철도안전기술개발사업

- 기획보고서 -

2004. 5

건 설 교 통 부

철도종합안전기술개발사업 요약

□ 사업추진개요

○ 국내 대형철도사고 발생으로 인명·재산피해·복구비용이 막대하며, 영업손실, 대내외적 국가 이미지 추락 등 간접 피해도 심각한 수준임

- 1981년 경산 열차 충돌 사고로 54명 사망, 243명 부상
- 1993년 구포 열차 전복사고로 78명 사망, 163명 부상
- 2003년 대구지하철화재참사 191명 사망, 146명 부상, 직접피해 595억원, 간접피해추정 7,053억원

○ 철도교통에 대한 기술적·사회적·문화적 안전위협요소가 날로 증가추세

- 고속철도개통, 철도구조개혁 등으로 안전 위협요소는 증대하는 반면, 안전불감증은 여전
- IMF 사태 이후 빈부격차증대, 인명경시풍조 등으로 사고 위험요소 증대

○ 현재 수립중인 철도 종합안전대책과 철도안전법(안) 시행을 효율적·기술적으로 뒷받침하여 선진국 수준으로 철도사망사고율을 저감하여야 하나 그 동안 투자가 미흡

○ 선진국의 경우, 국가주도로 철도안전기술개발에 집중 투자

- 미국은 1980년 이후 지속적인 안전연구를 실시하여 1981년 대비 사고빈도를 65% 저감시킴
- 영국은 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)를 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행중이며, 안전체계가 선진화되어있음에도 불구하고 안전 Rolling Plan을 위하여 최근 5년 동안 7개 연구분야, 24개 연구주제에 7500만 파운드(1500억원)를 연구에 투자
- 프랑스, 독일, 일본 등에서도 국가 연구기관 주도로 철도안전 기술개발 및 관리 시스템을 구축 운용 중

⇒ 따라서 선진국 수준의 철도종합안전시스템을 확립할 수 있는 기술개발이 필요

□ 국내 철도안전사고 현황 및 문제점

○ 국내 간선철도 여객수송현황은 매년 감소추세로 2000년 현재 약 1억 1천명 정도이지만, 1인당 탑승거리는 163.95km로 점차 증가하고 있으므로 철도 사고사망률 증가요소 내포

○ '99년도 기준으로 여객수송 10억인·km당 사망자는 한국 10.1명, 일본 1.3명, 프랑스 1.6명, 독일 3.1명으로 여객수송 10억인·km당 사망자를 철도 선진국과 비교하면 약 4.5배 수준

○ 1980년 이후 발생한 대형철도사고를 분석하면 독일은 ICE사고(1건)로 10억 인·km당 사망자 4.3명 발생, 영국은 킹스크로스역의 화재사고(1건)로 10억 인·km당 사망자 1.3명 발생하였으며 프랑스, 일본은 전무한 상태이나, 한국은 10년 주기의 대형철도 사고(3건)로 10억 인·km당 14명의 사망자가 발생하여 선진국에 비하여 높은 대형사고 사망자를 기록함

○ 그럼에도 불구하고 안전의식은 낮고, 안전관리체계 및 안전기술이 선진국에 비하여 낙후

□ 철도안전개선 방향

○ 21세기 철도선진국 진입을 목표로 세계수준의 철도안전을 확보하는 범국가적 철도종합안전체계 구축

- 철도안전 관리체계와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하여 급증하는 기술적·사회적 안전 위협요소에 적극 대응
- 철도시스템에 대한 종합 안전대책과 현재 입법 추진 중에 있는 철도안전법의 효율적·기술적 시행기반 마련

⇒ 선진국 수준의 철도 종합안전시스템 확립으로 **대규모 철도사고를 미연에 방지**

□ 사업의 주요내용

○ 사업목적 : 21세기 철도선진국 진입을 목표로 세계수준의 철도안전을 확보하는 범국가적 철도종합안전체계 구축

○ 사업기간 : 2004년 ~ 2009년(6년간)

○ 총사업비 : 948억원(국고 883억원, 민간·운영기관 65억원)

○ 사업규모 : 국내 기건설된 또는 향후 건설될 일반철도, 고속철도, 도시철도에 대하여 종합안전관리시스템 구축을 목표로 철도안전체계의 구축 및 중대사고 방지 및 안전성능 평가기술의 개발 추진

○ 지원형태 : 출연

○ 지원조건 : 국고 재원부담(제품개발 및 실용화는 민간·운영기관 Matching Fund)

○ 사업시행주체 : 건설교통부, 한국철도기술연구원, 연구·운영기관, 산업계, 학계 등 공동참여

(단위 : 백만원)

사업 기간	총 사업비	주요 사업내용
2004년 ~2009년	94,800 (국고 88,300, 민간·운영기관 6,500)	**ㅇ 철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄** **ㅇ 철도안전체계 구축** - 인적요인 관리체계 구축 - 철도사고 예방안전기준체계 구축 - 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 - 철도안전 정보시스템 개발구축 **ㅇ 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발** - 철도 위험분석 및 위험도 평가도구 개발 - 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발 - 철도 소프트웨어 안전기준체계 구축 - 철도화재 사고방지 평가기술 개발 - 충돌/탈선 사고방지 및 평가기술 개발 - 철도안전 시험평가 기반 구축

※ 현재 입법 추진중인 철도안전법의 '제10조 안전규정, 제22조 철도용품의 품질인증, 제27조 철도차량의 안전기준, 제28조 차량의 성능시험, 제48조 철도사고의 조사, 제57조 철도안전정보체계의 구축'과 직접 연계됨

□ 기대효과

○ 체계적 안전기술 투자로 선진국 수준의 안전관리체계, 안전도평가시험시설, 안전기술개발, 통합안전정보화 달성

- 단기적으로, 『철도안전법』에서 요구하는 안전기준·관리체계와 중대사고 안전관리 프로그램을 개발하여 철도 안전운행체계를 조기에 정착시키고 대형사고를 방지
- 중기적으로, 철도안전도 시험시설·기술을 확보하여 안전평가제도 정착
- 장기적으로, 철도안전법 시행의 효과와 내실을 극대화하고, 국가기반주력산업의 고부가가치 창출 역량을 강화하여 복지사회 구현과 국가 경쟁력을 확보

○ 고속철도개통과 철도산업구조개혁에 대응하는 안전기술기반 마련

○ 대형철도사고예방으로 인명, 재산피해 및 복구비용 절감

- 최근 8년 동안 철도청 피해복구비만 1,705억원(철도청집계)

○ 안전기술개발의 실용화 결과로 경제적 이익 발생

- 인명피해저감의 누적에 따른 경제적 이익이 30년간 약 5조원 이상 발생(연평균 사망자 266명에서 50명으로 감소)
- 제5차 교통안전기본계획 철도안전분야 투자액 3조8천억원 중에서 비효율 요소 5% 제거시 5년간 1,900억원 절감 가능
- 선진국 수준의 철도안전기술 확보로 철도 해외수출 기여(연간 1,000억원 이상의 효과)

○ 철도교통에 대한 대내외 신뢰도 상승

목 차

Ⅰ. 서론 ····· 3
1. 기획연구 추진경위 및 목표 ····· 3
2. 기획연구 범위 ····· 5
3. 기획연구 방법 ····· 7
4. 기획연구 내용 요약 ····· 8

Ⅱ. 국내외 철도사고·안전현황 비교분석 ····· 15
1. 국내외 철도운영 현황분석 ····· 15
2. 국내외 철도사고 현황분석 ····· 16
3. 국내외 대형철도사고 사례 분석 ····· 24
4. 국내 철도안전의 취약점·개선방안 ····· 25

Ⅲ. 국내외 철도안전 기술개발 현황분석 ····· 33
1. 철도안전관리체계 현황분석 ····· 33
2. 철도안전관리기술 현황분석 ····· 52
3. 철도안전도시험시설 현황분석 ····· 63
4. 철도안전기술개발 현황분석 ····· 69
5. 철도안전정보화 현황분석 ····· 81

Ⅳ. 사업내용 도출 ····· 91
1. 안전기술 특징분석 ····· 91
2. 안전기술 도출체계 ····· 92
3. 철도종합안전시스템 개념정립 ····· 95
4. 비전 및 목표 설정 ····· 97
5. 분야별 사업내용도출 ····· 107
6. 사업의 기술체계 ····· 113

Ⅴ. 추진전략 및 체계 ····· 127
1. 추진전략 ····· 127
2. 추진체계 ····· 129

Ⅵ. 총 투자규모 및 세부 사업추진방안 ····· 133
1. 총 투자규모 및 연차별・부문별 투자소요재원 ····· 133
2. 세부 사업추진방안 ····· 134

Ⅶ. 사업 성과물 활용방안 및 기대효과 ····· 141
1. 사업 성과물 ····· 141
2. 활용방안 ····· 142
3. 기대효과 ····· 143
4. 사업의 의의 ····· 145

Ⅷ. 연구사업총괄 세부사업계획 ····· 149
1. 연구사업 총괄 ····· 149

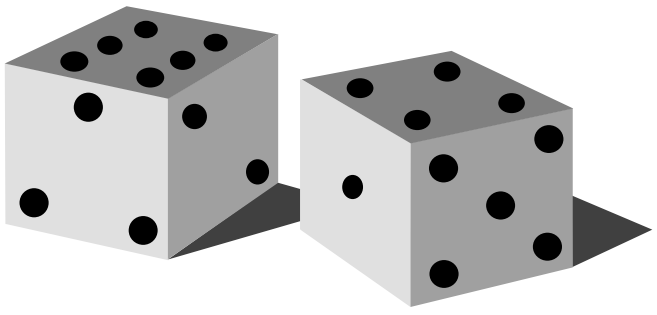
Ⅸ. 철도안전체계 구축 세부사업계획 ····· 157
1. 인적요인 관리체계 구축 ····· 158
2. 철도사고 예방안전기준 체계 구축 ····· 165
3. 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 ····· 172
4. 철도안전 정보시스템 구축 ····· 176

Ⅹ. 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발 세부사업계획 ····· 185
1. 철도 위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가도구 개발 ····· 186
2. 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발 ····· 193
3. 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발 ····· 199
4. 철도화재 사고방지 및 평가기술 개발 ····· 204
5. 충돌 및 탈선안전 기술개발 ····· 211
6. 철도안전시험평가 기반 구축 ····· 218

참고문헌 ····· 223
부록 A. 대구지하철 사고 및 독일 ICE 사고 분석 ····· 227
부록 B. 영국 철도안전연구프로그램 요약 ····· 251
부록 C. 철도 위험원 분석 ····· 281

Ⅰ. 서 론

1. 기획연구 추진경위 및 목표
2. 기획연구 범위
3. 기획연구 방법
4. 기획연구 내용 요약



Ⅰ. 서론

1. 기획연구 추진경위 및 목표

○ 대구지하철 참사로 철도안전에 대한 국민적인 의구심이 고조된 시점에서 대형사고 재발방지와 건강한 선진 복지사회 구현을 추구

○ 국내 철도안전관리 현황과 선진국의 안전대책을 분석하여 세계 일류수준의 철도안전성을 확보할 수 있는 종합적인 기술개발 대책을 마련

가. 추진경위

○ 2001년 12월: 건교부 철도산업구조개혁단 “철도산업구조개혁 대비 철도안전규제 제도개선 방안 연구” 용역,「철도안전법」필요성 제기

○ 2002년 4월: 도시철도 건설·운영기관 기술협의회에서 현 도시철도 안전·방재시스템에 대한 개선을 요구

○ 2003년 2월: 대구지하철 중앙로역 열차방화사고발생 (191명 사망, 146명 부상, 직접피해 595억원, 간접피해추정 7,053억원)

○ 2003년 2월 26일: 대한민국국회, 국가재해·재난방지를 위한 종합안전대책수립 촉구 결의문 채택(국가정책의 최우선순위로 설정할 것을 촉구하고, 제반대책을 수립하여 국회에 제출하도록 함)

○ 2003년 2월 28일: 대한민국국회, 건교부가 제안한 ‘철도안전에 관한 법률’을 의원입법으로 처리하기로 함

○ 2003년 3월 4일: 대통령이 국무회의에서 ‘재난예방관리에 대한 국가시스템과 재난처리 방식의 매뉴얼을 만들 것’을 지시함

○ 2003년 3월: 건설교통부, 건설·교통 안전기획단과 지하철 안전개선기획단 구성 및 활동

○ 2003년 5월 22일 : 「**철도종합안전기술개발사업**」추진계획 결정

○ 2003년 6월: 건설교통부,「철도안전법(안)」의원입법 추진 예정

- 동법 5조 2항 7호에 의하면 철도안전기술의 연구 및 개발에 관한 사항에 대하여 건교부가 5년 단위로 종합계획을 수립하도록 되어 있음

○ 2003년 6월 20일: 건설교통부 건설·교통 안전기획단 '철도분야 개선사항'에서「세계수준의 철도안전을 확보하는 범 국가적 철도안전종합시스템구축」의 필요성을 제기함

○ 2003년 6월 25일: 건설교통부 지하철 안전기획단 발표자료에서「세계수준의 철도안전을 확보하는 철도안전 R&D 사업」의 필요성을 제기함

- 철도분야 안전개선대책에서 철도종합안전시스템을 구축하는 R&D 사업의 필요성이 강조됨

○ 2003년 6월 30일: 건설교통부 건설·교통 안전기획단 '철도분야 개선사항' 보고서 정부에 제출

○ 2003년 8월 31일: 건설교통부 건설·교통 안전기획단 '철도분야 개선사항' 보고서 국회에 제출

- 보고서에 10년 단위의 철도종합안전기술개발 계획을 수립하여 시행하도록 명기함

○ 2003년 6 ~ 12월 : 국가과학기술위원회 심의 및 예산협의('04년 "교통핵심기술개발사업"에 통합하여 정부지원 13억원 인정

○ 2004년 4월 30일 : 「**철도종합안전기술개발사업**」추진방침 결정('04년 신규사업으로 기획했던 사업계획을 조정하여 '05년 신규사업(R&D)으로 추진)

☞ 4개 분야 34개 과제(10년, 4,000억원) → 3개 분야 13개 과제(6년, 948억원)

○ 2004년 현재 : 건설교통부 「**철도안전법(안)**」입법추진(동법 5조2항7호에 의하면 철도안전기술의 연구 및 개발에 관한 사항을 건교부가 5년 단위로 종합계획을 수립하도록 되어 있음)

나. 기획의 목표

○ 세계 일류수준의 철도안전성이 확보되는 철도종합안전시스템 구축 방안 도출

○ 철도안전법(안), 도시철도법 등에서 요구하는 제도적 기술기반과 현장 적용으로 사고율을 저감할 안전관리 시스템 기술 도출

○ 국내외 철도 안전 현황 및 개선 대책을 분석하여 철도안전을 보장하는 기술적 체계 도출

2. 기획연구 범위

○ 국내외 철도사고 현황 및 대책 분석

- 대구지하철 화재사고 분석 및 독일 ICE의 탈선충돌 사고 분석
- 기타 국내외 철도사고 현황 및 대책 분석

○ 철도안전기획단 및 지하철안전기획단 보고서 분석

- 철도안전기획단 보고서의 국내외 철도안전현황 및 장단기 대책 분석
- 지하철안전기획단 보고서의 국내외 철도안전현황 및 장단기 대책 분석

○ 철도안전법(안) 및 도시철도법의 분석

- 추진중인 철도안전법(안)의 안전규정, 철도용품의 품질인증, 철도차량의 안전기준, 차량의 성능시험, 철도사고의 조사, 철도안전정보체계의 구축 등 관련조항 분석
- 도시철도법에 근거하여 제정된 도시철도차량관리에 관한 규칙(표준사양, 성능시험기준, 품질인증기준, 정밀진단지침 등 고시)과 안전기준 분석

○ 선진국의 안전확보 대책 및 기술개발 프로그램 분석

- 미국 철도안전법 US Code 49에 근거한 연방철도국(FRA)의 안전 프로그램과 향후 5년간 철도안전기술 개발사업 분석
- 영국 철도안전법 Railway Act 1993에 근거한 보건안전집행부(HSE)의 철도안전 프로그램 Yellow book과 철도안전표준위원회(Railway Safety & Standard Board)의 5개년 철도안전연구프로그램(Railway Safety Research Program; RSRP) 분석
- 프랑스의 철도안전규정 RGS의 운영 현황 분석
- 일본 철도사업법, 철도영업법, 신간선 특례법 등에 의거한 일본철도국의 안전프로그램 분석

○ 국내 철도안전기술개발 연구 현황 분석

- 도시철도표준화사업의 도시철도차량관리 규칙 및 안전기준 연구와 유지보수체계 표준화/정보화 연구 성과를 최대한 활용하는 방안 강구
- 국가교통핵심기술개발사업 Safe Rail System 기술개발 과제의 '시설 및 구조물의 자연재해 방재 대책' 과 '화재조기탐지 장치 개발 연구' 결과를 본 철도종합안전시스템 구축에 활용하는 방안 강구

○ 국가 기술지도와의 연계성 분석

- 본 기획연구 내용은 국가기술지도-비전 IV 기반주력산업가치창출 중 '차세대 고속철도·지능형 소형도시철도 및 신궤도교통시스템 기술개발'의 핵심기술인 철도안전종합방재기술과 직접 연계됨
- 철도종합안전시스템은 최종적으로 정보시스템 및 검지·계측시스템으로 구축 운영되어야 하므로 IT, NT 기술과 직접 연계되며, 쾌적하고 안전한 교통환경을 구현하는 ET 기술임

3. 기획연구 방법

○ 다양한 전문가 자문

- 기획연구 참여자뿐만 아니라 기술분야별 전문가, 안전기술자문단, 지하철 및 철도 안전기획단 전문가, 철도안전법 실무지원 전문가, 도시철도표준화 사업단의 도시철도법 기술기준 전문가 등이 자문

○ 광범위한 철도안전 자료 분석 및 참조

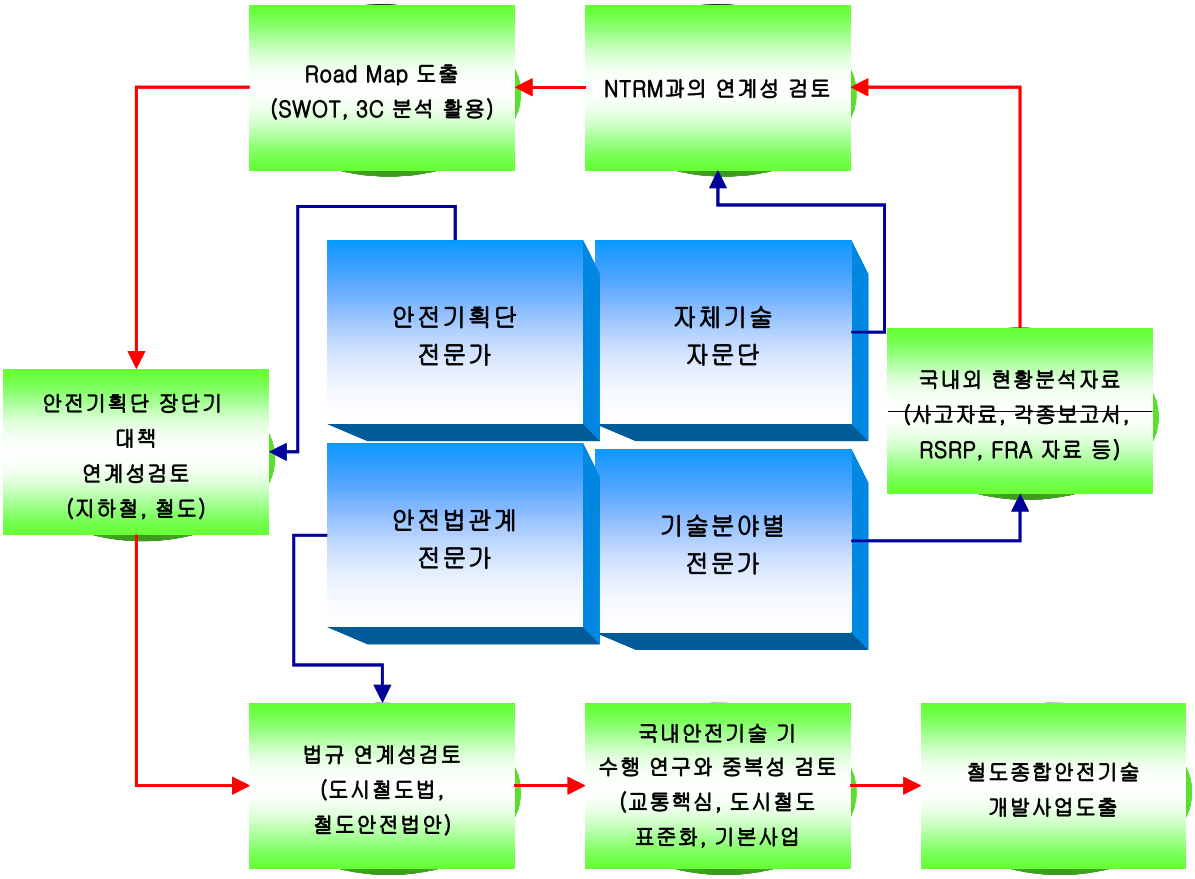
- 2001년 내부 기획연구인 '철도시스템 안전성확보 기획'을 비롯하여, 국내외 각종 철도안전관련 보고서, 영국 철도안전연구프로그램과 미국 연방철도국 연구개발 프로그램 등 외국의 안전기술개발 프로그램, 철도 및 지하철 안전기획단의 보고서 등 광범위한 자료를 분석 및 참조

○ 각종 법규 및 정부의 안전 대책과의 연계성 고려

- 도시철도법 및 철도안전법(안)과의 연계성 고려
- 철도 및 지하철 안전기획단의 장단기 대책과의 연계성 고려
- 정부의 제5차 교통안전기본계획 고려

○ 국가과학기술 기본계획 및 국가기술지도(NTRM)와의 연계성 분석, 기수행과제와의 중복성 배제

- 국가과학기술 기본계획과의 연계성 분석
- 국가기술지도의 철도안전종합방재기술 및 IT, NT, ET 기술과의 연계성 고려
- 도시철도표준화연구사업, 국가교통핵심기술개발사업 등과 차별화 및 시스템적 통합방안 고려



<그림 1.1> 기획연구 추진방법의 개념도

4. 기획연구 내용 요약

○ 철도는 고속전철 도입, 대륙횡단철도의 연결 추진 등으로 가장 유망한 대중교통 수단으로 자리 매김하고 있으나 안전에 대한 투자는 상대적으로 소홀하여 빈번한 사고 발생

○ 그로 인한 국민들의 불신으로 더 이상 종합적인 안전대책을 미룰 수 없으므로, 본 기획 연구를 통하여 다음과 같은 종합적인 철도종합안전기술 개발 사업을 제안

가. 제안 기술개발사업 명

○ “철도종합안전기술개발사업”

나. 추진배경 및 필요성

○ 국내 대형철도사고 발생으로 인명·재산피해·복구비용이 막대하며, 영업손실, 대내외적 국가 이미지 추락 등 간접 피해도 심각한 수준임

- 1981년 경산 열차 충돌 사고로 54명 사망, 243명 부상
- 1993년 구포 열차 전복사고로 78명 사망, 163명 부상
- 2003년 대구지하철화재참사 191명 사망, 146명 부상, 직접피해 595억원, 간접피해추정 7,053억원

○ 철도교통에 대한 기술적·사회적·문화적 안전위협요소가 날로 증가추세

- 고속철도개통, 철도구조개혁 등으로 안전 위협요소는 증대하는 반면, 안전불감증은 여전
- IMF 사태 이후 빈부격차증대, 인명경시풍조 등으로 사고 위험요소 증대

○ 현재 수립중인 철도 종합안전대책과 철도안전법(안) 시행을 효율적·기술적으로 뒷받침하여 선진국 수준으로 철도사망사고율을 저감하여야 하나 그 동안 투자가 미흡

- 현재, 일본에 비해 인·km당 사망자 수는 9배 수준이며, 100만 km당 중대열차사고(사상자 10명 이상 또는 차량탈선 10량 이상)율도 거의 2배(1999년 기준, 한국 0.06건 대비 일본 0.038건) 수준임
- 선진국 수준 도달 시, 연간 266여명인 철도사고 사망자를 50명 이하로 감소 가능

○ 선진국의 경우, 국가주도로 철도안전기술개발에 집중 투자

- 미국은 1980년 이후 지속적인 안전연구를 실시하여 1981년 대비 사고빈도를 65% 저감시킴
- 영국은 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)를 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행중이며, 안전체계가 선진화되

어있음에도 불구하고 안전 Rolling Plan을 위하여 최근 5년 동안 7개 연구분야, 24개 연구주제에 7500만 파운드(1500억원)를 연구에 투자

- 프랑스, 독일, 일본 등에서도 국가 연구기관 주도로 철도안전 기술개발 및 관리 시스템을 구축 운용 중

⇒ **따라서 선진국 수준의 철도종합안전시스템을 확립할 수 있는 기술개발이 필요**

다. 사업의 목적

○ 21세기 철도선진국 진입을 목표로 세계수준의 철도안전을 확보하는 범국가적 철도종합안전체계 구축

- 철도안전 관리체계와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하여 급증하는 기술적·사회적 안전 위협요소에 적극 대응

- 철도시스템에 대한 종합 안전대책과 현재 입법 추진 중에 있는 철도안전법의 효율적·기술적 시행기반 마련

⇒ 선진국 수준의 철도 종합안전시스템 확립으로 **대규모 철도사고를 미연에 방지**

라. 사업 내용

○ 사업기간 : 2004년 ~ 2009년(6년간)

○ 총사업비 : 948억원(국고 883억원, 민간·운영기관 65억원)

- 연차별 투자계획

구 분	**합 계**	'04년도	'05년도	'06년도	'07년도	'08년도	'09년도
계	**948**	**(13)**	**100**	**182**	**251**	**240**	**162**
국고	**883**	(13)	100	182	244	208	136
민간	**65**	-	-	-	7	32	26

※ '04년도 사업비는 국가교통핵심기술개발사업에 포함

○ 사업규모 : 국내 기건설된 또는 향후 건설될 일반철도, 고속철도, 도시

철도에 대하여 종합안전관리시스템 구축을 목표로 철도안전체계의 구축 및 중대사고 방지 및 안전성능 평가기술의 개발 추진

○ 지원형태 : 출연

○ 지원조건 : 국고 재원부담(제품개발 및 실용화는 민간·운영기관 Matching Fund)

○ 사업시행주체 : 건설교통부, 한국철도기술연구원, 연구·운영기관, 산업계, 학계 등 공동참여

(단위 : 백만원)

사업 기간	총 사업비	주요 사업내용
2004년 ~2009년	94,800 (국고 88,300, 민간·운영기관 6,500)	**○ 철도안전 시스템엔지니어링 및 사업총괄** **○ 철도안전체계 구축** - 인적요인 관리체계 구축 - 철도사고 예방안전기준체계 구축 - 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 - 철도안전 정보시스템 개발구축 **○ 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발** - 철도 위험분석 및 위험도 평가도구 개발 - 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발 - 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발 - 철도화재 사고방지 평가기술 개발 - 충돌/탈선 사고방지 및 평가기술 개발 - 철도안전 시험평가 기반 구축

※ 현재 입법 추진중인 철도안전법의 '제10조 안전규정, 제22조 철도용품의 품질인증, 제27조 철도차량의 안전기준, 제28조 차량의 성능시험, 제48조 철도사고의 조사, 제57조 철도안전정보체계의 구축'과 직접 연계됨

마. 사업 기대효과

○ 체계적 안전기술 투자로 선진국 수준의 안전관리체계, 안전도평가시험시설, 안전기술개발, 통합안전정보화 달성

- 단기적으로, 『철도안전법』에서 요구하는 안전기준·관리체계와 중대사고 안전관리 프로그램을 개발하여 철도 안전운행체계를 조기에 정착시키고 대형사고를 방지
- 중기적으로, 철도안전도 시험시설·기술을 확보하여 안전평가제도 정착
- 장기적으로, 철도안전법 시행의 효과와 내실을 극대화하고, 국가기반주력산업의 고부가가치 창출 역량을 강화하여 복지사회 구현과 국가 경쟁력을 확보

○ 고속철도개통과 철도산업구조개혁에 대응하는 안전기술기반 마련

○ 대형철도사고예방으로 인명, 재산피해 및 복구비용 절감

- 최근 8년 동안 철도청 피해복구비만 1,705억원(철도청집계)

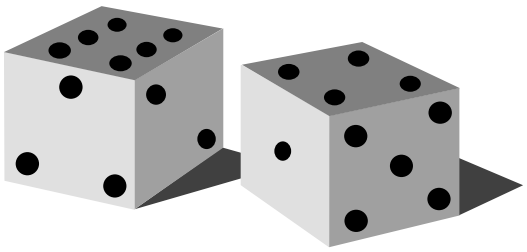
○ 안전기술개발의 실용화 결과로 경제적 이익 발생

- 인명피해저감의 누적에 따른 경제적 이익이 30년간 약 5조원 이상 발생(연평균 사망자 266명에서 50명으로 감소)
- 제5차 교통안전기본계획 철도안전분야 투자액 3조8천억원 중에서 비효율 요소 5% 제거시 5년간 1,900억원 절감 가능
- 선진국 수준의 철도안전기술 확보로 철도 해외수출 기여(연간 1,000억원 이상의 효과)

○ 철도교통에 대한 대내외 신뢰도 상승

Ⅱ. 국내외 철도사고·안전현황 비교분석

1. 국내외 철도운영 현황분석
2. 국내외 철도사고 현황분석
3. 국내외 대형철도사고 사례분석
4. 국내 철도안전의 취약점·개선방안



Ⅱ. 국내외 철도사고·안전현황 비교분석

1. 국내외 철도운영 현황분석

○ 국내철도의 영업연장은 주요 철도선진국의 1/10 수준

<표 2.1> 연도별 국내 철도운영 현황(단위: km, ▽: 감소)

구 분	1975	1985	1990	1996	2000	연평균 증가율
궤도연장	5,619	6,229	6,435	6,559	6,706	0.72%
영업연장	3,144	3,129	3,091	3,120	3,123	▽0.04%
복선연장(비율)	563(17.9%)	764(24.5%)	847(27.4%)	901(28.9%)	938(30%)	2.16%
전철연장(비율)	414(13.2%)	432(13.8%)	525(17%)	577(18.5%)	667(21.3%)	2.15%

<표 2.2> 주요선진국과의 철도운영 현황 비교(2000년 기준)

국 가	영업연장	복선화율(%)	전철화율(%)	CTC율(%)
한 국	3,123km	30%	21.3%	42%
일 본	20,150km	40%	60%	67%
프랑스	31,851km	50%	45%	66%
독 일	40,826km	45%	49%	56%

※ 자료 : 철도통계연보, 각년도, (철도청)

○ 철도현대화의 지표라 할 수 있는 영업연장 대비 복선화율(30%), 전철화율(21.3%) 및 CTC율(42%)은 선진국의 절반수준이며 개선속도도 낮음

- 열차충돌, 신호 및 궤도장애, 건널목사고 등의 사고 위험요인이 높은 수송환경으로 사고사망율 증가요소 상존

<표 2.3> 연도별 국내 간선철도 여객수송 현황

구 분	1978	1983	1988	1993	1998	1999	2000
이용객(백만인)	182.94	153.71	141.28	152.01	120.10	119.07	115.91
총인km(억인 · km)	165.87	160.73	191.52	224.53	190.35	192.08	190.04
1인당 탑승거리(km)	90.69	104.57	135.56	147.71	158.49	161.32	163.95

※ 자료 : 철도통계연보, 각년도, (철도청)

○ 국내 간선철도 여객수송현황은 매년 감소추세로, 2000년 현재 약 1억 1천명이나, 1인당 탑승거리는 163.95km로 점차 증가 <표 2.3>

- 사고사망율 증가요소 내포

2. 국내외 철도사고 현황분석

가. 국내외 철도사고 사상자 발생현황('96~'99)

○ 국내외의 사고 발생 통계자료에 근거하여 철도사고 사망자 발생 수준 비교

- 우리나라는 선진국과 비교하여 많은 철도사고 사망자 발생

○ '99년도 기준으로 여객수송 10억인 · km당 사망자는 한국 10.1명, 일본 1.3명, 프랑스 1.6명, 독일 3.1명

- 여객수송 10억인 · km당 사망자를 철도 선진국과 비교하면 약 4.5배 수준 <표 2.4><그림 2.1>

<표 2.4> '96～'02년 사이의 국내외 철도사고에 의한 사망자 발생현황

국가	연도	철도사고 사망자		
		사망자수	여객수송량[1] (억명 · km)	사망률 (/10억명 · km)
프랑스[2]	1996	136	595	2.3
	1997	117	616	1.9
	1998	138	642	2.2
	1999	106	663	1.6
	2000	122	696	1.7
독일[2]	1996	252	760	3.3
	1997	235	739	3.2
	1998	325	724	4.5
	1999	230	736	3.1
	2000	225	751	3.0
영국[3]	1996	90	389	2.3
	1997	109	410	2.7
	1998	90	420	2.1
	1999	102	460	2.2
	2000	102	470	2.2
일본[4]	1996	487	4,021	1.2
	1997	470	3,953	1.2
	1998	474	3,889	1.2
	1999	482	3,851	1.3
	2000	427	3,845	1.1
평균				**2.2**
한국[5]	1996	366	296	12.4
	1997	352	301	11.7
	1998	337	330	10.2
	1999	289	286	10.1
	2000	233	278	8.4
	2001	216	292	7.4
	2002	237	287	8.3
평균				**9.8**

※ 1) 외국의 여객 수송량은 「숫자로 보는 일본철도 2003(국토교통성 철도국)」, 한국은 철도청 통계를 따랐다.

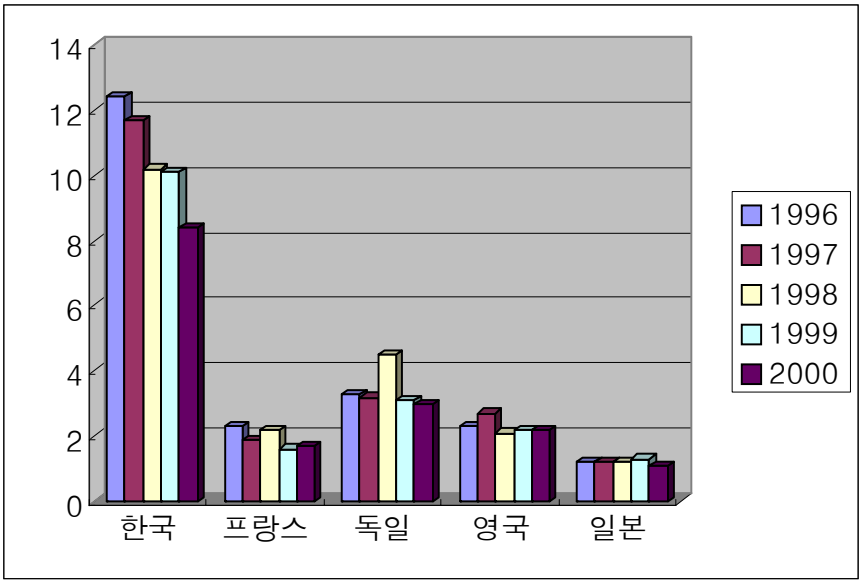
2) 프랑스와 독일의 철도사고 사망자 통계는 EC에서 발행되는 통계보고서인 EUROSTAT theme 7 Transport「Panorama of Transport – Statistical overview of transport in the EU Part2 (Data 1970-2001)」112페이지(UIC통계 기준) 인용

3) 영국의 사망자 통계는 RSSB(Railway Safety & Standard Board)에서 매년 발간하는 안전성능보고서(2002/2003) 인용

4) 일본의 사망자 통계는 「숫자로 보는 일본철도 2003(국토교통성 철도국)」인용

5) 한국의 사망자 통계는 「철도사고사례집(철도청 2003, 10)」인용

○ 철도 선진국 및 국내에서 1996년 이후 발생된 철도사고 발생 현황을 분석하면 전반적인 운전보안설비 개량, 노후차량 교체, 선로구축물 유지관리 개선 등 철도시설 현대화로 운전사고, 운전장애 및 사상사고의 발생건수는 세계적으로 지속적인 감소 추세



<그림 2.1> 사망자수(10억 인 · km당) 비교

나. 최근 5년간 국내 철도사고 발생현황 분석

<표 2.5> 최근 5년간 국내 운전장애사고 발생 통계

구 분 \ 년 도	'96	'97	'98	'99	'00	평균
운전장애사고	731	625	450	476	445	545.4

※ 자료 : 철도산업구조개혁 대비 철도안전규제 제도개선방안 연구, 2001. 12, (건교부)

○ 최근 5년간 국내 철도사고 발생통계에서 운전장애에 의한 사고건수는 평균 545.4건으로 가장 크게 나타나 대형철도사고 가능성 상존

○ 차량 탈선, 송전 등 전력관련 고장, 시설 보안장치고장 등 장기 열차지연이나 대형 열차사고를 초래할 수 있는 중요한 운전장애사고는 크게 감소하지 않음

○ 운전장애 발생원인

- 차량고장 연평균 282건(운전장애사고의 51.7%)
- 선로장애 연평균 79.2건(14.5%)
- 차량탈선 연평균 45.4건(8.2%)
- 보안장치고장 연평균 29건(5.3%)
- 선로고장 14.8건(2.7%), 송전장애 14건(2.6%), 차량파손, 차량화재, 열차분리, 열차 방해 등의 사고발생

○ 운전장애 사고는 동일유형의 장애가 빈번히 반복, 열차지연, 열차정지 횟수가 증가하므로 철도대형사고 가능성이 높아짐

○ 장애발생에 대한 정확한 원인 분석을 통하여 재발방지 안전관리 대책 마련이 요구됨

<표 2.6> 최근 5년간('96～'00년) 국내 철도 운전장애 원인별 발생 통계

구 분 \ 년 도		'96	'97	'98	'99	'00	평균	구성비
차량고장		419	337	234	222	198	282	51.7
차량관계	차량탈선	44	59	41	46	37	45.4	8.3
	차량파손	7	8	10	9	7	8.2	1.5
	차량화재	1	5	5	8	7	5.2	1.0
	열차분리	9	5	6	6	4	6	1.1
전기관계	송전고장	12	10	3	4	6	7	1.3
	송전장애	14	22	11	13	10	14	2.6
운전관계	차량일주	1	0	0	0	0	0.2	0.0
	이선취급	1	1	0	1	1	0.8	0.1
	신호취급위반	1	2	1	2	2	1.6	0.3
	위규운전	5	7	7	8	3	6	1.1
	정지위치실당	3	0	1	0	2	1.2	0.2
	열차방해	1	3	4	4	3	3	0.6
선로시설	선로장애	108	85	77	66	60	79.2	14.5
	선로고장	21	16	10	16	11	14.8	2.7
	보안장치고장	43	28	11	32	31	29	5.3
운행관계	열차퇴행	1	6	0	1	2	2	0.4
	열차지연	21	21	13	15	29	19.8	3.6
	열차정지	0	3	1	6	6	3.2	0.6
	기타	19	7	15	17	26	16.8	3.1
계		731	625	450	476	445	545.4	100.0

※ 자료 : 철도산업구조개혁 대비 철도안전규제 제도개선방안 연구, 2001. 12, (건교부)

다. 국내외 열차사고 발생 빈도 비교('96～'99)

○ 철도에서 운전사고, 열차사고는 대부분 열차주행 백만km(또는 마일)당 사고 발생건수/ 여객수송 10억인·km당 사망사고 발생을 기준으로 사고통계 집계 및 분석

- 마일을 km로 환산하여 우리나라와 각국의 운전사고 및 열차사고(중대사고) 발생수준을 비교

○ 운전사고 발생(열차주행 백만km당 비교)

- '99년 기준 한국과 일본의 철도 운전사고 비교

  · 한국의 경우 충돌, 탈선, 화재 및 건널목사고만을 포함한 집계로서 0.96건 발생

  · 일본의 경우 열차충돌, 탈선, 화재뿐 아니라 건널목 사고 등 모두 7종류 포함하여 0.8건의 운전사고가 발생하여 한국보다 사고 발생이 적은 것으로 분석

○ 열차사고 발생(열차주행 백만km당 비교)

- '99년 기준 한국과 일본의 열차사고 비교

  · 한국은 충돌, 탈선, 화재만을 대상으로 집계 0.06건 발생

  · 일본의 경우 0.038건으로 우리나라가 약 2배 높음

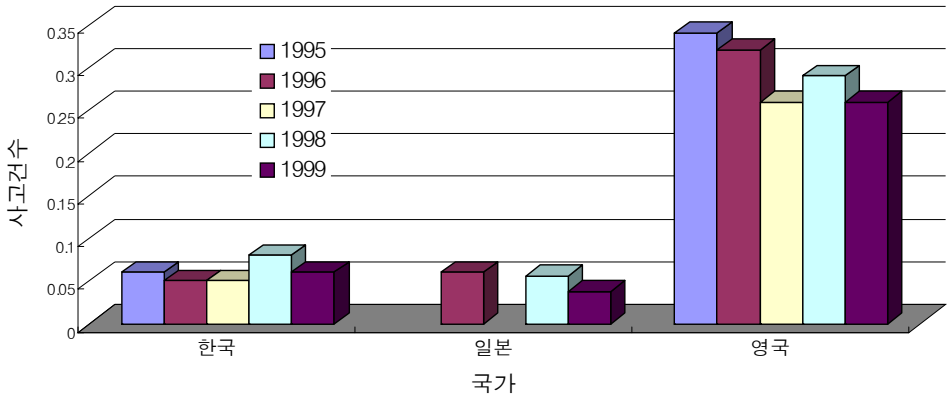
○ 영국의 경우 열차충돌, 탈선, 화재에 의해 사람에게 위험을 준 사고로 정의되는 열차사고가 0.26건 발생하여 우리나라의 4.3배 수준

- 철도구조개혁과 낡은 철도운전보안설비와 차량의 노후화, 선로구축물 유지관리 및 개선의 미흡 등으로 열차사고 발생건수가 철도 선진국임에도 불구하고 상대적으로 높게 나타남<그림 2.2>

- 높은 사고발생률에도 불구하고 사상자의 발생이 우리나라의 1/10 수준인 것은 선진화된 안전기술 때문임

<표 2.7> 각국의 열차주행 백만km당 운전사고 및 열차사고 발생 수준 비교

국가	구 분	1995	1996	1997	1998	1999	비 고
한국	운전사고 -열차사고(충돌,탈선,화재) -건널목사고	299 14 285	177 5 172	121 5 116	124 8 116	101 6 95	열차사고는 일본/영국의 중대사고해당
	열차km(백만)	97	99.6	101.6	101.2	105.7	
	열차백만km당 운전사고	3.08	1.78	1.19	1.23	0.96	일본, 영국과의 비교목적
	열차백만km당 열차사고	**0.06**	**0.05**	**0.05**	**0.08**	**0.06**	
일본	운전사고건수 (열차사고+각종장애, 7종)	587	558	548	497	531	숫자로 본 철도 2000('01판)
	열차km(백만)	669	672.1	671.4	672.5	680	
	열차백만km당 운전사고	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	
	열차백만km당 중대사고 (중대사고-사상 10이상 또는 차량탈선 10량이상)		**0.06** **(35)**		**0.056** **(48)**	**0.038** **(26)**	**1986년 이후 0.03이하유지**
영국	열차사고건수 -충돌 -탈선 -장애물추돌 -화재	1753 (120) (119) (741) (302)	1863 (127) (93) (680) (344)	1835 (121) (117) (690) (343)	1879 (93) (90) (736) (342)	1225 (103) (89) (715) (318)	HSE통계 (2001년판)
	열차km(백만)	384	390.4	408	430.4	443.2	
	열차백만km당 열차사고	4.56	4.77	4.50	4.37	2.76	
	중대열차사고 발생 (승객위험초래)	**0.34** **(82)**	**0.32** **(75)**	**0.26** **(56)**	**0.29** **(75)**	**0.26** **(67)**	한국/일본 열차사고비교
프랑스	열차사고건수 -충돌 -탈선 -건널목 -기타	283 (46) (27) (154) (56)	306 (56) (22) (166) (62)	317 (54) (25) (73) (165)	327 (62) (41) (156) (68)	307 (47) (37) (59) (164)	UIC통계, 중대사고구분이 없어 단순비교 곤란함
독일	열차사고건수 -충돌 -탈선 -건널목 -기타	669 (258) (146) (231) (34)	616 (219) (116) (242) (39)	576 (229) (129) (185) (33)	611 (245) (108) (222) (36)	592 (228) (133) (208) (23)	UIC통계, 중대사고구분이 없어 단순비교 곤란함



<그림 2.2> 각국의 여객 수송 10억 인·km당 열차사고 발생 빈도 비교

※ 자료 : 철도산업구조개혁 대비 철도안전규제 제도개선방안 연구, 2001. 12, (건교부)

○ UIC 통계에 의한 프랑스와 독일의 운전사고/ 열차사고는 자료의 미비로 <표 2.7>에서 열차사고에 해당하는 열차충돌, 탈선 및 화재 사고의 발생건수만을 비교하였으며, 이들 국가의 선로연장과 여객수송거리를 고려할 때 제시된 사고건수를 열차주행 백만km당 열차사고로 환산하면 상당히 낮은 수준인 것으로 분석됨

라. 최근 5년간 국내 철도사고 발생요인 분석

○ 최근의 국내 철도사고의 요인은 대구지하철의 화재사고에서 나타난 바와 같이 사고가 발생할 경우,

- 시스템의 장애나 사고의 예방을 위한 관리체계의 미흡과 사고발생시 대응체계미비

- 사고시 피해를 저감할 수 있는 시스템 시험평가를 위한 인프라의 부족

- 사고시 대형참사를 방지할 수 있는 시스템 설계/제작, 유지보수 측면의 안전기준 미비

- 철도 시스템 안전측면에서 DB를 구축하고, 정보를 관리하는 안전관리 정보시스템의 부재 등으로 인하여 철도선진국 대비 사고빈도 및 사상자수가 높은 것으로 분석됨

3. 국내외 대형철도사고 사례 분석

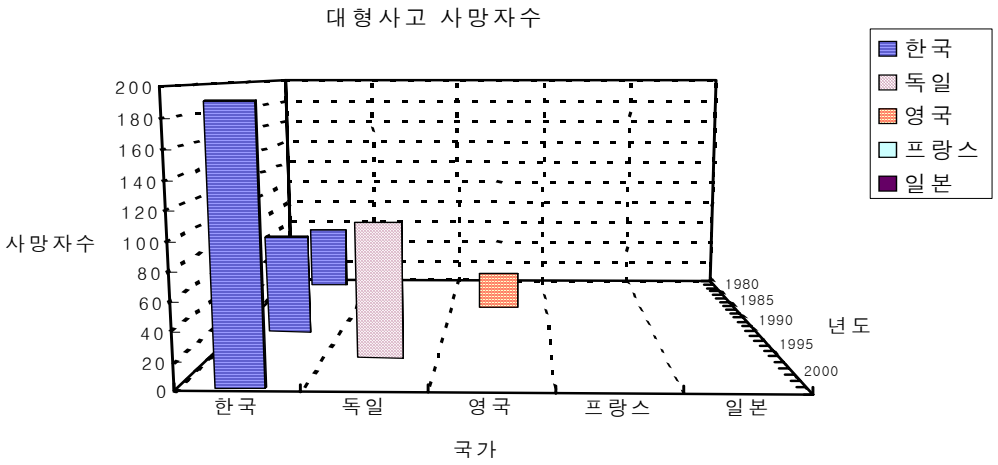
○ 최근 국내 철도사고 사망자수는 설비의 개량, 노후차량의 교체, 건널목 입체화로 인해 1995년 366명에서 2002년 237명으로 감소하는 등 개선되고 있으며, 전 세계적으로도 철도사고는 감소추세

○ 그러나 우리나라에서는 철도선진국(독일, 영국, 프랑스, 일본)과 달리 10년 주기로 빈번하게 대형 참사 발생

- 1980년 이후, 30인 이상의 사망사고기준으로 우리나라는 영국, 프랑스, 일본, 독일의 사망자를 합한 것보다 2.5배나 많고 최근에는 오히려 증가하는 추세
- 우리나라는 대형철도사고(3건)발생으로 10억 인·km당 14명을 기록하여 영국보다 11배의 높은 대형사고 사망자 발생

<표 2.8> 1980년 이후 사망자 30인 이상 대형 철도사고 발생 통계

국가	발생년도	사고명	사망자수
한국	1981	경산역 충돌사고	54
	1993	구포역 탈선사고	78
	2003	대구지하철 화재사고	191
영국	1987	킹스크로스역 화재사고	30
독일	1998	독일 ICE 탈선사고	101



<그림 2.3> 국내외 년도별 대형 철도사고 사망자수

○ 앞의 국내외 사고사례 및 대형사고 사례분석 결과를 볼 때 국내 철도사고 피해의 심각성은 안전확보와 피해저감을 위한 종합적인 안전관리 체계의 미비가 주요한 원인으로 분석됨

4. 국내 철도안전의 취약점 · 개선방안

□ 국내철도안전의 현황 및 취약점

○ 세계적으로 사회발전에 따라 기술위험성 증가 및 안전욕구 증가 추세로 안전관리가 국가 전체의 매우 중차대한 주제로 부각

○ 철도 현대화의 지표라 할 수 있는 영업연장 대비 복선화율(30%), 전철화율(21.3%) 및 CTC율(42%)은 선진국의 절반수준으로 열차충돌, 신호 및 궤도장애, 건널목사고 등의 사고 위험요인이 높은 수송환경

○ 국내 간선철도 여객수송현황은 매년 감소추세로 2000년 현재 약 1억 1천명 정도이지만, 1인당 탑승거리는 163.95km로 점차 증가하고 있으므로 철도 사고사망률 증가요소 내포

○ 국내의 경우 철도사고 발생률은 선진국 수준이나 철도사고 사망률이나 대형사고 발생률은 철도선진국의 4～5배 수준

- 특히 대형참사는 직접피해뿐만 아니라 대외적 국가위신 추락과 국민들의 충격·사기저하 등 심각한 간접피해 발생
- 우리나라는 사고 예방에만 관심을 기울이고, 사고발생시 피해를 저감하는 기술과 대책에는 소홀
- 1980년 이후 발생한 대형철도사고를 분석하면 독일은 ICE사고(1건)로 10억 인·km당 사망자 4.3명 발생, 영국은 킹스크로스역의 화재사고(1건)로 10억 인·km당 사망자 1.3명 발생하였으며 프랑스, 일본은 전무한 상태이나, 한국은 10년 주기의 대형철도 사고(3건)로 10억 인·km당 14명의 사망자가 발생하여 선진국에 비하여 높은 대형사고 사망자를 기록함

○ 향후 도시철도의 증설, 남북 철도의 연계, 국내 고속철도 및 대륙간 철도연결, 철도구조개혁 등의 안전 위협요소 및 대형사고요인은 증대하나, 안전의식은 아직도 낮은 수준

- 철도의 무리한 단기 건설, 철도안전 전문인력·연구개발 부족 및 철도종합 안전관리체계 미비 등 국외 철도선진국에 비교하여 철도안전대책 미흡

□ 국외 철도안전확보 대표사례

○ 국외 철도 선진국의 경우, 국가주도로 철도안전기술개발에 집중적인 투자

- 미국: 1980년 이후 지속적인 안전연구 실시, 사고율 65% 저감
- 영국: 안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)을 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행중이며, 안전기술 및 체계가 선진화되었음에도 불구하고 5년 동안 7개 연구분야, 24개 연구주제로 7500만 파운드 투자

- 프랑스, 독일, 일본 : 국가 연구기관 주도로 철도안전기술개발 및 관리 시스템 구축/운용

□ 국내 철도안전의 개선방안

○ 앞에서 분석한 국내외 사고사례 및 취약점으로 볼 때 철도사고예방과 피해저감을 위한 국내의 안전기준 및 철도시스템 단위별 시험평가를 위한 시험설비/기술, 종합적인 안전관리 체계, 안전 정보 시스템의 구축 등이 절실한 시점에 있음

○ 우선, 일반철도 및 고속철도에서 나타나는 미흡한 점과 향후 개선방안을 언급하면 다음 표와 같음

<표 2.9> 국내 일반철도 안전관련 문제점 및 개선방안

구분	문제점	개선방안
철도 안전 관리 분야	- 효율적인 업무추진과 기본정책, 법/제도 제정 등을 위한 철도안전전담 조직과 사고조사 원인규명 및 재발방지를 위한 조사위원회 설치운영이 시급함 - 철도사고 발생 상황에 대한 위기관리 대처능력이 미흡함 - 안전관련 법체계, DB 구축 및 정보공유가 원활하지 못함 - 철도안전법에 근거한 안전기준·규정의 정비와 개발이 요구됨 - 작업장 안전관리 대책이 미흡 - 사고복구 대처방법 개발과 절차서 작성·운영이 시급함	- 국가적 안전책무 수행에 적합한 철도안전 전담조직과 국가사고조사위원회 구축운영 - 전문교육기관에 안전전문교육과정 개설/확대 - 국가 철도안전 DB 구축 및 철도종합안전정보관리 시스템 구축운영 - 철도안전법에 근거한 안전기준/규정 개발 및 정비 - 운행중 선로공사 및 유지보수작업 안전대책 강화 - 화재, 충돌, 탈선 등 사고유형별 대응절차(매뉴얼) 개발/보급

<표 2.9> 국내 일반철도 안전관련 문제점 및 개선방안 (계속)

구분	문제점	개선방안
차량 안전 분야	- 차량제작 시 안전기준은 제작사에 의존하고 있으며, 적용을 임의적으로 하고 있음 - 차종별 사용기간에 대한 내용년수 기준이 없어 운용자가 임의로 판단하여 적용하고 있음 - 철도차량용품 품질수준이 낮고, 적정 사용주기와 품질보증체계 미비 - 신차종 도입 등 차량은 증가하는 반면에 검수시설은 노후화되고 용량이 부족하여 차량안전 정비에 어려움이 있음	- 차량 안전성능 기준을 제정하고, 유지보수 매뉴얼 작성 - 철도차량의 종류별 수명내용년수 기준 설정 - 철도차량 제작업체의 자격기준 도입 - 철도차량의 품질보증체계 구축 - 운용차량에 적정한 검수시설 신설 및 노후된 검수시설 개량 - 화재/충돌 안전체계 수립
시설 안전 분야	- 안전관리 부서에서의 기술적인 사전검토 기능이 미약하고, 방재관련 조직이 임시조직으로 구성되어 위기관리 및 대응체계가 원활치 못함 - 선로 및 구조물 유지관리 체계의 효율성과 시스템 기능이 미흡 - 시설물의 안전확보와 유지관리를 위하여 원활한 예산지원이 요구됨 - 터널/지하역사 화재안전관리, 재해업무처리규정 정립이 요구됨	- 분산된 기능을 통합하고 중·장기적인 연구검토 기능을 수행할 전담조직 구성과 방재업무 기능 강화 - 선로 및 구조물 유지관리를 위한 제도개선과 시스템 구축운영 - 노후된 레일교환과 구조물 정밀안전진단 등이 적기에 수행될 수 있도록 원활한 예산지원 - 터널/지하역사등 화재안전관리, 재해업무처리규정 수립
전기 안전 분야	- 전기안전관련 규정의 미흡 - 전기장치의 기능별 성능 및 관련 시스템선정 지침 미비 - 비상시 오동작방지체계 미흡 - 전기/신호장치 유지보수 및 작업 안전지침 미비 - 특별신호 시스템지침 미비 - 변전/급전소의 원격고장감시 제어, 데이터 기록시스템 미비	- 전기안전관련 규정 강화 - 전기장치의 기능별 성능 및 관련 시스템선정 지침 수립 - 비상시 오동작방지체계 수립 - 전기/신호장치 유지보수 및 작업 안전지침 정립 - 특별신호 시스템지침 수립 - 변전/급전소의 원격고장감시 제어, 데이터 기록시스템 구축

○ 지하철 안전관리에서 나타나는 문제점과 개선책은 다음 표와 같음

<표 2.10> 국내 지하철 안전관련 문제점 및 개선방안

구분	세부내용
지하철 안전관리의 전반적인 문제점	- 기관사 충원관련 법적 기준이 없고, 철도운영자가 필기시험을 통해 선발 - 승무/역무 인력의 안전대응 능력이 미흡함 - 차량의 안전기준 규정이 미흡하여 긴급재난 발생시 체계적 대응에 역부족임 - 지하철 역사의 안전시설/장비 수준이 낮고, 사후관리가 미흡함 - 지하철 종합사령실의 통합적인 위기대응 시스템이 미흡함 - 재난·방재에 대한 투자소홀, 안전인력과 조직의 미비 등 사회전반의 안전불감증도 문제임
단기 대책	- 비상시 대처요령을 역무원/이용객이 숙지하는 훈련·홍보 - 역사별 화재방지 및 비상탈출 시설과 장비를 긴급히 개선 - 지하철역에 대한 안전활동 강화 - 지하철 운영기관의 안전관리능력 강화 - 지하철 운영 및 감독기관에 대한 이행실태 점검실시
중·장기 대책	- 지하철 운영자/이용자의 안전능력 제고 · 지하철 긴급상황을 대비한 비상대처훈련 실시 · 지하철 운영인력의 전문화를 위한 프로그램 운영 · 지하철 이용시민에 대한 재난대처요령 홍보를 강화 - 차량·시설·장비 안전기준 강화 및 교체보강 · 지하철 차량에 대한 안전기준 강화 · 지하철 시설·장비에 대한 안전규정을 건축법·소방법보다 강화된 수준으로 개선 · 지하철 차량·시설·장비 등 교체 보강 · 차량/시설/장비에 대한 정기적인 안전진단 실시 - 지하철 안전확보를 위한 법적 장치 마련 · 안전개선 종합계획 및 연도별 시행계획 수립 · 전문가 등에 의한 지하철 역사안전인증제 도입 · 지하철 안전시책을 추진할 수 있는 예산, 조직, 인력 확충

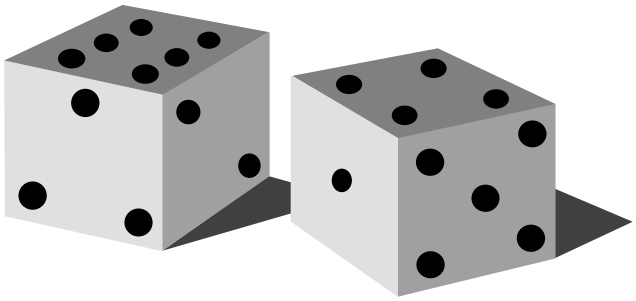
○ 따라서 국가적인 철도안전체계 구축을 위한 장·단기적인 대책마련이 절실히 요구되는 시점임

- 단기적으로는 안전기준 마련, 사고예방 체계 등 제도기반의 안전관리 체계를 구축하고, 대형사고를 유발할 수 있는 화재·충돌·탈선 등에 대한 높은 안전기술을 시급히 개발하여 안전대책에 반영·시행
- 중기적으로는 국내의 철도사고율이 실질적으로 저감될 수 있는 철도안전기술과 안전도 시험평가 기술을 개발하여 적용
- 장기적으로는 철도안전관리 체계, 안전도 시험평가 인프라, 선진국 수준의 안전 부품·제품·설비 적용, 안전정보 시스템 운영 등 종합적인 철도안전시스템을 구축하여 획기적인 사고율 저감과 안전성 제고를 달성

○ 철도 선진국 수준의 항구적인 철도 안전대책을 시행하여 세계 일류의 철도 안전성이 확보되도록 철도 종합안전시스템을 Rolling Plan으로 운용

III. 국내외 철도안전 기술개발 현황분석

1. 철도안전관리체계 현황분석
2. 철도안전관리기술 현황분석
3. 철도안전도시험시설 현황분석
4. 철도안전기술개발 현황분석
5. 철도안전정보화 현황분석



III. 국내외 철도안전 기술개발 현황분석

1. 철도안전관리체계 현황분석

가. 철도안전정책 현황분석

□ 선진국의 철도안전정책 동향

○ 국가 기간산업인 철도의 안전성 확보 및 향상된 서비스 제공을 위하여 국가차원의 정책적인 투자 확대

○ 전체 교통의 안전성을 향상시키기 위해서 안전성 높은 철도교통의 수송분담률을 증대시키고, 이에 따른 정책적 안전목표를 설정

- 철도안전목표 설정과 주기적 실적평가를 통한 안전정책의 연속성 확보
- 안전목표 설정시 위험도 및 사고심각도와 같이 정량화된 지표를 활용

○ 안전목표 달성을 위해 철도안전법을 근거로 일관된 국가 안전관리체계를 수립하여 철저히 안전규제 시행

- 국가에서 제시한 철도안전목표에 미달되는 운영자는 엄격히 제재
- 사고예방, 대응체계 및 안전규제를 위한 체계적인 기술기준 확보
- 인적요소, 열차, 선로시설, 운영·제어, 유지보수 등 철도시스템 차원의 위험분석과 안전성평가를 기초로 안전 위협요인을 사전에 제거하거나 적정한 수준으로 관리

○ 철도안전관리의 공정성·투명성 확보를 위하여, 이원화된 국가 안전관리 전담조직 운영

- 안전정책국: 여객운영/화물운송/시설관리 종사자에게 안전목표를 부여하고, 해당 조직의 여건과 상황을 고려한 안전계획을 승인
- 안전감독국: 안전관리 활동 점검 및 감시

○ 위험평가 및 안전관리 정보지원시스템을 운영하여 시스템 최적화, 위험도 평가와 대책의 선정, 단위 비용당 위험도 감소율을 계산하여 효율적인 안전투자 시행

□ 선진국의 철도안전정책 분석

○ 프랑스

- 국가는 철도운영자(SNCF)에게 철도안전의 권한과 책임 부여
- 중복없는 분명한 책임한계와 권한을 위임한 체계적 안전관리시스템 구축
- 철도운영자는 철저한 안전규정의 이행은 물론 시스템 개발시 인적오류를 고려한 다중의 안전조치로 사고 예방
- 안전위험요소를 제거하기 위해 투명성과 책임단계별 협조를 기반으로 한 일반철도안전규정(RGS) 활용
- 안전규정 기획과 운영시설부문의 안전기획을 담당하는 안전감사기능 보유

・ 실행안전감사(ASNO), 기획안전감사(ASC), 직원안전감사(ASI), 화재일반 안전감사의 4개 분야에 대한 주기적 안전점검 수행

○ 영국

- 철도안전규정(Railway Safety Case 1994)을 기초로 보건・안전국(HSE: Health and Safety Executive)에서 독립적으로 철도안전정책 및 법제도 제정 담당
- 안전법에 근거한 철도안전 정책수립, 안전규정 및 기술기준 체계 확보, 독립기관에 의한 사고조사 및 안전감사 시행
- HSE내 안전정책국은 철도안전성 확보를 위해 법규제정 및 규칙 등을 작성하여 제안
- 철도감독자(HMRI: Her Majesty's Railway Inspectorate)는 제정된 규

칙의 실행업무를 담당하며, 철도안전규정의 강화, 안전제도의 효용성 감시, 중대사고 조사 및 보고서 제공

○ 미국

- 철도안전을 위한 철도안전법(U.S. Code Title 49)의 별도 규정과 이를 근거로 각 부분별 안전기준 제정
- 철도안전법과 안전프로그램 규정을 기반으로 주정부 및 사업자의 공동 협력
- 연방정부 차원에서는 철도시스템 위험분석에 기초한 각종 철도안전규정과 기술기준을 제정하여 공지하며, 안전관련 정보의 공개를 법으로 정하고 있음
- 안전규정 적용의 일관성 유지와 사고방지 대응에 중점
- 규정에 대한 주기적인 안전감사를 통하여 철저한 안전개선 명령 및 권고
- 대형사고 발생시 국가교통안전위원회(NTSB)와 같은 독립적인 공식조사기구에 의한 철저한 사고조사 수행

□ 국내의 철도안전정책

○ 제5차 교통안전기본계획(2002～2006년)의 주요 내용

- 철도교통 안전목표 설정: 열차주행 1백만 km당 운전사고건수를 현재의 0.8건에서 0.6건으로 저감[표 3.1참조]
- 발생 가능한 위험을 사전에 예측하여 사고예방을 추진
- 기본과 원칙에 따른 자율적 안전관리 추진
- 시설확충 및 안전관련 법·제도 정비에 대한 투자 확대 추진

○ 제5차 교통안전기본계획의 철도안전 목표치인 국내 열차주행 1백만 km당 운전사고건수는 선진국과 대등한 수준이며, 영국에 비하면 오히려 낮은 수준

- 그러나 사망사고의 경우 프랑스, 독일, 일본, 영국 등 선진국 대비 3~10 배 수준, 1980년 이후 30명 이상이 사망한 대형사고의 경우, 선진 4개국 사망자를 합친 것의 2.5배 수준
- 이와 같이 국내에서 시행하는 사고건수 위주의 목표관리와 운영기관 자율 안전관리는 철도안전을 실질적으로 향상시키는데 한계가 있음

<표 3.1> 열차주행 1백만 km당 사고건수

구분			2000년	2002년	2004년	2006년
속도	최고영업속도 (km/h)	기존선	140	140	180	**180**
		고속선	-	-	300	**350**
안전	운전사고건수 (열차사고+건널목사고)		0.8	0.75	0.7	**0.6**
			열차주행 1백만km당			

○ 현재 철도안전에 대한 기술투자도 미흡하고 철도안전 관리체계의 구축이 계획대로 시행되지 않음

⇒ **따라서 현재 인력위주로 분산 운영되는 안전관리 체계를 과감히 탈피하고 선진화된 기술과 제도를 도입하여 위험저감 목표를 시스템적으로 관리하는 체계로 혁신하여야 함**

나. 철도안전관리체계 현황분석

□ 선진국의 철도안전관리체계 현황

○ 프랑스

- 일반인이 열차 주행선로나 선로변 이동시 발생하는 개인안전 위험요소와 여객, 화물의 수송과 관련된 집단안전 위험요소로 구분하고 있음. 개인안전은 복지부에서 주관하며, 집단안전은 교통부에서 주관함

- 철도운행의 환경을 고려하여 안전규정을 제정·운영함. 기본규정은 국가가 승인하고, 세부 관련규칙은 운영기관에서 제정하고 있음

<표 3.2> 프랑스 철도 안전관리체계

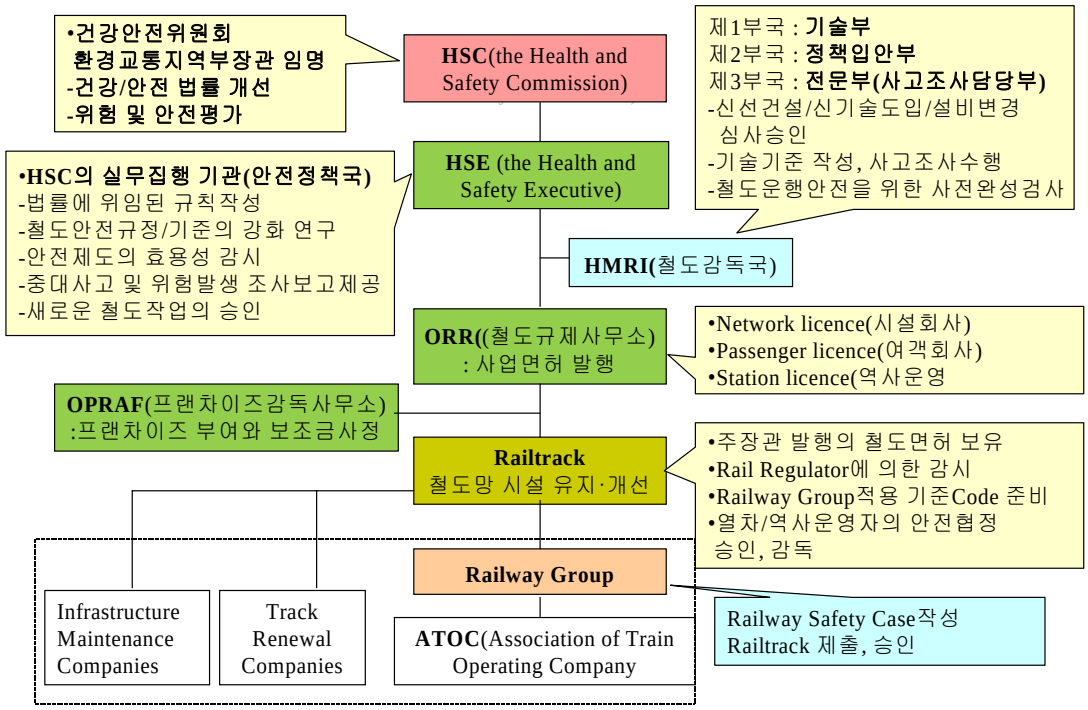
분야	내용
안전정책	개방적 의사전달과 신뢰에 기초한 실행자의 능동적 참여를 유도하는 안전문화 수립 ·분명한 책임한계 및 권한 위임 ·운행 안전시스템의 체계적 조직화
운행안전의 체제경영	본청-지방청-사무소의 조직체계에 의한 책임과 권한 부여 분야별 기능의 연속성 확보 각 책임단계별 “목표-달성”계약 및 시행결과의 평가 독립적 안전감사 시스템에 의한 안전실행 활동의 감독
교육 및 인증	열차운영/신호/유지보수 등 기능분야별로 실행직원 전문교육 수행 간부승진, 채용시 기본교육, 특수교육 실시 사령실 운영직원, 기관사 등 주요 업무 수행자의 자격심사
운수계획	정시성 확보, 사고위험요소 배제, 유지보수작업 고려
실행안전	명확히 규정된 책임과 단일화된 조직체계 결정 검증된 안전기능의 실행 사령실은 본선열차운행의 안전책임을 총괄
특수상황 관리	운영차원에서 시스템 중단 최소화 비상상황 발생시 안전규정 및 취급절차
안전규정	철도운영 위험요소 전반에 대한 안전규정 및 절차
피드백	장애/사고 감지 및 정보 수집 장애/사고 분류, 원인규명 및 분석

○ 영국

- 철도안전규정에 따라 기반시설관리자는 HSE/HMRI에 철도관련 사업의 운영상 초래되는 위험관리 방법을 제시한 Safety Case를 제출하고 매 3년마다 이를 재검토

- HMRI는 Safety Case의 작성에 필요한 철도 안전 규칙 및 지침을 기반시설관리자에게 제공하고 있음. 여기에는 안전관리의 기본목표 33항이 제시되어 있으며, 성능기반의 안전기준이 규정되어 있음

- 사업자들이 Safety Case 작성할 때 위험관리 협정의 일관성이 보장되고 원활한 협력이 이루어지는 것은 Railway Group Standard를 통해서임. 여기에는 기본적인 안전방침의 방향, 조직의 구성과 역할, 철도에서의 위험도와 안전목표, 안전관리시스템이 서술되어 있음. 부록에는 본사의 조직, 기능 등이 서술되며, 각종 위험을 평가한 결과와 향후 중점적으로 취급할 대상이 제시되어 있음



<그림 3.1> 영국의 안전관리체계

○ 미국

- 미국의 경우 MIL-STD-882 기반의 기본위험분석(PHA)에서 출발하는 안전심사, 소프트웨어 안전, 긴급상황 대비안전, 사후 설계위험에 대한 안전보고로 이루어진 시스템적 안전프로그램을 보유
- 철도안전 협력 및 일관성을 유지하는 철도안전규정을 철도안전법에서 정함
- 고속철도 안전규정은 시스템적 접근을 취하면서 시스템의 사양, 안전,

신호, 궤도, 차량, 운행, 자격시험, 개인자격의 모든 측면을 다루는 안전기준들을 규정함

<표 3.3> 미국의 철도안전 제도

분야	내 용
일반	차량운행설비 접근규제, 후부차량 시각표시, 적차
	건널목/철도노반, 운전사 면허/자격, 안전취급과 운전모니터링 장치, 철도교량운영, 약물검사
	동력/제동장치, 궤도, 기관차/객차 시야거리, 운행차량에 대한 청색신호 보호, 교량 변위검지 시스템 철도안전협회, 시민책임의 경고, 노동부 협력, 철로 침입과 파괴방지 전략, 야외 건널목 문제의 긴급 통보, 고속도로-철도 교차로 기적경보
안전 적용	정의 및 적용대상, 일반 요구사항, 수리가 필요한 결함 및 불안전 차량의 이동
	고용자의 위험도, 기술 증진을 위한 면제
신호 시스템	설치/사용요건, 개정규정과 변경요건, 검사/시험/조사
	오동작과 사고의 보고
기관차	사용 요건, 검사/시험/검사 및 수리 보고, 사고보고 및 조사
사고	보고, 조사
벌칙	시민 벌칙 및 범죄 벌칙

○ 일본

- 기관의 업무구분

· 국토교통성의 철도국에서 철도사업의 감독·감사업무를 맡고 있으며 안전대책업무는 기술기획과에 설치되어 있는 안전대책실에서 담당

· 각 지역의 안전관리와 사고조사는 8개 지구별로 나누어져 있는 국토교통성의 지방운수국에서 전담

· 지방운수국의 철도부 운전보안과는 철도시설, 차량 등의 안전검사 및 지도, 사고 예방을 위한 대책마련, 철도사고의 조사 및 분석, 기관사 운전면허 발급 등의 철도안전관련 업무를 수행

· 철도 안전확보를 위해서 법령에 기초한 적절한 정부규제와 철도사업자에 대한 소관관청의 감독이 동시에 이행되고 있으며, 철도의 안전성을 확보하기 위한 법령이 정비되어 있음

- 기술기준의 성능 규정

· 철도사업자의 자주성, 주체적 판단의 폭을 확대하기 위해 법령에 근거한 기술기준의 자유도 확대

· 규정화된 법령의 해석을 강제력을 갖지 않는 형태로 구체화, 수치화하여 명시

- 사전규제 방침

· 철도사업자의 부담 경감을 위해 사전규제는 안전성 등 사회적 기대요구에 한정하여 수행

· 사업자의 기술력을 국가가 사전에 평가하는 사업자 인증제 시행

· 국가는 주요 부품의 기술기준 적합성 여부를 인증하고, 그 내용을 공표

- 사후관리 방침

· 국가적 차원의 관리를 통해 철도사업자의 부적절한 사업운영, 사고유발시 시정방안 수립

· 정부는 사고발생시 사업자로부터 보고를 접수(중대사고는 직접 조사)

· 사고원인규명, 동종사고의 재발방지, 철도 이용자의 요청에 대응

- 철도이용자의 안전성, 편리성 등에 관한 정보공개

· 철도이용자가 안전성, 편리성을 감안하여 특정 사업자의 철도를 선택할 수 있도록 하기 위해 정보공개

· 철도사업자간 비교를 위해 국가가 정보수집, 철도이용자가 비교하기 쉬운 형태로 정보를 분석하여 제공

· 철도사업자가 이용자 의견에 기초한 운영을 할 수 있는 환경조성

<표 3.4> 선진국의 철도안전법 비교

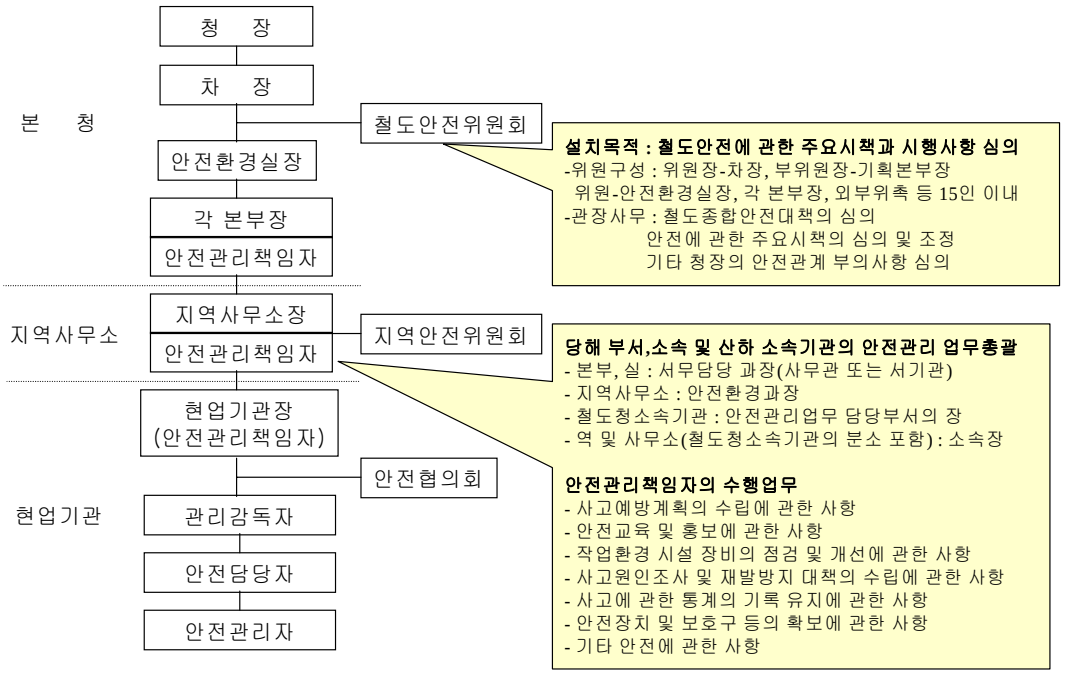
구분	국가	모법(근거법)		
		미국	영국	일본
	법령	U.S.Code T45, T49	Railway Act 1993	철도사업법, 철도영업법
일반	행정/업무 구분	목적, 정의, 권한 정의		여객, 화물영업, 신간선 양도/정비 촉진
	조직 체계	철도안전협회 구성	철도감시위원 및 여객철도 운영 관리자의 임무	철도공사관련 지정검사기관 설립 철도계원 직제
	면허		운영자 자격체계 시설물 사용 규정	철도사업 면허요건 철도시설공사 허가
기술	시설	교량안전기준, 궤도안전기준	궤도정비 절차	궤도부설 원칙 및 절차
	신호	신호설비 설치조건 시험 및 조사 오동작 및 사고보고		건널목개량촉진 원칙
	차량	사용요건, 사고보고 시험/검수/수리보고		
	안전운행관계	안전취급, 안전설비, 철도보호관계		
기타	비상 대응	건널목사고통보체계	전쟁 등 국가 비상시 철도통제	
	사고 조사	보고/조사 절차		
	정보 관리	정보공개법		
	인력 육성	연구개발 및 훈련 기관사면허 및 자격		
	처벌	시민벌칙, 범죄벌칙		운전방해행위의 처벌 직무태만의 벌칙

□ 국내의 철도안전관리제도 현황

○ 현재 철도청 내에 안전환경실을 두어 철도안전관리에 대한 제반 업무를 총괄하고 있음. 각급 소속장은 당해 소속 및 산하 소속기관의 안전관리 업무 전반에 대하여 지휘·감독

○ 본청 각 본부·실장 및 지역사무소장의 지휘·감독사항

- 소관 업무분야의 안전제도 및 안전대책 수립시행
- 소관 업무분야의 사고내용 파악보고 및 재발 방지대책 수립시행
- 안전관리에 소요되는 인원, 예산의 확보 및 사업추진



<그림 3.2> 철도청 안전관리체계

○ 국가적으로 철도안전성을 향상시킬 수 있도록 일관된 철도안전정책 수립과 안전시책을 추진하여야 할 조직이 건설교통부 내 여러 局에 산재되어 있으며, 상호협력·조정 기능도 미약한 실정임

○ 철도안전 실행에 대한 투명성과 객관성이 부족한 실정이므로 표준화된 규제체계가 필요함

○ 향후 주기적인 안전성평가 및 안전점검을 통해 안전위협 요인을 도출하여 안전개선 대책을 마련하는 국가적인 철도안전 평가·감시 기능의 강화 등 제도적인 감독체계 구축이 필요함

다. 철도안전규제 현황분석

□ 선진국의 철도안전규제 동향

○ 정부기관 내 독립적인 철도감독국(규제실행기관)을 두어 지속적인 안전확보를 위한 관리·감독 수행

- 상위의 정책수립기관에서 안전심사/승인/감독/사고조사 등의 권한을 위임받은 철도감독국이 강력한 안전규제자의 역할을 수행함

○ 철도감독국은 안전관련 법규에 따라 ①안전관리기준을 제시 ②시설관리자 및 운영자의 안전능력을 평가 ③철도사업을 승인함. 철도사업자는 이 기준에 맞는 자체적인 안전관리규정 작성 및 안전관리계획을 수립하여 시행하고 있음

- 철도안전과 관계된 시설 및 차량의 기술기준, 품질기준의 규제를 위한 제도적 기반확보, 규제기술의 작성·실행을 위한 기술적 연구가 지속적으로 수행중

- 신규노선 및 차량, 시설조립과 대규모 개량시 철도안전 시험평가 전문기관, 안전인증 심사기관의 종합시운전을 확인하도록 규정

· 독일의 EBA와 영국의 HMRI 같은 시험평가 기관은 국가에서 운영함

· 프랑스와 일본은 국가에서 시험평가 전문기관을 지정하여 시행함

○ 규제기관인 철도감독국은 사고조사 및 분석을 위한 철도안전평가 정보지원시스템을 구축하고 있으며, 표준화된 절차에 따라 정보를 공개

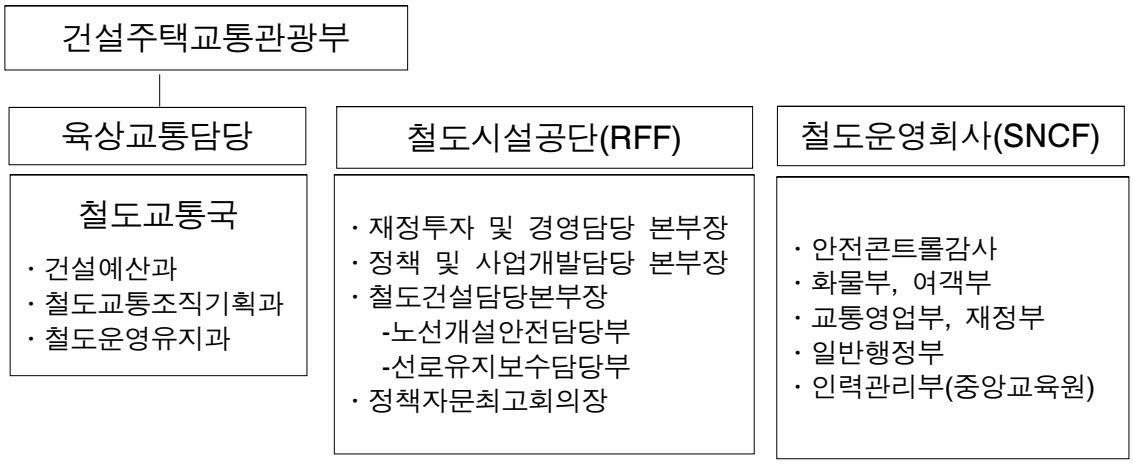
□ 선진국의 철도안전규제 체계

○ 프랑스

- 프랑스 철도는 절대적으로 안전한 공공서비스의 지속적 제공을 위해 실질적으로 SNCF가 통합 운영체계 유지하면서 본사→지방지사→현업사무소의 3단계로 안전책임을 구분하고, 본사 차원의 안전관리 및 감

사기능을 보유

- 안전규제기관: SNCF내의 안전 관리・감사부(DAS)에 의해 실행안전감사(ASNO), 기획안전감사(ASC), 직원안전감사(ASI), 화재일반안전감사가 이루어짐

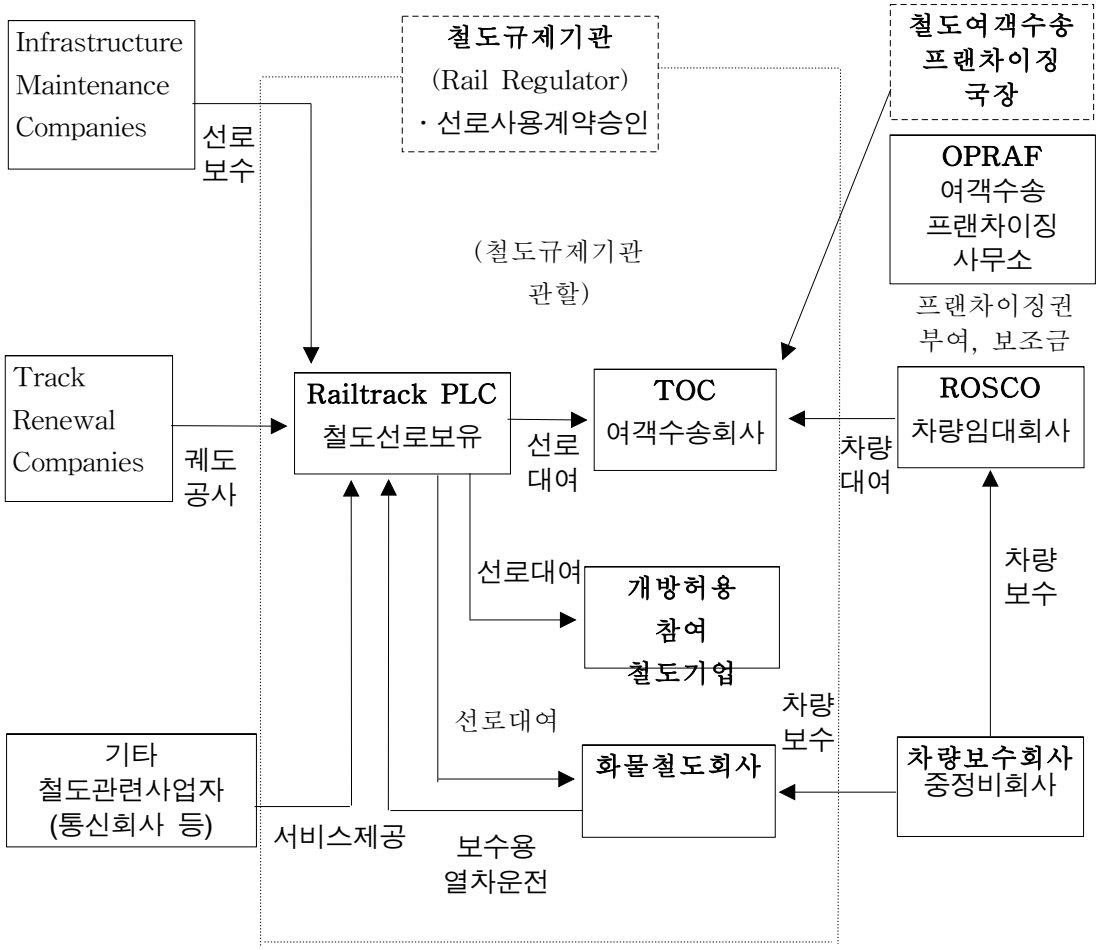


<그림 3.3> 프랑스 철도의 안전규제 체계

○ 영국

- 영국의 HSE는 철도사업면허제도에 대한 양해각서를 통해 HMRI에 안전심사 및 승인에 대한 권한을 위임하였으며, 역, 열차 및 철도망 운영자는 반드시 운영권 허가신청전에 철도감독국이 승인하는 철도안전규정을 확보해야 함

- 철도사업면허와 관련한 철도규제사무소(Office of Railway Regulator)에 의해 3가지 면허가 발행되며, 여객철도 프랜차이징 사무소(Office of Passenger Railway Franchising)가 경쟁입찰에 기초하여 여객운송의 지역영업권을 주고 있음[그림 3.4 참조]

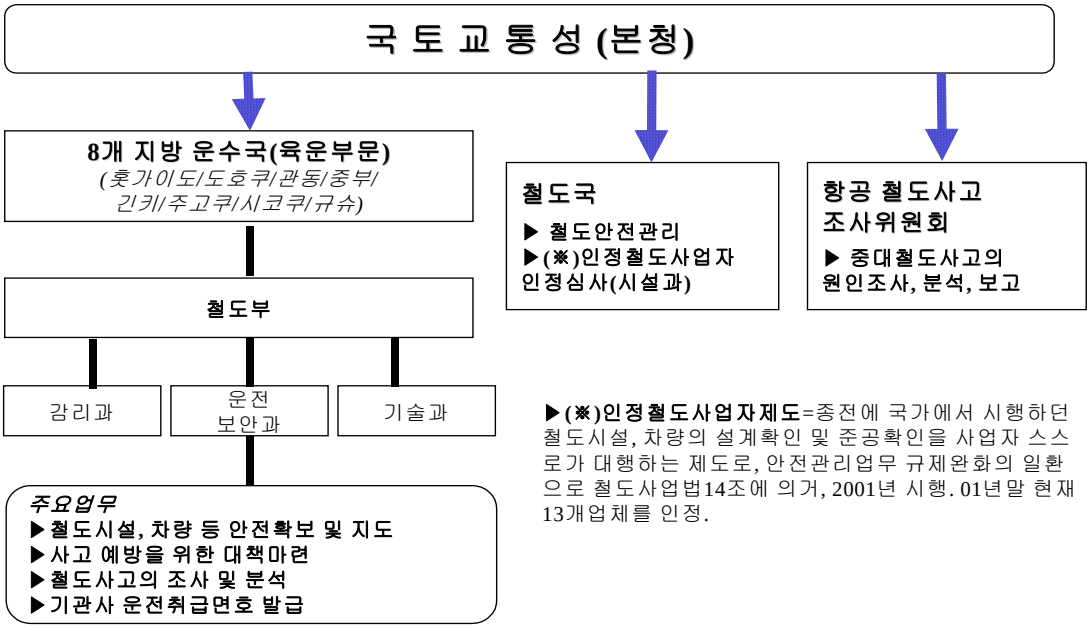


<그림 3.4> 영국의 철도 안전규제 및 면허 체계

○ 일본

- 국토교통성의 철도국에서 철도사업에 관한 감독·감사업무를 맡고 있음. 철도국에는 현재 ①총무과, ②간선철도과, ③도시철도과, ④재무과, ⑤업무과, ⑥기술기획과, ⑦시설과의 7개 부서가 설치되어 있음. 이 중에 안전대책업무는 주로 기술기획과에 설치되어 있는 안전대책실에서 담당

- 각 지역에서의 안전관리와 사고조사는 지구별(8개)로 분할된 국토교통성의 지방운수국에서 전담하고 있음. 각 지방운수국의 철도부 운전보안과에서는 철도시설, 차량 등의 안전검사 및 지도, 사고 예방을 위한 대책마련, 철도사고의 조사 및 분석, 기관사 운전면허 발급 등의 철도안전관련 업무를 수행



<그림 3.5> 일본의 철도 안전규제체계

□ 국내의 철도안전규제 체계

○ 현재 국내에는 철도안전 감독체계가 없으며, 철도청의 내부 규정에 포함되어 있어 철도안전 실행에 대한 투명성과 객관성이 부족한 실정이므로 표준화된 규제체계가 필요함

○ 현재 도시철도법에 따라 차량분야에만 국한된 성능시험 및 시운전 시험을 하고, 일반철도는 품질보장시험과 차량도입 및 철도시설(선로, 전기설비, 운전보안장치 등)의 신설 및 개량에 따른 시운전시험을 자체적으로 시행하며, 고속철도의 경우에는 이에 대한 국가적 규정과 지침이 아직 마련되지 못한 실정임

○ 향후 도시철도, 일반철도, 고속철도를 포괄하여 차량뿐 아니라 시설물을 도입, 설치, 개량할 경우 용품단계의 품질인증, 차량 및 시설의 성능시험, 기반시설물과 열차와의 연계성을 검증하는 종합시운전시험을 수행하고 철도시스템의 성능확인과 안전적합성 검증을 확대해야 하며, 이를 위한 철도시스템 안전인증 및 성능평가 기관지정 확대가 필수적

으로 요구됨

○ 주기적으로 철도사업자에 대한 안전평가 및 안전점검을 통해 안전위험요인을 도출하고 이에 대응하는 안전개선 대책을 마련하는 국가적인 철도안전 평가·검사 기능과 제도적인 시행체계 구축이 미흡함

- 교통안전법(제15조)『교통안전시행계획』및『분야별 안전관리계획』근거한 철도청 안전관리규정(제20조)에 따라 매년『종합안전 시행계획 및 추진실적』을 작성·보고하지만, 국가적인 안전점검과 현장점검은 시행되지 못하고 있음
- 철도청 등 운영기관의 안전관리는 자체적으로 마련한 각종 훈령에 근거하여 안전관리계획수립부터 종합안전심사까지 철도안전관리업무를 전담하여 수행하여 왔지만, 외부 전문기관이나 전문가의 참여가 제한적인 실정에서 안전평가나 안전감사 활동/결과에 대한 전문성, 공정성, 객관성 확보에 어려움이 있음

<표 3.5> 각국의 안전규제, 정책 비교

구분	안전기준제정, 안전시책, 안전규제	철도운영자와 안전규제자의 관계	철도 주요사고조사
미국	교통부	분리독립	국가교통안전위원회
독일	교통부	분리독립	교통부
프랑스	교통부	분리독립	교통부
영국	교통부	분리독립	보건안전위원회
일본	국토교통성	분리독립	철도항공사고조사 위원회
스웨덴	교통부	분리독립	국가철도사고조사 위원회
한국	철도운영자(철도청)	통합	철도운영자(철도청)

라. 철도안전규정 현황분석

□ 선진국의 철도안전규정

○ 철도안전법, 안전규정, 안전규칙 등 단계별 안전요건을 보유하고 있으며, 이를 통하여 일관적인 안전체계를 수립

○ 안전규정 및 규칙에는 각 분야별 세부기준을 제시하고 이를 준수하도록 하여 철도안전확보에 기여함

○ 프랑스의 철도안전규정의 세부내용은 다음과 같이 구성됨

- 적용요건, 직원간 통신, 직원간 업무범위/역할, 용어정의
- 신호전반의 규칙
  - 열차정차 및 발차에 대한 기관사의 준수 규칙
  - 신호변경시 기관사 통보 및 지시사항
  - 열차가 구비해야할 신호관계 규칙(전조등, 표지판 등)
- 역구간 및 역사이 열차운행 담당부서의 조직 및 업무구분
- 운전보안장치의 사용 규칙 및 이상시 대책
- 열차의 구성-제동력-최대속도 준수규칙
  - 기관차와 운행열차관련 인원배치 규정
  - 열차 연결 및 제동시험 규정
- 역구간 및 역간에서의 열차운행지장 초래 작업시의 작업구간보호
  - 작업차의 구성, 견인, 기관차제동, 운행에 관한 규칙
- 중앙 운전보안장치와 연계한 급전운영 규정

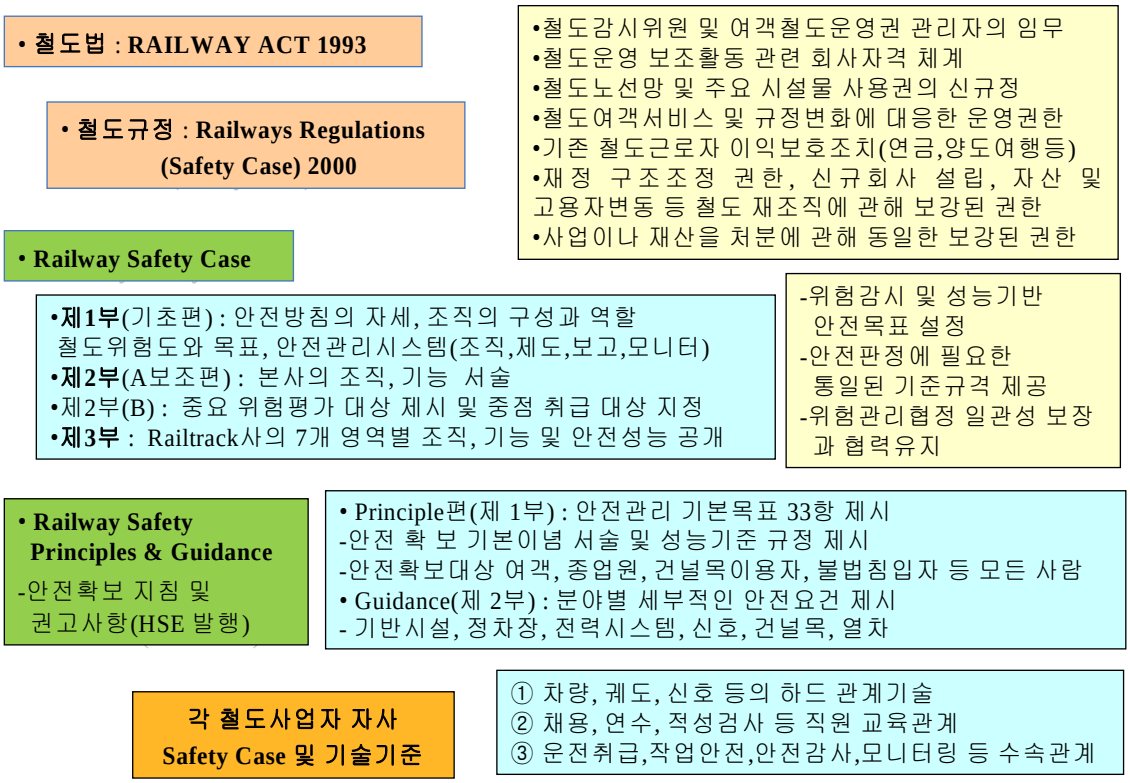
○ 영국은 철도안전규정에 따른 Safety Case 작성지침 제공

- Safety Case는 ①안전관리의 기본방침, ②시설・기기・취급・연수 등에 대한 기술기준, ③위험도 평가, ④안전관리의 실시방법, ⑤안전성

의 모니터링 방법, 안전감독, 안전리포트 등의 사항을 기본적으로 포함

○ 미국은 철도 시스템안전 및 안전규정 프로그램에 의한 공동협력과 일관성 유지

- 철도법(US CODE 49): Part A 안전, Part B 지원, Part C 승객수송-개선프로그램, Part D 고속철도-지원, Part E 기타-법적 강화, 표준화 작업
- 철도안전규정(FRA, CFR Title 40) 체계에 따른 각종 안전기준 보유



<그림 3.6> 영국의 철도안전규정

□ 국내 철도 안전규정

○ 현재 국내 일반철도의 안전규정체계는 철도법을 근간으로 하여 운영기관 자체적으로 내부적인 특성을 고려한 안전규정과 기준을 마련하고

있으나 법적 구속력이 없는 훈령수준

○ 고속철도의 경우 철도청과 고속철도공단이 자체적으로 확보하고 있는 각종 안전규정과 기준류를 국가 규정으로 개발하여, 제정 고시할 필요가 있음

○ 도시철도의 경우 차량에 한정된 안전기준을 가지고 있으나 시설·전기, 신호 및 기타 사항에 대한 안전기준의 확대 제정이 시급히 요구되며, 특히 일반철도와 고속철도를 포괄하는 체계적인 안전법령의 정비와 국제수준의 안전기준 확보를 위한 국가적인 규정/기준 제정사업의 추진 요구

마. 국내외 철도안전관리체계 비교에 의한 시사점 도출

○ 대부분의 선진국에서는 정부, 운영기관, 감독기관, 전문 연구기관 등이 역할을 분담하여 시스템적으로 안전을 관리함

- 정부는 법과 제도를 완비하여 철도안전관련 기술이 안전활동에 반영될 수 있도록 제도적 기반을 제공함
- 철도운영기관은 안전관리 실행 프로그램을 개발하여 운영측면에서 철도안전을 관리함
- 철도안전 관리·감독기관은 운영기관의 안전 실행 프로그램의 승인 및 감독뿐만 아니라 안전기준 제정, 사고조사·분석·사후처리 등을 담당함
- 철도전문 연구기관은 안전관리체계 연구, 안전도 시험·평가·인증체계 구축, 철도안전기술 개발 보급, 안전관리 정보시스템 구축지원 등의 기술개발을 담당함

○ 국내의 경우 선진국과 같은 체계적 안전관리제도가 없으므로 진행중인 철도안전법 시행과 더불어 선진화된 철도안전관리제도를 구축하여

야 함

- 안전제도 측면에서는 운영기관과 감독기관을 이원화하고 안전기준을 제정하여 시스템적으로 안전관리
- 기술개발 측면에서는 안전관리체계 구축 연구, 안전성 시험평가인증 기술 및 인프라 구축, 선진화된 철도안전기술 개발, 통합안전관리 정보시스템 구축 등이 중점적으로 이루어져야 함

2. 철도안전관리기술 현황분석

가. 선진국의 철도안전관리기술 현황

□ 프랑스의 철도안전관리기술 현황

□ 프랑스의 철도안전관리기술 현황

○ 사고위험의 정의 및 분류

- 사고위험의 정의

· 사고 위험은 3가지 기준에 의해 정의된다. 사고(accident)나 사건(incident)의 심각성(G)은 사고 결과(사망자, 화재 등)에 따라 평가되며, 사고발생 가능성(P)은 고장형태에 따라 계량화되며, 사고발생 횟수(O)는 경험을 토대로 한 선험적 데이터에 의해 결정된다. 그 결과 사고 위험에 대해 R=G x P x O라는 공식이 형성된다. 이 원칙에 따라 위원회는 발생 가능한 다양한 상황을 다음과 분류하였으며, 여기에 운행지장 시간(T)이 4번째 기준으로 추가되었다.

<표 3.6> 사고위험에 계산에 적용되는 수치

적용 수치	2	4	6
심각성 (G)	열차운행의 부분 차단	부상자 및 열차운행 차단	사망자, 화재 등
사고발생 가능성 (P)	낮음	중간	높음
사고발생 횟수 (O)	1년에 1회 미만	최대 1개월에 1회	최대 1주에 1회
운행지장 시간 (T)	2시간 미만	2시간 이상 24시간 미만	24시간 이상

- 사고위험의 분류

· 일반적으로, “사고(accident)”는 사상자가 있는 경우이다. 다음 분류는 프랑스 경험에 기초한 것이며, 한국의 실정에 적용이 가능하다.

<표 3.7> 사고유형별 분류

사고 유형	G	P	O	T	R
평면 건널목 사고(사망자가 없는 경우)	4	6	6	2	288
강설	4	4	4	4	256
탈선	4	4	4	4	256
인명사고	6	4	4	2	192
사망자 1인 및 자살(여행자, 민간인)관련 사고	6	4	4	2	192
위험물 관련 사고	6	2	4	4	192
자연재해	6	2	2	6	144
지진	6	2	2	6	144
사태(눈사태, 산사태 등)	6	2	2	6	144
터널 내부에서 발생한 사고(탈선, 충돌, 화재 등)	6	2	2	6	144
교량 위에서 발생한 사고(탈선, 충돌, 화재 등)	6	2	2	6	144
부상자가 발생한 경우	4	4	4	2	128
전차선 고장	4	2	4	4	128
홍수	4	2	2	6	96
다수의 사망자가 발생한 사고	6	2	2	4	96
열차의 구원이 필요한 사고	2	4	6	2	96
화재	6	2	2	4	96
핵물질 관련 사고	6	2	2	4	96
동물 사상 사고	2	4	4	2	64
축상 발열에 의한 차축 파손사고	2	2	4	4	64
시위 등으로 인한 교통 장애	4	2	2	4	64
폭탄 경보	6	2	2	2	48
강풍	2	2	2	4	32

□ 영국의 철도안전관리기술(Yellow Book) 현황

○ 신규열차투입 및 신호시스템 교체와 같은 철도시스템 변화로 인한 위험도가 수용할 수 있는 수준으로 감소했음을 확인하기 위한 기술개발

- 환경 및 상업적인 영향보다는 인명을 중심으로 하는 연구수행
- 직업상의 건강 및 안전보다는 시스템의 안전확보 절차와 위험규명·평가를 중점 연구

○ 철도안전관리 기술의 적용

- 신규 시스템도입 및 기존 시스템의 교체와 같은 철도시스템 변경시 적용

○ 철도안전관리 기술내용

- 초기안전계획서 작성

· 변경 승인, 배서 책임을 갖는 사람이나 안전 담당기관에 제출

- 위험일지(Hazard Log) 작성

· 사고 및 위험의 구체적인 내용과 안전문서의 자세한 내용을 기록하여, 프로젝트에 의한 안전관리 사실을 제공하는데 이용

· 위험일지는 효과적인 ESM(Engineering Safety Management)의 핵심자료로 활용

- 위험규명·분석, 위험도평가 실시

· 위험도평가에 기초하여 안전요건을 준비하며, 이들 요건은 일반적으로 안전 담당기관이 배서

- 안전계획서 준비 ⇒ 안전담당기관 제출 ⇒ 안전 담당기관 배서 ⇒ 안전계획서에 정의된 안전활동 수행

- 독립적인 안전성 감사 및 평가 실시

- 개발 완료시 Safety Case 준비

- 안전승인 후 안전책임 이양

· 운영부터 해제 및 폐기 시까지 안전관리에 대한 책임

○ 수명주기상의 ESM 활동

- 프로젝트 수명주기를 제정하고 이를 일반 수명주기와 관련하여 정립

- 수명주기 동안 위험요인 일지의 갱신과 같은 모든 문서를 보존

- 전문적인 지침서에는 표에서 제시하는 것보다 더 많은 안전성 감사 및 평가가 있음

- 적합한 ESM 활동지침을 표 3.8에 제시

<표 3.8> 일반적인 수명주기 상의 각 단계별 최소 ESM 활동

일반적인 수명주기 단계	주요 ESM 활동	ESM 관련항목
개념 및 실행 가능 여부	주요 위험 규명	위험도 평가 및 리스크 감소
	위험 요인 일지 마련	구성 관리, 문서화 및 기록
	사전 안전 계획서 작성	안전계획수립과 적절한 실무
요구사양 정립	위험 요인 분석	위험도 평가 및 리스크 감소
	위험도 평가	위험도 평가 및 리스크 감소
	안전 요구 사양서 작성	안전성 요구사양
	전체 안전 계획서 작성	안전계획수립과 적절한 실무
설계	위험도 평가	위험도 평가 및 리스크 감소
	안전성 감사	독립적 전문 검토
실행	위험도 평가	위험도 평가 및 리스크 감소
	안전 대책 기술서	안전 증거 및 변경 허가
설치 및 인도	안전도 평가	독립적 전문 검토
	안전 승인	안전 증거 및 변경 허가
	안전 책임 양도	안전 책임
운영 및 유지보수	위험요인 일지 및 안전 대책기술서 갱신	구성관리, 문서화 및 기록
해제 및 폐기	위험요인 일지 및 안전 대책기술서 갱신	구성관리, 문서화 및 기록

○ 위험규명과 위험도평가

- 위험규명

· 위험규명은 ESM의 기본사항으로서, 위험도 관리의 필수요건

· 사고는 정상 운영시간 이외에도 설치, 궤도 검측, 개시, 유지보수, 긴급사항, 해제 및 폐기 시에도 발생

· 위험규명 시에는 철도인접 지역에 미치는 효과까지 고려

· 발생확률이 매우 낮은 위험도를 무시해서는 안됨

- 위험도평가

· 위험도는 사고 발생확률과 발생시 피해정도를 나타냄

· 시스템 변경 사항이 다른 위험을 초래할 수 있다는 것을 고려하면서 평가해야 함

- 위험도감소

· 위험도가 수용할 만한 수준인 경우, 명백히 실행 가능한 대책만 고려

· 위험을 제거하거나 이들의 발생 가능성을 줄이는 방법

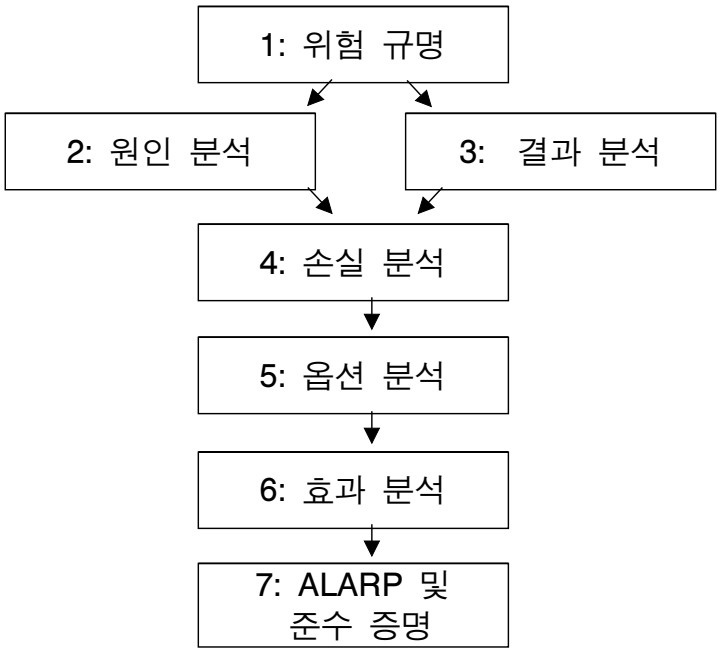
· 위험이 발생한 경우 이의 결과를 수용하는 방법

· 사고가 발생할 경우 피해를 줄이기 위한 부수적인 대응책

· 기존 시스템의 위험과, 변경으로 발생된 위험을 함께 제어할 수 있는 방법을 모색

· 철도안전을 위한 설계변경에서 더욱 안전한 방법들이 있는지 조사

- 위험도평가 단계는 아래의 그림과 같은 절차를 거침



<그림 3.7> 위험도평가의 단계

□ 미국의 철도안전관리기술 현황

○ 안전은 설계, 건설, 운영, 검사 및 유지관리 단계에서 달성되어야 함

- 열차, 정거장, 노반시설, 제어 및 유지보수 센터 및 하드웨어 소프트웨어를 포함한 모든 장치를 포함하는 시스템과 연관된 위험을 정의, 추적, 평가하여 제거하거나, 관련 위험을 시스템 수명주기에 걸쳐 허용 가능 수준으로 낮추어야 함

○ 철도시스템 안전 프로그램 체계

- 사고(Accidents: 뜻하지 않은 사고)/사건(Incident: 중대사고 가능성을 가진 부수적인 사건)조사

· 사고/사건보고 준비용 FRA 지침: DOT/FRA/RRS-22

- 시스템 안전 프로그램 계획

· 기본위험분석(PHA: Primary Hazard Analysis)에 의한 시스템 요구사항 정의

· 위험 규정, 추적, 평가, 제거 및 위험진전 조절

· 양산 개발의 설계, 제조 및 시험단계에 직접적인 입력 제공

· 안전 이슈를 다루는 설계 반복 비용을 회피

· MIL-STD-882에 규정되어 있으며 다른 규격과 동일하게 제정

- 전체 시스템에 대한 PHA 수행

· 차량/차량인테리어/차량추진장치 및 브레이크 장치/차량출입문

· 스위치류/플렛폼/유지보수센터/전력배분 등

- 위험 추적

- 안전심사: 행정 절차, 미국 공공운송협회

- 소프트웨어 안전

· 품질원칙, 소프트웨어-기반 장치, 미국철도협회, 신호메뉴얼

· 철도응용-철도 제어와 보호시스템용 소프트웨어, prEN 50128

· 철도신호용 소프트웨어 관련 안전, BRB/LU LTD/RIA 기술사양

- 긴급상황대비 안전

· 노약자와 장애를 위한 긴급상황대비 추천지침, DOT, UMTA

· 승객열차를 위한 긴급상황대비 추천지침, DOT, UMTA

· 도시철도, 지역/특수 철도시스템을 위한 긴급상황대비 추천지침, 미국 DOT, UMTA

· 긴급상황 대응 안전계획 정보: 재원 메뉴얼, 미국 DOT, UMTA

- 철도차량 인터페이스 규격: IEEE 차량기술 협회 8개 그룹

- 안전보고 : 사후 설계 위험 분석

· 안전성향상을 위한 설계변경과 시스템 보완

· 설계단계 안전-한계 영역을 규정으로 향후 생산성 강화와 유지관리 지침 제시

· 시험에 영향을 주는 설계단계의 안전-한계 영역규정

○ 철도고속운영환경에서의 안전성 확보를 위한 연구 분야(미국 FRA)

화재안전 및 응급준비	고-에너지 충돌과정의 안전보증	승강장 안전
고속열차운행의 인적오류요소	공기역학	소음발생

○ 안전에 영향을 주는 주요 열차시스템 문제점/위험요소(미국 FRA)

- 사고방지

· 적당한 열차-열차 간격의 유지·신호등급별 사고 가능성·노반 침입 감소 등에 필요한 신호, 열차제어, 운전시나리오 및 인적오류 고려

· 적당한 궤도 및 노반 품질 유지를 위한 건설기준·유지검사기준, 차량/궤도 역학에 대한 궤도조건의 관계성

· 차량 탈선 방지를 위한 열차 취급조치, 열차구성 및 차량/궤도 역학

에 대한 차량 현가장치 조건의 관계성

· 승강장 안전에 영향을 주는 소음, 열차풍 등의 충격 최소화

- 사고대응

· 사고 발생시·사고후 승객 및 승무원 안전 확보대책

· 적절한 대피 및 응급 대응 대책

- 중점사항

· 사고방지와 시스템 차원의 문제점, 승객용 차량, 궤도와 노반

○ 고속철도 시스템 차원의 문제점 연구수행 내역(미국 FRA)

- Volpe Center에서 수행한 연방교통행정부 프로젝트 성과에 기반을 둔 승객열차용 응급 준비 지침 보고서 작성

- Amtrack 및 Texas A&M과 공동으로 승객 열차 응급대응 코스 개발

- 미국 승객열차 시스템에 대한 3단계 화재 위험성 분석

- 전자계와 건강에 영향을 미치는 잠재적인 관련성에 대한 연구

- 열차제어 전개를 우선으로 하는 고속철도 위험도 분석 방법론의 개발

- 안전위험산업(원자력, 보건 및 수송)에 널리 사용되는 핵심 소프트웨어 타당성 검증 방법론 개발

□ 일본의 철도안전관리기술 현황

○ 철도안전을 체계적으로 확보하기 위하여 일본 철도국을 중심으로한 제도기반의 안전관리체계 구축과 일본철도종합연구소(RTRI)를 중심으로 한 안전관리체계 및 실행프로그램 개발, 안전성 시험평가 인증체계 구축, 철도안전기술 개발 보급, 통합안전관리 정보시스템 구축 운영 등의 기술을 개발

○ 일본 철도국을 중심으로 제도기반의 안전관리체계 구축

- 철도시설, 차량 등의 안전검사와 지도, 사고 예방대책 수립

- 철도사고 조사, 동력차기관사 운전면허 발급
- 철도사업자 부담 경감을 위한 사전규제제도 활용 및 인증
- 철도사업자의 부적절한 사업운영, 사고 등 관리감독
- 사고원인규명, 동종 사고의 재발방지, 철도이용자 요구분석
- 철도사업자간 비교를 위해 국가가 정보수집 및 공개

○ 일본 철도종합연구소의 종합안전기술개발 체계
- 신간선 개통전 시험선(30km) 건설을 통한 안전연구
- 시설・설비・차량의 안전성평가 및 성능검증 수행
- 컴퓨터 네트웍기술을 활용한 “통합안전관리시스템” 운영
  • 철도사고와 안전관련정보의 일원화
  • 철도사고의 분석 및 평가
  • 위험도분석 수행
  • 안전관리 의사결정지원 및 정보활용

나. 국내의 철도안전관리기술 현황

○ 국내는 운영기관 중심의 자체 안전관리 방식으로 선진국과 같은 시스템적인 안전관리 기술이 없음

○ 제5차(2002～2006년) 교통안전기본계획상 철도안전분야 투자액이 3조 8천억원이나 안전관리시스템 혁신이나 안전기술개발투자가 본격적으로 이루어지지 못하고 있음

○ 국내에는 도시철도 차량을 제외하면 표준화 된 안전기준이 없으며, 안전성 시험평가시설・기술 등의 체계도 미비하여 철도안전분야의 기술개발이 낙후됨

다. 선진국 철도안전관리기술의 시사점

○ 국가적인 철도안전 프로그램을 시행하여 선진기술을 바탕으로 안전관리를 효율적으로 수행하고 있음

○ 선진국의 경우, 정부, 운영기관, 감독기관, 전문 연구원 등이 역할을 분담하여 시스템적으로 안전을 관리

- 정부는 법과 제도를 완비하여 철도안전을 체계적으로 확보할 수 있도록 제도적 기반을 제공
- 철도운영기관은 안전관리 시행체계 및 실행 프로그램 개발하여 운영 측면에서 철도안전을 관리
- 철도안전 관리·감독기관은 운영기관의 안전실행 프로그램의 승인 및 감독뿐만 아니라 안전규정 제정, 사고조사·분석·사후처리 등을 담당
- 철도전문 연구기관은 안전관리체계 연구, 안전성 시험 평가 인증체계 구축, 철도안전기술 개발 보급, 통합안전관리 정보시스템 구축지원 등의 기술 개발 담당

○ 국내의 경우 선진국과 같은 체계적 안전관리 시스템이 없으므로 진행중인 철도안전법 시행과 더불어 선진화된 철도안전관리체계를 구축하여야 함

- 사고를 유발할 수 있는 위험인자(외부침입, 유지/보수공사, 인적오류, 자연재해, 테러)를 사전에 파악하여 사고 원인을 근본적으로 차단하는 예방활동과 사고시 신속한 대응/복구 및 재발방지를 위한 조사 등 안전활동을 체계적으로 관리할 수 있는 철도사고 예방안전기준 및 사고대응체계 수립 필요

· 철도사고 위험요인 분석기술개발

· 철도사고 심각도 평가기술 개발

· 철도시설 및 차량 안전규정 마련

· 철도사고 모델별 비상대응 절차 확립

· 현장 복구 및 수습지원 프로그램 개발 등

- 국가, 시설 관리자, 운영자 및 철도 종사자에 대한 명확한 책무와 역할을 구분하고, 인적오류로 인한 사고를 감소시킬 수 있는 대책과 오류예방을 위한 열차운행 안전확보 및 안전성능평가 기반 구축 필요

· 인적 안전위협 요소 관리기술 개발

· 시뮬레이터를 활용한 업무적성평가 및 교육훈련프로그램 개발

· 품질인증 및 성능시험 평가 기반구축

· 국가공인 안전성능평가 전문기관 지정 기반구축 등

- 효율적인 사고분석 및 사고예방의 기술적 지원을 위해 기존 사고이력 DB를 구축하고 사고분석을 수행하는 철도안전평가 전문가시스템 구축 필요

· 철도사고 DB 구조설계 및 구축

· 위험평가 프로그램 개발 및 DB연계

· 안전평가 정보지원 네트웍 구축 등

○ 사고예방을 위해 국가에서 철도용품, 시설 및 차량에 대한 시험평가, 성능시험, 시운전평가와 같은 품질인증기준에 대한 연구수행이 필요

3. 철도안전도시험시설 현황분석

○ 대형참사의 원인이 되는 충돌, 탈선, 화재 등 중대사고를 중심으로 국내외 시험설비 현황을 조사 분석

가. 지하철 및 장대터널 화재시험평가설비

□ 국내현황

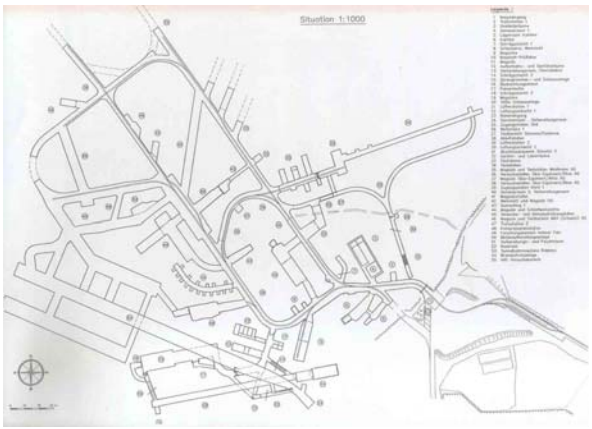
○ 철도터널 환기제연시험기

- 국내에는 아직 철도차량 화재안전 성능평가를 위한 전용시설은 갖추어져있지 않음
- 한국철도기술연구원에서 제작중인 동백선-도계간 장대철도터널의 화재안전성능 평가를 위한 축적 1/48, 길이 27m의「장대 철도터널 환기 및 화재 제연검증 실험장치」가 유일함
- 주로 연기 유동의 거동을 통해 피난객의 안전대피를 평가하는 축소모형 시험설비이므로 실제 차량전용 터널화재시험기와는 규모와 활용범위에 있어서 명확히 구분됨

□ 해외사례

○ 스위스 Hagerbach Test Gallery

- 스위스 사간스(Sargans)에 위치한 Hagerbach Test Gallery는 광범위한 실물화재시험 및 방재설비 개발 용도로 건립
- 본 시험시설은 현재 총 연장길이 5km, 최대 단면적 130m^{2}인 그물형 터널형식의 구조를 이루고 있음
- 이탈리아, 독일, 프랑스 등 인접 유럽국가들의 각종 화재시험을 대행하는데 활용



<그림 3.8> Hagerbach Test Gallery



<그림 3.9> 실물화재시험

나. 철도차량 및 시설물 화재성능시험평가설비

□ 국내현황

<표 3.9> 국내현황

보유기관	시험기명	시험항목
소방검정공사	LOI측정기, 연소시험기 외 기초 시편시험기	산소지수, 연소속도 및 방염성능
	연기밀도시험기	연기밀도
방재시험연구원	화재저항성 시험기 외 기초 시편시험기	화재 저항도 외
	중형 칼로리미터	발열량 외
건자재시험연구원	생쥐유독성 시험기 외	방염성능, 독성(KS) 외
철도기술연구원	콘칼로리미터 외 기초 시편시험기	산소지수, 화염전파, 연기밀도 외
	가스유독성 시험기	독성지수(BS)

○ 개요: 한국소방검정공사, 건자재시험연구원, 방재시험연구원 등에서 운용중인 관련시설이 있으나 주로 건축자재 시편의 연소성 시험을 목적으로 구성되어 있음

○ 단점: 본 시설의 주요 평가 대상은 가정용・산업용 자재 및 건축재의 연소성에 국한되며 철도차량 화염전파특성 분석 및 내장재의 발연량, 가스유독성 등을 평가하기 위한 전문시험시설은 없음

□ 해외사례

<표 3.10> 중대형 화재성능 시험평가설비 국제규격

규격명	시험 항목
ISO 9705	・열 방출 ・가스 유독성, 연기
prEN 13823	・열 방출 ・가스 유독성, 연기
Train Saloon	・열 방출 ・가스 유독성, 연기 ・객차 화재 양상

<표 3.11> 화재성능 시험평가 국제규격

시험기명	규격	시험 방법 및 항목
독성시험기	BS 6853 Annex B	Area Base: prEN 2824-2826(유독성 시험) Weight Base: NF X 70-100(유독성 시험)
연기시험기	BS 6853 Annex D	ASTM E662(연기밀도)
화재전파연소성 시험기	BS 467-6	화염이 시편에 옮겨 붙는 특성
표면전파시험기 (벽재)	BS 476-7	소화점의 임계 Flux, 화염전파속도, 연소거리
표면전파시험기 (바닥재)	BS ISO 9239-1	소화점의 임계 Flux, 화염전파속도, 연소거리
산소지수시험기	BS ISO 4589-2	연소조건내 최소 산소농도 평가(상온시험)
	4589-3	연소조건내 최소 산소농도 평가(고온시험)
화염저항성시험기	BS476-20	제품이 화염에 견디는 시간평가
점화・전파 시험기(기울임)	ASTM E 162	기울인 상태에서의 화염전파 속도 평가

<표 3.12> 해외의 중대형 시험설비 보유현황

보유국	보유기관	시험기		시험항목					
		시험기명	제원(m)	연소성	화재 저항성	발열량	화염 전파	발연량	GAS 독성
호주	CSIRO	방/복도 화재시험기 외	10×2.1×1	●		●		●	
		목업 타워	-			●	●	●	
영국	BRE	룸 코너	3.6×2.4×2.4	●		●		●	●
		단품 소화시험기 외		●		●			●
스웨덴	SP	목업 타워	3.6×2.4×2.4	●		●		●	●
		단품 소화시험기 외		●		●			●
미국	NIST	대형 화재열량계 외	27×37m	●		●		●	●

<표 3.13> 해외의 소형시편 시험설비 보유현황

보유국	보유기관	시험기		시험항목					
		시험기명	제원(m)	연소성	화재 저항성	발열량	화염 전파	발연량	GAS 독성
호주	CSIRO	벽난로형 화로	3×3		●				
		바닥형 화로	3×3		●				
		화염전파장치	1.2×1.5×2	●			●		
		화재거동 시편 시험기	-	●		●	●	●	●
영국	BRE	3입방미터 발연시험기	3m3					●	
		화재전파시험기	1.2×1.5×2			●	●		
		화재거동 시편 시험기	-	●		●	●	●	●
스웨덴	SP	3입방미터 발연시험기	3m3					●	
		수평형 화로	3×5	●		●			
		화재거동 시편 시험기	-	●		●	●	●	●
미국	NIST	대형 발화·화염 전파 시험기	1.6×8.06			●	●		
		화재거동 시편 시험기	-	●		●	●	●	●

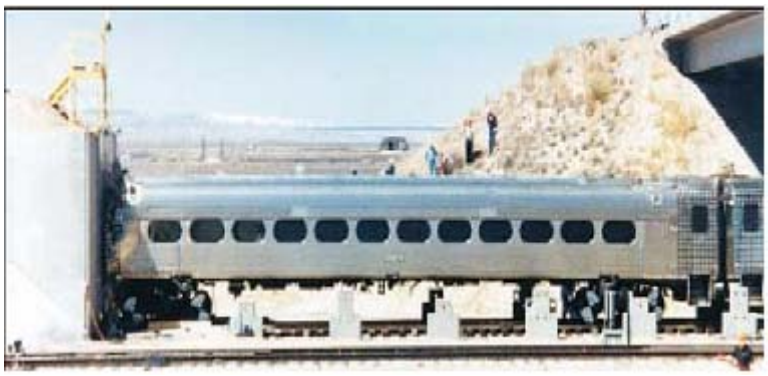
다. 철도차량 충돌탈선 시험평가 시설·설비

○ 충돌탈선 시험장비종류별로 국내외 현황을 비교 검토

- 국내의 경우, 충돌탈선 사고 안전도 시험평가 인프라가 미비함
- 프랑스, 영국, 미국, 폴란드 등에서는 실차충돌탈선 시험평가 인프라뿐만 아니라 연구용 모형시험기, 재료 및 구조시험기 등 다양하게 운용 중

<표 3.14> 국내외 충돌탈선 시험설비 현황

장비종류	국내	국외
실차충돌시험 설비	없음	폴란드 Zmigord CNTK, 미국 TTCI - 길이 3km, 120km/h 주행
정적압괴시험 설비	건설기술연구원 - 용량은 500ton - 준정적 단순압축시험에 국한 - 부하용량과 압괴변위량이 부족	영국 AEA Technology, 프랑스 VITRY 연구소 - 시험하중 1,000ton - 엑추에이터 속도 50km/h
SHPB 충격 시험설비	한국기계연구원 - 온도에 따른 재질 충격특성 측정가능	미국 Sandia National Lab., 핀란드 Institute of Material Science - 저온 SHPB 시험시설
탈선시험설비	없음	일본 - 실험선로 설치(1967년) 영국 AEA Technology - 축소모의시험시설 (Moving Model Rig)
충돌모의시험 설비	한국자동차성능시험연구원 - 자동차시험설비 일부 이용 - 전용설비가 아님(철도차량 단품 및 승객안전도 평가 어려움)	프랑스 ECN, 영국 Cranfield 연구소 - 모의 시험시설 구성·운용



<그림 3.10> TTCI 실차시험 시설 및 충돌시험(미국, Colorado)



<그림 3.11> 운전실 충돌안전도 평가 시험(Safetrain Project, EU)

라. 고찰

○ 국내외 시험설비를 비교 분석한 결과, 철도선진국들은 실차 수준의 중대사고 시험평가를 수행할 수 있는 시설·설비를 구축 운용하고 있는 반면, 국내에서는 인프라가 거의 구축되어 있지 못함

○ 선진국수준의 철도안전을 확보하려면 중대사고의 안전도시험평가 인프라 구축은 필수 불가결한 요소로 판단됨

4. 철도안전기술개발 현황분석

가. 철도안전 관련 해외 연구개발 현황

(1) 해외 연구개발 동향

○ 철도의 고속화, 경량화, 교통망의 복잡화 등 철도교통의 환경변화로 철도안전에 대한 적극적 대책 요구

○ 철도안전에 대한 요구증가와 이에 대한 효율적인 투자방안으로 1990년대 말부터 철도선진국에서는 체계적, 중장기적 철도안전 연구개발계획을 수립·시행 중

- 과거의 철도시설, 장비에 대한 H/W적인 안전투자만으로는 철도사고율 저감 한계에 도달
- 안전관리체계의 효율화, 안전도 시험평가기술 개발, 안전요소기술개발, 정보기술의 응용 등 안전기술 연구개발을 병행추진하여 철도안전투자의 효율성을 극대화

<표 3.15> 해외 철도안전 연구개발 프로그램과 연구분야

국가	주관기관/사업명	분야
미국	연방철도국/ 5개년 철도연구개발 및 시범구축 전략사업	철도시스템안전, 인적요인, 차량 및 부속품, 궤도 및 구조물, 궤도-차량 상호작용, 열차제어, 건널목, 유해물질 운송, 열차승객보호, 연구개발 시설 및 장비, 사고 정보DB 및 예방체계 개발
영국	철도안전표준위원회/ 철도안전연구프로그램	정책 및 위험 평가, 안전관리체계, 차량 및 궤도의 안전기술 연구, 운행안전, 열차보안 및 제어, 공중사상안전, 인간공학적 안전
일본	일본철도종합연구소/ 철도안전연구 분야	건널목 안전대책, 열차보안 및 제어, 지진에 대한 안전대책, 강풍에 대한 안전대책, 충돌 대책, 자연재해 대책, 인적요인

(2) 미국

○ 연방철도국(Federal Railroad Association)의 안전투자 현황

- 미국은 1980년 이후 20년간 철도시설 및 장비에 800억달러(96조원) 이상 투자, 사고율 65% 감소
- 미 연방철도국의 2003년 안전관련 투자현황을 살펴보면, 운영부문에 1억2,300만달러(1,500억원)를 투자하고 있으며, 이의 23%에 해당하는 2,800만달러(350억원)를 연구개발에 투자하고 있음

<표 3.16> 미 연방철도국의 2003년 주요 안전투자 현황

분야	사업내용	투자액 (천달러)
운영안전	- 안전감독 직원의 전문성 강화 및 인적자원의 지속적 관리	123,000
연구개발 (5개년 철도연구개발 및 시범구축 전략사업)	- 철도안전시스템, 궤도구조물, 직원보호, 열차운영상의 인적요인 - 차량 및 부품, 궤도 및 열차 상호작용, 궤도제어, 건널목, 위험재료 분야	28,000

○ 연방철도국(FRA)『5개년 철도연구개발 및 시범구축 전략사업』

- 사고 및 사상자수를 획기적으로 감소시키기 위해 2001년부터 10개 기술분야의 종합적인 철도안전연구개발계획 시작
- 2001～2002년 연구개발 투자액 5,400만달러(650억원), 2003년 예산액 2,800만달러(350억원)
- 연구내용 및 예산에 대한 아래 <표>에 따르면, 차량(차량 및 부속품, 유해물질 운송, 열차승객보호), 궤도 및 구조물, 신호・제어(열차제어, 건널목) 및 시스템(철도시스템 안전, 궤도-차량 상호작용, 인적요인) 등 안전기술 연구개발 외에도 연구개발 시설 및 장비의 확보・유지보수도 병행하는 종합적인 연구개발이 진행되고 있음

<표 3.17> FRA의 철도연구개발 전략사업의 연구내용 및 예산(2001-2003)

연구분야	연구 과제	연구 예산(천달러)		
		2001	2002	2003
철도시스템 안전	- 고속차량 안전성평가 - 철로차량 시스템 및 철도 인프라 보안기술 - 철도환경기술	4,640	5,150	3,225
인적요인	- 차량 운행 안전성과 인적요인 - 철도 건널목 안전과 인적요인 - 인적요인을 고려한 철도안전대책 수립	2,791	3,278	3,478
차량 및 부속품	- 차량 안전 모니터링 시스템기술 - 지상 모니터링 시스템기술 - 차량부품 성능 향상기술	1,284	2,187	2,487
궤도 및 구조물	- 철도 시설물 진단기술 - 노반 자동 진단기술 - 시설물 재료 및 구조물 성능 향상기술 - 궤도 시설물 설계 기술 및 성능 향상기술	4,640	6,325	4,225
궤도-차량 상호작용	- 탈선 원인 규명 및 방지기술 - 차륜/레일 상호작용 역학 및 윤활 - 차량 궤도 상호작용 해석 기술 및 승차감 확보기술	3,043	3,350	3,350
열차제어	- Positive Train Control - GPS 응용기술 - 열차 추적 시스템기술 - 지능형 열차운행계획 기술	0	0	1,250
건널목	- 지능형 건널목 기술 - 자동열차 감지 및 경보 시스템기술 - 건널목 안전도 평가기술 - ITS 기술 응용	1,432	1,435	1,435
유해물질 운송	- 유해물질 운송안전기술 - 탱크 차량 구조 건전성평가기술 - 손상도 평가 및 진단기술	998	1,000	1,000
열차승객보호	- 충돌 안전도 기술 및 연료전지차 안전 기술 - 화재 안전기술 - 기관차 안전기술	5,338	5,350	6,450
연구개발 시설 및 장비	- 시험장비의 확보 및 시험소 유지관리(TTC 내 134.6 ㎢) - 시험차 확보 및 유지보수 - 시험선 확보 및 유지보수(TTC내 80.45 km)	923	925	1,425
계		25,269	29,000	28,325

(3) 영국

○ 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)의 철도안전연구프로그램(Railway Safety Research Program)

- 영국은 철도안전에 대한 요구 증가로 2001년부터 철도안전분야 전문연구프로그램인 철도안전연구프로그램 시작
- 매 5년마다 체계적인 철도안전 R&D 프로그램을 개발하여 시행중, 1년에 2회씩 연구프로그램 및 요약서 개정 발표
- 5년간 7,500만 파운드(1,500억원, 연평균 300억원) 투자하여 7개 분야 24개 주제를 중점 연구
- 표 3.16의 철도안전연구프로그램의 연구내용을 살펴보면, 차량·궤도의 안전기술에 대해 가장 많은 27%의 연구예산이 배당되며, 이 외에도 운행안전, 열차보안 및 제어, 공중사상 등 전체 안전기술 연구에 75%의 예산을 편성하고 있으며, 정책 및 위험평가, 안전관리체계 연구 등 안전관리시스템 구축을 위한 연구가 병행되고 있음 [부록 B 참조]

<표 3.18> 철도안전연구프로그램(RSRP)의 연구내용 및 예산(2001-2006)

연구분야	연구 과제	연구 예산 (천파운드)
정책 및 위험 평가	- 안전의 경제성 및 효율성에 대한 객관적 평가 - 안전 의사결정 체계 - 위험평가 및 데이터 분석	5,000
안전관리체계	- 안전에 대한 문화적 의식 제고 - 안전관리 체계 구축 - 운영자 측면의 상호 연계성 관리 - 적성 및 자격 검증방법	9,000
차량 및 궤도의 안전기술연구	- 시설의 무결성 - 사고시 차량의 무결성 및 화재안전(인적 피해저감)	20,000
운행안전	- 운행안전관리 체계 - 비정상운행 조건 하에서 임시안전 운행대책 - 비상상황 통신장애 대책 - 선로작업의 안전관리 대책 및 선로변 적치물 관리 방안	10,000
열차 보안 및 제어	- 신호보안 체계를 이용한 열차제어	14,000
공중사상안전	- 무단횡단 - 불법행위 - 역구내 안전체계 - 승객 안전 및 신호보안 체계 - 자살 - 건널목 사고	12,000
인간공학적 안전	- 인적안전 요소 - 신호인지에 의한 위험 저감 및 완화 대책 - 직업병 관리	5,000
계		75,000

(4) 일본

○ 일본철도종합연구소(RTRI)의 안전연구

- 1997년 이후 8개 안전분야를 선정, 체계적·집중적 철도안전연구
- 연평균 200억엔(2,100억원)의 RTRI 연구비 중 상당부분을 안전연구

에 할당(연구비 지원: 7개 철도주식회사)

- 표 3.17의 RTRI 안전연구내용을 살펴보면, 일본철도의 환경을 고려한 강풍・지진 관련 안전기술이 특징적으로 나타나 있음

<표 3.19> RTRI의 철도안전 관련 연구 내용

연구분야	연구 과제
건널목 안전대책	- 인적요인을 고려한 건널목장치 가시거리 향상 - 건널목 침입 장애물 감지장치 - 건널목 사고 유형 분석을 통한 위험도평가 - ITS 시스템과 연계한 건널목 통합 안전 시스템기술
열차 보안 및 제어	- 제어 시스템 fail-safe 기술, ATP(Automatic Train Protection)시스템 - CARAT(Computer and Radio Aided Train Control)시스템을 이용한 무선 속도제어 및 차간 거리 제어기술 - 시스템 소프트웨어 신뢰성 확보기술
강풍에 대한 안전 대책	- 교량 통과 시 강풍에 대한 차량운행 안전성 - 풍동시험 및 공력 해석기술
지진에 대한 안전대책	- UrEDAS(Urgent Earthquake Detection & Alarm System)을 이용한 지진 예측 및 경보시스템 - 철도 구조물 방진 설계 기준작성 - 비상제동거리 단축 기술, 지진중 차량 거동 해석기술
충돌 대책	- 충돌을 고려한 차량 내부 구조물 및 차량 구조 설계 등 연구
자연재해 대책	- 철도 사면 붕괴 방지 대책연구
인적요인	- 인간의 실수발생 과정 규명 - 사고자료 분석을 통한 심리적, 생리학적 운전자 업무량 평가기술 - 건설 및 유지보수시 안전 대책

(5) 선진국의 주요 철도안전 연구개발 분야분석

○ 해외 철도안전 연구개발 프로그램에서 주요 대상으로 하는 기술개발 분야들은 정책・체계・인프라・기술・정보 등임

- 정책으로 철도안전을 확보하기 위한 제도 마련 연구(정책 측면)

- 철도사고의 원인이 되는 각종 위험원들을 규명하고, 이를 체계적으로

관리하는 안전관리체계 마련(체계 측면)

- 안전도평가, 안전성능향상 및 안전인증을 위한 시험평가설비의 구축(인프라 측면)
- 철도시스템의 안전도를 평가하고 사고예방 및 사고피해저감을 위한 안전성능을 향상시킬 수 있는 안전요소기술 개발(기술 측면)
- 사고정보 DB, 설계·제작·운행·유지보수 정보 DB 등을 통합 관리하면서 철도의 예방안전을 확보하는 정보화 기술 개발(정보 측면)

나. 국내 철도안전 연구개발 과제 분석 및 차별화·통합화 방안

(1) 도시철도표준화사업

○ 사업 비교

<표 3.20> 도시철도표준화사업 현황 및 비교

사업명 / 항목	도시철도표준화사업	철도종합안전기술개발사업
주관부처	건설교통부	건설교통부
주관기관	한국철도기술연구원	한국철도기술연구원
사업비	599억원 (국고 543억원, 민간 56억원)	948억원 (국고 883억원, 민간 65억원)
사업기간	1995~2005년(총 10년)	2004~2009년(총 6년)
사업목적	도시철도의 안정성을 확보, 경제적인 도시철도건설 및 운영비 절감을 위한 도시철도 표준화 및 관련 핵심기술 개발	21세기 건강한 선진 복지사회 구현에 필요한 선진국 수준의 범국가적 철도종합안전시스템을 구축하여, 대형 철도사고를 미연에 방지하고 철도사고율을 획기적으로 저감하는 종합적·체계적 철도안전기술 개발
사업내용	- 도시철도차량 표준화/국산화 - 도시철도인프라 표준화/정보화	- 철도안전체계 구축 - 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발

- 도시철도표준화사업은 도시철도 차량·시설에 대한 표준화 및 관련 표준사양·핵심기술 개발을 목표로 하고 있으며, 본 사업은 도시철도, 일반철도, 고속철도에 대해 체계·시설·기술·정보에 걸친 통합적인 안전시스템 구축을 목표로 함
- 그동안 도시철도 표준화체계를 중점적으로 개발하였으며, 향후 도시철도 표준화체계 유지발전, 도시철도운영 최적화기술을 개발하여 안전성 및 운영비 절감을 목표로 하고 있음

○ 현황 및 문제점

- 도시철도 표준화·국산화사업을 통하여 도시철도차량의 안전기준을 건설교통부령으로 제정('00.3.8)하였고, 선로, 전력 및 신호분야의 안전기준 등 특정분야에 제한적으로 안전기준이 작성 중에 있음
- 도시철도는 차량, 역사, 궤도, 전력, 신호 및 운영 등 종합적인 시스템인 동시에 화재, 충돌, 탈선 등 다양한 사고발생 가능성이 존재하므로 분야별 안전기준을 통합적인 체계로 구축해야 함
- 대구화재사고 후 제기되는 제도적인 안전기준 강화는 국내기술의 현 수준으로는 감당하기 어려운 측면이 많아 도시철도기술의 외국종속이 우려됨
- 철도는 차량 및 시설의 H/W적인 안전기준뿐만 아니라 사고시 대처요령 등 운영측면의 S/W적인 안전도 매우 중요하나 현재 도시철도기술개발의 안전체계는 H/W적인 안전기준만을 제시하고 있음
- 세부적인 시험기준을 제시할 수 있는 안전기술의 개발 및 안전도평가 시험시설의 구축이 포함되지 않아 선언적 의미의 안전기준 제정으로 실효성이 의문
- 경량전철 및 자동여객수송열차 등 신교통수단에 대한 안전 분야 연구개발은 지속적으로 수행될 필요가 있음

○ 비교 검토 및 연계방안 마련

- 도시철도표준화사업에서 개발 예정인 도시철도 안전기준에 대응하는 안전기술·제품 개발을 본 과제에서 수행하여 도시철도 표준화사업의 기술적 기반을 구축
- 도시철도표준화사업에서 상대적으로 미비한 안전관리체계 및 안전도 시험평가 시설·기술을 본 과제에서 개발 후 도시철도와 통합 구축·운영

<표 3.21> 도시철도표준화사업과의 연계방안

사업명 / 분야	도시철도표준화사업	철도종합안전기술개발사업
안전기준	- 도시철도차량 안전기준(기제정) - 도시철도 전력안전기준(개발중) - 도시철도 신호안전기준(개발중) - 도시철도 선로안전기준(개발중)	- 철도사고 예방안전기준과 사고/비상대응 관리체계 구축(화재 및 건널목안전을 포함하는 철도차량·시설 안전기준 및 위험물수송/테러 대책을 포함하는 사고모델별 비상대응 절차 개발)
	· 연계방안: 도시철도 안전기준 개발 지원 및 체계적 수용	
안전관리체계		- 인적요인 관리체계 구축 - 철도안전 정보시스템 구축
	· 연계방안: 도시철도 안전관리체계 구축 및 표준화 반영	
기술개발	- 도시철도차량 핵심장치 국산화	- 철도 위험분석 및 위험도 평가기술 개발 - 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발 - 화재사고방지 및 평가기술 개발 - 충돌/탈선 사고방지 및 평가기술 개발 - 철도안전 시험평가기반 구축
	· 연계방안: 도시철도 안전기준 대응 안전기술·제품 제공	

(2) 최첨단 Safe Rail System 기술개발(국가교통핵심기술개발사업)

○ 교통체계효율화법에 근거하여 2003년부터 시작되는 국가교통핵심기술개발사업(1단계 5년, 총예산 3,000억원)에는 자연재해대응 철도방재 연구로서 “Safe Rail System 기술개발(이하 SRS기술개발)”과제가 포함됨

○ 사업 비교

- 국가교통핵심기술개발사업은 운영효율화, 미래대중교통, 안전성향상, 환경친화, 동북아물류 등 5개 분야에 걸쳐 도로·철도·해운·항공교통을 포괄하는 교통기술 전반에 관한 연구개발사업이며, 본 사업은 철도교통의 제도적 안전기반구축과 연계된 체계·시설·기술·정보에 걸친 철도 안전기술 연구개발사업임

<표 3.22> 국가교통핵심기술개발사업 현황 및 비교

사업명 / 항목	국가교통핵심기술개발사업	철도종합안전기술개발사업
주관부처	건설교통부	건설교통부
주관기관	교통개발연구원·한국철도기술연구원·한국항공우주연구원 총괄주관	한국철도기술연구원
사업비	3000억원 (국고 2,400억, 민간 600억)	948억원 (국고 883억, 민간 65억)
사업기간	2003~2007(1단계 총 5년)	2004~2009(총 6년)
사업목적	국민의 교통편의 증진과 국가경쟁력을 강화하고, 21세기 첨단 고도기술사회 및 환경·안전중시 사회환경에 적합한 신속·쾌적·안전한 교통시스템 구축에 필요한 첨단 교통수단 및 교통기반기술 등 국가교통핵심기술 개발	21세기 건강한 선진 복지사회 구현에 필요한 선진국 수준의 범국가적 철도종합안전시스템을 구축하여, 대규모 철도사고를 미연에 방지하고 철도사고율을 획기적으로 저감하는 종합적·체계적 철도안전기술 개발
사업내용	교통운영효율화 기술개발 차세대 대중교통 기술개발 교통안전성향상 기술개발 (SRS기술개발 포함) 환경친화적 교통기술개발 동북아 물류중심지를 위한 물류기술개발	철도안전체계 구축 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발

○ SRS 기술개발 과제의 내용 분석

- SRS기술개발 과제는 재해감시정보, 방재성능강화 등의 자연재해 방지와 관련된 핵심요소기술 및 제품의 개발을 내용으로 하고 있으며, 사업총예산 3,000억원에 대한 연구비 비중은 180억원임

- 1차년도 추진내용으로는 “첨단 철도기상재해 감시 및 운행제어장치개

발", "철도 화재조기탐지 및 자동소화 장치개발" 등이 있음

<표 3.21> Safe Rail System 기술개발 과제 주요 내용

주요개발 목표	자연재해에 대한 첨단 철도방재시스템 기술개발로 철도교통 안전성 향상
주요개발 목표의 정의	철도재해를 유발시키는 요인 즉, 강우, 강설, 강풍, 지진, 화재 등을 예·검지하고, 이를 통해 철도시설물을 안전하게 보호하거나 그 성능을 강화하며, 발생된 재해에 대해 신속히 대처하는 철도시설물 중심의 종합방재기술 개발에 집중
사업비	180억원
사업기간	2003~2007(1단계 총 5년)
기술영역	재해 감시정보기술 ·자동감시관리시스템 개발, 방재정보시스템 개발, 긴급복구체계·프로그램 구축 방재 성능강화기술 ·내기상·내지진 증진기술 개발, 재해대응 구조혁신기술 개발, 보수보강 선진화기술 개발
2003년도 추진내용	첨단 철도기상재해 감시 및 운행제어장치 개발 ·강우시 열차운전 규제기준을 적용한 철도강우 방재시스템 개발 철도화재 조기탐지 및 자동소화 장치개발 ·철도화재에 대한 승객의 인명보호를 위한 조기탐지/자동소화 장치개발

○ 비교 검토 및 연계방안 마련

- 본 사업은 철도안전에 위협이 되는 제반위험요소들에 대한 정책, 관리, 인프라, 기술, 정보를 통합적으로 연계, 개발하는 종합 안전기술로서 SRS 기술개발 과제에서 개발될 핵심요소기술 및 제품을 본 과제의 최종목표인 철도종합안전시스템 구축에 반영토록 함

<표 3.24> Safe Rail System 기술개발 과제 비교

사업명 / 항목	Safe Rail System 기술개발	철도종합안전기술개발사업
사업성격	요소기술 연구 및 제품 개발	정책, 관리, 인프라, 기술, 정보화의 통합기술 개발
사업의 범위	자연재해를 중심으로 재해 감시정보, 방재 성능강화 등에 관한 핵심요소기술 개발	충돌, 탈선, 화재 등 중대 철도사고를 중심으로 각종 철도사고의 원인이 되는 제반 위험원에 대한 평가기술, 안전관리, 대책기술 등 종합적 안전기술 개발

5. 철도안전정보화 현황분석

가. 해외 철도안전정보화 현황분석

□ 동일본철도 주식회사의 COSMOS시스템 현황

○ 1996년 CALS개념을 도입한 철도차량의 전주기적 정보관리체계 구성 사업을 착수

○ 신간선 차량의 설계, 제작, 운행, 유지보수 및 폐기에 관한 모든 정보를 DB화하여 관련 기관들이 공유하여 활용하고 있음

○ 기존의 COMTRAC/SMIS를 차세대 운영시스템인 COSMOS로 교체함

○ 이 시스템은 작업계획수립, 작업일정조정, 작업자료 및 유지보수관련 정보 흐름이 현장의 단말기와 콘트롤 센터간에 실시간으로 이루어져 신간선 안전운행에 일조함



<그림 3.12> 동일본철도 주식회사의 COSMOS 시스템 구성도

□ 미국 FRA의 철도 안전사고 DB 구축현황

○ 미국전역에서 발생하는 주요 철도사고에 대한 조사, 처리방법, 향후대책 등 사고에 관련된 제반사항은 국가교통안전위원회에서 일괄처리

○ 사고보고서는 사고정보, 원인분석, 안전대책 등 상세하고 정확한 사고원인을 규명하고 있음

○ 연방철도국은 각 철도회사로부터 작성된 보고서를 토대로 철도사고/사건에 대한 DB 구축 및 분석. 또한 철도사고 예방체계에 대한 연구를 수행

○ 1910년에 제정된 사고보고서법에 의거하여 작성하며, 사고보고서의 작성여부는 사고보고서법의 49 CFR 225에 따름

○ 연방철도국에서 관리하는 철도사고/사건관련 보고서의 종류

- 철도장비 관련 사고/사건 보고서
- 철도 사상자 및 질병에 관한 종합 보고서
- 건널목에서의 사고/사건 보고서
- 철도근무자에 의한 철도장비관련 사고/사건 보고서
- 철도근무자와 관련된 사고 첨가 보고서
- 초기 철도장비관련 사고/사건 기록
- 철도근무자 부상 및 질병 기록

□ 미국의 GM사

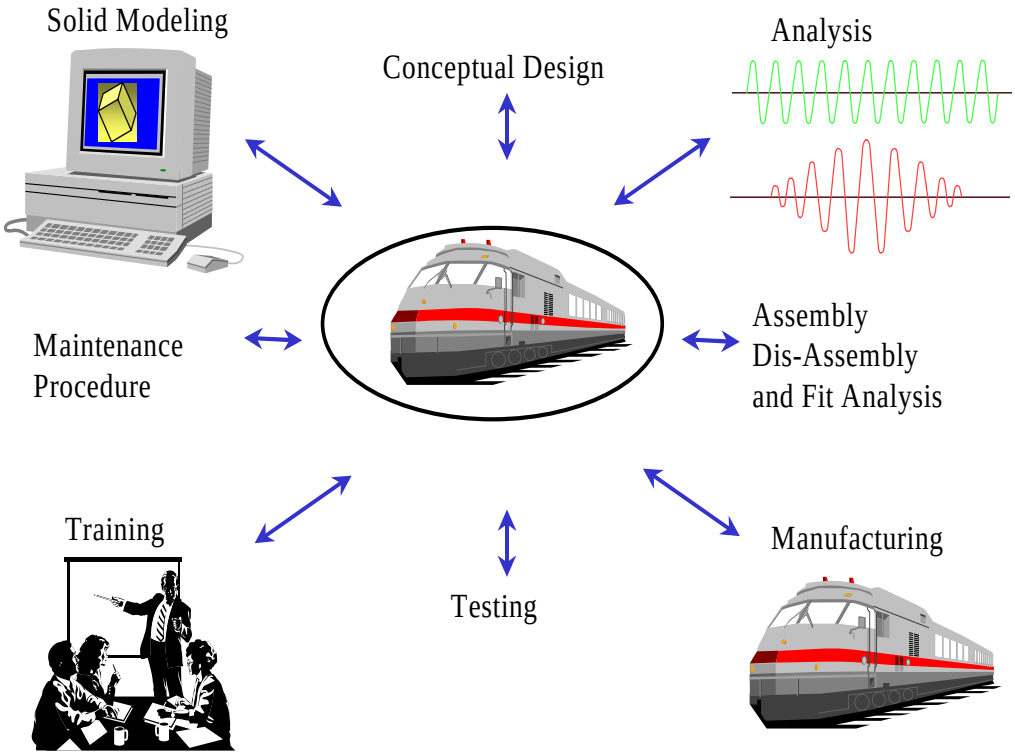
○ GM(General Motors Corp.)의 전기기관차 부서에서는 철도차량과 같이 복잡한 제품의 주문제작에는 수많은 엔지니어링 작업이 필요하며, 제품개발 공정 그 자체가 사업의 성공여부를 보장하는 주요한 경쟁요인으로 판단

○ EMD에서는 VPD(Virtual Product Development: 가상제품개발)이라는 새로운 개념의 공정을 철도차량 개발에 적용

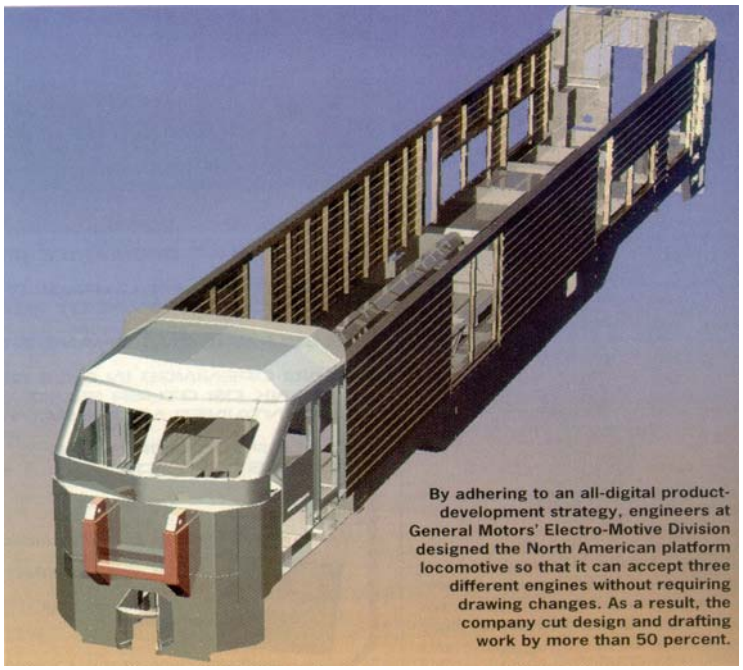
○ EMD에서 VPD체계를 적용하여 기관차용 6,300 hp GM 16V 265H 회전엔진을 18개월만에 개발하였음. 철도차량 산업에서 새로운 엔진을 3년 내에 개발해 낸 업체는 현재까지 없음

○ 엔진의 해석, 설계최적화, 가공 등을 입체 모델링(Solid Modelling)을 통하여 추진함. 중요한 분석 작업도 모델링과 동시에 추진함으로서 과거보다 상당히 짧은 시간에 엔진의 신뢰성을 검증하였음

○ VPD 체계에서 개발된 디지털제품 정보를 철도차량의 유지보수 정보시스템에 연계 운용함



<그림 3.13> GM의 VPD 공정 개념도



<그림 3.14> GM이 개발한 VPD 공정에서의 차체 모델

□ 유럽공동체(EU)

○ 유럽교통위원회는 1995년에 Task Forces를 구성하여 21세기 철도교통의 재도약을 위하여 다음과 같은 5가지의 주요 정책목표를 수립함

- 사업환경 및 생활형태의 변화에 대응하기 위해 철도시장과 철도운영 네트웍 구축

<표 3.23> 경비 절감을 위한 열차의 모듈화

대 상	목 표 치
LCC	40～50% 절감
신제품 출하기간	50% 단축
인도기간	50% 단축
신뢰성(MTBF)	25% 증대
유용성(Peak Traffic Periods)	99%
유지보수 경비	30% 절감

<표 3.24> 경비 절감을 위한 지능형 인프라 구축

대 상	목 표 치
직접운영비	50% 절감
Network	40% 증축
안전도	현수준 유지

- 동유럽 등 범 유럽시장에 대비한 유럽 철도교통 통합관리시스템 구축 (ERTMS: European Rail Transport Management System)

· 자동운행시스템 및 지능형 인프라

- 생산비 절감 및 신제품 개발기간 단축을 위한 VE 및 CE 환경에서의 철도기업 운영

· 업무의 표준화 및 VPD

□ 이태리의 CR(Circumvesuviana Railway)

○ 유지보수에 대한 전산통합관리체계의 도입으로 전동차 수명주기비용의 60%에 해당하는 유지보수 비용의 10% 정도를 절감하였음. 또한 전동차의 신뢰성 및 가용성도 향상시킴

나. 국내 철도안전정보화 현황분석

□ 철도청 고속철도 통합정보시스템(IRIS) 현황

○ 철도청은 고속철도의 안전운행을 확보하기 위하여 2000년 12월부터 2004년 12월까지의 계획으로 고속철도 통합정보시스템(IRIS)를 개발

○ 이 시스템은 수송수요예측, 수송계획작성, 열차운행계획, 예약발매, 운행관리, 경영지원 등의 단위 시스템으로 구성됨

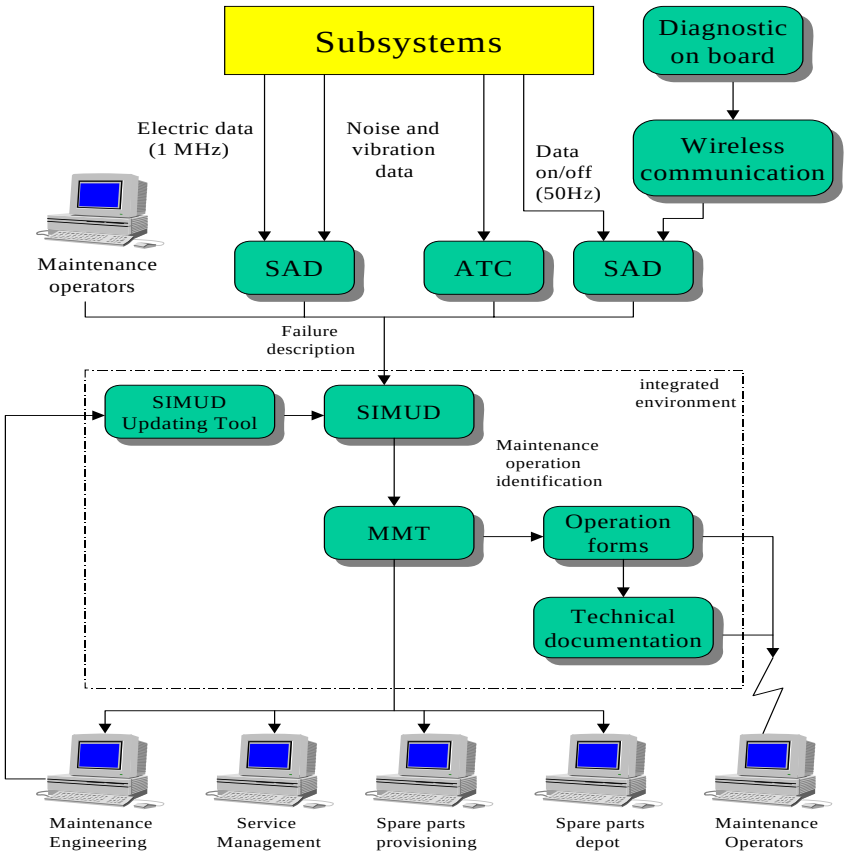
○ 고속철도 운영과 관련된 시스템만으로 구축되고 있어서 고속철도 차

량 및 시설물의 설계, 제작, 운행, 유지보수 및 폐기에 관한 모든 정보를 DB화할 수 없어 관련 기관들이 공유하여 활용할 수 없음

□ 국내 도시철도 안전정보시스템 현황

○ 국내 도시철도 정보화는 제품설계 부분과 운영/유지보수 분야에 일부 전산화가 이루어져 있으나, 제품개발, 운영/유지보수, 교육/정비 매뉴얼, 문서/도면 교환 및 관리 시스템 등이 체계적으로 통합관리 운영되는 정보화 수준에는 도달하지 못한 실정

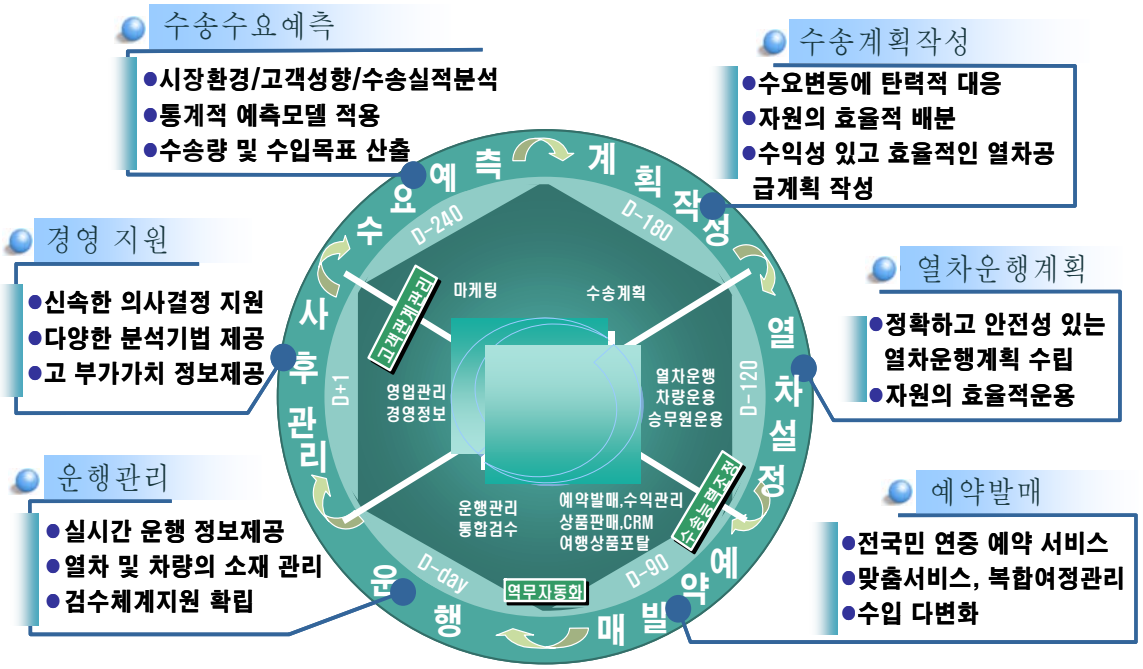
- 국내 도시철도 운영기관별 정보화시스템 개발 현황 내역은 아래의 표와 같음



<그림 3.15> CR사의 SGSM과 철도 운영/유지보수 분야의 상호작용 개요

<표 3.25> 도시철도 운영기관별 정보화시스템 현황

분류	사 업 명	운영기관	수행사	예 산 (백만원)	사업기간
전동차 검사·정비 전산화	전동차 운용 및 관리 전산화	서울특별시 지하철공사	자체개발	-	1993~1995
	전동차 운용 및 관리 전산화	서울특별시 도시철도공사	대우정보기술	577	1996~1998
	전동차 운용 및 관리 전산화	부산 교통공단	자체개발	-	1995~2002
	전동차 운용 및 관리 전산화	대구광역시 지하철공사	자체개발	-	1997~2003
	통합경영정보 시스템 구축	인천광역시 지하철공사	삼성 SDS	3,430	2000~2002
	고속철도통합 정보시스템구축	철도청	LG C&S	101,800	2000~2004



<그림 3.16> 철도청 고속철도 통합정보 시스템 구성도

○ 차량 업체, 시공 업체, 도시철도 공사, 지하철 공사, 철도청 등 운영기관에 자료들이 분산되어 통합관리 되지 못하여 업무연계성과 효율성이 저하됨

○ 현재 사용 중인 도시철도 운영기관 정보화시스템은 자체개발 또는 경영정보시스템 등 시스템 구축시 일부로 포함하여 개발하였거나 개발을 추진 중에 있으며, 그 기능은 전문가시스템이나 기술지식관리시스템 및 통합 개념을 도입한 단계까지는 이르지 못하고 있음

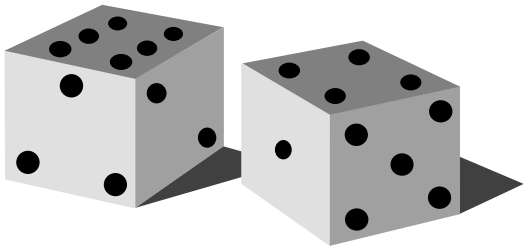
○ 도시철도 공사, 지하철 공사, 철도청 등 각각의 운영기관이 독자적으로 정보화를 추진함으로서 국가적으로 중복투자 및 예산이 낭비되고 각 시스템간 호환성이 부족하여 정보를 공유할 수 없어 국가적인 차원에서 안전관리체계를 수립하는데 활용이 불가능한 실정

○ 또한, 표준화된 정보의 부재 및 부정확한 표준에 의한 업무의 비효율성이 가중되고 사고예방 및 신속한 복구지원을 통한 대국민 안전서비스 제공 및 열차운행의 안전성 확보에 미흡함

○ 따라서, 국가차원의 도시철도/일반철도/고속철도 안전정보화시스템을 통합할 수 있는 통합관리시스템을 구축하여 각 운영기관별로 서로 상이한 운영방식이 아닌 정부차원의 일원화된 운영방식으로 통합할 필요성이 있음

Ⅳ. 사업내용 도출

1. 안전기술 특징분석
2. 안전기술 도출체계
3. 철도종합안전시스템 개념정립
4. 비전 및 목표 설정
5. 분야별 사업내용도출
6. 사업의 전체 기술체계



Ⅳ. 사업내용 도출

1. 안전기술 특징분석

○ 안전관리활동은 강제성/검증성/동시성/통합성/상시성이라는 특징을 필요조건으로 함

가. 강제성

○ 안전활동은 이윤추구나 편의성과 상충되는 면이 있으므로 선택적이기보다 강제적임

○ 강제적 활동을 지원하기 위해서는 제도적 기반을 필요로 하며 안전성능의 주기적 평가에 의한 규제가 필요함

나. 검증성

○ 안전도는 객관적이고 정량화된 검증을 통하여 투명하게 드러나야 함

○ 객관적인 평가를 위해서 제도적 기반, 체계적 관리, 기술, 설비를 필요

다. 동시성

○ 안전시스템은 모든 구성요소가 동시적으로 작용하지 못하면 안전이라는 최종결과를 달성할 수 없음

라. 통합성

○ 안전시스템의 구성요소들은 서로 유기적으로 통합될 때 기능을 발휘함

○ 안전시스템은 잘 짜여진 정보망을 통하여 통합성이 더욱 강화됨

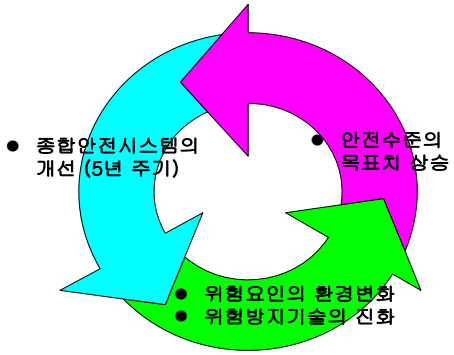
마. 상시성

○ 안전활동은 특정한 시간영역에서만 존재해서는 의미가 없고, 상시적으로 수행하여야 함

○ 안전활동의 상시성이 성립되지 않으면 특정시간영역에서만의 안전활동

투자는 무의미함

○ 미래는 사회적·기술적 환경변화를 끊임없이 겪게 되므로 발전의 진보에 맞추어 종합안전시스템을 Rolling Plan으로 진행할 필요가 있음



<그림 4.1> 철도안전시스템의 Rolling Plan 개념

2. 안전기술 도출체계

가. 철도안전기술의 정의

□ 정의

○ 철도운용시에 존재하는 위험원(Hazards)의 존재를 밝혀내고, 그 위험원에 의해서 발생할 수 있는 위험도(Risk)를 고려하여, 그 위험도를 보편적으로 허용할 수 있는 수준(ALRAP: as low as reasonably practicable)까지 낮추는 안전관리활동과 관련된 기술을 의미함

□ 범위

○ 사고예방과 사고시 대응방안을 정한 안전관리체계 구축에 관한 연구

○ 안전규정을 의무적으로 이행할 수 있게 하는 안전기준의 기술적 지원 연구

○ 객관적이고 주기적인 안전평가를 위한 안전도평가인프라 구축 및 운영 연구

○ 위험요인영역에서 사고를 사전감지·관리하여 사고를 방지하는 사고발

생방지기술(Active Safety)

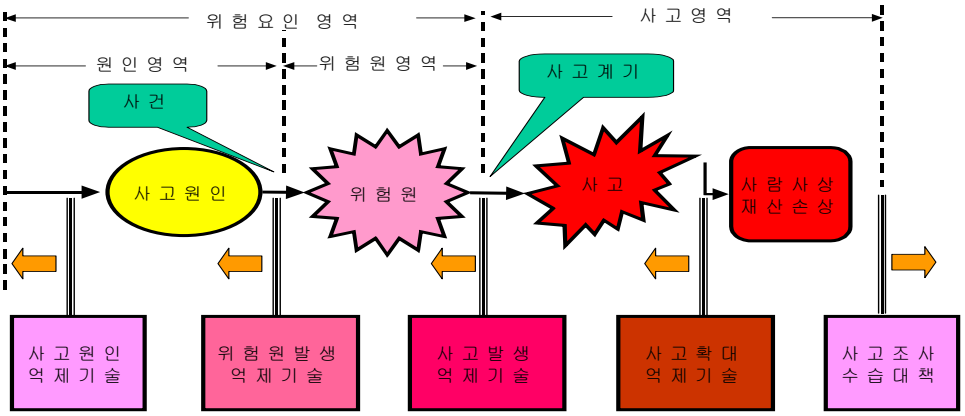
○ 사고영역에서 비상시 사고가 발생하더라도 피해확대를 최소화시키는 사고확대억제기술(Passive Safety)

○ 철도안전시스템을 유기적으로 통합하는 통합정보기술

나. 철도안전시스템의 구성요소

○ 철도안전사고의 추론맵 분석을 통하여 철도안전관리활동을 종합시스템화하는데 필요한 구성요소를 도출함

□ 추론맵 분석



<그림 4.2> 사고추론 맵

<표 4.1> 용어 설명

분류	설명	사례
사고원인(Cause)	사고를 유발하게 하는 원인	신호미확인, 차상신호고장, 출입문고장, 기관사 피로
위험원(Hazard)	사고원인으로부터 사건의 발생을 통하여 사고로 이어질 수 있는 조건이 됨. 위험의 잠재적 원천	화물열차의 위험물질유출, 열차정지의 실패, 차량제어 실패, 이동중인 열차로 날아온 물체
사고(Accident)	위험원으로부터 사고의 계기가 발생하여 사고로 진전됨	충돌, 화재, 탈선

○ 시간영역은 사고발생시점을 기준으로 위험요인 영역과 사고영역으로 나뉨

○ 위험요인 영역은 원인영역과 위험원 영역으로 다시 나뉨

○ 사고원인으로부터 위험원→사고→손상 순으로 진행됨을 알 수 있음

○ 각 사건진행별로 필요한 기술은 사고원인억제기술, 위험원발생억제기술, 사고발생억제기술, 사고확대억제기술, 사고수습조사기술 등임을 알 수 있음

□ 안전활동의 필요조건 도출

○ 각 사건별로 필요한 안전활동을 분석하고 활동에 수반되는 조건을 도출

<표 4.2> 필요조건 도출

분류		내용	방안 사례	필요조건
사고원인억제		사고원인을 제어하기 위한 활동	교육훈련, 유지보수, 안전체계구축	제도적 기반 정보 기반
위험원 발생억제	Active Safety	위험원을 제어하기 위한 활동	자동검지, 위험차단, 유지보수	기반기술 정보 기반
사고발생 억제	Active Safety	위험원발생으로부터 사고로 이어지기 전 단계에서 비상대응	자동검지, 위험차단, 유지보수	기반기술 정보 기반
사고확대억제 (Passive Safety)		사고가 발생했을 시 피해를 최소화하는 활동	충돌흡수장치 내화성재료 비상소화장치	기반기술 시험평가설비 정보기반
사고수습대응		사고를 수습하기 위한 대응절차와 사고후 조사보고활동	긴급출동체계 구난복구체계 사고DB 등	제도적 기반 정보 기반

안전시스템이 갖추어야 할 구성요소			
제도적 장치 (System)	시험설비 (Infra)	기반기술 (Technology)	정보공유 (Information)

○ 각 영역에서의 안전활동을 지원하는 종합안전시스템은 4가지 구성요소(System, Infra, Technology, Information)를 필요조건으로 함을 알 수 있음

3. 철도종합안전시스템 개념정립

□ 정의

○ 4대요소(System, Infra, Technology, Information)로 구성되어 각 영역에서 강제적/검증적/동시적/통합적/상시적으로 철도안전활동을 수행할 수 있는 종합시스템

□ 기능

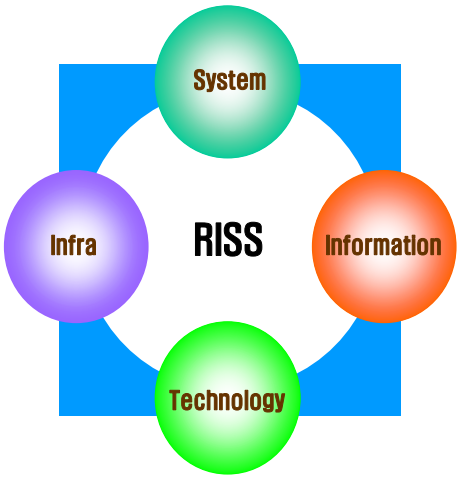
○ 안전활동의 필요기반을 선진국 수준으로 확보하여 안전의 질적·양적 수준을 획기적으로 강화

<표 4.3> 종합안전시스템의 기능적 분류

기능분류	내용	사례	구성요소
안전정책수립 (Safety Plan)	안전관리절차 등을 수립하여 제도적으로 안전을 관리하도록 함	· 안전규정 · 안전성능기준 · 안전관리프로그램	· 체계 · 정보
사고억제기술 (Active Safety)	사고원인(Cause) 및 위험원(Hazard)을 제어하여 사고발생을 미연에 방지	· 자동검지 · 유지보수 · 위험차단	· 기술 · 정보
피해저감기술 (Passive Safety)	사고가 발생하였을 때 피해를 최소화하여 사고확대를 억제	· 충돌안전장치 · 화재진압장치 · 승객보호장치	· 기술 · 인프라 · 정보
사고수습대책 (Accident Response)	사고발생 후 절차에 따라 사고보고·긴급출동·복구 등을 행하는 활동	· 사고조사 · 복구활동 · 보고활동	· 체계 · 정보

□ 철도종합안전기술개발사업의 대과제 도출

○ 철도종합안전시스템은 4대 구성요소로 형성(Railway Integrated Safety System : RISS)



<그림 4.3> RISS의 구성요소

<표 4.4> 사업의 대과제와 구성요소와의 상관관계

안전시스템 구성요소	철도종합안전기술개발 사업의 대과제 분류	설명
체계(System) 정보(Information)	안전체계 구축 분야 (대과제 II)	안전활동의 동시성, 통합성, 강제성을 갖추기 위해서는 제도적 기반 및 정보공유기반을 필요로 함
인프라 (Infra)	철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발 분야 (대과제 III)	안전활동의 검증성, 상시성을 지원하기 위해서는 시험평가를 객관적으로 수행하는 대형시험시설필요. 특히, Passive Safety 경우 실제 사고상황을 재현할 만한 시험시설 필수
기술 (Technology)	철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발 분야 (대과제 III)	체계/시설/정보가 잘 갖추어지더라도 안전활동의 전 분야에 걸친 기반기술들의 뒷받침이 없으면 실질적인 안전도향상이 달성되지 않음

4. 비전 및 목표 설정

가. 국내환경분석

□ 3C 분석

○ 국내 철도산업의 안전정책/동향, 시장환경 등의 외부환경, 대상기관 및 기술환경에 대한 3C 분석

일반환경(Circumstance)

1. 고속철도운행시대 도래
2. 철도산업구조개혁추진
3. 국가경쟁력 강화와 물류비 감소를 위한 철도시설투자확대
4. 교통안전기본계획 추진 등 철도안전확보의 중요성 증대
5. 철도 안전정책 및 국가적인 안전제도 확립 추진

대상기관(Company)

1. 철도 운영기관의 안전관리 현황 및 문제점
   - 사후 수습형 안전관리체계로 철도 안전사고 사전 대처능력 미흡
2. 한국철도기술연구원의 고유기능 재정립
   - 공공연구기관으로서 철도안전기술 확보 주력
   - 철도고유의 시스템 안전기술개발 전문화, 특성화 요구

기술환경(Technical Circumstance)

1. 철도 위험요인의 체계적 관리와 사전 안전성 검증에 의한 안전 확보
   - 주기적 안전평가에 의한 철도시스템 안전관리 선진화
2. 철도 종합안전관리 시스템 구축
   - 대형사고 재발방지 및 위기관리 대응능력 향상
3. 철도 안전위험 평가에 기반을 둔 사고방지 및 안전확보 핵심기술 개발
4. 국제수준의 품질인증 및 안전연구 인프라 구축
   - 국가간 상호품질인증이 세계적인 추세
   - 체계적인 안전연구 인프라 구축 절실

⇒ 철도안전성 확보를 위한 체계적인 기술개발 노력의 선행이 요구되며, 편리한 공공서비스의 제공을 위해 국가 정책차원의 투자 확대 등 국민의 편의성 증진을 위한 국내 철도산업 전반의 공동대응 노력이 필요

□ SWOT 분석

○ 철도종합안전기술개발사업의 목표 및 전략을 설정하기 위해 우리나라가 보유한 내부자원 및 능력의 강점과 약점을 가감 없이 분석하고 국내외적으로 사업을 둘러싼 주변 여건의 위협과 그로부터 오는 도약과 발전의 기회를 파악하기 위한 SWOT(Strength, Weakness, Opportunity, Threats) 분석을 실시함

강점(S)

1. 도로·철도 균형배치와 각 특성별 상호보완적인 고효율 수송복합체계 구축을 위한 국가교통시설투자계획의 수립 및 추진
   - 도로교통혼잡 해소(3,465km→2,508km)
   - 교통혼잡비용 및 물류비용 감소 (GDP대비 2.7%→2.2%, 16.5%→13.1%)
2. 철도안전확보 및 기술개발의 중요성 증대
   - 중장기 교통시설투자 및 교통안전기본계획 추진
   - 5차 교통안전기본계획 철도안전목표 : 열차주행 1백만 km당 운전사고건수 0.6건 달성(2006년)
3. 철도전문연구기관 육성에 의한 철도고유의 안전기술 개발
   - 공공연구기관으로서 전문화, 특성화된 철도안전기술 확보 주력
   - 안전성능평가 국가공인시험 수행 및 안전연구 기반시설 구축

약점(W)

1. 국가적인 철도안전 법·제도 개선 및 안전프로그램 확보 미비
   - 국가 제도적인 사전안전규제 및 주기적인 안전심사 수행필요
   - 안전지침 및 기술기준의 제정을 통한 국가적인 안전관리 지원필요
   - 전략적인 안전목표 제시에 의한 지속적인 시스템 안전성능평가 필요
2. 철저한 사고조사 및 주기적 안전성 평가를 위한 기술기반 취약
   - 철저한 사고원인 조사 및 정보공개에 의한 안전개선 반영
3. 국제수준의 안전기술 기반부족으로 사고방지기술 분야 낙후
   - 사고발생방지기술 및 사고피해저감기술의 지능화/첨단화 필요
4. 중대사고방지를 위한 안전도 시험평가설비 부족
   - 중대사고를 재현할 만한 대형시험설비에 대한 투자 필요

기회(O)

1. 국민편익 제공의 중추 교통수단으로서의 철도 역할 증대
   - 남북철도망 연결과 TSR, TCR 등 국제철도망과의 연계확대 추진
   - 광역철도 및 도시철도 건설 촉진
   - 고속철도개통과 기존선 고속화에 의한 철도서비스의 고급화 요구
2. 철도산업구조개혁 추진을 통한 근본적인 철도산업경쟁력 강화
   - 철도운영부문 경영자립 및 재정부담 경감
   - 민간참여의 확대와 철도서비스의 개선
3. 국가책무로서 제도적인 철도안전관리 및 안전개선 의지
   - 철도안전법 제정 및 안전규정(기술기준) 확보
   - 철도안전프로그램 구축에 의한 지속적인 안전성 유지·발전
   - 철도안전전문기관 육성에 의한 정보제공 및 기술지원 확산
4. 독립성, 객관성, 전문성을 확보한 철도사고조사 제도적 마련

위협(T)

1. 급변하는 철도산업환경과 기술발전에 대응한 능동적대처 결여
   - 철도운영기관 및 업계의 폐쇄성에 의한 유기적인 상호협조 미흡
   - 운영기관의 경직성과 관련 산업체간의 수직적 종속관계 유지
   - 사후수습형 관행적 업무처리에 의한 안전사고 사전대처능력 미비
2. 시스템적 접근을 통한 체계적 안전관리 미흡
   - 시설, 장비 노후화 및 결함에 따른 사고/장애 가능성 증가
   - 인적요소 및 취급 부주의에 의한 안전사고 및 사상사고 다발
   - 사고예방을 위한 위험요소 분석 및 정량적 평가기술 미비
3. 중대사고 안전도평가를 위한 대형시험설비 부족
   - 실제사고재현을 통한 철도시스템의 객관적 평가설비 미비
4. 정확한 사고조사 및 정보공유 결여에 의한 사고/장애 재발우려
   - 사고조사 객관성, 전문성 결여 및 외부 전문가의 참여 제한
   - 동종사고 재발방지와 안전개선을 위한 정보공유 미흡

□ SWOT 분석을 통한 현안 도출

강점(S)의 활용

- 국민의 편의제공과 공익성을 추구하는 지속적인 안전투자 유도
- 철도안전 확보는 철도발전과 교통경쟁력 강화의 핵심성공 요인
- 전략적인 안전목표 제시에 의한 지속적인 안전유지 및 개선
- 국제수준의 안전연구 인프라 구축 및 국가간 상호인증협력 확대

약점(W)의 보완

- 철도시스템 안전프로그램 구축에 의한 지속적인 안전성 향상
- 객관성, 전문성을 확보한 사고조사 체계구축에 의한 안전개선
- 안전도시험평가 인프라 구축을 통한 철도안전기반정비
- 안전기술의 첨단화/지능화로 사고발생방지 및 사고확대방지기술 향상

기회(O)의 포착

- 철도안전 법·제도 개선을 통한 안전관리 체계화
- 철도 안전지침 및 기술기준의 제정을 통한 안전관리 지원
- 선진국 수준의 안전성확보를 위한 안전도시험평가설비 인프라 구축
- 철도안전기반기술개발을 통한 장기적인 철도사고저감 대책 마련
- 철도안전시스템의 상시운영을 통한 철도안전기반 정착

위협(T)의 대처

- 기본에 충실한 자율적 안전관리 및 시스템 안전관리 능력 향상
- 철도시스템 안전위험분석과 안전성능평가에 의한 사전사고예방
- 인적요소와 취급부주의에 대한 교육훈련 및 안전의식의 개선
- 운영기관과 연구기관의 상호정보 협력 및 기술지원 확대, 보급

□ 3C와 SWOT 환경분석 요약

○ 3C 와 SWOT 분석을 통하여 정책·체계·인프라·기술·정보 관점에서 다음과 같이 요약함

3C	SWOT
정책	1. 국가경쟁력 강화와 물류비 감소를 위한 철도시설투자확대 - 종합교통 효율성 관점에서 철도 수송분담율 확대를 통한 교통경쟁력 향상 2. 교통안전기본계획 추진 등 철도안전확보의 중요성 증대 - 국민의 생명과 재산을 보호하는 종합적인 안전시책 수립 및 시행 - 전략적인 안전목표 제시에 의한 철도안전 확보와 지속적인 안전성능 유지 3. 고속철도운행시대에 따른 운행안전확보 및 안전관리능력배양 절실 4. 철도 안전프로그램 구축에 의한 안전성의 지속적 유지·발전 필요 - 철도 경쟁력 강화와 철도발전의 성공여부를 결정하는 중요한 평가지표

3C	SWOT
체계	1. 국가관리의 철도안전 법·제도체계 개선 및 안전규정 마련 시급 - 국가 제도적인 안전규제 및 주기적인 안전심사 수행 - 철도 안전지침 및 기술기준의 제정을 통한 국가적인 안전관리체계 구축 - 철저한 사고조사 및 비상대응 복구수습 등에 필요한 전문성 확보 2. 철도구조개혁에 따른 안전확보 체계변화에 대한 대응 절실 - 주체별 철도 안전관리의 역할과 책임의 명확한 구분 필요 3. 철도운영기관의 사후수습형 안전관리체계 및 안전사고 사전대처능력 미비 - 인적요소에 대한 교육훈련 및 안전의식의 개선

인프라	1. 시설·장비의 개량, 점검·보수장비 현대화를 통한 안전도 향상 2. 전문기관에 의한 철도고유 시스템 안전기술개발 전문화 및 특성화 3. 체계적이고 대규모적인 안전연구활동을 위한 시험평가 인프라 구축 4. 국제적 수준의 안전도 달성을 위한 국가간 상호인증체계 확대

기술	1. 체계적인 기술개발을 통한 선진국 수준의 안전확보 2. 철도 위험요인의 체계적 관리와 사전안전성 검증기술 개발 3. 주기적 안전평가에 의한 철도시스템 안전관리 선진화 4. 철도종합안전관리시스템 구축을 통한 사고재발 방지 및 안전 개선

정보	1. 동종사고 재발방지와 안전개선을 위한 정보공유시스템 구축 2. 사고조사 객관성, 전문성, 투명성을 확보하기 위한 정보공유 필요 3. 통합된 정보공유시스템으로 국가적 철도안전의식 고취 4. 철도종합안전시스템의 동시성·통합성을 보장하는 정보시스템 필요

나. 비전 설정

□ 시나리오

○ 21세기의 사회적 환경변화는 크게 개도국의 인구증가, 선진국 인구감소, 인구의 노령화(2025년 전세계 인구의 20%가 65세 이상)와 연관된 인구통계의 변화와 경제발전으로 인한 세계화, 도시화(현재 전세계 인구의 45%가 도시지역에 생활하고 있으나, 2025년에는 60%로 증가) 등의 문제가 나타날 것으로 예측되며, 이로 인해 유동인구 및 물동량의 증가로 수송시스템에 대한 수요가 급격하게 증가할 것으로 예상됨

○ 특히 철도는 안전성, 정시성, 환경친화성, 대량수송성, 경제성 등에 장점을 바탕으로 국가교통수단의 핵심수단으로 확대되고 있음

○ 그러나, 미래사회의 인위재해, 테러 등의 다양한 위험원의 증가에 노출되면서, 안전에 대한 사회적 요구는 증대되고 있음

○ 철도안전기술을 확보하기 위해 타 분야의 첨단기술들을 종합적으로 융합하여 지능화된 자동검지・안전유지보수・비상피해저감 등이 실현되도록 연구의 초점을 맞추어야 함

○ 또한, 관련 철도기술개발은 국가 원천기술확보・산업부가가치 창출에 크게 기여할 수 있으며, 이는 기계, 전기, 전자, 운영 및 토목 등 첨단기술이 복합된 종합 시스템으로 기술이전, 기술개발 및 기존기술의 고도화 등 국내의 기술・산업 전반에 대한 파급 및 수입대체효과가 클 것으로 기대됨

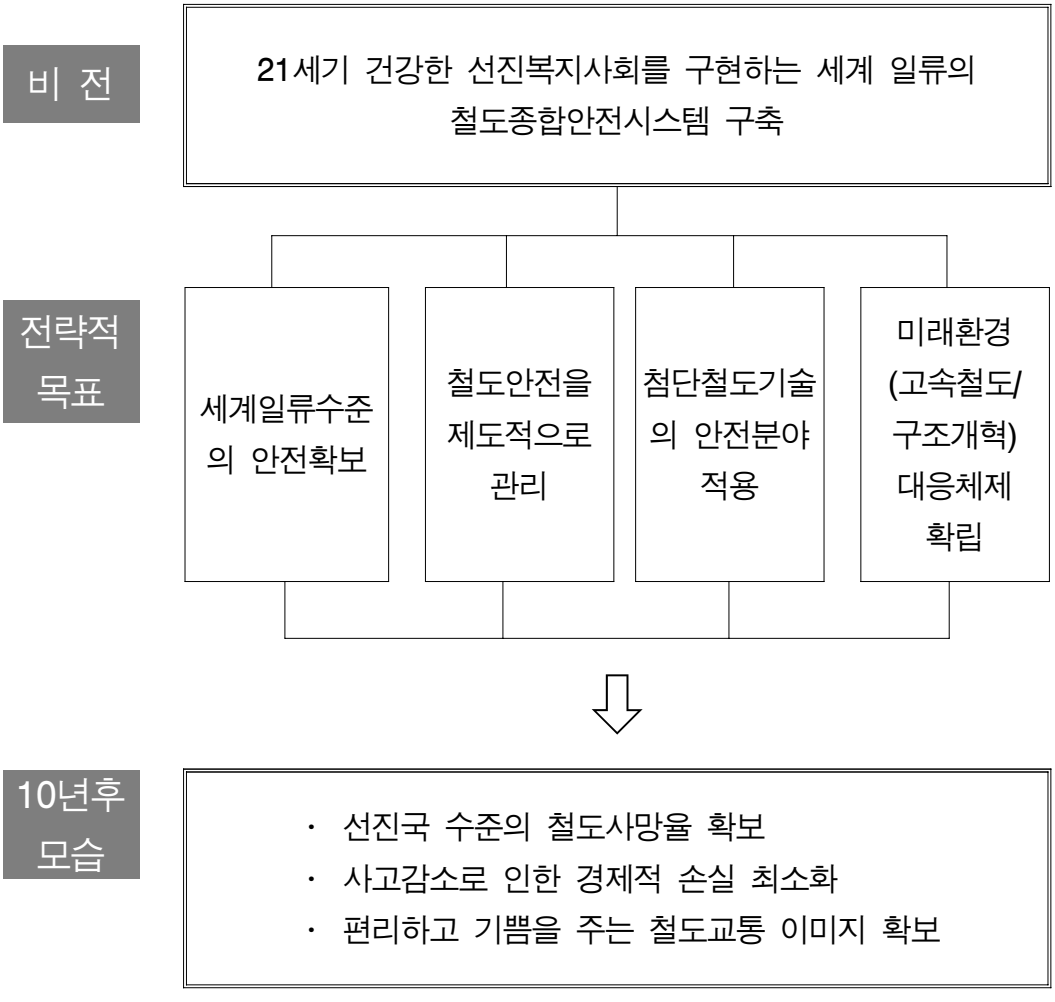
□ 비전

○ 철도안전을 제도적·체계적으로 관리하여 선진국 최고수준(현 국내수준의 1/10)으로 사고피해를 저감함

○ 철도안전을 종합평가·관리할 수 있는 시험평가 인프라를 구축하여 철도교통에 대한 대 국민신뢰도 및 국외 신뢰도를 향상

○ 고속철도운행, 철도구조개혁 등 철도교통확대에 대응하며, 철도구조개혁으로 안전에 대한 국민적 기대에 적극 대응

○ 범 국가적 철도종합안전시스템을 통한 세계수준의 철도안전을 확보하여 21세기 세계철도선진국에 진입



다. 목표 설정

최 종 목 표

21세기 건강한 선진복지사회를 구현하는
세계 일류의 철도안전 달성

□ 철도안전의 제도적·체계적 관리를 통한 신뢰성 확보

□ 기술개발을 통한 선진국 최고수준의 철도안전 실현

□ 선진안전인프라 구축을 통한 고속철도개통과 철도구조개혁 대응

⇩

사업내용

- **철도안전체계 구축**
  - 인적요인 관리체계 구축
  - 철도사고 예방안전기준체계 구축
  - 철도사고 및 비상대응체계 구축
  - 철도안전 정보시스템 구축
- **철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발**
  - 철도 위험(Hazard)분석 및 위험도(Risk) 평가도구 개발
  - 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발
  - 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발
  - 철도화재 사고방지 및 평가기술 개발
  - 충돌/탈선 사고방지 및 평가기술 개발
  - 철도안전 시험평가기반 구축

⇩

정량적 기대효과

- **철도사고 사망률(인Km 기준), 사고율(주행km 기준) 선진국 수준 저감**
  - 철도사고 사망자 80% 감소(연간 266명 → 50명)
  - 중대열차 사고율 50% 감소(백만km 당 0.06건 → 0.03건)
  - 열차운전 사고율 50% 감소(백만km 당 0.8건 → 0.4건)

라. 달성 전략

○ 철도안전에 대한 사회적 요구는 단기적 요구사항과 중·장기적 요구사항으로 분류할 수 있음

1단계 ('04 ~ '05)

- 『철도안전법』의 효율적 시행을 지원하기 위한 제도기반 구축
- 안전규정, 비상대응절차 등 철도안전체계 구축
- 중대사고 방지 및 평가기술 개발

2단계 ('06 ~ '07)

- 위험도기반 안전평가 기술개발
- 기술분야별 안전규정 세부항목 도출
- 철도안전 시험평가기반 구축

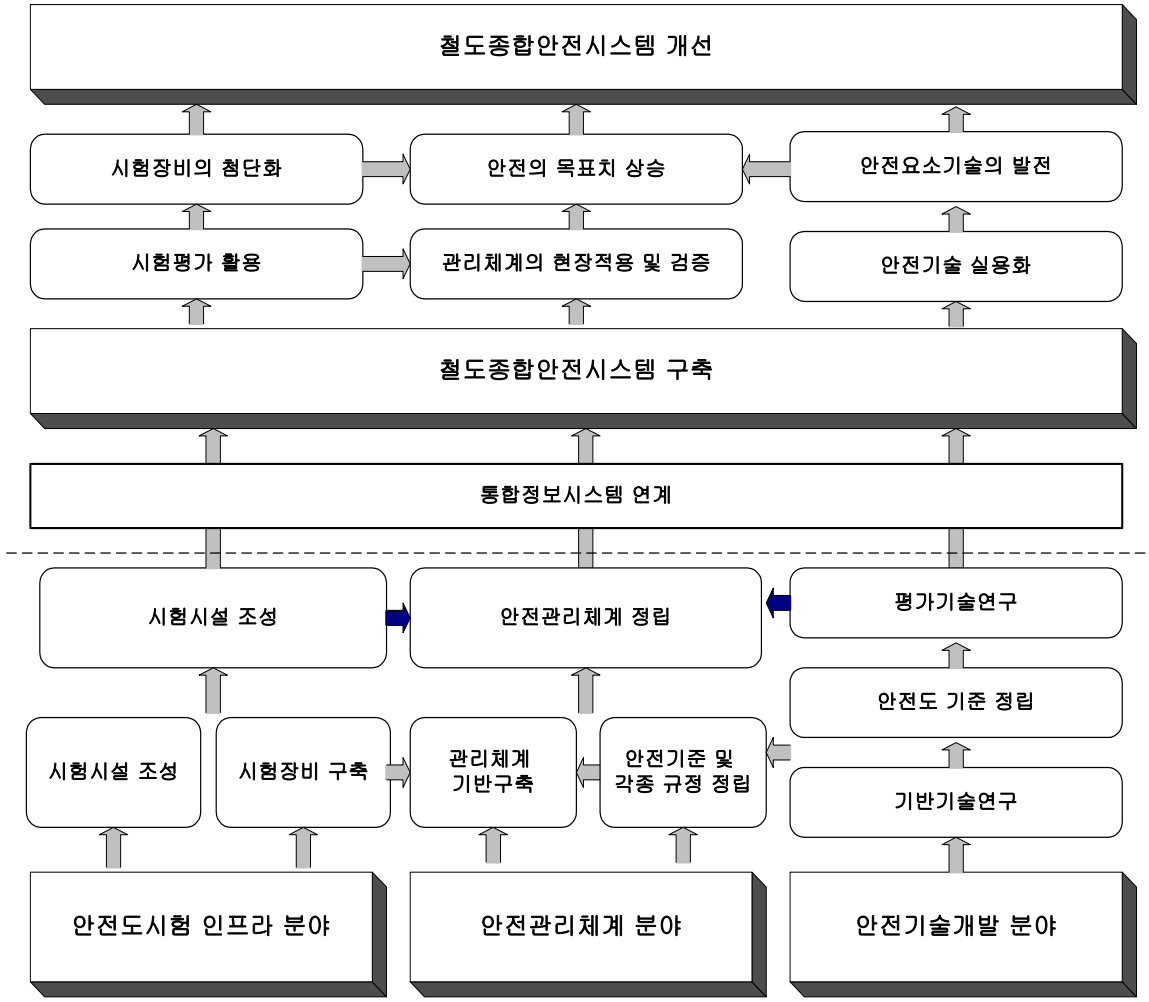
3단계 ('08 ~ '09)

- 안전관리체계 현장적용을 통한 검증 및 시스템 확립
- 안전규정 세부항목별 안전기준 개발
- 철도안전 정보시스템 구축 및 현장적용

○ 『철도종합안전기술개발사업』은 단기적 요구와 장기적 요구를 동시에 충족하도록 추진되어야 함

○ 사업총괄은 기술분야별 4대 구성요소들을 유기적으로 통합하여 사업의 단기적 목표와 장기적 목표를 순차적으로 달성할 수 있도록 조절함

○ 각 대과제 분야들은 서로 유기적 관계를 가지며 종합안전시스템을 단계적으로 완성해나가도록 함



<그림 4.4> 4대 구성요소의 통합 기술개발 추진방안

5. 분야별 사업내용도출

□ 안전관리체계 요소기술 도출

○ 철도안전법에 근거한 제도적 기반마련에 필요한 과업내용을 도출하기 위하여 철도선진국의 안전관리현황 벤치마킹과 국내실정을 고려하여 요소기술들을 3개 분류로 도출

<표 4.5> 안전관리체계 요소기술도출

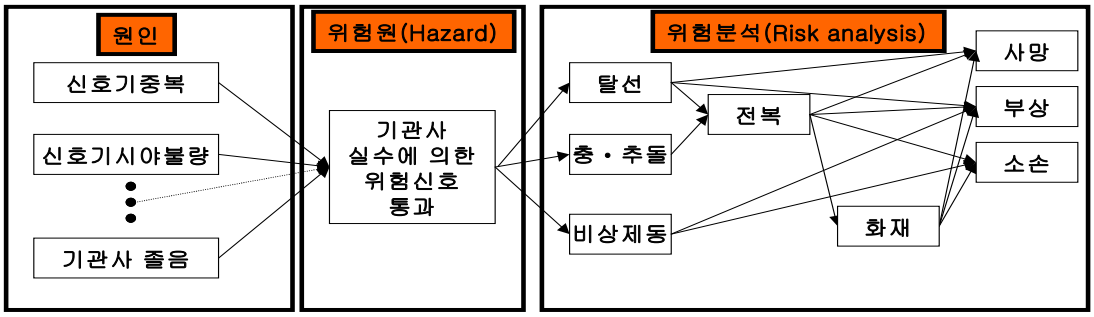
중과제분류	내용설명	요소기술
인적요인 관리체계 구축	시뮬레이션 프로그램과 교육 프로그램을 제도화하여 인적 요소의 효과적 관리 시스템 구축국내 철도사고의 주요원인 역시 인적오류이며, 인적오류를 예방한다면 전체 철도사고를 크게 저감	· 철도 중요 안전업무 종사자의 업무적성 평가체계 및 기준 · 철도종사자 비상대응능력 향상을 위한 교육훈련체계 · 대국민 철도안전 홍보 및 교육 프로그램
철도사고 예방안전기준체계 수립	철도안전관련 규정 정비와 철도시설 및 차량에 대한 안전기준을 국제수준을 강화하여 국제적인 경쟁력 확보	· 요건관리기반 안전규정체계 · 시설 및 차량안전기준의 세부시행기준 · 화재 및 건널목 안전기준 · 소트프웨어 안전기준체계
철도사고 및 비상대응 관리체계 구축	비상상황에서 적절히 대응하여 피해를 저감시킬 수 있는 인간신뢰도 기반의 중대사고 대응절차의 개발 및 현장적용	· 철도사고원인에 따른 사고시나리오 전개 · 사고시나리오 분석에 의한 사고모델별 대응절차
철도안전 정보시스템 구축	철도사고 DB 및 분석 자료를 평가. 철도시설/차량 안전기준 자료, 철도용품 안전인증자료, 차량성능인증자료, 차량안전도 시험평가 자료, 유지보수 정보자료 등이 도시철도, 일반철도, 고속철도, 화차의 운용분야에 산재해 있는 안전관련 자료들을 통합하는 포탈 개념의 통합안전정보시스템을 개발 및 구축할 수 있도록 IT 요소기술을 도출	· 철도안전 요건관리기술 · 대용량 데이터검색기술 · 대용량 정보관리 기술 · 사고/고장코드체계구축 기술 · 사고/고장분석 기술 · DB설계/구조/튜닝 기술

□ 사고발생방지(Active Safety) 요소기술 도출

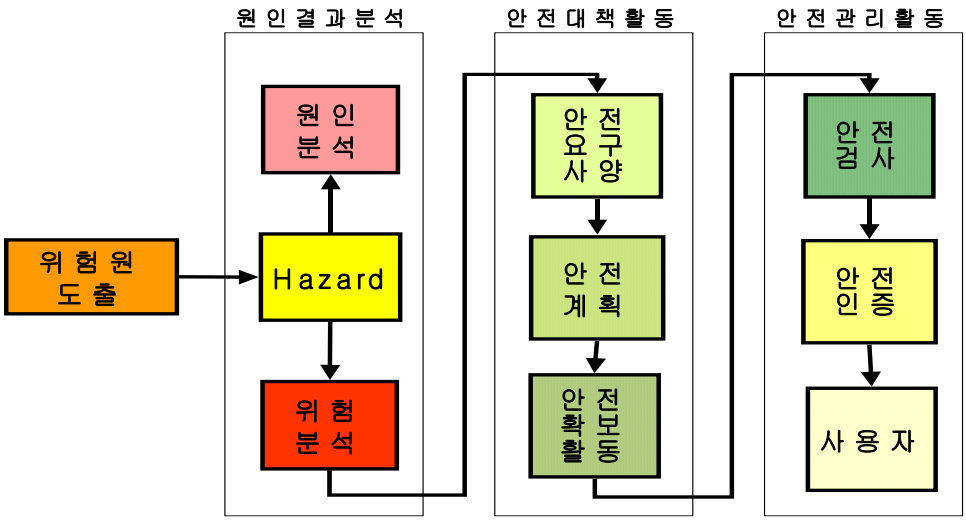
○ 안전성확보방안

- 하나의 위험원이 도출되었을 때, 원인결과분석을 중심으로 안전계획, 안전확보활동, 안전검사, 안전인증 등의 행위를 통하여 만족할만한 안전성(ALRAP)을 확보함

용어	설명
위험원 규명 및 분석, HIA (Hazard Identification & Analysis)	위험원을 규명하고 분석함
원인결과분석	위험원을 중심으로 원인과 결과를 양방향으로 분석

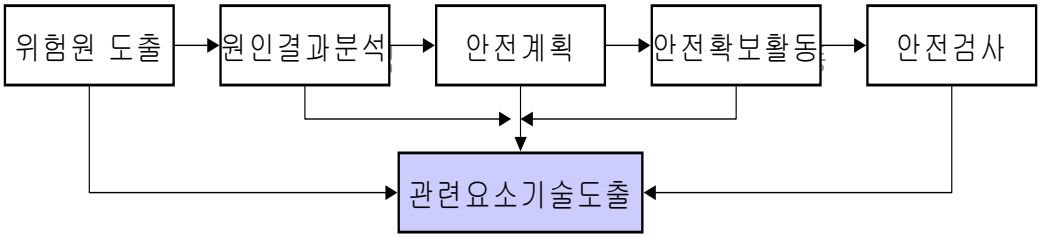


<그림 4.5> 원인결과분석 예 (기관사 실수에 의한 위험신호통과)



<그림 4.6> 위험원 도출로부터 안전성 확보방안

○ 도출된 위험원으로부터 안전성확보 과정을 모사하여 요소기술 도출



<표 4.6> 안전성확보방안 모사에 따른 요소기술 도출 예

항목		내용	요소기술 예
안전계획	원인차단	· 신호기중복 - 신호기단순화 · 신호기 시야불량 - 시야확보 · 기관사 졸음 - 자동정지장치	· 신호기 신뢰성확보 · 기관사 졸음방지장치 · 충격에너지 흡수기술 · 지능화 제동기술 · 내장재 내화성기술 · 고장 모니터링기술 · 안전도평가기술 · 위험요인별 발생빈도 산정기법개발 · 위험도평가기술 · 사고코드체계기술
	사고진전차단	· 충격흡수장치 · 제동력의 향상 · 내화성 재료사용	
안전확보활동		자동정지장치설치 · 컴퓨터를 이용한 자동정지 · 이중화를 통한 fail safe · 정상적인 기능작동 · 고장시 기능 작동 · 안전성시험평가	
안전성인증		위험원이 받아들일 수 있는 수준까지의 저감확인(ALARP) · 위험원 도출 및 분석자료 · 위험분석자료 · 안전요구사양자료 · 안전계획자료 · 안전성확보활동자료 · 시험평가자료	

○ 위험원 도출

- 외국의 체계화된 위험원 목록에 대한 벤치마킹을 수행
- Engineering Safety Management Issue 2.0(Yellow Book 2), Railtrack PLC

<표 4.7> 사고발생방지기술 요소기술도출

중과제분류	내용설명	요소기술
차량안전기술	철도차량의 운행 또는 위험물 운송시 발생할 수 있는 사고 위험예방, 위험관리기술 등을 체계적으로 개발함	· 탈선안전도 측정 및 평가기술 · 차량구조물 손상평가 및 파손방지기술 개발 · 지능형 제동시스템기술 · 예방정비 시스템기술 · 풍하중을 고려한 운행안전성 평가기술 · 위험물질 수송안전기술 개발 · 철도부품 이상진단 기술
궤도토목안전기술	차량 주행안전성 확보를 위한 궤도토목기술, 선로구축물의 위험관리 및 모니터링 기술, 철도작업장 안전관리 기술의 연구를 통하여 철도시설물에 대한 안전성을 혁신적으로 제고할 수 있는 궤도토목안전기술을 개발	· 레일축력 안전성 확보기술 · 구조물 진단 및 안전 확보기술 · 노반붕괴 위험도평가기술 · 선로방호시설기술 · 구조물 대변형 방지기술 · 작업안전 위해도 분석기술
전기신호제어안전기술	전기철도에 공급되는 전력의 위험요소를 관리하고 급전시스템의 안전성을 향상시키며 철도신호·통신시스템에서 발생할 수 있는 위험요소를 제거하여 열차운행의 안전성 확보와 신속·정확한 철도서비스 제공을 위한 방안을 연구	· 비상시 전철전력 부하관리기술 · 진단자동화기술 · 열차속도 및 위치검지기술 · 철도신호안전성 평가 기술 · 무선통신 및 통신네트워크 설계기술 · 차상안전경보시스템기술
공중사상안전기술	고의적인 폭력·불법행위에 의해 발생할 수 있는 위험이나, 승객 및 철도종사자가 아닌 사람에게 발생할 수 있는 위험요소를 연구하고 안전대책을 연구	· 사고시나리오 분석기법 · 승강장 안전 시스템기술 · 공중교육/홍보기법

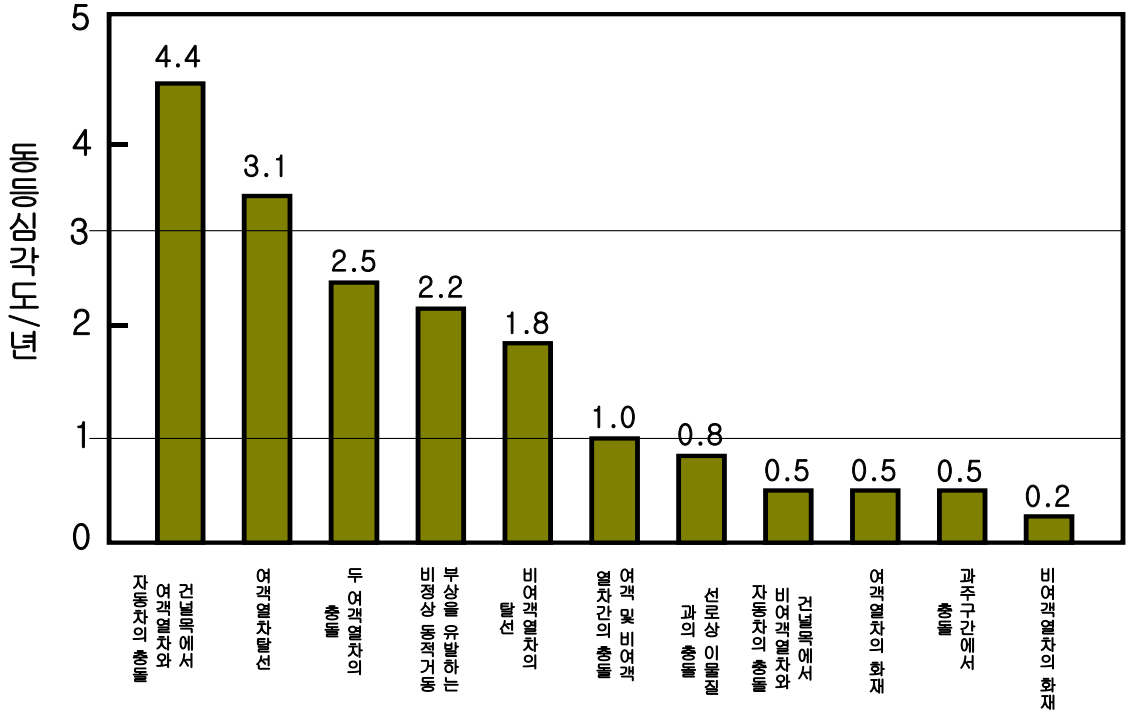
□ 사고확대억제기술(Passive Safety) 요소기술 도출

○ 철도사고의 통계분석에 사고피해저감기술 중 핵심적 개발기술을 도출

○ 일년동안 발생한 모든 사고의 위험도를 동등 심각도로 표시하여 서로 비교

- 동등심각도는 10명의 심각한 부상이거나 혹은 200명 보통부상에 해당

○ 영국에서 조사된 위험도 통계 예



<그림 4.7> 열차사고에 발생하는 주요위험 (Risk Profile Bulletin Issue 3)

○ 충돌, 탈선, 화재사고가 동등심각도의 대부분을 차지함

○ 따라서, 사고가 발생하였을 때 충돌, 탈선, 화재사고를 우선으로 피해저감기술개발에 투자하여야 함을 알 수 있음

○ 가장 심각한 위험 사건은 열차와 열차와의 충돌, 열차와 자동차와의

충돌 혹은 탈선과 관련이 되어 있고, 여객 혹은 화물열차와 자동차와의 충돌은 승객과 승무원, 자동차 탑승자에게도 위험이 노출

<표 4.8> 사고확대억제기술(Passive Safety) 요소기술도출

중과제분류	내용설명	기술요소 및 관련시설
철도차량 및 시설물 화재성능시험 시설구축	철도차량 및 시설물에 사용되는 설비재료의 화재안전 성능을 선진국 수준으로 평가하고 각각의 재료가 차량 내부에 설치될 때의 안전성능을 평가하기 위한 장비 및 부대 장치의 보관/설치/유지보수에 필요한 시험시설을 구축	· 기초재료 화재성능시험설비 · 중대형 화재성능시험설비
철도차량충돌 탈선시험시설 구축	전형적인 철도차량 중대사고인 충돌, 탈선의 안전도를 평가하기 위하여 실차 충돌 및 탈선시험 등을 수행할 수 있는 장비 및 부대장치의 보관/설치/유지보수에 필요한 시험시설을 구축	· 실차충돌 시험설비 · 충돌모의 시험설비 · 정적 압괴 시험설비 · 탈선 시험설비 · SHPB충격 시험설비
화재안전기술 개발	철도 화재안전기준 마련과 화재안전도 향상을 위하여 철도시설재료의 화재 안전도평가 및 안전기술개발	· 철도재료 화재평가기술 · 화재위험 지수산출기술 · 지하구조 연기 및 열유동 해석기술 · 차량화재전파 해석기술 · 화재감지 및 자동신화기술 · 장대터널 구난역/터널 설계 기술
차량안전기술 개발	대표적인 철도차량 중대사고인 충돌, 탈선 및 전복사고 예방과 피해저감기술을 개발하고 안전도를 평가하는 기술개발	· 충돌해석 및 실차충돌시험평가 기술 · 탈선안전도 측정 및 평가기술 · 승객상해평가기술 · 내장부품의 안전성 평가 · 완충차막이 안전성 평가 · 축소모형 충돌시험평가기법

□ 통합안전정보기술 세부과업 도출

○ 안전기술의 특징상 통합성을 보장하기 위해서는 각 안전영역의 관련정보들이 통합적으로 관리·제공되어야 함

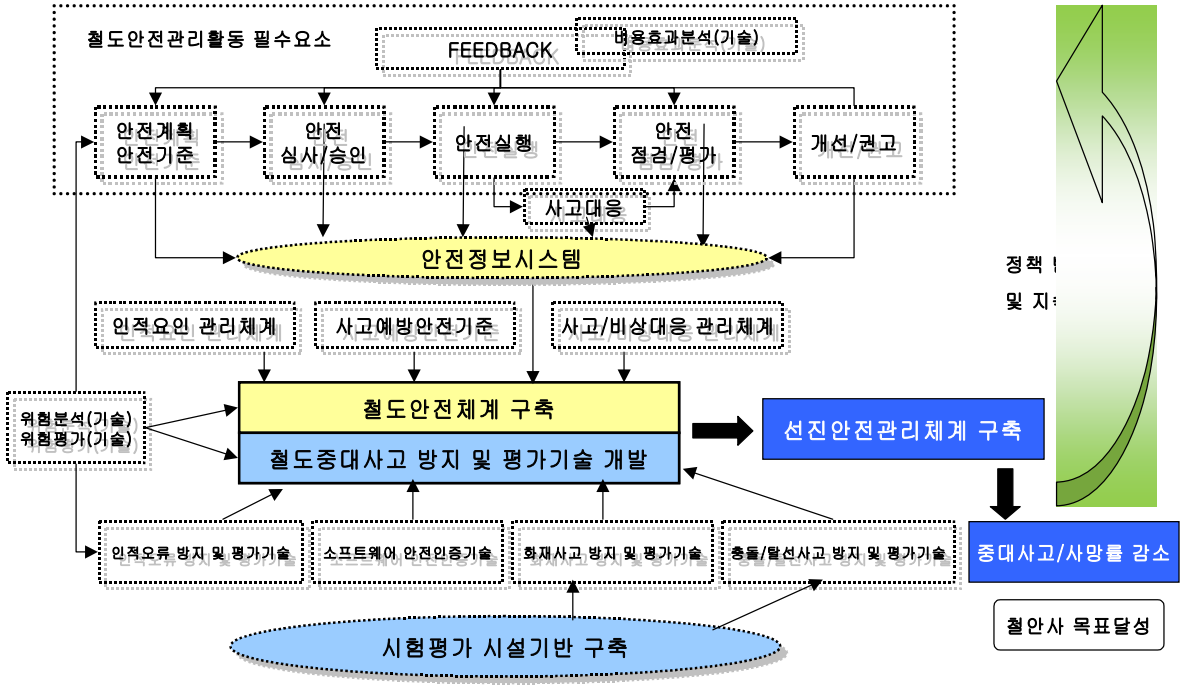
○ 사고 재발방지, 명확한 안전관리체계 수립, 유사사고 방지 등을 위해 많은 곳에 분산되어 있는 것을 한 곳으로 통합하여 관리해야 하며, 관계되는 모든 사람들에게 공유되는데 필요한 핵심기술을 연구과제로 도출함

6. 사업의 기술체계

□ 전체 기술체계

○ 분야별 사업내용 도출결과를 바탕으로 장·단기 추진목표에 따른 기술체계 및 달성목표를 도식화하여 아래 그림에 표시

○ 본 사업의 4개 분야 13개 세부사업분야 총 43개 세부기술을 도출하는데 있어서 영국의 'Engineering Safety Management Issue 2.0'의 위험원 분석 결과를 활용하였음 [부록 C 참조]


철도안전관리활동 필수요소
FEEDBACK
비용효과분석(기술)
안전계획
안전기준
안전
심사/승인
안전실행
안전
점검/평가
개선/권고
사고대응
안전정보시스템
정책
및 지
인적요인 관리체계
사고예방안전기준
사고/비상대응 관리체계
위험분석(기술)
위험평가(기술)
철도안전체계 구축
철도중대사고 방지 및 평가기술 개발
선진안전관리체계 구축
인적오류 방지 및 평가기술
소프트웨어 안전인증기술
화재사고 방지 및 평가기술
충돌/탈선사고 방지 및 평가기술
중대사고/사망률 감소
철안사 목표달성
시험평가 시설기반 구축

□ 철도안전관리체계 구축 분야(대분류 Ⅰ)

중분류	소분류	세부내용
철도사고예방 안전기준 및 사고대응체계 수립 (Ⅰ-1)	철도사고 위험요인 분석기술개발 (Ⅰ-1-1)	철도사고 원인분류 모델의 개발
		위험요인별 발생빈도 산정기법의 개발
	철도사고 심각도 평가기술 개발 (Ⅰ-1-2)	철도사고 결과의 심각도 평가모델의 구축
		위험도 평가모델을 활용한 프로그램 구축
	철도시설 및 차량 안전기준 마련 (Ⅰ-1-3)	안전기준체계 수립연구
		시설 및 차량 안전기준 제시
		안전기준 현장적용성 검증 및 보완
		안전개선 및 안전투자의 비용효과 분석
	철도사고 모델별 비상대응 절차 개발 (Ⅰ-1-3)	중대사고 시나리오 작성 및 위험도의 정량화
		철도사고 시나리오 전개 및 비상대응 절차 개발
		현장보급 적용성 검토 및 교육훈련 수행
	현장 복구 및 수습지원 프로그램 개발 (Ⅰ-1-4)	사고보고, 긴급출동 및 복구수습절차 작성연구
		장비투입 및 외부지원 처리절차 개발
		GIS 활용 원격지원 응용프로그램 개발
		현장지원 매뉴얼 개발 및 현장보급
열차운행 안전확보 및 안전성능 평가 기반구축 (Ⅰ-2)	인적 안전위협 요소 관리기술 개발 (Ⅰ-2-1)	운전업무 및 정비업무에서의 과로/피로와 안전요소의 상관관계 분석
		운전자 실수 자료 저장을 통한 발생가능한 실수에 대한 연구
		신호인지 착오가능성 및 예방대응기술 개발
	시뮬레이터를 활용한 업무적성평가 및 교육훈련프로그램 개발 (Ⅰ-2-2)	운행자의 위기대응능력 적성평가
		업무적성평가 및 교육훈련을 위한 시뮬레이터 운용프로그램 개발
		교육훈련 프로그램의 개발, 현장적용 및 교육훈련 체계 구축
	품질인증 및 성능시험 기반구축 (Ⅰ-2-3)	품질인증 및 성능시험 체계 분석 체계분석
		일반철도의 품질인증 및 성능시험 절차와 기준 수립
		고속철도 품질인증 및 성능시험 기반 구축
	국가공인 안전성능평가 전문기관 지정 기반 구축 (Ⅰ-2-4)	국가공인 전문기관 지정절차, 인력 및 장비확보계획 수립
		국가공인 전문기관 신청/허가/지정/관리 절차 개발
		일반철도 및 고속철도로의 전문기관 확대 및 전문성 유지개선
철도안전평가 정보지원 시스템 구축 (Ⅰ-3)	철도사고 DB 구조설계 및 구축 (Ⅰ-3-1)	철도사고 DB의 구조 및 항목을 포함하는 구조설계
		사고장애 DB 구축, 국내 국외의 철도사고 DB 공유 연구추진
	위험평가 프로그램 개발 및 DB연계 (Ⅰ-3-2)	철도 사고위험도 평가 프로그램 개발
		사고 DB연계 프로그램 개발
		위험평가 분석시스템 구축
	안전평가 정보지원 네트워 구축 (Ⅰ-3-3)	정보관리체계설계 및 정보연계 하드웨어 구축
		현장적용의 타당성 분석 및 정보관리 절차 제시
		시스템 시범운영 및 실무적용 확대

□ 철도안전기술 개발 분야(대분류 Ⅲ)

○ 화재안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
화재안전기술 (Ⅲ-1)	철도차량 및 시설 재료의 내화성능 향상과 시험평가기술 개발 (Ⅲ-1-1)	철도재료 화재특성평가 기법 정립	상(E)	화재	위험원방지
		철도재료 화재안전특성 데이터베이스 구축	상(E)	화재	위험원방지
		소재특성에 따른 철도차량 화재해석 기술	중(E)	화재	위험원방지
		철도재료 화재안전기준 작성	상(E)	화재	위험원방지
		철도차량 재료안전지수 산출기법 정립	중(E)	화재	위험원방지
		철도재료 불연/난연 신소재 응용기술 개발	상(E)	화재	피해저감
		도시철도차량 및 지하역사용 불연성 내외장재 개발	중(E)	화재	피해저감
		철도재료 화재안전 종합지침서 작성	상(E)	화재	위험원방지
	철도차량 화재안전성능 평가 및 화재제어기술 개발 (Ⅲ-1-2)	철도차량 자동소화 시스템 개발	중(E)	화재	위험원관리
		철도차량 화재전파 해석기술 개발	상(E)	화재	위험원관리
		철도차량 화재전파제어 블록체계화 기술	상(E)	화재	피해저감
		모형 객차 화재시험 시스템 및 평가체계 구축	상(E)	화재	피해저감
		차량 전력/통신체계 제어기술 개발	상(E)	화재	위험원관리
		철도차량 대피안전도 향상 연구 개발	상(E)	화재	위험원관리
	지하시설물 화재안전성능향상 및 시험평가기술 개발 (Ⅲ-1-3)	국제기준에 대응하는 신설 지하철 역사 화재안전 설계기술 연구	상(E)	화재	피해저감
		지하철 및 일반 장대 철도터널을 위한 시험장치 상세설계 및 계측기술 연구	상(E)	화재	피해저감
		장대 철도터널의 구난역 및 피난갱, 대피로의 화재 유체역학적 설계기술 연구	상(E)	화재	피해저감
		전국 5개 지역 기존 지하철의 화재안전을 위한 개량대책 연구	상(E)	화재	피해저감
		지하철 역사와 본선터널들을 통합제어하는 지능형 배연시스템 기술 연구	중(E)	화재	피해저감
		내열성능 및 저소음의 축류팬/부스트팬 개발을 위한 연구	중(E)	화재	피해저감
		역사의 방화성능 향상 및 인명대피에 용이한 구획짓기 방화문, 제연벽 기술연구	하(E)	화재	피해저감
	지하철여객 안전대피 및 최적화 기술 개발 (Ⅲ-1-4)	지하 혼잡역, 심층역, 환승역의 여객 유동 형태 및 계단, 출입구, 탈출로의 승객 대피단면 실태조사	상(E)	화재	위험원관리
		승객 대피 유동 예측 기술 개발 및 최적 승객 유동 동선 개발	상(E)	화재	위험원관리
		지하역사 화재안전 설계기준에 대한 성능인증 기술개발	중(E)	화재	위험원관리

○ 차량안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
차량 안전 기술 (III-2)	충돌탈선사고 안전도 확보 및 시험평가기술 개발 (Ⅲ-2-1)	사고 시나리오 설정 및 열차 전방 구조물의 충돌에너지 흡수기술 개발	상(E)	충돌	피해저감
		충돌에 의한 탈선 및 타고오름 사고 예측 및 평가기술 개발	상(E)	충돌/탈선	피해저감
		운전자 및 승객의 상해저감 및 평가기술 개발	중(E)	충돌/탈선	피해저감
		철로 장애물 충돌(obstacle deflector, lifeguard 등) 안전도 확보 기술 개발	상(E)	충돌	피해저감
		충돌이나 탈선, 전복 시 차량의 충격흡수, 손상평가기술 개발(시험 및 해석)	상(E)	충돌/탈선	피해저감
		축소모형시험에 의한 충돌안전도 예측 및 평가기술 개발	중(E)	충돌	피해저감
		완충차막이 안전기준 및 충격흡수성능향상을 통한 안전도 확보	상(E)	충돌	피해저감
	차량탈선 방지기술 개발 (Ⅲ-2-2)	탈선현상 규명 및 실시간 탈선 평가기술 개발	상(E)	탈선	위험원방지
		주행 중 진동 신호를 이용한 탈선안전도 측정기술 개발	상(E)	탈선	위험원관리
		축소모의실험에 의한 탈선 가능성 예측기술 개발	중(E)	탈선	위험원방지
		실차시험에 의한 탈선가능성 예측시스템 기술개발	상(E)	탈선	위험원방지
		분기기 및 곡선부 통과시 탈선안전도 측정 및 예측기술 개발	상(E)	탈선	위험원방지
	차량구조물 손상평가 및 파손방지 기술개발 (Ⅲ-2-3)	정량적 평가를 기반으로 한 철도차량 구조물의 손상평가 연구	중(E)	탈선/충돌	위험원방지
		피로손상예지 모니터링 기술 개발	상(E)	탈선/충돌	위험원관리
		CEPM을 이용한 피로손상 게이지의 개발	상(E)	탈선/충돌	위험원관리
		철도차량 구조물의 안전성 향상을 위한 피로강도 연구	중(E)	탈선/충돌	위험원방지
		윤축의 균열 검출을 목적으로 한 비파괴 검사시스템 개발	상(E)	탈선/충돌	위험원방지
		비접촉 손상계측시스템의 개발	상(E)	탈선/충돌	위험원방지
	제동성능 안전성향상 기술개발 (Ⅲ-2-4)	전기/기계제동 특성 안전기준 개발	중(E)	충돌	위험원관리
		비상시 철도차량 기계/전기제동 프로세스 시뮬레이션	중(E)	충돌	위험원관리
		비상용전기제동장치 연구개발	상(E)	충돌	위험원방지/피해저감
		지능형 제동시스템 기술개발	상(M)	충돌	위험원방지

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
차량 안전 기술 (III-2)	일반철도 및 고속철도차량 유지보수관리를 통한 위험예측 시스템개발 (Ⅲ-2-5)	철도차량의 위험요인에 의한 유지보수관리 정보화 기술(위험예측 시스템) 개발	중(E)	탈선/ 충돌	위험원관리
		차량부품수명에 의한 위험상태 분석과 정보시스템 구축	상(E)	탈선/ 충돌	위험원방지
	위험물질 수송안전 기술개발 (Ⅲ-2-6)	철도 위험물질 운송안전관리 정보시스템 개발	중(E)	재난/ 화재	위험원방지
		Tank car 구조안전성/피로내구성 평가기술 개발(시험 및 해석)	중(E)	공중 사상	위험원방지
		철도 구조물 손상검사 및 평가기술 개발	상(E)	공중 사상	위험원관리
		철도 구조물 신뢰성 평가기술 개발	중(E)	공중 사상	위험원방지 / 피해저감
		철도 운송안전평가시스템 개발	상(E)	재난/ 화재	위험원방지
		철도 위험물질 운송안전관리 통합시스템 개발	상(E)	재난/ 화재	위험원방지
	풍하중에 대한 운행안전성 평가 및 대책기술 개발 (Ⅲ-2-7)	풍동시험 및 전산유체해석을 이용한 풍하중 평가기술 개발	상(E)	탈선/ 충돌	위험원관리
		측풍에 대한 전복위험도 평가, 안전운행기준 마련 및 대책기술 개발	상(E)	탈선/ 전복	피해저감
		교행 시 탈선위험도 평가 및 선로간격 안전설계기준 개발	중(E)	탈선/ 충돌	위험원방지
		고속주행 시 후류에 의한 후미부 사행동 해석 및 탈선위험도 평가	하(E)	탈선	위험원관리
		열차풍에 대한 철도여객, 종사자 안전확보기술 및 자갈비산 방지기술	중(E)	충돌/ 공중사상	위험원관리
	철도차량 고장진단·부품신뢰성 및 적정 내구연한 연구 (Ⅲ-2-8)	철도차량 사고 사례 및 위험요소 분석	중(E)	탈선/ 충돌	위험원관리
		차량부품 적정 내구연한 연구	중(E)	탈선/ 충돌	위험원방지
		철도차량 주행장치 고장진단관련 요소기술 조사 및 분석	중(E)	탈선/ 충돌	위험원관리
		차량고장 및 이상감지관련 계측기술 개발	상(E)	탈선/ 충돌	위험원관리
		차량고장 및 이상감지 진단기술 개발	상(E)	탈선/ 충돌	위험원관리
		차량진단시스템 시제품 구현 및 현차 적용기술 개발	상(E)	탈선/ 충돌	위험원관리 /피해저감
		차량진단시스템 현장 적용 및 진단데이터 데이터베이스 구축	중(E)	탈선/ 충돌	위험원관리

○ 궤도토목안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
궤도 토목 안전 기술 (III-3)	차량 주행 안전성확보를 위한 궤도기술 (Ⅲ-3-1)	레일 용접부 절손방지 기술	중(E)	탈선	위험원방지
		레일 이음부 손상방지 기술	중(E)	탈선	위험원관리
		체결구 파손방지 및 궤간확대 방지 기술	상(E)	탈선	위험원방지
		궤도 좌굴(장출) 방지 및 모니터링 기술	중(E)	탈선	위험원방지
		레일 축력 안정성 확보기술	중(E)	탈선	위험원방지
		차량주행안정성 확보를 위한 궤도틀림 관리기술	중(E)	탈선	위험원방지
		분기부 불연속성 제거 기술	중(E)	탈선	위험원방지
		궤도 특이구간 안전성 향상을 위한 검측 및 탐상기술	중(E)	탈선	위험원방지
		판형교 목침목 대변형 방지기술	중(E)	탈선	위험원방지
		차량과 플랫홈간의 이격공간 보호기술	중(E)	탈선	위험원방지
	철도구조물 위험진단 및 안전 확보기술 (Ⅲ-3-2)	계측시스템에 의한 위험진단 및 유지관리 기술	상(E)	탈선	위험원방지
		위험구간 실시간 무인감시시스템 개발 기술	상(E)	탈선	위험원방지
		철도구조물 건전도 평가관련 비파괴검사 기술 개발	상(E)	탈선	위험원방지
		도심지 및 근접지 시공 안전확보 기술	상(E)	탈선	위험원방지
		열차 운행선의 교량 상부구조 교체공법 개발	상(E)	탈선	위험원관리
		철도터널 내공단면 확장 및 변상대책 기술 개발	상(E)	탈선	위험원방지
	노반붕괴 위험도평가 및 방지 기술개발 (Ⅲ-3-3)	GPR(Ground Penetration Radar)을 이용한 지하공동 탐사기술 개발	상(E)	탈선	위험원방지
		노반붕괴와 지반구조 상관성 분석기술 개발	상(E)	탈선	위험원방지
		운행선상에서의 철도지하횡단공사 공법 개발	상(E)	탈선	위험원방지
		교량/토공 접속구간 주행안정성 향상 기술	상(E)	탈선	위험원방지
		교량 하부구조 노후도 평가 및 보수·보강 기술 개발	상(E)	탈선	위험원관리
	장애물 선로침입 방지기술 (Ⅲ-3-4)	장애용 선로침입 방호시설물 기술	중(E)	탈선	위험원방지
		장애물 선로침입 시 차량 안전확보 기술	상(E)	탈선	위험원방지
	열차주행안전성 확보를 위한 구조물 대변형 방지 기술 (Ⅲ-3-5)	구조물 대변형 유발 하중요소 분류 및 평가기술	상(E)	붕괴	위험원관리
		대변형 발생에 따른 위험요소 분류 및 평가기술	상(E)	탈선	위험원관리
		구조물 대변형 예측 및 저감기술의 개발	중(E)	붕괴	위험원방지
		구조물 허용동적변형기준의 개발	상(E)	탈선	위험원방지
		구조물 열차운전규제기준의 개발	상(E)	탈선	위험원방지

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
궤도 토목 안전 기술 (III-3)	철도작업장 안전관리 기술 (Ⅲ-3-6)	국내 철도 작업장 근로자 안전현황 조사 분석	중(E)	탈선	위험원방지
		외국의 철도 작업장 근로자 안전 규정 및 시스템 조사 분석	상(E)	탈선	위험원방지
		작업장 종류별 안전 위해 요소 분석	상(E)	탈선	위험원방지
		작업공정별 안전 위해 요소 분석		탈선	위험원방지
		유류 및 휘발성물질 노출평가	상(E)	탈선	위험원방지
		위험원인 분석 및 위험 요소제거 또는 완화 방안 제시	상(E)	탈선	위험원방지
		작업장 안전관련 규정 및 정책 제시	상(E)	탈선	위험원방지
		위험 제거 또는 완화 방안 현장적용 효과 분석	상(E)	화재	위험원방지

○ 전기신호제어안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
전기 신호 제어 안전 기술 (III-4)	전력공급 시스템 안전관리기술 개발 (Ⅲ-4-1)	철도전력 안전관리체계 구축	상(M)	장애	위험원관리
		전력품질 확보 방안 연구	중(M)	화재/장애	위험원방지
		접지 시스템 개선방향 및 관리제어기술 개발	상(E)	화재/장애	위험원방지
		누설전류에 의한 전식 방지기술 개발	상(E)	화재/장애	위험원방지
		시스템 보호 및 절연기술 개발	상(E)	화재/장애	위험원방지
		이상전압 대책기술 개발	상(E)	화재/장애	위험원방지
		유해 전자파에 의한 설비 오작동 예방시스템 구축	상(M)	충돌	위험원방지
	종합전력 진단감시 시스템구축 기술개발 (Ⅲ-4-2)	철도전기설비 안전관리체계 구축	상(M)	충돌/장애	위험원관리
		고장예방진단기술 및 절연열화대책 기술 개발	중(M)	화재/장애	위험원방지
		자체 진단성능을 갖는 각종 제어기기 개발	중(E)	충돌/장애	위험원방지
		전차선 관리 및 안전저해요소 대책 개발	상(M)	충돌/장애	위험원방지
		전기설비 보호시스템의 향상방안 및 기술개발	상(E)	충돌/화재	위험원방지
		사구간 안전운행을 위한 절연봉 안전성능향상 기술 개발	상(E)	충돌/장해	위험원방지
	철도신호 안전성관리 지원 시스템 개발 (Ⅲ-4-3)	철도 신호시스템 안전관리체계 구축	상(M)	충돌	위험원관리
		신호보안장치 안전성 향상 핵심 기술 개발	상(M)	충돌	위험원방지
		안전성 검지 및 유지관리 기술	중(M)	충돌	위험원관리
		신호제어장치 H/W 및 S/W의 신뢰성/안전관리 절차기술 개발	상(M)	충돌	위험원관리
		철도신호 안전관리 지원 시스템 네트워크구축	중(E)	충돌	위험원관리

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
전기 신호 제어 안전 기술 (III-4)	열차제어 안전 기술개발 (Ⅲ-4-4)	차상신호 안전관리체계 구축	상(M)	충돌	위험원관리
		열차속도 제어 기술	중(M)	충돌/탈선	위험원방지
		열차속도 감시 기술	상(E)	충돌	위험원방지
		열차간의 안전 거리 유지 기술	상(E)	충돌	위험원방지
		열차 위치의 검지 기술	상(E)	충돌/탈선	위험원방지
		지상 신호처리 기술	중(E)	충돌	위험원방지
		지상/차상 정보 전송 기술	중(E)	충돌	위험원방지
		열차 이동 권한 취급 기술	상(E)	충돌	위험원방지
		위험 신호 통과 방지 제어 기술	상(E)	충돌	위험원방지
		제동 명령 취급 및 보호 기술	상(E)	충돌/탈선	위험원방지
		비상 상황 처리 기술	중(E)	충돌	위험원방지
		비상 제동 취급 기술	중(M)	충돌	위험원방지
		비상 메시지 취급 기술	상(E)	충돌/탈선	위험원방지
	열차진로 제어 안전성확보 기술개발 (Ⅲ-4-5)	건널목 안전관리체계 구축	상(M)	충돌/장해	위험원관리
		철도건널목 위해요소 도출 및 장치의 최적 관리 방안 도출	중(M)	충돌/장해	위험원관리
		열차의 위치 및 속도에 따른 열차검지 및 전송 기술 개발	중(E)	충돌	위험원방지
		지능형 철도 건널목 제어시스템 개발	상(E)	충돌/장해	위험원방지
		도로교통과의 연계를 위한 알고리즘 개발	중(E)	충돌/장해	위험원방지
	비상상황 통신장애 대책 기술개발 (Ⅲ-4-6)	통신안전관리체계 구축	상(M)	충돌/장해	위험원관리
		비상상황 발생 시 사고대책 수립을 위한 열차와 사령실 간의 비상통신 운영방안 수립	중(M)	충돌	위험원관리
		비상상황 발생 시 열차와 사령실 간 통신확보 방안 연구	상(M)	충돌	위험원관리
		열차와 사령실 간 비상통신 체널의 신뢰성 확보 기술 연구	중(E)	충돌	위험원관리
		비상 시 열차와 사령실 간의 통신확보를 위한 시제품 개발	상(E)	충돌	위험원방지

○ 공중사상안전기술분류

중분류	소분류	세부내용	기술개발 필요성	사고유형	적용분류
공중 사상 안전 기술 (Ⅲ-5)	불법침입·파괴행위에 대한 안전 기술개발 (Ⅲ-5-1)	불법 행위의 모니터링장치에 대한 최신기술 도입 방안 연구	상(E)	공중사상	위험원관리
		감시장치의 최적 배치 및 운용에 관한 기술 개발	중(M)	공중사상	위험원관리
		고등급 저비용의 울타리 시스템, 경보 시스템 개발	중(E)	공중사상	위험원방지
		케이블 매설 등, 보호 대상 철도 시스템의 효율적 격리 방안 연구	중(E)	공중사상	위험원방지
		불법행위 예방을 위한 공중 교육/홍보 및 치안 연계 방안 연구	중(M)	공중사상	위험원관리
	역사 내 안전기술 개발 (Ⅲ-5-2)	승강장 추락 방지를 위한 non-slip 재질 , 조명, 신호 등의 개선 연구	상(E)	공중사상	위험원방지
		승강장의 스크린 도아 설치 타당성 조사 및 저비용 도입 방안 연구	중(E)	공중사상	위험원방지
		승강장-차량 사이 틈 발생에 따른 위험요소 방지 방안 및 장치 도입 연구	상(E)	공중사상	위험원방지
		승객의 원활한 흐름을 위한 시설물 최적 배치 및 신호 개선에 관한 연구	중(M)	공중사상	위험원방지
		시각, 청각, 지체 등 장애인의 역사 이용 개선 방안 연구	상(E)	공중사상	위험원방지
	개인안전 기술개발 (Ⅲ-5-3)	개인안전감시를 위한 CCTV 등 보안 시스템관련 신기술 도입 방안 연구	중(E)	공중사상	위험원관리
		범법행위 예방 환경 조성을 위하여 차량 및 역사 주변의 조명, 미관, 공중전화, 구난장치 등의 효율적 배치 관련 기술 개발	중(E)	공중사상	위험원방지
		범법행위 동기 저하를 위한 심리학적, 사회학적 철도 환경 개선 연구	중(E)	공중사상	위험원방지
		개인안전사고 (폭력, 위협, 강도, 테러 등)에 효과적으로 대응하기 위한 공중, 승객, 직원에 대한 교육/훈련 방안 연구	중(M)	공중사상	위험원관리

□ 철도종합안전정보시스템 구축 분야(대분류 Ⅳ)

중분류	소분류	세부내용
통합안전정보 시스템 구축 (IV-1)	통합사고/고장코드 체계 구축 (Ⅳ-1-1)	고장분류체계 개발 및 사고분류체계 통합 연구
		사고/고장코드 통합관리시스템 개발
	통합안전정보관리시스템 개발 (Ⅳ-1-2)	통합검색시스템 개발
		통합 DB 관리시스템 개발
		통합 정보관리시스템 개발
	통합안전정보 DB 구축 (Ⅳ-1-3)	철도 고장 DB 구축 및 사고 DB 연계
		철도 시험/평가 결과 DB 구축
		철도 유지보수관련 DB 연계 통합
		철도 시험설비 DB 구축
		철도 부품수명 및 신뢰도 DB 연계통합
시스템 시범운용 및 안정화 (IV-2)	시스템 시범운용 및 안정화 (Ⅳ-2-1)	통합안전정보시스템 시범 구축
		통합안전정보시스템 시범 운용
		통합안전정보시스템 안정화

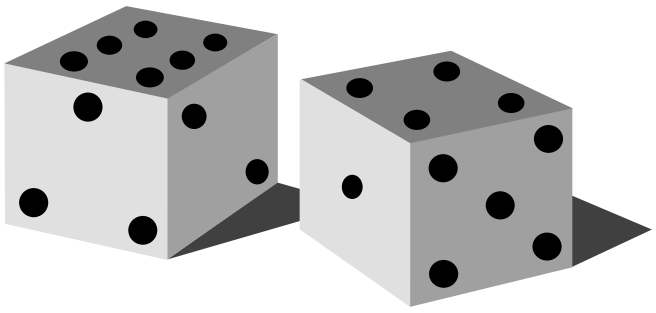
□ 세부과제 도출

○ 철도종합안전기술개발사업은 4개 사업분야, 13개 세부사업분야 총 43개 세부기술 중에서 시급성이 요구되는 아래 표의 3분야 16개 세부기술에 대하여 우선적으로 추진

사업항목	세부항목
연구사업 총괄	**- 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄** · 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄
철도안전체계 구축	**- 인적요인 관리체계 구축** · 인적오류 및 업무적성 평가기준 체계 구축(안전관리조직, 업무 및 절차 포함) · 시뮬레이터를 활용한 교육훈련체계 구축(대국민 홍보 및 교육프로그램 포함) **- 철도사고 예방안전기준체계 구축** · 철도 시설 및 차량 안전기준 수립(화재 및 건널목 안전기준 포함) · 철도 소프트웨어 안전기준체계 구축 **- 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축** · 사고모델별 비상대응 절차 개발(위험물 수송/테러 대책 포함) **- 철도안전평가 지원정보시스템 구축** · 철도사고 D/B 구조 설계 및 구축 · 위험평가 프로그램 개발 및 D/B 연계
철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발	**- 철도 위험(Hazard)분석 및 위험도(Risk) 평가도구 개발** · 철도사고 위험요인 분석기술 개발 · 철도사고 심각도 및 위험도 평가기술 개발 **- 인적요인 사고방지 및 업무적성 평가기술 개발** · 인적오류 방지 및 업무적성 평가기술 개발 **- 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발** · 철도 안전핵심 소프트웨어 평가 및 인증기술 개발 **- 철도화재 사고방지 및 평가기술 개발** · 철도차량 및 시설재료의 내화성능 향상 및 시험평가기술 개발 **- 충돌/탈선 사고방지 및 평가기술 개발** · 충돌 안전도 성능향상 및 시험평가기술 개발 · 차량 방지 및 안전성능 평가기술 개발 **- 철도안전 시험평가 기반 구축** · 철도안전 시험평가시설 구축 엔티지어링

Ⅴ. 추진전략 및 체계

1. 추진전략
2. 추진체계



Ⅴ. 추진전략 및 체계

1. 추진전략

가. 정책적 전략

○ 장·단기 목표를 수립하고, 시급성과 중요도를 평가하여 단계별 추진

- 단기목표로 중점추진분야인 “철도안전관리체계 구축”, “철도안전시험시설 구축”과 “철도안전기술개발”중에서 철도안전법의 효율적으로 시행하기 위하여 시급성이 요구되는 “철도안전관리체계 구축”분야를 중점지원
- 사업종료시점인 2009년까지는 철도운영기관 안전관리 프로그램 개발, 안전도 시험평가 설비 및 응용기술을 개발완료하여 철도종합안전시스템 구축이라는 장기목표 달성

○ 매년 기술개발 성과의 제도 반영 및 운영기관 보급

- 철도안전을 총체적으로 규율하는 철도안전법의 제도적 정착을 위하여 국내 실정에 맞는 안전설계기준 개발 및 국가가 관리하는 상시적 안전인증체계 구축
- 도시철도, 일반철도, 고속철도에 대한 안전관리체계를 종합적으로 개발·시행토록 함으로써 철도안전을 국가차원에서 관리

○ Rolling Plan에 의한 지속적인 안전관리와 안전기술 선진화

- 사회·기술적 환경변화에 대응, 철도안전의 상시적 확보를 위한 Rolling Plan의 일환으로 추진
- 안전기술의 국제적 수요증대에 대응하고 기술의 선진화를 통한 관련 산업의 기술력 확보

나. 기술확보 전략

○ 산・학・연 공동연구체제 구축에 의한 자체 기술개발

- 산・학・연 특성별 연구협조체제 구축
- 철도안전기술개발을 위한 연구 컨소시엄의 구성
- 정기적인 연구발표를 통한 활발한 기술교류

○ 중간진입 전략의 적극적인 구사

- 철도선진국과의 연구협력체제 구축 및 기술개발 결과 습득
- 국제 공동연구와 위탁연구의 선별적 추진
- 국내 철도분야에서 기개발된 안전기술뿐만 아니라 자동차, 건설 등 타분야에서 개발된 안전기술도 적극 도입하여 철도종합안전시스템 구축에 활용

○ 국제적인 연구교류의 활성화

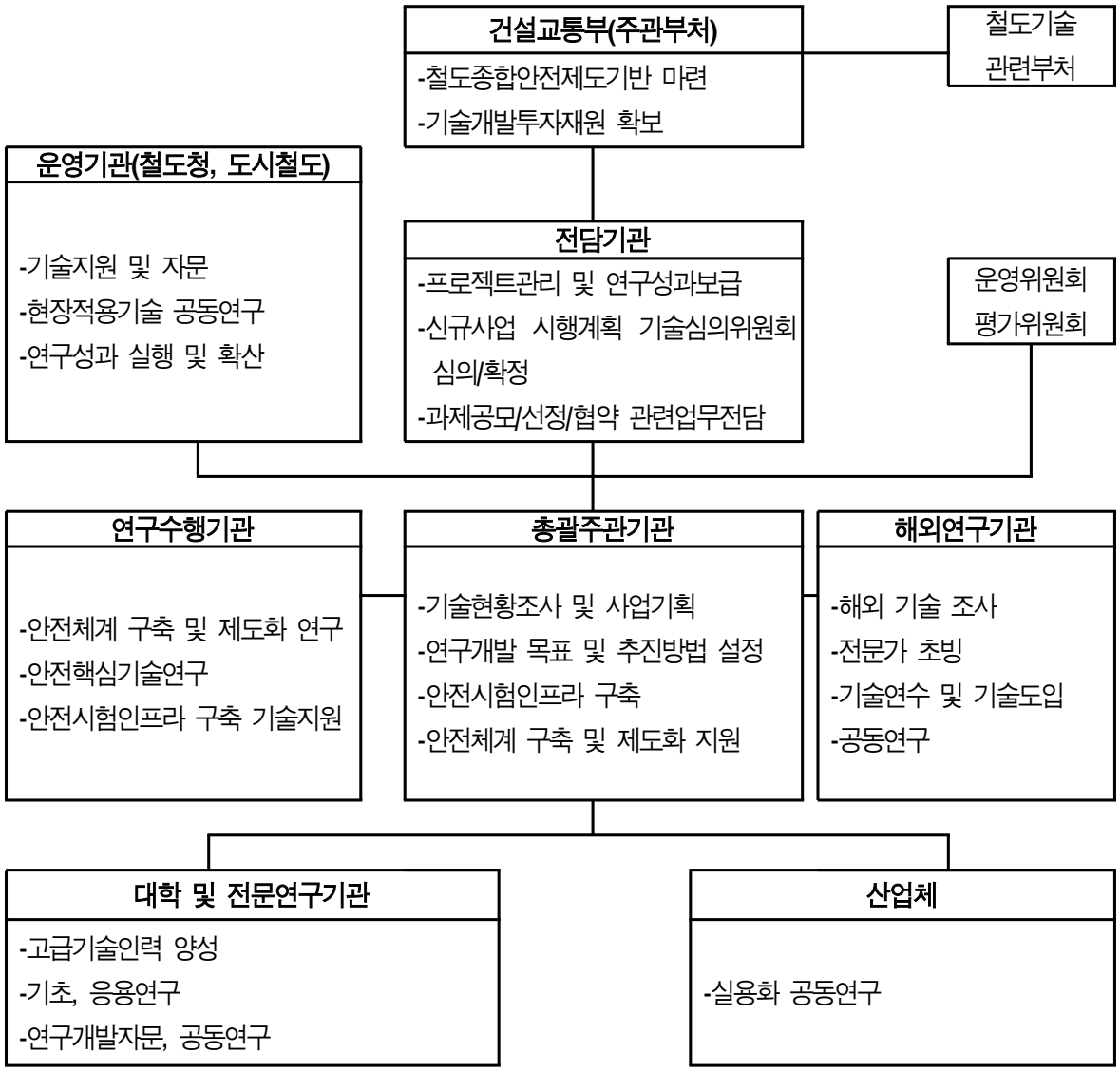
- 해외 전문가 DB구축과 선별적 초청에 의한 기술지도
- 해외 한인과학자 초청
- Post-Doc. 등 해외 파견 과학자의 활용
- 국제학술대회 참가를 통한 연구교류

다. 자체개발 전략

○ 산・학・연 역할분담과 공조에 의한 연구개발 추진체계의 효율화

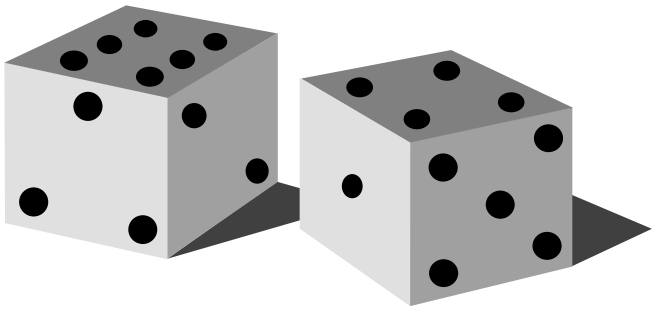
- 산업체 : 안전제품 설계기술 확보, 응용제품 개발
- 연구소 : 안전관리체계, 안전기준 등 제도기반 연구와 시험평가시설 및 기술 확보, 연구방향 설정・조정
- 대　학 : 요소기술의 확보, 연구인력의 양성

2. 추진체계


건설교통부(주관부처)
-철도종합안전제도기반 마련
-기술개발투자재원 확보
철도기술
관련부처
운영기관(철도청, 도시철도)
-기술지원 및 자문
-현장적용기술 공동연구
-연구성과 실행 및 확산
전담기관
-프로젝트관리 및 연구성과보급
-신규사업 시행계획 기술심의위원회 심의/확정
-과제공모/선정/협약 관련업무전담
운영위원회
평가위원회
연구수행기관
-안전체계 구축 및 제도화 연구
-안전핵심기술연구
-안전시험인프라 구축 기술지원
총괄주관기관
-기술현황조사 및 사업기획
-연구개발 목표 및 추진방법 설정
-안전시험인프라 구축
-안전체계 구축 및 제도화 지원
해외연구기관
-해외 기술 조사
-전문가 초빙
-기술연수 및 기술도입
-공동연구
대학 및 전문연구기관
-고급기술인력 양성
-기초, 응용연구
-연구개발자문, 공동연구
산업체
-실용화 공동연구

Ⅵ. 총 투자규모 및 세부 사업추진방안

1. 총 투자규모 및 연차별·부문별 투자소요재원
2. 세부 사업추진방안



Ⅵ. 총 투자규모 및 세부 사업추진방안

1. 총 투자규모 및 연차별·부문별 투자소요재원

(단위 : 억원)

사업 항목	세부 항목	1차년 (2004)	2차년 (2005)	3차년 (2006)	4차년 (2007)	5차년 (2008)	6차년 (2009)	총예산 (민간)
I. 연구사업총괄	○철도안전 SE 및 사업총괄	2	3	4	4	4	4	21
소 계		2	3	4	4	4	4	21
Ⅱ. 철도안전 체계구축	○인적요인 관리체계 구축	0	12	7	17	17	16	69
	·인적오류 및 업무적성 평가기준 체계 구축(안전관리 조직, 업무 및 절차 포함)	0	8	4	13	13	12	50
	·시뮬레이터 활용 교육·훈련 체계 구축(대국민 홍보 및 교육 내용 포함)	0	4	3	4	4	4	19
	○철도사고 예방 안전기준 체계 구축	7	8	2	5	7	11	40
	·철도 시설 및 차량 안전기준 수립 (화재 및 건널목 안전기준 포함)	4	6	1	4	5	10	29
	·철도 소프트웨어 안전기준체계 구축	3	2	1	1	2	1	11
	○철도 사고 및 비상대응 관리 체계 구축	1	10	2	6	12 (5)	10 (5)	41 (10)
	·사고 모델별 비상대응 절차개발 (위험물 수송/테러 대책 포함)	1	10	2	6	12 (5)	10 (5)	41 (10)
	○철도 안전정보 시스템 개발	0	10	13	24	24	24	95
	·철도사고 D/B 구조 설계 및 구축	0	6	6	13	13	12	50
	·위험평가 프로그램 개발 및 D/B 연계	0	4	7	11	11	12	45
소 계		8	40	24	52	60 (5)	61 (5)	245 (10)
Ⅲ. 철도중대사고 방지 및 평가기술 개발	○철도 위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가도구 개발	2	16	6	20	20	10	74
	·철도사고 위험요인(PHA) 분석 기술개발	2	8	4	10	10	0	34
	·철도사고 심각도 및 위험도 평가기술개발	0	8	2	10	10	10	40
	○인적요인 사고방지 및 평가기술개발	0	10	9	20	20 (5)	20 (5)	79 (10)
	·인적오류 방지 및 업무적성 평가기술개발	0	10	9	20	20 (5)	20 (5)	79 (10)
	○철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술개발	0	3	5	6	7	6	27
	·철도 안전핵심 소프트웨어 평가 및 인증기술 개발	0	3	5	6	7	6	27
	○철도화재 사고방지 및 평가기술개발	0	7	50	54 (2)	45 (6)	20 (5)	176 (13)
	·철도차량 및 시설재료 내화성능 향상 및 시험평가 기술개발	0	7	50	54 (2)	45 (6)	20 (5)	176 (13)
	○충돌/탈선 사고 방지 및 기술개발	0	14	81	92 (5)	81 (16)	40 (11)	308 (32)
	·충돌 안전도 성능향상 및 시험평가 기술개발	0	8	62	65 (2)	50 (8)	21 (5)	206 (15)
	·탈선 방지 및 안전성능 평가 기술개발	0	6	19	27 (3)	31 (8)	19 (6)	102 (17)
	○철도안전 시험평가 기반 구축	1	7	3	3	3	1	18
	·철도안전시험평가시설구축 엔지니어링	1	7	3	3	3	1	18
소 계		3	57	154	195 (7)	176 (27)	97 (21)	682 (55)
	총 계	13	100	182	251 (7)	240 (32)	162 (26)	948 (65)

2. 세부 사업추진방안

가. 연구개발

□ 기본방향

○ 단계별로 철도종합안전기술개발계획을 수립하여 체계적으로 추진
- 매년 중점분야별 세부추진과제의 시행계획을 작성하여 추진
- 관련기관과의 공조체제를 형성하고 역할분담을 통해 중복투자를 방지

○ 정부는 운영기관·민간의 철도종합안전기술개발을 지원·육성
- 철도안전기술 개발에 요구되는 예산을 충분하게 확보

※ 철도안전기술은 법규를 기반으로 이루어지는 공공 복지기술이므로 국가예산의 투자비중을 높게 책정하고, 삶의 질 향상과 국가안전보장과 관련된 기술이라는 점에서 국가주도의 단계적·체계적 지원이 필요

□ 추진계획

○ 안전기술의 실용화 및 제도화를 위해 연구개발 주체인 정부, 연구소, 대학, 운영기관, 업체간 긴밀한 연계강화
- 정부는 안전정책·제도화, 운영기관실용화 중심의 기술개발체제 구축
- 연구소는 사전 기획연구(Feasibility study)와 연구개발성과의 통합화를 통하여 국가 철도종합안전시스템을 구축
- 대학은 창의적 기초연구 확대 및 혁신적인 아이디어 연구
- 운영기관과 업체는 안전목표치 달성을 위한 공동의 연구개발 네트워크를 구축하고 관·산·학·연간 공동연구체제 활성화 유도

나. 전문인력양성

□ 기본방향

○ 국제철도안전기술의 발전동향에 따른 교육계획 수립, 실시

- 철도안전기술 인력전문기관을 지정하여 철도안전기술 관련 전문가 양성을 체계적으로 추진

□ 추진계획

○ 철도안전기술 교육 및 전문가양성을 담당할 전문기관을 지정·운영

- 철도경영연수원 및 산·학·연의 전문기관 등 기존 교육기관을 활용하고, 전문교육과정 신설

○ 전문기관을 중심으로 교육 및 전문가 양성 추진

- 지정된 교육기관은 교육장소 마련, 교육일정 등 교육계획을 수립, 실시
- 해외 전문가 초빙 교육

○ 핵심 전문분야 인력은 필요시 국외전문기관 파견교육 실시

다. 기술확보를 위한 국제협력

□ 기본방향

○ 철도안전기술의 국가경쟁력 확보를 위해 정부와 업체가 공동 추진

- 정부중심의 국제협력은 정부 관련부처와 관련전문기관이 공동대처
- 철도안전기술 관련 국제 세미나, 심포지움 등 국제 업체중심의 국제협력은 전담기관이 참가계획을 수립하여 체계적으로 대처

□ 추진계획

○ 정부·연구소·운영기관 공동으로 국제동향에 대처

- 유럽, 일본, 미국 등 관련국과의 협력강화로 선진국의 추진동향을 국내 철도종합안전기술개발사업 추진 시 반영

○ 철도안전기술 전담기관을 중심으로 업체부문의 국제협력 강화

- 국제표준기구(ISO), 국제철도연맹(UIC) 등의 표준제정 활동은 표준전담기관이 대응방안을 마련하여 관련기관과 협조하여 추진

라. 산업의 활성화

□ 기본방향

○ 정부에서는 철도종합안전기술개발사업을 활발히 추진하고 철도안전기술개발 관련업체 등 민간의 참여를 촉진

- 민간부문과의 공동 연구개발 등 민간의 산업화 활동을 지원·육성

□ 추진계획

○ 정부, 운영기관, 연구소, 업체, 대학 공동으로 철도안전신기술 보유업체의 안전제품 상용화를 촉진

○ 민간의 신기술개발 노력을 지원·육성

- 기술개발과제를 정부와 민간이 재원을 분담하여 추진

○ 철도안전기술 DB를 구축하여 철도안전기술정보를 공유

- 철도안전기술전담기관은 교통기술 관련정보를 종합 수집·관리·제공하는 철도안전기술DB를 구축

○ 민간투자 가능 안전제품 기술개발 과제를 발굴하여 추진

- 정부와 민간이 공동으로 실용성이 있는 철도 안전제품 개발과제를 발굴하여 추진

마. 사업집행 및 관리

□ 기본방향

○ 철도안전기술전담기관을 기술개발관리기관으로 선정하고, 기술개발관리기관은 전문가위원회를 구성하여 사업을 관리함

○ 기술개발 주체는 기술개발계획 수립시 철도안전기술개발에 필요한 재원확보계획, 실용화계획 등을 포함하여 수립

□ 추진계획

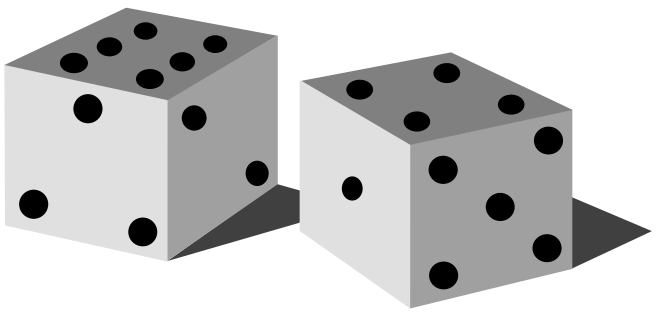
○ 철도안전기술전문기관의 기술개발관리제도 정착 추진

- 한국기계연구원, 한국건설기술연구원 등 전문연구기관을 적극 활용
- 수립한 계획에 따라 민간부문이 추진하는 사업은 관련 전문기관 및 전문가의 참여 하에 기술개발계획 수립

○ 철도종합안전기술개발 추진 시 이에 적합한 사업운영규칙 등을 마련하고 연구성과의 제도화를 추진

Ⅶ. 사업 성과물 활용방안 및 기대효과

1. 사업성과물
2. 활용방안
3. 기대효과
4. 사업의 의의



Ⅶ. 사업 성과물 활용방안 및 기대효과

1. 사업 성과물

세부 사업 및 과제		확보대상 기술	예상되는 결과물
안전체계 구축	인적요인 관리체계 구축	인적오류 및 업무적성 평가기준 체계 시뮬레이터 활용 교육훈련 체계	업무적성평가 및 교육훈련 프로그램
	철도사고 예방안전기준 체계 구축	시설/차량 안전기준 소프트웨어 안전인증체계	안전기준(화재, 건널목, S/W 안전기준 포함)
	철도사고 및 비상대응 관리체계 구축	비상대응 및 복구/수습 지원 기술	비상대응/지원 메뉴얼
	철도안전 정보시스템 구축	철도사고 DB 구조설계 기술, 위험평가 및 DB 연계기술, 안전평가 정보지원 네트워 기술	철도사고 DB 및 위험평가 프로그램, 안전평가 정보지원 네트워
철도중대사고 방지 및 평가기술 개발	철도 위험분석 및 위험도 평가도구 개발	철도사고 위험요인분석 및 심각도 평가 기술,	사고 원인분류 모델, 위험도/심각도 평가 프로그램
	인적요인 사고방지 및 평가기술 개발	인적 안전위협요소 관리기술	인적오류 평가기술 교육훈련용 시뮬레이터
	철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발	소프트웨어 안전평가 및 인증기술	소프트웨어 안전평가 및 인증기술
	철도화재 사고방지 및 평가기술 개발	철도재료 화재평가기술, 화재위험 지수산출기술, 지하구조 연기 및 열유동 해석·시험평가기술, 차량화재전파 해석·시험평가 기술, 화재감지 및 자동진화기술, 장대터널 구난역/터널 설계 기술, 철도차량 및 시설물 화재성능시설 구축,	화재안전도 시험평가설비·기술, 화재 안전기준 및 종합관리 지침서, 최적지하구조설계기술 및 지침, 지하시설 지능형 배연 시스템, 화재성능시험시설
	충돌/탈선 사고발지 및 평가기술 개발	충돌해석·시험평가기술, 탈선안전도 측정 및 평가기술, 지능형 제동시스템기술, 예방정비 시스템기술, 풍하중을 고려한 운행안전성 해석·시험평가기술, 철도부품 이상진단 기술, 철도차량충돌탈선 시험시설 구축	충돌/탈선/위험물질 운송 안전기준, 충돌/탈선 시험평가 설비·기술, 손상/파손/예방정비 시스템, 차량유지관리 프로그램 및 관리지침서, 차량충돌·탈선 시험시설

2. 활용방안

○ 최초 2년 동안('04～'05)은 철도안전관련 법규의 시행 및 개선, 안전기준 마련 등에 필요한 기술적 지원을 중점적으로 하면서 안전도 시험평가 설비 구축, 화재/충돌/탈선 등 중대사고로 우선순위가 높은 안전기술 개발을 수행

- 중대사고를 중심으로 안전기준, 운행안전기술 등의 연구결과는 매년 제도화하거나 안전대책에 반영・시행
- 대구지하철 사고로 제기된 철도 및 지하철안전기획단의 단기대책을 기술적으로 지원

○ 나머지 4년 동안('06～'09)은 철도운영기관의 안전관리 프로그램 개발과 안전도 시험평가 설비 및 응용 기술을 개발하여 국내의 철도 사고율이 실질적으로 저감될 수 있는 기술적 기반을 구축

- 차량 및 시설관련 안전기준 들을 제도화하고, 운영기관의 안전관리체계를 분석하여 새로운 안전관리 기법을 개발 적용
- 중대사고 중심으로 안전도 시험평가 기준 및 절차, 시험 방법 등을 개발하여 시범적으로 현장에 적용

○ 사업이 완료된 후에는 영국, 미국 등과 같이 5년마다 기술발전 수준을 반영한 Rolling Plan형 상시 기술개발 프로그램으로 선진국 수준의 항구적인 철도안전 확보

○ 이상과 같이, 세계 일류수준의 철도안전성이 확보되는 철도종합안전시스템 구축・운용・개선함으로써

⇒ 대구지하철 참사와 같은 대형사고를 예방하고 건강한 선진 복지사회 구현

3. 기대효과

○ 철도종합안전기술개발사업이 국민생활이나 산업경제 및 과학기술에 미치는 영향 및 효과를 검토하기 위해서는 다음과 같이 「사회·문화적 효과」, 「경제적 효과」, 「과학기술적 효과」등으로 나누어 검토

□ 사회·문화적 효과

○ 국민이 원하는 안전하고 쾌적한 철도 교통 구현

- 현재, 일본에 비해 거의 2배 수준(1999년 기준, 한국 0.06건 대비 일본 0.038건)인 100만 킬로미터당 중대열차사고(사상자 10명 이상 또는 차량탈선 10량 이상)율을 일본수준으로 저감
- 운전사고의 50% 이상 감소가능 (0.8건 → 0.4건/백만km)
- 철도시스템의 안전성·신뢰성·운영효율성 향상으로 대국민 서비스 및 복지 증진
- 국민에게 객관적인 철도안전정보를 제공하여 안전의식을 문화적으로 정착

○ 철도교통의 안전에 대한 무결성 확보로 국가의 대외 이미지 제고

- 대형철도 참사 발생시 직접피해뿐만 아니라 전세계적인 뉴스거리로 국가 이미지 실추 등 간접피해 막심

○ 철도안전법규나 제도에 대한 기술적 근거를 마련하여 국가안전관리체계확립에 기여함

- 『도시철도법』, 『국유철도운영에 관한 특례법』 및 마련 중인 『철도안전법(안)』 등 관련 법규에 의거, 철도 안전관리체계를 조기에 정착

□ 경제적·산업적 측면

○ 대형철도사고예방으로 인명, 재산피해 및 복구비용 절감

- 선진국 수준의 철도사망사고율 달성으로 연평균 266명 수준인 사망자

를 50명 이하로 감소 가능(일본에 비해 인·킬로미터 당 사망자 수는 9배 수준, 2002년의 경우 총 철도사고 사상자는 535명에 사망 237명)

- 인명피해저감의 누적에 따른 경제적 이익이 10년간 약 6천억원 이상 발생함(1999년 기준 1인당 교통사고비용 사망자 31,769만원, 부상자 2,439만원과 연평균 물가상승률 3%를 고려함. 본 사업으로 인한 연구투자비용 948억원 소요)

- 본 과제가 완수되고 Rolling Plan이 운영되면 인명피해저감의 누적에 따른 경제적 이익은 20년 뒤 1조7천억원 이상 발생하며, 30년 뒤에는 3조2500억원 이상 발생함(Rolling Plan 운영 비용이 매10년간 1천억원 소요된다고 가정함)

- 10년 주기로 발생하던 대형참사방지효과까지 고려하게 된다면, 사고방지효과로만 30년 동안 약 5조원 이상의 경제적 이익 발생

○ 철도안전투자의 내실화와 연구성과의 실용화로 경제적 이익 발생

- 제5차 교통안전기본계획 중 철도안전분야 투자의 일환으로 연구개발사업을 시행함으로써 안전투자효율의 극대화 도모

· 투자액 3조 8천억원중에서 비효율 요소 5% 제거 시 5년간 1,900억원 절감 가능

- 안전 성능 인증으로 철도용품의 국산화개발 촉진

- 도시철도차량 내장재 개발의 경우, 수입대체효과가 연간 250차량 신규발주시 75억원 절감효과

○ 선진국 수준의 철도안전기술 확보와 국제표준의 시험규격 및 안전심사기준 개발로 해외수출에 기여

- 제품원가 10% 저감 및 해외시장 10% 확대 가능

□ 과학·기술적 측면

○ 고속철도개통과 철도산업구조개혁에 대응하는 안전기술 기반 마련

- 운행/작업안전, 사고심각도 평가 및 위험도 예측, 오류평가로 철도사고 예방 관리기술 확보
- 신선 개통 시 철도 안전성 평가 및 사고조사의 자체 전문성 확보

○ 철도안전에 대한 체계적 연구를 통한 철도기술 인프라 조성

- 업체·운영기관에서 자체 보유·운영이 곤란한 안전도 시험평가설비를 공동 활용하게 함으로서 기술개발 및 안전성 향상 기반 제공

○ 철도업계의 안전기술수준 상승 계기 마련

○ 철도안전기술 개발사업을 통한 학계·연구계·산업계의 철도안전 분야의 기반기술 연구지원

○ 국가교통핵심기술개발 사업('03～'07)에서 개발된 철도방재핵심요소기술의 실용화·제품화를 연계추진하고, 도시철도표준화사업('95～'05)에 안전기준연구, 정보화연구 결과를 지원하는 등 관련 연구개발사업들의 통합추진으로 국가연구개발사업들의 연구성과 극대화 실현

4. 사업의 의의

현재 고속철도 도입과 철도구조개혁의 진행으로 국내 철도운영 100년 사에서도 유래가 없는 혁신적인 전기를 맞이하고 있음. 운영 경험이 전혀 없는 고속철도 운행은 안전운영관리 측면뿐만 아니라 기술적인 측면에서도 여러 가지 문제를 야기할 소지가 있으며, 기존 철도나 도시철도분야에서 가속화되고 있는 구조개혁은 숙련된 고령 기술자의 퇴진과 운영인력 감축을 가져와 더 이상 예전과 같이 종사자의 경험과 숙련도에 의존하는 안전관리 방식에는 한계가 있음. 이러한 시점에서 철도종합안전기술 개발사업이 이루어진다면 다음과 같은 몇 가지의 중요한 의의가 있음

○ 그 동안, 국철의 경우 철도안전관리는 운영기관 자체의 지침에 의하여,

또, 도시철도의 경우 도시철도법에 의하여 이루어져 왔으나 국가적으로 통합된 표준 안전관리 체계와 제 3의 인증기관에 의한 안전관리체계 및 운영의 검증은 거의 이루어지지 못하였음. 그러나 곧 제정될 철도 안전법과 이의 실효적 시행을 뒷받침할 본 연구 결과가 도출되면 기존의 경험과 숙련도에 의존하는 안전관리 방식이 표준화된 시스템에 의한 체계적 안전관리 방식으로 전환될 것임

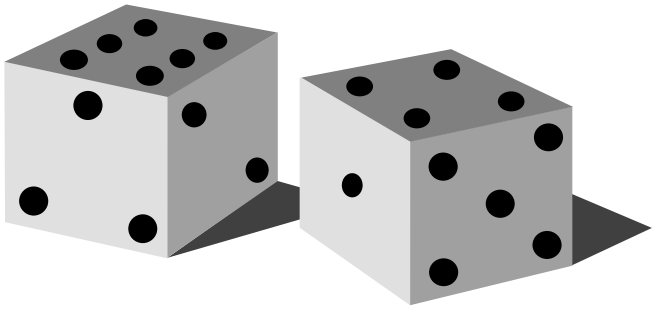
○ 선진국의 경우, 20여년 전부터 화재, 충돌, 탈선과 같은 중대사고 안전도를 평가하여, 사고 발생시 피해를 저감시킬 수 있는 시험평가 설비와 기술을 확보하고 있음. 그러나 국내에서는 예산상의 문제로 이러한 연구개발이 뒷전으로 밀려나 있었음. 본 철도종합안전기술개발 사업이 이루어지면 선진국과 대등한 수준의 중대사고 안전도 시험평가 시설과 기술을 보유하게 됨

○ 철도교통의 안전도를 획기적으로 높이려면 무엇보다도 철도 시설 및 차량의 설계, 시공, 제작 유지보수 단계에서 위험원 발생을 근원적으로 차단하는 수준 높은 공학적 기술이 요구됨. 그 동안 국내에서는 철도기술 개발에 대한 투자가 상대적으로 소홀하고 일천하여 설계 원천 기술 및 유지보수 노하우가 확보가 미흡한 편임. 본 사업을 통하여 차량안전기술, 궤도토목 안전기술, 전기신호제어 안전기술, 공중사상 안전기술 등이 개발되면 안전기술 측면뿐만 아니라 철도 전반에 걸친 기반기술 수준도 한 단계 높아져서 진정한 철도기술의 선진화가 달성될 것임

○ 본 사업에서 통합안전정보시스템이 구축되면, 그 동안 운영기관별로 또는 성능평가 검증기관별로 따로 관리되던 안전관련자료들이 축적되고, 신뢰성 평가 인증 자료 및 유지 보수 정보의 공유, 객관적인 안전성 평가 비교분석, 운영기관의 안전 대책 미흡에 대한 비교평가, 안전정보의 공유 등이 가능하여 철도 운영자와 이용자들이 함께 하는 철도 안전문화의 정착 기반이 마련될 것임

VIII. 연구사업총괄 세부사업계획

1. 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄



Ⅷ. 연구사업총괄 세부사업계획

1. 연구사업 총괄

가. 개요

○ 사업기간: 2004년~2009년(총6년)

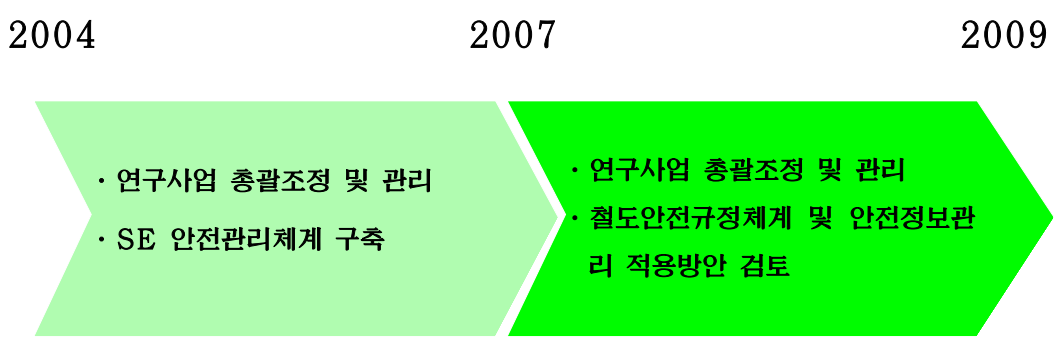
○ 사업비: 21억

○ 철도종합안전기술개발사업의 총괄적 조정, 관리 및 제도화 지원

○ 철도에 대한 시스템안전프로그램 및 표준절차서 제시를 통해 종합안전관리체계 완성

○ 각 세부과제별로 도출된 안전요건들에 대한 분석 및 관리를 통해 철도안전관리 프로세스의 핵심요소에 배치

나. 개발목표



다. 필요성

○ 철도종합안전기술개발사업의 총괄조정 및 관리기능 필요

○ 철도 복합시스템의 특성을 반영할 수 있도록 체계적인 안전프로그램의 구축 필요

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 시스템안전프로그램 및 국가표준관리지침을 제시함으로써 철도의 운영자, 시설관리자, 차량제작자, 협력업체 및 규제기관의 실행가이드 역할
- 종합적이고 일관된 철도안전관리체계 구축
- 이해하기 쉽고 달성가능한 안전목표에 대한 설정, 관리 및 모니터링 가능

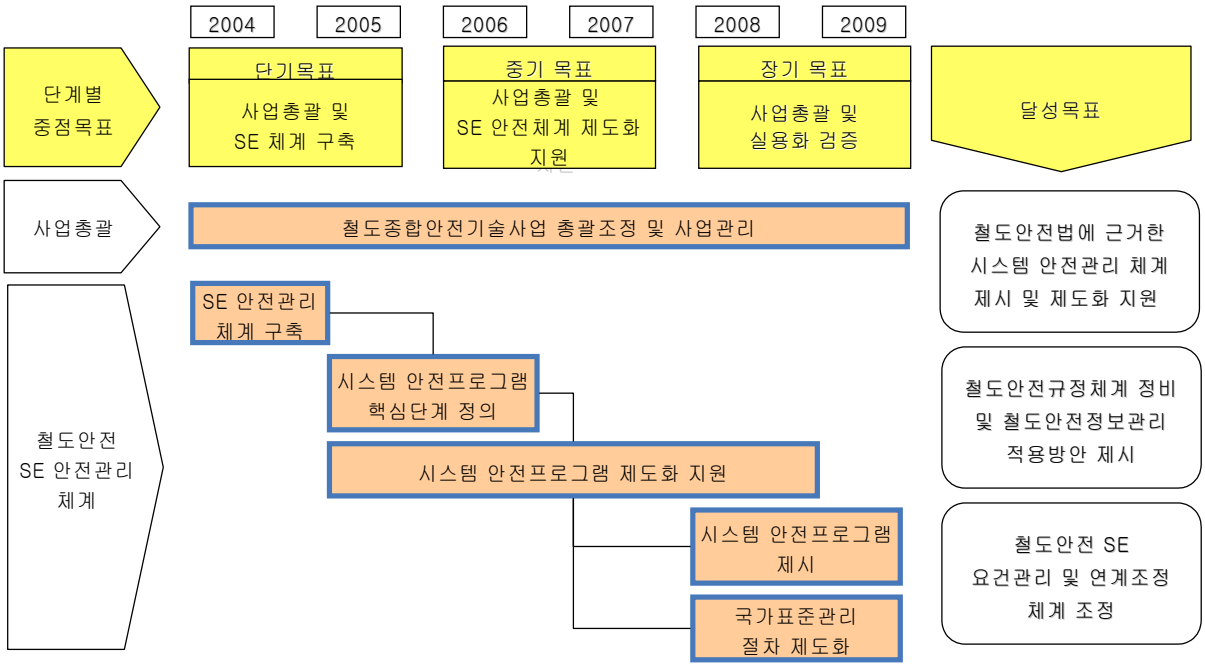
○ 경제적 효과

- 시스템 엔지니어링 기법에 의한 전체사업 및 과제의 효율적인 관리로 목표달성을 위한 총 사업비용 절감효과
- 안전요건, 안전기준 또한 기술개발결과의 사후 관리체계를 수립함으로써 사업종료 후 활용효과 극대화

○ 과학·기술적 효과

- 유사 프로젝트에 적용가능한 관리기법 확립
- 과제간 연계사고 시나리오 분석을 통한 사고예측과 피해저감을 위한 투자의 역량집중

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별
중점목표
단기목표
사업총괄 및
SE 체계 구축
중기 목표
사업총괄 및
SE 안전체계 제도화
지원
장기 목표
사업총괄 및
실용화 검증
달성목표
사업총괄
철도종합안전기술사업 총괄조정 및 사업관리
철도안전법에 근거한
시스템 안전관리 체계
제시 및 제도화 지원
철도안전
SE 안전관리
체계
SE 안전관리
체계 구축
시스템 안전프로그램
핵심단계 정의
시스템 안전프로그램 제도화 지원
철도안전규정체계 정비
및 철도안전정보관리
적용방안 제시
시스템 안전프로그램
제시
국가표준관리
절차 제도화
철도안전 SE
요건관리 및 연계조정
체계 조정

바. 소과제 요약서

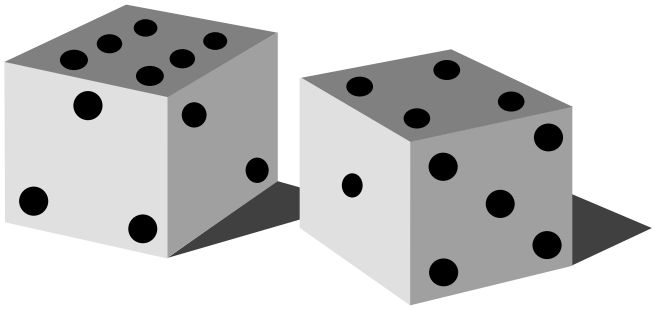
□ 철도안전 시스템 엔지니어링 및 사업총괄

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도종합안전기술개발사업의 총괄적 조정, 관리 및 제도화 지원 · 철도시스템안전프로그램 구축 및 표준절차서 개발
- 주요기술 개발내용	· 철도안전법에 근거한 시스템안전관리체계 제시 및 제도화 지원 · 철도안전규정체계 정비 및 철도안전정보관리 적용방안 제시 · 철도안전 시스템엔지니어링 요건관리 및 연계조정 체계 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 철도종합안전기술개발사업의 총괄조정 및 관리 기능 필요 · 철도 복합시스템의 특성을 반영할 수 있도록 체계적인 시스템안전프로그램 구축 필요
- 국내외 기술동향	· 영국, 캐나다는 시스템 엔지니어링에 기초하여 안전승인 심사체계를 도입한 안전규정 및 안전기준을 개발 및 운영 · 국내 원자력분야는 종합안전기술개발사업을 통해 위험관리기술 선도
3. 연구체계 및 연구개발내용	`04년 - `09년(6년간)
- 연구체계	· 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 및 제도화 지원 - 시스템안전프로그램에 의한 요건관리 및 제도화 지원 (안전계획, 안전기준, 안전심사승인, 안전실행, 안전평가점검, 사고대응, 개선 및 권고, 비용-효과분석)

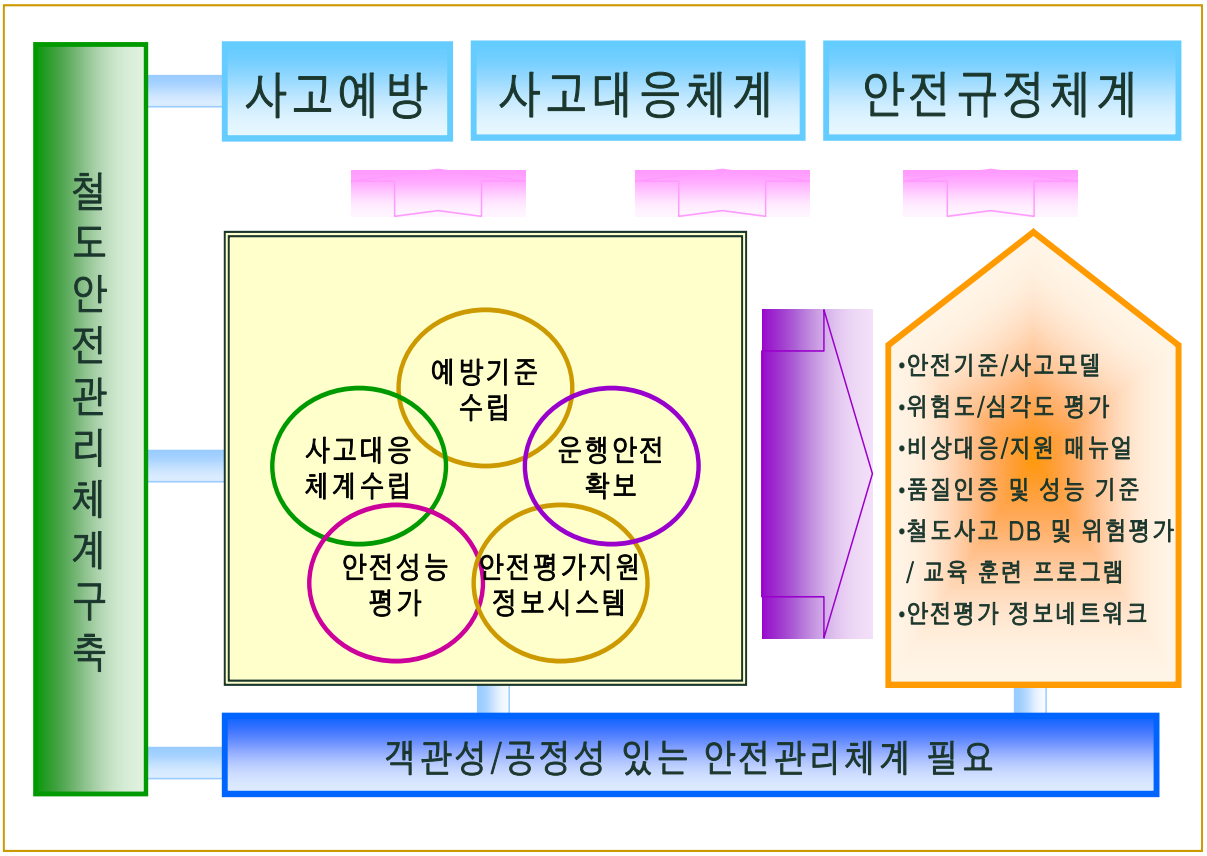
- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 철도종합안전기술개발사업 1차년도 총괄조정 및 사업관리 · 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 - 시스템 안전요건(안전규정) 대상 정의 및 기술기준 개발 체계 정의 b. 2차년도 추진내용 · 철도종합안전기술개발사업 2차년도 총괄조정 및 사업관리 · 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 및 제도화 지원 - 시스템안전프로그램 핵심단계 정의 및 제도화 지원 · 철도안전규정체계 및 철도안전정보관리 적용방안 검토 c. 3차년도 추진내용 · 철도종합안전기술개발사업 3차년도 총괄조정 및 사업관리 · 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 및 제도화 지원 - 시스템안전프로그램 연계 조정 및 제도화 지원 · 철도안전규정체계 및 철도안전정보관리 적용방안 검토 d. 4차년도 추진내용 · 철도종합안전기술개발사업 4차년도 총괄조정 및 사업관리 · 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 및 제도화 지원 - 시스템안전프로그램 연계 조정 및 제도화 지원 · 철도안전규정체계 및 철도안전정보관리 현장적용성 e. 5차년도 추진내용 · 철도종합안전기술개발사업 5차년도 총괄조정 및 사업관리 · 철도안전법에 근거한 SE 안전관리체계 구축 및 제도화 지원 - 시스템안전프로그램 연계 조정 및 제도화 지원 · 철도안전규정체계 및 철도안전정보관리 적용방안 검토 f. 6차년도 추진내용 · 철도종합안전기술개발사업 종합조정 및 사업정리 · 철도시스템안전프로그램 제시 및 국가표준관리절차 제도화 지원 · 철도안전규정체계 및 철도안전정보관리 적용방안 검토
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도안전법에 의거한 분야별 세부안전기준 작성의 기술적 지원 · 체계적인 SE기반의 안전규정 및 기술기준의 제시 요구 · 철도종합안전기술개발사업 총괄 조정 및 관리 필요

Ⅴ Ⅹ. 철도안전체계 구축 세부사업계획

1. 인적요인 관리체계 구축
2. 철도사고 예방안전기준 체계 구축
3. 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축
4. 철도안전 정보시스템 구축



Ⅸ. 철도안전체계 구축 세부사업계획



○ 인적요인 관리체계 구축 : 인적오류에 의한 사고발생 저감 대책

○ 철도사고 예방안전기준 체계 구축 : 차량의 설계, 제작, 시험, 유지보수 및 안전운행과 시설안전, 화재 및 건널목 안전, 소프트웨어 안전인증 체계 등 각종 기술 기준 정립

○ 사고 및 비상대응체계 수립 : 중대사고 발생시 신속한 대응/복구 및 재발방지 등의 안전활동을 체계적으로 관리할 수 있는 시스템 구축

○ 철도안전 정보시스템 구축: 효율적인 사고분석 및 사고예방을 위하여 사고이력 DB구축 및 위험평가 프로그램의 개발 및 연계

1. 인적요인 관리체계 구축

가. 개요

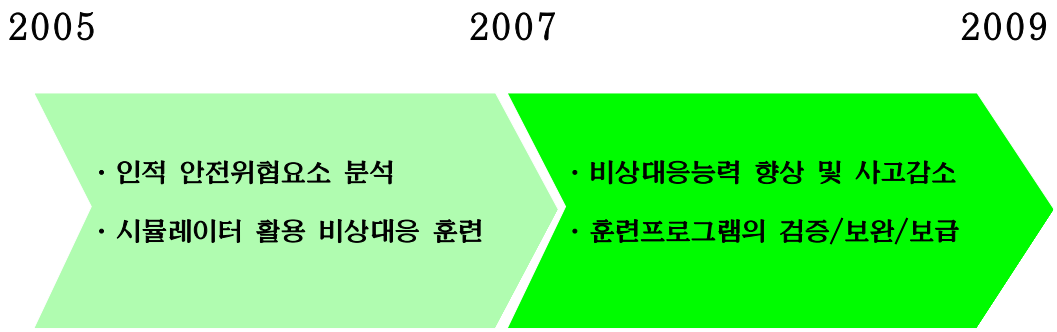
○ 사업기간: 2005년~2009년(총5년)

○ 사업비: 69억

○ 철도운행사고에서 가장 중요한 인적오류에 대한 분석과 예방에 대한 연구를 수행함

- 안전종사자의 업무적성, 피로/스트레스 및 비상대응능력 평가절차 및 평가기준 수립
- 시뮬레이터를 활용한 안전취급종사자의 자격관리제도 확립
- 대국민 철도안전 홍보 및 교육훈련 프로그램 개발

나. 개발목표



다. 필요성

○ 현행 철도 종사자의 정확한 적성평가는 물론 적성에 따른 업무배치가 이루어지지 않고 있어, 사고방지를 위한 인적 위협요소의 효과적 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정임

○ 최근 철도안전종사자의 위기대처 능력부족이 중요문제로 부각되고 있으나 오랜 근무경험이 있는 기관사도 사고 경험이 없을 경우 비상상황에서

적절한 대응을 할 수 없음

- 위기상황을 대응능력 향상을 위해서는 사고환경을 모사할 수 있는 시뮬레이터를 활용하여 대응능력을 분석하고, 효과적인 대처법을 훈련시킬 필요가 있음

- 철도 선진국에서는 철도안전 관련업무자의 교육 훈련에 많은 투자를 하고 있음. 예로서 프랑스 철도공사에서는 10년 이상의 도제식 교육을 실시하고 있어 중대사고를 예방할 수 있음

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 철도 안전관련 종사자의 위기관리 능력향상을 통한 사고피해 감소
- 철도 안전관련 종사자의 교육을 통한 안전의식의 고취와 사고 예방
- 주요 철도사고 원인 분석을 통한 사고예방

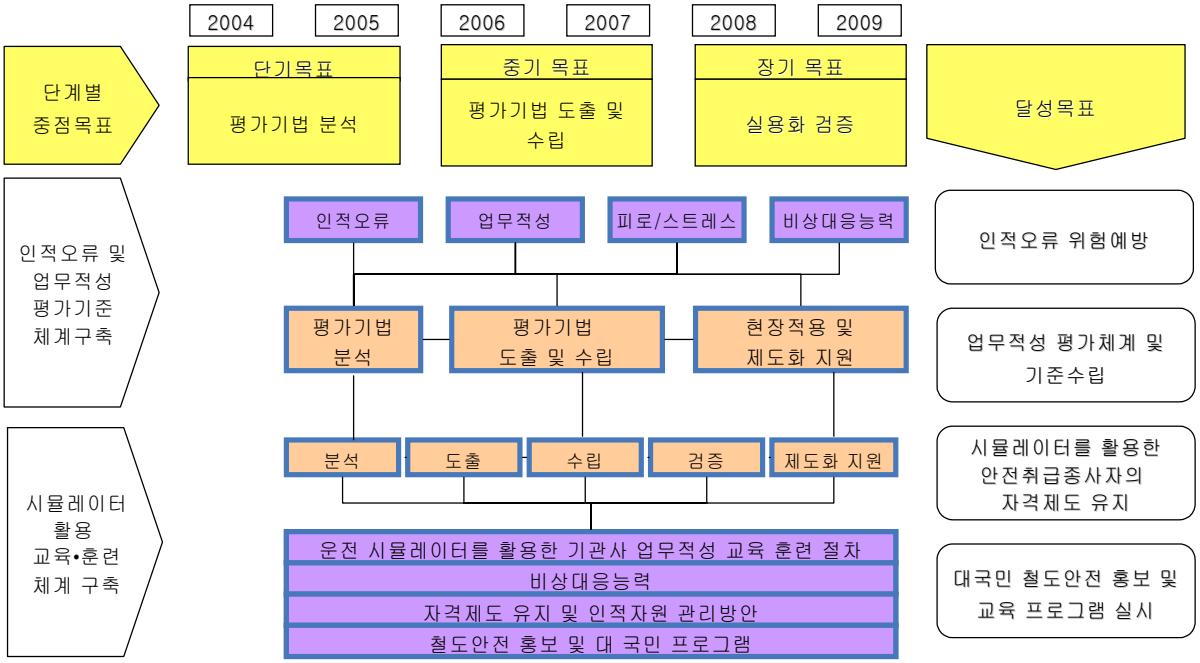
○ 경제적 효과

- 철도사고의 가장 큰 원인인 인적오류에 감소에 따른 전체 철도 사고 피해의 감소
- 철도 안전종사자의 업무적성평가와 교육훈련을 통한 사고 예방 및 사고피해 최소화

○ 과학·기술적 효과

- 철도 안전종사자의 업무 전문성향상 및 대응체계의 표준화
- 체계적인 철도안전 교육훈련 절차의 확립

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별 중점목표
단기목표
평가기법 분석
중기 목표
평가기법 도출 및 수립
장기 목표
실용화 검증
달성목표
인적오류 및 업무적성 평가기준 체계구축
인적오류
업무적성
피로/스트레스
비상대응능력
평가기법 분석
평가기법 도출 및 수립
현장적용 및 제도화 지원
인적오류 위험예방
업무적성 평가체계 및 기준수립
시뮬레이터 활용 교육•훈련 체계 구축
분석
도출
수립
검증
제도화 지원
시뮬레이터를 활용한 안전취급종사자의 자격제도 유지
운전 시뮬레이터를 활용한 기관사 업무적성 교육 훈련 절차
비상대응능력
자격제도 유지 및 인적자원 관리방안
철도안전 홍보 및 대 국민 프로그램
대국민 철도안전 홍보 및 교육 프로그램 실시

바. 소과제 요약서

□ 인적오류 및 업무적성 평가기준체계 구축(안전관리 조직, 업무 및 절차 포함)

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도 중대사고의 근본원인인 인적오류 위험예방 · 철도 중요 안전업무 종사자의 업무적성 평가체계 및 기준 수립
- 주요기술 개발내용	· 안전 종사자 업무적성 평가절차 및 평가기준 수립 · 안전 종사자의 피로/스트레스 평가절차 및 평가 기준 수립 · 안전 종사자 비상상황 대응능력 평가절차 및 평가기준 수립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 현행 철도 종사자의 정확한 적성평가는 물론 적성에 따른 업무배치가 이루어지지 않고 있어, 사고방지를 위한 인적 위협요소의 효과적 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정임 - 비상상황대응 능력에 대한 교육훈련이 없는 실정으로 대형사고의 위험성이 상존 - 관련 업무의 내용 분석과 적성의 합리적 평가 기법 수립 - 인적 요소의 효과적 관리 시스템을 구축하여 국내 철도사고의 주요 원인 중 하나인 인적오류 예방대책을 국가안전체계내에서 제도적으로 시행할 수 있도록 함으로써 전체 철도사고를 크게 저감할 수 있어 이에 대한 연구가 필요
- 국내외 기술동향	· 철도선진국에서는 종사자의 적성평가를 위해 통계심리학적 접근방식을 적용한 평가기법을 오래전부터 개발하여 사용하고 있음 · 철도선진국에서는 업무수행에 필요한 심리적 특성 등 인성적 요인의 허용기준을 적용하고 있음
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)
- 연구체계	· 안전종사자 인적오류 평가기준 및 분류기준 제도화 · 피로/스트레스 평가절차 및 평가기준 제도화 · 안전종사자 비상대응능력 평가절차 및 평가기준 제도화

- 연차별 연구개발내용 a. 1차년도 추진내용 · 안전종사자 인적오류 평가기법 및 분류기준 분석 · 안전종사자 업무적성 평가절차 및 평가기준 분석 · 안전종사자 피로/스트레스 평가절차 및 평가기준 분석 · 안전종사자 비상상황 대응능력 평가절차 및 평가기준 분석 b. 2차년도 추진내용 · 안전종사자 인적오류 평가기법 및 분류기준 도출 · 안전종사자 업무적성 평가절차 및 평가기준 도출 · 안전종사자 피로/스트레스 평가절차 및 평가기준 도출 · 안전종사자 비상상황 대응능력 평가절차 및 평가기준 도출 c. 3차년도 추진내용 · 안전종사자 인적오류 평가기법 및 분류기준 수립 · 안전종사자 업무적성 평가절차 및 평가기준 수립 · 안전종사자 피로/스트레스 평가절차 및 평가기준 수립 · 안전종사자 비상상황 대응능력 평가절차 및 평가기준 수립 d. 4차년도 추진내용 · 안전종사자 인적오류 평가기법 및 분류기준 현장 적용 및 검증 · 안전종사자 업무적성 평가절차 및 평가기준 현장 적용 및 검증 · 안전종사자 피로/스트레스 평가절차 및 평가기준 현장 적용 및 검증 · 안전종사자 비상상황 대응능력 평가절차 및 평가기준 현장적용 및 검증 e. 5차년도 추진내용 · 안전종사자 인적오류 평가기법 및 분류기준 제도화 지원 · 안전종사자 업무적성 평가절차 및 평가기준 제도화 지원 · 안전종사자 피로/스트레스 평가절차 및 평가기준 제도화 지원 · 안전종사자 비상상황 대응능력 평가절차 및 평가기준 제도화 지원
4. 기대효과
- 연구개발의 기대효과 · 종사자의 피로, 스트레스, 심리적 요인 및 적성 등 인적 안전위협요소를 과학적, 적극적으로 관리함으로써 철도사고 예방이 가능 · 합리적이고 체계적인 적성평가 및 업무배치로 종사자의 업무만족도 향상과 생산성 증가 · 기관사, 운전취급자 등 중요 안전핵심 종사자에 대한 비상대응능력에 대한 주기적 평가/관리/향상에 제도적 기반을 마련함으로써 중대사고 시 피해심각도 저감

□ 시뮬레이터 활용 교육훈련 체계 구축(대국민 홍보 및 교육 내용 포함)

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 시뮬레이터를 활용한 안전취급종사자의 자격제도 유지 · 대국민 철도안전 홍보 및 교육 프로그램 제시
- 주요기술 개발내용	· 운전 시뮬레이터 활용 기관사 업무적성 교육 및 훈련 체계 구축 · 주요 안전 취급 종사자 비상상황 대응능력 교육 및 훈련 체계 구축 · 대국민 철도안전 홍보 및 교육 프로그램 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 현행 철도 종사자의 정확한 적성평가는 물론 적성에 따른 업무배치가 이루어지지 않고 있어, 사고방지를 위한 인적 위협요소의 효과적 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정임 - 비상상황대응 능력에 대한 교육훈련이 없는 실정으로 대형사고의 위험성이 상존 - 적성평가 시뮬레이터 개발로 적성과 업무별 특성에 부합되는 교육훈련 프로그램 개발 및 적용 - 시뮬레이션 프로그램과 교육 프로그램을 제도화하여 인적 요소를 효과적으로 관리하고 인적오류를 예방한다면 전체 철도사고를 크게 저감할 수 있어 이에 대한 연구가 필요
- 국내외 기술동향	· 철도선진국에서는 체계적인 프로그램에 따라 업무별 특성에 따른 교육훈련을 시행하고 있음 · 국내에서는 적성평가와 그에 따른 업무배치 및 체계적인 교육관리가 이루어지지 못하는 실정임
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05 - `09(5년간)
- 연구체계	· 시뮬레이터를 활용한 업무적성평가, 교육훈련 및 자격제도 유지방안 구축 · 대국민 홍보 및 교육 프로그램 개발

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 운전 시뮬레이터를 활용한 기관사 업무적성 교육 훈련 절차 분석 · 주요 안전취급종사자의 비상상황 대응능력 교육 훈련 절차 분석 · 안전취급종사자의 자격제도 유지 및 인적 자원 관리방안 분석 · 철도안전 홍보 및 대 국민 교육 프로그램 개발방안 분석 b. 2차년도 추진내용 · 운전 시뮬레이터를 활용한 기관사 업무적성 교육 훈련 절차 도출 · 주요 안전취급종사자의 비상상황 대응능력 교육 훈련 절차 도출 · 안전취급종사자의 자격제도 유지 및 인적 자원 관리방안 도출 · 철도안전 홍보 및 대 국민 교육 프로그램 개발방안 도출 c. 3차년도 추진내용 · 운전 시뮬레이터를 활용한 기관사 업무적성 교육 훈련 절차 수립 · 주요 안전취급종사자의 비상상황 대응능력 교육 훈련 절차 수립 · 안전취급종사자의 자격제도 유지 및 인적 자원 관리방안 수립 · 철도안전 홍보 및 대 국민 교육 프로그램 개발방안 수립 d. 4차년도 추진내용 · 운전 시뮬레이터를 활용한 기관사 업무적성 교육훈련체계 현장적용 검증 · 주요 안전취급종사자의 비상상황 대응능력 교육훈련체계 현장적용 검증 · 안전취급종사자의 자격제도 유지 및 인적자원 관리방안 현장적용 검증 · 철도안전 홍보 및 대 국민 교육 프로그램 현장보급 e. 5차년도 추진내용 · 운전 시뮬레이터를 활용한 기관사 업무적성 교육훈련체계 제도화지원 · 주요 안전취급종사자의 비상상황 대응능력 교육훈련체계 제도화지원 · 안전취급종사자의 자격제도 유지 및 인적 자원 관리 제도화 지원
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 정확한 업무분석과 객관적인 적성평가 실시로 효과적인 교육훈련 프로그램 개발이 가능 · 체계적인 교육훈련 프로그램 및 규정화로 지속적이고 효과적인 교육훈련 실시가 가능 · 운전 시뮬레이터를 활용하여 중요 안전취급 종사자의 자격제도 유지를 위한 교육훈련 프로그램 등 적극적 안전향상 프로그램 마련에 기여 · 철도안전 홍보 및 대국민 교육 프로그램의 보급으로 안전문화 선진화에 기여

2. 철도사고 예방안전기준 체계 구축

가. 개요

○ 사업기간 : 2004년~2009년(총6년)

○ 사업비 : 40억

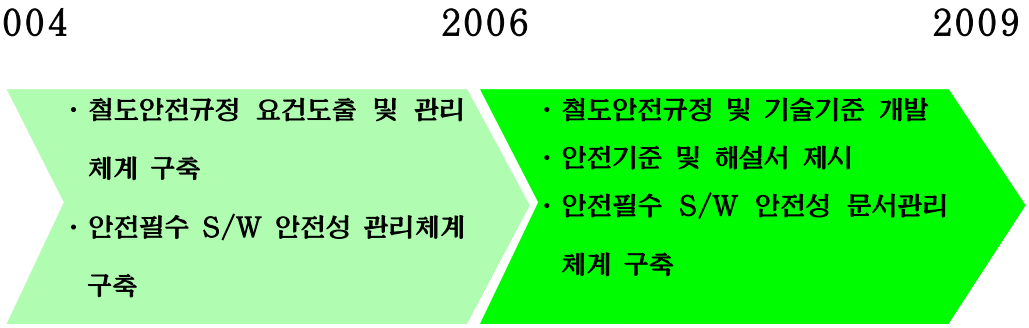
○ 일반철도/도시철도/고속철도를 포괄하는 체계적인 안전규정 체제 정비 방안 도출

○ 철도시스템 안전기준의 세부시행기준 작성(시설, 차량, S/W, 화재 및 건널목 안전기준 포함)

○ 철도시스템 안전기준의 현장 적용성 검토와 보완

○ 본 과제에서 도출된 성과는 철도종합안전대책과 철도안전법에서 요구하는 각종 기술적 안전규정·기준의 기초가 됨

나. 개발목표



다. 필요성

○ 철도산업 구조개편 및 고속화에 따른 운행여건의 변화는 철도시스템의 위험도를 증가시키므로 이에 대처할 수 있는 적정한 안전기준의 개발과 현장적용이 필요

○ 현재 국내에는 도시철도차량을 제외하고는 안전규정 및 기준이 없는 상태로, 고속전철/일반철도/도시철도를 포괄할 수 있는 안전규정 및 기준을 체계적으로 정비한다면 사고예방효과가 클 것으로 예상됨. 또한 국제철도 연결과 같은 상황변화에 효율적인 대처가 가능함

○ 철도안전관련 규정 정비와 철도시설 및 차량에 대한 안전기준을 국제수준으로 강화하여 국제적인 경쟁력 확보

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 사고예방 안전기준 확립으로 인한 사고율/사망율 저감
- 강화된 기준을 바탕으로 안전관련 종사자 및 대국민 안전의식 고취

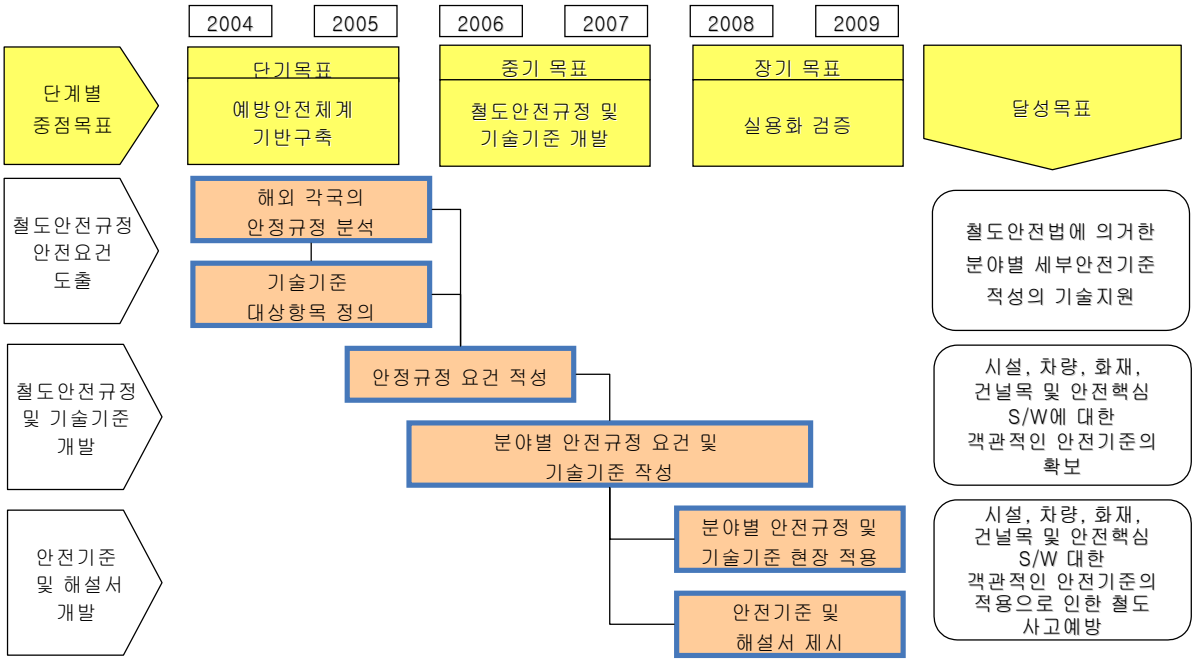
○ 경제적 효과

- 선진 안전체계에 따른 안전기준의 국내적용으로 향후 기술개발 및 수출시 상이한 기준적용에 따른 개발비용 절약
- 일반철도/고속철도/도시철도 등 모든 시스템에 대한 일관성있는 안전기준 제시로 법규정 관리 효율성 제고
- 해외시장 진출시 국외 인증기관에 지급되는 고액의 소프트웨어 안전인증 비용 절감

○ 과학·기술적 효과

- 체계적인 SE 기반의 안전규정 및 기술기준의 제시로 향후 기술발전에 따른 설계사양, 제작사양, 시험기준 등의 반영 용이
- 사고예방을 위한 필수 안전요건 반영
- 철도시스템에 대한 종합적인 안전성능평가 능력확보
- 시험평가 기술발전에 따른 국내 철도시스템 설계수준과 부품성능향상
- 철도분야에서 국산화되는 소프트웨어 기술에 대하여 국제규격을 준수하는 안전요구사항의 관리와 평가를 위한 체계 확보

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별 중점목표
단기목표
예방안전체계 기반구축
중기 목표
철도안전규정 및 기술기준 개발
장기 목표
실용화 검증
달성목표
철도안전규정 안전요건 도출
해외 각국의 안정규정 분석
기술기준 대상항목 정의
철도안전법에 의거한 분야별 세부안전기준 적성의 기술지원
철도안전규정 및 기술기준 개발
안정규정 요건 적성
분야별 안전규정 요건 및 기술기준 작성
시설, 차량, 화재, 건널목 및 안전핵심 S/W에 대한 객관적인 안전기준의 확보
안전기준 및 해설서 개발
분야별 안전규정 및 기술기준 현장 적용
안전기준 및 해설서 제시
시설, 차량, 화재, 건널목 및 안전핵심 S/W 대한 객관적인 안전기준의 적용으로 인한 철도 사고예방

바. 소과제 요약서

□ 철도 시설 및 차량 안전기준 수립(화재 및 건널목 안전기준 포함)

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 시설 및 차량안전기준의 세부시행기준 제시 및 현장검증 · 일반철도/고속철도 안전규정 체제 정비 및 도시철도 안전규정과의 통합화
- 주요기술 개발내용	· 국외 철도안전기준 비교 분석 · 일반철도/도시철도/고속철도를 포괄하는 체계적인 안전규정 체제 정비 방안 도출 · 시설 및 차량 안전기준의 세부시행기준 작성(안전기술개발 내용과 연계, 도시철도제외) · 시설 및 차량 안전기준의 현장 적용성 검토와 보완
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 철도산업 구조개편 및 고속화에 따른 운행여건의 변화는 철도시스템의 위험도를 증가시키므로 이에 대처할 수 있는 적정한 안전기준의 개발과 현장적용이 필요 · 현재 도시철도 차량에 국한된 기준을 일반철도와 고속철도로 범위 확대와 철도 복합시스템의 특성을 반영할 수 있도록 체계적인 작성이 필요 · 철도안전관련 규정 정비와 철도시설 및 차량에 대한 안전기준을 국제수준으로 강화하여 국제적인 경쟁력 확보
- 국내외 기술동향	· 영국, 캐나다는 시스템 엔지니어링에 기초하여 안전승인 심사체계를 도입한 안전규정 및 안전기준을 개발 및 운영 · 일본은 철도 사고예방을 위해 기술기준에 대한 연구를 수행 · 원자력 분야에서는 원자력 안전 규제활동을 전담하는 기관에 의해 우리 실정에 적합한 각종 안전기준을 개발
3. 연구체계 및 연구개발내용	`04년 - `09(6년간)
- 연구체계	· 철도안전규정 및 기술기준 개발 - 시스템안전프로그램에 부합하는 분야별 안전규정 및 기술기준 개발

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 철도안전규정 요건도출 - 해외 각국(영국/미국/일본 외)의 안전규정 분석, 공통요건 도출 및 필수요건 제시 - 기술분야별 기술기준 대상 항목 정의 b. 2차년도 추진내용 · 철도안전규정 관리체계 구축 및 기술기준 개발 - 시스템안전프로그램 요구사항을 고려한 안전규정 요건 작성 - 분야별 안전규정 요건 및 기술기준 작성(Ⅰ) c. 3차년도 추진내용 · 철도안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 안전규정 요건 및 기술기준 작성(Ⅱ) d. 4차년도 추진내용 · 철도안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 안전규정 요건 및 기술기준 작성(Ⅲ) - 기술개발 분야 연구성과 적용 e. 5차년도 추진내용 · 철도안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 안전규정 및 기술기준 현장 적용 f. 6차년도 추진내용 · 철도안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 안전규칙 세부항목별 안전기준 개발 (Ⅳ) - 안전규정 적용타당성 분석, 개선안 제시 및 반영 - 안전기준 및 해설서 제시
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도안전법에 의거한 분야별 세부안전기준 작성의 기술적 지원 · 체계적인 SE기반의 안전규정 및 기술기준의 제시 요구 · 철도 시설 및 차량에 대한 객관적인 안전기준의 확보 · 철도 시설 및 차량의 안전기준 적용으로 인한 사고예방

□ 철도 소프트웨어 안전기준체계 구축

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도에 사용되는 프로그래머블한 제어기의 소프트웨어의 안전성 확보를 위한 안전기준 수립
- 주요기술 개발내용	· 철도분야 안전핵심 소프트웨어 안전성 관리체계 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 철도시스템의 유연성을 높이기 위해 모든 시스템에 컴퓨터기반 제어기에 소프트웨어 채용이 기하급수적으로 증가 · 시스템의 고장에는 컴퓨터 기반 제어기의 소프트웨어 잠재결함이 많은 비중을 차지 · 안전성이 확보된 시스템의 적용이 요구되고 있으며, 객관적인 소프트웨어의 안전성 검증을 위한 안전기준의 수립 필요
- 국내외 기술동향	· 국외에서는 철도분야 프로그램어블한 제어기의 소프트웨어 안전성에 대한 국제규격 EN, IEC 등이 공표되어 실행되고 있음. · 국내에서는 원자력, 항공우주, 군사무기 부문에서 연구가 진행되고 있음 · 국내 철도에서는 철도청 청장지시 2001-49를 공표하여 적용 중에 있음
3. 연구체계 및 연구개발내용	`04년 - `09년(6년간)
- 연구체계	· 철도시스템 안전관련 안전핵심 소프트웨어 안전성 관리체계 수립 - 소프트웨어 안전 요구사양 관리분야 조사 - 소프트웨어 안전 요구사양 기준 - 소프트웨어 구조 안전기준 - 소프트웨어 모듈관리 안전기준 - 소프트웨어 코드 및 데이터 안전기준 - 소프트웨어 모듈 및 통합시험 안전기준 - H/W 및 S/W 통합시스템 안전기준 - 안전핵심 소프트웨어 안전성 문서관리기준

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 철도시스템 소프트웨어 안전규정 요건도출 - 해외 각국(영국/미국/일본 외)의 S/W 안전규정 분석, 공통요건 도출 및 필수요건 제시 - 기술분야별 S/W 기술기준 대상 항목 정의 b. 2차년도 추진내용 · 철도시스템 소프트웨어 안전규정 관리체계 구축 및 기술기준 개발 - 시스템안전프로그램 요구사항을 고려한 S/W 안전규정 요건 작성 - 분야별 S/W 안전규정 요건 및 기술기준 작성(Ⅰ) c. 3차년도 추진내용 · 철도시스템 소프트웨어 안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 S/W 안전규정 요건 및 기술기준 작성(Ⅱ) d. 4차년도 추진내용 · 철도시스템 소프트웨어 안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 S/W 안전규정 요건 및 기술기준 작성(Ⅲ) - 기술개발 분야 연구성과 적용 e. 5차년도 추진내용 · 철도시스템 소프트웨어 안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 S/W 안전규정 및 기술기준 현장 적용 f. 6차년도 추진내용 · 철도시스템 소프트웨어 안전규정 및 기술기준 개발 - 분야별 S/W 안전규칙 세부항목별 안전기준 개발 (Ⅳ) - 개발된 S/W 안전규정 적용타당성 분석, 개선안 제시 및 반영 - S/W 안전기준 및 해설서 제시
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도분야에서 국산화되는 소프트웨어 기술에 대하여 국제규격을 준수하는 안전요구사항의 관리와 평가를 위한 체계를 확보 · 국내기술 국외시장 진출시 국외 인증기관에 지급되는 고액의 안전-필수 소프트웨어 안전성관리 및 평가에 대한 비용절감 기대

3. 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축

가. 개요

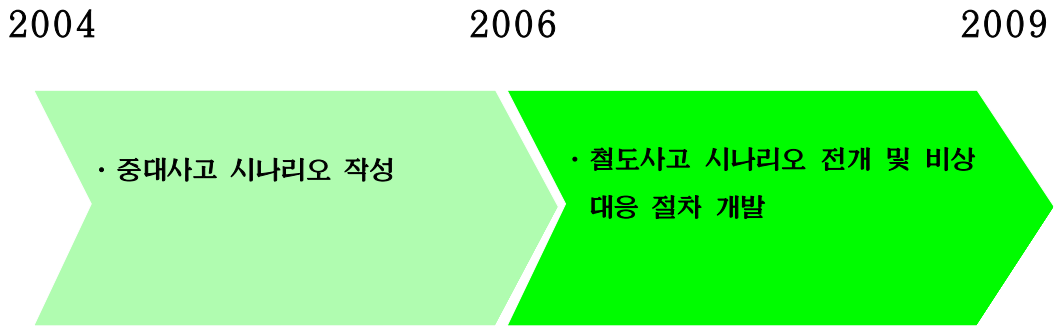
○ 사업기간 : 2004년~2009년(총6년)

○ 사업비 : 41억(민간 10억 포함)

○ 중대사고에 대한 시나리오를 분석하여 사고피해를 최소화 할 수 있는 비상대응절차를 수립하여 현장에 보급

- 철도 사고원인별 중대사고 시나리오 전개
- 사고 시나리오 분석을 통한 사고대응절차의 작성

나. 개발목표



다. 필요성

○ 사고 발생 직후 효과적 대응시, 사고피해의 경감 및 연발사고 방지가 가능함. 경험 많은 기관사 또는 철도안전 종사자의 경우에도 사고에 대한 경험은 부족하여, 비상상황에는 적절히 대응하기 어려움. 효과적인 사고피해 저감을 위해서는 중대사고에 대한 비상대응 절차를 개발하여 현장에 보급할 필요가 있음

○ 자동차 사고와 같이 철도사고에 대한 사고예방과 사고대응 교육훈련을 통한 민간인의 피해저감 방안을 마련할 필요가 있음

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 체계적인 사고대응 체계 수립을 통한 인적/물적 피해경감
- 철도안전종사자의 위기관리 능력향상을 통한 철도사고 피해저감

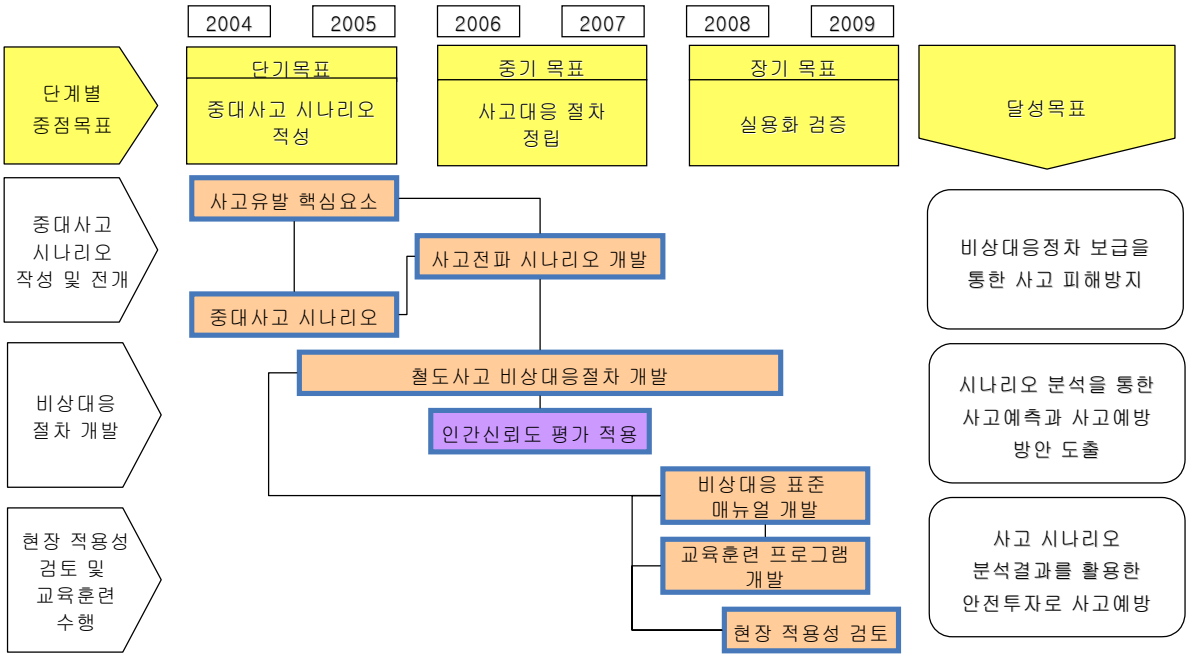
○ 경제적 효과

- 철도사고 위험의 정량화를 통한 위험도, 위험수준의 관리 및 사고 시나리오 분석을 통한 피해감소
- 철도사고 감소로 인한 피해복구비용, 운행지연에 따른 손실 감소

○ 과학·기술적 효과

- 사고 시나리오 분석을 통한 사고예측과 피해저감을 위한 투자의 역량 집중

마. 기술 로드맵



바. 소과제 요약서

□ 사고모델별 비상대응 절차 개발(위험물 수송 및 테러 대책 포함)

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 중대사고에 대한 시나리오를 분석하여 사고피해를 최소화 할 수 있는 비상대응절차를 수립하여 현장에 보급
- 주요기술 개발내용	· 철도 사고원인별 중대사고 시나리오 전개 · 사고 시나리오 분석을 통한 사고대응절차의 작성 · 사고대응절차 개발, 현장적용 및 보급
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 사고 발생 직후 효과적 대응시, 사고피해의 경감 및 연발사고 방지가 가능함. 경험 많은 기관사 또는 철도안전 종사자의 경우에도 사고에 대한 경험은 부족하여, 비상상황에는 적절히 대응하기 어려움. 효과적인 사고피해 저감을 위해서는 중대사고에 대한 비상대응 절차를 개발하여 현장에 보급할 필요가 있음 · 자동차 사고와 같이 철도사고에 대한 사고예방과 사고대응 교육훈련을 통한 민간인의 피해저감 방안을 마련할 필요가 있음
- 국내외 기술동향	· 국내에서는 사고시나리오 분석이나 매뉴얼화 된 비상대응절차의 연구가 없는 상황임 · 철도 선진국에서는 철도사고 시나리오 분석을 기초로 사고피해 저감을 위해 비상대응절차(Emergency Action Plan)를 수립하여 현장에 매뉴얼화 하여 보급하고 있음 · 위험도 평가, 사고피해평가, 시뮬레이터 활용 교육훈련과 연계하여 사고시 피해저감 방안을 수립하고 있음
3. 연구체계 및 연구개발내용	`04년 - `09년(6년간)
- 연구체계	· 중대사고 시나리오 작성 · 철도사고 시나리오 전개 및 비상대응절차 개발 · 현장보급 적용성 검토 및 교육훈련 수행

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 중대사고 시나리오 작성 - 인적요소, 장비, 절차/체계상의 사고유발 핵심요소 정의 - (1)-3 사고장애 원인분류모델에 근거한 중대사고 시나리오 설정 b. 2차년도 추진내용 · 중대사고 시나리오 작성 - 주요사고인자로 인한 사고전파 시나리오 전개(Worst Case Scenario 도출) · 철도사고 비상대응절차 개발 - (2)-1 심각도평가모델을 적용한 철도사고 대응 절차 개발(Ⅰ) c. 3차년도 추진내용 · 중대사고 시나리오 작성 - 주요 사고인자로 인한 사고전파 시나리오 전개 · 철도사고 시나리오 전개 및 비상대응절차 개발 - (2)-1 심각도평가모델을 적용한 철도사고 대응 절차 개발(Ⅱ) d. 4차년도 추진내용 · 철도사고 시나리오 전개 및 비상대응절차 개발 - (5)-1 인간신뢰도 평가를 적용한 시나리오 개선 방안 도출 - 상황 및 대응 주체별 시나리오 기반 비상대응절차 개발 e. 5차년도 추진내용 · 철도사고 시나리오 전개 및 비상대응절차 개발 - 사고 시나리오 모델에 근거한 비상대응절차 표준매뉴얼 개발 · 현장보급 적용성 검토 및 교육훈련 수행 - 상황 및 대응 주체별 비상대응절차 교육훈련 프로그램 개발 f. 6차년도 추진내용 · 철도사고 시나리오 전개 및 비상대응절차 개발 · 현장보급 적용성 검토 및 교육훈련 수행 - 대응주체별 (시설공단 및 운영사) 매뉴얼 현장 보급 및 담당자 교육 - 비상대응 모의훈련 실행방안 제시
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도안전종사자의 비상대응절차 보급을 통한 사고시 피해확산 방지 · 시나리오 분석을 통한 사고예측과 사고예방 방안 도출 · 사고시나리오 분석결과를 활용한 안전투자로 사고예방

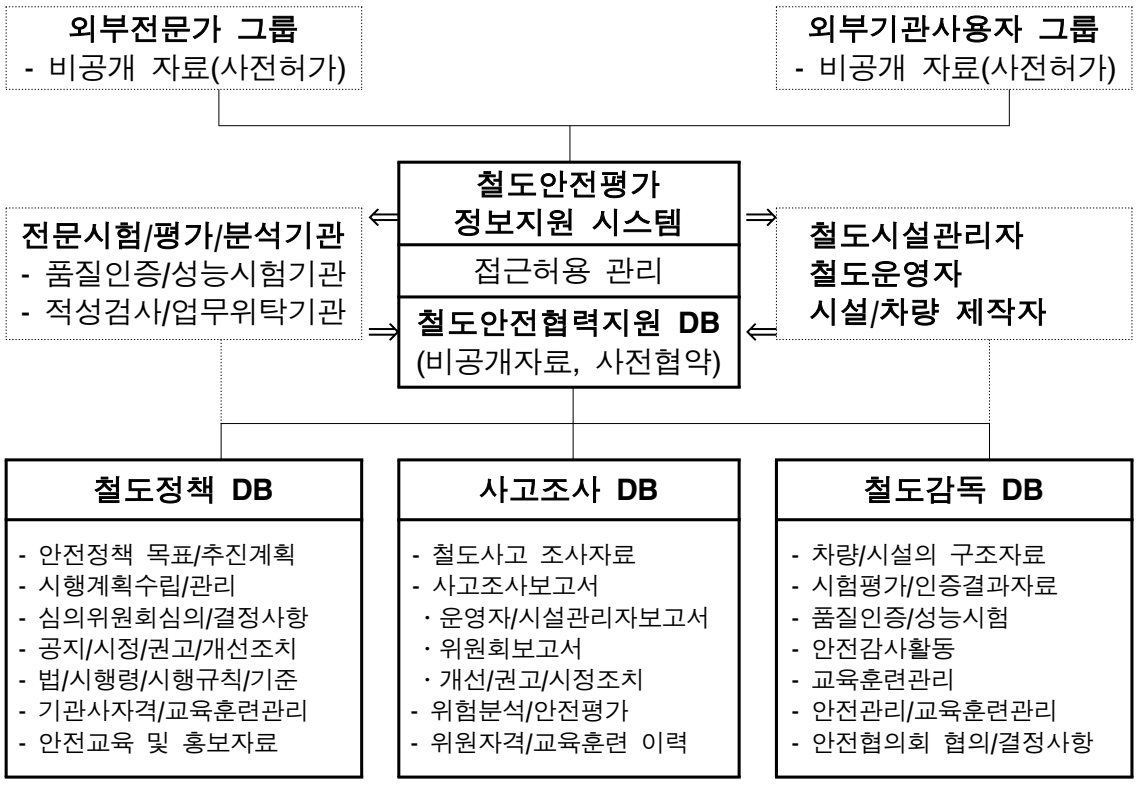
4. 철도안전 정보시스템 구축

가. 개요

○ 사업기간 : 2005년~2009년(총5년)

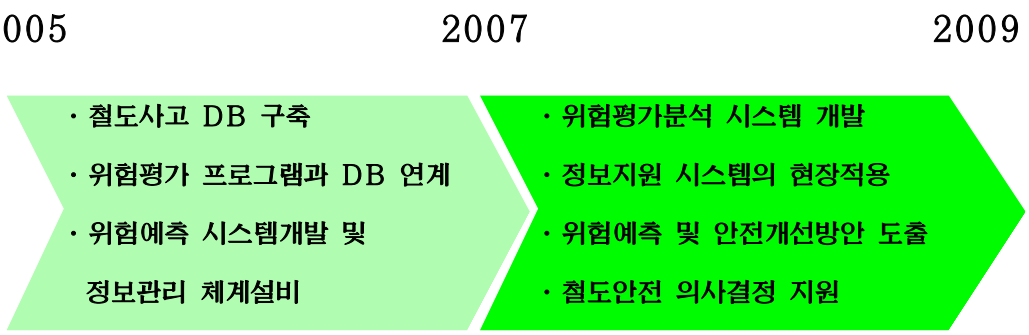
○ 사업비 : 95억

○ 철도안전 관리체계 구축에 필요한 다양한 정보를 표준화·체계화하여 필요한 형식으로 필요한 정보를 신속히 입수할 수 있는 안전평가 정보지원 시스템을 개발하고자 함. 개발된 시스템은 사고위험분석 및 사고예방은 물론 안전개선 대책의 의사결정에 활용될 전문가 시스템임



<철도안전평가 정보지원 시스템의 구조도>

나. 개발목표



다. 필요성

○ 현재 국내철도 사고 또는 운전장애 자료의 수집과 통계처리는 건수 위주의 현황만 제시되어 원인분류 및 동종사고의 재발방지와 위험요인 도출에 활용이 어려워 새로운 분류체계가 필요함

○ 사고예방 및 사고예측에 활용할 수 있는 다양한 정보를 일원화하여 전문가 정보지원 DB로 운영할 수 있는 체계 필요

○ 철도시스템의 위험도평가를 위해서는 위험평가 전문지식, 시스템의 Know-How는 물론 많은 수학적 반보계산이 요구되어 현장에서의 활용하기 위해서는 전문가시스템을 개발하여야 함

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 철도안전과 관련된 전문가 집단, 철도안전 종사자 일관되고, 검증된 정보제공을 통한 평가결과의 신뢰성 제고
- 유사사고 재발 방지를 통한 대국민 신뢰감 확보

○ 경제적 효과

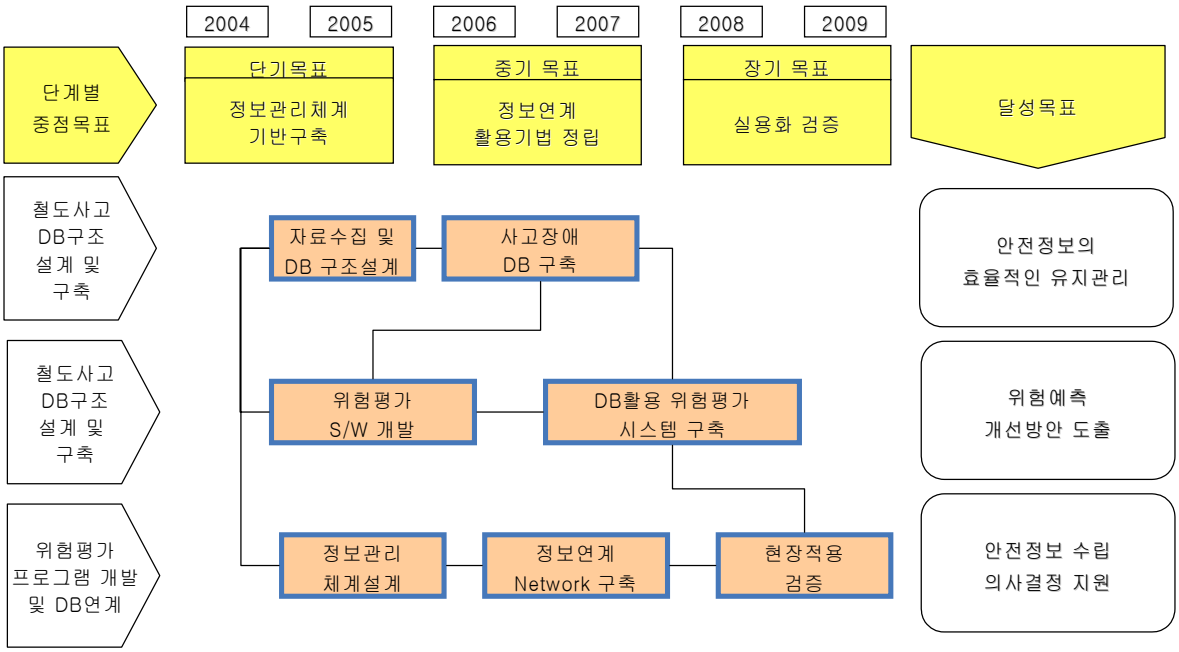
- 철도안전정책 수립의 객관적 효율적인 의사결정 지원도구 제공

- 체계적 안전정보 관리를 통한 사고예방 효과
- 분산된 정보시스템의 통합을 통한 연구관리의 집중

○ 과학·기술적 효과

- 위험도 평가 S/W와 연계한 국내 철도시스템의 안전평가
- 철도 시스템 이상 징후 발견을 통한 사고예측 시스템 개발

마. 기술 로드맵



바. 소과제 요약서

□ 철도사고 DB 구조 설계 및 구축

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 각 기관에서 분산되어 운영중인 철도안전과 관련된 DBMS로부터 자료를 수집, 철도안전평가 및 SE기반의 정보지원 DBMS를 구축함 · 철도사고 DB를 활용한 국내철도의 위험도평가, 사고대응 방안, 안전개선투자 우선순위 제시와 연계
- 주요기술 개발내용	· 철도사고 DBMS의 사용자 요구분석 및 DB 확보/유지 방안 마련 · 철도사고 DBMS의 요건 도출 및 DB유지보수 방안 · 수집자료 신뢰성 확보 방안 및 사용자 요구에 따른 DBMS 구조 설계 · 시설관리, 운영, 차량제작/설계, 안전주요 시설/부품 요건의 다양한 정보의 수집/관리 방안
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 현재 각 기관에서 분산되어 운영중인 DBMS가 있으나, 안전평가 및 정보지원을 위해서는 추가적인 자료입력 및 분석이 요구되어, 위험도 평가, 요건관리 등 다양한 활용에는 적용이 어려움이 많음. · TCR, TSR 등 국내철도의 국제화에 따른 철도안전의 객관성 확보를 위해 국제적으로 인정되는 안전관리 기법적용
- 국내외 기술동향	· 유럽, 미국 혹은 안전을 중요시 고려하는 국가에서는 과거사고분석에서 얻어진 정보를 체계적으로 분석하여 새로운 설계/정책에 반영함. 이를 위해 주기적으로 시스템안전관리 계획의 수립, 위험도 평가를 수행하고 있으며, 이들 기초자료를 항상 최근의 자료로 유지하기 위해 정보지원 DB를 활용하고 있다. · 원자력분야의 경우 국내는 물론 국외에서도 안전평가와 관련된 부족한 자료를 공유하는 여러건의 국제공동연구 프로그램이 진행중이다.
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)
- 연구체계	· 철도사고 DBMS의 사용자 요구분석 - 시설관리자, 운영자, 제작자, 설계자, 사고조사자, 정책결정자, 시험평가자등 DB활용 대상기관의 요구분석을 위한 현장조사 · 철도사고 DB의 확보/유지/보수 방안 - 확보된 DB의 신뢰성 검증 및 분류 방안 도출 - 위험요인 분석, 위험도 평가, 비상대응 절차 수립을 위한 DB의 확보/유지/보수 방안 마련

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 운영중인 각 기관의 DBMS 현황 분석 · 사용자/기관별 요구분석 · SE 요건관리도구의 기능 분석 · 각 기관 DBMS별 DB구조 분석 및 통합적 구조안 설계 · 안전정보관리 DB 항목의 분류 및 표준화 b. 2차년도 추진내용 · 사용자/기관별 요구분석 · SE 요건관리도구 구현을 위한 개발방안 도출 · 안전정보관리 DB 항목들과 각 기관 DB와 연계방안 도출 · 안전정보관리 DB구조의 적응적 구조 설계 c. 3차년도 추진내용 · SE 기반 요건관리도구 개발 · 운영중인 기관별 DBMS와 연동을 위한 통신프로토콜 제작 · 사용자별 접근/통제 관리 계획설계 · 안전정보 DB의 신뢰성 제시방안 도출 · 안전정보 DB의 신뢰성 상승방안 도출 d. 4차년도 추진내용 · 각 운영기관과 안전정보 DB의 연동구조 구현 · 안전정보 DB를 바탕으로 하는 정보지원 시스템 구축 및 신뢰성 검증 · 안전정보 DB를 사용하는 철도위험평가 프로그램 개발 e. 5차년도 추진내용 · 정보지원 시스템의 현장 적용성 검증 및 보급 · 정보지원 시스템의 실용적 기능 추가 · 철도안전정보 DB의 국제적 활용을 위한 타 기관용 정보공유 프로그램 개발
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 정보 공유를 통한 신뢰성 있는 안전정보의 효율적 유지관리 · 철도사고 원인분석, 위험도의 정량적 평가 등 연구의 기초자료 제공 · 국내외 안전지표의 정량적 비교를 통한 국내 철도의 안전수준 평가

□ 위험평가 프로그램 개발 및 DB 연계

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도사고 DB와 위험도 평가기법을 연계한 국내철도의 위험도 평가 · 정량적인 위험도에 기초한 안전개선/시설투자의 우선순위 결정 · 철도선진국과 국내의 위험도 비교
- 주요기술 개발내용	· 철도의 위험도평가 기법의 현황 및 국내외 적용사례 분석 · 국내 철도 시스템의 위험도 예측 및 위험도 예측 S/W 개발 · 철도사고 위험도 저감을 위한 안전개선 우선 순위의 제시
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 국내 철도안전 개선의 방향과 개선의 범위 설정의 기본자료 제공이 요구되나, 기관의 다양한 목적에 따라 DBMS가 운영되어 통합되지 못해 효율적인 활용이 이루어지 못하고 있음. 또한 위험도 예측을 위한 위험요인 분류, 위험평가 전문지식, 반복적인 수학계산의 어려움으로 현장에 적용이 어려움. 용이한 현장적용을 위한 전문가 시스템의 개발 및 이의 효용성을 높이기 위한 SE기반의 요건관리 및 분석기능과 DB의 연계 기술이 요구됨
- 국내외 기술동향	· 국내의 원자력, 항공, 대형선박 분야에서는 전문지식의 현장적용을 위해 전문가 시스템을 개발하여 운영중에 있으나, 철도분야의 연구는 없는 실정임. 또한 정보기술의 발달로 DB 활용 및 자동 정보수집 등 보다 효율적인 위험예측을 위한 연구가 진행중임. · 철도 선진국에서는 사고 피해저감을 위한 시나리오와 위험도를 활용하여 비상대응절차의 작성 및 안전개선의 우선순위 결정에 활용중이다. 그러나 국내와 운행환경 및 여건이 상이한 이들 국가의 해석내용을 국내에 직접 적용하기는 어려운 실정임
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)
- 연구체계	· 국외 위험도 정보 활용 현황 분석 · 위험도평가 기법의 분석 및 이의 적용 효율성 분석 · 위험도 예측 프로그램의 개발 및 철도사고 DB와 연계한 활용 · 위험도 크기에 따른 안전개선 우선순위 도출

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 국내외 위험도 활용 현황 분석 · 위험도 평가기법 적용을 위한 기초자료 항목 도출 및 확보방안 마련 b. 2차년도 추진내용 · 위험도 평가기법의 적용을 위한 사례연구 수행 · 위험도 평가 S/W의 요구사항 분석 c. 3차년도 추진내용 · 위험도 평가기법의 적용을 위한 국내철도에 대한 사례연구 수행 · 위험도 평가 S/W의 요구사항 분석 d. 4차년도 추진내용 · 국내 철도시스템에 대한 위험도 평가 수행(국내 철도사고 DB와 연계) · 위험도 평가 S/W의 개발 및 사례연구 e. 5차년도 추진내용 · 위험도 평가 S/W 개발 및 현장적용 · 위험도에 기반한 안전개선/시설투자 우선순위 결정 · 철도선진국과의 위험도 비교를 통한 안전도 비교
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 정량적 지표인 위험도를 활용한 안전의 평가 · 효율적인 안전개선/시설투자 방안의 마련 · 국내 철도 시스템 안전현황 파악

X. 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발 세부사업계획

1. 철도 위험 분석 및 위험도 평가도구 개발
2. 인적요인 사고방지 및 평가 기술 개발
3. 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발
4. 철도화재 사고방지 및 평가 기술 개발
5. 충돌/탈선 사고방지 및 평가 기술 개발
6. 철도안전 시험평가 기반구축

X. 철도 중대사고 방지 및 평가기술 개발 세부사업계획

○ 철도 위험분석 및 위험도 평가도구 개발 : 사고위험요인 분석기술 개발, 철도사고 심각도 및 위험도 평가기술 개발, 비용효과 분석기술 개발 등

○ 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발 : 인적오류 방지 및 업무적성 평가기술 개발

○ 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발 : 철도 안전핵심(safety-critical) 소프트웨어의 안전평가 및 인증기술 개발

○ 철도화재 사고방지 및 평가기술 개발 : 철도 화재안전기준 마련과 화재안전도 향상을 위한 기술을 개발하고, 철도화재 안전도 평가 및 안전기술개발을 위한 실대형 화재시험평가 설비를 구축

○ 충돌/탈선 사고방지 및 시험평가기술 개발 : 철도차량의 운행시 위험예방, 위험관리, 피해저감 기술 등을 체계적으로 개발, 특히 충돌·탈선·전복 등 중대사고시 차량의 안전도를 평가할 수 있는 기술과 시험평가설비를 중점개발

1. 철도 위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가도구 개발

가. 개요

○ 사업기간: 2004년~2009년(총6년)

○ 사업비: 74억

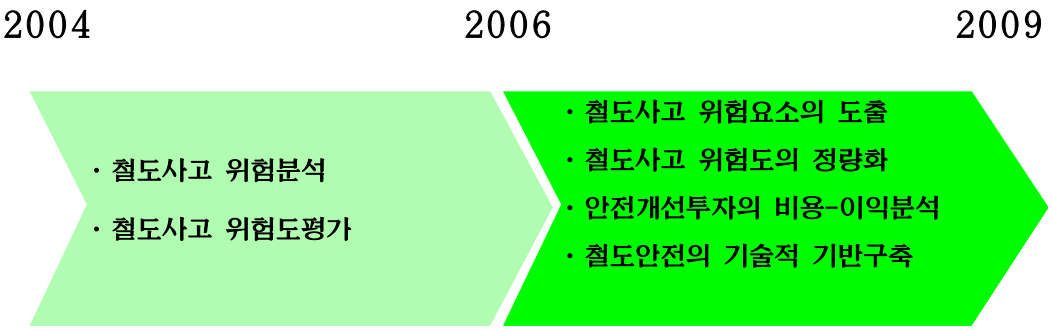
○ 철도사고를 유발할 수 있는 위험인자를 사전에 파악하여 사고 원인을 근본적으로 차단하는 예방활동과 사고 발생시 효율적인 비상대응 전략으로 피해를 저감하는 대책 연구

○ 본 과제에서 도출된 성과는 철도종합안전대책과 철도안전법에서 요구하는 각종 기술적 안전규정·기준의 기초가 됨

○ 주요 연구내용은 ①사고원인 분류 및 발생빈도 산출 ②사고결과의 심각도 평가

○ 연구의 결과로는 ①정량화된 안전의 지표인 위험도 ②사고피해 저감방안 ③안전개선투자 효과분석이 얻어짐

나. 개발목표



다. 필요성

○ 현재 철도청 안전관리규정에 의한 분류체계와 통계자료는 위험도 평가

나 사고 시나리오 작성에 적합하지 않아 국내 철도 시스템에 대한 위험이나 피해를 정량화 할 수 없음

○ 선진국과 같이 서로 중복되지 않는 철도사고 원인분류 모델과 위험요인별 사고발생빈도를 분석하여 객관적인 사고예방대책 마련 필요

○ 현재의 안전투자는 경험에 의존하고 있어 많은 시행착오가 발생하고 있으며, 다양한 안전시스템 적용에 따른 효과를 객관적으로 비교하기 어려움

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 정부에서 추진중인 철도 안전기준 작성의 기술적 지원
- 철저한 원인분석 및 위험관리를 통한 철도사고 저감 및 예방체계 구축 지원
- 위험도의 주기적 평가를 철도안전정책 선정 및 안전계획 수립에 활용
- 사고발생 빈도와 피해 심각도에 따른 사고대응방안의 수립 방향 제시
- 철저한 위험분석 및 위험도 관리를 기반으로 하는 선진 예방안전관리체계 도입 및 시스템안전프로그램의 국내 정착

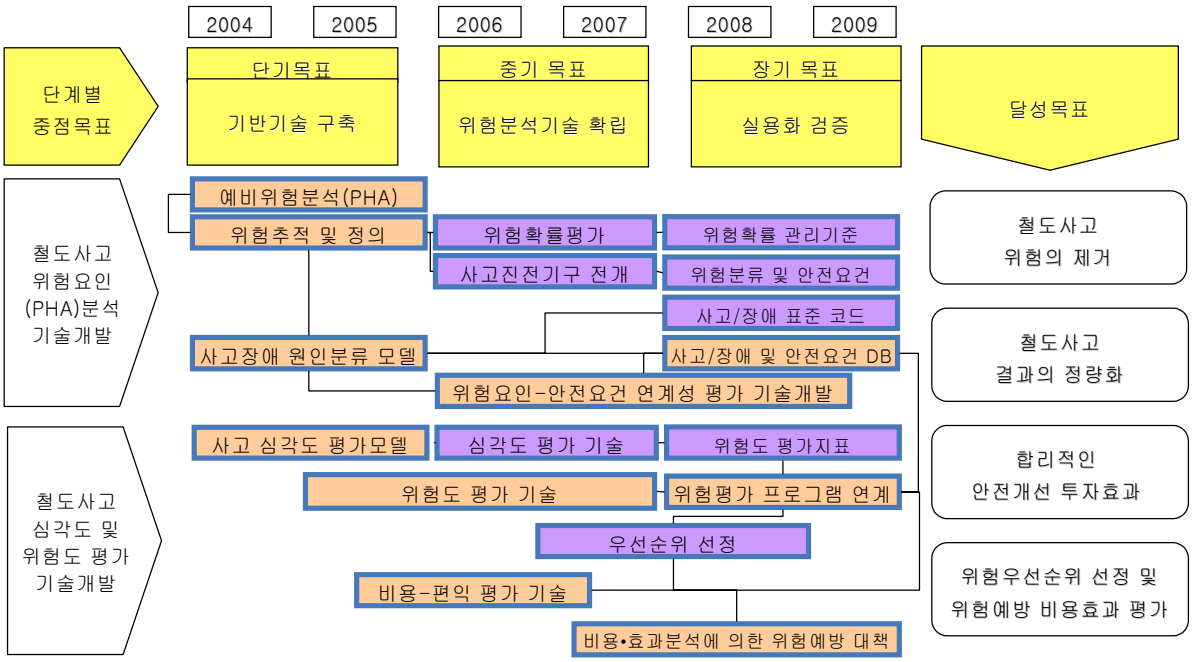
○ 경제적 효과

- 철도사고 위험의 정량화를 통한 위험도, 위험수준의 관리 및 사고 시나리오 분석을 통한 피해감소
- 철도사고 감소로 인한 피해복구비용, 운행지연에 따른 손실 감소
- 정량화된 지표를 활용한 안전개선/투자에 따른 비용 효율성 제공
- 신설, 개량, 변경에 따른 다양한 위험인자가 철도시스템 안전에 미치는 위험영향의 체계적인 분석을 위한 안전개선의 우선순위 결정
- 위험도가 높은 주요 철도사고 요인해소를 위한 전략적인 투자와 관리

○ 과학·기술적 효과

- 국내 철도사고의 위험도와 해외 철도사고의 위험도 비교를 통한 개선 방안 제시, 국내 기술수준의 객관적인 평가
- 철도사고 표준분류 모델로 일관된 안전정보관리체계 확립

마. 기술 로드맵



바. 소과제 요약서

□ 철도사고 위험요인(PHA) 분석기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도사고위험 표준분류 모델 개발 및 위험발생확률 평가
- 주요기술 개발내용	· 예비위험분석(PHA)기술 · 위험추적 및 정의- 단계별 사고진전기구 전개 · 철도사고 원인분류 모델의 개발 · 위험감시, 예측, 취약요인 도출 - 위험/안전요소 할당 · 사고/장애분류 표준코드체계 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 철도사고를 유발할 수 있는 위험요인의 사전파악 · 철도사고 원인-결과 전개단계별 위험확률의 정량평가 및 위험도관리 · 위험분석에 기반한 객관적인 사고예방대책 및 안전기준 마련
- 국내외 기술동향	· 현행 국내철도는 사고발생 건수만을 통계적으로 관리하는 수준으로서 철저한 사고조사를 통한 사고원인 규명과 정량적인 위험평가 미실시 · 해외 철도선진국은 철저한 위험규명과 단계적인 추적관리를 통한 사고 유발요인의 사전제거나 적정수준으로 관리하는 예방안전체계 구축
3. 연구체계 및 연구개발내용	`04년 - `08년(5년간)
- 연구체계	· 국내외 철도사고 사례수집 및 사고원인 분석(사고분류 표준모델 제시) · 철도시스템 기본위험분석(PHA)-수명주기별/기술분야별 위험분석 · 초기위험사상-결과적 사고발생에 이르는 유형별 사고시나리오 개발 · 사고유발 위험요인의 단계별 추적성 부여 및 정량적 위험확률 평가 · SE기반의 핵심 위험요인 및 안전요건 관리체계(RVM) 구축 · 안전기준 및 사고 D/B와의 연계성 유지 및 적합성 검증절차 제시

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 철도사고 사례분석을 통한 사고유형분류 및 기본위험분석(PHA) - 국내외 철도 사고사례 수집 및 사고원인 분석 - 철도 사고유형별 원인분류 표준모델 제시 - 철도 시스템 기본위험분석(PHA)-수명주기별/기술분야별 위험분석 b. 2차년도 추진내용 · 철도사고 진행단계별 사고발생 시나리오 기술개발 - 초기위험사상-결과적 사고발생에 이르는 단계별 사고진전기구 전개 · 철도사고 진행단계별 위험추적 및 발생빈도산정 기술개발 - 사고 진행단계별 위험요인의 단계별 추적성 부여 및 발생빈도 산출 c. 3차년도(`06년) 추진내용 · 철도사고 위험요인의 중대사고(충돌, 탈선, 화재 등) 진전기구 전개 · 철도사고 유형별 위험추적 및 위험확률의 정량평가 기술개발 - 사고유형별 위험요인의 단계별 추적성 부여 및 위험확률 평가 · 철도시스템 핵심 위험요인-안전요건 관리체계(RVM) 기술개발 - 철도시스템 위험요인 할당과 안전규정 요건과의 연계성 부여 - 철도시스템 위험요인 할당과 사고 D/B와의 적합성 부여  d. 4차년도(`07년) 추진내용 · 철도사고 원인-결과 전개단계별 위험확률의 정량평가 기술개발 - 철도 사고유형별 적정수준의 위험도 관리기준 제시 · 철도시스템 핵심 위험요인-안전요건 관리체계(RVM) 구축 - 철도시스템 위험요인의 안전기준 요건 할당 및 일치성 평가 e. 5차년도(`08년) 추진내용 · 사고/장애 표준분류(보고)코드 및 위험분류 지침(안) 제시 · 철도시스템 위험요인 및 안전요건 관리체계의 현장 적용성 검증 - 철도시스템 위험요인과 안전기준의 연계성 평가 - 철도시스템 위험요인과 사고D/B와의 적합성 검증
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도사고 위험도의 정량적 평가를 위한 표준모델 및 기반기술 구축 · 철도선진국의 위험관리기법 도입 및 안전프로그램의 국내 정착 · 주요 철도사고 유형 및 원인별 합리적인 안전개선 투자효과 평가 · 철저한 원인분석 및 위험관리를 통한 철도사고예방체계 구축

□ 철도사고 심각도 및 위험도 평가기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도사고의 정량적 위험도 관리를 위한 피해 심각도 평가기술 개발
- 주요기술 개발내용	· 철도사고 결과 심각도 평가 기술개발 · 사고유형별 위험도 평가절차 및 평가지표 수립 · 위험도평가 프로그램 구축 - 위험분석 및 발생확률 연계 · 위험우선순위 선정 및 안전투자 비용/편익 분석기준 수립 · 위험예방 대책의 비용효과 평가 - 안전목표 수립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 철도시스템 구성요소의 신규도입이나 중요사항의 개량, 변경에 따른 위험예측과 개선을 통한 사전 사고예방 · 위험도 평가에 기반한 객관적, 비용-효과적인 안전개선 대책 마련 · 위험도 평가결과에 근거한 위험제거 및 안전개선의 투자우선순위 조정
- 국내외 기술동향	· 철도선진국은 철도시스템의 변경사항과 위험요인에 대한 적정수준의 안전확보를 위한 고유한 주기적, 정량적인 위험도 평가체계 확보 · 주기적인 위험도 평가를 통한 철도 안전목표 수립 및 실행계획 작성을 통한 효율적인 위험예방 및 안전개선의 지속성 유지에 활용
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)
- 연구체계	· 원자력/항공/조선 분야의 위험도 분석평가 시스템 개발현황 분석 · 철도사고 유형별 고장수형분석(FTA) 및 사건수형분석(ETA)수행 · 철도사고 유형별-원인별 사고피해 심각도 평가모델 개발 · 사고유형별 발생확률-피해심각도 평가를 통한 위험도 평가기법 정립 · 위험우선순위 선정, 위험예방대책 비용효과 평가 - 안전목표 수립

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 국내외 사례분석을 통한 사고 심각도 및 위험도 평가 시스템 분석 - 국내외 사고사례 통계 및 결과피해 자료 수집 및 분석 - 국내외 위험도 평가시스템 기술개발 현환 분석 · 철도사고 고장수형분석(FTA) 및 사건수형분석(ETA) 수행 b. 2차년도 추진내용 · 철도사고 유형별-원인별 결과 심각도 평가모델 기술개발 - 철도사고 유형별 위험요인 진전에 따른 심각도 평가 모델 전개 - 철도시스템 안전요건의 변경에 따른 심각도 평가 모델 전개 c. 3차년도 추진내용 · 사고유형별 발생확률-피해심각도 평가를 통한 위험도 평가기술 개발 - 사고유형별 발생확률(P) 및 피해심각도(S) 평가기표 설정 - 사고유형별 위험도(R=P*S) 평가 및 평가결과의 적합성 검토 · 사고유형별 위험도 평가결과의 사고 D/B와의 연계성 검토 d. 4차년도 추진내용 · 철도시스템 위험도 평가 프로그램 구축 - 철도 사고유형별, 기술분야별, 수명주기별 위험도 평가지표 제시 - 철도시스템 변경요인 발생에 따른 위험도 평가 및 관리 절차 제시 · 철도시스템 위험우선순위 선정 및 안전투자 비용/편익 분석기준 수립 e. 5차년도 추진내용 · 철도시스템 위험우선 순위 선정 및 생명가치(VPF) 기술 개발 · 위험예방 대책의 비용-효과 평가에 의한 안전개선 목표 제시 · 안전요건관리체계 및 사고 D/B체계와의 연계성 유지 및 적합성 검증
4. 기대효과	
- 연구개발 필요성	· 위험도의 주기적 평가를 철도 안전정책 선정 및 안전계획 수립에 활용 · 신설, 개량, 변경에 따른 다양한 위험인자가 철도시스템 안전에 미치는 위험영향의 체계적인 분석을 위한 안전개선의 우선순위 결정 · 위험도가 높은 주요 철도사고 요인해소를 위한 전략적인 투자와 관리 · 사고발생 빈도와 피해 심각도에 따른 사고대응방안의 수립 방향 제시 · 철저한 위험분석 및 위험도 관리를 기반으로 하는 선진 예방안전관리체계 도입 및 시스템안전프로그램의 국내 정착

2. 인적요인 사고방지 및 평가기술 개발

가. 개요

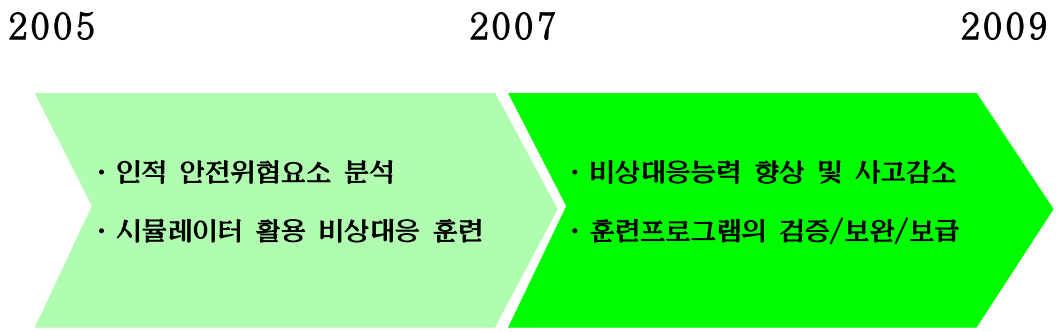
○ 사업기간 : 2005년~2009년(총 5년)

○ 사업비 : 79억(민간 10억 포함)

○ 철도운행사고에서 가장 중요한 인적오류에 대한 분석과 예방에 대한 연구를 수행함

- 인적 안전위험요소 분석에 의한 사고 진전 시나리오 개발
- 안전 종사자의 피로/스트레스 정량평가 기술개발
- 안전 종사자의 업무특성별 직무적성 평가기술개발
- 안전 종사자의 업무적성 평가용 시뮬레이션 도구 개발

나. 개발목표



다. 필요성

○ 철도선진국에서는 철도사고의 95%를 차지하는 인적오류사고를 감소시키기 위해 직무분석과 같은 체계적인 연구를 수행하여 사고예방에 기여하고 있음. 그러나 국내에서는 안전종사자들의 인적오류에 대한 분석이 없는 상태이므로 인적 안전위협요소의 분석과 이들 오류의 예방책이 필요함

○ 최근 철도안전종사자의 위기대처 능력부족이 중요문제로 부각되고 있으나 오랜 근무경험이 있는 기관사도 사고 경험이 없을 경우 비상상황에서 적절한 대응을 할 수 없음

- 위기상황을 대응능력 향상을 위해서는 사고환경을 모사할 수 있는 시뮬레이터를 활용하여 대응능력을 분석하고, 효과적인 대처법을 훈련시킬 필요가 있음

- 철도 선진국에서는 철도안전 관련업무자의 교육 훈련에 많은 투자를 하고 있음. 예로서 프랑스 철도공사에서는 10년 이상의 도제식 교육을 실시하고 있어 중대사고를 예방할 수 있음

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 철도 안전관련 종사자의 위기관리 능력향상을 통한 사고피해 감소
- 철도 안전관련 종사자의 교육을 통한 안전의식의 고취와 사고 예방
- 체계적인 교육훈련 프로그램 및 규정화로 지속적이고 효과적인 교육훈련 실시가 가능

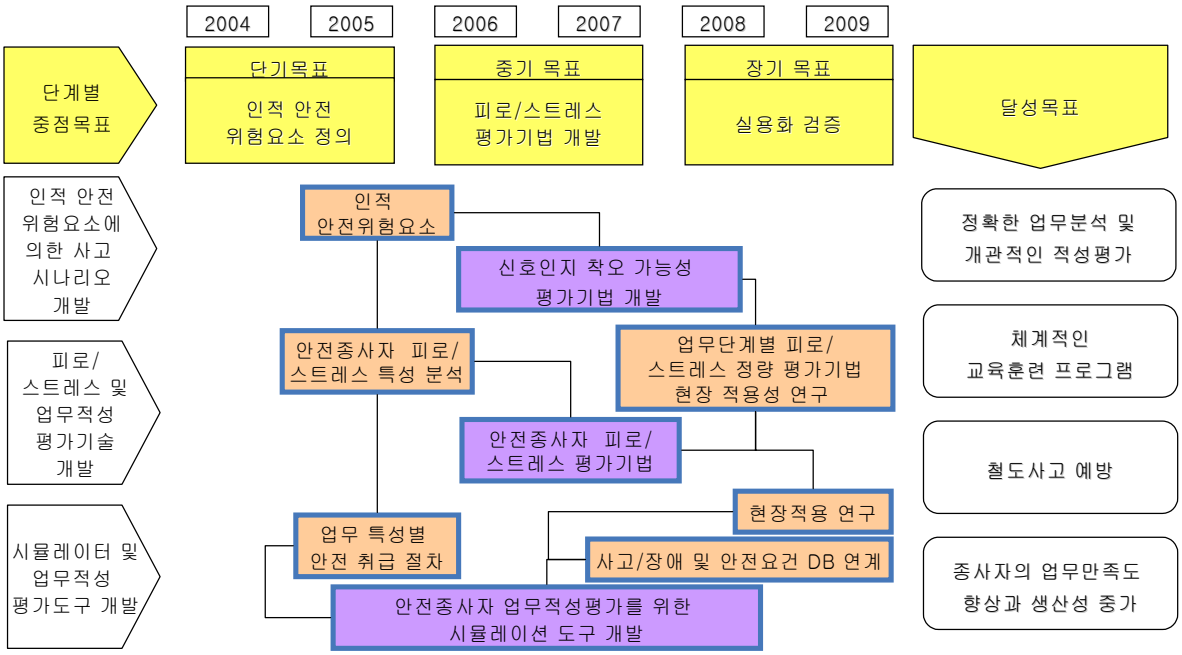
○ 경제적 효과

- 철도사고의 가장 큰 원인인 인적오류에 감소에 따른 전체 철도 사고피해의 감소
- 철도 안전종사자의 업무적성평가와 교육훈련을 통한 사고 예방 및 사고피해 최소화
- 합리적이고 체계적인 적성평가 및 업무배치로 종사자의 업무만족도 향상과 생산성 증가

○ 과학·기술적 효과

- 철도 안전종사자의 업무 전문성향상 및 대응체계의 표준화
- 종사자의 심리적 요인 및 적성을 적극적으로 관리함으로써 철도사고 예방이 가능

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별 중점목표
단기목표
인적 안전 위험요소 정의
중기 목표
피로/스트레스 평가기법 개발
장기 목표
실용화 검증
달성목표
인적 안전 위험요소에 의한 사고 시나리오 개발
피로/ 스트레스 및 업무적성 평가기술 개발
시뮬레이터 및 업무적성 평가도구 개발
인적 안전위험요소
신호인지 착오 가능성 평가기법 개발
안전종사자 피로/ 스트레스 특성 분석
업무단계별 피로/ 스트레스 정량 평가기법 현장 적용성 연구
안전종사자 피로/ 스트레스 평가기법
현장적용 연구
업무 특성별 안전 취급 절차
사고/장애 및 안전요건 DB 연계
안전종사자 업무적성평가를 위한 시뮬레이션 도구 개발
정확한 업무분석 및 개관적인 적성평가
체계적인 교육훈련 프로그램
철도사고 예방
종사자의 업무만족도 향상과 생산성 증가

바. 소과제 요약서

□ 인적오류 방지 및 업무적성 평가기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도사고의 인간공학적 결함사항 분석 및 대응방안 도출
- 주요기술 개발내용	· 철도운전 및 작업중의 사고내용 분석 · 인적오류 분석체계 개발 · 인적요인 도출 · 사고에 미치는 인적요인별 대응방안 개발 - 사고관리체계, 훈련모형 개발, 인터페이스 개선, 작업절차서 개선 등
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 철도사고의 대부분인 운전장애 사고의 원인은 근무 환경에 따른 인적 오류와 장비결함임 · 인적요소의 체계적인 관리기술 필요 · 인간공학적 결함사항 분석 및 대응기술 개발필요
- 국내외 기술동향	· 영국은 인적오류예방 프로그램에 주요연구 과제이며, 미국은 운전원에 인적 관련 요소 분석하였으며, 일본은 오류 자료 분석에 따른 연구 수행중이며 특히 고속화에 따른 인적오류 연구 중임 · 국내 인적요인에 의한 사고는 원인 파악이 쉽지 않고 대부분 정형화된 원인을 인간과오의 사고결과에 적용하고 있는 실정임 · 작업자의 행동학 및 인지적인 오류분류 체계 미흡으로 인해 인적오류의 원인파악이 제대로 되지 않음 · 인적오류 분석 및 안전확보를 위한 인간공학 기법은 이미 원자력 산업에서는 상당한 연구를 수행하였으며 관련 기법을 상용화, 안정화 단계에 있음
3. 연구체계 및 연구개발내용	'05년 ~ '09년 (5년간)
- 연구체계	· 국내외 철도사고 사례수집 및 사고내용 분석(오류 분류 체계 (Taxonomy) 및 모형 개발) · 철도종사원의 참여를 통한 현장문제점 심층검토 · 인적 오류 분석 체계 개발 · 인적오류 유형별 오류상세 분석 · 유형별 재발방지 및 안전위협 제거를 위한 대응방안 개발

- 연차별 연구개발내용

a. 1차년도 추진내용
- ◦ 철도사고 사례 분석
  - . 철도사고 사례별 직무분석
  - . 직무 시뮬레이션(task simulation) 및 상세분석
- ◦ 오류 분류 체계(Taxonomy) 및 모형 개발
  - . 분류체계 비교 검토 및 오류분석 모형 개발
- ◦ 오류의 원인요소 상황적 장벽 및 효과 분석
- ◦ 분석기법 보완
  - . 오류분석 요건 설정
  - . 보고/관리체계에서 핵심 정보 구성방안
- ◦ 분석결과에 대한 현장적용 및 의견 수렴

b. 2차년도('06년) 추진내용
- ◦ 철도사고 사례 상세분석
  - . 주요 변화 요인 반영 사건 및 요인 상세 분석
  - . 주요사례별 직무분석(task analysis)
- ◦ 실험적 사례 분석
  - . 시뮬레이션 등을 통한 오류 사례의 재현 :
- ◦ 분석체계 Prototype 개발 :
  - . 오류 분석 기본 모형 및 분석 절차 개발
  - . 오류분석 기법에 대한 유형별 사례 분석
- ◦ 종사원 사용 장비 및 기기 유용성 평가 대상 선정 및 방안 설정
- ◦ 연구결과에 대한 현장적용 및 의견 수렴

c. 3차년도('07년) 추진내용
- ◦"Human Error Home" 운영 정보 생산
  - . 열차사고의 회고적 분석(retrospective analysis)
  - . 사례정보 추세 및 주요 현안 분석
- ◦ 유형별 오류 사례 원인 상세 분석
  - . 변화 요인의 인지과정 모형 개발
  - . 인지적 직무 오류 가능성 분석
- ◦ 오류 분석 모형 및 절차의 검증 실험
- ◦ 분석체계 보완 결과 제시
  - . 오류 요소의 유형분류체계 구축
  - . 분야 특유의 오류 원인 요소 실사 확정
- ◦ 종사원 사용 장비 및 기기 적합성 평가
- ◦ 연구결과에 대한 현장적용 및 의견 수렴

d. 4차년도('08년) 추진내용
- ◦ 사례분석 결과의 정확성/효용성 검토
- ◦ 실사 또는 실험을 통한 검증
  - . 오류 경향성 및 주요 요인의 상관관계
  - . 오류 형성 요인의 현장 실사
- ◦ 사례전파 및 교육 시스템 개발
- ◦ 실험적 사례 분석을 통한 검증
  - . 사건 사례의 재현 : 시뮬레이션
- ◦ 오류분석 체계의 보완 : 인지심리 및 수요자
- ◦ 종사원 사용 장비 및 기기 적합성 평가 및 대응방안 개발
- ◦ 연구결과에 대한 현장적용 및 의견수렴

e. 5차년도('09년) 추진내용

◦ 직무 오류 유형 분류 및 위험도 평가

. 직무별 오류 유형의 분류

. 위험의 요소와 구조에 대한 정성적 평가

◦ 대응방안 의사결정 지원

. 방벽 및 변화 효율 분석

. 대응방안 상대적 평가기법 개발

. 대응 의사결정 지원 시스템 개발

◦ 인터페이스 기기 평가 지원

. 위험도 평가 지원 - 사례집 등

. 인터페이스 위험도 평가 : 기기 및 방식

. 작업 절차의 위험도 평가 : 형식, 수단 등

◦ 연구결과 평가와 후속 연구에 대한 방향 제시

4. 기대효과

- 연구개발의 기대효과	· 인적오류 관리에 대한 인식 전환과 적절한 대응방안 시행으로 작업 성능 향상 및 사고 예방 · 철도운영 체계의 효율성 제고로 안전성 제고 · 오류 정보를 반영한 직무 및 절차 개선으로 경제성 향상 · 현장에서의 인적오류 보고 및 관리 기술 제고, 기술 인력의 저변 확대 · 전산화 및 자동화에 따른 MMI의 인적오류 대응성 향상으로 사고저감 · 인터페이스 기기의 인간공학적 설계 반영으로 안전성, 경제성 및 성능 제고 · 견고한 오류 분석 모형의 제공으로 오류에 대한 이해 증진 · 오류 형성 요소의 관리 기술 및 공공 서비스 기능 확보 · 작업/설계/환경 개선 및 관리의 효율성 제고 · 인적오류 연구정보를 확산시킴으로써 산업체의 인적오류에 대한 인식을 새롭게 하고 인적오류에 대한 사전대비 의도 형성.

3. 철도 소프트웨어 사고방지 및 평가기술 개발

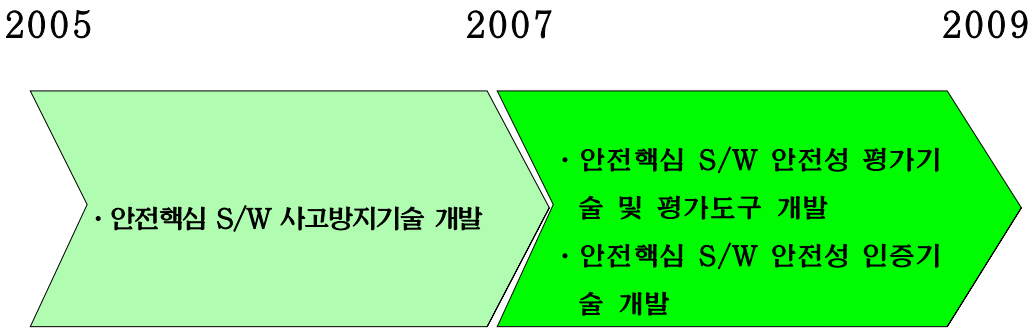
가. 개요

○ 사업기간 : 2005년~2009년(총 5년)

○ 사업비 : 총 27억원

○ 철도시스템에 적용되는 프로그래머블한 신호제어기의 소프트웨어에 대한 안전성 평가기술 개발

나. 개발목표



다. 필요성

○ 철도사고로 발전되는 고장에는 컴퓨터 기반 제어기의 소프트웨어 잠재결함이 많은 비중을 차지

○ 요구사항을 만족하도록 개발하는 과정에서 누락된 안전관련 요구사항은 중대한 사고의 원인이 되며, 발견되지 않는 사고의 원인을 최소화시키기 위한 체계적인 설계 및 개발방법 개발이 절실히 요구

○ 철도시스템 이외에도 높은 안전수준이 요구되는 컴퓨터기반 제어기분야에 적용되는 안전핵심 소프트웨어의 안전성 평가기술에 대한 개발필요성 증대

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 안전평가 및 인증체계의 확립으로 고가의 안전필수 소프트웨어 개발 여건 조성
- 운행 안전성 확보 및 사고예방으로 질 높은 국민생활의 실현에 크게 공헌하며 사회적 불안 요인 최소화

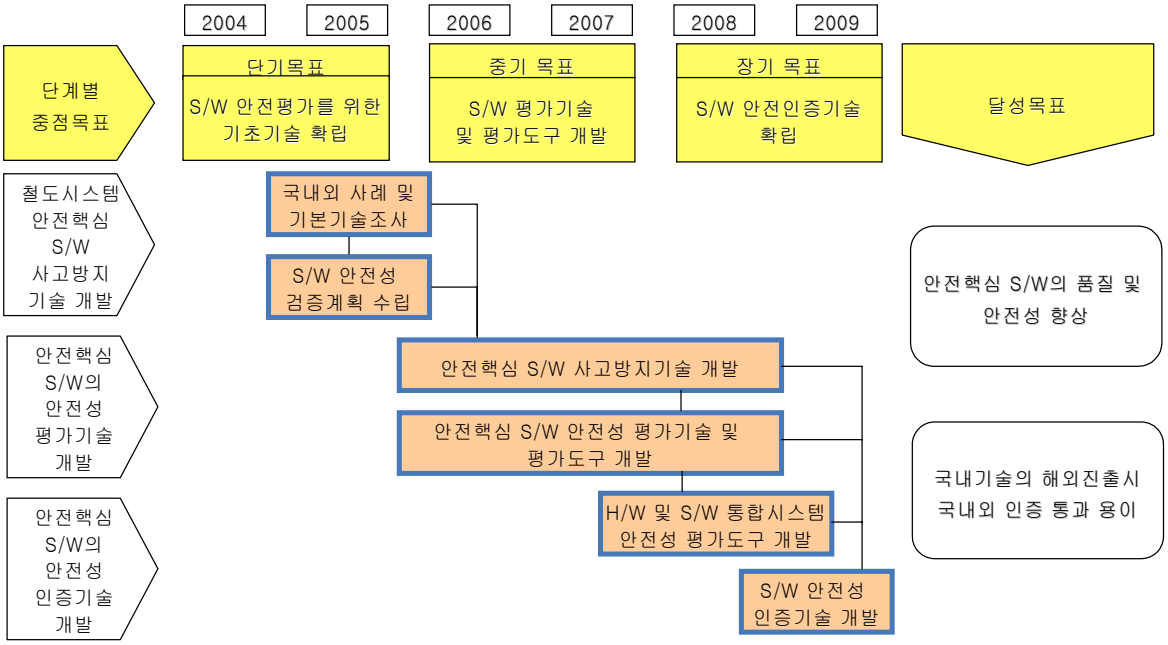
○ 경제적 효과

- 소프트웨어 개발비용 및 유지보수비용을 포함하는 전수명 비용의 절감과 설계단계에서 안전을 확보함으로써 사고시 발생하는 막대한 피해를 절감함

○ 과학·기술적 효과

- 철도분야에서 국산화되는 소프트웨어 생산에서 품질향상 및 안전성 향상
- 국내기술 국외시장 진출 시 국내외 인증기관의 용이한 인증통과

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별 중점목표
단기목표
S/W 안전평가를 위한 기초기술 확립
중기 목표
S/W 평가기술 및 평가도구 개발
장기 목표
S/W 안전인증기술 확립
달성목표
철도시스템 안전핵심 S/W 사고방지 기술 개발
안전핵심 S/W의 안전성 평가기술 개발
안전핵심 S/W의 안전성 인증기술 개발
국내외 사례 및 기본기술조사
S/W 안전성 검증계획 수립
안전핵심 S/W 사고방지기술 개발
안전핵심 S/W 안전성 평가기술 및 평가도구 개발
H/W 및 S/W 통합시스템 안전성 평가도구 개발
S/W 안전성 인증기술 개발
안전핵심 S/W의 품질 및 안전성 향상
국내기술의 해외진출시 국내외 인증 통과 용이

바. 소과제 요약서

□ 철도 안전핵심 소프트웨어 평가 및 인증기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도시스템에 적용되는 프로그래머블한 제어기의 소프트웨어 안전성 평가기술 개발
- 주요기술 개발내용	· 철도시스템 중대사고 방지를 위한 안전핵심 S/W 사고방지기술 개발 · 철도시스템 중대사고 방지를 위한 안전핵심 S/W 안전성 평가기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 철도사고로 발전되는 고장에는 컴퓨터 기반 제어기의 소프트웨어 잠재결함이 많은 비중을 차지 · 요구사항을 만족하도록 개발하는 과정에서 누락된 안전관련 요구사항은 중대한 사고의 원인이 되며, 발견되지 않는 사고의 원인을 최소화 시키기 위한 체계적인 설계 및 개발방법 개발이 절실히 요구 · 철도시스템 이외에도 높은 안전수준이 요구되는 컴퓨터기반 제어기분야에 적용되는 안전핵심 소프트웨어의 안전성 평가기술에 대한 개발 필요성 증대
- 국내외 기술동향	· 국외에서는 철도분야 프로그램어블한 제어기의 소프트웨어 안전성에 대하여 국제규격 IEC에 세부 분야별로 정의하여 준수하고 있음. · 국내에서는 원자력, 항공우주, 군사무기 부문에서 연구가 선행되었으며, 응용대상에 따라 안전요구사항이 서로 상이하여 분야별 연구결과의 교환이 용이하지 않음 · 국내 철도에서는 국제규격에 의한 안전핵심 소프트웨어의 안전성 기술개발 개발초기 단계임
3. 연구체계 및 연구개발내용	**`05년 - `09년(5년간)**
- 연구체계	· 철도시스템 안전핵심 소프트웨어 사고방지기술 연구 · 안전핵심 소프트웨어의 안전성 평가기술 연구 - 소프트웨어 안전성 평가도구 개발 - H/W 및 S/W 통합시스템 안전성 평가기술 개발 · 안전핵심 소프트웨어 안전성 인증기술 연구

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 안전핵심 소프트웨어 안전성 확보 및 평가를 위한 기본기술 조사 · 소프트웨어 안전성 검증계획 수립 b. 2차년도 추진내용 · 철도시스템 안전핵심 소프트웨어 사고방지기술 개발(1) · 철도시스템 안전핵심 소프트웨어 안전성 평가기술 개발 c. 3차년도 추진내용 · 철도시스템 안전핵심 소프트웨어 사고방지기술 개발(2) · 철도시스템 안전핵심 소프트웨어 안전성 평가도구 개발 d. 4차년도 추진내용 · 철도시스템 H/W 및 S/W 통합시스템 안전성 평가도구 개발 e. 5차년도 추진내용 · 철도시스템 안전핵심 소프트웨어 안전성 인증기술 개발
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도분야에서 국산화되는 소프트웨어 생산에서 품질향상 및 안전성 향상 · 국내기술 국외시장 진출 시 국내외 인증기관의 용이한 인증통과 · 고가의 안전필수 소프트웨어 개발여건 조성

4. 철도화재 사고방지 및 평가기술 개발

가. 개요

○ 사업기간 : 2005년~2009년(총 5년)

○ 사업비 : 176억(민간 13억 포함)

○ 철도차량 및 시설물의 화재안전도를 향상시키기 위하여 화재안전도 시험평가 시스템 구축과 기술확보 및 내화성능 향상 기술개발

- 철도차량 내장재의 화재특성 DB를 구축하여 철도차량의 화재부하 및 화재발생시 전파 특성을 미리 예측할 수 있도록 함

○ 차량 및 시설재료의 화재안전기준 및 종합 안전지침서를 작성하여 재료, 시설, 전력, 통신, 대피에 대한 화재부문의 종합안전대책을 마련



나. 개발목표

2005 2007 2009

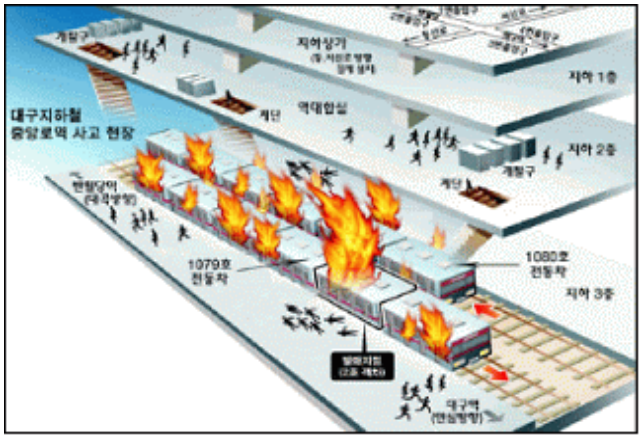
· 철도화재안전기준 연구
· 철도재료 화재안전특성 D/B 구축
· 철도화재안전도 시험평가 시설 · 기술

· 철도 화재 · 안전 설계 종합지침서

다. 필요성

○ 철도의 고속화와 지형적 특성에 의해 장대 철도 터널의 수요가 증가하고 있으며 고립된 공간인 터널 내에서 화재 사고는 대형 인명손실과 막대한 재산피해로 직결됨. 특히 지하철이 도심의 대표적인 대중교통 수단임을 감안할 때 도시철도에서의 화재사고는 시민들의 일상적인 안전에 매우 큰 위협요인으로 부각되고 있음

- 2003년 대구지하철 화재사고(191명 사망, 재산피해 595억원)
- 2000년 오스트리아 산악열차화재(153명 터널 내 연기질식사)
- 1995년 아데르바이잔 지하철화재사고(340명 사망)







<그림 7.1> 대구지하철 화재사고(2003년)

○ 국내 철도차량은 차량제작지침에 의한 KS M 난연성 기준 만족여부를 평가하는 수준으로 제작되나, 방화에 의한 대구 지하철 화재사고에서 보듯이 연기, 화염전파, 가스유독성 등 추가기준 마련·적용이 필요한 상황임. 특히 철도차량 및 시설물의 화재안전기준의 경우 방화와 같은 특별한 상황에서도 안전한 수준으로 개정되어야 함

- 대구 지하철 화재참사의 경우, 화염 및 연기거동에 대한 구체적인 예측이 이루어지지 못하였기 때문에 사고 수습 및 안전대책 수립에 어려움이 있었음. 발생된 화재의 특성에 따른 철도차량 및 시설물의 화재거동 및 승객대피 해석기술의 확보와 이에 따른 적절한 개선대책 수립이 필요

- 철도차량 및 시설물의 화재안전도를 사전에 예측하고 안전과 비용을 모두 고려하면서 내화구조를 가질 수 있는 최적의 설계사양을 결정하기 위하여 다양한 내장재료의 기초 화재특성 DB구축이 시급함

- 선진수준의 철도화재 안전성을 확보하기 위하여 차량 및 시설의 재료와 단품 규모의 화재특성을 종합적으로 분석할 수 있는 시스템 구축이 절실함

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 철도차량 및 시설재료의 화재안전성 평가기법 확립을 통하여 재료내

화성능을 향상 및 대국민 신뢰성을 확보함으로서 선진수준의 철도안전성 및 안전한 운행을 보장할 수 있다.

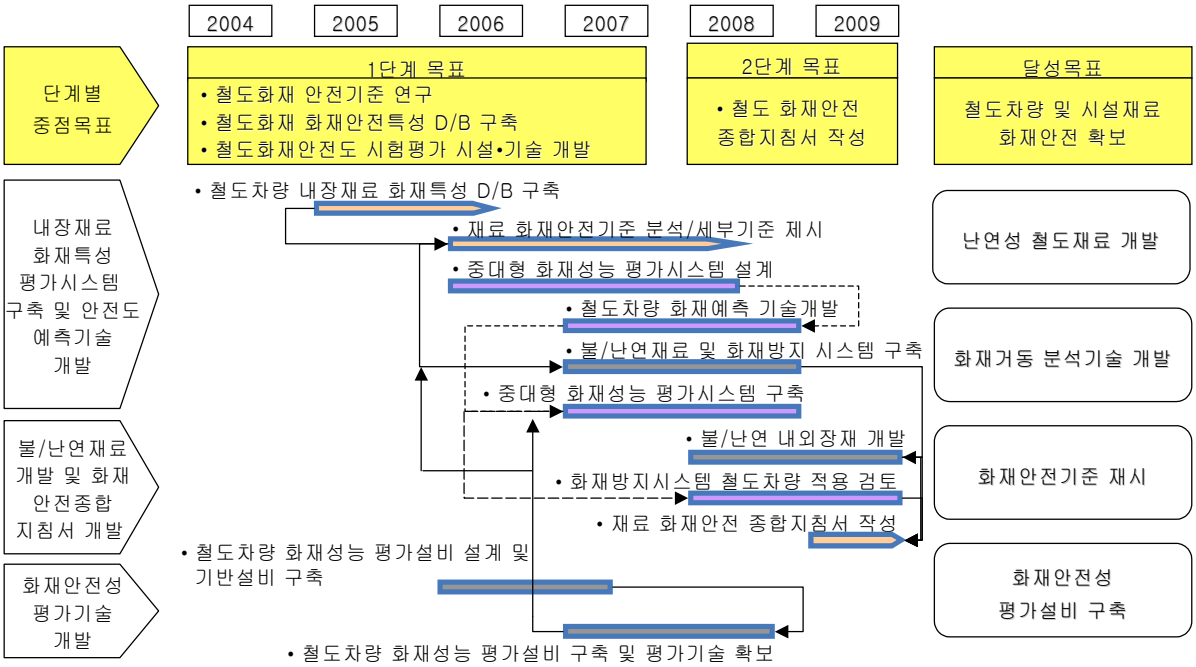
○ 경제적 효과

- 철도차량 및 시설물에 사용되는 모든 재료에 대한 내화성능 데이터베이스를 활용하여 불필요한 중복 시험비용을 줄임으로서 차량설계 및 제작비용을 절감할 수 있음
- 차량 및 시설물의 화재안전 시스템 설계능력 확보로 인한 철도차량 부문 및 토목설계 등 관련업체의 대외경쟁력 확보
- 화재와 관련되어 발생할 수 있는 모든 위험요소로부터 대형참사로 이어지는 것을 최소화함으로서 인명 및 재산피해를 줄일 수 있다.

○ 과학·기술적 효과

- 철도차량 및 시설물의 종합적인 화재안전기술 확보
  - 취약한 국내의 철도 화재안전설계 기술 향상
  - 철도차량 화재방지 및 화재제어 기술 확보
  - 화재감지 및 자동진화 시스템 기술 확보
  - 철도차량 및 시설물에서의 화재거동 분석기술 확보
  - 중형 화재안전성능 평가시험설비 확보 및 평가기술 향상

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별 중점목표
1단계 목표
• 철도화재 안전기준 연구
• 철도화재 화재안전특성 D/B 구축
• 철도화재안전도 시험평가 시설•기술 개발
2단계 목표
• 철도 화재안전 종합지침서 작성
달성목표
철도차량 및 시설재료 화재안전 확보
내장재료 화재특성 평가시스템 구축 및 안전도 예측기술 개발
• 철도차량 내장재료 화재특성 D/B 구축
• 재료 화재안전기준 분석/세부기준 제시
• 중대형 화재성능 평가시스템 설계
• 철도차량 화재예측 기술개발
• 불/난연재료 및 화재방지 시스템 구축
• 중대형 화재성능 평가시스템 구축
• 불/난연 내외장재 개발
• 화재방지시스템 철도차량 적용 검토
• 재료 화재안전 종합지침서 작성
난연성 철도재료 개발
화재거동 분석기술 개발
화재안전기준 재시
불/난연재료 개발 및 화재 안전종합 지침서 개발
화재안전성 평가기술 개발
• 철도차량 화재성능 평가설비 설계 및 기반설비 구축
• 철도차량 화재성능 평가설비 구축 및 평가기술 확보
화재안전성 평가설비 구축

바. 소과제 요약서

□ 철도차량 및 시설재료 내화성능 향상 및 시험평가기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도차량 및 시설재료의 화재안전기준 제시 및 안전성 평가기술 체계 구축과 철도내화성능 향상 방안 개발
- 주요기술 개발내용	· 국내외 철도차량 화재특성 평가방법 및 안전기준 조사 분석 · 차량별 내장재료 사용현황 조사 및 화재특성 DB 구축 · 철도차량 및 시설재료 내장재료 사용기준 작성 · 철도차량 및 시설재료 화재안전성능 시험평가 시스템 구축 · 철도차량 및 시설물의 화재거동 분석 기술 개발 · 불연성 신소재 응용 및 불연/난연 내외장재 개발 · 화재 방지(예방/검지/진화) 시스템 기술 개발 · 소재 및 구조에 대한 화재안전 최적사양 제시 및 화재안전 종합지침 작성
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 현재 국내 철도차량 내장재 사용기준은 KS M 3015외 난연성 기준 정도로 단순 방화로 인하여 대형 참사로 이어진 대구지화철 화재사고를(2003, 191명 사망) 통하여 볼 때 연기, 화염전파, 가스유독성 등의 선진국 수준의 기준 제정을 절실히 요구 · 지하철 화재사고 사례 - London 지하철 킹스크로스역 화재사고(1987, 30명 사망) / 아데르바이잔 열차화재사고(1995, 340명 사망) / 오스트리아 산악열차 화재(1999, 132명 사망) 등 · 선진수준의 철도안전성을 확보하기 위하여는 다양한 철도차량 재료의 내화특성 DB를 구축하여 신규 설계 당시부터 화재안전도를 고려한 제작이 되어야 함
- 국내외 기술동향	· 선진철도의 경우 철도화재안전 종합규격을 통하여 재료사용 기준, 대피구조, 방화성능 등에 일관된 지침 시행 - 영국(BS 6853), 프랑스(NF 16-101), 미국(NFPA 130), 유럽연합(UIC 564-2) 등 · 선진철도의 경우 제작 시점에서 총 화재부하 및 발열량 등 상세 검토 · 국내철도 화재안전 기준 및 안전지침 없음

3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)

- 연구체계

· 화재특성 평가기술 구축 및 예측기술개발
  - 내장재료 화재특성 평가기술 개발
  - 철도차량 및 시설물 화재거동 분석기술 개발
· 철도 화재성능 시험평가 시스템 구축
  - 철도차량 화재성능 평가 설비 구축
  - 단품 및 중형화재 성능 평가 설비 구축
· 불연/난연재료 및 화재방지 시스템 개발
  - 철도재료 불연/난연성 향상 기술 및 화재 예방 시스템 개발
  - 화재 검지 및 제어 시스템 개발
· 화재 평가기준 및 종합관리 지침서 제시
  - 철도차량 및 시설재료 기준 및 종합관리 지침서 작성

철도사고 예방 안전기준 체계 구축작업과 연계하여 자료를 제공함

- 연차별 연구개발내용

a. 1차년도 추진내용
· 철도재료 화재안전 평가기술 및 세부 평가지침 개발

b. 2차년도 추진내용
· 철도재료 화재안전 평가기술 및 세부 평가지침 개발
· 철도차량 및 시설물 화재거동 평가 기술 개발
· 철도차량 화재성능 평가 설비 기본 설계 및 소재평가 설비 구축

c. 3차년도 추진내용
· 불연/난연재료 및 화재방지 시스템 개발
· 철도차량 및 시설물 화재거동 평가 기술 개발
· 철도차량 화재성능 평가 설비 설계 및 시험평가 체계 구축

d. 4차년도 추진내용
· 불연/난연재료 및 화재방지 시스템 개발
· 철도차량 화재성능 평가 설비 설계 및 시험평가 체계 구축

e. 5차년도 추진내용
· 불연/난연재료 및 화재방지 시스템 개발
· 철도차량 및 시설재료 기준 및 종합관리 지침서 작성

4. 기대효과

- 연구개발 필요성

· 철도안전성 확보로 철도교통 고객서비스 품질 향상
· 철도재료 화재안전성능 평가 시스템 구축으로 해외 시험평가 비용 절감
· 선진기준의 철도재료 내화성능 확보, 화재위험요소 차단으로 인명 및 재산피해 감소
· 철도 재료분야 불연/난연성 기술 연구기반 확보

5. 충돌 및 탈선안전 기술개발

가. 개요

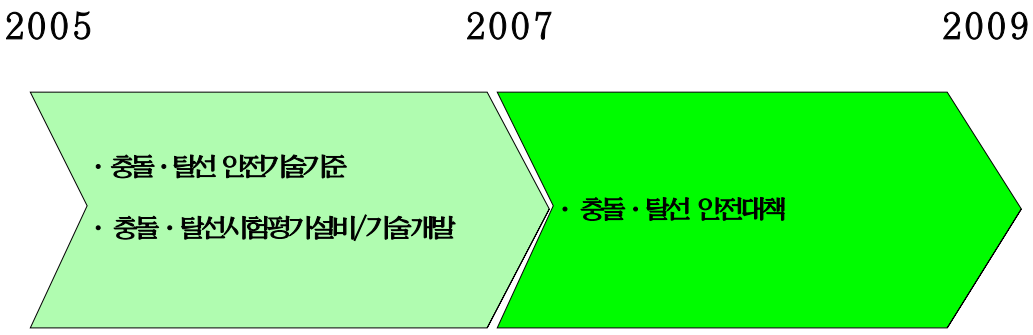
○ 사업기간 : 2005년~2009년(총 5년)

○ 사업비 : 308억(민간 32억 포함)

○ 열차 충돌사고 시 승객과 차량의 안전을 확보하기 위한 충돌안전도 평가기술의 개발과 시험시설의 구축

○ 열차 탈선방지와 탈선안전도 향상을 위한 안전평가 기준 설정 및 탈선 예측기술 개발

나. 개발목표



다. 필요성

○ 충돌 및 탈선사고는 그 피해 규모와 파급효과가 크므로 철도시스템의 안전을 확보하기 위해서는 우선적으로 사고를 방지하고 피해를 저감하기 위한 노력을 기울여야 하는 분야로 전 세계적으로 철도안전에서 충돌 및 탈선사고에 대한 연구는 필수적으로 행해지고 있다.

○ 실질적으로 국내에서 충돌 및 탈선에 대한 본격적인 연구는 시행되지 못하고 있으므로 선진국 수준의 철도안전을 위해서는 충돌 및 탈선에

대한 안전성 평가기술 및 평가 시험시설을 구축하는 것이 시급함

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 안전하고 쾌적한 철도 운송기술의 실현으로 교통환경 부하를 경감시켜, 효율적인 사회시스템 구현
- 차량 안전성 확보 및 사고예방으로 질 높은 국민생활의 실현에 크게 공헌하며 사회적 불안 요인 최소화

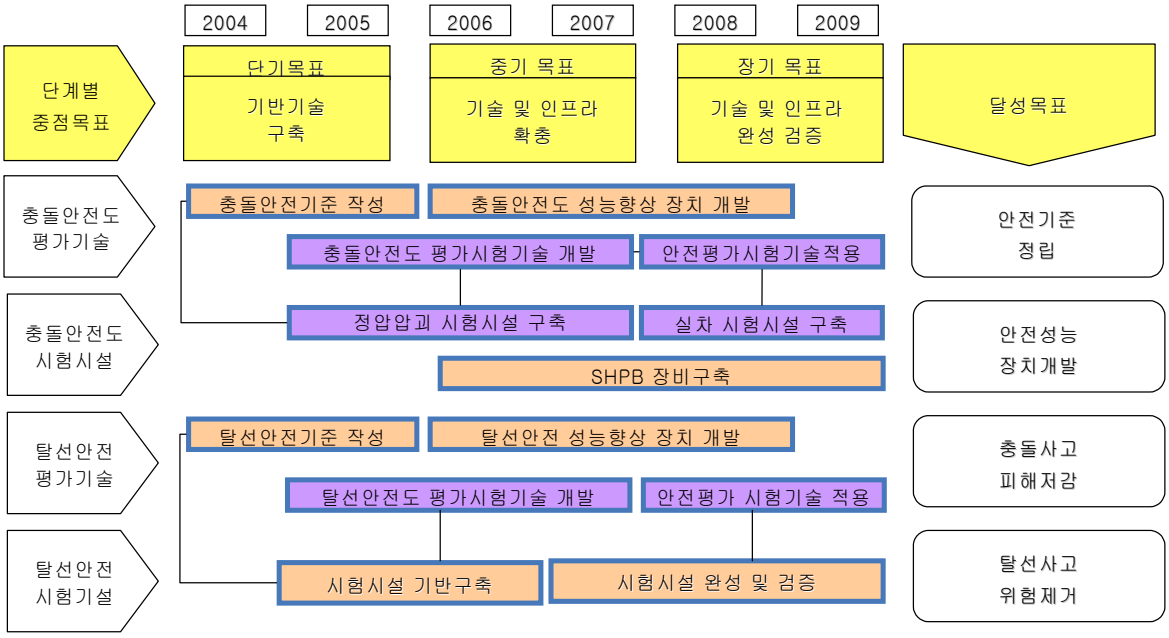
○ 경제적 효과

- 충돌 및 탈선안전 기술개발을 통하여 저비용으로 고안전을 확보하여, 사고시 발생하는 막대한 피해를 절감함

○ 과학·기술적 효과

- 철도차량 선진기술을 설계·유지보수에 적용하여 사고 저감에 기여
- 철도안전기술 개발사업을 통한 학계, 연구계, 산업계의 안전연구기반 확충

마. 기술 로드맵


2004
2005
2006
2007
2008
2009
단계별 중점목표
단기목표
기반기술 구축
중기 목표
기술 및 인프라 확충
장기 목표
기술 및 인프라 완성 검증
달성목표
충돌안전도 평가기술
충돌안전기준 작성
충돌안전도 성능향상 장치 개발
충돌안전도 평가시험기술 개발
안전평가시험기술적용
안전기준 정립
충돌안전도 시험시설
정압압괴 시험시설 구축
실차 시험시설 구축
SHPB 장비구축
안전성능 장치개발
탈선안전 평가기술
탈선안전기준 작성
탈선안전 성능향상 장치 개발
탈선안전도 평가시험기술 개발
안전평가 시험기술 적용
충돌사고 피해저감
탈선안전 시험기설
시험시설 기반구축
시험시설 완성 및 검증
탈선사고 위험제거

바. 소과제 요약서

□ 충돌 안전도 성능향상 및 시험평가기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 열차 충돌사고 시 승객의 안전과 차량의 안전을 확보하기 위한 사고방지 기술 및 충돌안전도 평가기술의 개발과 시험시설의 구축
- 주요기술 개발내용	· 사고시나리오 설정 및 안전도 설정 · 충돌에 의한 탈선 및 타고오름 사고 예측기술 개발 · 운전자 및 승객의 2차 충돌 상해저감 기술 개발 · 열차 구조물의 충돌에너지 흡수 구조 및 부재 기술 개발 · 선로 장애물 충돌 안전도 확보 기술 개발 · 충돌이나 탈선, 전복시 차량의 충격흡수, 손상평가 기술개발 · 실차시험을 위한 시험설비 구축 · 압괴시험시설 구축 / SHPB시험시설 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발의 필요성	· 충돌탈선사고는 자주 발생하지는 않지만, 그 피해 규모와 파급효과가 커서 철도안전에서 매우 중요하므로 철도안전의 선진화를 위해서는 충돌사고에 대한 각종 대책 및 기술연구가 절실히 요구되며, 충돌안전도를 평가하기 위한 시험인프라가 절대적으로 부족
- 국내외 기술동향	· 미국 FRA는 2002년 "Five-Year Plan for RD&D" 연구계획을 준비하여 집중적으로 지원 · 유럽에서는 1997~2001년까지 SAFETRAIN PROJECT를 통하여 전문적인 연구 시행 · EU의 철도 선진국과 미국의 경우에는 충돌안전에 관한 부분을 강제 규정화하여 설계사양을 대폭 강화하고 있으며, 해석과 시험을 통한 객관적인 근거자료를 제시하도록 강제화 · 한국형 고속전철 기술개발사업을 통하여 차량의 충돌안전도설계분야의 수치해석적 평가에서는 신뢰성을 확보한 바 있음
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)
- 연구체계	· 충돌안전도 기준 정립 - 충돌시나리오개발, 충돌안전기준정립, 시험절차서 개발 · 충돌안전도 기반기술 정립 - 충돌시험설비구축, 충돌해석기술 · 안전도평가 시험설비의 구축 및 적용 - 충돌안전도 평가관련 각종 시험인프라 구축, 실차 충돌실험을 통한 시험평가기술 확보, 승객안전도향상관련 기술개발, 승객안전관련 부품 실용화기술개발

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 충돌사고 시나리오 및 안전도설정(1) · 전체차량 충돌에너지 흡수방안 기본전략 연구 b. 2차년도 추진내용 · 충돌사고 시나리오 및 안전도설정(2) · 한국형 충돌에너지 흡수제어 기법 개발 · 선로장애물 충돌사고 안전 확보 기법 연구 c. 3차년도 추진내용 · 한국형 충돌에너지 흡수구조 및 부재 연구 · 충돌후 탈선 및 타고오름 현상해석 · 선로장애물 충돌사고 안전 장치 연구(1) · Movable Pressure System 구축 d. 4차년도 추진내용 · 한국형 충돌에너지 흡수구조 성능평가 · 2차 충돌 저감 방안 연구 · 선로장애물 충돌사고 안전 장치 연구(2) · SHPB 시험시설 구축 e. 5차년도 추진내용 · 한국형 충돌에너지 흡수구조 검증 · 2차 충돌저감 방안 검증 및 선로장애물 안전장치 성능평가 · 실차시험시설 구축 · 탈선 및 전복 시 승객 및 차량 안전도 평가 연구
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 열차 충돌탈선 사고 발생시 피해저감으로 승객의 안전확보 · 피해저감기술의 확보로 대형사고시 경제적 손실 최소화 · 충돌안전도를 평가하기 위한 선진 시험인프라 구축 · 충돌안전도 기술개발을 통한 관련 기반기술분야 선진화

□ 탈선방지 및 안전성능 평가기술 개발

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 탈선 안전평가 기준 설정 및 탈선 예측 기술 개발을 통한 탈선 방지 및 탈선안전도 향상
- 주요기술 개발내용	· 유형별 탈선현상 규명 및 방지대책 연구 · 탈선 안전 시험평가 및 탈선가능성 예측 기술 개발 · 탈선 안전평가 기준 및 탈선 안전도 관리 기준 개발 · 탈선 복구 및 구원 방안 연구 · 탈선 안전성능 평가설비 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 철도차량의 탈선은 발생시 대형 사고로 발전할 수 있기 때문에 탈선안전 기준은 사고를 방지할 수 있는 수준으로 강화되어야 할 필요성이 있으며 신뢰성 있는 탈선안전도 평가기법이 요구되고 있음 · 철도차량의 고속화·고출력화 추세에 따라 철도차량의 탈선가능성을 미리 예측하고 방지 할 수 있는 시스템 개발의 필요성이 날로 증가하고 있음 · 선진국 수준의 철도안전성을 확보하기 위하여 다양한 철도차량의 탈선안전도 분석 및 방지 대책이 개발 및 적용되어야 함 · 효과적이고 체계적인 탈선 예방을 위해서는 국내 철도환경에서의 역학적 탈선현상 규명을 통한 탈선 원인 분석 및 방지 대책 수립을 가능케 하는 기술 확보가 필수적임
- 국내외 기술동향	· 일본, 미국, 유럽 등 철도선진국에서는 탈선안전에 대해 해석적, 실험적, 실차시험 등을 통해 다양하게 실용적 연구를 추진하고 있으며, 탈선 안전기준을 제정하여 운영하고 있음 · 국내에서는 자체 탈선 안전기준 없이 외국의 기준을 응용하고 있으며, 차량-궤도의 동역학적 해석과 스트레인게이지에 의한 탈선계수 측정 등 초보적인 연구단계에 머무르고 있으며, 안전성능평가설비 전무
3. 연구체계 및 연구개발내용	`05년 - `09년(5년간)
- 연구체계	· 탈선안전사고 방지 기반 기술 - 유형별 탈선현상 규명, 윤축 및 레일구름접촉 피로손상 연구 - 풍하중에 의한 탈선안전 · 탈선안전 성능평가기술 개발 - 탈선안전 평가기준 개발, 탈선안전도 관리기준 개발 - 탈선안전성능 평가설비 구축 · 탈선안전도 향상 기술 개발 - 실시간 탈선 안전도 예측 기술, 주행중 이상진동 감시장치 개발

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 탈선사고 분석을 통한 유형별 탈선원인 규명 · 탈선에 영향을 미치는 주요 인자 민감도 해석 · 실차실험에 의한 차량탈선안전 성능평가 기술 연구 · 차량탈선 예측 기술 연구 · 풍하중에 의한 탈선현상해석 b. 2차년도 추진내용 · 차량탈선안전 성능평가 기준(안) 작성 · 차량탈선가능성 예측 시스템 기본설계 · 주행 중 이상진동 안전도 평가 기술 연구 · 윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상 평가 기술 연구 · 풍하중에 의한 탈선현상 규명 · 탈선성능 평가설비 구축(1단계) c. 3차년도 추진내용 · 탈선안전도 관리 기준(안) 작성 · 주행 중 이상진동 감지 장치 설계 · 차량탈선가능성 예측 시스템 상세설계 · 윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상에 대한 안전도 선정 · 축소모의실험을 통한 충돌 후 탈선 현상 해석 기반기술 · 풍하중에 의한 탈선안전도 성능평가 기술 · 탈선성능 평가설비 구축(1단계) d. 4차년도 추진내용 · 실차실험에 의한 차량탈선안전 성능평가 기준 입증 · 주행 중 이상진동 감지장치 성능 검증 · 실차실험에 의한 차량탈선가능성 예측 시스템 검증 · 윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상에 대한 안전 확보 방안 · 축소모의실험을 통한 탈선 현상 시험 기술 · 풍하중에 의한 탈선성능평가 기술 검증 · 탈선성능 평가설비 구축(2단계) e. 5차년도 추진내용 · 현장적용을 통한 탈선안전도 관리 기준 입증 · 주행 중 이상진동 감지기술 확보 · 실차실험에 의한 차량탈선가능성 예측 시스템 기술 확보 · 윤축피로 및 레일구름접촉 피로손상 안전기술 검증 · 축소모의실험을 통한 탈선 현상 규명 · 풍하중에 의한 탈선안전도 기술 확보 · 탈선성능 평가설비 구축(2단계)
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도차량의 탈선안전도 향상을 통한 안전성 증대 · 철도차량의 탈선으로 인한 대형사고 방지 · 차량탈선에 영향을 미치는 다양한 원인과 현상 규명 · 탈선안전성을 가진 안전한 차량제작에 기여

6. 철도안전시험평가 기반 구축

가. 개요

○ 사업기간: 2004년~2009년(총6년)

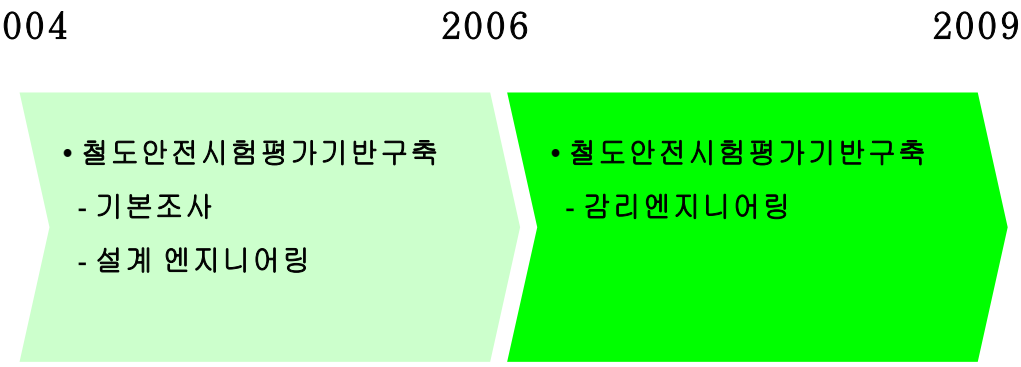
○ 사업비: 18억

○ 철도의 고속화와 운영주체의 안전소홀은 물론, 빈번하게 발생되는 일반철도 및 도시철도의 대형사고가 국가경쟁력 상실을 가져오고 있는 상황에 철도사고의 피해저감을 위한 철도안전기술 개발과 그 입증, 그리고 철도 중대사고방지 및 평가기술개발에 필수적인 철도안전시험평가기반을 구축하고자 함

○ 철도종합안전시스템의 기반을 제공하고 선진국수준의 철도안전을 확보하는데 필요한 철도안전시험평가를 시행하려면 기본적인 기반시설 구축이 필요

○ 충돌, 탈선, 화재사고의 실물대형시험시설을 확보하여 철도안전시험평가제도를 조기에 정착시키고 피해저감기술을 개발하여 철도안전수준 향상에 기여

나. 개발목표



다. 필요성

○ 철도사고의 위험도 분석을 통하여 피해정도가 매우 큰 열차사고인 충돌, 탈선, 화재사고를 특별히 관리하는 것이 철도안전에서 매우 중요하며 단수방화로 인하여 대형참사로 이어진 대구지하철화재사고를 사례를 볼 때 사고방지 및 평가기술을 선진국 수준의 기술이 절실 요구

○ 국내 피해저감기술에 해당되는 충돌, 탈선, 화재의 안전도를 평가할 시설이 거의 전무하여 철도안전시펌평가시설 구축이 절실함

○ 선진수준의 철도안전시험평가 기반을 확보하여 효율적이고 체계적인 안전평가 및 관리제도를 조기에 정착시킴으로 획기적인 철도안전 개선

라. 기대효과

○ 사회적 효과

- 철도안전시험평가 기반시설 구축으로 국내 철도 화재안전기준 및 충돌/탈선안전기준을 마련할 수 있는 근거 제시할 수 있는 기술적 지원
- 대형 인명피해와 중대사고 방지에 기여하여 인적피해와 경제적 손실을 최소화하여 선진수준의 철도안전성을 확보할 수 있어 대외 신뢰도 향상

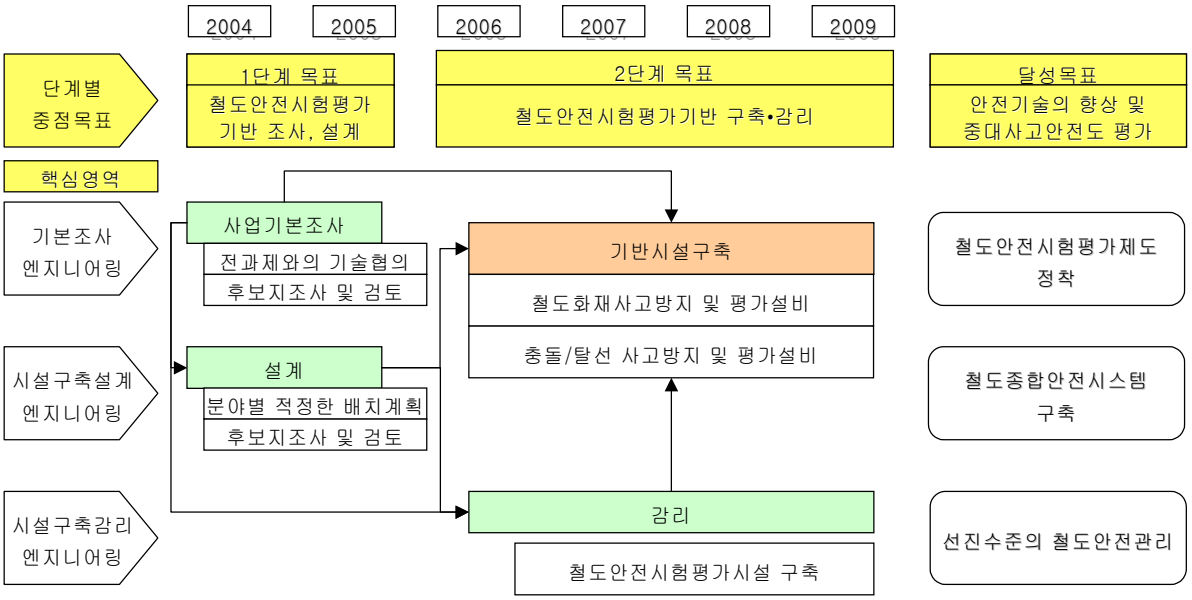
○ 경제적 효과

- 철도화재와 충돌/탈선으로 발생할 수 있는 중대사고의 모든 위험요소로부터 대형참사로 이어지는 것을 최소화함으로서 불필요한 인명 및 재산피해 감소
- 철도안전확보를 위하여 국외 시험평가시설을 이용하여 안전과 관련된 필요한 테스트를 대체함으로서 국가예산비용 절감

○ 과학·기술적 효과

- 철도안전시험평가 기반시설을 활용함으로 중대사고발생시 거동특성, 승객상해평가 등을 파악하여 효과적인 승객피난대책, 제품개발혁신, 종합적인 철도시스템 설계에 적용함으로서 재료안전도 증진 및 기술적 신뢰도향상으로 철도선진국 입지를 다지는 데 큰 기여

마. 기술로드맵



바. 소과제 요약서(Ⅴ-1-1)

□ 철도안전시험평가시설 구축 엔지니어링

1. 연구개발목표	
- 최종목표	· 철도화재 사고방지 및 평가기술개발과 충돌 및 탈선 안전평가 기술개발 향상을 위한 중대사고 안전평가 기반 구축
- 주요기술 개발내용	· 철도안전시험평가 기반구축을 위한 기본조사 · 철도안전시험평가 기반구축을 위한 설계 · 철도안전시험평가 기반구축을 위한 감리
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
- 연구개발 필요성	· 철도사고의 위험도 분석을 통하여 피해정도가 매우 큰 열차사고로 충돌, 탈선, 화재사고를 특별히 관리하는 것이 철도안전에서 매우 중요하며 단순방화로 인하여 대형 참사로 이어진 대구지하철 화재사고를 통하여 볼 때 사고방지 및 평가기술을 선진국 수준의 기술이 절실히 요구 · 국내 피해저감기술에 해당하는 충돌, 탈선, 화재의 안전도를 시험평가할 시설이 거의 전무하여 철도안전시험평가를 위한 대형설비 구축이 절실함 · 선진수준의 철도안전시험평가 기반을 확보하여 효율적이고 체계적인 안전평가 및 관리제도를 조기에 정착시킴으로 획기적 개선
- 국내외 기술동향	· 선진철도의 경우 철도화재안전 시험평가를 통하여 재료사용의 적정성 평가 및 상세 검토 · 철도선진국의 경우 충돌/탈선안전에 관한 부분을 강제규정화하는 추세로 설계사양의 강화하여 시험평가를 통한 객관적인 근거자료 제시 토록 강제화 · 국내철도 화재안전 기준 및 충돌/탈선안전 기준 없음 · 철도안전시험평가 기반시설 거의 전무
3. 연구체계 및 연구개발내용	`04년 - `09년(6년간)
- 연구체계	· 철도안전시험평가 기반구축을 위한 기본조사 - 시험평가 기반구축 기본조사 - 시험평가 기반구축 후보지 조사 및 검토 · 철도안전시험평가 기반구축을 위한 설계 - 시험평가기반 내 분야별 적정한 배치계획 - 시험평가 기반구축 설계 · 철도안전시험평가 기반구축을 위한 감리 - 철도안전시험평가 기반구축

- 연차별 연구개발내용	a. 1차년도 추진내용 · 철도안전시험평가시설 구축시 관계법령, 규정, 지침에 위배되지 않도록 사업기본조사 및 검토 · 단계별 및 부문별 전문가들과 충분한 협의후 계획 수립 b. 2차년도 추진내용 · 유치 시험평가시설 검토 · 기존연구시설과의 관계를 고려한 토지이용 계획 및 검토 · 철도안전시험평가기반구축 설계 c. 3차년도 추진내용 · 철도안전시험평가기반구축 감리 c. 4차년도 추진내용 · 철도안전시험평가기반구축 감리 c. 5차년도 추진내용 · 철도안전시험평가기반구축 감리 d. 6차년도 추진내용 · 철도안전시험평가기반구축 감리
4. 기대효과	
- 연구개발의 기대효과	· 철도사고 피해저감을 위해 체계적인 철도안전시험평가 기반구축을 통한 철도안전성 확보로 철도교통 고객서비스 품질 향상 · 효율적이고 체계적인 철도안전시험평가가 될 수있는 기반구축으로 철도평가 시스템 구축으로 선진철도수준의 철도안전기술 연구기반 확보

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 「제5차(2002～2006) 교통안전기본계획」, 2001.7

2. 철도청, 「국유철도운영에 관한 특례법」, 1999.2

3. 대한민국정부, 「도시철도법」, 1997.12

4. 철도청, 「2003년도 철도수송계획」, 2003

5. 철도청, 「UIC 세계 철도통계연감」, 2000

6. 건설교통부, 「철도산업구조개혁 왜필요한가?」, 2002.12

7. 건설교통안전기획단, 「건설교통 안전관리 개선을 위한 공청회 자료집」, 2003.5

8. 과학기술정책연구원, 「건설교통연구개발사업 중장기계획」, 2002.5

9. 교통개발연구원, 「교통안전점검 및 진단체계 구축방안 연구」, 2003.3

10. 한국철도기술연구원, 「철도시스템 안전성 확보 기획연구」, 2001.12

11. 한국철도기술연구원, 「고속철도 운행안전관리방안 연구」, 2001.12

12. 한국철도기술연구원, 「철도시스템 성능향상 핵심기술 개발」, 2002.12

13. (財)運送政策研究機構, 「數字 でみる 鐵道 2002」, 2002

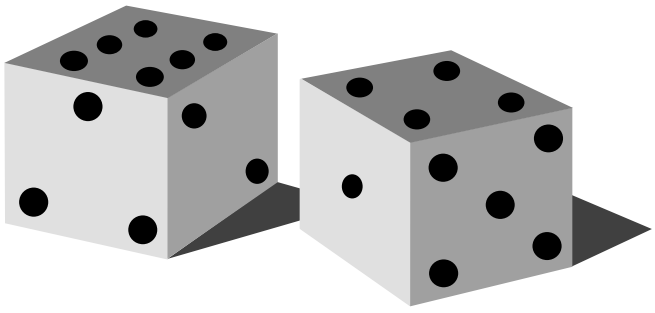
14. 영국철도안전국, 「Railway Safety Research Programe」, 2002.9

15. FRA, 「Safety of Highway-Railroad Grade Crossings」, 1995.7

16. FRA, 「Safety of Railroad Passenger Vehicle Dynamics」, 2002.7

부록 A. 대구지하철 사고 및 독일 ICE 사고 분석

1. 대구지하철 화재사고 조사분석
2. 독일 ICE 고속열차 탈선/충돌 사고분석



부록 A. 대구지하철 사고 및 독일 ICE 사고 분석

1. 대구지하철 화재사고 조사분석

가. 사고개요

○ 2003년 2월 18일 09시 53분경 대구지하철 1호선 중앙로 역사에서 정차 중이던 1079 및 1080호 전동차가 방화로 인한 화재로 전소됨

○ 안심방향으로 향하던 1079호 전동차가 중앙로역 정차 후 방화범이 인화물질이 담긴 병에 발화시켜 급격히 차내부로 연소되어 화재가 발생함

○ 중앙로역으로 진입한 1080호 전동차와 역사 일부로 불이 옮겨 붙음

○ 화재 발생 후 대피하지 못한 많은 승객들이 사상하고 엄청난 피해가 발생함

나. 피해 내역

○ 인명피해: 337명 (사망 191명, 부상 146명)

- 1080호 전동차 내 발굴 사체: 142구

○ 재산피해: 직접피해액 595억원



<그림 부A.1> 대구 중앙로역사 화재



<그림 부A.2> 불에 탄 전동차 및 승강장

다. 사건 분석

○ 화재는 09시 53분에서 13시 38분까지 지속된 후 진화되었으나, 화재 발생 직후 전동차 및 역사로 유독가스, 연기, 열, 화염 등이 급격히 확산되어 10여분이내에 대부분의 사상자들이 발생

○ 차량의 내장재에 대한 불연화, 난연화 대책 미흡이 매우 빠른 화재 확산 요인으로 보임

○ 매우 짧은 시간 동안의 급박한 상황에서 승객들의 안전한 대피가 잘 이루어지지 않았으며, 신속하고 정확하게 제 역할을 했어야 할 방재 시스템에 많은 문제가 있었음

○ 안전사고 예방과 방재·구난 시스템의 문제점을 파악하기 위한 관점에서 시간대별 각 사건을 정리하여 다음 <표 부A.1>에 나타내었음

- 표 부A.1에서 괄호 안의 '대응과제코드'는 본 사업 '철도종합안전기술개발'의 해당 소분류 과제가 수행되어졌을 때 개발된 기술 및 대책에 의하여 사고 재발 방지 또는 저감할 수 있음을 의미함

<표 부A.1> 대구지하철 화재사고와 본 사업 기술분야의 연계성 분석

발생시각	장소	주체	사건 내용 및 대응가능한 본 과제 기술
사고 발생 전	주유소	방화범	• 범행 동기 발생, 휘발유 구입, 범행 대상 (지하철)을 정함
			⊘ "철도사고 위험요인분석"을 통한 예방활동 *(Ⅰ-1-1)* ⊘ "철도안전법" 제정을 통한 강력한 처벌로 예방 *(Ⅰ-1-1)* ⊘ 범법행위 동기유발 방지할 수 있는 심리학, 사회학적 철도환경 개선으로 범인의 철도에 대한 테러 기도 포기 *(Ⅲ-5-3)* ⊘ 철도에서의 불법 파괴행위 예방을 위한 공중 교육/홍보 *(Ⅲ-5-1)*
사고 발생 전	1079호 전동차	방화범	• 지하철 탑승 (휘발유 담긴 플라스틱통 소지)
			⊘ 감시장치, 보안 시스템 관련 신기술 도입으로 위험물질 반입차단 *(Ⅲ-5-1, Ⅲ-5-3)*
09:52:45	1079호		• 중앙로역 도착, 승객 승하차
09:53:10	1079호	방화범	• 가방에서 병 뚜껑을 열어 라이터로 착화, 방화범의 옷과 차량 좌석시트에 인화됨 • 급격히 화재 확산됨
			⊘ "철도시설 및 차량안전기준"을 통한 화재확산 억제 *(Ⅰ-1-3, Ⅰ-2-3, Ⅲ-3-1, Ⅲ-3-3)* ⊘ 차량좌석 난연/불연소재 개발로 인화방지 *(Ⅲ-1-1)* ⊘ 철도차량 화재제어 (자동소화장치)로 조기소화 가능 *(Ⅲ-1-2)* ⊘ 범법행위 대응관련 공중 교육 프로그램으로 주변 승객이 범인의 화재 시도에 효과적으로 대처, 범행 금지 기여 *(Ⅲ-5-3)*
	1080호	1080호열차	• 중앙역에서 세 정거장 떨어진 신천역 출발
	1079호	기관사	• 화재가 난 사실을 운전사령실에 보고하지 못함 • 화재 진화 시도, 일부 승객 대피
			⊘ 승객이 차내 비상상황을 기관사나 사령실에 알릴 수 있는 설비, 사령실에서 차내 상황을 확인할 수 있는 모니터링 설비들을 통한 신속대처로 피해축소 가능: 1080호의 역사진입을 막아 큰 피해 방지 *(Ⅲ-4-6)* ⊘ 비상상황 발생 시 열차와 사령실 간 통신확보 및 채널의 신뢰성으로 신속 대처 가능 *(Ⅲ-4-6)* ⊘ 비상대응 매뉴얼 현장보급을 통한 기관사의 바른 판단, 대처로 피해저감 *(Ⅰ-1-5)*

<표 부A.1> 대구지하철 화재사고와 본 사업 기술분야의 연계성 분석(계속)

발생시각	장소	주체	사건 내용 및 대응가능한 본 과제 기술
09:53:10	대구지하철공사 기계설비 사령실	근무직원	• 화재경보음 울림, '화재발생' 문자경보 상황판에 표시됨. 근무자들은 단순 기계 오작동으로 판단. 운전사령실에 통보하지 않음
			⊘ "기관사 비상대응 절차"의 현장보급을 통한 사고피해저감 *(Ⅰ-1-4)* ⊘ "기관사 인적 안전위협 요소 관리기술"로 사고피해저감 *(Ⅰ-2-1)* ⊘ 기관사 자격검증 및 신호인지 착오예방 *(Ⅰ-2-1)* ⊘ 위험평가 정보지원시스템을 통한 사고발생 자동경고 *(Ⅰ-3-2)* ⊘ 철도신호의 안전성 및 신뢰성이 확보되어 있고, 차내 상황을 모니터링 할 수 있고, 승객이 차내 상황을 알릴 수 있게 되어 근무자가 자의적인 오작동 판단을 하지 않았을 것임. 즉, 신속한 상황 대처로 피해 축소 가능 *(Ⅲ-4-5, Ⅲ-4-6)*
	운전사령실	근무직원	• CCTV 모니터에 1079호전동차가 멈추고 30초뒤 화재상황이 잡힘. 모니터화면이 연기로 차고 역무원의 신고 전까지 상황을 알지 못함
			⊘ 운전사령의 비상대응 능력향상을 통한 피해확산 방지 *(Ⅰ-2-2, Ⅰ-1-4)* ⊘ 비상상황 통신설비 및 체계가 구축되어 있었더라면 신속한 상황대처로 피해축소 가능 *(Ⅲ-4-6)*
	중앙역 역무실	역무원	• 역 구내를 볼 수 있는 CCTV모니터 있었으나 자리를 비움
			⊘ 인적오류 예방기술을 통한 사고 피해저감 *(Ⅰ-2-1)* ⊘ 감시장치의 최적 배치 및 운용 기술로 신속한 상황파악 *(Ⅲ-5-1)*
09:53:50	1080호	1080호	• 중앙역에서 두 정거장 떨어진 칠성역 도착, 25초간 정차
09:55:00	1080호	1080호	• 중앙역에서 한 정거장 떨어진 대구역 도착, 30초간 정차
			⊘ "운전사령의 비상대응 절차" 현장보급을 통한 사고피해확산 방지 *(Ⅰ-1-4, Ⅰ-2-2)*

<표 부A.1> 대구지하철 화재사고와 본 사업 기술분야의 연계성 분석(계속)

발생시각	장소	주체	사건 내용 및 대응가능한 본 과제 기술
09:55경	중앙역	역무원	• 운전사령실에 화재발생 사실 신고
			⊘ "운전사, 운전사령 비상대응 절차"를 통한 위기대처 및 사고피해저감 *(Ⅰ-1-4)* ⊘ 운전사, 운전사령 비상상황 교육훈련을 통한 사고피해저감 *(Ⅰ-2-1)* ⊘ 운전사령의 비상대응 능력향상을 통한 피해확산 방지 *(Ⅰ-2-2, Ⅰ-1-4)*
09:55:30	1079호	운전사령	• 1080호 기관사에 통신: '중앙로에 진입시 조심해 운전하여 들어가시기 바랍니다. 지금 화재 발생하였습니다' • 1080호 전동차의 대구역 출발 지연(급정차), 또는 중앙로역 무정차 통과를 지시 하지 않음
			⊘ "비상대응 절차(열차통과여부 결정)"의 현장보급을 통한 사고피해저감 *(Ⅰ-1-4)* ⊘ 운전사령의 비상대응 능력향상을 통한 피해확산 방지 *(Ⅰ-2-2, Ⅰ-1-4)*
09:56:46	1080호	기관사	• 중앙로역 구내 도착 • 출입문이 열렸으나 유동가스, 연기가 자욱하자 곧 닫힘 • 안내방송 '승객여러분, 잠시만 기다리십시오' 세차례 반복
			⊘ 기관사의 비상상황 대처교육을 통한 사고확산방지 *(Ⅰ-2-2)* ⊘ 지하철 역사와 본선터널들을 통합 제어하는 지능형 배연시스템으로 연기하강 억제 *(Ⅲ-1-3)*
09:57경	종합사령실	전력사령	• 화재발생후 중앙역 구간에 전기 끊기자 운전사령에게 통보 • 1080호 기관차에 대한 급전(給電, 비상전기 공급) 시도
			⊘ 비상시 전력공급 및 관리체계로 기관차 급전에 성공, 역을 탈출 가능 *(Ⅲ-4-1)*
	중앙역사밖	119구조대	• 화재현장 도착, 대피하는 승객들 구조 (사고당시 1080호의 존재를 파악 못함)
			⊘긴급복구/현장지원 시스템을 통한 구조활동으로 원활한 승객 구조 가능 *(Ⅰ-1-5)* ⊘ 지하역사의 여객 유동 최적화 설계로 단시간 안전 대피 가능 *(Ⅲ-1-4)*

<표 부A.1> 대구지하철 화재사고와 본 사업 기술분야의 연계성 분석(계속)

발생시각	장소	주체	사건 내용 및 대응가능한 본 과제 기술
09:57경	중앙역사 내 지하통로		• 프리몰로 연결되는 지하통로 남북쪽 출구 방화셔터 폐쇄, 승객 대피로 차단 (열감지기가 아닌 연기감지기가 설치됨. 통로 폐쇄로 대피, 배연, 구조활동에 지장)
			⊘ 인명대피·구조가 용이한 방화문, 제연벽 설계 및 최적배치로 승객 안전대피·구조 가능 *(III-1-3, III-1-4)*
09:58경	1080호	승객	• 연기 유입이 급증하자 동요하기 시작, 비명소리 등으로 혼란
			⊘ 철도차량, 시설물 불연/난연소재 개발로 연기발생 최소화 *(III-1-1)* ⊘철도차량 안전대피도 향상으로 긴급상황 시 탈출유도 *(III-1-2)* ⊘지하역사의 화재유체역학적 설계로 배연성능 향상, 승객 질식사 방지 *(III-1-3)*
09:59경	1080호, 운전사령실	기관사, 운전사령	• 전동차 재시동 계속 시도. 추가 전기공급에 대한 미련을 버리지 못함 • 비상전기 급전하면 3회 전기 공급후 전기 재공급이 안되는 사실 알지 못함. 승객대피시간 지연 ※전력사령은 알았으나 전력관계업무에 치중하고 운전사령에게 조언하지 않음. 종합사령실 팀장은 자리 비움 (상무이사 부임에 따른 업무보고, 10:04경에 자리에 복귀)
			⊘ 철도사고 비상대응 절차(승객대피요령 공지)를 통한 피해확산 방지 *(I -1-4)* ⊘ 비상대응 교육훈련을 통한 기관사 능력검증 *(I -2-2)* ⊘ 현장/복구 수습지원 시스템의 작동 *(I -1-5, I -3-2)* ⊘ 전력설비의 안전관리대책 및 기준으로 예방 *(III-4-1)*
10:00경	1080호	기관사	• 종합사령실에 휴대폰 통화, 대책 요구 • 도움요청 목적으로 역무실을 향하여 운전실 문을 열고 나갔으나 가스, 연기 등으로 돌아옴
			⊘ 비상상황 통신대책으로 원활한 비상 시 통신 가능 *(III-4-6)* ⊘ 운전사령, 기관사 자격검증 및 비상대응 교육훈련을 통한 사고피해저감 *(I -2-2)*

<표 부A.1> 대구지하철 화재사고와 본 사업 기술분야의 연계성 분석(계속)

발생시각	장소	주체	사건 내용 및 대응가능한 본 과제 기술
10:04경	1080호	기관사	• 기관사 승객에 대피 권유 방송 • 일부 객실 출입문 개문 (일부 승객 탈출) • 일부 객실 출임문 화재로 인한 고장으로 열리지 않음 • 기관사, 기관실에 있던 6명과 함께 탈출, 탈출하면서 전원키 뽑음 (기관사 경찰진술에서 '승객들이 모두 대피한 것으로 판단하고 키를 빼 탈출했다'진술)
			⊘ 비상대응 매뉴얼 현장보급을 통한 기관사의 바른 판단, 대처로 피해저감 *(I -1-5)* ⊘ 운전사령, 기관사 자격검증 및 비상대응 교육훈련을 통한 사고피해저감 *(I -2-2)*
	1080호	승객	• 객실 출입문 닫힘. 승객들 갇힘
			⊘ 사고 시 탈출방법 교육/홍보를 통한 피해저감 *(I -1-3)*
10:04 이후	1080호	승객	• 갇힌 승객 유독가스, 연기, 화염 등으로 사망
			⊘ 철도차량, 시설물 불연/난연소재 개발로 연기발생 최소화 *(III-1-1)*
10:17	운전사령실	운전사령	• 대구지하철 전 차량에 대해 정지 명령 (화재발생 23분후)
			⊘ 장비투입/외부지원 시스템을 통하여 사고초기부터 효율적 조치로 피해저감에 큰 역할을 할 수 있었을 것임 *(I -1-5)* ⊘ 원격지 지원시스템을 활용한 원활한 피해복구지휘 가능 *(I -1-5)*

라. 대형참사 요인분석

○ 대구지하철 화재 사고는 방화라는 범죄에 의하여 비롯되었으며 이러한 재난의 피해를 최소화하기 위해서는 예방에 의한 대책뿐만 아니라 초기 대처 방안을 포함한 안전관리 대책이 절실히 필요함. 다음의 사항들은 큰 참사로 이어지게 된 요인을 나열한 것임

○ 전동차량 및 시설재료의 내화성능 문제

- 방화범에 의한 방화이후 불은 전동차 내장재를 통하여 매우 빠른 속도로 주위로 번짐
- 전동차나 승강장 등에서 사용되는 내장재는 평상시 승객들에게 쾌적한 환경을 제공하나 화재 시 매우 위험한 재료가 됨
- 1079호 열차에서 발생한 화재로 열차 내는 섭씨 600도 이상의 온도가 되었고 이후에 중앙역사 내로 진입한 1080호 열차는 이러한 열기류 속에 휩싸이게 됨
- 복사열은 전도율이 높은 금속 재질의 차량 표면을 통과해 내장재에 전달됨. FRP로 된 차량의 천장과 벽, 그리고 염화비닐의 바닥은 이러한 열로 곧바로 불타지는 않으나 불에 타는 수소와 탄소를 내뿜으며 열분해 됨
- 가연성 가스는 차량 내부에 차 오르다가 일정 농도를 넘어서 폭발하듯 불길이 치솟았을 것임
- 내장재의 화재안전 개선 연구가 필요하며, 또한 현실적으로 금지할 수 없으므로 내장재 사용을 제한하되 승객들이 불편을 감수할 수 있는 어느 정도로 제한하는가가 중요함. 이러한 것은 관련 재료의 성능 및 연소 특성 등에 대한 연구를 바탕으로 한 공학적인 판단이 필요하게 됨

○ 지하철 재난 설비 및 시스템 문제

- 화재가 발생한 직후 초기 대응이 매우 중요한 사안임에도 지하철 종합사령실 및 역사 내 역무원실 등에서 화재사실을 늦게 인지함
- 차량 및 역사 내 안전감시를 위한 모니터링 시스템의 효율성에 문제가 있음
- 종합사령실, 역, 기관사, 승객, 구급대 간의 비상시 긴급통신 설비도 적절치 못했음
- 화재 발생 시에 다른 열차의 역사 내 진입방지 신호 장치가 없었음
- 화재 등의 비상시 전동차 및 승강장의 배전 시스템에도 문제가 있음. 1080호 전동차는 결국 비상전기를 공급받지 못하고 역을 탈출할 수

없었음

- 사고 당시 역 내의 어느 옥내소화전도 사용될 수 없었음. 화재 발생 초기 많은 스프링쿨러가 작동하여 배관 송수 능력을 넘어서 일부 스프링쿨러는 작동되지 않기도 했으며 옥내소화전의 물이 부족하였음
- 차량 및 역사의 승객 안전대피 시스템의 문제
- 승객의 일차적 탈출을 막았던 출입문의 비상시 작동에서도 문제가 있었음
- 전기가 끊기고 연기로 어두운 지하역사 내를 탈출하기 위한 비상유도등의 배치가 적절치 못했음
- 프리몰로 연결되는 지하통로에 설치된 방화셔터가 열감지기가 아닌 연기감지기에 의하여 화재 초기 폐쇄되어 피난 통로를 차단하고 배연과 구조 활동을 방해함
- 재해발생 시 통보, 대피, 초기소화 활동의 판단과 많은 활동을 요하는 역무원에 대하여 충분한 수의 비상용 산소호흡기가 적절히 배치되지 못했음 (구조활동을 하던 역무원이 유독가스에 의한 사망)

○ 지하철 안전 운영의 제도적 부문 문제

- 사고발생 이후 초기 대처가 잘못되어 피해가 증폭됨
- 훈련 부족과 안전을 위한 소프트웨어적인 관리체제 부실
- 대구지하철은 사고 발생 이전에 비상사태에 대비하여 일주일에 한번 정도로 비상훈련을 하였으나 (한국산업안전공단으로부터 교통부문 안전문화 대상을 수상), 실제로 이어지지 못한 훈련이었음
- 수행된 훈련은 사상자 처리나 사고 전동차 견인 등의 훈련이었고 상황실이 주축이 돼 화재 상황에 대비한 소방훈련은 하지 않음
- 화재 발생의 위급한 순간, 지하철 운행을 통제하는 종합사령실에 필요한 것은 매우 신속하고 냉철한 판단과 지시였으나 적절하지 못하였음
- 1079호 전동차의 불이 번지는 가운데서도 종합사령실은 '맞은편 상행선은 정상 운행하라'는 지시를 내렸고 만일 전기가 끊기지 않았다면 6분 30초 간격을 두고 1080호 전동차를 뒤따르던 1082호 전동차가 화재 역에 진입하여 더 큰 참사가 발생할 수도 있었음

- 형식적이고 과시적인 훈련이 아니라 운영자에서 최고 의사결정자까지 포함된 철저한 훈련이 반드시 필요
- 재해 시나리오에 대한 연구가 부족하였으며 운영자들에 대한 비상시 지침서가 없었음
- 지하철 관련 법령, 운행 관리체계 등의 안전 운영에 관한 제도적 문제의 개선 필요
- 소방본부, 지하철 운영 단체, 지방자치단체, 정부 등이 재난 발생 시 신속한 대응과 정보의 공유를 할 수 있는 유연하고 통합된 시스템이 필요 (실제로 사고에 출동하여 구조활동을 했던 소방대들은 중요한 화재 초기에 1080호의 존재를 파악하지 못함)

2. 독일 ICE 고속열차 탈선/충돌 사고분석

가. 사고 개요

○ 1998년 6월 3일 수요일 11시경 독일 하노버시 서북부 Eschede에서 ICE 884 열차의 탈선/충돌 사고 발생

○ 교각충돌 약 6Km 전 동력차 바로 뒤에 위치한 1번 객차의 3번째 윤축 차륜고장

○ 탄성차륜의 가장자리 또는 금속 슬리브가 차륜으로부터 탈락

○ 고장난 차륜이 분기기를 통과하면서 탈선 및 교각과 충돌하여 교량 붕괴

○ <표 부A.2>에 ICE 고속열차 사고 발생 시까지의 상황을 요약하였고, <그림 부A.3>은 사고현장 사진임

나. 피해내역

○ 인명피해: 189명 (사망 101명, 부상 88명)

- 희생자 피해보상 : 10 million DM($5.4 million)(DB 발표)

- 철도차량회사 손실 : 수십억 DM(추정)

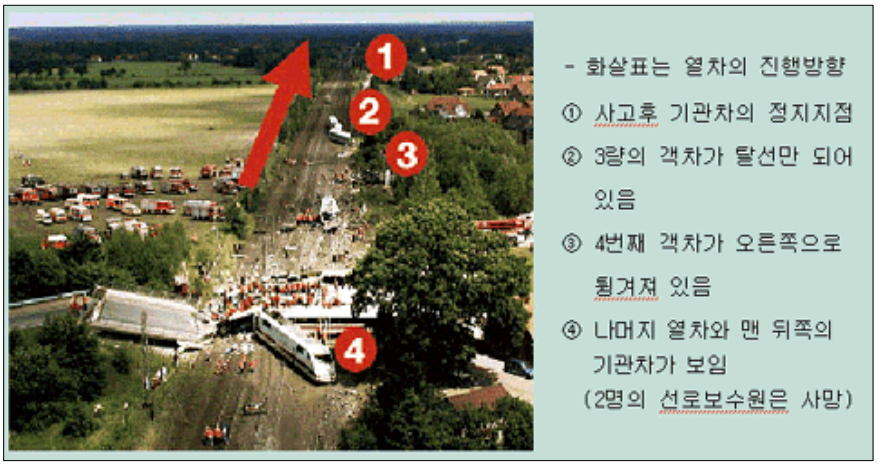
○ 사고수습 인원/장비

- 복구작업원 : 1,889명, 차량 : 400대, 헬기 : 39대

○ 인명 구조 및 사체 수습작업에 거의 1주일 소요. 사건에 대응한 활동은 <표 부A.3>과와 같이 4개의 단계로 나누어 요약함

<표 부A.2> ICE 고속열차 사고(1998년 6월 3일) 발생 시까지의 상황

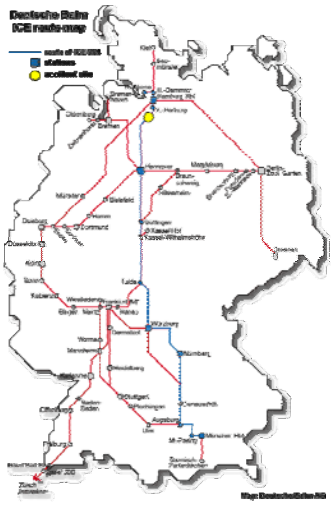
진행단계	시각	주요상황
출발	AM 5:47	ICE884(ICE1) (뮌헨->함부르크->앨토나) AM 5:47 : 뮌헨 Hautbahnhof 출발
정차	AM 10:33	3분간 하노버역 정차 후 함브르크로 출발
이상징후		에쉐드역(Eschede) 6km 전방 열차중앙부 승객 이상진동 감지
사고발생	6/3일 11:03분	에쉐드역 2km 전방 기관사 고가 밑을 통과하자마자 후위 객차의 충격감지 후방열차의 사고 확인
사고후 차량상태	선두동력차	선두기관차 디스크제동장치 비상제동 후 에쉐드역에 정상정지
	1,2,3번 객차	1, 2, 3번 객차 탈선 후 고가를 지나 300m 지점에 정지 3번객차는 탈선후 고가 기둥과 충돌 -> 고가 붕괴시작
	4번 객차	4번객차는 선로변 숲속으로 튕겨나간체 발견
	5번 객차	5번 객차는 붕괴된 고가에 차량의 1/2이 파손된 채 고가를 100m 지나 정지
	6-11번 객차	차량들이 연쇄 탈선 충돌 파손된 차량들이 붕괴된 고가의 잔해와 뒤섞여 엉킨체 발견 8, 9번 차량은 고가의 콘크리트 상판 밑에 파뭍힘
	12번 객차	붕괴된 고가로 인한 파손은 없지만 후부 동력차에 의해 압축됨
	후부동력차	상대적으로 파손없이 탈선하여 정지



<그림 부A.3> 독일 ICE 사고 현장

<표 부A.3> ICE 고속열차 사고(1998년 6월 3일) 단계별 사고수습 대응활동

대응단계	활동내용	
Ⅰ단계 (6/3일 11시～15시)	- 임시 지휘본부 설치 · 비상인원 및 장비투입 · 수색 및 중장비 구난작업 · 갇혀있는 부상자 구출 · 부상자 선별, 치료 및 후송	- 각 대응 기관들의 작업조정 · 중장비와 헬리콥터를 갖춘 군인 190명 · 소방차량과 함께 투입된 소방대원 726명 · 응급의료 헬리콥터 19대 · 앰뷸런스 98대 · 의료진 514명(최소 40명 의사포함)
Ⅱ단계 (6/3일 15시～ 6/4일 12시)	- 통합 지휘 체계 수립 · 2차 수색작업 · 물류작업 · 사체수습 · 초기 대응팀 교대	- 언론대응(첫번째 기자회견) · 사상자 및 부상을 입지않은 탑승자 기록 · 피해자 가족 위로 · 현자 상황보고 시작
Ⅲ, Ⅳ계 (6/4일 12시～ 6/6일 07시)	- 열차 차량인양 - 개인 화물 수거 - 유실사체 수습 및 수색	- 사고 조사 - 홍보(200명이 넘는 기자) - 고위 정치인들에 대한 현장대응
6월 5일 (금요일)	- 4구의 사체들이 추가로 발견, 최종 96구의 사체수습 - 대부분 법의치과학 및 DNA 기록을 통한 신원확인	
6월 6일 (토요일 07시)	- 사고현장 지휘권을 소방국에서 경찰로 이양	



<그림 부A.4> 사고위치



<그림 부A.5> ICE(401) POWER CAR(뮌헨역)

다. 사고내용 및 원인분석

○ 독일교통부의 대변인인 Veit Steinle는 사고 후 사고원인으로 차륜의 파괴에 의한 것으로 추정된다고 발표

○ 사고당시 이 열차는 MD522 대차를 연결하고 200km/h의 속도로 운행

○ 사고원인은 동력차 바로 뒤에 위치한 1번 객차의 3번째 윤축에서 발생

① 현장조사결과

○ 사고지점 부근인 에세데(Eschede)역 약 6km전방에서(거리표시: 55.1km) 타이어와 기타 차륜의 조각이 발견됨. 이 지점의 콘크리트 침목에 길이 20cm, 깊이 4cm의 긁힌 홈을 볼 수 있었으며, 흰 페인트 파편과 찢어진 쇳조각, 콘크리트조각이 발견됨

○ 55.2km 지점에는 레일 사이에 놓여 있는 열차제어를 위한 광섬유케이블이 끊어져 있음

○ 56.4km부터는 부서진 콘크리트 조각이 발견됨. 또한 이 지점으로부터

사고지점까지는 일정한 간격으로 콘크리트 침목에 긁힌(때린) 자국이 발견됨. 이는 무엇인가가 차량하부에 걸려서 규칙적으로 침목을 강타한 자국인 것으로 보임

○ 사고지점은 에세데역으로부터 약 300m 전방으로, 이곳에는 분기기가 있으며 바로 앞쪽에는 고가가 있음

② 추정한 사고진행 상황

○ ICE 884 열차는 에세데역 6km전방에서 탄성차륜의 타이어가 파괴

○ 타이어의 일부분은 대차와 함께 계속하여 침목을 치면서 불안전하게 운행되다가 사고지점의 직전에 있는 분기기의 충격에 의하여 탈선

○ 사고 분기기를 통과할 때, 동력차는 교량 밑을 통과하게 되나 첫 번째 객차가 탈선함으로써 차량의 회전힘에 의하여 동력차와 분리(ICE는 기관사가 임의로 열차를 분리할 수 없음)

○ 차량의 진행속도에 의하여 3량의 객차는 교량을 무사히 통과하였으나 4번째 객차 후미부분이 교량과 충돌하면서 교량을 통과하였고 이때 교량의 붕괴시작

○ 붕괴된 교량 구조물과 5번째 객차 이후의 차량들이 연쇄적인 충돌을 일으키며 뒤엉킴

③ 요인분석

○ 이상진단 시스템의 부재

- ICE는 차륜의 파괴나 탈선에 관한 직접적인 진단시스템이 없음
- 지상 설치물에 의한 윤축의 온도를 측정하여 경보장치가 작동하도록 되어 있으나 이 온도 측정을 위한 장치는 매 50km마다 설치되어 있어 충분한 효과는 발휘되지 못한 것으로 추측됨

- 사고 전까지는 대차의 윤축에 문제가 없었던 것으로 추정

○ 신호시스템의 문제

- ICE는 개발당시 열차나 선로의 안전이 매우 신중히 고려되어 전기적인 신호시스템인 점제어식 열차제어(PZB)와 다정보식 연속제어시스템 LZB(Linienzugbeeinflussung)의 제어장치가 장착되어 있음
- 레일 사이의 두 가닥의 유도선은 열차의 속도와 제동거리의 계산을 위한 주요한 신호를 보내는데, 이를 통해 열차의 위치를 정확히 계산할 수 있으며 유도선 이상 시 자동으로 비상제동 작용됨
- 이번 사고에서는 사고지점(55.2km)에서 이 유도선이 끊어졌다면 비상제동이 작동되어야 함에도 불구하고 제동지령이 발생되지 않았음
- 유도선의 절단 원인은 의문으로 남아 있음
- 컴퓨터로 제어되는 차상장치의 진단시스템은 정상적으로 작동되고 있었음
- 운전자는 교량통과 후, 즉 차량이 분리된 직후 비상제동신호를 인식

○ ICE에 사용된 탄성차륜 검수방법의 문제점

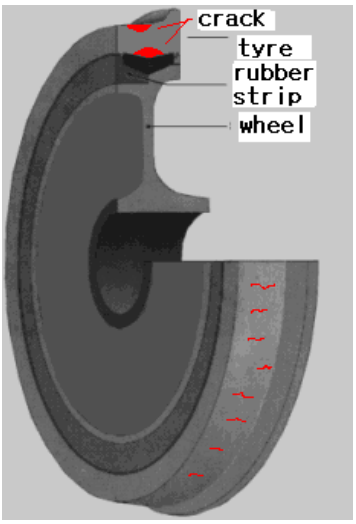
- DB는 기존에 일체형 차륜을 사용하였으나 1992년 승차감의 향상을 위하여 탄성차륜을 채택
- 사용하고 있는 대부분의 탄성차륜은 윤심을 주강으로 제작하고, 윤심과 타이어 사이에 탄성고무를 삽입한 구조임
- 탄성차륜의 검사를 위해서 현재 DB에서 채택하고 있는 방법은 육안검사로서 기관사를 위한 핸드북 295페이지에는 '차륜타이어의 차륜은 깊이 2mm, 넓이 15mm가 손상될 때까지는 운행이 가능하다' 라고 명시되어 있음
- 기관사가 깊이 2mm를 정확히 측정하기 힘들기 때문에 눈으로 확인하는 정도에 그치고 있는 실정임으로 신뢰성있는 검사방법의 도입이 요구됨

○ ICE에 사용된 탄성차륜의 설계 검증 부족(다름슈타트의 LBF Fraunhfer 연구소의 연구보고)

- 타이어 내측부위의 크랙이 차륜파손의 원인이며 이 크랙은 과도한 하중이나 차륜의 마모에 의하여 발생
- ICE 첫 운행 시 파괴역학적 측면에서 차륜의 사용수명까지 차륜의 건전성과 신뢰성을 보장할 수 있는지에 대한 검토가 부족했음
- 현재 DB는 차륜직경이 854mm까지 사용가능한도로 규정하고 있는데 특별히 고안된 차륜피로시험장치로 시험한 결과 880mm이상으로 하여야 차륜의 크랙에 대한 안전성을 보장할 수 있음
- 사고당시 차륜의 직경은 862mm이었음

○ 차륜 진단 및 검수장비의 문제

- 차륜타이어의 이상마모 및 휠의 Alignment를 위한 경보시스템은 4년전 DB연구소에서 개발되었으나 열차 1량당 약 18,000DM의 비용이 필요한 것으로 추정되어 예산상의 문제로 적용을 기피함
- DB가 민영화되면서 타 교통 수단과의 경쟁을 위한 서비스 개선에는 노력하였지만 연구투자 및 안전을 위한 시스템 개발은 등한시함
- ICE의 검수는 매 3,500km(2~3일)에는 육안으로 확인하는 작업만 실시하며, 매 24,000km(약 6개월~1년)에는 추진축 및 대차의 전반에 관한 검수를 실시하고 있으나 이때에도 추진축의 초음파 탐상은 실시하고 있으나 차륜에 대하여는 실시하지 않고 있음
- 기존의 초음파 탐상법은 표면부위의 크랙에 대해서는 비교적 정확하게 진단하지만 표면이 심하게 오염되어있는 경우 그리고 장기간



<그림 부A.6> 탄성차륜

운행에 의하여 발생한 크랙 등에 대해서는 정밀도가 떨어지는 약점이 있음

- 새로운 초음파 탐상법 및 와전류 탐상법 등이 개발되었지만 DB관계자들은 이러한 방법의 적용에 대해 고려하지 않았다는 비난도 직면하고 있음

○ 충돌안전도 설계 미비

- 고속철도의 설계 시에는 전두부 뿐만이 아니라, 객차도 사고로 인한 충돌에 대한 안전도를 고려하여야 하지만 ICE는 아직도 이에 대한 설계의 기준 적용을 미루고 있음
- TGV는 1980년도 중반부터 차량의 안전을 위하여 충돌안전을 고려한 차량설계를 계획하고 실제시험을 실시하였으며, 1994년 TGV-Duplex는 충돌안전을 고려하여 설계하였음

○ 선로 및 분기기의 문제

- 현재 독일에서는 선로의 이용성을 높이기 위하여 고속선로에 화차나, 일반 차량 등을 혼합하여 이용하고 있고, 따라서 전용선로보다 선로의 이상 등의 발생 가능성이 높기 때문에 고속열차의 안전 확보에 문제점을 내포하고 있음
- 사고지점 직전에 있는 분기기의 이상에 대한 지적도 있었으나 DB는 사고 후 분기기의 이상에 대한 증거가 없으며 사고의 직접적인 원인은 아니라고 발표

④ 사고 후 발표된 대책

○ 검사기준치의 강화

- 기관사를 위한 핸드북 295페이지에 있는 '차륜은 깊이 2mm, 넓이 15mm가 손상될 때까지는 운행이 가능하다'라고 명시된 조항은 더욱 엄격히 적용

○ 초음파 탐상(UT)등 검사횟수에 대한 검토

- 보통 이틀에 한번씩(3000km 주행후) 전문가에 의한 확인작업만 실시하고 있으나, 6개월 혹은 7개월 이후 정기적으로 차륜 및 윤축에 관한 UT 실시

○ 고속철도노선에 설치된 교량 등의 구조물에 대한 정밀 조사

- 고속철도 노선에 설치된 구조물은 고속철도의 운행에 따른 연속적인 공기압축현상과 진동에 의하여 연속적으로 하중을 받고 있는 상태
- 독일철도조합의 한 이사는 "사고지점의 교량이 쉽게 파손된 것으로 추정되므로, 모든 교량은 조사되어야 한다"고 언급
- 사고이후 일본은 고속철도 주변의 약 300개의 구조물에 대한 안전진단 실시를 지시(Spiegel지 1998년 6월 9일자)

○ 진단시스템의 상용화에 대한 검토

휠 파손이나 탈선을 감지하기 위하여 차륜의 거동이나 휠의 운동을 진단할 수 있는 진단시스템을 상용화할 것이라고 독일교통부 대변인은 발표 (Das Bild지 1998년 6월 6일자)

라 사고로 인한 파급효과

○ 독일철도는 그 동안 신선건설을 위하여 약 220억 DM을 투자해왔으나, 편성당 가격이 5,000만 DM인 차량과 독일 기술이 한 순간에 추락할 수 있는 위기에 봉착

○ 현재 독일 철도차량회사는 사고로 인하여 수십억 DM의 손해를 본 것으로 추산

○ 사고와 관련 희생자들에게 DB는 10 million DM($5.4 million)을 지불

○ 고속열차사고와 관련 기소된 기관사 등 3명에 대한 재판은 현재도 진행중인데 언론보도에 따르면 기각될 것으로 보인다고 25일시사주간지 슈피겔 인터넷판(2003.4.26)이 보도

- 슈피겔에 따르면 미하엘 될프 주심 판사는 피고인들의 과실치사 유·무죄 여부를 가리지 않은 채 벌금만을 부과하고 사건을 종결할 예정
- 피고들의 유·무죄를 가리는데 결정적인 근거인 전문가들의 증언이 엇갈려 판결을 내리기 어려움
- 상반된 전문가 증언 때문에 재판이 기각될 가능성이 매우 높음
- 사고이후 기관사 등 3명이 과실치사 혐의로 기소된 재판에서는 사고원인이 바퀴나 열차 자체의 결함 때문인지 기관사 등의 과실 때문인지가 쟁점이 됨
- 독일과 스웨덴, 일본, 남아프리카공화국 등의 전문가 13명은 서로 상반된 주장
- ICE 열차사고에 대한 독일의 입장은 아직까지도 원인분석을 놓고 혼미한 상태

○ 독일정부는 ICE사고 이후 철도차량 안전에 대한 연구비 지원을 확대하였고 많은 연구소들이 안전관련 연구를 수행하고 있음

마. 사고수습과정 중 얻은 교훈

① 지휘체계관련 문제

○ 사고초기에 장비부족과 기관간 통신 장애

○ 카운티 소방대장은 팩스와 복사기도 없는 작은 지휘 차량에서 사고 지휘

○ 군과 몇몇 기타 기관들과 무선 통신도 불가능

○ 소방대 및 응급의료원 무선 주파수의 혼잡과 무선전화망의 완전다운

상태

② ICE사고조정, 지휘 및 통제 경험을 통해 제기된 사항

○ 지휘 인원들을 쉽게 식별하여 접근할 수 있도록 해야함

○ 전문 기능 설명이 포함되어 색으로 구분되는 조끼가 이에 대한 가장 좋은 방법으로 이들은 방호복 위에 덧입을 수도 있어야 하고, 필요에 따라 교체할 수도 있어야 함

○ 지휘 본부는 쉽게 식별할 수 있도록 하여야 함 (색 풍선 등으로, 야간에는 스스로 발광하는 특수 풍선도 출시되어야 함)

③ ICE사고 초기 대응 경험을 통해 제기된 사항

○ 긴급 대응팀들이 관할 구역 내를 운행하는 열차의 특성을 확실히 숙지하고 있어야 함

○ 고속열차의 재료 및 구조가 파악되지 못하여 전문 구조작업이 어려움을 겪었음

○ 일정기압이 유지되는 유리창은 큰 망치들로도 깨지지 않았으며, 톱이나 유압식 절단기(jaws-of-life)도 객차의 매끈한 표면에 미끄러졌음

○ 교육용 자재나 화재 및 긴급 운영 시 기술적 구난에 대한 교육 과정을 제공해야 함

○ 긴급 대응팀이 위험물질 대처 및 이들 수요를 만족할 수 있도록 적절한 장비를 갖추도록 함. 예를 들어 현대적인 대젤 기관차는 2,500gallons의 디젤연료를 탑재하므로, 화재가 발생했을 경우 생명을 위협하는 이 불길을 진압하기 위해서는 엄청난 양의 소화 포말이 필요함

④ 언론대응의 문제점

○ 가능한 빨리 공보관을 지정하여야 하며, 대재난 사건을 담당하는 공보관은 수많은 기자들에 대응하는 훈련을 받아야 함

○ 모든 기관들은 각기 다른 사고 단계에 따라 누가 세부사항을 발표할지에 대하여 명확한 합의를 해야 함

○ 서로 다른 발표자들(경찰, 소방, 정부, 철도운영자 등)의 각기 다른 내용으로 부정적인 여론이 야기될 수 있으므로 모든 기관들은 최초 기자 회견 시 각각의 공보관들과 함께 참석해야 함

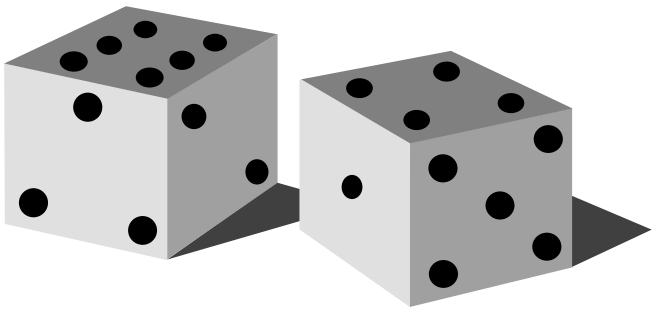
⑤ 외부의 의사 또는 전문가 투입의 사전 절차 마련

○ 외부 관할 지역에서 투입된 전문가들의 업무관계와 이들의 자격 및 경험이 사전에 알려져야 하며 이들에 대한 통보 및 사고 현장까지 이동에 대한 표준절차가 마련되어야 함

○ 시골 및 외딴 지역의 경우 지역 자원봉사 구조원 및 앰뷸런스들이 기존 응급의료원과 함께 훌륭한 지원이 될 수 있음

부록 B. 영국 철도안전연구프로그램 요약

1. 영국 철도안전연구프로그램 (RSRP) 요약



부록 B. 영국 철도안전연구프로그램 요약

1. 영국 철도안전연구프로그램(RSRP)

가. 연구 주제별 분류 (7개 분야, 24개 과제, 217개 소과제)

<표 부C.1> 철도안전연구프로그램(RSRP)의 연구내용 및 예산(2001-2006)

연구분야	연구 과제	연구 예산 (천파운드)
정책 및 위험 평가	- 안전의 경제성 및 효율성에 대한 객관적 평가 - 안전 의사결정 체계 - 위험평가 및 데이터 분석	5,000
안전관리체계	- 안전에 대한 문화적 의식 제고 - 안전관리 체계 구축 - 운영자 측면의 상호 연계성 관리 - 적성 및 자격 검증방법	9,000
차량 및 궤도의 안전기술연구	- 차량-궤도 상호작용관련 안전기술 - 시설의 무결성 - 사고시 차량의 무결성 및 화재안전(인적 피해저감)	20,000
운행안전	- 운행안전관리 체계 - 비정상운행 조건 하에서 임시안전 운행대책 - 비상상황 통신장애 대책 - 선로작업의 안전관리 대책 및 선로변 적치물 관리 방안	10,000
열차 보안 및 제어	- 신호보안 체계를 이용한 열차제어	14,000
공중사상안전	- 무단횡단 - 불법행위 - 역구내 안전체계 - 승객 안전 및 신호보안 체계 - 자살 - 건널목 사고	12,000
인간공학적 안전	- 인적안전 요소 - 신호인지에 의한 위험 저감 및 완화 대책 - 직업병 관리	5,000
계		75,000

나. 세부 연구과제 요약

<표 부C.2> 철도안전연구프로그램(RSRP)의 세부연구과제 요약

연구 과제		연구 내용 요약
차량-궤도 상호작용 관련 안전기술	차축 피로설계	- 차축피로파괴의 원인 규명 - 차축의 설계, 검사, 유지보수 기술 연구
	레일 구름접촉 피로	- 레일 구름접촉 피로 현상관련 기존 연구결과 검토 - 기존 연구결과들의 상이점 분석 및 차후 우선연구 분야 선정
	강풍에 의한 차량전복	- 강풍에 의한 차량전복 계산을 위한 모델링 및 가정들의 수정 및 검증 - 횡풍으로 인한 차량전복에 대한 대책 개발
	차량하중측정방법	- 작업장에서 하물 적재 시 신뢰성 있는 차량 하중 측정 방법
	DC 전류가 궤도회로에 미치는 영향	- 차량에 의해 발생한 DC 또는 저주파 전류가 궤도회로에 미치는 영향 연구
	레일두부 청소장치 (Laserthor)	- 레일 두부 청소시스템 성능 평가 - 본 기술은 차륜/레일 점착 성능 향상과 그에 따른 제동성능 향상을 위한 개선된 방법을 제공함
	구름접촉피로(RCF) 위험모델	- RCF관련 파라미터 및 영향의 이해를 통한 RCF 제어 및 위험관리
	구름접촉피로(RCF) 물리모델	- RCF 크랙 발생 및 진전 메커니즘 규명 및 모델개발 - RCF에 의한 레일파손 연구
	저점착 예측 및 측정	- 차량 운전자가 저점착 상태를 예측하고 관리할 수 있는 도구와 절차 제공
	점착성능 관리 및 최적화 대책	- 통합 점착관리 및 제어 대책 개발 - 효과적인 점착 제어 기술 및 저감 대책 개발
	강풍에 의한 차량의 공기역학적 안정성	- 차량전복, 타고 오르기 탈선, 횡압에 의한 궤도파손 등의 가능성 검토와 함께 저감대책의 필요유무 또는 저감대책의 장점검토
	풍압이 차량에 미치는 영향	- 차량 속도와 돌풍이 차량의 변위 계산을 위하여 적절히 고려되고 있는지 검토

연구 과제		연구 내용 요약
차량-궤도 상호작용 관련 안전기술	차량 후류의 효과	- 차량 통과 시 발생하는 후류의 영향 및 플랫폼의 승객에 미치는 영향
	통과열차 열차풍의 영향	- 열차풍압 변동이 경량 객차 등 이웃차량에 미치는 영향
	터널통과 시 차량내부압력변동	- 터널 통과 시 차량 내부 압력변동 현상의 연구
	탈선사고 저감	- 탈선사고유형분석을 통한 탈선 원인 분석 - 탈선사고가 차량과 궤도의 안전기준 위반에 의한 것인지 안전기준 내에서 발생한 것인지 분석 - 탈선방지 대책의 강구 및 새로운 대책 개발
안전에 대한 문화적 의식 제고	관리자를 위한 안전문화 훈련코스	- 리더십, 관리, 안전 실현을 위한 문화의 본질에 관련한, 산업 전반의 관리자 육성에 기여할 훈련코스의 개발 - 일단 이러한 코스가 개발되면 산업 전반에서 일하고 있는 약 10,000명에 달하는 담당자들을 교육시킬 수 있으리라고 예상됨
	안전 문화의 측정과 벤치마킹	- 효과적인 안전문화의 요소 연구, 그리고 산업계가 개선안을 만드는데 도움이 되는 모델의 개발 - 산업계에서 안전문화가 측정될 수 있는 방법 연구, 그리고 Railway Group 구성원을 위한 기준 수립 - 영국 철도산업의 범주 안에서 안전 문화에 관하여 어떻게 의사소통과 이행을 할 것인지 연구
	안전문화에 대한 영향 연구	- 안전문화에 있어서 리더십의(상급 관리부터 일선의 관리에 이르기까지) 영향에 초점을 맞춤
	안전문화 개선 전략	- 직원의 작업단계에 있어서 뿐만 아니라 승객과 공공을 고려한 문화에의 영향 수립 - 과제와 변화 전략이 수행될 수 있는 틀을 개발

연구 과제		연구 내용 요약
신호보안 체계를 이용한 열차제어	GADEROS	- GADEROS (Gallileo Demonstrator for Railway Operation System): 유럽의 위성항법 시스템을 이용하는 프로그램 - 기차의 위치 추적을 위하여 위성으로부터 데이터를 수신받는, 안전을 위하여 매우 중요한 시스템 신뢰도 결정 및 시작품의 성능과 시스템의 오류 평가 - Railway Safety그룹은 EU지원으로 진행하는 본 과제의 콘소시엄 멤버 중 하나임
	LOCO	- LOCO (Low Cost Integrated Navigation System): 열차 제어 적용을 위한 저비용 통합 항법 시스템 - 기차의 저비용 안전운행을 위하여 위성을 이용한 위치추적 시스템의 개발 가능성 검토 - 차량방호를 위한 시설 비용의 절감과 차량방호를 위한 안전 여유의 증가가 장점
	운전실 시설 인간 환경 공학	- 운전실 안의 ERTMS 장비들을 패키지화하기 위한 인간공학적 요소들의 수립 - 미래의 운전실 디자인의 구성 및 보고
	ERTMS 인자들	- ERTMS 변수와 작동성능 사이의 관계 규정. - 시스템의 장애 없이 안전을 보장하며 운전자의 정상운전을 가능하게 하는 제동곡선(Intervention Curves)의 가능성 검토
	운전자 작업부하와 작동 스펙	- ERTMS운행시 운전자 작업부하와 현재 운전자 작업부하의 비교 평가 기법 수립 - 운전자의 업무나 과도한 업무와 관련 있는 위험을 분석하고 ERTMS 하에서 운전자의 작업부하와 관계되는 안전관련 위험도를 감소시키는 대책의 제안
	열차 파라미터들의 획득 및 관리	- ERTMS 목록안에 포함된 모든 종류의 차량에 대해서 다양한 ERTMS Systems에 의해 요구되어지는 열차 파라미터들의 모든 조합의 인식과 대조
	ERTMS 데이터의 관리	- 요구되는 성능을 발휘하기 위한 적절한 절차, 도구, 메커니즘이 사용수명동안 ERTMS 데이터(디자인, 데이터의 획득, 적용, 유지보수)에 대해 보장되어야 함 - ERTMS 적용을 위해 시설소유자, 차량소유자, 운영자, 유지보수자, 시스템 공급자 등에 의해 요구되는 모든 데이터를 포함해야 함

연구 과제		연구 내용 요약
신호보안 체계를 이용한 열차제어	견인차 및 대차 진동 스펙	- ERTMS에서 요구되는 실제 충격, 진동, 피로하중 기준을 결정하기 위해서 대차 또는 언더프레임에 설치된 장비들을 포함해야 함
	ERTMS으로/부터의 전환 계획	- ERTMS으로/부터의 전환 계획에 필요한 요구조건의 설정 - 운전자의 업무부하로 인한 위험을 실현 가능한 한도 안에서 줄이기 위함
	운전자-기계 인터페이스 (DMI) 결정	- DMI 요구조건 선택, 운전실 DMI에서의 계획된 영역정보, 그리고 TPWS(Train Protection and Warning System)를 관리하기 위한 위험도 기반 기준의 절차 설정
	ERTMS 스펙 하의 외부 운전 정보	- ERTMS 운영의 경우 외부 운전 정보의 설계, 배치, 내용에 대한 지침 제공과 내부와 외부 정보원들의 충돌에 대한 대책 수립
	ERTMS 훈련 필요성 해석	- 관련된 피고용인의 안전에 대한 능력향상을 위한 개인별 교육 필요성의 분석을 위해서 연구, 개념설정, 적절한 절차의 제안
	ERTMS의 제어 담당자의 역할	- ERTMS 등급 1,2,3가 제어자의 기능에 미칠 영향의 숙지를 위해 잠재적 오류 가능성을 결정하고 운행장애의 위험을 최소화하기 위해 필요한 시스템 및 장치의 설계 사양의 분석
	ERTMS을 위한 주행 거리계의 대안	- 스프링 하중 량의 증가가 없고 차륜의 슬립 슬라이드에 영향을 받지 않는 주행 거리계의 차량 장착 방법의 강구
	설치 필요사항	- ERTMS 장비를 설치할 수 있는지를 결정하기 위한 기존차량 조사

연구 과제		연구 내용 요약
신호보안 체계를 이용한 열차제어	점착 관리	- ERTMS가 점착성능 관리에 미칠 변화 및 역으로 점착환경이 ERTMS의 성능저하를 일으키지 않도록 하는 대책의 시스템적 검토
	열차 인터페이스 스펙	- 별도 인터페이스 장치의 설치 없이 '표준' ERTMS 장비를 장착 할 수 있는 차량의 수를 최대화하기 위해 차량내의 ERTMS장비와 기존차량의 제어시스템간의 인터페이스 기술 확립 - 연구결과는 기존차량에 ERTMS장비의 설치를 위한 새로운 표준에 기준으로 사용되며 또한 ERTMS장비가 설치된 신조차량이나 보수 차량을 위한 표준 제정에도 적용될 것임
시설의 무결성	홍수	- 홍수로 인한 철도 구조물의 위험을 평가하기 위한 도구의 검증 및 개선책 제안
	분기기와 건널목의 설계 및 관리	- 분기기와 건널목의 설계, 유지보수 검토 및 개선사항 작성
	기반시설 검토	- FMECA(Failure Modes, Effects, and, Criticality, Analysis)와 관련하여 철도 인프라 시설물의 검토 - FMECA가 설계단계에서 적용되지 않았거나 FMECA를 적용 시 안전 위험 및 제어 옵션에 대한 중요한 통찰력을 제공할 수 있는 인프라 요소에 대하여 연구방향을 제안
	기후 변화와의 관계	- 날씨와 기후의 변화가 철도 안전에 미치는 영향 분석
	Footprint	- 차량과 궤도의 상호작용과 관련하여 차량 및 궤도의 손상에 영향을 주는 요소 파악 및 주행 중 차량의 안전에 미치는 영향 - 철도 안전을 유지 및 향상시키기 위한 궤도 및 차량 유지보수 시기 및 정도의 연구 및 향상된 안전도를 가진 궤도 및 차량 설계 기술 확보

연구 과제		연구 내용 요약
시설의 무결성	전차선 시설의 기계적인 손상	- 전차선 장비의 기계적 장애와 관련한 안전문제의 심도 있는 연구 수행 - 장애의 종류와 안전에 미치는 영향 분석
	전기적 부분에 대한 보호의 개선	- 강체도선(conductor rail) 및 전차선으로부터 승객 및 철도종사원의 보호 방법 연구
	전기적 보전에 관련한 손상	- 궤도회로 등 궤도의 전기적 요소의 포착되지 않은 장애로부터의 위협을 줄이는 방안 연구
	궤도 회로의 응답 모델링	- 궤도 회로의 응답을 모델링하기 위하여 필수적으로 요구되는 요소들의 구성 및 평가를 위한 심도 있는 연구
	DC 전류	- DC 궤도 회로 및 견인전류의 저주파 성분 민감도 특성 분석 및 현재 작동 여유 결정
	궤도 회로 설치 및 응용	- 사용되고 있는 다양한 종류의 궤도회로의 특성 및 상호작용 조사를 통하여 최적설치를 위한 자료 확보
	열차 제어 시스템의 파괴적 손상	- 비상시 대기 제어 판넬 규정을 준수하는 GO/RT3434 규정을 어떤 상황에서 어떻게 적용할 것인지에 대한 지침 제공
	교량 침식 예측	- 강과 하구에 위치한 교량의 침식의 가혹도와 특성에 대한 예측 분야의 개발현황 검토 - 교량 침식 관리의 책임이 있는 모든 나라와 산업체에서 가지고 있는 지식과 현장 경험 조사
	궤도 침목 강성 및 궤도 결함	- 선택된 지역에서의 궤도 결함 발생에 미치는 노반 강성의 영향 조사

연구 과제		연구 내용 요약
시설의 무결성	온도 분포도	- 철도 인프라에 영향을 미치는 온도관련 문제들의 해결을 위해 온도분포 측정 기술의 적용 가능성 검토
	철로의 응력 제로 온도	- 여러 다른 위치에서의 응력제로(SFT, stress free temperature) 온도의 측정을 통한 SFT 변화 원인 규명 - 새롭게 응력이 가해지는 활동의 계획에 활용
	차량이 구조에 미치는 동적 효과	- 철도차량이 구조물에 미치는 동적 효과 평가 - 차량속도, 축중 그리고 객차 및 화차의 공진 효과 등을 고려한 동적 효과 고려
운영자 측면의 상호 연계성 관리	공급망 관리	- 3-5년 뒤 공급망 관리를 위한 산업체의 비전 확립 - 어떻게 품질보증을 할 것이며 통합된 보증망의 효과를 촉진할 것인지 결정을 통하여 공급자 인증 시스템의 향상에 기여
비정상 운행 조건 하에서 임시안전 운행대책	열차 제어 시스템의 장애	- 일련의 연속적 우발 사고들에 의해 큰 장애를 낳는 일을 법한 시나리오 부류의 파악 - 그러한 시나리오로부터의 안전 위험을 관리할 수 있는 접근법 윤곽 그리기 - 이러한 시나리오에 대한 대응책으로서 필요하다고 여겨지는 설비 및 시설의 파악
	변칙적 조치의 폭넓은 이해	- 변칙적이고 퇴화한 조치를 정의하고 그 주원인 파악 - 각각의 조건들에 대하여 안전 용어로 평가하고 관련 안전 위험에 대한 가장 효율적인 접근법이 무엇인지 연구
	속도 제한의 위험 기반 세팅	- 긴급, 임시, 영구 속도 제한 (SRs)의 세팅에서 안전 위험을 다룸 - SRs 부과에 대한 근거 평가

연구 과제		연구 내용 요약
사고시 차량의 무결성 및 화재안전 (인적피해 저감)	Eurostir	- 영국 철도에서의 FSW (Friction Stir Welding)의 적용 연구 - 도구 디자인, 생산성, 유연성, 기계적 특성, 재료 범위에 대해 다룸
	비상시 문 개방	- 그림 표시 기반 표지와 표지의 점멸, 개방 핸들의 사용과 배치를 포함한 이 분야 최선의 방식 확립
	비상시 탈출용 망치	- 그림 표시 기반 표지, 표지의 점멸 관련한 망치의 수와 위치에 관한 최선의 방식 확립 - 망치에 대한 대안의 판단뿐만 아니라 승객 경고 시스템의 작동과 동시에 망치가 풀어지는 시스템의 실행 가능성 평가
	통신 기술	- GSM-R이 어떤 안전상 이득을 제공하는지에 대한 이해 - Cullen 보고서 1부에서의 제안들을 다루는데 필요한 부가적인 기능들이 무엇인지, 언제 어떻게 제공될 수 있는지 연구
	새로운 탈출 경로	- 탈출 해치 (hatch)의 설치 및 고정 창문을 제거 가능한 창문으로 바꾸는 것에 대한 실현 가능성, 위험과 이득 평가
	추가적인 비상시 조명	- 비상시에 보조적인 조명 수단으로서 길의 방향을 알려주는 조명 시스템의 사용과 효율성 연구
	사고 시나리오 개발	- 초기 발단 (예: SPAD)에서부터 끝까지의 사고 시나리오의 정의 - 모든 시나리오가 고려되고 모델링 되어야 함 (속도, 방향, 위치, 부하, 관련 차량, 차량 특성, 외부 조건들 고려)
	열차 동역학	- 사고 관련 차량의 동적 거동에 대한 이해 - 대차와 바퀴 세트의 손실, 선로변 구조물과의 충돌, 각 차량의 거동과 같은 것을 다룸

연구 과제		연구 내용 요약
사고시 차량의 무결성 및 화재안전 (인적피해 저감)	구조적인 충돌에 대한 내구성	- 'crumple zone', 에너지 흡수, 장애물 편향을 포함한 전형적인 단독 차량의 구조적인 거동에 대한 연구 - 운전사의 보호와 관련한 운전실의 구조적인 설계 포함
	실내에서의 충돌에 대한 내구성	- 서로 다른 열차 사고에서 차량 내부에서 어떤 일이 벌어지는지에 대한 연구 - 실내 안전을 향상하는 방법에 촛점을 둠 - 운전실 내의 운전자를 보호하는 방법 (에어백, 시트벨트 등)에 대해 다룸
	화재로부터의 보호	- 차량 화재 방호 특성에 개선을 하기 위한 영국과 외국의 화재 사고 리뷰 - 터널과 교량에서의 화재 리뷰를 포함 - 디젤 연료를 수송하는 방법에 대한 개선이 가능한지를 조사하는 것도 포함
	대피와 통신의 인간 요소들	- 현재의 영국 내 사고 관리 정도 이해 - 미래의 연구는 대피 시험을 포함할 것임
	사고 데이터/ 사고 후 인터뷰	- 이전의 사고 정보에 대한 조사와 미래의 사고들과 어떻게 최적으로 대조할 것인지를 설정
	승객 조사	- 승객이 열차로 여행하는 데 대해 무슨 안전에 관심이 있는지 조사 - 철도 여행에서 안전에 관련하지 않는 것 (신뢰도, 정시성, 안락함)에 비하여 안전 관련 사항들을 더 중요하게 여기는지 조사 - 안전 관련 조치들에 대하여 승객이 어떤 것을 인식하였는지 조사 - 인식한 안전 관련 조치들에 대하여 만족하였는지 조사 - 어떤 안전 관련 조치들이 더 이루어지는 것이 좋을지에 대한 조사

연구 과제		연구 내용 요약
신호인지에 의한 위험 저감 및 완화 대책	SPAD 관리	- SPAD 관리에 기여하는 인자들 파악 - SPAD들의 공통된 정의에 일치시키는 작업
	신호관찰: 상충되는 요구조건들을 관리하기 위한 전략	- 상황실이 상충되는 요구사항을 해결하기 위한 체제를 제공함 - 주요 관찰 신호에 대한 주 요구사항들을 파악하고 이들간의 잠재적인 상충 성을 분석
	기관사 주의 장치 (DRA)	- 현재의 수동과 능동 DRA에 대한 인간요소, 신뢰성, 조작성을 고려한 이해 증진 - 현 driver-set DRA 시스템과 관련된 절차의 표준화를 지원하고, AWS-set DRA 시스템의 안전관련 이득을 평가하는 전략 개발
	기관사 각성 장치	- 기관사의 각성상태를 모니터링 하거나 평가하는데 사용되어질 수 있는 생리적 특성들에 대한 기본적인 연구 - 산업계에서 개발된 각성 장치에 대한 개략 검토 - 철도 환경에서의 적합성 검토 및 현장에서의 평가를 위한 가장 적합한 장치들에 대한 파악
	AWS 이용에 대한 확장	- AWS 이용의 확장이 SPAD에 이르는 인적 잘못의 위험에 변화를 일으키는지, 그 위험 변화의 방향과 성질, 인적 신뢰도가 역으로 영향을 받는 특별한 상황에 대한 연구
	철도 안전을 향상시키는데 데이터 기록기의 역할	- 열차에 탑재된 어느 정도의 데이터 기록기 (OTMR)가 SPAD, 과속 등의 저감에 도움이 되는지에 대한 연구
	기관사 관리자의 역할	- 바람직한 기관사 관리를 위한 권한, 길잡이, 체제를 포함한 기관사 관리의 최적 절차에 대한 결정 - 선발, 훈련, 평가, 모니터링과 관리를 포함한 기관사 관리의 모든 양상에 대하여 고려함

연구 과제		연구 내용 요약
신호인지에 의한 위험 저감 및 완화 대책	SPAD를 저감하기 위한 다른 역할들의 효과	- SPAD 저감에 이해관계가 있는 모든 역할들의 SPAD 인과관계에서 모든 효과를 결정함 - 작업 설계 요인 (조직 구조, 정보교신 등)의 광범위한 범위를 포함한 전체론적인 연구
	SPAD된 신호들의 일반적 인자들	- (Railtrack & HSE에 의해 승인된) 20개의 SPAD 공통 요인들에 대해 다룸 - 심화연구 없이 알려진 일반 SPAD 인과 요인들의 어떤 것이 바로 다루어질 수 있는지를 파악 - 다른 알려진 요소들을 다루기 위해서 어떤 연구가 필요한지와 새로운 요소들을 파악
	SPAD 연구 일람표	- SPAD 저감 및 완화를 위하여, 요인들과 방법들에 대한 현존 연구들의 일람표 작성
	핵심 안전관련 직무자들에 대한 모니터링	- 인간 실수의 늘어나는 잠재성을 사전에 파악할 수 있는 방법에 대한 고찰 - 본 연구는 기관사와 신호하는 자만에 촛점을 맞추는 것이 아니라 SPAD와 이해관계를 가지는 시스템에 속해있는 모든 안전 직무자들을 포함하여야 함
	TPWS관련 운전자 잘못	- TPWS 장착 열차에서 TPWS와 관련된 운전자 잘못의 원인에 대한 파악 - 이상의 운전자 잘못으로 발생할 수 있는 SPAD의 저감을 위한 대채에 대한 제안 도출
	운전자 그룹 비교	- 위험 신호를 생략하는 서로 다른 성향이 있는 다른 기관사 그룹들에 대하여 내재된 이유 (예: 배경, 선발, 훈련, 평가, 관리)에 대한 파악
	신호 조정 장치	- 신호 관찰의 설계를 돕기 위한 시뮬레이션 기법의 잠재성 파악 - 설치과정에 신호 조정을 점검하기 위한 표준화 도구 및 방법의 시작품 제작 - 사건 후 신호 조정을 점검하기 위한 표준화 도구 및 방법의 시작품 제작

연구 과제		연구 내용 요약
신호인지에 의한 위험 저감 및 완화 대책	선로변 주의 장치	- 선로변 주의 장치의 SPAD의 잠재성에 대한 효과 파악, 부족함 파악 및 개선안 제안
건널목 사고	자동 건널목 횡단 위험 장치	- 자동 건널목 횡단 위험 모델을 개선함 - 건널목 횡단의 안전에 대한 이후 개선에 기여
	중앙 분리대 시도	- 중앙 분리대가 어떻게 건널목 횡단 사고 예방에 기여하는지를 파악
	정보 처리	- 도로 및 철도 연구, 방법론, 데이터의 주요 정보 재원을 개발 및 유지 - SMIS로의 개선과 개인 건널목 횡단의 향상된 기록 시스템과 관련함
	건널목에서의 일정한 경고 시간의 표준	- 미국 등의 몇 나라에서는 건널목 경고 시간이 표준화되어 있어 자동차 운전자나 보행자들이 다음 상황을 예측하기 쉬움 (실제로 열차가 매우 가까이 있음을 가정) - 이상의 가정을 영국 시스템에 적용했을 때 큰 안전상 이득이 있을 수 있음을 시험해 볼 필요가 있음
	수동적 건널목 시설에서 향상된 평가 및 통신	- 특별한 건널목 타입과 각 타입에서의 위치관련 문제에 대한 요소 체계들을 고려한 수동적 건널목 시설에서의 위험 연구
	AOCL의 대체 전략	- 안전향상을 위한 자동 반-분리대 횡단으로의 AOCL의 대체에 대한 비용면에서 효율적인 접근법 연구
	경고와 표지에 대한 도로 이용자의 반응	- 최적의 도로 사용자의 반응을 위한 건널목 접근로와 표지에 관한 연구 - 대중의 행동에 영향을 주는데 필요한 것들을 결정하고 어느 개선이 철도와 관련 기관 (경찰, CPS 등)이 유용한 형태로 어떻게 포괄되는지를 연구
	방해물 감지	- 건널목에서의 방해물의 감지에 관한 새로운 기술의 응요에 관한 연구

연구 과제		연구 내용 요약
건널목 사고	부풀 수 있는 경찰 모형	- 평상시 줄어 있다가 건널목 경고 시스템이 작동하면 부풀게 되는 경찰 모형의 도입에 관한 연구 - 본 모형은 조명, 소리, 가로대 등에 더하여 부가적인 경고를 제공함
	공동 작동되는 차단기 또는 가로대 기술의 개발	- 차량이 건널목을 횡단한 이후 수동으로 또는 타임아웃 메커니즘으로 차단할 수 있는 시스템에 대한 연구 - 전자석 또는 유사한 기술이 평가될 것임
	노변 경적 사용	- 운전자 경고 수단으로서의 방향성 경적의 사용에 관한 연구 - 기차의 접근에 작동되는 (타이머나 감지기 이용) 방향성 경적은 특정 도로 이용자에게 겨냥할 수 있음
	상호 작용하는 신호의 사용	- 횡단자 또는 열차가 건널목에 접근하는 것을 경고하는 것의 개선 - 신호계와 인간 요소에 대한 검토를 포함
	사용자가 판단하여 횡단하는 건널목의 위험에 대한 리뷰연구	- 운전자 또는 보행자가 횡단하겠다는 결정을 초래하는 것들에 관련한 수동적인 건널목 시설의 위험요소에 관한 연구 - 사용자의 위험 감지와 위치적인 요소들 간의 관계를 다룸
불법행위	철도 상 CCTV의 최적 사용	- 현존 기술을 잘 이용하고 비용적으로 효율적인 방법 연구 - 신기술을 사용할 수 있는 가능성 연구
	지역적, 전국적인 독창적 제안에 대한 효율성 평가	- 각 제안에 대한 효율성 평가를 위한 실질적인 방법 연구 - 어떤 방식에 의해서 파괴 및 불법 침입에 대한 대안들의 성공을 판단할 수 있는지와 표준적인 비용 정보를 지정
	BTP와 무단 횡단과 파괴에 대한 SMIS 데이터의 연결	- SMIS와 BTP 무단횡단 및 파괴 데이터가 서로 맺어지는지와 이득을 조사
	악의적 파괴 (불법침입)에 대한 비용 모델	- 각각 다른 대책들에 대한 시험을 위한 기반 및 비용 모델의 확립

연구 과제		연구 내용 요약
불법행위	불법 파괴의 내성을 변화시키기 위한 미국의 경험	- 미국의 지하철 (예: 워싱턴DC 지하철)과 영국의 간선과 지하철들의 불법 파괴를 제어하기 위한 접근법과 그 성공의 비교
	청소년 공격자의 철도 참여	- YOS안에 의해 도출된 공중의 철도 참여가 저조한지 파악 - 장해물은 무엇인지와 철도계가 그 기록을 향상시키기 위한 방안
비상상황 통신장애 대책	COMMUNE	- COMMUNE: 영국 철도 환경에서의 통신시스템 - 잠재적인 응용과 사용자들의 통신 필요조건들 결정 - 도입가능하거나 가까운 미래의 통신 기술들이 이러한 필요조건을 만족시키는지와 위성기반 통신 기술이 발휘될 경우의 비용 정도
	안전 긴급 통신	- 운전자와 신호자사이의 안전 긴급 통신의 질이 철도 안전에 가지는 효과를 이해하고 모델링 - 개선 절차 파악 - 운전자/신호자의 안전 긴급 통신의 정량적 평가를 위한 절차의 개발도 다룸
	철도 상의 통신 위험에 대한 이해	- 철도 사고의 발생 이후, 행해지는 통신의 오류의 원인과 효과를 연구 - 보충적인 행동에 대한 제안들 개발
	사고 발생 후 통신	- 철도 상의 구두 통신에서 일어날 수 있는 조작상의 안전 위험의 모든 범주에 대한 파악, 분류, 측량 - 철도 위험을 직접 제어하는 통신의 개요를 제공
무단횡단	불법 침입/파괴 행동양태 조사	- 1998년이래로 불법 침입/파괴에 관하여 중요 행위자의 의향이 어느 정도까지 바뀌었는지에 대한 평가 - 중요 행위자의 의향을 이해함으로써 업계가 문제의 명확한 관점을 가지게 될 수 있음
	성공적인 국가 캠페인으로부터의 전달받을 수 있는 교훈	- 다른 분야 (예: 음주운전)에서의 성공적인 국가 캠페인에 대한 조사와 배울 수 있는 교훈 파악 - 다른 성공적 국가 캠페인 저변에 있는 중요 성공 요소들의 파악
	철도 교육 구조	- 철도 산업 교육안의 설계를 위한 일관된 틀을 성립 - 간단한 교습 활동과 함께 적절한 철도 안전 메세지 개발

연구 과제		연구 내용 요약
무단횡단	문제 관련도 파악	- 서로 다른 기구의 명령들이 어울리지 않거나 명확성의 결여 때문에 안전 조치가 행해지지 않거나 지연되는 모든 주요 영역들의 일소
	성공적인 협력안 성취	- 철도 협력 기관들이 공중에서 일할 때 그들을 더욱 효과적이게 함 - 협력 기관들에 성공적인 협력안 지침을 제공
	저비용 해결안	- 불법 침입/파괴를 막기 위한 저비용의 공학적 해결안 파악 - 어떻게 철도 경계를 더욱 안전하고 덜 공격받게 보이고, 가로지르기 어렵게 할 것인지 촛점을 맞춤
	세번째, 네번째 철도의 특정 위험 방지	- 밤 시간대의 철로 대피선, 역에서의 철도 위험에 대한 공중의 의식 이해 증진 - 알려지거나 덜 알려진 위험을 방지하기위한 새로운 방법의 파악
	개발과 토지 이용 변화의 효과	- 철로 주변의 새로운 개발이나 토지 이용의 변화가 불법 침입/파괴 패턴을 악화시키는지 파악하고, 이러한 발생을 방지하는 방법 연구
역구내 안전체계	머리 위에 설치되는 창유리	- 머리 위의 설치되는 창유리의 안전 설계를 위한 위험 평가 시행 (CIRIA와의 Joint 연구, CIRIA: Construction Industry Research and Information)
	운전자 작동 및 승강장 기반 안전 시스템	- Railtrack이 제어하는 기반 시설에 대한 현 절차를 조사하고 런던 지하철의 것과 비교 - 안전 관련 시스템과 운전자가 승강장-열차 인터페이스에서 안전을 확인하는데 이용하는 시스템 조사 (예: CCTV, 모니터들, 거울, 카메라들)
	역사 바닥 재질	- 역사 바닥에 사용되는 바닥재질 연구 - 바닥, 계단, 경사로, 에스컬레이터 포함 - 미끄러짐, 헛디딤, 낙상에 관련한 승객 행동 연구

연구 과제		연구 내용 요약
역구내 안전체계	역사 내 촉각 감지 표면 및 보도 사용	- 역사에 촉감으로 감지되는 표면의 유형과 위치 그리고 새로운 재질의 사용 가능 조사 - 특정 장애를 가지는 사람들이 역사 내에서 길을 찾는데 도움이 되는 안전 지시 연구 - 공항이나 쇼핑몰 등의 공공 건물에서 이루어지는 것들과 비교
	장애인들을 안내하는 시스템	- 지각 장애를 가지는 사람들이 공간 감각을 더 가질 수 있고 사고를 저감하기 위하여 더 큰 역사로 안내하는 시스템을 더욱 개발
	장애인에게 영향을 주는 역사 내 사고	- 더 많은 조치가 어디에 필요한지를 파악하기 위하여, 장애인들에게 영향을 주는 역사 내 사고에 대한 데이터 수집
	큰 이벤트와 동요 발생원들의 관리	- 스포츠, 콘서트와 같은 주요 이벤트와 동요를 일으키는 평상시외 일들에 대한 기획과 관리를 하는 향상된 방법 조사
	역사 내 화재 위험	- 연기와 질식가스를 포함한 화재로 인한 위험을 평가하고 정량화할 수 있는 적절한, 개편된, 혹은 새로운 방법론 파악 및 개발
	역사 내 열차의 공기역학적 효과	- 지나가는 열차에 의한 공기역학적 효과로부터 역사 이용자들의 위험을 막을 설계 지침을 개발하는 것이 실용적인지에 대한 연구
	승강장 스크린 도어	- 승강장 스크린 도어 (또는 유사한 기술)의 광범위한 응용이 줄 수 있는 이점에 대한 조사
	승강장과 열차 틈	- 열차/승강장 틈으로부터 발생할 수 있는 위험을 감소시키기 위하여 무슨 방안들이 적절한지에 대한 연구
선로작업의 안전관리 대책 및 선로변 적치물 관리	위험 작업 구역의 저변 원인 해석 (1단계)	- 궤도 주변에서 더 안전한 작업을 위하여, 위험 작업 구역의 정도, 무엇과 누가 연루되는지, 무엇이 장애가 되는지에 대한 위치 해석 수행

연구 과제		연구 내용 요약
선로작업의 안전관리 대책 및 선로변 적치물 관리	위험 작업구역의 저변 원인 해석 (2단계)	- 위의 1단계에서 다루는 단일 구역에서 Railtrack이 제어하는 전 기반 시설로 연구를 확장함
	반사 물질이용 표지	- 철도 네트워크에서의 표지에 사용되는 역반사 물체의 개발 평가 및 최적 표지 위치에 대한 연구 - 도로 표지 기술을 철도 산업계로 이전하는 방법들과 표지 위치에 대한 기준을 정의함
	개선된 데이터와 데이터 해석	- 사고 해석을 위한 저변 원인군의 정의를 포함하여 사고가 발생하는 정황에 대한 정보를 유지하기 위한 절차 수립과 시험실시 (TS&PM에서 그로부터 발생하는 문제 다룸)
	공학적 작업의 기획과 관리	- 관리, 기획, 현장인 사이의 경계를 다루고, 현장인으로/으로부터의 정보 흐름에 대해 확립 - 서로 다른 류의 작업을 위한 공학적 접근을 기획하고 관리하는 좋은 수단에 대해 조사 - '일선의 관리와 감독'을 포함한 현장인의 능력 요구조건을 연구
	현장 작업자를 위한 도움	- 기록 보관, 기준/규격 정보와 열차, 보호장치의 위치에 대한 기록 등의 통신과 정보 요구 사항에 관련한 현장 작업의 향상에 초점을 둠
	궤도 작업자들에 대한 능력	- 궤도 안전 책임을 가지는 개인 궤도 작업자와 팀 (예: SPICOP, PICOP, ES, PC, COSS, L/O, Site Warden & Protection Agents)에 대한 능력과 능력 관리에서의 향상안 파악 - 현재의 선발, 훈련, 평가, 배치의 효율성에 대한 연구 - 훈련과 평가를 위한 개선된 절차를 제안
	궤도변 안전 연구	- 궤도 작업자의 행동과 왜 안전하지 않은 조치가 발생하는지를 조사 - Railway Safety와 ISLG (Ifrastructure Safety Liaison Group)과의 공동 위탁으로 수행 - 보고서는 Cranfield 대학에서 준비되어졌음
자살	SOVRN의 최근 발견	- SOVRN (Suicides and Open Verdicts on the Railway Network) 과제로부터 얻어진 최근 발견들에 대한 평가 - 필요한 경우 더 심화된 연구 또는 다른 조치들 제안 - Railway Safety와 NHS Executive Trent에 의해 후원되고 2002년 12월 마감

연구 과제		연구 내용 요약
위험평가 및 데이터 분석	LRM(Layout Risk Method)의 전략적 개발	- 새로운 LRM의 개발의 유연성 고려 - 개선된 사용자 인터페이스, 해석 수행에 드는 시간 저감, 해석의 정확도 향상, 민감도 연구가 가능하도록 성능 개선
	위험 평가 훈련 코스	- 특히 'Railway Safety Case'의 맥락과 관련하여 Railway Group 구성원들이 효율적인 위험성 평가를 하도록 돕는 코스 개발
	안전 지식의 넓은 소스들	- 안전 데이터 정보원에 대한 Railway Safety의 접근을 확장하게 함 - 안전 이외의 전제들에 관련한 것들을 포함한 폭넓은 소스에 대해 요청함으로써 지식의 질을 향상 (예: 유지관련 공학적 데이터, 작동 데이터, 다른 산업계에서 공통적인 원인 데이터)
	관리 실패에 의해 발생하는 위험 요인 평가	- 관리 소홀이 위험에 발생에 기여하는 방법에 대한 이해 향상 - 관리 시스템에 대한 위험 평가를 가능하게 함
	위험관련 평가	- 위험관련 결정의 폭넓은 영향력에 대한 포착 방법의 개선 (특히, 결정이 막대한 투자와 연류되는 곳에서)
	안전 관리 정보 시스템 (SMIS) 향상	- 경향과 패턴을 자동 감지하기 위한 데이터 채굴 기법의 사용을 시험하고, 중복된 기입과 일관되지 않은 묫와 같은 오류를 감지하고 정정할 수 있는 데이터 클리닝 기법을 시험함으로써 SMIS의 가치 향상
	장애 및 노약자들에 대한 위험 판단	- 장애 및 노약자들에 의해 겪어지는 피해가 발행하는 곳에서 어떻게 위험 판단이 행해져야 하는지를 연구
	사고 기록들	- 본 연구 목적은 모든 철도 사망 사고를 포함한 사고 기록을 확장하고자 함
	SMIS 리뷰	- SMIS에 모아지고 저장되어지는 모든 류의 안전 관련 데이터를 조사하고, 누가 모으는지, 누가 어떻게 사용하는지에 대한 조사 - SMIS 자체에 대한 리뷰가 아니며 SMIS 저변에 깔린 근본적 원리에 관한 것임

연구 과제		연구 내용 요약
인적 안전 요소	핵심 데이터	- 표준적 범주들에서 인간 오류에 의한 사고들의 데이터베이스 제공 - 인간 오류 발생의 넓은 정보를 줌으로써 위험 관리 능력과 관련 제어 기법들의 향상을 꾀함
	궤도변 속도 표지	- 속도표지가 있을 때 표지를 읽고 준수할 수 있는 기관사들에 관련한 인간적 요소들에 관함
	인간적 오류 관리와 저감 기법 (HEART)의 개발	- 철도에 HEART 또는 유사한 방법론을 적용하는 유연성 평가 - 산업계에서 사용 중인 선택된 방법론에 대한 개발, 시험, 검증 - HEART 방법론은 주로 원자력 산업계에서 개발되었으며 철도 환경에 직접적으로 적용하기에는 어려움
	인간적 요소들 CD 제2판	- 철도 관련 인간적 요소들의 연구와 지식을 퍼뜨림 - 현재의 CD-Rom 버전을 Update함
	피로와 교대 작업	- 현재의 교대 패턴의 위험성에 대한 이해, 위험 저감 및 제어 전략의 개발 - 현재의 당번/교대 패턴과 관련한 위험 측량 - 위험 저감 전략을 제안, 시험하고 향상된 접근법을 설계하고, 모니터링 시스템을 개선
	기관사 눈동자 운동 기록	- 기관사가 신호를 어떻게 관찰하는지를 해석하기 위한 방법으로서 눈동자 운동을 기록하는 방법의 효용성 연구 - 기관사가 신호를 보는 시간의 길이와 빈도를 고려 - 얼마나 자주 다른 곳을 보는 지와 이상의 인자에 영향을 줄 수 있는 요소들에 대한 연구
	인간 요소 연구를 위한 운전실 시뮬레이터	- 인간 요소 분야에서 연구를 수행하기 위한 목적으로 운전실 시뮬레이터 제작 - 운전실 인간 환경 공학, 피로, 집중, 시각 예민성, 통신 등 연구 - 시뮬레이터는 운전사 훈련, 성능 모니터링, 작동 시나리오 개발 등에 이용될 수 있음
	안전 규칙 순응성	- 안전 관련 규칙 및 절차 (규칙서)의 순응성 정도 향상 - 일상 근무에 규칙서를 이용하는 철도 직원과 그들을 감독하고 관리하는 사람들에 관함 - 규칙서, 기준, 회사별 특정 절차들의 순응성을 포함

연구 과제		연구 내용 요약
인적안전 요소	철도에서의 팀웍	- 철도에 있는 서로 다른 운영상의 팀을 정의함 - 평상시, 비정상시, 긴급상황의 시나리오에 대한 안전과 성취를 향상시키기 위한 팀웍의 최선의 절차 개발
	교대와 피로가 안전에 주는 영향	- 피로와 교대가 능률과 안전에 주는 영향을 파악하고 측량하기 위한 지침과 최적 수단을 제공함
	작업량 관리	- 작업량을 평가하기 위한 방법의 요구사항 정의 - 현재의 작업량 관리 방법이 그러한 요구사항에 부합되는지를 결정
	운전자 오류 데이터 수집	- 운전자 오류 인자들의 이해 증진을 통한 오류에 내성이 있는 시스템을 개발하고 이용하는데 뒷받침함
	이용자 정보 요구사항	- 기관사, 신호자, 선로변 작업자를 포함한 서로 다른 철도 이용자들에 의해 그들의 작업을 완수하기 위해 필요로 하는 정보를 연구함 - 언제 정보가 필요하고 어떻게 통신되는지에 대한 결정에 기반을 제공 - 열차 운전실 환경 등의 효과적인 인간 환경 공학적 설계를 뒷받침함
	운전자 운전 지식	- 안전한 철도 운전에 기본적인 역할을 할 운전사의 지식과 미래에 어떻게 바뀔 수 있는지에 대한 연구
	기관사의 미래 역할	- 운전자의 미래의 역할에 대한 연구 - 운전자 역할, 직무, 작업 구성에 대한 다음 5, 10, 15년 후의 변화 속성
	운전사의 신호 감지에 영향을 주는 중요 요소들	- 운전 중의 모든 운전자 시각적 전략에 대한 연구
	안전에 경험 침식이 주는 영향	- 경험을 유지하는 기준 요구사항이 무엇인지와 무슨 경향이 있는지를 연구
	조명된 신호 배경 검증	- 기존의 배경 대신에 흰색 조명 바탕에서 빨강을 감지하는 시간이 매우 줄어든 시험 결과 (간단한 컴퓨터 모사에 기반)를 조사

연구 과제		연구 내용 요약
운행안전 관리 체계	안전 관련 직원의 오류 조사	- 안전 관련 직원에 의해 행해지는 잘못, 오류, 실수와 그 원인들의 조사를 위한 틀 개발
	성능과 안전	- 시간표 개발과 역량 관리를 포함하여 작업 절차, 조치들, 결정의 안전 관련성 평가를 위한 틀 제공
	혼재된 승객, 화물 운송	- 철도에서의 혼재된 교통 작업 (예: 화물, 승객, 고속열차 등)과 관련한 위험 리뷰
안전관리 체계 구축	철도안전관리에 대한 시스템적 접근	- 전반적인 철도체계의 안전경영의 개요 구성 - 최근 철도사고의 전후관계 조사 개요 - 철도안전으로부터 교훈과 아이디어 도출 - 철도안전관리 체계 조직의 일반적인 모델 생성
	안전보장	- 철도그룹의 다양한 임무 책임자의 서로 다른 책무의 맥락에서 안전보증 행동(감사, 감시와 검사를 안전하게 하는 것)사이의 상호관계 모형 만듦
	표준화 과정	- 약한 부분에 대한 개선을 제안하는 관점에서, 철도그룹의 표준화 과정의 효능을 평가
	사건보고서 작성과 연구	- 사고 파악/보고와 조사에 대한 현재의 철도에서의 방식과 다른 산업계의 방식을 연구하고 개선 방안 제안
	인터페이스 위험 관리	- 선별된 산업 협력 조직들 사이의 안전 관련 인터페이스 영역에 대한 파악 - 인터페이스에서 발생하는 위험의 성격과 범위 파악 - 파악된 인터페이스 위험을 제어할 수 있는 방법 제안
	안전 훈련	- 훈련 대상 선정, 훈련 자료 개발, 훈련자 재질, 훈련 장소 및 시설 적합성, 훈련 코스 시행과 훈련 모니터링을 포함한 개념에서 시행까지의 전 훈련 절차에 대한 리뷰 - 훈련 모듈이 훈련생들이 실제 상황에서 훈련받은 바를 행하게 하는지의 전체적인 효용성 파악 - 훈련 효과에 대하여 필요한 개선 사항 제안
	안전 성능 표준	- 철도에서 주 기반시설 및 이동 자산에 대한 성능 표준의 상용 연구 - 다른 산업계의 방식과 비교하고 연구 다음 단계로서 가능한 개선안 제안

연구 과제		연구 내용 요약
안전관리 체계 구축	안전공학 CMM	- 철도계에 안전관련 공급품의 조달을 위한 안전 공학 CMM (Capability Maturity Model)의 유용성 시험
	안전 벤치마킹	- 영국 및 외국의 다른 산업계에서의 안전 선도 기업으로부터 전달받을 수 있는 최적의 방식을 파악할 수 있는 벤치마킹 도구 개발
	대형 사고를 방지하는 보장 절차의 효능	- 다음 사항들을 위한 발생했던 두개의 대형 사고에 대한 연구 • 현재의 철도 보장 절차들이 기본적인 사고 원인들을 감지하는데 적절하지 않은 영역 파악 • 현재의 철도 보장 절차들이 기본적인 사고 원인들을 감지하였지만 교정된 조치를 하는데 장애가 있었던 영역 파악 • 어떻게 보장 절차들이 강화될 수 있는지 제안
	철도 그룹 표준과 DNV의 Ship Rule 개발 과정	- FSA (Formal Safety Assessment)를 사용하여 Ship Rule의 개발하는데 이용되었던 DNV 접근법과 유사한 방법을 도입하는 것이 RGS (Railway Group Standard)를 개발하고 관리하는 Railway Safety의 방식을 향상시킬 수 있는지에 대한 시험
	심사원단 기반 안전 인증 조직의 효율성	- 산업계에서 이용되는 심사원단을 기반으로 하는 안전 인증 조직의 한 예에 대한 업무 과정 리뷰 - 이러한 심사원단의 강점과 약점 파악 - 심사원단이 효율적으로 운영되는 좋은 절차 및 제안 파악
	안전 통신	- 안전관련 메시지의 양방향 통신이 미팅, 브리핑, 툴박스 대화 등을 통하여 철도와 다른 산업계에서 이용되는 방식 리뷰 - 좋은 방식과 개선안 제안
안전 의사결정 체계	위험요소에 관한 결정절차	- 책임소재를 명확히 하기 위해 업무담당자들의 책임에 관한 일반적인 이해를 숙지하도록 하고 또한 일을 처리할 수 있도록 적합한 도구들을 준비하도록 확인 - 업무담당자들이 각 임무를 처리하기 위해 더 나은 도구들을 준비하기 위함

연구 과제		연구 내용 요약
안전 의사결정 체계	위험요소 결정에 따르는 값과 가중치	- 위험에 대한 사회적인 태도를 평가하기 위해 어떤 방법들이 있는지 확립 - 어떻게 그 방법들을 VPF 생성에 적용할지 확립 - 현재의 VPF 영역에서의 등가 사망자를 계산하는데 이용될 수 있는 가중치 연구
	철도 산업 구조의 영향	- 규제와 외부 압박인자로서 (회사 운영 계약 표에 의하여) 철도사의 작용과 반응에 영향을 줄 수 있는 방식 의 이해 향상 연구 - 규제자와 다른 이들이 그들의 조치가 어떻게 안전에 영향을 미치고 또한 철도 회사의 다른 행동에 영향을 주는지에 대한 이해를 돕게 함
	위험 관련 결정의 국제적인 문제	- 좋은 방안을 파악하고 영국과의 성능 비교를 제공하기 위하여 각 국가들이 안전도를 측정하는 법과 안전 관련 결정을 하는 방법에 대한 연구
	안전, 위험모델 (SRM)의 통계적인 리뷰	- SRM과 다른 모델과의 차이점을 고찰하고 또한 외부통계자료를 통한 엄격한 방편으로 SRM을 향상시킬 방법을 연구
	결정하는 원리	- 예방의 원칙 문제를 포함하여, 위험요소를 결정하는 방법에 대한 연구 - DDA (Disability Discrimination Act)와 작업장에서의 건강 안전 관련 법령과의 잠재적인 충돌에 관한 문제 연구
적성 및 자격검증 방법	차량 유지보수자 직무능력 관리	- 운영자가 유지보수자들의 직무능력관리를 어떻게 할 것인가에 대한 이해도를 높여서 철도안전을 위한 직무능력관리와 안전체계의 향상 도모
	안전에 부합하는 작업절차 분석 도구	- 비숙련자가 연루되어진 곳에서, 숙련자가 안전기준을 만족시키기 어렵게 하여 위기상황을 만들 수 있는 절차 양상 파악 - 절차의 질을 판단할 수 있는 기준과 실행지침을 제공하고 산업체에서 사용할 수 있도록 분석도구를 제공

연구 과제		연구 내용 요약
적성 및 자격검증 방법	다종의 임무수행의 기회와 제약	- 다종의 업무수행과 철도안전과의 관계 조사 및 위험도 평가 - 유지보수 기술자, 차량 운전자, 사령실 운영자 등과 같은 기술적, 운영적 측면의 임무를 가진 자들에게 중요함
	안전관련 임무 평가 기준	- 현장 관리자와 감독자들이 안전성능과 관련된 특성을 결정과정에서 고려할 수 있도록 하는 기준의 제정
	철도업계를 위한 평가 및 검증 핸드북	- 철도업계의 사업을 지원하기 위하여 다음과 같은 고급의 직무능력 평가 및 검증과정을 수립 • 능력 평가 및 검증을 통하여 좋은 사례 제공 • 바람직한 방법과 현재의 방법의 비교 평가를 가능하게 하는 기법 개발 • 최고 업무능력 성취에 대한 지침 제정 • 관련자들을 위한 우수 사례 포럼 개최
	능력개발을 위한 훈련자의 임무	- 산업체의 안전관련 교육의 질을 높이는 방법 연구를 통해 산업체의 직무능력과 교육에 대한 이해도를 높임
	안전관련 재교육	- 안전관련 업무 수행자의 안전관련 능력을 지속적으로 일정 수준 유지하기 위한 방법과 지침 제공
	공급자 관리 능력	- 계약자의 인력수급 안정성을 고려한 공급자들의 안전관련 의식 보장 방법 조사
	자격 및 인증 대책	- 자격증 및 인증체계 구축을 위한 모델 조사 및 실행방법 조사 - 산업체의 인증 체계와 개별기업체의 인증체계의 일관된 관계 구축
	유지보수자의 업무능력	- 다양한 수송산업체에서 행해지는 유지보수자 능력관리 실례를 각 방법의 장점과 제한점을 고려하여 제공

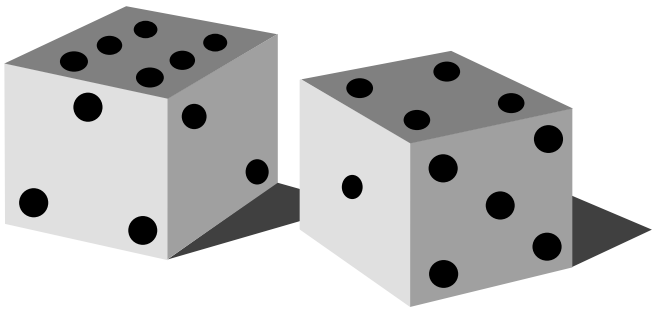
연구 과제		연구 내용 요약
승객 안전 및 신호보안 체계	철도 직원에의 폭력 저감	- 철도 직원에의 폭행을 저감하는 방법에 대한 특정 제안을 개발
	철도에 대한 폭력과 비방	- 철도에의 폭력과 비방에 대한 승객과 철도 직원들의 태도와 경험을 이해하기 위해 데이터를 수집, 대조하고 해석 - 비용 면에서 효율적인 연구를 위한 방안 제안
	폭력과 비방에 대한 철도 직원들의 영향	- 현재의 직원 훈련 프로그램이 작업장 폭력 및 비방을 다루는 내용, 접근법, 효과의 평가 수행 - 서로 다른 직원 그룹에 대한 방지적, 점감적, 자위적, 구속 기법의 상대적 정도를 포함
	감독 역할의 효율성	- 철도와 역사 환경에서 승객과 직원의 안전을 보장하기 위하여 현직원에서 선정된 감독역 또는 새로운 감독역을 도입하는 상대적 효과를 평가
	작업장 폭력을 방지하는 경영 기반 절차	- 산업계에 있는 경영 기반 접근법에 대한 효율성 평가
	승객과 직원에 대한 폭력의 비용	- 직원과 승객에 끼치는 폭력이 철도 산업과 다른 기관 및 조직에 주는 비용을 산정하는 모델 개발
직업병 관리	열차로부터 버려지는 화장실 오물	- 역사 외부와 내부에서 열차로부터 선로에 버려지는 화장실 오물로부터의 보건과 안전 위험에 대한 리뷰
	음주와 약물 남용 정책	- 음주와 마약 정책 관련하여 안전이 중요한 직업이 관련된 산업계에서 이용되는 정책 (금지 정책, 모니터링 방법, 징계 등)에 대한 조사 - 철도업계에서 시도될 현존 가장 좋은 정책을 개발하기 위하여 이들 정책들의 강점과 약점 파악
	철도 종사자들의 청력 모니터링	- 나이를 들어 잃는 청력 부분을 제외하고 작업 환경에 의한 청력 손실을 평가할 수 있는 최신 기술의 고려
	정신적 문제의 관리	- 고용, 건강 감독, 대우와 복직을 망라하는 정책 조사

연구 과제		연구 내용 요약
직업병 관리	직업적 스트레스와 PTSD (Post Traumatic Stress Disorder)	- 각 직무에 관련한 스트레스의 서로 다른 작용, 주요 스트레스 원, 정도 등의 조사
	건강관련 문제들이 안전관련 작업의 능률에 주는 영향	- 잠재적인 효과는 무엇이 될 수 있는지, 느리거나 빠른 징후를 보이는 건강 조건과 그것을 어떻게 관리할 수 있는지를 파악
	무작위의 마약 및 음주 시험의 효과	- 안전을 향상시키는데 무작위의 마약 및 음주 시험이 주는 효과 연구
	작업 외상 관리	- 중재안, 증상 관리, 모니터링 배치, 훈련, 적성에 대한 조사
안전의 경제성 및 효율성에 대한 객관적 평가	철도안전 이해관계자	- 철도안전에 대해서 누가 이해관계자이고 이해관계자들은 서로 어떤 다른 생각을 하고 있는지 조사 - 웹기반 조사나 정보의 전달을 가능하게 하는 다른 혁신적인 방법을 포함한 이해관계자들로부터 의견이나 정보를 획득하는 방법 연구
	핵심 의견 제안자들과 정보의 출처 인식	- 정책 결정자, 승객, 대중들의 의견을 형성하도록 영향을 주는 사람들을 찾고 파악 - 제안자들의 정보의 출처와 제안그룹의 핵심 주체, 안건, 목적의 이해
	철도안전 홍보	- 목표로 하는 다양한 대상에 대해서 철도의 안전성에 대한 정보를 공급하는 가장 효과적인 방법의 수립
	안전과 위험에 대한 인지도 측정	- 철도와 운송수단의 안전성과 위험성에 대한 승객(시민)의 인식도 조사 - 철도의 민영화가 대중의 인지도에 영향을 미칠지에 대한 고려 - 철도의 안전과 위험에 대한 사회적 인지도를 측정하는 가장 좋은 방법의 수립

연구 과제		연구 내용 요약
안전의 경제성 및 효율성에 대한 객관적 평가	철도안전에 대한 대충 매체의 보고 비교 분석	- 도로와 철도의 안전성의 비교를 포함한 다른 운송수단간의 안전성과 다른 위험한 산업/활동의 안전성에 대한 매체의 보고 비교 분석

부록 C. 철도 위험원 분석

1. 영국의 철도 위험원 분석



부록 C. 철도 위험원 분석

1. 영국의 철도 위험원 분석

가. 철도 위험원 목록

<표 부C.1> 철도 피고용인들에 영향을 미치는 위험요인 (계속)

번호	위험원 내역	관련 위험원 참조
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근	
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패	
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자	
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)	
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치	
HW007	비절연 도체(선로주변)	
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)	
HW009	전차선 인접(25kv)	
HW010	수명이 다한 전기기기 접근	
HW011	이동중인 장비에 접근	
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근	
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지	
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재	
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물	
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족	
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거	
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급	
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급	
HW020	선로 상에 이물질 존재	
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장	
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행	
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차	
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이	
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척	
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수	
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행	

번호	위험원 내역	관련 위험원 참조
HW028	열차 정지의 실패	
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업	
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)	
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근	
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재	
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택	
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스	
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리	
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입	
HW037	사면붕괴/홍수 등	
HW038	시설과 비조화인 열차작동	HP031
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간	HP022
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함	
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복	
HW042	개문상태에서 열차주행	
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차	HW051
HW044	이동중인 열차에 승차/하차	
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용	
HW046	작업환경의 부적합한 보안	
HW047	도로상 차량 사고	
HW048	격투, 소란	
HW049	열차상의 부적절한 보안	
HW050	선로 상 파편, 쓰레기	
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출	HN003
HW053	위험 물품 저장	HN041
HW054	유독가스 유입	HP017
HW055	게이지를 벗어난 열차	HP030
HW056	비상제동취급	HP031
HW057	인화물질의 존재	HP032
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용	HP033
HW059	불안정한 열차 비품/수화물	HP034

번호	위험원 내역	관련 위험원 참조
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자	HP044
HW061	탈주열차	HP045
HW062	철도발생 EMI의 다른 분야의 영향	HP028 HP054
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환	
HW064	부적절하게 제한된 신호현시	
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시	
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인	
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압	
HW069	위험신호를 통과하는 기관사의 실수	
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)	
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)	
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락	
HW073	작업 중 부적절한 이동제어	
HW074	레일답면오염	
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환	
HW076	선로전환기 틀림	
HW077	선로전환기의 틀림	
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상	
HW079	트랙틀림	
HW080	수직불평형 및 노반불안정	
HW081	파손레일	
HW082	장출레일/레일형상틀림	
HW083	건널목에서 보호벽 없음	
HW084	접지결함	
HW085	아크발생	
HW086	오수발생	
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진	
HW088	교량붕괴	
HW089	사람보호장구의 부적정/결함	
HW090	차축열검지기	
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족	
HW092	도로차량의 선로로의 침입	

번호	위험원 내역	관련 위험원 참조
HW093	차량의 교량충돌	
HW094	사면붕괴	
HW095	통로의 전선	
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재	
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호	
HW098	기기장비의 부적절한 보호	
HW099	기계류의 과부하 및 탈선	
HW100	기계류의 파손	
HW101	점화원의 존재	
HW102	전원장치의 중단	
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재	
HW104	시설물 붕괴	
HW105	부실적체물의 붕괴	
HW106	고상물의 비보호	
HW107	심리적 압박감	
HW108	부적절한 신호중복	
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패	
HW110	궤간틀림	
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동	
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정	
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류	
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리	
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동	
HW117	부적절하게 설치된 사다리	
HW118	차량 부양의 부적절한 지지	
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)	

<표 부C.2> 철도 승객들에 영향을 미치는 위험원 (계속)

번호	위험요인 내역	관련 위험원 참조
HP001	역 주변의 보안 부적절	
HP002	부적절/미허가 진로 진입 가능성	
HP003	다양한 운영자간의 상호접속 관리 부적절	
HP004	역 주변 교통 관리 부적절	
HP005	과밀 시간 중의 분산 능력 부족	
HP006	일반 통행로의 불충분한 미끄럼방치, 안내, 조명	
HP007	역내의 일반 통행로에 장애물 존재	
HP008	역사 내 돌진	
HP009	철도부지 내 인화물질 존재	
HP010	통제시설물에서의 부적절한 업무수행	
HP011	역내의 고상물의 비보호	
HP012	주변/통제시설 내의 부적절한 업무수행	
HP013	철도 재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	
HP014	역내 공사작업의 부적절한 관리	
HP015	비보호된 전차선이나 3차 궤도와 근접	
HP016	통과 열차로부터의 부적절한 보호	
HP017	유독가스발생	
HP018	통제 시설에 대한 특수상황에서의 비정상적 행동	
HP019	역 과주	
HP020	정지열차에서 승객 개문의 미닫이문	
HP021	플랫폼과 열차 사이의 비보호된 간격	
HP022	적재물에 대한 승객들의 부적절한 수동 취급	
HP023	slam door 닫을 때 승객이나 의복의 끼임.	
HP024	미닫이 문 닫을 때 승객이나 의복의 끼임.	
HP025	개문발차	
HP026	문 건전성 손상	
HP027	열차매달림	
HP028	동시에 한폐색에 2개 열차존재.	
HP029	시설과 맞지않는 열차이동	
HP030	차량한계 이상의 차량	
HP031	비상제동	

번호	위험요인 내역	관련 위험원 참조
HP032	열차 내에 인화물질 탑재	
HP033	열차와 사람 동시에 횡단	
HP034	불안정한 열차 비품/수화물	
HP035	열차 문개폐실패(긴급 시에도)	
HP036	역 구간에서 적정절차에 의하지 않은 모터카나 활차의 이동	
HP037	역 내 선로횡단	
HP038	부적절한 기계적 지지물 또는 전차선 고장	
HP039	역 이외에서의 승객하차(긴급, 열차고장 또는 기본시설 고장)	
HP040	일시 정지된 열차에 승차/하차	
HP041	이동중인 열차에 승차/하차	
HP042	이동중인 열차에서 날아온 물체(총포 포함)	
HP043	열차 내의 부적절한 보안	
HP044	창문 밖으로 기댄 승객/작업자	
HP045	탈주 열차	
HP046	플랫폼 난간에 인접	
HP047	이동중인 열차에서 떨어지는 파편이나 물건	
HP048	열차에서 날아온 물체	
HP049	선로 상의 파편이나 쓰레기	
HP050	안전 기본시설의 유지보수 및 나무/식물의 관리 실패	
HP051	열차 노선 상에 비정상 존재	
HP052	열차/레일 수송차량 적절한 운전 실패	
HP053	비정상 조건에서의 열차 운전	
HP054	철도발생 전자파의 주변영향(EMI)	
HP055	열차접근시 신호가 위험표시로 됨	
HP056	제한된 조건에서 신호가 부적절하게 현시됨	
HP057	신호가 속도제한 없이 현시	
HP058	위험상태에서 부적절한 허가에 의한 통과	
HP059	위험신호통과 - 기관사 실수	
HP060	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)	
HP061	열차정차실패	
HP062	통제구역에 비행기 추락	

번호	위험요인 내역	관련 위험원 참조
HP063	작업 중에 부적절한 이동명령	
HP064	레일답면 오염	
HP065	선로전환기 도중전환	
HP066	선로전환기 위치틀림	
HP067	선로전환기 방향불일치	
HP068	선로전환기 쐐기 및 클립의 부적절	
HP069	궤도틀림	
HP070	궤도수직틀림 및 노반불안정	
HP071	파손레일	
HP072	장출레일/레일형상틀림	
HP073	건널목에서 보호벽 없음	
HP074	접지결함	
HP075	아크발생	
HP076	오수발생	
HP077	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진	
HP078	교량붕괴	
HP079	차축열검지기	
HP080	열차와 플랫폼간의 간격부족	
HP081	도로차량의 선로로의 침입	
HP082	차량의 교량충돌	
HP083	홍수	
HP084	사면붕괴	
HP085	통로의 전선	
HP086	에스컬레이터의 갑작스런 정지	
HP087	천정작업 시에 부적절한 보호	
HP088	점화원의 존재	
HP089	전원장치의 중단	
HP090	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재	
HP091	시설물 붕괴	
HP092	심리적 압박감	
HP093	에레베이터의 재가동(손쓸림)	

번호	위험요인 내역	관련 위험원 참조
HP094	부적절한 신호중복	
HP095	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패	
HP096	궤간틀림	
HP097	과주구간에 미제어 상태로 접근	
HP098	작업 후에 안전하지 않은 상태로 원상 복구한 시설물	
HP099	교량, 구조물에서 떨어진 물체 혹은 전복된 나무	
HP100	주행 주선로와 다른노선과 부적절한 분리	
HP101	다른방향의 출입문 개방	

<표 부C.3> 철도 인근주변에 영향을 미치는 위험요인 (계속)

번호	위험요인 내역	관련 위험원 참조
HN001	어린이 침입	
HN008	성인 침입	
HN002	화물열차로부터 유해물질 유출	
HN003	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출	
HN004	주행철로와 인근주변의 부적절한 분리	
HN005	이동중인 열차에서 떨어지는 파편이나 물건	
HN006	열차에서 버리는 물건	
HN007	철로시설에 인화물질 존재	
HN009	철로 기본시설 상의 안전 보호시설 부족	
HN010	철로시설 건설 중 부적절한 실무	
HN011	대규모 군중 여행, 이동, 하차	
HN012	철로 상의 파편과 쓰레기	
HN013	부적절한 보호장비를 가진 건널목의 자전거	
HN014	건널목의 시야 불량	
HN015	허가되지 않은 작업횡단로 사용	
HN016	장애인이나 행동부자유자의 건널목 이용	
HN017	지나는 열차로부터 사람을 보호하는 건널목의 고장	
HN018	열차에 의하지 않은 건널목작동	
HN019	건널목 오용	
HN020	본래 설계를 벗어난 횡단로 사용	
HN021	LC의 기능성을 고의로 변경하는 행위	
HN022	고의적 시작행위(LC의 허위 작동)	
HN023	LC를 보호하는 신호의 위험신호에서 통과	
HN024	차량과 철교의 충돌	
HN025	육교 위로부터의 물건 및 물질의 떨어짐	
HN026	좁은 육교(철교) 위의 양립 불가능한 통행	
HN027	육교(철교) 위의 과적재	
HN028	철로운영으로 인해 업체, 일반국민, 주변건물, 병원에 발생되는 EMI	
HN036	고가선의 인근 재산으로의 붕괴	
HN029	고가선에 근접하여 있는 업체 및 빌딩 부지의 장비	
HN030	DC 레일 시스템 근처의 구조물 부식	
HN031	근처 구조물의 유도 AC 전압	

번호	위험요인 내역	관련 위험원 참조
HN032	오일이 충전된 케이블로부터 지하수면으로의 오일유출	
HN033	유지보수나 새로운 작업으로 인한 편의시설 손상	
HN034	안전 기본시설의 유지나 나무/식물의 관리 고장	
HN035	터널 붕괴	
HN037	토사붕괴(개착로/제방)	
HN038	일반 통행로의 불충분한 고착, 지원, 조명	
HN039	고가선이나 비보호된 3차 궤도(침입 안됨)와 인접	
HN040	통제시설에 대한 공중 침투	
HN041	위험 상품 저장	
HN042	보행자가 이용하는 육교(철교)상의 부적절한 보호장치	
HN043	열차매달림	
HN044	도로 차량이 선로상의 담/경계에 충돌	
HN045	건널목 상에 정지되어 있는 차량	
HN046	좁은 지하도 상의 양립 불가능한 통행	
HN047	열차점유 중일 때 통로로 활용	
HN048	동시에 2개열차 폐색점유	
HN049	통제구역에서 특이행위에 대한 비정상적인 행위	
HN050	철도 재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	
HN051	부적절하게 제한된 신호현시	
HN052	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시	
HN053	위험신호를 통과하는 기관사의 실수	
HN054	레일답면오염	
HN055	트랙틀림	
HN056	수직불평형 및 노반불안정	
HN057	파손레일	
HN058	장출레일/레일형상틀림	

나. 철도 위험도 일람표

<표 부록D.4> 철도 위험도 일람표 (철도 피고용인들의 경우)

번호	위험요소	시설			
		궤도	노반, 제방, 절토부	교량 및 가교	터널
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근	○		○	○
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패	○			
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자				
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치	○			
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자	○	○		○
HW007	비절연 도체(선로주변)	○		○	
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				
HW009	전차선 인접(25kv)				
HW010	수명이 다한 전기기기 접근				○
HW011	이동중인 장비에 접근				
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근	○			
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지	○			
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재				
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물				
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급				
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	시설			
		궤도	노반, 제방, 절토부	교량 및 가교	터널
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장				
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행	○			
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차				
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수				
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행				
HW028	열차 정지의 실패				
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업	○	○	○	○
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)	○	○	○	○
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근	○	○	○	○
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재	○	○	○	○
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택	○	○	○	○
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스	○	○	○	○
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리	○		○	○
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입	○	○	○	○
HW037	사면붕괴/홍수 등	○	○	○	○
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)	○			○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)	○			
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	시설			
		궤도	노반, 제방, 절토부	교량 및 가교	터널
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복				
HW042	개문상태에서 열차주행				
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)				
HW044	이동중인 열차에 승차/하차				
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				
HW046	작업환경의 부적합한 보안				
HW047	도로상 차량 사고				
HW048	격투, 소란	○	○	○	
HW049	열차상의 부적절한 보안		○	○	○
HW050	선로 상 파편, 쓰레기	○	○	○	○
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	○			
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)	○			
HW053	위험 물품 저장(HN041)	○			
HW054	유독가스 유입(HP017)	○			
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)	○	○	○	○
HW056	비상제동취급(HP031)	○	○	○	○
HW057	인화물질의 존재(HP032)	○	○	○	○
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)	○	○	○	○
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)	○			
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)	○	○		

코드	위험요소	시설			
		궤도	노반, 제방, 절토부	교량 및 가교	터널
HW061	탈주열차(HP045)	○	○		
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)	○	○	○	○
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환	○	○	○	○
HW064	부적절하게 제한된 신호현시	○		○	○
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시	○			
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인	○			
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호	○	○		
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압	○		○	○
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업	○	○	○	○
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)	○	○	○	○
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)	○	○	○	○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락				
HW073	작업 중 부적절한 이동제어	○	○	○	○
HW074	레일답면오염	○	○	○	○
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환				
HW076	선로전환기 틀림	○	○	○	○
HW077	선로전환기의 틀림	○	○	○	○
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상	○			
HW079	트랙틀림				
HW080	수직불평형 및 노반불안정	○			

코드	위험요소	시설			
		궤도	노반, 제방, 절토부	교량 및 가교	터널
HW081	파손레일	○			
HW082	장출레일/레일형상틀림				
HW083	건널목에서 보호벽 없음	○			○
HW084	접지결함	○	○	○	○
HW085	아크발생			○	○
HW086	오수발생	○			
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진				
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함				
HW090	차축열검지기				
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족				
HW092	도로차량의 선로로의 침입				
HW093	차량의 교량충돌				
HW094	사면붕괴				
HW095	통로의 전선	○	○	○	○
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재	○		○	○
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호			○	○
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	
HW099	기계류의 과부하 및 탈선		○	○	○
HW100	기계류의 파손	○	○	○	○

코드	위험요소	시설			
		궤도	노반, 제방, 절토부	교량 및 가교	터널
HW101	점화원의 존재	○			
HW102	전원장치의 중단	○			
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재	○			
HW104	시설물 붕괴	○			
HW105	부실적체물의 붕괴	○	○	○	○
HW106	고상물의 비보호	○	○	○	○
HW107	심리적 압박감	○	○	○	○
HW108	부적절한 신호중복	○	○	○	○
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패	○			
HW110	궤간틀림	○	○		
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	○	○		
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동	○	○	○	○
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정	○	○	○	○
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류	○		○	○
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리	○	○	○	○
HW116	차량기지에서 휠셀 혹은 활차의 부적절한 이동	○			
HW117	부적절하게 설치된 사다리	○			
HW118	차량 부양의 부적절한 지지	○	○		
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)	○		○	○

코드	위험요소	신호			
		연동식 신호	선로변 신호	유색 신호	수기 신호
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근				
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패				
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자	○	○	○	○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치				
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자				
HW007	비절연 도체(선로주변)				
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				
HW009	전차선 인접(25kv)			○	○
HW010	수명이 다한 전기기기 접근				
HW011	이동중인 장비에 접근	○			○
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근				
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지				
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재				
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물				
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급				
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	신호			
		연동식 신호	선로변 신호	유색 신호	수기 신호
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장				
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행				
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차				
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수	○	○	○	○
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행	○	○	○	○
HW028	열차 정지의 실패				
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업	○			
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)	○			
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근	○			
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재	○			
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택	○			
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스				
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리				
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입				
HW037	사면붕괴/홍수 등	○	○	○	○
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)		○	○	○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)				
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	신호			
		연동식 신호	선로변 신호	유색 신호	수기 신호
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복	○	○	○	○
HW042	개문상태에서 열차주행	○	○	○	○
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)	○	○	○	○
HW044	이동중인 열차에 승차/하차				
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				
HW046	작업환경의 부적합한 보안				
HW047	도로상 차량 사고				
HW048	격투, 소란	○	○	○	○
HW049	열차상의 부적절한 보안		○	○	○
HW050	선로 상 파편, 쓰레기	○			
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	○	○	○	○
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)	○			
HW053	위험 물품 저장(HN041)	○			
HW054	유독가스 유입(HP017)	○			
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)	○			
HW056	비상제동취급(HP031)	○			
HW057	인화물질의 존재(HP032)	○			
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)	○			
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)				
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)	○			

코드	위험요소	신호			
		연동식 신호	선로변 신호	유색 신호	수기 신호
HW061	탈주열차(HP045)				
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)				
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환				
HW064	부적절하게 제한된 신호현시				
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시				
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인				
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호				
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압				
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업				
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)				
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)	○	○	○	○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락				
HW073	작업 중 부적절한 이동제어				
HW074	레일답면오염				
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환	○	○	○	
HW076	선로전환기 틀림				
HW077	선로전환기의 틀림	○	○	○	○
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상				
HW079	트랙틀림				
HW080	수직불평형 및 노반불안정	○	○	○	○

코드	위험요소	신호			
		연동식 신호	선로변 신호	유색 신호	수기신호
HW081	파손레일	○	○	○	○
HW082	장출레일/레일형상틀림				
HW083	건널목에서 보호벽 없음		○	○	○
HW084	접지결함	○	○	○	○
HW085	아크발생				
HW086	오수발생				
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진				
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함	○	○	○	○
HW090	차축열검지기	○	○	○	○
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족	○	○	○	○
HW092	도로차량의 선로로의 침입				
HW093	차량의 교량충돌				
HW094	사면붕괴				
HW095	통로의 전선				
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재				
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호				
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	○
HW099	기계류의 과부하 및 탈선		○	○	○

코드	위험요소	신호			
		연동식 신호	선로변 신호	유색 신호	수기 신호
HW100	기계류의 파손	○			
HW101	점화원의 존재	○	○	○	○
HW102	전원장치의 중단	○			
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재	○			
HW104	시설물 붕괴	○			
HW105	부실적체물의 붕괴	○			
HW106	고상물의 비보호	○			
HW107	심리적 압박감	○			
HW108	부적절한 신호중복	○			
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패				
HW110	궤간틀림	○			
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근				
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동				
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정				
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류				
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리				
HW116	차량기지에서 휠셀 혹은 활차의 부적절한 이동				
HW117	부적절하게 설치된 사다리				
HW118	차량 부양의 부적절한 지지				
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)				

코드	위험요소	신호			
		제어			
		신호박스	신호센터	통신	특수신호체계
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근				
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패				
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자	○	○	○	○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치				
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자				
HW007	비절연 도체(선로주변)	○	○		
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				
HW009	전차선 인접(25kv)				
HW010	수명이 다한 전기기기 접근				
HW011	이동중인 장비에 접근	○			
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근				
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지				
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재				
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물				
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급				
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	신호			
		제어			
		신호박스	신호센터	통신	특수신호체계
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장				
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행				
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차				
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수				○
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행				
HW028	열차 정지의 실패				
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업				
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)				
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근	○	○		○
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재	○	○		○
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택	○	○		○
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스	○	○		
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리				
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입	○	○	○	○
HW037	사면붕괴/홍수 등	○			○
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)	○	○	○	○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)				
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	신호			
		제어			
		신호박스	신호센터	통신	특수신호체계
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복				○
HW042	개문상태에서 열차주행				○
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)				
HW044	이동중인 열차에 승차/하차	○	○	○	
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				
HW046	작업환경의 부적합한 보안				
HW047	도로상 차량 사고				
HW048	격투, 소란	○	○	○	○
HW049	열차상의 부적절한 보안	○	○	○	○
HW050	선로 상 파편, 쓰레기				
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	○	○		○
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)				
HW053	위험 물품 저장(HN041)	○	○		○
HW054	유독가스 유입(HP017)	○	○		○
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)				
HW056	비상제동취급(HP031)	○	○		○
HW057	인화물질의 존재(HP032)	○	○		○
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)	○	○		○
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)				
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)	○	○	○	○

코드	위험요소	신호			
		제어			
		신호박스	신호센터	통신	특수신호체계
HW061	탈주열차(HP045)	○	○	○	○
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)	○	○		
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환				
HW064	부적절하게 제한된 신호현시				
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시	○	○	○	○
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인				
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호				
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압				
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업	○	○		○
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)	○	○	○	○
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)	○	○	○	○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락				
HW073	작업 중 부적절한 이동제어				
HW074	레일답면오염	○			
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환	○	○	○	○
HW076	선로전환기 틀림	○			
HW077	선로전환기의 틀림	○			○
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상	○	○	○	
HW079	트랙틀림				
HW080	수직불평형 및 노반불안정	○	○		○

코드	위험요소	신호			
		제어			
		신호박스	신호센터	통신	특수신호체계
HW081	파손레일	○	○	○	○
HW082	장출레일/레일형상틀림				
HW083	건널목에서 보호벽 없음	○	○	○	○
HW084	접지결함			○	
HW085	아크발생				
HW086	오수발생				
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진				
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함				○
HW090	차축열검지기				○
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족				
HW092	도로차량의 선로로의 침입	○	○	○	
HW093	차량의 교량충돌				
HW094	사면붕괴				
HW095	통로의 전선				
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재				
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호				
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	○
HW099	기계류의 과부하 및 탈선	○	○	○	○
HW100	기계류의 파손				

코드	위험요소	신호			
		제어			
		신호박스	신호센터	통신	특수신호체계
HW101	점화원의 존재	○	○		○
HW102	전원장치의 중단				
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재	○	○		○
HW104	시설물 붕괴	○	○		○
HW105	부실적체물의 붕괴				
HW106	고상물의 비보호	○	○		○
HW107	심리적 압박감	○	○		○
HW108	부적절한 신호중복	○	○		○
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패				
HW110	궤간틀림	○	○	○	○
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	○	○	○	○
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동	○	○		
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정				
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류				
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리				
HW116	차량기지에서 휠셀 혹은 활차의 부적절한 이동	○	○	○	○
HW117	부적절하게 설치된 사다리				
HW118	차량 부양의 부적절한 지지				
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)				

코드	위험요소	신호			
		단일 노선			
		노선당 단일차량	승무원	전자승차권	무선전자승차권 블록
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근				
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패				
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자	○	○	○	○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치				
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자				
HW007	비절연 도체(선로주변)				
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				
HW009	전차선 인접(25kv)				
HW010	수명이 다한 전기기기 접근				
HW011	이동중인 장비에 접근				
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근				
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지				
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재				
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물				
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급				
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	신호			
		단일 노선			
		노선당 단일차량	승무원	전자승차권	무선전자승차권 블록
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장				
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행				
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차				
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수				
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행				
HW028	열차 정지의 실패				
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업				
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)				
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근				
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재				
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택				
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스				
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리				
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입				
HW037	사면붕괴/홍수 등				
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)				
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)				
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	신호			
		단일 노선			
		노선당 단일차량	승무원	전자승차권	무선전자승차권 블록
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복				
HW042	개문상태에서 열차주행				
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)				
HW044	이동중인 열차에 승차/하차				
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				
HW046	작업환경의 부적합한 보안				
HW047	도로상 차량 사고				
HW048	격투, 소란	○	○	○	○
HW049	열차상의 부적절한 보안				
HW050	선로 상 파편, 쓰레기				
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동				
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)				
HW053	위험 물품 저장(HN041)				
HW054	유독가스 유입(HP017)				
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)				
HW056	비상제동취급(HP031)				
HW057	인화물질의 존재(HP032)				
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)				
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)				
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)				

코드	위험요소	신호			
		단일 노선			
		노선당 단일차량	승무원	전자승차권	무선전자승차권 블록
HW061	탈주열차(HP045)				
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)				
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환				
HW064	부적절하게 제한된 신호현시				
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시				
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인				
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호				
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압				
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업				
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)				
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)	○	○	○	○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락				
HW073	작업 중 부적절한 이동제어				
HW074	레일답면오염				
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환		○	○	○
HW076	선로전환기 틀림				
HW077	선로전환기의 틀림				
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상				
HW079	트랙틀림				
HW080	수직불평형 및 노반불안정				

코드	위험요소	신호			
		단일 노선			
		노선당 단일차량	승무원	전자승차권	무선전자승차권 블록
HW081	파손레일		○	○	○
HW082	장출레일/레일형상틀림				
HW083	건널목에서 보호벽 없음				
HW084	접지결함				
HW085	아크발생				
HW086	오수발생				
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진				
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함				
HW090	차축열검지기				
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족				
HW092	도로차량의 선로로의 침입				
HW093	차량의 교량충돌				
HW094	사면붕괴				
HW095	통로의 전선				
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재				
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호				
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	○
HW099	기계류의 과부하 및 탈선				
HW100	기계류의 파손				

코드	위험요소	신호			
		단일 노선			
		노선당 단일차량	승무원	전자승차권	무선전자승차권 블록
HW101	점화원의 존재				
HW102	전원장치의 중단				
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재				
HW104	시설물 붕괴				
HW105	부실적체물의 붕괴				
HW106	고상물의 비보호				
HW107	심리적 압박감				
HW108	부적절한 신호중복				
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패				
HW110	궤간틀림				
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근				
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동				
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정				
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류				
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리				
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동				
HW117	부적절하게 설치된 사다리				
HW118	차량 부양의 부적절한 지지				
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)				

코드	위험요소	건널목				
		유인차단 건널목	유인울타리 건널목	자동 반울타리	ABCL	AOCL
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근					
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패	○	○	○	○	○
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자		○	○	○	○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)					
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치					
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자					
HW007	비절연 도체(선로주변)					
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)					
HW009	전차선 인접(25kv)					
HW010	수명이 다한 전기기기 접근					
HW011	이동중인 장비에 접근					
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근					
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지					
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재					
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물					
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족					
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거					
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급					
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급					
HW020	선로 상에 이물질 존재					

코드	위험요소	건널목				
		유인차단건널목	유인울타리건널목	자동반울타리	ABCL	AOCL
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장					
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행					
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차					
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이					
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척					
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수					
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행					
HW028	열차 정지의 실패					
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업					
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)					
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근					
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재					
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택					
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스					
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리					
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입					
HW037	사면붕괴/홍수 등					
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)					
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)					
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함					

코드	위험요소	건널목				
		유인차단건널목	유인울타리건널목	자동반울타리	ABCL	AOCL
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복					
HW042	개문상태에서 열차주행					
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)					
HW044	이동중인 열차에 승차/하차					
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용					
HW046	작업환경의 부적합한 보안					
HW047	도로상 차량 사고					
HW048	격투, 소란	○	○	○	○	○
HW049	열차상의 부적절한 보안					
HW050	선로 상 파편, 쓰레기					
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동					
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)					
HW053	위험 물품 저장(HN041)					
HW054	유독가스 유입(HP017)					
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)					
HW056	비상제동취급(HP031)					
HW057	인화물질의 존재(HP032)					
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)					
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)	○	○	○	○	○
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)					

코드	위험요소	건널목				
		유인차단건널목	유인울타리건널목	자동반울타리	ABCL	AOCL
HW061	탈주열차(HP045)					
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)					
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환					
HW064	부적절하게 제한된 신호현시					
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시					
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인					
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호					
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압					
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업					
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)					
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)			○	○	○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락					
HW073	작업 중 부적절한 이동제어					
HW074	레일답면오염					
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환			○	○	○
HW076	선로전환기 틀림					
HW077	선로전환기의 틀림					
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상					
HW079	트랙틀림					
HW080	수직불평형 및 노반불안정		○	○	○	○

코드	위험요소	건널목				
		유인차단건널목	유인울타리건널목	자동반울타리	ABCL	AOCL
HW081	파손레일					
HW082	장출레일/레일형상틀림					
HW083	건널목에서 보호벽 없음					
HW084	접지결함	○	○	○	○	○
HW085	아크발생					
HW086	오수발생					
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진					
HW088	교량붕괴					
HW089	사람보호장구의 부적정/결함					
HW090	차축열검지기					
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족					
HW092	도로차량의 선로로의 침입					
HW093	차량의 교량충돌					
HW094	사면붕괴					
HW095	통로의 전선					
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재					
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호					
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	○	○
HW099	기계류의 과부하 및 탈선					
HW100	기계류의 파손					

코드	위험요소	건널목				
		유인차단건널목	유인울타리건널목	자동 반울타리	ABCL	AOCL
HW101	점화원의 존재					
HW102	전원장치의 중단					
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재					
HW104	시설물 붕괴					
HW105	부실적체물의 붕괴					
HW106	고상물의 비보호					
HW107	심리적 압박감					
HW108	부적절한 신호중복					
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패	○	○	○	○	○
HW110	궤간틀림					
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근					
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동					
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정					
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류					
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리					
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동					
HW117	부적절하게 설치된 사다리					
HW118	차량 부양의 부적절한 지지					
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)					

코드	위험요소	건널목			
		비보호 횡단	UWC	보도 및 횡단보도	협문 횡단
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근				
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패	○	○	○	○
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자	○			
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치				
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자				
HW007	비절연 도체(선로주변)				
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				
HW009	전차선 인접(25kv)				
HW010	수명이 다한 전기기기 접근				
HW011	이동중인 장비에 접근				
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근				
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지				
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재				
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물				
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급				
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	건널목			
		비보호 횡단	UWC	보도 및 횡단보도	협문 횡단
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장				
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행				
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차				
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수				
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행				
HW028	열차 정지의 실패				
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업				
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)				
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근				
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재				
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택				
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스				
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리				
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입				
HW037	사면붕괴/홍수 등				
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)				
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)				
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	건널목			
		비보호 횡단	UWC	보도 및 횡단보도	협문 횡단
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복				
HW042	개문상태에서 열차주행				
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)				
HW044	이동중인 열차에 승차/하차				
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				
HW046	작업환경의 부적합한 보안				
HW047	도로상 차량 사고				
HW048	격투, 소란	○	○	○	○
HW049	열차상의 부적절한 보안				
HW050	선로 상 파편, 쓰레기				
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동				
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)				
HW053	위험 물품 저장(HN041)				
HW054	유독가스 유입(HP017)				
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)				
HW056	비상제동취급(HP031)				
HW057	인화물질의 존재(HP032)				
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)				
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)	○	○	○	
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)				

코드	위험요소	건널목			
		비보호 횡단	UWC	보도 및 횡단보도	협문 횡단
HW061	탈주열차(HP045)				
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)				
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환				
HW064	부적절하게 제한된 신호현시				
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시				
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인				
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호				
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압				
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업				
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)				
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)			○	
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락				
HW073	작업 중 부적절한 이동제어				
HW074	레일답면오염				
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환	○		○	
HW076	선로전환기 틀림				
HW077	선로전환기의 틀림				
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상				
HW079	트랙틀림				
HW080	수직불평형 및 노반불안정				

코드	위험요소	건널목			
		비보호 횡단	UWC	보도 및 횡단보도	협문 횡단
HW081	파손레일				
HW082	장출레일/레일형상틀림				
HW083	건널목에서 보호벽 없음				
HW084	접지결함				
HW085	아크발생				
HW086	오수발생				
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진				
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함				
HW090	차축열검지기				
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족				
HW092	도로차량의 선로로의 침입				
HW093	차량의 교량충돌				
HW094	사면붕괴				
HW095	통로의 전선				
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재				
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호				
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	○
HW099	기계류의 과부하 및 탈선				
HW100	기계류의 파손				

코드	위험요소	건널목			
		비보호 횡단	UWC	보도 및 횡단보도	협문 횡단
HW101	점화원의 존재				
HW102	전원장치의 중단				
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재				
HW104	시설물 붕괴				
HW105	부실적체물의 붕괴				
HW106	고상물의 비보호				
HW107	심리적 압박감				
HW108	부적절한 신호중복				
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패	○	○	○	
HW110	궤간틀림				
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근				
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동				
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정				
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류				
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리				
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동				
HW117	부적절하게 설치된 사다리				
HW118	차량 부양의 부적절한 지지				
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)				

코드	위험요소	열차				
		화재안전	적합성	구조성능	내장	통신
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근		○		○	
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패	○				
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자		○			○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)					
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치		○			
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자					
HW007	비절연 도체(선로주변)					
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				○	
HW009	전차선 인접(25kv)				○	
HW010	수명이 다한 전기기기 접근					
HW011	이동중인 장비에 접근					
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근					
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지					
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재					
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물		○		○	○
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족					
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거					
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급					
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급					
HW020	선로 상에 이물질 존재					

코드	위험요소	열차				
		화재안전	적합성	구조성능	내장	통신
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장					
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행		○			
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차					
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이					
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척					
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수					
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행					
HW028	열차 정지의 실패					
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업					
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)					
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근					
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재					
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택					
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스					
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리					
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입		○	○		
HW037	사면붕괴/홍수 등					
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)		○	○		○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)					
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함					

코드	위험요소	열차				
		화재안전	적합성	구조성능	내장	통신
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복					
HW042	개문상태에서 열차주행					
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)					
HW044	이동중인 열차에 승차/하차					
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용					
HW046	작업환경의 부적합한 보안					○
HW047	도로상 차량 사고			○		
HW048	격투, 소란					
HW049	열차상의 부적절한 보안					
HW050	선로 상 파편, 쓰레기					
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동					
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)					
HW053	위험 물품 저장(HN041)					
HW054	유독가스 유입(HP017)					
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)					
HW056	비상제동취급(HP031)					
HW057	인화물질의 존재(HP032)					
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)					
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)					
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)					

코드	위험요소	열차				
		화재안전	적합성	구조성능	내장	통신
HW061	탈주열차(HP045)	○				
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)					
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환					
HW064	부적절하게 제한된 신호현시					
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시		○	○		
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인		○			
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호					
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압					
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업			○		
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)		○	○		
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)					
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락					
HW073	작업 중 부적절한 이동제어					
HW074	레일답면오염	○				
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환					
HW076	선로전환기 틀림	○		○	○	
HW077	선로전환기의 틀림					
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상					
HW079	트랙틀림					
HW080	수직불평형 및 노반불안정					

코드	위험요소	열차				
		화재안전	적합성	구조성능	내장	통신
HW081	파손레일					
HW082	장출레일/레일형상틀림					
HW083	건널목에서 보호벽 없음		○	○		○
HW084	접지결함				○	
HW085	아크발생					
HW086	오수발생					
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진			○	○	○
HW088	교량붕괴					
HW089	사람보호장구의 부적정/결함					
HW090	차축열검지기					
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족					
HW092	도로차량의 선로로의 침입					
HW093	차량의 교량충돌					
HW094	사면붕괴					○
HW095	통로의 전선					
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재					
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호					
HW098	기기장비의 부적절한 보호					
HW099	기계류의 과부하 및 탈선					
HW100	기계류의 파손					

코드	위험요소	열차				
		화재안전	적합성	구조성능	내장	통신
HW101	점화원의 존재					
HW102	전원장치의 중단					
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재					
HW104	시설물 붕괴					
HW105	부실적체물의 붕괴					
HW106	고상물의 비보호					
HW107	심리적 압박감					
HW108	부적절한 신호중복					
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패					
HW110	궤간틀림					
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	○				
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동					
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정					
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류					
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리					
HW116	차량기지에서 휠셀 혹은 활차의 부적절한 이동		○	○		
HW117	부적절하게 설치된 사다리		○			
HW118	차량 부양의 부적절한 지지					
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)					

코드	위험요소	열차			
		출입용이	동력시스템	제어시스템	화물
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근	○			
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패				○
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자				○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치				
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자				
HW007	비절연 도체(선로주변)				
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)				
HW009	전차선 인접(25kv)				
HW010	수명이 다한 전기기기 접근				
HW011	이동중인 장비에 접근				
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근				
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지				
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재				
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물	○	○	○	○
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급				
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	열차			
		출입용이	동력시스템	제어시스템	화물
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장		○	○	○
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행		○		○
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차				
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수				
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행				
HW028	열차 정지의 실패				○
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업				
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)				
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근				
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재				
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택				
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스				
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리				
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입	○	○	○	○
HW037	사면붕괴/홍수 등				
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)	○		○	○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)				
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	열차			
		출입용이	동력시스템	제어시스템	화물
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복				
HW042	개문상태에서 열차주행				
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)				
HW044	이동중인 열차에 승차/하차				
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				○
HW046	작업환경의 부적합한 보안				○
HW047	도로상 차량 사고			○	○
HW048	격투, 소란				
HW049	열차상의 부적절한 보안			○	
HW050	선로 상 파편, 쓰레기				
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동				
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)				
HW053	위험 물품 저장(HN041)				
HW054	유독가스 유입(HP017)				
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)				
HW056	비상제동취급(HP031)				
HW057	인화물질의 존재(HP032)				
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)				
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)				
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)				

코드	위험요소	열차			
		출입용이	동력시스템	제어시스템	화물
HW061	탈주열차(HP045)				
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)				
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환				
HW064	부적절하게 제한된 신호현시				
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시			○	○
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인	○	○	○	○
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호				
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압				
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업	○	○	○	○
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)	○	○	○	○
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)				
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락				
HW073	작업 중 부적절한 이동제어				
HW074	레일답면오염				○
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환				
HW076	선로전환기 틀림				○
HW077	선로전환기의 틀림				
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상				
HW079	트랙틀림				
HW080	수직불평형 및 노반불안정				

코드	위험요소	열차			
		출입용이	동력시스템	제어시스템	화물
HW081	파손레일				
HW082	장출레일/레일형상틀림				○
HW083	건널목에서 보호벽 없음	○		○	○
HW084	접지결함	○			
HW085	아크발생				
HW086	오수발생				
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진	○	○		
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함				
HW090	차축열검지기				
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족				
HW092	도로차량의 선로로의 침입				
HW093	차량의 교량충돌				○
HW094	사면붕괴			○	
HW095	통로의 전선				
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재				
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호				
HW098	기기장비의 부적절한 보호				
HW099	기계류의 과부하 및 탈선				
HW100	기계류의 파손				

코드	위험요소	열차			
		출입용이	동력시스템	제어시스템	화물
HW101	점화원의 존재				
HW102	전원장치의 중단				
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재				
HW104	시설물 붕괴				
HW105	부실적체물의 붕괴				
HW106	고상물의 비보호				
HW107	심리적 압박감				
HW108	부적절한 신호중복				
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패				
HW110	궤간틀림				
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근				
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동				
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정				
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류				
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리				
HW116	차량기지에서 휠셀 혹은 활차의 부적절한 이동			○	○
HW117	부적절하게 설치된 사다리	○	○	○	○
HW118	차량 부양의 부적절한 지지				
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)				

코드	위험요소	역			
		역승차장	대합실	비공개지역 및 시설	승강기와에스컬레이터
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근	○			
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패				
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자				
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)				
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치				
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자	○		○	
HW007	비절연 도체(선로주변)				
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)	○	○		
HW009	전차선 인접(25kv)				
HW010	수명이 다한 전기기기 접근	○			
HW011	이동중인 장비에 접근				
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근				
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지				
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재	○	○	○	○
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물				
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족				
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거				
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급				
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급			○	
HW020	선로 상에 이물질 존재				

코드	위험요소	역			
		역승차장	대합실	비공개지역 및 시설	승강기와에스컬레이터
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장				
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행				
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차			○	
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이				
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척				
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수				
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행				
HW028	열차 정지의 실패				
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업				
HW030	부적절한 노선시아를 가진 추진열차(퇴행)				
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근				
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재				
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택				
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스				
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리				
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입				
HW037	사면붕괴/홍수 등	○			
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)				
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)				
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함				

코드	위험요소	역			
		역승차장	대합실	비공개지역 및 시설	승강기와에스컬레이터
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복				
HW042	개문상태에서 열차주행				
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)				
HW044	이동중인 열차에 승차/하차				
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용				
HW046	작업환경의 부적합한 보안				
HW047	도로상 차량 사고				
HW048	격투, 소란	○	○	○	
HW049	열차상의 부적절한 보안	○			
HW050	선로 상 파편, 쓰레기				
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동				
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)				
HW053	위험 물품 저장(HN041)				
HW054	유독가스 유입(HP017)				
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)				
HW056	비상제동취급(HP031)				
HW057	인화물질의 존재(HP032)				
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)				
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)				
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)				

코드	위험요소	역			
		역승차장	대합실	비공개지역 및 시설	승강기와에스컬레이터
HW061	탈주열차(HP045)				
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)				
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환	○		○	
HW064	부적절하게 제한된 신호현시				
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시				
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인	○			
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호				
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압				
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업	○			
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)				
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)				○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락	○	○		○
HW073	작업 중 부적절한 이동제어	○	○	○	
HW074	레일답면오염	○			
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환	○	○	○	○
HW076	선로전환기 틀림			○	
HW077	선로전환기의 틀림	○			
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상				
HW079	트랙틀림	○	○	○	○
HW080	수직불평형 및 노반불안정				

코드	위험요소	역			
		역승차장	대합실	비공개지역 및 시설	승강기와에스컬레이터
HW081	파손레일				
HW082	장출레일/레일형상틀림				
HW083	건널목에서 보호벽 없음				
HW084	접지결함				
HW085	아크발생		○	○	
HW086	오수발생				
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진				
HW088	교량붕괴				
HW089	사람보호장구의 부적정/결함				
HW090	차축열검지기				
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족				
HW092	도로차량의 선로로의 침입				
HW093	차량의 교량충돌				
HW094	사면붕괴				
HW095	통로의 전선	○	○	○	
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재	○		○	
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호			○	
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	○	
HW099	기계류의 과부하 및 탈선	○			
HW100	기계류의 파손				

코드	위험요소	역			
		역승차장	대합실	비공개지역 및 시설	승강기와에스컬레이터
HW101	점화원의 존재				
HW102	전원장치의 중단				
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재				
HW104	시설물 붕괴				
HW105	부실적체물의 붕괴				
HW106	고상물의 비보호				
HW107	심리적 압박감				
HW108	부적절한 신호중복				
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패				
HW110	궤간틀림				
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근				
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동				
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정	○		○	
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류				
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리				
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동				
HW117	부적절하게 설치된 사다리	○			
HW118	차량 부양의 부적절한 지지				
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)				

코드	위험요소	역		
		화재안전	지하	주차
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근			
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패			
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자			
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)			
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치			
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자		○	
HW007	비절연 도체(선로주변)			
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)		○	
HW009	전차선 인접(25kv)		○	
HW010	수명이 다한 전기기기 접근		○	
HW011	이동중인 장비에 접근			
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근		○	
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지		○	
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재	○	○	
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물			
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족			
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거			
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급			
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급			
HW020	선로 상에 이물질 존재			

코드	위험요소	역		
		화재안전	지하	주차
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장			
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행			
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차			
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이			
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척			
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수			
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행			
HW028	열차 정지의 실패			
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업		○	
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)			
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근			
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재			
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택			
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스	○	○	
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리			
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입			
HW037	사면붕괴/홍수 등		○	
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)		○	
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)		○	
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함			

코드	위험요소	역		
		화재안전	지하	주차
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복			
HW042	개문상태에서 열차주행			
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)			
HW044	이동중인 열차에 승차/하차			
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용			
HW046	작업환경의 부적합한 보안			
HW047	도로상 차량 사고			
HW048	격투, 소란	○	○	
HW049	열차상의 부적절한 보안		○	
HW050	선로 상 파편, 쓰레기		○	
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동			
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)			
HW053	위험 물품 저장(HN041)			
HW054	유독가스 유입(HP017)			
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)			
HW056	비상제동취급(HP031)			
HW057	인화물질의 존재(HP032)			
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)			
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)			
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)			

코드	위험요소	역		
		화재안전	지하	주차
HW061	탈주열차(HP045)	○	○	
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)	○	○	
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환	○	○	
HW064	부적절하게 제한된 신호현시			
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시	○	○	
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인	○	○	
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호			
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압			
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업		○	
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)			
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)		○	
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락		○	
HW073	작업 중 부적절한 이동제어		○	
HW074	레일답면오염	○	○	
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환		○	
HW076	선로전환기 틀림	○	○	
HW077	선로전환기의 틀림		○	
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상		○	
HW079	트랙틀림			
HW080	수직불평형 및 노반불안정			

코드	위험요소	역		
		화재안전	지하	주차
HW081	파손레일			
HW082	장출레일/레일형상틀림		○	
HW083	건널목에서 보호벽 없음		○	
HW084	접지결함			
HW085	아크발생		○	
HW086	오수발생		○	
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진			
HW088	교량붕괴			
HW089	사람보호장구의 부적정/결함			
HW090	차축열검지기			
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족			
HW092	도로차량의 선로로의 침입			
HW093	차량의 교량충돌			
HW094	사면붕괴			
HW095	통로의 전선	○	○	
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재	○	○	
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호	○	○	
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○	
HW099	기계류의 과부하 및 탈선		○	
HW100	기계류의 파손		○	

코드	위험요소	역		
		화재안전	지하	주차
HW101	점화원의 존재			
HW102	전원장치의 중단			
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재			
HW104	시설물 붕괴			
HW105	부실적체물의 붕괴			
HW106	고상물의 비보호			
HW107	심리적 압박감			
HW108	부적절한 신호중복			
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패			
HW110	궤간틀림			
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	○	○	
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동	○	○	
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정	○	○	
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류			
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리			
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동	○	○	
HW117	부적절하게 설치된 사다리	○	○	
HW118	차량 부양의 부적절한 지지			
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)			

코드	위험요소	견인시스템				
		대인방호	AC	DC	디젤	증기
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근					
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패					
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자		○	○		
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)					
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치					
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자					
HW007	비절연 도체(선로주변)					
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)					
HW009	전차선 인접(25kv)					
HW010	수명이 다한 전기기기 접근					
HW011	이동중인 장비에 접근					
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근			○		
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지					
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재					
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물					
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족					
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거					
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급					
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급					
HW020	선로 상에 이물질 존재					

코드	위험요소	견인시스템				
		대인방호	AC	DC	디젤	증기
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장	○	○			
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행	○	○			
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차					
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이					
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척					
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수					
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행					
HW028	열차 정지의 실패	○	○	○	○	○
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업					
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)					
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근					
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재					
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택					
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스					
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리					
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입		○	○	○	○
HW037	사면붕괴/홍수 등					
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)	○	○	○	○	○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)					
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함					

코드	위험요소	견인시스템				
		대인방호	AC	DC	디젤	증기
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복					
HW042	개문상태에서 열차주행					
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)					
HW044	이동중인 열차에 승차/하차					
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용	○	○	○	○	○
HW046	작업환경의 부적합한 보안	○	○	○	○	○
HW047	도로상 차량 사고	○	○	○	○	○
HW048	격투, 소란					
HW049	열차상의 부적절한 보안	○	○	○	○	○
HW050	선로 상 파편, 쓰레기					
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동					
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)					
HW053	위험 물품 저장(HN041)					
HW054	유독가스 유입(HP017)					
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)					
HW056	비상제동취급(HP031)					
HW057	인화물질의 존재(HP032)					
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)					
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)					
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)					

코드	위험요소	견인시스템				
		대인방호	AC	DC	디젤	증기
HW061	탈주열차(HP045)	○		○		
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)					
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환					
HW064	부적절하게 제한된 신호현시					
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시	○	○	○	○	○
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인					
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호					
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압					
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업		○	○	○	○
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)		○	○	○	○
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)					
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락					
HW073	작업 중 부적절한 이동제어					
HW074	레일답면오염			○	○	
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환		○	○	○	○
HW076	선로전환기 틀림	○			○	○
HW077	선로전환기의 틀림					
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상					
HW079	트랙틀림					
HW080	수직불평형 및 노반불안정					

코드	위험요소	견인시스템				
		대인방호	AC	DC	디젤	증기
HW101	점화원의 존재					
HW102	전원장치의 중단					
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재					
HW104	시설물 붕괴					
HW105	부실적체물의 붕괴					
HW106	고상물의 비보호					
HW107	심리적 압박감					
HW108	부적절한 신호중복					
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패					
HW110	궤간틀림					
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	○		○		
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동					
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정					
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류					
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리	○	○	○	○	○
HW116	차량기지에서 휠셀 혹은 활차의 부적절한 이동	○	○	○	○	○
HW117	부적절하게 설치된 사다리					
HW118	차량 부양의 부적절한 지지					
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)					

코드	위험요소	보조 지역	
		창고	대피선
HW001	잘못된 진로를 통해 궤도에 접근		
HW002	정비작업을 위한 정확한 위치파악 실패	○	○
HW003	안전지대에서 위험지대로 진입한 작업자	○	○
HW004	안전위치가 아닌 곳에의 선로변 작업자(작업자가 열차를 인식)		
HW005	선로변에 장비 및 기기의 방치	○	○
HW006	위험위치에서 작업하는 선로변 작업자	○	○
HW007	비절연 도체(선로주변)		
HW008	비절연 도체의 접근(DC 경우)		
HW009	전차선 인접(25kv)		
HW010	수명이 다한 전기기기 접근		
HW011	이동중인 장비에 접근		
HW012	작동중인 기본시설(예, 포인트 기계)에 접근	○	○
HW013	궤도근처에 높은 적재물의 부적절한 지지	○	○
HW014	로컬제어 방식의 건널목 존재		
HW015	이동중인 열차에서 발생되는 비산물		
HW016	위해 물질 취급/접근에 대한 보호조치부족	○	
HW017	궤도에서의 쓰레기(동물) 제거	○	○
HW018	도구, 재료, 장비의 부적절한 취급	○	○
HW019	적절한 주의 없이 트리거장치 취급	○	
HW020	선로 상에 이물질 존재	○	

코드	위험요소	보조 지역	
		창고	대피선
HW021	적절하게 운전하는 열차/수송차량의 고장		
HW022	열차 승무원의 차량한계 내의 선로주변 보행	○	
HW023	비정상 통보용 신호에서 열차정차	○	
HW024	비정상 승객이나 무임 승차자와 직원과 실갱이		
HW025	주행열차의 전두부에 물체의 현수나 주행열차에 이물질 투척		
HW026	실수를 유발시킬 수 있는 민감성을 자극에 따른 작업자의 실수		
HW027	비정상 조건 하의 열차 운행		
HW028	열차 정지의 실패	○	○
HW029	열차조성동안에 열차 사이에서의 작업	○	○
HW030	부적절한 노선시야를 가진 추진열차(퇴행)	○	○
HW031	신호장치 함에 부적절한 접근	○	○
HW032	신호장치 함에 인화물질 존재	○	○
HW033	토큰을 교환하지만 지름길 선택	○	○
HW034	재난을 복구하는 동안의 철도와의 인터페이스	○	○
HW035	허가작업 중에 부적절한 관리		
HW036	한 폐색에 동시에 두 대의 열차 동시진입	○	○
HW037	사면붕괴/홍수 등	○	○
HW038	시설과 비조화인 열차작동(HP031도 참조)	○	○
HW039	플랫폼과 열차간의 비보호 공간(HP022)		○
HW040	작업지역의 미끄러움, 지원, 조명의 불충분함		

코드	위험요소	보조 지역	
		창고	대피선
HW041	다리, 구조물에서의 낙하물 및 나무전복		
HW042	개문상태에서 열차주행		
HW043	일시 정지된 열차에 승차/하차(HW051)		
HW044	이동중인 열차에 승차/하차		
HW045	도구(tool)의 잘못된 유지보수/사용	○	○
HW046	작업환경의 부적합한 보안	○	○
HW047	도로상 차량 사고	○	○
HW048	격투, 소란	○	○
HW049	열차상의 부적절한 보안	○	○
HW050	선로 상 파편, 쓰레기	○	○
HW051	철도재산과 열차에 대한 고의 위협/행동	○	○
HW052	가연성 가스의 유해물질/누적물질 유출(HN003)	○	○
HW053	위험 물품 저장(HN041)	○	○
HW054	유독가스 유입(HP017)	○	○
HW055	게이지를 벗어난 열차(HP030)	○	○
HW056	비상제동취급(HP031)	○	○
HW057	인화물질의 존재(HP032)	○	○
HW058	열차와 사용자가 동시에 선로사용(HP033)	○	○
HW059	불안정한 열차 비품/수화물(HP034)		
HW060	창문 밖으로 기댄 승객/작업자(HP044)		

코드	위험요소	보조 지역	
		창고	대피선
HW061	탈주열차(HP045)	○	○
HW062	열차발생에 의한 전자기 방해(EMI)	○	○
HW063	열차접근에 따라 신호가 위험신호로 변환	○	○
HW064	부적절하게 제한된 신호현시		
HW065	속도표시(색등조합)가 없는 신호기 현시		
HW066	위험에서 신호를 통과하도록 기관사에 부적절한 승인		
HW067	기관사 실수에 의한 위험신호	○	○
HW068	유지보수 중에 있는 열차의 이동 혹인 동력가압		
HW069	움직이는 물체 옆의 좁은 공간에서 작업	○	○
HW070	밀폐된 장소에서 작업(산소결핍)	○	○
HW071	밀폐된 장소에서 작업(내부에 갇힘)	○	○
HW072	관리되는 시설물에 비행기 추락		
HW073	작업 중 부적절한 이동제어	○	○
HW074	레일답면오염	○	○
HW075	열차 위에서 선로전환기 도중전환	○	○
HW076	선로전환기 틀림	○	○
HW077	선로전환기의 틀림	○	○
HW078	선로전환기의 쐐기 및 클립의 이상		
HW079	트랙틀림		
HW080	수직불평형 및 노반불안정		

코드	위험요소	보조 지역	
		창고	대피선
HW081	파손레일	○	○
HW082	장출레일/레일형상틀림	○	○
HW083	건널목에서 보호벽 없음	○	○
HW084	접지결함		
HW085	아크발생	○	○
HW086	오수발생		○
HW087	가연 혹은 유도매연, 증기 혹은 분진		
HW088	교량붕괴		
HW089	사람보호장구의 부적정/결함		
HW090	차축열검지기		
HW091	열차와 플랫폼간의 간격부족		
HW092	도로차량의 선로로의 침입		
HW093	차량의 교량충돌	○	○
HW094	사면붕괴	○	
HW095	통로의 전선	○	○
HW096	통로에 통행을 방해하는 지장물존재	○	○
HW097	천정작업 시에 부적절한 보호	○	
HW098	기기장비의 부적절한 보호	○	○
HW099	기계류의 과부하 및 탈선	○	○
HW100	기계류의 파손	○	○

코드	위험요소	보조 지역	
		창고	대피선
HW101	점화원의 존재	○	○
HW102	전원장치의 중단	○	○
HW103	철도시설물 및 야적장, 열차에 가연성 물질의 존재	○	○
HW104	시설물 붕괴	○	○
HW105	부실적체물의 붕괴	○	○
HW106	고상물의 비보호	○	○
HW107	심리적 압박감	○	○
HW108	부적절한 신호중복	○	○
HW109	궤도회로고장으로 인한 열차검지실패		
HW110	궤간틀림		
HW111	과주구간에 미제어 상태로 접근	○	○
HW112	부본선 혹은 기지에서에 미제어 이동	○	○
HW113	부분선 혹은 기지에서 부정확 진로설정	○	○
HW114	크레인을 이용한 중량물 견인오류		
HW115	주행선로와 다른노선과 부적절한 분리	○	○
HW116	차량기지에서 휠셑 혹은 활차의 부적절한 이동		
HW117	부적절하게 설치된 사다리		
HW118	차량 부양의 부적절한 지지	○	○
HW119	부적절하게 규명된 작동되는 장치(철도차량포함)		

기획연구 수행기관/참여자 명단

구 분	소 속	성 명	직 위
정부부처	건설교통부	손 명 선	철도안전과장
		박 영 수	철도안전과 사무관
	철도청	김 호 균	수송안전실장
		이 우 방	안전과장
		양 대 권	조사과장
연구 수행기관	한국철도기술연구원	조 연 옥	수석연구원(연구총괄)
		양 근 률	선임연구부장
		정 흥 채	차량기계연구본부장
		박 현 준	전기신호연구본부장
		이 준 석	궤도토목연구본부장
		문 대 섭	정책운영연구본부장
		이 관 섭	수석연구원
		구 정 서	책임연구원
		권 태 수	선임연구원
		왕 종 배	선임연구원
		권 혁 빈	선임연구원
		곽 상 록	선임연구원
		김 상 암	선임연구원
		홍 선 호	선임연구원
		박 찬 우	선임연구원
		박 덕 신	선임연구원
		이 덕 희	주임연구원
		이 철 규	주임연구원
		박 옥 정	책임연구원
		전 한 준	주임기술원
참여 연구기관	한국기계연구원	김 명 배	열유체연구부장
		우 창 수	연구원
	한국건설기술연구원	신 현 준	화재및설비연구부장
	(주)로템	박 계 서	이 사
		박 형 순	이 사
	로이드	함 동 호	이 사