GOVP1200945950

철도종합안전기술개발사업 최종보고서

05철도안전B-01

철도차량 안전기준 및 체계 구축

〈차량화재 안전기준 포함〉

2008. 8

주관연구기관 : 한국철도기술연구원

건 설 교 통 부

한국건설교통기술평가원

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 "철도차량 안전기준 및 체계 구축(차량화재 안전기준 포함)" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008 . 8.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원

주관연구기관장 : 최 성 규

■ 총 괄 연 구 책 임 자 / 수석연구원 이관섭 과제 총괄

■ 주관연구기관 참여연구원

/ 수석연구원 최성규 세부기준서 분석 및 자문

/ 수석연구원 정홍채 세부기준서 분석 및 자문

/ 수석연구원 오일근 세부기준서 분석 및 자문

/ 수석연구원 정상기 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)

/ 책임연구원 유원희 세부기준서 분석 및 자문

/ 책임연구원 구정서 세부기준서 분석 및 자문

/ 책임연구원 박준서 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)

/ 책임연구원 함영삼 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)

/ 책임연구원 왕종배 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)

/ 책임연구원 권삼영 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)

/ 책임연구원 한문섭 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)

/ 책임연구원 남성원 세부기준서 작성(탈선안전 분야)

/ 책임연구원 구동회 세부기준서 작성(탈선안전 분야)

/ 책임연구원 구병춘 세부기준서 작성(탈선안전 분야)

/ 책임연구원 이찬우 세부기준서 작성(탈선안전 분야)

/ 책임연구원 정우성 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 책임연구원 권태수 세부기준서 작성(충돌안전 분야)
/ 선임연구원 정현승 세부기준서 작성(충돌안전 분야)
/ 선임연구원 이동형 세부기준서 작성(탈선안전 분야)
/ 선임연구원 이철규 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 이덕희 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 권순박 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 조영민 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 박덕신 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 박원희 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 장용준 세부기준서 작성(화재안전 분야)
/ 선임연구원 이영훈 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 정의진 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 김진환 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 장동욱 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 홍재성 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 곽상록 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 권혁빈 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 장동욱 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 김종운 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 정호성 세부기준서 작성(체계 및 인터페이스분야)
/ 선임연구원 한기홍 세부기준서 분석 및 자문
/ 연 구 원 금미리 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 정동선 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 박철호 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 유철영 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 염지원 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 안인지 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 이세영 세부기준서 작성 지원
/ 연 구 원 주영숙 세부기준서 작성 지원

요 약 문

Ⅰ. 제 목

철도차량 안전기준 및 체계 구축(차량화재 안전기준 포함)

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 철도산업 구조개편 및 고속화에 따른 운행여건의 변화 및 철도안전법 제정에 따른 세부시행기준이 요구됨

2. 현재 철도차량 안전기준은 주로 도시철도차량을 중심으로 규정되어 있으므로 일반철도와 고속철도에 대한 안전기준을 보완/수립할 필요가 있음

3. 철도안전관련 규정 정비와 철도차량에 대한 안전기준을 국제수준으로 강화하여 국제적인 경쟁력 확보 요망

Ⅲ. 총 연구개발의 내용 및 범위

1. 철도차량 안전체계 구축

   가. 일반/고속/도시철도 차량 안전규정 재정립

   나. 차량별(동력차/객차/화차) 안전기준 개발

2. 분야별 세부안전기준 개발

   가. 충돌분야 세부안전기준 개발

   나. 화재분야 세부안전기준 개발

   다. 탈선분야 세부안전기준 개발

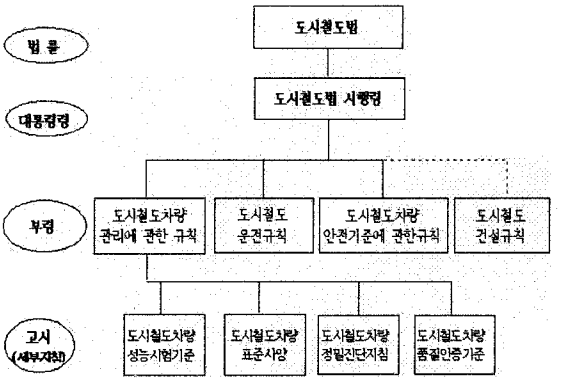
   라. 체계 및 인터페이스 분야 세부안전기준 개발

Ⅳ. 연구개발결과

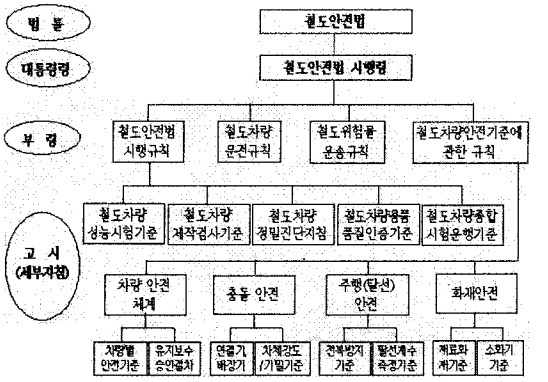
1. 철도차량 안전체계 구축

가. 일반/고속/도시철도 차량 안전규정 재정립

○ 국내 현황

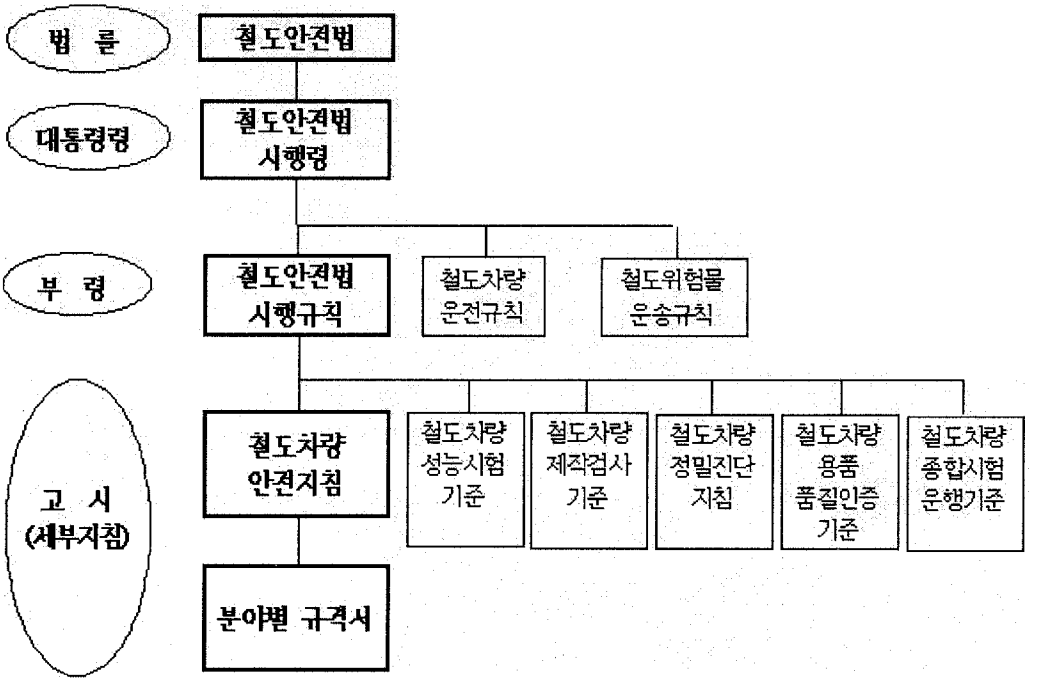


<도시철도 안전규정체계>



<일반/고속철도 안전규정체계>

○ 재정립(안)



<철도 통합안전규정체계 개선안>

나. 차량별(동력차/객차/화차) 안전기준 개발

○ 동력차 안전기준 및 해설서

: 동력차 안전의 일반요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정

○ 객차 안전기준 및 해설서

: 객차 안전의 일반요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정

○ 화차 안전기준 및 해설서

: 화차 안전의 일반요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정

2. 분야별 세부안전기준 개발

가. 충돌분야 세부안전기준 개발

① 차종별 하중조건 및 해설서

: 고속철도차량 및 일반철도차량의 하중조건에 대한 세부기준 규정

② 표준 충돌사고 시나리오 및 해설서

: 충돌사고 발생 시 에너지 흡수를 목적으로 설치될 수 있는 차체구조 및 기계장치의 성능기준 규정

③ 연결기 연결부의 형태 및 해설서

: 연결기 연결부 형태 세부기준 규정

④ 객실의자 안전기준 및 해설서

: 철도차량용 의자의 강도 요구조건 관련 세부 지침 규정

⑤ 유리창 안전기준 및 해설서

: 철도차량의 운전실 전면창 및 객실의 측창 및 내부창의 안전 관련 세부 지침 규정

⑥ 차량 실내 충돌안전기준 및 해설서

: 차량 내부에 탑재 또는 장착되는 각 구조물의 내 충격 기준 규정

⑦ 차체-대차 연결강도기준 및 해설서

: 차체와 대차 연결부위의 하중조건에 대한 세부기준 규정

⑧ 여객용 출입문 강도기준 및 해설서

: 승강용 출입문의 강도 요구조건 관련 세부기준 규정

⑨ 차체 전복강도기준 및 해설서

: 철도차량의 전복사고 발생 시 승객을 보호하기 위해 확보해야 할 최소 차체강도 규정

⑩ 전두부 충격관통방지 안전기준 및 해설서

: 철도차량의 전두부 충격관통방지를 위한 시험평가방법 규정

⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 및 해설서

: 차량이 차량을 올라타지 못하도록 하는 방지장치에 대한 기준 규정

⑫ 완충차막이 안전기준 및 해설서

: 철도차량의 선로종단 돌파를 저지하는 차막이 성능조건 규정

나. 화재분야 세부안전기준 개발

① 객차 등의 실내설비의 화재성능 기준 및 해설서

: 객차 등의 실내설비에 대한 내연 및 불연성능 규정

② 철도차량의 소화기 설치 기준 및 해설서

: 철도차량 종류에 따른 소화기 설치 개수 및 위치 기준 규정

③ 열차비상용품(안) 및 해설서

: 철도차량 종류에 따른 비상용품 비치 기준 규정

④ 객차 등의 전선 화재성능 안전기준 및 해설서

: 철도차량에 적용되는 내외장 전선의 화재성능 안전기준 규정

⑤ 차량커튼 화재성능기준 및 해설서

: 객차 등 실내설비 중 차량 커튼에 대한 화재성능 안전기준 규정

⑥ 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준 및 해설서

: 철도차량에 적용되는 화재감지/경보장치에 대한 성능기준 규정

⑦ 화재시 탈출 및 대피구조 기준 및 해설서

: 비상등 등 탈출 및 대피구조 및 장비에 대한 규정

⑧ 객차 등의 비상창문 설치 기준 및 해설서

: 객차 등에 대한 비상창문의 설치 관련 기준 규정

⑨ 객차내 공기질 안전기준 및 해설서

: 객실내 이산화탄소 농도에 대한 규정

다. 탈선분야 세부안전기준 개발

① 열차의 비상제동거리(안) 및 해설서

: 고속철도차량 또는 일반철도차량으로 조성되는 열차의 비상제동거리에 대하여 규정

② 철도차량 전복방지 기준 및 해설서

: 철도차량의 전복유형에 따른 최소한 차륜-레일 접촉점을 넘지 않도록 차량 중량, 차량 중심높이, 곡선 반경, 캔트, 곡선 통과속도 설정 기준 규정

③ 탈선계수 측정 및 산정 기준 및 해설서

: 철도차량의 탈선계수 측정 및 산정에 대하여 필요한 사항을 규정

④ 주행장치틀 비파괴검사 기준 및 해설서

: 철도차량용 대차 프레임(용접 구조 및 주강 구조)의 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정

⑤ 차륜의 비파괴 검사 기준 및 해설서

: 차륜의 내·외부 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정

⑥ 차축의 비파괴검사 기준 및 해설서

: 차축의 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정

⑦ 윤축용 베어링 안전기준 및 해설서

: 차축 베어링의 성능기준, 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정

⑧ 현가장치 안전기준 및 해설서

: 안전 운행에 필요한 현가장치 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정

⑨ 제동장치 안전기준 및 해설서

: 제동장치에 대한 안전기준 규정(안) 및 해설서

라. 체계 및 인터페이스 분야 세부안전기준 개발

① 철도차량의 위험도분석 세부기준 및 해설서

: 철도차량의 위험도분석의 대상, 절차, 방법, 분석결과의 기록 및 활용에 대해 규정

② 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준 및 해설서

: 철도차량의 유지관리계획의 수립에 필요한 일반사항에 대해 규정

③ 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준 및 해설서

: 철도차량 유지보수 관리계획에 의해 시행한 철도차량 유지보수결과를 작성하고 보존하는데 필요한 사항을 규정

④ 철도차량 구조의 제원 산정 기준 및 해설서

: 철도차량 구조의 치수·면적·용적 및 자중(自重) 등 철도차량의 제원 산정 기준 규정

⑤ 철도차량의 표기 및 해설서

: 철도차량의 구조 및 사용목적에 따른 명칭·고유번호·방향·각 부의 위치 등의 표기에 대하여 규정

⑥ 객차 등의 기압변화 기준 및 해설서

: 고속철도 차량의 객실내 기압 변화에 대하여 규정

⑦ 차량-궤도 인터페이스 안전기준 및 해설서

: 차량과 현가장치의 설계 및 정비 상 필요한 기능의 요구조건에 대하여 정의

⑧ 차량-신호 인터페이스 안전기준 및 해설서

: 안전운행에 필요한 차량과 신호장치간의 세부기준 및 내부기준에 대하여 필요한 사항을 규정

⑨ 차량-전력 인터페이스 안전기준 및 해설서

: 차량과 전력 공급 시스템간의 인터페이스 안전 기준에 대해서 규정

⑩ 차량-승무원 인터페이스 안전기준 및 해설서

: 철도차량의 안전운행을 위해, 운전실 설계시 고려되어야 하는 운전자와의 인터페이스 사항을 규정

⑪ 차량 전기 안전기준 및 해설서

: 철도차량의 전기사용장치가 안전기준에 적합하기 위한 기술상의 지침을 규정

V. 연구개발결과의 활용계획

○ 철도차량 안전체계

- 도시철도법 및 철도안전법의 철도차량 안전기준 통합에 활용
- 위험도 기준 철도차량 국가안전 체계 구축을 위한 철도안전법 개정 자료로 활용

○ 분야별 세부 안전 기준

- 철도차량 안전기준에 관한 지침 제정 시 활용
- 차량 제작사, 철도건설 및 운영기관의 안전관련 규격서로 활용
- 차량안전성능향상 관련 기술개발의 기초자료로 활용

SUMMARY

Ⅰ. Title

Establishment of Rolling stock Safety management system and safety standards (Including. Rolling Stock Fire Safety Standard)

Ⅱ. Objective & Necessity of the R&D Project

1. The detail enforcement regulation is needed according to restructuring of railway industry, changes in operation conditions due to high speed service and establishment of the railway safety law.

2. The rolling stock safety standard, which is limitedly applied to urban transit, is to be re-established as a safety standard including general railway and high speed railway.

3. The railway safety related regulations and rolling stock safety standards are to be consolidated up to the international level, securing international competitiveness.

Ⅲ. Contents and Scope of the R&D Project (Final Year)

1. Establishment of Rolling stock Safety Regulation System

   A. Rearrangement of Common/High Speed/Urban Railroad Safety Regulation

   B. Development Safety Criterion by Rolling Stock Types(Power Car/ Passenger Car/Freight Car)

2. Development Specific Safety Criterion(Draft) by Parts

A. Development Specific Safety Criterion(Draft) on Crash Parts

B. Development Specific Safety Criterion(Draft) on Fire Parts

C. Development Specific Safety Criterion(Draft) on Derailment Parts

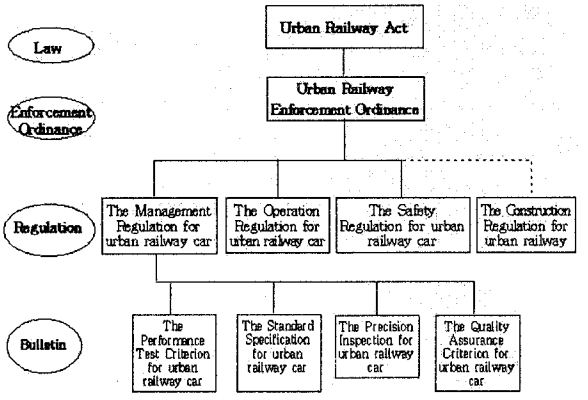
D. Development Specific Safety Criterion(Draft) on System and Interface Parts

Ⅳ. R&D Results

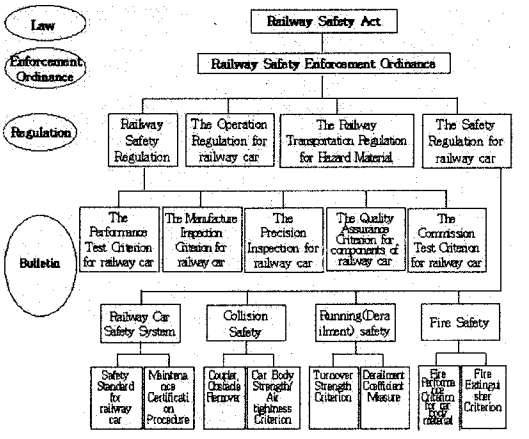
1. Establishment of Rolling stock Safety Regulation System

A. Rearrangement of Common/High Speed/Urban Railroad Safety Regulation

○ Current Status in Korea

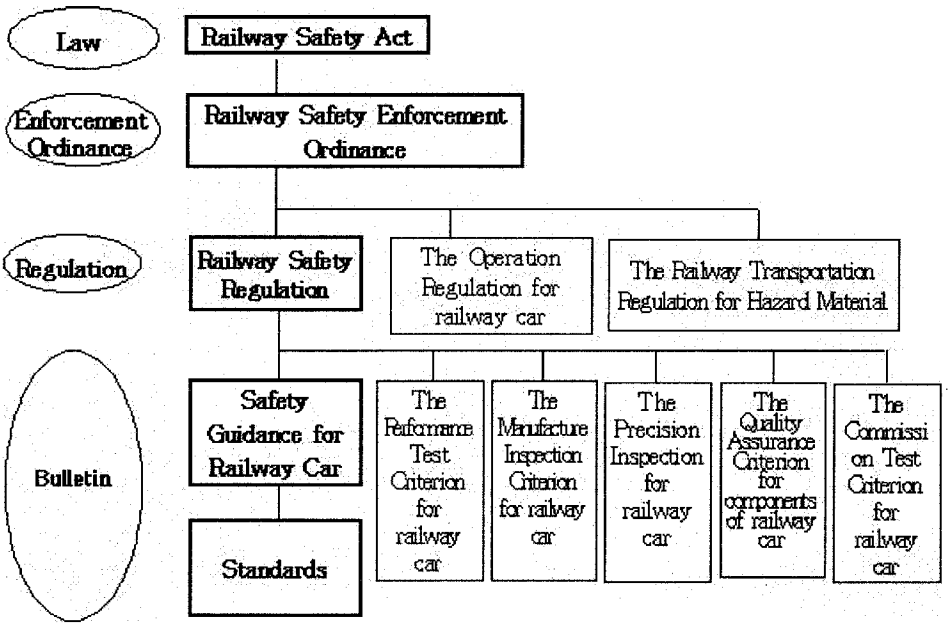


<Safety Regulation System in Urban railway>



<Safety Regulation System in Common and High speed railway>

○ Rearrangement(Draft)



<The Proposal for Integrated Railway Safety Regulation System>

B. Development Safety Criterion by Rolling Stock Types(Power Car/ Passenger Car/Freight Car)

○ Power Car Safety Criterion and its Explanation

: Define general requirements related safety of power car and regulation of structure, devices and maintenance for safe service.

○ Passenger Car Safety Criterion and its Explanation

: Define general requirements related safety of Passenger car and regulation of structure, devices and maintenance for safe service.

○ Freight Car Safety Criterion and its Explanation

: Define general requirements related safety of Freight car and regulation of structure, devices and maintenance for safe service.

2. Development Specific Safety Criterion by Parts and its Explanation

A. Development Specific Safety Criterion(Draft) on Crash Parts

① Criterion of Loading Condition by Rolling Stock Types

: Provide Specific criterion of Loading condition by high speed type and common type train

② Standard Scenario of Collision Accident and its Explanation

: Provide capability criterion of body structure and devices to absorb collision energy

③ Shape of Coupler and its Explanation

: Provide specific criterion of shape of coupler

④ Seat Safety Criterion and its Explanation

: Provide specific criterion of seat strength requirements in passenger car

⑤ Window Safety Criterion and its Explanation

: Provide specific criterion of front-head and passenger windows safety requirements in train

⑥ Crashworthy Criterion of an Interior of Passenger Car and its Explanation

: Provide collision-resisting criterion of fabrics in train

⑦ Coupling Strength Criterion between Car Body and Bogie and its Explanation

: Provide coupling strength criterion between car body and bogie

⑧ Passenger Door Strength Criterion and its Explanation

: Provide specific strength criterion of passenger doors

⑨ Rollover Prevention Criterion of Rolling Stock and its Explanation

: Provide minimal car body strength criterion for prevention of passenger when occur a rollover accident

⑩ Safety Criterion for Impact and penetration-resistance of Front-End Structure and its Explanation

: Provide assessment criterion of penetration-resistance of front-end structure

⑪ Safety Criterion of Overriding Prevention Device and its Explanation

: Provide criterion of device which prevent overriding in crash

⑫ Safety Criterion of Stopper and its Explanation

: Provide performance criterion which prevent what a train go out in the end of rail

B. Development Specific Safety Criterion(Draft) on Fire Parts

① Non-Combustible/flame Capability Criterion of Materials in Passenger Car and its Explanation

: Provide criterion of non-combustible/frame or fire-resist

capability of materials in passenger car

② A Fire Extinguisher Installation Criterion by Rolling Stock Types and its Explanation

: Provide the number and position of fire extinguishers installation by rolling stock types

③ Rolling Stock Emergency Equipment and its Explanation

: Provide preparation criterion of rolling stock emergency equipment by rolling stock types

④ Electrical Wire Fire Safety Criterion of Passenger Car and its Explanation

: Provide fire-resist criterion of internal/external electrical wire which is applied to rolling stock

⑤ Fire-Resist Capability Criterion of Curtain and its Explanation

: Provide criterion of non-combustible/frame or fire-resist capability of curtain in passenger car

⑥ Capability Criterion of Fire Detectors and Alarms for Rolling Stock and its Explanation

: Provide capability criterion of fire detecters and alarms for rolling stock

⑦ Criterion for a Shunting Structure in Fire and its Explanation

: Provide structure and devices(eg. emergency light) for escape and shunt

⑧ Emergency Window Installation Criterion of Passenger Car and its Explanation

: Provide installation criterion of emergency windows in passenger car

⑨ Indoor Air Cleanness Safety Criterion of Passenger Car and its Explanation

: Provide criterion of CO_2 concentration in passenger car

C. Development Specific Safety Criterion on Derailment Parts

① Emergency Braking Distance of Rolling Stock and its Explanation

: Provide criterion of emergency braking distance by high speed type and common type train

② Rolling Stock Rollover Prevention Criterion and its Explanation

: Provide calculation criterion of car weight, height in the center, a radius of curve, cant and approval speed in a curve which prevent derailment

③ Criterion for Measuring and Calculating Derailment Coefficient and its Explanation

: Provide criterion for measuring and calculating derailment coefficient

④ Nondestructive Test Criterion on Bogie Frame and its Explanation

: Provide nondestructive a defect test process and criterion for a crack of a bogie(welding and cast steel)

⑤ Nondestructive Testing Criterion on Wheel and its Explanation

: Provide nondestructive a defect test process and criterion for a internal/external crack of a wheel

⑥ Nondestructive Testing Criterion on Shaft and its Explanation

: Provide nondestructive a defect test process and criterion for a crack of a shaft

⑦ Safety Criterion of Bearing for Wheel and Axle and its Explanation

: Provide performance criterion, a defect test and assessment basis of Bearing for Wheel and Axle

⑧ Safety Criterion of Suspension and its Explanation

: Provide a structure, design basis and maintenance item of suspension for the safe operation

⑨ Safety Criterion of Brake System and its Explanation

: Provide safety criterion of braking system

D. Development Specific Safety Criterion on System and Interface Parts

① Risk Analysis Criterion for Rolling Stock and its Explanation

: Provide procedure and manner of risk analysis

② Standard of Preparing a Rolling Stock Maintenance Scheme and its Explanation

: Provide general requirements for maintenance plan of rolling stock

③ Standard of Rolling Stock Maintenance Log Control and its Explanation

: Provide general requirements for recoding and saving a maintenance result of rolling stock by maintenance management plan

④ Specification Estimate Criterion of Rolling Stock and its Explanation

: Provide specification estimate criterion of rolling stock include size, dimensions, area, volume and weight

⑤ Standard of Names & Marks on Rolling Stock and its Explanation

: Provide general requirements of classification and method of names and marks of rolling stock

⑥ Standard of Air Pressure Variation of Passenger Car and its Explanation

: Provide the baseline of air pressure variation in high speed rolling stock

⑦ Interface Safety Criterion between Vehicle and Rail and its Explanation

: Provide safety interface requirements for a design of car body and suspension and its maintenance

⑧ Interface Safety Criterion between Vehicle and Signalling and its Explanation

: Provide safety interface requirements between vehicle and signalling systems for safe operation

⑨ Interface Safety Criterion between Vehicle and Electric Power and its Explanation

: Provide safety interface requirements between vehicle and power supply system

⑩ Interface Safety Criterion between Vehicle and Crew and its Explanation

: Provide interface requirements between vehicle and crew for driver's cab design

⑪ Safety Criterion of Power Equipments on Rolling Stock and its Explanation

: Provide technical guide to satisfy safety regulation for power equipments on rolling stock

V. Utilization Plan of the R&D Results

1. Rolling stock Safety Management System

A. Use of the guide for the integration of urban railway and common/high speed railway safety regulation system

B. Use of the basic data to establish the domestic national safety management system for rolling stock based on risk analysis

2. Rolling stock safety standards for several safety

A. Use as the guide for rolling stock safety standards

B. Use as safety related specifications by manufacturer, railroad constructor and operator

C. Use as the basic data to develop technology to improve rolling stock safety performance

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 1

제 1 절 연구개발의 최종목표 ····· 1

제 2 절 연도별 연구개발 목표 및 내용 ····· 2

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 3

제 1 절 국내 현황 ····· 3

제 2 절 해외 현황 ····· 4

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 7

제 1 절 철도차량 안전체계 ····· 7

1. 국내 현황 ····· 7

2. 해외 현황 ····· 13

3. 문제점 비교분석 ····· 30

4. 철도차량 안전체계 개선방안 ····· 73

제 2 절 철도사고 분석 ····· 95

1. 충돌사고 ····· 95

2. 화재사고 ····· 109

3. 탈선사고 ····· 112

4. 일본 철도사고 ····· 117

5. 분야별 세부안전기준 항목 선정 ····· 127

제 3 절 차량별 안전기준 ····· 135

1. 동력차 안전기준 ····· 135

2. 객차 안전기준 ····· 153

3. 화차 안전기준 ····· 181

제 4 절 충돌분야 세부 안전기준 ····· 191
1. 차종별 하중조건 ····· 192
2. 표준 충돌사고 시나리오 ····· 203
3. 연결기 연결부의 형태 ····· 229
4. 객실의자 안전기준 ····· 237
5. 유리창 안전기준 ····· 255
6. 차량 실내 충돌안전기준 ····· 263
7. 차체-대차 연결강도 기준 ····· 268
8. 여객용 출입문 강도기준 ····· 273
9. 차체 전복강도기준 ····· 277
10. 전두부 충격관통방지 안전기준 ····· 282
11. 타고오름 방지장치 안전기준 ····· 287
12. 완충차막이 안전기준 ····· 293
제 5 절 화재분야 세부 안전기준 ····· 308
1. 객차 등의 실내설비의 화재성능 기준 ····· 310
2. 철도차량의 소화기 설치 기준 ····· 379
3. 열차비상용품 ····· 394
4. 객차 등의 전선 화재성능 안전기준 ····· 401
5. 차량커튼 화재성능기준 ····· 428
6. 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준 ····· 440
7. 화재시 탈출 및 대피구조 기준 ····· 453
8. 객차 등의 비상창문 설치 기준 ····· 471
9. 객차내 공기질 안전기준 ····· 479
제 6 절 탈선분야 세부 안전기준 ····· 501
1. 열차의 비상제동거리 ····· 501
2. 철도차량 전복방지 기준 ····· 556
3. 탈선계수 측정 및 산정 기준 ····· 563

4. 주행장치틀의 비파괴검사 기준 ····· 608
5. 차륜의 비파괴검사 기준 ····· 626
6. 차축의 비파괴검사 기능 ····· 643
7. 윤축용 베어링 안전기준 ····· 657
8. 현가장치 안전기준 ····· 675
9. 제동장치 안전기준 ····· 684
제 7 절 체계 및 인터페이스 분야 세부 안전기준 ····· 697
1. 철도차량의 위험도분석 세부기준 ····· 698
2. 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준 ····· 715
3. 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준 ····· 741
4. 철도차량 구조의 제원 산정 기준 ····· 750
5. 철도차량의 표기 ····· 782
6. 객차 등의 기압변화 기준 ····· 827
7. 차량-궤도 인터페이스 안전기준 ····· 843
8. 차량-신호 인터페이스 안전기준 ····· 854
9. 차량-전력 인터페이스 안전기준 ····· 894
10. 차량-승무원 인터페이스 안전기준 ····· 901
11. 차량 전기 안전기준 ····· 912

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 922
1. 목표 달성도 ····· 922
2. 평가 착안점 ····· 924
3. 관련분야 기술발전 기여도 ····· 924

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 925

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 926

표 목차

표 3-1-1 수명주기단계별 차량안전 관리체계 현황분석 ····· 10
표 3-1-2 일본 철도육법의 구성 ····· 19
표 3-1-3 일본 "철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령"에서 차량분야의 주요내용 ····· 21
표 3-1-4 미국법전 49편 운송편 ····· 22
표 3-1-5 철도운영기관의 위탁정비현황 ····· 49
표 3-1-6 국가 기술자격 기준 및 학력/경력 기준 ····· 52
표 3-1-7 철도안전법에 의한 안전관리체계 ····· 54
표 3-1-8 영국 및 ICAO의 SMS 체계와 안전관리규정 비교 ····· 57
표 3-1-9 Yellow Book ESM의 기본원칙 ····· 58
표 3-1-10 도시철도법과 철도안전법의 비교 ····· 63
표 3-1-11 도시철도차량/철도차량 안전기준에 관한 규칙 비교 ····· 68
표 3-1-12 위험도 기반 철도안전법, 시행령, 규칙 중 철도차량 분야 개정방안 ····· 75
표 3-1-13 안전 활동별 철도차량 안전지침 및 규격서 구성체계 ····· 81

표 3-2-1 해외 철도사고사례(기타) ····· 102
표 3-2-2 철도차량 충격/충돌사고 유형별 빈도 ····· 105
표 3-2-3 철도차량 충격/충돌사고 장애물 종류별 빈도 ····· 106
표 3-2-4 철도차량 충격/충돌사고 원인별 빈도 ····· 107
표 3-2-5 철도차량 충격/충돌사고 안전대책별 빈도 ····· 108
표 3-2-6 차종별 화재사고 빈도 ····· 109
표 3-2-7 화재사고의 원인별 빈도 ····· 111
표 3-2-8 탈선사고 유형별 빈도 ····· 112
표 3-2-9 탈선사고 차종별 빈도 ····· 113

표 3-2-10 탈선작업 사고별 빈도 ····· 114
표 3-2-11 탈선사고 원인별 빈도 ····· 116
표 3-2-12 종류별 5년간의 철도 운전사고 ····· 120
표 3-2-13 1961년부터 1985년까지의 일본의 철도 중대사고
원인별 분석표-1 ····· 125
표 3-2-14 1961년부터 1985년까지의 일본의 철도 중대사고
원인별 분석표-2 ····· 126
표 3-2-15 국내 충돌/충격사고 유형을 통한 안전기준 요건 도출 ····· 127
표 3-2-16 해외 충돌/충격사고 유형을 통한 안전기준 요건 도출 ····· 128
표 3-2-17 충돌분야 안전기준 도출 및 국내외 관련 기준 ····· 129
표 3-2-18 화재분야 안전기준 도출 및 국내외 관련 기준 ····· 131
표 3-2-19 탈선분야 안전기준 도출 및 국내외 관련 기준 ····· 133
표 3-2-20 체계 및 인터페이스 분야 안전기준 도출 및 관련 철도안전법
조항 ····· 134

표 3-4-1 영국 RGS의 비산물체에 대한 보호 강도, 배장기 강도 규정 ····· 193
표 3-4-2 국내 철도차량의 압축하중 ····· 194
표 3-4-3 차종별 하중조건과 UIC 기준과의 비교 ····· 200
표 3-4-4 국제규격 또는 해외 관련 규정 ····· 201
표 3-4-5 해외차량의 범주(EU) ····· 209
표 3-4-6 국내 철도차량의자 강도시험 결과 ····· 252
표 3-4-7 차량속도별 육면체 충돌 속도 ····· 257
표 3-4-8 차량속도별 타고오름 방지장치 강도규정 ····· 292
표 3-4-9 완충차막이와 열차의 충돌시험 구성 ····· 294
표 3-4-10 사고 시나리오 조사 ····· 301
표 3-4-11 유럽 차막이 적용기준 ····· 302

표 3-5-1 유럽 철도화재 통계자료(인용: 유럽 ORE B 106/RP 5, 1972~1982) ····· 309
표 3-5-2 국내 도시철도차량 내장재 시험규격(2002년 이전) ····· 312
표 3-5-3 KS 기준의 시험장치 ····· 313
표 3-5-4 국내 철도차량 난연성 시험법 및 평가기준 ····· 314
표 3-5-5 국내 철도차량 난연성 시험법 및 평가기준(계속) ····· 315
표 3-5-6 도시철도차량안전기준에 관한 규칙 개정령의 내장재 평가기준 · 316
표 3-5-7 도시철도차량안전기준 외 시험장치 ····· 317
표 3-5-8 고속철도차량 KTX 내장재 사용현황 ····· 317
표 3-5-9 영국의 철도차량 내장재 기준(BS 6853-1999) ····· 319
표 3-5-10 NF.기준의 재질 품목에 대한 등급(권장표준) ····· 321
표 3-5-11 미국의 철도차량 내장재 화재안전 기준(NFPA 130) ····· 322
표 3-5-12 철도차량용 재료의 연소성 규격 ····· 323
표 3-5-13 일본의 철도차량 화재안전 기준 ····· 324
표 3-5-14 prEN45545에 의한 화재위험수준분류 ····· 326
표 3-5-15 prEN45545의 Design category ····· 326
표 3-5-16 유럽연합의 철도차량 화재안전 통합기준 ····· 327
표 3-5-17 연기밀도 측정항목 및 적용기준 ····· 328
표 3-5-18 연기밀도 시험방법 비교(BS 및 NF 기준) ····· 329
표 3-5-19 연기밀도 시험방법 비교(ISO 기준) ····· 330
표 3-5-20 연기밀도 시험방법 비교(ASTM 기준) ····· 331
표 3-5-21 화염전파 측정항목 및 적용기준 ····· 332
표 3-5-22 화염전파 시험 ····· 333
표 3-5-23 표면전파속도 시험 ····· 334
표 3-5-24 가스유독성 측정항목 및 적용기준 ····· 335
표 3-5-25 유독성 시험비교 ····· 336
표 3-5-26 독성시험에서의 임계농도 및 허용기준 ····· 337

표 3-5-27 산소지수 측정항목 및 적용기준 ····· 338
표 3-5-28 산소지수(Oxygen Index) ····· 339
표 3-5-29 산소지수 측정 기준 ····· 340
표 3-5-30 재료별 산소지수 값 ····· 340
표 3-5-31 발열량 측정항목 및 적용기준 ····· 341
표 3-5-32 기존 내장재 사용현황 ····· 342
표 3-5-33 철도차량용 기존 내장재 시험결과(발열량, 산소지수, 화염전파)343
표 3-5-34 철도차량용 기존 내장재 시험결과(연기밀도, 독성) ····· 344
표 3-5-35 내장판 연기밀도 시험결과 ····· 345
표 3-5-36 내장판 발열량 시험결과 ····· 346
표 3-5-37 단열재 연기밀도 시험결과 사례 ····· 349
표 3-5-38 프랑스 및 영국의 기존 차량 유형분류 체계 ····· 352
표 3-5-39 prEN 운행유형에 따른 분류기준 초안 ····· 352
표 3-5-40 prEN 운행유형에 따른 분류기준 변경안(2005) ····· 353
표 3-5-41 객차등의 운행유형에 따른 분류 기준 ····· 354
표 3-5-42 터널길이에 따른 노선별 적용 분류 검토(2005.12.22 검토본) ···· 355
표 3-5-43 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준 ····· 356
표 3-5-44 차량설계 유형에 따른 분류 검토 ····· 356
표 3-5-45 객차등의 실내설비 화재서능 세부기준 ····· 357
표 3-5-46 철도차량 내장재별 연소특성 예측 ····· 358
표 3-5-47 차량 내장재별 등급에 따른 적용기준 ····· 359
표 3-5-48 프랑스 및 영국의 기존 차량 유형분류 체계 ····· 368
표 3-5-49 prEN 운행유형에 따른 분류기준 변경안(2005) ····· 369
표 3-5-50 터널길이에 따른 노선별 적용 분류 검토(2005.12.22 검토본) ·· 370
표 3-5-51 차량설계 유형에 따른 분류 검토 ····· 371
표 3-5-52 차종별 소화기 설비현황 (2005.12 한국철도공사 운영현황) ····· 381
표 3-5-53 고속철도차량의 소화기 위치별 현황 사진 ····· 383

표 3-5-54 기관차의 소화기 위치별 현황 사진 ····· 383
표 3-5-55 P-P동차(새마을호)의 소화기 위치별 현황 사진 ····· 384
표 3-5-56 무궁화객차 차량의 소화기 위치별 현황 사진 ····· 384
표 3-5-57 CDC동차 차량의 소화기 위치별 현황 사진 ····· 384
표 3-5-58 전동차 차량의 소화기 위치별 현황 사진 ····· 385
표 3-5-59 차종별 소화기비치 위치 ····· 385
표 3-5-60 소화기 고정방식 조사 ····· 385
표 3-5-61 매미고리로 부착된 소화기 및 고정 브라켓트 사진 ····· 386
표 3-5-62 소화기 위치 표시 명판 ····· 386
표 3-5-63 열차화재 안전에 관한 해외 규격(원문) ····· 388
표 3-5-64 철도차량 비상용품 설치 기준 ····· 397
표 3-5-65 BS 6853에 의한 차량내부 전선(Interior Cable)의 사용기준 ····· 406
표 3-5-66 BS 6853에 의한 차량외부 전선(Exterior Cable)의 사용기준 ··· 406
표 3-5-67 차량용 전선의 종류에 따른 국가별 화재성능 기준 분류 ····· 407
표 3-5-68 철도차량용 전선의 화재성능기준(Eu, ISO, National) ····· 408
표 3-5-69 UIC 기준에 따른 전선 등급 분류기준 ····· 410
표 3-5-70 철도차량용 전선 사용기준(일본) ····· 411
표 3-5-71 철도차량용 재료의 연소성 규격(일본) ····· 412
표 3-5-72 K 0585-섬유제품의 연소성 시험 방법 : 수직법 ····· 430
표 3-5-73 한국철도공사의 고속차량 및 일반차량 주름커튼 요구성능사양 431
표 3-5-74 BS 6853(영국) - 철도차량의 커튼 화재성능기준 ····· 432
표 3-5-75 NF F 16 101(프랑스) - 철도차량의 커튼 화재성능기준 ····· 432
표 3-5-76 EN 45545(EU) - 철도차량의 커튼 화재성능기준 ····· 433
표 3-5-77 EN ISO11925-2 시험방법과 평가기준 ····· 434
표 3-5-78 NFPA 130(미국) - 철도차량의 커튼 화재성능기준 ····· 435
표 3-5-79 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령 및 해설 ····· 436
표 3-5-80 국내 철도차량 4종의 주름식커튼 및 롤블라인드 시험 사례 ····· 437

표 3-5-81 화재감지기 시험 내용 ····· 447
표 3-5-82 조도 분류와 일반 활동 유형에 따른 조도값 ····· 456
표 3-5-83 철도수송기관에 따른 조도 분류 ····· 456
표 3-5-84 측정 위치에 따른 평균 조도 값 [lux] ····· 468
표 3-5-85 환경부 공기질 권고기준 : 노선 1회 운행시 평균값 기준 ····· 480
표 3-5-86 1시간 평균 공기질 기준안 ····· 482
표 3-5-87 수도권 전동차 객실 공기질 현황 연구 일정 ····· 484
표 3-5-88 수도권전동차(수원-청량리) 노선평균 이산화탄소 및 미세먼지 농도 ····· 485
표 3-5-89 각 정차역별 탑승승객수 및 실내공기질 세부측정결과(수원-청량리 구간) ····· 485
표 3-5-90 분당선, 경부선 및 경인선 혼잡시간대 실내공기질 노선평균 측정결과 ····· 489
표 3-5-91 탑승객수와 이산화탄소의 상관관계를 이용한 이산화탄소 농도 예측 ····· 491
표 3-5-92 객실 이산화탄소 농도기준과 탑승객수에 따른 필요환기량 ····· 492
표 3-5-93 전동차의 환기량을 이용한 객실 이산화탄소 농도 예측 ····· 493
표 3-5-94 경부고속철도(서울-대구간) 터널 구간분류 ····· 495

표 3-6-1 특정선로의 적용 가능한 신호 제동 곡선 예(90개 선로에서 일부 발췌) ····· 507
표 3-6-2 UIC 제동 규정의 상수 값 ····· 508
표 3-6-3 단독 차량의 경우 C, D 상수 값 ····· 508
표 3-6-4 디스크 제동 단독 차량의 경우 C, D 상수 값 ····· 508
표 3-6-5 한국철도의 신호체계 종류 ····· 511
표 3-6-6 열차운전시격의 계산치 ····· 516
표 3-6-7 여객열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리 ····· 529

표 3-6-8 화물열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리 ····· 529
표 3-6-9 여객열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리 ····· 530
표 3-6-10 화물열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리 ····· 530
표 3-6-11 제동초속도별 여객열차 실평균감속도 계산 ····· 534
표 3-6-12 제동초속도별 화물열차 실평균감속도 계산 ····· 534
표 3-6-13 제동초속도별 여객열차 제동소요시간 검토 ····· 536
표 3-6-14 제동초속도별 화물열차 제동소요시간 검토 ····· 536
표 3-6-15 비상제동거리 간이계산식 적용 상수 ····· 538
표 3-6-16 비상제동거리 간이계산식 적용상수 ····· 540
표 3-6-17 제동초속도별 열차제동거리 검토(여객열차) ····· 542
표 3-6-18 제동초속도별 열차제동거리 검토(화물열차) ····· 542
표 3-6-19 제동초속도별 실평균감속도 검토(여객열차) ····· 543
표 3-6-20 제동초속도별 실평균감속도 검토(화물열차) ····· 543
표 3-6-21 차종별 비상제동거리 및 실평균감속도 ····· 546
표 3-6-22 하구배선로에서 가능한 운행속도의 수준 ····· 547
표 3-6-23 탈선승인방법 적용기준 ····· 571
표 3-6-24 차종별, 속도별 캔트 부족량 ····· 577
표 3-6-25 차종별 측정 방법(기존차량) ····· 578
표 3-6-26 차종별 측정 방법(특수차량) ····· 578
표 3-6-27 신규차량 승인시 정상적인 방법의 측정 한계치(안전) ····· 580
표 3-6-28 신규차량 승인시 정상적인 방법의 측정 한계치(주행성능) ····· 581
표 3-6-29 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(안전) ····· 582
표 3-6-30 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(주행성능) ····· 583
표 3-6-31 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(안전) ····· 584
표 3-6-32 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(주행성능) ····· 585
표 3-6-33 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(안전) ····· 586
표 3-6-34 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(주행성능) ····· 587

표 3-6-35 용접결함의 종류 ····· 615
표 3-6-36 차축에 발생하는 주요 손상 ····· 644
표 3-6-37 축베어링 형식, 윤활방식, 축박스 재질별 신간선용 축베어링 회전 시험결과 ····· 659
표 3-6-38 베어링 축상의 표면 온도기준 ····· 666

표 3-7-1 노선별 전동차 및 기타 철도차량의 주요치수 ····· 752
표 3-7-2 객실면적과 정원의 관계 ····· 754
표 3-7-3 승객 1인당 차지하는 점유 면적 적용기준 ····· 755
표 3-7-4 성인의 인체치수와 체중 ····· 756
표 3-7-5 노선별 전동차 및 기타 철도차량의 주요치수 ····· 768
표 3-7-6 객실면적과 정원의 관계 ····· 771
표 3-7-7 승객 1인당 차지하는 점유 면적 적용기준 ····· 772
표 3-7-8 성인의 인체치수와 체중 ····· 774
표 3-7-9 Pressure variation of KTX ····· 831
표 3-7-10 Criteria of Pressure Variation (BR) ····· 833
표 3-7-11 UIC 651과 한국인 표준 신체치수와의 비교표 ····· 902

그림 목차

그림 3-1-1 도시철도 안전규정체계 ····· 7
그림 3-1-2 일반/고속철도 안전규정체계 정리 ····· 8
그림 3-1-3 영국 철도안전법 체계 ····· 15
그림 3-1-4 Railway safety principles and guidance Part I ····· 17
그림 3-1-5 영국 철도그룹표준코드(RGS code)내 철도안전 코드 ····· 18
그림 3-1-6 일본 안전 규정 체계 ····· 21
그림 3-1-7 미국 철도차량 안전규정체계 ····· 25
그림 3-1-8 호주의 철도안전규정 ····· 26
그림 3-1-9 호주의 철도안전 국가규격 ····· 27
그림 3-1-10 독일 철도관련 규정트리 ····· 28
그림 3-1-11 영국의 위험도 평가 기반 SMS 체계 ····· 60
그림 3-1-12 철도차량 관련기관 위험도평가 수행 내용 ····· 60
그림 3-1-13 안전관리시스템의 지속적 개선체계 ····· 61
그림 3-1-14 국가 철도안전관리체계 기본 아키텍쳐 ····· 74
그림 3-1-15 철도차량 관련규정의 통합화 체계 방안 ····· 80

그림 3-2-1 경산 열차추돌사고(1981년 5월 14일) ····· 96
그림 3-2-2 구포 열차탈선전복사고(1993년 3월 28일) ····· 96
그림 3-2-3 수원 전동열차와 모터카 충돌(2002년 2월 22일) ····· 97
그림 3-2-4 경산 열차추돌사고(2003년 8월 8일) ····· 98
그림 3-2-5 영국 충돌 후 탈선사고(2004년 11월 6일) ····· 99
그림 3-2-6 미국 사우스캐롤라이나주 사고(2005년 1월 6일) ····· 99
그림 3-2-7 이탈리아 볼로냐 사고(2005년 1월 7일) ····· 100
그림 3-2-8 미국 로스앤젤레스 통근열차 사고(2005년 1월 26일) ····· 101
그림 3-2-9 일본 효고현 탈선 후 전복 충돌사고(2005년 4월 25일) ····· 102

그림 3-2-10 철도차량 충격/충돌사고 유형별 빈도 그래프 ····· 105
그림 3-2-11 철도차량 충격/충돌사고 장애물 종류별 빈도 그래프 ····· 106
그림 3-2-12 철도차량 충격/충돌사고 원인별 빈도 그래프 ····· 107
그림 3-2-13 철도차량 충격/충돌사고 원인별 빈도 그래프 ····· 108
그림 3-2-14 차종별 화재사고 빈도 ····· 110
그림 3-2-15 화재사고의 원인별 빈도 ····· 111
그림 3-2-16 탈선사고 유형별 빈도 ····· 113
그림 3-2-17 탈선사고 차종별 빈도 ····· 114
그림 3-2-18 탈선사고 작업별 사고빈도 ····· 115
그림 3-2-19 탈선사고 원인별 빈도 ····· 116

그림 3-3-1 구조물과 열차간의 간격 ····· 147
그림 3-3-2 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격 ····· 148
그림 3-3-3 저크한계의 개략도 ····· 150
그림 3-3-4 구조물과 열차간의 안전간격 ····· 171
그림 3-3-5 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격 ····· 172
그림 3-3-6 저크한계의 개략도 ····· 180

그림 3-4-1 유럽 TSI의 충돌사고 시나리오 ····· 207
그림 3-4-2 유럽 SAFETRAIN 연구의 충돌사고 시나리오 ····· 207
그림 3-4-3 미국 FRA의 충돌사고 시나리오 ····· 209
그림 3-4-4 국내 사용되는 연결 장치 사례 ····· 232
그림 3-4-5 무궁화 의자 ····· 247
그림 3-4-6 새마을 의자 ····· 247
그림 3-4-7 무궁화의자 등받이강도시험(전방) ····· 248
그림 3-4-8 무궁화의자 등받이강도시험(후방) ····· 248
그림 3-4-9 무궁화의자 수직방향 강도시험 ····· 248

그림 3-4-10 새마을의자 등받이강도시험(전방) ····· 249
그림 3-4-11 새마을의자 등받이강도시험(후방) ····· 249
그림 3-4-12 새마을의자 수직하중시험 ····· 249
그림 3-4-13 무궁화의자 충격강도시험 ····· 250
그림 3-4-14 새마을의자 충격강도시험 ····· 250
그림 3-4-15 KTX 특실의자 충격강도시험 ····· 251
그림 3-4-16 KTX 일반실의자 충격강도시험 ····· 251
그림 3-4-17 조류충돌시험장치(한국화이바 밀양) ····· 283
그림 3-4-18 해외수출용 철도차량 전두부 충격관통방지 시험 사례 ····· 283
그림 3-4-19 충돌 동안 완충차막이에 가해지는 하중 ····· 296
그림 3-4-20 완충차막이의 측정항목 ····· 296
그림 3-4-21 차막이 형식 1종 ····· 299
그림 3-4-22 차막이 형식 2종 ····· 299
그림 3-4-23 차막이 형식 3종 ····· 300
그림 3-4-24 80톤 열차의 속도별(15,10,5km/h) 종방향 하중 ····· 304
그림 3-4-25 100 톤 열차의 속도별(15,10,5km/h) 종방향 하중 ····· 304
그림 3-4-26 320톤 열차의 속도별(5,10,15km/h) 종방향 하중 ····· 305
그림 3-4-27 80톤 열차 5km/h 충돌시 수직방향, 수평방향 가속도 ····· 305
그림 3-4-28 580톤 열차 5km/h 충돌시 수평, 수직 방향 가속도 크기 ····· 306
그림 3-4-29 580톤 열차 15km/h 충돌시 수평, 수직 방향 가속도 크기 ···· 306

그림 3-5-1 일본의 철도 내장재 화재시험 장치 ····· 323
그림 3-5-2 Smoke Density Chamber ····· 328
그림 3-5-3 Fire Spread of Test ····· 332
그림 3-5-4 BS 476-6 ····· 333
그림 3-5-5 BS 476-7 ····· 334
그림 3-5-6 가스 유독성 평가 시스템 구성도 ····· 335

그림 3-5-7 산소지수 시험기 ····· 338
그림 3-5-8 콘칼로리미터 구성도 ····· 341
그림 3-5-9 내장판 연기밀도 시험결과 사례 ····· 345
그림 3-5-10 내장판 연소 장면 ····· 346
그림 3-5-11 내장판 발열량 시험사례 ····· 347
그림 3-5-12 내장판 산소지수 시험결과 비교 ····· 347
그림 3-5-13 내장판 화염전파 시험결과 사례 ····· 347
그림 3-5-14 시트커버 종류별 화염전파 시험 사례 ····· 348
그림 3-5-15 시트커버 화염전파 시험 후 사진 ····· 348
그림 3-5-16 시트커버 독성지수 평가결과 사례 ····· 349
그림 3-5-17 연기밀도 시험결과 사례 ····· 350
그림 3-5-18 단열재 연기밀도 시험 장면 ····· 350
그림 3-5-19 Cone-Calorimeter THR(Total Heat Released) 비교 ····· 350
그림 3-5-20 단열재 종류별 산소지수 시험결과 사례 ····· 351
그림 3-5-21 단열재 화염전파 시험 후 사진 사례 ····· 351
그림 3-5-22 소화기 커버 개선사례 ····· 381
그림 3-5-23 철도차량 전선(Cable) 사용 위치도 ····· 403
그림 3-5-24 차량 간 전선 점퍼 사용 사례 ····· 403
그림 3-5-25 차량 간 동력전선 점퍼 사용 사례 ····· 404
그림 3-5-26 철도차량용 전선 캐비넷 사용 사례 ····· 404
그림 3-5-27 수직형 화염전파 시험 사례 - 1 ····· 413
그림 3-5-28 수직형 화염전파 시험 사례 - 2 ····· 413
그림 3-5-29 수직형 화염전파 시험 사례 - 3 ····· 413
그림 3-5-30 수직형 화염전파 시험 사례 - 4 ····· 413
그림 3-5-31 3미터 입방체 연기밀도 시험설비 ····· 420
그림 3-5-32 시험기 구성도 ····· 420
그림 3-5-33 케이블 숫자 판단법 ····· 421

그림 3-5-34 시험 케이블 묶는 방법 ····· 421
그림 3-5-35 수직형 화염전파 시험기 ····· 422
그림 3-5-36 수직형 화염전파 시험기 구성도 ····· 423
그림 3-5-37 단면적이 35mm2 초과인 경우의 케이블 준비 ····· 423
그림 3-5-38 단면적이 35mm2 이하인 경우의 케이블 준비 ····· 423
그림 3-5-39 NF X 70 100 유독성 시험기 구성도 ····· 425
그림 3-5-40 유독성분 및 참조 농도 ····· 426
그림 3-5-41 튜브형 전기로 독성 시험기 ····· 427
그림 3-5-42 가스분석기 운영 사례 ····· 427
그림 3-5-43 ISO 11925-2 시험장치 ····· 434
그림 3-5-44 화염전파 시험 진행 중 시편 이탈 현상 ····· 437
그림 3-5-45 도시철도 차량 내부의 화재감지기 설치화면 ····· 442
그림 3-5-46 철도차량 화재감지기 시험 사례 ····· 446
그림 3-5-47 화재감지 시험차량 내부 ····· 447
그림 3-5-48 2m 45cm 불꽃감지시험 위치 ····· 447
그림 3-5-49 화재감지기 시험장면 ····· 448
그림 3-5-50 연기발생기를 이용한 연기감지 실험 개략도 ····· 448
그림 3-5-51 연기발생기를 이용한 연기감지 실험결과 ····· 448
그림 3-5-52 철도차량 화재감지기 종합성능 시험 사례도 ····· 452
그림 3-5-53 측정개략도 ····· 464
그림 3-5-54 조도측정 신규차량(서울시 2호선 전동차 226편성, 17편성) 내부전경 ····· 464
그림 3-5-55 철도차량 통로 조도측정 ····· 465
그림 3-5-56 철도차량간 출입문 조도측정 ····· 465
그림 3-5-57 승강장 출입문 조도측정 ····· 465
그림 3-5-58 영국 Virgin Trains 비상탈출 창문 설치 및 표시사례 ····· 473
그림 3-5-59 자동 파괴식 비상창문 설치 사례 ····· 473

그림 3-5-60 영국내 간선열차 비상망치 설치 사례 ····· 474
그림 3-5-61 Virgin Trains 비상망치 설치 사례 ····· 474
그림 3-5-62 비상망치 차량 당 1대 (이탈리아 TRENITALIA IC 차량) ··· 475
그림 3-5-63 탑승객수와 객실 이산화탄소 농도 변화 ····· 487
그림 3-5-64 탑승객수와 이산화탄소 및 실내온도의 상관관계 ····· 488
그림 3-5-65 각 노선별 이산화탄소 및 탑승객수 변동경향 ····· 490
그림 3-5-66 탑승객수와 이산화탄소농도의 상관관계 ····· 491
그림 3-5-67 객실 승객수와 이산화탄소 농도의 상관관계 ····· 494
그림 3-5-68 경부고속철도 운행 거리에 따른 터널 구성표 ····· 495
그림 3-5-69 경부고속철도 이산화탄소 농도 변화 및 터널구간 영향 ····· 496

그림 3-6-1 자동신호의 최소운전시격 ····· 515
그림 3-6-2 열차방호규정의 개략도 ····· 518
그림 3-6-3 새마을호 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우) ··· 520
그림 3-6-4 무궁화호 ARE 비상제동거리 계산결과
(맑은 날, 활주 없는 경우) ····· 521
그림 3-6-5 무궁화호 LN 비상제동거리 계산결과
(맑은 날, 활주 없는 경우) ····· 522
그림 3-6-6 통일호 LN 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우) 523
그림 3-6-7 화물열차 일반제동 비상제동거리 계산결과
(맑은 날, 활주 없는 경우) ····· 524
그림 3-6-8 컨테이너 화물열차 비상제동거리 계산결과
(맑은 날, 활주 없는 경우) ····· 525
그림 3-6-9 고속 화물열차 비상제동거리 계산결과
(맑은 날, 활주 없는 경우) ····· 526
그림 3-6-10 여객열차의 비상제동거리 계산결과 (실은차, 표준상태) ····· 527
그림 3-6-11 화물열차의 비상제동거리 계산결과(실은차, 표준상태) ····· 528

그림 3-6-12 여객열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리 계산결과
(실은차, 우천시) ····· 531
그림 3-6-13 화물열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리 계산결과
(실은차, 우천시) ····· 532
그림 3-6-14 여객열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리 계산결과
(실은차, 우천시) ····· 532
그림 3-6-15 화물열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리(실은차, 우천시) ·· 533
그림 3-6-16 속도에 따른 실평균감속도의 변화(여객열차, 실은차) ····· 535
그림 3-6-17 속도에 따른 실평균감속도의 변화(화물열차, 실은차) ····· 535
그림 3-6-18 KRRI의 간이식에 적용할 분모값의 변화 ····· 538
그림 3-6-19 간이 계산식을 적용한 여객열차의 비상제동거리
(실은차, 표준) ····· 539
그림 3-6-20 간이 계산식을 적용한 화물열차의 비상제동거리 ····· 540
그림 3-6-21 차량 속도 대역별 비상 제동 거리 곡선 ····· 555
그림 3-6-22 선로상의 열차가 받는 힘 ····· 560
그림 3-6-23 차륜과 레일의 접촉점에 작용하는 힘 ····· 591
그림 3-6-24 측정시스템의 Block Diagram ····· 593
그림 3-6-25 탈선계수 측정용 윤축 ····· 594
그림 3-6-26 측정용 윤축의 배선 ····· 594
그림 3-6-27 P, Q 파형 예 ····· 595
그림 3-6-28 디젤기관차의 탈선계수 분석결과 ····· 596
그림 3-6-29 디젤기관차의 윤중감소율 분석결과 ····· 597
그림 3-6-30 디젤기관차의 횡압 분석결과 ····· 598
그림 3-6-31 대차 프레임의 용접부 균열 ····· 609
그림 3-6-32 대차 프레임의 용접부 균열발생 위치 ····· 609
그림 3-6-33 화차용 용접 대차 엔드빔 균열 ····· 610
그림 3-6-34 용접부를 기점으로 한 손상의 외관형태 분류[1] ····· 612

그림 3-6-35 대차 프레임에 발생하는 응력 분포 ····· 617
그림 3-6-36 대차 사이드 프레임과 센터프레임의 연결부 응력분포 ····· 617
그림 3-6-37 스프링 지지 부위의 응력분포 ····· 618
그림 3-6-38 센터프레임과 브라켓 연결부의 응력분포 ····· 618
그림 3-6-39 차륜의 찰상 (Flat) ····· 627
그림 3-6-40 차륜 답면에 발생한 열균열 ····· 627
그림 3-6-41 spalling의 미세구조 (x 200) ····· 628
그림 3-6-42 Spalling 발생현상 ····· 628
그림 3-6-43 Shelling의 미세구조 (x 50) ····· 629
그림 3-6-44 Shelling에 의한 차륜 손상 ····· 629
그림 3-6-45 전동차의 계절별 차륜 손상 보호 ····· 630
그림 3-6-46 차륜과 레일 접촉부의 응력 크기 및 분포 ····· 631
그림 3-6-47 차륜 접촉시 전단응력곡선 ····· 632
그림 3-6-48 차륜 답면에서의 접촉압력 분포 ····· 633
그림 3-6-49 차륜답면에서의 응력(von Mises) 분포 ····· 633
그림 3-6-50 차륜 폭 방향으로의 접촉압력 및 응력 분포 ····· 634
그림 3-6-51 차륜 회전방향으로의 접촉압력 및 응력분포 ····· 634
그림 3-6-52 차륜-레일 접촉면에서의 von Mises 응력 분포 ····· 635
그림 3-6-53 차륜-레일 접촉면에서의 전단응력 분포 ····· 635
그림 3-6-54 차축의 교체원인별 분석 결과 ····· 644
그림 3-6-55 차축 압입부 균열의 특징 ····· 645
그림 3-6-56 차축 압입부에 발생하는 균열 ····· 645
그림 3-6-57 주행거리 또는 반복회전수와 균열발생율과의 관계 ····· 646
그림 3-6-58 차축 압입부 응력분포(von Mises) ····· 647
그림 3-6-59 차축 압입부 접촉압력 분포(압입시) ····· 647
그림 3-6-60 차축 압입부 응력분포 ····· 647
그림 3-6-61 하중 작용 시 윤축의 변형 ····· 648

그림 3-6-62 하중 작용 시 윤축의 응력분포 ····· 648
그림 3-6-63 하중 작용 시 응력 분포(von Mises) ····· 648
그림 3-6-64 하중작용시 전단응력 분포 ····· 649
그림 3-6-65 하중 작용 시 접촉압력 분포 ····· 649
그림 3-6-66 하중작용시 미세슬립의 분포 ····· 649
그림 3-6-67 시험시 차축 베어링의 온도 분포 ····· 660
그림 3-6-68 시험시 온도 측정 부위 ····· 661
그림 3-6-69 AEI사의 HBD의 외관 ····· 662
그림 3-6-70 Twisted trains사의 HBD ····· 662
그림 3-6-71 KTX 주행선로에 설치된 HBD ····· 663
그림 3-6-72 차축 베어링 발열 감시 영역-상면 ····· 663
그림 3-6-73 차축 베어링 발열 감시 영역-측면 ····· 664
그림 3-6-74 SKF사의 R3 축상베어링 시험기 ····· 665
그림 3-6-75 차축베어링 온도상승 시험결과(신간선) ····· 666

그림 3-7-1 위험, 위험도, 안전에 대한 정의 ····· 698
그림 3-7-2 서울시 지하철공사 3호선열차의 차량표기 및 사진 ····· 784
그림 3-7-3 서울 도시철도공사 5호선의 차량표기 및 사진 ····· 786
그림 3-7-4 한국철도공사 분당선의 차량표기 및 사진 ····· 787
그림 3-7-5 한국철도공사 1호선의 차량표기 및 사진 ····· 788
그림 3-7-6 고속철도차량의 차량표기 및 사진 ····· 789
그림 3-7-7 새마을열차의 차량표기 및 사진 ····· 791
그림 3-7-8 전기기관차의 차량표기사진 ····· 792
그림 3-7-9 발전차의 차량표기 및 사진 ····· 793
그림 3-7-10 무개화차의 차량표기 및 사진 ····· 794
그림 3-7-11 목재화차의 차량표기 및 사진 ····· 794
그림 3-7-12 BULK 화차 측면 ····· 795

그림 3-7-13 벌크화차의 차량표기 및 사진 ····· 795
그림 3-7-14 유개화차의 차량표기 ····· 796
그림 3-7-15 평판차의 차량표기 ····· 796
그림 3-7-16 주요제원의 차량표기 사진 ····· 798
그림 3-7-17 Schematic sketch of a test car ····· 828
그림 3-7-18 Unju Tunnel ····· 829
그림 3-7-19 Mungok Tunnel ····· 829
그림 3-7-20 Yongwa Tunnel ····· 830
그림 3-7-21 Gunghyeon Tunnel ····· 830
그림 3-7-22 Hyudae Tunnel ····· 830
그림 3-7-23 Seobong 2 Tunnel ····· 831
그림 3-7-24 Sangbong 1 Tunnel ····· 831
그림 3-7-25 Criteria of Pressure Variation (JR) ····· 833
그림 3-7-26 Pressure variation of Shinkansen ····· 835
그림 3-7-27 Pressure wave pattern ····· 835
그림 3-7-28 Pressure variation rate of KTX ····· 838
그림 3-7-29 표 3-7-13의 기호에 대한 용어 정의 ····· 903
그림 3-7-30 독일 도시간 운행차 ····· 904
그림 3-7-31 알스톰 경전철 ····· 904
그림 3-7-32 스페인 고속철도 ····· 904
그림 3-7-33 등전위 본딩을 위한 일반적인 케이스 연결 방법 ····· 917
그림 3-7-34 등전위본딩을 위한 케이블 설치 ····· 918

별책부록 1 철도차량 관련 국내·외 안전규정

부록 3.1.1-1 도시철도법 전문 [일부개정 2008.3.28 법률 제9071호] ····· 1
부록 3.1.1-2 도시철도법 신설(1996. 12. 29.) 안전관련 조항 ····· 33
부록 3.1.1-3 도시철도법 시행령 전문
[일부개정 2008.2.29 대통령령 제20722호] ····· 35
부록 3.1.1-4 도시철도법 시행령 신설 안전관련 조항 ····· 68
부록 3.1.1-5 도시철도차량 관리에 관한 규칙 전문
[일부개정 2008.3.14 국토해양부령 4호] ····· 74
부록 3.1.1-6 도시철도운전규칙 전문
[일부개정 2006.6.21 건설교통부령 제522호] ····· 79
부록 3.1.1-7 도시철도 운전규칙 중 차량안전 관련 조항 ····· 98
부록 3.1.1-8 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙의 구성 ····· 99
부록 3.1.1-9 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 전문
[일부개정 2008.3.14 국토해양부령 4호] ····· 100
부록 3.1.1-10 도시철도 차량의 품질인증 대상품목 ····· 128
부록 3.1.1-11 철도안전법 전문 [일부개정 2008.2.29 법률 제8852호] ····· 130
부록 3.1.1-12 철도안전법 중 철도차량 안전 관련 조항 ····· 163
부록 3.1.1-13 철도안전법 시행규칙 중 철도차량안전 관련 조항 ····· 167
부록 3.1.1-14 철도차량 안전기준에 관한 규칙의 구성 ····· 168
부록 3.1.1-15 철도차량 안전기준에 관한 규칙 전문
[일부개정 2008.7.10 국토해양부령 제35호] ····· 170
부록 3.1.1-16 철도차량 관련 KS 규격 목록 ····· 210
부록 3.1.1-17 철도청에서 국가로 이관된 규격 ····· 212
부록 3.1.2-1 철도안전 원칙 및 가이드(영국) ····· 213
부록 3.1.2-2 Railway Group Standard Code 내 차량안전기준 코드 ····· 239
부록 3.1.2-3 일본 철도육법의 구성 ····· 244

부록 3.1.2-4 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령 목차(일본) ····· 247
부록 3.1.2-5 일본 JIS 규격 목록 ····· 253
부록 3.1.2-6 일본 철도차량 관련 성령 항목(64조~84조) ····· 265
부록 3.1.2-7 미연방규정 중 철도차량안전관련 규정 목차 ····· 272
부록 3.1.2-8 호주 철도안전관리표준 AS 4292 중
Part3 Rolling Stock Code 구성목록 ····· 289
부록 3.1.2-9 영국 철도차량의 안전기준 GM/RT2466 ····· 291
부록 3.1.3-1 교통안전법 제55조(운행기록등의 보관 및 활용) ····· 302
부록 3.1.3-2 철도안전법 시행령 중 성능시험 및 제작검사 관련 조문 ····· 304
부록 3.1.3-3 주요 철도운영기관의 유지보수 관련 외주계약 기준 ····· 305
부록 3.1.3-4 국내 안전관리규정 심사기준(요령) ····· 308
부록 3.4.1-1 차종별 하중조건에 대한 국내외 안전규정 분석 ····· 314
부록 3.4.3-1 연결기 연결부 형태에 대한 국내외 안전규정 분석 ····· 328
부록 3.4.6-1 차량 실내 충돌 관련 국내외 기준현황 ····· 336
부록 3.4.7-1 차체-대차 연결강도 관련 국내외 기준현황 ····· 354
부록 3.4.8-1 여객용 출입문 강도기준 관련 국내외 기준 현황 ····· 364
부록 3.4.9-1 전복강도 관련 국내외 기준현황 ····· 374
부록 3.4.10-1 전두부 충격관통방지 관련 국내외 기준현황 ····· 378
부록 3.4.12-1 완충차막이 안전기준 시험 수행 보고서 ····· 379
부록 3.5.4-1 전선화재성능 기준안에 대한 국내외 업체 의견 조사 ····· 396
부록 3.5.4-2 전기 케이블 난연성 시험 자료 해석 및 분석 ····· 398
부록 3.5.6-1 한국소방안전공사 형식 및 검정기술기준 (KOFEIS 0301) ····· 406
부록 3.5.6-2 prEN 45545의 '화재 제어 및 관리 시스템
(Fire control and management systems)' 부록 A ····· 417
부록 3.5.7-1 화재시 탈출 및 대피구조 관련 국내외 기준 ····· 423
부록 3.5.8-1 비상창문 설치 관련 국내외 기준 ····· 436
부록 3.6.3-1 GM/RT2141: 철도차량의 탈선과 전복저항 측정 기준 ····· 445

부록 3.6.5-1 차륜 비파괴검사 기준 관련 국내외 현황 ····· 447
부록 3.7.7-1 차량-궤도 인터페이스 국내외 관련 규정 ····· 473
부록 3.7.9-1 차량-전력 인터페이스 관련 국내외 사례 조사 내용 요약 ····· 480
부록 3.7.10-1 차량-승무원 인터페이스 안전기준 관련 국내외 기준 현황 · 485

별책부록 2 철도차량 안전지침 및 규격(안)

부록 2-1 철도차량 안전지침(안)

부록 2-2 철도차량 안전규격(추천서)

규격(추천서) 목록

분야	세부 기준명	page	비고
일반 안전 지침	1. 차량-승무원 인터페이스 안전규격	41	
	2. 차량-궤도 인터페이스 안전규격	47	
	3. 차량-신호 인터페이스 안전규격	50	
	4. 차량-전력 인터페이스 안전규격	59	
	5. 객차 안전 규격	63	
	6. 동력차 안전규격	72	
	7. 화차 안전규격	76	
철도차량 화재안전에 관한 지침	8. 객차등의 차체 및 실내외 설비의 화재성능 규격	79	기고시
	9. 철도차량의 소화기 설치 및 성능 규격	87	기고시
	10. 철도차량용 화재감지/경보장치 성능규격	89	
철도차량 주행(탈선)안전에 관한 지침	11. 철제차륜 철도차량의 탈선계수 측정 및 산정규격	92	
	12. 철제차륜 철도차량 전복방지 규격	97	
철도차량 충돌안전에 관한 지침	13. 표준 충돌사고 각본	98	기고시
	14. 차량실내 충돌안전규격	115	
	15. 타고 오름 방지장치 안전규격	117	
	16. 차체 전복강도규격	119	
	17. 완충차막이 안전규격	120	
	18. 전두부 충격관통방지 안전규격	122	
철도차량 구조 안전지침	19. 철도차량의 차량한계 규격	123	
	20. 철도차량의 축중 규격	126	
	21. 철도차량 구조의 제원 산정 규격	127	기고시
	22. 철도차량의 표기 규격	130	기고시
	23. 객차등의 기압변화 규격	136	기고시
철도차량 차체 안전지침	24. 차종별 하중조건 규격	138	기고시
	25. 유리창 안전규격	142	
	26. 여객용 출입문 강도규격	146	
	27. 객실의자 안전규격	147	
	28. 객실내 공기질 안전규격	149	
	29. 철도차량 비상조명등 성능규격	151	
철도차량 주행장치 안전지침	30. 주행장치틀의 비파괴검사 규격	153	
	31. 철제차륜의 안전 및 비파괴검사 규격	155	
	32. 차축의 비파괴검사 규격	158	
	33. 윤축용 베어링 안전규격	160	
	34. 현가장치 안전규격	163	
	35. 차체-대차 연결강도 규격	165	
철도차량 제동장치 안전지침	36. 열차의 비상제동거리	166	기고시
철도차량 연결장치 안전지침	37. 연결기 연결부의 형태	168	기고시
철도차량 기타장치 안전지침	38. 열차비상용품	170	기고시
철도차량 유지관리에 관한 지침	39. 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준	171	기고시
	40. 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준	177	기고시

별책부록 3 철도차량 안전기준 해설서

제 1 절 차량별 안전기준 해설서 ····· 1

1. 동력차 안전기준 ····· 1

2. 객차 안전기준 ····· 10

3. 화차 안전기준 ····· 27

제 2 절 충돌분야 세부 안전기준 해설서 ····· 32

1. 차종별 하중조건 ····· 32

2. 표준 충돌사고 시나리오 ····· 35

3. 연결기 연결부의 형태 ····· 53

4. 객실의자 안전기준 ····· 54

5. 유리창 안전기준 ····· 57

6. 차량 실내 충돌안전기준 ····· 58

7. 차체-대차 연결강도 기준 ····· 60

8. 여객용 출입문 강도기준 ····· 62

9. 차체 전복강도기준 ····· 63

10. 전두부 충격관통방지 안전기준 ····· 65

11. 타고오름 방지장치 안전기준 ····· 66

12. 완충차막이 안전기준 ····· 68

제 3 절 화재분야 세부 안전기준 해설서 ····· 77

1. 객차 등의 실내설비의 화재성능 기준 ····· 77

2. 철도차량의 소화기 설치 기준 ····· 88

3. 열차비상용품 ····· 90

4. 객차 등의 전선 화재성능 안전기준 ····· 91

5. 차량커튼 화재성능기준 ····· 101

6. 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준 ····· 102

7. 화재시 탈출 및 대피기준 ····· 106

8. 객차 등의 비상창문 설치 기준 ····· 108
9. 객차내 공기질 안전기준 ····· 109

제 4 절 탈선분야 세부 안전기준 해설서 ····· 112
1. 열차의 비상제동거리 ····· 112
2. 철도차량 전복방지 기준 ····· 115
3. 탈선계수 측정 및 산정 기준 ····· 120
4. 주행장치틀의 비파괴검사 기준 ····· 127
5. 차륜의 비파괴검사 기준 ····· 130
6. 차축의 비파괴검사 기준 ····· 133
7. 윤축용 베어링 안전기준 ····· 136
8. 현가장치 안전기준 ····· 140
9. 제동장치 안전기준 ····· 145

제 5 절 체계 및 인터페이스 분야 세부 안전기준 해설서 ····· 149
1. 철도차량의 위험도분석 세부기준 ····· 149
2. 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준 ····· 160
3. 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준 ····· 171
4. 철도차량 구조의 제원 산정 기준 ····· 175
5. 철도차량의 표기 ····· 190
6. 객차 등의 기압변화 기준 ····· 210
7. 차량-궤도 인터페이스 안전기준 ····· 214
8. 차량-신호 인터페이스 안전기준 ····· 223
9. 차량-전력 인터페이스 안전기준 ····· 254
10. 차량-승무원 인터페이스 안전기준 ····· 259
11. 차량 전기 안전기준 ····· 266

CONTENTS

Chapter 1 Introduction of R&D Project ····· 1
Section 1 Final Objective of R&D Project ····· 1
Section 2 Objectives & Contents of R&D Project by Years ····· 2

Chapter 2 Present Status of Domestic/Overseas Technology Development ····· 3
Section 1 Domestic Status ····· 3
Section 2 Overseas Status ····· 4

Chapter 3 Contents and Results of the R&D Project ····· 7
Section 1 Rolling Stock Safety Regulation System ····· 7
1. Domestic Status ····· 7
2. Overseas Status ····· 13
3. Comparing and Analyzing a Point at Issue ····· 30
4. A Way to Improve Rolling Stock Safety Regulation System ····· 73
Section 2 Railroad Accident Analysis ····· 95
1. Collision Accident ····· 95
2. Train Fire Accident ····· 109
3. Derailment Accident ····· 112
4. Railroad Accident in Japan ····· 117
5. Selection of Items in the Specific Safety Standard by parts of Technology ····· 127
Section 3 Safety Criterion by Rolling Stock Types ····· 135
1. Safety Criterion of Power Car ····· 135

2. Safety Criterion of Passenger Car ····· 153
3. Safety Criterion of Freight Car ····· 181
Section 4 Specific Safety Criterion on Crash Part ····· 191
1. Criterion of Loading Condition by Rolling Stock Types ····· 192
2. Standard Scenario of Collision Accident ····· 203
3. Shape of Coupler ····· 229
4. Seat Safety Criterion ····· 237
5. Window Safety Criterion ····· 255
6. Crashworthy Criterion of an Interior of Passenger Car ····· 263
7. Coupling Strength Criterion between Car Body and Bogie ····· 268
8. Passenger Door Strength Criterion ····· 273
9. Rollover Prevention Criterion of Rolling Stock ····· 277
10. Safety Criterion for Impact and penetration-resistance of Front-End Structure ····· 282
11. Safety Criterion of Overriding Prevention Device ····· 287
12. Safety Criterion of Stopper ····· 293
Section 5 Specific Safety Criterion on Fire Part ····· 308
1. Non-Combustible/flame Capability Criterion of Materials in Passenger Car ····· 310
2. A Fire Extinguisher Installation Criterion by Rolling Stock Types ····· 379
3. Rolling Stock Emergency Equipment ····· 394
4. Electrical Wire Fire Safety Criterion of Passenger Car ····· 401
5. Fire-Resist Capability Criterion of Curtain ····· 428
6. Capability Criterion of Fire Detectors and Alarms for Rolling Stock ····· 440
7. Criterion for a Shunting Structure in Fire ····· 453

8. Emergency Window Installation Criterion of Passenger Car ····· 471
9. Indoor Air Cleanness Safety Criterion of Passenger Car ····· 479
Section 6 Specific Safety Criterion on Derailment Part ····· 501
1. Emergency Braking Distance of Rolling Stock ····· 501
2. Rolling Stock Rollover Prevention Criterion ····· 556
3. Criterion for Measuring and Calculating Derailment Coefficient ·· 563
4. Nondestructive Testing Criterion on Bogie Frame ····· 608
5. Nondestructive Testing Criterion on Wheel ····· 626
6. Nondestructive Testing Criterion on Shaft ····· 643
7. Safety Criterion of Bearing for Wheel and Axle ····· 657
8. Safety Criterion of Suspension ····· 675
9. Safety Criterion of Brake System ····· 684
Section 7 Specific Safety Criterion on System and Interface Part ····· 697
1. Risk Analysis Criterion for Rolling Stock ····· 698
2. Standard of Preparing a Rolling Stock Maintenance Scheme ····· 715
3. Standard of Rolling Stock Maintenance Log Control ····· 741
4. Specification Estimate Criterion of Rolling Stock ····· 750
5. Standard of Names & Marks on Rolling Stock ····· 782
6. Standard of Air Pressure Variation of Passenger Car ····· 827
7. Interface Safety Criterion between Vehicle and Rail ····· 843
8. Interface Safety Criterion between Vehicle and Signalling ····· 854
9. Interface Safety Criterion between Vehicle and Electric Power ··· 854
10. Interface Safety Criterion between Vehicle and Crew ····· 901
11. Safety Criterion of Power Equipments on Rolling Stock ····· 912

Chapter 4 Achievement Degree of the R&D Objective ····· 922
1. Achievement Degree for Objective ····· 922
2. The Point of Assessment ····· 924
3. Technological Contribution for Related Parts ····· 924

Chapter 5 Utilization Plan of the R&D Results ····· 925

Chapter 6 Overseas Scientific & Technological Information Collected during the R&D Activity ····· 926

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 최종목표

철도산업의 구조개편 및 고속화에 따른 운행여건의 변화는 새로운 철도차량 안전기준을 요구하고 있고 이러한 시대적 요구에 부흥하기 위해 최근 철도안전법이 제정되었다. 현재 국내의 철도차량 안전규정은 도시철도법에 근거한 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙과 철도안전법에 근거한 철도차량 안전기준에 관한 규칙 등이 있다. 철도차량 안전기준은 도시철도 뿐 아니라 일반철도 및 고속철도 등을 모두 포함하는 포괄적인 안전기준으로서 이의 효율적인 시행을 위해서는 세부적인 기술 기준들이 마련되어야 한다.

본 과제의 목표는 철도안전법 시행을 위한 철도차량의 안전규정체계를 재정립하고 기술 분야별(장치별) 세부 안전지침의 개발과 이들에 대한 제도화 지원이다. 본 과제가 성공적으로 수행되면 철도차량 안전관련 규정의 재정비와 철도차량에 대한 기술적 안전기준을 국제수준으로 향상시킬 수 있고, 이를 통해 국내 철도차량 관련 산업이 국제적인 경쟁력을 확보하는데 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

본 과제의 연구개발 최종목표의 세부내용은 다음과 같다.

- ㅇ 철도차량 안전규정체계 구축
  - 차량별(객차/동력차/화차) 안전기준 개발
  - 일반/고속/도시철도 차량 안전규정 체계화
- ㅇ 철도안전법의 효율적 시행을 위한 차량안전 세부 기술적 기준 개발
  - 탈선 안전 세부기준 개발(차축결함기준 등 10여종)
  - 충돌 안전 세부기준 개발(차체강도기준 등 10여종)
  - 화재 안전 세부기준 개발(불연/난연재료 기준 등 10여종)
  - 시설(궤도, 신호, 전력, 통신 등)과의 인터페이스 연계 안전기준 개발

제 2 절 연도별 연구개발 목표 및 내용

(단위 : 천원)

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위	연구비
1차년도 ('04.10 ~'05.7)	철도차량 안전규정 요건 도출 및 안전기준대 상항목 정의	o 국내 및 해외 각국의 안전규정 조사 분석 o 철도차량 안전규정요건 도출 o 기술 분야별(탈선, 충돌, 화재) 안전기준대상 항목정의 o 총괄과제와의 연계성 유지	284,000
2차년도 ('05.8 ~'06.7)	객차 및 분야별 세부 안전기준서 개발(1단계)	o 객차 안전기준 개발 o 분야별 세부 안전기준 개발 - 탈선안전 : 열차의 비상제동거리 등 2종 - 충돌안전 : 연결기 기준 등 4종 - 화재안전 : 내장재 난연 기준 등 4종 - 체계 및 인터페이스 : 차량-궤도 인터페이스 등 6종 o 총괄과제와의 연계성 유지	672,000
3차년도 ('06.8 ~'07.7)	동력차 및 분야별 세부 안전기준서 개발(2단계)	o 동력차 안전기준 개발 o 분야별 세부 안전기준 개발 - 탈선안전 : 철도차량 전복방지기준 등 4종 - 충돌안전 : 충돌안전도 설계통칙 등 4종 - 화재안전 : 객실내 공기질 기준 등 3종 - 체계 및 인터페이스 : 차량-전력 인터페이스 등 3종 o 총괄과제와의 연계성 유지	768,000
4차년도 ('07.8 ~'08.7)	화차 및 분야별 세부 안전기준서 개발(3단계)	o 일반/고속/도시철도차량 안전규정 체계화 o 화차 안전기준 개발 o 분야별 세부 안전기준 개발 - 탈선안전 : 윤축용 베어링 성능기준 등 2종 - 충돌안전 : 장애물제거기 기준 등 5종 - 화재안전 : 화재차단막 기준 등 3종 - 체계 및 인터페이스 : 차량-신호 인터페이스 등 3종 o 총괄과제와의 연계성 유지	672,700
계			2,366,700

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 현황

한국은 도시철도와 일반/고속철도의 건설 및 운영이 별도의 법체계에 의해 수행되고 있고, 이에 따라 철도차량 안전규정체계도 별도의 이원화된 상태로 운영되고 있다.

도시철도의 경우, 1995년12월29일 개정된 도시철도법을 모법으로 대통령령으로서 도시철도법 시행령을 가지고 있고, 건설교통부령으로서 도시철도차량 관리에 관한 규칙, 도시철도 운전규칙, 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 등이 있으며, 이에 대한 하위 세부지침인 건설교통부 고시는 도시철도차량 표준사양(건설교통부고시 제1998-53호), 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준(건설교통부고시 제2000-126호), 도시철도용품의 품질인증요령(건설교통부고시 제2000-333호), 도시철도차량의 정밀진단지침(건설교통부고시 제2000-334호) 등이 있다. 도시철도용품 품질인증요령에는 품질인증대상으로서 총 48개 품목이 고시되었고, 이에 대한 품질시험기준이 함께 고시되었다.

일반/고속철도의 경우, 2004년까지 철도안전과 관련되는 법체계는 철도법을 모법으로 국유철도건설규칙과 국유철도운전규칙의 2개의 부령이 하위법령으로 존재하였고 세부지침은 별도의 고시나 지침이 없는 상태에서 철도청 훈령으로 제정관리 되어 왔다. 2005년 1월1일부터는 철도안전법을 모법으로 철도안전법시행령(대통령령), 철도안전법 시행규칙(건설교통부령)을 하위법으로 철도안전의 근간을 유지하면서 철도차량안전기준에 관한 규칙, 철도차량운전규칙, 철도위험물운송규칙 등이 별도의 건설교통부령으로 존재하고, 하위 세부지침으로는 철도차량 성능시험기준, 품질인증기준, 정밀진단기준, 표준규격, 안전기준 세부지침 등이 건설교통부 장관 고시로 존재한다.

법률 및 규정체계 이외에 철도차량 안전과 연관된 규격서로는 국가규격(KS)과 구 철도청 훈령에 의한 규격 등이 있다. 철도관련 국가규격은 KS의 수송장치-철도용품 카테고리에 있으며, 총 112종의 규격 중 철도차량과 관련된 KS규격은 54종이 있다.

구 철도청의 훈령으로 철도용품의 규격으로는 총 754종이 있었으며, 이 중 철도차량과 관련한 규격은 343종이 있었다. 철도청이 철도공사와 시설공단으로 민영화됨으로써 철도청 훈령에 의한 철도규격은 건설교통부로 이관되면서 국가가 관리해야할 필수 규격인 209종만 국가관리 규격으로 재분류되었으며, 이 중 철도차량과 관련한 규격은 17종이다.

제 2 절 해외 현황

영국의 철도안전은 HSC(Health and Safety Commission) & HSE(Health and Safety Executive)에서 주관하며, 직장내에서 발생되는 모든 위험요소들에 대한 규제 업무를 공유하고 있다. 철도안전을 위한 HSC 및 HSE 산하기관은 철도인프라 시설 관리에 대한 업무를 주관하는 NRI(Network Rail Infrastructure Controller), 철도사고조사기관인 RAIB(the Rail Accident Investigation Body), 철도의 안전에 대한 전반적인 기준을 제정하는 기관인 RSSB(the Rail Safety and Standard Board), 그리고 각종 업무활동에 대한 감독을 담당하는 ORR(Office & Rail Regulator)와 철도에 대한 각종 안전을 감독, 통제하는 HMRI(Her Majesty's Railway Inspectorate)로 구성되어 있다. 현재, 유럽통합에 따른 철도기간시설물의 공유 등의 문제로 the Railway (Safety Cases) Regulation 2000의 안전케이스에 대한 수정작업이 진행 중에 있으며, 철도안전의 향상을 위하여 HSC에서는 전략계획(strategic plan)을 통하여 계획적인 관리를 수행하고 있다. 영국의 안전법체계는 보건안전법(Health and Safety Act, 1974)을 모법으로 하여 철도안전규정(The Railway Safety Regulation)과 철도안전기준 및 지침(Railway safety principles and guideance)을 하위법령으로 두고 있으며, 철도 관련 세부기준은 철도그룹표준코드(RGS code : Railway Group Standard code)에서 규정되어 있다.

일본의 경우 국토교통성의 철도국에서 철도사업에 관한 감독 및 감사업무를 맡고 있다. 철도국에는 현재 총무과, 간선철도과, 도시철도과, 재무과, 업무과, 기술기획과, 시설과의 7개부서가 설치되어 있는데 이 중에 안전대책업무는 주로 기술기획과에 설치되어 있는 안전대책실에서 담당하고 있다. 또한, 각 지역에서의 안전관리와 사고조사는 지구별(8개)로 분할된 국토교통성의 지방운수국에서 전담하

고 있다. 각 지방운수국의 철도부 운전보안과 에서는 철도시설, 차량 등의 안전검사 및 지도, 사고 예방을 위한 대책마련, 철도사고의 조사 및 분석, 동력차기관사 운전면허 발급 등의 철도안전관련 업무를 수행하고 있다. 일본의 철도 관련법은 국토교통성 철도국에서 철도 관련 모든 법률을 총 망라하여 발간한 철도육법에 수록되어 있으며, 수십가지의 철도 관련 법을 모법으로 시행령, 규칙, 성령, 해석기준(통달) 등이 하위 규정으로 구성되어 있다. 차량의 기술적 기준에 관한 것은 "철도와 관련되는 기술상의 기준을 정하는 성령"의 64조부터 84조까지 규정되어 있다.

미국의 경우 철도 안전규정의 제정 및 개정에 관한 전반적인 업무는 미연방철도청(FRA)에서 맡고 있다. 미연방규정집(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 200절(Part 200)에서부터 268절(Part 268)까지이다. 특히 연방철도청의 안전국(Office of Safety)에서는 400명이 넘는 안전조사관들이 안전규정의 준수여부를 감시하기 위해 활동하고 있으며, 철도안전자문위원회(RSAC, Railway Safety Advisory Committee)를 구성하여 안전규정에 대한 철도관련 단체들의 의견을 수렴하고 있다.

호주의 철도안전법은 각 주별로 별도의 법체계를 가지고 있으며, 각 주별로 상이한 기준 하에서 운영되는 철도의 안전을 보장하기 위하여 ITSRR(Independent Transport Safety and Reliability Regulator)가 주별 협의체의 협의 및 연계를 통한 연방 철도안전에 대한 업무를 수행하고 있다. 2004년 ITSRR에서 작성된 Improving the Regulatory Framework for Rail Safety in Australia에 따르면 호주 철도안전에 대한 통합기준안의 필요성을 보여주고 있으며, 호주철도연합에서는 철도안전기준에 대한 작업이 진행되고 있다. 호주는 각 주별 상이한 법체계를 가지고 있으나 철도 표준기준인 AS(Australian Standard) 4292의 내용을 따르는 것으로 합의되어 있으며 철도안전의 요구사항이 커짐에 따라 AS4292의 내용을 구체화한 Rolling Stock Code의 작업이 진행되고 있다. 철도차량 기술규격은 AS4292 Part 3에 규정되어 있다.

독일의 철도는 연방철도청(Eisenbahnbundesamt. EBA)이 국영철도인프라와 수송서비스의 안전과 능력에 대한 책임을 가지고 있다. EBA는 2가지 규정, 즉, 지하

철과 고가를 다니는 철도는 경량철도의 건설규정인 BOStrab, 중량철도에 대한 철도건설·운영규정에 의해 관리하고 있다.

현재 유럽에서는 유럽공동체의 공통 규격을 만들기 위한 작업이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 철도차량의 안전과 관련해서는 충돌, 화재와 같은 중대사고에 대한 피해저감기술기준의 통합화가 진행되고 있는데, 이는 1990년대 후반부터 유럽공통체의 연구 개발자금으로 진행된 SAFETRAIN 프로젝트(1997-2001), SAFETRAM 프로젝트(2001-2004), TRAINSAFE 프로젝트(2002-2004), FIRESTARR 프로젝트(1997-2000) 등의 연구결과를 바탕으로 하고 있다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 철도차량 안전체계

1. 국내 현황

가. 안전관련 법 및 규정

국내 철도차량의 안전체계는 도시철도 안전규정체계와 일반철도/고속철도 안전규정체계로 나누어져 있다.

(1) 도시철도 안전규정체계

도시철도는 도시철도법으로 규정하고 있으며 그 체계는 그림 3-1-1과 같다.

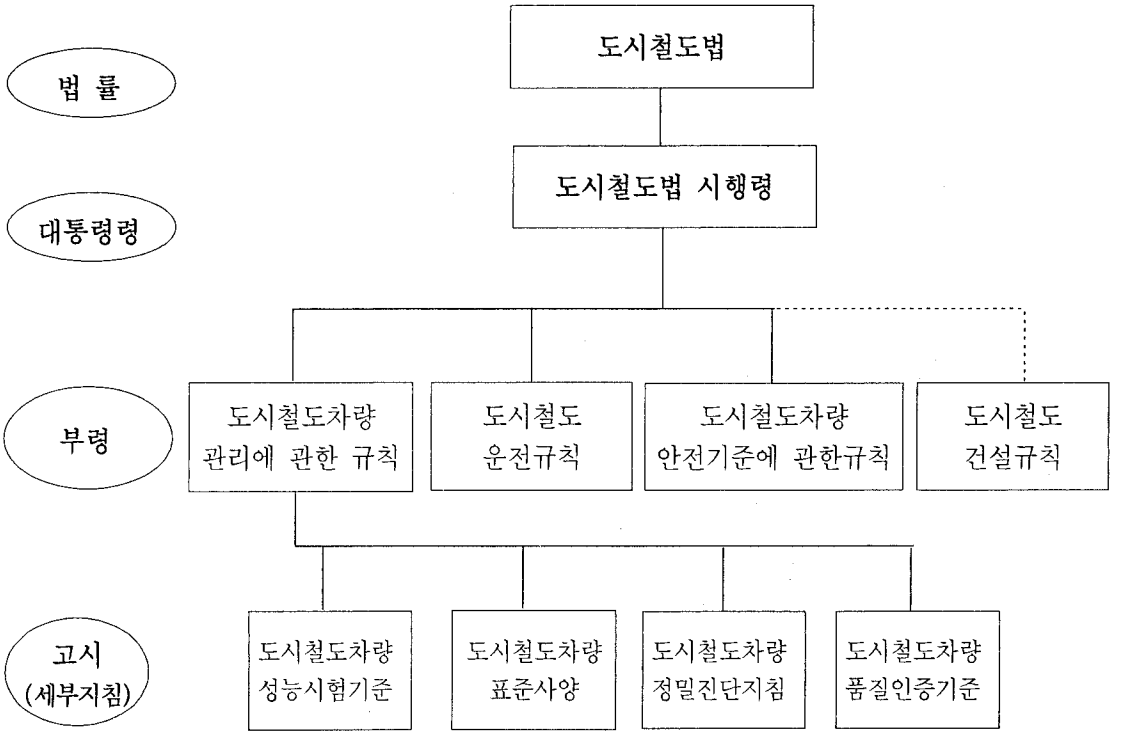


그림 3-1-1 도시철도 안전규정체계

도시철도법은 안전증진을 위해 1995년 12월 29일 개정되어 새로운 조항이 신설되었다. 새로운 안전관련 조항은 부록 3.1.1-2와 같다. 도시철도법 시행령은 도시철도법에서 위임한 사항을 기술하고 있으며, 신설된 도시철도법 조항에 의거한 새로운 시행령 내용은 부록 3.1.1-4와 같다.

도시철도차량 관리에 관한 규칙은 도시철도법 및 동법시행령의 규정에 의한 도시철도차량실무위원회의 구성·운영, 도시철도차량의 성능시험 및 정밀진단, 도시철도용품의 품질인증 등에 관하여 필요한 사항을 규정한 신설 규칙으로서 그 내용은 부록 3.1.1-5와 같다.

도시철도운전규칙은 도시철도의운전과 차량 및 시설의 유지·보전에 관하여 필요한 사항을 정한 부령으로서 차량안전과 관련되는 조항은 제3장 열차 등의 보전이며 그 내용은 부록 3.1.1-6과 같으며, 그 중 차량 안전 관련 조항은 부록 3.1.1-7과 같다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙은 도시철도법 제22조 2항에 의거하여 도시철도차량의 구조 및 장치의 안전에 필요한 기준을 정한 것으로 총3장, 83개 조항으로 이루어져 있으며, 그 구성은 부록 3.1.1-8과 같다. 전문은 부록 3.1.1-9와 같다.

또한, 도시철도차량 품질인증기준과 관련하여, 안전과 성능에 영향이 큰 장치 및 부품으로 선정되어 각 품목에 대한 품질시험기준이 고시되었는데, 대상품목은 부록 3.1.1-10과 같다.

(2) 일반/고속철도 안전규정체계

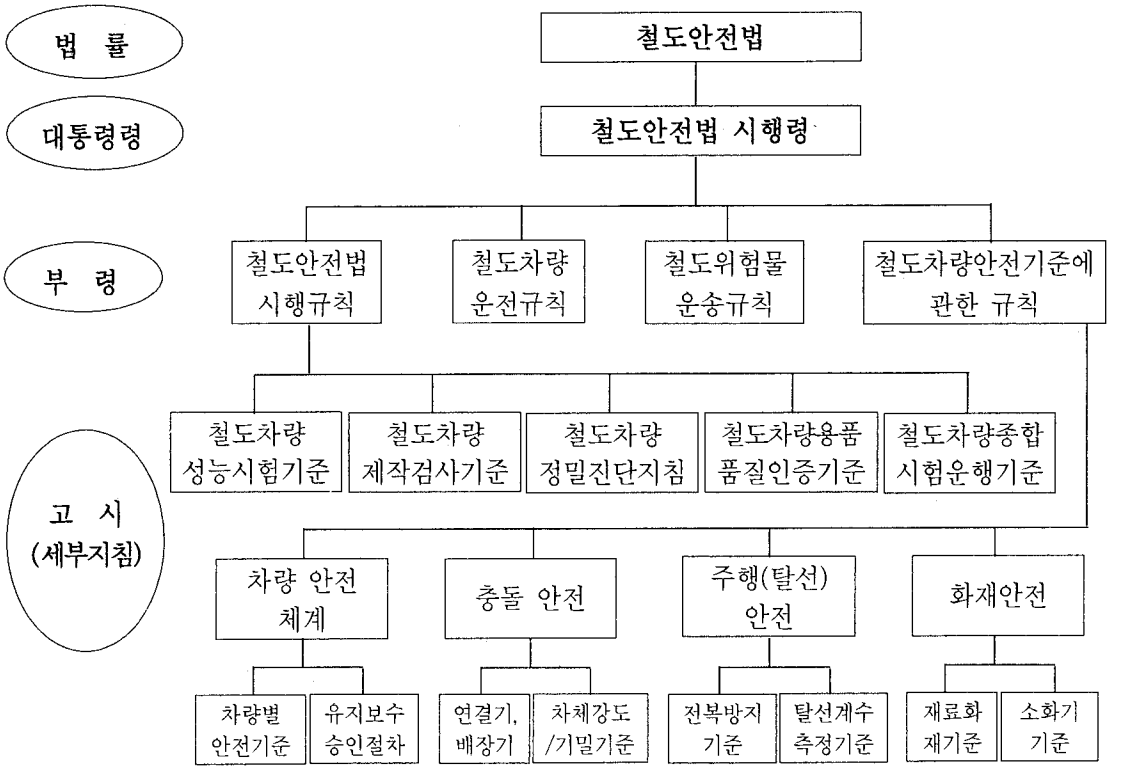


그림 3-1-2 일반/고속철도 안전규정체계 정리

철도안전법은 2004년 10월 22일 공포되어 2005년 1월 1일부터 시행되는 법률로서 철도안전의 전반적인 사항을 규정하고 있다. 철도안전법의 전문은 부록 3.1.1.-11과 같으며, 철도차량의 안전과 관련한 주요 조항은 부록 3.1.1-12와 같다.

철도안전법 시행령에는 철도차량안전과 관련한 조항이 없으며, 철도안전법 시행규칙에는 철도차량안전과 관련된 조항이 있다. 상세내용은 부록 3.1.1-13과 같다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙은 철도안전법 제26조에서 위임한 철도차량의 구조 및 장치가 갖추어야할 최소한의 요구사항과 이를 보전하기 위한 유지관리에 관한 사항을 규정하고 있으며 총3편, 106개 조항으로 구성되어 있다. 그 구성은 부록 3.1.1-14와 같으며, 전문은 부록 3.1.1-15와 같다.

철도차량 표준규격 및 품질인증대상과 관련하여 현재 한국산업규격(KS)에 있는 철도차량 관련 KS규격이 있으며 그 목록은 부록 3.1.1-16과 같다. 또한 안전과 밀접한 관련이 있거나, 철도차량간의 호환성을 규정하기 위해 철도청에서 국토해양부(당시 건설교통부)로 이관된 규격은 부록 3.1.1-17과 같다.

나. 수명주기 단계별 철도차량 안전관리체계(SMS)

철도시스템 RAMS 관리 원칙인 IEC 62278 국제표준규격을 기반으로 철도차량에 대한 안전관리체계를 국내의 현 철도안전법 규정체계를 기준으로 분석함으로써 안전체계의 보완대책을 수립하고자 한다.

표 3-1-1은 1단계 차량 개념설정부터 14단계 폐기까지 모든 수명주기 단계별 안전관리업무를 국제규격에 의거하여 정의하고 이 관리업무를 주관하는 주관자, 안전성에 대해 타당성을 확인하는 확인자와 모든 검증결과를 승인하는 승인자로 구분하여 현재의 국내 철도차량 안전체계를 분석한 것이다.

차량의 개념설정과 시스템정의 및 차량운행환경에 대한 조건분석 등 차량설계 이전에 있는 모든 안전활동의 주체는 철도운영자(차량발주자)가 가지고 있으며, 이에 대한 확인은 현재 법 규정에는 구체적으로 기술되어 있지 않지만, 잠정적으로 철도운영자가 승인하는 것으로 되어있다.

차량의 설계, 제작, 설치, 시운전 등의 하드웨어 구현 단계에서는 차량제작자가 주체가 되어 모든 안전관리활동을 수행하고 이를 확인하고 검증하는 것은 차량제작자, 차량성능시험자 등이 객관적으로 수행하며, 이를 최종 승인하는 기관은 차량을 운영 유지해야할 차량운영자로 되어 있다.

차량의 운영과 유지보수, 성능유지, 개조 및 수정, 그리고 차량 내구연한 연장과 폐기에 대한 주체는 철도운영자로 되어 있으며, 차량의 개조 및 수정하는 단계는 가장 안전관리의 취약한 것으로 나타났다. 즉, 차량의 개조 및 수정한 단계에서는 어떠한 위험도분석이나 안전성 검증이 규정상 이루어지지 않고 있기 때문에 개조한 차량 등이 사고의 위험에 크게 노출되어 있다고 볼 수 있다.

표 3-1-1 수명주기단계별 차량안전 관리체계 현황분석

수명주기 단계	안전관리 업무	주관자 (Execution)	확인자 (Assessment)	승인자 (Certification)	분석(보완 대책안)
1.개념 설정	-이전 달성된 안전성 사전검토 -프로젝트 안전성 관련사항 검토 -안전정책 및 목표 검토	**철도운영자 (차량발주자)** ☞ 법 제7조(안전관리규정), 시행규칙 제2조(안전관리규정의 내용)	**(국토해양부)** (잠정적으로 추정, 구체적인 법적 근거 없음)	**국토해양부** ☞ 법 제7조(안전관리규정)	-확인자의 업무 및 구체적 지정근거 마련 필요 -규칙 제2조 안전관리규정내용 또는 안전관리규정의 작성에 관한 지침(건교부고시 가능)에 구체적인 각 단계별 안전업무 내용 명기 필요
2.시스템 정의와 적용 조건	-안전성 관련 과거 경험데이터 평가 -사전 위험상태조건 분석 -전체 안전계획 수립 -위험도 기준의 허용도 정의 -기존 설비 제약조건의 안전성에 관한 영향 확인				
3.위험도 분석	-시스템 위험상태와 안전성분석 수행 -위험상태 기록의 설정 -위험도 평가(Risk Assessment) 수행	**철도운영자 (차량발주자)** ☞ 철도차량안전기준에관한규칙 제6조(위험도분석), 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	구체적인 법적 근거 없음	구체적인 법적 근거 없음	-위험도분석의 타당성을 객관적으로 확인하는 단계와 승인하는 단계가 필요
4.시스템 요구사항	-시스템 안전성 전 요구사항의 구체화 -안전성 수용기준(전체)의 정의 -안전 관리계획 수립				-안전관리계획의 타당성을 객관적으로 확인하는 단계와 승인하는 단계가 필요
5.시스템 요구	-시스템 안전성 목표 및 요구사항의 할당 · 하위시스템의				-안전요구사항 할당의 타당성을 객관적으로

수명주기 단계	안전관리 업무	주관자 (Execution)	확인자 (Assessment)	승인자 (Certification)	분석(보완 대책안)
사항 할당	안전성 요구사항의 구체화 · 하위시스템의 안전성 수용기준의 정의 -시스템 안전계획 갱신				확인하는 단계와 승인하는 단계가 필요
6.설계	-검토, 분석, 시험, 데이터 평가에 의한 안전계획 구현 · 위험상태 기록 · 위험도 분석 및 안전성 평가 -안전 설계 의사결정 정당화 -안전 프로그램 제어 착수 · 안전성 관리 · 하부계약자 또는 공급자 관리 -일반안전규정(General Safety Case) 마련	**철도차량 제작자** ☞ 철도차량안전기준에관한규칙 제6조(위험도분석), 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	**철도 운영자 (차량 발주자)** ☞ 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	**철도 운영자 (차량 발주자)** ☞ 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	-철도차량 설계에 대한 위험도분석 결과의 타당성을 객관적으로 확인하는 절차가 필요(제3자 확인)
7.제작	-검토, 분석, 시험, 데이터 평가에 의한 안전계획 구현 -위험상태를 적용	**철도차량 제작자** ☞ 철도차량안전기준에관한규칙 제6조(위험도분석), 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	**제작검사기관** ☞ 법 제36조(철도차량의 제작검사), 시행규칙 제66조(제작검사의 절차등), 철도차량 제작검사 시행지침 제3조(제작검사의 대상항목) **품질인증**	**철도 운영자 (차량 발주자)** ☞ 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	-제작검사의 대항항목에 구체적인 안전성 측정항목을 포함하는 것이 필요

수명주기 단계	안전관리 업무	주관자 (Execution)	확인자 (Assessment)	승인자 (Certification)	분석(보완 대책안)
			기관 ☞ 법 28조(품질 인증기관)		
8.설치	-설치 프로그램 구축 -설치 프로그램 시행	**철도차량 제작자** ☞ 철도차량안전기준에관한규칙 제6조(위험도분석), 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	**성능시험기관** ☞ 법 제35조(철도차량의 성능시험), 시행규칙 제60조(성능시험의 절차등), 철도차량 성능시험 시행지침 제3조(성능시험의 대상항목)	**철도운영자 (차량발주자)** ☞ 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	-성능시험의 대항항목에 구체적인 안전성 측정항목을 포함하는 것이 필요
9.시스템검증	-시운전 프로그램 구축 -시운전 프로그램 시행 -특별 안전규정(Special Safety Case) 마련				
10.시스템인수	-시험운행 프로그램 구축 및 시행 -인수를 위한 증빙자료 수집 및 평가 -특별 안전규정(Special Safety Case) 평가	**철도시설관리자 (합동 : 철도운영자)** ☞ 법38조(종합시험운행), 철도차량안전지침 제15조(철도차량의 위험도분석)	**안전관리책임자** ☞ 시행규칙 제75조(종합시험운행의 실시시기 절차 등)	**(철도운영자)** (잠정적인 추정, 구체적인 법적 근거 없음)	-안전관리책임자가 구체적인 자격요건이 없으므로 제3자로서 객관적 타당성을 입증하는 것이 필요.
11.운영 및 유지보수	-상시 안전성 중심의 유지보수 착수 -상시 안전성능 감시 및 Hazard Log 유지보수 시행	**철도운영자 (차량발주자)** ☞ 법 제26조(철도차량의	**교통안전공단** ☞ 법 제9조(종합안전심사),	**국토해양부 (종합안전심사평가위원회)**	-안전분석 자료수집 방법에 대한 구체적 방안 필요
12.성능	-성능과 안전성 통계량				

수명주기 단계	안전관리 업무	주관자 (Execution)	확인자 (Assessment)	승인자 (Certification)	분석(보완 대책안)
감시	수집, 분석, 평가 및 활용	안전기준), 철도차량안전기준에관한규칙	시행령 제62조(권한의 위임)	☞ 시행령 제7조(종합안전심사의 방법, 절차등)	
13.수정 및 개조	-개조와 관련한 안전성 관련사항 고려	구체적인 법적 근거 없음	구체적인 법적 근거 없음	구체적인 법적 근거 없음	-차량 개조 및 수정에 대해서도 위험도 분석 및 안전성 검증이 필요
14.내구연한연장 또는 폐기	-안전계획 수립 -위험요인 분석 및 위험도평가 수행 -안전계획 구현	**철도운영자 (차량발주자)** ☞ 법 제37조(철도차량의 내구연한)	**정밀진단기관** ☞ 시행령 제40조(정밀진단기관의 지정기준)	**(철도운영자)** (잠정적인 추정, 구체적인 법적 근거 없음)	-정밀진단항목에 위험도분석 및 안전성 검증에 대한 항목이 필요 -내구연한연장에 대한 제3자 승인이 필요

2. 해외 현황

가. 영국 안전규정체계

(1) 개요

영국은 법적으로 철도운영에서 발생될 수 있는 각종 위험요소들에 대한 고려사항만을 포함하고 있으며, 이를 통하여 철도 사업 및 운영자들은 법적으로 검토하도록 규정하고 있는 안전 사항에 대하여 사업승인 시부터 고려하여, 사업 및 운영자 승인을 받기 위해서는 광범위하게 규정되어 있는 다양한 안전요소에 대한 고려 및 사고 방지 설계가 포함되어 있는 서류를 준비하여 HMRI로부터 승인을 받게 된다. 이러한 법은 직장안전 관련법인 the Health and Safety Act. 1974의 15조 등에서 규정하여 제정된 the Railway (Safety Cases) Regulation 2000 등에 규정되어 있으며, 다양한 안전요소들에 대한 검토 방법 및 기준은 Safety Case Assessment Manual 및 Criteria에 제시되어 있다.

안전요건에 대한 검토 방법 및 기준에 반영되어야 할 원칙은 철도안전 원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance, RSPG)에 따르며, 철도차량 등 기술적인 상세내용은 RGSC(Railway Group Standard Code)에 코드별로 구분되어 정리되어 있다. 철도안전 원칙 및 가이드는 부록 3.1.2-1에 정리되어 있다.

(2) 영국 안전규정 주관기관

현재 영국의 안전규정은 2003년도까지 HSC(Health and Safety commission)와 HSE(Health and Safety Executive)에서 주관하였으나 2004년부터 안전규제체계를 단순화하고 관리체계를 전문화하기 위하여 전문적인 규제기관인 ORR(Ofice of Rail Regulation)이 안전을 담당하도록 함으로서 안전에 대한 실질적인 리더쉽을 가지도록 하였다. 모든 위험요소들에 대한 규제업무를 담당하고 있다.

(가) 영국 안전규정체계 산하기관

- NRI(Network rail Infrastructure Controller Track & Signals)
  철도인프라 시설 관리 업무를 진행.
- RAIB(the Trail Accident Investigation Body)
  철도사고조사기관
- RSSB(the Rail Safety and Standard Board)
  철도의 안전에 대한 전반적인 기준을 제정하는 기관
- ORR(Office & Rail Regulator)
  각종 업무활동에 대한 감독을 담당
- HMRI(Her Majesty's Railway Inspectorate)
  철도에 대한 각종 안전을 감독, 통제
- Safety Case Assessment Manual & Criteria
  다양한 안전요소들에 대한 검토방법 및 기준 제시

(3) 철도안전 관련 규정 및 기준

영국의 철도안전 규정은 영국직장내 안전법인 the Health and Safety Act 1974의 15조 등에 따라 제정된 the Railway (Safety Cases) Regulation 2000, The Railway Safety (Miscellaneous Provisions) Regulations 1997, The Railway

Safety Regulations 1999가 있고 하위 규정으로 Safety Case Assessment Manual & Criteria와 Railway Safety Principles and Guidance, Railway Group Standard Code가 있다. 영국의 철도안전법 체계는 그림 3-1-3과 같다.

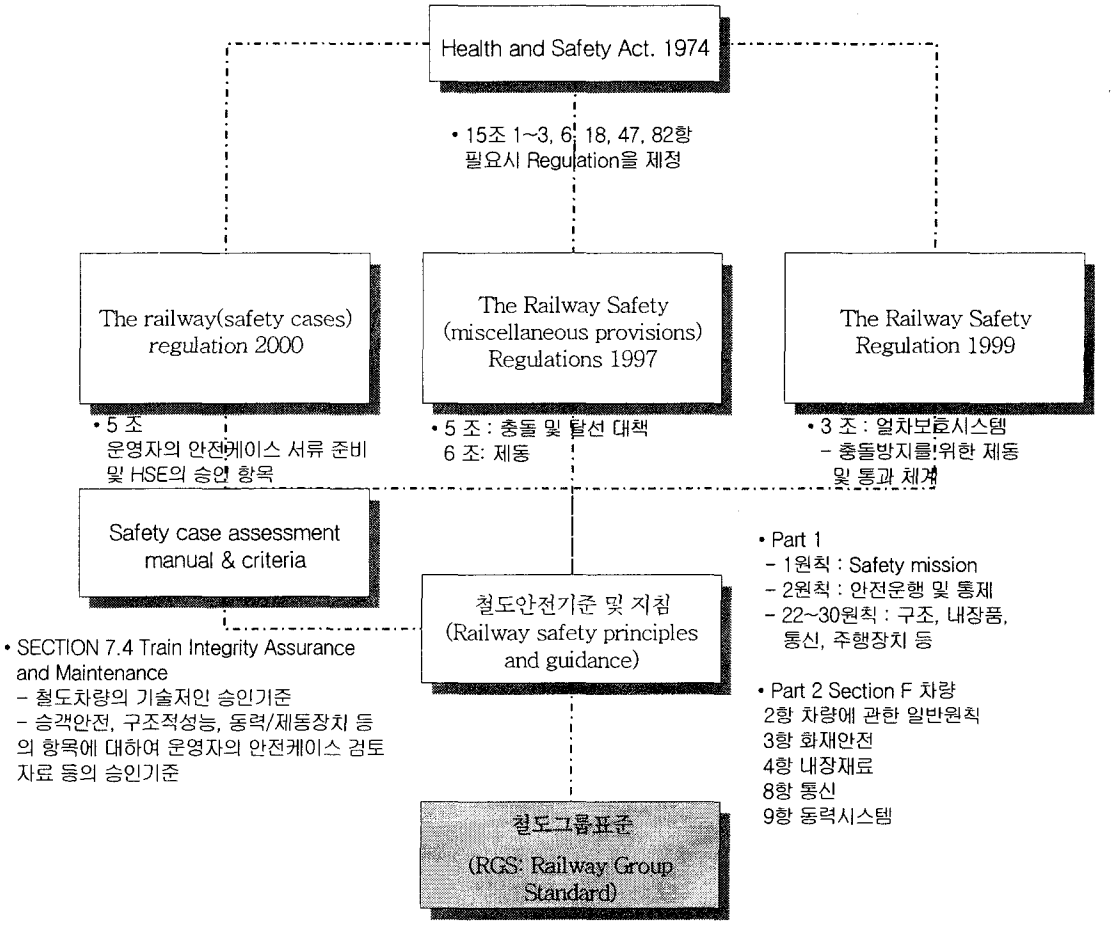


그림 3-1-3 영국 철도안전법 체계

이 중에서 철도차량과 관련된 것은 The Railway Safety (Miscellaneous Provisions) Regulations 1997의 제6조에 차량이나 편성차량에는 적절한 제동시스템을 갖추어야 하고 유지보수되어야 한다고 기술하고 있고, Safety Case Assessment Manual & Criteria의 7.4절에 열차보호시스템, 열차유비보수, 차량시험, 구조적 성능, 제동, 동력시스템 등 철도차량의 다양한 안전요소들에 대한 검토방법 및 기준을 제시하고 있으며, Railway Safety Principles and Guidance와 Railway Group Standard Code에서는 아래와 같이 철도차량 안전요건에 대한 검토방법 및 기준을 규정하고 있다.

(가) Railway Safety Principles and Guidance

철도차량 안전요건에 대한 검토방법 및 기준을 규정하고 있으며, 크게 Part I 과 Part II로 구성되어 있다. Part I 은 그림 3-1-4와 같이 구성되어 있으며, 33개 원칙 중 차량에 관련된 것은 24에서 33까지이며 주요내용을 요약하면 아래와 같다.

① 원칙24 : 열차 구조적 무결성

정상운행 중에는 차체가 구조적으로 완전하여 사고 시 승객과 화물을 보호해야 할 원칙

② 원칙25 : 열차 의장

승객과 화물에게 안전한 설비되어야 하는 차량 실내 의장의 원칙

③ 원칙26 : 열차에의 진출입

승객과 화물이 차량에 안전하게 진출입하게 하는 원칙

④ 원칙27 : 열차 통신

열차 및 지상과의 통신 관련 원칙

⑤ 원칙28 : 열차의 동력시스템

차상의 전기적 시스템이나 다른 동력시스템 및 장치가 승객이나 다른 시스템에 위험요소가 되지 않는 원칙

⑥ 원칙29 : 열차의 속도제어

승객이나 화물에 위험을 주지 않고 선로의 운전조건을 충족시키는 열차의 속도제어시스템의 원칙

⑦ 원칙30 : 열차의 주행장치

선로 상에서 열차를 안전하게 이동시켜야하는 주행장치의 원칙

⑧ 원칙31 : 열차의 신호시스템과의 적합성

열차의 신호시스템과에 대한 적합성의 원칙

⑨ 원칙32 : 열차의 기반시설과의 적합성

열차 외형치수의 철도기반시설에 대한 구조적 적합성의 원칙

⑩ 원칙33 : 열차의 전기적 견인시스템 적합성

열차의 전기적 견인시스템에 대한 적합성의 원칙

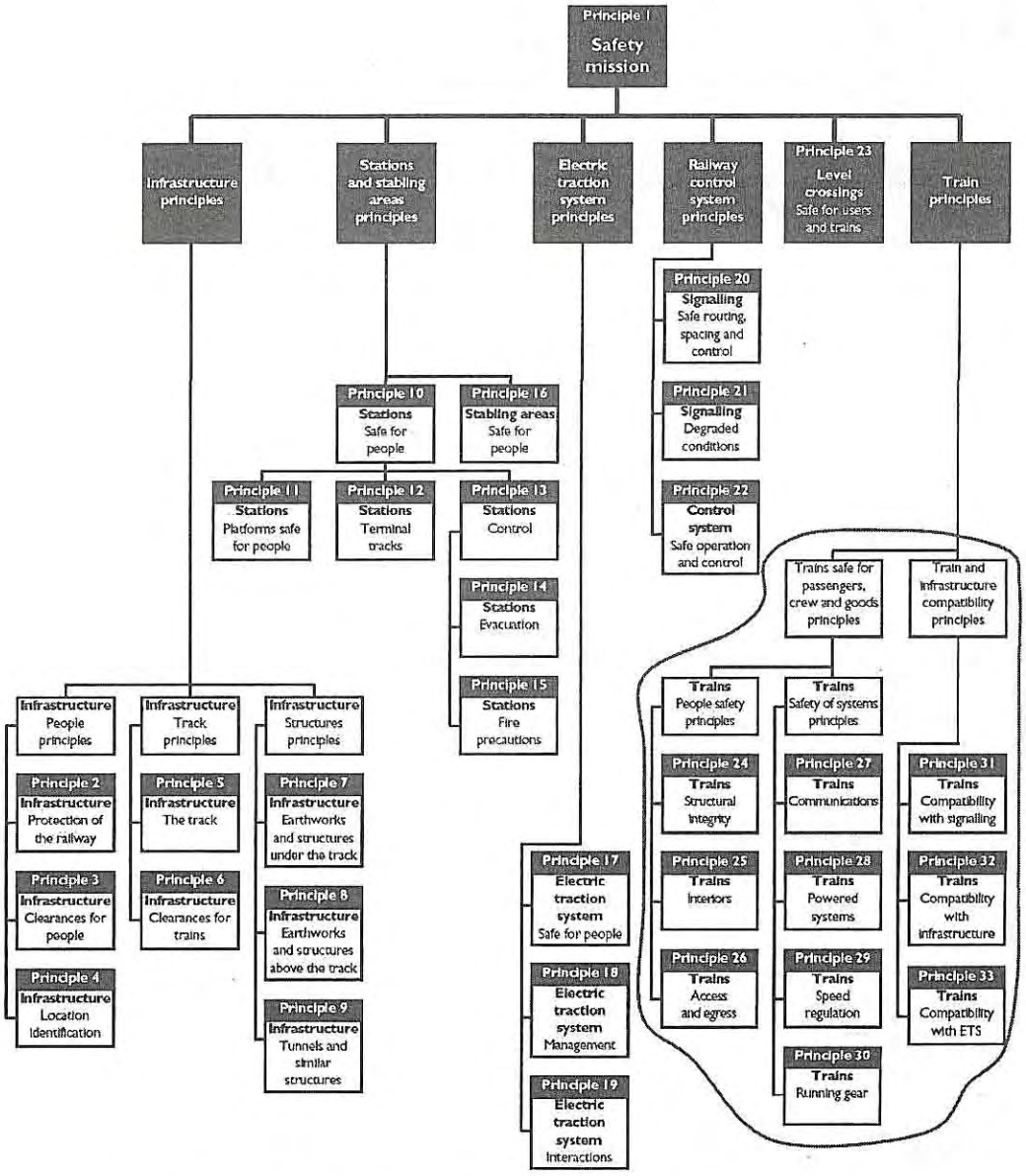


그림 3-1-4 Railway safety principles and guidance Part Ⅰ

PartⅡ에는 열차기반시설, 역, 전기 견인시스템, 신호, 건널목, 열차 및 Tramways 등 여덟 가지의 지침을 규정하고 있으며, 이 중 열차에 관한 지침에는 Part Ⅰ에서 규정하고 있는 내용보다 더 상세하게 규정하고 있다.

(나) Railway Group Standard Code

철도차량 등 기술적인 상세내용을 코드별로 구분하여 규정하고 있으며 그 구성은 그림 3-1-5와 같다. 각 코드별 제목과 개요는 부록 3.1.2-2에 정리되어 있다.

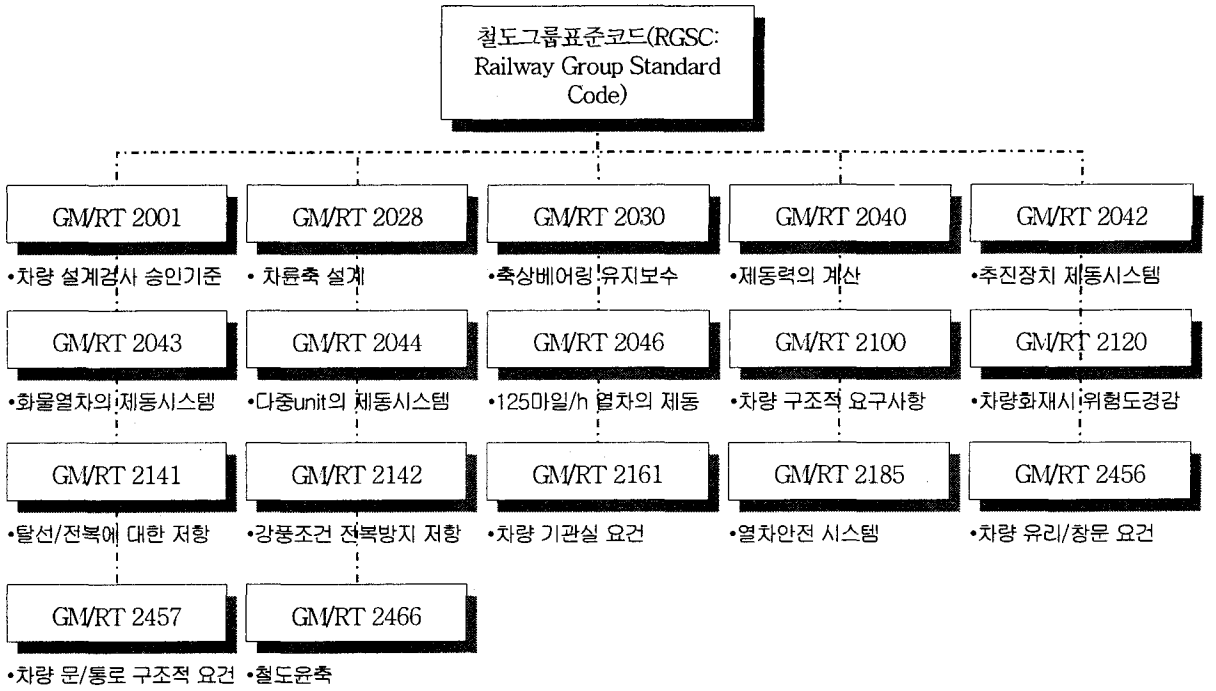


그림 3-1-5 영국 철도그룹표준코드(RGS code)내 철도안전 코드

나. 일본 안전규정체계

(1) 개요

한 나라의 법률이 헌법·형법·민법·상법·형사소송법·민사소송법등의 6가지 법률을 기본법으로 구성되듯이 철도관련 모든 법률을 총 망라하여 국토교통성 철도국에서 구성하여 발간한 것이 철도육법이며, 철도육법에는 철도사업법 등 수십가지의 철도관련 법률이 수록되어있으며, 법률, 시행령(정령), 규칙(성령) 및 고시에 대한 철도육법의 구성은 부록 3.1.2-3에 정리되어있다.

철도에 관한 기술상의 기준은 성령을 통해 규정된다. 운수기술심의회 자문 제23호 "이후 철도기술행정의 바람직한 모습에 대해"(1998년 11월 13일)의 답신을 수용하여 지식인들로 구성된 기술기준검토회를 설치하고 기술기준의 근본적 개정에 대한 검토를 해 왔다. 기술기준검토회에서는 2001년 6월 25일에 모든 것을 종합 정리하였고, 국토교통성에서는 이를 철도시설 및 차량의 구조, 운전취급 등을 정한 기술기준을 근본적으로 개정하여 성능 규정화 하도록 하고, 이번에 다음과 같이 "철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령"을 제정했다. 또한 본 사항에 대해서는 정부 방침으로서 내강에서 결정된 "규제완화추진 3개년계획(1999년 3월 개정)"에도 담겨져 있다. 일본철도 관련 규정체계는 그림 3-1-6과 같다.

(2) 일본 철도 관련 주관기관

일본 철도사업에 관한 감독 및 감사 업무는 국토교통성(Ministry of Land, Infrastructure and Transport)의 철도국에 주관하고 있고 철도국의 7개부서 중 기술기획과 내 안전대책실에서 안전대책업무를 담당하고 있다. 각 지역(8개)의 국토교통성의 지방운수국 철도부 운전보안과에서 철도시설, 차량 등의 안전검사 및 지도를 진행하고 사고예방을 위한 대책마련과 철도사고의 조사 및 분석, 동력차 기관사 운전면허 발급 등에 관련한 업무를 담당하고 진행하고 있다.

(3) 일본 철도관련 법률 및 규정, 기준

(가) 철도육법

철도법제의 이해를 도모하는 목적으로 간편하게 실용적으로 편집한 것으로서 철도에 관한 법령을 성격별로 철도사업, 철도영업, 시설·차량·운전·보안, 궤도, 철도정비, 국철개혁, 구법 등으로 표 3-1-2와 같이 구분하여 규정하고 있으며, 철도차량과 관련된 것은 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령에 규정하고 있다.

표 3-1-2 일본 철도육법의 구성

대분류	소 분 류
철도 사업	① 철도사업법 ② 철도사업법 시행규칙(성령・고시 등) ③ 설계관리자의 요건과 관계되는 기술부분을 정하기 위한 고시 ④ 철도시설 등 검사규칙 ⑤ 철도사고 등 보고규칙 ⑥ 철도사업 회계규칙 ⑦ 철도사업 등 보고규칙 ⑧ 철도사업 등 감사규칙 ⑨ 철도저당법 ⑩ 철도저당법 시행규칙 ⑪ 기타
철도 영업	① 철도영업법 ② 철도운수규정 ③ 전염병환자의 철도승차 규정 ④ 철도선박을 통한 운송규정

	⑤ 신간선철도와 관련되는 열차운행의 안전을 방해하는 행위의 처벌에 관련된 특례법 ⑥ 신간선철도와 관련되는 열차운행의 안전을 방해하는 행의의 처벌에 관련된 특례법 시행규칙 ⑦ 기타

철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령은 아래와 같은 제정 방향을 가지고 있으며 전체 내용에 대한 목차는 부록 3.1.2-4에 수록하였다.

① 철도의 기술기준으로서 규정해야 할 항목을 전면적으로 개정함과 동시에 요구되는 성능을 가능한 구체적으로 규정.

② 현행 보통철도구조규칙, 특수철도구조규칙, 신간선철도구조규칙, 철도운전규칙 및 신간선 철도운전규칙을 하나로 동합

③ 성령의 성능규정화에 따라 철도사업자는 성령 등에 적합한 범위 내에서 각 기관의 상황을 반영한 상세한 기술기준을 실시 기준으로 책정하고 이를 국토교통장관 등에게 신고.

철도육법 내에서 성령은 표 3-1-3과 같이 철도차량 등에 대한 기술적인 상세내용을 시스템별로 구분하여 정리하고 있다. 64조부터 86조까지 차량분야를 총 6개의 절로 나누어 구성하고 있으며, 해설서에는 해석기준을 구체적으로 기술하고 있고, 성령과 해석기준과의 관계, 해석기준의 해설, 구 성령 등에서 삭제 및 변경된 것에 대한 경위, 설계내용 등에 대해 자세히 설명하고 있다. 관련 내용은 부록 3.1.2-6에 정리되어 있다.

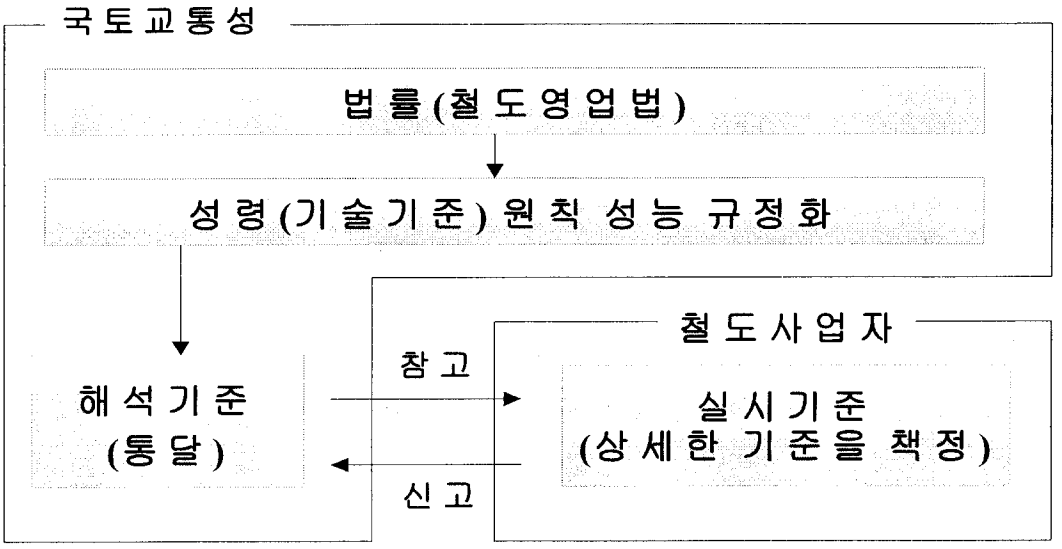


그림 3-1-6 일본 안전 규정 체계

표 3-1-3 일본 "철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령"에서 차량분야의 주요내용

제 1절 차량한계	제 4절 차체 구조 및 차량 장치
제 64조 차량한계	제 75조 관통구 및 관통로의 구조 제 76조 비상구의 구조 제 77조 연결 장치 제 78조 특수한 화물을 운송하는 차량의 구조 제 79조 승무원실의 설비 제 80조·내압 용기 및 그 외의 압력 공급원 및 그 부속 장치 제 81조 차량의 부속 장치 제 82조 차량의 표기
제2절 차량의 중량 등	
제 65조 궤도 및 구조물에 대한 제한 제 66조 안전성	
제3절 차량의 주행장치 등	
제 67조 주행 장치 등 제 68조 동력 발생 장치 등 제 69조 브레이크 장치	
제4절 차체 구조 및 차량 장치	**제 5절 차량의 화재대책 등**
제 70조 차체 구조 제 71조 현저한 소음을 경감하기 위한 구조 제 72조 승무원실의 구조 제 73조 객실의 구조 제 74조 여객용 승강구의 구조	제 83조 차량의 화재대책 제 84조 화재 알림 설비 제 85조 정전시 장치의 기능
	제 6절 단독승무열차의 차량설비
	제 86조 단독승무열차의 차량설비 기준

(나) 일본 공업규격 JIS

일본 공업규격인 JIS는 성령에 기반하여 설계상 안전검토 및 제작기준을 정하고 있으며, 철도에 관련된 JIS 규격 목록은 부록 3.1.2-5에 수록하였다.

다. 미국

(1) 개요

미국의 철도안전에 관한 법률과 규정에는 미국법전(US Code)과 미연방규정(Code of Federal Regulation)이 있다. 표 3-1-4에는 미국법전에 나와 있는 철도안전 관련 항목들을 표시하고 있다.

표 3-1-4 미국법전 49편 운송편

	3부 일반 및 일관수송 프로그램	51장 위험물 수송
미국법전 49편 운송	5부 철도 프로그램 A절 안전	201장 총칙 203장 안전장치 205장 신호시스템 207장 기관차 209장 사건 및 사고 211장 복무시간 213장 벌칙

(2) 미국 안전규정 주관기관

미국 국내에서 철도안전규정의 제정 및 개전에 관한 전반적인 업무는 교통부 산하의 미연방철도청에서 담당하고 있다. 연방철도청의 안전국에서는 400명이 넘는 안전조사관들이 안전규정의 준수여부를 감시하기 위해 철도안전자문위원회(RSAC, Railway Safety Advisory Committee)를 구성하여 안전규정에 대한 철도 관련 단체들의 의견을 수렴하고 있다.

(3) 미국 철도안전 관련 규정

(가) 미국법전

미국법전에서는 Title 49 Transportation의 Subtitle III General and intermodal programs의 51장에는 위험물 수송에 관한 법률을, Subtitle V Rail Programs Part

A Safety에는 201장 총칙, 203장 안전장치, 205장 신호시스템, 207장 기관차, 209장 사건 및 사고, 211장 복무시간, 213장 벌칙 등을 규정하고 있다. 철도차량에 관련된 것은 201장 총칙에서 Passenger cars, automatic train control and related systems, Power brake safety이다.

(나) 교통부 산하 연방철도청 규정

미연방규정집 49편 운송, B부 운송과 관련된 다른 규정, 2장에 100개 항목으로 구분되어 있으며, 이중 철도차량 안전에 관련된 것은 215절에 철도화물차 안전기준, 223절에 유리창 안전기준, 229절에 철도기관차 안전기준, 231절에 철도안전장치 기준, 232절에 화차 및 그 외 승객 비탑승 열차에 대한 제동시스템 및 제동장치 안전기준, 238절에 객차안전기준이 규정되어 있다. 이들 각 규정에 대하여 요약하면 아래와 같다. 철도차량 안전에 관한 미연방 규정들의 세부 목차는 부록 3.1.2-7에 수록하였다.

① 철도화물차 안전기준

철도 화물차에 대한 최소한의 연방안전기준과 결함부품을 장착한 화물차 운행의 금지에 관한 안전요건, 구성요소별 결함기준 및 표준결함 코드 출발 전 조사 절차 제시하고 있다.

② 유리창 안전기준

기관차와 객차 및 승무원차의 창문이 깨져도 승객 및 승무원이 다치지 않도록 하는 유지재료에 대한 최소한의 요구사항과 유리재료에 대한 표준 시험 절차 제시하고 있다.

③ 철도기관차 안전기준

증기기관차를 제외한 모든 기관차에 대한 최소한의 연방안전기준과 일상점검, 정기검사 및 정기검사에서 수행되는 시험에 관한 규정, 일반안전요건 및 장치별 안전요건 및 설계요구조건을 제시하고 있다.

④ 철도안전장치 기준

차량별 핸드브레이크, 브레이크 스텝, 실 스텝, 래더, 손잡이 등의 안전장치에 대한 규정을 제시하고 있다.

⑤ 화차 및 그 외 승객 비탑승 열차에 대한 제동시스템 및 제동장치 안전기준

화차 및 그 외 승객 비탑승 열차의 제동시스템 및 장치에 대한 연방안전기준과 제동시스템에 대한 일반안전요건, 검사 및 시험 요건, 주기적인 유지보수 및 시험

요건, 열차 단부 장치에 대한 설계 및 성능 요구조건, 새로운 제동시스템 기술 도입 절차 제시하고 있다.

⑥ 객차안전기준

객차안전기준에는 충돌, 탈선 및 다른 인명사고를 방지하거나 사고 발생 시 피해를 최소화하기 위한 객차에 대한 최소한의 연방안전기준, 모든 객차에 대한 안전계획 및 일반안전요건(화재안전, 열차 H/W 및 S/W 안전, 검사 및 유지보수계획, 비상조명, 비상창문출구 등), 200kph 이하로 주행하는 객차에 대한 요건(정적 단부강도, 타고오름 방지장치, 연결 장치, 충돌기둥, 전복강도, 측면구조, 유리, 기관차 연료탱크, 전기시스템, 현가장치, 제동장치, 내장재 부착, 출입문, 자동감지 등), 200kph이하로 주행하는 객차에 대한 검사, 시험 및 유지보수 요건, 200kph-240kph로 주행하는 객차에 대한 상세요구사항(충돌에너지제어, 정적압축강도, 타고오름 방지장치, 운전실 전방 및 후방구조, 차량 단부구조, 전복강도, 측면하중, 유리, 연료탱크, 전기시스템, 현가장치, 제동장치, 견인시스템, 내장재 부착, 비상 통신, 출입문, 비상용 지붕 탈출구, 전조등, 자동감지 등), 200kph-240kph로 주행하는 객차에 대한 검사, 시험 및 유지보수 요건, 200kph-240kph로 주행하는 객차에 대한 상세 안전계획을 규정하고 있다.

(다) 연방기록대장(FR, Federal Register)

연방철도청이 새로 개정하거나 재정한 철도안전에 관한 규정들을 등재하고 있다.

철도차량 안전규정 관련 미국규정을 검토하여 그 체계를 정리하면 그림 3-1-7과 같다.

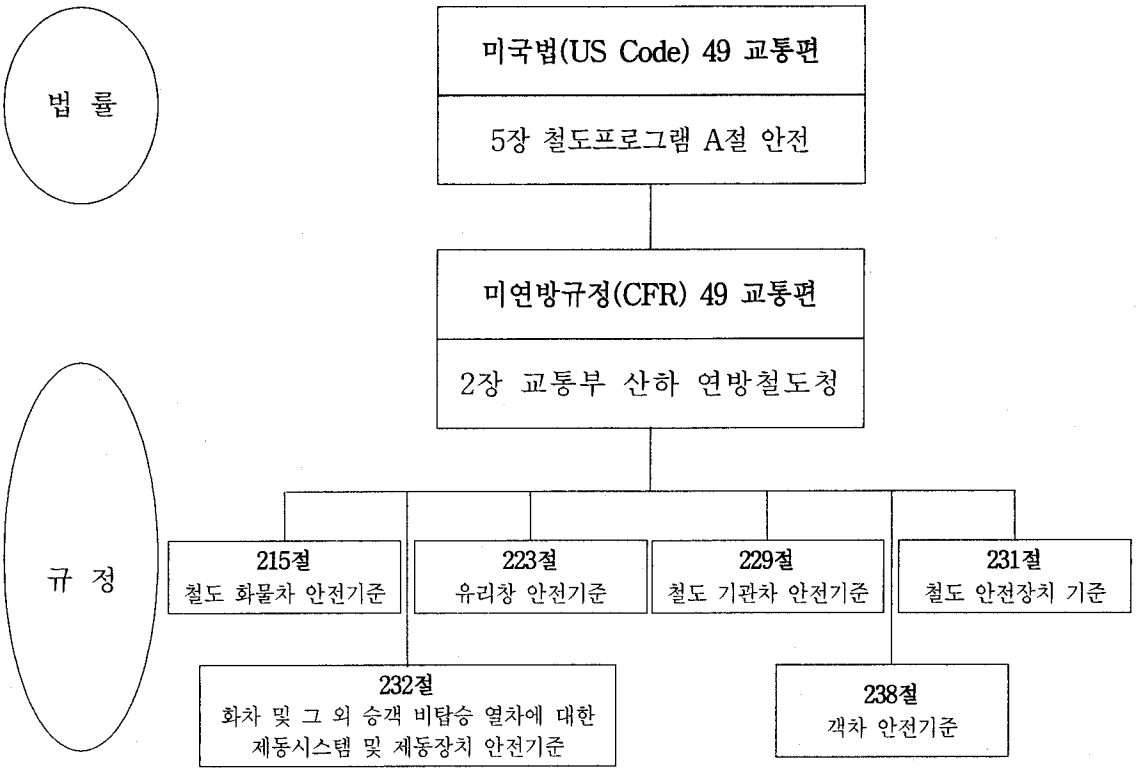


그림 3-1-7 미국 철도차량 안전규정체계

라. 호주

(1) 개요

호주의 철도안전법은 각 주별로 별도의 법체계를 가지고 있으나, 2004년 ITSRR에서 작성된 Improving the Regulatory Framework for Rail Safety in Australia에 따르면 호주 철도안전에 대한 통합기준안의 필요성을 보여주고 있으며, 현재 호주철도연합에서는 철도안전기준에 대한 작업이 진행 중에 있다. 호주는 각 주별 상이한 법체계를 가지고 있으나 철도 표준기준인 AS(Australian Standard) 4292의 내용을 따르는 것으로 합의되어 있으며 철도안전의 요구사항이 커짐에 따라 AS4292의 내용을 구체화한 Rolling Stock Code의 작업이 완료되어 현재 검토단계에 있다.

(2) 호주 안전규정 주관기관

호주는 각 주별로 상이한 기준 하에서 운영되지만 철도의 안전을 보장하기 위하여 ITSRR(Independent Transport Safety and Reliability Regulator)과 같은 주

별 협의체의 협의 및 연계를 통한 연방 철도안전에 대한 업무를 수행하고 있다.

(3) 철도안전에 관한 법률 및 규정

(가) 호주 철도안전규정

호주의 철도안전법과 각 주의 안전규정 구조는 그림 3-1-8와 같다. 각 주에 따라 별도의 규정이 존재하나, 철도안전관리표준 AS 4292(Railway Safety Management Standard AS 4292)를 기준으로 삼고 있다.

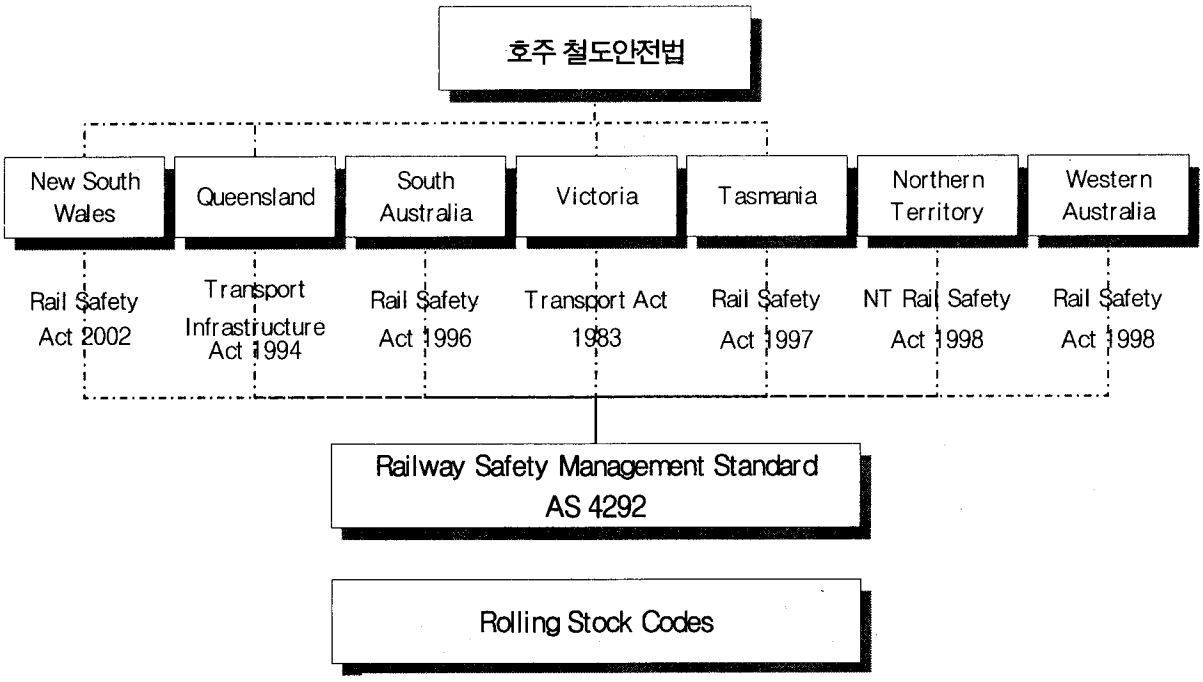


그림 3-1-8 호주의 철도안전규정

호주의 철도안전관리표준 AS 4292(Railway Safety Management Standard AS 4292) 구성은 그림 3-1-9과 같으며, 이 중 3부 차량분야(Part 3 Rolling stock code)에서 차량에 대한 기술적 안전사항을 제시하고 있다. 3부 차량분야의 구성목록은 부록 3.1.2-8에 수록하였다.

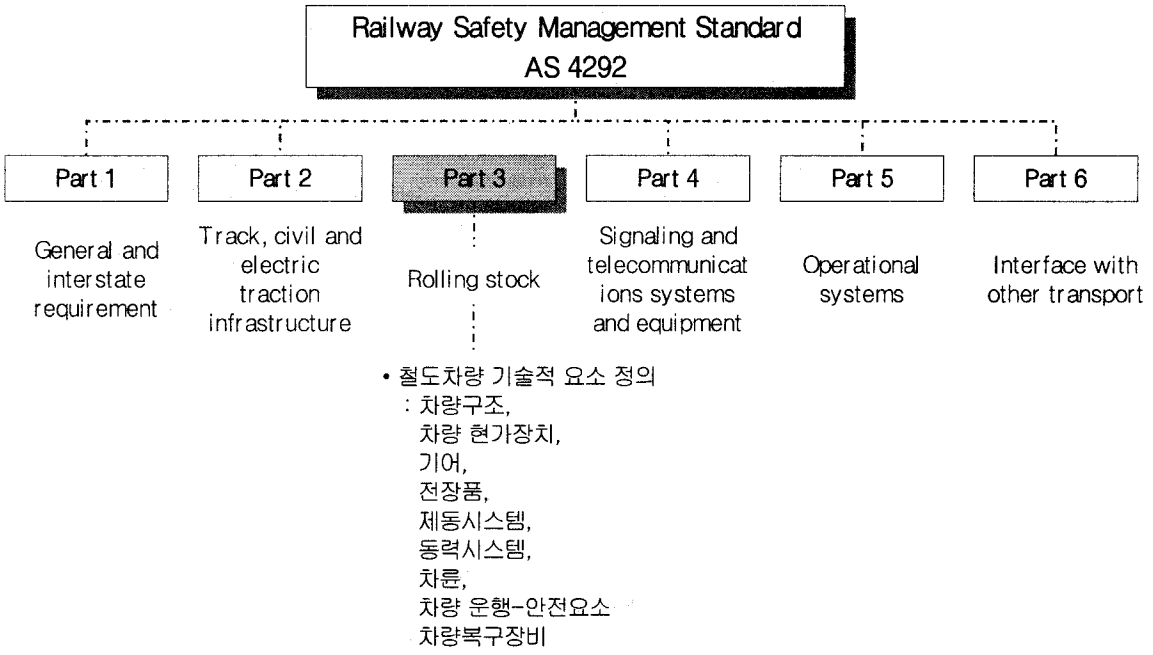


그림 3-1-9 호주의 철도안전 국가규격

마. 독일

(1) 개요

독일철도의 특징을 간략하게 요약하면, 첫째는 독일철도산업은 개방되어 있다는 것으로 AEG(유럽철도법, 1994, Allgemeines Eisenbahngesetz)에 의거하여 EU 회원국 시민중 면허를 갖고 있다면 누구나 수송서비스와 철도 인프라운영에 참여할 수 있도록 보장되어 있다는 것이다. 단, 철도건설·운영규정(EBO)에 준수하도록 규정하고 있다. AEG는 인프라 또는 수송서비스가 국가적 차원에서 간주되든 지역적 차원에서 간주되든간에 상관없이 철도서비스의 허가와 감독을 독점적으로 규제한다.

(2) 독일 안전규정 주관기관

독일의 철도는 연방철도청(Eisenbahnbundesamt. EBA)에서 국영철도인프라와 수송서비스의 안전과 능력에 대한 책임을 두고 있다. EBA에서는 2가지 규정에 의해 관리되고 있다. 먼저 지하철과 고가를 다니는 철도는 경량철도의 건설규정인 BOStrab에, 중량철도는 철도건설·운영규정에 의한다. 안전에 대한 법체계도 이에 포함된다.

(3) 철도안전에 관한 법률 및 규정

독일은 철도사업에 대한 필요조건으로 국내법이 아닌 유럽철도법(AEG)을 제시하고 있다. 그리고 이를 기반으로 한 규정인 철도건설/운영규정(EBO)를 준수하도록 규정하고 있다. 하지만, 법령에서, 중량철도와 경량철도는 구분된다. AEG는 오직 '중량철도'에만 적용되는 반면 지하철과 고가철도는 철도이외의 다른 수단으로 영리적 승객 수송에만 적용되는 연방승객수송조례(Personebeforderungsgesetz, PBefG)의 범위로 구분된다. 따라서, 이러한 종류의 경량철도에 대한 허가 절차는 AEG의 6장에 의해서가 아닌 연방승객수송조례의 9장에 의해 결정된다.

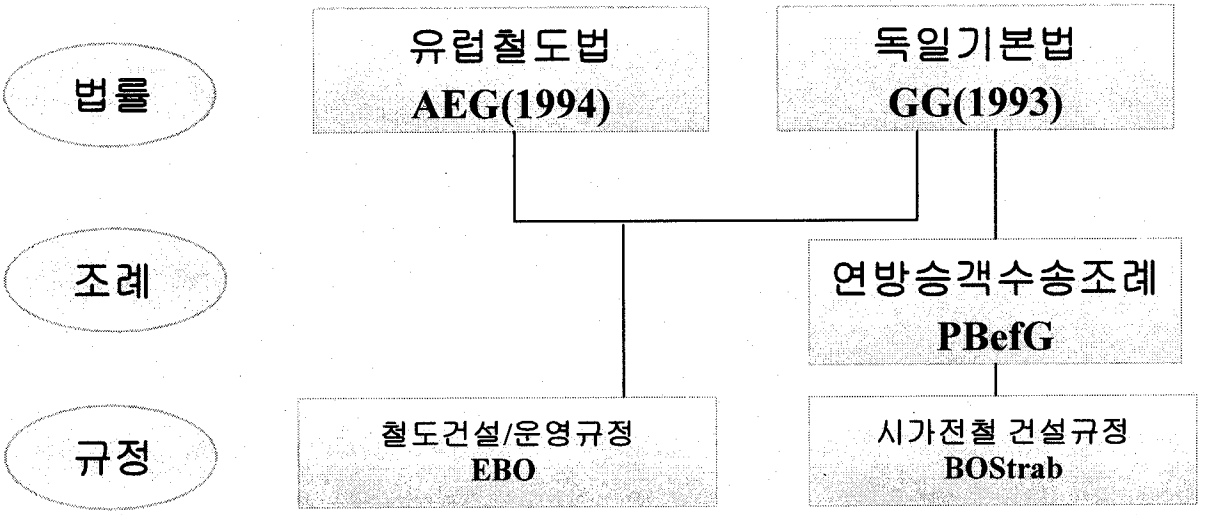


그림 3-1-10 독일 철도관련 규정트리

바. 유럽공동체(EU)

(1) 개요

대부분의 유럽공동체 회원국들이 각각의 국내 규정을 가지고 있지만, 철도가 전 유럽지역에 걸쳐 발달해 있어, 기술적 호환성의 확보가 절실한 환경특성상 최근 유럽 전체의 공통 규격을 만들기 위한 작업이 활발히 진행되고 있다.

(2) 유럽공동체(EU) 안전규정 주관기관

철도관련 유럽규격의 통합작업에는 국제철도연맹(UIC, International Union of Railway), 유럽표준위원회(CEN, European Committee for Standardization), 유럽

전기기술표준위원회(CENELEC, European Committee for Electortechnical Standardization), 유럽통신표준협회(ETSI, European Telecommunications Standard Institute), 유럽철도상호운영협회(AEIF, European Association for Railway Interoperability) 등이 참여하고 있다. 특히, 철도차량의 안전과 관련해서는 충돌, 화재와 같은 중대사고에 대한 피해저감기술기준의 통합화가 진행되고 있는데, 이는 1990년대 후반부터 유럽공통체의 연구개발자금으로 진행된 SAFETRAIN 프로젝트(1997-2001), SAFETRAM 프로젝트(2001-2004), TRAINSAFE 프로젝트(2002-2004), FIRESTARR 프로젝트(1997-2000) 등의 연구결과를 바탕으로 하고 있다.

(3) 철도안전에 관한 표준 및 규정

철도차량의 안전과 관련된 대표적인 유럽기준으로 유럽표준위원회(CEN)에서 담당하고 있는 유럽규격(EN, Euro Norms) EN 12663 "Railway Applications - Structural Requirements of Railway Vehicle Bodies", prEN 45545 "Fire protection on railway vehicles"와 유럽철도상호운영협회(AEIF)에서 담당하고 있는 "Technical Specifications for Interoperability(TSI)" 등이 있다.

철도차량의 구조요건을 다루고 있는 EN 12663은 유럽표준위원회(CEN) TC256 실무작업팀(WG, Working Group)이 담당한 것으로 2000년에 처음 공포되었고, 현재는 CEN TC256 WG2에서 SAFETRAIN 및 SAFETRAM 프로젝트의 연구결과를 충돌안전도 부분에 반영하는 작업을 수행하고 있다.

철도차량용 재료 화재안전 통합기준인 prEN 45545는 영국, 프랑스, 독일 등 유럽 주요 국가들이 공동으로 참여한 FIRESTARR 프로젝트(철도차량 재료 화재안전 통합기준 선정 프로젝트)의 연구결과를 바탕으로 마련된 것으로 현재는 정식유럽표준 EN의 전 단계인 prEN 상태이지만, 늦어도 2006년까지는 유럽정식표준으로 채택될 것이다.

유럽철도상호운영협회(AEIF)에서 담당하고 있는 TSI는 고속철도와 일반철도로 나뉘어져 있는데, 고속철도에 관한 TSI는 이미 2002년에 채택되었고, 일반철도에 관한 TSI는 지금 현재 준비 중에 있다. 고속철도에 대한 TSI의 차량편에는 SAFETRAIN 프로젝트의 연구결과가 그대로 반영되어 충돌사고 시나리오 선정, 충돌 에너지 흡수구조, 충돌 가속도 등에 관한 규정이 제시되어 있다.

3. 문제점 비교분석

가. 현행 안전규정의 현장적용 문제점 분석

철도차량 안전기준에 관한 규칙 및 기준이 제정되어 철도운영기관등이 철도차량의 안전관리업무를 수행하고 있으나, 철도운영기관에서 요구한 사항을 종합·분석한 결과 현행 안전규정의 현장적용시 다음과 같은 문제점이 있는 것으로 나타났다.

(1) 내부규정 관련 조항(제5조)

(가) 현행 조문

> **제5조(내부규정)**
>
> ① 철도운영자 및 철도시설관리자(이하 "철도운영자등"이라 한다)는 이 규칙에서 정하는 철도차량의 안전기준을 확보하기 위하여 필요한 세부기준 및 절차의 시행에 필요한 내부규정을 정하고 이를 준수하여야 한다.
>
> ② 철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 내부규정을 정하거나 이를 변경하고자 하는 경우에는 철도차량과 철도시설과의 연계성·적합성 등에 대하여 상호 검토·협의하여야 한다.
>
> ③ 철도운영자등은 내부규정을 정하거나 이를 변경하고자 하는 경우에는 건설교통부장관에게 이를 제출하여야 한다.
>
> ④ 건설교통부장관은 철도운영자등이 정한 내부규정이 이 규칙과 제4조의 규정에 의한 세부기준에 적합한 지의 여부를 검토여야 하며, 그 검토 결과 적합하지 아니하다고 인정되는 경우에는 철도운영자등에게 내부규정의 보완 또는 변경을 요구할 수 있다.

(나) 내부규정 관련 문제점 및 개선안

현행 규정에 따르면 철도운영자등은 철도차량 안전기준을 확보하기 위하여 필요한 세부기준 및 절차의 시행에 필요한 내부규정을 정하거나 이를 변경하고자 하는 경우에는 건설교통부장관에게 제출하여야 한다. 그러나 대부분의 도시철도운영기관은 이 조문에 해당하는 내부규정이 없는 것으로 자체 판단하여, 현재까지

어느 철도운영기관도 내부규정을 제출하지 않고 있다. 다음은 한국철도공사 철도안전관리규정이며, 이에 따라 내부규정을 정하고 있음을 알 수 있다.

> 한국철도공사 철도안전관리규정 (전부개정 2007.9.11, 제2007-71호)
> 제42조(철도차량의 유지관리) 광역사업본부장 또는 기술본부장(차량기술단장)은 법 제26조제2항의 규정 및 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」에 따라 철도차량의 안전기준을 확보하기 위하여 필요한 세부기준 및 절차의 시행에 필요한 내부규정을 따로 정하고 해당 소속장으로 하여금 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리하도록 하여야 한다.

철도운영기관은 신규차량 발주시 동 규칙에서 정한 안전기준을 만족하도록 철도차량 제작사양서를 작성하고, 철도차량 유지관리계획과 철도안전법 제7조에 의한 안전관리규정을 건설교통부장관에게 제출하여 이 중 안전관리규정은 건설교통부장관의 승인을 받고 있다. 이처럼 본 규칙을 만족하기 위하여 철도운영자등이 작성하는 내부규정은 실제로 많이 있지만 제출한 경우가 없어 종합안전심사 과정에서 이에 대한 논란이 계속되고 있다.

도시철도 차량안전기준에 관한 규칙이나 철도시설 안전기준에 관한 규칙에는 본 조문처럼 내부규정을 정하고 이를 건설교통부장관에게 제출하도록 하는 규정이 없다. 따라서 본 규칙에서 내부규정의 제출 및 적정성 검토조항(제3항과 제4항)은 삭제하여 법령의 불명확한 부분을 해소하고, 삭제되는 내부규정의 적정성 및 준수여부 등은 행정기관의 안전점검, 철도안전법 제9조의 종합안전심사, 사고발생시 사고조사 등의 과정에서 확인하여 철도안전을 확보하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 또한 철도안전법령에 따라 건설교통부 장관의 승인을 받고 있는 안전관리규정, 건설교통부에 제출하는 철도차량 유지관리계획 및 관련 내부규정에 따라 철도운영기관이 자율적인 철도안전관리체계를 수립하여 이행하도록 한다.

(2) 화재발생의 예방에 관한 조항(제9조)

(가) 현행 조문

제9조(화재발생의 예방)

① 객차등의 차체 및 실내설비는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 불에 타지 아니하는 재료(이하 "불연재료"라 한다)를 사용하여야 한다.

1. 철·구리·알루미늄·스테인리스 등 금속이나 유리 등 무기질 재료
2. 국제표준화기구(International Organization for Standardization)에서 정한 시험방법 ISO 1182 또는 한국산업규격에서 정한 시험방법 KS F ISO 1182에 의하여 시험한 결과 시료(試料)의 연소에 의한 추가온도상승이 섭씨 50도 이하인 재료
3. 국제표준화기구에서 정한 시험방법 ISO 4589-2 또는 한국산업규격에서 정한 시험방법 KS M ISO 4589-2에 의하여 시험한 결과 산소지수(Limited Oxygen Index)가 70 이상인 재료

② 객차등의 실내설비 중 내장판·의자·통로연결막·바닥재·단열재는 제1항의 규정에 의한 불연재료 또는 건설교통부장관이 인정하는 규격에 적합한 재료가 사용되어야 한다.

③ 객차등의 실내설비(제2항의 규정에 의한 실내설비를 제외한다)의 성질상 불연재료를 사용할 수 없는 경우에는 국제표준화기구에서 정한 시험방법 ISO 4589-2 또는 한국산업규격에서 정한 시험방법 KS M ISO 4589-2에 의하여 시험한 결과 산소지수가 24 이상인 재료를 사용하거나, 한국산업규격 또는 국제적으로 인정된 시험방법에 의한 연소성 시험에 합격한 재료를 사용하여야 한다.

④ 객차등의 실내·외에 부착하는 액자형 광고틀·광고물 보호덮개·광고물지지대 등은 제1항의 규정에 의한 불연재료를 사용하여야 한다. 다만, 광고물의 성질상 불연재료를 사용할 수 없는 경우에는 제3항의 규정에 의한 재료를 사용할 수 있다.

⑤ 객차등에 설치되는 실내설비의 단위당 무게가 100그램 이하이며, 단위미터 또는 단위제곱미터 당 200그램 이하인 경우에는 제1항·제3항 및 제4항의 규정을 적용하지 아니할 수 있다.

⑥ 차체에 배선되는 전선은 제3항의 규정에 의한 재료 또는 전선의 성능을 고려한 난연(爛然)규격을 적용하고, 필요한 경우 전선관 또는 차단막으로 보호되어야 한다.

⑦ 제동시 발생하는 불꽃으로부터 주위의 전선 및 장비가 보호되어야 한다.

⑧ 불꽃 발생 및 발열의 위험이 있는 기기는 일정한 간격으로 분리되어 설치하고, 필요한 경우 그 사이가 절연되거나 제1항의 규정에 의한 불연재료로 된 차단막이 설치되어야 한다.

⑨ 차체의 하부틀(Under frame) 아래를 지나는 배관 및 전선은 차체바닥으로부터 기름 또는 인화성 물질이 침투하지 못하도록 설치되어야 한다.

⑩ 동력차·특수차 등의 연료탱크는 화재와 불꽃으로부터의 위험이 최소화되는 위치에 설치되고 보호되어야 한다.

(나) 화재위험이 높은 부품에 대한 난연규격 강화

철도차량에 사용되는 전선은 제3항의 규정에서 제시되는 난연규격을 적용한다.(제6항 규정 참조) 그러나, 철도차량의 화재에서 전선으로 인해 유발되는 화재사고의 빈도 및 영향이 지대한 것으로 판단되므로 일반적으로 사용되는 전선의 난연규격보다 강화된 기준이 필요한 것으로 판단된다. 기존 사고사례에 미루어 볼 때, 내장판, 의자, 통로연결막, 바닥재, 단열재 등에 대해서는 보다 강화된 별도의 화재안전기준의 적용이 필요할 것으로 판단된다.

이에 대한 개선방안으로 우선, 철도차량의 실내설비에 전선을 포함시키고, 화재안전기준의 준수기준을 마련할 필요가 있다. 철도차량 안전기준에 관한 지침에 철도차량에 사용되는 전선의 화재성능 세부기준(시험대상 품목, 시험항목, 시험대상 품목 및 항목별 화재안전기준 등을 마련하여 추가할 필요가 있다. 현재 철도기술연구원에서 진행되고 있는 철도차량용 전선에 대한 화재성능 세부기준 수립을 위한 연구결과를 활용할 필요가 있으며 관련 내용은 아래와 같다.

□ 전선에 대한 화재성능 세부기준

가. 시험항목

(1) 수직화염전파거리

시편의 연소에 의하여 손상된 거리를 말하며 시험방법은 IEC 60332-3

이하의 규격에 따른다.

(2) 연기밀도(Ds)

연기밀도(Ds, Density of smoke)라 함은 시료의 연소시 발생하는 연기의 양을 빛의 투과율 변화를 이용하여 측정한 값으로 시험방법은 IEC 61034에 의한다.

(3) 독성지수(R : Index of Toxicity)

독성지수(R)는 규정된 시료의 연소시 발생된 주요 가스(CO2, CO, HF, HCl, HBr, HCN, NO2, SO2)의 농도를 기준값과 비교한 지수를 말하며 시험방법은 NF X 70 100 방법에 의한다.

나. 시험대상 품목

철도차량에 적용되는 신호제어용 및 동력전달용 내 외장 전선을 대상으로 한다.

다. 시험대상 품목별 합격기준

(1) 아래 [표8]를 만족 하거나, BS 6853 - Category Ia 또는NF F 16 101- Category A1 기준을 만족해야 한다.

[표8] 철도차량 위험등급별 전선 화재시험 기준

품 목		시험방법	시험항목	합격기준			
				위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
전선	내부용	IEC 60332-3-24	수직화염전파 (연소거리; m)	Pass	Pass	Pass	Pass
		IEC 61034	연기밀도 (투과율; %)	25	50	50	70
		NF X 70-100-1	R	3.6	2.7	1.6	1.6
	외부용	IEC 60332-3-24	수직화염전파 (연소거리; m)	Pass	Pass	Pass	Pass
		IEC 61034	연기밀도 (투과율; %)	N.C	25	50	50
		NF X 70-100-1	R	N.C	3.6	2.7	2.7

*N.C : No Criteria

(2) 내부와 외부를 관통하는 전선의 경우 내부 기준을 만족해야 한다.

(3) 특수케이블(집전장치 고압전선, 데이터버스 케이블)의 경우 위의 화재시험기준에서 제외한다.

(다) 차체의 복합소재 적용을 감안한 화재안전기준 제정

현재의 안전기준안은 객차 등의 차체에는 불연재를 사용하도록 명시되고 있다.(제1항) 그러나 제2조 제9호에서는 차체를 여객이 탑승하거나 화물 및 운전용기기 등을 적재하는 철도차량 부분의 총칭으로 규정하고 있다. 따라서 현재 국내에서 개발되고 있는 복합소재의 적용이 원칙적으로 불가능하다. 현재 철도차량의 기술개발에 있어 경량화를 위해 복합소재는 중요한 역할을 하고 있고, 미래에도 핵심적인 기술추세가 될 것으로 판단되며, 복합소재의 활용을 규정에서 원칙적으로 배제할 경우, 해외 기술경쟁력 저하 등 부정적인 결과가 예상된다. 또한 이미 국내에서 새롭게 개발되고 있는 철도차량의 경우 이미 복합소재를 활용이 진행되는 경우도 존재한다. 따라서, 차체에 대한 복합소재의 적용을 조문에서 원칙적으로 배제하지 않고, 불연재가 아닌 소재를 사용하는 경우에 대해 철도차량의 화재에 대한 안전기준을 제정할 필요가 있다.

이에 대한 개선안으로, 아래에서 제시된 바와 같이, 차체를 차체구조와 외장재로 구분하여 각각에 대한 화재안전기준을 제정하는 방안이 있다.

제9조(화재발생의 예방) ① <생략>

② 객차등의 실내설비 중 내장판·의자·통로연결막·바닥재·단열재·전선과 차체 중 차체구조 및 외장재는 제1항의 규정에 의한 불연재료 또는 건설교통부장관이 인정하는 규격에 적합한 재료가 사용되어야 한다.

③-⑤ <생략>

⑥ 차체에 배선되는 전선은 필요한 경우 전선관 또는 차단막으로 보호되어야 한다.

□ 차체 화재성능 세부기준

차체 화재성능 세부기준은 [표9]와 같다

품 목		시험방법	시험항목	합격기준			
				위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
차체 구조	바닥	BS 476-20 or ASTM E 119	내화성능	Pass	Pass	Pass	Pass
	단부	BS 476-20 or ASTM E 119	내화성능	Pass	Pass	Pass	Pass

	지붕	BS 476-20 or ASTM E 119	내화성능	Pass	Pass	Pass	Pass
외장재	차체 외장, 전두부마스크	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	(24)	(28)	(28)	(28)
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	(5)	(10)	(10)	(10)
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	(400)	(200)	(200)	(200)
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	(3.2)	(2.7)	(2.7)	(2.7)

* Pass : 성능기준은 차열(온도)기준과 차염기준으로 검토 중임
* 외장기준은 현재 통로연결막 기준으로 준하는 것으로 검토 중임

- 표안의 성능기준값을 작성하기 위하여 다음과 같은 사항의 검토가 요구됨
  > 외장재 및 차체 화재사고 분석 및 화재시나리오 설정
  > 내화성능 시험방안 선정(위치별 시편크기 및 형상 포함)
  > 차체 재료별, 구조부위별 내화성능 시험 수행

- 철도기술연구원 연구사업 내에서 검토 진행 중임

(3) 화재발생시 진압설비에 관한 조항(제13조)

(가) 현행 조문

제13조(화재발생시 진압설비)

① 철도차량에는 건설교통부장관이 정하는 기준에 따라 소화기가 비치되어야 한다. 다만, 위험도분석 결과에 따라 필요한 경우에는 추가로 설치하여야 한다.

② 제1항의 규정에 의한 소화기는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 일반화재·유류(油類)화재 및 전기화재 모두를 진압할 수 있을 것
2. 소화기의 사용적정압력은 섭씨 20도에서 제곱센티미터 당 8킬로그램 이상 10킬로그램 이하일 것
3. 방사거리는 3미터 이상일 것
4. 방사시간은 방사거리를 15초 이상 유지할 수 있을 것

③ 소화기는 승무원 또는 여객이 용이하게 접근하여 사용할 수 있는 위치에 비

치되어야 한다.

④ 소화기 인근에는 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률」에 의하여 고시하는 화재안전기준에 적합한 축광위치표지(이하 "축광위치표지"라 한다)로 소화기의 위치와 화재발생시 사용방법 등을 표시한 표지를 부착하여야 한다.

⑤ 위험도분석 결과 필요하다고 인정되는 철도차량에는 자동으로 화재를 진압하고 이를 운전실에서도 작동시킬 수 있는 자동 화재진압설비가 설치되어야 한다.

(나) 소화기 방사시간 규정에 따른 문제점

현행 조문에서는 소화기의 방사시간을 15초로 규정하고 있다.(제2항) 실제로 시중에서 유통되는 상용품의 경우 소방방재청 고시 제 2005-54호(수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준 : 2005. 8. 10)의 제19조의 방사성능 항목에 의거하여 최소 8초 이상의 제품으로 제작/판매되고 있다. 이는 현행 철도차량 안전기준에 관한 규칙을 만족하지 못하기 때문에 철도운영기관 및 제작기관은 상용품을 구매하여 적용하지 못하고 별도 제작하고 있으며 이에 대한 비용상승 등이 발생하고 있다.

현행 조문의 소화기 방사시간이 15초 이상을 유지해야하는 명확한 근거나 사유가 존재하지 않으므로 이를 삭제하여 철도운영기관 및 제작기관에 대한 불필요한 부담을 경감시킬 필요가 있다.

(다) 소화기 성능기준과 용량 관련 개정 요구

철도차량 안전기준에 관한 지침 제5조(철도차량의 소화기 설치)에서 소화기의 설치 세부기준을 정하여 차종별, 설치장소별로 소화기의 용량과 설치수량을 제시하고 있어, 철도차량용 소화기에 대하여 규칙에서는 성능기준을, 지침에서는 설치위치별 용량과 수량을 규정하고 있어 운영기관에서는 소화기의 성능기준과 용량에 대한 개정을 요구하고 있다.

수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준 (소방방재청고시 제2005-54호 ; 2005.8.10)

제19조(방사성능) 소화기는 정상적인 조작방법으로 방사할 때 그 성능이 다음 각호에 적합하여야 한다.

1. 방사조작완료 즉시 소화약제를 유효하게 방사할 수 있어야 한다.
2. 섭씨 20±2도에서의 방사시간은 충전소화약제의 중량이 700그램 미만인 것은 5초 이상, 700그램 이상 1킬로그램 이하인 것은 6초 이상, 1킬로그램을 초과하는 것은 8초 이상이어야 한다.
3. 방사거리가 소화에 지장 없을 만큼 길어야 한다.
4. 충전된 소화약제의 용량 또는 중량의 90퍼센트(약제의 중량이 700그램 미만인 것은 85퍼센트)이상의 양이 방사되어야 한다.

소화기의 방사시간 및 형식승인 및 검정기술기준에 대한 규정으로 대체할 경우, 현행 조문을 다음과 같이 대체할 것을 제안한다.

제13조(화재발생시 진압설비) ① <생략>

②제1항의 규정에 의한 소화기는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1-3. <생략>

4. 그 밖의 사항은 「수동식소화기의형식승인및검정기술기준」에 적합할 것

(4) 축중 등에 관한 조항(제24조)

(가) 현행 조문

제24조(축중 등)

정차상태에서 철도차량의 축중 등은 다음 각 호의 기준을 만족하여야 한다.

1. 고속철도차량 : 17톤 이하
2. 일반철도차량
   가. 기관차 : 25톤 이하
   나. 기관차 외의 철도차량 : 연결기 양단의 연결면 사이의 1미터 당 평균중량은 7톤 이하, 축중은 24톤 이하

(나) 축중 관련 문제점 및 개선방안

현행 조문에 따르면 일반철도차량의 경우 차량 연결기 양단의 연결면 사이의 1미터당 평균 중량은 7톤 이하, 축중은 24톤 이하로 규정되어 있지만, 일부 전용철도 구내에서는 위 규정을 만족시키지 못하는 철도차량이 운행 중이다. 이후에도 특수차량의 구매 및 운행이 지속될 예정이기 때문에 관련 규정의 개정이 필요하다. 전용철도 구내에서만 사용되는 특수차에 단서조항을 신설하여 본 철도차량 안전기준의 적용성을 향상시켜야 할 것으로 판단되며, 구내의 시설물이 해당 축중을 가진 차량이 안전에게 운행될 수 있는 환경이 필요하므로 이를 고려한 개정이 되어야 한다.

대표사례로 살펴볼 수 있는 포항제철에서 운행 중인 혼선차(TLC : Topedo Ladle Car)의 제원은 아래와 같다.

○ 혼선차(TLC : Topedo Ladle Car) 제원

TLC는 포항제철등 제철회사의 고로공장에서 생산되는 용선을 저선하여 제강공장까지 운반하고 제강공장 정기수리 시에 용선을 일시 저선, 탈인, 탈규, 탈황작업이 가능한 용선 수선차이다.

※ 포항제철 TLC 도입현황

구 분	3기	4기	4기2차	주물선	코랙스	파이닉스	계
수량	21	21	4	4	4	10	64대
도입년도	1978.12	1981.02	1983.05	1989.12	1995.11	2006.7	
Maker	NSC	NSC	NSC	현대중공	기아중공	현대중공	

※ 포항제철 TLC 주요 제원

항 목	3기~4기2차	주물선,파이닉스	코랙스
공급수량	46대(320-01호~46호)	14대(320-47호~50호, 320-55호~64호)	4대(320-51호~54호)
형식	○양단 밀폐형 ○다축복식 Bogie (4-Wheel-Bogie×4	좌 동	좌 동

	Bolster Spring Type)		
저선용량	○New Lining시 320+0-5% (94%Charge시.비중6.5기준) ○Worn Lining시 : 400Ton (Skull량 포함)	좌 동	좌 동
차체 중량 (Lining제외)	약 159Ton	좌 동	좌 동
차량의 주요칫수	25,000*4,500*3,700	좌 동	좌 동
공차시 차량높이	4,500mm (노체 직립시, Spout Cover없을 시)	좌 동	좌 동
공차시 차량폭	3,700mm	좌 동	좌 동
차량전장	25,000mm(연결면간)	좌 동	좌 동
공차시 Rail 상단에서Coupler 중심까지의 높이	890mm	좌 동	좌 동
차.사용조건			
Rail궤간	1,435mm	좌 동	좌 동
사용 Rail	60kg/m	좌 동	좌 동
자축하중	약40Ton	좌 동	좌 동
폭 제한	3,700mm	좌 동	좌 동
최소곡률반경	120m	좌 동	좌 동
최대선로 구배	3/1000	좌 동	좌 동
운행속도	최대 15km/Hr	좌 동	좌 동

Vessel은 양단 원추형의 Torpedo형식으로 중앙의 원통부분의 외경 3700mm를 갖는다.

대차는 16윤축 8대차로 구성되며 기관차로써 차량을 견인할 수 있도록 상작용식 Shibata형식의 Coupler가 Rail상면에서 890mm Coupler중심간 거리 25m거리에 있으며 대차의 배열과 Wheel Base는 최소곡율 반경에 원활한 운전이 가능하도록 되어 있다.

전용철도구간에서 운용 중인 특수차량의 운영실태를 반영하기 위해, 규칙 제24조(축중 등) 규정에 "선로 등 철도시설이 안전한 조건의 전용철도 내에서 운행하는 철도차량의 경우에는 그러하지 아니 할 수 있다" 단서조항을 부가할 필요가 있다.

제24조(축중 등) 정차상태에서 철도차량의 축중 등은 다음 각 호의 기준을 만족하여야 한다.

1. 고속철도차량 : 17톤 이하

2. 일반철도차량

가. 기관차 : 25톤 이하

나. 기관차 외의 철도차량 : 연결기 양단의 연결면 사이의 1미터 당 평균중량은 7톤 이하, 축중은 24톤 이하. 다만, 선로 등 철도시설이 안전한 조건의 전용철도 내에서 운행하는 철도차량의 경우에는 그러하지 아니 할 수 있다.

(5) 차륜 관련 조항(제54조)

(가) 현행 조문

제54조(차륜)

① 차륜은 일체형 구조로 제작되어야 한다. 다만, 철도차량의 종류 및 특성상 불가피한 경우에는 그러하지 아니하다.

② 차륜의 직경은 차륜 한 쌍의 중심선으로부터 750밀리미터의 거리에 있는 답면(열차주행시 레일면과 직접 접촉하는 부분을 말한다. 이하 같다)에서 측정하여 768밀리미터 이상이어야 한다. 다만, 동력차 및 특수차의 직경은 그러하지 아니하다.

③ 차륜의 폭은 130밀리미터 이상 150밀리미터 이하이어야 한다.

④ 차륜의 두께는 19밀리미터 이상이어야 한다.

⑤ 차륜 한 쌍의 내면거리는 1천352미리미터 이상 1천356밀리미터 이하이어야 한다.

⑥ 차륜의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다.

(나) 차륜에 대한 비파괴검사 관련 문제점

고속철도차량(KTX)의 경우 차륜의 내부결함을 확인하기 위한 정기적인 비파괴검사를 수행하고 있다. 이는 고속철도 차량차륜관리기준 (차량내규 제7호)로 규정된 내용이며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

고속철도차량차륜관리기준 (차량내규 제7호)

제8조(고속차량 차륜 초음파 탐상기준) 고속철도차량 차륜의 초음파 탐상기준은 관련 유지보수 지침서에 따른다.

유지보수 지침서 (2410-130 ; SWT)

유지보수 기술설명서 (2310-624)

그러나, 고속철도차량이 아닌 일반차량의 경우 정기적인 차륜 비파괴검사가 수행되고 있지 않다. 이는 차량제작사가 차량공급시 제공하는 유지보수지침서 또는 정비지침서 등에도 권장되는 내용이 아니다.

영국의 경우 철도차량의 안전기준(GM/RT2466 ; 2003.6월)에서는 휠셋에 대한 비파괴검사를 하도록 되어 있지만, 이에 대한 본문내용 및 부록9의 기록양식을 검토해보면 차륜이 아닌, 차축에 대한 검토양식임을 알 수 있다.(부록 3.1.2-9 참조)

현행 철도차량 안전기준에 관한 규칙은 철도차량을 점검·보수의 유지관리 과정에서 대차프레임과 마찬가지로 차륜의 내부결함을 방지하기 위해 차륜의 비파괴검사를 하도록 하고 있으나, 한국철도공사의 고속철도차량(KTX)을 제외하고는 모든 운영기관에서 차륜에 대한 비파괴검사를 운영 중 유지보수 기간동안 시행하지 않고 있다.

따라서 철도운영기관의 운영 중 유지보수 현황을 고려하고, 철도선진국의 철도차량의 안전기준을 참고하여 본 조문의 삭제 또는 보완하는 방향으로 개선이 필요하다. 다만 각 운영기관의 차륜관련 사고사례를 파악하여 검토한 후에 결정되어져야 한다.

(6) 운전자 보안장치 등에 관한 조항(제83조)

(가) 현행 조문

제83조(운전자 보안장치 등)

① 운전실에는 운전자 보안장치(운행중 철도차량운전업무종사자의 졸음·질병 및 부주의 등으로 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위한 장치를 말한다)가 설치되어야 하며, 철도차량운전업무종사자가 적절하게 반응하지 아니하는 경우 철도차량을 비상으로 정지시킬 수 있어야 한다.

② 동력차(동차의 경우에는 제어차에 한한다)에는 운행속도·시간·거리 등 운행중 열차의 주요정보를 연속적으로 저장하는 기록장치를 갖추어야 한다.

(나) 운행기록 보관 관련 조문 추가 필요성

이전에는 운행기록자료의 보관에 대한 규정이 존재하지 않았으나, 2006.12월 개정된 교통안전법에 교통수단에 운행기록장치 등을 장착하여야 하는 교통수단운영자는 운행기록등을 일정기관 보관하도록 규정되었다. 철도운영기관 중 일부는 내부규정으로 보관기간으로 정하고 있었으나 관리하고 있었으나, 그 외 기관은 관련 내부규정이 없어 사고 또는 운전장애의 경우를 제외하고는 별도 보관하고 있지 않다.

한국철도공사 철도차량 관리지침 (개정 2006. 6. 29. 제2006-100호)
제2조(용어정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.
12. '운행정보기록체'라 함은 동력차의 속도, 제동작용 여부 등의 각종 운행정보가 기록되는 종이테이프 및 메모리카드를 말한다.<신설 2006. 6. 29>
제45조(기록자료의 보관) 운행정보기록체에 기록된 자료는 3년 간 보관하여야 한다.<개정 2006. 6. 29>

개정된 교통안전법 및 2007.1.1일 시행된 동법 시행령에 의하여 철도운영자는 개정된 교통안전법 및 2007.1.1일 시행된 동법 시행령에 의하여 철도운영자는 운행기록자료를 일정 기간 보관하고 안전개선업무 등에 활용하여야 한다. 이러한 교통안전법의 내용을 철도안전법에 추가하여 철도운영자등이 안전업무 수행에 차질이 없도록 보완하는 것이 필요하다. 개정된 교통안전법 관련 조항은 부록 3.1.3-1에 명시되었다.

개정 교통안전법에 의한 운행기록등의 보관기간 관련규정을 아래와 같이 제3항을 추가하여 철도운영자로 하여금 운행기록자료를 일정 기간 보관하고 안전개선업무 등에 활용하도록 한다.

제83조(운전자 보안장치 등) ①운전실에는 운전자 보안장치(운행중 철도차량운전업무종사자의 졸음·질병 및 부주의 등으로 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위한 장치를 말한다)가 설치되어야 하며, 철도차량운전업무종사자가 적절하게 반응하지 아니하는 경우 철도차량을 비상으로 정지시킬 수 있어야 한다.

②동력차(동차의 경우에는 제어차에 한한다)에는 운행속도·시간·거리 등 운행중 열차의 주요정보를 연속적으로 저장하는 기록장치를 갖추어야 한다.

③열차의 운행속도·시간·거리 등 운행중 열차의 주요정보는 1개월간 보관하여야 한다. 단, 사고열차의 기록은 3년으로 한다."

다만, 교통안전법에 열차의 운행주요정보 보관기간이 이미 규정되어 있으므로 철도안전법령에서 중복하여 규정할 필요성이 있는지 여부에 대하여는 행정기관의 검토가 필요하며, 이때에는 철도운영기관에의 운행기록등의 보관의무 홍보방안이 고려되어야 한다.

(7) 특수차 세부명칭 표기 관련 조항(제6조 별표3 표2)

(가) 현행 조문

나. 특수차의 세부 명칭 표기는 [표 2]와 같다

[표 2] 특수차의 세부 명칭 표기

분 류	명 칭	용 도
사고 복구용차	사고복구차 (Two Way Motor Car)	선로 및 육로주행겸용 사고복구용차
	사고복구용 기중기 (Crane)	사고복구용 기중기
작업차	복합 침목교정차 (Multiple Tie Tamper)	충다지기 및 궤도틀림상태 (줄맞춤, 면맞춤, 수평 등) 정정 작업차량
	자갈 다지기차 (Ballast Compactor)	도상자갈표면 및 어깨달고 다지기 작업차량
	자갈 제거차 (Ballast Cleaner)	일반 및 분기부 도상 전단면 자갈치기 작업차량
	분기기 자갈 제거차 (Switch Cleaner Track Undercutter)	분기부 도상 전단면 자갈치기 작업차량
	자갈 정리차 (Ballast Regulater)	도상 자갈 정리 및 단면 형성 작업차량

분 류	명 칭	용 도
	분기기 침목교정차 (Switch Tie Tamper)	분기부 침목 다지기 및 궤도틀림 정정 작업차량
	궤도 안정기 (Dynamic Track Stabilizer)	궤도 안정화 작업차량
	컨베어 호퍼차 (Conveyor Hopper Car)	자갈, 토사적재 운반 하화 작업차량
	가선차 (OverHead Wiring Car)	전차선 가선 작업차량
	가선 보조작업차 (Worker's Operation Trolley)	가선작업 보조 작업차량
	전주 작업차 (Crane Working Car)	전주건식, 중량물 들기 작업차량
	전주 적재차 (Master Loading Trolley)	전주 적재 작업차량
	전선 적재차 (Flat Car)	전선드럼 적재 작업차량
	골재차(2대1조) (Aggregate Loading Trolley)	골재 적재차량
	콘크리트 믹서카 (Concrete Mixing Car)	콘크리트 믹서 작업차량
	모터카 (Motor Car)	궤도보수, 전철보수, 점검 및 검측 현장 작업차량

(나) 특수차량 분류 재검토 필요성

현행 조항에는 도시철도 운영기관에서 사용중이거나 구매예정인 특수차량이 포함되어있지 않은 경우가 있다. 예를 들어 특수차량 중 모터카, 고압살수차, B2S 트랙머신 등은 운영기관에서 실제로 활용하고 있나 현재의 제6조 별표3 표2 특수차의 세부명칭표기에는 해당사항이 없어 이에 대한 개선이 필요하다. 특수차량에 고시되지 않은 차량은 철도안전법 시행령 제29조(성능시험 면제차량) 및 시행령 제34조(제작검사 면제차량)의 선로유지보수 또는 사고복구 등의 특수한 목적으로 사용되는 철도차량에 해당되지 않게 되어, 철도차량 성능시험과 제작검사를 받아야 한다.

도시철도 운영기관은 용도가 비슷한 특수차량임에도 불구하고 특수차의 세부명칭에 기관이 보유하거나 도입예정인 차량이 포함되지 않은 경우, 해당 차량이 철도안전법에 의한 성능시험과 제작검사의 적용여부가 불확실하다고 판단하고 있으며, 더 나아가 법 적용의 형평성 문제를 제기하고 있다. 철도안전법 시행령의 성능시험

및 제작검사 면제차량에 대한 조항은 아울러 전용철도 구내에서만 운용중이거나 향후 구매예정인 특수차의 경우에도 본 규정에 포함되어 있지 않은 경우가 있어 개선이 필요하다.

따라서 도시철도 운영기관에서 사용중이거나 구매 예정인 작업차(고압살수차)를 추가하고, "특수작업차"를 작업차의 분류기준에 추가함으로 향후 도입·운영이 예상되는 특수 작업차에대한 용도 기준을 마련해야 한다.

[표 2] 특수차의 세부 명칭 표기

분류	명 칭	용 도
작업차	모터카 (Motor car)	궤도보수, 전철보수, 점검 및 검측현장 작업차량
〃	고압살수차 (High Pressure Water Cleaning Car)	초고압수로 터널내 지하공간 물청소작업
〃	입환작업차 (Shunting Car)	기지내 차량조성분리작업 및 기동불량 차량 입환작업
〃	특수작업차	쇳물 운반용, 콘크리트 판넬 운송·부설 등으로 특수한 목적의 작업차량

(8) 열차비상용품 세부기준 관련 조항(제11조 별표8)

(가) 현행 조문

차 종	항 목	최소수량	비 고
고속철도차량	비상공구함	1세트	
	차축발열센서부 랜턴	1개	
	손전등	1개	승무원 휴대용/적색 및 녹색
	차륜막이	2개	
	단락용 동선	1개	
	전호기	2조	
	예비공기호스	각 1개	제동관용, 객차용
	후방표지장치	1개	
	전차선접지장치	1개	

차 종	항 목	최소수량	비 고
	고압회로차단장치조작키	1개	
	절연장갑	1조	
일반철도차량	비상공구함	1세트	
	차륜막이	2개	
	예비공기호스	각 1개	동력차용, 객차용
	손전등	1개	승무원 휴대용/적색 및 녹색
	들것	1개	
	응급세트	1세트	

주) 1. 일반철도차량 비상공구함에는 단락용 동선 2개, 연선전화기함 열쇠 1개, 파이프렌치 1조, 전호기 1개(적·녹색 아크릴판 포함), 공기호스용 고무링 1개, 펜치 1개, 프라이어 1개, 스패너 1개, 드라이버(+, -) 1조, 철선 1선 등을 포함한다.

2. 고속철도차량 비상공구함에는 리벳 햄머 1개, 로프 1개, 지렛대 1개, 스패너 1개, 핀 렌치 1개, 철사 1개, 기밀유지용 테이프 1개, 파이프렌치 1개, 공기호스용 고무링 2개 등을 포함한다.

3. 응급세트에는 붕대, 식염수, 가위, 반창고, 비상상비약 등을 포함한다.

(나) 비상공구 및 응급물품에 대한 규제 현실화

한국철도공사의 일반철도차량의 경우, 비치해야할 비상용품 중 '들것'을 비치하고 있지 않아, 개선조치된 사례가 있다. 이에 대한 한국철도공사 측의 의견은 '들것'의 사용실적이 거의 없으며, 개활지를 주로 운행하는 일반철도차량의 경우 응급시에는 외부 구조기관 등을 활용하여 대처하는 것이 타당하다고 주장하고 있다. 본선 터널구간이나 외부의 접근이 적합하지 않은 지역에서의 비상시를 가정할 경우, '들것'의 필요성이 인정되나, 이에 관해서는 관계자의 추가 검토가 필요하다.

이에 따라 비상공구 및 응급세트의 비치에 대해서는 각 운영기관이 운영환경에

맞추어 효과적으로 대비할 수 있어야 한다. 일반철도차량 비상공구함, 고속철도차량 비상공구함, 응급세트에 포함되어야 할 공구나 물품들은 철도차량 안전기준에서 규정하는 것 보다 철도운영기관이 자체적으로 필요공구나 응급세트 물품 등을 정하여 관리하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

따라서, 현행 조문 중 주)1, 2, 3 은 삭제하여 철도운영기관이 자체적으로 비상공구함 및 응급세트의 내용물을 정하여 관리하도록 하고, 일반철도차량의 비상용품 중 '들것'의 사용실적 및 필요성에 대한 추가검토가 필요하다.

(9) 유지보수 조직 및 인원 관련 조항(제12조 별표9 2항)

(가) 현행 조문

철도차량 유지관리계획 세부기준 (제12조 관련)

2. 유지보수 조직 및 인원

가. 유지보수 조직 및 인원은 다음 각 호의 사항을 고려하여 적정한 규모의 조직 및 인력으로 편성한다.

(1) 유지보수 대상 철도차량 최대규모

(2) 유지보수의 종류 및 주기

(3) 유지보수의 종류별 세부 업무내용

(4) 세부 업무내용별 작업시간

(5) 근무체계

나. 유지보수 조직은 유지보수 책임자를 임명하여 철도차량의 유지보수에 관한 업무를 총괄하도록 하고, 하위 단위조직을 두어 각 단위 조직별 역할 및 책임이 명확히 구분되도록 편성한다.

다. 유지보수 장비의 현대화 및 유지보수 기록의 정보화에 대한 중장기 계획에 의거하여 유지보수 조직 및 인원에 대한 중장기 계획을 수립한다.

(나) 유지보수 위탁/용역 규제 완화 필요성

현재 철도운영기관의 위탁정비현황은 표 3-1-5와 같다.

표 3-1-5 철도운영기관의 위탁정비현황

철도운영기관	분 야	비고
한국철도공사 수도권차량관리단	- 출입문 의자 등 차체(실내설비) 경수선 - 기계 및 전기장치 단순업무	
한국철도공사 부산차량관리단	- 기계,차체, 전기장치 경수선 업무 - 기타 부품수리 및 교환 등	
한국철도공사 광역본부	- 경정비 단순업무 및 중정비 일부	일부기지
공항철도(주)	- 경정비 일부 (중정비 미도래)	
서울도시철도공사	- 경정비 단순업무 및 중정비 일부	
부산교통공단	- 경정비 단순업무 및 중정비 일부	
인천지하철공사	- 경정비 단순업무 및 중정비 일부	
대구지하철공사	- 중정비 일부	
광주지하철공사	- 경정비 단순업무 및 중정비 일부	
대전지하철공사	- 경정비 단순업무 및 중정비 일부	

위 표에서 알 수 있는 바와 같이, 철도운영기관 대부분이 철도차량 정비업무의 일부 또는 전부를 외부기관에 위탁하여 정비를 시행하고 있으나, 외부위탁업체 인력기준 등에 에 대한 기준이 없으며, 위탁용역계약 설계서에서 용역인력의 경력, 자격, 교육 기준 등을 규정하고 있으나, 운영기관 내부적으로 통일된 기준이 없이 위탁계약별로 기준을 정하여 처리하고 있었다. 주요 철도운영기관들의 유지보수 관련 위탁계약 기준 사례는 부록 3.1.3-3에 명기하였다.

국가에서 외주 용역업체에 대한 인력확보 기준과 인력의 경력, 자격, 교육 기준 등을 정하여 운영기관에게 준수하도록 하는 것은 현재 시점에서는 과도한 규제라고 판단되고, 모든 철도운영기관에 적용 가능한 통일된 유지보수 위탁 기준을 마련하기는 쉬운 일이 아니다.

따라서 철도운영기관이 철도차량 운영 및 외주용역 시행 현황 등을 고려하여 자체적인 외주용역 기준을 세우고, 철도차량 유지관리계획에 포함하여 제출하도록 하는 것이 현재로서는 최선의 방안으로 판단된다.

철도차량 유지관리계획 세부기준 (제12조 관련)

2. 유지보수 조직 및 인원

가. 유지보수 조직 및 인원은 다음 각 호의 사항을 고려하여 적정한 규모의 조직 및 인력으로 편성한다.

(1) 유지보수 대상 철도차량 최대 규모

(2) 유지보수의 종류 및 주기

(3) 유지보수의 종류별 세부 업무내용

(4) 세부 업무내용별 작업시간

(5) 근무체계

나. 유지보수 조직은 유지보수 책임자를 임명하여 철도차량의 유지보수에 관한 업무를 총괄하도록 하고, 하위 단위조직을 두어 각 단위 조직별 역할 및 책임이 명확히 구분되도록 편성한다.

다. 외주 용역업체에 유지보수 일부 또는 전부를 위탁하는 경우, 위탁의 범위를 명확히 하고 용역업체 인력확보 및 인력자격 등의 기준을 정하여야 한다.

라. 유지보수 장비의 현대화 및 유지보수 기록의 정보화에 대한 중장기 계획에 의거하여 유지보수 조직 및 인원에 대한 중장기 계획을 수립한다.

(10) 철도차량 유지관리계획 세부기준 관련 조항(제12조 별표9 6항)

(가) 현행 조문

철도차량 유지관리계획 세부기준(제12조 관련)

6. 유지보수 인원의 자격 또는 교육기준

가. 철도차량 유지보수 인원은 다음 각 호의 자격기준으로 구분·관리하여야 한다.

(1) 관련 국가 기술자격증 소지자 또는 이와 유사하다고 인정되는 국가 기술자격증 소지자

(2) 교육훈련 프로그램에 의해 적정한 교육을 이수하고 해당 자격시험에 합격한 자

(3) 제1항 및 제2항과 동등 이상의 유지보수 능력을 보유하고 있다고 객관적으로 입증할 수 있어 철도차량관리자가 인정하는 자

나. 철도차량 유지보수 인원은 요구되는 유지보수 기술의 정도에 따라 고급기술자, 중급기술자, 초급기술자, 일반기술자의 자격 등급기준으로 구분·관리하여야 한다.

(1) 고급기술자는 해당 분야 기술사 또는 기능장의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 10년 이상 종사한 자로서 유지보수 장치의 운용 및 철도차량 유지보수 전반에 대하여 전문적인 기술을 보유하고 고급기술자등급 시험에 합격한 자

(2) 중급기술자는 해당 분야 기사의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 5년 이상 종사한 자로서 유지보수 분야별 해당업무 전반에 대한 전문적인 기술을 보유하고 중급기술자 등급시험에 합격한 자

(3) 초급기술자는 해당 분야 산업기사 또는 기능사의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 2년 이상 종사한 자로서 유지보수 분야별 해당업무에 대한 필수적인 기술을 보유하고 초급기술자 자격시험에 합격한 자

(4) 일반기술자는 해당 분야에 기초 기술을 보유하고 유지보수 분야별 해당업무에 대한 기본적인 기술을 보유하고 있는 자

다. 교육기준

유지보수 기술자에 대한 교육은 유지보수설비의 운용 및 철도차량 유지보수 전반에 대하여 실시하며, 교육과목, 시간, 교육이수 평가 등 세부사항은 기관별로 수립하여 시행한다.

(나) 유지보수 기술자에 대한 자격기준 관련 문제점

현행 조문에 따르면 철도차량 유지보수인력의 자격등급은 철도운영기관에서 자체적으로 정한 별도의 시험에 대한 합격을 조건으로 하고 있다. 일반적으로 사용되는 기술자격이나 학력 및 경력의 구분과는 다른 것이다.

확인한 결과 운영기관이 별도의 자격 등급부여를 위한 기준을 마련하고 시험을 시행하는 사례는 없었으며, 운영기관은 이러한 자격 등급 기준을 수립하는 것은 철도차량 유지보수에 대한 국가 자격시험제도를 도입하거나 다른 전문 인력 등급 구

분기준처럼 기술자격과 학력 및 경력의 구분하여 국가가 기준을 제시하는 것이 타당한 것으로 판단하고 있었다. 철도차량 유지보수 인력의 적격성이 철도안전에 미치는 중요도를 고려하여 국가자격제도의 전반적인 검토시에 이를 반영하도록 해야 한다.

철도차량 유지보수 인력의 적격성이 철도안전에 미치는 중요도를 고려하여 장기적으로는 국가자격제도의 전반적인 검토시에 이를 반영하도록 하고, 현행 철도차량 유지관리계획 작성기준에 국가가 기술자격과 학력 및 경력기준의 등급 구분 기준을 제시한다. (표 3-1-6)

표 3-1-6 국가 기술자격 기준 및 학력/경력 기준

구분	기술자격 기준	학력 및 경력 기준
고급 기술자	· 해당분야 기술사 자격을 가진 자 · 해당분야 기능장 자격을 가진 자 · 해당분야 기사자격을 가진 자로서 10년 이상 동일분야의 업무를 수행한 자 · 해당분야 산업기사 자격을 가진 자로서 13년 이상 동일분야의 업무를 수행한 자 · 해당분야 기능사 자격을 가진 자로서 16년 이상 동일분야의 업무를 수행한 자	· 박사학위를 가진 자로서 3년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 석사학위를 가진 자로서 9년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 학사학위를 가진 자로서 12년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 전문대학을 졸업한 자로서 15년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 18년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자
중급 기술자	· 해당분야 기사 자격을 가진 자로서 4년 이상 동일분야의 업무를 수행한 자 · 해당분야 산업기사 자격을 가진 자로서 7년 이상 동일분야의 업무를 수행한 자 · 해당분야 기능사 자격을 가진 자로서 10년 이상 동일분야의 업무를 수행한 자	· 석사학위를 가진 자로서 3년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 학사학위를 가진 자로서 6년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 전문대학을 졸업한 자로서 9년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 12년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자
초급 기술자	· 해당분야 산업기사 자격을 가진 자 · 해당분야 기능사 자격을 가진 자	· 석사학위를 가진 자 · 학사학위를 가진 자 · 전문대학을 졸업한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 3년 이상 해당 기술 분야의 업무를 수행한 자

구분	기술자격 기준	학력 및 경력 기준
일반 기술자	· 해당 기술 분야에 대한 기초기술을 보유하고 유지보수분야별 해당업무에 대한 기본적인 기술을 보유하고 있는 자	

(11) 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준(제13조 별표10 3항)

(가) 현행 조문

> **철도차량 유지보수 기록관리 세부기준**(제13조관련)
>
> 3. 유지보수기록부의 작성 및 관리
>
> 가. 유지보수기록부는 차종별 유지보수지침서에 의한 유지보수 시행 후 유지보수 종류별로 검사표, 기록부, 점검표 및 검사일보 등을 작성하여 철도차량의 신뢰성, 유용성, 정비성, 안전성 확인 및 유지보수 업무의 기본자료로 활용할 수 있도록 관리하여야 한다.
>
> 나. 유지보수기록부는 유지보수체계 정보화와 연계하여 표준화된 양식을 사용하도록 하고, 차량별로 기록 관리되도록 한다.

(나) 유지보수 기록부 포함내용에 대한 규정 미비

현행 조문에는 유지보수 기록부에 구체적으로 포함되어야 할 사항에 대한 규정이 없어 유지보수 기록부의 활용성이 떨어진다. 이를 개선하기 위한 위험보수 기록부에 기록할 일반사항에 대한 규정을 추가하도록 하여 기록이 추적 관리되도록 해야 한다.

유지보수기록부에는 유지보수 검사표, 기록부, 점검표에는 검사결과 및 검사자, 검사일자, 사용장비, 검사대상의 식별, 검사환경 등 검사결과에 영향을 주는 사항을 기록하여 관리하도록 아래와 같이 기록관리 세부기준을 보완을 검토하여야 한다.

> **철도차량 유지보수 기록관리 세부기준**(제13조관련)
>
> 3. 유지보수기록부의 작성 및 관리
>
> 가. 유지보수기록부는 차종별 유지보수지침서에 의한 유지보수 시행 후 유

지보수 종류별로 검사표, 기록부, 점검표 및 검사일보 등을 작성하여 철도차량의 신뢰성, 유용성, 정비성, 안전성 확인 및 유지보수 업무의 기본 자료로 활용할 수 있도록 관리하여야 한다.

나. 유지보수 검사표, 기록부, 점검표에는 검사결과 및 검사자, 검사일자, 사용장비, 검사대상의 식별, 검사환경 등 검사결과에 영향을 주는 사항을 기록하여야 한다.

다. 유지보수기록부는 유지보수체계 정보화와 연계하여 표준화된 양식을 사용하도록 하고, 차량별로 기록 관리되도록 한다.

나. 국내외 안전관리체계 비교분석

(1) 국내 철도교통 안전관리체계

국내 철도교통의 안전관리는 2004년 제정된 철도안전법에 따라 철도안전종합계획 및 시행계획, 안전관리규정, 비상대응계획 등을 철도운영기관등에서 수립하여 이를 이행하게 하도록 하고 있다. 철도안전법에 의한 안전관리체계를 살펴보면 표 3-1-7과 같다.

표 3-1-7 철도안전법에 의한 안전관리체계

안전관리활동	수행내용
철도안전종합계획(매 5년) 및 시행계획(매년) 수립·시행	건설교통부장관은 5년마다 철도안전에 관한 종합계획을 수립하고, 건설교통부장관과 관계 시·도지사 및 철도운영자등은 철도안전종합계획의 단계적 시행에 필요한 연차별 시행계획을 수립하도록 하고 있다.
안전관리규정 제정 및 비상대응계획 수립·시행	철도운영자 및 철도시설관리자(철도운영자등)는 자체 안전관리규정을 정하여 이를 준수하고, 철도에서의 비상사태 발생에 대비한 비상대응계획을 수립하여 시행하도록 하고 있다.
종합안전 심사 실시	건설교통부장관은 철도운영자등의 철도안전업무에 대하여 종합심사하고 평가하여 필요시 개선명령을 한다.
철도차량운전면허제 도입과 운전업무 및 관제업무 종사자 자격요건 마련	철도차량 운전 면허제를 도입하여 시험을 통과한 사람에게 면허를 부여하여 관리하고, 실제 철도차량을 운전하는 운전업무종사자 및 철도교통관제업무종사자에 대하여는 자격요건(실무경력 등)을 정하여 안전핵심종사자에 대한 안전관리를 강화하고 있다.

안전관리활동	수행내용
철도시설 및 철도차량안전기준 마련	철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치·관리하고, 철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합한 철도차량을 운행하고 관리하여야 한다.
철도용품 품질인증 및 사후관리제도 시행	철도에 사용되는 부품·기기 또는 장치 등에 대하여 품질 인증 제도를 도입하여 철도용품의 품질저하 또는 결함으로 인한 사고를 사전에 예방한다.
철도차량의 성능시험, 제작검사, 사용내구연한 도입 및 종합시험운행 시행	차량제작에 따른 성능시험 및 제작검사를 시행하여 차량고장 및 장애를 사전에 방지하고, 차량사용내구연한 도입으로 노후차량의 무리한 운행으로 인한 사고를 예방하며, 철도노선 신설 또는 개량 시 종합시험운행을 실시하여 운행개시 전 충분한 안전성을 확보한다.
철도차량의 성능시험, 제작검사, 사용내구연한 도입 및 종합시험운행 시행	차량제작에 따른 성능시험 및 제작검사를 시행하여 차량고장 및 장애를 사전에 방지하고, 차량사용내구연한 도입으로 노후차량의 무리한 운행으로 인한 사고를 예방하며, 철도노선 신설 또는 개량 시 종합시험운행을 실시하여 운행개시 전 충분한 안전성을 확보한다.
철도종사자의 음주, 마약류 복용 금지	철도차량운전, 관제업무 등에 종사하는 철도종사자는 술을 마시거나 마약류를 사용한 상태에서 업무를 할 수 없도록 규정하고, 필요시 건설교통부장관이 음주 또는 마약류 복용 여부에 대하여 확인 또는 검사한다.
열차 안에서 무기, 폭발물, 독극물 등 위해물품 휴대금지	열차 안에서 휴대할 수 없는 위해물품(무기, 화약류, 유해화학물질 또는 인화성이 높은 물질 등)의 종류를 명확히 하고 위반 시 벌칙을 강화한다.
철도보호지구 안에서의 안전관리 강화를 위한 행위제한	철도 보호지구안(가장 바깥쪽 궤도의 끝선에서부터 30미터이내의 지역)에서 일정행위 시 건설교통부장관에게 의무적으로 신고하도록 하고 필요시 건설교통부장관은 행위의 금지·제한 또는 필요한 안전조치를 명한다.
철도안전기술 진흥, 전문연구기관 육성, 안전지식 보급 및 안전정보 종합관리	건설교통부장관은 철도안전에 관한 기술의 연구·개발 촉진 및 보급 등에 대한 시책을 수립하고, 철도안전에 관한 전문기관 또는 단체를 지도·육성하며, 안전지식의 보급하는 등 철도안전정보를 종합 관리한다.

국내에서는 철도안전법에 의거하여 철도운영자 및 철도시설관리자(철도운영자등)는 자체 안전관리규정을 수립하여 건설교통부의 승인을 받고 이를 준수하도록 하고 있다. 건설교통부에서는 철도운영자등이 안전관리규정을 충실히 작성하였는지 여부를 승인심사하기 위해 작성된 '철도안전관리규정의 검토·승인에 관한 지침'을 철도운영자등에 배포하여 안전관리규정 작성 시 반드시 포함되어야 할 내용을 검토하도록 유도한다.

'철도안전관리규정의 검토·승인에 관한 지침'에 수록되어 있는 안전관리규정 심사기준(요령)을 검토한 내용을 부록 3.1.3-4에 명기하였다. 이 심사기준에 따라 2005년도에 건설교통부에서는 한국철도공사, 한국철도시설공단 등 기존 철도운영기관 및 시설관리기관의 안전관리규정을 검토·승인하였으며 이후 새로 개통하는 대전광역시도시철도공사 및 (주)공항철도의 안전관리규정을 2006년 이후에 검토·승인하였다.

(2) 국외 안전관리체계와의 비교분석

위에서 살펴본 국내의 철도안전관리체계는 해외 철도선진국의 SMS(Safety Management System)체계와 유사하게 그 내용을 규정하고 있는데 본 절에서는 국내 안전관리규정 작성지침과 영국 SMS, 항공분야 SMS체계와 비교하였다. 영국 SMS는 로이드레지스터레일에서 관련분야 교육 시 제공한 자료에서 발췌하였고, ICAO SMS는 ICAO Safety Management Manual (2005년)을 참조하였다.

영국의 경우, 철도 및 기타 궤도 교통시스템 안전규정(ROGS : The Railways and other Transport systems Regulations)가 2006년에 새로 개정되면서 이에 따른 철도시설변경을 포함한 안전인증(도시철도, 궤도전차 포함), 안전관리시스템(SMS)을 구축하도록 하고 있다. ROGS에서는 다음과 같은 사항을 요구하고 있다.

- Risk 평가 : 운영의 리스크를 통제하는데 필요한 안전수단을 확인하기 위한 적절하고 충분한 리스크 평가요구
- 연간 안전보고서 : 조직의 안전수행 관련보고서로 ORR에 제출
- 문서관리 : 면허에 따라 운영되고 있는지 심사하는데 필요한 문서 확보 요구
- 운행협력 : 여러 인터페이스를 관리하기 충분한 정도의 운행협력 조직 요구

영국은 Safety Case 승인 시 이러한 SMS 체계에 의해 Safety Case를 작성하도록 유도하고 있으며, ICAO SMS는 ICAO의 권장사항으로 되어 있지만, 각국의 항공사에서는 이를 표준으로 따르고 있고 ICAO에서도 교육 및 홍보를 통해 모든 항공사에서 적용되도록 유도하고 있다.

Safety Case를 작성하기 위한 가이드라인 및 권고사항을 제시하고 있는 Yellow Book ESM(Engineering Safety Management)의 기본원칙을 살펴보면 표 3-1-9과 같은데 이것은 SMS체계와 유사하다. Yellow Book issue4의 제3장에서 ESM의 기본원칙을 다루고 있다.

현재 국내 철도운영자등의 안전관리규정이 영국의 Safety Case나 항공분야 SMS처럼 안전관리를 위한 모든 영역을 상세하게 다루고 있는 것은 아니지만 표 3-1-8에서와 같이, 우리나라 안전관리규정의 작성지침은 영국이나 항공분야 SMS 체계를 따르고 있다. 영국과 같이 철도운영기관 및 시설관리기관이 민영화되어 수많은 회사가 존재하는 경우 안전인증제도가 필요하여 SMS체계내에 이를 도입하고 있으나 항공분야나 우리나라의 경우 아직 안전인증제도를 고려하고 있지 않거나 기반여건이 갖추어져 있지 않아 항공분야 SMS나 안전관리규정 작성지침내에는 도입하고 있지 않다.

표 3-1-8 영국 및 ICAO의 SMS 체계와 안전관리규정 비교

SMS (로이드)	ICAO SMS	안전관리규정 (작성지침 기준)
1. 철도사업의 성격 및 범위	-	2. 적용범위 (일부) - 사업운영성격 미포함
2. 안전정책 - 안전계획, 안전목표, 안전지수, 안전 정보 및 리포팅	제12장 안전관리시스템 수립절차 1단계 : 계획수립 - 검토, 안전평가, 안전 성과지수 및 목표, 안전전략, 계획 2단계 : 상위경영층의 안전에 대한 선언 - 안전정책, 안전 성과목표	4. 안전업무 우선원칙 6. 철도안전의 경영지침화에 관한 사항 7. 철도안전목표 수립에 관한 사항 10. 안전관리계획의 수립 및 추진에 관한 사항
3. 규정 및 기준의 관리 (준수 포함) - 기준 구조, 규정의 제정, 상호운전위한 기술 명세서, 국가 기술기준의 공시	제1장 개요 - ICAO 요구조건, 매뉴얼의 사용 등	5. 안전규정의 준수 의무 (일부) - 관련 법령, 규정 등 미포함
4. 조직 구조 및 책임	제2장 안전관리책임	8. 철도안전관련 조직에 관한

SMS (로이드)	ICAO SMS	안전관리규정 (작성지침 기준)
	제3장 국가안전 프로그램 (법률적 책임 등) 제12장 안전관리시스템 수립절차 3단계 : 조직	사항 9. 안전관리책임자 지정에 관한 사항
5. 역량, 훈련, 체력(건강/피로도), 적성 등	제12장 안전관리시스템 수립절차 8단계 : 안전촉진활동 및 교육훈련	17. 철도안전관련 교육훈련에 관한 사항 19. 철도안전관련 전문인력의 양성 및 수급관리에 관한 사항
6. 리스크 관리 (변화관리 포함) - 위험도 평가 및 제어	제6장 위험관리 제12장 안전관리시스템 수립절차 4단계 : 위험요소 식별 5단계 : 위험관리 7단계 : 안전분석능력	13. 철도운영 또는 철도시설의 건설 또는 관리와 관련한 위험도 분석 및 안전성 평가에 관한 사항
7. 안전인증	-	-
8. 사건/사고보고, 조사, 분석, 대책 수립 및 학습	제7장 위험요소와 인시던트 보고 제8장 안전조사 제12장 안전관리시스템 수립절차 6단계 : 조사역량	18. 사고보고·조사 및 처리에 관한 사항
9. 비상관리 (비상대응계획)	제11장 비상대응계획	안전관리규정 작성요령에는 포함되어 있지 않으나 현재 운영기관 안전관리규정에는 포함되어 있음
10. 안전 커뮤니케이션 및 정보의 무결성, 협조 - 조직내 안전정보의 교환 - 국가계획, 연구와 발전을 포함하는 협력 - 기준위원회와 시스템 인터페이스 위원회 간 정보협력	제12장 안전관리시스템 수립절차 9단계 : 안전관리문서와 정보관리	11. 철도안전과 관련한 자료 및 정보관리에 관한 사항 (일부)
11. 모니터링, 감사, 시정조치, 연간보고서	제9장 안전분석과 안전연구 제10장 안전성과 모니터링 제13장 안전평가 제14장 안전감독 제12장 안전관리시스템 수립절차 10단계 : 안전감독 및 안전성과 모니터링	12. 철도운영 또는 철도시설의 건설 또는 관리와 관련한 안전점검에 관한 사항

표 3-1-9 Yellow Book ESM의 기본원칙

구 분	내 용
3.1 조직 기본원칙	3.1.1 안전 책임 3.1.2 조직의 목표 3.1.3 안전 문화 3.1.4 직무능력과 교육 3.1.5 공급자와의 업무 3.1.6 안전 관련 정보의 전달 3.1.7 조정 3.1.8 지속적인 안전 관리
3.2 프로세스 기본원칙	3.2.1 안전 계획 3.2.2 체계적인 프로세스와 우수 관행 3.2.3 구성 관리 3.2.4 기록 3.2.5 독립적인 전문가의 검토
3.3 리스크 평가 기본원칙	3.3.1 업무의 정의 3.3.2 위험요인(hazard)의 규명 3.3.3 리스크 평가 3.3.4 모니터링 리스크
3.4 리스크 통제 기본원칙	3.4.1 리스크 절감 3.4.2 안전 요건 3.4.3 안전성의 증거 3.4.4 수용과 승인

국내 안전관리규정 작성지침에서는 비상대응계획부분의 작성에 관한 내용을 포함하고 있지 않지만 철도안전법에서 철도운영기관이 비상대응계획을 작성하여 건설교통부의 승인받도록 규정하고 있으며 대부분의 철도운영기관에서는 안전관리규정내에 비상대응계획에 관련된 내용을 포함시키고 있다. 향후 안전관리규정 작성지침 개정시에는 비상대응계획과 관련된 부분을 추가할 필요성이 있다고 사료된다.

표 3-1-8에서와 같이 우리나라 안전관리규정 작성지침은 SMS체계를 따르고 있고 실제 승인된 철도운영기관의 안전관리규정도 제목상으로는 대부분 SMS체계를 따르고 있지만, 내용상 보완하여야 할 부분이 있다.

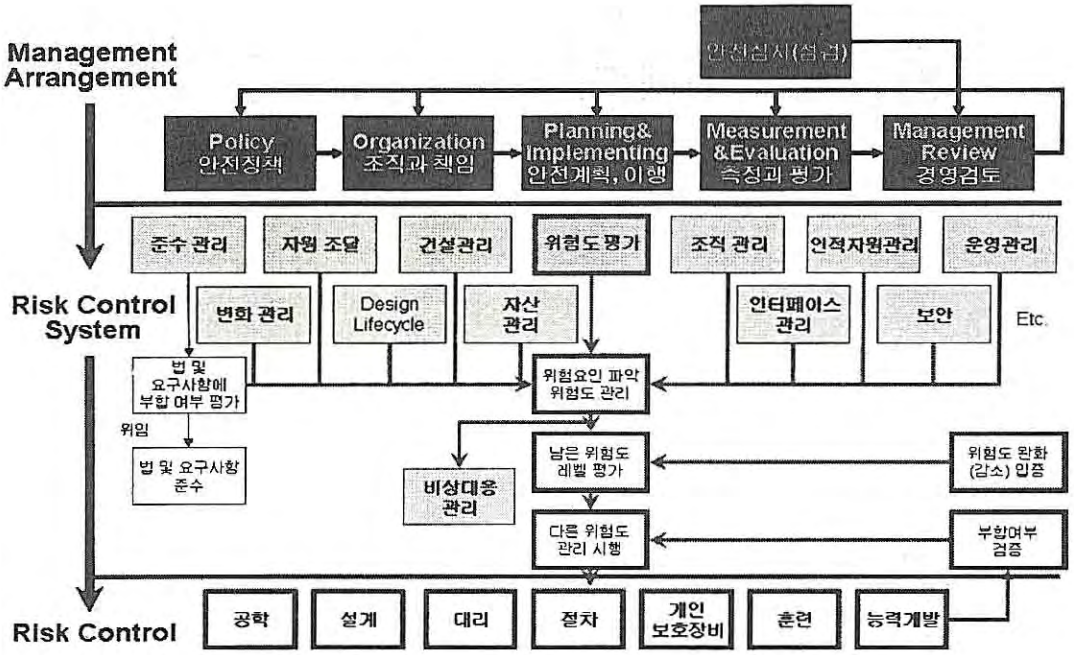


그림 3-1-11 영국의 위험도 평가 기반 SMS 체계

대표적인 것이 위험도 평가에 관련된 내용으로서 영국의 위험도 평가체계는 그림 3-1-12와 같이 철도차량 및 시설, 운영의 모든 라이프싸이클에 대해 전반적인 위험도평가를 실시하고 이에 의한 안전관리대책의 수립, 지속적 점검 및 모니터링, 이들 결과에 대한 최고경영자의 경영검토, 그리고 안전목표의 재설정으로 이루어지는 일련의 지속적 개선을 위한 SMS 체계를 갖추고 있으나, 우리나라 안전관리 규정의 경우 외형은 SMS체계이지만 그 근간이 되는 위험도평가는 아직 실시하지 못하고 있는 실정이다.

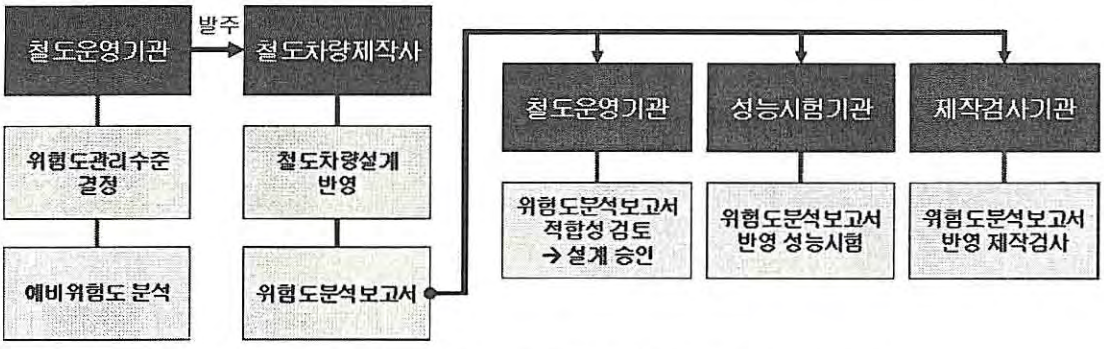


그림 3-1-12 철도차량 관련기관 위험도평가 수행 내용

철도차량의 경우, 그림 3-1-13과 같이 철도운영기관, 철도차량제작사, 성능시험

기관, 제작검사기관 등이 위험도평가와 관련된 업무를 수행하도록 '철도차량안전기준에 관한 지침'에서 정하고 있다. 하지만, 여기서 도출된 위험도분석 결과가 철도운영시의 내용과 결부되어 종합적인 위험도평가를 실시하도록 하여야 하나 현재 철도안전법체계에서는 철도운영과 관련된 종합적인 위험도평가 절차나 이행를 규정하고 있지 않아 핵심적인 내용을 이행하지 않은 채 SMS를 따라가고 있는 상황이다.

또한, SMS에 의하면, 안전정보에 대한 의사소통체계가 마련되어 있어야 하나, 우리나라 안전관리규정에서는 사고보고 등 각종 보고체계만 마련되어 있을 뿐 구성원 및 조직간 의사소통을 위한 체계 구축 내용이 미흡한 편이다.

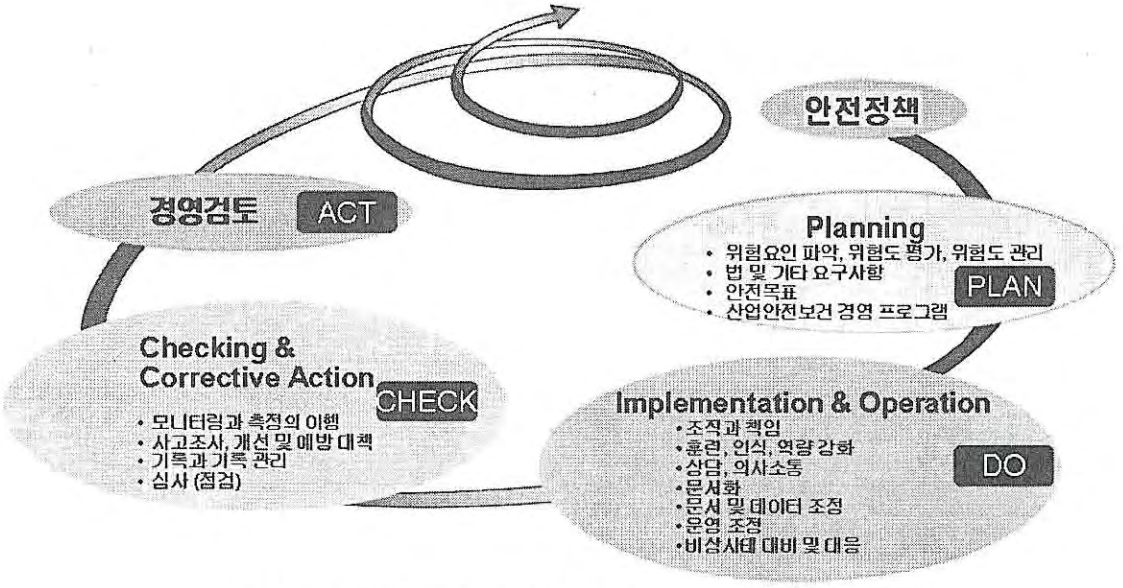


그림 3-1-13 안전관리시스템의 지속적 개선체계

그리고 그림 3-1-13과 같이 SMS체계 자체가 지속적 개선을 위해 계속 순환하는 P→D→C→A(Plan, Do, Check, Act) 체계를 유지하여야 하나 안전관리규정은 Check에 해당하는 모니터링, 감사, 시정조치, 피드백에 관련된 내용 중 지속적인 피드백에 의한 안전관리 문제사항의 추적관리가 부족한 편이다. 그리고 이러한 체계를 유지하기 위해서는 Act에 해당하는 SMS의 수행결과에 대한 최고경영자의 경영검토를 통해 안전목표를 재설정하고 위험도평가결과에 대해 비용-편익분석을 하여 수용할 없는 영역의 경계를 정하는 등 최고경영자의 안전관리에 대한 마인드가 매우 중요한데 우리나라 안전관리규정에는 이를 구체적으로 실현하기 위한 체계가 부족하다.

(3) 철도안전관리체계 발전에 대한 제언

본 절에서는 위와 같은 분석 결과에 따라 철도차량안전관리체계를 포함한 철도안전관리체계가 SMS체계로 발전하기 위해 다음과 같은 사항을 제언하고자 한다.

첫째, 위험도평가를 기반으로 하는 안전관리체계의 구축이 필요하다. 차량, 시설의 계약 및 설계 단계에서의 위험도평가 결과를 바탕으로 철도운영과 관련된 종합적인 위험도평가를 실시하고 비용-편익분석에 의해 도출된 결과에 의해 적절한 안전관리대책을 수립하여 이를 기반으로 안전관리활동을 수행하여야 한다.

둘째, 구성원 및 조직간 안전정보의 원활한 소통을 위한 의사소통체계를 구축하여야 한다. 이는 문서의 전파, 보고 등 단방향의 의사전달체계 뿐만 아니라 모든 구성원간 안전정보의 의사소통체계를 구축하여야 한다.

셋째, SMS 체계의 지속적 개선을 위한 모니터링, 감사, 시정조치, 피드백에 관련된 체계를 구축하여야 한다. 특히, 지속적 개선을 위한 피드백 결과의 추적관리가 필요하다.

넷째, 최고경영자의 SMS 결과에 대한 경영검토가 필요하며 지속적 개선을 위한 안전관리 마인드를 갖도록 하여야 한다.

다. 도시철도법과 철도안전법의 차량안전규정 비교분석

국내 철도차량 안전에 관련한 법률에는 도시철도에 관한 도시철도법과 일반/고속철도에 관한 철도안전법이 있으며, 규정에는 이러한 법률로 제정된 시행령으로부터 건설교통부령으로 제정된 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙과 철도차량 안전기준에 관한 규칙이 있다. 이들 법률과 규정 간에는 유사한 사항들이 많아 동일사항에 대해 상이한 내용이 있을 수 있어 법률 및 규정 간 상충 사항의 유무를 검토하였다.

(1) 도시철도법과 철도안전법

도시철도법과 철도안전법 간에 상충되는 모든 조항은 철도용품의 품질인증에서 도시철도법에서는 産業標準化法 第11條 내지 第13條의 規定에 의하여 規格表示許可를 받은 都市鐵道用品에 대하여는 그러하지 아니한다고 하였으나, 철도안전법에서는 건설교통부장관이 인정하는 공인시험기관의 인증을 받은 경우 등 대통령령이 정하는 경우에 해당하는 철도용품에 대하여는 품질인증절차의 일부 또는 전부를 면제할 수 있다고 하였으며, 품질인증의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한

사항은 도시철도법에서는 대통령령으로 정한다고 한 반면에 철도안전법에는 결설교통부령으로 정한다고 되어있어 법률간에 상충이 일어나고 있다.

철도차량의 성능시험의 대상·기준·절차 및 성능시험을 실시하는 자의 지정 등에 관하여 필요한 사항은 도시철도법에는 대통령령으로 정한다고 하였으나, 철도안전법에서는 걸설교통부령으로 정한다고 되어있어 법률간에 상충되고 있음을 알 수 있다.

철도차량의 사용내구연한에 관련하여 도시철도법에서는 철도를 운영하는 자는 건설교통부령이 정하는 사용내구연한을 초과한 도시철도차량을 운행할 수는 없지만, 대통령이 정하는 바에 따라 건설교통부장관이 지정한 자가 실시하는 정밀진단을 받아 안전운행에 적합하다고 인정되어 사용내구연한이 연장된 도시철도차량의 경우에는 그러하지 아니하다고 하였으나, 철도안전법에서는 '대통령이 정하는 바에 따라'라는 구절이 없어 철도안전법에서는 대통령이 정하지 않고 건설교통부장관이 지정한 자가 실시하는 정밀진단을 받을 수 있음을 알 수 있다. 이상의 상충되는 두 법률간의 조항들을 정리하면 표 3-1-10과 같다.

표 3-1-10 도시철도법과 철도안전법의 비교

도시철도법	철도안전법
第22條의2 (都市鐵道車輛의 安全基準) ①都市鐵道車輛은 大統領令이 정하는 構造 및 裝置가 安全運行에 필요한 기준(이하 "安全基準"이라 한다)에 적합하지 아니하면 이를 運行하지 못한다. ②都市鐵道車輛의 安全基準은 建設交通部令으로 정한다. [本條新設 1995.12.29]	**제26조(철도차량의 안전기준)** ①철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다. ②철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지 관리하여야 한다.
第22條의4 (都市鐵道用品의 品質認證) ①建設交通部長官은 都市鐵道에 사용되는 部品·機器 또는 裝置등(이하	**제27조(철도용품의 품질인증)** ①건설교통부장관은 철도에 사용되는 부품·기기 또는 장치 등(이하 "철도용품"이라 한다)의 성능 및 안전성을

도시철도법	철도안전법
"都市鐵道用品"이라 한다)의 性能 및 安全性確保등을 위하여 都市鐵道用品에 대한 品質認證을 실시할 수 있다. 다만, 産業標準化法 第11條 내지 第13條의 規定에 의하여 規格表示許可를 받은 都市鐵道用品에 대하여는 그러하지 아니하다.	확보하기 위하여 철도용품에 대한 품질인증을 할 수 있다. 다만, 건설교통부장관이 인정하는 공인시험기관의 인증을 받은 경우 등 대통령령이 정하는 경우에 해당하는 철도용품에 대하여는 품질인증절차의 일부 또는 전부를 면제할 수 있다.
②建設交通部長官은 都市鐵道를 建設 또는 운영하는 者와 車輛製作者등에게 品質認證을 받은 都市鐵道用品의 優先購買를 권장할 수 있다.	②제1항의 규정에 의하여 품질인증을 받은 자는 품질인증을 받은 철도용품(제1항 단서의 규정에 의하여 품질인증절차의 전부를 면제받은 철도용품을 포함한다. 이하 "인증품"이라 한다)의 제품·포장 또는 용기에 건설교통부령이 정하는 바에 따라 인증품임을 나타내는 표시를 할 수 있다.
③第1項의 規定에 의한 品質認證의 대상·기준 및 節次등에 관하여 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.	③제1항의 규정에 의한 품질인증의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 건설교통부령으로 정한다.
[本條新設 1995.12.29]	
第22條의3 (都市鐵道車輛의 性能試驗)	**제35조(철도차량의 성능시험)**
①車輛製作者등이 製作·組立 또는 輸入한 都市鐵道車輛을 販賣하고자 할 때에는 都市鐵道車輛의 構造와 裝置의 形狀 및 規格등(이하 "都市鐵道車輛型式"이라 한다)과 性能에 관하여 建設交通部長官이 지정하는 者가 실시하는 試驗(이하 "性能試驗"이라 한다)을 받아야 한다. 性能試驗을 받은 都市鐵道車輛型式 또는 性能을	①차량제작자등은 제작·조립 또는 수입한 철도차량을 판매하고자 할 때에는 철도차량의 성능과 구조·장치의 형상 및 규격 등(이하 "성능등"이라 한다)이 철도차량의 안전 및 기능 확보에 적합한지의 여부를 검사하기 위하여 건설교통부장관이 실시하는 시험(이하 "성능시험"이라 한다)을 받아야 한다. 성능시험을 받은 철도차량의 성능등을 변경(건설교통부령이 정하는

도시철도법	철도안전법
변경(建設交通部令이 정하는 경미한 사항의 변경인 경우를 제외한다)한 때에도 또한 같다. ②性能試驗의 대상·기준·節次 및 性能試驗을 실시하는 者의 지정등에 관하여 필요한 사항은 大統領令으로 정한다. [本條新設 1995.12.29]	경미한 사항의 변경을 제외한다)한 때에도 또한 같다. ②건설교통부장관은 제1항의 규정에 불구하고 시험·연구의 목적으로 제작·조립된 철도차량 등 대통령령이 정하는 철도차량은 성능시험의 전부 또는 일부를 면제할 수 있다. ③성능시험의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 건설교통부령으로 정한다. ④건설교통부장관은 성능시험을 효율적으로 실시하기 위하여 철도차량의 성능시험에 관한 전문기관(이하 "성능시험기관"이라 한다)을 지정하여 성능시험을 실시하게 할 수 있다. ⑤성능시험기관의 지정기준, 지정절차, 업무의 범위 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. ⑥건설교통부장관은 성능시험기관이 다음 각호의 1에 해당하는 때에는 그 지정을 취소하거나 6월 이내의 기간을 정하여 업무의 정지를 명할 수 있다. 다만, 제1호에 해당하는 때에는 지정을 취소하여야 한다. 1. 거짓 그 밖의 부정한 방법으로 지정을 받은 때 2. 정당한 이유 없이 1년 이상 계속하여 성능시험업무를 하지 아니한 때 3. 제5항의 규정에 의한 지정기준에 적합하지 아니하게 된 때

도시철도법	철도안전법
	4. 성능시험기관의 고의 또는 중대한 과실로 인하여 제26조제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하지 아니한 철도차량에 대하여 성능시험의 적합판정을 한 때 5. 이 법 또는 이 법에 의한 명령에 위반한 때 ⑦제6항의 규정에 의한 지정취소 및 업무정지의 기준 등에 관하여 필요한 사항은 건설교통부령으로 정한다.
第22條의5 (都市鐵道車輛의 使用耐久年限) ①都市鐵道를 운영하는 者는 建設交通部令이 정하는 使用耐久年限을 초과한 都市鐵道車輛을 運行할 수 없다. 다만, 大統領令이 정하는 바에 따라 建設交通部長官이 지정한 者가 실시하는 精密診斷을 받아 安全運行에 적합하다고 인정되어 使用耐久年限이 연장된 都市鐵道車輛의 경우에는 그러하지 아니하다. ②第1項의 規定에 의한 精密診斷의 실시 및 使用耐久年限의 연장에 관하여 필요한 사항은 建設交通部令으로 정한다. [本條新設 1995.12.29]	**제37조(철도차량의 사용내구연한)** ①철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 사용내구연한을 초과한 철도차량을 운행할 수 없다. 다만, 건설교통부장관이 실시하는 정밀진단을 받아 안전운행에 적합하다고 인정되는 경우에는 그 사용내구연한을 연장할 수 있다. ②제1항의 규정에 의한 정밀진단의 실시 및 사용내구연한의 연장 등에 관하여 필요한 사항은 건설교통부령으로 정한다. ③건설교통부장관은 제1항의 규정에 의한 정밀진단을 효율적으로 실시하기 위하여 철도차량의 정밀진단에 관한 전문기관(이하 "정밀진단기관"이라 한다)을 지정하여 정밀진단을 실시하게 할 수 있다. ④제3항의 규정에 의한 정밀진단기관의 지정기준, 지정절차, 업무의 범위 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

도시철도법	철도안전법
	⑤제35조제6항 및 동조제7항의 규정은 정밀진단기관의 지정취소 및 업무정지에 관하여 이를 준용한다. 이 경우 "성능시험기관"은 "정밀진단기관"으로 "성능시험"은 "정밀진단"으로 본다.

(2) 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙과 철도차량 안전기준에 관한 규칙

중량분포 관련하여 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 공차상태에서 각 차축의 한쪽 차륜하중은 동일차축의 좌우측차륜하중 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 하고, 공차상태에서 한쪽 선로의 차륜의 하중합은 그 동일차량의 좌우측선로차륜의 하중합의 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다고 하였으나 철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 각각 4퍼센트 이내이어야 한다고 하였다.

전기안전에 관해서는 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 교류 600볼트 이상을 사용하는 전기장치에는 사람이 보기 쉬운 위치에 "고전압" 및 "위험" 표시를 하여야 하였으나, 철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 교류전압의 크기를 명기하지 않고 단순히 고전압이라고 표시하고 있다.

접지에 대해서는 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 차량의 정상전류 및 예측할 수 있는 고장전류에 대응할 수 있도록 동력차량에는 모든 차축에, 부수차량에는 주행장치마다 1축 이상에 접지기구를 설치하여야 한다고 규정하고 있으나, 철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 예측할 수 없는 고장전류에 대응할 수 있도록 규정하고 있다.

차체의 충돌안정성 관련 조항에서는 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 시속 5킬로미터의 속도로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 아니하여야 한다고 하였으나, 철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 주행하는 공차상태 열차의 주행속도를 시속 10킬로미터로 규정하고 있다.

보조전원장치용 인버터에 대해서는 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 인버터의 부품 중 전원차단 시 60볼트 이상의 충전상태가 5초 이상 유지되는 부품

은 사람이 보기 쉬운 위치에 주의표시를 하여야 한다고 규정하고 있으나 철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 전원을 차단하는 경우 충전상태가 장기간 유지되는 부품은 방전시킬 수 있는 회로가 구성되어야 하며 고전압의 경우 외부에 방전여부를 확인할 수 있는 장치 및 주의표시가 추가되어야 한다고 규정하고 있다.

통신장치에 관련하여 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 통신장치에는 비상시에도 전원을 안정적으로 공급할 수 있어야 한다고 규정하고 있으나 철도차량 안전기준에 관한 규칙에서는 열차 내에 설치되는 통신장치에는 비상시에도 최소 60분 이상 안정적으로 전원이 공급될 수 있어야 한다고 전원공급에대한 최소시간을 규정하고 있음을 알 수 있다. 이상의 상충되는 두 규정간의 조항들을 정리하면 표 3-1-11과 같다.

표 3-1-11 도시철도차량/철도차량 안전기준에 관한 규칙 비교

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙	철도차량 안전기준에 관한 규칙
제5조 (차량한계) ①직선궤도위에서의 차량한계는 별표1과 같다. ②차량이 곡선궤도위의 중심선에서 어느 한쪽으로 기울게 되는 경우에는 차량의 각 부분이 별표 1의 규정에 의한 차량한계에 도시철도건설규칙 제21조제2항의 규정에 의한 치수를 가산한 범위 이내이어야 한다.	**제22조(차량한계)** ①철도차량은 차량한계(철도차량의 안전을 확보하기 위하여 궤도위에 정지된 상태에서 측정한 철도차량의 길이와 너비 및 높이의 한계를 말한다. 이하 같다)를 벗어나서는 아니된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. 1. 정차 중에 개폐하는 철도차량의 출입문이 열려 있는 경우 2. 제설장치·기중기 그 밖의 특수 장치를 사용하고 있는 경우 ②직선구간에서의 차량한계는 별표와 같다. ③곡선구간에서의 차량한계는 제2항의 규정에 의한 직선구간에서의 차량한계에 「철도건설규칙」 제13조제3항의 규정을 준용하여 확대하여야 한다. 다만, 제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙	철도차량 안전기준에 관한 규칙
제7조 (중량분포) ①공차상태에서 각 차축의 한쪽 차륜하중은 동일차축의 좌우측차륜하중 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다. ②공차상태에서 한쪽 선로의 차륜의 하중합은 그 동일차량의 좌우측선로차륜의 하중합의 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다. ③공차상태에서 각 축중은 그 동일차량의 축중평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다. 다만, 관절형식의 주행장치를 가지는 도시 철도차량은 그러하지 아니하다.	**제25조(중량분포)** ①공차중량 상태에서 각 차축의 한쪽 차륜하중은 동일차축의 좌우측차륜하중 평균치와의 편차가 4퍼센트 이내이어야 한다. ②공차중량 상태에서 한쪽 선로의 차륜의 하중합은 그 동일철도차량의 좌우측선로차륜의 하중합의 평균치와의 편차가 4퍼센트 이내이어야 한다. ③기관차의 경우 공차중량 상태에서 측정된 각 축중은 그 동일 철도차량의 축중 평균치와의 편차가 2퍼센트 이내이어야 한다.
제13조 (전기안전) ①전기장치는 인체에 대한 감전과 화재발생 위험을 방지할 수 있도록 이를 설계 및 설치하여야 한다. ②교류 600볼트 이상을 사용하는 전기장치에는 사람이 보기 쉬운 위치에 "고전압" 및 "위험" 표시를 하여야 한다.	**제15조(철도차량의 전기안전 등)** ①전기장치는 인체에 대한 감전과 화재발생 위험을 방지할 수 있도록 설치되어야 한다. ②철도차량 내에 설치되는 전기장치는 여객과 직접 접촉이 되지 아니하도록 설치되어야 하며, 접촉이 불가피한 경우는 잠금 기능을 갖춘 별도의 장치로 보호되어야 한다. ③고전압을 사용하는 기기의 보호장치 외부에는 사람이 보기 쉬운 위치에 해당 고전압 표시 및 위험표시를 하여야 한다.
제16조 (접지) ①차량의 정상전류 및 예측할 수 있는 고장전류에 대응할 수 있도록 동력차량에는 모든 차축에, 부수차량에는 주행장치마다 1축	**제18조(접지)** ①철도차량의 정상전류 및 예측할 수 없는 고장전류에 대응할 수 있도록 차체와 주행장치는 전기적으로 연결되어야 한다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙	철도차량 안전기준에 관한 규칙
이상에 접지기구를 설치하여야 한다. ②인체에 접촉하여 감전 등 상해를 줄 수 있는 장치나 기기표면에는 보호접지가 되어 있어야 한다.	②전기차량의 동력차에는 모든 차축에, 그 밖의 철도차량에는 필요시 주행장치의 1축 이상에 접지기구가 설치되어야 한다. ③인체에 접촉하여 감전 등 상해를 줄 수 있는 장치나 기기 표면에는 보호접지가 되어 있어야 한다. ④철도차량의 지붕에 설치된 집전장치(Pantagraph) 및 그 밖의 고압기기는 절연되어야 하고 비상시에 대비하여 차체와 접지(接地)되어야 한다. ⑤직류 50볼트, 교류 24볼트 이상의 전기기기는 안전하게 접지되어야 한다. ⑥철도차량 외부의 안테나는 전차선으로부터 보호되어야 하며 접지되어야 한다.
제23조 (차체의 충돌안전성) 시속 5킬로미터의 속도로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 아니하여야 한다.	**제36조(철도차량의 연결)** 공차중량 상태의 철도차량은 시속 10킬로미터의 속도에서 제동이 되어 있는 유사한 형태의 철도차량과 연결기를 통하여 충돌한 경우 차체 및 연결기 등에 손상이 발생하지 아니하여야 한다.
제67조 (보조전원장치용 인버터) ①인버터의 부품중 전원 차단시 60볼트 이상의 충전상태가 5초 이상 유지되는 부품은 사람이 보기 쉬운 위치에 주의표시를 하여야 한다. ②인버터의 부품중 외부로부터 발생되는 정전기에 의하여 손상될 수 있는 부품은 점검·교체 또는 보관시 정전기에 의한	**제75조(인버터 및 컨버터)** ①전원을 차단하는 경우 충전상태가 장기간 유지되는 부품은 방전시킬 수 있는 회로가 구성되어야 하며, 고전압의 경우 외부에 방전여부를 확인할 수 있는 장치 및 주의표시가 추가되어야 한다. ②인버터 및 컨버터의 부품중 외부로부터

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙	철도차량 안전기준에 관한 규칙
손상으로부터 보호되어야 한다.	발생되는 정전기에 의하여 손상될 수 있는 부품은 점검·교체 또는 보관시 정전기에 의한 손상으로부터 보호되어야 한다.
제78조 (통신장치)	
①통신장치는 열차내에서 메시지를 안전하게 송수신할 수 있는 기능을 가져야 한다.	**제91조(통신장치)**
②통신장치에는 비상시에도 전원을 안정적으로 공급할 수 있어야 한다.	①열차 안에 설치되는 통신장치는 용도별도 승무원·여객·철도교통관제시설간 원활하게 송수신할 수 있는 기능을 가져야 한다.
③운전자와 승객간의 통신장치는 다음 각호에 적합하여야 한다. <개정 2004.12.4>	②열차 내에 설치되는 통신장치에는 비상시에도 최소 60분 이상 안정적으로 전원이 공급될 수 있어야 한다.
1. 승객이 간단하고 신속하게 통신장치를 사용할 수 있을 것	③객차등의 경우 승무원과 여객간의 통신장치는 다음 각 호의 기능을 갖추어야 한다.
2. 운전자가 통화중인 승객의 위치를 확인할 수 있을 것	1. 객차 1량 당 2개 이상 설치할 것
3. 통신장치 주변에는 차량번호판이 부착되어 승객이 비상사태가 발생한 차량을 운전자에게 신속하게 알릴 수 있을 것	2. 쌍방향 통화가 가능할 것
4. 승객과 운전자간의 쌍방향통신이 가능할 것	3. 통신장치 인근에 사용방법을 설명하는 안내표지를 축광위치표지로 부착할 것
5. 객실바닥면으로부터 1.4미터 이상 1.5미터 이하 높이에 설치할 것	4. 승무원이 통화중인 여객의 위치를 확인할 수 있을 것
6. 차량 1량당 2개 이상 설치할 것	5. 통신장치 주변에는 철도차량번호판 또는 순위표가 부착되어 여객이 비상사태가 발생한 철도차량을 철도차량운전업무종사자에게 신속하게 알릴 수 있을 것
7. 승객이 운전자에게 통화하려고 한 때부터 10초안에 운전자가 응답하지 아니하는 경우에는 관제실과 자동으로 연결되어 통화를 할 수 있도록 할 것	④운전자와 철도교통관제시설 간의 모든 통신장치는 비상시에도 작동될 수 있도록 보호되어야 한다.
8. 통신장치 인근에 통신장치의 사용방법을 설명하는 안내표지를 부착하되 이를 축광위치표지로 할 것	⑤통신장치는 비상시 여객이 철도차량운전업무종사자 또는
④운전자와 중앙제어실간의 모든 통신장치는	

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙	철도차량 안전기준에 관한 규칙
비상시에도 작동될 수 있도록 보호되어야 한다. ⑤통신장치는 비상시 승객 및 운전자 또는 중앙제어실과 통신을 할 수 있는 기능을 가져야 한다. ⑥열차는 안전운행을 위하여 별도의 무선통신장치를 갖추어야 한다.	철도교통관제시설과 통신을 할 수 있는 기능을 가져야 한다. ⑥열차는 안전운행을 위하여 운전실과 철도교통관제시설 간에 별도의 무선통신장치가 갖추어져야 한다.

4. 철도차량 안전체계 개선방안

가. 위험도 기반 철도차량 안전관리체계

(1) 개요

철도차량의 안전을 확보하기 위해서는 철도차량의 수명주기에 걸쳐 안전관리를 체계적으로 수행하는 것이 필요하다. 즉, 차량의 발주단계부터 폐기단계까지 전 순기에 걸쳐 각 단계별로 안전관리 업무를 정의하고 단계별 안전관리 활동에 대해 주관자, 확인자, 승인자 등의 역할분담을 명확히 구분하도록 제도화한 철도차량 안전관리체계가 요구된다.

본 절에서는 국제표준규격 IEC 62278를 기반으로 철도차량의 수명주기 각 단계별 안전관리 업무를 정의하고, 국내·외 철도차량 안전규정체계를 분석하여 현재 국내의 철도차량 안전관리체계의 문제점 및 개선방안을 제시하고자 한다.

(2) 국가 철도안전관리체계 기본모델

철도시스템을 신규로 설치하거나 운영할 때 계획단계에서부터 위험도분석(Risk Analysis)을 기반으로 전체 시스템의 위험도(Risk)를 허용 가능한 영역으로 낮추고 이를 지속적으로 관리하는 국가 철도안전관리체계가 필요하다. 안전관리활동은 크게 1)안전관리 현황 및 문제점 분석(위험분석), 2)목표 설정, 3)안전계획 수립, 4)안전관리 시행, 5)평가의 단계로 구분될 수 있으며, 각 단계별로 이해당사자(철도관련 주체) 등의 임무가 명확히 설정되어 유기적이고 체계적인 안전관리업무가 수행되도록 안전관리체계가 구축되어야 한다.

철도 관련 이해당사자인 안전관리 주체는 국가(정부기관), 차량제작자 및 철도시설관리자, 철도운영자, 사고조사기관, 그리고 독립 안전성 평가자(ISA : Independent Safety Assessor) 등이 있으며, 각 주체별로 해야 할 임무와 업무절차 및 각 주체간의 인터페이스를 구체적으로 설정해야 한다. 그림 3-1-15는 모든 철도 관련 주체 간의 활동과 인터페이스를 도식화한 것이며, 안전관리주체 중 정부기관은 국가차원의 안전수준 분석, 안전 목표 설정, 안전요구사항개발, 국가 안전계획 수립, 국가수준의 안전관리, 국가 안전수준 감시 및 평가, 국가 안전관리체계 점검 및 보완 활동을 순차적으로 수행하게 된다.

철도운영자는 운영안전정책 수립, 연간 안전수행목표 설정, 연간 안전계획 수립, 안전책임 및 권한 할당, 안전성능 분석, 위험도 관리, 위험도 통제전략 수립, 기능

및 훈련 감독체계 수립 등을 수행하고, 차량제작자 및 철도시설관리자는 위험원 목록준비, 예비안전계획준비, 위험원 식별 및 분석, 위험도 분석, 안전요구사항 분비, 안전계획 수립, 안전 활동 수행, 안전평가, 안전규정 분비, 안전인증 준비, 안전책임 위임 등을 수행한다. 사고조사기관은 조조목표 설정, 연간 조사계획 수립, 조사활동, 조사활동 추적관리, 조사활동 평가, 조사체계 점검 및 보완 등의 안전 활동을 수행한다. 독립안전성평가자는 안전성에 대한 평가를 독립적으로 수행하고 안전성 평가보고서를 작성하여 관련 기관에 배포하는 활동을 수행한다.

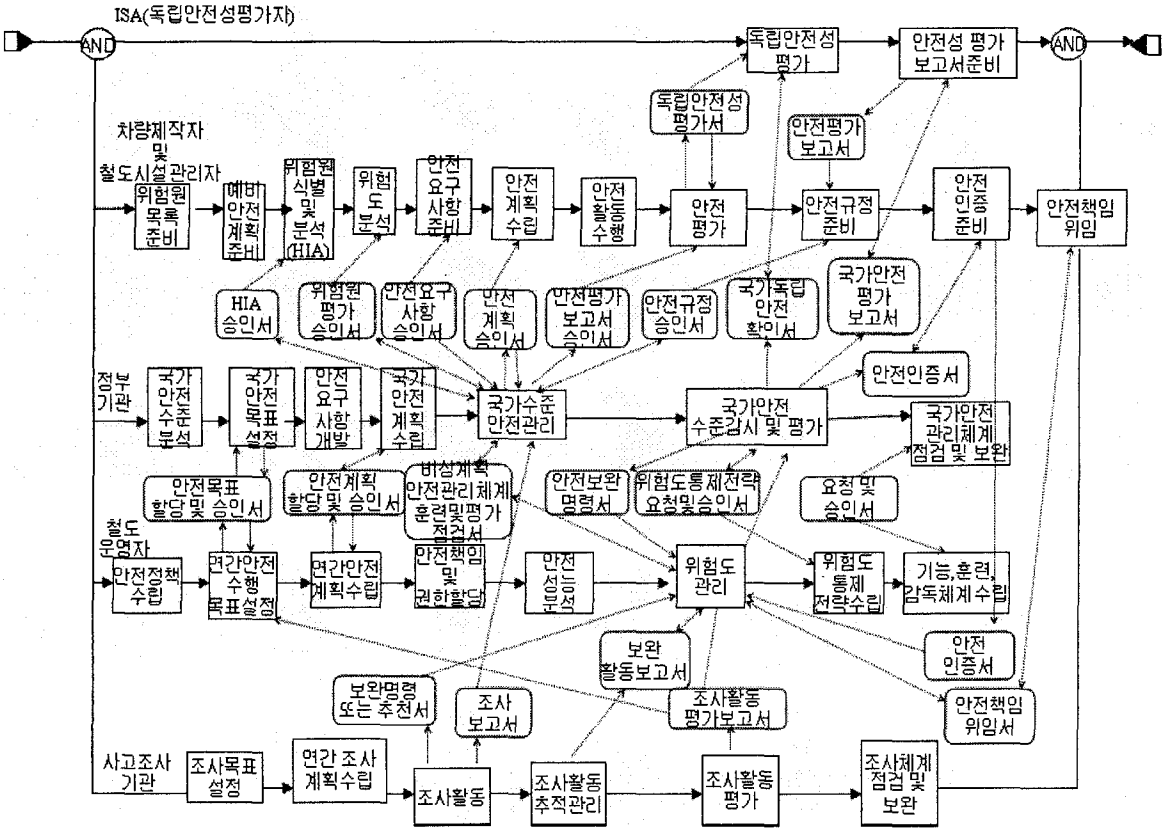


그림 3-1-14 국가 철도안전관리체계 기본 아키텍쳐

(3) 분석

현재의 철도안전법 체계에서 철도차량에 대한 안전관리체계를 분석한 결과 안전관리체계상 일부 미비한 부분이 있음을 알 수 있었으며, 특히, 안전성 평가의 객관성을 확보하기 위한 제 3자 평가원칙 측면에서 제도적 보완이 필요할 것으로 판단된다.

나. 철도안전법과 도시철도법의 차량 관련 규정 재정립

(1) 위험도 기반 철도안전법, 시행령, 규칙 중 철도차량 분야 개정방안

철도종합안전기술개발사업의 SE과제에서 제안한 위험도 기반 철도안전법, 시행령, 규칙(안) 중 대해 철도차량 관련 규정에 대한 개정(안)은 표3-1-12와 같다.

표 3-1-12 위험도 기반 철도안전법, 시행령, 규칙 중 철도차량 분야 개정방안

철도안전법	시행령	규칙
5.3 시스템 구조관리 수행	5.3 시스템 구조관리 수행 I. 철도안전규격/기준 관리	5.3 시스템 구조관리 수행 I .철도안전 규격/기준 관리 A. 철도차량용품의 안전 규격/기준관리 ① 철도차량의 안전과 호환성의 확보 등을 위하여 철도차량용품의 표준규격을 정하여 철도운영자등 또는 철도차량을 제작·조립 또는 수입하고자 하는 자 등에게 이를 권고할 수 있다. 다만, 산업표준화법에 의한 한국 산업규격이 제정되어 있는 사항에 대하여는 그 규격에 따른다. ② 제1항의 규정에 의한 표준규격의 제정·개정 등에 관하여 필요한 사항은 **"철도차량용품의 표준규격 지침"**에서 정한다.
5.6 철도차량 안전관리 (목적) 차량에 관련된 위험도를 안전계획의 목표수준으로 감소시키기 위하여 철도차량 세부 안전관리 계획을 작성하고 추진실태 및 실적을 평가함.	5.6 철도차량 안전관리 A. 철도차량 안전관리 활동 관련 국내외 관련자료 조사 B. 철도차량 안전관리 활동 세부계획 수립 C. 철도차량 안전관리 활동 세부계획의 이해당사자 배포 및 검토 D. 철도차량 안전관리 활동 세부계획서 검증 및	5.6 철도차량 안전관리 A. 철도차량 안전관리 활동 관련 국내외 관련자료 조사 - 관련 철도차량 안전관리 활동, 이전 철도차량 안전관리 활동 실적 등 B. 철도차량 안전관리 활동 세부계획 수립 - 철도차량 안전관리 활동의 대상/시행주체/시행기간/예산/시행방법/효과 등에 대해서 세부적인

철도안전법	시행령	규칙
	확정 E. 철도차량 안전관리 활동의 평가 기준 수립 F. 철도차량 안전관리 활동의 추진 실태 관리 G. 철도차량 안전관리 활동의 실적 검토 및 평가	사항을 분석 또는 검토
5.9 안전승인 관리 (목적) 철도차량 또는 시설의 안전성을 확보하기 위해 신규 또는 주요 변경 설치되는 차량 또는 시설의 안전성을 심사하여 사용을 승인함.	**5.9 안전승인 관리** A. 안전승인 활동 관련 국내외 관련자료 조사 B. 안전승인 활동 세부계획 수립 C. 안전승인 활동 세부계획서 검증 및 확정 D. 위험원 식별 및 분석 승인 E. 위험도 평가 승인 F. 안전성 요구사항 승인 G. 안전성 계획 승인 H. 안전성 평가 보고서 승인 I. 종합안전대책기술서 승인 J. 안전승인 기관의 지정 요건 수립, 지정 및 평가 K. 안전승인 기관의 안전승인 업무 수행 실태 관리 L. 안전승인 기관의 안전승인 실적 검토 및 평가 M. 안전승인 기관의 안전승인 체계 요건 수립	**5.9 안전승인 관리** A. 안전승인 활동 관련 국내외 관련자료 조사 - 관련 안전승인 활동, 이전 안전승인 활동 실적 등 B. 안전승인 활동 세부계획 수립 - 안전승인 활동의 대상/시행주체/시행 기간/예산/시행방법/효과 등에 대해서 세부적인 사항을 분석 또는 검토
19.4 위험도 평가의 검증 (목적) 합리적이고 실행 가능한 위험도 제	**19.4 위험도 평가의 검증** E. 위험도 평가의 적합성 검토	**19.4 위험도 평가의 검증** E. 위험도 평가의 적합성 검토 - 철도차량에 특정한 위험도 평가 절차와 방법은 **"철도차량 위**

철도안전법	시행령	규칙
어대책을 선정하고 위험도 제어계획의 타당성을 입증한다.		**험도 분석 지침"**에서 정한다.
20.2 기술적 안전요구사항 분석 (목적) 기술적 안전요구사항의 적합성을 검토	20.2 기술적 안전요구사항 분석 B. 기술적 안전요구사항의 적합성 판정을 위한 SRG 검토 - 철도시설/차량/SW에 대한 특정 안전요구사항은 별도 지침으로 정함.	20.2 기술적 안전요구사항 분석 (기술적 안전요구사항의 적합성 판정을 위한 SRG 검토) **B. 철도차량에 특정한 안전요구사항** 철도차량에 특정한 안전요구사항은 **"철도차량 안전지침"**에서 정한다. - 철도차량 일반 안전지침 - 철도차량 충돌 안전지침 - 철도차량 화재 안전지침 - 철도차량 주행(탈선) 안전지침 - 철도차량 전기 안전지침 - 철도차량 구조 안전지침 - 철도차량 차체 안전지침 - 철도차량 주행 장치 안전지침 - 철도차량 제동장치 안전지침 - 철도차량 추진 및 보조전원장치 안전지침 - 철도차량 차상신호장치 및 운전자보안장치 안전지침 - 철도차량 종합제어장치 안전지침 - 철도차량 연결 장치 안전지침 - 철도차량 기타 장치 안전지침 - 철도차량 유지관리 지침
22. 안전대책 활동 수행	22. 안전대책 활동 수행 (차량/시설 안전점검 수행)	22. 안전대책 활동 수행 (차량/시설 안전점검 수행) **A. 철도차량용품의 품질인증** ① 철도차량에 사용되는 부품, 기기 또는 장치 등(이하 "철도차량용품"이라 한다)의 안전성을 확보

철도안전법	시행령	규칙
		하기 위하여 철도차량용품에 대한 품질인증을 할 수 있다. ② 철도차량용품의 품질인증 대상, 기준 및 절차 등은 **"철도차량용품 품질인증 지침"**에서 정한다. **B. 철도차량의 제작검사** ①차량제작자등은 철도차량의 제작에 착수한 때부터 철도차량의 품질 및 안전성이 확보되고 있는지의 여부에 대하여 건설교통부장관이 실시하는 검사(이하 "제작검사"라 한다)를 받아야 한다. ② 철도차량의 제작검사 대상, 기준 및 절차 등은 **"철도차량 제작검사 지침"**에서 정한다. **C. 철도차량의 성능시험** ① 차량제작자등은 제작·조립 또는 수입한 철도차량을 판매하고자 할 때에는 철도차량의 성능과 구조·장치의 형상 및 규격 등(이하 "성능등"이라 한다)이 철도차량의 안전 및 기능 확보에 적합한지의 여부를 검사하기 위하여 건설교통부장관이 실시하는 시험(이하 "성능시험"이라 한다)을 받아야 한다. 성능시험을 받은 철도차량의 성능등을 변경한 때에도 또한 같다. ② 철도차량의 성능시험 대상, 기준 및 절차 등은 **"철도차량 성능시험 지침"**에서 정한다.

철도안전법	시행령	규칙
		D. 철도차량의 정밀진단 ① 철도운영자등은 20년을 초과 사용한 철도차량과 탈선, 충돌, 화재 등 중대사고로 인해 손상된 철도차량에 대해 안전운행에 대한 적합성을 판단하기 위해 정밀진단을 받아야 한다. ② 철도차량의 정밀진단 대상, 기준 및 절차 등은 **"철도차량 정밀진단 지침"**에서 정한다.

(2) 안전 활동을 기반으로 한 철도안전법과 도시철도법의 철도차량 관련 안전 규정의 통합방안

표 3-1-12의 각 안전 활동 중에서 19.4 위험도평가의 검증활동은 철도차량의 위험도분석에 관한 지침에 의해 이루어지고, 20.2 기술적 안전요구사항 분석은 철도차량 안전지침에 의해 이루어진다.

철도차량의 위험도분석에 관한 지침은 "철도차량 안전기준에 관한 지침"의 일부로 이미 국토해양부에서 고시하여 시행중에 있다.

철도차량 안전지침은 기존의 철도안전법에 의한 "철도차량 안전기준에 관한 규칙"과 "철도차량 안전기준에 관한 지침", 도시철도법에 의한 "도시철도차량 안전기준에 관한 규칙"의 내용을 포함하고 있으므로 이들 기존의 철도차량 안전관련 기술적 기준들을 통합하여 새로운 체계로 구성해야 한다. 따라서 그림 3-1-15와 같이 현행 이원화된 철도차량 안전규정체계를 위험도 기반 철도안전법 체계로 일원화하였다.

기술적 기준을 통합하기 위해 다음과 같은 기본방향을 가지고 하나의 체계로 재구성하였다.

1. 일반/고속철도차량과 도시철도차량에 공통으로 적용될 수 있는 규정을 안전지침에 반영
2. 고무차륜 경량전철, 도시형 자기부상열차, 모노레일, LIM추진 경량전철, 노면 경량전철 등 다양한 신교통시스템에 적용 시 용이한 확장성을 가지는

기준 체계

3. 국가차원에서 반드시 관리해야하는 필수 안전사항에 대해 안전지침에 반영
4. 안전지침에는 철도차량의 안전 가이드라인 수준의 내용을 반영
5. 세부 기술적 기준은 기술의 발전추세에 적극 대응하기 위해 규격서(추천서) 형식으로 반영
6. 기존의 각종 기술적 기준을 최대한 반영

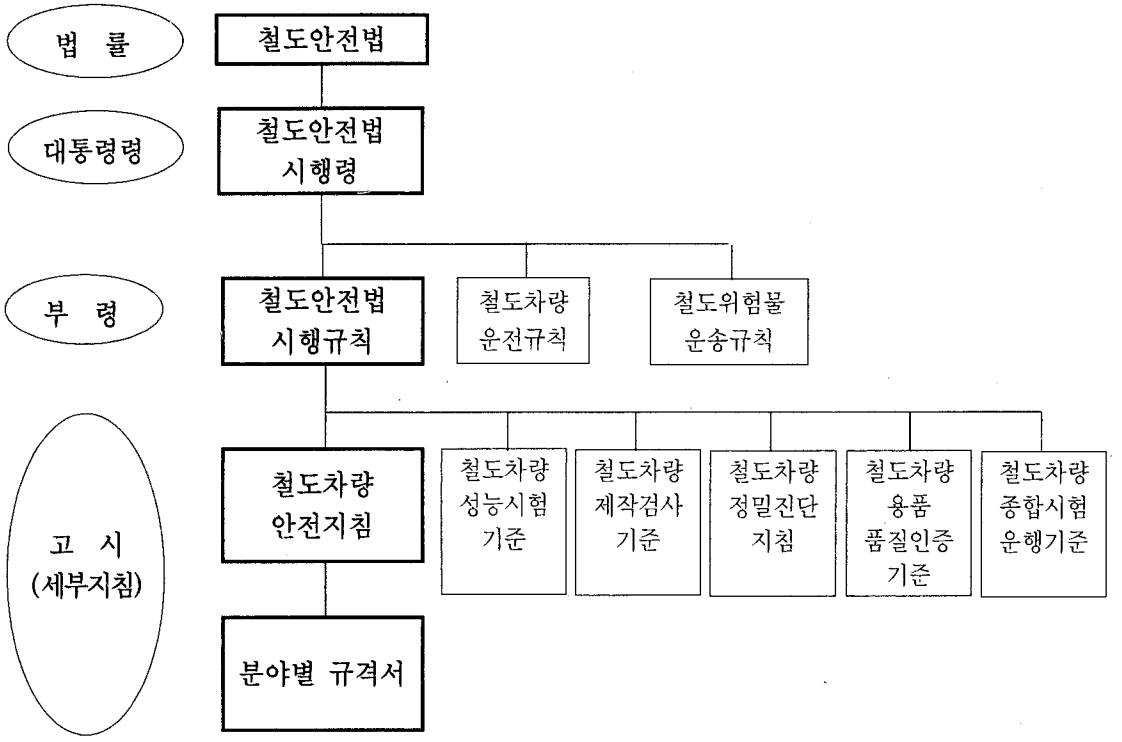


그림 3-1-15 철도차량 관련규정의 통합화 체계 방안

이와 같은 기본방향에 따라 철도차량 안전지침(안)은 1장 일반안전지침부터 15장 철도차량 유지관리에 관한 지침까지 총 15장으로 구성하였으며, 각각의 분야별 지침에는 주로 각종 차종에 대한 공통적인 기술적 기준을 규정하고 세부기술적 기준이나 신종 차량에 대한 기술적기준은 규격서로 규정할 구 있도록 구성하였다. 표 3-1-13은 철도차량안전지침(안)의 내용과 분야별 관련 규격서의 구성체계를 보여주고 있다.

이와 같이 "철도차량안전기준에 관한 규칙", "철도차량안전기준에 관한 지침", "도시철도차량 안전기준에 관한 규칙"을 통합하여 철도차량안전지침(안)과 40개의 규격서로 작성하였다.

표 3-1-13 안전 활동별 철도차량 안전지침 및 규격서 구성체계

안전활동 분야	지침	내 용	규격(추천서)	비고
19.4 위험도 평가의 검증	철도 차량의 위험도 분석에 관한 지침	철도차량의 위험도 평가 절차	-	기 고시
20.2 기술적 안전요구 사항 분석	철도차량 안전지침	1장. 일반 안전 지침	1. 차량-승무원 인터페이스 안전규격	
			2. 차량-궤도 인터페이스 안전규격	
			3. 차량-신호 인터페이스 안전규격	
			4. 차량-전력 인터페이스 안전규격	
			5. 객차 안전 규격	
			6. 동력차 안전규격	
			7. 화차 안전규격	
		2장. 철도차량 화재안전에 관한 지침	8. 객차등의 차체 및 실내외 설비의 화재성능 규격	기 고시
			9. 철도차량의 소화기 설치 및 성능 규격	기 고시
			10. 철도차량용 화재감지/경보장치 성능규격	
		3장. 철도차량 주행(탈선) 안전에 관한 지침	11. 철제차륜 철도차량의 탈선계수 측정 및 산정규격	
			12. 철제차륜 철도차량 전복방지 규격	
		4장. 철도차량 충돌안전에 관한 지침	13. 표준 충돌사고 각본	기 고시
			14. 차량실내 충돌안전규격	
			15. 타고 오름 방지장치 안전규격	
			16. 차체 전복강도규격	
			17. 완충차막이 안전규격	
			18. 전두부 충격관통방지 안전규격	
		5장. 철도차량 전기안전에 관한 지침	-	
		6장. 철도차량 구조 안전지침	19. 철도차량의 차량한계 규격	
			20. 철도차량의 축중 규격	
			21. 철도차량 구조의 제원 산정 규격	기 고시

안전활동 분야	지침	내 용	규격(추천서)	비고
			22. 철도차량의 표기 규격	기 고시
			23. 객차등의 기압변화 규격	기 고시
		7장. 철도차량 차체 안전지침	24. 차종별 하중조건 규격	기 고시
			25. 유리창 안전규격	
			26. 여객용 출입문 강도규격	
			27. 객실의자 안전규격	
			28. 객실내 공기질 안전규격	
			29. 철도차량 비상조명등 성능규격	
		8장. 철도차량 주행 장치 안전지침	30. 주행장치틀의 비파괴검사 규격	
			31. 철제차륜의 안전 및 비파괴검사 규격	
			32. 차축의 비파괴검사 규격	
			33. 윤축용 베어링 안전규격	
			34. 현가장치 안전규격	
			35. 차체-대차 연결강도 규격	
		9장. 철도차량 제동장치 안전지침	36. 열차의 비상제동거리	기 고시
		10장. 철도차량 추진 및 보조전원장치 안전 지침	-	
		11장. 철도차량 차상신호장치 및 운전자보안장치 안전지침	-	
		12장. 철도차량 종합제어장치 안전지침	-	
		13장. 철도차량 연결장치 안전지침	37. 연결기 연결부의 형태	기 고시

안전활동 분야	지침	내 용	규격(추천서)	비고
		14장. 철도차량 기타 장치 안전지침	38. 열차비상용품	기 고시
		15장. 철도차량 유지관리에 관한 지침	39. 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준	기 고시
			40. 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준	기 고시

(3) 철도차량 안전관리 지침(안)

표 3-1-12의 5.6 철도차량 안전관리 활동과 관련하여 철도차량의 수명주기별 안전 활동 내용에 대한 지침은 아래와 같다.

제1절 범위 및 일반사항

1.1 범위

본 기준은 철도안전관리시스템의 일부로서 철도차량 안전기준에 포함되는 기술적 요구사항을 명시한다. 본 기준은 기준 및 절차가 원활히 시행되도록 하고, 철도 운행의 다양한 기능 영역 간의 호환성을 보장하기 위해 이러한 기능 영역 간의 인터페이스 요구사항을 다룬다.

1.2 적용

본 기준은 철도안전관리시스템에서 요구하는 엔지니어링 및 운행 시스템 안전기준 및 절차를 작성하고 채택하기 위한 요구사항을 설정하고 지침을 제공한다. 철도의 각 적용 분야의 요구사항은 추가적으로 검토할 필요가 있다. 이러한 지침의 각 요소에 대한 적용 여부는 그것이 각 운행에 부과하는 위험의 수준에 의해 결정되어야 한다(제1.5항 참조). 본 기준을 적용할 때는 다음 사항을 고려해야 한다.

(a) 철도의 역할.
(b) 기준을 적용하는 사람, 법인, 청부업체 또는 공급업체의 조직 내에서의 기능.
(c) 소유자, 운영자 및 기능 영역 간의 상업적 계약.
(d) 상업적·기술적 혁신의 촉진.
(e) 기존의 안전 절차 및 관행.
(f) 조직체에 어떤 수명주기 단계들(제1.3항)이 적용 가능한지 결정 필요성.

1.3 자산 수명주기

본 기준의 절들은 철도차량 자산의 수명주기에서 연속되는 단계에 따라 배열되었다. 수명주기의 단계는 다음과 같다.

(a) 설계(제3절 참조).
(b) 제작 및 시행(제4절 참조).
(c) 사용(제5절 참조).
(d) 모니터링 및 정비(제6절 참조).
(e) 개조(제7절 참조).
(f) 사용 중지 및 폐기(제8절 참조).

주) 1. 설계는 서로 호환되어야 한다.
2. 운행 인터페이스는 조정되어야 한다.
3. 개조에는 설계, 제작, 시행, 사용 등의 수명주기 단계가 포함된다.

1.4 기존 관행의 채택

기존의 철도 운행에는 사용을 통해 안전한 것으로 입증된 관행이 존재한다. 이러한 상황이 기존의 철도에 적용되거나 새로운 철도가 기존의 철도와 충분히 유사한 것으로 판명될 수 있는 경우에는 이러한 관행을 채택하거나 조정하여 본 기준의 준수를 달성할 수 있다.

1.5 위험요소 검증 및 위험분석

수명주기의 각 단계에서 기준 및 절차에 포함시켜야 할 사항을 결정하는 데는 다음 항목에 영향을 줄 수 있는 위험요소의 파악이 수반되어야 한다.

(a) 철도차량 및 열차의 무결성.
(b) 철도 선로를 비롯한 시설 매개변수와 운행 시스템 및 장치와의 호환성.
(c) 무개화차에 적재한 화물의 안전한 보존.
(d) 승객과 작업자의 보호.
(e) 차량 연결기, 브레이크 시스템, 브레이크 및 기타 차량간 연결 장치의 신뢰성.

특정한 요인에 대해 요구되는 위험 분석의 수준은 반드시 모든 경우에 동일해야 할 필요는 없다. 조직체가 동일한 조건에서 만족할 만한 안전 효과를 발휘하는 것으로 판명된 확립된 관행을 채택하는 경우에는 상세한 분석이 필요치 않을 수도 있다. 하지만 관행을 변경할 경우에는 분석이 요구된다. 그러한 경우의 최소 요건은 변경된 요소에 대한 위험 분석이 되어야 한다. 위험 분석에 관한 사항은 별도의 추가 지침에 의한다.

1.6 의사 소통

철도의 안전 운행에는 다양한 문제에 관한 조직 내 및 조직 간의 의사 소통이 요구된다. 본 기준에 따라 작성되는 기준 및 절차에는 필요한 모든 의사 소통이 효과적이고 신뢰할 수 있는 방식으로 수행되도록 보장하기 위한 요구사항이 포함되어야 한다.

1.7 예외의 처리

특정한 경우에는 실행 가능한 것으로 간주되지만 통상적으로 명시된 설계 및 운행 매개변수(예: 수송 중에 손상된 철도차량의 이동, 과적 차량의 이동)의 엄격한 준수로 인해 배제되는 운행의 안전을 평가하기 위한 절차를 확립하고 유지해야 한다.

제2절 인터페이스 조정

2.1 일반사항

기존의 또는 계획된 모든 철도 운행에 대해 인터페이스 조정 계획을 수립해야 한다. 이 계획은 각 당사자 또는 관련된 직무 분야의 책임을 명확히 서술해야 하며 그러한 당사자 또는 직무 분야에 의해 합의되어야 한다. 계획에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(a) 각 조직 내의 관련 직무 분야와 조정이 필요한 상호 인터페이스의 결정.

(b) 본 절에서 검토 대상으로 명시된 문제의 맥락에서 각 인터페이스에 걸쳐 검토되고 해결되어야 할 주제.

(c) (b)항에서 파악된 주제의 각 항목에 대해 어느 당사자가 책임을 지기로 하는가에 대한 결정.

(d) 안전 정보의 교환을 위한 절차.

(e) 엔지니어링 및 운행 매개변수의 호환성을 평가하고 모니터링하기 위한 절차.

(f) 인터페이스 조정 계획의 검토를 위한 절차.

본 절에서는 제1.3항에 기재된 직무 분야 간의 인터페이스 조정 계획을 수립하는 과정에서 검토되고 해결되어야 할 주제를 권고한다. 본 절에 열거된 항목들 각각이 조직체의 안전관리 시스템에 포함되어야 할 필요성 여부는 제1.2, 1.4, 1.5항에 따라 결정되어야 한다.

2.2 엔지니어링 기능과 운행 기능 간의 인터페이스

인터페이스 조정 계획에서 검토되어야 할 문제에는 다음 사항이 포함된다.

(a) 철도 선로 및 토건 시설 : 다음 사항과 관련하여 철도 선로 및 토건 시설의

세부사항이 검토되어야 한다.

(i) 허용 가능한 철도차량 윤곽(제1.4.1항 참조).

(ii) 철도 선로 규격 및 허용오차.

(iii) 다음을 포함한 철도 선로 및 토건 시설의 수용 능력 –

(A) 축중/속도 및 축중/여유간격 조합 또는 한계를 포함한 차축 하중

(B) 교량 및 지하수로 하중

(C) 열차 길이, 용적 및 구성 한계

(iv) 다음을 고려한, 교차점과 건널목을 포함한 철도 선로

(A) 커브 및 경사도 데이터

(B) 플랜지 웨이 간격과 체크 레일을 포함한 교차점과 건널목 유형 및 기하학, 차륜 백투백(back-to-back) 규격에 대한 그들의 관계, 차륜 형상 및 허용오차

(C) 선로 기하학 매개변수에 대한 허용오차

(D) 선로 및 레일 평탄도

(E) 열 좌굴 및 홍수 피해 감수율을 포함한 기타 선로 한계

(F) 선로의 동하중 내구력

(v) 레일 형상

(vi) 선로 구조 및 구성요소의 전기적 특성.

(vii) 전기 시설과 관련한 선로 및 구조물의 상대적 위치

(b) 전기 시설 : 다음 사항과 관련하여 전기 시설의 세부사항이 검토되어야 한다.

(i) 고장 보호.

(ii) 다음을 포함한 전기 시스템 매개변수

(A) 부하 및 전원 특성

(B) 간섭, 장해 및 전자기

(iii)다음을 포함한 전기적 공간 및 격리 간격 –

(A) 절연 및 작동 간격

(B) 부호 및 장벽

(C) 전기 장치 부근에서의 작업을 위한 절차

(iv) 집전 장치 기타 시스템과 관련한 도체의 상대적 위치

(v) 다음을 포함한 안전 스위칭 및 격리 절차

(A) 전기 시스템 제어 및 작동

(B) 활선 작업

(vi) 다음을 포함한 접지 및 본딩

(A) 견인 장치 및 기타 시스템의 전류 경로

(B) 전기 분해 완화

(vii) 신호 위치, 선로 경사도 및 기타 열차 운행 요건과 관련한 절연부와 구조물의 상대적 위치

(c) 철도차량 : 다음 사항과 관련하여 철도차량의 세부사항이 검토되어야 한다.

(i) 허용오차, 한계, 간격을 포함한 차량 및 하중 규격.

(ii) 축중/속도 관계 및 하중 분산 요건을 포함한 차축 하중.

(iii) 철도차량(공차 및 만차)의 주행 적합성

(iv) 허용 가능한 철도차량의 속도 한계

(v) 차륜의 크기, 형태, 규격 및 프로파일

(vi) 차륜 상태의 한계

(vii) 연결기의 유형, 높이 및 정비 한계.

(viii) 에어 브레이크와 핸드 브레이크에 대한 열차 성능 매개변수를 포함한 브레이크 시스템.

(ix) 차량 장치.

(x) 대차 유형을 포함한 차량 인식.

(xi) 동일 차축 상의 차륜－레일 접점 간의 효과적인 전기 전도율

(xii) 견인 장치 구성요소간, 견인 장치간, 신호 및 통신 시스템간의 전기적 호환성.

(xiii) 승무원의 경계 태세를 유지하고 경계 태세가 저하될 경우 열차를 정지시키기 위한 시스템

(xiv) 곡선통과성능.

(xv) 살사 장치 및 선로 회로에 미칠 수 있는 그 효과.

(xvi) 철도차량의 동적 거동.

(xvii) 정상 및 비상 조건에서 승객과 승무원의 입구 및 출구.

(xviii) 열차 가속 성능.

(d) 신호 및 통신 시스템 및 장치 : 다음 사항과 관련하여 신호 및 통신 시스템 및 장치의 세부사항이 검토되어야 한다.

(i) 교차점과 건널목을 포함한 선로의 위치 및 구성.

(ii) 플랫폼과 기타 관련된 고정 지점의 위치.

(iii) 건널목의 위치와 유형.

(iv) 간격 지점.

(v) 혼합 규격 선로.

(vi) 의사 소통 범위에 영향을 미치는 물리적 특성.

(vii) 가시 거리에 영향을 미치는 물리적 특성.

(viii) 이행 작업을 포함하여 필요한 열차 이동.

(ix) 열차 이동의 우선순위.

(x) 열차 교통 밀도 및 통신 서비스 수요.

(xi) 전기 견인 및 기타 전자기 간섭이 신호 및 통신, 또는 기타 시스템에 미칠 수 있는 효과.

(xii) 안전 운행 시스템의 구성요소와 관련한 전기 견인 시설의 상대적 위치.

(xiii) 구성요소의 고장으로 인한 효과의 한계를 포함하여 사용할 장치와 시스템의 신뢰성.

(xiv) 정상 및 비상 안전 운행 시스템.

(xv) 노선의 가용성 및 적합성.

(xvi) 신호 시스템이 확실하게 탐지하지 못할 우려가 있는 선로 정비 및 검사 차량과 기타 철도차량의 운행.

(xvii) 선로－열차간 자동 보호 시스템의 작동.

(xviii) 필요한 정지 거리, 속도 및 신호 가시 거리.

(xix) 특정한 유형의 열차가 혼합된 열차 유형(가령 화물열차, 기관차가 끄는 객차 및 EMU 객차)을 운행하는 선로를 거쳐 신호를 받는 경우 적용되어야 할 제약조건.

(xx) 차내 안전 시스템.

(e) 교통 및 열차 관리 : 다음과 같은 교통 및 열차 관리 사항이 검토되어야 한다.

(i) 안전 운행 시스템 절차(규칙, 규정 및 수정조항 포함)..

(ii) 비상 절차.

(iii) 열차 통제 준비 및 절차

(iv) 노선의 가용성 및 적합성.

(v) 열차 성능 계획 및 한계.

(vi) 다음을 포함한 영구 및 임시 속도 제한

(A) 열차의 속도 제한

(B) 선로 구간에 대한 속도 제한

(C) 커브 및 기타 영구 속도 제한

(D) 임시 속도 제한

(E) 직무 분야간의 속도 제한 통보

(F) 이정표를 포함하여 열차 승무원에 대한 속도 제한 통보

(vii) 차축 하중, 하중 분산, 적하의 보존, 적하 윤곽, 위험 물품 등을 포함한 철도차량 적재.

(viii) 적재 예외, 규격 외 적하, 위험 물품 사고 등의 취급 절차.

(ix) 열차의 무선 장치 및 주파수.

(x) 열차 승무원, 관련 선로 직원, 열차 관리 노동자 간의 효과적인 양방향 의사소통.

(f) 기타 인터페이스 문제 : 다음 사항이 추가적으로 검토되어야 한다.

(i) 화재 통제 및 보호.

(ii) 접근 통제 및 보호.

(iii) 건널목 보호.

(iv) 운행 신호.

2.3 준수사항 및 감사

적절할 경우 인터페이스 조정 계획에는 인터페이스에 대한 관련 준수 요건이 포함되어야 한다. 다음 사항을 검토해야 한다.

(a) 준수사항의 유지 및 감시하는 것에 대한 책임.

(b) 비 준수사례 보고.

(c) 안전 감사 준수사항.

(d) 준수 조건 검토.

제3절 설계

3.1 일반사항

본 절에서는 철도차량의 선정과 설계를 위한 기준 및 절차의 개발 방법을 명시한다. 본 절에서 언급한 부록을 포함하여 본 절에 열거된 각 항목을 조직체의 안전 관리 시스템에 포함시켜야 할 필요성 여부는 제1.2, 1.4, 1.5항에 따라 결정되어야 한다.

3.2 운행 매개변수

기준 및 절차에는 열차가 운행되는 각 선로 구간에 대해 열차가 충족해야 할 운행 매개변수의 명세가 규정되어야 한다. 운행 매개변수의 결정은 본 기준 제2절의 인터페이스 절차를 따라야 한다.

3.3 철도차량 항목

해당될 경우 아래에 열거한 사항을 포함하여 철도차량의 선정과 설계를 위한 기준 및 절차가 수립·유지되어야 한다.

(a) 차량 구조.

(b) 차량 현가장치.

(c) 연결기 및 완충기
(d) 전기 연결기 및 장치.
(e) 브레이크 시스템.
(f) 동력 시스템.
(g) 윤축.
(h) 철도차량의 운행, 안전 요소.
(i) 철도차량 복구 장치.

이러한 기준 및 절차는 부록에 기재된 상기 항목 각각에 대해 고려해야 할 상세한 선정 및 설계 권고사항과 요인의 검토에 바탕을 두어야 한다.

제4절 제작 및 시행

4.1 일반사항

본 절에서는 철도차량의 제작을 위한 기준 및 절차의 개발 방법을 명시한다. 본 절에서 언급한 부록을 포함하여 본 절에 열거된 각 항목을 조직체의 안전 관리 시스템에 포함시켜야 할 필요성 여부는 제1.2, 1.4, 1.5항에 따라 결정되어야 한다.

4.2 철도차량 요구사항

제3.3항에 열거한 항목과 관련하여 철도차량의 제작을 위한 기준 및 절차가 수립·유지되어야 한다. 기준 및 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
(a) 공정 관리.
(b) 적절한 제작 및 설치 관행과 사양의 적용.
(c) 승인된 현행 계획의 활용을 보장하기 위한 절차.
(d) 운행 및 정비 절차 및 지침의 작성.

제5절 사용

5.1 일반사항

차량이 해당 요건 및 기준을 충족하는 것으로 검증 받을 수 있도록 신규 또는 개조 철도차량의 검사, 시험, 사용을 위한 기준 및 절차가 수립·유지되어야 한다.

철도차량을 사용할 때 시행하는 검사 및 시험은 철도차량 안전의 무결성을 보장하기 위한 필수 요소이다. 이는 시스템의 설계, 생산, 설치에 대한 품질 관리를 보완하며 여하한 경우에도 그것을 대체할 수 없다. 본 절에서 언급한 부록을 포함하여 본 절에 열거된 각 항목을 조직체의 안전 관리 시스템에

포함시켜야 할 필요성 여부는 제1.2, 1.4, 1.5항에 따라 결정되어야 한다.

5.2 검사 및 시험 계획

이 기준 및 절차에는 해당될 경우 다음 사항을 망라하는 검사 및 시험 계획이 포함되어야 한다.

(a) 검사 및 시험을 수행하는 작업자의 독립성.
(b) 신규 또는 개조 철도차량과 다른 직무 분야간의 호환성.
(c) 안전 수행의 검증.
(d) 시스템이 설계와 철도의 운행 매개변수를 준수하는지 여부의 검증.
(e) 시스템 변경 과정에서 안전한 전환을 보장할 필요성.
(f) 철도차량의 인수·인계
(g) 철도차량 식별 번호 할당.
(h) 운행 차대에 철도차량 포함.
(i) 적절할 경우 제작 중(as-constructed) 계획 수립.

5.3 사용 시험

적절할 경우 기준 및 절차에는 다음과 같은 철도차량에 대한 사용 시험이 포함되어야 한다.

(a) 구조적 무결성.
(b) 주행 성능.
(c) 소음 및 진동 방출.
(d) 공기 브레이크, 주차 브레이크, 핸드 브레이크의 제동 성능.
(e) 전기 장치.
(f) 환기 장치.
(g) 견인 성능.
(h) 신호 및 통신 시스템 호환성.
(i) 허용 가능한 철도차량 윤곽의 준수.
(j) 철도차량 안전 요소의 운행(부록 참조).

부록에는 사용 단계에서 사용하기 적합한 안전 검사를 위한 권장 점검 목록이 수록되어 있다.

제6절 모니터링 및 정비

6.1 일반사항

본 절에서는 철도차량의 모니터링 및 정비를 위한 기준 및 절차의 개발

방법을 명시한다. 본 절에서 언급한 부록을 포함하여 본 절에 열거된 각 항목을 조직체의 안전 관리 시스템에 포함시켜야 할 필요성 여부는 제1.2, 1.4, 1.7항에 따라 결정되어야 한다. 부록에는 철도차량 안전 및 무결성의 모니터링 과정에서 고려되어야 할 요인들의 권장 목록이 수록되어 있다.

6.2 모니터링 요구사항

6.2.1 상세 요구사항

철도차량 및 열차 무결성의 모니터링을 위한 기준 및 절차가 수립되어야 하며 다음 사항을 포함해야 한다.

(a) 철도차량에 대해 검사를 실시하기 위한 시스템.

(b) 명시된 안전 요건에 따른 철도차량 검사 및 시험.

6.2.2 포함시켜야 할 사항

적절할 경우 모니터링에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(a) 검사.

(b) 다음 중 하나에 의한 평가

(i) 상태 기준

(ii) 평가 규칙

(iii) 상세 분석

(iv) 상기의 조합

(c) 하자가 있는 철도차량이 부주의로 사용되는 것을 방지하기 위한 하자차량의 파악 및 제어 수단.

(d) 철도차량의 사용자가 실제 상태를 파악할 수 있도록 하기 위한 사용성 감소의 통지.

(e) 안전상 중대한 고장과 비정상적인 품질 저하율의 파악.

6.2.3 가동중 검사

가동중 검사에는 다음 사항이 포함될 수 있다.

(a) 철도차량 검사.

(i) 브레이크 시스템

(ii) 적하 보존

(iii) 구조적 무결성

(iv) 현가장치 무결성

(v) 적재 구성

(vi) 차륜 및 베어링

(vii) 연결기 및 완충기
(b) 규정에 따른 열차 검사.

6.3 정비 요구사항

조직체는 철도차량의 사용성과 무결성을 보존하기 위한 정비 공정의 필요성과 계획을 파악하고 이러한 공정이 수행되도록 보장해야 한다. 여기에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(a) 다음을 포함한 예방 또는 시정 조치
(i) 기록을 포함한, 기준에 따른 공정 관리
(ii) 필요한 기준에 따른 작업의 복구를 보장하기 위한 절차.
(b) 운행, 정비, 예비 부품 설명서의 작성 또는 획득.

제7절 개조

철도차량의 개조 공정을 관리하기 위한 기준 및 절차가 수립되어야 하며 다음 사항이 고려되어야 한다.

(a) 제안된 철도 시스템 개조의 전반적인 효과 검토.
(b) 본 기준의 제3, 4, 5절에 따라 개조된 시스템의 전부 또는 일부를 설계, 시행, 사용해야 할 필요성.
(c) 변경 및 개조가 운행의 안전에 영향을 미칠 경우 이를 기록하고 공표해야 할 필요성.

제8절 사용 중지 및 폐기

철도차량 또는 그 구성요소의 사용 중지, 가동 중단 및 폐기 전의 부적절한 운행을 방지하기 위한 절차를 수립·유지해야 한다. 이러한 기준 및 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

(a) 사용 중지된 각 차량을 적절한 표시에 의해 물리적으로 식별하기 위한 수단
(b) 사용 중지된 차량의 이동을 위한 절차. 여기에는 이동을 허가할 권한이 부여된 담당자의 식별이 포함된다.
(c) 사용 중지, 해체 및 폐기 과정에서 안전한 운행을 유지할 필요성.
(d) 사용 중지된 자재 및 장치의 상태를 분명히 파악할 수 있도록 보장할 필요성.
(e) 사용 중지된 자재의 부적절한 재사용을 방지할 필요성.
(f) 단기 및 장기 조건을 모두 고려하여 사용 중지된 철도차량과 관련된 공공 위험 요소를 제거해야 할 필요성.

본 절에 열거된 각 항목을 조직체의 안전 관리 시스템에 포함시켜야 할 필요성 여부는 제1.2, 1.4, 1.5항에 따라 결정되어야 한다.

제 2 절 철도사고 분석

1. 충돌사고

가. 충돌사고 사례조사

빈번하게 발생하는 철도차량 충격/충돌 사고는 근본적으로 방지할 수 없으나, 열차 신호통신 및 방호 시스템에 의하여 그 발생 횟수를 줄일 수 있다. 그러나 열차 충돌방지 시스템이 완벽한 선진국의 경우에도 불가항력적으로 발생하는 철도차량 충격/충돌 사고의 피해를 최소화하기 위하여 많은 연구개발과 안전기준이 마련되고 있다. 따라서 우리나라에서도 철도차량 충격/충돌 사고의 피해를 최소화할 수 있는 개선방안을 마련할 필요가 있다.

철도차량의 사고 중 화재 사고, 감전 사고를 제외한 대부분의 사고 피해는 물체와 차량, 차량과 차량, 사람과 차량 등의 상호 충격/충돌에 의하여 발생한다. 이러한 유형의 철도차량 사고는 탈선 후 전복이나 차량간 충돌/추돌, 토사/낙석/적설/결빙/가축 등 선로 장애물과의 충돌, 다른 열차와의 충돌/추돌, 건널목에서 차량과의 충돌, 작업차량이나 설비와의 충돌, 터널내 부착물/이탈물과의 충돌, 투석, 자갈비산, 꿩이나 까마귀 같은 조류와의 충돌, 공사장 구조물의 붕괴나 비산 등 그 원인이 매우 다양하여, 근본적으로 원인을 제거하는 것은 거의 불가능 하다. 선진국에서는 이러한 사고에서 인적 물적 피해를 최소화하여 안전을 안전도(passive safety라고 함)를 향상시키기 위한 연구를 집중적으로 하고 있다.

(1) 주요 국내사고 사례

국내에서 발생하였던 대표적인 충돌사고를 조사하여 요약하였다.

(가) 경산 열차추돌사고(1981년 5월 14일)

- 사고개요: 오토바이와 충돌 후 사고현장 확인을 위해 후진. 뒤따라오던 열차와 추돌
- 피해규모: 사망 54명, 부상 243명

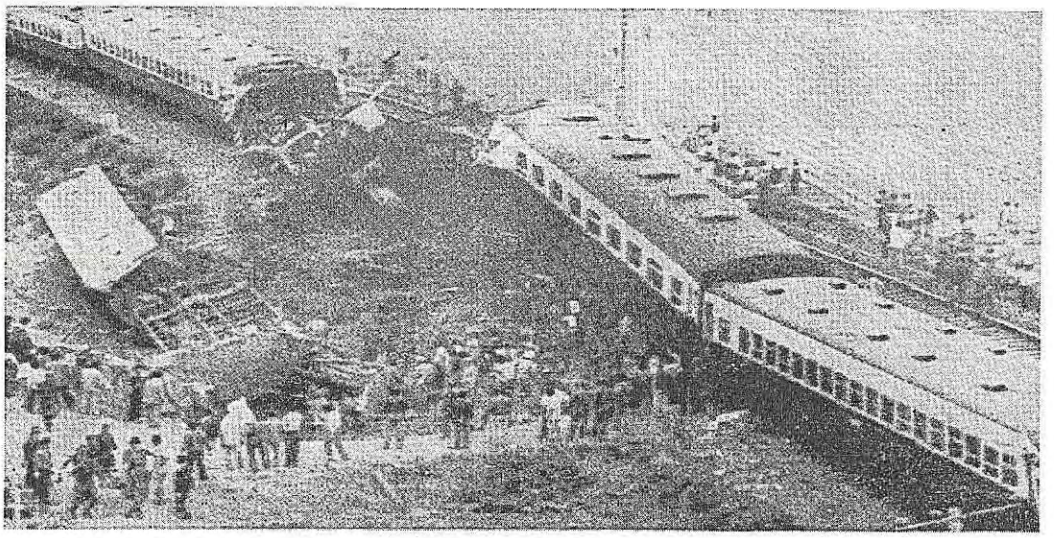


그림 3-2-1 경산 열차추돌사고(1981년 5월 14일)

(나) 구포 열차탈선전복사고(1993년 3월 28일)

- 사고개요: 93년 3월 28일 오후 5시 30분께 부산시 북구 덕천2동 381의8 빅토리아 호텔 뒤 덕천천 교량 2백여 미터 앞 경부선(구포역기점 서울방향 2.5km) 철로 지반이 침하돼 이곳을 지나던 서울발 부산행 제117호 무궁화호열차 8량 가운데 기관차와 발전차, 객차 2량이 탈선해 깊이 5m, 너비 15m 가량의 무너진 구덩이에 쳐박힘
- 피해규모: 사망 78명, 부상 163명



그림 3-2-2 구포 열차탈선전복사고(1993년 3월 28일)

(다) 수원 전동열차와 모터카 충돌(2002년 2월 22일)

- 사고개요: 22일 오전 10시 23분께 경기도 수원시 권선구 서둔동 서울기점 40㎞ 지점 수원역과 화서역 사이에서 철도청 소속 전선보수열차가 정차해 있던 서울지하철공사 소속 청량리발 수원행 S557 전동차를 추돌. 전선보수열차가 짙은 안개가 낀 상황에서 열차통과를 위해 잠시 대기중이던 전동차를 미처 발견하지 못하면서 추돌한 것으로 추정.
- 피해규모: 중상 8명, 경상 48명



그림 3-2-3 수원 전동열차와 모터카 충돌(2002년 2월 22일)

(라) 경산 열차추돌사고(2003년 8월 8일)

- 사고개요: 8일 오전 7시 10분께 대구시 수성구 사월동 사월보성아파트 옆 경부선 철로(서울기점 337㎞)에서 서울에서 부산쪽으로 달리던 303호 무궁화 열차가 선로에 정차한 2661호 화물열차를 추돌. 이 사고는 경산역 도착을 앞두고 신호대기를 하면서 서행으로 달리던 화물열차를 무궁화 열차가 뒤늦게 발견해 추돌사고가 난 것으로 추정.
- 피해규모: 사망 2명, 부상 99명

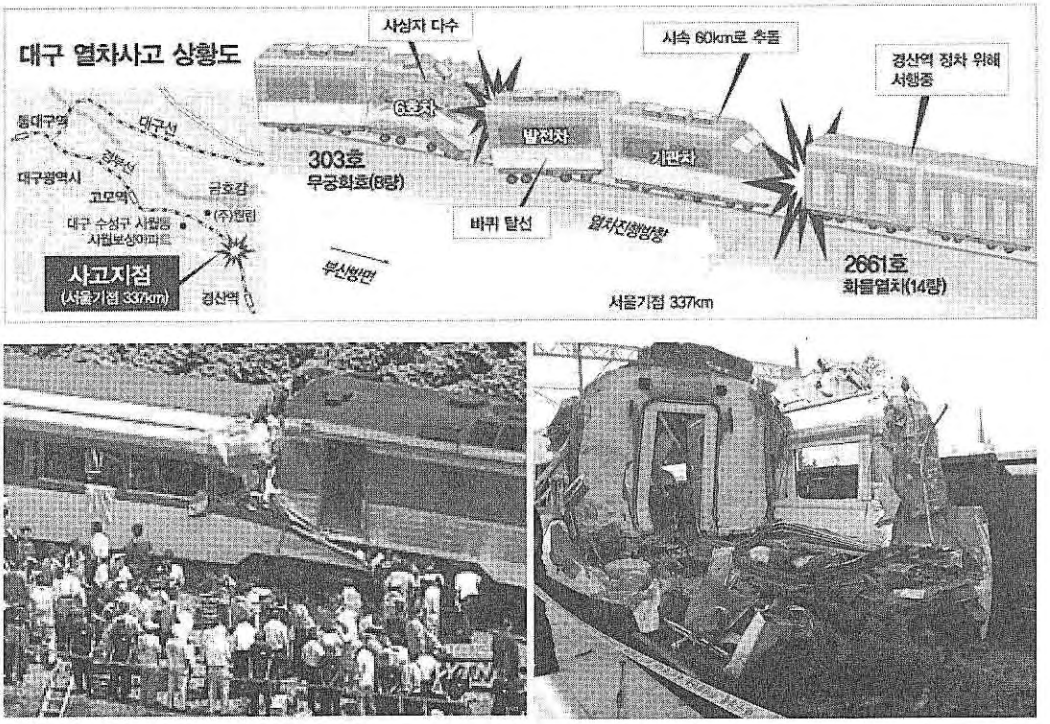


그림 3-2-4 경산 열차추돌사고(2003년 8월 8일)

(2) 주요 외국사고

외국에서 발생하였던 대표적인 충돌사고를 조사하여 요약하였다. 특히, 철도산업현황이 역사와 더불어 변화해 가는 점을 고려하여 가장 최근의 선진국에서 발생한 사고들을 중심으로 분석하였다.

(가) 영국 충돌 후 탈선사고(2004년 11월 6일)

- 사고개요: 11월 6일 토요일 저녁 17:35분(현지시각) 런던 Paddington에서 출발한 열차가 18:15분경 Ufton Nervet 근교 건널목에서 자동차와 충돌 후 탈선. 열차는 8량의 객차로 구성되어 있으며, 이 지점을 100mph(약 160km/h)로 통과하게 되어 있었으나, 건널목에서 차량을 발견하고 급제동을 체결하였으나, 차량과 충돌하고 이어서 탈선한 것으로 보임. 영국경찰은 자동차 운전자의 자살에 의한 것으로 추정.
- 피해규모: 사망 6명, 부상 150명



그림 3-2-5 영국 충돌 후 탈선사고(2004년 11월 6일)

(나) 미국사고(2005년 1월 6일)

- 사고개요: 미국 사우스캐롤라이나주 에이킨 카운티에서 6일 새벽 염소 가스를 실은 화물열차가 멈춰있던 다른 열차와 충돌. 부상자 대부분이 독성 가스에 형성된 구름으로 인해 구역질 증상을 보였으며 당국은 사고지점을 기준으로 반경 1.6㎞ 지역에 있던 5400여 명을 긴급 대피시킴
- 피해규모: 사망 8명, 부상 240명

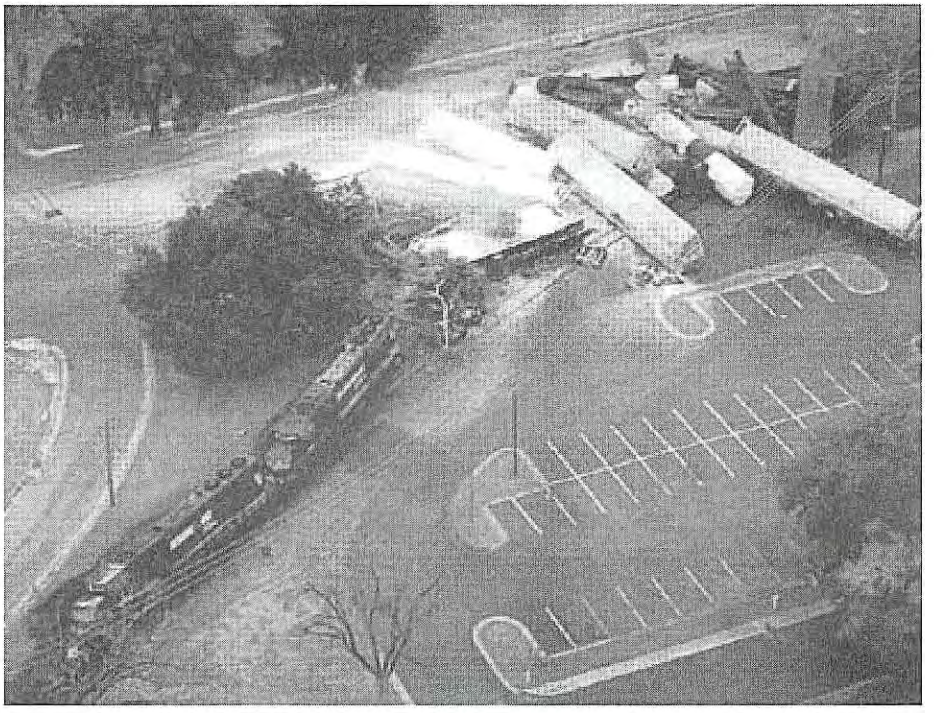


그림 3-2-6 미국 사우스캐롤라이나주 사고(2005년 1월 6일)

(다) 이탈리아 사고(2005년 1월 7일)

- 사고개요: 이탈리아 북부 볼로냐 쪽으로 40㎞ 떨어진 볼로냐 디 크레발코에 지역에서 2005년 1월 7일 밤 12시50분(한국시간 저녁 8시50분)경 여객열차와 화물열차가 정면충돌. 한 쪽 열차가 교차로에서 정지 신호를 미쳐보지 못했을 것으로 추정.
- 피해규모: 사망 14명, 부상 80명



그림 3-2-7 이탈리아 볼로냐 사고(2005년 1월 7일)

(라) 미국 통근열차 사고(2005년 1월 26일)

- 사고개요: 2005년 1월 26일 출근 승객을 태우고 미 로스앤젤레스 시내로 달리던 통근열차가 로스앤젤레스 교외 글렌데일의 철도 건널목에서 있던 자동차를 들이받고 탈선한 뒤, 다른 선로에서 마주오던 통근열차와 충돌하는 사고 발생. 문제의 자동차는 히스패닉계의 자살 기도자가 세워둔 것으로 알려짐
- 피해규모: 사망 11명, 부상 200명



그림 3-2-8 미국 로스앤젤레스 통근열차 사고(2005년 1월 26일)

(마) 일본 효고현 탈선 후 전복 충돌사고(2005년 4월 25일)

- 사고개요: 2005년 4월 25일 오전 9시20분께 일본 효고현 아마가사키시에서 제이알 쾌속전철이 탈선, 전복 후 아파트와 충돌해 107명이 숨지고 450여명이 다치는 대형 참사 발생. 사고 열차는 후쿠치야마선 아마가사키~쓰카구치 구간의 건널목 부근에서 7량 가운데 5량이 탈선했으며, 앞의 2량은 철로에서 6m 떨어진 9층 아파트를 들이받고 크게 부서짐
- 피해규모: 사망 107명, 부상 450명

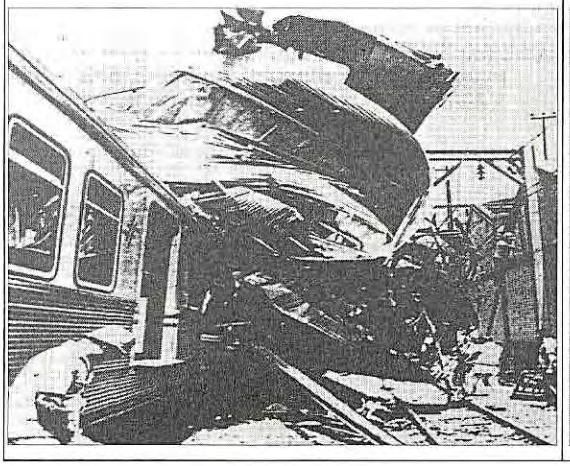
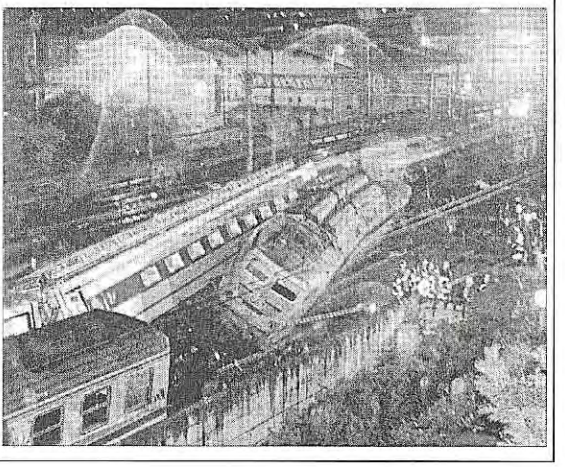


그림 3-2-9 일본 효고현 탈선 후 전복 충돌사고(2005년 4월 25일)

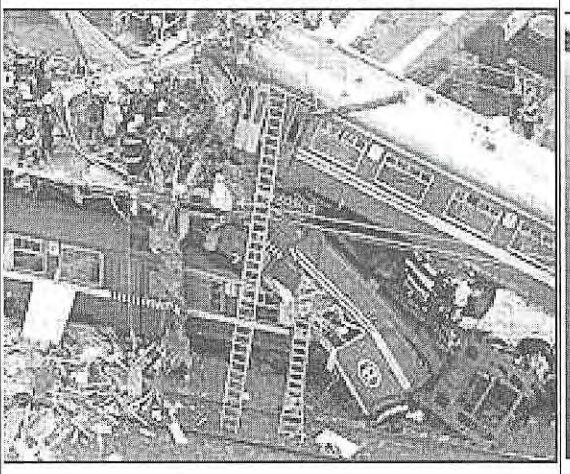
(바) 기타 사고사례

충돌안전기준항목 선정에 고려될 수 있는 기타 주요 사고사례는 다음과 같다.

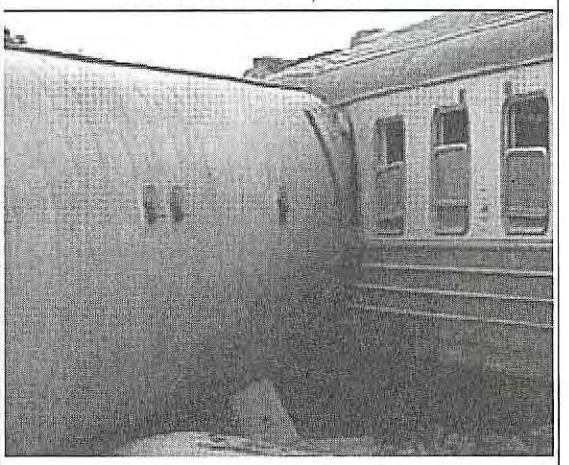
표 3-2-1 해외 철도사고사례(기타)

후면추돌후 타고오름 (Sao Paulo, Brazil, 1980)	정면충돌 후 탈선 (Florence, Italy,'98.3.23)
	

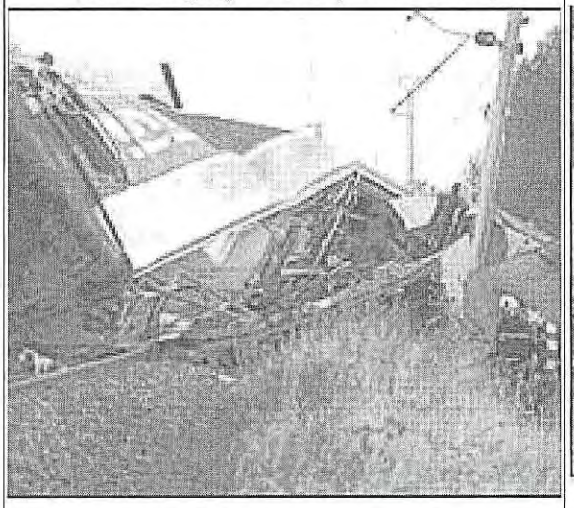
정면충돌 후 타고오름
(Belgian train, '01.3)



상구배 엔진고장에 의해 후진 후 측면 충돌(Tanzania, '02.6.26)



건널목 충돌에 의한 탈선 및 전복
(Dunkerque, France, '97. 9. 27)



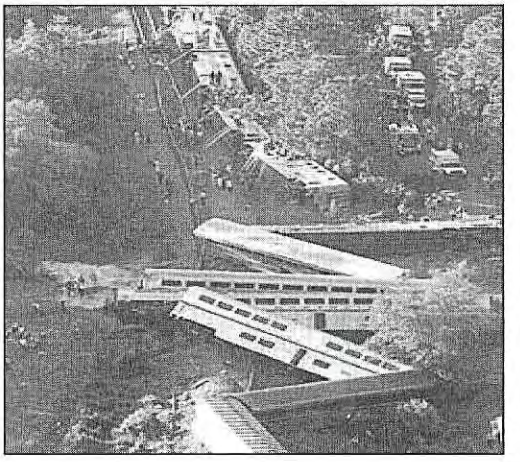
건널목 충돌에 의한 Zig-zagging
(Jackknifing)(Amtrack train, '99.3.16)



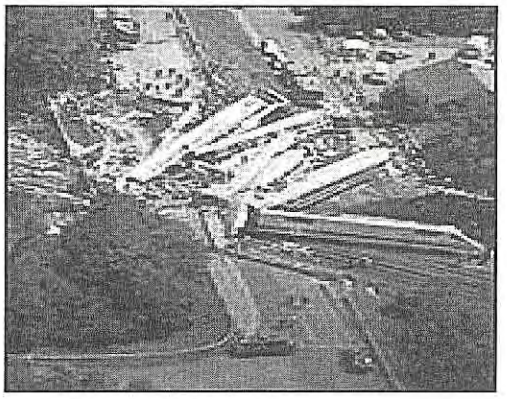
급제동에 의한 탈선 및 충돌

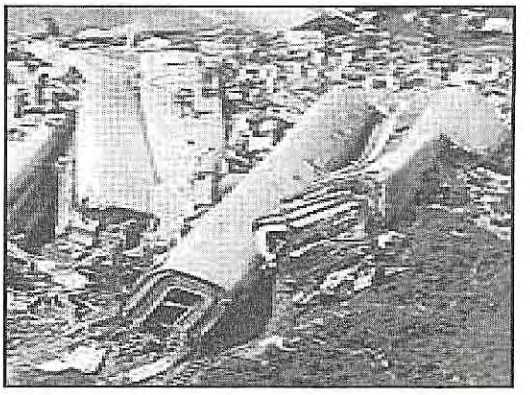


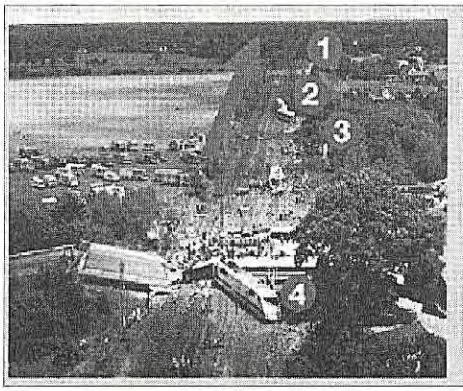
탈선에 의한 전복 및 충돌
(Amtrack train, '01.4.29)



독일 ICE의 탈선후 충돌 사고('98.6.3)







- 화살표는 열차의 진행방향
① 사고후 기관차의 정지지점
② 3량의 객차가 탈선만 되어 있음
③ 4번째 객차가 오른쪽으로 뒹겨져 있음
④ 나머지 열차와 맨 뒤쪽의 기관차가 보임
(2명의 선로보수원은 사망)

(3) 충돌사고사례 분석

2001~2003(3년간)의 철도청 사고조사일지를 참고하여 철도차량 충격/충돌사고 유형을 분석하였다. 관련된 사고 수는 3년간 총162건으로 나타났다.

(가) 사고유형별 빈도

사고유형을 건널목, 선로상 장애물, 열차간 충돌, 유리창 파손, 실내설비에 의한 충격 등으로 나누어 분류하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

표 3-2-2 철도차량 충격/충돌사고 유형별 빈도

	건널목사고	선로장애	열차대열차	유리창충격	기타
2001년	29	19	9	3	0
2002년	29	13	7	5	0
2003년	24	13	8	2	1
계	82	45	24	10	1

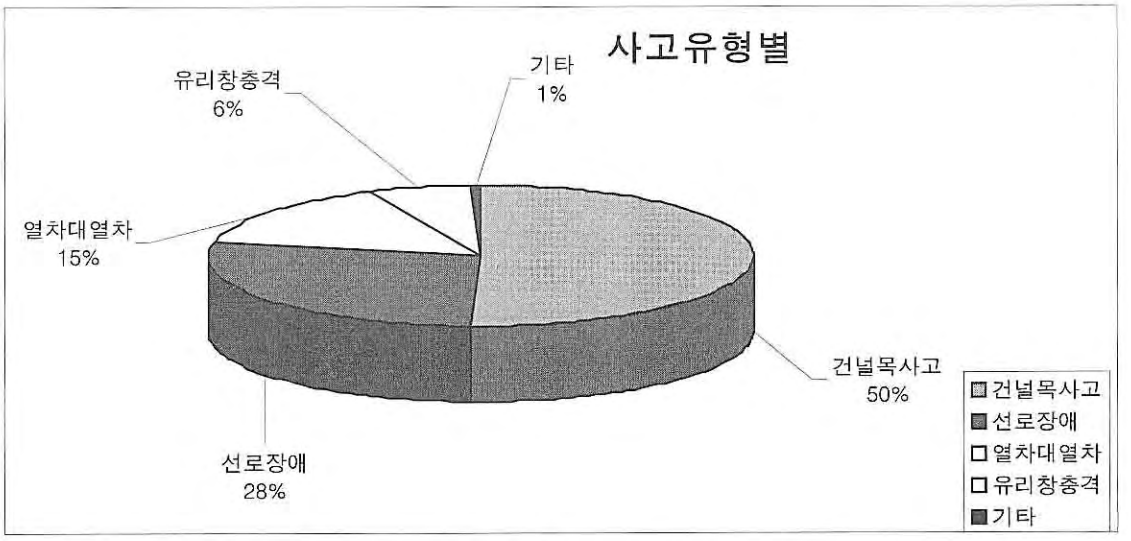


그림 3-2-10 철도차량 충격/충돌사고 유형별 빈도 그래프

위에서 보여지는 바와 같이 건널목에서의 충돌사고가 다수를 차지하며, 열차대열차는 입환작업시 경충돌사고로 발생하는 경우가 많았다. 특히, 유리창 파손에 의한 승객이나 운전자의 부상은 예상외로 많은 빈도를 보였다.

(나) 장애물 종류별 빈도

장애물의 종류는 매우 다양하여, 일일이 열거하기 힘들며, 분석결과 아래와 같은 표와 그림으로 나타내었다. 특히 건널목에서 승용차와 트럭과의 충돌이 자주 발생하는 것으로 나타났다.

표 3-2-3 철도차량 충격/충돌사고 장애물 종류별 빈도

	트럭	승용차	작업차량	낙석,토사	열차	돌	차막이	경운기	기타
2001년	14	12	2	1	8	2	0	2	19
2002년	9	21	5	3	6	2	1	2	5
2003년	12	13	6	2	8	2	1	1	3
계	35	46	13	6	22	6	2	5	27

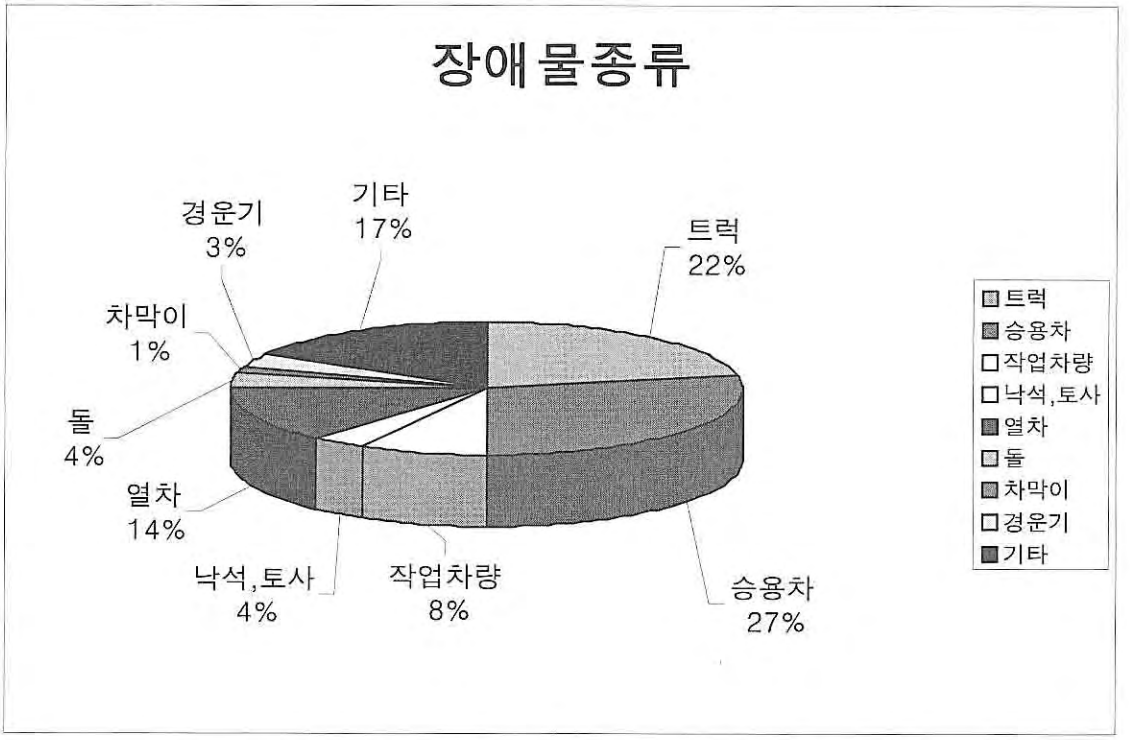


그림 3-2-11 철도차량 충격/충돌사고 장애물 종류별 빈도 그래프

(다) 사고원인별 빈도

사고원인별 통계자료에서는 건널목에 교통법규를 위반하고 침범함으로 인해 발생하는 사고가 예상대로 가장 많은 것으로 나타났다. 이러한 경우에 대비하여 필요한 안전장치를 좀 더 강화하는 것이 필요한 것으로 보인다.

표 3-2-4 철도차량 충격/충돌사고 원인별 빈도

	법규위반	기후 및 외부환경	운전자 부주의	작업자 부주의	공중부주의	기타
2001년	29	3	6	4	10	8
2002년	28	5	4	9	5	3
2003년	25	6	10	5	0	2
계	82	14	20	18	15	13

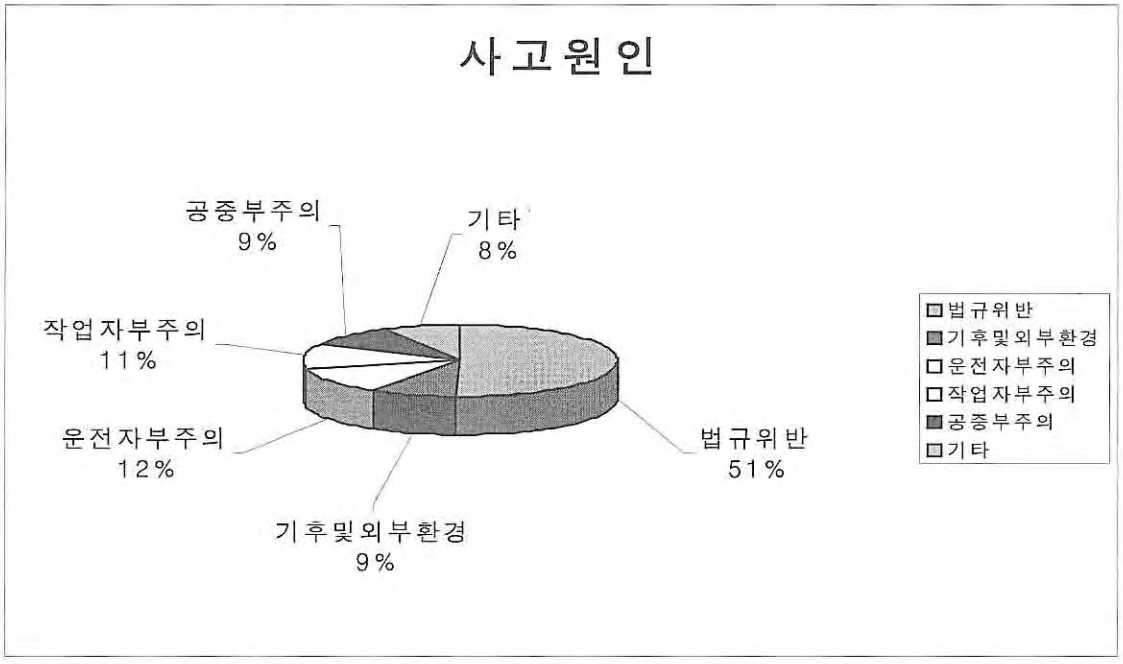


그림 3-2-12 철도차량 충격/충돌사고 원인별 빈도 그래프

(라) 안전대책별 빈도

안전대책은 선로장애물 대비, 경충돌 대비, 중충돌 대비, 측면충돌 대비, 유리창 충격대비 등으로 분류하여 아래와 같은 결과를 얻었다. 선로장애물에 대한 대비가 필요한 경우의 건수가 가장 많이 나타났다. 따라서 배장기의 안전성능 강화가 필요한 것으로 보이며, 유리창 충격의 경우도 대비를 하여야 할 것으로 보인다. 특이한 점은 측면충돌이 예상보다 자주 발생하고 있으며, 미국 등에서는 측면충돌에 대한 기준과 대책에 대한 연구가 발표되고 있는 실정이다.

표 3-2-5 철도차량 충격/충돌사고 안전대책별 빈도

	경충돌	중충돌	선로장애물	유리창충격	측면충돌	기타
2001년	27	0	28	3	2	0
2002년	32	3	10	5	2	2
2003년	21	3	20	2	1	1
계	80	6	58	10	5	3

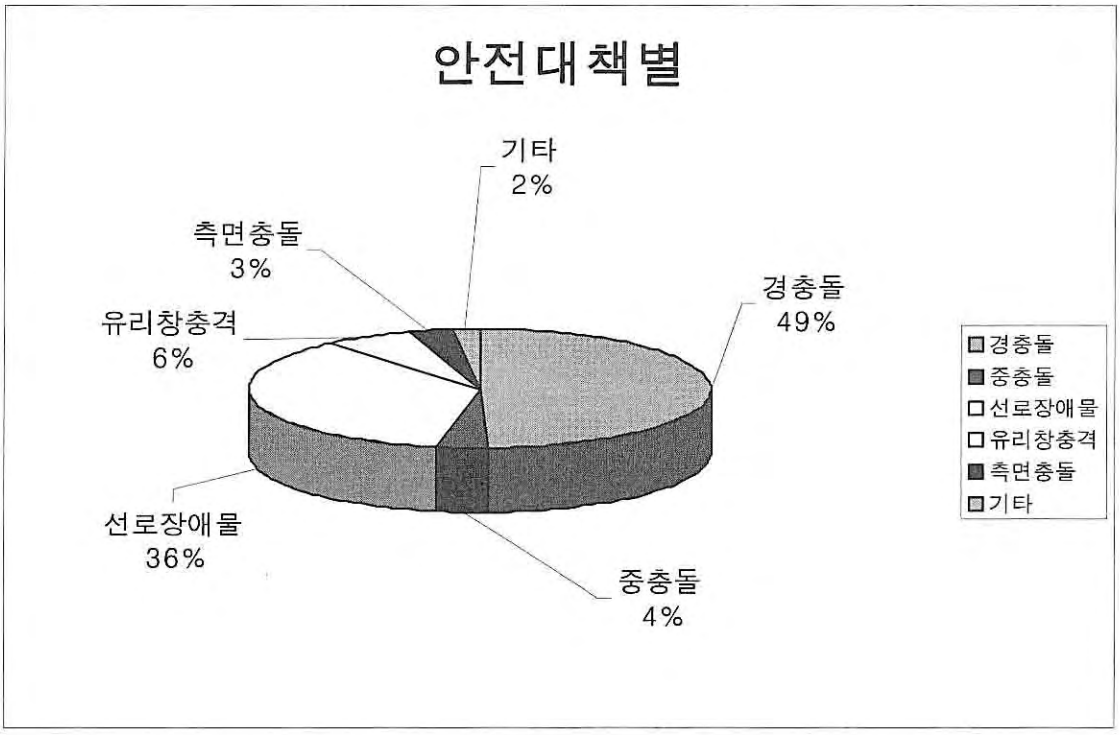


그림 3-2-13 철도차량 충격/충돌사고 원인별 빈도 그래프

2. 화재사고

1999년부터 2003년까지 5년간 철도청의 "운전사고 및 운전장애 월보"를 화재사고에 대해 분석하였다. 본 보고서에서는 "차량에서 화염 또는 연기가 발생한 사고 또는 장애"를 화재사고로 정의하여 분석하였으며, 총 95건이 발생하였다. 95건의 화재사고 중 1999년 11월 6일 경부선 화명역에서 발생한 차장차 화재사고로 1명이 사망한 것 외에는 인명피해가 없는 것으로 파악되었으나, 대구지하철 화재사고와 같이 화재가 지하 또는 터널 내에서 발생할 경우 대형 사고로 확대될 위험성이 크기 때문에 방지 대책을 신중히 고려하여야 한다.

사고 분석은 화재가 발생한 차량의 종류별, 사고를 발생시킨 원인, 이에 대한 대책으로 이루어졌다.

가. 차종별 빈도

기관차에서 발생한 화재사고가 49건으로 51%호 가장 높은 비중을 차지하였으며, 그 다음으로 객차 23%, 화차 14%, 전동차 12% 순이었다. 기관차 화재사고의 대부분은 디젤기관차에서 발생하였으며, 객차는 무궁화 객차에서, 화차는 유개차, 전동차는 M car에서 발생빈도가 가장 높았다.

표 3-2-6 차종별 화재사고 빈도

차 종	'99	'00	'01	'02	'03	계	비율(%)
○ 기관차	10	15	8	9	7	49	51
-디젤	(10)	(12)	(8)	(9)	(6)	(45)	
-전기		(3)				(3)	
-디젤동차					(1)	(1)	
○ 객차	6	5	3	1	7	22	23
-새마을	(1)	(1)	(2)	(1)	(3)	(8)	
-무궁화	(4)	(4)	(1)			(12)	
-기타	(1)				(1)	(2)	
○ 화차	6	2	1	4	0	13	14
-유개차	(4)	(2)	(1)	(4)		(11)	
-차장차	(2)					(2)	
○ 전동차	1	1	2	1	6	11	12
-M		(1)	(2)	(1)	(3)	(7)	
-T, Tc	(1)				(3)	(4)	
계	23	23	14	15	20	95	100

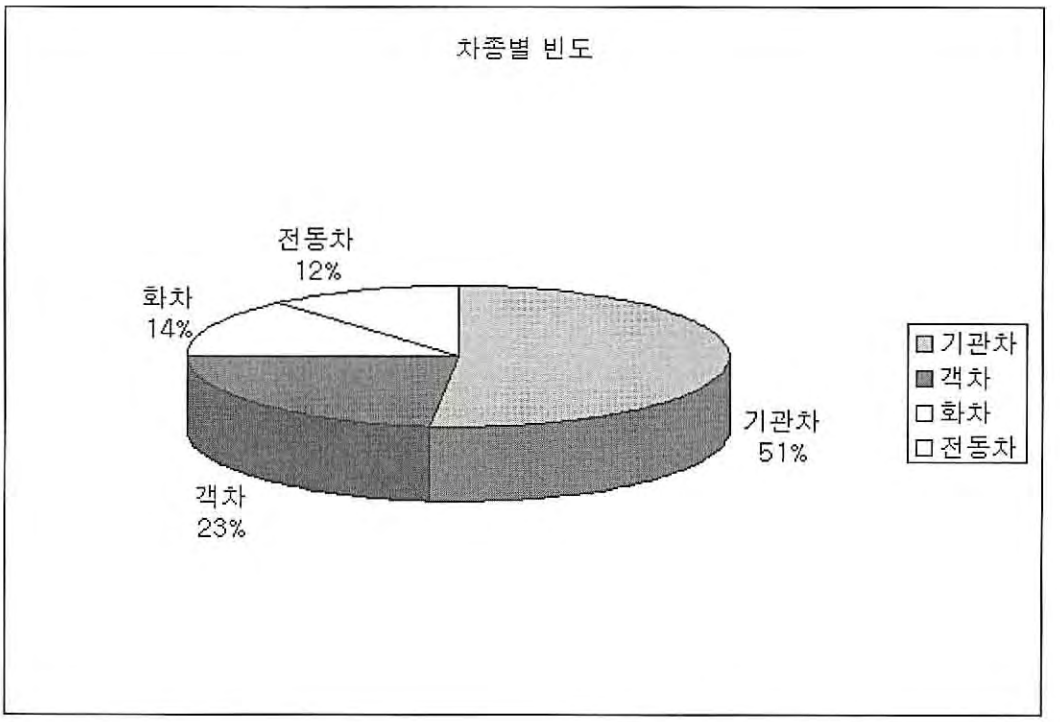


그림 3-2-14 차종별 화재사고 빈도

나. 사고원인 분석

차량에서 발생한 화재사고이므로 그 대부분의 원인이 열차 또는 차량의 고장이나 결함으로 밝혀졌으며, 총 88건으로 93%의 비중을 차지하였다. 고장이나 결함부위 별로 보면, 기관차가 22건으로 가장 많고, 견인전동기를 포함한 추진제어장치가 18건, 브레이크 장치가 15건, 차축 및 베어링이 8건, 차량내 기타 전기장치가 8건으로 나타났다.

고전압장치, 추진제어장치, 보조전원장치, 종합제어장치, 기타 전기장치 등 차량의 전기부에서 발생한 화재사고는 총 35건으로 전체 사고대비 37%를 차지하였으며, 브레이크, 대차, 차축/차륜 등 주행부에서 발생한 화재사고는 28건, 29%로서 전기부가 주행부에 비해 사고빈도가 더 크다는 것을 알 수 있다. 객실 내장품에서 발생한 화재는 의자를 교체한 후 마감처리를 제대로 하지 않아 발생한 것으로 객실의 승객에게 직접적인 피해를 줄 수 있으므로 유념해야 할 부분이다.

고의적 방화에 의한 화재가 2003년도에 2건이 발생한 것은 비록 빈도수가 낮기는 하지만, 대구지하철 화재와 같이 대형사고로 발전할 가능성이 크기 때문에 유념해야할 필요가 있으며, 승무원의 실수/위반/부주의에 의한 사고는 비교적 빈도가 낮게 나타났다.

표 3-2-7 화재사고의 원인별 빈도

사고 원인	'99	'00	'01	'02	'03	계	비율(%)
○ 열차/차량 고장결함	21	22	13	14	18	88	93
-브레이크	(3)	(3)	(4)	(3)	(2)	(15)	
-객실 내장품	(1)		(1)	(1)		(3)	
-대차					(3)	(3)	
-차축/베어링	(2)	(2)	(2)	(2)	(1)	(8)	
-차륜	(2)					(2)	
-기관차	(6)	(4)	(5)	(3)	(4)	(22)	
-고전압장치		(4)		(2)		(6)	
-추진제어장치	(2)	(7)	(1)	(3)	(5)	(18)	
-보조전원장치	(1)	(1)				(2)	
-종합제어장치	(1)					(1)	
-기타 전기장치	(3)	(2)			(3)	(8)	
○ 위반/실수/부주의	2	1	0	1	0	4	4
○ 고의적 행위	0	0	0	0	2	2	2
○기타(환경/기후 등)	0	0	1	0	0	1	1
계	23	23	14	15	20	95	100

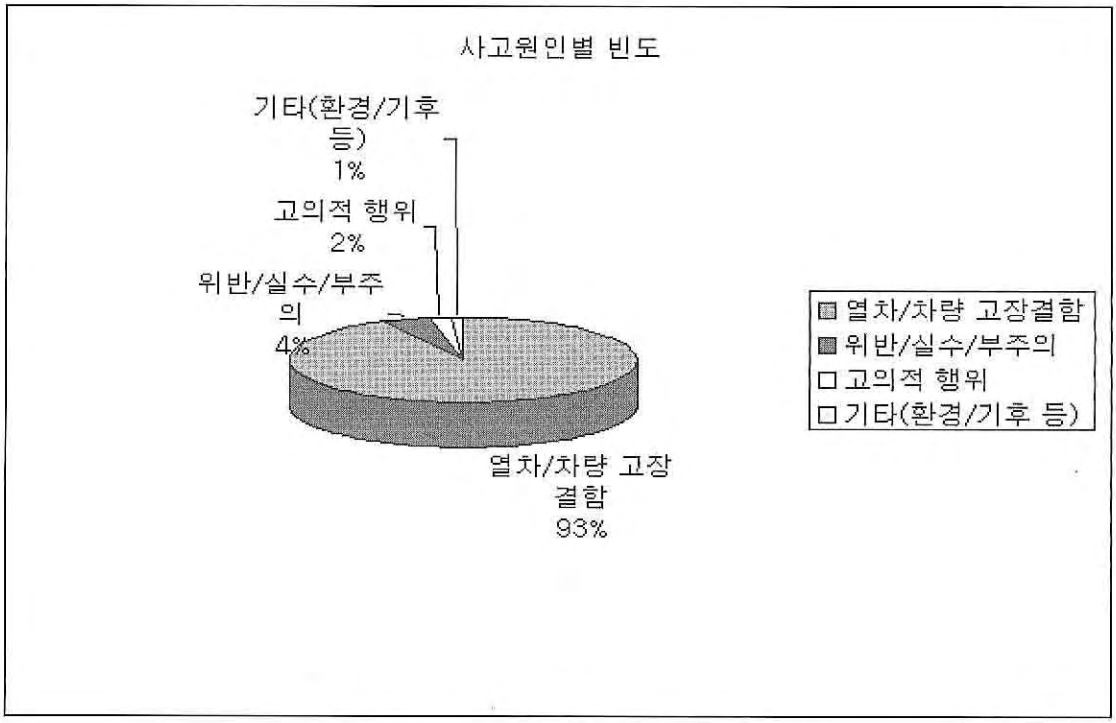


그림 3-2-15 화재사고의 원인별 빈도

3. 탈선사고

철도청의 "운전사고 및 운전 장애 월보"에 의하면 지난 5년 동안(1999년 ~ 2003년) 탈선으로 인한 운전사고 및 운전 장애는 184건이 있었으며, 이에 대해 사고유형별, 차종별, 사고원인별, 작업종류별로 분석하고 이에 대한 개선대책 방안을 검토하였다.

184건의 탈선 사고 중 61명의 부상자를 낸 2003년 3월5일 서대전에서 발생한 사고, 51명의 부상자가 발생한 2003년 9월1일 중앙선 탈선사고, 2명이 부상한 1999년 11월 19일 벽제역 사고, 그리고 1명이 부상한 2003년 2월 13일의 대전역 사고 등 부상자가 발생한 사고는 4건에 불과하다. 하지만, 탈선은 대형 사고를 유발할 수 있는 위험도가 매우 높은 사고이므로 탈선을 최소화할 수 있는 대책마련은 긴요하다고 하겠다.

가. 사고유형별 빈도

영국의 철도전문가인 E. C. Chirwa 등은 탈선 사고를 크게 4가지의 유형으로 분류하였다. 즉, 탈선은 차륜과 선로로 구성되는 주행부의 결함, 선로상 장애물 충돌, 곡선부에서의 고속주행, 열차간 충·추돌에 기인한다고 하였다. 본 연구에서는 이에 따라 184건의 탈선사고를 아래 표와 같이 분류하였으며, 그 결과 주행부 결함이 114건으로 61%에 달하는 가장 높은 비중을 나타내었고, 선로상 장애물 충돌이 18%, 곡선부 고속주행이 11%, 열차간 충·추돌이 8%에 달함을 알 수 있다.

주행부 결함 중 분기기에서 발생하는 것이 82건으로 전체 사고의 45%에 달하고, 이를 포함한 선로의 결함으로 인한 사고는 105건으로 전체 사고의 57%에 달한다.

표 3-2-8 탈선사고 유형별 빈도

사고유형	'99	'00	'01	'02	'03	계	비율(%)
○ 주행부 결함	27	27	16	20	24	114	61
-차량주행부	(3)	(3)	(0)	(2)	(1)	(9)	
-선로	(7)	(5)	(5)	(3)	(3)	(23)	
-분기기	(17)	(19)	(11)	(15)	(20)	(82)	
○ 선로상 장애물충돌	7	6	6	6	8	33	18
-차막이 충돌	(3)	(2)	(2)	(2)	(5)	(14)	
-일반 장애물	(4)	(4)	(4)	(4)	(3)	(19)	
○ 곡선부 고속주행	4	5	7	1	3	20	11
○ 열차간 충·추돌	6	3	1	1	3	14	8
○ 기타	2	1	0	0	0	3	2
계	46	42	30	28	38	184	100

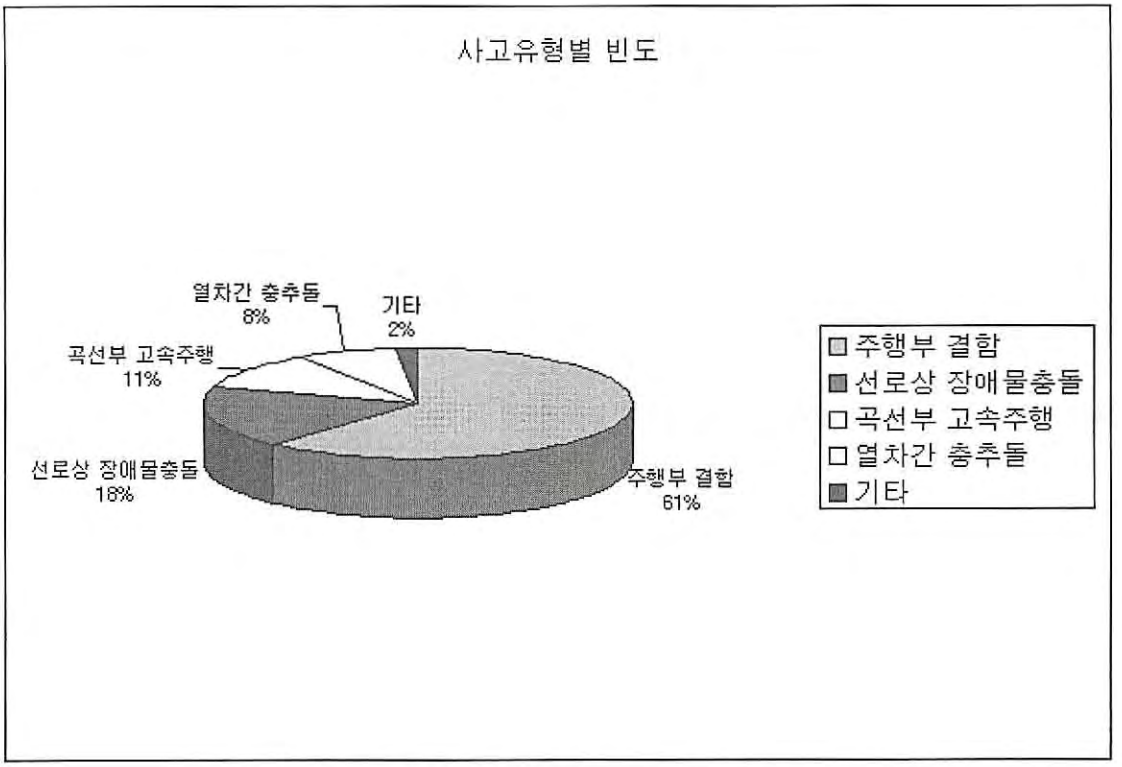


그림 3-2-16 탈선사고 유형별 빈도

나. 차종별 빈도

탈선이 발생한 차량을 기준으로 차량 종류별로 아래 표와 같이 사고분석을 하였으며, 화차가 69건으로 37%를 차지하여 가장 높은 비중으로 나타내었다. 그 다음은 기관차로 29%, 객차 19%이며, 전동차는 탈선사고가 미미한 것으로 나타났다. 자갈 다지기 등 선로공사를 수행하는 차량에 대한 탈선사고도 13%로 상대적으로 무시할 수 없는 수치임을 알 수 있다.

표 3-2-9 탈선사고 차종별 빈도

차종	'99	'00	'01	'02	'03	계	비율(%)
화차	23	14	10	8	14	69	37
기관차	9	12	8	11	13	53	29
객차	7	9	5	3	11	35	19
전동차	1	1	2	0	0	4	2
기타 (선로보수차 등)	6	6	5	6	1	24	13
계	46	42	30	28	38	184	100

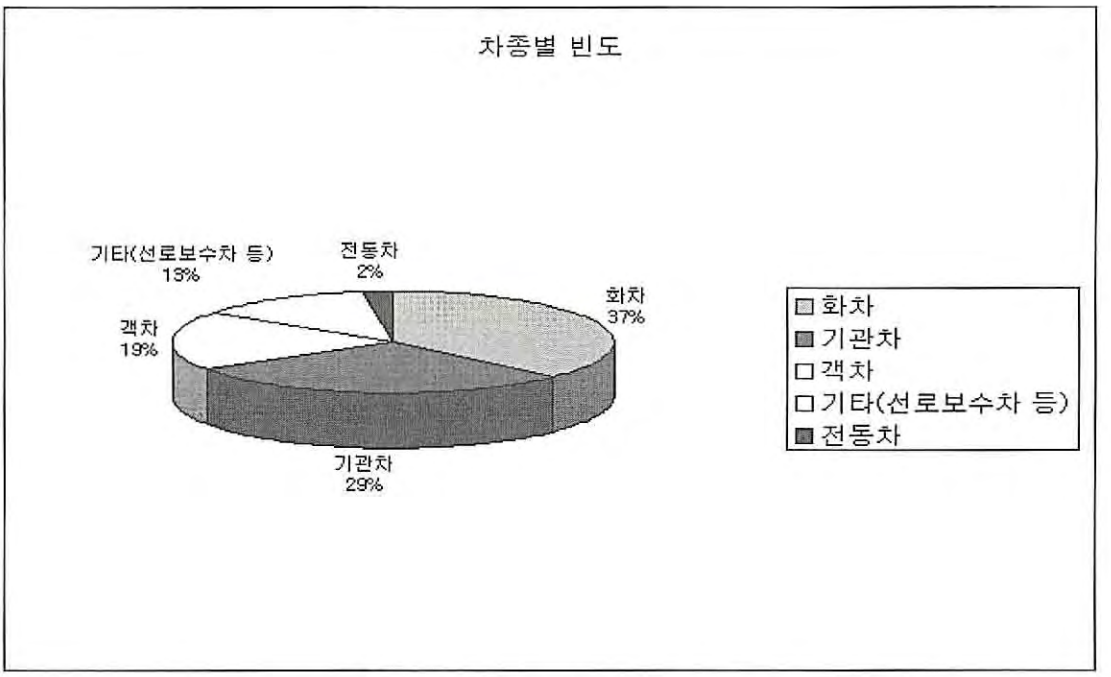


그림 3-2-17 탈선사고 차종별 빈도

다. 작업별 사고빈도

열차 또는 기관차를 운행하는 장소 또는 작업의 종류에 따라 탈선사고를 분류였다. 즉, 화차나 객차를 인상선에 올리거나 유치선, 화물 적하장, 검수선 등으로 이동하는 작업인 입환작업과, 본선에서 정상운행 중에 발생한 경우, 선로보수작업 등 공사장에서 발생한 경우 등 3가지 유형에 대해 분류하였다.

그 결과, 입환작업의 경우가 118건으로 전체의 64%를 차지하여 가장 높은 비중을 차지하였고, 본선주행이 26%, 공사장이 10%의 비율을 나타내었다. 입환의 경우 추진 입환이 견인 입환보다 더 많은 탈선사고를 발생시켰으며, 기관차 단독으로 운행할 경우에도 입환 탈선사고의 27%를 차지하였다. 상대적으로 위험도가 높은 본선주행 중 탈선사고가 26%라는 높은 비중을 나타낸 점은 유념해야할 부분으로 사료된다.

표 3-2-10 탈선작업 사고별 빈도

작 업	'99	'00	'01	'02	'03	계	비율(%)
입환	28	24	19	18	29	118	64
본선 주행	12	14	9	7	6	48	26
공사	6	4	2	3	3	18	10
계	46	42	30	28	38	184	100

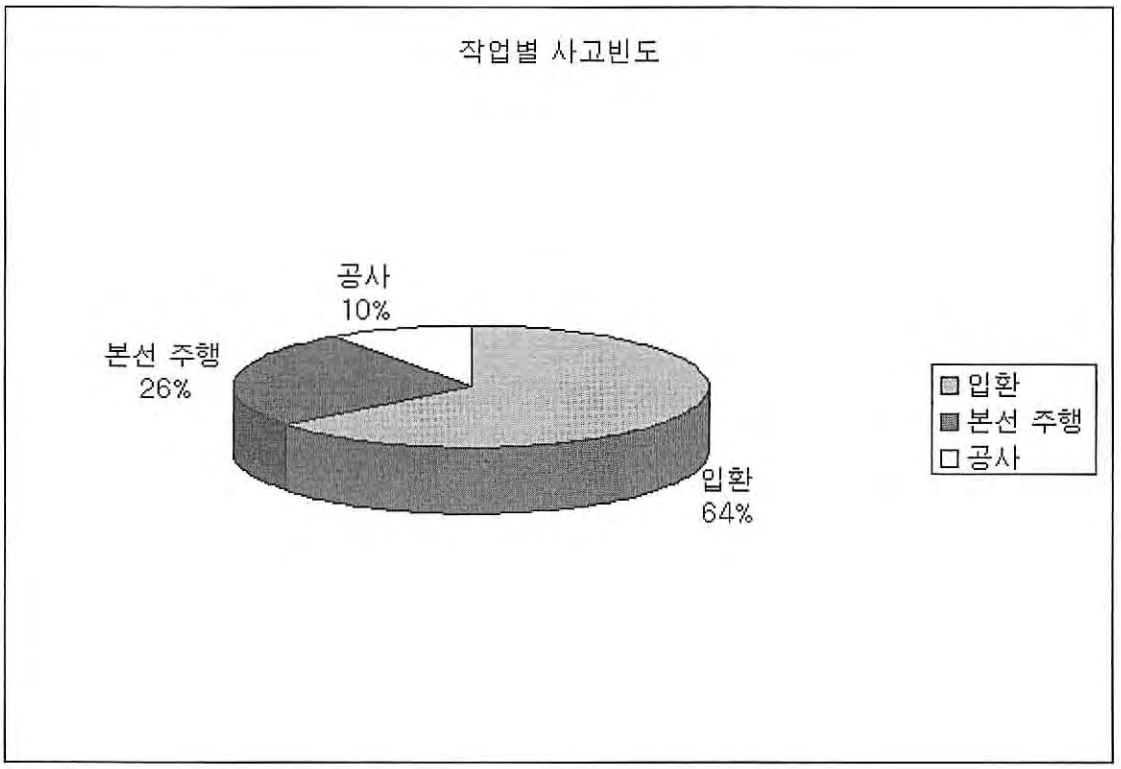


그림 3-2-18 탈선사고 작업별 사고빈도

라. 사고원인 분석

탈선사고는 한가지 원인보다는 다양한 원인이 복합적으로 작용하여 발생하는 특징이 있지만, 가장 주된 원인을 기준으로 열차/차량 고장이나 결함에 의한 것, 시설고장이나 결함에 의한 사고, 승무원이나 역무원의 규정위반, 실수, 부주의에 의한 원인, 고의적 행위(Vandalism)에 의한 경우, 그리고 호우나 낙석등 환경적 요인으로 인한 것 등으로 분류하였다.

이들 원인 중 가장 높은 비중을 차지한 것은 위반/실수/부주의로 129건, 70%에 달하였으며, 이 중 선로 보수원, 검수원, 역내 신호담당 등 역무원의 실수로 인한 사고가 72건으로 전체사고의 39%를 차지하였다. 다음은 대부분 선로의 결함이나 고장으로 인한 사고가 20%를 차지하였고, 열차/차량의 고장이나 결함을 차지한 것은 5%정도로 비교적 낮은 비중을 나타내었다. 열차/차량의 고장이나 결함은 차축/베어링 부분이 가장 많은 비율을 나타내었고 다른 장치는 비교적 균등한 분포를 나타내었다. 기후나 환경적 요인으로 인한 사고는 비율이 4%로 비교적 낮으나 대형사고로 갈 수 있는 것이므로 유념해야 할 분야라고 사료되며, 외부인의 고의적 행위에 의한 사고도 발생했다는 점도 유념해야 할 것으로 사료된다.

표 3-2-11 탈선사고 원인별 빈도

사고 원인	'99	'00	'01	'02	'03	계	비율(%)
○ 열차/차량 고장결함	3	3	0	3	1	10	5
-브레이크	(1)					(1)	
-연결기	(1)			(1)		(2)	
-대차		(1)			(1)	(2)	
-차축/베어링	(1)	(1)		(2)		(4)	
-차륜		(1)				(1)	
○ 시설고장결함	9	6	8	3	10	36	20
-신호					(1)	(1)	
-선로	(9)	(6)	(8)	(3)	(9)	(35)	
○ 위반/실수/부주의	32	31	20	21	25	129	70
-운전자(승무원)	(11)	(11)	(11)	(9)	(9)	(51)	
-역무원(보수원)	(18)	(18)	(9)	(12)	(15)	(72)	
-기타	(3)	(2)			(1)	(6)	
○ 고의적 행위	0	1	0	0	0	1	1
○ 기타(환경/기후 등)	2	1	2	1	1	7	4
계	46	42	30	28	38	184	100

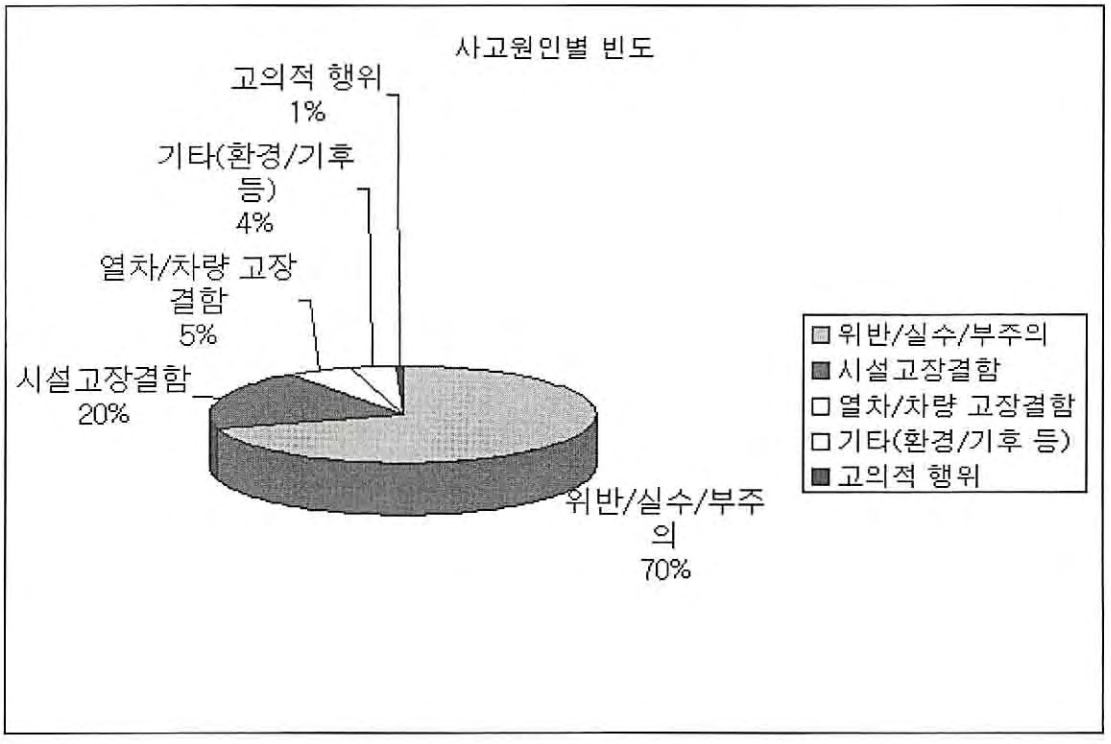


그림 3-2-19 탈선사고 원인별 빈도

4. 일본 철도사고

가. 철도사고의 역사적 개관

일본 철도 역사 상 최초의 중대 사고는, 1899년 10월에 일어난, 닛본철도(당시 사철의 하나 : 현재의 JR 토호쿠 본선에 상당하는 부분을 영업)의 열차가 하천으로 전복된 사고(토치기현)였다. 사망자 20명, 중경상자 45명이 발생한 대참사였다.

특히 당시에는 열차 사고에 의한 승객의 사상보다도, 철도 종업원 사상자가 더 많았다. 국철의 공상퇴직자 및 순직자 유족의 원조· 구제를 목적으로, 1932년에 설립된 철도 홍제회가 발생한 『50년사 철도홍제회』에 의하면, 「사고는 차량의 연결 작업 중에 일어나는 경우가 많으며, 1915, 1916년의 예에서 보더라도 연결수 1,810명 중, 작업 중 사상자 수는 줄잡아 537명에 이르렀다」고 되어있다. 이는 주로 성숙되지 못한 철도 기술이 원인이었다. 즉 초기의 차량에는 자동 연결기와 기관사가 운전대에서 조작 가능한 브레이크 등이 없었기 때문에, 브레이크의 취급에 의한 전락 사고와 연결수가 작업 중 차량에 끼이는 사고가 많았기 때문이다.

철도 관계자의 소망이었던 자동 연결기가 일본 국철에 채용된 것은 1925년이었다. 이즈음부터 철도 종업원의 공상 사고는 상대적으로 감소되었으며, 반대로 승객의 사상 사고와 그에 의한 사상자 수가 눈에 띄게 증가하게 되었다. 1940년 1월에 국철 니시나리선· 아지카와구치역에서 일어난 열차 전복· 화재가 그중 가장 큰 규모의 사고이다. 이 사고로 사망 181명, 중경상 92명 등 다수의 희생자가 생겨났다. 덧붙여 전쟁 이전· 전쟁 중의 철도 사고 중, 사망자 수가 10명을 넘는 중대 사고가 24건 발생하였다.

이어서 전후의 상황을 살펴보면, 우선 태평양 전쟁 직후 1년간 철도 사고가 계속하여 발생하였다. 이는 태평양 전쟁 직후의 철도 시설, 자재의 황폐와 수송량의 급증에 기인한 것으로, 이 1년 동안만 사망자 10명 이상의 중대 사고가 12건이나 일어났다. 그 중에서도 일본의 패전 9일째인 8월 24일에 일어난 국철· 하치코선의 열차 정면충돌 사고에서는, 사망자가 105명, 중경상자가 67명에 이렀다. 그 후 패전에 의한 혼란이 수습되고 전후 복구가 진행되어, 1946년 이후에는 철도 사고 건수가 눈에 띄게 감소하였다. 하지만 이러한 감소 추세는 어디까지나 패전 직후 1년간과의 비교일 뿐으로, 여전히 높은 빈도로 사고가 발생하고 있었다. 1946년부터 1963년 사이에 사망 10명 이상의 중대 사고가 12건이나 발생하고 있었다. 그중에서도 국철· 하치코선의 열차 전복사고(1947년 2월, 사망 184명, 중경상 497명), 국철·

케이힌토호쿠선 사쿠라키쵸역의 열차 화재 사고(1951년 4월, 소사(燒死) 106명, 중경상 92명), 국철· 죠반선 미카와시마역의 열차 탈선 충돌 사고(1962년 5월, 사망 160명, 중경상 296명), 국철· 요코스카선 츠루미역의 열차 탈선 충돌 사고(1963년 11월, 사망 161명, 중경상 120명)로, 사망 100명 이상인 네 건의 중대 사고가 발생하였다.

그 후 요코스카선 츠루미역의 탈선 충돌 사고를 마지막으로, 철도 사업자가 사고 대책의 향상 및 안전의 확보 등의 작업에 착수하여, 수십 명의 사망자가 발생하는 중대 철도 사고는 차츰 자취를 감추게 되었다. 하지만 이것이 철도의 대규모 사고가 근절되었음을 의미하지는 않는다. 1963년 이후에도 1971년 3월의 후지급행 철도의 건널목 사고(사망 17명, 중경상 68명), 1971년 10월의 킨테츠· 아오야마터널 내의 열차 정면충돌 사고(사망 25명, 중경상 236명), 1972년 11월 국철· 호쿠리쿠터널 내의 열차 화재 사고(사망 31명, 중경상 637명), 1986년 12월 국철· 산인선의 열차 철교(아마루베 철교)에서의 전락사고(사망 6명, 중경상 6명) 등의 중대 사고가 발생하였다.

또 1987년 4월 국철의 분할· 민영화 이후에도, 1988년 12월 JR 주오선· 나카노역 구내의 열차 추돌 사고(사망 2명, 중경상 109명), 1989년 4월 JR 이이다선· 키타토노역 구내의 열차 정면충돌 사고(부상 118명), 1991년 5월 신가라키고원철도의 열차 정면충돌 사고(사망 42명, 중경상 614명), 1992년 6월 칸토철도의 열차 탈선 사고(사망 1명, 중경상 251명), 그리고 1992년 11월 시마바라철도의 열차 정면충돌 사고(사망 1명, 중경상 73명) 등 대규모 사고가 발생하였다.

나. 철도 사고보고 제도와 철도사고

운수성은 「철도 사고 등 보고 규칙」(운수성령 제 8호)에서, 철도 사고에 관하여 다음과 같이 분류 및 정의하고 있다. 우선 철도 사고를 「철도 운전사고」와 「운전 저해 사고」로 크게 구별하고, 다시 철도 운전 사고를 ① 열차 충돌 사고, ② 열차 탈선 사고, ③ 열차 호재 사고, ④ 건널목 장해 사고, ⑤ 도로 장해 사고, ⑥ 철도 인신 장해 사고, ⑦ 철도 물손 사고의 일곱 가지로 분류하고 있다. 다음으로 운전 저해 사고는, "열차 또는 캐리어의 운전에 저해를 발생시킨 사고로, 철도 운전사고 이외의 것을 뜻함"이라고 정의되어있다. 다시 말해 차량의 고장과 파손, 선로 고장, 송전 고장, 보안 장치 고장과 폐색 위반, 신호 위반, 정차역 통과(이상

부내 원인), 더 나아가서는 돌 등의 방해물과 재해 등에 의한 정상적인 운전의 저해(부외 원인) 등이 여기서 말하는 운전 저해 사고이다.

이러한 정의와 분류를 기초로, 운수성은 철도 사업법 제 19조에 의거하여 철도 사고가 발생한 경우에, 철도 사업자에 대하여 사고의 종류와 원인 등에 대하여 운수대신(실무상의 보고는 지방 운수국장)에게 제출하도록 의무화하였다. 이 경우 철도 운전 사고에 대해서는, 앞서 서술한 일곱 가지 사고 모두가 보고 대상이 되지만, 운전 저해 사고의 경우에는 「열차의 운전을 휴지하고, 또는 여객 열차의 경우에는 30분 이상, 여객열차 이외의 열차인 경우에는 한 시간 이상 지연이 발생한 경우」(「철도 사고 등의 보고 규칙」 제 4조 4)가 반드시 보고해야할 사고로 규정되어있다.

운수성에서는 이렇게 철도 사업자로 부터 보고가 올라온 철도 사고를 취합하여, 『운수 백서』와 『교통안전 백서』 등으로 그 개요를 일반에게 공개하고 있다. 이에 의거한 5년간 일본의 철도사고(철도 운전사고)의 개황을 표 3-2-12에 정리하였다. 이 표에서 볼 수 있듯이, 1996년 철도 운전 사고의 총 건수는 1,012건으로 이에 의한 총 사망자 수는 846명이었다. 발생 건 수 별로는, 건널목 장해가 52.8%로 압도적으로 많았으며, 인신 장해가 35.9%, 도로 장해가 7.6% 등으로 뒤를 이었다. 사고 중 대부분이 철도 사업자 측에 사고 원인의 책임이 있었으며, 또 피해 규모가 큰 열차 사고(열차 충돌 사고, 열차 탈선 사고 및 열차 화재 사고)의 발생 건수는 35건으로 총 사고 건수의 3.5%를 차지하고 있었다. 또 운수성은 「사상자가 10명

표 3-2-12 종류별 5년간의 철도 운전사고

	구분	열차사고				기타 사고					합계
		열차 충돌	열차 탈선	열차 화재	소계	건널목 장해	도로 장해	인신 장해	물손	소계	
1992년	건 수 (건)	8	31	4	43	666	68	397	3	1,134	1,177
	사상자수(명)	125	367	0	492	390	40	407	-	837	1,329
1993년	건 수 (건)	7	20	6	33	652	93	410	0	1,326	1,359
	사상자수(명)	2	4	0	6	403	33	643	-	1,079	1,085
1994년	건 수 (건)	6	27	1	34	589	98	402	0	1,089	1,123
	사상자수(명)	12	50	0	62	376	17	414	0	807	869
1995년	건 수 (건)	4	46	5	56	503	95	375	6	979	1,035
	사상자수(명)	13	67	0	80	326	20	387	0	733	813
1996년	건 수 (건)	2	30	3	35	535	77	363	2	977	1,012
	사상자수(명)	4	64	0	68	384	23	371	0	778	846

	구분	열차사고				기타 사고					합계
		열차 충돌	열차 탈선	열차 화재	소계	건널목 장해	도로 장해	인신 장해	물손	소계	

출처 : 총무청 『교통안전 백서』 1993 ~ 1997년 판.

이상 또는 탈선 차량이 10량 이상인 사고」를 「중대사고」로 정의하고 있는데, 이 5년간 중대 사고의 추이를 살펴보면, 1992년 8건, 1993년 1건, 1994년 1건, 1995년 2건, 1996년 4건이 발생하였다.

현행 철도 사고의 보고 제도에는 주요 결함이 있는데, 그 내용은 다음과 같다.

첫 번째는 보고된 사고 사례는 주로 통계 데이터의 집계를 위해 이용되거나, 혹은 행정 지도의 재료로 활용되는 것이 전부로, 운수성 또는 다른 기관에 의한 이 데이터의 계통적 조사, 분석 작업은 거의 이루어지지 않고 있다는 점이다. 다시 말해 이미 발생한 사고는 사고의 재발 방지라는 관점에서 매우 귀중한 소재이지만, 이것이 사고 원인의 교훈화와 보편화를 위한 재료로 활용되지는 않고 있는 것이다.

두 번째는 운전 저해 사고의 경우, 그 규모가 일정 정도 이상인 것만이 보고 대상이라는 점이다. 철도 사고 발생의 정지를 위해서는, 사상자가 발생한 대규모 사고의 원인을 분석하면서, 동시에 작은 사고와 incident의 사례도 취합하여 여기서 교훈을 끌어내야 한다는 점이 중요하다. 즉 피해가 경미한 소규모 사고와 트러블, 고장, 오퍼레이터의 조작 미스 등 안전에 영향을 미칠 우려가 있는 incident를 수집· 축적하고, 조사 및 분석하여 큰 사고의 원인이 될 수 있는 요인을 제거 및 개선하는 작업이 필요하다.

1991년 5월에 발생한 신가라키 철도 사고의 원인은 신가라키역의 출발 신호기의 트러블에 있었는데, 실제로 사고 전인 5월 3일에도 사고가 발생한 5월 14일과 동일한 시각에 동일 열차에서 똑같은 신호 트러블이 발생하였었다. 이때에도 적신호인 상태에서 열차가 출발하고, 필요한 수속(대용 폐색 방식, 지도 통신식)을 준수하지 않고 무폐색인 단선 구간에 진입하였는데, 다행히 맞은편 열차가 오노타니 신호장에서 대기하고 있었기 때문에 큰 사고로는 이어지지 않았었다. 츠나타니 료이치씨는 「이 날의 사태가 신가라키 고원 철도 사고의 복선이며, 5월 3일과 똑같은 고장이 발생하고, 같은 조작이 5월 14일에도 행해졌다」고 지적하였다. 5월 3일의 사고는, 법령상 보고할 필요가 없는 운전 저해 사고였다. 실제로도 신가라키 고원 철도는 5월 3일의 사고를 운수성(킨키 운수국)으로 보고하지 않았다. 만약 이 사고가 킨키 운수국에 보고되어 그 시점에서 적절한 지도가 이루어졌다면, 혹은 신가라키 고원철도 충돌사고의 다른 한편의 당사자인 서일본 여객철도 주식회사가, 이 사

고의 중대성을 인식하고 그 시점에서 적절한 대응을 실시하였다면, 5월 14일의 참사는 피할 수 있었을지도 모른다.

같은 종류의 사고의 재발 방지와 다른 종류의 사고의 발생 방지를 위하여, 현행 철도 사고보고 제도는 개선될 필요가 있다. 다시 말해 운전 저해 사고에 대해서도 보고를 의무화할 필요가 있는 것이다. 또 보고된 사고 데이터는 사장시키지 말고, 효과적으로 활용할 필요가 있다. 이를 위해 조사· 분석 시스템의 제도화, 즉 해당 기관에서의 계통적인 조사 분석 작업과 그 성과의 관계자에 대한 피드백 시스템이 조직될 필요가 있다.

다. 일본의 철도사고 조사

앞서 서술했듯이 일본의 철도 사고 조사는, 먼저 국가와 공공 단체, 다음으로 개인 즉 철도 사업자 등을 주체로 하여 이루어진다. 이 경우 중 가장 중요한 것은 국가에 의해 이루어지는 사고 조사이다. 그도 그럴 것이 개인에 의해 이루어지는 조사에는 한계가 있기 때문이다. 즉 사고의 당사자인 철도 회사에 의해 이루어지는 조사는, 그 결과가 외부에 공표되는 경우가 거의 없을 뿐만 아니라, 조사 내용에 따라서는 형사처벌 또는 민사상 손해 배상의 대상이 될 수도 있기 때문에, 해명한 내용 중 과연 어디까지 사고 원인의 진상인가가, 다시 말해 그 진실성과 신뢰성, 공평성이라는 점에 의문을 갖게 되기 때문이다. 또 피해자와 그 유족 등이 실시하는 조사에도 한계가 있다. 대체로 기술적, 전문적 지식이 부족하며, 자료의 입수나 관계자로 부터의 청취 등이 곤란하기 때문이다.

일본에서 철도 행정을 소관하고 있는 곳은 운수성이다. 운수성은 동시에 철도 사고에 관한 행정 사무도 소관하고 있다. 그 근거 법령은 운수성 설치법이다. 이 법의 제 3조 제 2호 102항에서는, 「철도, 궤도, 삭도 및 무궤조 전차의 안전 확보 및 운전 사고에 관한 것」이 운수성의 소장 업무라고 정하고 있다. 그리고 운수성 조직령의 제 47조에 의해, 구체적으로는 철도국 보안 차량과가 철도 등의 운전 사고에 관한 사무를 담당하는 것으로 되어있다.

그러나, 운전 사고에 관한 사무란 무엇인가에 대해서는 법령에 정해진 바가 없다. 방대한 운수 관련 법령 내에서 이에 관계된 것으로, 유일하게 철도 사업법 제 19조에 다음과 같이 규정되어 있을 뿐이다. 「철도 사업자는, 열차의 충돌 혹은 화재 및 기타 중대한 사고 또는 철도에 관계된 재해로 운수성령에서 정한 것이 발생한 경우에는, 지체 없이 사고의 종류, 원인 및 기타 운수성령에서 정한 사항을 운수대신에게 보고하여야 한다.」

이렇듯 철도 사고에 관하여 현행 법령으로 정해져 있는 것은, 철도 사고를 소관하는 곳은 운수성이라는 점과 철도 사업자의 운수 대신에 대한 사고 보고가 의무화되어있다는점 뿐이며, 철도 사고의 조사 권한과 방법, 조사 결과의 이용(예를 들어 관계자에 대한 권고 등) 등을 규정한 법령은 전혀 존재하지 않는다. 즉 항공 사고와 해난 사고의 경우와 달리, 철도 사고에 대해서는 법적 근거를 가진 사고 조사 기관이나 제도는 존재하지 않는 것이다.

단 운수성이 재발 방지를 목적으로 일종의 「사고 조사 위원회」를 설치하여, 사고 원인을 조사한 경우가 과거에 있었다. 예를 들어 신가라키 철도 사고 시, 운수성은 「신가라키 고원 철도의 신호 보안 시스템에 관한 조사 검토회」(위원장 = 마사다 에이스케· 도쿄대학 교수)를 설치하고, 관계자로 부터의 사정 청취와 신호 시스템 조사 등의 분석· 검토를 실시하였다. 그리고 1992년 12월에 그 결과(「신가라키 고원 철도 열차 충돌 사고의 원인 조사 결과에 대하여」)를, 철도국 이름으로 부외에 공표하였다. 하지만 이러한 사고 조사는 명확한 법적 근거의 뒷받침이 없다는 등의 문제 때문에, 조사 결과의 내용, 일반으로의 공개도, 얻어진 식견의 교훈화 등 모든 면에서 불충분하였다.

이상과 같이 일본에는 철도 사고 조사의 경우, 항공 사고 조사 위원회와 해난 심판청과 같은 법적 근거에 기초한 전문적 조사 기관이 없다. 또 운수성도 그 기능과 권한을 갖고 있지 않다. 이러한 현재 일본의 상황 하에서 실제로 철도 사고가 발생하면, 형사 소송법에 기초하여 경찰· 검찰청 등의 수사 기관이 형사 사법 수사에 나서게 된다. 즉 사고가 발생하면, 우선 사고 발생 현장을 관할 각 지방의 경찰이 현장 검증과 사정 청취, 피의자 체포와 조사 등 일련의 수사 활동을 실시한다. 다음으로 이러한 수사를 기초로 경찰로부터 지방 검찰청으로 용의자가 이송되고, 검찰에 의한 수사가 개시되게 된다.

경찰· 검찰청에 의한 사고 수사의 목적은, 업무상 과실 치사상죄(형법 제 211조)와 과실 왕래 위험죄(형법 제 129조) 등 범죄의 입건에 있다. 즉 사고의 재발 방지를 목적으로 하는 사고 조사가 아닌, 범죄성의 유무를 판단하기 위한 증거 수집을 목적으로 수사가 이루어지는 것이다. 경찰· 검찰에 의한 수사라는 일본의 철도 사고 조사 방법은, 만약 이들 기관의 수사 능력과 수준이 높다고 하더라도 모든 요인이 복합적으로 중첩되어 발생하는 철도 사고의 진상 규명이라는 면에서는 큰 한계와 제약이 있을 수밖에 없다.

우리들 대부분은 사상자가 발생하는 중대한 철도 사고가 발생한 경우, 경찰· 검

찰청에 의한 범죄 수사가 아닌, 유럽 대부분의 국가에서와 같이 재발 방지의 관점을 우선으로 한 사고 조사가 이루어질 필요가 있다고 생각한다. 이를 위해서는 법률의 정비와 NTSB와 같은 기업과 행정으로부터 독립된 상설 사고 조사 기관의 설립이 필요하다.

라. 철도사고조사에 대한 접근방향

일본에서는 철도 사고가 일어나면, 매스미디어는 운전사와 오퍼레이터 등에 의한 「인위적 미스」라는 시점에서 사고 원인을 보도하는 경향이 있다. 신문 지면을 「해이함」과 「방심」, 「careless miss」 등의 단어가 뒤덮는다. 경찰에 의한 사고 수사도 부주의와 방심에 의한 간과, 조작 미스, 규칙· 수속 위반 등의 시점에서, 사고 원인을 개인의 과실로 파악하려고 하는 경향이 강하다. 신가라키 철도 사고의 경우에도 경찰· 검찰청이 추궁한 것은 개인의 과실 책임이었다. 또 철도 사업자 등에 의한 사고 조사에서도, 사고 원인은 개인의 미스로 처리되는 경우가 많다. 이른바 「범인 찾기」가 이루어지고 있는 것이다.

인간 공학(ergonomics 또는 human factors)에서는, 시스템의 효과와 안전성 등을 저감시키는 인간의 어떠한 실패를 휴먼에러라 칭한다. 그 표준적인 텍스트에 따르면, 이는 「시스템의 효과, 안전, 활동성과를 저하시키는, 혹은 저하시킬 우려가 있는 인간의 부적절 내지는 바람직하지 못한 상황 판단 혹은 행동」이라 정의되어 있다. 즉 휴먼에러란 판단상의 착오와 잘못된 믿음, 순간적인 실수, 조작의 실패 등 사고의 계기가 되는 인간의 에러를 뜻한다. 항공 사고의 원인의 70%는 휴먼에러에 의한 것이라고 하는데, 철도 사고 역시 휴먼에러를 주요 요인으로 하는 경우가 많다. 휴먼에러는 신호의 간과와 운전 미스 등 직접적인 인간의 에러에만 한정되는 것이 아니다. 예를 들어 부적합한 설계에 의해 어떤 장치가 고장에 이른 경우, 이를 설계한 것은 인간이므로 이것도 역시 휴먼에러에 속한다. 따라서 사고 원인이 기계· 장치의 고장에 의한 것이더라도, 이는 휴먼에러와 연관되어 있는 경우가 적지 않다.

철도 사고는 대부분의 경우, 몇 개의 요인이 중첩되어 발생한다. 어떤 사고의 주요인 내지는 원인은 휴먼에러라 하더라도, 그 사고의 원인을 직접적으로 휴먼에러라고 단정 지을 수는 없다. 사고 원인에는 주요인 이외에도 부차적 요인, 혹은 계기가 된 직접적인 원인 이외에 배경 원인도 있기 때문이다.

인간 공학의 식견에 따르면 인간은 생리학적, 심리학적 특성 때문에 에러 잠재력을 가진 생물이긴 하지만, 이러한 특성만으로 에러가 일어나는 것은 아니다. 「시스템은 인간 에러가 발생할 수 있는 여러 가지 조건을 갖고 있기 때문에, 이

조건과 에러 잠재력이 맞는 경우에 에러가 발생한다」고 되어있다. 이 경우의 인간의 생리학적 특성이란, 대뇌 기능과 신경, 감각 기능 등의 인간의 내체적, 생리적 특성을 뜻하는데, 구체적으로는 예를 들어 인간의 다음과 같은 시각 기능을 뜻한다. 즉 인간에게는 두 눈이 있고, 시야는 좌우 200° 가까이이지만, 이 범위에 있다고 하여 그 대상이 확실히 보이는 것은 아니며, 잘 보이는 범위는 중심선의 약 ± 1° 정도에 지나지 않는다. 또 심리학적 특성이란 인간 특유의 심적 기능을 뜻하는데, 예를 들어 인간의 억측 판단 등이 그것이다. 다시 말해 인간은 강한 희망과 조바심이 있거나 정보와 지식이 부족하거나 긴급 시 등에는, 누구든지 자신에게 유리하게 제멋대로 추측하는 경향이 있다는 특성을 갖고 있다는 것이다.

철도 현장에서는 신호를 잘못 보거나 간과 등에 의한 열차의 모진 사고가 심심치 않게 일어나고 있다. 이러한 사고는, 그 미스를 범한 개인의 부주의와 태만 때문이라고 치부해버리고, 철도 사업자에 의해 실시되는 재발 방지책도 철저한 승무원 교육 등으로 끝나는 경우가 대부분이다. 하지만 무릇 인간은 억측 판단과 습관에 의한 미스 등을 일으키기 쉬운 특성을 갖고 있는 동시에, 그 시각 기능에도 한계가 있다. 때문에 신호 오인을 단지 개인의 과실로 치부해버리는 것이 아니라, 신호 오인의 배경 요인을 규명할 필요가 있다. 예를 들어 앞서 서술한 인간의 시각 기능의 특성을 고려하여, 멀리서부터 확인하는 신호 표식은, 이를 ± 1°의 시차 범위에 시인성이 높은 형식으로 모아둘 필요가 있으므로, 오인된 신호의 형식이 적절한 것이었는지 여부의 검증이 필요하다. 검증 결과 만약 그것이 인간 공학적으로 부적절한 것이었다면, 설비의 개선이 실제 재발 방지책이 된다.

철도 사고의 재발 방지를 위해서는 「누가 잘못했는가」가 아니라, 「어떻게 하면 인간의 에러를 감소시키고, 사고를 방지할 수 있는가」라는 관점이 무엇보다 중요하다. 인간이 일으킨 에러를 결코 개인의 부주의와 해이함 때문이라고 결론짓는 것이 아니라, 에러를 일으키게 된 배경 요인을 규명하여, 그 요소를 개선하고 에러를 백업하는 구조를 갖출 필요가 있다. 이렇게 하면 사고의 효과적인 재발 방지책이 이루어졌다고 할 수 있다. 따라서 철도 사고 조사도, 이러한 관점을 우선으로 하여 실시할 필요가 있다.

마. 철도 중대사고 원인분석

표 3-2-13 1961년부터 1985년까지의 일본의 철도 중대사고 원인별 분석표-1

원인구분	열차조성		폐색 취급			신호 취급					열차조종		트로리 취급		전철기 취급			구내작업						건널목관계			선로관계				송전
원인 종별 / 사고 종별						정차장 종사원				승무원								정차장 종사원					승무원	통행자		건널목 보안					
	연결불량	제동기 관계 작업 불량	폐색 취급 불량	병합 폐색 취급 불량	폐색 방식 변경 취급 불량	신호 미확인	신호기 복위 방법 불량	신호기 오취급	수신호 취급 불량 (입환 사인 포함)	신호 미확인	제동 취급 불량	조종 기기 취급 불량	협의 불량	기타 취급 불량	오전환	직전 또는 도중 전환	미전환	진로 지장 입환	접촉 한계 지장	돌방 불량	연결 해방 불량	전동 방지 불량	조종 기기 취급 불량	직전 횡단	횡단중 엔진 스탑 고장	차단기 취급 불량	궤간 확대	궤조 훼손	궤조 돌출	노반 불량	기타	가선 늘어짐
열차충돌			1		4	1	2	2	4	9	2			1								2	1	2							
열차탈선										1	3				1									57	7				4		1	
열차화재																															
인신장해										1	3												1								
건널목장해																								30	9	1					
기타 사고											2																			1	
차량탈선																															
차량파손											1																				
차량고장																															
열차방해																															
선로장해																															
사상																															
합계			1		4	1	2	2	4	11	11	3	2	1	1							2	2	89	16	1			4		2	

표 3-2-14 1961년부터 1985년까지의 일본의 철도 중대사고 원인별 분석표-2

원인구분	차량 관계															재해										경합	방해	지장		보안장치	기타				합계
원인 / 사고	기관차		기동차		전차				객화차							수해								설해										
종별	관관계불량	제동장치불량	차륜관계불량	기타	제동장치불량	운개폐장치불량	문측판파손	기타	차축절손	차륜탈출	axle box guard 절손	연결장치불량	문측판파손	제동장치불량	기타	선로침수토사유입	선로도상유실	교량훼손	터널훼손	토사붕괴	축제붕괴	낙석	지진	눈사태	기타	악조건의경합	방해	자동차빔에충격	선로지장	설비고장	위험물발화	적하불량	터널질식	기타	
열차충돌								1																		2								34
열차탈선																				7	2	2				4			3	1			1	1	98
열차화재															1																		1	2
인신장해		1																																6
건널목장해																																		40
기타사고																														1			1	7
차량탈선																																		
차량파손																								1									1	3
차량고장																																		
열차방해																																		
선로장해																											1							2
사상																																	1	1
합계		1						1							1					7	2	2			1	6	1		3	1	1		1	5	193

5. 분야별 세부안전기준 항목 선정

가. 충돌안전기준 대상항목 선정

(1) 국내 충돌/충격사고 통계분석

3년간의 충돌사고국내사고통계를 분석한 결과를 토대로 안전대책별로 필요한 안전기준을 표로 나타내었다.

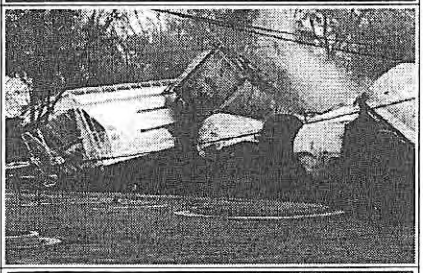
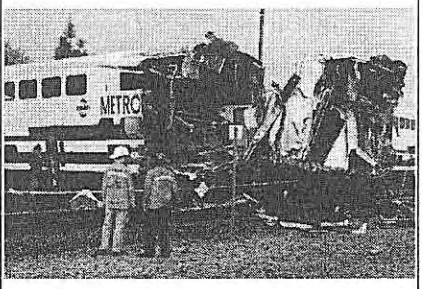
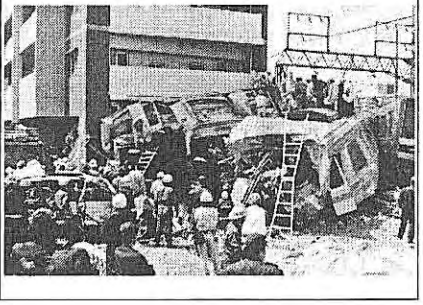
표 3-2-15 국내 충돌/충격사고 유형을 통한 안전기준 요건 도출

사고유형	안전기준 요건	비고
비행물체와의 충돌	⑤ 유리창 안전기준 ⑩ 전두부 충격관통방지 안전기준	
선로장애물과의 충돌피해저감	② 표준 충돌사고 시나리오 ③ 연결기 연결부의 형태	
경충돌사고 피해저감	② 표준 충돌사고 시나리오 ⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 ③ 연결기 연결부의 형태 ⑫ 완충차막이 안전기준	
중충돌사고 피해저감	① 차종별 하중조건 ② 표준 충돌사고 시나리오 ⑥ 차량실내 충돌안전기준 ⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 ③ 연결기 연결부의 형태 ④ 객실의자 안전기준	

(2) 해외선진국의 대표적 충돌사고 분석

선진국의 최근사고를 중심으로 필요한 안전기준요건을 도출하면 표 3-2-16과 같다.

표 3-2-16 해외 충돌/충격사고 유형을 통한 안전기준 요건 도출

사고국가(일자)	안전기준요건	비고
영국충돌탈선사고 (04/11/6)	② 표준 충돌사고 시나리오 ⑥ 차량실내 충돌안전기준 ③ 연결기 연결부의 형태	
미국충돌사고 (05/1/6)	② 표준 충돌사고 시나리오 ⑥ 차량실내 충돌안전기준 ⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 ④ 객실의자 안전기준	
이태리충돌사고 (05/1/7)	② 표준 충돌사고 시나리오 ⑥ 차량실내 충돌안전기준 ⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 ④ 객실의자 안전기준	
미국통근열차충돌사고 (05/1/26)	② 표준 충돌사고 시나리오 ⑥ 차량실내 충돌안전기준 ⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 ③ 연결기 연결부의 형태 ④ 객실의자 안전기준	
일본탈선충돌사고 (05/4/25)	① 차종별 하중조건 ② 표준 충돌사고 시나리오 ⑥ 차량실내 충돌안전기준 ⑪ 타고오름 방지장치 안전기준 ④ 객실의자 안전기준 ⑨ 차체 전복강도 기준 ⑦ 차체-대차 연결강도기준	

(3) 충돌안전 세부기준 항목 선정

표 3-2-15와 표 3-2-16의 분석결과를 기반으로 충돌안전 세부기준 항목을 선정하였으며 그 결과는 표 3-2-17과 같다.

표 3-2-17 충돌분야 안전기준 도출 및 국내외 관련 기준

분야	우선순위	세부 기술 기준서	국가별 관련 기준서(또는 항목)							관련 시험 절차서
			한국	미국	영국	일본	호주	EU	UCI 기준	
충돌	①	차종별 하중조건	철도안전38조	49CFR238.203 49CFR238.405	GM/RT2100	성령70조 JIS E 4501 JIS E 7105	AS4292.3 부록D2.1	TSI 차량 4.1.7(a)	UIC 566	• 구체하중시험절차서
	②	표준 충돌사고 시나리오	철도안전35조 도시철도21조 도시철도23조	49CFR238.403 49CFR238.409 49CFR238.411	GM/RT2100		AS4292.3 부록D9	TSI 차량 4.1.7(b) 첨부A	UIC 651 2.2.1.3	• 에너지흡수구조 시험절차서 • 실차충돌 시험절차서 • 재료충돌특성 시험절차서
	③	연결기-연결부의 형태	철도안전36조 도시철도23조						UIC 566 4.1.3.1 4.1.3.2	• 연결기 충돌안전도 시험 절차서
	④	객실의자 안전기준	철도안전48조 1-2항 도시철도37조	49CFR238.233 49CFR238.435	AV/ST9001	JIS E 7104		Trainsafe 권고사항	UIC 566 4.1.3.3	• 의자 안전도 시험 절차서
	⑤	유리창 안전기준	철도안전42조 4항 철도안전46조 3항 도시철도38-39조	49CFR223 49CFR238.221 49CFR238.421	GM/RT2456	성령72조 성령73조	AS4292.3 부록D9	TSI 차량 4.3.19 6.3.2 첨부J	UIC 617-4 3.1 5.1	• 유리창 충격시험 절차서
	⑥	차량실내 충돌안전기준	철도안전37조 철도안전42조 8항 철도안전47조 4항 철도안전48조 1-2항 도시철도33조, 39조	49CFR238.233 49CFR238.435	AV/ST9001		AS4292.3 부록D9	Trainsafe 권고사항		• 승객상해치 평가시험 절차서
	⑦	차체-대차 연결강도기준		49CFR238.219 49CFR238.419	GM/RT2100					• 차체대차연결강도 평가시험 절차서
	⑧	여객용 출입문 강도기준	철도안전44조							
	⑨	차체전복강도기준		49CFR238.215 49CFR238.415						• 전복시험절차서
	⑩	전두부 충격관통 방지기준								• 전두부 충격관통 시험절차서
	⑪	타고오름 방지장치 안전기준	철도안전35조 1항	49CFR238.205 49CFR238.405	GM/RT2100			TSI 차량 4.1.7(b) 첨부A		• 타고오름 방지장치 안전성능 시험절차서
	⑫	완충 차막이 안전기준								• 완충차막이 성능평가 시험절차서

나. 화재안전기준 대상항목 선정

국내 철도화재사고 분석 및 국내외 화재 관련 안전규정의 분석을 통해 아래와 같은 9개의 세부 안전기준 대상항목을 선정하였다.

① 객차 등의 실내설비의 화재성능 기준

② 철도차량의 소화기 설치 기준

③ 열차비상용품

④ 객차 등의 전선 화재성능 안전기준

⑤ 차량커튼 화재성능 기준

⑥ 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준

⑦ 화재시 탈출 및 대피구조 기준

⑧ 객차 등의 비상창문 설치기준

⑨ 객실내 공기질 안전기준

표 3-2-18은 화재관련 세부 안전기준 대상항목 및 우선순위와 각 항목 관련 국내외 규정을 정리한 것이다.

표 3-2-18 화재분야 안전기준 도출 및 국내외 관련 기준

분야	우선순위	세부 기술 기준서	국가별 관련 기준서(또는 항목)							비 고
			한국	미국	영국	일본	호주	프랑스	EU	
화재	①	객차 등의 실내설비 화재성능 기준	철도안전9조 철도안전8조	49CFR238.103	GM/RT2120 AV/ST9002	철도기술기준 (차량편) 5절83조	AS 4292.3 부록C2.h AS 4292.3 부록C.h	NF F 16-101	EN45545- 2	
	②	철도차량의 소화기 설치 기준	철도안전13조	49CFR238.103	GM/RT2120	-	AS 4292.3 부록C.u	NF F 16-101	EN45545- 6	
	③	열차비상용품	철도안전94조							
	④	객차 등의 전선 화재성능 안전기준	철도안전9조	49CFR238.103	GM/RT2120	철도기술기준 (차량편) 5절83조	AS 4292.3 부록C2.g	NF F 16-101	EN45545- 5	
	⑤	차량커튼 화재성능기준	철도안전10조 1항							
	⑥	철도차량용 화재감지/경보 장치 성능 기준	철도안전11조	49CFR238.445	GM/RT2120	철도기술기준 (차량편) 5절84조	AS 4292.3 부록C.o	NF F 16-101	EN45545- 6	
	⑦	화재시 탈출 및 대피구조 기준	철도안전12조	49CFR239.107	AV/ST9002	철도기술기준 (차량편) 5절84조	AS 4292.3 부록C.j	NF F 16-101	EN45545- 4	
	⑧	객차 등의 비상창문 설치기준	철도안전46조	49CFR238.113	AV/ST9002	-	AS 4292.3	NF F 16-101	EN45545- 6	
	⑨	객실내 공기질 안전기준	철도안전49조 4항							

다. 탈선안전기준 대상항목 선정

국내 철도탈선사고 분석 및 국내외 탈선 관련 안전규정의 분석을 통해 아래와 같은 9개 세부 안전기준 대상항목을 선정하였다.

① 열차의 비상제동거리

② 철도차량 전복방지기준

③ 탈선계수 측정 및 산정기준

④ 주행장치틀의 비파괴검사 기준

⑤ 차륜의 비파괴검사 기준

⑥ 차축의 비파괴검사 기준

⑦ 윤축용 베어링 안전기준

⑧ 현가장치 안전기준

⑨ 제동장치 안전기준

표 3-2-19는 탈선관련 세부 안전기준 대상항목 및 우선순위와 각 항목 관련 국내외 규정을 정리한 것이다.

표 3-2-19 탈선분야 안전기준 도출 및 국내외 관련 기준

분야	우선순위	세부 기술 기준서	국가별 관련 기준서(또는 항목)						관련 시험 절차서
			한국	미국	영국	일본	프랑스	UIC 기준	
탈선	①	열차의 비상제동거리 기준	철도안전 63조 2항						
	②	철도차량의 전복방지 기준	철도안전 34조						
	③	탈선계수 측정 및 산정기준	철도안전 32조		GM/RT2141	성령 제66조	NF F 00-702	UIC 518OR	연속식 탈선계수 측정방법 절차서
	④	주행장치틀의 비파괴검사 기준	철도안전 52조 2항						
	⑤	차륜의 비파괴검사 기준	철도안전 54조 2항 철도안전 55조 KS R 1005	AAR S-601 AAR S-614 AAR S-615	GM/RT2025	JIS E 5401 JIS E 5402		UIC 510-2 UIC 510-5	차륜의 결함검사 기준서
	⑥	차축의 비파괴검사 기준	철도안전 56조 2항 KS R 9220	AAR S-649	GM/RT2025	JIS E 4501 JIS E 4502 JIS E 4504		UIC 510-3 UIC 515-3	차축의 결함검사 기준서
	⑦	윤축용 베어링 안전기준	철도안전 57조 KS R 9238	AAR M-201	GM/RT2030			UIC 771-1 UIC 814	베어링의 오일성능 기준서
	⑧	현가장치 안전기준	철도안전 60조 KS R 9225			JIS E 4206			현수장치 시험절차서
	⑨	제동장치 안전기준							

라. 체계 및 인터페이스

충돌, 탈선, 화재분야에 국한하지 않고 공통적인 분야나 차량전체에 관련한 분야, 그리고 차량과 인프라와의 인터페이스에 관한 안전기준을 별도로 체계 및 인터페이스분야로 분류하여 대상항목 및 우선순위를 아래와 같이 선정하였다.

표 3-2-20 체계 및 인터페이스 분야 안전기준 도출 및 관련 철도안전법 조항

분야	우선순위	세부안전지침서(기준서)	차량안전기준 관련조항
체계 및 인터페이스	①	철도차량의 위험도분석 세부기준	
	②	철도차량 유지관리계획의 작성 세부기준	제96조 7항
	③	철도차량 유지보수기록관리 세부기준	제100조
	④	철도차량 구조의 제원산정 기준	제27조
	⑤	철도차량의 표기	제28조
	⑥	객차 등의 기압변화 기준	제40조 3항
	⑦	차량-궤도 인터페이스 안전기준	제7조
	⑧	차량-신호 인터페이스 안전기준	제7조
	⑨	차량-전력 인터페이스 안전기준	제7조
	⑩	차량-승무원 인터페이스 안전기준	제7조
	⑪	차량 전기 안전기준	제15-21조

제 3 절 차량별 안전기준

1. 동력차 안전기준

가. 개요

국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제8조에는 화재안전 기준, 제11조에 화재 감지 및 경보, 제14조에 작동상태의 표시, 제18조에 접지, 제31조에 횡압, 제35조에 충돌안전설계, 제42조에 운전실, 제63조에 제동시스템, 제83조에 운전자 보안장치, 제94조에 열차비상용품에 관하여 언급되어 있는데, 구체적인 강도기준이나 평가방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 동력차에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 동력차 안전 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

나. 이론적 배경

철도 안전법에 의하여 동력차 안전의 일반 요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검, 보수 등 유지 관리에 필요한 사항을 규정할 필요가 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

동력차 안전기준에 관련된 국내외 규정을 조사 검토하였으며, 관련 국내규정은 다음과 같다.

- 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침
- 건설교통부령 제413호 : 도시철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부령 제231호 : 도시철도차량 안전 기준에 관한 규칙
- 건설교통부령 제82호 : 도시철도차량 관리에 관한 규칙
- 건설교통부 법률 제7245호 : 철도안전법(안)

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국

연방 철도 법규 (CFR Title 49. section 229 : 기관차 안전)에 규정된 관련해당 항목은 아래와 같다.

SUBPART A : 일반

SUBPART B : 검사 및 시험

SUBPART C : 안전 요구 조건

- 개인 안전
- 제동
- 주 공기류
- 피스톤 행정
- 누수
- 베어링
- 대차
- 레일 상면 간격
- 차륜 결함
- 제 3 궤도 슈
- 위험 명판
- 모터 발전기
- 엔진
- 안전변
- 속도 지시계
- 운전실 소음
- 배터리 가스 배기
- 비상제동밸브
- 제동 게이지
- 구동 기어
- 완충 장치
- 스프링
- 사이드 베어러
- 윤축
- 집전장치
- 비상절연
- 점퍼
- 연료 탱크
- 압력 게이지
- 활주 경보
- 운전실 통로

(나) 일본

- 鐵道六法　施設及び車兩の定期檢査に關する告示
- 鐵道六法　運轉の安全の確保に關する省令
- 鐵道六法　普通鐵道構造規則
- 鐵道六法　特殊鐵道構造規則
- 鐵道六法　鐵道運轉規則

라. 시험 및 분석

미국 CFR Title 49 section 229는 디젤 전기기관차를 중심으로 기관차의 각 장치별 안전 검수 규정을 규정하고 있으나, 모든 장치의 안전 점검 기준을 설정하는 것은 내용이 너무 방대할 뿐만 아니라, 타 차종 즉 객차, 전기동차, 디젤동차 및 화차의 안전 기준도 수준을 맞추어 정해야 하는 규정의 균형성 측면에서도 미국 CFR의 일반 부분만 본 규정으로 정하고 상세 기준은 타 차종을 포함하는 모든 차량의 주요 장치에 대한 세부 안전 기준을 별도로 규정하는 것이 효율적이다.

철도차량 안전기준 및 체계구축 1차년도 연차보고서에 있는 차량별 안전요건 분석을 바탕으로 하여 현재 진행 중인 사항이나 차후 시행 예정인 사항을 제외한 나머지 사항에 대하여 보다 구체적인 내용을 추가하여 동력차안전기준을 작성하였다. 참조 국내규정으로는 도시철도 건설규칙, 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙, 철도건설규칙, 철도차량 안전기준에 관한 규칙, 철도시설안전기준에 관한 규칙과 국외 규정으로는 일본의 鐵道六法, 미국의 CFR 등이다.

동력차 안전기준은 향후 철도안전법을 중심으로 각종 안전규정의 체계적 정비와 선진국 수준의 기술기준 제정을 위한 철도안전 향상프로그램의 마련과 지속적인 국가사업추진이 요구되며 철도운영기관 및 시설관리기관의 법적지위 또는 정체성의 변화에 따라 자체 안전관계제반규정에 적합하게 대응이 필요하다. 철도사고시 운전자 및 승객의 안전에 직접적으로 연관된 철도차량의 유지보수와 안전과 관련된 주요항목에 대한 최소한의 안전기준과 항목별 세부기준을 명확히 규정하고 국가에서 이에 대한 법적근거를 제시함으로서 철도교통의 안전 강화 및 신뢰성 제고를 통하여 국내의 철도 안전의 기반기술의 확보가 기대되며, 또한 철도안전법 시행령 및 시행규칙에 의거하여 철도차량의 유지보수 및 기타 안전기준에 대한 세부기준을 제시함으로서 철도차량의 실질적인 안전체계의 확립을 통하여 사고의 예방과 사고 발생 시 사고 피해를 최소화함으로서 인적, 물적 자원의 손실 경감도 기대된다.

동력차 안전기준은 크게, 총칙, 일반 안전요건, 구조 및 장치 안전요건, 유지관리 안전요건으로 구분하여 정하였다. 차량별(객차, 화차, 동력차) 안전기준에서는 시스템적인 사항, 인터페이스 등의 필요 최소한의 요건만 언급하고, 각 요소 및 구성품에 대한 제한적인 사항들은 중복을 피하기 위하여 관련된 세부 항목별 안전기준을 준용하는 것으로 방향을 설정하였다.

마. 기준 및 해설서

(1) 동력차 안전기준

제1조 목적

본 기준은 「철도안전법」 제26조에 의하여 동력차 안전의 일반요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 적용범위

동력차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

제3조 동력차의 인식

운전실이 있는 동력차의 전면에는 전두부 표시등을 설치하여야 하며, 다음 기준에 적합하여야 한다.

제4조 승무원 및 장치의 보호

동력차는 운전자가 안전하게 조종할 수 있어야 하고, 예측 가능한 모든 상황에서 운전자가 우선적으로 보호되도록 설계되어야 한다.

제5조 화재 안전

동력차는 화재발생의 위험을 최소화하고 화재의 전파를 방지하도록 설계되어야 한다. 또한 동력차는 화재가 발생되었을 때 승무원이 화재, 열, 연기 및 독성가스 등의 영향으로부터 안전하게 탈출할 수 있도록 설계되어야 한다. 화재안전관련 세부기준은 다음의 해당 기준을 준용한다.

① 철도차량용 내장 재료의 난연 기준

② 철도차량 소화기 비치 기준

③ 열차 비상용품 기준

④ 철도차량 재료 독성가스 안전기준

⑤ 자동 소화장치 설비기준

⑥ 실내 공기질 기준

⑦ 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준

⑧ 화재시 탈출 및 대피 기준

제6조 소음의 제어

동력차 내 소음은 운전실내 소음 기준 값 이하로 차량 설계되어야 한다.

제7조 비상안내

동력차의 운전실은 비상시 승무원이 용이하게 탈출할 수 있는 구조로 설계되어야 한다. 이 경우 위험도분석 결과 필요하다고 인정되는 경우 별도의 비상탈출구가 설치되어야 한다. 또한, 비상방송 및 안내장치가 설치되어야 한다.

제8조 통신장치

동력차에는 정상적인 운행 상황 및 비상시 사용할 수 있는 통신장비가 구비되어 있어야 한다. 이때 고려되어야 할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 승무원과 여객간의 통신

② 열차 내 승무원간의 통신

③ 승무원과 사령실간의 통신

제9조 비상용품의 구비

동력차에는 열차의 비상시를 대비하여 필요한 비상용품을 갖추어야 한다. 열차비상용품의 종류와 수량 등에 관한 세부기준은 건설교통부장관이 정하여 고시한다.

제10조 운행지역의 시설, 신호, 전기체계와의 적합성

동력차는 철도기반시설에 적합하도록 설계되어야 한다. 이때 고려할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 곡선구간에서의 차량한계

② 구조물과 열차간 안전간격

③ 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격

④ 축중 및 기타 하중

⑤ 차량-신호 인터페이스

⑥ 차량-전력 인터페이스

제11조 유해물질 발생의 최소화

동력차로부터 발생하는 유해 물질은 특정유해물질 배출 허용 기준 이하로 되도록 장치 및 구조가 설계되어야 한다.

제12조 차체 및 연결기

동력차는 정상적인 운영 시 구조적 무결성이 유지되도록 하며, 사고 발생 시 운전자가 보호되도록 설계되어야 한다. 이와 관련된 안전 요구사항은 다음과 같다.

① 정상 운행 하중

② 충돌안전

③ 전복강도

④ 장치부착

⑤ 연결장치

⑥ 차량복구

제13조 주행장치

동력차의 주행장치는 열차가 안전하게 궤도를 따라 움직일 수 있도록 설계되어야 한다.

① (차륜과 궤도의 인터페이스 적합성)

② (견인력 및 제동력이 미치는 영향)

③ (궤도 및 차체로의 진동전달)

④ (주행장치에 부착된 부품의 무결성)

제14조 제동장치

동력차의 제동장치는 여객 및 승무원의 안전을 위협하지 않고, 철도의 운영조건을 만족하도록 설계되어야 한다. 이 때 고려하여야 할 사항들은 다음과 같다.

① 제동감속도

② Fail-safe

③ 주차제동기능

④ 제동마찰 재료

(2) 해설서

제1조 목적

본 기준은 「철도안전법」 제26조에 의하여 동력차 안전의 일반요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

【해설】

「철도안전법」 제26조 1에 "철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다."라고 되어 있으며 2에 "철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리 하여야 한다."라고 되어있다. 또한 동법 시행령 제22조에 "대통령령이 정하는 구조 및 장치라 함은 다음 각 호의 구조 및 장치를 말한다. 구조-차량한계, 총중량, 중량분포, 축중, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 구조. 장치-차체 및 그 장치, 주행장치, 제동장치, 추진 및 보조전원장치, 차상신호장치 및 운전자보안장치, 종합제어장치, 연결장치, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 장치"라고 되어있다. 이와 같이 「철도안전법」 및 동법 시행령에 의거하여 본 기준의 목적을 정하였다.

제2조 적용범위

동력차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

【해설】

본 기준은 일반 철도차량의 동력차의 안전에 대해 규정한다. 단, 도시철도차량은 제외하며, 여객전용 객차 및 화차의 안전에 대해서는 규정하지 않는다.

제3조 동력차의 인식

운전실이 있는 동력차의 전면에는 전두부 표시등을 설치하여야 하며, 다음 기준에 적합하여야 한다.

【해설】

본 기준은 일본 철도육법의 철도구조규칙 제5장 차량 편 제205조를 근거로 작성되었다. 운전실이 있는 동력차의 경우, 차량 전면에 전두부 표시등을 설치하여 동력차임을 표시할 필요가 있으며, 표시등에 대한 기준 등의 원문내용은 아래와 같다.

- 야간에 차량의 전방에서 점등을 확인할 수 있을 것
- 형광색은 백색일 것
- 차량 중심 면에 대하여 대칭일 것
- 감광 또는 조사 방향을 하향으로 변환할 수 있을 것
- 차량 전면에는 후부 표시등과 혼돈될 등화를 설치하여서는 아니 됨.

제4조 승무원 및 장치의 보호

동력차는 운전자가 안전하게 조종할 수 있어야 하고, 예측 가능한 모든 상황에서 운전자가 우선적으로 보호되도록 설계되어야 한다.

【해설】

본조는 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132를 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

126 객실과 승무원실은 정상 운행 상태 뿐만 아니라 사고 시, 안전한 공간이 확보되도록 설계되어야 한다.

127 사고 시, 차체의 구성품은 승객이 점유한 지역으로 돌출되어서는 안 된다.

128 차체의 대변형이 일어나는 부분은 승객들이 최소한으로 존재하는 구역으로 설계하여야 한다.

130 차량 단부의 충돌 특성은 사고시, 승무원을 보호할 수 있도록 설계하여야 한다.

131 모든 차량은 차량 간 의 올라타는 것이 최소화되거나 충격 흡수 되도록 설계하여야 한다. 객차의 경우, 특히 주의를 필요로 한다.

제5조 화재 안전

동력차는 화재발생의 위험을 최소화하고 화재의 전파를 방지하도록 설계되어야 한다. 또한 동력차는 화재가 발생되었을 때 승무원이 화재, 열, 연기 및 독성가스 등의 영향으로부터 안전하게 탈출할 수 있도록 설계되어야 한다. 화재안전관련 세부기준은 다음의 해당 기준을 준용한다.

① 철도차량용 내장 재료의 난연 기준

② 철도차량 소화기 비치 기준

③ 열차 비상용품 기준

④ 철도차량 재료 독성가스 안전기준

⑤ 자동 소화장치 설비기준

⑥ 실내 공기질 기준

⑦ 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준

⑧ 화재시 탈출 및 대피 기준

제6조 소음의 제어

동력차 내 소음은 운전실내 소음 기준 값 이하로 차량 설계되어야 한다.

【해설】

철도차량안전기준에 관한 규칙 제42조에는 운전실 소음에 대하여 아래와 같이 규정하고 있다.

제42조(운전실)

운전실에는 열차운행 및 기계실의 소음이 최소화되는 구조로 설계되어

야 하며 열차운행 시 운전실의 실내소음은 등가소음 (Equivalent Sound) 기준으로 측정한 경우 85데시벨을 초과할 수 없다.

제7조 비상안내

동력차의 운전실은 비상시 승무원이 용이하게 탈출할 수 있는 구조로 설계되어야 한다. 이 경우 위험도분석 결과 필요하다고 인정되는 경우 별도의 비상탈출구가 설치되어야 한다. 또한, 비상방송 및 안내장치가 설치되어야 한다.

【해설】

「철도차량안전기준에관한규칙」 제22조(차량한계)와 「철도건설규칙」 제13조(건축한계)의 범위 내에서 승무원이 비상시 운전실을 탈출 할 때 에 지장이 없도록 하여야 한다. 또한, 비상방송 및 안내장치의 규정을 따르도록 한다

제8조 통신장치

동력차에는 정상적인 운행 상황 및 비상시 사용할 수 있는 통신장비가 구비되어 있어야 한다. 이때 고려되어야 할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 승무원과 여객간의 통신

② 열차 내 승무원간의 통신

③ 승무원과 사령실간의 통신

【해설】

본조의 제1항, 제2항, 제3항은 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269를 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

❑ 승무원과 여객간의 통신

262 승객과 차량 운영 관계자(승무원)간에 적절한 통신 수단이 있어야 한다.

263 통신 수단은 작동하기 편리하여야 하며, 항상 이용할 수 있어야 한다. 또한, 통신을 하는 승객의 위치를 파악할 수 있어야 한다.

264 승무원(또는 사령)이 승객과 통신할 수 있도록 방송 장치가 설치되어야 한다. 이 시스템은 비상시에는 비상 구조원들이 사용할 수 있어야 한다.

265 이러한 시스템은 승객과 승무원간(또는 사령)에 또는 양방향 통신이 가능하여야 한다.

❑ 열차내 승무원간의 통신

266 고정된 통신 시스템이 설치된 경우, 허가 받은 사람만이 사용할 수 있도록 보안이 유지 되어야 한다.

❑ 승무원과 사령실간의 통신

267 승무원과 철도 사령간의 어떠한 통신 시스템도 비상시, 작동될 수 있도록 보호되어야 한다.

268 1인 승무 열차는 승무원이 통제 불능이 되었을 때, 사령으로 자동 경보가 전송되도록 하여야 한다.

269 열차가 자동운전, 1인 승무 지하철 또는 대피에 제한적인 환경에 있을 때, 사령은 승객과 통신할 수 있어야 한다.

제9조 비상용품의 구비

가. 동력차에는 열차의 비상시를 대비하여 필요한 비상용품을 갖추어야 한다.

나. 열차비상용품의 종류와 수량 등에 관한 세부기준은 건설교통부장관이 정하여 고시한다.

【해설】

동력차의 운전실내에 비상용품 함 을 비치하여야 하며, 공구 및 랜턴 등이 포함되어야 한다.

본조 제2항 "구조물과 열차간의 안전간격"은 차량한계와 건축한계의 규정에 따라야 하여야 하며 참고로 영국기준은 다음과 같다. 영국철도안전원칙 및 가이드

(Railway Safety Principles and Guidance part2 section A, 시설물에 대한 기준)에서 74 조 횡방향 한계는 다음과 같다.

- 구조물과 구체간의 횡방향 한계는 200km/h 이상 고속선 에서 최소한 450mm 이상이어야 한다.
- 위의 제원은 승무원이 열차 밖으로 내밀 수 있는 창문이 없는 경우는 150mm로 할 수 있다.
- 한계 값이 450mm이하인 경우, 공기역학적 효과에 대한 응당한 고려가 있어야 한다.

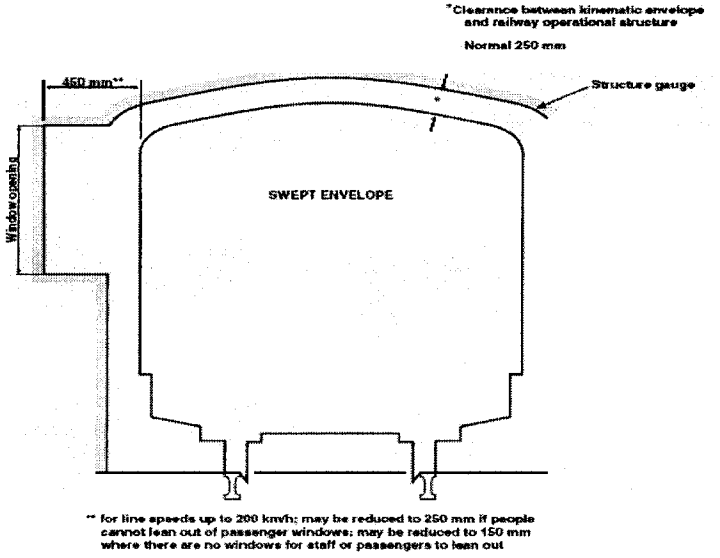


그림 3-3-1 구조물과 열차간의 간격

본조 제3항 "인접한 궤도상의 열차와의 안전간격"은 차량한계와 복선구간 선로의 중심 간격의 규정에 따라야 하여야 하며 참고로 영국철도안전원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance part2 section A, 시설물에 대한 기준)의 79 조 열차간 간격에 대한 내용은 다음과 같다.

❑ 열차간 간격

열차간 간격은 최소 380mm 이상이어야 한다.

Note 1: 열차간 간격의 증대시 공기역학적 고려가 필요하다.

Note 2: 기존 선로를 재건하거나 변경시, 380mm의 간격이 확보되어야 한다. 이 간격을 유지할 수 없을 경우에는 최대한의 간격을 확보하여야 하며, 어

떠한 경우에도 100mm 이상이어야 한다.

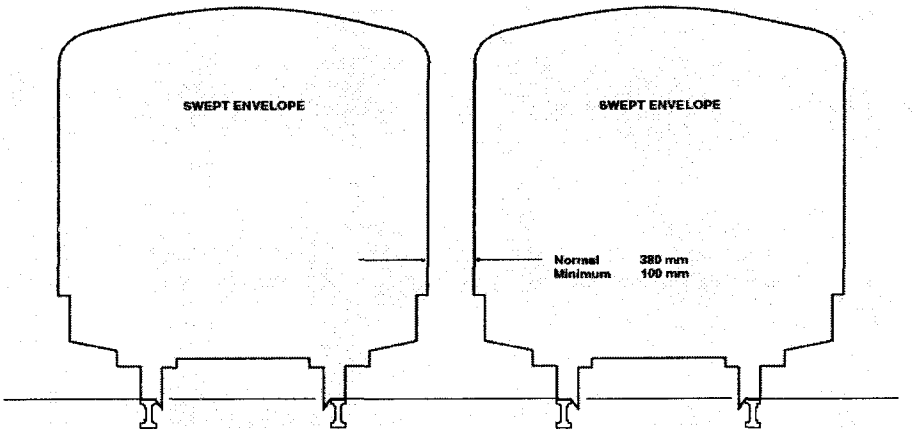


그림 3-3-2 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격

제11조 유해물질 발생의 최소화

동력차로부터 발생하는 유해 물질은 특정유해물질 배출 허용 기준 이하로 되도록 장치 및 구조가 설계되어야 한다.

【해설】

동력차의 운행 중 또는 폐기 시 발생할 수 있는 각종 유해물질은 환경부에서 정하는 유해물질 배출 허용 기준 값 이하로 되도록 관리되어야 한다.

제12조 차체 및 연결기

동력차는 정상적인 운영 시 구조적 무결성이 유지되도록 하며, 사고 발생 시 운전자가 보호되도록 설계되어야 한다.

① 정상 운행 하중

② 충돌안전

③ 전복강도

④ 장치부착

⑤ 연결장치

⑥ 차량복구

【해설】

본조 제3항 "장치부착"은 영국철도안전원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, 열차에 관한 기준)의 134, 135, 136, 137을 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

❑ 장치 부착과 낙실

134 차량 내외부의 장치들은 안전하게 부착되어야 한다. 수명 주기 동안 진동, 열응력, 부가적 하중, 충격 등에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

135 장치의 부착은 승강장 근처에 있는 사람, 운전자, 열차 안전운행에 끼치는 영향을 고려하여 장치 부착을 하여야 한다. 2차적인 보완과 충분한 부착 강도를 가져야 한다.

136 구조체는 예견할 수 있는 장치의 파괴 유형과 관통 등으로 부터 보호되어야 한다.

137 중량물의 부착은 차량의 충돌 시에도 운전자가 부상되지 않는 구조로 하여야 한다.

본조 제6항 "차량복구"에 관한 규정은 「철도차량안전기준에관한규칙」 제41조(들어올림장치)를 근거로 작성되었다.

연결장치는 열차운행 중 발생하는 하중을 견딜 수 있어야 하고, 탈선 및 전복 시에도 구조적 무결성을 유지하여야 한다. 연결장치관련 세부기준은 연결기 안전세칙(연결부 형태 포함)을 준용한다.

제13조 주행장치

동력차의 주행장치는 열차가 안전하게 궤도를 따라 움직일 수 있도록 설계되어야 한다.

① (차륜과 궤도의 인터페이스 적합성) 주행장치는 열차주행시 안전성을 확보하기 위하여 「철도차량안전기준에관한규칙」 제29조(철도차량과 선로간의 작용력 등), 제30조(윤중 감소량), 제31조(횡압), 제32조(탈선계수)를 준용한다.

② (견인력 및 제동력이 미치는 영향) 차량이 가감속시, 저크 한계가 발생하지 않도록 해야 한다.

③ (궤도 및 차체로의 진동전달) 직선 평탄로를 최대 영업 속도로 운행시 전·후위 대차간 중심선상의 차량 바닥에서의 진동은 정상적인 승무원 활동을 하는데 지장을 주지 않는 수준이어야 한다.

④ (주행장치에 부착된 부품의 무결성) 주행장치의 각 부품 및 기타 부착부품은 정상적인 주행 상태에서 탈락되지 않는 구조로 설계되어야 한다.

【해설】

본조 제2항의 저크한계는 시스템 성능계산 시 최대 하중에서의 가속 시 및 제동제어 시에 승차감에 관계된 주요인자이며 차량 급가속이나 급제동시의 가속도 변화율로서 급가속이나 급제동시 승차감에 관계한 지수로서 사용된다.

$$F = mg\tan\Theta = m\beta, \qquad \beta = g\tan\Theta$$

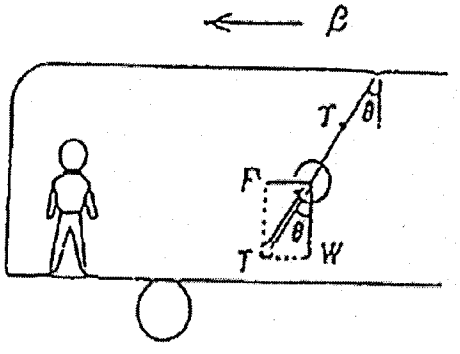


그림 3-3-3 저크한계의 개략도

본조 제3항은 "전동차 표준사양 연구보고서_분야: 전동차 시스템"(건설교통부 1997)의 승차감을 근거로 작성하였다.

본조 제4항은 49CFR238.419에 근거하여 작성하였다. 원문은 아래와 같다.

(가) 대차의 각 요소들은(휠, 축, 베어링, 제동장치, 현수장치 등 대차에 장착되는 구성품) 2g에 해당되는 힘이 어떤 방향으로 작용하더라도 대차에 부착되어 있어야 한다.

제14조 제동장치

동력차의 제동장치는 여객 및 승무원의 안전을 위협하지 않고, 철도의 운영조건을 만족하도록 설계되어야 한다.

① 제동시스템은 감속도를 일정하게 유지할 수 있어야 하며 정상 제동하는 때에는 여객에게 불쾌감을 주는 충격·소음 및 진동이 최소화되어야 한다.

② 열차에는 정상적인 제동기능 외에 긴급 상황 시에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 2중 구조의 Fail-safe 제동기능을 갖추어야 한다.

③ 최급 구배의 선로 조건에서도 열차의 정차상태를 유지할 수 있는 주차제동기능을 갖추어야 한다.

④ 제동마찰 재료는 저 발화성의 특성을 가져야 한다. 또한 승무원 및 여객을 불쾌하게 하거나 상해를 주는 해로운 물질을 배출하지 않아야 한다.

【해설】

본조 제1항, 제2항, 제3항은 「철도차량안전기준에관한규칙」 제63조(제동시스템), 제65조(비상제동)을 근거로 작성되었다.

본조 제4항은 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, 열차에 관한 기준)의 319, 322, 324를 근거로 작성하였다.

319 제동 마찰재는 제동 시 불꽃이 발산되지 않아야 하며, 인체에 유해하거나 불쾌감을 유발하지 않아야 한다.

322 제동장치의 어떠한 개별적 결함도 쉽게 검지되어야 한다.

324 휠-레일 점착력 향상 방안이 제동 보조를 위하여 필요하며, 슬립방지 장치가 제동 성능 저하를 유발해서는 아니 된다. 시스템이 고장일 경우, 운전자는 직접 제동제어를 할 수 있어야 하며, 자동 활주 검지 장치는 자기진단 기능이 있어야 한다.

2. 객차 안전기준

가. 개요

차량별 안전요건 분석을 바탕으로 하여 현재 진행 중인 사항이나 차후 시행 예정인 사항을 제외한 나머지 사항에 대하여 보다 구체적인 내용을 추가하여 객차안전기준을 작성하였으며 총 16개 조항으로 하였다. 참조 국내규정으로는 도시철도건설규칙, 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙, 철도건설규칙, 철도차량 안전기준에 관한 규칙, 철도시설안전기준에 관한 규칙과 국외 규정으로는 Railway safety principle and guidance, UIC 등이다.

나. 이론적 배경

향후 철도 안전법을 중심으로 각종 안전규정의 체계적정비와 선진국 수준의 기술기준 제정을 위한 철도안전 향상프로그램의 마련과 지속적인 국가사업추진이 요구되며 철도운영기관 및 시설관리기관의 법적지위 또는 정체성의 변화에 따라 자체 안전관계제반규정에 적합하게 대응이 필요하다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 규정 현황

- 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침
- 건설교통부령 제413호 : 도시철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부령 제231호 : 도시철도차량 안전 기준에 관한 규칙
- 건설교통부령 제82호 : 도시철도차량 관리에 관한 규칙
- 건설교통부 법률 제7245호 : 철도안전법(안)

(2) 해외 관련 규정 현황

- 영국 : Railway safety principles and guidance, part2 section A 74
  Railway safety principles and guidance, part2 section A 79
  Railway safety principles and guidance, part2 section B 24
  Railway safety principles and guidance, part2 section F 126
  Railway safety principles and guidance, part2 section F 127

Railway safety principles and guidance, part2 section F 128
Railway safety principles and guidance, part2 section F 129
Railway safety principles and guidance, part2 section F 130
Railway safety principles and guidance, part2 section F 131
Railway safety principles and guidance, part2 section F 132
Railway safety principles and guidance, part2 section F 134
Railway safety principles and guidance, part2 section F 135
Railway safety principles and guidance, part2 section F 136
Railway safety principles and guidance, part2 section F 137
Railway safety principles and guidance, part2 section F 155
Railway safety principles and guidance, part2 section F 156
Railway safety principles and guidance, part2 section F 175
Railway safety principles and guidance, part2 section F 177
Railway safety principles and guidance, part2 section F 219
Railway safety principles and guidance, part2 section F 262
Railway safety principles and guidance, part2 section F 263
Railway safety principles and guidance, part2 section F 264
Railway safety principles and guidance, part2 section F 265
Railway safety principles and guidance, part2 section F 266
Railway safety principles and guidance, part2 section F 267
Railway safety principles and guidance, part2 section F 268
Railway safety principles and guidance, part2 section F 269
Railway safety principles and guidance, part2 section F 319
Railway safety principles and guidance, part2 section F 322
Railway safety principles and guidance, part2 section F 324

- 미국 : Code of Federal Regulation CFR 231.101
Code of Federal Regulation CFR 238.231
Code of Federal Regulation CFR 238.419
Code of Federal Regulation CFR 238.435

- 일본 : 鐵道六法 施設及び車兩の定期檢査に關する告示

鐵道六法　運轉の安全の確保に關する省令

鐵道六法　普通鐵道構造規則

鐵道六法　特殊鐵道構造規則

鐵道六法　鐵道運轉規則

- UIC 561, 562

라. 자료 조사 및 분석

철도차량 안전기준 및 체계구축 1차년도 연차보고서에 있는 차량별 안전요건 분석을 바탕으로 하여 현재 진행 중인 사항이나 차후 시행 예정인 사항을 제외한 나머지 사항에 대하여 보다 구체적인 내용을 추가하여 객차안전기준을 작성하였으며 총 16개 조항으로 하였다. 참조 국내규정으로는 도시철도 건설규칙, 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙, 철도건설규칙, 철도차량 안전기준에 관한 규칙, 철도시설안전기준에 관한 규칙과 국외 규정으로는 일본의 鐵道六法, 영국의 Railway safety principle and guidance, 미국의 CFR, UIC 등이다.

객차 안전기준은 향후 철도안전법을 중심으로 각종 안전규정의 체계적 정비와 선진국 수준의 기술기준 제정을 위한 철도안전 향상프로그램의 마련과 지속적인 국가사업추진이 요구되며 철도운영기관 및 시설관리기관의 법적지위 또는 정체성의 변화에 따라 자체 안전관계제반규정에 적합하게 대응이 필요하다. 철도사고 시 승객의 안전에 직접적으로 연관된 철도차량의 유지보수와 안전과 관련된 주요항목에 대한 최소한의 안전기준과 항목별 세부기준을 명확히 규정하고 국가에서 이에 대한 법적근거를 제시함으로서 철도교통의 안전 강화 및 신뢰성 제고를 통하여 국내의 철도 안전의 기반기술의 확보가 기대되며, 또한 철도안전법 시행령 및 시행규칙에 의거하여 철도차량의 유지보수 및 기타 안전기준에 대한 세부기준을 제시함으로서 철도차량의 실질적인 안전체계의 확립을 통하여 사고의 예방과 사고발생 시 사고피해를 최소화함으로서 인적, 물적 자원의 손실 경감도 기대된다.

객차 안전기준은 크게, 총칙, 일반 안전요건, 구조 및 장치 안전요건, 유지관리 안전요건으로 구분하여 정하였다. 차량별(객차, 화차, 동력차) 안전기준에서는 시

스템적인 사항, 인터페이스 등의 필요 최소한의 요건만 언급하고, 각 요소 및 구성품에 대한 제한적인 사항들은 중복을 피하기 위하여 관련된 세부 항목별 안전 기준을 준용하는 것으로 방향을 설정하였다. 이에 따라 부록과 같이 객차 안전기준 세부 기준을 제안하였다.

마. 기준 및 해설서

(1) 객차 안전기준

Ⅰ. 총 칙

제1조 목적

본 기준은 「철도안전법」 제26조에 의하여 객차 안전의 일반요건 및 안전운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 적용범위

객차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

Ⅱ. 일반 안전 요건

제3조 여객 및 승무원 보호

객차는 여객 및 승무원을 안전하게 수송할 수 있어야 하고, 예측 가능한 모든 상황에서 여객 및 승무원이 우선적으로 보호되도록 설계되어야 한다.

① 정상적인 운행조건에서 객차 내부에 여객과 승무원이 있는 지역은 안전한 공간이 되어야 하며, 유사시에 대비하여 보호할 수 있도록 설계되어야 한다.

② 유사시 구조체의 부품들은 여객 및 승무원이 지역으로 돌출되어서는 안된다.

③ 객차는 충돌(다른 차량과의 충돌, 혹은 궤도상의 방해물), 탈선 및 전복시 여객이나 승무원을 보호할 수 있도록 설계되어야 한다.

제4조 화재안전

객차는 화재발생의 위험을 최소화하고 화재의 전파를 방지하도록 설계되어야 한다. 또한 객차는 화재가 발생되었을 때 여객이 화재, 열, 연기 및 독성가스 등의 영향으로부터 안전하게 탈출할 수 있도록 설계되어야 한다. 화재안전관련 세부기준은 다음의 해당 기준을 준용한다.

① 철도차량용 내장 재료의 난연 기준 (내장판, 의자, 통로 연결막, 바닥재, 단열재 등)

② 철도차량 소화기 비치 기준

③ 열차비상용품(종류와 수량) 기준

④ 철도차량 재료 독성가스 안전기준

⑤ 자동소화장치 설비기준

⑥ 비상창문 기준

⑦ 객실내 공기질 기준

⑧ 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준

⑨ 화재시 탈출 및 대피 기준

⑩ 화재차단막 기준

제5조 출입 및 탈출

객차에는 여객 및 승무원의 안전한 출입 및 비상시 탈출 방안이 마련되어야 한다.

① 객차내 출입구의 구조는 노약자 및 장애인이 자유롭게 출입할 수 있도록 하여야 한다.

② 승강장에서 열차를 타고 내릴 때 허용 가능한 간격은 건축한계와 차량한계 범위 내에 유지되도록 하여야 한다.

③ 여객용 출입문은 「철도차량안전기준에관한규칙」 제44조(여객용 출입문)제6항의 규정을 준용한다.

④ 여객용 출입문에는 이중의 잠금 장치가 설치되어야 하며, 열차속도가

일정속도에 도달하면 여객용 출입문이 자동적으로 잠기며 해제될 수 없는 구조이어야 한다. 다만, 특수한 장치가 있는 경우에 그러하지 아니하다.

⑤ 여객용 출입문은 닫히지 아니하면 발차할 수 없는 구조이어야 한다. 다만, 승무원이 여객용 출입문의 닫힘을 확인하는 철도차량은 그러하지 아니하다.

⑥ 여객용 출입문은 운전실 또는 승무원실에서 제어가 가능하여야 하며 여객용 출입문이 닫히기 직전에 속도가 완화되고, 여객이나 장애물이 끼였을 경우 다시 열리는 구조이어야 한다.

⑦ 객차의 내부는 비상시 탈출이 용이하도록 설계되어야 한다. 객차내 여객은 비상 출입문, 탈출 창문 등 한 가지 이상의 탈출 경로를 확보할 수 있도록 해야 한다. 또한 비상 상황에서 쉽게 탈출경로를 찾을 수 있도록 설계되어야 한다. 비상탈출관련 세부기준은 비상창문기준과 화재시 탈출 및 대피기준을 준용한다.

제6조 통신

객차에는 정상적인 운행 상황 및 비상시 사용할 수 있는 통신장비가 구비되어 있어야 한다. 이때 고려되어야 할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 승무원과 사령실간의 통신

승무원과 중앙제어센터간의 모든 통신시스템은 비상사태에서 운영될 수 있도록 보호되어야 한다.

② 열차 내 승무원간의 통신

고정된 통신시스템이 제공되는 경우 권한을 갖는 자만이 조작할 수 있는 안전시스템이어야 한다.

③ 승무원과 여객간의 통신

여객과 승무원이 통신을 할 수 있는 효과적인 방법이 있어야 하고, 통신방법은 조작이 간단하여야 한다. 또한, 운행 기간 중 언제든지 사용할 수 있어야 하며, 통화하는 여객의 위치를 확인할 수 있어야 한다.

④ 여객 긴급 경보 설비 및 장치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 승무원에게 위험을 알려주는 기능을 갖출 것

2. 객차에 설치되는 음향 경보장치는 여객에게 위험을 알릴 정도의 음향수준을 갖출 것

3. 객차에 화재 발생 경보장치를 설치하는 경우에는 청각 장애인을 고려한 표시장치를 갖출 것

⑤ 객차에는 축전지 전원으로 작동되는 여객과 승무원간의 통신 장치를 갖추어야 한다.

제7조 시설과의 적합성

객차는 철도기반시설에 적합하도록 설계되어야 한다. 이때 고려할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 곡선구간에서의 차량한계는
「철도차량안전기준에관한규칙」 제22조(차량한계) 제3항을 준용한다.

② 구조물과 열차간의 안전간격은
「철도차량안전기준에관한규칙」 제22조(차량한계)와
「철도건설규칙」 제13조(건축한계) 범위 내에 있어야 한다.

③ 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격은
「철도차량안전기준에관한규칙」 제22조(차량한계)와 「철도건설규칙」 제14조(궤도상의 중심간격)의 범위 내에 적합하여야 한다.

④ 객차는 철도기반시설에 적합하도록 승강장의 길이는 다음과 같이 설계한다.

1. 플랫폼의 길이는 본선에서 사용되는 가장 긴 열차의 길이보다 길어야 한다.

2. 열차가 플랫폼의 정위치에 정차하지 못할 경우를 감안하여 플랫폼의 양단에 여유거리를 두어야 한다.

⑤ 축중 및 기타 하중은 「철도차량안전기준에관한규칙」 제24조(축중 등)을 준용한다.

제8조 신호와의 적합성

객차는 운행지역의 신호시스템에 적합하도록 설계되어야 한다.
신호안전관련 세부기준은 차량-신호 인터페이스 기준을 준용한다.

제9조 전기장치 및 전기시설과의 적합성

객차의 전기장치는 여객 안전을 위협하거나 객차 내 다른 시스템의 작동을 방해하지 않아야하며, 운행지역의 전기시설에 적합하도록 설계되어야 한다.
전기안전관련 세부기준은 차량전기 안전세칙 또는 차량-전력
인터페이스기준을 준용한다.

Ⅲ. 구조 및 장치 안전요건

제10조 구조적 무결성

객차는 정상적인 운영 시 구조적 무결성이 유지되도록 하며, 사고 발생 시 여객 및 승무원이 보호되도록 설계되어야 한다. 이와 관련된 안전요구사항은 다음과 같다.

① (정상 운행 하중) 객차는 내구연한동안 정상적인 운행 환경에서 발생하는 모든 하중에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
정상운행하중관련 세부기준은 차체구조 강도기준 기준을 준용한다.

② (충돌안전) 객차는 충돌사고 발생 시 차체구조물 등이 여객 탑승공간에 침입하는 것이 최소화되도록 설계되어야 한다. 충돌안전 관련 세부기준은 다음 해당 기준을 준용한다.

1. 타고오름 방지장치 안전기준
2. 충돌안전도 설계통칙(표준 충돌사고 각본)
3. 차체구조 충돌안전기준
4. 차량실내 충돌안전기준

③ (전복강도) 객차는 측면전복 혹은 지붕전복 등과 같은 전복사고 발생시 여객 탑승공간이 보호될 수 있도록 설계되어야 한다. 전복강도관련 세부기준은 전복강도기준을 준용한다.

④ (장치부착) 객차에 부착되는 장치들은 진동, 열, 극한하중, 사고 및 예측 가능한 돌발 상황등을 고려하여 충분한 부착 강도를 가져야 한다.

⑤ (연결장치) 연결장치는 열차운행 중 발생하는 하중을 견딜 수 있어야 하고, 탈선 및 전복 시에도 구조적 무결성을 유지하여야 한다. 연결장치관련 세부기준은 연결기 안전세칙(연결부 형태 포함)을 준용한다.

⑥ (안전유리) 객차의 유리는 열차의 최고운행속도에서 내외부의 압력변화, 온도변화에 견딜 수 있고 외부의 투사체에 의해 관통되지 않는 안전유리를 사용해야 한다. 안전유리관련 세부기준은 유리창 안전기준을 준용한다.

⑦ (차량복구) 객차는 사고 발생 시 빠른 복구를 위해 차체를 들어 올리는데 용이한 구조로 설계되어야 한다. 또한, 차량복구 시 발생하는 하중에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

1. 철도차량에는 차체를 정상적으로 들어 올릴 수 있도록 들어 올림용 받침대(Pad)가 설치되어야 하며 필요한 경우 케이블을 사용할 수 있는 고리(Bracket) 등을 설치하여야 한다. 이 경우 차체를 들어올리는 위치는 유지보수·사고시 조치 등의 용도별로 명확히 표시되어야 한다.
2. 차체는 들어올림 하중과 정상적인 유지보수 시 발생하는 하중을 손상 없이 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

제11조 객차 내부

객차의 내부는 여객 및 승무원에게 안전한 환경을 제공해야 한다. 이와 관련된 안전요구사항은 다음과 같다.

① (여객 활동) 객차의 내부는 탑승 및 이동 등 통상적인 여객 활동에 안전하도록 설계되어야 한다.

1. 차량 내부의 모든 장비와 장치는 정상운행 및 유사시, 여객이 미끄러지거나 충돌로 인한 사고를 최소화 할 수 있도록 설계되어야 한다.

2. 객차 내 통로의 구조는 노약자 및 장애인이 자유롭게 이동할 수 있도록 하여야 한다.

3. 객차 내부 장식 혹은 내부 장비가 여객활동 및 유사시 여객 대피에 장애가 되지 않도록 하여야 한다.

4. 실내 설비물의 배치는 객차 내부에서 여객들이 편하고 안전하게 사용할 수 있도록 하여야 한다. 또한 노약자 및 장애인을 위하여 우선적으로 앉을 수 있는 좌석을 마련하여야 한다.

② (수화물) 객차는 정상운행 및 사고 발생 시 수화물 낙하에 의한 여객 상해를 최소화 할 수 있는 구조이어야 한다.

1. 선반 구조는 정상적인 운행상태에서 수화물이 떨어지지 않도록 설계되어야 한다.

2. 선반은 올려져 있는 수화물을 쉽게 식별이 가능하도록 설계되어야 한다.

③ (내장재 부착 및 표면) 객차의 내장재들은 단단하게 고정되어 정상운행 및 유사시 여객의 안전을 위협하지 않도록 해야 한다. 좌석을 제외한 내부장치는 가능한 범위에서 매립식으로 설치하거나 평면으로 고정하여야 한다.

④ (조명) 1. 철도차량내부에는 유사시 여객 및 승무원이 안전하게 철도차량 밖으로 대피할 수 있도록 객실·화장실·비상출구 주변의 출입문 및 그 외에 대피에 필요한 곳에는 비상조명등이 설치되어야 한다.

2. 비상조명등의 전기회로는 이중 구조로 설계되어야 하며 유사시 대피에 필요한 충분한 시간동안 작동될 수 있는 축전지 전원을 마련하여야 한다.

3. 비상조명등은 여객 및 승무원이 정상적으로 행동할 수 있는 정도의 밝기를 가져야 한다.

⑤ (소음) 여객이 과도한 소음에 노출되지 않도록 해야 한다. 차내의 소음은 여객이 안내방송을 듣거나 여객활동을 하는데 불편함이 없는 수준 이하로 유지되어야 한다.

제12조 제동장치

객차의 제동장치는 여객 및 승무원의 안전을 위협하지 않고, 철도의 운영 조건을 만족하도록 설계되어야 한다. 이때 고려해야 할 사항들은 다음과 같다.

① 제동시스템은 감속도를 일정하게 유지할 수 있어야 하며 정상 제동하는 때에는 여객에게 불쾌감을 주는 충격·소음 및 진동이 최소화되어야 한다.

② 열차에는 정상적인 제동기능 외에 긴급 상황 시에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 2중 구조의 Fail-safe 제동기능을 갖추어야 한다.

③ 최급 구배의 선로 조건에서도 열차의 정차상태를 유지할 수 있는 주차제동기능을 갖추어야 한다.

④ 제동마찰 재료는 저발화성의 특성을 가져야 한다. 또한 여객을 불쾌하게 하거나 상해를 주는 해로운 물질을 배출하지 않아야 한다.

제13조 주행장치

객차의 주행장치는 열차가 안전하게 궤도를 따라 움직일 수 있도록 설계되어야 한다.

① (차륜과 궤도의 인터페이스 적합성) 주행장치는 열차주행시 안전성을 확보하기 위하여 「철도차량안전기준에관한규칙」 제29조(철도차량과 선로간의 작용력 등), 제30조(윤중 감소량), 제31조(횡압), 제32조(탈선계수)를 준용한다.

② (견인력 및 제동력이 미치는 영향) 차량이 가감속시에 서 있는 여객이 전도되지 않고 그대로 유지할 수 있어야 하며, 저크 한계가 발생하지 않도록 해야 한다.

③ (궤도 및 차체로의 진동전달) 직선 평탄로를 최대 영업 속도로 운행시 객차 전·후위 대차간 중심선상의 차량 바닥에서의 진동은 정상적인 여객활동을 하는데 지장을 주지 않는 수준이어야 한다.

④ (주행장치에 부착된 부품의 무결성) 주행장치의 각 부품 및 기타 부착부품은 정상적인 주행 상태에서 탈락되지 않는 구조로 설계되어야 한다.

Ⅳ. 유지관리 안전요건

제14조 검사, 시험 및 유지관리 계획

철도운영자등은 객차의 검사, 시험 및 유지관리에 관한 사항을 규정하는 유지관리계획을 문서로 마련하여야 한다. 유지관리 안전관련 세부기준은 철도차량 유지관리계획의 작성기준 및 수립절차기준과 철도차량 유지보수기록관리 절차기준을 준용한다.

제15조 훈련, 자격심사 및 선정 프로그램

철도운영자는 검사, 시험 및 유지관리를 수행하는 직원 및 위탁자에 대한 훈련, 자격심사 및 선정 프로그램을 채택해서 그 프로그램에 따라 훈련을 실시해야 한다. 유지관리 안전관련 세부기준은 철도차량 유지관리계획의 작성기준 및 수립절차기준과 철도차량 유지보수기록관리 절차기준을 준용한다.

(2) 해설서

제1조 목적

본 기준은 「철도안전법」 제26조에 의하여 객차 안전의 일반요건 및 안전운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

【해설】

「철도안전법」 제26조 1에 "철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다."라고 되어 있으며 2에 "철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리 하여야 한다."라고 되어있다. 또한 동법 시행령 제22조에 "대통령령이 정하는 구조 및 장치라 함은 다음 각 호의 구조 및 장치를 말한다. 구조-차량한계, 총중량, 중량분포, 축중, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 구조. 장치-차체 및 그 장치, 주행장치, 제동장치, 추진 및 보조전원장치, 차상신호장치 및 운전자보안장치, 종합제어장치, 연결장치, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 장치"라고 되어있다.

이와 같이 「철도안전법」 및 동법 시행령에 의거하여 본 기준의 목적을 정하였다.

제2조 적용범위 객차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

【해설】

본 기준은 일반 철도차량의 객차의 안전에 대해 규정한다. 단, 도시철도차량은 제외하며, 여객이 승차하지 않는 동력차 및 화차의 안전에 대해서는 규정하지 않는다.

제3조 여객 및 승무원 보호 객차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

【해설】

본조는 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132를 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

126 Passenger and train crew areas should be designed to provide a safe space for occupants under normal operating conditions and protection in the event of an accident.

127 In the event of an accident, structural component members should not intrude into areas where there are people.

128 Where structure design involves large deformations or crumple zones, then these should be in areas where people are least likely to be present.

129 Passenger vehicles which are leading during normal operations may require special consideration to be given to their performance in the

event of collision (with other trains or obstacles on the track) or derailment.

130 The crash worthiness of vehicle ends should be designed to give the train driver and other train crew members protection in event of an accident.

131 All vehicles should be constructed to minimize overriding between the vehicles themselves or at buffer stops. Particular attention should be paid to passenger vehicles in this respect.

제4조 출입 및 탈출

객차에는 여객 및 승무원의 안전한 출입 및 비상시 탈출 방안이 마련되어야 한다.

① 객차 내 출입구의 구조는 노약자 및 장애인이 자유롭게 출입할 수 있도록 하여야 한다.

② 승강장에서 열차를 타고 내릴 때 허용 가능한 간격은 건축한계와 차량한계 범위 내에 유지되도록 하여야 한다.

③ 여객용 출입문은 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제44조(여객용 출입문)제6항의 규정을 준용한다.

④ 여객용 출입문에는 이중의 잠금 장치가 설치되어야 하며, 열차속도가 일정속도에 도달하면 여객용 출입문이 자동적으로 잠기며 해제될 수 없는 구조이어야 한다. 다만, 특수한 장치가 있는 경우에 그러하지 아니하다.

⑤ 여객용 출입문은 닫히지 아니하면 발차할 수 없는 구조이어야 한다. 다만, 승무원이 여객용 출입문의 닫힘을 확인하는 철도차량은 그러하지 아니하다.

⑥ 여객용 출입문은 운전실 또는 승무원실에서 제어가 가능하여야 하며 여객용 출입문이 닫히기 직전에 속도가 완화되고, 여객이나 장애물이 끼였을 경우 다시 열리는 구조이어야 한다.

⑦ 객차의 내부는 비상시 탈출이 용이하도록 설계되어야 한다. 객차내 여객은 비상 출입문, 탈출 창문 등 한 가지 이상의 탈출 경로를 확보할 수 있도록 해야 한다. 또한 비상 상황에서 쉽게 탈출경로를 찾을 수

있도록 설계되어야 한다. 비상탈출관련 세부기준은 비상창문기준과 화재 시 탈출 및 대피기준을 준용한다.

【해설】

본조 제2항 "승강장에서 열차를 타고 내릴 때 허용 가능한 간격"은 「철도 차량 안전기준에 관한규칙」 제22조(차량한계)와 「철도건설규칙」 제13조(건축한계)의 범위 내에서 승객이 열차를 타고 내리는데 불편함이 없도록 해야 한다. 이와 관련된 국외 규정으로는 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section B, Guidance on stations)의 24 Factors to consider about platform construction (j)에 나타나 있다. 원문의 내용은 아래와 같다.

(j) The floor or footboards of passenger rolling stock should be as close as practicable to the platform. The distances between the platform edge and the floor or footboards of the passenger rolling stock should not exceed any of the following dimensions;

· 250mm vertically;

· 275mm horizontally; and

· 350mm on the diagonal.

These dimensions may only be exceeded when dispensation has been obtained from the Inspectorate. Warning notices reading 'MIND THE GAP' with hatching along the platform edge, or other agreed measures, may be required.

본조 제3항, 제4항, 제5항, 제6항은 「철도 차량 안전기준에 관한규칙」 제44조(여객용 출입문)를 근거로 작성되었다.

제6조 통신

객차에는 정상적인 운행 상황 및 비상시 사용할 수 있는 통신장비가 구비되어 있어야 한다. 이때 고려되어야 할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 승무원과 사령실간의 통신
승무원과 중앙제어센터간의 모든 통신시스템은 비상사태에서 운영될 수 있도록 보호되어야 한다.

② 열차 내 승무원간의 통신
고정된 통신시스템이 제공되는 경우 권한을 갖는 자만이 조작할 수 있는 안전시스템이어야 한다.

③ 승무원과 여객간의 통신
여객과 승무원이 통신을 할 수 있는 효과적인 방법이 있어야 하고, 통신 방법은 조작이 간단하여야 한다. 또한, 운행 기간 중 언제든지 사용할 수 있어야 하며, 통화하는 여객의 위치를 확인할 수 있어야 한다.

④ 여객 긴급 경보 설비 및 장치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.
1. 승무원에게 위험을 알려주는 기능을 갖출 것
2. 객차에 설치되는 음향경보장치는 여객에게 위험을 알릴 정도의 음향수준을 갖출 것
3. 객차에 화재 발생 경보장치를 설치하는 경우에는 청각 장애인을 고려한 표시장치를 갖출 것

⑤ 객차에는 축전지 전원으로 작동되는 여객과 승무원간의 통신 장치를 갖추어야 한다.

【해설】

본조의 제1항, 제2항, 제3항은 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269를 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

❑ Between train crew and passengers

262 There must be an 'efficient means of communication between the passengers and the servants of the company in charge of the train'.

263 Such means of communication should be simple and quick to operate and should be in service at all times throughout the journey. It should be possible to identify the source of passenger communication.

264 A public address system, or similar, should be provided to enable the

train crew (or, where appropriate, the train control centre) to communicate with passengers. The system should be available during an emergency, and where appropriate, to members of the emergency services.

265 These facilities may need to be enhanced to provide two-way voice communications between the passengers and the train crew or, where appropriate, the control centre.

❑ Between members of the train crew

266 Where a fixed communication system is provided, it should be a secure system accessible only to authorised users.

❑ Between the train and the control centre

267 Any communication systems between the train crew and the railway infrastructure control centre should be protected so that they remain operational during an emergency.

268 One-person-operated trains which are driven manually, on underground railways or in other circumstances which restrict evacuation, should be fitted with a means of alarm which is transmitted automatically to the railway infrastructure control centre in the event of the train driver becoming incapacitated.

269 Where trains are operated automatically or on one-person-operated underground railways or in other circumstances which restrict evacuation, the control centre should be able to communicate with the passengers direct.

본조의 제4항, 제5항은 「철도 차량 안전기준에 관한규칙」 제11조(화재의 감지 및 경보) 및 제12조 (화재발생시의 대피)를 근거로 작성되었다.

제7조 시설과의 적합성

객차는 철도기반시설에 적합하도록 설계되어야 한다. 이때 고려할 사항들은 다음 각 호와 같다.

① 곡선구간에서의 차량한계는 「철도차량 안전기준에관한 규칙」 제22조(차량한계) 제3항을 준용한다.

② 구조물과 열차간의 안전간격은 「철도차량 안전기준에관한 규칙」 제22조(차량한계)와 「철도건설규칙」 제13조(건축한계) 범위 내에 있어야 한다.

③ 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격은 「철도차량 안전기준에관한 규칙」 제22조(차량한계)와 「철도건설규칙」 제14조(궤도상의 중심간격)의 범위 내에 적합하여야 한다.

④ 객차는 철도기반시설에 적합하도록 승강장의 길이는 다음과 같이 설계한다.

1. 플랫폼의 길이는 본선에서 사용되는 가장 긴 열차의 길이보다 길어야 한다.
2. 열차가 플랫폼의 정 위치에 정차하지 못할 경우를 감안하여 플랫폼의 양단에 여유거리를 두어야 한다.

⑤ 축중 및 기타 하중은 「철도 차량 안전기준에관한 규칙」 제24조(축중 등)를 준용한다.

【해설】

본조 제2항 "구조물과 열차간의 안전간격"은 차량한계와 건축한계의 규정에 따라야 하여야 하며 참고로 영국기준은 다음과 같다.

영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section A, Guidance on infrastructure)의 74 Factors to consider about lateral clearances

Lateral clearances

74 Factors to consider about lateral clearances:

(a) The lateral clearance between the structure gauge and the swept envelope, for line speeds up to 200 km/h, should be at least 450 mm.

(b) This dimension may be reduced to 250 mm on lines on which the

passenger windows of all rolling stock do not permit people to lean out.

(c) The dimension may be further reduced to 150 mm where there are no windows from which either passengers or staff can lean out and adequate measures are taken to positively fix the position of the track in relation to the structure.

(d) Where clearances are reduced below 450 mm, due consideration should be given to aerodynamic effects.

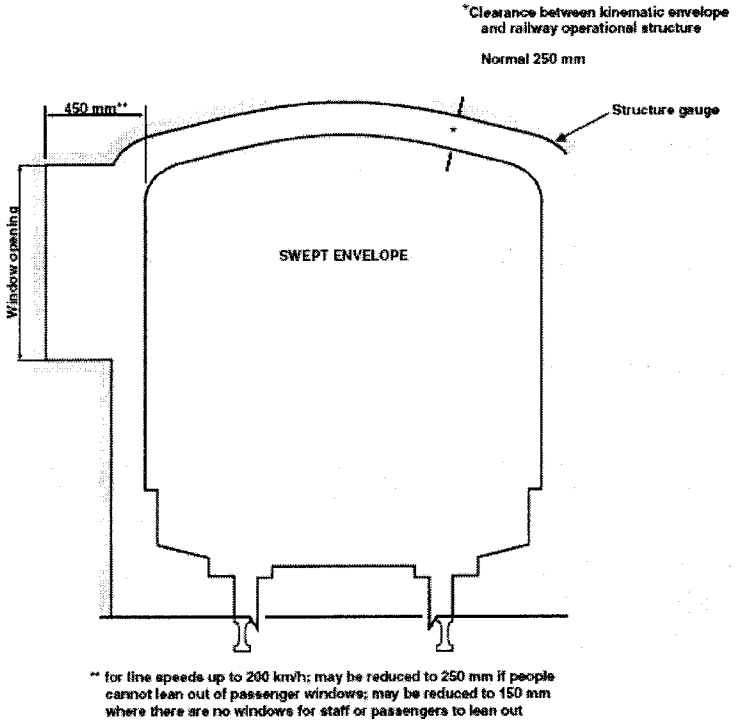


그림 3-3-4 구조물과 열차간의 안전간격

본조 제3항 "인접한 궤도상의 열차와의 안전간격"은 차량한계와 복선구간 선로의 중심 간격의 규정에 따라야 하여야 하며 참고로 영국 기준은 다음과 같다.

영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section A, Guidance on infrastructure)의 79 The clearance between swept envelopes of trains should not be less than 380mm

❑ Clearances between trains

79 The clearance between swept envelopes of trains should not be less than 380 mm.

Note 1: Aerodynamic considerations may require an increase in the clearance between trains.

Note 2: When existing railways are reconstructed or altered, the 380 mm clearance should be provided wherever this can be achieved. Where this can not be achieved in full, the maximum clearance practicable should be provided, but in no case should the clearance be less than 100 mm.

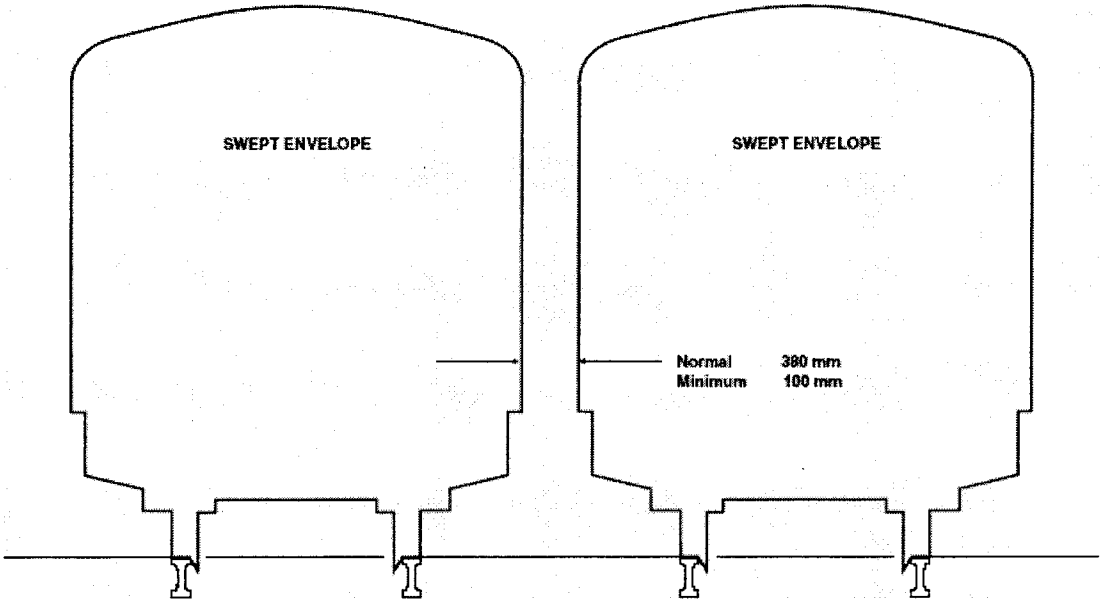


그림 3-3-5 인접한 궤도상의 열차와의 안전간격

본조 제4항 "승강장의 길이"는 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section B, Guidance on Stations)의 74 Factors to consider about lateral clearances (f)를 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

The length of any platform should be adequate for the longest train used on the line and include an allowance for the accuracy with which trains

can be stopped at the platform. An additional length beyond the stopping tolerance should be provided at both ends of platform to allow access to and from the track while a train is stopped at the platform.

제10조 구조적 무결성

객차는 정상적인 운영 시 구조적 무결성이 유지되도록 하며, 사고 발생 시 여객 및 승무원이 보호되도록 설계되어야 한다. 이와 관련된 안전요구사항은 다음과 같다.

① (정상 운행 하중) 객차는 내구연한동안 정상적인 운행 환경에서 발생하는 모든 하중에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 정상운행하중관련 세부기준은 차체구조 강도기준 기준을 준용한다.

② (충돌안전) 객차는 충돌사고 발생 시 차체구조물 등이 여객 탑승공간에 침입하는 것이 최소화되도록 설계되어야 한다. 충돌안전 관련 세부기준은 다음 해당 기준을 준용한다.

1. 타고오름 방지장치 안전기준
2. 충돌안전도 설계통칙(표준 충돌사고 각본)
3. 차체구조 충돌안전기준
4. 차량실내 충돌안전기준

③ (전복강도) 객차는 측면전복 혹은 지붕전복 등과 같은 전복사고 발생시 여객 탑승공간이 보호될 수 있도록 설계되어야 한다. 전복강도관련 세부기준은 전복강도기준을 준용한다.

④ (장치부착) 객차에 부착되는 장치들은 진동, 열, 극한하중, 사고 및 예측 가능한 돌발 상황등을 고려하여 충분한 부착 강도를 가져야 한다.

⑤ (연결장치) 연결 장치는 열차운행 중 발생하는 하중을 견딜 수 있어야 하고, 탈선 및 전복 시에도 구조적 무결성을 유지하여야 한다. 연결 장치관련 세부기준은 연결기 안전세칙(연결부 형태 포함)을 준용한다.

⑥ (안전유리) 객차의 유리는 열차의 최고운행속도에서 내외부의 압력변화, 온도변화에 견딜 수 있고 외부의 투사체에 의해 관통되지 않는 안전유리를 사용해야 한다. 안전유리관련 세부기준은 유리창 안전기준을 준용한다.

⑦ (차량복구) 객차는 사고 발생 시 빠른 복구를 위해 차체를 들어 올리는데 용이한 구조로 설계되어야 한다. 또한, 차량복구 시 발생하는 하중에

견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

1. 철도차량에는 차체를 정상적으로 들어올릴 수 있도록 들어 올림용 받침대(Pad)가 설치되어야 하며 필요한 경우 케이블을 사용할 수 있는 고리(Bracket) 등을 설치하여야 한다. 이 경우 차체를 들어 올리는 위치는 유지보수·사고 시 조치 등의 용도별로 명확히 표시되어야 한다.
2. 차체는 들어올림 하중과 정상적인 유지보수 시 발생하는 하중을 손상 없이 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

【해설】

본조 제4항 "장치부착"은 영국철도안전원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 134, 135, 136, 137을 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

❑ Equipment attachment and failure

134 Items of equipment, their ancillary mountings, fittings etc, both inside and outside the train, should be suitably secured. They should be designed to withstand the range of loads that they may experience throughout their life, including vibration, thermal loading, extreme operational loading, accident loading, foreseeable abuse and vandalism.

135 Consideration should be given to the effects of equipment attachment failure which could adversely affect the safe operation of the train or of passengers within it or of people adjacent to the lineside or on station platforms. Redundancy in attachment or secondary security may be appropriate.

136 The structure should be protected against the foreseeable failure modes of equipment and any likely penetration that might result.

137 Crash worthiness of the vehicle should take into account the performance of the structure with respect to the attachment of fixtures, fittings and heavy items of equipment in survivable incidents so as not to give rise to undue risks to people on board the train.

본조 제7항 "차량복구"에 관한 규정은「철도차량 안전기준에관한 규칙」제41조(들어올림 장치)를 근거로 작성되었다.

제11조 객차 내부

객차의 내부는 여객 및 승무원에게 안전한 환경을 제공해야 한다. 이와 관련된 안전요구사항은 다음과 같다.

① (여객 활동) 객차의 내부는 탑승 및 이동 등 통상적인 여객 활동에 안전하도록 설계되어야 한다.

1. 차량 내부의 모든 장비와 장치는 정상운행 및 유사시, 여객이 미끄러지거나 충돌로 인한 사고를 최소화 할 수 있도록 설계되어야 한다.
2. 객차내 통로의 구조는 노약자 및 장애인이 자유롭게 이동할 수 있도록 하여야 한다.
3. 객차 내부 장식 혹은 내부 장비가 여객활동 및 유사시 여객 대피에 장애가 되지 않도록 하여야 한다.
4. 실내 설비물의 배치는 객차 내부에서 여객들이 편하고 안전하게 사용할 수 있도록 하여야 한다. 또한 노약자 및 장애인을 위하여 우선적으로 앉을 수 있는 좌석을 마련하여야 한다.

② (수화물) 객차는 정상운행 및 사고 발생 시 수화물 낙하에 의한 여객 상해를 최소화 할 수 있는 구조이어야 한다.

1. 선반 구조는 정상적인 운행상태에서 수화물이 떨어지지 않도록 설계되어야 한다.
2. 선반은 올려져 있는 수화물을 쉽게 식별이 가능하도록 설계되어야 한다.

③ (내장재 부착 및 표면) 객차의 내장재들은 단단하게 고정되어 정상운행 및 유사시 여객의 안전을 위협하지 않도록 해야 한다. 좌석을 제외한 내부장치는 가능한 범위에서 매립식으로 설치하거나 평면으로 고정하여야 한다.

④ (조명) 1. 철도차량내부에는 유사시 여객 및 승무원이 안전하게 철도차량 밖으로 대피할 수 있도록 객실·화장실·비상출구 주변의 출입문 및 그 외에 대피에 필요한 곳에는 비상조명등이 설치되어야 한다.

2. 비상조명등의 전기회로는 이중 구조로 설계되어야 하며 유사시 대피에 필요한 충분한 시간동안 작동될 수 있는 축전지 전원을 마련하여야 한다.

3. 비상조명등은 여객 및 승무원이 정상적으로 행동할 수 있는 정도의 밝기를 가져야 한다.

⑤ (소음) 여객이 과도한 소음에 노출되지 않도록 해야 한다. 차내의 소음은 여객이 안내방송을 듣거나 여객활동을 하는데 불편함이 없는 수준 이하로 유지되어야 한다.

【해설】

본조 제1항 "여객활동"에 대한 안전기준은 영국철도안전원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 155, 156, 175, 177과 RCC METRO RED LINE SYSTEM DESIGN CRITERIA & STANDARDS을 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

155 Passengers should be able to exit from the train to the outside safely. Walking and step surfaces should be slip resistant in all service conditions.

156 It should not be possible or necessary for people to lean out of windows or other apertures.

168 Spillage of materials, rainwater etc should be drained or other means used to avoid slippery surfaces.

175 The design and location of interior structures, fixtures and fittings including seats and any other furniture should minimise the risk of injury to passengers in the event of slips and falls or an accident in normal operation and in survivable incidents. Seats should restrain occupants in the event of an accident.

177 The interior design, doors and other moveable items should not present potential traps to people.

본조 제2항 "수화물"에 대한 안전기준은 UIC562 OR의 Space for baggage racks, Coat-hooks and lockers를 근거로 작성되었다.

본조 제3항 "내장재 부착 및 표면"에 대한 안전기준은 영국철도안전원칙 및 가이드(Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 176과 49CFR238.233과 49CFR238.435를 근거로 작성되었다. 원문의 내용은 아래와 같다.

176 Sharp or angular projections, hard surfaces which could foreseeably give rise to injury to passengers should be minimised. Glazed screens etc should have protected edges.

49CFR238.233 (e) Sharp edges and corners in a locomotive cab and a passenger car shall be either avoided or padded to itigate the consequences of an impact with such surfaces.

49CFR238.435 (f) To the extent possible, interior fittings, except seats, shall be recessed or flush-mounted. Corners and sharp edges shall be avoided or otherwise padded.

49CFR238.435 (g) Energy-absorbent material shall be used to pad surfaces likely to be impacted by occupants during collisions or derailments.

본조 제4항 "조명"관련 기준은 「철도차량 안전기준에관한 규칙」 제50조(비상조명등)을 근거로 작성되었다.

본조 제5항 "소음"관련 기준은 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 219와 UIC561 OR(Interconnecting gangways for coaches), Basic Requirements to the Electrical Equipment Light Rail Vehicles and Metro Vehicles를 근거로 작성하였다. 원문의 내용은 아래와 같다.

219 The combined effect of all noise over the period the train crew are operating the train should be at a level where there are no detrimental effects to the train crew or their ability to safely operate the train. Noise levels must* comply with the statutory limitations.

제12조 제동장치

객차의 제동장치는 여객 및 승무원의 안전을 위협하지 않고, 철도의 운영조건을 만족하도록 설계되어야 한다. 이때 고려해야 할 사항들은 다음과 같다.

① 제동시스템은 감속도를 일정하게 유지할 수 있어야 하며 정상 제동하는 때에는 여객에게 불쾌감을 주는 충격·소음 및 진동이 최소화되어야 한다.

② 열차에는 정상적인 제동기능 외에 긴급 상황 시에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 2중 구조의 Fail-safe 제동기능을 갖추어야 한다.

③ 최급 구배의 선로 조건에서도 열차의 정차상태를 유지할 수 있는 주차제동기능을 갖추어야 한다.

④ 제동마찰 재료는 저 발화성의 특성을 가져야 한다. 또한 여객을 불쾌하게 하거나 상해를 주는 해로운 물질을 배출하지 않아야 한다.

【해설】

본조 제1항, 제2항, 제3항은 「철도차량 안전기준에관한 규칙」 제63조(제동시스템), 제65조(비상제동)을 근거로 작성되었다.

본조 제4항은 영국철도안전원칙 및 가이드 (Railway Safety Principles and Guidance part2 section F, Guidance on trains)의 319, 322, 324를 근거로 작성하였다.

319 Brake friction materials should have low spark emission properties. They should not give rise to harmful emissions that present a nuisance or danger to people.

322 If redundancy of braking system components is used to ensure train safety, then it should be possible to detect easily any failure of an individual component.

324 Means of improving wheel/rail adhesion may be necessary to assist braking. Wheel slide protection equipment, where provided and in operation, should not degrade the braking performance. Where this is

not the case or where the system fails, it should be possible for the train driver to regain direct control of the brakes. Automatically controlled wheel slide equipment should be self checking and disengaged if control is not fully established within a safe period.

제13조 주행장치

객차의 주행장치는 열차가 안전하게 궤도를 따라 움직일 수 있도록 설계되어야 한다.

① (차륜과 궤도의 인터페이스 적합성) 주행장치는 열차주행시 안전성을 확보하기 위하여 「철도차량 안전기준에관한 규칙」 제29조(철도차량과 선로간의 작용력 등), 제30조(윤중 감소량), 제31조(횡압), 제32조(탈선계수)를 준용한다.

② (견인력 및 제동력이 미치는 영향) 차량이 가감속시에 서 있는 여객이 전도되지 않고 그대로 유지할 수 있어야 하며, 저크 한계가 발생하지 않도록 해야 한다.

③ (궤도 및 차체로의 진동전달) 직선 평탄로를 최대 영업 속도로 운행 시 객차 전·후위 대차간 중심선상의 차량 바닥에서의 진동은 정상적인 여객활동을 하는데 지장을 주지 않는 수준이어야 한다.

④ (주행장치에 부착된 부품의 무결성) 주행장치의 각 부품 및 기타 부착부품은 정상적인 주행 상태에서 탈락되지 않는 구조로 설계되어야 한다.

【해설】

본조 제2항의 저크한계는 시스템 성능계산 시 최대 승객하중에서의 가속 시 및 제동제어 시에 승차감에 관계된 주요인자이며 차량 급가속이나 급제동시의 가속도 변화율로서 급가속이나 급제동시 승객의 승차감에 관계한 지수로서 사용된다.

$$F = mg\tan\Theta = m\beta, \qquad \beta = g\tan\Theta$$

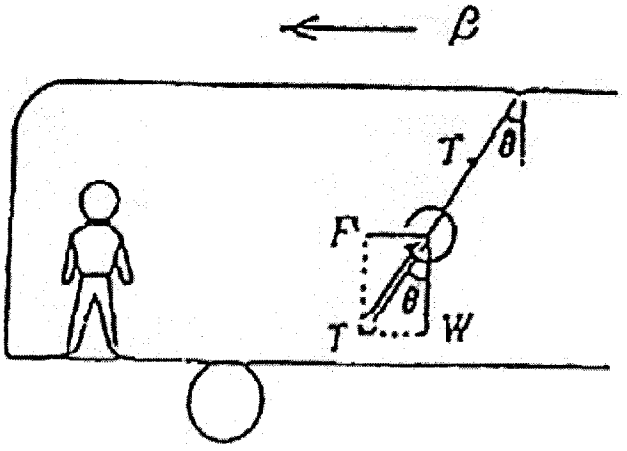


그림 3-2-6 저크한계의 개략도

저크율이란 감속도의 시간에 대한 변화율로서 승차감 및 승객의 안전과 밀접한 관계가 있다. 감속도가 일정한 경우 일정한 힘이 작용하므로 승객은 감속도에 저항하는 일정한 힘으로 반응하나 감속도가 갑자기 변화하면 작용하는 힘이 갑자기 변화하고 사람의 신체는 이 급격한 변화에 적응하지 못하므로 불쾌감을 느끼거나 서있는 승객은 넘어지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 저크한계를 일정 값 이하로 제한하여 제어하는 것이 최근의 추세이다. UIC, JIS 등의 규정에는 특별히 정해진 저크한계는 없으면 독일의 안전규정에서도 승차감에 필요한 저크한계를 정확한 수치로 설정하기가 어렵다고 규정하고 있다. 따라서 저크한계를 설정하기 보다는 "저크가 발생하지 않도록 해야 한다"로 설정해야 한다. 또한 가감속시에 서 있는 승객이 전도되지 않고 그대로 유지할 수 있는 조건을 설정해야 한다.

본조 제3항은 "전동차 표준사양 연구보고서_분야: 전동차 시스템"(건설교통부 1997)의 승차감을 근거로 작성하였다.

본조 제4항은 49CFR238.419에 근거하여 작성하였다. 원문은 아래와 같다.

(b) Each component of a truck (which include axles, wheels, bearings, the truck-mounted brake system, suspension system components, and any other components attached to the truck by design) shall remain attached to the truck when a force equivalent to 2g acting on the mass of the component is exerted in any direction on that component.

3. 화차 안전기준

가. 개요

「철도안전법」 제26조 1에 "철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다."라고 되어 있으며 2에 "철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리 하여야 한다."라고 되어 있다. 또한 동법 시행령 제22조에 "대통령령이 정하는 구조 및 장치라 함은 다음 각 호의 구조 및 장치를 말한다. 구조; 차량한계, 총중량, 중량분포, 축중, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 구조. 장치; 차체 및 그 장치, 주행장치, 제동장치, 추진 및 보조전원장치, 차상신호장치 및 운전자보안장치, 종합제어장치, 연결장치, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 장치"라고 되어 있다. 본 연구에서는 화차에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 화차 안전기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

나. 이론적 배경

철도 안전법에 의하여 화차 안전의 일반 요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 요건과 차량의 점검, 보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정하기 위하여 관련된 국내외 규정을 조사 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침
- 건설교통부령 제413호 : 도시철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부령 제231호 : 도시철도차량 안전 기준에 관한 규칙
- 건설교통부령 제82호 : 도시철도차량 관리에 관한 규칙
- 건설교통부 법률 제7245호 : 철도안전법(안)

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국

- Code of Federal Regulation CFR 231.101
- Code of Federal Regulation CFR 238.231
- Code of Federal Regulation CFR 238.419
- Code of Federal Regulation CFR 238.435

(나) 일본

- 鐵道六法　施設及び車兩の定期檢査に關する告示
- 鐵道六法　運轉の安全の確保に關する省令
- 鐵道六法　普通鐵道構造規則
- 鐵道六法　特殊鐵道構造規則
- 鐵道六法　鐵道運轉規則

라. 자료 조사 및 분석

화차는 화물을 적재하는 철도차량으로 화차의 한계는 기본적으로 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제22조(차량한계), 제23조(총중량), 제24조(축중 등), 제25조(중량분포) 등을 준용한다.

위험품을 적재하고 있는 차량에는 양측의 보기 쉬운 곳에 위험품을 적재하고 있다는 내용을 표시하여야 한다. 이리역에서 발생한 화약적재차량 폭발사고와 같은 대형 사고를 예방하기 위한 조치와 더불어, 인명피해가 발생하지 않도록 적절한 조치가 이루어져야 한다. 플랫폼의 길이는 본선에서 사용되는 가장 긴 열차의 길이보다 길어야 하고, 열차가 플랫폼의 정 위치에 정차하지 못할 경우를 감안하여 플랫폼의 양단에 여유거리를 두어야 한다. 따라서 열차의 최대연결수량은 화차를 견인하는 동력차의 견인력, 역 구내선로의 길이 등에 따라 달라지므로 운영기관의 열차운전관련규정에 따라 결정할 필요가 있다.

마. 기준 및 해설서

(1) 화차 안전기준

Ⅰ. 총칙

제1조 목적

본 기준은 철도안전법 제26조(철도차량의 안전기준) 및 철도안전법 시행령 제 22조(철도차량의 구조 및 장치)에 의하여 화차 안전의 일반요건 및 안전운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 적용범위

화차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

Ⅱ. 일반안전요건

제3조 적재 제한

① 차량에는 해당차량의 최대 적재량을 초과하여 물건을 적재할 수 없다.

② 여객열차와 선로를 공유함에 있어 승객의 안전을 위협하지 않아야 한다.

③ 차량에 물건을 적재할 경우는 가급적 중량의 부담이 균등해지도록 하여 운전 중의 동요로 인한 붕괴, 전도 등의 우려가 없도록 하여야 한다.

④ 차량에는 차량한계를 초과하여 물건을 적재할 수 없다. 단, 특대화물차량은 그 적재상태가 차량의 운전에 지장을 줄 우려가 없다는 것을 확인하였을 경우에 예외로 한다.

제4조 위험품 적재 표시

위험품을 적재하고 있는 차량에는 양측의 보기 쉬운 곳에 위험품을 적재하고 있다는 내용을 표시하여야 한다.

제5조 위험품만 적재한 차량의 안전조치

위험품만을 적재하고 있는 차량(밀폐식 구조 제외)을 열차에 연결하는 경우에는 여객 및 승무원에게 위험이 미치지 않도록 적절한 조치를 강구하여야 한다.

제6조 열차의 최대 차량연결수량

열차의 최대연결수량은 차량의 성능, 구조, 강도 및 시설의 상황에 따라 운영기관에서 결정한다.

제7조 화재안전

차장차에는 화재가 발생했을 경우에 초기 소화를 할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

Ⅲ. 구조 및 장치 안전요건

제8조 일반화차의 구조 및 장치 안전요건

① 모든 화차는 주차 브레이크 설비를 갖추어야 하며, 그것은 국유철도건설규칙에서 허용하는 최고의 구배선로에서 주차할 수 있어야 한다.

② 이 요건에서 정하는 것을 제외하고는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」에 따른다.

제9조 특수한 화물을 운송하는 차량의 구조 및 장치

가연성 액체, 자동차 등 특수한 화물을 운송하는 화차는 해당 화물에 기인하는 재해를 방지할 수 있는 구조 및 설비를 갖추어야 한다.

Ⅳ. 유지관리 안전요건

제10조 개요

① 철도차량 관리자는 화차의 유치, 검사 및 시험을 위한 유지관리 계획을

수립하여 차량의 효율적 운행을 도모하여야 한다.

② 안정된 수송을 확보하기 위하여 설비들이 항상 정상적 기능을 유지하도록 하여야 한다.

제11조 검사, 시험 및 유지관리계획

① 정해진 순서에 따라 계획적으로 점검, 조정, 시험들을 행하여 사용중의 고장을 미연에 방지하도록 예방검수를 시행하여야 한다.

② 사용중의 상태 등으로부터 기능을 확인하고 고장의 징후를 예지하는 검사 및 수선을 시행하여야 한다.

③ 유지관리 계획은 차량의 기능을 유지하여 운전중의 고장을 방지함과 동시에 차량의 사용효율 향상을 도모할 수 있어야 한다.

(2) 해설서

제1조 목적

본 기준은 철도안전법 제26조(철도차량의 안전기준) 및 철도안전법 시행령 제 22조(철도차량의 구조 및 장치)에 의하여 화차 안전의 일반요건 및 안전 운행에 필요한 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

【해설】

「철도안전법」 제26조 1에 "철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 건설교통부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다."라고 되어 있으며 2에 "철도운영자등은 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리 하여야 한다."라고 되어 있다. 또한 동법 시행령 제22조에 "대통령령이 정하는 구조 및 장치라 함은 다음 각 호의 구조 및 장치를 말한다. 구조; 차량한계, 총중량, 중량분포, 축중, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 구조. 장치; 차체 및 그 장치, 주행장치, 제동장치, 추진 및 보조전원장치, 차상신호장치 및 운전자보안장치, 종합제어장치, 연결장치, 그 밖에 건설교통부령이 정하는 장치"라고 되어 있다.

이와 같은 「철도안전법」 및 동법 시행령에 의거하여 본 기준의 목적을 정하였다.

제2조 적용범위

화차 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

【해설】

본 기준은 일반 철도차량의 화차의 안전에 대해 규정한다. 따라서 도시철도차량 및 여객이 승차하는 객차, 동력차 등에 대해서는 별도의 규정에 의한다.

제3조 적재 제한

① 차량에는 해당차량의 최대 적재량을 초과하여 물건을 적재할 수 없다.

② 여객열차와 선로를 공유함에 있어 승객의 안전을 위협하지 않아야 한다.

③ 차량에 물건을 적재할 경우는 가급적 중량의 부담이 균등해지도록 하여 운전 중의 동요로 인한 붕괴, 전도 등의 우려가 없도록 하여야 한다.

④ 차량에는 차량한계를 초과하여 물건을 적재할 수 없다. 단, 특대화물차량은 그 적재상태가 차량의 운전에 지장을 줄 우려가 없다는 것을 확인하였을 경우에 예외로 한다.

【해설】

화물을 적재하는 차량의 한계는 기본적으로 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제22조(차량한계), 제23조(총중량), 제24조(축중 등), 제25조(중량분포) 등을 준용한다.

제4조 위험품 적재 표시

위험품을 적재하고 있는 차량에는 양측의 보기 쉬운 곳에 위험품을 적재하고 있다는 내용을 표시하여야 한다.

【해설】

차량의 안전운행과 사고 발생시의 위험성이 무엇보다 크다는 것을 환기시키기 위하여 위험품을 적재하고 있는 차량에는 양측의 보기 쉬운 곳에 위험품을 적재하고 있다는 내용을 표시하여야 한다.

제5조 위험품만 적재한 차량의 안전조치

위험품만을 적재하고 있는 차량(밀폐식 구조 제외)을 열차에 연결하는 경우에는 여객 및 승무원에게 위험이 미치지 않도록 적절한 조치를 강구하여야 한다.

【해설】

이리역에서 발생한 화약적재차량 폭발사고와 같은 대형사고를 예방하기 위한

조치와 더불어, 인명피해가 발생하지 않도록 적절한 조치가 이루어져야 한다.

제6조 열차의 최대 차량연결수량

열차의 최대연결수량은 차량의 성능, 구조, 강도 및 시설의 상황에 따라 운영기관에서 결정한다.

【해설】

플랫폼의 길이는 본선에서 사용되는 가장 긴 열차의 길이보다 길어야 하고, 열차가 플랫폼의 정위치에 정차하지 못할 경우를 감안하여 플랫폼의 양단에 여유거리를 두어야 한다. 따라서 열차의 최대연결수량은 화차를 견인하는 동력차의 견인력, 역 구내선로의 길이 등에 따라 달라지므로 운영기관의 열차운전관련규정에 따라 결정하도록 한다.

제7조 화재안전

차장차에는 화재가 발생했을 경우에 초기 소화를 할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

【해설】

본조는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제13조(화재발생시 진압설비)를 근거로 작성되었다.

제8조 일반화차의 구조 및 장치 안전요건

① 모든 화차는 주차 브레이크 설비를 갖추어야 하며, 그것은 국유철도건설규칙에서 허용하는 최고의 구배선로에서 주차할 수 있어야 한다.

② 이 요건에서 정하는 것을 제외하고는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」에 따른다.

【해설】

화차의 제동장치는 여객 및 승무원의 안전을 위협하지 않고, 철도의 운영 조건을 만족하도록 설계되어야 한다. 대한민국에서 운행하는 화차는 다음과 같은 선로 조건에서 운행되어야 하므로 최급구배에서 최대적재하중 상태에서 정지하여도 미끄러지지 않고 주차할 수 있는 장치를 갖추어야 한다.

- 궤간 : 1,435mm
- 최소곡선반경 : 120m
- 최급구배 : 35/1000

제9조 특수한 화물을 운송하는 차량의 구조 및 장치

가연성 액체, 자동차 등 특수한 화물을 운송하는 화차는 해당 화물에 기인하는 재해를 방지할 수 있는 구조 및 설비를 갖추어야 한다.

【해설】

본조는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제37조(구조체의 설계 등) 및 제47조(실내설비 등)를 근거로 작성되었다. 화차는 내구연한동안 정상적인 운행 환경에서 발생하는 모든 하중에 견딜 수 있도록 설계되어야 하고, 화차에 부착되는 장치들은 진동, 열, 극한하중, 사고 및 예측 가능한 돌발 상황 등을 고려하여 충분한 부착 강도를 가져야 한다. 따라서 가연성 액체, 자동차 등 특수한 화물을 운송하는 화차는 해당 화물을 안전하게 운송할 수 있는 장치를 갖추어야 한다.

제10조 개요

① 철도차량 관리자는 화차의 유치, 검사 및 시험을 위한 유지관리 계획을 수립하여 차량의 효율적 운행을 도모하여야 한다.

② 안정된 수송을 확보하기 위하여 설비들이 항상 정상적 기능을 유지하도록 하여야 한다.

【해설】

본조는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제95조(철도차량의 유지관리) 및 제96조(유지관리계획), 제97조(유지보수의 시행) 및 「철도차량 안전기준에 관한 지

침」 제12조(유지관리계획의 제출) 및 제13조(유지보수 기록관리)에 의거하여 작성되었다.

제11조 검사, 시험 및 유지관리계획

① 정해진 순서에 따라 계획적으로 점검, 조정, 시험들을 행하여 사용중의 고장을 미연에 방지하도록 예방검수를 시행하여야 한다.

② 사용중의 상태 등으로부터 기능을 확인하고 고장의 징후를 예지하는 검사 및 수선을 시행하여야 한다.

③ 유지관리 계획은 차량의 기능을 유지하여 운전중의 고장을 방지함과 동시에 차량의 사용효율 향상을 도모할 수 있어야 한다.

【해설】

철도차량관리자는 화차의 검사, 시험 및 유지관리에 관한 사항을 규정하는 유지관리계획을 문서로 마련하여야 하고, 아울러 검사, 시험 및 유지관리를 수행하는 직원 및 위탁자에 대한 훈련, 자격심사 및 선정 프로그램을 채택해서 그 프로그램에 따라 훈련을 실시하여 화차의 안전운행에 만전을 기하여야 한다.

제 4 절 충돌분야 세부 안전기준

국내 철도충돌사고 분석 및 국내외 충돌 관련 안전규정의 분석을 통해 다음과 같은 세부 안전기준 대상항목을 선정하였으며, 최종적으로 아래와 같은 항목을 검토하였다. 구체적인 선정근거 및 과정은 본 장의 2절을 참조하도록 한다.

① 차종별 하중조건

② 표준 충돌사고 시나리오

③ 연결기-연결부의 형태

④ 객실의자 안전기준

⑤ 유리창 안전기준

⑥ 차량실내 충돌안전기준

⑦ 차체-대차 연결강도기준

⑧ 여객용 출입문 강도기준

⑨ 차체전복강도기준

⑩ 전두부 충격관통 방지기준

⑪ 타고오름 방지장치 안전기준

⑫ 완충 차막이 안전기준

1. 차종별 하중조건

가. 개요

철도차량 안전 기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제38조 (구조체의 강도)는 "①구조체는 차종별 하중조건에서 구조체에 발생하는 응력이 허용범위 이내이어야 하며 영구적으로 회복이 불가능한 변형이 있어서는 아니 된다. ②제1항의 규정에 의한 차종별 하중조건에 관한 세부기준은 국토해양부장관이 정하여 고시한다."라고 규정하고 있다. 이 규정에 따라 본 지침에서는 국내외 사례를 조사하여 안전을 확보할 수 있는 차체 강도 하중 조건과 그 시험 방법 및 평가 기준을 마련하였다.

나. 이론적 배경

철도차량의 하중조건은 기본적으로 차체 및 취부장치 등의 강성에 대한 요구조건으로 압축강도, 타오름 방지, 충돌에너지 흡수, 전복 시 차체강도 등 다양한 물리적 특성과 상황이 고려되어야 한다. 미국 및 유럽의 해외 안전규정 중 차량 하중조건 관련 내용을 검토하고 국내 규정을 보완하는 활동이 요구된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

차종별 하중조건에 대한 국내외 규정을 조사 검토하였으며, 관련 국내규정은 다음과 같다.

○ 국토해양부령 제455호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국

○ CFR(Code of Federal Regulation)

- 49CFR238 객차안전규정

○ APTA(American Public Transit Association)

- APTA SS-C&S-034-99 설계
- APTA SS-C&S-005-98 압축강도

- APTA SS-C&S-018-99 횡방향 강도
- APTA SS-C&S-014-99 충돌 기둥
- APTA SS-C&S-013-99 모서리 기둥
- APTA SS-C&S-010-98 지붕
- APTA SS-C&S-008-98 대차-차체 연결
- APTA SS-C&S-002-98 기기 취부 강도

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

- GM/RT2100 철도차량의 구조적 요구조건

(다) 유럽

- UIC 566 객차 및 객차 구성품에 대한 하중조건
- EN 12663 철도적용 - 철도차량 차체의 구조적 요구조건

라. 자료 조사 및 분석

차종별 하중조건에 대한 국내외 안전규정의 기술사항은 부록 3.4.1-1과 같으며, 규격에 따른 특징을 분석하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 국내외 안전규정 분석

(가) 미국 CFR 및 APTA

압축강도, 타오름 방지, 충돌 에너지 흡수, 전복 시 차체강도, 대차 차체 간 연결 강도, 기기 취부 강도 등이 유럽 및 영국 규격에 비해 1.5배 정도 강하게 규정되어 있다. 수직하중에 요구조건이 없고, 차체 구성품의 크기를 규정하고 있다(두께, 단면계수 등).

(나) 영국 RGS

타 규격에 없는 비산 물체에 한 보호 강도, 배장기의 강도를 규정하고 있다.

표 3-4-1 영국 RGS의 비산물체에 대한 보호 강도, 배장기 강도 규정

구 분	안전계수	
취성재료	안전계수 S2=2.2로 정한다.	
연성재료	비용접 구조 및 결합부분	S2=1.5
	용접된 구조 및 결합부분	S2=1.65

(다) 유럽 UIC566

차체의 압축 강도, 인장 강도, 수직 하중에 대한 강도 등이 규정되어 있다.

(라) 유럽 EN12663

전 차종에 대하여 압축 강도, 인장 강도, 수직 및 조합 하중에 대한 강도, 피로 강도에 대해 타 규격에 비해 상세히 규정되어 있다.

유럽 EN12663은 규정 준수가 의무화되어 있는 강제 규정이다.

(2) 지침(안) 작성 방향 제안

지금까지 국내의 철도청 및 지하철 차량의 표준으로 아래 표와 같은 수직 및 수평(연결기 중심)하중에 대한 강도 기준에 의해 차량이 설계 제작 되어 왔다.

표 3-4-2 국내 철도차량의 압축하중

구분	기관차	객차	화차	전동차
연결기 중심 압축하중	220톤	120톤	220톤	50톤
수직 하중	1.3 x 만차 하중 x g			

상기 표준은 미국 및 유럽에서 적용하고 있는 기준에 비해 하중 조건이 낮을 뿐만 아니라, 차량 운행 중 구조의 파단이 중대한 안전사고로 이어질 수 있는 차량 중요 기기의 장착 강도에 대한 규정이 없고, 차량 충돌 시 승객과 운전 보호를 위한 차량 단부의 강도에 대한 규정이 없기 때문에 이 부분에 대한 규정을 보완하는 방향으로 지침이 만들어 져야 한다.

이런 관점에서 미국의 관련 규정을 살펴보면, 역사적으로 화물열차 내에 우편 차량을 혼합하여 열차 운행을 할 때 열차 충돌 시 마다 우편차에 있는 사람들에 대한 인명사고를 줄이기 위해 설정된 기준으로 차량의 연결기 중심에 대한 압축 하중 조건이 화차 및 기관차의 경우 1,000,000 파운드(약 465 톤), 객차의 경우 800,000 파운드(약 362톤)에 달하여 우리나라의 기존 표준에 비해 약 2배 이상의 높은 하중 조건이고, 이와 더불어 충돌 시 승객과 승무원 안전을 위해 차량 단부의 강도 조건, 기기 장착 부위 하중 조건, 대차-차체 간 연결 하중 조건들이 규정되어 있는 바, 이 규정치는 유럽의 규정치보다도 약 1.5배 높은 수준으로, 충돌시의 차체 강도 안전이 너무 강조되어, 안전을 우선 확보하되 더불어 차량의 경량화라는 측면도 고려되어야 한다는 것이 너무 간과된 면이 없지 않다. 따라서 그 동안 유럽

의 표준으로 적용 되어 오던 UIC 규정을 다시 정리하여 유럽 국가들의 의무 규정으로 설정된 EN 규격의 차체 강도에 대한 규정을 기본으로 하여 지침을 마련하는 것을 제안한다.

참고로 현재 EN 규격은 유럽 각국 철도가 의무적으로 적용해야하는 강제 규정으로 향후 유럽 이외 많은 국가들이 이 규정을 참고로 따를 가능성이 높아서 이 규정을 근간으로 하는 우리 지침에 의거 향후 설계 및 검증된 차체는 국제 시장에서도 안전 강도 측면에서 인정받을 수 있는 차체가 될 수 있다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차종별 하중조건 세부기준

가. 적용범위

고속철도차량 및 일반철도차량의 하중조건에 대한 세부기준을 정한다.

나. 차종별 하중조건

차종별 하중조건에 대한 세부기준은 아래 표와 같다.

<차종별 하중조건>

대상 차량	하중 종류	하중기준	비 고
디젤전기 기관차, 전기 기관차 및 고속 동력차	압축 하중	2,000kN	연결기 높이
		300kN	윈도우가드 레일 높이
		300kN	캔트레일 높이
	인장 하중	1,500kN	연결기 높이
	수직 하중	1.3 × M1 × g	M1 : 운행상태의 차량자중(공차하중)
	운행 조건 하중	1.2× M1 × g	M1 : 운행상태의 차량자중(공차하중)
	진동 시험	고유진동수 측정 가능한 하중	굽힘 진동모드
객차,	압축 하중	2,000kN	연결기 높이

디젤 동차, 전기 동차 및 고속 동력 객차		300kN	윈도우가드 레일 높이
		300kN	캔트레일 높이
	인장 하중	1,500kN	연결기 높이
	수직 하중	1.3 × [M1+ (M21 또는 M22] × g	M1 : 운행상태의 차량자중 M21 : 좌석수 × 75kg x 2 M22 : 좌석수 × 75kg +[4 × 75kg × 복도 및 갱웨이면적(㎡)]
	운행 조건 하중	1.2× [M1+ M4] × g	M1 : 운행상태의 차량자중 M4 : 좌석수 × 75kg + [2× 75kg × 복도 및 갱웨이 면적(㎡)] + [2× 75kg × 승객서비스용 격실수] + [300kg × 짐칸면적(㎡)]
	진동 시험	고유진동수 측정 가능한 하중	굽힘 진동모드
화차	압축 하중	2,000kN	연결기 높이
	수직 하중	1.3 × [M1 + M3] × g	M1: 운행상태의 차량자중 M3: 화물의 허용최대하중
	운행 조건 하중	1.2× [M1+ M5] × g	M1 : 운행상태의 차량자중 M5 : 화물의 적재하중(payload)
	진동 시험	고유진동수 측정 가능한 하중	굽힘 진동모드

주) g는 중력가속도 9.81㎨ 을 의미하며, 승객서비스용 격실은 화장실, 전화기 부스 등과 같은 종류를 말한다.

다. 시험조건 및 방법

(1) 하중시험을 하기 위해서는 차체를 올려놓고 하중종류별로 하중작용점에 하중을 가할 수 있는 하중시험대(test rig) 및 지그(jig)를 갖추어야 한다.

(2) 시험대상 구조체에 1축 및 3축 스트레인게이지(strain gauge)를 응력

집중점과 부하가 많이 걸리는 지점 등에 설치한다. 게이지의 취부위치를 결정하기 위해 반드시 구조해석 등의 과학적 방법을 사용하여야 한다.

(3) 시험 전 및 시험 중 아래 값을 측정 기록한다.

(가) 출입문과 창문의 개구부 코너 등을 비롯한 과다 변형 예상 지점의 변형율

(나) 차체 중앙부의 처짐

(다) 잔류 처짐량

(라) 출입문과 창문 개구부를 비롯한 관심 위치의 잔류 변형량

(4) 각종 하중시험 전에 구조체 전체의 안정화를 위한 예비하중을 가할 것을 권고한다.

(5) 하중을 가할 때에는 최대하중의 75%까지 부하를 가한 후, 그 단계에서 최대하중까지 가하는 시험을 최소한 2회 하여야 하고 최종적으로 가한 최대 하중상태에서 측정된 값들로 성능평가를 하여야 한다.

(6) 연결기 높이, 창문틀 높이, 캔트레일 높이에 가해지는 압축하중들은 하중을 가할 때 해당되는 구조체 부재에 집중응력이 발생하지 않고 하중을 골고루 분포시키기 위해 필요한 지그 및 장치를 이용하여야 한다. 또한, 압축하중에 대한 반력이 하중작용점과 수평면에 발생하도록 조치하여야 한다.

(7) 수직하중 부하 및 운행조건하중 부하 시 전체 하중이 바닥에 골고루 분포되도록 중량물이나 적절한 장치를 이용하여야 하며, 장치의 무게도 부하하중에 포함되도록 계산되어야 한다.

(8) 바닥 면에 골고루 분포되는 중량물의 무게는 아래와 같이 결정된다.

하중무게 = 수직하중/g - 구조체의 무게

여기서 g는 9.81m/s^2 의 중력가속도이다.

(9) 수직하중시험 및 운행조건하중시험의 정적응력은 하중 부하 시 측정되는 응력들로부터 아래의 계수를 곱하여 얻어질 수 있다.

1 + (구조체 무게/하중무게)

(10) 각 차종별로 연결기 높이에서 가해진 순수 압축하중 시험 시 구조체의 중앙부에 아래쪽 처짐이 발생하는 경우에는, 압축하중 2000kN과 수직하중이 동시에 가해지는 조합하중시험을 추가하여야 하며, 그 외에는 인장하중 1500kN과 수직하중을 동시에 가하는 조합하중시험을 추가하여야 한다.

라. 평가 기준

(1) 판정기준

(가) 압축하중 및 수직하중의 판정기준은 시험대상체가 제한된 허용응력을 초과하지 않는 것이다. 허용응력은 안전계수와 항복응력에 의해 결정된다.

$\sigma_{perm}=\frac{1}{S_1}\sigma_Y$, 여기서 σ_{perm}는 허용응력, S1는 압축 및 수직하중에 대한 안전계수, σ_Y는 재료의 항복응력이다.

(나) 운행조건 하중에 대한 허용응력은 안전계수와 피로한도에 의해 아래와 같이 결정된다.

$\sigma_{perm}=\frac{1}{S_2}\sigma_d$, 여기서 σ_d는 재료의 피로한도이며 S2는 운행조건 하중에 대한 안전계수이다.

(다) 진동시험은 합부의 판정 없이 고유진동수를 측정하여 제시하도록 한다

(라) 강재(Steel)의 경우는 허용응력이 파단한계(breaking limit)에 의하여 결정될 수 있다.

(2) 안전계수의 산정

(가) 압축하중 및 수직하중에 대한 안전계수(S1)

구 분	안전계수		비고
파단(fracture) 일 경우	안전계수 S_1=1.5로 정한다.		강재(steel)의 경우
항복응력(yield stress)일 경우	비용접 구조 및 결합부분	S_1=1.0	
	용접된 구조 및 결합부분	S_1=1.1	

(나) 운행조건 하중에 대한 안전계수(S2)

구 분	안전계수		비고
파단(fracture) 일 경우	안전계수 S_2=2.2로 정한다.		강재(steel)의 경우
피로응력(fatigue stress)일 경우	비용접 구조 및 결합부분	S_2=1.5	
	용접된 구조 및 결합부분	S_2=1.65	

(2) 해설서

이 조문은 철도차량안전기준에관한규칙(이하 "규칙") 제38조제2항에 의하여 차종별 하중조건을 규정하는 것으로, 차체의 안전을 확보할 수 있는 차체 강도 하중조건과 그 시험 방법 및 평가 기준을 규정함을 목적으로 한다.

(가) 규칙 제38조 제1항, 제2항

제38조(구조체의 강도) ①구조체는 차종별 하중조건에서 구조체에 발생하는 응력이 허용범위 이내이어야 하며 영구적으로 회복이 불가능한 변형이 있어서는 아니된다.
②제1항의 규정에 의한 차종별 하중조건에 관한 세부기준은 국토해양부장관이 정하여 고시한다.

【해설】

본 기준의 적용 범위는 일반철도 및 고속철도에 한하며, 도시철도의 경우는 도시철도법에 의한 구조체 하중시험 방법에 규정되어 있다.

차종별 하중조건은 국제규격 UIC 566 OR의 내용을 근간으로 작성하되, 적용대상차량을 3종으로 분류하고 하중종류는 5가지 종류에 대하여 규정하였다. 다

만, 일반철도차량의 경우 차체강도는 기존에는 일본의 JIS 규정을 유사하게 따랐으나, 차량의 안전기준의 중요성, 특히 충돌안전확보 등을 위하여 UIC 기준을 따르게 되어 다소 강화되었다. 본 세부기준이 국제규격인 UIC와 어떻게 연결되는지를 아래 표에서 명확하게 나타내었다.

표 3-4-3 차종별 하중조건과 UIC 기준과의 비교

대상차량	하중종류	하중기준	UIC 566 OR의 해당조항
디젤전기 기관차, 전기기관차 및 고속동력차	압축하중	2,000kN	1.2.1.1
		300kN	
		300kN	
	인장하중	1,500kN	1.2.1.2
	수직하중	1.3 × M1 × g	1.2.1.3
	운행조건 하중	1.2× M1 × g	1.3
	진동시험	고유진동수 측정 가능한 하중	1.4
객차, 디젤동차, 전기동차 및 고속 동력객차	압축하중	2,000kN	1.2.1.1
		300kN	
		300kN	
	인장하중	1,500kN	1.2.1.2
객차, 디젤동차, 전기동차 및 고속 동력객차	수직하중	1.3 × [M1+ (M21 또는 M22] × g	1.2.1.3
	운행조건 하중	1.2× [M1+ M4] × g	1.3
	진동시험	고유진동수 측정 가능한 하중	1.4
화차	압축하중	2,000kN	1.2.1.1
	수직하중	1.3 × [M1 + M3] × g	1.2.1.3
	운행조건 하중	1.2× [M1+ M5] × g	1.3
	진동시험	고유진동수 측정 가능한 하중	1.4

○ 국내 운영실태

먼저, 현재 도시철도의 경우는 구조체 하중시험 방법이 도시철도법 표준사양에 의해 권고되고 있는데, JIS를 기본 틀로 한 것으로 실제적용에서 구체적 수치 등은 국내 현실에 맞도록 의견 수렴하여 사용되고 있다.

또한, 고속철도의 경우에는 국내에서도 KTX도입, G-7차량 자체개발, 호남고속철도차량 준비 등으로 인하여 본 세부기준이 적용되기에 앞서 차량운영 현장에서 일정정도 구조체 하중시험방법에 대한 기본 틀이 갖추어져 있는 실정이다. 구체적으로 KTX 및 G-7차량의 시험은 UIC 566 OR규격을 기본 틀로 하여, 하중시험들을 통하여 성능을 검증한 사례가 있다. 따라서 본 세부기준에서 정하는 바는 이미 현장에서 활용되고 있는 세부기준과 일맥상통한다고 볼 수 있다.

또한, 일반철도의 경우에는 운영현장에서 JIS를 토대로 하고 있어 본 세부기준과는 다소 차이가 발생하고 있으며, 그 중에서도 가장 많은 관심의 집중은 압축하중의 크기를 기존 100~120톤에서 200톤으로 상향조정한 것이라 하겠다. 이러한 개선점은 국내철도의 안전을 세계 일류수준에 맞추기 위해서는 기존의 압축하중 조건이 다소 느슨하게 적용되었다고 볼 수도 있으며, 향후 철도차량 충돌안전성능을 Global Standard에 눈높이를 맞추기 위해서는 차체강도조건의 향상이 필수조건이 되어야 한다는 것에 기인한다.

○ 국제규격 또는 해외 관련 규정

표 3-4-4 국제규격 또는 해외 관련 규정

국가(또는 국제규격명)	관련 조항	내용
미국	49CFR238.203 49CFR238.405	차체강도
영국	GM/RT2100	〃
일본	성령70조 JIS E 4501 JIS E 7105	〃
호주	AS4292.3 부록D2.1	〃
EU	TSI 차량4.1.7(a) EN12663	〃
UIC	UIC 566OR	〃

본 세부기준의 시험방법은 UIC 566OR의 4장 시험조건과 방법(Test conditions and methods)에 의거하여 작성되었다. 현재 산업체 현장에서 시행되고 있는 실정과 잘 맞도록 작성되었으며, 다만, 차항의 조합하중시험에 대한 추가조건은 UIC 566 OR 1.2.2와 4.1.1.4에 근거하여 작성되었다.

본 세부기준의 평가기준은 UIC 566OR의 3장 한계하중(Limit loads)에 근거하여 작성되었으며, 강도의 허용수치에 대한 기준을 제시한다. 특히, 안전계수(Safety factor)가 강도의 허용수치에 고려된 것은 기존의 철도산업체 현장에서는 적용하지 않던 방법이다. 그러나 사실상 모든 구조물의 허용응력에 대해서는 안전계수를 고려하는 것이 일반적이며, 국제규격인 UIC를 따라 안전계수를 고려하여 강도기준을 산정하는 것이 더욱 엄밀하고 정확한 방법으로 인정된다.

2. 표준 충돌사고 시나리오

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.6은 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 차량의 충돌안전설계통칙(사고시나리오 제시 및 차량구조 충돌안전기준)에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제35조에는 철도차량이 열차충돌 시에도 승객을 보호하기 위해서 각종 평가항목들에 대한 일정이상의 성능을 갖도록 규정되어 있는데, 구체적인 판단기준이나 평가방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도차량 충돌안전설계에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 충돌안전설계통칙(안)을 제시하고자 한다.

나. 이론적 배경

충돌안전기준에 관한 관련규정 및 안전기준으로는 국내의 경우 철도안전기준에 관한 규칙과 도시철도안전기준에 관한 규칙이 있고, 국외의 경우는(대표적으로 유럽, 미국 등) 대표적으로 CFR, TSI, EN 등을 꼽을 수 있다. 국내/외의 차량의 충돌안전도 관점에서의 국내외 관련 규정을 조사하고 관심 분야별 상세분류를 통해 연구동향 및 국내의 기존 안전기준의 상호 비교함으로써 충돌안전설계 통칙의 설계기준으로 활용할 수 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 국토해양부령 제455호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙
- 국토해양부령 제231호 : 도시 철도차량 안전기준에 관한 규칙

(2) 해외 관련 기준 현황

- 유럽연합(EU) TSI (Technical Specification for Interoperability) (2002년)
- 유럽연합(EU) SAFETRAIN Project
- RSPG/GM/RT 2100
- EN15227
- 미국의 CFR

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내 철도차량 충돌안전 기준 분석

국내의 철도차량 안전에 관한 법규 및 규정으로는 철도안전에 관한 규칙과 도시철도안전에 관한 규칙이 있다. 이외에도 철도안전 법, 철도안전 법 시행령, 철도안전 법 시행규칙이 제정되어 있으나, 철도차량부문에서는 '철도시설 및 차량의 안전관리'의 항목 중 제 26조에서 국토해양부령에 의거해 안전기준을 심사하도록 선언적 명시가 되어 있었고, 시행령과 시행규칙 역시 구체적인 가이드라인을 제시하고 있지 않다.

본 절에서는 국내 철도차량 안전기준에 관한 규칙과 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙의 원문 중 충돌안전에 관련된 항목을 정리하였으며, 내용은 아래와 같다.

<철도차량안전기준에 관한 규칙>

제35조 (철도차량의 충돌안전설계 등)

① 철도차량은 충돌사고에 대비하여 다음 각 호의 기준에 적합하게 설계되어야 한다.

㉮ 충돌사고가 발생한 경우 철도차량운전업무종사자 및 여객이 위치하는 부분의 변형 및 철도 차량 간 올라타는 현상 등을 최소화하도록 할 것

㉯ 충돌사고가 발생한 경우 철도차량의 차체구조물 등이 여객 등이 위치한 장소에 침입하는 것을 최소화하도록 할 것

㉰ 열차에 고정(固定)으로 편성되는 철도차량(이하 "고정편성차량"이라 한다)의 경우 열차에 조성되는 동력차·객차는 충돌 시 발생하는 충돌에너지를 철도차량별로 충분히 분산 흡수하여 여객 및 승무원의 상해를 최소화하도록 할 것

㉱ 연결기의 허용하중을 초과하는 충돌사고가 발생한 경우 여객 및 승무원의 피해를 최소화할 수 있도록 차체부위에 구조적으로 약한 부위를 설계하여 충돌에너지가 흡수되도록 할 것

② 철도차량제작자 및 철도운영자등은 객차 등이 국토해양부장관이 정하는 표준충돌사고각본(충돌안전도 설계 및 시험평가를 위하여 과학적이고 통계적

인 근거에 의해 열차의 충돌속도·피 충돌 체 종류 등을 정하는 표준 시나리오를 말한다. 이하 같다)에 의하여 제1항의 규정에 의한 기준을 만족하는지의 여부를 확인하여야 한다.

③ 제2항의 규정에 따른 표준충돌사고각본의 방법·조건·평가 등에 관하여 필요한 세부사항은 국토해양부장관이 정하여 고시한다.

제36조 (철도차량의 연결)

공차중량 상태의 철도차량은 시속 10킬로미터의 속도에서 제동이 되어 있는 유사한 형태의 철도차량과 연결기를 통하여 충돌한 경우 차체 및 연결기 등에 손상이 발생하지 아니하여야 한다.

< 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 >

제21조 (승객 및 운전자보호)

운전실과 객실은 정상적인 운행조건에서 안전하여야 하며, 사고 시 에도 차체로부터 승객 및 운전자의 안전을 최대한 확보할 수 있어야 한다.

제22조 (충돌변형부의 제한)

구조 체는 각 차량이 상대속도 20킬로미터에서 연결기를 통하여 충돌할 때 연결기의 흡수능력 이상의 하중이 차체에 작용하는 경우 차체의 다른 부위에 압괴변형이 발생하기 전에 차체의 끝부분과 볼스터 사이의 차체부분이 압괴변형에 의하여 충돌에너지를 흡수할 수 있는 구조이어야 한다. 다만, 볼스터 방식이 아닌 도시철도차량은 그러하지 아니하다.

제23조 (차제의 충돌안전성)

시속 5킬로미터의 속도로 주행하는 공차상태의 열차가 제동이 되어 있는 유사한 형태의 열차와 연결기를 통하여 충돌하였을 때 차체에는 손상이 발생하지 아니하여야 한다.

국내의 철도차량 충돌안전관련 규정 중 철도차량안전기준에 관한 규칙에는 타고 오름 방지, 연결부의 충돌안전도 설계, 승객의 안전 확보에 관련된 내용을 분류 명기하였으나, 구체적인 가이드라인의 제시는 하지 않았다. 이는 국내 철도차량 제작사의 설계기술 현황과 해당관리감독기관의 기술적인 검증기법의 체계적인 연

구가 필요함을 시사하고 있다.

이에 반해 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙은 충돌안전에 관한 기술적인 내용이 구체적으로 명시되어 있으나, 국내 운행환경과 사고통계에 기반한 현실적인 기준인지는 추후 연구를 통해 검증 또는 보완할 필요가 있다.

(2) 국외 관련 규정 및 법령 분석

(가) EU TSI

유럽에서는 제도와 표준이 다른 역내 국가들을 통과하는 국제철도의 상호 운전성과 안전성을 향상시키기 위하여 2002년 TSI (Technical Specification for Interoperability)를 제정하였다. TSI 에는 국제 일반철도와 국제 고속철도로 분류하여 국제 일반철도의 경우에는 차체 및 차량 연결부에 대해 주로 언급하고 있고, 국제 고속철도의 경우에는 정적강도 설계규정, 충돌안전도 설계규정, 운전자보호를 위한 설계규정에 대하여 설명하고 있다

본 연구에서 조사 및 정리한 자료는 TSI 국제 고속철도에 대한 규정이며, 기본설계를 위한 개념을 제시하였고, 설계 가이드라인과 기준 사고시나리오를 통해 평가될 수 있도록 각 항목별 상세가 정의되어 있다. TSI에서 정의한 기본 설계 가이드라인과 사고 시나리오 개념을 살펴보면 다음과 같다.

- 사고 시나리오

① 두 편성차량이 정면으로 충돌

시나리오 1 : 서로 동일한 고속열차가 36km/h 속도로 충돌

② 측면 완충기가 설치된 차량과 정면으로 충돌

시나리오 2 : 고속열차와 측면 완충기를 가진 화차(80t 인 UIC 571-2의 4축 화물차)와 36km/h 속도로 충돌

③ 건널목에서 화물차와 충돌

시나리오 3 : 110km/h 속도로 15톤 화물자동차와 건널목에서 충돌. 이때 화물 자동차는 강체로서 충돌 면에 수직한 것으로 가정

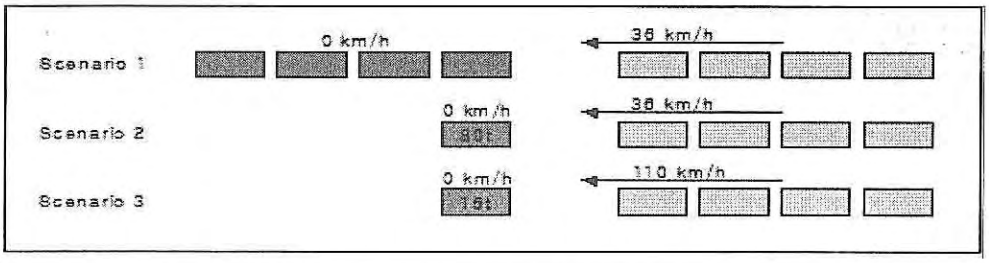


그림 3-4-1 유럽 TSI의 충돌사고 시나리오

- 설계 가이드라인

① 객실과 운전실은 정적인 상태에서 평균 충돌하중 수준인 1500 kN을 견딜 것

② 6MJ의 충돌에너지를 흡수하여야 하며, 선두차량 전두부에서 4.5 MJ을 흡수할 것

③ 편성차량의 모든 차량은 동일한 수준의 내충격성을 가질 것

④ 객실과 운전실의 최대 감속도는 5 g 이하일 것

⑤ 차량끝단에는 포개짐을 방지할 수 있는 장치를 설치할 것

(나) EU SAFETRAIN Project

SAFETRAIN Project는 유럽에서 열차의 충돌안전도를 획기적으로 높이기 위하여 1997년부터 4년간 철도운영기관(DB, SNCF), 차량제작사(Bombardier , Alstom, Siemens), 대학(DresdENTUD, Lisbon IST, Lisbon FMH, Valenciennes UVHC), 연구소(AEA, Cranfield Impact Center, Poland CNTK, ERRI, DWA) 등이 참여하여 컨소시움으로 진행한 대형국제공동연구 사업이다. 본 연구의 주 대상 열차는 국제간 급행 이상의 철도차량이며, 충돌사고 시나리오는 아래 그림과 같다.

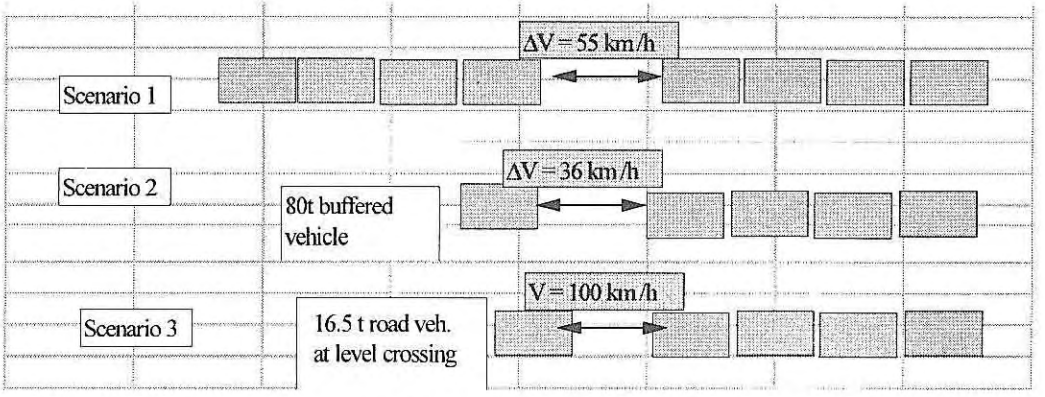


그림 3-4-2 유럽 SAFETRAIN 연구의 충돌사고 시나리오

- 시나리오 1 :서로 동일한 열차가 55km/h 속도로 충돌
- 시나리오 2 : 열차가 측면 완충기를 가진 80t 화차와 36km/h 속도로 충돌
- 시나리오 3 : 100km/h 속도로 16.5톤 화물 자동차와 건널목에서 충돌. 화물 자동차는 강체로서 충돌면에 수직한 것으로 가정

이 충돌시나리오와 TSI 충돌시나리오를 비교하면, 시나리오 2의 경우 완전히 일치하고, 시나리오 1의 경우 충돌속도가 19km/h 높으며, 시나리오 3은 충돌속도는 10km/h 낮은 대신 장애물의 중량은 1.5 ton 무겁다. 2001년 7월 SAFETRAIN 프로젝트의 성과로 위의 충돌시나리오를 만족시킬 수 있는 전두부 모듈, 운전실 및 데스크 모듈, 객차 끝단 구조 모듈 등이 개발되었음에도 불구하고 TSI가 강제규정임을 고려하여 충돌사고 시나리오를 대폭 완화하여 시행하고 있다.

(다) RSPG/GM/RT 2100

① RSPG

RSPG(Railway Safety Principle Guideline)은 모든 형식의 철도차량에 대하여 충돌안전도 지침 및 가이드라인을 제시하고 있다.

② GM/RT 2100

고속화 일반철도차량에 대한 설계기준을 제시하고 있으며, 본 규정코드는 충돌안전도 차량 설계기준으로 시행준비 중인 EN15227과 차량실내의 충돌안전도 기준인 AV/ST9001에 적용되었다.

(라) 미국의 CFR

미국에서는 1990년대 FRA 주도로 열차승객을 보호하기 위한 연구를 체계적으로 수행하여 왔다. 그 연구 성과를 반영하여 2000년대 들어서 열차 등급별 안전도 규정을 제정 중에 있다. 기존에도 차량설계 시 충돌안전에 대응하기 위한 설계요구항목(차체충돌기둥, 차체구조강도기준)은 시행되고 있으나 차량의 속도성능의 향상에 따른 위험요인 증가로 인해 충돌안전도 설계와 관련한 표준사고 시나리오와 이에 대한 판단기준이 될 수 있는 충돌안전도 성능규정(performance standard)를 제정하였다.

대표적인 사례로 1999년에 제정된 49CFR 238.403 (Crash energy management)에 규정된 표준 충돌 사고 시나리오는 30 mile/h (48km/h)로 동일한

열차와 정면충돌하는 사고를 대상으로 한다. 50Hz로 필터링하여 8g 이하의 충격가속도 한계기준과 차량의 각 영역에서 규정된 충격 에너지를 흡수하도록 요구하고 있다. 뿐만 아니라 최종 충돌안전도 평가에서는 15, 30, 60, 100 mph 등 다양한 속도에서 충돌 해석을 수행하여 충격 가속도의 객실의 침투(seat loss) 정도를 첨부하도록 하고 있다.

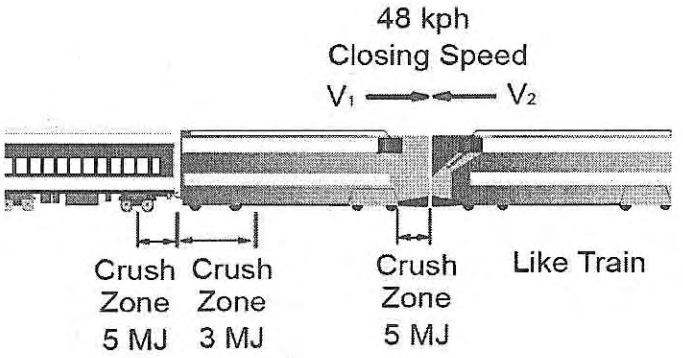


그림 3-4-3 미국 FRA의 충돌사고 시나리오

(마) EN15227

차량의 범주를 아래 표와 같이 분류하였으며, 각각의 범주에 대하여 4가지 시나리오를 설정을 제시하여 각각의 표준 충돌속도를 제시하였다. 또한, 충돌안전 실험에 대하여 자세히 언급하고 있다.

표 3-4-5 해외차량의 범주(EU)

범 주	완충기/연결기 높이에서 압축하중	예 시
P-Ⅰ	2000kN	기관차, 객차
P-Ⅱ	1500kN	고정편성열차
P-Ⅲ	800kN	지하철, 중량전철
P-Ⅳ	400kN	경량전철, 중량노면전철
P-Ⅴ	200kN	노면전철

마. 기준 및 해설서

(1) 표준 충돌사고 시나리오 세부기준

1. 적용범위

가. 신규로 제작, 조립 또는 수입되는 여객열차의 충돌안전설계 검증에 사용된다.

나. 충돌사고 발생 시 에너지 흡수를 목적으로 설치될 수 있는 차체구조 및 기계장치(연결기, 타고오름 방지장치, 장애물제거기, 완충차막이 등)의 충돌안전 성능평가에 적용된다.

다. 운행조건에 따른 철도차량의 분류 기준은 [표 1]과 같다.

[표 1] 운행조건에 따른 차량분류

차량분류	운행조건
제1종	일반철도 및 고속철도 노선에서 여객 등이 탑승하여 운행되는 경우
제2종	도시철도차량 중 제1종 노선과 혼합 운행되는 경우
제3종	도시철도차량 중 전용 노선에서만 운행되는 경우
제4종	도로교통수단과 혼합 운행되는 경우

2. 용어의 정의

가. 압괴(Crush)

구조체의 용적이 원상태에 비해 현저히 줄어드는 과도한 소성 변형

나. 강체(Rigid Body)

현상을 쉽게 기술하기 위해 도입한 것으로, 외력을 가해도 크기나 형태가 변하지 않는 이상적인 물체

다. 변형구역(Collapse zone)

충돌사고 발생 시 충돌에너지 흡수를 위해 구조적으로 약하게 설계된 차체부위 (통상적으로 차체 종단부)

라. 생존 공간(Survival space)

충돌사고 발생 시 탑승자를 보호하기 위해 압괴되지 않고 유지되어야

하는 차체의 내부 공간

마. 충돌안전설계 장치

열차충돌 시 피해저감을 목적으로 장착되었으며, 차체에 분리 독립될 수 있는 장치

바. 충돌안전설계 부재

열차충돌 시 피해저감을 목적으로 설치되었으며, 차체의 일부분으로 분리 독립될 수 없고, 구조의 구성요소를 이루고 있음

사. 충돌안전설계 구조

열차충돌 시 피해저감을 목적으로 설치되었으며, 차체와 분리될 수 없고, 부재와 장치를 구성요소로 하여 종합적인 기능을 수행할 수 있음

아. 검증시험

충돌안전설계 장치, 부재, 구조 등의 에너지흡수 성능을 검증하고 시뮬레이션 모델을 교정(Calibration)하기 위해 수행되는 실물크기의 시험

자. 최종 평가 시뮬레이션

열차의 충돌안전설계를 최종적으로 평가하기 위하여 정해진 검증절차에 따라 신뢰성이 확보된 시뮬레이션 모델을 사용하여 표준충돌사고각본에 따라 사고 상황을 재현하는 시뮬레이션

차. 검증 시뮬레이션

시뮬레이션 모델의 신뢰성을 확보하기 위하여 시뮬레이션 모델의 핵심 구성요소인 장치, 부재, 구조를 검증시험하고 그 결과와 상호비교하기 위하여 수행되는 시뮬레이션이며, 시뮬레이션 모델은 검증시험상황이 잘 재현될 때까지 개정하도록 함

카. 충돌안전 성능평가용 표준열차

제어차, 기관차, 발전차, 객차 등 개별차량의 충돌안전 성능평가를 위해 사용되는 열차

타. 충돌 무게

50%의 착석 승객 수가 가산된 운행차량의 공차중량

파. 타고오름 방지장치

충돌사고 시 철도차량 간 올라타는 현상을 방지하기 위해 설치되는 장치

하. 완충차막이

선로의 종단에 설치되어, 차량이 선로의 종단을 돌파하는 사고 발생시 차량의 운동학적 에너지를 효율적으로 소산시켜 충돌차량, 승객, 시설물 등을 안전하게 보호하는 장치

3. 표준충돌사고각본

가. 정면 충돌사고각본

(1) 충돌조건

① 피충돌체 : 충돌체와 동일한 편성의 열차

② 선로조건 : 직선평탄선로

③ 제동상태 : 제동 미체결

(2) 충돌속도

[표 2] 충돌사고각본의 충돌속도

차량분류	충돌속도
제1종	36 km/h
제2종	36 km/h
제3종	25 km/h
제4종	15 km/h

나. 대형장애물 충돌사고각본

(1) 충돌조건

① 피충돌체 : 대형장애물((3),(4)항에서 정의)

② 선로조건 : 직선평탄선로

③ 제동상태 : 제동 미체결

(2) 충돌속도

[표 3] 대형장애물 충돌사고각본의 충돌속도

차량분류	충돌속도
제1종	110 km/h
제2종	110 km/h
제3종	40 km/h
제4종	25 km/h

주) 제1종 및 제2종의 경우, 건널목에서 운행속도가 160km/h에 미치지 못한다면, 철도 건널목 최고운행속도 보다 50km/h 낮은 속도를 충돌속도로 한다. 단, 충돌속도는 40km/h 보다 낮을 수 없다.

(3) 제1종, 제2종 및 제3종의 대형장애물 정의

대형장애물의 세부사항은 아래와 같이 정의된다.

① 형상 : <그림 1>에서 정의

② 질량 : 15,000kg

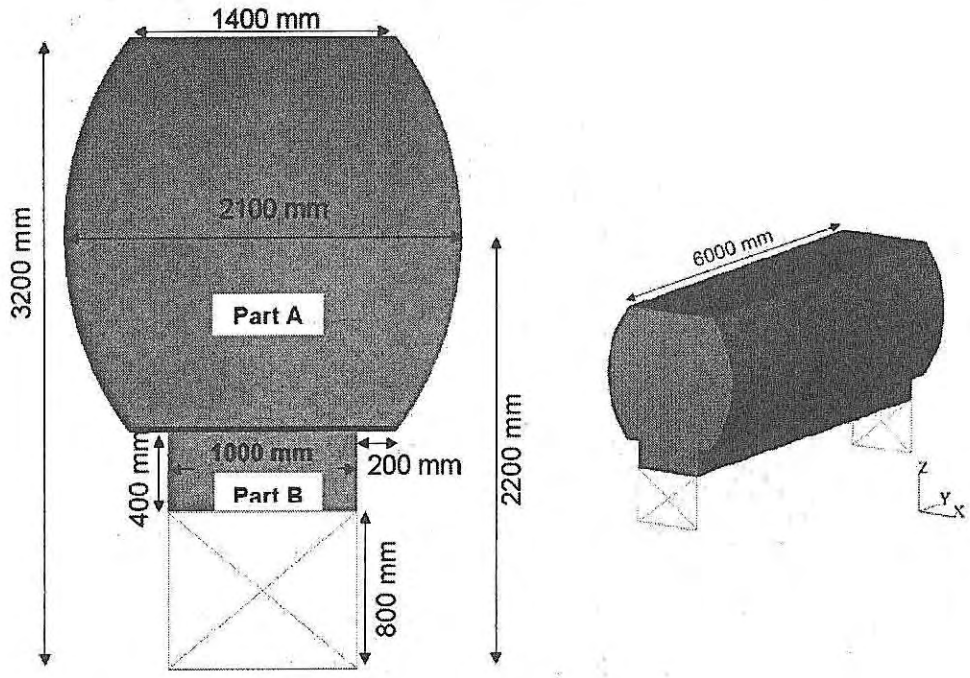
③ 무게중심 : 선로 상단 위 1,750mm

④ 밀도분포 : 무게중심을 고려하여 Part별로 각각 균일한 밀도분포

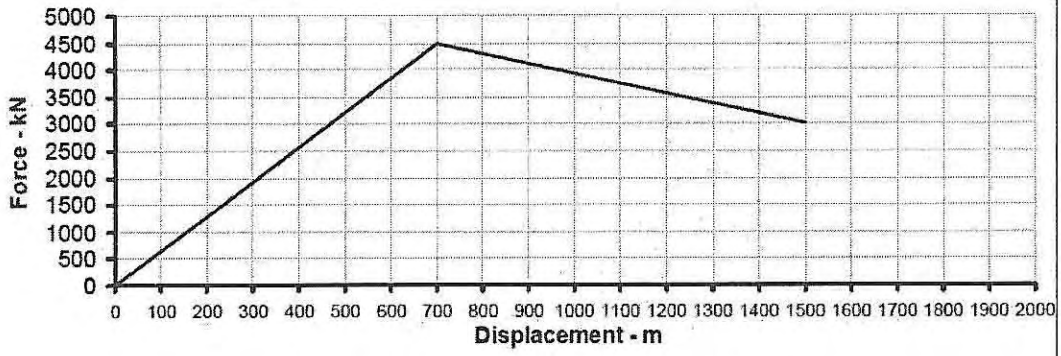
⑤ 마찰조건 : 표면마찰 무시

⑥ 강성(stiffness) : 균일한 강성

⑦ 충돌 특성 : 반지름 3m, 질량 50,000kg의 구가 30m/s의 속도로 부딪칠 때 <그림 2>와 같은 충돌하중-변위 특성을 가짐



<그림 1> 대형장애물의 형상



<그림 2> 대형장애물의 충돌하중-변위 특성

(4) 제4종의 대형장애물 정의

제4종의 교차로 장애물 충돌사고는 아래 정의된 물체와의 충돌사고로 표현될 수 있다.

① 형상 : 수직벽

② 질량 : 3,000kg

③ 충돌 접촉면 : 장애물과 차량이 45°경사짐

다. 소형장애물 충돌사고각본

(1) 충돌조건

① 피충돌체 : 소형장애물((3)항에서 정의)

② 선로조건 : 직선평탄선로

③ 제동상태 : 제동 미체결

(2) 충돌속도

제1종, 제2종 및 제3종의 충돌속도는 운행속도로 한다. 제4종의 경우는 본 충돌사고각본의 적용을 받지 않는다.

(3) 소형장애물 정의

소형장애물은 충돌속도에 따라 아래와 같이 정의되는 정적하중으로 표현될 수 있다.

① 장애물 형태 : 장애물제거기의 하단으로부터 가해지는 정적하중으로 표현된다.

② 장애물 타입 : 중심선에서의 정적하중(a type)과 중심선에서 측면으로부터 750mm 벗어난 지점의 정적하중(b type)의 두 종류로 나뉜다.

③ 하중 분포 : 0.5m의 높이와 0.5m의 폭의 영역에 가해지는 정적 분포하중으로 표현된다.

④ 하중 중심 : 하중의 작용선은 수평이며 하중영역의 중심을 통과해야 하고 철로 상단 위쪽으로 최대 500mm 이내에 있어야 한다.

⑤ 하중 크기 : 최대 최소 한계치는 [표 4]와 같으며 충돌속도에 맞게 선형보간하여 사용한다.

[표 4] 소형장애물로 표현되는 정적하중 크기

하중 타입	충돌속도 160km/h 이상	충돌속도 80km/h 이하
a type	300kN	60kN
b type	250kN	50kN

라. 표준충돌사고각본의 예외적 적용

(1) 운행노선의 특성상 표준충돌사고각본 중 일부가 발생할 수 없는 것이 증명된 경우에는 해당 충돌사고각본을 제외할 수 있다.

(2) 열차 종간의 혼합 운행이 되는 경우는 다른 편성 간 충돌사고각본을 고려하여야 한다. 제2종 열차는 아래 충돌사고 각본을 고려하여 제1종 열차와의 충돌 시 안전을 확보하여야 한다.

① 피충돌체 : 본 세부기준에 의해 충돌안전이 검증되었거나 혹은 검증된 모델이 없는 경우에는 부록"나"에 정해진 표준열차로 구성된 최소 125톤 이상의 제1종 편성열차

② 선로조건 : 직선평탄선로

③ 제동상태 : 제동 미체결

④ 충돌속도 : 10km/h

(3) 상기 표준충돌사고각본 이외에 시설물과의 충돌, 피충돌체와의 측면충돌 등의 충돌 위험도가 심각하게 존재하는 운행노선의 경우에는 위험도 분석 결과에 따라 추가적인 충돌사고각본을 고려할 수 있다.

4. 충돌안전 성능평가

가. 평가방법

(1) 개요

① 열차의 최종적 충돌안전성능은 표준충돌사고각본에 따른 최종 평가 시뮬레이션을 통해 확인하여야 한다.

② 최종 평가 시뮬레이션의 신뢰성을 확보하기 위해서는 변형구역의 필수적인 장치, 부재, 구조들에 대해서 검증시험과 검증 시뮬레이션을 비교하여야 한다.

③ 검증시험과 검증 시뮬레이션 결과를 정해진 오차범위내로 일치시키야 하며, 필요시 시뮬레이션 모델을 교정하여야 한다.

④ 본 세부기준에 의해 입증되지 않은 구조로 변형구역이 제작된 차량의 경우에는 차량 전두부 및 단부 구조 검증시험이 최소한 한차례 이상

실시되어야 한다.

⑤ 검증시험과 검증 시뮬레이션의 결과를 공학적으로 입증하기 위해서 검증 계획안이 마련되어야 한다.

⑥ 검증 계획안은 재료특성에서부터 장치 및 부재의 검증시험, 최종 평가 시뮬레이션을 포함하여 검증 절차의 모든 단계를 다루는 기술적 보고서를 포함해야 한다. 검증계획안의 요구사항은 [부록 가]와 같다.

(2) 에너지 흡수 장치 및 부재의 검증 : 1 단계

① 변형구역을 구성하는 장치와 부재들의 충돌안전성능은 개별적으로 검증되어야 한다.

② 장치 및 부재의 검증은 검증시험과 검증 시뮬레이션 결과를 오차범위내의 일치시킴으로 이루어지며 필요시 시뮬레이션 모델을 교정하여 결과를 일치시킨다.

③ 검증시험의 적절성은 아래 사항의 검토에 의해 결정된다.

- 시나리오 재현의 정확성
- 시뮬레이션 모델 교정에의 활용 가능성
- 에너지 흡수 용량 최대치의 달성 여부
- 설계 시 의도된 충돌거동의 확인 가능 여부

④ 차량 간 에너지 흡수 장치, 타고오름 방지장치, 연결기의 에너지 흡수 장치 등의 거동은 개별적으로 검증한다.

⑤ 검증시험을 준정적(quasi-static)시험으로 할 수 있는 경우는 장치 및 부재의 에너지 흡수 특성이 충돌속도에 무관(rate independent)하거나 준정적시험으로도 동적 특성이 정확히 파악할 수 있음이 검증된 경우이다.

(3) 에너지 흡수 구조의 검증 : 2 단계

① 변형구역의 구성요소인 전두부 및 차량 단부 구조 등은 별도로

충돌안전성능이 검증되어야 한다.

② 에너지 흡수 구조의 검증은 검증시험과 검증 시뮬레이션 결과를 오차범위내의 일치시킴으로 이루어지며 필요시 시뮬레이션 모델을 교정하여 결과를 일치시킨다.

③ 검증시험과 검증 시뮬레이션 간의 비교 시 아래 두 가지 필수 사항을 포함하여야 한다.

- 구조 전체 거동 표현, 소성변형 발생 영역 및 순차적 에너지 흡수 메커니즘 작동의 정확성
- 구조 주요지점의 힘과 변위를 포함한 전체 시험 결과의 분석

④ 신뢰성 있는 최종 평가 시뮬레이션을 위해 상기 검증과정을 통하여 획득한 시뮬레이션 모델을 사용하여야 한다.

(4) 최종 평가 시뮬레이션 : 3 단계

① 영구변형이 발생하는 차량 구조의 시뮬레이션 모델은 모두 3차원 형상으로 만들어져야 한다.

② 전체차량의 시뮬레이션 모델에는 2 단계에서 만들어진 전두부 구조 혹은 차량 단부 구조의 교정 모델이 필수적으로 포함되어야 한다.

③ 2 단계에서 만들어지지 않은 차량 구조는 집중 질량과 스프링 시스템으로 표현될 수도 있다. 단, 전체편성의 3차원 거동을 완전하게 표현하도록 보장되어야 한다.

④ 충돌안전 성능평가의 합격 여부는 최종 평가 시뮬레이션을 통해 판정하게 되며, 표준충돌사고각본은 최종 평가 시뮬레이션에 대해서 적용한다.

⑤ 고정편성용 차량이 아니라 다양한 편성열차에 조성될 수 있는 개별 차량의 경우(제어차, 기관차, 객차, 발전차 등)에는 [부록 나]에서 정의된 표준열차를 사용하여 최종 검증 시뮬레이션을 수행하여야 한다.

(5) 검증 절차의 생략 및 축소

① 본 세부기준에 의해 이미 검증된 장치, 부재 및 구조는 검증시험 및 검증 시뮬레이션을 생략할 수 있다.

② 본 세부기준에 의해 검증된 장치, 부재 및 구조를 수정한 경우는 수정내용이 충돌안전성능을 근본적으로 변경하지 않거나 혹은 안전 여유가 충분함을 증명할 경우 검증절차를 생략 혹은 예외적으로 축소할 수 있다.

나. 평가항목 및 판단기준

(1) 타고오름 현상 방지

① 열차 충돌 시 타고오름 방지장치의 원활한 기능 작동을 위해서는 연결기의 변형길이가 타고오름 방지장치의 작동을 방해하지 않는 정도로 충분히 할당되거나 연결기 고정이 끊어져야(Shear-off) 한다.

② 타고오름 방지를 위해 정면 충돌사고각본에서 수직방향으로 40mm 비껴 충돌 시뮬레이션을 수행하였을 때 각 대차 당 최소한 하나의 윤축이 선로와의 접촉을 유지해야 한다.

③ 타고오름 방지장치가 부착된 경우, 상기 ②항의 수치 시뮬레이션은 생략할 수 있으며, 이 장치가 견뎌야 하는 수직전단하중은 수치시뮬레이션을 통해 결정하거나 가장 무거운 차량의 공차하중의 절반 값(최대 150kN)을 사용한다.

(2) 생존 공간 유지

① 변형구역이 완전히 압괴되는 동안 생존 공간은 과도한 소성변형이나 좌굴현상이 없어야 한다. 단, 승객과 운전자의 생존공간을 심각하게 감소시키지 않는 국부적 소성 변형과 국부적 좌굴은 허용된다.

② 변형구역이 완전히 압괴되는 동안 철도차량의 차체구조물 등이 생존 공간내로 침입하지 않아야 한다.

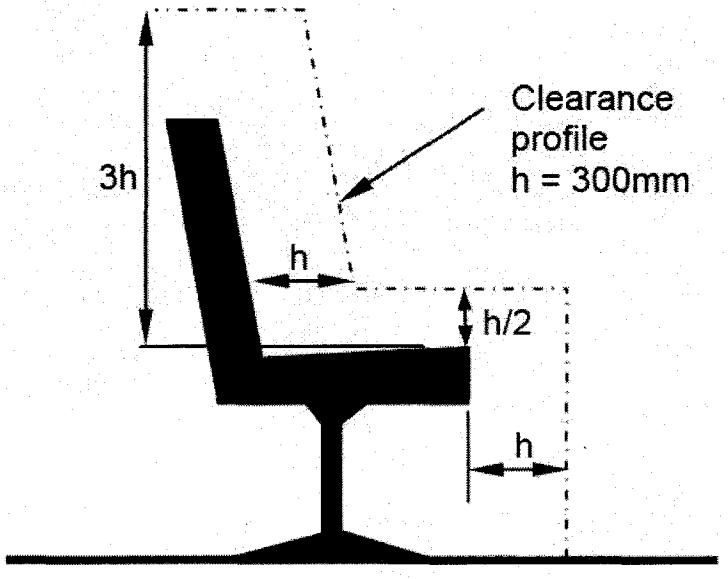
③ 표준충돌사고각본에서 승객 생존공간의 부피 감소는 5m 이상의 영역을 기준으로 원래 길이의 1% 이하이어야 한다. 승하차 구역의

길이 감소량은 원래 길이의 30% 또는 300mm 중 작은 값을 초과할 수 없다.

④ 사고 후 탈출을 위해 모든 생존 공간에서 비상구로의 접근이 가능해야 한다.

⑤ 운전실의 경우에는 길이와 폭이 적어도 0.75m 이상 또는 운전실 원래 길이의 80% 이상인 생존 공간이 확보되어야 한다. 운전실 생존 공간의 높이는 원래 운전실 공간 높이의 80% 이상이어야 한다.

⑥ 만약 생존공간이 운전자석을 포함하고 있다면 아래 그림처럼 좌석 앞의 빈공간도 포함하여야 한다.



<그림 3> 운전석 생존공간

⑦ 만약 빈 공간을 위의 그림처럼 할 수 없는 경우에는 운영기관이 동의하고 즉시 대피 가능하다는 조건하에 운전석 인접지역에 생존공간이 배치될 수 있다.

(3) 충돌에너지 분산 흡수

① 모든 표준충돌사고각본에 대하여 차량이 설계의도대로 거동하도록 충돌에너지를 충분히 흡수하여야 한다.

② 충돌에너지는 차량의 모든 에너지 흡수구조 및 장치에서 순차적이고 체계적으로 흡수되어야 한다.

③ 에너지 흡수는 변형이 증가함에 따라 붕괴하중이 증가하는 형태로 흡수되어야 한다.

④ 충돌 시 붕괴하중에서 5/1000 초보다 작은 시간동안 발생하는 하중은 중요하지 않는 것으로 간주된다.

(4) 충돌 감속도

① 승객이 탑승한 생존 공간에서 평균 충돌 감속도는 5g이하이어야 하고 최대 감속도는 7.5g이하 이어야 한다. 여기서, g는 중력가속도 9.81㎨ 이다.

② 운전석에서의 충돌 감속도는 더 높은 값을 허용한다.

③ 평균 충돌 감속도의 계산은 충돌시뮬레이션에서 접촉하중이 발생한 후 소멸되기까지의 시간을 기준으로 한다.

(5) 소형장애물 충돌 에너지 흡수

① 소형장애물 충돌사고각본에 의한 정적하중이 부과된 경우, 장애물제거기와 차체가 연결되는 고정 장치에는 어떠한 소성변형도 발생하지 않아야 한다.

② 소형장애물 충돌사고각본에 의해 규정된 정적강도를 초과하여 표5의 에너지를 흡수할 때까지 장애물제거기가 탈락하거나 열차에 위험을 초래하지 않는 형태로 소성변형이 발생해야 한다.

③ 이때, 최소한 아래 표에 제시된 수치 이상의 에너지를 흡수하여야 한다.

[표 5] 충돌속도에 따른 에너지 흡수량

하중 타입	충돌속도 160km/h 이상	충돌속도 80km/h 이하
a type	36kJ	7kJ
b type	30kJ	6kJ

주) 충돌속도가 80km/h이상 160km/h이하인 경우에는 상기 표를 기준으로 선형보간하여 사용한다.

부록 가. 검증 계획안 요구 사항

(1) 검증시험 요구조건

① 검증시험 대상범위는 충돌에너지를 흡수하는 변형구역(주로 선두차 및 객차의 단부구조 등)들과 충돌안전성능에 영향을 미치는 안전장치들을 포함하여야 하며, 순차적 붕괴를 통한 충돌에너지 흡수 메커니즘의 작동 여부도 포함한다.

② 검증시험의 중요한 목적은 표준충돌사고각본 최종 평가 시뮬레이션에 활용되는 시뮬레이션 모델의 신뢰성을 확보하기 위한 것으로, 검증 시뮬레이션과 검증시험을 통한 시뮬레이션 모델 교정 작업으로 신뢰성을 확보하여야 한다.

③ 에너지 흡수 요소들(연결기, 타고오름 방지장치, 전체 운전실, 차체단부 변형영역)에 대한 개별 시험을 수행할 때의 충돌 속도 및 충돌 무게는 임의로 선정될 수 없다.

④ 에너지 흡수 장치 및 부재의 충돌 속도 및 충돌 무게 선정 기준은 개별 검증시험에서 흡수된 에너지가 표준충돌사고각본 동안 각 개별 장치 및 부재가 흡수하게 될 에너지와 등가가 되도록 설정하여야 한다.

⑤ 시뮬레이션에서 사용되는 재료 물성치의 검증을 위해서는 재료 인증 시험이 실행되어야 한다. 이때 재료의 특성은 일반 재료 명세서에서 요구되는 수치보다 더 정확하게 오차범위(최대 최소의 한계점을 구체화)를 관리하여야 한다.

⑥ 에너지 흡수 구조 검증시험에서 순차적 에너지 흡수 메커니즘의 작동을 확인할 경우, 에너지 흡수 장치 및 부재들의 개별적인 검증시험은 에너지 흡수 구조의 검증시험이 이루어지기전에

수행되어야 한다.

⑦ 에너지 흡수 구조의 검증시험에서는 모든 에너지 흡수 메커니즘이 작동할 수 있도록 충돌속도, 장애물 형태 및 무게가 선정되어야 한다. 에너지 흡수 메커니즘이 이미 완벽하게 검증되었다면, 설계 최대 에너지 흡수용량을 시험할 필요는 없다. 단, 흡수된 전체 에너지는 적어도 전체 흡수 요구조건의 50%이상이 되어야 한다.

⑧ 검증시험 명세서에는 최소한 아래의 내용을 포함하고 있어야 한다.

- 시험구성에 대한 전체적인 그림 및 상세 그림.
- 시뮬레이션과 시험을 비교할 수 있도록 초당 최소한 500개의 이미지를 처리할 수 있는 고속 카메라나 비디오의 활용
- 에너지 흡수 장치와 부재들의 시험동안 에너지, 변형, 하중, 변위, 충돌속도, 감속도의 기록.
- 주요 지점으로 설정된 영역에 대한 시험 전, 후의 크기 측정

⑨ 검증시험 실시동안 측정의 문제에서 발생하는 위험도를 줄이기 위해 필수 파라미터인 속도, 힘 그리고 변위들은 적어도 두 개의 독립적 측정시스템으로 측정되어야 한다. 다른 중요한 기록들도 중복되게 측정할 것을 권장한다. (충돌시간, 가속도 등)

⑩ 검증시험 승인의 판단에 아래 사항을 고려하여야 한다.

- 충돌속도 ±0.5km/h와 충돌 질량 ±5%
- 시뮬레이션 모델의 교정에 필요한 데이터의 기록
- 시험 측정의 불확실성 및 수치 모델의 파라미터에 대한 불확실성의 정량화 및 보고서 기재 여부

(2) 시뮬레이션 요구조건

① 표준충돌사고각본에 의한 전체차량 최종 평가 시뮬레이션은 차량안전기준 35조 1항의 사항들에 대한 평가를 위해 수행되며, 차체 구조의 하중 전달 양상, 변형 및 탑승자의 생존공간에 영향을 끼치는 모든 것 등을 포함하여야 한다.

② 시뮬레이션 모델의 교정을 위한 시뮬레이션은 고속 충돌 동역학 해석 소프트웨어를 통해 이루어지며, 수치 모델은 장치 및 부재 단위, 차량 단부 구조 순의 순차적인 교정시험을 통해 검증된다.

③ 예상되는 구조의 변형을 모사할 수 있도록 유한요소의 종류와 크기가 결정되어야 하며, 시뮬레이션 평가 보고서에 상세내용이 기록되어야 한다.

④ 시뮬레이션에 사용된 재료특성은 시험자료에 바탕을 두어야 하고, 필요시 동적효과를 포함한 재료 특성에 대해 기록하여야 한다.

⑤ 최종 검증 시뮬레이션의 전체 차량 모델은 대차가 포함되어 있어야 하고 동적 거동에 영향을 미칠 수 있는 모든 무거운 장치도 장착되어야 한다.

⑥ 검증시험의 결과로부터 시뮬레이션 모델을 교정하는 것은 전체 운동에너지, 모델의 변형에 의해 흡수된 에너지 정도 및 가속도계, 하중계, 변형률계가 부착된 위치에서의 최대하중 및 변위의 비교를 통해 이루어진다.

⑦ 검증 시뮬레이션과 검증시험 간의 검증에는 에너지 흡수 요소의 순차적 작동도 고려되어야 한다.

⑧ 시뮬레이션 모델의 승인은 아래사항을 포함하여 결정한다.

- 시뮬레이션 모델의 에너지 흡수량이 검증시험에서 측정한 값과 오차범위 10%이내에 있어야 한다.
- 시뮬레이션 모델의 압괴량이 검증시험에서 측정한 값과 오차범위 10%이내에 있어야 한다.
- 시뮬레이션으로 얻은 전체 하중 곡선의 최고, 최저, 평균 등이 검증시험에서 측정한 것과 오차범위 내에 있어야 한다. 단, 5/1000 초보다 적은 시간동안의 고주파 과도성분은 무시될 수 있다.

⑨ 검증시험 측정과 시뮬레이션 모델링에서 나타난 불확실성은 보고서에 기록되어야 하며 필요시 시뮬레이션 모델의 교정을 통한

파라미터의 변화(초기 시뮬레이션과 검증시험결과 차이 포함)를 명기하여야 한다.

부록 나. 개별 차량의 충돌안전 성능평가 방법

(1) 기관차와 제어차의 설계를 위한 표준열차 정의

① 표준열차는 기관차와 제어차가 연결될 것으로 예상되는 모든 차량 타입을 대표할 수 있어야 한다.

② 최소 4대의 차량으로 조성되어야 한다.

③ 운행이 예상되는 차량 중 충돌 무게가 가장 무거운 차량을 사용하여야 한다.

④ 중간차량들은 에너지 흡수 능력이 차량 무게 기준으로 15,000 J/ton 인 것으로 가정하고, 에너지 흡수구조의 붕괴하중은 건교부에서 고시되는 차종별 하중조건에 규정된 연결기 높이의 압축하중 크기로 한다.

⑤ 기관차 및 제어차가 표준열차와의 편성에서 충돌안전기준을 만족하였다면, 아래 특성을 가지는 객차들과는 더 이상 추가적인 평가 없이 운행될 수 있다.

- 무게가 표준열차 객차보다 더 적거나 동일 할 것
- 에너지 흡수구조 붕괴 시 최대 하중(peak force)이 표준열차 객차보다 더 적거나 동일할 것
- 에너지 흡수구조 붕괴 시 평균 하중이 표준열차 객차보다 더 적거나 동일할 것

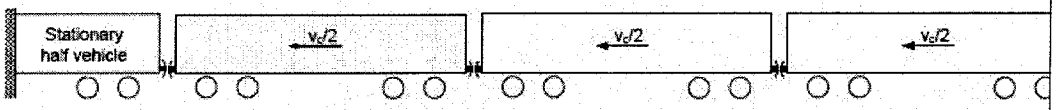
(2) 개별 객차 및 발전차의 충돌안전 평가 방법

① 개별 차량이 열차의 한 부분에 연결되어 운행된다면, 최악의 위치는 견인차량(기관차 혹은 제어차) 바로 뒤가 된다.

② 견인차량의 바로 뒤에 연결된 것을 가정하고, 앞서 정의된

표준열차와 아래 상황에서 연결 충돌되어진다고 가정한다(<그림 4> 참조).

- 고정된 벽에 정지한 차량의 절반과 충돌
- 충돌속도는 정면 충돌사고각본의 1/2
- 평가대상 차량은 주행하는 차량의 선두 차량



<그림 4> 단순화된 평가모델

③ 임의의 편성 차량에서 앞뒤의 차량들이 표준열차에 비해 아래와 같은 특성을 갖는다면 해당 차량은 더 이상의 추가적인 평가 없이 운행될 수 있다.

- 뒤 따라오는 차량들의 무게가 더 적거나 동일 할 것
- 앞서 있는 차량들의 무게가 더 적거나 동일 할 것
- 에너지 흡수 구조 붕괴 시 최대 하중이 더 적거나 동일 할 것
- 에너지 흡수 구조 붕괴 시 평균하중이 더 적거나 동일할 것

(2) 해설서

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제35조 ③항에 의하면 철도차량의 충돌 안전설계에 대하여 국토해양부 장관이 방법·조건·평가 등에 대하여 명확하게 규정하도록 법제화되어 있다. 이러한 충돌안전설계의 세부기준 필요성의 배경은 아래와 같다.

(가) 필요성

철도차량은 사고 시에도 승객의 생존 가능성을 최대한 보장하도록 설계/제작/운영되어야 함. 이러한 안전성능을 객관적이고 상호비교 검증하기 위해서는 표준이 되는 충돌사고 시나리오가 필요함.

(나) 해외 배경

· 1990년대 ~ : 세계의 철도 선진국(프랑스, 영국, 독일 등)들은 열차의 충돌 사고 시에도 승객 및 차량의 안전을 최대한 보장하기 위한 강제적 규정을 운용

· 2000년대 ~ : 미국 FRA에서 열차충돌안전에 대한 규정 운용 (세계 최고의 엄격한 수준)

· 2005년대 ~ : 국가 간에도 서로 준용되는 규정 등장 (유럽연합)

(다) 국내 배경

· 2004년 10월 : 철도안전법 제정 공포. 철도안전을 Global Standard 수준으로 향상 시키고자 하는 취지

· 2005년 7월 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제정. (표준충돌사고각본, 평가방법 및 판단기준을 국토해양부에서 정하도록 규정)

· 2007년 7월 : 국토해양부령에 의한 표준충돌사고각본 고시

항목별 내용은 다음과 같다.

① 적용범위

기준의 대상범위를 명확히 선정하고 운행조건에 따라 적합한 사고각본을 적용할 수 있도록 차량을 분류함

② 용어의 정의

세부기준의 이해를 위한 용어를 정의함

③ 표준충돌사고각본

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제35조②항에 근거하여 정면충돌사고각본, 대형장애물 충돌사고각본, 소형장애물 충돌사고각본을 표준사고각본으로 정의하고 각각의 장애물 정의, 각본의 상세를 정의하고, 또한, 예외적 적용이 필요한 경우를 대비해 적용근거를 기술함

④ 충돌안전 성능평가

· 평가방법

차량의 최종적인 충돌안전성능을 평가하기 위한 절차를 기술하였으며, 최종적인 성능평가는 시뮬레이션을 통해 하되, 시뮬레이션 모델의 신뢰성을 보장하기 위해서 검증시험과 검증 시뮬레이션을 비교하도록 절차를 규정함

· 평가항목 및 판단기준

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제35조①항에 근거하여 타고 오름 현상방지, 생존 공간 유지, 충돌에너지 분산흡수 및 소형장애물 충돌에너지 흡수 등의 평가

항목에 관하여 각각 판단기준을 명확히 제시함

⑤ 부록 가. 검증계획안 요구사항

성능평가의 절차 및 판단을 명확히 하기 위해서 구체적 검증계획을 작성하도록 하는 검증계획안을 준비하도록 하고, 검증계획안이 갖추어야 할 최소한의 요구사항을 규정함

⑥ 부록 나. 개별차량의 충돌안전 성능평가 방법

편성단위의 열차가 아닌 단독 차량이 발주되는 경우에 대비하여 단독차량일 경우의 성능평가방법을 별도 지정하여 세부기준의 완전성을 최대한 도모함

충돌안전설계 통칙의 세부기준은 2007.5월부터 작성되어, 관련기관에 송부되어 검토되기 시작하였으며, 운영 처, 제작자, 관련 연구소 등에서 세밀히 검토되었다. 각 기관별 의견수렴을 위하여 철도공사, 제작업체 등에 대해 개별적 회의도 진행되었으며, 관련기관들의 의견을 취합하고 이를 반영·수정한 예를 부록(철도차량 안전기준에 관한지침 개정(안) 의견 검토서)에 보였다. 또한, 최종적인 의견수렴을 위한 "철도차량 안전기준에 관한 지침 개정(안) 검토회의" (2007.6.25)등을 통하여 철도공사, 교통안전공단, 서울도시철도공사, 부산교통공사, 철도차량공업협회 등의 의견을 빠짐없이 수렴하였다.

3. 연결기 연결부의 형태

가. 개요

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제86조(연결기)와 관련된 연결기 연결부의 형태 세부기준을 작성하기 위하여 연결기에 관한 국내외 규정을 조사하여 검토하였으며, 국내에서 사용되고 있는 연결기의 특성을 고려하여 연결기 연결부의 형태 세부기준을 제시하였다.

나. 이론적 배경

연결기(커플러)는 차량을 연결하여 견인력과 제동력을 차체에 전달함으로써 주행이 이루어지도록 하는 장치이다. 연결기는 차량과 차량의 연결 및 해체가 쉬워야 하고, 충분한 강도를 가져야 한다. 곡선·분기점·경사지 등을 통과할 때 차량이 안전하게 주행할 수 있는 기능도 갖춰야 한다. 연결기의 종류는 기관차 및 화차에 주로 사용되는 자동연결기, 전동차에 사용되는 밀착연결기, 고속화차·특급침대차·디젤기관차에 사용되는 밀착식 자동연결기 등이 있다. 이 밖에 특수연결기는 고정편성차에 사용되는 고정연결기와 밀착식 자동연결기 중에는 공기관과 전기회로를 동시에 연결시킬 수 있는 것도 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

연결기 연결부 형태와 관련된 국내외 규정을 조사 검토하였으며, 관련 국내규정은 다음과 같다.

○ 국토해양부령 제455호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국 : CFR(Code of Federal Regulation)

○ 49CFR238 객차안전규정

- 49CFR238.207 연결장치와 차체의 연결

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

○ GM/RT2190 철도차량 기계적, 전기적 연결장치에 대한 요구조건

○ GM/GN2690 철도차량 견인에 대한 지침 - 기계적 연결장치

(다) 유럽

○ UIC 523 자동연결기 호환성에 대한 기술적 요구조건

라. 자료 조사 및 분석

새로운 연결 장치가 도입되거나 기존 연결기 시스템의 중대한 설계변경이 이루어진 경우에는 충분한 시험을 통해 필수요구조건과 특정한 기술적 성능 요구조건을 만족하고 있는지 확인해야 한다. 시험의 형태는 차량이나 연결 장치의 유형, 기존 설계의 변경정도에 따라 달라진다.

연결기 연결부의 형태에 대한 국내외 안전규정의 기술사항을 정리한 내용은 부록 3.4.3-1과 같으며, 규격에 따른 특징을 분석하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 조사 내용 분석

(가) 미국 : CFR(Code of Federal Regulation)

미국의 연방규정 CFR을 조사해본 결과 49CFR238의 샹크에 가해지는 수평 하중조건 외에는 연결기에 관한 특별한 규정이 없다. 이는 미국 내에서 사용되는 연결기가 미국철도협회(AAR)의 규격으로 잘 표준화되어 있기 때문이다.

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

영국의 경우는 미국과 달리 다양한 종류의 연결기가 사용되고 있고, 유럽의 국경을 넘나드는 다양한 국적의 차량과 호환성이 요구되고 있다. 이러한 현실을 반영하여 영국 RGS의 GM/RT2190과 GM/GN2690에는 연결장치에 대한 상세한 요구조건이 명시되어 있다. 특히, 연결기의 기계적인 요구조건과 더불어 전기적인 요구조건도 함께 규정하고 있다. GM/RT2190과 GM/GN2690의 요구조건을 정리하면 다음과 같다.

○ GM/RT2190 철도차량 기계적, 전기적 연결장치에 대한 요구조건

- 아래와 같이 특정 연결기에 무관한 일반 필수 요구 조건을 명시하고 있음.
  - · 기존차와 연결 호환성
  - · 일반적인 설계 요구조건
  - · 객차에 대한 특별한 요구조건
  - · 인장 연결기에 대한 설계 요구조건

· 완충기에 대한 설계 요구조건

· 전기 연결에 대한 요구조건

· 구원 운전을 위한 요구조건

· 연결 호환성에 대한 정보 제공 의무

○ GM/GN2690 철도차량 견인에 대한 지침 - 기계적 연결장치

- 런던 지하철, 경전철, 유로터널 선로 운행차량을 제외한 차량의 자동 연결기의 기계적 특성 명시

· 현재 사용 중인 장치

· 새로운 시스템 도입 시 고려사항

· 연결 호환성

· 구원 운전

(다) 유럽

UIC 규정을 살펴보면 유럽 내에서 사용되는 다양한 연결기들에 관한 요구조건들이 명시되어 있다. 특히 자동 연결 장치의 기술적 요구조건을 규정하고 있는 UIC 523에는 연결면 윤곽 치수, 록킹 장치의 제한 위치, 안내 보강면 치수, 관절부 상세 형상, 관절부 수직면 상세치수, 접촉 연결부 간격 상세 치수, 공기 연결부 상세, 라인 연결부 상세, 전기 연결부 상세, 라인 연결부 운동 범위, 정상 마찰 상태의 힘, 해방 레버, 해방 레버 베어링 등이 명시되어 있다.

(라) 국내규정

국내의 연결기 규정을 살펴보면, 국토해양부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제86조에 자동연결기의 사용, 연결기 중심높이, 연결 장치 풀림방지, 연결기의 운동범위, 강도조건, 가시적 결합여부 확인 등을 명시하고 있으며, 연결부의 형태는 하위지침에서 규정하도록 되어 있다.

(2) 지침(안) 작성 방향 제안

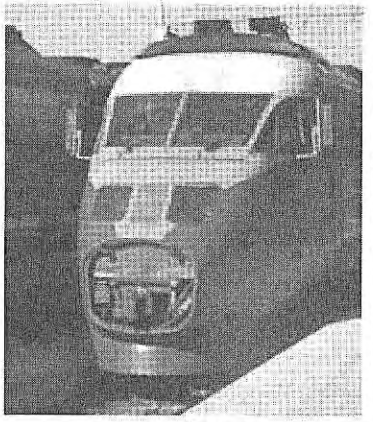
연결기 연결부의 형태와 관련된 국내외 자료들을 살펴보면 각국에서 사용되는 연결기 실정을 고려하여 세부기준을 마련하고 있다. 국내 연결기 실정에 맞게 지침(안)을 작성하기 위해서는 우선 국내 연결기 사용현황을 파악해야 한다.

우리나라 철도 본선에 운행 중인 철도차량에 장착된 자동 연결기는 미국 AAR의 연결 윤곽선을 기본으로 하고 있으며 연결기의 인장 및 압축 강도의 중요 부위인 샹크의 크기만 미국의 기관차 및 화차의 경우 압축 강도가 1,000,000파운드(약 465 톤), 객차의 경우 800,000 파운드(약 362톤)에 비해 우리나라 및 일본의 경우가 화차 및 기관차의 경우 압축 강도가 220톤 이고 객차인 경우 120톤을 표준으로 사용해온 바 이에 상응하여 연결기의 샹크 크기를 갖게 변경하여 개발한 일본의 "시비다"식의 연결기를 도입하여 현재에 이르고 있고, 전동차의 자동 밀착식 연결기는 1974년 서울 지하철 1호선 개통 시 일본으로부터 차량이 도입되면서 일본에서 표준으로 사용되어 오던 전동차용 자동 밀착식 연결기가 도입되면서, 그 것이 우리나라 지하철 전동차의 표준으로 정착되어 온 것이다.

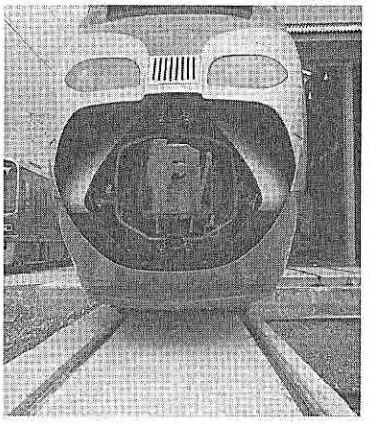
아래 그림들은 현재 국내에서 사용되고 있는 연결 장치들을 보여주고 있다.



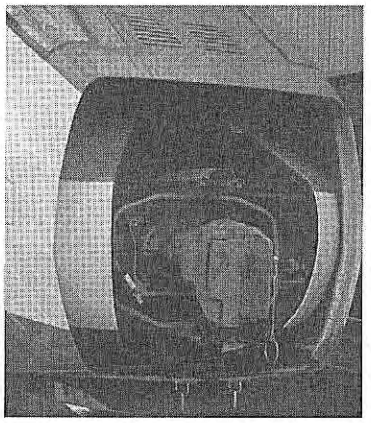
무궁화



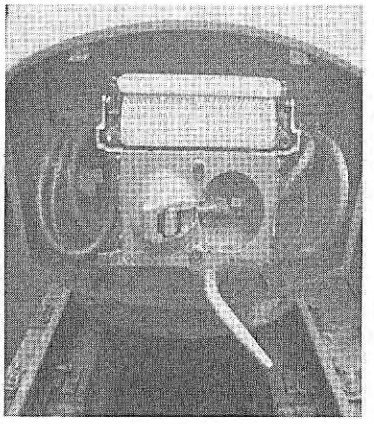
구형 새마을



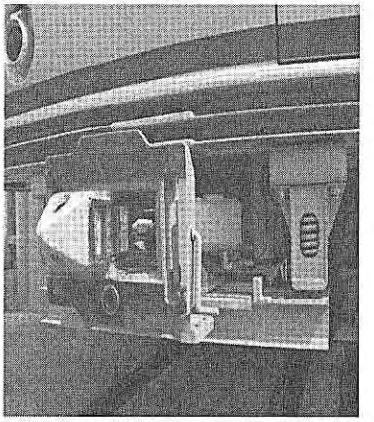
KTX



G7



중련운전용 복합연결기



전동차

그림 3-4-4 국내 사용되는 연결 장치 사례

이런 배경 하에서 연결기 윤곽은 기존 차량과의 연결 호환성을 고려하여 철도 본선용 기관차, 객차, 화차를 위한 연결기는 미국 AAR 윤곽선을 표준으로 규정하는 것이 합리적이며, 지하철 전동차의 경우 1974년 서울 지하철 1 호선 전동차에 적용된 자동 밀착식 연결기의 윤곽선을 표준으로 규정하는 것이 합리적이다.

향후 우리나라 철도차량, 특히 지하철 전동차의 경우, 고장 편성의 개념의 열차 편성 조건에 따라 운영의 효율성과 전기적인 연결의 안전성 제고를 위해, 이미 국제적으로 지하철 차량은 기계적인 연결(공기 관 연결 포함) 뿐만 아니라 전기적인 열차 배선의 연결이 하나의 종합된 연결기에 의해 기능이 수행되도록 하는 것이 표준화되어 가고 있다. 이러한 추세에 맞추어 우리 지하철 전동차의 연결기도 기존차와의 연결 호환성을 위해 기계적 연결 윤곽은 기존 자동 밀착 연결기의 윤곽을 유지하되, 전기 연결기의 통합화 방향으로 불가피하게 발전해 갈 것이다. 이러한 향후 기술 발전 동향에 맞추어 일반적으로 연결기가 갖추어야 하는 요구 조건, 전기 연결기의 일반적이 요구조건, 구원운전 요구조건 및 연결 호환성에 대한 정보 제공 등록 의무를 규정으로 추가하여야 할 것이다.

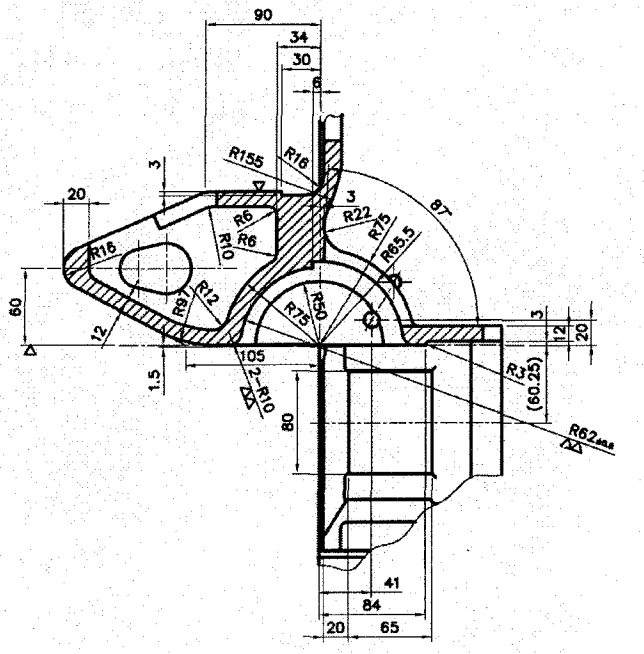
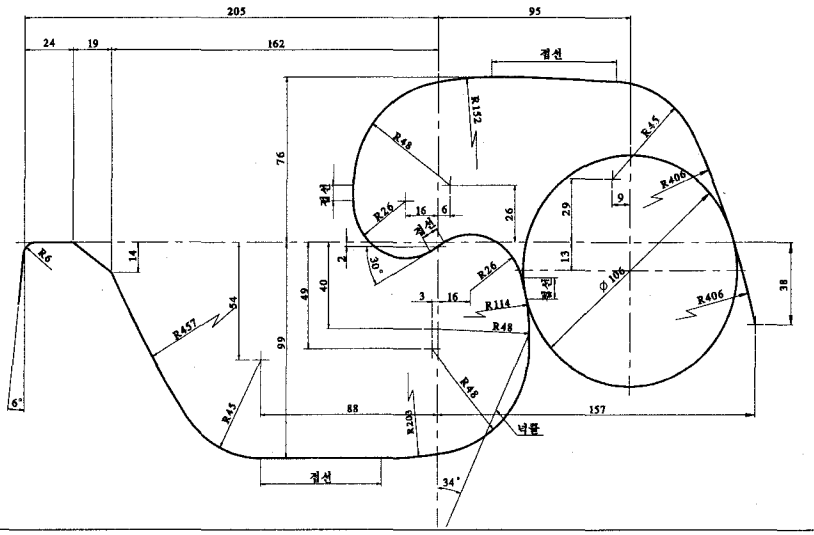
마. 기준 및 해설서

(1) 연결기 연결부 형태의 세부 기준

가. 고정편성 철도차량의 경우 중간차량 간 상호 연결부는 볼트 체결에 의한 연결방식을 사용할 수 있다.

나. 규칙 제86조제2항의 규정에 의한 연결기 연결부의 형태 세부기준은 아래 표와 같다.

치수단위: 밀리미터

구분	연결부 윤곽
도시철도	
일반철도 고속철도	

(2) 해설서

이 조문은 철도차량 안전기준에관한 규칙(이하 "규칙") 제86조제2항에 의하여 연결기 연결부의 형태에 관한 세부기준을 규정하는 것으로, 철도차량 연결장치의 기계적 연결호환성을 확보하여 비상시 구원운전에 지장이 없도록 함을 목적으로 한다.

(가) 규칙 제86조제1항, 제2항

제86조(연결기) ①철도차량의 양단에는 자동으로 연결되는 구조를 가진 연결기가 설치되어야 한다. 다만, 관절형식의 주행장치구조를 갖는 철도차량은 선두 차량의 앞쪽을 제외하고는 그러하지 아니하다. ②제1항의 규정에 의한 연결기는 그 연결부에서의 형태는 국토해양부장관이 정하는 기준에 적합하여야 한다. 다만, 밀착식 연결기 등 연결기와 서로 연결하여 사용할 수 있는 것인 경우에는 그러하지 아니하다.

【해설】

편성운전을 원칙으로 하는 철도차량에 있어서 열차의 조성과 해방은 매우 빈번하게 일어나는 작업이다. 열차의 원활한 조성을 위해서는 철도차량의 연결 장치가 서로 잘 맞물리도록 설계되어야 한다. 특히 열차의 고장과 같은 비상상황 시에는 신속한 구원운전이 필수적인데, 기계적 연결호환성은 비상시 구원운전을 가능하게 하는 최소한의 요건이다.

관절대차에 의한 연결방식을 제외하면, 현재 국내 철도차량의 연결 장치는 연결부의 형태에 따라 크게 4가지로 분류된다. 먼저, 일반철도의 객차, 동력차 및 화차와 고속철도의 동력차에 사용되는 AAR형(시바다식) 연결기가 있고, 도시철도에 사용되고 있는 전동차용 밀착연결기, 신형새마을기관차에 사용되고 있는 중련운전용 복합연결기, 마지막으로 고정편성열차의 중간차 상호연결에 사용되는 반영구식 연결기가 있다.

고정편성열차의 경우 중간차의 상호연결을 위해 볼트체결에 의한 연결방식이 종종 사용되고 있는데, 이러한 반영구식 연결기의 경우는 다른 철도차량과의 기계적 연결호환성이 요구되는 것이 아니므로 본 조문에 적용을 받지 않는 별도의 예외조항으로 규정하였다.(제1항)

국내의 여건을 고려하여 연결기 연결부의 형태를 도시철도와 일반/고속철도의 두 가지로 구분하였고, 각각에 대하여 대표적인 연결부 윤곽 형상을 제시하였다. (제2항) 제시된 형상의 연결기와 연결하여 사용할 수 있는 연결기들은 규칙 제86조제2항의 "다만, 밀착식 연결기 등 연결기와 서로 연결하여 사용할 수 있는 것인 경우에는 그러하지 아니하다"는 예외조항을 적용받는 것으로 본다.

중련운전용 복합연결기의 경우 기관차에 구비되어 있는 구원연결기를 복합연결기 앞에 끼우면 AAR형(시바다식) 연결기와 연결할 수 있으므로 규칙 제86조제2항의 예외조항에 적용받는 것으로 보아 연결부 형태를 별도로 규정하지 않는 것이 합리적이다.

4. 객실의자 안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.8은 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 열차 의자에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제48조에는 의자틀이 충분한 강도를 가져야 하고 객실의자는 충돌사고 발생 시 충격을 흡수할 수 있는 구조로 설계되어야 한다고 규정되어 있는데, 구체적인 강도기준이나 평가방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도차량 의자에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 의자안전기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

의자안전기준의 설계기준은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 의자의 구조강도 기준을 구체적으로 제시할 것
- 표준충돌사고 발생 시 의자가 차체로부터 이탈하지 않을 조건을 구체적으로 기술 할 것

나. 이론적 배경

철도차량의 의자는 탑승자에게 편안함과 안전함을 동시에 제공해야 한다. 안전 측면에서 의자는 일상적인 운행상태에서 발생하는 하중에 견딜 수 있는 강도를 가져야 하고, 충돌사고와 같은 비상상황에서는 탑승자의 운동을 제한하는 보호막 역할을 할 수 있어야 한다.

일상적인 운행상황에서 발생하는 하중은 탑승자가 의자에 앉았을 때 의자 등받이에 전달되는 하중, 의자 쿠션에 전달되는 하중, 팔걸이에 전달되는 하중 등이 있는데, 이러한 하중 상황에서 의자에 영구변형이 발생하거나 파손되지 않아야 한다.

철도의 경우에는 자동차와 달리 안전벨트가 없으므로 충돌사고 발생 시 탑승자가 객실 내에서 관성 운동을 하게 되고, 인접한 의자에 충돌하게 된다. 이러한 상황에서 의자가 충분한 강도를 갖지 못한다면 의자 등받이가 꺾이면서 탑승자가 의자를 타고 넘거나, 최악의 경우, 탑승자와 함께 의자가 날라 갈 수 있다. 충돌사고

시 의자가 차체에서 분리되게 되면 탑승자의 부상이 심화될 수 있고, 생존한 탑승자의 탈출 공간 확보도 보장할 수 없다. 따라서 철도차량의 의자는 충돌안전설계의 기준이 되는 표준충돌사고각본 상황에서 차체에서 분리되지 않고 탑승자의 관성 운동을 제한할 수 있어야 한다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 국토해양부령 제35호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙
- 국토해양부령 제4호 : 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 영국

- 철도그룹규격(Railway Group Standard)의 GM/RT2100 (강제규정)
- 철도운영자협회(ATOC)의 AV/ST9001 (설계가이드라인)

(나) 유럽

- UIC 556

(다) 미국

- 미연방규정 객차안전기준(49CFR238)

라. 자료 조사 및 시험 분석

(1) 국내 관련 규정 검토

철도차량 의자에 대한 국내의 안전기준을 살펴보면 의자틀이 충분한 강도를 가져야 하고 객실의자는 충돌사고 발생 시 충격을 흡수할 수 있는 구조로 설계되어야 한다는 원칙만 제시되어 있다. 따라서 의자의 구체적인 정적 강도 조건, 동적 강도 조건 및 평가기준 등이 마련되어야 할 것이다.

(가) 철도안전법

철도안전법의 철도차량 의자 관련 안전기준은 동법 시행규칙인 국토해양부령 제 455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제48조에서 찾아볼 수 있는데, 의자틀이 충분한 강도를 가져야 하고 객실의자는 충돌사고 발생 시 충격을 흡수할 수 있는 구조로 설계되어야 한다는 원칙만 언급하고 있으며 구체적인 수치는 제시되어 있

지 않다.

<철도차량 안전기준에 관한 규칙 제48조>

제48조(의자 및 선반 등) ① 의자틀 및 선반을 고정시키는 부분은 여객·수화물 등의 하중에 의하여 파손되거나 변형되지 아니하여야 하며, 열차운행상태에서 발생하는 진동 등에 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 한다. ② 객실의 의자는 여객의 안전을 위하여 주행하거나 충돌사고가 발생한 경우에 충격을 흡수할 수 있는 구조로 설계되어야 한다.

(나) 도시철도법

도시철도법의 의자 관련 안전기준은 동법 시행규칙인 국토해양부령 제231호 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제37조에 다음과 같이 제시되어 있다.

<도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제37조>

제37조 (의자 및 선반) ① 의자 틀 및 선반을 고정시키는 부분은 운행 중에 느슨해지거나 파손되지 아니하도록 충분한 강도를 가져야 한다. ② 의자 틀 및 선반은 승객이나 수화물 등의 하중 작용 시 파손 또는 소성변형이 없어야 한다.

(2) 해외 관련 규정 검토

(가) 영국

철도차량 의자에 대한 영국의 안전기준은 철도그룹규격(Railway Group Standard)의 GM/RT2100과 철도운영자협회(ATOC)의 철도차량기준인 AV/ST9001에서 찾아볼 수 있다. GM/RT2100의 10절에는 차체에 부착되는 장치가 가져야 할 강도요구조건이 제시되어 있다. 강제규정인 GM/RT2100과는 달리 AV/ST9001은 철도운영자협회에서 제공하는 설계가이드라인으로 유럽의 충돌안전 프로젝트의 최신 연구결과들이 상당수 포함되어 구체적이고 자세한 요구조건을 제시하고 있다. 또한, 자동차 충돌안전 평가 시 사용되는 상해치 기준들이 철도차량에 대하여 제시되어 있는 유일한 규격이다.

<GM/RT2100 철도차량의 구조체 요구조건>

10. 차체에 부착된 장치

10.1 차체에 직접 혹은 간접적으로 부착된 구성품 혹은 장치들을 일상적인 운행 조건에서 고정되어 있어야 하며, 가능하면 탈선, 과도조차 및 가벼운 충돌 상황에서 고정부가 파손되지 않아야 한다.

10.2 본 규정에서 제시된 가속도와 하중은 전체 차체의 가속도에만 관련된 것이다. 장치에 작용하는 국부적인 가속도, 하중 및 공진 등이 추가적으로 고려될 수 있다.

10.3 장치와 그 고정부는 아래의 하중을 견딜 수 있어야 한다. 하중은 가속도 계수에 의해 결정되며 그 크기는 아래 표와 같다. 하중은 여러 가능한 조합으로 작용한다고 가정한다.

a) 종방향 하중 $F_x = \pm Ma_x g$

b) 횡방향 하중 $F_y = \pm Ma_y g$

c) 수직방향 하중 $F_z = M(1 \pm a_z)g$ (중력의 효과를 고려)

가속도	차량 유형		
	여객차량	비여객차량	화물차량
a_x	5	3	5
a_y	1	1	1
a_z	2	2	2

10.4 장치와 그 고정부는 아래에 제시된 피로하중이 작용할 때 파괴확률 2.5% 이내에서 10^7사이클 이상의 피로수명을 가져야 한다. 하중은 가속도 계수에 의해 결정되며 그 크기는 아래 표와 같다. 일반적으로 각 하중은 독립적으로 작용한다고 가정하고 손상정도는 각각의 하중에 대한 손상을 합하여 계산한다.

a) 종방향 하중 $F_x = \pm Ma_x g$

b) 횡방향 하중 $F_y = \pm Ma_y g$

c) 수직방향 하중 $F_z = M(1 \pm a_z)g$ (중력의 효과를 고려)

가속도	차량 유형		
	여객차량	비여객차량	화물차량
a_x	0.2	0.2	0.3
a_y	0.15	0.3	0.4
a_z	0.15	0.3	0.4

<AV/ST9001 차량 내장품 충돌안전성>

6. 의자

6.1 일반사항

모든 의자는 차체에 단단히 고정되어 있어야 한다. 의자와 의자 고정부는 규정된 정적하중에 대하여 영구변형 없이 견딜 수 있으며 본 규정에 따르는 동적 충돌 시뮬레이션에서 상해치 기준을 만족하도록 설계되어야 한다.

규정된 정적하중보다 큰 하중이 작용하는 경우에는 상해를 유발하지 않는 형태로 소성변형을 하거나 파손되어야 한다.

탄성범위 내에서는 의자에 작용하는 종방향 하중에 의한 변형이 뒷좌석 혹은 앞좌석의 생존공간을 침범하지 않아야 한다.

6.2 횡방향 의자

횡방향의자는 등받이가 높아야 한다. 의자의 최상단은 95 백분위수 남성 머리의 무게중심보다 최소한 25mm 이상 높아야 한다. 의자 등받이는 5 백분위수 여성에서 95 백분위수 남성의 머리를 모두 지지할 수 있어야 한다.

의자와 그 고정부는 아래의 정하중 조건에서 영구변형 없이 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

a) 횡방향의자 등받이의 최상단부의 중심에 위치한 폭 250mm와 깊이 50mm의 영역에 ±1500N의 하중을 길이방향으로 부과한다(단, 칸막이 설치형은 포함되지 않음). 복열의자인 경우 하중을 각 좌석에 같은 방향으로 동시에 적용한다.

b) 의자쿠션 상단의 중심부에서 폭 380mm와 깊이 200mm의 영역에 2000N의 수직하중을 아랫방향으로 부하한다. 복열의자일 경우 각 좌석에 본 하중을 동시에 부하한다.

6.3 종방향 의자

종방향 의자와 그 고정부는 아래의 정하중 조건에서 영구변형 없이 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

a) 의자쿠션 상단의 중심부에서 폭 380mm와 깊이 200mm의 영역에 2000N의 수직하중을 아랫방향으로 부하한다. 복열의자일 경우 각 좌석에 본 하중을 동시에 부하한다.

6.4 팔걸이

의자팔걸이는 승객의 가로방향 거동을 충분히 견뎌야 한다. 횡방향의자의 팔걸이는 출입과 탈출이 용이하도록 접히는 형식이며 같은 높이의 등받이 쿠션 또는 의자 틀 에 삽입되어야 한다.

팔걸이는 다음의 정하중에 충분히 견딜 수 있게 설계되고 시험되어야 한다.

a) 횡방향의자는 팔걸이의 끝단에서 가로방향으로 ±1700 N

b) 종방향의자는 팔걸이의 끝단에서 가로방향으로 ±750 N

c) 팔걸이의 끝단에서 수직방향으로 1700 N

파손에 이르는 높은 하중에 대한 경우 팔걸이는 상해를 유발하지 않는 형태로 소성변형을 하거나 파손되어야 한다.

6.5 의자 구성품의 안전성

의자 쿠션, 등받이 쿠션 및 머리받침은 GM/RT 2100에 명기된 가속도와 관성력 조건에서 본 기준에 정의된 동적 충돌시뮬레이션 테스트 동안 의자프레임과 분리되지 않아야 한다.

6.6 횡방향 의자의 상해치 기준

의자는 부록 B와 C에 따라 시험되어야 한다. 이 시험은 착석한 승객이 심각한 부상을 입지 않음을 판정하는 것이다.

6.6.1 한 방향으로 배열된 횡 방향 의자는 상기시험에서 6.1에 따라 원상태를 유지하고, 의자부착부가 견고하게 고정되어 있으며 아래의 상해기준을 모두 만족하는 경우 요구조건을 만족한다고 판정한다.

a) 전체 충돌펄스동안 머리상해지수(HIC)가 500 이하인 경우

b) 3ms이상동안 머리의 최대가속도가 80g를 초과하지 않는 경우

c) 목의 숙임 굽힘모멘트가 190Nm를 초과하지 않는 경우

d) 목의 젖힘 굽힘모멘트가 57Nm를 초과하지 않는 경우

e) 대퇴부의 최대 압축하중이 운전실의 경우 10kN 다른 지역에서는 4kN을 초과하지 않는 경우

f) 무릎 미끄러짐에 의해 측정되는 변위가 12mm를 넘지않는 경우

g) 경골(정강이뼈) 상해지수가 0.75를 넘지않는 경우

(나) 미국

철도차량 의자에 대한 미국의 안전기준은 미연방규정 객차안전기준(49CFR238)에서 찾아볼 수 있는데, 열차의 운행속도에 따라 의자의 고정부가 견뎌야 할 하중조건이 종방향, 횡방향, 수직방향으로 구분되어 제시되어 있으며, 뒷좌석 승객이 앞좌석의 등받이에 충돌하는 하중에 대하여도 구체적으로 제시되어 있다. 또한, 고속열차의 경우에는 뒷좌석 승객이 앞좌석의 등받이에 충돌하였을 때 심각한 상해를 입지 않도록 등받이 설계 시 충격완화 재질을 포함하도록 규정하고 있다.

<미연방규정 객차안전기준 49CFR238>

49CFR238.233 내장품 고정 및 표면(운행속도 200km/h 이하)

(a) 객차의 모든 의자는 아래기준을 만족해야 한다.

(1) 의자 자체의 무게에 대하여 횡방향으로 4g의 가속도 혹은 상향 수직방향으로 4g의 가속도가 개별적으로 작용할 때 각각의 하중에 견딜 수 있도록 차체에 단단히 고정되어 있어야 한다.

(2) 아래의 하중이 작용할 때 차체에 고정되어 있어야 한다.

① 의자의 질량에 작용하는 8g의 종방향 관성력

② 최대 8g, 지속시간 250ms인 삼각펄스의 감속도가 작용할 때 뒷좌석에 앉아 있는 95 백분위수 성인 남성이 의자 등받이에 충돌하여 발생되는 하중

(f) 운전실 의자는 의자와 95 백분위수 성인 남성의 질량을 합한 값에 아래의 개별적인 가속도가 작용할 때 차체에 고정되어 있어야 한다.

(1) 종방향: 8g

(2) 횡방향: 4g

(3) 수직방향: 4g

49CFR238.435 내장품 고정 및 표면(운행속도 200km/h 이상 240km/h 이하)

(a) 객차의 의자 및 등받이 고정부는 최대 8g, 지속시간 250ms인 삼각펄스의 감속도가 작용할 때 뒷좌석에 앉아 있는 95 백분위수 성인 남성이 의자

등받이에 충돌하여 발생되는 하중에 전체적인 손상이 없이 변형으로 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

(b) 객차의자의 등받이는 뒷좌석 승객의 충돌을 완충할 수 있는 충격완화 재질을 포함하고 있어야 한다.

(c) 차체와 의자 고정부의 극한강도는 아래의 가속도가 의자와 95 백분위수 성인 남성의 질량을 합한 값에 개별적으로 작용할 때 충분히 견딜 수 있어야 한다.

(1) 횡방향: 4g

(2) 수직방향: 4g

① 의자의 부착강도에 대한 규정이 만족됨을 보이기 위해 썰매시험(sled test)을 하는 경우에는 썰매시험에 사용되는 의자 구조체와 의자 고정부가 실제 철도차량의 상황을 대표할 수 있어야 한다.

<UIC 566 OR 객차 차체 및 구성품에 대한 하중조건>

2. 객차 구성품

2.1 시험하중

의자(의자 하나 당), 부록 7 참조

- 지지부 상단(등받이 상단)의 임의의 점에 수평방향으로 1500N
- 팔걸이 앞단에 수직 및 수평 방향으로 750N
- 의자 앞쪽 모서리에서 상방향 1200N 또는 하방향 1000N(의자 구조를 고려하여)

접이식 테이블: 테이블 중앙에 하방향으로 750N

접이식 의자: 의자 중앙에 하방향으로 1000N

4. 시험조건 및 방법

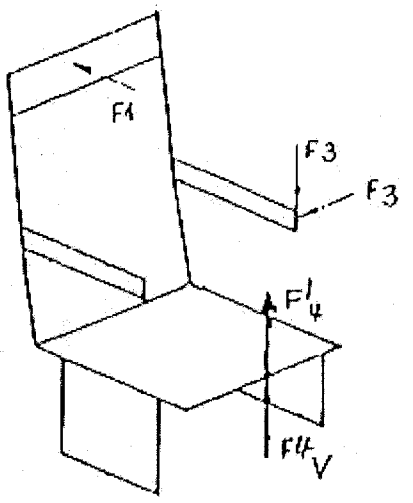
4.2 객차 구성품

4.2.1.3 의자

시험의 목적은 의자 지지부 및 부속품(팔걸이, 테이블)을 검사하는 것이다. 시험하중은 연속적으로 한 의자 당 3번씩 부과된다. 시험하중은 적절한 장치를

사용하여 0N에서 부록 7에 규정된 시험하중까지 점진적으로 부과된다. 시험하중은 적어도 1초 이상 유지되어야 한다. 시험하중에 도달하는 동안 시험장비는 분당 100±20mm의 속도를 유지하여야 한다.

부록 7 의자, 접이식 테이블 및 접이식 의자



F1 지지부 구조(좌석 1개 당)의 상단 임의의 지점에 380×80mm 면적에 수평방향으로 1500N

F3 개별 의자에 수직과 수평방향으로 750N. 칸막이가 설치된 경우는 수직하중만 적용함.(주)

F4 380×220mm의 착석 면에 수직 하방향으로 1000N 또는

F4 의자 구조에 따라 의자의 앞쪽 모서리에 수직 상방향으로 1200N.(주)

접이식 테이블

중앙부위에 수직방향으로 750N

접이식 의자

착석 면 중앙에 수직방향으로 1000N

(주) 지름 250mm 모서리 반지름 25mm의 펀치 사용

미국의 경우를 살펴보면 미연방규정 객차안전기준(49CFR238)에 열차의 운행속도에 따라 의자의 고정부가 견뎌야 할 하중조건이 종방향, 횡방향, 수직방향으로 구분되어 제시되어 있으며, 뒷좌석 승객이 앞좌석의 등받이에 충돌하는 하중에 대하여도 구체적으로 제시되어 있다. 또한, 고속열차의 경우에는 뒷좌석 승객이 앞좌석의 등받이에 충돌하였을 때 심각한 상해를 입지 않도록 등받이 설계 시 충격완화 재질을 포함하도록 규정하고 있다.

영국의 경우를 살펴보면 GM/RT2100에 차체에 부착되는 장치가 가져야 할 강도요구조건이 제시되어 있고, AV/ST9001에는 횡방향의자, 종방향의자, 팔걸이 및 기타 구성품에 대한 강도기준과 뒷좌석 승객의 충돌에 대한 강도기준이 상세하게 제시되어 있다.

UIC 기준을 살펴보면 UIC 566 OR에 의자의 고정부가 견뎌야 할 하중조건이 수평방향, 수직방향으로 구분되어 제시되어 있으며, 팔걸이 및 접이식 테이블에 대한 하중조건도 제시되어 있다. 또한, 의자에 대한 정하중 시험조건 및 방법도 제시되어 있다.

미국의 강도기준이 전체적으로 영국 및 UIC 기준보다 높게 규정되어 있는데, 이는 미국의 철도차량이 유럽보다 크고 무겁기 때문이다. 우리나라의 철도차량은 미국보다 유럽과 비슷하므로 유럽의 강도기준에 부합하도록 하는 것이 좋다. 따라서 영국의 AV/ST9001을 바탕으로 국내의 의자안전기준을 제시하고자 한다.

(3) 국내철도차량 의자 강도분석

(가) 정적강도시험

국내에는 철도차량 의자에 대한 특별한 강도규정이 없으므로 본 연구에서는 UIC의 정적강도규정(UIC 566 OR)을 적용하여 국내 철도차량의자의 정적강도를 시험해 보았다. KTX의자의 경우에는 UIC 정적강도규정을 만족하도록 설계되었고, 검증시험도 이미 수행되었으므로 시험대상은 무궁화 의자와 새마을 의자로 제한하였다.

그림 3-4-5 및 그림 3-4-6은 정적강도시험에 사용된 무궁화 의자 및 새마을 의자를 보여주고 있다. 시험방법은 UIC 566 OR 규격에서 제시한 방법을 사용하였으며, 등받이 상단의 전후방 하중과 의자쿠션받침의 수직하중 조건에서 의자프레임의 정적강도를 평가하였다.



그림 3-4-5 무궁화 의자

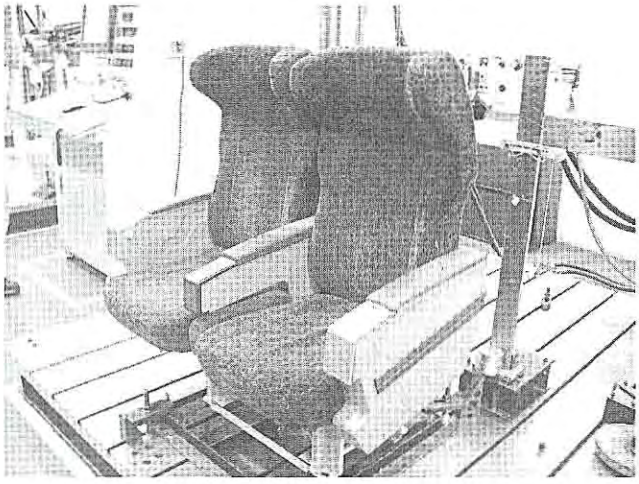


그림 3-4-6 새마을 의자

그림 3-4-7과 그림 3-4-8은 무궁화의자 등받이의 전후방 정적강도시험장면을 보여주는 것으로, 최대시험하중에 도달하기 전에 의자프레임에 과도한 변형이 발생함을 확인하였다. 그림 3-4-9는 수직방향 정적강도시험장면을 보여주는 것으로 최대시험하중에서 기준을 초과하는 영구변형이 발생함을 확인하였다.

그림 3-4-10과 그림 3-4-11은 새마을의자 등받이의 전후방 정적강도시험장면을 보여주는 것으로, 최대시험하중에 도달하기 전에 의자프레임에 과도한 변형이 발생함을 확인하였다. 그림 3-4-12는 수직방향 정적강도시험장면을 보여주는 것으로 최대시험하중에서 기준을 초과하는 영구변형이 발생함을 확인하였다.

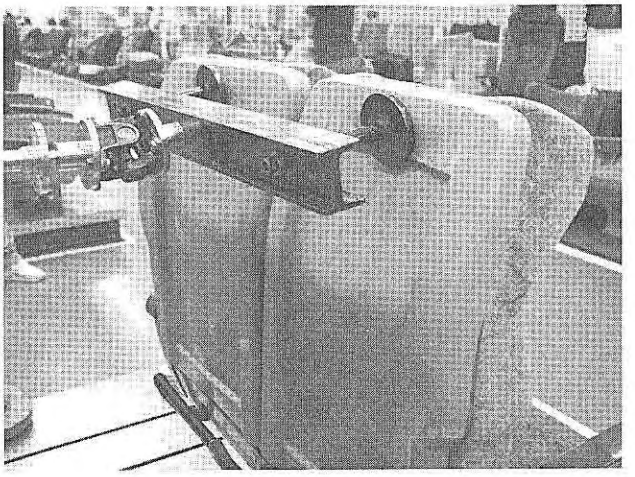


그림 3-4-7 무궁화의자 등받이강도시험(전방)

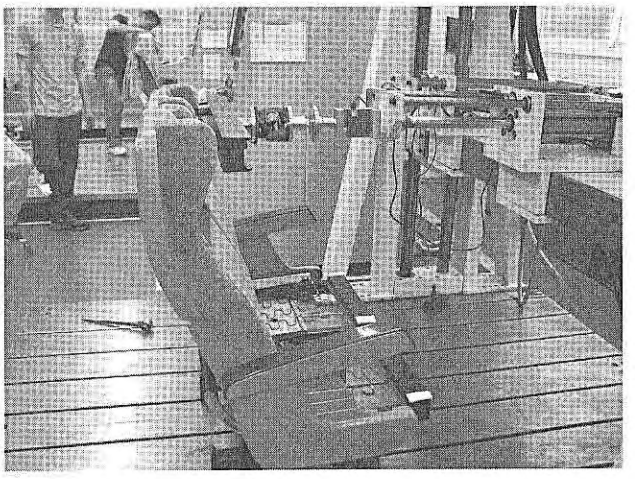


그림 3-4-8 무궁화의자 등받이강도시험(후방)

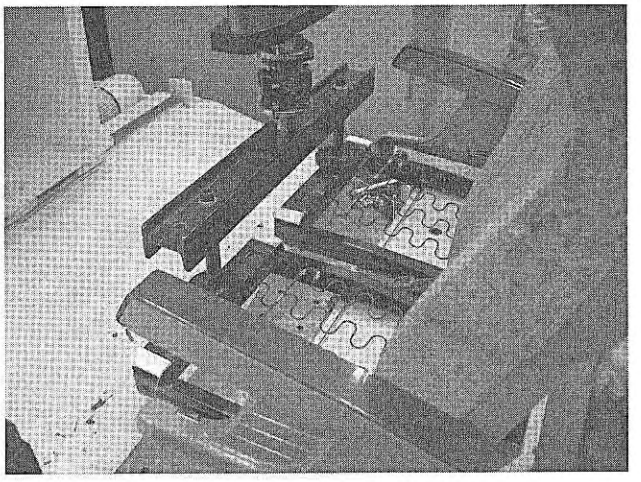


그림 3-4-9 무궁화의자 수직방향 강도시험

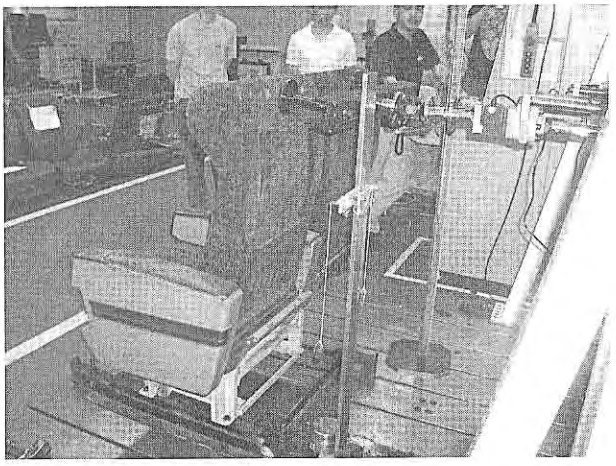


그림 3-4-10 새마을의자 등받이강도시험(전방)

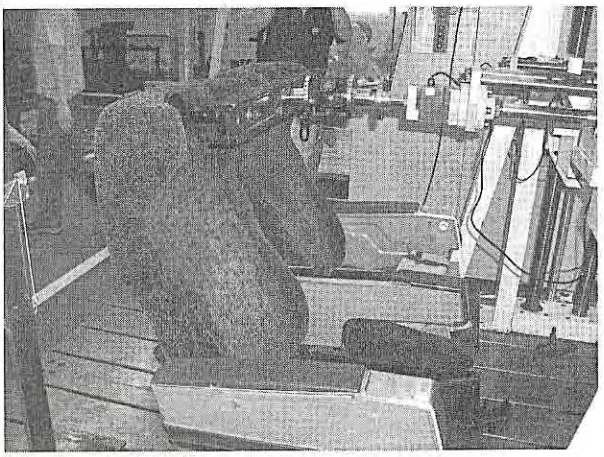


그림 3-4-11 새마을의자 등받이강도시험(후방)

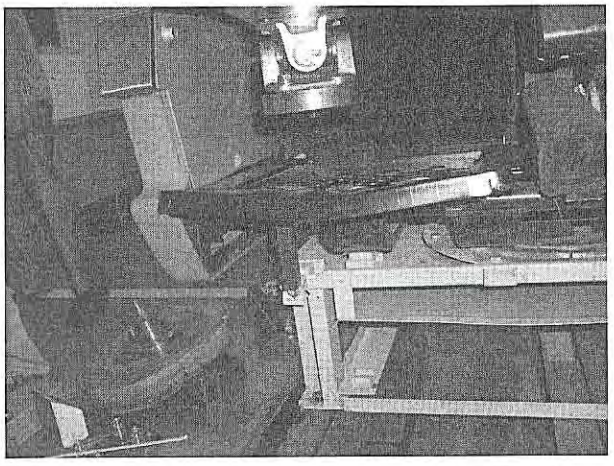


그림 3-4-12 새마을의자 수직하중시험

(나) 충격강도시험

국내 철도차량의자의 뒷좌석 승객에 의한 충격강도를 평가하기 위해 유럽의 SAFETRAIN 프로젝트에서 제안된 감속도 파형을 사용하는 AV/ST9001 기준을 적용한 Sled 시험을 수행하였다. 충격강도시험은 무궁화의자, 새마을의자, KTX 특실 1인석, 특실 2인석, 일반실 등 총 5종을 대상으로 수행되었다.

시험결과 회전판이 보강된 신규 무궁화의자와 새마을의자의 경우 뒷좌석 승객의 충격에 의해 의자가 이탈하는 현상은 발생하지 않았고, KTX의자의 경우는 뒷좌석 승객의 충격에 의해 의자고정부가 모두 파손되었다.

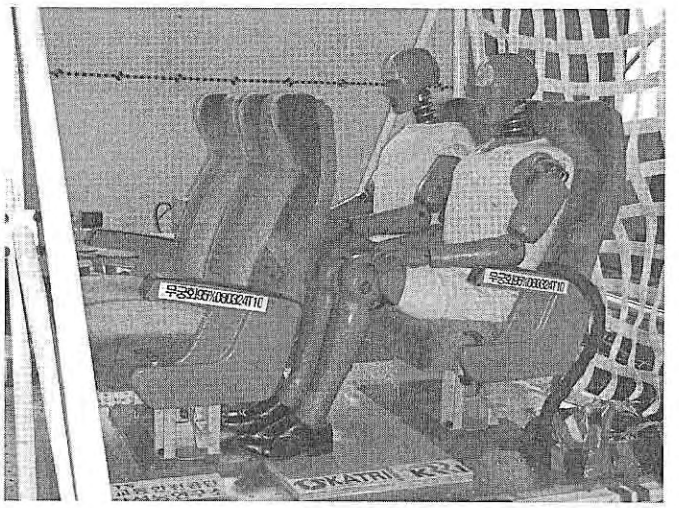


그림 3-4-13 무궁화의자 충격강도시험

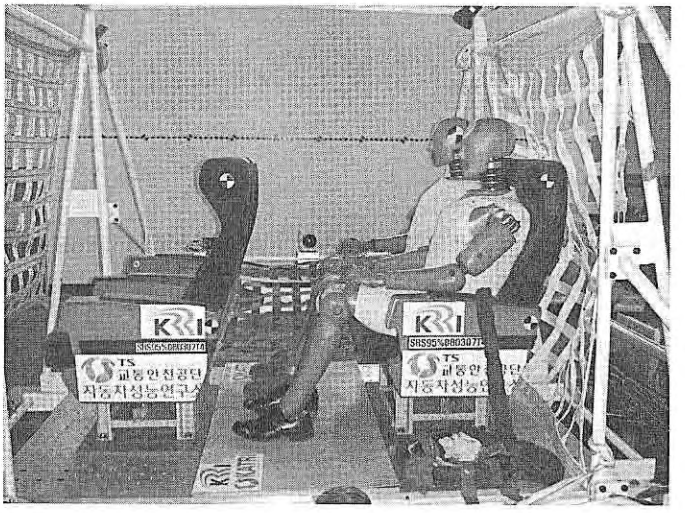


그림 3-4-14 새마을의자 충격강도시험

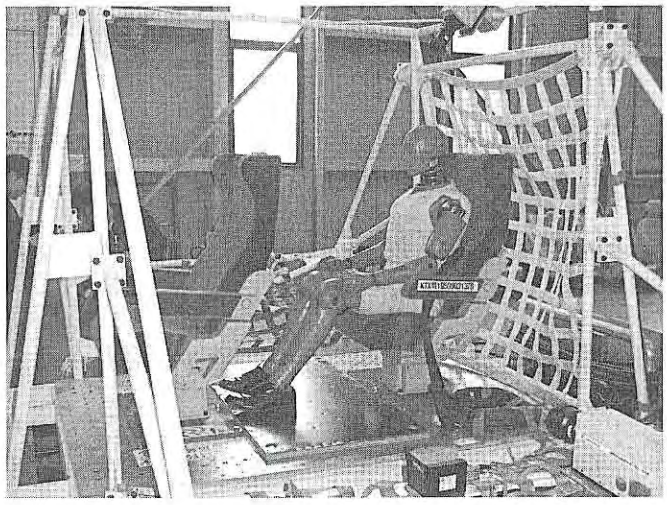


그림 3-4-15 KTX 특실의자 충격강도시험

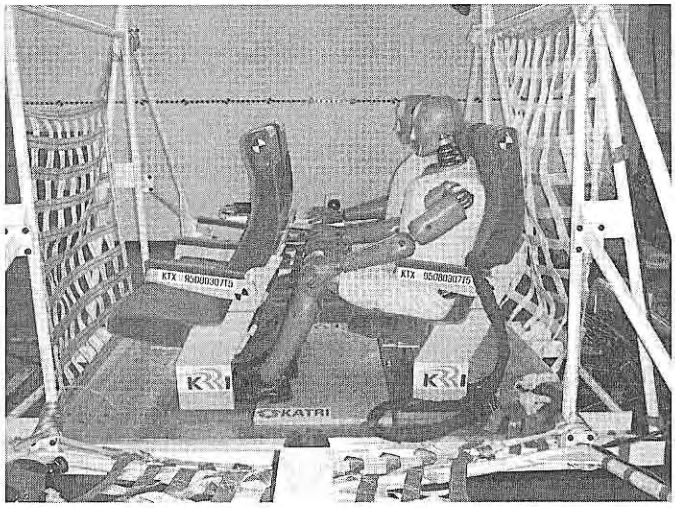


그림 3-4-16 KTX 일반실의자 충격강도시험

(다) 시험결과 종합분석

표 3-4-6은 국내 철도차량의자의 강도시험결과를 보여주고 있다. 무궁화의자와 새마을의자는 UIC 정적강도기준을 만족하지 못하고 있고, KTX의자는 UIC의 정적강도기준을 만족하고 있음을 확인하였다. 그러나 충격강도의 경우는 KTX의자가 모두 만족하지 못한 반면, 신규로 제작된 무궁화의자와 새마을의자는 충격강도규정을 만족하고 있음을 확인하였다.

표 3-4-6 국내 철도차량의자 강도시험 결과

의자 종류		정적강도규정	충격강도규정
무궁화		불합격	일부 불합격
새마을		불합격	합격
KTX	특실 1인석	합격	불합격
	특실 2인석	합격	불합격
	일반실	합격	불합격

표 3-4-6에서 볼 수 있듯이 국내 철도차량의자에 대한 강도기준이 시급히 마련될 필요가 있고, 이러한 강도기준에는 정적강도에 대한 규정과 충격강도에 대한 규정이 모두 포함되어야 할 것이다.

마. 기준 및 해설서

(1) 실내의자 안전기준

1. 적용범위

철도차량용 의자의 강도요구조건 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 하중조건

(1) 횡방향 의자

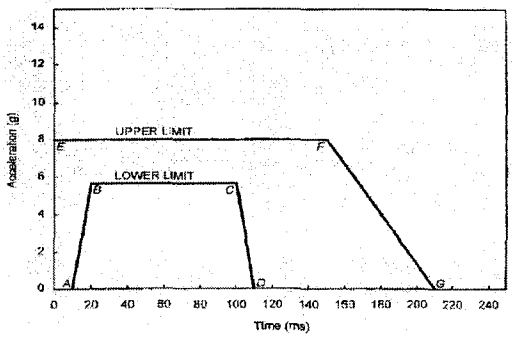
- 등받이 최상단 중심부의 가로 250mm, 세로 50mm 영역에 ±1500N의 하중을 차량길이방향으로 부과한다. 복열의자인 경우 하중을 각 좌석에 같은 방향으로 동시에 적용한다.
- 의자쿠션 상단 중심부의 가로 380mm, 세로 200mm의 영역에 2000N의 수직하중을 아랫방향으로 부과한다. 복열의자인 경우 하중을 각 좌석에 동시에 적용한다.
- 팔걸이의 끝단에서 수평방향으로 ±1700N의 하중을 부과한다.
- 팔걸이의 끝단에서 아래쪽 수직방향으로 1700N의 하중을 부과한다.

(2) 종방향 의자

- 의자쿠션 상단 중심부의 가로 380mm, 세로 200mm의 영역에 2000N의 수직하중을 아랫방향으로 부과한다. 복열의자인 경우 하중을 각 좌석에 동시에 적용한다.
- 팔걸이의 끝단에서 수평방향으로 ±750N의 하중을 부과한다.
- 팔걸이의 끝단에서 아래쪽 수직방향으로 1700N의 하중을 부과한다.

(3) 뒷좌석 승객 충격

충돌사고 감속도가 작용할 때 뒷좌석에 앉아 있는 95 백분위수 성인 남성이 의자 등받이에 충돌하여 발생되는 하중. 이 때 적용되는 충돌사고 감속도의 하한과 상한은 아래 그림과 같이 정의된다.



	Time (ms)	Acceleration (g)
A	10	0.00
B	20	5.67
C	100	5.67
D	110	0.00
E	0	8.00
F	150	8.00
G	210	0.00

3. 판단기준

의자와 고정부는 2항에서 정의된 하중조건에서 영구변형이나 파손이 발생하지 않아야 한다.

(2) 해설서

이 조문은 철도차량안전기준에 관한규칙(이하 "규칙") 제48조제1항 및 제2항과 관련하여 철도차량의 의자 안전에 대한 세부지침을 규정하는 것이다.

충돌사고 시 승객에 가장 큰 상해의 요인은 설치된 의자와의 접촉에 의해 발생된다. 대부분의 철도차량은 자동차와는 달리 승객좌석에 안전벨트와 같이 급격한 가/감속으로 부터 승객의 거동을 제어할 수 있는 장치가 없기 때문이다. 또한 심각한 요인으로 분류되는 것은 의자가 차체로 부터 이탈될 시에는 승객을 사망에 이르게 하는 심각한 피해를 일으키게 된다. 의자의 주목적은 승객의 편안한 수송이나, 안전측면에서는 반드시 요구되어져야 하는 필수적인 항목이 우선 되어야 한다.

외국의 철도차량 의자에 대한 규정의 사례를 살펴보면, 미국의 경우 미연방규정 객차안전기준(49CFR238)에 열차의 운행속도에 따라 의자의 고정부가 견뎌야 할 하중조건이 종방향, 횡방향, 수직방향으로 구분되어 제시되어 있으며, 뒷좌석 승객이 앞좌석의 등받이에 충돌하는 하중에 대하여도 구체적으로 제시되어 있다. 또한, 고속열차의 경우에는 뒷좌석 승객이 앞좌석의 등받이에 충돌하였을 때 심각한 상해를 입지 않도록 등받이 설계 시 충격완화 재질을 포함하도록 규정하고 있다.

영국의 경우를 살펴보면 GM/RT2100에 차체에 부착되는 장치가 가져야 할 강도요구조건이 제시되어 있고, AV/ST9001에는 횡방향의자, 종방향의자, 팔걸이 및 기타 구성품에 대한 강도기준과 뒷좌석 승객의 충돌에 대한 강도기준이 상세하게 제시되어 있다.

UIC 기준을 살펴보면 UIC 566 OR에 의자의 고정부가 견뎌야 할 하중조건이 수평방향, 수직방향으로 구분되어 제시되어 있으며, 팔걸이 및 접이식 테이블에 대한 하중조건도 제시되어 있다. 또한, 의자에 대한 정하중 시험조건 및 방법도 제시되어 있다.

미국과 유럽의 기준을 비교해보면 미국이 유럽보다 높은 강도를 요구하고 있는데, 이는 미국의 철도차량이 유럽보다 크고 무겁기 때문이다. 우리나라의 철도차량은 미국 차량보다는 유럽 차량에 가까우므로 유럽의 강도기준에 부합하도록 하는 것이 합리적이다. 따라서 유럽의 의자안전기준 중 가장 세부적으로 작성되어 있는 영국의 AV/ST9001을 바탕으로 국내의 의자안전기준을 작성하였다.

5. 유리창 안전기준

가. 개요

철도차량 안전 기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제42조(운전실)은 ④ 항에서 "운전실의 전면유리창과 창문은 안전유리가 사용되어야 하며 열차의 최대 운행속도에서 풍압 등에 의한 변형 등이 발생하지 아니하여야 하고, 운행중 부딪치는 물체 등에 의하여 손상되지 아니하도록 충분한 강도를 가져야 한다."라고 규정하고 있고, 제46조(창문)는 ① 항에서 "창문의 유리는 열차의 최고운행속도에서 내·외부 압력 변화 및 온도 변화 등을 견딜 수 있는 충분한 강도 및 기밀이 유지되어야 한다." 라고 규정하고, ③ 항에서 창문의 유리는 안전유리가 사용되어야 함을 규정하고 있다

본 연구에서는 앞서 언급된 기준과 관련하여 선진국 수준의 철도차량 유리창의 안전기준을 제안하고자 한다.

나. 이론적 배경

유리창은 외부환경으로부터 철도차량 실내를 보호하는 역할을 한다. 특히 철도차량의 고속화에 따라 외부 이물질에 대해 실내를 보호할 수 있는 유리창의 강도는 중요한 성능 지표가 되었다. 해외의 관련 규정 분석에 의거한 국내 규정 적용 여부의 검토가 요망된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 국토해양부령 제455호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙
- 국토해양부령 제231호 : 도시 철도차량 안전기준에 관한 규칙

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국 : CFR(Code of Federal Regulation)

- 49CFR238 객차 안전기준

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

- GM/RT2456 철도차량의 창문과 운전실 전면창 요구 조건

(다) 유럽

- UIC 564-1 객차 - 안전유리로 만들어진 창
- UIC 566 객차 및 객차 구성품에 대한 하중조건
- TSI 유럽 내 상호운영을 위한 기술 명세서

라. 자료 조사 및 분석

유리창에 대한 국내외 안전규정의 기술사항을 조사/분석한 내용은 부록 3.4.5-1과 같으며, 규격에 따른 특징을 분석하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 실험 및 해석

선진국의 경우 운전실 전면창 및 열차 측창에 대한 시험적 검증방법을 제시하고 있다. 미국 CFR, 영국 RGS, 유럽 TSI 등에서 제시하고 있는 시험방법은 다음과 같다.

(가) 미국 49CFR238 객차 안전기준 및 49CFR223 유리창 안전기준

① 속도 125mph 이하 여객차량 전면창 요구조건

○ 총알관통시험

40발의 납총알을 장착한 표준 22구경 장총의 탄도 충격으로 최저 초당 960피트 속도 충격을 가한다.

○ 육면체충돌시험

8인치x8인치x16인치 크기에 최소 24lbs 무게의 신더 블록의 거대 사물 충격은 이론상 최저 초당 44피트 속도로 블록의 가장자리에 충격을 가한다. 신더 블록 구성은 ASTM 규격 C33L 또는C90에 따른다.

② 속도 125mph 이하 여객차량 측면창 요구조건

○ 총알관통시험

40발의 납총알을 장착한 표준 22구경 장총의 탄도 충격으로 최저 초당 960피트 속도 충격을 가한다.

○ 육면체충돌시험

8인치x8인치x16인치 크기에 최소 24lbs 무게의 신더 블록의 거대 사물 충격은 이론상 최저 초당 12피트 속도로 블록의 가장자리에 충격을 가한다. 신더 블록 구성은 ASTM 규격 C33L 또는C90에 따른다.

③ 속도 125mph 이상 150mph 이하 여객차량 전면창 요구조건

(가)항에서 요구되는 성능과 더불어 다음과 같은 조건을 만족해야 한다. 12 파운드의 강구가 차량의 최고속도로, 차량의 수평방향보다 극심하지 않은 상태로 충돌할 때, 침투나 깨짐이 발생하지 않아야 한다. 이 때 가장 가혹한 조건의 충돌 각도는 유리 면에 수직 방향의 충돌이다.

충돌시험은 0.001인치 두께의 알루미늄 창을 유리 면에서 12 인치 떨어진 곳에 설치하고 시험하여 유리 파편 흔적이 알루미늄 판에 나타나지 않아야 한다.

(나) 영국 GM/RT2456 철도차량의 창문과 운전실 전면창 요구 조건

① 전면창 요구 조건

모든 전면창은 한 면이 70mm에서 75mm이고 무게가 0.9 kg인 속이 빈 철제 육면체의 모서리에 대한 충돌하중에 충분히 견디는 것이어야 한다. 충돌 부위는 창문의 어느 부위가 될 수 있다. 충돌 속도는 차량 속도에 따라 아래 표에 따른다.

표 3-4-7 차량속도별 육면체 충돌 속도

차량 설계 속도(mph)	육면체 충돌 속도(mph)
0-81	137
0-112	180
0-149	217
0-186	255

② 측면 창문

비상 창문을 제외한 모든 측창은 최소한 한 층의 라미네이트 유리 또는 동등 유리로 구성되어야 한다. 이 유리는 0.25 kg의 강구가 62 mph 속도로 충돌할 때 침투 되지 않아야 한다.

비상문으로 지정된 창문은 강화 유리 또는 동등이상의 유리로 되어야 한다. 강화 유리 규격은 BS 857 에 따른다. 이 유리는 0.25kg 강구가 31 mph 속도로 충돌할 때 침투되지 않아야 한다.

(다) 유럽 TSI 유럽 내 상호운영을 위한 기술 명세서

유럽 TSI에 명시된 운전실 전면 유리창의 시험검증방법은 다음과 같다.

① 운전실 전면 유리창의 시험검증방법

○ 충돌체(발사체)

- 반구형의 선단, 총 질량 1kg, 실린더형 물체
- 발사체가 충돌 후 영구변형을 받으면 교체

○ 시험조건

- 시험 시 유리는 차량에 장착하는 것과 동일한 틀에 고정
- 시험 온도는 -15℃에서 35℃ 사이
- 발사체는 유리에 수직으로 충돌하거나 실제차량에 장착되었을 때 선로와 이루는 각을 고려하여 경사 충돌

○ 충돌속도

- Vp = Vmax + 160km/h

  Vp: 발사체 충돌속도(km/h)

  Vmax: 열차의 최고속도(km/h)

○ 합격판정기준

- 충돌체가 유리를 관통하지 않을 때
- 유리가 고정틀 안에 유지될 때

(2) 분석결과

(가) 미국 : CFR(Code of Federal Regulation)

미국 연방규정 CFR을 조사해본 결과 49CFR238에 열차운행속도에 따라 전면창 및 측창에 요구되는 조건들이 규정되어 있음을 확인하였다. 유리창 안전과 관련된 구체적인 시험방법은 49CFR223에 제시되어 있다. 전반적으로 미국의 유리창 안전기준은 유럽의 기준들에 비해 보다 엄격한 요건을 만족하도록 규정하고 있으며, 특이하게 총알관통시험을 추가적으로 요구하고 있다.

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

영국 RGS 규정에 보면 운전실 전면창, 객실 측창 및 객실 실내 창문의 파괴 강도를 상세히 규정하고 있으나, 시속 200 킬로미터 이상의 속도 차량에 대한 터널 진입시 압력 변화에 대한 강도 및 기밀에 대해서는 별도 규정을 두는 것으로 하여 아직 규정이 없다.

(다) 유럽

유럽의 UIC의 경우 운전실 전면창 및 객실 측창에 대한 피로 반복 하중에 대한 창문 장착부의 강도 및 기밀 유지 성능을 규정하고 있다. 유럽의 TSI는 운전실 전면유리창의 충돌안전요건과 시험방법을 규정하고 있다.

(라) 국내규정

국내의 유리창 규정을 살펴보면, 국토해양부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제42조 및 제46조에 운전실 전면유리창의 안전요건 및 객실창문의 안전요건이 정성적으로 명시되어 있다. 따라서, 구체적인 안전요건 및 평가기준을 마련해야 할 필요가 있다.

(3) 지침(안) 작성 방향 제안

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제42조는 운전실 유리창이 운행중 부딪치는 물체 등에 의하여 손상되지 아니하도록 충분한 강도를 가져야 한다고 규정되어 있지만 구체적인 강도기준이나 시험방법이 명시되어 있지는 않다.

운전실 전면창의 충돌안전규정은 미국이 유럽보다 더 엄격한 요건을 요구하고 있는데, 충기휴대가 불가능한 국내여건을 감안하면 미국의 총알관통시험 규정 등은 우리 현실에 적합하지 않다. 따라서, 유럽의 안전기준을 기본으로 충돌안전규정을 작성하는 것이 합리적이다. 유럽 TSI의 경우 측면창의 안전규정이 구체적으로 명시되어 있지 않으므로, 본 연구에서는 영국 GM/RT2100을 기본으로 유리창 안전기준을 작성할 것을 제안한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 유리창 안전기준

가. 적용범위

철도차량의 운전실 전면창 및 객실의 측창 및 내부창의 안전 관련 세부 지침을 규정한다.

나. 유리창 안전 요구조건

(1) 운전실 전면창 요구조건

(가) 모든 전면창은 한 면이 70mm에서 75mm이고 무게가 0.9 kg인 속이 빈 철제 육면체의 모서리에 대한 충돌하중에 충분히 견디는 것이어야 한다. 충돌 부위는 창문의 어느 부위가 될 수 있다. 충돌 속도는 차량 속도에 따라 아래 표에 따른다.

<차량 속도별 육면체 충돌 속도>

차량 설계 속도(kph)	육면체 충돌 속도(kph)
0-130	220
0-180	290
0-240	350
0-300	410

(나) 유리의 내부 내측에서 깨짐은 운전사 또는 승무원이 상해를 입지 않도록 해야 한다.

(2) 객실 측창문 요구 조건

(가) 창문은 사고 시 승객과 승무원을 최대한 보호해야 한다. 비상 탈출창은 요구 조건에서 제외 된다.

(나) 비상 창문을 제외한 모든 측창은 최소한 한 층의 라미네이트 유리 또는 동등이상의 유리로 구성되어야 한다. 이 유리는 0.25 kg의 강구가 100 kph 속도로 충돌할 때 침투 되지 않아야 한다.

(다) 비상문으로 지정된 창문은 강화 유리 또는 동등이상의 유리로 되어야 한다. 비상 창문의 크기는 비상시 승객 탈출구가 높이 600 밀리미터, 폭 650 밀리미터 이상이 확보될 수 있어야 한다. 강화 유리 규격은 KS 규격에 따른다. 이 유리는 0.25kg 강구가 50 kph 속도로 충돌할 때 침투되지 않아야 한다.

(라) 차량 측창이 충돌로 파손되는 경우 그 파편에 의한 승객의 상해가 없어야 한다.

(마) 충돌에 의해 유리가 파손되는 경우 외부 파편이 가능한 한 외부 인원에 상해를 입히지 않아야 한다.

다. 시험 및 평가

상기 요구 조건들은 설계 과정에서는 계산으로 검증되어야 하며, 초도품의 형식시험을 통하여 요구 조건 만족 여부가 검증되어야 한다.

(2) 해설서

이 조문은 철도차량안전기준에관한규칙(이하 "규칙") 제42조제4항과 제46조제1항 및 제3항과 관련하여 철도차량의 유리창 안전에 대한 세부지침을 규정함을 목적으로 한다.

(가) 규칙 제42조제4항, 제46조제1항 및 제3항

제42조(운전실)④운전실의 전면유리창과 창문은 안전유리가 사용되어야 하며 열차의 최대운행속도에서 풍압 등에 의한 변형 등이 발생하지 아니하여야 하고, 운행중 부딪치는 물체 등에 의하여 손상되지 아니하도록 충분한 강도를 가져야 한다. 제46조(창문) ①창문의 유리는 열차의 최고운행속도에서 내·외부압력변화 및 온도변화 등을 견딜 수 있는 충분한 강도 및 기밀(氣密)이 유지되어야 한다. ③창문의 유리는 안전유리가 사용되어야 하며 비상시 여객이 대피할 수 있도록 객차 당 4개 이상의 비상창문이 설치되어야 하며, 침대차인 경우에는 객차 당 1개 이상의 비상창문이 설치되어야 한다.

【해설】

외국의 창문에 대한 규정의 사례를 보면 미국의 경우가 49CFR238에서 비상 창문의 수량과 크기를 규정하고 있으며 강도 측면에서는 운전실 전면창문 및 객실 측창문의 유리가 강구 및 총알에 의해 충돌 시험 시 침투되지 않아야 하며, 비록 파손되더라도 그 파편이 승객 또는 운전자에 상해를 입히지 않도록 파편의 튀는 정도를 규정하고 있다.

영국 RGS GM/RT2100 규정에 보면 운전실 전면창, 객실 측창 및 객실 실내 창문의 파괴 강도를 상세히 규정하고 있다. 한편 유럽의 UIC의 경우 운전실 전면창 및 객실 측창에 대한 피로 반복 하중에 대한 창문 장착부의 강도 및 기밀 유지 성능을 규정하고 있고, TSI는 운전실 전면창의 충돌안전요건 및 시험방법을 규정하고 있다.

운전실 전면창의 충돌안전규정은 미국이 유럽보다 더 엄격한 요건을 요구하고 있는데, 총기휴대가 불가능한 국내여건을 감안하면 미국의 총알관통시험규정은 우리 현실에 적합하지 않다. 따라서, 유럽의 안전기준을 기본으로 충돌안전규정을 작성하는 것이 합리적이다. 유럽 TSI의 경우 측면창의 안전규정이 구체적으로 명시되어 있지 않으므로, 본 지침은 영국 GM/RT2100을 기본으로 작성되었다.

6. 차량 실내 충돌안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.7은 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 차량실내 충돌안전에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제42조, 제46조, 제47조 및 제48조에는 운전실, 유리창, 실내설비 및 선반 등에 대하여 열차 충돌시 승객을 보호하기 위해서 각종 평가항목들에 대한 일정이상의 성능을 갖도록 규정되어 있는데, 구체적인 판단기준이나 평가방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 차량 실내 충돌안전에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 실내 충돌안전 세부기준을 제시하고자 한다.

본 과제에서 제시하는 차량 실내 충돌안전기준은 다음과 같은 기준에 근거하여 도출/검토되었다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 운전실, 유리창 및 실내 설비류의 구조강도 기준을 구체적으로 제시할 것
- 사고 발생 시 실내설비가 차체로부터 이탈하지 않을 조건을 기술 할 것

나. 이론적 배경

차량실내는 충돌사고 시 직접적인 피해보다는 내부의 탑재품 및 기기에 의해 상해를 입을 수 있는 원인을 방지하는데 목적이 있으며, 실제로 이로 인해 탑승객은 직접적인 상해를 입게 된다. 차량실내 충돌안전기준을 수립할 때에는 기본적으로 충돌사고의 충격가속도 조건이 고려되어야 하고, 인명피해를 최소화할 수 있는 차량실내의 구성품 및 유리창 구조 등이 고려되어야 한다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 국토해양부령 제455호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙

○ 국토해양부령 제231호 : 도시 철도차량 안전기준에 관한 규칙

(2) 해외 관련 기준 현황

○ AV/ST9001

- AV/ST9001 5.1 Areas subject to secondary impact
- AV/ST9001 5.3 Materials
- AV/ST9001 7 Partitions and pannelling
- AV/ST9001 9 Luggage storage
- AV/ST9001 13 Glazing
- AV/ST9001 10 Fixed Tables

○ UIC

- UIC 566 2 - Component part of coaches
- UIC 566 2.2 Loads under service conditions
- UIC 560 4 - Footboard, step, handholds and handrails
- UIC 560 4.2 - Arrangement and dimension of entry step to coaches with folding hinged doors
- UIC 560 7.2 Compartment and side-corridor windows for X- and Y-type standard coaches
- UIC 560 7.3 Compartment and side-corridor windows for Z-type standard coaches

○ TSI 4.3.19

○ EN15227 7.4

○ 미연방규정 객차안전기준 49CFR238

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 관련 규정 분석 결과

차량실내는 충돌사고 시 직접적인 피해보다는 내부의 탑재품 및 기기에 의해 상해를 입을 수 있는 원인을 방지하는데 목적이 있으며, 실제로 이로 인해 탑승객은 직접적인 상해를 입게 된다. 차량실내의 범주는 차량종류에 따라 차이는 있으므로 인해 규정별로 차량내부의 주요 시설의 분류가 다른 점도 찾을 수 있었다. 예를 들면 운전실 내부와 객실의 공간 확보의 경우 EU의 EN15227에서는 중요한 항목으로 분류하여 관리하고 있으나, 미국의 CFR에서는 차체구조 설계측면에서 관리하고

있으며 반면에 실내설비와 유리창에 대한 관련 기준은 엄격하게 관리하고 있다.

이와 관련된 국내의 관련규정에는 운전실 내의 안전기준, 실내설비의 안전기준, 운전실/객차 유리창의 안전기준, 선반의 안전설계 그리고, 객실의 공간 확보에 대해 다루고 있다. 내용을 살펴보면 실내설비의 경우 설비와의 충돌 시 상해를 최소화 할 수 있는 구조를 가져야 하고, 운전실의 경우에는 가/감속 시 모서리나 돌출부에 운전자가 다치지 아니하도록 규정화 하고 있다. 본 규정에 대한 내용역시 원론적인 통칙의 수준으로 상해위험도에 대한 명확한 기준이 제시되어야 타당하다.

차량의 실내안전에 관련하여 충돌안전도 측면에서 규정한 대표적인 규정으로 AV/ST9001로 들 수 있다. AV/ST9001은 실내설비, 유리창 안전기준, 실내설비의 재료선정, 칸막이와 판넬, 수화물 보관관리, 테이블, 그리고 조명과 천장으로 상세 분류되어 있으며 각 항목별 권장사양과 시험평가 방법에 대해 명확하게 명기되어 있다. AV/ST9001 일반적인 안전이라기보다 충돌안전도측면에서 시행되는 규정이므로 인해 국내에서 이러한 관련 규정을 제정 및 보완 시에 관심 있게 참고해야 될 것이다. 차량 실내 충돌 관련 국내외 관련 규정의 상세 내용은 부록 3.4.6-1을 참고한다.

(2) 지침(안) 작성방안

차량실내는 충돌사고발생 시 발생할 수 있는 높은 충격력과 감/가속도에 의한 손상 등으로 인해 승객에 직/간접적인 상해요인이 된다. 차량내부에 탑재 또는 장착되는 각 구조물의 내 충격에 대한 안전기준은 제작사별로 적용되는 안전 및 인증절차를 거치게 되나 차량내부에 장착되는 경우에는 고정부형식등과 같은 객체별 거동이 안전의 주요 관심대상이 된다.

국내의 차량실내 충돌안전규정은 전반적으로 모든 항목을 관리할 수 있는 원칙이 제시되어 있으나 운전자 보호측면에서 운전실 내부의 안전규정은 추가적으로 보완이 필요하다. 아울러 국내 규정을 토대로 국외의 해당 안전규정을 기술적으로 평가하는 방식을 추가적으로 검토함이 타당하다.

차량실내 충돌안전규정으로 EN15227에 언급된 운전실 내부의 안전규정과 객실내부의 안전 공간 확보의 명확한 가이드라인을 도입하고, 관련 전문규정인 AV/ST9001의 실내설비의 충격설계와 유리창에 관한 기술적인 내용을 추가적으로 검토하는 것을 제안한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차량실내 충돌안전 기준

1. 차량 실내의 충격가속도 조건

충돌사고 시 발생할 수 있는 높은 충격력과 이에 의한 충격가속도를 감소시킬 수 있는 설계를 차량 설계 시 고려하여야 하고, 이에 대한 평가를 수행한다.

가. 생존 공간(운전자 또는 승객탑승영역)에서의 평균 충돌 감속도 는 5g까지 제한 되어야 한다.(7.5g를 초과하면 안 됨)

나. 평균 충돌가속도 결정기준은 차량 전체접촉하중이 0을 넘어서 0으로 떨어지는 시간을 기준으로 한다.

다. 장비고정부의 극한 강도의 충격 감속도 는 EN12663의 권고사항에 준한다.

2. 장비 또는 구성 품 배치

충돌사고 시 차량내부에 설치된 장비 또는 구성 품으로 부터 승객을 보호하기 위한 배치를 하여야 한다.

가. 구조변형으로 인해 차량장비나 구성 품이 충돌시나리오 진행 동안 정의된 승객생존공간으로 밀려들어가지 않아야 한다.

나. 운전실 내 전면 유리창은 파손되지 않아야 한다.

3. 유리창 및 구조의 안전

충돌사고 시 차체의 변형으로 인한 유리창의 파손 시 승객이 직/간접적인 상해로 부터 안전을 확보할 수 있는 설계를 하여야 한다.

가. 모든 내부 창들은 강화유리 또는 유사하거나 그 이상의 특성을 갖는 재료이어야 한다. 강화유리에 대한 요구조건은 국제규격으로 한다.

나. 각 내부 창들과 지지구조는 전체표면에 2.5 kPa의 압력을 부하하고, 표면상 의 어느 위치에서 0.1m × 0.1m의 영역에 0.8kN의 수직하중을 추가하였을 때 파손 없이 유지되어야 한다. 복합하중은 창문의 양면에 독립적으로 적용한다.

다. 각 내부 창 은 표면상의 어느 위치에서 0.1m × 0.1m의 영역에 2.5 kN의 수 직하중이 부하되었을 때 파손이 발생하면 안 된다. 이 하중은 창의 양면에 독립적으로 적용한다. 끼워진 상태는 하중이 적용부터 제거될 때까지 본래상태와 위치를 유지하여야 한다.

라. 끼워진 파티션의 유리는 노출된 끼움 모서리에 대해 2차 충격으로 부터 유 발되는 상해를 제거할 수 있도록 파티션사이에 끼워져 있어야 한다.

4. 차량내부 가구 및 장치 류 등의 안전

충돌사고 시 차체의 내부의 가구류 및 장치는 충돌 감/가속도에 의한 이탈 등의 거동에 의한 위험요인으로 부터 탑승객의 안전을 확보할 수 있도록 설계되어야 한다.

(2) 해설서

◦ 상기 정의된 각 항목의 세부기준은 모든 철도차량에 적용됨을 원칙으로 하며, 차량이 별도로 지정되어 있는 경우에는 해당기준을 준수한다.

◦ 상기 기준들은 객관적인 시험자료가 제시되는 항목에 대해서는 시험절차서와 인증자료를 제시하여야 하며, 이에 대한 판단은 관리감독기관에서 판단한다.

◦ 해당 기준의 평가를 위한 시험 방식 중 감가속도 시험은 sled 시설과 같은 동일한 감가속이 구현 가능하여야 하며, 시험인증기관이 승인하는 규격과 용량을 갖추어야 한다.

◦ 상기 기준에 대한 평가 자료는 일반적으로 수치해석결과물에 의해 판단될 수 있으며 해당 항목이 2.에 해당될 시에는 시험결과물을 우선으로 한다.

7. 차체-대차 연결강도 기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.9는 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 차체-대차 연결강도에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제61조에는 주행 장치와 차체를 연결하는 차체지지 장치는 운행 중 연결이 분리되지 않아야 하고, 진동과 충격이 최소화 될 수 있는 구조이어야 하며, 연결부 기계강도는 탄성한계를 초과하지 않아야 한다고 규정되어 있는데, 구체적인 강도기준이나 평가방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도차량 차체와 대차의 연결강도에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 차체-대차 연결강도기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

본 연구에 대한 요구사항은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 차체와 대차의 연결강도기준을 구체적으로 제시할 것
- 충돌 및 탈선사고와 같은 비상상황에서 대차가 차체로부터 이탈되지 않는 조건을 포함할 것

나. 이론적 배경

철도차량 충돌사고 시 외부 충격에 의해 차체와 대차가 분리될 경우, 차체에 대한 지지요소가 없어져, 외부 물체에 의한 2차 충격이 예상된다. 따라서 차량의 충돌사고에 대한 안전을 확보하기 위해 차체와 대차간의 연결강도에 대한 규정이 요망된다. 기존 국내 규정에는 이를 규제할 수 있는 적합한 기준이 없으므로 관련 해외 규정 등을 참조하여 관련 규정의 신설이 요망된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

(가) 철도안전법

- 철도안전법 시행규칙 제61조 제1항, 제2항, 제3항

(나) 도시철도법

- 도시철도법 시행규칙 제49조 제1항, 제2항, 제3항

※ 국내 관련 기준 내용은 부록 3.4.7-1 참조

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 영국

- RGS(Railway Group Standard) GM/RT2100 14.6

(나) 미국

- CFR(Code of Federal Regulation) 49CFR238.219, 49CFR238.419
- APTA SS-C&S-034-99 Rev.2 5.6

(다) UIC

- UIC 566 OR

(라) EN

- EN12663

※ 해외 관련 기준 내용은 부록 3.4.7-1 참조

라. 자료 조사 및 분석

차체와 대차의 연결 장치는 운행 중 견인력 및 제동력을 전달하는데 충분한 강도를 가져야 하며, 운행 중 발생하는 충격 및 진동을 견딜 수 있어야 한다. 또한, 탈선 및 충돌사고 발생 시 혹은 차체를 들어올릴 때 대차가 차체로부터 이탈되지 않도록 해야 한다. 이러한 상황들을 고려하여 차체와 대차의 연결부위에 대한 열차진행방향, 열차폭방향 및 수직방향의 하중조건 및 강도기준이 마련되어야 한다. 열차진행방향의 하중조건은 과도조차 및 가벼운 충돌 시 발생할 수 있는 하중을 대표할 수 있어야 하고, 열차폭방향은 열차가 전복할 때 발생할 수 있는 하중을 대표할 수 있어야 하며, 수직방향은 탈선, 충돌 및 차량 들어올림 하중을 대표할 수 있어야 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차체-대차 연결강도기준

1. 적용범위

철도차량 차체와 대차 연결부위의 하중조건에 대한 세부기준을 정한다.

2. 차종별 하중조건

차종별 하중조건에 대한 세부기준은 [표 1]과 같다.

[표 1] 차종별 하중조건

대상차량	하중종류	하중크기	비 고
기관차, 동력차	Fx	±3g × M1	M1: 대차질량
	Fy	±1g × M2	M2: 차체질량(만차상태)
	Fz	(1±c) × g × M1	M1: 대차질량
객차, 화차	Fx	±5g × M1	M1: 대차질량
	Fy	±1g × M2	M2: 차체질량(만차상태)
	Fz	(1±c) × g × M1	M1: 대차질량

주1) x는 열차진행방향, y는 열차폭방향, z는 수직방향을 의미하고, g는 중력가속도 9.81㎨ 을 말한다.

주2) c는 차량의 진행방향 끝단에서 2의 값을 갖고, 중앙에서 0.5의 값을 가지며, 그 사이에서는 선형보간하여 사용한다.

3. 판단기준

대차와 차체의 연결부위는 2에서 정의된 하중조건에서 영구변형이나 파손이 발생하지 않아야 하고 하중이 제거된 후에 정상적으로 작동하여야 한다.

(2) 해설서

1. 적용범위

철도차량 차체와 대차 연결부위의 하중조건에 대한 세부기준을 정한다.

【해설】

이 조문은 철도차량안전기준에관한규칙 제61조 차체지지 장치와 관련하여 차체와 대차 연결부위의 하중조건 및 강도요구조건을 규정함을 목적으로 한다.

2. 차종별 하중조건

차종별 하중조건에 대한 세부기준은 [표 1]과 같다.

[표 1] 차종별 하중조건

대상차량	하중종류	하중크기	비 고
기관차, 동력차	Fx	±3g × M1	M1: 대차질량
	Fy	±1g × M2	M2: 차체질량(만차상태)
	Fz	(1±c) × g × M1	M1: 대차질량
객차, 화차	Fx	±5g × M1	M1: 대차질량
	Fy	±1g × M2	M2: 차체질량(만차상태)
	Fz	(1±c) × g × M1	M1: 대차질량

주1) x는 열차진행방향, y는 열차폭방향, z는 수직방향을 의미하고, g는 중력가속도 9.81㎨ 을 말한다.

주2) c는 차량의 진행방향 끝단에서 2의 값을 갖고, 중앙에서 0.5의 값을 가지며, 그 사이에서는 선형보간하여 사용한다.

【해설】

차체와 대차의 연결부위는 운행 중 견인력 및 제동력을 전달할 수 있어야 하고, 운행 중 발생하는 충격 및 진동을 견딜 수 있어야 한다. 또한, 탈선 및 충돌사고 발생 시 혹은 차체를 들어올릴 때 대차가 차체로부터 이탈되지 않도록 해야 한다. 이러한 상황들을 고려하여 차체와 대차의 연결부위에 대한 하중조건이 마련되었다. 먼저, 열차진행방향의 하중조건은 견인력, 제동력 전달뿐 아니라, 차량의 조성과정에서 흔히 발생하는 과도조차 및 가벼운 충돌을 고려하였다. 열차폭방향은 열차가 전복할 때 차체와 대차 사이에 발생할 수 있는 하중을 고려하였으며, 수직방향은 탈선, 충돌 및 차량 들어올림 상황에서 차체와 대차 사이에 수직방향으로 발생할 수 있는 하중을 고려하였다.

해외의 기준을 살펴보면, 미국의 경우 유럽보다 열차진행방향으로 더 큰 하중을 견딜 수 있도록 요구하고 있다. 일반적으로 미국의 차량이 유럽보다 더 큰 강도가 요구되고 있는데, 국내차량의 차체강도는 미국보다 유럽에 가까우므로 차체와 대차의 연결강도도 유럽기준을 따르는 것이 타당하다. 따라서 본 기준의 하중조건은 유럽연합의 표준에 부합하도록 작성되었다.

3. 판단기준

대차와 차체의 연결부위는 2에서 정의된 하중조건에서 영구변형이나 파손이 발생하지 않아야 하고 하중이 제거된 후에 정상적으로 작동하여야 한다.

【해설】

차체와 대차의 연결강도에 대한 판단기준은 각각의 하중조건에서 연결부분에 소성변형이나 파손이 발생하지 않고 변형이 탄성범위 내에 있어야 함을 의미한다.

8. 여객용 출입문 강도기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.9는 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 승강용 출입문에 대한 안전세칙을 정립하는 것이다. 국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호) 제44조에는 여객용 출입문 장치는 여객에 의한 하중과 운행 중에 발생하는 하중을 견딜 수 있는 구조이어야 한다고 규정되어 있는데, 구체적인 강도기준이나 평가방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 승강용 출입문에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 승강용 출입문 안전세칙(안) 및 해설서를 제시하고자 한다.

여객용 출입문 강도기준의 설계기준은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 출입문의 구조강도 기준을 구체적으로 제시할 것

나. 이론적 배경

승강용 출입문은 탑승자에 의한 하중과 운행 중에 발생하는 하중에 견딜 수 있는 강도를 가져야 하고, 사고 발생 시 탑승자의 탈출이 용이하도록 설계되어야 한다. 또한, 비상시 외부에서 수동으로 개방할 수 있어야 하고, 탑승자의 손이나 옷이 끼이지 말아야 하고, 출입문에 사용되는 유리는 안전유리이어야 하며, 발차 전에 출입문의 개폐여부를 확인할 수 있어야 한다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준

○ 철도안전법 [일부개정 2008.2.29 법률 제8852호]

○ 철도차량 안전기준에 관한 규칙 [일부개정 2008.7.10 국토해양부령 제35호]

- 제44조 여객용 출입문

○ 도시철도법 [일부개정 2008.3.28 법률 제9071호]

○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 [일부개정 2008.3.14 국토해양부령 4호]

- 제30조 여객용 출입문

(2) 해외 관련 기준

(가) 영국

○ GM/RT2457 철도차량 출입문 및 연결통로에 대한 구조적 요구조건

○ AV/ST9001 차량 내장품 충돌안전성

(나) 미국

○ 미연방규정 객차안전기준 49CFR238.235 출입문(운행속도 200km/h 이하)

(다) 유럽

○ UIC 560 OR 객차 및 짐차의 출입문, 발판, 창문, 승강계단, 손잡이, 난간

여객용 출입문 강도기준과 관련된 국내외 기준 내용은 부록 3.4.8-1에 정리되어 있다.

라. 자료 조사 및 분석

철도차량 출입문에 대한 국내의 안전기준을 살펴보면 비상시 수동개방장치, 손 및 옷 끼임 방지, 구조강도, 안전유리 사용, 출입문 닫힘 후 발차 등을 규정하고 있다. 이 중 구조강도와 관련한 규정은 "여객용 출입문 장치는 여객에 의한 하중과 운행 중에 발생하는 하중을 견딜 수 있는 구조이어야 한다."는 원칙만 제시되어 있고 구체적인 강도요구조건이 정의되어 있지 않다. 따라서 출입문의 구조강도에 관한 세부적인 안전기준이 마련되어야 할 것이다.

미국의 경우를 살펴보면 미연방규정 객차안전기준(49CFR238)에 비상시 수동개방, 안내표지 부착, 운전실에서 출입문 개폐상태 확인, 보조 전력공급시스템과 연결 등을 규정하고 있다.

영국의 경우를 살펴보면 GM/RT2457에 출입문의 강도요구조건이 자세히 규정되어 있는데, 외부출입문의 하중조건, 터널 압력 하중조건, 내부출입문 하중조건, 외부출입문 손잡이 하중조건 등이 제시되어 있다. AV/ST9001에는 차량내부 여닫이문, 미닫이문, 승강용 출입문, 운전실 비상탈출 내부 문 등에 대한 강도요구조건이 제시되어 있다.

UIC 기준을 살펴보면 UIC 560 OR에 출입문에 대한 요구조건이 자세히 규정되어 있다. 출입문의 이중잠금기능, 손끼임 방지, 출입문 유리창, 수동 개방, 출입문 개방버튼 배치, 운행 시 자동 닫힘, 장애물 발견 시 열림 기능 등 출입문의 기능적

요구조건에 관한 구체적인 규정이 제시되어 있다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제44조 제1항에는 여객용 출입문 장치가 여객에 의한 하중과 운행 중에 발생하는 하중을 견딜 수 있는 구조이어야 한다고 규정되어 있다. 이와 관련하여 구체적인 강도기준이 마련될 필요가 있으므로 영국의 철도그룹표준 GM/RT2457의 출입문 강도기준을 바탕으로 출입문 안전세칙(안)을 제시하고자 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 여객용 출입문 강도기준

1. 적용범위

철도차량 승강용 출입문의 강도요구조건 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 하중조건

(1) 승강용 출입문

- 차량 내부에서 출입문 표면 0.1m×0.1m 면적을 갖는 임의의 영역에 수직으로 가해지는 2.5kN의 하중
- 차량 외부에서 출입문 표면 전체에 가해지는 2.5kPa의 압력
- 차량 내부에서 출입문 표면 전체에 2.5kPa의 압력과 0.1m×0.1m 면적을 갖는 임의의 영역에 0.8kN의 수직하중이 동시해 가해지는 경우

(2) 승강용 출입문 손잡이

- 아래쪽 수직방향으로 1.7kN의 하중

3. 판단기준

승강용 출입문과 손잡이는 나)에서 정의된 하중조건에서 영구변형이나 파손이 발생하지 않아야 하고 하중이 제거된 후에 정상적으로 작동하여야 한다.

(2) 해설서

이 조문은 철도차량안전기준에관한규칙(이하 "규칙") 제44조제1항과 관련하여 철도차량의 승강용 출입문 안전에 대한 세부지침을 규정하는 것이다.

충돌안전도 측면에서의 승강용 출입문의 설계 및 평가는 두 가지 부문으로 해석이 가능하다. 첫째 열차 간 또는 열차와 장애물간의 충돌사고 시 차량내부의 승객의 안전한 대피와 신속한 비상대응조치를 위한 비상계폐 한계를 정의하는 관점이 있고, 둘째 정상운행 또는 정차 시 외부의 운동물체로 인해 충격을 받았을 경우 차량운행 뿐만 아니라 승객의 정상적인 승하차에 영향을 주지 않을 수 있는 수준을 요구하는 관점이 있다.

외국의 철도차량 의자에 대한 규정의 사례를 살펴보면, 미국의 경우 미연방규정 객차안전기준(49CFR238)에 비상시 수동개방, 안내표지 부착, 운전실에서 출입문 개폐상태 확인, 보조 전력공급시스템과 연결 등을 규정하고 있다.

영국의 경우를 살펴보면 GM/RT2457에 외부출입문의 하중조건, 터널 압력 하중조건, 내부출입문 하중조건, 외부출입문 손잡이 하중조건 등이 제시되어 있고, AV/ST9001에 차량내부 여닫이문, 미닫이문, 승강용 출입문, 운전실 비상탈출 내부 문 등에 대한 강도요구조건이 제시되어 있다.

UIC 기준을 살펴보면 UIC 560 OR에 출입문의 이중 잠금 기능, 손 끼임 방지, 출입문 유리창, 수동 개방, 출입문 개방버튼 배치, 운행 시 자동 닫힘, 장애물 발견 시 열림 기능 등 출입문의 기능적 요구조건에 관한 구체적인 규정이 제시되어 있다.

규칙 제44조 제1항과 관련하여 국제규격에 부합하는 승강용 출입문의 강도요구조건을 마련하기 위해 영국의 철도그룹규격 GM/RT2457의 출입문 강도기준을 바탕으로 승강용 출입문 안전세칙(안)을 제시하였다.

9. 차체 전복강도기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.12는 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 전복강도에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 철도안전법과 동법 시행규칙 및 지침에는 철도차량의 전복강도에 대한 규정이 구체적으로 제시되어 있지 않다. 다만, 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제35조에는 충돌사고 발생 시 여객의 탑승부위에 변형 및 구조물의 침입이 최소화 될 것을 요구하고 있다. 본 연구에서는 철도차량 전복강도에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 전복강도기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

차체 전복강도 기준에 대한 설계기준은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 전복강도기준을 구체적으로 제시할 것
- 충돌 및 탈선사고와 같은 비상상황에서 탑승자의 생존공간을 확보할 수 있을 것

나. 이론적 배경

철도차량의 승객탑승영역은 탈선과 충돌과 같은 사고 상황에서 차량이 전복되더라도 승객이 생존할 수 있는 공간이 확보되어야 한다. 철도차량의 전복은 차량이 측면으로 넘어진 경우와 차량이 완전히 뒤집힌 경우로 분리해서 생각할 수 있는데, 이러한 상황에서 승객의 생존공간이 확보되기 위해서는 차량의 측면부분 및 지붕을 포함한 차량상부에서 충분한 강도가 확보되어야 한다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

(가) 철도안전법

- 철도안전법 시행규칙 제35조 제1항

(나) 도시철도법

- 도시철도법 시행규칙 제21조

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 영국

- RGS(Railway Group Standard) GM/RT2100 14.6

(나) 미국

- CFR(Code of Federal Regulation) 49CFR238.215, 49CFR238.415
- APTA SS-C&S-034-99 Rev.2 5.2.2.2.1, 5.4.2

차체 전복강도기준과 관련된 국내외 기준 내용은 부록 3.4.9-1에 정리되었다.

라. 자료 조사 및 분석

철도차량의 탈선 및 충돌사고 등으로 인해 차체가 전복되면, 차체의 측면 혹은 지붕에 강한 충격이 가해지게 된다. 차량의 사양서에서 요구되는 일반적인 차체강도는 정상적인 운행상황에서 발생하는 힘을 기준으로 하고 있기 때문에 열차가 전복된 상태에 대한 규정이 필요하게 된다.

열차의 전복상태에 따라 하중조건이 달라지게 되는데, 크게 측면전복과 지붕전복으로 구분할 수 있다. 측면전복의 허용기준은 탑승공간 구조부재의 항복응력과 임계좌굴응력 등을 고려해야 하며, 지붕전복의 경우 지붕에 대한 항복응력과 임계좌굴응력등이 고려되어 응력조건이 규정되어야 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차체 전복강도기준

1. 적용범위

승객이 탑승하고 있는 철도차량의 전복사고 발생 시 승객을 보호하기 위해 확보해야 할 최소한의 차체강도를 규정한다.

2. 용어정의

가. 측면전복

철도차량의 측면이 바닥에 닿게 넘어진 상태

나. 지붕전복

철도차량의 지붕이 바닥에 닿게 넘어진 상태

3. 하중조건

가. 측면전복

공차상태의 차량이 측면이 바닥에 닿게 놓여 있을 때 차량무게에 의한 자중

나. 지붕전복

공차상태의 차량이 지붕이 바닥에 닿게 놓여 있을 때 차량무게에 의한 자중

4. 판단기준

가. 측면전복

측면전복 하중조건에서 차량은 측면 프레임의 상부(캔트레일)와 하부(사이드실)에서 균일하게 지지되도록 설계되어야 한다. 탑승 공간 구조부재의 허용응력은 항복응력과 임계좌굴응력 중 적은 값의 1/2이다. 객차 외판의 국부적인 항복은 이로 인한 변형이 탑승공간을 침범하지 않는 경우에만 허용된다.

나. 지붕전복

지붕전복 하중조건에서 차체의 손상은 지붕 덮개와 지붕틀에 제한되도록 설계되어야 한다. 이러한 상태에서 지붕덮개와 지붕틀을 제외한 탑승공간 구조부재의 허용응력은 항복응력과 임계좌굴응력 중 적은 값의 1/2이다. 지붕덮개 및 지붕틀의 변형은 측면 프레임과 단부 프레임의 윗선에 의해 차량이 직접 지지되도록 하는데 필요한 한도까지 허용된다.

(2) 해설서

열차의 탈선 및 충돌사고가 발생하게 되면 철도차량이 전복되는 경우가 종종 발생한다. 철도차량이 전복되면 차체의 측면 혹은 지붕에 강한 충격이 가해지게

된다. 차체의 강도기준은 일상적인 운행상황에서 발생하는 하중만을 고려하여 차체의 종방향 및 수직방향에 대한 강도만을 요구하고 있다. 따라서 차량의 전복 시 승객탑승공간의 변형을 최소화하기 위한 측면 및 지붕 강도에 대한 기준이 필요하다.

2. 용어정의

가. 측면전복

철도차량의 측면이 바닥에 닿게 넘어진 상태

나. 지붕전복

철도차량의 지붕이 바닥에 닿게 넘어진 상태

【해설】

열차의 전복 상태에 따라 하중조건이 달라지게 된다. 본 기준에서는 차량의 측면이 바닥에 닿게 넘어진 상태를 측면전복이라 정의하고, 차량이 완전히 뒤집어져 지붕이 바닥에 닿게 넘어진 상태를 지붕전복이라 정의한다.

3. 하중조건

가. 측면전복

공차상태의 차량이 측면이 바닥에 닿게 놓여 있을 때 차량무게에 의한 자중

나. 지붕전복

공차상태의 차량이 지붕이 바닥에 닿게 놓여 있을 때 차량무게에 의한 자중

【해설】

차량 전복에 대한 하중조건은 측면전복과 지붕전복으로 구분하여 적용하는데, 측면전복의 경우에는 차량의 측면이 바닥에 놓인 상태에서 차량무게에 의해 작용하는 자중을 하중조건으로 정의하며, 지붕전복의 경우에는 차량의 지붕이 바닥에 닿게 놓인 상태에서 차량무게에 의한 자중을 하중조건으로 정의한다. 이때 차량의 무게는 공차상태의 무게를 적용하도록 한다.

4. 판단기준

가. 측면전복

측면전복 하중조건에서 차량은 측면 프레임의 상부(캔트레일)와 하부(사이드실)에서 균일하게 지지되도록 설계되어야 한다. 탑승 공간 구조부재의 허용응력은 항복응력과 임계좌굴응력 중 적은 값의 1/2이다. 객차 외판의 국부적인 항복은 이로 인한 변형이 탑승공간을 침범하지 않는 경우에만 허용된다.

나. 지붕전복

지붕전복 하중조건에서 차체의 손상은 지붕 덮개와 지붕틀에 제한되도록 설계되어야 한다. 이러한 상태에서 지붕덮개와 지붕틀을 제외한 탑승공간 구조부재의 허용응력은 항복응력과 임계좌굴응력 중 적은 값의 1/2이다. 지붕덮개 및 지붕틀의 변형은 측면 프레임과 단부 프레임의 윗선에 의해 차량이 직접 지지되도록 하는데 필요한 한도까지 허용된다.

【해설】

측면전복의 허용기준은 탑승 공간 구조부재의 최대응력이 항복응력과 임계좌굴응력 중 적은 값의 1/2로 정의하였다. 앞에서 하중조건을 전복된 상황의 정하중 상태로 정의하였으므로 허용응력을 재료의 항복응력 혹은 부재의 좌굴응력의 1/2로 제한하여 주면 정하중의 2배에 달하는 동하중 효과를 고려한 것과 동등한 조건이 된다. 변형이 탑승공간으로 침범하지 않는 경우에는 외판의 국부적인 항복이 허용된다.

지붕전복의 허용기준도 하중조건이 전복된 상황의 정하중 상태임을 감안하여 허용응력을 재료의 항복응력 혹은 부재의 좌굴응력의 1/2로 제한하였다. 지붕의 변형은 측면전복의 경우보다 더 많이 허용되나 변형이 탑승공간으로 침범하지 않도록 측면 및 단부 프레임의 상단이 차량을 지지하는 정도까지만 허용된다.

10. 전두부 충격관통방지 안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.13은 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 전두부 충격관통방지에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 철도안전법 및 동법 시행규칙과 시행지침에는 전두부 충격관통 방지에 대한 구체적인 기준이 제시되어 있지 않고, 다만 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제42조에 운전실 전면 유리창에 대한 침투방지 기준을 찾아볼 수 있다. 본 연구에서는 철도차량 전두부 충격관통방지에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 전두부 충격관통방지 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

전두부 충격관통방지 안전기준에 대한 설계기준은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 전두부 충격관통방지 기준을 구체적으로 제시할 것
- 검증을 위한 시험방법을 제시할 것

나. 이론적 배경

열차의 전면부는 운행 중에 비산된 자갈, 선로외부에서 투척된 돌맹이 및 조류 등과 부딪칠 수 있는데 이를 방지하기 위한 전두부 충격방지기준의 검토가 요망됨.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

(가) 철도안전법

- 철도안전법 시행규칙 제42조 제4항

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 영국

- RGS(Railway Group Standard) GM/RT2100 11

※ 전두부 충격관통방지 안전기준에 관련된 국내외 기준의 내용은 부록 3.4.10-1에 정리되어 있다.

라. 자료 조사 및 분석

열차의 전면부는 운행 중에 비산된 자갈, 선로외부에서 투척된 돌맹이 및 조류 등과 부딪칠 수 있다. 이렇게 운행 중 부딪치는 물체가 열차 전두부 혹은 전면유리창을 관통하게 되면 승무원이 다칠 수 있고 또한 대형사고로 이어질 수 있다. 따라서 운행 중 부딪치는 물체에 대비하여 전두부 충격관통 방지에 대한 안전기준이 마련되어야 한다.

전두부 충격관통 방지에 대한 시험방법은 비행기의 조류충돌시험에서 유래되었다. 그림 3-4-17은 한국화이바 밀양공장에 있는 조류충돌 시험장치이다. 해외수출용 철도차량에 대하여 전두부 충격관통방지 시험이 요구된 사례가 있었으며, 한국화이바의 시험장치로 시험을 수행한 사례가 있다. 그림 3-5-18은 해외수출차량 전두부 충격관통방지 시험결과를 보여주고 있다.

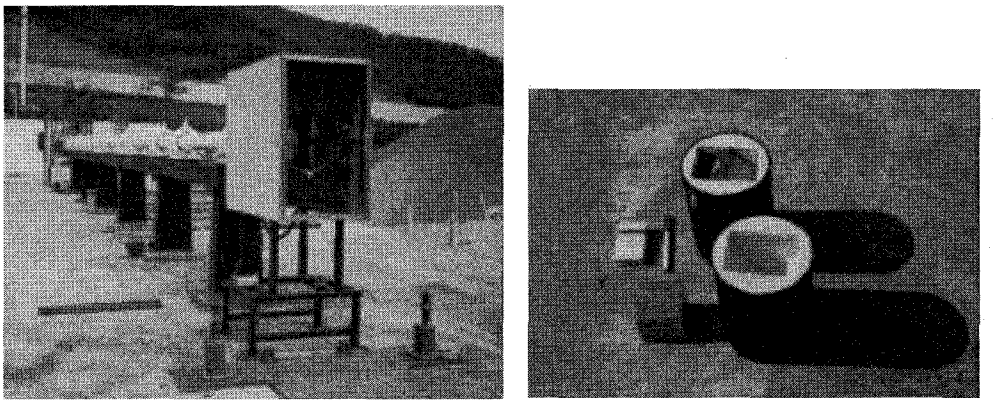


그림 3-4-17 조류충돌시험장치(한국화이바 밀양)

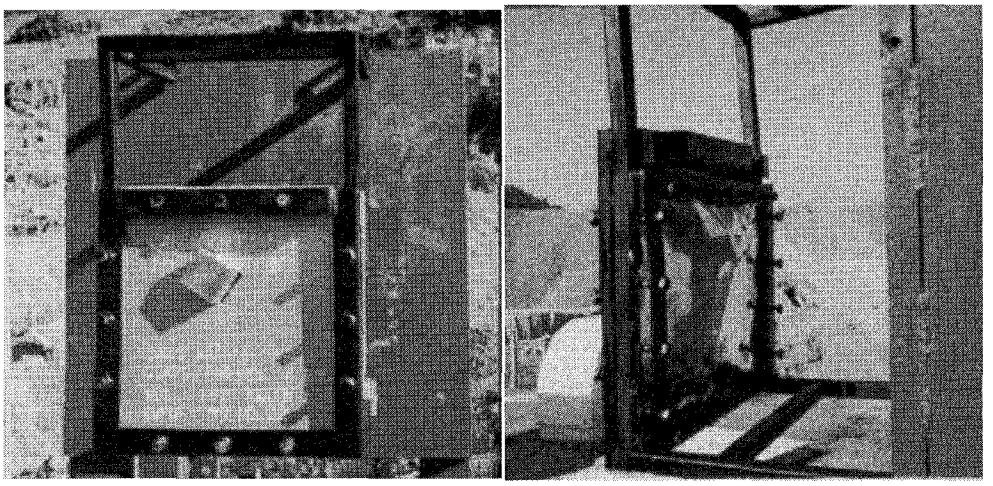


그림 3-4-18 해외수출용 철도차량 전두부 충격관통방지 시험 사례

마. 기준 및 해설서

(1) 전두부 충격관통방지 기준

1. 적용범위

철도차량의 전두부 충격관통 방지를 위한 시험평가방법에 대해 규정한다.

2. 시험조건 및 방법

가. 피시험체는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 재질: 피시험차량 전두부 외판에 사용되는 재질

(2) 형상: 정사각형 판재

(3) 크기: 가로, 세로 500mm, 두께는 전두부 외판의 설계두께

나. 발사체는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 재질: 강(steel)재

(2) 형상: 속이 비어있고 각이 진 정육면체

(3) 크기: 한 변의 길이가 70mm이상, 75mm이하

(4) 무게: 0.9kg

다. 시험속도: 열차 최고운행속도의 2배

라. 시험방법

피시험체의 모서리를 완전히 고정한 후 피시험체에 수직으로 발사체를 시험속도로 충돌시킨다. 이때 발사체는 모서리부터 피시험체의 면에 충돌해야 한다. 시험은 최소 3회 이상 수행해야 하고, 시험 후 발사체의 손상이 발견되면 발사체를 교체해야 한다.

3. 판단기준

발사체가 피시험체에 일부 침투하는 것은 허용하나 완전히 관통하지는 않아야 한다.

(2) 해설서

1. 적용범위

철도차량의 전두부 충격관통 방지를 위한 시험평가방법에 대해 규정한다.

【해설】

열차의 전면부는 운행 중에 비산된 자갈, 선로외부에서 투척된 돌맹이 및 조류 등과 부딪칠 수 있는데 이러한 물체들이 운전실로 침투하게 되면 승무원이 다칠 수 있고 또한 대형사고로 이어질 수 있다. 본 기준은 열차 운행 중 부딪치는 물체에 대비하여 전두부 충격관통 방지에 대한 시험방법을 정하는 것을 목적으로 한다.

2. 시험조건 및 방법

가. 피시험체는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 재질: 피시험차량 전두부 외판에 사용되는 재질

(2) 형상: 정사각형 판재

(3) 크기: 가로, 세로 500mm, 두께는 전두부 외판의 설계두께

나. 발사체는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 재질: 강(steel)재

(2) 형상: 속이 비어있고 각이 진 정육면체

(3) 크기: 한 변의 길이가 70mm이상, 75mm이하

(4) 무게: 0.9kg

다. 시험속도: 열차 최고운행속도의 2배

라. 시험방법

피시험체의 모서리를 완전히 고정한 후 피시험체에 수직으로 발사체를 시험속도로 충돌시킨다. 이때 발사체는 모서리부터 피시험체의 면에 충돌해야 한다. 시험은 최소 3회 이상 수행해야 하고, 시험 후 발사체의 손상이 발견되면 발사체를 교체해야 한다.

【해설】

전두부 충격관통방지의 시험을 위해 피시험체는 열차의 전두부에 사용되는 동일한 재질 및 두께로 준비하도록 한다. 비산된 자갈이나 조류를 대표하는 영국 기준에서 사용하는 발사체와 동일한 것을 사용한다. 시험 속도는 열차 교행시의 상대속도를 고려하여 열차 최고운행속도의 2배로 정의한다. 시험은 최소 3회 이상 수행하여 신뢰성을 확보하도록 한다.

3. 판단기준

발사체가 피시험체에 일부 침투하는 것은 허용하나 완전히 관통하지는 않아야 한다.

【해설】

시험의 합격여부는 발사체가 피시험체를 관통하는지 육안으로 식별하여 판별한다. 이 때, 발사체가 피시험체를 완전히 관통하지 않고 박혀있는 경우에는 시험에 합격한 것으로 판정한다.

11. 타고오름 방지장치 안전기준

가. 개요

국토해양부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제35조 ① 항은 "①철도차량은 충돌사고에 대비하여 다음 각 호의 기준에 적합하게 설계되어야 한다. 1. 충돌사고가 발생한 경우 철도차량운전업무종사자 및 여객이 위치하는 부분의 변형 및 철도차량간 올라타는 현상 등을 최소화하도록 할 것"이라고 규정되어 있다.

본 연구에서는 앞서 언급된 기준과 관련하여 선진국 수준의 철도차량 타고오름 방지장치의 안전기준을 제안하고자 한다.

나. 이론적 배경

해외의 대형 철도차량 충돌사고 사례를 보면 정면 또는 후면 추돌 후 차량에 상대편 차량을 타고 올라갈 경우 인명피해가 증가하고 구조에 어려움을 겪는 경우가 관찰된다. 국내외 관련 안전기준을 검토하여 타고오름 방지장치의 설치와 성능을 규정하는 안전기준의 제정이 요망된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 국토해양부령 제455호 : 철도차량 안전기준에 관한 규칙

- 제35조(철도차량의 충돌안전설계 등)

① 철도차량은 충돌사고에 대비하여 다음 각 호의 기준에 적합하게 설계되어야 한다.

1. 충돌사고가 발생한 경우 철도차량운전업무종사자 및 여객이 위치하는 부분의 변형 및 철도차량간 올라타는 현상 등을 최소화하도록 할 것

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국 : CFR(Code of Federal Regulation)

○ 49CFR238 객차 안전기준

- 기관차와 객차로 구분하여 수직 전단 하중을 규정하고 있으며

- 객차의 경우 100,000 LB (45.3 Ton)
- 기관차의 경우 200,000 LB (90.6 Ton)

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

○ GM/RT2100 철도차량의 구조적 요구조건

- 기관차, 객차, 지하철 차량 공히 1500 KN으로 충돌 시 압축 하중 규정
- 충돌 시 수평 및 수직 조합 하중 100KN + 1000 KN 규정
- 수직 전단하중 과 수평 하중 조합 100 kN +100 kN 규정

라. 자료 조사 및 분석

(1) 분석 결과

(가) 미국 : CFR(Code of Federal Regulation)

미국 연방규정 CFR을 조사해본 결과 49CFR238에 열차운행속도에 따라 타고오름 방지장치의 강도에 대하여 규정하고 있다. 전반적으로 미국의 유리창 안전기준은 유럽의 기준들에 비해 보다 엄격한 요건을 만족하도록 규정하고 있다.

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

영국의 경우 RGS GM/RT2100 차체의 강도 요구 조건 규정에서 타고오름 방지장치의 전후 방향의 압축 하중 조건뿐만 아니라 압축 하중과 전후 방향 하중의 조합에 대한 것도 규정하고 있다.

(다) 국내규정

국내의 타고오름 방지장치 규정을 살펴보면, 국토해양부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제35조에 충돌사고가 발생한 경우 철도차량간 올라타는 현상 등을 최소화하도록 규정되어 있지만 구체적인 수치나 정량적인 평가방법이 제시되어 있지 않다. 따라서 구체적인 안전요건 및 평가기준을 마련해야 할 필요가 있다.

(2) 지침(안) 작성 방향 제안

선진국의 타고오름 방지 장치에 대한 규정을 조사해 보면, 미국의 경우, CFR Title 49 Part 238 에 객차의 운행 속도에 따라서 타고오름 방지장치의 강도에 대하여 규정하고 있으며, 유럽의 경우, 아직 EN 규정에는 타고오름 방지에 대한 규정이 설정되어 있지 않고, 영국의 경우 RGS GM/RT2100 차체의 강도 요구 조건

규정에서 타고오름 방지장치의 전후 방향의 압축 하중 조건뿐만 아니라 압축 하중과 전후 방향 하중의 조합에 대한 것도 규정하고 있다. 규정 값의 크기를 상하 수직하중에 대하여(미국 규정에는 전후 방향 하중 조건이 규정되어 있지 않음) 미국 규정과 영국 규정을 비교해보면, 영국의 경우가 차종에 관계없이 100 kN (약 10톤)으로 미국 규정 100,000 파운드(약 45.6톤)에 비해 약 1/5 수준이지만 강도 기준이 미국은 파단 강도 기준이고 영국은 영구 변형이 없어야 하는 기준이고, 이 하중 조건에 대한 하중계수(Load factor)를 1.15 정도 고려해야 함으로 결과적으로 양국의 하중 조건은 약 1:2 정도로 미국이 큰 값이지만, 영국 규정은 비록 수직 하중 조건은 미국 규정에 비해 작지만 수직하중과 전후 방향의 압축하중의 조합 하중에 대한 강도 요구 조건임으로 보다 안전 측면에서 합리적인 규정이라 할 수 있다.

비록 타고오름 방지 기능이 연결기 형태와 관련된 것으로 국내 본선 철도차량의 기존 연결기가 미국의 연결기와 유사하다는 측면에서는 미국 규정을 기본으로 하는 것이 보다 타당하겠지만, 영국 규정이 미국 규정에 비해 전후 방향의 하중과 전후 방향 및 수직방향의 조합 하중조건을 규정하는 등 안전 측면에서 보다 상세한 조건과 평가 기준을 갖고 있으므로 영국 규정으로 기본으로 하여 타고오름 방지장치 기준을 마련할 것을 제안한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 타고오름 방지장치 안전기준

가. 적용범위

승객 또는 운전자등 승무원이 탑승하는 모든 철도 차량에 적용한다.

나. 하중 조건

(1) 승객이나 승무원을 수송하는 차량은 그 끝단이 예를 들면 다른 철도차량, 도로 자동차 또는 선로의 고정물 등 다른 물체와 충돌 시, 그 물체가 차량에 가능한 한 침투되지 않도록 설계되어야 한다. 타고오름 방지장치가 차량에 끝단에, 차량이 차량을 올라 타지 못하도록 설치되어야 한다.

(2) 차체는 아래 표에 규정된 전후 방향의 내력하중(Proof load)에 견디도록 설계 되어야 한다. 이 타고오름 방지에 가해지는 전후 방향 하중의 반력은 반대편 연결기에서 받는 것으로 한다.

<타고오름 방지 하중조건>

하중 조건	객차 및 개인차량	비 객차	화차
타고오름 방지장치의 압축 하중	1500 kN	1500 kN	비적용

(3) 차체는 아래 표와 같은 조합내력하중(Proof load)에 영구변형 없이 견디어야 내야 한다.

<조합내력하중(Proof load)에 대한 영구변형 인내 조건>

하중 조건	객차 또는 개인차량	비 객차	화차
타고오름 방지장치의 수직, 전후 조합하중	100kN 수직 + 1000 kN 전후	100kN 수직 + 1000 kN 전후	비적용

(4) 설계 계산시 불확실성을 방지하기 위하여 이 규정에서 정의된 모든 내력하중(Proof load)은 아래와 같은 하중계수(Load factor)가 곱해져야 한다.

(가) 내력하중계수(Proof load factor) L1

-. 실험에 의한 검증이 없는 경우 L1은 1.15 이상이어야 한다.

-. 실험 검증이 있는 경우, L1은 1.0을 적용할 수 있다.

이 하중계수의 적용 목적은 가능한 한 실제 적용시 영구 변형을 발생하지 않게 하기 위함이다.

(나) 극한하중계수(Ultimate load factor) L2

-. L2 는 1.5 이상 이어야 한다.

이 하중계수의 적용 목적은 가능한 한 실제 적용시 구조물이 파열이나 큰 불안정으로 인한 대형 재난에 이르지 않게 하기 위함이다.

다. 시험 절차

시험은 본 지침의 차체 구조 강도 지침의 시험 절차에 준하여 실시한다.

라. 평가 기준

상기 "나"항의 전후 방향 하중 조건 및 전후 방향 및 수직 방향의 조합하중 조건에 하중계수를 곱한 조건에서 계산 및 시험에 의해 타오름 방지 장치에 영구 변형이 일어나지 않아야 한다.

(2) 해설서

이 조문은 철도차량안전기준에관한규칙(이하 "규칙") 제35조제1항과 관련하여 철도차량 타고오름 방지장치에 대한 세부지침을 규정함을 목적으로 한다. 기존안의 내용은 부록 3.1.1-15의 관련 조항을 참조하도록 한다.

제35조(철도차량의 충돌안전설계 등) ①철도차량은 충돌사고에 대비하여 다음 각 호의 기준에 적합하게 설계되어야 한다.

1. 충돌사고가 발생한 경우 철도차량운전업무종사자 및 여객이 위치하는 부분의 변형 및 철도차량간 올라타는 현상 등을 최소화하도록 할 것

【해설】

한편 국제적으로 타오름 방지 장치에 대한 규정을 조사해 보면, 미국의 경우, CFR Title 49 Part 238 에 객차의 운행 속도에 따라서 아래 표와 같이 타고오름 방지장치의 강도에 대하여 규정하고 있다.

표 3-4-8 차량속도별 타고오름 방지장치 강도규정

구분	125mph 속도 이하 차량	125mph 이상 150mph 이하 차량
객차	100,000파운드(약 45.6톤)의 상하 수직 하중에서 파단하지 않음	100,000파운드(약 45.6톤)의 상하 수직 하중에서 영구 변형 발생치 않음
기관차	200,000파운드(약 90.1톤)의 상하 수직 하중에서 파단하지 않음	200,000파운드(약 45.6톤)의 상하 수직 하중에서 파단하지 않음

【해설】

유럽의 경우, 아직 EN 규정에는 타고오름 방지에 대한 규정이 설정되어 있지 않고, 영국의 경우 RGS GM/RT2100 차체의 강도 요구 조건 규정에서 타고오름 방지장치의 전후 방향의 압축 하중 조건뿐만 아니라 압축 하중과 전후 방향 하중의 조합에 대한 것도 규정하고 있다. 규정 값의 크기를 상하 수직하중에 대하여(미국 규정에는 전후 방향 하중 조건이 규정되어 있지 않음) 미국 규정과 영국 규정을 비교해보면, 영국의 경우가 차종에 관계없이 100 kN (약 10톤)으로 미국 규정 100,000 파운드(약 45.6톤)에 비해 약 1/5 수준이지만 강도 기준이 미국은 파단 강도 기준이고 영국은 영구 변형이 없어야 하는 기준이고, 이 하중 조건에 대한 하중계수(Load factor)를 1.15 정도 고려해야 함으로 결과적으로 양국의 하중 조건은 약 1:2 정도로 미국이 큰 값이지만, 영국 규정은 비록 수직 하중 조건은 미국 규정에 비해 작지만 수직하중과 전후 방향의 압축하중의 조합 하중에 대한 강도 요구 조건임으로 보다 안전 측면에서 합리적인 규정이라 할 수 있다.

따라서 본 지침은 비록 타고오름 방지 기능이 연결기 형태와 관련된 것으로 국내 본선 철도차량의 기존 연결기가 미국의 연결기와 유사하다는 측면에서는 미국 규정을 기본으로 하는 것이 보다 타당하겠지만, 영국 규정이 미국 규정에 비해 전후 방향의 하중과 전후 방향 및 수직방향의 조합 하중조건을 규정하는 등 안전 측면에서 보다 상세한 조건과 평가 기준을 갖고 있으므로 영국 규정으로 기본으로 하여 본 기준을 마련하였다.

12. 완충차막이 안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.11은 충돌안전에 관한 세부안전기준 중에서 완충차막이에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 국내에는 현재 완충차막이에 대한 안전기준이 확립되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 국내 환경에 맞는 완충차막이의 성능시험 결과를 토대로 구체적인 완충차막이 안전기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

벤치마킹 시험을 통하여 최고 성능 수준의 차막이를 기준으로 하였으므로 향후 국내 차막이에 대한 데이터를 확보하여 안전기준 및 설계사양 작성에 유용한 자료로 활용하였다.

- 국제적 안전기준에 부합할 것
  - 차량 및 승무원 피해방지 요구조건
- 흡수해야 할 충돌에너지
- 수평방향 감속도 제한치
  - 선로 피해 방지 요구조건
- 선로에 미치는 하중 제한치
- 레일 손상제한
  - 불안정 거동 방지 요구조건
- 틸트나 전복 방지
- 양측 레일상 가속도 편차 값
- 수직가속도 제한치
  - 유지보수 최소화 정보
- 부품교체 및 재설치의 기준

나. 이론적 배경

국내 철도차량 기지나 영업선로 끝단부에 설치된 차막이 형식은 1종, 2종 그리고 3종으로 구분되어 있다. 국내에서는 차막이에 대한 기술개발이 최근 전혀 이루어 지지 않은 현실이다. 따라서 현재 철도 운영사에서 적용 및 설치되어 있는 차막이는 모두 고정식이므로 철도차량이 차막이 돌파 시에는 인명 피해 및 차량의 파

손 그리고 차막이의 파손 등으로 경제적 손실이 발생되고 있으나 이에 대한 적절한 국내 안전기준은 현재 정의되어 있지 않다. 해외의 안전기준 및 실험·분석을 통해 완충차막이에 대한 안전기준의 제정이 요구된다.

다. 국내외 관련 기준

(가) 독일

독일연방철도의 규정 : DS 800 01 (1993 3 1 발효) 예외규정 DS 800 06

※ 해외 관련 기준 내용은 부록 3.4.12-1 참조

라. 자료 조사 및 분석

(1) 시험수행 및 시험데이타

○ 시험개요

· 완충차막이와 열차의 실차 충돌시험

· 국내 경전철, 도시철도, 일반철도, 고속철도 등의 상황에 맞게 차막이 완충용량 및 열차 무게를 바꾸어 가며 시험 수행

○ 완충차막이 종류에 따른 가능 시험 스펙 : 흡수에너지, 차막이종류, 제동길이, 트랙점유길이 및 평균 감속도에 대한 요약정리

○ 시험내용

표 3-4-9 완충차막이와 열차의 충돌시험 구성

	충돌속도	열차무게	시험목적
1	5km/h	80ton	완충차막이 충돌안전기준 작성을 위해 국내 경전철의 차막이 충돌 시 속도별 완충하중곡선, 충돌시 완충장치에 걸리는 모멘트 등을 측정하여 기술적인 데이터 확보
2	10km/h	80ton	
3	15km/h	80ton	
4	5km/h	100ton	완충차막이 충돌안전기준 작성을 위해 국내 도시철도의 차막이 충돌 시 속도별 완충하중곡선, 충돌시 완충장치에 걸리는 모멘트 등을 측정하여 기술적인 데이터 확보
5	10km/h	100ton	
6	15km/h	100ton	
7	5km/h	320ton	완충차막이 충돌안전기준 작성을 위해 국내 일반철도의 차막이 충돌 시 속도별 완충하중곡선, 충돌시 완충장치에 걸리는 모멘트 등을 측정하여 기술적인 데이터 확보
8	10km/h	320ton	
9	15km/h	320ton	
10	5km/h	550ton	완충차막이 충돌안전기준 작성을 위해 국내 고속철도의 차막이 충돌 시 속도별 완충하중곡선, 충돌시 완충장치에 걸리는 모멘트 등을 측정하여 기술적인 데이터 확보
11	10km/h	550ton	
12	15km/h	550ton	

○ 시험요구사항

· 시험선로에 완충차막이 설치
· 시험 열차 준비
· 완충하중, 변형률, 속도, 가속도 등의 측정 장비 준비 및 설치
· 충돌시험을 위한 기관차 제공
· 80톤 열차와 5, 10 15km/h로 실차 충돌시험 수행
· 충돌시험 후 완충차막이 원래 위치로 재설치
· 100톤 열차와 5, 10 15km/h로 실차 충돌시험 수행
· 충돌시험 후 완충차막이 원래 위치로 재설치
· 320톤 열차와 5, 10 15km/h로 실차 충돌시험 수행
· 충돌시험 후 완충차막이 원래 위치로 재설치
· 550톤 열차와 5, 10 15km/h로 실차 충돌시험 수행
· 시험장면 비디오 촬영
· 시험선로에서 완충차막이 분리
· 측정데이터 post-processing 작업

○ 시험일정

· 7월 10일 ~ 7월 20일

○ 시험보고서 요구사항

시험보고서에는 충돌시험 별로 아래의 사항이 포함되어야 한다.

· 충돌속도 및 열차무게
· 완충하중이력곡선
· 충돌 시 완충차막이와 선로 사이의 작용력
· 충돌시험 동영상 및 시험 시 측정된 항목의 ASCII 데이터

(2) 측정항목

○ 충돌동안 완충차막이에 가해지는 하중

· ① 레일과의 상호작용력

· ② 차량과의 상호작용력

· ③ 마찰재와의 상호작용력

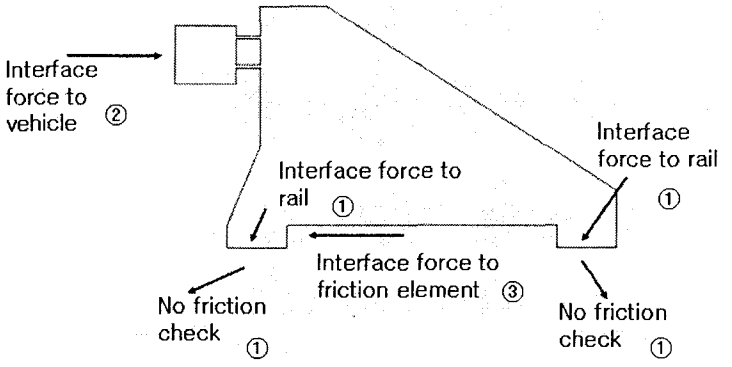


그림 3-4-19 충돌 동안 완충차막이에 가해지는 하중

○ 측정항목

· ① Impact load

· ② lateral acceleration

· ③ vertical acceleration

· ④ forces action on rails

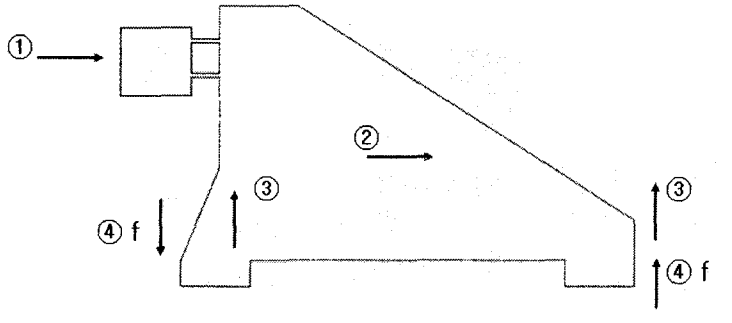


그림 3-4-20 완충차막이의 측정항목

마. 기준 및 해설서

(1) 완충차막기 안전기준

1. 적용범위

철도차량의 선로종단 돌파에 대비하여 차막이를 설치 시 요구성능조건에 대해 규정한다.

2. 시험조건 및 방법

가. 피시험체는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 선로상에 설치될 수 있는 차막이

나. 선로는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 직선선로

(2) 구배 없음

(3) 차막이 설치 선로를 주행선로에 추가적으로 별도 보강된다면, 설치현장과 동일하게 보강된 형태로 시험

다. 시험 속도: 충돌속도 15km/h

라. 시험방법

주행선로를 운행하게 될 열차중 최대 하중의 열차를 기준으로 충돌열차 무게를 선정하고 5km/h, 10km/h, 15km/h 속도단계별로 3회 이상 충돌시험을 수행하여 결과치를 기록함.

3. 성능요구조건

가. 차량 및 승무원의 피해 최소화

(1) 해당 운행노선의 최대 중량 열차가 15km/h 속도로 충돌할 때의 에너지를 흡수할 수 있어야 한다.

(2) 작동 시 수평방향 감속도를 일정이하로 제한하여야 한다.

나. 선로의 피해 최소화

(1) 궤도가 들어올려지지 않아야 한다.

(2) 충돌하는 시간동안 차막이가 궤도에 작용하는 종하중이 정해진 값 이하여야 한다.

(3) 마찰재료 등을 사용하는 경우 등에도 레일에 손상이 가지 않아야 한다.

다. 불안정 거동의 방지

(1) 충돌동안 차막이는 틸트(tilt)되거나 전복(rollover) 되지 않아야 한다.

(2) 작동 시 양측 레일상의 차막이 가속도가 수평방향 및 수직방향 편차가 일정이하의 값이여야 한다.

(3) 작동 시 차막이의 수직가속도가 일정이하여야 한다.

라. 유지보수 최소화

(1) 차막이 수명기간 동안 사고가 발생하지 않을 시 유지보수를 필요로 하지 않아야 한다.

(2) 충돌사고 발생 시 차막이의 부품교체 및 재설치를 통해 재사용가능하여야 한다.

(3) 재설치 차막이는 초기설치시와 동일한 수명기간을 가져야 한다.

(2) 해설서

1. 적용범위

철도차량의 선로종단 돌파에 대비하여 차막이를 설치 시 요구성능조건에 대해 규정한다.

【해설】

국내 철도차량 기지나 영업선로 끝단부에 설치된 차막이 형식은 1종, 2종 그리고 3종으로 구분되어 있다. 국내에서는 차막이에 대한 기술개발이 최근 전혀 이루어 지지 않은 현실이다. 따라서 현재 철도 운영사에서 적용 및 설치되어 있는 차막

이는 모두 고정식이므로 철도차량이 차막이 돌파 시에는 인명 피해 및 차량의 파손 그리고 차막이의 파손 등으로 경제적 손실이 발생되고 있다.

① 차막이 형식 1종



그림 3-4-21 차막이 형식 1종

② 차막이 형식 2종

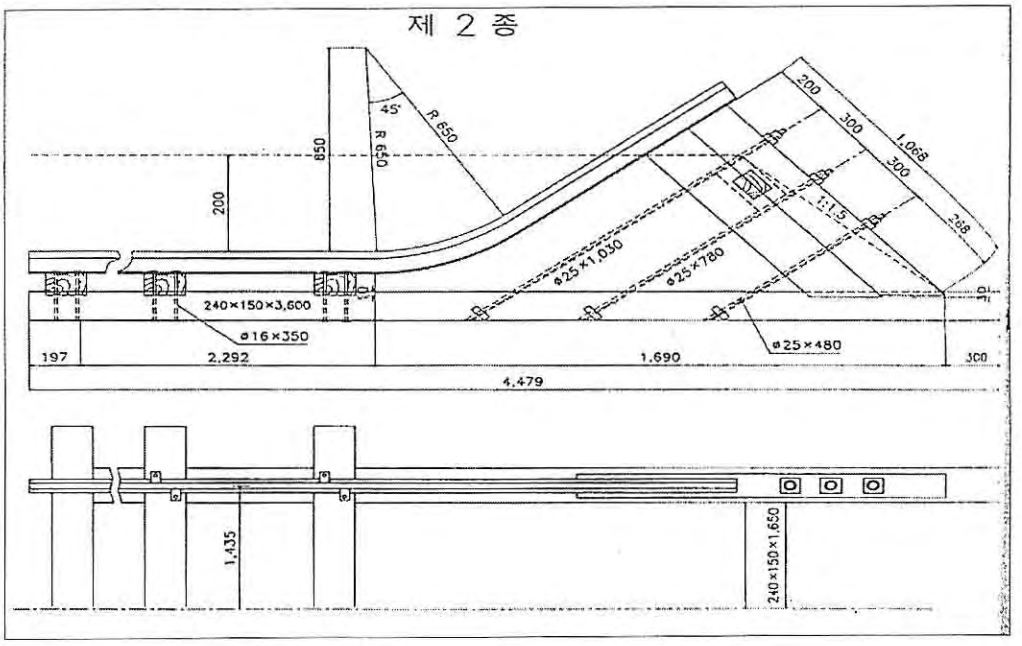


그림 3-4-22 차막이 형식 2종

③ 차막이 형식 3종

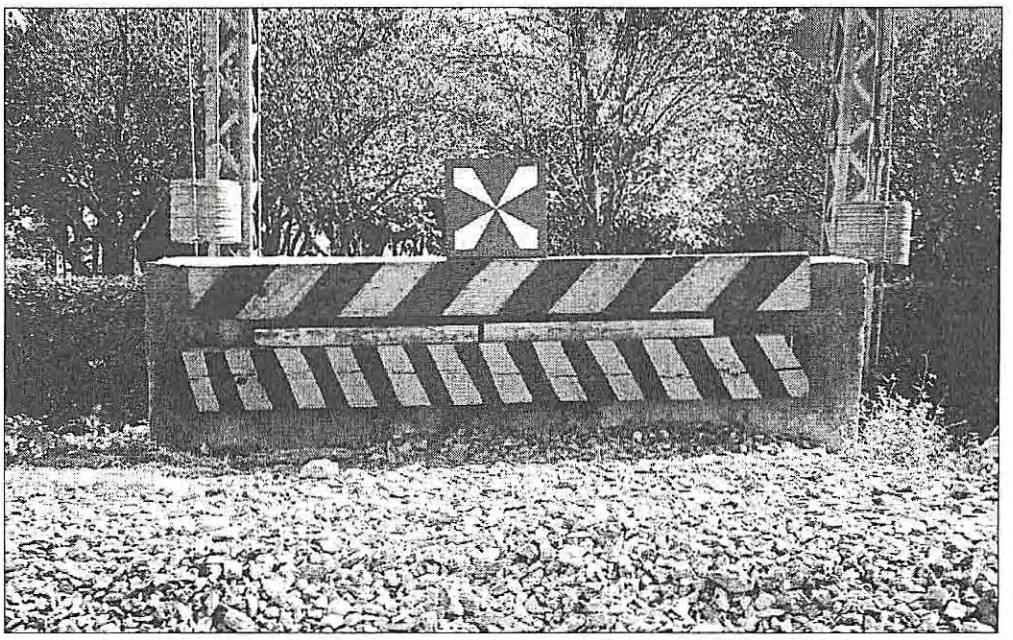


그림 3-4-23 차막이 형식 3종

2. 시험조건 및 방법

가. 피시험체는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 선로상에 설치될 수 있는 차막이

나. 선로는 다음 조건을 만족해야 한다.

(1) 직선선로

(2) 구배 없음

(3) 차막이 설치 선로를 주행선로에 추가적으로 별도 보강된다면, 설치현장과 동일하게 보강된 형태로 시험

다. 시험 속도: 충돌속도 15km/h

라. 시험방법

주행선로를 운행하게 될 열차중 최대 하중의 열차를 기준으로 충돌열차 무게를 선정하고 5km/h, 10km/h, 15km/h 속도단계별로 3회 이상 충돌시험을 수행하여 결과치를 기록함.

【해설】

차량이 완충차막이 돌파 시 완충차막이에 대한 안전성 및 강도를 확보하기 위한 설계 기준을 결정하기 위하여 국내외 사고 시나리오 조사 및 해외 기술 자료를 조사하였다.

(가) 국내외 사고 시나리오 조사

아래 표는 국내외 철도차량의 차막이 돌파 사고 사례를 정리 요약한 것이다. 차막이 사고 시나리오 조사과정에서 차량이 차막이 돌파 시 돌파 속도를 정확하게 명기한 자료는 찾기 어려웠으나, 사고 시나리오의 상황을 분석한 결과 차막이 돌파 시 속도는 전반적으로 20KPH 이하인 것으로 나타났다. 특히 기지 내에서 입환 작업 시 차막이 돌파사고가 빈번하게 발생하는 것으로 조사되었다.

표 3-4-10 사고 시나리오 조사

구분	사고내용	건수	비 고
국내	입환 작업 시 차막이 돌파	9	• 10 km/h 이하
	과로에 의한 사고	1	• 20 km/h 이하
	유지보수 불량 (제동부분)	1	• 역진입전 제동 체결되지 않음 • 차막이 돌파 속도 20km/h 이하로 추정
	운전 부주의	2	• 역구내 진입시 뒤늦은 제동으로 안전측선 차막이 돌파 • 차막이 돌파 속도 20km/h 이하로 추정
국외	전동차 차막이 돌파	3	• 영국 런던, 말레이시아, 쿠알라 룸푸루 등 • 차막이 돌파 속도에 대한 정확한 정보는 없음

(나) 국외 완충차막이 설계 기준 조사

유럽이 다른 지역보다 완충차막이에 대한 기술이 발달되어 있으므로 영국이나 이태리 등의 나라에 대하여 완충차막이 설계 기준에 대하여 조사 한 결과는 아래

표에 나타난 바와 같다.

표 3-4-11 유럽 차막이 적용기준

	돌파속도	차막이 제동거리	감속도
영업 노선	15 KPH	10m 이내	0.28 이하
입환 노선	10 KPH	5m 이내	0.25 이하

상기 표에 나타난 바와 같이 영업노선에서는 차막이 돌파 속도는 15Km/h이며 반면에 기지 내에서는 10Km/h로 제한하였다. 또한 유럽에서는 마찰식 차막이를 사용하고 있으므로 차량이 차막이 돌파 시 차막이가 차량과 더불어 후방으로 이동하는 거리 즉 제동거리를 각각 10m 및 5m 이내로 제한하였다.

따라서 상기 검토한 바와 같이 개발 모델에 대한 설계 기준은 기지 내에서는 돌파속도를 10KPH 그리고 영업노선에서는 차막이 설치 위치 및 환경을 고려하여 15KPH 및 20KPH로 결정하는 것이 합리적이라고 판단 됨.

3. 성능요구조건

가. 차량 및 승무원의 피해 최소화

(1) 해당 운행노선의 최대 중량 열차가 15km/h 속도로 충돌할 때의 에너지를 흡수할 수 있어야 한다.

(2) 작동시 수평방향 감속도를 일정이하로 제한하여야 한다.

나. 선로의 피해 최소화

(1) 궤도가 들어올려지지 않아야 한다.

(2) 충돌하는 시간동안 차막이가 궤도에 작용하는 종하중이 정해진 값 이하여야 한다.

(3) 마찰재료 등을 사용하는 경우 등에도 레일에 손상이 가지 않아야 한다.

다. 불안정 거동의 방지

(1) 충돌동안 차막이는 틸트(tilt)되거나 전복(rollover) 되지 않아야 한다.

(2) 작동 시 양측 레일상의 차막이 가속도가 수평방향 및 수직방향 편차가 일정이하의 값이여야 한다.

(3) 작동 시 차막이의 수직가속도가 일정이하여야 한다.

라. 유지보수 최소화

(1) 차막이 수명기간 동안 사고가 발생하지 않을 시 유지보수를 필요로 하지 않아야 한다.

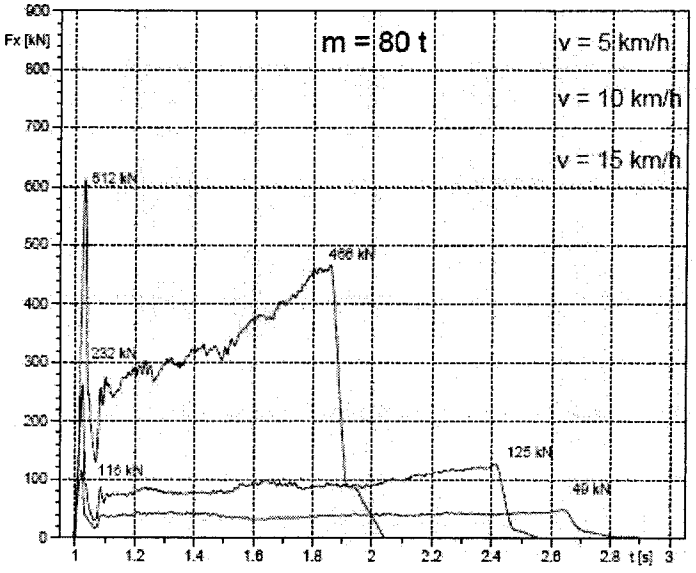
(2) 충돌사고 발생 시 차막이의 부품교체 및 재설치를 통해 재사용가능하여야 한다.

(3) 재설치 차막이는 초기설치시와 동일한 수명기간을 가져야 한다.

【해설】

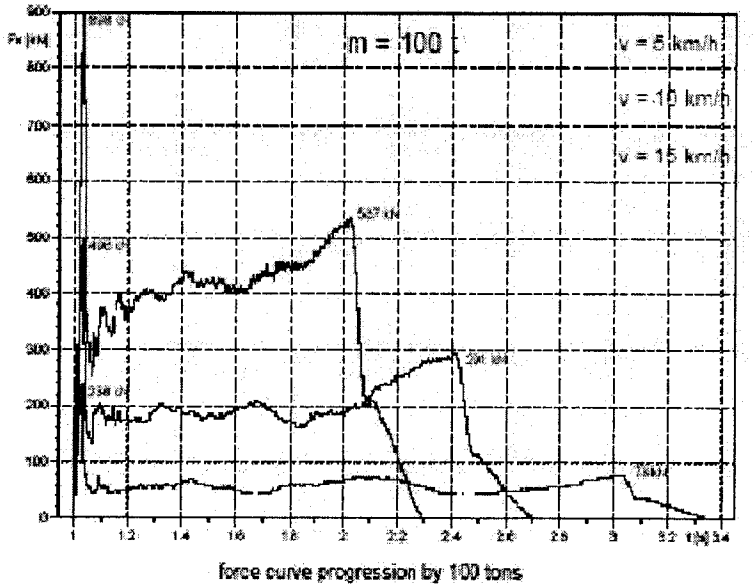
기준설정에 필요한 시험을 수행하였으며, 필요한 데이터 (종방향 하중, 수평방향 감속도, 수직방향 가속도 등)을 측정한 결과를 그림으로 아래에 나타내었다.

All forces are filtered by DIAdem 8.10 with a 100 Hz low-pass filter, Butterworth 4th order.



force curve progression by 80 tons

그림 3-4-24 80톤 열차의 속도별(15,10,5km/h) 종방향 하중



force curve progression by 100 tons

그림 3-4-25 100 톤 열차의 속도별(15,10,5km/h) 종방향 하중

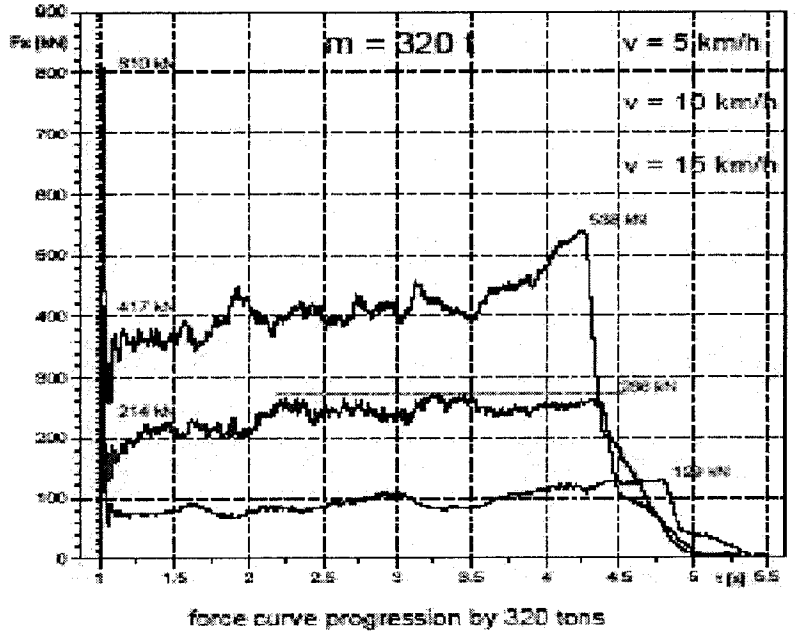


그림 3-4-26 320톤 열차의 속도별(5,10,15km/h) 종방향 하중

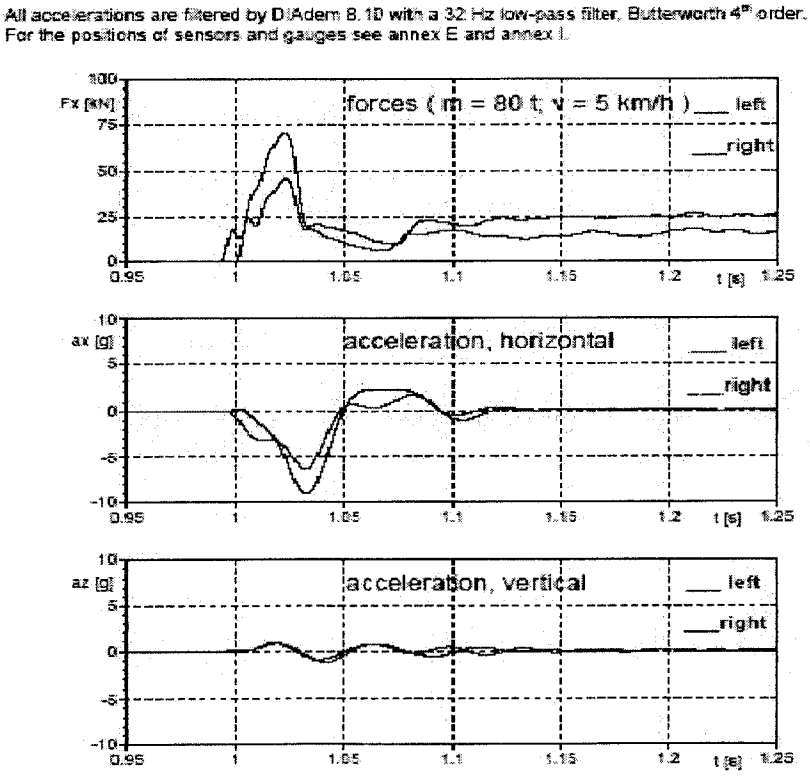


그림 3-4-27 80톤 열차 5km/h 충돌시 수직방향, 수평방향 가속도

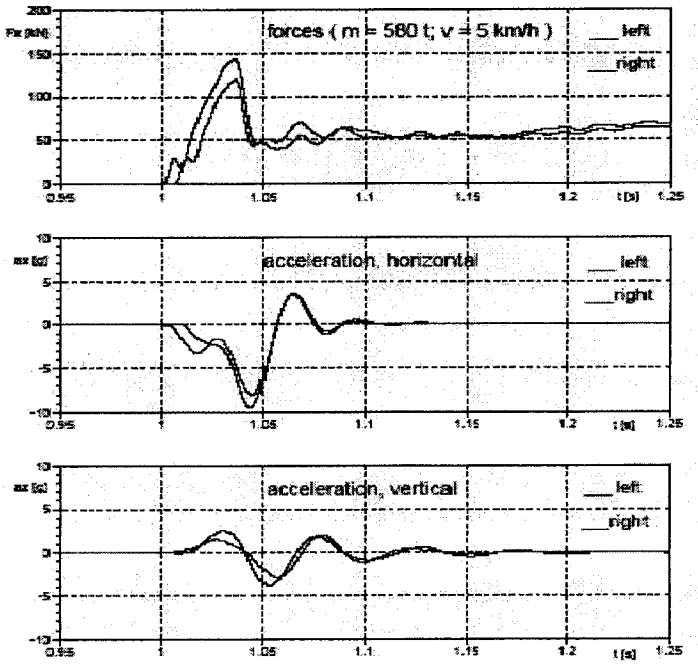


그림 3-4-28 580톤 열차 5km/h 충돌시 수평, 수직 방향 가속도 크기

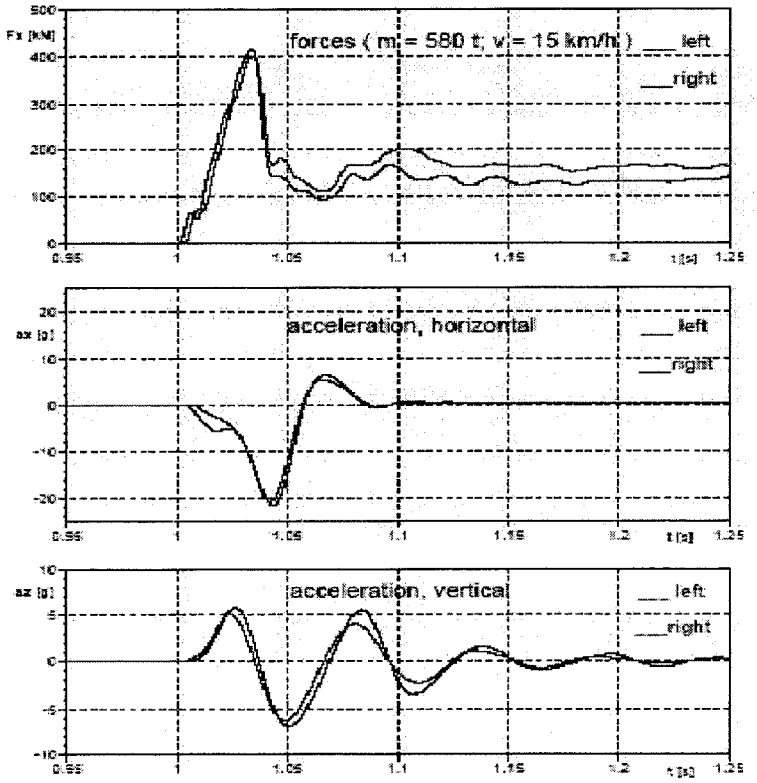


그림 3-4-29 580톤 열차 15km/h 충돌시 수평, 수직 방향 가속도 크기

위의 데이터를 토대로 살펴보면, 가속도 편차가 일정범위 내에 있는 점, 종방향 하중 크기 등이 일정정도 있는 점 등이 시험적으로 검증되므로 제안한 기준(초안)이 적절함을 판단할 수 있다.

제 5 절 화재분야 세부 안전기준

1999년부터 2003년까지 철도청 운전사고 및 운전 장애 월보를 기준으로 총 95건의 화재사고를 분석하였다. 이에 관한 사고 종류 및 원인을 분석하였고, 표 3-5-1과 같이 1972년부터 10여년간 유럽의 화재사고를 분석하였다. 분석결과에 의하면 그동안 철도에서의 화재사고는 대부분의 경우 작업자의 실수나 부주의에 의하여 발생하여 왔다. 그러나 이러한 현장 사고의 경우 대부분 작업인력에 의하여 조기 소화되어 큰 피해사고로 이어진 경우는 드물다. 반면 작업자가 없는 공간의 전기화재나 방화와 같이 초기에 큰 화원이 부가되는 경우에는 초기대응이 어려운 경우가 많아 인명피해가 수반되는 대형 사고로 이어지는 특성이 나타나고 있다. 영국의 경우 지하철에서의 반달리즘(vandalism) 통계는 연간 20~30여건, 2003년도 현재 누적 통계 300여건으로서 차내 반달리즘 사고건의 대부분의 경우 의자 커버 훼손 및 의자, 바닥재 등에 라이터 점화, 내장판 벽체에 대한 라이터 점화시도로 조사되었다고 한다. 이와 같이 최근에는 사회적 불안정 요소가 높아짐으로 인하여 지하공간에 대한 방화나 폭발물 테러와 같은 사회 적대적 요인에 의한 화재사고가 특별한 관리의 대상으로 주목 받고 있다.

사고분석을 바탕으로 세부기준항목이 선정되었고, 이에 대한 기준과 해설서를 개발하였다.

표 3-5-1 유럽 철도화재 통계자료(인용: 유럽 ORE B 106/RP 5, 1972~1982)

구 분		BR	DB	NS	PKP	RENFE	SJ	SNCB	SNCF
손상된 차량 종류	식당차	12 (1%)	5 (1.3%)	-		1 (1%)	18 (11.7%)	2 (2.6%)	5 (6%)
	침대차	6 (0.5%)	3 (0.7%)	-		1 (1%)	20 (13%)	-	3 (4%)
	칸막이 침대차	-	6 (1.5%)	-		2(2%)	2(1.3%)	-	9 (12%)
	기타객차	556 (53%)	268 (65%)	131 (29%)		65 (63%)	46 (30%)	38 (48.7%)	55 (70%)
	궤도차량	467 (44.5%)	126 (30.5%)	320(30.5 %)		35 (34%)	68 (44%)	37 (47.4%)	6 (8%)
	기관차		4 (1%)	-		-	-	1 (1.3%)	-
손상된 정도	심각한 손상 (열차 파손)	50 (7%)	138 (33.5%)			22 (21%)	7 (0.5%)	11 (14%)	20 (26%)
	중간 정도손상	-	71 (17%)			17 (16%)	147 (95.5%)	3 (4%)	15 (19%)
	미미한 손상	981 (93%)	203 (49.5%)			65 (63%)		64 (82%)	43 (55%)
화재에 대한 일반적인 견해	객차의 의심스러운 부분	-	플라스틱 부품 + 화장실	좌석 및 전기장비	좌석	-	-	좌석	좌석 및 커튼
	위험지역	-	-	-	전기 난방	-	전기 장비를 위한 박스	-	천장 및전등
	기타 의견	-	-	-	-	-	전기적인 실수가 가끔 화인이 됨	낡은 철도차량에서 발생되는 화재	
화재의 원인	전기적 요인	247/1041 (23.7%)	86/338 (25.4%)	15/163 (9.2%)	47/183 (25.7%)	43/91 (47.3%)	54/150 (36%)	19/78 (24.3%)	11/66 (17%)
	부주의	794/1041 (76.3%)	176/338 (52.1%)	84/163 (51.5%)	104/83 (51.5%)	12/91 (13.2%)	28/150 (18.7%)	27/78 (34.7%)	41/68 (62%)
	기타 (방화 등)		76/338 (22.5%)	64/163 (29.3%)	32/183 (17.5%)	36/91 (17.5%)	68/150 (45.4%)	32/78 (41%)	14/66 (21%)

1. 객차 등의 실내설비의 화재성능 기준

가. 개요

국내철도가 운영된 것은 100년 이상의 긴 역사를 가지고 있었지만 화재 안전에 대한 관리의 역사는 매우 짧다. 그동안 철도차량에 재료의 화재안전 기준은 명확하게 정립되어 있지 않았기 때문에 철도운영기관의 발주사양에 의존하여 왔다. 2003년도 이전에는 도시철도차량안전기준에 의하여 "원칙적으로 불연재를 사용하도록 하나 재료의 특성상 불연재를 사용할 수 없는 경우 난연재를 사용"하도록 허용하여 왔는데 난연재 평가방법이나 합격 기준이 명확하지 않았기 때문에 운영기관별로 적당한 수준의 건축 재료나 해외의 난연재 평가방법을 사용하여 왔다. 2003년 대구화재사고 이후에는 사고대책의 일환으로 도시철도차량안전기준에관한 규칙 개정령에 차량내장재화재안전평가기준 별표가 추가되어 사용되어 왔다. 이와는 별도로 철도안전법의 하위 규정으로 철도차량 안전 기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제9조 (화재발생의 예방)은 "②객차등의 실내설비 중 내장판,의자,통로연결막,바닥재,단열재는 제1항의 규정에 의한 불연재료 또는 건설교통부장관이 인정하는 규격에 적합한 재료가 사용되어야 한다."라고 규정하고 있다. 본 과제에서는 이 규정에 따라 국내외 사례조사 및 현행 국내 사용되고 있는 내장재의 시험평가 자료를 근거로 시행 지침으로 사용될 수 있는 형태로 차량의 설계유형 및 운행유형에 따라 위험등급을 분류하고 각 등급별 사용기준을 마련하였다.

나. 이론적 배경

철도차량의 객실내부는 기본적으로 출입문을 닫고 운행하며, 대부분의 경우 창문을 열지 않기 때문에 화재 발생시 유독가스나 화염에 의한 피해가 예상된다. 화재시 내장재의 연소성 및 유독가스의 발생은 인명피해와 직접적인 연관성을 갖는다. 국내 철도차량의 실내설비에 대한 화재성능 요구기준은 2003년도 대구지하철 화재사고를 계기로 대폭 강화되었으나, 해외 관련 규정이나 표준의 내용을 검토하여 보완사항을 도출할 필요가 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- KS M 3015 열경화성 플라스틱 일반 시험방법 : 분젠버너 시험법
- KS F 2271 건축물 내장재료 및 구조의 난연성 시험방법
- KS K 0580 천의가연성 시험방법 : 45°경사법
- KS M 0582 직물의 연소도 시험방법 : 수평법
- KS F 2819 건축용 얇은 재료의 난연성 시험 방법
- KS C 3004 고무 플라스틱 절연전선 시험방법
- KS C 8431 경질 비닐 전선관 : 내연성 실험
- KS M 3808 발포 폴리스티렌 보온재 : 촛불시험
- KS M 6522 고무겉창 포화류 : 가열시험

(2) 해외 관련 기준 현황

(영국)

- BS 6853-1999 영국의 철도차량 내장재 기준

(프랑스)

- NF F 16-101
- NF F 16-102

(미국)

- FMVSS 302 미국 자동차 안전기준
- NFPA 130 미국의 철도차량 내장재 화재안전 기준

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 기준 분석

(가) 국내 기준 분석

국내 철도차량의 실내설비에 대한 화재성능 요구기준은 2003년도 대구지하철 화재사고를 계기로 대폭 강화되었다. 따라서 국내의 운영현황도 2003년 전후로 구분하여 정리하였다.

① 2003년 이전의 내장재 사용현황 및 시험법

기존 철도차량에 대한 화재안전 관리기준은 도시철도분야에서 먼저 시행되고 있었다. 그러나 기존의 도시철도 차량안전기준에 관한 규칙 2장 2절 10조: '화재예방을 위한 기준'에 의하면 "차체 및 실내설비는 불에 타지 아니하는 재질을 사용할 것. 다만 실내 설비의 성질상 불에 타지 아니하는 재질로 할 수 없는 경우에는 이를 불에 타기 어려운 재질로 할 수 있다."고 규정하여, 구체적인 항목별 허용기준을 명시하지 않았기 때문에 엄격하게 지켜질 수 없는 한계를 가지고 있었다. 2003년 이전의 국내 도시철도 차량 내장재의 일반적인 재질 및 시험규격을 [표 3-5-2]에 나타내었다. 내장판의 경우 KS M 3015의 자기소화성 이상의 재료를 사용하도록 하고 있었고, 바닥재의 경우 KS M 3305, 의자의 경우 KS F 2819, KS K 0582, FMVSS 302 등의 기준을 적용하고 있었다. 통로연결막의 경우는 KS K 0580의 시험기준을 적용받고 있었으며, 단열재의 경우는 KS M 3808 난연성 기준을 적용하여 사용하였다. 그러나 2003년 이전에 사용되던 국내 시험법은 주로 화염에만 노출시키는 방법을 사용하여 화염과 복사열에 동시 노출시키는 방법의 현대적인 시험법에 비하여 난연 등급의 분별력이 떨어졌으며, 연기밀도나 연소가스 독성 등의 요구조건은 거의 적용하지 않고 있었다. 이와 같은 상황은 지하철 전동차 이외에도 새마을이나 무궁화와 같은 간선철도 운행차량의 경우에도 다르지 않았던 것으로 파악되었다.

표 3-5-2 국내 도시철도차량 내장재 시험규격(2002년 이전)

구 분		국내차량재료	시험법 및 기준
내장재		폴리에스테르 계 FRP, MPAL	KS M3015 자기소화성 이상 KS F 2271('01년 이후) 난연 2급 이상
바닥재		염화비닐수지	KS M 3305 난연성 이상 KS F 2271 난연 2급 이상
의자	커버	폴리에스테르 모켓트	KS F 2271 난연 2급 KS K 0582, KS F 2819(JIS Z 2150) 방염 2급
	쿠션	우레탄 폼	FMVSS 302 자기소화성 이상
통로연결막		졸타포린	KS K 0580
단열재		P.E FOAM	KS M 3808 난연성 / KS F 2271 난연3급 이상
* 비고 : KS F 2271는 01년 이후 철도청 무궁화 등 일부 차량에 적용됨.			

표 3-5-3 KS 기준의 시험장치

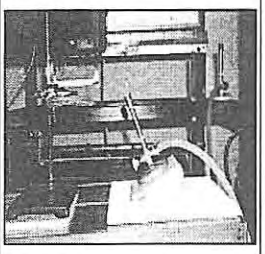
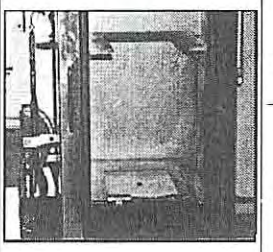
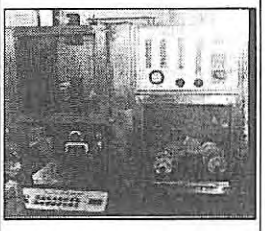
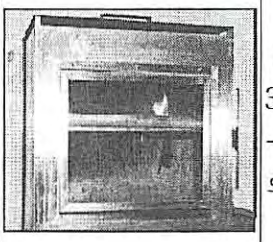
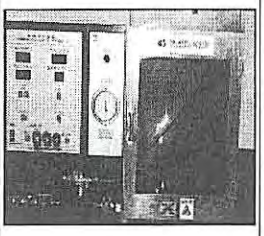
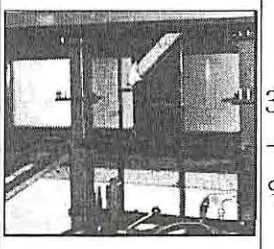
구 분	시험장치	규격 및 시험법	구 분	시험장치	규격 및 시험법
내장판		KS M 3015 - A방법(수평), B(수직),C방법이 있음	시트 커버		KS K 0583 - 천류의 난연도를 측정
내장판 / 단열재		KS F 2271 - 발연계수 및 생쥐를 이용한 가스유해성 시험	쿠션		FMVSS 302 - 시트쿠션의 연소성
시트 커버		JIS Z 2150 - 두께 5mm미만의 보드나 시트 등의 난연성 시험	단열재		KS M 3808 - 단열재의 연소성 시험기

표 3-5-4 국내 철도차량 난연성 시험법 및 평가기준

시험기준	시험법명		시험 방법	기 준
KS M 3015	열경화성 플라스틱 일반 시험방법 : 분젠버너 시험법		8.5 11.5mm의 분젠버너를 30° 로 유지시켜 시편의 끝부분에 30초동안 접촉시킨 후 멀리했을때 불꽃이 꺼지는 시점의 시간 측정.	가연성 : 180초 이상 불꽃 지속 자기소화성 : 연소거리 25100mm 불연성 : 연소거리 25mm 이하
KS F 2271	건축물 내장재료 및 구조의 난연성 시험방법	기재 시험	750±10℃에서 수직형 전기로내 시험체를 삽입하여 20분 동안 가열.	전기로내 온도상승이 50℃이내면 합격.
		표면 시험	220 x 220mm의 시편을 전기로 및 가스버너에 불꽃으로 가열시켜 발생되는 잔열, 배기가스의 온도상승, 발연계수 (C_A = 240log$_{10}$Io/I) 등 평가.	가열 종료 후 30초 이상 잔류 불꽃이 없을 것. 발연계수에 따른 등급평가 **난연 1급 : 30 /난연 2급 : 60 /난연 3급 : 120**
		부가 시험	난연 2급 표면 가열시험 합격품에 대하여 시행. 25mm 구멍 3개 뚫어 추가 시험한다.	표준 온도 곡선을 넘는 온도 시간 면적 (℃분) : 150 단위면적당 발연계수 (C_A) : 60 잔류불꽃 시간 (s) : 90
		가스 유해성 실험	가스 챔버장치 내 생쥐 행동 정지시간 평가	행동정지시간이 9분 이상일 경우 합격.
KS K 0580	천의가연성 시험방법 : 45°경사법		5×15cm 시험편을 45°경사로 세우고 추를 단 후에 시험편의 하단 끝에서 19mm 지점에 점화하여 봉사가 끊어질 때까지의 연소시간 평가.	**방염 1급**(정상연소) : 표면이 기모되지 않은 직물의 연소시간이 3.5초 이상일 때 / 기모된 직물은 7초 이상일 때
				방염 2급(중간연소) : 기모 직물의 기모연소시간이 4초이상 7초 미만이고, 기포가 연소될 때
				방염3급(강연소성) : 기모되지 않은 직물의 연소시간이 3.5초 미만/ 기모 직물의 연소시간이 4초 미만이고, 기포가 연소될 때
KS M 0582	직물의 연소도 시험방법 : 수평법		파일 또는 기모, 기물을 방화도 시험기준으로 연소시간 측정	-
KS F 2819	건축용 얇은 재료의 난연성 시험 방법		30×20cm 시험체를 메탄버너로 가열시험	**방염 1급** : 탄화길이 5cm 이하, 잔염 없음, 1분후 분진 없음 **방염 2급** : 탄화길이 10cm 이하, 잔염 5초 이하 **방염 3급** : 탄화길이 15cm 이하, 잔염 5초 이하

표 3-5-5 국내 철도차량 난연성 시험법 및 평가기준(계속)

시험 기준	시험법명		시험 방법	기 준
KS C 3004	고무 플라스틱 절연전선 시험방법	수평 시험	10mm의 분젠버너를 길이 약 300mm의 시료에 수평으로 지지하여 시편의 중앙부 아래쪽에 30초동안 접촉시킨 후, 불꽃 제거후에 시료의 연소정도를 측정.	5초 이내 소멸
		경사 시험	10mm의 분젠버너를 길이 약 300mm의 시료에 60。로 경사시켜 지지하여 시료의 아래 끝에서 20mm의 위치에 30초 이내로 연소할때까지 접촉시킨 후, 불꽃 제거후의 시료 연소 측정.	5초 이내 소멸
KS C 8431	경질 비닐 전선관 : 내연성 실험		시료를 스탠드에 장착한 후 15mm의 불꽃 벤젠 버너를 시료 밑에 놓고, 불꽃의 끝이 시험편의 아래 끝에 닿게 하여 1분간 방치한 후에 불꽃을 제거하였을 때, 시험편의 불꽃이 소멸되는지의 여부 조사.	불꽃이 자연히 꺼질 것
KS M 3808	발포 폴리스티렌 보온재 : 촛불시험		10×200×25mm 시편을 45°기울여 화염에 노출	3초 이내에 불꽃이 꺼져서 찌꺼기가 없고, 연소한계선을 초과하지 않을 것
KS M 6522	고무겉창 포화류 : 가열시험		100±2℃ 항온조에서 6시간 방치 후 무게측정하여 가열감량 평가	-
FMVSS 302	미국 자동차 안전기준		203*381*356㎜의 챔버에서 시험시편을 25*10㎜의 2개의 U자형의 금속테두리 사이에 삽입하여 실험한다.	시편이 점화시간부터 60초안에 불꽃이 꺼지거나, 화염길이가 시작점으로부터 51㎜보다 짧으면 분당 102㎜보다 더 많은 화염비율을 증가시킨다.

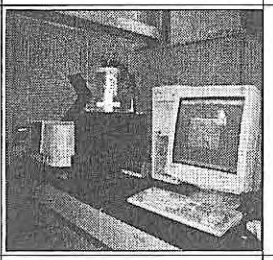
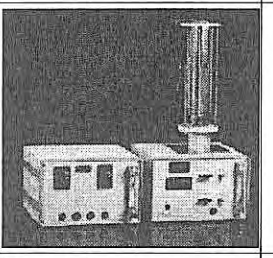
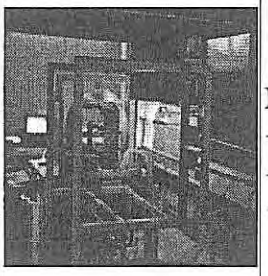
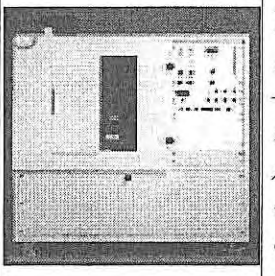
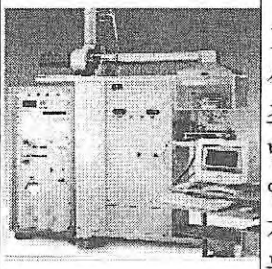
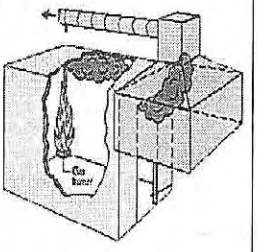
② 2003년 이후의 내장재 사용현황 및 시험법

2003년 6월 초안이 마련된 건교부 도시철도차량안전기준에관한규칙 개정안(2004. 12. 고시)에 의하여 연기밀도 및 가스 유독성 평가를 포함한 국제적인 시험방법으로 전환하였다. 이로부터 국내시험에서도 대상재료를 화염과 복사열에 동시에 노출시켜 실제 화재상황 근접하도록 화재시험이 시행되고 있다. 다만, 국제적으로 가장 광범위하게 사용될 것으로 예측되는 콘칼로리미터법을 이용한 발열량 평가법(ISO 5660-1)은 적용기준 설정의 어려움으로 인하여 도입이 미루어졌다. 아래 표에 도시철도차량안전에관한규칙 개정령과 철도차량 실내설비의 화재성능을 평가하기 위하여 사용되도록 지정된 시험설비를 정리하였다.

표 3-5-6 도시철도차량안전기준에 관한 규칙 개정령의 내장재 평가기준

구 분		산소지수	화염전파		연기밀도			연기독성
시험방법		국제표준화기구 시험기준 ISO 4589-2 (한국산업규격 KS M ISO 4589-2)	국제표준화기구 시험기준 ISO 5658-2 (한국산업규격 KS F 2844)		미국재료시험협회 시험기준 ASTM E 662			영국 산업규격 BS 6853 첨부 B.2
시험항목		산소지수 LOI	연소 지속열 Qsb (MJ/m^2)	소화점 임계 열류량 CFE (kW/m^2)	연기밀도 Ds (1.5min)	연기밀도 Ds (4min)	연기밀도 Ds (10min)	독성지수 R
내장판		≥40	≥1.5	≥20	≤50	≤100	≤200	≤1.6
의자	커버	28	-	-	100	200	-	2.0
	쿠션	28	-	-	100	175	-	3.2
	몸체	32	-	-	100	200	-	2.0
통로 연결막		28	1.0	10	100	200	-	2.7
바닥재		28	0.25	7	100	200	-	5.0
단열재		35	-	-	-	100	-	1.6

표 3-5-7 도시철도차량안전기준 외 시험장치

구 분	시험장치	규격 및 시험법	구 분	시험장치	규격 및 시험법
독성 시험기		BS 6853 Annex B 기준의 연기챔버-FT-IR 정성, 정량 분석	산소지수시험기		ISO 4589-2 -산소/질소 혼합가스에서 시편 연소
화염전파시험기험기		ISO 5658-2 / IMO 653 - 화염전파 속도 및 연소거리	연기밀도시험기		ASTM E662 / ISO 5659 - NBS 챔버에 시편을 연소시켜 연기밀도 측정
발열량 시험기 (콘칼로리미터) *미지정		ISO 5660 100×100(mm) 시편을 열복사 조건에서 태워 발열량과 연기량, 가스유독성 등을 평가	룸코너 시험기 *미지정		ISO 9705 국제표준룸 중형 어셈블리 연소설비

③ 고속철도차량 KTX 내장재 사용현황

표 3-5-8 고속철도차량 KTX 내장재 사용현황

구 분		사용재질	NF 기준(A1)	시험값	시험소	제작설치
윈도마스크		Polyester FRP	GRID 3	M1F3	LNE	오리엔탈
내장판		Fabric + Aluminum	GRID 3	M1F3	LNE	흥 일
단열재		Glass Wool	GRID 2	M1F0	LNE	한국하니소
의자	커버	Wool Moquette	GRID 7	M2F3	SNPE	영국수입 대원강업
	Fire	Para-aramide	규격 외	M1F1	SNPE	프랑스수입

구 분		사용재질	NF 기준(A1)	시험값	시험소	제작설치
	barrier (방염막)	외 복합소재				대원강업
	Pad	P.U. Foam	GRID 9	M4F2	LCPP Stratoforme	대원강업
	Plastic	PC	GRID 7	M2F3	--	GE plastic
통로연결막		합성고무	GRID 6	I2F3	SNPE	LE JOINT FRANCAIS
바닥재		카페트	GRID 5	M2F2	LCCP	FLIPO

(나) 해외 기준 분석

해외 철도안전 선진국의 경우에는 일찍부터 연소성뿐만 아니라 화염전파, 연기밀도, 가스 유독성 등을 종합적으로 평가하도록 하고 있었다. 이는 화재사고 분석을 통한 위험평가 결과 대부분의 인명피해가 화염에 의한 것보다는 연소가스에 의한 질식으로 인한 것이라는 점에서 기인한다. 영국은 BS 6853에 근간을 두고 화염전파는 BS 476-6, BS 476-7 및 BS ISO 9239-1을 따르도록 하였고 연기밀도는 3미터 입방체 시험을 하도록 하였다. 프랑스는 NF F 16-101 기준을 두어 연기밀도(NF X 10-702), 가스유독성(NF X 70-100), 산소지수(NF T 51-071) 등을 평가하도록 규정하고 있다. 미국은 열차에 대한 화재안전 조건을 NFPA 130을 통하여 연기밀도(ASTM E 662) 및 연소성(ASTM E 162)에 항목을 중심으로 평가하도록 요구하고 있다. 독일은 DIN 5510, DIN 50060, BOStrab, EBO 등의 규격을 통하여 각종 철도차량에 사용되는 내장재의 연소성, 화염전파, 연기밀도, 가스유독성 등을 지정하여 평가하고 있다. 일본 철도의 경우는 교통성령을 통하여 내장재 사용기준을 정하고 있었는데 최근까지는 독성이나 연기에 관하여는 정량적인 평가를 하지 않았던 것으로 조사되었다.

국제철도연맹은 UIC 564-2 기준을 근거로 연소성(appendix 4), 연기밀도(appendix 15), 산소지수(appendix 7) 등을 평가하도록 하고 있다. 또한 유럽의 통합과 함께 준비되고 있는 통합유럽의 철도차량 내장재 화재성능 기준의 경우 향후 영향력 있는 국제기준으로 활용될 것으로 예측된다.

① 영국

영국은 1987년 30여명의 사망자를 낳은 런던 킹스크로스역의 화재사고를 계기로 국제적으로 가장 까다로운 안전기준을 적용해온 나라로 알려져 있다. 특히 구미 대륙의 화재안전 관리기준이 상대적으로 대피로를 포함한 지하철도 구간의 시설관리 방안에 강화되어 있다면 영국의 기준은 철도차량 내장재의 관리기준이 더욱 엄격하다고 볼 수 있겠다. 철도차량에 대하여는 위험수위에 따라 차량의 범주를 다음과 같이 분류하여 규격화하고 있다.

분류 Ia : 대피로가 없는 지하터널을 운행하는 철도차량, 무인운전 차량 등

분류 Ib : 대피로가 있거나 맞은편 선로를 이용하여 대피할 수 있는 지하터널을 운행하는 철도차량, 침대차량 등

분류 II : 터널운행이 적은 일반 도시간 노선을 운행하는 차량

② 프랑스

프랑스의 화재에 대한 규격은 각각의 소재에 대한 다양한 시험결과를 기초로 항목간 상관관계를 포함하는 Grid 평가 체계로 구성되어져 있다.

철도차량에 사용되는 모든 재료(비금속류)들의 가연성 및 배출연기의 시험방법 및 기준은 NF F 16-101와 NF F 16-102에 총체적으로 명기되어져 있으며 철도차량에 대하여 다음의 세분류로 구분하여 제시하고 있다.

분류 A1 : 빈번하게 터널을 통과하는 철도차량

분류 A2 : 터널을 가끔 통과하는 도시, 교외 철도차량, 트레일러, 침대차

분류 B : 터널을 가끔 통과하는 기관차를 포함한 좌석식 간선 철도차량

NF 기준에서 적용하고 있는 기준은 글로우와이어 시험 및 산소지수 시험 등의 연소성 시험으로부터 M0부터 M4 및 I0에서부터 I4까지의 등급을 구분하고, 연소가스에 대한 평가결과를 F0부터 F5까지 구분하여 재질의 선택기준을 정하고 있다.

표 3-5-9 영국의 철도차량 내장재 기준(BS 6853-1999)

구 분		재 료	시험항목	영국 기준[BS 6853]	
				시험법	기준(I_b case)
내장판		철판, 알루미늄 도장판	연소성	BS 476-6	i1 <6, i(max)<12
			화염전파	BS 476-7	Class 1
			연기발생	BS 6853 AnnexD	A_0(On) 4.2 A_0(off) 6.3
			가스유독성	Annex B	R<1.6
			화염저항성	BS 476-20/22	20 min resistance
바닥재		고무계열	연소성		
			화염전파	BS 476-7 or ISO 9239	Class 2 or 7.5kW/m^2
			연기발생	BS 6853 AnnexD	A_0(max) 350
			가스유독성	Annex B	R<8
의자	몸체	-	연소성	BS 476-6	i1 <6, i(max)<12
			화염전파	BS 476-7	Class 1
			연기발생	BS 6853 AnnexD	A_0(On) 4.2 A_0(off) 6.3
			가스유독성	Area Base: prEN 2824-6	R<1.6
	쿠션	FOAM	연소성		
			화염전파	BS 476-7	Class 1
			가스유독성	Annex B	R< 3.2
	Assembly	몸체+쿠션	연기발생	BS 6853 AnnexD	A_0(max) 14.0
통로 연결막		합성고무	연소성	BS 476-6	i1 <6, i(max)<12
			화염전파	BS 476-7	Class 1
			연기발생	BS 6853 AnnexD	A_0(On) 4.2 A_0(off) 6.3
			가스유독성	Annex B	R<1.6
단열재		GLASS WOOL	연소성	불연성	10초 자기소화
			연기발생		
			가스유독성		
			산소지수		
전선류		-	화염전파	BS 4066-3	Burn length 2.5m
			연기발생	BS 6853 AnnexD	A_0(On) A_0(off)
			가스유독성	Annex B	R<1(In)1.6 R<1(Out)2.7

표 3-5-10 NF 기준의 재질 품목에 대한 등급(권장표준)

구분	철도차량 A1[(1)]	철도차량 A2[(2)]	철도차량 B [(3)]
천정	M0 F0	M0 F0	M1 F1
벽	M1 F1	M1 F1	M2 F1
커튼	M1 F1	M1 F1	M1 F1
좌석(구성요소)	M1 F1	M1 F1	M1 F2
바닥	M1 F1	M2 F1	M1 F2
내장케이블	A0 F1	A F1	B F2
외부케이블	B F1	B F2	C F3
외부재질	M2 F1	M2 F2	M3 F3
침대재질		M1 F1	

③ 미국

철도시스템의 화재안전 기본규정을 담고 있는 NFPA 130 기준은 철도차량 소재에 대한 화재성능 기준 만에 제한되어 있지 않고, 지하구간의 제연설비나 대피로 확보 등에 관한 종합적인 화재안전 기준으로 구성되어 있다.

이와 같은 특징은 규정적 효력을 가지는 FRA(Federal Railroad Administration) 지침서에도 동일하게 나타나고 있다. 철도차량 실내설비의 재료 시험기준은 주로 화염전파 특성(ASTM E 162)과 연기밀도 특성(ASTM E 662)을 평가하도록 하고 있다.

표 3-5-11 미국의 철도차량 내장재 화재안전 기준(NFPA 130)

구 분		시험항목	시험규격	기 준
내장재		연소성/화염전파	ASTM E 162 Radiant Panel	Is≤35
		연기밀도	ASTM E 662	Ds(1.5)≤100 Ds(4.0)≤200
바닥재		연소성/화염전파	ASTM E 119 ASTM E 648	Pass C.R.F≥0.5w/cm^2
		연기밀도	ASTM E 662	Ds(1.5)≤100 Ds(4.0)≤200
의자	커버지	연소성/화염전파	ASTM E 162	Is≤35
		연기밀도	ASTM E 662	Ds(1.5)≤100 Ds(4.0)≤200
	쿠션	연소성	ASTM D 3675	Is≤25
		연기밀도	ASTM E 662	Ds(1.5)≤100 Ds(4.0)≤175
연결통로		연소성/화염전파	ASTM E 162	Is≤35
		연기밀도	ASTM E 662	Ds(1.5)≤100 Ds(4.0)≤200
단열재		연소성/화염전파	ASTM E 162 Radiant Panel	Is≤25
		연기밀도	ASTM E 662	Ds(4.0)≤100

④ 일본

일본의 철도차량용 실내설비 연소성 시험방법은 그림에 표시한 바와 같이 시험시편(182㎜*257㎜)을 45도 경사가 되도록 유지해서, 하부에 연료용기를 두고 순에틸알코올을 넣고 착화해서 연소시키는 방법을 사용한다. 연소성 판정은 시편의 착화, 착염, 발연 상태, 불꽃의 상태와 잔염, 잔재, 탄화, 변형상태를 조사한 표 3-5-13에 따른다.

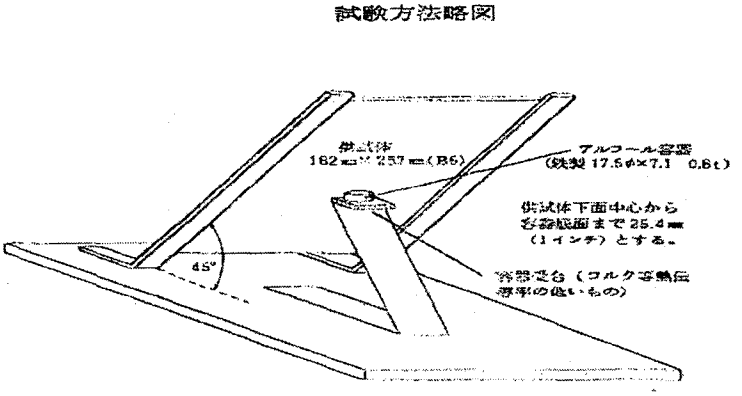


그림 3-5-1 일본의 철도 내장재 화재시험 장치

표 3-5-12 철도차량용 재료의 연소성 규격

구분	알코올 연소 중				알코올 연소 후			
	착화	착염	연기	화염 세기	잔염	잔재	탄 화	변 형
불연성	없음	없음	근소	-	-	-	100㎜ 이하의 변색	100㎜이하의 표면적 변형
극난연성	없음	없음	적다	-	-	-	시험편 상단에 도달하지 않음	150㎜이하의 변형
	있음	있음	적다	약함	없음	없음	30 mm 이하	
난연성	있다	있다	보통	화염이 시험편 위쪽 끝부분을 넘지 않는다.	없음	없음	시험편의 위쪽 끝부분에 도달한다.	녹색이 되고, 변형, 국부적 관통 구멍이 생김
(주) 1. 탄화, 변형의 치수는 긴 지름으로 표시한다. 2. 이상(異常) 발염하는 것은 구분을 1단계 내린다. 3. 판정에 관해서는 다음의 시험 방법(약도)에 따른다.								

표 3-5-13 일본의 철도차량 화재안전 기준

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">부 위</th><th rowspan="2">일반의 여객선</th><th rowspan="2">지하철 등 여객차 및 신칸센 여객차</th><th colspan="6">특수 철도(비고8)</th></tr>
<tr><th></th><th>가</th><th>나</th><th>다</th><th>라</th><th>마</th></tr>
<tr><td rowspan="3">지붕</td><td rowspan="2">지 붕
(비고1)</td><td colspan="2" rowspan="2">금속제 또는, 금속과 동등 이상의 불연성(비고2)</td><td>불연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td>금속제 또는 금속과 동등 이상의 불연성</td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>지붕상면</td><td colspan="3">난연성의 절연재료로 피복되어 있을 것[가공 전동차선(특고압의 전동차선을 제외)구간을 주행하는 여객 전동차에 한 한다.]</td><td></td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">지붕상면에 설치 된 기기 및 금구 류</td><td colspan="3">설치부가 차체에 대하여 절연되고, 또는 표면이 난연성의 절연재료에 따라 피복되어 있을 것[가공 전동차선(특고압의 전동차선은 제외)구간을 주행하는 여객전동차에 한 한다]</td><td></td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">객실</td><td>천정 외판(측면부 이외)내장</td><td colspan="2">불연성 또는 표면이 불연성의 재료로 피복되어 있을 것(비고3)이며, 표면 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용 할 것</td><td>불연성 표면의 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용할 것</td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>외판(측면부)</td><td colspan="2">난연성 표면 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용할 것</td><td>불연성 표면 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용할 것</td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>바닥의 상부물</td><td colspan="3">난연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td>바닥 상부물 아래의 충전물(비고5)</td><td colspan="2"></td><td>극난연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td colspan="2">단열재 및 방음재</td><td colspan="2"></td><td>불연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">바닥</td><td>바닥</td><td colspan="3">연기 및 화염이 통과 할 우려가 작은 구조일 것</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td>바닥판</td><td colspan="2"></td><td>금속제 또는 금속과 동등이상의 불연성(비고2)</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td>바닥 아래면(비고6)</td><td colspan="2">불연성 또는 표면이 금속으로 덮여져 있는 것</td><td>불연성 또는 표면이 금속으로 덮여져 있는 것. 동시에 표면 도장(비고4)은 불연성</td><td>표면의 도장(비고4)은 불연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td colspan="2">바닥 아래의 기기 상자(비고7)</td><td colspan="2"></td><td>불연성 단, 절연의 필요가 있으며 부득이한 경우는 난연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">좌석</td><td>커버</td><td colspan="3">난연성</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td></tr>
<tr><td>충전물</td><td colspan="2"></td><td>난연성</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
<tr><td>밑쪽에 전열기가 설치 된 경우</td><td colspan="2"></td><td>발열체와 좌석의 주변에 불연성의 방열판을 설치한다.</td><td>○</td><td>*1</td><td></td><td></td><td>*1</td></tr>
</table>

⑤ 통합유럽의 기준

이와 같이 각 국의 상이한 화재기준으로 인하여 차량재료의 표준화가 이루어지지 않고, 무역 장벽 등이 발생함에 따라 최근에는 통합유럽을 중심으로 국제기준(ISO) 중심의 화재시험평가방법 통일화 방안이 추진되고 있다. 아래 표에는 최근 유럽 11개 국가가 참여한 국가 간 공동연구로 수행되었던 FIRESTARR 프로젝트의 국제기준 통합 초안을 나타내었다. 이 프로젝트의 목적은 다음과 같다.

- 유럽 열차 기내의 화재 위험의 도출 및 가장 관련된 화재 시나리오의 정의
- 부품과 재료의 화재 시 반응에 의한 성능 수준에 대한 기준 선정
- 화재의 특성을 평가하기 위해 가장 적합한 시험방법에 대한 연구 및 선정
- 인화성, Flashover 도달 시간, 가시거리 상실시간, 치명적 조건 도달시간
- 물품은 표면재료(패널과 바닥재), 가구류, 전기적 부품 등 3가지로 구분

이 프로젝트의 통계적 조사에 의하면, 방화범에 의한 화재가 가장 위험한 것으로 나타났으며, 대부분 쿠션이 들어있는 가구인 의자에서 화재가 시작한 것으로 나타났다. 이 프로젝트는 prEN 45545-1 :Railway application-Fire protection on railway vehicles 기준과 병행 추진되면서 철도차량의 화재안전에 대한 새로운 통합 유럽기준은 현재 개발 중에 있는데 이 기준의 초안은 다음의 7개의 부분으로 구성되어 있다.

- Part 1 : 개요
- Part 2 : 재료와 부품의 화재 시 성능에 대한 요구사항
- Part 3 : 방화벽과 경계 벽의 내화성에 대한 요구사항
- Part 4 : 전동차 설계에 대한 화재 안전요구사항
- Part 5 : 전기시설의 화재안전요구사항
- Part 6 : 화재관리 시스템
- Part 7 : 자연성물질과 가연성 가스의 설비에 대한 화재안전 요구사항

prEN 45545에서 요구사항과 대책의 목적은 화재사고로부터 승객과 승무원을 보호하는 것이며, 화물차량에 대해서는 적용하지 않는다. 이 기준에서는 차량을 그 사용 유형 및 설계사양에 따라서 구분하였으며, 이를 기반으로 화재위험수준

(Fire Hazard Level : HL)을 구분하고 있다. 위험분류에서 HL4가 가장 높은 위험이며, HL1이 가장 낮은 위험이며 각 위험 분류별로 별도의 내장재 안전기준을 다르게 요구하고 있다.

표 3-5-14 prEN45545에 의한 화재위험수준분류

Fire hazard level				
Operation category	Design category			
	N	A	D	S and/or DS
1	HL1	HL2	HL2	HL2
2	HL2	HL4	HL3	N/A
3	HL3	HL4	HL4	HL4
4	HL4	HL4	HL4	HL4

표 3-5-15 prEN45545의 Design category

Design category	Description
A	automatic vehicles having no emergency trained staff onboard
D	double decked vehicles
S	sleeping and couchmate cars
N	all other vehicles

표 3-5-16 유럽연합의 철도차량 화재안전 통합기준

Generic item	F Spread of flame	I ignitability	R Rate of heat release	S Smoke opacity	T Smoke toxicity
GEN1 Wall (vertikal application)	F1 I1 · ISO 5658-2		R1 ISO 5660-1 ISO 5658-4	S1 ISO 5660-2 ISO 5659-2 IEC 1034-1,2	T1 DIN 53436 UITP-E6-E7
GEN2 Ceiling, ceiling like (horizontal surfaces)	F2 I2 · ISO 5658-2		R2 ISO 5660-1 (35kW/㎡) ISO 9705-2 or EN13823 (SBI)	S2 ISO 5660-2 ISO 9705-2 or EN13823 (SBI) ISO 5659-2 IEC 1034-1,2	T1 DIN 53436 UITP-E6-E7
GEN3 Flooring	F3 I3 · PrEN ISO 9239-1		R3 ISO 5660-1	S3 ISO 5660-2 ISO 5659-2	T3 DIN 53436 UITP-E6-E7
GEN4 Seats and Beddings	F4 I4 · UIC 564-2 AN 5+13 Paper Cushion · ISO 5658-2 or -4 Radiant heat ignitability		R4 ISO 5660-1 Furniture Calorimeter	S4 ISO 5660-2 Furniture Calorimeter ISO 5659-2 IEC 1034-1,2	T4 DIN 53436 UITP-E6-E7
GEN5 Electro - technical Equipment	F5 I5 · IEC 695-2-1/1 Gluhdraht bei 600℃ · IEC 695-2-4/2 500W Flamme		R5 ISO 5660-1	S5 ISO 5660-2 ISO 5659-2	T5 DIN 53436 UITP-E6-E7
GEN6 Mechanical Equipment	F6 I6 · IEC 695-2-1/1 Gluhdraht bei 600℃ · IEC 695-2-4/2 500W Flamme		R6 ISO 5660-1	S6 ISO 5660-2 ISO 5659-2	T6 DIN 53436 UITP-E6-E7
NON LISTED ITEMS	F7 PrEN ISO11925-2 UIC 564-2 AN 11	ISO 5658-2	ISO 5660-1	ISO 5659-2 ISO 5660-2 IEC 1034-1,2	T7 DIN 53436 UITP-E6-E7

(2) 내장재 시험방법 및 시험결과

(가) 철도차량 내장재 화재시험 방법

철도차량 내장재의 연소특성 평가를 위하여 건교부 기준으로 개정 고시된 도시철도차량안전기준에관한규칙 개정령의 시험방법과 향후 도입이 예상되는 콘칼로리미터 시험법 등을 활용하였다.

○ 연기밀도

NBS 연기상자(0.5m3) 내에서 76×76(mm) 크기의 시편을 25 kw/m2의 열복사 및 가염, 비가염 상태에서 태워 발생되는 연기의 양을 PM tube 광도측정법으로 투과율을 측정하고 이를 이용해 Ds를 계산한다.

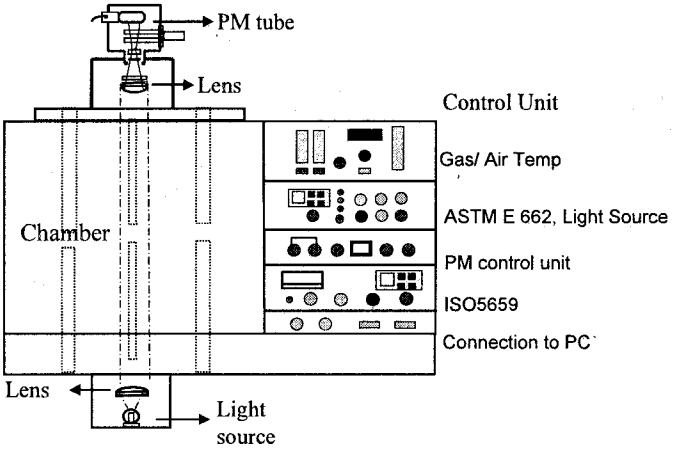


그림 3-5-2 Smoke Density Chamber

○ 측정항목 및 조건

표 3-5-17 연기밀도 측정항목 및 적용기준

측정항목	측정방법	철도적용기준	비 고
연기밀도[Ds]	ASTM E 662 Ds = G[log(100/T) + F] ISO 5659-2 Ds = Glog(100/T)	NFPA 130 Ds[1.5min]≤ 100 Ds[4.0min]≤ 200	

연기밀도는 BS 6853 Annex D의 3미터입방체 시험방법과 NF X 70-102의 튜브형 전기로 방법, ISO 5659, ASTM E 662를 사용하는 0.5미터 입방체 방법으로 크게 대별되며 그 차이점을 표 3-5-18_20에 나타내었다.

표 3-5-18 연기밀도 시험방법 비교(BS 및 NF 기준)

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">BS 6853 Annex D</th><th>NF X 70-102</th></tr>
<tr><td>시험
방법</td><td colspan="2">Panel의 크기는 완제품 시편으로서 500×1000㎜이고 두께는 적절해야 하고 시료는 최대 폭 25㎜인 모서리로서 지속적으로 지지되어야 한다. 시편을 60°로 고정시킨 후 알코올을 가하여 발생하는 연기밀도를 빛의 투과율로 측정한다(단, 여기서는 3m 입방체 연기밀도시험기를 사용하는 것을 원칙으로 하고 있다).</td><td>연소 시 발생하는 연무에 따른 가시도는 우선 0.5m³의 밀폐된 공간에 시편을 수직으로 고정시킨후 연소한다. 그 후 20분동안 발생하는 연기에 빛을 투과시켜 빛의 가시도 즉 연기의 특수광학밀도(Ds)를 측정한다. 그리고 시험시작 후 4분 동안 발생하는 연기의 양 으로 불투명값(VOS4)도 함께 측정한다.</td></tr>
<tr><td>계산식</td><td colspan="2">$Am = \log_{10}(I_0/I_t)$
I0 : 초기광도
It : 전달된 광도</td><td>$Ds = G\,[\mathrm{Log}\frac{100}{T} + F]$
$VOS_4 = D_1+D_2+D_3+D_4/2$
D1, D2, D3, D4 : 매분마다 측정한 특수광학밀도
T : 빛 투과율(%)
F : 필터의 광학밀도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">요구치</td><td>범주 I</td><td>A0(on) 〈2.4, Ao(off) 〈3.6</td><td>투과율(%)
Ds(연기밀도)</td></tr>
<tr><td>범주Ⅱ</td><td>A0(on) 〈9.4, Ao(off) 〈14.0</td><td>-</td></tr>
</table>

주) 시험편을 연소하여 연기를 발생시켜 빛을 투과시킬 때의 빛 흡수 지수임.

A0(on) : 메탄올 불꽃이 타고 있을 때의 빛의 흡수량(연소초기)

A0(off) : 메탄올 불꽃이 꺼진 후의 빛의 흡수량(소화 후)

표 3-5-19 연기밀도 시험방법 비교(ISO 기준)

구분	ISO 5659
시험 방법	연기밀도 시험기의 chamber는 내부치수 길이 914±3mm, 높이 914±3mm, 깊이 610±3mm로서 챔버는 밀폐된 방식으로 고정된 시험기로서 챔버는 관찰구를 갖으며 챔버내부로 들어오는 빛을 차단하기 위하여 불투명한 문 덮개가 설치되어 있으며 안전 blow panel이 챔버 내에 제공되는 밀폐방식으로 고정된다. 시험편은 75㎜×75㎜×두께(25㎜이내)의 최소한 9개의 시험편을 준비하고 6개의 시험편은 25kw/㎡(3개는 pilot flame이 있는, 3개는 pilot flame이 없는)조건에서, 그리고 나머지 3개의 시험편은 50kw/㎡(pilot flame이 없는)조건에서 시험한다. 모든 시험편은 65㎜×65㎜의 가운데 노출면적을 남긴채 알루미늄호일(두께 0.04㎜) 한 장으로 뒷면 모서리와 전면둘레를 따라서 포장하고 호일이 구멍이 생기지 않도록 한다. 시험편은 온도 23±2℃, 상대습도 50±5% 상태에서 일정한 질량을 갖도록 하고 질량은 24시간 동안 두 번의 연속적인 질량 측정에서 시험편의 질량이 0.1% 또는 0.1g이상 변하지 않는 경우를 일정한 것으로 간주한다.(ISO 291 참조).
광학연기밀도	각각의 시험편에 대하여 시간에 대한 광투과율을 연속적으로 기록하고 10분간 구해진 결과값으로 광학연기밀도(D_S 10)로 변환한다. $D_S\ 10 = 132 \log_{10} \frac{100}{T}$ T : 10분간 연속 기록에서 구한 광투과율 132 : 시험챔버에 대한 V/AL로부터 유도된 계수 (V : 시험챔버의 체적, A: 시험편의 노출면적, L : 빛의 경로 길이)
질량광학 밀도	광학 전달율, 시험편과 홀더의 질량, 시험 시작 후 연속적인 시간 또는 30초미만의 시간간격을 기록한다. 10분간 시험을 수행하고 10분 노출시간 동안 최소 빛 투과율에 도달하지 못할 때 필요한 경우 시험을 10분을 초과해서 할 수 있다. 10분간 시험 수행 중 Pilot flame을 이용하지 않는 경우에는 버너를 끈다. (주) : 질량광학밀도는 시험동안 기록된 시험편 질량/시간 그래프를 이용하여 10분 이상 시험 후 계산한다) $MOD = \frac{D}{L} \times \frac{V}{Dm}$ D : 연기의 광학밀도 L : 광선의 길이(0.951m) V : 챔버의 체적(0.51㎥) Δm : 시험편의 질량손실($m_i - m_f$)

표 3-5-20 연기밀도 시험방법 비교(ASTM 기준)

구분	ASTM E 662
시험 방법	연기밀도 시험기의 chamber는 내부치수 길이 914±3mm, 높이 914±3mm, 깊이 610±3mm로서 챔버는 밀폐된 방식으로 고정된 시험기로서 챔버 내부 표면은 화학적인 부식을 방지할 수 있는 pocelain-enameled등의 메탈로 구성되어 있다. 밀봉된 창은 수직광도 측정시스템을 수행할 수있도록 설치되어 있어야 한다. 절연된 세라믹 튜브 내에 설치된 전기적으로 가열되고 열을 방사하는 에너지원을 필요로 하고 복사가열기를 바라보는 수직으로 설치된 중심 1.5in(38.1mm반경)에 대해 발광수준 2.2Btu/s · ft^2(2.5w/㎠)이 발생하도록 에너지원의 위치를 선정한다. 시험편의 크기는 76.2㎜×76.2㎜(두께2.5mm이내) 표본을 가로65.1㎜×세로65.1㎜정도 노출되는 홀더내에 설치한다. 광도측정 시스템은 광원과 굉원검출기로 구성이 되고 시험중인 재질에 의해 발생되는 연기의 형성으로 인한 측정오차를 최소화하기 위하여 수직으로 설치하여야 한다.
광학연기밀도	$Ds = G[Log_{10}(100/T)+F]$ G = V/AL V : 시험챔버의 체적(ft^3 or m^3) A : 시험편의 노출면적ft^3 or m^3) L : 빛 경로의 길이(ft or m) T : 빛 투과율(%) F : 필터의 광학밀도

○ (표면)화염전파

화염전파 특성의 평가방법은 ISO 5658-2에 따른다. 시험은 발열판과 시편의 거리에 따라 규정된 복사열(55kW/m2 1.5kW/m2)받는 조건에서 시편에 따른 화염 전파 거리와 속도를 측정함으로써 재료의 점화시간, 화염전파 거리에 따른 CFE, 발열량 등을 평가한다.

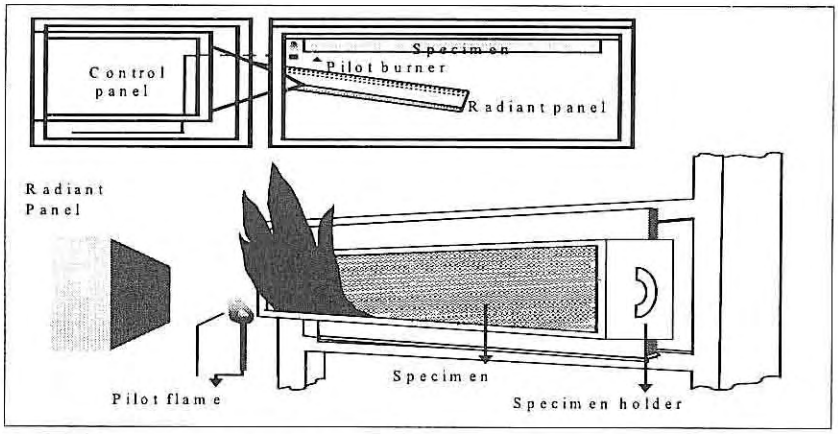


그림 3-5-3 Fire Spread of Test

○ 측정항목 및 조건

표 3-5-21 화염전파 측정항목 및 적용기준

측정항목	측정방법[ISO 5658-2]	철도적용기준	비 고
ignition time flameout time	화염점화 및 소화시간 측정	BS 476-7 Class I (165mm이하) Class II (215mm이하) Class III (265mm이하) IMO 653 벽재기준 CFE ≥ 20, q_p ≤ 4 등	BS 기준 및 IMO 기준을 참조 국내 제품 특성에 맞는 적절한 기준 설정 요망.
화염전파거리	시간에 따른 전파거리		
HRR	Heat Release Rate		

이와 유사한 시험법을 규정하고 있는 영국의 BS 6853에서는 BS 476 part 6(Fire propagation)과 BS 476 part 7(Surface spread)에 따라서 화염전파 시험을 시행하도록 규정하고 있다. 각 시험방법에 관한 설명을 표 3-5-22~23과 그림 3-5-4~5에 나타내었다.

표 3-5-22 화염전파 시험

구분	BS 476 part 6 (제품의 연소성)
시험방법	225×225㎜(두께 50mm이내)크기의 완제품 시편을 수직으로 고장시킨 후 가스 불꽃을 가하여 발생되는 연소가스의 온도변화를 측정하여 연소성을 측정한다.
판정기준	시험편을 시험기(180kW 전기오븐)에 넣었을 때 온도변화지수를 나타낸다. · I_1 〈6 : I 단계 화염전파 값 (0.53분) · I 〈12 : 화염전파 지수 (0.520분).

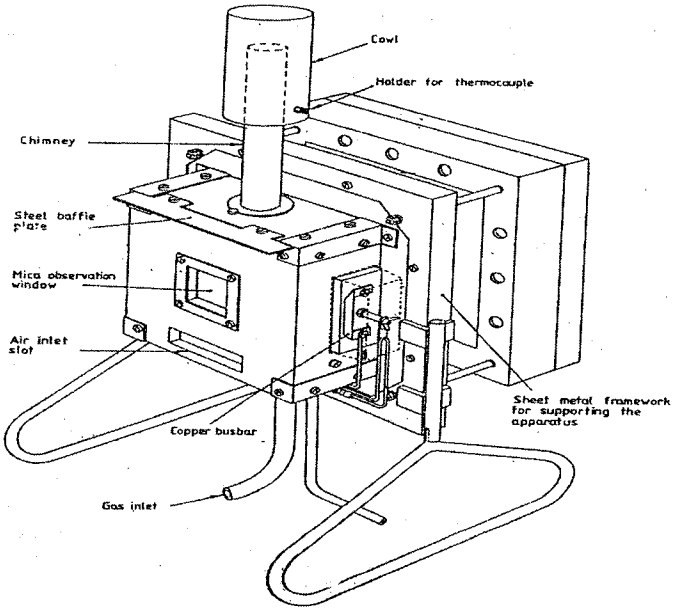


그림 3-5-4 BS 476-6

표 3-5-23 표면전파속도 시험

구 분	BS 476 part 7 (표면전파속도)
시험방법	280×925㎜(두께 50mm이내) 완제품 시험편을 수직복사열판에 수직으로 고정시킨 후 열을 가하여 시간에 대하여 불이 탄 길이를 측정한다.
판정기준	시험편을 1분30초간 태운 후 연소된 길이가 165mm이하이면 1등급, 215mm은 2등급, 265mm은 3등급, 그 외는 4등급으로 표시한다.

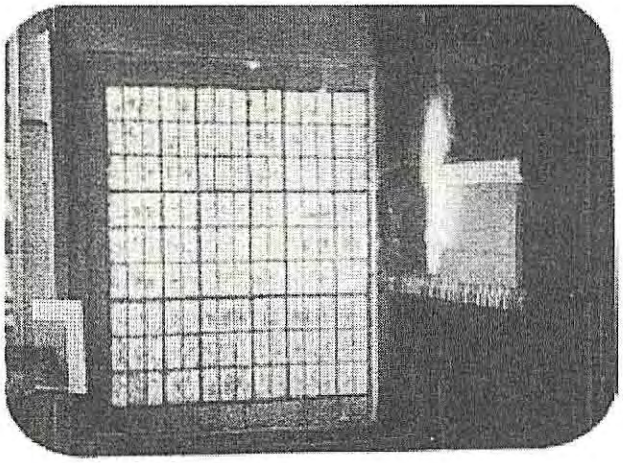
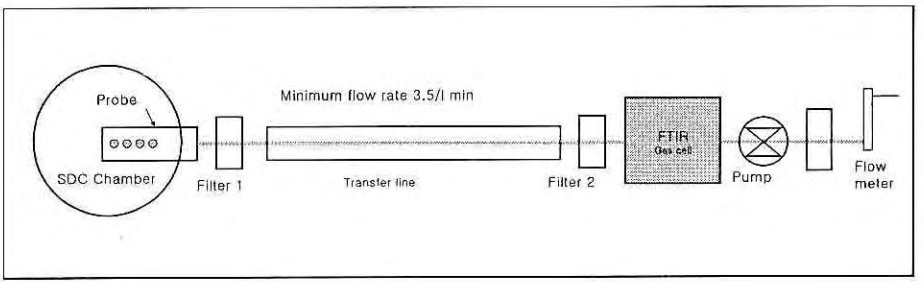
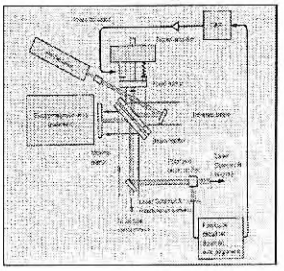


그림 3-5-5 BS 476-7

○ 가스유독성

NBS 연기상자에서 ISO 5659 Furnace로 시편을 태워서 발생된 연소가스를 고온 포집관(heated line)을 통하여 분석한다. 분석방법은 가스별 전용 분석기나 Ion Chromatography, FT-IR Gas Cell 내에서의 분자 진동모드에 따른 IR 선택 흡광원리 등을 이용하여 분석한다. 다음 그림은 철도연구원에 설치된 FTIR 분석 시스템의 구성도이다.





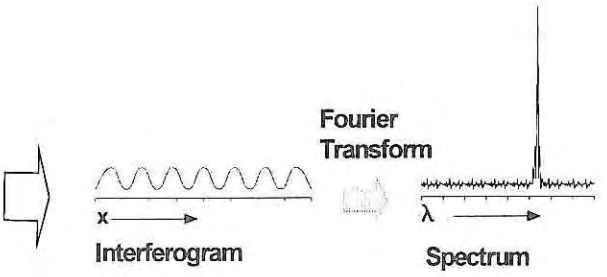


그림 3-5-6 가스 유독성 평가 시스템 구성도

○ 측정항목 및 조건

표 3-5-24 가스유독성 측정항목 및 적용기준

측정항목	측정방법	철도적용기준	비 고
CO, CO_2, SO_2, NOx, HCl, HCN, HBr, HF 정량	prEN 28242826	BS 6853 (예 : 지하철 내장판, R < 1.6)	

연소가스 유독성시험은 BS 6853 Annex B방법과 NF X 70-100방법으로 크게 대별되며 그 차이점을 [표 3-5-25]에 나타내었다. 최근에는 가스별 시편내의 물질의 배합에 의해 발생되는 생성가스Kit 검지관법 대신 시험기에 FTIR 가스분석기를 연결하여 유독성가스를 실시간으로 분석하는 방법으로 바뀌어 가고 있다.

표 3-5-25 유독성 시험비교

구분	BS 6853 Annex B.2	NF X 70-100
시험 방법	Interior minor use material of mass 100500g, Exteriorminor use material of mass 4002000g, 직물, 케이블에 적용하고 있다. 또 패널 시험은 500×1,000mm시험편을 사용하고 시험방법은 prEN 28242826에 따른다. 시험장치 모델은 ISO 5659-2에 설명된 가열장치로 교체하여야 하고 화염모드는 25kW/㎡이어야 한다. 단일 smoke배출 시험만 수행되어야 하고 연기배출물의 85%에 도달하는(최고에 도달하지 않는 경우에는 20분에서의 값)시간을 측정한다. 독성은 연기밀도시험의 동일한 시험을 수행중 이전에 확인된 시간에서 독성가스 포집을 시작한다. 이때 포집된 각각의 가스에 대하여 독성지수 R를 구한다. 유독성 가스 배출물은 시험편 면적의 0.0058㎡라는 가정에서 재료의 면적당 그램으로 표시한다	1g의 시편을 튜브전기로 400, 00, 800℃에서 가열하여 발생하는 독성가스를 포집하여 CO, CO_2, HCl, HBr, HCN, SO_2, HF 등의 가스의 양을 mg/g 측정한다.
계산식	$r_x = c_x / f_x$ $R = \Sigma r$ c_x : the emission of the xth species, in the appropriate unites f_x : the reference value for the xth species, as given Table B.2 r_x : the individiual for the xth species	C.I.T = 100 × Σ t_i/CC_i C.I.T : 유독가스지수 (Conventional Index Toxicity) ti : 시험 후 발생하는 각각의 유독가스의 양 C.C : 사람이 15분 가량 견딜수 있는 1㎥당 유해가스량
요구치 (Ia기준)	내장재 R 〈1, 외장재 R 〈2	내장재 R 〈1, 외장재 R 〈2

주) R은 각 유독가스의 기준치에 대한 측정값의 비를 합산한 값

표 3-5-26 독성시험에서의 임계농도 및 허용기준

유해가스	NF X 70-100 임계농도 (mg/m^3)	BS 6853			IMO MSC.41(64)
		IDLH values		Reference values	
		임계농도 (mg/m^3)	임계농도 (ppm)	mg/g or mg/m^2	허용기준 (ppm)
CO	1,750	1,400	1,200	280	1,450
CO_2	90,000	73,000	14,000	14,000	60,000
HCl	150	76	30	15	310
HBr	170	101	30	20	50
HCN	55	56	50	11	140
HF	17	25	30	4.9	590
SO_2	260	270	100	53	120
NO_X	-	38	20	7.6	350
Acrolein	-	-	-	-	1.7
Formaldehyde	-	-	-	-	3.2

주) IDLH 값 : NIOSH Guide의 기준으로서 대기중에 이 가스의 농도에 30분간 노출되면 생명이나 건강에 매우 위험.

○ 산소지수

정해진 크기의 시편을 산소와 질소의 혼합가스 속에서 연소시켜 180초 이상 불꽃이 유지되거나 50mm 이상 연소될 때의 산소농도를 측정한다. 상온(23 ± 3 ℃) 평가법과 고온(25℃-150℃) 평가법이 있다.

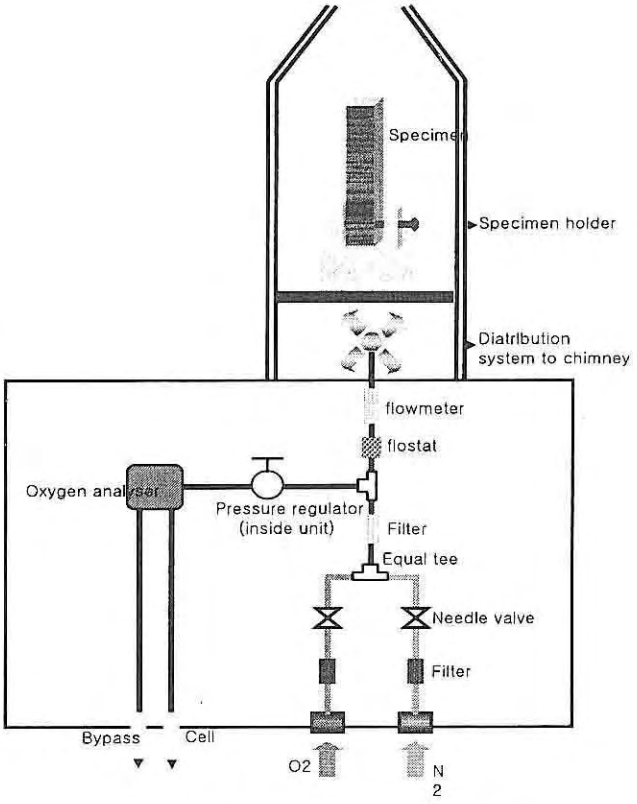


그림 3-5-7 산소지수 시험기

○ 측정항목 및 조건그림

표 3-5-27 산소지수 측정항목 및 적용기준

측정항목	측정방법	철도적용기준	비고
산소지수 OI, 180초 연소거리	ISO 4589 ASTM D 2863	NF 16-101 I0 ≥70, I1 OI≥45, I2 OI≥32, I3 OI≥28, I4 OI≥20, NC OI≤20	
		UIC 564-2 Class A: Oxygen number≥35 Class B: 28≤Oxygen number<35 Class C: Oxygen number<28	

NF T 51-071은 특별히 지정된 실험조건에서 시편의 연소를 3분 이상 유지시켜 주는 산소/질소 혼합물 중의 최소 산소농도를 부피 백분율로 측정하는 방법을 명시하고 있다.

NF F 16-101규격에는 산소지수를 6개로 분류하여 명시하고 있는데 표 3-5-28과 같이 나타내고 있다. 투명한 배기관을 통하여 순환하는 산소/질소 혼합물 안에 작은 시편을 수직으로 배치하고 시편 상부를 점화시켜 연소 시간과 불에 탄 길이를 측정한다. 다양한 산소농도로 여러 시편들을 실험하여 최소 산소 농도를 결정하는 것으로 산소지수는 아래 식에 의해 산소/질소 혼합물의 최소산소 농도를 백분율로 나타낸다.

$$\text{산소지수} = \frac{O_2}{(O_2+N_2)}$$

O2 = 산소의 부피유량(㎥/S)

N2 = 질소의 부피유량(㎥/S)

표 3-5-28 산소지수(Oxygen Index)

Class	O.I	비고
I0	≥70	960℃에서 점화가 되지 않음
I1	≥45	960℃에서 점화가 되지 않음
I2	≥32	850℃점화가 되지 않음
I3	≥28	glow wire를 제거한 후 850℃에서 점화가 지속되지 않음
I4	≥20	
NC(1)	〈20	NC : Non-classified

산소지수에 대한 BS ISO 4589-2(1996) 규격에는 산소지수 측정기준을 표 3-5-35와 같이 3가지로 분류하여 나타내고 있다. 지정된 실험조건에서 투명한 배기관을 통하여 산소/질소 혼합물 안에 작은 시편을 수직으로 세우고 시편상부를 점화시켜 시편의 연소시간과 불에 탄 길이를 측정한다. 시편은 ISO 2859-1, 2859-2에 따라 재료 사양과 관련되는 시편을 채취하고 충분한 시료를 준비하고 시편 중 2개는 적어도 타는 기준을 초과하기 전에 소화되어야 한다. 표 3-5-30은 참고로 재료별 산소지수를 나타낸 것이다.

표 3-5-29 산소지수 측정 기준

시편형태	점화절치	대안기준	
		점화 후 타는 시간(sec)	타는 길이
I, II, III, IV, VI	A 상부표면 점화	180	시편상부에서 50mm아래
	B 점화전파	180	상부 참조표시 50mm 아래
V	B 점화전파	180	상부 참조표시 80mm 아래 (on the frame)
농도계산	Co = Co : 산소농 $\frac{100\,Vo}{Vo+V_N}$ 도(V %), Vo : 산소체적(%)(23℃혼합) V_N : 질소체적(%)(23℃혼합)		

표 3-5-30 재료별 산소지수 값

재료	상부표면 점화 (절차 A)	점화 전파 (절차 B)
Melamine-formaldehyde(MF)	41.0 - 43.6	39.6 - 42.5
PMMA, 두께 3mm	17.3 - 18.1	17.2 - 18.0
PMMA, 두께 10mm	17.9 - 19.0	17.5 - 18.5
Phenolic foam, 두께 10.5mm	39.1 - 40.7	39.6 - 40.9
PVC 필름, 두께 0.02mm	Not applicable	22.4 - 23.6

○ 발열량 시험

콘칼로리미터를 이용한 발열량 시험방법은 ISO 5660 Part 1(Heat Release Rate), 연기시험은 ISO 5660 Part 2(Smoke Production Rate) 시험법을 따른다. 콘칼로리미터는 Oxygen의 양에 바로 비례하는 연소물질에 의해서 방출된 열이 연소 과정에서 Oxygen이 소비되는 것을 경험적으로 관찰한 것에 기초한 것이다. 대부분의 연료가 13.1×103 kJ/kilogram라는 산소 소모를 발생시키는 것으로 알려졌다. 배기덕트(exhaust duct)와 공기의 부피 량에서 산소의 농도의 측정을 통하여 발열량(heat release rate)을 제공하고, 배연관 내의 레이저빔을 통하여 배출되는 연기량을 평가하도록 설계되어 있다. 미국의 지하철에서는 차량 내 발열량을 계산하여 화재부하를 산정하고 단위 시간당 열방출율을 규정하고 있다. 또한 UIC 564-2 화재안전 요구를 만족하는 경우 열방출율은 20MW 이하로 예측되고 있다.

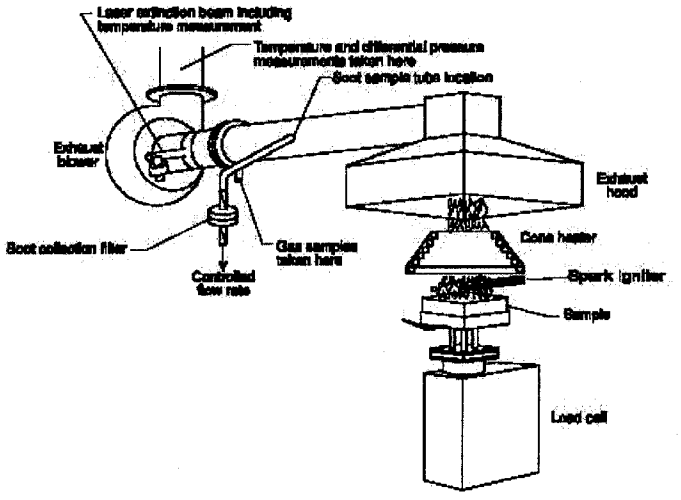


그림 3-5-8 콘칼로리미터 구성도

○ 측정항목 및 조건

표 3-5-31 발열량 측정항목 및 적용기준

측정항목		측정방법	적용기준	비 고
HRR	180초	착화 후 180초 동안 평균 열방출률	ISO 5660-1,-2	
	300초	착화 후 300초 동안 평균 열방출률		
	Peak	착화 후 최대 열방출률		
	Total	시편으로부터의 총 방출률		
Ignition time flameout time		시편의 점화시간과 소화시간		
Mass loss rate		착화에서 시험이 종료될 때까지의 시간동안 계산된 시편의 평균 질량 손실률		

(나) 철도차량 내장재 화재시험 결과

철도차량용 내장재로 사용되는 내장판, 단열재, 의자커버, 의자쿠션, 바닥재 및 연결통로막의 화재 특성을 조사하기 위하여 각 내장재에 대한 시험편을 채취하여 화재특성시험을 하였다. 시험항목으로는 연기밀도(ASTM E 662), 산소지수(ISO 4589-2), 화염전파(ISO 5658-2), 연소가스유독성(BS 6853 Annex B.2), 발열량 및 발연량(ISO 5660) 등을 시험하였으며 각 사용재질별 화재특성시험결과를 정리하였다.

표 3-5-32 기존 내장재 사용현황

구 분	기존전동차 내장재 사용재료	비고
내장판	MPAL, 강화플라스틱 폴리에스테르계 FRP 페놀계하니컴 FRP	MPAL(서울지하철 1호선 일부), 강화플라스틱(인천), 페놀FRP(광주)
시트커버	울, 폴리에스터	-
시트쿠션	우레탄폼	-
통로연결막	졸타포린,아라미드 염화비닐코팅,합성고무	합성고무(광주)
바닥재	염화비닐수지 리노륨 합성고무	합성고무(광주)
단열재	그라스울, 폴리에틸렌 폴리프로필렌-폴리에스테르	폴리프로필렌(광주)
전선류	가교폴리에틸렌	-

철도차량 내장재 시험결과 중 가장 보편적으로 사용된 재질의 측정값과 평균값을 아래 표 3-5-33~34에 정리하였다.

표 3-5-33 철도차량용 기존 내장재 시험결과(발열량, 산소지수, 화염전파)

구분		Cone-Calori meter			산소지수	화염전파			비고
		착화시간(s)	THR (MJ/m^2)	TSR (m^2/m^2)	LOI	착화시간(s)	연소거리(mm)	CFE (kW/m^2)	
내장판	범위	32.7~44.3	36.9~45.2	2108.7~3323	21.4~34.8	13~25	390~545	6.92~19.15	FRP
	평균	37.87	39.66	2589.09	26.83	19.50	470	13.16	
시트커버	범위	14.7~19.5	6.7~13.63	187.7~467.5	20.2~28.4	3~552.5	552.5~740	0.02~7.03	폴리에스터
	평균	17.35	9.75	321.80	22.60	5.60	656.79	3.74	
시트쿠션	범위	1~6	15.5~72.5	260.2~1412.8	17.6~20.2	1~1	490~770	1.64~10	우레탄폼
	평균	4.04	32.81	594.77	18.83	1	660.48	4.61	
통로연결막	범위	3.5~9	10.2~26.77	595.7~1007.1	21.1~29.6	2~4	210~533.33	7.56~18.96	졸타포린
	평균	7.50	16.04	813.77	24.29	3.22	422.78	18.96	
바닥재	범위	15.7~37.3	39~49.56	1870.3~2647	22~26.70	5.5~15	470~710	2.65~12.24	염화비닐수지
	평균	21.50	43.16	2176.67	24.18	8.25	553.13	8.82	
단열재	범위	12.6~31.3	10.43~13.8	183.4~812.1	23.9~28	1~1	470~480	11.29~12.93	폴리에틸렌
	평균	21.97	12.08	497.74	25.37	1	475	12.11	

※ MPAL, 페놀하니컴, 유리섬유, 폴리프로필렌, 합성고무 바닥재는 제외한 결과임

표 3-5-34 철도차량용 기존 내장재 시험결과(연기밀도, 독성)

구분		연기밀도			독성	비고
		Ds(1.5min)	Ds(4.0min)	Ds (max)	R	
내장판	범위	77.31~352.05	297~709.20	359.79~971.01	3.80~3.99	FRP
	평균	243.38	596.88	669.25	3.90	
시트커버	범위	42.93~246.6	91.23~353.20	114.9~320.47	1.57~1.9	폴리에스터
	평균	126.46	172.26	207.38	1.67	
시트쿠션	범위	50.77~187.65	99.92~224.45	130.01~225.53	2.67~4.17	우레탄폼
	평균	91.54	141.72	158.87	3.30	
통로연결막	범위	145.23~284.20	248.77~549.63	262.57~619.26	1.38~3.99	졸타포린
	평균	164.41	273.89	277.30	3.18	
바닥재	범위	66.52~260.53	276.40~897.53	335.18~1320.0	2.9~7.97	염화비닐수지
	평균	174.86	490.07	694.56	6.08	
단열재	범위	50.56~269.80	68.27~393.63	106.96~400.38	0.82~2.11	폴리에틸렌
	평균	163.33	220.37	228.8	2.11	

① 내장판

MPAL(멜라민판수지)과 페놀하니컴 FRP의 연소특성이 양호하게 평가되었고, 고강도 플라스틱과 불포화 폴리에스테르 계열의 기존 FRP의 경우 현행 기준을 초과하는 값을 나타냈다.

표 3-5-35 내장판 연기밀도 시험결과

내장판	Ds			Ds max		비고 (재질)
	1.5min	4min	10min	Ds max	Time(sec)	
MPAL	1.45	24.41	82.12	92.92	902.67	
강화플라스틱	77.31	297.00	590.10	568.15	560.50	
F.R.P 1	311.30	708.85	-	716.14	276.00	
F.R.P 2	298.95	665.10	-	674.09	243.50	
F.R.P 3	314.60	864.20	-	971.01	262.00	
F.R.P 4	106.07	336.95	-	359.79	299.00	
페놀계하니컴	7.10	22.55	49.53	65.71	1184.33	

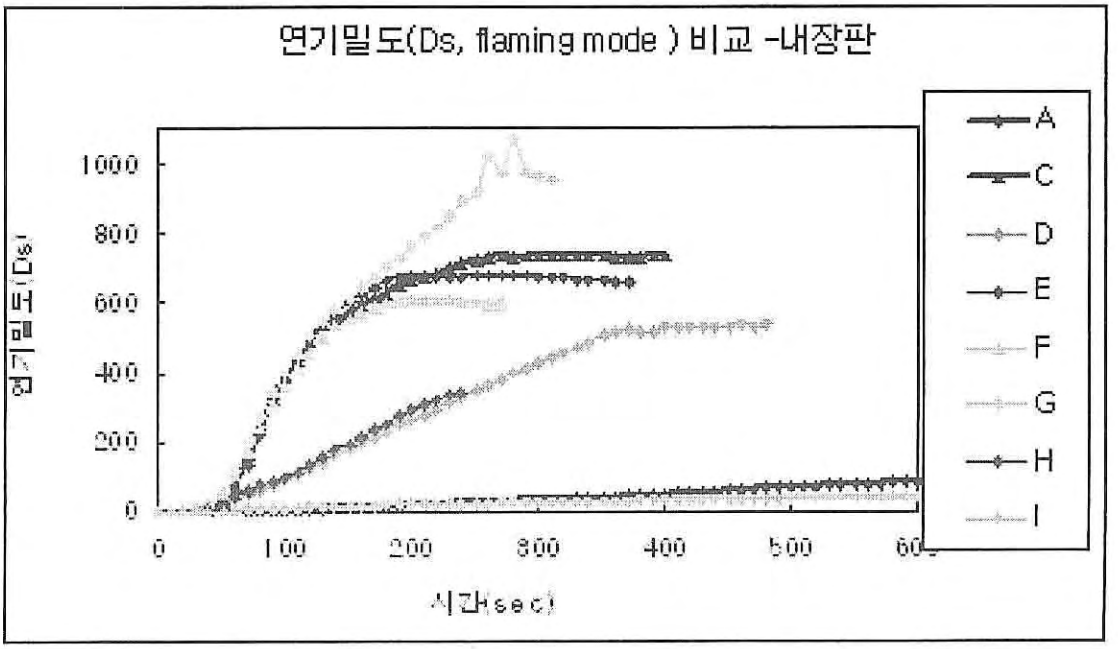


그림 3-5-9 내장판 연기밀도 시험결과 사례

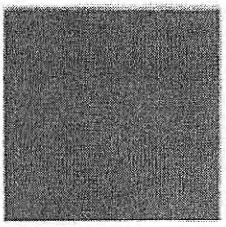
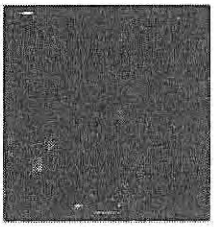



사진 A(내장판 실험 전 · 후)

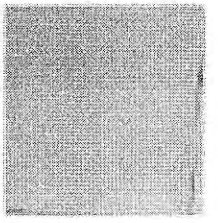
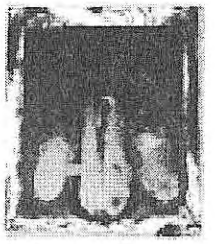
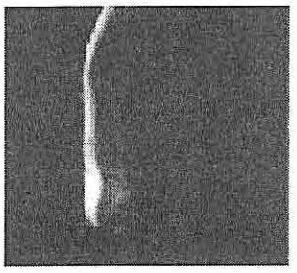
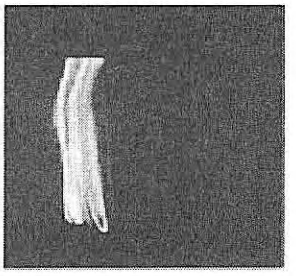



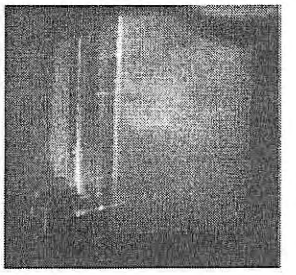
사진 B(내장판 실험 전 · 후)



내장판 실험모습 A



내장판 실험모습 B



내장판 실험모습 C

그림 3-5-10 내장판 연소 장면

표 3-5-36 내장판 발열량 시험결과

내장판	Ignition (s)	Total Heat evolved (MJ/㎡)	Total Smoke Released (m^2/m^2)	Heat release rate (KW/m^2)	CO (kg/kg)	CO_2 (kg/kg)
MPAL	31.67	8.90	82.87	84.44	0.01	1.31
강화플라스틱	42.67	48.97	2268.13	1159.58	26.31	0.53
F.R.P	41.50	45.20	2620.25	143.69	0.07	1.80
F.R.P	35.00	40.40	2217.45	154.01	0.06	1.51
F.R.P	32.67	36.93	3323.00	165.75	0.09	1.13
F.R.P	44.33	39.53	2304.43	98.33	0.07	0.98
페놀계하니컴	58.00	15.65	141.30	48.64	0.10	2.41

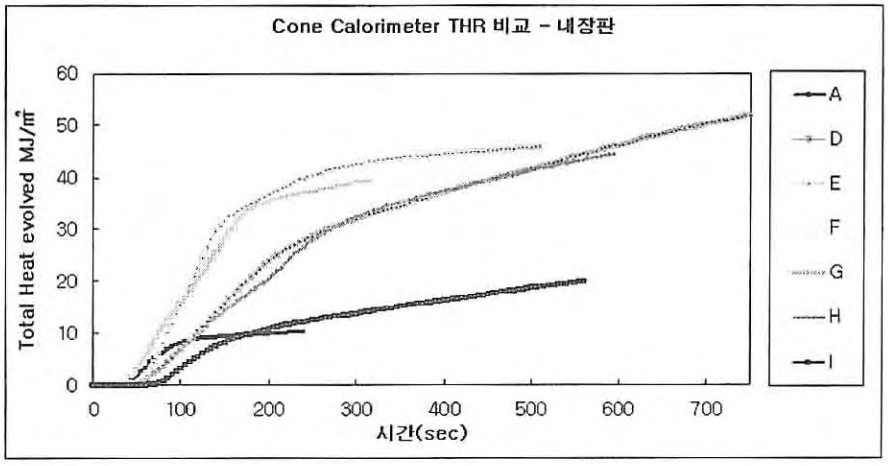


그림 3-5-11 내장판 발열량 시험사례

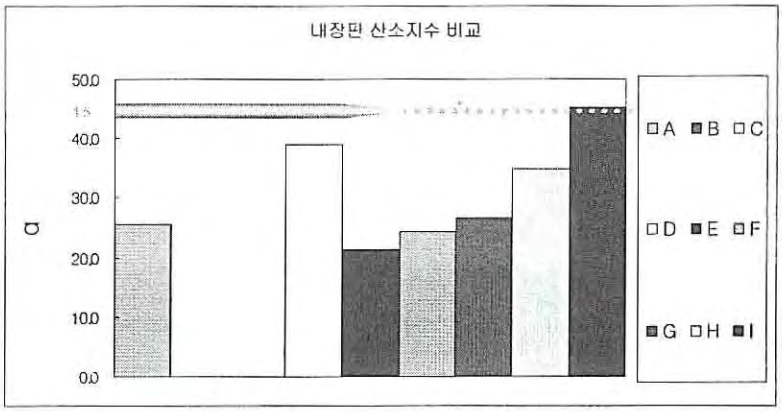


그림 3-5-12 내장판 산소지수 시험결과 비교

○ 화염전파

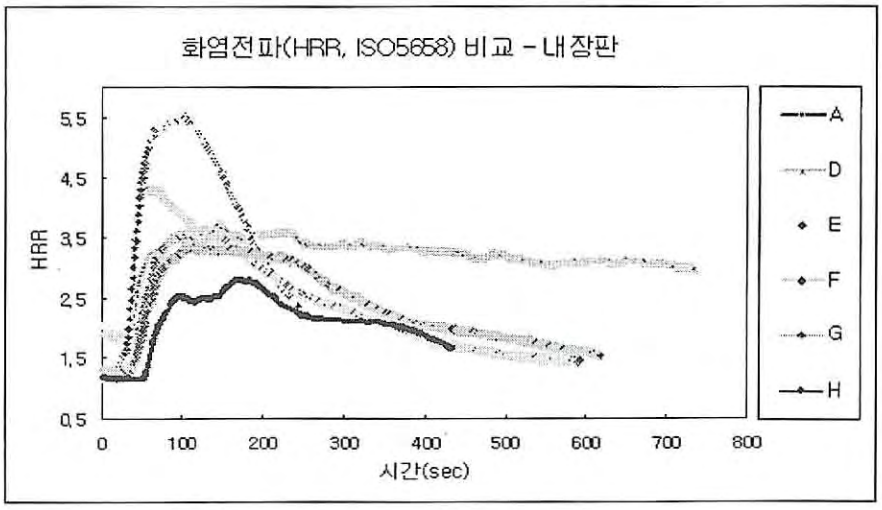


그림 3-5-13 내장판 화염전파 시험결과 사례

② 시트커버

기존 사용된 폴리에스터 더블랏셀의 경우 도시철도기준안을 만족하지 못하였으나 울모켓의 경우 모든 항목에 기준 적합성이 확인되었다.

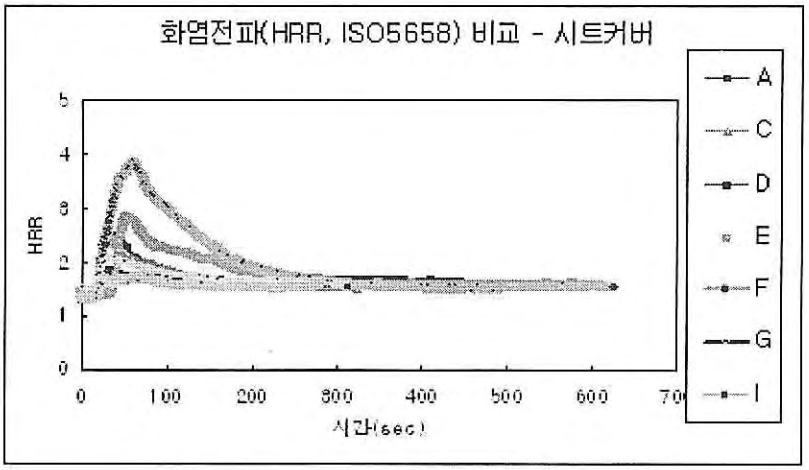


그림 3-5-14 시트커버 종류별 화염전파 시험 사례

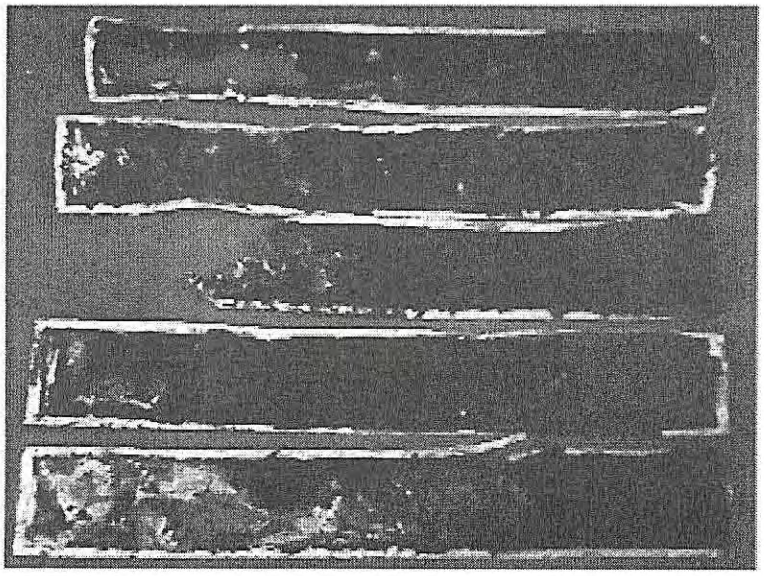


그림 3-5-15 시트커버 화염전파 시험 후 사진

○ 독성평가

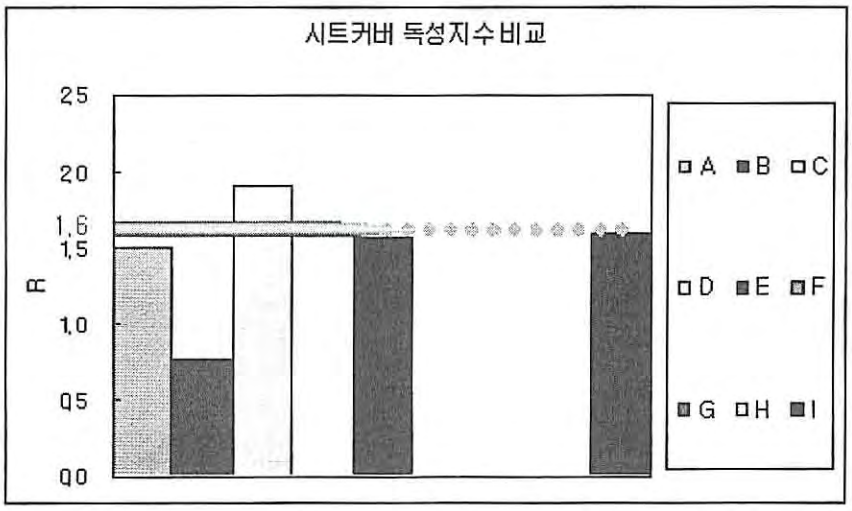


그림 3-5-16 시트커버 독성지수 평가결과 사례

시트커버의 경우 방염 처리를 하여 산소지수나 화염전파 특성을 좋게 한 경우는 연기와 독성 측면에서 위험도가 높게 나타났고, 연기와 독성을 줄인 경우는 산소지수 평가 결과가 좋지 않는 상관관계가 나타나서 저연 무독성 방염 처리 기술의 확보가 매우 요구되고 있음을 알 수 있었다.

③ 단열재

○ 연기밀도

철도차량 단열 및 차음재료 사용되고 있는 폴리에틸렌과 유리섬유 매트, 멜라민 폼 등의 연소특성을 평가하였다. 유리섬유의 경우 화재안전 특성에서 매우 우수한 특성을 나타내었고, 멜라민 폼이나 난연 고무발포 폼의 경우 기준치에 따라 두께를 조절하면서 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

표 3-5-37 단열재 연기밀도 시험결과 사례

단열재	Ds max		Ds		
	Ds max	Time(sec)	1.5min	4min	10min
폴리에틸렌1	400.38	217.00	269.80	393.63	-
폴리에틸렌2	254.82	278.00	171.70	253.70	-
유리섬유	7.34	1299.00	0.36	0.96	2.51
신슈레이트	75.31	210.50	6.50	72.50	-

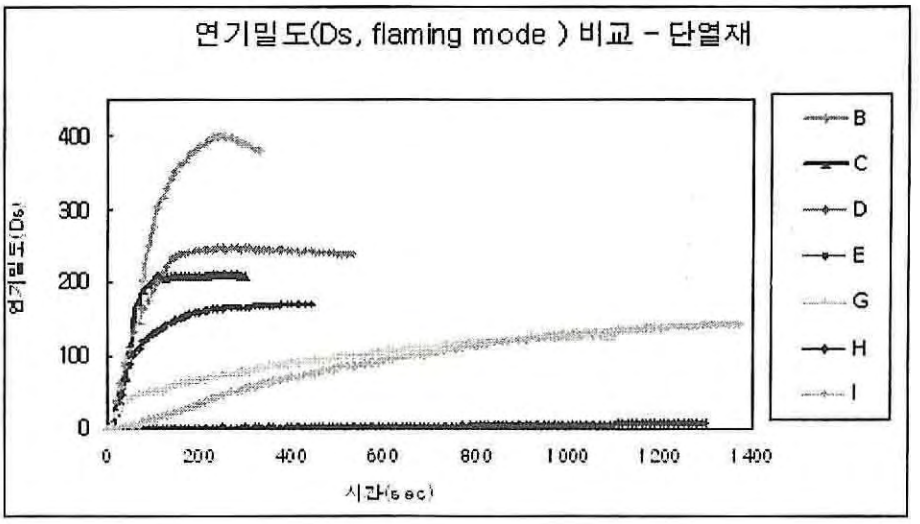


그림 3-5-17 연기밀도 시험결과 사례

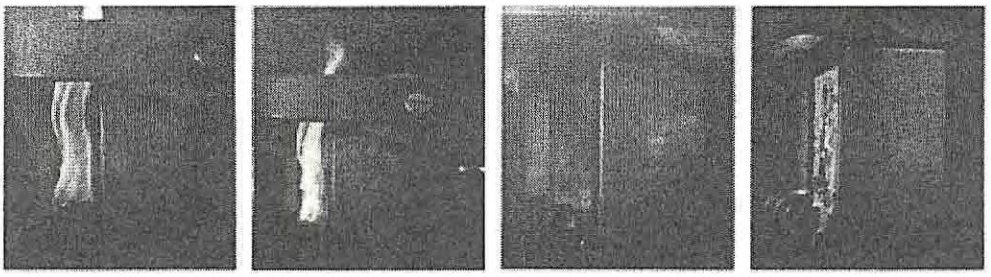


그림 3-5-18 단열재 연기밀도 시험 장면

○ 발열량

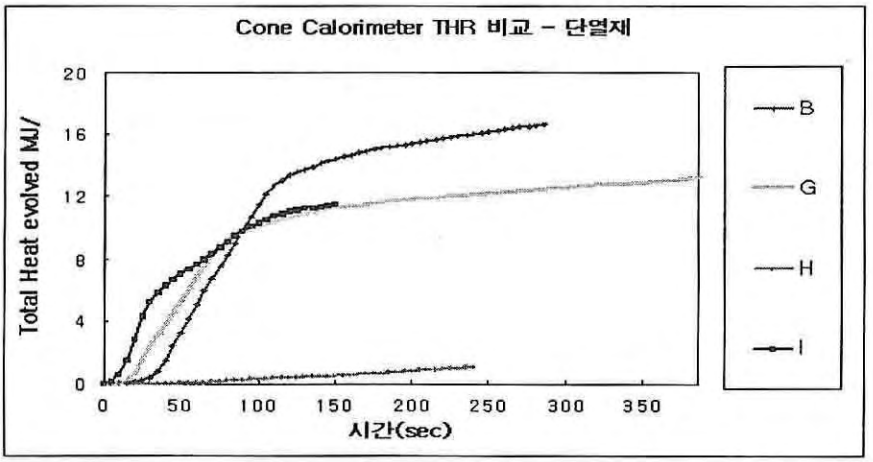


그림 3-5-19 Cone-Calorimeter THR(Total Heat Released) 비교

○ 산소지수

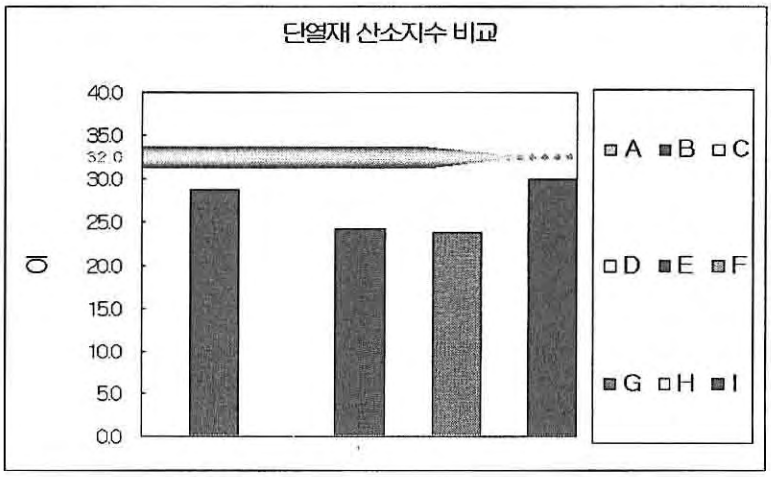


그림 3-5-20 단열재 종류별 산소지수 시험결과 사례

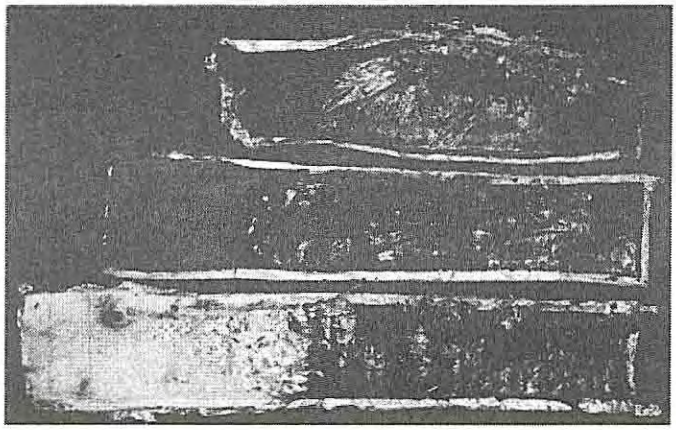


그림 3-5-21 단열재 화염전파 시험 후 사진 사례

(3) 자료 및 시험결과 분석

해외 기준의 자료조사 결과 철도차량의 설계 및 운행유형에 따라 노출되는 화재위험 수위가 다르고 서로 다른 안전기준을 적용함을 알 수 있었다. 특히 기존에 사용되던 프랑스 및 영국의 차량유형 분류는 대체로 화재위험도가 높아지는 지하구간 및 터널에 대한 운행정도로만 구분하였으나, 최근 검토되고 있는 통합기준은 이를 운행유형과 차량설계에 관한 보다 세분화된 분류기준을 채택하고 있다. 표에 기존에 사용되고 있는 프랑스의 NF F 16 101 분류기준과 영국의 BS 6853에 의한 차량 분류기준을 정리하였다. 우리의 철도차량 기준은 prEN 45545 분류기준의 틀을 따랐으나 차량유형은 국내의 차량 운행실태와 많이 다르므로 우리는 이를 국내여건에 맞게 변경하였다.

○ 차량의 운행구간 특성에 따른 분류기준

표 3-5-38 프랑스 및 영국의 기존 차량 유형분류 체계

구 분	기존의 차량 유형분류	
프랑스 NF F 16 101	A1	빈번하게 터널을 통과하는 철도차량
	A2	터널을 가끔 통과하는 도시, 교외 철도차량, 트레일러, 침대차
	B	터널을 가끔 통과하는 기관차를 포함한 좌석식 간선 철도차량
영국 BS 6853	Ia	대피로가 없는 지하터널을 운행하는 철도차량, 무인운전 차량 등
	Ib	대피로가 있거나 맞은편 선로를 이용하여 대피할 수 있는 지하터널을 운행하는 철도차량, 침대차량 등
	II	터널운행이 적은 일반 도시간 노선을 운행하는 차량

본 분류기준의 주요 근거로 사용된 prEN 45545(2005) Draft의 분류기준은 [표 3-5-40과 같다. 1998년에 제안된 분류표는 2004년에 이르기까지 표 3-5-39와 같은 안을 유지하였으나 분류기준이 명확하지 않아 적용에 문제점이 있어왔다. 이와 같은 점을 개선하여 2005년 CEN/TC 256 위원회에서 변경 제안한 분류기준은 그동안의 문제점을 보완하여 적용구분을 가급적 상세하게 표시하였고 본 기준서에서도 이 변경(안)을 준용하여 제안하였다.

표 3-5-39 prEN 운행유형에 따른 분류기준 초안

운행유형	서비스	기반시설	승객 및 승무원 대피
1	주선,간선, 시내와 교외	특정지역(지하공간, 터널 또는 고가 등)을 미운행	객실 내 화재발생과 동시에 정차 및 안전한 장소로 대피가 가능한 차량
2	시내와 교외	철도차량으로부터 대피하기위한 안전 피난로가 확보된 특정지역(지하공간, 터널 또는 고가 등)을 운행	화재경보 시 인접 정류장 혹은 안전한 정차장소로 이동을 해야하는 차량 이러한 조치가 불가능할 경우 특정지역 하에서 대피로의 이용이 가능한 차량
3	주선과 간선	철도차량으로부터 대피하기위한 안전 피난로로 대용가능한 피난로가 확보된 특정지역(지하공간, 터널 또는 고가 등)을 운행	화재경보 시 적정 정차장소(1층) 및 특정 구조장비가 필요한 지역으로 이동해야 하는 차량 이러한 조치가 불가능할 경우 특정지역 하에서 대피로의 이용이 가능한 차량
4	주선,간선, 시내와 교외	철도차량으로부터 대피하기위한 안전 피난로가 없는 특정지역(지하공간, 터널 또는 고가 등)을 운행	화재발생시 특정지역에서 정차를 하였을 경우 대피가 어려운 차량

표 3-5-40 prEN 운행유형에 따른 분류기준 변경안(2005)

운행유형	대피용이성	운행구간 특성 상세
1	지하구간이나 터널, 고가구간을 운행하지 않거나, 최소(minimum) 지연시간에 최종안전지역(place of ultimately safe)으로 즉시대피가 가능	- 최장 길이가 1km 이하인 터널 및 고가지역 운행 - 대피불가 터널이나 고가구간이 없을 것 - 터널사이의 오픈구간이 차량의 길이 보다 길 것 - 지하구간, 터널 및 고가구간이 전체구간의 10% 이하일 것
2	지하구간이나 터널, 고가구간을 운행하지만 단시간운행(short running time, 4분이내)으로 최종안전지역으로 도달 가능	- 최종안전지역까지의 거리가 5km 이하 - 4분 이내 다음 최종안전지역까지 이동 가능 - 측면대피(side evacuation)가 가능
3	지하구간이나 터널, 고가구간을 운행하지만 장시간운행(long running time, 4분이상)으로 최종안전지역으로 도달 가능	- 최종안전지역까지의 거리가 20km 이하 - 15분 이내 다음 최종안전지역까지 이동 가능 - 측면대피(side evacuation)가 가능
4	사용가능한 측면 대피통로가 없는 지하구간이나 터널, 고가구간을 운행	- 별도 상세사항 없음

변경된 분류기준 중에서 최종안전지역(Place of ultimate safety)과 대피불가지역에 대해서는 해석의 차이가 발생하지 않도록 주석을 통하여 별도로 구체화 하였다.

대피에 사용할 수 있는 통로는 철도시설 안전기준에 관한 규칙의 규정에 따른 대피로와 대피통로 외에도 비상시 보행이 가능한 폭 70cm 이상의 모든 통행로를 의미한다.(예;폭 70cm 이상을 가지는 터널과 차량 사이 통로, 복선 선로사이의 통로)

표 3-5-41은 현재 국내에 철도노선을 운행유형의 분류기준을 적용하여 분류 예시하였다. (단, 대피불가지역에 대한 정보는 제외되었음)

표 3-5-41 객차등의 운행유형에 따른 분류 기준

운행유형 기 호	승객의 대피 용이성 구분	객차등의 운행구간 특성
[가]	즉시 대피 가능	지하구간, 터널 및 고가구간이 10% 이하이며, 최장 길이가 1km 이하인 터널 및 고가지역 운행
[나]	단시간 이동 대피 가능	다음 최종안전지역까지의 거리가 5km 이하 또는 정상운행 속도로 4분 이내 이동 가능한 지역 운행
[다]	장시간 이동 대피 가능	다음 최종안전지역까지의 거리가 20km 이하 또는 정상운행 속도로 15분 이내 이동 가능한 지역 운행
[라]	대피 곤란 또는 불가능	상위의 분류유형에 속하지 않는 지역 또는 대피불가지역을 운행

주) 1. 최종안전지역이란 승객이 화재의 위험으로부터 완전하게 영향을 받지 않을 수 있는 개활지 및 지상역사를 말한다.

2. 대피불가지역이란 대피에 사용할 수 있는 통로가 전혀 없는 200m 이상의 지하구간, 터널 또는 고가지역을 의미한다.

3. 객차등이 운행 시 2이상의 운행유형에 속하는 경우에는 승객의 대피가 용이하지 아니하는 운행유형에 따른다.

표 3-5-42 터널길이에 따른 노선별 적용 분류 검토(2005.12.22 검토본)

유형 기호	분류기준	적용대상
가	터널,고가,지하구간 10% 이하이며 최장터널 1km 이하	경의선/경춘선/교외선 남부화물기지선/문경선 동해남부선/정양선
나	1km이상 5km이하	경부선/중앙선/호남선 충북선/장항선/안산선 일산선/대불선/광양제철선 영동선/정선선/함백선 태백선/진해선/가야선 (*라인) 여천선/삼척선/묵호항선/온산선/미전선
다	5km이상 20km이하	전라선/과천선/일산선 경북선/경전선/경부고속선
라	20km이상	분당선 외 지하철 구간

주) 1. 최종안전거리까지 이동속도에 따른 유형변동의 가능성이 있으나 적음.
2. 도시철도 운행구간은 대부분 라유형에 속하나, 위 표에는 분류 않음.
(*라인) 최장터널은 1km 이하이나 터널,고가 구간이 10% 이상 점유함.

○ 차량의 설계유형에 의한 분류기준

차량의 설계유형에 의한 분류의 경우 prEN 45545-1(2005) 기준에 의한 분류기준은 다음과 같다.

A : 무인자동운전차량

D : 이층차량

S : 침대차량

N : 기타 차량(표준 차량들)

그러나 이와 같은 분류기준을 적용하면 현재 국내에서 운행하고 있는 차량의 경우 대부분 N 유형에 속하여 실질적인 분류의미가 상실되는 문제점이 있다고 판단되었다. 따라서 이층차량과 침대차량을 동일 유형으로 분류하고 기타차량의 경우 차량안전기준에관한규칙의 객차등의 분류체계에 따라 C와 D로 분리하였다.

D의 경우 승무원이 탑승하는 발전차, 작업자 침식차 등에 적용하며 일반적인 객차에 비하여 완화된 기준이 적용 되도록 하였다.

표 3-5-43 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)

나. 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준은 다음과 같다

<객차등의 설계유형에 따른 분류 기준>

설계유형 기 호	적 용 기 준
[A]	무인운전의 객차등
[B]	침대가 설치된 객차등, 이층구조의 객차등
[C]	고속철도차량, 디젤동차, 전기동차, 일반객차
[D]	[A] 내지 [C]의 설계유형에 속하지 아니하는 객차등

표 3-5-44 차량설계 유형에 따른 분류 검토

설계유형 기 호	적 용 기 준	적용대상
[A]	무인운전의 객차등	현재 해당 없음
[B]	침대가 설치된 객차등, 이층구조의 객차등	침대객차
[C]	고속철도차량, 디젤동차, 전기동차, 일반객차	새마을, 무궁화, KTX 등
[D]	[A] 내지 [C]의 설계유형에 속하지 아니하는 객차등	기관차, 발전차, 승무탑승 화차, 작업자 침식 작업차 등

○ 위험등급의 분류

위험등급(Hazard Level)은 prEN 45545 분류기준의 체계를 준용하였다. 그러나 차량설계에 따른 분류기준과 시험방법 및 기준 값을 국내 도시철도차량에 이미 적용되고 있는 도시철도차량안전기준에 관한규칙과의 일치성 및 기존 및 신규 사용되고 있는 철도차량 내장재의 연소특성 시험 값을 반영하여 변경하였다. 이는 우리기준이 유럽의 통합기준과는 실질적으로는 매우 다른 형태의 등급기준을 제시한 것으로 이해할 수 있다. 위험등급4의 경우 도시철도차량안전기준과 가급적 일치하도록 작성하였다. 작업차량과 같은 특수차의 경우 일반적으로 해외 제작사에 대한 소량 발주로 도입되며, 화재사고의 발생가능성이 적어 화재안전기준의 적용범위에서 제외하나 작업자가 침식하는 차량의 경우 화재로 인한 인명의 피해 가능

성이 있으며, 10톤 이상의 모터카의 경우 객차와 동일하게 본선에서 빈번하게 운행하므로 화재사고로 인한 피해의 확산을 방지하기 위하여 본 지침서의 적용대상으로 규정하였다.

표 3-5-45 객차등의 실내설비 화재성능 세부기준

[별표 1] 객차등의 실내설비 화재성능 세부기준(제4조관련)

다. 객차등의 운행유형 및 설계유형에 따른 분류 기준에 의하여 객차등의 실내설비에 적용되는 화재위험등급 분류 기준은 아래와 같다.

<객차등의 화재위험등급 분류기준>

운행범위	설계범위			
	[D]	[C]	[B]	[A]
[가]	위험등급[1]	위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[2]
[나]	위험등급[2]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
[다]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]	위험등급[4]
[라]	위험등급[3]	위험등급[4]	위험등급[4]	위험등급[4]

주) 1. 객차등의 제작 사양서에는 운행유형 기호와 설계유형 기호가 명기되어야 한다.

2. 자중이 10톤 이상인 모터카 및 작업자 침식차 이외의 특수차의 경우 화재성능시험 적용대상에서 제외할 수 있다.

○ 위험등급에 따른 내장재 사용 기준

각각의 내장재에 따른 등급별 화재시험 기준은 첨부의 기준안과 같이 작성하였다. 바닥용 카펫의 경우 섬유질 기모를 사용하는 제품 특성으로 인하여 본 기준서에서 요구하는 연소성(산소지수) 기준을 만족하는 제품이 부재한 것으로 조사 되었으나, 카펫형 재료의 사용을 요구하는 수요가 있다고 판단하여 본 지침과 대등한 수준의 안전기준으로 인정되는 프랑스 NF 기준을 만족할 경우 다른 시험법에 의한 동등한 안전성을 확보한 것으로 인정하기로 하였다.

난연성이 높은 방염막으로 포장하여 난연성 복합 쿠션을 사용하는 경우 심재로 사용되는 쿠션의 산소지수 시험을 면할 수 있도록 하였다. 이는 산소지수 시험이 복합재에 대하여 적용하기 어려운 특성이 있어 산소지수 32이상의 방염막 포장에 대한 검증으로 심재로 사용된 쿠션재의 산소지수가 28이상으로 인정된다는 뜻으로 해석될 수 있다. 즉 심재에 대한 평가를 포장재의 연소성 시험으로 대체한 경우

에 해당한다.

다음 표는 현행 사용되고 있는 철도차량용 내장재의 재질에 따른 연소특성 평가 사례에 해당한다. 이는 해당 계열의 제품에 대한 일반적인 특성 값을 나타낸 것으로 모든 제품의 특성이 이에 포함되지는 않는다. 아래 표에 철도차량 재료별 내장재 연소특성 예측자료를 수록하였는데 적용등급에 적합한 소재를 선정하는데 활용할 수 있을 것이다.

표 3-5-46 철도차량 내장재별 연소특성 예측

구 분		산소지수 LOI	연기밀도 Ds(4.0min)	화염전파 CFE	독성지수 R
내장판	폴리에스테르계 섬유강화플라스틱 (FRP)	22 - 50	100 - 800	10 - 30	0.5 - 5.0
	페놀계 FRP	35 - 55	10 - 200	15 - 40	0.2 - 2.0
	난연 플라스틱	22 - 40	100 - 500	10 - 30	0.5 - 4.0
	알루미늄 도장판넬	70 이상	0.5 - 20	점화안됨	0.1 - 1.0
의자 커버	난연 울	24 - 38	100 - 400	-	1.0 - 4.0
	폴리에스테르	18 - 25	100 - 300	-	1.0 - 4.0
의자 쿠션	폴리우레탄	18 - 30	50 - 300	-	0.5 - 3.5
	난연고무발포폼	24 - 45	50 - 400	-	1.0 - 3.0
의자 몸체	페놀계 FRP	35 - 55	10 - 200	15 - 40	0.2 - 2.0
	불연금속 (SUS, STEEL)	90 이상	-	점화안됨	-
바닥재	폴리염화비닐계	20 - 30	100 - 800	5 - 20	1.0 - 8.0
	난연 고무	24 - 40	50 - 400	10 - 25	0.5 - 4.0
	카펫류	20 - 26	100 - 500	5 - 20	1.5 - 6.0
단열재	유리섬유	70 이상 40 - 50(알미늄막 접합할 경우)	0.5 - 20	점화안됨	0.1 - 1.0
	폴리에틸렌	20 - 28	200 - 500	10 이하	1.0 - 4.0
	멜라민폼	32 - 34	20 - 150	20 - 30	0.5 - 2.0
	난연고무발포폼	32 - 45	80 - 400	15 - 30	0.8 - 3.0
통로 연결막	폴리염화비닐계	22 - 28	200 - 400	3 - 10	2.0 - 8.0
	난연 고무계	28 - 40	30 - 200	10 - 30	0.5 - 3.0

표 3-5-47 차량 내장재별 등급에 따른 적용기준

화재성능 요구기준		시험방법 시험규격	시험항목	합격기준 위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
내장판		ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥32	≥35	≥40
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	≥1.2	≥1.2	≥1.5	≥1.5
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥15	≥18	≥20	≥20
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤100	≤75	≤50
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤200	≤150	≤100
		ASTM E 662	Ds(10min)	-	-	≤300	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤2.7	≤1.6	≤1.6
의자	커버	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥26	≥28	≥28
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤125	≤100	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤250	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.2	≤2.7	≤2.3	≤2.0
	쿠션	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	-	≥22	≥24	≥28
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤175	≤175	≤125	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤300	≤200	≤175
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤3.6	≤3.2	≤3.2
	몸체	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥28	≥32	≥32
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	-	-	-	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤300	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.2	≤2.7	≤2.3	≤2.0
통로연결막	(A)형	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥32	≥35	≥40
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	-	≥1.2	≥1.5	≥1.5
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥15	≥18	≥20	≥20
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤100	≤75	≤50
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤200	≤150	≤100
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤2.7	≤1.6	≤1.6
	(B)형	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥26	≥26	≥28	≥28
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	-	-	≥1.0	≥1.0
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥7	≥7	≥10	≥10
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤200	≤150	≤100	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤300	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤3.6	≤2.7	≤2.7
바닥재		ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥26	≥28	≥28
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥4.5	≥4.5	≥7	≥7
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	-	-	-	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤300	≤250	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤5.0	≤4.0	≤3.0	≤3.0

마. 기준 및 해설서

(1) 객차 등의 실내설비 화재성능 기준

가. 적용범위

(1) 객차등의 운행유형에 따른 분류 기준은 [표 부Ⅰ-8-1]과 같다.

[표 부Ⅰ-8-1] 객차등의 운행유형에 따른 분류 기준

운행유형 기 호	승객의 대피 용이성 구분	객차등의 운행구간 특성
[가]	즉시 대피 가능	지하구간, 터널 및 고가구간이 10% 이하이며, 최장 길이가 1km 이하인 터널 및 고가지역 운행
[나]	단시간 이동 대피 가능	다음 최종안전지역까지의 거리가 5km 이하 또는 정상운행 속도로 4분 이내 이동 가능한 지역 운행
[다]	장시간 이동 대피 가능	다음 최종안전지역까지의 거리가 20km 이하 또는 정상운행 속도로 15분 이내 이동 가능한 지역 운행
[라]	대피 곤란 또는 불가능	상위의 분류유형에 속하지 않는 지역 또는 대피불가지역을 운행

주) 1. 최종안전지역이란 승객이 화재의 위험으로부터 완전하게 영향을 받지 않을 수 있는 개활지 및 지상역사를 말한다.

2. 대피불가지역이란 대피에 사용할 수 있는 통로가 전혀 없는 200m 이상의 지하구간, 터널 또는 고가지역을 의미한다.

3. 객차등이 운행 시 2이상의 운행유형에 속하는 경우에는 승객의 대피가 용이하지 아니하는 운행유형에 따른다.

(2) 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준은 [표 부Ⅰ-8-2]와 같다

[표 부 I -8-2] 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준

설계유형 기 호	적 용 기 준
[A]	무인운전의 객차등
[B]	침대가 설치된 객차등, 이층구조의 객차등
[C]	고속철도차량, 디젤동차, 전기동차, 일반객차
[D]	[A] 내지 [C]의 설계유형에 속하지 아니하는 객차등

(3) 객차등의 운행유형 및 설계유형에 따른 분류 기준에 의하여 객차등의 실내설비에 적용되는 화재위험등급 분류 기준은 [표 부 I -8-3]과 같다.

[표 부 I -8-3] 객차등의 화재위험등급 분류기준

운행범위	설계범위			
	[D]	[C]	[B]	[A]
[가]	위험등급[1]	위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[2]
[나]	위험등급[2]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
[다]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]	위험등급[4]
[라]	위험등급[3]	위험등급[4]	위험등급[4]	위험등급[4]

주) 1. 객차등의 제작 사양서에는 운행유형 기호와 설계유형 기호가 명기되어야 한다.

2. 자중이 10톤 이상인 모터카 및 작업자 침식차 이외의 특수차의 경우 화재성능시험 적용대상에서 제외할 수 있다.

나. 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준

(1) 시험항목

(가) 열방출율(HRR)

시편의 연소에 의하여 단위면적 및 시간당 방출되는 열에너지의 크기를 말하며 시험방법은 ISO 5660-1 또는 KS F ISO 5660-1에 따른다.

(나) 상온산소지수(LOI)

상온산소지수는 상온에서 규정된 재료의 연소가 지속되기 위하여 필요한 최소한의 산소농도를 말하며 시험방법은 ISO 4589-2 또는 KS M ISO 4589-2에 의한다.

(다) 연기밀도(Ds(n))

연기밀도(Ds, Density of smoke)라 함은 시료의 연소시 발생하는 연기의 양을 빛의 투과율 변화를 이용하여 측정한 값으로 시험방법은 ASTM E 662에 의한다.

(라) 독성지수(R : Index of Toxicity)

독성지수(R)는 규정된 시료의 연소시 발생된 주요 가스(CO_2, CO, HF, HCl, HBr, HCN, NO_2, SO_2)의 농도를 기준값과 비교한 지수를 말하며 시험방법은 BS 6853 Annex B.2 방법에 의한다.

(마) 연소지속열

연소지속열(Qsb, Heat for sustained burning)이라 함은 시료의 연소가 지속되기 위하여 필요한 단위면적당 평균 열에너지를 말하며, 시험방법은 ISO 5658-2 또는 KS F 2844에 의한다.

(바) 소화점 임계열류량

소화점 임계열류량(CFE, Critical Flux at Extinguishment)이라 함은 화염의 전파가 종료되는 소화점에서 단위면적이 시간당 받는 열에너지를 말하며 시험방법은 ISO 5658-2 또는 KS F 2844에 의한다.

주) 그 밖에 사용되는 용어의 정의는 ISO 13943, ISO 3261 및 ISO 8421-1을 적용한다.

(2) 시험대상 품목

(가) 화재성능 시험대상 품목은 [표 부 I -8-4]와 같다.

[표 부 I -8-4] 화재성능 시험대상 품목

연번	품 목	세 부 대 상
1	내장판	실내 벽 및 천정판, 실내 덕트, 출입문, 창문틀, 차량간 통로연결부 방염판
2	의 자	커버, 쿠션, 몸체
3	통로 연결막	(A형) 객실간 단부문이나 객실측 통로막에 방염판이 없는 경우
		(B형) 객실간 단부문이나 객실측 통로막에 방염판이 있는 경우
4	바닥재	바닥부 표면재
5	단열재	벽 및 천정부, 객실 덕트 내부, 외부 공조기 내부, 바닥 하부

주) 1. 연기밀도 시험의 경우 ASTM E 662 시험의 가염조건(Flaming mode)과 비가염조건(Non-Flaming mode)에서 모두 기준치를 만족하여야 한다.

2. 바닥재, 페인트, 접착제 및 코팅제의 경우 산소지수를 제외한 시험에 대하여 3mm 이하의 알루미늄판을 배판(Back board)으로 사용할 수 있다.

(나) [표 부 I -8-5]에 해당하는 불연재료로 제작되었거나, 규칙 제9조제1항제2호 또는 제3호의 규정에 의한 불연성 기준에 적합한 객차등의 실내설비 및 1mm 이상의 불연재로 완전하게 싸여진 심재의 경우 [표 부 I -8-4]의 시험대상 품목에서 제외한다.

[표 부 I -8-5] 불연재료의 목록

연번	불연재료	연번	불연재료
1	점토질 재료	10	시멘트
2	진주암(expanded perlite)	11	석회석
3	버미큐라이트(vermiculite)	12	고로 슬래그(Blast furnace slag) /재(pulverised fly ash)
4	광물 울 섬유(mineral wool)	13	광물
5	유리 섬유	14	철, 금속 및 알루미늄 금속
6	콘크리트(혼합 준비된 형태의 콘크리트 및 성형 및 철근강화 콘크리트)	15	구리 및 구리합금
7	쇄석콘크리트 (Aggregate Concrete)	16	아연 및 아연합금
8	개스 콘크리트 (Autoclaved aerated concrete)	17	알루미늄 및 알루미늄 합금
9	섬유시멘트(Fibre cement)	18	납

(다) [표 부 I -8-4]에 해당하는 시험대상 품목 이외의 실내설비에 대하여는 규칙 제9조제3항을 적용하되 완성품에 지정된 연소성 시험이 있는 경우 이를 산소지수 시험에 우선하여 적용한다.

(3) 시험대상 품목별 합격기준

(가) 시험대상 품목별 합격기준은 [표 부 I -8-6]과 같다.

[표 부 I -8-6] 시험대상 품목별 합격기준

화재성능요구기준	시험방법	시험항목	합격기준			
	시험규격		위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
내장판	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥32	≥35	≥40
	ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	≥1.2	≥1.2	≥1.5	≥1.5
	ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥15	≥18	≥20	≥20
	ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤100	≤75	≤50
	ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤200	≤150	≤100
	ASTM E 662	Ds(10min)	-	-	≤300	≤200
	BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤2.7	≤1.6	≤1.6

의자	커버	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥26	≥28	≥28
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤125	≤100	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤250	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.2	≤2.7	≤2.3	≤2.0
	쿠션	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	-	≥22	≥24	≥28
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤175	≤175	≤125	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤300	≤200	≤175
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤3.6	≤3.2	≤3.2
	몸체	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥28	≥32	≥32
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	-	-	-	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤300	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.2	≤2.7	≤2.3	≤2.0
통로연결막	(A)형	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥32	≥35	≥40
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	-	≥1.2	≥1.5	≥1.5
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥15	≥18	≥20	≥20
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤100	≤75	≤50
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤200	≤150	≤100
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤2.7	≤1.6	≤1.6
	(B)형	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥26	≥26	≥28	≥28
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	-	-	≥1.0	≥1.0
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥7	≥7	≥10	≥10
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤200	≤150	≤100	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤300	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤3.6	≤2.7	≤2.7
바닥재		ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥26	≥28	≥28
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥4.5	≥4.5	≥7	≥7
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	-	-	-	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤300	≤250	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤5.0	≤4.0	≤3.0	≤3.0
단열	벽·천	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥28	≥32	≥35

재	정부·객실덕트내부	ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	-	≥7	≥10	≥20
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤350	≤300	≤250	≤100
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.0	≤2.7	≤2.0	≤1.6
	외부공조기내부	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥24	≥28	≥32
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	-	-	≥7	≥10
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤350	≤300	≤250
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤4.0	≤3.0	≤2.7	≤2.0
	바닥부	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥24	≥28	≥28
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	-	-	≥7	≥7
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤350	≤300	≤250
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤4.0	≤3.0	≤2.7	≤2.7

주) 1. 카펫 바닥재는 NF F 16 101 기준을 만족하는 경우에도 사용할 수 있다. 이 경우 [표 3]의 위험등급[3] 및 위험등급[4]는 A1범주, 위험등급[2]는 A2범주, 위험등급[1]은 B범주로 간주한다.

2. 산소지수 32 이상의 방염막으로 포장한 쿠션의 경우 산소지수 시험을 면할 수 있다.

(나) 시험규격에 대한 요구사항은 [표 부 I -8-7]과 같다.

[표 부 I -8-7] 시험규격에 대한 요구사항

시험규격	설 명	요구사항
ISO 4589-2	플라스틱 - 산소지수에 의한 연소거동의측정 - 제2부 : 상온 시험법	최소
ISO 5658-2	연소성시험 - 화염전파 - 제2부 : 수직형상 건축재료의 화염전파시험	최소
ASTM E 662	고체 물질의 연소로부터 발생한 연기의 광학밀도 측정법	최대
BS 6853 - Annex B.2	여객 열차의 화재예방 설계 및 제작 실행 지침 - 첨부 B.2(연소가스 독성지수 측정 - 면적기준 분석법)	최대

(2) 해설서

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조 관련)

1. 적용범위

가. 객차등의 운행유형에 따른 분류 기준은 [표 부Ⅱ-8-1]과 같다.

[표 부Ⅱ-8-1] 객차등의 운행유형에 따른 분류 기준

운행유형 기 호	승객의 대피 용이성 구분	객차등의 운행구간 특성
[가]	즉시 대피 가능	지하구간, 터널 및 고가구간이 10% 이하이며, 최장 길이가 1km 이하인 터널 및 고가지역 운행
[나]	단시간 이동 대피 가능	다음 최종안전지역까지의 거리가 5km 이하 또는 정상운행 속도로 4분 이내 이동 가능한 지역 운행
[다]	장시간 이동 대피 가능	다음 최종안전지역까지의 거리가 20km 이하 또는 정상운행 속도로 15분 이내 이동 가능한 지역 운행
[라]	대피 곤란 또는 불가능	상위의 분류유형에 속하지 않는 지역 또는 대피불가지역을 운행

주) 1. 최종안전지역이란 승객이 화재의 위험으로부터 완전하게 영향을 받지 않을 수 있는 개활지 및 지상역사를 말한다.

2. 대피불가지역이란 대피에 사용할 수 있는 통로가 전혀 없는 200m 이상의 지하구간, 터널 또는 고가지역을 의미한다.

3. 객차등이 운행 시 2이상의 운행유형에 속하는 경우에는 승객의 대피가 용이하지 아니하는 운행유형에 따른다.

【해설】

본 화재성능 세부기준은 도시철도차량안전기준에관한규칙[건교부 고시 제2004-호]와 통합유럽의 신규 차량화재안전기준으로 제시될 예정인 prEN 45545-1, 2 기준을 바탕으로 작성되었다. 내장재 시험기준의 경우 도시철도차량안전기준에 관한규칙의 내용과 일치시켰으며, 차량의 설계유형과 운행조건에 따라 분류하고 화재위험등급을 구분하는 방법은 EN 규정에 따랐다. 다만 국내의 운행여건이 유럽과 다른 점을 가만하여 차량분류기준 및 위험등급의 경우 국내의 여건에 부합하도록 변경 적용하였다.

기존에 사용되던 프랑스 및 영국의 차량유형 분류는 대체로 화재위험도가 높아지는 지하구간 및 터널에 대한 운행정도로만 구분하였으나, 최근 검토되고 있는 통합기준은 이를 운행유형과 차량설계에 관한 보다 세분화된 분류기준을 채택하고 있다. 표 3-5-48는 기존에 프랑스의 NF F 16 101 분류기준과 영국의 BS 6853에 의한 차량 분류기준이다. 다만 prEN 45545 분류기준에 의한 차량유형은 국내의 차량 운행실태와 많이 다르므로 우리는 이를 변경하여 적용하였다.

표 3-5-48 프랑스 및 영국의 기존 차량 유형분류 체계

구 분	기존의 차량 유형분류	
프랑스 NF F 16 101	A1	빈번하게 터널을 통과하는 철도차량
	A2	터널을 가끔 통과하는 도시, 교외 철도차량, 트레일러, 침대차
	B	터널을 가끔 통과하는 기관차를 포함한 좌석식 간선 철도차량
영국 BS 6853	Ia	대피로가 없는 지하터널을 운행하는 철도차량, 무인운전 차량 등
	Ib	대피로가 있거나 맞은편 선로를 이용하여 대피할 수 있는 지하터널을 운행하는 철도차량, 침대차량 등
	II	터널운행이 적은 일반 도시간 노선을 운행하는 차량

본 분류기준의 주요 근거로 사용된 prEN 45545(2005) Draft의 분류기준은 표 3-5-49과 같다.

변경된 분류기준 중에서 최종안전지역(Place of ultimate safety)과 대피불가지역에 대해서는 해석의 차이가 발생하지 않도록 주석을 통하여 별도로 구체화 하였다.

대피에 사용할 수 있는 통로는 철도시설 안전기준에 관한 규칙의 규정에 따른 대피로와 대피통로 외에도 비상시 보행이 가능한 폭 70cm 이상의 모든 통행로를 의미한다.(예;폭 70cm 이상을 가지는 터널과 차량 사이 통로, 복선 선로사이의 통로)

표 3-5-50은 현재 국내에 철도노선을 운행유형의 분류기준을 적용하여 분류 예시하였다. (단, 대피불가지역에 대한 정보는 제외되었음)

표 3-5-49 prEN 운행유형에 따른 분류기준 변경안(2005)

운행유형	대피용이성	운행구간 특성 상세
1	지하구간이나 터널, 고가구간을 운행하지 않거나, 최소(minimum) 지연시간에 최종안전지역(place of ultimately safe)으로 즉시대피가 가능	- 최장 길이가 1km 이하인 터널 및 고가지역 운행 - 대피불가 터널이나 고가구간이 없을 것 - 터널사이의 오픈구간이 차량의 길이 보다 길 것 - 지하구간, 터널 및 고가구간이 전체구간의 10% 이하일 것
2	지하구간이나 터널, 고가구간을 운행하지만 단시간운행(short running time, 4분이내)으로 최종안전지역으로 도달 가능	- 최종안전지역까지의 거리가 5km 이하 - 4분 이내 다음 최종안전지역까지 이동 가능 - 측면대피(side evacuation)가 가능
3	지하구간이나 터널, 고가구간을 운행하지만 장시간운행(long running time, 4분이상)으로 최종안전지역으로 도달 가능	- 최종안전지역까지의 거리가 20km 이하 - 15분 이내 다음 최종안전지역까지 이동 가능 - 측면대피(side evacuation)가 가능
4	사용가능한 측면 대피통로가 없는 지하구간이나 터널, 고가구간을 운행	- 별도 상세사항 없음

표 3-5-50 터널길이에 따른 노선별 적용 분류 검토(2005.12.22 검토본)

유형기호	분류기준	적용대상
가	터널,고가,지하구간 10% 이하이며 최장터널 1km 이하	경의선/경춘선/교외선 남부화물기지선/문경선 동해남부선/정양선
나	1km이상 5km이하	경부선/중앙선/호남선 충북선/장항선/안산선 일산선/대불선/광양제철선 영동선/정선선/함백선 태백선/진해선/가야선 (*라인) 여천선/삼척선/묵호항선/온산선/미전선
다	5km이상 20km이하	전라선/과천선/일산선 경북선/경전선/경부고속선
라	20km이상	분당선 외 지하철 구간

주) 1. 최종안전거리까지 이동속도에 따른 유형변동의 가능성이 있으나 적음.
2. 도시철도 운행구간은 대부분 라유형에 속하나, 위 표에는 분류 않음.
(*라인) 최장터널은 1km 이하이나 터널,고가 구간이 10% 이상 점유함.

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)

나. 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준은 [표 부Ⅱ-8-5]와 같다.

[표 부Ⅱ-8-5] 객차등의 설계유형에 따른 분류 기준

설계유형 기 호	적 용 기 준
[A]	무인운전의 객차등
[B]	침대가 설치된 객차등, 이층구조의 객차등
[C]	고속철도차량, 디젤동차, 전기동차, 일반객차
[D]	[A] 내지 [C]의 설계유형에 속하지 아니하는 객차등

【해설】

prEN 45545-1(2005) 기준에 의한 분류기준은 다음과 같다.

A : 무인자동운전차량

D : 이층차량

S : 침대차량

N : 기타 차량(표준 차량들)

그러나 이와 같은 분류기준을 적용하면 현재 국내에서 운행하고 있는 차량의 경우 대부분 N 유형에 속하여 실질적인 분류의미가 상실되는 문제점이 있다고 판단되었다. 따라서 이층차량과 침대차량을 동일 유형으로 분류하고 기타차량의 경우 차량안전기준에관한규칙의 객차등의 분류체계에 따라 C와 D로 분리하였다. D의 경우 승무원이 탑승하는 발전차, 작업자 침식차 등에 적용하며 일반적인 객차에 비하여 완화된 기준이 적용 되도록 하였다.

표 3-5-51 차량설계 유형에 따른 분류 검토

설계유형 기 호	적 용 기 준	적용대상
[A]	무인운전의 객차등	현재 해당 없음
[B]	침대가 설치된 객차등, 이층구조의 객차등	침대객차
[C]	고속철도차량, 디젤동차, 전기동차, 일반객차	새마을, 무궁화, KTX 등
[D]	[A] 내지 [C]의 설계유형에 속하지 아니하는 객차등	기관차, 발전차, 승무탑승 화차, 작업자 침식 작업차 등

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)

다. 객차등의 운행유형 및 설계유형에 따른 분류 기준에 의하여 객차등의 실내설비에 적용되는 화재위험등급 분류 기준은 [표 부Ⅱ-8-7]과 같다.

[표 부Ⅱ-8-7] 객차등의 화재위험등급 분류기준

운행범위	설계범위			
	[D]	[C]	[B]	[A]
[가]	위험등급[1]	위험등급[1]	위험등급[2]	위험등급[2]
[나]	위험등급[2]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]
[다]	위험등급[2]	위험등급[3]	위험등급[4]	위험등급[4]
[라]	위험등급[3]	위험등급[4]	위험등급[4]	위험등급[4]

주) 1. 객차등의 제작 사양서에는 운행유형 기호와 설계유형 기호가 명기되어야 한다.

2. 자중이 10톤 이상인 모터카 및 작업자 침식차 이외의 특수차의 경우 화재성능시험 적용대상에서 제외할 수 있다.

【해설】

위험등급(Hazard Level)은 prEN 45545 분류기준의 체계를 준용하였다. 그러나 차량설계에 따른 분류기준과 시험방법 및 기준값을 기존에 도시철도차량에 이미 적용되고 있는 도시철도차량안전기준에 관한규칙과의 일치성을 위하여 변경하였으므로 유럽의 통합기준과는 실질적으로는 매우 다른 형태의 등급기준을 제시한 것으로 이해할 수 있다. 위험등급4의 경우 도시철도차량안전기준과 가급적 일치하도록 작성하였다. 작업차량과 같은 특수차의 경우 일반적으로 해외 제작사에 대한 소량 발주로 도입되며, 화재사고의 발생가능성이 적어 화재안전기준의 적용범위에서 제외하나 작업자가 침식하는 차량의 경우 화재로 인한 인명의 피해 가능성이 있으며, 10톤 이상의 모터카의 경우 객차와 동일하게 본선에서 빈번하게 운행하므로 화재사고로 인한 피해의 확산을 방지하기 위하여 본 지침서의 적용대상으로 규정하였다.

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)

2. 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준

가. 시험항목

(1) 열방출율(HRR)

시편의 연소에 의하여 단위면적 및 시간당 방출되는 열에너지의 크기를 말하며 시험방법은 ISO 5660-1 또는 KS F ISO 5660-1에 따른다.

(2) 상온산소지수(LOI)

상온산소지수는 상온에서 규정된 재료의 연소가 지속되기 위하여 필요한 최소한의 산소농도를 말하며 시험방법은 ISO 4589-2 또는 KS M ISO 4589-2에 의한다.

(3) 연기밀도(Ds(n))

연기밀도(Ds, Density of smoke)라 함은 시료의 연소시 발생하는 연기의 양을 빛의 투과율 변화를 이용하여 측정한 값으로 시험방법은 ASTM E 662에 의한다.

(4) 독성지수(R : Index of Toxicity)

독성지수(R)는 규정된 시료의 연소시 발생된 주요 가스(CO_2, CO, HF, HCl, HBr, HCN, NO_2, SO_2)의 농도를 기준값과 비교한 지수를 말하며 시험방법은 BS 6853 Annex B.2 방법에 의한다.

(5) 연소지속열

연소지속열(Qsb, Heat for sustained burning)이라 함은 시료의 연소가 지속되기 위하여 필요한 단위면적당 평균 열에너지를 말하며, 시험방법은 ISO 5658-2 또는 KS F 2844에 의한다.

(6) 소화점 임계열류량

소화점 임계열류량(CFE, Critical Flux at Extinguishment)이라 함은 화염의 전파가 종료되는 소화점에서 단위면적이 시간당 받는 열에너지를 말하며 시험방법은 ISO 5658-2 또는 KS F 2844에 의한다.

주) 그 밖에 사용되는 용어의 정의는 ISO 13943, ISO 3261 및 ISO 8421-1을 적용한다.

나. 시험대상 품목

1) 화재성능 시험대상 품목은 [표 부Ⅱ-8-8]와 같다.

[표 부Ⅱ-8-8] 화재성능 시험대상 품목

연번	품 목	세 부 대 상
1	내장판	실내 벽 및 천정판, 실내 덕트, 출입문, 창문틀, 차량간 통로연결부 방염판
2	의 자	커버, 쿠션, 몸체
3	통로 연결막	(A형) 객실간 단부문이나 객실측 통로막에 방염판이 없는 경우
		(B형) 객실간 단부문이나 객실측 통로막에 방염판이 있는 경우
4	바닥재	바닥부 표면재
5	단열재	벽 및 천정부, 객실 덕트 내부, 외부 공조기 내부, 바닥 하부

주) 1. 연기밀도 시험의 경우 ASTM E 662 시험의 가염조건(Flaming mode)과 비가염조건(Non-Flaming mode)에서 모두 기준치를 만족하여야 한다.
2. 바닥재, 페인트, 접착제 및 코팅제의 경우 산소지수를 제외한 시험에 대하여 3mm 이하의 알루미늄판을 배판(Back board)으로 사용할 수 있다.

【해설】

차량내장재 적용대상을 구체화 하였다. 또한 연기밀도 시험의 경우 시험규격에 구체화 되지 않은 사항에 대하여는 주석에 명기하였다. 바닥재나 도료 등의 시험에 대하여는 배판의 종류 및 두께가 시험값에 영향을 미치므로 3mm 이하의 알루미늄으로 제한하여 사용하도록 하였다.

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)

(2) [표 부Ⅱ-8-9]에 해당하는 불연재료로 제작되었거나, 규칙 제9조제1항제2호 또는 제3호의 규정에 의한 불연성 기준에 적합한 객차등의 실내설비 및 1mm 이상의 불연재로 완전하게 싸여진 심재의 경우 [표 부Ⅱ-8-9]의 시험대상 품목에서 제외한다.

[표 부Ⅱ-8-9] 불연재료의 목록

연번	불연재료	연번	불연재료
1	점토질 재료	10	시멘트
2	진주암(expanded perlite)	11	석회석
3	버미큐라이트(vermiculite)	12	고로 슬래그(Blast furnace slag) /재(pulverised fly ash)
4	광물 울 섬유(mineral wool)	13	광물
5	유리 섬유	14	철, 금속 및 알루미늄 금속
6	콘크리트(혼합 준비된 형태의 콘크리트 및 성형 및 철근강화 콘크리트)	15	구리 및 구리합금
7	쇄석콘크리트 (Aggregate Concrete)	16	아연 및 아연합금
8	개스 콘크리트 (Autoclaved aerated concrete)	17	알루미늄 및 알루미늄 합금
9	섬유시멘트(Fibre cement)	18	납

【해설】

2003년 이후 국내에 적용되고 있는 화재시험이 불연재료에 대하여도 과잉적용이 있어 불연재료의 경우 연소특성 시험을 면할 수 있도록 명시하였다. 두꺼운 불연재로 싸여진 심재의 경우에도 화재의 성장에 기여할 가능성이 적어 연소시험을 면할 수 있도록 하였다.

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)
(3) [표 부Ⅱ-8-8]에 해당하는 시험대상 품목 이외의 실내설비에 대하여는 규칙 제9조제3항을 적용하되 완성품에 지정된 연소성 시험이 있는 경우 이를 산소지수 시험에 우선하여 적용한다.

【해설】

철도차량안전기준에관한규칙 제9조 3항의 산소지수 시험의 경우 기초재료의 연소성을 평가하는 시험으로 2종 이상의 재료가 접합된 구조로 제작된 전선 등의 복합재의 경우 측정값의 재현성이 떨어지는 문제점이 있으므로 복합재의 경우 가급적 완성품에 지정되어 작성된 연소성 시험을 우선 적용하도록 규정하였다.

[별표 1] 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준(제4조관련)

다. 시험대상 품목별 합격기준

(1) 시험대상 품목별 합격기준은 [표 부Ⅱ-8-10]과 같다.

[표 부Ⅱ-8-10] 시험대상 품목별 합격기준

화재성능 요구기준		시험방법 시험규격	시험항목	합격기준 위험등급 [1]	위험등급 [2]	위험등급 [3]	위험등급 [4]
내장판		ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥32	≥35	≥40
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	≥1.2	≥1.2	≥1.5	≥1.5
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥15	≥18	≥20	≥20
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤100	≤75	≤50
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤200	≤150	≤100
		ASTM E 662	Ds(10min)	-	-	≤300	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤2.7	≤1.6	≤1.6
의자	커버	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥26	≥28	≥28
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤125	≤100	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤250	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.2	≤2.7	≤2.3	≤2.0
	쿠션	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	-	≥22	≥24	≥28
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤175	≤175	≤125	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤300	≤200	≤175
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤3.6	≤3.2	≤3.2
	몸체	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥28	≥32	≥32
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	-	-	-	≤100

화재성능 요구기준		시험방법 / 시험규격	시험항목	합격기준 위험등급 [1]	위험등급 [2]	위험등급 [3]	위험등급 [4]
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤300	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.2	≤2.7	≤2.3	≤2.0
통로연결막	(A)형	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥28	≥32	≥35	≥40
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	-	≥1.2	≥1.5	≥1.5
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥15	≥18	≥20	≥20
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤150	≤100	≤75	≤50
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤300	≤200	≤150	≤100
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤2.7	≤1.6	≤1.6
	(B)형	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥26	≥26	≥28	≥28
		ISO 5658-2	Qsb(MJ/m^2)	-	-	≥1.0	≥1.0
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥7	≥7	≥10	≥10
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	≤200	≤150	≤100	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤300	≤200	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.6	≤3.6	≤2.7	≤2.7
바닥재		ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥26	≥28	≥28
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	≥4.5	≥4.5	≥7	≥7
		ASTM E 662	Ds(1.5min)	-	-	-	≤100
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤300	≤250	≤200
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤5.0	≤4.0	≤3.0	≤3.0
단열재	벽·천정부·객실덕트내부	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥28	≥32	≥35
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	-	≥7	≥10	≥20
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤350	≤300	≤250	≤100
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.0	≤2.7	≤2.0	≤1.6
	외부공조기내부	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥24	≥28	≥32
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	-	-	≥7	≥10
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤350	≤300	≤250
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤4.0	≤3.0	≤2.7	≤2.0
	바닥부	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥24	≥24	≥28	≥28
		ISO 5658-2	CFE(kW/m^2)	-	-	≥7	≥7
		ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤400	≤350	≤300	≤250
		BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤4.0	≤3.0	≤2.7	≤2.7

화재성능 요구기준	시험방법 / 시험규격	시험항목	합격기준 위험등급 [1]	위험등급 [2]	위험등급 [3]	위험등급 [4]

주) 1. 카펫 바닥재는 NF F 16 101 기준을 만족하는 경우에도 사용할 수 있다. 이 경우 [표 부Ⅱ-8-7]의 위험등급[3] 및 위험등급[4]는 A1범주, 위험등급[2]는 A2범주, 위험등급[1]은 B범주로 간주한다.

2. 산소지수 32 이상의 방염막으로 포장한 쿠션의 경우 산소지수 시험을 면할 수 있다.

(2) 시험규격에 대한 요구사항은 [표 부Ⅱ-8-11]과 같다.

[표 부Ⅱ-8-11] 시험규격에 대한 요구사항

시험규격	설 명	요구사항
ISO 4589-2	플라스틱 - 산소지수에 의한 연소거동의측정 - 제2부 : 상온 시험법	최소
ISO 5658-2	연소성시험 - 화염전파 - 제2부 : 수직형상 건축재료의 화염전파시험	최소
ASTM E 662	고체 물질의 연소로부터 발생한 연기의 광학밀도 측정법	최대
BS 6853 - Annex B.2	여객 열차의 화재예방 설계 및 제작 실행 지침 - 첨부 B.2(연소가스 독성지수 측정 - 면적기준 분석법)	최대

【해설】

가장 위험도가 높은 수준의 위험등급 4의 경우 지하철 구간에 운행되는 전동차의 유형으로 설정되었다. 이러한 근거에 의하여 내장재 품목별 연소특성 합격기준은 위험등급 4를 현행 도시철도차량안전기준에관한규칙의 합격기준과 동일하게 설정하였다.(다만, 바닥재의 독성지수는 재료기술의 발전에 의하여 합부판정에 의한 제품 선별의 유효성이 상실되어 강화하였음) 다른 위험등급에 대하여는 EN 규격에서 위험등급별로 하향 조정한 비율을 준용하여 대등한 정도의 비율로 완화된 등급의 수치로 조정하였다.

바닥용 카펫의 경우 섬유질 기모를 사용하는 제품 특성으로 인하여 본 기준서에서 요구하는 연소성(산소지수) 기준을 만족하는 제품이 부재한 것으로 조사 되었으나, 카펫형 재료의 사용을 요구하는 수요가 있다고 판단하여 본 지침과 대등한 수준의 안전기준으로 인정되는 프랑스 NF 기준을 만족할 경우 다른 시험법에 의한 동등한 안전성을 확보한 것으로 인정하기로 하였다.

난연성이 높은 방염막으로 포장하여 난연성 복합 쿠션을 사용하는 경우 심재로

사용되는 쿠션의 산소지수 시험을 면할 수 있도록 하였다. 이는 산소지수 시험이 복합재에 대하여 적용하기 어려운 특성이 있어 산소지수 32이상의 방염막 포장에 대한 검증으로 심재로 사용된 쿠션재의 산소지수가 28이상으로 인정된다는 뜻으로 해석될 수 있다. 즉 심재에 대한 평가를 포장재의 연소성 시험으로 대체한 경우에 해당한다.

다음 표는 현행 사용되고 있는 철도차량용 내장재의 재질에 따른 연소특성 평가 사례에 해당한다. 이는 해당 계열의 제품에 대한 일반적인 특성 값을 나타낸 것으로 모든 제품의 특성이 이에 포함되지는 않는다.

2. 철도차량의 소화기 설치 기준

가. 개요

철도차량 화재안전관리 방안은 화재사고의 발생시점을 기준으로 사전 예방단계와 사후 피해저감 단계로 나눠질 수 있다. 차량 내장재의 설치기준을 강화하거나, 내화설계 조치 등을 규정하는 것은 화재사고의 예방조치 기준을 강화하는 것에 해당한다. 그러나 이러한 예방조치에도 불구하고 화재가 발생할 경우에는 피해를 최소화하기 위한 초기진화 설비의 구비가 매우 중요하다. 이러한 측면에서 철도차량내 소화기 설치 규정은 화재제어절차의 가장 기본적인 요소라고 할 수 있겠다. 본 연구에서는 철도차량 안전 기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제13조 (화재발생시 진압설비)는 "①철도차량에는 건설교통부장관이 정하는 기준에 따라 소화기가 비치되어야 한다. 다만, 위험도분석 결과에 따라 필요한 경우에는 추가로 설치하여야 한다."라고 규정하고 있다. 이 규정에 따라 본 연구에서는 국내외 설치기준 사례 및 현행 운영 실태를 조사하여 소화기 설치 지침을 마련하였다.

나. 이론적 배경

철도차량의 객실 내에서 발생하는 화재의 초동진압을 위해서는 차내 설치된 소화기의 역할이 중요하다. 소화기의 설치 개수 및 위치, 종류에 대해 해외 관련 규정을 검토하여 국내 규정에 보완하는 활동이 필요하다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 국토해양부령 제4호 : 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제12조

(2) 해외 관련 기준 현황

(영국)

- 『Railways Safety Case (철도안전기준)』 열차 Part의 (소화기) 54
- 차량운영기관 제작사양서[GM/ RT2177(5-2 소화기)]

(미국)

- NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Systems (2003 edition)
- Title 49 Transportation (운송)』 239. 101. Emergency preparedness plan(비

상사태 준비계획)

(일본)

-국토교통성령 151호『철도에 관한 기술상의 기준을 정한 성령』제83조 제4항

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내 관련 기준 분석

2004년 이전의 차량안전 기준에 적시되어 있는 소화기 설치사항은 다음과 같다. 도시철도 차량안전 기준에 관한 규칙 제12조 차량의 운전실과 객실에는 각각 1개 이상의 소화기를 비치하여야 한다고 규정되어 있었다. 이러한 관련규정은 2004년 운전실에는 1개 이상, 객실에는 2개 이상의 소화기를 비치하도록 개정하였다. 현재 지하철 전동차에는 2개에서 4개까지 소화기를 설치 운영하고 있으며 기타 간선에 운행되고 있는 차량에는 다음 표와 같이 설치 운영하고 있다.

기타 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률의 기준에 적합한 축광위치표지를 하도록 하였으며, 커버가 없는 개방형으로 설치하여 응급 시 빠른 대처가 가능하도록 하였다. 철도차량안전기준에관한규칙에 정한 소화기 설치에 관한 요구조건은 다음과 같다.

제13조(화재발생시 진압설비)

① 철도차량에는 건설교통부장관이 정하는 기준에 따라 소화기가 비치되어야 한다. 다만, 위험도분석 결과에 따라 필요한 경우에는 추가로 설치하여야 한다.

② 제1항의 규정에 의한 소화기는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 일반화재·유류(油類)화재 및 전기화재 모두를 진압할 수 있을 것
2. 소화기의 사용적정압력은 섭씨 20도에서 제곱센티미터 당 8킬로그램 이상 10킬로그램 이하일 것
3. 방사거리는 3미터 이상일 것
4. 방사시간은 방사거리를 15초 이상 유지할 수 있을 것

③ 소화기는 승무원 또는 여객이 용이하게 접근하여 사용할 수 있는 위치에 비치되어야 한다.

④ 소화기 인근에는 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률」에 의하여 고시하는 화재안전기준에 적합한 축광위치표지(이하"축광위치표지"라 한다)로 소화기의 위치와 화재발생시 사용방법 등을 표시한 표지를 부착하여야 한다.

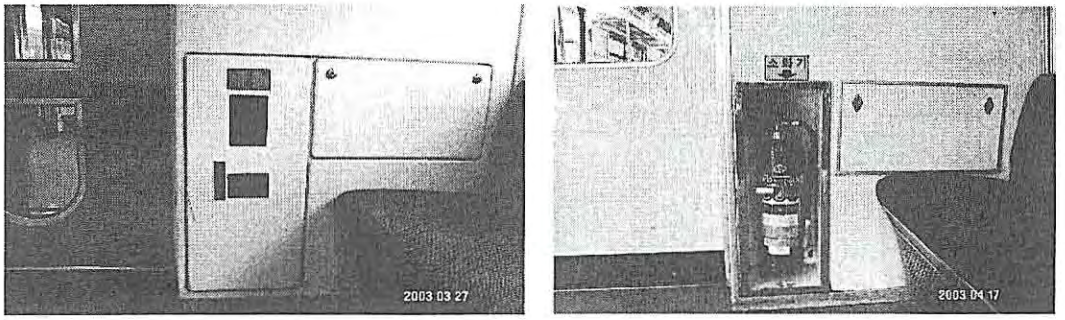


그림 3-5-22 소화기 커버 개선사례
(자료출처 : 건설교통부 지하철안전기획단 전동차내 수동식소화기 증설 및 유지보수 방안 검토(2003))

(가) 운영현황 조사

운영현황 조사는 고속철도차량. 일반철도차량. 도시철도차량을 대상으로 조사하여 그 결과는 아래와 같다.

표 3-5-52 차종별 소화기 설비현황 (2005.12 한국철도공사 운영현황)

차 종 별		규 격	수량	기 사 (비치장소)
디 젤 기 관 차		A B C 분말 6.0kg이상	2	운전실
전 기 기 관 차		〃 4.0kg이상	2	운전실
고속차량	동 력 차	〃 6.5kg이상	2	운전실
		〃 6.5kg이상	2	동력실
	동력객차	〃 6.5kg이상	1	〃
		〃 6.5kg이상	1	객실부(서비스룸)
	객 차 (TR 02-05, 07-14, 16-17)	〃 6.5kg이상	1	〃
	객 차 (TR 06, 15)	〃 6.5kg이상	1	〃
		〃 1.5kg이상	1	음식보관대 옆
디젤동차 새마을	PMC	〃 4.0kg이상	1	운전실
	〃	〃 8.0kg이상	2	기관실
	〃	〃 2.5kg이상	1	객실부
	A · B · C · D · TR	〃 2.5kg이상	1	객실부(서비스룸)
	TR · S	〃 2.5kg이상	2	식당
디젤동차 무궁화 NDC	MC · MC1	〃 4.0kg이상	1	운전실
	〃	〃 4.0kg이상	4	기관부
	〃	〃 4.0kg이상	1	객실부
	M	〃 4.0kg이상	4	기관부
	〃	〃 4.0kg이상	1	객실부
	TC	〃 4.0kg이상	1	운전실
	〃	〃 4.0kg이상	2	기관부

차 종 별			규 격	수량	기 사 (비치장소)
		〃	〃 4.0kg이상	1	객실부
	통근형CDC	MC1	〃 4.0kg이상	1	운전실
			〃 4.0kg이상	4	기관부
			〃 4.0kg이상	1	객실부
		M	〃 4.0kg이상	4	기관부
			〃 4.0kg이상	1	객실부
전 기 동 차			A B C 분말 또는 강화액 4.0kg이상	1	운전실
〃			〃 3.3kg이상	2	객실부
			〃 2.5kg이상	2	
기 타 (복구용 침식차, 모타카 등)			A B C 분말 6.0kg이상	1	운전실
			〃 4.0kg이상	2	기관실
			〃 4.0kg이상	2	APU실
			〃 4.0kg이상	2	주방
			〃 4.0kg이상	1	승무원실
			〃 4.0kg이상	1	객실부(서비스룸, 침식차)
			〃 4.0kg이상	4	조작실, 기관부
발 전 차			A B C 분말 4.5kg이상	2	엔진실
식 당 차			A B C 분말 1.5kg이상	2	주방실카운터옆
침 대 차			〃 1.5kg이상	1	승무원실
병 원 차			〃 1.5kg이상	1	출입구역내
방 송 차			〃 1.5kg이상	1	방송실
객차	새 마 을		〃 2.5kg이상	1	객실부(서비스룸)
	무 궁 화		〃 1.5kg이상	1	〃
소 화 물 차			〃 3.3kg이상	1	승무원실
소화물 대용화차			〃 1.5kg이상	1	승무원실 1인 1개 휴대 운용
차 장 차			〃 4.5kg이상	1	승무원실
특 수 화 물 차			〃 4.5kg이상	1	호송원 1인 1개 휴대. 단, 2인이상 승무차량은 호송원 2인까지마다 1개휴대
우 편 차			〃 3.3kg이상	1	승무원실
소화물겸용 우편차			〃 3.3kg이상	1	〃

차 종 별	규 격	수량	기 사 (비치장소)
기 타	위험상태에 따라 소방대상물 관리자가 적절히 비치		

주) 1. 고속 전철도차량의 KTX객차, 새마을객차, 무궁호객차 , CDC객차 객차 실내에는 소화기 없음.

○ 고속철도차량의 소화기 위치는 표 3-5-53과 같이 운전실 1개, 동력실 1개, 동력객차 2개, 객차복도 1개 비치되어 있다.

표 3-5-53 고속철도차량의 소화기 위치별 현황 사진

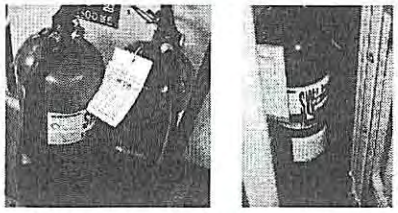
위치 / 차종	운전실	동력차	동력객차	객차
고속전철				
수량	1	2	1	1

○ 객차복도 및 운전실에 소화기가 설치되어 있으나 객실에는 없음

○ 일반철도차량의 기관차, 새마을, 무궁화, CDC동차등의 소화기 비치 위치이다.

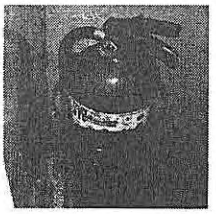
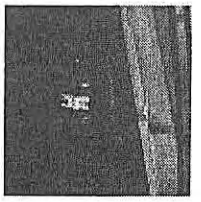
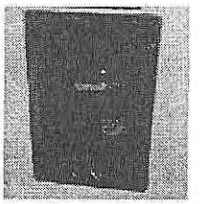
- 기관차의 소화기 비치 및 위치는 표 3-5-55와 같이 운전실에 비치되어 있다.

표 3-5-54 기관차의 소화기 위치별 현황 사진

차종 / 위치	운전실
기관차	
수량	2

- P-P동차(새마을호)의 소화기 비치 및 위치는 표 3-5-55과 같이 운전실. 동력실. 객차에 비치되어 있다.

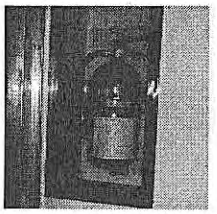
표 3-5-55 P-P동차(새마을호)의 소화기 위치별 현황 사진

위치 / 차중	운전실	동력실	객차
P-P동차 (새마을호)			
수량	1	3	2

○ 객차복도 및 운전실에 소화기가 설치되어 있으나 객실에는 없음

- 무궁화객차 차량의 소화기 비치 및 위치는 표 3-5-56과 같이 객차 복도에 비치되어 있다.

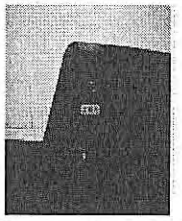
표 3-5-56 무궁화객차 차량의 소화기 위치별 현황 사진

위치 / 차종	객차(복도)
무궁화객차	 
수량	1

○ 객차 복도에 소화기가 설치되어 있으나 객실에는 없음

- CDC동차 차량의 소화기 비치 및 위치는 표 3-5-57과 같이 운전실, 객실 복도, 차체에 비치되어 있다.

표 3-5-57 CDC동차 차량의 소화기 위치별 현황 사진

위치 / 차종	운전실	객실	차체
CDC동차			
수량	1	1	2

○ 객차복도 및 운전실에 소화기가 비치되어 있으나 객실에는 없음

- 도시철도차량

도시에서 출퇴근용으로 운행되는 전동차 와 차기 교통수단으로 경량전철이 있다.

• 소화기는 운영공사별로 운전실 1개 및 객실에 2개이상 표 3-5-58와 같이 비치되어 있다.

표 3-5-58 전동차 차량의 소화기 위치별 현황 사진

위치 / 차종	운전실	객차
전동차		
수량	1	2

주) 전동차인 경우 운영공사별 소화기 비치 위치가 약간의 차이가 있으나 기준이 되는 모델은 객실의 전/후면으로 2개가 비치되어 있다.

표 3-5-59 차종별 소화기비치 위치

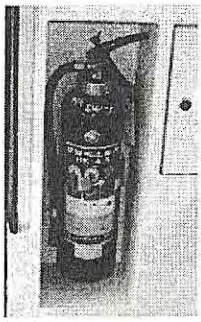
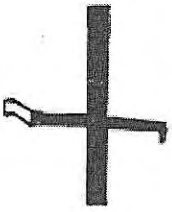
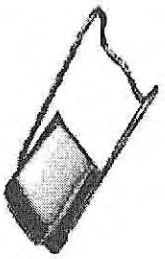
내용 / 범위	국내규격에 의한 차종별 위치						국외규격 위치
소화기위치	고속 전철	새마을 동차	무궁화 객차	CDC 동차	기관차	전동차	여객
	운전실	운전실		운전실	운전실	운전실	운전실
	객실 (객차)	객실 (객차)	객실 (객차)	객실 (객차)		객실 (객차)	객실(객차)
	동력차	동력실			동력실		식당, 침대

표 3-5-60 소화기 고정방식 조사

차종 / 위치	고 정 방 식					
	고속 전철	새마을 동차	무궁화 객차	CDC 동차	기관차	전동차
운전실	매미고리	소화기함		매미고리	소화기함	매미고리
객실 (객차)	매미고리	매미고리	매미고리	록크형		매미고리
동력차	매미고리	소화기함				매미고리

주) 전동차는 운영공사별로 매미고리와 록크형으로 고정됨

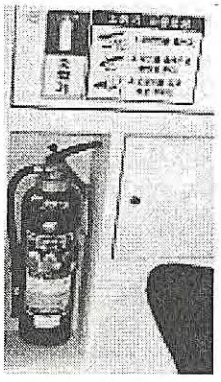
표 3-5-61 매미고리로 부착된 소화기 및 고정 브라켓트 사진

방법 / 차종	매미고리 고정	고정 브라켓트	매리고리
전동차			

소화기 표기는 사용방법 및 소화기의 위치를 확인 할 수 있는 축광형 명판을 사용하여야 한다. 명판의 크기와 종류는 소화기그림과 사용법그림이 2가지로 되었으면, 승무원 및 승객이 육안으로 식별이 가능한 크기로 하였다.

따라서 표 3-5-62과 같이 표시방법을 적용 하였다.

표 3-5-62 소화기 위치 표시 명판

방법 / 차종	표기시 부착된 모습	표시기
전차종		

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 미국

미국소방협회의 『NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Systems (2003 edition) (궤도 및 선로교통 시스템을 위한 표준)』에

의하면 8.9.3 조항에는 각 전동차나 운전실에는 NFPA 10에 의거 승인된 휴대용 소화기가 설치되어야 한다고 규정되어 있으나 소화기 수량에 관한 규정은 없다. 미국연방철도국『Title 49 Transportation (운송)』239. 101. Emergency preparedness plan(비상사태 준비계획)의 (6)On-board emergency equipment (비상용 설비) 기준에 각 객차는 최소한 1개의 휴대용 소화기를 설치하도록 규정되어 있다.

○ 영국

영국『Railways Safety Case (철도안전기준)』열차 Part의 (소화기) 54에 적절하고 승인된 형태의 소화기는 승객의 입장에서 쉽게 사용할 수 있도록 작동법이 표시되어 있어야 한다고 규정되어 있다. 설치 수량에 관한 규정은 없다. 그리고 차량운영기관 제작사양서[GM/ RT2177(5-2 소화기)]의 경우에는 "모든 차량은 적어도 하나 이상의 소화기를 구비해야 한다. 침대차의 경우 두개의 소화기를 비치해야 한다."는 규정이 있어 침대차량의 경우 특별한 관리를 강조하고 있다.

○ 일본

일본의 경우 국토교통성 성령 151호『철도에 관한 기술상의 기준을 정한 성령』제83조 제4항에 여객차에서 화재가 발생한 경우에 초기 소화를 할 수 있는 설비를 갖추어야 된다고 규정되어 있다. 그러나 소화기의 수량에 관한 규정은 정해져 있지 않다. 이에 따라 운영되는 오사카 지하철의 경우 차량 1량당 ABC급 소화기 1개가 카바가 없거나 투명 카바 보관함내 원터치식 고정 벨트로 설치되어 있다.

○ 기타

그 밖에 독일의 차량안전기준(DIN 75501)과 이탈리아의 마드리드 지하철(Metro de Madrid) S.A의 신차종 NEW BROAD GAUGE CARRIAGES 9000 TYPE 제작 사양서에 객실 2개 및 운전실에 1개의 소화기를 비치하도록 규정하고 있다. 그 외에도 구체적인 설치 사양이 표시되지는 못했지만 소화기의 설치 원칙 등 관련된 일반사항을 다루고 있는 참고 문서들을 아래 표에 정리하였다.

표 3-5-63 열차화재 안전에 관한 해외 규격(원문)

규 정	검토 내 용	비 고
Metro de Madrid S.A	NEW BROAD GAUGE CARRIAGES 9000 TYPE 2.11.6항 소화기에 관한 규정	
GM/RT2177	4.Emergency and safety equipment	
	5.provision of emergency equipment	
GM/RT2120	6.Design & performance - fire initiation & development 7.Design & performance - fire protection systems	
UIC564-2OR	5.2 Fire extinguishers	
UIC642OR	2. Fire extinguishers	
49CFR Ch.11	part 229 railroad locomotive safety standards	
	part 232 brake system safety standards for fright and other non-passenger trains and equipment; end-of-train devices	
	part 215 railroad freight car safety standards	
	part 231 railroad safety appliance standards	
	part 238 passenger equipment safety standards	
	part 223 glazing standards - locomotives, passenger cars and ca-booses	
	part 239 passenger train emergency preparedness	
BS 6853	8.Fire detection and suppression systems and passenger communication devices 8.2 location	

규 정	검토 내 용	비 고
BS EN3-1	Portable Fire extinguishers part 1. description, duration of operation, class A and B fire test	
BS EN3-2	Portable Fire extinguishers part 2. tightness, dielectric test, tamping test, special provisions	
BS EN3-3	Portable Fire extinguishers part 3. construction, resistance to pressure, mechanical tests	
BS EN3-4	Portable Fire extinguishers part 4. charges, minimum required fire	
BS EN3-5	Portable Fire extinguishers part 5. specification and supplementary tests	
BS EN3-6	Portable Fire extinguishers part 6. provisions for the attestation of conformity of portable fire extinguishers in accordance with EN3 part 1 to part 5	
ASTM E 2062 -02	Fire hazard assessment of rail transportation vehicles	
ATOC AV/ST9002	Vehicle interiors design evacuation and fire safety	
NFPA 130	Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems	
NF F 16-101	Rolling stock fire behaviour choice of materials	

(3) 기준안의 제안

본 지침의 소화기 설치기준은 위의 철도차량안전기준에관한규칙 제13조(화재발생시 진압설비) 1항의 요구사항에 의거하였으며 해외 자료 및 국내 운영현황 조사 결과 소화기 설치수량은 현재 국내 운영현황이 해외 기준에 비하여도 부족함이 없다고 판단된다. 따라서 국내 운영 현황에 근거하여 설치 수량에 관한 기준을 정하였다. 다만, 기존의 화재에 비하여 대형 화원으로 예상될 수 있는 방화에 대한

대응 능력을 확대하고자 객차에 설치되는 소화기의 경우 소화기 용량을 2.5kg에서 3.3kg 이상으로 증대시켜 방화능력을 향상시켰다. 소화기는 화재시 신속한 접근이 가능하도록 객실과 써비스룸에 별도로 설치하는 것이 바람직하나 현재 운영되고 있는 차량의 구조상 객실내 설치 위치가 마련되지 않을 경우 써비스룸에 설치하고 사용할 수 있도록 하였다. 그러나 실제 화재가 발생했을 경우의 구체적인 시나리오를 고려하면 현재 설치된 소화기의 위치가 적절한 것인지에 대한 재검토가 요망된다고 하겠다. 소화기의 설치효과가 최대화 하기위한 최적 소화기 설치위치에 대하여는 추가의 검토가 요망된다. 기준안은 아래 표와 같다.

[별표 2] 철도차량의 소화기 설치기준(제5조관련)

구 분	차 종		규 격	수 량	설치장소
고속철도차량	고속동력차		ABC분말 6.5kg이상	4	운전실 2, 동력실 2
	고속동력객차		ABC분말 6.5kg이상	1	동력실
			ABC분말 6.5kg이상	1	객실부
	고속객차		ABC분말 6.5kg이상	1	객실부
일반철도차량	동력차	디젤기관차	ABC분말 6.5kg이상	2	운전실
		전기기관차	ABC분말 4.5kg이상	2	운전실
		디젤동차	ABC분말 4.5kg이상	1	운전실(설치된 경우)
			ABC분말 4.5kg이상	4	동력실(설치된 경우)
			ABC분말 3.3kg이상	1	객실부
		전기동차	ABC분말 4.5kg이상	1	운전실(설치된 경우)
			ABC분말 3.3kg이상	2	동력실(설치된 경우)
			ABC분말 2.5kg이상	2	객실부
	객 차		ABC분말 3.3kg이상	1	객실부
	화 차		ABC분말 3.3kg이상	1	승무원실(설치된 경우)

주) 1. 특수차의 소화기 설치기준은 특수차의 구조 및 장치를 고려하여 위의 기준 중 적합한 기준을 준용한다.

2. 객실부는 객실과 서비스룸(Service Room)을 포함한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량의 소화기 설치 기준

구 분	차 종		규 격	수 량	설치장소
고속 철도차량	고속동력차		ABC분말 6.5kg이상	4	운전실 2, 동력실 2
	고속동력객차		ABC분말 6.5kg이상	1	동력실
			ABC분말 6.5kg이상	1	객실부
	고속객차		ABC분말 6.5kg이상	1	객실부
일반 철도차량	동력차	디젤기관차	ABC분말 6.5kg이상	2	운전실
		전기기관차	ABC분말 4.5kg이상	2	운전실
		디젤동차	ABC분말 4.5kg이상	1	운전실(설치된 경우)
			ABC분말 4.5kg이상	4	동력실(설치된 경우)
			ABC분말 3.3kg이상	1	객실부
		전기동차	ABC분말 4.5kg이상	1	운전실(설치된 경우)
			ABC분말 3.3kg이상	2	동력실(설치된 경우)
			ABC분말 2.5kg이상	2	객실부
	객 차		ABC분말 3.3kg이상	1	객실부
	화 차		ABC분말 3.3kg이상	1	승무원실(설치된 경우)

주) 1. 특수차의 소화기 설치기준은 특수차의 구조 및 장치를 고려하여 위의 기준 중 적합한 기준을 준용한다.

2. 객실부는 객실과 서비스룸(Service Room)을 포함한다.

(2) 해설서

[별표 2] 철도차량의 소화기 설치기준(제5조관련)

구 분	차 종		규 격	수 량	설치장소
고속철도차량	고속동력차		ABC분말 6.5kg이상	4	운전실 2, 동력실 2
	고속동력객차		ABC분말 6.5kg이상	1	동력실
			ABC분말 6.5kg이상	1	객실부
	고속객차		ABC분말 6.5kg이상	1	객실부
일반철도차량	동력차	디젤기관차	ABC분말 6.5kg이상	2	운전실
		전기기관차	ABC분말 4.5kg이상	2	운전실
		디젤동차	ABC분말 4.5kg이상	1	운전실(설치된 경우)
			ABC분말 4.5kg이상	4	동력실(설치된 경우)
			ABC분말 3.3kg이상	1	객실부
		전기동차	ABC분말 4.5kg이상	1	운전실(설치된 경우)
			ABC분말 3.3kg이상	2	동력실(설치된 경우)
			ABC분말 2.5kg이상	2	객실부
	객 차		ABC분말 3.3kg이상	1	객실부
	화 차		ABC분말 3.3kg이상	1	승무원실(설치된 경우)

주) 1. 특수차의 소화기 설치기준은 특수차의 구조 및 장치를 고려하여 위의 기준 중 적합한 기준을 준용한다.

2. 객실부는 객실과 서비스룸(Service Room)을 포함한다.

【해설】

본 지침의 소화기 설치기준은 위의 철도차량안전기준에관한규칙 제13조(화재발생시 진압설비) 1항의 요구사항에 의거하였으며 해외 자료 및 국내 운영현황 조사 결과 소화기 설치수량은 현재 국내 운영현황이 해외 기준에 비하여도 부족함이 없다고 판단된다. 따라서 국내 운영 현황에 근거하여 설치 수량에 관한 기준을 정하였다. 다만, 기존의 화재에 비하여 대형 화원으로 예상될 수 있는 방화에 대한 대응 능력을 확대하고자 객차에 설치되는 소화기의 경우 소화기 용량을 2.5kg에서 3.3kg 이상으로 증대시켜 방화능력을 향상시켰다. 소화기는 화재시 신속한 접근이 가능하도록 객실과 써비스룸에 별도로 설치하는 것이 바람직하나 현재 운영되고 있는 차량의 구조상 객실내 설치 위치가 마련되지 않을 경우 써비스룸에 설치하고

사용할 수 있도록 하였다. 그러나 실제 화재가 발생했을 경우의 구체적인 시나리오를 고려하면 현재 설치된 소화기의 위치가 적절한 것인지에 대한 재검토가 요망된다고 하겠다. 소화기의 설치효과가 최대화 하기위한 최적 소화기 설치위치에 대하여는 추가의 검토가 요망된다.

3. 열차비상용품

가. 개요

열차 비상용품은 열차 운행 중 비상사태 발생 시 최우선적으로 승객의 안전을 위함이며 비상용품의 용도는 승객안전, 차량탈선 복구, 차량고장 복구, 화재 진화, 자연재해로부터의 복구에 필요한 장비이다, 따라서 국내의 안전기준 및 해외 안전기준을 검토하여 본 지침에서는 현행 국내외 철도차량 비상용품 설치 운영 실태를 조사하여 비상용품 지침을 마련하였다.

나. 이론적 배경

유사시 사고 현장으로부터의 탈출 및 인명의 구조에 필요한 장비이므로, 화재사고의 피해를 줄이기 위해 필요한 위치에 필요한 장비가 규정되는 것이 중요하다. 관련 해외 사례를 참조하여 국내 운영규정의 보완점을 검토가 필요하다.

다. 국내외 관련 기준

국내외 관련 자료는 다음과 같다.

(1) 국내 관련 기준 현황

- 도시철도차량 안전기준 제12조 3항 운전실 장비
- 철도공사
  - 운전취급규정 제309조 차장 및 기관사의 전호용품 휴대
    제382조 단락용 동선의 장치 및 휴대
  - 운전취급지침 제54조 운전용품함 및 휴대품 운용
  - 전동차검수규정 제6조 검수규정 16항 적재확인
- 도시철도 운전취급규정 제15조 열차의 비품

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 영국(GM/RT2177)

- 비상 및 안전 용품: 일반요건
  · 일반요건은 승무원의 개인 소지한 다음 비상용품을 전재로 추가사항에 요건에 대하여 기술한다.
  ◦ 스큐류 드라이버(three pointed screwdriver)

◦ 전호등(hand lamp capable of showing red, green and white aspects)

- 비상용품의 준비

운전자 상자

◦ 10개 이상의 폭음기(at least ten detonators)

◦ 회로 복구용 클림

◦ 휴대용 소화기

- 객차

◦ 절연제작된 비상사다리 또는 비상계단

◦ 응급비품

◦ 휴대용 소화기

○ 미국

- 철도운영기준 (49CFR Ch.11) 파트 239 객차 비상용품

○ 기타 국가

기타 자료에도 비상용품에 대한 부분이 구체적으로 명시된 사항은 드물었다. 다만 일반 요건이나 기본 용품으로 GM/RT 기준과 유사한 품목에 대하여 비치하도록 규정되고 있었다.

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내 관련 기준 현황

국내 비상용품비치 관련 규정으로는 다음과 같은 사항들이 있었다.

(가) 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제12조 3항 운전실에는 다음 각 호의 장비를 각각 1개 이상 비치하여야 한다.
다만 운전실에 장비를 비치하기 어려운 경우에는 운전실과 연결된 차량 내부에 이를 비치 할 수 있다 <개정 2004,12.4>
1.산소호흡기, 2.손전등, 3.들것, 4.확성기

(나) 철도공사 운전취급규정 제309조 차장과 차장의 승무를 생략한 열차의 기관사는 다음 각 호의 전호용품을 휴대하여야 한다.
1. 전호기 적. 녹색 각1개 2. 전호등 1개, 제382조 단락용 동선은 다음 각 호의 수량을 휴대 또는 적재하여야 한다.
2. 차장 1개 이상, 3. 각 열차의 동력차 2개 이상.

(다) 철도공사 운전취급지침 제54조 운전용품 함은 동력차 운전실(고정편성용 동차. 전동차는 앞,뒤 운전실)에 적재하여야 하며 운전용품함 내의 비치품목 및 수량은 다음과 같다

품 목	수량	품 목	수량
		- 드라이버 (+ -)	1개
- 단락용 동선	2개	- 프라이어	1개
- 연선 전화기 함 key	1개	- 철선	1선
- 파이프렌치	1개	- 목전	2개
- 수전호기	1조	- 스패너	1개
- 공기호스용 고무링	4개	- 선로 전환기 수동 핸들	1개
- 펜치	1개	- 기타 소속장이 지정한 품목	

다음 각 호의 휴대품 중 동력차 승무원은 제1호 및 제2호 휴대품을, 열차 승무원은 제2호 내지 제5호 휴대품을 휴대하야야 한다.

1. 손전등, 2. 전호등, 3. 공기호스 4. 고무링, 단락용 동선,

(라) 철도공사전동차검수규정 제6조 검수규정 16항 차륜지. 복선기. 중간연결기 ,12P 점퍼등

(마) 도시철도 운전취급규정 제11조 열차에는 차륜막이, 열차방호용품, 사다리를 각 차량에는 소화기를 비치하여야 한다. 열차방호용품이라 함은 다음 각 호와 같다

1. 신호용 전등, 2. 전호기, 3.단락용 동선등 이다

(2) 기준안 제안

국내외 자료에 대한 문헌 조사 결과 현재 철도공사에서 운영되고 있는 비상용품이 해외 규정에 비하여 부족한 점이 없다고 판단된다. 따라서 현행 운영현황에 맞춰서 기준안을 제안하였다.

표 3-5-64 철도차량 비상용품 설치 기준

차 종	항 목	최소수량	비 고
고속 철도 차량	비상공구함	1세트	
	차축발열센서부 랜턴	1개	
	손전등	1개	승무원 휴대품/적색 및 녹색
	차륜막이	2개	
	단락용 동선	1개	
	전호기	2조	
	예비공기호스	각 1개	주공기관용, 제동관용
	후방표지장치	1개	
	전차선접지장치	1개	
	고압회로차단장치조작키	1개	
	절연장갑	1조	
	응급세트	1세트	승무원 휴대품
일반 철도 차량	비상공구함	1세트	
	차륜막이	2개	
	예비공기호스	각 1개	동력차용, 객차용
	손전등	1개	승무원 휴대품/적색 및 녹색
	들것	1개	
	응급세트	1세트	승무원 휴대품

마. 기준 및 해설서

(1) 열차비상용품 기준

차 종	항 목	최소수량	비 고
고속철도차량	비상공구함	1세트	
	차축발열센서부 랜턴	1개	
	손전등	1개	승무원 휴대품/적색 및 녹색
	차륜막이	2개	
	단락용 동선	1개	
	전호기	2조	
	예비공기호스	각 1개	주공기관용, 제동관용
	후방표지장치	1개	
	전차선접지장치	1개	
	고압회로차단장치조작키	1개	
	절연장갑	1조	
	응급세트	1세트	승무원 휴대품
일반철도차량	비상공구함	1세트	
	차륜막이	2개	
	예비공기호스	각 1개	동력차용, 객차용
	손전등	1개	승무원 휴대품/적색 및 녹색
	들것	1개	
	응급세트	1세트	승무원 휴대품

주) 1. 일반철도차량 비상공구함에는 단락용 동선 2개, 연선전화기함 열쇠 1개, 파이프렌치 1조, 전호기 1개(적·녹색 아크릴판 포함), 공기호스용 고무링 1개, 펜치 1개, 프라이어 1개, 스패너 1개, 드라이버(+, -) 1조, 철선 1선 등을 포함한다.

2. 고속철도차량 비상공구함에는 리벳 햄머 1개, 로프 1개, 지렛대 1개, 스패너 1개, 핀 렌치 1개, 철사 1개, 기밀유지용 테이프 1개, 파이프렌치 1개, 공기호스용 고무링 2개 등을 포함한다.

3. 응급세트에는 붕대, 식염수, 가위, 반창고, 비상상비약 등을 포함한다.

(2) 해설서

[별표 8] 열차비상용품 세부기준(제11조관련)

차 종	항 목	최소수량	비 고
고속철도차량	비상공구함	1세트	
	차축발열센서부 랜턴	1개	
	손전등	1개	승무원 휴대용/적색 및 녹색
	차륜막이	2개	
	단락용 동선	1개	
	전호기	2조	
	예비공기호스	각 1개	제동관용, 객차용
	후방표지장치	1개	
	전차선접지장치	1개	
	고압회로차단장치조작키	1개	
	절연장갑	1조	
일반철도차량	비상공구함	1세트	
	차륜막이	2개	
	예비공기호스	각 1개	동력차용, 객차용
	손전등	1개	승무원 휴대용/적색 및 녹색
	들것	1개	
	응급세트	1세트	

주) 1. 일반철도차량 비상공구함에는 단락용 동선 2개, 연선전화기함 열쇠 1개, 파이프렌치 1조, 전호기 1개(적·녹색 아크릴판 포함), 공기호스용 고무링 1개, 펜치 1개, 프라이어 1개, 스패너 1개, 드라이버(+, -) 1조, 철선 1선 등을 포함한다.

2. 고속철도차량 비상공구함에는 리벳 햄머 1개, 로프 1개, 지렛대 1개, 스패너 1개, 핀 렌치 1개, 철사 1개, 기밀유지용 테이프 1개, 파이프렌치 1개, 공기호스용 고무링 2개 등을 포함한다.

3. 응급세트에는 붕대, 식염수, 가위, 반창고, 비상상비약 등을 포함한다.

【해설】

동력차에 비상용품은 현행(2005.12월 기준) 한국철도공사에서 운영하고 있는 비상용품 비치 기준을 근거로 작성되었다. 처음 작성(안)에 포함되었던 폭음기의 경우 운영기관에서 사용하지 않으므로 삭제할것을 요청하여 이를 반영하여 삭제하였다. "고압회로차단 장치키" 의 경우 "roof line key" 명칭변경 요청에 의하여 반영 변경하였다.

비상공구함 역시 현행 철도공사에서 운영하고 있는 사항을 반영하였다. 특히 전호등의 경우 충전관계나 많은 관리비용이 발생할 것이므로 손전등 앞에 칼라아크릴을 끼워 사 용하는 철도공사의 현재 방식이 효율적이라는 의견에 따라 이를 사용할 수 있도록 하였다.

4. 객차 등의 전선 화재성능 안전기준

가. 개요

본 과업의 요구사항은 "프로젝트는 철도차량용 전선 난연성 및 연소가스 안전기준을 정립하여야 한다."는 것이다. 철도차량안전기준에 관한규칙(건설교통부령 제455호)제 9조 6항에 "차체에 배선되는 전선은 제3항의 규정에 의한 재료 또는 전선의 성능을 고려한 난연 규격을 적용하고" 라는 규정에 기인하여 3항에 의하여 "ISO 4589-2 산소지수 24 이상"인 재료를 사용하거나, "한국 산업규격 또는 국제적으로 인정된 시험방법에 의한 연소성 시험에 합격한 재료"를 사용하도록 되어 있다. 그러나 전선의 형상적 특성상 시편의 크기가 평탄한 면을 사용하도록 규격화된 산소지수 시험을 적용하기 용이하지 않으며, 기존에 사용되고 있던 KS규격이나 IEC 등의 전선 시험방법을 사용하는 것이 타당하나 이에 대한 구체적인 방법과 합격기준이 정해지지 않아 현장의 구체화 요구가 있어왔다. 따라서 본 설계기준에서는 철도차량용 전선의 화재성능기준으로 사용할 수 있도록 난연성 및 연소가스 평가 방법 및 허용기준을 제시하고자 한다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준인가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합 하는가
- 세부기준이 명확히 규정되었는가(타 기준들과의 중복성은 없는가)

나. 이론적 배경

전선은 전통적으로 화재의 원인이 되어온 전기적 결함과 밀접한 연관이 있으며, 독립적인 공간사이를 관통하는 연결선 역할을 하고 있으므로 화재의 공간 전파 측면에서도 특별한 관리대상이 되어야 한다. 정적 관리가 가능한 건축물이나 지하 공동구 시설의 경우에는 전선배관 통로에 구간별로 절연 블록을 설치하여 화염의 공간전파를 차단하는 경우도 있다. 철도차량과 같이 동적인 대상에서는 피복재의 난연 기준을 통하여 화재의 발생과 전파 위험을 관리하는 것이 보편적이다. 전선에 대한 연소성 기준은 피복재가 어느 정도의 화재강도에 견딜 수 있는가를 평가하는 난연성 평가 시험과 기준과 저항이 불가한 정도의 화재강도에 의하여 연소할 경우 발생하는 연소가스에 대한 유해성을 평가하는 연기밀도 및 독성지수 등의 항목으로 제안되었다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 도시철도차량안전기준(건교부령 제413호)

- 10조 화재예방을 위한 기준

○ 철도차량안전기준에 관한 규칙(건교부령 제455호)

- 9조 화재예방의 발생

(2) 해외 관련 기준 현황

○ prEN 45545-2

○ ISO 4589-2 산소지수 시험

○ NF F 16-101 전선 화재성능기준

○ 미국 NFPA-130(2007)

- UL 1581의 1160절

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내 관련 기준 분석

(가) 철도차량안전규정

2003년 이전에는 국내 철도차량의 내장재 및 전선에 대한 화재규정이 구체적이지 않았었다. 따라서 전선의 경우에도 운영기관에서 작성된 차량 발주사양서에 의하여 IEC, UIC 등의 국제기준이나 BS, NF 등의 해외국가 기준을 준용하여 사용되어 왔다. 2003년 12월 개정된 도시철도차량안전기준(건교부령 제413호)의 경우 " 제10조(화재예방을 위한 기준) ③실내설비(제2항의 규정에 의한 실내설비를 제외한다)의 성질상 불연 재료를 사용할 수 없는 경우에는 국제표준화기구에서 정한 시험방법 ISO 4589-2에 의하여 시험한 결과 산소지수가 24 이상인 재료를 사용하거나, 한국 산업규격 또는 국제적으로 인정된 시험방법에 의한 연소성 시험에 합격한 재료를 사용하여야 한다. ④차체에 배선되는 전선은 제3항의 규정에 의한 재료를 사용하여야 하고, 필요한 경우 전선관 또는 차단막으로 보호되어야 한다. ⑤차량에 배선된 전선과 차량에 설치된 장비는 차량의 제동 시 발생하는 불꽃으로부터 보호되어야 한다."라고 규정하고 있으며, "⑦하부 틀의 하부를 지나는 배관 및 전선은 차체바닥으로부터 기름 또는 인화성 물질이 스며들지 못하도록 설치되어야 한다." 으로 전선의 사용기준을 정하고 있으며 이는 2005년 제정된 "철도차

량안전기준에 관한 규칙(건교부령 제455호) 제9조(화재발생의 예방)"에도 동일하게 인용되어 적용되어 있다. 다만. 한국 산업규격이나 국제적으로 인정된 시험방법에 관한 구체적인 명시가 없이 사용되어 왔으므로 전술한 바와 같이 IEC, UIC, BS, NF 기준 등이 다양하게 사용되어 왔다. 일부 사양서의 경우는 ISO 4589-2 산소지수 시험에 의한 산소지수 24이상의 기준을 사용하기도 하였으나, 산소지수 시험은 시편의 크기가 평판으로 규정되어 있어 피복 재료를 이용한 별도의 시험용 시편의 제작이 필요하여 완성된 전선에는 적용하기 어려운 방법이다.

(나) 철도차량용 전선의 사용현황

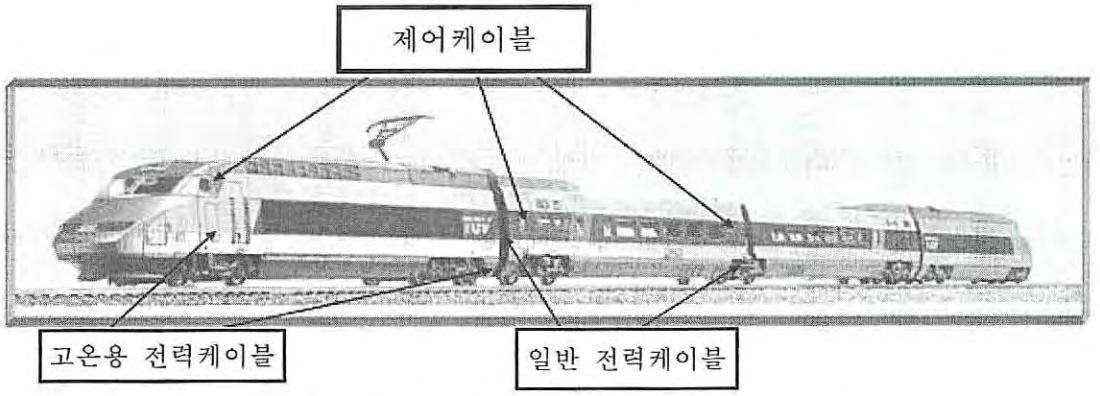


그림 3-5-23 철도차량 전선(Cable) 사용 위치도



그림 3-5-24 차량 간 전선 점퍼 사용 사례

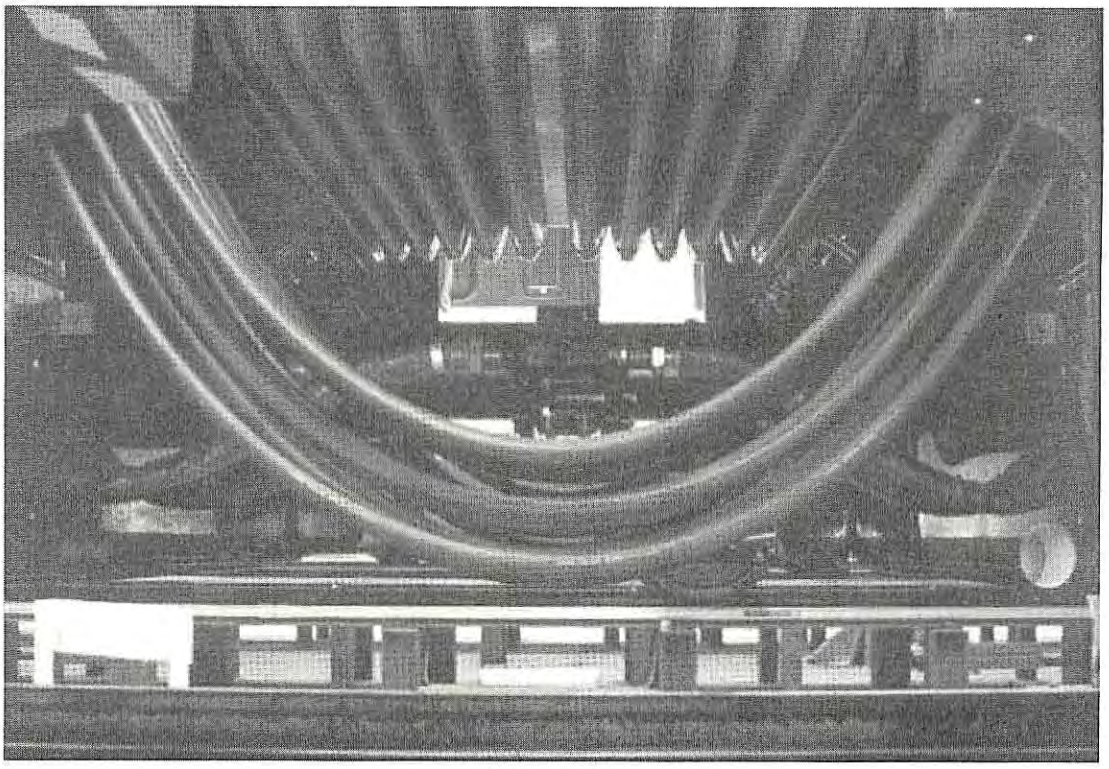


그림 3-5-25 차량 간 동력전선 점퍼 사용 사례

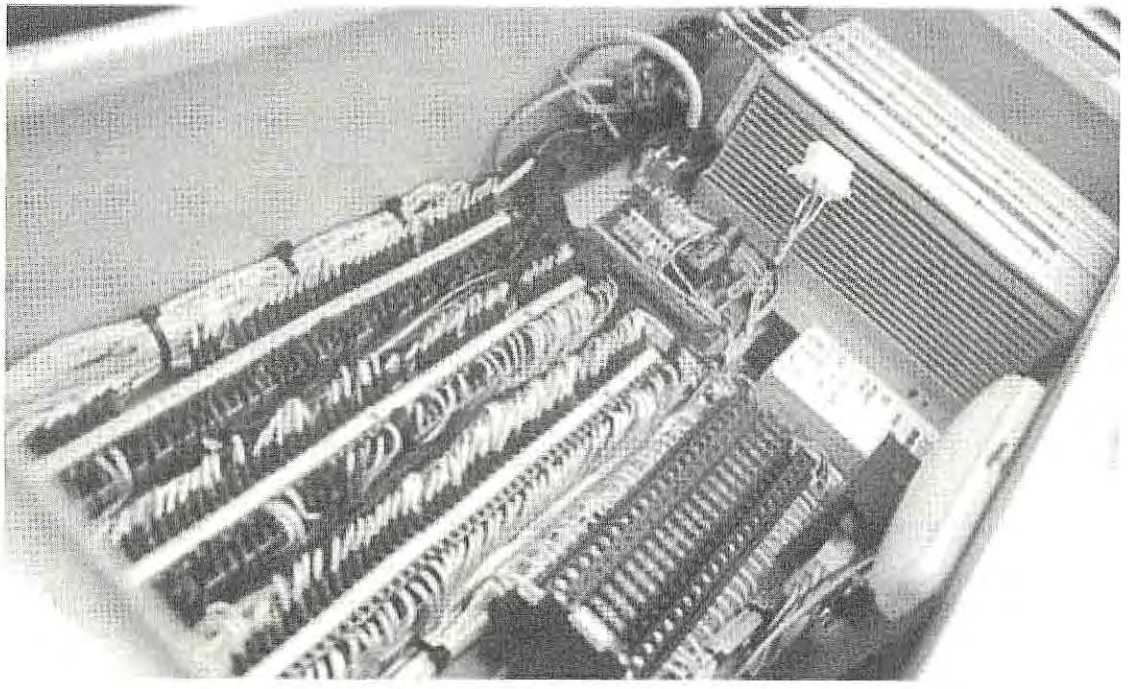


그림 3-5-26 철도차량용 전선 캐비넷 사용 사례

(2) 해외 관련 기준 분석

(가) 유럽공동체(EU)의 사용기준

유럽의 경우 1955년 이전에 사용되던 전선은 섬유주름으로 전선을 싸서 외부 고무외피와 차단하도록 하였다. 1960년대에 들어서는 폴리염화비닐(PVC) 피복을 사용하기 시작하였다. 1973년 이후에는 NF F 16-101 등 전선화재성능기준의 도입에 따라 새로운 요구조건이 생기고 저독성 저부식성의 새로운 피복이 개발되었다.(Cross-linked elastomers-Thermoplastics) 전선의 화재성능은 화재저항성과 연기발생 사이의 타협적 균형을 찾는 방향으로 정해졌다. 이는 난연성을 높일수록 연기나 독성가스의 발생량이 늘어나는 물질의 기본 성질로 인한 것이다. 여기에 더하여 특기할 만한 사항은 프랑스와 영국을 포함한 유럽에서는 철도차량의 종류에 따른 구분이 도입되었다.

① 프랑스

프랑스의 경우 차량의 운행여건에 따라서 A1, A2, A3와 이 분류하도록 하였다.

- 철도차량 운행 여건에 따른 분류(NF F 10 101)

분류 A1 : 터널(지하구간)을 순환하는 철도차량

분류 A2 : 도시 내 또는 도시근교 열차, 터널을 가끔 지나는 철도차량, 침대칸이 있는 간선철도

분류 B : 좌석식 간선철도차량, 터널을 가끔 지나는 철도

② 영국의 사용기준

영국의 경우 차량의 운행 구간에 따라 아래와 같이 세 구간으로 구분하여 차량의 위험등급을 분류하여 각기 다른 성능기준을 요구하고 있다. 차량 실내용 전선과 실외용 전선

- Category Ia: 단일 궤도 터널, 지하를 운행하는 침대차량 또는 무인승무 차량
- Category Ib: 다중 궤도 터널 또는 비상출구가 있는 터널, 또는 지상에서 운행하는 침대차량
- Category II: 지상 운행 차량

표 3-5-65 BS 6853에 의한 차량내부 전선(Interior Cable)의 사용기준

Test method	Parameter	Vehicle category		
		Ia	Ib	II
BS 4066-3 (see notes 2 and 3)	Burn length (max) [a]	2.5m	2.5m	2.5m
BS 6853, Annex D cable test (see note 3)	A_0(ON) A_0(OFF)	see note 1 see note 1	Ia×1.6 Ia×1.6	Ia×3.6 Ia×3.6
Annex B.1	R(max)	1.0	1.6	3.6

표 3-5-66 BS 6853에 의한 차량외부 전선(Exterior Cable)의 사용기준

Test method	Parameter	Vehicle category		
		Ia	Ib	II
BS 4066-3 (see notes 2 and 3)	Burn length (max) [a]	2.5m	2.5m	2.5m
BS 6853, Annex D cable test	A_0(ON) A_0(OFF)	see note 1 see note 1	Ia×1.6 Ia×1.6	nc nc
Annex B.1	R	1.7	2.7	nc
nc: no criterion.				

1991년 이후로는 국가별로 상이하게 사용되는 화재성능 기준이 EU 통합기준안의 추진으로 prEN 45545-2 규격에 의하여 추진되고 있다.

표 3-5-67 차량용 전선의 종류에 따른 국가별 화재성능 기준 분류

	RAILWAY ROLLING STOCK STANDARDS					
	Europe	France	Italy	Germany	U.K	Spain
Power cables	EN50264	NFF63826 NFF63296 (NFF63295)	CEL 20-17 UNEL 73674 UNEL 73668 (FG20M3)	(SIENOPYR90)	LULRSE/ STD/024/ Part6 PART6BR B/RIA	UIC895/R ENFE/CA F
Thin Wall cables	EN50306	NFF63808 (NFF63307)	CEL20-17 UNEL73665 73667,73670 (FG19) Miniaturized cables for Ansaldo		LULRSE/ STD/024/ Part6	UIC895/R ENFE/CA F
High tempera ture cables	EN50382	NFF63827	CEL 20-17 UNEL 73669 (FG4M4)	(SENOPY R 110,120,18 0)	LULRSE/ STD/024/ Part6	UIC895/R ENFE/CA F
Others cables	-	Inter-coach es cables DTRF... UIC 558	UIC558			

표 3-5-68 철도차량용 전선의 화재성능기준(Eu, ISO, National)

	Reference			National Standards	
Test Description	Criteria and Limits	Europea n Norm	Internatio nal Standards	French Standard	US Standard
Vertical Flame Propagation on Single Cable	< 0.6 m	EN 50265-2	IEC 60332-1 (identical)	C 32070 part 1	UL 1581 VW-1 (similar)
Vertical spread Flame Propagation on Buched Cable	< 2.5 m	EN 50266-2	IEC 60332-3 (Identical for class a,b,c,d)	C 32072 (equivalent) or C 32070-2 (CSTB french furnace)	UL 1581 Vertical Tray (similar)
Vertical spread Flame Propagation on Buched Small Cables	< 2.5 m	EN 50305 i× 9.1	-	-	-
Determination of the amount of halogen acid gas	HCL and HBR < 0.5%	EN 50267-2-1	IEC 60754-1 (Identical)	C 20454 and F 16-101 (similar, not the same)	MIL C 24643 (similar)
Determination of degree of acidity of gases for materials by measuring pH and conductivity	pHiÃ4.3 100 ?S/cm	EN 50267-2-2	IEC 60754-2 (Identical)	C 20453 (similar, not the same)	-
Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions	Tras>60 % OR >70%	EN 50268-2	IEC 61034 (Identical)	C 32073 (similar) C 20452 (NBS chamber in France)	ASTM E 662 (NBS chamber) (similar)
Measurement of Toxicity Index of gases	TI <3 or <5	EN 50305 i× 9.2	-	NFX 70-100 (equivalent)	NFPA 130 NES 713 (lessdemanding)

(나) 미국의 사용기준

철도차량 화재예방 기준을 담고 있는 NFPA-130(2007) 규정에 의하면 전선은 UL 1581의 1160절에 의하여 수직화염전파성을 평가하도록 규정하고 있으며 ASTM E 662 시험기준에 의하여 연기밀도를 평가받도록 정해져 있다. 이에 대한 관련 규정은 아래와 같다.

<NFPA-130(2007)>

◦ 케이블이 UL 1581의 1160에 따라 전선의 가장 윗부분까지 수직화염이 전파되지 않아야 하고 연기밀도의 가시광선(투과율)이 ASTM E 662의 시험에 따라서 4분까지 명확하게 나타나야 한다.

◦ 케이블은 탄화 길이가 수직화염시험을 했을 때 1500㎜(4.9ft) 넘지 않아야 함을 CSAC22.2 No.0.3에 기술되어 있다. 그리고 케이블은 연기밀도의 가시광선(투과율)이 ASTM E 662의 시험에 따라서 4분까지 명확하게 나타나야 한다.

◦ 케이블은 케이블 손상높이, 전체발생연기, 그리고 최고연기발생비율의 기준을 UL 1685에 의한 수직화염시험을 할 때 요구되는 것을 회의를 통해 연기케이블로 제한한다.

◦ UL 1685에 의한 시험을 할 때 성능은 다음을 만족하여야 한다.

- 수직화염에 드러난 시험을 할 때 :

  i. 케이블의 손상높이는 케이블설치대의 밑에서부터 측정했을 때 2500㎜ (8.2ft) 보다 적어야 한다.

  ii. 전체 발생연기는 95㎡ (1023ft2)를 넘지 않아야 한다.

  iii. 최고발생연기비율은 0.25㎡/s (2.7ft2/s)을 넘지 않아야 한다.

- 화염이 드러나는 IEEE 1202에 의해 시험을 할 때 이들 중 하나를 택한다.

  i. 케이블 손상높이가 버너 앞의 아랫부분 끝부터 측정한 것이 1500㎜ (4.9ft)을 넘지 않아야 한다.

  ii. 전체 발생연기는 150㎡ (1615 ft2)을 넘지 않아야 한다.

  iii. 최고발생연기비율은 0.40㎡/s (4.3ft2/s)을 넘지 않아야 한다.

◦ 케이블은 ANSI/UN 1666의 요구를 충족하는 것. 즉, 층과 층으로부터 화재이동을 막는 우수한 특징의 난연성을 가지길 원한다. 그리고 ASTM E

662에 따라서 연기밀도 시험을 할 때 가시광선이 4분까지 명확하게 나타나야 한다.

◦ 케이블은 충분한 난연성과 1500㎜(4.9ft) 넘지 않는 화염이동거리의 특성을 가진 적은 연기 발생을 바란다, NFPA 262에 따른 시험을 할 때 연기밀도에 최대치의 가시광선이 0.5이고 최대평균 가시광선은 0.15이다.

(다) UIC 사용기준

UIC 564-2에 의한 전선의 화재 저항성 기준은 Appendix 9에 정리되어 있다. 시험방법은 부록 6과 기준서(Leaflet) 895(연소성 테스트) 방법에 따른다. 이 방법은 45° 기울인 320mm 길이의 시편에 아래로부터 40mm±5mm 부근에 30초간 버너 불꽃을 가하였다가 제거한 후 화염에 의한 연소지속 시간과 연소 길이를 평가하여 아래 표와 같이 등급을 구분한다.

표 3-5-69 UIC 기준에 따른 전선 등급 분류기준

연소시간(s) / 연소길이(mm)	P≤5	5<P≤30	P>30
L≤150	A 등급		
150< P ≤300		B 등급	
L>300			C 등급

그 외에도 전선의 설치에 관하여 500 V 보다 전압이 높은 전기케이블을 금속보호관으로 보호되어야 하며, 스파크가 발생되는 지역에 근접하게 설치되지 않도록 별도 규정을 정하고 있다.

(라) 일본의 사용기준

차량의 전선 및 기기 등의 화재대책은 다음 표에 따르는 것으로 한다.

표 3-5-70 철도차량용 전선 사용기준(일본)

<table>
<tr><td rowspan="2">전선</td><td>아크를 발생 혹은 발열할 위험이 있는 기기에 근접 또는 접속하는것</td><td>극난연성(불연성을 포함한다. 이하동일) 재료로 피복되어 있을 것</td></tr>
<tr><td>상기 이외의 것</td><td>난연성 (극난연성 및 불연성을 포함한다. 이하 동일)재료로 피복되어 있을 것. 단, 혼축 또는 단락의 위험이 없는 것은 그러하지 아니하다.</td></tr>
<tr><td>전기기기</td><td>아크를 발생 또는 발열할 위험이 있는 기기</td><td>바닥, 벽 등으로부터 이격하고 필요에 따라 그 사이에 절연성, 불연성의 방열판을 설치할 것.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">내연기관이 있는 차량</td><td>기관은 바닥, 벽 등으로부터 이격하고 필요에 따라 그사이에 불연성 방열판을 설치할 것.</td></tr>
<tr><td>배기관의 연돌부분과 차체 사이의 단열강화를 도모할 것(배기관의 연돌부분 등의 손상이나 마모 등에 의해 누화 된 경우에도 차체로의 유소(類燒)를 방지하는 구조로 하는 것을 말하며, 예를 들어 불연성 방열판을 설치한 구조를 말한다.)</td></tr>
</table>

- 불연성, 극난연성 및 난연성이란 다음 표 철도 사량용 재료의 연소성 규격에 의한다.

표 3-5-71 철도차량용 재료의 연소성 규격(일본)

구분	알코올 연소중				잔염	잔진	탄화	변형
	착화	착염	연기	화기				
불연성	없음	없음	근소	-	-	-	100㎜ 이하 변색	100㎜ 이하의 표면적 변형
극난연성	없음	없음	적음	-	-	-	시험쪽 상단에 이르지 않는다	150㎜ 이하의 변형
	있음	있음	적음	약함	없음	없음	30㎜ 이하	
난연성	있음	있음	보통	불꽃이 시험측 상단을 넘지않는다.	없음	없음	시험쪽 상단에 이른다	가장자리에 달하는 변형, 국부적 관통공

※비고

- 탄화(炭火), 변형의 치수는 길이와 굵기로 표시한다.
- 이상 발염하는 것은 구분을 한 단 낮춘다.
- 판정에 대해서는 다음 시험방법에 의한다.

(3) 실험 분석

IEC 60332-3 시험규격에 의거하여 수직형 화염전파 시험을 수행하였다. 아래 사진과 같이 전선 시편을 설치하여 리본 버너로 착화 시켰다. 본 시험에 사용된 전선을 철도차량용 급전 케이블로 2.5m 이하의 연소거리를 만족하는지 확인하였다.

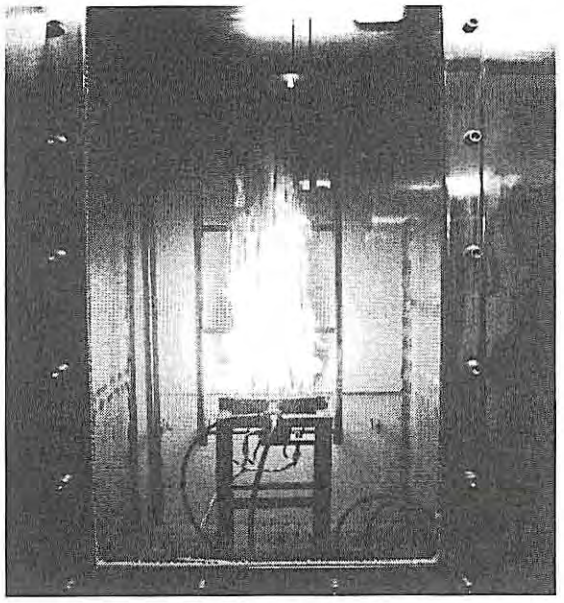


그림 3-5-27 수직형 화염전파 시험 사례 - 1

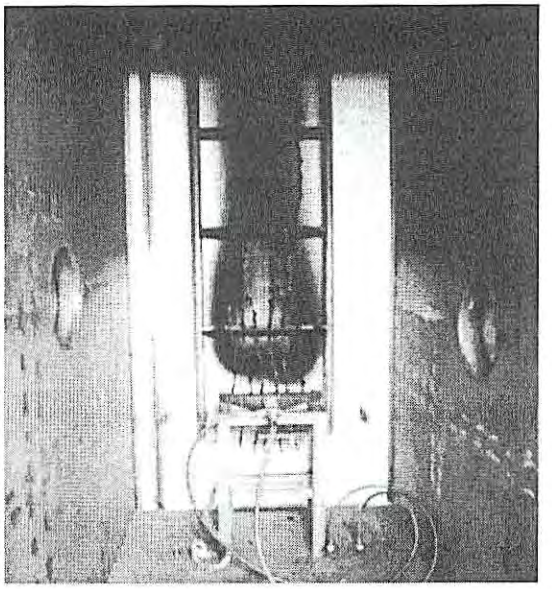


그림 3-5-28 수직형 화염전파 시험 사례 - 2

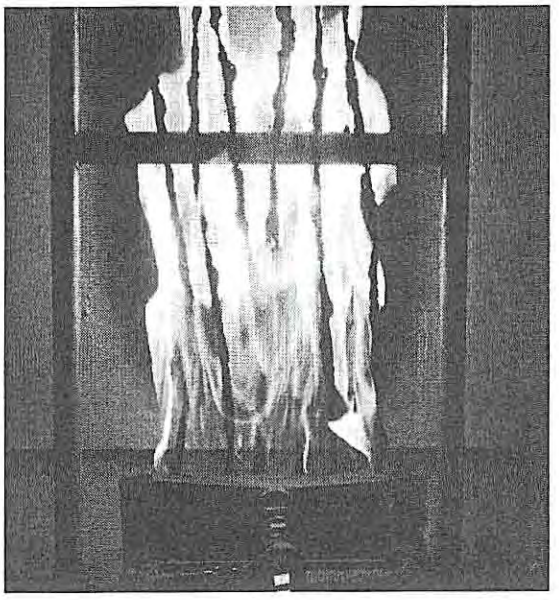


그림 3-5-29 수직형 화염전파 시험 사례 - 3

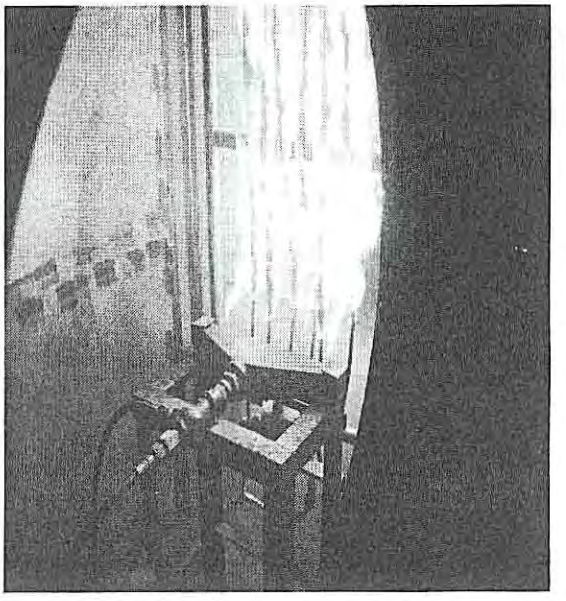


그림 3-5-30 수직형 화염전파 시험 사례 - 4

국내에는 LS전선 및 극동전선 등이 철도차량용 전선을 생산할 수 있으며, 해외의 경우 넥상스(프랑스), 레이켐(영국), 라독스(스위스) 등의 전선이 수입되고 적용되고 있었다. 화염전파 시험의 적용성 검증을 위하여 일부 고압 전력용 및 실내 신호 제어용 전선에 대한 수직화염전파 시험을 수행하였고 시험장면을 수록하였다.

수직 화염전파 시험의 경우 전선의 묶음 방식이나 설비에 제공되는 공기유량에 따라 연소거리에 많은 영향이 있는 것으로 나타났다. 기존 성적을 통한 검토 시에는 이에 대한 세심한 주의가 요구된다고 하겠다. 결론적으로 수직화염전파성 시험의 경우 전선의 난연성을 평가할 수 있는 적합한 방법으로 판단할 수 있었다.

IEC 61034-2 연기시험 설비 및 NF X 70-100 기준의 독성 시험설비는 현재 국내 공인시험기관에서 보유하지 않고 있다. 한국철도기술연구원은 2008년 - 2009년 중 해당 설비의 국내 설치를 계획하고 있으나 국내 시험이 가능한 시점까지 당분간은 국외 시험기에 의존해야 할 것으로 보인다. 다음은 국외 공인 시험소에서 검증된 결과를 근거로 작성하여 전선 공급업체에서 제공한 각 사의 케이블 인증현황 자료이다.

(4) 시험기준에 따른 국내외 전선업체 인증현황

(가) A사 인증현황(제작사 제공 자료임)

NO	시험항목		승인사항		시험내역 및 성능입증자료		
			시험규격	시험기준	시험규격	시험기준	시험결과
1	Signal 전선 화염 전파	Small Scale	IEC 60332-1	연소길이 50-540mm 이하	prEn 50266-2-4		425 ~ 510mm
		Large Scale	IEC 60332-3	연소길이 2.5 m 이하	prEn 50266-2-4		0.69 m
	Power 전선 화염전파	Small Scale	IEC 60332-1	연소길이 350mm 이하	prEn 50266-2-4		85 mm
		Large Scale	NF C 32-070	Class C 이하	prEn 50266-2-4		Pass
2	Signal 전선 연기	Small Scale	ISO 5659-2	Ds 1.5:100이하 Ds 4:150이하 Dmax : 150이하 VOF4:300이하	EN50268-1		Pass
	Signal 전선 연기 방출	Large Scale	IEC 61034-2	투과율 90% 이상	EN50268-1		97%
	Power 전선 연기 지수		NF F 16 101	Indice de fumee 5 이하	EN50268-1		4.78
	Power 전선 연기 방출	Large Scale	IEC 61034	투과율 75% 이상	EN50268-1		81%
3	Signal 전선 유독성		IMO FTPC	유독성 지수 1 이하	NF X 70 100	유독성 지수 1 이하	0.624
	Power 전선 유독성		NF X 70 100	유독성 지수 1 이하	NF X 70 100	유독성 지수 1 이하	Pass
4	Signal 전선 할로겐 성분 시험		IEC 60684-2	Cl + Br + I 0.2 %내 F 0.1%내			Cl+Br+I : 0.19 % F : 0.004 %
	Power 전선 할로겐 성분 시험		IEC 60684-2	Cl + Br + I 0.2 %내 F 0.1%내			Cl+Br+I : 0.05 % F : 0.02 %

(나) B사 인증현황(제작사 제공 자료임)

1 GKW-LW (Signal and Control wire)

철도 차량에 화재 방지를 위한 표준에 따른 케이블			
BS 6853	Interior	Vehicle category	Ia, Ib, II
Din 5510	Level of Fire Protection		1,2,3,4
NF F16-101	Classification		D/F0
통과한 화재 시험			
Vertical flame spread of bunched cables			BS 4066-3, modified to BS 6853
Smoke density			BS 6853 annex D
Toxic fume		R≤ 1.0	BS 6853 annex
Vertical flame spread of a single cable			DIN EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	DIN EN 50266-2-4
Vertical flame spread of bunched cables		Category D	DIN EN 50266-2-5
Smoke density			DIN EN 50268-2
Vertical flame spread of bunched cables			NF C32=070 test 2
Smoke density		Smoke index ≤ 5	NF X10-702-2
Toxic fume		Toxic index ≤ 5	NF X70-100
Vertical flame spread of a single cable			IEC 60332-1, EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	IEC 60332-3-24, EN 50266-2-4
Amount of halogen acid gas		0㎎/g	IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Corrosivity of combustion gases			IEC 60754-2, EN 50267-2-3
Smoke density			IEC 61034-2, EN 50268-2

2 GKW-LW/S EMC (Signal Cable)

철도 차량에 화재 방지를 위한 표준에 따른 케이블			
BS 6853	Interior Cables	Vehicle category	Ia, Ib, II
	Exterior Cables	Vehicle category	Ia, Ib, II
Din 5510	Level of Fire Protection		1,2,3,4
NF F16-101	Classification		C/F0
	Interior Cables	Vehicle category	A1, A2, B
	Exterior Cables	Vehicle category	A1, A2, B
통과한 화재 시험			
Vertical flame spread of bunched cables			BS 4066-3, modified to BS 6853
Smoke density			BS 6853 annex D
Toxic fume		R≤ 1.0	BS 6853 annex
Vertical flame spread of a single cable			DIN EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	DIN EN 50266-2-4
Vertical flame spread of bunched cables		Category D	DIN EN 50266-2-5
Smoke density			DIN EN 50268-2
Vertical flame spread of bunched cables			NF C32=070 test 2
Smoke density		Smoke index ≤ 5	NF X10-702-2
Toxic fume		Toxic index ≤ 5	NF X70-100
Vertical flame spread of a single cable			IEC 60332-1, EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	IEC 60332-3-24, EN 50266-2-4
Amount of halogen acid gas		0㎎/g	IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Corrosivity of combustion gases			IEC 60754-2, EN 50267-2-3
Smoke density			IEC 61034-2, EN 50268-2

3 3GKW (Low power cable)

철도 차량에 화재 방지를 위한 표준에 따른 케이블			
BS 6853	Interior Cables	Vehicle category	Ia, Ib, II
	Exterior Cables	Vehicle category	Ia, Ib, II
Din 5510	Level of Fire Protection		1,2,3,4
NF F16-101	Classification		C/F0
	Interior Cables	Vehicle category	A1, A2, B
	Exterior Cables	Vehicle category	A1, A2, B
통과한 화재 시험			
Vertical flame spread of bunched cables			BS 4066-3, modified to BS 6853
Smoke density			BS 6853 annex D
Toxic fume		R≤ 1.0	BS 6853 annex
Vertical flame spread of a single cable			DIN EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	DIN EN 50266-2-4
Vertical flame spread of bunched cables		Category D	DIN EN 50266-2-5
Smoke density			DIN EN 50268-2
Vertical flame spread of bunched cables			NF C32=070 test 2
Smoke density		Smoke index ≤ 5	NF X10-702-2
Toxic fume		Toxic index ≤ 5	NF X70-100
Vertical flame spread of a single cable			IEC 60332-1, EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	IEC 60332-3-24, EN 50266-2-4
Amount of halogen acid gas		0㎎/g	IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Corrosivity of combustion gases			IEC 60754-2, EN 50267-2-3
Smoke density			IEC 61034-2, EN 50268-2

4 4GKW-AX (High power cable)

철도 차량에 화재 방지를 위한 표준에 따른 케이블			
BS 6853	Interior Cables	Vehicle category	Ia, Ib, II
	Exterior Cables	Vehicle category	Ia, Ib, II
Din 5510	Level of Fire Protection		1,2,3,4
NF F16-101	Classification		C/F0
	Interior Cables	Vehicle category	A1, A2, B
	Exterior Cables	Vehicle category	A1, A2, B
통과한 화재 시험			
Vertical flame spread of bunched cables			BS 4066-3, modified to BS 6853
Smoke density			BS 6853 annex D
Toxic fume		R≤ 1.0	BS 6853 annex
Vertical flame spread of a single cable			DIN EN 50265-2-1
Vertical flame spread of bunched cables		Category C	DIN EN 50266-2-4
Vertical flame spread of bunched cables		Category D	DIN EN 50266-2-5
Smoke density			DIN EN 50268-2
Vertical flame spread of bunched cables			NF C32=070 test 2
Smoke density		Smoke index ≤ 5	NF X10-702-2
Toxic fume		Toxic index ≤ 5	NF X70-100
Vertical flame spread of a single cable			IEC 60332-1, EN 50265-2-1

Vertical flame spread of bunched cables	Category C	IEC 60332-3-24, EN 50266-2-4
Amount of halogen acid gas	0㎎/g	IEC 60754-1, EN 50267-2-1
Corrosivity of combustion gases		IEC 60754-2, EN 50267-2-3
Smoke density		IEC 61034-2, EN 50268-2

(다) C사 인증현황(제작사 제공 자료임)

항 목		도시철도법규	도시철도차량 안전기준 제10조 (첨부2참조 전선 부분)	일반 적용사양 (철도차량용)	Nexans 케이블 적용사양	결 과
산소 지수		- 피복: 불에 타기 어려운 재질 - 국제 전기 규격 IEC332-1에 의거 [도시철도차량안전기준에 관한규칙] 제10조 (화재예방을 위한 기준) 만족 첨부1참조	ISO 4589-2 > 24	ISO 4589-2 > 24	ISO 4589-2 > 38	도시철도 안전기준서 & 일반 적용사양 모두 기준치 이상 만족
화염 전파도 (난연성 시험)			본문에 의거, KSIEC 60332-1 적용	IEC 332-1 < 350mm	EN 50265-2-1/ IEC 332-1 < 220mm	도시철도 안전기준서 & 일반 적용사양 모두 기준치 이상 만족 * KSIEC IEC 비교자료는 첨부3 참조
연기 밀도			제시사항 없음	IEC1034 빛 투과율 >75%	IEC 1034 빛 투과율 > 95%	도시철도 안전기준서 제시사항 없음. 일반 철도차량 규격 사양 기준치 이상 만족
연기독성	신호용		제시사항 없음	BS 6853 1a < 1	BS 6853 1a < 0.18	도시철도 안전기준서 제시사항 없음. 일반 철도차량 규격 기준치 이상 만족. (무독성)
	파워용		제시사항 없음	BS 6853 1a < 1	BS 6853 1a/ EN 50305 < 0.14	도시철도 안전기준서 제시사항 없음. 일반 철도차량 규격 기준치 이상 만족. (무독성)

마. 기준 및 해설서

(1) 객차 등의 전선 화재성능 안전기준

1. 적용범위

철도차량에 적용되는 내 외장 전선에 적용한다. 객차등의 화재위험등급 분류 기준은 건교부 고시 2005년 제 438호 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준과 같다.

2. 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준

(가) 시험항목

① 수직화염전파거리

시편의 연소에 의하여 손상된 거리를 말하며 시험방법은 IEC 60332-3 이하의 규격에 따른다.

② 연기밀도(Ds)

연기밀도(Ds, Density of smoke)라 함은 시료의 연소시 발생하는 연기의 양을 빛의 투과율 변화를 이용하여 측정한 값으로 시험방법은 IEC 61034에 의한다.

③ 독성지수(R : Index of Toxicity)

독성지수(R)는 규정된 시료의 연소시 발생된 주요 가스(CO_2, CO, HF, HCl, HBr, HCN, NO_2, SO_2)의 농도를 기준값과 비교한 지수를 말하며 시험방법은 NF X 70 100 방법에 의한다.

(나) 시험대상 품목

철도차량에 적용되는 신호제어용 및 동력전달용 내 외장 전선을 대상으로 한다.

(2) 해설서

전선 화재시험방법은 각 국마다 약간씩 차이가 있었으나, 최근 유럽연합을 비롯하여 세계적으로 가장 보편적으로 적용되고 있는 세 가지 방법을 선정하였다. 일단 불에 잘 타지 않도록 하기 위한 난연성을 평가하는 화염전파시험을 포함하였고, 만약 연소가 되더라도 연소가스로 인한 대피 방해와 독성가스로 인한 피해가 발생하지 않도록 연기밀도 시험과 연소가스 유독성 시험을 포함하였다. 각 시험방법은 IEC 국제기준에 근거하여 방법을 정하였으나 IEC 기준이 부재한 독성 평가 방법의 경우 NF 기준을 적용하였다. 또한 현재 국제적으로 케이블 화재시험규정으로 가장 높은 수준을 요구하고 있고 위의 별표와 동등 수준의 규정으로 인정되는 프랑스의 NF F 16 101 - Category A1 기준과 영국의 BS 6853 - Category Ia 기준을 만족하는 경우에도 함께 적용할 수 있도록 하였다.

(가) 시험방법 설명

① 연기발생량 시험 : 3미터큐브 연기밀도 시험기

연기(광학)밀도 시험은 IEC 61034-1, 2 (EN 50268) 방법에 따른다. 케이블 점화용 연료는 90% 에탄올과 4% 메탄올 6% 물을 혼합한 것을 사용한다. 점화용 팬에 넣어 사용한다. 시편은 23℃, 55% 습도에서 16시간 이상 전처리한다. 처음 시편의 시험결과가 의심스러운 경우 추가로 2번의 시험을 한다. 각 시험의 시험시간은 40분으로 한다. 시편의 묶음 수나 묶는 방법 등은 아래 표와 그림에 따른다.

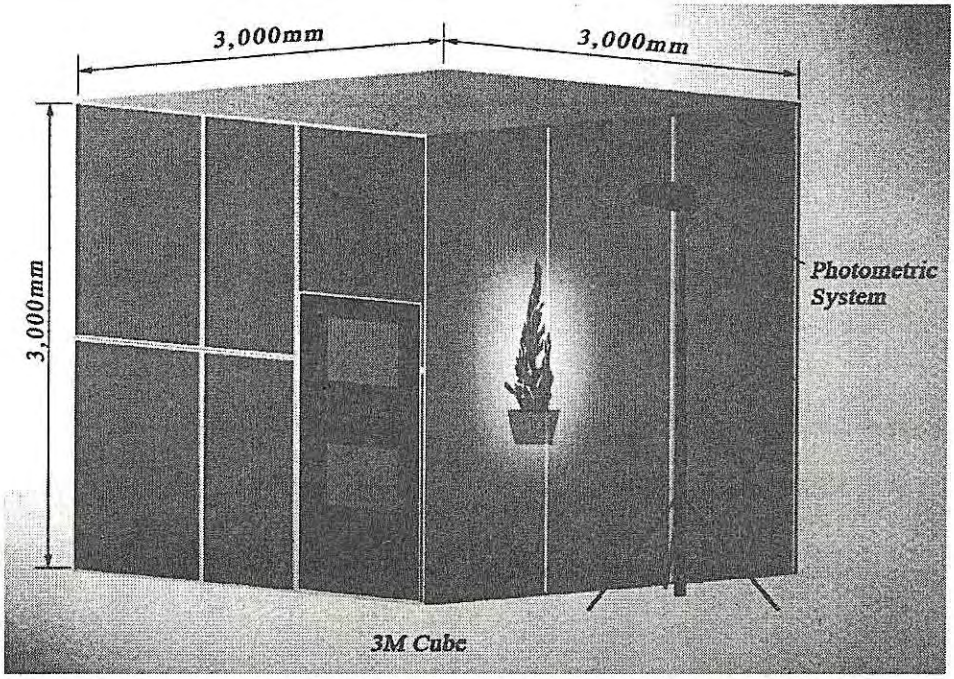


그림 3-5-31 3미터 입방체 연기밀도 시험설비

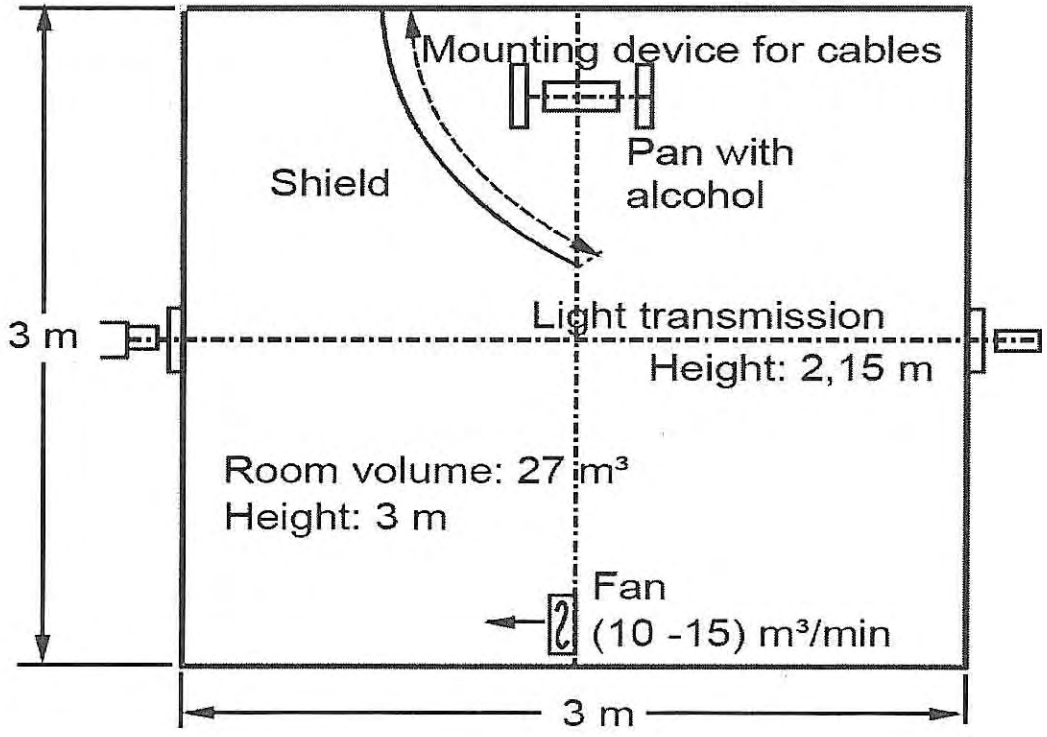


그림 3-5-32 시험기 구성도

Outer cable diameter (*D*) [mm]	Number of samples	
	Cables	Bundle [4])
D > 40	1	-
20 < *D* ≤ 40	2	-
10 < *D* ≤ 20	3	-
5 < *D* ≤ 10	N_1 [1]) [3])	-
1 < *D* ≤ 5	-	N_2 [2]) [3])

1) $N_1 = 45/D$ cable
2) $2 = 45/3D$ cable
3) Values of N_1 and N_2 have to be rounded down to the next ordinary number.
4) Each bundle must consists of 7 cables, drilled on a length of 20*D* to 30*D* and having two rounds of a wire with d=0,5 mm in the middle and at a distance of every 100 mm to each side (see fig.).

그림 3-5-33 케이블 숫자 판단법

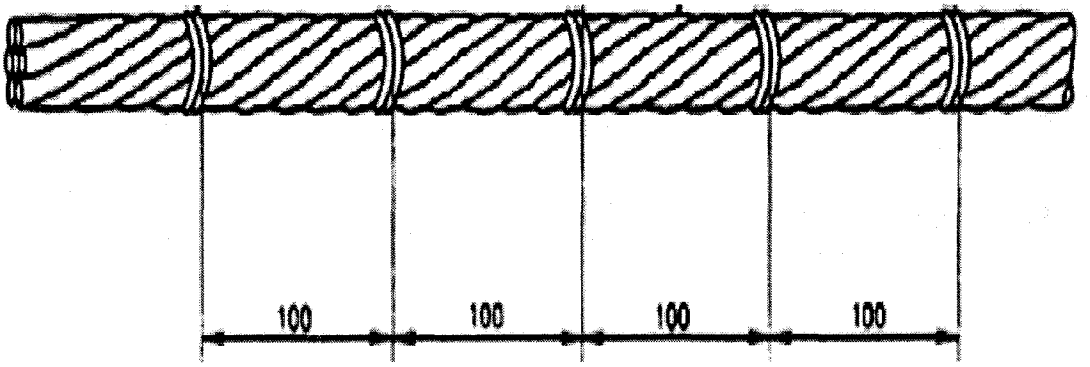


그림 3-5-34 시험 케이블 묶는 방법

②수직화염전파시험

수직형 화염전파 시험은 IEC 60332-3(EN 50266) 방법에 따른다. 시험챔버는 높이 4m, 폭 1m, 깊이 2m 크기가 되어야 하며 바닥부에 400mm X 800mm 크기의 개구부로부터 5m3/min 의 공기가 주입되어야 한다. 이 시험은 시험설비 규정과 전선의 카테고리에 따라 아래와 같이 IEC 60332-3-10, 21, 22, 23, 24, 25 규격으로 세분된다.

IEC 60332-3-10 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 - 시험설비

IEC 60332-3-21 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 - 카테고리 A F/R

IEC 60332-3-22 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 - 카테고리 A

IEC 60332-3-23 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 - 카테고리 B

IEC 60332-3-24 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 - 카테고리 C

IEC 60332-3-25 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 - 카테고리 D

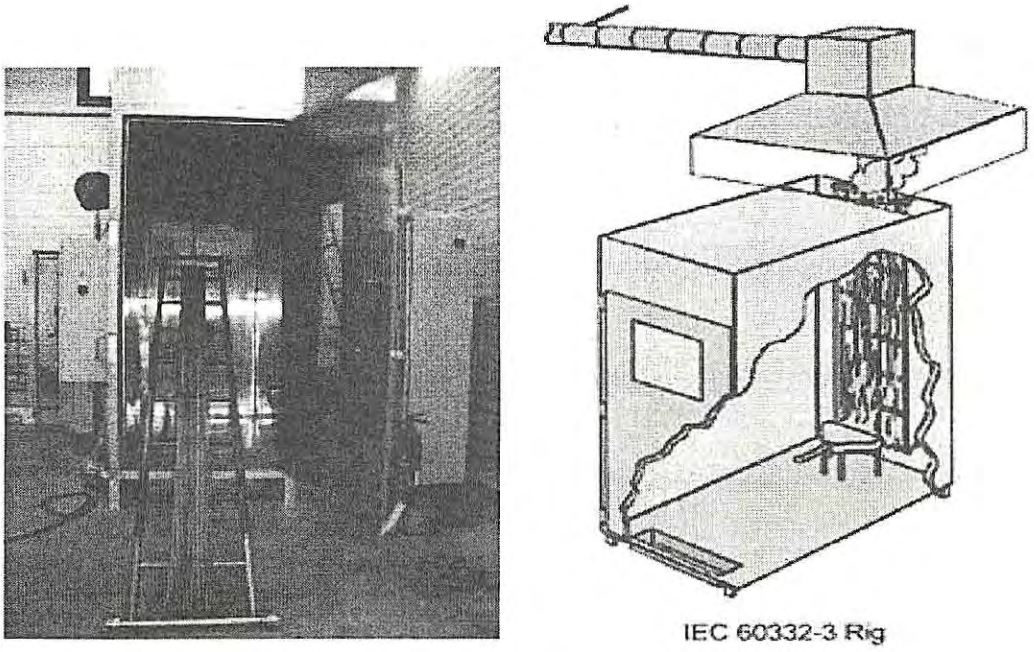


그림 3-5-35 수직형 화염전파 시험기

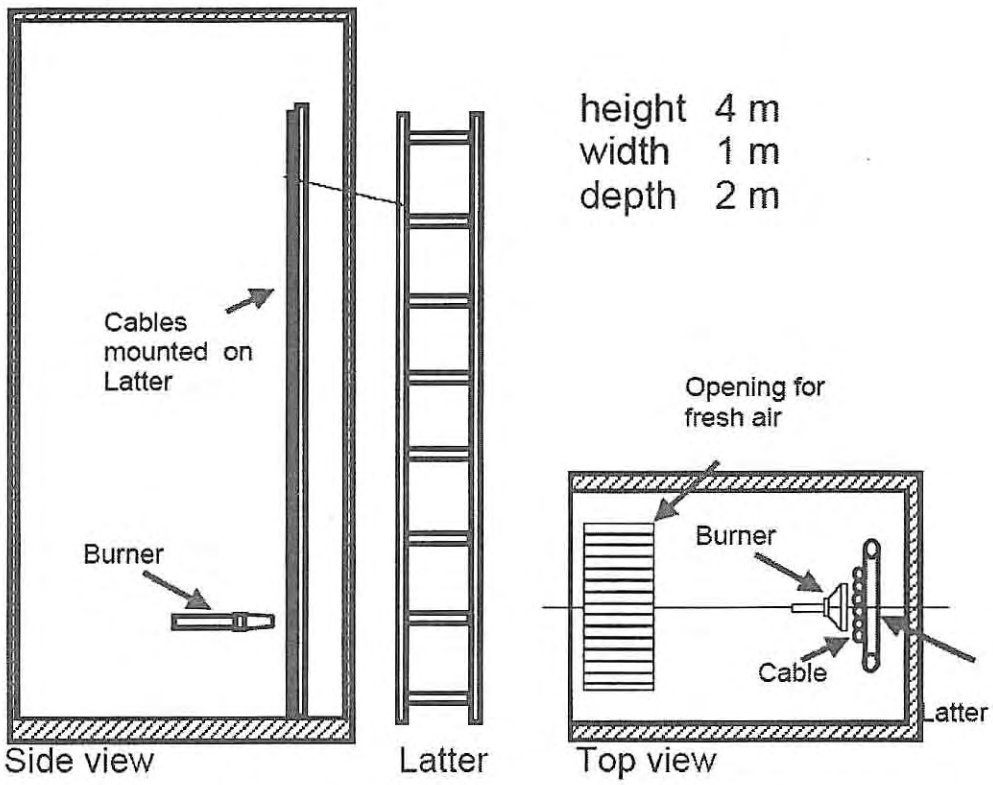


그림 3-5-36 수직형 화염전파 시험기 구성도

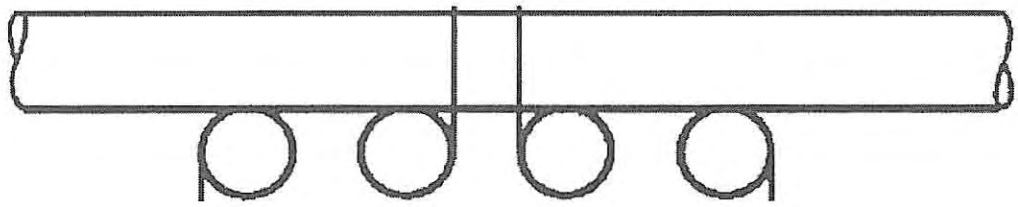


그림 3-5-37 단면적이 35mm^2 초과인 경우의 케이블 준비

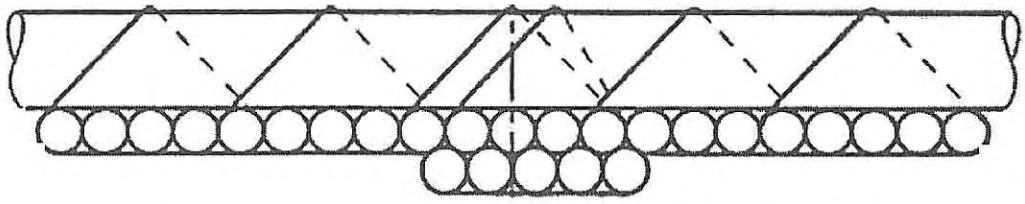


그림 3-5-38 단면적이 35mm^2 이하인 경우의 케이블 준비

category & designation	A F/R	AF		BF		CF	
conductor 단면부의 범위(mm2)	>35 1)	≤35 2)	>35 1)	≤ 35 2)	>35 1)	≤35 2)	> 35 1)
시험편의 비금속물질의 liter/meter	7	7	7 7	3.5	3.5	1.5	1.5
시험편의 층 표준 사다리의 경우 : 시험편의 최대 폭 : 300mm 넓은 사다리의 경우: 시험편의 최대 폭 : 600 mm	2 (사다리의 앞 뒤)	≥1	1 -	≥1	1	≥1	1
	-	-	- 1	-	-	-	-
시험편의 위치	spaced	touching	spaced	touching	spaced	touching	spaced
화염적용시간(min)	40	40	40	40		20	
버너 개수	1	1	1 2	1	1	1	1

1) 최소 한 개의 conductor의 단면적이 35mm2 보다 큰 경우

2) conductor의 단면적부위가 35mm2를 넘지 않는 경우

케이블 단면부 크기	교차분위가 35mm2보다 작은 도체를 갖는 케이블과 전화케이블	35mm2 이상의 단면부위를 갖는 도체를 갖는 케이블			
category & designation	AF BF CF	A F/R	AF	BF	CF
케이블의 비금속성물질의 요구되는 부피를 공급하기 위한 선택 제한	적어도 두 개의 시험편	최대 두 개 층 (전, 후) 일정 간격을 포함하여 300mm	최대한개 층 일 간격을 포함하여 600mm	최대한 개 층 일정 간격을 포함하여300 0mm 최소 두 개의 시험편	최대한개 층 일정간격 포함하여 300mm 최소 두개의 시험편
category A, designation F: 예 1) single core 케이블, 1 X 70 mm2 conductor cross section; 외경 17mm, 비금속성 물질 0.2 liter/meter 시험편의 최대 폭 : 600 mm. 7 liter per meter를 얻기 위해서 최대 폭 884mm(35x17 + 34x8.5)를 갖는 35개의 시험편이 요구된다. 이 케이블은 선택사항에 부합하지 않는다. 예 2) three core 케이블, 3 X 50 mm2 conductor cross section; 외경 29mm, 비금속성 물질 0.55 liter/meter 시험편의 최대 폭 : 600 mm. 7 liter per meter를 얻기 위해서 최대 폭 551mm(13x29 + 12x14.5)를 갖는 12.7(≒13)개의 시험편이 요구된다. 이 케이블은 선택사항에 적합하다.					

③연기 유독성 시험방법

NF X 70-100 방법에 따라 아래의 그림과 같이 설계된 시험설비를 이용하여 시험한다. 이때 튜브형 전기로의 온도는 정해진 규정온도로 하고 공기는 120리터/분으로 유지한다.

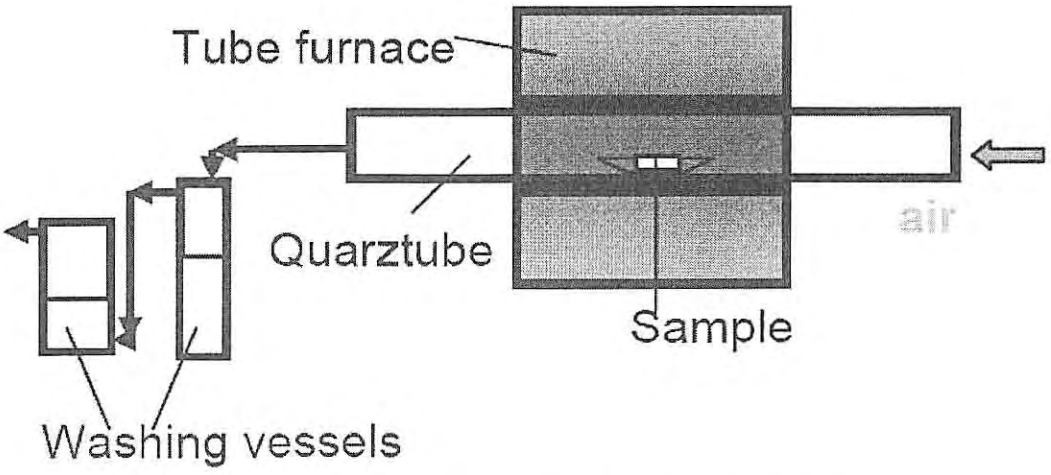


그림 3-5-39 NF X 70 100 유독성 시험기 구성도

시편의 연소로부터 발생된 연소가스를 샘플링 하여 8종의 유독성분을 정량/정성 분석한다. 대체로 CO, CO2, NOx 등은 광학적 전용분석기를 사용하고 할로겐계열의 유독가스는 용매에 녹여 습식 분석하는 방법을 적용하고 있으나, FTIR과 같은 다중연속 분석형 가스 분석기를 이용하려는 시도도 활발하다.

그림 3-5-40 유독성분 및 참조 농도

Smoke component	Reference concentration (mgm^{-3})
CO_2	72000
CO	1380
HF	25
HCl	75
HBr	99
HCN	55
NO_X	38
SO_2	262

CIT 및 R 값을 이용하여 연기의 유독성 평가를 수행하며 각 값은

$$CIT = \frac{0.75 \times W(i)}{d} \times \sum_{i=1}^{8} \frac{Ci,chamber}{Ci,reference}$$

(전기로 온도는 600℃)

Ci, chamber 는 8분 후 유독성분 i 별 농도

Ci, reference 는 표 5에서의 유독성분 i 별 참조농도

W(i)는 전선단위 길이당 가연물 무게[g]

d는 전선단면의 지름[mm]

$R = \sum_{i=1}^{8} \frac{Ci,chamber}{Ci,reference}$ 로부터 계산된다.

(전기로 온도는 800℃)

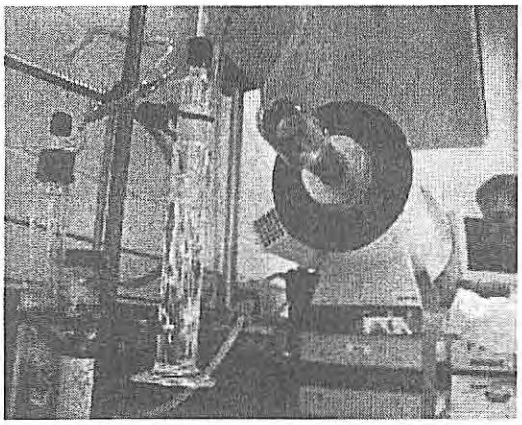


그림 3-5-41 튜브형 전기로 독성 시험기



그림 3-5-42 가스분석기 운영 사례

(나) 성능기준의 결정

시험기준은 유럽의 통합기준으로 제안되고 있는, prEN 45545-2 기준을 준용하였다. 다만 prEN 45545-2 기준은 EU에서도 아직 확정되어 적용되는 상황이 아니므로 변동성이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 국내외 주요 전선 제작업체와 이를 준용하여 국내 기준으로 적용하는데 따르는 문제점과 관련한 협의를 수차례 진행하였다. 이를 토대로 독성지수 평가 방법을 600℃-CIT에서 보다 검증된 전통적인 방법인 800℃-R값으로 변경하였다. 전선의 화재안전 관리 수준을 국제적인 수준으로 제안하면서 기술적으로도 고시 후 시행하는데 문제가 없는 안으로 수정 제안하였다고 할 수 있다.

본 연구에서 제시하는 전선화재성능 기준안에 대한 국내외 업체의 의견을 조사하여, 실제 적용가능성을 확인하였으며, 조사된 내용은 부록 3.5.4-1에 정리하였다. 또한 화재 조건에서의 전기케이블 난연성 시험에 적용된 자료의 해석 및 분석내용은 부록 3.5.4-2에 정리되었다.

5. 차량커튼 화재성능기준

가. 개요

본 과업의 요구사항은 "프로젝트는 철도차량용 커튼 화재안전기준을 정립하여야 한다."는 것이다. 이는 철도차량안전기준에관한규칙(건설교통부령 제455호)제9조 3항에 의거하여 "③객차등의 실내설비(제2항의 규정에 의한 실내설비를 제외한다)의 성질상 불연 재료를 사용할 수 없는 경우에는 국제표준화기구에서 정한 시험방법 ISO 4589-2 또는 한국 산업규격에서 정한 시험방법 KS M ISO 4589-2에 의하여 시험한 결과 산소지수가 24 이상인 재료를 사용하거나, 한국산업규격 또는 국제적으로 인정된 시험방법에 의한 연소성 시험에 합격한 재료를 사용하여야 한다." 는 규정의 포괄적 적용 하에 사용되고 있었으나 이 규정에 의한 산소지수 24는 높은 난연 등급이 아니며, 커튼의 특성상 초기 방화의 대상이 되기 쉽고 천장으로의 화재성장에 기여하는 위치에 설치되는 등 보다 높은 수준의 관리대상이 되어야 한다는 지적이 있어왔다. 따라서 본 설계기준에서는 철도차량용 커튼에 적용하기 위한 별도의 화재안전기준안을 제시하고자 한다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준인가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합 하는가
- 세부기준이 명확히 규정되었는가(타 기준들과의 중복성은 없는가)

나. 이론적 배경

철도차량에 사용되는 커튼은 일차적인 차광의 기능 외에도 실내 장식으로서의 기능을 병행하고 있어 미려한 디자인과 색채를 위하여 자유로운 소재선택을 추구하여왔다. 그러나 화재안전 측면에서 보자면 차량의 내벽에 설치되는 커튼은 화재의 전파에 기여할 위험성이 매우 높으며 불연성 재질을 사용하기에 어려운 소재의 제한으로 인하여 의자와 함께 차량내부에서 가장 취약한 내장재로 분류되어 왔다. 이는 커튼과 의자가 흔히 방화의 일차적인 대상이 되어왔던 이유이다. 따라서 안전 목표치 높은 기준에서는 커튼의 미려함 보다는 화재안전성이 확보된 제품으로 한정하여 거의 벽체로 설치되는 내장판에 준하는 정도의 높은 난연 성능을 요구하고 있다. 국내의 경우 커튼의 화재안전기준은 일차적으로 세부기준이 선정되었던

내장재에서 제외되어 왔으나 이로 인하여 커튼을 설치하는 차량의 경우는 화재위험성이 검증될 수 없다는 지적이 지속적으로 있어왔다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ KS K 0585 섬유제품의 연소성 시험 방법 : 수직법

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 영국 - BS 6853

○ 프랑스 - NF F 16-101

○ 유럽연합 - prEN 45545-2

○ ISO 11925-2 수직으로 화염에 접하는 건축자재의 착화성 시험을 통한 화재저항성 평가

○ 미국 - NFPA 130

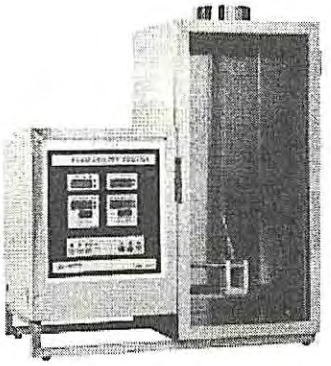
라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내 관련 기준 분석

(가) 철도차량안전규정

그동안 국내에는 커튼에 관한 별도의 화재기준이 지정되지 않았다. 다만, 철도운영기관에서 차량 발주사양으로 사용하던 사양에 의하면 얇은 천류의 방화도 시험규격으로 사용되었던 방화도(KS K 0585) 시험을 통하여 난연 규정을 적용하여 왔다. 최근에 철도공사는 철도용품 공사규격서[차량용 주름식 커튼] 규격서 제정을 위하여 기존의 철도차량안전기준에관한지침에서 다른 내장재에 사용되고 있었던 산소지수, 연기밀도 등의 시험방법을 추가로 채택하려는 것으로 파악되었다.

표 3-5-72 K 0585-섬유제품의 연소성 시험 방법 : 수직법

<table>
<tr><td>적용범위</td><td colspan="2">섬유제품의 연소성 시험으로 직물의 연소성(시료가 불꽃에 저항하는 정도)을 결정하기 위한 시험 방법을 규정한 것.</td></tr>
<tr><td>시험방법</td><td colspan="2">수직 방향으로 시편을 설치하여 불꽃을 접한 후 연소시간, 잔염시간, 탄화거리, 잔진시간 등을 고찰한다.
(나라에 따라 또는 제품의 용도에 따라 각각 적절한 시험방법이나 시험항목 그리고 합격수준을 정하고 있으며 의류 및 커튼 류 경우는 대체적으로 경사법이나 수직법에 의해 시험하고 있음)</td></tr>
<tr><td>시험기기</td><td colspan="2"> 
Specimen Size : 70 × 300 mm
Dimensions : 700W×350D×700H mm
Net Weight : 20Kg
Standard Method : JIS L 1091,
KS K 0585</td></tr>
<tr><td rowspan="6">평가기준</td><td>연소시간</td><td>시료(5㎝×15㎝)에 1초 동안 불을 붙이고 떼었을 때부터 시료를 다 태울 때까지의 소요시간이 3.5초 이상이 되어야 함.</td></tr>
<tr><td>잔염시간</td><td>나라별 또는 제품 종류에 따라 다소 차이가 있으나 대체로 시료(7㎝×30㎝)에 12초 동안 불을 붙이고 때었을 때 2초~10초 이하에 불이 꺼져야 하는 것으로 되어있음.
(짧을수록 양호)</td></tr>
<tr><td>탄화거리</td><td>나라 별, 제품에 따라 9cm~20cm사이에서 기준을 정하고 있음. (불에 탄 시료의 전체 길이가 짧을수록 양호)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">잔진시간</td><td>2~10초 이하</td></tr>
<tr><td>9~20초 이하</td></tr>
<tr><td>0~20초 이하</td></tr>
<tr><td>결과 표현</td><td colspan="2">연소시간, 연소도를 소수점 이하 1자리까지 표시
잔염시간, 잔진시간, 탄화거리의 평균값을 정수자리로 표시</td></tr>
</table>

(나) 철도차량용 커튼의 사용현황

철도차량용 커튼은 주름커튼과 롤브라인드 형태로 구분된다. 주로 폴리에스터와 나일론 원단을 소재로 사용하고 있으며 방염 후처리를 하거나, 직조시 방염사를 추가하는 방법으로 난연 성능을 확보한다.

커튼 원단은 세탁이나 자외선에 의한 탈색이 없어야 하며, 마찰견뢰도 등의 물성을 갖추어야 하므로 이를 모두 만족하면서 난연 성능을 확보하는 것이 기술적으로 해결되어야 한다. 아래 표는 철도공사에서 검토 중인(08.03 현재) 고속차량 및 일반차량 주름커튼의 요구 성능 사양이다.

표 3-5-73 한국철도공사의 고속차량 및 일반차량 주름커튼 요구성능사양

구분	중 량 (g/㎡)	인장강도 (그래브법-N)		신도 (%)	세탁치수 변화율(%)	일 광 견뢰도	세 탁 견뢰도	마 찰 견뢰도
		경사	위사					
고 속 차량용	365이상	2000이상	1500이상	5~40	1이하	4급이상	4급이상	4급이상
일 반 차량용	180이상	800이상	600이상	5~40	1이하	4급이상	4급이상	4급이상

(2) 해외 관련 기준 분석

(가) 영국(BS 6853)

영국의 커튼 화재안전기준은 차량내 실내설비의 화재안전기준을 총괄적으로 담고 있는 BS 6853에 규정되어 있다. 이에 의하면 난연성능의 경우 연소길이와 시간을 측정하는 BS 5438 시험을 사용하도록 하였고 연소시 발생하는 연소가스의 경우 연기 및 독성지수를 평가하도록 규정하였다.

표 3-5-74 BS 6853(영국) - 철도차량의 커튼 화재성능기준

시험방법	시험항목	적합기준		
		Ia	Ib	II
BS 5438(15s application)	연소 길이	<100mm	<100mm	<100mm
	연소 시간	<8s	<8s	<8s
Annex D	연기밀도Ao(max)	0.017	0.027	0.061
Annex B	독성지수 R(max)	1.0	1.6	3.6
* 화염연소 및 화염후 연소시간 포함 측정				

(나) 프랑스(NF F 16-101) - 그리드법(Grid Method)

프랑스의 경우에도 다른 내장재와 함께 NF F 16 101 규정에 커튼의 사용 요구사양이 규정되어 있는 데 특이할 만한 사항은 커튼의 난연 성능 요구정도가 매우 높은 수준으로 벽체에 준하는 것을 알 수 있다. 이는 커튼의 위치가 수직으로 벽체와 나란한 것을 가만하여 화재에 대한 강한 저항성을 가져야 한다는 점을 강조한 것이다.

표 3-5-75 NF F 16 101(프랑스) - 철도차량의 커튼 화재성능기준

구분	철도차량 A1(1)	철도차량 A2(2)	철도차량 B (3)
천정	M0 F0	M0 F0	M1 F1
벽	M1 F1	M1 F1	M2 F1
커튼	**M1 F1**	**M1 F1**	**M1 F1**
좌석(구성요소)	M1 F1	M1 F1	M1 F2
챔대재질		M1 F1	

주) (1) 철도차량 종류 A1 : 빈번하게 터널을 통과하는 철도차량

(2) 철도차량 종류 A2 : 터널을 가끔 통과하는 도시, 교외 철도차량, 트레일러, 침대차

(3) 철도차량 종류 B : 터널을 가끔 통과하는 기관차를 포함한 좌석식 도시간 철도차량

(다) 유럽연합(prEN 45545-2)

통합유럽에서 새로 검토하고 있는 통합규정에서도 커튼의 난연성능이나 기타 규정이 까다로운 수준임을 알 수 있다. 난연 성능의 경우는 ISO 11925-2(수직으로 화염에 접하는 건축자재의 착화성 시험을 통한 화재저항성 평가) 시험방법을 통하여 연소거리와 연소속도를 측정하는 방법을 사용하고, 연기와 독성을 평가하는 이외에 특이한 사항은 발열량을 평가하는 것이다. 이는 커튼이 자기연소하는 것에 대해서보다는 내장판이나 다른 재료로 화염을 옮길만한 충분한 열량을 생산하는지를 추가로 평가하는 것이라고 볼 수 있겠다.

표 3-5-76 EN 45545(EU) - 철도차량의 커튼 화재성능기준

시험방법	위험등급 HL1	위험등급 HL2	위험등급 HL3	위험등급 HL4
EN ISO 11925-2 30 sec. application	passed	passed	passed	passed
ISO 5660-1 : 25kWm^{-2} MARHE	50	50	50	50
ISO 5659-1 : 25kWm^{-2} D_s max	300	250	250	200
ISO 5659-2 : 25kWm^{-2} CIT at 8min	1,2	0,9	0,9	0,75

EN ISO 11925-2 Reaction to fire tests. Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame.

표 3-5-77 EN ISO11925-2 시험방법과 평가기준

적용 범위	수직 방향으로 시편을 설치하여 빛이 없는 조건에서 단일 발화원에 직접 접염 했을 때, 건축 재료의 착화성을 결정하기 위한 시험 방법을 규정한 것.
시험 방법	요구에 따라 불꽃 적용 시간은 15초 또는 30초를 적용 할 수 있다. 시험의 시작시간은 불꽃 접염 시 부터 적용하고 시험 시작 3분 이내에 시편 아래에 알루미늄 호일 재받이와 여과지 2장을 놓는다. 버너를 수직축에 45°로 기울이고 불꽃이 시편에 미리 표시한 지점에 도달한 때까지 수평으로 옮겨 놓는다. 접염이 시작되면 시간 측정 장치를 작동한다.
결과 표현	여과지에 불이 붙는지의 여부 확인 불꽃 적용 시점에서 불꽃 끝이 150mm에 도달 했는지와, 도달했을 때의 시간

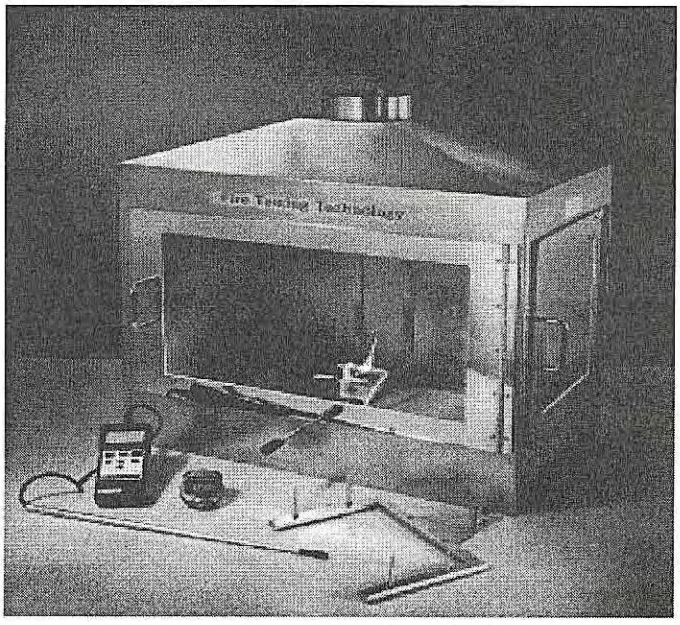


그림 3-5-43 ISO 11925-2 시험장치

(라) 미국(NFPA 130)

미국의 경우에도 차량내장재의 화재성능 기준을 총괄하는 NFPA 130 규격내에 커튼의 화재안전성능 요구가 포함되어 있다. 유럽의 다른 나라와 비슷한 방법으로 연소시간과 연소거리를 평가하는 난연평가법이 사용되고 있으며 연소가스에 대해서는 연기밀도를 평가하고 있다. 다른 내장재와 마찬가지로 독성가스에 대한 평가는 포함하지 않았다.

표 3-5-78 NFPA 130(미국) - 철도차량의 커튼 화재성능기준

구 분	시험항목	시험규격	기 준
커튼	연소성/화염전파	14 CFR 25, Appendix F, Part1 (vertical test)	Flame Time≤10 sec Burn length≤6 in
	연기밀도	ASTM E 662	Ds(4.0)≤200

(마) 일본(철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령 및 해설)

표 3-5-79 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령 및 해설

부 위		일반의 여객선	지하철 등 여객차 및 신칸센 여객차	특수 철도(비고8)					
					가	나	다	라	마
지붕	지 붕 (비고1)	금속제 또는, 금속과 동등 이상의 불연성(비고2)		불연성	○	*1			*1
				금속제 또는 금속과 동등 이상의 불연성			○		
	지붕상면	난연성의 절연재료로 피복되어 있을 것[가공 전동차선(특고압의 전동차선을 제외)구간을 주행하는 여객 전동차에 한 한다.]				○	○		
	지붕상면에 설치 된 기기 및 금구 류	설치부가 차체에 대하여 절연되고, 또는 표면이 난연성의 절연재료에 따라 피복되어 있을 것[가공 전동차선(특고압의 전동차선은 제외)구간을 주행하는 여객전동차에 한 한다]				○	○		
객실	천정 외판(측면부 이외)내장	불연성 또는 표면이 불연성의 재료로 피복되어 있을 것(비고3)이며, 표면 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용 할 것	불연성 표면의 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용할 것		○				
	외판(측면부)	난연성 표면 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용할 것	불연성 표면 도장(비고4)에는 불연성의 재료를 사용할 것		○				
	바닥의 상부물	난연성			○	*1			*1
	바닥 상부물 아래의 충전물(비고5)		극난연성		○	*1			*1
단열재 및 방음재			불연성		○	*1			*1
바닥	바닥	연기 및 화염이 통과 할 우려가 작은 구조일 것			○	*1			*1
	바닥판		금속제 또는 금속과 동등이상의 불연성(비고2)		○	*1			*1
	바닥 아래면 (비고6)	불연성 또는 표면이 금속으로 덮여져 있는 것	불연성 또는 표면이 금속으로 덮여져 있는 것. 동시에 표면 도장(비고4)은 불연성	표면의 도장(비고4)은 불연성	○	*1			*1
바닥 아래의 기기 상자(비고7)			불연성 단, 절연의 필요가 있으며 부득이한 경우는 난연성		○	*1			*1
좌석	카바	난연성						○	
	충전물		난연성		○	*1			*1
	밑쪽에 전열기가 설치 된 경우		발열체와 좌석의 주변에 불연성의 방열판을 설치한다		○	*1			*1
차양	**차양**	**난연성**							

(3) 시험 사례

국내의 고속철도와 새마을 등에 적용중인 4종의 주름식 커튼과 롤블라인드에 대하여 산소지수, 연기밀도, 독성지수 시험을 수행하였고, 아래표에 그 결과를 수록하였다. 화염전파(ISO 5658-2:2006) 시험의 경우 시편의 용융 및 이탈현상이 빈번히 나타나 적절한 평가가 불가능 하였다. 주름형 커튼의 경우 비교적 높은 난연성을 나타냈으나(산소지수 35이상) 롤블라인드의 경우 접힘 방지를 위해서 많은 수지를 사용하다 보니 난연성이 상대적으로 낮게 평가되었다(산소지수 29이하) 연기와 독성의 경우에도 주름형 커튼에 비하여 롤블라인드형이 상대적으로 열악함을 알 수 있었다.

표 3-5-80 국내 철도차량 4종의 주름식커튼 및 롤블라인드 시험 사례

시험 커튼	산소지수 ISO 4589	연기밀도 ASTM E 662(4 min)	독성지수 BS 6853 Annex B.2
A형 커튼	37.68	50.5	0.26
B형 커튼	35.37	23.9	0.29
C형 커튼	38.27	24.5	0.29
D형 커튼	35.25	43.3	0.26
A형 롤블라인드	26.97	229	0.19
B형 롤블라인드	28.27	113	0.21
C형 롤블라인드	27.21	277	> 0.96
C형 롤블라인드	27.68	30.4	0.29

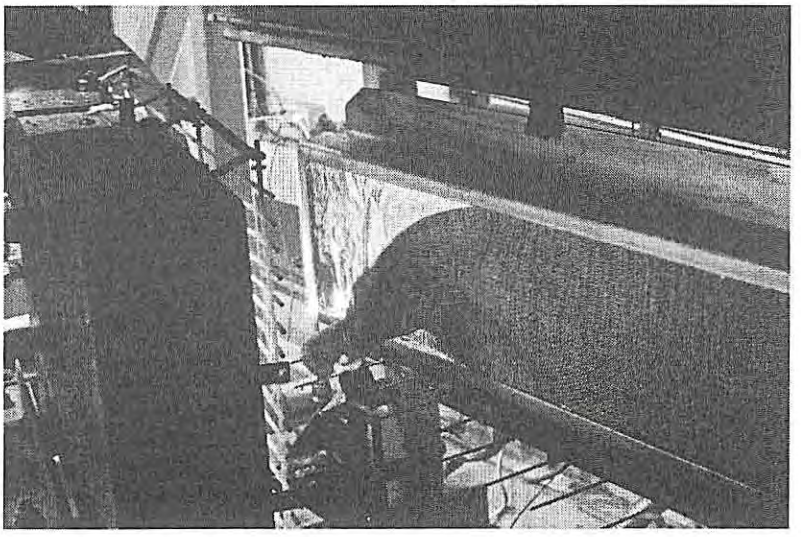


그림 3-5-44 화염전파 시험 진행 중 시편 이탈 현상

마. 기준 및 해설서

(1) 차량커튼 화재성능 세부기준

1. 적용범위

- [기존 철도차량안전기준에 관한 지침]의 변경사항 없음

2. 객차등의 실내설비의 화재성능 세부기준

가. 시험항목

- 변경사항 없음

나. 시험대상 품목

1) 화재성능 시험대상 품목은 [표 4]와 같다.

[표 4] 화재성능 시험대상 품목

연번	품 목	세 부 대 상
1	내장판	실내 벽 및 천정판, 실내 덕트, 출입문, 창문틀, 차량간 통로연결부 방염판
2	의 자	커버, 쿠션, 몸체
3	통로 연결막	(A형) 객실간 단부문이나 객실측 통로막에 방염판이 없는 경우
		(B형) 객실간 단부문이나 객실측 통로막에 방염판이 있는 경우
4	바닥재	바닥부 표면재
5	단열재	벽 및 천정부, 객실 덕트 내부, 외부 공조기 내부, 바닥 하부
6	**전선**	**차량 내외부 전선**
7	**커튼**	**객실용 커튼 및 블라인드**

2) 실내설비의 품목별 합격기준은 [표 6]과 같다.

"[표 6] 시험대상 품목별 합격기준" 중 "객실용 커튼 합격기준"

화재성능 요구기준	시험방법 / 시험규격	시험항목	합격기준			
			위험등급 [1]	위험등급 [2]	위험등급 [3]	위험등급 [4]
객실용 커튼	ISO 4589-2	산소지수(LOI)	≥26	≥26	≥28	≥28
	ASTM E 662	Ds(4.0min)	≤200	≤200	≤200	≤200
	BS 6853 Annex B.2	독성지수(R)	≤3.0	≤3.0	≤2.0	≤1.6

(2) 해설서

객실용 커튼의 화재기준안 설정을 위하여 해외 철도차량용 커튼의 설치기준을 조사하고, 국내 사용중인 철도차량용 커튼과 롤블라인드 제품의 화재시험 결과를 검토하였다.

커튼에 적용되는 해외 화재시험기준을 검토한바 연소성 시험의 경우 대체로 특정한 크기의 화염을 가한 후 연소 길이와 연소시간을 평가하는 방법을 적용하고 있었다. 그 외 연소가스에 대해서는 연기밀도와 독성지수를 평가하도록 하고 있었다. 평가방법의 경우는 국가마다 약간씩 다른 코드를 사용하고 있었다. 국내기준의 경우는 기존에 사용되던 연소성 평가방법에 해당되는 산소지수 시험과 화염전파 시험을 검토할 수 있는데 화염전파 시험의 경우 시편의 이탈 현상으로 인하여 시험이 용이하지 않은 것으로 조사되어 산소지수 시험을 적용하는 것으로 제안하였다. 산소지수 시험으로도 재료의 기초 난연성 평가가 가능하다고 판단된다. 연소가스의 유해성을 평가하는 방법은 연기와 독성에 대하여 기존의 차량안전기준에관한지침에서 다른 내장재에 적용하고 있는 연기밀도(ASTM E 662) 평가와 독성지수(BS 6853 Annex B.2) 방법을 그대로 적용하여 차량 내 다른 내장 재료와의 화재특성 비교가 가능하도록 하였다.

사용기준의 경우 커튼의 설치위치가 닫힌 공간에서의 화재에 특별한 위험관리가 요구되는 벽과 천장의 인근에 해당되며 특히 커튼은 방화의 일차 대상이 되므로 비교적 높은 수준의 난연성을 요구하고자 하였다. 다만, 국내 적용중인 커튼의 성능 수준을 가만하여 도달 가능한 수준을 제안하였다.

6. 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준

가. 개요

본 과업의 요구사항은 "프로젝트는 철도차량용 화재감지기의 설치 기준을 정립하여야 한다."는 것이다. 이는 철도차량안전기준에관한규칙(건설교통부령 제455호)제 11조 3항에 의거하여 "화재의 발생을 감지하는 장치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다. 1. 화재경보의 오류 가능성을 최소화하고 화재를 조기에 감지할 것 2. 먼지, 습기, 진동, 실내온도, 공기흐름, 전자기 등의 설치 환경요건을 고려하여 설치할 것" 으로 규정하고 있다. 그러나 감지기의 오작동 및 조기감지 성능에 대한 정량적인 평가 기준이 정립되지 않고 있고 또한 이를 평가할 수 있는 방법도 명확하지 않음에 따라 이 규정의 효력이 상실되어 있음에 대한 지적이 있어왔다. 따라서 본 설계기준에서는 철도차량용 화재감지기 및 경보기의 성능기준 및 평가방법을 구체적으로 제시하고자 한다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준인가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합 하는가
- 세부기준이 명확히 규정되었는가(타 기준들과의 중복성은 없는가)

나. 이론적 배경

철도차량에 적용되는 '화재감지 및 화재진압 장치에 관한 규정'은 철도차량용으로 개발되고 있는 소화시스템의 진화에 따라 새로이 정립되고 있다. 이 중 화재감지 및 경보 장치에 대한 규정은 수동식 및 자동식 소화설비의 기술적 발전 단계에 따라 동반하여 화재관리 목표수준이 상승함에 따라 그 중요성이 더하여 가고 있다. 아무리 좋은 소화시스템을 설치하더라도 감지 및 경보에서 대피시간과 초기진화에 적절한 시간을 잃어버리지 않는 것이 더욱 중요하기 때문이다. 철도의 운영특성은 화재가 조기에 감지되어야 하면서도 오작동이 없는 감지시스템이 설치되도록 요구하고 있다. 이에 대한 요구사항들은 EN 45545-6에 종합적으로 기술되어 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 철도차량안전기준에관한규칙의 11조
- 형식승인 및 검정기술기준 - 한국소방안전공사 (KOFEIS 0301)

(2) 해외 관련 기준 현황

- prEN 45545-6
- APTA RT-S-SC-042-03 화재감지 시스템의 검사 및 시험규정(Standard for Fire Detection System Inspection and Testing, 미국)
- ARGE 지침 "철도차량에서의 화재방지"

라. 자료 조사 및 분석

(1) 관련 규정 분석

(가) 국내 관련기준 현황

① 철도차량안전규정

국내 철도차량에 화재감지기가 사용되는 것은 2003년 대구화재사고 이후 진행되었던 철도차량 내장재 교체 시점과 일치한다. 서울메트로를 비롯하여 인천지하철 등에서 감지기를 설치하기 시작하였으나, 앞서 기술한 바와 같이 철도차량안전기준에관한규칙의 11조 항에 대한 구체적인 평가 기준이 부재하였기 때문에 감지기의 설치 및 검증은 제작사에서 제공하는 사양서에 의존하였던 바가 크다.

② 철도차량용 화재감지기의 사용현황

국내 철도차량에 적용된 화재감지기는 온도감지기 및 연기감지기 혼합형 방식으로 주로 사용되고 있다. 차량내 실질적인 화재감지 성능을 높이기 위하여 온도와 연기 감지 방식을 혼합한 적용방식이다. 운전실의 수신기에는 화재감지기의 이상신호 발생시 차량을 인식할 수 있도록 설계되어 있다. 그러나 이들 감지기는 철도차량에 적용하기 위한 별도의 성능시험을 거치지 못하였기 때문에, 2007년 12월 현재까지 수백건의 오작동 누적 사례가 보고되고 있다.

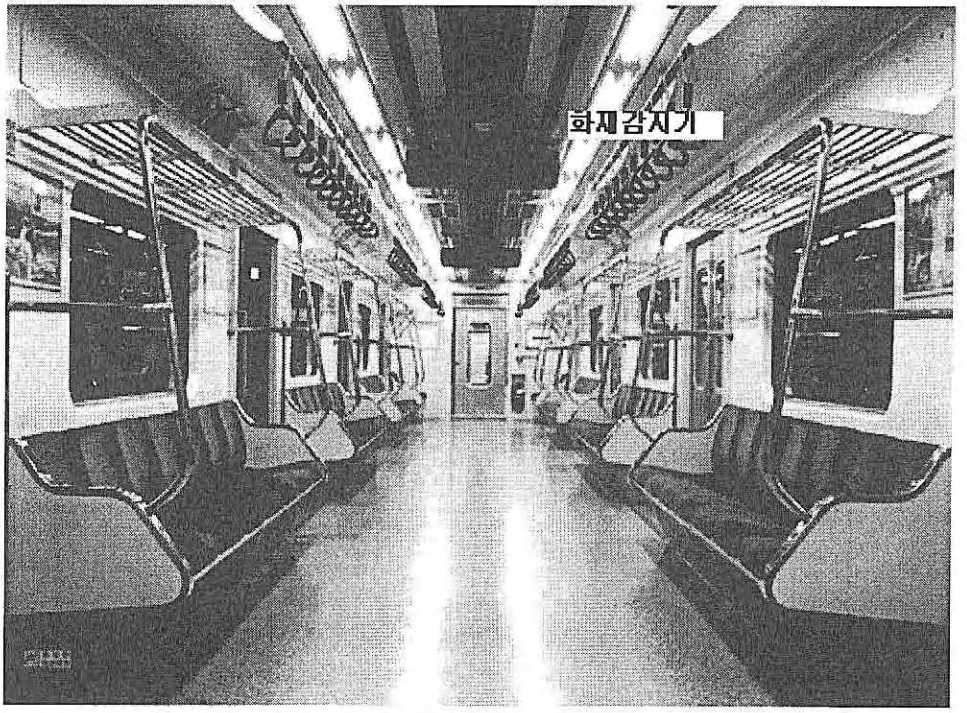


그림 3-5-45 도시철도 차량 내부의 화재감지기 설치화면

③ 형식승인 및 검정기술기준 - 한국소방안전공사 (KOFEIS 0301)

건축물에 사용되는 화재 감직기의 경우 한국소방안전공사에서 수행하는 형식시험 승인 기준은 통과하여야 한다. 감지기의 형식승인 및 검정기술기준(이하 "검정기술기준")을 담고 있는 KOFEIS 0301(2005) 규정에 의하면 감지기는 작동이 확실하고, 취급·점검의 용이하며, 잡음이나 방해전파를 발하지 않고, 먼지·습기·곤충 등에 의하여 기능에 영향을 받지 아니하여야 한다. 이와 같이 감지기의 기능 및 구조의 적합함을 규명하기 위하여 시험하도록 규정하고 있다. 주요 시험사항을 부록 3.5.6-1에 간략하게 정리하였다.

(나) 해외 관련기준 현황

① 자동화재탐지설비의 화재안전기준 (NFSC 203)

자동화재탐지설비의 화재안전기준을 담고 있는 NFSC 203 규정에 감지기 설치기준 및 음향장치 및 시각경보장치 설치기준을 규정하고 있다.

- 감지기는 다음 기준에 따라 설치하여야 한다. 다만, 교차회로방식에 사용되는 감지기, 급속한 연소확대가 우려되는 장소에 사용되는 감지기 및 축적기능이

있는 수신기에 연결하여 사용하는 감지기는 축적기능이 없는 것으로 설치하여야 한다.

○ 감지기(차동식분포형의 것을 제외한다)는 실내로의 공기유입구로부터 1.5m 이상 떨어진 위치에 설치할 것

○ 보상식스포트형감지기는 정온점이 감지기 주위의 평상시 최고온도보다 20℃ 이상 높은 것으로 설치할 것

○ 정온식감지기는 주방·보일러실등으로서 다량의 화기를 취급하는 장소에 설치하되, 공칭작동온도가 최고주위온도보다 20℃ 이상 높은 것으로 설치할 것

○ 스포트형감지기는 45° 이상 경사되지 아니하도록 부착할 것

○ 불꽃감지기는 다음의 기준에 따라 설치할 것

i. 공칭감시거리 및 공칭시야각은 형식승인 내용에 따를 것

ii. 감지기는 공칭감시거리와 공칭시야각을 기준으로 감시구역이 모두 포용될 수 있도록 설치할 것

iii. 감지기는 화재감지를 유효하게 감지할 수 있는 모서리 또는 벽 등에 설치할 것

iv. 감지기를 천장에 설치하는 경우에는 감지기는 바닥을 향하여 설치할 것

v. 수분이 많이 발생할 우려가 있는 장소에는 방수형으로 설치할 것

vi. 그 밖의 설치기준은 형식승인 내용에 따르며 형식승인 사항이 아닌 것은 제조사의 시방에 따라 설치할 것

- 자동화재탐지설비의 음향장치,

○ 주음향장치는 수신기의 내부 또는 그 직근에 설치할 것

○ 지구음향장치는 소방대상물의 층마다 설치하되, 당해소방대상물의 각 부분으로부터 하나의 음향장치까지의 수평거리가 25m 이하(지하가중 터널의 경우에는 주행방향의 측벽 길이 50m이내)가 되도록 하고, 당해층의 각부분에 유효하게 경보를 발할 수 있도록 설치할 것. 다만, 비상방송설비의화재안전기준(NFSC202) 규정에 적합한 방송설비를 자동화재탐지설비의 감지기와 연동하여 작동하도록 설치한 경우에는 지구음향장치를 설치하지 아니할 수 있다.

○ 청각장애인용 시각경보장치는 한국소방검정공사 또는 법제42조의 규정에 따라 성능시험업무를 위탁받은 기관에서 검증받은 것으로서 다음 각목의 기준에 따라 설치하여야 한다.

ⅰ. 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

ⅱ. 공연장·집회장·관람장 또는 이와 유사한 장소에 설치하는 경우에는 시선이 집중되는 무대부 부분 등에 설치할 것

ⅲ. 설치높이는 바닥으로부터 2m 이상 2.5m 이하의 장소에 설치할 것

○ 하나의 소방대상물에 2 이상의 수신기가 설치된 경우 어느 수신기에서도 지구음향장치 및 시각경보장치를 작동할 수 있도록 할 것

- 자동화재탐지설비의 발신기,

○ 조작이 쉬운 장소에 설치하고, 스위치는 바닥으로부터 0.8m 이상 1.5m 이하의 높이에 설치할 것.

○ 소방대상물의 층마다 설치하되, 당해 소방대상물의 각 부분으로부터 하나의 발신기까지의 수평거리가 25m 이하(지하가중 터널의 경우에는 주행방향의 측벽길이 50m이내)가 되도록 할 것. 다만, 복도 또는 별도로 구획된 실로서 보행거리가 40m 이상일 경우에는 추가로 설치하여야 한다.

다만, 지하구의 경우에는 발신기를 설치하지 아니할 수 있다.

② 유럽공동체(EU)의 사용기준 (prEN 45545-6)

유럽공동체의 철도차량 안전기준 통합규칙으로 적용준비중인 prEN 45545에 규정된 차량내 '화재 제어 및 관리 시스템(Fire control and management systems)'의 규정은 차량 디자인 및 운영 범주에 따라 부록 A의 도표에 따르도록 하고 있다. prEN 45545-6은 이에 대한 일반 요건 및 시스템 분석 사항등에 대한 규정을 포함하고 있다.

일반 요구사항 : 화재 탐지 시스템은 신뢰할 수 있어야 하며 모든 작동 모드에서나 모든 작동 조건에서도 일관되게 작동되어야 한다. 화재 탐지 시스템은 설치

한 곳에서 예상 화재 상태(화염, 연기, 열, 등)에 대비한 시험을 통해 적절한 것으로 입증되어야 한다.

< 요구조건 >

탐지 이용을 위한 기본 요건은 부록 3.5.6-2에 제시된 바와 같아야 한다.

③ APTA RT-S-SC-042-03

이 규정은 미국의 방화협회에서 제공하는 화재경보기 코드(NFPA 72, National Fire Alarm Code, 2002 Edition)와 미국 공업협회의 ASME A17.2-2001, (Guide for Inspection of Elevaors, Escalators and Moving Walks Local Fire Codes) 코드에 따라서 철도에 적용하는 화재감지 시스템의 검사 및 시험규정에 대한 관리 규정을 기술하고 있다. 주요 내용의 목차를 소개하면 다음과 같다.

- 검사 및 시험의 일반요건
- 검사 및 시험 주기

  연간 검사, 수리 검사, 수정 검사 등

  검사 이력, 고장검사 사항등을 기록 할 것.
- 검사자의 교육훈련
- 검사항목

a) Heat detectors

b) Smoke/photo detectors

c) Ionization detectors

d) Pull stations

e) City tie/interface

f) Fire detection alarm circuits

g) Annunciation panels

h) Stand-by power

i) HVAC circuits

j) Elevator circuits

k) Escalator circuits

④ ARGE 지침 "철도차량에서의 화재방지"

ARGE의 지침은 사람이 접근 가능한 공간, 전기제어실 및 연소엔진구역에 설치된 화재감지기의 기능 입증 절차 기준/검사 절차이다.

이 지침서는 철도차량에서 가능한 화재사고를 가정하여 연기/열,복사열(radiation)과 같은 변수들에 대해 설치위치에서의 화재감지기의 반응 시간 결정을 위한 경보시스템과 기능테스트에 관해 설명하고 있다.

본 지침서는 독일 (Eisenbahn-Bundesamt - EBA), 오스트리아 (Bundesministerium fur Verkehr Innovation und Technologie - BMVIT)와 스위스 (Bundesamt fur Verkehr - BAV)에 있는 등록기관에 의해 허용되었다.

(2) 시험 사례

철도차량에 적용할 수 있는 감지기의 종합성능 시험을 시범 수행하였다. 아래의 그림은 시험에 설치된 전동차 차량과 각 시나리오에 적용된 장치이다. 실험에 사용된 감지기는 A사에서 철도차량용으로 개발된 온도 및 연기, 불꽃 복합감지기가 사용되었다. 불꽃감지의 경우 3초 이내에 감지 성능을 보여주었으며 연기 방식의 경우 감지기의 위치에 따라 10 - 50초 정도 지연시간이 나타나는 것이 확인 되었다. 따라서 종합성능 시험을 통하여 사각이 발생하지 않으면서 10초 이내의 조기 감지 성능을 나타내기 위해서는 복합감지 방식을 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

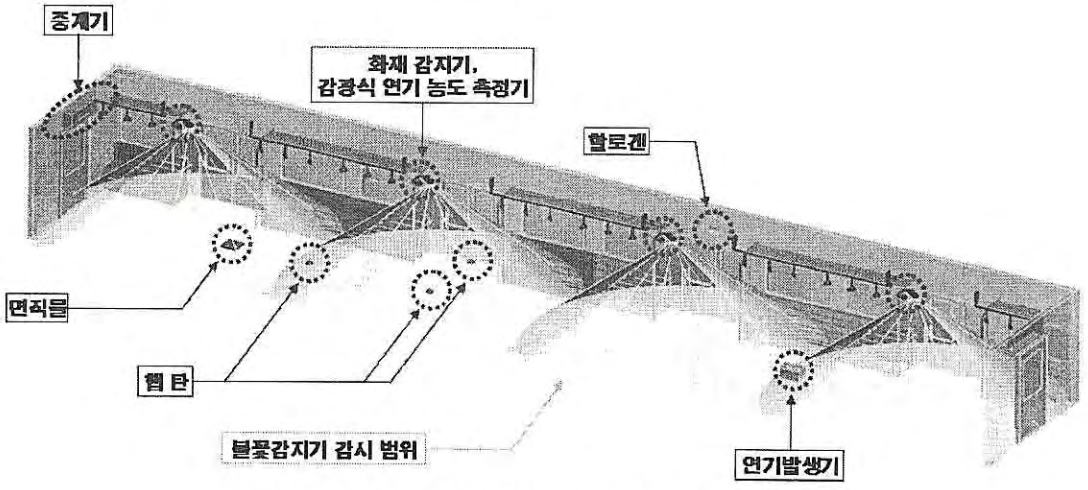


그림 3-5-46 철도차량 화재감지기 시험 사례

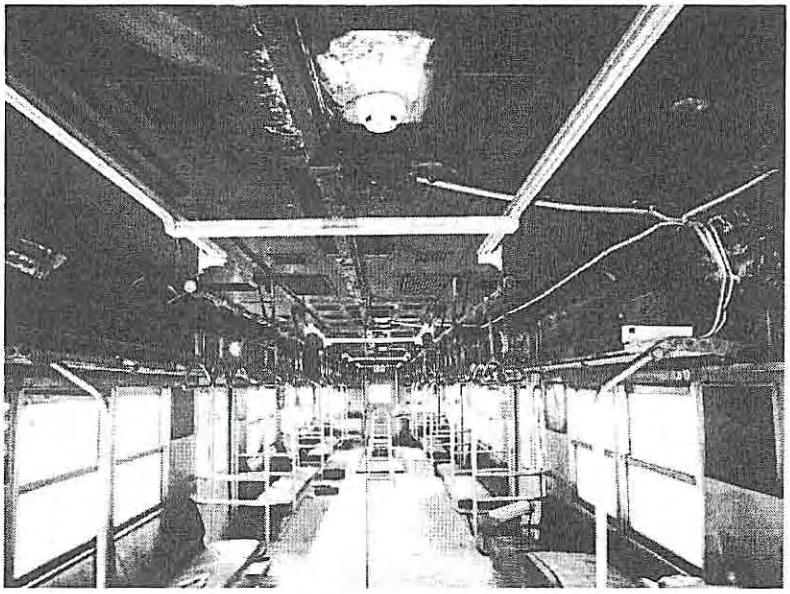


그림 3-5-47 화재감지 시험차량 내부

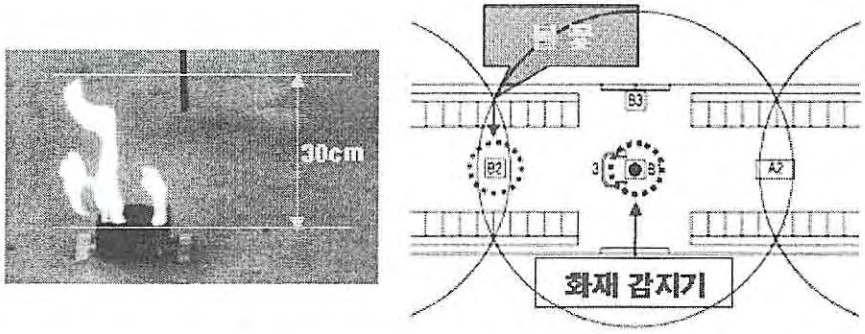


그림 3-5-48 2m 45cm 불꽃감지시험 위치

표 3-5-81 화재감지기 시험 내용

화재 감지기	1회	2회	3회
F100 #1	3초 이내	3초 이내	3초 이내
F100 #2	3초 이내	3초 이내	3초 이내
F100 #3	3초 이내	3초 이내	3초 이내
F100 #4	3초 이내	3초 이내	3초 이내

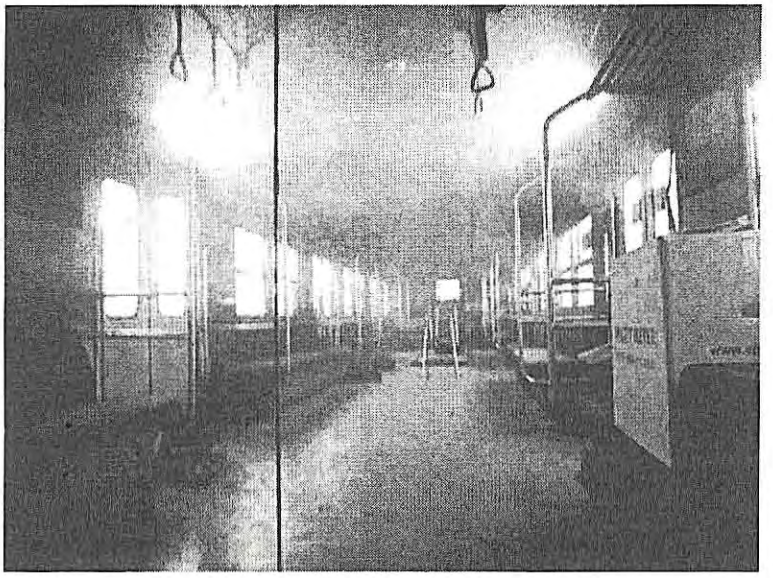


그림 3-5-49 화재감지기 시험장면

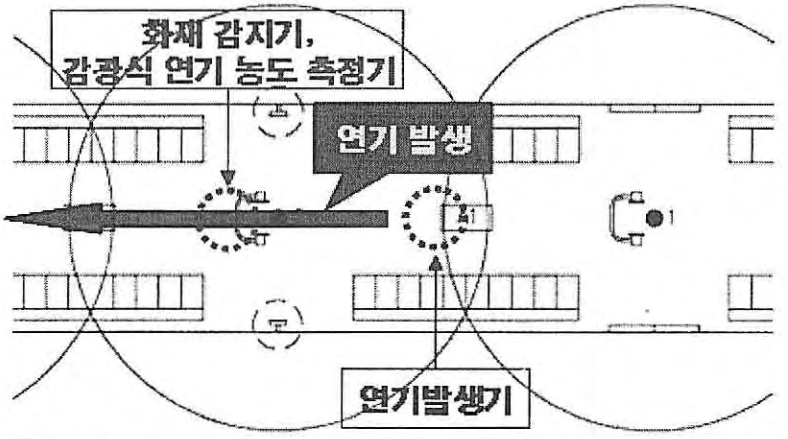


그림 3-5-50 연기발생기를 이용한 연기감지 실험 개략도

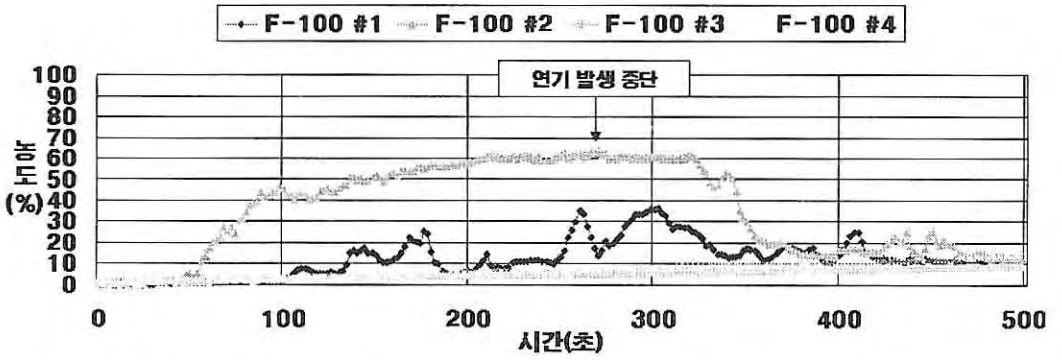


그림 3-5-51 연기발생기를 이용한 연기감지 실험결과

마. 기준 및 해설서

(1) 화재 감지 및 경보설비 성능 기준

1.적용범위

본 규정은 철도차량용 화재 감지 및 경보 설비의 성능 기준 및 시험방법과 관련된 사항에 적용한다.

2.일반설치기준

(가) 차량용 감지기는 감지기의 형식승인 및 검정기술기준(KOFEIS 0301)과 철도차량부품의진동시험방법(KS R 9144) 및 실차감지성능시험기준을 만족하여야 한다. 형식시험 기준에 정하여 지지 않은 형식의 감지기를 설치하고자 할 경우 차량운영자(또는 차량 발주자)는 대상감지기의 오작동 방지에 관한 시험을 정하여 요청할 수 있다.

(나) 차량내의 화재 감지 사각이 발생되지 않도록 화재 감지기를 설치한다.

(다) 경보기는 시각과 청각을 통해 전파할 수 있는 장치를 차량당 각 1개 이상씩 설치한다.

3.경보성능기준

(가) 경보장치는 감지기 작동과 연동하여 작동할 수 있는 것으로 해야 한다.

(나) 승무원에게 위험을 알려주는 기능을 갖출 것

(다) 화재가 발생한 철도차량을 승무원에게 알려주는 기능을 갖출 것

(라) 동력차에는 차체 내부 또는 외부에 음향경보장치나 화재경보등을 설치할 것

(마) 동력차에 설치되는 음향경보장치는 운전실에서 들을 수 있도록 철도차량의 운행중 발생하는 소음수준보다 5데시벨 이상의 음향수준을 갖출 것

(바) 2 이상의 동력차를 편성하여 운행하는 열차에서 경보시스템이 작동되는 경우에는 모든 동력차의 화재경보등이 작동할 것

(사) 객차에 설치되는 음향경보장치는 여객에게 위험을 알릴 정도의 음향수준을 갖출 것

(아) 객차에 화재의 발생을 경보하는 장치를 설치하는 경우에는 청각장애인을 고려한 표시장치를 갖출 것

4.감지기경보레벨

철도차량용 화재감지기는 다음과 같이 2단계 이상의 경보레벨을 갖추어야 한다.

(1) 연기감지형 화재감지기는 5-15% 연기농도에서 조기감지15% 이상에서 화재감지를 할 수 있어야 한다.

(2) 온도감지형 화재감지기는 화재가 발생한 경우 섭시 50-70도 사이에서 감지를 할 수 있어야 한다. 다만, 화재가 아닌 환경조건으로 인한 고온조건에서 경보가 발생하지 않도록 하는 수단이 갖추어져야 한다.

(3) 불꽃감지형 화재감지기는 3-5초 동안 유지되는 불꽃에 대하여 조기감지, 5초 이상 유지되는 불꽃에 대하여 화재감지를 할 수 있어야 한다.

(4) 기타의 방식으로 작동되는 화재감지기의 경우에도 상기의 화재감지 성능에 준하는 수준의 조기감지 레벨 및 화재감지 레벨을 갖추어야 한다.

5.종합감지성능시험기준

철도차량용 화재감지기는 철도차량 구조의 실내 공간에서 아래에 규정된 실차감지성능시험기준을 만족하여야 한다.

(1) 실차감지성능시험 시나리오

- 화재시험은 성능평가 대상차량과 동일한 구조의 시험 공간 내에서 수행함을 원칙으로 한다. 다만, 대상차량의 차량운영자(또는 발주자)가 철도차량용 실차성능시험설비로 인정한 설비를 이용할 수 있다.
- 화원은 신문지 0.2kg과 햅탄 0.5L를 0.3*0.3*0.1m 용기에서 태운다.
- 화원의 위치는 차량의 길이 방향으로 4등 분위 지점에 각 1회씩

설치하여 4번 반복 수행한다.

(2) 실차감지성능기준

- 철도차량용 화재감지기는 실차감지성능시험의 모든 시나리오 시험에 대하여 착화시점으로부터 10초 이내에 화재를 감지할 수 있어야 한다.

(2) 해설서

철도차량 화재 감지 및 경보 관련 기준은 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제 455호) 제 11조에 침대차에 화재 감지 장치 설치 의무와 위험도 분석 결과 화재 위험이 인정되는 철도차량에 화재 감지 및 경보 장치 설치를 하도록 규정하고 있다. 그러나 화재 감지기 및 경보 장치의 구체적인 성능 기준에 대해서 제시되어 있지 않다. 따라서 철도차량 화재 감지 및 경보 장치 성능 기준 세부 지침을 본 지침으로 규정하고자 한다.

국내에 사용되는 화재감지기의 경우 행정자치부령 자동화재탐지설비의화재안전기준(NFSC 203) 제 4조에서 규정한 감지기 경계 구역의 정의로부터 작성되고 화재 감지기 종류에 따른 감지 거리 및 면적의 정의는 한국소방검정공사 감지기의 형식승인 및 검정기술기준(KOFEIS 0301)에 따른다. 철도차량 화재경보 기준은 행정자치부령 자동화재탐지설비의화재안전기준(NFSC 203) 제 8조와 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제 455호) 제 11조(화재의 감지 및 경보)를 따르고 있다. 철도차량용 화재감지기의 경우에도 기본적으로 소방법이나 감지기 형식승인 기준에 준하는 평가를 받을 필요성이 있다고 판단되어 이를 따르도록 하였다. 다만, 새로운 형식의 감지기를 적용할 경우 이에 대한 형식승인 기준이 부재할 수 있다는 지적에 따라 차량운영자가 오작동 방지와 관련하여 필요하다고 판단되는 시험을 요청할 수 있도록 하였다. 추가로 철도차량용품의 진동시험을 통하여 이상이 없음을 확인하도록 하였으며, 철도차량에서의 화재감지 능력은 차량감지성능시험을 별도로 두어 평가하도록 하였다. 화재감지 레벨은 두단계 이상으로 두게 한 것은 차량에서 요구되는 조기 감지 성능을 구현하기 위한 것이다. 온도감지 레벨은 건축용 감지기에 적용하는 80도 보다 낮은 70도로 설정하여 조기 감지가 가능하도록 하였고, 환경조건에 의한 비화재보가 발생하지 않도록 보완을 요구하였다.

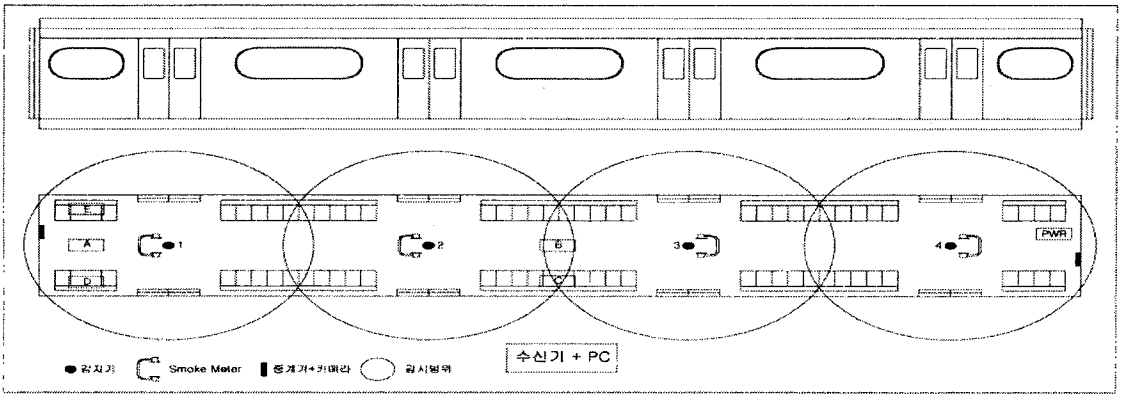


그림 3-5-52 철도차량 화재감지기 종합성능 시험 사례도

7. 화재시 탈출 및 대피기준

가. 개요

본 과업의 요구사항은 "프로젝트는 화재시 탈출 및 대피 기준을 정립하여야 한다."는 것이다. 건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제12조(화재발생시의 대피)에서 화재발생시 승객 대피와 관련되어 축전지로 작동하는 통신장치, 화재상황을 알릴 수 있는 방송장치, 비상조명등 및 환기장치의 비상닫힘장치 등이 언급되어 있으며, 제50조(비상조명등) 에서는 비상조명등의 설치 위치, 작동시간 및 성능에 대한 기본적인 내용이 제시되어 있다. 본 연구에서는 화재시 탈출 및 대피 관련 기준의 검토를 위하여 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국내 현 기준의 수준 정도를 가늠하고자한다. 국제수준의 철도 안전 구현을 위하여 화재시 탈출 및 대피와 관련된 기준들 중 선별하여 추가로 기준을 제시하고자 한다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준일 것
- 현재의 기술수준으로 달성가능할 것
- 국제규격 및 국내규정에 부합할 것
- 세부기준이 명확히 규정될 것(타기준들과의 중복성은 없는가)

나. 이론적 배경

철도화재 사고시 피해를 최소화하기 위한 대책으로는 화재예방, 발생화재의 초기 진화, 초기진화 불가능시 화재성장 및 전파억제, 화재에 의한 연기의 전파 차단 및 신속한 배출 그리고 화재 및 연기전파를 고려한 피난 대책 등 각 방면의 대책 기술이 요구되어 진다. 철도의 경우 활용도가 높은 교통수단으로 일단 운영이 시작되면 보수 보강이나 시설변경에 많은 어려움이 있게 되므로 이중에서도 화재예방을 위한 설계단계의 대책의 중요성은 더욱 강조되어야 할 것이다. 적절한 화재예방을 위해서는 설계단계에서의 제도적 관리지침의 명료성과 실효성 있는 구체적인 평가기술 및 시험설비의 지원체계가 마련되어야 하겠다. 철도차량의 화재예방이 가장 중요하나 테러 및 방화에 의한 화재의 발생가능성을 제로화하기란 현실상 어렵다. 그렇기 때문에 철도차량에 화재가 발생하였을 경우에 이에 대한 대책을 강구하고 화재안전 관련시설에 대하여 국가기준으로 제시하는 것은 필수이다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 화재안전기준<비상조명등의화재안전기준(NFSC 304)>

○ 화재안전기준<유도등및유도표지의화재안전기준(NFSC 303)>

○ 한국산업규격 조도 기준(KS A 3011)

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 영국

- BS6853:1999
- 철도그룹기준(Railway Group Standard)
- ATOC 차량 기준: AV/ST9002

○ 캐나다

- 철도차량의 점검과 안전규칙 (TC O-26: Railway Locomotive Inspection and Safety Rules)
- 승객유도를 위한 안전규칙 (TC O-16: Railway Passenger Handling Safety Rules)

○ 미국

- FRA의 연방규정 코드번호 49 CFR, 11장(10-1-03 판)
- 진입/대피를 위한 설비의 표지판에 대한 표준(APTA SS-PS-002-98 Rev 3)
- 객차의 비상대피용 유닛에 관한 기준(APTA SS-PS-003-98 Rev 1)
- 객차 비상조명등에 대한 표준(APTA SS-E-013-99, Rev. 1)

○ 유럽연합

- EN 13272 (철도응용품-대중교통으로서의 철도차량의 조명등 (Railway applications - Electrical lighting for rolling stock in public transport systems)

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 관련 기준 및 자료 분석

(가) 국내 관련 기준 및 자료 분석

① 화재안전기준

<비상조명등의화재안전기준(NFSC 304)>

비상조명등은 각 거실과 그로부터 지상에 이르는 복도·계단 및 그 밖의 통로에 설치하여야 하며, 조도는 비상조명등이 설치된 장소의 각 부분의 바닥에서 1lx 이상이 되도록 한다. 예비전원을 내장하는 비상조명등에는 평상시 점등여부를 확인할 수 있는 점검스위치를 설치하고 당해 조명등을 유효하게 작동시킬 수 있는 용량의 축전지와 예비전원 충전장치를 내장할 것을 지시한다. 비상전원은 비상조명등을 20분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 용량을 제시하고 있다.

<유도등및유도표지의화재안전기준(NFSC 303)>

유도표지는 계단에 설치하는 것을 제외하고는 각층마다 복도 및 통로의 각 부분으로부터 하나의 유도표지까지의 보행거리가 15m 이하가 되는 곳과 구부러진 모퉁이의 벽에 설치하여야하며, 피난구 유도표지는 출입구 상단에 설치하고, 통로유도표지는 바닥으로부터 높이 1.5m 이하의 위치에 설치하여야 한다. 또한 주위에는 이와 유사한 등화·광고물·게시물 등을 설치하지 못하도록 하여 시인성을 높일 수 있도록 하였다. 유도표지는 일정 조도 하의 밝기에서 방치된 후 조명성능이 유지되도록 하였다.

② 한국산업규격 조도 기준(KS A 3011)

한국산업규격 조도기준에서 조도 분류 KS A 3011에서 현재 철도안전기준에 관한 규칙 50조의 비상조명등에서 규정한 5룩스는 가장 어두운 조명에 속한다. 이 정도의 밝기는 극장에서 영화상영시의 조도로 매우 어두운 편에 속한다.

표3-5-82 조도 분류와 일반 활동 유형에 따른 조도값

활동유형	조도분류	조도 범위[lx]	참고 작업면 조명 방법
어두운 분위기 중의 시식별 작업장	A	3-4-6	공간의 전반 조명
어두운 분위기의 이용이 빈번하지 않는 장소	B	6-10-15	
어두운 분위기의 공공장소	C	15-20-30	
잠시 동안의 단순 작업장	D	30-40-60	
시작업이 빈번하지 않은 작업장	E	60-100-150	
고휘도 대비 혹은 큰 물체 대상의 시작업 수행	F	150-200-300	작업면 조명
일반 휘도 대비 혹은 작은 물체 대상의 시작업 수행	G	300-400-600	
저휘도 대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업 수행	H	600-1000-1500	
비교적 장시간 동안 저휘도 대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업 수행	I	1500-2000-3000	전반 조명과 국부 조명을 병행한 작업면 조명
장시간 동안 힘드는 시작업 수행	J	3000-4000-6000	
휘도 대비가 거의 안되며 작은 물체의 매우 특별한 시작업 수행	K	6000-10000-15000	

비고 . 조도범위에서 왼쪽은 최저, 밑줄 친 중간은 표준, 오른쪽은 최고 조건이다.

표3-5-83 철도수송기관에 따른 조도 분류

철도 수송 기관	
장소 / 활동유형	조도 분류
객차 연결 복도, 승· 하차, 좌석 통로	C
광 고 판	D
광 고 판 (후면 조명)	860cd/m2
독 서	D
식당, 주방, 침대 객차	E
일반 조명	C
화 장 실	D

(나) 국외 관련 기준 현황

① 영국

○ 영국 기준 BS6853:1999

- 10조가 승객과 승무원의 탈출 지침을 설명하고 있다.

- 10.2 조는 "비상탈출구의 특성"에 대한 것이다. 즉, "통상 그리고 보통 잠겨져 있는 이 비상문은 비상사태 발발 시 승객이 열쇠나 기타 아무런 공구없이도 문을 열 수 있는 구조여야 한다." 이다.

- 10.3 조는 "외부도어의 전원"에 대한 것으로, "전기적으로 작동하는 외부도어는 열차 내부에서 그리고 심지어 전원이나 그 메커니즘이 망가진 상태에서도 비상시에 승객이 키나 공구의 사용 없이 문을 열 수 있는 구조여야 한다." 라고 되어 있다.

- 10.4 와 10.5 조는 내부도어의 요구조건을 담고 있는데, 전기적으로 작동하는 내부도어는 전원이 끊긴 상황에도 키나 공구의 사용 없이 문을 열 수 있는 구조여야 한다."라고 나와 있다. 복도쪽의 회전문은 양쪽 방향 다 회전이 가능하여야 하지만, 만약 한쪽 방향의 회전문이라면, 그 회전방향은 외부출구에 가까운 방향이어야 한다.

- 10.6 조는 주전원이 끊기더라도 90분을 견딜 수 있는 비상조명등에 관한 것이다.

○ 철도그룹기준(Railway Group Standard)

- GM/RT 2473 (Power Operated External Doors on Passenger Carrying Rail Vehicles)

· 승객운송용 철도에 있어 전원으로 동작하는 외부도어에 관한 사항

· 전원으로 동작되는 외부도어는 반드시 열차승객의 사용성 위주로 고안되어야 한다.

· 승객의 안전 확보 차원에서 열차가 이동중이거나, 또는 역에서 멀리 떨어진 곳에 위치하거나 안전이 확보되지 않은 곳에서 문이 열리지 않도록 하여야 한다.

· 각 외부도어는 기차가 정차중일 때 외부에서 문을 여는 것이 가능하도록 도어해제장치가 구비

· 외부도어는 전원공급이 일시적으로 중단되는 것과 상관없이 작동
· 이에 대한 작동 방법을 알려주는 안내문이 라벨과 명확히 부착되어야 한다.
· 전원공급 여부와 상관없이 내부의 승객이 문을 열 수 있도록 내부도어에는 비상탈출용 장치 설비
· 열차가 시속 5km 이하에서만 여는 것이 가능. 각 장치에는 사용법을 표식판에 정확히 명기

- GM/RT 2177

· 열차 비상 안전설비와 표식에 관한 사항
· 안전과 비상 표식은 다른 표식보다 우선
· 표식의 문구와 배치는 정보의 중요성을 반영. 예를 들어

첫째 정보 : 장치의 이름
둘째 정보 : 작동법
세번째 정보 : 사용의 제한에 관한 팁
마지막 정보 : 부적절한 사용에 대한 경고정보, 가령 벌금 등

○ ATOC 차량 기준: AV/ST9002

- 화재안전과 승객탈출을 위한 차량 내부 설계
- ATOC 규정은 강제성이 없는 권장사항
- 승객과 승무원들이 비상사태 발발시 열차로부터 적절하게 탈출이 가능하도록 객차의 내부 디자인을 설계해야 한다는 것이 그 주 목적
- 승객을 최대 허용기준으로 태웠을때...측면탈출의 경우...모든 승객은 90초 이내의 시간에 밖의 승강장 높이로 탈출이 되어야 한다.
- 비상도어를 작동시키는 장치에 만약 어떤 개폐가능한 커버가 있다면, 그 커버를 벗기고 비상도어를 작동시킬 때 키나 어떤 공구가 없어도 열리게끔 해야 한다. 또한 그 커버는 평상시 승인되지 않은 사람이 함부로 접근을 못하도록 만들어져야 함.
- 6.1항에는 전원없이도 승객이 내부도어를 열 수 있도록 규정한다. 열차가 탈선하거나 부분적 혹은 전체가 전복되는 상황에서 내부도어가 작동이 않되는 문제를 극복하기 위한 방법으로 이렇게 제시한다.

"... 내부도어를 미닫이식으로 양쪽으로 열리게끔 하거나 객실 한 끝단의 양

반대편에 힌지를 둬야 한다..."

② 캐나다

○ 철도차량의 점검과 안전규칙 (TC O-26: Railway Locomotive Inspection and Safety Rules)

- 모든 전원에 의한 도어와 계단은 시스템이 망가질 경우 수동조작이 가능하도록 하고 있다.

- 탈출에 대한 선호수단은 승무원에 의해 조절된다. 그러나 최후의 보루로써 승객이 스스로 문을 열 수 있는 길을 열어 둬야 한다는 것이 본 규칙의 내용이다.(19.3 항 참조)

- 각 객차 한면에 최소 두개씩, 양 끝단까지 합쳐 총 4개의 탈출용 비상창문을 시야가 방해받지 않도록 하여 각 객차에 설치되어야 한다(20.2 항)

- 눈에 보이는 곳에 명료한 안내문이 있어야 하며, 비상설비 역시 각 객차마다 눈에 띄고 접근 가능하여야 하며, 객차 인테리어의 마무리부분은 날카롭게 생기지 않아야 한다.

○ 승객유도를 위한 안전규칙 (TC O-16: Railway Passenger Handling Safety Rules)

- 이 규정집에는 열차탈선에서부터 테러리스트의 위협에 이르기까지 다양한 형태의 비상사태에 대비한 안전계획들을 철도 운영회사는 문서로 정형화시키고, 또한 각각의 경우에 대한 승무원 교육이 이루어져야 한다.

③ 미국

○ FRA의 연방규정 코드번호 49 CFR, 11장(10-1-03 판)

- 강제적임(연방법)

- 비상창문과 비상도어에는 객차의 안과 밖에서 수동으로 열릴 수 있도록 함

- 각 객차에는 최소 4개의 탈출을 위한 비상창문을 구비, 이는 비상사태에서 객차 내부에서 빠르고 손쉬운 제거가 가능해야 하며 어떤 공구나 특수도구를 필요로 하지 않아야 한다.

- 모든 객차에는 전기로 작동되는 외부의 각 도어에 대해 수동으로도 동작할 수 있는 설비가 구비. 이 수동 메커니즘 또한 객차의 내부와 외부에서 전원이 없이도 문을 열 수 있도록 하여야함. 이 각각의 장치는 그것을 컨트롤 할 수 있도록 도어 옆에 위치시켜야 한다.
- 철도회사는 이 비상도어장치에 커버나 칸막이를 둘 수 있다. 그러나 이 커버는 공구나 특수도구를 쓰지 않고 열 수 있어야 한다.
- 비상용의 모든 문과 창문에는 표시를 하고 그 사용법을 명시해야 한다.
- 응급구조단이 접근이 용이하도록 설계된 모든 출구도어는 분명하고 쉽게 이해되도록 역반사 소재로 표시가 되어야 한다.
- 비상조명등이 각 객실에 구비되어야 하고 또한 최소 90분 이상 모든 설비를 가동시킬만한 보조전력을 충전하고 있어야 한다.
· 1foot-candle : 통로문이나 출입문 근처의 바닥에서 평균조도
(=10.764룩스) 통로의 중앙을 따라 높이 위 25인치의 평균조도
· 0.1foot-candle : 통로의 중앙을 따라 바닥높이 위 25인치의 최소조도
· 보조전원은 수직의 45도 이내에서 모두 작동하여야하고, 다음과 같이 적용되는 탈선이나 충돌에 의한 충격(길이방향 8g, 수평방향 4g, 수직방향 4g)에 견디어야함.
· 제시한 최소한의 조도의 40%이상의 손실없이 90분이상을 견디어야 함.
- 객차 끝단의 문(즉, 다음 객실과의 연결문)은 도어가 열리지 않을 경우를 대비하여 발로 치면 부서지는 판넬과 깨뜨릴 수 있는 창문 또는 그와 비슷한 수단으로써 탈출할 수 있게 장치이거나 아니면 충돌 뒤 차체가 뒤틀려 있을 경우라도 작동불능으로 될 확율이 거의 희박하게 설계되어 있어야 한다.
- 철도기관사는 적절한 대응이 가능한 비상대응책을 미리 갖춰 둘 필요가 있다. 여기서는 철도종사자에 대한 훈련이 포함된다. 마찬가지가 중앙통제소 직원에게도 해당한다.
- "특수상황", 가령 터널안에서의 열차운행과 같은 상황에서는 각별한 주의를 필요로 한다. 열차운행자의 비상플랜 속에는 1,000피트 또는 그 이상의 터널에서 발생하는 위급상황에서 승객안전을 보호하기 위해 고안된 절차들을 반영하고 있어야 한다. 예를 들어 그 플랜에는 비상등의 규격, 비상 탈출구로의 접근성, 열차에서 내리기 위한 사다리, 유무선의 통신장치등이 있을 수 있겠다.

- 열차 천장에 있는 탈출용 해치에 관한 이슈는 "천장 비상진입위치"라는 제목의 조항에서 다루고 있는데, 각 객차는 최소 한개 이상의 비상해치를 달아야 한다고 나와 있다. 이는 논란의 여지가 있는 것으로 많은 수의 기관사들은 그런 해치가 갖는 본래적인 문제점에 우려를 나타내고 있다. 이 규정집에서는 이에 대한 대안적 방법으로 객차 천장부에 최소 1군데 이상으로 구조적으로 약하게 만든 부분을 표시를 해 두어 차후 비상구조단이 적절한 장비를 동원하여 진입을 빨리 할 수 있도록 하자는 것이다.
- 이 규정들중의 일부는 관광, 역사, 유흥여행을 위한 열차운행에는 적용하지 않음
- 열차탈선에서부터 테러리스트의 위협에 이르기까지 다양한 형태의 비상사태에 대비한 안전계획들을 철도 운영회사는 문서로 정형화시키고, 또한 각각의 경우에 대한 승무원 교육이 이루어져야 한다.

○ 진입/대피를 위한 설비의 표지판에 대한 표준(APTA SS-PS-002-98 Rev 3)
- APTA(The American Public Transportation Association)이 2007.10에 발행
- 비상표식판에 대해, 가령 최소글자의 높이라든지 하는 세세한 부분까지도 제공하고 있는데, 이는 비상창문과 비상도어를 가리키는 표지는 실내 비상등 조도에서 5피트 거리에서 해독할 수 있어야 한다.
- 2008년 4월 7일 이후로 제작발주 또는 2011년 1월 1일 이후 운행되는 차량의 개방장치 위치표시는 16in2 (103cm2) 보다 커야한다.

○ 객차의 비상대피용 유닛에 관한 기준(APTA SS-PS-003-98 Rev 1)
- 대피창문과 대피도어의 허용가능한 개수를 공식으로 제시
- 열차 제조업체는 비상 탈출 시스템에 부합하는 정확한 수의 비상창문과 비상출구를 판단하여 제작하여야함.

○ 객차 비상조명등에 대한 표준(APTA SS-E-013-99, Rev. 1)
- 객차에 대한 일반적인 비상조명에 대한 최소한의 성능을 규정함.
- 설치위치, 조도, 전원에 대한 규정

- 초기 10.8룩스 이상, 90분후 60%이상의 성능(6.5룩스) 이상의 성능을 보여야 함.
- 연속측정값의 최소값은 기준값의 1/10이상이여야 함.

④ 유럽연합기준

○ EN 13272 (철도응용품-대중교통으로서의 철도차량의 조명등 (Railway applications - Electrical lighting for rolling stock in public transport systems)

- 비상등은 철도차량으로 부터 안전한 탈출과 연속된 점유를 가능하기에 충분해야 한다. 비상등시스템은 철도차량내부를 승객이 움직이고 방해물의 존재를 인식할 수 있도록 최소한의 광량을 가져야 한다. 부유입자, 연기 및 먼지에 기인한 가시도의 감소를 고려하여야 한다. 출구는 명확하게 인지되어야 한다. 비상등은 자동으로 작동하도록 하여야하며, 승객들에 의하여서 꺼지지 말아야한다.

- 비상등의 초기성능은 5초 이내에 필요한 광량의 50%이상을 보여야 하며 15초 이내에 필요한 광량을 보여야 한다.
- 최소 밝기
  - 피난로의 중앙선에서의 평균의 최소값 5룩스
  - 출구 문턱에서의 최소값 30룩스
  - 출구 표시에서의 최소값 50룩스
- 최소작동시간
  - 대량교통의 철도차량: 적어도 1시간
  - 다른 철도차량: 적어도 3시간
- 비상등의 위치
  - 객실, 화장실, 운전석, 부엌등
  - 문과 문계단 근처, 특별이 비상탈출구로 사용되는 위치
  - 측면 복도, 전실등과 같이 방해물로 인식되는 공간
  - 측면 복도 및 복도에 방향이 바뀌거나 종단 부근
  - 바닥높이가 바뀌는 모든 영역

- 비상등은 어느 때에든지 체크가 가능해야하며, 정규적으로 기능의 성능이 체크되어야 한다.

- 광량 측정 조건

· 측정한 용품을 가용한 철도차량의 지정된 전원공급장치, 차량 충전지는 완충상태야 한다.

· 대기 온도는 22도+-2도여야 한다.

· fluorescent 전구의 burn-in 시간은 최소한 150h이어야 한다.

· 스위치를 켠후 20분 이후 측정

· 요구 광량보다 5%이하의 환경광량에서 측정

· 차량이 청소되어 있고 모든 장비가 구비된 상태, 그러나 승객들이 타지 않은 상태에서 측정

(다) 측정결과 및 고찰

○ 시험장소 : 경남 창원 로템공장 G7 출고장

○ 시험차량 : 서울시 2호선 전동차 226편성 中 운전객차

○ 객차 내부길이 : 약 17.6 m

○ 철도차량 내부 환경조도: 평균 0.24룩스 (요구광량기준의 5%보다 작음)

○ 시험방법 : 측정위치에서 바닥으로부터 1m 이격하여 1분간 10Hz로 조도를 측정

○ 사용조도계 및 분해능 : IM-5 (Topcon 社), 0.1룩스

○ 측정위치 : 차량바닥(운전실로부터 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16m 떨어진 바닥 중앙), 철도차량간 출입문(갱웨이) 중앙 1곳, 승강장 출입문 바닥 중앙 2곳, 비상용 문 개방장치 2곳

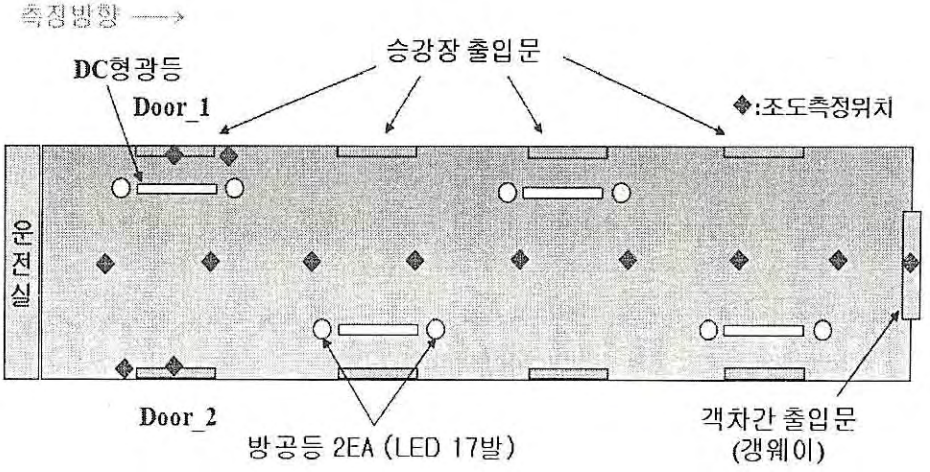


그림 3-5-53 측정개략도

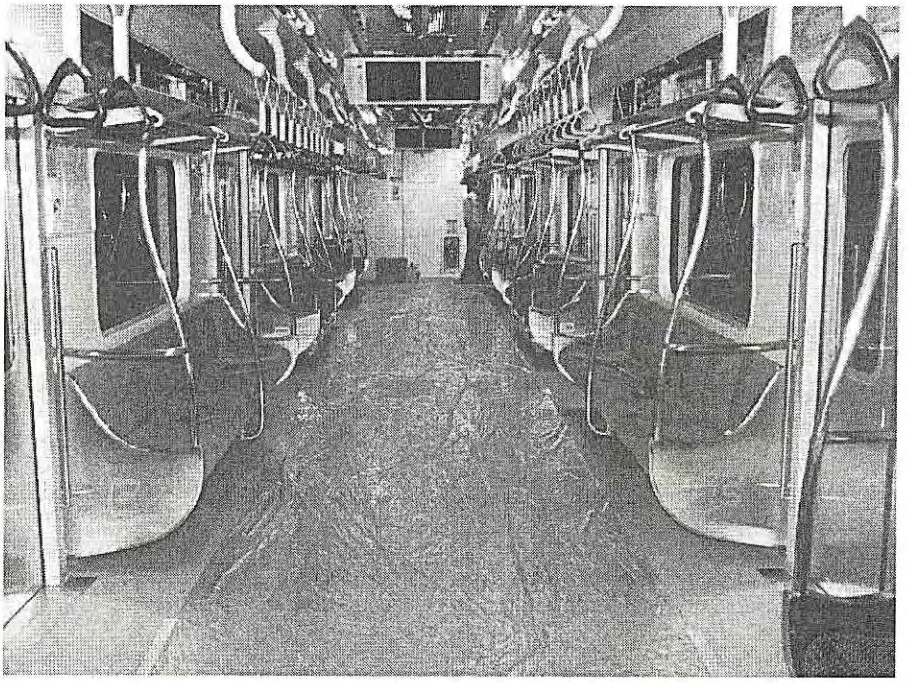


그림 3-5-54 조도측정 신규차량(서울시 2호선 전동차 226편성, 17편성) 내부전경

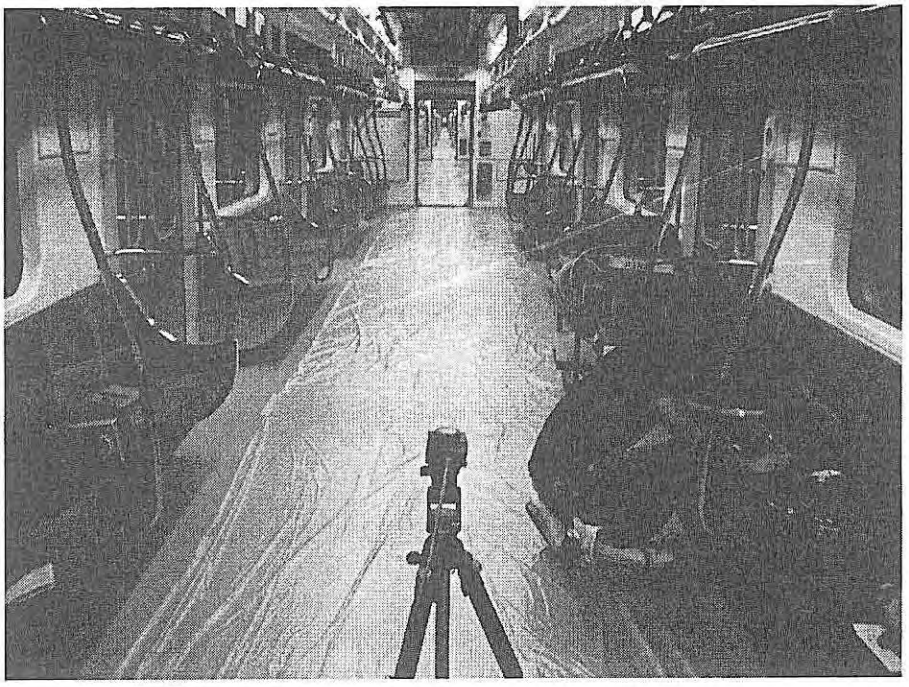


그림 3-5-55 철도차량 통로 조도측정



그림 3-5-56 철도차량간 출입문 조도측정

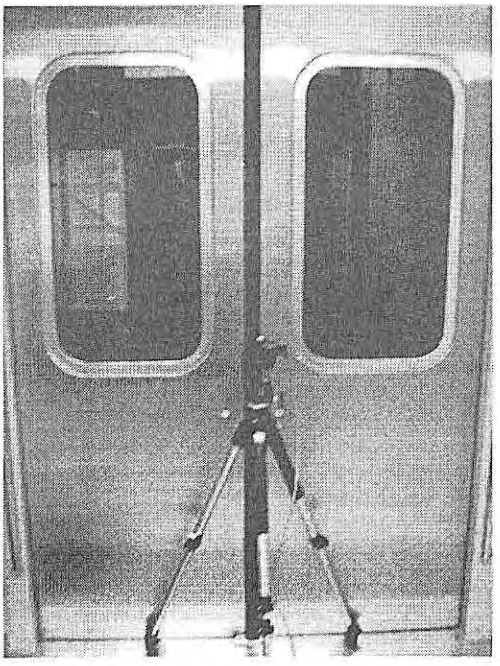
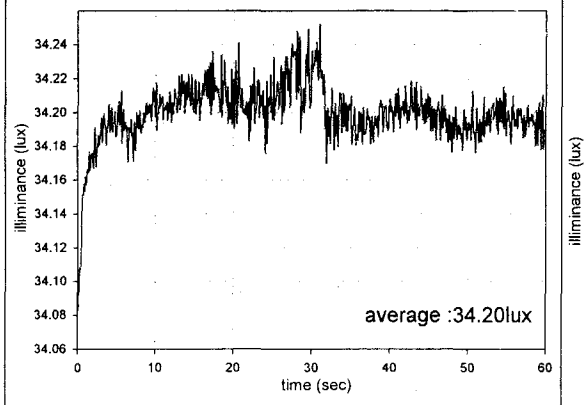
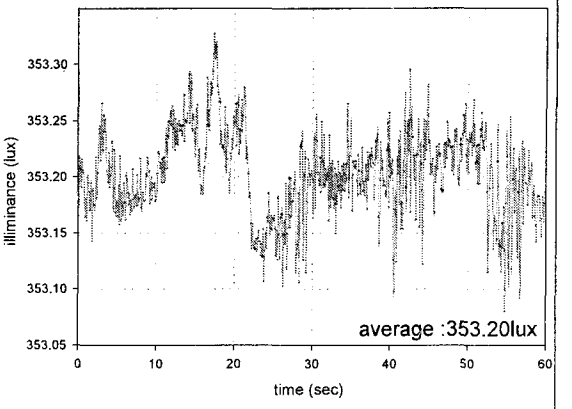


그림 3-5-57 승강장 출입문 조도측정

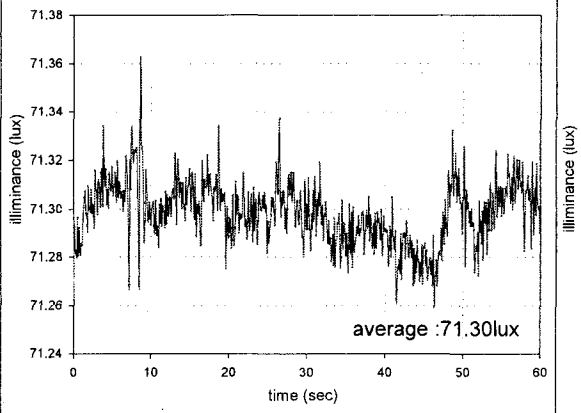
○ 시험결과



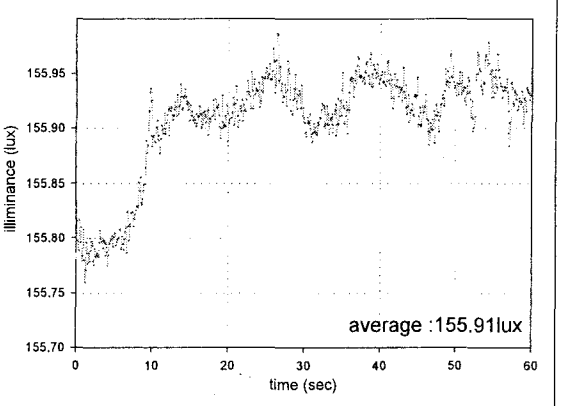
갱웨이 중앙에서의 조도



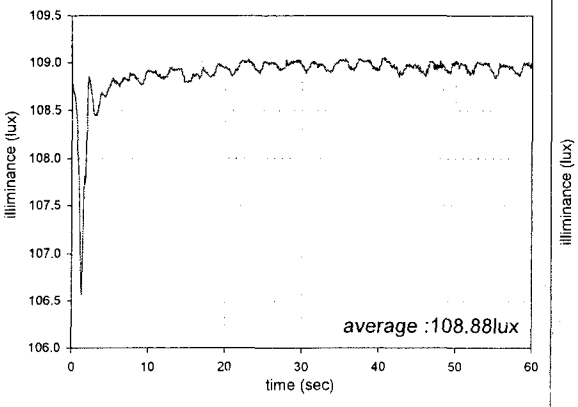
승강장 출입문 1 중앙에서의 조도



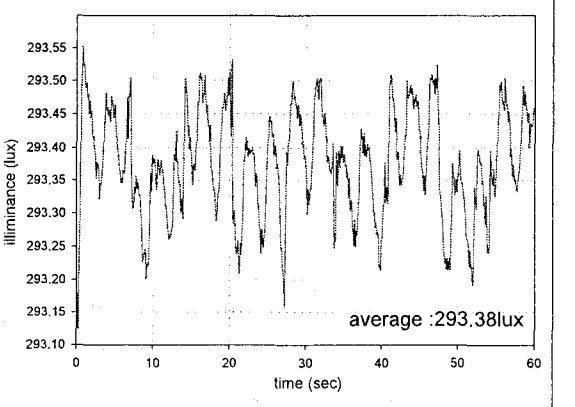
승강장 출입문 2 중앙에서의 조도



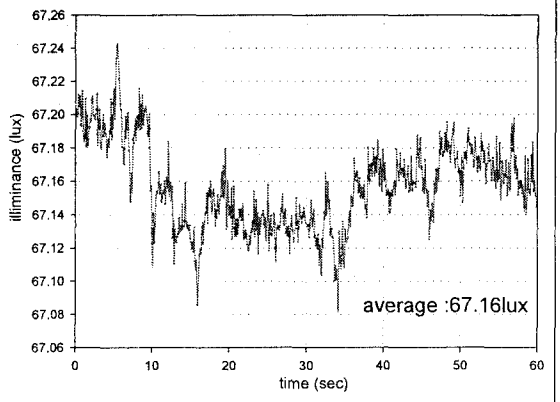
차량 통로 2m 지점 중앙에서의 조도



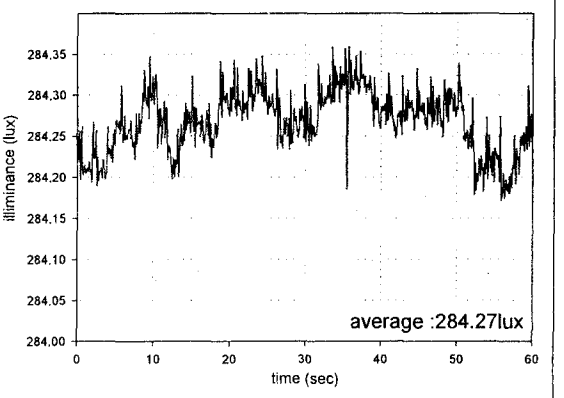
차량 통로 4m 지점 중앙에서의 조도



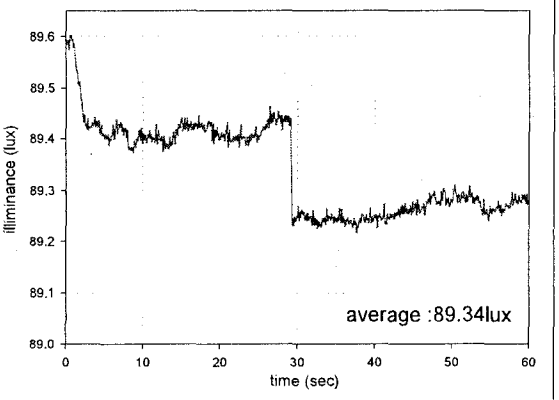
차량 통로 6m 지점 중앙에서의 조도



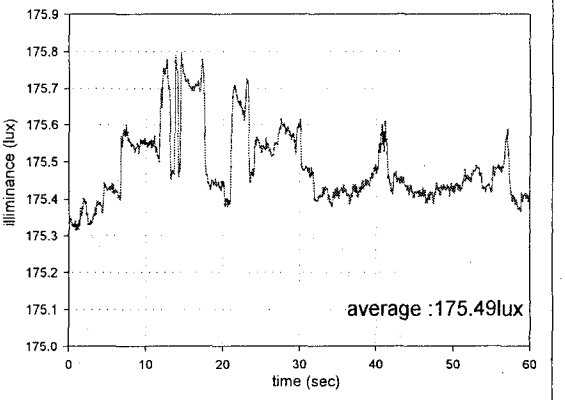
차량 통로 8m 지점 중앙에서의 조도



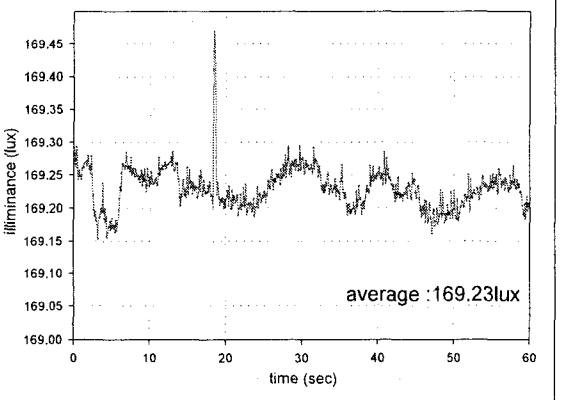
차량 통로 10m 지점 중앙에서의 조도



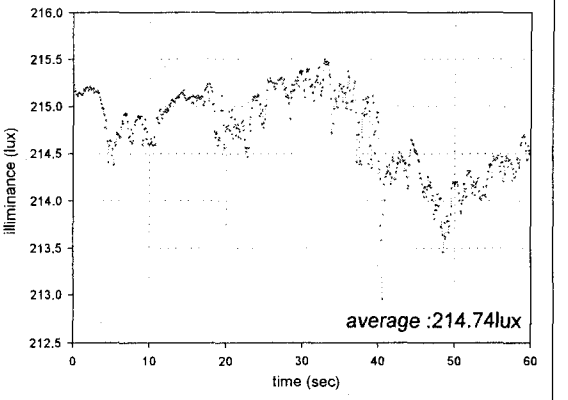
차량 통로 12m 지점 중앙에서의 조도



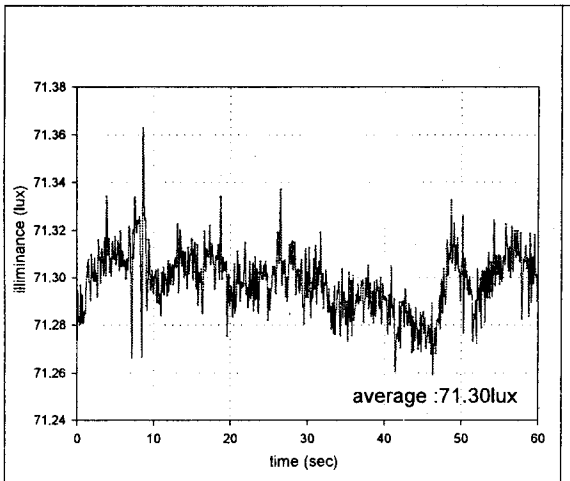
차량 통로 14m 지점 중앙에서의 조도



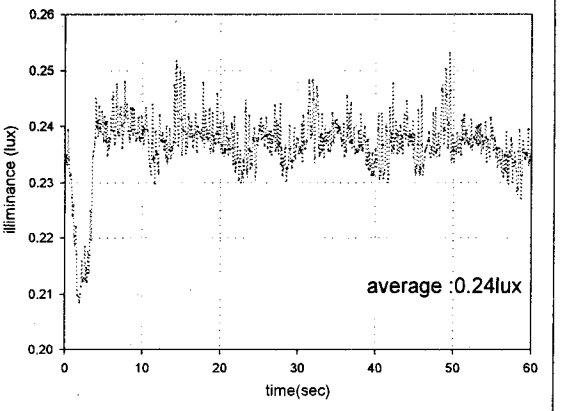
차량 통로 16m 지점 중앙에서의 조도



비상개폐장치 1에서의 조도



비상개폐장치 2에서의 조도



환경조도

표3-5-84 측정 위치에 따른 평균 조도 값 [lux]

위치	평균조도	위치	평균조도
갱웨이	34.20 lux	바닥 2m (초기 환경)	0.24 lux
문_1 (비상조명등 ON쪽)	353.20 lux	비상개폐장치_1 (비상조명등 ON쪽)	214.74 lux
문_2 (비상조명등 OFF쪽)	71.30 lux	비상개폐장치_2 (비상조명등 OFF쪽)	71.30 lux
통로 2m	155.91 lux	통로 10m	284.27 lux
통로 4m	108.88 lux	통로 12m	89.34 lux
통로 6m	293.38 lux	통로 14m	175.49 lux
통로 8m	67.160 lux	통로 16m	169.23 lux

○ 토의

모든 측정 위치에서 기준 밝기인 10룩스를 크게 상회하였다. 기준 밝기인 10룩스는 현재 철도차량의 비상조명등의 성능의 최소 기준으로 사용되어도 무방한 것으로 측정되었다.

마. 기준 및 해설서

(1) 객비상조명등 기준 수정(안)

철도차량안전기준에 관한 규칙

제50조(비상조명등)

③비상조명등은 여객 및 승무원이 정상적으로 기능을 수행할 수 있는 정도의 밝기를 가져야 하며, 객차의 실내통로 및 비상대피통로의 바닥을 기준으로 조명 밝기를 측정한 경우 10룩스 이상의 밝기가 가능한 한 균일하게 유지되어야 한다.

(2) 객차등의 비상조명등 성능기준 (안)

1. 적용범위

철도차량에 적용되는 비상조명등에 적용한다.

2. 객차등의 비상조명등의 성능세부기준

가. 시험항목

조명 밝기(룩스)

나. 시험대상 품목

객차등에 설치되는 비상조명등을 대상으로 한다.

다. 시험환경

- 비상조명등은 축전지로만 작동되어야 한다.
- 비상상황 발생시에 작동하는 모든 장비의 전력하중을 고려하여 시험을 진행한다.
- 측정시 환경광량은 요구광량기준 5%이하여야 한다.

라. 시험대상 합격기준

(1) 시험대상 위치별 합격기준은 [표 1]과 같다.

[표 1] 위치별 합격기준

위치	밝기(초기/30분후)
승강장 및 차량간 출입문	10.0룩스[1]/6.0룩스[1]
비상용 문 개방장치 및 안내/위치표지	10.0룩스[1]/6.0룩스[1]
실내통로	10.0룩스[1]/6.0룩스[1]

주) 1. 조도 측정은 KS C 1601에 규정된 조도계를 사용한다.

마. 측정위치

(1) 측정위치는 [표 2]와 같다.

[표 2] 측정위치

공간	측정위치
승강장 및 차량간 출입문	출입문 중앙 바닥에서 높이 1m
비상용 문 개방장치 및 안내/위치표지	비상용 문 개방장치 및 안내/위치표지
실내통로	통로의 바닥 중심선 바닥에서 높이 1m[1]

주). 1 동일한 간격으로 5점이상 측정(측정점간의 거리가 2m이상 초과할 수 없다.)

(3) 해설서

건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제12조(화재발생시의 대피)에서 화재발생시 승객 대피와 관련되어 축전지로 작동하는 통신장치, 화재상황을 알릴 수 있는 방송장치, 비상조명등 및 환기장치의 비상닫힘장치 등이 언급되어 있다. 이 중 제50조(비상조명등)에서는 비상조명등의 설치위치, 작동시간 및 성능에 대한 기본적인 내용이 제시되어 있다. 하지만 비상조명등의 성능에 대한 규정이 선진국 규정에서의 성능보다 낮게 제시되어 있으며 비상조명등의 조도가 낮을 경우 승객패닉 상태가 발생하여 인명손실이 발생할 수 있으므로 비상조명등의 밝기 및 유지시간 성능저하에 대한 선진국 수준의 기준을 추가로 제시하였으며 이에 따른 비상조명등의 성능기준(안)을 제시하였다. 철도차량에서의 피난이 완료 가능한 시간(30분) 경과 후에도 일정 성능 이상 유지하도록 규정하였다.

8. 객차 등의 비상창문 설치 기준

가. 개요

본 과업의 요구사항은 "프로젝트는 비상창문 기준을 정립하여야 한다."는 것이다. 본 연구에서는 비상창문 설치기준에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 수준의 비상창문 설치기준을 제시하고자 한다.

객차 등의 비상창문 설치 기준에 대한 요구사항은 다음과 같다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준일 것
- 현재의 기술수준으로 달성가능할 것
- 국제규격 및 국내규정에 부합할 것
- 세부기준이 명확히 규정될 것(타기준들과의 중복성은 없는가)

나. 이론적 배경

건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제46조에는 "③창문의 유리는 안전유리가 사용되어야 하며 비상시 여객이 대피할 수 있도록 객차 당 4개 이상의 비상창문이 설치되어야 하며, 침대차인 경우에는 객차 당 1개 이상의 비상창문이 설치되어야 한다. ④비상창문에는 비상창문여부가 명확히 표시되어야 하며 비상창문 근처에는 여객이 쉽게 알아볼 수 있도록 비상시 사용절차를 설명한 표지가 부착되어야 한다." 라고 규정하여 기본적인 비상창문 설치기준을 마련하고 있다. 하지만 비상창문의 설치 위치를 결정하는 점, 비상창문의 폭이나 높이에 관한 문제, 비상창문을 통하여 피난하는 데 발생할 수 있는 어려움에 대한 조치 등에 대하여는 추가의 기준 정립이 요구된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 및 구현사례

○ 철도차량안전기준에관한규칙(건설교통부령 제455호)

- 제46조 창문

○ 고속전철 KTX-2 사양서(2007) 객차창문 사양

○ 인천1호선 전동차 제작사양서(2007) 4장 3. (4) 객실창문 탈출장치

(2) 해외 관련 기준 및 구현사례

(가) 유럽연합

○ 유럽연합 비상출구 자료 (prEN45545-4)

○ UIC 기준 Coach windows made from safety glass (UIC 564-1 OR)

(나) 캐나다

○ 철도차량 검사 및 안전규칙(Railway Passenger Car Inspection & Safety Rules) TC-O-0-26, Canada Transport 2001

(다) 영국

○ 비상망치(BS 876 specification for hand hammers)

라. 자료 조사 및 분석

(1) 비상창문 사용현황 조사

비상창문이 설치된 경우 비상시 창문 파괴방법에 대한 설명과 선로에 내려갔을 경우의 주의 사항 등에 대하여 승객이 쉽게 알아 볼 수 있도록 표식을 하여야 한다. 이와 같은 설치 사례에 대하여 첨부된 사진자료를 참조할 수 있겠다. 비상망치의 경우는 비상창문을 파손하는데 용이한 정도의 크기를 가져야 하는 점을 제외하면 특별한 규정이 필요하지는 않을 것으로 판단되면 실제 사용되고 있는 비상망치도 설치 기관마다 다양한 모양을 하고 있었다. 다만, 비상망치의 경우용도 외로 사용될 경우 승객의 안전을 침해할 우려가 있어 영국의 버진철도(Virgin Trains) 철도차량의 경우 비상탈출용 사용을 제외한 부적절한 임의 사용에 대하여 벌금을 가할 수 있다는 경고문을 사용하고 있었다.

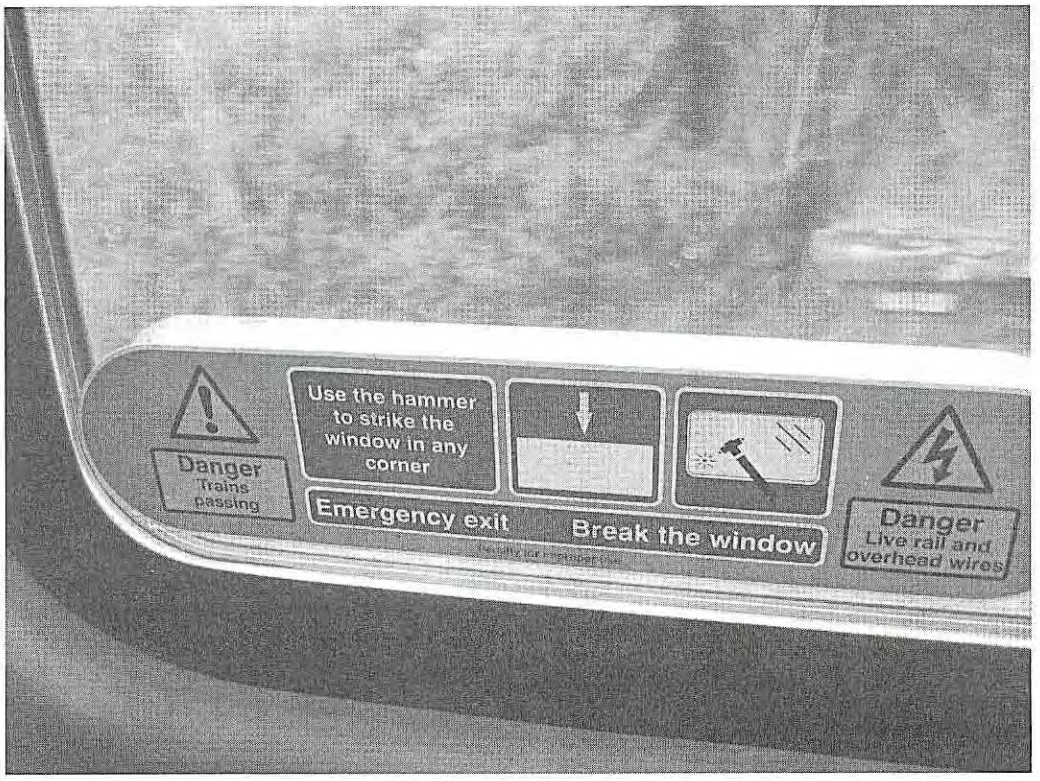


그림 3-5-58 영국 Virgin Trains 비상탈출 창문 설치 및 표시사례

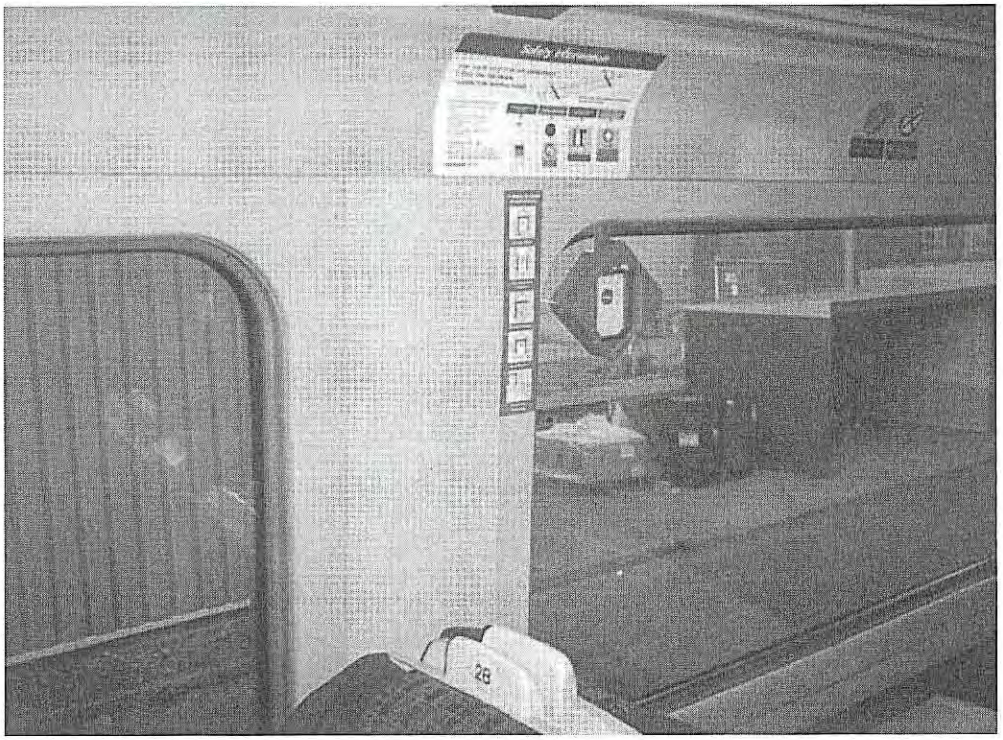


그림 3-5-59 자동 파괴식 비상창문 설치 사례

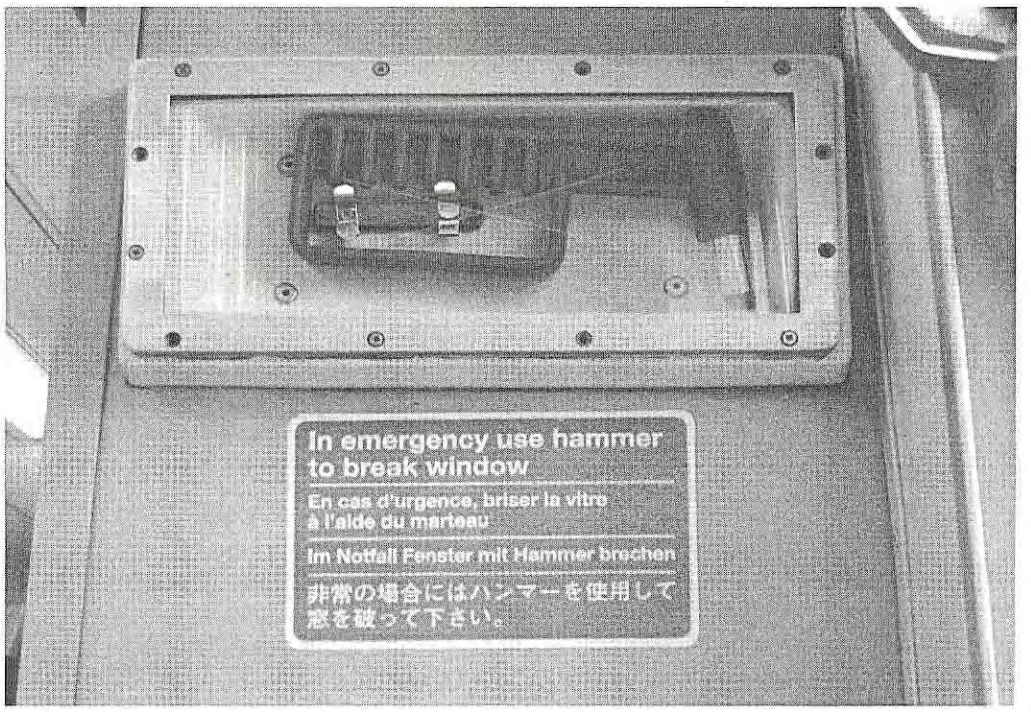


그림 3-5-60 영국내 간선열차 비상망치 설치 사례

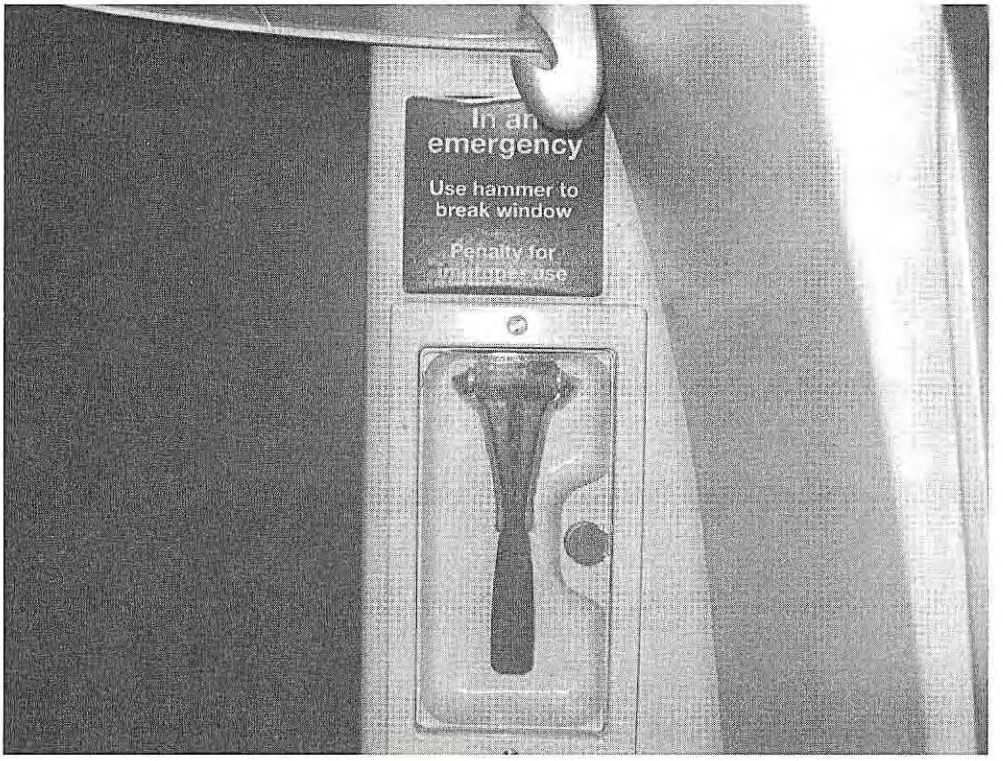


그림 3-5-61 Virgin Trains 비상망치 설치 사례

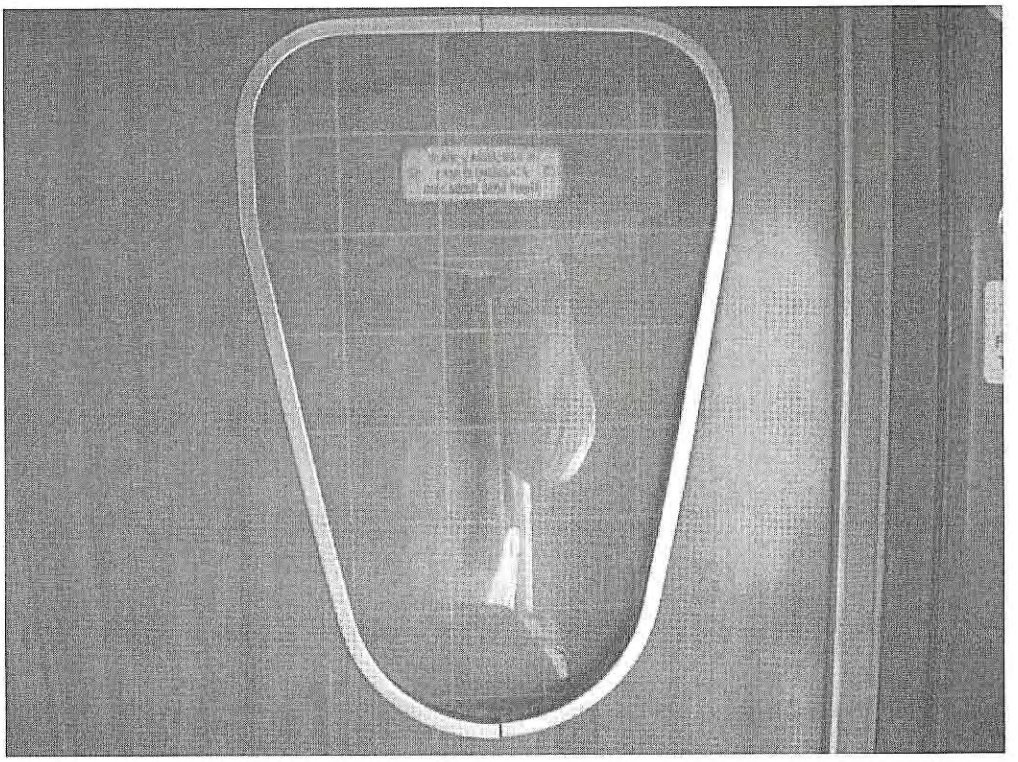


그림 3-5-62 비상망치 차량 당 1대 (이탈리아 TRENITALIA IC 차량)

비상창문의 설치에 관한 규정을 수록하고 있는 기준은 유럽의 통합기준(prEN 45545-4)과 국제철도기준(UIC 564-1 OR) 및 캐나다 철도차량 검사 및 안전규칙(TC-O-0-26, Canada Transport 2001), 영국의 BS 876 기준 등이 조사되었다. 각 기준에 수록된 관련 내용은 아래에 수록하였다. 이와 같은 비상창문 및 비상출구 설치기준은 EN의 비상탈출에 관한 일반 요구사항에 포괄적으로 가장 잘 정리되어 있었다. 이러한 설치 기준에 따라 다양한 객실 구조에 따라 비상창문의 설치 위치가 아래의 그림과 같이 설정될 수 있음을 보여준다.

(2) 유럽의 통합기준(prEN 45545-4)의 비상탈출에 관한 요구사항

(가) 일반 요구사항

① 비상탈출이라도 정상적인 출입문 사용이 바람직하다.

② 출입문은 운영상 필요한 사항이 아니라면 양방향으로 설치하도록 한다.

③ 다음 출입문이나 비상출구까지의 거리가 15m 이상이 되지 않도록 한다.

④ 차량의 막힌 단부로부터 6m 이내에 출입구나 비상출구가 설치되어야 한다.

(나) 각각의 객실 또는 측면 복도식 객실의 차량에서 외부로의 출입문이 없거나 앞서 기술된 일반요구사항을 만족할 수 없는 경우 최소한 3개중 1개의 창문은 비상출구로 사용되도록 해야 한다.

(다) 외부출구가 한쪽에만 있는 차량들은 반대편에 최소한 창문 3개중 1개는 비상출구로 사용 되어야 한다.

(라) 각각 구획된 곳은 최소한 창문 3개중 1개는 비상출구로 사용되어야 한다.

(마) 비상출구 창문/승강구의 대한 운영

① 창문 또는 창유리의 방출

② 창유리 파괴(안전유리)

③ 창유리 도려내기 (합판유리)

④ 창문/승강구를 열거나 깸

(바) 적절한 장소, 창문을 깨거나 도려내는데 적절한 도구들이 각 비상구 근처에 준비되어야 할 것이다.

(사) 이 도구들은 다음 항목에 적용될 것이다.

① 빛이 없을 때에도 쉽게 찾을 수 있어야 할 것이다.

② 도구근처에 명확한 방법을 표기해야 할 것이다.

③ 도구와 설명서는 되도록 항상 눈에 띄는 곳에 놓는다. 그리고 되도록 가리거나, 커튼 옷을 걸어 그것들을 숨기지 않도록 한다.

(아) 비상출구는 최소한 높이 500mm 폭700mm이상 되어야 한다.

(자) 비상출구의 가장 낮은 부분부터 레일의 상부의 거리가 1.8m초과 시 피난을 돕기 위한 추가적인 방법들을 비상구의 근처에 준비되어야만 할 것이다.

(유의) 열차가 운행하는 동안 일반적으로 승객 또는 승무원이 접근하지 않는 장소 (예: 잠긴 화물칸)에는 비상출구에 대한 요구사항이 적용되지 않는다.

(3) 기준안의 제안 방향

해외의 비상창문 설치기준을 토대로 비상창문이 효과적인 역할을 할 수 있도록 기존 규정을 보완할 필요가 있다. 예를 들어 현재의 침대차 관련 비상창문은 객차당 1개 이상이기 때문에 모든 객실에 균등하게 적용되기 어려운 점이 있으므로 보완이 필요하다. 또한 설치위치 등에 대해 획일적으로 규정된 부분은 차량의 구조 및 승객의 탈출을 고려하여 설치되도록 보완할 필요가 있다.

마. 기준 및 해설서

(1) 객실 등의 비상창문 설치기준

도시철도안전기준에 관한 규칙

제46조(창문)

③창문의 유리는 안전유리가 사용되어야 하며 비상시 여객이 대피할 수 있도록 객차 당 4개 이상의 비상창문이 설치되어야 하며, 침대차인 경우에는 **침대 객실 당 1개** 이상의 비상창문이 설치되어야 한다.

비상창문을 설치할 때는 다음 각 호의 기준에 적합하게 설치되어야 한다.

1. 비상창문에는 비상창문여부가 명확히 표시되어야 하며 비상창문 근처에는 여객이 쉽게 알아볼 수 있도록 비상시 사용절차를 설명한 표지가 부착되어야 한다.
2. 출입문과 비상창문을 포함한 비상출구사이의 거리가 15m 이상이 되지 않도록 설치 한다. 객차 편성시 차량의 막힌 단부로부터 6m 이내에 출입구나 비상창문이 설치되어야 한다.
3. 비상창문의 크기는 최소한 높이 500mm 폭700mm이상 되어야 한다.
4. 비상창문의 가장 낮은 부분부터 레일의 상부까지 거리가 1.8m를 초과할 경우 안전한 대피를 위한 추가의 방법이 마련되어야 한다.
5. 비상창문을 설치할 경우 승객이 용이하게 비상창문을 깨뜨릴 수 있도록 객실당 1개 이상의 비상 망치나 보조도구가 설치되어야 한다. 이 때 차량의 실내조명이 없는 상태에서도 비상창문과 창문파괴용 보조 도구의 위치가 파악되어야 한다.

(2) 해설서

비상창문의 설치기준에 관한 기준을 조사 분석하여 비상창문이 효과적인 역할을 다할 수 있도록 기존 규정을 수정 및 추가 사항을 포함하였다.

우선 침대차의 경우 객차 당 1개 이상의 비상창문을 설치하라는 기존의 규정을 침대 객실 당 1개 이상으로 수정하여 오해가 없도록 하였다. 46조 4항은 3항의 1호 이동하였다. 설치위치를 4개 이상으로 규정하였던 단순 규정하였던 사항은 승객의 피난시간을 고려하여 비상출구와의 이격거리와 막힌 단부로부터 탈출이 용이한 위치에 설치하도록 구체화 하였다. 이와 더불어 비상창문의 최소 크기를 규정하여 실질적인 피난이 용이하도록 하였다. 최소 크기는 기존의 국외 규정이 성인 남자가 피난하는데 지장이 없는 수준임을 가만하여 이를 그대로 준용하여 국내외 프로젝트별 제작상의 착오가 없도록 하였다. 또한 위급한 상황에서 비상창문을 통하여 실질적인 피난이 가능하기 위해서 필요한 보조 사다리, 창문파괴용 보조 도구의 준비와 관련한 사항을 추가 하였다.

9. 객차내 공기질 안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건은 철도차량 객실 공기질 기준을 정립하는 것이다. 객실 공기질 기준은 공기 중 오염물질에 의한 인체유해성이 없는 공기질의 안전기준을 의미한다. 객실 공기질 기준정립을 위해서는 공기 중 오염물질의 구체적 정의 및 평가 가능한 평가요소 선정이 필요하다. 본 연구에서는 객실 공기질 기준을 마련하기 위하여, 현재 운행중인 철도차량의 실내공기질 현황을 측정평가하였으며 국내외의 관련 기준을 검토하였다. 이를 바탕으로 객실 공기질 평가요소를 선정하고 현재의 기술수준으로 달성가능한 객실 공기 기준 초안을 제시하였다.

객차내 공기질 안전기준은 다음의 요구사항을 고려하여 설계되었다.

- 도시철도 및 열차 실내공기질 측정평가 결과를 제시할 것
- 국내외 관련 기준을 검토할 것
- 객실 공기질 평가요소를 구체적으로 제시할 것
- 객실 공기질 기준 및 해설서 초안을 작성할 것

나. 이론적 배경

전 세계적으로 철도차량 내의 실내공기질에 대한 권고기준을 가지고 있는 나라는 우리나라와 홍콩 2개국 이며, 두 나라 모두 도시철도 운행지역에 이용객수가 많으며, 도시철도의 지하운행 구간 비중이 높으며, 터널구간의 비중이 높은 특징이 있다. 환경부의 "대중교통수단 실내공기질 권고기준(2006)"은 객실 내 이산화탄소의 농도와 미세먼지(PM10)의 기준치를 각각 평상시(Level 1)와 혼잡시(Level 2)로 구분하여 권고하고 있다. 이산화탄소의 경우 승객수가 증가하면서 농도가 증가하고 환기량이 늘어나면 농도가 감소하는 특성이 있기 때문에 환기의 지표 및 객실 공기질 지표로 사용할 수 있는 타당성이 있다. 그러나, 미세먼지의 경우 승객의 수와 상관관계가 존재하지 않으며, 주 오염원이 차량실내가 아닌 외부 즉 승강장 및 터널 등으로 알려져 있기 때문에 객실 내 실내공기질을 관리하는 지표물질로 선정할 경우 기준을 만족시킬 수 있는 현 기술의 달성가능성이 낮다. 이에 홍콩의 철도차량 실내공기질 관리 가이드라인에서도 이산화탄소 항목의 권고기준만을 제시고 있다. 미세먼지의 현황파악 및 저감기술 등에 대한 추가적 연구를 통해 기

준 포함 여부를 결정해야 할 것이다. 또한, 실내온도 및 습도 등을 포함하는 객실 내 공기질 기준안의 설정을 고려해야 하는데, 이는 실제 이용 승객의 쾌적성과 실내온도 및 습도가 높은 상관관계에 있기 때문이다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인(2006.12)

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 홍콩철도의 실내공기질 관리를 위한 시행령(Practice Note)(2003. 11)

○ UIC Code 553

○ UIC Code 553-1

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 관련 기준 및 자료 분석

(가) 국내 관련 기준 및 자료 분석

철도차량 객실의 공기질 기준은 현재의 철도안전법과 도시철도법에는 포함되어 있지 않다. 그러나, 실내공기질에 대한 중요성이 증대되고 있으며 탑승객의 밀집도가 높은 대중교통수단에 대한 실내공기질에 대한 관심이 크게 증가되고 있는 추세이다. 환경부는 도시철도, 열차, 버스(고속형 · 직행형 시외버스)를 대상으로 실내공기질 적정 관리 수준을 제시하는 "대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인"을 발표하였다(2006.12). 가이드라인에서는 차량내 공기질과 환기상태를 평가하기 위한 지표(index)오염물질로 실태조사를 통해 오염도가 높게 나타난 이산화탄소와 직경 10마이크로 이하의 미세먼지(PM10)을 선정하고, 권고기준을 제시하였다.

표 3-5-85 환경부 공기질 권고기준 : 노선 1회 운행시 평균값 기준

지표오염물질	구 분	Level 1	Level 2
이산화탄소	도시철도	2,500ppm 이하	3,500ppm 이하
	열차, 버스	2,000ppm 이하	3,000ppm 이하
미세먼지	도시철도	200$\mu g/m^3$ 이하	250$\mu g/m^3$ 이하
	열차, 버스	150$\mu g/m^3$ 이하	200$\mu g/m^3$ 이하

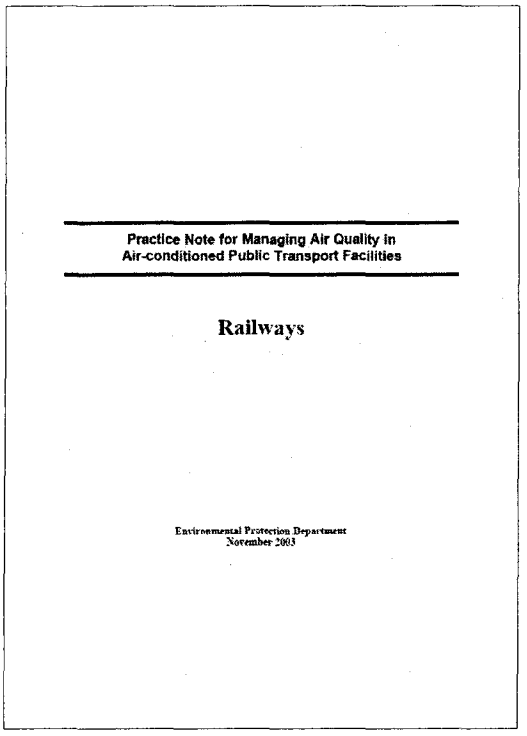
※ Level 1 : 평상시 기준

Level 2 : 혼잡시(도시철도: 출퇴근시, 열차 · 버스: 주말, 휴일, 성수기) 기준

(나) 해외 관련 기준 및 자료 분석

① 홍콩지하철 실내공기질 가이드라인

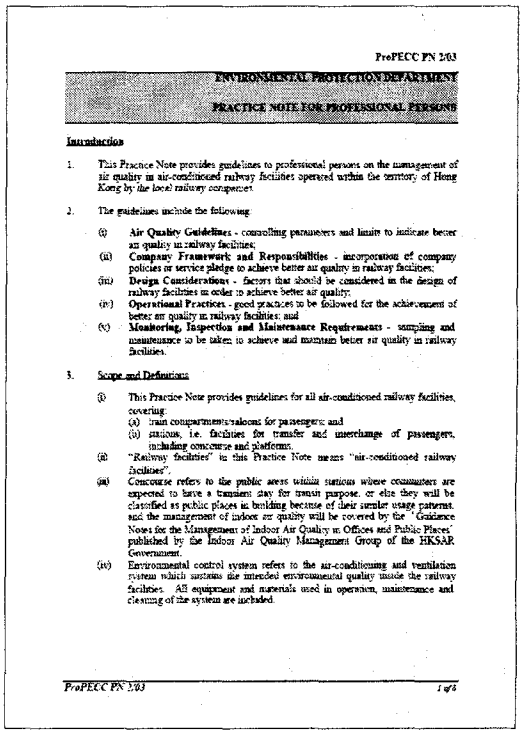
홍콩 환경부에서 2003년 11월 발간한 홍콩철도의 실내공기질 관리를 위한 시행령(Practice Note) 자료를 분석하였다.



Practice Note for Managing Air Quality in Air-conditioned Public Transport Facilities

Railways

Environmental Protection Department
November 2003



ProPECC PN 2/03

ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT

PRACTICE NOTE FOR PROFESSIONAL PERSONS

Introduction

1. This Practice Note provides guidelines to professional persons on the management of air quality in air-conditioned railway facilities operated within the territory of Hong Kong by the local railway companies.

2. The guidelines include the following:

(i) **Air Quality Guidelines** - controlling parameters and limits to indicate better air quality in railway facilities;
(ii) **Company Framework and Responsibilities** - incorporation of company policies or service pledge to achieve better air quality in railway facilities;
(iii) **Design Considerations** - factors that should be considered in the design of railway facilities in order to achieve better air quality;
(iv) **Operational Practices** - good practices to be followed for the achievement of better air quality in railway facilities; and
(v) **Monitoring, Inspection and Maintenance Requirements** - sampling and maintenance to be taken to achieve and maintain better air quality in railway facilities.

3. Scope and Definitions

(i) This Practice Note provides guidelines for all air-conditioned railway facilities, covering:
(a) train compartments/saloons for passengers; and
(b) stations, i.e. facilities for transfer and interchange of passengers, including concourse and platforms.
(ii) "Railway facilities" in this Practice Note means "air-conditioned railway facilities".
(iii) Concourse refers to the public areas within stations where commuters are expected to have a transient stay for transit purpose, or else they will be classified as public places in building because of their similar usage patterns, and the management of indoor air quality will be covered by the "Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places" published by the Indoor Air Quality Management Group of the HKSAR Government.
(iv) Environmental control system refers to the air-conditioning and ventilation system which sustains the intended environmental quality inside the railway facilities. All equipment and materials used in operation, maintenance and cleaning of the system are included.

ProPECC PN 2/03 1 of 6

"Practice Note for Managing Air Quality in Air-conditioned Public Transport Facilityies-" Railways" Environmental Protection Department (November 2003) 로 명명되어진 시행령에서는 실내환경 평가지표의 선정을 위해 아래의 사항을 고려하였다.

- 실제 공기질의 오염정도 반영수준
- 측정의 편리성
- 결과해석의 용이성
- 실시간 모니터링 가능성
- 주기적 점검기간동안 측정과정 포함 가능성

그 결과 환기효용성과 적정성을 평가할 수 있는 이산화탄소 농도가 지표 관리 대상으로 선정되었다. 쾌적한 공기질을 위하여 철도운영자의 자발적 관리를 도모하는 방편으로 두 가지 수준에서 이산화탄소 농도에 대한 기준안이 마련되었다. Level 1은 인체유해성이 없는 쾌적하고 깨끗한 공기질 상태를 Level 2는 인체유해성이 없는 공기질 상태를 나타낸다.

표 3-5-86 1시간 평균 공기질 기준안

측정항목	공기질 기준안(1시간 평균)	
	level 1	level 2
이산화탄소	2,500 ppm (4,500mg/m^3)	3,500 ppm (6,300mg/m^3)

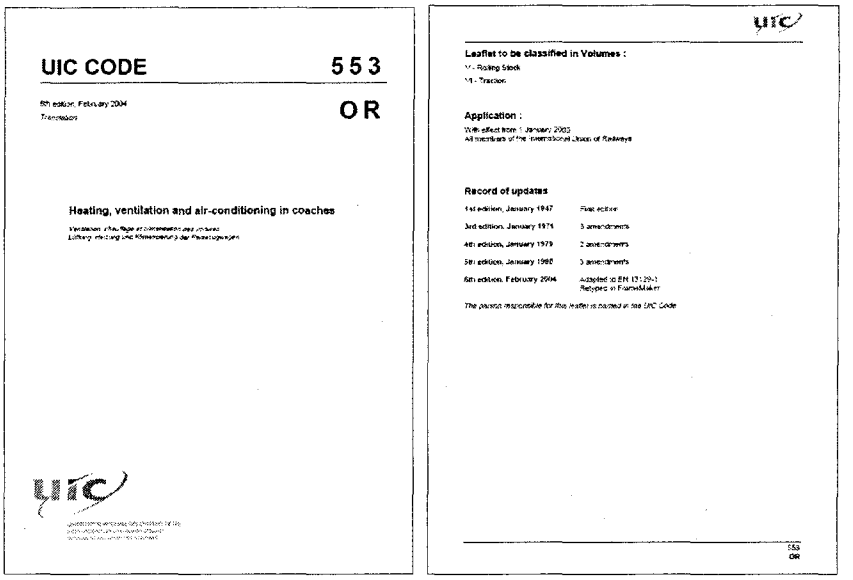
그러나, 실내공기질과 승객이 느끼는 열적쾌적성(thermal comfort)은 다른 차원의 문제로 실내온도 및 습도조건이 적절한 범위내에 있어야 실제 승객은 쾌적한 철도를 이용한다고 체감할 수 있다. 따라서 홍콩 환경부는 실내온도 20~28℃ 상대습도 40~70%의 추가적인 권고기준을 함께 제시하고 있다.

② 철도차량 실내공기질 관련기준 UIC Code

UIC Code 553 및 553-1은 철도차량의 실내공기질과 관련된 국제표준으로 주로 냉난방과 관련된 실내공기의 온도, 습도, 기류속도에 관한 규정이다. UIC Code 553에서는 유럽 각국의 기후를 고려하여 겨울과 여름에 대하여 세 지역(Zone I~III)으로 구분하고 각 지역에 해당하는 국가의 열차 냉난방시험은 UIC Code 553-1에 명시한 테스트 프로그램(Programme of Tests)에 의하여 실내온도 및 습도에 대한 시험기준을 제시하고 있다.

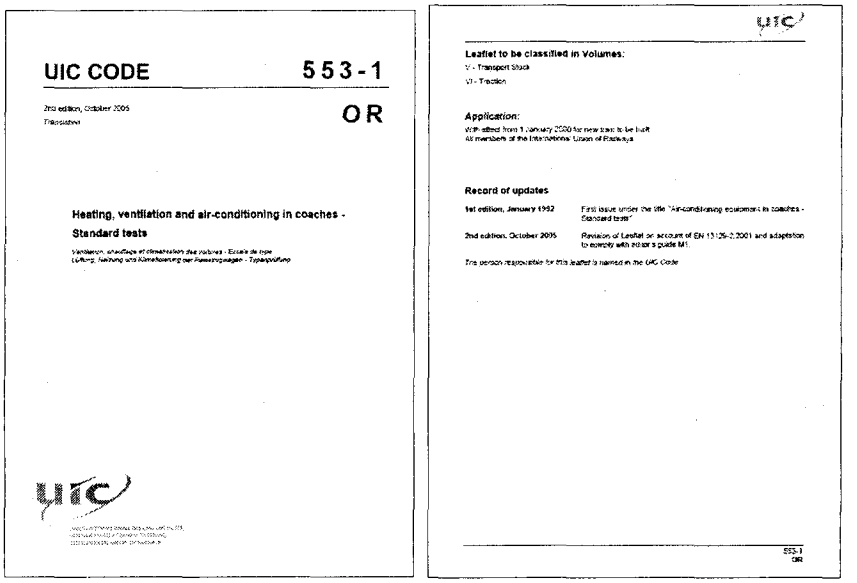
UIC CODE 553 6th edition, Feburary 2004

"Heating, ventilation and air-conditioning in coaches"



UIC CODE 553-1 2nd edition, October 2005

"Heating, ventilation and air-conditioning in coaches - Standard tests"



(2) 도시철도 실내공기질 측정평가 결과

(가) 측정개요

수도권 전동차의 객실 공기질 현황을 파악하기 위하여 다음과 같이 두 차례의 측정연구를 수행하였고 3차 및 4차 측정계획을 수립하였다.

표 3-5-87 수도권 전동차 객실 공기질 현황 연구 일정

측정기간	측정일차	측정노선	측정항목
1차 측정기간	2006.12.12~13	경부선(수원-청량리)	PM10, CO_2, CO, 온도, 습도, TVOC, 탑승객 수
2차 측정기간	2007.3.20~23	경부선(서울역-천안) 경인선(구로-인천) 분당선(선릉-보정)	PM10, CO_2, CO, 온도, 습도, TVOC, 흑구온도, 기류속도, 탑승객 수
3차 측정기간	2007.6.15~18	서울지하철 2~4호선	PM10, CO_2, CO, 온도, 습도, TVOC, 흑구온도, 기류속도, 탑승객 수
4차 측정기간	2007.8월중	도시철도공사 5~8호선	PM10, CO_2, CO, 온도, 습도, TVOC, 흑구온도, 기류속도, 탑승객 수

CO2 농도는 IAQ모니터(Wolfsence, model IQ410)를 이용하여 객실 중앙 혹은 좌석 중앙에서 10초 간격으로 연속 측정하였다. CO2 농도외에 온도, 습도를 동시에 측정하였으며, PM10농도는 dust monitor (Grimm, model 1.108)를 이용하여 1분 간격으로 연속 측정하였다. 탑승객 수는 출발역 재실 승객수를 기준으로 각 정차역에서 승하차한 승객수를 세어 산정하였다. 1차 측정기간은 2006년 12월 12일과 13일이었으며 측정시간대는 퇴근시간대에 수원에서 청량리 방향의 1호선 전동차에서 1회씩 측정되었다. 2차 측정기간 부터는 승객의 예상온열냉감(predicted mean vote; PMV)을 평가하기 위하여 객실 평균복사온도를 측정할 수 있는 흑구온도계와 기류속도를 측정할 수 있는 유속계를 설치하였다. 예상온열냉감은 재실자의 대사활동, 의복량 등을 고려하여 실내온도, 습도, 기류속도 등에 따른 승객의 열적쾌적성 지표로 -3(매우춥다)에서 +3(매우덥다) 사이의 값으로 나타나며, PMV가 0인 경우 재실자의 95%이상이 열적쾌적성을 느끼는 상태로 알려져있다(Fanger, 1982). PMV에 대한 국제기준은 ISO 7730에 제시되어 있다(2005). 2차 측정기간은 2007년 3월 20일부터 23일까지였으며, 경부선(서울역-천안), 경인선

(구로-인천), 분당선(선릉-보정) 각각의 구간에 대하여 출퇴근 시간대에 총 6차례의 측정이 이루어졌다. 3차와 4차 측정은 2차 측정기간과 동일한 방식으로 이루어지게 되어 실내공기질과 승객의 쾌적성을 동시에 평가하게 된다.

(나) 측정결과 및 고찰

환경부의 대중교통수단 실내공기질 권고기준은 노선1회 운행시 평균값 기준으로 CO2 농도는 혼잡시(Level 2)에 3500 ppm이하 미세먼지 농도는 250 mg/m3이하로 제시하고 있다. 본 측정결과에서 수원-청량리 구간의 노선평균 CO2농도는 12월12일과 13일에 각각 1753 ppm, 2192 ppm으로 권고기준 이하로 나타났다(표 3-5-88). PM10 농도의 경우 혼잡시 기준인 250 mg/m3 에 비하여 12일과 13일 각각 189 mg/m3, 152 mg/m3로 권고기준 이하로 측정되었다. 그러나 노선평균 승객수가 12일과 13일 각각 74명, 104명으로 비교적 혼잡도가 낮은 점을 감안하여야 한다. 표 3-5-89에는 각 정차역별 탑승승객수, 이산화탄소 및 미세먼지 농도, 평균온도 및 습도에 세부측정결과를 나타내었다.

표 3-5-88 수도권전동차(수원-청량리) 노선평균 이산화탄소 및 미세먼지 농도

측정일자 (수원-청량리)	노선평균 탑승객 수(명)	노선평균 CO_2농도(ppm)	노선평균 PM10농도(μg/m^3)
2006.12.12	74	1753	189
2006.12.13	104	2192	152

표 3-5-89 각 정차역별 탑승승객수 및 실내공기질 세부측정결과(수원-청량리 구간)

정차역	탑승승객수 (인)	이산화탄소 (ppm)	미세먼지 (μg/m^3)	평균온도 (℃)	평균습도 (%)
수원	134	1786	246.8	22.8	44.8
화서	142	1806	204.7	23.0	43.0
성균관대	144	2079	199.7	23.2	43.7
의왕	168	3350	189.8	23.7	48.0
군포	181	2898	174.1	24.2	47.0
금정	157	2513	190.5	24.4	44.2

정차역	탑승승객수 (인)	이산화탄소 (ppm)	미세먼지 ($\mu g/m^3$)	평균온도 (℃)	평균습도 (%)
명학	162	2561	179.0	24.7	42.8
안양	163	2499	183.3	24.8	43.1
관악	170	2589	172.8	25.0	42.1
석수	157	2715	154.7	25.1	41.0
시흥	171	2729	137.3	25.2	40.2
독산	184	2969	115.0	25.2	40.0
가산디지털	201	2134	103.0	24.5	32.5
구로	167	2496	113.2	24.8	35.4
신도림	99	2561	151.0	24.9	36.1
영등포	71	2257	155.1	24.8	34.6
신길	59	1944	143.7	24.7	32.7
대방	62	1893	142.0	24.4	33.1
노량진	60	1919	125.6	24.5	33.0
용산	52	1721	109.3	24.3	31.8
남영	52	1299	97.4	23.6	28.3
서울역	54	1718	115.4	23.6	30.2
시청	54	2108	130.2	23.7	32.5
종각	73	1903	127.9	23.7	32.0
종로3가	52	2061	147.4	23.8	32.0
종로5가	50	1944	161.7	23.6	31.9
동대문	49	2074	160.7	23.7	32.8
동묘앞	47	1842	141.3	23.7	32.0
신설동	48	1897	141.0	23.7	32.5
제기동	35	1487	154.3	22.2	28.6
청량리	-	-	-	-	-
노선평균	**107**	**2192**	**152.2**	**24.1**	**36.7**
구간최대치	201	3350	246.8	25.2	48.0
구간최소치	35	1299	97.4	22.2	28.3

노선평균 이산화탄소 농도는 2192 ppm, 미세먼지는 152.2 mg/m3 으로 나타났으나, 탑승객수가 100명이 넘는 구간에서의 평균 이산화탄소 농도는 2509 ppm, 미세먼지는 169 mg/m3로 나타나 승객수에 따라 오염물질의 농도가 큰 편차를 나타내고 있다. 또한, 구간 최대치는 이산화탄소의 경우 노선평균의 153%, 미세먼지는 162%를 초과하는 것으로 나타났다. 이를 보다 자세히 분석하기 위하여 탑승객 수와 CO2농도의 상관관계를 분석하였다. 각 정차역을 기준으로 탑승객수와 CO2농도의 측정값을 비교하였다.

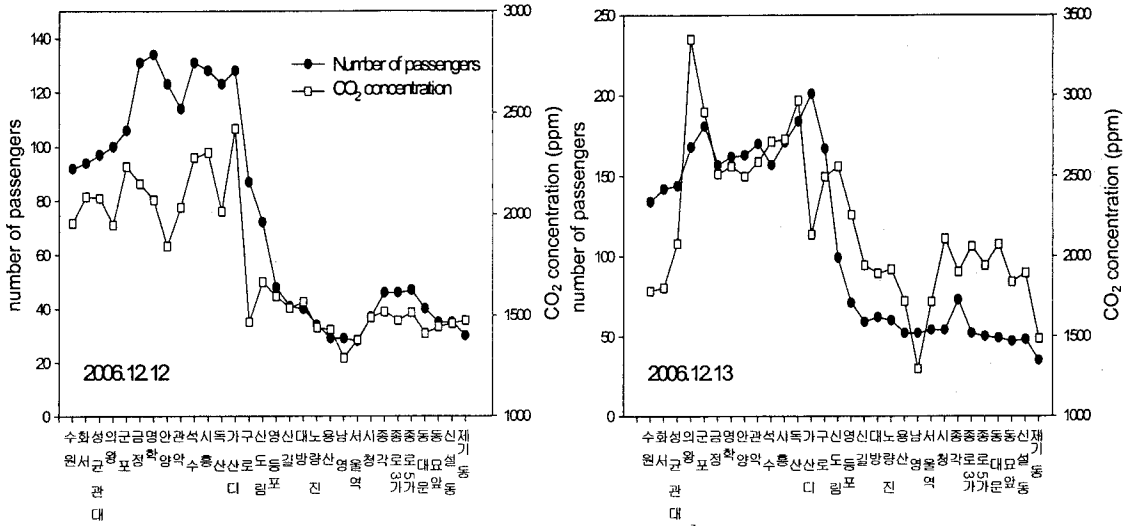


그림 3-5-63 탑승객수와 객실 이산화탄소 농도 변화

12월12일과 13일의 측정결과 모두에서 탑승객 수와 CO2농도는 높은 상관관계를 나타내었다. 그림 3-5-63에서와 같이 탑승객 수와 CO2농도사이의 높은 선형관계(R2=0.710)를 이용하면 승객 한명이 증가할 때 약 8 ppm의 농도증가가 예측된다. 권순박 등(2006)은 KTX객실에서 탑승객 수와 CO2농도와의 높은 상관관계(R2=0.807)를 보고하였으며, KTX의 경우 승객 한명이 증가할 때 약 24 ppm의 CO2농도증가가 나타난다고 추정하였다. 본 연구에서 추정되는 탑승객 수(N)와 CO2농도와의 상관관계(CO2=1266+7.93*N)를 이용하여 계산할 경우, 전동차에 노선평균 156명 이상이 탑승하면 평상시 CO2권고기준 2500 ppm (Level 1)을 초과하게 되며, 282명 이상이 탑승하면 혼잡시 CO2권고기준 3500 ppm (Level 2)을 초과할 것으로 예상된다(권순박 등, 2007). 한편, 탑승객 수와 PM10과의 상관관계는 발견되지 않았으며, 탑승승객수와 실내온도 사이에는 약한 선형적 상관관계(R2=0.400)가 나타났다(그림 3-5-64).

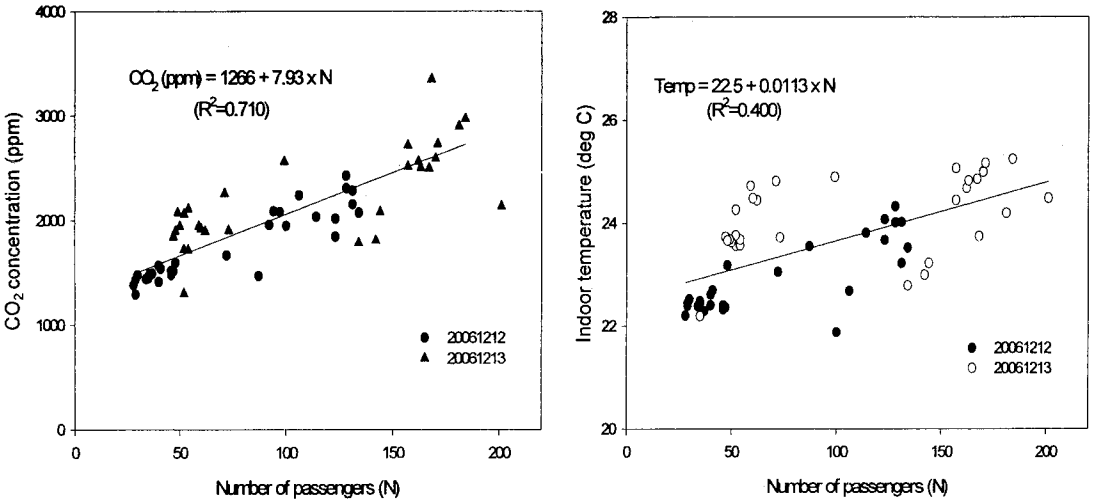


그림 3-5-64 탑승객수와 이산화탄소 및 실내온도의 상관관계

분당선, 경부선, 및 경인선에 대한 2차 측정기간의 노선평균 측정결과는 표 3-3-7에 나타내었다. 각각의 노선에 대하여 출근시간대(inbound)와 퇴근시간대(outbound)의 두 혼잡시간대의 측정결과로 경인선의 이산화탄소 농도를 제외하고 전 노선에서 퇴근시간대에 비하여 출근시간대에 이산화탄소와 미세먼지의 농도가 높게 나타났으며, 이는 퇴근시간대에 비하여 혼잡도가 증가하는 출근시간대의 특성(탑승객수 증가)과 관련되어 있는 것으로 판단된다. 노선평균 이산화탄소 농도는 세 노선에서 모두 2,500ppm을 초과하지 않았다. 출퇴근 시간대의 혼잡도를 고려하면 비교적 낮은 이산화탄소 농도를 나타내었다. 미세먼지의 경우에도 경인선 출근시간대의 204.6 mg/m3을 제외하면, 200 mg/m3을 초과하지 않는 것으로 나타났다. 철도차량내 승객의 열적쾌적성을 평가할 수 있는 예상온열냉감(PMV)의 계산결과 경부선(-0.58)과 경인선(-0.89)의 출근대 승객이 약간의 추위를 느끼는 정도이지만, 그 외의 노선에서는 쾌적한 상태(-0.5<PMV<+0.5)인 것으로 조사되었다. 대중교통수단의 PMV평가는 국내외적으로 최초의 연구이며, 향후 추가적인 연구수행을 통해 승객 쾌적성 중심의 실내공기질을 평가하게 될 것이다.

표 3-5-90 분당선, 경부선 및 경인선 혼잡시간대 실내공기질 노선평균 측정결과

측정항목	분당선		경부선		경인선	
	출근	퇴근	출근	퇴근	출근	퇴근
탑승객수	124	87	128	94	88	72
온도(1m 높이) [℃]	22.0	24.2	21.1	21.9	19.8	23.1
온도(바닥면) [℃]	20.9	21.7	16.4	19.7	18.4	19.4
상대습도 [%]	40.1	30.7	48.0	40.4	44.2	38.9
기류속도 [m/sec]	0.01	0.03	0.04	0.07	0.04	0.06
이산화탄소 [ppm]	**1975**	**1895**	**2427**	**1912**	**1373**	**1678**
일산화탄소 [ppm]	0.65	0.80	0.44	0.61	0.68	0.65
미세먼지 [$\mu g/m^3$]	**195.7**	**150.2**	**125**	**115.7**	**204.6**	**116.8**
평균복사온도 [℃]	22.0	24.6	20.9	N.A	20.0	24.1
PMV	-0.37	0.16	-0.58	N.A	-0.89	0.00
PPD [%]	15.5	8.5	19.5	N.A	28.6	10.2

탑승객수와 이산화탄소 농도사이의 상관관계를 분석하기 위하여 각 정차역별로 이산화탄소의 농도 평균치를 승객수와 함께 비교하였다. 그림 3-5-65은 각 노선의 출퇴근 시간대 이산화탄소 농도와 승객수 그래프를 나타내고 잇다.

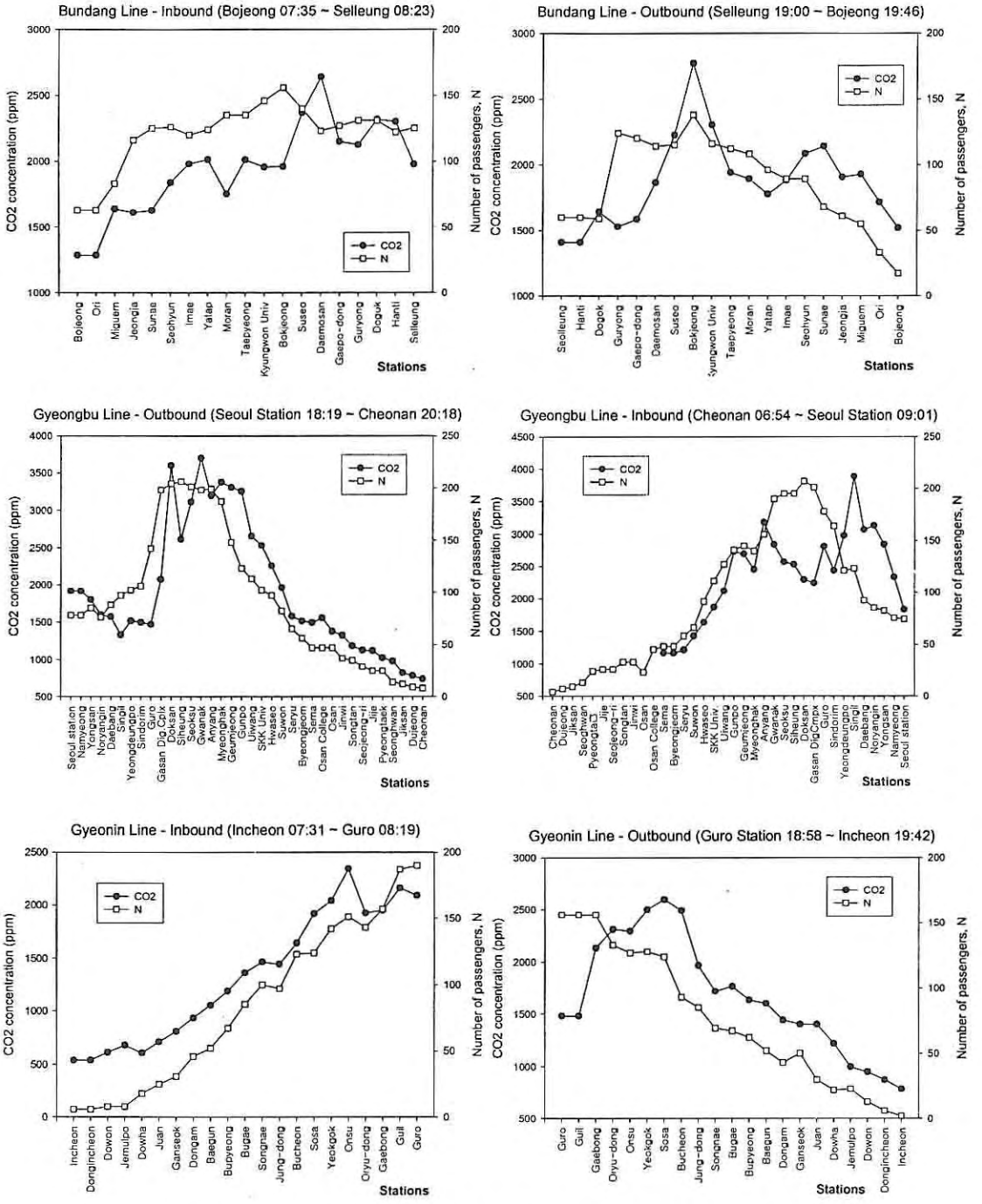


그림 3-5-65 각 노선별 이산화탄소 및 탑승객수 변동경향

앞선 1차 측정기간(수원역-청량리)에서와 마찬가지로 경인선, 분당선, 경부선 수도권 전동차의 이산화탄소 농도와 승객수 사이에도 높은 상관관계가 발견되고 있다. 탑승객수가 증가하면서 이산화탄소 농도의 선형적 증가는 아래 그림 3-5-66 를 통해 확인할 수 있다.

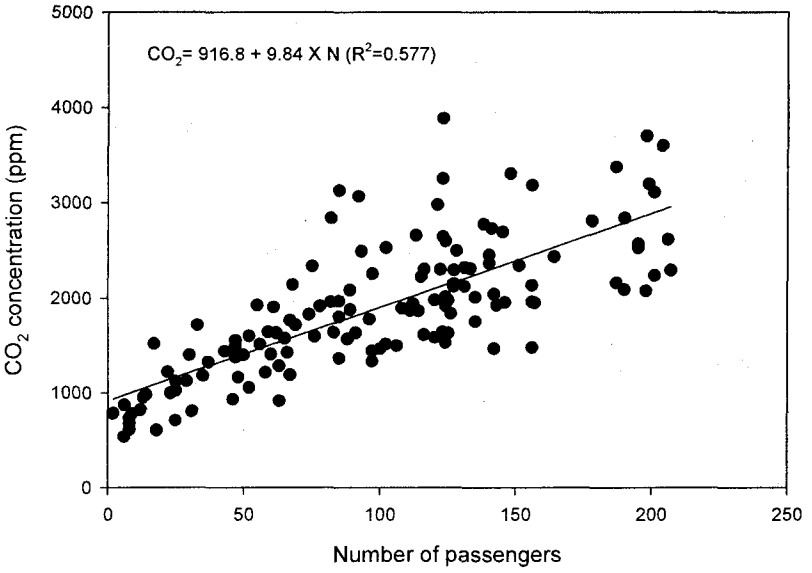


그림 3-5-66 탑승객수와 이산화탄소농도의 상관관계

탑승객수와 이산화탄소 사이에는 선형적 상관관계(CO2= 916.8+9.84xN, R2=0.577)가 나타나고 있다. 탑승객수 한명이 증가할 때 약 10 ppm의 이산화탄소 농도증가가 예상된다. 전동차 객차의 정원을 160명이라고 가정하고 정원의 150%와 200% 탑승시 예상되는 이산화탄소의 농도는 아래 표와 같다.

표 3-5-91 탑승객수와 이산화탄소의 상관관계를 이용한 이산화탄소 농도 예측

구분	탑승객수		
	160명 (정원)	240명 (정원의 150%)	320명 (정원의 200%)
이산화탄소(ppm)	2491	3278	4066

환경부의 "대중교통수단 실내공기질 가이드라인에서는 혼잡시 권고기준으로 3,500 ppm을 제시하고 있으며, 이 기준은 탑승객수가 정원의 150%정도인 240명까지 탑승하였을 경우에 만족되지만, 승객수가 이보다 증가할 경우 권고기준을 만족하기는 어려울 것으로 보인다. 도시철도 차량 제작시 필요환기량은 승객수를 산정하여 계산되고 있다. 다음은 도시철도차량에 적용되는 필요환기량을 계산하는 과

정을 나타내고 있다.

이산화탄소 농도 기준의 필요환기량 계산방법

1) 전동차 내 승객들의 이산화탄소 배출량은 승객 기립시 0.017m3/h/person으로 함

2) 이산화탄소 농도기준을 1,000, 2500, 3000, 3500 ppm(1000ppm=0.1%)으로 가정

3) 외기 이산환탄소 농도를 500ppm(0.05%)으로 가정

$$Q=100M/(K-K0) \qquad \text{(식 3-5-1)}$$

Q: 필요환기량(m3/h/person)

M: 이산화탄소 토출량(m3/h/person), 기립시 0.017

K: 정상상태에서 이산화탄소 농도기준 (%)

K0: 외기중 이산화탄소 농도 (%)

식 3-5-1에 따르면, 탑승객 1명에 대한 필요환기량으로서 위의 가정값들을 이용하여 계산하면, 승객1명당 34m3/h 의 환기량(이산화탄소 1000 ppm기준)이 요구된다. 이를 이용하여 이산화탄소 농도기준을 변화시키면서 승객수에 따른 총 필요환기량을 표 3-5-92에 나타내었다.

표 3-5-92 객실 이산화탄소 농도기준과 탑승객수에 따른 필요환기량

객실 이산화탄소 농도기준	1인당 필요환기량 m^3/h/person	탑승객수에 따른 필요환기량(m^3/h)		
		160명 (정원)	240명 (정원의 150%)	320명 (정원의 200%)
1000 ppm	34	5,440	8,160	10,880
2500 ppm	8.5	1,340	2,040	2,680
3000 ppm	6.8	1,088	1,632	2,176
3500 ppm	5.7	912	1,368	1,824

서울전동차의 환기량은 차량 제작연도에 따라 차이가 있지만 2005년 이후 제작된 차량기준으로 1,920m3/h의 환기량을 기준으로 객실 이산화탄소 농도를 역으로 계산하면 1917 ppm(탑승객수 160명기준)이라는 결과가 도출된다. 현재 전동차 환기량을 이용하여 탑승객수에 따라 예상되는 이산화탄소 농도는 표 3-5-93와 같다.

표 3-5-93 전동차의 환기량을 이용한 객실 이산화탄소 농도 예측

전동차 환기량 (m^3/h)	예상 이산화탄소 농도(ppm)		
	160명 (정원)	240명 (정원의 150%)	320명 (정원의 200%)
1,920	1,917	2,625	3,333

(다) 결론-도시철도 객실공기질

수도권 전동차의 실내공기질을 측정하여 탑승객수와 이산화탄소 농도사이의 높은 상관관계를 확인하였으며, 현재 운행중인 차량의 환기량과 이산화탄소 농도 사이의 예측연구를 수행하였다. 연구결과 "대중교통수단 실내공기질 가이드라인"의 혼잡시 도시철도 이산화탄소 기준 3,500ppm은 환기가 제대로 작동될 경우 충분히 달성가능한 기준이다. 또한, 권고기준에서 제시하는 노선평균 농도의 경우 승객수가 현저하게 적어지는 시발역과 종착역 부근에서 이산화탄소농도는 급격히 낮아지기 때문에 평균 농도는 크게 낮아지게 된다. 그러나 실제 도시철도의 이산화탄소 농도는 운행시간동안 급격하게 변화하며 특히 승객수가 증가하는 구간에서 4,000ppm을 육박하는 고 농도가 지속적으로 관측되고 있다. 따라서, 도시철도 공기질 기준 마련을 위해서는 노선평균의 맹점을 보완할 수 있는 방안과 적절한 차량 환기대책을 동시에 제시해야 할 것이다. 그림 3-5-89의 탑승객수와 이산화탄소의 상관관계를 이용한 이산화탄소 농도 예측과 표3-5-91의 전동차 환기량을 이용한 객실 이산화탄소 농도 예측을 기준으로 도시철도 차량의 이산화탄소 관리기준은 3,000 ppm이 적정한 것으로 판단된다. 또한, 급격히 변화하는 이산화탄소 농도의 권고기준을 단순히 노선평균값으로 사용하기보다는 매 분 측정되는 이산화탄소 농도의 기준치(3,000 ppm) 초과비율을 동시에 평가하는 방식으로 제안하는 바이다.

(3) 경부·호남선 KTX 실내공기질 측정평가

(가) 측정개요

KTX 경부선(서울-부산)의 경우 2006년 7월 18일과 19일 그리고 호남선 (용산-목포)의 경우 7월 24일과 25일에 실내공기질을 측정하였다. 본 연구에서는 IAQ 모니터 (Wolfsence, model IQ410)를 이용하여 객실 내 공기질을 1분 간격으로 연속 측정하였으며, 그 중 CO2농도의 1분 평균농도 측정결과를 이용하여 데이터를 분석하였다.

(나) KTX 객실 공기질 현황

아래 그림은 경부선과 호남선에서 측정된 승객수와 CO2농도와의 상관관계를 나타내고 있다. 경부선에 비하여 호남선의 경우 약 30명 이하의 승객이 탑승하였으며, 경부선과 호남선 모두에서 CO2 농도와 높은 상관관계가 나타났다 (R2=0.807).

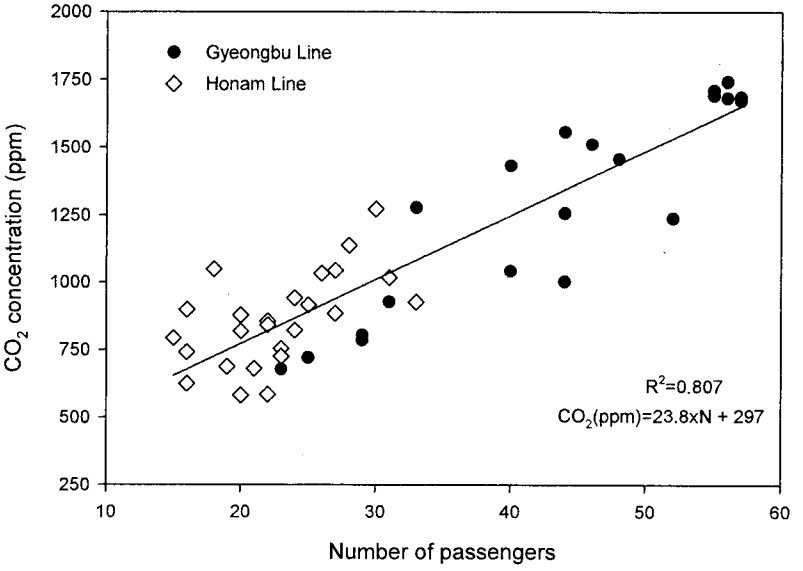


그림 3-5-67 객실 승객수와 이산화탄소 농도의 상관관계

한편, CO2농도는 KTX 차량의 환기방식에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. KTX의 터널 통과시 미기압파 등의 문제로 환기구인 플랩(flap)을 닫기 때문에 외부 신선공기의 유입이 차단된다. 이러한 영향을 분석하기 위하여, 현재 설치되어 있는 경부선의 터널을 중심으로 터널지역에서의 CO2농도 변화를 살펴보았다. 아

래 표는 각 터널 간 연결성에 따라 7개 임의적 그룹(T1-T7)으로 나누어 정리한 것이며, 역시 그림과 함께 요약되어 있다.

표 3-5-94 경부고속철도(서울-대구간) 터널 구간분류

구분	터널명	시점(km)	종점(km)	연장(km)
T1	광명터널~장상터널	14.742	28.110	13.368
T2	운주터널~상봉2터널	107.435	117.010	9.575
T3	비룡터널~문곡터널	128.990	135.350	6.360
T4	대전터널~대전역사터널	146.490	153.630	7.140
T5	화신1터널~황학터널	192.935	212.400	19.465
T6	옥산터널~북삼2터널	227.845	240.296	12.451
T7	대구터널	260.940	281.101	20.261

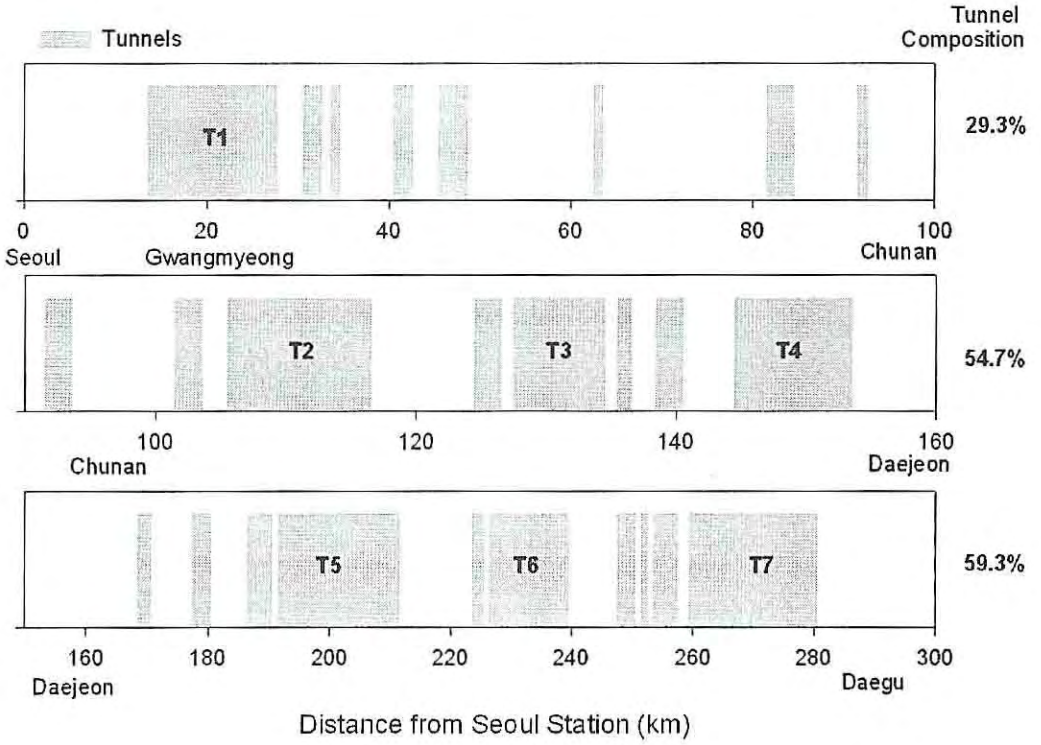


그림 3-5-68 경부고속철도 운행 거리에 따른 터널 구성표

터널의 위치와 CO2농도 변화추이의 관계를 종합하면, 위 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다. 객실 내 CO2농도가 최고치에 이르는 지점과 터널구간이 잘 일치하고 있다. 하행선의 경우, 총 연장 20km에 달하는 대구터널을 포함하는 T7구간에서 2500ppm에 이르는 최고 농도가 관측되었고, 상행선의 경우 총 연장 10km에 달하는 황학터널을 포함하는 T5구간에서 2500ppm 이상의 고농도가 관측되었다.

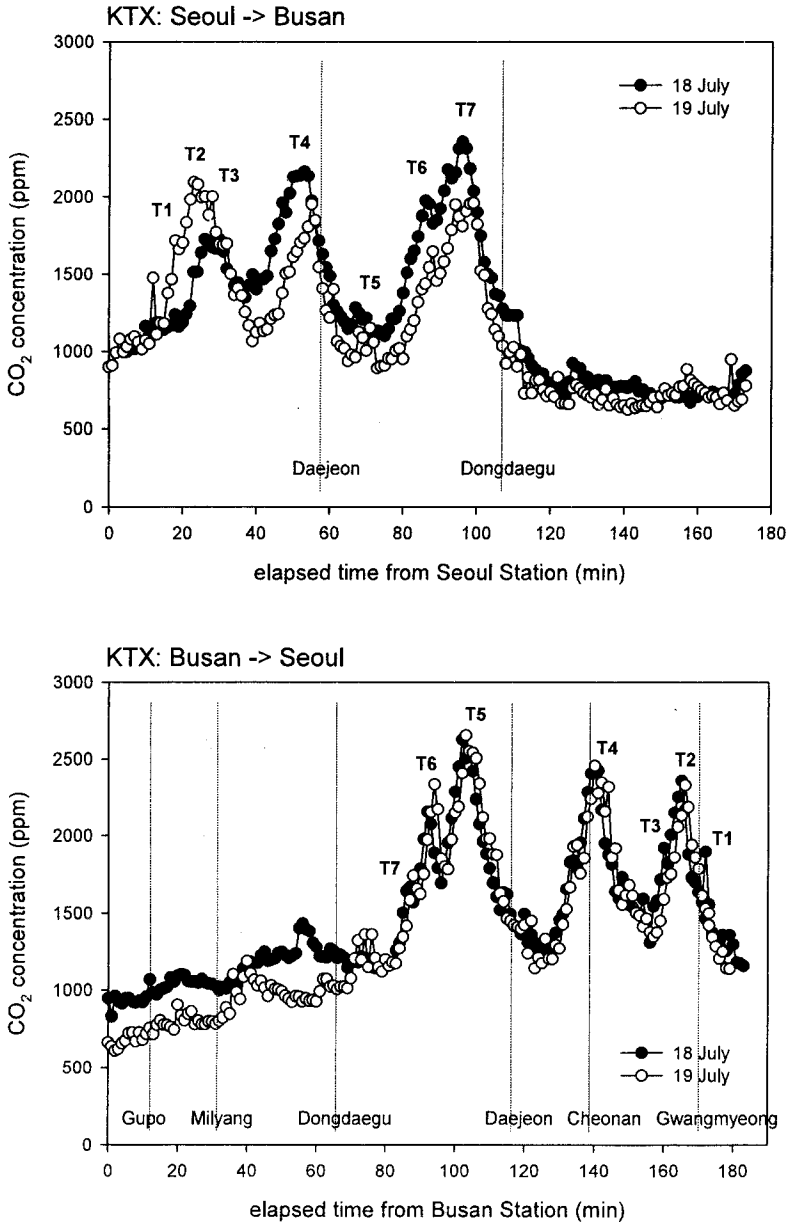


그림 3-5-69 경부고속철도 이산화탄소 농도 변화 및 터널구간 영향

상하행선 모두 T2와 T4구간에서 2000ppm 이상의 CO2 농도치를 나타내었다. 하행선에서 CO2 농도는 T5<T6<T7 순으로 증가하고, 상행선의 경우 T7<T6<T5 순으로 농도가 점차 증가하는 것으로 측정되었는데, 이는 터널이 밀집되어 있는 대전과 동대구 구간의 경우 (터널비율 59.3%), 환기가 정상적으로 이루어지지 않아 CO2의 농도가 축적되는 것으로 해석할 수 있다. CO2농도가 2000ppm이상으로 나타나는 구간에서 평균 승객수는 56명 (정원 60명)이었다.

(다) 결론-KTX 실내공기질

현재 운행 중인 KTX 경부선과 호남선의 객실 내 CO2 농도측정결과를 승객수와 터널구간 인자를 이용하여 분석하였다. CO2농도는 객실 승객수가 증가하면서 선형적으로 증가(R2=0.807)하는 현상이 관측되었으며, 동시에 전반적인 객실 CO2 농도는 객차 환기구가 닫히게 되는 터널 운행구간에서 점차 증가하여 최대 농도가 2500 ppm을 넘는 것으로 나타났다. 특히, 터널이 밀집되어 환기가 비정상적인 대전-동대구 구간에서 CO2의 농도가 열차 운행시간에 따라 크게 증가하는 현상이 관측되었으며, 이에 대한 적절한 환기대책이 요구된다. 결론적으로 객실 이산화탄소의 농도는 탑승승객수와 선형적인 상관관계를 가지고 있으며, 환기가 비정상적으로 이루어질 경우 이산화탄소의 농도는 누적되어 증가하는 것으로 나타났다.

마. 기준 및 해설서

(1) 객실내 공기질 안전기준

가. 적용범위

철도차량의 객실내 이산화탄소 농도에 대하여 규정한다. 철도차량은 "도시철도법" 제3조제1호의 규정에 따른 도시철도의 운행에 사용되는 차량(도시철도)과 "철도산업발전 기본법" 제3조제4호의 규정에 따른 철도차량 중 여객을 운송하기 위한 철도차량(열차)이다.

나. 시험조건

(1) 시험은 운영주체별 소속 철도차량이 각 노선의 출발지에서 도착지까지

정상 운행하는 동안 연속적으로 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 대상차량은 각 노선의 대표 편성차량으로 3편성이상 선정하며, 편성차량 중앙부 객실로 선정한다.

(3) 측정항목은 이산화탄소 농도(ppm단위)이며 측정기기는 공기흡입 방식의 비분산적외선(NDIR) 연속측정장치를 사용한다.

(4) 측정시간은 철도운영의 혼잡시간대에 실시하며, 도시철도의 경우 주중 7:30분~9:30분(출근시간대) 또는 18시~20시(퇴근시간대)를 의미하며, 열차의 경우 주말이나 휴일 또는 성수기를 혼잡시간대로 본다.

(5) 연속측정시 자료의 수집은 1분 간격으로 하며, 매분 측정된 결과를 보관(혹은 저장)하여야 한다.

다. 시험절차

(1) 시료의 측정지점은 대상 차량의 공기질을 대표할 수 있는 객실 중앙 1곳을 선정함을 원칙으로 한다.

(2) 객실 혼잡도가 높아 이용승객이 직접적으로 측정에 영향을 미칠 수 있는 경우 혹은 측정장치가 승객의 불편을 초래하는 경우 중앙지점에서 벗어 날 수 있다.

(3) 이때, 측정장치의 샘플유입구는 중앙지점을 향하도록 한다.
시료측정지점은 출입문에서 1m 이상, 바닥에서 1m 이상, 천장에서 30cm 이상 떨어지도록 한다.

(4) 출발지에서부터 도착지까지 이산화탄소의 농도를 측정하여 1분단위로 평균값을 저장 혹은 기록 한다.

(5) 출발지에서 도착지까지 매1분 농도의 전체평균 농도를 계산한다.

(6) 매1분 농도의 기준치 초과횟수를 계산한다.

(2) 해설서

(가) 국내외 철도차량 실내공기질 기준

전 세계적으로 철도차량 내의 실내공기질에 대한 권고기준을 가지고 있는 나라는 우리나라와 홍콩 2개국 이며, 두 나라 모두 도시철도 운행지역에 이용객수가 많으며, 도시철도의 지하운행 구간 비중이 높으며, 터널구간의 비중이 높은 특징이 있다.

(나) 객실내 공기질 지표물질로서 이산화탄소

환경부의 "대중교통수단 실내공기질 권고기준(2006)"은 객실 내 이산화탄소의 농도와 미세먼지(PM10)의 기준치를 각각 평상시(Level 1)와 혼잡시(Level 2)로 구분하여 권고하고 있다. 본 연구에서는 지하철과 KTX철도차량을 대상으로 혼잡시간대에 직접 탑승하여 이산화탄소 농도와 미세먼지 농도의 측정연구를 수행하였다. 이산화탄소의 측정결과는 승객수와 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 미세먼지의 경우 승객수와 상관관계가 나타나지 않았고, 주로 외기에 의한 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 이산화탄소의 경우 승객수가 증가하면서 농도가 증가하고 환기량이 늘어나면 농도가 감소하는 특성이 있기 때문에 환기의 지표 및 객실 공기질 지표로 사용할 수 있는 타당성이 있다. 그러나 미세먼지의 경우 측정 연구결과에서도 나타났듯이 승객의 수와 상관관계가 존재하지 않으며, 주 오염원이 차량실내가 아닌 외부 즉 승강장 및 터널 등으로 알려져 있기 때문에 객실 내 실내공기질을 관리하는 지표물질로 선정할 경우 기준을 만족시킬 수 있는 현 기술의 달성가능성이 낮다. 즉, 차량내부의 미세먼지 저감장치를 장착하여도 외부에서 유입되는 미세먼지에 의한 영향이 크기 때문이며, 차량외부의 미세먼지를 전체적으로 감소시킬 수 있는 현 기술의 달성이 어렵다. 이에 홍콩의 철도차량 실내공기질 관리 가이드라인에서도 이산화탄소 항목의 권고기준만을 제시하고 있다.

미세먼지의 현황파악 및 저감기술 등에 대한 추가적 연구를 통해 기준 포함 여부를 결정해야 할 것이다. 또한, 실내온도 및 습도 등을 포함하는 객실내 공기질 기준안의 설정을 고려해야 하는데, 이는 실제 이용 승객의 쾌적성과 실내온도 및 습도가 높은 상관관계에 있기 때문이다.

(다) 이산화탄소 농도 기준치

수도권 전동차 및 KTX 차량의 실내공기질 측정결과 이산화탄소 농도는 탑승객수에 따라 선형적으로 증가하며, KTX차량의 경우 환기가 이루어지지 않는 터널구간에서 뚜렷한 상승을 나타내었다. 노선평균 이산화탄소의 농도는 수도권 전동차 및 KTX 차량 모두에서 2,500 ppm을 초과하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 노선평균이 아닌 혼잡구간에서 순간 이산화탄소 농도는 4,000 ppm을 초과하는 것으로 나타나 단순한 노선평균만을 기준치로 설정하는 것에는 문제점이 있는 것으로 드러났다. 따라서 이산화탄소 농도 기준치는 노선평균값과 더불어 기준치를 넘는 이산화탄소 농도의 발생빈도 등을 동시에 설정할 필요가 있다. 승객수가 상대적으로 적은 비 혼잡시 이산화탄소 농도에 대한 기준치는 승객수가 많은 혼잡시 농도에 비해 낮은 연구결과를 바탕으로 혼잡시의 이산화탄소 농도만을 기준으로 설정한다. 따라서 본 기준에서는 철도차량의 혼잡시(전동차의 경우 출퇴근시간대, 열차의 경우 주말 혹은 휴일) 이산화탄소의 기준농도를 3,000 ppm으로 제안하고, 매1분 평균 기준농도 초과비율을 20% 이내로 제한한다.

(라) 이산화탄소 농도저감 방안

객실 이산화탄소의 농도는 승객수의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 경향이 있으며, 환기가 적절히 이루어지지 않을 경우 높은 이산화탄소 농도가 유지되게 된다. 따라서, 객실 공기의 적절한 환기를 위한 지표로 이산화탄소 농도측정이 유효하며, 이산화탄소 농도를 저감시키기 위한 환기기술이 요구된다. 객실 청정화 기술, 환기용량 증대, 혼잡시 출입문 개폐시간 조절 등을 통한 운영처의 개선기술이 필요하다.

제 6 절 탈선분야 세부 안전기준

1. 열차의 비상제동거리

가. 개요

열차의 비상제동거리 세부기준을 작성하기 위하여 관련된 국내외 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

- 철도차량 안전기준에 관한 규칙
- 철도차량 안전기준에 관한 지침 제9조

나. 이론적 배경

운전사의 제동지령이 난 후 제동이 작동되어 열차가 감속하기 시작할 때까지는 약간의 시차가 발생하며 이를 공주시간이라 하고 이 기간 동안의 주행거리를 공주거리라 한다. 일반적으로 열차종류, 편성량수, 제동종류에 따라 다르며, 공주거리는 $S_1 = \frac{1}{3.6} V\ t_1$ 이다.

열차가 가진 운동에너지는 $\frac{1}{2} mV^2$ 이나 차륜과 같은 회전관성이 있으므로(대략 6%정도) 전 운동에너지는 $\frac{1}{2} mV^2 \times 1.06$ 이다.

제동력 F, 실제동거리를 S_2라 하면 제동일량=운동에너지 이므로

$FS_2 = \frac{1}{2} mV^2 \times 1.06$ 실용상 많이 사용하는 단위로 환산하면

$V = \frac{V}{3.6}\ km/h,\ M = \frac{1000W}{9.8}$ ton 이므로 $\quad \therefore \quad S_2 = 4.17\frac{W\ V^2}{F}$

마찰제동력 F_1 제륜자 압부력 P에 평균마찰계수 μ를 곱한 것 μP

1 ton당 주행저항을 R_r 이라 하면 열차중량 W에 대하여는 $W\ R_r$

1 ton당 구배저항을 R_g 이라 하면 열차중량 W에 대하여는 $-W\ R_g$

1 ton당 곡선저항을 R_c 이라 하면 열차중량 W에 대하여는 $W\ R_c$

총제동력은 $F = \mu P + W\ (R_r \pm R_g + R_c)$ 이므로

실제동거리 $S_2 = 4.17 \frac{W\,V^2}{\mu P + W\,(R_r \pm R_g + R_c)}$

P/1000W=B(제동율) 이라 하면 $S_2 = 4.17 \frac{V^2}{1000B\mu + R_r \pm R_g + R_c}$

전 제동거리 $S = S_1 + S_2 = \frac{V}{3.6} t_1 + 4.17 \frac{V^2}{1000B\mu + R_r \pm R_g + R_c}$

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙

○ 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침

○ 건설교통부령 제413호 : 도시철도차량 안전기준 규칙

○ 국내외 차량 구매사양

- 해외 차량 : 미국(뉴욕 전동차), 스페인 마드리드 전동차, 그리스 아테네 전동차, 아일랜드 디젤동차, 홍콩 전동차, 대만 전동차, 인도 델리 전동차

- 국내 차량 : 화차, 일반 객차, 새마을 객차, 전동차

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국

○ Code of Federal Regulation

- CFR 238.231: 객차, 기관차

- CFR 231.101: 기타차량

○ APTA(American Public Transit Association):규정사항 없음

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

○ GM/RT2041: 객차 125mph 이내

○ GM/RT2024: 동력차 125mph 이내

○ GM/RT2043: 화차 75mph이내

○ GM/RT2044: 편성열차 125mph 이내

○ GM/RT2046: 125mph 이상 차량

(다) 호주 : ARTC SDC 03-RIC Standard SC00130103SP

(라) 유럽

○ UIC 544-1 Brakes-Braking power

○ UIC 410 Composition and calculation of the weight and braking of passenger trains

○ UIC 421 Regulations for the consist and braking of international freight trains

라. 시험 및 분석

(1) 각국의 규정 분석

(가) 미국

○ Code of Federal Regulation

- CFR 238.231: 객차, 기관차

· 여객 열차의 주 제동장치는 상용 제동으로 최고 운행 속도로부터 차량이 운행되고 있는 선로의 다음 신호 구간 내에서 정지할 수 있어야 한다.

· 여객 열차는 점착 한계, 승객 안전, 제동장치의 열역학적 용량을 초과하는 정도의 제동율로, 작동을 되돌릴 수 없고, 열차를 정지 시킬 수 있는 비상제동 기능을 가져야 한다. 이 비상 제동기능은 항상 작동 가능해야 하며, 의도되지 않은 열차의 분리 시 작동되어야 한다.

- CFR 231.101: 기타차량

· 열차의 제동장치는 상용제동으로 최고 운행 속도로부터 차량이 운행되고 있는 선로의 다음 신호 구간 내에서 정지할 수 있어야 한다.

(나) 영국 : RGS(Railway Group Standards)

○ GM/RT2041: 객차 125mph 이내

- 신호 GK/RT0034 Appendix 1선로(신호 간격 2054m)에서

· 기존차량의 제동거리는 (1826m/125mph)

· 신조차량의 제동거리는 (1786m/125mph)

· 신조차 및 기존차의 호환성을 위한 설계 목표 권장치는
110mph 이상의 차량은 (1786m/125mph)
110mph이상 125mph이내의 차량은 (1786m/ 125mph)이어야 한다.

- 신호 GK/RT0034 Appendix 2선로(신호 간격 2054m)에서
  · 기존차량의 제동거리는 (1826m/125mph)
  · 신조차량의 제동거리는 (1786m/125mph)
  · 신조차 및 기존차의 호환성을 위한 설계 목표 권장치는
  110mph이상 125mph이내의 차량은 (1786m/ 125mph)이어야 한다.
- 신호 GK/RT0034 Appendix 3선로에서
  · 제동거리는 (1826m/125mph)
- 신호 GK/RT0034 Appendix 4선로에서
  · 기존차량의 제동거리는 (1841m/95mph)
  · 95mph이내 신조차량의 제동거리는 상기 신호 GK/RT0034 Appendix 2 에 따른다.

○ GM/RT2024: 동력차 125mph 이내
- 신호 GK/RT0034 Appendix 1선로(신호 간격 2054m)에서
  · 기존차량의 제동거리는 (1826m/125mph)
  · 신조차량의 제동거리는 (1786m/125mph)
- 신호 GK/RT0034 Appendix 2선로(신호 간격 2054m)에서
  · 기존차량의 제동거리는 (1826m/125mph)
  · 신조차량의 제동거리는 (1786m/125mph)
- 신호 GK/RT0034 Appendix 3선로에서
  · 제동거리는 (1786m/125mph)
- 신호 GK/RT0034 Appendix 4선로에서
  · 기존차량의 제동거리는 (1846m/95mph)
  · 95mph이내 신조차량의 제동거리는 상기 신호 GK/RT0034 Appendix 2 에 따른다.

○ GM/RT2043: 화차 75mph이내, 95mph이상은 추후 제정예정
- 편성차량이 아닌 경우 신호 GK/RT0034 Appendix 1 선로에서
  · 제동거리는 (1258m/75mph)

· 제동거리(최고속도 60mph에서 화차 응답시간을 갖는 열차와 최고속도 75mph에서 객차 응답시간을 갖는 열차)가 951m이내이면 아래 열차 길이 속도내로 운행

750m/60mph/화차 응답시간

690m/75mph/객차 응답시간

· 객차 응답시간의 690m 이상 길이의 열차가 상기 항을 만족하면 운행 가능

- 편성차량의 일부가 아닌 개별차량의 경우

· 최고속도 60mph(화차 응답시간), 75mph(객차 응답시간) 제동거리: 951m

· 75mph 최고속도, 열차길이 690~750m, 객차 응답시간이면 제동거리: 890m

- 편성차량인 경우

· GM/RT 2044 7.1.2~7.16을 따른다.

○ GM/RT2044: 편성열차 125mph 이내

- 신호 GK/RT0034 Appendix 1 선로에서

· 답면 제동이 있는 기존 편성차량 또는 310, 312등급의 편성 열차 제동거리 : (1826m/125mph)

· 신조차량 또는 디스크 제동이 있는 기존 편성차량, 또는 이들이 조합된 차량의 제동거리: (1712m/125mph)

- 신호 GK/RT0034 Appendix 2 선로에서

· 답면 제동이 있는 기존 편성차량 또는 310, 312등급의 편성열차 제동거리 : (1826m/125mph)

· 신조차량 또는 디스크 제동이 있는 기존 편성차량(310, 312 등급 편성차량 제외)의 제동거리: (1712m/125mph)

- 신호 GK/RT0034 Appendix 3 선로에서

· 제동거리: (1712m/125mph)

- 신호 GK/RT0034 Appendix 4 선로에서

· 기존 편성차량을 포함하는 차량의 제동거리: (1841m/95mph)

· 그림4에서 정의한 성능은 신조편성차에 사용해서는 안 된다.

· GK/RT0034 Appendix 4에 따른 신호를 갖는 선로를 운행하는 완전히 신조편성차량으로 편성된 열차의 제동거리: 그림2의 B2곡선이내

○ GM/RT2046: 125mph 이상 차량

- 125mph이상 187mph이내 차량은 (5214m/187mph)

(다) 호주

호주에서 제동거리의 결정은 표준 ARTC SDC 03-RIC Standard SC00130103SP에 다음과 같이 규정되어 있다.

○ 일반

이 규정은 주어진 선로의 임의의 지점에서 제동거리를 결정하는데 적용된다.

○ 상용제동 곡선

이 규정에 적용되는 상용제동 곡선은 이 규정의 첨부물로 되어 있다. 신호 시스템을 설계할 때, 신호의 간격은 최장 제동 거리를 갖는 열차가 최고 속도로부터 경보 신호 지점에서 상용제동을 체결하여 다음 신호 지점에서 정지 할 수 있도록 결정 되어야 한다.

시각 인지 거리(운전자가 경보 신호를 인지한 지점과 신호기 사이의 거리)는 최소 신호 거리를 결정하는 데 포함되지 않는다.

○ 최장 제동 거리의 결정

특정선로에서의 최장 제동 거리는 아래와 같은 사항을 고려하여 적절한 상용제동 곡선에 따라야 한다.

- 특정 선로에 운용되는 모든 열차 종류
- 각 열차에 허용된 최대 허용 속도. 이 최대 속도는 경보 신호와 정지 신호 간의 선로 속도가 아니라, 경보 신호에 접근할 때의 속도이다.
- 특정 선로에서 각 종류의 열차운용 속도
- 특정 선로의 구배 상황
- 특정 선로에 적용 가능한 제한속도

최장 제동 거리를 정확하게 결정하기 위해서는 최악의 제동 열차를 정확하게 정의하는데 주의 하여야 한다.

표 3-6-1 특정선로의 적용 가능한 신호 제동 곡선 예(90개 선로에서 일부 발췌)

선 로	제동곡선(신호간격)
1. Inner City	
City railway/Waverton	GE 62
Central-Strathfield	GW16(< 80)
2. Illawarra	
Meeks Road Junction-Helenburg	GW30 SIM
Unanderra-Dapto	GW16
3. North	
Strathfield- Gosford	GW 40
4. West	
Strathfield-Weatmead	GW30

(라) 유럽

○ UIC 544-1 Brakes-Braking power

○ UIC 410 Composition and calculation of the weight and braking of passenger trains

○ UIC 421 Regulations for the consist and braking of international freight trains

UIC에서는 제동거리를 쉽게 계산하기 위하여 제동중량백분율(Brake weight percentage) 개념을 사용한다.

$S= f(v,\lambda)$

S: 제동 거리

V: 속도

λ: Brake Weight Percentage

$S=C/(\lambda+D)$ $\lambda = C/S-D$

표 3-6-2 UIC 제동 규정의 상수 값

속도(km/h)	C	D
100	61,300	8.9
120	91,633	11.6
140	130,999	11.6
150	152,640	11.6
160	176,714	11.6
180	228,219	11.6
200	287,620	11.6

표 3-6-3 단독 차량의 경우 C, D 상수 값

속도(km/h)	C	D
100	52,840	10
120	83,634	19
140	119,179	19
160	161,180	19

표 3-6-4 디스크 제동 단독 차량의 경우 C, D 상수 값

속도(km/h)	C	D
120	91,633	11.6
140	130,999	11.6
160	176,714	11.6

이상과 같이 UIC 표준은 제동 거리와 Brake Weight Percentage간 상관 관계 및 상세 계산 방식을 정의하여 정해진 제동 거리 달성을 위해 Brake Weight Percentage 값을 정하고 그 값을 달성하기 위한 제동장치 설계 시 제동력을 계산하는 방식과 시험 방법에 대한 규정이다. 신호 관련 선로 별, 속도 별, 차종 별 제동 거리에 대해서는 규정하지 않고 있다.

(마) 국내규정

○ 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙

철도안전법의 시행령인 건설교통부령 제456호 “철도차량 안전기준에 관한

규칙"의 제67조 2항에 "정상 운전 조건에서 열차의 비상제동거리는 건설교통부 장관이 정하는 기준을 만족하여야 한다."라고 규정되어 있다.

○ 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침

"철도차량 안전기준에 대한 지침"의 제9조 별표6에 다음과 같이 규정되어 있다.

- 고속차량(300km/h): 3,300미터 이내
- 일반차량: 초속도 100km/h에서 600이내

○ 건설교통부령 제413호 : 도시철도차량 안전기준 규칙

"도시철도차량 안전기준에 대한 규칙" 제52조 3항에 "열차의 비상제동거리는 운행노선에 따라 정하여진 운행최고속도에서 600미터 이내이어야 한다."라고 규정되어 있다.

(2) 국내외 차량 구매사양

(가) 미국

○ 뉴욕전동차(NYCT)

- 상용제동시 전 속도구간에서 3.0mph/sec ±7%(전기제동) ±20%(기계제동)
- 비상제동시 전 속도구간에서 NYCT 도면 103-9002표시한 제동거리 240m 이내이어야 한다.

○ 뉴욕전동차(PATH)

- 상용제동시 전 속도구간에서 3.0mph/sec ±7%(전기제동) ±20%(기계제동)
- 비상제동시 전 속도구간에서 3.0mph/sec 의 기계제동 만으로 허용산포는 ± 20% 이내이어야 한다.

(나) 영국(아일랜드 동차)

초속도 161km/h에서 제동 감속도 1.0±0.05 ㎨로 기관사가 제동 체결하여 1111m이내이어야 한다.

(다) 유럽

○ 그리스 아테네 동차

최대 비상제동거리는 250m 이내이어야 하고, 상용 제동 감속도는 1.2 ㎨이어

야 한다.

○ 스페인 마드리드 전동차

제동거리에 대한 요구조건은 없고, 제동 감속도만 상용 최대 1.0 ㎨, 비상 최대 1.3 ㎨로 규정하고 있다

(라) 아시아

○ 홍콩 전동차

제동거리에 대한 요구조건은 없고 제동 감속도만 상용 최대 1.35 ㎨, 비상 최대 1.4 ㎨로 규정하고 있다.

○ 인도 델리 전동차

제동거리에 대한 요구조건은 없고 제동 감속도만 상용 최대 1.0 ㎨±5%, 비상 최대 1.3 ㎨로 규정하고 있다.

○ 대만 타이페이 전동차

제동거리에 대한 요구조건은 없고 제동 감속도만 상용 최대 1.0 ㎨±10%, 비상 최대 1.3 ㎨이상으로 규정하고 있다.

(마) 국내

○ 서울시 2호선 전동차

제동거리에 대한 요구조건은 없고 제동 감속도만 상용 최대 3.5km/h/s, 비상 최대 4.5km/h/이상으로 규정하고 있다.

○ 철도청 새마을 객차 : 제동거리 1000m 이내

○ 철도청 일반 객차 : 제동거리 600m 이내

○ 철도청 화차 : 제동거리 600m이내

○ 인천공항철도

제동거리에 대한 요구조건은 없고 제동 감속도만 상용 최대 3.5km/h/s $^{+0.2}_{-0}$, 비상 최대 4.5km/h/이상으로 규정하고 있다.

○ 고속전철

제동거리에 대한 요구조건은 없고 제동 감속도만 초속도 300km/h에서 상용 최대 1.04 ㎨, 비상 최대 1.04 ㎨로 규정하고 있다.

(3) 열차제동거리 해석

(가) 제동거리 기준의 개념

열차운행속도와 제동성능은 제동거리로 귀결되는 데 이는 열차운행의 구속요건인 선로상에서 현시되는 신호에 영향을 받게 된다. 제동거리의 확보는 열차의 운용조건과 선로별 신호체계에 의해 열차의 제한속도와 안전거리유지 및 운전중에 발생하는 돌발적 장애물 출현 등에 즉시 대응하여 비상상황에서 안전하게 열차를 정차시켜야 하는 것이 주 목적이 된다.

(나) 신호 및 열차속도제한

① 신호와 폐색방법

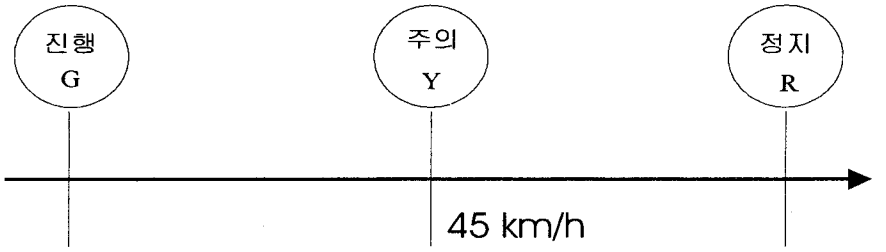
신호장치와 폐색에는 여러 방법이 있으나 여기서는 자동폐색신호기에 대하여 검토하고자 한다. 자동폐색식은 폐색구간에 설치한 궤도회로를 이용하여 열차에 의해 자동적으로 폐색 및 신호를 시행하여 열차를 운전하는 방식으로 신호와 폐색이 일원화 되어 있어 인위적인 조작이 불가능하며 역간에 신호기를 설치함으로 폐색구간을 용이하게 분할할 수 있는 이점이 있다. 한국철도의 경부선, 호남선, 전기동차에 사용되는 대표적인 신호, 폐색, 열차자동제어장치의 종류는 아래 표와 같다.

표 3-6-5 한국철도의 신호체계 종류

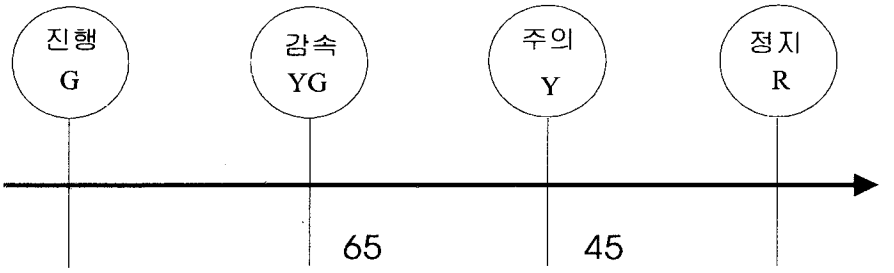
선로별	신호방식	폐색방식	열차자동정지장치(ATS)
경부선	신호 5현시(제1본선, 수원-부산간) 신호 4현시(제2본선)	자동폐색(ABS)	속도조사식
호남선	신호 3현시	자동폐색(ABS)	점제어방식
전동차	신호 4현시	자동폐색(ABS)	속도조사식

② 신호체계별 운행최고속도(운전취급규정 제56조~제67조)

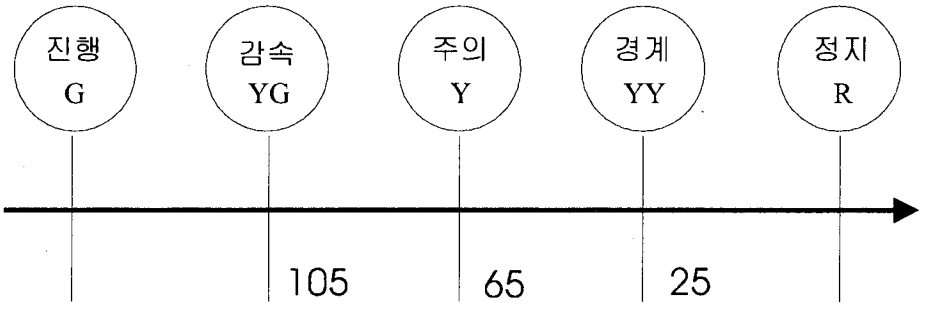
○ 신호 3현시



○ 신호 4현시(전동차, 지상구간)



○ 신호 5현시



③ 선로와 열차별 운행최고속도

○ 차량별 최고속도 (열차운전시행절차 제25조)

- 동력차

차종	기관차	디젤동차					전기동차		
	디젤전기 기관차	새마을 (DHC)	무궁화 (DEC)	무궁화 (NDC)	통일호 (DC)	일반동차(DC)	무궁화 (EEC)	수도권 (EC)	SY
속도 (km/h)	150	150	110	120	105	120	110	110	80

○ 객차

차종별	새마을	무궁화	통일호	비둘기	수화물
속도(km/h)	150	150	120	120	110

○ 화물열차

차종별	유개차	무개차	조차	컨테이너차 냉동컨테이너차	장물차
속도(km/h)	90	90	90	90	90
차종별	자동차 전용차	비상차	벌크차	차장차	기타
속도(km/h)	90	60(실은차), 70(빈차)	90	90	70

*주 : 컨테이너, 장물차 등은 빈차 제한속도 70km/h 적용

④ 각선 제한속도표(운전시행절차 제26조)

등급	선로명		최고속도			곡선속도								
			기관차	동차	정거장	200	250	300	400	500	600	700	800	900
2급선	경부제1선	표준구간	140	140	130									
	경부제1선	기타선구간	135	135	130				90	100	110	115	125	130
	호남선	익산-송정리	140	140	130									
3급선	호남선	서대전-강경	125	125	100									
		강경-익산	135	135	100				85	95	100	110	125	
	호남선	대전-서대전	120	120	100				85	95	100	110	125	
	경부제2선	가리봉-수원	110	120					75	85	95	105	110	
	경부제3선	영등포-구로				55	60	65	75	85	90	100		
	경전선	광주-송정리				55	60	70	80	85	90	100		
	중앙선	청량리-영천			100		65	70	80	90	95	105	110	

⑤ 하구배의 속도제한(운전시행절차 제27조)

궤 간 \ 하구배(0/00)			5-9 미만	9-13 미만	13-16 미만	16-19 미만	19-23 미만	23-28 미만	28-33 미만	33-36 미만
광궤선	속도 (km/h)	여객열차	110	105	90	85	80	75	70	65
		수도권 전기동차	110	110	110	105	100	95	90	80
		기타열차	70	70	65	60	60	55	50	45
협궤선	속도(km/h)		60	55	50	50	45	45	40	30
특인	경부선 및 호남선(강경-송정리)									
		종별		하구배 (0/00)		제한속도 (km/h)				
		새마을호열차 (무궁화호디젤 동차포함)		5-9미만		125				
				9-13미만		120				
		기타 여객열차		5-9미만		115				
				9-13미만		110				
	단, 경부선 및 호남선(강경-송정리)과 수도권 전기동차열차는 하구배 연장거리 1,000m 미만인 경우는 하구배 속도제한을 받지 않는다.									

(다) 열차방호

① 열차방호 개념

정차장 외의 선로에서 열차가 정차한 경우 및 선로 또는 전차선로(이하 선로라 한다)에 열차의 정차를 요하는 사고 또는 장애(이하 사고라 한다)가 발생한 경우에 진행하여 오는 열차를 정지시키기 위하여 정지신호를 현시하는 것을 말한다(운전취급기준 제3조 38).

② 열차방호규정(운전취급기준 제391조)

열차 또는 선로에 고장이 발생하여 관계열차를 급히 정차시킬 필요가 있는 경우에는 다음 각호의 1의 방식에 의하여 열차방호를 하여야 한다.

① 제1종 방호 : 지장지점의 부근에 화염신호를 현시하고, 정지수신호를 현시하면서 주행하여 지장지점으로부터 800m이상의 지점에 신호뇌관을 장치한 후 지장지점으로부터 200m 이상의 지점에 정지수신호를 현시하여야 한다.

② 제2종 방호 : 정지수신호를 현시하면서 주행하여 지장지점으로부터 800m 이상의 지점에 신호뇌관을 장치한 후 지장지점으로부터 200m 이상의 지점에 정지수신호를 현시하여야 한다.

③ 제3종 방호 : 지장지점에 화염신호를 현시하고 정지수신호를 현시하면서 주행하여 200m이상의 지점에 정지수신호를 현시한다.

④ 제4종방호 : 지장지점으로부터 정지수신호를 현시하면서 주행하여 200m 이상의 거리에 정지수신호를 현시하여야 한다. 다만, 인원이나 전호기 또는 전호등이 부족할 때에는 정지수신호를 현시하면서 주행하여 800m이상의 거리에 신호뇌관을 장치하여 대신할 수 있다.

⑤ 무선방호 : 지장열차의 기관사가 관계열차 또는 관계정거장에 열차무선전화로 지장유무를 통보한다.

③ 열차제동거리와 신호 및 방호와의 관계

○ 신호와 제동거리

경부선, 호남선, 전동차 운행에 사용되고 있는 5현시, 3현시, 4현시 신호현시 방식에서 현재 운행중인 철도차량의 비상제동거리가 안전운행에 문제가 없는가를 검토할 필요가 있다. 열차비상제동성능의 범위내에서 최적인 신호기 사이의 거리나 각 신호구간에서의 운행속도를 설정함으로써 운행시간의 단축, 선로용량의 증가가 가능함으로 경제성 향상과도 관계가 있다. 한국철도의 열차비상제동거리가 600m 이내이므로(110km/h까지) 신호현시의 확인거리도 이 비상제동거리를 기준으로 하여 정하여 진다. 그러나 신호등의 광력이나 완목의 크기에도 한도가 있으므로 신호기의 종류에 따라 차이가 있으나 장내, 출발, 폐색, 원방신호기의 경우 신호현시의 확인거리는 600m 이상으로 되어있다(신호보안설비 시설규정 제18조).

선로이용률을 최대한으로 높이기 위한 방법으로서 열차의 제동거리와 감속도가 관계된다.

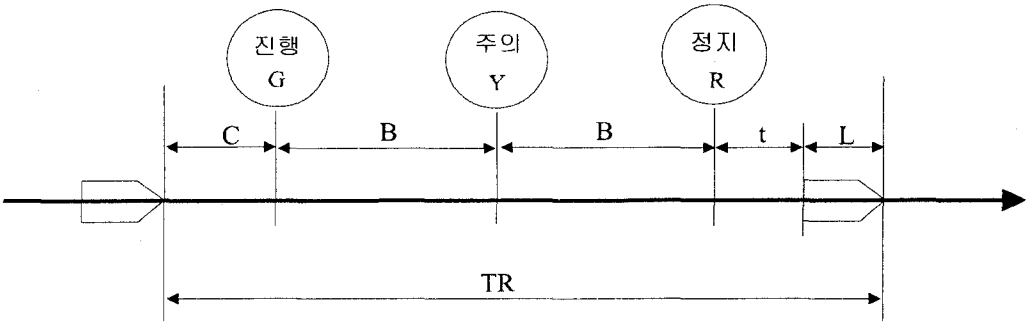


그림 3-6-1 자동신호의 최소운전시격

그림 3-6-1과 같이 설치된 3위식 자동폐색구간에서 항상 진행신호로 운행하는 경우의 최소운전시격 TR은 아래와 같이 표현된다.

$$TR = 3.6\frac{2B+L+C}{V} + t \quad (\text{sec})$$

여기서,

B: 폐색구간의 길이 (m)

L: 열차의 길이 (m)

C: 신호현시확인에 필요한 최소거리 (m)

t: 선행열차가 R 신호기 통과시부터 G신호기가 진행신호를 현시할 때까지의 시간 (sec)

V: 열차속도(km/h)

한편, 폐색구간의 길이 B와 열차제동거리 b 의 관계는 아래와 같다.

$$B=b+K$$

여기서, K는 제동여유거리이다. 따라서 최소운전시격 TR과 제동거리의 관계는 다음과 같이 표현된다.

$$TR = 3.6\frac{2(b+K)+L+C}{V} + t \quad (\text{sec})$$

표 3-6-6 열차운전시격의 계산치

열차	b (m)	K (m)	L (m)	C (m)	최고운행속도 (km/h)	TR (초)
새마을	962	200	8량 180	600	140	79.8
무궁화 ERE	659	200	7량 141	600	120	73.7
무궁화 ARE	693	200	7량 141	600	120	79.4
통일호	797	200	7량 141	600	120	82.0
화물열차	720	200	22량 330	600	90	111.1

표 3-6-6은 제동거리를 이용하여 t=0일 때 계산한 열차의 운전시격(TR)이다. 무궁화 ERE의 운전시격이 73.7로 가장 짧고 화물열차의 시격이 111.1초로 가장 길다. 최소운전시격을 단축하여 선로의 이용율을 최대한으로 높이기 위해서는 속도의 가감속이 양호한 동력차 및 연결차량(객차, 화물열차 등)이 열차편성에서의 최적제동력을 발휘하고 열차제동거리를 짧게 유지하여야 한다. 위의 계산에서는 선로변경, 신호기제어, 역에서의 출발 등이 고려되지 않은 계산이므로 실재로 적용할 경우는 이를 고려하여 검토하여야 한다.

열차의 안전운행을 확보하기 위하여 사용되고 있는 열차자동정지장치(ATS: Automatic Train Stop)는 신호와 연관되어 사용된다. 열차자동정지장치는 지상장치(지상자)를 설비한 상치신호의 지시속도 또는 지정된 제한속도를 초과 운전하는 경우 차량에 경보를 표시하는 동시에 필요에 따라 열차를 자동정지시키는 장치이다.

ATS장치에는 점제어식(S-1식)과 속도조사식(S-2)식이 있다. 점제어식의 경우는 열차가 정지신호 현시조건의 지상자를 통과할 때 차상장치에는 적색의 점등 및 경보를 하고 경보후 약 5초가 경과되면 자동적으로 제동이 작용하여야 한다. 다만, 경보후 5초 이내에 제동핸들을 소정위치로 이동하고 확인버튼을 누르면 자동적으로 제동이 작용하지 않아야 한다. 속도조사식의 경우 상치신호기의 신호현시 조건에 따른 지시속도를 초과하여 당해 지상자를 통과운전하면 차상장치에는 적색등의 점등 및 경보를 하고 약 3-5초가 경과하면 자동적으로 제동이 작용하여야 한다(전동차는 약 3초, 디젤기관차용은 약 5초). 다만, 경보후 약 3-5초이내에 제한속도 이하로 속도를 감속할 때에는 자동적으로 제동이 작용하지 않아야 한다.

○ 열차방호와 비상제동거리

열차방호에는 당해지점의 내방에 후속열차를 진입시키지 않기 위한 방호조치와 이례적 사태가 발생하여 긴급히 관계열차를 정지시키려는 방호조치가 있다. 전자의 경우는 완전방호로서 신호기에 의한 방호를 들 수 있으며, 후자의 경우는 긴급방호로서 신호기로서 현시할 수 없는 경우에 특수신호를 사용하여 방호를 하는 것이다. 이에 따라 철도청에서는 방호기준을 설정함에 있어 열차의 최대제동거리와 과주여유거리를 가산한 거리를 기준으로 청각 및 시각에 의

한 두가지 방호방법을 적용시켜 보다 완전한 열차방호를 시행하도록 하고 있다.

열차 운전중 사고발생이나 선로장애 등으로 긴급히 열차방호를 시행하여야 할 경우 신속하고 정확한 조치를 시행함으로써 사고의 확대를 방지하여 안전한 철도를 구현하기 위하여 열차방호 요령을 제정하고 그 거리를 800m로 규정하여 시행하고 있다.

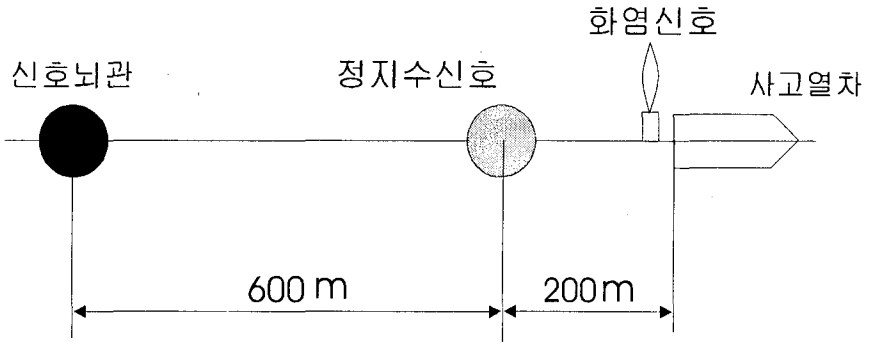


그림 3-6-2 열차방호규정의 개략도

방호규정 제정당시의 속도는 100km/h 이하로 방호규정의 적용에 문제가 없었으나 열차의 속도가 140km/h 이상으로 향상된 오늘날에 있어서는 속도향상에 따른 방호거리 재조정 문제가 제기되었고, 속도에 비례한 방호거리 연장은 방호시행시간의 연장과 고밀도의 열차운행과 고속도 등으로 효율성과 효과에 의문이 제기되어 그 보완조건으로 폐색 및 신호체계방식의 개선, ATS, 무선전화 등 각종 운전보안장치가 개발 운용되고 있다. 이러한 보안장치의 보완 및 운용으로 현행 방호방법에 의한 방호는 거의 시행한 경우가 없었으며 인간의 시각과 청각에 의한 내용이 주된 현행 방호규정의 전면적인 개정이 검토되고 있다. 다만 운전보안장치나 신호, 폐색방식 등을 사용할 수 없는 긴급 부득이한 사태가 발생한 경우에 열차는 운행되어야 하나 그 경우에도 열차는 안전운행을 위한 안전조치를 하여야 하므로 어떤 대안이 없는 한 현행방호규정의 폐지는 매우 어려운 실정으로 판단된다.

현행 방호규정의 보존을 위하여는 1) 운행속도의 제한 2) 차량의 제동성능을 향상하는 방안이 있다. 그러나 전자의 방안은 기존선을 고속화 및 열차운행속도의 증가추세에 비추어 비현실적이며 인간의 시각과 청각에 의존하는 방안으로 바람직하지 않다. 후자의 방안 또한 단기간에 제동성능을 해결하기 어

려운 실정이다. 따라서 현행방호규정에 적용된 방호거리를 연장하거나 방호규정을 전면 개정하는 방안을 검토할 필요가 있다.

(라) 제동거리 해석

① 운행열차 제동거리 해석

다양한 편성열차에서 측정된 제동거리를 ±10%의 오차범위에서 예측할 수 있는 제동거리계산용 프로그램을 완성하였고 이 프로그램으로 실제 운행중인 열차와 동일한 편성에 대하여 각 열차들의 실은차 조건에서의 예측된 비상제동거리를 구하였다. 수치계산에서 실은차 조건이라 함은 여객열차는 객차의 정원 승차기준으로 가정하였으며, 따라서, 정원을 초과한 많은 승객이 승차하였을 경우에는 계산결과보다 비상제동거리가 길어지게 되며, 화물열차에서는 화물열차의 제원에 나타난 최대적재하중으로 계산하였으므로 적재하중의 편차에 의하여 제동거리는 짧거나 길게 나타날 것이다.

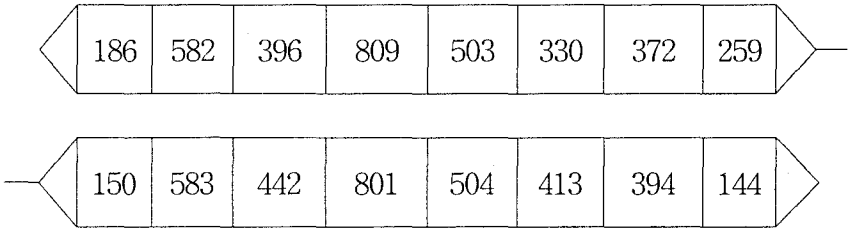
비상제동거리 계산결과는 차량의 특성에 따라 달라지는 제동통압력 및 마찰계수를 설계사양으로 적용하였다. 비상제동거리 계산결과에서 최대치 및 최소치는 제동통압력의 허용값(±0.1~0.25kg/cm2), 마찰계수의 허용값(±10%)을 적용하였을 때 비상제동거리의 최대 및 최소 거리이다.

○ 여객열차

(a) 새마을호 열차

· 열차번호 : 새마을호 5열차 · 운행구간 : 서울 → 부산

· 열차편성 : (PMC+5P+1S+PMC) × 2편성, 장대열차 (총 16량)



차종	동차	객차	객차	식당차	객차	객차	객차	동차
제동장치	Knorr							

· 속도별 실은차시 비상제동거리 계산결과(맑은 날 활주없는 경우)

속도 (km/h)		100	110	120	140	150	비 고
비상제동거리(m) (설계사양)	최소	392	468	550	752	856	
	표준	435	520	613	838	954	
	최대	489	585	688	943	1074	

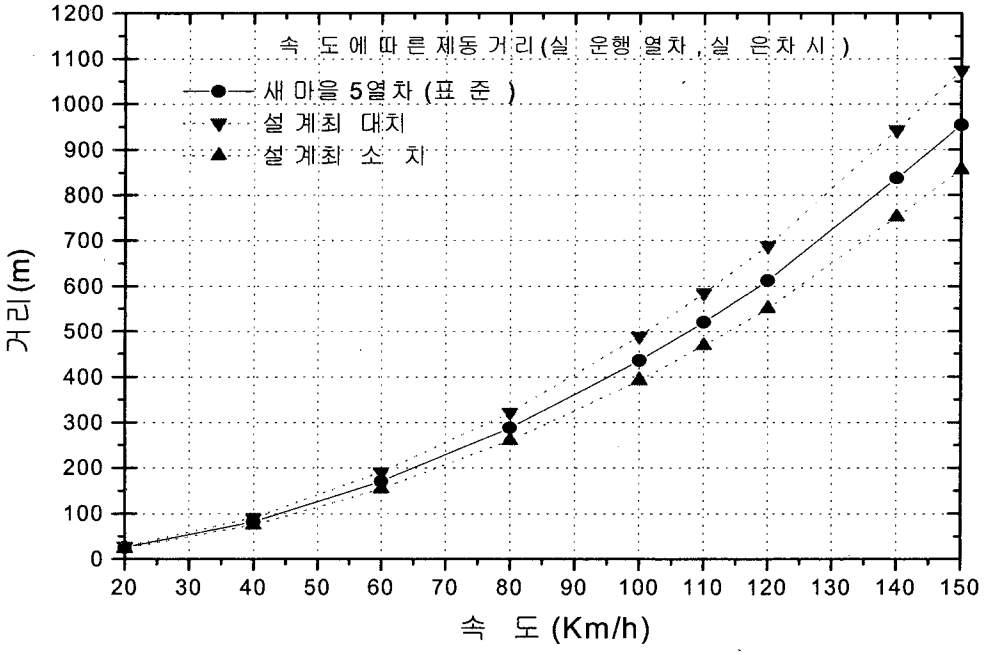


그림 3-6-3 새마을호 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

(b) 무궁화호 열차

① ARE제동 중심 편성

· 열차번호 : 무궁화호 111열차 · 운행구간 : 서울 → 부산

· 열차편성 : 기관차 1+ 객차 7+ 식당차 1+발전차 1 (총 10량)

11044	11982	11987	11507	73	11979	11674	11690	99509	7148

차종	객차	객차	객차	객차	식당차	객차	객차	객차	발전차	기관차
제동장치	ARE	ARE	ARE	ERE	ARE	ARE	ARE	ARE	Knorr	26L

· 속도별 실은차시 비상제동거리 계산결과(맑은 날 활주없는 경우)

속도 (km/h)		80	100	110	120	140	150	비고
비상제동거리(m) (설계사양)	최소	228	349	421	528	726	830	
	표준	252	389	470	592	815	934	
	최대	282	438	531	671	927	1062	

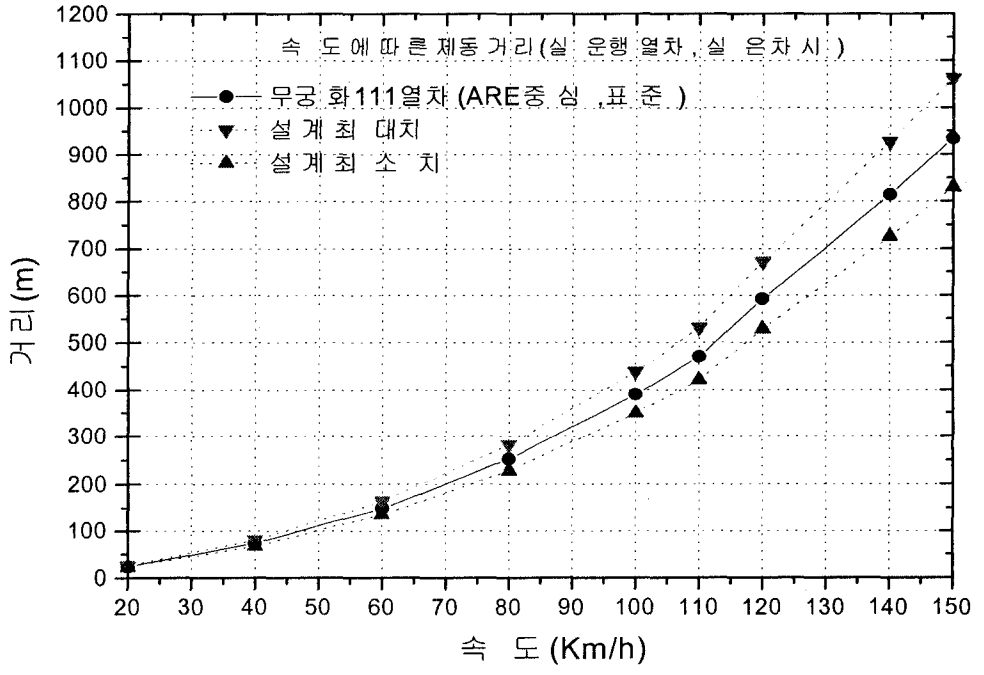


그림 3-6-4 무궁화호 ARE 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

② LN제동 중심 편성

· 열차번호 : 무궁화호 101열차 · 운행구간 : 서울 → 부산

· 열차편성 : 기관차 2 + 객차 10 + 발전차 1 (총 13량)

993 54	118 34	119 30	119 51	119 39	119 07	119 29	1184 2	118 75	1105 3	110 38	7381	7370

차종	발전차	객차	객차	객차	객차	객차	객차	식당차	객차	객차	객차	DL	DL
제동장치	LN	LN	LN	LN	ERE	LN	LN	LN	LN	ARE	ARE	26L	26L

· 속도별 실은차시 비상제동거리 계산결과(맑은날 활주없는 경우)

속도 (km/h)		80	100	110	120	130	비고
비상제동거리(m) (설계사양)	최소	212	354	453	581	731	
	표준	232	391	502	645	814	
	최대	256	436	561	724	915	

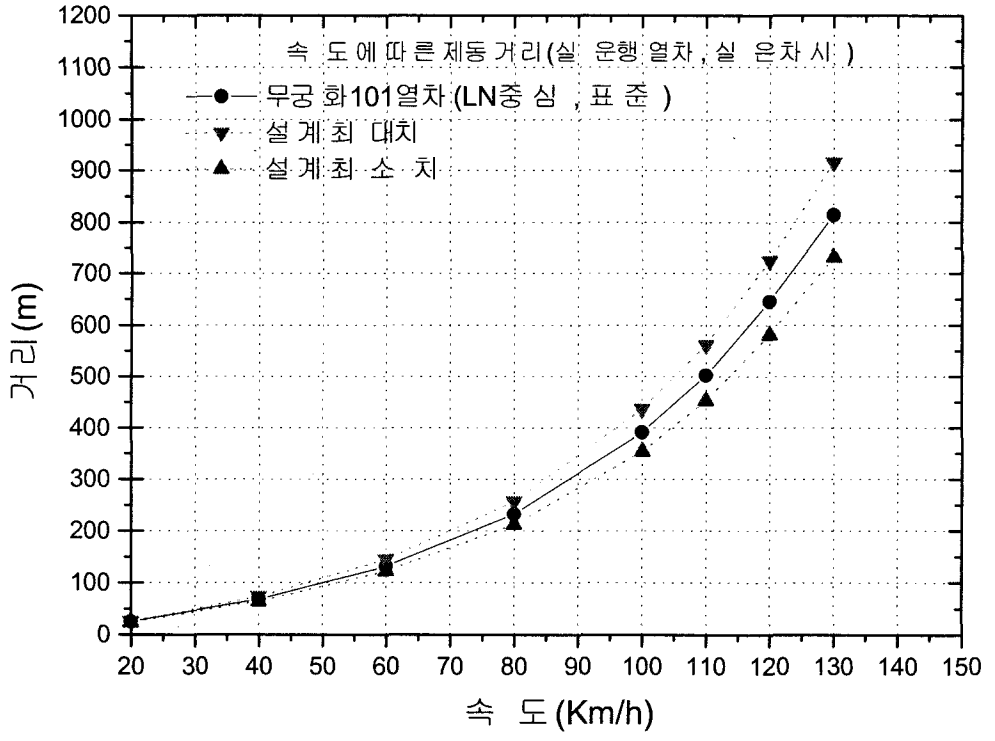


그림 3-6-5 무궁화호 LN 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

(c) 통일호 열차(LN제동 중심)

· 열차번호 : 통일호 401열차 · 운행구간 : 서울 → 부산

· 열차편성 : 기관차 1 + 객차 10 + 발전차 1 (총 12량)

992 38	138 46	131 81	135 03	138 11	135 12	1375 4	137 10	1350 9	130 78	130 72	7004

차종	발전차	객차	객차	객차	객차	객차	객차	객차	객차	객차	객차	기관차
제동장치	Knorr	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	26L

· 속도별 실은차시 비상제동거리 계산결과(맑은 날 활주없는경우)

속도 (km/h)		80	100	110	120	비 고
비상제동거리(m) (설계사양)	최소	210	350	450	576	
	표준	228	384	497	637	
	최대	251	427	554	712	

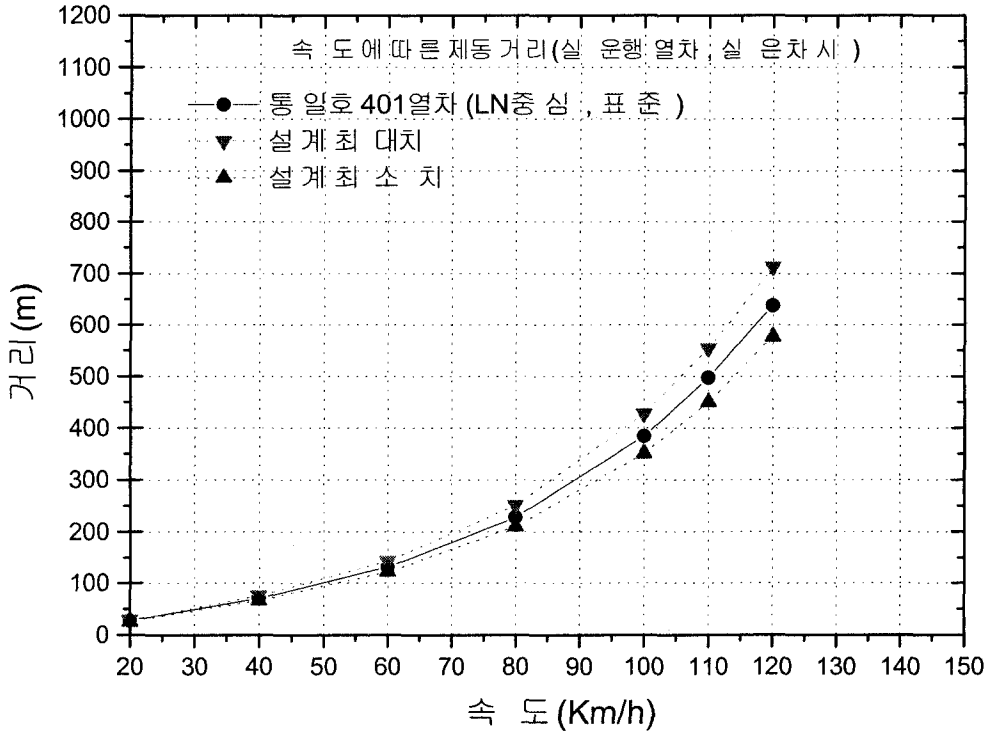


그림 3-6-6 통일호 LN 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

○ 화물열차

(a) 일반제동 화물열차(70Km/h급)

· 열차편성 : 기관차 1 +유조차(31000호대) 15 +차장차 1 (총17량)

· 제동장치 : 26L (1)+ K2일반 (15) + K2일반 (1)

· 속도별 비상제동거리 계산결과(맑은 날 활주없는 경우)

속도 (km/h)			50	60	70	80	비 고
비상제동거리(m) (설계사양)	빈차 (표준)		134	155	211	286	
	실은차 (40t)	최소	186	260	360	498	
		표준	205	287	398	552	
		최대	228	320	445	617	

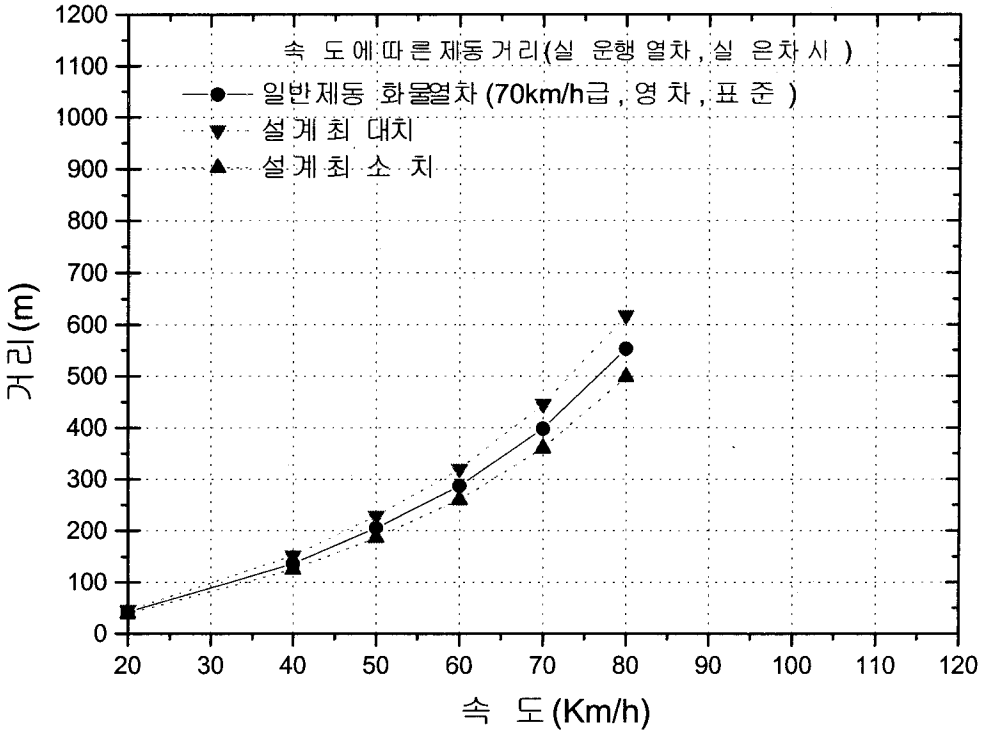


그림 3-6-7 화물열차 일반제동 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

(b) 컨테이너 화물열차(90Km/h급)

· 열차번호 : 화물열차 2021열차 (11월26일)

· 운행구간 : 의왕 → 부산진

· 열차편성 : 기관차 1 + 컨테이너화차 22 + 차장차 1 (총 24량)

	86615	976285	976087	975005	760709	976631	760771
차종	차장차	화차	화차	화차	화차	화차	화차
제동장치	K2	적공	적공	적공	적공	적공	적공

760280	976804	976246	974118	760799	760428	974101	976076
화차	화차	화차	화차	화차	화차	화차	화차
적공	적공	적공	적공	적공	적공	적공	적공

760266	976112	976021	760389	770036	760460	976927	976406	7000
화차	화차	화차	화차	화차	화차	화차	화차	기관차
적공	적공	적공	적공	P4a	적공	적공	적공	26L

· 비상제동거리 계산결과(맑은 날 활주없는 경우)

속도 (km/h)			70	80	90	비 고
비상제동거리 (m) (설계사양)	빈차(표준)		214	286	378	
	실은차(25ton,표준)		224	300	397	
	실은차 (50ton)	최소	268	362	482	
		표준	293	398	532	
		최대	324	441	593	

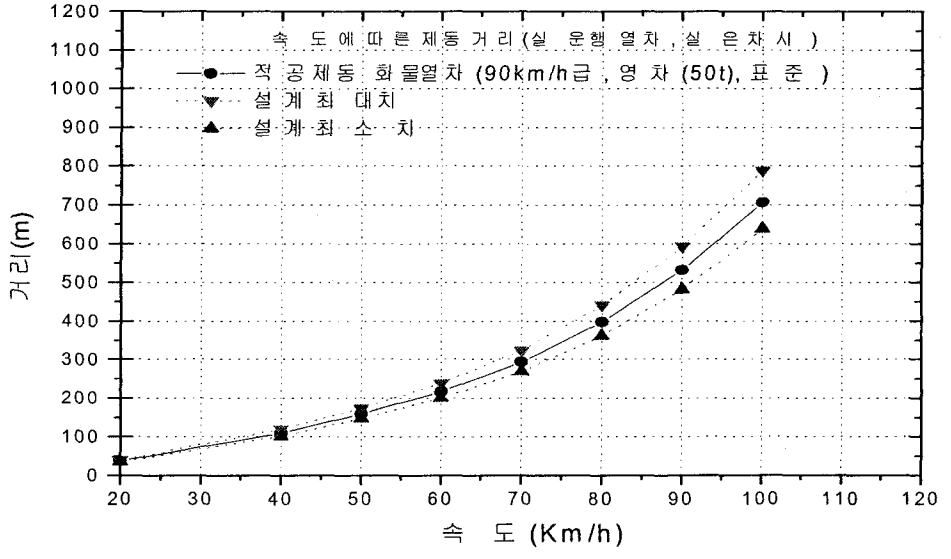


그림 3-6-8 컨테이너 화물열차 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

(c) 고속화물열차 (컨테이너, P4a차량)

· 열차편성 : 기관차 1(7100호대) + 고속화차 8 (총 9량)

· 제동장치 : 26L (1)+ P4a (8)

· 속도별 비상제동거리 계산결과(맑은 날 활주없는 경우)

속도 (km/h)			60	80	90	100	110	120	비 고
비상제동거리 (m) (설계사양)	빈차 (표준)		153	279	373	494	653	866	
	실은차 (25ton, 표준)		157	287	382	506	668	886	
	실은차 (50ton)	최소	149	269	357	471	620	812	
		표준	161	294	392	519	686	899	
		최대	177	326	436	579	767	1006	

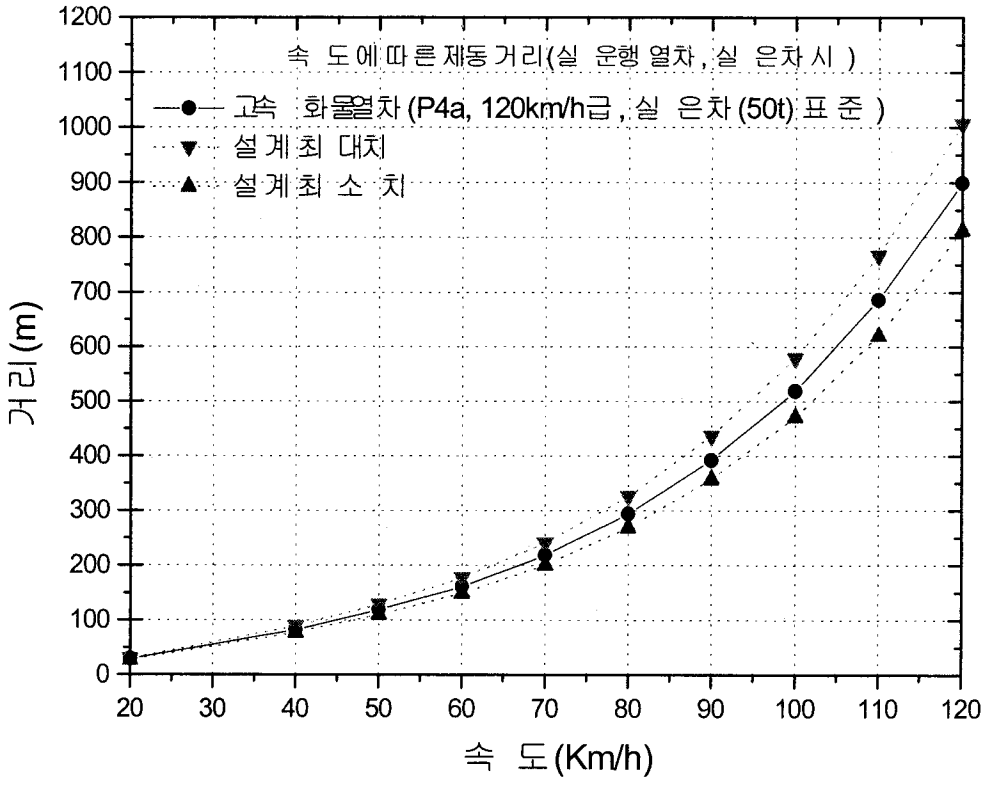


그림 3-6-9 고속 화물열차 비상제동거리 계산결과(맑은 날, 활주 없는 경우)

② 실운행열차의 제동성능 종합검토

○ 평탄선로

실운행 열차의 제동관련 표준사양(제동통압력, 마찰계수)을 입력하여 열차비상제동거리를 계산한 결과는 실운용에 있어서 최소값과 최대값의 차량이 분포하여 평균적으로는 전열차가 표준이 되도록 지속적인 검수관리와 제동시스템의 유지보수관리 및 마찰재의 주기적인 품질확보에 노력이 필요한 것으로 보인다.

여객열차의 비상제동거리 계산 결과는 [그림 3-6-10]과 같으며, 제동장치가 LN형 중심으로 편성된 무궁화 101열차의 경우는 제동거리가 통일호와 비슷하게 길어지므로 무궁화 101열차의 경우에는 속도 150km/h에서 비상제동거리 1000m를 기준으로 하였을 때 최고운행 차량속도를 120km/h 로 제한할 필요가 있다.

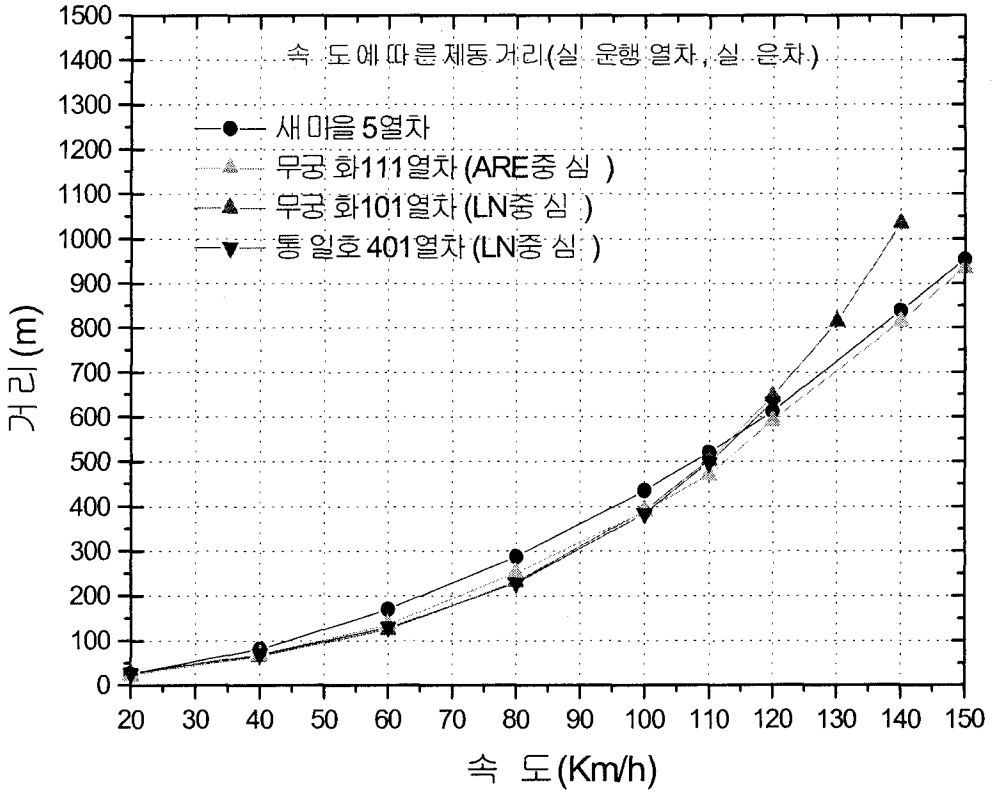


그림 3-6-10 여객열차의 비상제동거리 계산결과 (실은차, 표준상태)

실운행 화물열차를 제동장치별, 하중별로 비상제동거리를 정리한 결과는 [그림3-6-11]과 같으며, K2일반제동 화물열차의 경우 실은차와 빈차시 비상제동거리의 차이가 많이 있음을 알 수 있다.

적공제동 화물열차(컨테이너 화차 23량)의 경우는 평균 25톤을 적재하였을 때 90km/h에서 약 500m이내, 평균 50톤을 적재하였을 경우 600m 이내로 예측되고 있으나, 실험결과에 의하면 제동통압력과 주철제륜자의 마찰력이 낮아, 비상제동거리가 상당히 길게 나타나고 있으므로 평균 50톤을 적재하였을 때 90km/h에서 650m 이내로 관리하는 것이 적정하고, 유지보수에 많은 노력이 필요한 것으로 생각된다.

고속화물열차(P4a차량)의 경우에는 하중의 변동에 따라 제동통의 압력이 변하므로 빈차와 실은차의 제동거리가 큰 차이가 없이, 속도 120km/h에서 900m 이내이다.

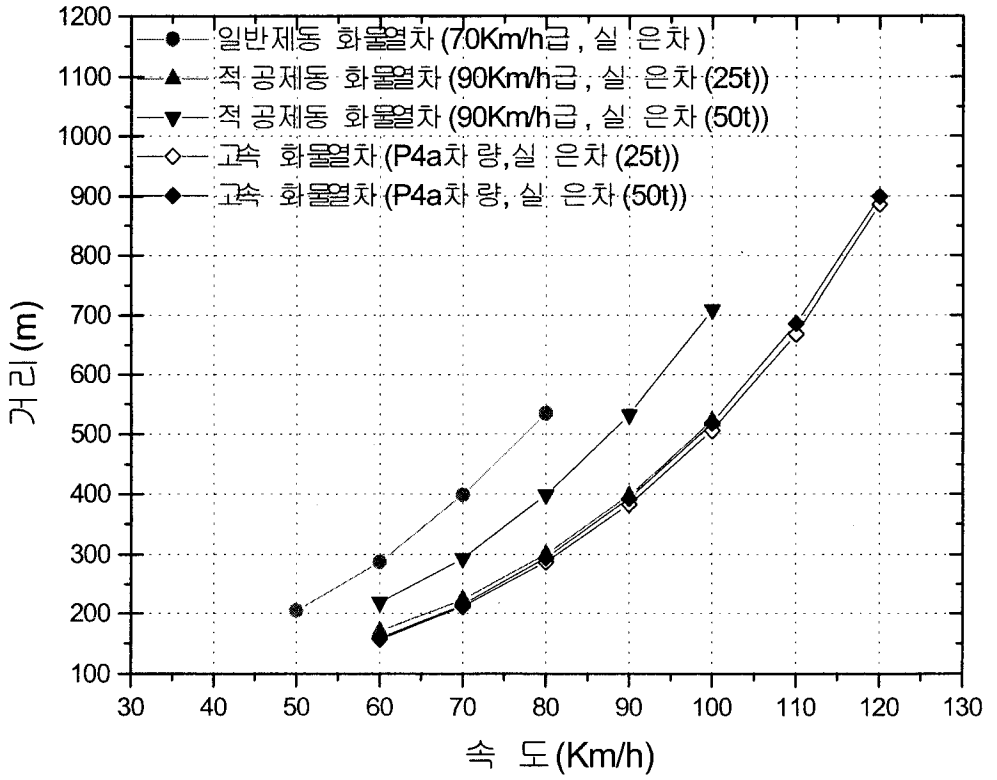


그림 3-6-11 화물열차의 비상제동거리 계산결과(실은차, 표준상태)

○ 하구배 선로

실운행열차의 하구배에서의 열차비상제동거리 해석결과는 아래와 같으며, 실은차상태 및 기후조건을 우천시로 적용한 결과로서 운행속도를 제한하여 설정할 필요가 있다.

표 3-6-7 여객열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리

속도(km/h) / 열차별		제동초속도별 열차제동거리 (15/1000) (실은차, 우천시)							
		60	70	80	90	100	110	120	열차편성
비상제동거리(m)	새마을 KNORR	184	256	342	445	563	696	842	(PMC+5P+1S+PMC)×2
	무궁화 (ARE중심)	159	219	293	381	485	605	742	기관차+객차8+발전차
	무궁화 (LN중심)	162	226	308	412	545	714	928	기관차2+객차13+발전차
	통일호 (LN중심)	167	232	315	421	558	734	965	기관차+객차10+발전차

표 3-6-8 화물열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리

속도(km/h) / 열차별			제동초속도별 열차제동거리 (15/1000) (실은차, 우천시)							
			40	50	60	70	80	90	100	열차편성 및 조건
비상제동거리(m)	일반제동	실은차	226	379	599	910	-	-	-	기관차+유조차15+차장차, (K2일반제동)
	컨테이너 화물열차	실은차(25t)	128	201	299	431	607	842	-	기관차+화차22+차장차, (적공제동 중심편성)
		실은차(최대)	171	276	421	620	891	1262	-	
	고속화물열차	실은차(25t)	105	159	231	324	448	609	822	기관차+고속화물열차14, (P4a제동장치)
		실은차(50t)	107	163	236	332	459	624	843	

표 3-6-9 여객열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리

열차별 \ 속도(km/h)		제동초속도별 열차제동거리 (30/1000) (실은차, 우천시)							
		50	60	70	80	90	100	110	열차편성
비상제동거리(m)	새마을 KNORR	145	214	301	407	534	683	852	(PMC+5P+1S +PMC)×2
	무궁화 (ARE중심)	121	176	245	331	436	561	707	기관차+객차8+발전차
	무궁화 (LN중심)	128	185	260	358	486	654	875	기관차2+객차13+발전차
	통일호 (LN중심)	125	182	255	352	481	652	882	기관차+객차10+발전차

표 3-6-10 화물열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리

열차별 \ 속도(km/h)			제동초속도별 열차제동거리 (30/1000) (실은차, 우천시)							
			40	50	60	70	80	90	100	열차편성 및 조건
비상제동거리(m)	일반제동	실은차	382	713	1293	-	-	-	-	기관차+유조차15+차장차(K2일반제동)
	컨테이너 화물열차	실은차 (25t)	150	242	374	561	829	1220	-	기관차+화차22+차장차(적공제동 중심편성)
		실은차 (최대)	226	385	626	993	-	-	-	
	고속 화물열차	실은차 (25t)	115	177	263	380	539	759	1069	기관차+고속화물열차 14(P4a제동장치)
		실은차 (50t)	118	182	271	391	555	783	1104	

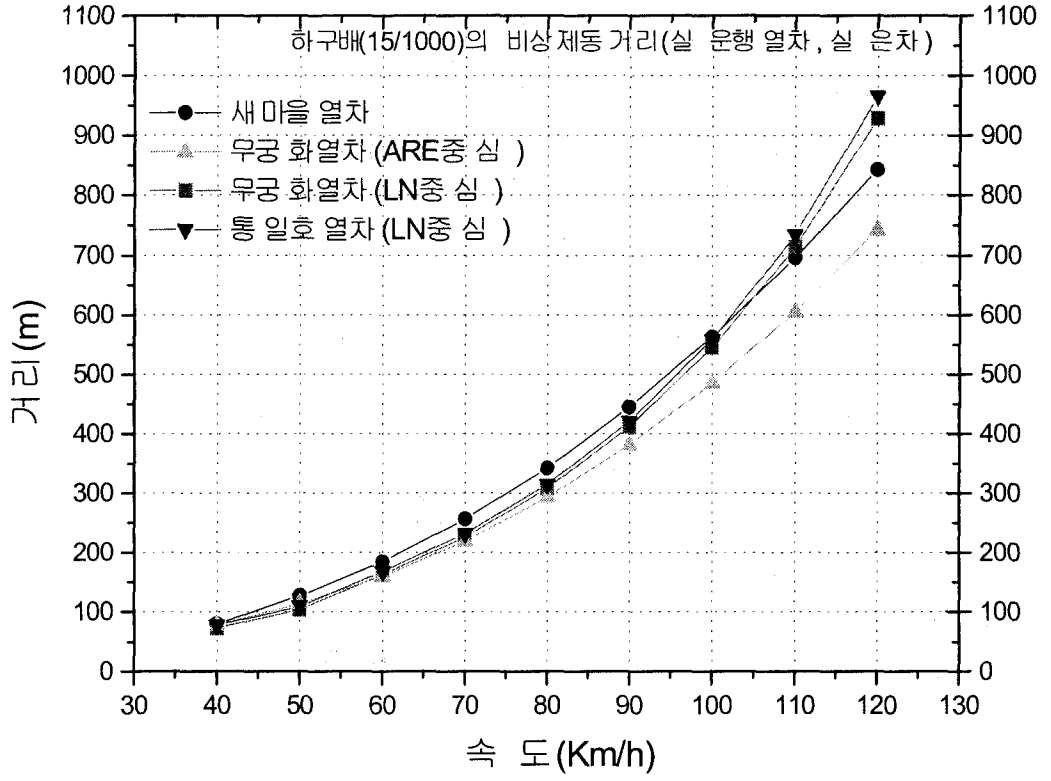


그림 3-6-12 여객열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리 계산결과(실은차, 우천시)

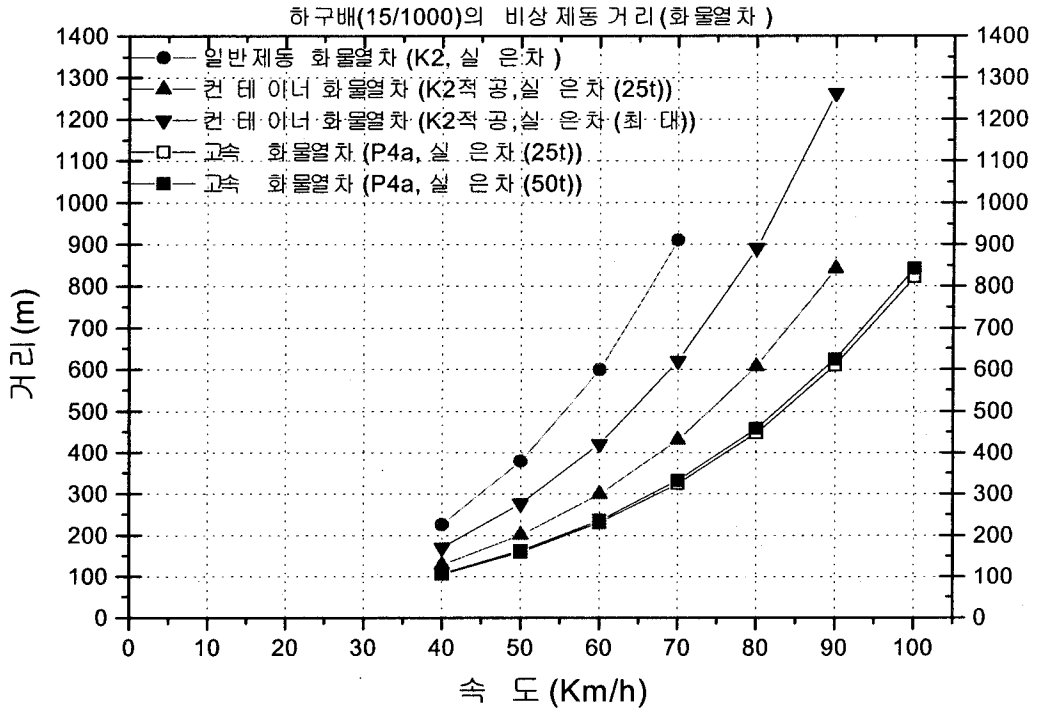


그림 3-6-13 화물열차 하구배시(15/1000) 비상제동거리 계산결과(실은차, 우천시)

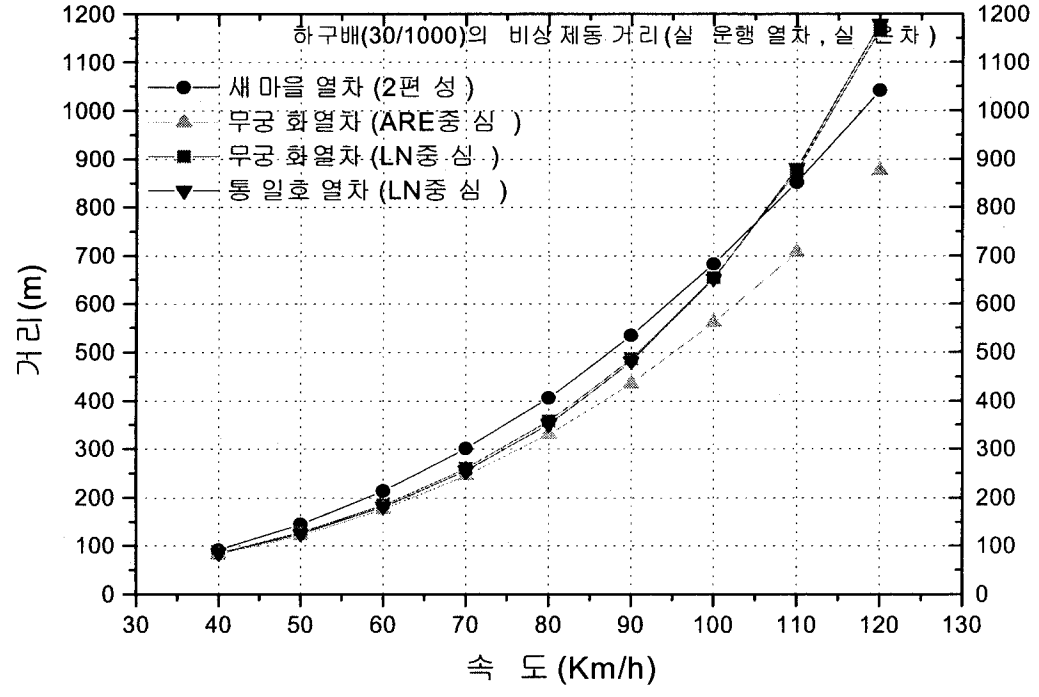


그림 3-6-14 여객열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리 계산결과(실은차, 우천시)

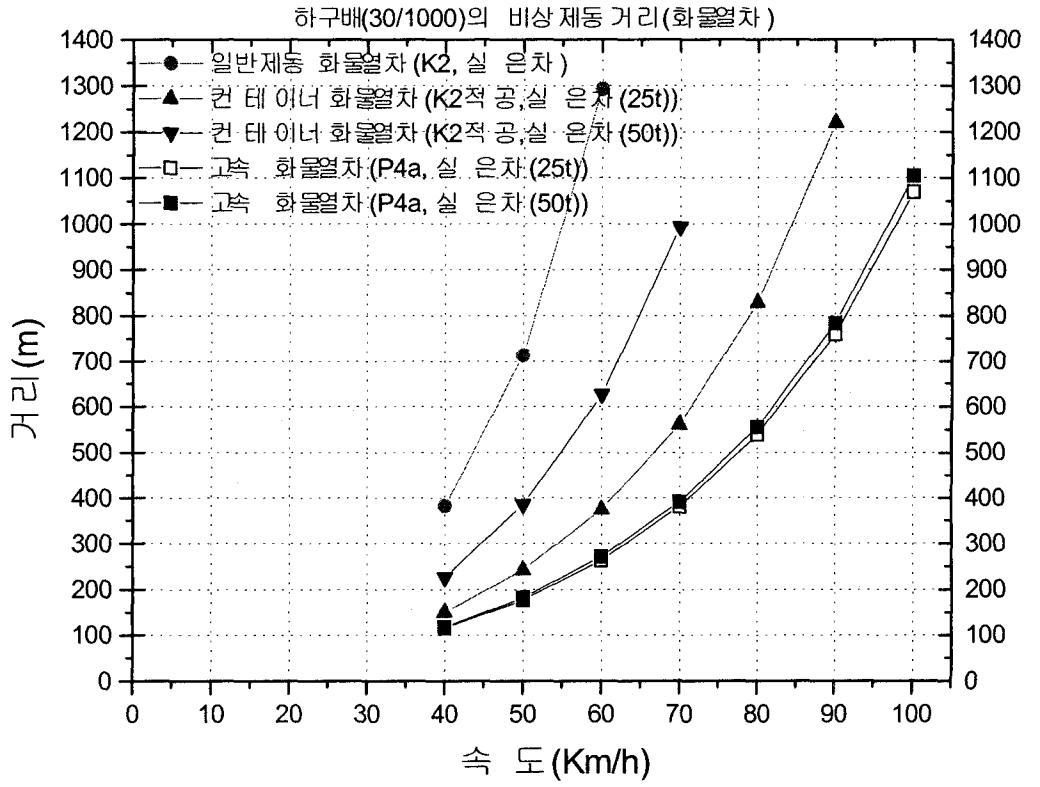


그림 3-6-15 화물열차 하구배시(30/1000) 비상제동거리(실은차, 우천시)

○ 현 운행열차의 실평균감속도

아래 도표는 여객 및 화물열차에 대한 실평균감속도의 변화를 나타낸 것으로 속도의 증가에 따라 실평균감속도가 낮아지고 있음을 알 수 있다.

표 3-6-11 제동초속도별 여객열차 실평균감속도 계산

열차별 \ 속도(km/h)		80	100	110	120	140	150	열차편성
비상제동실평균감속도	새마을 KNORR		3.51	3.53	3.54	3.48	3.49	(PMC+5P+1S+PMC)×2
	무궁화 (ARE중심)	4.81	4.57	4.46	4.07	3.76	3.66	기관차+객차8+발전차
	무궁화 (LN중심)	5.68	4.77	4.33	3.81			기관차2+객차13+발전차
	통일호 (LN중심)	5.51	4.65	4.18	3.72			기관차+객차10+발전차
	전동차인버터제어	5.07	5.01	4.98	4.97			10량 1편성(1량당 승객무게 20ton)

표 3-6-12 제동초속도별 화물열차 실평균감속도 계산

열차별 \ 속도(km/h)		50	60	70	80	90	100	110	120	열차편성
비상제동실평균감속도	화물열차 (K2일반, 40t)	2.12	2.13	2.03	1.87					기관차+유조차15+차장차(40ton 적재시)
	화물열차 (적공,25t)			4.29	3.94	3.57				기관차+화차22+차장차(25ton 적재시)
	화물열차 (적공,50t)			3.0	2.74	2.5				기관차+화차22+차장차(50ton 적재시)
	화물열차 (P4a,25t)		4.77	4.50	4.09	3.70	3.31	2.94	2.56	기관차+고속화차8 (25ton 적재시)
	화물열차 (P4a,50t)		4.72	4.44	4.05	3.67	3.29	2.91	2.53	기관차+고속화차8 (50ton 적재시)

* 주 : 기후조건이 표준상태이며 습윤상태(눈, 비 등)에서는 길게 나타남.

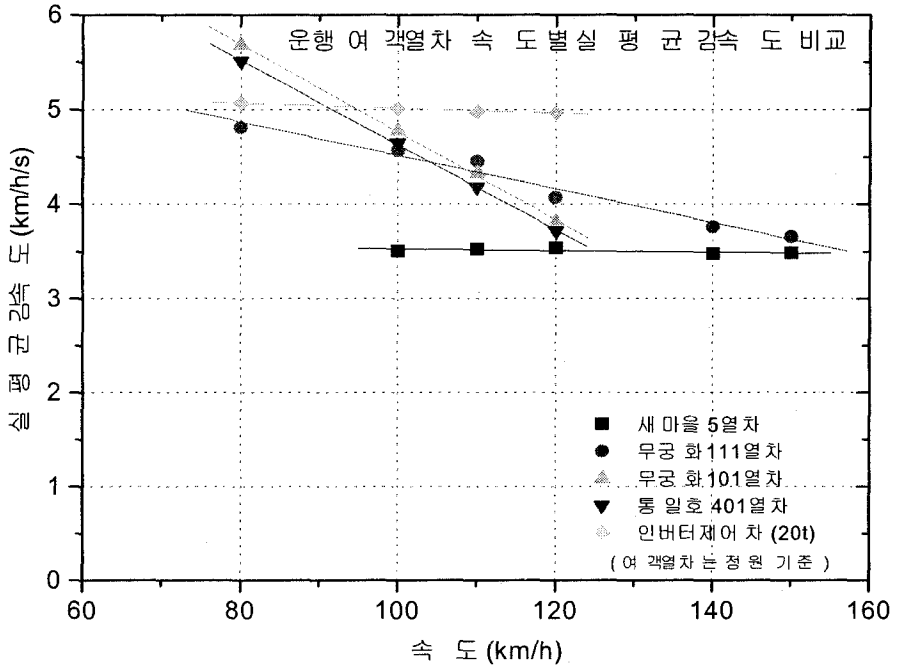


그림 3-6-16 속도에 따른 실평균감속도의 변화(여객열차, 실은차)

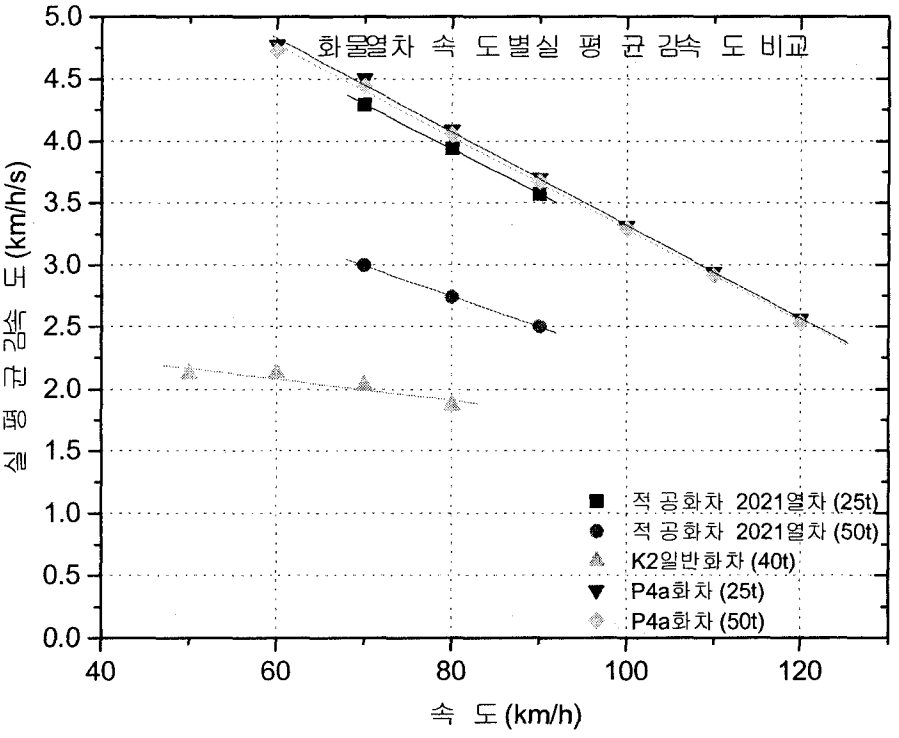


그림 3-6-17 속도에 따른 실평균감속도의 변화(화물열차, 실은차)

○ 제동소요시간

실운행 여객열차 및 화물열차의 제동소요시간은 아래 도표와 같다.

표 3-6-13 제동초속도별 여객열차 제동소요시간 검토

열차별 \ 속도(km/h)		80	100	110	120	140	150	열차편성
비상제동소요시간	새마을 KNORR		29.9	32.6	35.4	41.7	44.4	(PMC+5P+1S+PMC)×2
	무궁화 (ARE중심)	18.9	24.1	26.9	31.7	39.4	43.3	기관차+객차8+발전차
	무궁화 (LN중심)	16.9	23.8	28.2	34.3	41.4		기관차2+객차13+발전차
	통일호 (LN중심)	17.4	24.3	29.3	35.1			기관차+객차10+발전차
	전동차인버터제어	32.2	32.4	32.6	32.7	32.9		10량 1편성(량당 승객 총무게 20ton)

표 3-6-14 제동초속도별 화물열차 제동소요시간 검토

열차별 \ 속도(km/h)		50	60	70	80	90	100	110	120	열차편성
비상제동소요시간	화물열차 (K2일반, 40t)	26.2	30.9	37.1	45.5					기관차+유조차15+차장차(40톤적재시)
	화물열차 (적공,25t)			19.9	23.9	28.8				기관차+화차22+차장차(25ton 적재시)
	화물열차 (적공,50t)			27.0	32.7	39.6				기관차+화차22+차장차(50ton 적재시)
	화물열차 (P4a,25t)		15.7	18.7	22.7	27.4	33.3	40.6	50.0	기관차+고속화차8 (25ton 적재시)
	화물열차 (P4a,50t)		15.9	18.9	22.9	27.7	33.6	41.0	50.5	기관차+고속화차8 (50ton 적재시)

* 주 : 기후조건이 표준상태이며 습윤상태(눈,비 등)에서는 길게 나타남.

○ 간이계산식

열차운용과 관련하여 현업에서는 열차제동거리에 대한 간이식을 아래와 같이 사용하고 있는 것으로 조사되었으나, 정확성이 없으며 열차편성중량과 제동력 등이 고려되지 않은 참고식으로 볼 수 있다. 현재 사용중인 열차비상제동거

리 간이계산식은 다음과 같다.

- 여객열차의 간이식 (실은차, 빈차)

$$\text{비상제동거리}\quad S=\frac{V^2}{20}\ (\text{m})$$

- 화물열차의 간이식 (실은차, 빈차)

$$\text{비상제동거리}\quad S=\frac{V^2}{14}\ (\text{m})$$

- 전기동차의 간이식 (실은차, 빈차)

$$\text{비상제동거리}\quad S=\frac{V^2}{7.2\alpha}+\frac{Vt}{3.6}\ (\text{m})$$

α(감속도)=4.0 km/h/s, t(공주시간)=1.5 초

본 연구에서는 실차시험과 수치계산식에 의해 검증한 결과를 토대로 열차편성량수, 하중조건, 제동력변화에 의한 보정계수를 대입할 수 있는 간단한 공식을 유도하였다. 단, 전기동차의 경우는 사용중인 식이 비교적 유용하고 다만, 감속도는 제동패턴에 의해 전기제동(발전제동)과의 협조관계에 의해서 영향이 미치게 되므로 이를 수식으로 표현하는 것은 매우 복잡하게 된다. 따라서, 운전자가 비상제동을 지령하는 상황에 의하여 적정하게 가감하여 적용하는 것이 바람직하다. 간이식에 있어서도 제동장치의 경우 설계조건을 기준으로 하고, 기후조건은 표준상태를 기본으로 하였으므로 눈비 등의 날씨에 의한 제동거리는 제동력이 급격하게 낮아져 매우 길어진다.

열차 비상제동거리 간이계산식(이하 'KRRI의 간이식'이라 함)을 도출하기 위하여 분자를 속도의 제곱항으로 하였을 때 분모값의 변화는 [그림 3-6-18]과 같이 속도에 따른 일정한 상수값(현재는 여객열차 20, 화물열차 14)이 아닌 속도 및 하중상태에 따라 변화하는 값임을 알 수 있다. 그래프로부터 분모값을 읽으면 비상제동거리를 쉽게 계산할 수 있다. 이 분모값을 모든 속도대역에서 간단하게 표현할 수 있는 식은 불가하므로 적어도 속도의 2차항이나 3차항이 되어야 하지만 복잡해지므로 적당한 속도대역으로 구분하여 이를 속도의 1차항으로 표현하였다.

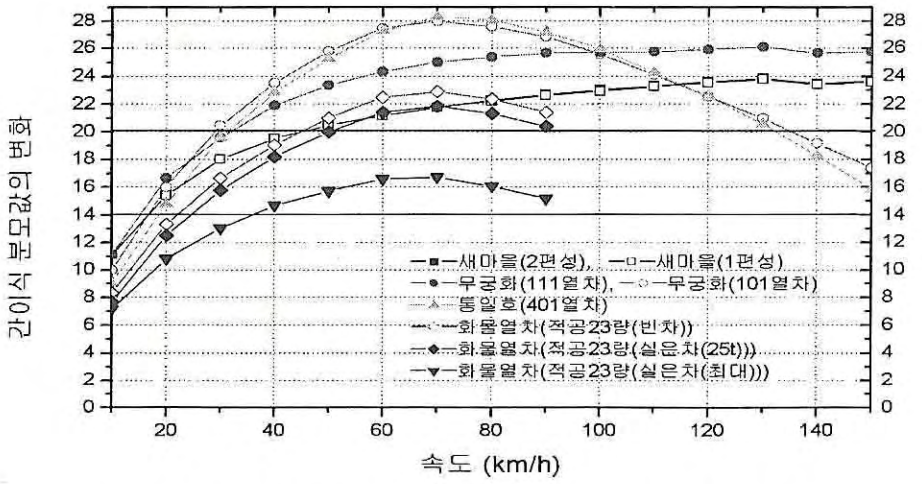


그림 3-6-18 KRRI의 간이식에 적용할 분모값의 변화

① 여객열차의 간이식 (실은차, 빈차)

여객열차의 비상제동거리를 간단하게 계산할 수 있는 식은 아래와 같다. 식에서 차종 및 하중조건, 속도에 따라 분모항이 변화하므로 제동장치의 종류별로 상수 α를 계산하고, 빈차 및 실은차의 하중조건별로 상수 C를 도출하였으며, 간이계산식에 적용되는 상수는 아래 표와 같고, 적용 속도범위는 60~140km/h 이다.

비상제동거리 $$S_e = \frac{V^2}{C + \frac{V}{\alpha}} \quad (m)$$

여기에서, V : 비상제동시 열차초속도(km/h)

C, α : 차량종류별 적용상수

표 3-6-15 비상제동거리 간이계산식 적용 상수

차 종		상수 α	상수 C	비고
새마을 PP동차	1, 2편성	37	20	
무궁화	ARE, ERE차량	76	23	
	LN차량	-8	37	
통일호	LN차량	-7	39	

이 KRRI의 간이식을 적용하였을 경우 비상제동거리 계산결과는 그림 3-6-19와 같다. 현재 운용차량의 대부분이 제동장치가 혼용되어 운행되고 있으므로 약간의 차이가 발생할 수 있지만, 복잡한 수식으로 계산할 필요없이 비상제동거리를 예측하는 데 도움이 될 것으로 보인다.

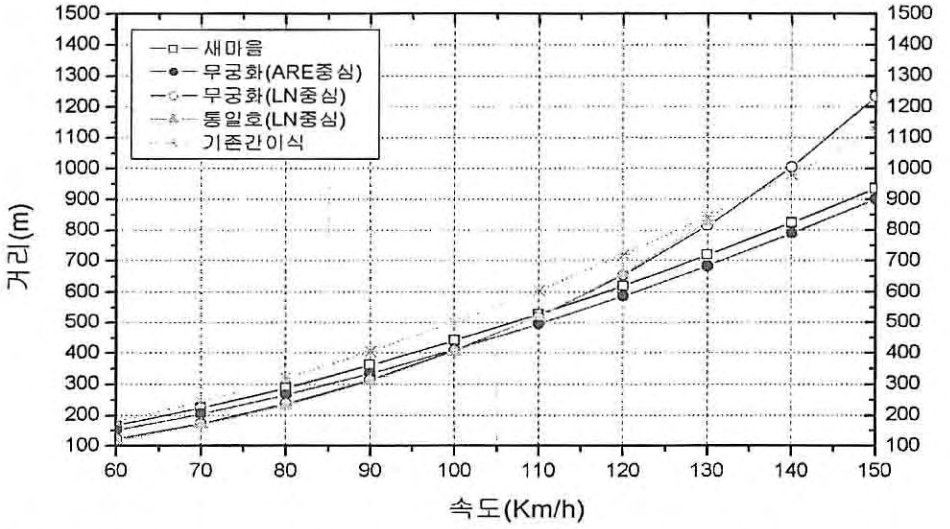


그림 3-6-19 간이 계산식을 적용한 여객열차의 비상제동거리(실은차, 표준)

② 화물열차의 간이식

화물열차의 비상제동거리는 가장 많은 양을 차지하고 있는 속도와 편성량수에 따른 영향을 고려하여 산출한 간이 계산식은 다음과 같다. 화물열차의 KRRI의 간이식의 경우 속도대역별로 큰 차이가 있으므로 많이 사용하는 속도대역인 일반화물열차의 경우 50~70 km/h, 컨테이너화물열차의 경우 50~90 km/h, 고속화물열차의 경우 60~120 km/h을 기준으로 하였다. 화물열차의 KRRI의 간이식을 적용하여 계산한 비상제동거리는 그림 3-6-20과 같다.

비상제동거리 $S_e = \dfrac{V^2}{C - \frac{V}{\alpha} - \frac{(n-k)}{10}}$ (m)

여기에서, V = 비상제동시 열차초속도 (km/h),
n = 화물열차 편성량수
(기관차제외, 차장차 포함)
C, α, k : 차량종류별 적용상수

표 3-6-16 비상제동거리 간이계산식 적용상수

차 종		하중조건	상수 α	상수 C	상수 k	비고
일반화물열차	K2제동	빈차	40	23	16	
		실은차(40t)		13		
컨테이너화물열차	적공제동	빈차	26	24	20	
		실은차(25t)		23		
		실은차(50t)	20	18		
고속화물열차	P4a제동	빈차 및 실은차	9	30	9	

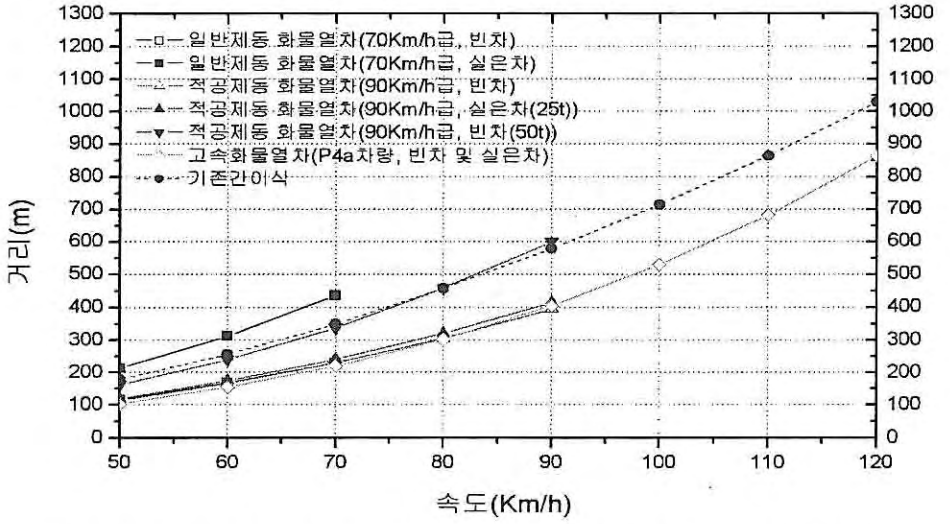


그림 3-6-20 간이 계산식을 적용한 화물열차의 비상제동거리

본 KRRI의 간이식은 기관사가 운행열차의 제동특성을 예상하기 위한 간단식이므로 해당열차의 중심속도 50~140km/h를 기준으로 운행시 비상제동거리의 개략값을 신속하게 파악하는데 유용하며, 정밀하고 정확한 계산결과는 실험식(기후조건 및 상황에 의한 계산변수 들)에 의한 계산결과와 실험에 의한 측정조사를 통해 입증하는 것이 가장 타당하다.

(4) 열차제동거리 기준 설정 방안

(가) 기준설정의 전제

한국철도의 열차제동성능과 관련하여 규제되는 항목은 속도정수사정기준규정

제25조의 110Km/h까지의 비상제동거리는 600m이내와 운전취급규정 제391조(열차방호)이다. 이 열차방호에서 직접적인 언급은 없으나 열차비상제동거리가 600m 이하임을 전제(일본의 규정제정 경위 참고)한 것으로 판단된다. 또한, 방호여유거리 200m는 기관사가 신호를 보고 제동을 체결하는 데 소요되는 손실거리와 비상제동거리 자체의 여유거리로 두고 있다. 일본철도의 재래선은 운행속도의 제한이 없고 비상제동거리 600m 이므로 재래선의 속도향상시는 이 규정을 만족하도록 꾸준하게 제동시스템의 기술개발을 추진하여 현재 속도 140km/h에서 600m이내인 열차를 영업운행중에 있고, 160km/h에서도 600m를 만족하는 제동시스템을 기술개발하여 실용화를 기다리고 있다. 유럽철도 및 신간선은 신호체계의 여유를 가지고 감속도 및 열차제동거리를 기술적인 방법으로 제한하고 있다. 따라서, 한국철도의 열차제동거리 기준은 다음의 두가지 전제로 검토할 수 있다.

전제 1. 열차제동성능 및 신호, 방호체계 중심의 거리기준 검토

전제 2. 열차의 평균감속도에 의한 제동거리기준 검토

(나) 운용열차별 제동거리 기준

① 제동성능을 중심으로 제동거리 설정 검토

현운행열차의 제동거리를 분석한 결과 여객열차는 표 3-6-17, 화물열차는 표 3-6-18과 같다

실운행 열차를 대상으로 열차비상제동거리에 대하여 검토한 결과에서 여객열차의 경우, 설계조건에 의하면 전여객열차는 기준속도 110km/h까지 만족하고 있으나, 실측값을 입력한 계산결과는 약간 범위에서 벗어나고 있는 것으로 보이며, 이는 객차의 제원상에 나타난 제동능력에 대하여 운영시 유지보수관리기준을 엄격하게 지켜야 할 검수시행사항으로 판단된다.

표 3-6-17 제동초속도별 열차제동거리 검토(여객열차)

열차별 \ 속도(km/h)		제동초속도별 열차제동거리(맑음, 활주없음)					
		110	120	130	140	150	열차편성
비상제동거리(m)	새마을 KNORR	520	620	720	840	960	(PMC+5P+1S+PMC)×2
	무궁화 (ARE중심)	480	600	700	820	940	기관차+객차8+발전차
	무궁화 (LN중심)	510	650	-	-	-	기관차2+객차13+발전차
	통일호 (LN중심)	500	640	-	-	-	기관차+객차10+발전차

표 3-6-18 제동초속도별 열차제동거리 검토(화물열차)

열차별 \ 속도(km/h)			제동초속도별 열차제동거리(맑음, 활주없음)							
			60	70	80	90	100	110	120	열차편성 및 조건
비상제동거리(m)	일반제동	실은차(40t)	290	400	560	-	-	-	-	기관차+유조차15+차장차, (K2일반제동)
	컨테이너 화물열차	실은차(50t)	-	300	400	540	-	-	-	기관차+화차22+차장차, (적공제동 중심편성)
	고속화물 열차	실은차(50t)	-	-	300	400	520	690	900	기관차+고속화물열차14, (P4a제동장치)

화물열차의 경우 비상제동거리 600m를 만족하기 위한 운행속도는 일반제동열차가 80km/h 수준, 적공제동열차는 90km/h 수준, 고속화물열차는 100km/h 수준에 만족하고 있으며, 고속화물열차의 경우 제작사양인 속도 120km/h에서 900m이며 5현시 신호체계에서의 여유를 고려하면 운행속도 120km/h 설정은 가능한 것으로 보인다.

여기서, 운행제한속도 없이 운행하기 위한 방안으로 제동거리 600m를 만족시키기 위하여는 전동차를 제외한 전열차의 제동성능을 향상시켜야 한다. 이때의 비교분석은 다음과 같다.

현행유지 1) 현행 열차방호규정에 의한 안전성 확보

2) 운전시격 단축가능(5현시 신호폐색구간의 단축)

개선방안 1) 제동성능 향상에 필요한 기술개발

2) 유지보수비용의 증가 대비(시스템, 마찰재 교환 등)

다만, 기존운행차량 전부를 대상으로 단기적으로 제동성능을 향상시키는 것은 시간과 경제적으로 매우 어려운 일이므로 신차제작사양에 제동성능을 단계적으로 향상하기 위한 설계가 강구되어야 하고 특히 화물열차의 속도향상과 관련한 화차의 비상제동거리 단축 방안에 대하여 가장 우선적으로 연구개발을 추진할 필요가 있는 것으로 판단된다. 다만 방호규정의 비현실적인 내용을 개정할 필요가 있는데 이때에 400~600m를 고려하여 열차 비상제동거리를 1000m로 할 경우에도 안전한 것으로 판단되고, 제동성능도 현 여객열차 수준으로 유지하여도 문제가 되지 않을 것이다.

현재 운용중인 열차별 감속도는 제동능력에 의해 다양하게 나타나고 있으며, 현상을 분석한 결과는 표 3-6-19~20과 같다.

표 3-6-19 제동초속도별 실평균감속도 검토(여객열차)

열차별 \ 속도(km/h)		80	100	110	120	140	150	열차편성
비상제동 실평균감속도	새마을 KNORR		3.51	3.53	3.54	3.48	3.49	(PMC+5P+1S+PMC)×2
	무궁화 (ARE중심)	4.81	4.57	4.46	4.07	3.76	3.66	기관차+객차8+발전차
	무궁화 (LN중심)	5.68	4.77	4.33	3.81			기관차2+객차13+발전차
	통일호 (LN중심)	5.51	4.65	4.18	3.72			기관차+객차10+발전차

표 3-6-20 제동초속도별 실평균감속도 검토(화물열차)

열차별 \ 속도(km/h)		50	60	70	80	90	100	110	120	열차편성
비상제동 실평균감속도	화물열차 (K2일반, 40t)	2.12	2.13	2.03	1.87					기관차+유조차15+차장차 (40ton 적재시)
	화물열차 (적공,50t)			3.0	2.74	2.5				기관차+화차22+차장차 (50ton 적재시)
	화물열차 (P4a,50t)		4.72	4.44	4.05	3.67	3.29	2.91	2.53	기관차+고속화차8 (50ton 적재시)

새마을호 및 무궁화호(ARE,ERE제동) 열차의 경우 실평균감속도 3.4km/h/s 이상으로 나타나고 있어 비교적 전속도대역을 감속도기준으로 일정하게 관리할 수 있으나, 무궁화호(LN형 제동) 및 통일호 열차의 경우에는 속도대역별로 80~120km/h 범위에서는 실평균감속도 3.4km/h/s 이상, 120km/h을 초과한 범위는 낮게 나타나고 있으므로 차량속도를 제한해야 할 것으로 보인다.

화물열차는 제동장치별로 제동성능이 차이가 발생하므로 일반제동의 경우 속도대역 70~90km/h 범위에서 실평균감속도가 1.8km/h/s를 유지하고 있다. 적공제동의 경우 90km/h에서 2.2km/h/s, P4a의 경우 120km/h에서 2~2.49km/h/s를 유지하며, 여객열차와 비교할 경우 실평균감속도 기준은 낮게 적용되어야 한다.

② 신호체계를 중심으로 한 기준 검토

○ 5 현시 신호체계

경부선을 중심으로 5현시 신호체계에서는 신호간 최고속도를 신호단계별로 제한할 수 있으며, 신호간거리를 최소 600m로 가정할 때를 신호단계별로 분석하면 전체 여객열차 및 화물열차의 경우에도 문제가 안되는 것으로 분석된다.

현재 영업운행되고 있지는 않지만 최근에 개발한 고속콘테이너 화물열차의 경우에도 열차제동성능이 속도 120km/h에서 900m 이내로 제작사양에 명시되어 있고, 비상제동거리 계산 결과에서도 최고속도에서 약 900m로 나타나고 있는 데, YG폐색구간에서 속도 105km/h 이상으로 운행시를 가정할 경우 신호거리는 1200m 이상으로서 여유거리를 포함하더라도 안전한 것으로 판단된다.

G : 속도제한없음 R신호까지 1800m 이상

YG : 105km/h R 신호까지 1200m 이상

Y : 65km/h R 신호까지 600m 이상

YY : 25km/h R 신호까지 600m 이내

R : 정지

5현시 신호체계를 중심으로 열차제동거리를 설정할 경우에는 다음과 같이 비교분석할 수 있다.

현행유지 1) 현 열차제동성능에 만족

2) 속도별 제동거리 기준 적용 가능

개선방안 1) 3현시와의 호환성 대책(신호폐색구간의 단축 불가)

2) 현 속도정수사정기준규정 개정 필요

○ 3 현시 신호체계

경부선을 제외하고 3현시 신호체계이며, 일부 신호체계를 변경하고 있으나 신호단계별로 분석한 결과에서 여객열차는 5현시와 같은 제동성능이 3현시 신호체계와 선로조건과 열차등급 등의 제한속도에서 최고속도가 구속되므로 문제가 되지 않으나, 열차운행 최고속도를 지속적으로 제한(현재 선로조건 최고운행속도 110km/h 이내)해야 하고 이때의 제동거리는 현기준인 운행속도 110km/h 에서 600m 이내로 하는 것이 타당한 것으로 보인다. 다만, 4현시 신호체계와 같이 R 신호를 중첩하는 방식에서 신호체계를 개선하는 방안에 의해 운행속도제한을 둘 경우에는 개선할 수도 있을 것이다. 다만, 3현시에서의 최소 신호기 간격이 현재는 2,000m이상으로 조사되고 있으므로 여유거리를 고려하더라도 3현시의 신호체계는 안전한 것으로 분석되고 있다.

G : 속도제한없음 R신호까지 2000m이상
Y : 45km/h R신호까지 2000m이내
R : 정지

3현시 신호체계를 중심으로 열차제동거리를 설정할 경우에는 다음과 같이 비교분석할 수 있다.

현행유지 1) 3, 5현시 신호체계에서의 속도향상 가능
2) 속도별 제동거리 기준 적용 가능

개선방안 1) 하구배의 열차제동성능 향상 및 거리단축 방안 강구
2) 5현시 신호체계와의 호환성 유지 필요

③ 제동거리 기준

○ 평탄선로에서의 제동거리 기준

아래 표는 실운용열차의 차량별 최고속도에서의 비상제동거리와 이에 대응하는 실평균감속도를 비교분석한 후 정리한 비상제동거리 기준으로 차종별로 차이가 있음을 알 수 있다.

표 3-6-21 차종별 비상제동거리 및 실평균감속도

차종별 / 항목	여객열차		화물열차		
	새마을호,무궁화호 (LN형 제외)	무궁화호(LN형) 통일호	일반화차	적공화차	고속화차
최고운행속도 (km/h)	150	120	80	90	120
하중조건	정원승차	정원승차	40톤	50톤	50톤
비상제동거리(m) (설계사양, 실은차)	1000 이내	650 이내	650 이내	650 이내	900 이내
실평균감속도 (km/h/s)	3.49 이상	3.59 이상	1.87 이상	2.5 이상	2.56 이상

비상제동거리의 기준으로 150km/h급 새마을호열차와 무궁화호 열차(LN형 제외)는 1000m, 통일호열차(무궁화호 LN형 포함)는 650m이다. 화물열차의 경우 일반화차는 650m, 적공화차는 650m이며 고속화차는 900m 수준이다.

검토된 제동거리의 수준을 바탕으로 제동거리의 기준을 정할 때, 동력차 형식, 연결차량 종류, 선로조건, 기후상태, 제동취급방법, 마찰재 종류 등 수많은 인자들이 열차제동거리에 상당한 영향을 미치므로 이를 고려하여 적절한 여유거리를 주어야 할 것이다. 이 여유거리의 신호체계, 각종 안전장치, 기관사의 숙련도 등에 의존하나 외국의 관리수준으로 볼 때 ±10% 이하로 관리 되어야 할 것으로 판단된다.

일본철도의 열차감속도에 대한 적용수준은 제동초속도 100km/h에서 평균감속도 4.21km/h/s, 140km/h에서 4.89km/h/s, 160km/h에서 평균감속도 6.4km/h/s가 필요한 것으로 기술하고 있으나 이는 비상제동거리를 600m로 기준으로 한 것으로 한국철도에 적용하기에는 매우 높은 수준이고 이때 활주재점착제어 기술과 같은 신기술이 도입되어야 한다.

KNR의 열차별 감속도 수준은 위 표에서와 같이 1.87~3.59 km/h/s 범위이다. 제동거리와 마찬가지로 검토된 감속도 수준을 바탕으로 제동성능의 기준을 정할 때, 제동거리에 많은 인자들이 영향을 미치므로 이를 고려하여 감속도에 적절한 여유를 주어야 할 것이다. 이 여유치는 제동거리에서와 같이 ±10% 이하로 관리되어야 할 것이다.

(다) 하구배선로에서의 제동거리 기준

하구배에서의 열차운행속도는 경사도마다 달리 적용되어야 하며, 현행규정에는 하구배 연장길이가 1000m 이상일 경우에 대하여 적용하고 경부선의 경우 특인사항으로 속도제한을 상향 적용하고 있다. 표 3-6-22는 현 여객열차의 제동관련 제원을 표준으로 하고 비상제동거리 1000m를 기준으로 하였을 때 속도제한 계산결과이다. 표에서 하구배 12‰이하의 선로에서는 10~15km/h까지 속도향상이 가능한 것으로 나타나고 있으며, 하구배 15‰를 초과하는 선로에서는 30~45km/h까지 향상 가능한 것으로 나타나고 있으나 제동열에 의한 마찰력의 급격한 저하로 제동기능을 발휘하지 못할 경우에 대비하여 제동관련 제원의 설계여유치를 고려하여 현재의 기준보다 10km/h 향상 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 기후조건에서의 우천시에 의한 비상제동거리 1000m를 기준으로 검토한 것으로서 차량의 점착성능저하에 의한 결과에 대하여는 정밀 검토할 필요가 있다.

표 3-6-22 하구배선로에서 가능한 운행속도의 수준

궤간 \ 하구배(0/00)				5-9 미만	9-13 미만	13-16 미만	16-19 미만	19-23 미만	23-28 미만	28-33 미만	33-36 미만
광궤선	속도(km/h)	여객열차	현기준	110	105	90	85	80	75	70	65
			계산속도	120	120	120	115	115	115	110	110
			기준	120	120	100	95	90	85	80	75
		경부선 특인 (새마을호, 무궁화호 (ERE,ARE))	현기준	125	120	-	-	-	-	-	-
			기준	135	130	-	-	-	-	-	-

(라) 방호규정 검토

① 방호거리 연장방안 및 방호방법의 변경 방안

첫번째 방호거리 연장방안은 여유거리를 현재의 200m에서 차량제동성능의 수준을 고려하여 300~500m로 연장하면 열차제동거리에 여유를 주게되어 총방

호거리가 900~1100m로 되므로 140km/h의 속도에서 비상제동 취급시 방호거리 내에 열차를 정지시킬 수 있다. 그러나 이 경우 신호뇌관을 설치하기 위하여 900m 이상을 이동하여야 하는 관계로 이동시간과 설치에 소요되는 시간을 감안할 때 약 4~5분 이상의 시간이 예상되므로 현재의 열차 운전시격을 고려할 때 매우 비현실적인 방안이라 할 수 있다. 또한 5현시구간이 아닌 3현시구간의 경우 자동폐색 신호기간 거리가 약 2km정도이며 해당 신호기에 대한 ATS 장치가 당해 신호기 외방 800m 이상의 거리에 설치되도록 되어 있어 후방 신호기의 주의신호에 의하여 감속운행중인 열차의 기관사가 전방신호기의 정지현시 사실을 실념한다 하더라도 그 신호기 전방에 정차할 수 있으므로 신호뇌관 및 염관에 의한 방호조치를 하지 않아도 될 것이다.

따라서 철도청의 운전취급규정에는 현재의 종별방호 시행조건을 각 사항별로 별도 규정하고 있고 기본적으로 열차무선에 의한 방호를 시행하였을 때에는 종별방호를 생략할 수 있도록 하고 있어 연장방안은 현실성이 없다.

두번째 방호방법의 변경방안에 대해서는 제1종방호를 하여야 하는 사고발생시 기관사가 800m이상의 거리에 신호뇌관을 설치하려면 적어도 4, 5분 이상은 소요될 것이다. 그러나 국내의 열차는 방호규정이 제정될 당시에 비하여 고속화 (70km/h→150km/h) 되었고 열차간 운전시격이 단축되어 그 시격내에 방호조치를 완료하는 것이 어려운 실정이므로 현 규정의 변경을 생각할 수 있다.

그러나 현재 철도청에서 열차방호규정을 고수하고 있는 사유는 속도향상에 따른 운전보안장치의 개발 및 신호체계의 발전, 무선전화기의 발달 등을 고려할 때 이 규정을 폐지하여도 안전에 문제가 없을 것으로 판단되나 이러한 시설 및 보안장치의 동시장애 및 기타 부득이한 사유로 무폐색운전이나 복선구간에서 전 차량의 탈선 등으로 궤도회로를 단락하지 못할 경우 등 이례적 상황에 대처하기 위한 것으로 판단된다.

따라서 방호방법을 일부 개정하는 변경방안으로 현행 방호요령중 신호뇌관 및 염관을 폐지하고 정지수신호의 강화 등 인위적으로 보완하는 방법이 있다.

다만 무선방호의 시행 및 작용이 정확할 경우에는 문제점이 거의 없으나 현행의 무선방호는 기관사가 채널을 2번으로 전환 후 송화기를 들고 말로 시행하는 방법으로서 사고발생시 당황하여 그 취급의 정확성이 결여될 우려가 있고 가청거리내의 타국에서 비상채널이 사용 중일 때는 사실상 불가능 하다는 문제

점이 예상됨을 유념할 필요가 있다.

② '전자자동방호장치' 설치 방안

열차무선방호 시행의 확대로 종별방호의 실효성이 극소화되고 ATS 등 운전보안장치 개발과 자동폐색구간 및 연동폐색구간의 확대 등으로 운전보안도가 향상되어 최근 10년간 열차방호용으로 사용된 사례가 없었으며 주로 교육용으로 사용되었다. 현실적으로 사용사례가 거의 없는 사실상 사문화된 규정으로 인하여 지켜야 할 규정에 대한 준법정신의 저하우려와 신호뇌관 및 염관의 부실관리 또는 제품의 품질저하 등으로 소기의 목적에 부합되지 못하는 경우도 우려되므로 현행 방호규정에 현대적 개념을 도입, 다시 말해 무선전화기가 보편화되고 정보체계가 인간적 수단에서 전자정보체계로의 발전추세에 있으므로 돌발적인 위험사항을 정지신호 현시위치에서 원격신호로 무선송신하여 인근을 운행하는 열차에서 수신하도록 하여 수신한 기관사로 하여 긴급정차토록 할 수 있으며, 여기에 열차제동장치와 연결하여 열차속도까지 제어되도록 하는 방안이 있다.

따라서 현규정의 고전적인 개념에서 탈피하고 현대적 기술개념을 도입하여 제동거리와 여유거리 800m, 열차편성 최장길이 여객열차(23.5×16량) 376m 이상, 화물열차(15×40량) 600m 이상에 안전여유거리를 고려하여 1~2km를 초과하는 송수신장치를 동력차에 설치하여 이 장치를 동작시키면 인접구간을 운행하는 열차의 동력차에서 발신음을 수신하여 위험신호를 인지하도록 하는 '전자자동방호장치'를 개발설치하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 이 경우 모든 동력차에 설치운용시 오동작이나 인접선로를 지장하지 않는 경우에는 인접선로 운행열차에는 위험신호로 인식하지 않도록 하거나, 위험신호에 따른 상하행 전 열차에 위험신호로 인식한 후 운행속도를 제한하고 제동거리 이내에서 위험사항을 확인토록 하는 것이 필요하다. 그러나 이 방안은 장치의 개발 및 기능확인에 많은 시간이 소요되고 열차사고시 적용하기 위한 제도적, 기능적 신뢰성을 충분히 확보한 후 단계적으로 채택할 필요가 있다.

(라) 제동성능의 향상

운행열차의 제동성능은 열차의 안전운행과 속도향상에 필요한 신호체계에서 만족할 수 있는 기본능력을 갖추는 것으로서 매우 중요한 기술적개념으로 보인다. 즉 비상제동이나, 상용제동의 능력은 각각 열차운용형태에 따라서 이에 만족한 차량의 제동성능을 확보하거나, 최고운행속도를 설정하는 방법이 있다.

현재 운용열차들이 호환적인 제동능력을 갖지 못하므로 열차종류에 의한 최고속도제한 등이 필요하다. 특히 3현시 신호체계에서는 일본철도와 같이 재래선의 운행최고속도(140km/h)에서도 비상제동거리 600m를 만족하는 제동시스템을 개발하는 것은 속도향상과 제동성능이 밀접하고 안전에 관한 필수적인 요구사항이기 때문이다. 국내열차도 경부선을 제외한 3현시 신호체계의 안전운행를 확보하기 위한 제동분야 연구개발이 지속적으로 추진되어야 한다.

- ○ 국내선로에서의 점착계수에 관한 연구
  - 다양한 선로조건(비, 눈, 이슬, 낙엽, 오염 등)에서의 점착에 관한 이론적, 실험적 연구
  - 차량의 가감속시 공전, 활주와 점착력과의 관계 연구
- ○ 제동성능 향상에 필요한 제동시스템 요소별 연구개발
  - 화물열차의 제동거리 단축 연구
  - 여객열차용 제동시스템 국산화 개발 연구
  - 공기압 제어밸브의 유체해석 및 최적제어기술 연구
- ○ 고성능 제동마찰재(제동디스크/라이닝/제륜자) 개발 및 실험연구
  - 철계 스폰지형 라이닝 및 철계 합성제륜자 개발
  - 알루미늄 제동디스크 개발 및 구상흑연 주철 제동디스크 개선
- ○ 차종별 열차제동거리 적용기준 대상에 대한 추가 연구
  - 상용제동시의 감속도 설정에 관한 연구
- ○ 평면교차건널목에서의 제동성능과 안전의 관계
- ○ 제동거리에 미치는 주행저항에 관한 이론 및 실험적 연구
- ○ 제동관련자료 DB 구축의 Up-Grade

그밖에 열차운전에 있어 안전을 유지하기 위한 연구는 운전자의 시각적인 한계를 고려할 수 있는 운전/제동관련 연구, 근무시간과 운전실의 승차감에 의한 피로도, 최적의 근무환경, 운전실의 인체공학적 설계에 의한 조작기기의 배치 등과 관련한 연구도 진행되어야 할 것으로 보인다.

(5) 분석결과

(가) 조사 내용 분석

① 유형1

신호장치의 한 구간 내에서 차량이 정지할 수 있도록 하는 기본 원칙 만 정하는 규정으로 미국의 CFR이 그 예이다.

② 유형2

신호 장치와의 인터페이스를 감안하여 각 선로 별, 차종 별, 속도 별 요구 되는 제동 거리 곡선을 명시하여 그 것에 준하도록 하는 규정으로 영국의 RGS(Railway Group Standards), 호주 Railway Standards가 그 예이다.

③ 유형3

이미 요구되는 제동 거리를 달성하기 위한 차종 별, 열차 길이 별, 속도 별 제동 장치의 제동력 계산 방식을 상세히 명시한 규정으로 유럽 철도 규격(UIC 544-1)이 그 예이다.

④ 유형4

기존 신호장치를 감안하여 차종 별, 속도 별 제동 거리를 규정하는 경우로 한국 철도차량 안전 기준에 대한 지침(안), 그리스 아테네 전동차의 사양이 그 예이다.

⑤ 유형5

기존 신호 장치를 감안하고 차량 성능에 따라 신호장치를 설계하도록 차량의 감속 성능만 규정하는 경우로 세계 각국 전동차, 디젤동차(미국 뉴욕 전동차, PATH 전동차, 워싱톤 전동차, 시카고 전동차, 홍콩 전동차, 스페인 마드리드 전동차, 아일랜드 디젤동차, 대만 타이페이 전동차), 우리나라 각 도시 지하철 및 고속전철이 그 예이다.

(나) 지침(안) 작성 방향 제안

① 유형2를 모델로 하여 우리 규정을 정하려면, 한국철도 공사 재래선 선로 별 신호장치, 고속전철 신호장치 및 각 도시철도 및 향후 건설될 경전철의 신호 장치를 조사하여 그 것에 부합하는 제동 거리 곡선을 정해야 함으로 방대한 작업이 필요하고, 향후 건설될 노선이나 기존 노선의 신호장치 업그레이드에 따라 규정을 변경 보완해야 하는 어려움이 있다.

② 유형 3의 경우 제동 거리는 정하지 않고 정해진 제동 거리를 만족하기 위한 제동 장치 설계에 대한 상세한 규정으로 우리가 설정하려는 규격과는 거리가 있다. 유럽 국제 간의 각 차량을 혼용 편성 사용하기 위해 차량의 제동력을 표준화한 유형으로 적용에 무리가 있다.

③ 가장 무난한 규정은 미국 CFR과 같이 일반적인 원칙만 정하고 상세 제동거리 및 제동 감속도를 각각의 신호 장치와 부합하게 각 운영자가 정하도록 하는 것이 추천할 만하다. 이에 따라 부록 Ⅰ-2와 같이 열차의 비상 제동거리 세부 기준을 제안하였다.

마. 기준 및 해설서

(1) 열차의 비상제동거리 세부기준

가. 적용범위

고속철도차량 또는 일반철도차량으로 조성되는 열차의 비상제동거리에 대하여 규정한다.

나. 시험조건

비상제동 시험은 직선구간의 평탄한 선로에서 레일 면이 건조한 상태로 하여 실시한다.

다. 시험 절차

(1) 제동 작용시의 열차속도는 시험하고자 하는 속도(V0[km/h]) 에 대하여 ±3km/h 범위 이내의 상태를 유지해야 하며, 제동의 작동 신호에 따라 시험에 필요한 제동이 작용되도록 한다.

(2) 측정된 제동거리는 미터(meter)로 표시하며, 매 시험마다 기록한다.

(3) 제동 작용 시 시간에 따른 속도변화 곡선을 기록한다.

(4) 제동 작용 후 제동장치 주요부 (디스크, 패드, 제륜자), 저항제동장치 주요부 (스위치 스택(stack), 저항기), 회생제동장치 주요부 (스위치 스택(stack), 변압기) 및 와전류 제동장치 주요부 (쵸퍼(chopper) 스택(stack), 와전류 전자석)의 온도를 기록한다.

(5) 각 제동장치에서 발생하는 제동력 변화값을 기록하여 속도에 따른 제동력 곡선 및 분담율을 표시한다.

(6). 시험 시 제동압력의 충기와 완해가 정상적으로 작동하는지 확인한다.

(7) 정상운전, 감속운전 모드로 구분하여 시험을 실시한다.

라. 평가 기준

가. 고속철도차량으로 조성되는 열차는 실제동 거리와 공주거리를 합한 전제동거리는 다음 이내에서 정지하여야 한다.

구분	속도	제동거리	비고
고속 철도차량	300km/h	3,300m	부하(負荷)기준
	200km/h	1,600m	〃

나. 일반철도차량으로 조성되는 열차는 실제동거리와 공주거리를 합한 전제동거리가 다음 이내에서 정지하여야 한다. 다만, 화차 및 특수차는 따로 정할 수 있다.

구분	속도	제동거리	비고
일반 철도차량	180km/h	1,400m	부하(負荷)기준
	160km/h	1,000m	〃
	110km/h	600m	〃

(2) 해설서

철도청 훈령 제 5119호 속도정수사정기준규정 제26조 비상제동성능(1981.2.5 제정)에 "비상제동성능은 실제동 거리와 공주거리를 합한 전제동 거리가 600m 이내에서 정지되는 것으로 한다(다만 110km/h까지)."라고 규정되어 있다. 또한, 일본 철도 운전 규칙 제4장 제54에에서는 "열차의 제동거리는 600m 이하로 하지 않으면 안 된다."로 되어 있다.

일본의 철도차량 속도 향상은 1969년 다이야 개정시 120km/h 운전을 실시한

이후 최고 속도는 답보상태가 지속되었다. 이러한 배경에는 일차적으로 단계적인 기술축적의 준비 시간이 필요하였던 것과 비상제동거리 600m 규정이 장애로 작용하였으며 레일-차륜의 점착성능을 이용한 기존선 철도차량의 제동에 있어서 시속 120km/h에서의 제동성능이 그 당시에 기술적인 한계에 도달하고 있었기 때문이다.

그 후, 수송 증대와 기술 진보로 열차 속도는 향상되고 그 결과 비상제동거리도 증가될 수 있기 때문에 열차 방호측면에서 비상 제동거리와의 관계를 명확하게 할 필요가 있었다. 일본 국유철도 운전규정에서는 이러한 상황을 고려하여 이제까지 정하였던 비상 제동거리 600m 그대로 답습하여 오늘날에까지 적용하고 있다.

우리나라의 경우도 일본 철도 규정을 참고하여 비상 제동거리의 확보를 신호체계, 열차방호체계, 건널목 사고와 선로 사상사고 예방, 기관사의 가시거리 등 철도차량의 운행 안전 확보측면에서 그대로 적용하고 있다. 그러나 현재 기존선에서 운행 중인 차량의 최고속도가 규정 제정 당시보다 향상되었기 때문에 신호체계, 선로상황, 제동장치 성능 및 차량성능 등을 종합적으로 고려하여 비상제동거리 규정에 대한 개정이 필요하다.

한편, 미국의 경우, CFR(Code of Federal Regulation) 49의 CFR 238.231 CFR 231.101에 '상용제동으로 최고속도에서 다음 신호 구간 내에 정차 가능할 것'으로 규정하고 있다.

영국의 경우, GM/RT2041에서 객차 125mph이내, GM/RT2024에서 동력차 125mph이내, GM/RT2044에서 편성열차 125mph이내, GM/RT2043에서 화물열차 75mph이내, GM/RT2046에서 125mph이상 차량이 운행되는 선로에 부설된 신호장치의 종류에 따라 허용되는 각각 제동거리 곡선을 규정하고 있다.

UIC 410, 421에서는 객차와 화차에 대하여 속도별로 Brake weight Percentage로 차량의 제동 성능을 표준화하는 방법으로 제동거리를 규정하고 있다.

속도 대역별 비상제동거리 기준은 300km/h의 경우는 KTX 도입 계약사항에서 3300m로, 180km/h 및 160km/h는 틸팅차량 설계기준에서 각각 1400m 및 1000m로, 110km/h는 철도청 훈령 제7625호 속도정수사정기준규정 제26조(1999.12.20개정)에서 600m로 정하고 있으므로 이러한 기존 기준들을 준용하여도 무방하며, 200km/h의 경우는 별도로 규정한 근거가 없으므로, 첨부 그림과 같이 기존 데이터에 기초하여 작성한 그래프로부터 비상제동거리가 1597m로 보간값을 정할 수 있으므로 1600m로 기준을 설정하였다.(첨부 그림 참조)

화차는 운행여건의 변화에 따른 다양한 차량이 운영되고, 제동성능시험을 위하여 부하(負荷)와 무부하(無負荷) 조건과, 기관차의 종류에 따라 제동거리가 상이할 수 있으므로 철도운영자등이 제작시방서에서 따로 정할 수 있도록 하였다.

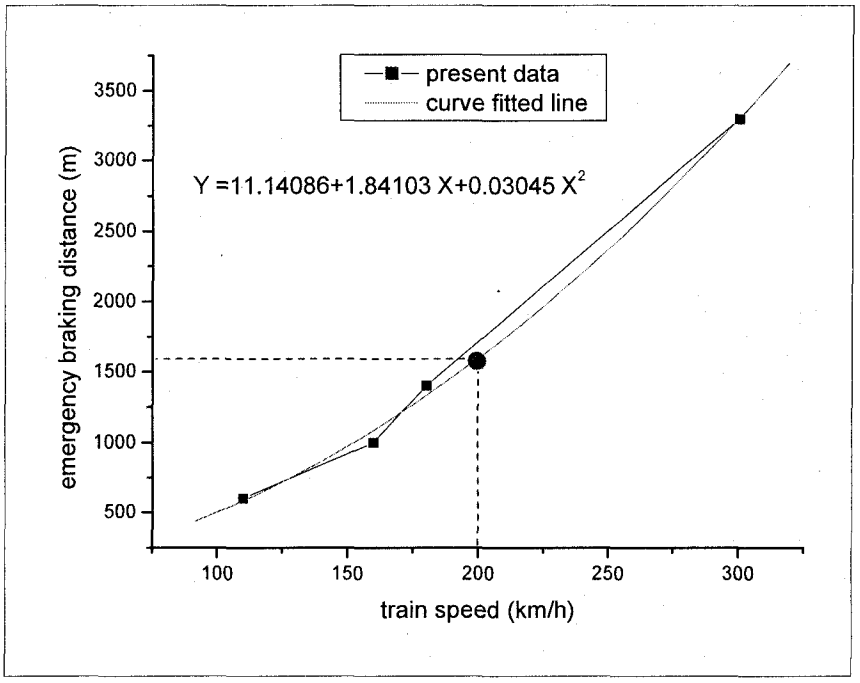


그림 3-6-21 차량 속도 대역별 비상 제동 거리 곡선

2. 철도차량 전복방지 기준

가. 개요

본 과제의 요구조건은 탈선 안전에 관한 세부안전기준 중에서 철도차량의 전복방지에 대한 안전 기준을 정립하는 것이다. 건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제34조에는 철도차량의 전복방지 등의 기준에 관하여 언급되어 있는데, 구체적인 기준이나 평가 방법은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도 차량의 전복방지에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 철도차량 전복 방지 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

철도차량 전복방지 기준에 대한 설계 요구조건은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것

나. 이론적 배경

철도 안전법에 의하여 차량 전복 방지 기준에 필요한 사항을 규정하기 위하여 관련된 국내외 규정을 조사 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

- 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙
- 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침
- 건설교통부 법률 제7245호 : 철도안전법(안)

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국 CFR Title 49 Part 238 객차 안전

- SECTION 238.215 객차 전복 (79 MPH이하)
- SECTION 238.415 객차 전복(79 MPH 이상)

(나) 영국

- RGS GM/RT 2141전복 탈선 저항
- RGS GM/RT 2142 전복 탈선 저항
- RGS GM/RT 2142 바람 전복 저항

(다) 일본

- 鐵道に關する技術基準 (土木編)
- 鐵道六法 運轉の安全の確保に關する省令

라. 시험 및 분석

철도 국제 규격에서 철도 차량 전복 방지기준을 규격화해 놓은 것은 영국 Railway Group Standards(RGS)와 미국의 연방철도 법규인 CFR Title 49 이다. 영국의 RGS의 경우 선로의 곡선에서의 최고 속도에 의한 전복 안전에 대한 기준과 바람의 압력에 의한 전복 기준에 대해 상세히 규정하고 있고, 미국의 CFR Title 49의 경우 차량의 전복 시 차체 강도에 대해 규정하고 있다. 본 규정의 목적은 차량의 전복을 방지하는 안전 기준을 설정하는 것이므로 영국의 RGS와 같이 선로의 곡선에서의 최고 속도에 의한 전복 안전에 대한 기준과 바람의 압력에 의한 전복 기준에 대해 규정하고 있다. 향후 EN 규격이 설정되면 규격의 국제화를 위해 부합할 수 있도록 발전시켜나가는 것이 필요할 것이다.

차체 구조 강도의 경우, 차량 충돌 안전 기준등에서도 언급하고 있으므로 전복 방지 기준에서 재 언급하는 것은 중복될 소지가 있으므로 바람등에 의한 전복 방지 기준을 본 기준의 적용범위로 하는 것이 타당하다.

또한, 전복에 대한 실험 등은 제약 사항이 많고, 재현성이 어려운 점이 있으므로 본 기준에서는 이론적 해석에 기초하여 규정하는 것이 현실적이라고 할 수 있다. 따라서, 차량이 최고 속도로 최소 곡선상을 주행할 때에 발생하는 원심력, 풍하중, 교행 열차풍 등을 고려하여 전복 방지 기준을 제안하였다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량 전복 방지 기준

1. 적용범위

철도 차량의 전복 방지 기준에 대하여 규정한다.

2. 차량 전복 유형 분류

가. 곡선 통과중 외측 열차가 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

나. 평탄선로를 주행중 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

다. 곡선에 내측 열차가 정차한 상태에서 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

3. 철도차량 전복 방지 기준

각각의 유형에 대한 차량 전복 방지 기준은 차량에 작용하는 외력의 합력의 작용점이 각각의 경우에 대하여 최소한 차륜-레일 접촉점을 넘지 않도록 차량 중량, 차량 중심높이, 차량 側面積, 곡선 반경, 캔트, 곡선 통과속도를 설정하여야 하며, 여기에 일정한 안전율을 고려한 값으로 한다.

가. 곡선 통과중 외측 열차가 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left\{\frac{\frac{m V_t^2}{r} + pA}{mg} - \frac{c}{G}\right\} \qquad (1)$$

나. 평탄선로를 주행중에 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left(\frac{pA}{mg}\right) \qquad (2)$$

다. 곡선에 내측 열차가 정차한 상태에서 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left(\frac{c}{G} + \frac{pA}{mg}\right) \qquad (3)$$

(2) 해설서

2. 차량 전복 유형 분류

가. 곡선 통과중 외측 열차가 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

나. 평탄선로를 주행중 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

다. 곡선에 내측 열차가 정차한 상태에서 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

【해설】

본 규정에서 철도 차량의 전복은 강풍 또는 교행시 열차풍과 같은 풍하중에 의하여 일어나는 전복 현상으로만 규정하여 위의 세가지 유형으로 구분하였으며, 차량의 결함, 진동, 사행동 및 궤도 틀림과 같은 구조적 요인에 의한 것은 탈선 안전기준의 세부 기준 및 시설 안전기준에서 규정하므로 제외하였다.

3. 철도차량 전복 방지 기준

각각의 유형에 대한 차량 전복 방지 기준은 차량에 작용하는 외력의 합력의 작용점이 각각의 경우에 대하여 최소한 차륜-레일 접촉점을 넘지 않도록 차량 중량, 차량 중심높이, 차량 側面積, 곡선 반경, 캔트, 곡선 통과속도를 설정하여야 하며, 여기에 일정한 안전율을 고려한 값으로 한다.

가. 곡선 통과중 외측 열차가 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left\{\frac{\frac{m V_t^2}{r} + pA}{mg} - \frac{c}{G}\right\} \qquad (1)$$

나. 평탄선로를 주행중에 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left(\frac{pA}{mg}\right) \qquad (2)$$

다. 곡선에 내측 열차가 정차한 상태에서 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left(\frac{c}{G} + \frac{pA}{mg}\right) \qquad (3)$$

【해설】

차량이 선로상을 주행 중에 외력을 받아 전복되는 이론 해석 계산식은 아래 그림으로부터 유도할 수 있다. 즉, 편심과 이상 진동이 없는 것으로 가정하면, 차체에 작용하는 힘은 곡선 통과시의 원심력에 의한 힘, 차량 중량에 의한 중력, 횡풍 및 교행 열차 풍에 의한 풍압으로 구성된다.

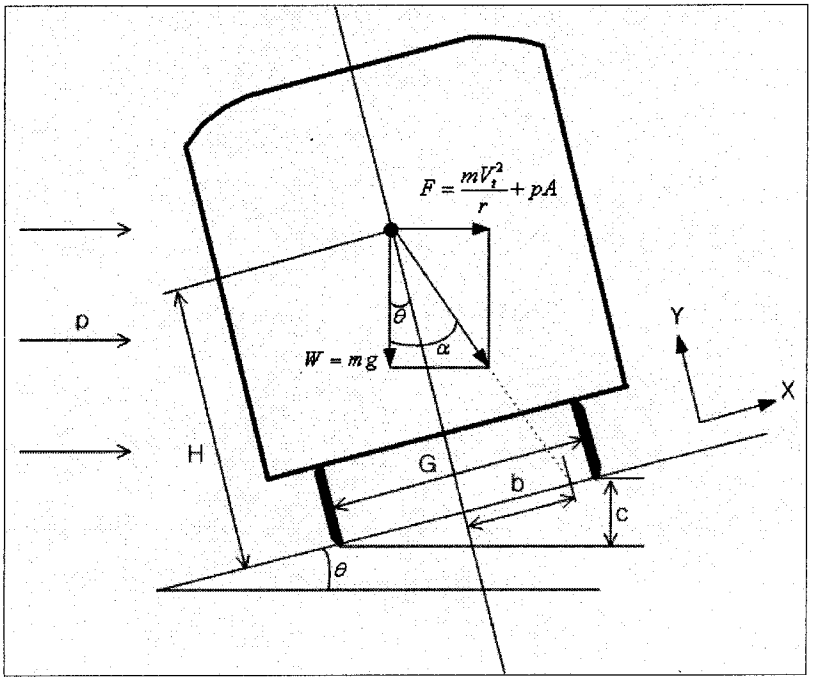


그림 3-6-22 선로상의 열차가 받는 힘

여기서,

A : 열차 측면 면적 (㎡)

c : 캔트 높이 (m)

C_d : 항력계수

C_w : 돌풍율

G : 궤간 (m)

g : 중력가속도 (㎨)

H : 차량 중심 높이 (m)

m : 열차 중량 (kg)

p : 全 풍압 (p_s +p_t) (Pa)

p_s : 횡풍에 의한 풍압 (Pa)

p_t : 주행에 의한 열차풍압 (Pa)

r : 곡선 반경 (m)

s : 안전율

V_t : 열차속도 (m/s)

U_∞ : 원방의 횡풍 속도 (m/s)

ρ : 공기밀도 (kg/m³)

그림3-2-1로부터 다음식들을 유도할 수 있다.

$$\tan(\alpha-\theta)=\frac{b}{H} \tag{1}$$

$$b \le \frac{G}{2}\frac{1}{s} \tag{2}$$

$$\tan(\alpha-\theta)=\frac{\tan\alpha-\tan\theta}{1+\tan\alpha\tan\theta}$$

$$\simeq \tan\alpha-\tan\theta \tag{3}$$

$$\tan\alpha=\frac{F}{W}=\frac{\frac{mV_t^2}{r}+pA}{mg} \tag{4}$$

$$\tan\theta=\frac{c}{G} \tag{5}$$

$$p=p_s+p_t \tag{6}$$

$$p_s=\frac{1}{2}\rho C_d C_w U_\infty^2 \tag{7}$$

식(1)~(7)으로부터,

$$\frac{b}{H}=\frac{\frac{mV_t^2}{r}+(\frac{1}{2}\rho C_d C_w U_\infty^2+p_t)A}{mg}-\frac{c}{G} \tag{8}$$

식(8)에서 전복에 대한 가장 열악한 상태는 다음 3가지 경우를 고려할 수 있다.

가. 곡선 통과중 외측 열차가 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우
나. 평탄선로를 주행중 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우
다. 곡선에 내측 열차가 정차한 상태에서 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

위의 각각의 경우에서, 가.의 경우는 횡풍의 방향이 외측으로 향할 때가 내측 차량과의 교행 열차풍과 차량 곡선 통과 원심력이 부가되어 합력이 가장 크게 되며, 나. 의 경우는 직선상을 주행하므로 캔트가 없고, 곡선 반경이 무한대가 되어 원심력도 없으므로 열차 상호간의 교행 열차풍과 횡풍만이 작용한다. 다.의 경우는 차량이 정지한 상태이므로 열차속도 V_t가 0이며 합력이 이루는 각 α가 0이므로 횡풍이 내측으로 불 때에 중력과 합력이 되어 작용한다.

가. 곡선 통과중 외측 열차가 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left\{\frac{\frac{m V_t^2}{r} + (\frac{1}{2}\rho C_d C_w U_\infty^2 + p_t)A}{mg} - \frac{c}{G}\right\} \tag{9}$$

나. 평탄선로를 주행중에 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left\{\frac{(\frac{1}{2}\rho C_d C_w U_\infty^2 + p_t)A}{mg}\right\} \tag{10}$$

다. 곡선에 내측 열차가 정차한 상태에서 횡풍과 교행 열차풍을 받는 경우

$$b = \frac{H}{s}\left\{\frac{c}{G} + \frac{(\frac{1}{2}\rho C_d C_w U_\infty^2 + p_t)A}{mg}\right\} \tag{11}$$

이론 해석 결과로 구한 식(9)~(11)에서 열차에 작용하는 합력의 작용점 거리(b)는 궤간을 벗어나지 않아야 전복 안전성이 확보된다고 할 수 있다. 위에서 안전율 (s)가 1일때는 합력의 작용점이 궤간과 일치하는 것을 의미하며, 안전율 2는 차량 중심선과 레일과의 거리(궤간의 1/2)의 50%에 해당되는 작용점을 의미한다.

3. 탈선계수 측정 및 산정 기준

가. 개요

철도차량의 탈선계수 측정 및 산정 세부기준을 작성하기 위하여 관련된 국내외 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

- 철도안전법 제26조(철도차량의 안전기준)
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제29조(철도차량과 선로간의 작용력 등)
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제30조(윤중 감소량)
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제31조(횡압)
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제32조(탈선계수)

나. 이론적 배경

주행안전성의 핵심요소인 탈선의 위험성을 평가하는 방법으로 널리 사용하고 있는 Nadal의 이론에 의하면 탈선계수 한계치는 차륜과 레일간의 마찰계수에 의존하고 있다. 실제로 차량이 주행할 때 마찰계수는 시시각각으로 변화하기 때문에 직접 마찰계수를 계측하는 것은 거의 불가능에 가깝다. 대신, 세계 각국에서는 회전체 로드셀로서 탈선계수 측정용 윤축을 만들어 주행안전성 평가에 사용하고 있다. 철도분야에서 이러한 기술은 핵심적인 보호기술로서 쉽게 공개되지 않고 있으며, 오로지 자국의 이익에 관계될 때에만 부분적으로 공개하면서 판매목적으로 활용되고 있는 실정이다. 고속전철 기술 보유국인 프랑스와 독일 등에서는 차량의 종류를 제안하면 맞춤식으로 측정용 윤축을 제작하여 공급하고 있으며 심지어는 측정용 윤축의 제작과 더불어 측정과 분석을 일괄적으로 처리하도록 유도하고 있는 형편이다.

지금까지 철도차량의 동역학 해석을 위하여 국내에서 개발된 각종 전산 프로그램들이 많이 있지만 이와 같은 각종 프로그램들은 실제 설계에 반영하는데 많은 제약사항을 갖고 있었던 것이 사실이다. 이들 프로그램은 차량모델로부터 운동방정식을 직접 유도하기 때문에 프로그램에 오류가 포함되어 있을 가능성이 높을 뿐만 아니라 국내 여건상 각종 차량 물성치나 궤도특성을 정확하게 확인하기 곤란하므로 계산 결과만 가지고 프로그램의 신뢰성 확인을 하기가 매우 어렵다. 특히 이와 같은 전산 프로그램은 시험을 통한 확인이 필수적인데도 이러한 과정을 거치기

가 어려워 국내의 전산 프로그램은 실용화에 한계를 갖고 있는 실정이었다. 그러나 국책사업으로 한국형 고속전철을 개발하는 과정에서 산학연이 연계하여 활발한 연구를 진행하면서 이러한 난관을 상당부분 극복하였으며 세계적인 기술수준과의 격차를 급속도로 좁혀가고 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

(가) 국내규정

○ 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙

○ 도시철도차량 성능시험에 대한 기준

(나) 국내외 차량 구매사양

○ 해외 차량 : 미국(뉴욕 전동차), 스페인 마드리드 전동차, 그리스 아테네 전동차, 아일랜드 디젤동차, 홍콩 전동차, 대만 전동차, 인도 델리 전동차

○ 국내 차량 : 화차, 일반 객차, 새마을 객차, 전동차

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국

○ Code of Federal Regulation

- CFR 238.227: 현가장치(200Kph까지)

- CFR 238.427: 현가장치(200~240Kph)

○ APTA(American Public Transit Association)

- APTA RP-M-009-98 Recommended practice for New truck design

(나) 영국

GM/RT2141: 철도차량의 탈선과 전복저항

(다) 유럽

○ prEN 14363: 철도차량 주행 성능시험

○ UIC 518 Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour-Safety-Track fatigue-Ride quality

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 규정 현황 개요

(가) 미국 CFR

○ 176 kph 이하는 사행동 발생하면 안 됨(0.8g 이상 6회 이상 연속 발생)

○ 176 kph 이상은 횡 가속도 0.12g 이상 지속적 발생하면 안 됨

○ APTA :

- 상기 내용 해석 입증 및 영업 운전 전 입증 시험 요구

- Y/Q값 해석 입증 요구되나 측정 Y/Q 값 입증 시험 규정 없음

(나) 유럽

○ 유럽 EN 규격(UIC도 동일)

- 방법 1: 시험선에서 Q 및 Y 값 측정하여 Y/Q 기준치 이내

- 방범 2: 시험대에서 윤중 측정, Y값 시험선 측정 Y/Q값 계산

- 방법 3: 시험대에서 윤중 측정, 대차-차제 회전 저항(X-factor) 측정하여 기준치 이내 입증, 기존 시스템의 2축 대차(2개/량)인 경우만 적용, 그 외는 방법 1, 2 적용

○ 영국 RGS

- 방법 1: 시험대에서 윤중 및 X-factor측정 및 승차감 시험

- 방법 2: 시험대에서 윤중 및 X-factor 측정, Y/Q값 이론적계산, 승차감 시험

- 방법 3: 직접 선로에서 Y/Q값 측정

- 상기 1, 2, 3 방법에 대한 적용 차량 형태별 적용 기준 명확화

(다) 국내

○ 철도차량 성능 시험에 대한 기준

○ 윤중 감소, 탈선 계수의 기준 이내 및 진동이 수렴성 요구

(2) 국내외 사례 조사 내용

(가) 미국

① 미국 연방 규정(CFR)

Title 49-수송 분야(Transportation) Chapter II-연방 철도 (Federal Railroad

Administration, Department of Transportation) Part 238 객차 안전 규정 (Passenger Equipment Safety Standards)의 Sec. 238.227 현가장치 (Suspension system)에 규정되어 있다. -1999년 11월 8일 이후 차량 적용

㉮ Sec. 238 객차 안전 규정 (Passenger Equipment Safety Standards)

적용 범위: tier 1 passenger equipment(125mph:200kph까지)

[1] 모든 객차는 모든 속도 영역에서 사행동(Hunting Oscillation)이 나타나면 안된다. 만약 이런 사행동이 발생하면, 철도 운영자는 탈선 방지를 위해 즉각적인 적절한 조치를 취해야 한다. 이 규정에서 사행동(Hunting Oscillation)이라함은 대차의 위험한 불안정 상태가 되는 횡방향 진동을 말한다.

[2] 176 km/h (110 mph) 이상 속도로 운행될 모든 객차는 철도 운영자가 정한 부품을 마모를 포함한 모든 최악 조건에서 최고 설계 운행 속도보다 8km/h(5mph)이상의 속도까지 영업 운전전 품질인증 시험 단계에서 안정적인 운전상태를 검증해야한다.

[3] 이 조항은 이 규정의 객차에 대한 절 Part 213과는 별도이다.

㉯ Sec. 238.427 현가장치(Suspension system)

적용 범위: tier 2 passenger equipment(속도 125mph-150mph: 200km/h - 240km/h)

[1] 일반 요구조건

◆ 현가장치는 효과적으로 wheel 타오름, 윤중 감소, 전복, 궤도 전이 등이 발생 하지 않음으로서 안정적인 승차감과 주행성능을 발휘하도록 설계 되어야 한다. 따라서 다음과 같은 조간을 만족해야 한다.

· 철도 운영자가 정한 모든 하중 조건과 환경 및 선로 조건에서

· 본 규정 Part 213 선로 안전 규정에 부합하는 선로에서 최대 캔트 부족량과 최대 속도에서

◆ 객차는 이 규정의 부록의 현가장치에 대한 안정 성능 요구 조건에 만족해야 한다.

[2] 차체 가속도

◆ 차체는 상면 높이에서 측정한 횡방향 가속도가 계속해서 0.12g 이상인 경우 운행 될 수 없다. 본 규정 238.111과 238.345에 의한 영업 운행 전 인증 시험에서, 최고 속도 및 최대 캔트 부족량에서 0.1g 이상의 계속적인 횡가속도가 나타나면 안 된다.

◆ 정해진 구간에서 최고 속도로 운행될 때, 차량의 현가장치는 아래 조건이 되도록 설계되어야 한다.

· 상면에서 측정된 수직 가속도가 0.55g 이상(peak to peak)이 1초 이내에 없을 것.

· 상면에서 측정된 횡 가속도가 0.3g 이상(peak to peak)이 1초 이내에 없을 것.

◆ 수직 가속도(AV)가 0.55g, 횡가속도(AL)가 0.3g를 넘지 않으면서 수직 가속도와 횡가속도의 조합($\sqrt{AV*AV+AL*AL}$)값이 0.6g 이하이어야 함.

② APTA(American Public Transit Association)

Recommended Practice for New Truck Design

㉮ 적용 범위

본 규정은 기존 대차와 하중 조건, 선로 조건, 차체가 완전히 다른 200 km/h 속도 이내의 도시 간 또는 통근 철도차량의 새로운 대차의 설계를 위해 규정한다.

㉯ 설계 해석

[1] 동특성 해석

동특성은 검증되지 않은 새로운 대차가 선로와의 적합성, 탈선 안전성 및 차량 한계 내의 운행 안전성에 대해 해석되어야 한다. 가능하면 AAR NUCARS 소프트웨어를 사용하고, 최소한 사행동, 진동, 윤중 균등, 차륜과 레일간의 횡압 및 수직력/횡방향력 비율에 대한 것을 포함하는 해석이어야 한다.

[2] 선로와 적합성 해석

- 윤중 감소

모든 조건에서 윤중은 완벽한 평탄 직선 선로에서 측정한 윤중보다 10% 이상 작어서는 안 된다.

- 차량 전복

곡선의 최대 캔트 조건에서 윤중은 직선 평탄 선로에서의 윤중보다 60%이상 작어서는 안 된다. 이 사항은 시험으로 검증 되어야 한다.

- 차륜 타오름

선로의 모든 곡선 조건에서 차륜의 수직력(V)와 수평력(L)과의 비율은 아래 식에서 주어진 값을 초과해서는 안 된다.

$$\frac{L}{V} = \sqrt{\frac{\tan d - m}{1 + m.\tan d}} \quad (1)$$

여기에서 d = wheel rail contact angle

m = coefficient of friction; 0.5

- 선로 이동력

모든 조건에서 선로에 가해지는 차륜의 횡압은 직선 평탄선에서의 윤중의 50% 이상이 되어서는 안 된다.

- 궤도 확장력

모든 경우에 하나의 대차에 의해 한쪽의 선로에 가해지는 횡압은 그 대차의 한축의 수직력의 60% 이상이 되어서는 안 된다.

- 대차 사행동(Hunting)

모든 차량의 대차는 최악의 선로 조건에서 속도 0 km/h 에서부터 최고 운행 속도+8 km/h 이상 속도까지 사행동을 나타내지 말아야 한다. 이 규정에서, 사행동의 정의는 대차의 횡가속도 peak-to-peak치로 0.8g이상의 횡방향 진동이 6회 이상 계속되는 것을 말한다.

3 인증시험

대차의 설계가 기존 검증된 설계와 유사하며 그 안전성이 해석에 의해서 검증되고, 기존 차량에 대한 과거 시험 실적 및 운행 실적에 의해 안전성이 입증된 경우 인증 시험은 면제될 수 있다.

- 윤중 균등성 시험

공차 상태(최악의 상태)의 대차는 평탄선에 안치했을 때 다음 조건을 만족해야 한다.

· 차륜 중에 하나를 사양의 요구조건 만큼 들어 올렸을 때 나머지 어떤 차륜도 레일과의 접촉이 떨어져서는 안 된다.

• 차륜 중 하나가 사양에서 요구하는 2번째 량만큼 들어 올렸을 때 나머지 모든 차륜의 윤중은 사양에서 정한 값보다 적어서는 안 된다.

- 운행 시험

새로운 대차가 개념이 검증되지 않은 새로운 설계이거나, 운행 속도가 기존 설계에서 경험한 것 이상이거나, 선로 조건이 그 대차 설계로 경험에 의해 입증된 것과 다르게 되는 특별한 경우에 운행 시험을 통해 통특성 해석으로 검증을 할 수도 있다. 이 운행 시험은 검증된 대차가 유사한 하중조건, 속도 및 선로 조건에서 운행 될 경우 필요하지 않다.

단 새로운 개념의 대차가 110 mph(177 km/h)이상의 속도에서 운행될 경우 최악의 조건에서 (마모 및 선로 조건) 최고 운행 속도보다 5 mph (8 km/h) 높은 속도 까지 상업 운행 전 인증시험을 통해 주행 안정성을 검증해야한다.

(나) 영국 - GM/RT2141: 철도차량의 탈선과 전복저항

① 목적

플렌지 타오름에 대한 탈선과 과속으로 인한 전복에 대한 안전성의 최소한의 요구조건을 정의한다.

② 정의

- Multi-Bogie/Axle

차량이 평탄한 곡선에 있을 때, 모든 축이 flangeway의 중심에 놓이게 할 정도로 대차와 차체 사이의 회전 자유도가 충분하지 않은 축 배열, 예를 들면 3개의 독립축, 3개의 2축 대차, 2축 이상의 대차, 이들 모두는 곡선 주행 시 기하학적 편기를 해결하기 위한 축의 횡 이동이 자유도와 현가장치의 횡 방향 자유도가 요구된다.

- Novel Suspension 또는 Running Gear

Wheel Unloading, 대차 회전 저항, 승차감 및 컴퓨터시뮬레이션 기준의 조합에 대한 이 규정의 조합으로 탈선 저항을 검증할 수 없는 시스템. 시스템에 대한 거동이 충분하게 이해되지 않았거나, 알려진 기준들이 부적절한 경우.

③ 개요

- 탈선 저항

가장 직접적인 방법은 선로에서 차륜과 레일 사이의 수평력과 수직력의 비율

을 측정하여 탈선 저항을 평가하는 것이지만, 오랜 경험을 통해 이보다는 간접적인 방법이 더 탈선 안전에 대해 보증할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 이 간접적인 방법이 직접적인 방법에 비해 쉬우면서 보다 보수적인 엔지니어링 해답을 제공한다.

- 탈선 저항 승인 방법

· 방법 1

시험실에서 할 수 있는 윤중 감소 및 대차 회전 저항과 선로에서의 주행 시험의 결과를 종합하여 평가하는 방법으로 모든 것이 기준 이내이면 승인한다. 그러나 이 방법은 곡선 주행 시 차량의 기하학적 OFFSET 능력에 대한 어떤 평가 결과를 제시하지 못하므로 Multi-Bogie/Axle 시스템에는 적용이 불가능하다. 더욱이 간접 방법에서 사용되는 윤중 감소, 대차 회전 및 주행 승차감 시험은 경험에 의존하여 개발 된 것이기 때문에 Novel Suspension 또는 Running Gear에 적용하지 않는 것이 좋다.

· 방법 2

윤중 감소와 대차 회전시험에 대한 승인 기준을 차륜/레일 힘(Y/Q)을 컴퓨터 시뮬레이션 예측치로 대신하는 방법으로, 실험실에서의 ΔQ/Q 및 X-Factor 측정치로 검증된 컴퓨터 차량 모델을 사용하여 곡선 선로 입력 조건에서 Y/Q 비율을 예측한다. 모든 기준이 만족되고 승차감 시험이 완료되면 그 차량은 탈선 저항 안전성이 승인된다. 이 방법은 곡선에서의 차량의 기하학적 OFFSET 효과를 평가할 수 있기 때문에 Multi-bogie/Axle 시스템에는 적용 가능하지만, Novel Suspension 또는 Running Gear에는 적용 할 수 없다.

· 방법 3

상기의 간접적인 방법의 요소인 윤중 감소, 대차 회전 저항, 승차감 및 컴퓨터 시뮬레이션 대신 직접적인 방법으로 Y/Q를 측정하여 평가하는 방법으로, 이 방법은 모든 경우에 적용 가능하며 Y/Q 비율이 기준에 부합하면 탈선 저항 안전성이 승인된다.

- 상기 방법의 적용 기준

표 3-6-23 탈선승인방법 적용기준

차종별	방법 1	방법 2	방법 3
Multi-bogie/Axle도 아니고 특수 주행장치가 아닌 경우	●	●	●
Multi-bogie/Axle이지만 특수 주행장치는 아님		●	●
특수 주행장치 차량			●

- 과속으로 인한 전복 저항

이 규정에서 과속으로 인한 전복 기준도 제시하고 있다.

④ 의무적인 요구 조건

- 탈선 저항

이 규정은 틸팅 차량이나 보통 차량에 공히 적용된다. 틸팅 차량에 대해서는 단독 차량 또는 여러 대의 차량이 틸팅 작용 고장으로 뒤틀리는 것으로 인한 탈선 위험에 대해 평가 한다. 틸팅 기능 고장 및 그로 인한 결과를 최소화 하도록 조치가 취해져야 한다.

· 차량이 특수 주행장치가 아니고 Multi-bogie/Axle이 아닌 경우

이런 차량은 상기 방법 1, 2, 3 중 하나를 만족 하면 된다.

· 차량이 특수 주행장치가 아니고 Multi-bogie/Axle인 경우

이런 차량은 상기 방법 2, 3 중 하나를 만족 하면 된다.

· 차량의 주행 장치가 특수 주행 장치인 경우

이런 차량은 상기 방법 3을 만족해야 한다.

· 방법 상세

방법 1 : 이 규정 부록 A, B, D에 준함

방법 2 : 이 규정 부록 C, D에 준함

방법 3 : 이 규정 부록 E에 준함

- 탈선 저항에 대한 차량 간 제약조건 효과

차량 간 연결이 탈선 저항에 역 효과를 내는 형태 중에 하나인 경우, 그 심각성을 결정하기 위해 잠재적인 결과가 분석된다. 그 효과의 크기가 과거의 경험의 범주를 벗어나서 시뮬레이션이나 단순 시험에 의한 검증에 의심이 가는 경우,

안전성을 확보하기 위해 선로에서 Y/Q 측정을 해야 한다.

- 탈선 저항에 견인력의 효과

견인력의 크기가 과거의 경험의 범주를 벗어나서 시뮬레이션이나 단순 시험에 의한 검증에 의심이 가는 경우, 안전성을 확보하기 위해 선로에서 Y/Q 측정을 해야 한다.

- 과속으로 인한 전복 저항: (생략)

- 차량의 수정 적용

차량의 수정이 탈선 저항 및 전복 저항에 영향이 있다고 판단되는 경우, 그 수정에 따른 결과를 분석해야 한다. 이 분석은 이 규정을 만족하는 지를 검증하기 위해 수정의 영향을 평가하는데 사용되어야 한다.

- 다른 차량과 유사한 특성을 갖는 차량의 적용

신조 또는 수정 차량이 이미 검증된 차량과 유사한 특성을 갖는 경우, 이 규정에 의한 분석과 시험 범위는 조정 될 수 있다.

GM/RT2141의 철도차량의 탈선과 전복저항에 관련된 측정 기준은 부록 3.6.3-1을 참조한다.

(다) 유럽

① prEN 14363 : 철도차량 주행 성능시험

㉮ 개요

아래와 같은 기존 원칙이 반영됨.

- 선로와 차량 간의 상호 관계의 허용 여부를 확실히 하기 위해 모든 종합적인 규정이 요구 된다.
- 국가 및 국제적인 규정 및 규격이 방대하여 신규 차량은 영업 투입 전에 인증 시험을 거쳐야 한다. 추가로, 운행 조건이 확장되는 경우 기존 승인은 다시 검토되어야 한다.
- 국제적인 수송량 증대, 특히 고속 수송 증대로 인해 표준화가 절실히 요구된다. 특히 철도분야의 계측 기술 및 데이터처리 기술이 발전함에 따른 기존 규정의 개정이 요구되고 있다.
- 속도 향상 및 윤중 증대에 따른 설계 및 운영 방법 변경이 요구됨에도 기종의 안정성과 신뢰성에 대한 수준이 양보될 수 없다는 것이 중요함.

기존 UIC 518을 기본으로 하여 이 규정의 핵심적인 부분을 설정하였지만, UIC 518 자체가 경험적으로 완전히 검증된 것이 아니기 때문에 향후 적용을 통해 본 규정의 개정을 기대함.

㈏ 적용 범위

- 기본적으로 모든 공공 수송을 담당하는 표준궤 차량에 적용함. 시내 전차, 지하철 또는 표준궤가 아닌 차량도 본 규정을 참조하여 활용할 수 있다.
- 이 시험은 아래와 같은 경우 차량의 형식시험의 일부가 된다.

· 신규 개발 차량
· 설계 변경 차량
· 운행 조건 변경 차량

- 본 규정에 정한 것에 동등이상의 안전이 확보된다는 증명이 있으면 본 규정 적용에 예외가 될 수 있다.

㈐ 비틀린 선로에서의 차량의 탈선 안전성

- 적용 범위

· 초기 차량의 인증시험에 적용
· 인증 차량의 확장 인증 시험은 파라메타 변경이 탈선 위험도의 증가를 초래하는 경우 실시
· 탈선 안전에 대한 한계치

(Y/Q) ≤ (Y/Q)lim = 1.2 (Flange 각도 70°)

- 시험 방법 1 : 뒤틀린 시험선에서 시험

· 뒤틀린 시험선에서 주행 중 차륜과 레일간의 수직력과 수평력 측정
· 시험 조건

곡선 = 150m
곡률 반경이 일정하고 3‰ 뒤틀림이 있는 곡선 선로
시험선 길이는 차량 특성에 따름
뒤틀림은 바깥쪽 선로를 가지고 조정
레일은 건조 상태
시험 속도 ≤ 10km/h

시험은 최소 3회 이상

· 시험 평가 기준

(Y/Q)a,max. ≤ (Y/Q)lim =1.2 (Flange 각도 70°)

- 시험 방법 2: 뒤틀린 선로 시험대와 특수 시험선 시험

· 윤중 감소(Qa)를 측정하고 시험선에서 안내력(Ya)을 측정하여 (Y/Q) a 계산함

· 시험 방법

차량 시험대에서 최소 윤중 Qa min 측정

적절한 시험대에서 안내 힘 Ya 측정

(Y/Q) 비율 계산

· 시험 평가 기준

(Y/Q)a,max. ≤ (Y/Q)lim =1.2 (Flange 각도 70°)

- 시험 방법 3: 뒤틀림 및 yaw 시험대에서 시험

· 적용 범위

검증된 특성의 장치나 차량의 설계로 이루어진 신규차량에 적용 가능

량당 2 대의 2축 대차를 갖는 차량

주: 오랜 경험에 따르면 방법 3이 1, 2 보다 수행하기 쉽다.

· 시험 방법

차량 시험대에서 최소 윤중(Qa,min)측정

작은 곡선 반경에서 차체에 대한 대차의 회전(yaw) 토크를 측정함

· 시험 평가 기준

최소 윤중: $\triangle Q/Q_o \leq 0.6$

여기에서 Q_o : 뒤틀림이 전혀 없는 상태의 조건에서 평균 윤중

$\triangle Q$: 최대 뒤틀림 조건에서 Q_o로부터 편차

대차의 회전 토오크(X-factor): $X = M_{r,min}/(2a \times 2Q_o) \leq 0.1$

여기에서 $M_{r,min}$: 차체에 대한 대차의 회전 저항 토크

Q_o : 뒤틀림이 전혀 없는 상태의 조건에서 평균 윤중

2a :대차 wheel base

② UIC 518

UIC 518 Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour-Safety-Track fatigue-Ride quality

㉮ 개요

이 규정은 국제적 교통 승인을 목적으로 안전, 궤도피로 및 주행 특성과 관련된 동적 거동의 관점으로 철도차량 승인(기존차량, 신조차량 및 특수차량)의 견지에서 본선 주행시험 및 결과 분석을 다루는 조항이다.

캔트 부족량을 보상하는 시스템을 갖춘 차량에 관하여 이 규정의 조항은 한 국가 전용으로 운행할 목적으로 잠정적으로 시행될 수도 있다.

차량은 다음을 정의하는 규정을 기본으로 하여 승인된다.

- 본선시험의 조건(궤도 배치 설계, 궤도 기하학적 특성, 속도 및 캔트 부족량)
- 차륜-레일 접촉 형상
- 차량 상태
- 차량 동적 거동에 관한 측정된 값
- 데이터의 자동 및 통계적 처리 조건
- 평가 값
- 한계치

㉯ 적용범위

승인 시험은 다음과 같은 조건일 때 수행해야 한다.

- 신규 개발 차량 또는 신규 설계한 주행장치를 갖는 차량
- 이미 승인된 차량의 동적 거동에 영향을 주는 주요 부품을 재설계하였을 때
- 운행조건이 변경되었을 때

㉰ 정의

[1] 운행 변수

- 차량 운행속도 한계치
- 허용 캔트 부족량

[2] 궤도 변수

- 수직

- 좌우

- 게이지

- 비틀림

3 차량 변수

- 각 차륜에서 측정된 좌우 Y 및 수직 Q 방향에서 차륜-레일 작용력

- 액슬 박스 레벨에서 측정된 횡력 H; 이 경우 윤축의 동적 이동에 의한 힘은 무시한다.

-. 대차프레임 레벨에서 측정된 좌우 방향 선형가속도, 차축 또는 대차 위의 차체 레벨에서 측정된 좌우 및 수직 방향 선형가속도

- 윤축 레벨에서 측정된 횡가속도

4 하중 조건

- 공차상태: 하중을 싣지 않는 상태로, 운행을 위한 승무원은 탑승한 상태임.

- 만차상태: 정상적이고 쾌적한 운행을 위해 점유할 수 있는 모든 곳에 적하한 상태

- 예외하중: 최대 적하 상태, 예상치 못하고 일시적인 경우로 희귀한 수송 조건임.

5 차륜-레일 작용

등가원추도(Equivalent conicity)로 나타내며, 윤축의 횡변위 최대 진폭의 함수이다.

㈐ 시험 원칙

1 서론

- 운행조건 및 시험 구간의 특성에 따라, 평탄 선로, 대 반경 곡선, 소 반경 곡선으로 나눈다.

- 승인절차의 특성에 따라 절차는

• 전체 절차: 주행 상태 및 차량 상태를 고려함.

• 부분 절차: 주행 상태 및 차량 상태의 일부분만 고려함.

- 다음과 같은 측정 방법을 적용한다.

• 정상 측정: 각각의 차륜/레일 작용력 Y 및 Q를 측정하여 Y/Q 비를 계산

• 단순화 측정: 윤축, 대차프레임 및 차체에서의 H 힘 또는 가속도를 측정

2 적용 방법의 선택

차량의 승인은 다음 두 가지 상황 중 하나로 한다.

- 대상 차량이 신규 개발된 경우로 최초 승인 절차이다.
- 차량이 변경되었거나 운행조건이 바뀐 경우로 승인의 연장이 된다.

차량은 다음 세 가지 범주중 하나가 된다.

- 기존차:
- 신규 기술 차량:
- 특수차량: 독특하거나 수량이 적은 차량(궤도 보수차, 특수 수송차)

[3] 단순화 방법의 적용 조건

단순화 측정 방법은 다음과 같다.

- 차체에서 가속도를 측정하고, 윤축에서 H 힘을 측정
- 대차가 있는 차량의 대차프레임과 차체에서 가속도 측정
- 대차가 없는 차량의 윤축과 차체에서 가속도 측정

a) 일반 조건

- 속도
  - · 기관차: 160 km/h이하
  - · EMU/DMU: 200 km/h이하
  - · 객차: 200 km/h이하
  - · 화차 및 특수차량: 120 km/h이하
- 캔트부족량: 다음 표와 같음.

표 3-6-24 차종별, 속도별 캔트 부족량

차량 범주		속도(km/h)	캔트부족량(mm)
Ⅰa - 화차(기존 설계)		V ≤ 120	130
Ⅰb - 화차(전용 설계)		120 < V ≤ 140	130
Ⅰc - 화차(전용 설계), 객차 선로에서 사용		140 < V ≤ 160	150
Ⅱ - 객차(기존 설계)		V ≤230[a]	150
Ⅲ - 비 틸팅 편성차 및 기동차	기존선	0 < V ≤ 160	165
		160 < V ≤ 230	150
	고속선	200 < V ≤ 250	150
		250 < V ≤ 300	130[b]
Ⅳ - 틸팅차		0 < V ≤ 300	[c]

-. 축중

· 기존차: 2Q0 ≤ 200 kN

· 특수차: 2Q0 ≤ 225 kN

b) 특수 조건

표 3-6-25 차종별 측정 방법(기존차량)

차량 범주	특징	방법
기관차	2축 대차	V≤120: 차체와 대차에서 가속도 측정
		120<V≤160: H 힘과 차체에서 가속도 측정
	3축 대차	H 힘과 차체에서 가속도 측정
	EMU/DMU	대차≤10톤: V≤200: 차체와 대차에서 가속도 측정
		대차>10톤: V≤120: 차체와 대차에서 가속도 측정
		120<V≤160: H힘과 차체에서 가속도 측정
	입환기관차	V≤100: 차체에서 가속도 측정
객차	2축 대차	V≤200: 차체와 대차에서 가속도 측정
	대차없는 차	V≤120: 차체에서 가속도 측정
화차	대차없는 차	대차 없는 차: 윤축에서 가속도 측정 대차가 있는 화차: 차체와 대차에서 가속도 측정
	2축 대차	
	관절차량(2축 대차)	
	3축 대차	H힘과 차체에서 가속도 측정
	관절차량(3축 대차)	

표 3-6-26 차종별 측정 방법(특수차량)

차량범주	방법
대차없는 차 또는 3축 대차가 있는 차량	대차가 있는 차량: 차체와 대차에서 가속도 측정
	대차가 없는 차량: 윤축과 차체에서 가속도 측정
3축 이상의 대차가 있는 차량	가장 불리한 위치의 윤축에서 H힘 및 차체에서 가속도 측정

㉮ 시험조건

시험 중 주행조건은 속도, 캔트 부족량, 곡선 반경의 조합을 포함한다.

1 시험 구간

평탄선로, 대 곡선 반경, 소곡선 반경 구간에서의 속도, 캔트 부족량, 시험 구간수 등을 규정하고 있다.

2 시험 루트의 선정

시험 루트는 영업운전에 사용되는 루트에서 선정하고, 곡선은 운행속도 및 캔트 부족량의 요구조건을 충족하도록 선정한다. 또 궤도 기하학적 품질, 차륜-레일 접촉 형상 등을 규정하고 있다.

3 시험 차량 조건

시험 차량은 시험 전 사양에 맞게 제작되었는지 확인하여야 하고, 필요하면 주요 변수(강성, 마찰 토크, 댐핑 등)를 검증하기 위하여 예비 시험대 시험을 실시하여야 한다.

또한 하중조건, 차륜 프로파일 등을 구현하여야 한다.

㉯ 측정값 및 처리방법

1 정상 방법

정상 방법의 측정값은 다음과 같다.

- 축당 안내력의 합: $(\Sigma Y)2m$
- 안내 윤축에 대하여 차륜당 횡력/수직력의 비: $(Y/Q)2m$
- 차륜과 레일의 수직력: Q
- 차륜과 레일의 준정적 힘: Yqst 및 Qqst
- 차체와 대차프레임에서 측정된 횡가속도:
- 차체의 횡가속도 및 수직가속도
- 차체의 준정적 가속도

2 단순화 방법

◆ 대차가 있는 차량

- 안전 평가를 위한 H힘 및 차체 수직가속도, 주행성능평가를 위한 차체 수직가속도 및 횡가속도, 또는
- 안전 평가를 위한 대차프레임 횡가속도, 차체 수직가속도 및 횡가속도, 주행

성능평가를 위한 차체 수직가속도 및 횡가속도

◆ 대차가 없는 차량

- 안전 평가를 위한 H힘 및 차체 수직가속도, 윤축 횡가속도, 주행성능평가를 위한 차체 수직가속도 및 횡가속도, 또는
- 안전 평가를 위한 차체 수직가속도 및 횡가속도, 윤축 횡가속도, 주행성능 평가를 위한 차체 수직가속도 및 횡가속도

㈅ 측정값의 한계치

1 신규차량의 승인

◆ 정상적인 방법

표 3-6-27 신규차량 승인시 정상적인 방법의 측정 한계치(안전)

구분	시험종류	한계치	비고
안전	안내력의 합 $(\Sigma Y_{2m})_{lim}$	$= \alpha(10+P_0/3)$	동력차,객차α=1.0 화차 α=0.85
	탈선계수	$[(Y/Q)_{2m}]_{lim}=0.8$	R≥250 m
	불안정	$(s\Sigma Y)_{lim}=(\Sigma Y)_{lim}/2$	
궤도 피로	수직력 Q_{lim}		
	· 차륜당 최대 정적하중	112.5 kN	
	· 변화 공식	$Q_{lim} = 90 + Q_0$	
	· $V_{lim} \leq 160$ km/h	$Q_{lim} \leq 200$ kN	
	· $160 < V_{lim} \leq 200$ km/h	$Q_{lim} \leq 190$ kN	
	· $200 < V_{lim} \leq 250$ km/h	$Q_{lim} \leq 180$ kN	
	· $250 < V_{lim} \leq 300$ km/h	$Q_{lim} \leq 170$ kN	
	· $300 < V_{lim}$ km/h	$Q_{lim} \leq 160$ kN	
	곡선에서의 준정적 횡력	$(Y_{qst})_{lim} = 60$ kN	
	곡선에서의 준정적 수직력	$(Q_{qst})_{lim} = 145$ kN	

표 3-6-28 신규차량 승인시 정상적인 방법의 측정 한계치(주행성능)

구분	시험종류	한계치	비고
주행 성능	차체 가속도		
	· 동력차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 대차가 있는 화차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 3\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	· 대차가 없는 화차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 4\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	차체 가속도 rms 값		
	· 동력차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 정상	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 기능저하(에어백 배기시)	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 대차가 있는 화차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 1.3\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 2\ m/s^2$	
	· 대차가 없는 화차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 1.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 2\ m/s^2$	
	준정적 횡가속도		
	· 동력차	$(y \overset{\star}{q_{st}})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y \overset{\star}{q_{st}})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 화차 및 특수차량	$(y \overset{\star}{q_{st}})_{lim} = 1.3\ m/s^2$	

◆ 단순화 방법: H힘과 차체 가속도 측정

표 3-6-29 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(안전)

구분	시험종류	한계치	비고
안전	횡력 $(H_{2m})_{lim}$	$= \beta(10+P_0/3)$	동력차,객차β=0.9 화차공차β=0.75 화차 영차β=0.8 특수차량β=0.9
	수직가속도		
	· 동력차 1단 현가장치	$(z\overset{\bigstar}{_s})_{lim} = 4.0$ m/s²	
	2단 현가장치	$(z\overset{\bigstar}{_s})_{lim} = 3.0$ m/s²	
	· 객차 1단 현가장치	$(z\overset{\bigstar}{_s})_{lim} = 4.0$ m/s²	
	2단 현가장치	$(z\overset{\bigstar}{_s})_{lim} = 3.0$ m/s²	
	· 화차 및 특수차량	$(z\overset{\bigstar}{_s})_{lim} = 5.0$ m/s²	
	불안정		
	· 화차와 특수차량을 제외한 모든 차량	$(sH)_{lim} = H_{lim}/2$	
	· 화차와 특수차량	$(sy\overset{\bigstar}{_s})_{lim} = 5$ m/s²	

표 3-6-30 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(주행성능)

구분	시험종류	한계치	비고
주행 성능	차체 가속도		
	· 동력차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 대차가 있는 화차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 3\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	· 대차가 없는 화차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 4\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	차체 가속도 rms 값		
	· 동력차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 정상	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 기능저하(에어백 배기시)	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 대차가 있는 화차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 1.3\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 2\ m/s^2$	
	· 대차가 없는 화차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 1.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 2\ m/s^2$	
	준정적 횡가속도		
	· 동력차	$(y \overset{\star}{qst})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y \overset{\star}{qst})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 화차 및 특수차량	$(y \overset{\star}{qst})_{lim} = 1.3\ m/s^2$	

◆ 단순화 방법: 대차가 있는 차량의 가속도 측정

표 3-6-31 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(안전)

구분	시험종류	한계치	비고
안전	대차 프레임에서 횡가속도	$(y_s^+)_{lim}$ = 12-Mb/5	
	차체에서 횡가속도		
	· 동력차 직선선로 및 대 곡선 반경	$(y_s^★)_{lim}$ = 3 ㎨	
	소 곡선반경 400m≤R≤600m	$(y_s^★)_{lim}$ = 2.8 ㎨	
	소 곡선반경 250m≤R≤400m	$(y_s^★)_{lim}$ = 2.6 ㎨	
	· 객차 직선선로 및 대 곡선 반경	$(y_s^★)_{lim}$ = 3 ㎨	
	소 곡선반경 400m≤R≤600m	$(y_s^★)_{lim}$ = 2.8 ㎨	
	소 곡선반경 250m≤R≤400m	$(y_s^★)_{lim}$ = 2.6 ㎨	
	· 화차 및 특수차량	$(y_s^★)_{lim}$ = 3 ㎨	
	차체에서 수직가속도		
	· 동력차 1단 현가장치	$(z_s^★)_{lim}$ = 4 ㎨	
	2단 현가장치	$(z_s^★)_{lim}$ = 3 ㎨	
	· 객차 1단 현가장치	$(z_s^★)_{lim}$ = 4 ㎨	
	2단 현가장치	$(z_s^★)_{lim}$ = 3 ㎨	
	· 화차 및 특수차량	$(z_s^★)_{lim}$ = 5 ㎨	
	불안정	$(sy_s^+)_{lim}$ =$(y_s^+)_{lim}$/2	

표 3-6-32 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(주행성능)

구분	시험종류	한계치	비고
주행 성능	차체 가속도		
	· 동력차	$(y^{\star}_{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z^{\star}_{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y^{\star}_{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z^{\star}_{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 대차가 있는 화차	$(y^{\star}_{q})_{lim} = 3\ m/s^2$ $(z^{\star}_{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	· 대차가 없는 화차	$(y^{\star}_{q})_{lim} = 4\ m/s^2$ $(z^{\star}_{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	차체 가속도 rms 값		
	· 동력차	$(sy^{\star}_{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz^{\star}_{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 정상	$(sy^{\star}_{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz^{\star}_{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 기능저하 (에어백 배기시)	$(sy^{\star}_{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$ $(sz^{\star}_{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 화차 및 특수차량	$(sy^{\star}_{q})_{lim} = 1.3\ m/s^2$ $(sz^{\star}_{q})_{lim} = 2\ m/s^2$	
	준정적 횡가속도		
	· 동력차	$(y^{\star}_{qst})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y^{\star}_{qst})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 화차 및 특수차량	$(y^{\star}_{qst})_{lim} = 1.3\ m/s^2$	

◆ 단순화 방법: 대차가 없는 차량의 가속도 측정

표 3-6-33 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(안전)

구분	시험종류	한계치	비고
안전	차체에서 횡가속도		
	· 동력차 직선선로 및 대 곡선 반경	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 3 m/s²	
	소 곡선반경 400m≤R≤600m	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 2.8 m/s²	
	소 곡선반경 250m≤R≤400m	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 2.6 m/s²	
	· 객차 직선선로 및 대 곡선 반경	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 3 m/s²	
	소 곡선반경 400m≤R≤600m	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 2.8 m/s²	
	소 곡선반경 250m≤R≤400m	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 2.6 m/s²	
	· 화차 및 특수차량		
	P_0 < 60 kN	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 4 m/s²	잠정값
	60 ≤ P_0 ≤ 200 kN	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 4.43-P_0/140 m/s²	잠정값
	P_0 > 200 kN	$(y_s^{\bigstar})_{lim}$ = 3 m/s²	잠정값
	차체에서 수직가속도		
	· 동력차 1단 현가장치	$(z_s^{\bigstar})_{lim}$ = 4 m/s²	
	2단 현가장치	$(z_s^{\bigstar})_{lim}$ = 3 m/s²	
	· 객차 1단 현가장치	$(z_s^{\bigstar})_{lim}$ = 4 m/s²	
	2단 현가장치	$(z_s^{\bigstar})_{lim}$ = 3 m/s²	
	· 화차 및 특수차량	$(z_s^{\bigstar})_{lim}$ = 5 m/s²	
	불안정	$(sy_s^{*})_{lim}$ = 5 m/s²	잠정값

표 3-6-34 신규차량 승인시 단순화 방법의 측정 한계치(주행성능)

구분	시험종류	한계치	비고
주행 성능	차체 가속도		
	· 동력차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 2.5\ m/s^2$	
	· 대차가 있는 화차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 3\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	· 대차가 없는 화차	$(y \overset{\star}{q})_{lim} = 4\ m/s^2$ $(z \overset{\star}{q})_{lim} = 5\ m/s^2$	
	차체 가속도 rms 값		
	· 동력차	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 정상	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$	
	· 객차, 현가장치 기능저하 (에어백 배기시)	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 0.75\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 1\ m/s^2$	
	· 화차 및 특수차량	$(sy \overset{\star}{q})_{lim} = 1.5\ m/s^2$ $(sz \overset{\star}{q})_{lim} = 2\ m/s^2$	
	준정적 횡가속도		
	· 동력차	$(y \overset{\star}{qst})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 객차	$(y \overset{\star}{qst})_{lim} = 1.5\ m/s^2$	
	· 화차 및 특수차량	$(y \overset{\star}{qst})_{lim} = 1.3\ m/s^2$	

[2] 승인의 연장

일단 철도차량이 승인되면 승인의 연장은 차량 운행조건 또는 제작이 변경되어도 인정 될 수도 있다. 이때 최초 승인은 정상적인 방법 또는 단순화 방법의 하나를 이용하여 이루어 졌어야 한다.

㉮ 기타 부록에는 다음과 같은 사항 첨부되어 있다.

- 철도차량의 승인 플로차트
- 부분적인 절차 및 단순화 방법의 적용 조건
- 고려해야 할 캔트 부족량 값
- 궤도 기하학적 특성
- 측정값과 측정위치의 목록
- 데이터 샘플 생성
- 일차원 및 이차원 통계 처리 방법
- 예상치의 그래프 처리 예

(라) 국내규정

① 건설교통부령 제456호

철도차량 안전기준에 대한 지침(안)에 탈선계수(Y/Q)는

- 빈도누적확률 100%: 0.8 이내,
- 빈도누적확률0.1%:1.1 이내로 규정하고 있고, 어떠한 경우에도 1.2 이내로 규정되어 있다.

② 도시철도차량 성능시험에 대한 기준

- 곡선추종성 시험의 차륜 작용하중은 궤도 허용하중 이내에 있어야 하며, 플렌지 접촉시 탈선계수 및 윤중감소가 안전기준에서 정한 한계 이내에 존재하여야 한다.
- 안정성 시험은 최고 운용속도에서 변위 및 가속도 값이 수렴성을 갖고 있어야 한다.

(3) 탈선계수의 측정방법

(가) 탈선메커니즘의 연구동향

주행안전성의 핵심요소인 탈선의 위험성을 평가하는 방법으로 널리 사용하고 있는 Nadal의 이론에 의하면 탈선계수 한계치는 차륜과 레일간의 마찰계수에 의존하고 있다. 실제로 차량이 주행할 때 마찰계수는 시시각각으로 변화하기 때문에 직접 마찰계수를 계측하는 것은 거의 불가능에 가깝다. 대신, 세계 각국에서는 회전체 로드셀로서 탈선계수 측정용 윤축을 만들어 주행안전성 평가에 사용하고 있다. 철도분야에서 이러한 기술은 핵심적인 보호기술로서 쉽게 공개되지 않고 있으며, 오로지 자국의 이익에 관계될 때에만 부분적으로 공개하면서 판매목적으로 활용되고 있는 실정이다. 고속전철 기술 보유국인 프랑스와 독일 등에서는 차량의 종류를 제안하면 맞춤식으로 측정용 윤축을 제작하여 공급하고 있으며 심지어는 측정용 윤축의 제작과 더불어 측정과 분석을 일괄적으로 처리하도록 유도하고 있는 형편이다.

지금까지 철도차량의 동역학 해석을 위하여 국내에서 개발된 각종 전산 프로그램들이 많이 있지만 이와 같은 각종 프로그램들은 실제 설계에 반영하는데 많은 제약사항을 갖고 있었던 것이 사실이다. 이들 프로그램은 차량모델로부터 운동방정식을 직접 유도하기 때문에 프로그램에 오류가 포함되어 있을 가능성이 높을 뿐만 아니라 국내 여건상 각종 차량 물성치나 궤도특성을 정확하게 확인하기 곤란하므로 계산 결과만 가지고 프로그램의 신뢰성 확인을 하기가 매우 어렵다. 특히 이와 같은 전산 프로그램은 시험을 통한 확인이 필수적인데도 이러한 과정을 거치기가 어려워 국내의 전산 프로그램은 실용화에 한계를 갖고 있는 실정이었다. 그러나 국책사업으로 한국형 고속전철을 개발하는 과정에서 산학연이 연계하여 활발한 연구를 진행하면서 이러한 난관을 상당부분 극복하였으며 세계적인 기술수준과의 격차를 급속도로 좁혀가고 있는 실정이다.

철도차량의 동역학 해석은 일반적인 기구학 해석을 위한 다물체 동역학(Multibody Dynamics) 이론과 차륜/레일의 접촉에 의한 작용력 계산 이론이 있다. 차륜과 레일의 상호 작용력은 Kalker에 의해 제안된 이론이 보편적으로 사용되며 이는 Herzian Contact 이론을 기본으로 차륜과 레일의 형상으로 인한 접촉특성을 Creepage Coefficient라는 변환상수로 제안하고 있다.

최근에는 동역학 해석의 상업용 프로그램들이 많이 개발되어져 사용되고 있으

며 다물체 동역학으로 불리우는 이러한 전산기법은 사용자가 운동계의 미분방정식을 직접 유도하지 않고 단지 계의 구성요소(질량, 강성, 댐핑, 비선형 특성 등)만을 정의하여 주면 프로그램 스스로 운동방정식을 수립하여 해석하는 기법으로 미국의 ADAMS, 독일의 MEDYNA 및 SIMPACK 등이 세계적으로 널리 사용되는 소프트웨어로 알려져 있다.

철도차량 동역학 해석에 이와 같은 상용 프로그램의 적용도 일부에서 시도되었으나 철도 차량 특유의 차륜/레일 상호관계 해석기법의 복잡성 때문에 활발하게 사용되지는 못하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이러한 이유로 여러 철도 선진국에서는 철도차량 전용 동역학 해석 프로그램을 만들어서 시판하고 있는데 대표적인 프로그램으로 미국의 NUCARS와 영국의 VAMPIRE가 소개되고 있다.

철도차량의 주행안전을 확보하기 위하여 이론해석과 더불어 시험을 통한 주행안전성 평가는 필수적인 과정이라 할 수 있는데 세계각국들이 모두 실차주행시험으로 탈선계수를 만들어 평가하고 있다. 탈선계수를 북미에서는 L/V, 유럽에서는 Y/Q, 일본에서는 Q/P 라고 나타내고 있지만 모두가 똑같이 수평방향하중/수직방향하중의 비율을 의미하고 있다. 유럽에서는 2 m 주행하는 사이의 탈선계수 평균치를 0.5 m마다 산출하여 일정주행거리의 이동 평균치를 사용하고 있는데, 이것은 단시간에 변동하는 탈선계수 최대치를 무시하고 주행속도가 높을 때 단시간의 동적현상을 고려하는 방법이지만 이론적 근거에 기초했던 것은 아니며, 저속에서 차륜 플랜지가 타고 오르는 실제차량의 탈선실험결과가 기초가 되고 있다.

(나) 탈선계수의 측정

① 용어의 정의

① 탈선계수(Q/P)

차량이 주행할 때 레일과 차륜은 차량의 하중 외에 주행시의 복잡한 운동으로, 차륜은 레일에 수직방향의 힘과 수평방향의 힘을 작용시킨다. 이 수평방향의 힘(횡압 Q)에 대한 수직방향의 힘(윤중 P)의 비(Q/P)를 탈선계수라 하며 이 값이 일정치를 넘으면 차륜이 레일을 올라타거나 뛰어넘어 탈선을 하게 되므로 주행안전성 검토의 기준이 된다.

탈선계수의 해석은 정적해석과 동적해석으로 구별되고 아래 그림과 같은 상태에서의 정적해석은 접촉점에서 힘의 평형을 고려하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\left(\frac{Q}{P}\right) = \frac{\tan\alpha \mp \mu}{1 \pm \mu \tan\alpha}$$

위의 식에서 분자의 -와 분모의 +는 타오르기 탈선, 분자의 +와 분모의 -는 뛰어오르기 탈선을 나타내고, 이것은 차륜이 레일을 미는 힘, 즉 횡압의 작용시간으로 구별하여 1/20 초 이하를 뛰어오르기 탈선, 1/20 초 이상을 타오르기 탈선으로 적용한다.

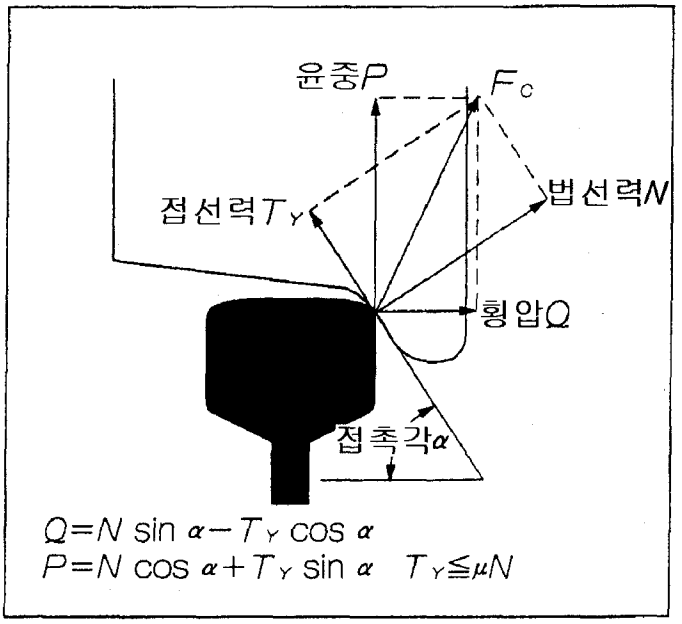


그림 3-6-23 차륜과 레일의 접촉점에 작용하는 힘

② 윤중감소

○ 정적윤중(P)

차량의 진동에 의한 영향이 없는 경우의 윤중으로 차량의 자중에 따라 그 크기가 결정되며, 윤중의 기본적인 값은 평탄 직선 구간을 5km/h 정도의 속도로 주행할 때 윤중을 측정하여 수십 개의 평균치를 구한 것으로 한다. 이것은 탈선계수 측정용 윤축의 교정값을 검증할 수 있도록 정확히 구하여야 한다.

○ 윤중감소비(ΔP/P)

차량의 진동이나 중심의 편기, 궤도 및 차량의 평면성 틀림, 곡선에서의 캔트 및 원심력, 풍압 등에 의해 윤중의 감소가 발생한다. 이때 윤중 감소치(ΔP)에

대한 정적인 윤중(P)의 비를 윤중감소비라 하며 이 값이 허용한도를 초과하면 탈선의 위험이 있다.

③ 횡압(Q)

정적윤중이 차량의 자중만큼만 검출된다면 횡압은 0이라고 볼 수 있다. 그러나 차량이 주행하게 되면 윤중감소가 발생하고 아울러 차륜 플랜지와 레일의 접촉으로 횡방향 하중이 발생하는데 이것을 횡압(Q)이라고 부른다. 어떠한 경우에라도 횡압이 윤중보다 커지게 되면 탈선의 위험성은 그만큼 높아지는 것이다.

② 시험장소의 환경조건

본선의 실제선로에서 실제차량이 규정된 최고속도로 주행할 때 측정토록 한다. 유의해야 할 것은 정하중시험시의 온도조건과 실차주행시의 온도조건이 비슷해야 하는데 이것은 온도에 따라 재료의 기계적 성질이 변할 수 있기 때문이다.

③ 측정장치

① 측정기기

- ◆ PCM Telemeter or Slip Ring
- ◆ Digital Oscillographic Recorder
- ◆ Tape Recorder
- ◆ Signal Processor
- ◆ Dynamic Strain Amplifier
- ◆ Oscilloscope
- ◆ Input Interface Unit
- ◆ Printer

② 측정기기의 구성

측정기기는 다음 그림과 같이 구성하며 그림에서 보는 바와 같이 회전체에서 고정체로 신호를 전달하는 방법은 PCM Telemeter를 사용하는 방법과 Slip Ring을 사용하는 방법이 있으며, Data를 판독하는 경우도 Strain Gauge에서 나오는 출력신호를 증폭하여 Oscillographic Recorder에 기록하고 수작업으로 적용하는 방법과 Data Recorder에 기록하여 Signal Processor로 분석하는 방법이 있다. 이때 각 기기의 조정은 P, Q 파형을 판독하기에 적절한 상태로 감도를 조정한다.

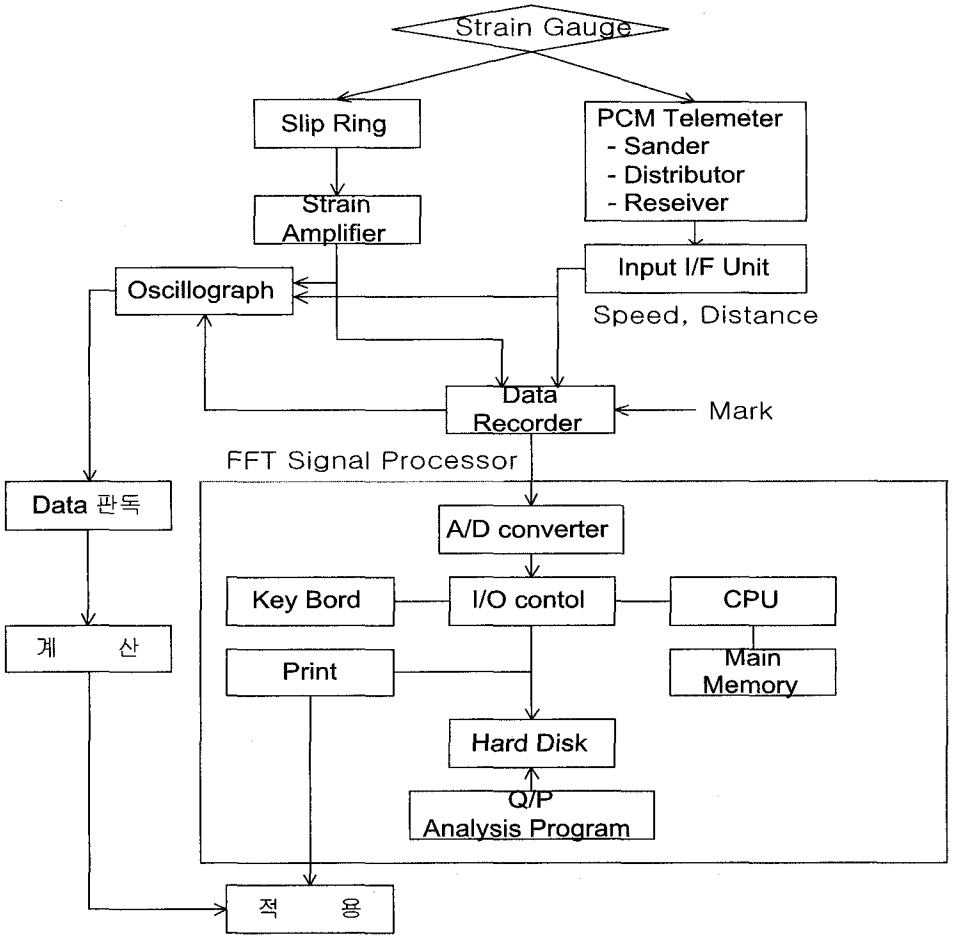


그림 3-6-24 측정시스템의 Block Diagram

④ 측정방법

횡압 및 윤중의 측정은 차륜에 스트레인 게이지를 부착하여 교정한 측정용 윤축을 측정차에 취부하여 측정한다. 그림 3-6-25는 탈선계수 측정용 윤축을 보여주고 있다.

① 측정용 윤축의 위치

주행중 궤도나 차량의 특성에 의한 영향이 가장 큰 열차 진행방향의 전부(前部)축에 측정용 윤축을 취부한다.

② 배선

측정용 윤축에서의 Strain Gauge 출력은 차축 단부에 Slip Ring 또는 Telemeter를 설치하여 차량 내에서 측정하기 때문에 대차와 차체간의 상호 변위를 고려하여 여유있게 리드선을 고정하고 단락에 주의하며, Shield선을 사용하여 유도장애가 발생하지 않도록 한다.

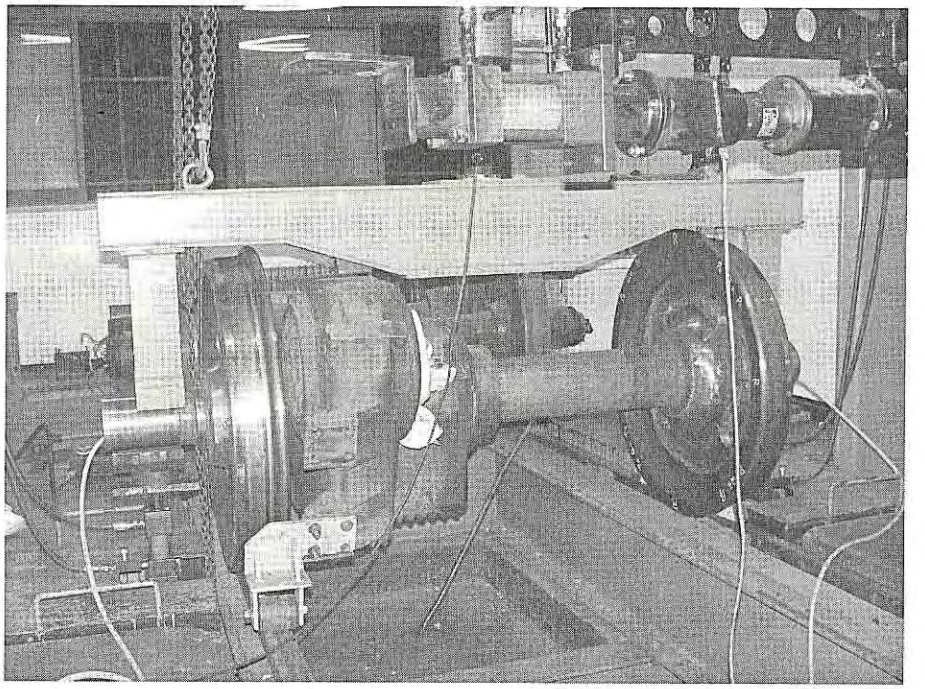


그림 3-6-25 탈선계수 측정용 윤축

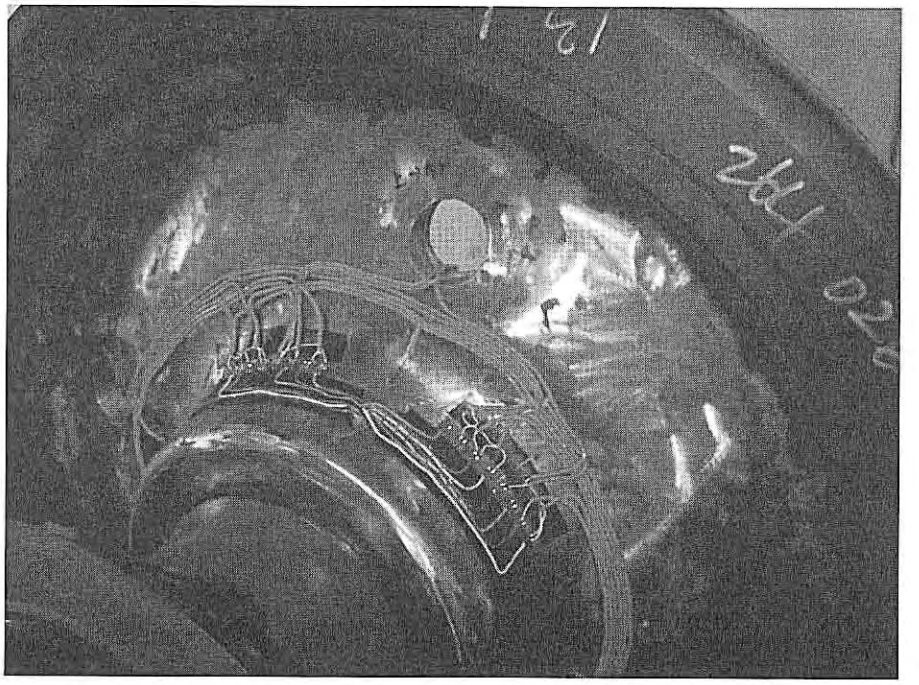


그림 3-6-26 측정용 윤축의 배선

③ 측정구간

측정목적에 따라 다음과 같이 구분한다.

○ 구간 주행시험

임의의 구간에서 차량과 선로의 주행특성을 조사하고자 할 때 직선, 곡선, 전철기, 교량 등의 특정한 지점을 설정하고 열차의 운전속도를 변화시켜 가면서 반복시험을 한다.

○ 일반 주행시험

주행안전성을 판정하고자 할 때 정규열차편성에 의한 영업 전구간을 정상영업운전조건으로 운행하면서 시험한다.

④ 측정조건

객차와 동력객차는 영·공차 상태에서 측정하며, 동력차 및 동력객차는 발전기 및 견인전동기 등의 전기적인 노이즈에 크게 영향받지 않도록 유도장애를 피할 수 있는 Sensor와 Amplifier를 선정하여야 한다.

⑤ 보조자료 기록방법

분석 및 저장용 파일과 기록지에는 열차번호, 차량번호, 측정일시, 차량속도, 거리지점 등을 표시하여야 하며 곡선, 교량, 전철기 등 기타 필요한 사항을 기록하여 둔다.

⑤ 데이터 분석 및 평가

① P, Q 파형 정리방법

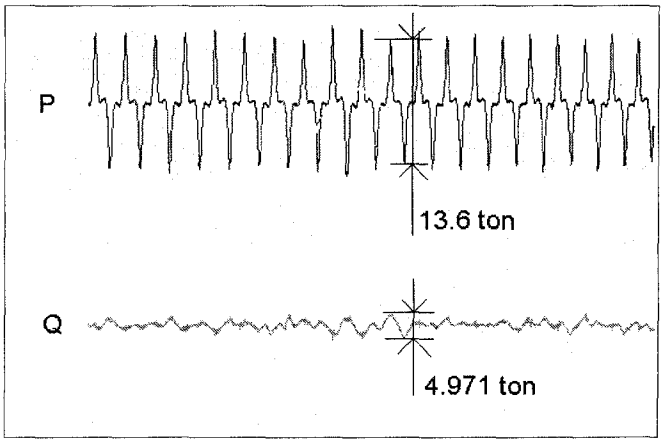


그림 3-6-27 P, Q 파형 예

측정용 윤축에 부착된 Strain Gauge의 Bridge 회로 출력은 차륜 1회전에 2개의 파형이 위 그림과 같이 P, Q 가 대응하여 나타난다. 여기서 기준선을 잡고 적용목적에 따라 나누어진 구간 중에서 P, Q 파형의 최대치 또는 최소치를 치수 크기로 읽어 교정치와 비교하여 P, Q의 크기를 Ton 단위로 환산하고 지점, 속도, 선로상태 등을 확인한다.

위 그림의 예에서 Q/P의 최대치를 구하면 4.971/13.6 = 0.365가 된다. 이와 같이 하여 Q/P, ΔP/P, Qmax를 기록지에서 읽어 해석하거나 자동처리장치에서 해석하여 허용기준에 적용함으로써 측정차량의 주행안전성을 판정한다.

② 탈선계수의 적용기준

측정 전구간에 대하여 Q/P의 최대치를 구하고 0.05 단위로 구분하여 빈도누적확률로 나타내어 기준에 적용한다.

아래 그림은 디젤기관차의 탈선계수를 실제로 측정한 예이다.

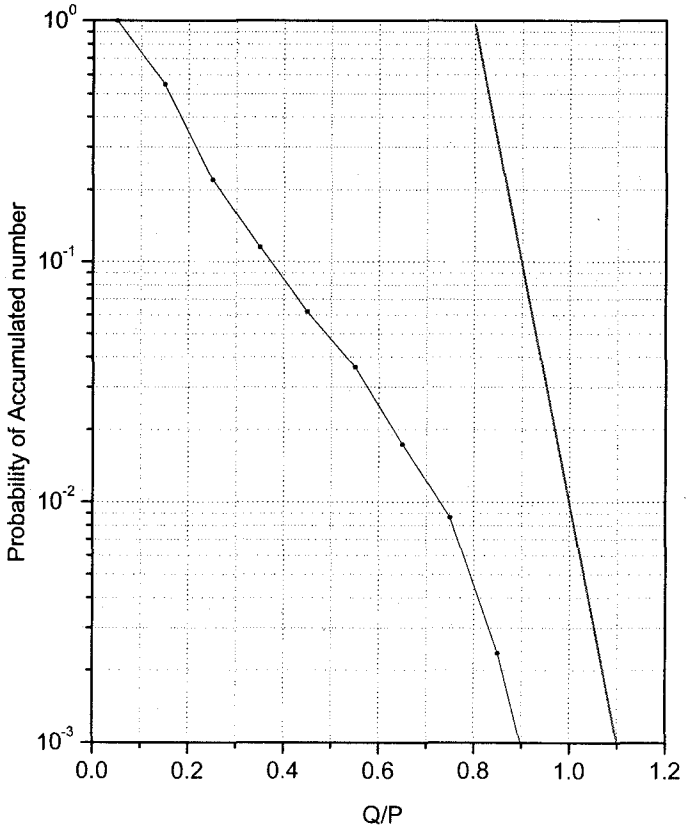


그림 3-6-28 디젤기관차의 탈선계수 분석결과

◆ 탈선계수의 적용기준

빈도누적확율 100%일 때 0.8, 0.1%일 때 1.1까지 허용

◆ 제2탈선계수 안전한도(횡압작용시간을 고려)

- 타오르기 탈선의 경우 : Q/P = 0.8(t≥1/20 sec)
- 뛰어오르기 탈선의 경우 : Q/P = 0.04/t(t≤1/20 sec)

여기서 t : 횡압작용시간(sec)

③ 윤중감소 허용한도

측정 전구간에 대하여 최소윤중(Pmin)을 읽고 윤중감소비를 계산하여 10% 단위로 나누어 빈도누적확률로 나타내어 기준에 적용한다.

아래 그림은 디젤기관차의 윤중감소율을 실제로 측정한 예이다.

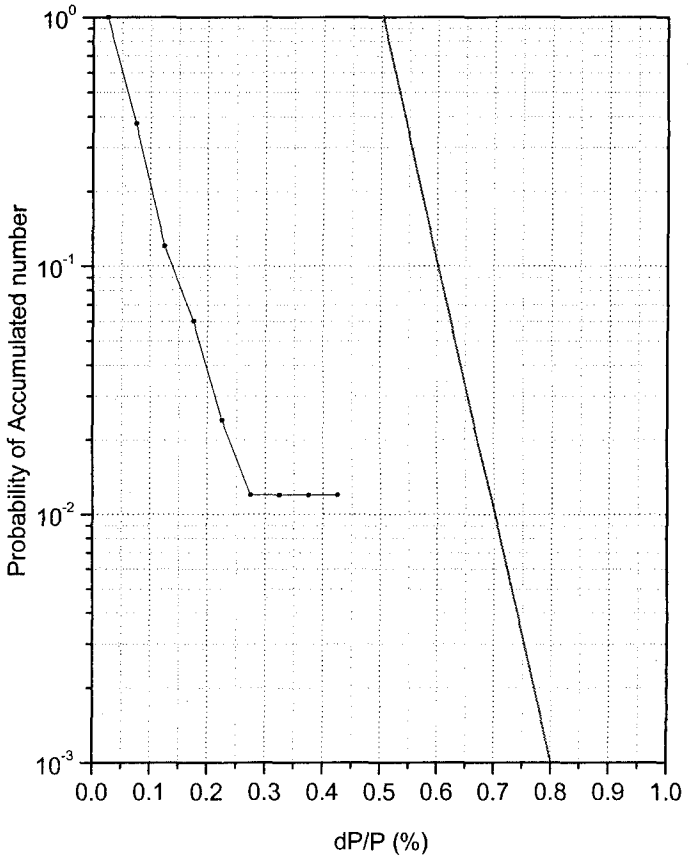


그림 3-6-29 디젤기관차의 윤중감소율 분석결과

◆ 윤중감소 허용한도

- 정적 윤중감소는 $\Delta P/P \leq 0.6$
- 동적 윤중감소는 빈도누적확율로 나타내어 100%일 때 0.5

0.1%일 때 0.8까지 허용

④ 횡압 허용한도

횡압은 주로 곡선 통과시의 초과원심력에 의한 외궤측에서의 횡압과 차량의 좌우진동(Rolling, Yawing)에 의한 횡압으로 대별되고 보통 측정하는 횡압은 이들이 혼합된 것이다.

횡압의 허용한도는 측정 전구간에서 일정치 이상의 횡압과 일정치 이하의 윤중을 읽고 이것에 대응하는 횡압도 함께 읽어 기준에 적용한다.

아래 그림은 디젤기관차의 횡압을 실제로 측정한 예이다.

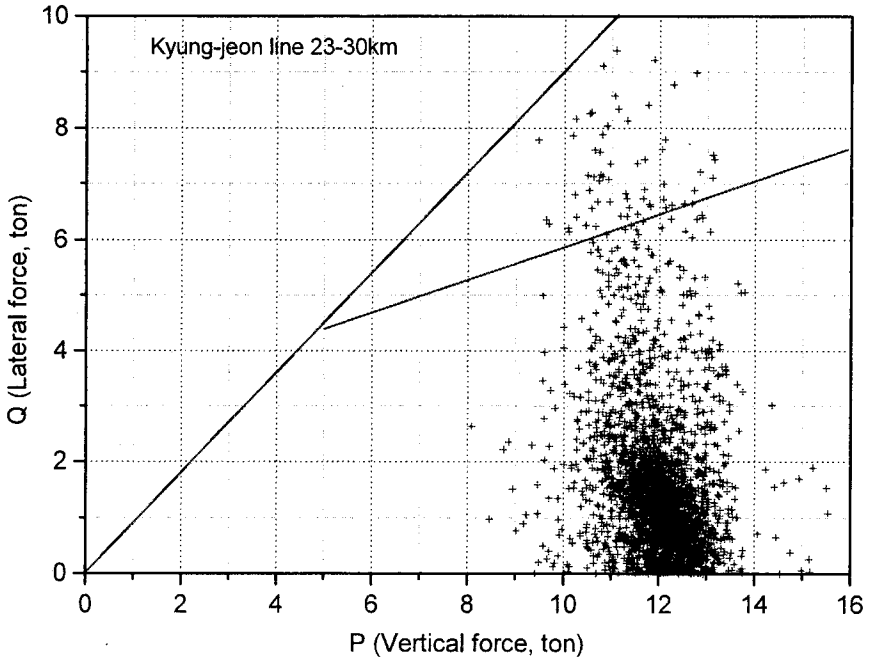


그림 3-6-30 디젤기관차의 횡압 분석결과

◆ 횡압 허용한도

Q/P가 0.9를 넘지 않는 범위에서 횡압 Q ≤ 2.9+0.3P 이내

⑥ 고찰

탈선계수의 측정 및 평가방법에 대해서 지금까지 기술하였던 바, 일본이나 유럽의 평가법을 적용하는 데에는 우리나라의 선로조건과 환경조건 등이 다르기 때문에 아직도 검토해야 할 부분이 많이 남아 있다. 특히 횡압의 작용시간을 측정하기 위해서는 탈선계수의 연속적인 측정이 가능하여야만 되는데, 우리 연구원에서는 1998년도에 횡압의 연속적인 측정을 실시하였지만 노이즈 문제와 P, Q의 상호 간섭문제, 미세한 출력감도 등이 보완되어야 할 것으로 판단된다.

(4) 분석결과

탈선계수 측정 및 산정 기준의 작성 방향은 다음과 같이 제안할 수 있다.

(가) 미국 규격은 차량의 형태 및 기 검증 여부에 대한 구분에 따른 규정이 아니라 단순히 속도에 따라 컴퓨터로 윤중 Y/Q 값을 계산 검증하고, 시험은 승차감을 측정하는 수준으로 전 차량 별 적용 범위가 명확하지 않음.

(나) 유럽 규격 EN(UIC 포함) 차량 별 적용 범위 기준이 비교적 명확하지만, 영국 RGS 만큼 명확하지 않음

(다) 국내 관련 안전 규정이 탈선 계수 및 윤중 감소에 대한 규정은 있으나 적용 범위 및 시험 검증 절차에 대한 기준은 아직 없음.

(라) 따라서, 현 외국 규정 중에는 영국 RGS가 방법 및 적용 기준이 가장 명확하게 정리되어 있는바, RGS의 모태인 UIC규격에 준하여 적용 범위 및 시험 검증 방법에 대한 지침(안)을 마련하는 것이 바람직함.

마. 기준 및 해설서

(1) 탈선계수 측정 및 산정기준

가. 적용범위

이 기준은 철제차륜 철도차량의 탈선계수 측정 및 산정에 대하여 필요한 사항을 규정하는 것으로서, 다른 법령에서 정하는 것을 제외하고는 이 기준에서 정하는 바에 따르고, 통상적인 원칙은 UIC518을 적용하며, 탈선계수시험은 다음과 같은 조건일 때 수행한다.

① 새로 개발한 철도차량이나 새롭게 설계한 주행장치를 포함하는 철도차량

② 철도차량의 탈선에 영향을 미치는 주요 부품을 재설계한 철도차량

③ 운행조건이 변경된 철도차량이나 탈선사고 원인규명이 필요한 철도차량

나. 시험조건

탈선계수시험은 차량의 속도, 캔트 부족량, 곡선 반경이 적절히 조합되어 수행되어야 한다.

(1) 시험 구간

시험구간은 통상적으로 영업운전이 시행되는 구간 사이에서 탈선계수에 영향을 주는 수직 틀림, 좌우 틀림, 비틀림 및 게이지 등 궤도의 기하학적 특성을 고려하여 선정하여야 한다.

(가) 시험 속도(V) = 1.1 × 제한속도(Vlim) + 10 ± 5 km/h

(나) 캔트부족량

시험구간 선정시 국유철도건설규칙에서 규정한 캔트량을 대표할 수 있는 구간을 선정하여야 한다.

(다) 곡선반경

시험구간 선정시 국유철도건설규칙에서 규정한 선로등급별 곡선반경을 대표할 수 있는 구간을 선정하여야 한다.

(2) 시험 차량 조건

(가) 기계적 특성

시험 차량은 시험 전 사양에 맞게 제작되었는지 확인하여야 하고, 필요하면 주요 변수(강성, 마찰 토크, 댐핑 등)를 검증하기 위하여 예비 시험대 시험(Rig test)을 실시하여야 한다.

(나) 하중 조건

차량은 다음 상태로 시험하여야 한다.

○ 기관차 및 동력차 : 운전정비 상태

○ 객차 및 화차 : 공차 및 만차 상태

(다) 차륜 형상

탈선 시험은 신조차륜 및 마모차륜으로 실시하여야 하나, 신조차륜의 시험 결과만으로 잠정적으로 승인할 수 있다. 단, 이 때 운행 중 등가원추도(Equivalent conicity)가 시험한 차륜 답면과 비교하였을 때 50%이상 또는 0.05 이상 증가하여서는 안 된다.

다. 측정 방법

새로 개발한 철도차량이나 새로 설계한 주행장치를 포함하는 철도차량은 정상적인 방법으로 탈선계수시험을 하여야 한다. 기 개발하여 승인된 차량의 운행조건이 변경되었거나 탈선에 영향을 줄 수 있을 만큼 일부 설계가 변경이 된 경우 정상적인 방법과 단순화 방법 중 하나를 선택하여 적용할 수 있다. 단순화 방법은 기 개발된 차량 중 최소 승인을 받아야 할 경우 또는 탈선에 영향을 미치지 않는 정도의 설계변경이 이루어진 차량에 적용할 수 있다. 이때 측정위치는 열차의 진행방향 최전부 차량과 대차에서 하는 것을 원칙으로 한다. 또한 정상적 방법과 단순화방법 외에 탈선사고 원인규명과 탈선방지대책 수립을 위하여 차륜 플랜지의 진입각에 따른 탈선현상을 규명하여야 한다.

(1) 정상적 방법

측정용 윤축을 사용하여 측정 대차 각각의 바깥쪽 차축의 차륜-레일 접촉부에 대하여 안내력(Y)과 수직력(Q)을 측정한다.

(2) 단순화 방법

측정용 윤축 또는 가속도계를 사용하여 다음 값을 측정한다.

(가) 측정대차 각각의 바깥쪽 차축에서 횡력 H를 측정한다.

(나) 동력차 및 객차의 대차 위의 차체 바닥면에서 횡방향 가속도 및 수직가속도를 측정한다. 화차의 경우 차체 단부의 무게중심점을 포함하는 수평면에서 횡방향 가속도를 측정한다.

(다) 측정대차 각각의 바깥쪽 윤축쪽의 대차프레임에서 횡가속도를 측정한다.

(3) 탈선원인 규명 방법

차륜 플랜지의 진입각에 따른 탈선현상 규명은 시험대에서 하는 것을 원칙으로 한다.

라. 평가 항목

(1) 정상적 방법

정상적인 방법으로 측정하였을 때 다음 항목을 평가한다.

(가) 차축당 안내력의 합 : $(\Sigma Y)2m$

(나) 안내 윤축에 대해 차륜당 횡력과 수직력의 비: $(Y/Q)2m$

(2) 단순화 방법

단순화 방법으로 측정하였을 때 다음 항목을 평가한다.

(가) 횡력(H)과 차체의 수직방향가속도($z_s^{\bigstar}$), 또는

(나) 대차프레임의 횡가속도(y_s^{+}), 차체의 횡가속도($y_s^{\bigstar}$), 차체의 수직가속도($z_s^{\bigstar}$)

(3) 탈선현상 규명 방법

(가) 차륜과 레일의 접촉면 형상과 좌우접촉위치

(나) 수직하중과 수평하중

(다) 크리프력

마. 측정값의 처리

측정값의 처리는 기록에 근거하여 자동으로 수행한다. 샘플링 주파수는 최소 200 Hz이어야 한다. 각각의 측정구간별로, 시험구간별로 처리하여 측정값 중 최대값을 산정한다.

바. 평가 기준

(1) 정상적 방법

정상적인 방법으로 측정시 안전 한계치는 다음과 같다.

(가) 안내력의 합

$(\Sigma Y2m)lim = \alpha(10+P0/3)$

여기서, P0 = 차축 하중

α(동력차, 객차) = 1.0, α(화차) = 0.85

(나) 탈선계수

$[(Y/Q)2m]lim=0.8$

단, 곡선반경 $R \geq 250$ m

(다) 불안정성

$(s\Sigma Y)lim=(\Sigma Y)lim/2$

(2) 단순화 방법 : 횡력과 차체 가속도 측정

단순화 방법으로 횡력과 차체의 가속도를 측정할 때 안전 한계치는 다음과 같다.

(가) 횡력

$(H2m)lim = \beta(10+P0/3)$

여기서, P0 = 정적인 차축 하중

β(동력차, 객차) = 0.9

β(화차 공차) = 0.75

β(화차 영차) = 0.8

β(특수차량) = 0.9

(나) 차체의 수직방향 가속도

○ 동력차

- 1단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})\lim = 4\ m/s$

- 2단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})\lim = 3\ m/s$

○ 객차

- 1단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})\lim = 4\ m/s$

- 2단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})\lim = 3\ m/s$

○ 화차 및 특수차량 : $(z_s^{\bigstar})\lim = 5\ m/s$

(다) 불안정성

○ 화차와 특수차량을 제외한 모든 차량 : $(sH)\lim = Hlim/2$

○ 화차와 특수차량 : $(sy_s^{\bigstar})\lim = 5\ m/s$

(3) 단순화 방법 : 대차가 있는 차량의 가속도 측정

단순화 방법으로 대차가 있는 차량의 가속도를 측정할 때 안전 한계치는 다음과 같다.

(가) 대차 프레임에서 횡방향 가속도

$(y_s^{+})\lim = 12-Mb/5$

여기서, Mb = 톤으로 환산한 대차의 질량으로, 윤축을 포함하여 대차를 구성하는 모든 부품의 질량을 더한 값이다.

(나) 차체에서 횡방향 가속도

○ 동력차

- 직선선로 및 큰 곡선반경 : $(y_s^{\bigstar})\lim = 3\ m/s$

- 작은 곡선반경 $400m \leq R \leq 600m$: $(y_s^{\bigstar})\lim = 2.8\ m/s$

- 작은 곡선반경 $250m \leq R \leq 400m$: $(y_s^{\bigstar})\lim = 2.6\ m/s$

○ 객차

- 직선선로 및 큰 곡선 반경 : $(y_s^{\bigstar})lim = 3\ m/s^2$

- 작은 곡선반경 $400m \leq R \leq 600m$: $(y_s^{\bigstar})lim = 2.8\ m/s^2$

- 작은 곡선반경 $250m \leq R \leq 400m$: $(y_s^{\bigstar})lim = 2.6\ m/s^2$

○ 화차 및 특수차량 : $(y_s^{\bigstar})lim = 3\ m/s^2$

(다) 차체에서 수직방향 가속도

○ 동력차

- 1단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})lim = 4\ m/s^2$

- 2단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})lim = 3\ m/s^2$

○ 객차

- 1단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})lim = 4\ m/s^2$

- 2단 현가장치 : $(z_s^{\bigstar})lim = 3\ m/s^2$

○ 화차 및 특수차량 : $(z_s^{\bigstar})lim = 5\ m/s^2$

(라) 불안정성

$$(sy_s^{+})lim = (y_s^{+})lim/2$$

사. 시험결과 제출

시험보고서에는 시험사양, 시험 차량 및 궤도 특성을 나타내야 하고, 실제적인 시험조건을 모든 증빙과 함께 기술하여야 하며, 시험 결과는 다음 사항을 포함하여야 한다.

(1) 한계치를 초과하는 모든 구간에서 탈선 관련 변수의 계산값 목록을 가능한 이유와 함께 기술

(2) 시험구간에 대해 절대값과 한계치의 백분율로 표현된 측정값에 대해 산정한 최대값의 표

(3) 측정값에 대한 전형적인 그래프 기록의 예

(2) 해설서

국내에서 적용되는 탈선에 대한 안전기준으로는 "철도차량 안전기준에 대한 지침(안)"에서는 탈선계수(Y/Q)가 빈도누적확률 100%일때 0.8 이내, 빈도누적확률 0.1%일 때 1.1 이내, 어떠한 경우에도 1.2 이내로 규정되어 있고, "도시철도차량 안전 기준에 관한 규칙"에서는 철제 차륜 탈선계수가 0.8 이하로 규정하고 빈도누적확률 0.1%에서는 1.1까지 허용하고, 윤중감소는 60% 이하로 규정하고, 빈도누적확률 0.1%이내에서 80%까지 허용하는 것으로 되어 있다. 또한 "도시철도차량 성능시험에 대한 기준"에는 "곡선추종성 시험의 차륜 작용하중은 궤도 허용하중 이내에 있어야 하며, 플렌지 접촉시 탈선계수 및 윤중감소가 안전기준에서 정한 한계 이내에 존재하여야 한다. 또한 안정성 시험은 최고 운용속도에서 변위 및 가속도 값이 수렴성을 갖고 있어야 한다."라고 규정되어 있다. 이는 과거로부터 일본에서 사용되어온 Nadal 식에 기초한 탈선계수를 빈도누적확률로 평가하는 방법에 기초하여 적용하여 왔으나, 구체적인 시험조건, 시험방법, 시험결과처리 방법 등은 규정된 것이 없었다.

한편 미국 연방규격 CFR에는 사행동과 횡가속도를 규정하고 있고, APTA에서는 CFR규정을 해석 및 시험을 통해 확인하도록 하고 있고, 탈선계수는 해석을 통해 입증하도록 규정되어 있으나 입증시험은 강제적으로 요구하지 않고 있다.

유럽 EN 규격이나 UIC에서는 시험선에서 Q 및 Y 값 측정하여 Y/Q를 구하는 방법, 시험대에서 윤중(Q)와 횡력(Y)를 측정하여 Y/Q를 구하는 방법, 시험대에서 윤중 측정을 측정하는 방법이 사용되고 있고, 특히 EN에서는 UIC에는 없는 대차회전 저항(X-factor)을 측정하거나 Sway 시험에 대하여 규정하고 있고, 시험조건, 시험방법, 측정결과 처리방법, 차량 조건별 승인에 필요한 시험을 규정하고 있다. 영국의 RGS에서도 차량조건별로 방법 1: 시험대에서 윤중 및 X-factor측정 및 승차감 시험, 방법 2: 시험대에서 윤중, 및 X-factor 측정, Y/Q값 컴퓨터 계산, 승차감 시험, 방법 3: 직접 선로에서 Y/Q값 측정하는 것으로 구분하여 규정하고 있다.

본 연구에서 탈선 안전 기준은 가장 오래 전에 제정되어 사용되어온 UIC를 기본으로 국내 실정에 맞게 기본적인 사항만 규정하고 UIC에서 제시된 구체적인 시험 방법 및 시험결과 처리 등은 추후 구체화하는 방향으로 기본을 잡았다.

또한, 탈선계수 외에 윤중감소율, 대차회전저항, Sway에 대한 규정은 안전기준을 적용해가면서 보완, 개정하여 가는 것으로 하였다. 또한 다음 절에서 언급되는

차량-궤도 인터페이스 안전기준을 포함한 철도차량 안전에 대한 항목을 하나의 기준으로 통합해 가는 것이 다른 선진 규정의 추세이므로 추후 연구해야 할 부분이라고 사료된다.

4. 주행장치틀의 비파괴검사 기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 4.4는 탈선 안전에 대한 세부안전 기준 중에서 대차프레임의 결함검사기준을 정립하는 것이다. 건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제52조에는 "주행장치틀의 주요부위의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 하며, 결함 여부에 대한 검사를 위하여 자분탐상검사·초음파검사·방사선검사 등 건설교통부장관이 정하는 비파괴검사가 시행되어야 한다."고 규정되어 있으나, 구체적인 검사방법 및 평가기준은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도차량 주행장치 중 안전에 가장 큰 영향을 미치는 부품 중에 하나인 대차 프레임에 대한 국내외 결함검사 기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 대차프레임의 결함검사기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

주행장치틀의 비파괴검사 기준에 대한 설계 요구조건은 다음과 같다.

- 국내 안전기준 및 관련규정에 부합할 것
- 국제 안전기준 및 관련규정에 부합할 것
- 대차에 발생하는 결함 및 손상 특성 등을 분석할 것
- 우리나라 실정에 적용가능한 수준이어야 하며, 세부기준을 명확히 할 것

나. 이론적 배경

(1) 대차의 결함 및 손상

철도차량의 대차는 주행장치 중 차륜과 차체를 연결해 주기 위한 장치이다. 레일을 따라 차량을 안전하고 원활하게 주행할 수 있도록 설계되어야 하며, 최근에는 차량의 고속화와 승차감 향상 등을 위하여 대차의 형상이 복잡해지고 있다. 대차는 차량 운행시 정적하중 및 동적하중이 복잡하게 작용하고 손상이 발생할 경우 큰 사고가 발생될 수 있기 때문에 손상 및 파손을 방지하기 위하여 설계시 뿐만 아니라 차량운행 시에도 주의를 기울여야 하는 주요한 부품중의 하나이다. 일반적으로 대차는 대차 프레임, 차륜, 차축, 전동기, 제동장치, 스프링 등으로 구성되지만 여기에서는 대차 프레임으로 한정한다.

대차에서 가장 중요한 손상은 소성변형을 동반한 파손의 가능성이 있는 대차

프레임의 손상이다. 대차에 발생하는 손상은 대차형식에 따라 다르고 같은 형식의 대차일지라도 부하 및 사용조건 등에 따라 차이가 발생한다. 대차에 발생하는 손상은 변형, 부식, 균열 등이 있으며, 최근 용접대차가 많아짐에 따라 균열 손상의 대부분은 용접부를 기점으로 발생한다. 그림 3-6-31은 20년 이상 사용한 전동차용 대차 프레임의 균열 발생 위치와 균열형상을 나타낸 그림으로 대부분의 100 mm 이상 균열은 용접부에서 발생하였다. 그림 3-6-32는 검사대상 대차 중 균열발생 위치의 분포를 분석한 그림으로서 사이드 프레임의 스프링이 조립되는 부위 용접부와 사이드 대차 프레임과 센터프레임이 연결되는 용접부에서 균열이 가장 많이 발생하였다.

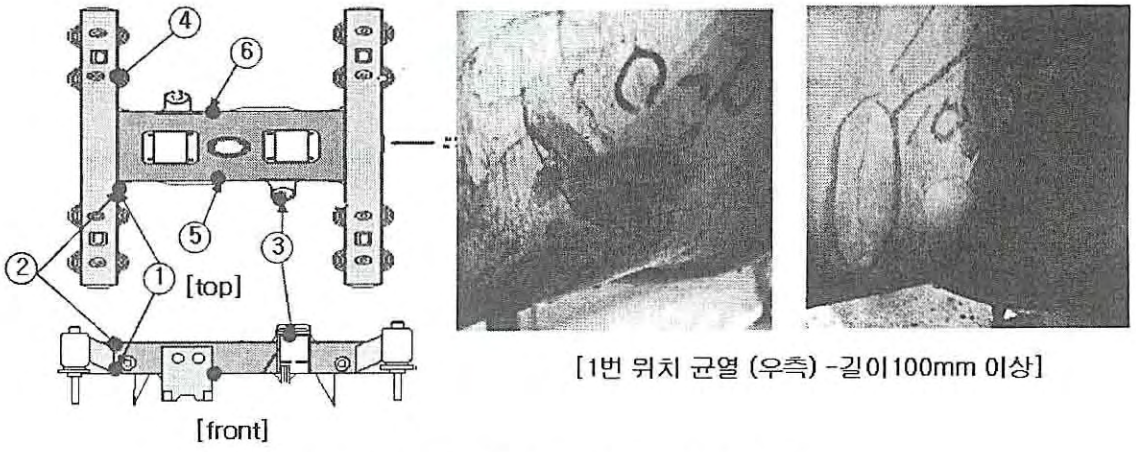


그림 3-6-31 대차 프레임의 용접부 균열

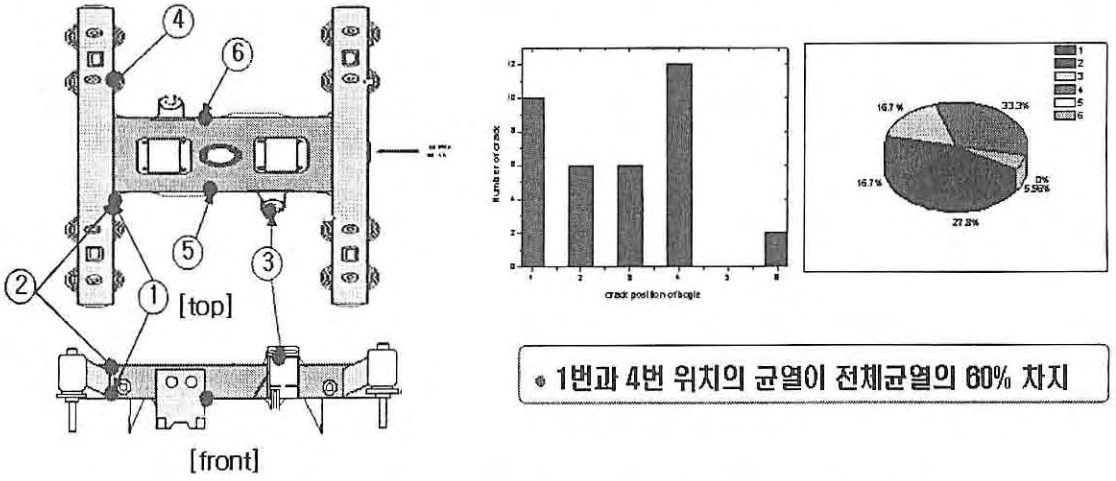


그림 3-6-32 대차 프레임의 용접부 균열발생 위치

그림 3-6-32는 화차용 용접구조 대차에서 발생한 엔드빔의 균열 및 파손 상황을 나타낸 그림이다. 화차용 용접구조 대차의 경우 사이드 프레임을 서로 연결하고 제동장치를 지지하기 위하여 엔드빔이 용접되어 있으며, 차량 운행시 진동과 좌우 하중의 불균형 때문에 균열이 발생한 것으로 판단된다.

이와 같이 대차의 균열은 용접부의 응력집중부위에서 대부분 발생하는 것으로 판단되며, 정확한 원인을 분석하기 위하여 외관, 손상과 용접과의 위치관계, 용접 접합부 상태 등 특히 파단면의 관찰 등을 수행하여야 한다.

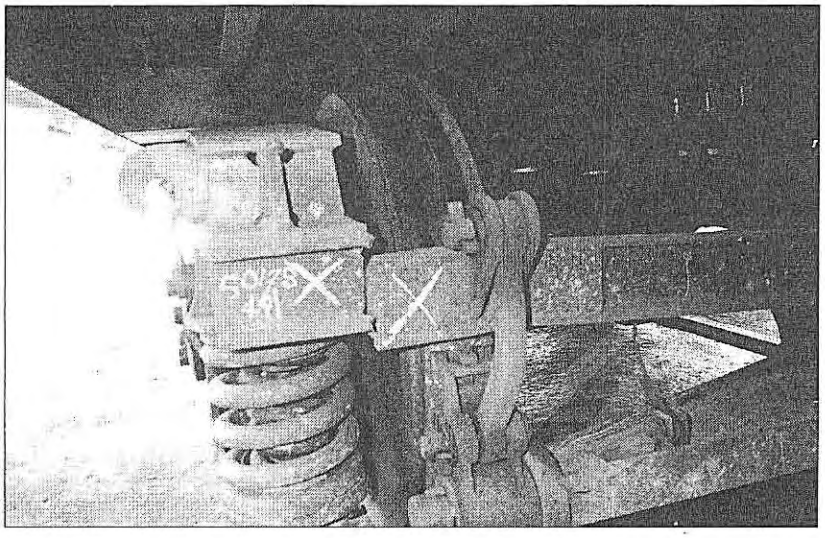


그림 3-6-33 화차용 용접 대차 엔드빔 균열

대차에서 균열이 많이 발생하는 용접부에 대한 특징은 다음과 같다. 용접부는 용접에 의한 온도 변화의 과정에서 이음의 부근에는 복잡한 구속에 의한 응력변화가 발생하여 냉각후 응력이 잔류하고 또한 수축이나 굽힘 등의 변형을 일으키게 된다. 용접후 냉각 후에 잔류하는 응력을 용접잔류응력, 가열과 냉각의 과도 상태에서 생기는 응력을 용접과도응력이라 하는데, 이들을 총칭하여 일반적으로 용접응력이라고 한다. 또한 용접에 의한 수축이나 부재의 굽힘, 비틀림 등을 총칭하여 용접변형이라고 한다. 골조구조나 판재구조에서 한 개 부재의 용접에 의한 수축은 주변 부재의 구속에 의해 구속되기 때문에 이로 인해 발생하는 응력을 구속응력이라고 한다.

용접에 의한 잔류응력과 변형의 발생원인은 다음과 같이 분류할 수 있다.

· 용융 금속의 응고시에 있어서 모재의 열팽창

· 용접 열사이클의 과정에 용접부 부근의 모재에 생기는 소성변화도

· 용착 금속이 응고하고 나서 실온으로 냉각하는 사이에 일어나는 수축과 소성변화도 용접잔류응력은 구조물이나 구조 요소의 파괴강도, 파열강도, 좌굴강도, 진동특성 등에 영향을 주는 중요한 요인이 된다. 용접변형은 구조물의 제작시에 있어서 조립구조에 영향을 미치며, 구속응력과 함께 용접 균열 등의 용접 결함이 생기는 하나의 요인이 된다.

그림 3-3-33는 용접 대차에서 용접부를 기점으로 손상이 발생한 대표적 외관형태별 분류를 나타낸다. 용접부의 주된 손상발생 원인은 설계 강도 부족, 용접 접합 불량 및 용접 지단부의 형상불량의 존재 등으로 구분할 수 있다. 그림에서 a는 용접의 접합량이 강도적으로 부족한 경우에 발생하며, 손상은 용접선과 평행하게 용접 비드내에서 진행된다. 용접 루트부가 발생기점이 된다. 접합량 부족의 원인은 용접 시공 불량 또는 용접 설계 불량 등이다. 부하의 방향과 구조에 의해서는 b에 표시한 것과 같이 접합량 부족과 루트부에 작용하는 굽힘모멘트의 증가로 큰 응력이 발생하여 용접 비드부가 아닌 모재에서 손상이 발생한 경우이다. c는 용접부에 베이스메탈의 조인트가 존재할 경우 조인트에서 강성이 저하하여 용접 루트부에 용접균열이 발생하는 것으로 피로강도가 현저히 저하되며 용접선에 직각방향으로 손상이 발생한다. d는 표면형상이 급격하게 변화하는 용접 지단부(표면의 용접부와 모재와의 경계부위)에서 발생하는 손상으로 언더컷(undercut), 오버랩(overlap) 등의 표면형상 불량으로부터 발생하기 쉬우며 응력분포의 차이에 의해 용접지단부와 평행하게 모재부를 진행하는 경우와 용접부와 직각으로 모재부를 진행하는 경우가 있다.

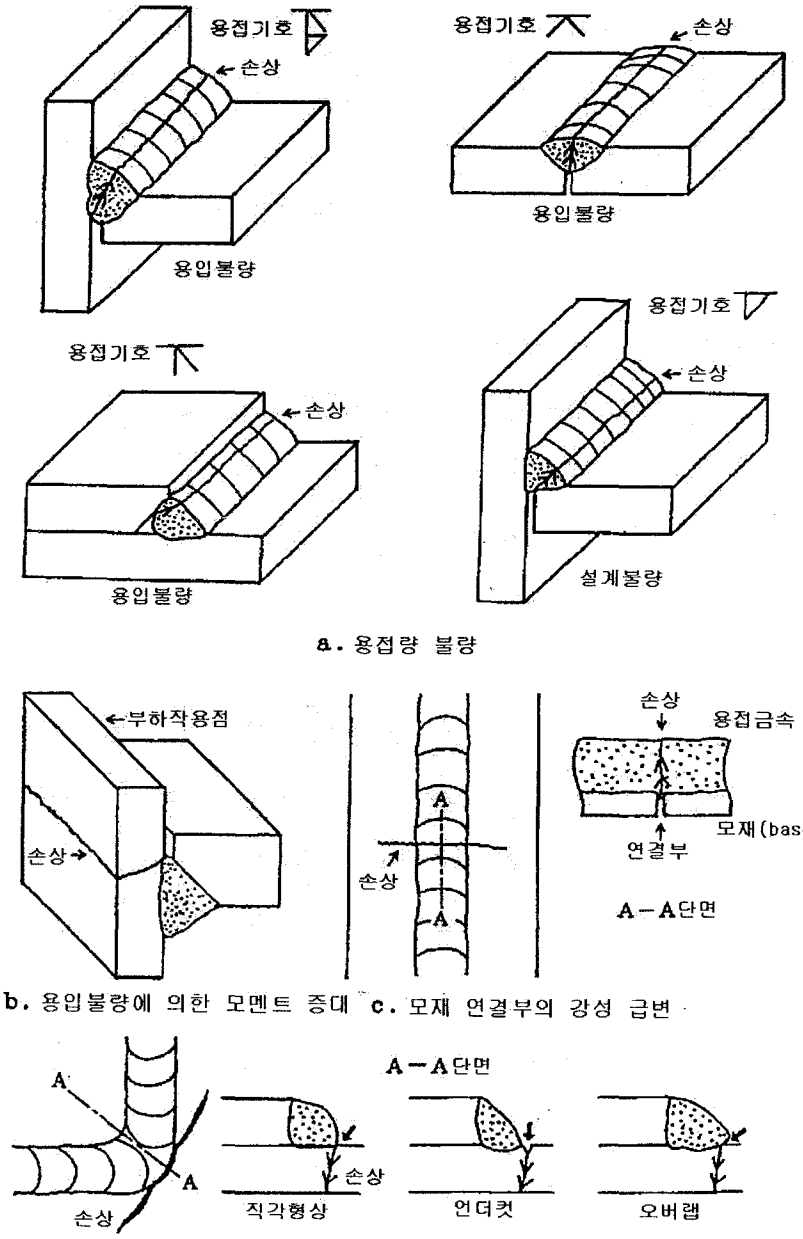


그림 3-6-34 용접부를 기점으로 한 손상의 외관형태 분류[1]

대차와 같이 용접구조물에서 용접부의 결함에 대한 검사는 매우 중요하다. 이 결함은 외부에 노출되는 것, 내부에 존재하는 것, 재질의 성질에서 오는 것 등이 있으며 크게 치수상 결함, 구조상 결함, 성질상 결함으로 분류할 수 있다. 일반적으로 좁은 의미의 용접부 결함은 구조상 결함을 말하는 경우가 많다. 각 구조상 결함별 형태 및 발생원인은 다음과 같으며, 표 3-6-35는 종류별 용접결함을 나타낸다.

(가) 용입부족

용접속도가 너무 빠르거나 너무 느릴 때 용접부분이 적합한 온도에 도달하지 않은 상태에서는 용착금속의 접합이 불연속으로 되는 결함이 생긴다. 주로 모재와의 용착불완전 또는 융합불량으로 인한 균열이 유발되는 경우가 많다. 또한 용접봉의 크기가 부적당하여 용접전류가 너무 낮으면 접합부의 밑 부분까지 착금속이 도달하지 못하는 경우가 생기는데 이것이 용착금속의 부족으로 용접부에 균열을 일으키는 원인이 된다.

(나) 균열(crack)

균열은 용접부에 생기는 결함 중에서 가장 좋지 못하고 위험한 결함이다. 용접균열의 발생원인 및 방지대책에 대하여 많은 연구들이 진행되어 왔으나 아직 해결해야 할 부분이 많이 있다. 용접균열의 발생은 많은 인자의 영향이 있으나, 그 형성원인은 크게 금속학적 요인과 역학적 요인으로 구분할 수 있다.

금속학적 요인에는 열 영향에 따른 모재의 연성 저하, 용융 시에 침입 확산하는 수소의 영향에 따른 취화, 유해한 불순물의 포함 등이 있다. 또한 역학적인 요인에는 용접시의 가열, 냉각으로 생긴 열응력, 구조상 기인하는 용접부의 내외부에 작용하는 힘의 영향, 강의 변태에 따른 체적변화 등이 있다.

용접 균열은 그것의 발생시간, 위치, 방향, 형태, 원인 등에 의하여 명칭 하는데 균열은 여러 가지 요인이 복잡하게 중첩되어 발생하므로 균열의 형태가 같다 하더라도 발생기구가 다를 때가 많다.

용접 균열은 몇 개의 부재에 집중되고 비교적 구속이 높은 T이음과 十자 이음에서 많이 발생한다. 또한 발생시기는 저온균열이 전체의 90%에 이른다. 제작과 사용재료에 기인하는 균열이 많지만 구조와 이음 설계상의 요인에 의한 균열이 50%에 가까운 큰 비율을 차지한다. 따라서 용접 균열의 방지를 위해서는 설계, 제작, 재료의 종합적 견지에서 문제를 검토해야 한다.

(다) 기공(blow hole)과 피트(pit)

용접금속에 생기는 기포 중에 내부에 있는 것을 기공이라 하고, 외부에 나타난 것을 피트라 한다. 기공은 방출된 가스가 떠서 위로 나오기 전에 응고된 것이고 피

트는 상당히 큰 거품으로 주위가 먼저 응고된 경우에 형성된 것이다. 이들 원인은 용접금속이 응고할 때 방출된 가스 때문이다.

(라) 은점(fish eye)

용접금속은 인장 또는 굽힘 시험으로 파괴해 보면 단면의 중심부에 보이는 비금속 개재물을 포함하는 은백색 결함을 은점이라 한다. 크기는 0.5~5 mm 정도이며, 사용하는 용접봉의 종류와 용접조건에 따라 그 수와 크기가 달라진다. 생기는 원인은 기공 또는 틈 비금속개재물의 주위에 수소가 모여서 취화를 일으켜 외력에 의해, 그 부분만이 늘어나지 않고 파단 되기 때문에 생긴다. 수소원이 적은 용접봉을 사용하거나 용접물을 수일간 방치하는 경우, 용접 후에 500~600℃ 전후로 가열하면 은점의 발생을 방지할 수 있다.

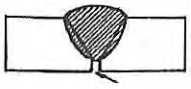
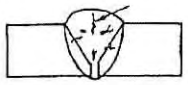
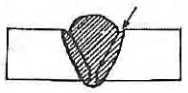
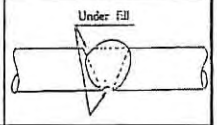
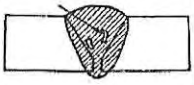
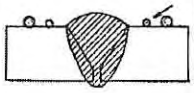
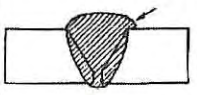
(마) 슬래그 혼입(slag inclusion)

용착금속 또는 모재와의 접합부 중에 슬래그나 불순물이 함유되는 경우가 있을 수 있다. 일반적으로는 용접봉의 피복물질 때문에 생기는 슬랙이 많은데 이것의 방지를 위해서는 용접봉의 비이딩 방법, 접합부의 청정, 용접전류 등에 주의할 필요가 있다

(바) 다공성(porosity)

용착금속중에 남아있는 가스의 구멍으로 블로우홀, 길고 가느다란 기공, 내부에 남아있는 파이핑 등을 말한다. 이것들은 주로 습기, 공기, 용접면의 상태에 따라 수소, 산소, 질소 등의 침입이 원인이 되는 경우가 많다. 이것들은 용접기술의 향상과 용접조건을 좋게 함으로써 해결할 수 있다.

표 3-6-35 용접결함의 종류

종 류	내 용	비 고
용입부족 (Incomplete Penetration)	◦ 용융금속의 두께가 모재두께보다 적게 용입이 된 상태	
균열(Cracking)	◦ 용접부에 금이 가는 현상	
언더컷(Under Cut)	◦ 용접부 부근의 모재가 용접열에 의해 움푹 패인 형상	
언더필(Under Fill)	◦ 용접이 덜 채워진 현상	
아크 스트라이크 (Arc Strike)	◦ 용접봉을 모재에 대고 Arc를 발생시킴으로 인해 모재표면이 움푹패인 현상	
기공, 다공성(Porosity)	◦ 이물질이나 수분등으로 인해 용접부 내부에 가스가 발생되어 외부를 빠져 나오지 못하고 내부에서 기포를 현상한 상태	
블루홀(Blow Hole)	◦ 이물질이나 수분등으로 인해 발생된 가스가 용접비드 표면으로 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍	
스파티(Spatter)	◦ 용접시 조그마한 금속 알갱이가 튀겨나와 모재에 묻어있는 형상	
오버랩(Over lap)	◦ 용접개선 절단면을 지나 모재 상부까지 용접된 형상	

(2) 대차의 응력분포 특성

대차에 작용하는 하중에 의해 발생하는 응력분포는 수작업으로도 계산할 수 있으나 계산방법 및 절차가 복잡하고 정확도가 떨어지므로 유한요소해석을 사용하고 있다. 유한요소해석을 이용한 대차의 응력계산은 하중 작용시 발생하는 표면 및 임계위치(critical point)의 응력분포를 어느 정도 구할 수 있으므로 높은 응력 위치의 파악, 설계 변경효과의 추측, 응력측정 위치의 선정 등에 많이 이용되고 있다. 그러나 구속조건, 하중 부가 조건, 메쉬의 분할법, 형상의 근사화, 경계조건 등에 의해 얻어지는 해석결과가 어느 정도 차이가 발생하는 등의 문제점이 있다. 따라서 계산결과의 확인, 평균응력 및 변동응력 분석을 위해서는 정하중시험 및 주행시험이 필요하다.

대차의 설계시 정하중 상태의 최대 응력분포 특성을 분석하기 위하여 전동차용 대차를 대상으로 유한요소해석을 수행하고 결과를 분석하였다. 계산을 간단히 하기 위하여 차체와 결합되는 볼스터 부위에 하중을 부가하였고, 스프링이 조립되는 위치는 상하방향으로만 구속하였다. 하중 작용시 대차의 회전을 방지하기 위하여 대차 중심위치의 한 절점을 모든 방향으로 구속하였다. 그림 3-6-35는 해석결과를 von Mises응력으로 나타낸 그림이다. 대부분의 응력집중 부위는 용접에 의해 형상변화가 급격히 발생하는 부위이었다. 해석결과 대차의 취약부위는 그림 3-6-36와 같이 사이드 프레임과 센터 프레임과의 연결부위, 그림 3-6-37과 같이 스프링에 의해 하중을 지지하는 부위, 그림 3-3-38과 같이 센터 프레임에 브라켓이 용접되어 있는 부위이다. 이와 같은 부위에 균열이 발생하기 쉬우며, 균열이 발생하였을 경우 진전속도가 빠르므로 차량 유지보수에 주의가 필요하다.

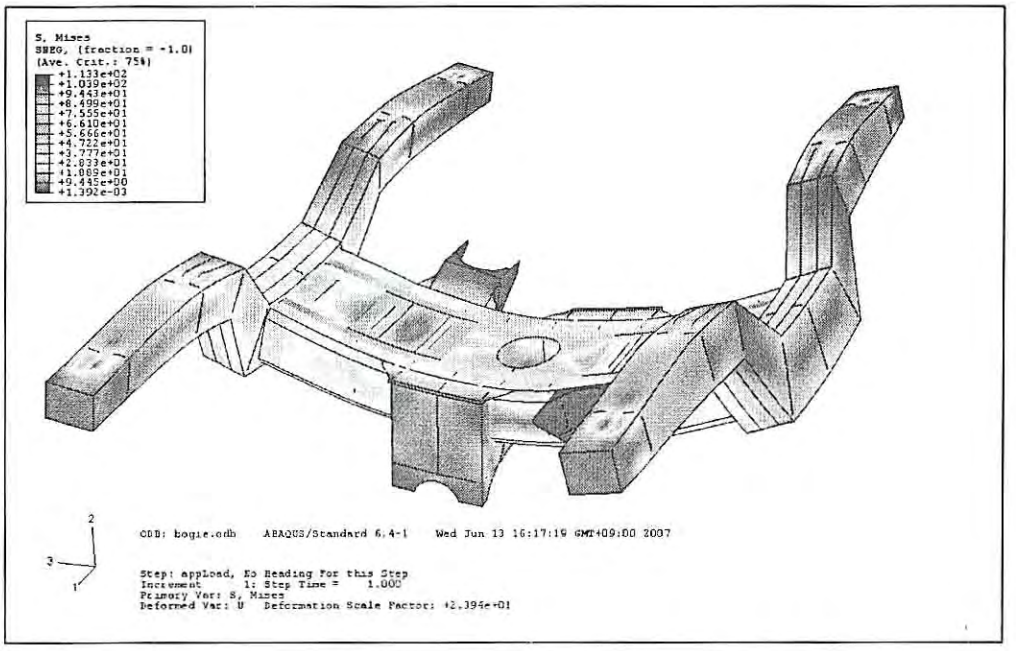


그림 3-6-35 대차 프레임에 발생하는 응력 분포

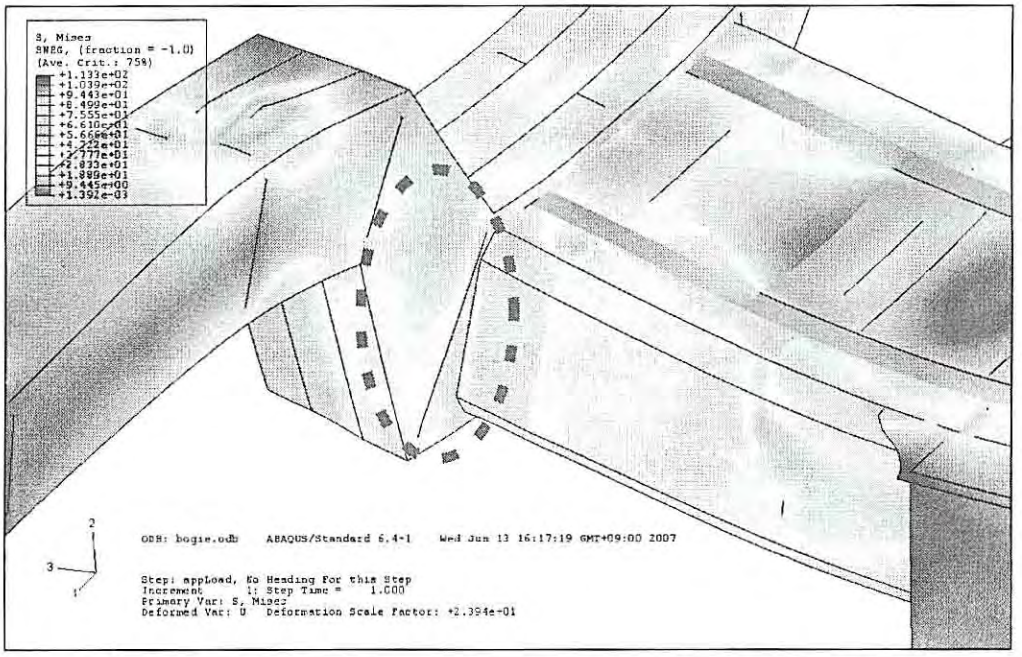


그림 3-6-36 대차 사이드 프레임과 센터프레임의 연결부 응력분포

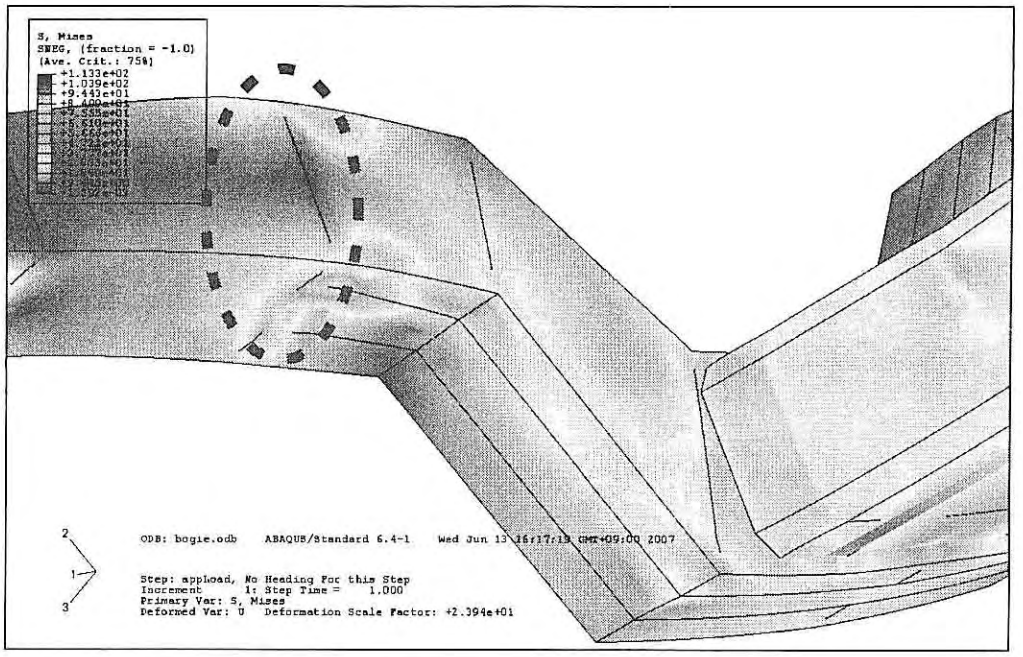


그림 3-6-37 스프링 지지 부위의 응력분포

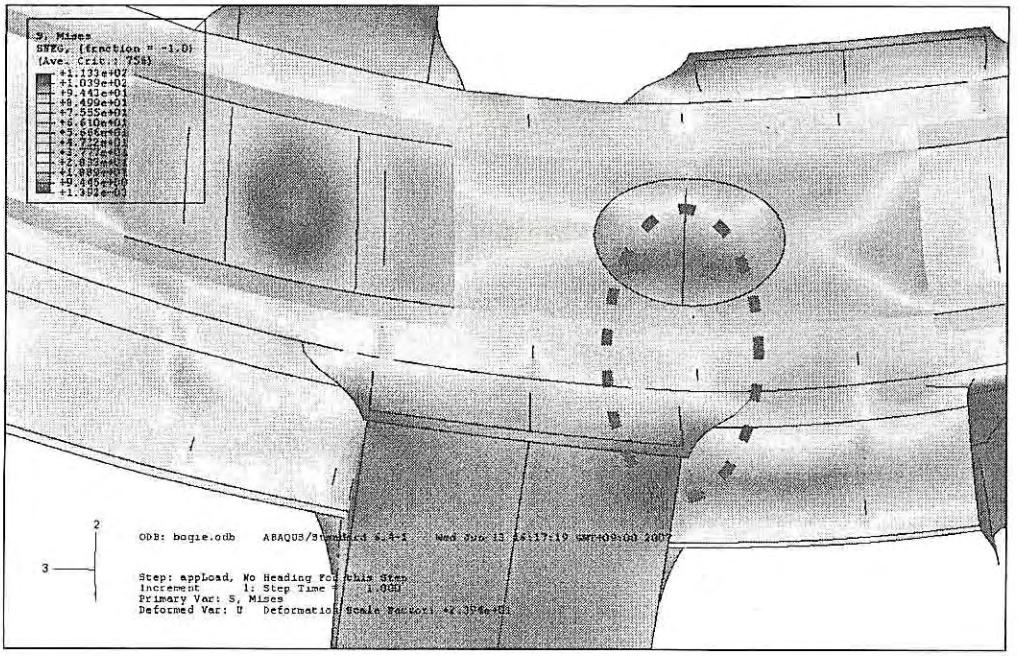


그림 3-6-38 센터프레임과 브라켓 연결부의 응력분포

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 철도안전법(제정 2004년10월22일 법률 제7245호)

- 제26조(철도차량의 안전기준)

○ 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호)

- 제52조(주행장치틀)

○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제42조

- 제42조 (주행장치틀)

○ 철도차량 정밀진단 시행지침(건교부 고시 2005-443호)

- 제4조(정밀진단의 기준 및 방법)

○ 도시철도차량의 정밀진단지침(건교부 고시 2000-334호)

○ 객화차 유지보수 기준(철도공사 내규 제18호)

○ 전동차 검사 기준(부산교통공단)

(2) 해외 관련 기준 현황

○ CFR Title 49

○ GM/RT2100 철도차량의 구조체 요구조건

○ EN 13749 대차 구조 요구 조건

○ UIC 510-3 화차 2축 3축 대차 강도 시험

○ UIC 615-4 동력차 대차 강도 시험

○ "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"

국내외 관련 기준에 대한 구체적인 조항 내용은 부록을 참조한다.

라. 자료 조사 및 분석

대차 프레임에 대한 안전 규정은 유럽의 UIC, EN에 규정되어 있기는 하나 설계 시 하중 조건 과 그 하중 조건에서의 정적 또는 피로 강도 조건을 규정 하고 있으며, 결함에 대한 검사 기준은 아직 마련되어 있지 않다. 한편 미국 연방 철도 규정인 CFR Title 49에서는 기관차 및 화차의 주강 구조 대차 프레임의 안전 검수 규정이 마련되어 있기는 하나, "운행 중 응력이 많이 걸리는 부위는 크랙 및 파손이 없어야 한다." 것과 같은 일반적인 규정 외 상세 검사 기준은 마련되어 있지 않은 실정이다.

철도차량 대차 프레임 결함 검사 기준은 현재 적용되는 전동차 대차 프레임 비파괴 검사 기준과 정밀진단 기준, 일본의 "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)" 등을 기본으로 하여 검사기준을 제시하고자 한다. 차종별로 하중조건 및 운행조건 등이 다르므로 향후 대차의 임계균열길이 등에 대한 연구를 수행하여 검사주기, 균열한계 길이 등을 결정할 필요가 있다.

	운행 시 결함기준	설계 기준	제조 시 결함 기준	강도시험, 정밀진단 기준
CFR	●			
EN		●		●
UIC		●		●
일본	●	●		
철도차량 안전규칙				●
국내제조사양(전동차)	●		●	

마. 기준 및 해설서

(1) 주행장치틀 비파괴검사 기준

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량용 대차 프레임(용접 구조 및 주강 구조)의 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 결함검사 방법

(1) 대차 프레임은 다음 방법에 따라 정기적으로 비파괴 검사를 수행하여 유해한 결함이 검사되어야 한다. 단, 대차 프레임의 중요부위는 탐상검사를 수행하여야 한다.

(가) 육안검사

(나) 자분탐상

KS D 0213 (철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 결함 자분 모양의 등급 분류)

KS D ISO 6993 (철도 차량용 압연 재료－자분 탐상 시험 방법)

(다) 초음파탐상시험

KS B 0817 (금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙)

KS B 0896 (강 용접부의 초음파 탐상 시험 방법)

(라) 침투탐상

KS B 0816 (침투 탐상 시험 방법 및 침투 지시 모양의 분류)

KS D ISO 4987 (주강품－침투 탐상 검사)

(마) 방사선투과검사

KS B 0845 (강용접 이음부의 방사선 투과 시험방법)

KS D 0227 (주강품의 방사선 투과 시험 방법)

KS D 0272 (용접부의 방사선 투과시험을 위한 시험 방법 및 판정기준)

(2) 비파괴 검사주기는 차량 종류별, 대차 형식 별로 규정되어야 한다. 비파괴검사주기는 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다.

3. 평가기준

(1) 대차 프레임의 주요부위 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 한다.

(2) 표면 및 내부에 균열 및 파손 발견시 보수하여 사용이 가능하다고 판정된 경우 공인된 방법으로 보수하여야 한다.

4. 기록 관리

(1) 비파괴검사를 수행한 대차에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(2) 해설서

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량용 대차 프레임(용접 구조 및 주강 구조)의 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

【해설】

철도안전법의 대차 관련 안전기준은 동법 시행규칙인 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제 52조에 "주행장치틀의 주요부위의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 하며, 결함 여부에 대한 검사를 위하여 자분탐상검사·초음파검사·방사선검사 등 건설교통부장관이 정하는 비파괴검사가 시행되어야 한다."고 규정되어 있으나, 구체적인 검사방법 및 평가기준은 제시되어 있지 않다. 따라서, 철도차량 대차 프레임(용접 구조 및 주강 구조)의 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 결함검사 방법

(1) 대차 프레임은 다음 방법에 따라 정기적으로 비파괴 검사를 수행하여 유해한 결함이 검사되어야 한다. 단, 대차 프레임의 중요부위는 탐상검사를 수행하여야 한다.

(가) 육안검사

(나) 자분탐상

KS D 0213 (철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 결함 자분 모양의 등급 분류)

KS D ISO 6993 (철도 차량용 압연 재료－자분 탐상 시험 방법)

(다) 초음파탐상시험

KS B 0817 (금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙)

KS B 0896 (강 용접부의 초음파 탐상 시험 방법)

(라) 침투탐상

KS B 0816 (침투 탐상 시험 방법 및 침투 지시 모양의 분류)

KS D ISO 4987 (주강품－침투 탐상 검사)

(마) 방사선투과검사

KS B 0845 (강용접 이음부의 방사선 투과 시험방법)

KS D 0227 (주강품의 방사선 투과 시험 방법)

KS D 0272 (용접부의 방사선 투과시험을 위한 시험 방법 및 판정기준)

(2) 비파괴 검사주기는 차량 종류별, 대차 형식 별로 규정되어야 한다. 비파괴검사주기는 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다.

【해설】

일본의 "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"에는 제9장 제90조 검사고시 제5조 6항에 대차 프레임의 정기검사(별지 제3의 대차 프레임의 검사매뉴얼)에 대차 프레임의 검사를 정기적으로 실시하는 중요성을 다음과 같이 설명하고 있다.

"대차 프레임에 발생하는 균열 크기에 관하여, 자분탐상 검사 혹은 침투탐상검사 등으로 검출이 가능한 40 mm 정도의 균열이 소성변형이 이를 때 까지 진전하는데 120~150만km 정도의 주행이 필요하므로 균열이 급격히 진전하지 않는다는 것이 명확하다. 그러므로 대차 프레임에 균열이 발생하였을지라도, 균열이 작을 때 발견하여 보수가 가능하면 탈선 등의 중대 사고를 방지할 수 있다. 즉, 중요부 검사 및 전반검사의 정기검사에서 자분탐상 등 균열을 확실히 발견할 수 있는 방법으로 균열의 유무를 검사하는 것이 중요하다."

대차의 비파괴 결함검사 방법은 다음과 같다.

- "방사선 투과시험"이란 목적물에 방사선을 투과시켜 필름에 감광시킨 후 현

상하여 관찰함으로서 재료 내부 또는 외부의 불연속 유무를 검사하는 비파괴 시험방법을 말한다.

- "자분탐상시험"이란 철 및 철합금강의 표면 또는 그 근처에서의 크랙과 유사 불연속부를 탐지하는 방법으로 주로 자성재료에 불연속부를 나타낼 수 있게 만든 자성분말을 뿌리어 탐상하는 방법을 말한다.
- "침투탐상시험"이란 비다공성 비철금속과 재료표면의 불연속부의 탐지를 위한 비파괴시험 방법으로서 탐지할 수 있는 대표적 불연속부는 크랙, 이음매 겹침, 냉간 오무러짐 등이다.
- "초음파 탐상시험"이란 초음파의 반사를 탐지하여 내부 또는 표면 불연속부의 존재와 그 위치를 확인하는 비파괴 시험방법을 말한다.

일본의 "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"에는 제5조 6항에 대차 프레임의 정기검사(별지 제3의 대차 프레임의 검사매뉴얼)에 대차 프레임의 검사방법을 규정하고 있으며 다음과 같다.

"중점 검사위치의 대차 프레임 균열검사방법은 기본적으로 탐상검사를 행하는 것으로 한다. 그러나, 도장이나 오염물질을 제거하고 육안으로 확실히 확인이 가능한 위치나 특별한 대책이 실시된 대차 프레임의 검사는 육안에 의한 검사를 행하는 것도 괜찮다. 또한, 대차는 설계, 제조시기의 차이에 의해 신뢰성이나 내구성이 차이가 있으므로 속도향상 등에 의해 하중조건 변화의 영향을 고려하여야 하기 때문에 균열의 검사방법은 대차 형식에 따라 정할 필요가 있으므로 주의가 필요하다."

비파괴 검사주기는 대차에 대하여 명기되어 있는 규정이 없고, 차량 종류별로 차이가 있기 때문에 영국의 철도그룹표준(Railway Gropu Standard)의 GM/RT2466의 윤축의 유지보수 기준을 참조하여 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다라고 규정하였다.

3. 평가기준

(1) 대차 프레임의 주요부위 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 한다.

(2) 표면 및 내부에 균열 및 파손 발견 시 보수하여 사용이 가능하다고 판정된 경우 공인된 방법으로 보수하여야 한다.

【해설】

평가기준 (1)항은 「철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호)」 제 52조(주행장치틀)을 근거로 작성되었다.

용접대차의 비파괴 검사 기준으로 "디젤기관차 용접대차의 안전성 평가에 관한 연구(한국철도기술연구원, 1997)"에서는 다음과 같이 제시하고 있으나 운영조건, 차량 종류별로 한계 균열길이를 동일하게 적용할 수 없으므로 향후 상세 연구가 필요한 부분이다.

기준 / 비파괴검사종류	관련 규격	판정기준
방사선투과검사	KS B 0845	2급 이상
자분탐상검사	KS D 0213	크랙이 없어야 함 (크랙 존재시 보수후 재검사)
초음파탐상검사	KS B 0896	2급 이상

평가기준 (2)항은 일본의 "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"에는 제9장 제90조 검사고시 제5조 6항에 대차 프레임의 정기검사(별지 제3의 대차 프레임의 검사매뉴얼)에 근거하여 작성되었으며, 원문의 내용은 다음과 같다.

- 대차 프레임에 균열이 발생하였을지라도, 균열이 작을 때 발견하여 보수가 가능하면 탈선 등의 중대 사고를 방지할 수 있다.

5. 차륜의 비파괴검사 기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 4.5는 탈선안전에 대한 세부안전기준 중에서 차륜의 결함검사기준을 정립하는 것이다. 건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제54조에는 차륜의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다고 규정되어 있는데, 구체적인 결함검사 기준은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 차륜의 결함검사 기준에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 차륜의 결함검사 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

차륜의 비파괴검사 기준에 대한 설계 요구조건은 다음과 같다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준일 것
- 국제규격 및 국내규정에 부합할 것
- 차륜에 발생하는 결함 및 손상 특성과 응력발생특성 등을 분석할 것
- 세부기준을 명확히 규정할 것 (타 기준들과의 중복성은 없을것)

나. 이론적 배경

(1) 차륜 결함 및 손상

차륜에 발생하는 결함은 찰상(flat), 열균열(thermal crack), 박리(spalling, shelling) 등이 있으며 자세한 특징은 다음과 같다.

(가) 찰상 (Flat)

차륜 찰상은 그림 3-6-39와 같이 차륜이 레일면을 활주 하면서 국부적으로 마모가 발생하며 이로 인하여 발생한 평평한 부분을 말한다. 보통 차륜/레일의 마찰에 의하여 온도가 국부적으로 급상승하며 보통 800℃ 이상일 경우에는 마르텐사이트로 조직이 변화된다. 이러한 마르텐사이트 조직은 경도가 높고 취성이며 조직의 변화되는 경계부분에서는 높은 인장잔류응력이 발생한다고 알려져 있다.

(나) 열균열 (Thermal Crack)

열 균열은 답면제동을 사용하는 차량에 대하여 발생하며 제동 시 반복적인 가열 및 냉각에 의하여 발생한다. 제동력이 클 경우에는 높은 열응력이 발생하여 초기 차륜에 발생하였던 압축잔류응력을 인장 잔류응력으로 바꾼다. 이때 발생하는 균열은 그림 3-6-40과 같이 축과 평행하게 발생한다.



그림 3-6-39 차륜의 찰상 (Flat)



그림 3-6-40 차륜 답면에 발생한 열균열

(다) Spalling

Spalling은 제동 및 운행 시 발생하는 차륜의 미끄럼으로 인해 차륜 트레드 표면이 가열(급제동 시 차륜의 표면은 870℃ 정도까지 가열)되어 트레드 표면에 기존의 재질과는 다른 brittle한 crystal 구조의 마르텐사이트(martensite) 상 (phase)이 변화된 얇은 층이 새로 생성되어 떨어져 나가는 현상을 의미한다. 일반적으로 금속조직에서 spalling은 표면부에서의 전단강도가 전단응력보다 지나치게 낮을 때 일어나는 경우가 많으며, 큰 공동(空洞)이 있는 것이 특징이다. 그림 3-6-41은 spalling의 미세구조로서 마르텐사이트 (martensite) 의 white etching 표면에 균열 방향이 수직과 수평방향으로 존재하는 모습이며, 그림 3-6-42는 차륜에 발생한 spalling 손상을 나타내고 있다.

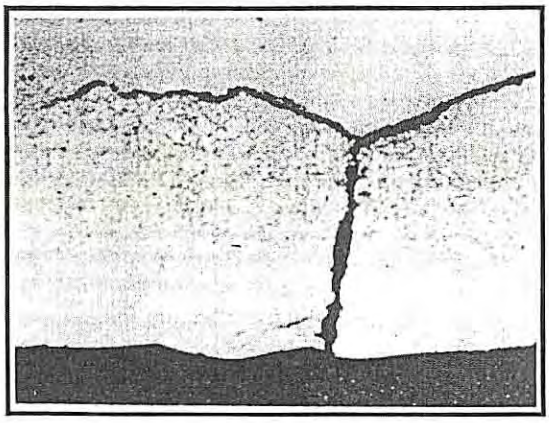


그림 3-6-41 spalling의 미세구조 (x 200)

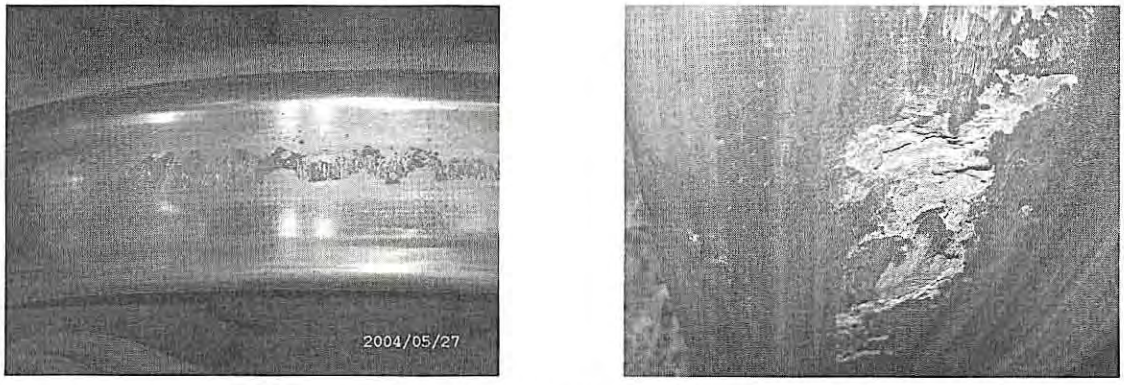


그림 3-6-42 Spalling 발생현상

(라) Shelling

Shelling은 일반적으로 구름접촉피로 (Rolling Contact Fatigue, R.C.F.)에 의해서 발생되며 균열 시작점의 위치와 원인에 따라서 분류할 수 있다. 시작점의 위치에 따라서 그림 3-6-43과 같이 표면에서 시작하는 경우(Surface Crack)와 표면 밑에서 시작하는 경우(Sub-surface Crack)으로 분류할 수 있으며 표면 균열은 반복적인 소성변형(Ratchetting)에 의해서 발생한다. 표면 밑에서 발생하는 균열은 내부에 결함이 없는 경우와 결함이 있는 경우로 구분할 수 있다. 보통은 마르텐사이트와 같은 조직변화가 없다. 그림 3-6-44는 차륜에 발생한 shelling 손상을 나타내고 있다.

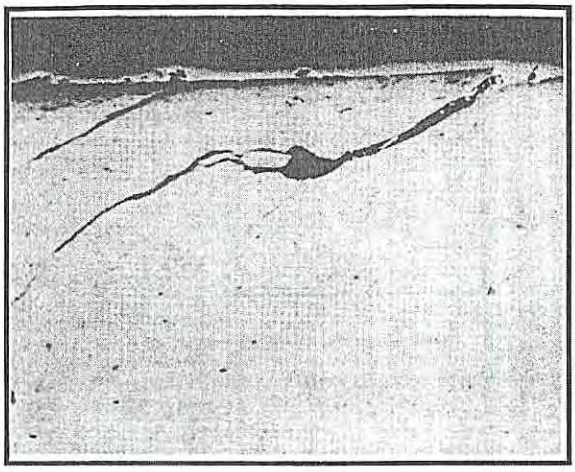


그림 3-6-43 Shelling의 미세구조 (x 50)

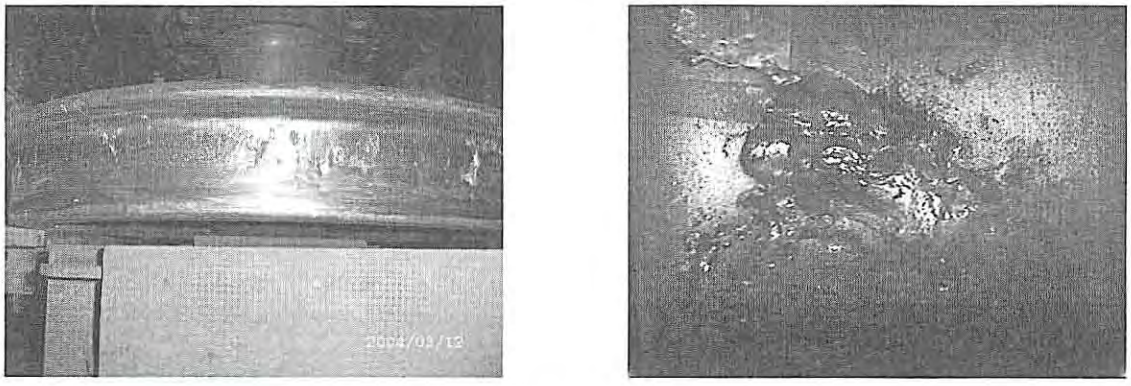


그림 3-6-44 Shelling에 의한 차륜 손상

(2) 국내 차륜의 손상현황

국내 차륜의 손상특성을 살펴보면 기관차의 경우 마모에 관련된 사항이 87%을 차지하고 있으며, 차량의 특성상 레일과의 마찰이 많이 발생하므로 마모가 많이 발생한 것으로 판단된다.

객차의 경우에는 마모가 58%이고 찰상이 15%인데 반하여, 화차의 경우에는 찰상이 53 %이고 마모가 11%로써 찰상이 많이 발생한다. 박리의 경우에는 객차가 27%, 화차가 36%이다. 전동차의 경우 찰상이 67%로 가장 많고 박리는 30%로 나타났으며, 후렌지 마모에 의한 것은 3%에 불과하다. 여기의 분석에서 찰상의 경우에는 찰상의 원인에 의해 박리가 된 것이 포함되었다. 이와 같이 차종마다 차륜의 손상원인 발생율이 다르게 나타나고 있는 것은 축중 및 운행조건의 영향으로 판단된다.

차륜의 손상(여기에서는 모든 종류의 손상이 다 포함됨)을 계절별로 살펴보면 그림 3-6-45와 같이 겨울철에 많이 발생하므로 온도의 영향이 있는 것으로 판단된다.

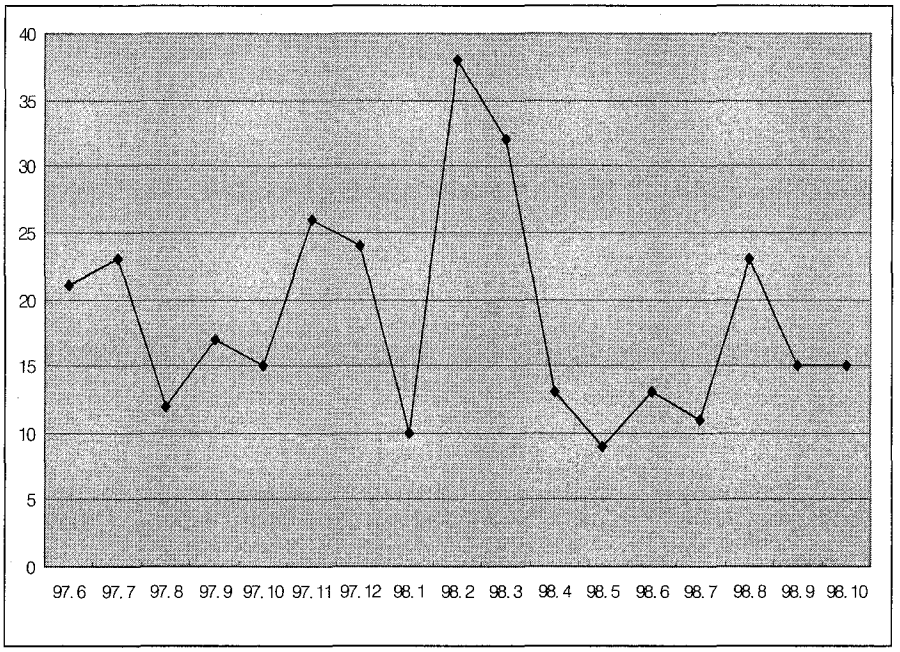
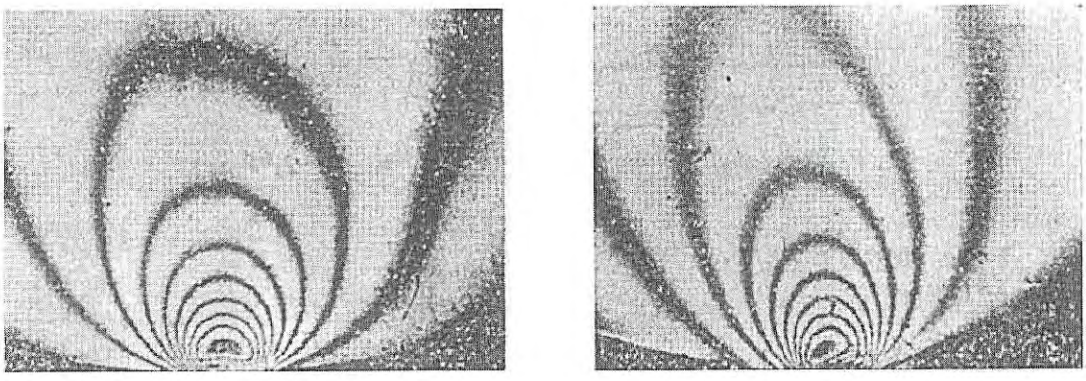


그림 3-6-45 전동차의 계절별 차륜 손상 보호

(3) 차륜에 발생하는 응력특성

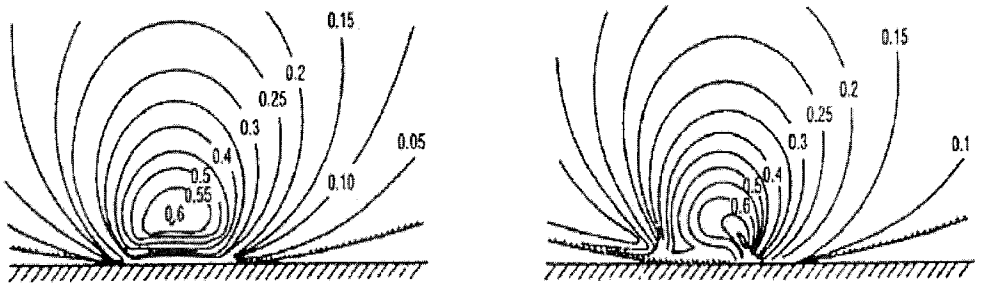
차륜이 레일 위를 굴러갈 때 접촉에 의해 발생하는 전단응력은 표면에서 약간 안쪽 위치에서 최대가 되며, 피로균열의 기점이 된다. 차륜이 회전 중에 차륜답면에 작용하는 높은 접촉압력과 답면 내부에 발생하는 전단응력 진폭이 최대가 되는 위치에 미세균열이 발생하고 이것이 주행 중에 여러 가지 하중조건에 의해 발전하여 피로균열이 된다.

그림 3-6-46은 차륜과 레일의 접촉부에 발생하는 응력의 크기와 그 분포를 광탄성 실험한 결과이며, 그림 3-6-46은 정지시와 구동시의 전단응력의 분포를 나타낸 그림이다. 그림에서 차륜과 레일 접촉시 차륜내부의 응력분포를 나타내고 있으며, 줄무늬 곡선은 전단응력의 등고선에 해당한다. 수직하중 작용시와 경사하중 작용시의 응력분포는 차이가 발생하며, 수직하중 작용시에 최대전단응력의 위치는 접촉면의 내부에서 발생한다. 그러나, 경사하중 작용시에는 응력의 분포가 대칭의 형상이 아니며, 접촉면 근처에서 최대응력이 발생한다. 즉, 그림 3-6-47 (b)의 경우와 같이 차량이 기동할 경우나 제동할 경우 차륜답면이 레일과 접촉하고 있는 면에 접선력이 작용하여 접촉면의 압력분포가 변화하고 접촉압력은 한층 높게 된다. 따라서 기동시 혹은 제동시의 전단응력 진폭도 정지시와 비교하여 약 15% 정도 높게 되며, 최대응력의 발생위치는 답면에 가깝게 된다.



(a) 수직하중　　(b) 경사하중(10도)

그림 3-6-46 차륜과 레일 접촉부의 응력 크기 및 분포



(a) 수직하중(정지시) (b) 구동시

그림 3-6-47 차륜 접촉시 전단응력곡선

그림 3-6-48, 그림 3-6-49는 차륜에 발생하는 응력특성을 3차원 유한요소해석을 수행한 결과이며, 차륜의 접촉면에서 압력의 분포와 von Mises 응력의 분포를 나타낸 그림이다. 접촉 압력 및 응력의 분포가 차륜의 폭 방향으로 최대값을 기준하여 대칭이 아닌 모습이다. 접촉압력의 최대값은 해석결과와 이론값의 차이가 4% 정도로 매우 근접한 결과를 나타내었지만, 3차원 해석결과의 접촉압력 분포는 이론상으로 계산된 Hertz 압력분포와 다른 양상을 나타내고 있다. 접촉압력 분포는 그림 3-6-50과 같이 차륜의 폭 방향으로 최대치를 기준으로 좌우대칭이 아니었으나, 회전방향으로는 그림 3-6-51과 같이 Hertz 압력분포와 같은 대칭형의 모양을 나타내고 있다. 차륜 폭 방향으로의 압력분포 차이는 최대치를 기준으로 레일의 곡률반경이 작은 오른쪽 접촉영역에서 가파른 압력변화가 발생함을 알 수 있다.

그림 3-6-52은 접촉면의 von Mises 응력을 차륜 단면상에서 상세하게 나타낸 그림이며, von Mises 응력의 경우 차륜 중앙에서부터 오른쪽 위치에서 가장 크게 나타내고 있다. 이와 같은 이유는 차륜과 레일 접촉면에서 레일의 곡률반경이 변화하기 때문인 것으로 판단된다. 그림 3-6-53과 같이 차륜의 접촉영역에서 발생하는 전단응력의 경우 접촉영역의 좌측 및 우측에서 방향이 서로 다르게 나타나고 있으며, 접촉영역에서 크게 변화하고 있다.

이와 같은 유한요소해석 결과는 정지시를 기준으로 해석이 수행되었으며, 실제 기동시 혹은 제동시에는 더 큰 응력이 발생할 것으로 예상되므로 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

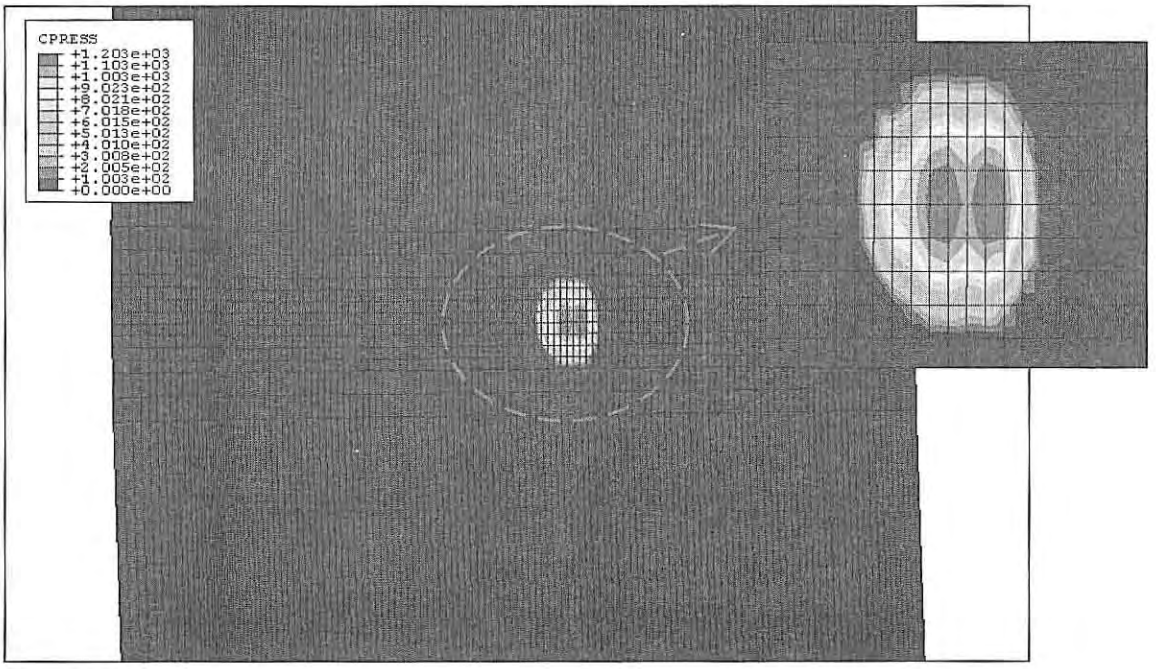


그림 3-6-48 차륜 답면에서의 접촉압력 분포

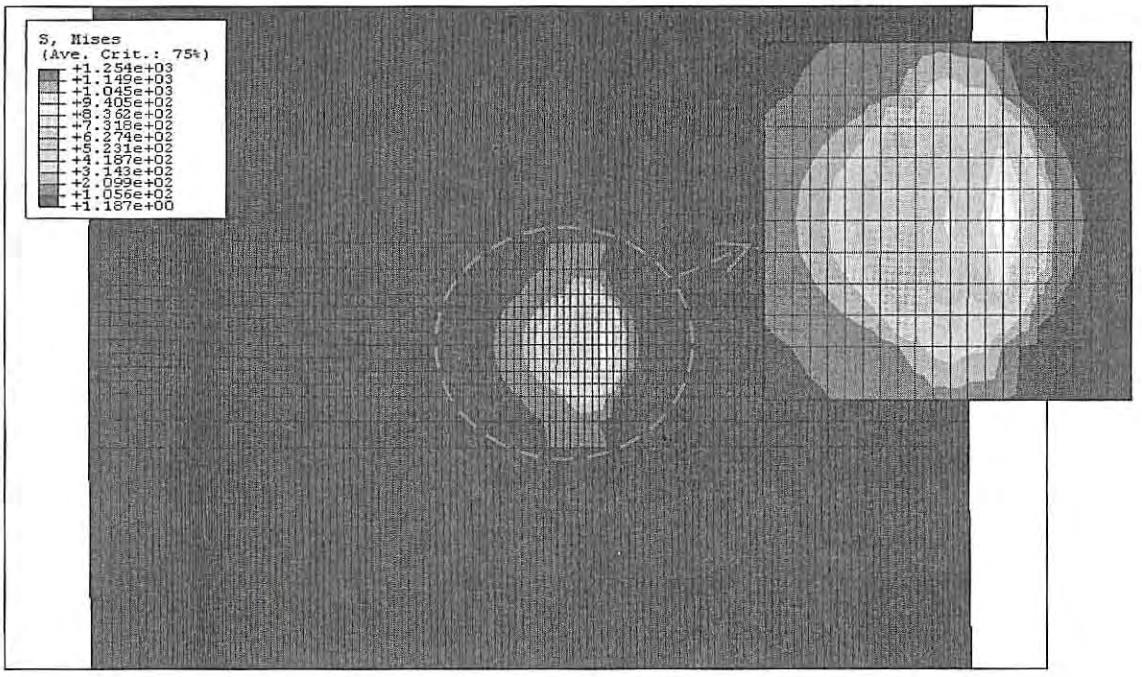


그림 3-6-49 차륜답면에서의 응력(von Mises) 분포

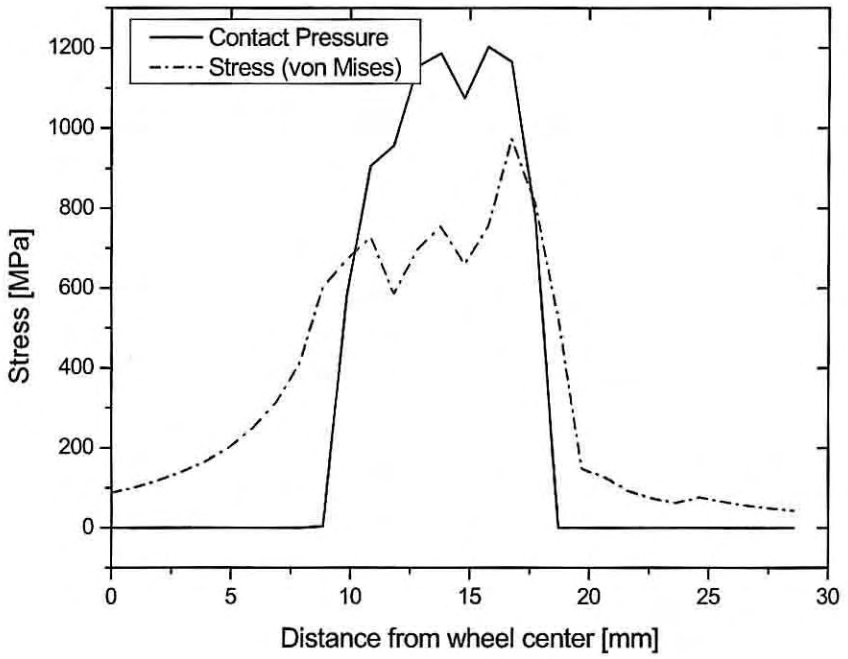


그림 3-6-50 차륜 폭 방향으로의 접촉압력 및 응력 분포

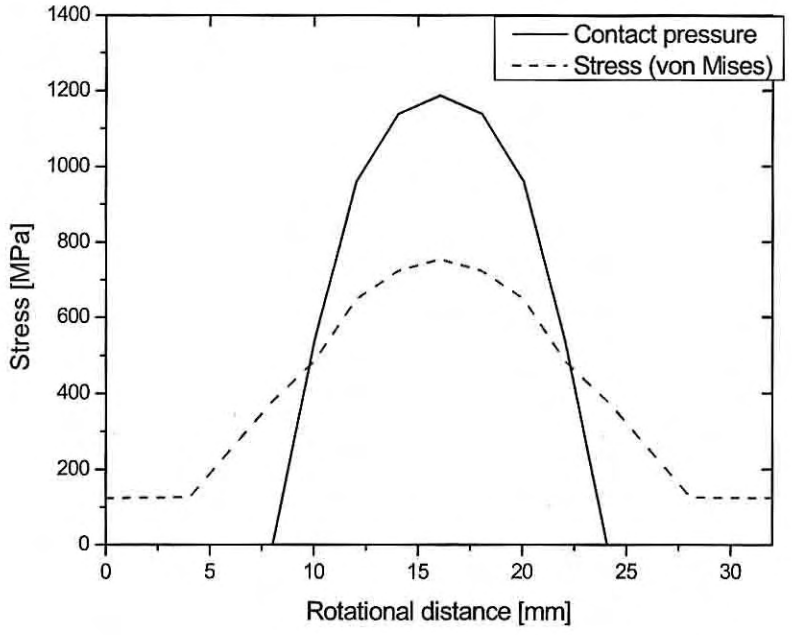


그림 3-6-51 차륜 회전방향으로의 접촉압력 및 응력분포

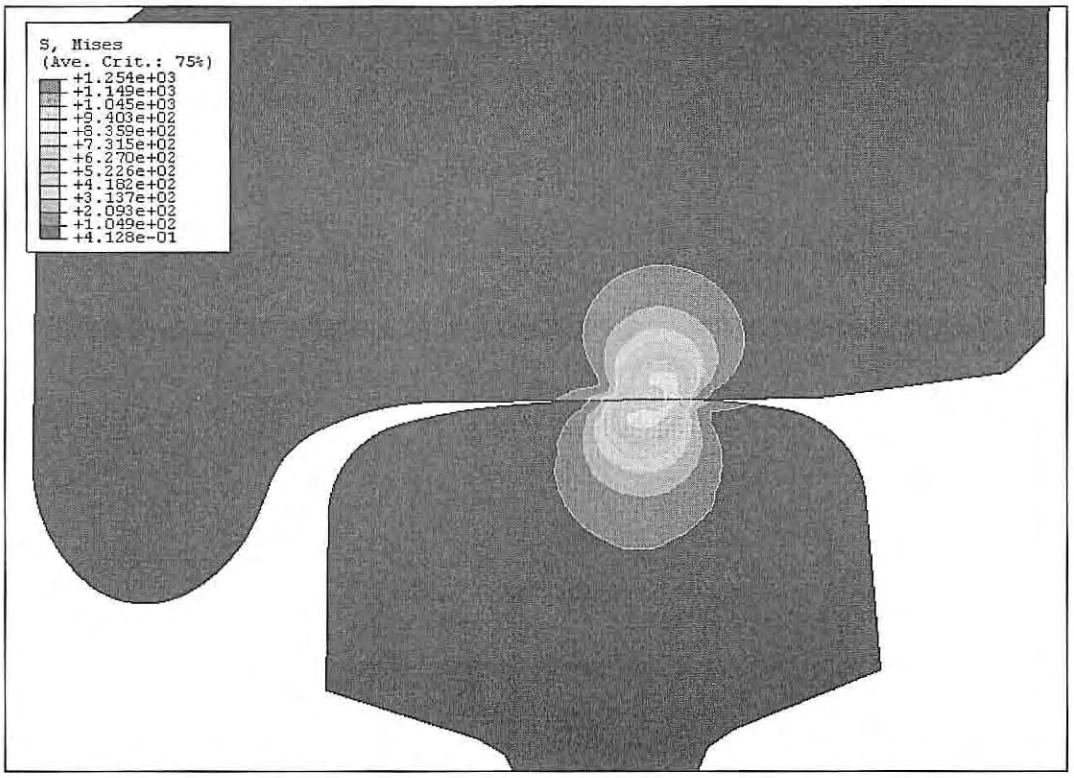


그림 3-6-52 차륜-레일 접촉면에서의 von Mises 응력 분포

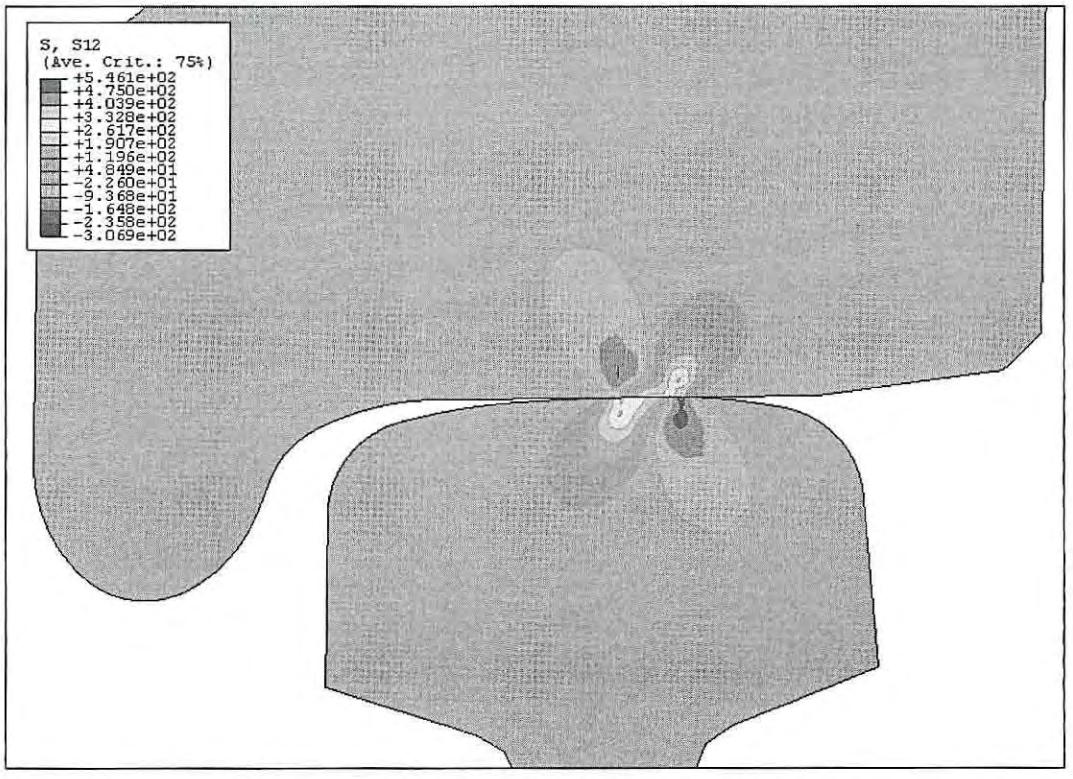


그림 3-6-53 차륜-레일 접촉면에서의 전단응력 분포

다. 국내외 관련 기준

○ 철도안전법(제정 2004년10월22일 법률 제7245호) 제26조

- 제26조(철도차량의 안전기준)

○ 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제54조

- 제54조(차륜)

○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제43조

- 제43조 (차륜)

○ 객화차 유지보수 기준(철도공사 내규 제18호)

○ 고속철도차량차륜관리기준

○ 전동차 검사 기준(부산교통공단)

○ KS R 9221 차량용 차륜

○ KS R ISO 1005-8 치수 및 편심 요구 사항: 구동 및 부수 차량 차륜

○ KS R ISO 1005-7 윤축 -품질 요구 사항

○ KS R ISO 1005-6 철도차량재료-기술적 인도 조건-제6부: 구동 차량 및 부수 차량용 일체 차륜

○ KS R ISO 1005-4 철도차량 재료 -제4부: 구동 및 부수차량용 타이어 차륜의 압연 혹은 단조 중심차륜-품질 요구 사항

○ KS R ISO 1005-2 철도 차량 재료-치수, 편심 및 조립요구사항-제2부 : 구동 차량 및 부수 차량용 타이어, 중심 차륜 및 타이어 차륜

○ KS R ISO 1005-1 철도 차량 재료-기술적 인도 조건-제1부: 구동 및 부수 차량용 압연 타이어

차륜의 비파괴검사 관련 국내외 현황에 대한 상세 내용은 부록 3.6.5-1을 참조한다.

라. 자료 조사 및 분석

한국산업규격(KS 규격)에는 차륜의 제조 및 구매시 품질 요구조건을 명시하고 있다. KS R 9221 (철도차량용 차륜)에 차륜의 검사방법으로 초음파 탐상을 수행하도록 규정하고 있고, KS R ISO 1005-6 (철도차량재료-기술적 인도 조건-제6부: 구동 차량 및 부수 차량용 일체 차륜) 에는 자분탐상 및 초음파탐상에 대하여 규정하고 있다. 그러나, 대부분의 국내 규격은 차륜 제작시 품질 요구조건을 명시하고 있으며 운행시 차륜의 결함 검사기준은 제시되어 있지 않다. 또한, 국내 철도운용사의 규정에서 일부 결함검사 와 결함 한계치수를 명기하고 있으나 결함검사 방법 및 평가기준이 명확하지 않다.

영국의 차륜 결함검사와 관련된 규정은 철도그룹표준(Railway Gropu Standard)의 GM/RT2466에 차륜 설계, 운영자가 서비스 중 윤축에 적용해야 하는 안전 요구 조건인 유지보수, 운영조건을 상세히 명시하고 있다. 또한, 유럽규격인 EN 규격과 UIC 규격에서는 차륜 제작시 품질요구 조건이 명시되어 있다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙에는 차륜 결함관련 안전기준으로 차륜의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다고 규정되어 있다. 이와 관련하여 차륜의 결함을 확인하기 위한 구체적인 결함검사 방법 및 기준으로 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 유지보수 기준을 바탕으로 차륜의 결함검사 기준을 제시하고자 한다.

	구매 사양	설계	제조보수	운영검사	치수 한계
EN 규격	●				●
RGS	●	●	●	●	●
UIC	●				●
CFR				●	
AAR	●		●		●
KS	●		●		●

마. 기준 및 해설서

(1) 차륜의 비파괴 검사 기준

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량 운영 중 차륜의 내·외부 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 결함검사 방법

(1) 차륜은 정기적 유지보수 시와 필요할 경우 다음과 같은 비파괴 검사를 수행하여 유해한 결함이 검사되어야 한다.

(가) 육안검사

(나) 자분탐상

KS D 0213 (철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 결함 자분 모양의 등급 분류)

KS D ISO 6993 (철도 차량용 압연 재료－자분 탐상 시험 방법)

(다) 초음파탐상시험

KS B 0817 (금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙)

KS D ISO 5948 (압연 제품의 철도 레일－초음파 탐상 검사 합격 기준)

(라) 침투탐상

KS B 0816 (침투 탐상 시험 방법 및 침투 지시 모양의 분류)

(마) 방사선투과검사

KS D 0227 (주강품의 방사선 투과 시험 방법)

(2) 결함검사 주기는 차량 종류별, 차륜 형식 별, 운행 조건별로 규정되어야 한다. 결함검사 주기는 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다.

(3) 결함검사 주기는 비파괴 검사로 검출 불가능한 크기의 결함이 다음 검사 때까지 위험한 수준의 크기로 발전 되지 않도록 정하여야 하며,

결함검사 주기를 설정, 변경하고자 할 경우에는 공인기관의 기술적 검토와 승인을 받아야 한다.

3. 평가기준

(1) 차륜의 주요부위 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 한다.

(2) 표면 및 내부에 균열 및 파손 발견 시 보수하여 사용이 가능하다고 판정된 경우 공인된 방법으로 보수하여야 한다.

4. 기록 관리

(1) 비파괴검사를 수행한 차륜에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(아) 유지보수 작업

(2) 해설서

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량 운영 중 차륜의 내·외부 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

【해설】

철도안전법의 차륜 관련 안전기준은 동법 시행규칙인 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제 54조에 "차륜의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다"고 규정되어 있다. 그러나 구체적인 결함검사 방법 및 기준이 제시되어 있지 않다. 따라서 철도차량 차륜의 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다. 차륜의 제작 및 구매 시에는 KS 규격에 품질기준을 정의하고 있으므로 운영 중 차량의 안전을 위하여 차륜 결함 검사기준을 규정한다.

2. 결함검사 방법

(1) 차륜은 정기적 유지보수 시와 필요할 경우 다음과 같은 비파괴 검사를 수행하여 유해한 결함이 검사되어야 한다.

(가) 육안검사

(나) 자분탐상

KS D 0213 (철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 결함 자분 모양의 등급 분류)

KS D ISO 6993 (철도 차량용 압연 재료－자분 탐상 시험 방법)

(다) 초음파탐상시험

KS B 0817 (금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙)

KS D ISO 5948 (압연 제품의 철도 레일－초음파 탐상 검사 합격 기준)

(라) 침투탐상

KS B 0816 (침투 탐상 시험 방법 및 침투 지시 모양의 분류)

(마) 방사선투과검사

KS D 0227 (주강품의 방사선 투과 시험 방법)

(2) 결함검사 주기는 차량 종류별, 차륜 형식 별, 운행 조건별로 규정되어야 한다. 결함검사 주기는 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다.

(3) 결함검사 주기는 비파괴 검사로 검출 불가능한 크기의 결함이 다음 검사 때까지 위험한 수준의 크기로 발전 되지 않도록 정하여야 하며, 결함검사 주기를 설정, 변경하고자 할 경우에는 공인기관의 기술적 검토와 승인을 받아야 한다.

【해설】

결함 검사방법 (1)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part E 운영 중 검사 및 보수기준을 근거로 작성되었다.

또한, 차륜의 결함검사 방법은 육안검사 와 비파괴검사로 나눌 수 있으며, 비파괴 검사는 자분탐상, 초음파탐상시험, 침투탐상, 방사선투과검사로 구분할 수 있다. 이 중에서 자분탐상이 노치에서와 같이 표면 균열을 검출하는데 가장 적합하고, 초음파 탐상은 내부 균열을 검출하는데 적합하다

결함 검사방법 (2),(3)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part E 운영 중 검사 및 보수 기준 을 근거로 작성되었다.

3. 평가기준

(1) 차륜의 주요부위 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 한다.

(2) 표면 및 내부에 균열 및 파손 발견시 보수하여 사용이 가능하다고 판정된 경우 공인된 방법으로 보수하여야 한다.

【해설】

평가기준 (1)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part G를 근거로 작성되었다.

차륜 답면에 작은 길이(수 mm)의 균열은 일반적으로 허용할 수 있으나, 국내 차량의 결함에 대한 한계를 규정하기 위하여 차량 종류, 차량운행 조건 등을 고려한 임계 균열길이에 대한 상세연구가 필요하다.

평가기준 (2)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part E를 근거로 작성되었다.

4. 기록 관리

(1) 비파괴검사를 수행한 차륜에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(아) 유지보수 작업

【해설】

기록 관리는 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part G3 기록 관리를 근거로 작성되었다.

6. 차축의 비파괴검사 기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 4.6은 탈선안전에 대한 세부안전기준 중에서 차축의 결함검사기준을 정립하는 것이다. 건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제56조에는 차축의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 하며, 차축의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다고 규정되어 있는데, 구체적인 결함검사 기준은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 차축의 결함검사 기준에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 차축의 결함검사 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

차축의 비파괴검사기준의 설계기준은 다음과 같다.

① 우리나라 실정에 적용가능한 수준일 것

② 국제규격 및 국내규정에 부합할 것

③ 차축에 발생하는 결함 및 손상 특성과 응력발생특성 등을 분석할 것

④ 세부기준을 명확히 규정할 것 (타 기준들과의 중복성은 없을 것)

나. 이론적 배경

(1) 차축의 결함

철도차량 차축에 발생하는 주요결함은 표 3-6-36과 같이, 주로 차축 압입부의 프레팅 피로와 베어링 발열에 의한 파손으로 구분할 수 있다. 차축에 발생하는 피로손상 중 베어링, 차륜, 기어 등의 압입부에서 발생하는 프레팅 피로가 차축 손상의 90%를 차지하고 있으며, 압입부에 발생하는 손상 중 약 86%가 차륜을 압입하는 부위로서 차륜 압입부의 피로손상이 가장 중요한 부분임을 알 수 있다.

그림 3-6-53은 일본의 전동차 차축에 대하여 1년간 교체한 원인별 분석결과이다. 약 39,000본 중 검사에 의해 불량인 축 630본에 대한 것이며, 불량축의 약 1/3이 피로균열에 의한 것이다. 그림에서 '제한치수 이하'는 베어링 부위 등의 치수가 마모, 삭정에 의해 규정된 치수보다 작게 되는 경우를 나타내며, '감쇄'는 초음파 탐상시 반사파의 감쇄도 불량의 경우, '흠집'은 차륜 혹은 기어의 압입시 축표면에 흠이 발생하여 교체한 경우, '외상'은 축 표면에 손상이 발생한 경우, '기타'는 나사

산 불량, 녹 발생, 단면 불량, 각인 불량 등의 원인으로 교체한 경우를 의미한다. 따라서 차축의 손상을 방지하기 위한 대책으로 피로균열의 발생을 방지하거나 줄이는 것이 가장 중요함을 알 수 있다.

차축의 압입부에는 그림 3-6-55와 같이 압입부 양끝단(보스 내측 및 외측)에서 균열이 보통 발생한다. 그림 3-6-56은 실제 차축에 발생하는 균열의 예이며, (a)와 같이 보스 외측의 균열은 축 표면에 경사를 갖고 1~2개의 균열이 발생하는 반면에, (b)와 같이 보스 내측에 발생하는 균열은 보스 외측에 발생하는 균열에 비해 축표면과의 경사가 직각에 가깝고 균열의 갯수도 2개 이상이 되는 것이 많다. 이것으로부터 같은 압입부에서도 보스 외측은 응력집중의 양상이 강하고, 보스 내측은 프레팅의 영향이 강한 것을 알 수 있다.

표 3-6-36 차축에 발생하는 주요 손상

(a) 결합부
- 프레팅 부식
- 피레팅 피로
- 부식・부식피로
- 비틀림 피로
- 흠집
(b) 비 결합부
- 부식・부식피로
- 비틀림・굽힘피로
- 외상
(c) 기타
- 베어링부 발열에 의한 절손
- 축의 타버림
- 제한치수 이하(마모)

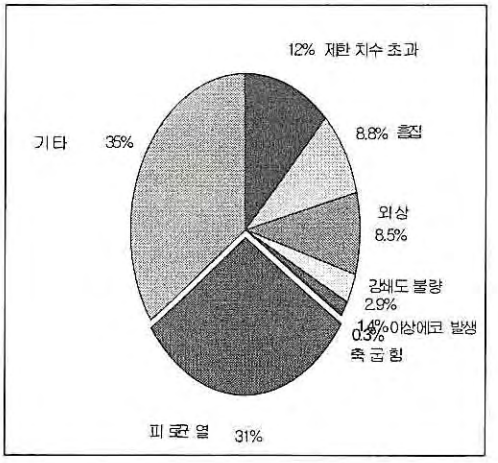


그림 3-6-54 차축의 교체원인별 분석 결과

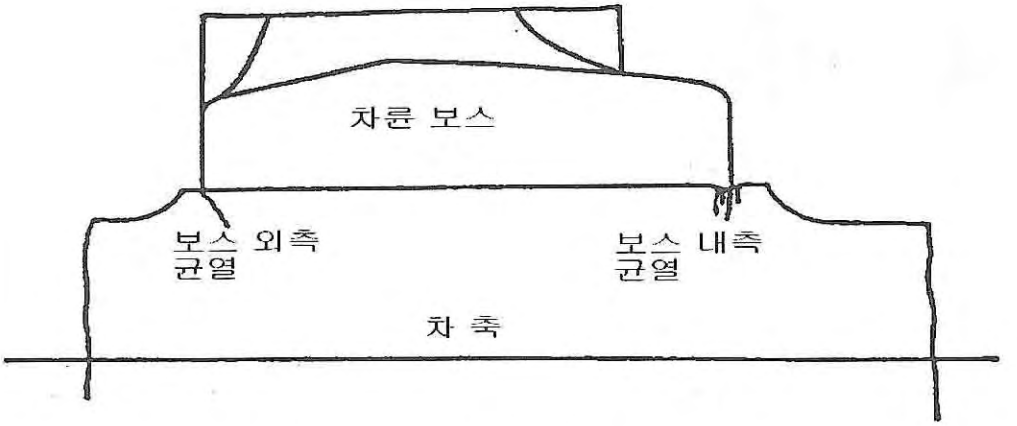
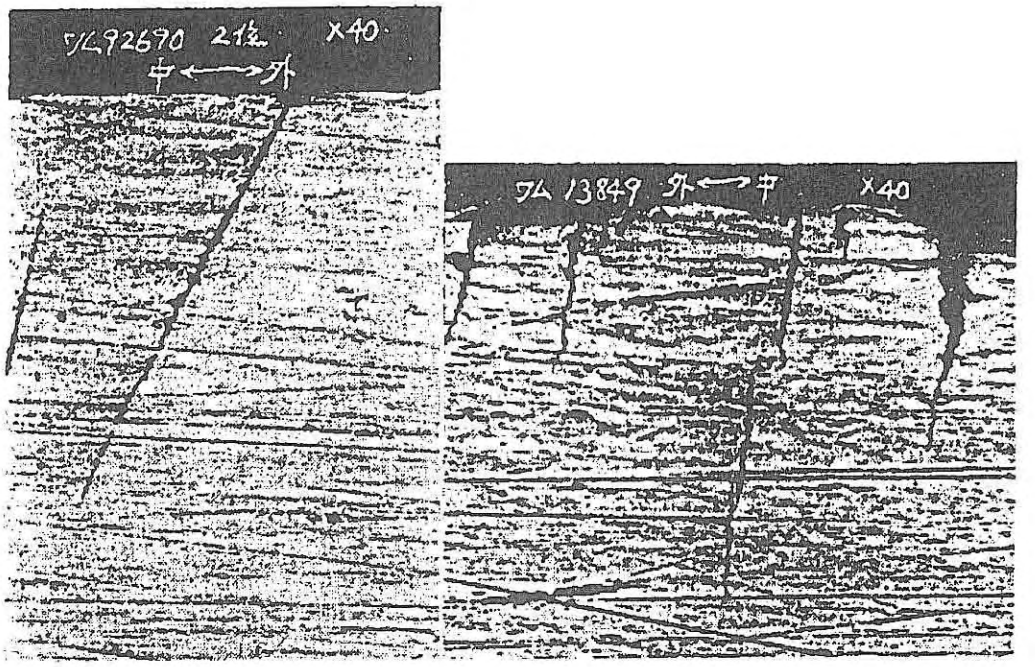


그림 3-6-55 차축 압입부 균열의 특징



(a)보스 외측 (b) 보스 내측

그림 3-6-56 차축 압입부에 발생하는 균열

그림 3-6-57은 차축의 압입부위에 발생하는 미세한 균열의 발생률과 주행거리, 누적회전수와의 관계를 조사한 사례이다. 차축의 균열은 동일 년수가 경과된 차량이라도 차축이 받는 부하, 반복횟수 등에 따라 균열 발생 및 진전속도에 차이가 있기 때문에 사용조건이 하나의 변수가 된다.

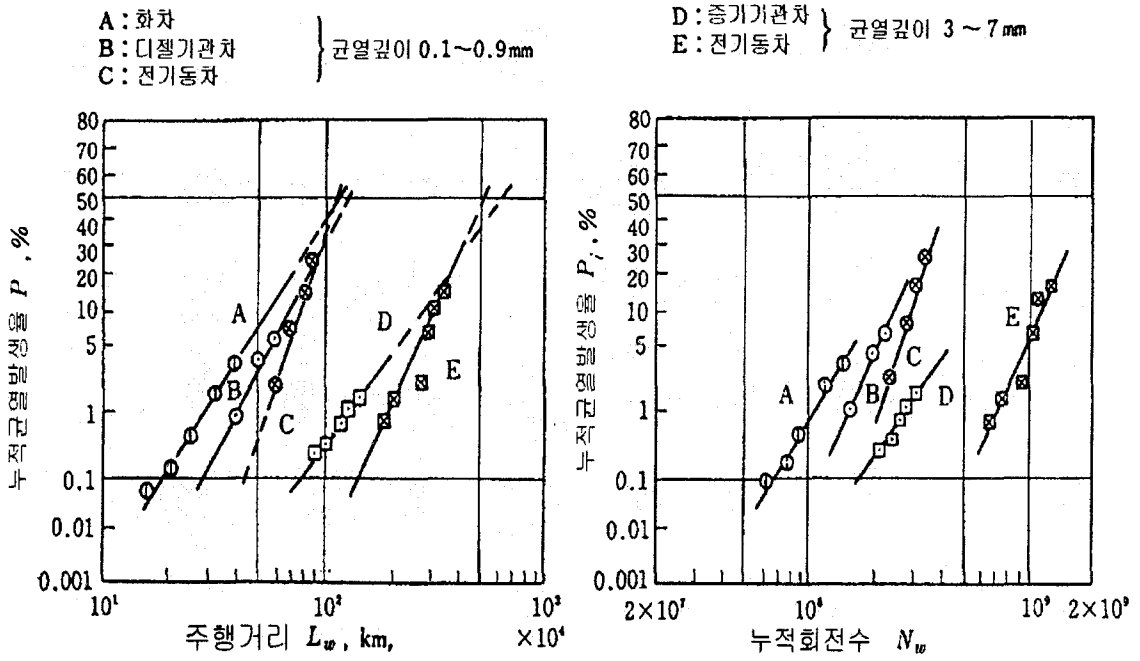


그림 3-6-57 주행거리 또는 반복회전수와 균열발생율과의 관계

(2) 차축에 발생하는 응력특성

차축에 발생하는 주요 균열손상은 그림 3-6-58과 같이 차륜이 압입되어 있는 안쪽 보스부위와 바깥쪽 보스 부위로 나누어진다. 그림 3-6-59는 차륜이 차축에 압입되었을 경우 차축에 발생하는 접촉압력 분포의 해석결과이다. 접촉압력은 바깥쪽 보스 부위에서 최고가 된다. 이는 차륜의 형상이 차축 중심을 대상으로 바깥쪽으로 치우친 형상이므로 바깥쪽의 차륜 강성이 크기 때문이다. 그림 3-6-60은 차축 압입시 접촉면에 발생하는 von Mises 응력의 분포를 나타낸다. von Mises 응력의 분포는 접촉압력의 분포와는 달리 안쪽 보스 부위와 바깥쪽 보스 부위가 거의 비슷한 크기로 중앙부위보다 크게 나타나고 있다. 이것은 접촉면에 발생하는 슬립이 안쪽 보스 부위에서 더 크게 발생하고 이 부위의 전단응력 및 축방향의 응력이 더 크기 때문이다.

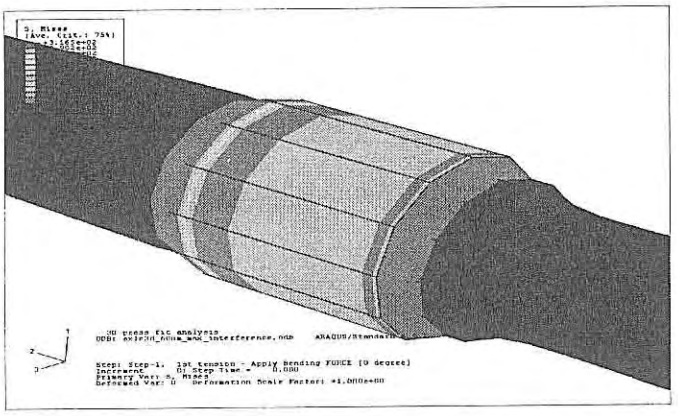


그림 3-6-58 차축 압입부 응력분포(von Mises)

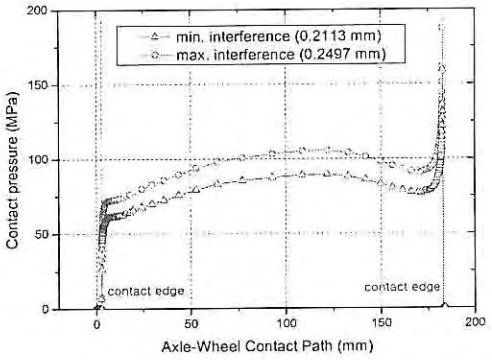


그림 3-6-59 차축 압입부 접촉압력 분포(압입시)

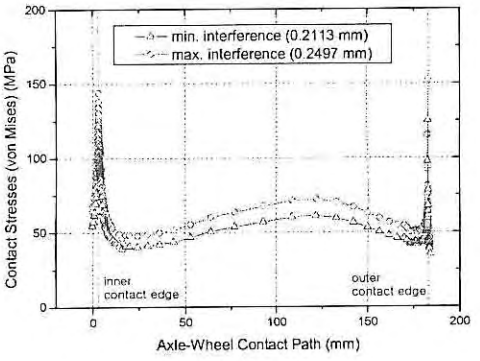


그림 3-6-60 차축 압입부 응력분포 (von Mises, 압입시)

그림 3-6-61~그림 3-6-66은 차축에 하중이 작용할 경우 차축 접촉면에 발생하는 응력의 해석결과이다. 응력 해석결과는 하중 작용시 간섭량이 클수록 접촉부의 응력이 크게 되므로 최대 간섭량을 기준으로 나타내었다. 그림 3-6-61은 하중 작용시 윤축의 변형량을, 그림 3-6-62은 하중 작용시 압입부위의 차륜, 차축에서 발생하는 응력분포를 나타내고 있다. 그림 3-6-63은 인장 및 압축하중 작용시 차축 접촉면에 발생하는 von Mises 응력분포를 나타낸 그림으로서, 압입부 바깥쪽 보스부위에서 인장 및 압축시 최대를 나타낸다.

그림 3-6-64는 하중 작용시 차축 접촉면에 발생하는 접촉압력의 분포이며 인장하중 작용시 접촉끝단에는 접촉압력이 중앙부위와 비교하여 작지만, 압축하중 작용시 접촉압력은 접촉끝단에서 크게 발생한다. 압축하중 작용시 발생하는 큰 접촉압력은 축의 반경방향 응력이 압축상태임을 나타내며, 압입축의 특성상 접촉끝

단에서 큰 접촉응력이 발생함을 알 수 있다. 그림 3-6-65는 하중 작용시 전단응력의 분포를 나타낸 그림으로 인장하중보다 압축하중 작용시 안쪽 및 바깥쪽 보스 부위에서 전단응력이 더 크게 된다. 그림 3-6-66은 하중작용시 접촉면 미세슬립의 변화이며, 인장 및 압축하중 작용시 거의 비슷한 크기로 압입부 안쪽에서 최대가 된다. 이와 같은 결과로부터 차축의 압입부 바깥쪽 보스 부위에는 응력집중이 크게 발생하고, 안쪽 보스부위에는 슬립이 크게 발생하므로 프레팅 손상이 크게 발생함을 알 수 있다.

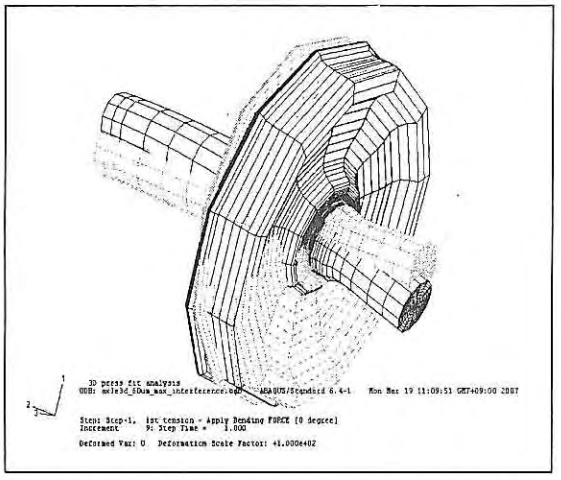


그림 3-6-61 하중 작용 시 윤축의 변형

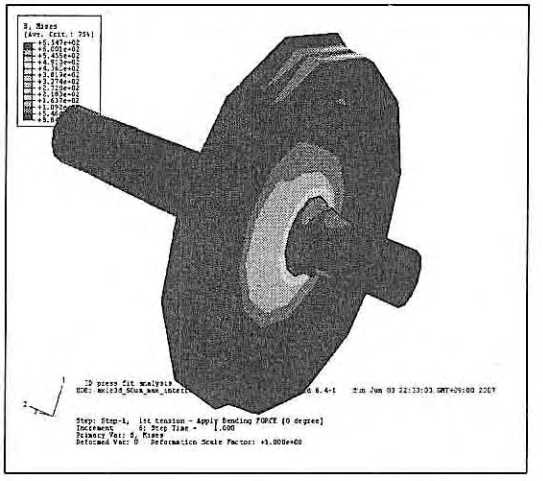


그림 3-6-62 하중 작용 시 윤축의 응력분포

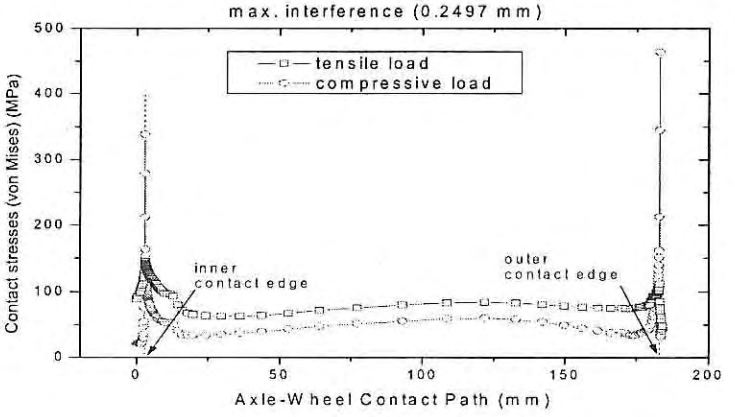


그림 3-6-63 하중 작용 시 응력 분포(von Mises)

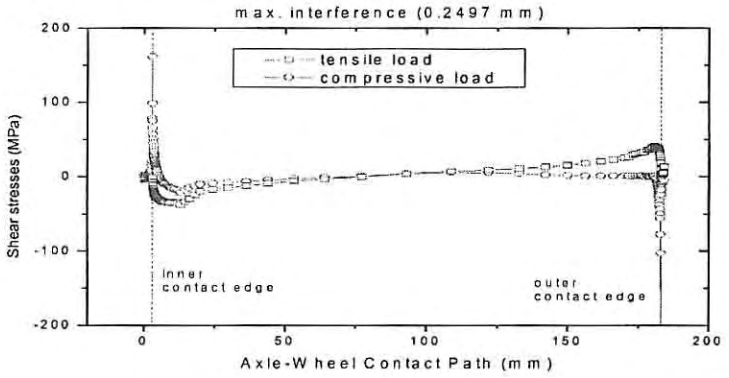


그림 3-6-64 하중작용시 전단응력 분포

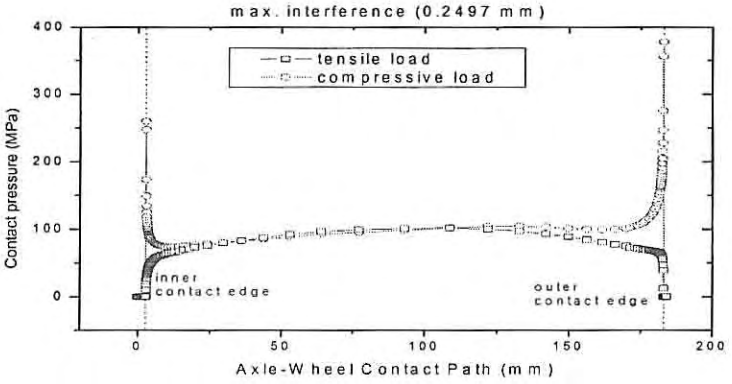


그림 3-6-65 하중 작용 시 접촉압력 분포

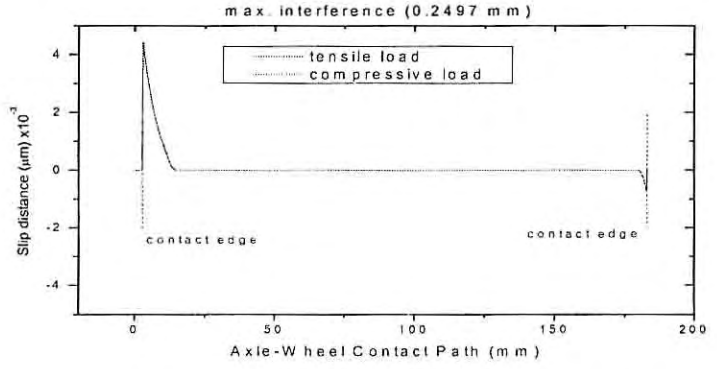


그림 3-6-66 하중작용시 미세슬립의 분포

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 규정

○ 철도안전법(제정 2004년10월22일 법률 제7245호) 제26조

- 제26조(철도차량의 안전기준)

○ 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제56조(차축)

○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제44조(차축)

○ 객화차 유지보수 기준(철도공사 내규 제18호)

○ 차축 초음파 탐상검사 기준 (철도공사 내규 제02호, 2006.6)

○ 전동차 검사 기준(부산교통공단)

○ KS R 9220 철도 차량용 차축

○ KS R 9218 철도 차량-차륜축의 조립 및 검사방법

○ KS R ISO 1005-9 치수 요구 사항: 구동 차량 및 부수차량 차축

○ KS R ISO 1005 -7 윤축 -품질 요구 사항

○ KS R ISO 1005-3 철도 차량 재료-품질 요구사항-제3부: 구동차량 및 부수 차량용 차축

(2) 해외 관련 규정

○ 철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)

○ CFR TITLE 49

○ GM/RC2466 : Railway Wheelset

○ EN 13260 윤축 - 제품 요구사항

○ EN 13261 차축- 제품 요구 사항

○ UIC 510-2 Trailing Stock : Wheel and Wheelsets

○ UIC 811-1 구동 및 부수 차량 차축 공급 사양

○ AAR Roller Bearing Freight Car Axles (M101)

○ KS R 9220 (철도 차량용 차축)

○ KS R ISO 1005 - 3 (구동차량 및 부수차량용 차축)

○ 철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"제5조 4항

○ 철도그룹표준(Railway Gropu Standard)의 GM/RT2466

○ 철도안전법 제26조

○ 건설교통부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제56조

라. 자료 조사 및 분석

한국산업규격(KS 규격)에는 차축의 제조 및 구매시 품질 요구조건을 명시하고 있다. KS R 9220 (철도 차량용 차축)에 차축의 검사방법으로 초음파 탐상과 자분탐상 시험을 수행하도록 규정하고 있고, KS R ISO 1005 - 3 (구동차량 및 부수차량용 차축)에는 구매 시 자분탐상 및 초음파탐상에 대하여 규정하고 있다. 각 철도운영사 에는 차축의 안전을 위하여 정기검수시 초음파 탐상 검사 및 평가를 수행하도록 하고 있다.

일본의 "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"에는 제5조 4항에 차축의 검사방법에 대하여 별지 제1의 차축탐상검사기준에 의하여 수행하도록 지정하고 있다.

영국의 차축 결함검사와 관련된 규정은 철도그룹표준(Railway Gropu Standard)의 GM/RT2466에 차축 설계, 운영자가 서비스 중 윤축에 적용해야 하는 안전 요구 조건인 유지보수, 운영조건을 상세히 명시하고 있다. 유럽규격인 EN 규격에는 차축 제작, 구매시 품질요구 조건을 규정하고 있고 차축 소재의 피로한도에 대하여 명시하고 있다. UIC 규격에서는 차축 제작시 품질요구 조건이 명시되어 있다.

철도안전법 제26조에서 철도차량은 안전기준에 적합하지 아니하면 운행하지 못하고, 안전기준에 적합하도록 철도차량을 유지 관리하여야 한다고 규정되어 있다. 동법 시행규칙인 건설교통부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제56조에서는 차축 결함관련 안전기준으로 차축의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 하며, 차축의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다고 규정되어 있다. 이와 관련하여 차축의 결함을 확인하기 위한 구체적인 결함검사 방법 및 기준으로 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 유지보수 기준과 국내 운영사의 유지보수기준 등을 바탕으로 차축의 결함검사 기준을 제시하고자 한다.

	구매 사양	설계	제조보수	운영검사	치수 한계
EN 규격	●				●
RGS(GM/RT)	●	●	●	●	●

	구매 사양	설계	제조보수	운영검사	치수 한계
UIC	●				●
CFR				●	
AAR	●		●		●
KS	●		●		●

마. 기준 및 해설서

(1) 차축의 비파괴검사 기준

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량 운영 중 차축의 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 결함검사 방법

(1) 차축은 정기적 유지보수 시와 필요할 경우 다음과 같은 비파괴 검사를 수행하여 유해한 결함이 검사되어야 한다.

(가) 육안검사

(나) 자분탐상

KS D 0213 (철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 결함 자분 모양의 등급 분류)

KS D ISO 6993 (철도 차량용 압연 재료－자분 탐상 시험 방법)

(다) 초음파탐상시험

KS B 0817 (금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙)

KS D ISO 5948 (압연 제품의 철도 레일－초음파 탐상 검사 합격 기준)

(2) 자분탐상 및 초음파탐상 시험자는 탐상검사에 대하여 충분한 지식과 경험이 있어야 한다.

(3) 결함검사 주기는 차량 종류별, 차륜 형식 별, 운행 조건별로 규정되어야 한다. 결함검사 주기는 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다.

(4) 결함검사 주기는 비파괴 검사로 검출 불가능한 크기의 결함이 다음 검사 때까지 위험한 수준의 크기로 발전 되지 않도록 정하여야 하며, 결함검사 주기를 설정, 변경하고자 할 경우에는 공인기관의 기술적 검토와 승인을 받아야 한다.

3. 평가기준

(1) 차축의 주요부위 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 한다.

(2) 표면 및 내부에 균열 및 파손 발견 시 보수하여 사용이 가능하다고 판정된 경우 공인된 방법으로 보수하여야 한다.

4. 기록 관리

(1) 비파괴검사를 수행한 차축에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(아) 유지보수 작업

(2) 해설서

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량 운영 중 차축의 내·외부 균열에 대한 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

【해설】

철도안전법 제26조에서 철도차량은 안전기준에 적합하지 아니하면 운행하지 못하고, 안전기준에 적합하도록 철도차량을 유지 관리하여야 한다고 규정되어 있다. 동법 시행규칙인 건설교통부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제56조에서는 차축 결함관련 안전기준으로 차축의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 하며, 차축의 내부결함을 확인하기 위하여 적절한 비파괴검사가 시행되어야 한다고 규정되어 있다. 그러나 구체적인 결함 검사 방법 및 기준이 제시되어 있지 않다. 따라서 철도차량 차축의 운영 중 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다. 차축의 제작 및 구매 시에는 KS 규격에 품질기준을 정의하고 있으므로 운영 중 차량의 안전을 위하여 차축 결함 검사기준을 규정한다.

2. 결함검사 방법

(1) 차축은 정기적 유지보수 시와 필요할 경우 다음과 같은 비파괴 검사를 수행하여 유해한 결함이 검사되어야 한다.

(가) 육안검사

(나) 자분탐상

KS D 0213 (철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 결함 자분 모양의 등급 분류)

KS D ISO 6993 (철도 차량용 압연 재료－자분 탐상 시험 방법)

(다) 초음파탐상시험

KS B 0817 (금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙)

KS D ISO 5948 (압연 제품의 철도 레일－초음파 탐상 검사 합격 기준)

(2) 자분탐상 및 초음파탐상 시험자는 탐상검사에 대하여 충분한 지식과 경험이 있어야 한다.

(3) 결함검사 주기는 차량 종류별, 차륜 형식 별, 운행 조건별로 규정되어야 한다. 결함검사 주기는 시간 혹은 거리 기준에 따라 규정되어야 하고 8년을 초과할 수 없다.

(4) 결함검사 주기는 비파괴 검사로 검출 불가능한 크기의 결함이 다음 검사 때까지 위험한 수준의 크기로 발전 되지 않도록 정하여야 하며, 결함검사 주기를 설정, 변경하고자 할 경우에는 공인기관의 기술적 검토와 승인을 받아야 한다.

【해설】

결함 검사방법 (1)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part E 운영 중 검사 및 보수 기준 을 근거로 작성되었다.

차축의 결함검사 방법으로는 육안검사, 자분탐상, 초음파탐상 시험으로 구분할 수 있다. 이 중에서 자분탐상이 노치에서와 같이 표면 균열을 검출하는데 가장 적합하고, 초음파 탐상은 내부 균열을 검출하는데 적합하다. 대부분의 철도 차량 운영회사에서는 초음파 탐상으로 결함검사를 수행하도록 규정하고 있으며, 초음파 탐상에 의한 결함의 판정이 곤란한 경우 자분탐상을 수행하고 있다. 그러나 차축 압입부의 결함을 자분탐상으로 검사 할 경우 차륜을 분해하여야 하므로 정밀도는 높지만 검사 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 탐상 정밀도가 높은 것은 자분탐상, 초음파탐상(사각탐상), 초음파탐상(국부탐상), 초음파탐상(수직탐상) 순이다.

결함 검사방법 (2)항은 "철도에 관한 기술상 기준을 정하는 성령(2001, 국토교통성)"에는 제5조 4항에 차축의 검사방법을 근거로 작성되었다. 원문은 아래와 같다.

결함 검사방법 (3),(4)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part E 운영 중 검사 및 보수 기준 을 근거로 작성되었다.

3. 평가기준

(1) 차축의 주요부위 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또

는 균열 등 결함이 없어야 한다.

(2) 표면 및 내부에 균열 및 파손 발견 시 보수하여 사용이 가능하다고 판정된 경우 공인된 방법으로 보수하여야 한다.

【해설】

평가기준 (1), (2)항은 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part G 를 근거로 작성되었다.

국내 차량 운영사 에서 규정하고 있는 차축종류별 초음파 탐상 평가기준은 철도공사의 경우 전 차종별 사용한도를 N2이상으로 규정하고 있으며, 부산교통공단과 대구광역시지하철공사에서는 T차축일 경우 감쇠도 3급(D3)이상, M 차축일 경우 2급(N2)이상으로 규정하고 있다. 이와 같이 차량 종류별 차축의 결함 한계를 규정하기 위하여 차량 종류, 차량운행 조건 등을 고려한 임계 균열길이에 대한 상세연구가 필요하다.

4. 기록 관리

(1) 비파괴검사를 수행한 차축에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(아) 유지보수 작업

【해설】

기록 관리는 영국의 철도그룹표준 GM/RT2466의 철도차량 윤축의 Part G3 기록 관리를 근거로 작성되었다.

7. 윤축용 베어링 안전기준

가. 개요

(1) 요구사항과의 적합성

본 과제의 요구조건 3장11절은 윤축용 베어링 안전에 관한 안전기준 중에서 열차 윤축용 베어링 성능 및 기준을 정립하는 것이다.

건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 제59조에는 윤축용 베어링은 전기부식에 의한 손상을 최소화할 수 있는 구조 및 설계최고속도, 최대하중에 적합한 성능을 구비하도록 규정되어있는데, 구체적인 성능 유지 기준은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 윤축베어링의 결함검사 기준에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 윤축베어링의 성능기준 및 결함검사 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

윤축베어링의 성능기준 및 결함검사기준은 다음과 같다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준일 것
- 국제규격 및 국내규정에 부합할 것
- 윤축베어링에 발생하는 성능 및 결함 특성등을 분석할 것
- 세부기준을 명확히 규정할 것 (타 기준들과의 중복성은 없을 것)

나. 이론적 배경

철도차량용 베어링은 차량의 주행안전성에 있어서 대단히 중요한 부품 중의 하나이다. 주로 여기에서는 차축 베어링에서 구름 베어링이 사용되고 있지만 일부 탱크화차와 2축 화차의 차축에서는 미끄럼 베어링(철도에서는 주로 평축 베어링이라 한다)이 사용되고 있다. 철도차량용 베어링은 일반적으로 축 베어링과 비교하여 그 사용조건이 다음과 같은 각종 제약을 받고 있다.

① 스페이스의 면 등에서 치수, 중량 등이 제한되어 있다.

② 차량과 더불어 충격, 진동을 받기 때문에 뛰어난 강도가 필요하다.

③ 넓은 속도 범위에서 양호한 운전성능이 필요하다

④ 기온, 기후 등과 분위기가 격심한 조건하에서도 양호한 운전성능이 필요하다

⑤ 높은 안전성 확보와 보수 절감화를 위해 높은 신뢰성과 내구성이 요구된다.

이상과 같은 제한 이외에 일반 축 베어링과 마찬가지로 사용온도에 한계가 있으며 고장에 의한 이상 온도 상승에 따른 판단도 필요하기 때문에 축 베어링의 온도관리는 중요한 문제이다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 규정

- ○ 철도안전법 제26조, 제59조(윤축용베어링)
- ○ 도시철도법 제22조 2항
- ○ 제2절의 주행장치의 안전기준의 46조
- ○ 제46조(축상조립장치)

(2) 해외 관련 규정

- ○ 철도안전 57조
- ○ KS R 9238
- ○ AAR M-201
- ○ GM/RT2030

라. 자료 조사 및 분석

(1) 차축베어링의 온도 측정법

철도차량용 베어링 중에서 가장 중요한 부위인 차축 베어링의 온도이다. 차축베어링에 국한되지 않고 철도차량용 베어링의 온도 측정법에는 측정 온도부에 열전대를 부착하여 측정하는 것이 많다.

설치위치의 선택은 중요한 문제이다. 이상적으로 열원의 온도를 직접 측정하는 것이 좋지만 실제에는 불가능한 경우가 많다. 축 베어링의 발열 발생부는 상대 운동이 실시되는 부분이며 구름 베어링에 있어서 내륜, 외륜 궤도면과 전동체 전동면, 평베어링에 있어서는 습동면이 열발생부가 된다. 철도 차량용 축 베어링의 온도측정에서는 특수한 경우를 제외하고 축 베어링의 정지부분과 평균적인 온도를 측정하여 상대운동을 실시하는 부분의 온도를 추정한다. 열전대를 확실하게 측정 온도부에 접촉시켜 용접, 매설 등에 의해 고정시킬 필요가 있다.

신간선 차량의 축 베어링 박스에는 온도측정을 위한 축 베어링 온도(외륜 외경면의 온도) 측정용 구멍이 있다. 주행시험에 있어서 축베어링 온도측정에는 이 구

멍을 이용할 수 있다.

(2) 차축 베어링의 온도측정 예

축 베어링의 온도는 축 베어링의 형식, 회전수, 축 베어링의 틈새, 윤활방식 및 열방산의 조건에 따라 변화한다. 전술한 바와 같이 최고의 열발생부 온도측정은 대단히 곤란하며 현차에 있어서 측정에서는 보다 각종의 제약이 발생하기 때문에 열원에 가능하면 근접시키고 열발생부의 온도를 추정할 수 있는 위치에서 측정한다.

구름 축베어링 각부의 온도는 일반적으로 전동체가 가장 높고 내륜, 외륜의 순서가 된다. 현차 주행시의 전동체 온도를 측정하는 어렵고 내륜에 있어서도 현차에서 온도측정을 위해서 차축에 가공을 실시해야 하기 때문에 그다지 적용 예가 없다. 아래 표는 일본 신간선의 차축베어링에 대하여 윤활재와 베어링의 형태에 따라 시험한 결과는 나타낸 것이다.

표 3-6-37 축베어링 형식, 윤활방식, 축박스 재질별 신간선용 축베어링 회전 시험결과

축베어링 형식	윤활 방식	축박스 재질	시험 축베어링	윤활제	시험 속도 (km/h)	축베어링 하중(kN)		상승온도 (℃)	
						반경	축	외륜	내륜
원통 구름 베어링	기름	알루미늄 합금	C1	터빈유 VG68	405	65	30	80	-
			JC34: 300계		280	57	25	62	-
		주강	JC9+JB : 40계		300	65	40	77	80
			J29+JB: 200계		300	65	40	70	76
			C2		300	65	40	72	76
			C3		325	65	40	65	75
	그리스	알루미늄 합금	C1	우레아/ 광유	360	65	30	50	74
		주강	C1,C4~C6		405	65	30	53~66	-
			C7	복합리튬	325	65	40	57,77	61,79

				/광유					
			C8	우레아/광유	340	65	40	63	64
원추 구름 베어링	기름	주강	AAR class F	터빈유 VG68	300	65	40	75	78
			T1		325	65	40	76	86
	그리스	알루미늄 합금	T2	우레아/광유	340	65	40	36	53
			WJT1: 500계	복합리튬/광유	330	51	15	22	-
		주강	T3	우레아/광유	405	65	40	42	-
			AAR class F	복합리튬/광유	325	65	40	42	47
			T4	우레아/광유	325	65	40	42	54

아래 그림은 주행거리에 따른 신간선의 차축 베어링 온도 분포와 측정 부위를 나타낸 것이다. 70 이상을 초과하지 않으며 보스 쪽 보다는 윤축 쪽의 온도상승이 높게 나타나고 있다.

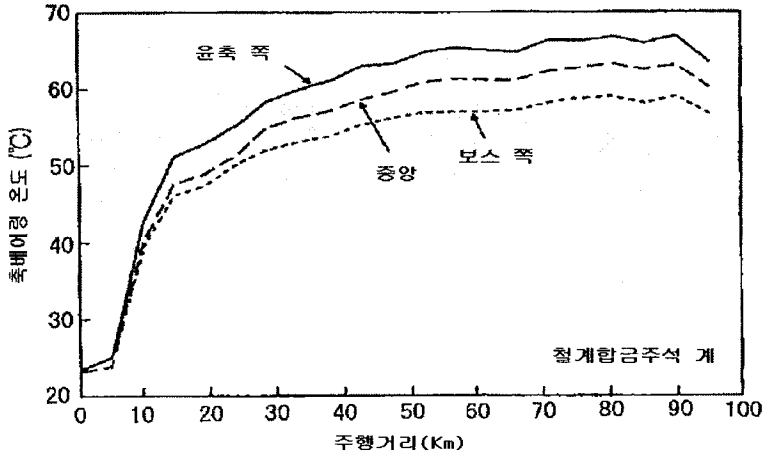


그림 3-6-67 시험시 차축 베어링의 온도 분포

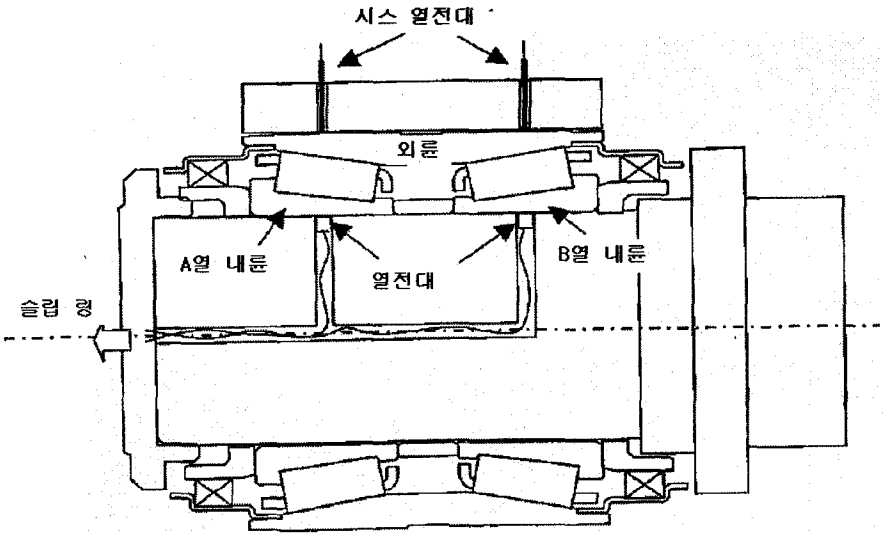


그림 3-6-68 시험시 온도 측정 부위

(3) 차축베어링 온도감시 장치

(가) 온도라벨에 의한 온도 감시

기존선 차량에서는 온도표시 라벨을 차축베어링의 seal case와 차축단부에 부착하여 차축 베어링의 이상검지에 사용하고 있는 경우가 있다. 개조를 필요로 하지 않고 작업이 용이하다는 이점이 있지만 온도표시 라벨의 점검은 차량 검사시에 한정되기 때문에 즉각적인 대응성이 부족한 단점이 있다.

(나) 축베어링 온도 검지기

신간선 차량에서는 차축 베어링이 접합된 차축 박스가 이상한 고온에 도달할 때 운전대에 이상을 검지하는 장치가 설치되어 있다. 각 축의 축 박스 상부에 축 박스 온도검지기가 설치되어 있으며 그 내부에는 저온용융합금으로 멈춘 플랜저로 스프링을 누르게 하고 있어 온도가 상승하는 경우 합금이 녹아서 플랜저가 이동하여 전기접점이 개방되면 경보가 발생한다.

(다) Hot Box Detector

국외에서는 HBD라고 호칭하는 축 베어링 감시장치가 선로 근방에 설치되어 있다. 이 장치에서는 적외선 방사온도계에 의해 주행하는 차량의 차축베어링 온도를 측정하여 어떤 일정치를 초과하면 경보가 발생한다.

기본적으로 기준 온도센서에서 검지된 온도와 차축에서 검지된 온도 및 차축별 온도를 비교하여 차축 측의 온도가 70℃ 이상이면 제어부에서 LED와 모터구동용 릴레이 동작신호가 전송되어 작동된다.

아래 그림은 국외의 HBD 시스템와 국내 KTX의 차축발열을 검지하는 시스템을 보여주고 있다.

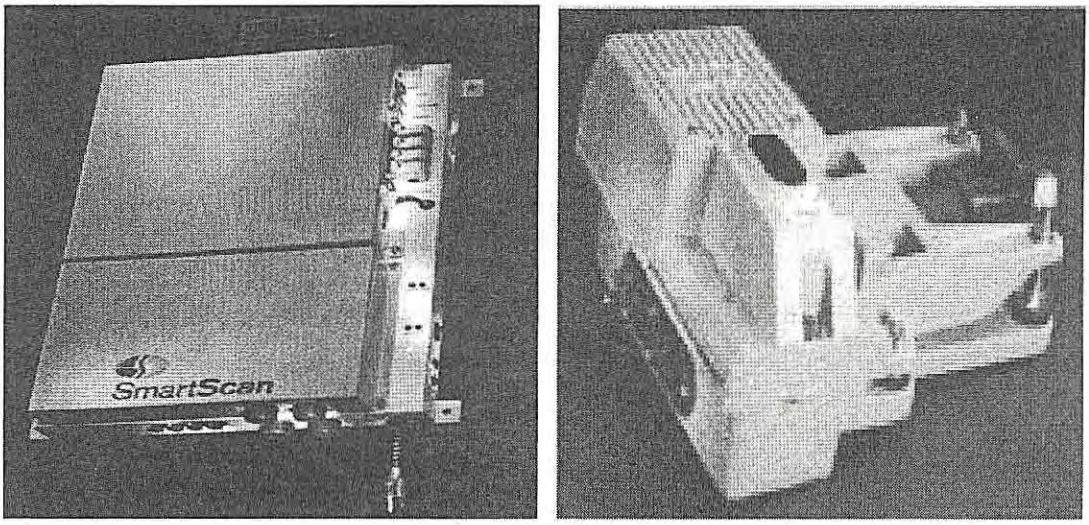


그림 3-6-69 AEI사의 HBD의 외관

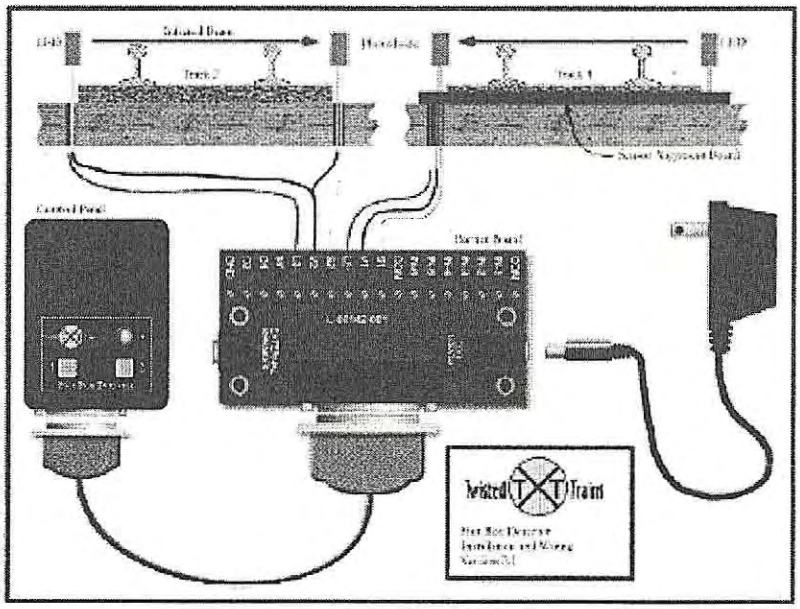


그림 3-6-70 Twisted trains사의 HBD

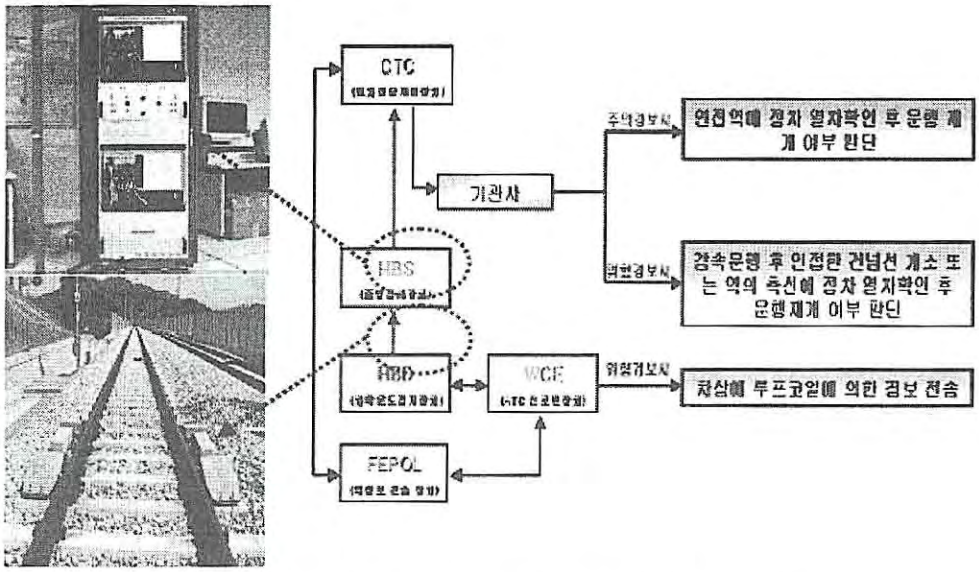


그림 3-6-71 KTX 주행선로에 설치된 HBD

(라) 차축베어링 발열에 대한 안전기준

영국에서는 철도안전 기준에서 차축 베어링 발열 검지에 대한 요구조건을 명기하고 있다. GE/RT8014의 Hot Axle Bearing detection requirement 에서는 아래 그림과 같은 부위를 기본적으로 발열 감시하게 되어 있다.

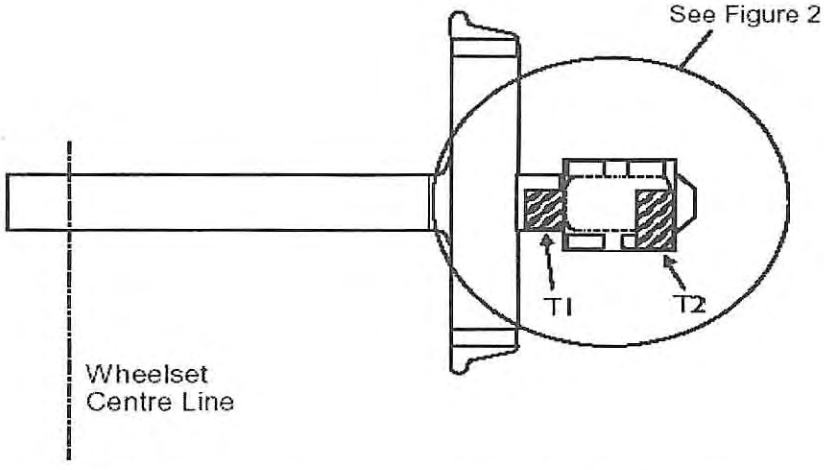


그림 3-6-72 차축 베어링 발열 감시 영역-상면

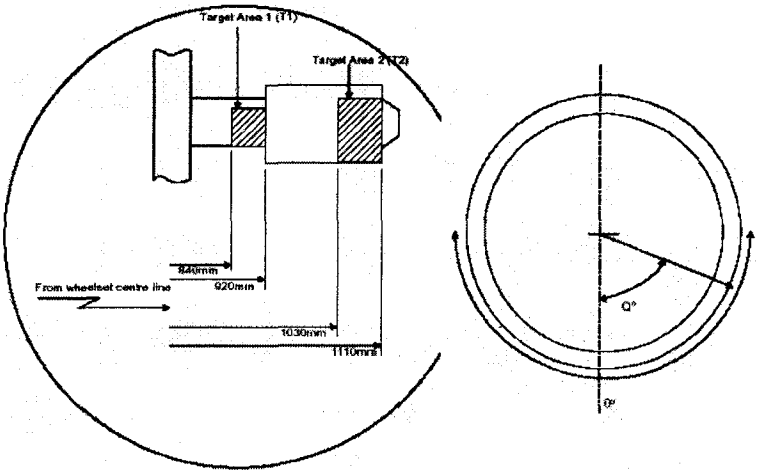


그림 3-6-73 차축 베어링 발열 감시 영역-측면

(마) 차축베어링 시험기에 의한 시험

오스트리아의 SKF사는 철도차량용 축상베어링 결함진단을 위한 철도차량용 R3베어링 시험기를 개발하여 운용중에 있다. 이 시험기는 그림과 같이 축이 두 개의 지지베어링에 의하여 지지되며, 축상베어링은 축 양단에서 액튜에이터에 의하여 축방향 및 수직방향 하중이 부과된다. 단계적으로, 속도가 증가하며, 최고속도에서 시험이 진행되며 통상 2시간이상의 연속시험이 수행되며, 각 부의 온도가 측정된다. 실제 주행중의 공기 냉각효과를 묘사하기 위하여 팬에 의한 방열장치가 있으며, 각 베어링 load zone 상단을 포함한 최소 3개지점에서 온도가 측정되어 베어링진단에 활용된다. 200km/h급 철도차량에 대하여 베어링시험기에 의한 주행거리 600,000km에 상당하는 시험이 행해지며, 200km/h 이상급 차량에 대해선 주행거리 800,000km에 해당하는 시험이 수행된다.

또한, 네델란드 SKF ERC(Engineering & Research Center)에선 THISBE(Test Rig for High Speed Bearings)를 개발하였다. 이 시험기는 대차현가계에서 윤축분리 없이 비해체로 베어링에 대한 결함진단이 가능한장치로 축상실동하중, 진동가속도 및 변위의 기록·분석이 수행되며, R3베어링 발열시험기와 함께 철도차량용 베어링 진단을 위한 진단기기로 활용되고 있다.

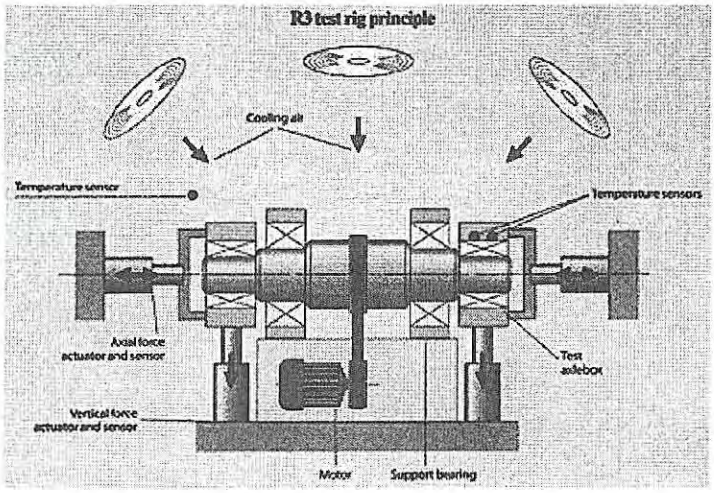


그림 3-6-74 SKF사의 R3 축상베어링 시험기

(4) 차축베어링 온도진단 방법

(가) 온도에 의한 진단

차량운전 상태가 양호할 때에 비하여 조립불량 등의 이유로 인하여 축상회전체인 베어링 등이 마찰저항을 일으켜 그 주변온도가 급격히 높아지며, 이 때의 온도를 측정하여 설비진단에 많이 이용하고 있다. 일반적으로 외부온도조건에 열전도의 영향을 고려하면 축상의 표면측정온도가 80℃ 이상이 되면 마찰부의 온도는 측정온도보다 훨씬 높기 때문에 윤활유의 인화점온도 등을 주의하지 않으면 안된다. 축상의 온도상승의 주요원인은 다음과 같다.

- 마찰이 큰 상태에서 무리하게 운전할 때
- 베어링의 정렬불량 또는 윤활유의 점도가 높거나, 과대 급유 등
- 마찰부나 윤활유의 방열이 불충분하여 발열된 열을 외부로 방출할 수 없을 때
- 운전시 열에 의한 기계적 변형이나 열팽창에 의하여 마찰부분의 조립정도가 불량하게 되었을 때

온도진단은 철도차량의 시운전 시험시 차축베어링, 감속구동장치 베어링, 모터베어링 등의 온도측정 및 평가에 적용되고 있으며, 아래 그림은 신간선 차량개발시 운행시험하였던 차축베어링의 온도상승 시험결과이다.

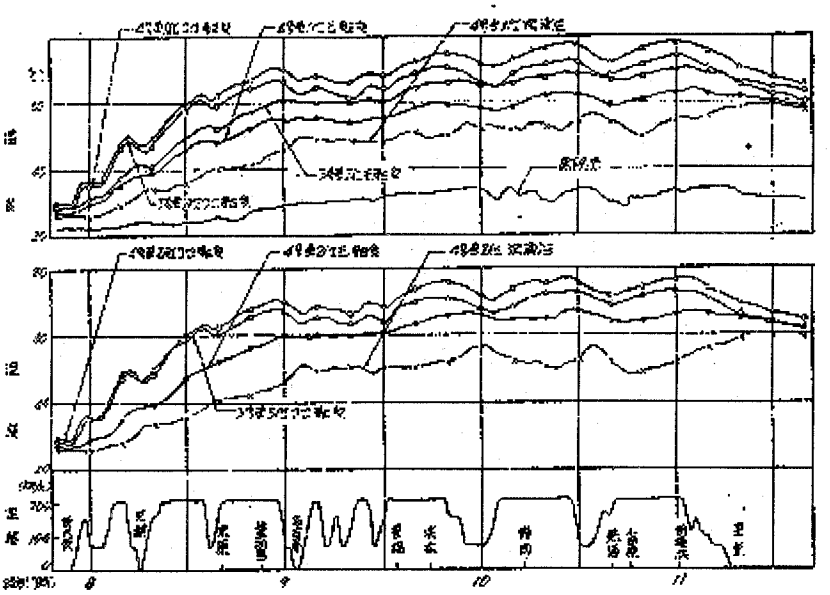


그림 3-6-75 차축베어링 온도상승 시험결과(신간선)

또한, 차축베어링에 대한 "검수규정 시행규칙"은 화차용으로 저널브라스에서 적용하고 있는 미열(40~70℃ 미만), 강열(70~140℃ 미만), 격열(140℃ 이상)의 기준과 동일하게 로울러베어링 축상에 적용할 수 없으므로 <표 3-6-37>와 같이 구름베어링의 축상 발열온도의 기준을 적용하는 것이 바람직하다.

표 3-6-38 베어링 축상의 표면 온도기준

항목 / 판정	로울러베어링 (객차용 축상표면)	조치사항	비고
요주의 (미열)	70~100℃ 미만	이음 발생과 차체진동의 판단기준을 참고하여 정밀진단 여부 결정	
불량 (격열)	100℃ 이상	정밀진단후 원인분석 및 분해검수	

② 주행검사 방법

차량주행 검사방법으로 1차로 "간이 주행검사"에 의한 차량검수후의 주행상태를 간이적으로 자동진단하고 현재의 주행방법과 유사하게 유지하고 경제성 고려하여 운

용하며, 이때에도 '자동진단 전문가시스템'을 도입이 필요하다.

1차진단 후 결함징후 등 이상상태 발견시에는 2차 "정밀 주행검사"를 시험하여 정밀 진단 및 분석을 시행하는 것으로 한다. 1,2차의 단계별 진단절차는 다음과 같이 한다.

(가) 간이진단

차량 주행검사 공정				
1위 대차 진단준비	⇒	주행운전	⇒	1차 분석
10분 -측정센서 -입고및고정		30분 속도: 차량최고 거리: 50~80km		5분 -2위 대차이동 -1위 판정

2위 진단준비	⇒	주행운전	⇒	1차 분석
5분 -2위 이동고정 -측정센서		30분 속도: 차량최고 거리: 50~80km		10분 -2위 판정 및 출고 -결함/정밀진단
-전문시스템		데이터 수집 (시험중 경고음)		-자동분석

(나) 차량주행 2차 정밀 진단

정밀 주행검사 공정(결함 대차당)				
진단준비	⇒	주행운전	⇒	정밀분석
20분 -측정센서 -입고		10분 이내 속도: 차량최고 거리: 관계무		20분 -결함원인 분석 -재 검수
-전문시스템		데이터 수집 (시험중 경고음)		-자동분석

마. 기준 및 해설서

(1) 윤축용 베어링 성능 및 안전기준

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량 운영 중 차축 베어링의 성능기준, 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 성능 기준 및 검사 방법

(1) 차축 베어링은 축상 조립장치의 일부로서 설계최고속도 및 최대하중에 따른 성능을 확인하여야 한다.

(2) 차축베어링은 운행시 열발생을 확인할 수 있는 장치를 설치하여 차축 베어링의 이상 고온에 대한 모니터링을 하거나, 주기적인 베어링 온도검사를 통한 위험도를 최소화 하여야한다.

(3) 차축 베어링은 검수주기 도래시 외관검사와 베어링 내부 검사를 통해 베어링의 이상유무를 확인하여야 한다.

(가) 외관 검사를 통한 이상유무 확인

(나) 내부검사를 통한 교환 부품 및 Cleaning 작업

(다) 베어링 내륜 및 외륜의 균열검사

(4) 차축 베어링의 검수 매뉴얼은 교환부품의 항목 및 주기, 주요 허용공차, 주요 검사항목에 대해 명시하여야 한다.

3. 평가 기준

(1) 설계 최고속도 및 최대하중에 따른 설계 입증자료를 확인하고, 제출된 공인된 시험성적서 또는 운행실적을 확인하여야 한다.

(2) 차축 베어링은 차량에 인가되는 전기에 절연이 된 구조인지 확인할 수 있어야 하며, 유지보수 기간 도래시 절연에 따른 그리스의 변색, 전기 흠집 등을 확인하여야 한다.

- 도면을 통한 절연 구조 확인
- 유지보수시 전류에 의한 그리스 변색 및 흠집 발생 유무 확인

(3) 베어링 성능평가 및 검사시 축상베어링의 외부온도의 변화를 측정하여야 하며, 이상온도가 발생하는지를 확인하여야 한다. 운행 중 축상 베어링의 외부온도가 70℃ 이하인지를 다음 중 하나의 방법을 통하여 확인하여야 하며, 축상 베어링의 외부온도가 70℃ 이상이면 경고, 90℃ 이상이면 열차 정지를 명하여야 한다.

(가) 차축 베어링 커버의 온도 센서 부착

(나) 노변의 차축발열감지장치(Hot Box Detector)를 통한 모니터링

(다) 유지보수시 시험기를 통한 베어링 온도 측정

(4) 차축 베어링은 검수주기 도래시 외관검사, 내부 검사를 통하여, 베어링의 이상유무를 확인 및 교체하여야 한다.

(가) 외관 검사 항목

- 베어링의 충격 부분 확인 검사
- 베어링 외곽부의 파손, 흠집 검사 (인터페이스)

(나) 내부 검사 항목

- 교환 및 수선 항목 : 가스켓, 와이어씰, 베어링 전동체, 내외륜 전주면, 리테이너, 프런트 커버 세척
- 공차, 성능기준 항목 : 롤러베어링 및 슬링거 내륜 열박음온도 및 공차, 베어링 거칠기
- 녹방지 및 충진 항목 : 슬링거 시트부, 그리스량

(5) 차축 베어링은 주기적으로 검사해야 하므로, 전체 베어링 셋트 교환 주기, 주요 부품 교환 및 수선 항목에 대하여 명확히 제시하여야 한다.

(가) 차축 베어링의 유지보수 교환/수선 항목, 공차 및 성능 기준 항목, 녹방지 및 충진 항목에 대하여 유지보수 기준을 명확히 제시하여야 한다.

(나) 차축 베어링의 유지보수시 초기 성능을 유지할수 있는 조합성능 테스트 기준 및 방법을 제시하여야 한다.

- 성능 시험기 또는 시운전을 통한 확인 : 온도, 그리스, 기간, 조건등

4. 기록 관리

(1) 차축 베어링에 대한 검사는 노변에 설치되어 있는 차축 발열 감시장치 또는 차축 베어링의 센서를 통해 주기적으로 조사하여 기록 관리하여야 한다.

(2) 검사 주기시 수행한 차축베어링에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(아) 유지보수 작업

(2) 해설서

1. 적용 범위

본 규정은 철도차량 운영 중 차축 베어링의 성능기준, 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

【해설】

철도안전법 제26조에서 철도차량은 안전기준에 적합하지 아니하면 운행하지 못하고, 안전기준에 적합하도록 철도차량을 유지 관리하여야 한다고 규정되어 있다. 동법 시행규칙인 건설교통부령 제455호 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제59조에서는 철도차량의 장치의 한부분으로 전기부식에 의한 손상 최소화 및 설계속도 및 설계 최대하중에 대한 성능을 구비하도록 규정되어있다.

그러나 구체적인 결함검사 방법 및 기준이 제시되어 있지 않다. 따라서 철도차량 베어링의 운영 중 결함 검사 방법 및 평가기준 관련 세부 지침을 규정한다.

2. 성능 기준 및 검사 방법

(1) 차축 베어링은 축상조립장치의 일부로서 설계최고속도 및 최대하중에

따른 성능을 확인하여야 한다.

(2) 차축 베어링은 조립된 상태에서 전기부식를 최소화 할수있는 구조임을 확인하여야 한다.

(3) 차축베어링은 운행시 열발생을 확인할수 있는 장치를 설치하여 차축 베어링의 이상 고온에 대한 모니터링을 하거나, 주기적인 베어링 온도검사를 통한 위험도를 최소화 하여야한다.

(4) 차축 베어링은 검수주기 도래시 외관검사와 베어링 내부 검사를 통해 베어링의 이상유무를 확인하여야 한다.

(가) 외관 검사를 통한 이상유무 확인

(나) 내부검사를 통한 교환 부품 및 Cleaning 작업

(5) 차축 베어링의 검수 매뉴얼은 교환부품의 항목 및 주기, 주요 허용공차, 주요 검사항목에 대해 명시하여야 한다.

【해설】

성능기준 및 검사방법 (1)항은 차축 베어링 선정시 고려 대상인 설계 최고속도 및 최대하중에 따른 베어링이 선정 되었는지, 설계 근거를 확인하고자 한다. 베어링 설계시 고려되는 설계최고속도는 최고운행속도보다 10% 큰 조건이므로 최고운행속도의 110%인 설계속도를 고려하여 설계한다.

최대하중은 객차 및 화차에 따라 달라지나, 통상 최대 수직하중(차량자중+최대승객하중(또는 최대적재하중))의 1.3배를 고려하여 베어링에 최대하중으로 고려하여 설계한다. 이러한 두가지 면을 고려하여 선정되었는지 확인하여야 한다.

(2) 항은 전기차가 아닌 경우는 큰 문제가 되지 않으나, 전기차의 경우 전기에 노출되므로 베어링부의 전기부식에 따른 그리스의 변색등의 위험에 노출되므로 전기 부식방지를 방지하기 위한 구조가 갖추어져 있는지 설계 확인이 필요하다. 전기부식 방법으로는 전기에 베어링이 절연된 구조인지를 절연시험통해 확인하여야 한다.

(3) 항은 차축 베어링은 열발생에 노출되어 운행되고 있으므로 항상 베어링 온도를 감지할 수 있는 장치(베어링 커버 온도 측정 또는 노변 차축 온도검지장치 등)를 통하여 항상 베어링 온도를 감시하고, 이를 즉각 조치할수 있는 장치가 필요하다. 특히 고속전철 시스템에서는 필수적으로 필요하며, 최소한 지속적인 베어

링 온도 감시가 어려울시 주기적인 온도측정을 통해 탈선 위험요소를 제거해야 한다. 주기적인 검사방법, 검사주기에 대하여는 세부적인 지침을 마련하여 수행한다.

(4) 항은 차축 베어링은 대차 검수주기 도래시(전동차의 경우 3년, 6년검사) 베어링에 대한 검사가 이루어 지는데 외관검사를 통한 그리스누유, 외부 파손등을 검사 및 원인에 대한 체크리스트를 작성하고, 내부검사를 통해 베어링 파손, 그리스씰 파손, 그리스 변색 등을 검사하고 이에 대한 조치를 취하여야 한다.

(5) 항은 차축 베어링은 주기적인 주요한 검사항목이며, 안전과 관련된 사항으로 검수 매뉴얼은 항목별로 성능과 관련된 부분(교환부품의 항목 및 주기, 주요 허용공차등)에 대하여 상세하게 명시하여야 한다.

3. 평가 기준

(1) 설계 최고속도 및 최대하중에 따른 설계 입증자료를 확인하고, 제출된 공인된 시험성적서 또는 운행실적을 확인하여야 한다.

(2) 차축 베어링은 차량에 인가되는 전기에 절연이 된 구조인지 확인할수 있어야 하며, 유지보수 기간 도래시 절연에 따른 그리스의 변색, 전기 흠집 등을 확인하여야 한다.

- 도면을 통한 절연 구조 확인
- 유지보수시 전류에 의한 그리스 변색 및 흠집 발생 유무 확인

(3) 베어링 성능평가 및 검사시 축상베어링의 외부온도의 변화를 측정하여야 하며, 이상온도가 발생하는지를 확인하여야 한다. 축상 베어링의 외부온도가 70℃ 이상이며 경고, 90℃이상이면 열차 정지를 명하여야 하므로 유지보수시 축상 베어링의 외부온도가 70℃ 이하인지를 확인하여야 한다.

(가) 차축 베어링 커버의 온도 센서 부착

(나) 노변의 차축발열감지장치(Hot Box Detector)를 통한 모니터링

(다) 유지보수시 시험기를 통한 베어링 온도 측정

(4) 차축 베어링은 검수주기 도래시 외관검사, 내부 검사를 통하여, 베어링의 이상유무를 확인 및 교체하여야 한다.

(가) 외관 검사 항목

- 베어링의 충격 부분 확인 검사
- 베어링 외곽부의 파손, 흠집 검사 (인터페이스)

(나) 내부 검사 항목

- 교환 및 수선 항목 : 가스켓, 와이어씰, 베어링 전동체, 내외륜 전주면, 리테이너, 프런트 커버 세척
- 공차, 성능기준 항목 : 롤러베어링 및 슬링거 내륜 열박음온도 및 공차, 베어링 거칠기
- 녹방지 및 충진 항목 : 슬링거 시트부, 그리스량

【해설】

성능기준 및 검사방법 (1)항은 차축 베어링은 미국 AAR M-934-82 기준에 의하면 최대하중의 80% 조건에서 900,000Km의 기대수명을 가지도록 설계하는 것으로 되어있다. 기대수명이란 금속피로로 인한 베어링 교체가 10%를 넘지않을 때까지의 수명으로 정의된다. 루브리케이션씰의 경우도 이러한 조건을 만족하여야 한다.

이 명세서의 베어링의 기대 수명과 관련된 설명 부분은 각각의 베어링 어셈블리들을 인터체인지 서비스에 사용할 수 있는 최소한의 기준을 제공하는 것일 뿐, 이를 짧은 서비스 수명 또는 소재 및 제품의 문제로 인한 너무 빠른 베어링의 고장에 대한 책임 회피의 근거로 해석해서는 안된다.

(2) 항은 차축 베어링의 절연문제는 특히 전기차의 경우 설계 도면에 의한 확인 및 절연시험을 통해 성능확인하여야 한다. 또한 유지보수(3년, 6년검사시)시 전기에 의한 그리스 변색, 전기흠집을 확인하여야 하며, 문제 발생시 절연시험을 통해 초기 절연시험 성능과 비교하여야 한다.

(3) 항은 차축 베어링은 열발생에 노출되어 운행되고 있으므로 항상 베어링 온도를 감지할수있는 장치(베어링 커버 온도 측정 또는 노변 차축 온도검지장치, 시험기를 통한 온도측정)를 통하여 베어링 온도 감시 및 주기적인 시험을 하여 일본 신간선 차량에서 수행된 그리스 윤활방식에서 시험결과에 의하면 70℃이하인 조건을 확인하여야 한다.

(4) 항은 전동차의 차축 베어링의 유지보수 검사(3년, 6년 검사)시 항목을 정리한 것으로 각 항목별로 외부검사 및 내부검사를 통해 체크리스트를 통해 기록을 남기고, 설계 요구조건에 부합하는지를 검사하여야 한다.

(5) 항은 차축 베어링은 주기적인 주요한 검사항목이므로 교환주기, 수선 항목에 대하여 명확히 제시하여야 하며, 기준제시 항목은 성능과 관련된 항목이다. 특히 유지보수시 초기성능을 유지하기 위해 조합성능 테스트시 요구되는 기준 및 방법을 명확히 제시하여야 한다.

(5) 차축 베어링은 주기적으로 검사해야 하므로, 전체 베어링 셋트 교환 주기, 주요 부품 교환 및 수선 항목에 대하여 명확히 제시하여야 한다.

(가) 차축 베어링의 유지보수 교환/수선 항목, 공차 및 성능 기준 항목, 녹방지 및 충진 항목에 대하여 유지보수 기준을 명확히 제시하여야 한다.

(나) 차축 베어링의 유지보수시 초기 성능을 유지할수 있는 조합성능 테스트 기준 및 방법을 제시하여야 한다.

- 성능 시험기 또는 시운전을 통한 확인 : 온도, 그리스, 기간, 조건등

4. 기록 관리

(1) 비파괴검사를 수행한 차축에 대하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 기록하여 보존하여야 한다.

(가) 검사일시

(나) 검사작업자 이름

(다) 조립 차번호

(라) 검사기계

(마) 검사조건

(사) 검사성적

(아) 유지보수 작업

【해설】

기록 관리는 영국의 철도그룹표준을 근거로 작성되었으며, 일반적인 검사내용을 기록하는 내용이다.

8. 현가장치 안전기준

가. 개요

현가장치 성능 및 검사 기준의 지침 기준은 다음과 같다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준일 것
- 국제규격 및 국내규정에 부합할 것
- 차량 설계 시 안전에 적합한 것이 등을 분석할 것
- 세부기준을 명확히 규정할 것 (타 기준들과의 중복성은 없을 것)

나. 이론적 배경

철도차량 주요장치 중의 하나인 현가장치에 대해서 국내 철도차량 안전 기준이 되는 철도안전법 제6조(철도차량의 안전기준) 제 1항 및 제2항에서 운행 및 유지관리 관련 기본 요구 사항을 제시하고 있다. 동법 시행령 철도안전법 시행령 제22조(철도차량의 구조 및 장치)법 제26조 1항에서 "대통령령이 정하는 구조 및 장치"라 함은 다음 각 호의 구조 및 장치를 말한다. 시행령 제26조 1호 구조(차량한계, 총중량, 중량분포, 축중 및 그 밖에 국토해양부령이 정하는 구조) 2호 장치(차체 및 그 장치, 주행장치, 제동장치, 추진 및 보조전원장치, 차상신호장치 및 운전자보안장치, 종합제어장치, 연결장치 및 그 밖에 국토해양부령이 정하는 장치)로 정의 되어 있어 현가장치에 대한 구체적인 제시가 안 되어 있는 상태이다. 그러나 국토해양부령 제455호 "철도차량 안전기준에 관한 규칙" 제 60조(현가장치)에서는 구체적으로 구분하여 제시되어 있다. 「제60조(현가장치) ①현가장치는 설계최고속도와 설계최대하중에 적합한 성능을 가져야 하고, 운행 중 절단 또는 파손 시 설치된 위치로부터 떨어지지 아니하고 차륜 및 스프링 등 구성품의 높이 감소 및 마모를 보상하는 구조이어야 한다. ②현가장치는 철도차량의 탈선·윤중감소·전복 등을 방지하고 안전운행을 보장하도록 설계되어야 한다. ③공기스프링형식의 현가장치는 여객 등에 의한 하중이 변화하더라도 철도차량의 차체높이를 일정하게 유지할 수 있어야 하며, 운행 중 한쪽의 공기스프링이 파손 될 경우 자동적으로 좌·우 측의 차체 바닥면의 높이가 조정되는 보조장치 등을 갖추어야 한다.

따라서 현가장치에 대한 지침을 제정하기 위해서는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙 제60조」를 충실히 따를 수 있어야 하므로 이에 대한 세부 검토 사항 단

계는 다음과 같이 구분하였다.

「설계단계 →차량성능시험단계(구성품 제작단계, 구성품 완성단계, 완성차 시험단계 및 차량운전 시운전 시험) → 차량운행단계 → 차량유지보수단계 → 차량정밀진단단계」

또한 단계별 검토 시 국내외 관련 법·규격 등을 검토하여 지침을 보편성을 검증하고자 하였다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 철도안전법(제정 2004년10월22일 법률 제7245호)

- 제26조(철도차량의 안전기준)

○ 철도차량 안전기준에 관한 규칙(국토해양부령 제455호)

- 제60조(현가장치)

○ 철도차량 성능시험 시행 지침(국토행양부 고시 제 2005-441호) 제 3조

○ 철도차량 제작검사 시행지침(국토해양부 고시 제2005-442호)

○ 도시철도법

○ 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙

- 제47조 (1차 스프링장치)

- 제48조 (2차 스프링장치)

○ KS 규격

○ 한국철도표준규격

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 일본산업규격(JIS)

○ 일본 국토교통성 성령에 의한 기준

○ 프랑스 산업기준

○ 영국철도그룹기준(GM/RT2100)

○ 유럽 철도통합운행기준(TSI 96/48/EC)

○ 세계철도연맹 기준(UIC 821, 517)

라. 자료 조사 및 분석

현가장치는 철도차량의 주행에 직접적인 연관관계를 갖는 장치로 차량의 탈선에 미치는 영향이 지대하다. 국내 안전규정 중 철도안전법의 제 26조에 의거하여 현가장치에 대한 안전규정을 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 위 조항은 철도차량에서 안전과 관련된 구조나 장치를 명시하고 관련 내용을 규정할 수 있도록 되어 있다. 또한 차량의 성능시험 외에도 차량 운행 및 유지보수 단계에 대해 적합성을 판단할 수 있는 조항을 신설할 필요가 있다. 또한 국내외 관련 규정에 의거하여 차량 정밀진단에 대한 규정을 신설해야 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 현가장치의 검사 기준

제 1조 목적

본 기준은 철도안전법 제26조(철도차량의 안전기준) 및 철도안전법 시행령 제22조(철도차량의 구조 및 장치) 그리고 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제60조(현가장치)에 의하여 일반요건 및 안전 운행에 필요한 현가장치 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제 2조 적용 범위

철도차량의 현가장치 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

제 3조 설계 기준 적합성

① 현가장치는 해당차량의 설계최고속도와 설계최대하중에 적합해야한다.

② 현가장치는 해당 차량의 탈선·윤중감소·전복 등을 방지하고 안전 운행을 보장하도록 설계되어야 한다.

③ 현가장치는 운행 중인 차량이 최속곡선 통과가 용이하고 및 차량 한계를 넘지 않도록 설계되어야 한다.

제 4조 차량 제작 및 성능시험 기준 적합성

① 현가장치는 철도차량 제작검사 시행지침 제3조(제작검사의 대상항목)에서 제시하고 있는 입고검사, 공정검사, 최종검사에 따라 해당 차량별 검사 기준에 적합하여 차량 안전성을 확보해야 한다.

② 현가장치는 철도차량 성능시험 시행지침 제3조(성능시험의 대상항목)에서 제시하고 있는 부품시험, 구성품 시험, 완성차 시험 및 철도차량 운행선로 시운전에 따라 해당 차량별 성능시험 기준을 통해 차량 안전성에 적합해야 한다.

제 5조 차량 운행단계 적합성

① 현가장치는 승객 또는 화물에 의한 하중 변화가 발생하더라도 운행 중 일정한 차체 높이를 유지할 수 있도록 설계되어야 한다.

② 현가장치는 운행 중 파손이 되더라도 설치 위치로부터 분리되지 않도록 설계되어야 한다.

③ 공기스프링 형식의 현가장치는 한쪽 공기스프링 파손 시 자동적으로 반대측과 동일한 높이가 조정되는 장치를 갖추어야 한다.

제 6조 차량 유지보수 단계의 적합성

① 정해진 순서에 따라 계획적으로 점검, 조정, 시험들을 행하여 사용 중의 고장을 미연에 방지하도록 예방검수를 시행하여야 한다.

② 사용 중의 상태 등으로부터 기능을 확인하고 고장의 징후를 예지하는 검사 및 수선을 시행하여야 한다.

③ 유지관리 계획은 차량의 기능을 유지하여 운전 중의 고장을 방지함과 동시에 차량의 사용효율 향상을 도모할 수 있어야 한다.

제 7조 차량 정밀진단단계의 적합성

현가장치는 철도차량 정밀진단 시행지침 제4조(정밀진단의 기준 및 방법)에서 성능평가를 통한 차종별 성능시험인 진동 및 승차감 시험을 운행선로 시운전 시험을 통해 차량별 성능 기준에 적합하여 차량 안전성을 확보해야 한다.

(2) 해설서

제1조 목적

본 기준은 철도안전법 제26조(철도차량의 안전기준) 및 철도안전법 시행령 제 22조(철도차량의 구조 및 장치) 그리고 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제60조(현가장치)에 의하여 일반요건 및 안전 운행에 필요한 **현가장치 구조 및 장치에 대한 기준과 차량의 점검·보수 등 유지관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.**

【해설】

「철도안전법」 제26조 1에 "철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 국토해양부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다."라고 되어 있으며 2에 "철도운영자등은 국토해양부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리 하여야 한다."라고 되어 있다. 또한 동법 시행령 제22조에 "대통령령이 정하는 구조 및 장치라 함은 다음 각 호의 구조 및 장치를 말한다. 구조; 차량한계, 총중량, 중량분포, 축중, 그 밖에 국토해양부령이 정하는 구조. 장치; 차체 및 그 장치, 주행장치, 제동장치, 추진 및 보조전원장치, 차상신호장치 및 운전자보안장치, 종합제어장치, 연결장치, 그 밖에 국토해양부령이 정하는 장치"라고 되어 있다. 또한 국토해양부령 제455호 "철도차량 안전기준에 관한 규칙" 제 60조(현가장치)에서는 구체적으로 구분하여 제시되어 있다. 「제60조(현가장치) ①현가장치는 설계최고속도와 설계최대하중에 적합한 성능을 가져야 하고, 운행 중 절단 또는 파손 시 설치된 위치로부터 떨어지지 아니하고 차륜 및 스프링 등 구성품의 높이 감소 및 마모를 보상하는 구조이어야 한다. ②현가장치는 철도차량의 탈선·윤중감소·전복 등을 방지하고 안전운행을 보장하도록 설계되어야 한다. ③공기스프링형식의 현가장치는 여객 등에 의한 하중이 변화하더라도 철도차량의 차체높이를 일정하게 유지할 수 있어야 하며, 운행 중 한쪽의 공기스프링이 파손 될 경우 자동적으로 좌·우 측의 차체 바닥면의 높이가 조정되는 보조장치 등을 갖추어야 한다.

이와 같이 「철도안전법」, 동법 시행령 및 철도차량안전기준에 관한 규칙에 의거하여 본 기준의 목적을 정하였다.

제2조 적용범위

철도차량의 현가장치 안전기준과 관련하여 다른 법령에서 정한 것을 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 따른다.

【해설】

본 기준은 일반 철도차량의 현가장치 안전에 대해 규정한다. 따라서 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제2조(정의)에서 제시하고 있는 열차, 고속철도차량, 일반철도차량, 동력차, 객차, 화차, 특수차, 전기차량을 포함하며, 다만 도시철도법에 적용받는 차량에 대해서는 별도의 규정에 의한다.

제3조 설계 기준 적합성

① 현가장치는 해당차량의 설계최고속도와 설계최대하중에 적합해야한다.

② 현가장치는 해당 차량의 탈선·윤중감소·전복 등을 방지하고 안전 운행을 보장하도록 설계되어야 한다.

③ 현가장치는 운행 중인 차량이 최속곡선 통과가 용이하고 및 차량 한계를 넘지 않도록 설계되어야 한다.

【해설】

현가장치의 설계기준 적합성은 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제22조(차량한계), 제23조(총중량), 제24조(축중 등), 제25조(중량분포), 제26조(최소곡선구간의 통과), 제60조(현가장치) 등을 준용한다.

제4조 차량 제작 및 성능시험 기준 적합성

① 현가장치는 철도차량 제작검사 시행지침 제3조(제작검사의 대상항목)에서 제시하고 있는 입고검사, 공정검사, 최종검사에 따라 해당 차량별 검사 기준에 적합하여 차량 안전성을 확보해야 한다.

② 현가장치는 철도차량 성능시험 시행지침 제3조(성능시험의 대상항목)에

서 제시하 있는 부품시험, 구성품 시험, 완성차 시험 및 철도차량 운행선로 시운전에 따라 해당 차량별 성능시험 기준을 통해 차량 안전성에 적합해야 한다.

【해설】

현가장치의 철도차량의 주요장치로 분류되어 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제60조(현가장치)에서 구체적으로 안전기준을 제시하고 있다. 「철도차량 제작검사 시행지침」 제3조(제작검사의 대상항목)에서는 입고검사(1,2차 스프링, 댐퍼), 공정검사(대차조립공정, 대차 차입공정), 최종검사(완성차 검사, 공장 시운전 검사)로 분류되어 있으며, 이들 단계별 검사를 통하여 차량 안전성을 검증토록 해야 한다.

「철도차량 성능시험 시행지침」 제3조(성능시험의 대상항목)에서는 부품시험, 구성품시험, 완성차 시험(곡선통과시험, 차체 및 대차치수 측정 등) 및 철도차량 운행선로 시운전(진동시험, 승차감시험) 시험으로 분류하고 있으며, 이들 시험마다 현가장치 특성 시험을 실시하여 차량 안전성을 검증토록 해야 한다.

제5조 차량 운행 단계 적합성

① 현가장치는 승객 또는 화물에 의한 하중 변화가 발생하더라도 운행 중 일정한 차체 높이를 유지할 수 있도록 설계되어야 한다.

② 현가장치는 운행 중 파손이 되더라도 설치 위치로부터 분리되지 않도록 설계되어야 한다.

③ 공기스프링 형식의 현가장치는 한쪽 공기스프링 파손 시 자동적으로 반대측과 동일한 높이가 조정되는 장치를 갖추어야 한다.

【해설】

현가장치의 차량 운행단계 적합성은 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제22조(차량한계), 제26조(최소곡선구간의 통과), 제60조(현가장치) 등을 준용한다. 이 경우 역사 플랫홈 높이에 맞게 차체 높이가 일정하게 유지되어야 한다. 이를 통해

여객 및 화물 처리가 용이하여야 하고, 현가장치가 운행 중 파손 되더라도 안전하게 역구내로 이동 할 수 있도록 되어있어야 한다. 또한 공기스프링 현가장치의 경우 운행 중 한쪽이 파손 되는 경우 반대쪽에도 높이를 자동적으로 맞추어 되도록 하여 곡선 통과 시 탈선·윤중감소·전복 등을 방지 하도록 해야 한다.

제6조 차량 유지보수 단계의 적합성

① 정해진 순서에 따라 계획적으로 점검, 조정, 시험들을 행하여 사용 중의 고장을 미연에 방지하도록 예방검수를 시행하여야 한다.

② 사용 중의 상태 등으로부터 기능을 확인하고 고장의 징후를 예지하는 검사 및 수선을 시행하여야 한다.

③ 유지관리 계획은 차량의 기능을 유지하여 운전 중의 고장을 방지함과 동시에 차량의 사용효율 향상을 도모할 수 있어야 한다.

【해설】

본조는 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」 제95조(철도차량의 유지관리) 및 제96조(유지관리계획), 제97조(유지보수의 시행) 및 「철도차량 안전기준에 관한 지침」 제12조(유지관리계획의 제출) 및 제13조(유지보수 기록관리)에 의거하여 작성되었다. 특히 철도차량관리자는 차량의 주요장치인 현가장치의 검사, 시험 및 유지관리에 관한 사항을 규정하는 유지관리계획을 문서로 마련하여야 하고, 아울러 검사, 시험 및 유지관리를 수행하는 직원 및 위탁자에 대한 훈련, 자격심사 및 선정 프로그램을 채택해서 그 프로그램에 따라 훈련을 실시하여 해당 차량의 안전운행에 만전을 기하여야 한다.

제7조 차량정밀진단 단계의 적합성

현가장치는 철도차량 정밀진단 시행지침 제4조(정밀진단의 기준 및 방법)에서 성능평가를 통한 차종별 성능시험인 진동 및 승차감 시험을 운행선로 시운전 시험을 통해 차량별 성능 기준에 적합하여 차량 안전성을 확보해야 한다.

【해설】

본조는 철도안전법 제37조 및 동법 시행규칙 제71조제4항의 규정에 의하여 철도차량 정밀진단의 시행에 필요한 세부 사항을 규정하고 있는 「철도차량 정밀진단 시행지침」 제3조(정밀진단의 대상항목) 및 제4조(정밀진단의 기준 및 방법)를 근거로 작성되었다. 성능평가는 정밀진단 대상차량의 상태검사 및 안전성 평가를 완료 한 철도차량에 대하여 시행하는데, 차종별 성능평가 항목은 진동시험(고속철도차량,일반철도차량 ; 동력차 객차 화차 특수차) 및 승차감(고속철도차량, 일반철도차량 ; 동력차 객차)을 실시하여 차량의 안전성을 확보토록 해야 한다.

9. 제동장치 안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건 5.11은 차량안전에 관한 세부안전기준 중에서 제동장치에 대한 안전기준을 정립하는 것이다. 철도안전법의 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제64조에 철도차량의 제동장치에 대한 사항이 제시되어 있으나 그 범위가 좁고 구체적이지 못하다. 또한 철도차량 안전기준에 관한 지침에 비상제동에 관한 시험방법, 절차 및 판정기준이 정해져 있으나 제동장치의 안전기준에 관한 상세지침은 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도차량 제동장치에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하는 구체적인 제동장치 안전기준을 제시하고자 한다.

제동장치 안전기준의 설계기준은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 제동장치의 안전기준을 구체적으로 제시할 것

나. 이론적 배경

그림 3은 자동 공기제동장치의 배열을 보여준다. 2~4량의 차량에 하나씩 설치된 공기압축기는 공기제동장치에 압축공기를 제공한다. 700에서 900 kPa로 압축된 공기는 차량 밑으로 설치된 배관을 통해 주공기통에 연결된다. 공기는 압력조정기에 의해 490 kPa로 낮추어져 브레이크 밸브, 브레이크 관 및 제어밸브를 통해 보조 공기통에까지 공급된다. 각 차량의 브레이크 관 그리고 보조 공기통에 있는 압축공기가 490 kPa에 있을 때, 브레이크는 활성화되지 않는다. 그러나 활성화된 브레이크 밸브는 압력조절기로부터 공기의 흐름을 막아 브레이크 관의 공기압력이 내려간다. 공기 압력의 강하는 각 차량의 제어밸브로 검출된다. 그러면 제어밸브들은 보조 공기통에서 제동 실린더로 들어가는 압축공기를 조절한다. 제동 실린더는 차량의 속도를 천천히 줄이고 차량을 멈추기 위해 기초 제동장치를 활성화한다. 제어밸브는 브레이크 관의 압력 강하량에 비례하여 보조공기통에서 브레이크 실린더로 들어가는 공기의 흐름을 조절한다.

Figure 3 Automatic Air Brake System

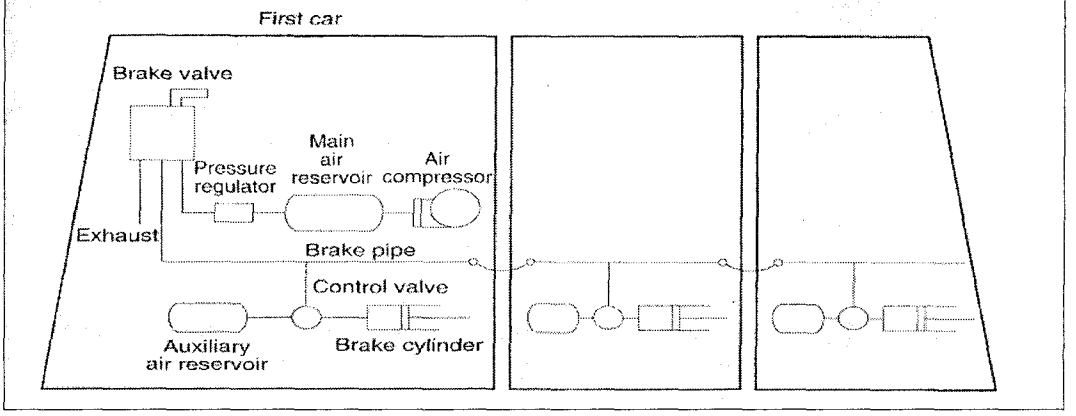


Figure 4 Straight Air Brake System

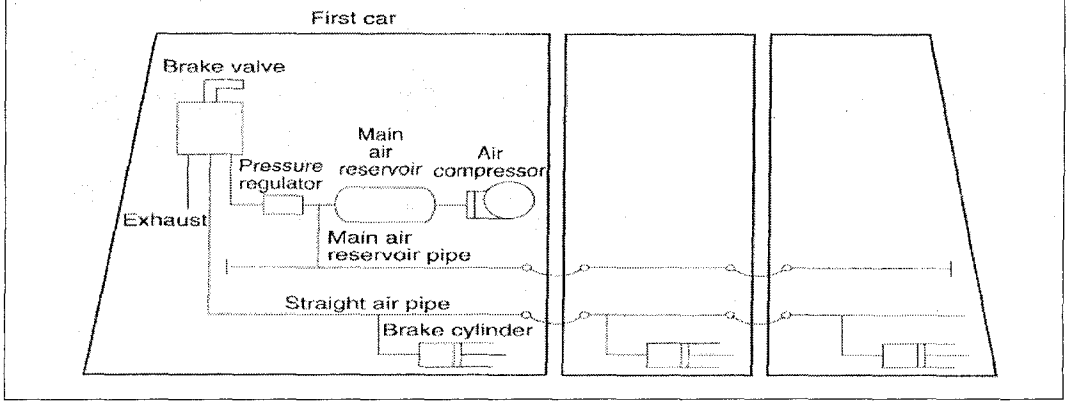


그림 4는 직통 공기제동장치를 보여준다. 위에 기술된 자동 공기제동 시스템과 달리 직통 공기제동장치에는 각 차에 제어밸브 또는 보조 공기통이 없다. 브레이크 밸브의 활성화는 직통 공기관을 통해 기초 제동 기구를 활성화하는 제동 실린더에 압축공기를 직접 공급한다.

그러나 직통 공기관은 정상 주행 조건에서 압축공기를 가지고 있지 않으므로 차량 사이의 연결이 분리되는 경우 제동이 체결되지 않는다. 이 문제를 피하기 위해서 직통 공기제동시스템은 자동 공기제동시스템과 함께 사용된다. 이 문제는 또 처음부터 마지막 차량까지 주공기통 관이라 불리는 또 하나의 관을 설치하여 해결할 수 있다. 이 관에 있는 공기압은 자동 공기제동장치의 브레이크 관에 있는 압축공기와 같이 작동된다. 이 주공기통 관에 있는 공압이 낮아지거나, 공기관 또는 차

량 사이에 있는 공기 호스에서 공기가 새는 경우에 압력 강하가 검출되고 브레이크는 자동으로 체결된다. 예를 들어, 신칸센에서는 공기압력이 600 kPa 이하로 떨어질 경우 자동으로 제동이 체결된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 철도안전법

- 철도안전법 시행령 제22조
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제3절 제동장치 (제63조~제70조)
- 철도차량 안전기준에 관한 지침 제9조 (열차의 비상제동거리)

○ 도시철도법

- 도시철도법 제51조
- 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 제51조

○ 한국철도표준규격 (KRS)

- KRS BR 0002-07R 철도차량용 공기브레이크 장치 공기통
- KRS BR 0003-07R 브레이크 디스크
- KRS BR 0005-07R 철도차량용 주철제 제륜자
- KRS BR 0006-07R 철도차량용 고압 공기 브레이크 호스
- KRS BR 0007-07R 비석면 디스크 브레이크 라이닝
- KRS BR 0009-06 철도차량용 주물제동통
- KRS BR 00010-06 제동장치 자동조정기
- KRS BR 00011-07R 화차용 막판식 제동장치

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 일본

- 鐵道に關する技術上の基準お定める省令 제95조, 96조
- 鐵道運轉規則 제 54조 (運輸省令 제 14호)

○ 영국

- Railway Safety Principles and Guidance; part 2, section F - Guidance on trains

○ 미국

- FRA PART 232 - "Brake system safety standards for freight and other non-passenger trains and equipment; end-of-train devices

○ UIC

- 453 OR Procedures for air brake tests effected with a powered unit - Provisions concerning international trains
- 540 O Brakes - Air Brakes for freight trains and passenger trains
- 541-03 OR Brakes - Regulations concerning manufacture of the different brake
- 541-04 OR Brakes - Regulations concerning the manufacture of brake components - Self-adjusting load-proportional braking system and automatic 'empty-loaded' control device
- 541-05 OR Brakes - Specifications for the construction of various brake parts - Wheel Slide Protection device (WSP)
- 541-06 OR Brakes - Regulations concerning the construction of the various brake components : Magnetic brakes
- 541-07 OR Brakes - Regulations governing the construction of different types of braking gear - Simple pressure receptacles of steel, not fired, for air braking equipment and auxiliary pneumatic equipment for railway rolling stock
- 541-08 OR Brakes - Regulations concerning the manufacture of the different brake parts - Derailment detectors for wagons
- 541-1 OR Brakes - Regulations concerning the design of brake components
- 541-2 OR Dimensions of hose connections (brake hoses) and electric cables; types of pneumatic and electric connections and their positioning on wagons and coaches equipped with automatic couplers of the UIC and OSJD Member Railways

- 541-3 OR Brakes - Disc brakes and their application - General conditions for the approval of brake pads
- 541-4 OR Brakes - Brakes with composition brake blocks - General conditions for certification of composite brake blocks
- 541-5 OR Brakes - Electropneumatic brake (ep brake) - Electropneumatic emergency brake override (EBO)
- 542 O Brake parts - Interchangeability
- 543 O Brakes - Regulations governing the equipment of trailing stock
- 543-1 ORI Brakes - A study of minimum standards for maintenance of goods wagon brakes

○ EN

- Common Decision

라. 자료 조사 및 분석

(1) 제동 메커니즘

일본 정부의 규정에는 철도차량의 안전한 운전을 보증하기 위해 제동거리와 제동 감속도가 명시되어있다. 일본규정은 최대속도에서 협궤 열차가 주행할 때 600m안에 정지 가능하도록 요구한다. 이와 같이 짧은 제동거리를 확보하기 위하여, 협궤열차는 현재 130km/h의 최대속도를 가지고 있다. 제동거리를 단축하기 위해서, 다시 말해 동일한 제동거리에서 최고속도를 올리기 위해 보다 능률적인 제동기술의 개발을 위한 연구가 수행하고 있다. 신칸센 규정에는 각 속도 영역마다 감속도가 명시되어 있다. 신간선 열차의 경우도 더 높은 감속도를 얻기 위해 새로운 제동기술이 개발되어져야 할 것이다. 만약 열차가 급제동을 위한 비상 안전장치가 장착되어 있지 않다면 열차는 고속으로 주행할 수 없고, 열차시스템은 짧은 운행간격으로 운전할 수 없다. 신칸센의 300km/h 속도와 Tokyo 통근열차의 2분 운행간격은 제동시스템의 정확도와 뛰어난 응답 때문에 가능한 것이다. 초기 철도에서 제동장치의 고장과 부적절한 사용이 많은 사고의 원인이 되었다는 것을 기억하는 것이 중요하다.

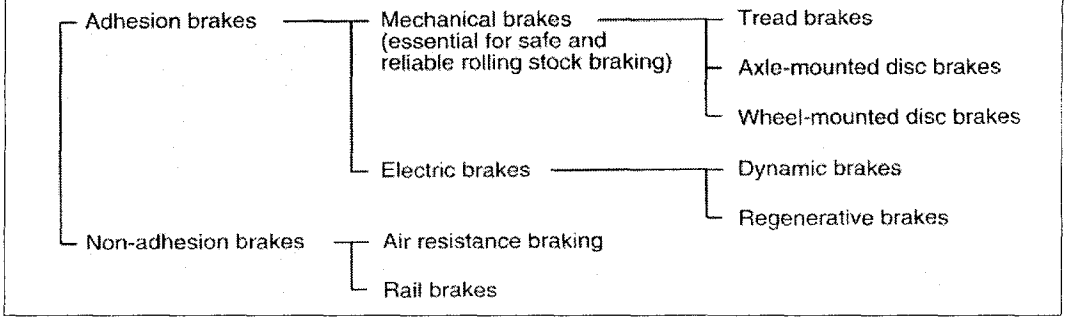
제동에 의해 발생되는 에너지의 양은 매우 크다. 하나의 예를 설명하면, 신칸센 500시리즈 16차량의 경우 모든 좌석에 승객이 있을 때 무게는 509톤이다. 이 열차

가 최대 속도 300km/h에서 정지할 때 제동장치가 흡수해야 할 총 에너지는 1.77×10^9 Joule이나 된다. 이것은 4200리터의 물을 어는점에서 끓는점까지 온도를 변화시키기에 충분하고, 자동차에 사용되는 제동 에너지의 1000~2000배 정도의 에너지이다.

제동력이 차량을 정지하도록 하려면 그 힘은 차가 아닌 다른 것, 예를 들어 레일에 전달되어야 한다. 제동력은 차륜과 레일의 마찰을 이용하는 점착을 통해 또는 점착력을 이용하지 않는 다른 방법을 통해 다른 것으로 전환되어야 한다(Fig. 5). 일본에서 현재 사용되고 있는 대부분의 차량은 점착 브레이크를 이용하고 있다.

비점착 방법은 휠과 레일이 접촉하지 않고 공기저항을 증가시키거나 또는 슈를 사용하여 레일에서 차에 직접적으로 압력을 적용시키는 방법이다. 후자의 방법은 레일 브레이크라 불린다. 대부분의 차량의 전기제동 혹은 기계제동을 사용한다.

Figure 5 Braking Mechanisms

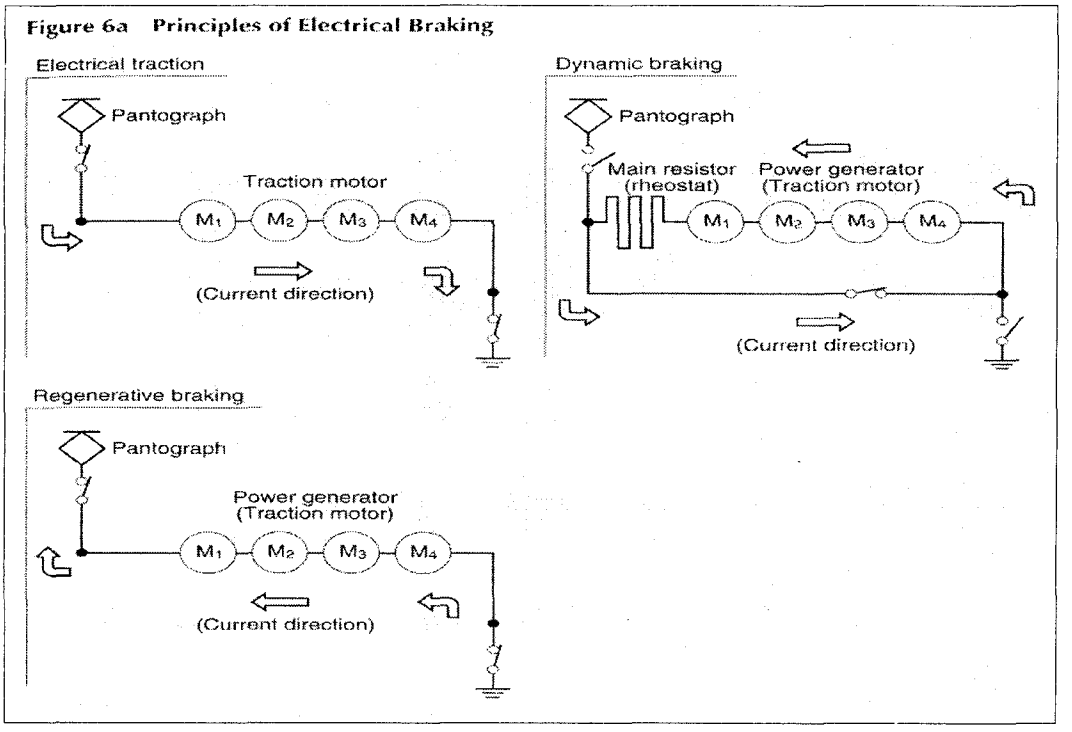


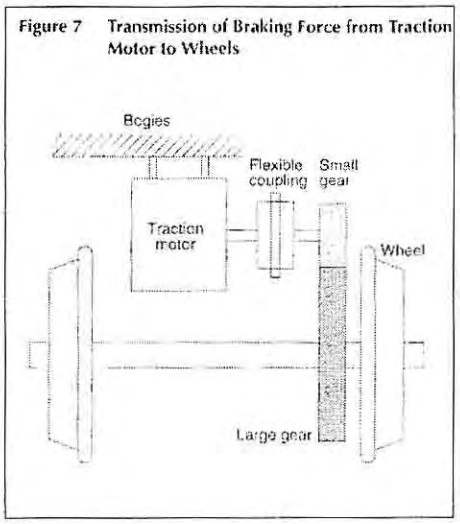
(2) 전기 제동 시스템

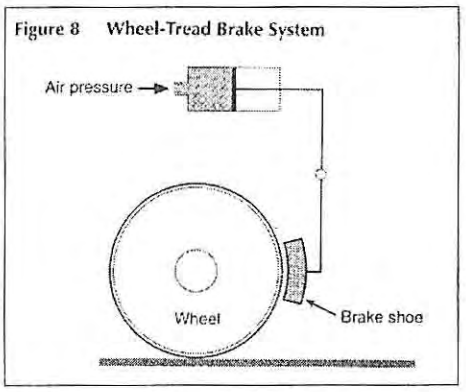
전동차에 사용되는 또 다른 제동 시스템은 제동 시 모터를 발전기로 변화시켜 운동에너지를 열로 소진시키는 전기 다이나믹 제동이다. 회생제동은 생성된 전기를 열로 소진시키는 것 대신에 전기를 만들어 에너지를 저장하도록 만든 것으로 점점 일반화 되고 있다. Fig. 6a는 전기 견인, 다이나믹 제동, 회생 제동 시스템의 원리를 보여준다. 열차를 구동하고 가속하는 견인모터는 제동 시 주저항기, 아마츄어 등으로 구성된 회로의 일부분으로 작동된다. 전기는 회로를 통해 흐르고, 열차의 운동에너지를 열로 전환시키는 주저항기에서 열로 소모된다. 회생제동은 같은 타입의 회로가 사용되지만, 제동에 의해 발생된 전기가 주저항기에 의해 소모

되지 않고 대신에 가선으로 전송되어진다. 이 전기의 흐름은 판토그래프 밑에 있는 제어기에 의해 제어된다.

전기제동 시스템은 기계제동 시스템과 다르게 마찰요소를 사용하지 않기 때문에 경제적이다. 회생제동 시스템은 열차의 운동에너지를 고가의 전선으로 전송하고 다른 차량의 파워로 사용가능하게 하도록 전기를 재생하기 때문에 보다 더 경제적이다(Fig. 6b). 전기제동 시스템의 문제는 복잡한 회로를 가지기 때문에 때때로 고장을 일으킨다는 것이다. 이러한 이유로 비상제동으로는 사용할 수 없다. 전기제동 시스템에서, 견인전동기의 제동력은 기어를 통해 휠로 전달된다(Fig. 7). 생성된 전기는 제동력을 제어하도록 조정된다.







(3) 기계제동 시스템

기계제동 시스템에서 이용하는 기초 제동장치에는 차륜-답면 브레이크(Fig. 8), 차축 디스크 브레이크(Fig. 9), 차륜 디스크 브레이크(Fig. 10) 등이 있다. 이러한 구조들은 모두 디스크에 마찰을 발생시키는 물체(브레이크 슈 혹은 라이닝)를 사용한다. 공급된 압력으로 제동력을 조절한다. 차륜-답면 브레이크에서 브레이크 슈는 차륜 답면에 마찰을 일으키고 미끌림 현상을 발생시킨다. 고속전철에서는 이러한 구조가 차륜 답면에 손상을 가할 수 있기 때문에 사용되지 못한다. 대신 고속전철에는 차축 디스크 혹은 차륜 디스크 브레이크를 사용한다. 차축 디스크 브레이크는 제동 시스템을 수용할 수 있는 충분한 공간이 있는 객차 대차에 사용된다. 차륜 디스크 브레이크는 견인 전동기를 설치하여야 하기 때문에 차축 디스크 브레이크 시스템을 장치하기엔 공간이 부족한 동력차 대차에 사용된다. 두 시스템 모두에서 압축 공기 혹은 오일이 브레이크 실린더에 공급되어 디스크에 대한 브레이크 라이닝의 압부력을 발생시킨다. 브레이크 디스크의 무거운 중량은 오직 제동 시에만 쓸모있기 때문에 운영처에서는 보다 가벼운 디스크를 개발하기 위해 노력을 기울이고 있다. 탄소/탄소 복합재의 다중 디스크와 알루미늄 복합재 디스크를 이용함으로써 보다 경량화를 달성할 수 있기에 이들이 상당히 주목받고 있다. 탄소/탄소 복합재 다중 디스크는 탄소섬유로 된 회전체와 고정체가 교대로 배열된 구조이다. 제동 시에 이들은 차축 및 차륜을 감속시키는 마찰력을 발생시키기 위하여 서로 상대 마찰

운동을 한다. 이 디스크는 기존의 재료에 비하여 가볍고 매우 훌륭한 열저항 특성을 갖는다. 알루미늄 복합재 브레이크 디스크는 오늘날의 단강이나 주강 브레이크 디스크보다 훨씬 가볍게 제작될 수 있다. 게다가 그 구조는 차축 디스크, 차륜 디스크와 동일하기 때문에 설계변경 없이 상당한 경량화를 이룰 수 있다.

Figure 10 Wheel-Mounted Disc Brake System

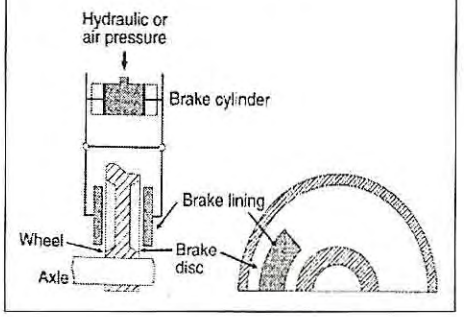
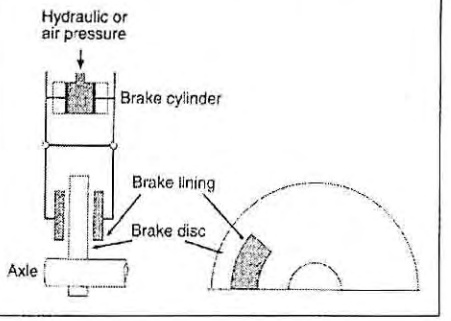


Figure 9 Axle-Mounted Disc Brake System



(4) 제동 지령

Figure 11 Carbon/Carbon-Composite Multi-Disc System

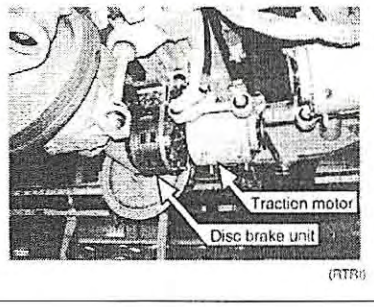


Figure 12 Digital Electric Command System

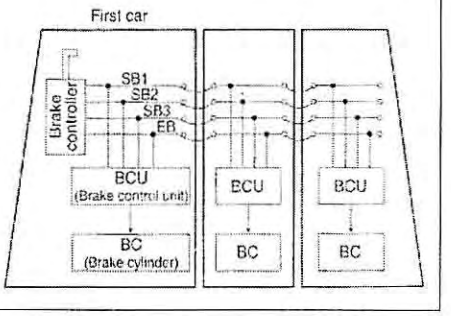


Figure 13 Examples of Air Command lines

	Brake notches							
Command lines	1	2	3	4	5	6	7	EB
SB1	○		○		○		○	
SB2		○	○			○	○	
SB3				○	○	○	○	
EB	○	○	○	○	○	○	○	

SB: Service brake
EB: Emergency brake

제동은 반드시 모든 차량에 걸쳐 동시에, 정확히 요구되는 제동력으로 작동해야한다. 제동 시점과 제동력은 전기식 지령 시스템이나 공기식 지령 시스템에 의해 제어된다.

그림 12, 13, 14는 각각 디지털 전기식 지령 시스템, 공기압 지령 회로, 제동 제어 유닛(BCU)을 보여주고 있다. 디지털 전기식 지령 시스템은 열차의 전 길이에 걸쳐 깔려 있는 와이어를 통해 디지털 전압을 공급함으로써 제동력을 제어한다. 반면 아날로그 지시 시스템으로도 알려져 있는 공기식 지령 시스템은 마찬가지로 열차의 전 길이에 걸쳐 깔려있는 파이프의 공기압을 제어한다. 공기식 지령 시스템은 화물열차나 몇몇 객차에 사용되고 있고 전력의 사용 없이 열차에 제동 지령을 전달할 수 있다. 전기식 지령 시스템은 신칸센 및 기타 신개발 열차에 사용되고 있으며 편성 길이가 긴 열차에서도 보다 가벼운 중량과 우수한 응답시간을 제공한다. BCU 시스템은 제동 지령, 전기적 제동력(회생 제동), 승객 수, 그리고 열차속도 등에 따른 조절을 통해 최적 레벨의 제동력을 유지시켜준다.

마. 기준 및 해설서

(1) 제동장치 안전기준

제1조(적용범위) 본 지침은 '철도차량 안전기준에 관한 규칙' 제3절(제동장치)와 관련한 세부 지침으로 모든 차량과 열차의 제동장치에 적용된다.
제2조(제동시스템) ①제동시스템이 제대로 작동되거나, 혹은 그렇지 못하더라도 연결장치의 파손이나 승객에 상해를 일으키는 정도의 충격을 발생시켜서는 안된다.
②제동장치의 각 부품은 운행의 안전에 지장을 주는 흠 · 균열 또는 기공 등의 결함이 없어야 한다.
③고온 및 고압부와 같이 작동 또는 접근에 주의를 요하는 장치 · 기기 및 부품에는 사람이 보기 쉬운 위치에 주의표시 또는 보호장치를 설비하여야 한다.
④제동장치에 사용되는 압축공기와 유압공급장치는 외부에서 유입되는 물이나 다른 오염물질에 대해 보호되어야 한다.
⑤오염물질의 유입이 제동제어나 작동을 불안전하게 할 수 있으므로 결빙에

대한 사전조치가 이루어져야 한다.

⑥제동시스템의 제어는 승객이나 승무원의 비정상적인 작동에 의한 손상을 방지할 수 있도록 견실해야 하고 허가되지 않은 조작에 의한 오작동에 대해 방어기능이 있어야 한다.

⑦제동시스템의 어떤 부분에 격리효과를 갖는 모든 코크, 밸브 및 레버는 쉽게 식별되고 눈에 띄어야 하며, 명확히 그들의 위치를 보여주는 지시기를 구비하여야 한다. 또한, 적절한 곳에 장치의 조작을 위한 작동방향이 표시되어야 한다. 코크, 밸브 및 레버는 허가되지 않은 조작에 의한 오작동에 대해 방어기능이 있어야 하고, 무심결에 신체와 닿았을 때 우연한 작동이 되지 않게 설계되어야 한다.

⑧제동 지연이나 다른 결함에 의한 불완전한 완해로 인해 발생하는 의도되지 않은 제동력은 열차내의 모든 차량에서 최소가 되도록 설계되어야 한다.

⑨제동장치는 모든 차량에 설치되어야 하고 차량 전체에 걸쳐 연속적, 자동적으로 작동되어야 한다. 연속적, 자동적 제동은 모든 작용조건에서 효율적으로 작용하여야 하며 작용 시 견인력을 차단하여야 한다. 열차의 연결장치 파손으로 열차가 분리되는 경우 자동으로 비상제동이 모든 부분에 체결되어야 한다. 어떤 사유로 이러한 조건이 만족되지 못하는 경우에도 그것이 어떠한 위험을 일으키지 않아야 한다.

⑩제동이 체결된 상태로 지속중일 때 잠정적인 위험을 줄 수 있는 어떠한 비정상 기능도 특별한 수리조치가 행해질 때까지 작동되지 않도록 제동시스템이 설계되어야 한다. 충분한 제동력이 얻어지지 않으면 제동을 완해하거나 열차를 출발시키는 것이 가능하지 않아야 한다.

⑪열차의 안전을 위해 제동시스템에 여분의 장치가 사용되는 경우 각 구성요소의 고장을 쉽게 탐지할 수 있어야 한다.

제3조(비상제동) ①제어위치에서 쉽게 체결할 수 있는 비상제동이 있어야 하며 비상제동은 모든 순간에 효과가 있어야 한다. 제동시스템은 열차의 감속을 최적화하도록 설계되어야 하고 차륜 활주방지장치에 의해 기능이 저하되지 않아야 한다.

②비상제동 시에도 차량 및 승객에 유해한 열차 길이방향의 충격이 발생하지 않아야 한다.
③비상제동 시에 제동 지령을 전달하는 매체의 전달속도는 적어도 250m/s 이상이어야 한다. 이 속도는 기관사 밸브로부터 후부차량의 마지막까지의 주공기관 길이를 기관사밸브의 작동시점부터 공기가 마지막 차량의 제동통에 도달하는 데 소요되는 시간을 나누어 구한다.

제4조(활주방지장치) ①차륜 활주방지장치는 원래의 제동성능을 저하시키지 않아야 한다.
②활주방지장치가 고장 시 기관사는 수동적으로 제동제어를 할 수 있어야 한다.
③자동적으로 제어되는 차륜 활주방지장치는 자기 진단기능을 구비하여야 하고, 제어가 안전한 기간 내에 완전히 실행되지 않으면 자기진단을 수행하고 기능을 정지하여야 한다.
④휠－레일간의 점착과 상관없는 추가적인 제동시스템이 사용되는 경우라도 활주방지장치는 기능적으로 완전한 상태를 유지하여야 한다.

제5조(전공 브레이크)①전공 브레이크가 사용되든, 사용되지 않던 간에 각 제동 스텝의 제동력 레벨은 같아야 한다.
②모든 새로운 전공 브레이크는 현재 현존하고 있는 전공 브레이크와 호환 가능하여야 한다.
③전공 브레이크의 전기적인 제어장치를 사용하지 않을 때에 압축공기 브레이크의 일반적 기능들은 다른 차량부품을 교체하지 않고도 그대로 사용 가능하여야 한다.
④제동 솔레노이드 밸브에 연결된 케이블의 고장(파손 및 단선)의 경우 즉시 운전자에게 알려져야 한다. 다음의 경우에 주행 중인 열차는 급정지 하여야 한다.
- 제동 중에 고장이 발생하였을 경우 안전한 정지를 위해서
- 전공 제어 케이블을 통한 명령이 실행되지 않을 경우
⑤차량과 관계없이, 전공제동 체결 명령은 전공제동 완해 명령보다 우선적으로

적용되어야 한다.

제6조(전기제동) ①전기회생원리를 사용하는 전기제동시스템이 사용될 때 전기견인시스템, 신호시스템, 통신시스템과 부합하여야 한다.
②회생제동, 발전제동, 전자기 트랙제동, 마찰 혹은 다른 제동시스템은 각각 독립적으로 혹은 결합되어 사용될 수 있다. 어떠한 결합된 시스템은 제동력을 혼합할 수 있는 수단이 있어야 한다.

제7조(주차제동) ①모든 화물차에는 주차제동이 구비되어야 한다. 주차제동은 차량이 운행하는 선로구배에서 영구적으로 차량을 정차시킬 수 있어야 한다.
②화물차가 아닌 차량에서는 주차제동이 충분히 구비되어 그들이 포함된 편성열차를 그 열차가 운행하는 모든 구배에서 열차를 정지시킬 수 있어야 한다.
③주차제동은 별개의 전문장비 없이 한 사람에 의해 체결될 수 있어야 한다.
④손으로 체결하는 주차제동은 열차 내 혹은 지상에서 차량의 양쪽 어느 곳에서도 편리한 위치에서 체결이 가능하여야 한다.

제8조(제동마찰재) ①제동마찰재는 불꽃방출이 낮은 재질이어야 한다.
②불꽃이 발생하는 제륜자의 경우 불꽃을 막는 판을 설치하여야 한다.
②제동마찰재는 승객에게 위험이나 해를 끼치는 유해한 물질을 배출하여서는 안된다.
③석면의 사용은 금지된다.

(2) 해설서

제동장치의 안전기준은 철도안전법, '철도차량 안전기준에 관한 규칙- 제3절 (제동장치)'에 기술된 내용을 바탕으로 세부적인 사항을 작성하였다. 기준작성에 사용된 자료는 앞에서 언급한 영국, 미국, 일본, UIC 자료를 사용하였다. 설계나 성능에 관련된 내용보다는 안전에 관련된 최소한의 내용이 포함되도록 하였다. 각 조항들은 외국 규격에서 인용된 것으로 특별이 해설을 필요로 하는 않아 조항별 해설은 하지 않았다.

제 7 절 체계 및 인터페이스 분야 세부 안전기준

국내 철도사고와 관련된 철도체계 및 인터페이스 분야의 분석을 통해 다음과 같은 세부 안전기준 대상항목을 선정하였으며, 최종적으로 아래와 같은 항목을 검토하고 기준 및 해설서를 작성하였다.

① 철도차량의 위험도분석 세부기준

② 철도차량 유지관리계획의 작성 세부기준

③ 철도차량 유지보수기록관리 세부기준

④ 철도차량 구조의 재원산정 기준

⑤ 철도차량의 표기

⑥ 객차 등의 기압변화 기준

⑦ 차량-궤도 인터페이스 안전기준

⑧ 차량-신호 인터페이스 안전기준

⑨ 차량-전력 인터페이스 안전기준

⑩ 차량-승무원 인터페이스 안전기준

⑪ 차량 전기 안전기준

1. 철도차량의 위험도분석 세부기준

가. 개요

본 절은 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제6조 2항에 의거하여 철도차량의 위험도분석의 대상, 절차, 기준 및 방법 등 세부지침을 개발한 것으로서, 본 연구과제의 연구범위에 해당하지 않으나 필요에 의해 추가로 개발된 것이다.

철도종합안전기술개발사업의 "위험도분석" 연구과제의 연구결과를 주로 활용하여 철도차량에 적합한 위험도분석 세부기준이 작성되었다.

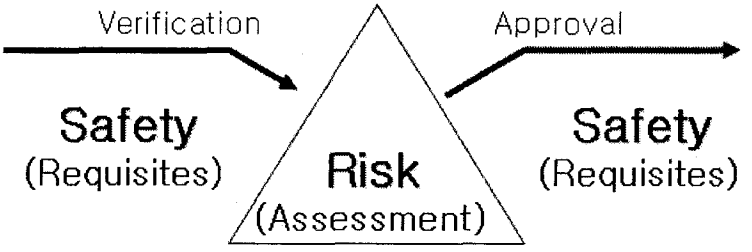
나. 이론적 배경

(1) 필요성

철도 안전관리와 기술기반을 선진국 수준으로 제공하고, 급증하는 기술적·사회적 안전 위협요소에 적극적으로 대응하기 위하여 철도시스템 위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가를 핵심 기반으로 하는 국가적인 철도 안전 관리 시스템 구축이 요망됨

(2) 위험도 분석

위험도는 영문으로 "risk"로 표기되며, "hazard"로 표기되는 위험과는 다른 개념이다. 위험은 시스템의 수명주기에 대해 부정적인 영향을 유발할 개연성이 존재하는 요소를 의미하며, 위험도는 위험에 발생확률이 포함된 개념이다. 위험, 위험도, 안전에 대한 정의는 그림 3-7-1과 같다.



-위험(Hazard) : "사고를 유발하거나 초래할 수 있는 어떤 불완전한 조건 또는 행동"
-위험도(Risk) : "위험사건의 발생확률과 그에 따른 결과심각도로서 예상 손실 평가"
-안전(Safety) : "사고/재해가 없는 상태", "사고/재해를 유발할 수 있는 위험이 없는 상태"
-안전요건(safety requisites) : "위험도를 적정 수준으로 제어하는데 필요한 안전대책/활동"

그림 3-7-1 위험, 위험도, 안전에 대한 정의

따라서 시스템에 중대한 부정적 영향을 미치는 위험이 있더라도, 만약 발생확률이 지극히 미미하다면 위험도는 높지 않게 평가될 수 있다. 위험도를 산출하는 방식은 단순하게 위험과 발생확률을 숫자로 표시하여 곱하는 방식부터 미리 규정된 매트릭스에 의거하여 위험도를 도출하는 방식까지 다양하게 존재한다.

위험도 분석은 단독적인 활동이라기보다, 위험도 관리(risk management) 활동의 일부로 보는 것이 타당하다. 즉, 위험도 분석 그 자체는 가장 적절한 안전관리 방법과 안전대책 수단에 대한 결정을 내리는 과정의 한 절차로서 고려될 수 있다. 위험도 관리활동은 통상 계획(planning), 식별(identification), 평가(assessment), 분석(analysis) 및 처리(handling)의 5가지 절차로 진행된다.

위험도는 통상 기술적 위험도(technical risk), 비용측면의 위험도(cost risk), 일정상의 위험도(schedule risk), 프로젝트 상의 위험도(programmatic risk) 등이 있다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

o 철도차량 안전기준에 관한 규칙[일부개정 2008.7.10 국토해양부령 제35호]

- 제2조 정의 : 13. 위험도분석
- 제6조 위험도분석

(2) 해외 관련 기준 현황

(가) 미국

o 미국 철도시스템 안전 프로그램

(나) 영국

o Railway Safety Principle and Guidance

(다) 호주

o 호주 철도시스템 인터페이스 안전관리 국가표준규격

- Infrastructure AS 4292.2
- Rolling Stock AS 42.92.3
- Signalling and telecommunication AS 4292.4
- Operating management AS4292.4

- Train management AS 4292.5

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 위험도 분석 관련 규정 및 프로그램 운용 현황 조사

(가) 국내

철도차량 안전기준에 관한 규칙[일부개정 2008.7.10 국토해양부령 제35호]의 6조에서는 "철도차량제작자 및 철도운영자등은 신규로 제작되는 철도차량에 대하여 철도차량의 설계·제작·유지보수 및 운영환경 등 전반에 관하여 위험도분석을 하여야 한다."고 정의하고, 이에 대한 구체적인 대상, 절차, 기준, 방법은 장관고시하도록 되어 있다. 2007년 7월 9일 철도차량 안전기준에 관한 지침이 개정고시되었으며, 여기에는 위험도 분석 세부기준이 별표 12로 제시되어 있다.

(나) 해외

○ 미국의 예비위험분석(PHA)에 근거한 철도 시스템 안전 프로그램 재정

- MIL-STD-882 기반의 예비위험분석(PHA)
- 위험 추적/안전심사 (철도 안전심사프로그램 운용)
- 소프트웨어 안전 : 철도신호용 S/W 안전기술사양 제정
- 안전보고(FRA 철도사고정보 D/B 운영) : 사후설계위험분석

○ 영국의 Railway Safety Principle & Guidance와 철도시스템 위험요소 분석

- 영국은 "추가되거나 변경된 기계, 시설 및 장치는 실제 합리적으로 사용 가능한 경우, 이로 인하여 영향을 받는 모든 사람들의 안전을 보장하도록 한다."는 Railway Safety Principle & Guidance를 제정하여 모든 철도시스템의 요소별 위험을 정의하고, 철도 안전확보를 위해 최우선으로 적용하는 원칙이 수립되어 있음.
- 철도시스템 안전의 제1원칙인 안전사명을 필두로 모든 원칙에 적용할 수 있는 철도시스템 안전을 위한 중요 고려사항을 정의하여, 이후 철도기반시설, 역 및 입환구역, 전기견인시스템, 철도제어시스템, 건널목 이용자 및 열차안전, 열차의 6가지 요소별로 구분하여 33개의 원칙과 지침을 규정하고 있음.

○ 프랑스 SNCF의 TGV 열차운영관련 사고유형 분류 및 사고위험 분석

- 프랑스는 지난 20년간의 TGV 열차운영과 관련하여 발생한 사고유형을 25가지로 구분하고 163개의 사고위험요인 PHA로 분석하고 고장모드를 FMECA 기법을 적용하여 분석함

o 호주의 철도시스템 인터페이스 위험분석

- 국가 규격으로서 설계단계, 시공 및 설치단계, 위임 및 운영단계, 유지보수 및 모니터링 단계, 해제 및 폐기단계의 수명주기별 위험분석 및 안전관리를 규정하고 있음

o 일본의 철도 위험요인 분석

- 일본에서는 "원인-기인사고의 발생과 안전계의 실패"의 형태(사고진전)에 따라 철도의 안전성을 자세히 조사하여 다음과 같은 철도의 위험(Hazard)을 정리하고 있음

(2) 위험도 분석을 위한 일반절차

위험도 분석은 철도시스템의 수준과 해당 철도시스템의 실제 수명주기상의 단계를 고려하여, 위험도 관리를 효과적으로 달성하는데 적합한 방법과 수단을 적용해야 한다. 대표적으로 7단계로 구성되는 영국의 공학적 안전관리(ESM) 절차는 다음과 같다.

(가) 위험요인 판별(Hazard identification)

위험도 분석은 우선 위험도를 분석하는 대상 및 관련 시스템의 특성을 정의하고, 사고이력 분석, 공학적 해석 및 전문가 판단을 기초로 하여 대상 시스템 및 그 운영과 관련된 위험사건과 원인인자를 판별하는 것이다. 일반적으로 예비위험분석(Preliminary Hazard Analsis, PHA)이라는 정성적 분석 방법이 널리 사용되는데, 이는 안전관리 대상이 되는 핵심 위험사건을 확인하고, 위험조건의 초기 평가와 관련 위험요인의 관리 및 후속조치를 판단하는 방법이다. 이때 제거할 수 없는 위험요인의 발생을 적절히 제어 또는 제한할 수 있는 안전방벽 등의 제어수단을 검토한다.

(나) 원인분석(Causal Analysis)

원인분석은 위험사건을 초래할 수 있는 원인인자의 조합이나 연관 관계를 판단하는 것으로서, 각각의 위험사건 발생을 초래할 수 있는 시스템/하부시스템/구성품의 기술적 결함, 인적오류, 외부요인, 운영관리상의 결함 등 위험원인을 판별한

다. 원인분석 단계에서의 발생빈도 평가는 위험요인의 존재와 위험사건으로의 확대 과정을 도식적으로 표현할 수 있고, 발생빈도의 정량적인 평가를 가능하게 해주는 고장모드 및 영향분석(Fault Modes and Effect Analysis)이나 고장수목분석기법(Fault Tree Analysis) 기법이 널리 사용된다.

(다) 결과 분석(Consequence Analysis) - 사고심각도(Severity) 평가

결과분석은 판별된 위험사건이 초래할 수 있는 중간 조건(안전방벽의 실패)과 인명사상 또는 시스템 손상과 같은 최종적인 결과피해를 판단하는 것이다. 결과분석 단계에서의 사고심각도 평가는 위험사건이 최종적인 사고로 진전되는 과정을 도식적으로 표현할 수 있고, 결과심각도의 정량적인 평가를 가능하게 해주는 원인-결과 다이어그램(Cause Consequence Diagram)이나 사건 수목 분석(Event tree Analysis)기법이 널리 사용된다.

(라) 손실 분석(Loss Analysis) - 위험도(Risk) 평가

손실분석은 결과분석 단계에서 확인된 각각의 결과심각도가 초래하는 관련 손실을 인명사상 정도와 피해금액으로 환산하는 것으로서, 등가사망자(EF, Equivalent Fatalities, 예를 들어 사망 1인=중상 10인=경상 200인)와 사망예방가치(VPF, Value of Preventing a Fatalities, 예를 들어 영국 사망자 1인당 150만 파운드)로 환산하여 위험사건이 초래하는 최종적인 위험도 수준(인명사상)과 피해규모(손실금액)를 정량적으로 판단한다.

(마) 경감대책 분석(Options Analysis)

경감대책 분석은 평가된 위험도가 관리기준을 초과하는 이를 허용수준으로 경감하는데 필요한 안전대책과 가능한 개선방법을 판단하는 단계로서, 적용 가능한 경감조건을 확인하고, 각각의 선택된 대안에 대한 투자비용을 결정한다.

(바) 영향분석(Impact Analysis)

영향분석은 경감대책 분석에서 선택된 각각의 대안에 대해 이들이 위험도 경감에 미치는 실행효과를 분석하는 것으로서, 가장 비용 대비 효율이 높은 안전 개선대책을 검토한다.

(3) 기준안 제안 방향

해외의 위험도 분석 프로그램을 분석해본 결과, 철도차량에 대한 위험도 분석이 적절히 수행되기 위해서는 위험도 분석의 대상 및 절차, 방법 등에 대한 최소한

의 요구조건을 제시할 필요가 있음을 알 수 있다. 단 현재 추진 중인 신교통 시스템 및 첨단 고속철도 분야에서 볼 수 있듯이 철도차량에 대한 기술발전이 빠르게 이루어지고 있으므로, 특정 부품이나 기술분야에 대한 규정은 기준의 융통성과 확장성을 저해할 수 있으므로, 이를 고려한 기준의 제정이 필요하다.

따라서, 본 과제의 위험도 분석 관련 기준안은 특정 기술분야를 언급하지 않되, 철도차량의 개발 및 운영에 대해 필요한 위험도 분석 활동의 핵심 행위(activity)와 행위 주체 및 그 결과물을 언급하도록 제안하였다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량의 위험도분석 세부기준

1. 적용범위

철도차량의 위험도분석의 대상, 절차, 방법, 분석결과의 기록 및 활용에 대하여 정한다.

2. 용어의 정의

가. 예비 위험도 분석

철도차량의 운영조건(비상상황 포함)을 고려하여 사고를 초래할 수 있는 잠재적인 위험요인과 위험사건을 식별하고, 각 위험사건에 대한 발생빈도와 결과심각도를 평가하여 허용 가능한 수준으로 위험도를 낮출 수 있는 안전 요건을 분석하는 것을 말한다.

나. 사고(Accident)

인명, 재산 또는 환경에 해로운 결과를 가져오는 원하지 않은 예상하지 못한 사건을 말하며, 충돌사고, 탈선사고, 화재사고 등을 말한다.

다. 위험요인(Hazard)

사고를 유발할 수 있는 불완전한 조건 또는 행동을 말하며, 인적 요인(위반/오류), 기술적 결함(고장/파손/변형 등),

외부환경조건(기후조건/불법행위) 등을 말한다.

라. 위험사건(Hazard event)

사고를 유발하는 위험요인에 의해 인명 및 재산 피해 등 결과심각도에 영향을 미칠 수 있는 사건을 말한다.

마. 발생확률(Probability)

일정기간 동안 사고나 위험사건이 발생할 수 있는 가능성으로, 년간 사고발생 건수나 위험사건의 발생빈도 등을 말한다.

바. 결과심각도(Severity)

사고로 인해 나타날 수 있는 인명피해, 재산피해 또는 시간손실의 정도로 사상자 수나 재산피해금액 등으로 제시한다.

사. 위험도평가 (Risk assessment)

사고로 인해 나타날 수 있는 피해결과를 위험사건의 발생확률과 결과심각도의 항목으로 평가하는 것을 말한다.

아. 사고시나리오

위험요인의 존재, 위험사건의 발생 및 결과적인 피해발생에 이르는 사고의 진행과정을 논리적으로 전개하여 구성한 시나리오를 말한다.

자. 안전대책(Safety measures)

위험도를 적정한 수준으로 제어하여 안전을 확보하기 위한 위험요인의 사전 제거, 발생 억제 및 사고에 따른 피해를 최소화 할 수 있는 피해경감 대책을 말한다.

3. 철도차량의 위험도분석 대상

철도차량의 위험도분석은 신규로 제작·조립·수입되는 철도차량운전업무종사자·열차승무원 또는 여객이 탑승하는 동력차·객차(이하 "객차 등"이라 한다)에 대하여 실시한다. 다만, 위험도분석을 시행한

객차 등과 동일한 운영조건에서 동일한 구조, 시스템 및 등가 재질을 갖는 객차 등에 대해서는 위험도분석을 실시하지 아니할 수 있다.

4. 철도차량의 위험도분석 절차

가. 철도운영자는 신규로 제작되는 철도차량에 대한 위험도 관리수준을 정하고 예비위험도 분석을 실시하여 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」(이하 "규칙"이라 한다) 제10조제4항, 제11조제2항, 제12조제2항, 제13조제1항, 제13조제5항, 제40조제2항, 제42조제9항, 제49조제3항 등의 반영 여부 및 화재안전, 충돌안전, 탈선안전 요구사항을 결정하여 철도차량을 발주하여야 한다.

나. 철도차량 제작자는 철도운영자의 위험도 관리수준 및 예비 위험도 분석 결과를 반영하여 철도차량을 설계하고 이에 대해 위험도분석 보고서를 작성하여 철도운영자, 「철도안전법 시행규칙」 제60조제1항제8호에 의한 성능시험기관, 「철도안전법 시행규칙」 제66조제1항제8호에 의한 제작검사기관 등에게 제출하여야 한다.

다. 철도운영자는 철도차량제작자가 제출한 위험도분석 보고서에 대해 적합성을 검토하여 철도차량 설계를 승인하여야 한다.

라. 성능시험기관은 「철도차량 성능시험 시행지침」 제3조제2항에 따라 성능시험 대상항목에 위험도 분석보고서 내용을 반영하여 성능시험을 수행하고 그 결과를 철도차량제작자와 철도운영자에게 제출하여야 한다.

마. 제작검사기관은 「철도차량 제작검사 시행지침」 제3조제2항에 따라 제작검사 대상항목에 위험도 분석보고서 내용을 반영하여 제작검사를 수행하고 그 결과를 철도차량제작자와 철도운영자에게 제출하여야 한다.

5. 철도차량의 위험도분석 방법

객차 등의 위험도분석은 다음 각 호의 절차에 따라 실시하여야 한다. 다만, 타당한 사유와 합리적인 근거가 있는 경우는 그러하지 아니할 수 있다.

가. 사고를 유발할 수 있는 위험사건을 식별하고 위험요인을 분석하여, 분석된 위험요인이 사고로 전개될 수 있는 사고시나리오를 작성한다.

나. 각각의 사고시나리오에서 위험사건의 발생확률을 산정한다.

다. 각각의 사고시나리오에서 사고가 피해에 미치는 영향을 분석하여 결과심각도를 산정한다.

라. 각각의 사고시나리오에서 위험사건의 발생확률과 결과심각도를 산출하여 위험도평가를 실시한다.

마. 위험도평가 결과가 요구하는 안전수준을 만족하지 못하는 경우에는 그에 대한 원인을 분석하고 요구하는 안전수준에 적합하도록 안전대책을 수립한다.

바. 수립된 안전대책이 요구하는 안전수준에 적합하며, 경제적 측면에서 적정한 것임을 확인하여 안전대책의 검증을 실시한다.

(1) 일반사항

철도차량제작자 및 철도운영자 등이 규칙 제6조의 규정에 의하여 객차 등의 위험도분석을 실시하는 경우에는 다음 각 호를 고려하여야 한다.

(가) 위험도분석을 위한 기본 자료는 타당성을 입증할 수 있도록 충분히 조사·기술 하여야 한다.

(나) 위험도분석은 가능한 한 정량적인 방법으로 실시하되, 정량적인 방법이 곤란한 경우에는 기존의 경험 또는 사례를 이용하거나 정성적인 방법을 적용할 수 있다.

(다) 자료의 조사 및 위험도평가는 가능한 한 최근에 확립된 방법 및 기술을 사용하여 실시하며, 적용된 방법 및 기술을 명시하고 인용된

자료 또는 가정은 그 출처를 분명히 하여야 한다.

(라) 위험요인을 분석하고 사고시나리오를 작성하는 경우 철도차량에서의 위험요인을 여객탑승구역, 여객접근구역, 접근제한구역 등으로 구획하여 여객, 직원 및 공중에 대한 인명피해 및 중대한 재산상의 손실 우려가 있는 위험요인 및 사고시나리오를 검토하여야 한다.

(마) 객차 등의 위험도 분석은 철도차량 또는 열차의 운행조건과 선로변 또는 승강장의 안전시설 등과의 상호관련성, 비상사태가 발생하는 때에 승객 및 열차승무원의 구조를 위한 철도운영기관, 소방기관, 의료기관 등의 제반 활동사항을 포함하여야 한다.

(바) 위험도분석의 세부기준에 관하여 이 지침에서 정하지 아니한 사항은 관련된 국가규격 및 국제규격을 준용할 수 있다.

(2) 화재안전 위험도분석

(가) 객차 등의 화재안전을 위한 위험도분석은 다음 각 호를 고려하여 실시하여야 한다.

1) 화재발생 사고시나리오 : 방화, 내연기관을 포함한 차량기기의 발열, 전기장치의 화재, 외부에서 발생한 화재의 차량전파, 터널이나 고가구조물 등 대피 및 소화접근이 어려운 장소에서의 화재 발생 등 대상 차량의 운영 시스템으로부터 발생 가능한 화재발생 사고시나리오를 합리적으로 포함하여야 한다.

2) 화재의 규모 : 화재발생 사고시나리오와 철도차량의 차체 및 실내외 설비로부터 발생 가능한 화재의 규모(열·연기·독성가스 발생량 등)에 관한 사항을 고려하여야 한다.

3) 전기화재 안전기능 : 전기장치, 전기회로 및 배선 등의 적절한 절연 확보와 누전이나 합선 등 고장에 대비한 신속한 전력 차단 및 회로 보호 등의 전기화재 안전기능 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

4) 감지 및 경보체계 : 화재의 예방 검측, 여객·열차승무원에 의한

비상 연락, 안전설비에 의한 화재 감지 및 경보 체계에 관한 사항을 고려하여야 한다.

5) 화재의 진압체계 : 화재가 발생하는 경우 여객, 열차승무원 또는 안전설비에 의한 신속한 초기대응과 화재진압 등에 관한 사항을 고려하여야 한다. 필요한 경우 자동으로 화재를 진압하고 운전실에서 작동할 수 있는 자동 화재진압설비의 설치를 고려할 수 있다.

6) 화재전파의 차단 : 화재 또는 연기 등이 감지된 경우 여객을 보호하고 화재의 성장과 전파를 방지할 수 있는 화재 전파의 차단 능력에 관한 사항을 고려하여야 한다. 필요한 경우 공기조화 및 환기장치를 통한 화재의 전파 및 기능제어 등에 관한 사항을 포함하여야 한다.

7) 탑승자의 대피유도 : 열차에 화재가 발생한 경우 탑승자의 안전한 대피유도 체계를 고려하여야 한다. 대피 유도를 위하여 열차를 안전한 장소로 이동하는 동안의 운행제어 관련 장치의 기능 확보에 관한 사항을 포함하여야 한다.

8) 비상탈출 지원 설비 : 여객 또는 열차승무원 등의 탑승자가 화재(열·연기 및 독성가스 등)로부터 안전하게 보호받으며 탈출하는데 필요한 비상탈출 지원 설비에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(나) 객차 등의 화재안전을 위한 위험도분석은 철도차량의 위험요인(Hazard)으로부터 발생 가능한 사고시나리오의 발생확률과 결과심각도에 의하여 수행하며, 결과심각도는 통계적 기법을 활용한 사고사례 영향분석 또는 전산 화재·대피모사 또는 실물(모형) 화재시험 등으로 수행하여야 한다.

1) 전산화재모사 및 전산대피모사의 경우 공학적 타당성이 검증된 해석코드를 이용하여야 하며 입력데이터의 유효성은 다음과 같다.

가) 철도차량에 사용된 내·외장 설비에 대한 중형 및 소형 시편시험

결과 또는 이로부터 계산된 화재특성

나) 자동소화설비를 포함한 화재해석의 경우에는 시험결과로 입증된 소화성능을 사용

다) 대피 지원설비를 포함한 대피시간해석의 경우에는 해당설비에 대한 대피 성능 검증 결과를 사용

2) 전산대피모사의 경우 여객 및 열차승무원의 대피에 요구되는 시간을 해석하여야 하며, 이 때 노약자나 장애인의 탑승 비율을 고려하여야 한다.

3) 실물(모형)화재시험의 경우 대상 차량과 동등성이 검토된 구조와 실내설비에 대하여 수행하여야 한다.

(3) 충돌안전 위험도분석

객차 등의 충돌안전을 위한 위험도분석은 다음 각 호를 고려하여 실시하여야 한다.

(가) 운행제어장치, 제동장치 등 열차나 철도차량의 기술적 결함, 신호지시위반이나 과속운행과 같은 운전취급 오류 등에 의한 열차간의 충돌사고, 선로지장물이나 외부장애물과 같은 장애물 충돌사고의 위험성을 고려하여야 한다.

(나) 상대적인 충돌속도와 대상물의 중량을 고려한 충돌에너지 분산 흡수, 운전실 및 객실에 대한 침입 및 관통 방지, 생존 공간 및 탈출로 확보, 철도차량 간 타고오름 방지 등 여객 및 열차승무원의 피해를 최소화 할 수 있는 철도차량의 충돌안전설계 구조에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(다) 최고속도로 운행중인 열차나 철도차량에서 정상적인 제동기능 외에 긴급한 경우에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 비상제동기능의 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(라) 차상신호장치에 대한 지상신호설비와의 적합성, 운행제어

안전핵심장치(운전자보안장치와 종합제어장치를 포함하여 철도차량의 운행을 조정하는 장치를 말한다.) 및 소프트웨어(S/W)에 대한 안전 측 고장(fail-safe)기능 또는 이중화(redundancy) 구성, 운행상태 감시, 고장 경보 및 보호 기능의 확보와 자동열차 제어 또는 비상정지 등의 운전보안 기능 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(마) 선로 주변의 각종 안전설비나 철도교통관제실 등으로부터의 위험 정보나 지시를 전달받고, 선로 상 장애물이나 건널목 지장 상황을 원활하게 통보받을 수 있는 비상통신 및 열차방호 기능의 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(바) 철도차량운전업무종사자의 운전취급 오류나 규정위반을 예방할 수 있는 운행제어, 제동제어, 집전제어, 신호통신, 운전보안, 열차방호, 속도표시 장치 등의 조정장치(MMI : Man-Machine Interface)를 고려한 설치, 배치 및 고장관리에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(사) 충돌 전·후의 급격한 가 감속에 대비한 운전실 또는 객실 내부의 의자, 선반 등 고정설비의 안전한 설치와 여객 및 열차승무원이 선반 소화물 혹은 실내설비와 충돌 시 피해를 최소화 할 수 있는 충돌안전 실내설계에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(아) 열차의 최고 운행속도에서 풍압이나 외부물체의 충격 등에 대비한 운전실 전면창, 객실 출입문 및 창문 등의 안전성능 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(4) 탈선안전 위험도분석

객차 등의 탈선안전을 위한 위험분석은 다음 각 호를 고려하여 실시하여야 한다.

(가) 주행장치, 제동장치 등 열차나 철도차량의 기술적 결함,

신호지시위반이나 과속운행과 같은 운전취급 오류 등에 의한 열차탈선사고, 선로지장물이나 외부장애물과 같은 장애물에 의한 탈선사고의 위험성을 고려하여야 한다.

(나) 차량한계의 확보, 중량분포 및 축중에 대한 기준 만족, 최소곡선구간 통과 등 열차의 정지 및 운행상황에서의 탈선 위험방지설계에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(다) 규정된 열차 운행조건에서 차량과 선로 간 작용력을 최소화하여 주행안전성을 확보하고 곡선구간에서의 전복을 방지할 수 있는 구조설계와 장치의 안전성능 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(라) 차륜, 차축, 윤축, 축상조립장치, 현가장치, 차체지지장치, 대차틀 등 주행장치에 대하여 규정된 운행조건에서의 하중, 진동 및 충격 등에 의한 손상방지와 보호에 관한 사항을 고려하여야 하며, 필요한 경우 고장검지 및 이상통보에 관한 사항을 포함할 수도 있다.

(마) 최고속도로 운행 중인 열차나 철도차량에서 정상적인 제동기능 외에 긴급한 경우에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 비상제동기능의 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(바) 차상신호장치에 대한 지상신호설비와의 적합성, 운행제어 안전핵심장치 및 소프트웨어(S/W)에 대한 안전 측 고장(fail-safe)기능 또는 이중화(redundancy) 구성, 운행상태 감시, 고장 경보 및 보호 기능의 확보와 자동열차 제어 또는 비상정지 등의 운전보안 기능 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(사) 선로 주변의 각종 안전설비나 철도교통관제실 등으로부터의 위험정보나 지시를 전달받고, 선로 상 장애물이나 지장 상황을 원활하게 통보받을 수 있는 비상통신 및 열차방호 기능의 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(아) 열차의 운행상태를 철도차량운전업무종사자가 즉시 확인할 수 있는 운행상태 확인 장치와 철도차량운전업무종사자의 운전취급 오류나 규정위반을 예방할 수 있는 운행제어, 제동제어, 집전제어, 신호통신, 운전보안, 열차방호, 속도표시 장치 등의 조정장치(MMI : Man-Machine Interface)를 고려한 설치, 배치 및 고장관리에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(자) 탈선 전·후의 급격한 가감속에 대비한 운전실 또는 객실 내부의 의자, 선반 등 고정설비의 안전한 설치와 여객 및 열차승무원의 피해를 최소화 할 수 있는 실내설비의 손상방지에 관한 사항을 고려하여야 한다.

(차) 선로상의 장애물 충격 등에 대비한 장애물 제거기와 열차 분리나 차량구름을 방지할 수 있는 연결기의 구조 및 안전성능 확보에 관한 사항을 고려하여야 한다.

6. 위험도분석 결과의 기록과 활용

가. 철도운영자는 예비 위험도분석 결과를 다음 각 호와 같은 내용을 포함하여 기록한다.

(1) 철도운영개요, 기반시설 내용 및 주요특성, 열차운행계획 등 도입되는 열차나 차량운행에 관한 전반적인 개요를 기술한다.

(2) 철도운영과 기반시설에 의한 제약사항, 차량 및 열차의 안전요구 특성, 열차운행 및 유지관리 조건 등 철도차량 또는 열차의 전반적인 운행안전에 영향을 미칠 수 있는 위험요인을 확인하고 안전성을 검증할 수 있도록 설계에 관한 요구사항을 상세하게 기술한다.

(3) 실시된 위험도분석 결과를 상세하게 기술하고, 이를 바탕으로 철도차량의 안전운행을 위한 안전대책 실행계획 수립에 반영한다.

(4) 위험도분석에 활용한 참고자료 및 인용문헌 등을 기술한다.

나. 철도차량제작자는 위험도분석 결과를 상기 6. 가항에 준하여 차량 설계 및 제작에 필요한 항목에 대해 기술하되 관련 항목을 조정하여 기록할 수 있다.

다. 철도운영자 및 철도차량제작자 등은 위험도분석 결과를 체계적으로 관리하여야 한다.

(2) 해설서

철도차량의 위험도분석은 철도차량안전기준에 관한 규칙 제6조에 근거하여 철도차량 제작자 및 철도운영자등은 신규로 제작되는 철도차량에 대하여 철도차량의 설계, 제작, 유지보수 및 운영환경 등 전반에 관해 실시되어야 한다.

본 기준은 Mil-std-882에 따른 시스템 안전관리절차를 철도차량에 적용하여 철도차량에 대한 안전계획, 위험원 확인, 위험원의 위험도평가, 안전방법 확인, 위험도 감소, 위험도 감소 확인, 위험원 및 위험도 재검토, 위험원 추적 등을 하기 위한 절차와 방법에 대해 기술하였다.

철도차량 위험도분석 적용대상은 인명피해가 야기되는 차량에 국한하였으며, 이는 위험요인에 의해 인명피해가 최소화되도록 안전도 평가를 하기 위해 선택한 것이다. 또한, 많은 철도사고중 피해도 즉, 심각도가 큰 사고인 탈선, 충돌, 화재에 대해서 위험도분석을 하도록 하였다.

위험도 분석 기준의 기본방향은 다음과 같다.

- 위험도 분석에 필수적으로 고려해야할 항목을 제시하여 필수항목을 포함 유도
- 위험도 분석기법은 기술적 발전추세에 따라 어떠한 것을 사용해도 관계없도록최신의 입증된 기법을 사용하도록 권장
- 운영기관(차량발주자)의 역할과 책임을 강화하고 차량제작자와 업무한계를 명확히 하여 시행상의 불합리성을 최소화
- 시험과 전산모사를 모두 활용할 수 있도록 하여 공학적 접근성을 확대하였으며, 이를 통해 비용 상승 효과를 최소화
- 차량 뿐만 아니라, 차량이 운행하는 환경 및 인프라의 조건을 모두 고려한 위험도분석이 이루어지도록 유도
- 시행시 예비위험도분에 소요되는 최소한의 기간을 감안하여 2008년 1월1일

이전에 발주되는 차량에 대해서는 위허도분석 생략

- 철도운영자, 철도시설관리자, 차량성능시험자, 제작검사자, 차량제작자 등이 상호 유기적으로 협조관계를 가짐으로써 위험도 분석 및 안전도 관리에 효율화를 극대화하도록 관련 조항 삽입
- 모든 위험도 분석에 사용되는 자료와 기술적 데이터 등에 대해 기록관리가 잘 유지되도록 관련 조항 삽입

2. 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준

가. 개요

본 과제의 요구조건은 철도차량 유지관리계획을 작성함에 대한 세부기준을 정립하는 것이다. 관련 국내외 규정 및 사양을 검토하여 기준안 및 해설을 제시하였다. 국내 규정으로는 전동차 중정비 검수업무의 외주화 방안에 관한 연구, 궤도운전규칙, 한국철도공사 기계관리규정, 서울지하철공사 전동차관리규정, 항공법시행규칙, 한국철도공사 물품관리사무규정, 도시철도 유지보수체계 정보화 구축방향 연구 보고서, 울산광역시 시설관리 공단 정보화 업무 관리규정과, 국외 규정으로는 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령을 바탕으로 작성하였다.

나. 이론적 배경

국내의 주요 철도운영기관인 한국철도공사, 서울지하철공사 및 기타 지방철도 운영기관의 유지보수체계 및 일본의 유지보수 관련 성령을 조사, 검토하였으며 관련 규정은 다음 항목과 같다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

철도차량 유지관리계획의 작성기준 및 승인절차(안)을 작성하기 위하여 그와 관련된 국내 규정들을 조사하여 검토하였으며, 관련된 국내 규정들은 다음과 같다.

- 전동차 중정비 검수업무의 외주화 방안에 관한 연구(2000.9, 철도청)
- 항공법시행규칙
- 한국철도공사 기계관리규정, 서울지하철공사 전동차 관리규정
- 한국철도공사 물품관리사무규정
- 도시철도 유지보수체계 정보화 구축방향 연구 보고서
- 울산광역시 시설관리 공단 정보화 업무 관리규정

(2) 해외 관련 기준 현황

국외 관련규정은 주로 일본의 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정으로는 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령과 궤도운전규칙이 있었다.

라. 자료 조사 및 분석

(1) 주제별 기준안 분석

(가) 적용범위

국내에서는 이미 제정하여 실행되고 있는 각종 차종에 대한 유지보수규정과 또 앞으로 개발될 신차종에 대한 유지보수규정을 작성하기 위하여 이 규정의 상위 법규로서 각 차종의 유지보수규정을 총괄할 수 있는 일반사항을 규정한다는 적용범위를 신규로 작성하였다.

(나) 유지보수 조직 및 인원

① 유지보수조직 및 인원

철도차량의 유지보수 소요인원 검토 시 적용되는 철도차량의 검수량 산정식은 다음과 같다. $A= N/T\times\beta\cdot\gamma\cdot D$, $A'= N\cdot\alpha\cdot K$

A = 검수발생량, A′= 임시검수발생량, N =철도차량 검수대상량수,

T = 검수주기일수, D = 검수소요일수 : 1일

β= (1-해당검수주기/상급검수주기) : 상급검수와 중복계수

γ= 365/가동일수×파동율 (경수선의 경우 가동일수 365일임)

K= 파동율(경수선의 경우 통상 20%적용)

α= 임시검수 발생율

따라서, 인원산정에 필요한 기본적인 고려요소는 검수발생량 산정을 위한 유지보수 대상 철도차량의 종류, 량수, 유지보수 종류 및 검수주기 등 이며 조직구성은 유지보수대상차량의 검수체계에 따른 유지보수의 종류별 세부 업무내용에 따라 편성한다. 상기의 기본 조직체계 및 소요인원을 기준으로 세부업무내용별 작업시간(정비노무공수) 및 근무체계를 고려하여 최종적으로 조직 및 인원을 확정하게 되므로 이들을 본조의 고려사항으로 규정하였다.

위 검수량 산정식은 한국철도기술연구원에서 시행한 한국철도공사의 병점 차

량사무소의 "전동차 정비 검수업무의 외주화 방안에 관한 연구 (2002. 9)"에서도 적용된 바 있다.

② 유지보수조직

철도차량의 유지보수가 철도차량의 안전운행에 직접적인 사항으로서 책임정비를 제도화할 필요가 있으며 이를 위해서 각 단위 기지별로 책임자를 임명하여 유지 보수에 관한 업무를 총괄하도록 하고, 유지보수의 종류별 세부업무내용을 하위조직에 명확히 부여함으로서 역할 및 책임에 혼선이 없도록 본조를 규정하였다.

③ 유지보수장비의 현대화 및 기록의 정보화

유지보수장비의 현대화 및 유지보수 기록의 정보화 계획은 검수작업 시간단축과 관리의 효율화를 통한 유지보수조직 및 인원의 효율화를 기대 할 수 있음으로 운영기관은 정보화계획에 따라 유지보수조직 및 인원에 대한 중장기 계획을 수립하여 궁극적으로는 검수작업의 신뢰성향상과 경영개선에 노력하여야한다는 취지에서 본조를 추가하였다.

✍ 국내참조문헌 : 전동차 중정비 검수업무의 외주화 방안에 관한 연구 (2000.9, 철도청)

(다) 유지보수 전략 및 시행지침

철도운영기관의 책임자는 철도차량의 유지보수가 철도차량의 안전운행과 인명에 직접 연관된 사항으로서 현행의 유지보수 시스템과 작업에 대한 신뢰성확보 및 효율성 향상을 위하여 현행 문제점의 발굴 및 분석과 이를 개선하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 또한 이러한 노력을 책임자뿐만 아니라 하위조직의 정비요원으로 까지 확산시키기 위해서는 문제점의 지속적인 발굴 및 개선대책수립 시행 등에 대한 중장기적인 전략수립과 시행지침에 대한 제도화가 필요하다. 이와 같은 의미에서 본 중장기적인 전략수립에 필수적으로 포함되어야 할 사항으로 유지보수상의 문제점에 대한 항목별 개선방안과 개선방안 해결을 위한 기본방향 및 개선방안의 시행을 위한 단기·중기·장기별 시행지침 등으로 규정하였다. 아울러 최

근 철도선진국에서는 철도차량의 유지보수작업에 대한 목표의 계량화 및 평가기법 등이 지속적으로 개발 채용되고 있으므로 이러한 기법의 도입을 통하여 궁극적으로 차량의 신뢰성, 유용성, 정비성, 안전성(RAMS)등의 확보를 위한 전략의 수립이 향후 유지보수기술의 발전에 핵심사항으로 판단되어 이를 본조에 추가하였다.

(라) 유지보수지침서

철도차량의 유지보수 및 그 방법과 관련하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 90조로서 " 시설 및 차량의 정기검사는 그 종류, 구조 및 그 외 사용 상황에 따라 검사주기, 대상으로 하는 부위 및 방법을 정하여 실시하여야한다" 라고 규정하고 있으며 제 91조에는 차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다" 라고 규정하고 있다. 아울러 궤도운전규칙 제 27조에는 " 차량에 대해서는 차량의 종류에 따라서 각각 해당 각호에서 정하는 기간을 넘지 않는 기간마다 그 상태 및 기능에 대하여 정기검사를 하여야한다" 라고 규정하고 있다. 아울러 제 28조에는 " 차량에 대해서는 차량의 종류에 따라서 각각 해당 각호에서 정하는 기간을 넘지 않는 기간마다 동력발생장치, 주행장치, 제동장치이외의 중요한 부분에 대하여 정기검사를 하여야한다"라고 규정하고 있으며 이를 근거로 각 운영기관에서는 차종별로 차량관리규정 및 차종별 검사기준규정 등의 유지보수지침을 제정하여 유지보수를 시행하고 있다. 국내 한국철도공사의 경우는 유지보수지침으로서 차종별 검수규정을, 각 지하철공사에서는 차량관리규정을 다음과 같이 제정하여 시행하고 있으며 일본도 이와 유사하다.

- ○ 유지보수대상이 되는 철도차량 종류별(객화차, 디젤동차, 디젤전기기관차, 전동차, 전기기관차, 전후동력형 새마을동차 등)로 작성하되, 객차나 화차 등 형식이 유사한 철도차량에 대하여는 하나의 지침서에 별도의 조항을 첨가하여 함께 작성 되어 있다.
- ○ 유지보수의 종류를 정하고 정기적 유지보수와 비정기적 유지보수가 구분되어 있으며 유지보수를 시행하기 위한 세부방법 및 기준 등을 포함하고 있다.
- ○ 철도차량의 특성에 따라 정기적 유지보수의 주기가 규정되어있다.

○ 유지보수작업의 내용은 표준화된 양식과 절차에 의해 기록, 관리토록 규정하고 있다.

따라서 본조는 위의 일본 및 국내 철도차량운영기관의 현행 유지보수지침서의 작성방법을 기준으로 필수사항을 규정하였다.

✍ 해외관련규정 : 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령, 궤도운전규칙

✍ 국내관련규정 : 한국철도공사 기계관리규정, 서울지하철공사 전동차관리규정

(마) 유지보수 교육훈련 프로그램

철도차량의 유지보수는 철도차량의 안전운행과 인명에 직접 연관된 사항으로서 유지보수시스템과 작업에 대한 신뢰성확보 및 효율성 향상을 위해서는 유지보수요원에 대한 체계적이고도 지속적인 교육훈련프로그램의 개발 및 적절한 교육기회의 부여가 무엇보다도 중요하다. 현재 안전측면에서 상당한 수준에 있는 대한항공의 항공정비 교육훈련체계는 기초교육(항공정비기초과정), 초기교육(항공정비사 양성과정), 정기교육(기종 일반과정), 전문교육(기종 전문과정), 관리교육(정비교육 관리과정) 및 현장실습 교육 등의 6단계로 이루어지며 원자력분야의 경우는 신입사원에 대한 수습교육(입문교육, 기초이론교육, 현장적응훈련, 노형별 계통교육)과 운전, 정비 등의 기술능력을 향상시키기 위하여 업무수행 중 각 보직에 필요한 정기교육으로서 실무과정과 보수교육으로서의 전문과정 및 간부과정 등 4단계로 이루어지고 있다. 그러나 전체적으로는 두 분야 모두 수습교육, 정기교육, 보수교육 등으로 크게 구분할 수 있다. 따라서 철도분야의 경우도 교육단계는 위와 같이 3 단계로 크게 구분하되 항공이나 원자력분야와 같이 철도분야에서도 운영기관별 특성에 따라 유지보수요원의 자격등급을 기준으로 보다 세분화 하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 교육단계는 수습교육, 정기교육, 보수교육 등으로 규정하고 또한 교육관리 프로그램에는 6항의 유지보수 인원의 자격부여 시 평가기준으로 활용될 수 있도록 유지보수 인원별 교육시행 및 평가결과의 기록, 유지 및 전산화에 대한 사항이 포함되도록 하였다.

(바) 유지보수 인원의 자격 또는 교육기준

철도차량의 유지보수는 철도차량의 안전운행과 인명에 직접 연관된 사항으로서 유지보수작업에 대한 신뢰성 확보를 위해서 유지보수 업무는 적정한 자격기준을 가진 자에 의하여 시행되어야 한다. 현재 안전측면에서 상당한 수준에 있는 항공분야의 경우 항공법 시행규칙 제 40조에 따르면 항공기의 수리 및 개조에 있어서 항공기의 수리 또는 개조의 계획, 작업 및 검사를 하는 일반 정비요원에 대해서는 특별한 자격요구가 없이 운영사업자의 자체 자격기준에 의하도록 하되 작업감독자는 항공정비사 또는 항공공장정비사, 확인자는 항공공장 정비사 또는 항공공장검사원 자격증 및 경력을 가진 자로 제한하고 있다. 따라서 철도분야의 경우도 유지보수인원의 자격기준을 「가」 항의 3종류로 구분하고 등급기준은「나」 항의 4단계로 구분하여 항공분야와 같이 업무의 특성에 따라 해당자격등급자를 임명토록 하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 본조와 같이 규정하였다.

✍ 국내참고규정 : 항공법시행규칙

(사) 유지보수 설비 및 장비의 보유 및 관리

철도차량의 유지보수에 있어서 유지보수장비의 효율적인 운용은 유지보수업무의 경제 및 신뢰성제고에 기반이 된다. 따라서 장비의 효율적인 운용을 위해서는 현행 문제점의 발굴 및 분석과 이를 개선하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 또한 책임자 뿐만 아니라 하위조직의 정비요원으로까지 이러한 노력을 확산시키기 위해서는 문제점의 지속적인 발굴 및 개선대책마련을 위한 중장기적인 계획수립 및 제도화가 필요하다. 이러한 관점에서 본 중장기계획의 주요항목으로서 노후 유지보수 설비 및 장비의 교체계획, 검수장비의 현대화 및 검수작업 자동화 추진계획 및 유지보수설비 및 장비관리계획 등 장비관리의 기본이 되는 필수적인 사항을 포함하였다 아울러 유지보수설비 및 장비의 관리계획에 포함되어야 할 내용에 대해서는 현재 한국철도공사의 기계관리규정 및 각 지하철공사의 전동차 관리 규정에 포함된 사항을 기준으로 작성하였다.

✍ 국내관련규정 : 한국철도공사 기계관리규정, 서울지하철공사 전동차 관리규정

(아) 유지보수 부품의 확보 및 관리

철도차량의 유지보수의 목적은 기본적으로 철도차량의 공정별 유지보수체계에 따라 유지보수의 종류별, 공정별로 지정된 장치나 부품의 기능점검 후 소모품이나 수리품의 교체를 통하여 정상적인 운영이 가능한 상태를 유지하는 것이다. 유지보수부품의 적기확보 및 관리는 철도차량의 안전운행과 지정된 내구연한까지 제 기능을 확보할 수 있도록 하는 가장 핵심적인 사항으로서 한국철도공사는 물품관리사무규정, 각 도시 지하철공사 등은 전동차관리규정에 의해 유지보수 공정별로 교체 및 수리에 필요한 유지보수 부품의 소요량 및 소요시기 등을 파악하여 확보 및 관리하고 있다. 따라서 유지보수부품의 확보 및 관리계획에 포함될 주요사항은 현재 한국철도공사의 내규인 물품관리사무규정과 서울지하철공사의 전동차관리규정에 참조하여 작성하였다.

✍ 국내 관련규정 : 한국철도공사 물품관리사무규정, 서울지하철공사 전동차 관리규정

(자) 유지보수 부품의 품질확보

철도차량의 유지보수는 기본적으로 철도차량의 공정별 유지보수체계에 따라 유지보수의 종류별, 공정별로 지정된 장치나 부품의 기능점검 후 소모품이나 수리품의 교체를 통하여 정상적인 운영이 가능한 상태를 유지하는 것이 주목적이다. 따라서 유지보수부품의 신뢰성 및 품질확보는 철도차량의 안전운행과 지정된 내구연한까지 제 기능을 확보할 수 있도록 하는데 핵심적인 사항으로서 이를 체계적으로 관리하기 위한 품질확보 계획의 수립과 유지보수부품의 품질검사의 기준작성 시 필수적인 사항에 대한 명확한 정의가 필요하다. 본조는 현재 한국철도공사에서 시행하고 있는 물품관리사무규정 제 14장(물품의 검사) 및 제 15장 (표준화)을 참조하여 작성하였으며 유지보수부품의 품질 확보계획에는 최근 개정된 철도안전법 제 27조(철도용품의 품질인증)에 의거 인증품을 적극 활용토록 항목을 추가하였다.

✍ 국내 관련규정 : 한국철도공사 물품관리사무규정

(차) 유지보수체계 정보화

국내 도시철도에서는 제품설계 및 운영/유지보수 분야에 일부 정보화 작업이 이루어지고 있으나, 철도분야 전반에 걸친 업무의 정보화는 아직 미흡한 상태에 있으며 결과적으로 시스템의 통합관리 및 정보의 재가공을 통한 재생산 등도 원활치 못한 상황이다. 특히 유지보수와 관련한 정보는 차량회사, 시공회사, 각 운영기관 등에 분산 관리되고 있어 업무연계성과 효율성이 저하되고 있으며 결과적으로 철도차량의 유지보수 신뢰성제고에 한계를 드러내고 있어서 철도의 대국민 안전서비스 제공 및 열차운행의 안전성 확보를 위해서는 필히 개선되어야 할 분야이다. 유지보수업무의 정보화는 차량의 유지보수 이력관리를 자동화하여 유지보수 업무를 적기에 시행할 수 있도록 함과 동시에 보수요원으로 하여금 정보화된 공정별 유지보수 데이터에 의해 업무를 수행함으로서 유지보수업무의 신뢰성을 제고하도록 한다. 아울러 유지보수부품의 조달체계를 정보화함으로서 적정재고율 유지 및 자재의 적기공급 등에 따른 유지보수 대기시간단축 등 실질적인 원가절감효과를 얻게 됨으로 운영기관의 경영개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이러한 유지보수업무의 정보화는 단시간에 이루어질 수는 없으며 중장기 추진 계획에 의거 면밀하게 시행되어야 한다. 본조에 규정된 중장기 추진계획의 포함내용으로서는 정보화 대상업무의 범위와 정보화체계 구축을 위한 검토대상의 설정, 이를 지속적으로 추진하기위한 추진조직의 구성, 정보화를 위한 전사적 공감대형성을 위한 유지보수요원의 체계적인 정보화 교육계획으로 으로 규정하였으며 이는 철도차량의 유지보수 정보화를 위하여 한국철도기술연구원에서 수행한 "도시철도 유지보수체계 정보화 구축방향"의 연구결과와 울산광역시가 제정한 "울산광역시 시설관리 공단 정보화 업무관리규정"을 참조하였다.

✍ 국내 규정(혹은 문헌)

- 도시철도 유지보수체계 정보화 구축방향 연구 보고서
- 울산광역시 시설관리 공단 정보화 업무 관리규정

(2) 분석결과

국내 규정으로는 전동차 중정비 검수업무의 외주화 방안에 관한 연구, 궤도운전규칙, 한국철도공사 기계관리규정, 서울지하철공사 전동차관리규정, 항공법시행규칙, 한국철도공사 물품관리사무규정, 도시철도 유지보수체계 정보화 구축방향 연구 보고서, 울산광역시 시설관리 공단 정보화 업무 관리규정과, 국외 규정으로는 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령을 바탕으로 작성하였다. 여기에는 유지보수 조직 및 인원, 전략 및 시행지침, 유지보수 지침서, 교육훈련 프로그램, 인원의 자격 또는 교육기준, 설비 및 장비의 보유 및 관리, 부품의 확보 및 관리, 부품의 품질확보, 유지보수체계 정보화 등을 포함하도록 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량 유지관리 계획 세부기준

제1조 (적용범위)

철도차량의 유지관리계획의 수립에 필요한 일반사항에 대해 규정한다.

제2조 (유지보수 조직 및 인원)

① 유지보수 조직 및 인원은 다음 각 호의 사항을 고려하여 적정한 규모의 조직 및 인력으로 편성한다.

1. 유지보수 대상 철도차량 최대규모
2. 유지보수의 종류 및 주기
3. 유지보수의 종류별 세부업무내용
4. 세부업무내용별 작업시간
5. 근무체계

② 유지보수 조직은 유지보수 책임자를 임명하여 철도차량의 유지보수에 관한 업무를 총괄하도록 하고, 하위 단위조직을 두어 각 단위 조직별 역할 및 책임이 명확히 구분되도록 편성한다.

③ 유지보수 장비의 현대화 및 유지보수기록의 정보화에 대한 중장기 계

획에 의거하여 유지보수 조직 및 인원에 대한 중장기 계획을 수립한다.

제3조 (유지보수 전략 및 시행지침) 유지보수의 현황 및 문제점을 자체적으로 분석하고 이를 개선하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 5년 이상의 중·장기유지보수 전략을 수립한다.

① 문제점에 대한 개선방안

② 개선을 위한 기본방향

③ 시행을 위한 지침

④ 철도차량의 신뢰성·유용성·정비성·안전성(RAMS) 확보를 위한 전략

제4조 (유지보수지침서)

① 유지보수지침서는 유지보수 대상이 되는 철도차량 종류별로 작성하되, 형식이 유사한 철도차량에 대하여는 하나의 지침서에 별도의 조항을 첨가하여 함께 작성할 수 있다.

② 유지보수 지침서에는 정기적 유지보수와 비정기적 유지보수가 구분되어야 하며 유지보수를 시행하기 위한 세부 방법 및 기준 등을 포함하여야 한다.

③ 정기적 유지보수의 주기는 철도차량의 특성에 따라 적정한 주기산정의 기준을 마련하여 이를 근거로 결정되도록 한다.

④ 유지보수 작업 내용은 표준화된 양식과 절차에 의해 기록 관리한다.

제5조 (유지보수 교육훈련 프로그램) 유지보수 인원에 대한 교육훈련 프로그램은 다음 각 호의 기준에 따라 수립한다.

① 수습교육: 새로이 유지보수 작업에 투입되는 인원에 대한 수습교육 프로그램

② 정기교육: 유지보수 인원에 대하여 정기적으로 실시하는 교육 프로그램

③ 보수교육: 새로이 제작되는 철도차량의 신기술 또는 성능개량에 따른 첨단부품 등이 적용되었을 때 당해 유지보수 기술의 습득을 위한 기술교육

④ 교육관리: 유지보수 인원별로 교육 시행 및 평가결과의 기록, 유지 및 전산화

제6조 (유지보수 인원의 자격 또는 교육기준)

① 철도차량 유지보수 인원은 다음 각 호의 자격기준으로 구분·관리하여야 한다.

1. 관련 국가 기술자격증 소지자 또는 이와 유사하다고 인정되는 국가기술자격증 소지자
2. 교육훈련 프로그램에 의해 적정한 교육을 이수하고 해당 자격시험에 합격한 자
3. 제1항 및 제2항과 동등 이상의 유지보수 능력을 보유하고 있다고 객관적으로 입증할 수 있어 철도차량관리자가 인정하는 자

② 철도차량 유지보수 인원은 요구되는 유지보수 기술의 정도에 따라 고급기술자, 중급기술자, 초급기술자, 일반기술자의 자격 등급기준으로 구분·관리하여야 한다.

1. 고급기술자는 해당 분야 기술사 또는 기능장의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 10년 이상 종사한 자로서 유지보수 장치의 운용 및 철도차량 유지보수 전반에 대하여 전문적인 기술을 보유하고 고급기술자등급시험에 합격한 자
2. 중급기술자는 해당 분야 기사의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 5년 이상 종사한 자로서 유지보수 분야별 해당업무 전반에 대한 전문적인 기술을 보유하고 중급기술자 등급시험에 합격한 자
3. 초급기술자는 해당 분야 산업기사 또는 기능사의 국가기술자격증을 소지한 자 또는 동일분야에 2년 이상 종사한 자로서 유지보수 분야별 해당업무에 대한 필수적인 기술을 보유하고 초급기술자 자격시험에 합격한 자

4. 일반기술자는 해당 분야에 기초 기술을 보유하고 유지보수 분야별 해당업무에 대한 기본적인 기술을 보유하고 있는 자

③ 교육기준

유지보수 기술자에 대한 교육은 유지보수설비의 운용 및 철도차량 유지보수 전반에 대하여 실시하며, 교육과목, 시간, 교육이수 평가 등 세부사항은 기관별로 수립하여 시행한다.

제7조 (유지보수 설비 및 장비의 보유 및 관리)

① 유지보수설비 및 장비의 현황 및 문제점을 자체적으로 분석하고 이를 개선하기 위한 다음 각 호의 사항을 포함하는 중장기 계획을 수립한다.

1. 노후 유지보수 설비 및 장비의 교체계획
2. 검수장비의 현대화 및 검수작업 자동화 추진계획
3. 유지보수설비 및 장비의 관리계획

② 유지보수설비 및 장비의 관리계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

1. 관리조직의 업무분장 및 책임
2. 장비검수의 종류
3. 장비검수 시행절차
4. 장비운용
5. 장비이력 및 관리(중요장비, 법정장비, 일반장비)

제8조 (유지보수 부품의 확보 및 관리)

유지보수의 종류 및 공정별로 교체 및 수리에 필요한 유지보수 부품의 확보와 관리계획을 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

① 차종별 유지보수부품의 종류, 교체 주기 및 소요량

② 주요 유지보수부품의 조달 및 예산 확보에 대한 중장기 계획

③ 조달 불가능한 외자 유지보수부품의 종류 및 확보 방안

④ 재고관리, 사용 및 출납, 보관, 정비

⑤ 결산품의 관리, 재물조사, 처분, 손실 및 망실 처리,

⑥ 관리조직의 업무분장 및 책임

제9조 (유지보수 부품의 품질확보)

① 주요 유지보수 부품의 품질확보 계획은 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

1. 내·외자 부품의 품질검사(중간검사, 제작검사, 인수검사 등) 기준

2. 품질관리조직의 업무분장 및 책임

3. 부품의 신뢰성 확보를 위한 중장기 계획

4. KS인증품 등 정부인증제도에 의한 인증품 활용 계획

② 유지보수 부품의 품질검사 기준은 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

1. 적용 범위

2. 관련 규격 및 기술자료

3. 시험(또는 검사) 조건

4. 시험(또는 검사) 방법 및 절차

5. 판정기준

6. 기타 품질관리 사항

제10조 (유지보수체계 정보화)

철도차량 유지보수체계 정보화를 위한 중장기 추진계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

① 정보화 대상업무의 범위

1. 유지보수부품 등 자재관리

2. 유지보수 작업관리 등

② 정보화체계 구축 검토 대상

1. 부품계층구조관리 시스템

2. EDI/EC 시스템

3. 전자정비매뉴얼 시스템

4. 3차원형상정보화 시스템

5. 도면관리시스템

6. 데이터베이스

7. 차량운행정보수집 자동화시스템

8. 무선통신을 이용한 유지보수작업 시스템

9. 무선통신 보안시스템

10. 하드웨어 구성 및 시스템 용량

11. 네트워크 이중화 및 백업

③ 정보화 추진 조직의 구성 및 임무

④ 정보화 시설 및 장비 확보 및 유지보수 계획

⑤ 전산실 및 정보의 보호대책

⑥ 정보화 교육계획

1. 정보화교육에 대한 기본방향

2. 부문별 정보화교육 추진사항

3. 정보화전담직원의 교육에 관한 사항

4. 직원 교육에 관한 사항

5. 정보화업무보완 및 개인정보 보호에 관한 사항

6. 교육에 필요한 시설·장비확충 방안에 관한 사항

7. 기타 정보화 교육을 위하여 필요한 사항

(2) 해설서

제1조 적용범위

철도차량의 유지관리계획의 수립에 필요한 일반사항에 대해 규정한다.

【해설】

국내에서는 이미 제정하여 실행되고 있는 각종 차종에 대한 유지보수규정과 또 앞으로 개발될 신차종에 대한 유지보수규정을 작성하기 위하여 이 규정의 상위 법규로서 각 차종의 유지보수규정을 총괄할 수 있는 일반사항을 규정한다는 적용범위를 신규로 작성하였다.

제2조 유지보수 조직 및 인원

① 유지보수 조직 및 인원은 다음 각 호의 사항을 고려하여 적정한 규모의 조직 및 인력으로 편성한다.

1. 유지보수 대상 철도차량 최대규모
2. 유지보수의 종류 및 주기
3. 유지보수의 종류별 세부업무내용
4. 세부업무내용별 작업시간
5. 근무체계

② 유지보수 조직은 유지보수 책임자를 임명하여 철도차량의 유지보수에 관한 업무를 총괄하도록 하고, 하위 단위조직을 두어 각 단위 조직별 역할 및 책임이 명확히 구분되도록 편성한다.

③ 유지보수 장비의 현대화 및 유지보수기록의 정보화에 대한 중장기 계획에 의거하여 유지보수 조직 및 인원에 대한 중장기 계획을 수립한다.

【해설】

가. 유지보수조직 및 인원

철도차량의 유지보수 소요인원 검토 시 적용되는 철도차량의 검수량 산정식은 다음과 같다. $A = N/T \times \beta \cdot \gamma \cdot D$, $A' = N \cdot \alpha \cdot K$

A = 검수발생량, A′= 임시검수발생량, N =철도차량 검수대상량수,

T = 검수주기일수, D = 검수소요일수 : 1일

β= (1-해당검수주기/상급검수주기) : 상급검수와 중복계수

γ= 365/가동일수×파동율 (경수선의 경우 가동일수 365일임)

K= 파동율(경수선의 경우 통상 20%적용)

α= 임시검수 발생율

따라서, 인원산정에 필요한 기본적인 고려요소는 검수발생량 산정을 위한 유지보수 대상 철도차량의 종류, 량수, 유지보수 종류 및 검수주기 등 이며 조직구성은 유지보수대상차량의 검수체계에 따른 유지보수의 종류별 세부 업무내용에 따라 편성한다. 상기의 기본 조직체계 및 소요인원을 기준으로 세부업무내용별 작업시간(정비노무공수) 및 근무체계를 고려하여 최종적으로 조직 및 인원을 확정하게 되므로 이들을 본조의 고려사항으로 규정하였다.

위 검수량 산정식은 한국철도기술연구원에서 시행한 한국철도공사의 병점 차량사무소의 "전동차 정비 검수업무의 외주화 방안에 관한 연구 (2002. 9)"에서도 적용된 바 있다.

나. 유지보수조직

철도차량의 유지보수가 철도차량의 안전운행에 직접적인 사항으로서 책임정비를 제도화할 필요가 있으며 이를 위해서 각 단위 기지별로 책임자를 임명하여 유지 보수에 관한 업무를 총괄하도록 하고, 유지보수의 종류별 세부업무내용을 하위조직에 명확히 부여함으로서 역할 및 책임에 혼선이 없도록 본조를 규정하였다.

다. 유지보수장비의 현대화 및 기록의 정보화

유지보수장비의 현대화 및 유지보수 기록의 정보화 계획은 검수작업 시간단축과 관리의 효율화를 통한 유지보수조직 및 인원의 효율화를 기대 할 수 있음으로 운영기관은 정보화계획에 따라 유지보수조직 및 인원에 대한 중장기 계획을 수립하여 궁극적으로는 검수작업의 신뢰성향상과 경영개선에 노력하여야한다는 취지에서 본조를 추가하였다.

제3조 유지보수 전략 및 시행지침

유지보수의 현황 및 문제점을 자체적으로 분석하고 이를 개선하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 5년 이상의 중·장기유지보수 전략을 수립한다.

① 문제점에 대한 개선방안

② 개선을 위한 기본방향

③ 시행을 위한 지침

④ 철도차량의 신뢰성·유용성·정비성·안전성(RAMS) 확보를 위한 전략

【해설】

철도운영기관의 책임자는 철도차량의 유지보수가 철도차량의 안전운행과 인명에 직접 연관된 사항으로서 현행의 유지보수 시스템과 작업에 대한 신뢰성확보 및 효율성 향상을 위하여 현행 문제점의 발굴 및 분석과 이를 개선하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 또한 이러한 노력을 책임자뿐만 아니라 하위조직의 정비요원으로 까지 확산시키기 위해서는 문제점의 지속적인 발굴 및 개선대책수립 시행 등에 대한 중장기적인 전략수립과 시행지침에 대한 제도화가 필요하다. 이와 같은 의미에서 본 중장기적인 전략수립에 필수적으로 포함되어야 할 사항으로 유지보수상의 문제점에 대한 항목별 개선방안과 개선방안 해결을 위한 기본방향 및 개선방안의 시행을 위한 단기·중기·장기별 시행지침 등으로 규정하였다. 아울러 최근 철도선진국에서는 철도차량의 유지보수작업에 대한 목표의 계량화 및 평가기법 등이 지속적으로 개발 채용되고 있으므로 이러한 기법의 도입을 통하여 궁극적으로 차량의 신뢰성, 유용성, 정비성, 안전성(RAMS)등의 확보를 위한 전략의 수립이 향후 유지보수기술의 발전에 핵심사항으로 판단되어 이를 본조에 추가하였다.

제4조 유지보수지침서

① 유지보수지침서는 유지보수 대상이 되는 철도차량 종류별로 작성하되, 형식이 유사한 철도차량에 대하여는 하나의 지침서에 별도의 조항을 첨가하여 함께 작성할 수 있다.

② 유지보수 지침서에는 정기적 유지보수와 비정기적 유지보수가 구분되어야 하며 유지보수를 시행하기 위한 세부 방법 및 기준 등을 포함하여야 한다.

③ 정기적 유지보수의 주기는 철도차량의 특성에 따라 적정한 주기산정의 기준을 마련하여 이를 근거로 결정되도록 한다.

④ 유지보수 작업 내용은 표준화된 양식과 절차에 의해 기록 관리한다.

【해설】

철도차량의 유지보수 및 그 방법과 관련하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 90조로서 " 시설 및 차량의 정기검사는 그 종류, 구조 및 그 외 사용 상황에 따라 검사주기, 대상으로 하는 부위 및 방법을 정하여 실시하여야한다" 라고 규정하고 있으며 제 91조에는 차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다" 라고 규정하고 있다. 아울러 궤도운전규칙 제 27조에는 " 차량에 대해서는 차량의 종류에 따라서 각각 해당 각호에서 정하는 기간을 넘지 않는 기간마다 그 상태 및 기능에 대하여 정기검사를 하여야한다" 라고 규정하고 있다. 아울러 제 28조에는 " 차량에 대해서는 차량의 종류에 따라서 각각 해당 각호에서 정하는 기간을 넘지 않는 기간마다 동력발생장치, 주행장치, 제동장치이외의 중요한 부분에 대하여 정기검사를 하여야한다"라고 규정하고 있으며 이를 근거로 각 운영기관에서는 차종별로 차량관리규정 및 차종별 검사기준규정 등의 유지보수지침을 제정하여 유지보수를 시행하고 있다. 국내 한국철도공사의 경우는 유지보수지침으로서 차종별 검수규정을, 각 지하철공사에서는 차량관리규정을 다음과 같이 제정하여 시행하고 있으며 일본도 이와 유사하다.

○ 유지보수대상이 되는 철도차량 종류별(객화차, 디젤동차, 디젤전기기관차, 전동차, 전기기관차, 전후동력형 새마을동차 등)로 작성하되, 객차나 화차 등 형식이 유사한 철도차량에 대하여는 하나의 지침서에 별도의 조항을 첨

가하여 함께 작성 되어 있다.

○ 유지보수의 종류를 정하고 정기적 유지보수와 비정기적 유지보수가 구분되어 있으며 유지보수를 시행하기 위한 세부방법 및 기준 등을 포함하고 있다.

○ 철도차량의 특성에 따라 정기적 유지보수의 주기가 규정되어있다.

○ 유지보수작업의 내용은 표준화된 양식과 절차에 의해 기록, 관리토록 규정하고 있다.

따라서 본조는 위의 일본 및 국내 철도차량운영기관의 현행 유지보수지침서의 작성방법을 기준으로 필수사항을 규정하였다.

제5조 유지보수 교육훈련 프로그램

유지보수 인원에 대한 교육훈련 프로그램은 다음 각 호의 기준에 따라 수립한다.

① 수습교육: 새로이 유지보수 작업에 투입되는 인원에 대한 수습교육 프로그램

② 정기교육: 유지보수 인원에 대하여 정기적으로 실시하는 교육 프로그램

③ 보수교육: 새로이 제작되는 철도차량의 신기술 또는 성능개량에 따른 첨단부품 등이 적용되었을 때 당해 유지보수 기술의 습득을 위한 기술교육

④ 교육관리: 유지보수 인원별로 교육 시행 및 평가결과의 기록, 유지 및 전산화

【해설】

철도차량의 유지보수는 철도차량의 안전운행과 인명에 직접 연관된 사항으로서 유지보수시스템과 작업에 대한 신뢰성확보 및 효율성 향상을 위해서는 유지보수요원에 대한 체계적이고도 지속적인 교육훈련프로그램의 개발 및 적절한 교육기회의 부여가 무엇보다도 중요하다. 현재 안전측면에서 상당한 수준에 있는 대한항공의 항공정비 교육훈련체계는 기초교육(항공정비기초과정), 초기교육(항공정비사 양성과정), 정기교육(기종 일반과정), 전문교육(기종 전문과정), 관리교육(정비교육 관리과정) 및 현장실습 교육 등의 6단계로 이루어지며 원자력분야의 경우는

신입사원에 대한 수습교육(입문교육, 기초이론교육, 현장적응훈련, 노형별 계통교육)과 운전, 정비 등의 기술능력을 향상시키기 위하여 업무수행 중 각 보직에 필요한 정기교육으로서 실무과정과 보수교육으로서의 전문과정 및 간부과정 등 4단계로 이루어지고 있다. 그러나 전체적으로는 두 분야 모두 수습교육, 정기교육, 보수교육 등으로 크게 구분할 수 있다. 따라서 철도분야의 경우도 교육단계는 위와 같이 3 단계로 크게 구분하되 항공이나 원자력분야와 같이 철도분야에서도 운영기관별 특성에 따라 유지보수요원의 자격등급을 기준으로 보다 세분화 하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 교육단계는 수습교육, 정기교육, 보수교육 등으로 규정하고 또한 교육관리 프로그램에는 6항의 유지보수 인원의 자격부여 시 평가기준으로 활용될 수 있도록 유지보수 인원별 교육시행 및 평가결과의 기록, 유지 및 전산화에 대한 사항이 포함되도록 하였다.

제6조 유지보수 인원의 자격 또는 교육기준

① 철도차량 유지보수 인원은 다음 각 호의 자격기준으로 구분·관리하여야 한다.

1. 관련 국가 기술자격증 소지자 또는 이와 유사하다고 인정되는 국가기술자격증 소지자
2. 교육훈련 프로그램에 의해 적정한 교육을 이수하고 해당 자격시험에 합격한 자
3. 제1항 및 제2항과 동등 이상의 유지보수 능력을 보유하고 있다고 객관적으로 입증할 수 있어 철도차량관리자가 인정하는 자

② 철도차량 유지보수 인원은 요구되는 유지보수 기술의 정도에 따라 고급기술자, 중급기술자, 초급기술자, 일반기술자의 자격 등급기준으로 구분·관리하여야 한다.

1. 고급기술자는 해당 분야 기술사 또는 기능장의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 10년 이상 종사한 자로서 유지보수 장치의 운용 및 철도차량 유지보수 전반에 대하여 전문적인 기술을 보유하고 고급기술자등급시험에 합격한 자
2. 중급기술자는 해당 분야 기사의 국가기술자격증을 소지한 자 및 동일분야에 5년 이상 종사한 자로서 유지보수 분야별 해당업무 전반에 대

한 전문적인 기술을 보유하고 중급기술자 등급시험에 합격한 자

3. 초급기술자는 해당 분야 산업기사 또는 기능사의 국가기술자격증을 소지한 자 또는 동일분야에 2년 이상 종사한 자로서 유지보수 분야별 해당업무에 대한 필수적인 기술을 보유하고 초급기술자 자격시험에 합격한 자
4. 일반기술자는 해당 분야에 기초 기술을 보유하고 유지보수 분야별 해당업무에 대한 기본적인 기술을 보유하고 있는 자

③ 교육기준

유지보수 기술자에 대한 교육은 유지보수설비의 운용 및 철도차량 유지보수 전반에 대하여 실시하며, 교육과목, 시간, 교육이수 평가 등 세부사항은 기관별로 수립하여 시행한다.

【해설】

철도차량의 유지보수는 철도차량의 안전운행과 인명에 직접 연관된 사항으로서 유지보수작업에 대한 신뢰성 확보를 위해서 유지보수 업무는 적정한 자격기준을 가진 자에 의하여 시행되어야 한다. 현재 안전측면에서 상당한 수준에 있는 항공분야의 경우 항공법 시행규칙 제 40조에 따르면 항공기의 수리 및 개조에 있어서 항공기의 수리 또는 개조의 계획, 작업 및 검사를 하는 일반 정비요원에 대해서는 특별한 자격요구가 없이 운영사업자의 자체 자격기준에 의하도록 하되 작업감독자는 항공정비사 또는 항공공장정비사, 확인자는 항공공장 정비사 또는 항공공장검사원 자격증 및 경력을 가진 자로 제한하고 있다. 따라서 철도분야의 경우도 유지보수인원의 자격기준을 「가」 항의 3종류로 구분하고 등급기준은「나」 항의 4단계로 구분하여 항공분야와 같이 업무의 특성에 따라 해당자격등급자를 임명토록 하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 본조와 같이 규정하였다.

제7조 유지보수 설비 및 장비의 보유 및 관리

① 유지보수설비 및 장비의 현황 및 문제점을 자체적으로 분석하고 이를 개선하기 위한 다음 각 호의 사항을 포함하는 중장기 계획을 수립한다.

1. 노후 유지보수 설비 및 장비의 교체계획
2. 검수장비의 현대화 및 검수작업 자동화 추진계획
3. 유지보수설비 및 장비의 관리계획

② 유지보수설비 및 장비의 관리계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

1. 관리조직의 업무분장 및 책임
2. 장비검수의 종류
3. 장비검수 시행절차
4. 장비운용
5. 장비이력 및 관리(중요장비, 법정장비, 일반장비)

【해설】

철도차량의 유지보수에 있어서 유지보수장비의 효율적인 운용은 유지보수업무의 경제성 및 신뢰성제고에 기반이 된다. 따라서 장비의 효율적인 운용을 위해서는 현행 문제점의 발굴 및 분석과 이를 개선하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 또한 책임자 뿐만 아니라 하위조직의 정비요원으로까지 이러한 노력을 확산시키기 위해서는 문제점의 지속적인 발굴 및 개선대책마련을 위한 중장기적인 계획수립 및 제도화가 필요하다. 이러한 관점에서 본 중장기계획의 주요항목으로서 노후 유지보수 설비 및 장비의 교체계획, 검수장비의 현대화 및 검수작업 자동화 추진계획 및 유지보수설비 및 장비관리계획 등 장비관리의 기본이 되는 필수적인 사항을 포함하였다 아울러 유지보수설비 및 장비의 관리계획에 포함되어야 할 내용에 대해서는 현재 한국철도공사의 기계관리규정 및 각 지하철공사의 전동차 관리 규정에 포함된 사항을 기준으로 작성하였다.

제8조 유지보수 부품의 확보 및 관리

유지보수의 종류 및 공정별로 교체 및 수리에 필요한 유지보수 부품의 확보

와 관리계획을 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

① 차종별 유지보수부품의 종류, 교체 주기 및 소요

② 주요 유지보수부품의 조달 및 예산 확보에 대한 중장기 계획

③ 조달 불가능한 외자 유지보수부품의 종류 및 확보 방안

④ 재고관리, 사용 및 출납, 보관, 정비

⑤ 결산품의 관리, 재물조사, 처분, 손실 및 망실 처리,

⑥ 관리조직의 업무분장 및 책임

【해설】

철도차량의 유지보수의 목적은 기본적으로 철도차량의 공정별 유지보수체계에 따라 유지보수의 종류별, 공정별로 지정된 장치나 부품의 기능점검 후 소모품이나 수리품의 교체를 통하여 정상적인 운영이 가능한 상태를 유지하는 것이다. 유지보수부품의 적기확보 및 관리는 철도차량의 안전운행과 지정된 내구연한까지 제 기능을 확보할 수 있도록 하는 가장 핵심적인 사항으로서 한국철도공사는 물품관리사무규정, 각 도시 지하철공사 등은 전동차관리규정에 의해 유지보수 공정별로 교체 및 수리에 필요한 유지보수 부품의 소요량 및 소요시기 등을 파악하여 확보 및 관리하고 있다. 따라서 유지보수부품의 확보 및 관리계획에 포함될 주요사항은 현재 한국철도공사의 내규인 물품관리사무규정과 서울지하철공사의 전동차관리규정에 참조하여 작성하였다.

제9조 유지보수 부품의 품질확보

① 주요 유지보수 부품의 품질확보 계획은 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

1. 내·외자 부품의 품질검사(중간검사, 제작검사, 인수검사 등) 기준
2. 품질관리조직의 업무분장 및 책임
3. 부품의 신뢰성 확보를 위한 중장기 계획
4. KS인증품 등 정부인증제도에 의한 인증품 활용 계획

② 유지보수 부품의 품질검사 기준은 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

1. 적용 범위
2. 관련 규격 및 기술자료
3. 시험(또는 검사) 조건
4. 시험(또는 검사) 방법 및 절차
5. 판정기준
6. 기타 품질관리 사항

【해설】

철도차량의 유지보수는 기본적으로 철도차량의 공정별 유지보수체계에 따라 유지보수의 종류별, 공정별로 지정된 장치나 부품의 기능점검 후 소모품이나 수리품의 교체를 통하여 정상적인 운영이 가능한 상태를 유지하는 것이 주목적이다. 따라서 유지보수부품의 신뢰성 및 품질확보는 철도차량의 안전운행과 지정된 내구연한까지 제 기능을 확보할 수 있도록 하는데 핵심적인 사항으로서 이를 체계적으로 관리하기 위한 품질확보 계획의 수립과 유지보수부품의 품질검사의 기준작성 시 필수적인 사항에 대한 명확한 정의가 필요하다. 본조는 현재 한국철도공사에서 시행하고 있는 물품관리사무규정 제 14장(물품의 검사) 및 제 15장 (표준화)을 참조하여 작성하였으며 유지보수부품의 품질 확보계획에는 최근 개정된 철도안전법 제 27조(철도용품의 품질인증)에 의거 인증품을 적극 활용토록 항목을 추가하였다.

제10조 유지보수체계 정보화

철도차량 유지보수체계 정보화를 위한 중장기 추진계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여 수립한다.

① 정보화 대상업무의 범위
1. 유지보수부품 등 자재관리
2. 유지보수 작업관리 등

② 정보화체계 구축 검토 대상
1. 부품계층구조관리 시스템
2. EDI/EC 시스템

3. 전자정비매뉴얼 시스템
4. 3차원형상정보화 시스템
5. 도면관리시스템
6. 데이터베이스
7. 차량운행정보수집 자동화시스템
8. 무선통신을 이용한 유지보수작업 시스템
9. 무선통신 보안시스템
10. 하드웨어 구성 및 시스템 용량
11. 네트워크 이중화 및 백업

③ 정보화 추진 조직의 구성 및 임무

④ 정보화 시설 및 장비 확보 및 유지보수 계획

⑤ 전산실 및 정보의 보호대책

⑥ 정보화 교육계획
1. 정보화교육에 대한 기본방향
2. 부문별 정보화교육 추진사항
3. 정보화전담직원의 교육에 관한 사항
4. 직원 교육에 관한 사항
5. 정보화업무보완 및 개인정보 보호에 관한 사항
6. 교육에 필요한 시설·장비확충 방안에 관한 사항
7. 기타 정보화 교육을 위하여 필요한 사항

【해설】

국내 도시철도에서는 제품설계 및 운영/유지보수 분야에 일부 정보화 작업이 이루어지고 있으나, 철도분야 전반에 걸친 업무의 정보화는 아직 미흡한 상태에 있으며 결과적으로 시스템의 통합관리 및 정보의 재가공을 통한 재생산 등도 원활치 못한 상황이다. 특히 유지보수와 관련한 정보는 차량회사, 시공회사, 각 운영기관 등에 분산 관리되고 있어 업무연계성과 효율성이 저하되고 있으며 결과적으로 철도차량의 유지보수 신뢰성제고에 한계를 드러내고 있어서 철도의 대국민 안전서비스 제공 및 열차운행의 안전성 확보를 위해서는 필히 개선되어야 할 분야이다. 유지보수업무의 정보화는 차량의 유지보수 이력관리를 자동화하여 유지보수 업무를 적기에 시행할 수 있도록 함과 동시에 보수요원으로 하여금 정보화된 공정

별 유지보수 데이터에 의해 업무를 수행함으로서 유지보수업무의 신뢰성을 제고하도록 한다. 아울러 유지보수부품의 조달체계를 정보화함으로서 적정재고율 유지 및 자재의 적기공급 등에 따른 유지보수 대기시간단축 등 실질적인 원가절감효과를 얻게 됨으로 운영기관의 경영개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이러한 유지보수업무의 정보화는 단시간에 이루어질 수는 없으며 중장기 추진 계획에 의거 면밀하게 시행되어야 한다. 본조에 규정된 중장기 추진계획의 포함내용으로서는 정보화 대상업무의 범위와 정보화체계 구축을 위한 검토대상의 설정, 이를 지속적으로 추진하기위한 추진조직의 구성, 정보화를 위한 전사적 공감대형성을 위한 유지보수요원의 체계적인 정보화 교육계획으로 으로 규정하였으며 이는 철도차량의 유지보수 정보화를 위하여 한국철도기술연구원에서 수행한 "도시철도 유지보수체계 정보화 구축방향"의 연구결과와 울산광역시가 제정한 "울산광역시 시설관리 공단 정보화 업무관리규정"을 참조하였다.

3. 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준

가. 개요

본 과제의 요구조건은 철도차량 유지보수 기록을 관리함에 대한 세부기준을 정립하는 것이다. 관련 국내외 운영기관의 규정 및 사양을 검토하여 기준안 및 해설을 제시하였다.

나. 이론적 배경

국내의 주요 철도운영기관인 한국철도공사, 서울지하철공사 및 기타 지방철도운영기관의 유지보수체계 및 일본의 관련 성령 및 철도사업법 시행규칙, 궤도운전규칙 등을 조사, 검토하였으며 관련 규정은 다음 항목과 같다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

철도차량 유지보수 기록관리기준을 작성하기 위하여 관련된 국내 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

- 한국철도공사 차종별 검수규정,
- 서울지하철공사 전동차관리규정
- 한국철도공사 동력차이력부 취급규정,

(2) 해외 관련 기준 현황

국외 규정은 주로 일본의 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

- 일본 국토교통성 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령,
- 철도사업법시행규칙,
- 궤도운전규칙

라. 자료 조사 및 분석

(1) 주제별 기준안 분석

(가) 적용범위

철도차량의 유지보수 기록관리 세부기준과 관련하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 91조로서 " 차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다."라고 규정하고 있다. 국내는 한국철도공사의 경우 차종별 검수규정에 "각종 검수를 시행하였을 때에는 전동차 검수 작업표를 작성하여 검수결과를 기록하여야 한다."라고 명시 하고 있으며 서울 지하철공사의 경우도 전동차관리규정에 " 정기검사, 비정기검사 및 도착점검을 완료하였을 때에는 당해 검사시행에 대한 검사표, 기록부, 점검표, 검사일보를 작성하여 검사결과를 기록 유지하여야 한다" 라고 규정하고 있다. 그러나 시행방법이나 내용에는 국내외적으로 차이점이 있어 현재 운영기관에서 자체적으로 시행하고 있는 차량의 유지보수결과의 작성 및 보존에 필요한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 기록 관리의 정보화나 표준화 시 혼선이 없을 것으로 판단되어 본조를 규정하게 되었다.

✍ 해외 관련규정 : 일본 국토교통성 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령

✍ 국내 관련규정 : 한국철도공사 차종별 검수규정, 서울지하철공사 전동차관리규정

(나) 철도차량이력부의 작성 및 관리

철도차량이력부의 작성 및 관리에 대하여 일본의 경우 철도사업법 시행규칙 제20조에 따르면 " 법 제 13조 제 1항의 규정에 의거 차량의 확인을 신청하고자하는 자는 다음사항을 기재한 차량확인 신청서를 제출하여야 한다" 라고 규정하고 그 기재 내용은 성명 또는 명칭 및 주소, 사용구간, 차종 및 기호번호, 구조 및 장치 등으로 규정하였다. 또한 차량의 구조 또는 장치의 변경 확인 신청 시에도 구조장치 변경확인신청서를 제출토록 하고 있으며 그 내용은 성명 또는 명칭 및 주소, 차종 및 기호번호, 변경하고자 하는 사항 등을 포함하도록 되어있다. 따라서 일본의

경우 국토교통성에서는 철도차량 이력부를 일반자동차 등록증과 같이 활용하고 있으며 세부적인 이력부의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 별도로 시행하고 있다. 국내의 경우도 이력부의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 차종별로 자체시행하고 있는데 한국철도공사의 경우는 동력차는 동력차 이력부취급규정, 그리고 기타차량은 검수규정의 검수기록 및 기록부 비치기준에 따라서 관리하고 있으며 서울지하철공사의 경우는 전동차관리규정의 전동차 이력부 및 검사실적의 관리 기준에 따라 시행하고 있다. 그러나 이력부의 작성 및 관리방법이나 항목 등에는 차이점이 있어 철도차량이력부의 작성 및 관리에 대한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 기록 관리의 정보화나 표준화 시 혼선이 없을 것으로 판단되어 한국철도공사의 동력차 이력부 취급규정 및 서울지하철공사의 전동차관리규정의 관련항목을 참조하여 작성하였다.

(다) 유지보수기록부의 작성 및 관리

철도차량의 유지보수기록부의 작성 및 관리에 대하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 91조로서 "차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다." 라고 규정하고 있으며 궤도운전규칙 제 39조에 따르면 "제 26조에서 29조까지의 규정에 의하여 차량을 검사할 때에는 그 연월일 및 성적을 기록하고 그 기록은 해당검사 후 최초로 시행하는 제29조의 규정에 따른 검사를 마칠 때까지 보존하여야 한다." 라는 기본원칙만을 기술하고 있으며 세부적인 유지보수기록의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 별도로 시행하고 있다. 국내에서도 철도차량의 유지보수기록부의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 차종별로 자체 시행하고 있는데 한국철도공사의 경우는 각 차종별 검수규정에 "각종 검수를 시행하였을 때에는 검수 작업표를 작성하여 검수결과를 기록하여야 한다." 라고 규정하고 있으며 서울지하철공사의 전동차 관리규정 제 35조(검사의 기록) 에는 "정기검사, 비정기검사, 및 도착점검을 완료 하였을 때에는 당해 검사시행에 대한 검사표, 기록부, 점검표 및 검사일보를 작성하여 검사결과를 기록, 유지하여야 한다." 라고 규정하고 있다. 그러나 기록의 종류, 작성 및 관리방법 등에는 다소 차이점이 있어 철도차량의 유지보수기록부의 작성 및 관리에 대한 최소한의

통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 기록 관리의 정보화나 표준화 시 혼선이 없을 것으로 판단되어 한국철도공사의 검수규정 및 서울지하철공사의 전동차 관리규정의 관련항목을 참조하여 작성하였다.

(라) 유지보수 기록의 보존기간

철도차량의 유지보수기록의 보존기간에 대하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 91조로서 "차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다." 라고 규정하고 있으며 궤도운전 규칙 제 39조에 따르면 제 26조에서 29조까지의 규정에 의하여 차량을 검사할 때에는 그 연월일 및 성적을 기록하고 그 기록은 해당검사 후 최초로 시행하는 제29조의 규정에 따른 검사를 마칠 때까지 보존하여야한다. 라고 규정하고 있다. 국내에서는 철도차량의 유지보수기록의 보존기간에 대하여 차량이력부는 철도공사의 경우 특별한 규정이 없고 서울지하철공사의 차량관리규정에는 전동차이력부는 당해 전동차폐차 시 까지로 하고 있다. 기타 유지보수 관련기록에 대해서는 한국철도공사나 서울지하철공사 모두 그 유지보수 관련기록의 특성에 따라 별도의 보존기간을 규정하고 있다. 그러나 관련기록의 특성에 따른 보존기간에 대해서는 각 운영기관별로 차이가 있어 유지보수기록부의 보존기간에 대한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 관련기록 확인 필요 시 혼선이 없을 것으로 판단되어 한국철도공사의 검수규정 및 서울지하철공사의 전동차관리규정의 관련항목을 참조하되 추후 관련기록의 정보화를 감안하여 철도차량이력부와 유지보수기록부의 보존기간은 철도차량 폐기 후 2년까지로 통일하여 규정하였다.

(2) 분석결과

일본 국토교통성 철도에 관한 기술기준을 정하는 성령, 철도사업법시행규칙, 궤도운전규칙과 국내 규정으로는 한국철도공사 차종별 검수규정, 서울지하철공사 전동차 관리규정, 한국철도공사 동력차이력부 취급규정, 서울지하철공사 전동차 관리규정 등 국내외 관련규정들을 참고로 하여 작성하도록 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량 유지보수 기록관리 세부 기준

제1조 (적용범위) 철도차량 유지보수 관리계획에 의해 시행한 철도차량 유지보수결과를 작성하고 보존하는데 필요한 사항을 규정한다.

제2조 (철도차량이력부의 작성 및 관리)

① 철도차량이력부에는 차량의 제원 및 특성, 부품의 교환 내역 등을 기재하여 항시 차량의 상태 확인과 유지보수 시행을 위한 기본 자료로 활용할 수 있도록 기록 관리하여야 한다.

② 철도차량이력부는 철도차량별로 작성하여 관리한다.

③ 철도차량이력부에 기재하여야 할 주요사항은 다음 각호와 같다.

1. 철도차량의 제원 및 고유번호
2. 철도차량의 특성 및 철도차량 도입내역
3. 부품의 교환 및 개조사항
4. 주요 운전장애 및 운전사고 사항
5. 차륜 삭정 및 차륜 교환
6. 기타 철도차량 유지보수에 필요한 사항

제3조 (유지보수기록부의 작성 및 관리)

① 유지보수기록부는 차종별 유지보수지침서에 의한 유지보수 시행 후 유지보수 종류별로 검사표, 기록부, 점검표 및 검사일보 등을 작성하여 철도차량의 신뢰성, 유용성, 정비성, 안전성 확인 및 유지보수 업무의 기본자료로 활용할 수 있도록 관리하여야 한다.

② 유지보수기록부는 유지보수체계 정보화(검수정보시스템 입출력 관리)와 연계하여 표준화된 양식을 사용하도록 하고, 차량별로 기록 관리되도록 한다.

제4조 (유지보수 기록의 보존기간) 철도차량이력부와 유지보수기록부의 보존기간은 철도차량 폐기 후 2년까지로 한다. 다만, 유지보수기록부 중 철도차량관리자가 운영상 필요하다고 판단되는 경우에 한하여 기록 후 3년까지 보관할 수 있다.

(2) 해설서

제1조 적용범위

철도차량 유지보수 관리계획에 의해 시행한 철도차량 유지보수결과를 작성하고 보존하는데 필요한 사항을 규정한다.

【해설】

철도차량의 유지보수 기록관리 세부기준과 관련하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 91조로서 " 차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다."라고 규정하고 있다. 국내는 한국철도공사의 경우 차종별 검수규정에 "각종 검수를 시행하였을 때에는 전동차 검수 작업표를 작성하여 검수결과를 기록하여야 한다."라고 명시 하고 있으며 서울 지하철공사의 경우도 전동차관리규정에 " 정기검사, 비정기검사 및 도착점검을 완료하였을 때에는 당해 검사시행에 대한 검사표, 기록부, 점검표, 검사일보를 작성하여 검사결과를 기록 유지하여야 한다"라고 규정하고 있다. 그러나 시행방법이나 내용에는 국내외적으로 차이점이 있어 현재 운영기관에서 자체적으로 시행하고 있는 차량의 유지보수결과의 작성 및 보존에 필요한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 기록 관리의 정보화나 표준화 시 혼선이 없을 것으로 판단되어 본조를 규정하게 되었다.

제2조 철도차량이력부의 작성 및 관리

① 철도차량이력부에는 차량의 제원 및 특성, 부품의 교환 내역 등을 기재하여 항시 차량의 상태 확인과 유지보수 시행을 위한 기본 자료로 활용할 수 있도록 기록 관리하여야 한다.

② 철도차량 이력부는 철도차량별로 작성하여 관리한다.

③ 철도차량이력부에 기재하여야 할 주요사항은 다음 각 호와 같다.

1. 철도차량의 제원 및 고유번호
2. 철도차량의 특성 및 철도차량 도입내역
3. 부품의 교환 및 개조사항
4. 주요 운전장애 및 운전사고 사항
5. 차륜 삭정 및 차륜 교환
6. 기타 철도차량 유지보수에 필요한 사항

【해설】

철도차량이력부의 작성 및 관리에 대하여 일본의 경우 철도사업법 시행규칙 제20조에 따르면 " 법 제 13조 제 1항의 규정에 의거 차량의 확인을 신청하고자하는 자는 다음사항을 기재한 차량확인 신청서를 제출하여야 한다"라고 규정하고 그 기재 내용은 성명 또는 명칭 및 주소, 사용구간, 차종 및 기호번호, 구조 및 장치 등으로 규정하였다. 또한 차량의 구조 또는 장치의 변경 확인 신청 시에도 구조장치 변경확인신청서를 제출토록 하고 있으며 그 내용은 성명 또는 명칭 및 주소, 차종 및 기호번호, 변경하고자 하는 사항 등을 포함하도록 되어있다. 따라서 일본의 경우 국토교통성에서는 철도차량 이력부를 일반자동차 등록증과 같이 활용하고 있으며 세부적인 이력부의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 별도로 시행하고 있다. 국내의 경우도 이력부의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 차종별로 자체시행하고 있는데 한국철도공사의 경우는 동력차는 동력차 이력부취급규정, 그리고 기타 차량은 검수규정의 검수기록 및 기록부 비치기준에 따라서 관리하고 있으며 서울지하철공사의 경우는 전동차관리규정의 전동차 이력부 및 검사실적의 관리 기준에 따라 시행하고 있다. 그러나 이력부의 작성 및 관리방법이나 항목 등에는 차이점이 있어 철도차량이력부의 작성 및 관리에 대한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 기록 관리의 정보화나 표준화 시 혼선이 없을 것으로 판단되어

한국철도공사의 동력차 이력부 취급규정 및 서울지하철공사의 전동차관리규정의 관련항목을 참조하여 작성하였다.

제3조 유지보수기록부의 작성 및 관리

① 유지보수기록부는 차종별 유지보수지침서에 의한 유지보수 시행 후 유지보수 종류별로 검사표, 기록부, 점검표 및 검사일보 등을 작성하여 철도차량의 신뢰성, 유용성, 정비성, 안전성 확인 및 유지보수 업무의 기본자료로 활용할 수 있도록 관리하여야 한다.

② 유지보수기록부는 유지보수체계 정보화(검수정보시스템 입출력 관리)와 연계하여 표준화된 양식을 사용하도록 하고, 차량별로 기록 관리되도록 한다.

【해설】

철도차량의 유지보수기록부의 작성 및 관리에 대하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 91조로서 "차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다." 라고 규정하고 있으며 궤도운전규칙 제 39조에 따르면 "제 26조에서 29조까지의 규정에 의하여 차량을 검사할 때에는 그 연월일 및 성적을 기록하고 그 기록은 해당검사 후 최초로 시행하는 제29조의 규정에 따른 검사를 마칠 때까지 보존하여야 한다." 라는 기본원칙만을 기술하고 있으며 세부적인 유지보수기록의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 별도로 시행하고 있다. 국내에서도 철도차량의 유지보수기록부의 작성 및 관리는 철도운영기관에서 차종별로 자체 시행하고 있는데 한국철도공사의 경우는 각 차종별 검수규정에 "각종 검수를 시행하였을 때에는 검수 작업표를 작성하여 검수결과를 기록하여야 한다." 라고 규정하고 있으며 서울지하철공사의 전동차 관리규정 제 35조(검사의 기록) 에는 "정기검사, 비정기검사, 및 도착점검을 완료 하였을 때에는 당해 검사시행에 대한 검사표, 기록부, 점검표 및 검사일보를 작성하여 검사결과를 기록, 유지하여야 한다." 라고 규정하고 있다. 그러나 기록의 종류, 작성 및 관리방법 등에는 다소 차이점이 있어 철도차량의 유지보수기록부의 작성 및 관리에 대한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 기록 관리의 정보화나 표준화 시 혼선이

없을 것으로 판단되어 한국철도공사의 검수규정 및 서울지하철공사의 전동차 관리규정의 관련항목을 참조하여 작성하였다.

제4조 유지보수 기록의 보존기간

철도차량이력부와 유지보수기록부의 보존기간은 철도차량 폐기 후 2년까지로 한다. 다만, 유지보수기록부 중 철도차량관리자가 운영상 필요하다고 판단되는 경우에 한하여 기록 후 3년까지 보관할 수 있다.

【해설】

철도차량의 유지보수기록의 보존기간에 대하여 일본에서 적용하고 있는 대표적인 규정은 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 9장 91조로서 "차량의 검사 및 차량의 개축, 개조, 수리 또는 수선을 하였을 때는 그 기록을 작성하고 이를 보존해야 한다." 라고 규정하고 있으며 궤도운전 규칙 제 39조에 따르면 제 26조에서 29조까지의 규정에 의하여 차량을 검사할 때에는 그 연월일 및 성적을 기록하고 그 기록은 해당검사 후 최초로 시행하는 제29조의 규정에 따른 검사를 마칠 때까지 보존하여야한다. 라고 규정하고 있다. 국내에서는 철도차량의 유지보수기록의 보존기간에 대하여 차량이력부는 철도공사의 경우 특별한 규정이 없고 서울지하철공사의 차량관리규정에는 전동차이력부는 당해 전동차폐차 시 까지로 하고 있다. 기타 유지보수 관련기록에 대해서는 한국철도공사나 서울지하철공사 모두 그 유지보수 관련기록의 특성에 따라 별도의 보존기간을 규정하고 있다. 그러나 관련기록의 특성에 따른 보존기간에 대해서는 각 운영기관별로 차이가 있어 유지보수기록부의 보존기간에 대한 최소한의 통일된 세부기준을 마련하는 것이 향후 관련기록 확인 필요 시 혼선이 없을 것으로 판단되어 한국철도공사의 검수규정 및 서울지하철공사의 전동차관리규정의 관련항목을 참조하되 추후 관련기록의 정보화를 감안하여 철도차량이력부와 유지보수기록부의 보존기간은 철도차량 폐기 후 2년까지로 통일하여 규정하였다.

4. 철도차량 구조의 제원 산정 기준

가. 개요

본 과제의 요구조건은 철도차량 구조의 제원산정 기준을 정립하는 것이다. 철도차량 제원산정기준을 작성하기 위하여 관련된 국내 규정을 조사하여 검토하였으며, 철도차량 안전기준에 관한 규칙 및 객화차의 치수자중산정기준 규정 등이 참조되었다.

나. 이론적 배경

국내외 철도차량 제원 자료를 분석하여, 기술적으로 타당하고, 현실적인 적용가능성이 높은 제원산정 기준을 제시한다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호, 2005. 7. 8)

- 제27조(철도차량 구조의 제원)

○ 객화차의치수자중산정기준(건설교통부고시 제2004-496호)

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 국제단위계(The International System of Units) (1960년 제11차 국제도량형총회(CGPM))

라. 자료 조사 및 분석

(1) 주제별 기준안 분석

(가) 적용범위

본 철도차량 구조의 제원산정 세부기준은 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호, 2005. 7. 8) 제27조(철도차량 구조의 제원)를 바탕으로 작성되었으며, 건설교통부고시 제2004-496호로 제정된 객화차의치수자중산정기준 규정을 흡수하여 용어를 순화시키고 현대화하여 철도차량을 포괄할 수 있도록 적용하였다.

(나) 단위

국제표준에 부합하여 SI단위를 채택하였다. SI란 1960년 제11차 국제도량형총회(CGPM)에서 실용단위계의 명칭으로 "국제단위계(The International System of Units)"를 SI라는 국제 약칭과 함께 채택한 것으로서 SI단위는 독립된 차원을 가지는 것으로 간주되는 7개(미터, 킬로그램, 초, 암페어, 캘빈, 몰, 칸델라)의 명확하게 정의된 단위들을 선택하여 국제단위계의 기본단위로 하였다.

객화차의 치수자중 산정기준에서는 용적의 소수점 이하 반올림하던 것을 면적의 표기와 같은 형태로 통일하였다. "이하"는 그 숫자를 포함하는 것으로서 소수점을 없애고 정수로 표기함을 의미하는 것이지만, 용적이란 면적에다 높이를 곱한 것이기 때문에 소수점 1자리 미만(그 숫자를 포함하지 않음)을 반올림하여 1자리까지 표기하도록 통일하는 것이 바람직하다.

(다) 치수의 산정

차량의 치수는 운반대상에게 보다 편리하고 쾌적한 환경을 제공할 수 있도록 합리적인 차량크기를 결정해야 하며 또한 터널 및 역사 공사비의 최소화를 위해 차량크기를 줄이는 것이 바람직하다. 그러나 승객을 위한 쾌적한 공간확보 및 공사비는 서로 상반되므로 기존 차량과 차량부품 등을 검토함으로서 제작성과 더불어 차량가격 상승요인을 제거하는 방향으로 검토해야 한다. 차량의 단면은 폭과 높이에 의해 결정되므로 다음 사항을 검토하였다.

① 차량길이

국내에 운행되고 있는 전동차의 크기는 2종류로 구분되며 수도권 전동차인 대형전동차는 차체길이 19,500 mm, 부산, 인천, 대구, 대전시 전동차는 중형전동차로 차체길이 17,500 mm로 이 2종류가 국내 전동차의 차체길이의 표준형이라 할 수 있다.

② 차체 폭

차량단면 결정의 가장 중요한 요소는 수송력이라는 절대기능에 있으며 차량제원 선정시 노선의 수송력 검토결과에 의해 전동차의 형식을 선정하게 된다. 국내에 운용되는 전동차의 차체폭은 상기 표에서 알 수 있듯이 대형전동차 3,120 mm, 중형전동차 2,750 mm로 표준화되어 있으며 이는 각 노선에서의 수송능력을 검토하여 제시된 결과로 타당성이 있다.

표 3-7-1 노선별 전동차 및 기타 철도차량의 주요치수

(단위 : mm)

노선별 / 크기		수도권 1호선	2호선	3/4호선	5-8호선	대구 1호선	부산 1호선
차체길이	연결면간	20,000	20,000	20,000	20,000	18,000	18,000
	차체길이	19,500	19,500	19,500	19,500	17,500	17,500
차체폭		3,120	3,120	3,160(최대폭) 3,120(출입문)	3,120	2,750	2,750
객실바닥(레일면에서)		1,200	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150
지붕높이(레일면에서)		3,800	3,750	3,750	3,600	3,600	3,670

노선별 / 크기		고무차륜 경량전철	새마을 동차	KNR형 전기기관차	KNR 소화물 전용차	디젤동차 CDC
차체길이	연결면간	9,640	23,500-23,765	19,850	21,000	20,800
	차체길이	9,140			20,530	
차체폭		2,400	3,000	3,000	3,000	3,200
객실바닥(레일면에서)		1,110	1,188	-	1,200	
지붕높이(레일면에서)		3,500	3,700	4,470(판토그라프 접은높이까지)	3,693	4,260

③ 철도차량의 높이

국내에 운행중인 대형전동차의 지붕높이는 1-4호선 및 수도권 전동차는 3,750 mm, 5-8호선은 3,600 mm로 되어 있으며, 중형전동차는 부산시를 제외하고 3,600 mm로 동일하다. 지붕높이가 낮으면 차량중량 감소 및 건설비 절감효과가 크므로 3,800 mm로 표준화하는 것이 타당하다. 문제가 되리라 생각되는 3,750 mm를 적용하는 노선의 경우 판토그라프의 작동높이로 조절이 가능하여 운전가능하므로 대형, 중형전동차 공히 문제의 소지는 없다.

※ 객화차치수산정기준의 "차체 내부측 높이"는 차체내부높이와 동일한 의미로서 실제차량과 일치하지 않는 부분이 있었기에 삭제함.

④ 고정축거

고정축거의 의미와 한도는 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 53조에 따른다. "규칙 제53조(고정축거) 철도차량의 고정축거(중심회전이 가능한 주행장치에 부착된 1군의 고정축중 맨 앞부분의 차축과 맨 뒷부분의 차축중심간 수평거리를 말한다)는 3.75미터 이하이어야 한다."

한 대차의 앞뒤의 차륜차축의 정위치에서의 중심거리를 고정축거라 한다. 이 고정축거가 커지면 곡선통과가 곤란해지고 저항이 커져 대차프레임에 무리가 생겨서 탈선할 우려가 있다. 실제의 설계에서 고정축거를 크게 하면 곡선통과가 곤란해지고 차체 언더프레임의 기/전장공간에 제약을 주게 된다. 또한, 고정축거를 작게 하면 차륜직경, 주전동기 직경의 크기, 대차 형식, 레일의 하중 제한 등의 제조건에 제약을 주게 되기 때문에 일반적으로 전동차의 경우에는 고정축거를 2,100 - 2,300 mm의 범위에서 사용하고 있다.

⑤ 전체 축간거리, 대차중심간 거리

전체축간거리 및 대차 중심간 거리도 효율성을 고려하여 적절히 설계하고 있으며, 고정축거는 차량이 곡선구간의 선로를 통과할 때 궤도의 슬랙량에 크게 영향을 미치게 된다. 즉, 슬랙량은 고정축거의 자승에 비례함으로 고정축거가 과대하면 슬랙량이 커져서 차륜 플랜지가 마모되었을 때 궤도로부터 떨어져서 탈선의 위험성이 있으므로 슬랙량은 적정선에서 제한을 주고 있다. 따라서 고정축거는 그에 따라 제한될 수밖에 없다. 국유철도건설규칙 제65조 (고정축거)와 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제53조 (고정축거)에서는 현재 국내에서 운행중인 일반 철도차량의 고정축거를 조사하여 이들을 수용할 수 있는 3.75 m를 고정축거로 규정하고 있으며, 일반적으로 궤간보다 작지 않도록 하고 있다.

- KNR 고속 소화물 전용차 : 2,300 mm
- 전후동력형 새마을동차 (DHC) : 2,500 또는 2,600 mm

⑥ 철도차량의 바닥 면적

승객 1인당 점유면적은 좌석과 입석에 따라 점유면적이 다르게 되지만 여기서는 편의상 객실면적을 승객정원기준으로 나눈 값으로 하면 0.35 m2가 된다. 아래의 표는 표준전동차에 대한 객실면적과 정원에 기초하여 승객 1인당 점유면적을 산출한 근거를 보인 것이다.

표 3-7-2 객실면적과 정원의 관계

	차종별	정원(인)			객실면적 [m^2]	면적당/인 [m^2/인]
		좌석	입석	계		
대형전동차	Tc	48	100	148	50.6	0.35
	M, T	54	106	160	55.3	
중형전동차	Tc	42	71	113	39.4	0.35
	M, T	48	76	124	43.3	

정원계산기준은 다음과 같다.

$N = \frac{A}{a}$ 여기서, N : 정원, A : 상면적, a : 1인당 점유면적

좌석을 배치하는 방법에는 종방향 배치와 횡방향 배치가 있으며 횡방향 배치의 경우는 좌석의 수는 많으나 승차인원이 적어져 수송능력이 저하된다.

국내 승객전용 철도차량의 의자길이는 길이 1,750 mm와 1,300 mm의 2종류가 있으며 객실 의자배치는 모두 같은 형태로 되어 있다. 또한 JIS E 7103(통근차용 차체설계기준)에는 1인당 좌석폭은 400 mm이상으로 되어 있지만 이것은 최저기준이고, 전동차 차체설계통칙에는 435 mm로 되어 있다. 따라서 좌석정원은 의자길이를 승객 1인당 점유하는 길이인 435 mm로 나누어 계산하면 되며, 입석정원은 좌석앞쪽 250 mm까지의 바닥면을 제외한 객실바닥면의 내부면적을 승객 1인당 점유하는 면적인 0.35 m2로 나누어 계산하면 된다.

한편 출·퇴근시의 입석 1인당 면적은 일반적으로 0.14 m2 이상으로 설계기준을 정하고 있지만 혼잡도가 300%가 되면 차내밀도는 일정하다고 할 수 없으므로

좌석부근 3인/m2, 손잡이 부근 10인/m2, 출입문 부근 13인/m2으로 정한 기준치도 사용하고 있다. 참고로, 기존의 차량에서 승객 1인당 차지하는 점유 면적 적용기준은 다음과 같다.

표 3-7-3 승객 1인당 차지하는 점유 면적 적용기준

구 분		승객 1인당 점유면적	비 고
일본	일본 국유철도 건설기준	0.3 m^2 이상	JIS E 7103 (통근차용 차체설계기준
	지방 철도 건설규정	0.28 m^2 이상	
	일본 공업규격	0.35 m^2	
국내	서울시 지하철	0.35 m^2	
	부산시 1호선	0.285 m^2	

(라) 용적의 산정

용적이란 물건을 담을 수 있는 부피. 혹은 용기 안을 채우는 분량을 의미하는 것으로서 철도차량에서는 차량의 내부면적이라 할 수 있다. 따라서 차량 내부의 단면적이 일정한 차량의 용적은 바닥면적에 차체내부높이를 곱한 값으로 하고 차량 내부의 단면적이 일정하지 않은 차량(탱크차, 호퍼차 등 특수한 형상을 가진 철도차량)은 내부 부피를 계산한 값으로 한다.

(마) 자중(自重)의 산정

① 인체측정자료는 기계설비나 공장구조의 설계에 널리 이용될 수 있다. 그러나 이런 자료를 사용할 때 설계자는 문제되는 설비를 실제로 사용할 사람들과 비슷한 집단으로부터 얻은 자료를 선택해야 한다. 한국인이 인체에 대한 세부적 자료는 적은 편이어서 외국자료를 이용하고 있다.

② 승객의 하중기준에 대한 인용근거는 UIC 566 2.1.1.1.1로서 인용원문은 다음과 같다.

[For the weight of a passenger, assume : 100 kg as maximum load, 80kg as average load including luggage, 75 kg as average load without luggage]

그러나, 국내 각 시행청 기술사양서에서는 하중조건의 설정을 위하여 승객 1인당 하중조건을 성인의 인체 표준체중에 여유치를 고려하여 62 kg로 설정하고 있고 일본공업규격 JIS E 7105에서는 60 kg을 적용하고 있다.

- 국내 일반 철도차량 : 62 kg
- 고속철도차량(KTX) & 틸팅차량(TTX) : 75 kg (UIC 규격 준용)
- 해외 철도차량 : 시행청의 요구사항에 따르는 것을 기본으로 하고 UIC 규격을 준용하도록 유도

표 3-7-4 성인의 인체치수와 체중

신체 부위	한 국 인						미 국 인					
	남			여			남			여		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%
신장	157.76	166.51	175.26	151.89	155.23	158.57	162	173	185	150	160	170
체중	49.44	58.52	67.60	45.77	53.40	61.03	58	75	98	47	62	90
앉은키	86.77	91.67	96.67	81.07	85.45	89.83	84	91	97	79	85	91
무릎 높이	44.82	49.01	49.01	41.39	46.55	51.71	49	54	59	46	50	55
오금 높이	-	-	-	-	-	-	39	44	49	36	40	45
팔걸이 높이	-	-	-	-	-	-	19	24	30	18	23	28
대퇴 여유	-	-	-	-	-	-	11	15	18	10	14	18
팔꿈치 간폭	-	-	-	-	-	-	35	42	51	31	38	49

주 : 한국인 : 남 18-55세, 여 16-30세 : 287명
미국인 : 연령 18-79세 : 6,672명 [USPHS]
박경수, 인간공학-작업경제학, 영지문화사, 1988, p258.

③ 최대승객하중은 기본적으로 성능계산기준 및 강도계산기준으로 구분하여 산정하며, 예를 들어, 표준 전동차 사양에 의거 대형전동차의 경우 승객정원이 160명인 것을 사용하여 성능계산 및 강도계산 기준을 아래와 같은 방식으로 산정하였다.

성능계산기준 = 승객정원 × 정원기준의 2배 × 승객하중(62 kg)

= 160 × 2 × 62 = 19.84 Ton ≒ 20 Ton

강도계산기준 = 승객정원 × 정원기준의 3배 × 승객하중(62 kg)

= 160 × 3 × 62 = 29.76 Ton ≒ 30 Ton

성능계산기준에서 정원기준의 2배를 사용한 이유는 국내 전동차가 평상시에도 혼잡율이 높은 것을 감안할 때 충분한 여유를 준 것이며 주요장치의 용량계산이나 성능평가시에 적용된다. 또한 여기서의 성능기준이란 영업운전시 주행성능이나 주요장치에 이상이 없이 전동차 시스템의 적용수명을 충분히 발휘할 수 있는 조건이다. 참고로 기존에 운행되는 대형전동차인 경우도 20 Ton을 성능계산기준으로 적용하고 있다.

강도계산기준에서 정원기준의 3배를 사용한 이유는 가장 혼잡한 조건인 출퇴근시를 상정한 것으로 차체 구조체, 대차, 차축 등의 강도계산시 입력조건으로 사용된다. 참고로 기존에 운행되는 대형전동차인 경우 25 Ton을 강도계산기준으로 적용하고 있으나 일반적으로 안전에 관련한 설계는 가장 엄격한 조건을 적용하는 것을 감안할 때 30 Ton을 적용하고 있다.

- 일반 전동차 :

  대형전동차 : 20 Ton/량(성능계산기준, 정원기준의 2배)

  30 Ton/량(강도계산기준, 정원기준의 3배) - 서울2호선 등

  소형전동차 : 16 Ton/량(성능계산기준, 정원기준의 2배)

  24 Ton/량(강도계산기준, 정원기준의 3배) - 광주1호선 등

  대전시 1호선 : 18 Ton/량

- 고무차륜 경량전철 : 6 Ton(성능계산기준)

(바) 속도의 산정

성능최고속도는 철도차량이 직선평탄선로, 최대적재하중에서 주행할 수 있는

최고속도의 하한치로 차량시스템의 안정성, 임계속도 등과 관련되어 있으며 차량시스템 전체성능을 규제하는 주요지표이다. 이러한 성능최고속도가 관계되는 조건으로는 제동성능·차량성능·선로조건·집전조건·주행안전성(승차감)·소음 등이 있으며 전동차에서는 제동성능에 고속열차에서는 소음에 주로 제약을 받는다.

최고운행속도는 영업운행을 할 때 평탄한 직선선로에서 최대적재하중 상태로 철도차량이 운행할 수 있는 속도의 하한 값으로 산정한다. 주행은 동력으로 움직이는 탈 것이 달려감을 의미하고, 운행은 계획적으로 운전하여 다니는 것을 의미한다.

열차운전속도는 선로와 차량의 구조, 운전취급조건과 해당운행구간의 선로상황 등을 고려하여 결정하고, 설계최고속도(design maximum speed)는 차량을 설계할 때 추정하는 해당운행구간에서의 최고운전속도로 한다.

① 성능최고속도

① 제동성능

국내 전동차는 도시철도운전규칙 제29조(열차의 비상제동거리)에 의해 제동거리가 최대 600 m 이내로 되어 있다. 이것은 해외의 철도에 비해 답절이 많은 국내 철도조건에서는 인지가능한 한계거리로 볼 수 있는 600 m를 최대 제동거리로 한 것은 안전확보에 있어 바람직한 것이다.

유럽의 경우는 국내에 비해 답절이 작아 독일에서는 최대허용 제동거리가 간선에서 1000 m, 그 외의 선에서 700 m, 러시아에서는 표준치로서 800 m, 영국·프랑스에서는 제한 규정이 없는 등 나라마다 상당한 차이가 있다.

국내와 답절조건이 비슷한 일본인 경우 혼합제동·전기제동·디스크제동 등을 채용하고 활주대책·재점착대책 등의 만전을 기해도 600m 이내의 제동거리 제약으로 점착제동에 의한 최고속도는 130 km/h(평균감속도 4.2km/h/s)정도가 한계라는 보고도 있다.

따라서 최고속도 130 km/h를 넘기 위해서는 점착제동에 레일제동 등과 같은 차륜과 레일의 마찰에 의하지 않는 별도의 제동장치를 부가하거나, 답절개량 등을 전제로 제동거리 600 m를 증가시키는 법령개정을 하는 것과 같은 조치가 이루어져야 한다.

참고로 일본의 경우 견인기관차는 제동성능이나 주행안전성 등의 이유로 최고속도를 110 km/h로 하고 있다.

② 차량성능

최고속도와 관련된 주행저항은 속도와 더불어 증가하므로 속도를 높이려면 출력의 증강이 요구되고 고속전철인 경우 1990년 5월에 기록된 TGV-A의 시험 515 km/h에서는 차량중량당 출력이 50 kw/ton를 보여, 현재 일본 신간선 전동차의 3배 이상의 출력을 필요로 하고 있다.

또한 일반적으로 차량설계나 운전계획에 사용되고 있는 점착계수는 속도와 더불어 감소하고, 주행저항은 거의 속도의 자승에 비례하여 증가한다고 알려져 있다. 따라서 우천인 경우와 같이 레일이 젖어 있는 경우 점착운전에 의한 최고속도는 점착구동력과 주행저항의 거의 평형인 점이 최고속도로 되며 건조인 조건에서는 차륜과 레일과의 점착성능에 약간의 여유가 있게 된다.

그러나 점착계수가 저하하는 우천 등의 조건이나 고출력에 의한 비용증가, 시분단축의 효과, 소음 등을 종합하여 성능최고속도의 한계값을 적절히 선정해야 할 것이다.

③ 궤도파괴

열차하중이 궤도 부담력의 한도내에 있어도 미소한 궤도파괴가 진행하므로 일련의 보수작업을 필요로 한다. 궤도파괴는 궤도의 강화(중궤조화, PC침목화, 침목증가, Long Rail화, 쇄석도상두께 증가 등)에 의해 경감되며, 궤도파괴를 만드는 열차하중은 통과톤수, 열차속도, 차량계수(축중, 스프링하 질량 등) 등에 의해서도 변동한다.

열차속도 향상에 거의 비례하여 궤도파괴가 초래되는 경향이 있으며, 그 대책으로 축중이나 스프링하 질량의 저감 등에 의해 궤도파괴 진행을 억제하는 방안도 있다. 최근 일본의 경우 차량개선의 근대화와 궤도강화의 추진 등에 맞추어 궤도파괴의 면에서 속도가 제한되는 경우도 많다. 그러나 고속주행을 위해서 고정도의 궤도정비를 유지시키는 것이 용이하지 않아 앞으로는 궤도파괴가 작은 차량(축중·스프링하 질량·횡압의 경감 등) 쪽으로의 개선이 요구되고 있다.

또 하나의 조건으로 레일의 어긋남이나 궤간 확대를 방지하기 위해 차륜의 횡압을 어느 정도 억제하는 것이 있으나 최근에는 궤도강화와 레일체결장치의 개선

에 의해 횡압의 영향이 작게 되고 또한 차량 경량화나 대차 개량 등에 의해 횡압에 의한 최고속도의 제한은 사라지고 있다.

④ 집전

가선과 판토그라프는 모두 Flexsible 구조로 하나의 진동계를 구성하고 있다. 속도가 높게 되면 가선의 지지점과 중간과의 고저차나 가선의 경점, 진동이나 바람의 영향 등에 의해 가선과 판토그라프와의 사이에 이선이 생기고 이선이 크게 되면 가선이나 판토그라프 습동판의 마모가 크게 되며, 더욱 이선이 크게 되면 전류중단이나 용선에 이를 위험이 있다.

일반적으로 집전 속도의 한계는 가선 파동전파속도의 60-70%로 된다고 알려져 있다. 일본에서는 고속전철 등과 같은 시스템의 속도향상을 위해 강성이 높은 데드섹션 대책 등을 연구하고 있으며 가선과 팬터그래프를 하나의 진동계로 보는 시스템적인 연구를 하고 있다.

⑤ 소음대책

최근에는 환경보전대책으로 열차의 주행소음이 엄격히 억제되고 있다. 국내의 환경보전법에 의하면 2000년부터 주거지역의 외부소음을 주간 70dB(A), 야간 65dB(A)로 규제하고 있다.

열차소음은 차륜과 레일간의 [전동음], 차체가 공기를 가르는 [차체공력음], 판토그라프와 가선에서의 [집전계음], 시설구조물의 진동에서 발생하는 [구조물음] 등에 의해 합성된다. 교량의 구조물을 별도로 하면 저속역에서는 [전동음]이 전체 소음을 지배하고 고속역에서는 [차체공력음]이나 [집전계음]이 크게 된다.

이에 대한 대책으로는 [전동음] 대책으로 차륜답면·레일의 평활화, 차륜플랫 방지, [집전계음] 대책으로 판토그라프 카바의 부착, 팬터그래프수의 삭감, 가선장력상승, [차체공력음] 대책으로 차체표면 평활화 등의 차량대책과 병행하여 궤도패드(합성수지계)의 삽입, 선로인근의 방음벽 설치 등의 지상대책에 의해 소음저감을 시도하고 있다.

② 최고운행속도

성능 최고속도가 차량시스템의 안정성, 임계속도 등과 관계되어 있는데 비하여, 최고 운행속도는 영업시의 선로조건에 따른 속도로 실질적인 승객의 도달시간과

관계된 표정속도와 관계되어 있고, 이 선로조건에서도 곡선통과속도를 어떻게 높이는 가가 중요하다. 이러한 곡선통과속도를 제한하는 이유는 통과시의 원심력이나 강풍에 의한 전복의 위험, 승차감의 악화와 관계되어 있기 때문이며 아래에 이러한 최고운행속도와 관계된 중요한 점을 언급한다.

① 곡선제한속도

곡선제한속도는 곡선부 돌입의 전후에서 될 수 있는 한 빠르게 가감속하는 것이 시분단축에 효과적이므로 곡선부에서의 가감속성능을 개선하는 것이 중요하다. 그러나 이러한 가감속성능을 높이기 위해서는 견인전동기의 출력강화나 변전소의 증강, 고제동제어의 필요 등이 있어 비용이 상승될 우려가 있으므로 그 득실을 확실하게 계산하여 대처하는 것이 바람직하다.

또한 직류전동기를 사용하고 있는 전기차량의 경우는 고속역에서의 가속 성능이 내려가는 경향이 있는데 반해 유도전동기는 그 영향이 작으므로 앞으로 가감속성능의 향상으로 인한 곡선제한속도가 개선될 여지가 많다.

② 선로조건

일반적으로 곡선에는 외측레일을 높게 하는 캔트를 두어 초과원심가속도를 해소하고 있다. 즉 원심력과 중력의 합력이 선로중심을 가리키도록 캔트를 설정하면 초과원심가속도는 없게 되므로 곡선을 통과하는 차량인 경우 평균속도를 구하여 그것에 맞는 캔트를 성정하고 있다. 이 경우 이 평균속도를 상회하는 고속열차는 캔트부족으로 되고 하회하는 저속열차는 캔트오버로 되므로 곡선통과속도에 맞추어 캔트를 설정하고 있다.

이러한 최대캔트량은 차량이 곡선에서 정지 또는 저속으로 주행하는 경우 곡선의 외측에서 강풍에 의해 전도하지 않기 위한 안전적인 측면과 차체의 경사로 승객이 불쾌감을 느끼지 않도록 하는 승차감의 측면에서 현재 법규로서 최대캔트량을 160 mm로 규제하고 있다.

그러나 일반적으로 캔트량은 제한속도에 대응한 것보다 낮은 것이 많게되며 그 이유는 곡선에서 직선에 이르는 완화곡선으로 인해 캔트량이 억제되어 선형상에서 캔트량을 크게 하기가 어렵기 때문이다. 완화곡선은 선로등급에 따라 다르지만 축중이탈을 피하거나 승차감을 악화시키지 않도록 하는 등의 이유에서 캔트량의 400-1000배로 하고 있다. 이 배율은 주로 차량의 축중이탈을 방지하기 위해 정한

것으로 축거가 짧은 차량인 경우는 이 배율이 저하하게 된다.

또한 곡선부에서의 이와 같은 이유로 곡선통과시에 원심력에 의해서 차체를 경사지게 하여 원심력과 중력의 합력이 차량의 바닥면에 수직에 가깝게 되도록 하는 차체진자차에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

③ 전복한계

곡선통과시 캔트부족의 경우는 내측에서 바람이 가해지면 안전비율이 저하하고 캔트오버인 경우는 외측에서의 바람에 의해 안전비율이 저하하게 되는 것으로 전자보다 후자의 경우가 위험한 경우가 더 많다. 후자의 경우 정지 또는 저속시에서의 전복의 위험이 높은 풍속을 산정해 보면 이 경우 전복시키려고 하는 힘은 초과 원심력과 중력분력의 차이의 항, 진동관성력의 항, 풍압력의 항으로 합성된다. 일반적으로 전복에 대한 위험의 한계치는 정적으로 안전비율에서 1.5, 동적으로는 1.2 정도이다.

- KNR 고속 소화물 전용차 : 150 km/h (성능 최고속도)
- 고무차륜 경량전철 : 70(60) (성능 최고속도(최고 운행속도))
- 전후동력형 새마을 동차(DHC) : 150 km/h (성능 최고속도)
- 도시통근형 디젤동차(CDC) : 120 km/h(성능 최고속도)
- 무궁화호형 디젤동차(NDC) : 120 km/h(성능 최고속도)
- KTX : 300 km/h(최고 운행속도)

③ 설계최고속도

열차운전속도는 운영자가 선로와 차량의 구조, 운전취급조건과 해당운행구간의 선로상황 등을 고려하여 결정하고, 설계최고속도(design maximum speed)는 차량을 설계할 때 추정하는 해당운행구간에서의 최고운전속도로서 일반적으로 안전율을 고려하여 영업운전속도보다 10% 정도 높게 책정하여 차량을 설계한다.

(2) 분석결과

철도차량 제원산정기준은 객화차의 치수자중산정기준을 바탕으로 철도차량 안전기준에 관한 규칙, KS R 9111, KS R 9142를 참고로 하며, 국제표준에 부합하여 SI단위를 채택하도록 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량 제원산정 세부기준

가. 적용범위

철도차량 구조의 치수.면적.용적 및 자중(自重) 등 철도차량의 제원산정은 다른 법령에서 정하는 것을 제외하고는 이 기준에서 정하는 바에 의한다.

나. 단위

단위의 표기 및 환산방법은 다음 각 호와 같다.

(1) 길이, 폭, 높이는 밀리미터(㎜)로 표시하며 소수점 이하는 반올림한다.

(2). 면적은 제곱미터(㎡)로 표시하며 소수점 1자리 미만은 반올림한다.

(3). 용적은 세제곱미터(㎥)로 표시하며 소수점 1자리 미만은 반올림한다.

(4). 중량은 톤(Ton)으로 표시하며 소수점 1자리 미만은 반올림한다.

다. 치수의 산정

(1). 철도차량의 치수는 잔류적재물이 없고, 기준치수[새로이 제작되는 경우 또는 구조가 변경되어 제작되는 경우(부분품의 개량을 포함) 설계도 또는 제작설명서에 명기된 치수를 말한다. 이하 같다]대로 완전정비(연료와 급수는 제외한다)된 상태(이하 "공차상태"라 한다)에서 산정한다.

(2) 철도차량 길이(Length, 영문약칭은 "L"로 표기한다)의 산정은 다음 각 호와 같다.

(가) 최대길이는 연결기 연결상태(완충기에 하중이 작용하지 아니할 때)에서 전후 양 연결면(넉클 안쪽 면)간의 거리로 한다.

(나) 차체외부길이는 차체의 길이방향 양쪽 끝판 바깥 면 사이의 수평거리로 하며, 양쪽 끝판이 없는 철도차량에서는 양끝 돌출부(end sill) 바깥 면 사이의 수평거리로 한다.

(다) 차체내부길이는 내장판이 있는 철도차량의 경우 차체의 길이방향 양쪽 끝의 내장판 안쪽 면간의 거리로 하며, 내장판이 없는 경우에는 차체의

길이방향 양쪽 끝판 안쪽 면간의 거리로 한다. 다만, 벽이 굴곡된 구조일 경우 작은 쪽 치수를 적용한다.

(3). 철도차량 폭(Width, 영문약칭은 "W"로 표기한다)의 산정은 다음 각 호와 같다.

(가) 최대 폭은 옆판(side plate) 바깥 쪽의 최대 돌출부간의 거리로 한다. 다만, 좌·우 돌출부의 거리가 다를 때에는 많이 돌출한 쪽에서 차체중심선까지 측정한 길이의 2배로 한다.

(나) 외부 폭은 옆판의 바깥 면간 수평거리로 하며, 옆판이 없는 철도차량은 사이드실(side sill) 쪽 바닥판 바깥 면 사이의 수평거리로 한다.

(다) 내부 폭은 내장판이 있는 철도차량의 경우에는 옆판 쪽의 내장판 안쪽 면간 거리로 하며, 내장판이 없는 경우에는 옆판 안쪽 면간 거리로 한다.

(4) 철도차량 높이(Height, 영문약칭은 "H"로 표기한다)의 산정은 다음 각 호와 같다.

(가) 최대높이는 레일 윗면으로부터 철도차량 최상부(철도차량의 상부에 집전장치가 설치된 경우에는 부속 부분품을 포함하여 집전장치는 접은 상태)까지의 높이로 한다.

(나) 차체상면높이는 레일 윗면에서 철도차량의 바닥판 윗면까지의 높이로 한다.

(다) 차체내부높이는 바닥판의 윗면으로부터 중앙부 지붕골조 아래쪽 부분까지의 거리로 하며, 천장이 있는 것은 바닥판 윗면에서 천장판의 표면 최고부까지의 높이로 한다. 무개화차의 경우에는 바닥판 윗면에서 옆판 및 끝판 중 낮은 쪽 표면까지의 높이로 하고, 호퍼차의 경우에는 바닥판과 문짝이 접촉하는 지점에서 옆판 및 끝판 중 낮은 쪽 표면까지의 높이로 한다.

(5) 고정축거(rigid wheel base)는 중심회전이 가능한 주행장치에 부착된 1군의 고정축 중 맨 앞부분의 차축과 맨 뒷부분의 차축중심간 수평거리를 기준으로 산정한다.

(6) 전체 축간거리(total wheel base)는 철도차량 1량의 앞뒤 양 끝에

있는 차축간의 수평 중심거리를 기준으로 산정한다.

(7) 대차중심간 거리(distance between centers of bogies)는 철도차량 1량의 앞부분 대차와 뒷부분 대차의 대차 중심간 수평거리를 기준으로 산정한다.

(8) 철도차량의 바닥면적은 차체 내부의 길이와 폭을 곱한 것으로 한다. 여객이 탑승하는 동력차·객차 등의 철도차량(이하 "여객차량"이라 한다)에 있어 여객 1인당 점유면적은 객실바닥면의 내부면적을 여객정원으로 나눈 값으로 한다.

라. 용적의 산정

용적은 바닥면적에 차체내부높이를 곱한 값으로 한다. 탱크차, 호퍼차 등 특수한 형상을 가진 철도차량은 내부 부피를 계산한 값으로 한다.

마. 자중(自重)의 산정

(1) 철도차량 자중의 산정을 위한 계중은 기준치수대로 관리된 공차상태에서 측정한다.

(2). 새로이 제작되는 철도차량의 자중은 5량 이상(제작수량이 10량 미만인 경우는 제작수량의 50퍼센트 이상)을 계중하여 표준자중(동일한 설계도 또는 제작설명서에 의하여 제작된 철도차량에서 일정량을 표본 조사하여, 그 평균치로 산정한 중량을 말한다. 이하 같다)으로 산정한다. 이 경우 표준자중은 기준치수의 ±5 퍼센트(%) 이내로 산정되어야 한다.

(3) 구조가 변경되어 제작되는(부분품의 개량을 포함) 철도차량 중 정해진 표준자중에서 5퍼센트 이상의 차이가 발생될 요인이 있을 때에는 5량 이상(제작수량이 10량 미만인 경우는 제작수량의 50퍼센트 이상)을 계중하여 표준자중을 산정한다.

(4) 운행차량 중 파손, 부식, 마모의 정도가 심각한 철도차량을 대보수하는 등 중량의 변동이 예상될 경우에는 대상차를 계중하여 자중을 재산정 한다. 다만, 재산정한 자중과 정해진 표준자중과의 차이가 5% 미만일 때에는 변경하지 아니한다.

(5) 철도차량의 자중은 이상 유무를 확인하고 관리되어야 한다.

바. 속도의 산정

열차운전속도는 선로와 차량의 구조, 운전취급조건과 해당운행구간의 선로상황 등을 고려하여 결정하고, 설계최고속도(design maximum speed)는 차량을 설계할 때 추정하는 해당운행구간에서의 최고속도로 한다.

(2) 해설서

1. 적용범위

철도차량 구조의 치수·면적·용적 및 중량 등 철도차량의 제원산정은 다른 법령에서 정하는 것을 제외하고는 이 기준에서 정하는 바에 의한다.

【해설】

본 철도차량 구조의 제원산정 세부기준은 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호, 2005. 7. 8) 제27조(철도차량 구조의 제원)를 바탕으로 작성되었으며, 건설교통부고시 제2004-496호로 제정된 객화차의치수자중산정기준 규정을 흡수하여 용어를 순화시키고 현대화하여 철도차량을 포괄할 수 있도록 적용하였다.

2. 단위

단위의 표기 및 환산방법은 다음 각 호와 같다

가. 길이, 폭, 높이는 밀리미터(㎜)로 표시하며 소수점 이하는 반올림한다.

나. 면적은 제곱미터(m^2)로 표시하며 소수점 1자리 미만은 반올림한다.

다. 용적은 세제곱미터(m^3)로 표시하며 소수점 1자리 미만은 반올림한다.

라. 중량은 톤(Ton)으로 표시하며 소수점 1자리 미만은 반올림한다.

【해설】

국제표준에 부합하여 SI단위를 채택하였다. SI란 1960년 제11차 국제도량형총회(CGPM)에서 실용단위계의 명칭으로 "국제단위계(The International System of

Units)"를 SI라는 국제 약칭과 함께 채택한 것으로서 SI단위는 독립된 차원을 가지는 것으로 간주되는 7개(미터, 킬로그램, 초, 암페어, 캘빈, 몰, 칸델라)의 명확하게 정의된 단위들을 선택하여 국제단위계의 기본단위로 하였다.

객화차의치수자중 산정기준에서는 용적의 소수점 이하 반올림하던 것을 면적의 표기와 같은 형태로 통일하였다. "이하"는 그 숫자를 포함하는 것으로서 소수점을 없애고 정수로 표기함을 의미하는 것이지만, 용적이란 면적에다 높이를 곱한 것이기 때문에 소수점 1자리 미만(그 숫자를 포함하지 않음)을 반올림하여 1자리까지 표기하도록 통일하는 것이 바람직하다.

3. 치수의 산정

가. 철도차량의 치수는 잔류적재물이 없고, 기준치수[새로이 제작되는 경우 또는 구조가 변경되어 제작되는 경우(부분품의 개량을 포함) 설계도 또는 제작설명서에 명기된 치수를 말한다. 이하 같다]대로 완전정비(연료와 급수는 제외한다)된 상태(이하 "공차상태"라 한다)에서 산정한다.

나. 철도차량 길이(Length, 영문약칭은 "L"로 표기한다)의 산정은 다음 각 호와 같다.

(1) 최대길이는 연결기 연결상태(완충기에 하중이 작용하지 아니할 때)에서 전후 양 연결면(넉클 안쪽 면)간의 거리로 한다.

(2) 차체외부길이는 차체의 길이방향 양쪽 끝판 바깥 면 사이의 수평거리로 하며, 양쪽 끝판이 없는 철도차량에서는 양끝 돌출부(end sill) 바깥 면 사이의 수평거리로 한다.

(3) 차체내부길이는 내장판이 있는 철도차량의 경우 차체의 길이방향 양쪽 끝의 내장판 안쪽 면간의 거리로 하며, 내장판이 없는 경우에는 차체의 길이방향 양쪽 끝판 안쪽 면간의 거리로 한다. 다만, 벽이 굴곡된 구조일 경우 작은 쪽 치수를 적용한다.

다. 철도차량 폭(Width, 영문약칭은 "W"로 표기한다)의 산정은 다음 각 호와 같다.

(1) 최대 폭은 옆판(side plate) 바깥 쪽의 최대 돌출부간의 거리로 한다. 다만, 좌·우 돌출부의 거리가 다를 때에는 많이 돌출한 쪽에서 차체중심선까지 측정한 길이의 2배로 한다.

(2) 외부 폭은 옆판의 바깥 면간 수평거리로 하며, 옆판이 없는 철도차량은

사이드실(side sill) 쪽 바닥판 바깥 면 사이의 수평거리로 한다.
(3) 내부 폭은 내장판이 있는 철도차량의 경우에는 옆판 쪽의 내장판 안쪽 면간 거리로 하며, 내장판이 없는 경우에는 옆판 안쪽 면간 거리로 한다.

【해설】

차량의 치수는 운반대상에게 보다 편리하고 쾌적한 환경을 제공할 수 있도록 합리적인 차량크기를 결정해야 하며 또한 터널 및 역사 공사비의 최소화를 위해 차량크기를 줄이는 것이 바람직하다. 그러나 승객을 위한 쾌적한 공간확보 및 공사비는 서로 상반되므로 기존 차량과 차량부품 등을 검토함으로서 제작성과 더불어 차량가격 상승요인을 제거하는 방향으로 검토해야 한다. 차량의 단면은 폭과 높이에 의해 결정되므로 다음 사항을 검토하였다.

가. 차량길이

국내에 운행되고 있는 전동차의 크기는 2종류로 구분되며 수도권 전동차인 대형전동차는 차체길이 19,500 mm, 부산, 인천, 대구, 대전시 전동차는 중형전동차로 차체길이 17,500 mm로 이 2종류가 국내 전동차의 차체길이의 표준형이라 할 수 있다.

나. 차체 폭

차량단면 결정의 가장 중요한 요소는 수송력이라는 절대기능에 있으며 차량제원 선정시 노선의 수송력 검토결과에 의해 전동차의 형식을 선정하게 된다. 국내에 운용되는 전동차의 차체폭은 상기 표에서 알 수 있듯이 대형전동차 3,120 mm, 중형전동차 2,750 mm로 표준화되어 있으며 이는 각 노선에서의 수송능력을 검토하여 제시된 결과로 타당성이 있다.

표 3-7-5 노선별 전동차 및 기타 철도차량의 주요치수

(단위 : mm)

크기 \ 노선별		수도권 1호선	2호선	3/4호선	5-8호선	대구 1호선	부산 1호선
차체길이	연결면간	20,000	20,000	20,000	20,000	18,000	18,000
	차체길이	19,500	19,500	19,500	19,500	17,500	17,500

차체폭		3,120	3,120	3,160(최대폭) 3,120(출입문)	3,120	2,750	2,750
객실바닥(레일면에서)		1,200	1,150	1,150	1,150	1,150	1,150
지붕높이(레일면에서)		3,800	3,750	3,750	3,600	3,600	3,670
노선별 크기		고무차륜 경량전철	새마을 동차	KNR형 전기기관차		KNR 소화물 전용차	디젤동차 CDC
차체길이	연결면간	9,640	23,500-23,765	19,850		21,000	20,800
	차체길이	9,140				20,530	
차체폭		2,400	3,000	3,000		3,000	3,200
객실바닥(레일면에서)		1,110	1,188	-		1,200	
지붕높이(레일면에서)		3,500	3,700	4,470(판토그라프 접은높이까지)		3,693	4,260

라. 철도차량 높이(Height, 영문약칭은 "H"로 표기한다)의 산정은 다음 각 호와 같다.

(1) 최대높이는 레일 윗면으로부터 철도차량 최상부(철도차량의 상부에 집전장치가 설치된 경우에는 부속 부분품을 포함하여 집전장치는 접은 상태)까지의 높이로 한다.

(2) 차체상면높이는 레일 윗면에서 철도차량의 바닥판 윗면까지의 높이로 한다.

(3) 차체내부높이는 바닥판의 윗면으로부터 중앙부 지붕골조 아래쪽 부분까지의 거리로 하며, 천장이 있는 것은 바닥판 윗면에서 천장판의 표면 최고부까지의 높이로 한다. 무개화차의 경우에는 바닥판 윗면에서 옆판 및 끝판 중 낮은 쪽 표면까지의 높이로 하고, 호퍼차의 경우에는 바닥판과 문짝이 접촉하는 지점에서 옆판 및 끝판 중 낮은 쪽 표면까지의 높이로 한다.

【해설】

국내에 운행중인 대형전동차의 지붕높이는 1-4호선 및 수도권 전동차는 3,750 mm, 5-8호선은 3,600 mm로 되어 있으며, 중형전동차는 부산시를 제외하고 3,600

mm로 동일하다. 지붕높이가 낮으면 차량중량 감소 및 건설비 절감효과가 크므로 3,800 mm로 표준화하는 것이 타당하다. 문제가 되리라 생각되는 3,750 mm를 적용하는 노선의 경우 판토그라프의 작동높이로 조절이 가능하여 운전가능하므로 대형, 중형전동차 공히 문제의 소지는 없다.

※ 객화차치수산정기준의 "차체 내부측 높이"는 차체내부높이와 동일한 의미로서 실제차량과 일치하지 않는 부분이 있었기에 삭제함.

마. 고정축거(rigid wheel base)는 중심회전이 가능한 주행장치에 부착된 1군의 고정축 중 맨 앞부분의 차축과 맨 뒷부분의 차축중심간 수평거리를 기준으로 산정한다. 바. 전체 축간거리(total wheel base)는 철도차량 1량의 앞뒤 양 끝에 있는 차축간의 수평 중심거리를 기준으로 산정한다. 사. 대차중심간 거리(distance between centers of bogies)는 철도차량 1량의 앞부분 대차와 뒷부분 대차의 대차 중심간 수평거리를 기준으로 산정한다.

【해설】

고정축거의 의미와 한도는 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 53조에 따른다. "규칙 제53조(고정축거) 철도차량의 고정축거(중심회전이 가능한 주행장치에 부착된 1군의 고정축중 맨 앞부분의 차축과 맨 뒷부분의 차축중심간 수평거리를 말한다)는 3.75미터 이하이어야 한다."

한 대차의 앞뒤의 차륜차축의 정위치에서의 중심거리를 고정축거라 한다. 이 고정축거가 커지면 곡선통과가 곤란해지고 저항이 커져 대차프레임에 무리가 생겨서 탈선할 우려가 있다. 실제의 설계에서 고정축거를 크게 하면 곡선통과가 곤란해지고 차체 언더프레임의 기/전장공간에 제약을 주게 된다. 또한, 고정축거를 작게 하면 차륜직경, 주전동기 직경의 크기, 대차 형식, 레일의 하중 제한 등의 제조건에 제약을 주게 되기 때문에 일반적으로 전동차의 경우에는 고정축거를 2,100 - 2,300 mm의 범위에서 사용하고 있다.

전체축간거리 및 대차 중심간 거리도 효율성을 고려하여 적절히 설계하고 있으며, 고정축거는 차량이 곡선구간의 선로를 통과할 때 궤도의 슬랙량에 크게 영향을 미치게 된다. 즉, 슬랙량은 고정축거의 자승에 비례함으로 고정축거가 과대하

면 슬랙량이 커져서 차륜 플랜지가 마모되었을 때 궤도로부터 떨어져서 탈선의 위험성이 있으므로 슬랙량은 적정선에서 제한을 주고 있다. 따라서 고정축거는 그에 따라 제한될 수밖에 없다. 국유철도건설규칙 제65조 (고정축거)와 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제53조 (고정축거)에서는 현재 국내에서 운행중인 일반 철도차량의 고정축거를 조사하여 이들을 수용할 수 있는 3.75 m를 고정축거로 규정하고 있으며, 일반적으로 궤간보다 작지 않도록 하고 있다.

- KNR 고속 소화물 전용차 : 2,300 mm
- 전후동력형 새마을동차 (DHC) : 2,500 또는 2,600 mm

아. 철도차량의 바닥면적은 차체 내부의 길이와 폭을 곱한 것으로 한다. 여객이 탑승하는 동력차·객차 등의 철도차량(이하 "여객차량"이라 한다)에 있어 여객 1인당 점유면적은 객실바닥면의 내부면적을 여객정원으로 나눈 값으로 한다.

【해설】

승객 1인당 점유면적은 좌석과 입석에 따라 점유면적이 다르게 되지만 여기서는 편의상 객실면적을 승객정원기준으로 나눈 값으로 하면 0.35 m2가 된다. 아래의 표는 표준전동차에 대한 객실면적과 정원에 기초하여 승객 1인당 점유면적을 산출한 근거를 보인 것이다.

표 3-7-6 객실면적과 정원의 관계

	차종별	정원(인)			객실면적 [m^2]	면적당/인 [m^2/인]
		좌석	입석	계		
대형전동차	Tc	48	100	148	50.6	0.35
	M, T	54	106	160	55.3	
중형전동차	Tc	42	71	113	39.4	0.35
	M, T	48	76	124	43.3	

정원계산기준은 다음과 같다.

$N = \frac{A}{a}$ 여기서, N : 정원, A : 상면적, a : 1인당 점유면적

좌석을 배치하는 방법에는 종방향 배치와 횡방향 배치가 있으며 횡방향 배치의 경우는 좌석의 수는 많으나 승차인원이 적어져 수송능력이 저하된다.

국내 승객전용 철도차량의 의자길이는 길이 1,750 mm와 1,300 mm의 2종류가 있으며 객실 의자배치는 모두 같은 형태로 되어 있다. 또한 JIS E 7103(통근차용 차체설계기준)에는 1인당 좌석폭은 400 mm이상으로 되어 있지만 이것은 최저기준이고, 전동차 차체설계통칙에는 435 mm로 되어 있다. 따라서 좌석정원은 의자길이를 승객 1인당 점유하는 길이인 435 mm로 나누어 계산하면 되며, 입석정원은 좌석앞쪽 250 mm까지의 바닥면을 제외한 객실바닥면의 내부면적을 승객 1인당 점유하는 면적인 0.35 m2로 나누어 계산하면 된다.

한편 출·퇴근시의 입석 1인당 면적은 일반적으로 0.14 m2 이상으로 설계기준을 정하고 있지만 혼잡도가 300%가 되면 차내밀도는 일정하다고 할 수 없으므로 좌석부근 3인/m2, 손잡이 부근 10인/m2, 출입문 부근 13인/m2으로 정한 기준치도 사용하고 있다. 참고로, 기존의 차량에서 승객 1인당 차지하는 점유 면적 적용기준은 다음과 같다.

표 3-7-7 승객 1인당 차지하는 점유 면적 적용기준

구 분		승객 1인당 점유면적	비 고
일본	일본 국유철도 건설기준	0.3 m^2 이상	JIS E 7103 (통근차용 차체설계기준
	지방 철도 건설규정	0.28 m^2 이상	
	일본 공업규격	0.35 m^2	
국내	서울시 지하철	0.35 m^2	
	부산시 1호선	0.285 m^2	

4. 용적의 산정

용적은 바닥면적에 차체내부높이를 곱한 값으로 한다. 탱크차, 호퍼차 등 특수한 형상을 가진 철도차량은 내부 부피를 계산한 값으로 한다.

【해설】

용적이란 물건을 담을 수 있는 부피. 혹은 용기 안을 채우는 분량을 의미하는 것으로서 철도차량에서는 차량의 내부면적이라 할 수 있다. 따라서 차량 내부의 단면적이 일정한 차량의 용적은 바닥면적에 차체내부높이를 곱한 값으로 하고 차량 내부의 단면적이 일정하지 않은 차량(탱크차, 호퍼차 등 특수한 형상을 가진 철도차량)은 내부 부피를 계산한 값으로 한다.

5. 자중(自重)의 산정

가. 철도차량 자중의 산정을 위한 계중은 기준치수대로 관리된 공차상태에서 측정한다.

나. 새로이 제작되는 철도차량의 자중은 5량 이상(제작수량이 10량 미만인 경우는 제작수량의 50퍼센트 이상)을 계중하여 표준자중(동일한 설계도 또는 제작설명서에 의하여 제작된 철도차량에서 일정량을 표본 조사하여, 그 평균치로 산정한 중량을 말한다. 이하 같다)으로 산정한다. 이 경우 표준자중은 기준치수의 ±5 퍼센트(%) 이내로 산정되어야 한다.

다. 구조가 변경되어 제작되는(부분품의 개량을 포함) 철도차량 중 정해진 표준자중에서 5퍼센트 이상의 차이가 발생될 요인이 있을 때에는 5량 이상(제작수량이 10량 미만인 경우는 제작수량의 50퍼센트 이상)을 계중하여 표준자중을 산정한다.

라. 운행차량 중 파손, 부식, 마모의 정도가 심각한 철도차량을 대보수하는 등 중량의 변동이 예상될 경우에는 대상차를 계중하여 자중을 재산정 한다. 다만, 재산정한 자중과 정해진 표준자중과의 차이가 5% 미만일 때에는 변경하지 아니한다.

마. 철도차량의 자중은 이상 유무를 확인하고 관리되어야 한다.

【해설】

가. 인체측정자료는 기계설비나 공장구조의 설계에 널리 이용될 수 있다. 그러나 이런 자료를 사용할 때 설계자는 문제되는 설비를 실제로 사용할 사람들과 비슷한 집단으로부터 얻은 자료를 선택해야 한다. 한국인이 인체에 대한 세부적 자료는 적은 편이어서 외국자료를 이용하고 있다.

나. 승객의 하중기준에 대한 인용근거는 UIC 566 2.1.1.1.1로서 인용원문은 다음과 같다.

[For the weight of a passenger, assume : 100 kg as maximum load, 80kg as average load including luggage, 75 kg as average load without luggage]

그러나, 국내 각 시행청 기술사양서에서는 하중조건의 설정을 위하여 승객 1인당 하중조건을 성인의 인체 표준체중에 여유치를 고려하여 62 kg로 설정하고 있고 일본공업규격 JIS E 7105에서는 60 kg을 적용하고 있다.

- 국내 일반 철도차량 : 62 kg
- 고속철도차량(KTX) & 틸팅차량(TTX) : 75 kg (UIC 규격 준용)
- 해외 철도차량 : 시행청의 요구사항에 따르는 것을 기본으로 하고 UIC 규격을 준용하도록 유도

표 3-7-8 성인의 인체치수와 체중

신체 부위	한 국 인						미 국 인					
	남			여			남			여		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%
신장	157.76	166.51	175.26	151.89	155.23	158.57	162	173	185	150	160	170
체중	49.44	58.52	67.60	45.77	53.40	61.03	58	75	98	47	62	90
앉은키	86.77	91.67	96.67	81.07	85.45	89.83	84	91	97	79	85	91
무릎 높이	44.82	49.01	49.01	41.39	46.55	51.71	49	54	59	46	50	55
오금 높이	-	-	-	-	-	-	39	44	49	36	40	45
팔걸이 높이	-	-	-	-	-	-	19	24	30	18	23	28
대퇴 여유	-	-	-	-	-	-	11	15	18	10	14	18
팔꿈치 간폭	-	-	-	-	-	-	35	42	51	31	38	49

주 : 한국인 : 남 18-55세, 여 16-30세 : 287명

미국인 : 연령 18-79세 : 6,672명 [USPHS]

박경수, 인간공학-작업경제학, 영지문화사, 1988, p258.

다. 최대승객하중은 기본적으로 성능계산기준 및 강도계산기준으로 구분하여 산정하며, 예를 들어, 표준 전동차 사양에 의거 대형전동차의 경우 승객정원이 160명인 것을 사용하여 성능계산 및 강도계산 기준을 아래와 같은 방식으로 산정하였다.

성능계산기준 = 승객정원 × 정원기준의 2배 × 승객하중(62 kg)

= 160 × 2 × 62 = 19.84 Ton ≒ 20 Ton

강도계산기준 = 승객정원 × 정원기준의 3배 × 승객하중(62 kg)

= 160 × 3 × 62 = 29.76 Ton ≒ 30 Ton

성능계산기준에서 정원기준의 2배를 사용한 이유는 국내 전동차가 평상시에도 혼잡율이 높은 것을 감안할 때 충분한 여유를 준 것이며 주요장치의 용량계산이나 성능평가시에 적용된다. 또한 여기서의 성능기준이란 영업운전시 주행성능이나 주요장치에 이상이 없이 전동차 시스템의 적용수명을 충분히 발휘할 수 있는 조건이다. 참고로 기존에 운행되는 대형전동차인 경우도 20 Ton을 성능계산기준으로 적용하고 있다.

강도계산기준에서 정원기준의 3배를 사용한 이유는 가장 혼잡한 조건인 출퇴근시를 상정한 것으로 차체 구조체, 대차, 차축 등의 강도계산시 입력조건으로 사용된다. 참고로 기존에 운행되는 대형전동차인 경우 25 Ton을 강도계산기준으로 적용하고 있으나 일반적으로 안전에 관련한 설계는 가장 엄격한 조건을 적용하는 것을 감안할 때 30 Ton을 적용하고 있다.

- 일반 전동차 :

대형전동차 : 20 Ton/량(성능계산기준, 정원기준의 2배)

30 Ton/량(강도계산기준, 정원기준의 3배) - 서울2호선 등

소형전동차 : 16 Ton/량(성능계산기준, 정원기준의 2배)

24 Ton/량(강도계산기준, 정원기준의 3배) - 광주1호선 등

대전시 1호선 : 18 Ton/량

- 고무차륜 경량전철 : 6 Ton(성능계산기준)

6. 속도의 산정

열차운전속도는 선로와 차량의 구조, 운전취급조건과 해당운행구간의 선로상황 등을 고려하여 결정하고, 설계최고속도(design maximum speed)는 차량을 설계할 때 추정하는 해당운행구간에서의 최고속도로 한다.

【해설】

성능최고속도는 철도차량이 직선평탄선로, 최대적재하중에서 주행할 수 있는 최고속도의 하한치로 차량시스템의 안정성, 임계속도 등과 관련되어 있으며 차량시스템 전체성능을 규제하는 주요지표이다. 이러한 성능최고속도가 관계되는 조건으로는 제동성능·차량성능·선로조건·집전조건·주행안전성(승차감)·소음 등이 있으며 전동차에서는 제동성능에 고속열차에서는 소음에 주로 제약을 받는다.

최고운행속도는 영업운행을 할 때 평탄한 직선선로에서 최대적재하중 상태로 철도차량이 운행할 수 있는 속도의 하한 값으로 산정한다. 주행은 동력으로 움직이는 탈 것이 달려감을 의미하고, 운행은 계획적으로 운전하여 다니는 것을 의미한다.

열차운전속도는 선로와 차량의 구조, 운전취급조건과 해당운행구간의 선로상황 등을 고려하여 결정하고, 설계최고속도(design maximum speed)는 차량을 설계할 때 추정하는 해당운행구간에서의 최고운전속도로 한다.

(가) 성능최고속도

① 제동성능

국내 전동차는 도시철도운전규칙 제29조(열차의 비상제동거리)에 의해 제동거리가 최대 600 m 이내로 되어 있다.

해외의 철도에 비해 답절이 많은 국내철도조건에서는 인지가능한 한계거리로 볼 수 있는 600 m를 최대 제동거리로 한 것은 안전확보에 있어 바람직한 것이다.

유럽의 경우는 국내에 비해 답절이 작아 독일에서는 최대허용 제동거리가 간선에서 1000 m, 그 외의 선에서 700 m, 러시아에서는 표준치로서 800 m, 영국·프랑스에서는 제한 규정이 없는 등 나라마다 상당한 차이가 있다.

국내와 답절조건이 비슷한 일본인 경우 혼합제동·전기제동·디스크제동 등을 채용하고 활주대책·재점착대책 등의 만전을 기해도 600m 이내의 제동거리 제약으로 점착제동에 의한 최고속도는 130 km/h(평균감속도 4.2km/h/s)정도가 한계라는 보고도 있다.

따라서 최고속도 130 km/h를 넘기 위해서는 점착제동에 레일제동 등과 같은 차륜과 레일의 마찰에 의하지 않는 별도의 제동장치를 부가하거나, 답절개량 등을 전제로 제동거리 600 m를 증가시키는 법령개정을 하는 것과 같은 조치가 이루어져야 한다.

참고로 일본의 경우 견인기관차는 제동성능이나 주행안전성 등의 이유로 최고속도를 110 km/h로 하고 있다.

② 차량성능

최고속도와 관련된 주행저항은 속도와 더불어 증가하므로 속도를 높이려면 출력의 증강이 요구되고 고속전철인 경우 1990년 5월에 기록된 TGV-A의 시험 515 km/h에서는 차량중량당 출력이 50 kw/ton를 보여, 현재 일본 신간선 전동차의 3배 이상의 출력을 필요로 하고 있다.

또한 일반적으로 차량설계나 운전계획에 사용되고 있는 점착계수는 속도와 더불어 감소하고, 주행저항은 거의 속도의 자승에 비례하여 증가한다고 알려져 있다. 따라서 우천인 경우와 같이 레일이 젖어 있는 경우 점착운전에 의한 최고속도는 점착구동력과 주행저항의 거의 평형인 점이 최고속도로 되며 건조인 조건에서는 차륜과 레일과의 점착성능에 약간의 여유가 있게 된다.

그러나 점착계수가 저하하는 우천 등의 조건이나 고출력에 의한 비용증가, 시분단축의 효과, 소음 등을 종합하여 성능최고속도의 한계값을 적절히 선정해야 할 것이다.

③ 궤도파괴

열차하중이 궤도 부담력의 한도내에 있어도 미소한 궤도파괴가 진행하므로 일련의 보수작업을 필요로 한다. 궤도파괴는 궤도의 강화(중궤조화, PC침목화, 침목증가, Long Rail화, 쇄석도상두께 증가 등)에 의해 경감되며, 궤도파괴를 만드는 열차하중은 통과톤수, 열차속도, 차량계수(축중, 스프링하 질량 등) 등에 의해서도 변동한다.

열차속도 향상에 거의 비례하여 궤도파괴가 초래되는 경향이 있으며, 그 대책으로 축중이나 스프링하 질량의 저감 등에 의해 궤도파괴 진행을 억제하는 방안도 있다. 최근 일본의 경우 차량개선의 근대화와 궤도강화의 추진 등에 맞추어 궤도파괴의 면에서 속도가 제한되는 경우도 많다. 그러나 고속주행을 위해서 고정도의 궤도정비를 유지시키는 것이 용이하지 않아 앞으로는 궤도파괴가 작은 차량(축중·스프링하 질량·횡압의 경감 등) 쪽으로의 개선이 요구되고 있다.

또 하나의 조건으로 레일의 어긋남이나 궤간 확대를 방지하기 위해 차륜의 횡압을 어느 정도 억제하는 것이 있으나 최근에는 궤도강화와 레일체결장치의 개선에 의해 횡압의 영향이 작게 되고 또한 차량 경량화나 대차 개량 등에 의해 횡압에 의한 최고속도의 제한은 사라지고 있다.

④ 집전

가선과 판토그라프는 모두 Flexsible 구조로 하나의 진동계를 구성하고 있다. 속도가 높게 되면 가선의 지지점과 중간과의 고저차나 가선의 경점, 진동이나 바람의 영향 등에 의해 가선과 판토그라프와의 사이에 이선이 생기고 이선이 크게 되면 가선이나 판토그라프 습동판의 마모가 크게 되며, 더욱 이선이 크게 되면 전류중단이나 용선에 이를 위험이 있다.

일반적으로 집전 속도의 한계는 가선 파동전파속도의 60-70%로 된다고 알려져 있다. 일본에서는 고속전철 등과 같은 시스템의 속도향상을 위해 강성이 높은 데드섹션 대책 등을 연구하고 있으며 가선과 팬터그래프를 하나의 진동계로 보는 시스템적인 연구를 하고 있다.

⑤ 소음대책

최근에는 환경보전대책으로 열차의 주행소음이 엄격히 억제되고 있다. 국내의 환경보전법에 의하면 2000년부터 주거지역의 외부소음을 주간 70dB(A), 야간 65dB(A)로 규제하고 있다.

열차소음은 차륜과 레일간의 [전동음], 차체가 공기를 가르는 [차체공력음], 판토그라프와 가선에서의 [집전계음], 시설구조물의 진동에서 발생하는 [구조물음] 등에 의해 합성된다. 교량의 구조물을 별도로 하면 저속역에서는 [전동음]이 전체 소음을 지배하고 고속역에서는 [차체공력음]이나 [집전계음]이 크게 된다.

이에 대한 대책으로는 [전동음] 대책으로 차륜답면·레일의 평활화, 차륜플랫방지, [집전계음] 대책으로 판토그라프 카바의 부착, 팬터그래프수의 삭감, 가선장력상승, [차체공력음] 대책으로 차체표면 평활화 등의 차량대책과 병행하여 궤도패드(합성수지계)의 삽입, 선로인근의 방음벽 설치 등의 지상대책에 의해 소음저감을 시도하고 있다.

(나) 최고운행속도

성능 최고속도가 차량시스템의 안정성, 임계속도 등과 관계되어 있는데 비하여, 최고 운행속도는 영업시의 선로조건에 따른 속도로 실질적인 승객의 도달시간과 관계된 표정속도와 관계되어 있고, 이 선로조건에서도 곡선통과속도를 어떻게 높이는 가가 중요하다. 이러한 곡선통과속도를 제한하는 이유는 통과시의 원심력이나 강풍에 의한 전복의 위험, 승차감의 악화와 관계되어 있기 때문이며 아래에 이러한 최고운행속도와 관계된 중요한 점을 언급한다.

① 곡선제한속도

곡선제한속도는 곡선부 돌입의 전후에서 될 수 있는 한 빠르게 가감속하는 것이 시분단축에 효과적이므로 곡선부에서의 가감속성능을 개선하는 것이 중요하다. 그러나 이러한 가감속성능을 높이기 위해서는 견인전동기의 출력강화나 변전소의 증강, 고제동제어의 필요 등이 있어 비용이 상승될 우려가 있으므로 그 득실을 확실하게 계산하여 대처하는 것이 바람직하다.

또한 직류전동기를 사용하고 있는 전기차량의 경우는 고속역에서의 가속 성능이 내려가는 경향이 있는데 반해 유도전동기는 그 영향이 작으므로 앞으로 가감속

성능의 향상으로 인한 곡선제한속도가 개선될 여지가 많다.

② 선로조건

일반적으로 곡선에는 외측레일을 높게 하는 켄트를 두어 초과원심가속도를 해소하고 있다. 즉 원심력과 중력의 합력이 선로중심을 가리키도록 캔트를 설정하면 초과원심가속도는 없게 되므로 곡선을 통과하는 차량인 경우 평균속도를 구하여 그것에 맞는 캔트를 성정하고 있다. 이 경우 이 평균속도를 상회하는 고속열차는 캔트부족으로 되고 하회하는 저속열차는 캔트오버로 되므로 곡선통과속도에 맞추어 캔트를 설정하고 있다.

이러한 최대캔트량은 차량이 곡선에서 정지 또는 저속으로 주행하는 경우 곡선의 외측에서 강풍에 의해 전도하지 않기 위한 안전적인 측면과 차체의 경사로 승객이 불쾌감을 느끼지 않도록 하는 승차감의 측면에서 현재 법규로서 최대캔트량을 160 mm로 규제하고 있다.

그러나 일반적으로 캔트량은 제한속도에 대응한 것보다 낮은 것이 많게되며 그 이유는 곡선에서 직선에 이르는 완화곡선으로 인해 캔트량이 억제되어 선형상에서 캔트량을 크게 하기가 어렵기 때문이다. 완화곡선은 선로등급에 따라 다르지만 축중이탈을 피하거나 승차감을 악화시키지 않도록 하는 등의 이유에서 캔트량의 400-1000배로 하고 있다. 이 배율은 주로 차량의 축중이탈을 방지하기 위해 정한 것으로 축거가 짧은 차량인 경우는 이 배율이 저하하게 된다.

또한 곡선부에서의 이와 같은 이유로 곡선통과시에 원심력에 의해서 차체를 경사지게 하여 원심력과 중력의 합력이 차량의 바닥면에 수직에 가깝게 되도록 하는 차체진자차에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

③ 전복한계

곡선통과시 캔트부족의 경우는 내측에서 바람이 가해지면 안전비율이 저하하고 캔트오버인 경우는 외측에서의 바람에 의해 안전비율이 저하하게 되는 것으로 전자보다 후자의 경우가 위험한 경우가 더 많다. 후자의 경우 정지 또는 저속시에서의 전복의 위험이 높은 풍속을 산정해 보면 이 경우 전복시키려고 하는 힘은 초과 원심력과 중력분력의 차이의 항, 진동관성력의 항, 풍압력의 항으로 합성된다.

일반적으로 전복에 대한 위험의 한계치는 정적으로 안전비율에서 1.5, 동적으로는 1.2 정도이다.

- KNR 고속 소화물 전용차 : 150 km/h (성능 최고속도)
- 고무차륜 경량전철 : 70(60) (성능 최고속도(최고 운행속도))
- 전후동력형 새마을 동차(DHC) : 150 km/h (성능 최고속도)
- 도시통근형 디젤동차(CDC) : 120 km/h(성능 최고속도)
- 무궁화호형 디젤동차(NDC) : 120 km/h(성능 최고속도)
- KTX : 300 km/h(최고 운행속도)

(3) 설계최고속도

열차운전속도는 운영자가 선로와 차량의 구조, 운전취급조건과 해당운행구간의 선로상황 등을 고려하여 결정하고, 설계최고속도(design maximum speed)는 차량을 설계할 때 추정하는 해당운행구간에서의 최고운전속도로서 일반적으로 안전율을 고려하여 영업운전속도보다 10% 정도 높게 책정하여 차량을 설계한다.

5. 철도차량의 표기

가. 개요

국내 규정 철도공사, 철도차량칭호 및 도장에 관한 규정과 국외 문헌 및 규정 히로시, 1999, 철도차량 핸드북(2-6 JR차량의 호칭과 번호), 신간서 운전연구회편, 1984, 신판 신간선(8-3, 신간선전차의 칭호), 일본 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령"과 국내 철도차량 현장방문 결과를 바탕으로 작성하였으며, 총 5개 조항으로 하였다.

나. 이론적 배경

철도차량의 고유번호 부착위치와 번호판의 크기에 관해서는 철도차량의 종류별로 실내외 환경이 서로 달라서 국내적으로 공통표준으로 정하고 있는 규정은 없으며 각 운영기관별로 철도차량의 실내 외 설치환경에 적합하게 부착 또는 표기하고 있다. 철도공사의 경우 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정" (2005.0101.제정)에 명기된 별도의 차종별 표기 관련도면에 따르도록 하고 있고 일본의 경우 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 82조에는 차량에는 차량의 식별등이 기능하도록 필요한 표기를 하여야 한다" 라고 규정하고 있으나 철도차량 전체의 공통표준은 없으며 신간선의 경우는 1위측 기준으로 각 객실 출입문 우측 하단부에 고유번호가 표기하고 있다. 따라서 본 고유번호 부착위치와 크기는 차종별로 상세하게 정의하기보다는 현재 국내의 운영기관에서 시행하고 있는 차종별 표기방법을 기준으로 큰 테두리 내에 최소한의 기준만 정의하여 시행하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 따라서 현재 서울광역시 지하철과 고속전철, 새마을호열차, 무궁화열차, 발전차, 화차 등에 표기되어 있는 번호와 번호판의 위치를 다음과 같이 현장조사한 결과를 바탕으로 본조를 작성하였다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

철도차량의 명칭 및 표기의 분류와 방법기준을 작성하기 위하여 국내 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정들은 다음과 같다.

- 철도공사, 철도차량칭호 및 도장에 관한 규정 (2005.0101.제정)

- 신간서 운전연구회편, 1984, 신판 신간선(8-3, 신간선전차의 칭호)

(2) 해외 관련 기준 현황

국외 관련 규정은 주로 일본의 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련규정은 다음과 같다.

- 구보다 히로시, 1999, 철도차량 핸드북(2-6 JR차량의 호칭과 번호)
- 신간서 운전연구회편, 1984, 신판 신간선(8-3, 신간선전차의 칭호)
- 일본 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령"

라. 자료 조사 및 분석

본 항목은 철도공사의 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정(2005.0101.제정)" 제1조 (목적) 및 제2조(적용범위)의 내용을 근거로 작성하였다.

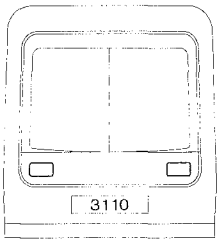
(1) 철도 차량의 명칭 표기

현재 운행되고 있는 국내 철도차량의 고유번호 부착위치는 다음과 같다.

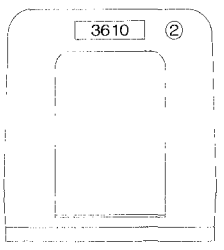
(가) 전동차

① 서울시 지하철공사 3호선열차

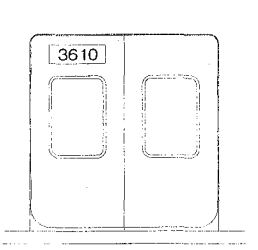
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실 간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 차량번호 표기
- 객실 측에서 객실 출입문좌측 상단부분에는 스티커로 차량번호표기



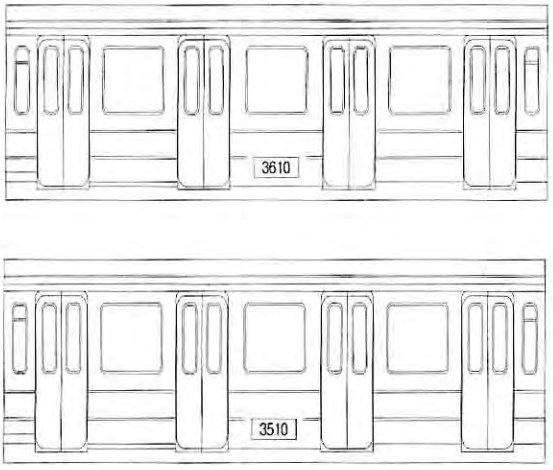
운전실 정면



차량단부



출입문 내부



차량 측면

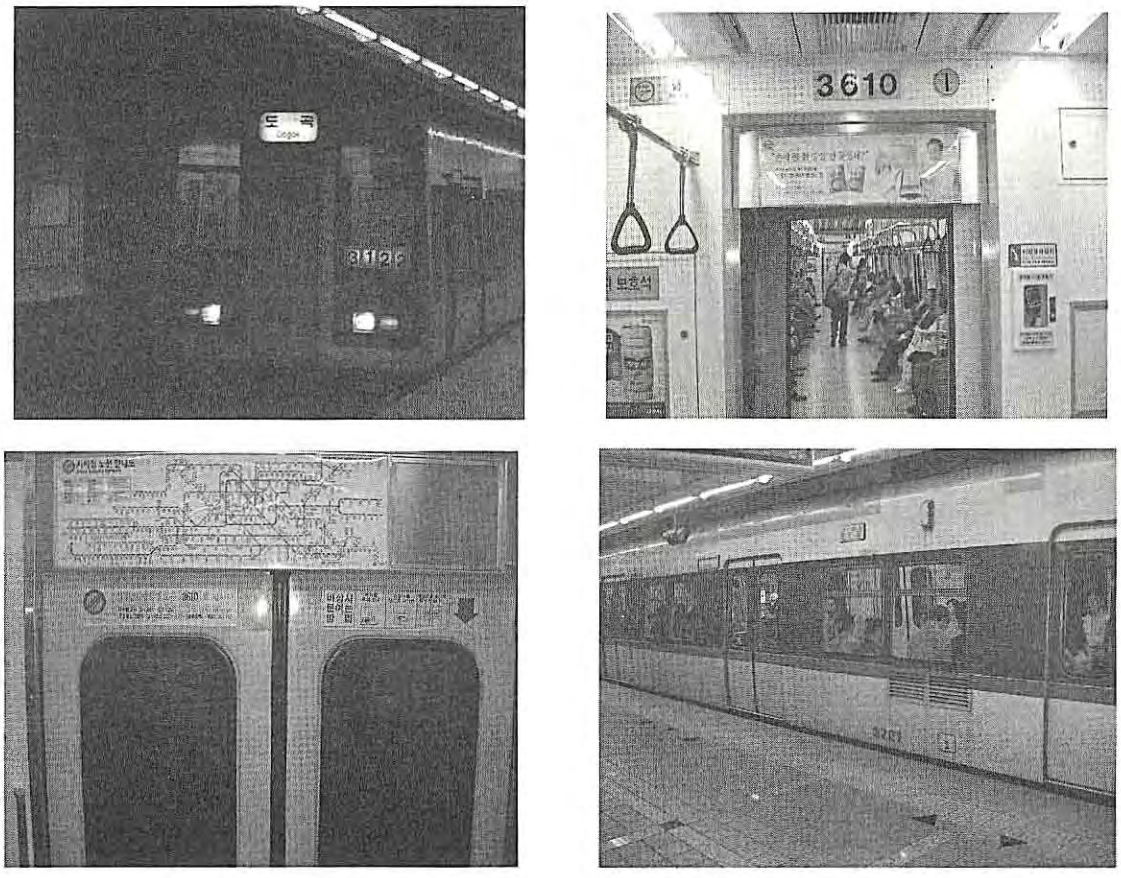
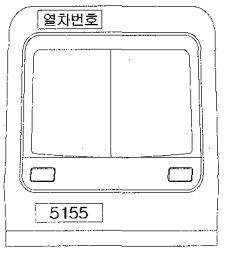


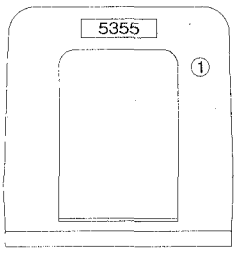
그림 3-7-2 서울시 지하철공사 3호선열차의 차량표기 및 사진

② 서울 도시철도공사 5호선

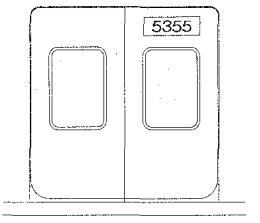
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실 간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후 운전실 차량은 전면창 우측하부에 양각으로 차량번호 표기
- 객실 측에서 객실 출입문우측 상단부분에는 스티커로 차량번호표기



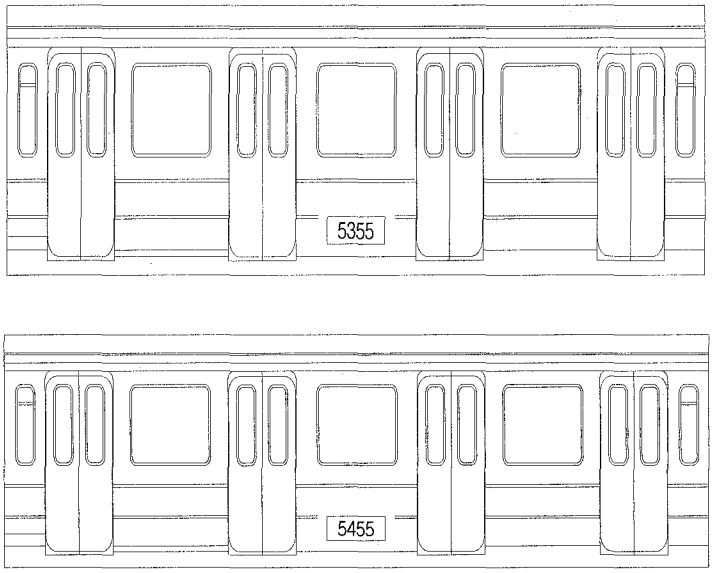
운전실 정면



차량단부



출입문 내부



차량 측면

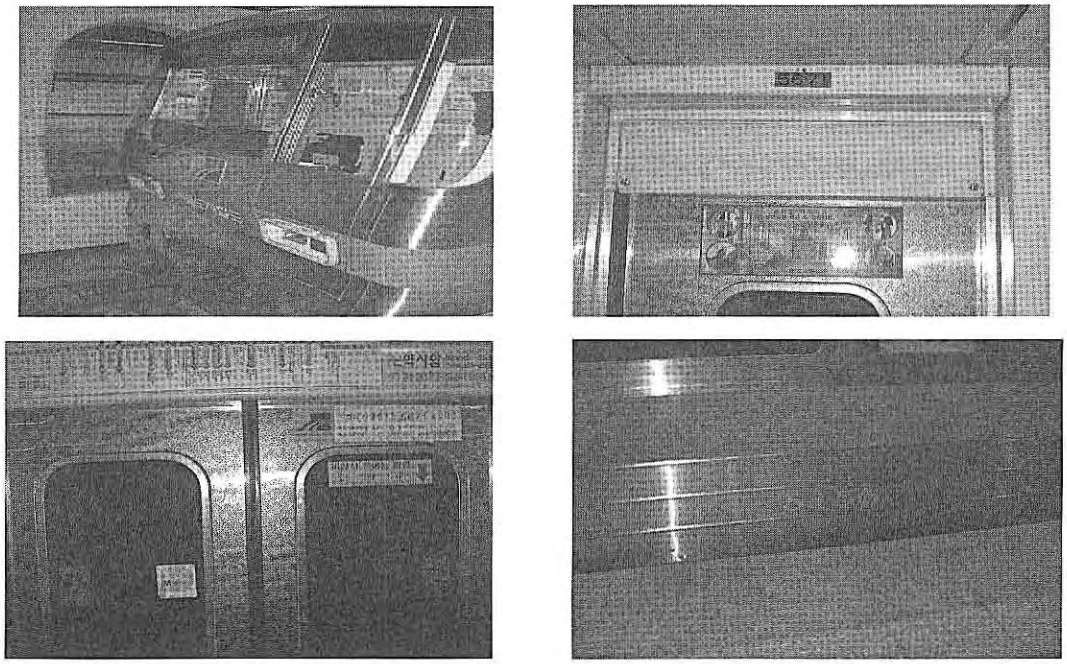


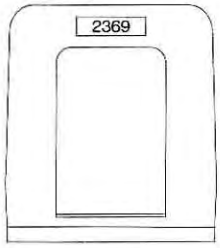
그림 3-7-3 서울 도시철도공사 5호선의 차량표기 및 사진

③ 한국철도공사 분당선

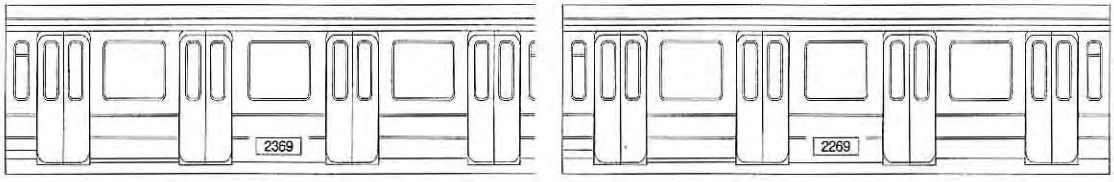
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실 간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 차량번호 표기



운전실 정면



차량단부



차량 측면

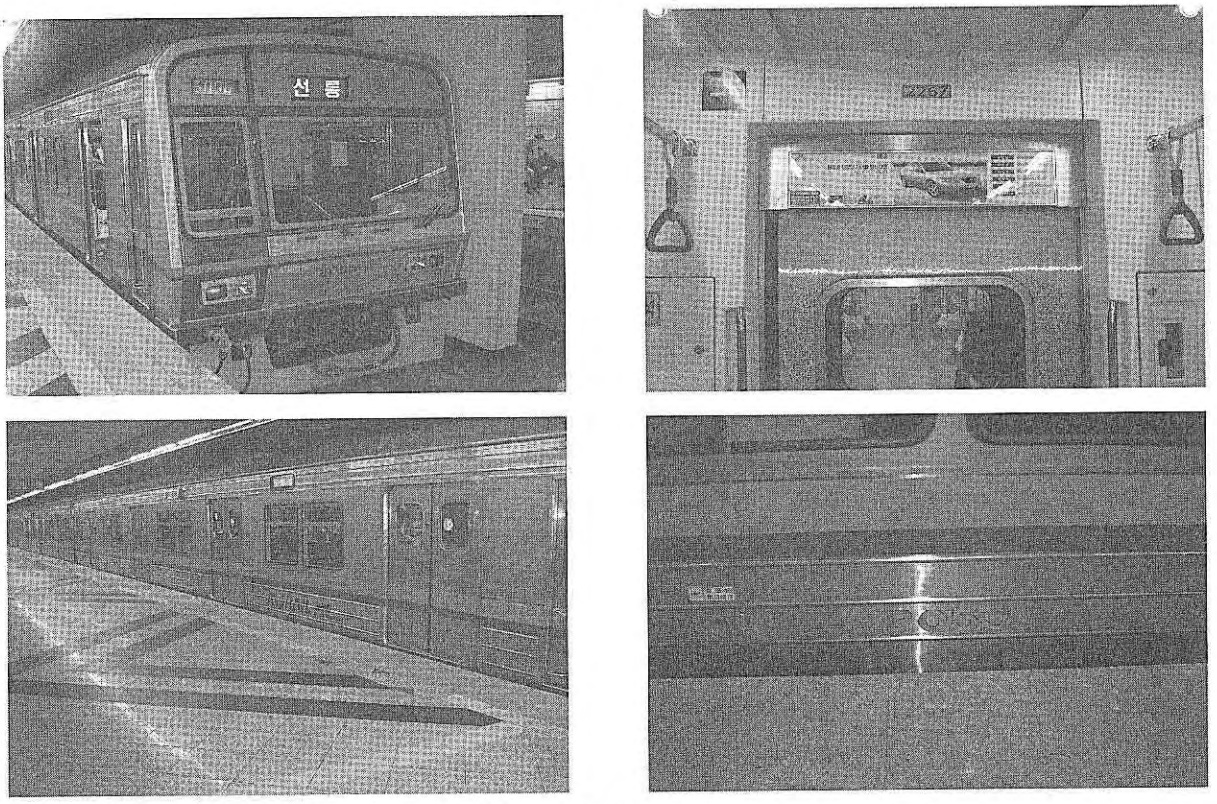
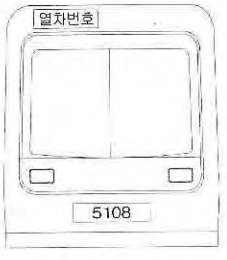


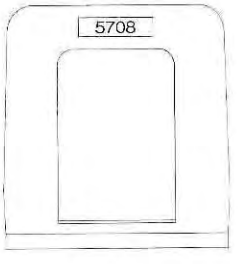
그림 3-7-4 한국철도공사 분당선의 차량표기 및 사진

④ 한국철도공사 1호선

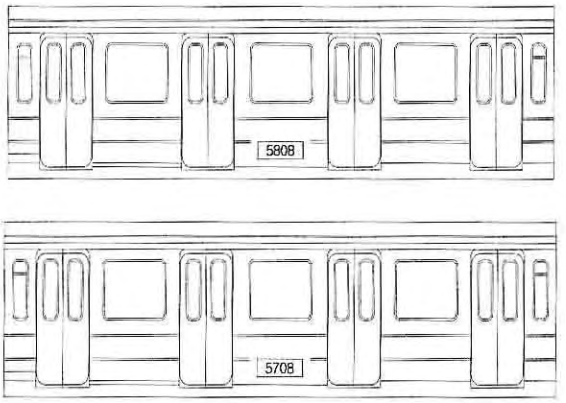
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실 간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 차량번호 표기



운전실 정면



차량단부



차량 측면

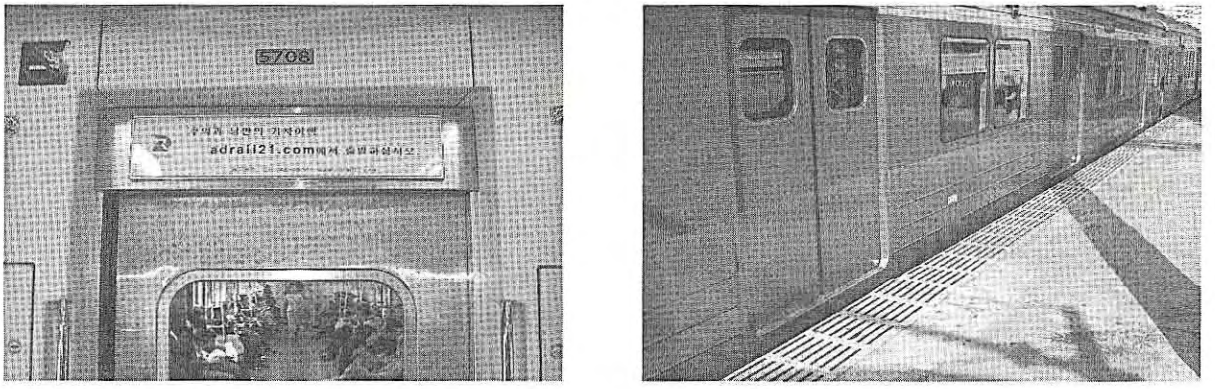


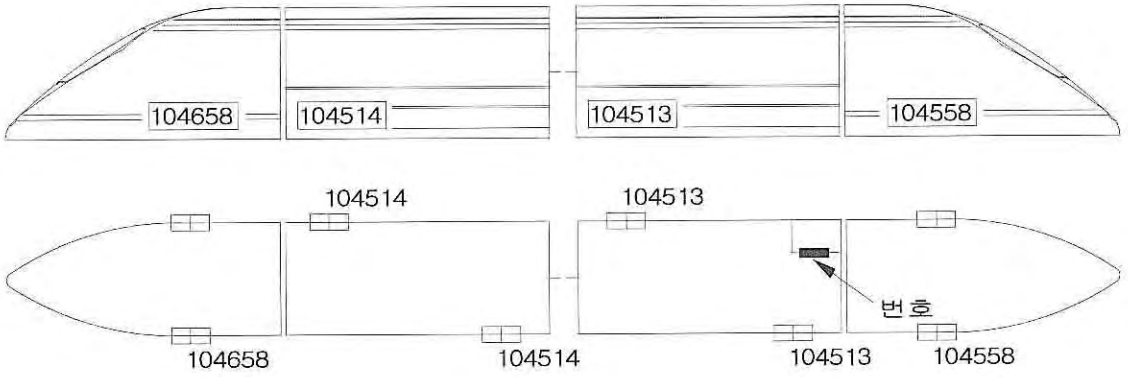
그림 3-7-5 한국철도공사 1호선의 차량표기 및 사진

(나) 고속철도

① 전후 선두차량은 1위측 대차의 좌우측하단 차량표면에 도장으로 표기

② 기타 차량의 경우 대각선방향의 대차 측 차량하단 외벽에 표기

③ 실내는 객실간 출입문측 승객편의실 우측벽면에 표기



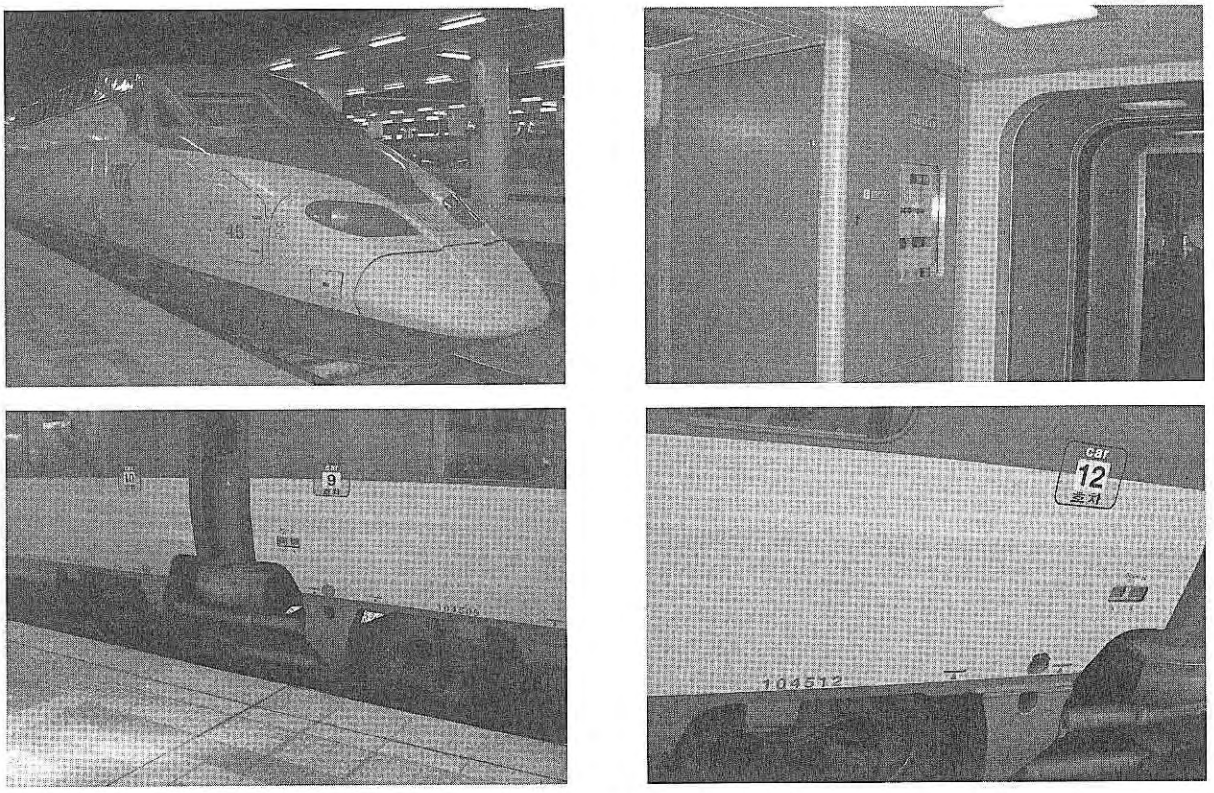
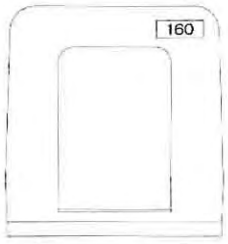


그림 3-7-6 고속철도차량의 차량표기 및 사진

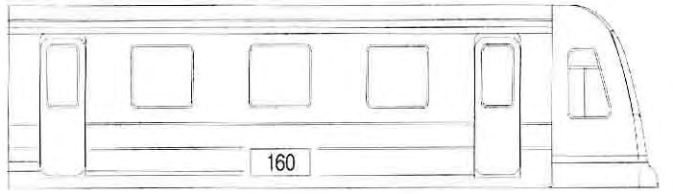
(다) 새마을동차 (PMC)

① 외부표기는 전 차량의 중앙하단 차량표면에 표기

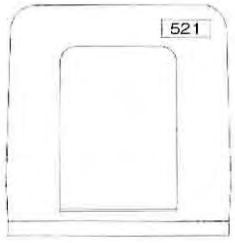
② 차량실내는 객실 간 출입문 위 우측벽면에 표기



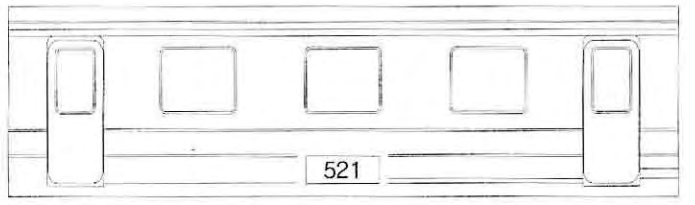
차량 단부



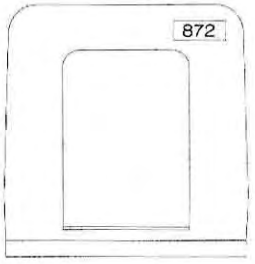
선두차차량 측면



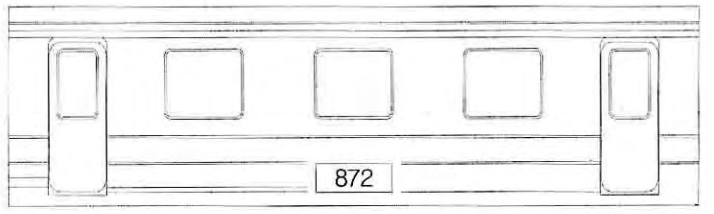
차량 단부



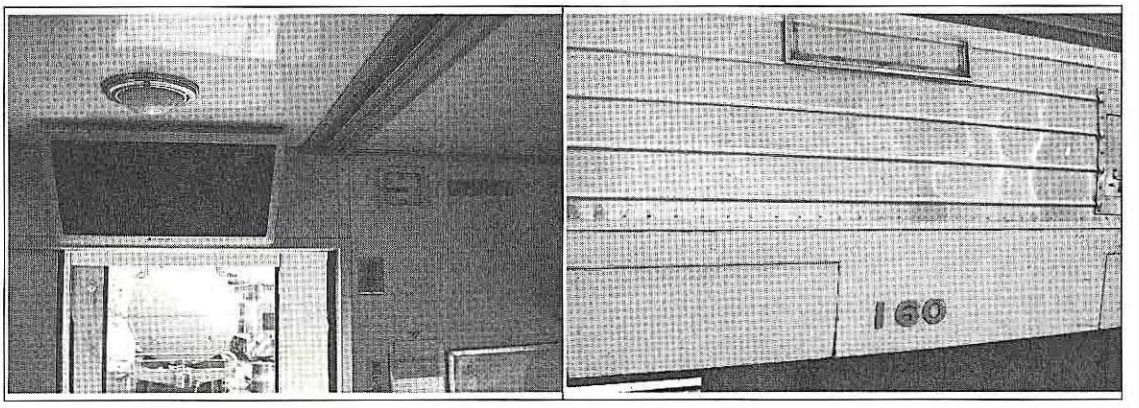
객차차량 측면



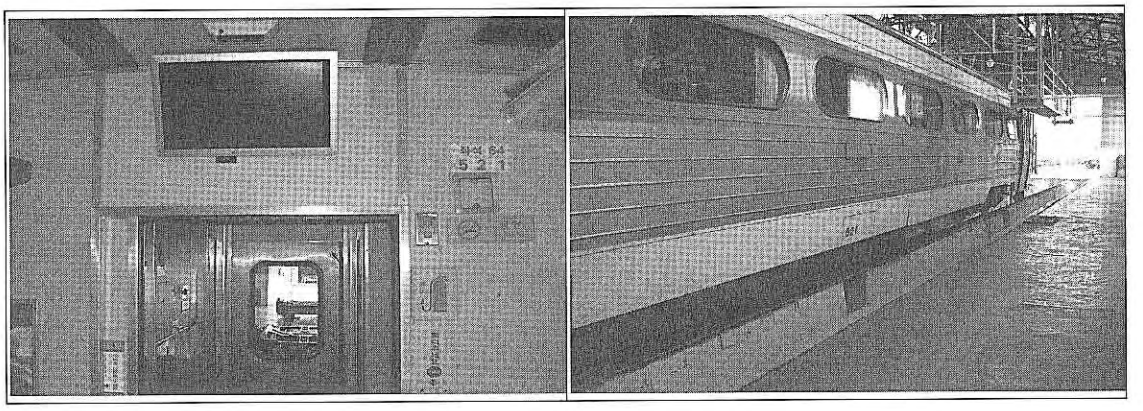
차량 단부



식당차량 측면



① 새마을 동차



② 새마을객차(일반)

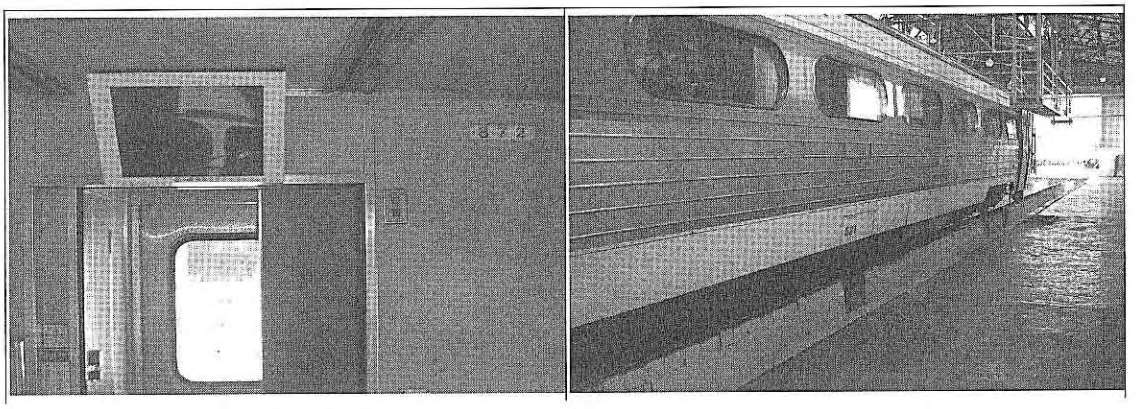


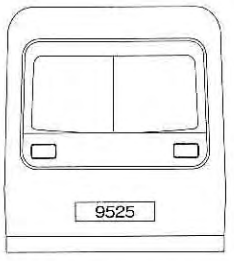
그림 3-7-7 새마을열차의 차량표기 및 사진

(라) 무궁화 신조차

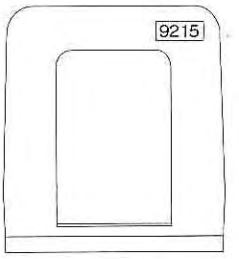
① 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 표기

② 차량외측에는 모든 차량의 중앙하단 외벽에 표기

③ 객실내는 객실간 출입문 위 우측벽면에 표기



운전실 정면



차량단부

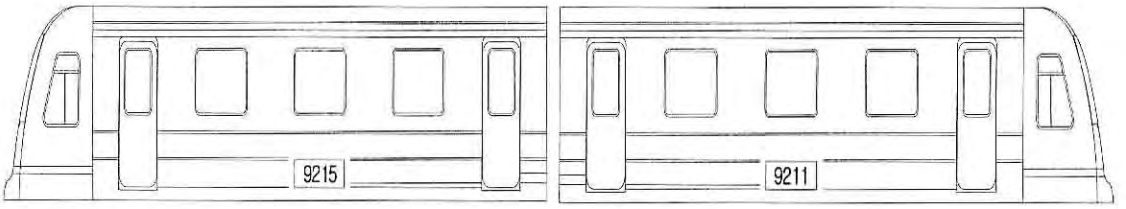


그림 3-5-1-1 무궁화 신조차의 차량표기 및 사진

차량 측면

(마) 전기기관차 전면

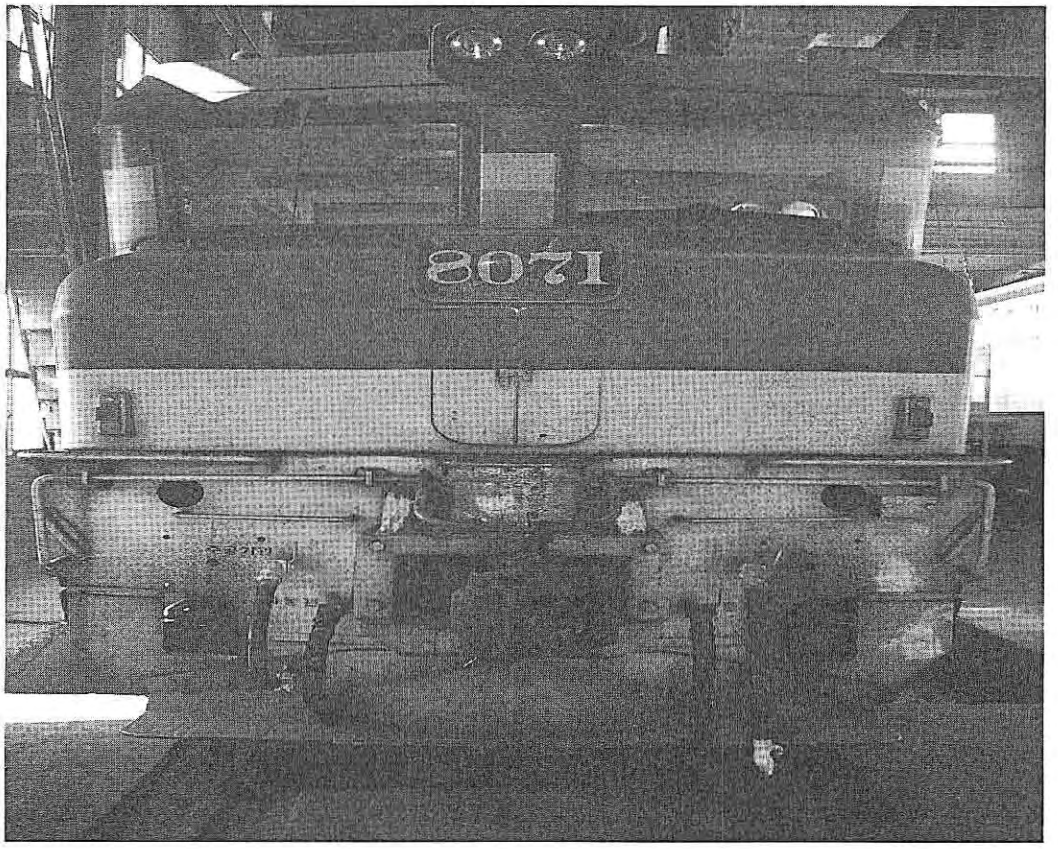
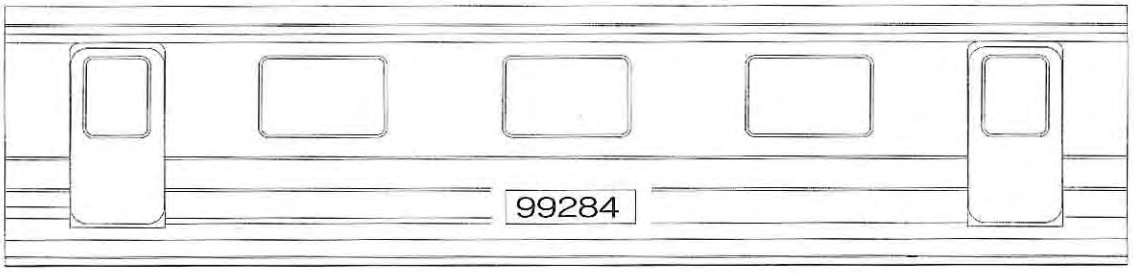


그림 3-7-8 전기기관차의 차량표기사진

(바) 발전차

차량측면의 중앙하단 외벽에 표기



발전차 측면

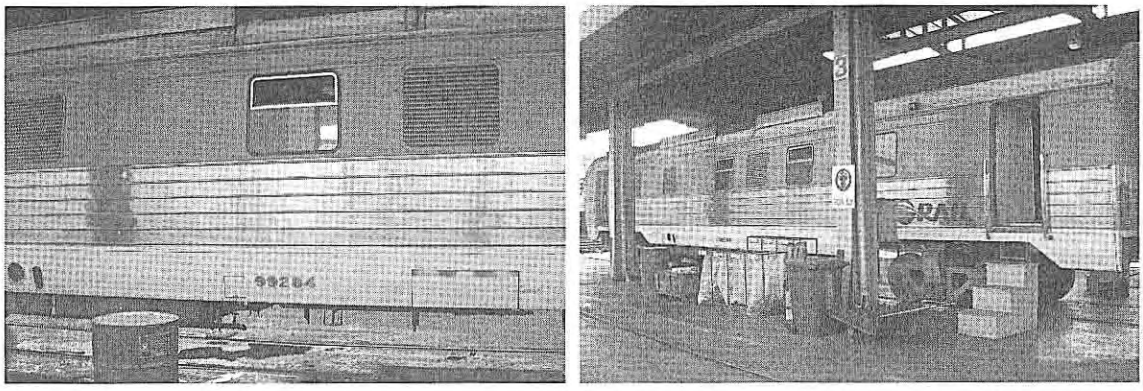
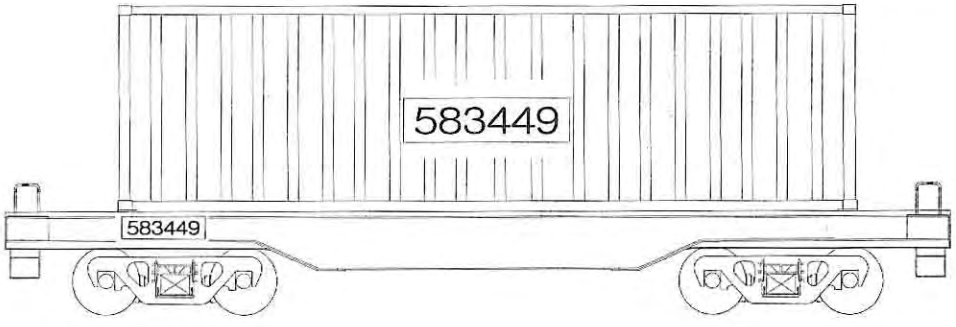


그림 3-7-9 발전차의 차량표기 및 사진

(사) 화차

① 무개화차

- 차체 측면 상부중앙 및 언더후레임 1위측(반대편에는 대각)



석탄차 측면

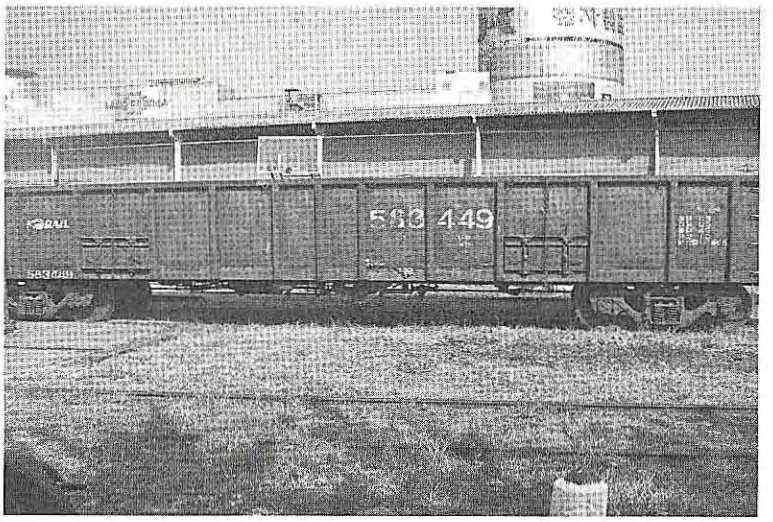


그림 3-7-10 무개화차의 차량표기 및 사진

② 목재화차

- 언더후레임 측 중앙에 표기



- 목재 화차 측면

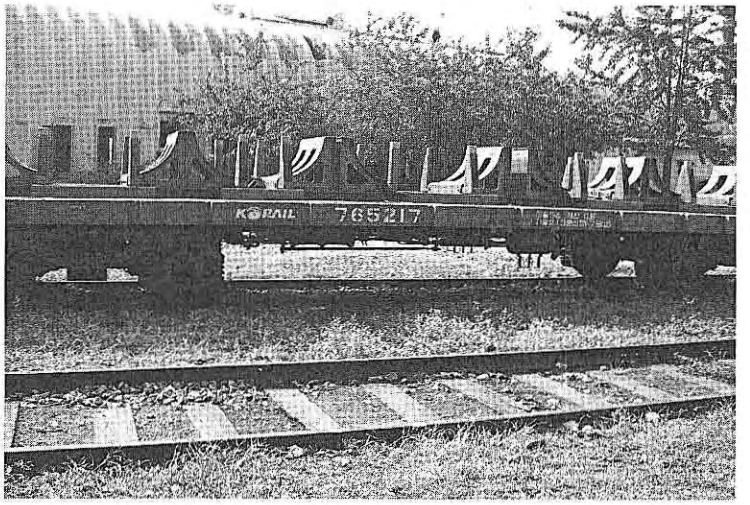


그림 3-7-11 목재화차의 차량표기 및 사진

③ 벌크 시멘트화차

- 탱크의 1위측 하단에는 작게 2위측 중앙부 상단에는 크게 표기 (반대편에는 대각으로 표기)

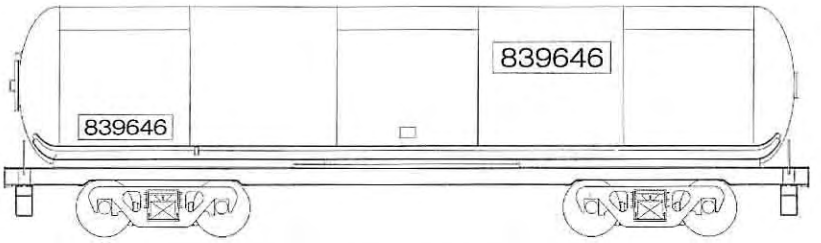


그림 3-7-12 BULK 화차 측면

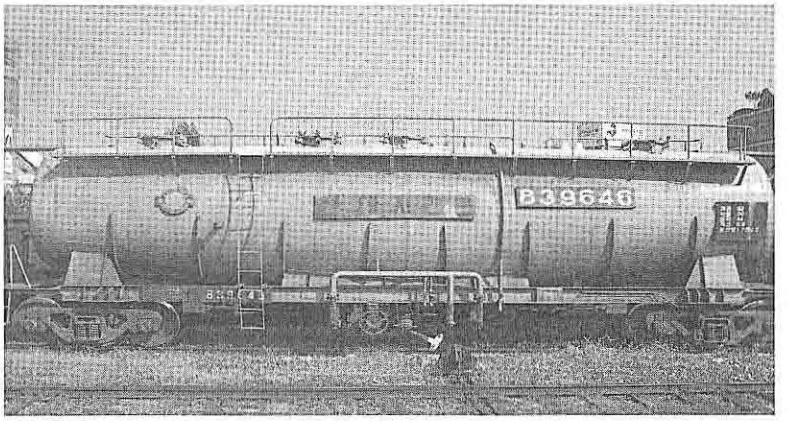


그림 3-7-13 벌크화차의 차량표기 및 사진

④ 유개화차

- 1위측 하단에는 작게 2위측 중앙부 상단에는 크게 표기(반대편에는 대각으로 표기)
- 언더후레임 1위측 (반대편에는 대각)

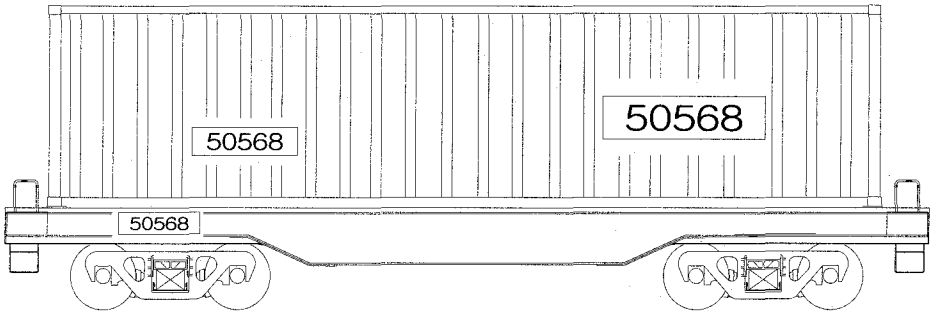


그림 3-7-14 유개화차의 차량표기

⑤ 평판차

- 언더후레임 측 중앙에 표기



그림 3-7-15 평판차의 차량표기

위와 같이 차종별로 차량표기 현황을 조사한 결과 취부위치에 대해서는 다음과 같이 공통적으로 적용이 가능한 최소한의 기준을 도출하였으며 이를 지침에 포함하였다.

(1) 화차를 제외하고 외부표기위치는 차체 양측면의 중앙

(2) 동력차(운전실차량)는 차량전면의 식별이 용이한 곳

(3) 화차는 상부차체가 있는차량은 차체의 2위측 중앙부 및 좌측하부

(4) 상부차체 가없는 차량은 언더후레임 양 측면 중앙

(아) 철도차량의 방향 표기

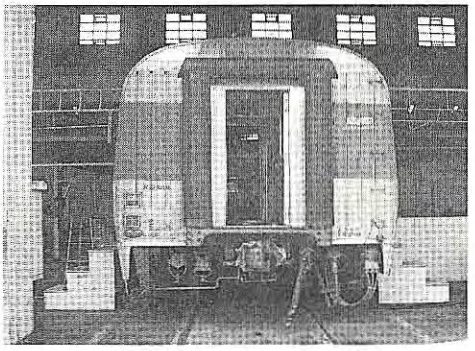
철도차량의 방향표기와 관련하여 과거에는 유사차종의 경우 주요부품의 설치위치가 거의 동일하여 주요부품의 설치위치로 방향을 표기하는 데 어려움이 없었으나 최근에는 유사차종이라도 도입년도에 따라 적용기술 발전으로 채용된 주요

부품의 형식이나 시스템이 서로 달라 주요장치의 위치만으로 방향을 결정하는데 현실적인 어려움이 있다. 따라서 가급적 철도차량의 구조적인 측면에서 방향을 결정하는 것이 바람직한 것으로 판단되며 최근 개정된 한국철도공사의 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정" (2005.0101.제정)의 방향표기 방법도 구조적인 개념으로 명기하되 불가피한 경우에만 주요부품의 위치로 결정하게끔 개정되었다. 따라서 본 항목은 철도공사의 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정(2005.01.01. 제정)"의 제5조(방향)의 내용을 기준으로 하되 객차의 경우는 신, 구도입 차량별로 제동장치의 주요부품이 상이하여 구조적인 측면에서 승객 편의설비 설치위치를 기준으로 개선하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 객차의 전부표기는 편의시설로 변경하였다. 아울러 차량의 안전운행에 밀접하게 연관되어 있는 차륜의 위치에 대해서는 지금까지 명확히 정의 되어 있는 규정이 없어 금번 지침 마련 시 이를 명확히 규정함으로서 차륜의 유지보수 및 안전운행에 혼선이 없도록 하였다.

✍ 국내 관련규정 : 철도차량칭호 및 도장에 관한 규정(2005.01.01. 제정)

(자) 철도차량의 주요제원 표기

일본의 경우 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 82조에 따르면 " 차량에는 차량의 식별등이 가능하도록 필요한 표기를 하여야 한다"라고 규정하고 있으며, 궤도운전규칙 제 40조에는 "기관차에는 번호를 표기하고 , 객, 화차, 내연동차 및 전차는 차호번호, 자중, 여객정원 및 하중 등을 표기"하도록 하고 있다. 국내의 경우는 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정" (2005.0101.제정)에 명기된 별도의 차종별 표기 관련도면에 따르도록 하고 있으며 국내 현차조사 결과 주요제원표기는 제작년도, 공차중량, 적재중량, 적재용량 및 연결면간 거리를 표기하고 있다. 일본은 차종별로 표기방법이 달라 관리에 어려움이 있을 것으로 판단되는 바, 철도차량 표기내용은 차종 구분없이 현행 기준에 따라 설치하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.



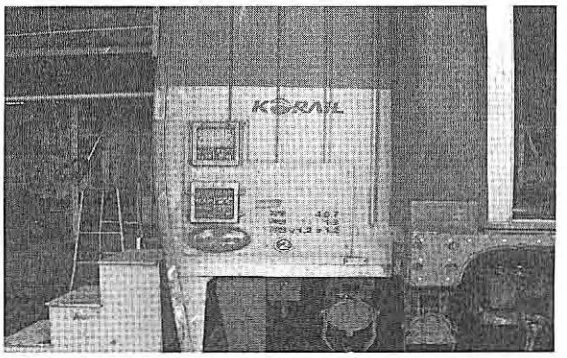


그림 3-7-16 주요제원의 차량표기 사진

(2) 분석결과

철도차량의 표기는 국내 철도공사의 철도차량칭호 및 도장에 관한 규정과 국외 문헌 및 규정, 철도차량 핸드북(2-6 JR차량의 호칭과 번호), 신판 신간선(8-3, 신간선전차의 칭호), 일본 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령"과 국내 철도차량 현장방문 결과를 근거로 작성하도록 한다. 여기에는 철도차량의 명칭, 번호, 방향, 주요제원 등을 표기하는 기준을 포함하도록 한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 철도차량의 표기 세부 기준

제1조 (적용범위) 철도차량의 구조 및 사용목적에 따른 명칭·고유번호·방향·각 부의 위치 등의 표기에 대하여 정한다.

제2조 (철도차량의 명칭 표기)

① 철도차량의 명칭 표기는 [표 부 I -11-1]과 같다.

표 부 I -11-1 철도차량의 명칭 표기

대분류	중분류	소분류 및 내용
고속 철도 차량	고속 동력차	고속철도차량으로 운전실이 있고 객실이 없이 주요 동력원이 탑재되어 있는 철도차량
	고속 동력객차	고속철도차량으로 운전실이 없고 동력원이 탑재되어 있는 철도차량
	고속객차	고속철도차량으로 동력원이 없이 순순하게 객실로만 사용되는 차량
일반 철도 차량	동력차	디젤전기기관차, 전기기관차, 디젤동차, 전기동차
	객 차	일반객차, 침대차, 식당차, 발전차, 기타 객차
	화 차	유개화차, 무개화차, 호퍼차, 자갈화차, 탱크차, 컨테이너차, 평판차, 소화물차, 차장차, 벌크시멘트차, 우편차
	특수차	사고복구용차, 작업차, 시험차

② 특수차의 세부 명칭 표기는 [표 부 I -11-2]와 같다.

표 부 I -11-2 특수차의 세부 명칭 표기

분 류	명 칭	용 도
사고 복구용차	사고복구차 (Two Way Motor Car)	선로 및 육로주행겸용 사고복구용차
	사고복구용 기중기(Crane)	사고복구용 기중기
작업차	복합 침목교정차 (Multiple Tie Tamper)	층다지기 및 궤도틀림상태 (줄맞춤, 면맞춤, 수평 등) 정정 작업차량
	자갈 다지기차(Ballast Compactor)	도상자갈표면 및 어깨달고 다지기 작업차량
	Ballast Cleaner	일반 및 분기부 도상 전단면 자갈치기 작업차량
	분기기 자갈 제거차 (Switch Cleaner Track Undercutter)	분기부 도상 전단면 자갈치기 작업차량
	자갈 정리차(Ballast Regulater)	도상 자갈 정리 및 단면 형성 작업차량
	분기기 침목교정차 (Switch Tie Tamper)	분기부 침목 다지기 및 궤도틀림 정정 작업차량

분 류	명 칭	용 도
	궤도 안정기 (Dynamic Track Stabilizer)	궤도 안정화 작업차량
	컨베어 호퍼차 (Conveyor Hopper Car)	자갈, 토사적재 운반 하화 작업차량
	가선차(OverHead Wiring Car)	전차선 가선 작업차량
	가선 보조작업차 (Worker's Operation Trolley)	가선작업 보조 작업차량
	전주 작업차 (Crane Working Car)	전주건식, 중량물 들기 작업차량
	전주 적재차 (Master Loading Trolley)	전주 적재 작업차량
	전선 적재차(Flat Car)	전선드럼 적재 작업차량
	골재차(2대1조) (Aggregate Loading Trolley)	골재 적재차량
	콘크리트 믹서카(Concrete Mixing Car)	콘크리트 믹서 작업차량
	모터카(Motor Car)	궤도보수, 전철보수, 점검 및 검측 현장 작업차량
	굴삭차(Drilling Hammer Car)	현장 암반 및 토공 굴착 작업차량
	작업자 침식차 (Small Couchette Trolley)	작업자 침식차량
	유조트롤리 (Fuel Tank Loading Trolley)	보선장비 연료조달
	살수트롤리 (Water Tank Loading Trolley)	터널내 지하공간 물청소작업
시험차	종합 검측차 (Multiple Track Inspection Car)	궤도·전차선·신호·통신 종합검측차량
	궤도 검측차 (Track Inspection Car)	궤도 틀림 상태 검측차량
	신호설비 검측차 (Signalling System Inspection Car)	신호설비 검측차량(선로 및 육로주행겸용)

분 류	명 칭	용 도
	전철 시험차 (Ovwehead Wire Measuring Car)	전차선로 편위, 높이, 마모 검측 및 시험차량
	교량 점검차(굴절차) (Bridge Inspection Car)	교량 상·하부 점검 및 보수차량(선로 및 육로주행겸용)
	터널 점검차(26m고소차) (Tunnel Inspection Car)	터널점검 및 보수차량(선로 및 육로주행겸용)
	레일 초음파탐상차 (Rail Ultrasonic Car)	레일내부 균열 및 기공 등 결함 상태 검사차량

③ 철도차량의 번호 표기

1. 철도운영자등은 철도차량의 당해 철도차량을 다른 철도차량과 구별할 수 있도록 하기 위해 철도차량별로 번호를 부여하여야 한다.

2. 철도차량 번호의 실내표기

1) 차종별 철도차량 번호의 실내표기 여부는 [표 부 I -11-3]과 같다.

표 부 I -11-3 차종별 철도차량 번호의 실내표기 여부

대분류	중분류	실내표기여부
고속철도차량	고속동력차	
	고속동력객차	○
	고속객차	○
일반철도차량	동력차	○
	객 차	○
	화 차	
	특수차	○

2) 철도차량 번호의 실내 표기 위치는 출입문 및 객실간의 통로문의 상단, 비상인터폰 옆의 식별이 가능한 곳으로 한다. 다만, 철도차량 실내구조의 특성상 표기가 어려운 경우에는 식별이 용이한 다른 위치에 표기할 수 있다.

3) 철도차량 실내번호판의 형상 및 크기는 가로 및 세로가 각각 최소 200밀리미터, 100밀리미터를 기준으로 식별이 용이한 크기로 하고 축광식으로 한다.

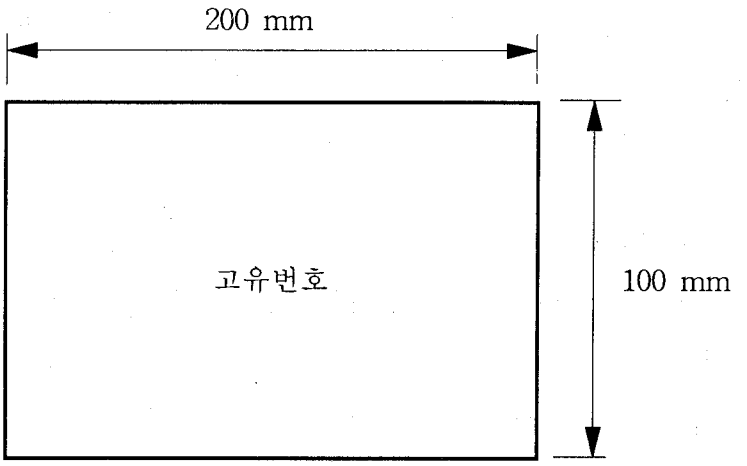


그림 부 I -11-1 철도차량 번호의 실내번호판 형상

3. 철도차량 번호의 외부 표기

1) 철도차량 번호의 외부 표기는 차체 양 측면의 중앙 하부 또는 전부 1위 축 위치의 차체 양 측면의 하부로 한다. 다만, 철도차량의 구조 및 특성상 표기가 어려운 경우에는 그러하지 아니하다.

2) 화차 및 특수차 번호의 외부 표기는 철도운영자등의 내부규정 및 매뉴얼에 의한다.

④ 철도차량의 방향 표기

1. 철도차량은 전부 및 후부로 구분하여 차체 전부표기는 ①, 후부표기는 ②로 하고 전부표기 기준은 [표 부 I -11-4]와 같다. 다만 전·후부 구분이 명확한 철도차량은 방향 표기를 생략할 수 있다.

표 부Ⅰ-11-4 철도차량별 전부 표기기준

대분류	중/소분류		전부 표기기준
고속철도차량	고속동력차		운전실 설치 측
	고속동력객차		동력대차 설치 측
	고속객차		승강문 설치 측
일반철도차량	동력차	디젤전기기관차	운전실 설치 측,
		전기기관차	ATS차상장치 설치 측
		디젤동차	운전실 설치 측, 운전실이 없는 경우는 수용제동 설치 측
		전기동차	제어차(TC) 및 제2구동차 M′는 분전반 설치 측, 제1구동차(M)는 분전반 설치 반대 측, T, T1, T2는 일반 배전반 설치 측
	객 차		편의시설 설치 측
	화 차		제동통 피스톤롯드 설치 측, 제동통2개 이상인 화차는 수용제동기 설치 측
	특수차		① 사고복구용 기중기는 붐(Boom) 측 ② 기타 특수차는 화차와 유사한 항목에 준함

2. 차륜의 위치표기는 철도차량의 전부 방향을 기준으로 하여 전부에서 후부측으로 좌우 구분하여 [그림 부Ⅰ-11-2]와 같다. 다만, 관절대차 또는 1축대차 등에 설치된 차륜의 경우에는 그러하지 아니하다.

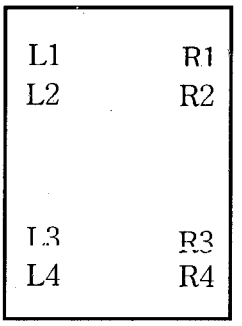


그림 부 I -11-2
차륜의 위치표기

3. 운전장애 또는 사고시의 철도차량 전부는 철도차량의 진행방향으로 한다.

⑤ 철도차량의 주요제원 표기

1. 철도차량 후부의 외부 좌측 하단에는 다음 각 호의 주요제원을 표기하여야 한다.

1) 제작년도

2) 공차중량

3) 적재중량

4) 적재용량

5) 연결면간거리

2. 철도차량 외부번호판의 크기는 [그림 부 I -11-3]과 같이 가로 및 세로가 각각 최소 200밀리미터, 300밀리미터를 기준으로 식별이 용이한 크기로 한다

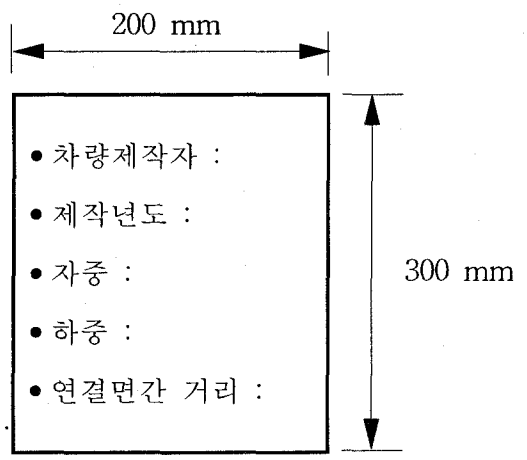


그림 부Ⅰ-11-3 표기판의 크기

(2) 해설서

제1조 적용범위

철도차량의 구조 및 사용목적에 따른 명칭·고유번호·방향·각 부의 위치 등의 표기에 대하여 정한다.

【해설】

본 항목은 철도공사의 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정(2005.0101.제정)" 제1조 (목적) 및 제2조(적용범위)의 내용을 근거로 작성하였다.

제2조 철도차량의 명칭 표기

내용 생략

① 철도차량의 명칭 표기는 [표 부Ⅱ-11-1]과 같다.

표 부Ⅱ-11-1 철도차량의 명칭 표기

대분류	중분류	소분류 및 내용

대분류	중분류	소분류 및 내용
고속 철도 차량	고속 동력차	고속철도차량으로 운전실이 있고 객실이 없이 주요 동력원이 탑재되어 있는 철도차량
	고속 동력객차	고속철도차량으로 운전실이 없고 동력원이 탑재되어 있는 철도차량
	고속객차	고속철도차량으로 동력원이 없이 순순하게 객실로만 사용되는 차량
일반 철도 차량	동력차	디젤전기기관차, 전기기관차, 디젤동차, 전기동차
	객 차	일반객차, 침대차, 식당차, 발전차, 기타 객차
	화 차	유개화차, 무개화차, 호퍼차, 자갈화차, 탱크차, 컨테이너차, 평판차, 소화물차, 차장차, 벌크시멘트차, 우편차
	특수차	사고복구용차, 작업차, 시험차

② 특수차의 세부 명칭 표기는 [표 부Ⅱ-11-2]와 같다.

표 부Ⅱ-11-2 특수차의 세부 명칭 표기

분 류	명 칭	용 도
사고 복구용차	사고복구차 (Two Way Motor Car)	선로 및 육로주행겸용 사고복구용차
	사고복구용 기중기(Crane)	사고복구용 기중기
작업차	복합 침목교정차 (Multiple Tie Tamper)	충다지기 및 궤도틀림상태 (줄맞춤, 면맞춤, 수평 등) 정정 작업차량
	자갈 다지기차 (Ballast Compactor)	도상자갈표면 및 어깨달고 다지기 작업차량

분 류	명 칭	용 도
	Ballast Cleaner	일반 및 분기부 도상 전단면 자갈치기 작업차량
	분기기 자갈 제거차 (Switch Cleaner Track Undercutter)	분기부 도상 전단면 자갈치기 작업차량
	자갈 정리차(Ballast Regulator)	도상 자갈 정리 및 단면 형성 작업차량
	분기기 침목교정차 (Switch Tie Tamper)	분기부 침목 다지기 및 궤도틀림 정정 작업차량
	궤도 안정기 (Dynamic Track Stabilizer)	궤도 안정화 작업차량
	컨베이어 호퍼차 (Conveyor Hopper Car)	자갈, 토사적재 운반 하화 작업차량
	가선차(OverHead Wiring Car)	전차선 가선 작업차량
	가선 보조작업차 (Worker's Operation Trolley)	가선작업 보조 작업차량
	전주 작업차 (Crane Working Car)	전주건식, 중량물 들기 작업차량
	전주 적재차 (Master Loading Trolley)	전주 적재 작업차량
	전선 적재차(Flat Car)	전선드럼 적재 작업차량
	골재차(2대1조) (Aggregate Loading Trolley)	골재 적재차량
	콘크리트 믹서카 (Concrete Mixing Car)	콘크리트 믹서 작업차량
	모터카(Motor Car)	궤도보수, 전철보수, 점검 및 검측 현장 작업차량
	굴삭차(Drilling Hammer Car)	현장 암반 및 토공 굴착 작업차량

분 류	명 칭	용 도
	작업자 침식차 (Small Couchette Trolley)	작업자 침식차량
	유조트롤리 (Fuel Tank Loading Trolley)	보선장비 연료조달
	살수트롤리 (Water Tank Loading Trolley)	터널내 지하공간 물청소작업
시험차	종합 검측차 (Multiple Track Inspection Car)	궤도·전차선·신호·통신 종합검측차량
	궤도 검측차 (Track Inspection Car)	궤도 틀림 상태 검측차량
	신호설비 검측차 (Signalling System Inspection Car)	신호설비 검측차량(선로 및 육로주행겸용)
	전철 시험차 (Overhead Wire Measuring Car)	전차선로 편위, 높이, 마모 검측 및 시험차량
	교량 점검차(굴절차) (Bridge Inspection Car)	교량 상·하부 점검 및 보수차량(선로 및 육로주행겸용)
	터널 점검차(26 m 고소차) (Tunnel Inspection Car)	터널점검 및 보수차량(선로 및 육로주행겸용)
	레일 초음파 탐상차 (Rail Ultrasonic Car)	레일내부 균열 및 기공 등 결함 상태 검사차량

③ 철도차량의 번호 표기

1. 철도운영자등은 철도차량의 당해 철도차량을 다른 철도차량과 구별할 수 있

도록 하기 위해 철도차량별로 번호를 부여하여야 한다.

2. 철도차량 번호의 실내표기

1) 차종별 철도차량 번호의 실내표기 여부는 [표 부Ⅱ-11-3]과 같다.

표 부Ⅱ-11-3 차종별 철도차량 번호의 실내표기 여부

대분류	중분류	실내표기여부
고속철도차량	고속동력차	
	고속동력객차	○
	고속객차	○
일반철도차량	동력차	○
	객 차	○
	화 차	
	특수차	○

2) 철도차량 번호의 실내 표기 위치는 출입문 및 객실간의 통로문의 상단, 비상인터폰 옆의 식별이 가능한 곳으로 한다. 다만, 철도차량 실내구조의 특성상 표기가 어려운 경우에는 식별이 용이한 다른 위치에 표기할 수 있다.

3) 철도차량 실내번호판의 형상 및 크기는 가로 및 세로가 각각 최소 200밀리미터, 100밀리미터를 기준으로 식별이 용이한 크기로 하고 축광식으로 한다.

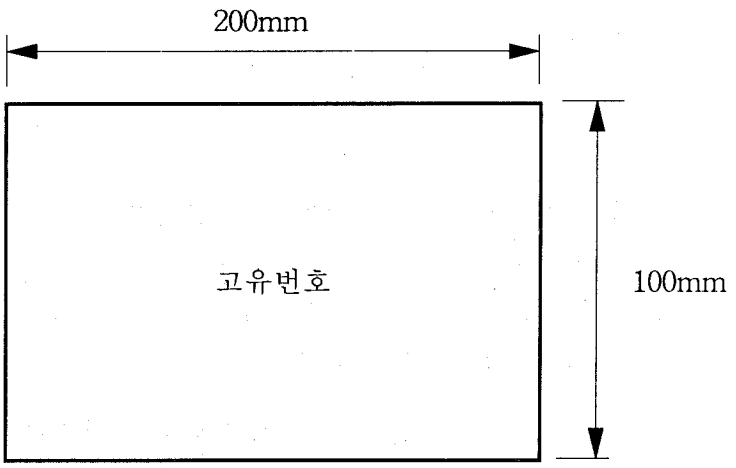


그림 부Ⅱ-11-1 철도차량 번호의 실내번호판 형상

3. 철도차량 번호의 외부 표기

1. 철도차량 번호의 외부 표기는 차체 양 측면의 중앙 하부 또는 전부 1위축 위치의 차체 양 측면의 하부로 한다. 다만, 철도차량의 구조 및 특성상 표기가 어려운 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 화차 및 특수차 번호의 외부 표기는 철도운영자등의 내부규정 및 매뉴얼에 의한다.

【해설】

철도차량의 고유번호 부착위치와 번호판의 크기에 관해서는 철도차량의 종류별로 실내외 환경이 서로 달라서 국내적으로 공통표준으로 정하고 있는 규정은 없으며 각 운영기관별로 철도차량의 실내 외 설치환경에 적합하게 부착 또는 표기하고 있다. 철도공사의 경우 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정" (2005.0101.제정)에 명기된 별도의 차종별 표기 관련도면에 따르도록 하고 있고 일본의 경우 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 82조에는 차량에는 차량의 식별등이 기능하도록 필요한 표기를 하여야 한다" 라고 규정하고 있으나 철도차량 전체의 공통표준은 없으며 신간선의 경우는 1위측 기준으로 각 객실 출입문 우측 하단부에 고유번호가 표기하고 있다. 따라서 본 고유번호 부착위치와 크기는 차종별로 상세하게 정의하기보다는 현재 국내의 운영기관에서 시행하고 있는 차종별 표기방법을 기준으로 큰 테두리 내에 최소한의 기준만 정의하여 시행하는 것이 바람직

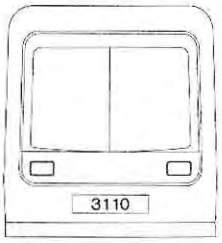
한 것으로 판단된다. 따라서 현재 서울광역시 지하철과 고속전철, 새마을호열차, 무궁화열차, 발전차, 화차 등에 표기되어 있는 번호와 번호판의 위치를 다음과 같이 현장조사한 결과를 바탕으로 본조를 작성하였다.

현재 운행되고 있는 국내 철도차량의 고유번호 부착위치는 다음과 같다.

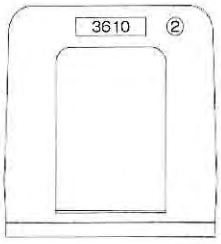
(가) 전동차

① 서울시 지하철공사 3호선열차

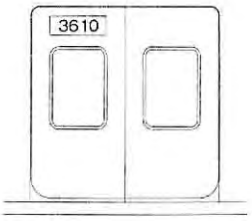
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 차량번호 표기
- 객실 측에서 객실 출입문좌측 상단부분에는 스티커로 차량번호표기



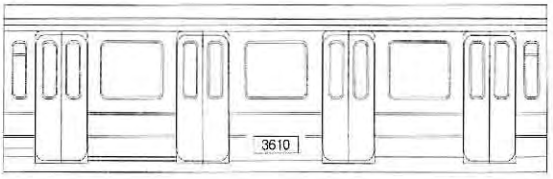
운전실 정면

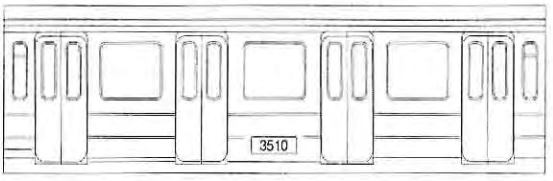


차량단부

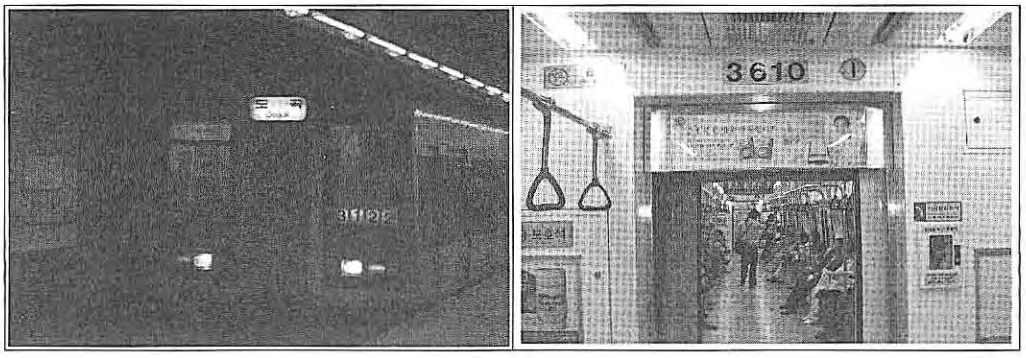


출입문 내부





차량 측면



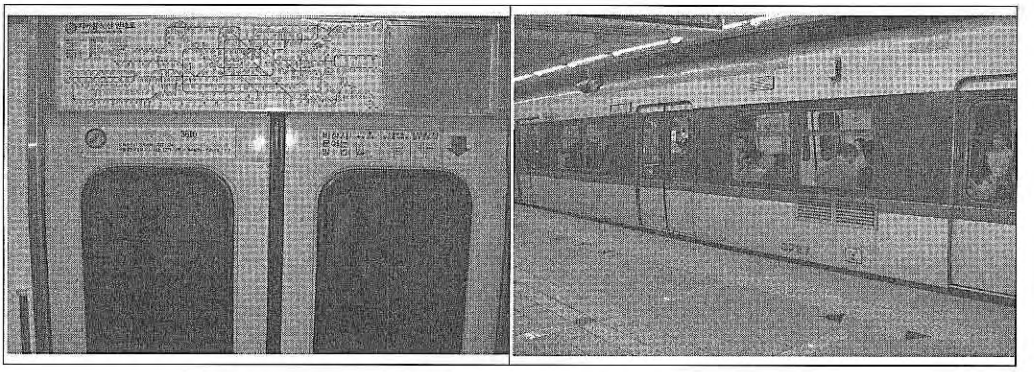
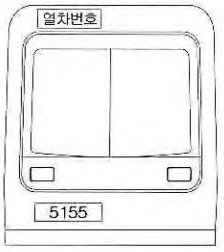


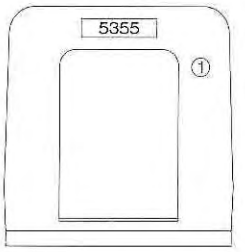
그림 부Ⅱ-11-2 서울시 지하철공사 3호선열차의 차량표기 및 사진

② 서울 도시철도공사 5호선

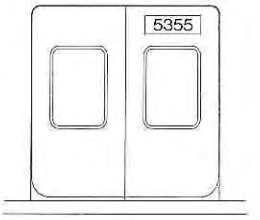
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후 운전실 차량은 전면창 우측하부에 양각으로 차량번호 표기
- 객실 측에서 객실 출입문우측 상단부분에는 스티커로 차량번호표기



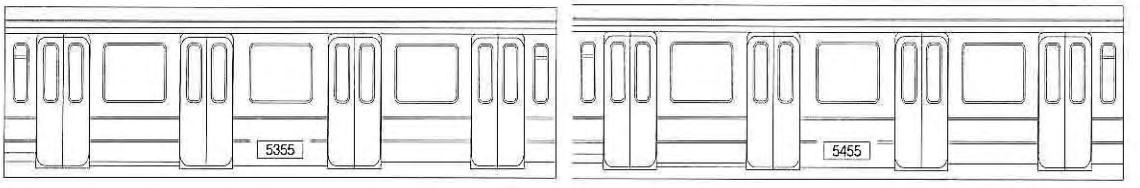
운전실 정면



차량단부



출입문 내부



차량 측면

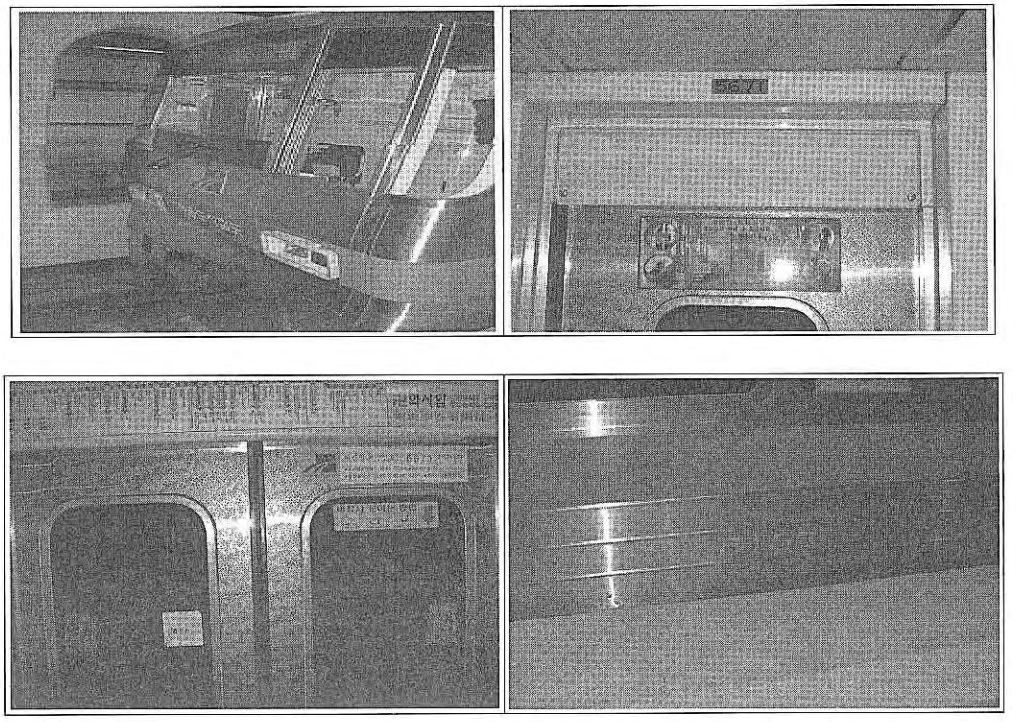
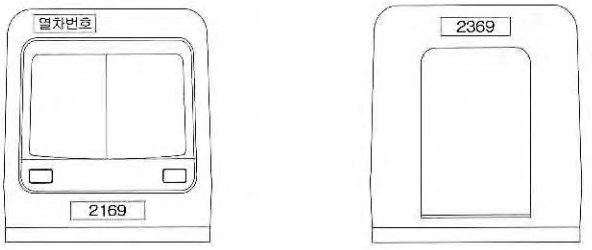


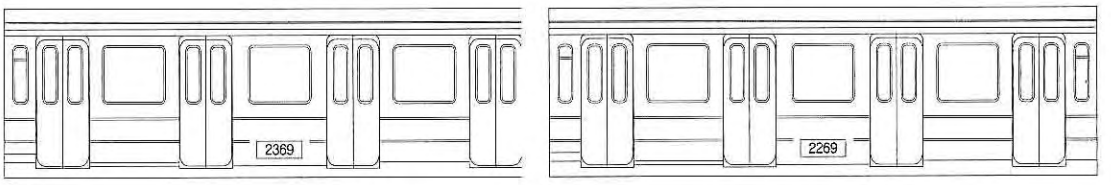
그림 부Ⅱ-11-3 서울 도시철도공사 5호선의 차량표기 및 사진

③ 한국철도공사 분당선

- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 차량번호 표기



운전실 정면 차량단부



차량 측면

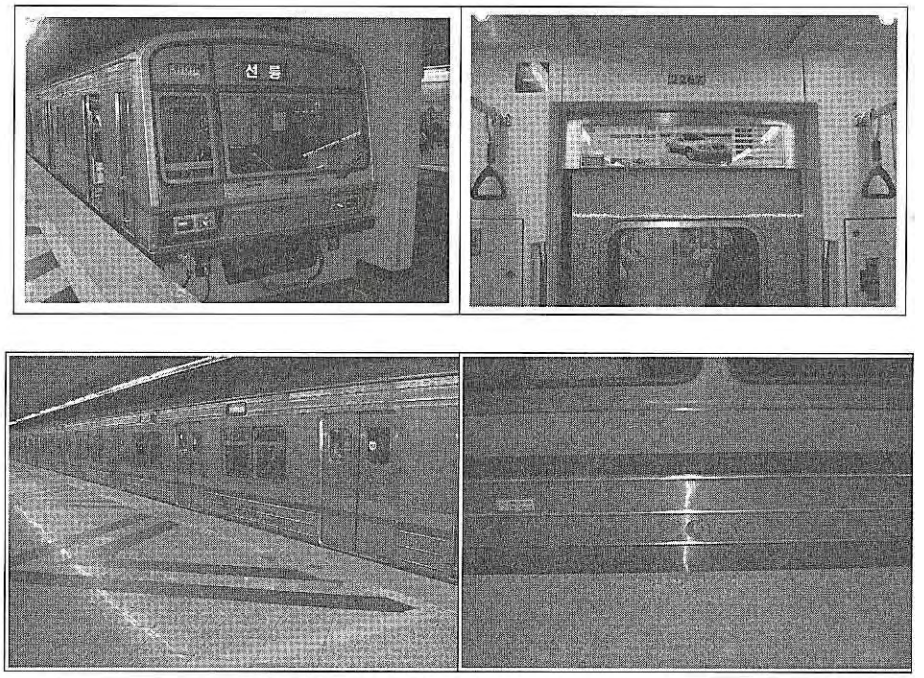
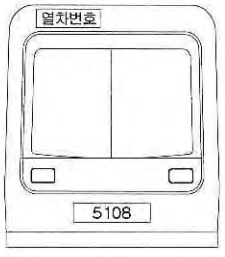


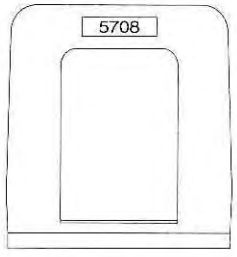
그림 부Ⅱ-11-4 한국철도공사 분당선의 차량표기 및 사진

④ 한국철도공사 1호선

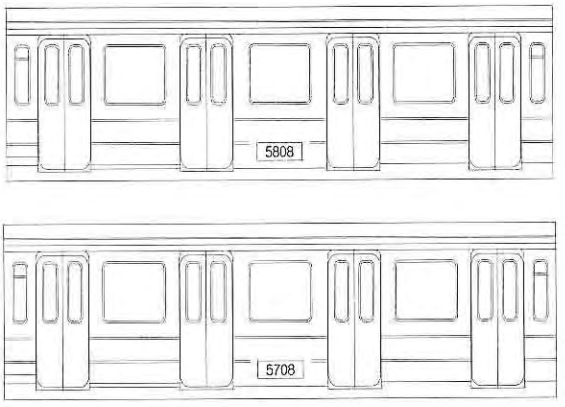
- 차량 공통적으로 차량외부는 측면의 차량중앙하단 외벽 및 차량실내는 객실간 또는 운전실의 객실측 출입문 상부중앙벽면에 도장 또는 양각으로 차량번호 표기
- 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 차량번호 표기



운전실 정면



차량단부



차량 측면

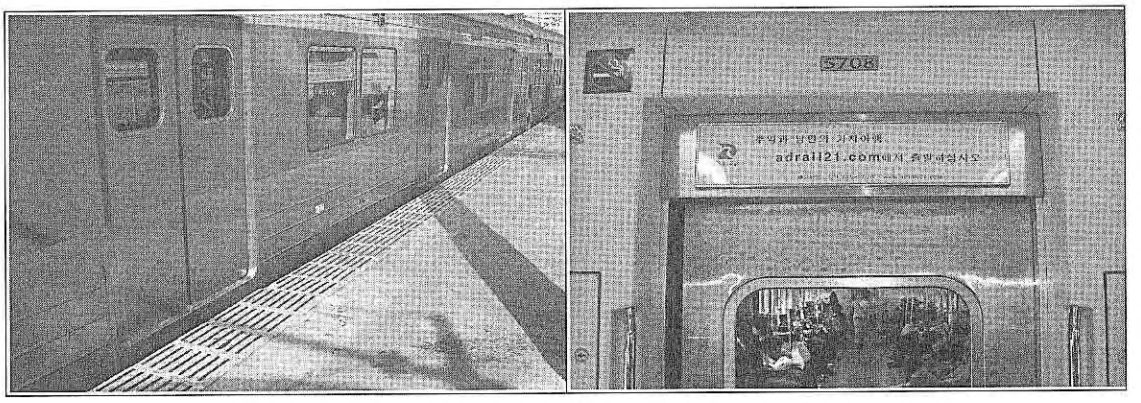


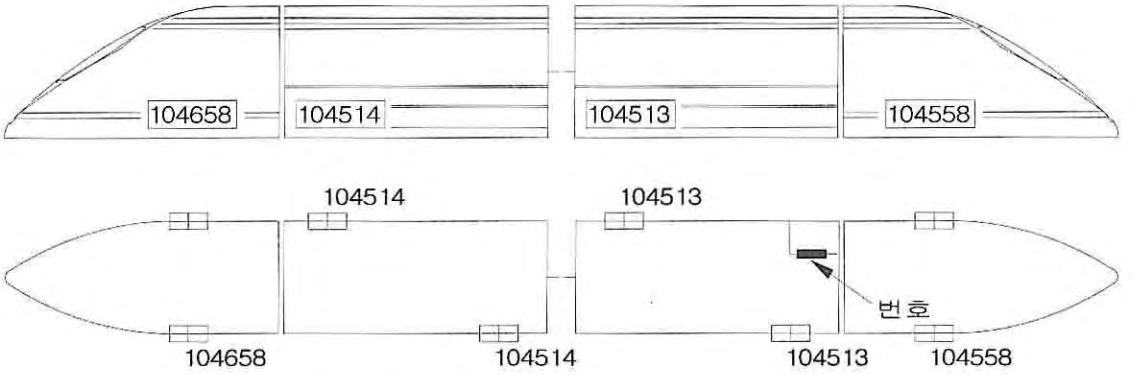
그림 부Ⅱ-11-5 한국철도공사 1호선의 차량표기 및 사진

(나) 고속철도

1) 전후 선두차량은 1위측 대차의 좌우측하단 차량표면에 도장으로 표기

2) 기타 차량의 경우 대각선방향의 대차 측 차량하단 외벽에 표기

3) 실내는 객실간 출입문측 승객편의실 우측벽면에 표기



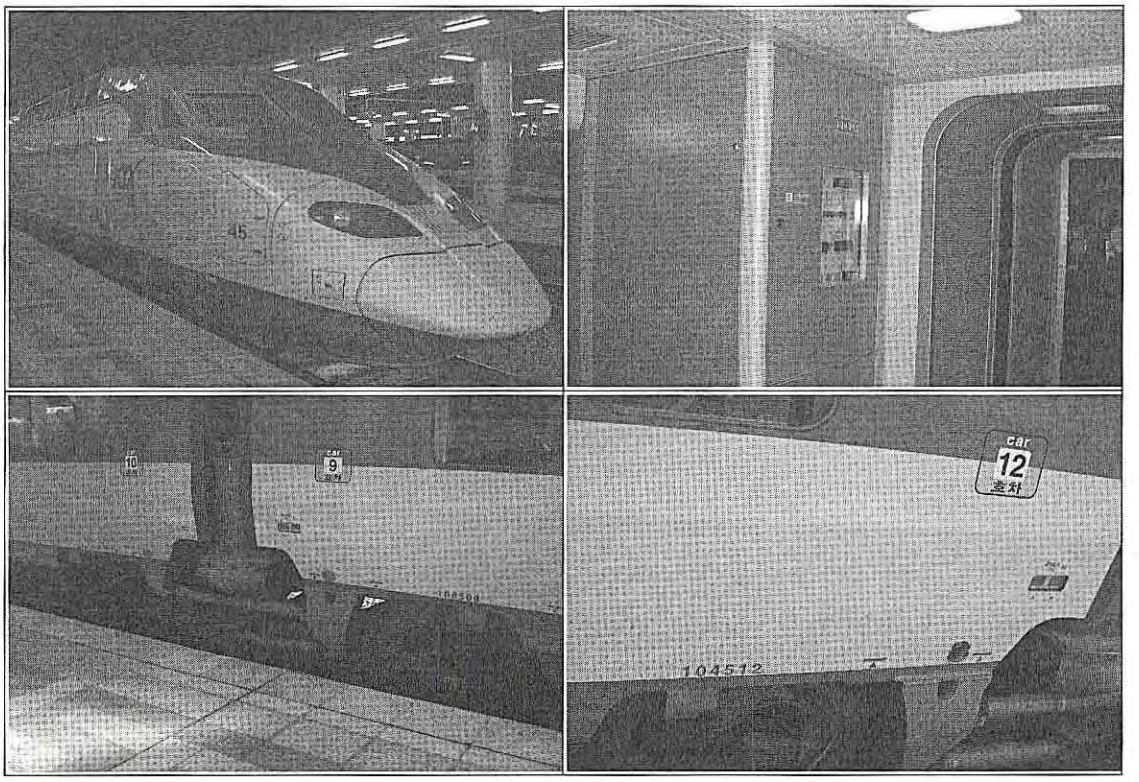
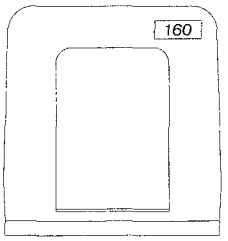


그림 부Ⅱ-11-6 고속철도차량의 차량표기 및 사진

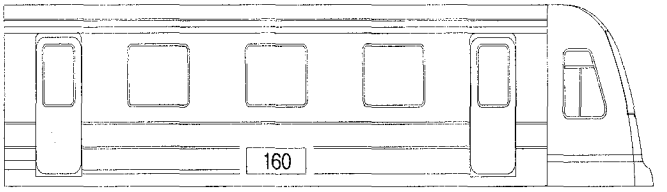
(다) 새마을동차 (PMC)

1) 외부표기는 전 차량의 중앙하단 차량표면에 표기

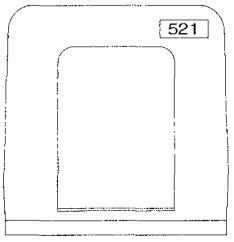
2) 차량실내는 객실 간 출입문 위 우측벽면에 표기



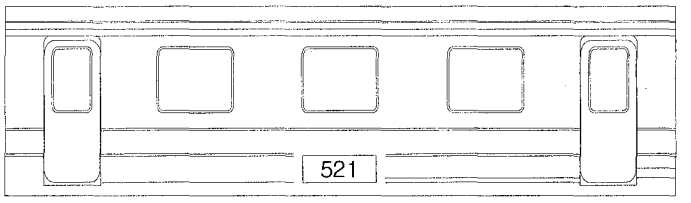
차량 단부



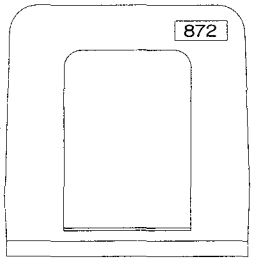
선두차차량 측면



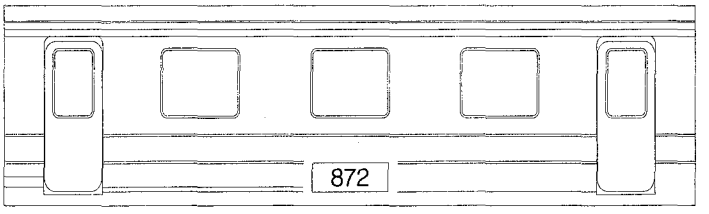
차량 단부



객차차량 측면



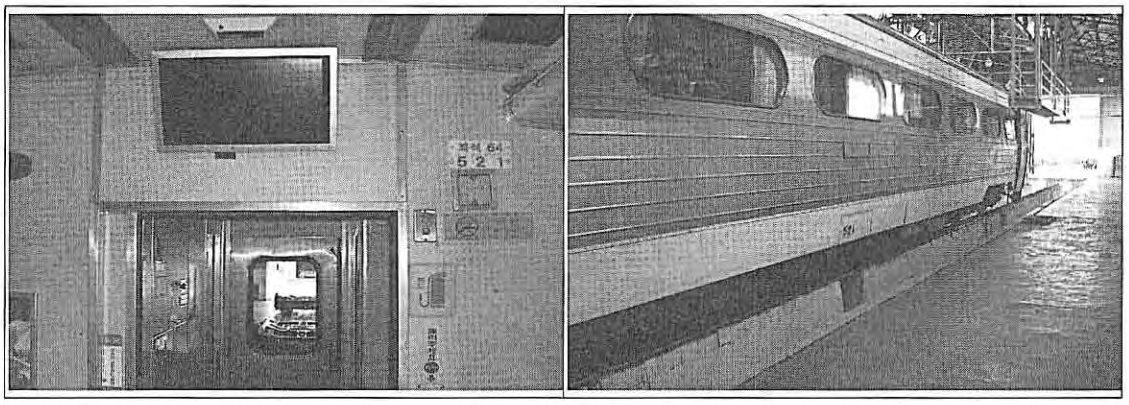
차량 단부



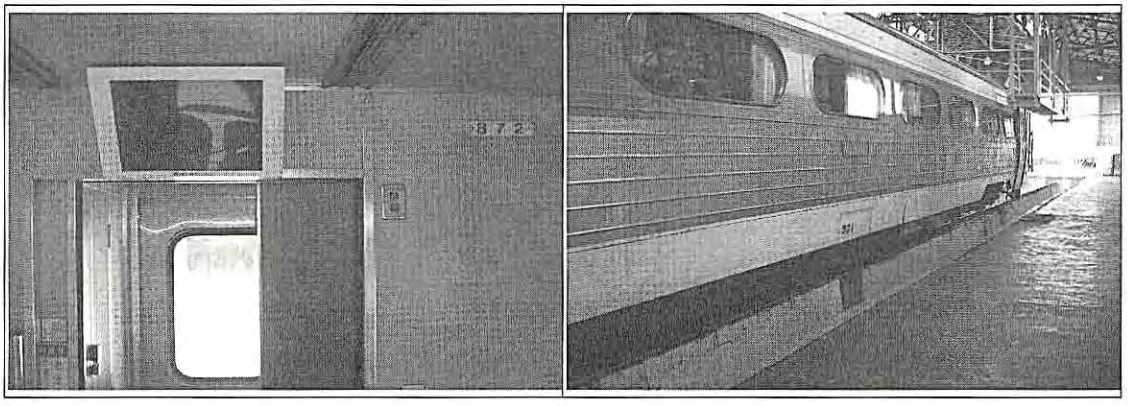
식당차량 측면



(1) 새마을동차(PMC)



(2) 새마을객차(일반)



(3) 새마을객차(식당차)

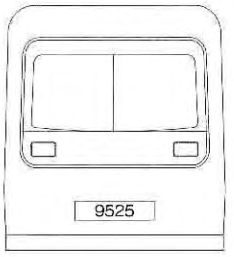
그림 부Ⅱ-11-7 새마을열차의 차량표기 및 사진

(라) 무궁화 신동차

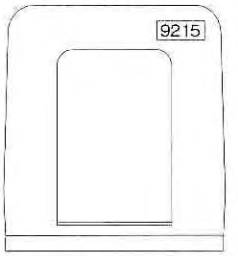
1) 열차의 전후운전실 차량은 전면창 하부중앙에 양각으로 표기

2) 차량외측에는 모든 차량의 중앙하단 외벽에 표기

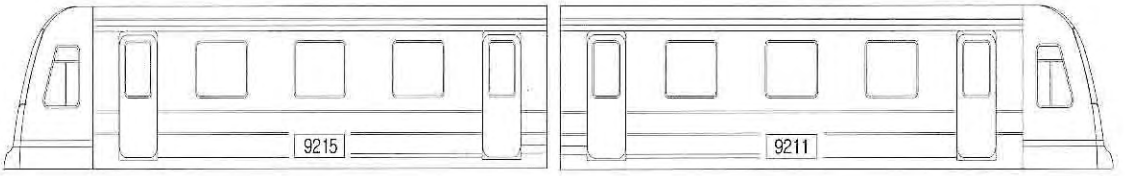
3) 객실내는 객실간 출입문 위 우측벽면에 표기



운전실 정면



차량단부



차량 측면

그림 부Ⅱ-11-8 무궁화 신동차의 차량표기 및 사진

(마) 전기기관차 전면

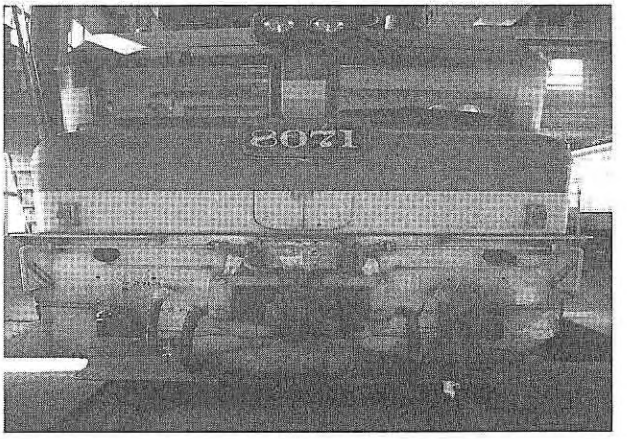
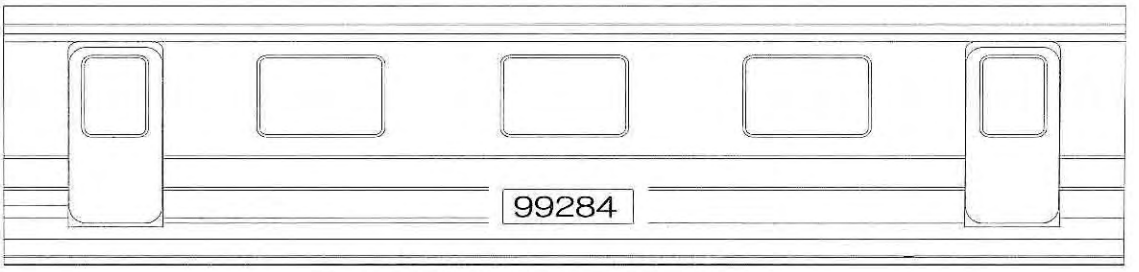


그림 부Ⅱ-11-8 전기기관차의 차량표기사진

(바) 발전차

차량측면의 중앙하단 외벽에 표기



발전차 측면

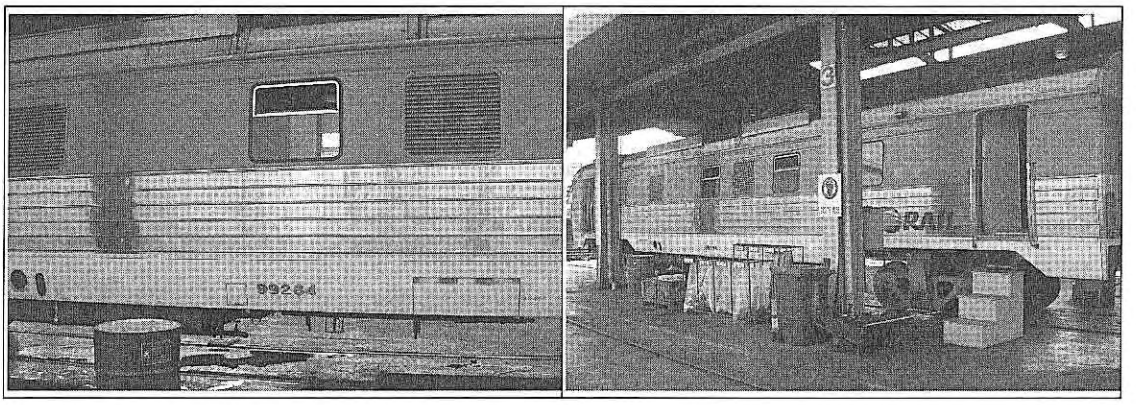
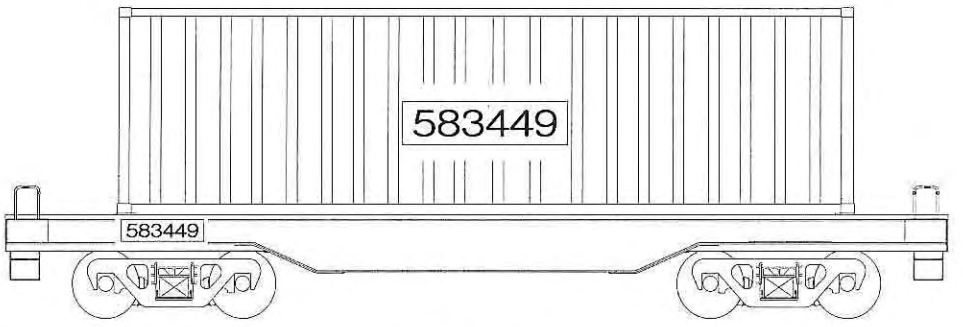


그림 부Ⅱ-11-10 발전차의 차량표기 및 사진

(사) 화차

① 무개화차

- 차체 측면 상부중앙 및 언더후레임 1위측(반대편에는 대각)



석탄차 측면

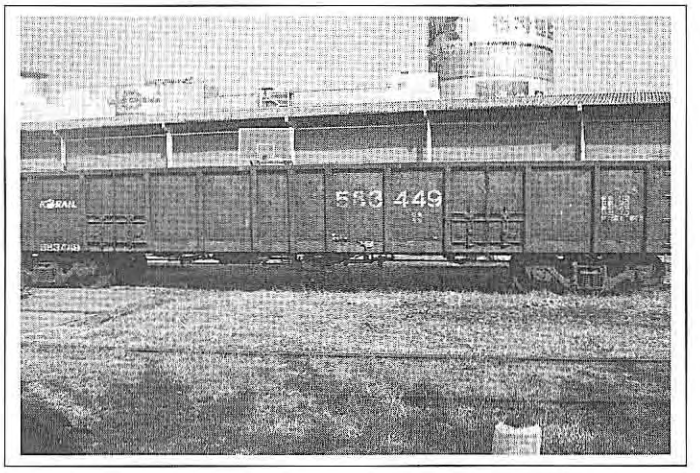


그림 부Ⅱ-11-11 무개화차의 차량표기 및 사진

② 목재화차

언더후레임 측 중앙에 표기



목재 화차 측면

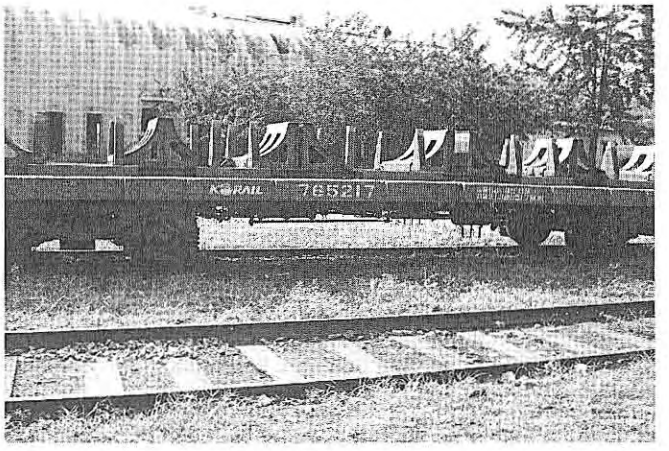
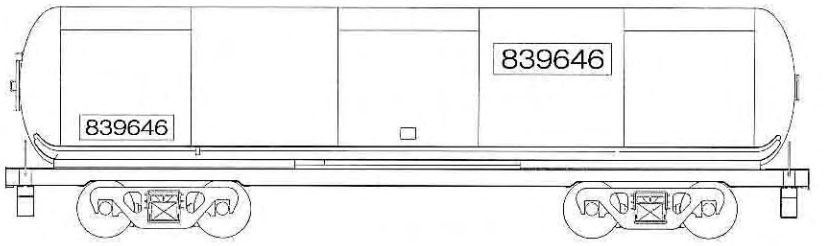


그림 부Ⅱ-11-12 목재화차의 차량표기 및 사진

③ 벌크 시멘트화차

- 탱크의 1위측 하단에는 작게 2위측 중앙부 상단에는 크게 표기
  (반대편에는 대각으로 표기)



BULK 화차 측면

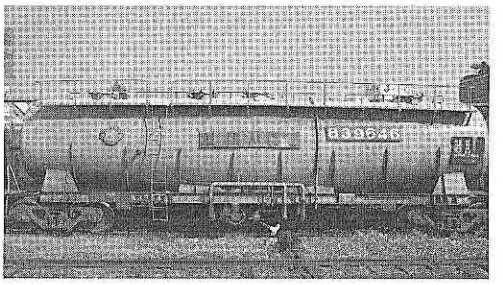


그림 부Ⅱ-11-13 벌크화차의 차량표기 및 사진

④ 유개화차

- 1위측 하단에는 작게 2위측 중앙부 상단에는 크게 표기(반대편에는 대각으로 표기)
- 언더후레임 1위측 (반대편에는 대각)

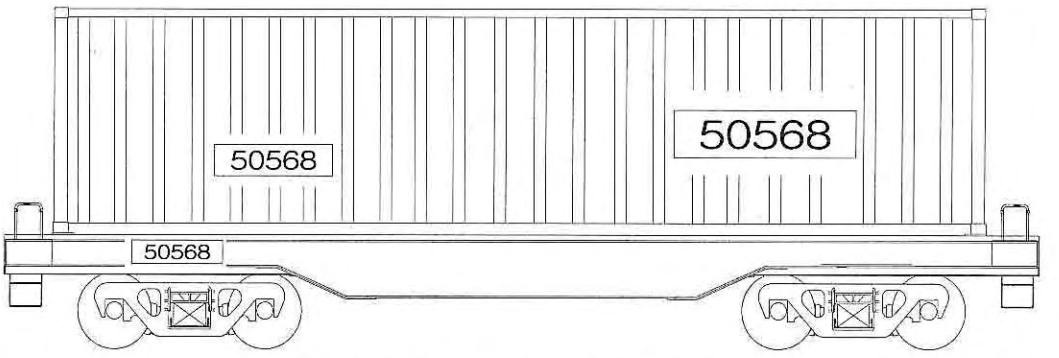


그림 부Ⅱ-11-14 유개화차의 차량표기

⑤ 평판차

- 언더후레임 측 중앙에 표기

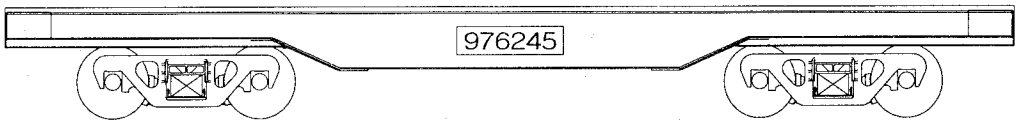


그림 부Ⅱ-11-15 평판차의 차량표기

위와 같이 차종별로 차량표기 현황을 조사한 결과 취부위치에 대해서는 다음과 같이 공통적으로 적용이 가능한 최소한의 기준을 도출하였으며 이를 지침에 포함하였다.

(1) 화차를 제외하고 외부표기위치는 차체 양측면의 중앙

(2) 동력차(운전실차량)는 차량전면의 식별이 용이한 곳

(3) 화차는 상부차체가 있는차량은 차체의 2위측 중앙부 및 좌측하부

(4) 상부차체 가없는 차량은 언더후레임 양 측면 중앙

④ 철도차량의 방향 표기

1. 철도차량은 전부 및 후부로 구분하여 차체 전부표기는 [1], 후부표기는 [2]로 하고 전부표기 기준은 [표 부Ⅱ-11-4]와 같다. 다만 전·후부 구분이 명확한 철도차량은 방향표기를 생략할 수 있다.

표 부Ⅱ-11-4 철도차량별 전부 표기기준

대분류	중/소분류		전부 표기기준
고속 철도 차량	고속동력차		운전실 설치 측
	고속동력객차		동력대차 설치 측
	고속객차		승강문 설치 측
일반 철도 차량	동력차	디젤전기 기관차	운전실 설치 측,

		전기기관차	ATS차상장치 설치 측
		디젤동차	운전실 설치 측, 운전실이 없는 경우는 수용제동 설치 측
		전기동차	제어차(TC) 및 제2구동차 M′는 분전반 설치 측, 제1구동차(M)는 분전반 설치 반대 측, T, T1, T2는 일반 배전반 설치 측
	객 차		편의시설 설치 측
	화 차		제동통 피스톤롯드 설치 측, 제동통2개 이상인 화차는 수용제동기 설치 측
	특수차		[1] 사고복구용 기중기는 붐(Boom) 측 [2] 기타 특수차는 화차와 유사한 항목에 준함

2. 차륜의 위치표기는 철도차량의 전부 방향을 기준으로 하여 전부에서 후부측으로 좌우 구분하여 [그림 부Ⅱ-11-16]과 같다. 다만, 관절대차 또는 1축대차 등에 설치된 차륜의 경우에는 그러하지 아니하다.

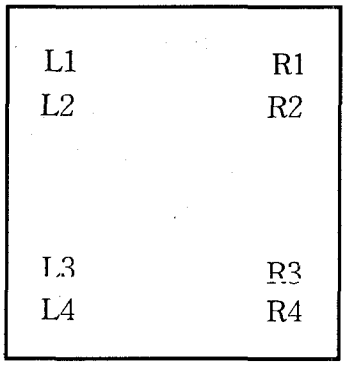


그림 부Ⅱ-11-1차륜의
위치표기

3. 운전장애 또는 사고시의 철도차량 전부는 철도차량의 진행방향으로 한다.

【해설】

철도차량의 방향표기와 관련하여 과거에는 유사차종의 경우 주요부품의 설치위치가 거의 동일하여 주요부품의 설치위치로 방향을 표기하는 데 어려움이 없었으나 최근에는 유사차종이라도 도입년도에 따라 적용기술 발전으로 채용된 주요

부품의 형식이나 시스템이 서로 달라 주요장치의 위치만으로 방향을 결정하는데 현실적인 어려움이 있다. 따라서 가급적 철도차량의 구조적인 측면에서 방향을 결정하는 것이 바람직한 것으로 판단되며 최근 개정된 한국철도공사의 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정" (2005.0101.제정)의 방향표기 방법도 구조적인 개념으로 명기하되 불가피한 경우에만 주요부품의 위치로 결정하게끔 개정되었다. 따라서 본 항목은 철도공사의 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정(2005.01.01. 제정)"의 제5조(방향)의 내용을 기준으로 하되 객차의 경우는 신, 구도입 차량별로 제동장치의 주요부품이 상이하여 구조적인 측면에서 승객 편의설비 설치위치를 기준으로 개선하는 것이 바람직할 것으로 판단되어 객차의 전부표기는 편의시설로 변경하였다. 아울러 차량의 안전운행에 밀접하게 연관되어 있는 차륜의 위치에 대해서는 지금까지 명확히 정의 되어 있는 규정이 없어 금번 지침 마련 시 이를 명확히 규정함으로서 차륜의 유지보수 및 안전운행에 혼선이 없도록 하였다.

⑤ 철도차량의 주요제원 표기

① 철도차량 후부의 외부 좌측 하단에는 다음 각 호의 주요제원을 표기하여야 한다.

1. 제작년도
2. 공차중량
3. 적재중량
4. 적재용량
5. 연결면간거리

② 철도차량 외부번호판의 크기는 [그림 부Ⅱ-11-17]과 같이 가로 및 세로가 각각 최소 200밀리미터, 300밀리미터를 기준으로 식별이 용이한 크기로 한다.

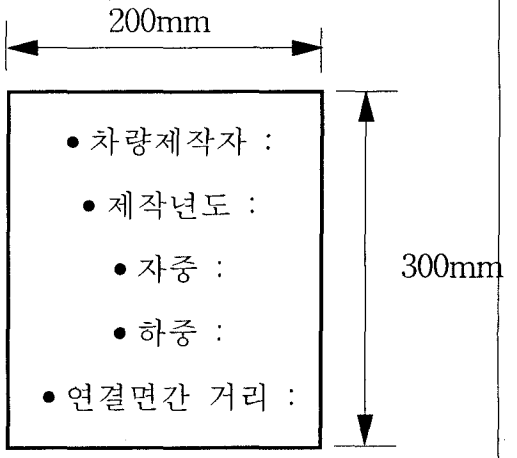


그림 부Ⅱ-11-1 표기판의 크기

【해설】

일본의 경우 국토교통성의 "철도에 관한 기술기준을 정하는 성령" 제 82조에 따르면 " 차량에는 차량의 식별등이 가능하도록 필요한 표기를 하여야 한다"라고 규정하고 있으며, 궤도운전규칙 제 40조에는 "기관차에는 번호를 표기하고 , 객,

화차, 내연동차 및 전차는 차호번호, 자중, 여객정원 및 하중 등을 표기"하도록 하고 있다. 국내의 경우는 "철도차량칭호 및 도장에 관한 규정" (2005.0101.제정)에 명기된 별도의 차종별 표기 관련도면에 따르도록 하고 있으며 국내 현차조사 결과 주요제원표기는 제작년도, 공차중량, 적재중량, 적재용량 및 연결면간 거리를 표기하고 있다. 일본은 차종별로 표기방법이 달라 관리에 어려움이 있을 것으로 판단되는 바, 철도차량 표기내용은 차종 구분없이 현행 기준에 따라 설치하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

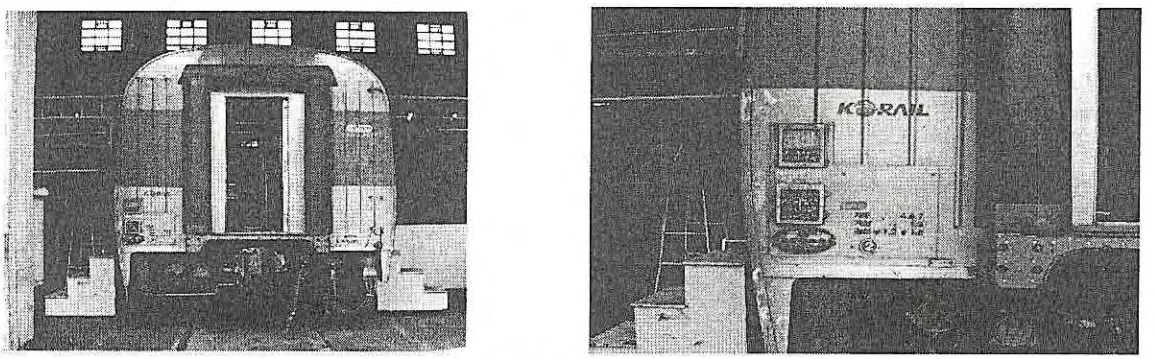


그림 부Ⅱ-11-2 주요제원의 차량표기 사진

6. 객차 등의 기압변화 기준

가. 개요

철도 안전법에 의하여 객차 등의 기압 변화 세부 기준에 필요한 차량 기밀 성능 및 주행시 차량 내부 기압 변동 기준에 필요한 사항을 규정하기 위하여 관련된 국내외 규정을 조사 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

나. 이론적 배경

기압 변화로 승객이 느끼는 불쾌감은 차량 내외의 압력크기 및 시간당 압력 변화율에 의하여 생기는 것이며, 엘리베이터나 항공기 등의 고도변화를 동반하는 경우에도 기압변동에 따라 귀 불쾌감이 발생한다. 압력변동은 대략 차량속도의 2승에 비례하므로 열차가 고속으로 터널을 주행하면 귀 불쾌감 현상이 발생하기 쉬우며 철도분야에서는 1964년에 일본의 신간선 개통과 함께 문제화되기 시작하였다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 자료 현황

- G7 고속전철 열차시험 및 성능 평가 기술 개발 보고서
- HVAC 및 여압 시스템 개발 2단계 1차년도 보고서
- HVAC 및 여압 시스템 개발 2단계 2차년도 보고서
- HVAC 및 여압 시스템 개발 1단계 1차년도 보고서

(2) 해외 관련 기준 현황

- UIC 779-11
- UIC 660
- Int. Symp. on Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnel, 1991

라. 시험 및 분석

(1) 관련 규정 및 실험결과 분석

KTX 차량의 객실내 기압 변동을 측정하기 위하여 경부고속철도 서울-대전 구간에서 최고 속도로 주행할 때에 차량 내외의 압력 변화를 터널 길이별로 측정하였으며, 각각에 대한 정량적 및 정성적인 특징을 검토하고, 결과들을 일본 신간선에 대한 결과와 비교하여 검증하였다. 아래 그림에 고속전철의 주행 중 객실내외 압력변동의 계측시스템의 개략도를 나타내었다. 압력변동의 계측 방법은 운행중인 차량의 차체외부인 대차부, 객실내 통로 및 의자의 선반위에 각각 압력 센서를 설치하고 실시간으로 측정한 데이터를 AD변환기를 경유하여 휴대용 컴퓨터에 저장하였다. 일반적으로 철도차량의 객실 내외부 압력변동 크기인 ±10kPa의 범위에서 사용 가능한 대기압계로 최대 샘플속도는 100kS/s이다.

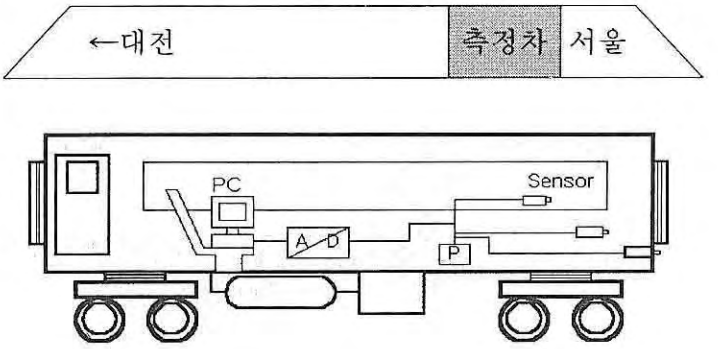


그림 3-7-17 Schematic sketch of a test car

고속전철이 터널을 고속으로 진출입하면서 발생하는 큰 압력변화는 일반적으로 승객에 대하여는 귀 불쾌감과 같은 쾌적성 저하를 가져오며, 차량과 터널에 대하여는 피로 반복하중을 부가하여 창문이나 차체의 균열과 노후 된 터널 내부의 콘크리트 박리와 같은 결과를 가져온다. 이러한 압력 변화는 열차가 터널에 진입할 때에 발생하는 압력파의 터널내에서의 전파와 반사에 의하여 야기되는 것으로 알려져 있다. 터널 진입 시 형성되는 압축파의 압력 상승은 이론적으로 다음과 같은 간이식으로 구할 수 있다.

$$\Delta p = \rho V^2 \frac{R(1+R)}{1-M^2} \quad \text{(Pa)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

여기서, ρ : 밀도(kg/㎥)

V : 열차속도(m/s)

M : 마하수(V/V_o)

R : 열차-터널 단면적비

위 식을 이용하여 열차-터널 단면적비가 0.178인 일본 신간선 300계 열차와 단면적비가 0.095인 KTX가 차량속도 300km/h로 터널에 진입할 때의 압력 상승값은 각각 1548Pa과 768Pa이다.

아래 그림에 차량 객실 내외부의 압력변화를 나타내었다. 측정 구간 노선의 터널 중에서 길이별 대표적인 것으로 운주터널(4020m), 문곡터널(3000m), 용와터널(1800m), 궁현터널(950m), 휴대터널(720m), 서봉2터널(690m), 상봉1터널(347m)을 선정하였다.

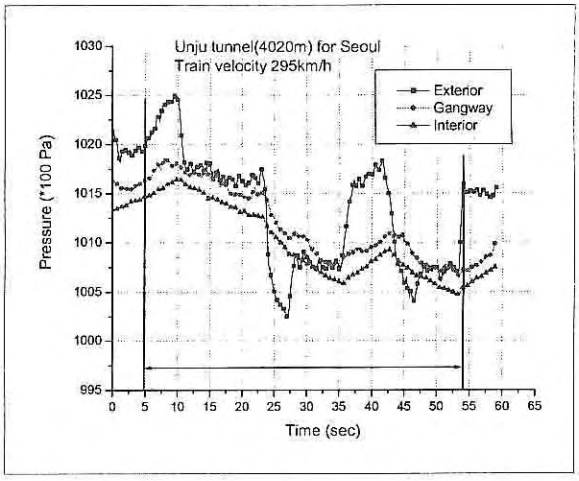


그림 3-7-18 Unju Tunnel

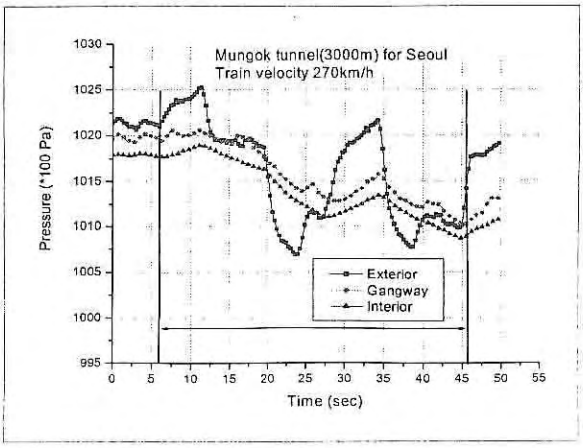


그림 3-7-19 Mungok Tunnel

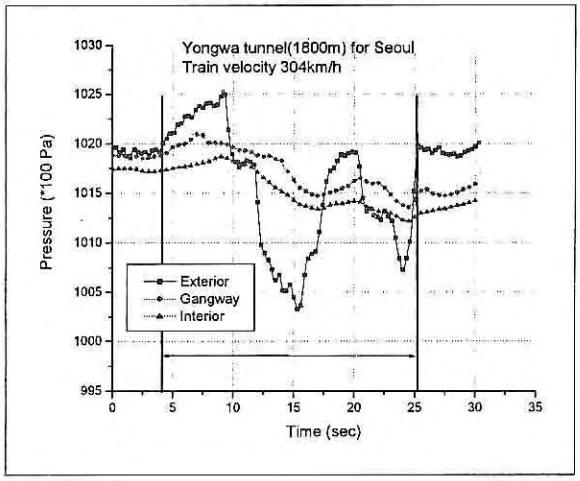


그림 3-7-20 Yongwa Tunnel

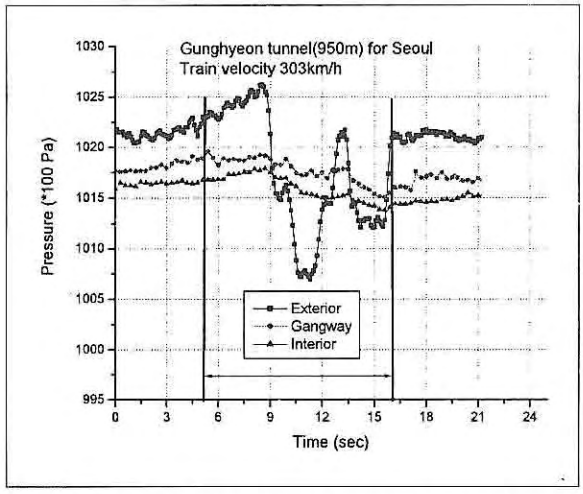


그림 3-7-21 Gunghyeon Tunnel

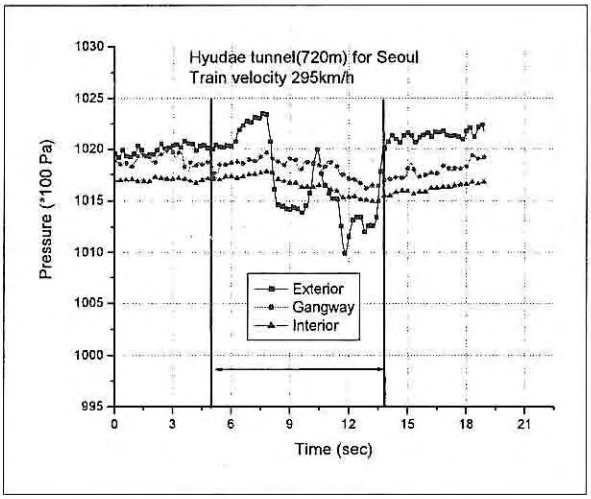


그림 3-7-22 Hyudae Tunnel

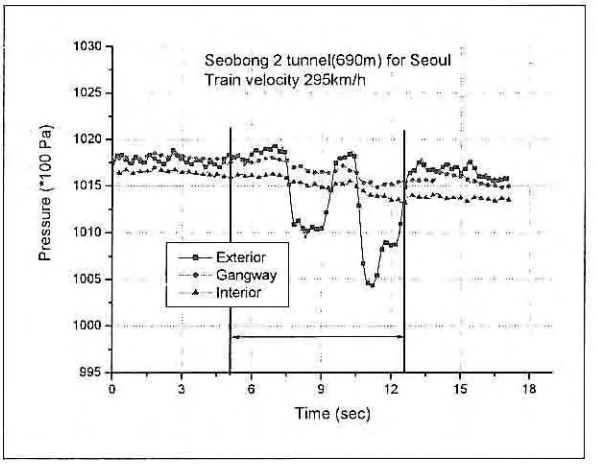


그림 3-7-23 Seobong 2 Tunnel

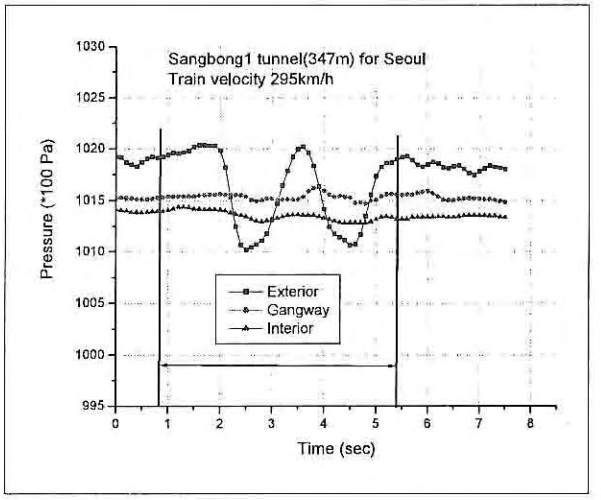


그림 3-7-24 Sangbong 1 Tunnel

표 3-7-9 Pressure variation of KTX

터널명	길이(m)	실내압력변화율 (Pa/s)	외부압력변화율 (Pa/s)	압력차 (Pa)
운주	4020	55	386	2300
문곡	3000	48	344	1854
용와	1800	70	423	2194
궁현	950	75	895	1862
휴대	720	79	1450	1380
서봉2	690	87	1660	1400
상봉1	347	100	1683	1007

(2) 분석결과 및 지침(안) 작성 방향 제안

기압 변화로 승객이 느끼는 불쾌감은 차량 내외의 압력크기 및 시간당 압력 변화율에 의하여 생기는 것이며, 엘리베이터나 항공기 등의 고도변화를 동반하는 경우에도 기압변동에 따라 귀 불쾌감이 발생한다. 압력변동은 대략 차량속도의 2승에 비례하므로 열차가 고속으로 터널을 주행하면 귀 불쾌감 현상이 발생하기 쉬우며 철도분야에서는 1964년에 일본의 신간선 개통과 함께 문제화되기 시작하였다. 일본의 신간선에서는 기밀장치가 채택되었으나 국제적으로 보면 기밀화가 그다지 일반적이지는 않았다. 유럽에서는 비기밀 차량의 고속화가 서서히 진행되는 과정에서 귀 불쾌감의 발생은 끊임없이 검토 과제화되어 영국에서는 1970년대 이후 승객의 불쾌감을 지표로 한 압력변동 가이드 라인을 작성할 기밀 실험실과 현차 시험을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

① 귀 불쾌감 현상은 개인차가 크며 동일인일지라도 건강상태, 기분, 평가상황에 따라 같은 압력변동에 대한 평가 결과가 크게 변화한다.

② 기밀실험실 결과에서는 압력이 상승할때에 불쾌감을 느낀다는 결과가 나왔으나, 열차 터널주행과 같이 압력 상승과 하강을 단시간에 반복하는 경우는 귀 내부의 수동적 개구로 인하여 압력 하강시에도 귀 불쾌감이 발생한다.

③ 압력변동이 천천히 변하는 경우, 귀의 능동적 및 수동적 개구가 모두 관여하므로 압력변동 속도도 무시할 수 없으나 철도 터널 주행과 같이 급격한 압력변동에 의한 귀 불쾌감 현상의 경우, 원래 상태와의 압력차이가 더 큰 작용을 한다.

④ 압력변동의 반복으로 인한 영향도 크므로 터널구간이 많은 경우는 평가기준이 강화된다.

아래 표에는 영국 철도연구소 BR의 연구결과 기준을 차량 및 구간 형태별로 나타내었으며, 일본 철도종합기술연구소(RTRI)와 운영기관인 JR에서도 압력변동과 귀 불쾌감의 관계를 파악하기 위하여 기밀실 실험을 통하여 최대 압력과 압력변동 속도간의 가이드라인을 구하였다.

표 3-7-10 Criteria of Pressure Variation (BR)

차량 및 구간 형태 구분	압력변동 허용 기준	
	극단적인 경우	통상적인 경우
A. 기존 비기밀 차량, 터널구간 10% 이하	4.0 kPa/4s	2.5 kPa/4s
B. 기존 비기밀 차량, 터널구간 25% 이상	3.0 kPa/4s	2.0 kPa/4s
C. 신형 기밀 차량, 터널구간 25% 이상	1.25 kPa/4s	0.8 kPa/4s
D. 신형 기밀 차량, 터널구간 50% 이상	1.0 kPa/4s	0.7 kPa/4s

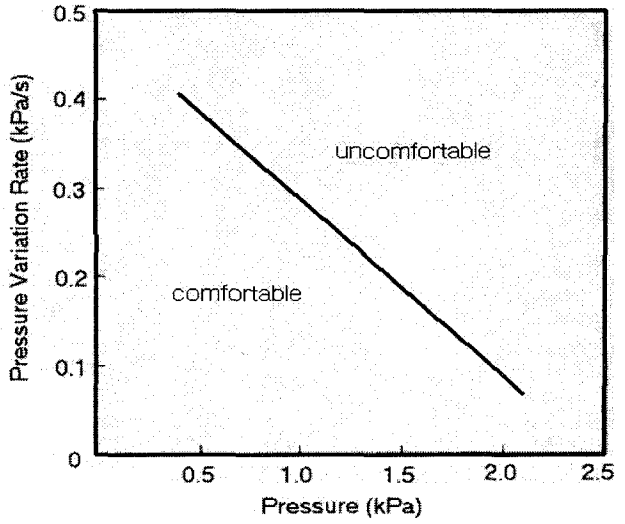


그림 3-7-25 Criteria of Pressure Variation (JR)

우리나라 고속전철인 KTX의 경우, 프랑스 TGV를 도입하면서 SNCF에서 제안하는 기준값인 차량 객실 내부의 압력 변화와 내부 압력 변화율에 대하여 각각 $|\Delta p| \leq 2.0$ kPa 과 $dp/dt \leq 200$ Pa/s를 적용하고 있다.

한편, 측정결과, 각 터널에서의 열차 평균 속도는 270km/h~304km/h 로 다소 편차가 있으나, 이는 각 구간마다 구배 및 곡선 반경 등의 선로조건에 따라 최고 운행속도가 정하여져 있기 때문이다. 그림에서 알 수 있듯이 시험 대상 터널의 차량외부 압력 변화는 터널 길이별로 각각 다른 형태를 나타내며, 크게 4가지 형태

로 분류할 수 있다. 최장 터널인 운주터널의 경우는 차량진입시에 형성되는 압축파와 차량후부의 진입에 따른 팽창파로 인하여 형성되는 차량외부 압력변화 패턴이 [그림 3-7-26]의 일본철도종합연구소에서 신간선 500계 열차가 300km/h로 3000m 터널을 주행할 때에 실시한 실차 실험결과와도 정성적으로 잘 일치함을 보여준다. 즉, 터널내에서 후부 팽창파, 전두부 팽창파, 후부 압축파, 전두부 압축파, 전두부 팽창파, 후부 팽창파, 전두부 압축파의 순서로 압력 변동이 일어나게 된다. 이 과정에서 팽창파와 교차되는 지점에서는 압력하강이, 압축파와 교차하는 지점에서는 압력상승이 일어난다.

열차가 터널에 돌입할 때에 발생하는 압력변동은 다음과 같은 3가지 원인에 기인하는 것으로 알려져 있다. 열차 전두부의 돌입에 의한 압축파의 전파, 열차 후미부의 돌입시에 발생하는 팽창파의 전파, 열차가 터널에 돌입할 때에 받는 압력상승이다. 각각에 대한 메카니즘은 다음과 같다. 열차 전두부가 터널에 진입할 때에 열차전면에는 압축파가 형성된다. 이 압축파는 음속으로 터널출구로 전파되며, 터널출구에서 펄스상의 압력파가 되어 외부로 방사되며 이를 미기압파라한다. 그때에 터널출구에서는 팽창파가 되어 반사되어 터널입구 방향으로 진행되며, 터널입구에서 다시 반사되어 압축파가 되어 터널 출구방향으로 진행하는 것을 반복하게 된다. 열차의 후미부가 터널에 진입할 때에 열차 후면에서는 압력이 저하하여 팽창파가 형성된다. 이 팽창파도 음속으로 터널출구 방향으로 진행하여 위와 같은 과정을 반복하게 된다. 한편, 열차가 터널에 진입할 때에는 열차 전면의 정체점 부근에 열차 외압이 증가하는 압력 상승은 후부 돌입에 의한 팽창파와 부딪히면서 없어진다.

아래 그림에서 알 수 있듯이, 열차가 터널진입후 첫 번째 팽창파와 만나게 되는 시간 t_0까지는 압력상승이 일어나며, 후부에서 형성된 팽창파와 만나는 시간 t_0에서 압력강하가 발생한다. 그 후 큰 압력변화 없이 유지되나 전방에서 오는 팽창파를 만나는 시간 t_1에서 압력강하가 일어나고, 후부 팽창파의 반사로 인하여 형성된 압축파와 만나는 시간 t_2에서는 압력상승이 일어난다. 이처럼 전후부에 상관없이 압축파와 부딪히는 지점에서 압력상승이, 팽창파와 부딪히는 지점에서는 압력하강이 일어나는 파형을 형성한다

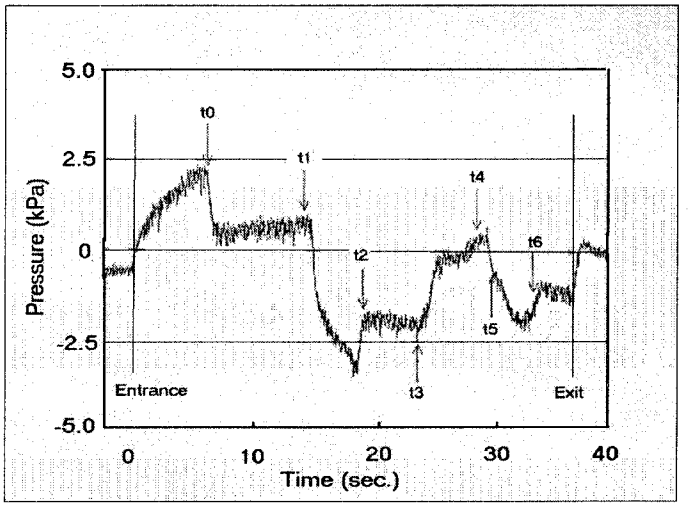


그림 3-7-26 Pressure variation of Shinkansen

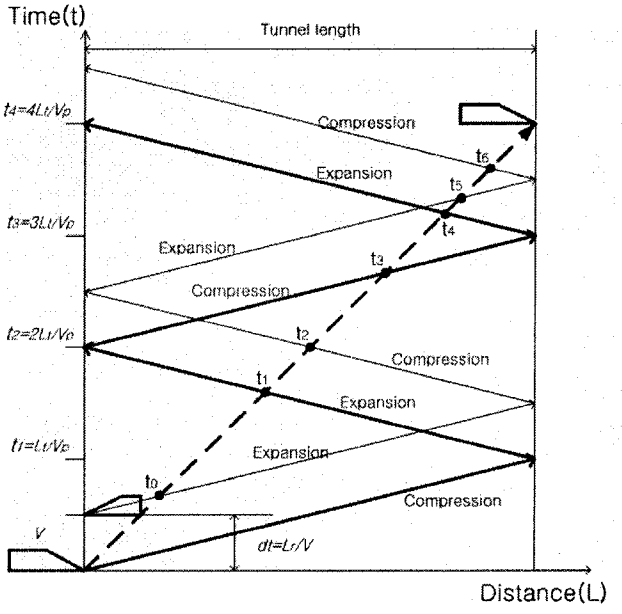


그림 3-7-27 Pressure wave pattern

한편, 터널내 압력 변화는 정해진 차량 제원과 차량속도 및 터널 크기에 대하여 터널 길이별로 유사한 압력변동 유형을 나타냄을 알 수 있으며, 이러한 압력변동 유형별 터널길이는 터널내에서의 압력파의 전파에 소요되는 시간과, 차량 속도 선도를 같이 표시하는 L-t 선도로부터 임계 터널 길이를 산출할 수 있다.

이론적으로는, 열차 후미부가 터널에 들어오기까지의 시간 dt는 열차길이 L_r과 열차속도 V로부터 $dt = L_r / V$ 이며, 열차가 터널을 통과하는데 소요되는 시간

은 $t_r = L_t / V$이고, 후미부 돌입에 의하여 형성된 팽창파가 전파되고 출구에서 반사되어 열차속도 선도와 만나게 되는 지점에 도달하는데 소요되는 시간은 $t_B = 3L_t / V_p + dt$ 이므로 두 시간이 같아지는 터널길이는 $L_t = L_r V_p / (V_p - 3V)$와 같이 나타낼 수 있다. 이 식에 KTX의 차량길이 L_r=387m, 음파속도 V_p=340m/s, 차량속도 V=83.3m/s(300km/h)의 경우는 임계 터널길이는 1462m임을 알 수 있다. 그러나 시험결과에서 알 수 있듯이 터널길이가 이 보다 짧은 휴대터널, 상봉1터널, 서봉2 터널에서는 [그림 3-7-27]과는 다른 압력변화 형태를 나타내므로 모든 터널에 대하여 통일적으로 이 임계 터널식을 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 각 터널길이와 차량길이 및 차량속도에 따라서 압력파형이 다르게 나타남을 알 수 있었으며, 그것은 압력파가 터널입출구에 도달하는 시간과 열차 후미부가 터널에 진입하는데 소요되는 시간과의 비에 의하여 분류할 수 있다.

후미부 진입에 의한 팽창파가 진행하여 차량 L-t 선도와 만나는 시간 t_3 및 t_5 동안 이동하는 거리는

$$L_3 = \frac{L_r V_p (V_p + V)}{3V(V_p - V)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

$$L_5 = \frac{L_r V_p}{V_p - V} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3)$$

여기서, L_r : 열차길이(m)

V_p : 압축파 전파속도(m/s)

V : 차량속도(m/s)

이며, 차량속도 300km/h에서는 각각 868m, 513m에 해당된다. 즉, 터널 길이가 1462m 이상의 터널에서는 [그림 3-7-27]과 같은 압력변동 형태인 팽창파-팽창파-압축파-압축파-팽창파-팽창파-압축파의 순서로, 터널 길이가 868m 이상에서는 팽창파-팽창파-압축파-압축파-팽창파의 순서로, 513m 이상의 터널에서는 팽창파-압축파-팽창파-팽창파-압축파의 순서로, 이 보다 더 짧은 터널에서는 팽창파-압축파-팽창파의 순서로 부딪히게 된다.

이러한 유형은 실험 결과로부터 터널길이가 4020~950m인 운주, 문곡, 용와 터널과 터널길이가 950~720m인 궁현, 휴대 터널과, 690m인 서봉2 터널, 347m인 상봉1 터널이 서로 다른 터널내 압력변화 유형을 나타냄을 알 수 있다.

또한, 운주터널에서는 터널 진출입후의 차량외부 압력이 약 500Pa 변한 것을 볼 수 있는데 이는 터널을 전후하여 선로의 구배로 인한 표고 차이가 있기 때문에 나타난 것으로서, 고도 100m당 약 1.0 kPa의 기압 변화와 외기의 풍속에 영향을 받은 것으로 판단된다.

따라서 터널에 구배가 없다면, 실내의 기밀 유지로 압력이 서서히 회복되어 이러한 터널 통과 전후의 실내 압력 차이는 없어질 것으로 사료된다.

각 터널에서의 최대압력차, 내외부 압력 변화율등을 [표 3-5-2-1]에 나타내었다. 표에서 최대압력차이는 차량 외부 압력의 최대값과 최소값과의 차이를 나타내며, 압력변화율은 압력변화가 가장 큰 구간에서의 1초당 변화량으로 나타내었다. 터널내에서의 압력차이는 동일한 차량속도에서는 터널길이가 길수록 커지지만 압력변화율은 길이에 반비례함을 알 수 있다. 상봉1터널의 경우는 최대 압력차이는 작지만, 초당 압력변화율은 가장 크게 나타났으며, 이는 터널길이가 짧기 때문에 전파된 팽창파와 되돌아오는 압축파간의 시간 간격이 빨라서 압력변화가 긴 터널에 비하여 짧은 시간에 일어났기 때문이며, 전두부에 의하여 생성된 압축파로 인한 압력상승과 후미부의 팽창파로 인한 압력강하가 부가되어 큰 압력 변화율을 나타낸 것으로 판단된다.

차량외부의 큰 압력변화에 비하여 차량 실내에서는 대부분의 터널에서 압력 변동 허용 기준값인 200Pa/s와 영국BR 기준인 0.7kPa/4s를 훨씬 밑도는 값을 나타내지만, 최대 압력차를 변수로 사용하는 일본의 기준에 대한 결과 아래 그림에서는 4020m의 운주터널과 304km/h의 최고속도로 차량이 주행한 용와터널의 경우는 기준 영역 범위를 벗어남을 알 수 있다. 그러나 KTX 고속철도 차량의 경우, Recy flow와 같은 연속 환기식이 아니라 터널 진출입시에 외부 신선 공기 환기구의 플랩을 여닫는 비교적 간단한 차단식을 채택하고 있으며, 이 방식으로도 객실 압력 변동 기준값을 만족함을 알 수 있다.

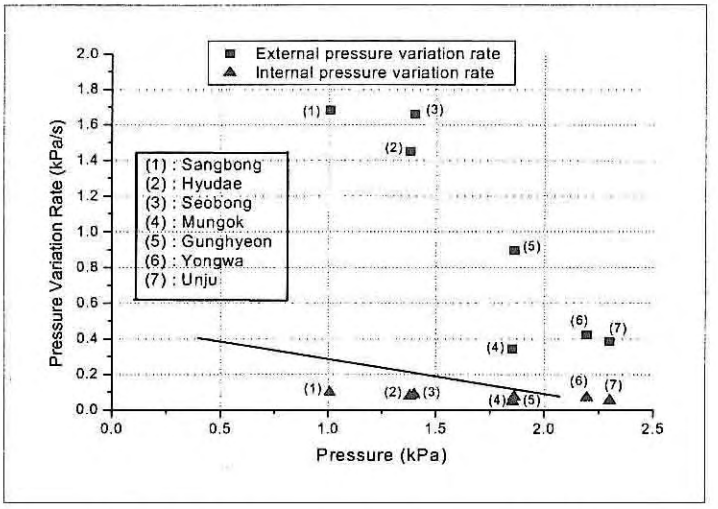


그림 3-7-28 Pressure variation rate of KTX

이상의 실험 결과로부터 현재 운행중인 KTX의 객실내 기압 변동값은 기준값을 만족하고 있으며, 현재 알려져 있는 세계 각국의 철도차량의 기밀기준은 각 나라별 적용 기준에 다소 차이가 있고(UIC 779-11), 그 대상도 고속철도뿐만 아니라 일반철도에 이르기까지 다양하게 적용하고 있다. 또한, 우리나라의 KTX의 기밀기준의 경우, 터널 길이별로 기준을 다르게 적용하고 있으며, 정량적 기준을 정하는 변수들의 정의도 다소 불명확함이 없지 않다. 따라서 본 기준에서는 고속 기밀차량에 공통적으로 적용할 수 있도록 정치 상태에서의 기밀 기준과 최고속도 주행시의 차량내 기압 변화 기준을 UIC-660 기준에 따라 설정하였다. 이에 따라 부록과 같이 객차 기압변화 세부 기준을 제안하였다.

마. 기준 및 해설서

(1) 객차 등의 기압변화 세부 기준

가. 적용범위

고속철도 차량의 객실내 기압 변화에 대하여 규정한다.

나. 시험조건

시험은 온도 10℃ 이상 35℃ 이하, 습도는 10% 이상 80% 이하의 조건에서 실시한다.

다. 시험절차

(1) 객실의 출입문 및 창문을 모두 닫고, 공조기기와 기밀장치(설치된 경우에 한한다)가 작동되는 상태로 한다.

(2) 객실 내부와 연결된 모든 공기배관을 막는다.

(3) 여압장치의 흡입구로 압축공기를 공급하고, 압력조절기를 이용하여 객실내부 압력을 3000Pa로 안정시킨다.

(4) 개폐밸브로 압축공기 공급을 중단한다.

(5) 공급밸브를 닫는다.

(6) 초당 100 sample로 압력을 측정하여 3000Pa에서 1100Pa로 강압되는데 소요되는 시간을 측정한다.

(7) 동일한 방법으로 -3000Pa에서 -1100Pa까지 승압되는데 소요되는 시간을 측정한다.

(8) 개폐밸브를 연다.

라. 평가 기준

(1) 정지 상태에서 하나의 철도차량에 대한 객실내 기압변화 기준

(가) 압력 변화 소요 시간 : 18초 이상

(2) 최고 운행 속도로 주행할 때의 객실내 기압변화 기준

(가) 단위 시간당 압력변화 : $\Delta P/\Delta t \leq$ 500 Pa/s

(나) 3초간 최대 압력 변화 : $\Delta P \leq$ 800 Pa

(다) 10초간 최대 압력 변화 : $\Delta P \leq$ 1000 Pa

(라) 60초 이상에서의 최대 압력 변화 : $\Delta P \leq$ 2000 Pa

(2) 해설서

철도차량이 고속으로 터널을 주행할 때에, 터널내 기압 변동은 차량속도의 2승에 비례하며, 이로 인하여 승객은 일종의 이명감을 느끼게 된다. 의학적으로, 외기압이 변화하면 인체 외이(外耳)의 내압은 외기압과 같아지나, 고막으로 분리되어 있는 중이(中耳)는 원래의 압력을 유지하므로 외이와의 사이에 압력차이가 발생하며, 이로 인하여 이명현상이 일어난다.

이러한 이명현상을 방지하기 위해서는, 차량의 터널 진입시, 외부공기와 연결된 차량 내부공기를 차단하여야 하며, 차체 각부의 틈새를 통한 압력전파를 방지하기 위하여 차량전체를 기밀 구조로 제작하여야 한다.

차량의 터널 진입시 터널내 공기 압력 변동 최대값의 크기는 일반적으로 차량

속도의 제곱, 차량/터널 단면적 비율, 터널구조 및 차량 전두부 형상에 의존하기 때문에 이들 요소를 고려하여 차량 기밀 설계를 할 필요가 있다.

현재 알려져 있는 세계 각국의 철도차량의 기밀기준은 다음과 같이 각 나라별 적용 기준에 다소 차이가 있으며(UIC 779-11), 그 대상도 고속철도뿐만 아니라 일반철도에 이르기까지 다양하게 적용하고 있다. 또한, 우리나라의 KTX의 기밀 기준의 경우, 터널 길이별로 기준을 다르게 적용하고 있으며, 정량적 기준을 정하는 변수들의 정의도 다소 불명확함이 없지 않다. 따라서 본 기준에서는 고속 기밀 차량에 공통적으로 적용할 수 있도록 정치 상태에서의 기밀시험과 최고속도 주행시의 차량내 기압 변화 기준을 UIC-660 기준에 따라 정하였다.

□ 철도 터널에 적용하는 각국 압력 변동 설계 기준 (UIC 779-11)

1. 일본

(1) 신간선 (차량속도 270km/h)
- 최대 압력 변화 = 1000 Pa
- 최대 압력 변화율 = 200 Pa/s (최근에 300-400 Pa/s 로 완화됨)

(2) 기존선 비기밀 차량
- 공포된 기준없음

2. 미국

(1) 지하 도시철도 (차량속도 80-100 km/h, 비기밀 차량)
- 최대 압력 변화율 = 700 Pa (1.7초 이내)
- 최대 압력 변화율 = 410 Pa/s (1.7초 이상의 경우 평균값)

3. 영국

(1) Inter-city 노선

- 최대 압력 변화율 = 4000 Pa/4s (차량속도 200km/h, 비기밀 차량)

(2) 런던-영불 터널 노선 (차량속도 225-300km/h, 비기밀 차량)

- 최대 압력 변화율 = 2000 Pa/4s (단선 터널)
- 최대 압력 변화율 = 3500 Pa/4s (복선 터널)

4. 독일

- 최대 압력 변화율 = 500 Pa (1초 이내)
- 최대 압력 변화율 = 800 Pa (3초 이내)
- 최대 압력 변화율 = 1000 Pa (10초 이내)

  * 차량속도 280 km/h, 기밀차량, 단독운행 조건

5. 이태리

- 최대 압력 변화 = 1500 Pa (시간 규정 없음)
- 최대 압력 변화율 = 500 Pa/s

  * 고속 기밀차량

6. 프랑스

- 최대 압력 변화율 = 500 Pa/s (SNCF 고려중)

□ 영국의 철도차량 기밀기준(BR기준)

차량-구간형태	압력변동 허용기준	
	극단적인 경우	통상적인 경우
1. 기존 Inter-city, 비기밀차량 (터널구간 10% 이하)	4.0 kPa/4초	2.5 kPa/4초
2. 기존 Inter-city, 비기밀차량 (터널구간 25% 이상)	3.0 kPa/4초	2.0 kPa/4초
3. 신형 Inter-city, 기밀차량 (터널구간 25% 이상)	1.25 kPa/4초	0.8 kPa/4초
4. 도시철도/지하철, 비기밀차량 (터널구간 50% 이상)	1.0 kPa/4초	0.7 kPa/4초

□ KTX의 기밀기준

(1) $|\triangle P| + 5\times |dP/dt| \leq 2{,}000$ (터널길이 5km이하)

$|\triangle P| + 5\times |dP/dt| \leq 2{,}500$ and $\triangle P \leq 2{,}000$ (모든터널)

(2) $dP/dt \leq 400$(운전실) 혹은 200(객실)

7. 차량-궤도 인터페이스 안전기준

가. 개요

본 항목에서는 차량과 궤도 사이의 상호 하중을 운행상 안전한 범위로 확보하기 하기 위해 차량과 현가장치의 설계 및 정비 상 필요한 기능의 요구조건에 대하여 정의한다.

이 규정은 견인 및 부수 차량과 기타 철도차량의 신조 차량 또는 기존차량의 설계 변경 시 적용한다.

나. 이론적 배경

철도차량과 궤도 간에는 선로의 부담력, 차량의 축중 및 중량분포, 수직 및 횡하중 등의 인터페이스가 존재한다. 차량-궤도 인터페이스에 대한 국내외 관련 규정 또는 기준을 검토하여 차량 운행시 안전을 확보하기 위한 기준안을 제시한다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

차량-궤도 인터페이스 안전기준을 작성하기 위하여 관련된 국내 규정을 조사하여 검토하였으며, 관련 규정은 다음과 같다.

- 국유철도건설규칙: 전문개정 2000. 8.22 건설 교통부 령 제222호
- 도시 철도차량 안전기준에 관한 규칙: 제정 2000.3.18 건설 교통부 령 제231호

(2) 해외 관련 기준 현황

또한 외국 규정은 다음과 같다.

- 영국 Railway Group Standards: GM/TT 0088:철도차량의 허용 궤도 하중
- 미국
  - Code of Federal Regulation title 49 Transportation: Part 213 궤도 안전 규정
  - APTA RP-M-009-98-Rev.1: Recommended Practice for New Truck Design
- 유럽
  - prEN 14363:2002 Testing for the acceptance of running characteristics of

railway vehicles, 철도차량 주행 성능 시험

· UIC 518 : Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour-Safety-Track fatigue-Ride quality

라. 자료 조사 및 분석

(1) 국내외 관련 규정 분석

차량-궤도 인터페이스와 관련된 국내외 관련 규정의 내용은 부록 3.7.7-1을 참조한다.

(2) 분석결과

미국 규정은 CFR 238 :객차 안전 규정 및 CFR 213: 선로 안전 규정에 차량 궤도 간 인터페이스 관련 하중 조건이 규정되어 있지 않으며, 단 APTA의 대차 설계 기준에 보면 선로 이동력과 선로 확장력에 대한 규정이 있는 정도이고, 국내 규정은 국유철도 건설 규칙 및 도시철도 차량 안전 기준에 활하중 및 축중에 대한 규정은 있으나, 정적 수직력 및 횡 방향 하중에 대한 규정이 영국 RGS와 동일한 수준으로 정해져 있으나 아직 동적 하중 조건은 없는 상태이다. 영국 RGS의 경우 수직 정 하중, 동 하중 및 횡 방향 하중 규정이 명확하게 명시되어 있어 영국 RGS를 기준으로 하여 동적 수직 및 횡 하중 조건을 추가로 규정하는 것이 바람직할 것이나, 영국과 국내 기존 철도가 궤간도 다르고, 부설 기준도 다르므로 그 정량적인 값을 어느 선으로 정할 것인지는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차량-궤도 인터페이스 세부기준

가. 적용범위

(1) 차량과 궤도 사이의 상호 하중을 운행상 안전한 범위로 확보하기 하기 위해 차량과 현가장치의 설계 및 정비 상 필요한 기능의 요구조건에 대하여 정의한다.

(2) 이 규정은 견인 및 부수 차량과 기타 철도차량의 신조 차량 또는

기존차량의 설계 변경 시 적용한다.

나. 요구 조건

(1) 수직 정적 하중

(가) 차량은 정적 차륜하중, 차륜 직경과 차륜 답면의 조합이 모든 조건에서 차륜과 레일 사이의 접촉면에서 과도한 응력이나 변형을 일으키지 않도록 설계되어야 한다.

(나) 차륜직경 및 정적 윤중은 아래와 같아야 한다.

· 차륜 직경은 최소 250mm 이상이어야 한다.

· 정적 윤중은 아래 조건 중 작은 쪽 보다 커서는 안 된다.

Q= 0.130 D 또는 Q = 125 KN

여기에서 Q= 최대 정적 윤중(KN)

D= 차륜 답면 직경(mm)

(2) 수직 동적 하중

(가) 차량은 정상적인 선로의 수직 편차에서 정상적인 속도운행에서 선로와 레일에 과도한 하중과 응력을 발생시키지 않아야 한다.

(나) 차량은 레일 상면의 수직 불연속점을 수직 정적과 동적 하중 합 P_2 가 322 KN이 초과하지 않고 통과 할 수 있어야 한다. P_2 는 다음과 같이 계산된다.

P_2 = Q +(Az.Vm.M.C.K)

M = (Mv/Mv+Mz)

C = 1-(π.Cz/4<Kz(Mv+Mz)>)

K = (Kz.Mv)

여기에서

Q: 최대 정적 윤중

Vm : 최대 정상 운행 속도

Mv : 차륜당 유효 수직 Unsprung mass

Az : 0.020 rad (수직 경사 불연속의 전체 각도)

Mz = 245 kg (차륜 당 유효 수직 레일 질량)

Cz = 55.4 X 10 Ns/m (차륜 당 유효 수직 레일 댐핑율)

Kz = 62.0 X 10^6 N/m (차륜 당 유효 수직 레일 스프링 상수)

(3) 횡 하중

(가) 차량은 모든 선로와 운행 조건에서 선로와 레일의 구조적 안전성에 유해한 횡압을 발생하지 않도록 설계 되어야 한다.

(나) 차량은 아래보다 큰 횡압을 선로에 가해서는 안 된다.

Y = W/3 + 10

여기에서

Y = 축당 선로에 가해지는 횡압 (KN)

W = 정적 축중 (KN)

단지 2m 또는 그이상의 거리에 계속해선 작용되는 힘만 고려된다.

(다) 차량은 정상적인 캔트와 횡방향 선로의 불연속 조건과 정상적인 속도에서 축당 전체 횡압이 71 kN을 초과하지 않도록 하여야 한다. 횡압은 아래와 같이 계산된다.

Y = W.Ad + Ay.Vm(Mu/Mu+My) x (Ky . Mu)

여기에서

Y = 축당 횡하중 (N)

W = 정적 축중 (N)

Ad = 최대 정상 운행 캔트 부족량 각도 (rad)

Vm = 최대 정상 운행 속도 (m/s)

Mu = 축당 유효 횡 Unsprung mass (kg)

Ay = 0.0039 rad (횡 경사 불연속 각도)

My = 170 kg (차륜 당 유효 레일 횡 질량)

Ky = 25.0 x 10^6 N/m (차륜 당 유효 횡 레일 스프링 상수)

다. 시험 및 검증 절차

(1) 정적 상태에서 차량을 평탄 직선 시험선에 유치하여 윤중을

측정한다. 윤중 측정은 3회를 실시하여 그중 가장 큰 값을 본 기준에 따른 요구 조건 검증시 유효치로 활용한다.

(2) 상기 측정된 정적 윤중을 적용하여 상기 "(나)"에 규정된 계산식에 의해 수직 정적 하중, 수직 동적 하중 및 횡하중을 계산한다.

라. 평가 기준

(1) 상기 "(다)" ② 항에 의한 계산 결과가 상기 "(나)"항의 요구 조건 이내에 있어야 한다.

(2) 상기 ①항에 만족하지 않지만 아래와 같은 경우는 허용된다.

(가) 정적 수직 하중이 상기 "나"의 ①항의 요구 조건을 만족하지 않지만, 차륜과 레일간의 접촉 응력과 변형량이 안전 한도를 유지할 수 있다면 사용될 수 있다. 이 경우 상기 요구 조건을 만족한다는 적절한 기술적 검증이 필요하다.

(나) 동적 수직 하중이 상기 "나"의 ②항의 하중 P_2 를 초과하는 경우 차량 운행을 위해서는 상기 요구 조건을 만족함을 보여 주는 적절한 검증 이 필요하다. 이 경우 선로의 설치 품질, 강도 및 동적 특성과 차량의 속도, 중량 및 현가장치 특성이 고려되어야 한다.

(다) 횡하중이 상기 "나" 의 (3)항의 Y 값을 초과하는 경우, 상기 요구 조건에 만족함 보여 주기 위해, 적절한 기술적 검증이 따라야 한다. 이 경우 선로의 설치 품질, 강도 및 동적 특성과 차량의 속도, 중량 및 현가장치 특성이 고려되어야 한다.

(2) 해설서

국내 사례 조사 내용은 다음과 같다.

(1) 국유철도건설규칙

전문개정 2000. 8. 22 건설교통부령 제222호

제16조 (선로의 부담력)

① 선로(레일을 제외한다)는 선로의 등급에 관계없이 별표 2에 의한 L-22 표준 활하중을 감당할 수 있도록 설계되어야 한다. 다만, 선로 중 교량으로 된 노

반은 선로의 등급에 관계없이 별표 2에 의한 LS-22 표준 활하중을 감당할 수 있도록 설계되어야 한다.

② 전동차전용선인 경우에는 제1항의 규정에 불구하고 선로의 등급에 관계없이 별표 3에 의한 EL-18 표준 활하중을 감당할 수 있도록 설계되어야 한다.

제62조 (차량의 축중 등)

① 기관차는 2량을 연결하여 1미터 당 7톤의 등분포하중을 견인하고 최대속도로 운전할 경우 제16조의 규정에 의한 선로의 부담력을 만족하여야 한다.

② 기관차의 축중(차량이 수평상태에 있을 때 1개의 차축에 연결된 모든 차륜이 수직으로 궤도를 누르는 중량을 말한다. 이하 같다)은 정차 중에 25톤 이하로 하여야 한다.

③ 기관차외의 차량은 정차 중에 연결기 양단의 연결면 사이의 1미터당 평균중량은 7톤 이하, 축중은 24톤 이하로 하여야 한다.

제63조 (차량의 축중 등 기준초과차량의 속도제한 등)

제62조의 규정에 의한 기준을 초과하는 차량은 운전구간·속도 또는 연결위치를 제한하여 제16조의 규정에 의한 선로의 부담력을 만족하여야 한다.

(2) 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙

제정 2000.3.18 건설교통부령 제231호

제7조 (중량분포)

① 공차상태에서 각 차축의 한쪽 차륜하중은 동일차축의 좌우측차륜하중 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다.

② 공차상태에서 한쪽 선로의 차륜의 하중합은 그 동일차량의 좌우측선로차륜의 하중합의 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다.

③ 공차상태에서 각 축중은 그 동일차량의 축중 평균치와의 편차가 5퍼센트 이내이어야 한다. 다만, 관절형식의 주행장치를 갖는 도시철도차량은 그러하지 아니하다.

제8조 (축중)

정차중인 차량의 축중은 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

1. 전동차 : 16톤 이하
2. 철제차륜형식 경량전철 : 10.8톤 이하
3. 고무차륜형식 경량전철 : 9.5톤 이하

해외 사례 조사 내용은 다음과 같다

(1) 영국 Railway Group Standard

GM/TT0088

철도차량의 허용 궤도 하중

(가) 목적

이 규정은 차량과 궤도 사이의 상호 하중을 운행상 안전한 범위로 확보하기 하기위해 차량과 현가장치의 설계 및 정비 상 필요한 기능의 요구조건에 대하여 정의한다.

(나) 적용 범위

이 규정은 견인 및 부수 차량과 기타 철도차량에 적용한다. 이 요구 조건은 신조 차량 또는 기존차량의 설계 변경 시 적용한다.

(다) 일반 요구 조건

① 영국 철도 선로에서 운행되는 열차는 운행 시 열차와 선로 인프라, 차량과 선로, 차륜과 레일사이에 과도한 하중이 작용하지 않도록 설계되고 보수 유지 되어야 한다. 이 요구 조건은 다음에 적용된다.

- 각 차량의 모든 속도 영역에서
- 모든 선로의 허용 공차에 관련 형상에 대해서(참고 1, 2 에 정의됨)
- 모든 차륜 레일 간 기하학적인 인터페이스 측면에서의 범위에 대하여(참고 3에 정의됨)

② 차량은 허용공차 내에서의 모든 조건에 대해 이 규정을 따라야 한다(차량 크기, 중량, 현가장치 특성 등).

③ 차량은 상기에서 언급된 공차내로 수명 동안에 유지되도록 관리되어야 한다.

(라) 수직 정적 하중

① 차량은 정적 차륜하중, 차륜 직경과 차륜 답면의 조합이 모든 조건에서 차륜과 레일 사이의 접촉면에서 과도한 응력이나 변형을 일으키지 않도록 설계되어야 한다.

② 아래 ③항을 제외하고 아래 요구 조건이 적용된다.

· 차륜 답면은 참조4 중에서 선택되어야 한다.

· 차륜 직경은 최소 250mm 이상이어야 하며 참조3을 따라야 한다.

· 정적 윤중은 아래 조건 중 작은 쪽 보다 커서는 안 된다.

$$Q = 0.130\ D \text{ 또는 } Q = 125\ KN$$

여기에서 Q= 최대 정적 윤중(KN)

D= 차륜 답면 직경(mm)

③ 상기 ②항에 정의된 윤중, 차륜 답면, 그리고 차륜 직경의 조합이, 차륜과 레일간의 접촉 응력과 변형량이 안전 한도를 유지할 수 있다면 사용될 수 있다. 이 경우 상기 ①항의 요구 조건을 만족한다는 적절한 기술적 검증이 필요하다.

④ 윤중과 축 배열 간격은 RA(Route Availability System: GC/TT0138)의 요구 조건에 따라야 한다.

⑤ 차량은 윤중의 형태와 간격에 열차 전체를 걸쳐서 선로 인프라에 공진 등의 효과를 나타내지 않도록 설계되어야 한다. 차량 또는 열차의 윤축 배열 비율은 정수가 되어서는 안 된다.

마) 수직 동적 하중

① 차량은 정상적인 선로의 수직 편차에서 정상적인 속도운행에서 선로와 레일에 과도한 하중과 응력을 발생시키지 않아야 한다.

② 아래 ③하의 경우를 제외하고, 차량은 레일 상면의 수직 불연속점을 수직 정적과 동적 하중 합 P_2 가 322 KN이 초과하지 않고 통과 할 수 있어야 한다. P_2 는 다음과 같이 계산된다.

$$P_2 = Q + (Az.Vm.M.C.K)$$

$$M = (Mv/Mv+Mz)$$

$$C = 1-(\pi.Cz/4<Kz(Mv+Mz)>)$$

K = (Kz.Mv)

여기에서

Q: 최대 정적 윤중

Vm : 최대 정상 운행 속도

Mv : 차륜당 유효 수직 Unsprung mass

Az : 0.020 rad (수직 경사 불연속의 전체 각도)

Mz = 245 kg (차륜 당 유효 수직 레일 질량)

Cz = 55.4 X 10 Ns/m (차륜 당 유효 수직 레일 댐핑율)

Kz = 62.0 X 10^6 N/m (차륜 당 유효 수직 레일 스프링 상수)

③ 상기 ②항에 준하는 하중 P_2 를 초과하는 경우 차량 운행을 위해서는 ①항의 요구 조건을 만족함을 보여 주는 적절한 검증 이 필요하다. 이 경우 선로의 설치 품질, 강도 및 동적 특성과 차량의 속도, 중량 및 현가장치 특성이 고려되어야 한다.

바) 횡 하중

① 차량은 모든 선로와 운행 조건에서 선로와 레일의 구조적 안전성에 유해한 횡압을 발생하지 않도록 설계 되어야 한다.

② 아래 ④항을 제외하고, 차량은 아래보다 큰 횡압을 선로에 가해서는 안 된다.

Y = W/3 + 10

여기에서

Y = 축당 선로에 가해지는 횡압 (KN)

W = 정적 축중 (KN)

단지 2m 또는 그이상의 거리에 계속해선 작용되는 힘만 고려된다.

③ 아래 ④항을 제외하고, 차량은 정상적인 캔트와 횡방향 선로의 불연속 조건과 정상적인 속도에서 축당 전체 횡압이 71 kN을 초과하지 않도록 하여야 한다. 횡압은 아래와 같이 계산된다.

Y = W.Ad + Ay.Vm(Mu/Mu+My) x (Ky . Mu)

여기에서

Y = 축당 횡하중 (N)

W = 정적 축중 (N)

Ad = 최대 정상 운행 캔트 부족량 각도 (rad)

Vm = 최대 정상 운행 속도 (m/s)

Mu = 축당 유효 횡 Unsprung mass (kg)

Ay = 0.0039 rad (횡 경사 불연속 각도)

My = 170 kg (차륜 당 유효 레일 횡 질량)

Ky = 25.0 x 10^6 N/m (차륜 당 유효 횡 레일 스프링 상수)

④ 상기 ②항과 ③항의 Y 값을 초과하는 경우, 상기 ①항의 요구 조건에 만족함 보여 주기 위해, 적절한 기술적 검증이 따라야 한다. 이 경우 선로의 설치 품질, 강도 및 동적 특성과 차량의 속도, 중량 및 현가장치 특성이 고려되어야 한다.

사) 전후 방향 하중

① 차량과 열차는 레일, 선로 그리고 인프라 구조가 구조적 안전성에 영향을 주는 과도한 전후 방향의 견인 또는 제동 하중을 유발시키지 않아야 한다.

② 아래 ③항을 제외하고, 차량과 열차는 이 규정의 참조 6), 7)의 규정(BS 5400 Part 2, BS 153 Part 3A)에 정의된 값보다 큰 전후 방향 하중을 선로에 가해서는 안 된다.

③ 상기 ②항의 값이 초과하는 경우, 상기 ①항의 요구 조건에 만족함 보여 주기 위해, 적절한 기술적 검증이 따라야 한다.

아) 검증

상기 요구 조건에의 부합여부는 계산, 시험, 다른 차량과의 비교 또는 그 밖의 적절한 방법으로 검증되어야 한다.

철도차량 안전 기준에 관한 규칙(안) 건설 교통부령 제 456 호 제 31조(철도차량과 선로간의 작용력 등) ②항은 정적 윤중 최대치는 0.13 x D(D 는 밀리미터로 표시된 차륜 직경) 킬로 뉴톤과 125 킬로 뉴톤의 수치 중 작은 값을 초과할 수 없게 되어 있고, 동 규칙 제 31조(횡압)는 다음 기준을 초과하지 않도록 되어 있다.

Y = (P/3 +10)a

Y : 1축당 횡압(kN)

P : 축중(kN)

a : 동력차, 객차의 경우 1, 화차의 경우 0.85

미국의 경우, Code of Federal Regulation Title 49(Transportation) Part 238, 248(객차에 대한 안전 규정) 및 213(선로에 대한 안전규정)에는 특별 규정 내용이 없고, 미국 대중 교통 협회(American Public Transit Association)의 새로운 철도 차량 대차 설계 안전 권장 지침에는 선로의 모든 조건에서 선로에 가해지는 차륜의 횡압은 직선 평탄선에서의 윤중의 50% 이상이 되어서는 안 되고, 모든 경우에 하나의 대차에 의해 한쪽의 선로에 가해지는 횡압은 그 대차의 한축의 수직력의 60% 이상이 되어서는 안 되도록 규정하고 있지만 그 이상의 상세한 규정은 없다.

한편 영국 철도 표준(Railway Group Standards)GM/TT0088 "철도차량의 허용 궤도 하중"에는 국내 철도차량 안전 기준에 관한 규칙(안)에서 기 채택하고 있는 수직 정하중 및 정적 횡압 외에 상기 지침(안)에 규정한 것과 같이 수직 동하중 및 동적 횡하중을 규정하여 정적인 상태에서의 수직 윤중을 측정하고 그 측정된 윤중 최대치를 가지고 정해진 수식에 의해 동적인 상태 하에서의 수직 하중과 횡하중을 계산하여 그 값 이 정해진 값 이내가 되도록 차량을 설계하도록 되어 있다. 동적인 수직 및 횡하중은 선로와 차량간의 안전에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 특히 선로의 보수비의 증감에 지대한 영향이 있으므로 본 지침에서 철도차량 안전 기준에 관한 규칙(안)에 추가하여 영국 RGS GM/TT0088에 준하여 규정하게 되었다.

8. 차량-신호 인터페이스 안전기준

가. 개요

본 과제 제3장 제14절 신호시스템 관련 철도차량 안전기준 작성 요구조건은 차량시스템에 사용되는 신호시스템에 대해 안전기준을 정립하는 것이다. 국토해양부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호) 4조, 5조, 6조, 7조, 43조, 63조, 65조, 81조, 82조, 83조에는 철도 차량에 사용되는 신호시스템에 대하여 언급하고 있으나 구체적인 기준 등이 제시되어 있지 않다. 본 연구에서는 철도차량에서 사용되는 신호시스템에 대한 국내외 안전기준을 조사 분석하여 국제규격에 부합하도록 구체적인 철도차량의 신호시스템 안전기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

철도차량에 사용되는 신호시스템의 안전기준에 대한 설계기준은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것

나. 이론적 배경

철도차량 안전기준에 관한 규칙 중 철도차량에서 사용하는 신호시스템을 고려하여 분석을 수행하였다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 철도안전법

- 철도안전법 제3조 제3항
- 철도안전법 시행령 제5조 제3항
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제4조
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제5조
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제6조 2항
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제7조 5호
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제43조
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제63조 1항

- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제65조 1항, 3항
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제81조
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제82조
- 철도차량 안전기준에 관한 규칙 제83조
- KS C IEC 62278
- KS C IEC 62279

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 영국 Railway Safety Principles and Guidance, Part 2 section F (Guidance on trains) 93, 100

○ IEC 62425

○ IEC 62280

○ EN 50155

○ ENV 50121

라. 자료 조사 및 분석

철도차량 안전기준에 관한 규칙 중 철도차량에서 사용하는 신호시스템을 고려하여 분석 수행

마. 기준 및 해설서

(1) 차량-신호 인터페이스 안전기준

제1장 총칙

제1조 (목적) 이 지침은 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」(이하 규칙이라 한다) 제4조, 제5조의 규정에 의하여 철도차량의 구조 및 장치의 안전운행에 필요한 세부기준 및 내부기준에 대하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 (용어정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다

1. "신호장치"라 함은 열차 또는 차량의 안전운행과 수송능력 향상을

목적으로 차량에 설치하는 신호차상장치, 선로변이나 기계실 등 지상에 설치하는 신호지상장치 등을 포함한 종합적인 시설을 말한다.
2. "신호차상장치"라 함은 열차운행에 필요한 제어정보 및 상태정보를 신호지상장치로부터 수신하여 정보를 판독 또는 자체 연산하여 열차를 안전하게 제어하는 차상에 설치되는 신호설비를 말한다.
3. "신호지상장치"라 함은 열차운행에 필요한 제어정보 및 상태정보를 수집하여 연산 또는 신호차상장치로 송신하여 열차의 안전운행을 지원하며, 지상의 각종 신호설비를 안전하게 제어하는 지상에 설치되는 신호설비를 말한다.
4. "안전측 동작(Fail-safe) 기능"이라 함은 어떤 장치에 고장이 발생한 경우에도 당해 고장의 영향이 차단되어 전체 장치가 안전한 상태를 유지하게 하는 기능을 말한다.

제3조 (적용범위) 철도차량의 안전기준에 대한 세부기준은 다른 법령 및 지침에서 따로 정한 것을 제외하고는 이 지침이 정하는 바에 따른다.

제4조 (위험도분석) 규칙 제6조 2항에서 규정하는 위험도분석의 대상 및 절차는 다음과 같다.
1. 위험도분석 대상 : 신호차상장치
2. 절차 : 장치의 전수명주기에 대한 위험원 도출, 위험원 요인 및 결과 분석, 대안 분석, 영향도 분석, 수용성 확인 등 운영기관의 요구사항을 포함하도록 한다.

제5조 (상호작용) 규칙 제7조 제5호에서 규정하는 철도차량운전업무종사자, 열차승무원, 철도관제업무종사사 및 철도신호시스템간의 원활한 상호작용이란 관련 인원이 철도신호시스템의 기능을 목적한 바대로 충실히 수행하게 할 수 있도록 하는 것을 말하며, 다음 호의 사항을 모두 만족하여야 한다.

1. 철도차량운전업무종사자, 열차승무원, 철도관제업무종사사 등 관련 인원이 철도신호시스템의 원리와 조작법, 장애시 응급조치, 유지보수 등에 대하여 소정의 이론교육을 이수하여야 한다.
2. 철도신호시스템에 대한 이론교육을 이수한 자는 일정 수준 이상으로 검정된 자에 한하여 철도신호시스템을 조작할 수 있도록 하여야 한다.
3. 철도신호시스템을 조작할 수 있는 자는 사전에 실제 상황과 유사한 상황에서 조작 및 응급조치, 유지보수 등에 대한 행동이 충분히 훈련되어 숙달되어야 하며, 숙달 정도가 일정 수준 이상으로 검정된 자에 한하여 영업 운전에 투입될 수 있어야 한다.

제2장 차상신호장치의 구조

제6조 (운전실에 갖추어야 할 장치) ①규칙 제43조 제1항에서 규정하는 철도차량의 운전실에 갖추어야 할 장치로서 해당되는 장치는 다음의 각 호와 같다.
1. 규칙 제43조 제1항 제5호의 신호보안장치는 신호차상장치를 말한다.
2. 규칙 제43조 제1항 제8호의 열차통신장치는 열차무선용 무선통신장치를 말한다.
②규칙 제43조 제2항에서 규정하는 바와 같이 운전자의 시야 범위 안에 장치를 배치함에 있어서 신호차상장치 표시기는 운전자가 조작시 시선에 벗어나지 않는 위치에 배치하여야 한다.
③규칙 제43조 제3항에서 규정하는 장치 식별 표시 및 조명장치에 대한 사항은 다음 각 호의 사항을 포함하여 설치되어야 한다.
1. 신호차상장치 관련하여 “신호차상장치”라는 식별표시를 운전자의 조작위치에서 쉽게 확인할 수 있도록 외부에 부착하여야 한다.
2. 신호차상장치 표시기에는 터널 내 또는 개활지 운전시 등 차내 및 표시기에 영향을 미치는 광량에 따라 감응하여 조도가 자동 조절되는 기능을 구비하여야 한다.
④규칙 제43조 제4항에서 규정하는 고장에 대한 시각 또는 청각 신호는

다음 각 호의 사항과 같다.

1. 신호차상장치가 고장이 난 경우에는 철도차량운전업무종사자에게 청각 및 시각 신호로 동시에 통보되어야 한다.
2. 신호차상장치 고장에 대한 시각 신호는 표시등, LED, 표시기 화면내 아이콘 등의 색깔이나 모양의 변경, 점멸 유지 등을 통한 통보를 말한다.

제7조 (제동시스템) ①철도차량의 제동시스템은 규칙 제63조 제1항에서 규정하는 감속도 및 정상제동, 규칙 제65조 제1항, 제3항에서 규정하는 비상제동 등에 대한 검증된 제동모델을 제공하여야 한다.
②제동모델은 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 증명되어 확인되어야 한다.

제8조 (차상신호장치) ①규칙 제81조 제1항에서 규정하는 신호차상장치의 신호지상장치와의 적합한 동작을 위하여 다음 각 호의 사항을 모두 포함하여야 한다.

1. 신호차상장치는 선로변에 설치된 궤도회로나 발리스(Balise), 비콘(Beacon), 트랜스폰더(Transponda), 루프(Loop) 등과 같은 정보전송장치를 통하여 인터페이스 되어야 한다.
2. 최종적인 운전제어정보는 운행할 선로의 구조적인 제한속도를 초과하는 운전정보를 제공하지 않아야 한다.
3. 신호차상장치는 편성열차의 모든 운전실에 각각 독립적으로 구성하여야 한다.
4. 신호차상장치는 KS C IEC 62278, KS C IEC 62279, IEC 62425, IEC 62280, EN 50155, ENV 50121 등의 안전 및 각 설비별 관련규정 또는 이에 상응하는 규정을 만족하여야 한다.
5. 신호차상장치의 관련규정 또는 이에 상응하는 규정에 대한 만족 여부는 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 증명되어 확인되어야 한다.

②규칙 제81조 제2항에서 규정하는 안전측 동작 기능 및 고장시 경고신호, 보호기능 등은 다음 각 호와 같다.

1. 신호차상장치는 안전측 동작 원리에 따라 설계되어야 하며, 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 이와 같은 내용이 증명되어 확인되어야 한다.

2. 신호차상장치의 고장시 경고신호로는 청각 신호와 시각 신호 모두를 제공할 수 있어야 한다.

3. 신호차상장치는 신호지상설비로부터 잘못된 신호정보가 수신되는 경우에는 차상의 다른 장치로 전달되지 아니하도록 설계·제작되어야 하며, 이는 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 증명되어 확인되어야 한다.

③규칙 제81조 제3항에서 규정하는 신호차상장치 구성은 운영기관의 요구사항을 만족하는 범위에서 단일 장치로의 구성이나 2개 이상의 장치에 의한 여분구성(Redundancy), 결함허용(Fault-tolerant) 장치로의 구성 등이 가능하며, 반드시 이중화 또는 그 이상으로 구성되어야 하는 것은 아니다.

제9조 (신호차상장치의 동작) ①규칙 제82조 제1항에서 규정하는 신호차상장치의 운행 전 자체검사 기능에 대한 사항은 다음 각 호와 같다.

1. 신호차상장치의 운행 전 자체검사 기능이란 장치가 목적한 기능을 수행하기 전에 장치 스스로 장치의 이상여부를 검사하는 기능을 말하며, 이는 철도차량의 전원투입과 함께 기동되어 최초로 수행되는 기능이다.

2. 신호차상장치의 운행 전 자체검사 기능이 수행되는 동안에는 신호차상장치 표시기에 이에 대한 내용이 표시되어야 하며, 청각 또는 시각 신호를 동반할 수 있다.

3. 신호차상장치는 운행 전 자체검사 기능 수행중이거나 운행 전 자체검사 기능에 대한 양호한 결과 없이 철도차량의 이동이 가능하게 하지 않아야 한다. 만약에 운행 전 자체검사 기능이 수행중이거나 운행 전 자체검사 기능에 대한 양호한 결과 없이 철도차량의 이동을 위한 조작이 있을

경우에는 즉시 비상제동 출력이 이루어져야 한다.

②규칙 제82조 제2항에서 규정하는 신호차상장치의 과속 방지에 대한 사항은 다음의 각 호와 같다.

1. 신호차상장치는 신호지상설비와 인터페이스 되어 철도차량의 당해 폐색구간에서의 운행 제한속도를 생성하여야 한다. 만약 새로운 폐색구간에 진입한 이후 0.5초 이내에 당해 폐색구간에 대한 제한속도를 생성하지 못한 경우에는 즉시 비상제동인가 출력이 이루어져야 한다.

2. 신호차상장치는 철도차량이 당해 폐색구간의 운행 제한속도를 초과하여 운행되는 경우에는 청각 및 시각 신호에 의한 경보를 출력하여야 한다. 경보 출력과 함께 최대 5초 이내에 적절한 조치가 없을 경우 즉시 제동인가 출력이 이루어져야 하며, 이때 제동인가 출력은 철도차량이 정지할 때까지 유지되어야 한다. 그러나 운영기관별로 운행 형태에 따라 제동인가 출력 이후 철도차량의 운행속도가 당해 폐색구간의 제한속도보다 낮아진 경우에 제동인가 출력을 중지할 수도 있다.

3. 신호차상장치가 제동인가를 출력하는 경우에는 안전한 제동제어 범위에서 상용제동을 우선적으로 선택하여 출력할 수 있으며, 비상제동을 우선하거나 또는 상용제동을 병행할 수 있다.

제10조 (운전자 보안장치 등) ①규칙 제83조 제1항에서 규정하는 운전자 보안장치에 대한 사항은 다음의 각 호와 같다.

1. 운전자 보안장치란 운행중 철도차량운전업무종사자의 졸음·질병 및 부주의 등으로 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위하여 종사자의 반응 입력을 감시하도록 운전실에 설치되는 장치를 말한다.

2. 운전자 보안장치는 철도차량운전업무종사자가 주기적, 또는 지속적으로 반응하도록 하여야 한다.

3. 운전자 보안장치는 적절한 반응 입력이 없는 경우 비상제동인가 출력이 이루어져야 한다.

②규칙 제83조 제2항에서 규정하는 동력차의 기록장치에 대한 사항은

다음의 각 호와 같다.

1. 기록장치는 동력 및 동력제어 기능을 보유하여 이동이 가능한 모든 철도차량에 반드시 설치되어야 하며, 독립된 장치 설치가 어려울 경우 여타 장치에서 기록장치 기능을 수행할 수 있어야 한다.
2. 기록장치는 편성열차의 모든 동력차에 차량단위로 각각 독립적으로 구성하여야 한다.
3. 기록장치에 기록되는 최소 정보는 운행 전 자체검사 결과, 최초 전원투입 시간, 최종 전원차단 시간 등을 포함하여, 현재속도, 추진전류, 제동 압력, 출입문 상태, 신호차상장치 수신 정보, 신호차상장치 출력 정보, 종합운행제어장치 입출력 정보, 안전스위치 상태 정보 등이 기록되어야 한다.
4. 기록장치에 기록되는 모든 정보는 당해 정보가 발생되는 시간정보와 함께 기록되어야 하며, 필요시 관련 정보를 분석, 표시가 가능하여야 한다.
5. 기록장치에 기록된 정보는 차상의 기록장치 내에 최소 30일 이상, 지상의 기록보관 장소에서 최소 180일 이상 변경 및 손상 없이 보관되어 유지되어야 한다.

(2) 해설서

제1장 총칙

제1조 (목적) 이 지침은 「철도차량 안전기준에 관한 규칙」(이하 규칙이라 한다) 제4조, 제5조의 규정에 의하여 철도차량의 구조 및 장치의 안전운행에 필요한 세부기준 및 내부기준에 대하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

【해설】

"철도차량 안전기준에 관한 규칙" 4조 및 5조 규정에 의하여 신호분야 세부기준 및 내부규정을 제시하였다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제4조 (세부기준) 건설교통부장관은 이 규칙에서 정하는 기준의 시행에 필요한 세부기준을 정하여 고시할 수 있다.

제5조 (내부규정) ①철도운영자 및 철도시설관리자(이하 "철도운영자등"이라 한다)는 이 규칙에서 정하는 철도차량의 안전기준을 확보하기 위하여 필요한 세부기준 및 절차의 시행에 필요한 내부규정을 정하고 이를 준수하여야 한다.

②철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 내부규정을 정하거나 이를 변경하고자 하는 경우에는 철도차량과 철도시설과의 연계성·적합성 등에 대하여 상호 검토·협의하여야 한다.

③철도운영자등은 내부규정을 정하거나 이를 변경하고자 하는 경우에는 건설교통부장관에게 이를 제출하여야 한다.

④건설교통부장관은 철도운영자등이 정한 내부규정이 이 규칙과 제4조의 규정에 의한 세부기준에 적합한 지의 여부를 검토하여야 하며, 그 검토 결과 적합하지 아니하다고 인정되는 경우에는 철도운영자등에게 내부규정의 보완 또는 변경을 요구할 수 있다.

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 4조, 5조

제2조 (용어정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다

1. "신호장치"라 함은 열차 또는 차량의 안전운행과 수송능력 향상을 목적으로 차량에 설치하는 신호차상장치, 선로변이나 기계실 등 지상에 설치하는 신호지상장치 등을 포함한 종합적인 시설을 말한다.
2. "신호차상장치"라 함은 열차운행에 필요한 제어정보 및 상태정보를 신호지상장치로부터 수신하여 정보를 판독 또는 자체 연산하여 열차를 안전하게 제어하는 차상에 설치되는 신호설비를 말한다.
3. "신호지상장치"라 함은 열차운행에 필요한 제어정보 및 상태정보를 수집하여 연산 또는 신호차상장치로 송신하여 열차의 안전운행을 지원하며, 지상의 각종 신호설비를 안전하게 제어하는 지상에 설치되는 신호설비를 말한다.

4. "안전측 동작(Fail-safe) 기능"이라 함은 어떤 장치에 고장이 발생한 경우에도 당해 고장의 영향이 차단되어 전체 장치가 안전한 상태를 유지하게 하는 기능을 말한다.

【해설】

일부 용어는 "철도차량 안전기준에 관한 규칙"에서 정의한 것과 약간 상이한 것이 있으나, 이는 본 세부지침의 내용에 맞게 용어를 새로이 정의한 것이다. 또한 용어의 정의에서는 세부지침을 해석하는데 있어 꼭 필요한 것들만을 대상으로 하였다.

안전측 동작 (Fail-safe)는 "도시철도 차량안전기준에 관한 규칙" 2조 정의의 페일-세이프 기능 및 철도차량 안전기준에 관한 규칙 81조 차상신호장치의 페일-세이프 기능을 검토하여 정하였다.

"철도차량 안전기준에 관한 규칙"에서는 '차상신호장치', '지상신호장치' 등으로 규정되어있으나, 본 지침에서는 '신호차상장치', '신호지상장치' 등으로 변경하여 제안하였다. 이는 '차상신호장치'의 경우 ATC 또는 ATP 등과 같은 일반적인 차상신호 방식의 신호시스템을 지칭하는 용어로 통용되고 있으며, 이로 인하여 용어 사용자 상호간 혼란이 우려되므로 차량에서의 신호장치는 '신호차상장치'로 제안하였다. 그러나 규칙의 개정이 이루어지지 않을 경우에는 규칙에서 정의한 용어를 수용한다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제2조 (정의) 이 규칙에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

10. "페일-세이프기능"이라 함은 어떤 장치에 고장이 발생한 경우에도 당해 고장의 영향이 차단되어 전체 장치가 안전하게 작동할 수 있는 기능을 말한다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제81조 (차상신호장치) ①열차의 안전운행을 위하여 철도차량에 설치된 신호장치(이하 "차상신호장치"라 한다)는 지상의 신호설비와 적합하게 동작되어야 한다.

②차상신호장치는 페일-세이프(Fail-Safe)기능(하나의 장치에 고장이 발생하더라도 당해 고장의 영향이 차단되어 전체 장치가 안전하게 작동할 수 있는 기능을 말한

다. 이하 같다)을 보유하고 고장시 경고신호를 제공하여야 하며, 지상신호설비로부터 잘못된 신호정보가 수신되더라도 열차에 전달하지 아니하도록 하는 보호기능 등이 갖추어져야 한다.

③차상신호장치는 하나의 신호장치가 작동되지 아니하더라도 다른 하나의 신호장치가 작동할 수 있는 이중구조로 구성되어야 한다. 다만, 장치의 특성상 불가피한 경우에는 그러하지 아니하다.

[근거기준] 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 2조
철도차량 안전기준에 관한 규칙 81조

제3조 (적용범위) 철도차량의 안전기준에 대한 세부기준은 다른 법령 및 지침에서 따로 정한 것을 제외하고는 이 지침이 정하는 바에 따른다.

【해설】

본 지침은 철도차량에 사용되는 신호설비에 대한 세부사항을 다룬다.

본 지침은 철도차량의 안전기준에 대한 신호분야의 세부기준으로서, 도시철도법 등에서 정한 지침은 본 지침의 범위에서 제외한다.

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 3조

제4조 (위험도분석) 규칙 제6조 2항에서 규정하는 위험도분석의 대상 및 절차는 다음과 같다. 1. 위험도분석 대상 : 신호차상장치 2. 절차 : 장치의 전수명주기에 대한 위험원 도출, 위험원 요인 및 결과 분석, 대안 분석, 영향도 분석, 수용성 확인 등 운영기관의 요구사항을 포함하도록 한다.

【해설】

신호차상장치의 모든 바이탈 기능은 안전측 동작 원리에 따라 설계되고 구현되어야 한다. 신호차상장치 설계 동안에 공급자는 위험 상황 분석을 실시하여 잠재

적 위험상황을 확인 할 수 있어야 한다. 위험평가는 발주자가 진행하여야 하며, KSCIEC62278 혹은 이에 상응하는 규정에 따라 실행되어야 한다. 위험평가를 통해서 부적당한 것으로 판단 될 경우 공급자는 위험상황을 제거하거나 발주기관이 수용할 수 있는 수준까지 위험상황을 통제하여야 한다. 철도안전법 시행규칙 60조 성능시험의 절차 및 66조 제작검사의 절차에서는 철도차량의 위험도 분석을 요하고 있으며, 철도차량에 구성요소인 신호차상장치에 대해서도 위험도 분석이 필요함을 알 수 있다.

시스템 안전성 분야를 다룬 EN 50129의 IEC 버전인 IEC 62425에서는 철도신호분야 안전관련 전자시스템의 승인 및 수용을 위한 요구사항을 규정하고 있으며, 전자적인 철도시스템의 충분한 안전성을 수용할 수 있는 것을 입증하기 위한 조건으로 품질관리근거, 안전관리근거, 기능 및 기술적인 안전의 근거를 제시하도록 하고 있다.

철도안전법 시행규칙 원문

제60조 (성능시험의 절차 등) ① 성능시험을 받고자 하는 자는 별지 제33호서식의 철도차량성능시험신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 법 제35조제4항의 규정에 의한 성능시험기관(이하 "성능시험기관"이라 한다)에 제출하여야 한다.

8. 철도차량 위험도분석 자료(위험도분석 대상이 되는 철도차량인 경우에 한한다)

제66조 (제작검사의 절차 등) ①제작검사를 받고자 하는 자는 별지 제37호서식의 철도차량제작검사신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 법 제36조제4항의 규정에 의한 제작검사기관(이하 "제작검사기관"이라 한다)에 제출하여야 한다.

8. 철도차량 위험도 분석자료(위험도분석 대상이 되는 철도차량인 경우에 한한다)

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제6조 (위험도분석) ①철도차량제작자 및 철도운영자등은 신규로 제작되는 철도차량에 대하여 철도차량의 설계·제작·유지보수 및 운영환경 등 전반에 관하여 위험도분석을 하여야 한다.

②제1항의 규정에 의한 위험도분석의 대상·절차·기준·방법 등에 관하여 필요한 세부사항은 건설교통부장관이 정하여 고시한다.

[근거기준] 철도안전법 시행규칙 60조 1항 8목

철도안전법 시행규칙 66조 1항 8목

철도차량 안전기준에 관한 규칙 6조 2항

KSCIEC62278 : 철도용 전기설비의 신뢰성,가용성,유지보수성, 안전성(RAMS)관련 시방서 및 설명서

IEC62425

제5조 (상호작용) 규칙 제7조 제5호에서 규정하는 철도차량운전업무종사자, 열차승무원, 철도관제업무종사사 및 철도신호시스템간의 원활한 상호작용이란 관련 인원이 철도신호시스템의 기능을 목적한 바대로 충실히 수행하게 할 수 있도록 하는 것을 말하며, 다음 호의 사항을 모두 만족하여야 한다.

1. 철도차량운전업무종사자, 열차승무원, 철도관제업무종사사 등 관련 인원이 철도신호시스템의 원리와 조작법, 장애시 응급조치, 유지보수 등에 대하여 소정의 이론교육을 이수하여야 한다.
2. 철도신호시스템에 대한 이론교육을 이수한 자는 일정 수준 이상으로 검정된 자에 한하여 철도신호시스템을 조작할 수 있도록 하여야 한다.
3. 철도신호시스템을 조작할 수 있는 자는 사전에 실제 상황과 유사한 상황에서 조작 및 응급조치, 유지보수 등에 대한 행동이 충분히 훈련되어 숙달되어야 하며, 숙달 정도가 일정 수준 이상으로 검정된 자에 한하여 영업운전에 투입될 수 있어야 한다.

[해설] 본 조항은 "철도차량 안전기준에 관한 규칙" 제7조 5호를 근거로 하

며, 신호차상장치 및 신호지상장치에 대한 원리 및 조작법 등 이론교육의 필요성을 제시하였다.

철도신호시스템의 기능 수행을 위해서는 반드시 관련된 지식과 기능을 보유한 종사자에 의해 취급이 이루어져야 한다, 이를 위한 관련 교육과 실습을 이수하고 그 수준이 검정되어야 하며, 영업운전에 있어서는 사전에 반드시 각종 실제 상황에 대하여 훈련되어 숙달된 종사자에 의해 취급되어야 한다.

"철도차량 안전기준에 관한 규칙" 7조 5호에서 철도차량관제업무종사자는 실제로 지정되어 있지 않은 사항이므로 본 지침에서는 철도관제업무종사자로 하여 철도운영을 위한 신호 및 운행 처리에 대한 업무를 다루는 종사자로 한다.

철도안전법 제21조 운전업무수행의 필요조건, 제22조 관제업무수행의 필요요건, 제23조 운전업무종사자 등의 관리, 제24조 철도종사자의 안전교육에서 철도신호차상설비운영에 관계된 요원들의 교육 훈련 등을 언급하고 있으며, 철도안전법 시행규칙 37조에서는 운전업무수행을 위한 필요요건을 다루고 있다.

철도차량운전규칙 6조의 교육 및 훈련, 7조의 열차에 탑승하여야 하는 철도종사자에서는 철도차량을 운행하는 운전업무 종사자의 교육에 대한 필요성을 거론하고 있으며, 도시철도운전규칙 제4조 직원의 교육에서도 운전업무 종사자에 대한 교육 실시의 중요성을 언급하고 있다.

일본의 경우 철도운전규칙 제10조에서 계원의 교육 및 훈련을 거론하여 신호차상설비 운영에 만전을 기하고 있다.

철도안전법 관련 조항 원문

제21조 (운전업무수행의 필요요건) ①운전면허취득자가 철도차량운전업무에 종사하고자 하는 때에는 국토해양부령이 정하는 바에 의하여 운전실무수습이수 등 철도차량의 운전업무수행에 필요한 요건을 갖추어야 한다. <개정 2008.2.29>
②철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 요건을 갖추지 아니한 자를 철도차량의 운전업무에 종사하게 하여서는 아니된다.

제22조 (관제업무수행의 필요요건) ①관제업무에 종사하고자 하는 자는 국토해양부령이 정하는 바에 의하여 전문교육훈련이수 등 관제업무수행에 필요한 요건을 갖추어야 한다. <개정 2008.2.29>

②철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 요건을 갖추지 아니한 자를 관제업무에 종사하게 하여서는 아니된다.

제23조 (운전업무종사자 등의 관리) ①철도차량운전·관제업무 등 대통령령이 정하는 업무에 종사하는 철도종사자는 신체검사와 적성검사를 받아야 한다.
②제1항의 규정에 의한 신체검사·적성검사의 합격기준·실시시기·실시방법 등에 관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다. <개정 2008.2.29>
③철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 업무를 수행하는 철도종사자가 제2항의 규정에 의한 신체검사·적성검사 합격기준에 맞지 아니하게 되어 해당 업무의 수행에 부적합하다고 인정되는 때에는 해당 업무에 종사하게 하여서는 아니된다.
④철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 신체검사와 적성검사를 신체검사지정병원 및 적성검사기관에 위탁하여 실시할 수 있다.

제24조 (철도종사자의 안전교육) ①철도운영자등은 자신이 고용하고 있는 철도종사자에 대하여 정기적으로 철도안전에 관한 교육을 실시하여야 한다.
②제1항의 규정에 의하여 철도운영자등이 실시하여야 하는 교육대상자·교육과정 및 교육시기 등에 관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다. <개정 2008.2.29>
③철도운영자등은 제1항의 규정에 의한 교육을 제16조의 규정에 의한 교육훈련기관에 위탁하여 실시할 수 있다.

철도안전법 시행규칙 관련조항 원문

제37조 (운전업무수행의 필요요건 등) ①법 제21조제1항의 규정에 의하여 운전면허취득자가 철도차량운전업무에 종사하고자 하는 때에는 다음 각 호의 요건을 갖추어야 한다.
1. 운전할 구간의 선로·신호시스템 등의 숙달을 위한 실무수습·교육을 이수할 것
2. 운전할 철도차량의 기기취급 방법 및 비상시 조치방법 등에 대한 실무수습·교육을 이수할 것
②제1항의 규정에 의하여 운전면허취득자가 이수하여야 할 실무수습·교육의 세부기준은 별표 12와 같다.
③제2항의 규정에 의한 실무수습·교육의 방법·평가 등에 관하여 필요한 세부사항은

국토해양부장관이 정하여 고시한다. <개정 2008.3.14>

철도차량운전규칙 관련조항 원문

제6조 (교육 및 훈련 등) ①철도운영자등은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에 대하여 「철도안전법」 등 관계법령에 따라 필요한 교육을 실시하여야 하고, 당해 철도종사자가 해당 업무 수행에 필요한 지식과 기능을 보유한 것을 확인한 후 해당업무를 수행하도록 하여야 한다.

1. 철도차량운전업무에 종사하는 자(운전업무보조자를 포함한다)
2. 열차에 승무하여 열차의 방호, 제동장치의 조작 또는 각종 전호를 취급하는 업무를 수행하는 자
3. 정거장에서 신호와 선로전환기 또는 조작판을 취급하는 자
4. 정거장에서 철도차량을 연결·분리하는 업무를 수행하는 자
5. 정거장에서 열차의 출발·도착에 관한 업무를 수행하는 자

②철도운영자등은 철도차량운전업무에 종사하는 자(운전업무보조자를 포함한다), 열차에 승무하여 열차의 방호(防護), 제동장치의 조작 등 철도차량의 운전과 관련된 업무를 수행하는 자 등이 철도차량에 탑승하기 전 또는 철도차량의 운행중에 필요한 사항에 대한 보고·지시 또는 감독 등을 적절히 수행할 수 있도록 안전관리체제를 갖추어야 한다.

③철도운영자등은 제2항의 규정에 의한 업무를 수행하는 자가 과로 등으로 인하여 당해 업무를 적절히 수행하기 어렵다고 판단되는 경우에는 그 업무를 수행하도록 하여서는 아니된다.

제7조 (열차에 탑승하여야 하는 철도종사자) 열차에는 철도차량운전자와 열차에 승무하여 여객에 대한 안내, 열차의 방호, 제동장치의 조작 또는 각종 전호를 취급하는 업무를 수행하는 자를 탑승시켜야 한다. 다만, 당해 선로의 상태, 열차에 연결되는 차량의 종류, 철도차량의 구조 및 장치의 수준 등을 고려할 때 열차운행의 안전에 지장이 없다고 인정되는 경우에는 철도차량운전자외의 다른 철도종사자를 탑승시키지 아니하거나 인원을 조정할 수 있다.

도시철도운전규칙 관련조항 원문

제4조 (직원의 교육) ①도시철도경영자는 도시철도의 운전과 관련된 업무에 종사하는 직원에 대하여 적성검사와 소정의 교육을 실시하여 도시철도의 운전에 대한 지식과 기능을 습득한 것을 확인한 후 그 업무에 종사하도록 하여야 한다. 다만, 당해업무와 관련이 있는 자격을 갖춘 자에 대하여는 적성검사 또는 교육의 전부 또는 일부를 면제할 수 있다.

②도시철도경영자는 소속직원의 자질향상을 위하여 적절한 국내연수 또는 국외연수교육을 실시할 수 있다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제7조 (기본방향) 철도차량은 다음 각 호의 목적에 적합하도록 설계·제작·사용되어야 한다.

1. 여객 및 화물운송의 안전을 확보할 수 있을 것
2. 기기취급과 유지보수가 용이한 방향으로 설계·제작되고 용도에 맞게 사용될 것
3. 기후조건, 운행선로 또는 그 근처에 근무하거나 거주하는 자에 미치는 영향 등 철도차량의 운행환경과의 적합성을 고려할 것
4. 시설물과의 간격·강도·하중이 궤도시설물 및 토목구조물과 조화를 이룰 것
5. 철도차량운전업무종사자, 열차승무원, 철도차량관제업무종사자 및 철도신호시스템간의 상호작용이 원활할 것
6. 전기차량은 집전(집전)과 이의 안전을 위하여 외부전원 공급 장치와의 적합성을 고려할 것

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 7조 5호

철도안전법 21조, 22조, 23조, 24조

철도안전법시행규칙 제37조

철도차량운전규칙 6조, 7조

도시철도운전규칙 4조

철도운전규칙 10조 [일본]

제2장 차상신호장치의 구조

제6조 (운전실에 갖추어야 할 장치) ①규칙 제43조 제1항에서 규정하는 철도차량의 운전실에 갖추어야 할 장치로서 해당되는 장치는 다음의 각 호와 같다.

1. 규칙 제43조 제1항 제5호의 신호보안장치는 신호차상장치를 말한다.
2. 규칙 제43조 제1항 제8호의 열차통신장치는 열차무선용 무선통신장치를 말한다.

②규칙 제43조 제2항에서 규정하는 바와 같이 운전자의 시야 범위 안에 장치를 배치함에 있어서 신호차상장치 표시기는 운전자가 조작시 시선에 벗어나지 않는 위치에 배치하여야 한다.

③규칙 제43조 제3항에서 규정하는 장치 식별 표시 및 조명장치에 대한 사항은 다음 각 호의 사항을 포함하여 설치되어야 한다.

1. 신호차상장치 관련하여 “신호차상장치”라는 식별표시를 운전자의 조작위치에서 쉽게 확인할 수 있도록 외부에 부착하여야 한다.
2. 신호차상장치 표시기에는 터널 내 또는 개활지 운전시 등 차내 및 표시기에 영향을 미치는 광량에 따라 감응하여 조도가 자동 조절되는 기능을 구비하여야 한다.

④규칙 제43조 제4항에서 규정하는 고장에 대한 시각 또는 청각 신호는 다음 각 호의 사항과 같다.

1. 신호차상장치가 고장이 난 경우에는 철도차량운전업무종사자에게 청각 및 시각 신호로 동시에 통보되어야 한다.
2. 신호차상장치 고장에 대한 시각 신호는 표시등, LED, 표시기 화면내 아이콘 등의 색깔이나 모양의 변경, 점멸 유지 등을 통한 통보를 말한다.
3. 신호차상장치 고장에 대한 청각 신호는 짧은 간격의 간헐적인 음파, 긴 간격의 간헐적인 음파, 연속 음파 등을 통한 통보를 말한다.

【해설】

운전실 설계는 운전기기의 용이한 조작, 운전자의 피로를 줄일 수 있는 구조, 또한 운전자의 안전을 고려한 구조로 되어야 한다. 따라서 자주 사용하는 운전장비는 레일정면에 앉은 위치에서 운전자가 편안한 위치에 있어야하고 같은 형태의

기기는 그룹으로 배치하여 운전자가 쉽게 사용할 수 있어야한다. 또한 같은 형태의 스위치의 동작은 회전스위치의 경우는 시계방향, 바위치의 경우는 전·후 방향으로 같은 동작을 하도록 사용해야 운전자의 실수를 막을 수 있다.

본 조항은 철도안전법 26조 철도차량의 안전기준에 근거를 두고 있으며, "철도차량 안전기준에 관한 규칙" 제43조 및 "도시철도차량 안전기준에 관한 규칙" 제39조 운전실, 제40조 운전데스크에서 운전실에 갖추어야 할 사항들을 다루고 있다. 본 조항은 위 내용을 검토하여 설비에 의존하지 않고 공통적인 사항에 대하여 정의하였다.

참고로 UIC 734 "Adaptation of safety installations to high-speed requirements"에는 이탈리아 FS(Ente Ferrovie dello Stato)의 고속열차 운전실 및 프랑스 TGV 운전실 구성을 위한 요구사항이 기술되어 있다.

국내의 경우 KS R 9159 "철도 차량의 조도-기준 및 측정 방법"에서 승무원실, 운전실은 승무원이 직무상 보통의 작업을 하는 장소로 100lx를 권고하고 있으며, 승무원실에서 장부기록 작업을 하는 책상 위의 경우 국부조명으로 250lx 이상으로 하도록 하고 있다.

철도안전법 관련 조항 원문

제26조 (철도차량의 안전기준) ①철도차량은 대통령령이 정하는 구조 및 장치가 국토해양부령이 정하는 안전기준에 적합하지 아니하면 이를 운행하지 못한다. <개정 2008.2.29>

②철도운영자등은 국토해양부령이 정하는 바에 의하여 제1항의 규정에 의한 안전기준에 적합하도록 철도차량을 점검·보수하는 등 유지관리하여야 한다. <개정 2008.2.29>

철도차량 안전기준에 관한 규칙 관련 조항 원문

제11조 (화재의 감지 및 경보)

④화재의 발생을 경보하는 장치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다. <개정 2008.7.10>

1. 승무원에게 위험을 알려주는 기능을 갖출 것
2. 화재가 발생한 철도차량을 승무원에게 알려주는 기능을 갖출 것

3. 동력차에는 차체 내부 또는 외부에 음향경보장치나 화재경보등을 설치할 것
4. 동력차에 설치되는 음향경보장치는 운전실에서 들을 수 있도록 철도차량의 운행 중 발생하는 소음수준보다 5데시벨 이상의 음향수준을 갖출 것
5. 둘 이상의 동력차를 편성하여 운행하는 열차에서 경보시스템이 작동되는 경우에는 운전업무종사자가 있는 동력차의 화재경보등만 작동할 것
6. 객차에 설치되는 음향경보장치는 여객에게 위험을 알릴 정도의 음향수준을 갖출 것
7. 객차에 화재의 발생을 경보하는 장치를 설치하는 경우에는 청각장애인을 고려한 표시장치를 갖출 것

제42조 (운전실) ①운전실에는 철도차량운전업무종사자 등이 용이하게 출입할 수 있고 잠금 기능을 갖춘 출입문이 설치되어야 하며, 동력차의 기계실과 인접객차 사이에는 잠금장치가 설치된 칸막이 문이 설치되어야 한다.
②운전실에는 열차운행 및 기계실의 소음이 최소화되는 구조로 설계되어야 하며 열차운행시 운전실의 실내소음은 등가소음(Equivalent Sound) 기준으로 측정한 경우 85데시벨을 초과할 수 없다.
③운전실의 양 측면에는 개폐가 가능한 창문이 설치되어야 한다.
④운전실의 전면유리창은 접합유리가 사용되어야 하고 그 밖의 창문유리는 안전유리가 사용되어야 하며, 열차의 최대운행속도에서 풍압 등에 의한 변형 등이 발생하지 아니하여야 하고, 운행중 부딪치는 물체 등에 의하여 손상되지 아니하도록 충분한 강도를 가져야 한다. <개정 2008.7.10>
⑤운전실의 전면유리창은 철도차량운전업무종사자가 운전에 적합한 시야를 확보하도록 설치되어야 하며, 먼지·비·눈 등 운전에 방해되는 물질을 제거하는 장치 및 햇빛 또는 전조등(前照燈)에 의한 운전자의 눈부심을 막기 위한 장치가 설치되어야 한다.
⑥운전실의 전면유리창에 색깔이 들어 있는 유리를 사용하는 경우에는 유리를 투과하는 신호의 색깔이 변색되어서는 아니된다.
⑦운전실에는 철도차량운전업무종사자를 위한 적절한 조명설비 및 냉·난방장치가 설치되어야 한다.
⑧운전실 내부의 장비 또는 장치는 철도차량의 급격한 가감속시 그 모서리나 돌출

부에 철도차량운전업무종사자가 다치지 아니하도록 설치되어야 한다.
⑨운전실은 승무원이 용이하게 탈출할 수 있는 구조로 설계되어야 한다. 이 경우 위험도분석 결과 필요하다고 인정되는 경우 별도의 비상탈출구가 설치되어야 한다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 관련 조항 원문

제39조 (운전실) ①운전실 내부의 장비 또는 장치는 급격한 가감속시 모서리나 돌출부에 운전자가 다치지 아니하도록 설치하여야 한다.
②운전실에는 비상시를 대비하여 1개 이상의 비상탈출구가 있어야 하며, 승객이 쉽게 탈출할 수 있는 구조이어야 한다.
③운전실과 객실사이에는 운전실 안쪽으로 열 수 있고 잠금장치가 설치된 칸막이 문을 설치하여야 한다.
④운전실의 전면유리창에는 먼지·비·눈 등 운전에 방해되는 물질을 제거하는 장치를 설치하여야 한다.
⑤운전실의 전면유리창에는 햇빛 또는 전조등에 의한 운전자의 눈부심을 막기 위한 장치를 설치하여야 한다. 이 경우 색깔이 들어 있는 유리를 사용하는 때에는 신호의 색깔이 변색된 것처럼 보이지 아니하도록 하여야 한다.
⑥운전실의 유리는 안전유리를 사용하여야 한다.

제40조 (운전 데스크) ①운전시 사용되는 모든 장치는 운전자의 시야 범위안에 있어야 하며, 운전자가 혼동하거나 어려움 없이 제어할 수 있도록 주요장치를 배치하여야 한다. 다만, 완전무인운전방식의 도시철도차량의 경우에는 그러하지 아니하다.
②운전 데스크에는 수동운전시 운전자의 졸음·질병 및 부주의 등으로 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위한 장치를 설치하여야 한다.
③운전선택스위치 및 출입문선택 스위치 등 중요한 스위치는 운전자가 쉽게 확인할 수있어야 한다.
④자동열차운전 관련기기 및 제동장치 등의 고장시에는 시각 및 청각신호가운전자에게 통지되어야 하며, 고장시의 조치사항이 나타나야 한다.
⑤자동열차운전 관련기기 및 제동장치 등의 고장시 발생하는 청각신호는 운전실내부 소음에도 불구하고 명확히 들을 수 있어야 한다.
⑥수동조작식 조정장치를 설치하는 경우에는 개별 조정장치의 식별이 쉽도록 표시

를 하여야 하며, 적절한 조명을 설치하여야 한다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

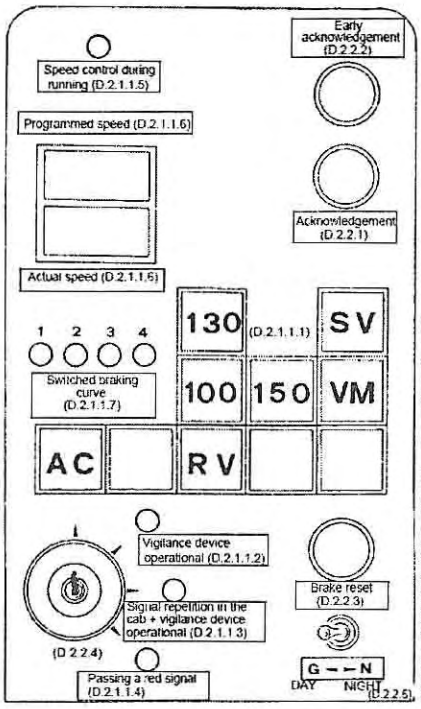
제43조 (운전실에 갖추어야 할 장치) ①운전실에는 다음 각 호의 장치를 갖추어야 한다.

1. 전·후진제어장치
2. 견인제어장치
3. 제동제어장치
4. 속도표시장치
5. 신호보안장치
6. 출입문 작동장치(고정편성차량에 한한다)
7. 집전장치 제어장치(집전장치가 설치된 철도차량에 한한다)
8. 열차통신장치(열차무선장치를 포함한다)

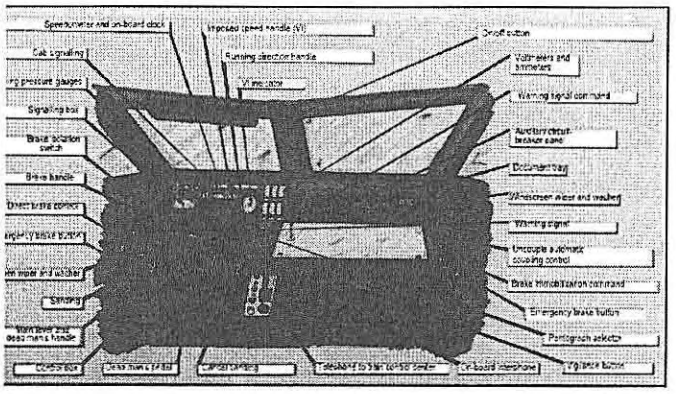
②운전하는 경우 사용되는 모든 장치는 철도차량운전업무종사자의 시야 범위 안에 있어야 하며, 철도차량운전업무종사자가 혼동하거나 어려움 없이 제어할 수 있도록 배치되어야 한다.

③운전실에 설치된 각종 장치들은 개별 장치의 식별이 용이하도록 표시가 되어야 하며, 철도차량운전업무종사자가 용이하게 조작 및 확인할 수 있도록 적절한 조명장치가 설치되어야 한다.

④열차운전 및 제동장치 등 안전관련 장치가 고장이 난 경우에는 시각 또는 청각신호가 철도차량운전업무종사자에게 통보되어야 하며 청각신호는 운전실의 소음에 불구하고 철도차량운전업무종사자가 충분히 들을 수 있는 음량을 가져야 한다.



<이태리 FS의 driver desk>



<프랑스 TGV의 driver desk>

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 43조

철도차량 안전기준에 관한 규칙 11조 4항

철도차량 안전기준에 관한 규칙 42조 2항 7항

철도안전법 26조

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 39조

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 40조 1항, 5항, 6항

UIC 734 "Adaptation of safety installations to high-speed requirements" Appendix D

KS R 9159 철도차량의 조도-기준 및 측정방법

제7조 (제동시스템) ①철도차량의 제동시스템은 규칙 제63조 제1항에서 규정하는 감속도 및 정상제동, 규칙 제65조 제1항, 제3항에서 규정하는 비상제동 등에 대한 검증된 제동모델을 제공하여 신호차상장치에 반영되도록 하여야 한다.

②철도차량의 제동모델은 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 증명되어 확인되어야 한다.

【해설】

열차운행의 안전을 위하여 사용되는 신호보안장치의 핵심적인 열차제어장치의 주된 기능은 지상의 궤도회로나 기타 방법 등을 통하여 제한속도 신호를 수신하여 열차의 속도를 제어함으로써 열차운행의 안전성 및 신뢰성을 확보하는 것이다. 따라서 수신된 제한속도 신호와 자동열차제어장치 타코메타에서 나오는 실제 열차속도 신호를 비교하여 실제 열차속도가 제한속도를 일정범위 이상 초과하면 과속으로 판단하여 실제 열차속도가 제한속도 신호 이하가 될 때까지 상용전제동을 명령하고 시청각적으로 운전자의 주의를 환기시키도록 하여야 한다. 또한 상용전제동으로도 소정의 감속도가 얻어지지 않을 경우에는 비상제동을 명령하여 열차를 정지시켜야 한다. 이에 대한 보다 상세한 규정은 각 노선별 특성에 맞게 운영자가 정하도록 한다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 63조(제동시스템), 65조(비상제동)와 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 51조(제동장치), 52조(제동성능), 53조(제동작용), 54조(제동제어), 55조(기초제동장치), 56조(압축공기 공급장치)에서 제동시스템에 대하여 다루고 있으며, 관련된 사항이 신호차상장치에 반영되어야 한다.

참고로 UIC 734 "Adaptation of safety installations to high-speed requirements"에는 안전설비를 설치하는데 있어서 신호시스템 제동거리는 열차를 멈추거나 속도제한하는데 있어서 선로 운행속도에 맞게 검증된 기관차 제동성능과 부합되어야 한다고 규정하고 있으며, 일례로 독일의 DB, 이탈리아 FS, 프랑스 SNCF의 제동성능을 참고삼아 기술하고 있다.

국내의 경우 IEC 규격을 KS화 한 KS C IEC 60631의 "철도용 전기 설비-전기역학 및 전자기 제동 시스템의 특성 및 시험"에서 제동시스템의 특성 및 그 시험방법을 다루고 있다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제63조 (제동시스템) ①제동시스템은 감속도를 일정하게 유지할 수 있어야 하며 정상제동하는 때에는 여객에게 불쾌감을 주는 충격·소음 및 진동이 최소화되어야 한다.

②정상운전조건하에서 열차의 비상제동거리는 건설교통부장관이 정하는 기준을 만족시켜야 한다. [[시행일 2006.1.9]]

③제동시스템은 전기제동·공기제동 및 그 밖의 보조적인 제동기능 등으로 구성되어야 하고, 그 기능이 독립적으로 또는 혼합되어 작용될 수 있어야 하며, 혼합되어 작용될 경우에는 각 제동기능의 작동이 원활하게 이루어져야 한다.

④선로의 최대경사도에서도 열차의 정차상태를 유지할 수 있는 주차제동기능을 갖추어야 하며, 스프링형식의 주차제동장치인 경우에는 수동풀림장치를 갖추어야 한다.

⑤제동장치는 차륜의 미끄럼을 방지하는 기능(이하 "활주방지기능"이라 한다)을 갖추어야 하며, 활주방지기능이 제동기능에 영향을 주어서는 아니된다. 다만, 화차 또는 특수차의 경우에는 그러하지 아니하다.

⑥제동시스템은 철도차량이 운행기능을 상실하여 동일노선을 운행하는 다른 열차 또는 입환 기관차에 의하여 견인되는 경우에도 제동장치가 작동될 수 있도록 하여야 한다.

⑦동력차에는 철도차량운전업무종사자가 제동을 작동시키는 제동제어기기 및 제동상태를 확인할 수 있는 압력계 등이 설치되어야 하며, 승무원이 승무하는 철도차량등에는 비상시 관통제동기를 조작하는 장치 및 제동관 압력을 표시할 수 있는 압력계가 설치되어야 한다.

제65조 (비상제동) ①열차에는 정상적인 제동기능 외에 긴급 상황 시 어느 경우에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 비상제동기능을 갖추어야 한다.

②철도차량운전업무종사자 또는 열차제어장치에 의한 비상제동지령, 열차분리 및 제동제어회로 이상 등과 같은 비정상적인 상황에서 비상제동기능이 자동적으로 작동되어야 한다. 이 경우 건설교통부장관이 정하는 일정시간

이상 제동이 체결된 상태를 유지하여야 한다.
③비상제동하는 때에는 공기 제동력만으로도 열차가 안전하게 정지될 수 있어야 한다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제51조 (제동장치) ①제동장치의 오작동이나 결함이 발생한 경우에도 차량간에 연결되어 있는 배관·전선 및 연결장치 등의 고장이나 승객에게 상해를 입힐 수 있는 충격이 발생되지 아니하여야 한다.

②한 차량의 제동장치가 고장난 경우에도 다른 차량의 제동장치에 의하여 열차의 제동이 가능하여야 하며, 주공기배관은 열차를 관통하는 연속적인 배관이어야 한다.

③제동장치의 각 부품은 운행의 안전에 지장을 주는 흠·균열 또는 기공 등의 결함이 없어야 한다.

④고온 및 고압부와 같이 작동 또는 접근에 주의를 요하는 장치·기기 및 부품에는 사람이 보기 쉬운 위치에 주의표시 또는 보호장치가 있어야 한다.

⑤제동장치는 서리 및 먼지 등 오염물질이 제동제어나 안전작동에 영향을 주지 아니하는 구조이어야 하고, 동파할 경우 열차의 안전운행에 지장을 주는 장치에는 전열기 등 보호장치를 구비하여야 한다.

⑥장치·부품 및 기기간을 격리하는 코크·밸브 및 레버는 식별이 쉬워야 하고, 적절한 위치에 당해 장치의 위치표시 및 작동방향표시가 있어야 한다.

⑦코크·밸브 및 레버는 돌발적인 작동이 되어서는 아니된다.

제52조 (제동성능) ①제동작용시에는 운행노선에 따라 정하여진 감속도가 일정하게 유지되어야 한다.

②정상제동시에는 승객에게 불쾌감을 주는 충격·소음 및 진동이 최소화되어야 한다.

③열차의 비상제동거리는 운행노선에 따라 정하여진 운행최고속도에서 600미터 이내이어야 한다.

④제동장치는 정상제동시 제동작용이 급격히 증가되거나 감소되지 아니하는 구조이어야 하며, 비상제동시에는 마찰제동력만으로 열차를 정지시킬 수 있어야 한다.

⑤제동장치는 활주방지기능을 갖추어야 하며, 활주방지기능이 제동성능에 영향을 주어서는 아니된다.

제53조 (제동작용) ①열차에는 정상적인 제동작용외에 긴급상황시에도 안전하고 신속하게 작동할 수 있는 비상제동기능이 구비되어야 한다.
②비상제동에는 전기지령선이 단선될 경우 전 차량에 비상제동이 자동으로 작용하는 페일-세이프기능이 적용되어야 한다.
③운전자 또는 열차제어장치의 비상제동지령, 주공기압력 부족, 열차분리 및 제동제어회로 이상 등과 같은 비정상적인 상황에서는 비상제동기능이 자동으로 작동되어야 한다.
④주차제동은 도시철도건설규칙 제16조 및 제17조의 규정에 의하여 차량을 유치할 수 있는 선로의 최대구배에서도 공차상태로 열차를 지속적으로 정차할 수 있어야 하며, 별도의 보조장비 없이 제동이 될 수 있어야 한다.
⑤회생제동, 전자기적 제동, 마찰제동 및 기타 다른 제동기능이 독립적으로 또는 혼합되어 작용될 수 있어야 하며, 혼합되어 작용될 경우에는 각 제동기능 사이의 상호작용이 고려되어야 한다.
⑥차량의 중량에 비례하여 제동력을 가감하는 기능을 가져야 하며, 공기스프링의 파손이나 고장시에도 하중보상이 되어야 한다.
⑦제동장치는 차량이 운행기능을 상실한 경우에 동일노선을 운행하는 다른 열차 또는 입환기관차에 의하여 구원제동이 가능하여야 하며, 구원제동시에도 정상제동 및 비상제동이 가능하여야 한다.

제54조 (제동제어) ①제동제어장치는 승객이나 운전자의 오조작에 의한 손상 및 작동을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.
②제동제어장치는 차량이나 궤도설비의 회로로부터의 간섭없이 작동되어야 하며, 입력신호와 출력신호는 전기적으로 분리되어야 한다.
③제동제어장치의 전원은 다른 장치의 전원과 분리되어야 하며, 전력공급선의 전원이 단절되는 경우에도 제어가 가능하여야 한다.
④전원공급의 고장 또는 통신상의 장애가 발생한 경우에도 비상제동작용이 이루어져야 한다.

제55조 (기초제동장치) ①제동마찰재는 불꽃·먼지 및 가스 등의 발생이 적은 재질이어야 하며, 유해물질을 포함하여서는 아니된다.
②제동레버 등 힘을 지탱하거나 전달하는 부품은 충분한 강도를 가져야 한다.
③열차의 전차량 제동후 최종차량의 제동실린더의 압력이 제곱센티미터당 1킬로그램이 되는 순간까지의 제동풀림시간은 8초 이내이어야 한다.
④열차의 비상제동시 제동실린더로 공기가 유입되는 순간부터 제동실린더의 압력이 최대치의 95퍼센트가 되는 순간까지의 제동충기시간은 5초 이내이어야 한다.

제56조 (압축공기 공급장치) ①주공기배관의 최대압력은 제곱센티미터당 10킬로그램을 초과하여서는 아니되며, 정격압력 이내에서의 공기압력의 증가 또는 감소가 제동작용에 지장을 주어서는 아니된다.
②주공기압축기의 설치부분은 충분한 강도를 가져야 하며, 진동을 흡수할 수 있는 구조이어야 한다.
③주공기압축기의 출구 등 과중한 압력이 발생되는 위치에는 안전밸브 등을 설치하여야 하며, 압력의 측정이 필요한 위치에는 압력계를 설치하여야 한다.
④제동장치에 사용되는 압축공기 및 유체는 외부에서 유입되거나 내부에서 발생되는 물 또는 기타 오염물질 등으로부터 영향을 받지 아니하도록 여과장치 등을 갖추어 보호하여야 한다.
⑤압축공기는 안전작동에 필요한 온도 및 습도가 유지되도록 하여야 한다.
⑥주공기압축기는 1대가 고장난 경우에도 정상으로 작동하는 주공기압축기에 의하여 열차운행에 필요한 공기를 공급할 수 있도록 설계하여야 한다.

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 63조 1항
철도차량 안전기준에 관한 규칙 65조 1항, 3항
도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 51조~56조
UIC 734 "Adaptation of safety installations to high-speed requirements" Article 4 & Appendix C
KS C IEC 60631 철도용 전기 설비-전기 역학 및 전자기 제동 시스템의 특성 및 시험

제8조 (차상신호장치) ①규칙 제81조 제1항에서 규정하는 신호차상장치의 신호지상장치와의 적합한 동작을 위하여 다음 각 호의 사항을 모두 포함하여야 한다.

1. 신호차상장치는 선로변에 설치된 궤도회로나 발리스(Balise), 비콘(Beacon), 트랜스폰더(Transponda), 루프(Loop) 등과 같은 정보전송장치와 상호작용이 가능하여야 한다.

2. 최종적인 운전제어정보를 통하여 운행할 선로의 구조적인 제한속도를 초과하는 운전정보를 제공하지 않아야 한다.

3. 신호차상장치는 편성열차의 모든 운전실에 각각 독립적으로 구성하여야 한다.

4. 신호차상장치는 KS C IEC 62278, KS C IEC 62279, IEC 62425, IEC 62280, EN 50155, ENV 50121 등의 안전 및 각 설비별 관련규정 또는 이에 상응하는 규정을 만족하여야 한다.

5. 신호차상장치의 관련규정 또는 이에 상응하는 규정에 대한 만족 여부는 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 증명되어 확인되어야 한다.

②규칙 제81조 제2항에서 규정하는 안전측 동작 기능 및 고장시 경고신호, 보호기능 등은 다음 각 호와 같다.

1. 신호차상장치는 안전측 동작 원리에 따라 설계되어야 하며, 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 이와 같은 내용이 증명되어 확인되어야 한다.

2. 신호차상장치의 고장시 경고신호로는 청각 신호와 시각 신호 모두를 제공할 수 있어야 한다.

3. 신호차상장치는 신호지상설비로부터 잘못된 신호정보가 수신되는 경우에는 차상의 다른 장치로 전달되지 아니하도록 설계·제작되어야 하며, 이는 독립된 검증기관이나 운영기관 등의 객관적인 검증을 통하여 증명되어 확인되어야 한다.

③규칙 제81조 제3항에서 규정하는 신호차상장치 구성은 안전 무결성 등

운영기관의 요구사항을 만족하는 범위에서 단일 장치로의 구성이나 2개 이상의 장치에 의한 여분구성(Redundancy), 결함허용(Fault-tolerant) 장치로의 구성 등이 가능하며, 반드시 이중화 또는 그 이상으로 구성되어야 하는 것은 아니다.

【해설】

영국 Railway Safety Principles and Guidance의 Part 2 section F Guidance on trains 의 93. "열차와 각각의 차량은 신호 및 열차검지시스템에 적합해야 한다. (주 : 안전과 관련된 차량과 궤도간 모든 신호의 상호적합성에 대해 열차운용자와 인프라구조 조정자 사이에 협의가 이루어져야 한다.)" 및 Railway Safety Principles and Guidance의 Part 2 section F Guidance on trains 의 100, "차상장치는 인프라구조 시스템과 장비에 매우 적합해야 한다. 차상시스템은 자기검사기능이 있어야 하며 고장이 검지되었을 때 경보기능이 있어야 한다. 또한 페일-세이프를 바탕으로 설계되어야 하며, 운전자에게 잘못된 신호정보를 보내서는 안 된다."에서 알 수 있듯이 열차운행의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위해서 신호보안장치는 지상의 신호설비와 완벽하게 인터페이스를 통하여 현재의 운행상태 및 앞으로의 운행상태 등을 송수신하여야 한다. 또한 신호보안장치는 고장이 발생하였더라도 운전자에게 잘못된 신호정보를 주지 않고 안전하게 동작하도록 고장여유기법을 이용한 안전측 동작 구조를 가져야 한다. 특히 신호보안장치의 핵심적인 장치인 자동열차제어장치는 높은 신뢰성이 요구되므로 하드웨어와 소프트웨어를 여분의 구조로 구성하여 열차운행의 안전성 및 신뢰성을 충분히 확보하여야 한다. 이를 위해 차상 신호 장치나 열차도어, 비상핸들, 승강장스크린도어, 통신 등 과 같은 장치에서의 고장사항에 대한 특정 운영 규칙을 작성하는 것을 제안한다. 최근 안전이나 가용성의 목적으로 사용되는 바이탈 컴퓨터의 구성은 다음과 같다.

- 단일프로세서의 구조: 단일 프로세서로 된 "안전측 동작" 컴퓨터 하드웨어는 다이버시티와 자가 검진 또는 수치 확보를 안전보장 개념을 통해 데이터의 인코딩을 행함으로써 사용한다. 이 구조는 CPU와 하나의 컴퓨터 장치로 이루어진다. 그러나 가용성의 이유로 두 개의 컴퓨터를 이용한 구성이 일반적이다.

- 검사여분의 구조: 검사여분은 안전보장개념이다. 두 대 이상의 프로세서로 동일한 하드웨어 환경에서 소프트웨어를 실행하고, 결과를 비교하여, 허용된 활동이나 조건이 인식되고 유지되도록 하는 것으로, 안전관점에서 보아서 두 대의 프로세서나 컴퓨터는 시스템에서 양쪽 결과가 일치할 경우 안전하다고 보기 때문이다. 그러나 가용성의 이유로 세 대의 프로세서나 컴퓨터를 이용한 구성이 일반적으로 이용되는데 이 경우, 안전측 동작을 위한 장비는 3대중 2대로 구성되거나 2대중 2대의 마이크로 컴퓨터로 구성한다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제81조 (차상신호장치) ①열차의 안전운행을 위하여 철도차량에 설치된 신호장치(이하 "차상신호장치"라 한다)는 지상의 신호설비와 적합하게 동작되어야 한다.

②차상신호장치는 페일-세이프(Fail-Safe)기능(하나의 장치에 고장이 발생하더라도 당해 고장의 영향이 차단되어 전체 장치가 안전하게 작동할 수 있는 기능을 말한다. 이하 같다)을 보유하고 고장시 경고신호를 제공하여야 하며, 지상신호설비로부터 잘못된 신호정보가 수신되더라도 열차에 전달하지 아니하도록 하는 보호기능 등이 갖추어져야 한다.

③차상신호장치는 하나의 신호장치가 작동되지 아니하더라도 다른 하나의 신호장치가 작동할 수 있는 이중구조로 구성되어야 한다. 다만, 장치의 특성상 불가피한 경우에는 그러하지 아니하다.

철도안전법 관련 조항 원문

제39조 (철도차량의 운행) 열차의 편성, 철도차량운전 및 신호방식 등 철도차량의 안전운행에 관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다. <개정 2008.2.29>

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제69조 (신호보안장치) ①신호보안장치는 지상의 신호설비와 적합하게 동작되어야 한다.

②신호보안장치는 자기진단기능 및 페일-세이프기능을 가져야 하고, 고장시 경고신호를 제공하여야 하며, 잘못된 신호정보를 전달하지 아니하도록 설계하여야 한다.

③자동열차제어장치는 이중구조로 구성하여야 한다.

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 81조

철도안전법 39조

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 69조

KS C IEC 62278

KS C IEC 62279

IEC 62425

IEC 62280

EN 50155

ENV 50121

Railway Safety Principles and Guidance, Part 2 section F (Guidance on trains) 93, 100

제9조 (신호차상장치의 동작) ①규칙 제82조 제1항에서 규정하는 신호차상장치의 운행 전 자체검사 기능에 대한 사항은 다음 각 호와 같다.

1. 신호차상장치의 운행 전 자체검사 기능이란 장치가 목적한 기능을 수행하기 전에 장치 스스로 장치의 이상여부를 검사하는 기능을 말하며, 이는 철도차량의 전원투입과 함께 기동되어 신호차상장치에서 최초로 수행되는 기능이다.

2. 신호차상장치의 운행 전 자체검사 기능이 수행되는 동안에는 신호차상장치 표시기에 이에 대한 내용이 표시되어야 하며, 청각 또는 시각 신호를 동반할 수 있다.

3. 신호차상장치는 운행 전 자체검사 기능 수행중이거나 운행 전 자체검사 기능에 대한 양호한 결과 없이 철도차량의 이동이 가능하게 하지 않아야 한다. 만약에 운행 전 자체검사 기능이 수행중이거나 운행 전 자체검사 기능에 대한 양호한 결과 없이 철도차량의 이동을 위한 조작이 있을 경우에는 즉시 비상제동 출력이 이루어져야 한다.

②규칙 제82조 제2항에서 규정하는 신호차상장치의 과속 방지에 대한 사항은 다음의 각 호와 같다.

1. 신호차상장치는 신호지상설비와 인터페이스 되어 철도차량의 당해 폐색구간에서의 운행 제한속도를 생성하여야 한다. 만약 새로운 폐색구간에 진입한 이후 0.5초 이내에 당해 폐색구간에 대한 제한속도를 생성하지 못한 경우에는 즉시 비상제동인가 출력이 이루어져야 한다.

2. 신호차상장치는 철도차량이 당해 폐색구간의 운행 제한속도를 초과하여 운행되는 경우에는 청각 및 시각 신호에 의한 경보를 출력하여야 한다. 경보 출력과 함께 최대 5초 이내에 적절한 조치가 없을 경우 즉시 제동인가 출력이 이루어져야 하며, 이때 제동인가 출력은 철도차량이 정지할 때까지 유지되어야 한다. 그러나 운영기관별로 운행 형태에 따라 제동인가 출력 이후 철도차량의 운행속도가 당해 폐색구간의 제한속도보다 낮아진 경우에 제동인가 출력을 중지할 수도 있다.

3. 신호차상장치가 제동인가를 출력하는 경우에는 안전한 제동제어 범위에서 상용제동을 우선적으로 선택하여 출력할 수 있으며, 비상제동을 우선하거나 또는 상용제동을 병행할 수 있다.

【해설】

열차의 운행은 운전자의 조작에 따라 신호보안장치와 추진 및 제동장치에 의하여 이루어진다. 하지만 전자파 장애나 장치의 고장 등에 의하여 제한속도 신호를 입력받아야 하는 자동열차제어장치에서 제한속도 신호를 입력받지 못한다면 선행열차와의 추돌 위험성 등으로 인하여 열차운행의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 어렵다. 이러한 경우 열차운행의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 신호보안장치에 제한속도신호가 일정시간 이상 자동열차제어장치로 입력되지 않으면 열차를 정지시켜야 한다. 이에 대한 보다 상세한 규정은 각 노선별 특성에 맞게 운영자가 정하도록 한다.

UIC 734 "Adaptation of safety installations to high-speed requirements" Article 3 & Appendix A에서는 안전한 열차 운행을 위한 운영요구사항을 제시하고 있다. 안전성과 운영의 두 가지 관점에서 내용이 기술되어 있으며, 속도, 기본요구사항, 열차간의 간격제어 (위험한 지점의 보호방법), 고정적으로 설치되어 있

는 지점에서의 보호방법, 예상치 않은 장애물에 대한 대책, 속도제한, 속도제어, 백업시스템 등의 주제를 다루고 있다. 또한 기존시스템에 대한 예시로 독일의 DB, 이탈리아의 FS, 프랑스의 SNCF의 예를 들고 있다.

국내의 경우 KS R 9214 "철도차량-자동열차 제어장치 및 자동 열차 정지장치의 차상제어장치-시험장치"에서 신호차상장치의 동작 및 그 시험방법을 기술하고 있다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제82조 (차상신호장치의 동작) ①차상신호장치는 열차를 운행하기 전에 자체검사를 시행하는 기능을 갖추어야 한다. 다만, 장치의 특성상 불가피한 경우에는 그러하지 아니하다.

②차상신호장치는 운행중 열차의 실제속도가 규정된 제한속도 또는 제한시간을 초과한 경우 열차의 속도를 제어 또는 정지시키는 기능을 가져야 한다.

도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제70조 (신호보안장치의 동작) ①자동열차제어장치는 열차운행을 시작하기 전에 제한속도신호 검지시험을 시행할 수 있는 기능을 가져야 하며, 열차운행중 제한속도신호가 일정시간 이상 입력되지 아니하면 열차를 정지시키는 기능을 가져야한다.

②자동열차제어장치는 제한속도신호와 실제속도신호를 비교하여 실제속도가 제한속도를 일정범위 이상 초과하면 과속으로 판단하여 열차를 제한속도 이하로 감속시키는 기능을 가져야 한다.

③자동열차제어장치는 자동 또는 무인운전시 정하여진 운전방식의 성립조건과 일치하지 아니하면 열차를 정지시키는 기능을 가져야 한다.

④자동열차제어장치는 역전기의 위치와 열차의 운전방향이 일치하지 아니하면 열차를 정지시키는 기능을 가져야 한다.

⑤자동열차제어장치는 속도검지기의 기능을 감시하여야 하며, 고장을 검지한 때에는 열차를 정지시키는 기능을 가져야 한다.

철도차량 운전규칙 원문

제46조 (열차간의 안전 확보) ①열차는 열차간의 안전을 확보할 수 있도록 다음 각 호의 어느 하나의 방법으로 운전하여야 한다. 다만, 정거장 내에서 철도신호의 현시·표시 또는 그 정거장의 운전을 관리하는 자의 지시에 따라 운전하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 폐색에 의한 방법
2. 제66조의 규정에 의한 열차간의 간격을 확보하는 장치(이하 "자동열차제어장치"라 한다)에 의한 방법
3. 시계운전에 의한 방법

②단선(單線)구간에서 폐색을 한 경우 상대역의 열차가 동시에 당해 구간에 진입하도록 하여서는 아니된다.

③구원열차를 운전하는 경우 또는 공사열차가 있는 구간에서 다른 공사열차를 운전하는 등의 특수한 경우로서 열차운행의 안전을 확보할 수 있는 조치를 취한 경우에는 제1항 및 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

제47조 (진행지시신호의 금지) 열차 또는 차량의 진로에 지장이 있는 경우에는 이에 대하여 진행을 지시하는 신호를 현시할 수 없다.

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 82조
도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 70조
철도차량 운전규칙 46조, 47조
UIC 734 "Adaptation of safety installations to high-speed requirements" Article 3 & Appendix A
KS R 9214 "철도차량-자동열차 제어장치 및 자동 열차 정지 장치의 차상제어장치-시험장치"

제10조 (운전자 보안장치 등) ①규칙 제83조 제1항에서 규정하는 운전자 보안장치에 대한 사항은 다음의 각 호와 같다.
1. 운전자 보안장치란 운행중 철도차량운전업무종사자의 졸음·질병 및 부주의

등으로 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위하여 종사자의 반응 입력을 감시하도록 운전실에 설치되는 장치를 말한다.

2. 운전자 보안장치는 철도차량운전업무종사자가 주기적, 또는 지속적으로 반응하도록 하여야 한다.

3. 운전자 보안장치는 최소 5초 이내에 철도차량운전업무종사자의 적절한 반응 입력이 없는 경우 비상제동인가 출력이 이루어져야 한다. 이때 동 지침 제9조 제2항 제3목의 신호차상장치가 제동인가를 출력하는 경우와 같은 제동인가가 가능하다.

4. 운전자 보안장치에 의해 제동이 인가된 후 정지 이전에 적절한 반응 입력이 있는 경우에는 제동을 해제하도록 할 수 있다.

②규칙 제83조 제2항에서 규정하는 동력차의 기록장치에 대한 사항은 다음의 각 호와 같다.

1. 기록장치는 동력 및 동력제어 기능을 보유하여 이동이 가능한 모든 철도차량에 반드시 설치되어야 하며, 독립된 장치 설치가 어려울 경우 여타 장치에서 기록장치 기능을 수행할 수 있도록 하여야 한다.

2. 기록장치는 편성열차의 모든 동력차에 차량단위로 각각 독립적으로 구성하여야 한다.

3. 기록장치에 기록되는 최소 정보로는 운행 전 자체검사 결과, 최초 전원투입 시간, 최종 전원차단 시간 등을 포함하여, 현재속도, 추진전류, 제동 압력, 출입문 상태, 신호차상장치 수신 정보, 신호차상장치 출력 정보, 종합운행제어장치 입출력 정보, 안전스위치 상태 정보 등을 포함하여 기록되어야 한다.

4. 기록장치에 기록되는 모든 정보는 당해 정보가 발생되는 시간정보와 함께 기록되어야 하며, 필요시 관련 정보의 표시 및 분석이 가능하여야 한다.

5. 기록장치에 기록된 정보는 차상의 기록장치 내에 최소 30일 이상, 지상의 기록보관 장소에서 최소 180일 이상 변경 및 손상 없이 보관되어 유지되어야 한다.

【해설】

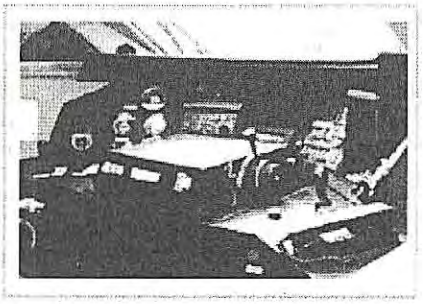
운전실의 운전대에는 운전모드스위치, 비상전원차단, 비상제동 등 많은 기능을 담당하는 입력스위치가 있다. 따라서 운전자가 각 스위치를 쉽게 인지할 수 있도

록 하는 것이 필요하다. 운전모드 선택스위치의 각 모드상태를 확인할 수 있도록 글자 및 발광다이오드를 모드별로 설치한다. 비상제동, 비상제동차단 및 비상전원 차단 스위치는 입력신호를 해제하기 위해서 스위치를 돌려서 해제하는 방법을 사용한다.

차량운행에 직접적으로 영향이 장치나 장비, 즉 자동열차운전 관련기기, 제동장치 및 각종 제어기 등이 고장 시에는 사고를 발생할 수 있으므로 이에 대한 고장신호가 시각 및 청각적으로 표시되어 운전자가 쉽게 식별할 수 있어야 한다. 또한 이에 대한 긴급조치사항을 표시하여야 한다.

운전실에는 청각신호 있으며, 종류는 매우 단순화되어 있다. 운전실내의 소음에 대한 규정은 UIC의 경우 80dB로 규정하고 있으며 최고 속도시는 82dB까지 허용하고 있다. 이러한 소음규정을 감안하여 비상시의 청각신호등이 명백히 들릴 수 있도록 설계하여야 한다.

현재 KTX 및 구형 알코기관차 (3100호대 기관차)에는 운전중 승무원이 졸거나 심장마비 등 갑작스런 신체적 장애로 안전운행이 불가능한 상황을 대비하여 자동운전감시시스템(승무원 졸음방지 페달)이 설치되어 있다. 즉 운전중 승무원이 주제어기 레버, 누름버튼, 졸음방지용 페달 중 어느 하나를 주기적으로 조작하여 신호를 보내어 신체적으로 이상이 없다는 것을 표시하도록 하고 있고 졸음이 1분 이상 계속되어 같은 신호를 보내거나, 그 후 2.5초 이내에 또 신호를 보내지 않을 경우 경보음이 울리고, 그래도 조치를 취하지 않으면 동력차에 전기 공급을 차단하고 비상제동을 체결함과 동시에 CTC 관제실에 무선 송신을 하도록 하고 있다.



<기관사 운전감시시스템>

철도차량 안전기준에 관한 규칙 원문

제83조 (운전자 보안장치 등) ①운전실에는 운전자 보안장치(운행중 철도차량운전업무종사자의 졸음·질병 및 부주의 등으로 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위한 장치를 말한다)가 설치되어야 하며, 철도차량운전업무종사자가 적절하게 반응하지 아니하는 경우 철도차량을 비상으로 정지시킬 수 있어야 한다.

②동력차(동차의 경우에는 제어차에 한한다)에는 운행속도·시간·거리 등 운행중 열차의 주요정보를 연속적으로 저장하는 기록장치를 갖추어야 한다.

교통안전법 관련 조항 원문

제55조 (운행기록등의 보관 및 활용) ①「자동차관리법」 제29조 등 법령이 정하는 바에 따라 교통수단에 운행기록장치 등을 장착하여야 하는 교통수단운영자 중 대통령령이 정하는 자는 당해 교통수단의 운행상황 또는 교통사고상황이 기록된 운행기록지 또는 기억장치 등(이하 "운행기록등"이라 한다)을 일정 기간 보관하여야 한다.

교통안전법 시행령 관련 조항 원문

제44조 (교통안전관리자의 종류 및 직무 등) ② 법 제53조제5항에 따른 교통안전관리자의 직무는 다음 각 호와 같다.

1. 교통안전관리규정의 시행 및 그 기록의 작성·보존
2. 교통수단의 운행·운항 또는 항행(이하 "운행"이라 한다)과 관련된 안전점검의 지도 및 감독
3. 도로조건, 선로조건, 항로조건 및 기상조건에 따른 안전 운행에 필요한 조치
4. 법 제7조제1항에 따른 차량을 운전하는 자 등(이하 "차량운전자등"이라 한다)의 운행 중 근무상태 파악 및 교통안전 교육·훈련의 실시
5. 교통사고원인조사·분석 및 기록 유지
6. 법 제55조제1항에 따른 교통수단의 운행상황 또는 교통사고상황이 기록된 운행기록지 또는 기억장치 등의 점검 및 관리

제45조 (운행기록등의 보관 및 활용) ② 법 제55조제1항에 따라 교통수단의 운행상황 또는 교통사고상황이 기록된 운행기록지 또는 기억장치 등(이하 "운행기록등"이라 한다)을 보관하여야 하는 기간은 다음 각 호와 같다. <개정 2008.2.29>

1. 자동차의 운행기록등 : 6개월

2. 철도차량의 운행기록등 : 1개월(교통사고의 기록이 있는 철도차량의 경우에는 3년)

3. 항공기의 운행기록등 : 「항공법」 제74조의2에 따라 국토해양부장관이 고시한 기간

[근거기준] 철도차량 안전기준에 관한 규칙 83조

교통안전법 제55조 제1항

교통안전법시행령 제44조 제2항, 제45조 제2항 제2목

별첨. 연구성과보고 작성양식

연구성과

① 연구개발성과의 활용 (해당란에 "○"표시)

기업화 완 료	기업화 추진중	2단계 연구추진	선행 및 기초 연 구 활 용	기타목적 활용	연구성과 활용중단

기타목적 활용실적을 선택한 경우 구체적 활용실적을 서술	철도차량 안전기준에 관한 지침으로 고시

② 기업화(기업화 완료 또는 추진중인 경우, 반드시 기재)

업 체 명		기업화 완료( ) 기업화 예정( )	년 월 일
제 품 명		제 품 용 도	
기업화이용유형중 택일(해당란에"∨표시)	신제품개발( ), 기존제품 개선( ), 신공정개발( ), 기존공정개선( ), 기타( )		

③ 기술료 징수(기업화 완료이거나 기술실시계약을 체결한 경우 기재)

징 수 조 건		징 수 현 황	천원(전년도말 현재)

④ 산업재산권(발명특허, 실용신안, 의장, 상표, 규격 등으로 구분하고, 산업재산권명을 세부적으로 전부(건별로)기록,국외인 경우 반드시 국명을 기록)

구 분	산업재산권명칭 (총 건)	국명	출원			등 록			기 타
			출원인	출원일	출원 번호	등록인	등록일	등록 번호	

⑤ 국내외 전문학술지 논문게재(전문학술지명을 세부적으로 전부(건별로)기록하고, 국외인 경우 반드시 국명을 기록)-본 연구과제 수행결과로서 발표하거나 게재한 것만 기재할 것

학술지 명칭(총 건)	제목	년도	호	발 행 기 관	국 명	SCI 여부

⑥ 학 술 회 의 논문발표(학술회의명을 세부적으로 전부(건별로)기록하고, 국외인 경우 반드시 국명을 기록)-본 연구과제 수행결과로서 발표한 것만 기재할 것

학술회의 명칭(총 4건)	제목	년도	호	장 소	국 명

⑦ 실적(1년동안)

수입대체효과 (백만원/년)	수출증대효과 (백만원/년)	매출증대효과 (백만원/년)	생산성향상 효과 (백만원/년)	고용창출효과 (인력양성인원수)	기타

⑧ 향후 기대효과(향후 5년동안)

수입대체효과 (백만원/년)	수출증대효과 (백만원/년)	매출증대효과 (백만원/년)	생산성향상 효과 (백만원/년)	고용창출효과 (인력양성인원수)	기타

⑨ 타 연구개발사업에의 활용

과제발주체(부처)	사업명	과제명	책임자

⑩ 연구성과활용중단 사유

각 항목별 기재내용의 분량이 많을 경우, 별지 사용

9. 차량-전력 인터페이스 안전기준

가. 개요

본 과제의 요구조건은 차량-전력 인터페이스에 관한 세부안전기준을 정립하는 것이다. 건설교통부에서 고시한 철도차량 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호)에는 인터페이스에 관한 사항들이 별도로 규정되어 있지 않다. 본 연구에서는 차량-전력 인터페이스 기준에 대한 국내외 철도차량 발주사양을 조사 분석하여 전체적인 철도 시스템의 설계, 시공, 시험 및 운영 단계에 전체 시스템이 요구 조건에 부합할 수 있도록 철도 전체 시스템의 서브시스템인 차량과 전력 공급 시스템간의 인터페이스 기준 및 해설서를 제시하고자 한다.

차량-전력 인터페이스 안전기준에 대한 설계 요구조건은 다음과 같다.

- 국내 안전기준에 부합할 것
- 국제적 안전기준에 부합할 것
- 인터페이스 책임한계를 구체적으로 제시할 것
- 인터페이스 항목을 상세하게 기술 할 것

나. 이론적 배경

철도차량과 전력시스템 간에는 도체선의 크기와 종류, 접촉선의 인장력, 가공선의 배치 및 구간 등의 인터페이스가 존재한다. 차량-전력 인터페이스에 대한 국내외 관련 규정 또는 기준을 검토하여 차량 운행시 안전을 확보하기 위한 기준안을 제시한다.

다. 국내외 관련 기준

- 유럽 규격(EN) : 규정 내용 없음
- 유럽철도 규격(UIC) : 규정 내용 없음
- 영국 철도 규정(RGS) : 규정 내용 없음
- 미국 연방 철도 법규(CFR Title 49) : 규정내용 없음
- 미국 철도 협회(AAR) : 규정 내용 없음
- 미국 대중 교통 협회(APTA) :규정 내용 없음
- 일본 공업 표준(JIS) : 규정 내용 없음

라. 자료 조사 및 분석

차량-전력 인터페이스 관련 자료 검토 결과 다음과 같은 사항을 도출할 수 있었다.

◦ 국제적으로 CENELEC, UIC, RGS, CFR 등에 아직 규정이 없으며,

◦ 철도 시스템 구축과정에서 인터페이스 관리를 계약에 의해 수행한 사례를 인도 델리 지하철 건설 사업에서 조사해보면 다음과 같다.

- 차량 공급자가 전력, 신호, 통신, 선로, 기지 등 전체 관련 시스템 공급자와 인터페이스 계획에 의거 책임 수행하도록 계약서에서 요구하고 있고
- 인터페이스 항목 및 절차가 포함된 계획서가 수립되어 실제 사업이 성공적으로 수행되었음을 확인하고 있음.

◦ 미국뉴욕지하철의 인터페이스 사전 능력 심사 제도는

- 차량내의 서브시스템 간 인터페이스 수행 능력을 검증하기 위한 절차로서 차량과 전력 공급 등 전체 철도 서브 시스템간의 인터페이스 사례에 적용하기에는 적용 범위가 맞지 않은 것으로 판단된다.

인도 델리 지하철 사례가 실제 그 요구 사항 및 절차에 의해 사업이 성공으로 마무리된 사양서 이므로, 그 사양서 참조하여 인터페이스 기본 절차 및 항목을 규정하여 기준 제정하고, 향후 EN 규격 제정 시 규정 보완하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

분석에 참조된 인도 델리 지하철 사양 자료 및 미국 뉴욕지하철 인터페이스 사전 능력 심사 제도에 대한 상세자료는 부록 3.7.9-1을 참조한다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차량-전력 인터페이스 안전기준

1. 적용 범위 본 규정은 전체적인 철도 시스템의 설계, 시공, 시험 및 운영 단계에 전체 시스템이 요구 조건에 부합할 수 있도록 철도 전체 시스템의 서브시스템인 차량과 전력 공급 시스템간의 인터페이스 안전 기준에 대해서 규정한다.

2. 인터페이스 안전 기준

가. 인터페이스 관리 책임 한계

(1) 차량 공급자는 두 시스템(차량-전력 공급 시스템)간의 인터페이스 관리의 책임이 있다.

(2) 전력 공급 시스템 공급자는 주 시스템간의 인터페이스 관리에서 두 공급자간에 합의한 인터페이스 관리 계획에서 전력 공급 시스템 공급자의 작업 범위를 수행할 책임이 있다.

나. 인터페이스 관리 수행

(1) 인터페이스 관리 일반

(가) 차량 공급자는 두 시스템(차량-전력 공급 시스템)간의 인터페이스 관리계획을 수립하여 전력 공급 시스템 공급자와 합의한 후 철도 시스템 발주자의 승인을 득한 후, 시스템의 수명 주기 동안에 승인된 계획에 의거 인터페이스 관리를 수행하고 종합 관리해야 한다.

(나) 전력 공급 시스템 공급자는 인터페이스 관리계획이 목적에 부합하는 것이 될 수 있도록 계획 수립 과정에서 차량 공급자에 협력하여야 하며, 그 계획에 의거 전력 공급자 책임분을 수행해야 한다.

(2) 인터페이스 관리 계획

(가) 인터페이스 관리 계획은 적어도 아래 사항이 포함되어 작성 되어야 한다.

① 인터페이스 목적

② 인터페이스 책임한계

③ 인터페이스 관리 조직 및 책임자

④ 인터페이스 관리 수행 방법

- 업무 흐름 계통도
- 회의 주기, 효과적인 정보 교환 수단
- 보고 계획

⑤ 인터페이스 항목 관리 목록표

(나) 인터페이스 항목 목록표는 적어도 아래 사항을 고려하여 작성 되어야 한다.

① 모든 인터페이스 항목은 이 목록 표에 포함되어야 함.

② 각 인터페이스 항목은 다음 세부 항목으로 구성됨

- 항목 고유 번호
- 정확한 표현의 필요정보 또는 요구조건
- 정보 제공 목표 날짜
- 정보 제공 현황(미결, 완결 합의)

③ 인터페이스 항목 목록 표는 첨부 양식에 따른다.

(3) 인터페이스 관리

(가) 인터페이스 목록 표는 수행과정에서 차량 -전력 공급자 간에 합의를 거쳐 계속적으로 수정 보완 되어야 하고, 수정 분은 전체 시스템 발주자에게 보고되어야 한다.

(나) 차량 공급자는 인터페이스 정보가 타 서브시스템 공급자(신호, 통신, 선로 등)에게도 필요한 경우, 그 정보를 필요한 서브시스템 공급자에 제공할 책임이 있다.

(다) 각 공급자는 인터페이스 목록의 정보를 정해진 기간 내에 제공할 책임이 있다.

(라) 인터페이스 목록에 없는 항목에 대해서는 각 공급자가 정보를 제공할 책임이 없으므로 모든 필요한 정보는 인터페이스 목록 표에 등록해야 한다.

(마) 인터페이스 목록에 의해 제공된 정보 또는 요구 조건이 만족스럽게 완료 되면 항목에 서명하여 인터페이스 항목이 종료된다.

(사) 매월 두 공급자간에 인터페이스 관리회의를 통해 인터페이스 진행 현황을 정리하여 결과를 전체 시스템 공급자에게 보고하고 승인을 받아야 한다.

(아) 인터페이스 매월 보고서에는 최소한 아래 내용이 포함되어야 한다.

① 인터페이스 정보 교류 일정 준수 현황

② 합의 상호 요구 조건 준수 현황

③ 문제점 및 대책

(4) 차량-전력 공급간 상세 인터페이스 항목

차량-전력 공급자간 상세 인터페이스 항목은 최소한 아래 내용을 포함해야 한다.

(가) 차량 공급자가 전력 시스템 공급자에게 제공해야 하는 정보

① 차량 편성 및 판토그라프 위치

② 예측 POWER FACTOR/B

③ 보조 전원 소비 량/B

④ 차량 중량/B

⑤ 제동 감속도(비상, 상용)/B

⑥ 견인력 선도/B

⑦ 운영 시뮬레이션 결과

⑧ 정격 또는 피크 전류/B

⑨ 판토그라프 관련 상세 정보

- 판토 및 판토HEAD 상세도면/B
- 판토 접촉자 재질/B
- 판토의 무게, 스프링 및 감쇄기/B
- 정적 상방향 힘 및 최대 공력학적 힘(판토)/B
- 차량의 전력 공급의 HARMONIC 정도/B
- 최대 견인 회귀 전력/B
- 회귀 전류 상세/B

⑩ 편성의 전기 단선도

⑪ 제동력 특성곡선

⑬ 추진시스템 구성별 효율

⑭ 차량접지 방안 및 장치

⑮ 전기보호 방안, 장치, 설정값

⑯ 차량의 관성질량

⑰ 주행저항식

(나) 전력공급 시스템 공급자가 차량 공급자에게 제공해야 하는 정보

① 도체선의 크기와 종류/B

② 접촉선의 인장력/B

③ 가공선의 배치 및 구간/B

④ 전력 공급의 HARMONICS 한계/B

⑤ 가공선 높이 및 공차/B

⑥ EMI/EMC 관련정보/B

첨부 : 인터페이스 목록 양식

가. 차량 공급자가 필요한 정보

번호	항목명	요청기한	합의기한	정보 제공		차량공급자 승인		진행 현황
				날짜	변경부호	날짜	변경부호	

나. 전력 공급자가 필요한 정보

번호	항목명	요청기한	합의기한	정보 제공		전력공급자 승인		진행 현황
				날짜	변경부호	날짜	변경부호	

다. 진행 현황은 아래와 같이 분류 기록

① 진행 중

② 정보 제공 지연

③ 승인 대기 중/협의 중

④ 승인 완료-인터페이스 항목 종료

(2) 해설서

철도 시스템이 전철화 율이 점점 높아지고, 철도차량의 견인 제동 제어 시스템을 포함하여 차량의 모니터링 및 제어 컴퓨터와 차량의 안전 운행을 도모하는 신호/통신 시스템 등의 제어가 마이크로프로세서에 의한 자동화가 됨에 따라 시스템간의 인터페이스가 새로운 시스템의 구축 초기의 조기 안정화를 통한 안전을 제고하기 위해 그 중요도가 점점 커지고 있다. 이런 관점에서 철도 산업의 중심축이라 할 수 있는 유럽의 경우, 최근 철도의 타 교통수단 (도로, 항공)에 대한 경쟁력 제고를 위해 철도 시스템의 표준화, 모듈화 연구가 적극적으로 추진 중에 있고, 그 연구의 핵심에는 시스템간의 인터페이스의 표준화를 통한 시스템 초기 투자비용과 초기 시스템 안정화 기간을 단축하고 안전성을 제고하는 노력이 이루어지고 있다. 그러나 그 연구가 대부분 완료 목표가 아직 완료되지 않아 인터페이스에 대한 안전 규정은 아직 제정되지는 못하고 있는 상황이지만 조만간 관련 규정들이 제정될 것으로 예측된다. 아직 국제적인 관련 규정은 없지만, 산업 현장에서는 그 중요성 때문에 인터페이스 관리가 점점 시스템 발주자와 공급자 간의 계약에서 의무화되어 가고 있다.

따라서 본 규정은 그 중요성과 시급성에 부응하여 국제적인 철도 시스템 시장에서 실시되고 있는 검증된 절차를 조사 분석하여 우리의 잠정 규정으로 제정하여 우선 사용해가면서 사용 과정에서의 문제점을 보완해가는 한편, 구제 관련 규정이 설정되면 국제 규정에 따라 필요 시 보완해가기 위해 시행(안)이 설정되었다.

10. 차량-승무원 인터페이스 안전기준

가. 개요

철도차량안전기준에관한규칙(이하 "규칙") 제43조에 의하여 운전실에 갖추어야 할 장치에 대한 차량-승무원 인터페이스 관련 기준에 대한 것을 규정하는 것으로, 국내 상황에 적합한 철도차량 운전자의 운전 공간 확보, 운전대 주요기기 배치 및 운전 가시성 확보를 위한 기준에 대한 초안 및 해설서를 제시하고자 한다.

차량-승무원 인터페이스 안전기준에 대한 설계 요구조건은 다음과 같다.

- 우리나라 실정에 적용가능한 수준인가?
- 세부기준이 명확히 규정되었는가?
- 타 기준들과의 중복성은 없는가?

나. 이론적 배경

운전실은 차량 운전자가 운전대를 대상으로 운전을 하는 공간으로 우선적으로 안전운행을 위한 쾌적한 환경을 구비하기 위해서는 차량 운전자의 신체 치수에 대해 먼저 정의가 있어야 하나, 국내 철도차량에는 아직까지 이에 대한 연구가 진행된 바가 없는 실정이다. 신체치수 및 운전대 설계 및 배치에 대한 관련 국내외 연구자료를 참조하여 차량 운행시 안전에 만전을 기할 수 있는 기준 정립이 요구된다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

○ 철도차량안전기준에대한규칙 제43조 (운전실에 갖추어야 할 장치)

○ 인체치수와 관련된 사항

- 제5차 한국인 인체치수조사사업 보고서(2004.11)
- KS B ISO 3411(2005) 토공기계-운전자 신체치수 및 최소운전공간

(2) 해외 관련 기준 현황

○ 미국 CFR 49 Part 238 객차 안전 238.447 열차 운전실 배치

○ 유럽 UIC 651 철도차량 운전실 배치

차량-승무원 인터페이스 안전기준 관련 국내외 기준 현황은 부록 3.7.10-1을 참조한다.

라. 자료 조사 및 분석

(1) 운전자 운전 공간 확보와 관련된 사항 분석

신체 치수와 관련된 국제 규격으로는 미국 CFR(Code of Federal Regulation) 49 part 238에 미국 여성 5%와 남성 95%가 운전할 수 있도록 규정되어 있으나 상세한 세부치수에 대한 언급은 누락되어 있어 어느 수준의 신체치수인지 알 수가 없다. 그러나 UIC 651(2002)에는 운전자 인체의 주요 부위와 연관시켜 최대, 최소 치수를 규정하고 있고, 국내 KS B ISO 3411(2005)에는 철도차량과는 연관이 없으나 토공기계에 대한 운전자 신체 치수에 대해 전세계 토공기계 운전자를 대상으로 한 신체 치수의 규격화가 이루어져 있으나, 신체 치수에 대한 근거가 불분명한 상황이다. 한국인 체형과 관련된 신체치수는 5년마다의 주기로 국가에서 표본을 추출하여 통계적으로 계산한 한국인 인체치수조사사업 보고서가 2004년에 발간되어 있고, 이것을 UIC 651에 제시된 그림 3-7-29의 신체치수 정의를 기반으로 한국인 표준 신체치수와 비교 분석해 본 결과 아래 표 3-7-11 같은 결과를 얻었다.

표 3-7-11IC 651과 한국인 표준 신체치수와의 비교표

	운전자 구분	a	a^a	b^a	c	d	e	f^a	g^a	h	i
UIC 651	작은체구 운전자	1,600	1,630	1,530	840	740	555	530	425	120	440
	큰 체구 운전자	1,900	1,930	1,805	980	855	660	635	505	180	520
한국 표준	작은 체구(5%)	1,616	1,646	1,530	872	759	530	501	396	129	423
	큰 체구(95%)	1,796	1,826	1,706	972	856	610	576	462	178	510

표 3-7-11 한국인 표준의 작은 체구는 한국인 성인남자(20세~59세)의 5%에 해당하는 인체치수이며, 큰 체구는 95%에 해당하는 인체치수를 평균하여 계산한 것으로 각각의 기호에 대한 정의는 그림 3-7-29와 같다.

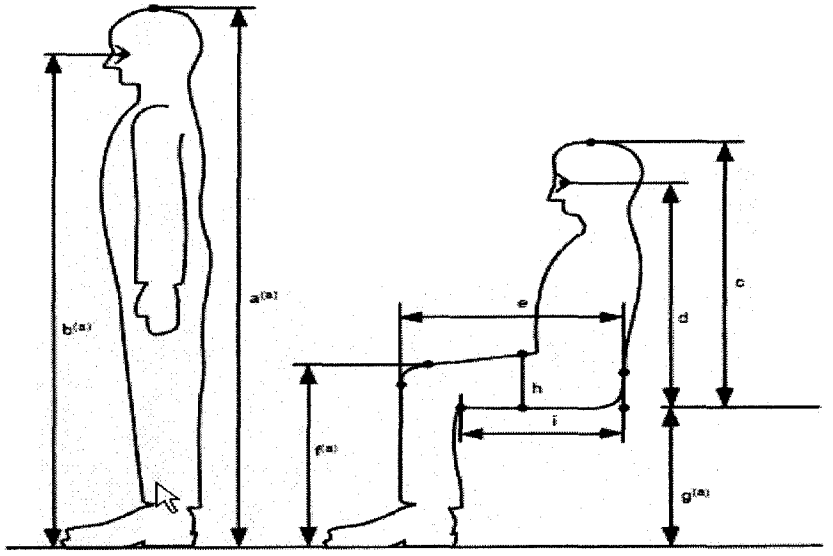


그림 3-7-29 표 3-7-11의 기호에 대한 용어 정의

위 첨자 a : 운전자 신발 치수 30mm 포함

a : 키, b : 눈 높이, c : 앉은 키, d : 앉은 눈 높이,

e : 앉은 엉덩이 무릎 수평길이, f : 앉은 무릎 높이, g : 앉은 오금 높이

h : 앉은 넙다리 높이, i : 앉은 엉덩이 오금 수평길이

표 3-7-11의 결과는 UIC 651의 기준과 비교할 때 치수에 약간의 차이가 있다. 그러나 실제 국내 철도차량 운전자가 요구하는 운전실 공간은 지금보다 넓은 공간을 요구하고 있고, 운전자 의자에 대한 높이 조절 가능 기능을 포함시킬 경우 UIC 651에 규정된 신체치수를 적용해도 크게 무리가 없으며, 향후 철도차량 수출을 고려할 경우 더더욱 국제기준인 UIC 651 기준에 근거한 운전자 주요 신체 치수 및 이에 근거한 운전실 운전대 및 의자배치 공간 치수를 적용하는 것이 무리가 없으리라는 판단으로 본 규격에 적용하는 것으로 하였다.

(2) 운전대 주요기기 배치와 관련된 사항 분석

운전실 운전대 주요기기 배치의 경우 처음에는 각 도시철도차량, 고속철도차량, 동력차 등 차종별로 국내 운전실 기기배치도를 참조하여 운전실 주요장치에 대한 표준화된 배치를 추진하는 것을 고려하였다. 그러나 최근 철도차량 운전실 디자인이 그림 3-7-30~32에 보인 바와 같이 점점 다양화되고 있으며, 국내 철도차량의

경우도 각 운영처별, 년도별로 운전실 기기배치가 상이하게 되는 것이 추세이다. 따라서 규칙 제 43조에 규정된 주요장치에 대해 기능별로 그룹핑하고, 장치별 식별 표시를 의무화시킴으로써, 운전자가 주요 장치의 배치를 쉽게 파악할 수 있도록 제시하는 방향하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한 역전기, 주간제어기 등 손으로 조작해야 하는 운전제어장치에 대해서는 향후 수출을 고려한 UIC 651에서 제시된 운전자의 최적 운동 범위를 고려하여 운전 장치를 배치하도록 규정하는 것이 타당하다.

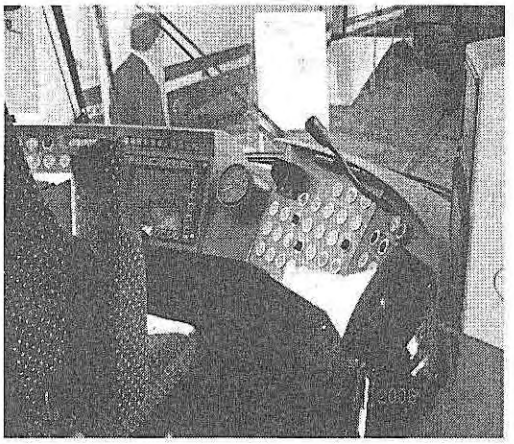


그림 3-7-30 독일 도시간 운행차

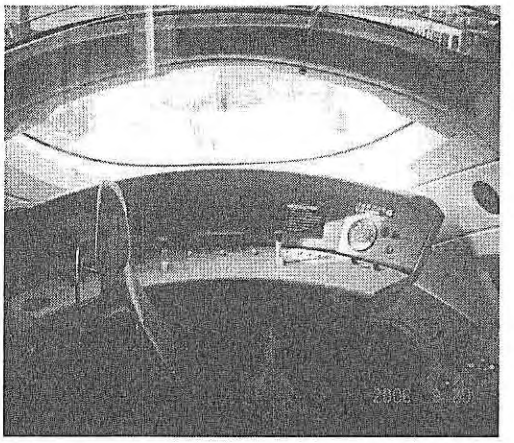


그림 3-7-31 알스톰 경전철



그림 3-7-32 스페인 고속철도

(3) 운전자의 가시성 확보와 관련된 사항 분석

운전자의 가시성 확보의 경우 운전자는 안전운행을 위해 운전대에 설치된 주요 장치를 운전하면서 전방의 신호를 확인해야 할 의무가 있다. 전방의 신호는 지면(하부)에 위치한 것과 궤도 옆 일정한 높이의 신호(상부)가 있게 되며, 이와 관련하여 UIC 651에서는 일정 위치를 제시하고 운전실에서 서 있을 경우와 앉아 있을 경우로 구분하여 운전자 신체 치수를 고려한 운전자 눈 위치의 기준 값을 제시해 전면 유리창과 운전대와의 관계를 가지고 가시성을 확보하여 운전실을 설계하도록 규정하였다. 또한 미국 CFR 규정은 운전자의 가시성 확보를 위하여 전방의 시야를 확보해야 하고, 좌우 접근 물체에 대해 확인 가능해야 하며, 전방 구조의 시야장애를 최소화하는 전면 운전실 설계를 하도록 유도하고 있다.

본 기준에서는 운전사의 신체 조건과 연관시켜 구체적인 수치를 제시한 UIC 규정을 따르는 것이 타당하다고 판단되어 이를 적용하였다. 또한 운전자의 가시성 확보와 관련된 사항은 궤도에 설치된 신호장치 와도 관련되어 있으므로, 추후 제정될 차량-신호 인터페이스 규정의 일부와도 관련되어 있다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차량-승무원 인터페이스 안전기준

가. 적용 범위

본 규정은 철도차량 안전운행에 필요한 운전자의 운전 공간 확보 및 주요 기기 배치, 운전 가시성 확보와 관련된 기준을 규정한다. 단, 무인운전으로 운행되는 철도차량은 본 규정의 적용을 제외한다.

나. 용어 정의

규격에서 사용하는 주요 용어의 정의는 다음에 따른다.

(그림 1 참조)

(1) 작은 체구 운전자 : 철도차량 운전자의 5%가 이 운전자 치수보다 작다.

(2) 큰 체구 운전자 : 철도차량 운전자의 5%가 이 운전자의 치수보다 크다.

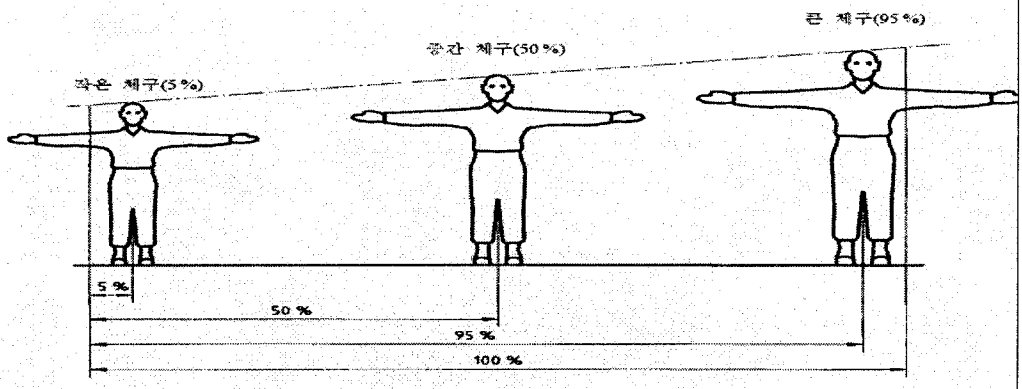
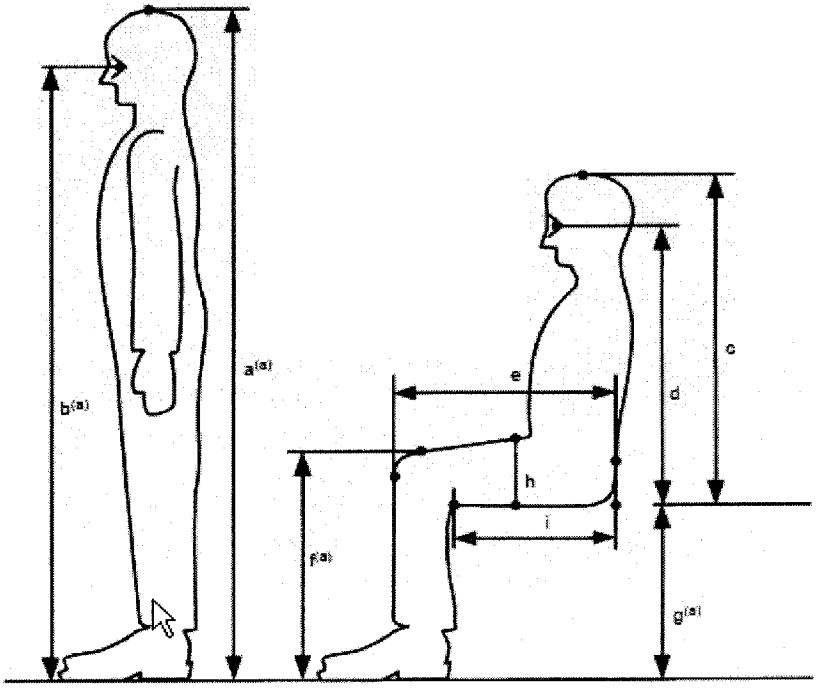


그림 1. 운전자의 치수

다. 운전자의 운전 공간 확보

(가) 운전실 주요 기기 및 의자배치는 작은 체구 운전자와 큰 체구 운전자 사이의 운전자가 앉은 자세에서 편안하게 주요기기를 안전하게 조작할 수 있도록 배치하여야 한다.

(나) 철도차량 운전 공간 확보를 위한 설계기준으로 작은 체구 및 큰 체구 운전자의 서 있을 때와 앉아 있을 때의 주요 인체 치수는 그림 2에 따른다.

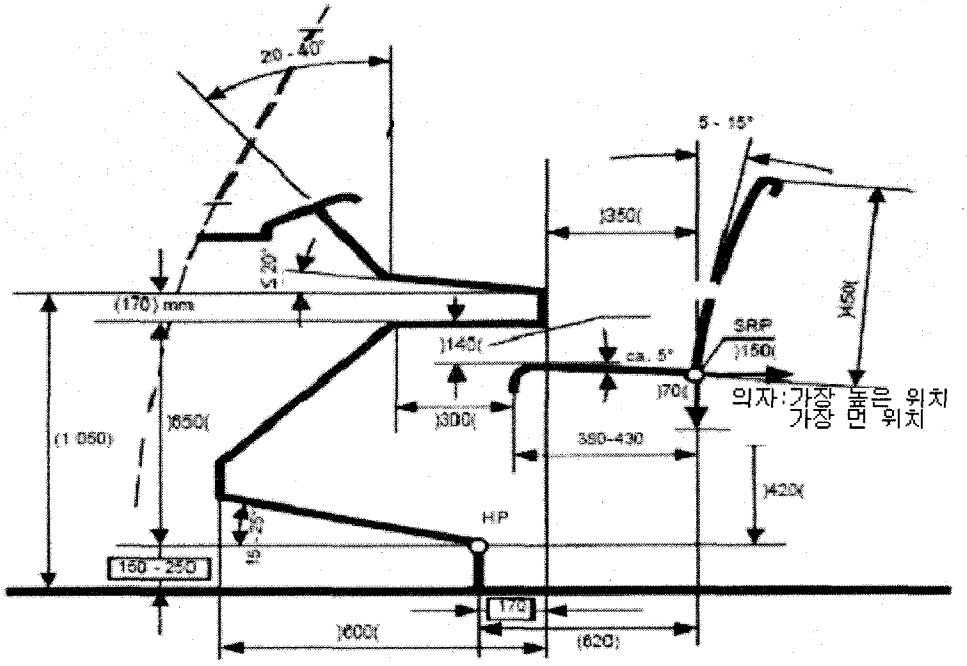


	a	a[a]	b[a]	c	d	e	f[a]	g[a]	h	i
작은체구 운전자	1,600	1,630	1,530	840	740	555	530	425	120	440
큰 체구 운전자	1,900	1,930	1,805	980	855	660	635	505	180	520

a : 운전자 신발 치수 30mm 포함

그림 2 운전자의 주요 인체치수

(다) 운전실 운전대 및 의자 배치는 그림2의 운전자 주요 인체 치수에 근거한 운전자가 앉은 자세에서 편안하게 주요기기를 안전하게 조작할 수 있도록 그림 3에 의거한 공간을 확보할 것을 추천한다.



□ : 권장 치수)-(: 최소 치수 (-) : 최대 치수

SRP(Seat Reference Point) : 의자 기준점 HP(Heel Point) : 발 뒤축기준점

그림 3. 운전실 운전대 및 의자 배치 공간 치수

라. 운전실 운전대 주요기기 배치

가. 운전실 운전대에는 아래의 기능을 가지는 장치를 반드시 갖추어야 한다.

(1) 전·후진 제어 기능

(2) 견인제어 기능

(3) 제동제어 기능

(4) 속도 표시 기능

(5) 신호보안 기능

(6) 출입문 작동 기능(고정편성차량에 한한다)

(7) 집전장치 제어 기능(집전장치가 설치된 철도차량에 한한다)

(8) 열차통신 기능(열차 무선장치를 포함한다)

나. 운전하는 경우 사용되는 모든 장치는 철도차량 운전자의 시야 범위 안에 있어야 하며, 철도차량 운전자가 혼동하거나 어려움 없이 제어할 수 있도록 아래의 기능별로 구분할 수 있도록 배치되어야 한다.

(9) 손으로 조작해야 하는 운전 제어 장치

(10) 눈으로 확인해야 하는 정보 현시 장치

다. 운전실 운전대에 설치된 각종 장치들은 개별 장치의 식별이 용이하도록 표시가 되어야 하며, 철도차량 운전자가 용이하게 조작 및 확인할 수 있도록 조명장치를 설치해야 한다.

라. 운전자가 손으로 조작해야 하는 장치에 대해서는 그림 4에 제시된 최적 운동 범위를 고려하여 운전 장치를 배치해야 한다.

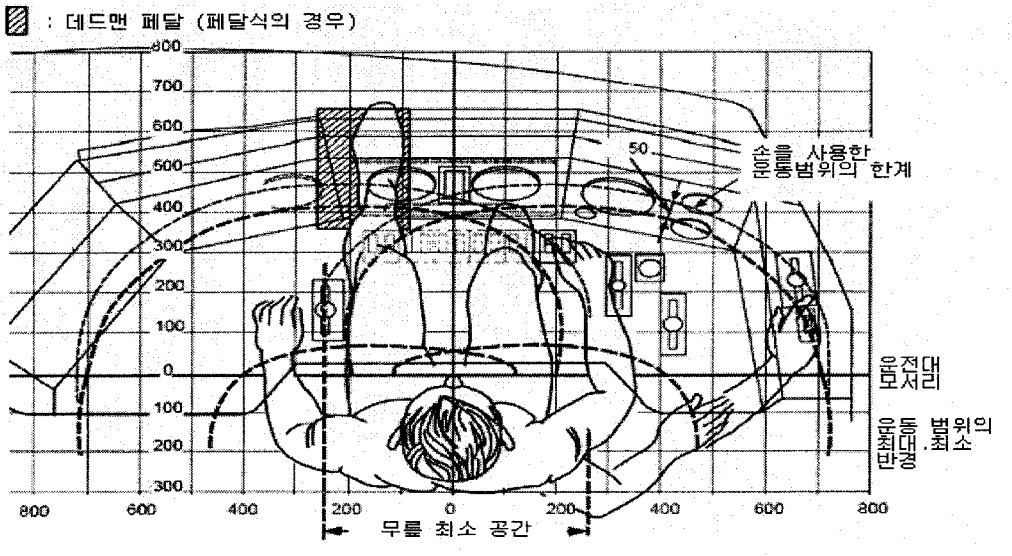


그림 4 손으로 조작 가능한 최적 운동 범위

바. 운전자의 가시성 확보

가. 차량 운행 중 운전자의 가시성을 확보하기 위하여 운전자가 서 있는 자세 또는 앉은 자세에서의 운전자 눈 위치에 근거한 외부 상•하부 신호를 확인하기 위한 가시거리 기준은 그림 3-13-5에 따른다.

(1)상부신호는 차량 버퍼를 기준으로 10m 전방, 궤도 중앙에서 좌우로 2.5m, 주행 면에서 6.3m 높이에 위치한 것으로 한다.

(2)하부신호는 차량 버퍼를 기준으로 15m 전방, 궤도 중앙에서 좌우로 1.75m 에 위치한 것으로 한다.

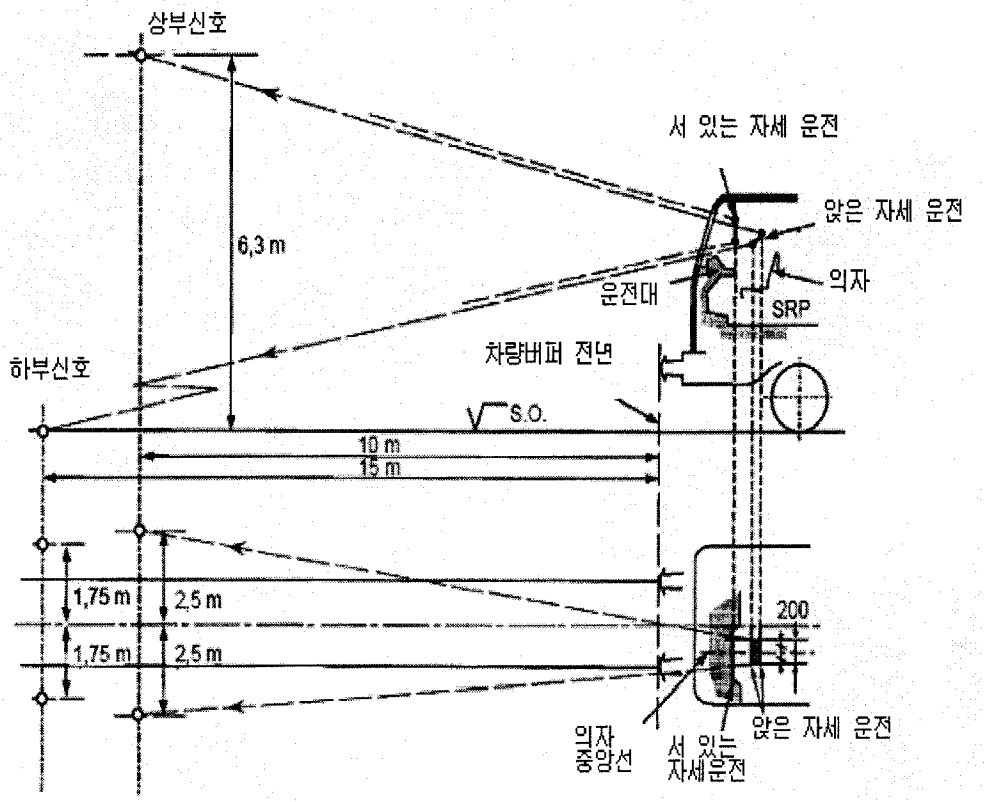


그림 5 운전사 가시거리 기준

나. 그림 5의 가시거리 기준을 확보하기 위한 운전실 내부에서의 운전자가 서 있는 자세 또는 앉은 자세에서의 운전자 눈 위치의 기준 값은 그림 6에 따른다.

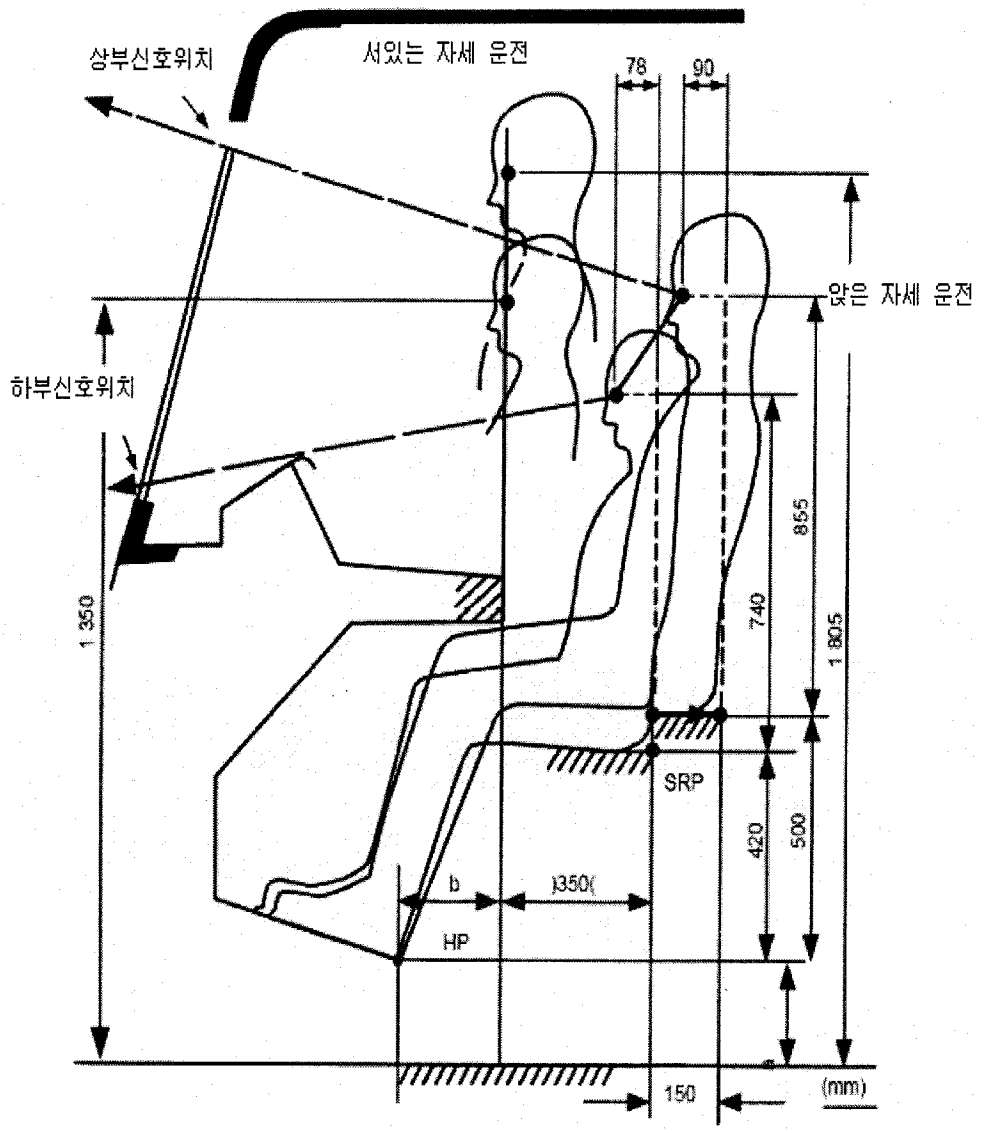


그림 6 운전자 눈 위치 기준 값

(2) 해설서

본 기준은 철도차량안전기준에관한규칙(이하 “규칙”) 제43조에 의하여 운전실에 갖추어야 할 장치에 대한 차량-승무원 인터페이스 관련 기준에 대한 것을 규정하는 것으로, 국내 상황에 적합한 철도차량 운전자의 운전 공간 확보, 운전대 주요 기기 배치 및 운전 가시성 확보를 위한 기준에 대한 세부 내용을 규정함을 목적으

로 한다.

운전실은 차량 운전자가 운전대를 대상으로 운전을 하는 공간으로 우선적으로 안전운행을 위한 쾌적한 환경을 구비하기 위해서는 차량 운전자의 신체 치수에 대해 먼저 정의가 있어야 하나, 국내 철도차량에는 아직까지 이에 대한 연구가 진행된 바가 없는 실정이다. 신체 치수와 관련된 국제 규격으로는 미국 CFR(Code of Federal Regulation) 49 part 238에 미국 여성 5%와 남성 95%가 운전할 수 있도록 규정되어 있으나 상세한 세부치수에 대한 언급은 누락되어 있어 어느 수준의 신체 치수인지 알 수가 없다. 그러나 UIC 651(2002)에는 운전자 인체의 주요 부위와 연관시켜 최대, 최소 치수를 규정하고 있고, 국내 KS B ISO 3411(2005)에는 철도차량과는 연관이 없으나 토공기계에 대한 운전자 신체 치수에 대해 전세계 토공기계 운전자를 대상으로 한 신체 치수의 규격화가 이루어져 있으나, 신체 치수에 대한 근거가 불분명한 상황이다. 한국인 체형과 관련된 신체치수는 5년마다의 주기로 국가에서 표본을 추출하여 통계적으로 계산한 한국인 인체치수조사사업 보고서가 2004년에 발간되어 있고, 이것을 UIC 651에 제시된 신체치수 정의를 기반으로 한국인 표준 신체치수와 비교 분석하여 기준안을 제시하였다.

운전자의 가시성 확보의 경우 운전자는 안전운행을 위해 운전대에 설치된 주요 장치를 운전하면서 전방의 신호를 확인해야 할 의무가 있다. 전방의 신호는 지면(하부)에 위치한 것과 궤도 옆 일정한 높이의 신호(상부)가 있게 되며, 이와 관련하여 UIC 651에서는 일정 위치를 제시하고 운전실에서 서 있을 경우와 앉아 있을 경우로 구분하여 운전자 신체 치수를 고려한 운전자 눈 위치의 기준 값을 제시해 전면 유리창과 운전대와의 관계를 가지고 가시성을 확보하여 운전실을 설계하도록 규정하였다. 운전자의 가시성 확보는 차량-신호 인터페이스 규정의 일부로도 적용될 수 있다고 판단된다.

11. 차량 전기 안전기준

가. 개요

본 기준의 요구조건은 철도차량의 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호)에서 제2장 일반기준의 제2절 전기안전기준에 대한 세부 기준을 정립하는 것이다. 규칙 중 제18조 접지, 제19조 전자기유도장애의 억제와 제43조 운전실에 갖추어야 할 장치의 4항 안전관련장치에 대해 언급하였다.

철도차량에서 전기로 인한 사고는 크게 전기화재, 감전, 운행 중 전기장치 고장으로 인한 사고(충돌, 출입문 오동작, 등) 등을 들 수 있다. 사고 발생빈도와 사상자의 범위등을 고려하여 전기장치의 오동작 및 고장으로 인한 사고를 중점적으로 기술하였다.

차량 전기 안전기준의 설계 요구조건은 다음과 같다.

- 우리나라 실정에 적합한가
- 현재의 기술수준으로 달성가능한가
- 국제규격 및 국내규정에 부합하는가
- 현장 적용성 검증이 가능한가.

나. 이론적 배경

철도차량 안전기준에 관한 규칙 중 철도차량에서 사용하는 전기 장치를 고려하여 분석을 수행하였다.

다. 국내외 관련 기준

(1) 국내 관련 기준 현황

철도 안전법에 근거하여 이미 제정된 관련 법률과 규격에 대하여 조사 검토하였으며, 관련된 사항은 다음과 같다.

<법령>

○ 건설교통부령 제455호 : 철도차량 안전기준 규칙

○ 건설교통부 고시 제2005-438호 : 안전기준 지침

○ 건설교통부령 제413호 : 도시철도차량 안전기준 규칙

○ 건설교통부령 제231호 : 도시철도차량 안전 기준에 관한 규칙

○ 건설교통부령 제82호 : 도시철도차량 관리에 관한 규칙

○ 건설교통부 법률 제7245호 : 철도안전법

<한국산업규격>

○ KS C IEC 60077-1 철도 차량용 전기 설비-제1부:일반 요구 사항

○ KS C IEC 60571 철도 차량용 전자 기기의 개별 요구 사항

○ KS C IEC 61373 철도 차량 설비의 충격 및 진동 시험 방법

○ KS C IEC 62236-3-1 철도용 전기 자기 적합성- 제1부:일반사항

○ KS C IEC 62236-3-2 철도용 전기 자기 적합성- 제3-2부:철도 차량-장치

○ KS C IEC 60695-1-1 화재의 위험성 시험-제1-1부:전기 제품의 화재 위험성 평가 지침-일반 지침

○ KS C IEC 61991 철도용 전기 설비-전기 위험 방지를 위한 보호 대책

○ KS C IEC 60364-4-41 건축 전기 설비-제4-41부:안전을 위한 보호-감전에 대한 보호

라. 자료 조사 및 분석

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 18조 5항 "직류 50볼트, 교류 24볼트 이상의 전기기기는 안전하게 접지되어야 한다." 항목은 감전 및 안전한 접지 등을 위해 보다 세부적인 기준을 제시할 필요가 있다.

특히 안전한 접지를 위해서는 차체와 연결되어 있을 뿐만 아니라 금속외함의 모든 부분과 전기적으로 연결되는 등전위 본딩에 대한 규정이 필요하다. 또한 접지를 고려한 전기장치 케이스의 도장에 대한 규정이 필요하다.

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제43조의 4항에서 규정한 열차운전 및 제동장치 등 안전관련 장치의 고장에 관한 사항이다. 안전관련 장치들은 부정출력이 발생하면 안전측으로 동작해야 하며, 이를 위해 고장이나 오작동을 감지할 수 있어야 한다. 이는 기술적으로 가장 어려운 부분으로 판단되며, 이에 대한 관련 규정의 보완이 필요하다.

또한, 노이즈에 대한 규정의 보완이 필요한데 노이즈에 의한 고장은 고장 상황을 재현할 수 없기 때문에, 고장의 원인을 찾을 수 없고 그에 따라 고장수리도 어렵기 때문이다.

노이즈에 대한 기술적인 또 하나의 어려움은 시험기준을 통과 한다고 해서 해

당 전기기기가 전자파에 대해서 안전하게 정상적으로 동작된다고 할 수 없다. 노이즈에 대한 기준을 통과 한다는 것은 정상적으로 동작 될 확률이 크다는 의미이지 결코 100% 정상적으로 동작 될 수 있다는 의미가 아니다.

노이즈의 특성 중에 하나가 누적 된다는 것이다. 고장의 원인이 되는 노이즈는 한가지 원인에 의한 파형이 아니라 여러 가지 파형이 합쳐서 생긴다. 자연계에 존재하는 화이트 노이즈를 비롯하여, 핸드폰 전파, 방송파, 전기용접, 차량 내부의 노이즈등등이 합쳐져서 일정 값을 넘게 되면 오동작이 발생하는 것이다. 그러므로 전자파에 대한 시험을 통과했다고 해서 그 장치는 전자파에 대해 안전한 장치라고 할 수 없다. 따라서 노이즈의 잡음원을 정의하고 이에 대한 노이즈의 누적을 감안한 규정 보완이 요구된다.

마. 기준 및 해설서

(1) 차량 전기 안전기준

제1조 (목적)

본 기준은 철도안전법 제26조에 의하여 철도차량의 전기사용장치가 안전기준에 적합하기 위한 기술상의 지침을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 (적용범위)

이 기준은 철도차량에서 동력회로, 보조회로, 제어 및 표시 회로 등에서 설치된 전기장치나 장치의 부분품에 적용한다.

제3조 (용어의 정의)

"등전위본딩"이라 함은 등전위를 이루기 위하여 도전성 부분을 전기적으로 연결하는 것

"안전관련장치"이라 함은 철도안전운행에 직접적이고 밀접한 영향을 주는 장치나 부품

제4조 (등전위본딩) 규칙 제18조의 5항에 의해 전기기기의 금속외함은 다음 각 호와 같이 등전위 본딩을 하여 안전하게 접지되어야 한다.

① 50VDC, 24VAC 이상 전기를 사용하는 기기의 금속외함은 고장전류를 흘릴 수 있도록 차체와 전기적으로 연결되어야 한다.
② 등전위 본딩을 위한 나사부와 접속점 및 접속표면은 비도전성 페인트나 기타 유사한 도장이 없어야 하고, 부식에 대한 대책이 있어야 한다.
③등전위 본딩 상태는 1년에 1회 이상 정기적으로 측정해야 한다.
④전기기기에 부착되는 문이나 덮개같이 분리가 가능한 금속 외함은 등전위본딩 상태를 측정 할 수 있도록 제작되어져야 한다.

제5조(안전관련장치의 고장조치 및 방지) 규칙 제43조의 4항에 의한 안전관련 장치의 고장은 다음 각호와 같이 조치되어야 하고 또한 방지되어야 한다.
①안전관련장치가 동작중 고장이 발생할 경우 즉시 조치되어야 한다.
②영업운행 전 안전기능과 관련된 모든 회로가 정상임을 확인하여야 한다.
③전자기유도에 의한 장치의 고장을 방지하기 위하여 안전관련장치는 제4조에 의한 등전위본딩을 하여야 한다.
④안전관련장치에 사용되는 운영 체제(Operating System)는 급작스런 전원 차단에도 문제가 없고 오랜 기간 사용에도 안정적으로 동작되도록 설계된 것을 사용하여야 한다.
⑤습기와 오염으로 인한 고장을 방지하기 위해 프린트 기판 양면에 투명 코팅을 해야 한다
⑥KS C IEC 61373의 충격 및 진동 시험을 만족하여야 한다
⑦장치가 동작하는 주변 외기온도는 영하25도에서 영상40도까지 범위를 만족해야하고 사용환경에 따라 그 이상의 것을 사용하여야 한다. 온도 범위를 만족하는 부품을 장착하기 어려울 경우에는 부품을 동작온도까지 예열 혹은 냉각시킨 후 전원을 인가하여 사용하여야 한다.

제6조(전자기유도장애) 규칙 제19조에 의하여 다음 각 호와 같이 전자기유도 장애에 대한 기준치를 만족해야 한다.
①철도차량에 설치된 기기 또는 장치는 KS C IEC 62236-3-2의 전기자기

기준치를 만족해야 한다. 단 추진 및 보조전원장치와 같이 정상적인 시험이 어려운 경우 전자기 유도 방지를 위한 대책이 있어야 한다.
②철도 차량은 KS C IEC 62236-3-1의 전기자기 기준치를 만족해야 한다.

(2) 해설서

제2조 (적용범위)
이 기준은 철도차량에서 동력회로, 보조회로, 제어 및 표시 회로 등에서 설치된 전기장치나 장치의 부분품에 적용한다.

【해설】

본 기준의 철도차량의 안전기준에 관한 규칙(건설교통부령 제455호)에서 제2장 일반기준의 제2절 전기안전기준에 대한 세부 기준을 정립하는 것이다. 전기에 관한 일반 기준이란 관점이므로, 철도차량의 전기에 관련된 사항 중 다른 기준에서 언급하지 않는 사항에 대해 규정 할 수 있다.

제4조 (등전위본딩) 규칙 제18조의 5항에 의해 전기기기의 금속외함은 다음 각 호와 같이 등전위 본딩을 하여 안전하게 접지되어야 한다.
① 50VDC, 24VAC 이상 전기를 사용하는 기기의 금속외함은 고장전류를 흘릴 수 있도록 차체와 전기적으로 연결되어야 한다.
② 등전위 본딩을 위한 나사부와 접속점 및 접속표면은 비도전성 페인트나 기타 유사한 도장이 없어야 하고, 부식에 대한 대책이 있어야 한다.
③등전위 본딩 상태는 1년에 1회 이상 정기적으로 측정해야 한다.
④전기기기에 부착되는 문이나 덮개같이 분리가 가능한 금속 외함은 등전위본딩 상태를 측정 할 수 있도록 제작되어져야 한다.

【해설】

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제 18조 5항 "직류 50볼트, 교류 24볼트 이상의 전기기기는 안전하게 접지되어야 한다."에 대한 세부적인 시행 내용이다.

감전을 방지하기 위하여 금속외함의 모든 부분은 접지와 전기적으로 연결되어

야 한다. 전기기기가 안전하게 접지되기 위해서는 접지가 차체와 연결되어 고장전류를 흘릴수 있어야 한다. 또한 접지는 차체와 연결되어 있을 뿐만 아니라 금속외함의 모든 부분과 전기적으로 연결되는 등전위 본딩이 되어 있어야 한다. 그러나 외관상 등전위 본딩이 되어 있는 것처럼 보이는 대부분의 장치들이 실제로 등전위 본딩이 지켜지지 않는 경우가 대부분이다. 이는 일반적으로 사용되는 금속외함 연결의 구조에 기인한다.

전기장치의 케이스는 그림처럼 철판A와 철판B가 나사에 의해 연결된다. 연결되는 철판 A와 철판 B는 그림과 같이 비전도성 페인트가 입혀져 있어 물리적으로는 연결되지만 전기적으로 서로 분리되어 있다. 전기적인 연결자 역할을 할 수 있는 나사는 철판B의 암나사 부분과 전기적으로 연결 되지만 철판 A의 페인트로 인해 철판 A와 전기적으로 분리되기 때문이다.

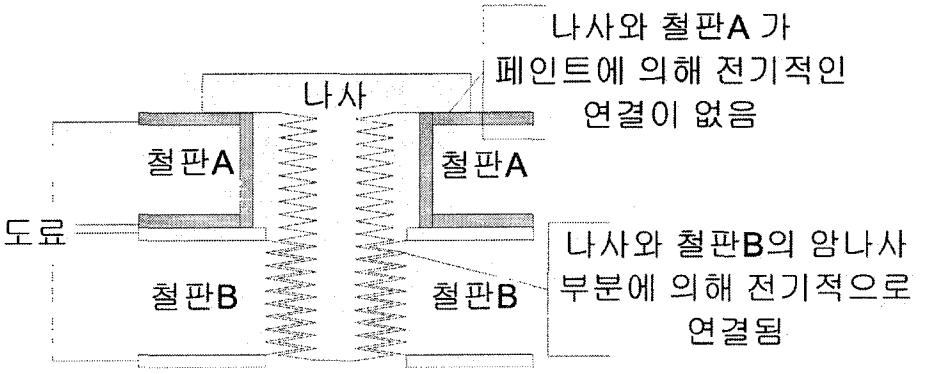


그림 3-7-33 등전위 본딩을 위한 일반적인 케이스 연결 방법

즉, 철판A는 자신에게 입혀진 페인트로 인해 철판 B와 나사와 전기적으로 분리되는 구조이다. 물론 나사를 체결하는 과정에서 철판 A에 입혀져 있는 페인트가 벗겨져 전기적인 연결이 이루어지는 경우가 있지만 측정한 저항값이 0Ω에서 수백Ω 혹은 메가 Ω까지 다양하게 나오고 있다.

등전위 본딩은 두가지 방법중에 한 방법으로 작업되어져야 한다.

첫번째는 등전위 본딩을 위해 케이블을 추가로 설치하는 방법이다. 이 경우는 본딩 상태가 외관상 직접 확인이 가능함으로 유지 관리가 비교적 쉽다.

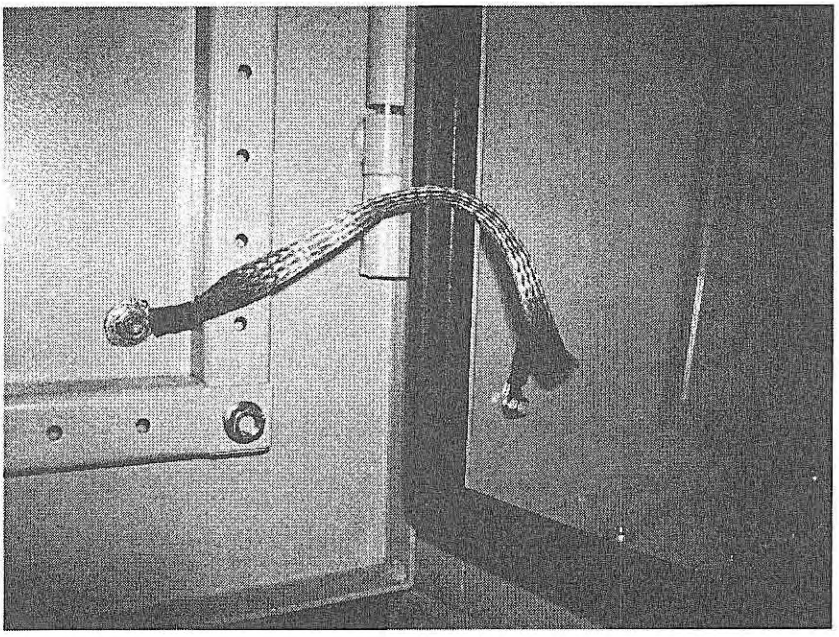


그림 3-7-34 등전위본딩을 위한 케이블 설치

두 번째는 나사부와 접속점 및 접속표면에 비도전성 페인트를 사용하지 않음으로 등전위 본딩 상태를 유지하는 방법이다. 이 경우는 고장전류를 충분히 흘릴 수 있는지에 대해 확인하기 어려워 권장되는 방법은 아니지만 구조적으로 본딩용 케이블 설치가 어렵다거나, 낮은 전압인 경우에 대안으로 사용 될 수 있다.

제5조(안전관련장치의 고장조치 및 방지) 규칙 제43조의 4항에 의한 안전관련 장치의 고장은 다음 각호와 같이 조치되어야 하고 또한 방지되어야 한다.

①안전관련장치가 동작중 고장이 발생할 경우 즉시 조치되어야 한다.

②영업운행 전 안전기능과 관련된 모든 회로가 정상임을 확인하여야 한다.

③전자기유도에 의한 장치의 고장을 방지하기 위하여 안전관련장치는 제4조에 의한 등전위본딩을 하여야 한다.

④안전관련장치에 사용되는 운영 체제(Operating System)는 급작스런 전원 차단에도 문제가 없고 오랜 기간 사용에도 안정적으로 동작되도록 설계된 것을 사용하여야 한다.

⑤습기와 오염으로 인한 고장을 방지하기 위해 프린트 기판 양면에 투명

코팅을 해야 한다
⑥KS C IEC 61373의 충격 및 진동 시험을 만족하여야 한다
⑦장치가 동작하는 주변 외기온도는 영하25도에서 영상40도까지 범위를 만족해야하고 사용환경에 따라 그 이상의 것을 사용하여야 한다. 온도 범위를 만족하는 부품을 장착하기 어려울 경우에는 부품을 동작온도까지 예열 혹은 냉각시킨 후 전원을 인가하여 사용하여야 한다.

【해설】

철도차량 안전기준에 관한 규칙 제43조의 4항에서 규정한 열차운전 및 제동장치 등 안전관련 장치의 고장에 관한 사항이다. 여기서 "안전관련장치"이라 함은 철도안전운행에 직접적이고 밀접한 영향을 주는 장치나 부품을 말한다. 즉 차량에서 전기를 사용하는 장치중 고장이나 일시적인 원인에 의해 잘못된 출력이 발생할 경우, 열차출동사고나 운행중 출입문개폐사고를 유발할 수 있는 장치를 안전관련장치라 정의한다.

안전관련장치는 부정출력이 발생하면 안전측으로 동작해야한다. 차량에서 안전측 동작은 제동으로서 사안에 따라 비상제동과 상용제동을 사용 할 수 있다. 높은 신뢰도를 유지하기 위해 안전관련장치는 ISO 9001에 의거하여 하드웨어와 소프트웨어 설계가 이루어져야 하며, IEC 60605 에 의해 신뢰성 평가를 받아야 한다. 그러나 장치의 높은 신뢰도는 부정출력이 발생하는 횟수를 줄 일수 있지만 부정출력이 전혀 발생되지 않도록 할 수는 없다.

오동작이나 고장과 관련하여 기술적으로 어려운 부분은 운행 중 고장이나 오동작을 하였을 경우에 대한 검출이다. 운행중 고장에 대해 모든 고장을 실시간으로 검출하기는 어렵지만 충돌사고를 일으킬 수 있는 기능에 관한 장치 고장은 반드시 실시간으로 검지 할 수 있어야 한다. 고장을 검지하기 위해서는 먼저 충돌사고에 관련된 하드웨어들이 정의 되어야 한다. 회로 설계 단계에서, 입출력선들을 포함한 모든 하드웨어들을 회로도상에 표기하고 자체 진단이나 감시 기능으로 점검 할 수 부분을 제거해 가다보면, 모든 하드웨어 고장을 검출 할 수 있다.

모든 전기기기들이 사용환경에 적합하게 제작되어져야 하지만 특히 안전관련장치는 사용환경 요구사항이 만족되어져야 한다.

철도차량의 소프트웨어 사용 환경은 윈도우 프로그램처럼 시스템 종료를 위한

절차를 기대하기 어렵다. 기관사가 운전실에 있는 주전원을 차단함으로서 차량내 모든 전원이 바로 차단되는 환경이다. 따라서 차량에 사용되는 운영 체계는 급작스런 전원 차단 환경에 적합한 프로그램을 사용 하여야 한다.

철도 환경은 먼지와 이물질이 장치 내부에에 쉽게 쌓일수 있는 열악한 환경에서 운영된다. 기판위 IC 소자에 쌓여진 먼지는 습기를 축적 할 수 있는 장소가 되고, 습기는 반도체 소자의 핀 사이에 저항을 감소시켜 오동작을 유발하게 한다. 그리고 열차의 제동과정에서 발생하는 쇳가루는 장치 내부에 유입되어 오동작을 유발 할 수 있다. 이를 방지하기위해 프린트 기판 양면에 투명 코팅이 되어야 한다. 단 IC소켓, 시험 포인트, 케넥터 접촉부 등은 코팅을 하지 않는다. 코팅이 않되는 부분은 먼지나 이물질에 영향을 덜 받을 수 있도록 배치 되어야 한다.

제6조(전자기유도장애) 규칙 제19조에 의하여 다음 각 호와 같이 전자기유도 장애에 대한 기준치를 만족해야 한다.
①철도차량에 설치된 기기 또는 장치는 KS C IEC 62236-3-2의 전기자기 기준치를 만족해야 한다. 단 추진 및 보조전원장치와 같이 정상적인 시험이 어려운 경우 전자기 유도 방지를 위한 대책이 있어야 한다.
②철도 차량은 KS C IEC 62236-3-1의 전기자기 기준치를 만족해야 한다.

운행되는 차량에서 발생하는 노이즈에 의한 고장은 다른 고장과 달리 대부분 단발성 고장이다. 대부분의 고장은 고장 상황을 재현 할 수 있거나, 고장난 상태를 분석하여 고장의 원인을 찾고, 그 원인을 제거 할 수 있다. 그러나 노이즈에 의한 고장은 고장 상황을 재현할 수 없기 때문에, 고장의 원인을 찾을 수 없고 그에 따라 고장수리도 어렵다. 운행중에 발생되는 노이즈에 의한 고장은 원인불명으로 판정되어 수리나 회로 보완없이 지나가므로 설계단계에 충분히 반영하는 것이 가장 효과적인 방법이다.

전자기 유도장애를 일으키는 노이즈는 유입 경로에 따라 전도노이즈와 방사노이즈로 분류한다. 전도성 노이즈는 외부와 연결되는 연결선에서 노이즈가 유입됨으로 그에 대한 대책을 비교적 쉽게 세울 수 있다. 외부에서 유입되는 신호선들은 내부회로와 분리하고 필터나 포토커풀러등을 사용하여 필요한 전원이나 신호를

선별적으로 사용한다. 그러나 전파로 유입되는 방사노이즈는 모든 도체가 안테나 역할을 할수 있기 때문에 장치의 모든 도체 부분에 유입된다. 방사노이즈의 대책은 노이즈원으로부터 거리 이격과 차폐에 의한 방법이 가장 효과적으로 사용된다.

노이즈에 대한 기술적인 또 하나의 어려움은 시험기준을 통과 한다고 해서 해당 전기기기가 전자파에 대해서 안전하게 정상적으로 동작된다고 할 수 없다. 노이즈에 대한 기준을 통과 한다는 것은 정상적으로 동작 될 확률이 크다는 의미이지 결코 100% 정상적으로 동작 될 수 있다는 의미가 아니다.

노이즈의 특성 중에 하나가 누적 된다는 것이다. 고장의 원인이 되는 노이즈는 한가지 원인에 의한 파형이 아니라 여러 가지 파형이 합쳐서 생긴다. 자연계에 존재하는 화이트 노이즈를 비롯하여, 핸드폰 전파, 방송파, 전기용접, 차량 내부의 노이즈등등이 합쳐져서 일정 값을 넘게 되면 오동작이 발생하는 것이다. 그러므로 전자파에 대한 시험을 통과했다고 해서 그 장치는 전자파에 대해 안전한 장치라고 할 수 없다.

철도차량에는 내부적으로 전자파 잡음을 일으키는 잡음원이 존재한다. 이 잡음원들이 사용하는 전압은 제어기기들의 동작전압에 비해 훨씬 크기 때문에 내부 노이즈가 효과적으로 차단되지 않는 철도차량의 경우, 상대적으로 작은 전압 신호를 사용하는 제어기기들의 안전한 동작은 거의 기대 할 수 없다.

KS C IEC 62236-1(철도용 전기 자기 적합성-제1부:일반사항)에 철도차량 내부적으로 발생되는 전자파 잡음원 중 영향이 커서 방지책을 세워야 하는 부품들을 서술하였다.

1. 사이리스터, GTO, IGBT 와 같은 통제된 반도체를 사용하는 전력 제어 시스템. 이 시스템은 차량 부품에서 직접 복사를 제공하는 에너지 또는 전력 공급선을 통해 간접 복사를 제공하는 에너지를 생성한다. 가공선은 안테나 역할을 할 수 있다.
2. 견인 차량에 있는 보조 장치는 비교적 높은 전원 정격을 가질 수 있으므로, 잡음원으로 간주해야 한다.
3. 선로와 팬토그래프 사이에(또는 슈와 레일) 측선 접촉. 이 접촉은 무선원의 역할을 하는 일련의 짧은 아크를 통해 이루어진다.
4. 팬토그래프가 올라가거나 내려갈 때 또는 차량 회로 차단기가 닫히거나 열릴 때 발생하는 특수한 경우의 아크와 과도 현상

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

- 총 연구목표 : 동력차 및 분야별 세부안전기준서 개발
- 목표달성도 : 목표대비 100%

연구 목표	연구 실적
1. 철도차량 안전규정체계 구축 연구 - 차량별(기관차/객차/화차) 안전기준 개발 - 일반/고속/도시철도 차량 안전규정 체계화	1. 국가 철도차량 안전관리체계 기본방향 설정 - 차량별(기관차/객차/화차) 안전기준 (안) 작성 - 철도안전법/도시철도법의 차량분야 통합 안전규정 작성
2. 분야별(장치별) 세부 안전기준 개발 - 탈선 안전(차축결함기준 등) - 충돌 안전(차체강도기준 등) - 화재 안전(불연/난연재료 기준 등) - 인터페이스(차량-궤도 등)	2. 분야별 안전 세부지침(안) 및 해설서 작성 (총 43건) - 객차 안전기준 - 동력차 안전기준 - 화차 안전기준 - 객차등의 실내설비의 화재성능 기준 - 철도차량의 소화기 설치 기준 - 열차비상용품 - 철도차량용 화재감지/경보장치 성능기준 - 화재시 탈출 및 대피구조 기준 - 객차등의 전선 화재성능 안전기준 - 차량커튼 화재성능기준 - 객실내 공기질 안전기준 - 표준 충돌사고 시나리오 - 차량실내 충돌안전기준 - 타고오름 방지장치 안전기준

연구 목표	연구 실적
	- 차체 전복강도기준 - 완충차막이 안전기준 - 전두부 충격관통방지 안전기준 - 차체-대차 연결강도기준 - 차종별 하중조건 - 객실의자 안전기준 - 여객용 출입문 강도기준 - 유리창 안전기준 - 객차등의 비상창문 설치 기준 - 연결기 연결부의 형태 - 탈선계수 측정 및 산정 기준 - 철도차량 전복방지 기준 - 주행장치틀의 비파괴검사 기준 - 차륜의 비파과검사 기준 - 차축의 비파과검사 기준 - 윤축용 베어링 안전기준 - 현가장치 안전기준 - 열차의 비상제동거리 - 차량-궤도 인터페이스 안전기준 - 차량-신호 인터페이스 안전기준 - 차량-전력 인터페이스 안전기준 - 차량-승무원 인터페이스 안전기준 - 철도차량 유지관리계획 작성 세부기준 - 철도차량 유지보수 기록관리 세부기준 - 철도차량의 위험도분석 세부기준 - 차량 전기 안전기준 - 철도차량 구조의 제원 산정 기준 - 철도차량의 표기 - 객차등의 기압변화 기준

2. 평가 착안점

- 국내외 관련 안전기준 자료 조사 유무
- 기준 및 해설서 초안 작성 유무
- 국가 철도차량 안전관리체계 구축방안 제시 유무

3. 관련분야 기술발전 기여도

철도안전법과 도시철도법으로 이원화되어 있는 국내 철도차량 안전관리체계를 분석하고 해외 사례조사를 통해 국가가 관리해야하는 영역을 설정하는 것은 승객과 승무원을 직접 수송하는 철도차량의 안전관리에 중요한 일이 된다.

또한, 각 분야별 세부 안전지침서는 국제 수준의 안전기술을 기반으로 국내 안전 기술수준을 반영하여 작성되었으며, 각 분야별 장치별 안전기술 수준을 향상시키게 될 것으로 판단된다.

표준충돌사고각본과 철도차량 위험도분석 세부기준 등 총 13건의 세부기준을 2007년 7월에 국토부장관이 고시하여 고시 이후 발주되는 모든 철도차량에 적용하게 됨으로써 차량안전기술이 크게 발전하게 될 것이며, 철도차량의 전 수명주기에 대해 위험도분석을 적용함으로써 철도차량의 안전기술 향상에 기여할 것이다.

철도차량 화재성능기준은 철도차량 화재안전성을 향상시키고 관련 제작기술의 질적 향상을 유도할 것이며, 현장 측정과 이론적 분석을 통해 철도차량 탑승객수와 이산화탄소 농도사이의 선형적 상관관계를 규명하여 철도차량의 공기질 기준 작성 근거를 마련한 것은 실내공기질 평가기술을 종합적으로 발전시키는 계기가 될 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

○ 철도차량 안전규정체계 구축

- 국내외 안전규정체계 현황에 대한 검토자료로 활용
- 국가 철도차량 안전관리체계 구축을 위한 기초자료로 활용
- 철도안전법과 하위법령의 철도차량 관련 법규정 개정에 활용
- 도시철도법과 철도안전법으로 이원화된 철도차량 안전기준을 일원화하는데 활용

○ 분야별 세부 안전기준 개발

- 철도차량 안전기준에 관한 지침 제·개정에 활용
- 차량 제작사, 철도 건설 및 운영기관의 안전 관련 규격서로 활용
- 차량 안전 및 성능 향상 관련 기술개발의 기초자료로 활용

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 과제를 수행하면서 수집한 해외 자료의 목록을 국가별로 정리하면 다음과 같다.

<영국>

1. Railway Act 1993
2. The Railway (Safety Cases) Regulation 2000
3. The Railway (Safety Cases)(Amendment) Regulation 2003
4. The Railways and Other Transport Systems (Approval of Works, Plant and Equipment) Regulations 1994
5. Railway Safety Principles and Guidance
6. Railway Group Standard code 2003

<일본>

1. 탈선 복구 작업의 근대화
2. 1974년도 발생 사고에 대한 회고
3. 탈선과 주행안전성
4. 탈선 메카니즘의 해명을 위한 차륜 · 레일간 접촉위치 연속 측정장치의 개발
5. Wheelclimb 탈선사고 타파를 위한 연구 개발
6. 탈선 검지 장치의 개발
7. 레일/차륜 사이에 작용하는 전후 클리프력의 차상 측정법
8. 차륜 · 레일간 힘의 계측
9. 윤중횡압 추정식에 의한 타오르기 탈선의 안전성 평가
10. 철도 차량의 횡압과 대책
11. 철도 차량의 탈선 안전성 평가법에 관한 고찰
12. 차륜/레일의 접촉 메카니즘
13. 에이단 지하철 히비야선 나카메구로역 구내 열차 탈선 충돌 사고에 관한 조사(중간보고)의 개요 1,2
14. 차량의 탈선 대책

15. 차량의 탈선 메카니즘
16. 탈선 메카니즘의 연구
17. 윤중, 횡압, 탈선 계수 연속 측정 장치의 개발
18. A Survey of Railway Vehicle Dynamics Research
19. 차량의 운동역학입문-2 제2회 다이나믹스 해석의 수학적 기초
20. 차량의 운동역학입문-13 제13회 윤축의 선형운동방정식(2)
21. 차량의 운동역학입문-21 제21회 윤축, 횡압의 측정법
22. 차량운동 시뮬레이션과 관련된 곡선통과특성의 해석
23. 레일·차륜접촉간제의 환경요소법 해석
24. 궤도와 차량의 상호작용(1)
25. 궤도와 차량의 상호작용(2) 차량구조의 기초
26. 궤도와 차량의 상호작용(5) 윤중변동과 단파장궤도 관리
27. 궤도와 차량의 상호작용(7) 최적의 차륜/레일의 접촉면
28. 궤도와 차량의 상호작용(8) 레일마찰과 shearing
29. 궤도도와 차량의 상호작용(9) 레일의 마모와 shearing
30. 궤도도와 차량의 상호작용(10) 궤도틀림과 차량동요
31. Prediction of the press-fit curve in the assembly of a railway axle and wheel
32. A study of the phenomenon of wheel climb derailment: results of basic experiments using model bogies
33. Different Analyses 해석법을 사용한 차량운동 시뮬레이션 결과의 비교
34. 윤중횡압평가 방정식을 사용한 탈선안전 평가
35. 윤축·궤도간의 접촉기하학에 관련되는 연구 (접촉계산알고리즘의 비교와 분기기에의 적용결과)
36. INTRODUCTION TO RAILWAY VEHICLE DYNAMICS DERAILMENT
37. 철도차량의 레일/차륜간 접촉위치 측정방법과 관련되는 연구
38. 윤중, 횡압, 탈선계수연속측정장치의 개발
39. Research and Development for Eliminating Wheelclimb Derailment Accidents
40. Innovation of Turnout and Switch Machine System-Next Generation Turnout(NGT)

41. Freight car curving performance in braked conditons

42. 일본철도육법(성령 포함)

43. 철도 기술상의 기준 해설서

44. 일본 중대운전사고 기록

45. 일본 운수·철도사고와 사고조사

<미국>

1. 철도안전법(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

2. 연방철도규정(CFR - Title 49 - Subtitle B - Chapter II)

Part 200 Informal rules of practice for passenger service

Part 201 Formal rules of practice for passenger service

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

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

Part 245 Railroad user fees

Part 250 Guarantee of certificates of trustees of railroads in reorganization

Part 256 Financial assistance for railroad passenger terminals

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

<호주>

1. Rail Safety Act 1996
2. INDEPENDENT REVIEW OF RAIL SAFETY ARRANGEMENTS IN AUSTRALIA
3. National Guidelines for Rail Safety Accreditation application
4. AS(Australian Standard) 1530

Method for fire tests on building materials, components and structures

Part 1 : Combustibility test for materials

Part 2 : Test for flammability of materials

Part 3 : Simultaneous determination of ignitability, flame propagation, heat release and smoke release

Part 4 : Fire-resistance tests of elements of building construction

Part 5 : Test for piloted ignitability

Part 7 : Smoke control door and shutter assemblies - Ambient and medium temperature leakage test porcedure

<유럽연합(EU)>

1. 유럽 집행위원회 의결서 - 환유럽 고속철도의 차량 부문 상호운전성에 대한 기술규격(TSI)

2. Trainsafe - Standard for Safety

3. Trainsafe - Research Strategy for Rail Safety in Europe

4. Trainsafe - State of the Art Report

5. Trainsafe - Why do rail accidents happen

6. Trainsafe - Safe Vehicle Structures

7. Trainsafe - Safe Vehicle Interiors

8. Trainsafe - Safe Infrastructure

9. NERA Report - Safety Regulations and Standards for European Railways

10. prEN 45545

prEN 45545-1:1998 : General
(화재노출가능성 및 예상 피해범위별 철도차량의 구분)

prEN 45545-2:2004 : Requirements for fire behaviour of materials and components
(철도차량용 내·외장재료의 화재성능 시험방법 및 기준)

prEN 45545-3:1998 : Fire resistance requirements for fire barriers and partitions
(철도용 방화문의 화재성능 시험방법 및 기준)

prEN 45545-4:2003 : Fire safety requirements for railway rolling stock design
(철도차량 내에서 화원의 체류를 최소화하기위한 설계 기준)

prEN 45545-5:1998 : Fire safety requirements for electrical equipment including that of trolley buses, track guided buses and magnetic levitation vehicles
(전선류 화재성능 시험방법 및 기준)

prEN 45545-6 : Fire control and management systems
(화재감지 및 경보기, 통신체계 등의 관리기준)

prEN 45545-72003 : Fire safety requirements for flammable liquid and flammable gas installations
(기타 인화성 액체 및 기체로 인한 화재안전도 향상 방법)

<기타>

1. 홍콩지하철 실내공기질 가이드라인 : "Practice Note for Managing Air Quality in Air-conditioned Public Transport Facilityies-" Railways" Environmental Protection Department (November 2003)

2. 철도차량 실내공기질 관련기준 UIC Code

- UIC CODE 553 6th edition, Feburary 2004, "Heating, ventilation and air-conditioning in coaches"
- UIC CODE 553-1 2nd edition, October 2005, "Heating, ventilation and air-conditioning in coaches - Standard tests"

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 건설교통기술연구개발사업임을 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
한국철도기술연구원 TEL 031)460-5203

05철도안전B-01

철도차량 안전기준 및 체계 구축<차량화재 안전기준 포함>

■ 발행일 / 2008. 8. 7.
■ 발행처 / 한국철도기술연구원
경기도 의왕시 월암동 360-1
TEL : 031-460-5000(대)
■ 인쇄처 / 성균사