행하여야 하며, 이를 통하여 열차 또는 차량의 안전운행, 수송능률 향상 및 열차운영효율을 높여야 한다.

1. 열차와 열차간 충돌·추돌방지
2. 분기구간에서의 열차탈선 방지
3. 열차진로설정 및 열차의 진로진입승인
4. 건널목에서의 열차보호

[해설]

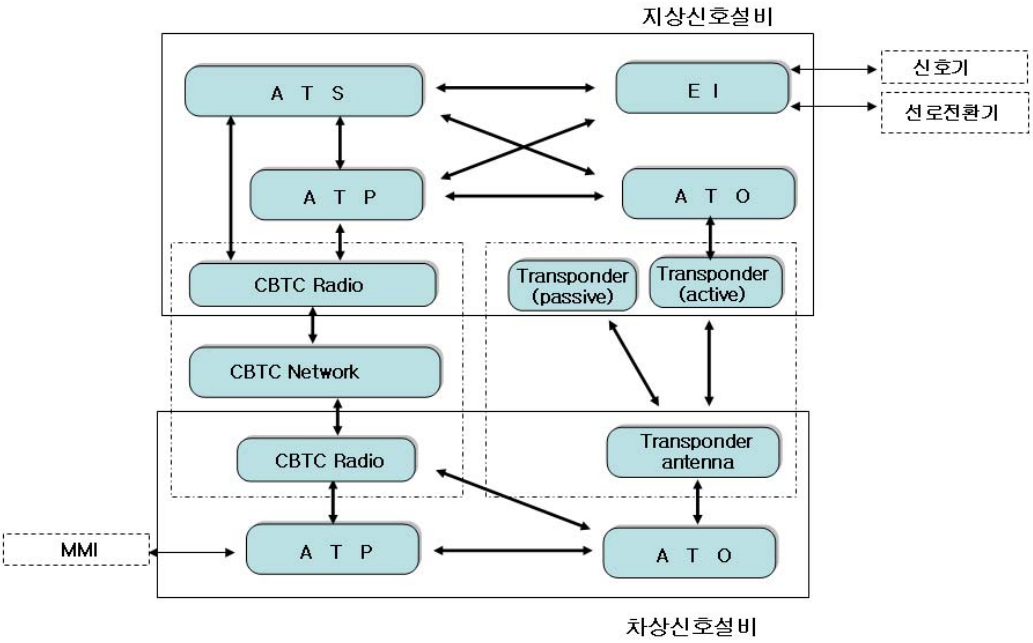
철도신호설비는 열차의 안전운행을 확보하고 효율적인 운행을 도모하기 위한 안전필수설비로서, 점진적으로 열차밀도(traffic density)가 증가하고 열차의 고속화가 진행됨에 따라 운전보안도의 향상과 고효율의 운전이 요구된다.

철도신호설비의 임무는 열차간 충돌 방지, 선로전환기에서의 열차탈선 방지, 철도시설물과의 충돌방지 및 건널목보호이다. 이러한 철도신호설비는 열차운전자에게 경고신호 또는 제한속도 현시, 열차가 정지 신호를 지나쳐 통과하거나 허용속도를 초과했을 때 발생할 수 있는 위험을 방지하는 자동열차보호(ATP)에 의해 임무를 수행한다.

철도신호설비는 설비의 임무를 수행하기 위해서는 다음과 같은 설비로 구성된다. 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC)를 대상으로 구성하였다.

- ATS(Automatic Train Supervision) : 철도교통관제의 기능을 수행함.
- ATP(Automatic Train Protection) : 선행열차와 후속열차와의 안전간격을 제어하며, 지상과 차상에 제어설비를 설치한다.
- EI(Electronic Interlocking) : 분기구간에서의 열차진입과 진출을 제어하고, 선로전환기와 신호기를 제어한다.

- ATO(Automatic Train Operation) : ATP에서 생성한 열차이동권한(열차제한속도)에 맞추어 열차의 가·감속도제어와 역사에서의 정위치정차 등을 수행한다. 이 장치는 열차운전자를 지원하는 non-vital 설비이다.
- 통신설비 : CBTC network, CBTC radio, transponder(active, passive) 등으로 구성된다.
- 기타설비 : 신호기, 선로전환기, MMI(운전자와 열차제어시스템간 인터페이스)장치



<그림 3-11-1> 철도신호설비구성(예 : 무선통신기반 열차제어시스템의 구성도)

철도신호설비는 다음과 같은 사항을 추가함으로서 안전을 한층 강화할 수 있다.

- 열차의 안전최고속도를 설정한다.
  : 궤도상태와 궤도선형
  : 신호기 또는 장애물과의 거리
- 선로 구조물, 궤도 혹은 선로형태의 고장이나 피해를 감지하고 보호한다.
- 사람들이나 차량, 혹은 인근 공항에서의 항공기의 불법 침해를 감지하고 보호한다.
- 열차에서 떨어진 장비, 차축온도감지장치와 같은 기타 열차의 상태를 감시하는 장치를 설치하고 보호한다.

- 궤도 작업자를 보호한다.

[적용범위]일반철도・고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “시설기준”
- 영국의 Health & Safety Executive "Railway Safety Principles and Guidance"

5) 설비선정

철도신호설비관리자는 본 기준 제3장 철도신호설비 안전성활동을 통하여 안전성이 검증되어 본 기준 2조의 철도신호설비의 임무를 충실히 수행할 수 있는 철도신호설비를 선정하여 설치하여야 하며, 다음의 각 호를 포함한 여러 조건을 고려하여야 한다.

1. 다른 노선과의 연계운행
2. 전철전력설비 및 철도신호설비용 전원공급장치
3. 열차운영의 자동화목표수준
4. 비상 시 열차운행취급방법
5. 철도신호설비와 다른 설비와의 인터페이스

[해설]

철도신호설비는 열차속도 향상, 수송력 증대, 안전확보를 담당하므로, 신설 또는 개량에 따른 신호설비 선정 시 최우선적으로 고려해야 할 사항은 안전성・신뢰성, 확장성, 경제서 및 작업의 편의성이다.

철도신호설비는 선로형태, 열차속도 및 열차운행빈도에 따라 달라진다. 철도신호설비를 선정함에 있어 안전성과 신뢰성 측면에서 다음과 같은 항목을 고려한다.

- 철도연계운행 및 사구간
- 열차운행시격 및 열차수송용량
- 선로선형 및 선로의 복잡도
- 건널목 설비 및 건널목사고방지대책과의 호환성

- 선로전환기기 설치되어 있는 위치 및 형식
- 승강장을 포함한 고정시설의 위치
- 열차의 최고성능속도 및 최고운행속도
- 열차를 포함한 타 설비와의 인터페이스
- 전력공급시스템 사양 및 전원장치
  : 전력공급설비 및 전력변환장치가 철도신호설비에 미치는 전자파 영향
  : 안전설비의 구성품의 설치위치와 전력변환장치의 설치위치
- 열차운행허가방식
- 비상 시 열차진행명령을 취소하는 방법
- 열차운영의 자동화목표수준과 운영요원의 훈련정도
- 철도신호설비의 장애 발생 시 철도보호
- 철도신호설비의 성능저하 상태에서의 철도보호
- 신호기의 신호를 확인하는 영향을 주는 물리적인 요소
- 철도신호설비 및 구성품의 신뢰성
- 철도신호설비가 위치를 확인할 수 없는 유지보수 및 검사차량의 운영
- 충분한 안전제동거리
- 지상 및 차상에 설치되는 안전설비

철도신호설비의 자동화수준은 5단계로 구분하며, 각 자동화 수준별로 수행해야 할 기본적인 기능은 다음과 같다.

(1) 1단계 : 육안운전(On-sight train operation)
- 선로전환기 수동제어

(2) 2단계 : 수동운전(Non-Automated Train Operation)
- 안전한 열차진로제어를 보장
- 선행열차와 후속열차간 안전간격을 보장

(3) 3단계 : 자동운전(Semi Automated Train Operation)
- 안전한 열차진로제어를 보장
- 선행열차와 후속열차간 안전간격을 보장
- 열차의 안전속도 보장
- 열차의 가·감속도 제어

(4) 4단계 : 무인자동운전(Driverless Train Operation)

- 안전한 열차진로제어를 보장
- 선행열차와 후속열차간 안전간격을 보장
- 열차의 안전속도 보장
- 열차의 가·감속도 제어
- 열차와 선로 지장물과의 충돌 방호
- 열차와 사람과의 충돌 방호

(5) 5단계 : 무인자동운전(Unattended Train Operation)
- 안전한 열차진로제어를 보장
- 선행열차와 후속열차간 안전간격을 보장
- 열차의 안전속도 보장
- 열차의 가·감속도 제어
- 열차와 선로 지장물과의 충돌 방호
- 열차와 사람과의 충돌 방호
- 승객출입문 제어
- 승강장과 열차사이에 있는 승객 또는 차량사이에 있는 승객의 상해를 방호
- 열차출발조건의 안전성을 보장
- 열차의 상태를 감시 및 열차운행제어
- 열차진단, 화재/연기 검지, 열차탈선검지, 비상상황의 조치 등을 수행

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “신호설비 선정시 중점 고려사항”
- 영국의 Health & Safety Executive "Railway Safety Principles and Guidance"
- Australian StandardAS 4292.4－1997, "Railway safety management Part 4: Signalling and telecommunications systems and equipment"
- IEC 62267/Ed.1 CDV, "Railway applications-Automated Urban guided transport(AUGT) Safety Requirements"

6) 설비구조

철도신호설비는 본 설비의 임무를 충실히 수행하기 위해서 고장 발생 시, 취급 오류 시 및 운전자의 운전능력 상실 시 안전측으로 동작하는 Fail-safe구조 및 다중계 구조를 적용하여 안전성, 신뢰성, 가용성 및 유지보수성을 확보하여야 하며, 주요 장치를 설계·개발함에 있어 다음 각 호의 내용을 적용하여야 한다.

1. 기능, 인터페이스 등에 대한 무결성을 스스로 진단하고, 장애가 발생하면 안전상태 또는 사전에 설정된 상태로 전환한다.

2. 장치를 설계·개발하는 과정에 부정확성, 모호함 또는 오류가 발생되지 않도록 정형기법과 같이 검증된 개발방법을 적용한다.

3. 중요한 정보를 지속적으로 안전하게 전송한다.

4. 철도신호설비를 유지·보수함에 있어 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1) 최신기술을 적용할 수 있는 모듈기법의 적용

2) 장치와 구성품에 대한 진단 또는 감시를 하고, 그 결과를 일정기간 동안 저장하고 출력하는 기능

3) 수명주기비용의 최소화

4) 설치, 교체 및 철거의 용이성

[해설]

철도신호설비는 열차속도 향상, 수송력 증대, 안전확보를 담당하므로, 신설 또는 개량에 따른 신호설비 선정 시 최우선적으로 고려해야 할 사항은 안전성·신뢰성 및 작업의 편의성이다.

- 안전성과 신뢰성

: 선로용량의 증대와 운전속도 향상이 가능하면서도 열차운행의 안전성과 신뢰성을 보장할 수 있는 시스템

: 신호설비의 고장발생 시 fail-safe가 가능한 시스템

: 중요설비를 2중계하여 redundancy기능을 포함하는 시스템

<3-11-1> 철도신호설비오류에 대하 안전대책

원인분류	장소	위험요인	안전대책

프로그램오류 (논리오류)	분기구간 주행구간	선로정보·열차정보 오류 열차위치검지·판단논리 오류 연동장치 제어논리 결함 열차속도명령생성논리 결함 열차속도명령 위반 열차속도프로파일생성 오류	소프트웨어 안전성평가 소프트웨어 fail-safe 설계 ·열차진로제어부분 ·열차간격제어부분 열차위치정보의 신뢰도 향상
하드웨어오류 (장치오류)	분기구간	선로전환제어장치 결함 선로전환기 결함	하드웨어 안전성평가 하드웨어의 다중계 구성 하드웨어 fail-safe 설계
	주행구간	열차간격제어장치 결함	
인적오류 (운영오류)	지상 차상	연동장치 취급오류 열차속도명령 무시 운전자 운전능력상실	fail-safe 설계 운전자 감시장치 설치

- 작업의 편의성

: 보수작업이 간단하면서도 장애발생 시 복구작업이 용이한 시스템

: 열차운행선에서의 시스템 절체시 절체작업이 용이하여 단시간 내에 시스템 절체가 가능하면서도 열차운행에 지장을 최소화할 수 있는 시스템

: 보수자가 기술습득을 용이하게 할 수 있는 시스템

철도신호설비에 요구되는 구조와 철도신호설비의 설계·개발공정에서 요구되는 내용은 다음과 같다.

- 철도신호설비의 구조(시스템 / 하부시스템 / 장치)

<표 3-11-2> 철도신호설비의 구조(시스템/하부시스템/장치)

기법/수단	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
안전관련 시스템과 관련 없는 시스템의 분리	R	R	HR	HR
자기진단 시험 및 감시 기능을 갖는 구조	R	R	-	-
이중 구조	R	R	-	-
fail safety(또는 fail safe와 유사)를 기반으로 하는 이중구조	R	R	HR	HR
fail safety를 기반으로 하는 단일구조	R	R	HR	HR
fail safety 반응에 기반으로 하는 단일구조	R	R	HR	HR
failsafe와 유사한 다양한 구조	R	R	HR	HR
구조에 대한 하드웨어의 정량적인 신뢰성분석	HR	HR	HR	HR

SIL : Safety Integrity Level, HR : Highly Recommended, R : Highly Recommended

- 철도신호설비 설계시의 주안점

<표 3-11-3> 철도신호설비 설계시의 주안점

기법/수단	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
운영 에러에 대한 방호	R		HR	
파괴행위에 대한 방호			R	
개별 부품의 단일 결함에 대한 방호	R		HR	
디지털 전자 기술에 대한 집적 회로의 단일 결함에 대한 방호	R	R	HR	
안전성 관련 구조내의 물리적인 독립	R		HR	
단일결함의 검출	R	R	HR	
안전상태의 유지	R		HR	
다중결함	R	R	HR	
동적결함 검출	R	HR	HR.	
프로그램 시퀀스 감시	R	HR	HR	
전압breakdown, 전압변동, 과전압, 저전압 측정	HR		HR	
온도상승에 대한 측정	HR		HR	
시스템적 결함에 대한 방호			R	HR

- 철도신호설비 설계 및 개발(시스템 / 하부시스템 / 장치)

<표 3-11-4> 철도신호설비 설계 및 개발

기법/수단	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
체계적인 설계	HR		HR	
모듈화	R	HR	HR	
정형기법 또는 반(semi)정형기법			R	
CAD tool의 사용		R	R	
환경분석(EMC, 진동 등)	R	R	HR	HR

- 철도운영자가 제안하는 철도신호설비의 SIL

해외철도운영자는 다음의 표와 같이 철도신호설비를 구성하는 구성품에 대해서

SIL을 제안하고 있다.

<표 3-11-5> 유럽철도건설·운영기관의 철도신호설비 SIL수준

구성품	DB	BR	NMBS	SNCF	SBB	FS	LUL	OeBB
연동장치	4	4	4	4	4	4	4	4
선로전환기	4	4	4	4	4	4	4	4
열차검지	4	4	4	4	4	4	4	4
자동폐색	4	4	4	4	4	4	4	4
건널목제어	4	4	4	4	4	4	-	4
건널목감시	4	4	2	-	4	2/4	-	4
직원보호	2/4	2	2	4	3	4	4	4
제어반	4	2	4	4	3	4	-	4
모니터(1)	4	-	4	4	3	4	-	4
모니터(2)	2	2	2	2	2	2	2	2
원격제어(1)	4	4	4	4	3	4	4	4
원격제어(2)	2	2	2	2	2	2	2	2
ATP(3)	4	4	4	-	-	4	4	-
ATP(4)	-	-	-	3	2	-	-	2
ATO	-	2	-	-	-	-	2	4
열차표시	2	2	2	2	2	2	2	2
자동진로설정	2	2	-	-	2	2	2	2

DB(German National Railways), BR(British Railways) NMBS(National Railway Company of Belgium), SNCF(National Railway of France), SBB(Swiss Federal Railway), FS(Italian State Railways), LUL(London Underground Ltd.), OeBB(Austrian Federal Railways)

(1) 열차의 안전한 이동을 관리함.

(2) 열차의 운전정리 및 열차제어만을 목적으로 함.

(3) ATP 시스템이 안전성을 확보함.

(4) 운전자가 안전성을 책임지며, ATP는 단순한 보완기능

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “신호설비 선정시 중점 고려사항”

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “신뢰성과 안전성”
- ENV 50129 "Railway Application - Safety related electronic systems for signalling"
- 영국의 Health & Safety Executive "Railway Safety Principles and Guidance"

7) 설비의 설치 및 보호

①새로운 철도신호설비 또는 수리·개량한 철도신호설비를 시공 또는 설치하는 경우 환경조건을 만족해야 하며, 철도의 안전한 운영에 영향이 없도록 하여야 한다.
②철도신호설비는 주변에 설치되어 있는 다른 시설물 또는 장치가 안전하게 동작하는 것을 방해하지 않도록 하여야 하고, 다른 시설물 또는 장치로부터 방해를 받지 않도록 하여야 한다.
③철도신호설비를 통행로 또는 대피로에 설치하는 경우, 작업자의 이동 및 승객의 대피 시 안전하게 이동하는데 영향을 주지 않도록 하여야 한다.

[해설]

새로운 철도신호설비 또는 수리·개량한 철도신호설비를 시공 또는 설치하는 경우 다음과 같은 내용을 포함한 기준 및 절차서를 작성하여야 한다. 기준 및 절차서는 모호한 내용이 없도록 하여야 한다.

- 철도신호설비 변경 시 안전한 철도운영을 유지
- 철도신호설비 변경 절차 관리
- 철도신호설비 변경에 따른 통제 및 보호
- 관행적으로 사용되고 있는 설치절차

철도신호설비를 통행로 또는 대피로에 설치하는 경우, 작업자의 이동 및 승객의 탈출 시 안전하게 이동하는데 영향을 주어서는 않되며, 터널, 지하역사 등 폐쇄된 공간에서 화재발생 또는 침수사고가 발생한 경우, 신호설비의 안전한 대피를 위한 대책을 확보하여야 한다.

철도신호설비는 다음 각 호와 같이 보호를 받아야 하며, 자연재해에 의한 노반 유실 시 철도신호설비가 영향을 받을 수 있는 구간에 대한 보호대책을 마련해야

한다.

- 관계자의 불필요한 접근, 관계자 이외의 무단침입(사람, 가축 등)
- 철도시설물 주변의 여러 가지 원인으로 인하여 물체의 무단침입
- 주변 시설물의 소리, 빛, 진동
- 낙뢰, 서지, 주변온도
- 철도전력공급시스템 또는 선로 주변에 설치되어 있는 전력설비의 EMC

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Australian StandardAS 4292.4－1997, "Railway safety management Part 4: Signalling and telecommunications systems and equipment"
- 영국의 Health & Safety Executive "Railway Safety Principles and Guidance"

8) 설비의 성능저하

철도신호설비의 내부 또는 외부의 원인에 의하여 철도신호설비의 정상적인 운행이 곤란한 경우, 철도신호설비는 이동허가를 받은 열차가 목표위치 또는 목표지점까지 안전하게 운행할 수 있도록 열차를 방호할 수 있어야 하며, 이를 위한 대책을 마련하여야 한다.

[해설]

철도신호설비의 고장으로 철도의 안전한 운행에 영향을 주어서는 안된다. 장애가 발생한 철도신호설비의 구성품을 보수하는 동안 열차가 계속적으로 통행할 수 있게끔 다음과 같은 경우를 고려하여야 한다.

- 성능저하 시 신호설비를 운용할 수 있도록 설계
  : 제6조 철도신호설비의 구조 참조
- 불안전한 상황을 초래하는 고장 모드에서도 철도를 보호함.
- 불안전한 상황을 초래하는 전력공급의 차단 및 복구
- 특정 열차 또는 신호기의 확인과 통신

- 열차 및 신호원에 대한 방송(통보)
- 신호원과 열차운전자 및 신호원과 신호원간의 통신을 대체하는 방법
- 전체 신호시스템의 제한적인 복구
- 성능저하상태에서 철도를 운영할 때 발생할 수 있는 취급오류 방지

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 영국의 Health & Safety Executive "Railway Safety Principles and Guidance"

9) 설비 변경 및 추가

운용중인 철도신호설비를 변경하거나 추가하는 것으로 인하여 철도안전에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.

[해설]

철도신호설비를 선정함에 있어 중점적으로 고려할 사항중 하나는 확장성이며, 다음의 사항을 고려하여야 한다.
- 인접선구로의 설비확장이 용이하고, 향 후 단일 시스템으로 구성일 가능할 것.
- 단계별 또는 구간별 개량이 가능한 시스템

철도신호설비를 설계 또는 개발단계에서 철도신호설비를 변경 또는 추가로 인하여 안전한 철도운영에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]
- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “신호설비 선정시 중점 고려사항”
- Australian StandardAS 4292.4－1997, "Railway safety management Part 4: Signalling and telecommunications systems and equipment"

(다) 철도신호설비의 안전성활동

10) 안전성활동

①철도신호설비를 도입, 변경 및 추가하는 자(이하, 철도신호설비관리자)와 철도신호설비를 개발, 제작, 공급하는 자(이하, 철도신호설비공급자)는 철도신호설비의 안전성목표를 설정하고, 이것을 달성하고 유지하기 위한 안전성활동을 하여야 한다. 단, 운용중인 철도신호설비를 변경 또는 추가하는 것이 철도신호설비의 안전성목표에 미치는 영향이 매우 낮은 경우에는 안전성활동을 생략할 수 있다.

②철도신호설비관리자는 안전성목표를 설정함에 있어 다음 각 호를 고려하여야 한다.

1. 안전성목표는 허용 가능한 수준이어야 한다.

2. 안전성목표는 현실적으로 수행할 수 있어야 한다.

3. 안전성목표는 기존 철도신호설비의 안전성목표와 동등하거나 보다 높아야 한다.

③철도신호설비관리자 및 철도신호설비공급자의 안전성활동은 다음 각 호를 포함하여야 한다.

1. 철도신호설비를 운용하는 과정에서 발생할 수 있는 사고의 확인

2. 위 1에서 확인한 사고를 유발할 수 있는 위험원의 확인

3. 위 2에서 확인한 위험원의 발생확률과 심각도의 평가(리스크 평가)

4. 위 3의 리스크평가에서 철도신호설비의 안전성목표에 영향을 미치는 리스크의 확인

5. 위 4에서 확인한 리스크를 관리하기 위한 방법의 선정

6. 철도신호설비의 안전성목표를 만족하기 위해서 위 5항의 리스크 관리방법을 포함한 안전요구사항의 작성

④다음 각 호에 해당하는 위험원에 대해서는 객관적인 설명을 하고, 주기적으로 확인하여야 한다.

1. 발생 가능성이 거의 없는 위험원

2. 통제할 필요가 없는 위험원

3. 통제할 수 없는 위험원

⑤철도신호설비관리자는 제3항의 안전성활동을 보증하기 위해서 다음 각 호와

같은 업무를 지속적으로 수행하여야 한다.

1. 제3항의 안전성활동을 통하여 리스크를 허용수준으로 관리하고, 안전요구사항을 충족하고 있음을 증명할 수 있는 객관적인 자료의 작성 및 확보

2. 철도운용환경의 변화와 이것이 리스크에 미치는 영향을 지속적으로 감시하고, 필요한 경우 리스크를 개선하는 리스크관리

3. 철도신호설비에서 발생한 안전과 관련한 고장 및 사고에 대한 기록과 분석

4. 철도신호설비의 고장률 관리

5. 설정된 안전성목표의 재조정

[해설]

철도신호설비의 안전을 확보하기 위해서는 위험원을 규명하고, 위험원을 평가하고, 위험원을 제어하여야 한다. 이러한 활동은 철도신호설비의 수명동안 수행되어야 한다.

○ 위험원 확인

위험원을 규명함에 있어 다음 각 호를 고려하여야 한다.

- 위험원 규명은 철도신호설비의 설치, 시험, 운영, 유지보수, 운영중단 및 폐기 등 수명주기 동안 발생되는 사고를 고려하여야 한다.
- 통제할 필요가 없을 정도로 발생가능성이 없다고 판단되는 잠재적인 위험원을 규명해야 한다.

○ 위험원 평가

규명된 위험원을 평가함에 있어 다음 각 호를 고려하여야 한다.

- 위험원 평가는 사고가 발생할 가능성과 이로 인한 손실을 평가하여야 한다.

○ 위험원 제어

평가된 위험원을 제어함에 있어 다음 각 호를 고려하여야 한다.

- 포괄적으로 수용 가능한 수준의 위험원으로 평가되는 경우, 객관적이고 합리적으로 실행 가능한 제어방법을 적용한다.
- 평가된 모든 위험원은 제어할 수 있는 방법을 적용하여야 한다.

○ 철도신호설비관리자의 업무

위험원의 규명, 위험원의 평가 및 위험원의 제어는 철도신호설비관리자와 철도신호설비공급자간의 업무구분을 필요로 한다.

철도신호설비관리자의 업무는 다음의 각호와 같다.

- 모든 안전성의 증명, 시험 및 시운전
- 안전성을 증명하기 위해서 감사와 기타 적절한 방법을 적용한다.

○ 철도신호공급자의 업무

철도신호설비공급자의 업무는 다음의 각호와 같다.

- 관계있는 모든 안전요구사항을 만족하는 것을 확인할 수 문서로 증명함.

○ 안전성활동 절차 및 내용

이상의 내용에 맞추어 철도신호설비의 수명주기동안 수행되어야 할 안전성활동은 다음의 각호와 같다.

- (사전안전성해석) 철도신호설비관리자는 다음의 각 호와 같이 도입, 변경 또는 추가할 철도신호설비에 대한 안전성목표를 명확히 작성하여 철도신호설비공급자에게 제공하여야 한다.
  : 철도신호설비의 기본사양서(기능사양, 환경조건, 사용조건, 구성, 요소, 동작범위 등)
  : 철도신호설비의 안전성 기술과 안전성 활동에 관계하고 있는 법령, 규격, 기준
  : 철도신호설비의 위험요소해석, 고려해야 할 위험요소의 선정, 위험요소에 관한 리스크 평가 등
  : 철도신호설비의 안전성요구사양서(안전성 건전도 수준, 보안기능 등)
- (개발・제작) 철도신호설비공급자는 철도신호설비관리자가 작성한 기본사양서, 안전성요구사양서 등에서 요구한 안전성 목표를 만족하는 철도신호설비를 공급하기 위해서 설계 및 제작의 각 단계에 있어 안전성 검증계획을 작성하고, 검증에 사용되는 기준, 기술 및 기법 등을 명확히 하고, 안전성 검증계획에 따라 검증을 하는 안전성 활동을 하여야 한다.
- (설치・운영) 철도신호설비관리자는 개발한 철도신호설비를 설치・운영하기 위한 안전성 검증계획을 작성하고, 검증에 사용되는 기준, 기술 및 기법 등을 명확히 하고, 안전성 검증계획에 따라 검증을 하는 안전성 활동을 하여야 한

다. 철도신호설비공급자는 안전성 검증계획에서 설정하고 있는 철도신호설비 공급자의 책임을 충실히 수행하여야 한다.

- (개보수) 철도신호설비관리자는 철도신호설비 또는 구성장치를 개보수할 경우, 이로 인하여 철도운영의 안전성에 영향을 미치는지 해석하여야 한다. 개보수로 인하여 철도운영의 안전성에 영향을 준다고 판단되는 경우, 개발·제작 때와 같은 안전성활동을 하여야 한다.

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “신뢰성과 안전성”
- EN50126, ″ Railway applications – the specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety(RAMS)″

11) 철도사고

철도신호설비관리자 및 철도신호설비공급자는 다음 각 호의 열차사고를 유발하는 위험원에서 철도신호설비와 관련된 위험원을 관리하여야 한다.

1. 열차와 열차간 충·추돌사고
2. 열차와 지장물간 충돌사고
3. 선로종단에서 열차와 차막이간 충돌사고
4. 열차탈선사고
5. 열차의 건널목 사고
6. 인명사상 사고
7. 화재 및 폭발 사고
8. 전기/전자파간섭에 의한 사고

[해설]

철도에서 고려할 사고는 인명의 손실, 사람에 대한 상해, 환경오염 및 재산의 손

<표 3-11-6> 철도신호설비의 SIL과 손실과의 관계

등급	안전성 요구수준	인명과 시스템에 대한 영향	고려해야 할 사항
4	매우 높음	다수사망 설비의 막대한 손실	열차의 충·추돌 사고 열차의 탈선사고
3	높음	사망 및 부상 설비의 중대손설	열차의 무결성
2	중간	부상 설비의 중대손실	열차운행관리
1	낮음	사소한 손실	여객정보
0	무관	손상없음	철도운영

실이다. 특히 인명의 손실과 관련하여 철도신호설비의 SIL에서 고려해야 할 사항은 다음의 표와 같다.

철도신호설비는 위 표에서 언급한 사항 및 철도사고내역을 바탕으로 다음의 각 호와 같은 철도사고를 유발하는 위험원을 확인·평가하여야 하며, 안전성목표를 달성하고 유지하기 위해서 위험원을 제어하여야 한다.

- 열차충돌사고
  : 여객열차의 충돌사고
  : 화물열차의 충돌사고
  : 열차와 선로의 지장물과의 충돌사고
  : 열차와 차막이와의 충돌사고
- 열차탈선사고
  : 여객열차의 탈선사고
  : 화물열차의 탈선사고
- 건널목 사고
  : 건널목에서 여객열차와 도로교통차량과의 충돌사고
  : 건널목에서 열차와 도로교통차량과의 충돌사고
- 인명사상사고
  : 승객의 사상사고
  : 열차운전자 및 열차승무원의 사상사고

: 현장 작업자의 사상사고

: 보행자의 사상사고

: 일반인의 사상사고

- 화재 및 폭발사고

: 여객열차에서의 화재

: 열차에서의 화재

: 선로변 및 역사의 화재

: 화물열차의 폭발사고

: 선로변의 폭발사고

- 전기 및 전자파

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “신뢰성과 안전성”
- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

12) 열차충·추돌사고관련 위험원

철도신호설비는 열차충·추돌사고가 발생하지 않도록 열차 또는 차량을 안전하게 보호하여야 하며, 최소한 다음 각 호와 관련된 위험원을 관리하여야 한다.

1. 신호기와 관련한 오류
2. 열차상태정보와 관련한 오류
3. 열차운전자 또는 운전취급자와 관련한 오류
4. 철도신호설비가 설치된 선로의 환경조건 등에 의한 신호설비 오류
5. 열차속도제어와 관련한 오류
6. 철도신호설비를 구성하는 장치의 고장

[해설]

여객열차 및 화물열차의 충돌사고는 다음 각 호와 같이 분류한다.

- 신호기로 관리되는 지역에서 발생되는 여객열차의 충돌사고

- 역구내에서 발생되는 여객열차간 충돌사고
- 신호기로 관리되는 지역에서 발생되는 화물열차의 충돌사고
- 열차와 선로장애물과 충돌하는 사고이지만, 열차탈선사고로 확대되지 않음.

위와 같은 열차충돌사고를 초래하고 있는 위험원은 다음의 각 호와 같이 분석되고 있으며, 철도신호설비관리자와 철도신호설비공급자는 철도신호설비가 제어할 위험원을 선정하고, 관리하여야 한다. 또한, 철도신호설비가 관리할 수 없는 위험원 또는 관리할 필요가 없는 위험원에 대해서는 객관적인 판단자료를 작성하고, 철도운영환경의 변화가 위험원에 미치는 영향을 주기적으로 관리한다.

- 열차운전자의 신호기 식별오류(전방신호기 오독, 다른 신호기의 정보를 사용)
- 열차운전자의 신호기현시정보에 대한 조치오류
- 열차운전자의 판단오류(열차환경조건, 열차상태)
- 열차운전자가 미리 예상하고 조기 취급에 따른 오류(신호해정)
- 열차운전자와 신호원에 제공되는 정보오류(잘못된 정보, 애매한 정보, 정보판단오류, 정보전송오류)
- 열차운전자의 지침과 규정 무시
- 신호원의 취급오류
- 열차의 추진장치 또는 제동장치의 오류
- 열차운전자의 열차진행방향 설정의 오류
- 열차의 과속도 주행
- 열차의 제동장치 또는 차상제어장치의 오류
- 철도신호설비가 설치된 선로의 환경조건에 등에 의한 신호설비 오류

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

13) 열차와 지장물간 충돌사고관련 위험원

철도신호설비는 지장물에 의한 열차충돌사고가 발생하지 않도록 열차 또는 차량을 안전하게 보호하여야 하며, 최소한 다음 각 호와 관련된 위험원을 관리하여야 한다.

1. 지장물이 승강장에서 선로로 낙하
2. 철도관련 구조물 또는 기타 시설물에서 탈락한 지장물이 열차주행선로로 낙하
3. 열차에서 탈락한 차량구성품이 열차주행로로 낙하
4. 절개지 붕괴 또는 산사태로 발생된 토석의 열차주행로 차단
5. 유지보수차량

[해설]

열차와 선로에 있는 지장물과의 충돌사고를 유발하는 위험원은 다음의 각 호와 같이 분석되고 있으며, 철도신호설비관리자와 철도신호설비공급자는 철도신호설비가 제어할 위험원을 선정하고, 관리하여야 한다. 또한, 철도신호설비가 관리할 수 없는 위험원 또는 관리할 필요가 없는 위험원에 대해서는 객관적인 판단자료를 작성하고, 철도운영환경의 변화가 위험원에 미치는 영향을 주기적으로 관리한다.

- 지장물이 승강자에서 선로로 낙하하여 진입중인 열차와 충돌
- 철도시설물의 구조적인 결함 또는 파손으로 인하여 선로로 낙하한 장애물과 주행중인 열차와 충돌
- 열차의 차량구성품이 선로로 탈락하여 주행중인 열차와 충돌
- 열차주행로 위에 시설되어 있는 고가에서 낙하한 장애물 또는 파편과 주행중인 열차와 충돌
- 열차주행선로에 정차 또는 주행중인 유지보수차량과 주행중인 열차와 충돌
- 선로주변에 주·정차한 도시교통차량과 주행중인 열차와 충돌

[적용범위]

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

14) 열차와 차막이 충돌사고관련 위험원

철도신호설비는 종단선로가 있는 역 또는 차량기지에서의 열차-차막이 충돌사고가 발생하지 않도록 열차 또는 차량을 안전하게 보호하여야 하며, 최소한 다음 각 호와 관련된 위험원을 관리하여야 한다.

1. 열차속도제어와 관련한 오류
2. 열차운전자와 관련한 오류
3. 열차제어장치의 고장

[해설]

열차와 선로종단에 있는 차막이와의 충돌사고를 유발하는 위험원은 다음의 각 호와 같이 분석되고 있으며, 철도신호설비관리자와 철도신호설비공급자는 철도신호설비가 제어할 위험원을 선정하고, 관리하여야 한다. 또한, 철도신호설비가 관리할 수 없는 위험원 또는 관리할 필요가 없는 위험원에 대해서는 객관적인 판단자료를 작성하고, 철도운영환경의 변화가 위험원에 미치는 영향을 주기적으로 관리한다.

- 열차운전자의 제동인가 실패로 차막이와 후진중인 열차와 충돌
- 열차운전자의 집중력 상실로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차운전자의 점착력 부족조건에 대한 조절실패로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차편성을 분리하거나 열차편성을 조성하는 동안 열차운전자의 오류로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차를 추진하는 과정에서 열차운전자의 오류로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차운전자의 열차진행방향 설정오류로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차운전자의 제동취급오류로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차운전자의 경험부족으로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차운전자와 현장취급자간의 통신장애로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차의 과속주행으로 인하여 차막이와 열차와 충돌
- 열차에 설치되어 있는 제어장치의 장애로 인하여 차막이와 열차와 충돌

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

15) 열차탈선사고관련 위험원

철도신호설비는 열차탈선사고가 발생하지 않도록 열차 또는 차량을 보호하여야 하며, 최소한 다음 각 호와 관련된 위험원을 관리하여야 한다.

1. 운전취급자, 건널목관리자, 현장작업자 및 입환작업자와 관련한 오류
2. 선로전환기와 관련한 오류
3. 열차과속과 관련한 오류
4. 열차충돌사고에 의한 열차탈선
5. 철도교량, 궤도 등의 뒤틀림
6. 폭염, 폭우, 폭설, 강풍 및 지진

[해설]

주행중인 열차의 탈선사고를 유발하는 위험원은 다음의 각 호와 같이 분석되고 있으며, 철도신호설비관리자와 철도신호설비공급자는 철도신호설비가 제어할 위험원을 선정하고, 관리하여야 한다. 또한, 철도신호설비가 관리할 수 없는 위험원 또는 관리할 필요가 없는 위험원에 대해서는 객관적인 판단자료를 작성하고, 철도운영환경의 변화가 위험원에 미치는 영향을 주기적으로 관리한다.

- 신호원, 현장작업자 및 입환작업자의 오류로 인한 열차탈선
- 선로선환기의 오진로 전환과 선로전환기 전환상태 검지오류로 인한 열차탈선
- 선로전환기 구성품의 장애로 선로전환기가 동작을 하여 열차탈선
- 접근쇄정, 보류쇄정 및 시간쇄정과 같은 완충쇄정의 오류로 인한 열차탈선
- 열차의 과속도 주행으로 인한 열차탈선
- 터널에 있는 장애물 또는 파편과 진입하는 열차와의 충돌로 인한 열차탈선
- 폭설 및 혹한으로 눈과 어름으로 덮혀있는 지역으로 열차가 진입하여 열차탈선
- 탈선한 유지보수차량 또는 보수설비와 진입하는 열차와의 충돌로 인한 열차탈선

- 차량기지 또는 대피선로에서 탈선되어 있는 열차와 진입하는 열차와의 충돌로 인한 열차탈선
- 열차선로변 근처에 있는 건축물 또는 시설물의 장애물과 열차와의 충돌로 인한 열차탈선
- 선로전환기와 크로싱의 결함으로 인한 열차탈선
- 선로전환기의 밀착결함으로 인한 열차탈선
- 선로전환기와 크로싱과 연쇄되어 있는 신호기의 장애로 인한 열차탈선
- 궤도절손에 의한 열차탈선
- 철도교량의 붕괴 또는 심각한 손상으로 인한 열차탈선
- 선로의 비틀림으로 인한 열차탈선
- 배수로 붕괴로 인한 열차탈선
- 지진으로 파손된 구조물로 인한 열차탈선
- 강풍에 의한 열차탈선

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

16) 열차와 건널목사고관련 위험원

①철도신호설비는 건널목을 통과하는 열차와 도로교통차량과의 충돌사고가 발생하지 않도록 열차를 보호하여야 하며, 최소한 다음 각 호와 관련된 위험원을 관리하여야 한다.

1. 열차운전자의 오류
2. 운전취급자 및 건널목 관리자의 오류
3. 건널목 안전설비의 오류

[해설]

건널목을 통과하는 열차와 건널목을 횡단하는 도로교통차량과의 충돌사고를 유발하는 위험원은 다음의 각 호와 같이 분석되고 있으며, 철도신호설비관리자와 철

도신호설비공급자는 철도신호설비가 제어할 위험원을 선정하고, 관리하여야 한다. 또한, 철도신호설비가 관리할 수 없는 위험원 또는 관리할 필요가 없는 위험원에 대해서는 객관적인 판단자료를 작성하고, 철도운영환경의 변화가 위험원에 미치는 영향을 주기적으로 관리한다.

- 도로교통차량운전자의 오류로 인한 열차충돌
- 도로교통차량운전자의 의도적인 행위로 인한 열차충돌
- 신호원 및 건널목관리자의 오류로 인한 열차충돌
- 열차운전자의 오류로 인한 열차충돌
- 도로교통차량고장으로 건널목에 정차하여 열차충돌
- 열차의 과속주행으로 인한 열차충돌
- 건널목으로 접근하는 열차검지오류로 인한 열차충돌
- 건널목설비인 차단기 및 신호기의 오류로 인한 열차충돌

[적용범위]일반철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

17) 인명사상사고 관련 위험원

①철도신호설비의 차상신호설비는 주행중인 열차의 출입문개방으로 승객이 추락하는 사고가 발생하지 않도록 출입문을 감시 또는 제어하여야 한다.

②철도신호설비는 현장작업자가 선로에서 작업을 하는 과정에서 작업구간으로 진입하는 열차와 충돌하지 않도록 작업구간을 보호하여야 한다.

③철도신호설비를 관계자 이외의 자가 임의로 취급할 수 없도록 보호설비를 설치하여야 한다.

[해설]

열차를 운행하는 과정에서 발생되는 인명사상의 대상은 다음의 각 호와 같이 분류한다.

- 열차승객
- 열차승무원
- 현장 작업자
- 무단 침입자 및 무단 보행자
- 기타 일반인

열차운행과정에서 위 대상자에게 인명사상을 유발하는 위험원은 다음의 각 호와 같이 분석되고 있으며, 철도신호설비관리자와 철도신호설비공급자는 철도신호설비가 제어할 위험원을 선정하고, 관리하여야 한다. 또한, 철도신호설비가 관리할 수 없는 위험원 또는 관리할 필요가 없는 위험원에 대해서는 객관적인 판단자료를 작성하고, 철도운영환경의 변화가 위험원에 미치는 영향을 주기적으로 관리한다.

- 열차출입문의 오류로 인하여 승객이 열차에서 추락
- 열차승객이 대기중인 승강장에서 선로로 추락하여 진입중인 열차와 충돌
- 열차승객이 승·하차하는 동안에 열차가 움직여서, 열차승객이 추락하거나 상해를 입음
- 열차승객이 역사의 선로에 설치되어 있는 행단통로를 건너가는 도중 열차와 충돌
- 열차승객이 역사 내 고가교를 건너가는 도중 선로로 추락
- 열차승무원과 열차와 충돌
- 열차승무원이 주행중인 열차에서 추락
- 건널목설비인 차단기 및 신호기의 오류로 인한 열차충돌
- 현장작업자와 열차의 충돌
- 선로로 무단침입한 자와 열차의 충돌
- 선로변을 걷던 일반인과 열차의 충돌
- 일반인이 미끄러져 선로로 추락함.

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

18) 화재 및 폭발사고관련 위험원

철도신호설비의 전기회로에 의한 과열, 누전 또는 아크로 인하여 발화원 또는 폭발사고원이 되지 않도록 보호하여야 한다.

[해설]

철도운영과정에 발생되는 화재 및 폭발은 다음의 각호와 같으며, 철도신호설비의 과열, 누전 및 아크로 인하여 화재 및 폭발이 발생하지 않도록 철도신호설비의 설계 및 개발단계에서 고려되어야 한다.

- 제어장치의 화재로 인한 열차화재
- 역사내 선로변에서의 화재
- 역사를 제외한 선로변에서의 화재
- 화물열차에서의 폭발

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety, "Profile of safety risk on the UK mainline railway issue 3, 2003"

19) 전기 및 전자파

①철도신호설비의 가용성을 높이기 위하여 무정전전원공급장치 또는 예비용의 전력공급장치를 확보하여야 한다.

②철도신호설비는 전기감전사고, 이상 시 전위상승에 의한 신호제어설비의 훼손을 방지하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

③철도신호설비는 전력설비 및 열차의 추진제어장치의 유도전압 및 전자파로 인한 장애가 발생하지 않도록 하여야 한다.

[해설]

철도신호설비는 정전시에 3시간 이상 운용할 수 있도록 무정전전원공급장치를 구축하여 안정적인 전원공급을 확보하여야 하며, 다음의 각 호와 같이 철도신호설

비를 운용함에 있어 전기적인 안전사고와 전자파간섭에 의한 오동작 등이 발생하지 않도록 철도신호설비의 설계 및 개발과정에서 고려되어야 한다.

- 전기가 통하거나 잠재적으로 통할 수 있는 표면이나 연결기는 직접 접근하거나 우연하게 접촉할 수 없도록 보호되어야 한다.
- 인명안전에 필요한 전기장치의 분리 및 접지방법이 마련되어야 한다.
- 신호제어설비가 설치된 개소에는 이상시 전위상승, 고전압 침입에 의한 감전 및 설비보호에 유효한 접지를 하여야 한다.
- 철도신호설비는 전력설비 및 열차의 추진제어장치의 유도전압 및 전자파로 인한 장애가 발생하지 않도록 제어되어야 한다. 이러한 전자파를 완전히 제거할 수 없는 곳에는 고장정도를 감지할 수 있는 장치가 마련되어 적절한 범위내에 위험이 통제될 수 있어야 한다.

[적용범위]

- 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “유도대책 및 접지설비획”
- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance

(라) 철도신호설비 구성품의 임무, 설치 및 취급

20) 철도교통관제센터

① 관제요원이 철도를 안전하고 효율적으로 운영할 수 있도록 철도교통관제센터의 설비를 설치하여야 한다.

② 철도교통관제센터의 위치 및 설계는 전용건물 내에 위치하며, 인접 지역의 사고로 인한 비상대피의 가능성을 최소화 하며, 부득이 대피를 해야 하는 경우 안전한 열차운행을 유지할 수 있도록 예비시설을 구축해야 한다.

③철도안전에 중요한 경보시설과 다른 경보·감시설비와 명확히 구분하여 관제요원이 잘못된 판단을 일으키지 않도록 해야 한다.

④열차의 전력차단구간(또는 사구간) 진입 또는 정차를 방지하여 열차의 안전운행을 보장하기 위해서 철도교통관제센터는 전력공급설비와 필요한 정보를 송수신할 수 있어야 한다.

[해설]

철도교통관제센터는 관제요원이 열차운행상황을 집중 감시하여 열차운전지령을 신속, 정확하게 처리하여 철도를 안전하고 효율적으로 운행할 수 있도록 지원하여야 하며, 다음의 각 호와 같은 설비를 갖추어야 한다.

- 조명, 환기, 냉·난방 및 출입통제설비 등의 환경설비
- 신호제어설비를 제어할 수 있는 제어패널 및 워크스테이션 등의 운영설비
- 선로배치 및 관련 신호기의 감시상태를 확실·명확하면서 간결성을 지속하는 신호장도표
- 열차승무원, 선로설비 관리자 및 다른 제어센터간의 통신설비
- 철도사령업무를 수행하는데 필요한 폐쇄회로TV모니터와 같은 기타 설비

관제요원은 철도교통관제센터에서 열차위치를 직접 확인하면서 열차의 통과·대피를 직접 결정하므로 관제설비는 높은 보안등급으로 관리되어야 한다. 따라서 철도교통관제센터의 설치는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

- 철도교통관제센터는 출입통제설비를 구축한 전용건물 내에 위치함.
- 인접 지역의 사고로 인한 비상대피의 가능성을 최소로 함.
- 부득이 대피를 해야 하는 경우 최소한 다음의 사항을 반드시 고려하여 비상사태에서 철도의 제어를 유지함.

· 운전자와의 통신 유지

· 지연된 열차를 처리하기 위한 사고대처계획

- 제어지역의 범위와 중요성에 따라, 다음사항의 한 가지 이상을 포함하는 이중계설비를 구축함.

· 각 연동장치 지역에 대한 지역제어센터

· 관제설비에서 제어하는 영역중 일부에 대해 분리되어 설치되는 대기제어센터

· 관제설비에서 제어하는 전체 영역에 대해 별도로 분리되어 설치되는 대기제어센터

관제요원의 취급은 열차의 이동을 직접적으로 결정하는 것으로 잘못된 취급은 열차안전운행에 심각한 위험을 초래할 수 있다. 따라서 관제요원이 관제설비를 취급하는 과정에 오류가 발생하지 않도록 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

- 관제설비를 중복으로 설치한 경우, 충돌 또는 혼돈으로 인한 위험이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취해야 한다.
- 관제원의 취급으로 생성된 입력내용이 확실하게 등록된 것을 확인할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
- 철도안전에 중요한 경보시설과 다른 경보·감시설비와 명확히 구분하여 관제요원의 잘못된 판단을 일으키지 않도록 해야 한다.

철도교통관제센터에 설치되는 철도신호설비인 열차집중제어장치는 열차의 안전운행을 보장하기 위해서 전력공급설비와 필요한 정보를 송수신할 수 있어야 한다. 이를 통하여 열차가 전력차단구간(사구간)으로 진입하여 열차운행에 장애가 발생하지 않도록 해야 한다.

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “사령설비”
- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance
- Railway Safety and Standards Board, Railway Group Standard GK/RT 0025 "Signalling Control Centres"

21) 차상신호설비

①열차에 설치되는 차상신호설비는 열차 및 운전자간의 안전한 상호작용을 확보하기위한 적합성을 고려해야하며, 이를 위해서 검토해야 할 항목은 다음의 각 호와 같다.

1. 열차위치검지방법 및 성능
2. 상용제동을 포함한 여러 가지 제동성능
3. 데이터전송방법
4. 운전석의 신호정보표시 및 조작
5. 전자기영향
6. 승강장 스크린도어장치와의 연계 등

②차상신호설비는 열차운전자의 안전운전상태를 지속적으로 감시하여야 한다.

③차상신호설비는 실제의 작업내용을 지속적으로 저장할 수 있는 저장장치를 포함하고 있어야 하며, 사고발생 시 저장된 정보를 활용하여 사고원인을 정확히 확인할 수 있어야 한다.

[해설]

열차에 설치되는 차상신호설비를 설치하고 운용하기 위해서는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

- 열차에 설치된 신호설비 장치가 풀리거나 탈락해서 선로변에 있는 물체와 충돌하거나 열차가 탈선하는 사고가 발생하지 않도록 한다
- 보호함에 보관하지 못하고 노출되는 차상신호설비의 제어장치, 부속품 및 구조물 등은 환경조건의 넘는 상황에서도 견딜 수 있어야 하며, 변형 또는 파손 행위에도 견딜 수 있어야 한다.

열차에 설치되는 차상신호설비는 열차 및 운전자간의 안전한 상호작용을 확보하기위한 적합성을 확보하여야 하며, 다음의 각 호의 내용을 검토하여야 한다.

- 열차위치검지방법 및 성능
- 상용제동을 포함한 여러 가지 제동성능
- 데이터전송방법

- 운전석의 신호정보표시 및 조작
- 전자기영향 등

열차운전자가 열차를 안전하게 조작하고, 차상신호설비의 성능저하상태에서 필요한 조치를 취할 수 있도록 다음의 각 호를 고려하야여 한다.

- 열차운전자가 열차운전석에서 제어장치를 취급하는 것은 어떠한 작업환경에서도 효율적이고 효과적이어야 한다.
- 열차운전자는 어떠한 상황에서도 열차운전석에서 신호기를 명확히 볼 수 있어야 하며, 운전자가 야간 또는 좋지 않은 날씨에도 선로변 표지, 속도제한 신호, 경적표지 등을 확인할 수 있도록 전조등을 설치한다.
- 차상신호설비는 운전자안전장치를 적용하여 열차운전자의 안전운전상태를 지속적으로 감시하여야 하며, 다음의 각 호를 고려하여야 한다.
  - 이러한 장치는 오작동이 발생하지 않도록 해야 한다.
  - 운전자안전장치의 개방하거나 열차운전자가 감시장치의 요청에 응답을 하지 않는 경우에는 비상제동을 인가한다.
  - 운전자안전장치에 고장이 발생하는 경우, 비상제동을 인가하거나 상용제동의 해제를 억제하거나 추진장치의 견인력을 제한해야 한다.

차상신호설비는 실제의 작업내용을 지속적으로 저장할 수 있는 저장장치를 포함하고 있어야 하며, 사고발생 시 저장된 정보를 활용하여 사고원인을 정확히 확인할 수 있어야 한다. 차상신호설비의 저장장치는 저장된 기록을 부정하게 조작할 수 없도록 봉인되어 있어야 하며, 다음 각 호와 같은 사항이 고려되어야 한다.

- 열차의 속도
- 열차이동방향
- 열차의 위치
- 제동인가 지점 및 제동장치의 반응
- 차상신호설비의 작업내용
- 운전자안전장치 작동

특히, 저장된 데이터에는 시간을 기록하고 있어야 하며, 저장된 데이터는 별도의 장치에 영구적으로 보관되어야 한다.

차상신호설비와 연계되는 각종 제어장치 또는 감시장치를 차상에 설치하는 경우, 제어장치 또는 감시장치는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

- 열차제어장치 또는 열차감시장치의 설치 또는 작동으로 인하여 운전자 및 승객의 안전에 영향을 주어서는 않된다.
- 열차안전과 관련되어 장치를 제어하는 제어장치의 위치나 상태를 명확히 표시해야 하며, 필요시 운전석 내에 위치해야 한다.
- 열차운전자는 열차속도, 제동장치의 무결성, 추진제어장치의 무결성, 외부출입문의 위치 및 설치 등의 내용을 확인할 수 있어야 한다.
- 운전자가 반대편 운전대에서 조작할 수 있는 위험도 최소화되어야 한다.

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance
- Railway Safety and Standards Board, Railway Group Standard GE/RT 8026 "Safety Requirements for Cab Signalling Systems"

22) 신호기

①신호기는 열차운전자 및 관계자에게 신호기전방의 열차점유상태, 열차의 진행 가능한 속도정보, 선로변 작업자의 이동가능여부 등의 정보를 현시하여야 한다.
②열차운전자가 신호기를 충분히 식별하는데 필요한 시간을 확보할 수 있는 위치와 높이에 신호기를 설치하여야 한다.
③지상신호기 또는 차상신호기는 정보를 송·수신함에 있어 착오의 우려가 없고 명확해야 한다.

[해설]

신호기는 기계 또는 전기 장치로써 열차운전자 및 관계자에게 선로의 전방상태, 열차의 진행 가능한 속도정보, 선로변 작업자의 이동가능여부 등의 정보를 현시하여야 한다. 신호기를 현시하는 방법과 설치하는 방법이 다양하므로 다음의 각 호를

고려한다.

- 기계식 신호기
- 색등식 신호기
- 등열식 신호기
- 완목 신호기
- 차상 신호기
- 표지

신호기를 설치할 위치를 결정하고 배치하기 위해서는 다음 각 호의 사항을 고려하여야 한다.

- 전방의 신호기로 접근하는 열차의 운전자는 신호기에서 현시되는 정보를 확인하고, 관찰하고 해석할 수 있는 충분한 시간을 확보하여야 한다. 신호기 식별에 소요되는 시간은 다음의 각호와 같다.
  - ·신호기를 확인하는데 소요되는 시간
  - ·신호기에서 현시하는 정보를 해석하는데 소요되는 시간
  - ·타 임무의 수행으로 인하여 신호기 식별이 곤란한 경우
  - ·기타 요인이 열차속도제어에 영향을 주는 경우
- 신호기 최소식별시간 안에서, 운전자가 신호를 무시하거나 오판하여 용납할 수 없는 위험을 일으키지 않도록 하기위해서, 운전자에게 충분한 시야를 제공하여야 한다.
- 설정한 신호기 식별시간과 허용 가능한 열차속도를 이용하여 신호기위치를 설정하여야 한다. 신호기로 접근하는 열차의 최고속도가 허용 가능한 속도보다 낮은 경우 열차의 최고속도값을 이용하여 신호기위치를 결정한다.
- 신호기를 선로변에 설치함에 있어 기반시설구조물과의 접촉한계, 작업자의 안전을 고려한 접촉한계, 전기시설물과의 접촉한계를 고려하여야 한다.

신호기가 열차운전자 및 관계자에게 모호함이 없고 명확한 정보를 현시하기 위해서는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

- ·동일한 선로구간에 형식이 다른 신호기를 같이 설치할 수 없다.
- ·지상신호기를 다른 형식의 신호기로 교체하거나 차상신호기의 동작이 시작되거나 종료되는 구간의 경우, 열차운전자 또는 관계자의 혼란을 방지하기 위한 방안을 마련하여야 한다.

・운전자에게 현시되는 신호기의 정보량을 적절하게 조절해야 한다.

[적용범위]일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도신호지침
- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance
- Railway Safety and Standards Board, Railway Group Standard GE/RT 8037 "Signal Positioning and Visibility"

23) 열차위치검지장치

①열차위치검지장치는 높은 신뢰도와 무결성을 확보하여 열차안전운전간격확보와 철도신호설비의 정확한 운용을 보장하여야 하며, 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

1. 정확한 열차위치정보와 열차이동정보 제공(이동폐색을 적용하는 경우, 실시간성이 보장되어야 함.)
2. 열차 또는 차량의 형식에 맞추어 정확하게 작용하는 가에 대한 분석
3. 전철전력설비의 형식에 맞추어 정확하게 작용하는 가에 대한 분석
4. 선로 또는 궤도 형식에 맞추어 정확하게 작용하는 가에 대한 분석
5. 열차위치정보와 열차이동정보를 건널목제어설비, 경보시스템 또는 열차운행과 관련한 각종 설비로 제공할 수 있는지에 대한 분석

②열차와 열차사이의 안전간격은 열차의 최대허용속도상태에서 정격제동성능에 의한 제동거리와 안전여유거리의 합으로 결정되며, 자동폐색방식, 연동폐색방식 및 이동폐색방식을 적용한다.

③이동폐색방식에서 열차간 안전간격을 확보하기 위해서는 안전제동모델을 사용하여야 한다.

[해설]

철도신호설비에서 사용하는 열차검지장치는 다음 각 호와 같은 내용을 만족하여야 한다.

- 신호제어설비는 안전한 철도운영을 위해서 열차위치와 이동에 대한 최신의 정

확한 정보(실시간 정보)를 사용하여야 한다.

- 열차위치와 이동 정보는 건널목통제, 경보시스템 또는 열차운행과 관련한 각종 설비에 제공된다.
- 철도의 안전운행을 확보하기 위해서 신호취급자 또는 관련자는 반드시 열차위치를 인지하고 있어야 한다.

철도신호설비에서 사용할 수 있는 열차검지장치는 다음의 각 호와 같다.

- 제한된 선로구간(일정한 길이로 분할된)을 열차가 점유하고 있는지를 검지하는 장치는 궤도회로 및 차축계수가 대표적인 예이다.
- 특정 위치를 열차(또는 열차의 앞이나 뒤쪽)가 주행하고 있는지 또는 통과했는지를 검지하는 장치는 차륜검지기 및 지상자 등이 대표적인 예이다.
- 제한된 선로구간 또는 특정 위치를 구분하지 않고, 주행선로를 주행 또는 정차하고 있는 열차위치 및 이동을 실시간으로 검지하는 장치는 유도루프방식, 패턴벨트방식 및 무선통신방식 등이 대표적인 예이다.

철도신호설비에서 위와 같은 열차검지장치를 선정함에 다음의 각 호에 대해서 검토하여야 한다.

- 열차(또는 차량)의 형식에 맞추어 정확하게 작용하는 가에 대한 분석
  - ·열차속도제어는 모든 열차를 열차검지장치가 정확하게 검지하고 있다는 것이 보증되어야 하므로 열차에 적합한 열차검지장치를 선정하여 선로 상(또는 열차)에 설치하여야 한다.
  - ·설정된 열차진로로 열차가 주행하는 것을 승인하는 것은 열차를 정확하게 검지할 수 있는 열차검지장치를 선정했음을 보증하여야 한다.
- 열차위치검지장치의 높은 신뢰도와 무결성 확보를 위해서 다음의 각 호를 고려하여야 하며, 주변 환경 또는 철도운영의 변화가 예상되는 경우 이것이 열차위치검지장치의 신뢰성과 무결성에 영향을 주는지 확인해야 한다.
  - ·열차위치검지정보에 오류가 존재할 가능성
  - ·열차위치검지장치의 오작동에 따른 신호설비의 대비
  - ·열차위치검지장치의 정확한 작동을 지원하는 지상 또는 차상장치의 설치
- 열차검지장치로 인한 위험을 최소화하기 위해서 열차검지장치는 다음 각 호에 의한 불안정 상태가 발생하면 경고할 수 있어야 하며, 철도신호설비는 열차검지장치의 장애를 고려한 대책을 마련하여야 한다.

· 열차검지장치 고장(장애)

· 연동장치 또는 다른 시스템에 열차검지정보를 전송하기 위한 통신방법

· 전원장치

- 열차검지정보를 전송하기 위한 열차검지장치와 다른 시스템과의 열차검지정보에 대한 통신방식은 열차검지정보의 사용목적에 적합해야 하며, 다음의 각 호를 고려하야야 한다.

· 열차검지정보를 사용하는 신호시스템 및 취급자의 요구내용

· 열차검지를 필요로 하는 선로구간의 길이

· 열차위치정보의 세부사항과 정확도 수준

· 열차의 주행방향과 속도정보의 필요성

· 경보시스템을 작동시키는 건널목과 열차의 제어에 필요한 사항

- 열차검지장치는 선로를 주행하는 열차의 동력차량에 적합해야 하며, 검토해야 할 사항은 다음의 각 호와 같다.

· 축간거리

· 대차길이

· 차륜형식(또는 형상)

· 차륜-레일간의 점착

- 열차검지장치는 다음의 각 호와 같은 환경조건을 고려하여야 하며, 지상에 설치되는 열차검지장치(선로변과 선로상)는 어떠한 조정 없이도 정확한 운용능력을 갖춰야 한다.

· 기후조건(온도, 습도, 강우, 낙뢰 등)

· 습도환경의 변화에 따른 선로(자갈도상)상태의 변화

· 차륜의 진동과 충격

· 대기오염

· 레일과 차륜 표면의 오염

· 전력공급시스템 및 추진시스템 등

- 액슬카운터와 같이 메모리를 사용하는 열차위치검지장치는 유지보수 또는 기타 고장(또는 파손) 이후에도 사용할 수 있도록 안전한 방법을 적용해야 한다.

- 제동마찰물질은 열차위치검지에 악영향을 발생하지 않도록 축이나 레일을 오염시켜서는 안되며, 모래를 살포하는 경우 열차위치검지에 미치는 영향을 충

분히 고려되어야 한다.

열차와 열차사이의 안전간격은 열차의 최대허용속도상태에서 정격제동성능에 의한 제동거리와 안전여유거리의 합으로 결정되며, 고정폐색방식과 이동폐색방식이 있다. 고정폐색방식에서 열차간 안전간격을 확보하기 위해서 다음의 각 호를 고려하여야 한다.

- 선행열차와 후속열차 사이에 점유할 수 없는 폐색을 한 개 이상 유지함.
- 폐색의 끝에 오버랩을 설정. 이를 위해서는 다음의 각 호를 고려하여야 한다.
  - 열차의 주행빈도
  - 선로를 사용하는 열차의 제동성능
  - 선로의 선형상태
  - 열차 및 선로의 허용 속도
  - 열차 주행 시 철도신호설비의 감시정도
  - 장비나 작업에서의 변동 정도
- 오버랩을 설정할 수 없는 경우, 폐색구역으로의 진입속도를 조절함.

또한, 이동폐색에서 열차간 안전간격을 확보하기 위해서는 열차이동권한설정, 열차속도프로파일작성 및 안전제동모델을 적용하여야 한다.

- 열차이동권한의 설정은 다음의 각 호와 같이 매우 제한적으로 설정하여야 한다.
  - 선행열차의 후미(열차의 순간적인 정차 등 최악의 상태를 고려함.)
  - 선로종단
  - 진로설정과 쇄정이 확인되지 않은 연동영역으로 진입점
  - 두 개의 선로가 만나는 분기구간에서 차량의 접촉을 방호하는 경계
  - 열차운행방향이 상호 반대가 되는 선로구간의 경계
  - 차단된 선로의 경계
  - 열차의 이동이 안전하지 않은 것으로 확인된 진로의 입구 등.
- 고정데이터(열차정보, 선로정보) 및 속도제한요소를 토대로 한 정적속도프로파일을 작성해야 하며, 다음의 각 호의 속도제한요소를 검토하여야 한다.
  - 선로구간에 대한 상시적인 제한속도
  - 선로구간에 대한 임시적인 제한속도
  - 특정열차편성(구성)에 대한 상시적인 제한속도
  - 열차에 설치된 장치장애로 인해서 해당 열차에 한해서 설정되는 속도한계

· 열차에 인가되는 최대속도

- 정적속도프로파일을 토대로 선정된 구간별 열차제한속도와 가변데이터를 토대로 동적속도프로파일(제동곡선) 작성해야 하며, 다음 각 호의 제한 사항을 고려하여야 한다.
  · 안전제동모델을 적용하여 프로파일을 작성하며, 어떠한 상황에서도 열차이동권한을 초과해서는 안된다.
  · 속도프로파일의 감시 및 실행(열차과속방지 및 제동보장)
- 안전제동모델은 최소한 다음 각 호의 사항을 고려하여야 한다.
  · 선행열차위치의 부정확성(구름허용가능성 포함)
  · 후속열차위치의 부정확성
  · 열차길이
  · 열차편성(구성)
  · 철도신호설비에서 허용할 수 있는 과속도
  · 철도신호설비가 측정한 열차속도값이 갖는 오류의 최대치
  · 철도신호설비의 반응시간
  · 열차의 최대가속도(열차제어시스템이 과속조건에서 검지할 때)
  · 철도신호설비에서 과속상태를 확인한 후 추진장치를 차단하고 비상제동을 인가하는데 소요되는 시간이 가장 긴 경우
  · 보장할 수 있는 비상제동율
  · 선로구배

[적용범위]

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance
- Railway Safety and Standards Board, Railway Group Standard GK/GN 0611 "Train Detection"
- IEEE Std 1474.1-2004, "Communications Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements"

24) 열차이동

①임시작업을 허용하지 않은 상태인 경우, 철도신호설비는 폐색지역이 정리될 때까지 열차의 진입을 차단하여야 한다.

②한 편성 이상의 열차가 같은 폐색구간으로의 진입을 허용할 수 있는 작업은 다음 각 호로 제한하며, 이 경우 차상신호설비를 차단한다.

1. 역 내 승강장에 진입해 열차를 연결 또는 분리하는 경우
2. 기관차를 변경하는 경우
3. 화물열차 전용선로에서 저속의 육안운전이 가능한 경우
4. 충분한 안전조치를 취하여 기타 작업을 수행하는 것이 가능한 경우

[해설]

[적용범위]

- 일반철도, 고속철도, 도시철도

[참고기준/근거 등]

- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance

25) 연동설비

①선로전환기를 설치하는 경우, 한쪽 선로에 있는 열차와 다른 한쪽 선로에 있는 열차가 분기구간에서 충돌하지 않도록 충분한 여유를 확보하여야 한다.

②연동장치는 선로전환기가 정확한 방향으로 확실하게 밀착된 것을 확인하여야 하고, 열차의 진로방향에 맞추어 선로전환기의 쇄정을 설정하여야 한다.

③연동장치는 열차검지 및 쇄정조건(열차가 진로를 완전히 통과한 것을 확인)을 만족하지 않는 경우, 진로를 해정해서는 안된다.

④연동장치는 열차검지장치의 일시적인 고장으로 인하여 열차진로쇄정 또는 선로전환기 쇄정이 해제되어 열차진로충돌 또는 열차진로의 조기 해정이 일어나지 않도록 하여야 한다.

⑤연동장치는 열차가 이선으로 진입하여 열차운행장애가 발생하지 않도록 열차번호를 확인하여야 한다.

[해설]

역구내, 차량기지 등 진로분기지역에 선로전환기와 연동장치를 설치하는 경우, 다음 각 호를 고려하여야 한다.

- 한쪽 선로에 있는 열차와 다른 한쪽 선로에 있는 열차가 분기구간에서 충돌하지 않도록 충분한 여유를 확보하여야 한다.
- 연동장치도 선로전환기가 설치되어 있는 구간에서 서로 다른 선로에 있는 열차가 서로 충돌하는 사고가 발생하지 않도록 해야 한다.
- 분기구간에 설치되는 선로전환기 및 작동부분은 정확한 위치에 배치되어 설치되어야 하며, 잠금장치(쇄정장치)도 정확한 위치에 설치되어 한다.
- 신호기와 선로전환기가 있는 역에는 연동장치를 설치하여야 하며, 연동장치는 선로전환기가 설치되어 있는 구간(폐색)을 열차가 점유하고 있는지를 자동으로 또는 다른 방법으로 확인할 수 있어야 한다.
- 연동장치는 switch blade가 정확한 위치에 확실하게 밀착되고, 열차의 이동방향과 맞추어 선로전환기의 쇄정을 설정하여야 한다. 특별한 승인을 하지 않은 경우, 선로전환기는 정위쇄정과 반위쇄정을 갖추어야 한다.

연동장치는 역구내, 차량기지에 설치되어 있는 선로전환기, 신호기를 제어하는

과정에 열차충돌 또는 열차탈선사고가 발생하지 않도록 다음 각 호와 같은 기능을 수행하여야 한다.

- 연동장치는 선로전환기가 설치된 폐색을 열차가 점유하고 있는 경우, 선로전환기의 동작을 금지하여 열차의 탈선사고를 방지해야 한다.
- 연동장치는 열차검지 및 쇄정조건(열차가 진로를 완전히 통과한 것을 확인)을 만족하지 않는 경우, 진로를 해정해서는 안된다. 이를 위해서 열차검지장치에서 점유와 비점유관계를 분명하게 처리하거나 적절한 시간동안 해정시간을 지연시키도록 한다.
- 연동장치는 임시작업을 허가하지 않는 한, 열차가 이미 점유하고 폐색구간으로 다른 열차가 진입하는 것을 금지하여야 한다.
- 연동장치는 중복구간이 비점유상태라는 것이 확인되기 전에는 열차가 진입하지 못하도록 하여야 한다.
- 연동장치는 선정된 선로에 대한 진입허가가 취소된 열차가 해당 선로로 진입할 수 없도록 다음의 각 호와 같이 조치하여야 하고 열차가 해당 선로에 진입하지 않고 정지했다는 것을 확실히 해야 한다.

· 선정된 선로의 신호기에 정지표시를 하여 열차의 진입(또는 반대편 진입)을 막음.

· 신호기의 정지신호를 열차가 통과했을 때는 선정된 선로의 신호를 정지신호로 변경.

- 연동장치는 열차검지장치의 일시적인 고장으로 인한 열차진로쇄정 또는 선로전환기 쇄정이 해제되어 열차진로충돌 또는 열차진로의 조기 해정이 일어나지 않도록 해야 한다.
- 연동장치는 열차번호를 확인할 수 있는 장치와 연계하여 열차가 이선으로 진입하여 열차운행에 장애가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 열차운전자가 분기구간에 있는 신호기 및 표시장치를 정확히 확인할 수 있도록 하여, 열차가 이선으로 진입하는 열차운행장애가 발생하지 않도록 하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “연동장치”
- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance
- Railway Safety and Standards Board, Railway Group Standard GK/RT 0060 "Interlocking Principles"

26) 신호설비설치

①철도신호설비의 시설물이 주행중인 열차와 선로측면에 있는 작업자간에 안전간격확보를 방해해서는 안된다.

②선로구조물, 전철전력구조물 및 기타 구조물로 인하여 신호설비가 영향을 받지 않도록 충분한 여유간격을 갖도록 설치하여야 한다.

③케이블을 포함한 철도신호설비는 화재, 열차탈선 및 동물침입으로 인한 피해를 최소화하는 방향으로 설치하고 이로부터 보호되어야 한다.

[해설]

철도신호설비를 설치(공사)를 위해서는 타분야와의 인터페이스 계획을 수립하여 설치(공사)과정에서 합리적이면서 안전성을 확보하여야 한다. 또한, 철도신호설비 설치 후 발생할 수 있는 비상대피 및 응급조치를 고려해서 철도신호설비를 설치하여야 한다.

- 열차주행중 직원이 선로변 시설물을 접근하는 경우 시설물이 열차와 직원간에 안전한 간격을 확보하는 것을 방해해서는 안된다.
- 선로측면에 신호기를 설치하는 경우, 궤도와 구조물 사이의 여유간격은 열차에서 신호를 확인할 수 있어야 한다.

・구조물계획(건축한계 및 차량한계)을 검토하여 신호시설물 설치에 필요한 공간을 확보하여야 한다.

・선정된 철도신호설비에 맞는 신호관련실의 면적을 산출하여 제시하여야 한다.

- 선로구조물, 전력구조물 및 기타 구조물로 인하여 신호설비가 영향을 받지 않

도록 충분한 여유간격을 갖도록 설치하여야 한다.

・접착식 절연레일을 설치할 경우 설치위치를 제공하여야 한다.

・전차선 귀선전류에 필요한 임피던스본드 설치위치를 검토하여 반영하여야 한다.

- 열차승무원이 신호기, 연선전화기 등을 조작하는 경우, 적절한 발판을 마련하여 이를 사용하는 자의 안전을 확보해야 한다.

철도신호설비는 유・무선통신기술을 적용하여 철도신호설비의 임무를 안정적으로 수행하고 있다. 따라서 철도신호설비를 구성하는 각 장치간을 연결하는 통신선로에 대해서 다음 각 호와 같이 조치하여야 한다.

- 케이블을 선로변 통로의 홈에 매설하는 경우 이로 인하여 위험이 발생하지 않도록 설계를 해야 한다.
- ㅇ케이블을 포함한 모든 터널장치는 탈선한 열차로 인한 피해를 최소화하는 방향으로 배치되어야 한다.

[적용범위]

- 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 한국철도시설공단 철도설계편람(신호편) “건설계획”
- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance

27) 철도안전설비와의 연계

①철도신호설비는 철도시설 안전기준에 관한 규칙 제32조에 의하여 설치된 선로의 안전시설과의 연계를 통하여 지장물과의 충돌사고, 열차탈선사고 및 신호설비의 파손 등의 사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.

②철도신호설비는 역 승강장에서 승객이 선로로 추락 또는 진입하는 것을 감시하는 안전설비가 설치되어 있는 경우, 이 설비와의 연계를 통하여 인명사상사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.

[해설]

철도신호설비가 무인자동운전(Driverless Train Operation)을 지원하는 경우, 다음 각 호와 같은 기능을 수행하여야 한다.

- 안전한 열차진로제어를 보장
- 선행열차와 후속열차간 안전간격을 보장
- 열차의 안전속도 보장
- 열차의 가·감속도 제어
- 열차와 선로 지장물과의 충돌 방호
- 열차와 사람과의 충돌 방호

무인자동운전을 지원하는 철도신호설비의 경우, 주행중인 열차와 선로지장물 또는 승강장으로 추락한 사람과의 충돌을 방호하기 위해서는 선로의 지장물 검지정보 및 승강장의 승객 추락정보를 실시간으로 감시하는 것이 필요하다.

철도시설 안전기준에 관한 규칙에서는 철도시설관리자가 안전성분석 결과에 따라 다음과 같은 안전설비를 설치하여야 한다.

- 차축온도검지장치
- 지장물 검지장치
- 끌림검지장치
- 지진감시시스템
- 기상설비
- 융설(融雪)장치
- 열차접근확인장치

- 본선터널경보장치
- 레일온도검지장치

따라서 철도신호설비는 구축되어 있는 안전설비와의 연계체계를 구축하여 선로상태정보를 실시간으로 감시하고, 감시결과를 토대로 열차충돌 및 탈선사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.

[적용범위]

- 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

- 철도시설 안전기준에 관한 규칙
- Railway Safety and Standards Board, Railway safety principles and guidance
- IEC 62267/Ed.1 CDV, "Railway applications-Automated Urban guided transport(AUGT) Safety Requirements"

(마) 철도신호설비 유지관리

28) 교육・훈련

①철도신호시설관리자는 철도신호설비를 취급하는 자가 신호설비의 취급오류, 취급자간 통신오류, 현시정보에 대한 판단오류 등의 실수가 발생되지 않도록 충분한 교육과 훈련을 실시하여야 한다.

②또한, 해당 업무 수행에 필요한 지식과 기능을 보유한 것을 확인한 후 해당 업무를 수행하도록 하여야 하며, 지속적인 교육과 훈련을 실시하여야 한다.

[해설]

[적용범위]

[참고기준/근거 등]

29) 관리

①철도신호시설관리자는 철도신호설비를 정상기능 상태로 보전하여야 한다.

②철도신호시설관리자는 유지관리작업 시행 및 시행 후에 열차 또는 차량의 운행에 지장을 주지 않도록 하여야 하며, 어떠한 경우에도 취급을 금지하는 사항을 규정하고 관리하여야 한다.

③철도신호설비의 사용을 중지하는 경우, 필요한 사항을 규정하고 관리하여야 하며, 중지된 철도신호설비의 사용을 개시하는 경우, 작동에 이상이 없음을 확인하여야 한다.

④정상 및 비정상 상황에서 철도의 안전한 운영과 신속한 유지보수를 위해서 철도신호설비가 설치되어 있는 위치를 쉽게 확인할 수 있어야 한다.

⑤차량, 선로 및 수송시설의 재해, 기타 운전사고의 발생에 대비하여 적당한 장소에 응급복구에 필요한 기구 및 재료를 비치하여야 한다.

[해설]

[적용범위]

[참고기준/근거 등]

(바) 철도 신호관련 사고의 종류 및 원인

1. 열차충돌사고

<표 3-11-7> 열차충돌사고 원인

사고원인	여객열차의 충돌원인 설명 (역사이외의 장소)	화물열차의 충돌원인 설명 (역사이외의 장소)
오정보를 기관사, 신호원이 제공	분기점 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발	분기주행선 신호위반출발 일반주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로 입환장 입환승강장 신호위반출발 분기점
애매하거나 불완전한 정보를 기관사/신호원이 제공	분기점 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발	분기점 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 입환장 입환주행선 신호위반출발 입환승강장 신호위반출발 일반선로
정확한 정보가 제공되었지만 기관사/신호원이 오판	분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 분기점	분기점 분기주행선 신호위반출발 입환장 입환승강장 신호위반출발 일반주행선 신호위반출발
기관사/신호원이 정보를 미제공	분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발	분기주행선 신호위반출발 일반주행선 시호위반출발 일반선로 분기점 분기승강장 신호위반출발
기관사의 신호상태확인 실패	분기점 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로 일반주행선 신호위반출발 일반승강장 신호위반출발	분기점 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 입환장 입환승강장 신호위반출발 일반주행선 신호위반출발 일반선로 입환주행선 신호위반출발

기관사의 주의상태반응실패	분기점 일반선로 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발	분기점 분기승강장 신호위반출발 일반선로 입환장 분기주행선 신호위반출발 입환주행선 신호위반출발
기관사의 규정/지시 위반	분기점 분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로 일반주행선 신호위반출발	분기점 분기주행선 신호위반출발 입환장 입환승강장 신호위반출발 입환주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로
기관사의 신호기위치 확인 실패	분기점 분기주행선 신호위반출발 일반선로	분기점 입환장 분기주행선 신호위반출발 입환주행선 신호위반출발 입환승강장 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로
기관사의 신호안전상태 추측	분기점 일반선로	분기주행선 신호위반출발 분기점 입환장 입환주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로
기관사의 규정/지시 무시	분기주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발 일반선로 일반주행선 신호위반출발 분기점	분기점 입환장 입환주행선 신호위반출발 분기주행선 신호위반출발
기관사의 잘못된 신호기 주시로 인한 오판독	분기점 분기주행선 신호위반출발 일반선로 분기승강장 신호위반출발	분기점 분기승강장 신호위반출발 분기주행선 신호위반출발 입환주행선 신호위반출발 입환장 입환승강장 신호위반출발 일반선로 일반주행선 신호위반출발

기관사가 정확한 신호를 주시했지만 상태를 오판독	분기점 분기승강장 신호위반출발	분기주행선 신호위반출발 분기점 분기승강장 신호위반출발 입환주행선 신호위반출발 입환장 입환승강장 신호위반출발
기관사가 이전신호를 오판독	분기점	분기점
기관사의 환경조건 오판	분기점 일반선로 분기주행선 신호위반출발	분기점 일반선로 입환주행선 신호위반출발
기관사의 열차거동(특성)에 대한 오판	분기점 일반선 분기주행선 신호위반출발 일반주행선 신호위반출발	분기점 일반선로 입환주행선 신호위반출발 입환장 일반주행선 신호위반출발
신호원통신오류(다른직원/수신호원/신호원)	다른직원통신오류 -분기승강장 신호위반출발 -분기주행선 신호위반출발	
잘못된 선로변 신호기 고장	분기점 분기승강장 분기주행선	분기점 일반주행선 신호위반출발 분기승강장 신호위반출발

2. 지장물 충돌사고

<표 3-11-9> 열차지장물 충돌사고 원인

사고종류	사고원인
열차와 선로상 지장물과의 충돌사고	열차에서 탈락된 물체나 부품
	잘못방치된 유지보수용 차량
	승무원 실수로 인한 선로상의 폭염신호나 허용표지
	펜스/벽면을 돌파한 선로변 차량
	기타원인으로 인하여 펜스/벽면을 돌파한 선로변 차량
	교량을 통과한 선로변 차량
역구내(승인작업중) 여객열차간 충돌	기관사 제동오판/열차제어실패
	기관사의 부적절한 제동완해-뒤로 구름
	기관사의 경험부족

	기관사의 집중력 상실
	열차연결/분리 작업중 기관사 오류
완충차막장치와의 충돌	과속
	기관사의 경험부족
	기관사의 제동오판
	기관사의 집중력 상실
	열차일주
	열차제어장치 결함

3. 열차탈선

<표 3-11-10> 열차탈선사고 원인

사고원인	비고
터널내 레일파손	
레일파손	
분기기 고장	
강풍	
부정확한 분기기고정과 클립	
전철기고장으로 인한 화물열차의 탈선	
원인불명-분기기	
열차이동중 전철기이동(장비결함)	
다른 기관사/열차승무원의 오류-분기기	
과속	
잘못된 위치의 전철기와 이의 미검지	
철도교량붕괴	
선로변구조물의 이탈물로 주행	
전차선구조물의 이탈물로 주행	
방호벽의 이탈물로 주행	
터널내 이탈물로 주행	
궤도장비나 공사열차로 주행	
선로상에 떨어진 물체로 주행	
산사태지역으로 주행	
유지보수차량으로 주행	
열차이탈물로주행	
기지/측선에 탈선한 열차로 주행	

과선교에서 추락한 도로차량으로 주행	
경계펜스로 통과한 차량으로 주행	
과제동/급제동	
입환원의 오류	
신호원/건널목감시원의 오류	
분기기에서의 SPAD	
지진에 의한 구조물 붕괴	
궤도하부지반침하/산사태	
선로보수작업자의 오류	
분기기에서 잘못된 방향으로 신호기 고장	

4. 화재사고

<표 3-11-11> 열차화재사고 원인

사고원인	비고
과열/고장난 차축상자 화재	
제어장치화재	

5. 인명사상사고

<표 3-11-12> 인명사상사고 원인

사고	사고원인
승객추락	이동열차하차중
	이동열차승차중
승객충돌	승강장에서 진입하는 열차와 충돌
승객충격	역구내 교행선로 횡단중
승무원 충격	선로위에서 부주의
작업자충력	열차경로에서 대피하지 못함
	입환이동중
	인접운행선에 접근
	점유구역에서 운행선으로 접근
	선로변에서 운행선으로 접근

제12절 종합시험운행 시행지침 및 절차서(안)

	검증계획서 (Verification Plan)	**ID No :** IS - SR05 - SSR01 - 2006 작성일 : 2007. 03. 26 수정일 :

7. 프로젝트는 종합시험운행 절차서를 작성하여야 한다.

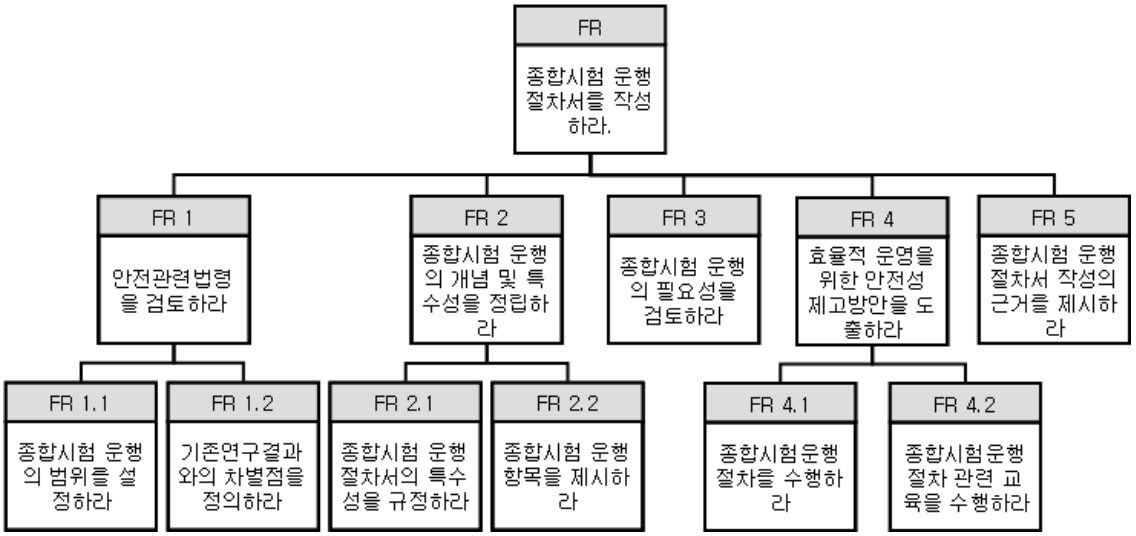
7.1 프로젝트는 종합시험운행 지침/절차서를 작성하여야 한다. (종합시험운행 총괄, 시설물검증시험, 영업시운전 등)

입력물 :	**업무 :**	**출력물 :**
☐ **요구사항 (Requirement)** - 요구사항 문서 - 검증 요구사항 추적 매트릭스 (VRTM) ☐ **기술 개발 계획(Technical Plan)** - 연구계획서 - WBS (Work Breakdown Structure) ☐ **설계정보 및 평가자료** - 성과물 : 종합시험운행 절차서 - 기능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 설계 분석 보고서 (DARs) ☐ **검증 방법** - 1.1 국내자료와 비교, 1.2 외국자료와 비교, 3.1 국제규격 부합, 3.2 국내규정 부합	- SE 검증	- 수정 VRTM - 검증결과표

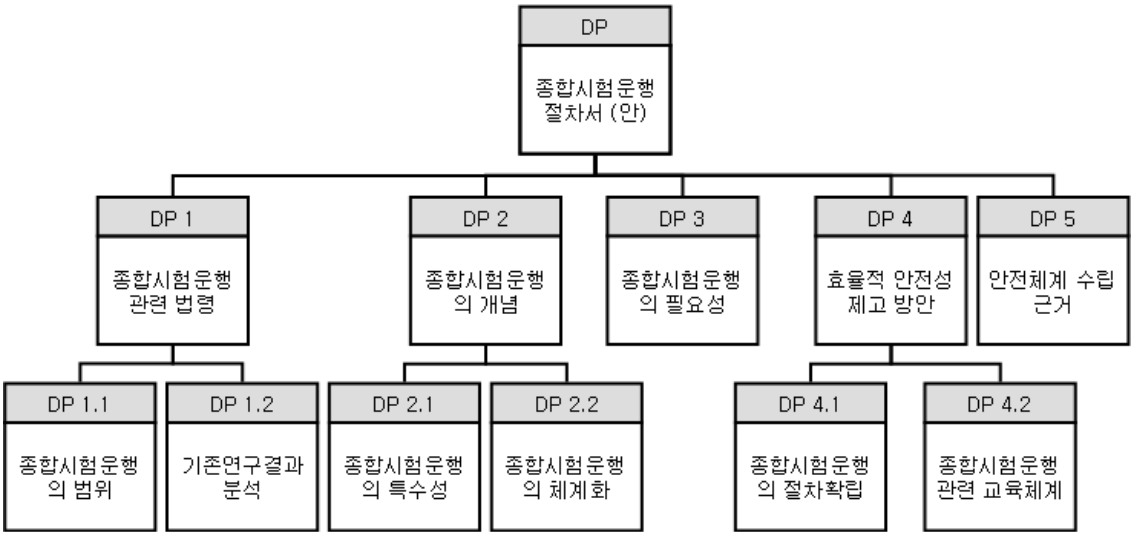
Verification Specification (검증기준) :

- 우리나라 실정에 적합한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 관련기관의 의견을 수렴하였는가
- 전문가 자문이 이루어졌는가.
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

1. 기능 아키텍처



2. 물리 아키텍처



3. 설계분석보고서

가. 요구사항과의 적합성

종합시험운행 절차서는 시스템 요구사항 『SR 7. 프로젝트는 인터페이스 및 종합시험운행 절차서를 작성하여야 한다.』 중 『SSR 7.1 프로젝트는 종합시험운행 지침/절차서를 구축하여야 한다.』 에 해당하는 내용이다.

나. 설계기준

철도안전법(법률 제7245호, 2004.10.22) 제38조에서는 철도노선을 새로 건설하거나 기존 노선을 개량하여 운영하고자 할 때에 철도시설의 설치상태 및 열차운행체계의 점검과 철도종사자의 업무숙달 등을 위하여 정상운행을 하기 전에 종합시험운행을 요구하고 있다.

다. 검증 방법에 따른 증거 자료

종합시험운행 지침/절차서(안)

라. 성과물의 내용 및 결과

(1) 국내외 종합시험운행 분석

철도안전법(법률 제7245호, 2004.10.22) 제38조에서는 철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운영하고자 할 때에 철도시설의 설치상태 및 열차운행체계의 점검과 철도종사자의 업무숙달 등을 위하여 정상운행을 하기 전에 종합시험운행을 요구하고 있다. 따라서 이 절에서는 철도안전법에서 요구하는 종합시험운행에 대한 세부사항과 국내외 종합시험운행에 관련된 내용에 대하여 검토 분석하고자 한다.

(가) 국내 관련규정 분석

먼저 철도안전법 시행규칙(건교부령 제456호, 2005.07.13) 제75조의 종합시험운행의 실시시기·절차 등을 검토하면 다음과 같다.

제75조(종합시험운행의 실시시기·절차 등) ①철도시설관리자가 법 제38조제1항의 규정에 의하여 실시하는 종합시험운행(이하 “종합시험운행”이라 한다)은 당해 철도노선의 영업을 개시하기 전에 실시한다.

②종합시험운행은 철도운영자와 합동으로 실시한다. 이 경우 철도운영자는 종합시험운행의 원활한 실시를 위하여 철도시설관리자로부터 철도차량, 소요인력 등의 지원 요청이 있는 경우 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다.

③철도시설관리자는 종합시험운행을 실시하기 전에 철도운영자와 상호 협의하여 다음 각 호의 사항이 포함된 종합시험운행계획을 수립하여야 한다.

1. 종합시험운행의 방법 및 절차
2. 평가항목 및 평가기준 등
3. 종합시험운행의 일정
3. 종합시험운행의 실시조직 및 소요인원
4. 종합시험운행에 사용되는 시험기기 및 장비
5. 종합시험운행을 실시하는 자에 대한 교육훈련계획
6. 안전관리조직 및 안전관리계획
7. 비상대응계획
8. 그 밖에 종합시험운행의 효율적인 실시와 안전 확보를 위하여 필요한 사항

④철도시설관리자는 종합시험운행을 실시하기 전에 철도운영자와 합동으로 당해 철도노선에 설치된 철도시설물에 대한 기능 및 성능점검결과를 설명한 서류에 대한 검토 등 사전검토를 하여야 한다.

⑤종합시험운행은 다음 각 호의 절차로 구분하여 순서대로 실시한다.

1. 시설물검증시험 : 당해 철도노선에서 허용되는 최고속도까지 단계적으로 철도차량의 속도를 증가시키면서 철도시설의 안전상태, 철도차량의 운행적합성 또는 철도시설물과의 연계성(Interface), 철도시설물의 정상작동 여부 등을 확인·점검하는 시험
2. 영업시운전 : 시설물검증시험이 완료된 후 영업개시에 대비하기 위하여 열차운행계획에 의한 실제 영업상태를 가정하고 열차운행체계 및 철도종사자의 업무숙달 등을 점검하는 시험

⑥철도시설관리자는 기존 노선을 개량한 철도노선에 대한 종합시험운행을 실시하는 경우에는 철도운영자와 협의하여 제2항의 규정에 의한 종합시험운행일정을 조정하거나 그 절차의 일부를 생략할 수 있다.

⑦철도시설관리자는 제5항 및 제6항의 규정에 의하여 종합시험운행을 실시하는 때에는 철도운영자와 합동으로 종합시험운행의 실시내용·실시결과 및 조치내용 등을 확인하고 이를 기록·관리하여야 한다.

⑧철도시설관리자는 종합시험운행결과 철도시설의 개선 및 보완이 필요한 경우에는 철도운영자와 협의하여 이를 개선하거나 보완하여야 하며, 철도시설의 개선 및 보완을 완료한 후 종합시험운행을 다시 실시하여야 한다. 이 경우 제5항 각 호의 종합시험운행절차중 일부를 생략할 수 있다.

⑨철도시설관리자는 종합시험운행을 실시하는 때에는 안전관리책임자를 지정하여 다음 각 호의 업무를 수행하도록 하여야 한다.

1. 「산업안전보건법」등 관련 법령에서 정한 안전조치사항의 점검·확인
2. 종합시험운행을 실시하기 전의 안전점검 및 종합시험운행 중 안전관리 감독
3. 종합시험운행에 사용되는 철도차량에 대한 안전통제
4. 종합시험운행에 사용되는 안전장비의 점검·확인
5. 종합시험운행 참여자에 대한 안전교육

⑩그 밖에 종합시험운행의 세부적인 절차·방법 등에 관하여 필요한 사항은 건설교통부장관이 정하여 고시한다.

또한 국유철도운전규칙(건교부령 제418호, 개정2005.01.01) 제8조, 도시철도운전규칙 제9조에 규정된 시험운행에 관련된 사항을 살펴보면 다음 <표 3-12-1>과 같다.

<표 3-12-1> 국내 시험운행관련 규정

국유철도 운전규칙 제8조 (선로의 검사 및 시험운전)	도시철도운전규칙 제9조 (신설구간등의 시운전)
신설·개량 또는 이설한 선로와 일시사용을 중지한 선로는 이를 검사하고, 시험운전을 한 후가 아니면 사용할 수 없다. 다만, 경미한 사항을 개량하거나 측선을 신설·개량 또는 이설한 경우에는 시험운전을 생략할 수 있다.	신설·개량 또는 이설한 선로와 일시 사용을 중지한 선로는 이를 검사하고, 시험운전을 한 후가 아니면 사용할 수 없다. 다만, 경미한 사항을 개량하거나 측선을 신설·개량 또는 이설한 경우에는 시험운전을 생략할 수 있다.

(나) 국외 관련규정 분석

1) 일본의 경우

일본 철도의 기술기준을 정하는 성령 제88조에 언급된 시운전관련 규정은 다음과 같고, <표 3-12-2>는 시운전을 생략할 수 있는 사업의 범위를 나타낸 것이다.

① 신설, 개축, 개조 또는 수리를 실시한 선로 및 전력 설비는 이것을 검사하고 시운전을 실시한 후에만 사용할 수 있다. 다만 간단한 개축, 개조 또는 수리를 한 선로 및 전력 설비와 본선에 지장을 끼칠 우려가 없는 측선에서는 시운전을 생략할 수 있다. ② 재해 기타 운전사고가 발생한 선로 및 전력 설비에서 고장 우려가 있는 것과 사용을 중지한 선로 및 전력 설비에서 열차 등을 운전하는 경우는 미리 해당 선로 및 전력 설비를 검사하고 필요에 따라 시운전을 실시해야 한다. ③ 신설, 개조 또는 수리를 한 운전 보안설비는 이를 검사하고 기능을 확인한 후가 아니라면 사용해서는 아니된다. 재해 기타 운전사고가 발생한 운전 보안설비에서 고장의 우려가 있는 것 및 사용을 중지한 운전 보안설비를 사용할 때도 같다. ④ 새로 제작하거나 구입한 차량 및 개조 또는 수선한 차량은 이를 검사하고 시운전을 실시한 후가 아니면 사용해서는 아니된다. 다만 경미한 개조 또는 수선을 한 경우는 시운전을 생략할 수 있다. ⑤ 탈선 및 기타 운전사고가 발생한 차량에서 고장의 우려가 있는 것 및 사용을 중지한 차량을 사용하는 경우는 미리 해당 차량을 검사하고 필요에 따라 시운전을 실시해야 한다.

<표 3-12-2> 시운전을 생략할 수 있는 사업범위(일본)

구분		세부내용
소규모의 선로개량		-대폭적인 궤도 중심선의 변경이 없는 경우 -분할 시공에 의해 부분적으로 선로를 개량하는 경우
궤도 재료교환	레일, 분기기 등	-도상 및 노반 작업을 실시하지 않는 경우
	도상, 침목 등	-도상 및 노반 작업을 실시해도 상응하는 대책을 수립하는 경우
노반 개량		-도상 및 노반 작업을 실시해도 상응하는 대책을 수립하는 경우
구조물 개축(교대, 교각 등)		-대폭적인 궤도 중심선의 변경이 없는 경우 -열차 하중의 영향을 직접 받지 않는 장소의 경우 -열차 하중의 영향을 직접 받는 장소라도 상응하는 대책을 수립하는 경우

2) 미국의 경우

미국의 경우에는 고속철도 안전프로그램 FOX(Florida Overland eXpress)에 시험운행에 대한 규정이 수록되어 있으며, 그 내용을 요약하면 다음 <표 3-12-3>과 같다.

<표 3-12-3> FOX 안전프로그램의 시험운행관련 규정

Sec. 243.605	사전-운영검증 시험(Pre-operational qualification tests)
	철도는 영업운영을 개시하기 전에 안전에 중요한 부품들이 완벽하게 작동을 하고 모든 성능조건을 만족하는지 확인하기 위하여 사전-운영검증 시험을 실시해야 한다.
Sec. 243.607	시스템 통합운영 시험(Integrated operational testing of systems)
	영업 운영을 개시하기 이전에 철도는 다음 사항을 위하여 시스템 전반에 걸친 고속열차 시험을 실시해야 한다. ① 궤도 및 교량 구조물에 동적하중 적용 ② 구조물 및 플랫폼의 안전간격 확인 ③ 가공 카티너리 시스템의 기계적 위치 확인 ④ 차량, 궤도, 전원 공급, 신호 및 통신 시스템 성능 확인
Sec. 243.609	사전-영업 서비스 시험(Pre-revenue service testing)
	철도는 영업 운영 전에 4개월 이상의 기간동안 전반적인 시스템 성능을 확인하고 운영 및 유지보수 경험을 축척하기 위하여 전면적인 모의 영업서비스 운영을 포함한 사전 영업서비스 시험을 실시해야 한다.

(2) 종합시험운행 시행지침

(가) 종합시험운행을 위한 사전준비

1) 안전관리계획의 수립

철도시설관리자는 철도시설을 신설 또는 개량하고자 할 때에는 안전관리 활동 및 절차와 비상대응 계획(이하 “안전관리계획”이라 한다)을 수립하여야 한다. 안전관리계획에는 종합시험운행 대상 철도시설의 위험요소들과 확인사항 및 방법을 포함하여야 한다.

안전관리계획을 실행하기 위하여 필요한 세부 활동들을 목록화하고 각 활동별 책임자와 완료일을 나타내는 안전실행계획을 수립하여 각각의 시험단계에서 확인하여야 한다.

안전실행계획에는 시설물 검증시험 및 영업시운전에 대한 적용규격, 시험지침 및 시험매뉴얼 등을 포함하여야 한다. 철도시설관리자는 철도시설을 안전하게 유지관리 하는데 필요한 다음의 사항이 포함된 유지보수, 안전진단, 안전검사 및 시험 등에 대한 절차를 수립하여야 한다.

- 예방 유지보수 주기
- 유지보수 절차
- 안전진단(검사, 시험)의 절차 및 기준
- 유지보수 및 안전진단을 수행하는 데 필요한 시험장비나 측정장비 등

[해설]

안전사고의 원인이 되는 불안전한 상태나 행동을 사전에 발견하여 이를 시정 또는 제거함으로써 사고를 미연에 방지하며, 사고발생으로 인한 피해를 최소화하기 위하여 행하는 모든 조치를 사전에 강구하기 위하여 관련 계획을 수립한다. 또한 관련 시설물에 대한 유지관리에 대한 특별한 사항 등을 계획에 포함하여 안전관리 및 실행계획을 수립한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

2) 영업운영계획의 수립

철도운영자가 신설 또는 개량하는 철도시설에 대해 철도산업발전기본법 시행령 제24조의 규정에 따라 선로배분을 받은 때에는 선로배분의 범위 내에서 열차운행계획 등 영업운영계획을 수립하여 철도시설관리자에게 통보하여야 한다. 영업운영계획에는 다음 각 호의 내용을 포함하여야 한다.

- 출발역, 종착역, 중간역의 출발·도착시각 및 열차운행 횟수 등을 포함한 열차운행계획
- 운행하는 열차의 종류 및 편성차량
- 철도차량운전자 등 인력운영계획을 포함한 영업운영 계획
- 열차의 운행 중 고장시 조치사항 및 절차서 등 비상대응 계획
- 기타 철도운영에 필요한 사항

영업운영계획을 변경 하고자 하는 경우에는 변경계획(안)과 변경사유를 첨부하여 철도시설관리자와 협의하여 변경한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

3) 연간계획의 수립

철도시설관리자는 다음년도 종합시험운행 대상사업의 공종별 시험 및 사전점검 일정과 철도운영자가 제출한 영업운영계획을 검토 및 조정한 후 “연간 종합시험운행기본계획(이하 ”연간계획“이라한다)”을 수립하여 매년도 12월말까지 건설교통부장관에게 보고하고 관계기관에 통보하여야 한다. 연간계획을 변경하고자 하는 경우에는 변경계획(안)과 변경사유를 첨부하여 철도운영자와 협의하여 변경한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

4) 공종별 시험

철도시설관리자는 종합시험운행을 실시하기 전에 분야별로 시설물 시공 후 시공품질 및 안전성능을 확인하기 위하여 자체적으로 개별시험(이하 “공종별 시험”이라 한다)을 실시하여야 한다. 공종별 시험은 시설, 장치 및 하부시스템에 대해 다음의 사항을 포함하여 시행한다. 다만, 철도시설의 신설 또는 개량의 규모나 시스템의 특성에 따라 추가하거나 생략할 수 있다.

- 일반 선로 구조물 및 궤도 시설물의 설치 기준 준수 확인
- 모든 선로 구조물, 지지물 및 설비의 기계적, 전기적인 안전간격 확보와 안전여유 한계 확인
- 차량의 크기와 철도 선로 구조물 및 각종 시설물과 안전여유 한계 확인
- 모든 선로변 감지기가 정상 작동하는지 확인
- 유지보수기지 내의 안전에 관계된 장치들의 작동 확인
- 전원공급회로, 전원 공급 및 차단 절차, 작업시행 절차의 확인
- 변전소 설비 및 장치의 현장 제어 확인
- 변전소 전원 공급 및 정식 작업 허용 절차 확인
- 전차선 시스템 및 레일 귀선회로의 연속성 확인
- 전차선 시스템의 각 구간 전원공급 및 작업승인 절차 확인
- 전차선로 및 설비의 높이, 편위, 각종금구류 등 기하학적 및 전기적 설치기준의 적합여부
- 차량 공급 전력 차단을 위한 구내 및 정비기지의 가공 전차선 시스템 구획화 확인
- 기존 시스템과 호환성 및 이미 계획된 네트워크와의 통합에 적합한 무선통신장치 설치 확인
- 시설물 및 선로변의 전용 유선시스템 작동 확인
- 열차제어시스템 및 중앙집중제어 기능의 정상적인 작동 확인
- 궤도 분기 및 열차제어 시스템의 현장 작동 확인
- 모든 긴급 대응 절차 확인 등

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

5) 종합시험운행을 위한 사전점검

철도시설관리자는 공종별 시험을 완료한 후 종합시험운행의 실시를 위한 사전점검을 철도운영자와 합동으로 실시하여야 한다. 사전점검은 다음의 사항을 포함한 시행계획을 수립하여 실시한다.

- 점검일정
- 점검사항(구간, 대상 및 항목, 방법, 점검리스트 등)
- 점검조직 및 소요인원
- 소요장비 및 시험기기
- 안전조치사항 등

사전점검에는 다음의 사항을 포함하여야 한다.

- 철도시설관리자가 시행한 공종별 시험결과 보고서 검토
- 종합시험운행 가능여부를 확인하기 위한 철도시설에 대한 기능 및 성능점검
- 개통예정일까지 철도시설의 완공가능 여부
- 철도차량 및 인력 지원 등 종합시험운행을 시행하기 위해 검토가 필요한 사항 등

철도시설관리자는 종합시험운행을 시행하기 전에 사전점검에서 지적된 사항을 조치하여야 한다. 다만, 열차안전운행에 지장이 없는 경미한 사항은 철도운영자와 협의하여 종합시험운행 이후에 조치할 수 있다.

[해설]

종합시험운행을 해야 하는 해당 선구에 대해서 시설물검증 시험 및 영업시운전, 즉 종합시험운행 전에 공종별 개별시험의 결과 검토, 종합시험운행 실시가 가능여부, 개통일정 점검 그리고 종합시험운행 시행에 필요한 세부사항과 시험인프라 등을 사전에 검토한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

(나) 종합시험운행의 시행

1) 종합시험운행 시행계획의 수립

철도시설관리자는 궤도, 기반시설, 신호, 통신, 차량 등 시스템 전반에 걸친 안전성능과 운영능력을 확인할 수 있는 종합시험운행시행계획(이하 “시행계획”이라 한다)을 종합시험운행 시행 1개월 전에 수립하여 시행하여야 한다. 시행계획에는 다음의 내용을 포함하여야 한다.

- 시험기간, 대상구간, 시험열차, 시험빈도 및 시간 등 종합시험운행 개요
- 종합시험운행의 방법 및 절차
  - 단계별 주요시험 내용 및 항목
  - 시험기준 및 평가기준
  - 사전준비, 시험실시, 결과보고 등 종합시험운행의 상세절차
- 시험운행 항목별 세부일정을 포함한 종합시험운행의 상세일정
- 종합시험운행의 실시조직 및 소요인원
  - 시험운행 조직체계 구성
  - 시험총괄 및 분야지정, 담당업무 등 시험운행 조직의 임무
- 시험차량 운행계획
  - 시험차량의 종류, 구성 등
  - 시험차량 운행속도
  - 시험운행열차 기본운행계획 등
- 종합시험운행에 사용되는 시험기기 및 장비
- 종합시험운행의 실시에 대한 교육훈련계획
- 안전관리 조직 및 계획
- 고장·사고복구 등 비상대응조직 및 계획을 포함한 비상대응계획
- 관계기관 협조사항 및 임무(특히 타 기관과 연계노선이 있는 경우)
- 그 밖에 종합시험운행의 효율적인 실시와 안전 확보를 위하여 필요한 사항 등

철도시설관리자는 앞의 시행계획을 수립한 때에는 이를 건설교통부장관에게 보고하고 관계기관에 통보하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

2) 종합시험운행 조직의 구성

철도시설관리자는 철도운영자와 합동으로 종합시험운행을 실시하는 시설의 특성 및 운영조건 등을 고려하여 전문지식을 가진 자를 종합시험운행 전담요원(이하 '종합시험팀'이라 한다.)으로 지정하여 시행하여야 한다. 종합시험운행을 실시하고자 할 때에는 종합시험팀의 교육훈련, 시험결과의 판단, 보고 등에 관한 세부절차를 수립하여 시행하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

3) 종합시험팀의 임무

종합시험팀은 종합시험운행 시행계획에서 요구하는 업무를 수행함을 그 임무로 한다. 종합시험팀은 그들의 임무를 적절히 수행할 수 있도록 시험운행 대상 시설물의 기능 및 성능과 시험운행의 기준, 절차 등 당해 종합시험운행의 전체적인 업무에 대해 충분히 이해하여야 한다. 종합시험 대상 철도시설 및 그 철도시설이 운영되는 환경에 적합한 종합시험운행 방법 및 종합시험운행 장비를 사전에 준비하여야 한다. 종합시험운행의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 반복적인 시험과 추가적인 시험을 시행할 수 있다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

4) 시설물 검증시험

종합시험팀은 종합시험운행 시행계획 및 시험대상 시설에 따라 [별표 1]을 기초로 점검항목을 작성하여 다음 각 호의 사항을 검증하는 시설물 검증시험을 시행하여야 한다.

- 시설물의 정상작동 상태
- 철도시설의 안전상태
- 철도차량의 운행적합성
- 철도시설과 차량간의 연계성

시설물 검증시험은 시험대상 철도시설의 성능이 저하된 운영조건에서도 안전한 운영을 확보하기 위한 사항을 포함하여 검증하여야 한다. 다만, 기존선을 개량한 경우로서 시험이 곤란한 경우에는 열차안전운행에 지장이 없음을 철도운영자와 확인한 후 시험을 생략하거나 축소할 수 있다.

시설물검증시험은 시험대상 시설의 특성 및 규모에 따라 다음 각 호의 방법으로 철도차량의 속도를 단계적으로 상승하면서 시행한다.

- 기관차운행시험 : 디젤 또는 전기기관차 1량(또는 2량)으로 신설, 개량 또는 이설된 구간 운행시험
- 화차견인시험 : 디젤 또는 전기기관차와 화차 영차를 사용하여 신설, 개량 또는 이설된 구간 견인시험
- 객차견인시험 : 디젤 또는 전기기관차와 객차 공차를 사용하여 신설,개량 또는 이설된 구간 견인시험
- 고속철도 운행시험 : 고속철도차량을 사용하여 신설, 개량 또는 이설된 구간 운행시험
- 전동열차견인시험 : 전동차량으로 신설, 개량 또는 이설된 구간 견인시험

[해설]

선로구축물 시험은 차량 시험과 연계성이 있으며, 관련 시험항목은 UIC 518에 근거하고 있다. UIC 518은 “Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior-Safety-Track fatigue-Ride quality”으로 차량의 주행안전 및 승차감을 만족하기 위한 필수 항목이다. 일반적으로 궤도틀림 검측만으로는 차량/궤도/교량의 상호작용에 의한 주행안전성 및 승차감을 직접적으로 확인하기는 어렵다. 따라서 각 속도단계별 최고속도까지 주행하면서 수행하는 차량시험과 연계해서 특별히 문제가 되는 개소를 선정하여 각 항목별 시험을 실시한다. 교량의 경우 사전에 충분히 동적성능이 검증된 표준단면에 대해서는 언급된 항목을 시험할 필요는 없을 것으로 판단된다. 다만 표준단면 이외에 설계시 동적성능에 대해 수치적으로 분석하였거나 차량 시험시 기준값을 초과한 개소에 대해서는 이에 대한 정확한 분석 및 대책 수립이 요구되며, 상기와 같은 개소에 대해서만 수행하면 될 것으로 사료된다.

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목

가. 선로구조물(궤도/노반/교량/터널/역시설 등)				
CODE	점검항목		시험내용	비고
TR_01	차량/궤도/구조물 인터페이스 시험		○ 차량진동 특성 시험 - 연직 및 횡방향 가속도(대차, 차체) ○ 구조물 및 승강장에서의 차량 안전간격 확인/검증	RO_03 연계
TR_02	궤도성능 검증시험	토공구간	○ 취약구간 궤도성능 검증 - 윤중・횡압 - 레일응력 - 레일변위(연직변위/횡변위) - 침목변위(연직변위)	RO_03 및 RO_05 연계
		교량구간		
		접속구간		
TR_03	교량성능검증시험		○ 차량/교량 상호작용에 의한 동적성능 검증 - 고유진동수 - 상판가속도 - 단부변위(회전, 연직변위, 수평변위) - 상판수평변위 - 상판면틀림 - 연직처짐	
TR_04	터널성능검증시험		○ 차량주행시 미기압 측정 - 미기압(환경), 귀울림	RO_16 연계

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목 (계속)

나. 전철전력(전차선/전력)			
CODE	점검항목	시험내용	비고
CA_01	곡선 당 김금구 압상량 측정	○ 열차 최고속도에서 곡선 당김 금구 압상량 측정) ○ 최대속도에서의 설비 지장유무 분석 - 곡선, 에어섹션, 절연구간, 건넘선, 터널내	
CA_02	비디오 모니터링	○ 차량에 비디오 장비 부착하여 전차선 움직임을 전 구간에 걸쳐 연속 촬영 및 분석·점검	
CA_03	이선율 및 아크발생측정	○ 아크 발생량(Arc 횟수 및 지속 시간)계측 혹은 접촉력 분석을 통한 집전성능 분석 ○ 반복적인 아크 발생지점 조사	
CA_04	전차선 피로 강도 시험	○ 전차선에 발생하는 응력실측 - 지지점의 곡선인장금구 주변 - 지지점 인접 행거 부착점 - 건넘선 교차금구의 본선측 장착점 주변 - 에어섹션 등의 오버랩구간에서 판토그래프가 진행하는 부분 - 더블이어 등의 금구에 의한 전차선 접속부 - 분기장치 등의 금구 부착점 - 데드섹션 주변	
CA_05	전차선 편위 시험	○ 곡선통과속도향상시험 및 분기기 통과속도 향상시험에 적용	
PO_01	SCADA 실증 시험	○ 열차가 운행되는 실제 상황에서 SCADA 기능 확인 및 점검 - 통합사령과 현장 간 Analog Data의 계측치 비교	
PO_02	고조파 검증 시험	○ 고조파 측정 및 평가 (전기차량 시운전 시작부터 일정기간) - 열차 속도 단계별 고조파 측정 - 고조파 예측치와 비교 평가 - 고조파 대책설비 분리/투입 전후 측정 및 대책설비 효과 측정 - 한전측 영향 비교 평가	

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목 (계속)

나. 전철전력(전차선/전력) (계속)			
CODE	점검항목	시험내용	비고
PO_03	전압, 전류, 역률 측정 시험	○ 시운전 전기차량이 운행될 때의 급전전압, 전류, 역률 측정(일정기간) - 열차속도단계별, 최대열차투입시, 최대열차운행시, 위치별(열차/변전소) - 예측치와 비교검토 및 평가 - 전압 불평등 측정 - 보호계전기 동작 여부 확인	
PO_04	EMI 실측	○ EMI 실측 - 변전소 및 고전압, 대용량 부하 전력설비 주변 지역에 대한 EMI 발생량 측정 및 영향 평가 - 전계 자계 측정 및 예측치와 비교	
PO_05	회생전력 품질 시험	○ 회생 제동 전력 품질 평가 - 전압, 고조파 및 계통 영향도 측정 평가 - 위치별 (급전계통, 한전 수전점) 영향도 측정 - 전력 조류 상태	
PO_06	연장급전 시험	○ 연장 급전조건에서 차량에서 수전하는 급전전력 품질측정 - 팬터그래프 집전 전압 확인 - 신선구간 연장급전을 위한 회로 절체 실연 - 연장급전 상태에서도 보호계전기의 Protection 범위/정정치 확인	
PO_07	급전계통/비상열차운행 시나리오 시험	○ 단위 급전구간 또는 일부 섹션구간 계통전압 상실시 차량 안전 정지 및 급전 복구 시나리오 확인을 위한 인위적 단전 또는 비상열차 운행 시나리오의 확인 시험 - 급전운용/대처 시나리오 적정성	

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목 (계속)

다. 신호통신			
CODE	점검항목	시험내용	비고
SI_01	접지 / 보호 설비	○ 관련 설비(통신설비, 전력설비)와의 인터페이스를 고려한 접지방식 선정 확인 ○ 신호설비 특성을 고려한 접지 확인 - 접지저항 및 접지설치내용 ○ 각종 서지 및 노이즈에 대한 보호설비 확인	
SI_02	전원공급장치	○ 전원공급장치 접속 및 설치환경 (온도, 화기 등)확인 ○ 전원공급장치 절연저항 및 절연내력 확인 ○ 전원공급장치 절체시간 및 이중화 확인	
SI_03	궤도회로	○ 전철화구간에서의 귀선전류 확인 ○ 전기차량운행에 따른 고조파 간섭 및 영향 유무 확인시험 ○ 전기차량운행에 따른 연속정보전송 확인 ○ 분기부 및 차량접촉한계 등을 고려한 궤도회로 분할 확인	
SI_04	폐색설비	○ 열차운전시격을 만족하고, 향 후 운전 시격단축을 고려하였는지 확인	
SI_05	신호기	○ 신호등 투시와 열차운전을 고려한 신호기위치 확인	
SI_06	CTC 인터페이스시험	○ 관련 설비(통신설비, 현장설비, SCADA 등)와의 인터페이스 내용 점검 - 통신망 구성(관련 장치 연결, 프로토콜 등) - 현장설비정보 현시 및 현장설비 제어 - 타 설비(SCADA 등)의 정보현시 및 협조 ○ 원거리 전송 - 기존선의 연동장치/CTC 사이 - 기존선 CTC/고속선 CTC사이	

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목 (계속)

다. 신호통신 (계속)			
CODE	점검항목	시험내용	비고
SI_07	연동장치	○ 정거장 내 신호시설물이 합리적이고 안전하게 설치되고 이를 바탕으로 연동도료를 작성하였는지 확인 ○ 선로전환기가 밀착검지기능을 갖고 있는지 확인 ○ 고속철도 운행에 의한 고조파 시험 ○ 연동장치간 정보전송이 제대로 이루어지는지 점검 - 고속선과 기존선 사이 필수(Vital) 연속정보 - 진로쇄정/진로 접근 쇄정 - 양방향 설비 - 건널목 경보를 위한 연속 정보 - 기존선에서 고속선(고속선에서 기존선)으로 진입시 고속철도 차상자 전환	
SI_08	자동열차정지장치 (ATS)	○ 차상자 응동상태 시험 ○ 차상ATS장치와 신호기 현시상태 일치여부 확인 ○ 기존선↔고속선 진출입 시 기능전환 시험(차상자 Arming / Disarming 등.) ○ 고속철도 운행에 따른 고조파 시험	
SI_09	자동열차제어장치 (ATC)	○ 차상자의 응동 시험 ○ 사구간 타력통과시험 ○ 기존선↔고속선 진출입 시 기능전환 시험(차상자 arming / Disarming 등.) ○ 고속철도 운행에 따른 고조파 시험	
SI_10	건널목	- 고속철도 운행에 대한 지속적인 경보 - 기존선에서 양방향 운행 설비 구축에 따른 제어 시험 - 고속철도 운행으로 인한 고조파 시험	
SI_11	신호/전차선/차량 I/F	○ 자동 팬터그래프 변환(고속철도) ○ 차량 주전원차단장치 자동작동 점검	

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목 (계속)

라. 차량			
CODE	점검항목	시험내용	비고
RO_01	안전간격 (차량한계)	○ 승강장과 관련하여 주행 중에 다음 사항을 점검 - 정상 운행 가능 여부 - 출입문 작동 가능 여부 - 공기스프링 팽창 및 수축시에 간섭여부	
RO_02	차량연결통로의 동적 거동	○ 곡선주행시 성능검사	
RO_03	진동특성시험	○ 편성열차의 거동 관찰 - 대차의 동적 거동(수직, 종 및 횡방향 가속도) - 객차의 동적 거동(수직, 종 및 횡방향 가속도)	
RO_04	승차감	- 운전실에서의 승차감 시험(수직, 종방향 및 횡방향 가속도) - 객차에서의 승차감 시험(수직, 종방향 및 횡방향 가속도)	
RO_05	주행안전성시험	○ 차륜/레일의 상호작용에 따른 - 탈선계수(Y/Q) - 윤중변동(ΔQ/Q)	
RO_06	견인력시험	- 속도, 주행거리, 견인력 - 가속도 - 전압/전류, 소비전력 - W1/W2 하중조건 - 공기스프링의 팽창/수축 - 운행방향(전・후방)	
RO_07	구배기동시험	○ 최고구배를 가진 선로에서의 기동시험 - 정상모드 운행시 - 비정상 모드 운행시	
RO_08	제동성능시험	- 폐색구간이 차량의 제동성능에 부합하는지 점검 - 제동거리/시간, 공주거리/시간, 실제동거리/시간, 감속도	
RO_09	연결구간 (Separation Section) 통과시험	- 기존선과 고속선 사이의 연결구간에 대한 자동 및 수동 통과 시험 - 팬터그래프 백업 모우드로 자동전환 여부 확인 시험	

<표 3-12-4> 시설물검증시험 점검항목 (계속)

라. 차량 (계속)			
CODE	점검항목	시험내용	비고
RO_09	연결구간 (Separation Section) 통과시험	- 기존선과 고속선 사이의 연결구간에 대한 자동 및 수동 통과 시험 - 팬터그래프 백업 모우드로 자동전환 여부 확인 시험	
RO_10	절연구간 (Neutral Section) 통과시험	- 경고표지와 지상설비 점검 ・전·후방 팬터그래프와 관련한 적절한 위치 - 기존선에서의 자동 전류차단 시험	
RO_11	ATC/ATS/ATP 시험	- 주행중 ATC/ATS/ATP 동작시험 - 자동변환(arming/disarming)시험 - ATC/ATS 수동변환시에 비상제동인가 여부 시험	
RO_12	차상 ATS와 선로변 ATS의 인터페이스	- ATS 속도 제어기의 기능 점검	
RO_13	EMI, 고조파 전류 및 등가방해전류에 대한 조치	- Blank Test(선로에 다른 열차의 주행을 금지시킨 상태에서) ・주행대기 시(Stand-by) ・견인 시(Traction) ・회생 제동시 ・저항(Rheostatic)/회생제동 Configuration에서 - Field 강도 조정 파라미터 점검 - 파형 조정 파라미터 점검	
RO_14	실내소음시험	○ 운전실 및 모든 객실 소음시험 - 대기중(각종 보조장치 작동) - 주행중	
RO_15	외부소음시험	○ 영업속도에서의 환경소음	
RO_16	차량기압변화시험	○ 터널 출입시 운전실과 객실내의 기압변화시험	

5) 영업시운전

종합시험팀은 시설물 검증시험을 완료한 후에 신설 또는 개량한 철도시설의 전반적인 성능을 확인하고, 운영 및 유지보수자의 경험을 축적하기 위하여 영업서비스 운영을 가상한 영업시운전을 실시하여야 한다. 영업시운전은 철도운영자의 입회하에 종합시험운행 시행계획 및 시험대상 시설에 따라 <표 3-12-5>를 기초로 점검항목을 작성하여 다음 각 호의 사항을 검증하여야 한다.

- 열차운행체계 : 기본열차 스케쥴, 기본차량 운영계획 등
- 철도종사자의 업무숙달 : 기본 승무원 운영계획, 기관사 운전지원 절차 등

[해설]

철도가 구비하고 있는 특성인 안전성, 신속성, 정확성 그리고 공공성을 확보하고 유지하기 위해서는 영업개신 전에 시스템 전반에 대한 철저한 점검이 요구된다. 이를 위하여 공종별 개별시험과 시설물검증 시험이 완료되면 열차운영계획을 사전에 점검하고, 승무원 운영계획 및 기관사 운전지원 등의 철도종사자의 업무숙달 정도를 점검해야 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

<표 3-12-5> 영업시운전 점검항목

가. 운전(Operation)			
CODE	점검항목	시험내용	비고
OP_01	운전시간	○ 기지에서 출발역까지의 출고시간 검토 ○ 운전매뉴얼 기관사 출고 기능검사 및 시간측정	
		○ 정차역 정차시간 검토 ○ 여객취급 정차시간 산정 ○ 역 구간별 운전시분(여객100% 승차시)	
		○ 종착역 도착후 반복시간 산정	
OP_02	열차운영 계획 스케줄 점검	○ 연속열차 운행시 최소운행시격 ○ 열차반복 사용시 설정된 반복시간 ○ 역 도착선 도착후 출발선 전선시간 ○ 기지에서 출발역까지의 출고소요시간 ○ 영업 종료후 기지입고시 소요시간	
OP_03	기관사 노선숙지	○ 기관사 운행노선 인지를 위한 주·야간 숙지훈련	
OP_04	이례사항 대처능력 및 운행안전	○ 운행중 비상제동 동작 및 대처방법 ○ 장애물 발생에 대한 처리요령 ○ 사상사고 발생시 처리방법 및 보고체계 ○ 사고시 단선 운전취급에 대한 대처능력 ○ 신호장애 발생시 대응능력 ○ 탈선운전 사고발생시 열차소통 방안 ○ 열차화재시 여객대피 방안 ○ 터널·교량 등에서 비상정차시 처리방안 ○ 열차고장시 구원열차 및 여객유도 방안 ○ 유관기관 출동시간 및 역할분담 등 협력체계 점검	

<표 3-12-5> 영업시운전 점검항목 (계속)

나. 영업(Commercial Business)			
CODE	점검항목	시험내용	비고
CO_01	여객 접근로 및 동선	○ 지하철, 버스, 주차장 접근로 점검 ○ 접근노선 장애요소 파악 및 보완 ○ 역사내 환승시설 설치 및 보완 ○ ES, MW, 엘리베이터 점검 및 혼잡도 ○ 장애인 이동로 확보여부 점검 ○ Carter 이동 여부 점검	
CO_02	여객 승강차	○ 자동개·집표기 적정성과 처리시간 ○ 게이트 통과속도 ○ 게이트 통과후 정해진 좌석 이동시간 측정(장애인 포함)	
CO_03	출발역 열차대기 시간	○ 차내설비 점검시간 ○ 차내 식·비품 공급시간 ○ 여객 승차시간	
CO_04	열차정보	○ CTC와의 열차운행관련 정보 송·수신 점검 ○ 출·도착홈 안내게시기 표출 ○ 자동방송장치의 방송점검	
CO_05	역무점검	○ 역무원 배치 및 교육 ○ 역무자동화시스템 운용 점검	
CO_06	여객 안전설비	○ 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터 전기설비 점검 ○ 승강장 안전상의 장애요인 점검 및 방화시설 점검	
CO_07	안전 및 보안대책	○ 영업운행안전관리 계획 점검 ○ 안전 및 보안 관련 소요설비 검토 및 확보	
CO_08	기타 영업서비스 준비사항점검	○ 역시설물 및 편의시설 점검 - 대합실·승강장의자, 콘코스 휴게실, 화장실, 흡연실 점검 - 환기 냉·난방 등 환경점검 - 여행정보안내기, TV, 전화 등 평의설비 적정배치 - 역무시설 및 공간 점검 - 상업 및 공공시설 점검 ○ 승차권발매기 성능검사 - 창구용단말기 발매속도 및 에러율 - 자동발매기 발매속도 및 에러율 ○ 열차내 비품공급체계 점검 - 차내비품 검검 및 공급시간 - 물품공급 차량 승강장 이동방안 점검	서비스 점검

6) 종합시험운행 기간 및 생략범위

철도시설관리자는 신설 또는 개량하는 시설의 규모를 고려하여 종합시험운행기간을 <표 3-12-6>을 기준으로 정한다. 다만, 이미 운영하고 있는 구간을 확장·이설 또는 개량한 경우에는 전문가의 안전진단 또는 관계기관과의 협의를 거쳐 종합시험운행기간을 단축하거나 생략할 수 있다.
종합시험운행기간을 단축하거나 생략할 수 있는 시설개량의 범위는 <표 3-12-7>을 기준으로 정한다.

[해설]

종합시험운행을 해야 하는 해당 선구의 선로특성 즉 선로의 길이, 구조물 종류 및 특징, 계획된 차량 시스템 등에 따라 시험운행의 기간은 상당히 유동적이라 할 수가 있다. 또한 철도시설관리자의 입장과 선로를 인수받아 운영하는 철도운영자의 측면에서 종합시험운행의 결과에 대한 양면성을 가지고 있다. 따라서 종합시험운행 기간을 국외의 사례와 국내의 환경여건을 감안하여 설정하고, 시험시 참조하여 시험계획을 수립하고 시행한다.

<표 3-12-6> 종합시험운행 기간

구분			시험운행 기간	비고
고속철도	신설		90일 이상	
	개량	선로·전차선로 또는 열차제어장치 신설, 이설, 개량시	60일 이상	
일반철도	신설		60일 이상	
	고속철도 직결운행시		60일 이상	
	개량	선로·전차선로 또는 열차제어장치 신설, 이설, 개량시	40일 이상	

<표 3-12-7> 종합시험운행을 생략할 수 있는 시설개량의 범위

구분		세부내용	비고
소규모의 선로개량		- 대폭적인 궤도 중심선의 변경이 없는 경우 - 분할 시공에 의해 부분적으로 선로를 개량하는 경우	
궤도 재료교환	레일, 분기기 등	- 도상 및 노반 작업을 실시하지 않는 경우	
	도상, 침목 등	- 도상 및 노반 작업을 실시한 후 열차서행 등 안전대책을 수립하여 시행하는 경우	
노반 개량		- 도상 및 노반 작업을 실시한 후 열차서행 등 안전대책을 수립하여 시행하는 경우	
구조물 개축(교대, 교각 등)		- 대폭적인 궤도 중심선의 변경이 없는 경우 - 열차하중의 영향을 직접 받지 않는 장소의 경우 - 열차하중의 영향을 직접 받는 장소라도 작업을 실시한 후 열차서행 등 안전대책을 수립하여 시행하는 경우	
측선		- 측선을 신설·개량 또는 이설한 경우	
신호		- 운용중인 설비의 단순교체 등 소규모 개량으로 열차안전운행에 직접 연계되지 않는 경우 - 소규모 신호설비 개량 후 열차의 서행 등 안전대책을 수립하여 시행하는 경우	
통신		- 열차안전운행에 직접 영향을 미치지 않는 통신장치를 부분적으로 개량 또는 교체하는 경우	

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

7) 시험운행 결과의 처리

종합시험팀은 종합시험을 완료한 때에는 종합시험운행의 실시내용 및 시험결과 등을 확인하고 <표 3-12-8>, <표 3-12-9>의 종합시험운행 결과보고서를 작성하여야 한다. 종합시험운행 결과의 판정은 시험항목별로 다음과 같이 구분한다.

- 적 합 : 시험기준에 적합한 경우
- 부적합 : 시험기준에 부적합하거나 보완이 필요한 한 경우

종합시험팀은 규정에 따라 부적합으로 판정 한 경우에는 부적합 또는 보완이 필요한 사항과 그 사유를 명기하여 철도시설관리자와 철도운영자에게 통보하여야 한다. 철도시설관리자 및 철도운영자는 규정에 따라 부적합 판정을 받은 사항에 대해서는 부적합 내용에 대한 보완을 실시하고 이를 종합시험팀에게 통보하여야 한다. 종합시험팀은 규정에 따라 철도시설관리자 또는 철도운영자가 제출한 보완내용을 검토한 후 재시험을 실시하여야 한다. 다만, 부적합한 사항이 열차안전운행에 영향을 미치지 않는 경우에는 철도시설관리자 및 철도운영자와 협의하여 생략하거나 축소할 수 있다.

종합시험운행을 완료한 때에는 철도시설관리자는 그 결과를 건설교통부장관에게 보고하여야 하며, 필요한 경우 관계기관에 통보하여야 한다.

[해설]

종합시험에 대한 결과의 정리와 유지관리의 일관성을 유지하기 위하여 결과보고서와 점검표의 양식을 제시한다. 앞에서도 언급하였듯이 해당선구의 특성에 따라 세부내용에 대한 가감은 있을 수 있지만, 제시된 양식의 기본골격을 유지하는 것으로 한다.

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

<표 3-12-8> 종합시험운행 결과보고서 양식

종합시험운행 결과보고서

1. 개요

선로의 주요특성, 일반적인 시험개요(구간, 시험일정) 등을 설명 및 서술한다.

2. 적용범위

종합시험운행의 전반적인 적용범위를 기술한다.

3. 시험내용(분야별/점검항목별)

가. 목적

나. 적용범위 및 시험대상

다. 관련사양 및 규격

라. 용어설명

마. 시험항목

바. 측정장비

사. 시험개소

아. 시험 소요인력 및 일수

자. 시험절차

(1) 시험조건

(2) 사전조치

(3) 시험방법(측정위치, 센서부착 방법 등)

(4) 평가기준

(5) 시험결과의 기록 및 저장

차. 시험결과

카. 참고문헌 및 기준

첨 부 : 종합시험운행 점검표(시설물검증시험/영업시운전)

<표 3-12-9> 종합시험운행 점검표

종 합 시 험 운 행 점 검 표

(시설물검증시험, 영업시운전)

1. 시험일시 :

2. 시험구간

구 분	세부구간

3. 시험열차 편성(제 차 편성)

기관차번호	철도차량운전자 소속 및 성명	조 성 (현차, 환산)

4. 주요 특이사항

구 분	특 이 사 항

5. 시행자 및 입회자

구 분	소 속	성 명	확 인
시 행 자			
입 회 자			

6. 시험결과

점검분야	점검항목	적합/부적합	부적합 사유	비 고

8) 열차운행 지장의 최소화

종합시험팀은 열차가 운행 중인 철도시설에 대한 종합시험운행을 실시할 때에는 시험기간 동안에도 정상적으로 수송서비스가 이루어질 수 있도록 열차운행의 지장을 최소화하여야 한다. 종합시험팀이 선로 또는 시스템의 일부분을 차단하여 열차운행에 지장을 초래하는 경우에는 철도시설관리자 및 철도운영자와 사전에 협의하여야 하며, 최단 시간 내에 종합시험운행이 완료될 수 있도록 상세한 시험계획을 수립하여 시행하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

9) 종합시험운행 차량 등의 관리

종합시험팀은 종합시험운행 기간 동안 차량의 유지관리에 대한 세부계획을 철도시설관리자 및 철도운영자와 협의하여 수립하여야 한다. 종합시험운행 기간 중 철도차량 등의 성능에 영향을 미치는 주요 구성품은 교환할 수 없다. 다만, 철도차량에 결함이 발생한 경우로서 당해 결함과 관련되지 아니한 시험을 계속 수행하기 위한 경우에는 철도시설관리자의 확인을 거쳐 주요 구성품은 교환할 수 있다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

(다) 안전관리

1) 안전관리

철도시설관리자는 종합시험운행의 안전관리를 위하여 ‘건설기술관리법’ 및 ‘산업안전보건법’ 등 관련 법령에서 규정한 제반 안전조치와 안전교육 및 안전점검 등의 안전관리활동을 하여야 한다. 철도시설관리자는 철도운영자와 협의하여 안전관리책임자를 지정하고 종합시험운행에서의 안전활동을 종합관리 하도록 하여야 한다. 철도시설관리자는 종합시험을 위하여 철도운영자로부터 점검차량 또는 시운전열차를 지원받는 경우 철도운영자의 안전관계 규정 등을 준수하여야 하며, 철도운영자로부터 종합시험과 관련한 추가적인 안전조치 요구가 있을 경우 이에 응하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

2) 종합시험운행 차량운행시의 적용규정

철도시설을 신설한 경우 종합시험운행 차량의 운행안전 관리는 철도시설관리자의 운전 및 안전 관련 규정에 따른다. 기존 철도시설을 개량한 경우 종합시험운행 차량의 운행안전 관리는 철도운영자의 운전 및 안전 관련 규정에 따른다. 철도시설의 신설에 따른 기존선 연결선 구간의 종합시험운행 차량의 운행안전 관리는 철도시설관리자와 철도운영자의 운전 및 안전 관련 규정에 따른다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

3) 사고시의 대응

종합시험운행 중에 발생한 사고에 대한 복구는 철도시설관리자가 시행한다. 이 경우 철도운영자는 철도시설관리자로부터 사고복구용 장비, 자재, 인력 등의 지원요청이 있는 경우 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다. 철도시설관리자는 종합시험운행 중 사고가 발생한 경우에는 사고의 원인 및 대책 등을 포함한 사고조사보고서를 건설교통부 장관에게 제출하여야 하며, 철도운영자에게 통보하여야 한다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

4) 분쟁조정절차

이 지침과 관련하여 발생하는 철도시설관리자와 철도운영자간의 모든 분쟁 및 이의 등은 상호 긴밀히 협의하여 결정하는 것을 원칙으로 하되, 합의가 이루어지지 않을 경우 철도산업발전기본법 시행령 제17조의 규정에 의한 철도관리운영협의회의 조정에 따른다.

[해설]

[적용범위] 일반철도, 고속철도

[참고기준/근거 등]

(3) 종합시험운행 시험절차서

본 절에서는 궤도토목, 전철전력 그리고 신호제어 등의 분야별 종합시험의 목적, 적용범위, 시험대상, 관련사양 및 규격, 용어설명, 시험항목, 측정장비, 시험개소, 시험 소요인력 및 일수, 시험절차(조건, 사전조치, 시험방법, 결과 기록 및 저장), 시험결과 처리방법, 평가기준 등이 포함된 세부절차서를 언급하고자 한다. 당해 연도의 연차보고서에는 궤도토목(궤도/교량/터널 등) 부문에 대한 절차서를 예로 제시하고, 4차년도에 가서는 각 부문별 세부절차서를 부록으로 작성하여 종합시험운행 시행에 활용할 수 있도록 할 것이다.

(가) 궤도/교량/터널 분야 시험절차서

1) 개요 및 적용범위

본 문서에서는 차량의 주행안전성 및 승차감을 확인하기 위한 시설분야의 시험 및 시운전에 대한 내용에 대해서 다룬다. 이러한 시험 및 시운전은 기술적인 측면에서 차량 주행전에 각각의 구성품에 대해서 수행되어야 하는 개별시험과 차량 주행시 시스템 측면에서 수행되어야 할 동적시험으로 크게 분류할 수 있다. 개별시험은 완벽한 안전 조건에서 차량을 운행하기 위한 것으로 차량의 운행 없이 각각의 궤도, 교량, 터널 등의 상태를 점검하는 것이다. 본 문서에서는 개별시험이 종료된 후, 이상이 없는 경우에 수행하는 동적시험 즉, 차량 주행시 시스템 측면에서 검토되어야 할 내용에 대해 궤도/교량 시설물에 관한 시험 절차서를 정리하였다.

<표 3-12-10> 궤도 및 교량 시설물 시험항목

분 야	시 험 항 목
궤 도	○주행안전성 시험 ○궤도/차량 인터페이스 시험
교 량	○교량/차량 인터페이스 시험

2) 주행안전성 시험

가) 목적

본 시험은 차량의 주행안전성을 검증하기 위한 시험으로, 레일 내·외측에 계측센서를 부착하여 차륜과 레일사이에 발생하는 윤중(Q)과 횡압(Y), 탈선계수(Y/Q)를 확인하여 그 성능을 평가한다.

나) 적용 범위 및 시험대상

철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운행하고자 하는 노선

다) 관련사양 및 규격

○UIC 518 : Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their behaviour – Safety – Track fatigue – Ride quality

라) 용어설명

○윤중(Q) : 차륜과 고정설비인 레일사이에서 발생하는 수직방향 작용력

○횡압(Y) : 차륜과 고정설비인 레일사이에서 발생하는 횡방향 작용력

탈선계수(Y/Q) : 횡압과 윤중비

마) 시험항목

○차륜과 레일의 상호작용력 : 윤중(Q), 횡압(Y) 및 탈선계수(Y/Q)

바) 측정장비

○윤중・횡압 검정기

○윤중・횡압 측정장비

- 5mm 2축 스트레인게이지
- Dynamic strain amplifier
- Data acquisition system

사) 시험개소

차량의 주행안전시험과 연계해서 궤도에서 추가적으로 정밀검토를 필요한 개소에 대해 본 시험을 수행하여 차량의 주행안전성을 확인함

아) 시험 소요 인력 및 일수

시험을 효율적으로 수행하기 위하여 “3. 궤도/차량 인터페이스 시험”의 시험개소와 동일 개소(급곡선부 3개소와 고속분기기 2개소, 탄성분기기 1개소)를 대상개소로 선정하였으며 따라서, 궤도/차량 인터페이스 시험과 동시에 수행하므로 아래의 인력이 추가로 소요되는 것은 아님. 즉, 아래의 인력은 급곡선부 주행안전성 시험만을 독립적으로 시행할 때 소요되는 인력을 참고하기 위하여 산정한 것임

○ 시험준비 소요인력

세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
	특급	고급	중급	초급	계		
관련기술 검토, 시험절차 숙지	1				1	0.5	0.5
대상개소(5개소) 현장조사	1	1			1.81	3	5.43
각종 계측 센서 및 장비 점검 (Calibration 포함)	1	1			1.81	1	1.81
소 계							7.74

○ 1회출장 시험수행 소요인력

시험	센서 부착을 위한 지그 준비, 케이블 점검, 장비 준비 및 점검		1	1		1.48	0.5	0.74
	현장계측	1	1	1	1	2.97	4	11.86
	결과 분석 및 보고서 작성	1	1			1.81	1	1.81
소 계								14.41

자) 시험절차

a) 시험조건

○총 시험일수(총 대상 개소수)/개소당 시험횟수/1일 차량편성 : 6일(6개소)/4회/1일 4회 편성 운행 : 계측에 대한 신뢰할 만한 결과를 획득하고 확률적 분석(평균, 분산 등)을 수행하기 위해서는 최소 4회의 계측데이터(1회 : 시험장비 최종 점검, 3회 : 계측결과 획득)를 획득할 수 있어야 한다. 따라서, 시험을 효율적으로 수행할 수 있도록 시험 총괄책임자와 긴밀히 협조하여 차량을 1일 4회 이상 편성한다.

○차량 주행 속도 : 개소별 최대 주행속도

b) 사전조치

○센서 및 장비 장착시 열차 접근을 확인하기 위하여 열차감시원을 반드시 사전에 배치한다.

○차량 최초 주행전 각종 센서 및 지그, 케이블 등이 정위치에 장착되어 차량 운행에 지장을 초래하지 않는 것을 확인하여야 한다.

○차량 최초 주행시(또는 차량 주행전 기타 일반 차량 주행시) 계측결과를 확인하여 최고값이 예측치 안에 존재하는지를 확인하여 최종적으로 장비와 센서의 세팅 상태를 점검한다.

c) 시험방법

ⅰ) 측정위치

○ 측정개소에 대해 내・외측 레일에 대해 윤중・횡압을 측정한다.

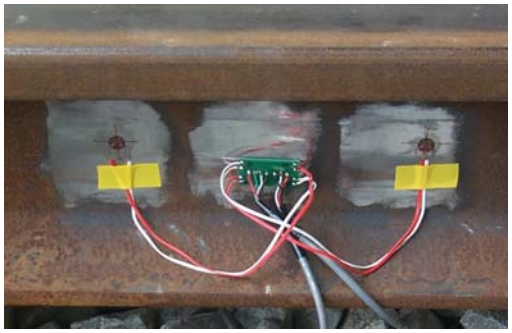
ⅱ) 센서 부착 방법

윤중 및 횡압은 차상에서 측정하는 방법과 지상에서 측정하는 방법이 있다. 차상에서 측정하기 위해서는 차량 주행에 따른 선로의 작용상태를 알 수 있으나 윤중 및 횡압 측정 장비가 부착된 특수 차륜을 필요로 한다. 지상에서 측정하는 방법은 차량 통과시 측정 지점에 대해서만 각 차량의 작용력의 크기와 변화량을 알 수 있으나, 특수 차륜의 필요 없이 스트레인게이지와 계측시스템을 이용하여 레일에 발생하는 전단변형을 측정하여 정확하게 윤중과 횡압을 측정할 수 있다. 본 시험 및 시운전에서는 G7 개발차에 장착된 특수차륜에 이상이 발행하여 사용이 불가능하므로 비교적 계측장비가 단순한 지상

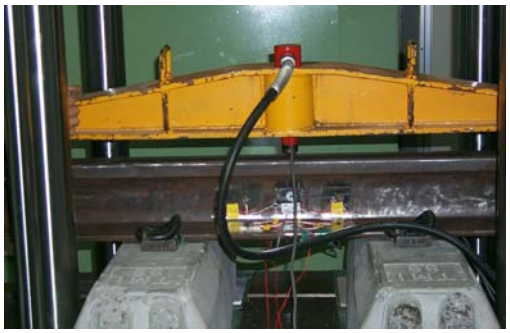
에서의 측정방법을 이용할 예정이며, 이에 대한 스트레인게이지 부착 및 결선방법은 다음과 같다.

○ 윤중

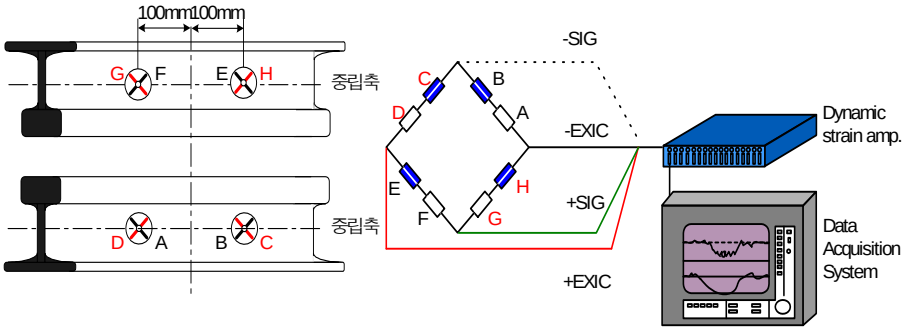
윤중은 <그림 3-12-3>에서와 같이 침목간 중심에서 각 100mm 떨어진 위치의 중립축에 45o의 각도를 가지고 8방향으로 스트레인게이지를 부착하고, 이를 결선하여 단면휨의 영향을 배제하여 전단변형을 측정하여 산정한다(전단력이 윤중이 된다). 이 상태에서 윤중검정기를 이용하여 1tf(10kN) 단위로 4tf(40kN)까지 재하하고 윤중을 검정한다.



<그림 3-12-1> 실제 윤중 게이지 부착모습



<그림 3-12-167> 윤중 검정기를 이용한 윤중 검정 방법

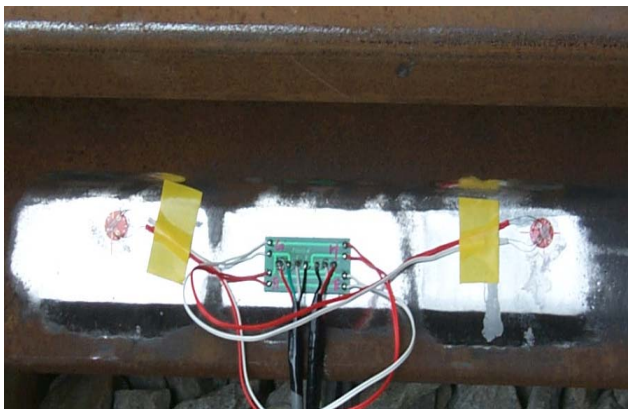


<그림 3-12-168> 윤중 게이지 부착 방법과 계측 시스템

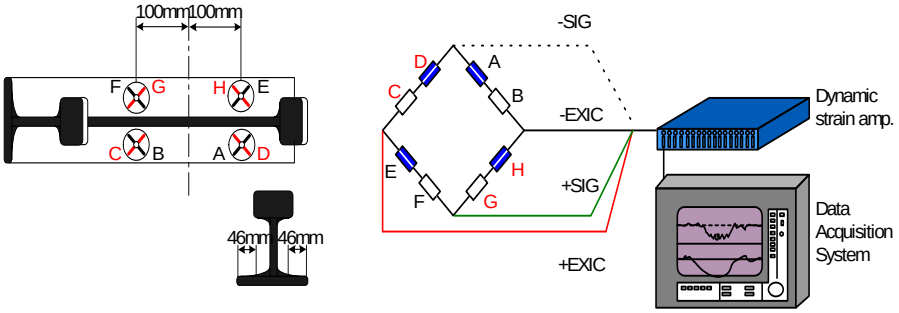
○ 횡압

횡압은 레일의 접촉면을 통하여 차륜 수평방향인 레일에 직각으로 작용하는 힘을 말한다. 차량이 완전히 안정되고 곡선에 있어서 캔트의 균형이 맞아 차량의 하중이 윤축을 통하여 모두 전달되어 횡압이 발생하지 않아야 이상적이다. 그러나, 실제로는 곡선 통과시 윤축의 전향과 캔트의 과소 혹은 과다에 의한 원심력과 차량 사행동, 분기기 및 신축이음매의 충격력에 의해 횡압이 발생된다. <그림 3-12-4>는 레일에 발생하는 횡압을 측정하기 위한 게이지의 부착모습과 측정시스템과의 연결 모습이다. 횡압은 아래의 그림과 같이 침목간 중심에서 각 100mm떨어진 위치의 레일 저부상면에서 내측에 스트레

인 게이지를 부착하여 측정한다. 이는 결선면내에서의 레일 종방향 휨 영향을 배제시키고 전단력만을 측정하기 위한 것이다. 이러한 전단력은 레일에 직각으로 작용하는 횡압을 의미한다. 이 상태에서 검정기를 이용하여 0.5tf(5kN) 단위로 2tf(20kN)까지 재하하고 횡압을 검정한다.



<그림 3-12-169> 실제 횡압 게이지 부착모습



<그림 3-12-170> 횡압 게이지 부착 방법과 계측 시스템

d) 시험결과의 기록 및 저장

○ 2,000Hz로 샘플링하여 DAS(Data acquisition system)에 저장

○ 시험 수행 완료 후 Backup 장치에 관련 데이터 저장

○ Backup 장치의 데이터를 후처리 프로그램을 이용하여 각 채널별로 분리

○ 분석프로그램을 이용하여 200Hz로 필터링하여 데이터를 분석

차) 시험결과 처리방법

시간변화에 따라 기록계에 저장된 데이터를 읽어 각 데이터별 윤중과 횡압의 최대값을 기록하여 평가기준을 만족하는지 평가한다.

카) 평가기준

○ 횡압(Y)<60.0kN

○ 윤중(Q)<145.0kN

○ 윤중과 횡압비(Y/Q)≤0.8

타) 시험결과 기록 양식

○ 시험결과 기록 양식 : 급곡선부 주행안전성 평가 결과(통합시험 검사서)

시험일자	20 년 월 일		
날씨	[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]		
시험위치 및 대상			
시험시작/종료시각	~		
시험책임자	(인)		
레일형식			
도상형식			
시 험 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
시 험 확 인 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
기타 특기사항 :			

측 정 번 호	회	주 행 속 도	km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )		
측 정 레 일	곡선외측 ( ) 곡선내측 ( )		
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정
횡압(Y) kN	< 60.0kN	kN	
윤중(Q)	< 145.0kN	kN	
윤중과 횡압비(Y/Q)	≤ 0.8		

측 정 번 호	회	주 행 속 도	km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )		
측 정 레 일	곡선외측 ( ) 곡선내측 ( )		
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정
횡압(Y) kN	< 60.0kN	kN	
윤중(Q)	< 145.0kN	kN	
윤중과 횡압비(Y/Q)	≤ 0.8		

측 정 번 호	회	주 행 속 도	km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )		
측 정 레 일	곡선외측 ( ) 곡선내측 ( )		
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정
횡압(Y) kN	< 60.0kN	kN	
윤중(Q)	< 145.0kN	kN	
윤중과 횡압비(Y/Q)	≤ 0.8		

3) 궤도/차량 인터페이스 시험

가) 목적

○ 레일과 침목의 수직 처짐 및 레일 두부의 수평 변위

궤도/차량 인터페이스 시험은 차량의 주행에 대한 레일과 침목의 처짐을 측정하여 동적 하중의 최대치에 의한 궤도 각부의 구조적 안전성 및 주행안전성을 평가하기 위한 것이다. 또한 궤도의 진동상태는 궤도의 상태와 밀접한 관련이 있으므로 지속적인 궤도/차량 인터페이스 시험을 통하여 향후 궤도 유지보수량 예측에 활용할 수 있다.

○ 레일 저부 응력

레일에 발생하는 응력을 검측하여 궤도 재료 중에서 가장 중요한 부재인 레일에 대한 안전성을 검증하기 위한 것이다.

나) 적용 범위 및 시험대상

철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운행하고자 하는 노선

다) 관련사양 및 규격

○ 독일 고속철도 궤도 안전성 기준
○ 일본 신간선의 주행판정 기준

라) 용어설명

○ 레일과 침목의 수직 처짐 : 차량의 주행에 의해 레일과 침목에 발생하는 수직방향 처짐
○ 레일 두부의 수평 변위 : 레일의 비틀림(또는 틸팅)으로 인한 궤도의 최대 궤간 확폭
○ 레일 저부 응력 : 차량 주행에 의해 레일 저부 중앙에 발행하는 응력

마) 시험항목

○ 레일과 침목의 둥적 수직 처짐
○ 레일 두부의 수평 변위
○ 레일 저부 응력

바) 측정장비

○ 스트레인게이지(5mm 1축)
○ 변위계(5mm)
○ Dynamic strain amplifier
○ Data acquisition system

사) 시험개소

차량의 주행안전시험과 연계해서 궤도에서 추가적으로 정밀검토를 필요한 개소에 대해 본 시험을 수행하여 차량의 주행안전성을 확인함

아) 시험 소요 인력 및 일수

시험을 효율적으로 수행하기 위하여 “2. 급곡선부 주행안전성 시험”의 대상개소와 동일개소를 대상개소로 선정하였으며 따라서, 이러한 개소에 대해서는 급곡선부 주행안전성

시험과 동시에 수행함

○시험준비 소요인력

세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
	특급	고급	중급	초급	계		
관련기술 검토, 시험절차 숙지	1				1	0.5	0.5
대상개소(5개소) 현장조사	1	1			1.81	3	5.43
각종 계측 센서 및 장비 점검 (Calibration 포함)	1	1			1.81	1	1.81
소 계							7.74

○1회출장 시험수행 소요인력

시험	센서 부착을 위한 지그 준비, 케이블 점검, 장비 준비 및 점검		1	1		1.48	0.5	0.74
	현장계측	1	1	1	1	2.97	4	11.86
	결과 분석 및 보고서 작성	1	1			1.81	1	1.81
소 계								14.41

자) 시험절차

a) 시험조건

○총 시험일수(총 대상 개소수)/개소당 시험횟수/1일 차량편성 : 9일(9개소)/4회/1일 4회 편성 운행 : 계측에 대한 신뢰할 만한 결과를 획득하고 확률적 분석(평균, 분산 등)을 수행하기 위해서는 최소 4회의 계측데이터(1회 : 시험장비 최종 점검, 3회 : 계측결과 획득)를 획득할 수 있어야 한다. 따라서, 시험을 효율적으로 수행할 수 있도록 시험 총괄 책임자와 긴밀히 협조하여 차량을 1일 4회 이상 편성한다.

○차량 주행 속도 : 개소별 최대 주행속도

b) 사전조치

○센서 및 장비 장착시 열차 접근을 확인하기 위하여 열차감시원을 반드시 사전에 배치한다.

○차량 최초 주행전 각종 센서 및 지그, 케이블 등이 정위치에 장착되어 차량 운행에 지장을 초래하지 않는 것을 확인하여야 한다.

○차량 최초 주행시(또는 차량 주행전 기타 일반 차량 주행시) 계측결과를 확인하여 최고값이 예측치 안에 존재하는지를 확인하여 최종적으로 장비와 센서의 세팅 상태를 점검한다.

c) 시험방법

ⅰ) 센서 부착 방법

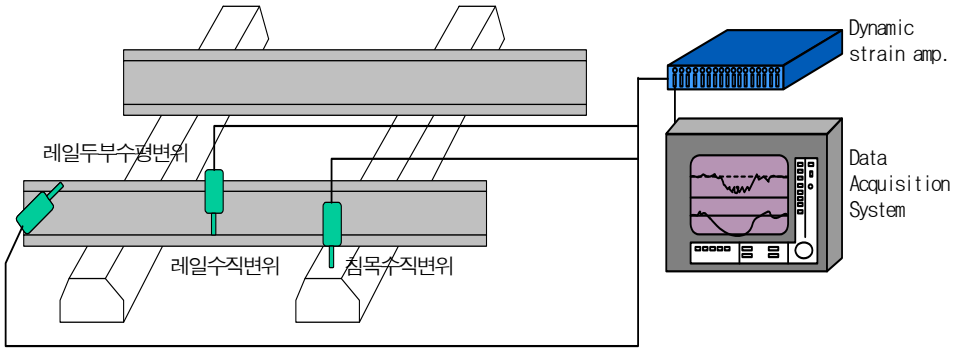
○ 레일과 침목의 동적 수직 처짐 및 수평 변위

레일과 침목의 동적 수직 처짐 및 수평 변위를 측정하기 위해서는 변위계를 설치하여야 하며, 이를 지그를 이용하여 고정지점에 지지시켜야 한다. 이러한 방법으로 레일과 침목의 변위를 열차 주행시 측정함으로써 동적하중에 대한 그 영향을 평가할 수 있다.

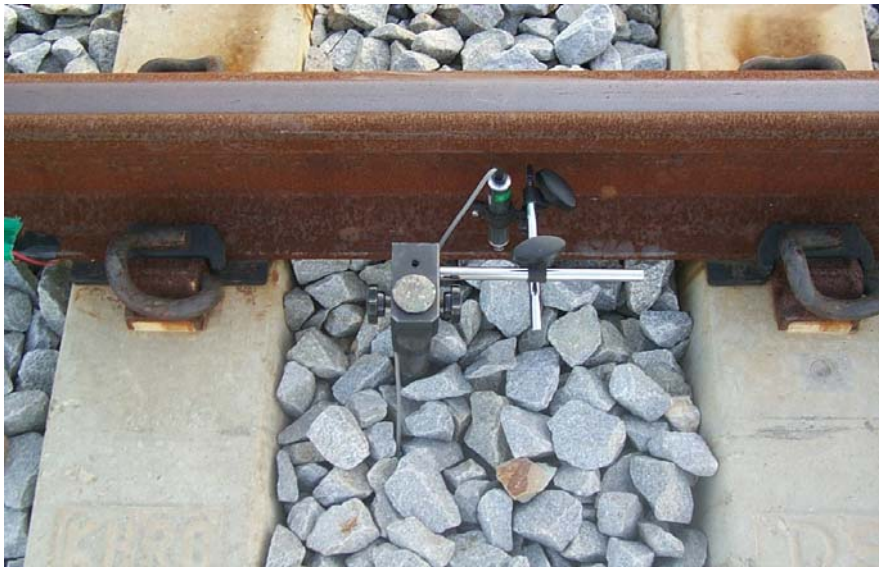
독일 고속철도의 경험에 따르면 레일 수직 처짐은 궤도 각 구성품이 안정화되고 탄성소재가 노화하는 과정에서 다소 감소추세를 보이는 것으로 나타났다. 이는 도상자갈에 가해지는 압축 응력을 증가시키는 결과를 초래하며, 따라서 독일 고속철도에서는 레일 저부에서의 인장을 제한하기 위해서 레일의 수직 처짐을 1.5mm로 제한하고 있다.

<그림 3-12-6>과 같이 레일변위계, 침목변위계, 레일 두부 횡변위 측정시 변위계를 설치 하고 계측 시스템을 구성하여 계측을 수행한다. <그림 3-12-7>은 실제 현장에서 레일의 수직변위 센서를 설치한 모습이다.

레일두부 수평변위 측정값으로 레일 틸팅으로 인한 궤도의 최대 궤간 확폭을 측정할 수 있다. 이로써 안쪽 레일과 바깥쪽 레일에 가해지는 힘이 레일의 수평처짐에 가하는 충격량을 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 곡선구간에서 발생 가능한 최대 캔트와 최대 캔트 부족량의 정도를 알 수 있다.



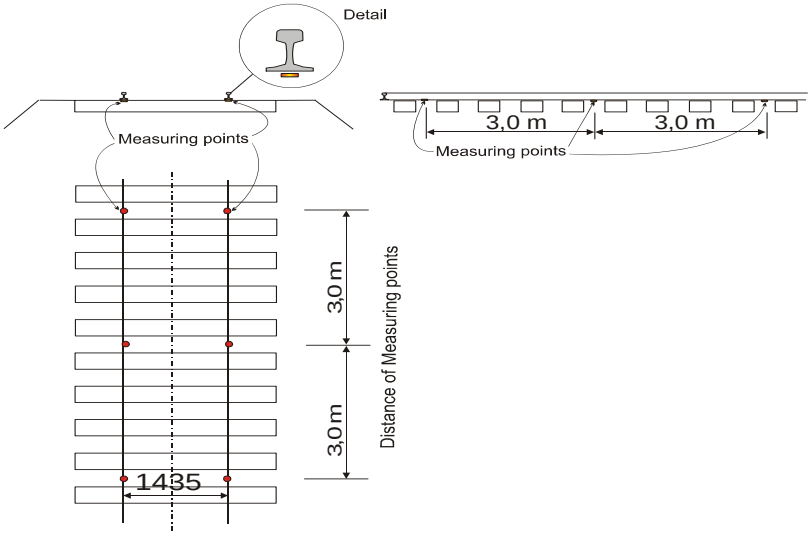
<그림 3-12-171> 레일 및 침목 변위 게이지 부착 위치 및 계측 시스템



<그림 3-12-172> 실제 궤도에서 변위계 설치모습

○ 레일 저부 응력

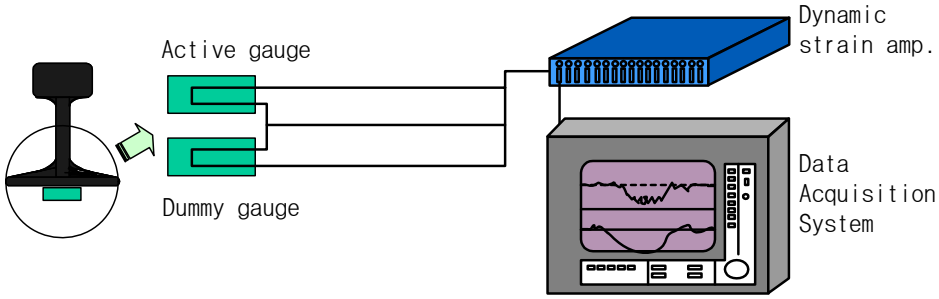
도상자갈 물성치의 분산 때문에 레일 저부 응력은 약 3m 거리에서 최소 6개 지점에서 측정하여야 한다(<그림 3-12-8>). 이로써 평균, 표준편차를 아주 정확하게 계산하고 노반의 상태를 측정할 수 있다.



<그림 3-12-173> 레일 저부 응력 측정 위치

레일 휨응력은 <그림 3-12-9>와 같이 침목간 중앙의 레일저부에 게이지를 부착하여 종축방향으로 발생하는 스트레인을 측정하여 구할 수 있다. 스트레인 게이지는 아래 그림과 같이 결선하고, 노이즈와 온도변화에 대한 영향을 소거하여 감도를 높이기 위해서, 원하는 측정점에 1매의 스트레인게이지를 부착하고 1매의 더미게이지를 이용하는 2게이

지법을 사용한다. 3심 쉴드코드를 이용하여 계측장비에 연결하여 측정한다.



<그림 3-12-174> 레일 저부 휨응력 게이지 부착 위치 및 계측 시스템

d) 시험결과의 기록 및 저장

○2,000Hz로 샘플링하여 DAS(Data acquisition system)에 저장

○시험 수행 완료 후 Backup 장치에 관련 데이터 저장

○Backup 장치의 데이터를 후처리 프로그램을 이용하여 각 채널별로 분리

○분석프로그램을 이용하여 데이터를 분석

차) 시험결과 처리방법

시간변화에 따라 기록계에 저장된 데이터를 읽어 각 데이터별 레일과 침목의 수직 처짐, 레일 두부의 수평 변위와 레일 저부 응력을 기록하여 참고기준과 비교한다.

카) 참고기준

○독일 고속철도 궤도강도 측정기준

- 레일과 침목의 수직 처짐≤1.5mm
- 레일 두부 수평 변위≤3.0mm
- 레일 응력≤80N/mm2

○일본 신간선의 주행판정 기준

- 레일 상하 변위≤4.0mm
- 침목 상하 변위≤3.0mm
- 레일 응력≤300N/mm2

위의 독일 고속철도 궤도강도 측정기준과 일본 신간선의 주행판정 기준은 고속주행(≥200km/h)에 대한 것으로 차량의 기존선 주행속도(최대 130km/h)를 고려할 때 평가기준으로 사용하기에는 다소 엄격하다.

타) 시험결과 기록 양식

○ 시험결과 기록 양식 : 궤도/차량 인터페이스 시험 결과(통합시험 검사서)

시험일자	20 년 월 일		
날씨	[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]		
시험위치 및 대상			
시험시작/종료시각	~		
시험책임자	(인)		
레일형식			
도상형식			
시 험 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
시 험 확 인 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명

기타 특기사항 :

측 정 번 호	회	차량주행속도	km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )		
측 정 레 일	좌측 ( ) 우측( ) : 서울 → 부산 방향		
평 가 항 목	참 고 기 준 (독일고속철도기준)	시 험 결 과	비 고
레일의 수직 처짐(mm)	≤ 1.5mm	mm	
침목의 수직 처짐(mm)	≤ 1.5mm	mm	
레일 두부 수평 변위(mm)	≤ 3.0mm	mm	
레일 저부 응력(N/mm^2)	≤80N/mm^2	N/mm^2	

측 정 번 호	회	차량주행속도	km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )		
측 정 레 일	좌측 ( ) 우측( ) : 서울 → 부산 방향		
평 가 항 목	참 고 기 준 (독일고속철도기준)	시 험 결 과	비 고
레일의 수직 처짐(mm)	≤ 1.5mm	mm	
침목의 수직 처짐(mm)	≤ 1.5mm	mm	
레일 두부 수평 변위(mm)	≤ 3.0mm	mm	
레일 저부 응력(N/mm^2)	≤80N/mm^2	N/mm^2	

4) 교량/차량 인터페이스 시험

가) 목적

차량 주행시 교량/차량 상호작용에 의한 교량의 구조적 안전성과, 열차 주행 안전성 및 승차감을 검증하기 위한 시험으로 교량의 주부재의 응력과 고유진동수, 상판의 수직 가속도, 상판의 단부꺾임각, 경간 중앙부 수직 처짐, 상판의 면틀림을 확인한다.

나) 적용 범위 및 시험대상

철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운행하고자 하는 노선

다) 관련사양 및 규격

- ○Eurocode : Basis of structural design(EN 1990:2002)
- ○Eurocode 1 : Actions on structures(EN 1991:2003)
- ○철도설계기준(철도교편)

라) 용어설명

- ○교량 주부재 응력 : 열차 주행시 발생하는 교량 주부재의 응력
- ○교량 고유 진동수 : 열차가 교량을 통과한 후 교량의 수직 방향의 고유 진동수
- ○교량 상판 수직 가속도 : 열차 주행시 발생하는 교량 상판의 최대 수직 가속도
- ○교량 상판의 단부꺾임각 : 열차 주행시 발생하는 경간 지점부의 단부꺾임각
- ○경간 중앙부 수직 처짐 : 열차 주행시 발생하는 교량 중앙부의 최대 수직 처짐
- ○교량 상판의 면틀림 : 열차 주행시 발생하는 교량 상판의 면틀림

마) 시험항목

- ○교량 주부재 응력
- ○교량의 고유진동수
- ○교량의 상판 수직 가속도
- ○교량 상판의 단부꺾임각
- ○경간 중앙부의 수직 처짐
- ○교량 상판의 면틀림

바) 측정장비

- ○교량 주부재의 휨응력 검정기
- ○교량 주부재의 휨응력 측정장비
  - 스트레인게이지
  - Dynamic strain amplifier
  - Data acquisition system

- ○교량의 고유진동수, 교량의 상판 가속도 검정기
- ○교량의 고유진동수, 교량의 상판 가속도 측정장비
  - Accelerometer

- Signal Conditioning
- Data acquisition system(FFT 분석가능)

○교량 상판의 단부꺾임각, 경간 중앙부의 처짐, 교량 상판의 면틀림 검정기
○교량 상판의 단부꺾임각, 경간 중앙부의 처짐, 교량 상판의 면틀림 측정장비
- 변위계
- Dynamic strain amplifier
- Data acquisition system

사) 시험개소
차량의 주행안전시험과 연계해서 궤도에서 추가적으로 정밀검토를 필요한 개소에 대해 본 시험을 수행하여 차량의 주행안전성을 확인함

아) 시험 소요 인력 및 일수

○시험준비 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험 준비	관련기술 검토, 시험절차 숙지	1				1	0.5	0.5
	대상개소(3개소) 현장조사	1	1			1.81	2	3.62
	각종 계측 센서 및 장비 점검 (Calibration 포함)	1	1			1.81	1	1.81
소 계								5.93

○1회출장 시험수행 소요인력

시험	센서 부착을 위한 지그 준비, 케이블 점검, 장비 준비 및 점검		1	1		1.48	0.5	0.74
	현장계측	1	1	1	1	2.97	3	8.90
	결과 분석 및 보고서 작성	1	1			1.81	1	1.81
소 계								11.45

자) 시험절차

a) 시험조건

○총 시험일수(총 대상 개소수)/개소당 시험횟수/1일 차량편성 :

- 1단계 : 3일(3개소)/4회/1일 4회 편성 운행
- 2단계 : 6일(3개소)/4회/1일 4회 편성 운행

계측에 대한 신뢰할 만한 결과를 획득하고 확률적 분석(평균, 분산 등)을 수행하기 위해서는 최소 4회의 계측데이터(1회 : 시험장비 최종 점검, 3회 : 계측결과 획득)를 획득할 수 있어야 한다. 따라서, 시험을 효율적으로 수행할 수 있도록 시험 총괄 책임자와 긴밀히 협조하여 차량을 1일 4회 이상 편성한다.

○차량 주행 속도 :

- 1단계 : 개소별 운행 주행속도
- 2단계 : 속도향상 시험 및 동적성능 향상방안 도출 시험

b) 사전조치

○궤도상에서 작업을 실시하여야 하는 경우에는 열차감시원을 반드시 사전에 배치한

다.

○차량 최초 주행전 각종 센서 및 지그, 케이블 등이 정위치에 장착되어 차량 운행에 지장을 초래하지 않는 것을 확인하여야 한다.

○차량 최초 주행시(또는 차량 주행전 기타 일반 차량 주행시) 계측결과를 확인하여 최고값이 예측치 안에 존재하는지를 확인하여 최종적으로 장비와 센서의 세팅 상태를 점검한다.

c) 시험방법

ⅰ) 측정위치

○교량 주부재 응력 : 경간 중앙부의 플랜지 상·하부에 스트레인게이지를 설치

○교량 고유진동수 : 경간 3/4 지점에 가속도계를 설치

○교량 상판 수직 가속도 : 경간 중앙부에 가속도계를 설치

○교량 상판의 단부꺾임각 : 경간 지점부의 상부와 하부에 변위계를 설치

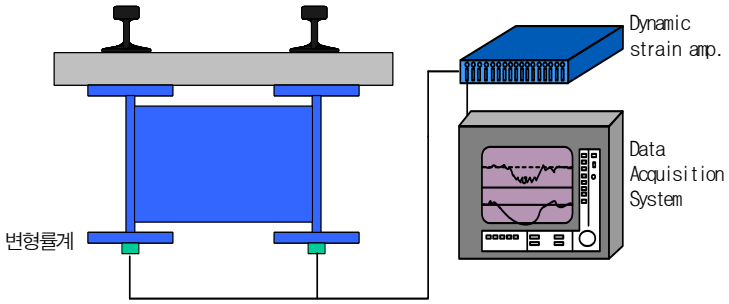
○경간 중앙부 수직 처짐 : 경간 중앙부에 변위계를 설치

○교량 상판의 면틀림 : 종방향과 횡방향 비가 3:1로 환산할 수 있는 거리에 변위계(상부플랜지 상면)를 설치

ⅱ) 센서 부착 방법

○교량 주부재 응력

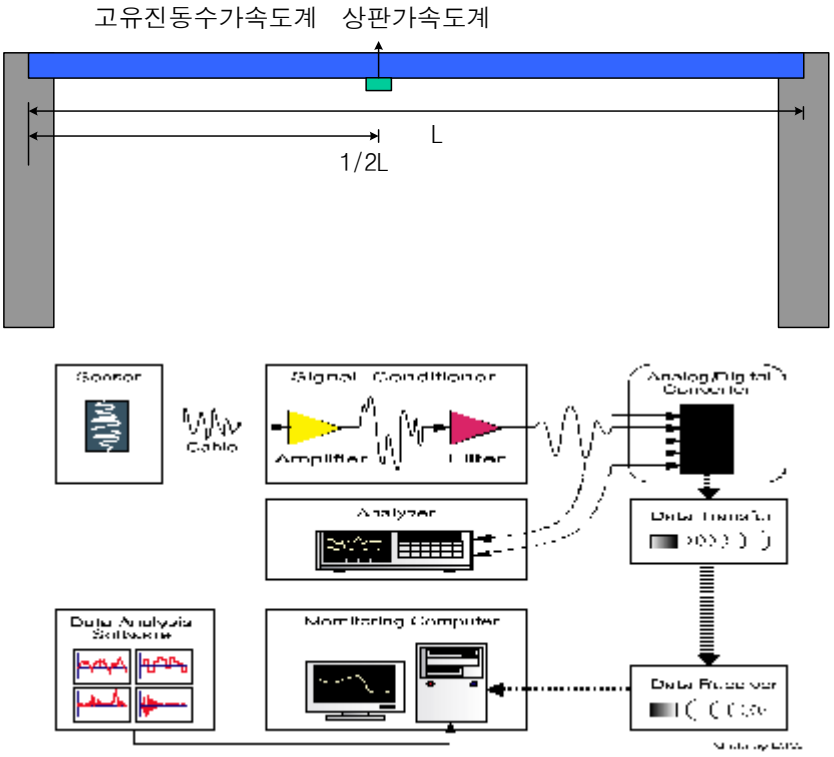
주행중인 열차에 의해 발생되는 교량 주부재의 휨응력을 측정해야 하며, 이를 위해서는 다음 <그림 3-12-10>과 같이 스트레인 게이지를 설치한다.



<그림 3-12-175> 스트레인게이지 부착 위치 및 계측 시스템

○교량 고유진동수와 상판 수직 가속도

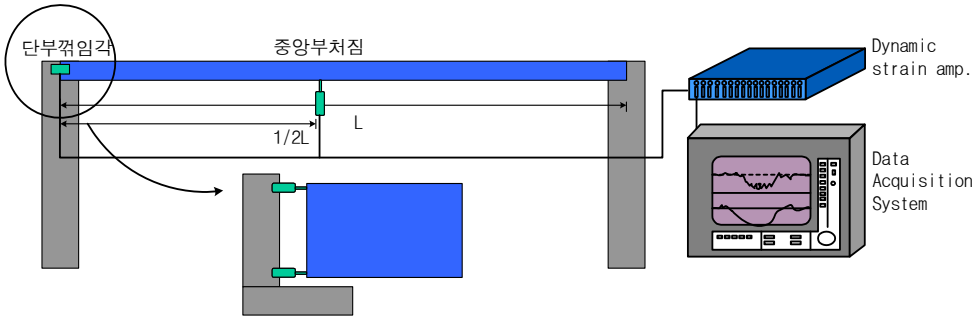
주행중인 열차에 의해 발생되는 교량의 고유진동수와 상판의 최대 수직 가속도를 측정해야 하며, 이를 위해서는 아래 그림과 같이 가속도계를 설치한다.



<그림 3-12-11> 가속도계 부착 위치 및 계측 시스템

○상판의 단부 꺾임각과 중앙부 수직 처짐

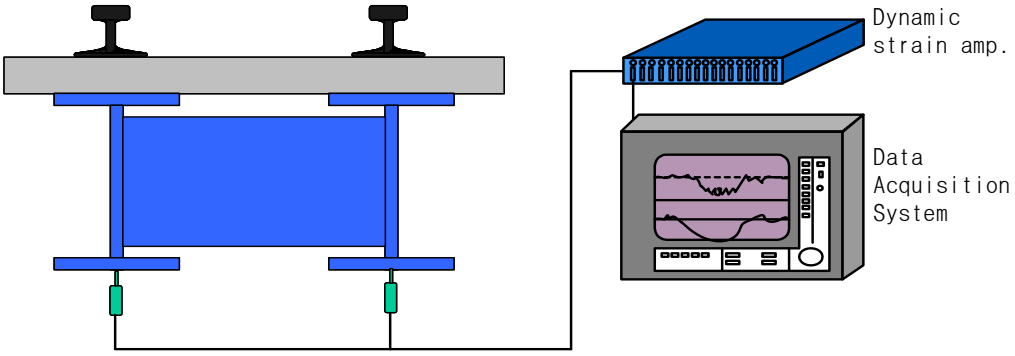
상판의 단부 꺾임각을 측정하기 위해 경간 지점부에 상, 하단에 수평방향으로 변위계를 설치하여 열차 주행시 발생하는 상대변위량을 측정하고 교량의 최대 처짐을 측정하기 위해서는 중앙부에 변위계를 설치한다.



<그림 3-12-12> 상판의 단부꺽임각과 중앙부 수직 처짐측정을 위한 변위계 부착 위치 및 계측 시스템

○상판의 면틀림

교량 중앙부 상부플랜지 상면에 변위계를 설치하여 열차 주행시 발생하는 상대변위량을 측정한다. 각 센서 위치는 종방향과 횡방향 비를 3:1로 환산할 수 있는 위치에 설치한다.



<그림 3-12-13> 면틀림 측정을 위한 변위계 부착 위치 및 계측 시스템

d) 시험결과의 기록 및 저장

○200Hz로 Sampling 하여 DAS(Data acquisition system)에 저장

○시험 수행 완료 후 Backup 장치에 관련 데이터를 저장

○Backup 장치의 데이터를 후처리 프로그램을 이용하여 각 채널별로 분리

○분석프로그램을 이용하여 데이터를 분석

차) 시험결과 처리방법

시간변화에 따라 기록계에 저장된 데이터를 읽어 각 데이터별 교량 상판의 가속도, 상판의 단부 꺾임각, 경간 중앙부 처짐, 상판의 면틀림의 최대값을 기록하여 평가기준을 만족하는지 평가한다.

또한, 가속도 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하여 교량의 고유주파수를 분석한다. 이러한 고유주파수는 향후 계측된 결과와 비교하여 고유주파수의 변화 정도를 파악함으로써 교량의 건전성을 평가할 수 있는 자료로 활용할 수 있다.

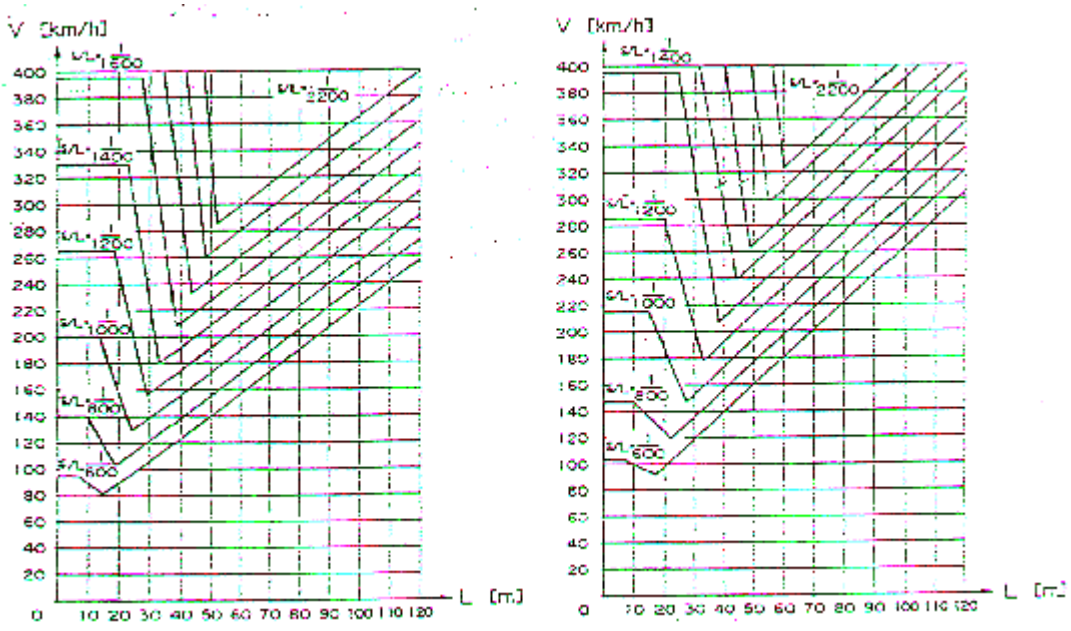
카) 평가기준

○교량 주부재 응력 : 철도설계기준(철도교편), 제2편 강교, 페이지 85-94, 한국철도시설공단(2004)

○프랑스 동적 안전성 기준

항 목			기 준	적용기준
주행안전성	상판의 수직가속도	도상궤도	$a_{max} \leq 0.35g$	
		무도상궤도	$a_{max} \leq 0.50g$	○
	상판의 단부꺽임각	교대부	$\Theta_{max} \leq 6.5 \times 10^{-3}$rad	
		교각부	$(\Theta_1 + \Theta_2)_{max} \leq 10.0 \times 10^{-3}$rad	○
	상판의 면틀림	V≤120	4.5mm/m(횡)/3m(종)	
		120<V≤220	3.0mm/m(횡)/3m(종)	○
승차감	상판의 수직변위비(δ/L)		아래기준 참조	○
	객차 수직가속도		$1.0m/sec^2$ (수직변위비 기준초과시 적용)	

- 교량 상판의 수직 변위비(경간수 n≥3, 차체 수직가속도 1m/s2)



단순교 연속교

1경간 또는 2경간 교량에 대해서는 위의 그래프 값을 다음과 같이 보정
- 1경간 교량 : δ/L 비율을 2로 곱함

- 2경간 교량 : δ/L 비율을 1.5로 곱함
- 승차감 기준이 차체 수직가속도가 1m/s2 이외인 경우에 대해서는 위의 값을 적절한 계수를 적용해서 보정해야 한다.

타) 시험결과 기록 양식

○ 시험결과 기록 양식 : 교량/차량 인터페이스 시험 결과(통합시험 검사서)

시험일자	20 년 월 일		
날씨	[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]		
시험위치 및 대상			
시험시작/종료시각	~		
시험책임자	(인)		
교량형식			
레일형식			
도상형식			
시 험 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
시 험 확 인 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
기타 특기사항 :			

측 정 번 호	회	차량주행속도		km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )			
측 정 부 재	좌측 ( ) 우측( ) : 서울 → 부산 방향			
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
주부재 응력	철도설계기준	kg/cm^2		
유도상 수직가속도	≤ 3.5(m/sec^2)	(m/sec^2)		
무도상 수직가속도	≤ 5.0(m/sec^2)	(m/sec^2)		
단부 꺾임각	≤ 10.0×10^{-3}(rad)	(rad)		
중앙부 처짐	절차서참조	(mm)		
면틀림	≤ 3.0mm/m(횡)/ 3m(종)	(mm)		

측 정 번 호	회	차량주행속도		km/h
주 행 방 향	상 선 ( ) 하 선 ( )			
측 정 부 재	좌측 ( ) 우측( ) : 서울 → 부산 방향			
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
주부재 응력	철도설계기준	kg/cm^2		
유도상 수직가속도	≤ 3.5(m/sec^2)	(m/sec^2)		
무도상 수직가속도	≤ 5.0(m/sec^2)	(m/sec^2)		
단부 꺾임각	≤ 10.0×10^{-3}(rad)	(rad)		
중앙부 처짐	절차서참조	(mm)		
면틀림	≤ 3.0mm/m(횡)/ 3m(종)	(mm)		

(나) 전철전력 분야 시험절차서

1) 개요 및 적용범위

전력분야의 시험은 전기철도차량이 운행될 때 안정적으로 전력을 공급할 수 있도록 하기 위해서 실시한다. 본 문서에서는 전철전력분야의 시험 절차서에 대해서 정리하였다.

<표 3-12-11> 시험항목

분 야	시 험 항 목
전차선	○ 곡선당김 금구 압상량 측정 ○ 비디오 모니터링 ○ 이선율 및 아크발생 측정 ○ 전차선 피로 강도 시험 ○ 전차선 편위 시험
전 력	○ SCADA 실증 시험 ○ 고조파 검증 시험 ○ 전압, 전류, 역률 측정 시험 ○ EMI 실측 ○ 회생전력 품질 시험 ○ 연장급전 시험 ○ 급전계통/비상열차운행 시나리오 시험

2) 곡선당김 금구 압상량 측정 시험

1.
2. 판토그래프 주변 지장물의 유무는 판토그래프 활에 장착된 와이어부착 마이크로스위치(Micro switch)를 이용하여 측정된다. 판토그래프 활로부터 일정한 거리이내에 존재하는 지장물을 검지할 수가 있다. 특히 지지점에 장착되어 있는 곡선인장금구, 흔들림 방지금구와 판토그래프 활의 충돌가능성 감지에 적합하다.
3.
4.
5.
6. 3) 비디오 모니터링 시험
7.
8. 멀리서 가선의 진동을 텔레비카메라로 촬영하고, 그 화상을 처리하여 트롤리선의 변위에 비례하는 전기신호를 얻는 방법이다. 예를 들면 트롤리선의 진동을 측정하는 경우 카메라를 고정하여 화상을 얻으면 트로리선이 화면 가운데에서

상하로 움직인다. 트롤리선의 주사선 번호에 비례한 전기신호를 얻는 분석기를 통해 측정한다.

9. 본 방법에서는 분해능이 주사선의 수로 결정되기 때문에 가능한 한 크고 깨끗한 화상을 수록할 필요가 있고, 그 때문에 만원렌즈나 어두운 환경에서도 밝은 화상을 얻는 부속장치를 카메라에 장착한다.
10. 본 방법은 가선의 임의 위치에서 진동을 원격으로 측정할 수 있기 때문에 편리하다. 그러나, 변위의 기준을 정하기 위해 동일한 화상내에 이는 치수를 알고 있는 부품을 사용하여 미리 교정해 둘 필요가 있다.

4) 이선율 및 아크발생 측정

가) 목적

가선 • 판토그래프, 제3궤조 • 집전자와 같이 접촉에 의해 집전하는 시스템에서는 열차의 주행중에 접촉을 유지할 필요가 있다. 그러나 일반적으로는 열차의 속도가 높아짐에 따라 접촉유지가 곤란하게 되고, 양자가 기계적으로 떨어지는 현상이 발생하기 쉽게 된다. 이러한 현상을 이선이라 하고, 차량으로 양질의 전력공급을 저해할 뿐 만 아니라 마모의 증가, 소음, 전파방해 등의 원인이 되기 때문에 이선발생정도를 확인할 필요가 있다.

11. 이선의 발생정도 측정은
12. ① 이선률 (주행시간에 대한 이선시간 총합의 비율)
13. ② 이선 지속시간 (1회 이선을 지속하고 있는 시간)
14. 을 조사하는 경우가 많다.
15.
16. 나) 적용범위
17.
18. 최고향상속도시험에 적용한다.
19.
20. 다) 측정방법
21.
22. 이선의 측정법은 직류, 교류의 전기방식과 판토그래프가 무부하인지, 실제로 집전하고 있는지에 따라 다르다. 여기서는 현재에 사용되고 있는 대표적인 방법을 설명한다.
23.
24. (1) 측정법
25. i) 분압식 이선측정법
26. 판토그래프를 주회로에서 끊고, 1.5MΩ정도의 저항분압기를 끼워 접지하여 가선전압을 약 1/20로 강압(降壓)시켜 측정한다.
27. 즉, 판토그래프에 가선전압이 부하되고 있는지에 대한 여부로 판토그래프와 트

롤리선이 접촉하고 있는지, 떨어져 있는지를 검지하는 것이다. 이 방법은 제3궤조 방식에 의한 직류전기구간에도 적용된다.

28. 이 측정법에서는 이선의 검지가 역행, 타행 등의 운전조건에 좌우되지 않고, 정도가 높은 것이 이 특징이다. 한편, 판토그래프를 무부하로 해야 하는 제약이 있고, 1개 판토그래프 열차에는 적용할 수 없다.
29.
30. ii) 광학식 이선측정법
31. 집전하고 있는 판토그래프에서 이선이 일어나면, 그것으로 인해 아크광가 발생한다. 거기서 이 빛의 세기를 관전변환소자로 전기신호로 변환하여 이선을 측정하는 것이다. 광전자변환소자로는 실리콘, 갈륨•비소(砒素)•인계의 포토다이오드(Photo diode)와 광전자증배관(光電子增配管)이 이용되고 있다.
32. 본 방법은 접촉위치를 눈으로 볼 수 있도록 원격으로 측정할 수 있으며, 교류, 직류 어느 경우에나 적용할 수 있다. 그러나, 이선율의 측정값은 아크광의 측정이기 때문에 기계적인 접촉, 떨어짐과 반드시 일치하지 않고, 운전조건이나 주변의 밝기의 영향을 받는다. 그러나, 매우 간단히 측정할 수 있기 때문에 상대비교를 하는 경우 등에 많이 이용되고 있다.
33.
34. iii) 전류식 이선측정법
35. 전류식측정법은 고압모선(高壓母線)에 접속되는 복수의 판토그래프가 사용되는 열차에 있어서 판토그래프가 집전하고 있는 전류를 측정함으로 이선을 검출하는 것이다. 실제 본 방법에서는 다른 판토그래프가 접촉을 유지하고 있을 때에 어떤 판토그래프가 이선하면 그 집전전류는 짧은 시정수 사이로 0이 되고, 접촉하고 있는 판토그래프의 집전전류가 증가한다. 판토그래프의 전류는 클램프메터(Clamp meter)를 사용해서 측정하는 것이 편리하다.
36. 모선에는 일반적으로 케이블은 절연전선이 이용되고 있기 때문에 저압측에서 집전전류를 측정할 수 있다. 전류 측정파형을 컴퓨터로 처리하여 이선율 이선횟수, 이선지속시간, 그 분포 등의 통계량을 구할 수 있다.
37. 이 방법에서는 판토그래프의 집전전류가 어느정도 큰 역생시에 측정하기 쉽지만, 판토그래프간 전류(電流)의 전류(轉流)에는 집전전류값이 영향을 끼치므로 이로 인해 측정값은 영향을 받는다. 즉, 집전전류가 큰 경우에는 이선이 발생해도 전류가 0이 되기 어렵기 때문에 이선으로 검출되지 않는 경우가 발생하기 쉽다.
38.
39. (2) 측정예와 데이터 처리
40. 이선정보는 이선과 착선(着線)의 2개의 정보이기 때문에 원래 파형을 이선으로 판단되는 시간만 계속하는 펄스파형으로 정형(整形)하고 나서 이선율, 이선횟수, 이선지속시간, 그 분포 등을 구하는 것이 보통이다. 이를 위해서는 원래

파형을 AD변환하여 각 측정법마다 정해진 이선의 판단 알고리즘을 이용하여 정형펄스신호를 작성하고, 처리프로그램에 의해 상기 지표값을 얻는 것이 편리하고 정확하다.

41. 지표값은 목적에 맞는 형식의 도표로 정리되어 판단의 소재로 제공된다.

라) 평가방법

42. 이선의 판정은 차량의 전기회로에 끼치는 악영향, 미끄럼판의 마모량, 소음•전파장해 등의 정도에 따라 판단되어야만 하고, 차량의 주회로 형식, 미끄럼판의 재질, 연선(연선)의 상황에 따라 그 목표 값은 다르다.

43. 그러나, 이선은 집전성능에 가장 커다란 영향을 미치는 것으로 이선이 매우 많으면 문제가 발생한다. 그래서 아래에 지금까지의 경험에 의한 목표를 서술한다.

44. (1) 직류전화(직류전화)구간

45. 직류전화구간에서는 일반적으로 집전전류가 크기 때문에 이선률이 높으면 연속된 아크와 매우 큰 아크가 발생하기 때문에 미끄럼판의 단마모와 활 용단(단체용단)의 우려가 있다. 따라서 이들의 발생이 없도록 주의해야 한다.

46. (2) 교류전화구간

47. 교류전화구간에서는 전압이 높기 때문에 이선시에도 전력은 아크에 의해 차량에 공급되기 쉽다. 또한, 집전전류가 작기 때문에 아크에 의한 재료의 마모도 적어 직류구간보다 이선이 많이 되어도 문제가 적다. 주변압기의 편자(편자), 소음•전파장해가 이선의 목표값을 결정하는 요소가 된다.

48.

49.

50.

51.

52.

53.

54.

55.

56.

57.

5) 전차선 피로 강도 시험

가) 목적

58. 트롤리선은 판토그래프의 습동에 따라 변형하고, 진동이 발생한다. 판토그래프의 습동속도가 높으면 트롤리선에 발생하는 응력이 크게 되어, 트롤리선의 피로에 대해 관리할 필요가 생긴다. 트롤리선의 가설장력이 큰 경우는 피로한도

가 작아지게 되기 때문에 트롤리선에 발생하고 있는 응력을 실측하여 확인해 두는 것이 바람직하다.

59.

60. 나) 적용범위

61.

62. 최고속도향상시험 및 분기기 통과속도향상시험(직선측)에 적용한다.

다) 측정방법

63. (1) 측정장소

64. 트로리선 응력이 커지는 장소로는 다음 사항이 고려되고, 실측에 있어서는 지지점 주변에서 응력을 확인하는 경우가 많다.

① 지지점의 곡선인장금구(흔들림멈춤 금구) 주변

② 지지점 인접행거 부착점

③ 건넘선 교차금구의 본선측 장착점 주변

④ 에어섹션 등의 오버랩 구간에서 판토그래프가 진행하는 주변

⑤ 더블이어 (double ear) 등의 금구에 의한 트로리선 접속부

⑥ 기전분기장치 등의 중량이 있는 금구부착점

⑦ 데드섹션장소의 주변점

65.

66. (2) 측정법

67. 트롤리선 응력을 측정하는 경우에는 일반적으로 응력측정에 사용되는 저항선 스트레인게이지를 사용한다.

68. 구부 트롤리선의 경우에는 최대 스트레인이 작은 활(弧)면(상면) 중앙에 발생하는 경우가 많다. 그런데 스트레인게이지는 가선상태의 트로리선 상면에 선로방향을 따라 장착한다. 스트레인게이지의 장착방법은 일반적으로 실시되고 있는 대로이다.

69. 금구 장착점에서는 바로 금구 주변에서 최대 스트레인이 생기지만, 트롤리선에는 어느 정도의 강성이 있기 때문에 금구로부터 2츠 정도 떨어져도 스트레인 크기에는 그다지 큰 차이가 없다. 따라서, 장착하기 쉬운 위치에 확실하게 장착하는 것이 중요하다.

70. 트롤리선은 온도변화에 따라 신축하기 때문에 판토그래프 통과에 의한 변동분을 측정하는 데는 기온변화의 영향을 없앨 필요가 있다. 또한, 긴 배선에 의해 생기는 브리지 언밸런스를 피할 필요가 있다. 그런데 측정에는 소위 2게이지법을 사용하여, 더미게이지를 장착한 트로리선을 측정점 주변 가선 등에 신축 가

능한 상태로 장착한다.

71. 측정시에는 트로리선은 고전압이 되기 때문에 측정에는 FM텔리미터를 사용하는 경우가 많다. 배선은 측정점 주변에서 가선에 올리고, 가선에 첨가시킨 지지물까지 가져 간다. 배선케이블의 여유길이는 지지점에 묶어 남겨 둔다. 배선용 케이블은 측정점 1장소 마다 4심실드선을 사용해서 측정용게이지와 더미게이지에 각 2심씩 사용한다.
72.

라) 평가방법

73. 트롤리선경우에는 진동횟수가 10^7회의 값을 피로한도로 적용하는 경우가 많다. 판토그래프의 통과횟수를 10^7회로 보면 마찰 수명 쪽이 빠르다고 생각할 수 있기 때문이다.
74. 실제 트롤리선에는 장력이 부가되어 있고, 이것이 평균응력으로 항상 작용하고 있다.
75. 종축 상에 장력을 주지 않은 상태의 피로한도를 취하고, 정하중에 의한 파단응력에서는 진폭이 0이 되기 때문에 그들을 직선으로 연결한다. 횡축에 트롤리선의 마모한도가 되는 단면적으로 장력을 나눈 평균응력을 구하면 실제 트롤리선의 피로한도가 표시된다. 경강트롤리선(110mm2 9800N의 경우)의 경우는 70MPa(동트롤리선으로 580 X 10-6 스트레인 상당)정도이다. 그러나 시간의 경과에 따른 전차선 높이 등의 변형과 트로리선의 표면열화 등을 고려하면 실측값은 60MPa(동트롤리선으로 500 X 10-6 스트레인 상당)이하로 억제하는 것이 바람직하다.
76. 실측결과가 이 값을 넘는 경우에는 설비를 개량하거나 판토그래프 통과횟수의 관리로 트롤리선의 수명을 결정할 필요가 있다.
77.
78.
79.
80.
81.

6) 전차선 편위 시험

82. 가) 목적
83.
84. 곡선부에서의 속도향상에서는 차량의 변위와 경사가 커지는 경향이 있고, 진자장치를 갖는 차량도입에 의한 속도향상을 하는 경우에는 판토그래프의 경사, 위치가 일반 차량에 비해 크게 변화하기 때문에 판토그래프 활에서 트롤리선이 벗어날 우려가 생기게 된다.

85. 이 점을 확인하기 위해서는 판토그래프 활과 트롤리선의 접촉위치를 확인할 필요가 있고, 이를 위해서는 일반적으로 비디오로 판토그래프의 통과상황을 감시하고 있다.
86.
87. 나) 범위
88.
89. 곡선통과속도향상시험 및 분기기 통과속도향상시험(곡선측)에 적용한다.
90.
91. 다) 측정방법
92.
93. (1) 트롤리선 압상량
94. 트롤리선 압상량의 측정법은 변위계를 이용하는 방법과 비디오화상처리에 의한 방법으로 분류된다.
95.
96. i) 변위계를 이용한 방법
97. 변위를 계측하고 싶은 트로리선의 위치에 변위센서를 장착하여, 그 신호를 기록하는 방법이다. 변위센서에는 인덕탄수와 저항포텐셔메터를 이용하거나, 직선변위를 회전으로 변환한 펄수를 세는 방법등이 일반적으로 이용된다. 트토리선 가압부의 측정하는 것으로 센서, 증폭기, 전원등을 가압부에 설치하여 얻어진 신호를 가압부에서 기록하는 경우와 FM텔리미터나 광신호로 절연전송하는 경우가 있다. 전자에서는 기록지에 직접 기록하는 방법과 AD변환하여 디지털량을 IC기록매체에 써넣는 방법이 이용되고 있다.
98. 신호를 전송하는방법으로는 시험시에 데이터를 취득할 수 있기 때문에 판단을 급히 해야 하는 경우에 이용되고, 가압부에서 자동으로 기록하는 방법으로는 정전동안에 가압부에서 데이터를 뽑아낼 때까지 데이터를 얻을 수 없기 때문에 보조적인 확인데이터로 이용된다.
99.
100. ii) 비디오 화상처리에 의한 방법
101. 멀리서 가선의 진동을 텔레비카메라로 촬영하고, 그 화상을 처리하여 트로리선의 변위에 비례하는 전기신호를 얻는 방법이다. 예를 들면 트로리선의 진동을 측정하는경우 카메라를 고정하여 화상을 얻으면 트로리선이 화면 가운데에서 상하로 움직인다. 트로리선의 주사선 번호에 비례한 전기신호를 얻는 분석기를 통해 측정한다.
102. 본 방법에서는 분해능이 주사선의 수로 결정되기 때문에 가능한 한 크고 깨끗한 화상을 수록할 필요가 있고, 그 때문에 만원렌즈나 어두운 환경에서도 밝은 화상을 얻는 부속장치를 카메라에 장착한다.
103.

104. (2) 지장물의 유무
105. 판토그래프 주변 지장물의 유무는 판토그래프 활에 장착된 와이어부착 마이크로스위치(Micro switch)를 이용하여 측정된다. 판토그래프 활로부터 일정한 거리이내에 존재하는 지장물을 검지할 수가 있다. 특히 지지점에 장착되어 있는 곡선인장금구, 흔들림 방지금구와 판토그래프 활의 충돌가능성 감지에 적합하다.
106.
107. (3) 비디오에 의한 판토그래프의 통과상황
108. ITV카메라에 의해 판토그래프의 통과상황을 감시하는 것은 상당히 효과가 있다. 트롤리선과 판토그래프의 위치관계, 가선금구와의 이격 확인을 눈으로 할 수 있다. 또한 통과상황을 수치로 나타내기에는 적합하지 않지만, 아크의 발생상황, 판토그래프 상하동 등도 동시에 관측할 수 있기 때문에 가선•판토그래프계의 전체성능을 종합적으로 판단할 수 있다. 비, 먼지 등으로부터 보호하기 위해 케이스 내에 카메라를 장착하는 것이 바람직하다.
109.
110. 라) 평가방법
111.
112. 건넘선을 제외한 오버랩구간, 일반구간에 있어서는 트롤리선과 판토그래프의 접촉위치는 주 미끄럼판의 범위에 있는 것이 바람직하고, 혼부에서의 접촉은 피해야한다. 건넘선에 있어서도 본선 통과의 경우에는 측선 트롤리선에 접촉하지 않아야 한다. 본선에서 측선으로의 주행이나 그 역주행에서는 판토그래프의 혼에 트롤리선이 접촉하는데, 그 위치는 판토그래프 중심에 가장 가까운 부분이 바람직하고, 혼 선단부에서의 접촉은 피해야만 한다.
113.
114.
115.
116.
117.
118.

7) 전압불평형 검증 시험

가) 목적

전기철도 차량이 운행될 때 변전소의 전압불평형을 확인하여 급전전력의 품질 및 안정성을 확인하기 위함이다.

나) 적용 범위 및 시험대상

전기철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 전철화하여 운행하고자 하는 노선의 전철변전소

다) 관련사양 및 규격

ㅇIEEE std519, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”

ㅇ한국전력 전기공급 약관 세칙, “전기사용에 따른 협력-전기사용에 따른 보호장치 등의 시설”

라) 용어설명

마) 시험항목

ㅇ 변전소 주변압기 1차측(154[kV]측)의 R, S, T상 전압, 전류, 역률, 전력

ㅇ 변전소 주변압기 2차측(55[kV]측)의 M상, T상 전압, 전류, 역률, 전력

바) 측정장비

ㅇ 전력분석기

사) 시험개소

ㅇ 전철변전소

아) 시험 소요 인력 및 일수

ㅇ시험준비 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험 준비	관련기술 검토, 시험절차 숙지	1				1	0.5	0.5
	대상전철변전소 현장조사	1		1		2	0.5	1
	계측기 점검			1		1	0.5	0.5
소 계								2

ㅇ1회출장 시험수행 소요인력

시험	센서 부착, 장비 준비 및 점검	1		1		2	0.5	1
	현장계측	1		1	1	3	1	3
	결과 분석 및 보고서 작성	1		1		2	1	2
소 계								6

자) 시험절차

a) 시험조건

○ 열차에 이상이 없어야 한다.
○ 모든 측정기기에 이상이 없어야 하고 출발 전에 확인되어야 한다.
○ 선로의 조건, 신호상태, 시험선 구간에서의 작업여부 등 차량의 운행과 관련된 안전이 확인되어야 한다.

b) 사전조치
ⅰ) 시험계획이 수립되면 측정장비 및 운용 가능한 요원을 확보하여야 한다.
ⅱ) 시험을 위한 계측기는 충분한 정확도를 가져야 하며 검교정이 완료된 계측기를 사용한다.
1) ⅲ) 측정기기는 시험을 시작하기에 앞서 설치 및 조정 작업이 종료되어야 하며, 충분한 검토를 위하여 최소한 1일 이상 설치 소요시간을 책정할 것을 권고한다.
2) ⅳ) 시험차량조건
가) - 시험편성
(1) ① 시험열차의 편성은 영업 운전시와 동일한 차량으로 실시한다.
(2) ② 시험속도 : 해당 구간의 최고속도에서 운행하여야 한다.
나) - 시험 전 확인사항
(1) ① 각종 센서가 바르게 설치되어있고 시험장치가 정상적으로 동작해야 한다.

c) 시험방법
3) ⅰ) 전압은 PT(계측용 변압기)를 통하여, 전류는 CT(변류기)를 통하여 입력 받아 지속적으로 전압(RMS 값)과 전류(RMS 값)를 측정하고, 그 측정값을 전력분석기(전압/전류 센싱)와 연결된 모니터링 컴퓨터에 자동으로 저장되어야 한다.
4) ⅱ) 변전소내 PT(계측용 변압기)와 CT(변류기)를 사용하는 경우, 계측기의 전압 입력은 PT 2차측에서 병렬로 연결하고, 전류 입력은 CT 2차측 회로에 후크 클램프로 거는 방식으로(Hook on 방식) 연결하여 측정한다.
5) ⅲ) PT와 CT를 통하여 전력분석기에 전압과 전류를 입력 받을 때, PT비와 CT비를 주의하여 설정한다.
6) ⅳ) 변전소 주변압기 1차측(154kV)의 170kV GIS 모선에서 R, S, T 상의 전압, 전류, 역율, 전력 측정한다.
7) ⅴ) 만일, 변전소 주변압기 1차측(154kV) 각 상 전압 측정이 여의치 않으면, 주변압기 2차측(55kV)의 72.5kV GIS 모선에서 T상과 M 상의 압, 전류, 역율, 전력을 동시 측정한다.
8) ⅵ) 위의 측정을 10분간 이상 시행한다.
9)

차) 시험결과 처리방법

○ 계측 데이터와 함께 다음의 사항도 기록한다.

10) - 시험시작 및 종료시각

11) - 차량의 운행 스케쥴

12) - 사용된 장비 및 시험구성

13) - 시험중 특기사항

14) - 시험참가자 등

○ 계측기를 통하여 측정된 모든 데이터는 연결된 컴퓨터에 저장되어야 한다(Sampling Rate 1Hz 이상).

○ 154kV 측에서 측정한 각 상의 전압 데이터를 Time Window 방식으로 10분 평균값을 구한다.

○ 55kV 측에서 측정한 데이터의 경우는 순시 전압, 전류, 역률을 이용하여 순시 피상전력[KVA]을 구한다. 이 순시 전력을 Time Window 방식으로 10분 평균값을 구한다.

카) 평가기준

○ 주변압기 1차측(154kV) R, S, T상 10분 평균 전압($\widetilde{E_R}, \widetilde{E_S}, \widetilde{E_T}$)에 대하여 다음을 만족하여야 한다.

15) ■ $\frac{\widetilde{E_{RST}} - \widetilde{E_R}}{\widetilde{E_{RST}}} \times 100 < 1\,\%$

16) ■ $\frac{\widetilde{E_{RST}} - \widetilde{E_S}}{\widetilde{E_{RST}}} \times 100 < 1\,\%$

17) ■ $\frac{\widetilde{E_{RST}} - \widetilde{E_T}}{\widetilde{E_{RST}}} \times 100 < 1\,\%$

18) 여기서, $\widetilde{E_{RST}} = \left(\widetilde{E_R} + \widetilde{E_S} + \widetilde{E_T}\right) \div 3$

○ 154 kV에서 측정이 여의치 않아 55kV 측에서 T상과 M상의 피상 전력을 측정한 경우는 T상과 M상의 10분 평균 피상전력에 대하여 다음을 만족하여야 한다.

$$\frac{|P_T - P_M|}{P_s} \times 100 < 1\,\%$$

여기서, P_T, P_M : T상과 M상의 10분 평균 부하(피상 전력)[kVA]

P_S : 변전소 3상 단락용량[kVA]

타) 시험결과 기록 양식

<table>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="3">20 년 월 일</td></tr>
<tr><td>날씨</td><td colspan="3">[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]</td></tr>
<tr><td>변전소명 및 측정위치</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>시험시작/종료시각</td><td colspan="3">~</td></tr>
<tr><td>시험책임자</td><td colspan="3">(인)</td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 확 인 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">기타 특기사항 :</td></tr>
</table>

측 정 번 호	회	차량주행속도		km/h
변 전 소 명				
측 정 위 치	154 kV ( ), 55 kV ( )			
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
E_R 전압불평형율	< 1 %	%		
E_S 전압불평형율	< 1 %	%		
E_T 전압불평형율	< 1 %	%		

8) 유도장애 시험(EMI 시험)

가) 목적

◦방사성 유도장애 시험

변전소에 부하가 있는 상황에서 변전소 내부의 전력기기에서 방출되는 전자파가 인체 및 주변 환경에 미치는 영향을 확인하는 것을 목적으로 한다.

◦자기장 강도 시험

변전소 및 전력기기에 부하가 있는 상황에서 발생되는 자기장의 크기가 인체에 미치는 영향을 확인하는 것을 목적으로 한다.

나) 적용 범위 및 시험대상

전기철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 전철화하여 운행하고자 하는 노선의 전철변전소

다) 관련사양 및 규격

◦IEC62236-1, "Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: Genera1"

◦IEC62236-5, “Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 5:Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus”

라) 용어설명

마) 시험항목

◦ 방사성 유도장애 시험

◦ 자기장 강도 시험

바) 측정장비

◦ 방사성 유도장애 시험

- EMI test receiver
- 안테나

◦ 자기장강도 시험

- 자계측정기
- data acquisition 시스템

사) 시험개소

◦ 전철변전소

아) 시험 소요 인력 및 일수

◦시험준비 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험 준비	관련기술 검토, 시험절차 숙지	1	1			2	0.5	1
	대상전철변전소 현장조사	1	1	1		3	0.5	1.5
	계측기 점검	1	1	1		3	1	3
소 계								5.5

◦1회출장 시험수행 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험	센서 부착, 장비 준비 및 점검	1	1			2	0.5	1
	현장계측	1	1	2	1	5	1	5
	결과 분석 및 보고서 작성	1		1		2	1	2
소 계								8

자) 시험절차

a) 시험조건

◦ 가능한 시험장소는 철도 환경에 대한 기존의 제한사항에 맞게 “자유공간(free space)"이어야 한다.

b) 사전조치

ⅰ) 시험계획이 수립되면 측정장비 및 운용 가능한 요원을 확보하여야 한다.

ⅱ) 시험을 위한 계측기는 충분한 정확도를 가져야 하며 검교정이 완료된 계측기를 사용한다.

19) ⅲ) 측정기기는 시험을 시작하기에 앞서 설치 및 조정 작업이 종료되어야 하며, 충분한 검토를 위하여 최소한 1일 이상 설치 소요시간을 책정할 것을 권고한다.

20) ⅳ) 시험차량조건

가) - 시험편성

(1) ① 시험열차의 편성은 영업 운전시와 동일한 차량으로 실시한다.

(2) ② 시험속도 : 해당 구간의 최고속도에서 운행하여야 한다.

나) - 시험 전 확인사항

(1) ① 각종 센서가 바르게 설치되어있고 시험장치가 정상적으로 동작해야 한다.

c) 시험방법

◦ 방사성 유도장애 시험

ⅰ) 수직면 루프 안테나로 측정되는 1 MHz에 가장 근접한 주파수(다른 송신이 없는 장소에서 선택됨)에서 최대 무선 방출 값으로 안테나의 방향을 기록한다. 변전소 부하는 정격 부하의 최소 30 % 이상이 되어야 하며 루프 안테나의 기지는 지상고 1 m ~ 1.5 m 사이에 있도록 한다.

ⅱ) ⅰ)의 조건으로 최대 지향점에서 루프로 측정되는 주파수 범위 9 kHz ~ 30 MHz에서 방사되는 전자파를 측정한다. 측정 중에 변전소 정격 부하의 최소 30 % 이상이 되어야 한다.

주) 고정된 안테나의 위치는 일부 주파수에서의 절대 최대치보다 작은 결과가 발생할 수 있다.

ⅲ) 주로 수직 다이폴 안테나 혹은 수직 바이코니컬 안테나로 측정되는 주파수 범위 30 MHz ~ 300 MHz에서 방출되는 전자파의 경우, 측정 중에 변전소 부하는 정격 부하의 최소 15 % 이상이 되어야 하며 안테나 중심은 지면으로부터 3 m가 되어야 한다.

ⅳ) 일반적으로 수직 극성의 log-periodic 안테나로 측정되는 350 MHz에 근접한 주파수(다른 송신이 없는 장소에서 선택됨)에서 방출되는 최대 전자파 크기로 안테나의 방향을 기재한다. 측정 중에 변전소의 부하는 정격 부하의 최소 15 % 이상이 되어야 하며 안테나 중심은 지면으로부터 3 m가 되어야 한다.

ⅴ) ⅳ)의 조건으로 최대 지향점에서 log-periodic 안테나로 주로 측정되는 주파수 범위 300 MHz ~ 1 GHz 에서의 방사성 전자파를 측정한다. 측정 중에 변전소의 부하는 정격 부하의 최소 15 % 이상이 되어야 하며 안테나 중심은 지면으로부터 3 m가 되어야 한다.

ⅵ) 제한값은 quasi-peak values로 정의되며 대역폭은 CISPR 16-1에서 사용되는 값으로 측정한다.

구분	대역폭
150 kHz 까지의 주파수	200 Hz
150 kHz에서 30 MHz 까지의 주파수	9 kHz
30 MHz를 초과하는 주파수	120 kHz

◦ 자기장 강도 시험

ⅰ) IEC62236-5에 규정된 조건에서 실시한다.

ⅱ) 측정용 안테나를 안전펜스가 있는 경우는 펜스에서 3 m, 펜스가 없는 경우에는 전력기기로부터 10 m 거리에 설치하며, 높이는 지상으로부터 1m이다.

ⅲ) 변전소 내부의 전력기기(변압기, 차단기, 부스바, 케이블 등)는 기기 외함으로부터 1 m 거리에 자기장 측정 센서를 설치한다.

ⅳ) DC～9 kHz 까지 자기장 크기를 측정한다.

차) 시험결과 처리방법

◦ 계측 데이터와 함께 다음의 사항도 기록한다.

21) - 시험시작 및 종료시각

22) - 차량의 운행 스케쥴

23) - 사용된 장비 및 시험구성

24) - 시험중 특기사항

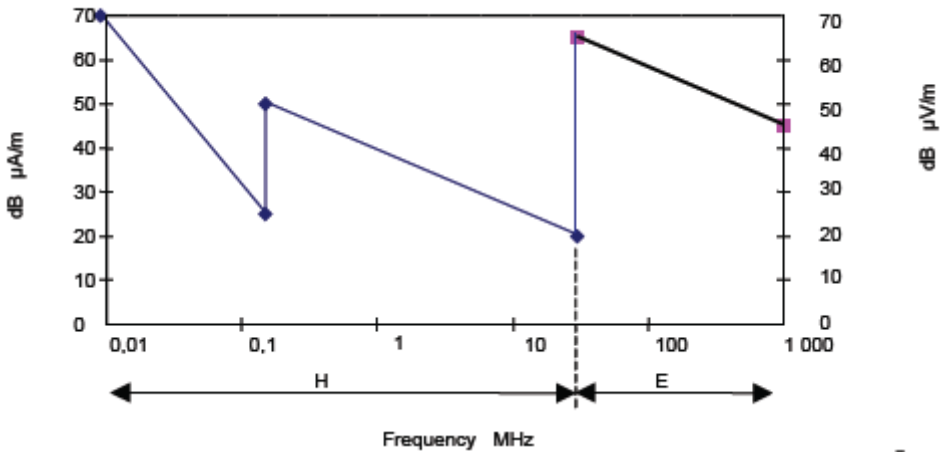
25) - 시험참가자 등

◦ 계측기를 통하여 측정된 모든 데이터는 연결된 컴퓨터에 저장되어야 한다.

◦ 자기장의 크기는 측정된 자기장에 대해서 FFT 분석을 실시하여 peak hold로 데이터를 저장 기록한다.

카) 평가기준

◦ 방사성 유도장애 시험



◦ 자기장 강도 시험

- 변전소 외부에서 측정하는 경우는 일반적인 상황에서 50 A/m 이내 이어야 하며, 이상조건(과부하, 지락사고 등)에서는 500 A/m 이내 이어야 한다.
- 변전소 내부 전력기기의 경우 일반적인 부하상황에서 1000 A/m 이내 이어야 하며, 이상조건(과부하, 지락사고 등)에서는 일반상황의 10배 이내 이어야 한다.

타) 시험결과 기록 양식

<table>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="3">20 년 월 일</td></tr>
<tr><td>날씨</td><td colspan="3">[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]</td></tr>
<tr><td>변전소명 및 측정위치</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>시험시작/종료시각</td><td colspan="3">~</td></tr>
<tr><td>시험책임자</td><td colspan="3">(인)</td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 확 인 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">기타 특기사항 :</td></tr>
</table>

측 정 번 호	회	차량주행속도	km/h	
변 전 소 명				
측 정 위 치				
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
자기장강도시험	IEC 기준 이하			
방사성 유도장애시험	IEC 기준 이하			

9) 연장급전 시험

가) 목적

◦ 전철변전소가 연장급전하여 운전할 경우 전기철도차량이 선로에 투입되어 운행되는 도중 전압, 전류, 주파수, 고조파, 전력을 차량 및 변전소에서 각각 측정하여 확인하는 시험이다.

나) 적용 범위 및 시험대상

광역철도노선에서 운행되는 전기철도 차량에 대해서 시험을 실시한다. 측정 적용범위는 전기철도차량 및 변전소에서 각각 실시한다.

다) 관련사양 및 규격

◦IEEE std519, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”

◦한국전력 전기공급 약관 세칙, “전기사용에 따른 협력-전기사용에 따른 보호장치 등의 시설”

라) 용어설명

마) 시험항목

◦ 변전소 주변압기 2차측(55kV측)의 전압 및 전류(RMS 값)

◦ 전기철도차량의 팬터그래프에 걸리는 집전 전압(25kV측) 및 전류(RMS 값)

바) 측정장비

◦ 전력분석기

◦ 전압, 전류 센서

◦ 데이터 기록계

사) 시험개소

◦ 전철변전소, 전기철도 차량

아) 시험 소요 인력 및 일수

◦시험준비 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험 준비	관련기술 검토, 시험절차 숙지	1	1			2	0.5	1
	대상전철변전소 현장조사	1	1	1		3	0.5	1.5
	계측기 점 검	1	1	1		3	1	3
소 계								5.5

◦1회출장 시험수행 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험	센서 부착, 장비 준비 및 점검	1	1			2	0.5	1
	현장계측	1	1	2	1	5	1	5
	결과 분석 및 보고서 작성	1		1		2	1	2
소 계								8

자) 시험절차

a) 시험조건

26) ⅰ) 열차에 이상이 없어야 한다.

27) ⅱ) 모든 측정기기에 이상이 없어야 하고 출발 전에 확인되어야 한다.

28) ⅲ) 선로의 조건, 신호상태, 시험선 구간에서의 작업여부 등 차량의 운행과 관련된 안전이 확인되어야 한다.

29) ⅳ) 열차 운행중 회생제동을 자유로이 사용할 수 있도록 조치한다. 열차가 최대로 변전소 구간에 투입 가능하도록 구간 및 속도 등을 상세 시나리오를 미리 수립하여 시행하는 것도 좋은 방법이다.

b) 사전조치

ⅰ) 시험계획이 수립되면 측정장비 및 운용 가능한 요원을 확보하여야 한다.

ⅱ) 시험을 위한 계측기는 충분한 정확도를 가져야 하며 검교정이 완료된 계측기를 사용한다.

30) ⅲ) 측정기기는 시험을 시작하기에 앞서 설치 및 조정 작업이 종료되어야 하며, 충분한 검토를 위하여 최소한 1일 이상 설치 소요시간을 책정할 것을 권고한다.

31) ⅳ) 시험차량조건

가) - 시험편성

(1) ① 시험열차의 편성은 영업 운전시와 동일한 차량으로 실시한다.

(2) ② 시험속도 : 해당 구간의 최고속도에서 운행하여야 한다.

나) - 시험 전 확인사항

(1) ① 각종 센서가 바르게 설치되어있고 시험장치가 정상적으로 동작해야 한다.

c) 시험방법

ⅰ) 변전소 55kV측 전압 및 전류를 측정한다. 변전소 55kV측(72.5kV GIS) 모선 중에

서 열차가 운행되는 구간을 급전하는 상(M상 또는 T상 또는 M/T상 동시)의 모선에서 전압 및 전류를 측정할 수 있도록 전력분석기를 설치한다. 전압, 전류와 함께 역률도 동시 측정, 분석할 수 있도록 하여 회생 전류 유입을 확인할 수 있도록 한다.

32) ii) 전기철도차량의 팬터그래프 집전 전압 및 집전 전류를 측정한다. 차량의 25 kV 측에는 차량에 장착된 전압센서와 전류센서 회로에서 전압 및 전류를 센싱할 수 있도록 계측 장비를 설치한다. 전압, 전류와 함께 역률도 동시 측정, 분석할 수 있도록 하여 회생 전류 유입을 확인할 수 있도록 한다.

33) iii) 전압은 PT(계측용 변압기)를 통하여, 전류는 CT(변류기)를 통하여 입력 받아 지속적으로 전압(RMS 값)과 전류(RMS 값)를 측정하고, 그 측정값을 계측기(전압/전류 센싱)와 연결된 모니터링 컴퓨터에 자동으로 저장되어야 한다.

34) iv) 변전소내 PT(계측용 변압기)와 CT(변류기)를 사용하는 경우, 계측기의 전압 입력은 PT 2차측에서 병렬로 연결하고, 전류 입력은 CT 2차측 회로에 후크 클램프로 거는 방식으로(Hook on 방식) 연결하여 측정한다.

35) v) PT와 CT를 통하여 전력분석기에 전압과 전류를 입력 받을 때, PT비와 CT비를 주의하여 설정한다.

36) vi) 차량과 변전소의 측정은 동기화(Synchronize)하여 측정하여야 하며, 측정데이터 해독에서 동기화를 확인할 수 있는 수단도 측정 데이터와 함께 기록되어야 한다.

차) 시험결과 처리방법

◦ 계측 데이터와 함께 다음의 사항도 기록한다.

37) - 시험시작 및 종료시각

38) - 차량의 운행 스케쥴

39) - 사용된 장비 및 시험구성

40) - 시험중 특기사항

41) - 시험참가자 등

◦ 계측기를 통하여 측정된 모든 데이터는 연결된 컴퓨터에 저장되어야 한다(Sampling Rate 1Hz 이상).

◦ 변전소 및 차량에서 측정, 저장된 데이터는 동일 시간의 데이터로 비교 분석 가능하여야 한다.

◦ 전압, 전류와 함께 역률도 함께 표시하여 회생전류가 계통으로 유입되는 상태를 확인할 수 있도록 한다.

카) 평가기준

◦ 변전소 출력단 순시 전압 : 72.5kV 이하 유지 확인
◦ 변전소 출력단 순시 전류 : 해당 모선의 계전기 Setting치 이내(Trip이 발생하지 않아야 한다)
◦ 변전소 출력단 역률 : 운영기관협의하여 결정
◦ 전기철도차량의 집전 순시 전압 : 운영기관협의하여 결정
◦ 전기철도차량의 집전 순시 전류 : 운영기관협의하여 결정
◦ 전기철도차량의 집전 역률 : 운영기관협의하여 결정

타) 시험결과 기록 양식

<table>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="3">20 년 월 일</td></tr>
<tr><td>날씨</td><td colspan="3">[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]</td></tr>
<tr><td>변전소명 및 측정위치</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>시험시작/종료시각</td><td colspan="3">~</td></tr>
<tr><td>시험책임자</td><td colspan="3">(인)</td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 확 인 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">기타 특기사항 :</td></tr>
</table>

측 정 번 호	회	차량주행속도	km/h	
변 전 소 명				
측 정 위 치				
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
변전소 출력단 순시 전압				
변전소 출력단 순시 전류				
변전소 출력단 역률				
전기철도차량의 집전 순시 전압				
전기철도차량의 집전 순시 전류				
전기철도차량의 집전 순시 역률				

10) SCADA 실증 시험

가) 목적

◦전력을 공급하는 전력시스템을 구성하는 원격감시제어설비(SCADA)의 정상적인 동작 및 규정된 동작 특성을 확인하기 위한 것이다.

나) 적용 범위 및 시험대상

광역철도노선의 전력시스템을 구성하는 SCADA 설비

다) 관련사양 및 규격

라) 용어설명

마) 시험항목

◦ 외관검사
◦ 설치검사
◦ 동작시험
◦ 기타 필요에 의한 시험

바) 측정장비

사) 시험개소

◦ SCADA 설비

아) 시험 소요 인력 및 일수

◦시험준비 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험 준비	관련기술 검토, 시험절차 숙지	1	1			2	0.5	1
	대상전철변전소 현장조사	1		1		2	0.5	1
	계측기 점 검	1		1		2	1	2
소 계								4

◦1회출장 시험수행 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험	센서 부착, 장비 준비 및 점검	1	1			2	0.5	1
	현장계측	1		1	1	3	1	3
	결과 분석 및 보고서 작성	1		1	1	3	1	3
소 계								7

자) 시험절차

a) 시험방법

i) 외관검사

- 원격감시제어설비 하드웨어 완성품에 대한 내용물 수량, 내용물 손상점검, 도장 및 규격 등을 확인하여 이상이 없어야 한다.

ii) 설치검사

- 원격감시제어설비 하드웨어 완성품에 대한 조립상태, 고정상태, 케이블 연결 및 터미널의 부착상태, 각종 라벨 및 명판내용의 부착상태 그리고 Door 조립상태 및 개폐상태를 확인하여 이상이 없어야 한다.
- 원격감시제어설비 소프트웨어 완성품이 하드웨어에 정상적으로 설치됨을 확인한다.

iii) 동작시험

- 주제어장치(Main computer)

가) 전원인가시험

나) CPU, 메모리, LAN Card 시험

다) 환기팬 동작시험

라) 운영체제 부팅시험

- 전단처리장치(Front End Processor)

가) 전원인가시험

나) CPU, 메모리, Hard-Disk 시험

다) 통신 Port 속도 확인 및 통신 시험

iv) 근거리통신네트워크(Local Area Network))

가) 전원인가시험

나) 각종 Node LAN 연결상태 확인 및 통신시험

다) 각종 LAN 스위치 통신시험

라) 각종 프린터(Serial Port용) 의 Terminal Server 연결상태 및 통신시험

마) 원격 노드용 Router 연결상태 및 통신시험

v) 대형표시반(Display Panel)

가) 전원인가시험

나) 각종 램프 동작 시험

다) 각종 meter 표시 시험

vi) 제어탁(Control & Supervisor Console)

가) 전원인가시험

나) 화면표시 및 동작시험

다) 마우스 및 키보드 동작시험

vii) 데이터기록장치(Printer), 칼라 하드카피기(Color Hardcopy Printer)

가) 전원인가시험

나) 프린터 용지시험(연속용지)

다) 프린터 속도 시험

라) 프린터 인자 시험

viii) 시스템 관리용 컴퓨터(Workstation)

가) 전원인가시험

나) CPU, 메모리, LAN Card, Hard Disk 시험

다) 환기팬 동작시험

라) 운영체제 부팅시험

마) 모니터 디스플레이 시험(Dual, Single)

바) 마우스 및 키보드 동작시험

ix) 전력공급장치(Power Supply Devices)

가) 전원인가시험(UPS, AVR)

나) 입출력 전압특성 시험 : (공장시험 포함)

다) Bypass 상태에서 출력전압 특성 시험 : (공장시험 포함)

라) 전원절체시험

마) ATS & Distribution 동작시험

마) Battery 충방전시험 : (공장시험 포함)

바) AVR 동작시험

x) RTU(Remote Terminal Unit)

가) 전원인가시험(UPS, AVR)

나) CPU 시험

다) Memory 시험

다) 과전압 보호 시험

xi) 소프트웨어

가) 운영체제 부팅시험

나) Login 및 Logout 시험

다) 운영체제 운영시험 및 각종 프로그램 동작시험

차) 시험결과 처리방법

◦ SCADA 각 장치들에 대한 동작상태 동작여부 기록

◦ 모니터링 데이터 및 정보 확인 기록

◦ 현장계기와 SCADA설비간의 데이터 비교 기록

카) 평가기준

◦ 외관검사

- 원격감시제어설비 하드웨어 완성품에 대한 내용물 수량, 내용물 손상점검, 도장 및 규격 등을 확인하여 이상이 없어야 한다

○ 설치검사

- 정상적이 설치상황을 확인하여 이상이 없어야 한다.

○ 동작시험

- 각 장치 및 설비에 대한 동작에 이상이 없어야 한다.

타) 시험결과 기록 양식

<table>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="3">20 년 월 일</td></tr>
<tr><td>날씨</td><td colspan="3">[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]</td></tr>
<tr><td>변전소명 및 측정위치</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>시험시작/종료시각</td><td colspan="3">~</td></tr>
<tr><td>시험책임자</td><td colspan="3">(인)</td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 확 인 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">기타 특기사항 :</td></tr>
</table>

측 정 번 호				
SCADA				
측 정 위 치				
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
외관검사				
설치검사				
주제어장치				
전단처리장치				
근거리통신네트워크				
대형표시반				
제어탁				
데이터기록장치, 컬러 하드카피기				
시스템 관리용 컴퓨터				
전력공급장치				
RTU				
소프트웨어				

11) 고조파검증시험

가) 목적

◦광역철도노선 운행되는 차량에서 발생되는 고조파 및 급전 계통에 미치는 영향을 측정·분석하여 전력공급계통의 안전성을 검증한다.

나) 적용 범위 및 시험대상

광역철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 전철화하여 운행하고자 하는 노선의 전철변전소

다) 관련사양 및 규격

◦IEEE std519, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”

◦한국전력 전기공급 약관 세칙, “전기사용에 따른 협력-전기사용에 따른 보호장치 등의 시설”

라) 용어설명

마) 시험항목

◦ 변전소 주변압기 1차측(154kV측)의 전압 및 전류의 기본파 및 각차수별 고조파

◦ 변전소 주변압기 2차측(55kV측)의 전압 및 전류의 기본파 및 각차수별 고조파

◦ 전기철도차량의 전압 및 전류의 기본파 및 각차수별 고조파

바) 측정장비

◦ 전력분석기

◦ 전압, 전류 센서

◦ 데이터 기록계

사) 시험개소

◦ 전철변전소, 전기철도 차량

아) 시험 소요 인력 및 일수

◦시험준비 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험 준비	관련기술 검토, 시험절차 숙지	1	1			2	0.5	1
	대상전철변전소 현장조사	1	1	1		3	0.5	1.5
	계측기 점검	1	1	1		3	1	3
소 계								5.5

◦1회출장 시험수행 소요인력

건 명	세 부 작 업 명	소요인원(Man)					소요일 (Day)	M·D
		특급	고급	중급	초급	계		
시험	센서 부착, 장비 준비 및 점검	1	1			2	0.5	1
	현장계측	1	1	2	1	5	1	5
	결과 분석 및 보고서 작성	1		1		2	1	2
소 계								8

자) 시험절차

a) 시험조건

ⅰ) 열차에 이상이 없어야 한다.

ⅱ) 모든 측정기기에 이상이 없어야 하고 출발 전에 확인되어야 한다.

ⅲ) 선로의 조건, 신호상태, 시험선 구간에서의 작업여부 등 차량의 운행과 관련된 안전이 확인되어야 한다.

ⅳ) 열차 운행중 회생제동을 자유로이 사용할 수 있도록 조치한다. 회생제동을 거는 구간 및 속도 등을 상세 시나리오를 미리 수립하여 시행하는 것도 좋은 방법이다.

b) 사전조치

ⅰ) 시험계획이 수립되면 측정장비 및 운용 가능한 요원을 확보하여야 한다.

ⅱ) 시험을 위한 계측기는 충분한 정확도를 가져야 하며 검교정이 완료된 계측기를 사용한다.

ⅲ) 측정기기는 시험을 시작하기에 앞서 설치 및 조정 작업이 종료되어야 하며, 충분한 검토를 위하여 최소한 1일 이상 설치 소요시간을 책정할 것을 권고한다.

ⅳ) 시험차량조건

가) - 시험편성

(1) ① 시험열차의 편성은 영업 운전시와 동일한 차량으로 실시한다.

(2) ② 시험속도 : 해당 구간의 최고속도에서 운행하여야 한다.

나) - 시험 전 확인사항

(1) ① 각종 센서가 바르게 설치되어있고 시험장치가 정상적으로 동작해야 한다.

c) 시험방법

ⅰ) 차량 : 차량의 27.5kV측에는 SADTEM CT 2차측 회로에 또 다른 CT(로고스키 코일 방식 권고)를 걸어 여기서 나오는 신호를 전력분석기에 입력하여 기본파 및 각 차수별 고조파 전류를 측정한다.

ⅱ) 변전소 154kV 측 : 전력분석기를 설치하여 기본파 및 각 차수별 고조파 전류를 측정한다.

ⅲ) 변전소 55kV 측 : 전력분석기를 설치하여 기본파 및 각 차수별 고조파 전류를 측정한다.

ⅳ) 전력분석기는 PT를 통하여 전압을, CT를 통하여 전류를 입력 받아 지속적으로 전압(RMS값)과 전류(RMS값)를 측정하고, 그 측정값을 전력분석기와 연결된 모니터링 컴퓨터에 자동으로 저장되어야 한다.

ⅴ) PT와 CT를 통하여 전력분석기에 전압과 전류를 입력 받을 때, PT비와 CT비를 주의하여 설정한다. 변전소의 차량의 각 CT와 PT의 변성비는 다르므로 각각의 PT비와 CT비를 확인하여 설정하여야 한다.

ⅵ) 변전소내 계측용 변압기와 변류기를 사용하는 경우, 전력분석기의 전압입력은 계측용 변압기(PT) 2차측에서 병렬로 연결하고, 전류입력은 계측용 변류기(CT) 2차측에서 직렬 또는 클램프로 연결하여 측정한다.

ⅶ) 차량과 변전소의 측정은 동기화(Synchronize)하여 측정하여야 하며, 측정데이터 해독에서 동기화를 확인할 수 있는 수단도 함께 측정 데이터와 함께 기록되어야 한다.

차) 시험결과 처리방법

◦ 계측 데이터와 함께 다음의 사항도 기록한다.

- 시험시작 및 종료시각
- 차량의 운행 스케쥴
- 사용된 장비 및 시험구성
- 시험중 특기사항
- 시험참가자 등

◦ 계측기를 통하여 측정된 모든 데이터는 연결된 컴퓨터에 저장되어야 한다(Sampling Rate 1Hz 이상).

◦ 변전소 및 차량에서 측정, 저장된 데이터는 동일 시간의 데이터로 비교 분석 가능하여야 한다.

◦ 전압, 전류와 함께 역률도 함께 표시하여 회생전류가 계통으로 유입되는 상태를 확인할 수 있도록 한다.

카) 평가기준

◦ 국내에는 고조파를 발생시키거나 발생할 우려가 있는 부하에 대해서 전력을 공급하는 경우 이러한 장해를 방지할 수 있는 조정장치 및 시설을 요구할 수 있는 제도적인 장치로 한국전력공사의 전기공급규정 41조가 있다. 이 규정에 따라 고조파에 대한 관리를 위해서 한국전력공사에서는 전기공급약관세칙 전기의 공급/사용(2001. 8. 1), 제4절의 제26조 2항에 다음과 같이 등가방해전류 규제치를 작성하여 시행하고 있다.

계통전압	지중선로가 있는 변전소에서 공급하는 수용		가공선로만 있는 변전소에서 공급하는 수용	
	전압왜형률 (%)	등가방해전류 (A)	전압왜형률 (%)	등가방해전류 (A)
66kV	3	-	3	-
154kV	1.5	3.8	1.5	-

○ 시험결과 기록 양식

<table>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="3">20 년 월 일</td></tr>
<tr><td>날씨</td><td colspan="3">[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]</td></tr>
<tr><td>변전소명 및 측정위치</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>시험시작/종료시각</td><td colspan="3">~</td></tr>
<tr><td>시험책임자</td><td colspan="3">(인)</td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">시 험 확 인 자</td></tr>
<tr><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td><td>소 속</td><td>이름 및 서명</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">기타 특기사항 :</td></tr>
</table>

측 정 번 호	회	차량주행속도	km/h	
변 전 소 명				
측 정 위 치				
평 가 항 목	판 정 기 준	시 험 결 과	판 정	비 고
154 kV측 전압 THD				
154 kV측 전류 THD				
55 kV측 전압 THD				
55 kV측 전류 THD				
차량 전압 THD				
차량 전류 THD				

(다) 신호제어 분야 시험절차서

1) 개요

본 문서는 열차 또는 차량의 주행안전성을 확인하기 위한 신호제어분야의 시험 및 시운전 내용을 취급한다.

신호제어분야의 시험 및 시운전은 개별시험과 동적시험으로 구분한다. 개별시험은 열차(또는 차량)를 주행하기 전에 신호제어설비의 각 장치(또는 구성품)에 대해서 시험하는 것이며, 동적시험은 열차(또는 차량)를 주행하면서 신호제어설비를 시스템 측면에서 시험한다. 개별시험은 충분한 안전조건을 확보한 상태에서 열차(또는 차량)의 운행 없이 신호제어설비를 구성하는 주요 장치의 설치상태를 점검한다. 동적시험은 개별시험을 종료한 후, 이상이 없는 것을 확인한 후에 열차(또는 차량)를 주행하면서 신호제어설비(시스템)의 상태를 점검한다.

가) 종합시험운행 시험항목 및 절차서

철도신호제어설비는 폐색방식(고정폐색, DTG(Distance to Go), 이동폐색), 열차위치검지방식(궤도회로, 액슬카운터 등), 열차간격제어방식 및 열차운행방식(Automatic Train Stop/Automatic Train Control 전환, ATC/Automatic Train Protection전환 등) 등에 따라 여러 형태로 구성된다. 따라서 철도신호제어설비의 종합시험운행 시 시험항목은 철도신호제어설비의 구성에 의해서 결정된다.

철도시설관리자는 종합시험운행을 위한 사전준비로 설치된 철도신호제어설비를 대상으로 한 시험항목과 시험절차서를 준비하여야 한다.

본 문서는 종합시험운행 시행지침의 시설물검증시험 점검항목 중에서 궤도회로, 폐색설비 및 CTC 통합시험에 관한 시험 절차서를 정리하였다.

나) 참고문헌 및 기준

- 고속선 시험항목 및 절차서

2) 궤도회로장치의 통합시험

가) 목적

본 통합시험은 열차 또는 차량이 운행할 예정인 전철화 구간에 설치되는 궤도회로(TI21 AF 궤도회로)의 정상동작 여부를 시험하기 위해 적용된다.

나) 적용 범위 및 시험대상

철도노선을 신설하거나 기존 노선을 개량하면서, 차량의 운행을 목적으로 TI21 AF 궤도회로를 설치하고자 하는 노선

다) 관련 사양 및 규격

- 가청주파수(AF) 궤도회로 장치 제작 승인도
- 한국철도공사 규격 : 무절연 AF 궤도회로 장치(6330-3329)

- EN 50238 : 차량/열차 보호 호환성(Communication, Signalling and Processing systems compatibility between rolling stock and train detection system)
- EN 50121-3-1 : 차량에 대한 EMC
- EN 50121-4 : 신호/통신 설비에 대한 EMC

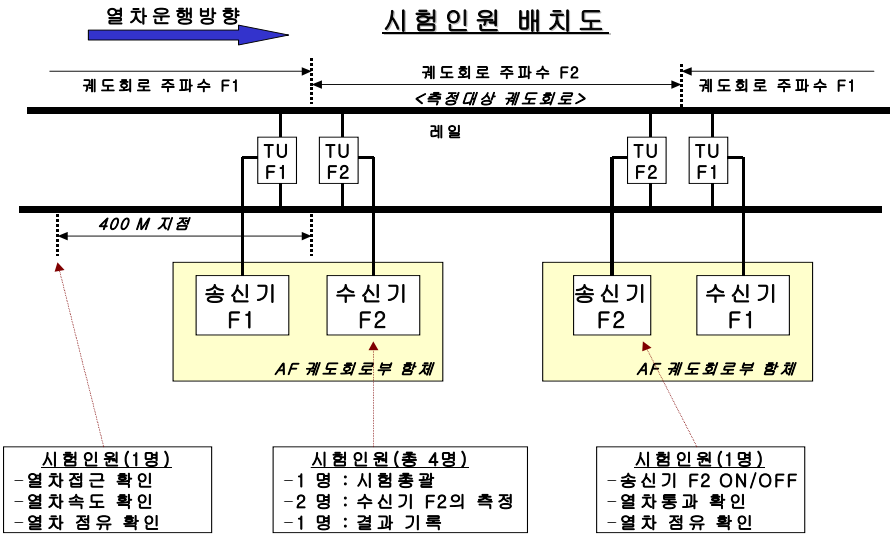
라) 용어

마) 시험항목
- 동작시험
- 안전측 고장시험
- 비안전측 고장시험

바) 측정장비 및 도구
- TI21 단락함 혹은 단락동선
- TI21 궤도회로 시험기(TTM : Track circuit Test Meter, TE2297-TI21)
- 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyser)
- 스코프메타(Scopemeter) 혹은 디지털 오실로스코프(파형저장 기능)
- 열차의 속도측정 장치(지상 혹은 차상)
- 무전기 3 대(현장기구함 사이, 열차와 현장간)

사) 시험개소
- 주파수별로 4개소에 대해서 시험

아) 시험 소요 인력 및 일수
- 인력
  - 1 명 : 인접 현장기구함(무전기) : 궤도회로 송신기 ON/OFF, 열차통과 확인
  - 1 명 : 열차감시 및 대 열차 통화(무전기), 열차의 속도측정
  - 3 명 : 측정 및 결과 기록
  - 1 명 : 전체적인 시험 총괄 및 조정(무전기)



<3-12-14> 시험인원 배치계획

- 소요일수 : 32일

자) 동작시험 시험절차

(1) 시험조건 및 사전조치

- 열차의 운행에 따른 시험이므로 사전에 충분한 안전조치를 취한 후 시험을 수행하도록 한다.
- 시험하고자 하는 구간의 TI21 AF 궤도회로에 대한 개별시험이 정상적으로 이루어지고 그 결과에 이상이 없어야 한다.
- 열차 운행속도 및 열차운행 형태별로 시험을 할 경우에는 미리 관련팀과의 업무협조를 통하여 해당구간에서 계획된 열차운행 속도 및 열차형태를 유지하도록 한다.
- 궤도회로의 불평형률이 10% 이내로 유지되고 있어야 한다.
- 본 시험은 열차 1 편성으로 수행함으로 추후 상업운영 시 여러 대의 열차가 운행할 시에 대비한 복합적인 시험(귀선전류의 증가로 인한 고조파 영향의 변화 가능성)은 행하지 못한다. 따라서 추후 상업운영 시 이에 대한 관찰 혹은 주의 깊은 감시가 필요할 것으로 판단된다.

(2) 개요

- 본 시험은 열차의 운행에 따른 AF 궤도회로 장치의 정상동작 여부를 점검하기 위한 시험이다.
- 열차의 운행에 따른 AF 궤도회로 장치의 수신기와 연결되어 있는 궤도계전기의 동작상태를 육안 및 DMM, 스코프메타 혹은 오실로스코프를 이용하여 점검한다.

(3) 측정범위 / 측정 값

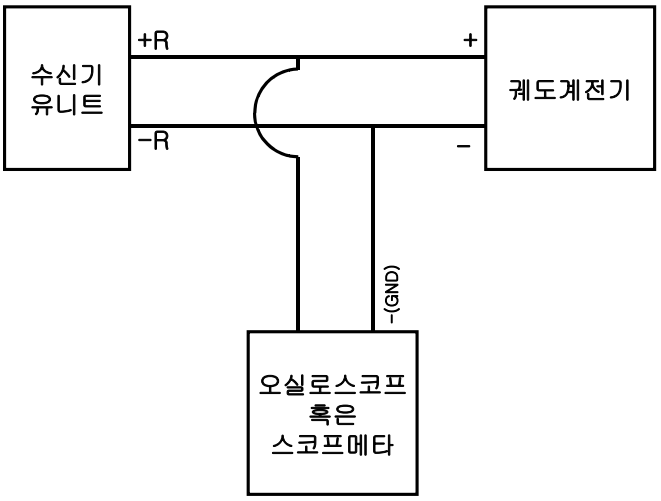
- 궤도계전기 입력단(+R, -R) 단자의 전압을 측정 및 기록한다.
- 궤도계전기 출력단 접점의 동작상태를 점검한다.

(4) 시험방법

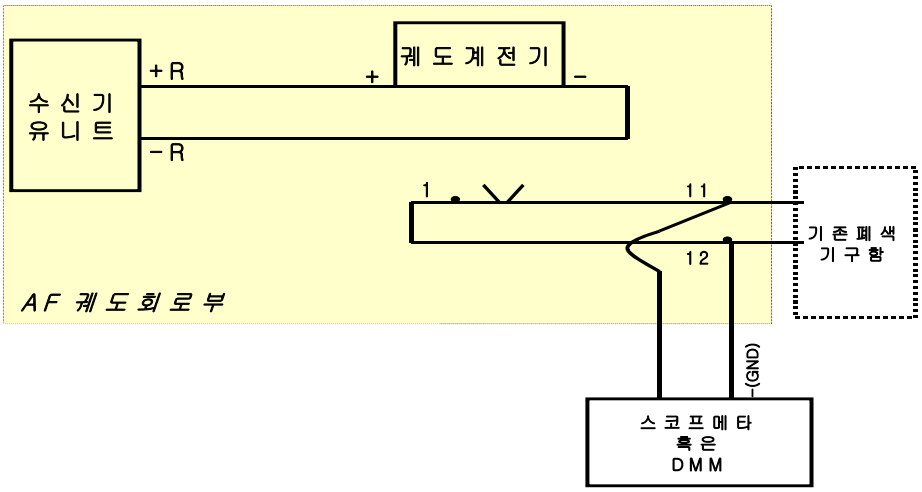
① 시험대상 궤도회로 구간의 수신기에 연결되어 있는 궤도계전기의 입력단(+R, -R)에 스코프메타 혹은 오실로스코프를 병렬로 접속한다. (측정범위 : DC 0 ~ 65V, 최대 DC 120V)

※ 계측기 연결시의 주의 점 : AF 궤도회로부 함내의 작업용 콘센트는 정격전압 AC 110V, 최대전류 15A이므로 이를 확인하고 주의하여 접속한다.

② 시험대상 궤도회로 구간의 수신기에 연결되어 있는 궤도계전기의 출력단 접점(AF 궤도회로부 함내 TERMINAL BLOCK의 11, 12번 단자)에 DMM 혹은 스코프메타를 접속하여 접점상태를 측정한다.



<그림 3-12-15> 궤도계전기 입력단(+R, -R)의 전압 측정



<그림 3-12-16> 궤도계전기의 출력단 접점 상태 측정

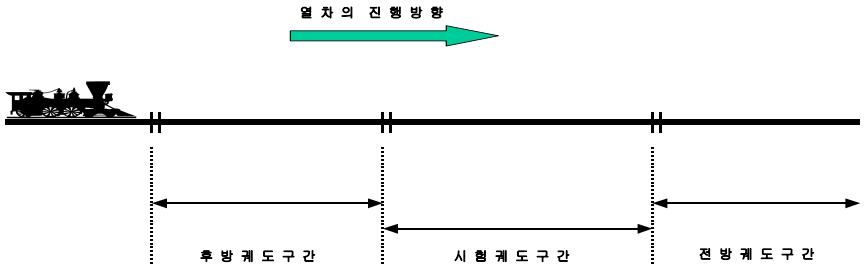
③ 시험대상 궤도회로 구간이 열차에 의해 점유되지 않았을 경우, 궤도계전기의 출력단 접점이 단락(SHORT) 되어 있는지를 검사한다.

④ 단락 되어 있지 않는 경우, TI21 AF 궤도회로에 대한 개별시험을 수행하여 정상여부를 확인한다. 단락 되어 있는 경우, ①의 전압 및 파형을 기록한다.

⑤ 시험대상 궤도회로 구간이 열차에 의해 점유되었을 경우, 궤도계전기의 출력단 접점이 개방(OPEN) 되어 있는지를 검사한다.

⑥ 개방 되지 않는 경우 TI21 AF 궤도회로에 대한 개별시험을 수행하여 정상여부를 확인한다. 개방 되는 경우, ①의 전압 및 파형을 기록한다.

⑦ 열차의 순차적인 진행(후방궤도 점유 ⇒ 시험궤도 점유 ⇒ 전방궤도 점유)에 따라 위의 ③ ~ ⑥ 시험을 행한다.



<그림 3-12-17> 열차의 순차적인 진행에 따른 궤도구간 구분

⑧ 다음의 모든 경우에 대하여, 위의 ③ ~ ⑥ 까지의 시험을 수행하여 TI21 AF 궤도회로의 정상동작 여부를 확인한다.

- 주파수별로 : 공칭주파수 4 개
  - 해당 시험궤도 구간 통과속도별로 : 정지, 30 KPH 이하, 30 ~ 110 KPH, 110 KPH 이상
  - 열차운전 상태별로 : 해당구간에서 열차가 역행 시, 회생제동 시

⑨ 열차의 속도는 열차 기관사와의 무선통화를 통해 측정한다.

(5) 평가기준

각 주파수, 통과속도 및 열차운전 상태별로 시험방법 ①과 ②에 따라 측정하였을 시,

- 해당궤도 구간에 열차 비점유 시 : 궤도계전기의 입력단 전압이 DC 40V 이상이고, 궤도계전기의 출력단 접점이 단락(SHORT) 되어 있을 것
- 해당궤도 구간에 열차 점유 시 : 궤도계전기의 입력단 전압이 DC 7.5V 이하이고, 궤도계전기의 출력단 접점이 개방(OPEN) 되어 있을 것

차) 안전측 고장 시험

(1) 전제조건

- 동작시험의 결과에 따라서 본 시험을 수행한다.
  - 동작시험의 결과가 정상인 경우에는 본 시험을 반드시 할 필요는 없지만, 고조파로 인한 AF 궤도회로의 영향을 측정, 분석 및 검토하기 위한 차원에서 선택사항으로서 안전측 고장시험 및 비안전측 고장시험을 행할 수 있다.
  - 비 정상인 경우에는 정확한 원인파악 등을 위해 2.3.2 및 2.3.3 시험을 반드시 수행한다.
  - 비 정상인 경우에는 먼저 궤도회로 불평형율을 측정하여 불평형율에 의한 영향을 검토 후 시험을 계속한다. 불평형율 측정에 대한 내용은 본 문서의 범위가 아니며, 따라서 별도의 문서에서 다룬다.

(2) 개요

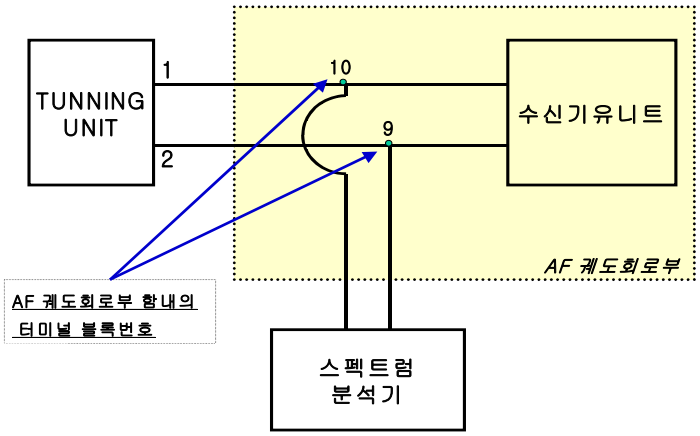
- AF 궤도회로가 정상적으로 동작하는 경우, AF궤도회로를 구성하는 선로구간 내에 열차가 점유함에 의해 궤도계전기가 낙하하여 열차검지를 행하게 된다.
- 본 시험은 궤도회로를 구성하는 선로구간 내에 열차가 점유하지 않았음에도 불구하고 궤도계전기의 예상치 못한 낙하(Drop) 가능성을 검증하기 위함이다.
- 이를 안전측 고장이라 하며, 만약 이러한 상황이 발생하면 해당구간 내의 잘못된 열차점유로 인해 안전에는 무관하지만 열차운행 상의 제약을 발생시킬 수 있다.

(3) 측정범위 / 측정 값

- 수신기 입력단의 고조파 측정
- 궤도계전기 출력단 접점의 동작상태 점검

(4) 시험방법

① 시험대상 궤도회로 구간의 수신기 입력단(AF 궤도회로부 함내 TERMINAL BLOCK의 9, 10번 단자)에 스펙트럼분석기를 연결한다.



<그림 3-12-18> 수신기 입력단의 주파수 스펙트럼 측정

② 시험대상 궤도회로 구간의 수신기에 연결되어 있는 궤도계전기의 출력단 접점(AF 궤도회로부 함내 TERMINAL BLOCK의 11, 12번 단자)에 스코프메타를 접속한다.

③ 열차가 해당 궤도구간을 점유한 경우에, ①에 따라 고조파를 측정하고 기록하며, ②에 따라 접점상태를 측정하고 기록한다

④ 다음의 모든 경우에 대하여 위의 시험을 통하여 TI21 AF 궤도회로에 대한 안전측 고장 시험을 수행한다.

- 주파수별로 : 공칭주파수 4 개
- 해당 시험궤도 구간 통과속도별로 : 정지, 30 KPH 이하, 30 ~ 110 KPH, 110 KPH 이상
- 열차운전 상태별로 : 해당구간에서 열차가 역행 시, 회생제동 시

⑤ 열차의 속도는 열차 기관사와의 무선통화를 통해 측정한다.

(5) 평가기준

- 각 주파수, 통과속도 및 열차운전 상태별로 시험방법 ②에 따라 측정하였을 시,
  - ▪ 해당궤도 구간에 열차 비점유 시 : 궤도계전기의 출력단 접점이 단락(SHORT) 되어 있을 것
  - ▪ 해당궤도 구간에 열차 점유 시 : 궤도계전기의 출력단 접점이 개방(OPEN) 되어 있을 것

카) 비안전측 고장 시험

(1) 개요

- 본 시험은 TI21 궤도회로의 고조파에 대한 면역성을 점검하는 것으로서, 궤도회로를 구성하는 선로구간 내에 열차가 점유하고 있음에도 불구하고 궤도계전기의 예상치 못한 여자(Pick-up) 가능성을 검증하기 위함이다.
- 이런 경우를 비안전측 고장이라 하며, 만약 이러한 상황이 발생한다면, 철도신호 및 안전에 있어서 절대적인 기능인 열차검지 기능이 상실됨으로 인해 대단히 위험한 상황을 초래할 수 있다.

(2) 측정범위 / 측정 값

- 수신기 입력단의 고조파 측정
- 궤도계전기 출력단 접점의 동작상태 점검

(3) 시험방법

① 해당구간에 열차가 점유하고 있지 않는 상태에서, 궤도계전기를 낙하하지 않도록 하는 수신기의 감도를 최대(GAIN 13, 수신단 입력전류 : 15mA)로 조정한다.(수신기의 감도 조정에 관한 세부적인 사항은 “가청주파수(AF) 궤도회로 장치 제작 승인도”의 11.8 수신기 설정 내용을 참조한다.)

② 수신기 입력단에 스펙트럼분석기를 연결한다.

③ 궤도계전기 출력 접점의 상태를 측정하여, 정상동작 여부를 점검(해당구간 비 점유시 단락, 점유시 개방)하고, 다음을 진행한다.

④ 해당 궤도회로 송신부의 전원을 끈다.(수신기 및 기타장치는 전원 투입)

⑤ 궤도계전기가 낙하하여 접점이 개방됨을 확인한다.

⑥ 열차의 순차적인 진행에 의해서도 궤도계전기가 낙하하여 접점이 개방된 상태로 있는지 확인하고, ②의 파형 및 ③의 접점상태를 기록한다.

⑦ 다음의 모든 경우에 대하여 위의 시험을 통하여 TI21 AF 궤도회로에 대한 비안전측 고장 시험을 수행한다.

- 주파수별로 : 공칭주파수 4 개
- 해당 시험궤도 구간 통과속도별로 : 정지, 30 KPH 이하, 30 ~ 110 KPH, 110 KPH 이상
- 열차운전 상태 : 해당구간에서 열차가 역행 시, 회생제동 시

⑧ 열차의 속도는 열차 기관사와의 무선통화를 통해 측정한다.

(4) 평가기준

- 각 주파수, 통과속도 및 열차운전 상태별로 위의 시험방법에 따라 측정하였을 시, 궤도계전기가 낙하하여 접점이 개방(OPEN)된 상태로 있을 것

타) 시험결과 기록 양식

○ 시험결과 기록양식 : AF 궤도회로(TI21) 장치 통합시험 검사서 및 TI21 회로 결선도

시험일자	20 년 월 일
날씨	[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]
시험위치 및 대상	
시험시작/종료시각	~
시험책임자	(인)

시 험 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명

시 험 확 인 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명

기타 특기사항 :

해당 궤도회로의 공칭주파수	A(1699Hz)	B(2296Hz)	C(1996Hz)	D(2593Hz)

해당구간의 열차의 속도	정지 시 (3초 이상)	30 KPH 이하	30~110 KPH	110 KPH 이상
값 기록				

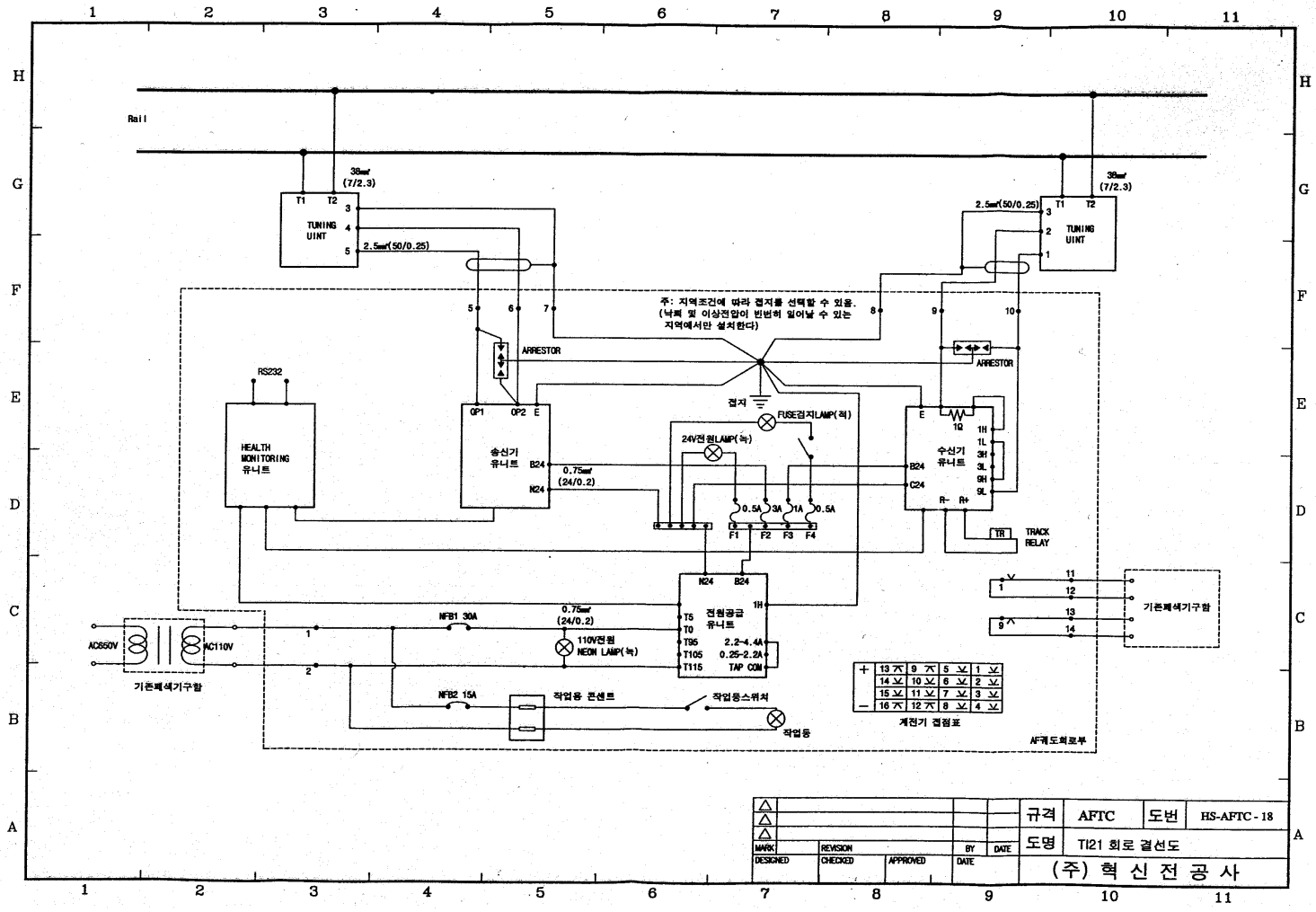
해당구간에서의 열차의 운전 상태	역 행	제 동

순번	시험항목 및 내용	합격기준		측정값	판 정
		표 준	허용치		
1	**시험전 준비사항 점검**	-			
·	해당 궤도회로의 개별시험 결과 점검	양호			
·	각종 안전관련 사항 점검	양호			
·	관련팀(열차운행 등)들과의 업무협조 관계 점검	양호			
·	시험에 필요한 장비 점검	양호			
2	**동작 시험**	-			
2.1	해당 궤도구간 비 점유 시	-			
·	전방 또는 후방궤도구간이 아닌 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
	- 궤도계전기 입력단 전압 측정	DC 40V	이상		
	- 궤도계전기 입력단 파형 측정 (정상인 경우, 파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			

순번	시험항목 및 내용	합격기준		측정값	판 정
		표 준	허용치		
·	후방 궤도구간인 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
	- 궤도계전기 입력단 전압 측정	DC 40V	이상		
	- 궤도계전기 입력단 파형 측정 (정상인 경우, 파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
·	전방 궤도구간인 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
	- 궤도계전기 입력단 전압 측정	DC 40V	이상		
	- 궤도계전기 입력단 파형 측정 (정상인 경우, 파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
2.2	해당 궤도구간 점유 시	-			
·	궤도계전기 출력단 접점의 상태	개방	-		
·	궤도계전기 입력단 전압 측정	DC 7.5V	이하		
·	궤도계전기 입력단 파형 측정 (정상인 경우, 파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
3	**안전측 고장 시험**	-			
3.1	해당 궤도구간 비 점유 시	-			
·	궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
·	수신기 입력단의 고조파 측정 (파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
3.2	해당 궤도구간 점유 시	-			
·	궤도계전기 출력단 접점의 상태	개방	-		
·	수신기 입력단의 고조파 측정 (파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			

순번	시험항목 및 내용	합격기준		측정값	판 정
		표 준	허용치		
·	전방 궤도구간인 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락			
	- 궤도계전기 입력단 전압 측정	DC 40V	이상		
	- 궤도계전기 입력단 파형 측정 (정상인 경우, 파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-	-		
·	후방 궤도구간인 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락			
	- 궤도계전기 입력단 전압 측정	DC 40V	이상		
	- 궤도계전기 입력단 파형 측정 (정상인 경우, 파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-	-		
4	**비안전측 고장 시험**	-			
4.1	준비 및 확인	-			
·	수신기의 감도 조정 시행 확인	최대			
·	궤도계전기 출력단 접점의 상태 확인	-			
	- 해당구간의 열차 비 점유 시	단락	-		
	- 해당구간의 열차 점유 시	개방	-		
·	접점 확인 후의 송신기 전원 상태	OFF	-		
4.2	해당 궤도구간 비 점유 시	-			
·	전방 또는 후방궤도구간이 아닌 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
	- 수신기 입력단의 고조파 측정 (파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			

순번	시험항목 및 내용	합격기준		측정값	판 정
		표 준	허용치		
·	후방 궤도구간인 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
	- 수신기 입력단의 고조파 측정 (파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
·	전방 궤도구간인 경우	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	단락	-		
	- 수신기 입력단의 고조파 측정 (파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
4.3	해당 궤도구간 점유 시	-			
	- 궤도계전기 출력단 접점의 상태	개방	-		
	- 수신기 입력단의 고조파 측정 (파형을 저장하여 측정값 항에 첨부할 파형명 기록)	-			
5	<u>기타 특기사항 :</u> - 시험이 종료된 후에는 반드시 시험 이전의 상태가 유지되도록 조치한다.				


Rail
38㎟ (7/2.3)
TUNING UINT
2.5㎟(50/0.25)
주: 지역조건에 따라 접지를 선택할 수 있음.
(낙뢰 및 이상전압이 빈번히 일어날 수 있는 지역에서만 설치한다)
ARRESTOR
RS232
HEALTH MONITORING 유니트
송신기 유니트
수신기 유니트
접지
FUSE검지LAMP(적)
24V전원LAMP(녹)
0.75㎟ (24/0.2)
0.5A 3A 1A 0.5A
F1 F2 F3 F4
TRACK RELAY
전원공급 유니트
AC850V
AC110V
NFB1 30A
NFB2 15A
110V전원 NEON LAMP(녹)
작업용 콘센트
작업등스위치
작업등
기존폐색기구함
계전기 접점표
AF궤도회로부
규격 AFTC 도번 HS-AFTC-18
도명 TI21 회로 결선도
(주) 혁 신 전 공 사

3) 폐색장치의 통합시험

가) 목적

본 시험의 목적은 열차 또는 차량의 운행시 자동폐색장치의 정상동작 여부를 확인하기 위해서 자동폐색신호현시상태와 궤도회로점유카드 동작상태 등을 확인한다.

나) 적용 범위 및 시험대상

철도노선을 새로 건설하거나 기존노선을 개량하여 운행하고자 하는 노선에 자동폐색장치를 설치한 경우

다) 관련사양 및 규격

- 철도신호지침
- 철도설계편람(신호편)

라) 용어설명

마) 시험항목

- 자동 폐색 신호 현시 상태 확인
- 궤도회로 점유 카드 동작 상태 확인

바) 측정장비

- 주파수 측정기(YK100) 1대
- DMM(Digital multi meter) 1대

사) 시험개소

아) 시험 소요 인력 및 일수

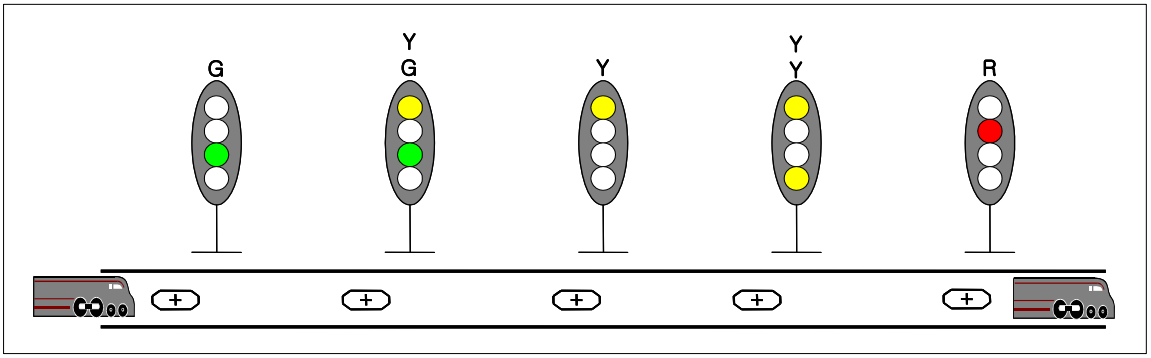
자) 자동폐색신호 현시상태 확인시험 절차

(1) 개요

- 본 시험은 <그림 3-12-19>와 같은 신호의 순차적인 현시를 위한 자동폐색장치의 현시를 확인하기 위한 시험이다.

(2) 측정범위 / 측정 값

- 전방 궤도 조건에 의한 계열별 계전기 동작 및 신호 현시를 확인한다.



<그림 3-12-19> 신호의 순차적인 현시

(3) 시험방법

- 전방 궤도조건에 의한 계열별 계전기 동작 및 신호 현시를 육안으로 확인한다.
- 고장이 생겼을 경우에는 그 신호기가 현시하는 신호중에서 열차 또는 차량의 운전에 최대한 제한을 주는 신호를 현시하거나 신호를 현시되지 않는지 확인을 한다.
- 다음의 경우 자동으로 정지신호가 현시되는지 확인한다.
  - 폐색구간에 열차 또는 차량이 점유할 때
  - 폐색구간에 있는 관계 선로전환기가 정당한 방향에 있지 않을 때
  - 분기부 또는 교차위치에 있는 열차 또는 차량이 폐색구간을 지장하고 있을 때
  - 폐색장치에 고장이 생겼을 때

(4) 평가기준

- 전방 궤도조건에 의한 계열별 계전기 동작 및 신호 현시가 정상일 것
- 고장이 생겼을 경우에는 그 신호기가 현시하는 신호중에서 열차 또는 차량의 운전에 최대한 제한을 주는 신호를 현시하거나 신호를 현시되지 않을 것.
- 다음의 경우 자동으로 정지신호를 현시할 것.
  - 폐색구간에 열차 또는 차량이 점유할 때
  - 폐색구간에 있는 관계 선로전환기가 정당한 방향에 있지 않을 때
  - 분기부 또는 교차위치에 있는 열차 또는 차량이 폐색구간을 지장하고 있을 때

・폐색장치에 고장이 생겼을 때

차) 궤도회로 점유 카드 동작 상태 확인

(1) 개 요

- 본 시험은 주파수 전송 Unit에 열차의 궤도 점유 표시를 전방역 또는 사령실에 송신하여 열차운행 간격 및 이동 상태를 확인하기 위한 시험이다.

(2) 측정범위 / 측정 값

- 궤도점유 또는 복귀시 송신 카드 동작에 의한 궤도점유 표시 송신을 확인한다.

(3) 시험방법

- 열차 궤도 점유 및 복귀 표시가 되는지 확인한다.
  ・열차 진행역 조작판에 궤도 점유 표시 확인
  ・사령실 표시장치에 궤도 점유 표시 확인

(4) 평가기준

- 열차 궤도 점유 및 복귀 표시가 되는지 확인할 것.
  ・열차 진행역 조작판에 궤도 점유 표시 확인
  ・사령실 표시장치에 궤도 점유 표시 확인

카) 시험결과 기록 양식

○ 시험결과 기록양식 : 자동폐색장치(ABS) 통합시험 검사서

시험일자	20 년 월 일		
날씨	[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]		
시험위치 및 대상			
시험시작/종료시각	~		
시험책임자	(인)		
시 험 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
시 험 확 인 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
기타 특기사항 :			

순번	시험항목 및 내용	합격기준		측정값	판 정
		표 준	허용치		
1	**자동폐색 신호 현시 상태 확인**	-			
·	- 전방 궤도조건에 의한 계열별 계전기 동작 및 신호 현시 확인	정상			
·	- 고장이 생겼을 경우에는 그 신호기가 현시하는 신호중에서 운전에 최대한 제한을 주는 신호를 현시하거나 신호를 현시되지 않는지 확인	-			
	- G 전구 단선시	Y			
	- Y 혹은 Y1 전구 단선시	R			
	- R 전구 단선시	소등			
·	다음의 경우 자동으로 정지신호를 현시하는지 확인	-			
	- 폐색구간에 열차 또는 차량이 점유할 때	정지신호			
	- 폐색구간에 있는 관계 선로전환기가 정당한 방향에 있지 않을 때	정지신호			
	- 분기부 또는 교차위치에 있는 열차 또는 차량이 폐색구간을 지장하고 있을 때	정지신호			
	- 폐색장치에 고장이 생겼을 때	정지신호			
2	**궤도회로 점유 카드 동작 상태 확인**	-			
·	열차 궤도 점유 및 복귀 표시	-			
	- 열차 진행역 조작판에 궤도 점유 표시 확인	정상			
	- 사령실 표시장치 궤도 점유 표시 확인	정상			

3	기타 특기사항 및 측정 상세 데이터 기록 :

4) CTC 인터페이스시험

가) 목적

본 시험의 목적은 열차 운행시 CTC의 정상동작 여부를 확인하기 위해서 열차 번호 표시창의 표시정보 및 현장 신호설비의 표시 및 제어 정보 상태를 확인한다.

나) 적용 범위 및 시험대상

철도노선을 새로 건설하거나 기존노선의 개량으로 인하여 CTC를 새로이 설치하거나 기존의 열차집중장치를 변경한 경우

다) 관련사양 및 규격

- CTC 설계자료
- 철도설계편람(신호편)

라) 용어설명

마) 시험항목

- 열차 번호 표시창의 표시 정보 상태
- 현장 신호설비의 표시 및 제어 정보 상태

바) 측정장비

사) 시험개소

- 열차집중제어장치를 설치한 건물 내

아) 시험 소요 인력 및 일수

자) 열차 번호 표시창의 표시 정보 상태

(1) 개요

- 본 시험은 현장 궤도의 점유상태에 따라 CTC사령실 열차 표시창에 열차번호가 순차적으로 이동하는지 확인하기 위한 시험이다.

(2) 측정범위 / 측정 값

- 궤도 점유상태에 의한 열차번호의 이동을 확인한다.

(3) 시험방법

- CTC 사령실 판넬 및 L/S(Line Station)상에 궤도 점유시 열차번호 이동상태를 육안으로 확인한다.
- 현장 신호 설비의 변환 정보 표시 상태를 확인한다.
  - 궤도회로 점유 및 복귀
  - 선로전환기 전환 및 쇄정상태
  - 신호기 고장정보 및 현시상태
  - 진로 취급상태 및 구분진로 해정상태
  - 열차번호 이동 및 스케쥴에 의한 열차번호 표시상태

(4) 평가기준

- CTC 사령실 판넬 및 L/S(Line Station)상에 궤도 점유시 열차번호 이동상태를 육안으로 확인될 것.
- 현장 신호 설비의 변환 정보 표시 상태를 확인될 것.
  - 궤도회로 점유 및 복귀
  - 선로전환기 전환 및 쇄정상태
  - 신호기 고장정보 및 현시상태
  - 진로 취급상태 및 구분진로 해정상태
  - 열차번호 이동 및 스케쥴에 의한 열차번호 표시상태

차) 현장신호설비의 표시 및 제어 정보 상태

(1) 개 요

- 본 시험은 CTC 사령실에서 현장정보를 육안으로 확인하고, 상황에 맞는 열차 운행을하기 위하여 현장 신호 제어를 사령자가 직접 제어하기 위한 시험이다.

(2) 측정범위 / 측정 값

- CTC 사령실 LDM(Line Dispatcher Manualmode), CCM(Central Console Mode) 상태에서 현장 제어가 되는지 확인을 한다.

(3) 시험방법

- 현장 신호 설비에 대한 LDM, CCM 제어 상태를 확인한다.
  - · 선로전환기 전환
  - · 신호기 현시 및 해정 상태
  - · 진로 취급상태 및 진로 해정 상태

(4) 평가기준

- 현장 신호 설비에 대한 LDM, CCM 제어 상태를 확인할 것.
  - · 선로전환기 전환
  - · 신호기 현시 및 해정 상태
  - · 진로 취급상태 및 진로 해정 상태

카) 시험결과 기록 양식

○ 시험결과 기록양식 : 열차집중제어장치(CTC) 통합시험 검사서

시험일자	20 년 월 일		
날씨	[맑음] [흐림] [비] [눈] [안개] [기타 :]		
시험위치 및 대상			
시험시작/종료시각	~		
시험책임자	(인)		
시 험 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명
시 험 확 인 자			
소 속	이름 및 서명	소 속	이름 및 서명

기타 특기사항 :

순번	시험항목 및 내용	합격기준		측정값	판정
		표 준	허용치		
1	**열차 번호 표시창의 표시 정보 상태**	-			
.	- 판넬 및 L/S상에 궤도 점유시 열차번호 이동상태	정상			
.	- 현장 신호 설비의 변환 정보 표시 상태	-			
	- 궤도회로 점유 및 복귀	양호			
	- 선로전환기 전환 및 쇄정상태	양호			
	- 신호기 고장정보 및 현시 상태	양호			
	- 진로 취급 상태 및 구분진로 해정상태	양호			
	- 열차번호 이동 및 스케쥴에 의한 열차번호 표시 상태	양호			
2	**현장 신호설비의 표시 및 제어 정보 상태**	-			
.	현장 신호 설비에 대한 LDM, CCM 제어 상태를 확인				
	- 선로전환기 전환	양호			
	- 신호기 현시 및 해정 상태	양호			
3	**기타 특기사항 및 측정 상세 데이터 기록 :**				

제4장 목표달성도 및 결과 활용계획

제1절 목표 달성도

제2절 연구개발 결과의 활용계획

제4장 목표달성도 및 결과 활용계획

제1절 목표 달성도

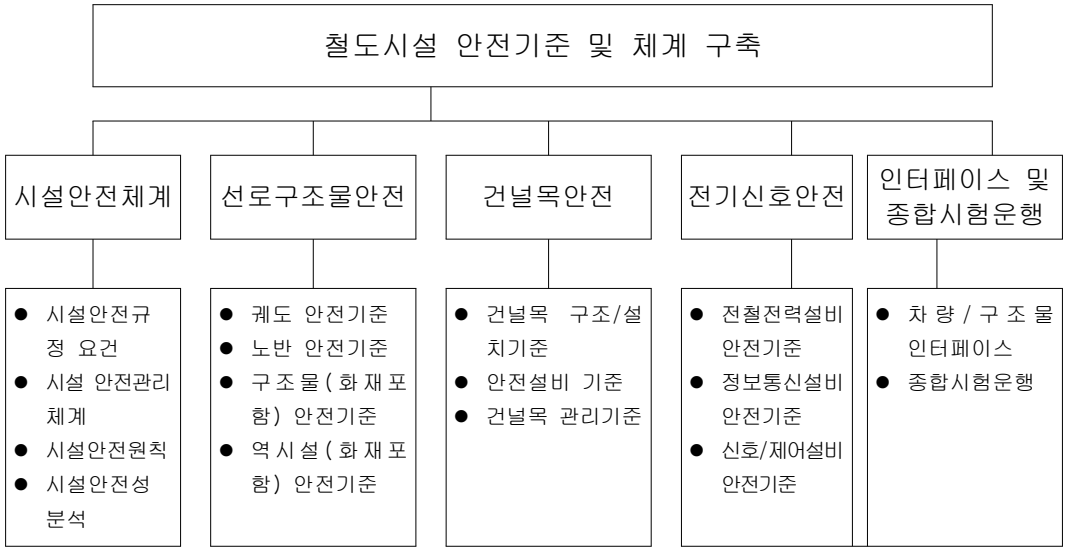
본 과업의 연구개발 최종목표, 주요기술 개발내용 및 달성도는 다음과 같다.

○ 연구목표 :

- 철도안전법 시행을 위한 철도시설의 안전체계 구축 및 기술분야 별 안전 기준 개발

○ 주요기술 개발내용 :

- 일반철도, 고속철도 및 도시철도를 포괄하는 체계적인 철도시설 안전관리 체계 구축
- 철도시설 안전기준 작성(중대사고 방지 및 평가기술 개발과업과 연계)
  - 선로구조물(궤도, 노반, 구조물, 역시설 등) 안전기준
  - 건널목 안전기준
  - 전기신호(전철전력설비, 정보통신설비, 신호제어설비) 안전기준
  - 인터페이스 및 시설분야 종합시험운행 절차서 개발



○ 주요 연구내용 및 실적

연구계획	연구실적	달성도
-SE 요건관리체계 운영 지원	-SE 요건관리체계 운영 지원 ● SE지원 및 WBS운영 ● 철도안전 SE과업과 연계	100%
-철도시설 안전관리 체계 구축/지원	-국가철도안전관리체계 시설부문 -광역철도 시설안전관리 체계 구축 ● 철도연계구간 현황 및 문제점/개선점	
-선로구조물 안전기준(안) 제시	-궤도 안전기준(안) 및 해설 ● 선형 : 궤간, 선로선형, 곡선반경 등 ● 선로 : 궤도, 궤도중심간격, 시공기면폭 등 -노반/구조물 안전기준(안) 및 해설 ● 강우시 운전규제 방안 마련 ● 강풍 및 고속선 설빙 대책 마련 ● 철도교량 대피시설 등 ● 지진시 대책 및 운전규제 등 ● 철도시설 안전설비 -역시설 안전기준 개선(안) 및 해설 ● 승강장시설 : 길이, 폭, 대피경로/장소 등 ● 승강장 이외 일반인 접근구역 ● 일반인 접근제한구역 ● 환승시설 및 화재시설	
-건널목 안전기준(안) 제시	-건널목 관련 안전기준개선(안) 제시 ● 건널목 설치기준(안) 제시 ● 건널목 설비기준(안) 제시	
-전기신호 안전기준(안) 제시	-전철전력설비 안전기준(안) 및 해설 ● 전철전력설비 보호기준 대책 ● 경고표시 및 접근금지 기준 대책 ● 송변전, 전력 시설물 안전기준 대책 ● 전차선 안전기준 대책(전식/ 케이블 이격) -신호제어설비 안전기준(안) 및 해설 ● 철도신호안전기준 일반 ● 신호사령실, 차상신호설비 ● 열차위치검지 및 폐색 ● 연동장치, 안전설비, 전기안전 및 EMC -정보통신설비 안전기준(안) 및 해설 ● 철도통신설비 일반 ● 철도통신선로, 전송설비, 열차무선설비 ● 정보통신설비 안전요구사항 도출	
-종합시험운행 시행지침 및 절차서 개발	-종합시험운행 시행지침(안) 및 세부절차서 개발	

※ 별책 1, 2, 3, 4 참조

제2절 연구개발 결과의 활용계획

본 과업에서 연구된 결과는 다음과 같이 활용될 계획이다.

연구결과	활용계획
-국가철도안전관리체계 시설부문 -광역철도 시설안전관리 체계 구축 ● 철도연계구간 현황 및 문제점/개선점	-철도시설 안전관리 체계 구축 자료 -광역철도 시설안전관리 체계 구축 자료
-궤도 안전기준(안) 및 해설 ● 선형 : 궤간, 선로선형, 곡선반경 등 ● 선로 : 궤도, 궤도중심간격, 시공기면폭 등 -노반/구조물 안전기준(안) 및 해설 ● 강우시 운전규제 방안 마련 ● 강풍 및 고속선 설빙 대책 마련 ● 철도교량 대피시설 등 ● 지진시 대책 및 운전규제 등 ● 철도시설 안전설비 -역시설 안전기준 개선(안) 및 해설 ● 승강장시설 : 길이, 폭, 대피경로/장소 등 ● 승강장 이외 일반인 접근구역 ● 일반인 접근제한구역 ● 환승시설 및 화재시설	-철도시설안전 세부기준 개정에 활용 -철도 선로구조물 안전기준(안) 작성에 활용
-건널목 관련 안전기준개선(안) 제시 ● 건널목 설치기준(안) 제시 ● 건널목 설비기준(안) 제시	-건널목 안전기준 개선(안) 작성에 활용
-전철전력설비 안전기준(안) 및 해설 ● 전철전력설비 보호기준 대책 ● 경고표시 및 접근금지 기준 대책 ● 송변전, 전력 시설물 안전기준 대책 ● 전차선 안전기준 대책(전식/ 케이블 이격) -신호제어설비 안전기준(안) 및 해설 ● 철도신호안전기준 일반 ● 신호사령실, 차상신호설비 ● 열차위치검지 및 폐색 ● 연동장치, 안전설비, 전기안전 및 EMC -정보통신설비 안전기준(안) 및 해설 ● 철도통신설비 일반 ● 철도통신선로, 전송설비, 열차무선설비 ● 정보통신설비 안전요구사항 도출	-전기신호 안전기준(안) 작성에 활용
-종합시험운행 시행지침(안) 및 세부절차서 개발	-종합시험운행 시행지침(안) 및 절차서에 활용

※ 별책 1, 2, 3, 4 참조

제5장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제5장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 과업을 통하여 수집된 국외과학기술 정보 및 자료는 다음과 같다.

구분	수집된 정보 및 자료
영국	Railway ACT 1993 The Railway (Safety Cases) Regulation 2000 Railway Safety Principles and Guidance Railway Group Standard Code 2003 West Coast Line 2004 Business Plan Network Rail's Railway Safety Case Principal Volum ver.6 The Railways and Other Guided Transport Systems (Safety) Regulations 2006 (ROGS)
미국	US Code - Title 49 - Subtitle V - Part A Chapter 201 General Chapter 203 Safety Appliances Chapter 205 Signal Systems Chapter 207 Locomotives Chapter 209 Accidents and Incidents Chapter 211 Hour of Services Chapter 213 Penalties CFR - Title 49 - Subtitle B - Chapter II Part 200 Informal rules of practice for passenger service Part 201 Railroad police officers Part 207 Railroad police officers Part 209 Railroad safety enforcement procedures Part 210 Railroad noise emission compliance regulations Part 211 Rules of practice Part 212 State safety participation regulations Part 213 Track safety standards Part 214 Railroad workplace safety Part 215 Railroad freight car safety standards

미국	Part 216 Special notice and emergency order procedures: Railroad track, locomotive and equipment Part 217 Railroad operating rules Part 218 Railroad operating practices Part 219 Control of alcohol and drug use Part 220 Railroad communications Part 221 Rear end marking device- passenger, commuter and freight trains Part 222 Use of locomotive horns at public highway - rail grade crossings Part 223 Safety glazing standards - locomotives, passenger cars and cabooses Part 225 Railroad accidents/incidents: Reports classification, and investigations Part 228 Hours of service of railroad employees Part 229 Railroad locomotive safety standards Part 230 Steam locomotive inspection and maintenance standards Part 231 Railroad safety appliance standards Part 232 Brake system safety standards for freight and other non-passenger trains and equipment: end-of-train devices Part 233 Signal systems reporting requirements Part 234 Grade crossing signal system safety Part 235 Instructions governing applications for approval of a discontinuance or material modification of a signal system of relief from the requirements of part 236 Part 236 Rules, standards, and instructions governing the installation, inspection, maintenance, and repair of signal and train control systems, devices, and appliances Part 238 Passenger equipment safety standards Part 239 Passenger train emergency preparedness Part 240 Qualification and certification of locomotive engineers Part 241 Regulations on safety integration plans governing railroad consolidations, mergers, and acquisitions of control

미국	Part 245 Railroad user fees Part 250 Guarantee of certificates of trustees of railroads in reorganization Part 256 Guarantee of certificates of trustees of railroads in reorganization Part 260 Regulations governing loans and loan guarantees under the railroad rehabilitation and improvement financing program Part 261 Credit assistance for surface transportation projects Part 265 Nondiscrimination in federally assisted railroad programs Part 266 Assistance to States for local rail service under section 5 of the Department of Transportation Act Part 268 Magnetic levitation transportation technology deployment program AREMA(American railway engineering and maintenance of way association)
일본	世界 の 統計(2003) 交通 小六法(2003) 道路鐵道交差及 び新交通 地下鐵 等に關する事務要覽(2000) 國土交通白書(2003) 交通安全白書(2002) 國土交通省政策評價年次報告書(2002) 철도시설 등 검사규칙 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령 지하역 화재대책정비사업 창설
기타	UIC CODE 779-9 Safety in railway tunnels UIC 774-3R(2001), "Track/Bridge Interaction recommendations for calculations", 2nd edition, International Union of Railway UIC 776-1R(1994), "Loads to be considered in railway bridge design", 4th edition, International Union Railway UIC 776-3R(1989), "Deformation of bridges", 1st edition, International Union Railway CEN(European Committee for Standardization) Engineering Safety Management Issue 3 Yellow Book 3 Australian Standard Railway safety management Engineering Safety Management(The Yellow Book)

제6장 참고문헌

제6장 참고문헌

1. 한국철도기술연구원, 철도 안전관리시스템 개선방안 연구(1단계) 용역, 2004.9
2. 한국철도기술연구원, 고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발, 2005.6
3. 한국철도기술연구원, 도시철도 선로시스템 표준화, 2004.12
4. 철도청, 고속철도 궤도유지관리 설명서, 2004
5. 철도청, 보선업무자료(규정), 2000
6. 한국철도시설공단, 고속철도 안전관련 자료, 2003
7. 한국철도시설공단, 고속철도설계기준(노반편), 2005
8. 한국철도시설공단, 철도설계기준(노반편), 2004
9. 한국철도시설공단, 철도설계기준(철도교편), 2004
10. 한국철도시설공단, 철도공사전문시방서(토목편), 2004
11. 한국철도시설공단, 고속철도공사 전문시방서(노반편), 2003.4
12. 철도청, 2004년 신호업무자료 제20호, 2004
13. 철도청 전기본부, 전기분야규정, 2003.7
14. 철도청, 신호관련규정집, 1998.11
15. 한국철도공사 전기사업단, 전기업무자료 제12호, 2005
16. 한국철도시설산업(주), 철도건널목취약관리현황, 2006.1
17. 장순흥 외, 원자력안전, 청문각, 1998
18. 건설교통부, 도로터널 방재시설 설치지침, 2004.12
19. 한국철도시설공단, 철도건설 안전제도의 문제점 및 개선방안 연구, 2006.9
20. Network Rail, Network rail's railway safety case, Principal volume, Ver.6, 2004.5
21. RSSB, Engineering safety management(The yellow book), Volumes 1 and 2, Fundamentals and Guidance Issue 4, 2007
22. RTRI, Japanese railway technology today, 2001
23. Australian Standard Railway safety management

24. Engineering Safety Management(The Yellow Book)

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술 연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311

한 국 철 도 기 술 연 구 원 TEL 031)460-5350

R&D / 04철도안전B02

철도시설 안전기준 및 체계 구축

■ 발행일 / 2008. 8.

■ 발행처 / 한국철도기술연구원

경기도 의왕시 월암동 360-1

TEL : 031-460-5000(대)

■ 인쇄처 / 명신인쇄