최종보고서

보안등급: 일반[√], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명	국토교통연구기획					
전문기관명(해당 시 작성)	국토교통과학기술진흥원					내역사업명 (해당 시 작성)						
공고번호	공고-제33호				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
					연구개발과제번호		1615011078					
기술분류	국가과학기술 표준분류	EI0602	35%	EI0606	35%	EI0605	15%	EI0308	10%	EI1102	5%	

총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발			
	영문				
연구개발과제명	국문	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발			
	영문	Project Planning of Improvements of Maintenance Efficiency and Safety for Railroad Infrastructure			
주관연구개발기관	기관명	한국철도기술연구원	사업자등록번호	138-82-02013	
	주소	(16105) 경기도 의왕시 철도박물관로 176	법인등록번호	135221-0000076	
연구책임자	성명	김성일	직위	책임연구원	
	연락처 직장전화	031-460-5354	휴대전화	010-7233-5458	
	연락처 전자우편	sikim@krri.re.kr	국가연구자번호	1015 0808	
연구개발기간	전체	2019. 12. 02 - 2020. 12. 01(12 개월)			

연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	200,000							200,000		200,000	

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고 역할	비고 기관유형
공동연구개발기관	국가철도공단	이상진	차장	042-607-4313	lsj1106@kr.or.kr	공동	기타
	㈜날리지웍스	김우리	팀장	070-4035-7715	wrkim@knowledgeworks.co.kr	공동	중소기업
	㈜시스트라코리아	변형균	부사장	02-2009-9931	hkbyun@systra.com	공동	기타
위탁연구개발기관	서울과학기술대학교	조국환	교수	02-970-6584	khcho@seoultech.ac.kr	위탁	대학

연구개발담당자 실무담당자	성명	이창길	직위	선임연구원
	연락처 직장전화	031-460-5322	휴대전화	010-8814-6038
	연락처 전자우편	tolck81@krri.re.kr	국가연구자번호	1100 9696

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 04 월 30 일

연구책임자: 김 성 일 (인)

주관연구개발기관의 장: 한 석 윤 (직인)

공동연구개발기관의 장: 김 한 영 (직인)

공동연구개발기관의 장: 이 재 희 (직인)

공동연구개발기관의 장: 쟝샤를르볼레리 (직인)

위탁연구개발기관의 장: 권 용 재 (직인)

중앙행정기관의 장 귀하

최종보고서

보안등급
일반[√], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명	국토교통연구기획					
전문기관명(해당 시 작성)	국토교통과학기술진흥원					내역사업명 (해당 시 작성)						
공고번호	공고-제33호					총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)						
						연구개발과제번호	1615011078					
기술분류	국가과학기술 표준분류	EI0602	35%	EI0606	35%	EI0605	15%	EI0308	10%	EI1102	5%	

총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발
	영문	
연구개발과제명	국문	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발
	영문	Project Planning of Improvements of Maintenance Efficiency and Safety for Railroad Infrastructure

주관연구개발기관	기관명	한국철도기술연구원	사업자등록번호	138-82-02013
	주소	(16105) 경기도 의왕시 철도박물관로 176	법인등록번호	135221-0000076

연구책임자	성명		김성일	직위	책임연구원
	연락처	직장전화	031-460-5354	휴대전화	010-7233-5458
		전자우편	sikim@krri.re.kr	국가연구자번호	1015 0808

연구개발기간	전체	2019. 12. 02 - 2020. 12. 01(12 개월)										
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금	
				지방자치단체		기타( )						
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
총계	200,000							200,000		200,000		

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	국가철도공단	이상진	차장	042-607-4313	lsj1106@kr.or.kr	공동	기타
	㈜날리지웍스	김우리	팀장	070-4035-7715	wrkim@knowledgeworks.co.kr	공동	중소기업
	㈜시스트라코리아	변형균	부사장	02-2009-9931	hkbyun@systra.com	공동	기타
위탁연구개발기관	서울과학기술대학교	조국환	교수	02-970-6584	khcho@seoultech.ac.kr	위탁	대학

연구개발담당자 실무담당자	성명	이창길		직위	선임연구원
	연락처	직장전화	031-460-5322	휴대전화	010-8814-6038
		전자우편	tolck81@krri.re.kr	국가연구자번호	1100 9696

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 04 월 30 일

연구책임자: 김 성 일 (인)

주관연구개발기관의 장: 한 석 윤 (직인)

공동연구개발기관의 장: 김 한 영 (직인)

공동연구개발기관의 장: 이 재 희 (직인)

공동연구개발기관의 장: 쟝샤를르볼레리 (직인)

위탁연구개발기관의 장: 권 용 재 (직인)

중앙행정기관의 장 귀하

< 요 약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">국토교통연구기획</td><td colspan="2">총괄연구개발 식별번호
(해당 시 작성)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명
(해당 시 작성)</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">연구개발과제번호</td><td>1615011078</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술분류</td><td>국가과학기술
표준분류</td><td>EI0602</td><td>35
%</td><td>EI0606</td><td>35
%</td><td>EI0605</td><td>15%</td></tr>
<tr><td>부처기술분류
(해당 시 작성)</td><td>1순위 소분류 코드명</td><td>%</td><td>2순위 소분류 코드명</td><td>%</td><td>3순위 소분류 코드명</td><td>%</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="6">철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2019. 12. 02 - 2020. 12. 01(12 개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 200,000천원
(정부지원연구개발비:200,000천원, 기관부담연구개발비 : 천원,
지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="3">기초[ ] 응용[ ] 개발[ ]
기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[√]</td><td>기술성숙도
(해당 시 기재)</td><td colspan="2">착수시점 기준( )
종료시점 목표( )</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">기획연구</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">기획연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발
목표 및 내용</td><td>최종 목표</td><td colspan="6">철도시설물의 유지관리 효율성 및 안전성 향상을 위한 궤도틀림 방지기술, 급속개량 기술, 유지보수 핵심 장비·장치 기술 개발사업 기획
Part I. 궤도/노반 성능 열화가 빈번한 취약개소의 궤도-구조물간 상호작용 성능 개선 기술혁신을 통한 궤도틀림의 원천적 예방 및 선로안정화 촉진기술 개발 기획
Part II. 노후 철도시설물의 사용성과 투자효율성 향상을 위한 급속개량 기술의 고도화 기획
Part III. 열차안전운행과 직결되는 철도 레일의 안전성능 강화 및 선제적 선로장애 예방을 위한 선로 유지보수 핵심 장비·장치의 국산화 기술 개발 기획</td></tr>
<tr><td>전체 내용</td><td colspan="6">(Part I.)
철도시설물 접속부 성능향상 유지보수 최소화를 통한 철도시설물 안전성 및 유지관리 효율성 혁신적 성장
1) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화
- 철도궤도 유지보수 최소화를 위한 취약개소 설계 및 관리기술 개발
2) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술
- 교량-토공 접속부 침하와 교량 단부 회전에 따른 자갈궤도 이완을 저감시키기 위하여 교대와 교량을 일체화하는 반일체식 철도 교량 개발
3) 철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술
- 철도 교량 단부에 고인성 콘크리트 연결 바닥판을 부설하여 연속화 함으로써 자갈 궤도 이완을 저감시키고 철도 교량의 동적 성능 개선
4) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발
- 운영선 토공-구조물 접속부에서의 궤도-노반 시스템 개량 및 성능향상 기술 개발</td></tr>
</table>

		(Part II.) 노후 철도구조물의 성능향상을 위한 급속개량 기술 개발을 통한 중단없는 철도교통서비스 제공 1) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발 - IoT, 클라우드, 빅데이터 기술을 융합하여 노후 철도교량 사전제작 부재의 생산, 관리, 급속교체를 위한 기술 개발 2) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발 - 노후철도 터널 라이닝을 급속개량하기 위한 평가, 보강, 안전, 장비, 공정에 관한 기반기술 확보 3) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구 - 고속철도 속도향상(400㎞/h급)을 위하여 운영 중 자갈궤도를 콘크리트궤도로 급속개량하는 실증기술 확보 및 성능 검증 (Part III.) 유지보수 비용 절감과 작업자 안전확보를 위한 철도궤도 유지보수 효율화 장비 개발 1) 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심 기술 개발 - 무인화로 차단시간 내 100m 이상 작업 가능한 소형 국부다짐장비 핵심기술 개발 - 유지보수 효율화를 위한 강성측정장비 개발 2) 저전력 · 고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발 - 300kVA급 이동식 플래시 버트 용접 기술 개발 - 단차 0.3㎜ 이내 용접부 표면처리 및 80℃ 품질검사 기술개발 - 레일 용접관련 기준 개정(안)

연구개발성과	○ 기획연구보고서 ○ 본 연구사업 핵심과제 공모를 위한 과제제안요구서(RFP) ○ 본 연구사업 대응 관련 작성 자료
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	○ 과학기술기반 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 안전성 향상 및 투자효율성 향상 ○ 노후 철도시설물을 차단시간 내 급속 개량하여 열차 운영에 지장을 주지 않고 대국민 서비스를 향상 ○ 접속부 설계 및 성능향상과 관련된 세계 최고수준의 기술력 확보 및 급속 개량 기술 확보로 북한 및 해외철도 개량사업에 기술적 우위 선점 ○ 핵심 유지보수 장비 국산화 기술 확보로 수입대체 및 유지보수 비용 절감 ○ 노후 설비의 사고 예방과 피해 최소화로 이용자 불편 최소화, 사회적 간접피해 최소화. 국토 교통 인프라에 대한 국민 신뢰성 제고
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당 없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
			1									

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	철도 유지보수	철도 안전	궤도틀림	철도시설물 급속개량	레일 유지보수 장비
영문핵심어 (5개 이내)	Railroad Maintenance	Railroad Safety	Track Irregularity	Railroad Infra-structure Improvement	Rail Maintenance Equipment

PART I.

철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술개발

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

제1절 기술의 정의 및 분류체계 ····· 1

1. 기술의 정의 및 범위 ····· 1

2. 기술분류체계 ····· 5

제2절 연구개발 배경 및 필요성 ····· 6

1. 추진 배경 및 현황 ····· 6

2. 기술개발 필요성 ····· 15

3. 정부지원의 필요성 ····· 22

4. 기획 추진 경과 ····· 23

제2장 국내외 동향 및 환경분석 ····· 24

제1절 국내외 정책동향 ····· 24

1. 국내 정책 동향 ····· 24

2. 국외 정책 동향 ····· 35

3. 시사점 ····· 48

제2절 국내외 시장동향 ····· 49

1. 국내 시장 동향 ····· 49

2. 국외 시장 동향 ····· 54

3. 시사점 ····· 55

제3절 국내외 기술동향 ····· 56

1. 구조물-토공 접속부 유지보수 최소화 기술 ····· 56

2. 교량 신축이음부 및 단부 ····· 58

3. 운영선 접속부 보강 관련 기술 ····· 63

4. 시사점 ····· 66

제4절 특허 및 논문 분석 ····· 67

1. 특허 분석 범위 및 방법 ····· 67

2. 특허동향조사 결과 ····· 73

3. 논문분석 ····· 105

4. 핵심특허 Matrix 분석 ····· 124

5. 시사점 ····· 137

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 138

제1절 비전 및 목표 설정 ····· 138
1. 비전 및 목표 ····· 138
2. 기술개발에 따른 As-Is vs To-Be ····· 141
제2절 연구개발과제 도출 과정 ····· 143
1. 연구개발과제 추진 방향의 설정 과정 ····· 143
2. 기술수요조사 ····· 144
3. 후보과제 및 우선순위 도출 ····· 146
4. 중점추진과제 선정 및 과제구성 ····· 151
5. 성과목표 및 성과지표 ····· 151
6. 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성 ····· 153
7. 기존 기술과의 차별성 ····· 178
제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 179
1. 세부과제별 주요내용 ····· 179
2. 과제 추진전략 ····· 180
제4절 연구추진체계 ····· 182
1. 추진체계 구성 ····· 182
2. 연구 참여 주체별 역할 ····· 183
제5절 기술개발 및 성과 로드맵 ····· 184
1. 세부과제별 기술성과 로드맵 ····· 184
제6절 성과활용 방안 ····· 186
1. 성과활용 방안 ····· 186
2. 사업화 전략 ····· 187
제7절 인력투입계획 ····· 188
제8절 연구 시설 및 장비 투입계획 ····· 190
1. 철도종합시험선로 ····· 190
제9절 소요예산 투입계획 및 적정성 검토 ····· 198
1. 소요예산 총괄 ····· 198
2. 세부과제별 소요예산 ····· 200
제4장 사전 타당성 분석 ····· 204
제1절 사업논리모형 ····· 204
제2절 과학기술적 타당성 ····· 206

1. 과학기술적 타당성 분석 개요 ····· 206
2. 과학기술적 타당성 분석 주요 내용 ····· 206
제3절 정책적 타당성 ····· 210
1. 정책적 타당성 분석 개요 ····· 210
2. 정책적 타당성 분석 주요 내용 ····· 211
제4절 경제적 타당성 ····· 214
1. 경제적 타당성 분석 개요 ····· 214
2. 경제적 타당성 분석 결과 ····· 215
제5장 별첨 ····· 223
제1절 참고문헌 ····· 223
제2절 자문위원 명단 ····· 225
제3절 수요조사 결과 ····· 226
1. 후보과제 및 우선순위 도출 ····· 228
2. 중점추진과제 선정 및 과제구성 ····· 233
제4절 세부과제별 과제제안요구서(RFP) ····· 234

표 목 차

표 1-1. 국가철도공단 선로유지관리지침 ····· 1

표 1-2. 불연속점(seam) 유형별 궤도틀림 발생 사례 ····· 3

표 1-3. 불연속점(seam) 유형별 유지보수 최소화를 위한 개선방향 ····· 5

표 2-1. RTSE 주요 추진방향 및 세부기술 ····· 36

표 2-2. 유럽 CEF의 주요 철도교통 인프라 구축 프로젝트 ····· 38

표 2-3. FTIP 2030 목표 및 세부 전략 ····· 42

표 2-4 FTIP 2030의 교통 분야별 투자계획 ····· 42

표 2-5. 국가철도망 구축 전망(2016-2025) ····· 50

표 2-6. 향후 5년간 국가철도 유지보수 인력 현황 및 투자비용 ····· 50

표 2-7. 10년간 유지보수 및 개량 투자실적 ····· 51

표 2-8. 10년간 유지보수 투자실적 ····· 51

표 2-9. 10년간 개량 투자실적 ····· 52

표 2-10. 유지보수에 투입되는 연간 실행예산 현황 (2011~2020년, 10년간) ····· 52

표 2-11. 전세계 철도산업 분야 및 시장규모/성장률 ····· 54

표 2-12. 자갈도상 철도교량의 신축이음 장치 ····· 58

표 2-13. 검색 DB 및 검색범위 ····· 67

표 2-14. 분석대상 기술 분류 ····· 68

표 2-15. 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수 ····· 69

표 2-16. 기술분류체계에 따른 최종 검색식 ····· 70

표 2-17. 분석대상 기술 분류 ····· 70

표 2-18. 유효특허 선별결과 ····· 72

표 2-19. 다출원 기준 주요 출원인 ····· 82

표 2-20. 국가별 다출원 기준 주요 출원인 ····· 84

표 2-21. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 다출원 기준 주요 출원인 ····· 99

표 2-22. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 다출원 기준 주요 출원인 ····· 100

표 2-23. 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 다출원 기준 주요 출원인 ····· 102

표 2-24. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 다출원

기준 주요 출원인 ····· 103
표 2-25. 관련 논문 리스트 ····· 106
표 2-26. 국내·외 주요 저자 ····· 122
표 2-27. 국내·외 주요 기관 ····· 123
표 2-28 핵심특허 선정 기준 ····· 125
표 2-29. 분석 대상 특허 리스트 ····· 126
표 2-30. 핵심 논문 리스트 ····· 130
표 3-1. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발 과제 SWOT 분석 결과 ····· 139
표 3-2 SWOT 분석에 따른 연구개발과제 추진전략 도출 ····· 140
표 3-3. 기술수요조사 기술 분야 ····· 144
표 3-4. 기술수요조사 응답자 분석 결과 ····· 145
표 3-5. 기술수요조사 제안기술 목록 ····· 145
표 3-6. 기술분야별 관련 기술 그룹핑 ····· 146
표 3-7. 1차 분과위원회 결과 후보기술 및 분류체계 수정안 ····· 147
표 3-8. 2차 분과위원회 결과 반영 후보기술 조정(안) ····· 147
표 3-9. 우선순위도출 결과 ····· 149
표 3-10. 최종 기술구성 ····· 150
표 3-11. 중점추진과제 구성 ····· 151
표 3-12. 최종성과물 및 성과지표 ····· 151
표 3-13. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 172
표 3-14. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 173
표 3-15. 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 175
표 3-16. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 176
표 3-17. 기존 기술과 개발하고자 하는 기술의 차별성 ····· 178
표 3-18. 각 연구 참여 주체별 역할 및 기능 ····· 183
표 3-19. 최종성과물 및 성과지표 ····· 186
표 3-20 소요인력의 직급 구분 기준 ····· 188

표 3-21 기획재정부 학술연구용역인건비 기준단가 (2020년 기준) ····· 188
표 3-22 연차별 소요인력 ····· 189
표 3-23 시험선로 건축 및 구조물 현황 ····· 190
표 3-24 종합시험선로 교량 현황 ····· 192
표 3-25 종합시험선로 터널 현황 ····· 192
표 3-26 궤도분야 TEST-BED 세부현황 ····· 193
표 3-27 노반, 교량분야 TEST-BED 세부현황 ····· 194
표 3-28 전철전력분야 TEST-BED 세부현황 ····· 194
표 3-29 신호, 통신분야 TEST-BED 세부현황 ····· 195
표 3-30 소음/공력분야 TEST-BED 세부현황 ····· 195
표 3-31 시험선로 위치별 시험가능 항목 ····· 196
표 3-32 종합시험선로 현장검증시험 가능 항목 ····· 197
표 3-33. 세부연구항목별 소요예산 ····· 198
표 3-34 세부과제별 소요예산 ····· 200
표 3-35 세부과제별 소요예산 ····· 201
표 3-36 세부과제별 소요예산 ····· 202
표 3-37 세부과제별 소요예산 ····· 203
표 4-1. 우선순위 평가 참여 분과위원 명단 ····· 207
표 4-2. 상위계획과의 부합성 조사 결과 ····· 211
표 4-3. 세부과제별 연차별 소요예산 ····· 215
표 4-4. 국토교통 R&D 유형별 TRL(기술성숙도) 8~9단계 정의 ····· 217
표 4-5. 편익 기간(편익 발생기간) ····· 218
표 4-6. 철도기술연구사업의 R&D 사업화 성공률 도출 ····· 219
표 4-7. 연간 보수거리 도출을 위한 자갈궤도 연장 산출 ····· 220
표 4-8. 자갈궤도 유지보수 주기 및 단가 ····· 221
표 4-9. 개발 기술 적용 전·후 유지보수 비용 및 저감 규모, 편익 (백만원) ····· 221
표 4-10. 동 사업 총 비용(2020년 기준 현재가치) 산출 (백만원) ····· 222
표 4-11. 동 사업 총 편익(2020년 기준 현재가치) 산출 (백만원) ····· 222

그 림 목 차

그림 1-1. 국내 발생 궤도틀림으로 인한 탈선사고 사례 ····· 6
그림 1-2. 2014년 서호주 Bonnie Vale에서 발생한 궤도틀림으로 인한 탈선사고 사례 ···· 7
그림 1-3. 방향틀림과 KTX 탈선계수와의 상관관계 ····· 7
그림 1-4. 궤도틀림이 발생가능한 선로의 불연속점(seam) ····· 8
그림 1-5. 궤도틀림이 발생하는 불연속점 구간 분석 ····· 8
그림 1-6. 경부고속선 자갈궤도 교량구간 궤도틀림 발생 양상 ····· 9
그림 1-7. 송라교 부근 구조물 연속구간 궤도틀림 진전율 변화 ····· 9
그림 1-8. 동산교 부근 궤도틀림 진전율 변화 ····· 10
그림 1-9. 경부고속철도 1단계 구간 위치별 장비 다짐작업 현황 ····· 11
그림 1-10. 교량-토공 접속부 및 교량구간에서의 궤도틀림과 영향범위 ····· 11
그림 1-11. 구조물 접속부 구간(구조물 경계 40m 구간)에서의 탬핑(유지보수) 이력 비교 (좌) 교량-토공 접속부, (우) 터널-토공 접속부 ····· 11
그림 1-12. 구조물별 궤도틀림으로 인한 자갈궤도 유지보수 현황 ····· 12
그림 1-13. 하부박스와 터널구간에서의 궤도틀림 ····· 12
그림 1-14. 자갈궤도 갱환작업 단계적 서행과 서행일수 현황(경부고속선 1단계구간) ···· 13
그림 1-15 신축이음부와 접속부에서의 뜬침목발생과 침하양상 ····· 13
그림 1-16 경부고속선 중점관리개소 현황 ····· 14
그림 1-17. 교량-토공 접속부 강성천이구간에 발생하는 문제점 ····· 15
그림 1-18. 교량-토공 접속부 침하로 인한 피해 사례 ····· 16
그림 1-19. 오스트리아의 접속부 열화 사례 및 해결방안(Getzner사) ····· 16
그림 1-20. 일본의 접속부 열화 및 보강대책 사례 ····· 17
그림 1-21. 네덜란드의 접속부 열화 및 보강대책 사례 ····· 17
그림 1-22. 철도교 단부의 자갈도상 침하 개요 ····· 17
그림 1-23. 철도교의 교량 단부 누수 및 받침부 열화 ····· 18
그림 1-24. 지하횡단구조물(Box 통과구간) 동상 발생 사례 ····· 18
그림 1-25. 교량-토공 접속부 설계 예 ····· 19
그림 1-26. 고속선 궤도접속부 설계 사례 ····· 19
그림 1-27. 전라선 콘크리트궤도와 자갈궤도 접속부 개요도 ····· 20
그림 1-28. 전라선 접속부 현장에서 발생한 문제점 ····· 20

그림 1-29. 궤도틀림 발생 흐름 및 예방적 유지보수 ····· 21
그림 2-1. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 전략 및 중점 추진과제 ····· 28
그림 2-2. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 중점과학기술의 유형 ····· 29
그림 2-3. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)의 비전 및 추진전략 30
그림 2-4. 제5차 국토종합계획(2020-2040)의 비전 및 목표 ····· 31
그림 2-5. 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)의 추진방향 ····· 32
그림 2-6. 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)의 비전 및 목표 ····· 33
그림 2-7. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)의 비전 및 목표 ····· 34
그림 2-8. 한국판 뉴딜정책의 비전 및 목표 ····· 35
그림 2-9. 유럽 CEF의 주료 철도 교통망 ····· 37
그림 2-10. 프랑스의 철도망 구축 및 현대화 프로젝트 ····· 41
그림 2-11. 미국 고속철도 구축현황 ····· 45
그림 2-12. 미국 고속철도 네트워크 맵 ····· 45
그림 2-13. 미국 코트벨트 지역 순환 철도 프로젝트 ····· 47
그림 2-14. 최근 10년간 중량별 궤도연장 변화 ····· 49
그림 2-15. 국내 SOC 투자비중 변화 추이 ····· 50
그림 2-16. 10년간 유지보수 및 개량 비용 ····· 51
그림 1-17 일본 철도인프라 신규투자대비 유지보수비용 (일본건설성) ····· 55
그림 2-18. 이탈리아의 접속부 단면 ····· 56
그림 2-19. 독일의 역삼각형 형태의 접속부 사례 ····· 57
그림 2-20. 각국의 접속부 설계단면의 예 ····· 57
그림 2-21. 무조인트 교량 개념도 ····· 59
그림 2-22. ECC 연결 바닥판 개념 (Victor Li, 2003) ····· 59
그림 2-23. 프리캐스트 ECC 연결 바닥판 개념 (Larus Larusson, 2013) ····· 59
그림 2-24. 고인성 콘크리트 적용 바닥판 연속화 사례 (Grove Street Bridge(미국 미시간주, 2005) ····· 60
그림 2-25. 영국의 반일체식 교량 사례 (Loughor Railway Viaduct (2013)) ····· 60
그림 2-26. 일본의 일체식 교량 사례 (Haipe-Sawa bridge, Sanriku Railway (2014)) ····· 61
그림 2-27. 반일체식 교량 개념도 ····· 61
그림 2-28. 전환부 궤도 개념 및 해외 시공 사례 ····· 62
그림 2-29. 슬라이딩 궤도 개념 및 시공 사례 ····· 62

그림 2-30. 토목섬유를 활용한 분리형 접속구조의 예 ····· 64
그림 2-31. 콘크리트궤도-자갈궤도 접속부 보강을 위한 보강레일 설치 방안 ····· 65
그림 2-32. 일본의 자동 침하 보정 침목 ····· 65
그림 2-33. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 73
그림 2-34. 연도별 특허동향(한국) ····· 74
그림 2-35. 연도별 특허동향(미국) ····· 74
그림 2-36. 연도별 특허동향(일본) ····· 74
그림 2-37. 연도별 특허동향(유럽) ····· 75
그림 2-38. 연도별 특허동향(중국) ····· 75
그림 2-39. 주요 출원국 내·외국인 특허출원 현황 ····· 77
그림 2-40. 연도별 내·외국인 특허출원현황(한국) ····· 78
그림 2-41. 연도별 내·외국인 특허출원현황(미국) ····· 78
그림 2-42. 연도별 내·외국인 특허출원현황(일본) ····· 79
그림 2-43. 연도별 내·외국인 특허출원현황(유럽) ····· 79
그림 2-44. 연도별 내·외국인 특허출원현황(중국) ····· 80
그림 2-45. 다출원 기준 주요 출원인(상위 20위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 83
그림 2-46. 주요 출원인 국가별 출원동향 ····· 86
그림 2-47. 주요 출원인 기술분류별 출원동향 ····· 87
그림 2-48. 주요 출원인별 주력기술 분야 분석 ····· 88
그림 2-49. 특허기술 성장단계별 의미 ····· 89
그림 2-50. 주요 국가별 출원현황 ····· 91
그림 2-51. 중국 출원현황 ····· 92
그림 2-52. 세부기수렬 특허건수 현황 ····· 93
그림 2-53. 세부기술 연도별 특허동향 ····· 94
그림 2-54. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 95
그림 2-55. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 96
그림 2-56. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 97
그림 2-57. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 98
그림 2-58. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 100
그림 2-59. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 다출원 기준

주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 101

그림 2-60. 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중> ····· 103

그림 2-61. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 104

그림 2-62. 국내·외 연도별 논문 발행 동향 ····· 105

그림 2-63. 세부기술별 논문 현황 ····· 119

그림 2-64. 세부기술별 연도별 논문동향 ····· 119

그림 2-65. 국내 주요 학술지 ····· 120

그림 2-66. 국외 주요 학술지 ····· 121

그림 2-67. Matrix 분석을 통한 특징 영역 분리 ····· 124

그림 2-68. 요소 기술별 특징에 따른 분석 차별화 ····· 124

그림 3-1. 비전 및 목표 ····· 138

그림 3-2. As-is vs. To-be ····· 141

그림 3-3. As-is vs. To-be ····· 141

그림 3-4. 연구개발과제 추진 방향 도출 과정 ····· 143

그림 3-5. 기술수요조사서 ····· 144

그림 3-6. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발사업 연구추진체계 182

그림 3-7 종합시험선로 노선도 ····· 190

그림 3-8 종합시험선로 지형노선도 ····· 191

그림 3-9 종합시험선로 건축물 현황 ····· 191

그림 3-10 종합시험선로 신호장치 배치도 ····· 192

그림 3-11 궤도분야 TEST-BED 현황도 ····· 193

그림 3-12 노반, 교량분야 TEST-BED 현황도 ····· 194

그림 3-13 전철전력분야 TEST-BED 현황도 ····· 194

그림 3-14 신호, 통신분야 TEST-BED 현황도 ····· 195

그림 3-15 소음/공력분야 TEST-BED 현황도 ····· 195

그림 3-16 철도종합시험선로의 시험분야별 시설 현황 ····· 197

그림 4-1. 궤도틀림분야 논리모형 ····· 205

그림 4-2. 정책적 타당성 분석의 평가항목(1계층, 2계층, 3계층) ····· 210

그림 4-3. 편익 추정방법 과정 ····· 214

그림 4-4. 본 연구과제의 편익 항목 도출 ····· 216
그림 4-5. 본 연구과제의 비용저감(유지보수) 편익 산출법 ····· 216

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의 및 범위

1.1. 기술의 정의

❑ 본 기획연구는 철도 선로가 준공된 이후 운영되면서 차량 반복하중 및 진동, 도상의 침하, 레일 요철, 교량 상판의 온도신축 등 여러 원인에 의하여 발생하는 변형인 **궤도틀림에 대해 유지보수를 최소화하는 기술개발을 추진**하고자 함

❍ 철도차량의 승차감과 주행 안전성을 고려하여 궤도의 평면곡선, 종곡선, 완화곡선 및 설정캔트 등을 설계·시공하지만, 노선 준공 이후 차량의 반복하중, 레일 요철, 교량 상판의 온도신축 등 여러 원인에 의하여 궤도는 당초 설계된 위치로부터 변형이 발생함[1)]

❍ 이러한 변형을 궤도틀림이라 하며, 궤도틀림이 과도하게 발생하게 되면 차량의 주행 안전성 및 승차감이 저하되므로 일정한 허용기준을 초과하는 경우 궤도틀림에 대한 정정작업을 수행하도록 규정되어 있음

– 국가철도공단의 선로유지관리지침(2018.12.31개정) 제7조(궤도틀림의 관리기준)에 따라 유지관리하도록 규정되어있음

표 1-1. 국가철도공단 선로유지관리지침

제7조(궤도틀림의 관리기준)
제2장 선로정비기준 제1절 궤도정비의 기준 제7조 (궤도틀림의 관리기준) 궤도틀림관리는 경제성, 내구연한, 안전성 등을 고려하여 다음 각호와 같이 관리단계를 구분하고 종류별 관리단계 기준치는 별표 5와 같다. 다만, 유지관리 담당 기관에서 동일 노선대에서 적용 속도대역을 구간별로 세분화하여 적용할 수 있다. <개정 2015.03.19, 2016.12.30, 2018.12.31> 1. 준공기준(CV) : 신선 건설시 준공기준으로 유지보수시는 적용하지 않는다. <개정 2015.03.19, 2016.12.30> 2. 목표기준(TV) : 궤도유지보수 작업에 대한 허용기준으로 유지보수 작업이 시행된 경우 이 허용치 내로 작업이 완료되어야 한다. <개정 2015.03.19, 2016.12.30> 3. 주의기준(WV) : 이 단계에서는 선로의 보수가 필요하지 않으나 관찰이 필요하고 보수작업의 계획에 따라 예방보수를 시행 할 수 있다. <신설 2016.12.30> 4. 보수기준(AV) : 유지보수작업이 필요한 단계로 별표 5의 기준에 제시된 기간 이내에 작업이 시행되어야 한다. <신설 2016.12.30> 5. 속도제한기준(SV) : 이 단계에서는 열차의 주행속도를 제한하여야 한다. <신설 2016.12.30> 6. 측선이하 착발선, 차량기지, 보수기지 등 궤도검측차에 따른 검측이 불가능할 경우에는 인력측정에 따른 검측을 시행하고 일반철도 규정을 준용할 수 있다. <신설 2016.12.30.> [제목개정 2015.03.19][종전 제9조에서 이동 2016.12.30.]

❍ 궤도틀림은 차량 주행안전성과 승차감이 확보될 수 있도록 엄격하게 관리하여야 하나, 궤도틀림 정정작업에는 많은 비용과 인력이 소요되며, 또한 멀티플타이템퍼(Multiple Tie Tamper, MTT) 등 기계작업을 통하여 궤도정정작업을 수행하게 되면, 자갈도상의 마모를 촉진시켜 자갈도상의 공용수명이 감소하게 됨

1) 최일윤 등, 경부고속선 궤도틀림 분포 특성, 한국철도학회논문집 제18권 제1호(2015년 12월)

– 기계작업으로 궤도정정을 수행할 경우, 열차하중에 의한 자갈열화보다 37배 빠르게 자갈도상 열화가 진행됨(출처: 도상자갈 품질 최적화에 관한 연구보고서, 2013, 한국철도공사)

❍ 따라서 유지보수를 최소화하여 운영비용을 줄이고 열차 안전성을 높이기 위해서는 궤도틀림 발생을 최소화해야 함

❑ 궤도틀림은 **대부분 선로의 불연속점(seam)에서 발생**하며, 불연속점(seam)은 다음과 같이 정의됨[2)]

❍ **구조물 불연속점**: 교량-토공 접속부, 신축이음부, 교량 단부, 터널-토공 접속부, 암거-토공 접속부

❍ **궤도 불연속점**: 자갈궤도-콘크리트궤도 접속부, 레일신축이음장치(rail expansion joint; REJ), 분기부

❍ **선형 불연속점**: 완화곡선, 종곡선구간, 평면선형-종단선형 병합구간

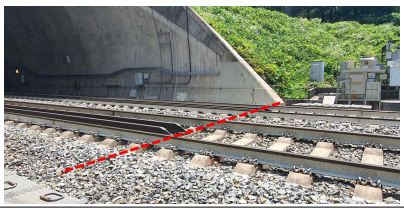
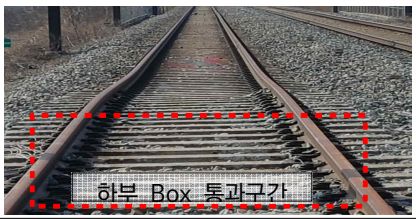
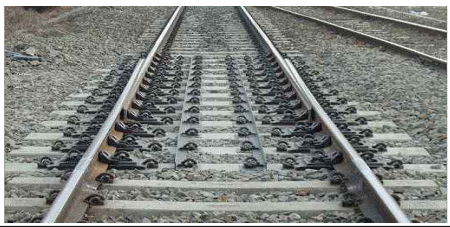
❍ 기타: 레일 용접부, 레일 손상부 등

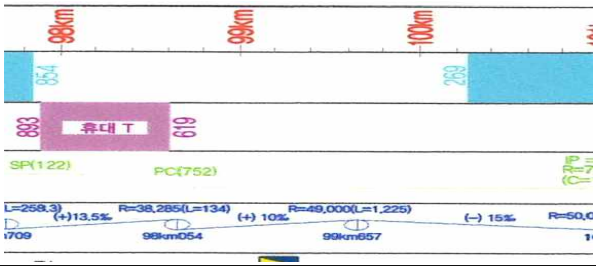
2) 고속철도 자갈궤도구간 유지보수 저감을 위한 궤도개량 기술개발 기획 보고서, 국토해양부, 2012.

1.2. 기획연구의 범위

❑ 불연속점(seam) 유형별 궤도틀림 발생 사례는 다음과 같음

표 1-2. 불연속점(seam) 유형별 궤도틀림 발생 사례

불연속점(seam) 구분			궤도틀림 발생 사례
유형	세부 구분		
구조물 불연속점	교량 구간	교량-토공 접속부	■ 토공구간 침하 → 궤도틀림 발생
		신축이음부	■ 자갈이완 및 침하 → 궤도틀림 발생
	터널 구간	터널-토공 접속부	■ 토공구간 침하 → 궤도틀림 발생 
	토공 구간	암거-토공 접속부	■ 토공-암거구간 궤도강성차 및 토공구간 침하 → 궤도틀림 발생 
궤도 불연속점	궤도 종류	자갈궤도-콘크리트궤도 접속부	■ 궤도강성 차로 인한 충격하중 발생 → 궤도틀림, 구성품 손상(체결구 파손, 침목파손) 발생
	레일	레일 신축이음	■ 차륜-레일 상호작용으로 충격하중, 레일 이동신축으로 자갈도상 이완 → 궤도틀림 유발, 열차 사행동 발생 (승차감 저하) 
		분기부	■ 레일 불연속, 열차 방향전환에 의한 사행동+충격하중 → 자갈도상 침하 발생, 신호와 궤도구조가 복잡하여 유지보수 곤란

불연속점(seam) 구분			궤도틀림 발생 사례
유형	세부 구분		
선형 불연속점	완화곡선, 종곡선구간, 평면선형-종단선형 병합구간		■ 열차 사행동(진동) 유발 → 궤도틀림 발생 
기타	레일 용접부, 레일 손상부 등		■ 레일 표면요철, 레일 자체 강성 차이 발생 → 차륜-레일 상호작용에 의한 충격하중으로 궤도틀림 유발

❑ 본 기획연구에서는 국내 철도선로의 불연속점(seam) 유형별 발생 궤도틀림에 대한 유지보수 최소화 기술로 **기존 건설된 선로의 보강 및 성능향상 기술과 새로운 구조개선, 시공기술에 대한 방향으로 기술개발 계획을 수립**하고자 함

2. 기술분류체계

❑ 앞서 언급한 불연속점(seam) 유형별로 유지보수 최소화를 위한 개선방향은 다음과 같음

표 1-3. 불연속점(seam) 유형별 유지보수 최소화를 위한 개선방향

불연속점(seam) 구분			개선방향	
유형	세부 구분		기존선 보강 및 성능향상 기술	신설선 신공법/ 신설계법 적용 기술
구조물 불연속점	교량 구간	교량-토공 접속부	■ 자갈도상 강성 향상을 위한 주입재, 보완재료 개발 ■ 하부노반 침하방지	■ 접속부 설계기준 강화 - 궤도 강성기반 설계(노반+도상+궤도 포함) - 침하발생 저감 재료개발 ■ 침하발생시 유지보수 기술개발
		신축이음부	■ 신축이음부 도상 강성 향상 유지보수 기술 개발 ■ 열차하중 저감 궤도구조 ■ 자갈도상 재료 성능향상	■ 신축이음 개수 저감 공법 ■ 신축이음부 단부회전 저감 구조물 ■ 신축이음부 신축량 최소화 구조물
	터널 구간	터널-토공 접속부	■ 궤도틀림 저감 기법 개발 ■ 자갈도상 강성천이구간 강화방안	■ 터널 입출구부 지반조건에 따른 접속부 설계기준 (강성 변화 고려) ■ 토공부 노반 거동 향상을 위한 노반 재료 개발
	토공 구간	암거-토공 접속부	■ 침하구간 궤도인상기술 ■ 도상강성 향상기술 ■ 암거구간 동상방지기술 개발	■ 토공부 노반 거동 향상을 위한 노반 재료 개발 ■ 암거-토공 분리 거동 설계법 및 재료 개발
궤도 불연속점	궤도 종류	자갈궤도-콘크리트궤도 접속부	■ 강성천이구간 설계 강화 ■ 자갈궤도 강성 향상 재료 및 주입재 개발 ■ 하중분산용 궤도-접속부 침목 등 개발 ■ 운영중 개량법 개발	■ 강성천이구간 설계 강화 ■ 고결재 개발 ■ 지반조건과 강성기반 최적 궤도접속부 연장 (열차속도 기반)
	레일	레일 신축이음	■ 레일 장대화로 신축이음 개수 감소 ■ 침목 대형화로 저항력 강화	■ 신축이음부 요철최소화 방안 ■ 차륜-레일 인터페이스 해석기술 및 최적 대응기술 개발
		분기부	■ 유지보수(탬핑) 장비 개발 ■ 고결재 개발	■ 분기부 고결화로 유지보수 최소화 ■ 유지보수 및 개량를 고려한 설계 및 시공법
선형 불연속점	완화곡선, 종곡선구간, 평면선형-종단선형 병합구간		■ 선형에 따른 열차거동 분석기술 개발	■ 선형에 따른 열차거동 분석기술 개발 ■ 선형경합시 사행동 최소화 설계기법
기타	레일 용접부, 레일 손상부 등		■ 용접부 탐사 및 모니터링 기술 ■ 레일 손상 유형에 따른 최적 유지보수 기법	■ 용접부 연마 기준 개선 및 연마기법 개발 ■ 레일 연마기준 개발 (속도, 통과톤수 기반)

❑ 본 기획연구에서는 국내 철도선로의 불연속점(seam) 유형별 유지보수 최소화를 위해 필요한 기술들을 정리하고 우선순위를 도출하여 기술개발 계획을 수립함

제2절 연구개발 배경 및 필요성

1. 추진 배경 및 현황

1.1. 궤도틀림의 중요성

❑ 철도궤도는 철도차량의 승차감과 주행 안전성을 고려하여 궤도의 평면곡선, 종곡선, 완화곡선 및 설정캔트 등을 설계·시공하지만, 노선 준공 이후 차량 반복하중 및 진동, 도상의 침하, 레일 요철, 교량 상판의 온도신축 등 여러 원인에 의하여 궤도틀림이 발생함

❑ **궤도틀림이 과도하게 발생하게 되면 차량의 주행 안전성 및 승차감이 저하되고 심한 경우 차량의 탈선이 발생**할 수 있기 때문에 차량의 주행 안전성과 승차감 확보를 위해 엄격한 관리가 매우 중요하고, 일정한 허용기준을 초과하는 경우 궤도틀림에 대한 정정작업을 수행하도록 규정되어 있음

❍ 국내외에서 과도한 궤도틀림이 탈선으로 이어진 사례가 많으며, 단파장 궤도틀림의 경우 탈선에, 장파장 궤도틀림의 경우 승차감에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 알려져 있음[3)]

– 2010년 4월 11일 서울메트로 전동열차가 과천선 범계역에서 금정역으로 운행하던 중 2량이 탈선하는 사고가 발생하였으며 탈선 차량 대차부품(연결기), 고압케이블, PC침목, 신호시설 일부가 파손됨. 탈선 지점으로부터 15~17m 전방에서 궤도 불안정(분니)현상 발생 및 완화곡선 구간에 궤도 평면틀림 한계치를 초과한 것이 사고의 원인으로 분석됨[4)]

– 2011년 4월 23일 보정역을 출발, 죽전역으로 진입하던 전동열차 3량이 열차 진행방향 우측으로 탈선하였으며, 콘크리트 도상에서 자갈 도상으로 변경(천이)되는 구간에서 유지보수 작업 소홀로 인해 수평틀림이 발생하여 4개의 차륜 중 1개의 차륜이 23mm 낮은 곡선 외측 레일을 타고 올라 궤도 이탈한 것으로 분석됨[5)]

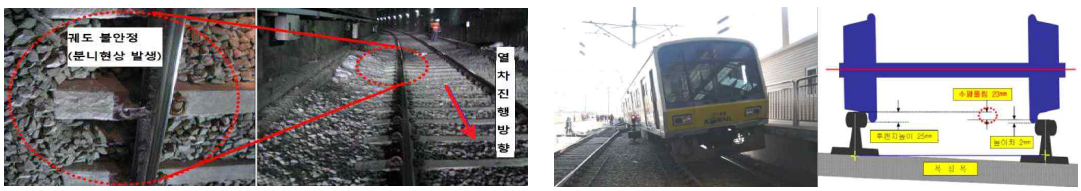


그림 1-1. 국내 발생 궤도틀림으로 인한 탈선사고 사례

– 1997년 스웨덴 Stockholm-Malmo 라인의 Tystberga에서는 과도한 궤도틀림으로 인해 탈선사고가 발생함[6)]

– 2014년 서호주 Bonnie Vale에서는 주기적인 수평틀림(cross level)과 방향틀림(lateral irregularity)으로 인해 차량 진동이 야기되어 탈선이 발생된 사례가 있음[7)]

3) Choi et al. 2012. The influence of track irregularities on the running behavior of high-speed trains. Journal of Rail and Rapid Transit 227(1) 94-102.
4) 국토교통부 항공·철도사고 조사위원회, 2016 철도사고 사례집(2016년 7월)
5) 국토교통부 항공·철도사고 조사위원회, 2016 철도사고 사례집(2016년 7월)
6) Jin et al. 2013. Study on safety boundary for high-speed train running in severe environments. International Journal of Rail Transportation 1(1-2) 87-108.

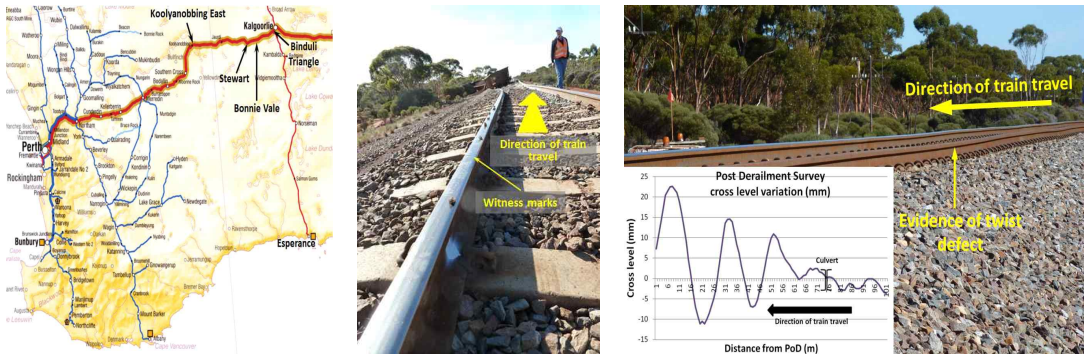


그림 1-2. 2014년 서호주 Bonnie Vale에서 발생한 궤도틀림으로 인한 탈선사고 사례

– 고저틀림 및 방향틀림과 KTX의 300km/h 주행시 탈선계수(derailment)와의 상관관계에 대한 수치해석 결과, 방향틀림의 경우 탈선에 미치는 영향이 크다고 알려져 있음[8)]

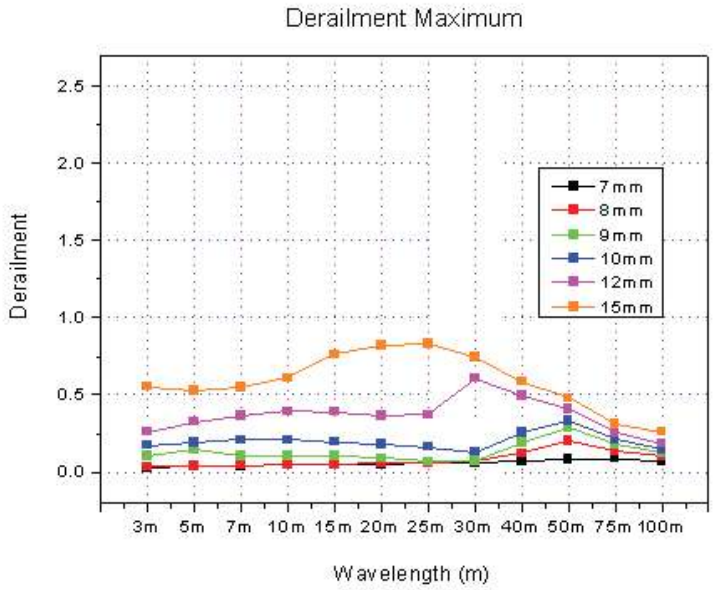


그림 1-3. 방향틀림과 KTX 탈선계수와의 상관관계

7) Australian Government; ATSB Transport Safety Report, Derailment of ore train 4413(2015년 3월)
8) 최일윤 등, 경부고속선 궤도틀림 분포 특성, 한국철도학회논문집 제18권 제1호(2015년 12월)

1.2. 궤도틀림 취약개소

❑ 궤도틀림은 **대부분 선로의 불연속점(seam)에서 발생**하며, 불연속점(seam)은 다음과 같이 정의됨[9)]

- ❍ **구조물 불연속점**: 교량-토공 접속부, 신축이음부, 교량 단부, 터널-토공 접속부, 암거-토공 접속부
- ❍ **궤도 불연속점**: 자갈궤도-콘크리트궤도 접속부, 레일신축이음장치(rail expansion joint; REJ), 분기부
- ❍ **선형 불연속점**: 완화곡선, 종곡선구간, 평면선형-종단선형 병합구간
- ❍ 기타: 레일 용접부, 레일 손상부 등

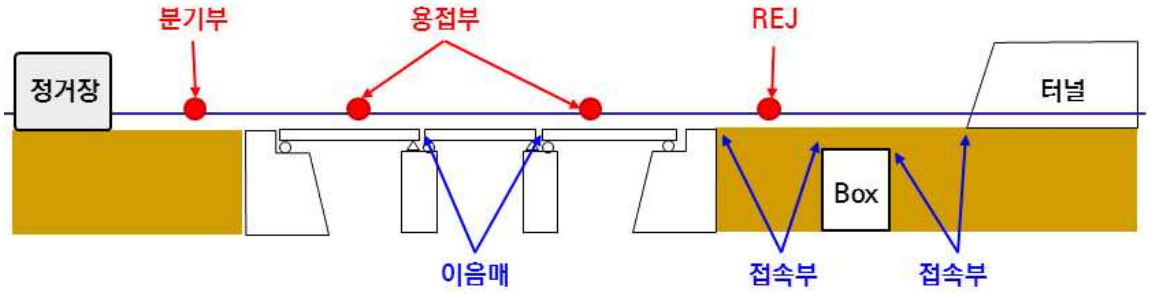


그림 1-4. 궤도틀림이 발생가능한 선로의 불연속점(seam)

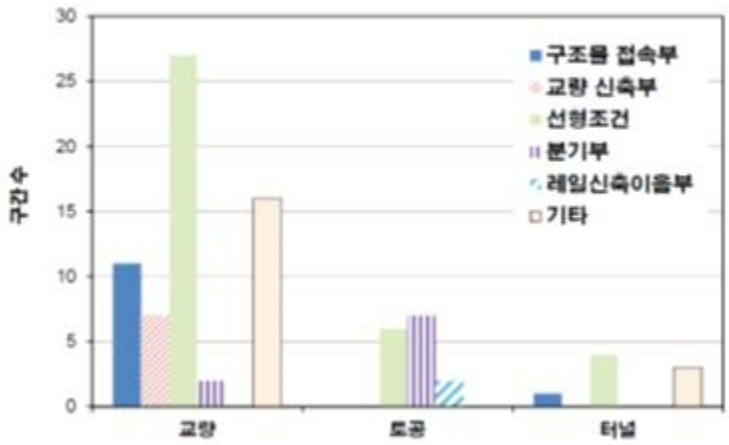


그림 1-5. 궤도틀림이 발생하는 불연속점 구간 분석

9) 고속철도 자갈궤도구간 유지보수 저감을 위한 궤도개량 기술개발 기획 보고서, 국토해양부, 2012.

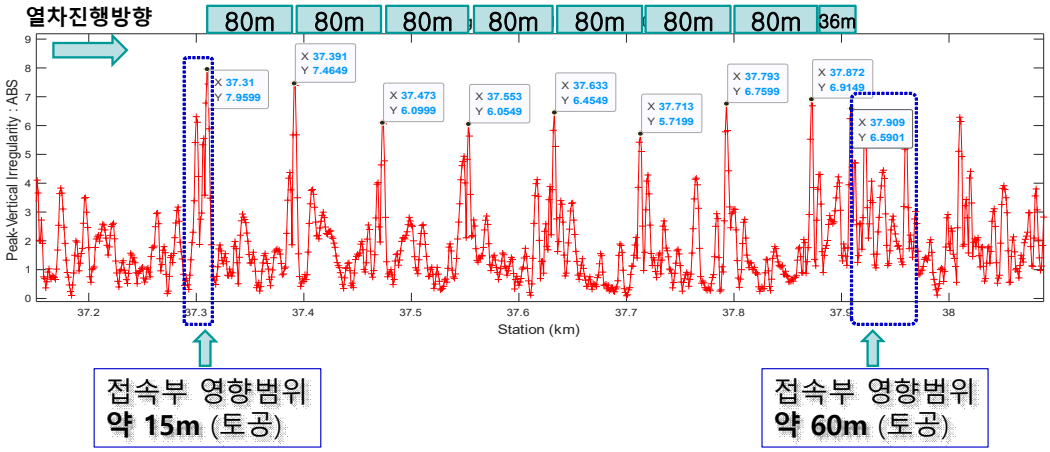


그림 1-6. 경부고속선 자갈궤도 교량구간 궤도틀림 발생 양상

❑ 경부고속철도의 궤도틀림 진전율(TQI Growth Rate) 분석 결과, 교량 신축이음부, 교량 시종점부에 과도한 궤도틀림 발생 확인

❍ 일반적으로 궤도틀림 값을 궤도품질지수(TQI; Track Quality Index)로 변환하여 유지보수 작업을 위한 궤도상태 평가에 활용하고 있으나, 철도구조물(교량, 터널, 토공) 및 궤도특성(분기기, 속도대역) 반영이 불가하여 궤도열화 경향을 정확히 파악하기 어렵기 때문에 궤도틀림의 진전율(TQI Growth Rate)로 구조물의 영향 분석 가능

❍ (송라교: 2@40m x 7) 80m 주기로 큰 TQI 진전율 발생: 교량 신축이음부, 접속부에 과도한 궤도틀림 발생

❍ (동산교, 산동3교 부근) 교량 시종점부에 과도한 TQI 진전율 발생: 접속부(토공부)에 과도한 궤도틀림 발생

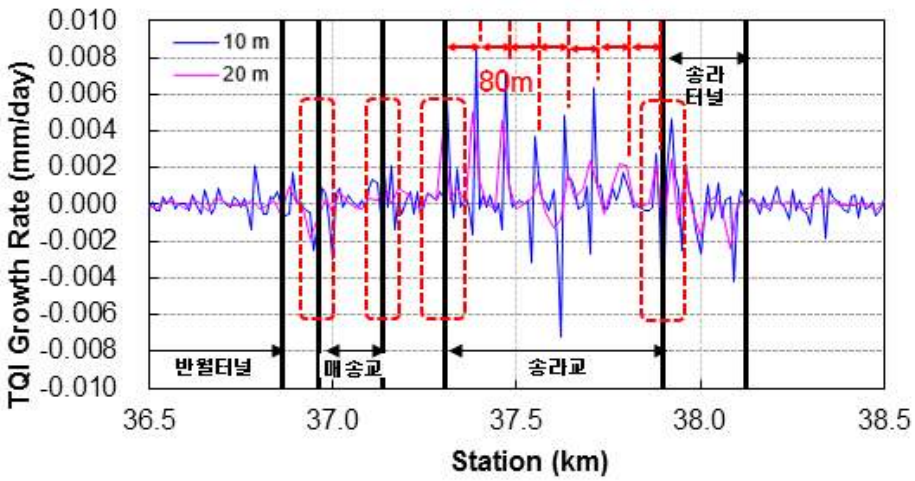


그림 1-7. 송라교 부근 구조물 연속구간 궤도틀림 진전율 변화

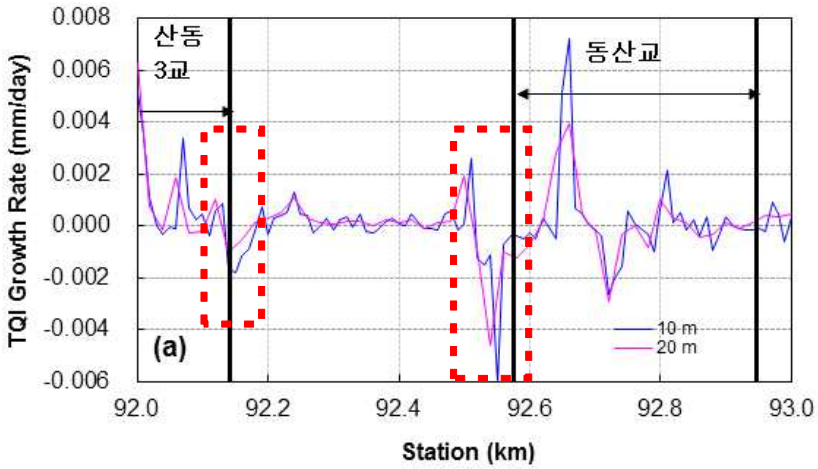


그림 1-8. 동산교 부근 궤도틀림 진전율 변화

1.3. 국내 철도 현황

❑ 국내 철도 시설 현황

❍ 국내 철도 노선은 2018년 말 기준 101개 노선에 전체 연장 4,149.8km(고속선 657.4km, 기존선 3,492.4km)이며, 교량 3,433개소, 터널 833개소임 (한국철도공사, 2016)

❍ 특히, 경부고속선 1단계의 경우, 723m마다 구조물 접속부(교량-토공, 터널-토공)가 존재하며, 235개의 하부통과박스(B함, C함, D함)를 포함하면 **280m 마다 구조물 접속부가 존재**함

– 경부고속철도의 궤도 연장은 총 78.792km 이며, 1단계 구간은 517.705km, 2단계 구간은 261.087km (한국철도공사, 2016)

– 경부고속철도 1단계 구간인 광명~동대구 구간의 약 90%가 자갈도상 궤도로 이루어져 있고, 구조물 현황을 보면 토공 29%, 교량 38%, 터널 3% 등으로 구성[10)11)]

※ 프랑스 고속선은 대부분이 단일구조물인 토공(동남선 99%, 대서양선 94%, 북부선 98%)

❍ 이러한 구조물간 접속부와 같은 **다수의 취약개소가 존재**함

❑ 국내 궤도틀림 취약개소 현황 및 문제점

❍ 한국철도공사에서 수행하고 있는 **궤도의 유지보수의 경우, 접속부 등의 불연속점(seam)에서 대부분의 수행**되고 있음

❍ 경부고속철도 1단계의 경우, 구조물 접속부와 신축이음부의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 전체연장의 36%인 교량구간에서 61%의 유지보수 수행되었고 (한국철도공사, 2015) 접속부에서 발생하는 유지보수 소요시간 및 비용이 가장 높게 발생하고 있음

– 경부고속철도 1단계 구간: 교량구간, 분기 구간에서 다짐작업 다수 수행[12)]

10) 한국철도기술연구원, "철도연, 자갈궤도의 궤도틀림을 줄이는 침목 2종 개발", 보도자료, 2020.10.27.
11) 김윤옥, 운영중인 고속철도 자갈궤도 개량공법의 경제성분석, 석사학위논문, 동양대학교 대학원, 2018)
12) 고속철도 자갈궤도구간 유지보수 저감을 위한 궤도개량 기술개발 기획 보고서, 국토해양부, 2012.

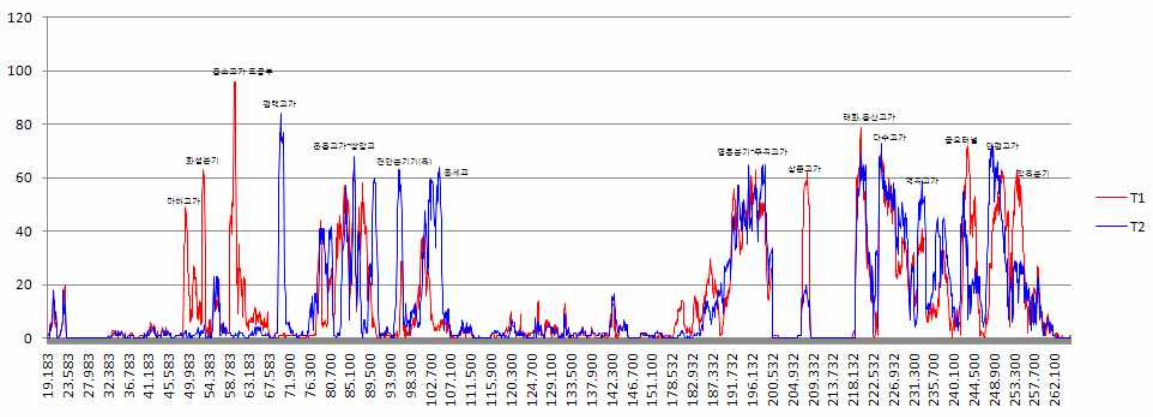


그림 1-9. 경부고속철도 1단계 구간 위치별 장비 다짐작업 현황

– 접속부 등의 불연속점에서 발생하는 궤도틀림은 최소 10m, 최대 60m 구간에 영향을 주기 때문에 궤도틀림이 발생하면 주변 영향범위 전체에 유지보수가 필요하며, 과도하게 발생될 경우 주변 60m 구간을 모두 유지보수 및 개량하는 상황이 발생할 수 있음

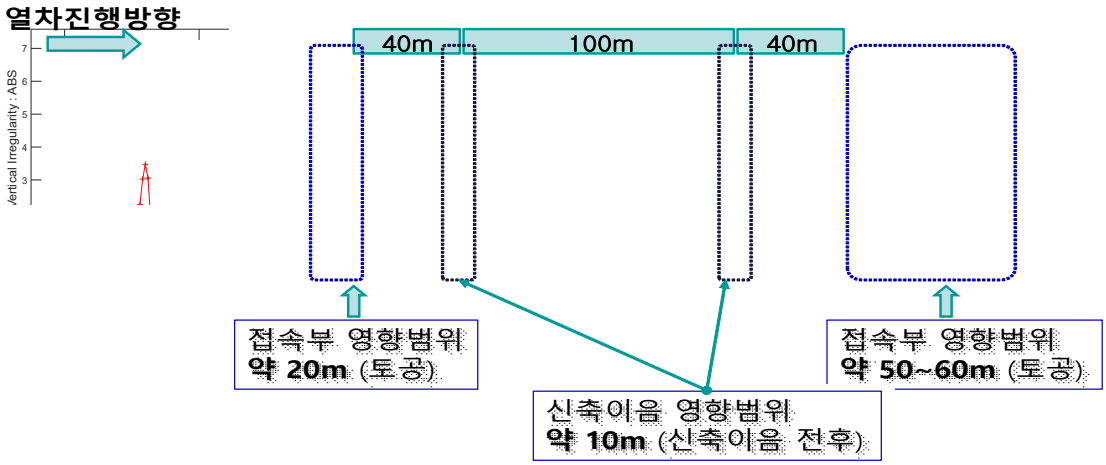


그림 1-10. 교량-토공 접속부 및 교량구간에서의 궤도틀림과 영향범위

○ 구조물 접속부 구간(교량-토공, 터널-토공)은 지속적으로 유지보수가 이루어지고 있지만 궤도틀림이 발생한 후 처방에 불과하고 갈수록 노후화되고 있기 때문에 2011년부터 2018년까지 유사한 수준의 유지보수 이력(누적탬핑연장)을 유지하고 있는 상황. 따라서 구조물 접속부 구간의 원천적 유지보수 방지를 위한 대안 필요

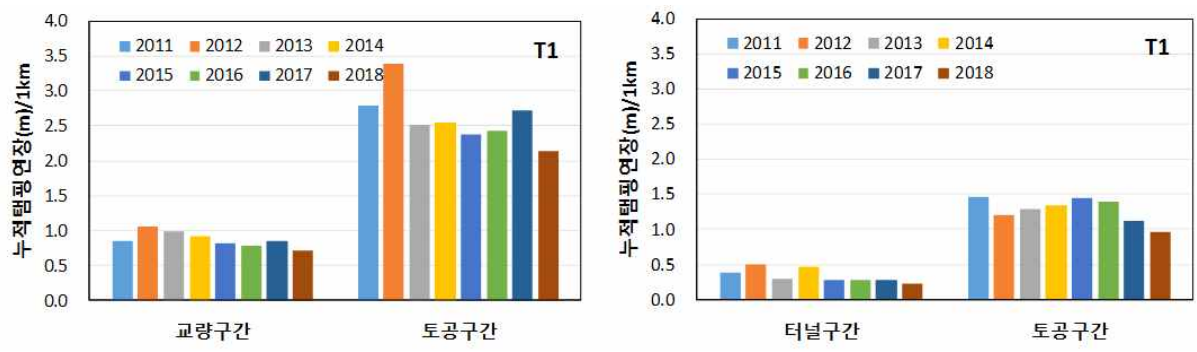


그림 1-11. 구조물 접속부 구간(구조물 경계 40m 구간)에서의 탬핑(유지보수) 이력 비교
(좌) 교량-토공 접속부, (우) 터널-토공 접속부

○ 구조물 접속부 중에서는 교량(49%), 토공(33%), 터널(17%), 정거장(1%) 순으로 유지보수 비율이 높은 것으로 나타남

※ 터널-토공접속부에 비해 교량-토공 접속부의 유지보수가 1.9배 많음
※ 교량접속부의 경우, 토공구간에서의 유지보수가 교량구간에 비해 3.1배 많음
※ 터널접속부의 경우, 토공구간에서의 유지보수가 교량구간에 비해 3.5배 많음

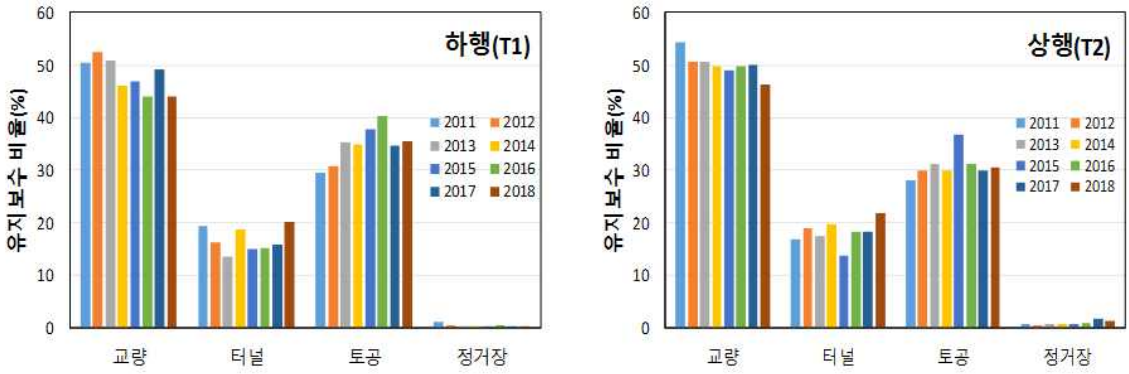


그림 1-12. 구조물별 궤도틀림으로 인한 자갈궤도 유지보수 현황

○ 터널-토공 접속부 및 암거-토공 접속부(박스통과구간)에서도 궤도틀림이 크게 발생하고 있음

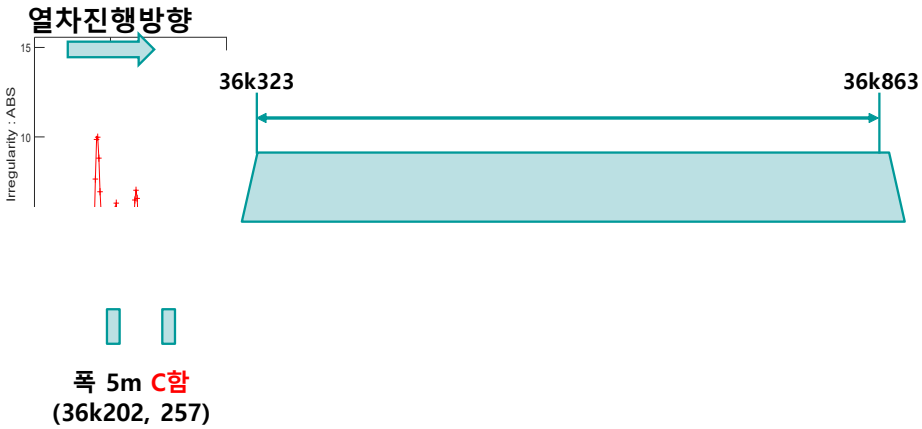


그림 1-13. 하부박스와 터널구간에서의 궤도틀림

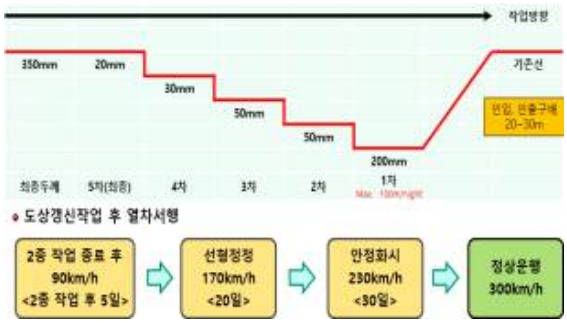
○ 자갈궤도 구간은 콘크리트궤도 구간에 비해 레일을 지지하고 있는 궤도저항력이 낮아 궤도틀림의 발생가능성이 더 높으며, 실제로 대부분의 궤도틀림인 자갈궤도 구간에서 발생됨

○ 국내에서는 궤도틀림 발생으로 인한 자갈궤도 갱환작업 완료 후 궤도안정화를 위해 약 55일 간 단계적으로 서행 운행하도록 규정되어 있으며 이에 따라 열차지연 발생

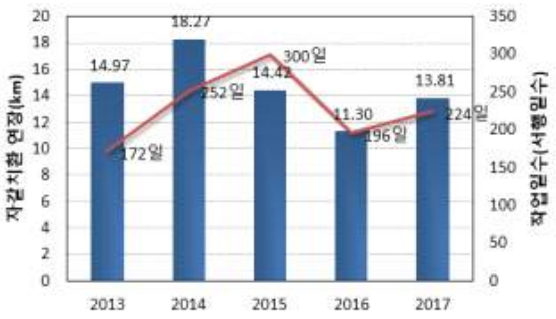
– 고속선 열차 주행성능 시뮬레이션 TPS(Train Performance Simulation) 결과에 따르면 유지보수작업에 따른 서행운전의 일평균 운행시간 차이는 약 67초에서 119초 정도로 계산되며, 사회적 비용으로 환산하면 년간 58~61억원 정도로 추정됨[13)]

13) 이장호 외., "고속철도 자갈도상개량에 따른 통행시간 절감편익 산정", 2018년도 한국철도학회 춘계학술대회논문집, 2018

– 프랑스의 경우, 갱환작업 직후 상시속도로 운영하고 있으므로 서행 운행에 따른 비용손실 없음



자갈궤도 갱환 작업과 단계적 서행



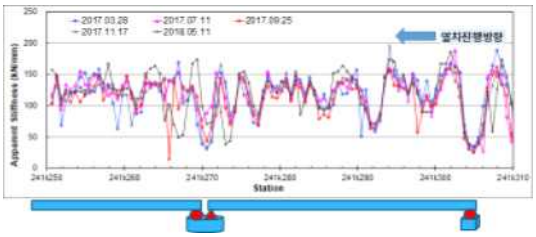
경부고속선 2종작업(자갈치환) 현황

그림 1-14. 자갈궤도 갱환작업 단계적 서행과 서행일수 현황(경부고속선 1단계구간)

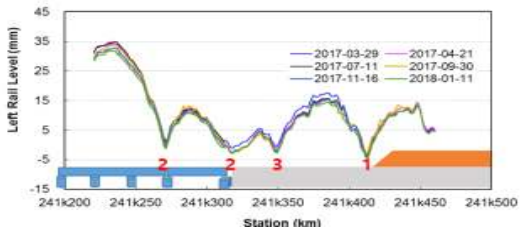
○ 구조물 접속부나 교량 이음매의 구조적 한계로 뜬침목이 발생하여 폭염시 급격한 궤도변형이 발생하거나 초기 안정화가 미흡할 경우 궤도좌굴에 의한 탈선 가능성 증대

– 1, 2종 작업이후 자갈도상 안정화기간 필요(고속선 55일 서행 안전화기간 필요). 궤도저항력이 낮아 좌굴, 궤도틀림 등의 문제 발생

– 구조물접속부와 교량이음매에서 발생한 뜬침목으로 인한 궤도틀림 발생으로 열차운행 지연 초래 (폭염 속 천안아산역 선로이상..열차운행지연, KBS, 2019.08.03.)



교량상 연결부 뜬침목 확산



접속부와 신축이음부의 궤도틀림 거동

그림 1-15 신축이음부와 접속부에서의 뜬침목발생과 침하양상

○ 따라서 한국철도공사는 궤도틀림이 빈번하게 발생하는 구간을 선정하여 **특별관리구간으로 지정하여 관리하고 있음**

○ 구조물 접속부와 신축이음부의 구조적인 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 전체연장의 36%인 교량구간에서 중점관리개소가 대부분 존재

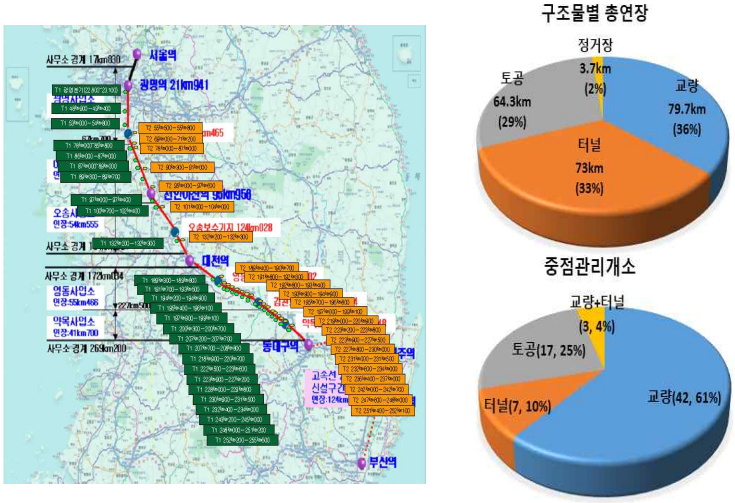


그림 1-16 경부고속선 중점관리개소 현황

1.4. 향후 전망

❑ 국내 전체 궤도 연장의 82%가 자갈궤도이며, 구축 계획된 신선 대부분이 자갈궤도로 건설 예정

❍ 현재 국가철도공단(KR)이 계획하고 있는 일반철도 4개 구간 중 전 구간 콘크리트궤도로 설계되어 있는 서해선을 제외한 3개 구간은 대부분이 자갈궤도로 설계되어 있고 일부 터널, 교량 구간만 콘크리트궤도로 설계되어 있음[14)]

– 도담-영천의 터널 및 교량구간, 영천-신경주의 터널구간, 원주-강릉의 본선구간만 콘크리트궤도로 설계되어 있고, 대부분의 토공구간은 자갈궤도로 설계됨

– 이 경우, 두 가지의 불연속점(seam)이 동시에 존재(구조물 접속부(교량-토공 접속부, 터널-토공 접속부), 궤도 접속부(자갈궤도-콘크리트궤도 구간))하므로 궤도틀림 발생이 필연적임

❍ 또한 국토교통부는 호남고속철도 2단계의 기본설계 시 전 구간을 자갈도상으로 계획하였으며, '예비타당성조사 표준지침'에 의해 전 구간 자갈도상 궤도 설계가 예정되어 있음

❑ 궤도틀림 발생으로 인한 유지보수 작업 등에 따른 손실비용이 향후에도 지속적으로 발생될 것으로 예상됨

❑ 따라서 **국내 철도선로 현황을 고려한 접속부 취약개소에 대한 원천적 대응 방안이 요구됨**

14) 황태종, 2020 국감 호남고속철도 2단계 전 구간 '자갈철길' 설계 위기, 파이낸셜 뉴스, 2020.10.16.

2. 기술개발 필요성

2.1. 궤도틀림 영향인자

❑ 궤도틀림은 열차 통과톤수, 열차하중, 궤도강성, 열차속도, 하부노반 상태, 온도 등의 환경변화 등의 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생함

❑ 구조물 접속부 및 궤도 접속부의 경우, 하부강성 차이와 이로 인한 지속적인 열차 충격하중으로 궤도틀림이 발생

- ❍ 구조물-토공 접속부의 경우, 구조물과 하부 노반의 강성 차이로 인해 레일의 거동이 상이해지고, 이에 따라 열차 충격하중이 발생
- ❍ 교량의 신축이음과 단부 등에서 지속적인 열차충격하중으로 인해 궤도틀림 발생
- ❍ 특히, 동일한 접속부에서도 궤도 강성이 약한 부분에서 궤도틀림이 주로 발생함. 교량-토공 접속부의 경우, 토공구간의 궤도틀림이 크게 발생하며 유지보수량도 월등히 많음

❑ 구조물 접속부의 토공구간에 지속적인 침하 발생도 궤도틀림 발생의 큰 요인 중 하나임

❑ 하부강성의 차이를 완화시키기 위한 표준설계단면이 제시되어 있으나, 노반과 궤도 각각의 중요인자를 종합적으로 고려하지 못함

- ❍ 현재 설계기준에서는 노반 침하 방지와 궤도강성의 점진적인 변화 모두 종합적으로 고려되지 못하고 있음

2.2. 궤도틀림 발생에 의한 궤도열화 현상 및 기술적 대응 현황

2.2.1. 구조물 접속부

❑ 교량-토공 접속부

- ❍ 교량-토공 접속부에서 노반 강성의 점진적인 변화를 위해서 설치되는 강성천이구간이 일정한 수준의 강성을 확보하지 못하여 침하가 발생하고 이에 따라 침목이 부상하여 궤도틀림과 접속 슬래브의 침하 및 파손이 발생하여 빈번한 유지보수가 요구됨

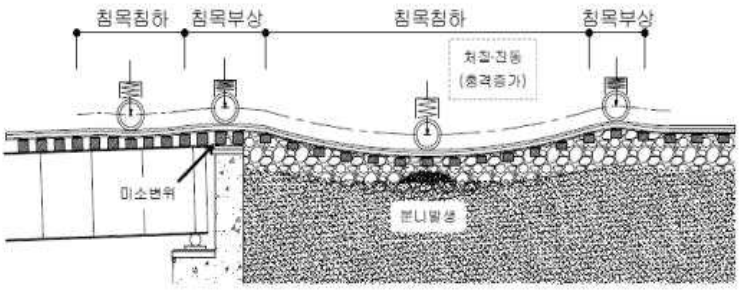


그림 1-17. 교량-토공 접속부 강성천이구간에 발생하는 문제점

그림 1-18. 교량-토공 접속부 침하로 인한 피해 사례

○ 국외의 경우 대부분 교량-토공 접속부에서 다양한 궤도 열화 현상이 확인됨.

- 유럽의 경우, 접속부 구간이 많지 않아 접속부 발생구간이 적지만, 동일한 문제가 발생되고 있으며, 다양한 해결방안이 제시되고 있음
- 오스트리아는 탄성 패드를 레일 체결장치에 적용하고, 침목하부에 under-sleeper-pad (USP)를 부착하여 접속부에서 궤도강성이 점진적으로 변화하도록 설계
- 네덜란드는 보강레일을 추가로 적용하여 궤도강성 변화를 줄임
- 일본은 automatic subsidence compensating device를 침목에 적용하여 접속부구간에서 침하 발생시 자동으로 침하를 보정하여 뜬침목 발생 방지[15)]

그림 1-19. 오스트리아의 접속부 열화 사례 및 해결방안(Getzner사)

15) Muramoto et al. 2012. A study of the effect of track irregularity prevention methods for the transition zone between different track structures. QR of RTRI. 53(4) 211-215.

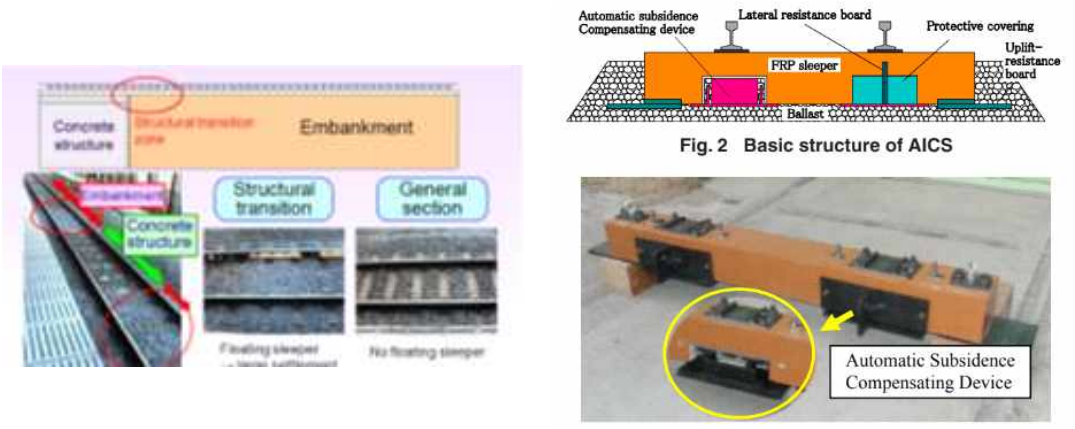


그림 1-20. 일본의 접속부 열화 및 보강대책 사례

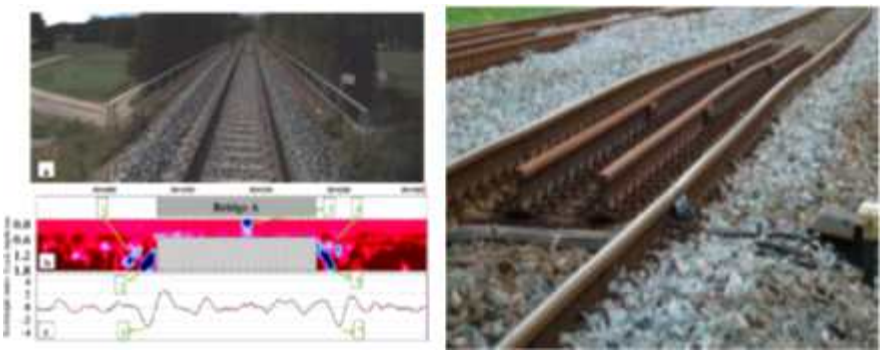


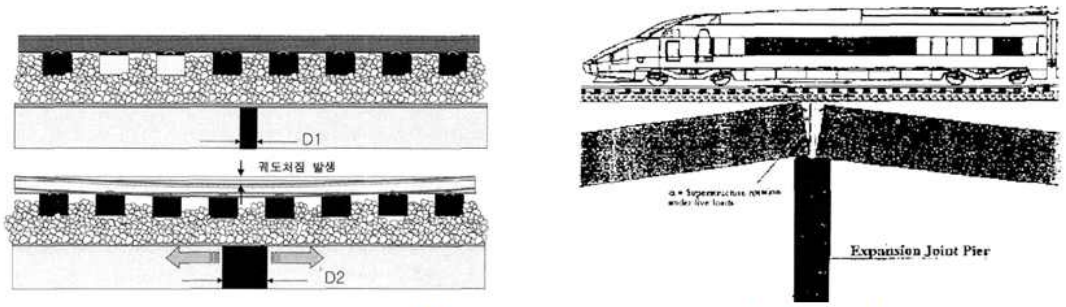
그림 1-21. 네덜란드의 접속부 열화 및 보강대책 사례

❑ 교량 단부

❍ 장대레일 안전성 확보를 위해 단순교로 계획하는 철도교는 온도 하강으로 교량 단부의 간격이 넓어지면 교량 단부 위에 설치된 자갈도상이 이완되어 침하하고, 이후 온도가 상승하여도 원상태로 복귀되지 않음

❍ 또한 열차하중에 의한 단부 꺾임각도 교량 단부의 도상 이완을 증가시킴

❍ 이와 같이 계절변화와 밤과 낮 온도승강이 반복되면서 자갈도상의 이완이 심화되면 침목이 들뜨게 되어 승차감 저하는 물론 열차의 주행 안전성에도 영향이 발생하므로 자갈도상을 설치한 교량의 단부는 궤도틀림 발생 및 잦은 유지보수 시행 필요



(a) 온도승강에 따른 자갈도상 이완 (b) 단부 꺾임 발생 16)

그림 1-22. 철도교 단부의 자갈도상 침하 개요

○ 자갈도상으로 덮힌 교량 단부 덮개(자갈막이)는 누수에 취약하여 거더 하부 교각에 설치된 받침의 내구성을 저하시키며, 이를 방지하기 위한 덮개(자갈 유출 막이)의 교체 또한 매우 어려움

그림 1-23. 철도교의 교량 단부 누수 및 받침부 열화

○ 이와 같은 주행 안전성과 승차감을 저하시키고 구조물의 열화를 야기하는 교량 단부의 개방을 차단하면서도 상부거더의 신축을 허용할 수 있는 기술 필요

❑ 지하횡단구조물-토공 접속부

○ 지하횡단구조물(암거 등) 통과 시에도 교량-토공 또는 토공-터널 접속부와 동일한 현상이 발생하고 있음. 특히, 박스 구조물 통과 구간의 경우에는 강성변화뿐만이 아니라 겨울철 동상도 자주 발생하므로 겨울철과 해빙기에 열차안전운행에 지장을 초래할 수 있음

○ 복잡한 형태의 현행 성토 구간 설계 등에 대한 구조적, 경제적 효율성을 높인 설계 개선안이 필요하며, 지하횡단구조물 접속구간의 합리적인 접속처리와 동상에 대한 연구 및 대책공법 개발 필요

그림 1-24. 지하횡단구조물(Box 통과구간) 동상 발생 사례

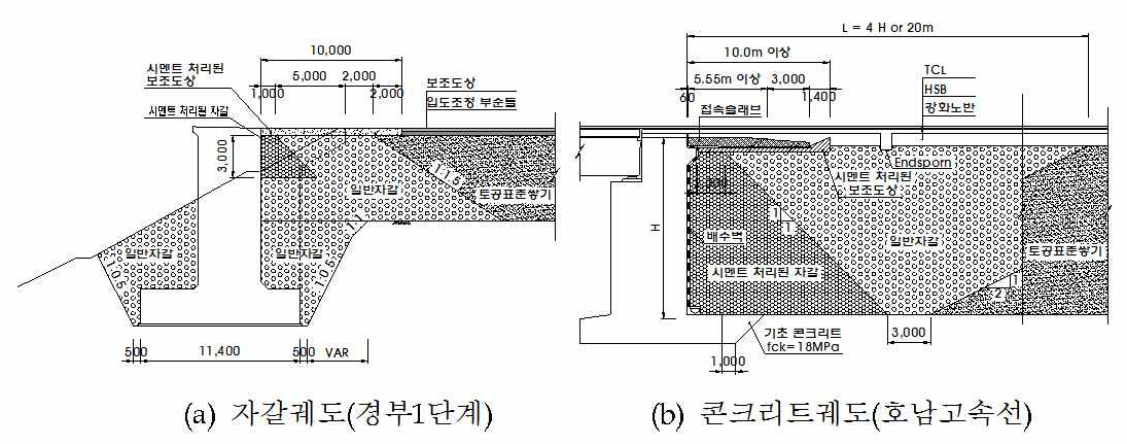
❑ 구조물 접속부 설계의 문제

○ 접속부 표준단면으로 설계 및 시공하고 있지만 현행 접속부 표준단면은 접속부 거동과 지형적 특성이 반영되지 않음. 궤도간 접속부 위치 선정, 이격거리, 적정 완충구간 설계에 대한 명확한 기준이 부재하며, 유럽도 각국별로 상이한 기준을 적용 중

16) 고속철도 교량상판의 온도신축작용이 궤도처짐에 미치는 영향과 대책에 관한 연구(강기동, 2004, 철도저널)

○ 특히, 강성이 작고 침하발생이 가능한 토공구간에 대해 다양한 궤도틀림 영향인자의 고려가 가능한 설계기준 개발 필요

○ 시멘트 혼합자갈의 경우 교대벽면과 일체화 거동을 하는 등 다양한 문제점이 발생하고 있어 새로운 재료의 개발 필요



(a) 자갈궤도(경부1단계) (b) 콘크리트궤도(호남고속선)

그림 1-25. 교량-토공 접속부 설계 예

2.2.2. 궤도 접속부

❑ 궤도 접속부(자갈궤도-콘크리트궤도) 설계 문제

○ 궤도 접속부(콘크리트궤도-자갈궤도 경계부)에서 아래 그림과 같이 궤도강성이 점진적으로 변화도록 설계를 했음에도, 보강레일 체결구 손상, 궤도틀림 등이 발생하여 열차운행에 따른 큰 충격하중이 발생. 이는 레일의 피로 및 손상을 야기하여 궁극적으로 궤도와 레일을 수명을 단축시키고, 승차감과 안전운행을 저해하기도 함

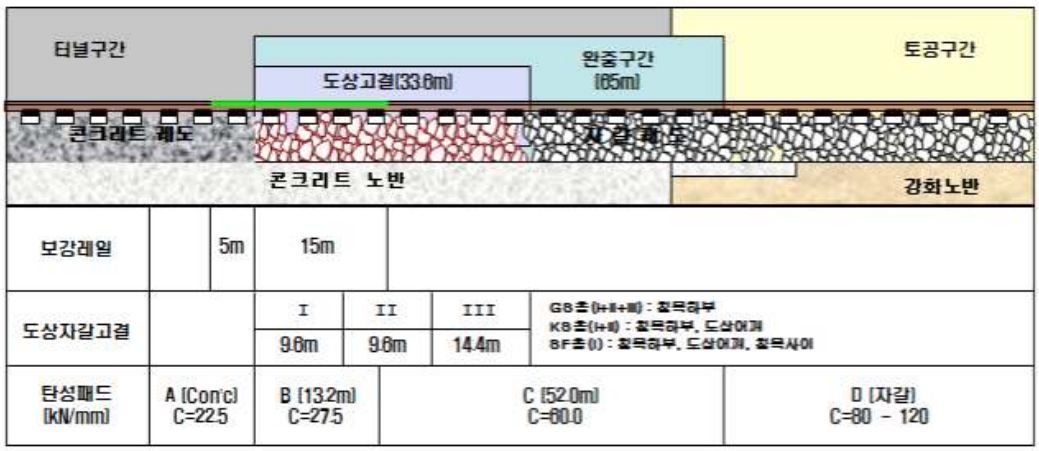


그림 1-26. 고속선 궤도접속부 설계 사례

○ 전라선을 비롯한 일반철도의 콘크리트궤도가 부설된 터널과 자갈궤도가 부설된 토공구간 접속부에서 별다른 보강대책을 적용하지 않은 상태[17]

17) 새로운 콘크리트 궤도와 자갈궤도 접속부 보강구조(V-Track) 김장규 2019, 철도저널 22(3)

○ 따라서 열차 운행에 따라 자갈궤도의 궤도틀림이 빈번하게 발생하고, 접속부 콘크리트 궤도의 침목 들뜸현상과 침목 주변 슬래브의 균열이 발생하는 등 다양한 문제점이 보고됨

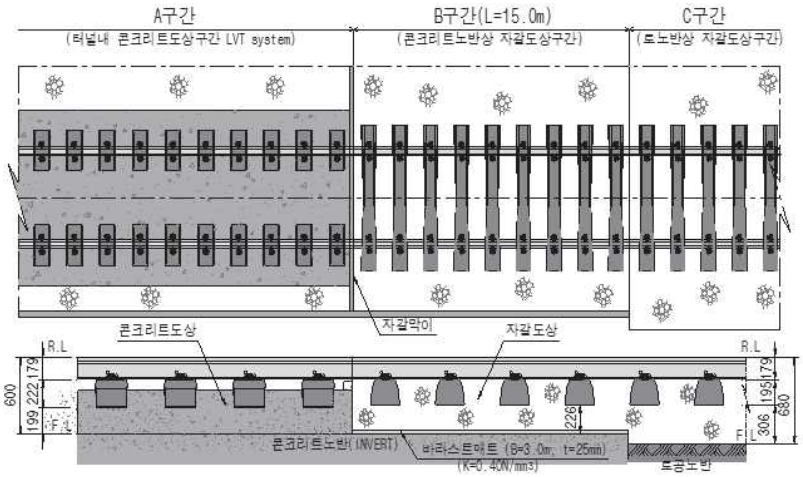


그림 1-27. 전라선 콘크리트궤도와 자갈궤도 접속부 개요도

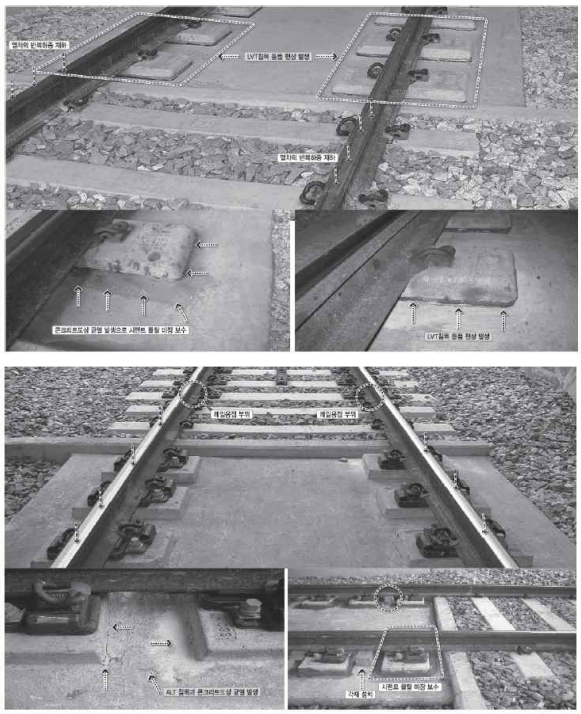


그림 1-28. 전라선 접속부 현장에서 발생한 문제점

2.2.3. 현행 유지보수 방법의 문제점

❑ 현행 유지보수는 궤도틀림 발생 구간을 탬핑, 자갈교환, 개량 등을 통해 사후 대처하는 수준이었다면, **원인 해소를 통한 원천적 대응 및 예방적 유지보수 필요**

○ 궤도 불연속점 및 불연속에 의한 충격하중 최소화

○ 궤도 저항력을 증대시켜 궤도 저항력 감소에 따른 뜬침목 현상 방지

○ 뜬침목 등의 1차 현상 검지 및 과학적 유지관리 필요

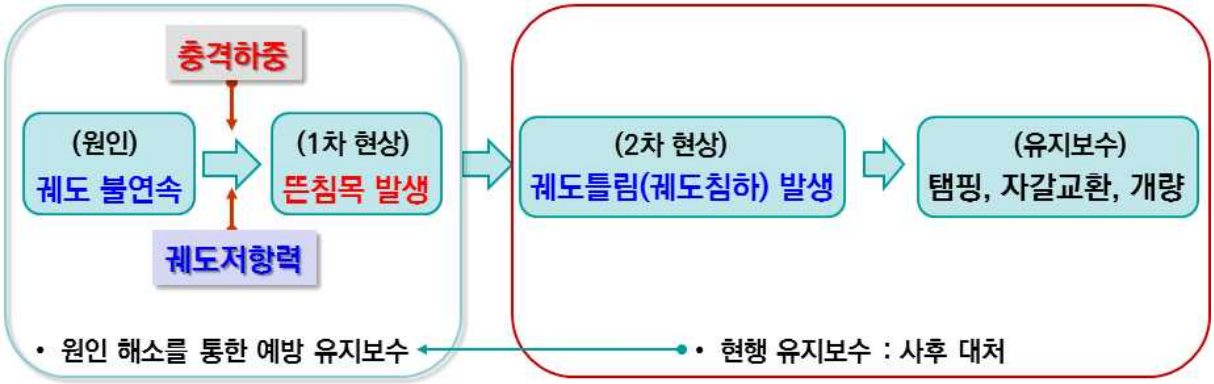


그림 1-29. 궤도틀림 발생 흐름 및 예방적 유지보수

❑ 자갈궤도에서 발생하는 뜬침목 거동과 유지관리에 대한 연구가 일부 진행된 사례가 있으나 통계분석 수준의 연구로 근본 원인 규명 등은 부족한 실정

○ 심광섭 등(2015)은 누적통과톤수와 뜬침목분포를 통계적으로 분석하여 관리방안으로 도상안정제살포, 자갈치환 등의 관리방안을 제시

○ 전일식과 임남형(2020)은 도상자갈의 마모특성을 분석하여 품질기준을 제시

○ 현상으로 나타나는 마모, 궤도틀림, 뜬침목에 대한 통계분석 수준의 연구로, 근본원인에 대한 규명연구는 미미함

3. 정부지원의 필요성

3.1. 지원근거

❑ (제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)) 일반철도 고속화 추진 및 전국 주요거점 고속철도망 연결과 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축 목표

❍ 계획기간 동안 총 88조원의 투자계획을 수립(국비 59조원, 지방비 3조원, 민자유치 14조원, 기타 12조원)하였으며, 이 중 신규사업(44조 6,314억원) 투자계획 (총 36개 사업/연장 1,719km)

❍ 철도운영 연장은 2026년 기준 5,364km 달성(복선화율 71%(3,813km), 전철화율 82%(4,421km)) 목표

❍ 철도투자 증가에도 불구하고 수송분담률은 도로(84.9%, 철도는 14.7%)에 집중된 상황으로 생활교통에 이용되는 광역철도의 확대와 지역간 철도의 속도향상이 필요

❍ 신설선의 유지보수 원천적 방지와 기존선의 유지보수나 개량작업 후 열차서행, 접속부에서 발생한 궤도틀림 등에 의한 추가 열차서행 발생에 대한 대책 필요

❍ 철도망 확충에 2016년부터 2025년까지 총 70.4조원을 투자할 계획이며, 여전히 신규 철도건설이 지속되고 있음. 다수의 신설선이 궤도틀림이 발생하는 자갈궤도로 건설될 예정

❑ 「철도건설법」이 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」로 개정(`18년 3월)됨에 따라 철도 인프라의 효율적인 유지관리를 위한 사전적, 예방적 기술 개발이 요구됨

❍ 기존 「철도건설법」에는 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 규정하지 않고 있어, 철도운영기관별로 독자적으로 철도 인프라를 관리하여 노후화가 심각함

❍ 이에, 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」에 따라 철도시설의 유지관리에 관한 목표, 추진전략, 투자계획, 인력 및 장비, 정보관리체계 구축 및 R&D 등 철도시설을 안전하고 효율적으로 유지관리하기 위한 5년 단위 법정 계획을 수립하여야 함.

– `20년 12월 「제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021~2025)」이 고시되었으며, 노후도 관리·인력 중심 유지관리 체계에서 성능 중심의 예방적 관리, 스마트 기술을 접목한 과학적 유지관리 체계로 전환을 기본 방향으로 설정함

❑ (제3차 철도산업발전 기본계획) 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적.예방적 관리방식으로 전환을 위해 유지보수 원인의 원천적 제거 필요

❍ 과도한 궤도틀림은 차량의 주행 안전성 및 승차감 저하와 심각한 경우 탈선으로 이어질 수 있기 때문에 원천적 대응 필요

❑ (경부고속철도 1단계 갱신 계획) 경부고속철도 1단계 개통('04) 이후 개량시기 도래로 대보수 갱신이 계획되고 있으며, 주요 간선 고속화 계획(제3차 국가철도망 구축계획, 국토교통부, 2016)에 따른 유지보수 및 개량 수요 증대

❍ 2024년부터 경부고속선 1단계구간(광명-동대구)의 누적통과톤수가 6억톤을 초과함에 따라 단계적인 대갱환(레일, 도상 등의 구성품 개량) 계획 수립 (경부고속철도 1단계구간 궤도상태평가 및 갱신방안 연구, 국가철도공단, 2017)

3.2. 정부지원의 시급성

❑ (국가예산절감) 고속선, 일반선, 일부 도시철도의 경우 국가가 건설하고 관리하고 있으며, 건설 및 유지보수를 한국철도시설공단 및 한국철도공사에 위탁을 주어 시행 중

○ 따라서 원천적 궤도틀림 방지로 인한 유지보수 획기적 저감으로 비용절감 시 정부예산 절감효과 기대

❑ (철도안전향상) 선로 취약개소 해소를 통한 열차운행사고 사전 예방

○ 뜬침목 등이 많은 취약개소는 진동과다로 인한 탈선 위험성, 궤도틀림 발생으로 탈선 및 승차감 저하되기 때문에 이를 사전에 예방할 필요가 있음

❑ (국가적 중장기 전략 요구) 민간에서 하기 어려운 다양한 조건의 Test-Bed 구축, 개발된 기술 적용, Track Record 확보 및 장기간에 걸친 검증을 위한 중장기 투자 필요

❑ (고용창출) 신남방정책에 따른 동남아시아 진출을 위한 신규 건설인력양성과 연계하여 고용창출

4. 기획 추진 경과

❑ 기획수요조사 및 기획연구선정 ('19.9)

❑ 기획연구 착수 ('19.12)

○ 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발 (철도연, '19.12~'20.12)

❑ 기술수요조사 실시 ('19.12)

○ 총 40건의 세부기술 수요 회신

❑ 1차 분과위원회 실시 ('20.4)

○ 기술 분류체계 수정

❑ 2차 분과위원회 및 우선순위도출 자문 ('20.7)

○ 후보기술 조정(안) 도출

❑ 중점분야 및 세부기술 확정 ('20.8)

❑ 자원투입계획 수립 ('20.9)

❑ 사전 타당성 분석 ('20.10)

❑ 보고서 작성 ('20.10~'20.11)

제2장 국내외 동향 및 환경분석

제1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책 동향

1.1. 국내 궤도 유지관리 및 건설 관련 법

❑ 철도인프라 유지관리와 직접적으로 연관되는 법령은「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」이며, 철도시설과 관련한「철도산업발전기본법」,「철도안전법」과「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」등이 해당

❍「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」은 고속철도건설촉진법과 공공철도건설촉진법을 통합·정비하고 고속철도와 일반철도의 건설사업의 효율적 추진기반을 조성하기 위해 2004년「철도건설법」이 제정되고 이후 유지관리 강화로 2018년 개정

– 현재 국토교통부의 안전관리(안전 및 유지관리)에 대한 역할 변화로 철도시설의 유지관리에 대한 중요성이 강조됨에 따라「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」로 개정 및 2019년 12월부터 시행

❍「철도산업발전기본법」은 철도산업의 육성과 발전 촉진을 위해 철도산업 경쟁력 강화, 공공성 확보를 위한 철도시설부문의 건설·관리, 운영·관리 등 틀 마련을 위해 2003년 제정

❍「철도안전법」은 철도차량·철도시설의 안전기준 마련, 철도종사자의 체계적인 육성 등을 통한 철도에서 발생가능한 위험 방지, 사고 발생시 신속 대응 등 철도의 안전관리체계를 구축하고자 2004년 제정

❍「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」은 시설물의 안전점검 및 적정한 유지관리를 통하여 시설물의 효용성을 증진시킴으로써 공중의 안전 확보, 국민 복리 향상 도모를 위해「시설물의 안전관리에 관한 특별법」이 1995년 제정되고 이원화된 시설물의 안전관리체계의 일원화 및 강화를 위해 2017년 개정

1.1.1. 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률

❑ 철도시설의 유지관리에 대한 중요성이 강조되어「철도건설법」에서「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」로 개정 (2018.3.13.일부개정 및 2019.3.14. 시행)

❍「철도건설법」에는 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 규정하지 않고 있으며 철도운영기관별 독자적인 규정을 운영하여 관리함

❍ 이에 따라 철도시설의 노후화에 대한 시기적절한 대응이 부족하여 노후화가 점차 심각해지고 있는 상황으로 판단

❍ 철도시설의 체계적 유지관리, 상호운영성 확보, 철도역 관리 강화, 생애주기 관리 등 철도시설 안전에 필요한 사항을 신설

❑ 동 법에 따라 철도인프라를 생애주기 관리(설치, 점검, 유지보수, 개량)로 강화하고 체계적 이력정보 관리체계를 구축·운영하여 안전 확보, 성능 유지, 이용편의 향상을 위한 유지

관리 추진

❍ (목적) 철도망의 신속한 확충과 철도시설의 체계적인 관리를 위하여 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 사항을 규정함으로써 공중의 안전을 확보하고 국민의 복리증진에 기여함

❍ (적용범위) 철도(전용철도 제외)의 건설과 철도시설의 유지관리

※ 전용철도란 다른 사람의 수요에 따른 영업을 목적으로 하지 아니하고 자신의 수요에 따라 특수 목적을 수행하기 위하여 설치하거나 운영하는 철도를 말함

❍ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 철도시설의 생애주기관리를 위해 정기점검 등 실시, 기술기준 적용 및 호환성·안전성 확보를 위한 유지관리 및 개량이 추진 및 체계적 이력정보관리가 시행될 계획

– (철도시설의 기술기준) 철도시설관리자는 기술기준에 맞게 철도시설을 유지관리하여야하며 철도 개량시 철도시설의 호환성과 안전성을 확보하여야함

– (철도시설 유지관리기본계획 수립 등) 국토교통부는 기본계획 수립·시행 시 유지관리에 관한 목표, 추진방향, 목표달성에 필요한 보수·보강, 점검 및 성능평가, 정보관리체계 구축·운영, 필요 기술 연구·개발 등에 대한 내용을 포함해야함

– (철도시설의 생애주기관리) 철도시설관리자는 소관 철도시설의 설치, 점검, 유지보수, 개량 등을 한 때에 철도시설의 생애주기관리를 위해 철도시설 이력정보를 철도시설정보관리체계에 등록, 보존 및 분석, 활용함

– (철도시설정보관리체계 구축·운영) 철도시설관리자는 철도시설의 설치, 점검, 유지보수, 개량 등 전 생애주기에 걸친 이력정보* 관리를 위해 철도시설정보관리체계 구축·운영 및 제출하며, 국토교통부는 매년 제출된 정보를 체계적으로 보존·관리해야함

– (정기점검) 철도시설관리자는 안전과 성능 유지를 위해 국토교통부가 고시한 정기점검에 관한 지침에 따라 철도시설관리자는 기준을 마련하고 해당 기준에 따라 정기점검을 실시

– (긴급점검) 철도시설관리자는 철도시설의 붕괴·전도 등 재난이 발생할 우려가 있다고 판단하는 경우 긴급점검에 관한 기준에 따라 긴급점검을 실시

– (정밀진단) 철도시설관리자는 설치 후 10년 이상 경과된 소관 철도시설에 대하여 정기적으로 정밀진단을 실시

– (안전조치) 철도시설관리자는 정기점검, 긴급점검, 정밀진단 등을 통하여 결함 등 공중의 안전한 이용에 미치는 영향이 중대한 결함이 발견되는 경우에는 철도시설의 사용제한·사용금지 등의 안전조치 및 위험표지 설치, 보수·보강함

– (성능평가) 철도시설관리자는 철도시설의 성능을 유지하기 위하여 성능평가 지침에 따라 소관 철도시설에 대한 성능평가를 시설별로 지정 기간마다 실시

– (철도역사의 안전 및 이용편의 수준평가) 국토교통부는 철도역사 이용자의 안전을 확보하고 이용편의 수준을 향상시키기 위하여 5년마다 철도역사의 안전 및 이용편의 수준을 평가함

– (보수·보강·교체 등 조치) 철도시설관리자는 소관 철도시설의 안전과 성능을 유지하기 위하여 시행계획에 따른 보수·보강·교체 등 필요한 조치를 해야함

1.1.2. 철도산업발전기본법

❑ 동 법을 통해 고속철도 및 일반철도의 철도인프라는 유지보수·안전관리 관련 계획에 따라 조치가 시행되며, 관련 기술개발에 대한 추진

❍ (목적) 철도산업의 경쟁력을 높이고 발전기반을 조성함으로써 철도산업의 효율성 및 공

익성의 향상과 국민경제의 발전에 이바지함

❍ (적용범위) 한국철도시설공단 및 한국철도공사에서 소유·건설·운영 또는 관리하는 철도

– 고속철도 및 일반철도를 의미하며, 일부 내용의 경우 모든 철도가 해당

❍ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 국토교통부는 철도시설 유지보수와 기술개발 등에 대해 계획 및 유지보수·안전관리 등 시책 수립·시행을 담당하고 운영·관리자는 안전한 상태 유지, 점검 등 조치 시행해야함

– (철도산업발전기본계획수립) 국토교통부는 기본계획을 수립·시행 시 철도시설의 투자·건설·유지보수 및 이에 대한 재원확보에 관한 사항, 철도기술의 개발 및 활용에 관한 사항 등을 포함해야함

– (철도기술의 진흥 등) 국토교통부는 철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력해야함

– (철도안전) 철도시설관리자는 안전한 상태 유지, 종합적인 성능검증 및 안전상태 점검 등 안전확보에 필요한 조치를 해야함

– (철도서비스의 품질개선) 철도운영자는 그가 제공하는 철도서비스의 품질을 개선하기 위해 노력해야함

– (철도시설) 철도시설은 국가 소유가 원칙이며, 국토교통부는 철도시설의 건설 및 관리, 유지보수 및 적정한 상태 유지, 안전관리 및 재해대책, 철도시설의 공공성확보 등에 대한 시책 수립·시행해야함

1.1.3. 철도안전법

❑ 동 법을 통해 고속철도 및 일반철도의 철도인프라는 안전 확보를 위한 시설 개량, 관련 연구·기술개발 추진 및 개량 후 시험운행을 통한 검토 등을 실시

❍ (목적) 철도안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 규정하고 철도안전 관리체계를 확립함으로써 공공복리의 증진에 이바지함

❍ (적용범위) 고속철도 및 일반철도, 도시철도의 안전

– 도시철도의 안전은 도시철도법 제4조에 따라 철도안전법에 따름

❍ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 철도인프라의 안전과 관련하여 시설 개량, 관련 연구 및 기술개발, 개량 시 운영 전 종합시험운행 등을 수행

– (철도안전종합계획) 국토교통부는 철도안전종합계획 수립 시 철도안전에 관한 시설의 확충, 개량 및 점검 등에 관한 사항 및 관련 연구 및 기술개발 등에 대한 내용을 포함함

– (종합시험운행) 철도운영자는 기존노선을 개량하여 운영하려는 경우에는 정상운행을 하기 전에 종합시험운행을 실시한 후 그 결과를 국토교통부에 보고, 국토교통부는 기술기준에 따라 적합여부, 안전성 여부 등을 검토 및 조치

– (철도안전기술의 진흥) 국토교통부는 철도안전에 관한 기술 진흥을 위하여 연구·개발 촉진 및 그 성과의 보급에 필요한 시책을 마련·추진

– (철도안전 정보 종합관리) 국토교통부는 철도안전에 관한 정보를 종합관리하고 철도관계기관등에 정보를 제공

1.1.4. 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법

❑ 시설물의 안전에 대한 중요도가 제기되어 기존 이원화 되어있던 시설물의 안전관리 체계를 국토교통부로 일원화함에 따라 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」이 개정

○ 기존 국토교통부는「시설물의 안전관리에 관한 법률」에 따라 1종, 2종 시설물을 관리하고 국민안전처(現 행정안전부로 편입)는「재난 및 안전관리 기본법」상의 특정관리대상시설을 관리하여 이원화 되었음

○ 이를 국토교통부 소관법령인「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 국토교통부로 일원화하여 2018.1.18. 시행

○ 그 결과, 시설물의 중요도 및 안전취약도 등을 고려하여 안전점검 등의 안전관리체계를 정비, 성능중심의 유지관리체계 도입 등 시설물의 안전 및 유지관리체계를 강화

❑ 동 법을 통해 고속철도 및 철도 교량, 터널과 일정 면적 이상의 건축물은 시설물 유지관리·성능평가지침에 따라 안전점검, 정밀안전점검, 성능평가를 실시하고 보수·보강해야함

○ (목적) 시설물의 안전점검과 적정한 유지관리를 통하여 재해와 재난을 예방하고 시설물의 효용을 증진시킴으로써 공중의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여함

○ (적용범위) 건설공사를 통하여 만들어진 교량·터널·항만·댐·건축물 등 구조물과 그 부대시설로서 제1종시설물, 제2종시설물 및 제3종시설물

– 이 중 철도인프라에는 고속철도 교량, 연장 100미터 이상의 철도교량, 고속철도 및 도시철도 터널, 연장 1,000미터 이상의 철도 터널 및 특별시·광역시에 있는 철도터널, 연면적 3만제곱미터 이상의 건축물이 해당됨

○ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 국토교통부의 시설물 유지관리·성능평가지침에 따라 관리주체는 시설에 대한 안전점검, 정밀안전점검, 성능평가 등을 실시하고 보수·보강 하여야함

– (안전점검) 관리주체는 소관 시설물의 안전과 기능 유지를 위해 정기적 안전점검 실시(1종 시설물의 경우 정기적 정밀안전점검 실시), 대상 시설물의 경우 내진성능평가를 포함해야함

– (시설물의 보수·보강) 관리주체는 점검결과 보수·보강 필요시 조치를 하여야함

– (성능평가) 철도 시설물의 관리주체는 시설물 성능 유지를 위한 성능평가 실시해야함, 기준에 따라 성능등급 지정

– (유지관리·성능평가지침) 국토교통부는 유지관리 및 성능평가의 실시 방법·절차 등에 관한 유지관리·성능평가지침을 작성 및 고시해야함

1.2. 국내 궤도 유지관리 및 건설 관련 계획

1.2.1. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)

❑「과학기술기본법」에 따라 5년 단위로 수립하는 법정 중장기 계획이며, 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시함으로써 각 부처의 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상위 계획

○ 2040년까지의 장기적 비전을 설정하고 과학기술이 지향해야 할 미래사회의 모습을 구체적인 목표로 제시

○ 비전은 '과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여'로 설정하여 지구 온난화, 환경오혐 심화, 고령화 등 인류사회 문제해결에 기여

○ 4대 전략은 미래도전을 위한 과학기술역량 확충, 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, 과학기술로 모두가 행복한 삶 구

현으로 설정하였으며, 하위의 19개 중점추진과제로 구성

그림 2-1. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 전략 및 중점 추진과제

❍ 동 사업과 관련하여 궤도 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발이 추진 계획

– 철도인프라와 관련하여 '전략 4. 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현'의 중점추진과제 중 '과제17. 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'에 궤도틀림에 대해 유지보수를 최소화하는 기술개발이 포함됨

❍ 또한, 시장과 민간역량을 고려한 정부역할을 산업화 속도 및 민간 기술경쟁력을 고려하여 4개 유형으로 제시하고 120개 중점과학기술을 구성함.

– 이 중 '유형 3. 장기적 관점에서 시장조성 및 생태계 구축 역할 수행'은 산업화 속도가 느리나 민간의 기술경쟁력이 높은 분야로 장기적 관점에서 시장과 생태계 조성을 위해 민간경쟁력이 높은 분야의 연구인력 유지 정책을 추진

– 철도 인프라 유지관리와 관련하여 유형 3의 중점과학기술분야가 직접적 연계 가능

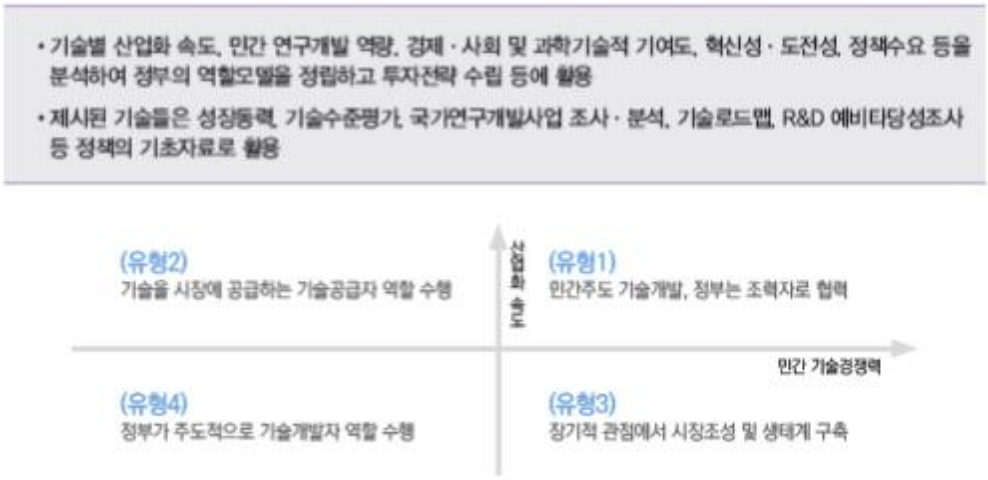


그림 2-2. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 중점과학기술의 유형

1.2.2. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)

❑ 「국토교통과학기술 육성법」에 따라 10년 단위의 '국토교통과학기술 연구개발 종합계획'을 5년 마다 수립·시행하는 법정 중장기 계획이며, 국토교통과학기술에 관한 장기적이고 종합적인 정책방향을 설정하고 중장기 투자계획을 정하는 최상위 계획

❍ 비전은 '혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통'으로 4대 추진전략 1. 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성, 2. 기술융합을 통한 새로운 가치창출, 3. 사람 중심의 국토교통 기술, 4. 미래지향적 R&D 시스템 도입을 설정하고, 하위 12개 실천과제를 구성

❍ 철도분야와 관련하여 철도시설 유지·관리 효율화, 철도 인프라 성능 및 안전성 향상 등의 정책방향이 수립되어, 철도이용자 보호시스템이 기술개발 대응 방향으로 설정

그림 2-3. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)의 비전 및 추진전략

○ 동 사업과 관련하여 안전하고 편리한 생활환경 조성을 위한 '재난·재해 예방 안전기술', '진환경 생활공간 조성기술' 고도화를 목표로 하는 '전략 3. 사람 중심의 국토교통 기술 개발'이 추진 계획

– 전략 3.의 4대 전략목표 중 '철도·항공 이용자 보호시스템'에서 궤도틀림에 대해 유지보수를 최소화하는 기술개발이 포함됨

1.2.3. 제5차 국토종합계획(2020-2040)

❑ 「헌법」과 「국토기본법」에 근거하여 장기적인 국토정책 방향과 전략을 선도하는 최상위 국가공간계획으로 지침적 전략계획, 실증 기반 계획, 소통·협력 계획의 성격을 가짐

○ 비전은 '모두를 위한 국토, 함께 누리는 삶터'로 6대 국토 발전전략 1, 개성있는 지역발전과 연대·협력 촉진, 2. 지역산업 혁신과 문화관광 활성화, 3. 세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성, 4. 품격있고 환경 친화적 공간 창출, 5. 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화, 6. 대륙과 해양을 잇는 평화국토 조성을 설정

그림 2-4. 제5차 국토종합계획(2020-2040)의 비전 및 목표

○ 철도분야와 관련한 '전략 5. 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화'에서는 궤도틀림의 원천적 대응을 통한 궤도 유지보수 최소화 포함

– 전략 5.의 주요 정책과제 중 '인프라의 전략적 운영과 포용적 교통정책 추진'에서는 궤도틀림 발생을 원천적으로 제거하여 궤도 유지보수 최소화하는 기술을 포함

1.2.4. 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)

❑ 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따라 정책·제도 선진화, 연구개발 촉진, 우수인력 양성, 효율적인 정보체계 구축을 통해 시설물을 안전하게 유지관리하기 위한 5년 단위 법정계획.

○ 시설물 노후화와 특정관리대상시설 편입으로 인한 수요 급증, 경제성장 둔화로 인한 예산부족, 제4차 산업혁명 등 첨단 융.복합 기술발전 및 적용요구 증가, 국민의 시설물 안전 불안감 지속 등 새로운 환경변화에 대응할 수 있도록 비전을 '미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축'으로 설정

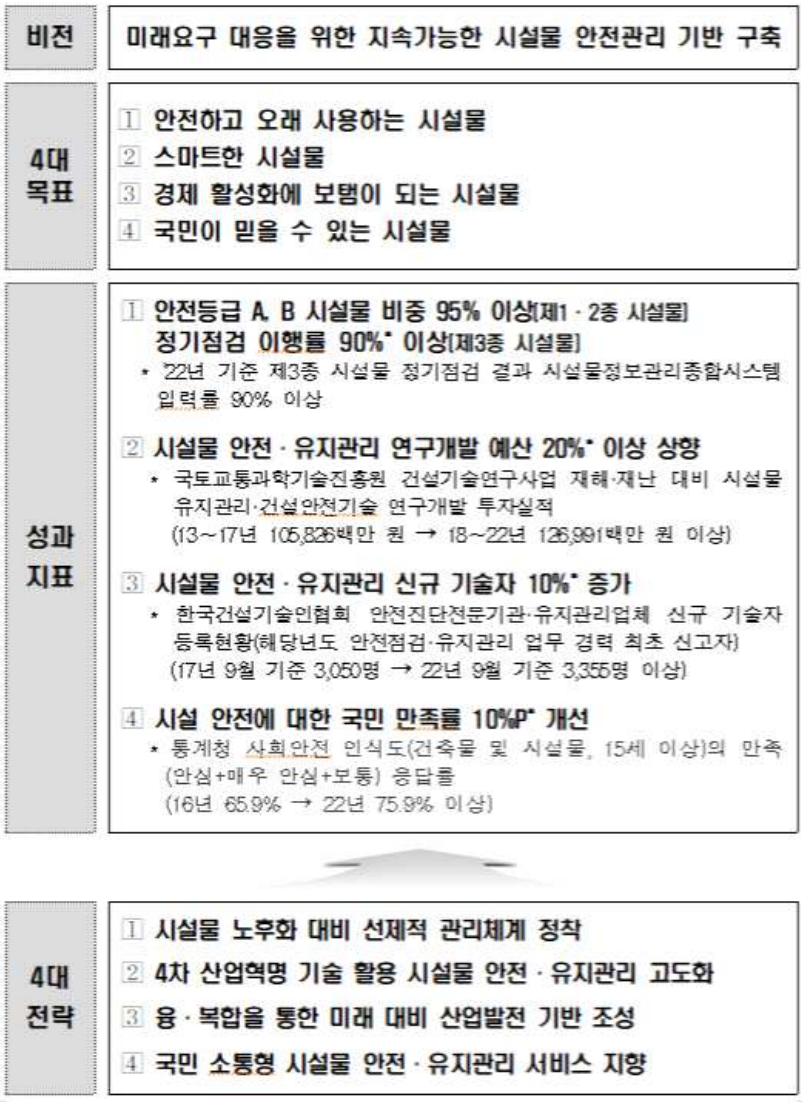


그림 2-5. 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)의 추진방향

○ 시설물 미래요구에 대응하기 위한 지속적 성능개선 기반 구축에 따른 4대 목표를 설정

– 4대 목표는 안전하고 오래 사용하는 시설물, 스마트한 시설물, 경제 활성화에 보탬이 되는 시설물, 국민이 믿을 수 있는 시설물로 설정

○ 4대 목표를 달성하기 위해 4대 추진전략 및 16개의 하위 세부 추진과제 구성

– 4대 추진전략은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전.유지관리 고도화, 융.복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전.유지관리 서비스 지향으로 설정됨

○ 동 사업과 관련하여 '전략 2. 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화'에서 '세부 추진과제 2-3. 시설물 안전 및 유지관리 차세대 핵심 기술 확보'를 통해 철도 인프라의 선제적 유지관리 체계 확립을 위한 기술 개발 과제 제시

1.2.5. 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)

❑ 「철도건설법」에 따라 철도투자를 효율적·체계적으로 수행하기 위하여 10년 단위로 수립하는 중장기 법정계획으로 철도의 중장기 건설계획, 다른 교통수단과의 연계교통체계 구축, 소요재원의 조달방안, 환경친화적인 철도 건설방안 등의 주요내용을 포함.

○ 비전은 '국민의 행복과 지역 발전을 실현하는 철도'로 설정되었으며, 효율적이고 경쟁력이 있으며, 지역발전을 선도하고 안전.편리한 철도 구현을 위한 6대 추진방향을 설정

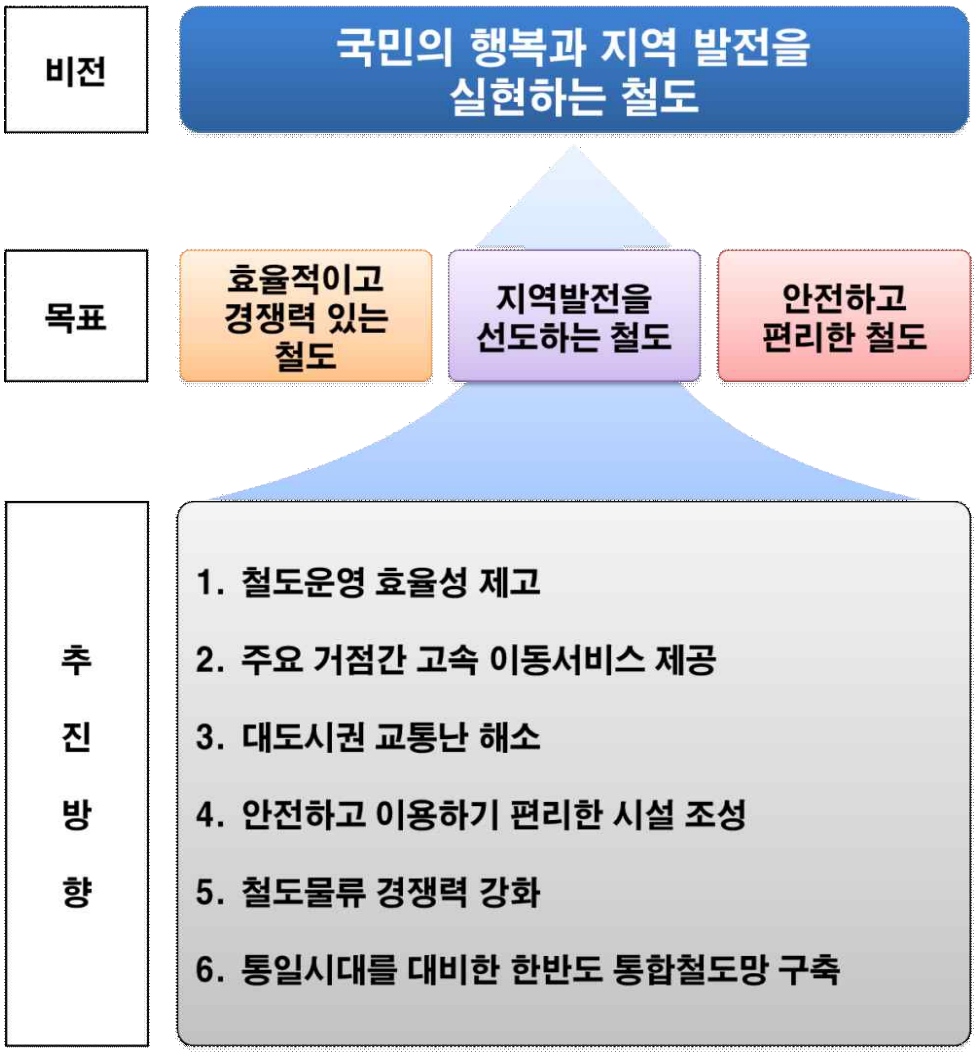


그림 2-6. 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)의 비전 및 목표

○ 동 사업과 관련한 추진방향은 '4. 안전하고 이용하기 편리한 시설 조성'으로 철도인프라의 효율적인 유지관리, 철도운행 안전성 강화, 철도이용편의 제고의 내용을 포함

1.2.6. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)

❑ 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」에 따라 철도시설의 선제적 관리를 통한 성능 유지 등을 위한 유지관리 목표를 구체화하고 전략 및 계획을 제시하기 위하여 5년마다 수립되는 법정계획임

○ 주요내용은 철도시설의 유지관리 방향 설정으로 철도시설 개량을 통한 철도시설 성능 유지에 관한 사항, 철도시설 유지관리에 필요한 기술의 연구·개발 및 정책·제도에 관한 사항 등을 포함

그림 2-7. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)의 비전 및 목표

○ 기본방향은 '노후도 관리·인력 중심 유지관리 체계에서 성능 중심의 예방적 관리, 스마트 기술을 접목한 과학적 유지관리 체계로 전환'하는 것이며 노후시설의 선제적 개량, 이용자·작업자 안전강화 및 작업 효율화, 스마트 유지관리, 정책 및 제도 개선의 4대 추진전략 및 14개 하위 중점 추진과제를 설정

○ 동 사업과 관련한 추진방향은 '전략 1. 노후시설의 선제적 개량', '전략 3. 스마트 유지관리'으로 노후노선 집중개량 등의 내용을 포함

1.2.7. 「한국판 뉴딜」 종합계획(2020)

❑ 코로나19 사태로 인한 극심한 경기침체 극복 및 구조적 대전환 대응이라는 이중 과제에 대응하기 위해 디지털 뉴딜·그린 뉴딜을 강력 추진하고 안전망 강화로 뒷받침하고자 하는 계획

그림 2-8. 한국판 뉴딜정책의 비전 및 목표

○ 한국형 뉴딜 10대 대표과제 中 '6. 국민안전 SOC 디지털화'에서 철도교통분야는 全철로 IoT 센서 설치를 통해 디지털화와 재난예방/대응시스템을 마련하고자 함. 이에 따라 궤도 유지관리의 문제점을 사전에 파악하여 선제적 대응 필요

○ 디지털 뉴딜 20개 과제 中 – SOC 디지털화 – 4대 분야 핵심 인프라 디지털 관리체계 구축(교통)의 경우, 철도안전과 관련된 공공의 데이터를 수집하여 AI 등의 최신기법을 활용을 통해 철도인프라의 데이터 전주기 생태계를 확립하고 디지털 관리체계를 구축하는 목표를 가지고 있음

2. 국외 정책 동향

2.1. 유럽연합(EU)

❑ 국제철도연합(UIC)은 RTSE(Rail Technical Strategy Europe)를 통해 승객·화물의 운송 수요에 대응하고 '50년까지 상호 운용이 가능한 철도 인프라 구축에 주력

○ 승객, 화주, 철도사업자 등 주요 이해관계자 기반의 미래 철도시스템 개발을 위한 총 8개의 철도교통 분야 기술혁신 방향을 규정

– 철도교통 분야의 경쟁력 강화를 목표로 운영·유지보수 등의 첨단화를 도모하는 가운데 철도교통의 수송력 증대 및 안전보장을 위해 IoT 기반 시스템을 도입하는 등 제어명령 및 통신 요소의 지속적인 성능 향상과 자동화를 지향

표 2-1. RTSE 주요 추진방향 및 세부기술

※ 출처: 한국철도기술연구원, 유럽철도기술 발전전략, 2017

연번	구분	내용
1	Control Command and Communication	· 상호운용이 가능한 실시간 교통 운영으로 수송력 증대 및 에너지 절감 - 열차 위치검지를 위한 위성기반 서비스 - 글로벌 적용 시스템을 위한 CCC 요소의 표준화 - CCC서브 시스템을 위한 인터페이스 향상 - IoT기반 스마트 네트워크 - 유지보수비용 및 운영비용 절감을 위한 장거리 장애물 검지기술 표준화
2	Infrastructure	· 기술 및 운영 혁신을 통한 타운송수단 대비 경쟁력 강화 - 스마트한 철도 운영, 유지보수, 승객지원을 위한 무선통신 기술 및 운영방식 최적화 - 기능성과 쾌적성을 갖춘 통합 환승 기반시설 - 혁신적인 자갈 및 비자갈 선로 설계 - 모듈화된 플러그 앤 플레이 시스템 및 최적화된 소음진동 저감 기술
3	Rolling Stock	· 에너지 효율화 및 전주기 비용 절감 - 기반시설과 차량의 상호운용을 위한 표준규격화된 설계 - 차량자체 에너지 공급 및 회생기술 - 화물열차의 제동 성능 향상 - 화물열차의 용이한 조립과 열차 간 스트레스 감소를 위한 중앙커플러 도입
4	Energy Supply and Consumption	· 에코 디자인을 통한 에너지 효율 향상 및 온실가스 저감 - 재생 및 대체에너지 기반 지속가능한 에너지 공급기술 - 스마트그리드 에너지 저장 기술 - 통합 전략공급 운영 인프라 - 차량에너지 회수기술 - 에너지 소모 절감을 위한 green driving 기술 - 높은 수준의 재활용을 위한 closed cycle waste system - 전자기파 침입 감소 기술
5	Information Management	· 효율적인 철도운영 및 승객 철도정보 제공 - 정보 플랫폼과 IT tool 공유를 통한 철도 서비스 제공자와 타 운송수단간 · 실시간 정보교환 - 지속적인 높은 속도의 데이터 제공으로 승객 서비스 향상 - 대기 없는 발권 시스템
6	Railway People	· 효율적인 철도운영을 위한 체계적이고 전문성을 갖춘 철도 종사자 육성 - 효과적인 전문가 양성 프로그램 제공을 위한 유럽 전역에 걸친 훈련 플랫폼 구축 - 철도정보 제공 및 협업구성을 위한 IT기반 지식매니지먼트
7	Security	· 철도교통 분야의 보안 강화 - IoT기반 응급상황 대처 시스템 - 테러 및 사이버 공격 대비 지속적인 경계 시스템
8	Safety	· 승객 안전보장 - 운영효율 향상과 승객 만족을 위한 CCC 요소의 지속적인 성능 향상 및 자동화 - 안전인증을 위한 유럽 간 동의 절차 - 철도 중요 요소들의 노후화에 대비한 지속적인 안전 대비책

❑ 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)는 철도기술 중.장기 로드맵 'Rail Route 2050'을 수립하고 철도 유지보수 효율화 및 비용절감 필요성 제시

❍ 철도교통 전반에 걸쳐 유지보수 및 신규 건설비용 감소를 목표로 설정

– 운영 자동화 등 혁신적인 신기술 적용을 통해 높은 수요에 대응하고 신규 건설 및 유지보수 비용 절감

– 철도인프라의 유지보수 비용 50% 절감을 목표로 설정하고 'Rail 2030-Research and innovation priorities'에서 개량 및 유지보수를 위한 신기술 개발을 통한 비용 절감 필요성 제시

❑ 유럽집행위원회(EC)는 유럽 전역에 걸친 효과적인 운송 네트워크 구축을 위해 CEF(Connecting Europe Facility) 프로젝트를 추진 중[18)]

❍ EU는 '20년까지 회원국 간 운송, 에너지, 통신 네트워크를 연결해 물리적 단일시장 형성을 목적으로 하는 유럽 연결 프로젝트(CEF)를 진행

– 회원국별 운송 인프라의 수준 차이로 인한 불균형을 해소하고 물리적인 유럽 통합을 촉진하기 위해 회원국 간 비슷한 수준의 인프라 구축을 목표로 추진

– 이에 CEF를 창설하여 EU-회원국 간 강력한 공조를 통해 전 유럽을 잇는 주요 인프라 구축 프로젝트를 지원

❍ EU 주요 인프라 구간인 9개의 간선망(Corridor) 내 총 94개의 주요 항구·육로·철로 연결, 38개 주요 공항과 철로를 이용한 주요 도심 연결, 1만 5,000km 구간의 고속철도화, 국경간 교통 정체 구간 개선을 위한 35개의 프로젝트가 포함

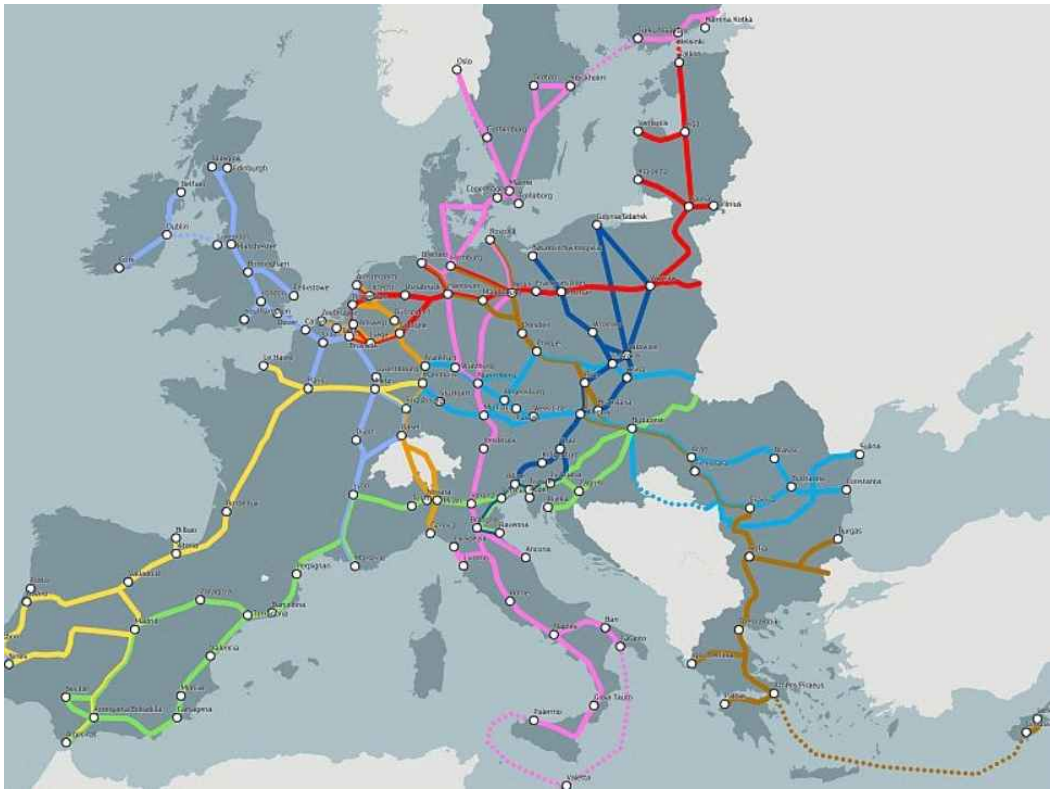


그림 2-9. 유럽 CEF의 주료 철도 교통망

18) KOTRA 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.02.13.

표 2-2. 유럽 CEF의 주요 철도교통 인프라 구축 프로젝트

※ 출처: KOTRA 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.

구분	주요 사업 내용
스칸디나비아-지중해 (Scandinavian-Mediterranean)	- Fehmarnbelt Fixed Link 터널공사(독일과 덴마크를 연결하는 18km 구간) - Brenner Base tunnel 터널공사(알프스 산맥을 따라 오스트리아와 이탈리아를 연결하는 55km구간)
북해-발트해 (North Sea-Baltic)	- 에스토니아의 Tallinn에서 리투아니아 및 폴란드 국경을 연결하는 초고속철도 건설, new Rail Baltic 사업 등 - 철로 5941km 육로 4029km, 내륙수로 2186km로 구성
북해-지중해 (North Sea-Mediterranean)	- 센느강(Seine), 스켈트강(Scheldt), 론강(Rhone) 등 내륙수로를 포함한 브뤼셀-룩셈부르크-리옹(프랑스) 철로 보수공사 - 영국 및 아일랜드 Belfast-Dublin-Cork, Dublin Area Rapid Transit (DART) 철로 프로젝트
발트-아드리아해 (Baltic Adriatic)	- Koralm 철로를 포함한 폴란드, 체코, 슬로바키아, 오스트리아, 슬로베니아, 이탈리아 등 6개국 연결 프로젝트 - 오스트리아 Semmering Base 철도터널 프로젝트
라인강-알프스 (Rhine-Alpine)	- 독일(칼스루에)-스위스(바젤)-이탈리아(밀라노, 노바라) 연결 강화 사업 및 벨기에, 네덜란드, 독일 연결 강화 사업 등
대서양 (Atlantic)	- 바스크 지방 철도 연계 및 프랑스 보르도(Bordeaux)-투르(Tours) 지방 고속철도 연결 사업 등
지중해 (Mediterranean)	- 프랑스(Lyon)-이탈리아(Turin) 철로, 슬로베니아-크로아티아-헝가리 연결사업 등

2.2. 영국

❑ 영국은 5년 단위의 Network Rail Control Periods 계획을 수립하여 철도교통 수송 인프라의 기능 확충 및 역할 강화에 주력[19)]

❍ 영국의 철도운영 사업자 NetworkRail은 Network Rail Control Period에 의한 단계별 계획에 따라 철도 인프라 개발 및 유지 보수 시행

– '96년 CP1을 시작으로 5년 단위로 수립하여 최근 CP5에 이어 CP6 단계로 전환

❍ CP5('14~'19년) 기간에는 화물 철도망의 용량을 확대하고 역량을 강화시키기 위해 SFN(Strategic Freight Network) 기금에 2억 3천 5백만 파운드 투입

– SFN은 철도교통 기반의 화물물류 수송 능력 개선을 목적으로 운영되고 있으며, 펠릭스토(Felixstowe)항과 철도수송을 연계하는 프로젝트에 6천만 파운드 투입

– 철도 네트워크 확충 및 시스템 향상, 네트워크 운영.유지.보수, 철도기업 운영비용 지원 등에 재원을 집중

❍ CP6('19~'24년) 기간에는 승객과 화물·물류에 대한 서비스 향상에 집중함으로써 철도

19) NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/who-we-are/publications-resources/our-plansfor-the-future/

교통에 대한 신뢰성을 확보하는 동시에 친환경 정책에 기여[20]

- 철도교통을 이용하는 승객과 화물물류 수요자의 신뢰성 확보를 위해 열차의 정시성과 안전성 향상에 주력
- 고객 중심의 높은 서비스를 제공하고 CP6의 목표 달성과 업계와의 협력 방식을 개선하기 위한 일환으로 'Putting passengers first' 계획도 수립[21]
- 수송물류 전환프로그램은 건설부문 물류수송 수요자가 도로수송에 의존하기 전에 철도 및 해상수송을 우선적으로 고려하도록 유도하여 대기오염물질 배출 저감
- 대표적으로 HighSpeed2社(HS2)는 철도 및 해상수송 수단을 중심으로 건설자재를 운송하여 화물자동차(HGV)에서 발생하는 대기오염물질 감축 도모

※ HS2社는 Network Rail 및 Highways England와 함께 '12년부터 대규모 고속철도 건설 프로젝트(HS2 프로젝트)를 진행 중이며, 이 프로젝트는 영국의 건설기자재 수송을 목적으로 3단계(Phase One, Phase 2a, Phase 2b)로 분류[22]

❑ 영국 교통부(DfT)는 철도교통의 경쟁력 강화를 목적으로 철도교통 중장기 기술로드맵을 수립하고 '40년까지 관련 연구개발에 집중

❍ 영국 교통부(DfT)와 철도·도로국(ORR), 철도안전표준위원회(RSSB) 등이 참여하여 수립한 'Rail Technology Strategy 2012'는 6개 주제에 대해 '40년까지의 단계별 기술개발 계획을 수립

※ 철도.도로국(ORR): Office of Rail and Road
※ 철도안전표준위원회(RSSB): Rail Safety and Standards Board
※ ① 명령제어 및 통신, ② 에너지, ③ 인프라, ④ 철도차량, ⑤ 정보관리, ⑥ 고객중심 서비스

2.3. 프랑스

❑ 프랑스 국유철도(SNCF*)는 UN에서 채택된 지속가능한 개발 목표(SDG)를 기반으로 철도교통 부문 4개의 도전과제 달성을 위한 세부 전략 수립[23]

※ SNCF(Societe Nationale des Chemins de fer Francais): 프랑스 전국의 철도망을 총괄하는 철도운영법인으로 SNCF EPIC과 SNCF Mobilites 및 SNCF Reseau로 구성

❍ (승객·화물을 위한 지속가능한 이동성) 승객과 화물의 안전성 제고, 고객 만족도 향상, DOOR-TO-DOOR의 이동성 증진, 친환경 이동을 위한 솔루션 개발 추진

- 철도교통 관련 기업이 열차를 안전하게 운행할 수 있도록 인프라를 최적화하고 인프라 이용에 대한 표준화된 가이드라인을 제공하여 안전한 환경 유지
- '17년부터 높은 수준의 열차 정시성을 제공하기 위해 H00 프로그램을 추진하고 전체 열차의 90% 이상이 일정을 맞추는 것을 목표로 지속 모니터링 중
- 출발지 또는 목적지와 철도교통의 접근성 향상을 위해 P2P 렌터카 서비스인 OuiCar, 승객과 차량 운전자를 연결하는 탑승 공유 플랫폼 iDVROOM 등 추진

❍ (환경오염 저감) 기후 변화 대응, 친환경 에너지로의 전환, 순환경제를 위한 전략

- '16년 채택하여 추진 중인 'Our energy: creating value for SNCF Group'을 통해 철도교통 관련 차량, 인프라, 건축물 등을 친환경적으로 전환

20) NetworkRail, Delivery Plan - Control Period 6 (2019-2024)
21) NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/putting-passengers-first/
22) Department for Transport, HS2 Ltd Corporate Plan: 2017 to 2020,
23) SNCF . 2017 Corporate social engagement report

- 특히, 열차 운전자에게 에너지 소비를 최적화하면서 정시에 도달 할 수 있는 속도를 알려주는 Opti-conduite 시스템의 보급 확산에 주력

- 신규 역사는 Grand Paris Express 계획에 따라 재생 에너지 등의 친환경 기술을 적극적으로 반영하고, 승객의 편의성을 고려하여 건설

❍ (지역사회 성장에 기여하는 커뮤니티) 철도교통 부문의 다양한 자원을 활용하여 지역 경제 발전 및 주민과의 공동 성장을 위해 노력

- 프랑스 전체 역사에 대피소를 마련하고 역사 폐쇄에 따른 노숙자 거처 마련 등 철도교통 부문의 인프라를 활용한 지역 간의 상생 전략 추진

❍ (인간 중심형 발전) 철도교통의 올바른 발전을 위해 디지털 기술을 접목한 미래 인재교육, 철도운송의 실용성을 교육하는 Keolis incubator programme 등 추진

❑ SNCF Reseau는 프랑스 전체를 연결하는 철도망 구축을 위해 범국가 차원의 철도교통 인프라 확충 및 현대화 프로젝트 추진

❍ 2,600km의 고속선을 포함한 3만km 노선, 철도 관제탑 8개소, 물류화물 운송을 위한 5개의 철도노선, 2,200개의 스위칭 스테이션 구축·개선을 목표로 지역별로 추진 중

- 오베르 뉴 및 론 알프 지역의 프로젝트는 약 7억 5천 유로를 투자하고, 그 중 4억 유로 이상이 기존 철도망을 재생하기 위해 사용될 예정

- 동부지역(Grand Est)은 철도교통 인프라 현대화를 위해 5억 5,500만 유로 투자

- 노르망디 시당국은 새로운 철도노선 개발을 위해 '19년에만 2억 유로를 투자

- 노르망디와 일드프랑스의 접근성 향상 및 기존의 철도망과 연결하고, 세느강 주변지역의 발전을 위해 다양한 철도 및 도시 프로젝트와 연계

- 이 외, 루아르 계곡과 아키텐 지역 등 프랑스 전체적으로 총 11개의 지역에서 약 1,600개의 프로젝트 추진('19년 1월 기준)

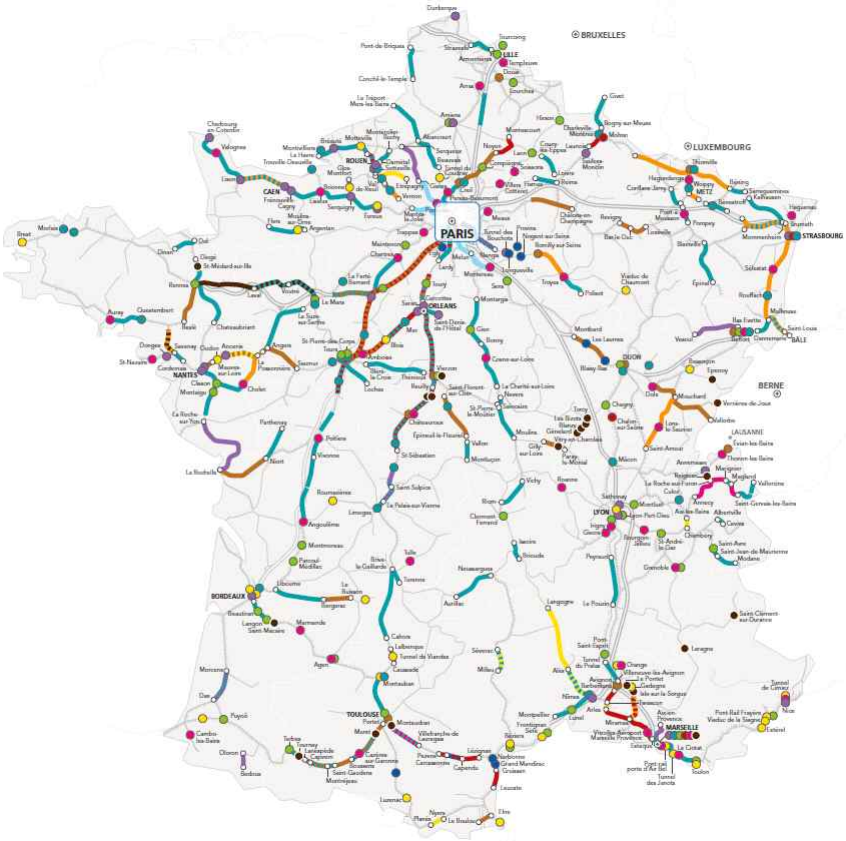


그림 2-10. 프랑스의 철도망 구축 및 현대화 프로젝트

※ 출처: SNCF Réseau, Les cartes des principaux chantiers 2019

2.4. 독일

❑ 독일 연방정부는 '30년까지의 교통 인프라 개발에 관한 종합전략 'FTIP 2030'을 수립

❍ '15년 수립된 FTIP 2030은 교통수단의 이동성·안전성 강화, 기업 경쟁력 확보, 오염 배출 물질 감소, 자연 보호를 목표로 '30년까지 총 2,969억 유로 투자

– 이 중 철도 인프라에는 전체의 42%인 1,123억 유로의 투자를 계획

– 교통 체증을 해결할 수 있는 프로젝트, 지속 가능성을 고려하여 명확히 계획된 혁신 프로젝트를 추진

표 2-3. FTIP 2030 목표 및 세부 전략

※ 출처: BMVI,「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015

목표	세부 전략
교통 이용자의 이동성 촉진	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 교통 흐름 개선 및 병목현상 해결 - 교통의 접근성 향상
재화 공급의 명확화 및 기업의 경쟁력 강화	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 교통 인프라 구축 원가 감소 - 교통 흐름 개선 및 병목현상 감소 - 교통수단 운여의 신뢰성 향상 - 공항, 항구 등 각종 운송 수단을 통합한 허브 구축
교통수단의 안정성 강화	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 높은 수준의 안정성을 가진 교통수단으로 이동
오염 배출 물질의 감소	- 교통 흐름 개선 및 병목현상 감소 - 오염 물질 배출을 낮추는 교통수단으로 이동 - 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화
자연 보호	- 토지 개발 제한

❍ 신규 인프라 구축에 대한 투자 보다는 기존 인프라 시설의 개선을 우선순위로 설정하여 전체 예산의 약 70%를 유지보수 비용으로 배정

– FTIP2015 대비 기존 인프라를 유지.보수하고 대체하는 데에 투자를 강화하여 유지관리 및 교체를 위해 1,416억 유로를 투자

– 기존 인프라의 유지관리 및 교체는 도로(670억 유로)와 철도(584억 유로)에 집중되어 전체 예산의 약 90%를 차지

표 2-4 FTIP 2030의 교통 분야별 투자계획

※ 출처: BMVI,「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015

(단위: 십억 유로)

분야	총 투자	기타투자 ('16~'30)	시설물 유지교체	성능향상 및 신규 인프라 ('16~'30)		성능향상 및 신규 인프라 준비 ('31년 이후)
			시설물 유지관리 및 교체투자	지속적이고 명확히 계획된 프로젝트	일정기준을 바탕으로 선정된 프로젝트	시설물 유지 및 교체가 포함된 새로운 프로젝트
간선도로	132.8	12.0	67.0	15.8	18.3	19.6
철도 인프라	112.3	7.4	58.4	8.4	18.3	19.7
운하	24.5	2.2	16.2	0.9	1.8	3.5
전체 교통수단	269.6	21.6	141.6	25.1	38.5	42.8

❍ 성능향상 및 신규 인프라에 대한 투자(시설물 유지관리 및 교체 제외)는 총 636억 유로의 예산이 배정되었으며, 도로와 철도 인프라에 예산의 90% 이상이 배정

– 이 중 251억 유로는 지속성이 있고 명확히 계획된 프로젝트로, 나머지 385억 유로는 새로운 혁신 프로젝트에 투자할 계획

2.5. 일본

❑ 일본은 철도의 안전성 확보, 네트워크 유지.강화, 서비스 향상과 더불어 지구 온난화에 대응하고 새로운 생산성 혁신을 촉진하는 등 다양한 철도 정책을 추진[24)]

❍ (철도 안전 확보) 종합적인 철도 안전 대책에서부터 열차 탈선 등 지속적인 문제 발생에 의한 JR 홋카이도의 안전 대책과 테러 방지 대책까지 마련

– (철도 안전 대책) 철도 기술의 표준 정비, 기관사의 자질 향상 방안, 고령자 등 철도 건널목 사고 방지 및 무인 자동운전에 대한 사고 방지 대책 등에 대응

– (JR 홋카이도 안전 대책) 해당 노선의 '13년 화물열차 탈선 사고와 이를 계기로 밝혀진 정비 결과 변조 사건 등의 문제점에 대한 근본적인 대책 강구를 위해 추진

– (철도 테러 대책) 스페인 열차 테러 사건, 신칸센에서의 살인사건 등을 감안하여 국토교통성, 철도사업자, 경찰 당국이 협력하여 철도시설 등에 대한 보안을 강화

❍ (철도 네트워크의 유지·강화) 신간선 철도 및 도시철도의 정비, 지역철도 대책, 화물철도 수송 등 지속적인 관리를 통해 철도 네트워크 강화를 도모

❍ (철도 서비스 향상) 노인, 장애인 등 교통약자의 철로 추락사고를 방지하기 위한 스크린도어 설치 사업과 더불어 철도사업자의 운임·요금에 대해서도 조정

❍ (철도기술의 활용·응용) 철도 분야의 연구개발 지원, 생산성 혁신, 지구 온난화 대응 등 철도기술의 혁신과 보다 다각적인 활용을 도모

– (연구개발 지원) 철도 분야 안전 및 성능 향상에 이바지하는 기술을 개발하기 위해 철도사업자, 제조업체 등이 실시하는 연구개발에 보조금 지원

– (생산성 혁신) 인프라의 노후화 및 인력 확보의 어려움에 따라 열차 운행의 안전 확보를 위한 업무의 효율 및 노동력 절감 기술 적용과 제도 마련을 목적으로 시행

– 일본의 준천정 위성을 활용한 정확한 위치 감지 기술, 일반열차의 자동운행, 무선식 열차 제어 시스템 등의 철도기술 개발.보급 촉진

– (지구 온난화 대응) 타 교통수단 대비 뛰어난 에너지 효율을 보유한 철도교통을 적극적으로 촉진하기 위해 에너지 절약 대책과 재생 에너지 도입을 도모

❑ 일본 국토교통성은 '인프라 시스템 수출전략'에 근거하여 해외 철도교통 시장의 주도권 확보를 위한 '철도 분야의 해외진출 전략'을 '17년 10월 수립하여 시행 중[25)]

❍ 철도교통 분야의 글로벌 시장 동향과 일본의 강점, 경쟁국의 동향 등을 감안하여 중점 영역을 정리하고 향후 해외진출 확산을 위한 대응 방안을 제시

– 일본 철도의 강점인 안전성·신뢰성·저렴한 유지관리비 등의 홍보를 강화하고 우위를 점하고 있는 AGT*와 모노레일의 해외진출을 확대

※ AGT(Automated Guideway Transit): 차량을 컴퓨터의 자동 제어에 의하여 궤도 위에서 운행하는 교통 시스템

– 건설에서 운영, 유지보수까지를 패키지로 제안하여 철도·운송 관련 기관에 의한 프로젝트 관리를

24) 일본 국토교통성, 철도 분야 주요 시책(http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html)
25) 일본 국토교통성, 海外展開戦略（鉄道）, 2017.10.

도모하고 민관협력 대응을 강화

- 차량공급·설계 능력 확보를 위한 고급인재 확보 및 인재양성, 표준화를 통한 설계 및 생산비용 경감에도 주력
- 기진출/신규진출 기업에 대한 각각의 해외진출 전략을 마련하여 효과적으로 지원
- (기진출 기업) 유럽 제반규격 적응과 M&A를 통한 규모확대 등 현지화를 가속
- (신규 진출 기업) STEP* 차관을 발판으로 경험을 축적

※ STEP(Special Terms of Economic Partnership): 교량, 터널, 항만, 공항, 교통시스템 등에서 일본기술을 활용하는 프로젝트에 대해 계약액의 약 30% 이상을 일본산 기자재 및 기술활용을 조건으로 하는 차관

- 미국, 영국, 인도, 필리핀, 방글라데시, 인도네시아, 베트남, 미얀마, 태국 등 세계 각 지역에서 향후 3~4년간 주시해야 할 주요 철도 프로젝트도 제시

○ '인프라 시스템 해외진출 행동계획 2019'에 따라 철도교통 분야 기술의 해외진출은 본격적으로 패키지화된 형태로 판로를 개척할 예정[26)]

- 이전에는 주로 건설공사, 철도차량 등의 단일 수주에 집중하였으나, 국제경쟁이 격화됨에 따라 사업의 각 단계를 패키지화하여 종합인프라시스템으로 진출
- 특히, 다양한 모듈로 구성되어 있는 철도 인프라 시장은 사업추진 초기단계부터 완공 후 유지관리 및 운영 단계까지 정부가 일관하여 지원함으로써 일본기업의 수주기회 확대 전망

2.6. 미국

❑ 트럼프 대통령은 사회 인프라 발전을 위한 약 1조 5천억 달러 규모의 투자 계획을 수립한 가운데 철도교통 분야에 대한 인프라 개선에 주력[27)]

○ '18년 '美 인프라 재건을 위한 입법 추진 개요'의 발표와 함께 민간투자 촉진을 위한 유인책을 제공함으로써 현재 개발이 가장 저조한 철도분야에 대한 투자 증대 전망

- 1조 5천억 달러의 재원 마련을 위해 연방정부 출연금으로 2천억 달러를 투입하고, 나머지 1조 3천억 달러는 민간 투자를 통해 조달 예정

○ JLL사의 공공인프라 사업담당자는 향후 10년 동안 약 3조 5천억 달러에 달하는 미국 내 인프라 프로젝트 시장이 열릴 것으로 전망

- 대부분 교통 인프라와 관련된 시장으로 고속철도, 모노레일, 지하철, 전기차 인프라 등에서 기자재 공급 기회가 크게 확대될 것으로 기대

○ 미국은 기술력과 자본을 갖춘 일본, 중국과 협력하여 다양한 철도교통 인프라 사업을 추진함으로써 가시적 성과 도출을 위해 노력

- 텍사스 댈러스~휴스턴 간 240마일 구간의 초고속철도 사업은 일본의 중앙일본철도가 신칸센 열차 기술을 턴키로 제공하여 차량공급에서 유지관리까지 전담
- 볼티모어~워싱턴 간 40마일 구간의 초고속 자기부상철도 사업에 일본을 기술자문 및 열차 공급업체로 포함

※ 해당 프로젝트는 보스턴~뉴욕~워싱턴을 잇는 북동부 고속철도 라인 개발의 선도적 사례로 일본이 향후 미국 고속철 시장을 선점하는 기회로 평가

- CRRC와 같은 중국 기업들은 가격 경쟁력과 현지화 전략을 병행함으로써 미국 교통 인프라 프로젝트에 투입되는 철강, 철도차량 등 제품 공급에 주력

---

26) 건설경제, [재팬리포트] 인프라시스템 해외전개 '처음부터 끝까지 지원', 2019.04.09

27) KOTRA, 해외시장뉴스(美 교통인프라 '자국산 우대정책' 강화 움직임에 따른 기회와 전망), 2019.8.6. https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=176627 THE WHITE HOUSE, Legislative Outline for Rebuilding Infrastructure in America, 2018 https://www.politico.com/f/?id=00000161-8a9d-d53a-a5f5-bffd597b0000

그림 2-11. 미국 고속철도 구축현황

※ 출처: KOTRA, 트럼프 시대의 미국 공공인프라, 2017

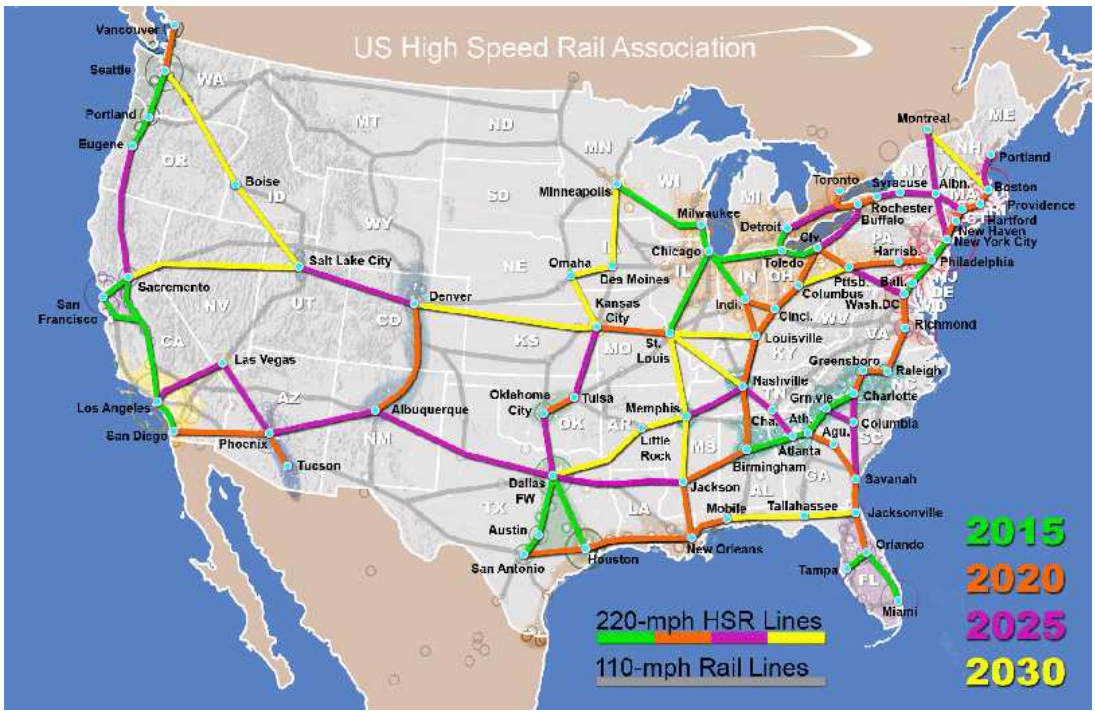


그림 2-12. 미국 고속철도 네트워크 맵

※ 출처: US HSR, 미국 고속철도 네트워크 맵

❑ 국가교통 예산법(Fixing America's Surface Transportation Act)은 미국 전반에 걸쳐 교통 부문의 중장기적인 투자 재원을 마련하고 낙후된 시설 보수에 중점[28)]

○ FAST법은 낙후된 교통 인프라의 안전성에 대한 우려가 높아짐에 따라 연방정부 차원의 예산을 마련하고 육상교통 관련 계획 및 투자를 위해 '15년 12월 시행된 정책

○ 미 교통부(DOT) 소속의 FTA, FRA, FHA에서 도로교통, 대중교통, 철도교통, 물류교통 부

28) APTA, FAST ACT: A GUIDE TO PUBLIC TRANSPORTATION AND RAIL-RELATED PROVISIONS https://www.apta.com/wp-content/uploads/FAST-Act-A-Guide-to-Public-Transportation-and-Rail-Related-Provisions.pdf 국토연구원 도시재생연구센터 세계도시정보, 미국의 새로운 국가교통 예산법 'FAST'

문의 인프라 확장과 유지보수를 위한 다양한 프로그램 추진

– 연방철도청(Federal Railroad Administration)은 Amtrack社의 조직 개혁에서부터 고속철도, 도시 간 철도 등의 안전성·편의성을 향상

– 전국에 걸쳐 철도교통 운송의 안전성·효율성·신뢰성을 높이기 위해 CRISI* 프로그램에 '19년 예산으로 2억 4천 4백만 달러 투자

※ CRISI(Consolidated Rail Infrastructure and Safety Improvements): 적합한 응용 분야로는 철도의 정체 문제, 고속도로 철도 교차점, 단거리 철도 인프라의 개선과 철도 노선 재배치 및 철도 안전 기술을 배포하는 프로젝트 등이 포함

– '19년 11월에는 도시 간 여객철도의 정비 및 개선을 위한 보조금 프로그램인 REGP*에 2천 4백만 달러의 투자 계획을 발표[29)]

※ REGP(Restoration and Enhancement Grants Program): 도시 간 여객철도의 정기적인 유지보수 계획 비용, 인건비, 연료비, 전기비 등의 운영 지원금이 포함되며, 지방정부와 도시 및 Amtrack社를 포함하여 기타 시외 여객철도 기업도 신청 가능

– 열차운행 제어 및 모니터링 시스템(Positive Train Control) 도입, 철도 건널목에서 열차와 차량 간 충돌방지 등 안전성 증대를 위해 예산 배정

– 연방교통청(Federal Transit Administration)은 지하철, 경전철, 통근 열차, 버스 등 지역 대중교통 시스템의 정비 및 개발을 위한 다양한 보조금 지원 프로그램 추진

– 연방도로청(Federal Highway Administration)의 STBGP*는 지역정부 관할의 육상교통 지원 프로그램으로 정액교부금 방식에 따라 자율적으로 지원

※ STBGP(Surface Transportation Block Grant Program): 연방정부는 사업의 방향과 총액만을 결정하고 자치단체장에게 예산집행에 대한 재량권을 부여함으로써 지역적 특성을 반영한 혁신적 정책아이디어 구현

❑ 미 교통부(DOT)는 연방철도재건기금(RRIF)을 마련하여 철도교통 인프라에 투자 촉진[30)]

※ 연방철도재건기금(RRIF): Railroad Rehabilitation & Improvement Financing

❍ 철도 신설 또는 현대화 프로젝트를 추진하는 주정부, 지방정부, 철도회사, 정부보증 기관(기업), 민간 PPP 사업자에게 최대 358억 달러의 직접 대출 또는 보증을 제공

❍ '19년에는 텍사스 댈러스 지역의 대중교통 운영기관인 DART에 9억 1천 8백만 달러의 RRIF 직접 대출을 제공하여 철도교통 인프라 현대화 및 신규 건설 추진

– DART는 DFW(Dallas-Fort Worth) 국제공항에서 Plano/Richardson 지역까지 동쪽으로 약 26마일의 철도를 연장하는 '코튼벨트 지역 순환 철도 프로젝트' 추진

※ Cotton Belt Corridor Regional Rail Project

– 표준을 준수하도록 승객용 철도를 업그레이드함과 동시에 단일 트랙에서 이중 트랙으로 변환, 10개소의 신규 역사 건설, 8대의 철도차량을 구입할 예정

29) FRA, U.S. Department of Transportation Announces Availability of $24 Million to Restore and Enhance Intercity Passenger Rail Nationwide, 2019.11
https://railroads.dot.gov/newsroom/press-releases/us-department-transportation-announces-availability-24-million-restore-and

30)
https://www.transportation.gov/briefing-room/us-department-transportation-announces-908-million-loan-finance-cotton-belt-corridor
https://www.transportation.gov/buildamerica/programs-services/rrif

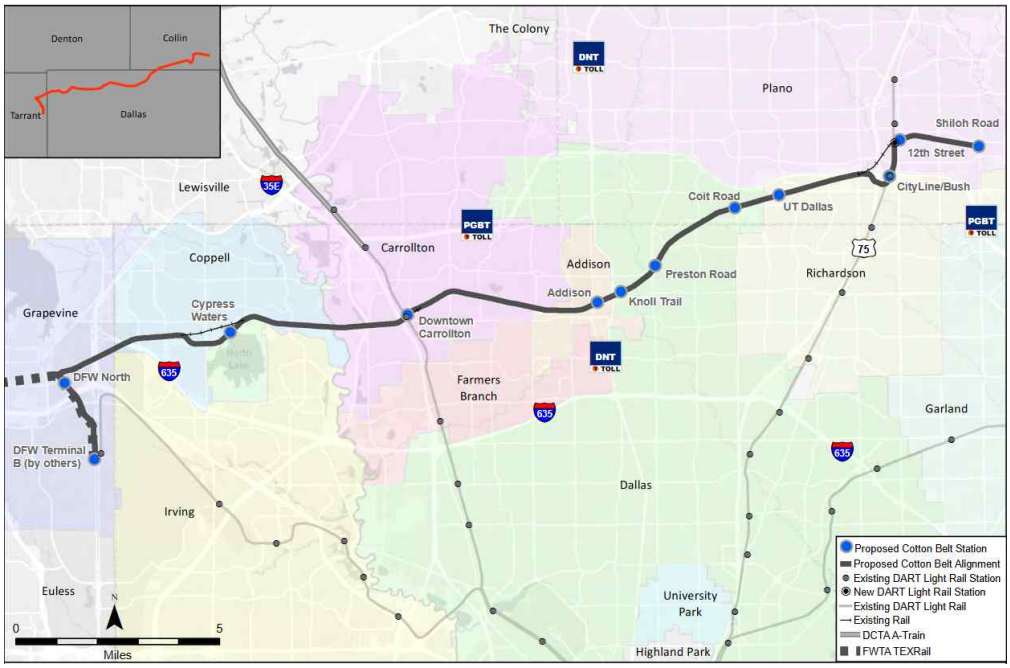


그림 2-13. 미국 코트벨트 지역 순환 철도 프로젝트

※ 출처: DART, Cotton Belt Corridor Regional Rail Project, 2019

https://www.dart.org/ShareRoot/about/expansion/cottonbelt/cottonbeltdeis/CottonBeltDEISApril2018.pdf

❑ 철도교통 인프라를 포함한 전국의 주요 교통 인프라에 대한 정비를 목적으로 '개발을 위한 보다 나은 투자(BUILD*)' 프로그램에 '19년도 예산으로 9억 달러 투자[31]

※ (BUILD) Better Utilizing Investments to Leverage Development('18년 7월 시행)

❍ BUILD 프로그램은 도로, 항구, 철도 등의 주요 교통 인프라 개선을 위해 추진

– 안전성, 경제성, 서비스 개선 가능성, 정비 환경, 지속 가능성, 광범위한 이해 관계자와의 파트너십 구축 여부 등을 고려하여 지원

– 미국 농촌지역의 저조한 투자에 따라 도시와 농촌을 분류하여 접수·관리하고 농촌지역에 위치한 프로젝트에 BUILD Transportation 보조금의 50% 지원

– BUILD 프로그램 최대 지원금은 2천 5백만 달러이며, 단일 주에 9천만 달러에 한하여 제공

❍ '19년에는 35개 주에서 55개 프로젝트가 수여하여 약 9억 달러 규모로 추진

– 프로젝트 중 철도교통 인프라에 대한 직접적인 투자 프로젝트는 약 4건으로 주로 역사 또는 교차로의 안전성·편의성 개선 및 화물 운송을 위한 철도 인프라 확장을 지원

31) https://www.transportation.gov/BUILDgrants

3. 시사점

❑ 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현을 위해 철도 인프라의 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적, 예방적 유지관리방식으로 전환 필요

❍ 이를 위해서는 필연적으로 발생가능한 유지보수 원인의 원천적 제거 필요

❍ 과도한 궤도틀림은 차량의 주행 안전성 및 승차감 저하와 심각한 경우 탈선으로 이어질 수 있기 때문에 원천적 대응 필요

❑ 철도 궤도의 안전 및 성능 유지를 위한 사전예방적 유지보수 정책 방향에 따른 기술개발 추진이 필요

❍ 신선 및 운행선의 모든 철도 시설에 대한 안전 및 성능 유지를 위해 유지보수 취약개소의 상시 점검 등 사전예방적 유지관리 강화 추세

❍ 국외에서도 노후된 시설, 이용객의 안전 보장을 위한 대책 마련이 요구

❑ 철도 이용 수요에 따른 고속화, 수송량 증가 계획에 따른 유지보수가 필요 없는 신설선 개발 및 기존 운행선 유지보수 개선 연구가 필요

❍ 철도망 확충에 따른 유지보수가 최소화된 신설선 대응 기술 확보 필요

❍ 기존선의 주요 거점간 고속이동 서비스 확대 등으로 고속화, 수송량 증가 계획에 따른 국내 실정에 맞는 유지보수 개선 및 기술력 확보가 필요

제2절 국내외 시장동향

1. 국내 시장 동향

❑ 현재 국내 철도선로의 경우, 초기공사비가 저렴하고 다양한 조건에도 적용이 가능하여 자갈궤도 비중이 전체 궤도 연장의 82%로 높음

❍ 자갈궤도 비율 : 일반선 89%, 고속선 44%

❍ 자갈궤도는 유지보수를 전제로 하는 궤도구조로 유지보수 불가피

그림 2-14. 최근 10년간 중량별 궤도연장 변화

❑ 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)에 따르면, 철도망 확충에 2016년부터 2025년까지 총 70.4조원을 투자할 계획이며, 여전히 신규 철도건설이 지속되고 있음

❍ 궤도틀림이 발생 가능한 자갈궤도방식은 현재 운행노선의 00%, 향후 신선 건설 계획의 00%(000km) 연장이 해당되며, 이 중 접속부는 전체 00%에 이를 것으로 추정

❍ 현재 국가철도공단(KR)이 계획하고 있는 일반철도 4개 구간 중 전 구간 콘크리트궤도로 설계되어 있는 서해선을 제외한 3개 구간은 대부분이 자갈궤도로 설계되어 있고 일부 터널, 교량 구간만 콘크리트궤도로 설계되어 있음[32)]

– 도담-영천의 터널 및 교량구간, 영천-신경주의 터널구간, 원주-강릉의 본선구간만 콘크리트궤도로 설계되어 있고, 대부분의 토공구간은 자갈궤도로 설계됨

– 이 경우, 두 가지의 불연속점(seam)이 동시에 존재(구조물 접속부(교량-토공 접속부, 터널-토공 접속부), 궤도 접속부(자갈궤도-콘크리트궤도 구간))하므로 궤도틀림 발생이 필연적임

❍ 또한 국토교통부는 호남고속철도 2단계의 기본설계 시 전 구간을 자갈도상으로 계획하였으며, '예비타당성조사 표준지침'에 의해 전 구간 자갈도상 궤도 설계가 예정되어 있음

32) 황태종, 2020 국감 호남고속철도 2단계 전 구간 '자갈철길' 설계 위기, 파이낸셜 뉴스, 2020.10.16.

표 2-5. 국가철도망 구축 전망(2016-2025)

구분	제3차 국가철도망구축계획(2016-2025)			계획기간 후	합계(억원)
	2016~2020	2021~2025	계획기간 내		
국고	220,146	210,854	431,000	144,007	1,006,007
지방비, 민자 등	126,992	146,448	273,440	58,814	605,694
소계	347,138	357,302	704,440	202,821	1,611,701

❑ 제4차 철도망구축계획(2021-2030)은 현재 진행 중인 상황이나, 국토교통부(대도시권광역교통위원회)가 2019.10.31. 보도자료로 배포한 "대도시권 광역교통망 철도 중심으로 재편"에 의하면 도로에서 철도로 교통정책의 중심을 이동하고 2030년까지 철도망 2배로 확충한다는 계획이 포함될 것으로 보임

❑ 따라서 신규 철도시장은 향후 지속적으로 증가될 것으로 판단됨

❑ 철도 유지보수 비중이 증가되는 추세에 있음

○ 철도 시설물 유지보수 요구량 증가 추세

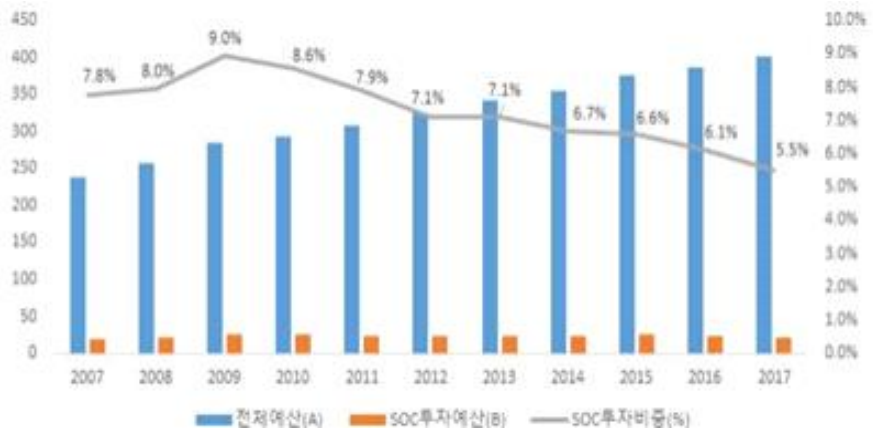


그림 2-15. 국내 SOC 투자비중 변화 추이

자료 : 국토교통부, “중장기 노후 철도시설 개량투자계획 수립 연구”, 2017.12.

표 2-6. 향후 5년간 국가철도 유지보수 인력 현황 및 투자비용

구 분	2021	2022	2023	2024	2025
인력현황 (명)	8,927	9,117	9,510	9,704	9,996
유지보수예산 (억원)	10,156	10,707	11,196	11,640	12,103
인당 비용	1.1~1.2 적용 (인플레이션 적용)				

표 2-7. 10년간 유지보수 및 개량 투자실적

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
유지보수 비용(억원)	7,225	6,996 (-3.2)	7,016 (-2.9)	7,220 (-0.1)	7,721 (6.9)	7,736 (7.1)	7,650 (5.9)	8,179 (13.2)	8,440 (16.8)	9,279 (28.4)
개량 비용 (억원)	1,333	2,300 (72.5)	3,332 (149.9)	3,048 (128.6)	4,646 (248.4)	4,659 (249.4)	5,511 (313.3)	6,016 (351.2)	9,223 (591.7)	11,495 (762.1)
유지보수+ 개량비용 (억원)	8,559	9,296 (8.6)	10,349 (20.9)	10,267 (20.2)	12,367 (44.5)	12,395 (44.8)	13,161 (53.8)	14,194 (65.8)	17,663 (106.4)	20,774 (142.7)

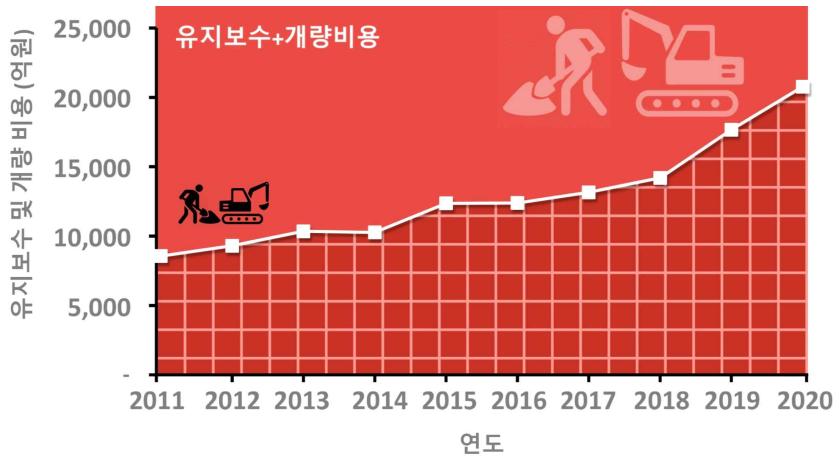


그림 2-16. 10년간 유지보수 및 개량 비용

❍ (개량 및 유지보수 투자 실적 상세) 10년간 총 투자 금액

– 유지보수 예산은 지난 10년간 고속철도의 경우 76.9%, 일반철도의 경우 19.8% 증가하였으며, 개량예산은'12년을 기준으로 고속철도 249.4%, 일반철도는 431.5% 증가

표 2-8. 10년간 유지보수 투자실적

유지보수 예산 (억원)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
고속철도	1,089 (기준)	980 (-10.0)	1,002 (-7.9)	1,024 (-5.9)	1,425 (30.9)	1,451 (33.3)	1,597 (46.7)	1,803 (65.6)	1,805 (65.8)	1,926 (76.9)
일반철도	6,137 (기준)	6,016 (-2.0)	6,014 (-2.0)	6,196 (1.0)	6,296 (2.6)	6,285 (2.4)	6,053 (-1.4)	6,376 (3.9)	6,635 (8.1)	7,353 (19.8)
합계	7,225	6,996	7,016	7,220	7,721	7,736	7,650	8,179	8,440	9,279

표 2-9. 10년간 개량 투자실적

개량예산 (억원)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
고속철도	0	400 (기준)	488 (21.9)	450 (12.4)	480 (19.9)	453 (13.2)	608 (51.9)	611 (52.8)	880 (119.9)	1,398 (249.4)
일반철도	1,333	1,900 (기준)	2,844 (49.7)	2,598 (36.8)	4,166 (119.3)	4,206 (121.4)	4,903 (158.1)	5,405 (184.5)	8,343 (339.2)	10,097 (431.5)
합계	1,333	2,300	3,332	3,048	4,646	4,659	5,511	6,016	9,223	11,495

– 유지보수 예산을 세분화하면 다음 표와 같음

표 2-10. 유지보수에 투입되는 연간 실행예산 현황 (2011~2020년, 10년간)

(단위: 백만원)

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년
합 계		**722,527**	**699,606**	**701,641**	**721,963**	**772,063**	**773,551**	**764,993**	**817,852**	**844,003**	**980,436**
일반철도	소 계	613,667	601,643	601,427	619,563	629,563	628,468	605,308	637,574	663,530	787,838
	인건비	397,293	394,390	382,458	369,634	396,295	392,222	395,921	415,299	438,596	436,921
	경 비	100,218	100,727	110,940	107,874	103,504	98,938	90,053	108,498	114,097	130,430
	보수비	116,156	106,526	108,029	142,055	129,764	137,308	119,334	113,777	110,837	220,487
고속철도	소 계	108,860	97,963	100,214	102,400	142,500	145,083	159,685	180,278	180,473	192,598
	인건비	36,099	36,963	37,705	36,714	50,434	54,228	59,740	63,723	82,544	90,207
	경 비	16,252	16,393	11,797	12,688	16,653	16,923	20,685	19,593	24,852	25,285
	보수비	56,509	44,607	50,712	52,998	75,413	73,932	79,260	96,962	73,077	77,106

* 출처: 국가철도공단

❑ 철도 유지보수비용 9,804억원(`20년 국가철도공단 예산 기준) 중 접속부 유지보수 비용은 1,447억원으로 추정됨

❍ 전체 예산 중 궤도유지관리 비용을 정확하게 구분하기 곤란하나, 전체 유지보수비용중 30%를 궤도 유지보수비용으로 가정하여 계산

– 9,804억원 × 30% (궤도유지관리 비율) × 82% (자갈궤도비율) × 60% (접속부 유지관리 비율) = 1,447억원/년

※ 경부고속철도 1단계 구간의 경우, 총 유지보수비용의 약 60%가 구조물 접속부 및 신축이음부 등의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 수행됨(한국철도공사, 2015)

– 접속부 궤도틀림발생 30% 억제시 연간 434억원 절감 가능 (콘크리트궤도 접속부 제외)

❑ 자갈궤도 자갈교환작업(자갈치기) 작업. 연평균 14.98km 자갈교환작업으로 연평균 201일 90km/h 서행

❑ 자갈궤도 유지보수관련와 관련하여 총 22회(2016~2018년도)로 연평균 7-8회의 서행 발생

❍ 사전 유지보수를 수행하여 연 7-8회의 서행이 발생하나 이는 열차의 탈선 등으로 발전할 가능성이 있는 상황임

❑ 콘크리트 구조물(교량, 하부통과박스 등)과 흙쌓기 구조물(토공부)의 접속부(경계부)에서 부등침하 발생으로 열차서행이나 콘크리트궤도 인상 불가피

❍ 호남고속선 ??개소 콘크리트궤도 인상작업 및 레일패드정정구간 OO개소(레일패드 정정 개소는 향후 침하가 지속되면 콘크리트궤도 인상 예정임)

2. 국외 시장 동향

❑ 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장 중

❍ 2018년 470억 달러에서 연평균 3.4% 증가하여 2025년 614억 달러에 도달할 것으로 전망[33)]

❍ 유럽은 세계 철도 인프라 시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 아시아-태평양 지역은 가장 빠르게 성장하고 있는 시장. 모든 지역의 철도 인프라 시장이 성장할 것으로 예측되며 특히, 동남아시아는 인구증가와 경제성장에 기인하여 신규 철도 인프라 시장이 확대될 것으로 전망

표 2-11. 전세계 철도산업 분야 및 시장규모/성장률

시장구분	개요	시장규모 (백만유로, 2015년기준)	성장률 (2015년-2020년)
철도인프라구조물	궤도시스템, 전철 전력	46,250	2.9%
철도시스템기술	신호제어, 여객정보시스템	19,450	2.8%
철도차량	차량 제작, 유지관리 등 전체	103,410	2.0%
전체		169,110	2.3%

[34)]

❑ 세계철도시장 규모는 2015년 현재 약 250조 규모로 예측되고 있으며, 2009~2014년 평균 시장 성장률은 4.2%에 달하고 있음[35)]

❍ UN ESCAP에서 파악한 Trans-Asian-Railway의 단절구간(missing link)는 총 10,500km에 달하는 것으로 파악됨. 아시아 시장의 경우에도 인도네시아의 2030 국가 철도비전에 따른 11,950km 건설, 태국 고속철도 1,900km 등 총 3,000km 사업, 말레이시아~싱가폴 330km 고속철도, 싱가폴~쿤밍 5,000km, 네팔 1,012km, 방글라데시 600km 등 대규모의 사업이 예정되고 있음. 이 외 중동, 아프리카, 아메리카 대륙 등 대규모의 철도사업이 추진될 예정임. 이 중, 철도교량이 상당 부분을 차지할 것으로 예상됨에 따라 궤도틀림 문제가 필연적으로 발생할 것으로 예측됨

❍ 일본의 경우, 철도 인프라의 포화 및 내구수명 도래로 유지관리비용이 급격히 증가하여 철도투자비의 60% 이상이 유지보수비로 소요

33) 국토교통 R&D 동향조사 보고서–철도교통분야(국토교통과학기술진흥원, 2019)
34) The Worldwide Market for Railway Industries 2016, SCI Verkehr GmbH
35) The Worldwide Market for Railway Technology 2009~2014 (SCI/Verkehr)

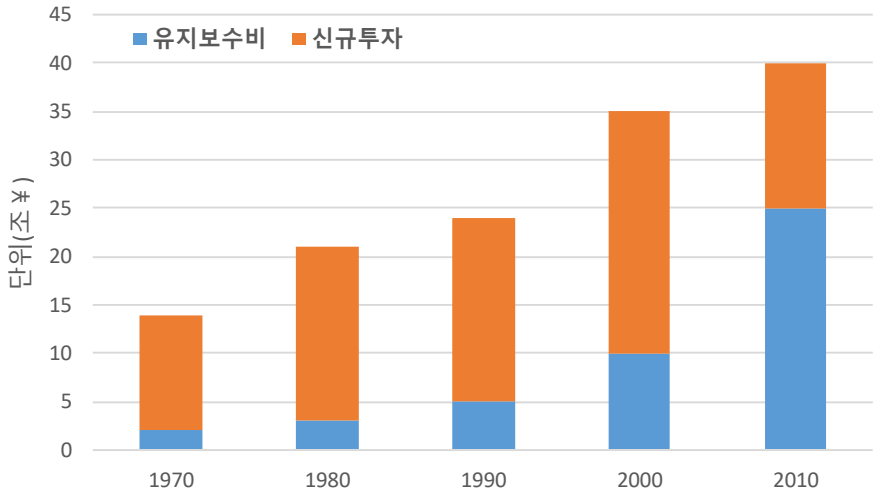


그림 1-17 일본 철도인프라 신규투자대비 유지보수비용 (일본건설성)

3. 시사점

❑ 철도망의 지속적인 확충에 따라 유지보수 원인이 원천적 제거된 신설선 대응 기술 필요

❍ 신설선의 경우 여전히 유지보수가 필연적인 자갈궤도가 다수 계획되고 있기 때문에 궤도틀림 발생으로 인한 유지보수 작업 등에 따른 손실비용이 향후에도 지속적으로 발생될 것으로 예상됨

❍ 따라서 접속부와 같은 유지보수 취약개소에서 궤도틀림 발생을 원천적으로 방지할 수 있는 기술 확보 필요

❑ 신설선 건설 외에도 철도 유지보수 투자 비중이 증가되고 있으므로 선제적, 예방적 유지관리방식으로 전환 필요

❍ 철도 궤도 이용량 증가, 등 국내 운영환경이 변화로 인한 유지보수 요구량 증가에 대비한 자갈도상에 대한 유지보수 효율화 및 선제적, 예방적 대응 기술 필요

❑ 이러한 궤도틀림 방지를 위한 접속부 성능향상 기술로 국내 철도인프라 산업의 기술력 강화 및 지속적으로 확대 전망되는 글로벌 철도인프라 시장에 판로 개척을 기대

❍ 접속부 성능향상과 관련된 철도인프라의 설계, 시공, 소재, 장비 산업의 기술경쟁력 강화 및 연구계, 산업계 협력을 통한 기술 진보 가능

❍ 또한 국내 한정된 수요 대비, 글로벌 시장의 철도인프라 시장도 확대되는 것으로 전망되고 시장이 선점된 유럽, 미국 지역의 진출 보다는 과거 철도 궤도 환경이 유사하거나, 적정기술이 요구되는 베트남 등 동남아시아 국가의 시장 진출을 기대 가능

제3절 국내외 기술동향

1. 구조물-토공 접속부 유지보수 최소화 기술

❑ 철도선진국인 유럽은 철도시설물이 평지의 토공노반에 직접 건설되어 교량이나 구조물 접속부의 비율이 매우 낮아 궤도-구조물 상호작용 관련 기술에 대한 연구 사례가 상대적으로 적음. 특히, 철도시설물의 설계가 EUROCODE로 통일되어 적용되는 것과 달리 접속부 설계는 각국이 상이한 특성이 있으며, 통합된 체계적인 기준이 부재인 상황임

- ❍ 각 국마다 교대와 강성변화 슬래브 구조 설계 권장사항을 제시하고 있지만, 대부분의 경우, 다른 모든 강성변화지대의 부분의 설계를 위한 표준 또는 가이드라인은 없음
- ❍ 설계와 마찬가지로 접속부에서의 유지보수도 기준이 필요하나 대부분 일반구간의 궤도틀림 기준값 적용 중
- ❍ 이탈리아의 경우는 강성천이구간에 정삼각형의 형태의 계단식으로 여러 층을 두어 단계적으로 강성변화에 대응하도록 구성되었으며, 아스팔트 층과 시멘트 강화층을 혼용하여 사용함
- ❍ 독일은 역삼각형 형태로 특수선을 설치하거나 선로차단 시 교행을 실시하여 보강작업에 필요한 기간을 확보한 후 30cm씩 성토 후 충분한 다짐을 실시하는 노반보강 실시
- ❍ 국외에서는 노반의 갑작스런 지지강성 변화에 따른 불균등 침하를 방지하고자 보강공법을 개발하여 각국의 기술발전 및 유지관리비 절감을 통한 안정하고 경제적인 접속부 조성을 목표로 하고 있음
- ❍ 그러나 구조물 접속부의 설계와 유지보수에 대한 다양한 제안에도 불구하고 접속부에서 발생되는 문제점을 최소화하는 획기적인 방안이 없는 실정[36)]

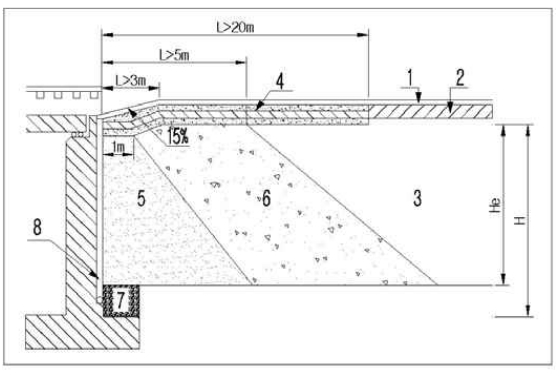


그림 2-18. 이탈리아의 접속부 단면

36) 구조물-토공 접속부 노반 강성차 완화방안 연구, 한국철도시설공단, 2012.

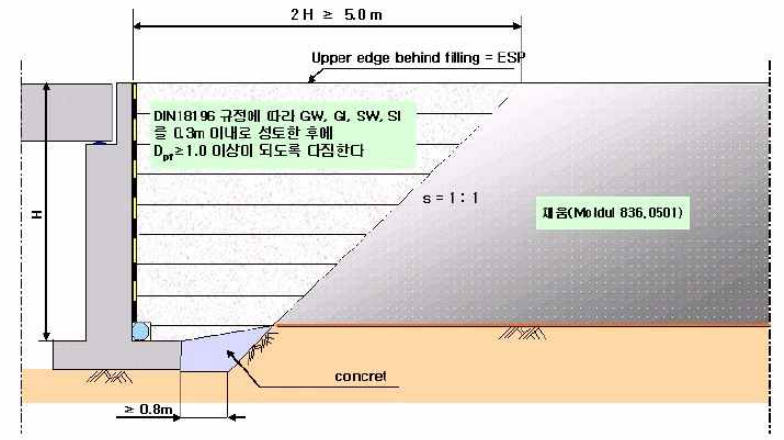


그림 2-19. 독일의 역삼각형 형태의 접속부 사례

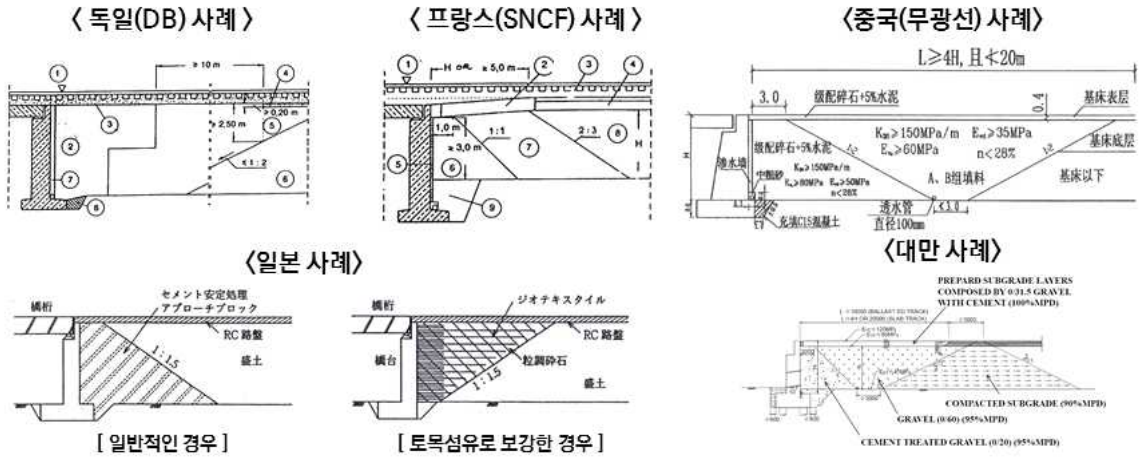


그림 2-20. 각국의 접속부 설계단면의 예

❑ 구조물 접속부의 소요 다짐도를 충분히 확보하며, 시공 시 대형기계다짐과 과도한 다짐으로 인한 교대변형을 개선하고, 운영 중 교대에 작용하는 수평토압을 경감시켜 교대구조물의 변형과 이로 인한 어프로치블록의 침하를 방지하기 위한 공법의 필요성이 제기되어 왔으며, 특히 일본에서는 내진성능이 뛰어난 보강토 공법에 대한 연구를 꾸준히 진행하여 토목섬유 보강재와 soil-cement 개량공법을 병용하여 교대배면의 변형억제효과가 큰 시멘트 개량 보강토 교대를 개발하였음

❑ 노반과 궤도분야를 분리하여 접속부 설계기준을 제정

○ 노반분야는 침하억제를, 궤도분야는 강성변화만을 고려하여 접속부에서 발생하는 문제 일부만을 해결하는 실정

○ 노반과 궤도 특성을 종합적으로 고려한 접속부 설계기준 재정립 필요

❑ 흙쌓기구간 잔류침하를 과소평가하는 모델을 적용하고 있으며, 경제적인 흙쌓기용 재료가 없어 불량한 재료를 흙쌓기에 사용

❑ 구조물 접속부와 궤도 접속부 기준재정이후 체계적인 추가 연구가 미미함

❑ 교량 신축이음부에 대한 자갈이완 등 일부 연구가 고속철도 개통전후에 수행되었으나, 이

후 단편적인 연구만 진행되고 있음. 궤도-노반, 궤도-구조물간의 상호 거동에 대한 추가 연구가 필요한 실정

❑ 열차교량단부 회전에 의한 궤도영향 감소를 위하여 개발된 독일의 전환궤도(하노버 라인 적용), 이를 도입한 국내 횡단궤도 시스템 및 콘크리트 궤도와 교량 상호작용을 저감시킬 수 있는 슬라이딩 궤도 개발 완료(적용 실적 없음)

❑ 교량 신축이음 및 교량 접속부

○ 미국, 캐나다 등의 국외 도로교에는 이미 1930년대 이후부터 신축이음장치 등의 접속부에 의한 교량 단부의 잦은 파손, 단부 누수에 의한 교량 받침 및 하부구조의 잦은 손상 등 다양한 문제들을 해결하기 위해, 신축이음장치나 교좌장치가 없이 일체화한 교량 형식을 개발하여 사용 중

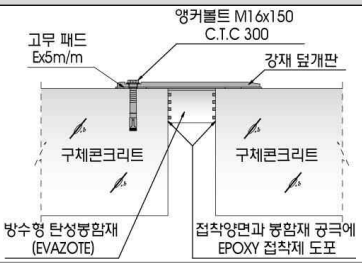
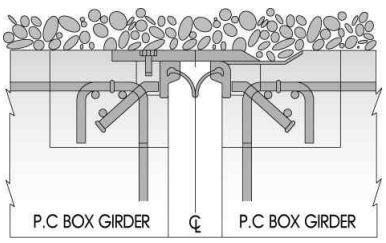
○ 교량 단부에 접속슬래브를 설치하여 신축이음장치를 교량 후면에 설치하는 반일체식 교량과 고인성 콘크리트 연결 바닥판을 연속화하여 신축이음장치를 제거하는 공법 등을 도로교에서 활발히 적용되고 있으나, 철도교에는 적용 실적이 없으며 철도교 적용성에 대한 기초 검토만 수행됨

2. 교량 신축이음부 및 단부

❑ 교량 신축이음부에 대한 자갈이완 현상이 고속철도 개통전후에 관측되고 이에 관한 연구가 일부 수행되었으나, 현재까지 구체적인 대안이 제시되지 못하고 있음. 궤도-노반, 궤도-구조물간의 상호 거동에 대한 추가 연구 필요

❑ 국내외 자갈궤도 철도교량의 신축이음장치는 탄성봉함재형과 고무실링형으로 구분할 수 있으며, 내구성 저하, 노화 및 변형에 따른 빈번한 유지보수가 필요함. 특히, 운행 중에 교체가 불가능하여 유지보수 시 열차운행을 중단해야하는 큰 단점이 있음

표 2-12. 자갈도상 철도교량의 신축이음 장치

구 분	탄성봉함재형	고무실링형
개요도		
특 징	• 신축 및 동결 융해로 봉함재 내구성 저하 및 누수에 대한 보수 다수 • 운행중 교체 불가능	• 고무씰의 노화 및 변형에 대한 보수 다수 • 구체연결부 내구성저하 • 운행중 교체 불가능

❑ 도로교는 신축이음장치의 누수와 이로 인한 교량받침 부식 등의 문제로 신축이음장치를 없애고 교량 단부에서 도로 포장을 연속화함으로 주행성을 향상시킬 수 있는 반일체식 교량 및 무조인트 교량을 활발히 적용 중

○ 철도 하중 및 거동 특성에 대한 영향 분석 등의 연구가 부족하여 철도교는 적용하고 있지 않음

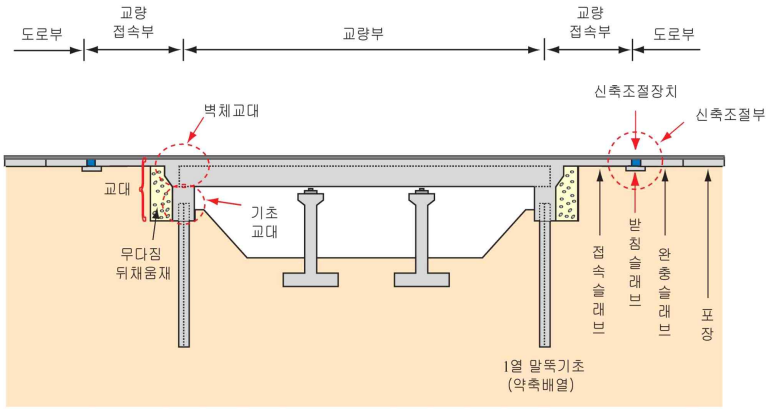


그림 2-21. 무조인트 교량 개념도

❑ 신축이음장치를 사용하지 않고, 단순교 단부의 바닥판을 연속화하는 무조인트(Jointless) 교량은 1930년대에 미국에서 최초로 개발되었으며, 1980년대부터 널리 적용되어 건설되고 있음

❑ 바닥판을 연결하는 연결 바닥판(link slab)의 균열을 최소화하고, 적용 교량의 경간장 및 연장을 확대하기 위하여 고인성 콘크리트(ECC)를 적용한 연결 바닥판이 미시간 대학의 Victor Li 교수를 중심으로 2000년대 초반부터 연구 개발됨

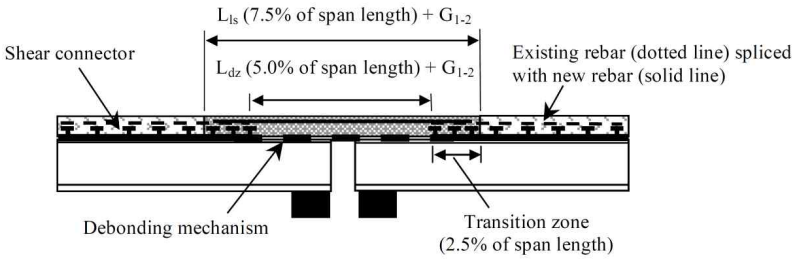


그림 2-22. ECC 연결 바닥판 개념 (Victor Li, 2003)

❑ 중국, 일본, 스웨덴 등 세계적으로 ECC 연결 바닥판에 대한 해석적 실험적 연구가 활발히 이루어지고 있다. ECC 프리캐스트 패널을 사용하여 급속시공을 가능하게 하고, GFRP 철근을 적용하여 철근의 부식을 방지하면서 연결 바닥판의 강성을 낮추는 등의 세부 개선사항이 계속해서 연구되고 있다.

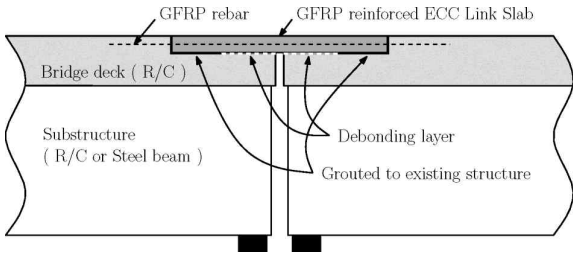


그림 2-23. 프리캐스트 ECC 연결 바닥판 개념
(Larus Larusson, 2013)

❑ 고인성 콘크리트 적용 바닥판 연속화 사례 (철도교 관련 사례 없음)

❍ 미국 미시간주 Curtis Road Bridge over M-14(2002, 도로교), 앤애버(Ann Arbor), Ellsworth Road over M-23(2006, 도로교), 캐나다 알베르타(Alberta), 미국 버지니아(Virginia) 등 해외 사례 다수 Grove Street Bridge(미국 미시간주, 2005, 도로교)

그림 2-24. 고인성 콘크리트 적용 바닥판 연속화 사례 (Grove Street Bridge(미국 미시간주, 2005)

❑ 세계적으로 도로교의 신축이음장치를 대체하는 개념으로 연결 바닥판이 활발히 개발되고 시공되어 왔으나, 철도교는 궤도로 인하여 도로교와 같은 신축이음장치가 없어 연결 바닥판을 적용한 사례가 없음.

❑ 철도교에 연결 바닥판을 적용하면 교량 단부의 거더 회전 및 온도 신축 변위로 인한 교량상 자갈 궤도 이완 현상을 해소할 수 있을 것으로 기대된다.

❑ 일체식 교량의 개념은 1930년대 미국에서 최초 시작되어 미국과 캐나다에 활발히 적용되어 현재 13,000여 개소의 도로교에 부설되어 운영 중

❑ 영국 Wales에서는 2013년에 연장 220m 철도교인 Loughor Viaduct를 교체하면서 시공속도가 빠르고 건설비가 상대적으로 적은 반일체식 교량으로 건설

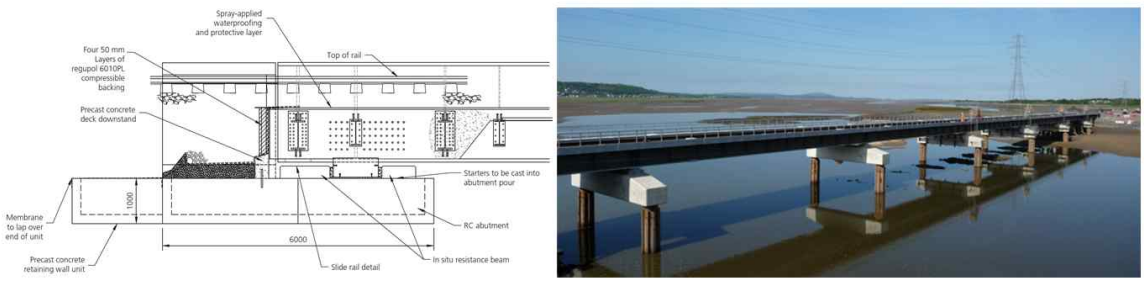


그림 2-25. 영국의 반일체식 교량 사례 (Loughor Railway Viaduct (2013))

❑ 일본에서는 Geosynthetic-reinforce soil(GRS) integral bridge를 개발하여 2014년 고속철도를 포함하는 철도노선 160 km에 적용하였으며, 철도교의 표준 형식 중의 하나로 일체식 교량을 적용하고 있음. 교량 받침이 없어 장기적인 내구성이 좋고 내진성능이 좋은 장점이 있음

그림 2-26. 일본의 일체식 교량 사례 (Haipe-Sawa bridge, Sanriku Railway (2014))

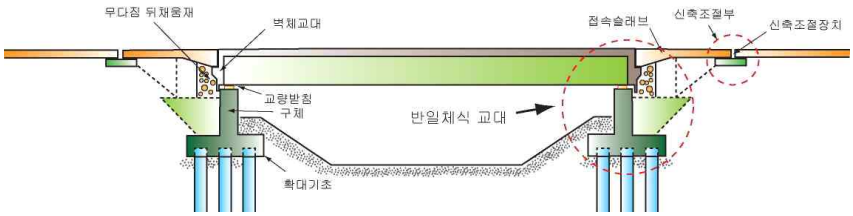


그림 2-27. 반일체식 교량 개념도

- ❍ ㈜지승컨설턴트에서 개발한 반일체식 교량(BIB거더)는 1998년 대전-통영간 평촌1교에 최초 시공된 이후 다수의 도로교에 활발히 적용되어 안정적으로 운영되고 있으며, 2015년에 신기술로 지정됨
- ❍ 한국도로공사 도로교통연구원은 2009년에 '일체식 교량 설계지침(무조인트교량)'을 작성하여 배포한 바 있음
- ❍ 국내 개발된 반일체식 교량은 교량연장에 제한이 있어, 콘크리트교는 225m 이하, 강교는 135m 이하인 경우에만 적용 중
- ❍ 한국철도기술연구원은 BIB 반일체식 교량의 철도 적용성에 대한 기초 검토를 2019년에 수행한 바 있음

❑ 교량단부 회전에 의한 궤도영향 감소를 위하여 개발된 독일의 전환궤도(하노버 라인 적용)를 벤치마킹한 전환부 궤도 시스템이 국내에서 연구되었으나 실용화되지 못함. 또한 이 구조는 콘크리트 궤도를 대상으로 하여 자갈궤도에는 적용할 수 없는 한계가 있음

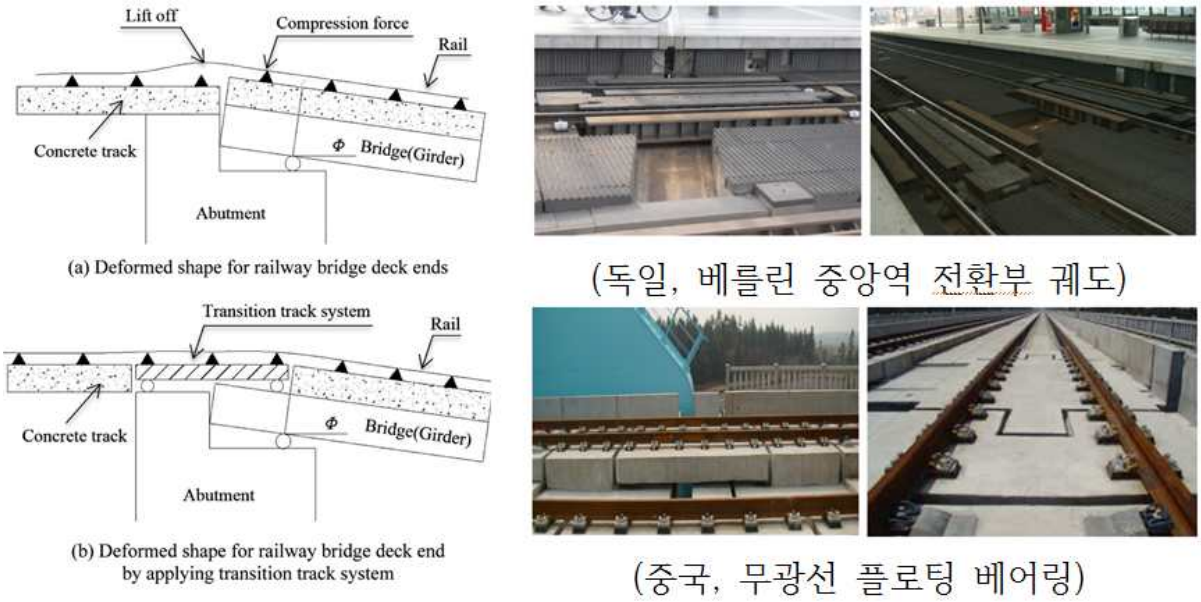


그림 2-28. 전환부 궤도 개념 및 해외 시공 사례

❑ 콘크리트 궤도와 교량의 상호작용을 저감시킬 수 있는 슬라이딩 궤도가 개발 완료되었으나 폐선에만 시험시공 되었고 아직 운영선 적용 실적 없음

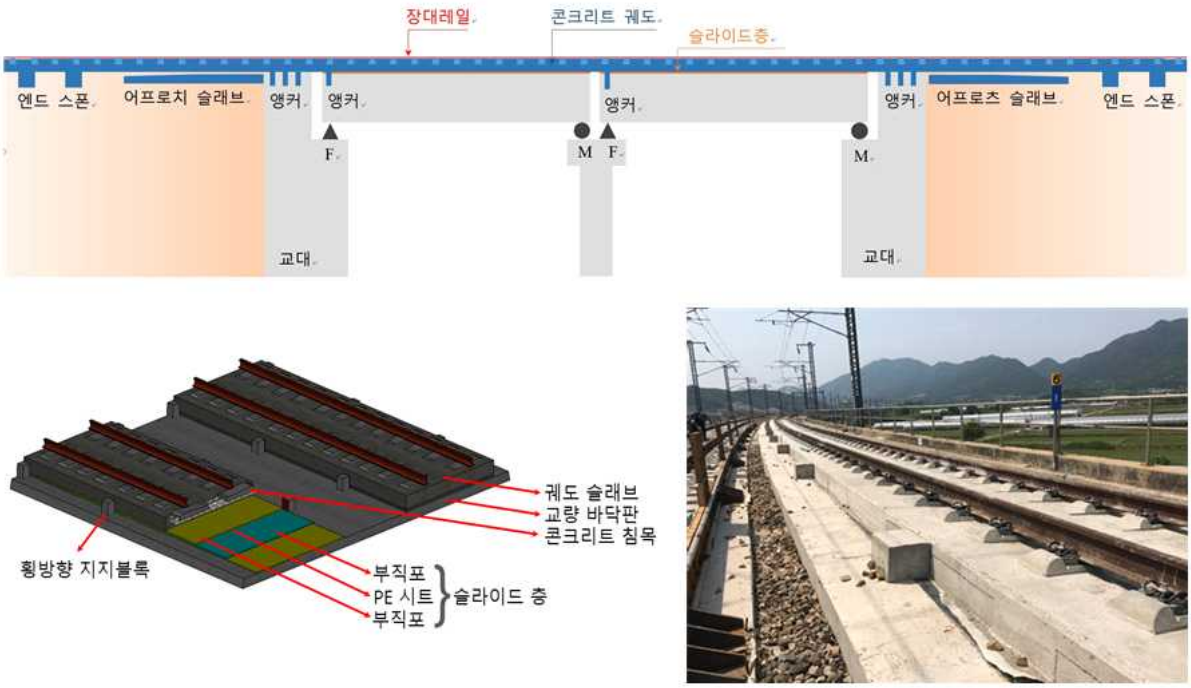


그림 2-29. 슬라이딩 궤도 개념 및 시공 사례

❑ '철도교량 주행 안전 및 승차감 향상을 위한 자갈궤도용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발' 연구과제(디엠엔지니어링, 2019~2021)로 철도교를 위한 연결 바닥판에 대한 기초 연구를 통해 실용화 가능성이 확인되고 있지만, 실제 적용 및 상용화를 위해서는 시험 부설 등을 통한 면밀한 성능 검증 등의 추가 연구가 필요함

3. 운영선 접속부 보강 관련 기술

❑ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 관련

❍ 궤도틀림의 원인은 하부 지지강성의 변화로 인한 충격하중, 배수불량, 하부노반 침하, 자갈도상 다짐 및 안정화 부족, 자갈 강도부족 등으로 매우 다양함. 최적의 보강대책을 수립하기 위해 궤도틀림 원인을 정확히 파악하는 것이 중요

❍ 궤도 지지강성은 궤도구조 특성, 자갈도상의 밀도(다짐도), 노반 강성 등에 따라 달라지며, 궤도 지지강성을 연속적으로 측정함으로써 궤도 취약부를 빠르게 파악할 수 있음. 프랑스, 스웨덴, 미국 등 국외 철도에서도 열차가 주행하면서 연속적으로 궤도 지지강성을 측정할 수 있는 장비를 개발하여 활용하고 있음

❍ 궤도 지지강성의 변화로부터 궤도 취약부를 특정하면, 취약부의 궤도틀림이 도상 또는 노반의 어떤 원인에 기인하는지 정밀 조사를 통해 정확히 탐지할 필요가 있음. 노반의 물리탐사에는 GPR(ground penetrat- ing radar) 탐사, 비저항(resistivity) 탐사, 그리고 다양한 탄성파 탐사 기법들이 적용되고 있으나, 운영선의 특성을 고려하여 최소 시간 내에 정밀 탐사를 시행할 수 있는 기술과 분석기법 및 평가기준 개발이 요구됨

❍ 개별 탐사결과만으로는 정확한 궤도틀림 원인 분석에는 한계가 있으므로 수치해석 모델 적용과 머신러닝 활용 등을 통해 여러 가지 종류의 탐사 결과를 종합적으로 분석하고 평가할 수 있는 분석 기법 개발이 필요함

❍ 콘크리트궤도 하부 노반의 침하가 발생하는 경우 궤도 슬래브-기층 또는 기층-노반 사이에 간극이 발생하게 됨. 이러한 간극에 의해 충격하중이 발생하고, 궤도 슬래브와 기층의 파손, 열차 승차감 저하를 가져오게 됨. 특히 교대 뒷채움부 등 접속부 노반에서는 이러한 노반 침하가 빈번하므로 간극이 종종 발생하고 있음. 콘크리트궤도 하부 간극 조사에는 충격반향기법(impact-echo), FWD(falling wight deflectometer) 등의 탐사기법이 적용될 수 있음. 그러나, 운영선 적용을 위해서는 최소 시간에 탐사가 가능한 분석장비, 분석기법 및 평가기준 등의 개발이 필요함

❑ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 관련

❍ 노반이 궤도틀림의 원인이 되는 경우 노반의 보강 또는 개량이 필요하나, 운영중인 선로에서는 대규모 보강 또는 개량이 불가능함

❍ 해외에서는 운영중 노반 보강을 위해 궤도 측면에서 경사 그라우팅을 이용하여 노반을 보강하거나, 궤도 상부에서 vertical soil-cement column을 시공하는 기술이 검토되고 있음

❍ 이밖에 기존 노반 보강 기술 가운데 운영중인 선로에 적용 가능한 보강기술의 적용이 필요함

❑ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 관련

❍ 교량의 진동과 변형으로 인해 도상의 안정화가 어려운 환경에서는 자갈 도상의 안정화를 도모하는 것이 중요함

❍ 자갈 도상 안정화를 위해 기존에는 고결제, 도상안정제 등의 화학제품을 적용하거나 보

조레일을 적용하여 궤광의 강성을 증가시키는 방법이 적용되었으나 충분한 효과를 얻지 못했음

○ 이러한 기존 기술의 한계를 극복하기 위해 지오텍스타일, 지오그리드 등 토목섬유를 활용하는 기술이 적용되고 있음. 또한 광폭침목이나 침목패드(under sleeper pad)를 이용하여 자갈도상에 가해지는 압력을 감소시키는 방안이 제안되었음. 이밖에 도상 침하에 따라 자동으로 침목 높이를 조정하는 침하복원장치가 제안되었음

○ 최근 제안된 기술 중 높은 효과가 기대되는 토목섬유, 광폭침목 또는 침목패드, 침하복원장치 등 개별기술 또는 이들 개별 기술의 조합 활용을 통해 빈번한 교량의 진동과 변형 하에서도 도상 침하를 최소화할 수 있는 기술 개발이 가능할 것으로 기대됨

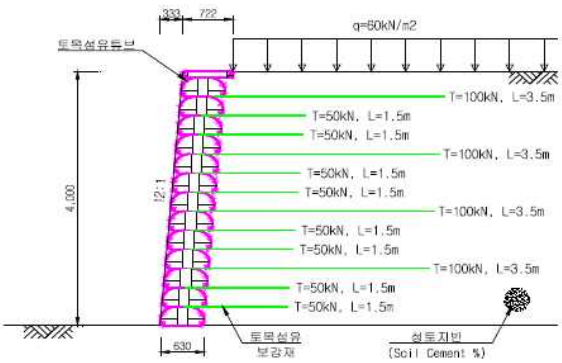


그림 2-30. 토목섬유를 활용한 분리형 접속구조의 예

❑ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 관련

○ 콘크리트궤도의 궤도틀림은 레일체결장치에 심패드(shim pad)를 삽입 하여 보정할 수 있으나, 체결장치를 해체하여 다시 조립해야 하므로 궤도틀림이 발생한 구간이 길면 차단시간 내 작업이 불가능함. 일본 신간선에서는 특수 폴리머를 이용하여 두께 조절이 가능한 심패드를 적용하여 시공 시 완화곡선부 등에서 정밀한 선형 조정을 시행하거나, 콘크리트궤도의 궤도틀림 보수하는 작업에 활용하고 있음. 콘크리트궤도 궤도틀림 보수의 효율성 향성을 위해서는 이와 같이 레일체결장치의 해체없이 손쉽게 궤도틀림을 보정할 수 있는 높이조절형 심패드(height-adjustable shim pad) 기술의 적용이 필요함

○ 콘크리트궤도 하부의 간극 보수를 위해 그동안 슬래브를 잭업(jack-up)하여 강판을 삽입하거나 시멘트 그라우트 충전재를 주입하는 기술이 적용되었음. 그러나, 작업 효율이나 안정성 측면에서 문제점이 제기되고 있어 작업효율의 향상과 정밀한 인상 높이 조정 등을 위한 전용 시공장비 개발, 주입재료 개선 등 기술 보완이 필요함

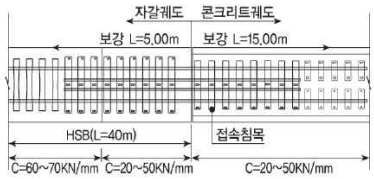
❑ 궤도 접속부(자갈궤도-콘크리트궤도) 보강대책 현황

○ 궤도 접속부(콘크리트궤도-자갈궤도 경계부)에서 발생하는 자갈궤도의 궤도틀림, 콘크리트궤도의 침목 들뜸현상, 침목 주변 슬래브의 균열 등의 다양한 문제점을 줄이기 위해 호남고속철도 이후 KR C-14080 궤도/구조물의 상호작용 기준이 제정됨

○ 이 규정에 따르면 구조물 접속구간에서는 가능한 토공구간의 교량 또는 터널구간에서의 선로선형 및 궤도구조 조건이 연속되도록 설계하여야 하며, 접속부 구간에서 궤도 및 하부노반에서 궤도강성을 변화시킬 수 있는 두 가지 대책이 동일 지점에서 시작 또

는 종료되지 않도록 설계해야 함. 또한 다음과 같은 보강대책을 적용하도록 하고 있음

- 콘크리트궤도와 자갈궤도 접속분애 보강레일 설치
- 접속부 자갈궤도 내 궤도자갈 고결화
- 하부노반 어프로치블럭 또는 보조도상 콘크리트층 설치
- 하부노반 강화노반층 노반변형율 계수 120MN/cm^2 이상 확보
- 콘크리트궤도(TCL층)과 HSB층 연장, End sporn(전단키) 설치



37)

그림 2-31. 콘크리트궤도-자갈궤도 접속부 보강을 위한 보강레일 설치 방안

❍ 하지만 이러한 접속부 보강방안은 초기 투자비용이 크게 증가하고 신호 등 타분야와의 인터페이스에도 어려움이 있음

❍ 일본의 경우 우리나라의 철도환경과 유사한 편으로 궤도접속부의 뜬침목 발생, 궤도틀림 진전을 방지하기 위해 자동침하 보정 침목을 활용한 대안을 제시

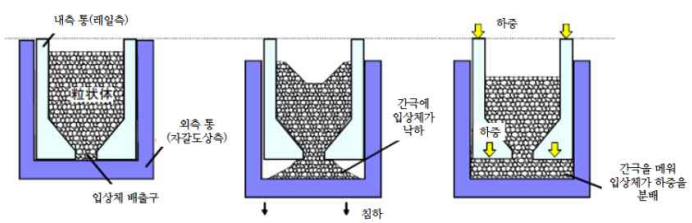


그림 2-32. 일본의 자동 침하 보정 침목

37) 새로운 콘크리트 궤도와 자갈궤도 접속부 보강구조(V-Track) 김장규 2019, 철도저널 Vol 22. No. 3

4. 시사점

❑ 접속부 구간의 궤도틀림 방지 및 성능향상을 통한 유지보수 최소화 기술 필요

❍ 구조물-토공 접속부, 궤도 접속부의 구조적 한계로 인해 궤도틀림이 필연적으로 발생하고 그로 인해 유지보수가 지속적으로 필요한 상황

❍ 그러나 각국에서 구조물 접속부의 설계와 유지보수에 대한 다양한 제안에도 불구하고 접속부에서 발생되는 문제점을 최소화하는 획기적인 방안이 없는 실정

❍ 따라서 구조물 접속부의 다양한 특성이 종합적으로 고려된 설계, 시공, 재료, 구조 등의 기술 필요

❑ 교량 신축이음부와 단부에서 발생되는 자갈이완 현상의 방지 기술 필요

❍ 고속철도 개통 전후에 관측되고 일부 연구된 자갈이완 현상은 구체적인 대안이 제시되지 못하거나 개발된 구조가 전혀 실용화 되지 못한 상황

❍ 기초 연구 결과의 실제 적용 및 상용화를 위한 성능 검증 등의 연구 필요

❑ 신설선 외에 운영선의 접속부 대응 기술 필요

❍ 접속부에서 궤도틀림의 원인이 되는 노반 등은 운영중인 선로에서는 대규모 보강 또는 개량이 불가능하기 때문에 이를 보강할 수 있는 시공 및 재료기술 필요

❍ 접속부의 진동, 충격, 변형 등에 저항하고 자갈궤도 도상의 안정화하는 기술이 다양하게 적용되어 왔으나 충분한 효과를 얻지 못했으므로 기존 기술의 한계를 극복하기 위한 기술 필요

제4절 특허 및 논문 분석

1. 특허 분석 범위 및 방법

❑ 2020년 07월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 대상으로 분석

1.1. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

❑ 분석대상 특허

❍ 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2019년 02월부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 2019년 1월 31일까지 출원된 특허로 한정함

표 2-13. 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	Keywert	~ 20.07.31	공개 및 등록특허 전체문서
	미국 (USPTO)	Keywert		
	일본 (JPO)	Keywert		
	유럽 (EPO)	Keywert		
	중국 (CN)	Keywert		

1.2. 분석대상 기술 및 검색식 도출

❑ 기술분류체계

❍ 특허기술동향조사 분석에서는 도출된 후보과제의 기술 체계를 기준으로 정량분석 및 지표분석을 실시함

표 2-14. 분석대상 기술 분류

기술명	세부기술 범위 및 내용
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (AA)	- 접속부 도상, 노반 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 개발 - 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술 개발 - 지하횡단구조물-토공부 성능개선 기술 개발
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 (AB)	- 반일체식 철도교 접속부 구성 도출 - 반일체식 철도교 설계기술 개발 - 반일체식 철도교 동적응답 분석 기술 개발 - 실대형 시험 및 현장시공을 통한 성능평가 및 시공지침 개발
철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술 (AC)	- 프리캐스트 교대 접속부 및 연결바닥판 거동 해석기술개발 - 철도교용 연결바닥판 설계법 개발 - 연결바닥판용 고인성 콘크리트 재료 개발 - 연결바닥판 시공지침 개발 및 장기성능 평가
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 (AD)	- 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 분석 기술 개발 - 열차-궤도 동적 상호작용 데이터가 고려된 구조물-토공 접속부 궤도틀림 탐지 및 예측 기술 개발 - 첨단 신소재 활용 운영선 접속부 침하 복원 기술 개발 - 자갈궤도 다짐 작업 후 자갈궤도 안정화 촉진 기술 개발

❑ 검색식 도출

❍ 특허기술동향조사의 각 기술 분류별 특허검색을 위한 키워드를 조합하여 각 중분류 기술별 검색식을 작성함. 최종 검색식을 검색DB에 적용하여 얻은 Raw Data의 건수는 다음 표와 같음

표 2-15. 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수

대분류	중분류	검색 건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CN)	계
철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발 (A)	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (AA)	104	436	523	278	819	2,160
	교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 (AB)	154	585	492	166	863	2,260
	철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술 (AC)	79	336	516	123	276	1,330
	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 (AD)	183	393	634	320	1,315	2,845
총계		**520**	**1,750**	**2,165**	**887**	**3,273**	**8,595**

표 2-16. 기술분류체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	검색식
철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발 (A)	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (AA)	(접속* 도상 밸러스트 침목 어프로츠슬래브 어프로치슬래브 노반 엔드스폰 앤드스폰 abutment* approach* ballast* sleeper* roadbed*) and (개선* 개량* 선진* improv* upgrad* advan* develop* better* refine*) and ipc:(e01* e04*)
	교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 (AB)	(무조인트* 일체식* jointless* integral* 이음매* 이음새* 심리스 솔기* 매끄* 끊김* seamless) adj (교량 교대 레일 다리 브릿지 궤도 철도 선로 철로 철길 트랙 abutment rail* bridge* track*) and ipc:(e01* e04*)
	철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술 (AC)	(무조인트* 일체식* jointless* integral* 이음매* 이음새* 심리스 솔기* 매끄* 끊김* seamless) and (콘크리트 concrete) and (접속부 접속슬래브 바닥판 바닥부 abutment* approach* slab) and ipc:(e01* e04*)
	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 (AD)	(접속부 궤도 노반 다리 레일 철도 철로 선로 철길 트랙 브릿지 bridge abutment* approach* track* rail* roadbed (road adj bed)) and (이상 오류 문제 에러 결함 고장 침하 trouble* break* error* defect* flaw* fault* fail* settle* sink* subsid*) and (분석 탐지 발견 감지 예측 진단 analy* detect* sens* percept* predict* find* discover* forecast* diagnos*) and ipc:(e01* e04*)

1.3. 유효특허 선별 기준 및 결과

❑ 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 Raw Data에서 특허기술동향조사의 대상이 되는 노후 철도구조물 급속개량 기술과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외하고자 노이즈제거 기준을 작성하였으며, 이를 기준으로 각 중분류별 국가별 유효특허를 추출함. 추출한 유효데이터를 대상으로 본 조사 정량분석을 진행함

표 2-17. 분석대상 기술 분류

대분류	중분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (AA)	• 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출 - 접속부 도상, 노반 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 개발 - 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술 개발 - 지하횡단구조물-토공부 성능개선 기술 개발 • 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출
	교량-토공	• 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출

(A)	접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 (AB)	- 반일체식 철도교 접속부 구성 도출 - 반일체식 철도교 설계기술 개발 - 반일체식 철도교 동적응답 분석 기술 개발 - 실대형 시험 및 현장시공을 통한 성능평가, 시공지침 개발 • 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출
	철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술 (AC)	• 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출 - 프리캐스트 교대 접속부, 연결바닥판 거동 해석기술 개발 - 철도교용 연결바닥판 설계법 개발 - 연결바닥판용 고인성 콘크리트 재료 개발 - 연결바닥판 시공지침 개발 및 장기성능 평가 • 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출
	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 (AD)	• 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출 - 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 분석 기술 개발 - 열차-궤도 동적 상호작용 데이터가 고려된 구조물-토공 접속부 궤도틀림 탐지 및 예측 기술 개발 - 첨단 신소재 활용 운영선 접속부 침하 복원 기술 개발 - 자갈궤도 다짐 작업 후 자갈궤도 안정화 촉진 기술 개발 • 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출

표 2-18. 유효특허 선별결과

Raw-data	유효특허	선별비율
8,595	1,537	17.9%

대분류	중분류	유효데이터 건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CN)	계
철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발 (A)	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (AA)	49	47	93	76	59	324
	교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 (AB)	99	55	121	64	62	401
	철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술 (AC)	81	71	151	42	42	387
	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 (AD)	95	73	146	38	73	425
합 계		324	246	511	220	236	1,537

1.4. 분석 방법

❑ 본 특허기술동향조사는 특허동향분석(정량분석)과 지재권 중심의 특허심층분석(정성분석)으로 나누어 분석을 수행함

1.4.1. 특허동향조사

❑ 특허동향조사는 주요 국가별 특허출원 동향과 주요 경쟁사(출원인) 분석, 특허기술 성장단계 분석으로 나누어 분석함

❑ 주요 국가별 특허출원 동향에서는 조사대상국인 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(CN) 등 주요 국가별 연도별 특허출원 동향, 내·외국인 특허출원 동향을 분석함

❑ 주요 경쟁사(출원인) 분석에서는 상위 다출원인을 도출하여 해당 출원인의 기술 확보력,

주력 기술 분야, 특허출원 밀집도 등을 분석함

❑ 특허기술 성장단계 분석에서는 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 특허 기술 성장 단계를 분석함. 또한 세부기술별 국가별 특허점유율 및 증가율 등을 분석하여 각 기술별 특허출원 경향 및 기술 특성, 상대적인 유망함 정도를 파악함

1.4.2. 특허심층분석

❑ 특허심층분석은 핵심특허 현황 및 분석과 정량분석에서 선별한 논문의 분석을 통해 상대적으로 연구개발이 많이 되지 않은 분야를 찾아내고, 분야와 관련된 기술에 대한 특허 등록 가능성을 검토하여 신규 IP 획득 전략을 수립함

2. 특허동향조사 결과

2.1. 주요 국가별 특허출원 동향

2.1.1. 연도별 출원동향

❑ 분석의 목적은 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(CN) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 해당 기술을 선도하는 국가 파악

○ 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악

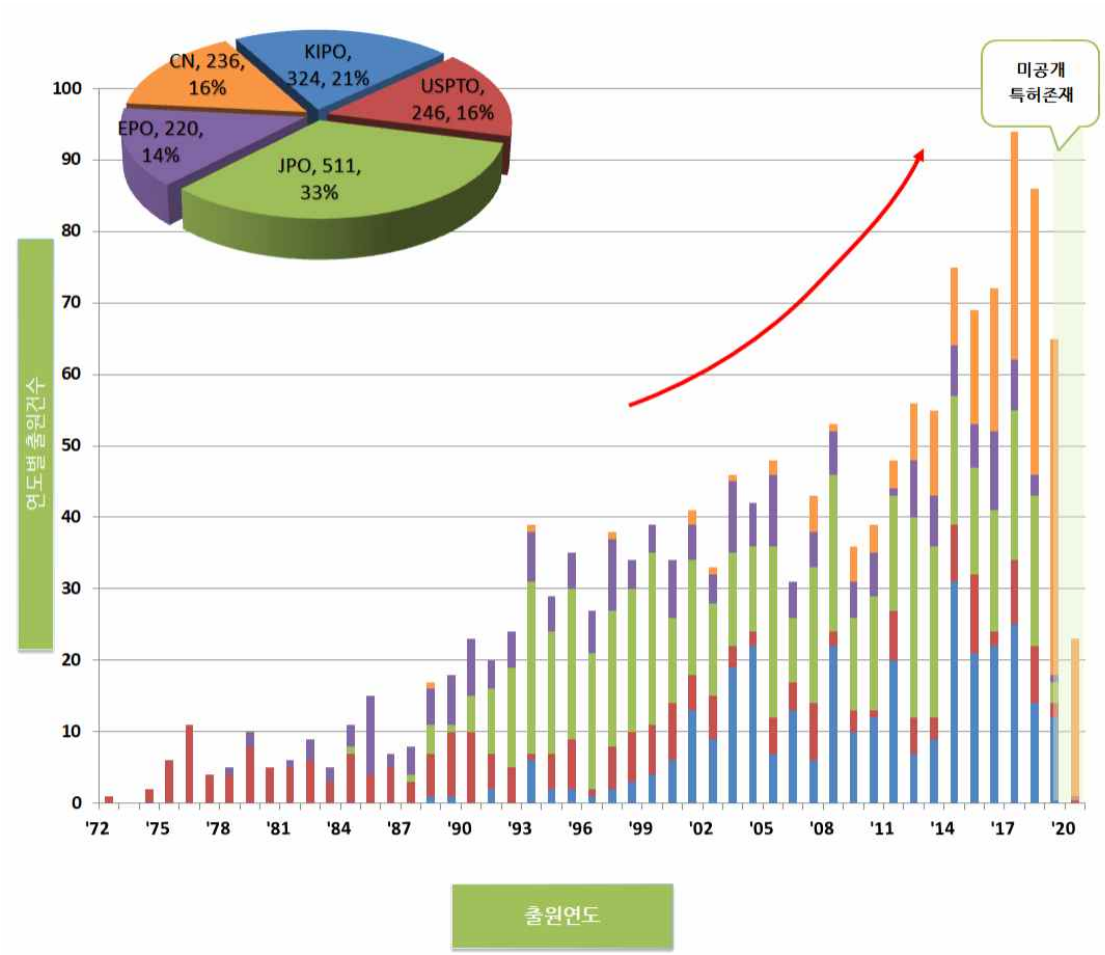


그림 2-33. 주요 출원국 연도별 특허동향

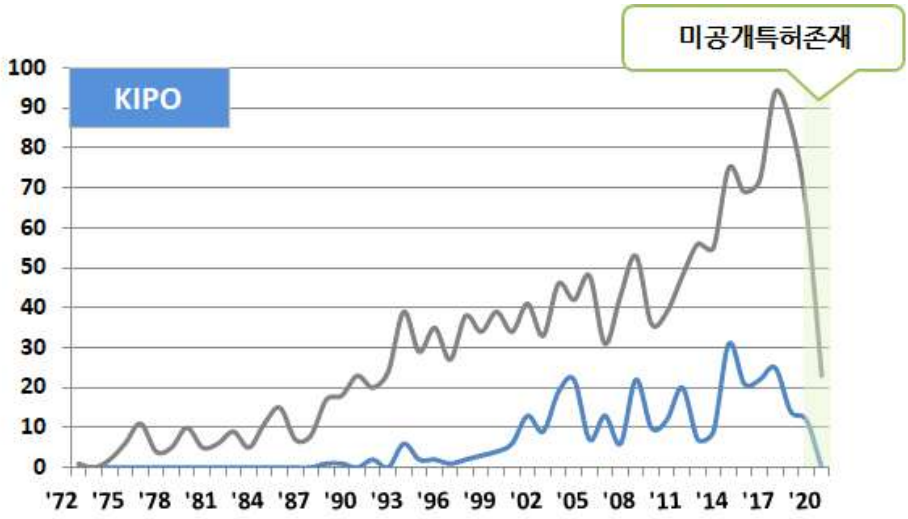


그림 2-34. 연도별 특허동향(한국)

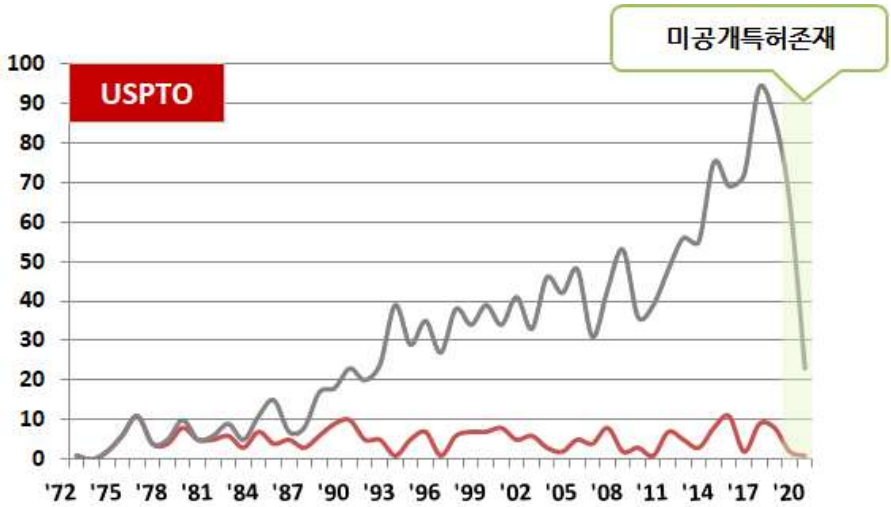


그림 2-35. 연도별 특허동향(미국)

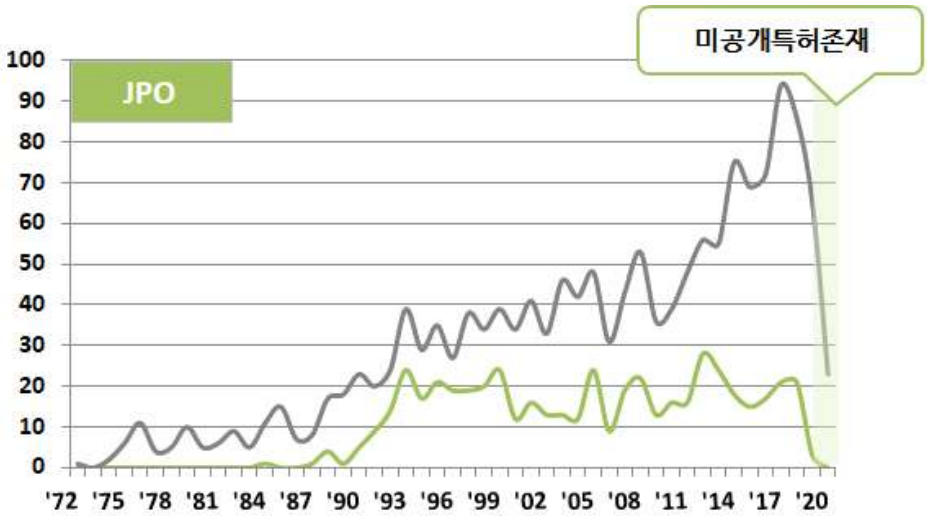


그림 2-36. 연도별 특허동향(일본)

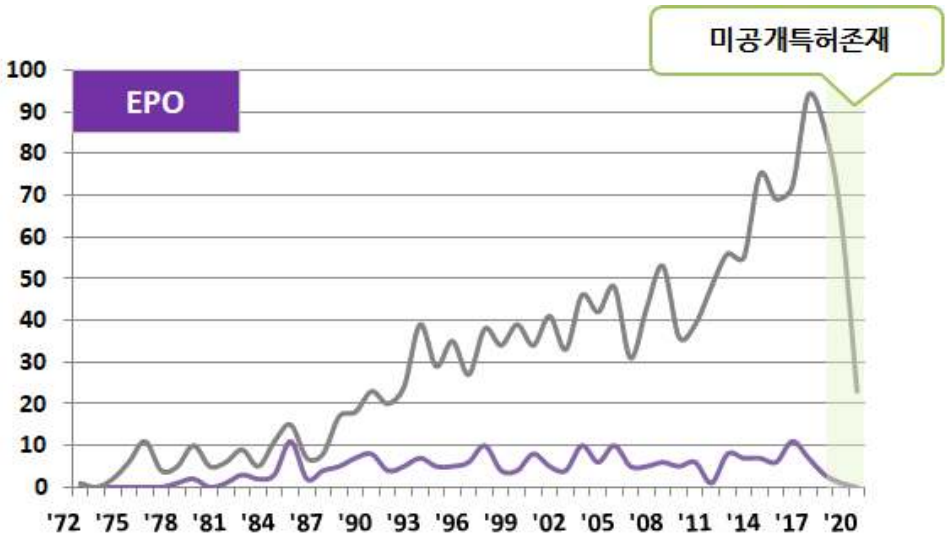


그림 2-37. 연도별 특허동향(유럽)

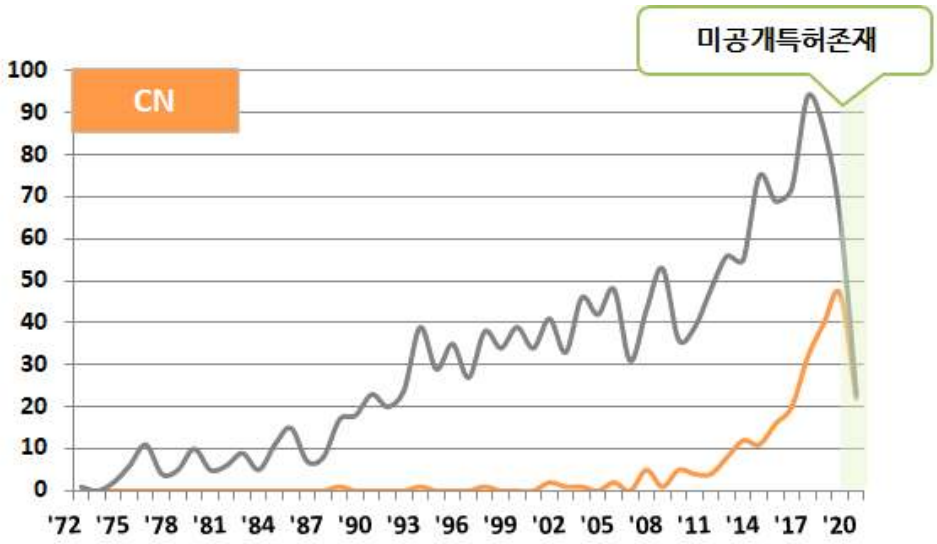


그림 2-38. 연도별 특허동향(중국)

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 1972년부터 관련 출원이 나타나기 시작하여 1990년부터 관련된 연구가 본격적으로 시작된 것으로 판단됨. 출원초기부터 출원의 증감을 반복하고 있지만, 거시적으로 보았을 때 출원건수가 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음

❍ 1990년부터 출원이 증가하게 된 원인으로는 1964년 고속철도가 세계 최초로 일본에서 시작된 이후로, 철도에 대한 수요가 급격하게 증가하였고 기존에 운행했던 일반철도뿐만 아니라 고속철도 관련 시설 역시 운행한 시간이 30년 이상 경과됨. 이에 따라 전반적인 철도시설의 노후화로 인해 사고·장애가 나타나기 시작하면서 관련 출원이 증가한 것으로 판단됨

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 324건(21%), 미국(USPTO) 246건(16%), 일본(JPO) 511건(33%), 유럽(EPO) 220건(14%), 중국(CN) 236건(16%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 분석구간 초기부터 1990년 초반까지는 미국의 출원 비중이 높은 것으로 나타나고 있음. 하지만 1990년대 중반부터 미국은 항공 산업이 발달함에 따라 철도 산업에 대한 수요가 감소하게 되면서 관련 출원도 조금 감소했지만 꾸준하게 출원이 나타나고 있음. 그리고 1990년 중반부터는 일본의 출원 비중이 급격하게 증가하기 시작하여 최근까지도 전체 출원의 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에서 한국(KIPO)은 324건의 특허가 출원된 것으로 나타나, 일본 다음으로 많은 특허를 보유한 것으로 조사됨. 분석구간 초기구간에서는 출원이 나타나지 않다가 2000년부터 본격적으로 출원이 나타나기 시작함. 그 후로 현재까지 꾸준히 증가세를 유지하고 있으며, 최근 주요 출원국들 중 가장 활발한 출원활동을 하고 있는 것으로 나타나고 있음

❍ 한국의 특허동향은 2000년 이후부터 본격적인 증가추세를 나타내고 있음. 이는 특정 기업이 출원을 많이 해서 발생한 현상이 아니라, 민간·기업·정부기관들 모두 출원을 많이 해서 발생한 현성으로 판단됨. 특히 2004년 철도시설을 전문적으로 관리하기 위해 한국철도시설공단이 관리되어 철도시설에 대한 체계적인 관리 체계를 구축한 이후, 관련 출원은 지속적으로 증가하고 있음

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에서 미국(USPTO)은 246건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 연 10건 내외의 출원이 출원초기구간부터 최근까지 나타나고 있음

❍ 미국의 경우, 분석구간 초기에는 전체시장에서 높은 비중을 차지하고 있었음. 하지만 한국, 일본, 유럽의 출원건수가 지속적으로 증가한 것에 비해 미국의 출원건수는 급격하게 증가하거나 감소하지 않고 일정수준을 유지하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 한국과 달리 주로 기업들에 의해 출원활동이 이루어지고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에서 일본(JPO)은 511건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기에는 출원이 거의 없었지만, 1990년부터 관련 기술에 대한 연구개발이 본격적으로 진행됨에 따라 관련 출원이 나타나기 시작함. 그 후 현재까지도 출원건수가 주요 출원국들 중 가장 많은 것으로 나타나고 있음

❍ 일본의 경우, 1990년부터 급격한 출원의 증가세를 보이고 있음. 이는 앞서 언급했듯이 1964년 고속철도가 최초로 운행된 이후 시간이 지남에 따라 노후화된 철도시설로 인한 문제들이 발생함에 따라 관련 출원이 증가한 것으로 판단됨. 또한 정부산하의 기관에서 다수의 관련 출원을 보유하고 있지만, 출원은 기업에서 많이 나타나고 있는 바, 연구기관이 보유한 원천특허를 기업들이 사용하면서 관련 출원이 나타나고 있는 것으로 판단됨

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에서 유럽(EPO) 특허는 220건으로 주요 출원국들 중 가장 적은 출원을 한 것으로 나타남

❍ 분석의 범위가 되는 유럽 특허는 유럽 개별국가별로 직접 출원한 특허가 아닌 유럽특허청(EPO)을 통해 지정국을 정하여 출원하는 건이며, 타 국가 특허와 비교적 기술적 중요도, 상품연계 가능성, 패밀리의 크기가 큰 특징이 있음. 또한 글로벌 정책으로부터의 영향이 상당히 크다고 할 수 있음

❍ 유럽의 경우, 분석구간 초기부터 출원이 나타나기 시작하여 일본보다 약 10년 빠른

1980년부터 관련 기술에 대한 연구개발이 본격적으로 진행된 것으로 나타나고 있음. 이는 세계 최초로 철도가 유럽에서 시작된 만큼 일본에 비해 노후화된 철도시설에 관한 연구개발이 일찍 시작되었기 때문인 것으로 판단됨. 또한 미국처럼 주로 기업에 의해 관련 출원이 나타나고 있음

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에서 중국(CN)은 236건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 2010년 중반부터 출원이 급격하게 증가하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

○ 중국의 경우, 분석구간 초기에는 출원이 나타나지 않았음. 하지만 다른 국가들과는 달리 2010년 중반부터 급격하게 출원이 증가하기 시작하여 최근까지도 다른 국가들에 비해 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 다른 국가들과는 달리 주로 국가산하의 기관이나 대학에 의해서 출원활동이 이루어지고 있는 것으로 나타나고 있음

2.1.2. 내·외국인 특허출원 동향

❑ 분석의 목적은 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 출원인 국적을 구분하여 내국인과 외국인의 출원 분포를 파악

○ 국가별 외국인 국적별 출원건수를 분석하여 해당 국가 내 국외 기술의 유입 상황 및 국외 기술에 대한 의존도 여부, 자국 기술력 등을 유추

○ 과거부터 최근까지의 국가별 내·외국인 출원건수를 비교하여 해당 국가 내에서 기술개발을 주도하는 내·외국인 여부의 변화 추이를 파악

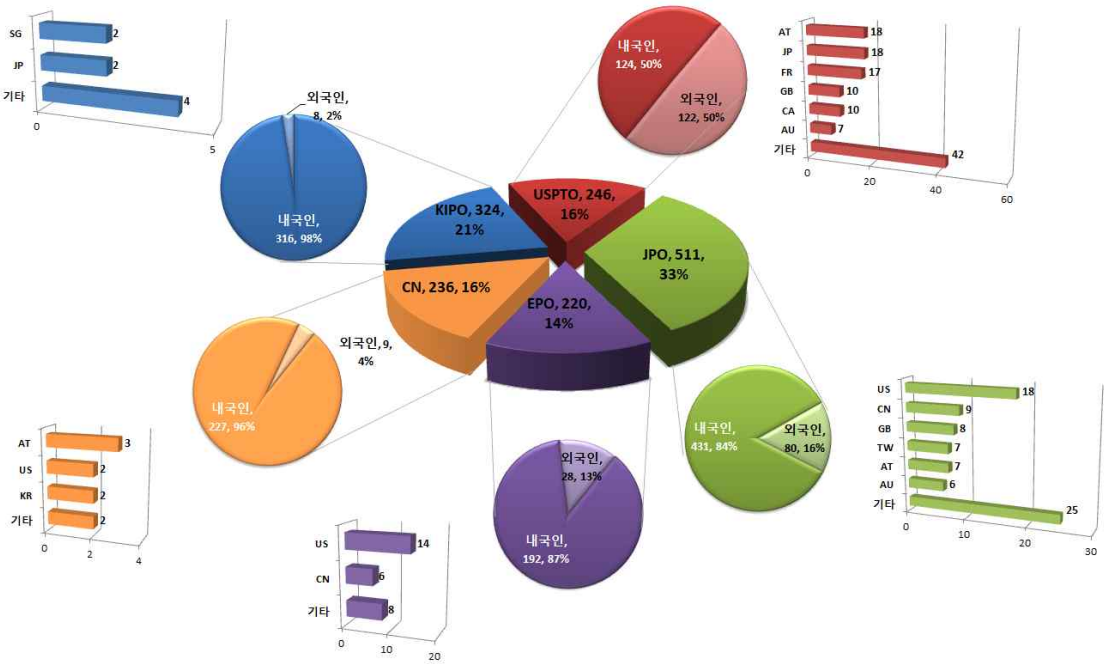


그림 2-39. 주요 출원국 내·외국인 특허출원 현황

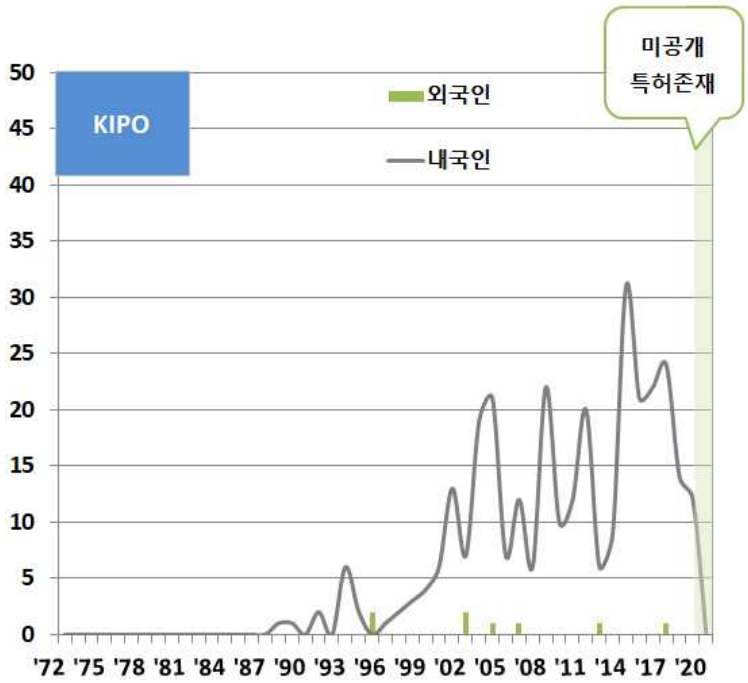


그림 2-40. 연도별 내·외국인 특허출원현황(한국)

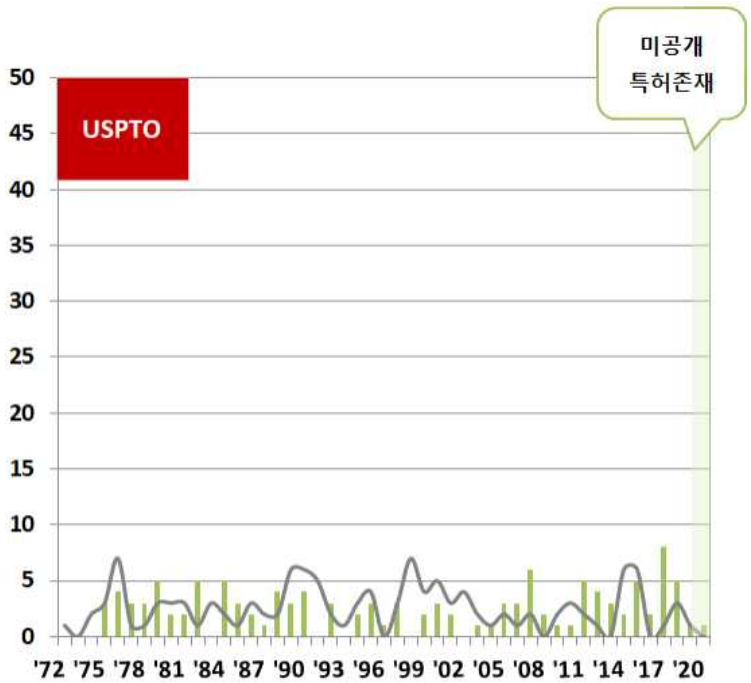


그림 2-41. 연도별 내·외국인 특허출원현황(미국)

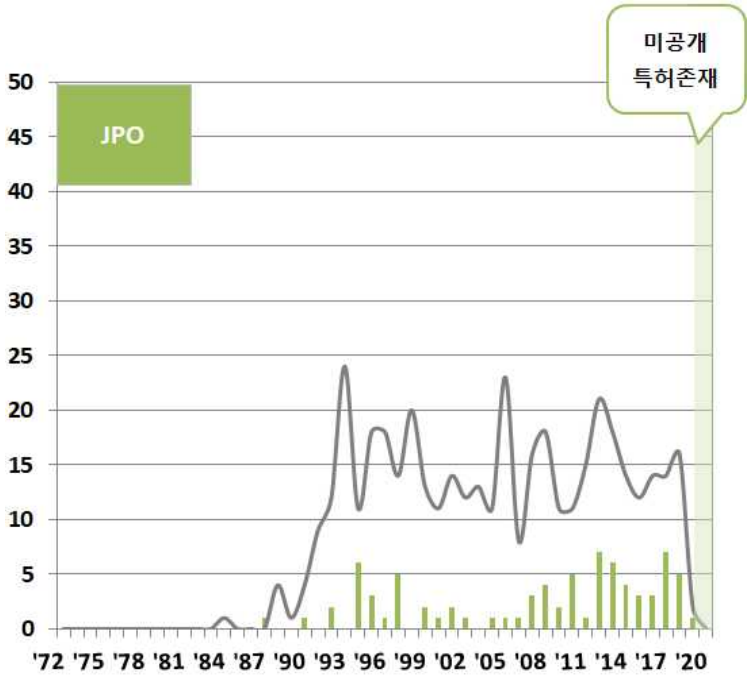


그림 2-42. 연도별 내·외국인 특허출원현황(일본)

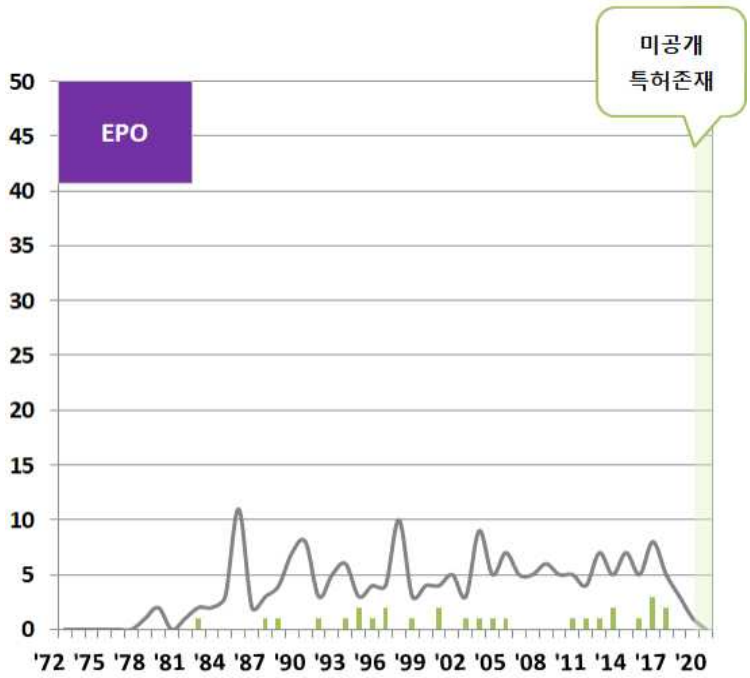


그림 2-43. 연도별 내·외국인 특허출원현황(유럽)

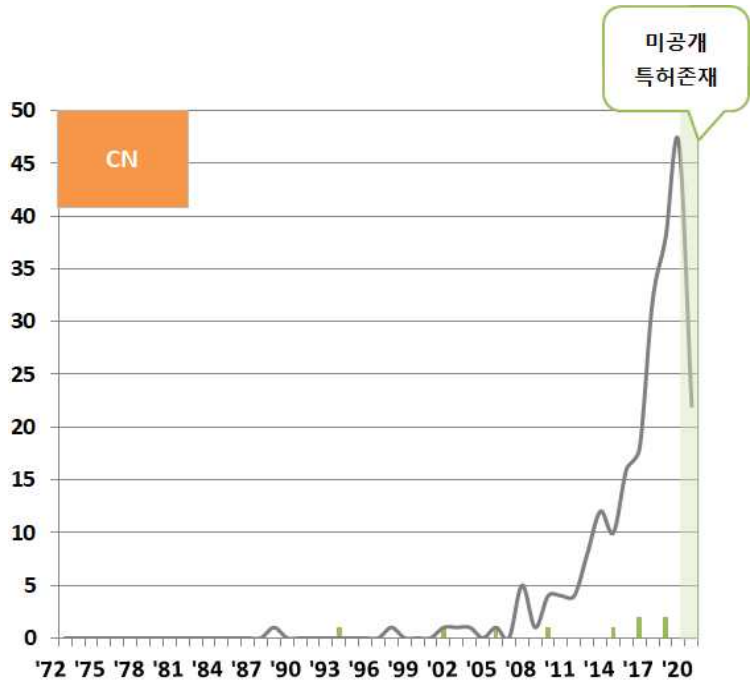


그림 2-44. 연도별 내·외국인 특허출원현황(중국)

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에 대한 국가별 출원된 특허는 한국(KIPO) 324건, 미국(USPTO) 246건, 일본(JPO) 511건, 유럽(EPO) 220건, 중국(CN) 236건이며, 내·외국인의 특허출원 비율 및 현황은 국가별로 상이함

❑ 한국(KIPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 98%(316건), 외국인 2%(8건)의 비율이 나타남

❍ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 한국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 70~75%인 것과 비교하여, 본 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술은 자국 중심의 출원 경향이 매우 강한 것으로 나타남

❍ 한국(KIPO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 분석구간 초기부터 최근까지 없이 내국인의 출원 비중이 상당히 높은 것으로 유지되고 있으며, 외국인에 의한 출원은 매우 적음. 이는 해당 기술의 자국 중심 연구·개발 특성이 강하다는 것으로 해석할 수 있음

❍ 한국(KIPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 싱가포르, 미국, 일본, 칠레 국적의 출원인이 출원을 하는 것으로 나타남

❑ 미국(USPTO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 50%(124건), 외국인 50%(122건)의 비율이 나타남

❍ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 미국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 65% 내외인 것과 비교하여, 본 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술은 외국인의 연구·개발 비중이 높은 것으로 나타남

❍ 미국(USPTO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 분석구간 초기에는 내국인의 출원 비중이 높았지만, 2000년 중반부터는 외국인의 출원이 조금씩 늘어나 외국인에 의해 출원비중이 높지만 내국인과 크게 차이는 나지 않는 것으로 나타남. 미국(USPTO)은 타 기술 분야 대비 해당 기술에서 외국인에 의한 연구·개발 특성이 강하게 나타남

○ 미국(USPTO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 영국 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 프랑스, 오스트리아, 호주, 한국, 일본, 중국 등 다양한 국적의 출원인이 미국 내 특허를 출원하였음

❑ 일본(JPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 84%(431건), 외국인 16%(80건)의 비율이 나타남

○ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 일본의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 85% 내외인 것과 비교하여, 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술은 통상 기술과 유사한 형태로 나타남

○ 일본(JPO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 한국과 마찬가지로 전 구간에서 내국인의 출원 비중이 상당히 높은 것으로 나타나며, 이는 최근까지도 비슷한 추세를 보이는 것으로 나타남

○ 일본(JPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 미국 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 그 외에는 중국, 영국, 대만, 독일, 호주 등 다양한 국적의 출원인이 출원을 한 것으로 나타남

❑ 유럽(EPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 87%(192건), 외국인 13%(28건)의 비율이 나타남. 유럽 특허에서의 내국인은 유럽연합(EU)가입국 국적의 출원인을 의미하고 외국인은 그 외 국적의 출원인을 의미함

○ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 유럽특허는 전 구간에서 내국인의 출원 비중이 외국인에 의한 출원 비중보다 높은 것으로 나타나며, 이는 최근까지도 이어지고 있음

○ 유럽(EPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 미국 국적의 출원인이 상대적으로 많은 특허를 출원하였으며, 중국, 일본, 한국 등 다양한 국적의 출원인이 유럽 특허를 출원하였음

❑ 중국(CN)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 96%(227건), 외국인 4%(9건)의 비율이 나타남

○ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 중국특허는 거의 모든 구간에서 내국인의 출원 비중이 외국인에 의한 출원 비중보다 높은 것으로 나타나며, 이는 최근까지도 이어지고 있음

○ 중국(CN)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 오스트리아국적의 출원인이 가장 많은 출원을 하였고, 그 밖에도 미국, 한국 독일, 영국 국적의 출원인이 출원을 한 것으로 나타남

2.2. 주요 경쟁사(출원인) 분석

2.2.1. 주요 출원인 현황 및 집중분야

❑ 분석의 목적은 특허의 정량적인 요소를 기준으로 하여, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 기술을 주도하는 기관 및 기업을 파악

○ 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 거시적 관점의

향후 트렌드 예측

○ 연구개발에 있어 심층적인 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

❑ 다출원 기준 주요 출원인 현황 분석

표 2-19. 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율	주력 기술 분야
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN		
1	철도종합기술 연구소	JP	연	30	0 (0%)	0 (0%)	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	20%	AB
2	Plasser&Theurer	AT	산	27	0 (0%)	15 (56%)	5 (18%)	7 (26%)	0 (0%)	100%	AD
3	동일본여객철도	JP	산	19	0 (0%)	0 (0%)	19 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-20%	AB
4	UNIV FUZHOU	CN	학	16	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	16 (100%)	333%	AB
5	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION	CN	산	15	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	15 (100%)	150%	AA
6	한국도로공사	KR	산	14	12 (86%)	0 (0%)	1 (7%)	0 (0%)	1 (7%)	75%	AB
7	JFE 엔지니어링 주식회사	JP	산	13	0 (0%)	0 (0%)	13 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	신규출원	AC
8	한국철도기술 연구원	KR	연	12	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	167%	AA
9	SEKISUI CHEMICAL IND KK	JP	산	12	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음	AB
10	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO	JP	산	12	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	50%	AC
11	IHI CO	AT	산	11	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%	AC
12	CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP CO., LTD.	CN	산	10	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)	700%	AA
13	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG	CN	학	9	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (100%)	신규 출원	AD
14	CHINA RAILWAY SIYUAN SURVE AND DESIGN GROUP CO., LTD.	CN	산	8	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	200%	AA, AC
15	SHO BOND CONSTR CO LTD	JP	산	8	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%	AC
16	OHBAYASHI CO	JP	산	8	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%	AB, AC

17	삼표피앤씨 주식회사	KR	산	7	0 (100%)	0 (0%)	8 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음	AB
18	CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED	CN	산	7	7 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (100%)	500%	AA
19	한국철도공사	KR	산	7	0 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (0%)	-80%	AD
20	SHIMIZU CO	JP	산	7	7 (0%)	0 (0%)	0 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	100%	AC

- 중략 - - - - - - - - - - - - - - - - - -

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \ (\%)$$

* 주력 기술분야: (AA) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화, (AB) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술, (AC) 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술, (AD) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술

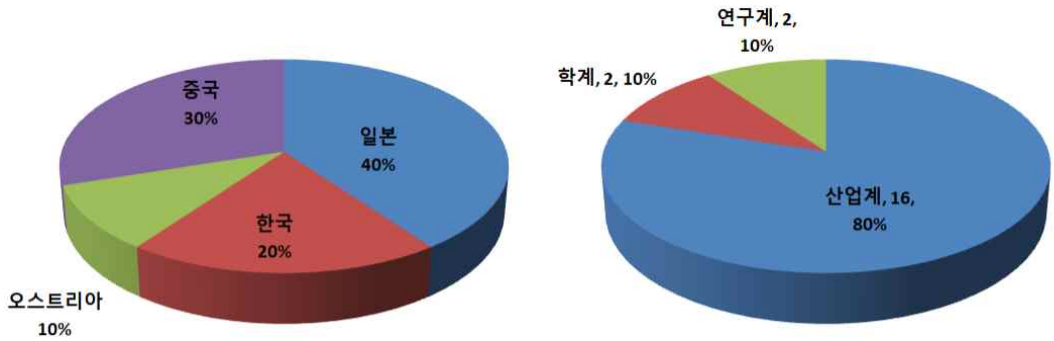


그림 2-45. 다출원 기준 주요 출원인(상위 20위) 국적 및 기관특성 비중

❍ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술과 관련하여 일본정부 산하의 연구기관인 철도종합기술연구소가 가장 많은 출원을 한 출원인이고, 다음으로 오스트리아 국적 출원인 Plasser & Theurer社, 일본 국적 출원인 동일본여객철도순으로 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타나고 있음. 해당 기술은 다출원 기준으로 일본이 주도하고 있는 것으로 파악됨. 국내 기관 및 기업은 정부 산하의 연구기관 한국철도기술연구원가 진입해있고 그 외에도 한국도로공사, 한국철도공사, 삼표피앤씨 주식회사 등이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

❍ 다출원 기준 상위 20위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 40%, 중국 국적의 기관 및 기업이 30%, 한국 국적의 기관 및 기업이 20%, 오스트리아 국적의 기관 및 기업이 각각 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 80%가 산업계, 연구계 및 학계가 각각 10%로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 활발한 것으로 판단할 수 있음

❍ 다출원 기준 상위 20위의 주요 출원인 중 대부분이 주로 자국 위주의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 유일한 유럽 국적의 출원인인 Plasser & Theurer의 경우, 자국 외 미국, 일본에서도 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남

❍ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비

최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 상위 출원인들뿐만 아니라 최근 5년간 출원증가율이 증가하거나, 시장에 새로 진입하고 있는 출원인들이 나타나는 바, 본 과제 기술은 특히 중국에서 가장 활발하게 출원이 나타나고 있으며, 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 국가별 주요 출원인 현황 분석

표 2-20. 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO			USPTO			JPO			EPO			CN		
	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수
1	한국철도기술연구원 [KR]	연	12	Plasser & Theurer [AT]	산	15	철도종합기술연구소 [JP]	연	30	Plasser & Theurer [AT]	산	7	UNIV FUZHOU [CN]	학	16
2	한국도로공사 [KR]	산	12	Tony Baccarini [GB]	산	4	동일본여객철도 [JP]	산	19	Matisa Materiel Industriel SA [CH]	산	3	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION [CN]	산	15
3	한국철도공사 [KR]	산	7	Tetsudo Kizai Kogyo Company Limited [JP]	산	3	JFE 엔지니어링 주식회사 [JP]	산	13	Railtech International [FR]	산	3	CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP CO., LTD. [CN]	산	10
4	삼표피앤씨 주식회사 [KR]	산	7	University of Central Florida [US]	학	3	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO [JP]	산	12	KWIKFORM UK LIMITED [GB]	산	3	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG [CN]	학	9
5	(주)도영엔지니어링 [KR]	산	6	CompX International Inc. [US]	산	2	SEKISUI CHEMICAL IND KK [JP]	산	12	HP3 Real GmbH [AT]	산	3	CHINA RAILWAY SIYUAN SURVEY AND DESIGN GROUP CO LTD [CN]	산	8
6	(주)어울엠에스 [KR]	산	5	SNCF [FR]	산	2	IHI CO [JP]	산	11	alwitra GmbH & Co Klaus Gobel [DE]	산	2	CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED [CN]	산	7
7	㈜지승컨설턴트 [KR]	산	5	Manatts Inc[US]	산	2	SHO BOND CONSTR CO LTD [JP]	산	8	Faresin Building S.p.A [IT]	산	2	SHENZHEN MUNICIPAL DESIGN & RES INSTITUTE CO LTD	산	6

													[CN]		
8	주식회사 길교이앤씨 [KR]	산	5	Harsco Corporation [US]	산	2	OHBAYASHI CO [JP]	산	8	HF Holding S.A. [BE]	산	2	UNIV TONGJI [CN]	학	5
9	에스지신성건설 주식회사 [KR]	산	4	Koppers Industries Inc [US]	산	2	SHIMIZU CO [JP]	산	7	CARL DAN. PEDDINGHAUS GMBH & CO. KG [IN]	산	2	UNIV CENTRAL SOUTH [CN]	학	5
10	주식회사 흥익기술단 [AT]	산	4	Hitachi Ltd [JP]	산	2	MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]	산	7	Knape Gruppe Holding GmbH [DE]	산	2	SHANGHAI URBAN CONSTRUCTION DESIGN AND RES INST (GROUP) CO LTD [CN]	산	4

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술과 관련하여 한국, 일본, 미국, 유럽, 중국 특허청별 다출원 기준 주요 기관 및 기업을 살펴본 결과, 한국(KIPO)은 한국철도기술연구원, 한국도로공사, 한국철도공사, 삼표피앤씨 주식회사 등 자국 국적의 기관 및 기업이 특허를 출원한 것으로 나타났음

❍ 미국(USPTO)의 경우, 오스트리아 국적 기업 Plasser & Theurer, 영국 국적 출원인 Tony Baccarini, 일본 국적의 기업 Tetsudo Kizai Kogyo Company Limited 등 다양한 국적의 출원인들이 특허 출원을 하고 있는 것으로 나타남

❍ 일본(JPO)은 국가 산하의 연구기관인 철도종합기술연구소가 최상위권에 위치하고 있고, 동일본여객철도, JFE 엔지니어링 주식회사순으로 상위 출원인들은 모두 자국 국적의 기관 및 기업인 것으로 나타남

❍ 유럽(EPO)은 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer, 스위스 국적 기업 Matisa Materiel Industriel SA, 프랑스 국적 기업 Railtech International 등 유럽 국적의 기업이 주로 특허 출원을 한 것으로 나타남

❍ 중국(CN)은 UNIV FUZHOU가 최상위권에 위치하고 있고, 다음으로 국가산하 기관인 CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION, CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP CO., LTD순으로 상위 출원인 모두 자국 국적의 기관 및 기업인 것으로 나타남

❍ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 주요 출원인의 기관 성격이 한국(KIPO)의 경우, 학계 및 연구소의 특허 출원이 활발하고, 미국(USPTO) 및 중국(CN)은 학계 및 산업계의 특허 출원이 활발하며, 일본(JPO) 및 유럽은 산업계의 특허 출원 활동이 활발한 것과 비교하여, 본 철도 접속부 성능향상 및 유지보수 최소화를 위한 seamless 기술은 한국(KIPO)의 경우, 최상위권 출원인인 한국철도기술연구원을 제외하면 대부분의 출원인들이 산업·기업체인 것으로 나타나, 산업계의 연구개발 및 출원 활동이 학계 및 연구기관보다 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타남. 미국(USPTO)과 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 역시 산업·기업체의 출원 비중이 매우 높아, 해당 기술 분야는 타 기술 분야

대비 산업계의 연구개발 및 출원 활동이 매우 활발한 분야인 것으로 판단할 수 있음

❑ 한국(KIPO)을 비롯한 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 모두 다출원 기준 주요 출원으로 산업·기업체의 비중이 높은 것으로 나타나며, 이는 주요 국가 전체에서 본 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 시장성 및 상업화 가능성이 높은 것으로 해석할 수 있음

2.2.2. 주요 출원인 특허출원/등록 동향

❑ 분석의 목적은 주요 출원 기관 및 기업의 출원건을 세부기술별로 구분하고 보유 제품 및 연구개발 내용을 연결하여 각 기관 및 기업별 주력 세부기술분야 및 공백 영역을 파악

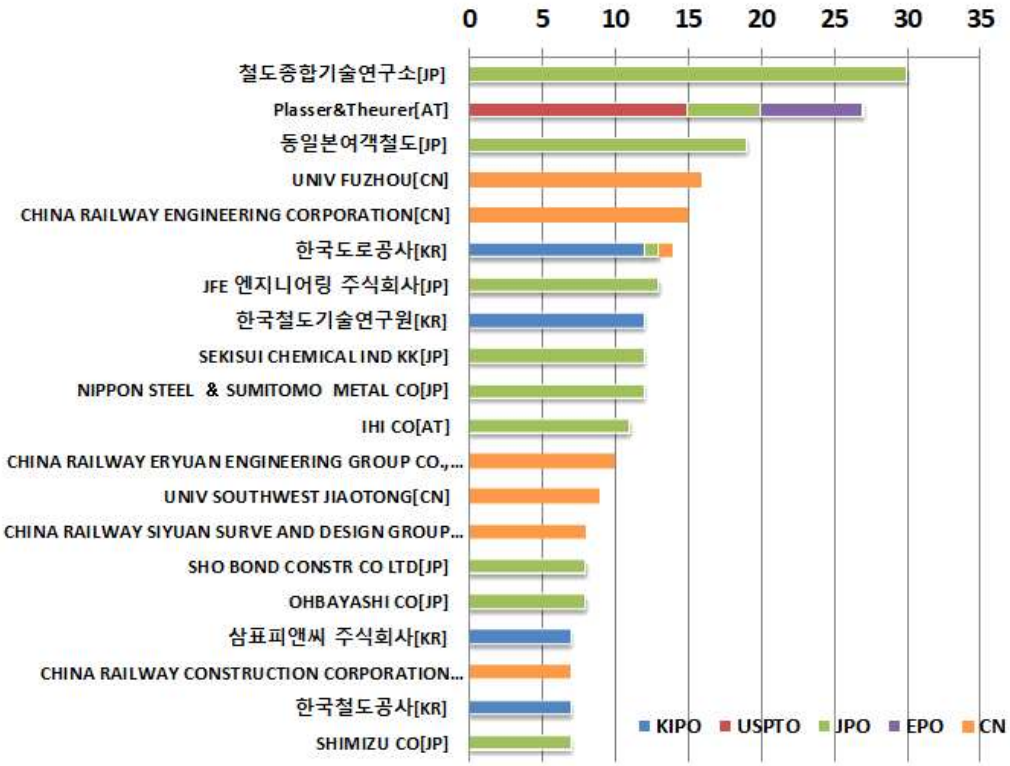


그림 2-46. 주요 출원인 국가별 출원동향

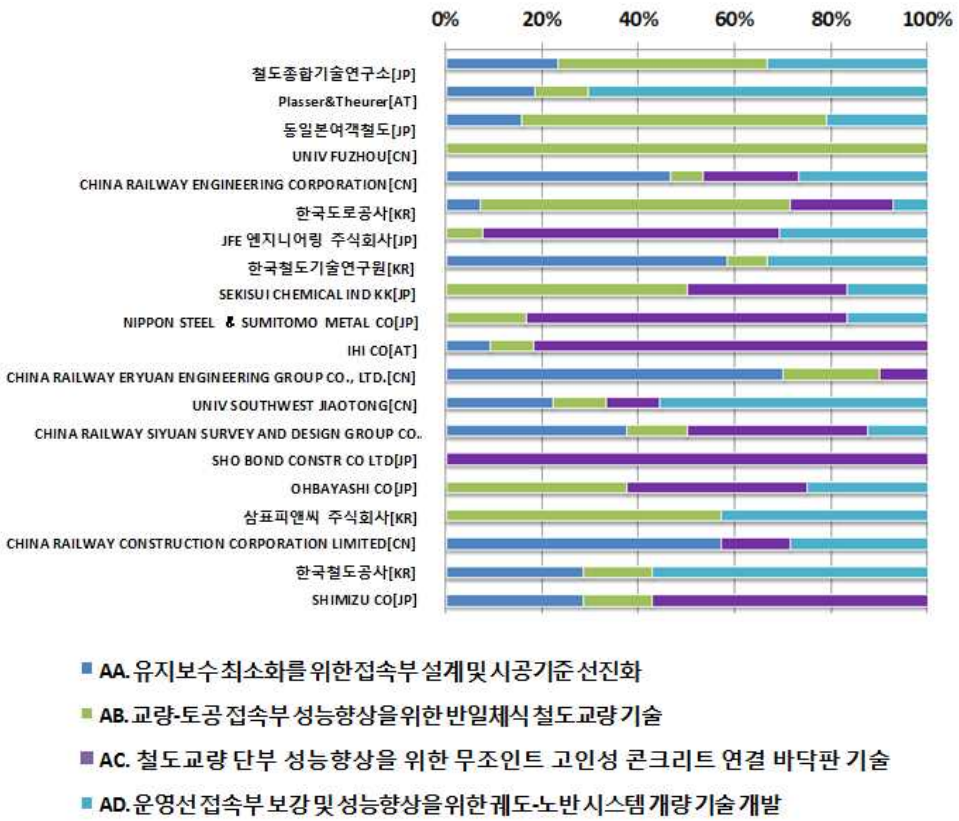


그림 2-47. 주요 출원인 기술분류별 출원동향

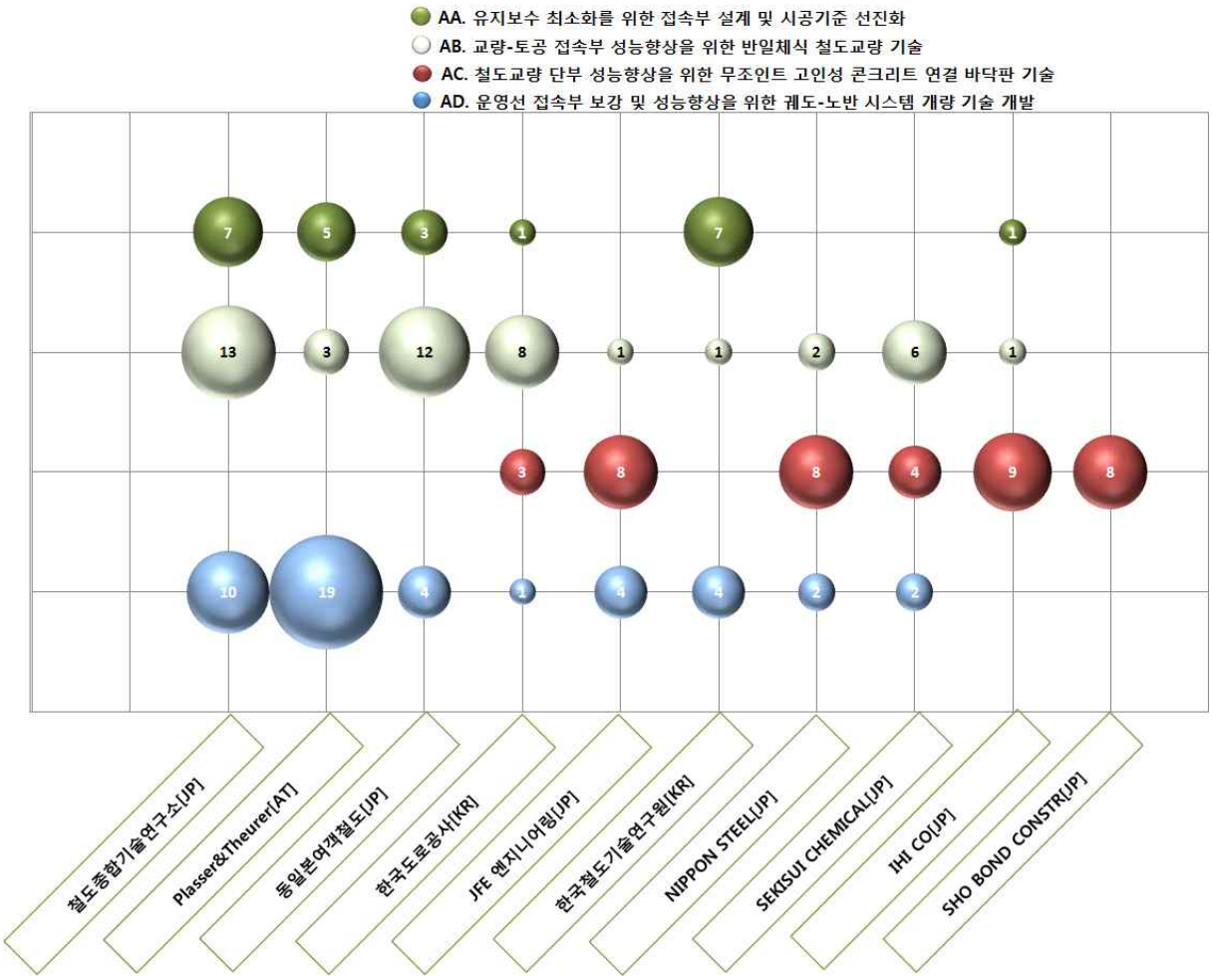


그림 2-48. 주요 출원인별 주력기술 분야 분석

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술과 관련하여 상위 주요 출원인 10인별 주력하는 세부기술 분야를 살펴보면, 일본의 철도종합기술연구원, 오스트리아의 Plasser & Theurer, 일본의 동일본여객철도, 한국의 한국철도기술연구원은 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA), 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB), 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD) 관련 특허를 출원하고 있으며, 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)과 관련된 출원활동을 하고 있지 않은 것으로 나타남.

❍ 일본의 철도종합기술연구소와 동일본여객철도는 주로 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB) 관련 특허를 출원하고 있으며, 오스트리아의 Plasser & Theurer은 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD) 관련 특허, 한국의 한국철도기술연구원은 주로 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA) 관련 특허를 주로 출원하고 있음

❍ 한국의 한국도로공사와 중국의 CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION은 모든 세부기술들에 대해 출원을 하고 있지만, 주로 하는 분야는 한국의 한국도로공사는 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB), 중국의 CNINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION은 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘

크리트 연결 바닥판 기술(AC)인 것으로 나타남

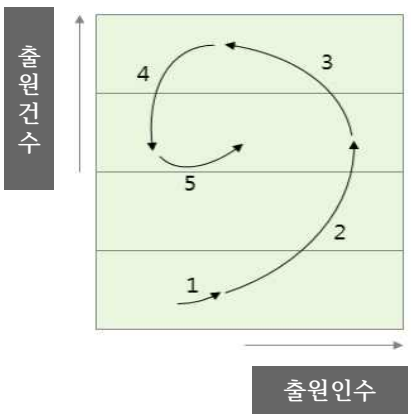
❍ 일본의 JFE 엔지니어링, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL, SEKISUI CHEMICAL은 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB), 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC), 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD) 관련 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남. 하지만 일본의 JFE 엔지니어링과 NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL은 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)을 주로 출원하고 있고, SEKISUI CHEMICAL은 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)을 주로 출원하고 있음

❍ 중국의 UNIV FUZHOU는 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)외에 기술분야에서는 출원활동을 하지 않는 것으로 나타나고 있음

2.3. 특허기술 성장단계 분석

❑ 분석의 목적은 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 해당 기술분야의 특허기술 성장단계를 파악

❍ 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석



1. 태동	- 신기술의 출현 - 특허와 특허출원인의 적은 증가
2. 성장	- R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 - 특허와 특허출원인의 빠른 증가
3. 성숙	- 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 - 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
4. 쇠퇴	- 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생 - 특허 수의 감소, 특허출원인의 정체 또는 감소
5. 회복	- 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴 - 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환

그림 2-49. 특허기술 성장단계별 의미

❑ 특허기술 성장단계 분석에서 출원건수의 증가는 기술개발이 활발한 것을 의미하고 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 종합적으로 출원건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함

❍ 특허기술 성장단계 중 태동기 단계는 출원인과 출원건수의 증가가 시작되는 형태로 이후 연구개발 활동이 활발해질 것으로 예상할 수 있는 단계이며, 성장기 단계는 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로 본격적으로 해당 기술 분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음.

❍ 태동기와 성장기의 구분은 분석 데이터의 모수 대비 해당 구간의 증가 건수, 기술 분야의 특성 및 출원인의 성격 등을 고려하여 판단할 수 있음.

– 성숙기 단계는 출원건수의 증가가 다소 주춤하고 출원인수가 감소하는 형태로 일부 선진

출원인만이 출원을 유지하고 그 외 진입자들은 도태가 되는 단계임.

- 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음.
- 회복기 단계는 원천기술을 이용하여 최근 기술 트렌드 및 신규 아이디어 등에 부합하는 기술이 개발되어 시장이 재형성되는 단계로 판단할 수 있음

❍ 특허기술 성장단계 분석구간의 설정은 전체 기간을 일정한 연간 단위로 구간을 구분하되, 최근 급부상하거나 이슈가 있는 기술 분야의 경우, 최근 기간 등으로 한정하여 구간을 설정하여 분석하는 것이 유의미할 수 있음

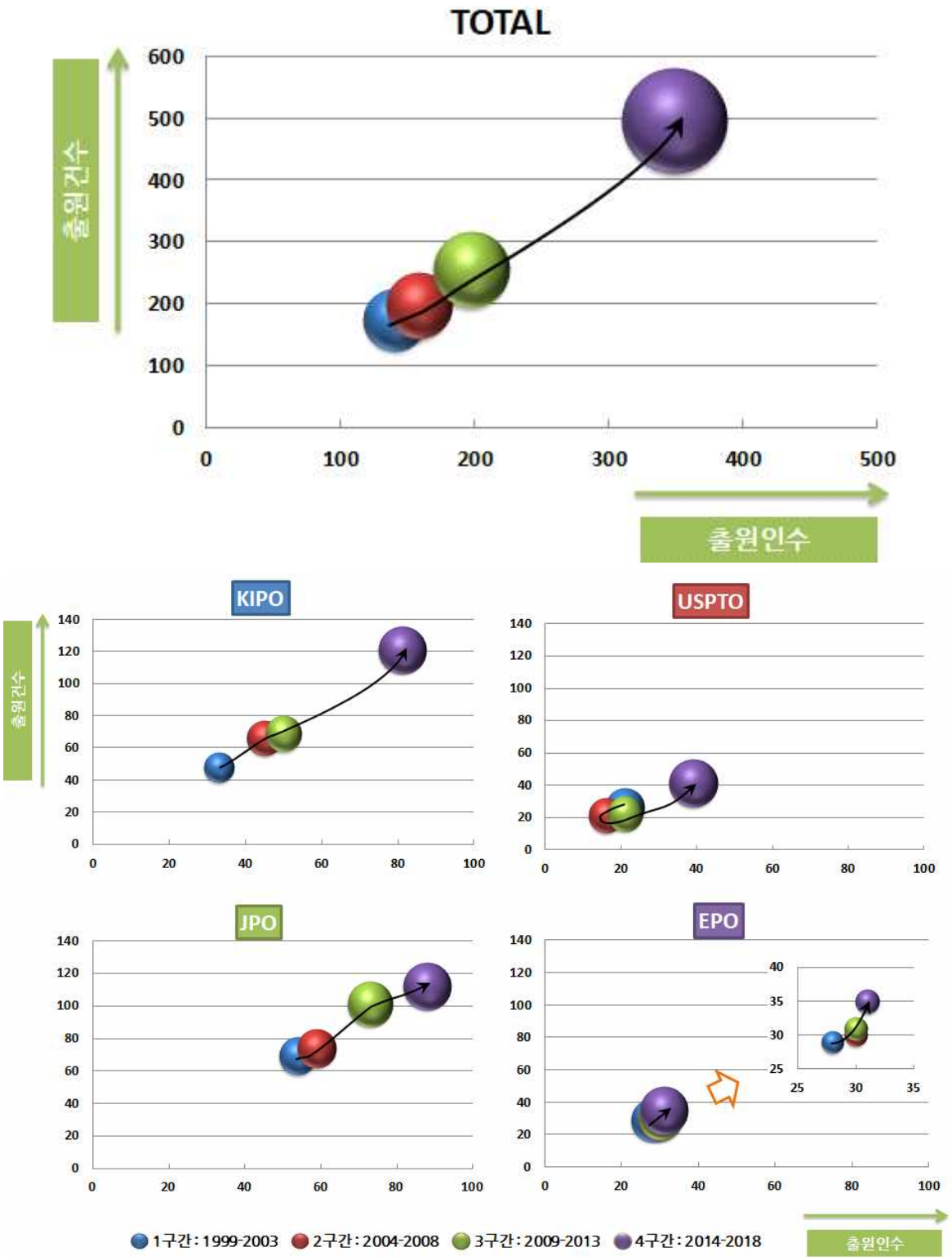


그림 2-50. 주요 국가별 출원현황

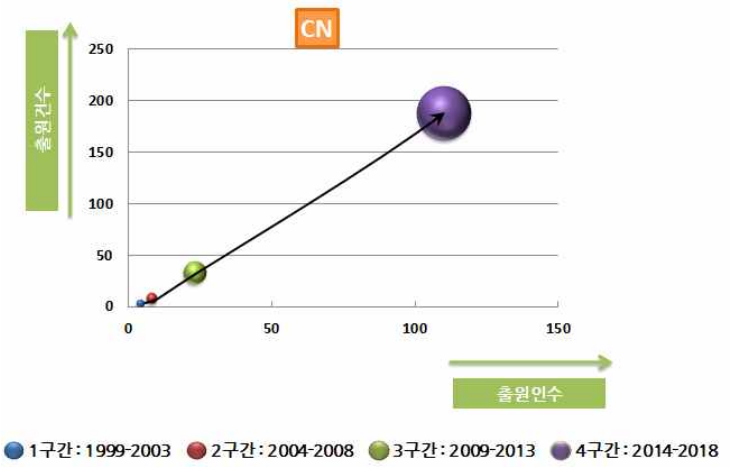


그림 2-51. 중국 출원현황

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 특허기술 성장단계를 분석하고자, 전체 분석구간 20년을 5년 단위 4개 구간으로 구분하여, 1구간(1999년~2003년), 2구간(2004년~2008년), 3구간(2009년~2013년), 4구간(2014년~2018년)을 설정하였음

❍ 특허기술을 기반으로 한 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 성장단계는 그래프 상에서 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음

❑ 1구간~4구간까지 모든 구간에서 출원인수와 출원건수가 꾸준하게 증가하기 시작하는 성장기 단계의 형태가 나타나고 있음

❍ 한국(KIPO)의 특허기술 성장단계는 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음. 1구간~3구간에서 출원인수와 출원건수가 꾸준하게 증가하는 형태의 그래프가 나타나고 있으며, 최근 구간인 4구간에서는 특히 출원인수와 출원건수가 급격한 증가세를 보이고 있는 것으로 나타남

❍ 미국(USPTO)의 특허기술 성장단계는 한국보다는 빠르진 않지만 출원인수와 출원건수가 증가하는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음. 2구간에서 출원인수와 출원건수가 감소했다가 3구간에서 출원인수와 출원건수가 다시 증가하고 있으며, 최근 구간인 4구간에서도 출원인수와 출원건수가 증가하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 일본(JPO)의 특허기술 성장단계는 출원인수와 출원건수 모두 급격히 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음. 1구간 및 2구간에서 출원인수와 출원건수가 증가하고 있으며, 3구간 및 최근 구간인 4구간에서 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하는 형태가 나타나고 있음

❍ 유럽(EPO)의 특허기술 성장단계는 출원건수와 출원인수가 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음. 1구간에서 2구간까지 출원인수와 출원건수가 증가하고, 3구간에서 출원인수는 일정하지만 출원건수가 증가하고 있는 것으로 나타남. 최근 구간인 4구간에서는 출원인수와 출원건수가 증가하는 형태가 나타나 유럽의 성장단계는 성장기인 것으로 해석할 수 있음

❍ 중국(CN)의 특허기술 성장단계는 출원인수와 출원건수 모두 급격히 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음. 1구간 및 2구간에서 출원인수와 출원건수가 소

폭 증가하였으며, 3구간 및 최근 구간인 4구간에서 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하는 형태가 나타나고 있음

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 성장단계는 1구간 ~ 3구간까지는 출원인수와 출원건수의 증가폭이 크지는 않지만, 최근 구간인 4구간에서 출원인수와 출원건수가 급격하게 증가하는 형태가 나타나는 바, 아직 성장기 초기 단계로 판단되며, 이후 구간에서도 지속적으로 증가하는 형태가 나타날 것으로 보임

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 주요 국가별 특허기술 성장단계를 살펴본 결과, 일부 구간을 제외하면 국가별 성장단계 형태가 비슷한 것으로 나타났음

❍ 원인으로는 주요 국가들 대다수가 1990년부터 노후화된 철도시설을 유지·보수하기 위한 관련 기관이나 계획을 세우기 시작했기 때문에 최근구간까지도 출원인수와 출원건수가 꾸준하게 증가한 것으로 판단됨

2.3.1. 세부기술별 특허동향

❑ 분석의 목적은 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 각 세부기술을 선도하는 국가 파악

❍ 과거부터 최근까지의 세부기술별 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타국가 대비 국내의 각 세부기술에서의 위치 파악

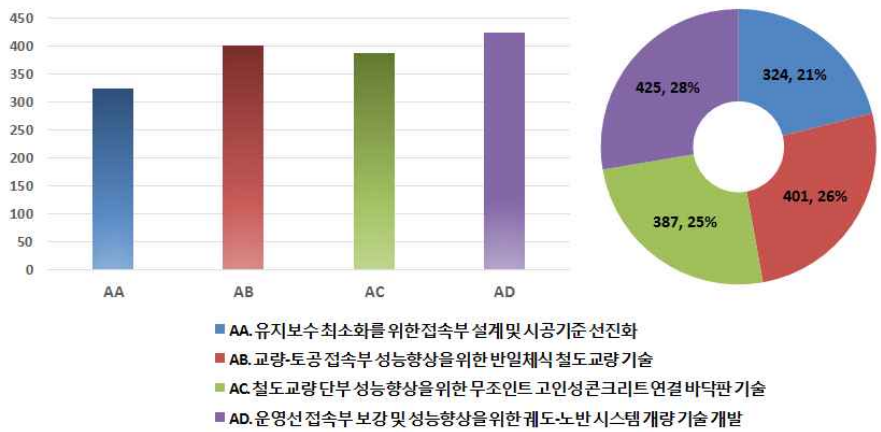


그림 2-52. 세부기수렬 특허건수 현황

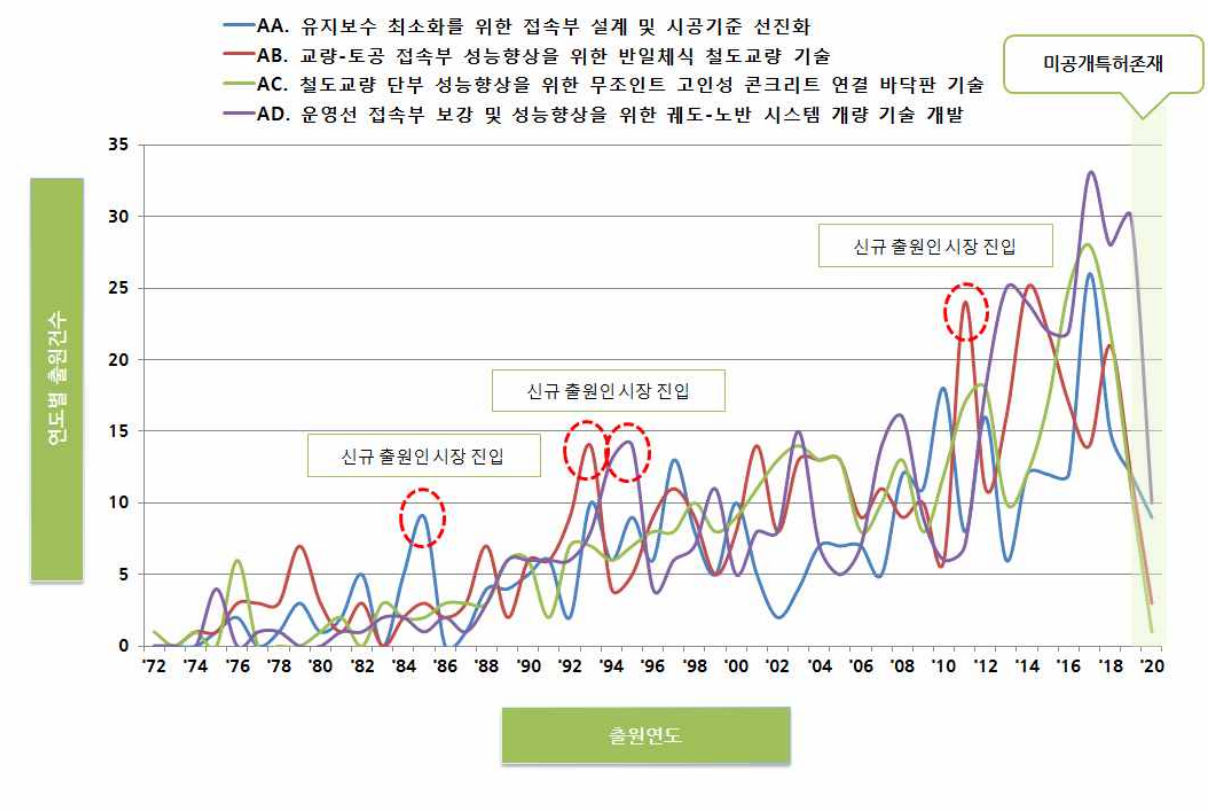


그림 2-53. 세부기술 연도별 특허동향

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술(전체) 관련한 1537건(100%)의 특허출원건수 중 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)은 324건(21%), 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)은 401건(26%), 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술(AC)은 387건(25%), 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)은 425건(28%)으로 각 세부기술별 출원비중을 파악할 수 있음. 전체 세부기술의 출원비중은 크게 차이가 나지 않지만, 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)과 관련된 특허의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

❍ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 세부기술별 특허 동향을 살펴보면, 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 경우, 분석구간 초기부터 출원이 나타나기 시작하여 출원의 증감을 반복하면서 출원건수가 최근까지도 증가하고 있는 것으로 나타남. 특히 1985년에 출원이 급격하게 증가한 것으로 나타나는데 이는 DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.p.A., HARSCO CORPORATION, Charcon (ECC) Limited 등과 같은 신규출원인들이 시장에 진입하면서 나타난 현상으로 보임

❍ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 경우, 분석구간 초기부터 출원이 나타나기 시작하여 출원의 증감을 반복하고 있으며, 본격적인 연구개발은 1990년부터 시작된 것으로 보임. 특히 1993년의 경우, FUJI P S:KK, TOKYO KEIKI INC, OCHIAI HAMONO KOGYO KK 등과 같은 신규출원인들이, 2011년의 경우, SATO YASUO, Hyedong Bridge Co., Ltd, NITSUKARI:KK 등과 같은 신규출원인들이 시장에 진입하면서 나타난 현상으로 분석됨

❍ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 경

우, 다른 세부기술들과 마찬가지로 분석초기 구간부터 출원이 나타나기 시작하여 출원의 증감을 반복하면서 거시적으로 출원이 증가하고 있는 형태의 그래프가 나타나고 있음

○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 경우 분석구간 초기부터 출원이 나타나기 시작하여 출원의 증감을 반복하면서 거시적으로 출원이 최근까지 증가하고 있는 것으로 나타남. 특히 1994년의 경우, SUMITOMO ELECTRIC IND LTD, KAJIMA CO, TAISEI CO 등과 같은 신규출원인들이 시장에 진입하면서 출원이 급격히 증가한 것으로 분석됨. 게다가 세부기술들 중 최근 구간에서 가장 활발한 연구개발이 나타나고 있는 것으로 보임

❑ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)

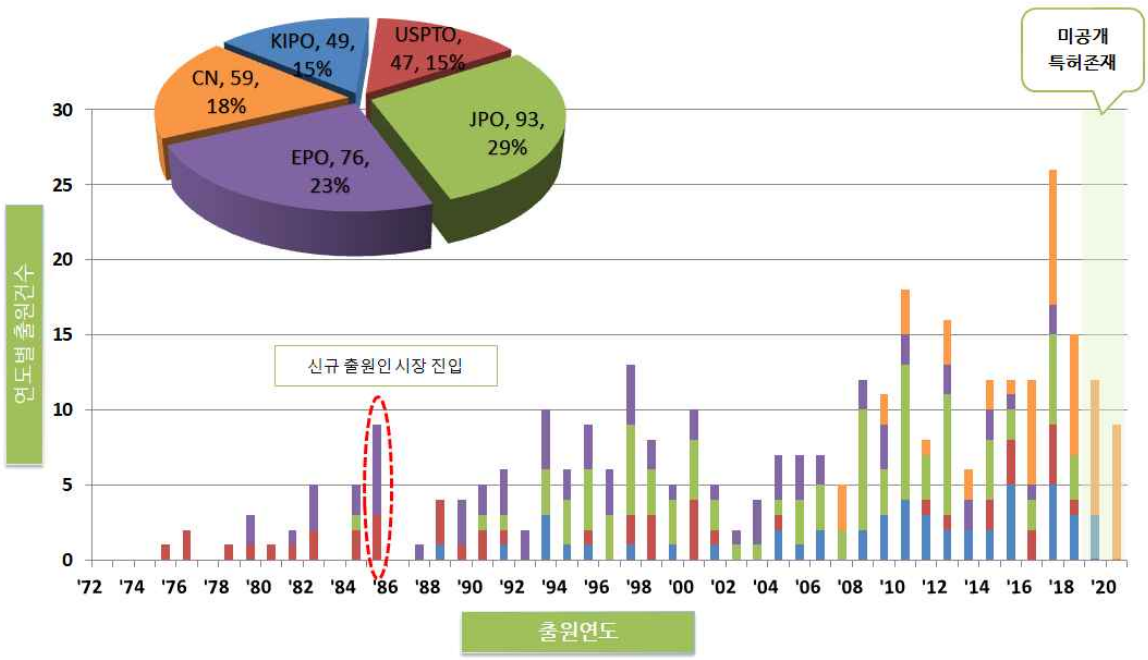


그림 2-54. 주요 출원국 연도별 특허동향

○ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 최근까지 출원의 증감을 반복하지만 거시적으로 출원이 증가하고 있는 것으로 보임. 본격적인 연구개발은 출원이 꾸준하게 나타나기 시작한 1990년부터 시작된 것으로 판단됨

○ 본 세부기술은 분석 초기 구간에서는 미국과 유럽에 의해 주로 출원이 이루어졌음. 하지만 1990년부터는 미국의 출원이 감소하고 일본의 출원이 증가하고 있으며 한국의 출원도 조금씩 나타나고 있음

– 미국은 항공 산업의 발전에 따라 철도 산업에 대한 수요가 1990년부터 줄어들기 시작하였고, 최근 들어 다시 정부의 노력에 따라 철도산업에 대한 관심이 증가하기 시작함. 하지만 일본은 1964년 세계최초로 고속철도가 개통됨에 따라 그 시기에 개발한 철도시설들의 노후화로 인한 문제들이 발생하기 시작하였음. 이로 인해 각국 정부에서는 철도시설의 유지보수에 관한 관심이 증가함에 따라 1990년부터 관련된 출원이 증가하기 시작한 것으로 판단됨

○ 1985년에 유럽의 출원건수가 급격히 증가한 것으로 나타나는데, 이는 특정 출원인이 다수의 출원을 해서가 아닌, 시장에 새로운 출원인들이 진입하면서 이러한 현상이 나타난 것으로 보임. 또한 중국의 경우 2000년 후반부터 출원이 나타나기 시작하여 최근 가장 높은 출원상승세를 보이고 있음

○ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 49건(15%), 미국(USPTO) 47건(15%), 일본(JPO) 93건(29%), 유럽(EPO) 76건(23%), 중국(CN) 59건(18%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)

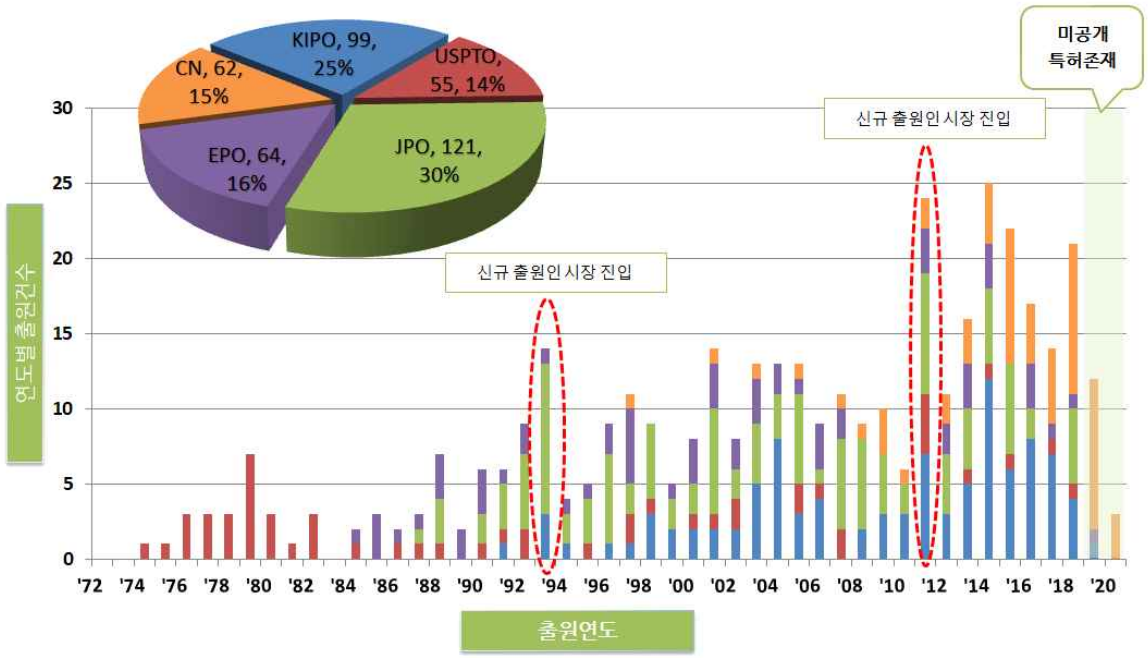


그림 2-55. 주요 출원국 연도별 특허동향

○ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 출원이 나타나기 시작함. 그 후 출원의 증감을 반복하고 있으며, 최근구간에서 출원이 증가하는 있는 것으로 나타남

○ 본 세부기술은 분석 초기 구간에서는 미국에 의해 주로 출원이 이루어졌으나, 1980년 중후반부터 관련 기술에 대한 출원이 감소하였고, 일본과 유럽은 1990년부터 출원이 본격적으로 시작된 것으로 보임

– 미국의 경우, 항공산업이 발전함에 따라 철도산업에 대한 수요가 줄면서 관련 출원이 감소한 것으로 판단됨. 일본과 유럽의 경우, 1960년대 고속철도가 개통됨에 따라 비슷한 시기에 개발된 철도시설들의 노후화가 1990년도부터 나타나기 시작하였음. 철도시설의 노후화로 인해 사고들이 발생하기 시작하면서 철도시설의 유지보수에 관한 관심이 증가함에 따라 관련된 출원이 증가하기 시작한 것으로 판단됨. 한국의 경우, 1990년 후반부터 출원이 본격적으로 시작된 것으로 보이며, 최근구간에서 가장 활발한 출원이 이루어지고 있는 것으로 나타남

○ 1993년과 2011년에 일본의 출원건수가 급격하게 증가한 것으로 나타나는데, 이는 특정

출원인이 다수의 출원을 해서가 아닌, 시장에 새로운 출원인들이 진입하면서 이러한 현상이 나타난 것으로 보임

○ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 99건(25%), 미국(USPTO) 55건(14%), 일본(JPO) 121건(30%), 유럽(EPO) 64건(16%), 중국(CN) 62건(15%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남

❑ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)

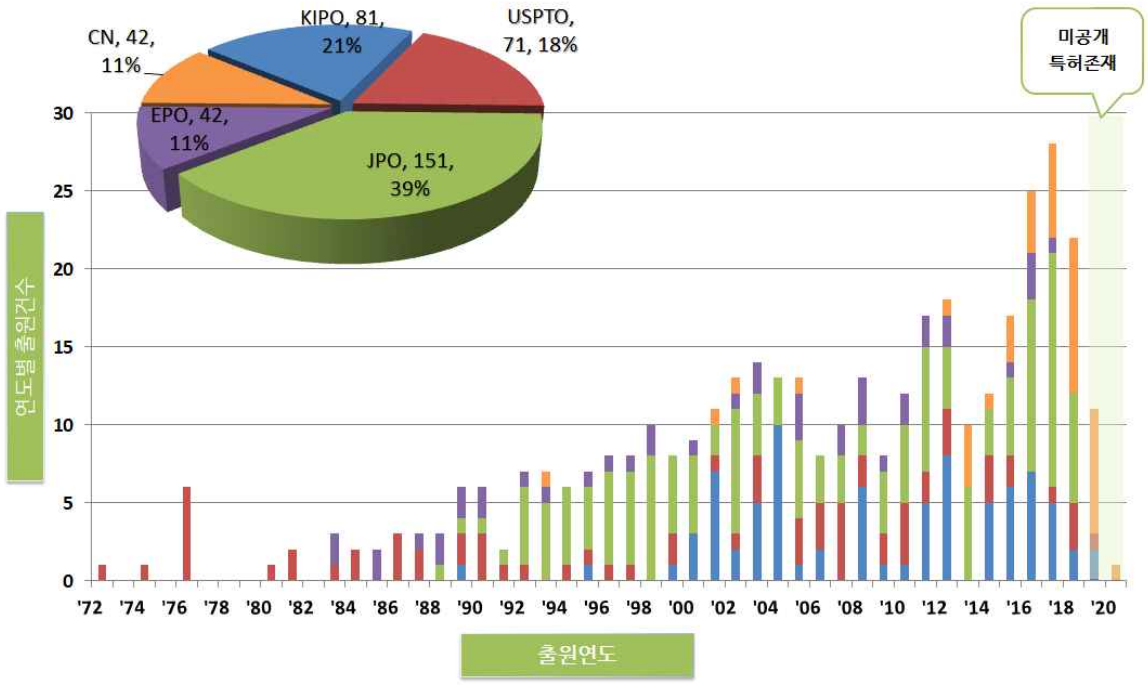


그림 2-56. 주요 출원국 연도별 특허동향

○ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술(AC)의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기에는 출원이 거의 없다가 1990년도부터 본격적인 연구개발로 출원이 나타나기 시작하여 거시적으로 출원이 증가하고 있는 것으로 나타남

○ 본 세부기술은 분석 초기 구간에서는 미국에 의해 출원이 나타났으나, 출원건수가 많지 않은 것으로 보임. 그 이후 1990년부터 일본에 의한 출원이 본격적으로 나타나면서 출원이 증가하고 있는 형태로 그래프가 나타나고 있음, 2000년도부터는 한국에 의한 출원이 본격적으로 나타나면서 최근까지도 일본 다음으로 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타났음

– 미국의 경우, 항공산업이 발전함에 따라 철도산업에 대한 수요가 줄어들어 관련 출원도 같이 감소한 것으로 보임. 일본의 경우, 1960년대 세계 최초의 고속철도 운용을 시작함에 따라 이때 같이 사용하기 시작한 철도시설이 노후화로 인한 문제가 발생함에 따라 관련 기술에 대한 출원이 증가한 것으로 보임. 한국의 경우, 1996년 한국철도기술연구원이 창립됨에 따라 유지보수 기술에 대한 연구를 본격적으로 시작하면서 관련 출원이 증가한 것으로 판단됨. 중국의 경우 최근 들어 조금씩 출원이 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음

❍ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link salb) 기술(AC)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 81건(21%), 미국(USPTO) 71건(18%), 일본(JPO) 151건(39%), 유럽(EPO) 42건(11%), 중국 42건(11%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남

❑ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)

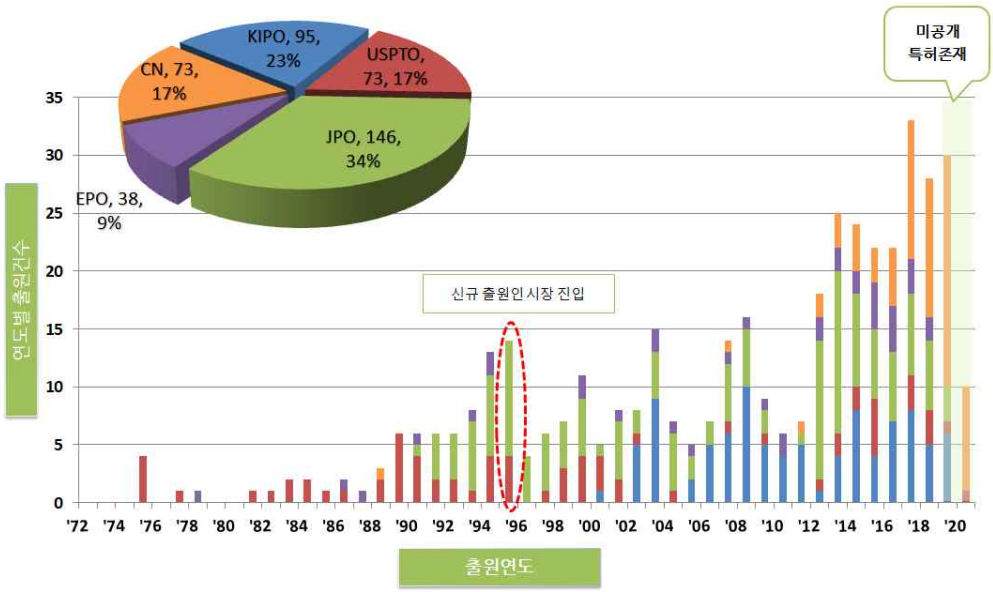


그림 2-57. 주요 출원국 연도별 특허동향

❍ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 전체 특허동향을 살펴보면, 분석구간 초기에는 출원이 거의 없다가 1990년도부터 본격적인 연구개발로 출원이 나타나기 시작하여 거시적으로 출원이 증가하고 있는 것으로 나타남

❍ 본 세부기술은 분석 초기 구간에서는 미국에 의해 출원이 나타났으나, 출원건수가 많지 않은 것으로 보임. 그 이후 1990년 초반부터 일본에 의한 출원이 본격적으로 나타나면서 출원이 증가하고 있는 형태로 그래프가 나타나고 있음, 2000년도부터는 한국에 의한 출원이 본격적으로 나타나면서 최근까지도 일본 다음으로 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타났음.

– 미국의 경우, 항공산업이 발전함에 따라 철도산업에 대한 수요가 줄어들어 관련 출원도 같이 감소한 것으로 보임. 일본의 경우, 1960년대 세계 최초의 고속철도 운용을 시작함에 따라 이때 같이 사용하기 시작한 철도시설이 노후화로 인한 문제가 발생함에 따라 관련 기술에 대한 출원이 증가한 것으로 보임. 한국의 경우, 1990년대 후반 한국철도기술연구원이 창립됨에 따라 유지보수 기술에 대한 관심에 늘면서 관련 출원이 증가한 것으로 판단됨

❍ 1995년에 출원건수가 급격하게 증가한 것으로 나타나는데, 이는 특정 출원인이 다수의 출원을 해서가 아닌, 시장에 새로운 출원인들이 진입하면서 이러한 현상이 나타난 것으로 보임

❍ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 95건(23%), 미국(USPTO) 73건(17%), 일본(JPO) 146건(34%), 유럽(EPO) 38건(9%), 중국 73건(17%)의 특허가 출원되어, 본 기술은

일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남

2.3.2. 세부기술 주요 출원인 분석

❑ 분석의 목적은 특허의 정량적인 요소를 기준으로 하여, 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 기술을 주도하는 기관 및 기업을 파악

❍ 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 세부기술별 향후 트렌드 예측

❍ 세부기술별 연구개발에 있어 심층적인 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

❑ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)

표 2-21. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP CO., LTD.	CN	산	7	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	신규 출원
2	한국철도기술연구원	KR	연	7	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	150%
3	철도종합기술연구소	JP	연	7	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	100%
4	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION	CN	산	7	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	150%
5	Plasser&Theurer	AT	산	5	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
6	UNIV TONGJI	CN	학	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	신규 출원
7	HEATHCOAT CLEARWAY KK	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
8	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC	US	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
9	CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED	CN	산	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	200%
10	Concept Modular Limited	CN	산	3	0 (0%)	1 (33%)	1 (33%)	1 (33%)	0 (0%)	신규 출원
- 중략 -										

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

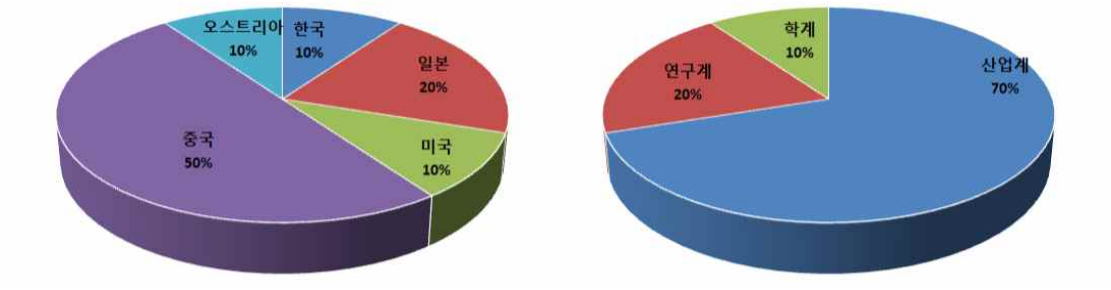


그림 2-58. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

○ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)과 관련하여 한국 국적 연구기관인 한국철도기술연구원, 일본 국적 연구기관인 철도종합기술연구소가 최다수의 특허를 보유하고 있으며, 해당 기술은 다출원 기준으로 중국과 일본이 주도하고 있는 것으로 파악됨. 국내 기관 및 기업은 한국철도기술연구원이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

○ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 중국 국적의 기관 및 기업이 50%, 일본 국적의 기관 및 기업이 20%, 한국, 미국 및 오스트리아 국적의 기관 및 기업이 각각 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 70%가 산업계, 연구계 및 학계가 각각 10%로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 모든 주요 출원인 중 대부분이 자국 위주의 국적의 출원활동을 주로 하고 있는 것으로 나타나며, 중국 출원인인 Concept Modular Limited는 자국보다 일본, 미국, 유럽에서 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남

○ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 중국 국적의 기관 및 기업의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)

표 2-22. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	UNIV FUZHOU	CN	학	16	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	16 (100%)	333%

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
2	철도종합기술연구소	JP	연	13	0 (0%)	0 (0%)	13 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	50%
3	동일본여객철도	JP	산	12	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	33%
4	한국도로공사	KR	산	9	7 (78%)	0 (0%)	1 (11%)	0 (0%)	1 (11%)	67%
5	SHENZHEN MUNICIPAL DESIGN & RES INSTITUTE CO LTD	CN	산	6	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	신규 출원
6	SEKISUI CHEMICAL IND KK	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
7	삼표피앤씨 주식회사	KR	산	4	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
8	SHANGHAI URBAN CONSTRUCTION DESIGN AND RES INST (GROUP) CO LTD	CN	산	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	신규 출원
9	Matisa Matériel Industriel SA	CH	산	4	0 (0%)	0 (0%)	1 (25%)	3 (75%)	0 (0%)	출원 없음
10	Tetsudo Kizai Kogyo Company Limited	JP	산	4	0 (0%)	3 (75%)	1 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	신규 출원
- 중략 -										

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

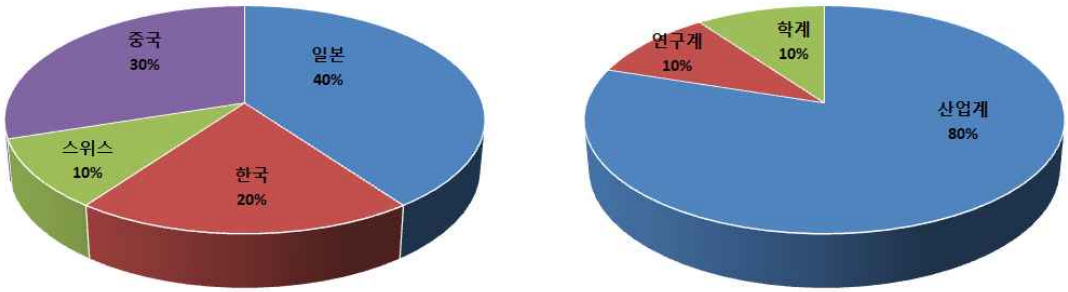


그림 2-59. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

❍ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)과 관련하여 중국 국적 대학인 UNIV FUZHOU가 최다수의 특허를 보유하고 있어, 해당 기술은 다출원 기준으로 중국이 가장 많은 출원을 한 것으로 파악됨

❍ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 40%, 중국 국적의 기관 및 기업이 30%, 한국 국적의 기관 및 기업이 20%, 스위스 국적의 기관 및 기업이 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 산업계가 80%, 연구계 및 학계가 각각 10%로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 주요 출원인 중 대부분이 자국 이외의 국가에서도 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남. 스위스 국적 기업인 Matisa Materiel Industrial SA는 자국 외 일본에도 특허를 출원하였으며, 한국의 한국도로공사는 한국뿐만 아니라 일본, 중국에서도 출원을 한 것으로 나타났음. 또한 일본의 Tetsudo Kizai Kogyo는 자국이 아닌 미국에서 더 많은 출원을 한 것으로 나타나 출원인이 보유한 특허들을 한번 살펴볼 필요가 있음

❍ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 중국 국적의 기관 및 기업의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)

표 2-23. 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	IHI CO	JP	산	9	0 (0%)	0 (0%)	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	50%
2	JFE 엔지니어링 주식회사	JP	산	8	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	신규출원
3	SHO BOND CONSTR CO LTD	JP	산	8	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%
4	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO	JP	산	8	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	50%
5	ORIENTAL KENSETSU KK	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-50%
6	Felix L. Sorkin	US	산	5	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	출원없음
7	SEKISUI CHEMICAL IND KK	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원없음
8	KAWADA KOGYO KK	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-100
9	SHIMIZU CO	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	100
10	KUMAGAI GUMI CO LTD	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-50
- 중략 -										

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

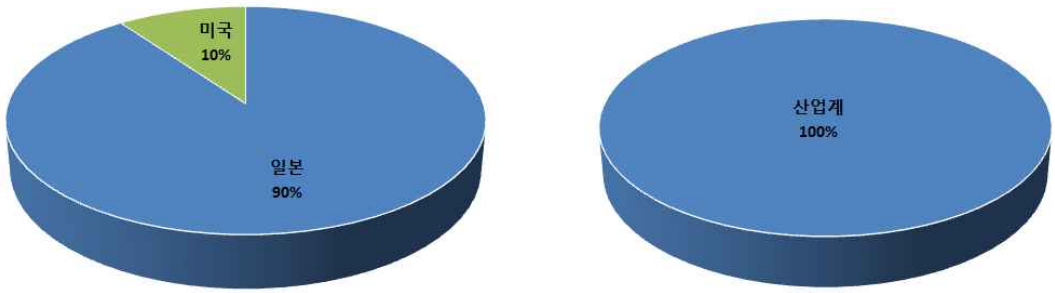


그림 2-60. 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중>

❍ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)과 관련하여 일본 국적 기업인 IHI가 최다수의 특허를 보유하고 있어, 해당 기술은 다출원 기준으로 일본이 주도하고 있는 것으로 파악됨. 국내 기관 및 기업은 다출원 기준 순위 내에 나타나지 않고 있음

❍ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 90%, 미국 국적의 기관 및 기업이 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 모두 산업계로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 모든 출원인이 자국위주의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타났음

❍ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 일본의 IHI CO, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO, SHIMIZU CO의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)

표 2-24. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	Plasser&Theurer	AT	산	19	0 (0%)	9 (47%)	3 (16%)	7 (37%)	0 (0%)	100%

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
2	철도종합기술연구소	JP	연	10	0 (0%)	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-50%
3	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
4	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG	CN	학	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	신규 출원
5	JFE 엔지니어링 주식회사	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
6	한국철도공사	KR	산	4	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
7	한국철도기술연구원	KR	연	4	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	100%
8	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION	CN	산	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	200%
9	동일본여객철도	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
10	UNIV CENTRAL SOUTH	CN	학	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	신규 출원
- 중략 -										

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

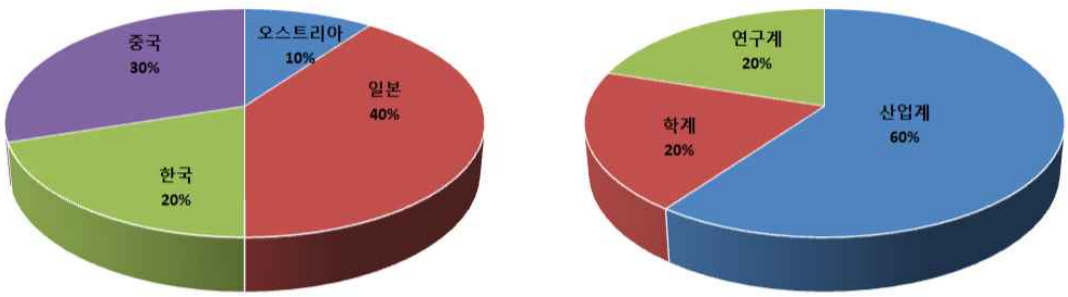


그림 2-61. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

❍ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)과 관련하여 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer이 최다수의 특허를 보유하고 있지만, 상위 출원인 대부분은 일본 및 중국 국적의 출원인이라 본 기술은 일본과 중국이 시장을 주도하고 있는 것으로 보임. 국내 기관 및 기업은 한국철도공사, 한국철도기술연구원 등이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

❍ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 40%, 중국 국적의 기관 및 기업이 30%, 한국 국적의 기관 및 기업이 20%, 오스트리아 국적의 기관 및 기업이 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특

성 비중을 살펴본 결과, 출원인 대부분이 산업계로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 출원인 대부분이 자국위주의 출원활동을 하고 있지만, 오스트리아 국적의 Plasser & Theurer은 자국 외에도 미국 및 일본에서 출원활동을 하고 있는 것으로 나타났음

○ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 중국의 CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

3. 논문분석

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술과 관련하여, 특허 비공개 구간의 기술을 보완하기 위해 대상기술과 관련한 논문 Search 진행

○ 참여 연구기관의 기술설명 내용과 더불어 도출된 유효특허의 내용에 따라 개별적인 키워드 검색을 통해 관련도가 높은 학술지에 대해 선별하여 취합함

○ 논문 DB의 경우, 한국교육학술정보원(RISS_http://www.riss.kr/index.do)의 DB를 이용하였음

○ 특허 비공개 구간의 기술내용을 참고하기 위함에 따라, 최근 논문에 해당하는 2010년 이후 발행된 학술지를 대상으로 살펴봄

○ 논문 검색 키워드 : 주관기관이 선정한 키워드들을 바탕으로 국내학술지논문 및 해외학술지논문에 각각 검색 진행함

3.1.1. 국내·외 연도별 논문동향

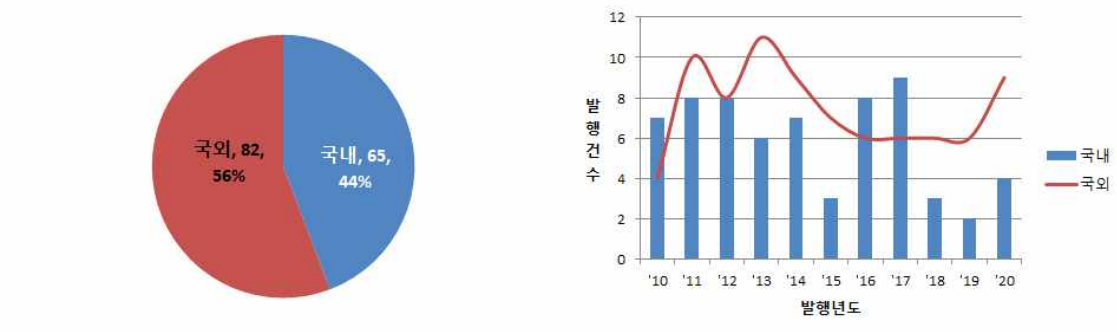


그림 2-62. 국내·외 연도별 논문 발행 동향

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에 관련된 논문의 최근 발행 동향을 살펴보면, 국내 및 국외 논문 발행 비율은 44%, 56%로 크게 차이가 나지 않는

것으로 나타나고 있음

❑ 국내 및 국외 논문의 발행년도별 동향을 살펴본 바, 국내·국외 구분없이 관련 논문이 꾸준하게 발행되고 있음

❍ 국내의 경우, 출원이 꾸준하게 증감을 반복하고 있지만 최근 증가세가 잠시 감소함. 국외의 경우, 2010년 중반부터 관련 논문 발행건수가 감소하다 최근에 다시 증가하고 있는 것으로 조사됨. 관련 기술에 대한 연구개발은 최근까지도 꾸준하게 진행되고 있는 것으로 판단됨

표 2-25. 관련 논문 리스트

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
1	토공노반의 침하억제성능 향상을 위한 설계기준 개선 방안	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AA
2	교대 접속부 설계기준 개선 방향에 대한 고찰	배준현	한국철도학회	한국철도기술연구원	2018	AA
3	수치해석을 통한 철도노반 접속부 지지강성 최적화 방안	조일규	한국방재학회	이원이앤지	2012	AA
4	고속철도 열차 증속에 따른 접속부 거동특성 분석	박효성	한국철도학회	주한엔지니어링	2011	AA
5	국내 고속철도 교대 접속부 성능수준 및 관리기준	최찬용	한국철도학회	한국철도기술연구원	2012	AA
6	비용절감을 위한 철도교대 설계의 개선방향	최찬용	한국지반신소재학회	한국철도기술연구원	2016	AA
7	보강레일 및 도상안정제에 의한 교량-토공 접속부 개선효과 연구	이규웅	한국철도학회	서울과학기술대학교	2013	AA
8	토목섬유튜브를 이용한 교대-토공 접속부 토압저감기법	김자연	한국철도학회	서울과학기술대학교	2013	AA
9	이동하중을 고려한 교량/토공 접속부 보강방안별 변형특성 평가	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2010	AA
10	경량콘크리트를 이용한 구조물 접속부 적용성에 관한 연구	조인규	한국철도학회	서울과학기술대학교	2010	AA
11	Application of rubber mats in transition zone between two different slab tracks in high-speed railway	Tao Xin	Construction and Building Materials	Beijing Jiaotong University	2020	AA
12	Discussion on Design and Construction Technology Improvements of the Bridge	YIN Fang-qing	The World of Building Materials	Shenzhen Expressway	2012	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
	Transition Section					
13	시공특성을 반영한 철도교 접속부 거동에 관한 연구	정재형	한국철도학회	서울과학기술대학교	2012	AA
14	고속철도 토공노반궤도 잔류침하량 정확도 개선을 위한 연구	한상재	한국철도학회	지구환경전문가그룹	2017	AA
15	Design method of pile-slab structure roadbed of ballastless track on soil subgrade	Yong-xiang Zhan	Journal of Central South University	Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences	2013	AA
16	INTERNATIONAL DESIGN PRACTICES, APPLICATIONS, AND PERFORMANCES OF ASPHALT/BITUMINOUS RAILWAY TRACKBEDS	Jerry G. Rose	International design practices, applications, and performances of asphalt/bituminous railway trackbeds	University of Kentucky	2011	AA
17	New Advances in Analysis and Design of Railway Track System	J. Sadeghi	Reliability and Safety in Railway	Iran University of Science and Technology	2012	AA
18	Design of ballasted railway track foundations using numerical modelling. Part I: Development1	Md. Abu Sayeed	Canadian Geotechnical Journal	Curtin University	2017	AA
19	Evaluation of conventional methods in Analysis and Design of Railway Track System	J. Sadeghi	International Journal of Civil Engineering	Iran University of Science and Technology	2010	AA
20	반일체식 교대 교량의 변위 거동	박용석	대한토목학회	한국도로공사	2013	AB
21	단부격벽 일체형 PSC거더를 사용한 반일체식 교량공법(BIB거더공법)	박종면	대한토목학회	지승컨설턴트	2016	AB
22	일체식 및 반일체식	최영국	한국구조물진	금오공과	2018	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
	복합슬래브 교량의 구조거둥 분석에 관한 연구		단유지관리공학회	대학교		
23	RC연결구조를 적용한 무조인트화 교량의 거동 연구	이영천	한국복합신소재구조학회	금오공과대학교	2020	AB
24	무조인트 교량의 장기거동측정 및 구조해석모델 개발	강형택	한국구조물진단유지관리공학회	한국도로공사	2015	AB
25	일체식교량의 접속슬래브 연결철근 형상에 따른 연결부 구조거동에 대한 실험연구	유성근	한국복합신소재구조학회	㈜이산	2014	AB
26	무조인트 보수공법의 현장 적용성 검증	김정호	한국구조물진단유지관리공학회	한국건설기술연구원	2019	AB
27	내구성능향상을 위한 기존 교량의 무조인트화	강형택	한국구조물진단유지관리공학회	한국도로공사	2016	AB
28	일체식 교량의 교대와 CFT Pile 연결부 성능에 관한 실험적 연구	김대혁	한국복합신소재구조학회	고려대학교	2016	AB
29	기계식 신축이음을 대체할 수 있는 무조인트 보수공법 시범시공	김정호	대한토목학회	한국건설기술연구원	2017	AB
30	공사기간 단축을 위한 신형식 인테그럴 브릿지의 소개:PIC 거더교	이상윤	한국강구조학회	한국건설기술연구원	2011	AB
31	일체식 무교대 슬래브교의 구조거동 합리성과 내하력 성능평가 연구	최영국	한국방재학회	금오공과대학교	2017	AB
32	PSC 일체식 교대 교량의 거동특성 평가	안진희	대한토목학회	연세대학교	2010	AB
33	일체식 강교량의 거더-교대 연결부 상세의 거동평가를 위한 실험적 연구	김상효	한국강구조학회	연세대학교	2011	AB
34	교대부 기계식 신축이음장치를 대신하는 무조인트 보수기술 시범시공	주봉철	한국콘크리트학회	한국건설기술연구원	2017	AB
35	프리스트레스트 콘크리트 거더 일체식 교량의 교대 거동 해석과 예측	김우석	한국콘크리트학회	충남대학교	2011	AB
36	Performance-based seismic design of integral abutment bridges	Paolo Franchin	Bulletin of Earthquake Engineering	La Sapienza - Università di Roma	2014	AB
37	An innovative steel-concrete joint for integral abutment bridges	Bruno Briseghella	Journal of Traffic and Transportatio	Fuzhou University	2015	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
			n Engineering			
38	Experimental study on ultra-high ductility cementitious composites applied to link slabs for jointless bridge decks	Mengjun Hou	Composite Structures	Tongji University	2018	AB
39	Behavior of FRP Link Slabs in Jointless Bridge Decks	Aziz Sabe	Advances in Civil Engineering	Louisiana Tech University	2012	AB
40	Jointless Bridge Design at the Virginia Department of Transportation	Edward Hoppe	Transportatio n Research Procedia	Virginia Transporta tion Research Council	2016	AB
41	Review on the seismic performance and simplified design method of jointless bridge	HUANG Fuyun	Earthquake Engineering and Engineering Dynamics	Fuzhou University	2015	AB
42	Theoretical Model and Mechanical Performance of Semi-Integral Abutment Jointless Bridge	Tian Li Wang	Applied Mechanics and Materials	xi'an university	2013	AB
43	Monitoring based assessment of a jointless bridge	A. Strauss	Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability	BOKU University Vienna	2012	AB
44	Inclined Approach Slab Solution for Jointless Bridges: Performance Assessment of the Soil–Structure Interaction	RomanWe ndner	Journal of Performance of Constructed Facilities	Univ. of Natural Resources and Life Sciences	2015	AB
45	Analysis and Design of Link Slabs in Jointless Bridges With Fibre-Reinforced Concrete	Yu Hong	UWSPACE	University of Waterloo	2014	AB
46	Swiss Federal Roads Office Guidelines for Integral Bridges	Walter Kanufman n	Structural Engineering International	dsp Ingenieure & Planer AG	2018	AB
47	Parametric and pushover analyses on integral abutment bridge	Tobia Zordan	Engineering Structures	Tongji University	2011	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
48	Evaluation on the behavior of abutment–pile connection in integral abutment bridge	안희진	Journal of Constructional Steel Research	연세대학교	2011	AB
49	Superstructure Behavior of a Stub-Type Integral Abutment Bridge	Thevaneyan K. David	Journal of Bridge Engineering	Univ. Technology MARA (UiTM)	2014	AB
50	Transition Slabs of Integral Abutment Bridges	Damien Dreier	Structural Engineering International	EPFL-IBETON	2011	AB
51	Design of integral abutment bridges for combined thermal and seismic loads	Narges Easazadeh Far	Earthquakes and Structures	Tabriz University	2015	AB
52	Long-term behavior of integral abutment bridges	Robert J.Frosch	JTRP	Purdue University	2011	AB
53	Concrete integral abutment bridges with reinforced concrete piles	David Gama	Structural Concrete	University of Lisbon	2014	AB
54	Integral abutment bridge response under thermal loading	WooSeok Kim	Engineering Structures	Parsons Brinckerhoff	2010	AB
55	Behavior of Integral Abutment Bridge with and without Soil Interaction	R.Shreedhar	International Journal of Scientific & Engineering Research	Gogte Institute of Technology Belgaum	2012	AB
56	Optimized Design for Soil-Pile Interaction and Abutment Size of Integral Abutment Bridges	Bruno BRISEGHELLA	INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BRIDGE AND STRUCTURAL ENGINEERING	Fuzhou University	2010	AB
57	DESIGN AND CONSTRUCTION GUIDELINE OF INTEGRAL ABUTMENT BRIDGES FOR JAPANESE HIGHWAYS	Hideaki Nishida	미일교량공학 워크숍 회의록	PWRI	2012	AB
58	Rigidity of abutments in integral abutment bridges	Yasser A. Khodair	Structure and Infrastructure Engineering	Stevens institute of technology	2011	AB
59	Temperature Effects on a	Leo E.	Journal of	Utah	2014	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
	Box-Girder Integral-Abutment Bridge	Rodriguez	Performance of Constructed Facilities	State Univ		
60	EVALUATION OF THE STIFFNESS AND DAMPING OF ABUTMENTS TO EXTEND DIRECT DISPLACEMENT-BASED DESIGN TO THE DESIGN OF INTEGRAL BRIDGES	Stergios A Mitoulis	COMPDYN	University of Surrey	2015	AB
61	Seismic Performance Evaluation of a Fully Integral Concrete Bridge with End-Restraining Abutments	최병현	Advances in Civil Engineering	한밭대학교	2019	AB
62	Thermal property analysis and applications of GFRP panels to integral abutment bridges	B. Kong	Engineering Structures	Louisiana State University	2014	AB
63	Numerical research on the seismic response of novel integral abutment bridge designs and comparison to the current design practice	Andrea Caristo	CONHIC	Mott MacDonald Group	2016	AB
64	Numerical Simulations and Field Monitoring of Integral Abutment Bridges	James LaFave	Structures Congress	University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC)	2015	AB
65	Bridge Decks with Precast UHPC Waffle Panels: A Field Evaluation and Design Optimization	Ebadollah Honarvar	Journal of Bridge Engineering	Iowa State Univ.	2016	AB
66	고강도 강섬유보강콘크리트를 적용한 프리캐스트 바닥판 이음부의 구조성능 평가	이한주	한국구조물진단유지관리공학회	단국대학교	2017	AC
67	윤하중 시험기를 이용한 프리캐스트 바닥판의 동적성능시험	성익현	한국산학기술학회	한서대학교	2010	AC
68	유한요소해석에 의한 요철형 이음단면을 갖는 프리캐스트 바닥판의 휨성능 평가	오현철	한국구조물진단유지관리공학회	대우건설기술연구원	2016	AC
69	비대칭 격벽단면을 갖는 프리캐스트 바닥판 이음부의 구조성능 평가	정철헌	한국콘크리트학회	단국대학교	2017	AC

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
70	프리텐션 반두께 바닥판을 갖는 바닥판의 구조성능 평가	김동욱	대한토목학회	중앙대학교	2014	AC
71	GFRP 교량 바닥판의 정적거동에 관한 연구	지효선	구조물진단학회	대원대학교	2011	AC
72	교량바닥판의 동적 변형률 응답을 이용한 민감도 기반 BWIM 시스템	김병화	한국소음진동공학회	경남대학교	2010	AC
73	경부고속철도 횡단 교량 건설에 적용된 전단면 프리캐스트 바닥판 시공 사례	임철훈	한국콘크리트학회	아산천안건설사업단	2020	AC
74	FRP바닥판을 갖는 콘크리트합성형교의 설계 - 설계방법, 바닥판설계 및 연결부 상세	지효선	한국복합신소재구조학회	대원대학교	2016	AC
75	GFRP 복합소재 바닥판의 간편해석법	손병직	한국강구조학회	건양대학교	2013	AC
76	강섬유보강 초속경 라텍스개질 콘크리트의 재료 및 휨인성 특성	박재훈	한국방재학회	경동대학교	2015	AC
77	프리캐스트 바닥판 급속시공 기술의 현장적용	신동호	한국콘크리트학회	대우건설	2017	AC
78	인발성형 GFRP 교량 바닥판 접착연결 단부의 인장균열 거동 해석	박신전	대한토목학회	국민대학교	2013	AC
79	Investigation of the behaviour of flexible and ductile ECC link slab reinforced with FRP	Y. Zheng	Construction and Building Materials	Dongguan University of Technology	2018	AC
80	Structural performance of CFRP reinforced ECC link slabs in jointless bridge decks	XIA Lipeng	Acta Materiae Compositae Sinica	Dongguan University of Technology	2019	AC
81	Application of ductile fiber reinforced cementitious composite in jointless concrete pavements	Jun Zhang	Composites Part B: Engineering	Tsinghua University	2013	AC
82	Development of high-performance fiber-reinforced link slabs for jointless bridge decks	Bryan Lum	University of Hawaii at Manoa	University of Hawaii at Manoa	2013	AC
83	Development of Flexible Link Slabs using Ductile Fiber Reinforced Concrete	Lárus Helgi Lárusson	Kgs. Lyngby	Technical University of Denmark	2013	AC
84	A Review on the Use of Engineered Cementitious	Abla Krouma	Materials Science	abu dhabi university	2016	AC

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
	Composite in Bridges		Forum			
85	Working State of ECC Link Slabs Used in Continuous Bridge Decks	Junfei Zhong	MDPI	Harbin Institute of Technology	2019	AC
86	Flexible concrete link slabs used as expansion joints in bridge decks	Lárus Helgi Lárusson	International Symposium on High Performance Concrete - Design	Technical University of Denmark	2011	AC
87	Engineered Fibre-reinforced Concrete Systems for Bridge Deck Link Slab Applications	Cameron, James	University of Waterloo	University of Waterloo	2014	AC
88	Fatigue behavior of GFRP-reinforced ECC link slabs under variable stress levels and number of cycles	K. Chu	Engineering Structures	Ryerson University	2020	AC
89	Nonlinear Analysis of Continuous Concrete Bridge Systems made of Precast Prestressed Girders and Link Slabs	NGOC LINH TRAN	fib PhD Symposium	Technische Universität Darmstadt	2010	AC
90	CONDUCT AND ANALYSIS OF AN INSTRUMENTED SLAB BRIDGE	R. Amirtharajan	International Journal of Modern Trends in Engineering and Science	prist university	2017	AC
91	Ductile Concrete Material with Self-Healing Capacity for Jointless Concrete Pavement Use	Zhigang Zhang	Journal of the Transportation Research Board	Chongqing University	2017	AC
92	이동평균법을 이용한 궤도틀림 분석기법 연구	조한권	한국철도학회	코레일공항철도	2014	AD
93	ART2를 이용한 침목결함 탐지 알고리즘에 관한 연구	이현숙	한국철도학회	한국산업기술대학교	2014	AD
94	차량의 동적 특성 분석을 통한 궤도틀림 식별	김성용	한국철도학회	코레일공항철도	2010	AD
95	웨이브렛 전달함수를 이용한 궤도틀림 식별	신수봉	한국철도학회	인하대학교	2010	AD
96	시계열 분석기법을 적용한 고속철도 궤도틀림 진전 예측	정민철	한국철도학회	고려대학교	2012	AD
97	철도차량과 궤도의 상호작용에 따른 궤도침하와 동적거동의	서사범	철도저널	서현기술단	2016	AD

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
	시뮬레이션모델 및 횡방향 궤도틀림					
98	궤도 검측 데이터를 이용한 검측 값 예측 정확도 향상에 관한 연구	남덕희	한국철도학회	휴니드 테크놀러지	2017	AD
99	순환신경망을 활용한 콘크리트궤도의 장기 침하 거동 예측	김준영	한국지반공학회	한남대학교	2020	AD
100	궤도품질계수(TQI)와 균열간의 상관성 분석을 통한 예측식 개발	박재학	한국철도학회	승화기술정책연구소	2013	AD
101	콘크리트궤도 노반침하에 대한 유지보수 방안	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2012	AD
102	노반 침하 억제와 복원을 위한 자가침하복원모듈의 3차원적 거동에 관한 연구	김현기	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AD
103	능동제어 콘크리트 도상 복원공법(ACBR) 개발과정 및 적용사례	민지홍	한국철도학회	서현기술단	2016	AD
104	철도노반에 적용된 침하복원모듈의 변위 억제 특성에 관한 연구	김현기	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AD
105	현장시험을 통한 콘크리트궤도 침하복원공법(PRCG)의 성능평가	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2012	AD
106	고밀도 급속 팽창성 물질 주입에 의한 도로 침하 복원에 관한 실험적 연구	신은철	한국지반환경공학회	인천대학교	2011	AD
107	주행안정성과 궤도사용성을 고려한 침하복원공법의 요구기준 제안	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2020	AD
108	콘크리트궤도의 궤도틀림 검측기법 및 유지관리	이방우	서울과학기술대학교	서울과학기술대학교	2019	AD
109	간선철도 속도향상을 위한 궤도개량 연구방향	김환영	한국철도학회	한국철도시설공단	2011	AD
110	급속경화궤도 시공후 잔류자갈층 안정화에 관한 연구	최규문	한국철도학회	한국철도기술연구원	2017	AD
111	도상안정제에 의한 고속선 교량상 궤도틀림 저감 효과 분석	강태구	한국철도학회	충남대학교	2012	AD
112	교량신축부에서의 궤도틀림 저감을 위한 활동체결구 및 침목결속 효과	강태구	한국철도학회	충남대학교	2011	AD
113	콘크리트궤도의 처짐원인 규명을 위한 슬래브 및	조성호	한국철도학회	중앙대학교	2012	AD

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
	지반상성의 2차원적 가시화					
114	자갈도상용 고탄성레일체결장치 개발	류기대	한국철도학회	삼표이앤씨	2015	AD
115	자갈도상용 USP분기기 기술 개발	윤병현	한국철도학회	삼표레일웨이	2018	AD
116	Prediction of railway track geometry deterioration using artificial neural networks: a case study for Turkish state railways	Hakan Guler	Structure and Infrastructure Engineering	University of Sakarya	2013	AD
117	Railway Track Irregularity Measuring by GNSS/INS Integration	Q. Chen	ION	TU Delft	2013	AD
118	Railway track irregularity and curvature estimation using doppler LIDAR fiber optics	Masood Taheri Andani	Journal of Rail and Rapid Transmit	Railway Technologies Laboratory	2016	AD
119	On use of characteristic wavelengths of track irregularities to predict track portions with deteriorated wheel/rail forces	Lei Xu	Mechanical Systems and Signal Processing	Train and Track Research Institute	2018	AD
120	Study of Rail Surface Irregularity Detection Based on Asymmetrical Chord Offset Method	Shaofeng Wang	International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering	DTU	2012	AD
121	Detection of High-Speed Railway Subsidence and Geometry Irregularity Using Terrestrial Laser Scanning	Chun Liu	Journal of Surveying Engineering	Tongji University	2014	AD
122	Condition Monitoring of Railway Tracks from Car-Body Vibration Using a Machine Learning Technique	Hitoshi Tsunashima	MDPI	Nihon University	2019	AD
123	A practical approach to tramway track condition monitoring: vertical track defects detection and identification using time-frequency processing technique	Péter Bocz	Journal of Civil Engineering	Budapest University of Technology and Economics	2013	AD
124	Polyurethane-based stabilization of railroad ballast	Dinesh Gundavaram	International Journal of Rail	Indian Institute of	2019	AD

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
			Transportation	Technology Patna		
125	Comparative Evaluation of Particle Movement in a Ballast Track Structure Stabilized with Biaxial and Multiaxial Geogrids	Shushu Liu	Journal of the Transportation Research Board	Pennsylvania State University	2017	AD
126	Anti-chemical resistance and mock-up test performance of cement asphalt mortar modified with polymer for ballast stabilizing	Tri Ho Minh Le	Construction and Building Materials	Kunsan National University	2020	AD
127	Performance evaluation of polyurethane-stabilized railroad ballast under direct shear conditions	Dinesh Gundavaram	Construction and Building Materials	Indian Institute of Technology Patna	2019	AD
128	Track settlement restoration of ballastless high-speed railway using polyurethane grouting: Full-scale model testing	Xuecheng Bian	Transportation Geotechnics	Zhejiang University	2020	AD
129	Deformation of Coal Fouled Ballast Stabilized with Geogrid under Cyclic Load	Buddhima Indraratna	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	University of Wollongong	2013	AD
130	Superstructure Stabilization of Ballast Bedded Railway Tracks with Geogrids	Sz. Fischer	Hungarian Journal of Industry and Chemistry	széchenyi istván university	2011	AD
131	Mechanical Properties of Polyurethane-Stabilized Ballast	A. Keene	Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA	University of Texas at Austin	2014	AD
132	Modeling the Effect of Polyurethane Stabilization on Rail Track Response	Andrew Keene	Geo-Congress 2013	University of Wisconsin	2013	AD
133	Stabilization of track substructure with geo-inclusions—experimental evidence and DEM simulation	Ngoc Trung Ngo	International Journal of Rail Transportation	University of Wollongong	2016	AD
134	Environmental performance analysis of bitumen stabilized	Sara Bressi	Construction and Building	University of Pisa	2018	AD

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
	ballast for railway track-bed using life-cycle assessment		Materials			
135	Laboratory investigation on the behavior of ballast stabilized with bitumen-cement mortar	Morteza Esmaeili	Construction and Building Materials	Iran University of Science and Technology	2020	AD
136	Evaluation on full-scale testbed performance of cement asphalt mortar for ballasted track stabilization	Tri Ho Minh Le	Construction and Building Materials	Kunsan National University	2020	AD
137	INVESTIGATIONS OF THE REINFORCEMENT AND STABILISATION EFFECT OF GEOGRID LAYERS UNDER RAILWAY BALLAST	Sz. Fischer	SLOVAK JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING	széchenyi istván university	2011	AD
138	Discrete element modeling of polyurethane-stabilized ballast under monotonic and cyclic triaxial loading	Xing Ling	Construction and Building Materials	Beijing Jiaotong University	2020	AD
139	Evaluating Ballast Stabilization during Initial Compaction Phase	Shushu Liu	ASTM International	Pennsylvania State University	2018	AD
140	Characterization of polyurethane-stabilized ballast	Andrew Keene	International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	University of Wisconsin	2012	AD
141	Use of Rubber Mats to Improve the Deformation and Degradation Behavior of Rail Ballast under Cyclic Loading	Sinniah K. Navaratnarajah	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	University of Wollongong	2017	AD
142	Performance Monitoring of Rail Tracks Stabilized by Geosynthetics and Shock Mats: Case Studies at Bulli and Singleton in Australia	Buddhima Indraratna	Geo-Congress 2013	University of Wollongong	2013	AD
143	Application of Geogrids in Stabilizing Rail Track	Syed Khaja	Geosynthetics for	Indian Institute	2020	AD

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
	Substructure	Karimullah Hussaini	Development of Transportation Infrastructures	of Technology Patna		
144	Behavior of Geogrid-Reinforced Railroad Ballast Particles Under Different Loading Configurations During Initial Compaction Phase	Shushu Liu	ASME/IEE Joint Rail Confernence	Pennsylvania State University	2017	AD
145	DEM simulation of the pullout behavior of geogrid-stabilized ballast with the optimization of the coordination between aperture size and particle diameter	Chenxi Miao	Construction and Building Materials	Taiyuan University of Technology	2020	AD
146	Railway Superstructure Stabilization with Geosynthetic Layers	Sz. Fischer	Railway Superstructure Stabilization with Geosynthetic Layers	széchenyi istván university	2011	AD
147	Performance of rail ballast stabilized with resilient rubber pads under cyclic and impact loading	S K. Navaratnarajah	Proceedings of the International Conference on Geotechnical Engineering	University of Wollongong	2015	AD

3.1.2. 세부기술별 논문 동향

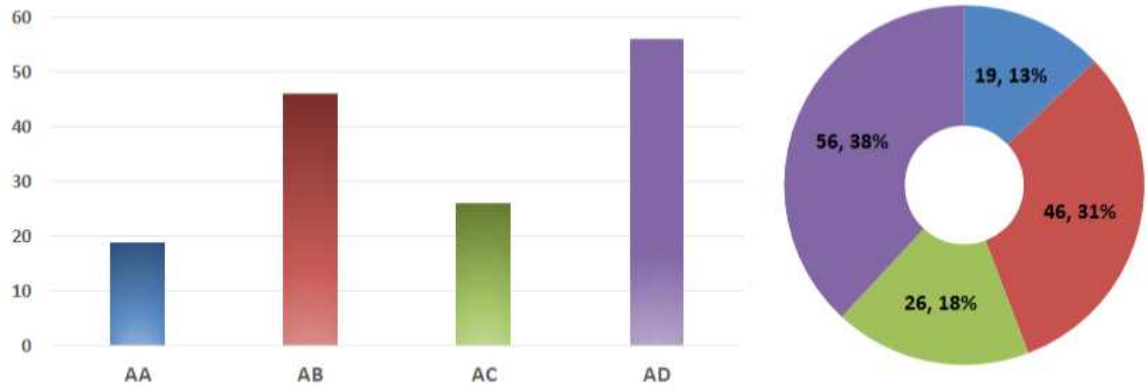


그림 2-63. 세부기술별 논문 현황

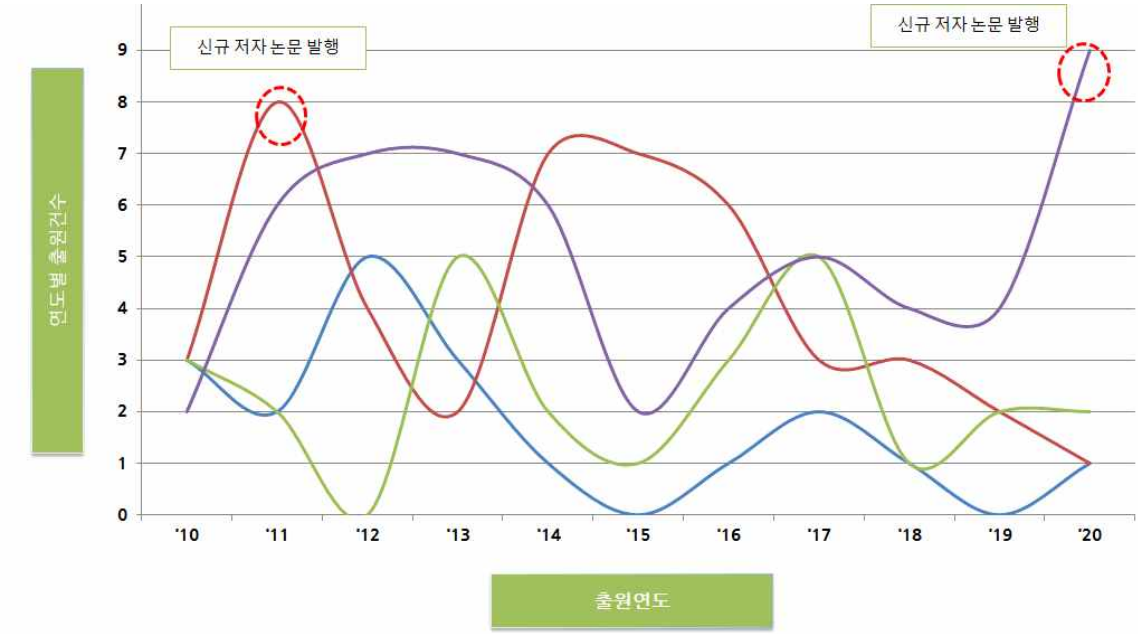


그림 2-64. 세부기술별 연도별 논문동향

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술(전체) 관련한 147건(100%)의 논문 중 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)은 19건(13%), 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)은 46건(31%), 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)은 26건(18%), 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)은 56건(38%)으로 각 세부기술별 논문의 비중을 파악할 수 있음

❍ 전체 세부기술 중 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)과 관련된 논문의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

❍ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발의 세부기술별 논문 동향을 살펴보면, 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)의 경우, 논문의 증감을 반복하고 있으며 최근에는 관련 논문의 발행이 감소하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)의 경우, 논문의 증감을 반복하다가 최근에는 관련 논문의 발행이 감소하는 추세를 보이고 있음. 2011년에 논문의 수가 급격하게 상승하는 모습이 나타났는데 그 원인으로는 Damien Dreier, Yasser A. Khodair, 안희진, 김상효 등 신규 저자들이 논문을 발행하면서 나타난 현상으로 보임

❍ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 경우, 분석구간 초기부터 논문의 증감을 반복하고 있지만 최근에는 조금 감소하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)의 경우, 완만한 논문의 증감세를 보이다가 최근 구간에는 논문의 수가 증가하는 형태의 그래프가 나타나고 있음. 최근에 갑자기 논문의 수가 상승한 원인으로는 Morteza Esmaeili, Xing Ling, Xuecheng Bian 등 신규 저자들이 논문을 발행하면서 나타난 현상으로 보임

❍ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)를 제외한 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA), 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB), 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)의 경우, 논문의 증감을 반복하다가 최근 논문의 발행이 감소하는 형태 의 그래프가 나타나고 있음

3.1.3. 국내·외 주요 저널 동향

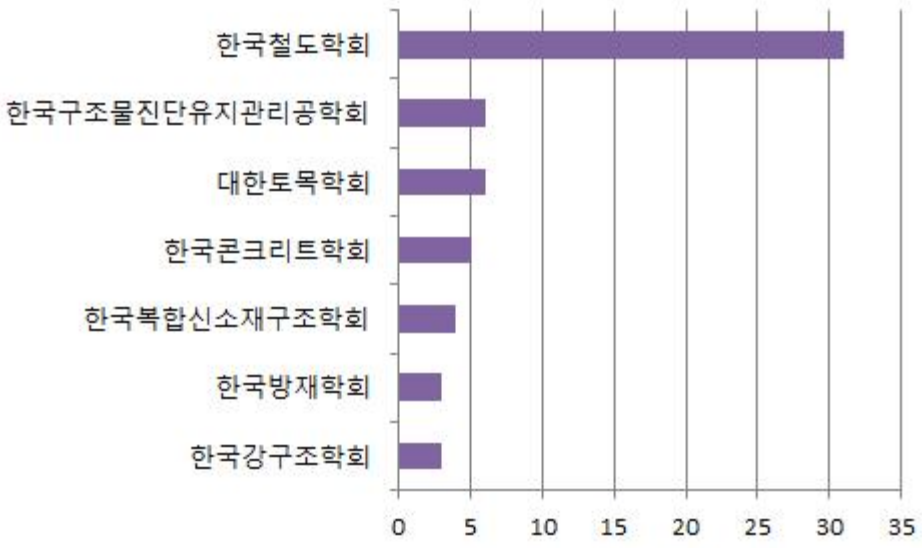


그림 2-65. 국내 주요 학술지

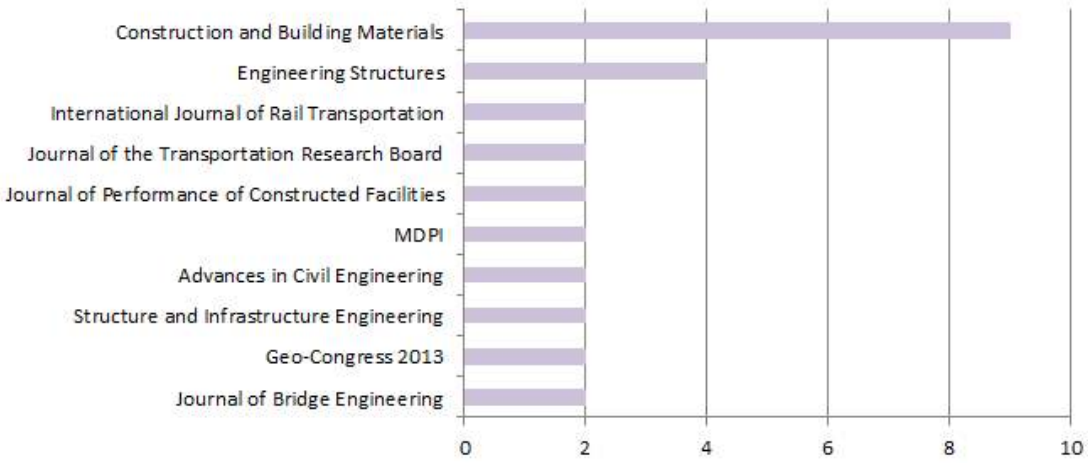


그림 2-66. 국외 주요 학술지

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발에 관련한 논문의 최근 발행 동향을 살펴보면, 국내 논문 발행 학술지의 경우, 한국철도학회에서 발행되는 관련 학술지가 다른 기관에 비해 훨씬 많이 발행된 것으로 나타남

❑ 국외 학술지의 경우, 한국과 달리 다양한 학술지에서 관련 기술에 대한 논문이 발행되고 있는 것으로 나타남. 그 중 2건 이상 관련 논문을 발행한 학술지를 살펴보면, 건설 및 건축분야에서 혁신적이고 독창적인 연구 및 개발에 관련된 기술을 제공하는 국제저널 Construction and Building Materials에서 관련 학술지가 가장 많은 것으로 조사되었으며, Engineering Structures, International Journal of Rail Transportation, Journal of the Transportation Research Board 등에서도 관련 기술 내용에 대한 학술내용 발행이 이루어지고 있는 것으로 나타남

3.1.4. 국내·외 주요 저자 동향

표 2-26. 국내·외 주요 저자

국내		국외	
제1저자	발행 건수	제1저자	발행 건수
이일화 (한국철도기술연구원)	5	Sz. Fischer (széchenyi istván university)	3
지효선 (대원대학교)	2	Shushu Liu (Pennsylvania State University)	3
최찬용 (한국철도기술연구원)	2	J. Sadeghi (Iran University of Science and Technology)	2
강형택 (한국도로공사)	2	Dinesh Gundavaram (Indian Institute of Technology Patna)	2
최영국 (금오공과대학교)	2	Andrew Keene (University of Wisconsin)	2
김정호 (한국건설기술연구원)	2	Bruno Briseghella (Fuzhou University)	2
김현기 (한국철도기술연구원)	2	Tri Ho Minh Le (Kunsan National University)	2
강태구 (충남대학교)	2	Buddhima Indraratna (University of Wollongong)	2
-	-	Lárus Helgi Lárusson (Technical University of Denmark)	2

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발에 관련한 논문의 주요 저자를 살펴본 바, 국내 논문 제1 저자의 경우, 5건의 논문을 발행한 이일화 저자로 나타났음

❍ 이일화 저자는 한국철도기술연구원 소속으로 토공노반의 침하억제성능 향상을 위한 설계기준 개선 방안, 콘크리트궤도 노반침하에 대한 유지보수 방안 등에 관한 연구들을 발행한 것으로 조사됨

❑ 국외 논문 제1 저자의 경우, 3건의 논문을 발행한 Sz. Fischer로 나타났음

❍ széchenyi istván university소속으로 Superstructure Stabilization of Ballast Bedded Railway Tracks with Geogrids, INVESTIGATIONS OF THE REINFORCEMENT AND STABILIZATION EFFECT OF GEOGRID LAYERS UNDER RAILWAY BALLAST 등의 논문을 발행한 것으로 조사됨. 마찬가지로 3건의 논문을 발행한 Shushu Liu는 펜실베니아 주립대학교 소속으로 Evaluating Ballast Stabilization during Initial Compaction Phase, Comparative Evaluation of Particle Movement in a Ballast Track Structure Stabilized with Biaxial and Multiaxial Geogrids 등의 논문을 발행한 것으로 조사됨

❑ 다만, 국내의 ·외 모두 다수의 관련 논문을 발행하고 있는 저자는 눈에 띄지 않아 관련 연구개발에 대한 독보적인 기술력을 갖춘 연구자 또는 연구소 등은 나타나지 않고 있는 것으로 분석됨

3.1.5. 국내·외 주요 기관 동향

표 2-27. 국내·외 주요 기관

국내		국외	
소속기관	발행 건수	소속기관	발행 건수
한국철도기술연구원	11	University of Wollongong	5
서울과학기술대학교	5	Tongji University	3
한국건설기술연구원	4	Pennsylvania State University	3
충남대학교	3	Fuzhou University	3
한국도로공사	3	széchenyi istván university	3
금오공과대학교	3	Indian Institute of Technology Patna	3
-	-	Iran University of Science and Technology	3

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발에 관련한 논문의 저자들이 속한 기관을 살펴본 바, 국내 논문 의 경우, 11건의 논문을 발행한 저자들(배준현, 최찬용, 이일화, 김현기, 최규문)은 한국철도기술연구원 소속인 것으로 나타남. 다음으로 5건의 논문을 발행한 저자들(이규옹, 김자연, 조인규, 정재형)은 서울과학기술대학교 소속인 것으로 나타남

❑ 국외의 경우, 5건의 논문을 발행한 저자들(Buddhima Indraratna, Ngoc Trung Ngo, Sinniah K. Navaratnarajah)은 호주의 University of Wollongong 소속인 것으로 나타남. 그 외에도 많은 기관들(중국의 Tongji University, Fuzhou University, 미국의 펜실베니아 주립대학교 등)에서 관련 기술에 대한 논문이 발행되고 있는 것으로 나타남

4. 핵심특허 Matrix 분석

❑ 핵심 특허+논문을 동일 Matrix 내 Mapping해서 요소기술구성별 차별화된 특허 분석 솔루션을 도출함

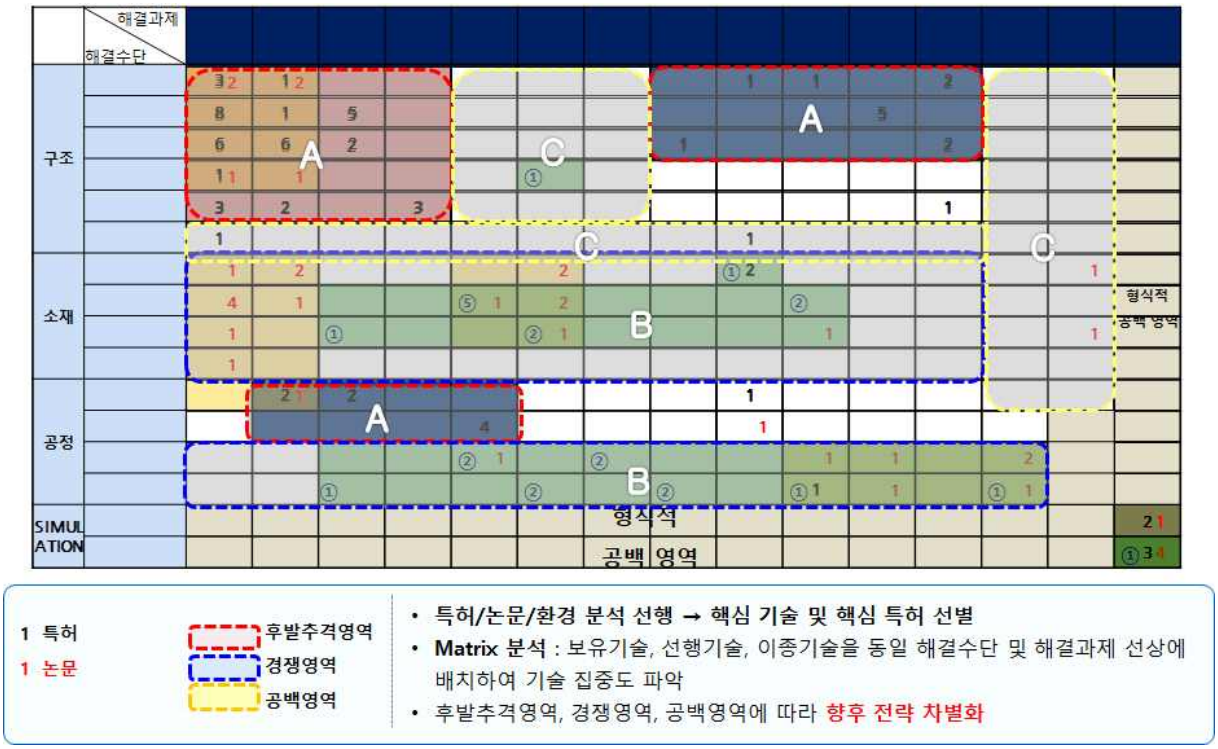


그림 2-67. Matrix 분석을 통한 특징 영역 분리

	A: 후발 추격 영역	B: 경쟁 영역	C: 공백 영역
침해 대응 전략	• 선행특허 다수 존재 • **선행기술에 대한 침해여부파악 중요** • **침해우려특허에 대한 회피설계안 수립 및 선행기술 탐색을 통한 특허무효화 방안 수립**	• 경쟁사를 중심으로 선행기술 다소 존재 • 선행기술에 대한 침해여부파악 중요 **침해우려특허에 대한 회피설계안 수립**	• 선행문헌이 존재하지 않는 선도 기술분야 • **침해 문제 없음**
R&D 방향	• **후발추격기술영역** • **독자적 기술 구성 확보 가능한 단기 R&D 방향 설정**	• **시장 진출과 기술 투자 혼재 영역** • 경쟁력이 높은 **유망기술 분야** 도출하여 **집중 연구하는 중기 R&D 방향 설정**	• **신규 기술 및 시장 영역** • **원천기술 개발을 위한 장기 R&D 방향 설정** • 시장 및 정책분석 필요
신규 IP 전략	• **신속한 출원으로 빠른 권리화** 필요 • 회피설계안으로 도출된 고유 구성을 중심으로 자사의 실시권 확보를 위한 **방어적 출원 전략** • 다수의 개량특허 확보를 통한 **Corss-liscencs 전략** 또는 **기술이전안** 제시	• 특징구성을 기반으로 등록 가능성 분석 • 회피설계구성으로 출원시 가능한 넓은 권리 범위를 갖되, **특허 등록 가능성을 높일 수 있는 방어적 출원 전략** • 특허 포트폴리오 설계로 해당 기술 특허장벽 형성 도모	• 선행기술 부재 • 독점배타적 권리 형성이 가능하도록 원천 특허 확보를 위한 **최대한 넓은 권리범위의 공격적 출원 전략** 제시 • 광범위한 특허 장벽 형성을 위한 **특허 포트폴리오 설계 매우 중요**
사업화 전략	• 경쟁기업의 **기술 포화영역** • **소규모 예산** 기준의 사업화	• 기업의 **시장 진출과 기술 투자 혼재 영역** • 사업화 시 경쟁력이 높은 유망기술 분야 도출하여 **집중 투자**	• **신규 기술 및 시장 영역** • 잠재 수요기업 발굴 등 새로운 사업 영역에 대한 **신규 사업화 모델 수립** 필요

그림 2-68. 요소 기술별 특징에 따른 분석 차별화

4.1.1. 핵심특허 선정 기준 및 선정 결과

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에 대한 특허심층분석을 위해 전체 유효특허 데이터 1,301건 중 기술적 유사도 및 기술적 중요성에 대한 특허적 판단 요소를 기준으로 중분류별로 각각 20건의 핵심 특허를 선정함

표 2-28 핵심특허 선정 기준

선정기준	내용
기술적 유사도	- 특허 청구 범위 및 기술적 유사도 검토 (※ 과제 연구자의 검토 및 확정 필수)
패밀리 특허 건수 / 패밀리 특허 국가수	- 패밀리 특허 건수 혹은 출원 대상 국가수가 많을수록 해당 기술에 대한 중요성 인식이 크다고 판단
자국외 특허	- 자국 외 특허 출원은 자국 출원 대비 비용 및 시간, 노력의 크기가 큼에 따라 중요한 기술로 판단 - 특히, 유럽(EPO) 및 국제(PCT) 특허는 향후 권리실시 대상 국가가 확대됨에 따라 기술에 대한 중요성 인식이 매우 크다고 판단
다출원 기준 주요 출원기관 보유	- 정량적으로 다수의 특허기술을 보유할수록 정성적으로 중요도가 높은 특허기술을 포함할 확률이 높은 것으로 판단
인용 및 피인용 횟수	- 인용도가 높은 특허는 다수의 연구에서 참고가 됨에 따라 중요성이 높은 기술로 판단 - 피인용이 적은 특허는 원천기술 가능성이 높은 것으로 판단 (※ 출원년도 대비 인용/피인용도를 고려)
거래 및 분쟁	- 거래 및 분쟁과 관련된 특허기술은 사업화 관점에서 중요한 기술로 판단
등록 여부	- 등록된 특허기술의 경우, 침해 등의 이슈가 발생될 수 있음 - 미등록된 특허기술의 경우, 침해 등의 이슈는 발생하지 않으나 기술적 유사도에 따라 신규 IP 창출 여부에 영향을 미치므로 과제 목적에 따라 핵심특허로 포함

4.1.2. 국가별, 출원인별 핵심특허 리스트

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 주요 핵심특허를 대상으로 권리분석을 위해 최근 약 10년간 출원된 특허를 대상으로 본 대상기술과 유사한 특허를 중분류별 20건을 선별하여 최종 80건의 특허를 선별하였으며, 선별된 특허들에 대한 핵심특허 matrix 분석을 진행함

표 2-29. 분석 대상 특허 리스트

NO	출원국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술분류
1	KR	2014-0005365	연약지반에 시공된 보강노반 구조물 및 그 시공방법	한국철도기술연구원	AA
2	KR	2015-0091843	철도 선로 운행 중 도상 개량 시공장치	서울메트로	AA
3	KR	2018-0172945	다짐성능이 향상된 타이템퍼	프라임씰㈜	AA
4	KR	2019-0019263	도상 개량용 모노블럭 및 그의 시공방법	주식회사 태명실업	AA
5	KR	2019-0149947	자갈궤도의 급속개량에 적합하게 사용될 수 있는 콘크리트궤도 시공방법 및 이를 위한 콘크리트 슬래브 지지장치와 철도 부설장치	주식회사 에스코알티에스	AA
6	KR	2010-0096857	구형 철도 분기기의 개량을 위한 탄성식 포인트부를 갖는 철도분기기	한국철도공사	AA
7	KR	2010-0009707	개선된 구조의 방진체결장치 받침이 적용된 콘크리트 도상 선로	조경호	AA
8	KR	2015-0159434	강재침목 및 이를 이용한 철도차량의 검수비트 개량 시공방법	빌트원 주식회사	AA
9	KR	2015-0091842	철도 선로 운행 중 도상 개량 공법	서울메트로	AA
10	KR	2013-0149092	크레인 레일 개량형 클립	영중산업 주식회사	AA
11	KR	2012-0056759	개량형 철도교량 리모델링 구조 및 이의 시공방법	주식회사 충주레미콘	AA
12	KR	2015-0156539	열차 운행을 고려하여 철도궤도를 개량하기 위한 급속경화궤도용 콘크리트 장침목 블록의 시공 방법	한국철도기술연구원	AA
13	JP	2010-220861	노반 개량 공법	SUMITOMO CEMENT CO LTD	AA
14	JP	2016-117974	지반 개량 방법	TAISEI ROTETSUKU KK	AA
15	JP	2016-095410	인공 밸러스트 및 도상과 그 개량 공법	철도종합기술연구소	AA
16	JP	2017-221957	노반 개량 공법	철도종합기술연구소	AA
17	JP	2018-087637	노반 개량 공법	TAISEI ROTETSUKU KK	AA
18	JP	2010-174385	성력화 궤도의 보수 개선 공법 및 보수 개선 장치	동일본여객철도	AA
19	JP	2011-2211	개량지반, 및 그 시공 방법	AKANEYA SHOTEN	AA

NO	출원 국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술 분류
		61		KANAMONOBU:KK	
20	JP	2016-095410	인공 밸러스트 및 도상과 그 개량 공법	철도종합기술연구소	AA
21	KR	2011-0001575	단부 격벽 일체형 피에스씨 거더를 이용한 반일체식 교대 교량의 급속 시공방법	(주)지승컨설턴트	AB
22	KR	2012-0014184	상부교대 및 하부교대의 회전 변위를 허용하는 반일체식 교대	충남대학교산학협력단	AB
23	KR	2014-0103865	단부 다이아프램을 구비한 강거더 및 이를 이용한 반일체식 교량 시공방법	김은정	AB
24	KR	2014-0091230	강재를 이용한 반일체식 교대 교량의 단부 구조물 및 이의 시공방법	에스지신성건설 주식회사	AB
25	KR	2014-0060480	프리캐스트 교대흉벽을 이용한 반일체식 교량 및 그 시공방법	주식회사 에이스이엔씨	AB
26	KR	2015-0062599	반일체식 교량용으로 제작된 pf 강합성빔 및 이를 이용한 반일체식 교량 시공방법	고은엽	AB
27	KR	2018-0161191	단부받침 돌출부재를 갖는 강판형 거더 및 이를 이용한 무조인트교량 시공방법	(주)지승씨앤아이	AB
28	KR	2017-0054933	프리스트레스트 무교대 교량법	주식회사 운정	AB
29	KR	2010-0021928	흉벽이 구비된 반일체식 교대 교량	(주)서울엠에스	AB
30	KR	2016-0074752	인장 및 압축 보강재가 형성된 t형 복합거더를 이용한 무조인트 교량의 시공방법	(주)지승컨설턴트	AB
31	KR	2018-0161193	단부확장 돌출플랜지와 받침 콘크리트 블럭을 갖는 강거더 및 이를 이용한 무조인트교량 시공방법	(주)지승씨앤아이	AB
32	KR	2017-0031628	기존 교량 무조인트화 시공방법	한국도로공사	AB
33	KR	2017-0058916	교대-말뚝 결합부에 회전수용장치를 갖는 일체식 교대교량	(주)아이오컨스텍	AB
34	KR	2017-0060111	프리캐스트 바닥판-보강철근 결합체와 지지판을 이용한 h말뚝과 콘크리트 교대 구조체의 일체화 구성을 가지는 일체식 교대 및 그 시공방법	주식회사 인터컨스텍	AB
35	KR	2018-0119484	무조인트 신축이음장치 및 그 시공 방법	김윤기	AB
36	KR	2017-0127791	단부벽체의 성능을 향상시킬 수 있는 psc빔 및 이를 이용한 반일체식 교대 교량 시공방법	(주)천마기술단	AB
37	KR	2016-0003414	상부 충전 플랜지 튜브를 갖는 하이브리드 거더 및 이를 이용한 무조인트 교량의 시공방법	(주)엔테이지	AB
38	JP	2014-246881	철근 콘크리트상판을 이용한 교량에서 연결 구조 및 철근 콘크리트상판을 이용한 기설 교량에서 연결 공법	HANSHIN EXPRESSWAY CO LTD	AB

NO	출원국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술분류
39	JP	2013-241368	교량상판용 이음매 금구	ORIENTAL KENSETSU KK	AB
40	US	16-641575	Method for producing an integral bridge, and integral bridge	TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN	AB
41	KR	2011-0020741	궤도용 레일 매립형 프리캐스트 콘크리트 슬래브 패널	(주)청도코퍼레이션	AC
42	KR	2014-0164140	무죠인트 폴리싱 바닥슬래브 방법	한국섬유특수건설주식회사	AC
43	KR	2015-0183845	연속지지 슬래브용 일체형데크	(주)오메가코스틸	AC
44	KR	2015-0134212	플로팅 슬래브용 프로파일러 일체형 지수체 및 이를 이용한 플로팅 슬래브 구조체와 그 시공방법	주식회사 포스코건설	AC
45	KR	2016-0157097	교대상부 무조인트 슬래브 교량구조	(주)지비건설	AC
46	KR	2017-0147843	주강제 격점과 프리캐스트 슬래브를 이용한 강-콘크리트 복합 하이브리드 일체형 연속교 시스템 및 그 시공법	(주) 선구엔지니어링	AC
47	JP	2017-120051	프리캐스트 콘크리트 바닥판의 접속 구조 및 접속 방법	OHBAYASHI CO	AC
48	JP	2012-022564	교량에서 콘크리트 바닥판단의 이음매 구조	BIRUDORANDO:KK	AC
49	JP	2010-162822	루프 모양 이음매 붙어 프리캐스트 상판의 연결 방법 및 연결 구조	ORIENTAL KENSETSU KK	AC
50	JP	2012-261409	프리캐스트 상판의 고정 구조	NIPPON SHARYO SEIZO KAISHA LTD	AC
51	JP	2012-053065	샌드위치형 복합상판 패널을 이용한 상판 구조	YOKOGAWA SUMIKIN BRIDGE CORP	AC
52	JP	2013-050839	교량용 콘크리트 프리캐스트 상판의 시공 방법	KUMAGAI GUMI CO LTD	AC
53	JP	2018-156157	콘크리트제 프레캐스토상판의 이음매 구조	TODA CONSTR CO LTD	AC
54	JP	2010-230082	교량상판의 시공 방법과 프리캐스트 상판의 이음매 구조	YOKOGAWA KOJI KK	AC
55	JP	2010-206776	프리캐스트 상판 및 그 가설 방법	ORIENTAL KENSETSU KK	AC
56	JP	2011-235885	프리캐스트 상판과, 그 이음매 구조 및 연결 방법	서일본고속도로	AC
57	JP	2011-147213	콘크리트 바닥판의 접합 구조	TAISEI CO	AC
58	JP	2011-144600	합성상판의 이음새 장치	IHI CO	AC
59	JP	2013-124270	프리캐스트 콘크리트 바닥판의 접속 구조	KAWADA KENSETSU KK	AC
60	JP	2014-246881	철근 콘크리트상판을 이용한 교량에서 연결 구조 및 철근 콘크리트상판을 이용한 기설 교량에서 연결 공법	HANSHIN EXPRESSWAY CO LTD	AC
61	KR	2014-0095	궤도틀림 검측장치	한국철도기술연구원	AD

NO	출원 국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술 분류
		067			
62	KR	2014-0038196	충격완화층을 이용한 콘크리트궤도 노반침하 복구방법	(주)승화기술정책연구소	AD
63	KR	2014-0020799	콘크리트 궤도의 침하 복원 장치	주식회사 케이씨씨건설	AD
64	KR	2016-0166308	철도용 자갈도상의 안정화 방법	주식회사 엠앤이알	AD
65	KR	2015-0178067	실시간 궤도거동 모니터링이 가능한 멤스 일체형 프리캐스트 콘크리트 슬래브 패널 및 그 제조방법	한국철도기술연구원	AD
66	KR	2015-0029250	철도 콘크리트 도상 균열방지 침목 시공방법	전명희	AD
67	KR	2019-0070429	철도레일 침하 감지 시스템	강원길	AD
68	KR	2019-0010969	교량 안전 모니터링 시스템 구축용 상황 진동 감지 전자식 멀티 센서 모듈	(주)비트버스	AD
69	KR	2017-0014904	철도 레일용 보강장치 및 그 관제 시스템	김태준	AD
70	KR	2017-0057495	레일 지지대, 이를 이용한 레일 변위량 측정장치 및 레일 변위량 계측 시스템	주식회사 로텍인스트루먼트	AD
71	KR	2017-0171200	받침부 변위궤적 추적을 통한 교량거동 모니터링 장치	씨에스글로벌 주식회사	AD
72	KR	2016-0155451	침목 침하감지장치	주식회사 누림	AD
73	JP	2012-230009	철도 레일 파단 검출 장치 및 방법	TOKYO KEIKI INC	AD
74	JP	2013-190123	궤도 변위 측정장치	SAKATA DENKI KK	AD
75	JP	2013-179841	레일 검사 장치	서일본고속도로	AD
76	JP	2014-134822	이상 판정 장치, 데이터 송신 장치 및 이상 판정 시스템	NIPPON SIGNAL CO LTD	AD
77	JP	2018-072876	이상 진단 장치 및 프로그램	철도종합기술연구소	AD
78	JP	2013-026079	궤도 변위 억제 방법 및 궤도 변위 억제 구조	철도종합기술연구소	AD
79	JP	2019-212925	유간 이상을 가지는 교량의 진단 장치 및 진단 방법	주식회사구연엔지니어링	AD
80	US	15-826780	System and method for inspecting a rail using machine learning	Sperry Rail Holdings, Inc.	AD

4.1.3. 핵심논문 리스트

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 관련 최근 약 10년간 발행된 논문들 중 본 과제기술과 유사한 논문을 중분류별 10건씩 선별하여 최종 40건의 논문을 선별하였으며, 선별된 논문들에 대한 핵심특허 matrix 분석을 진행함

표 2-30. 핵심 논문 리스트

No	명칭	제1저자	출처	소속	출원연도	기술분류
1	토공노반의 침하억제성능 향상을 위한 설계기준 개선 방안	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AA
2	수치해석을 통한 철도노반 접속부 지지강성 최적화 방안	조일규	한국방재학회	이원이앤지	2012	AA
3	비용절감을 위한 철도교대 설계의 개선방향	최찬용	한국지반신소재학회	한국철도기술연구원	2016	AA
4	보강레일 및 도상안정제에 의한 교량-토공 접속부 개선효과 연구	이규옹	한국철도학회	서울과학기술대학교	2013	AA
5	이동하중을 고려한 교량/토공 접속부 보강방안별 변형특성 평가	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2010	AA
6	경량콘크리트를 이용한 구조물 접속부 적용성에 관한 연구	조인규	한국철도학회	서울과학기술대학교	2010	AA
7	고속철도 열차 증속에 따른 접속부 거동특성 분석	박효성	한국철도학회	주한엔지니어링	2011	AA
8	시공특성을 반영한 철도교 접속부 거동에 관한 연구	정재형	한국철도학회	서울과학기술대학교	2012	AA
9	고속철도 토공노반궤도 잔류침하량 정확도 개선을 위한 연구	한상재	한국철도학회	지구환경전문가그룹	2017	AA
10	Application of rubber mats in transition zone between two different slab tracks in high-speed railway	Tao Xin	Construction and Building Materials	Beijing Jiaotong University	2020	AA
11	단부격벽 일체형 PSC거더를 사용한 반일체식 교량공법(BIB거더공법)	박종면	대한토목학회	지승컨설턴트	2016	AB
12	무조인트 보수공법의 현장 적용성 검증	김정호	한국구조물진단유지관리공학회	한국건설기술연구원	2019	AB
13	기계식 신축이음을 대체할 수 있는 무조인트 보수공법 시범시공	김정호	대한토목학회	한국건설기술연구원	2017	AB
14	공사기간 단축을 위한 신형식 인테그럴 브릿지의 소개:PIC 거더교	이상윤	한국강구조학회	한국건설기술연구원	2011	AB
15	일체식 강교량의 거더-교대 연결부 상세의 거동평가를 위한 실험적 연구	김상효	한국강구조학회	연세대학교	2011	AB
16	Experimental study on ultra-high ductility cementitious composites	Mengjun Hou	Composite Structures	Tongji University	2018	AB

	applied to link slabs for jointless bridge decks					
17	Behavior of FRP Link Slabs in Jointless Bridge Decks	Aziz Sabe	Advances in Civil Engineering	Louisiana Tech University	2012	AB
18	Analysis and Design of Link Slabs in Jointless Bridges With Fibre-Reinforced Concrete	Yu Hong	UWSPACE	University of Waterloo	2014	AB
19	Thermal property analysis and applications of GFRP panels to integral abutment bridges	B. Kong	Engineering Structures	Louisiana State University	2014	AB
20	Bridge Decks with Precast UHPC Waffle Panels: A Field Evaluation and Design Optimization	Ebadollah Honarvar	Journal of Bridge Engineering	Iowa State Univ.	2016	AB
21	고강도 강섬유보강콘크리트를 적용한 프리캐스트 바닥판 이음부의 구조성능 평가	이한주	한국구조물진단유지관리공학회	단국대학교	2017	AC
22	프리텐션 반두께 바닥판을 갖는 바닥판의 구조성능 평가	김동욱	대한토목학회	중앙대학교	2014	AC
23	GFRP 교량 바닥판의 정적거동에 관한 연구	지효선	구조물진단학회	대원대학교	2011	AC
24	교량바닥판의 동적 변형률 응답을 이용한 민감도 기반 BWIM 시스템	김병화	한국소음진동공학회	경남대학교	2010	AC
25	FRP바닥판을 갖는 콘크리트합성형교의 설계 - 설계방법, 바닥판설계 및 연결부 상세	지효선	한국복합신소재구조학회	대원대학교	2016	AC
26	Application of ductile fiber reinforced cementitious composite in jointless concrete pavements	Jun Zhang	Composites Part B: Engineering	Tsinghua University	2013	AC
27	Development of Flexible Link Slabs using Ductile Fiber Reinforced Concrete	Lárus Helgi Lárusson	Kgs. Lyngby	Technical University of Denmark	2013	AC
28	Development of high-performance fiber-reinforced link slabs for jointless bridge decks	Bryan Lum	University of Hawaii at Manoa	University of Hawaii at Manoa	2013	AC
29	Structural performance of CFRP reinforced ECC link slabs in jointless bridge decks	XIA Lipeng	Acta Materiae Compositae Sinica	Dongguan University of Technology	2019	AC
30	Investigation of the behaviour of flexible and ductile ECC	Y. Zheng	Construction and Building	Dongguan University	2018	AC

	link slab reinforced with FRP		Materials	of Technology		
31	이동평균법을 이용한 궤도틀림 분석기법 연구	조한권	한국철도학회	코레일공항철도	2014	AD
32	차량의 동적 특성 분석을 통한 궤도틀림 식별	김성용	한국철도학회	코레일공항철도	2010	AD
33	웨이브렛 전달함수를 이용한 궤도틀림 식별	신수봉	한국철도학회	인하대학교	2010	AD
34	노반 침하 억제와 복원을 위한 자가침하복원모듈의 3차원적 거동에 관한 연구	김현기	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AD
35	자갈도상용 고탄성레일체결장치 개발	류기대	한국철도학회	삼표이앤씨	2015	AD
36	Detection of High-Speed Railway Subsidence and Geometry Irregularity Using Terrestrial Laser Scanning	Chun Liu	Journal of Surveying Engineering	Tongji University	2014	AD
37	Comparative Evaluation of Particle Movement in a Ballast Track Structure Stabilized with Biaxial and Multiaxial Geogrids	Shushu Liu	Journal of the Transportation Research Board	Pennsylvania State University	2017	AD
38	Polyurethane-based stabilization of railroad ballast	Dinesh Gundavaram	International Journal of Rail Transportation	Indian Institute of Technology Patna	2019	AD
39	Railway track irregularity and curvature estimation using doppler LIDAR fiber optics	Masood Taheri Andani	Journal of Rail and Rapid Transmit	Railway Technologies Laboratory	2016	AD
40	Prediction of railway track geometry deterioration using artificial neural networks: a case study for Turkish state railways	Hakan Guler	Structure and Infrastructure Engineering	University of Sakarya	2013	AD

4.1.4. 세부기술별 핵심 Matrix 분석

❑ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	친환경
공법	복합말뚝	1	1		1
	모노블록			1	
	강재침목	1			
	판형거더	1	AA-1		
	침하예측		1	1	
	내부마찰각		1	1	
	동적수치해석			3	
	어프로치 슬래브		AA-2		
	엔드스폰				
장치	수직버팀재	1			
	상하진동부	1			
	지반개량기	1	1	1	
	탄성장치	1	1	2	
	방진체결장치	1		1	
	레일지지장치	1			
소재	콘크리트소재	1		1 2	
	인공밸러스트			1	
	그라우토재	1	1		
	약액제	1	AA-3		
	지오텍스타일	1	1		
	혼합제	1	1	2 1	1
	고무매트			1	

기술명	범위 및 내용
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (AA)	• 접속부 도상, 노반 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 개발 (AA-1) • 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술 개발(AA-2) • 지하횡단구조물-토공부 성능개선 기술 개발(AA-3)

❍ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함

– 접속부 도상 노반, 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 개발(AA-1)의 경우, 도상, 노반 설계 개량 및 개선기술과 관련된 특허와 논문이 존재하고 있으므로 관련 특허와 논문을 분석하여 본 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음. 지하횡단구조물-토공부 성능개선 기술(AA-3)의 경우, 다양한 소재를 활용해 접속부의 성능을 개선하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로 관련 특허와 논문을 분석하여 본 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음

– 다른 세부기술로는 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술 개발(AA-2)이 있음. 이 세부기술은 핵심특허 Matrix에서 관련된 특허 및 논문이 나타나지 않는 공백영역이므로 연구개발을 통해 원천기술을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

❑ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	저소음
공법	거더	1 1	2 2	2 1	
	구조	1	2	2	
	강재	3	2	2	1
	돌출부재	2	2	1	
	바닥판	1	AB-2		1
	억지끼움			1	
	부모멘트	1		1	
	PSC빔	1		1	
	프리캐스트	1	1		
	NJBR		AB-4 1		
	동적응답 분석		AB-3		
장치	다이아프램	1	1		
	이음매공구			1	
	회전수용장치			1	
소재	전단연결재			1	
	FRP		AB-1	2	
	고성능 콘크리트			3	

기술명	범위 및 내용
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반이체식 철도교량 기술 (AB)	• 반일체식 철도교 접속부 구성 도출(AB-1) • 반일체식 철도교 설계기술 개발(AB-2) • 반일체식 철도교 동적응답 분석 기술 개발(AB-3) • 실대형 시험 및 현장시공을 통한 성능평가 및 시공지침 개발(AB-4)

❍ 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함

– 반일체식 철도교 접속부 구성 도출(AB-1)의 경우, 다양한 소재를 사용해 철도교 접속부의 구성을 설계하는 관련 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음. 반일체식 철도교 설계기술 개발(AB-2)의 경우, 다양한 방법을 이용하여 반일체식 철도교를 설계하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음. 실대형 시험 및 현장시공을 통한 성능평가 및 시공지침 개발(AB-4)의 경우, 프리캐스트 구조나 NJBR을 현장시공에 적용하여 성능을 평가하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음

– 다른 세부기술로는 반일체식 철도교 동적응답 분석 기술 개발(AB-3)이 있음. 이 세부기술은 핵심특허 Matrix에서 관련된 특허 및 논문이 나타나지 않는 공백영역이므로 연구개발을 통해 원천기술을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

❑ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판기술(AC)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	저소음
공법	이음매 철근	1		2	
	상판	3		1	
	강재	1	1	1	1
	샌드위치 구조	1	AC-2		
	일체형 지수체	1			
	루프이음방식			1	
	BWIM	1			
	거동해석 기술		AC-1		
	장기성능		AC-4		
장치	이음매	2	2		
소재	섬유	1	1	2 2	
	합성수지	1 2		1 6	1
	경화성재료	1	1 AC-3		
	그라우토재	2	1	1	1
	충진재	1	1		
	충전제	1			

기술명	범위 및 내용
철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술 (AC)	• 프리캐스트 교대 접속부 및 연결바닥판 거동 해석기술 개발(AC-1) • 철도교용 연결바닥판 설계법 개발(AC-2) • 연결바닥판용 고인성 콘크리트 재료 개발(AC-3) • 연결바닥판 시공지침 개발 및 장기성능 개발(AC-4)

❍ 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기술(AC)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함

– 철도교용 연결바닥판 설계법 개발(AC-2)의 경우, 다양한 방법을 활용해 철도교용 연결바닥판을 설계하는 관련 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음. 연결바닥판용 고인성 콘크리트 재료(AC-3)의 경우, 섬유, 합성수지 등 다양한 소재를 이용하여 연결바닥판용 고인성 콘크리트 재료를 개발하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음

– 다른 세부기술로는 프리캐스트 교대 접속부 및 연결바닥판 거동 해석기술 개발(AC-1), 연결바닥판 시공지침 개발 및 장기성능 평가(AC-4)이 있음. 이 세부기술은 핵심특허 Matrix에서 관련된 특허 및 논문이 나타나지 않는 공백영역이므로 연구개발을 통해 원천기술을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

❑ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	정확성
공법	궤도틀림 원인분석		AD-1		
	광조사		1		1
	인공지능		1		1
	초음파		1		
	IoT		1		
	온도변화측정	1			
	이동평균법				1
	웨이브렛변환				1
장치	플랫잭	1	AD-2		1
	카메라		1		
	롤러			1	
	발전장치				1
	감지부	1	2	3	4 1
	말뚝			1	
	레일체결장치	1	1	1	
	지상파레이저스캐닝				1
	LIDAR				1
소재	충격완화층	1	1	1	
	폴리우레탄	1	1	AD-3 1	
	주입재			AD-4	
	지오그리드			2	

기술명	범위 및 내용
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 (AD)	• 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 분석 기술 개발(AD-1) • 열차-궤도 동적 상호작용 데이터가 고려된 구조물-토공 접속부 궤도 틀림 탐지 및 예측 기술 개발(AD-2) • 첨단 신소재 활용 운영선 접속부 침하 복원 기술 개발(AD-3) • 자갈궤도 다짐 작업 후 자갈궤도 안정화 촉진 기술 개발(AD-4)

○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함

– 열차-궤도 동적 상호작용 데이터가 고려된 구조물-토공 접속부 궤도틀림 탐지 및 예측 기술 개발(AD-2)의 경우, 감지부나 센서 등 다양한 장치를 활용해 궤도의 이상유무를 감지하는 관련 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음. 첨단 신소재 활용 운영선 접속부 침하 복원 기술 개발(AD-3), 자갈궤도 다짐 작업 후 자갈궤도 안정화 촉진 기술 개발(AD-4)의 경우, 폴리우레탄, 지오그리드 등 다양한 소재를 이용하여 침하를 복원하거나 자갈궤도를 안정화하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로, 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음

– 다른 세부기술로는 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 분석 기술 개발(AD-1)이 있음. 이 세부기술은 핵심특허 Matrix에서 관련된 특허 및 논문이 나타나지 않는 공백영역이므로 연구개발을 통해 원천기술을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

5. 시사점

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에 대한 특허, 논문, 국내외 주요 기관과 산업체의 기술 동향을 종합한 바, 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기에는 주로 미국에 의해 출원이 나타나다가, 1990년부터 미국의 출원이 줄어들고 주로 일본에 의한 출원이 진행되고 있으며 이러한 동향은 최근까지도 이어지고 있음

❍ 한국은 2000년대에 들어서야 본격적으로 관련 기술에 대한 연구개발이 진행되고 있으며, 최근까지 빠른 속도로 출원건수가 증가하여 일본 다음으로 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타남

❑ 현재까지 일본이 시장을 선도하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 대부분의 출원인들이 자국위주의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남

❍ 오스트리아 국적의 Plasser & Theurer과 같은 일부 출원인들은 글로벌 지재권을 확보하기 위해 자국뿐만 아니라 다른 국가들에서도 활발한 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남

❍ 관련 기술을 출원할 경우, 이런 출원인들이 보유한 특허들을 자세히 살펴볼 필요가 있을 것으로 판단됨

❍ 현재 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술에 대한 성장단계는 그래프 상에서 출원인수와 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로, 성장기로 해석할 수 있으며, 세부 기술 분야에서도 신규 출원인들이 계속해서 시장에 진입하고 있는 것으로 분석됨

❑ 본 대상기술에 있어 세부기술 중 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화(AA)은 다른 세부기술들인 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술(AB), 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술(AC), 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술(AD)에 비해 관련된 출원이 상대적으로 미흡한 것으로 조사됨

❑ 전 세계적으로 본 대상기술에 대한 기술개발은 산업계의 출원인들의 비중이 높은 것으로 나타나지만, 기술을 다량 보유하고 있는 출원인들은 주로 정부산하의 연구단체들로 나타나 이들이 대상기술에 대한 원천기술을 보유하고 있을 것으로 판단됨

❑ 따라서, 본 대상기술에 대한 기술개발을 위해서는 일관성 있고 지속적인 정부의 투자 및 정책이 필요하며, 이를 통해 기업들의 적극인 참여를 유도할 수 있음. 그 후 구체적이고 장기적인 기술개발 로드맵 수립을 통해 한국의 상황에 맞는 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발을 위한 적극적인 R&D가 필요한 상황임

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표 설정

1. 비전 및 목표

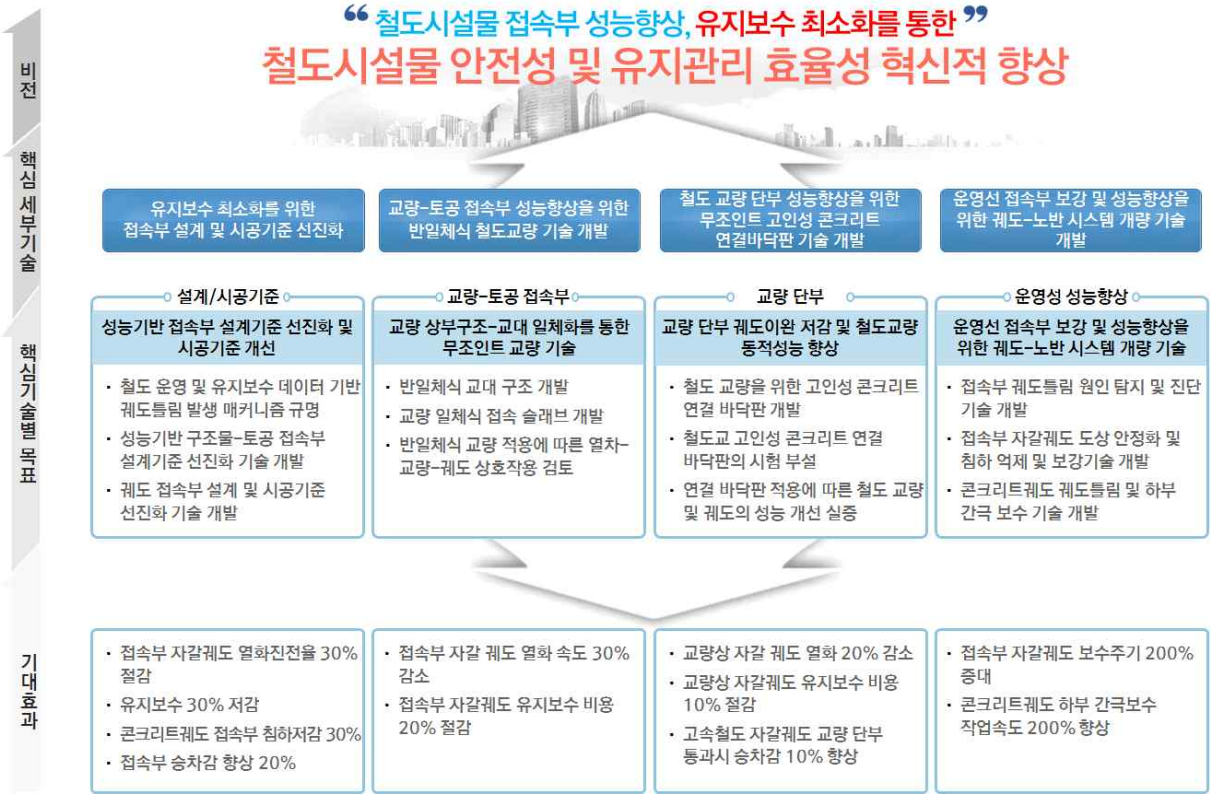


그림 3-1. 비전 및 목표

❑ SWOT 분석을 통한 연구개발과제 설정 근거

○ 앞서 분석한 내용을 토대로 강점, 약점, 기회, 위협의 4가지 관점의 요인을 도출하고 이에 따른 SWOT 분석을 통한 본 연구개발과제의 전략 방향을 제시

○ 국내외 궤도틀림으로 인한 유지보수, 사고 현황, 접속부 관련 현황 및 이슈 분석, 정책, 시장, 기술 환경 및 동향 분석, 기존 유사과제 분석 등을 통한 SWOT 요인 도출

○ 각 요인에 대한 종합 분석 결과 전략 방향 설정

표 3-1. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발 과제 SWOT 분석 결과

구 분		강점(S)	약점(W)
		■ 사고위험원 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적, 예방적 유지관리의 법제도적 기반 확보 및 도입 ■ 철도기술연구사업 등 선행사업을 통한 과제단위 철도 접속부 관련 기초응용 연구 및 기술개발 역량 마련	■ 국내 전체 궤도 연장의 82%가 유지보수가 필연적인 자갈궤도이며, 구축 계획된 신선 대부분이 자갈궤도로 건설 예정으로 지속적인 유지보수 및 손실비용 발생 예상 ■ 개별 과제 단위 R&D 추진에 따른 성과연계 및 현장 적용 한계
기회 (O)	■ 철도 고속화, 수송량 증가 계획에 따른 철도망 지속적 확충 및 신남방 국가 철도 인프라 시장 확대 전망 ■ 안전하고 이용하기 편리한 철도인프라 조성에 따른 철도운행 안전성 강화 정책 추진	**SO전략(강점-기회)**	**WO전략(약점-기회)**
		■ 현 법제도적 기반을 뒷받침하기 위한 Top-down 방식 R&D 추진 ■ 철도운행 안전을 위한 유지보수 원인 원천적 대응 기술 개발 추진	■ 자갈궤도 유지보수 원천적 대응 신기술 개발 및 적용을 통한 신설선 유지보수 비용 감소 및 해외시장 진출 기반 확보 ■ 정부(정책)-연구자(R&D)-운영사 및 건설사(수요활용)의 성과활용지원 협의를 위한 소통 체계 확보
위협 (T)	■ 철도시설 노후화 심화, 유지보수 인력의 감축 등 철도 운영 환경 위협요인 확대 ■ 높은 열차운행밀도, 대피 및 우회선 부재 등 접근 한계 현장 특성으로 유지보수가 어려우며 열차운행 지연, 중단으로 인한 대규모 사회적 피해 확산 가능	**ST전략(강점-위협)**	**WT전략(약점-위협)**
		■ 유지보수 취약구간에서 유지보수 원인이 원천적으로 제거된 신설선 대응 기술로 철도기술 고부가 가치화 ■ 운행현장 제약조건 문제해결을 위해 선행연구와 연계활용을 통한 현장적용, 실증단계(TRL 8) 성과 창출	■ 철도 운영 환경 내 위협요인 정보수집, 진단, 분석을 통해 문제 해결을 위한 접속부 성능상상 기술 개발 ■ 운행 현장 특성을 고려한 운영선 접속부 대응 기술 개발 및 적용

❑ 4대 과제 추진 전략 도출

❍ (SO) 철도 고속화, 수송량 증가 계획에 따른 철도망 지속적 확충과 신남방 국가 철도 인프라 시장 확대 및 안전성 향상을 위해 정부가 노력하고 있으나 제도 개선을 위한 기술개발 연계가 미흡하므로 제도적 지원을 위한 개술개발 방향 설정 및 추진 필요

❍ (ST) 철도시설 노후화 심화, 유지보수 인력의 감축 등 철도 운영 환경 위협요인 확대 등의 문제 해결을 위해 유지보수 취약구간에서 유지보수 원인이 원천적으로 제거된 대응 기술 개발 및 선행연구와 연계활용을 통한 현장적용, 실증단계(TRL 8) 성과 창출 필요

❍ (WO) 자갈궤도 유지보수 원천적 대응 기술 개발의 현장 적용 및 해외시장 지출을 위

한 기술개발성과물의 활용성 제고 관점의 연구개발 추진체계 마련 요구

❍ (WT) 국내 철도 인프라 유지보수 위협요인 등 유지보수 취약개소 성능향상 기술 개발 필요성에 대한 정밀한 요인 분석 기반의 문제 해결형 R&D 계획 수립이 시급

표 3-2 SWOT 분석에 따른 연구개발과제 추진전략 도출

	SWOT 전략	연구개발과제 추진 전략
SO	■ 현 법제도적 기반을 뒷받침하기 위한 Top-down 방식 R&D 추진 ■ 철도운행 안전을 위한 유지보수 원인 원천적 대응 기술 개발 추진	국가차원의 철도망 확충 및 안전성 향상 정책 추진을 위한 연계성 강화
ST	■ 유지보수 취약구간에서 유지보수 원인이 원천적으로 제거된 신설선 대응 기술로 철도기술 고부가 가치화 ■ 운행현장 제약조건 문제해결을 위해 선행연구와 연계활용을 통한 현장적용, 실증단계(TRL 8) 성과 창출	유지보수 원천적 대응을 위한 접속부 성능향상 기술 개발 및 적용성 확대
WO	■ 자갈궤도 유지보수 원천적 대응 신기술 개발 및 적용을 통한 신설선 유지보수 비용 감소 및 해외시장 진출 기반 확보 ■ 정부(정책)-연구자(R&D)-운영사 및 건설사(수요활용)의 성과활용지원 협의를 위한 소통 체계 확보	기술개발성과물의 활용성 제고를 위한 연구개발과제 추진체계 마련
WT	■ 철도 운영 환경 내 위협요인 정보수집, 진단, 분석을 통해 문제 해결을 위한 접속부 성능샹상 기술 개발 ■ 운행 현장 특성을 고려한 운영선 접속부 대응 기술 개발 및 적용	국내 철도 운영 특성 기반 문제해결형 R&D 계획 수립

2. 기술개발에 따른 As-Is vs To-Be

❑ 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술의 미래상을 다음과 같이 제시함

그림 3-2. As-is vs. To-be

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'21년 수준	최종 목표수준	
	~'20	'21	'25~'26	'27~(종료이후)
궤도틀림 방지를 위한 seamless 기술 개발	▪ 접속부 지속적인 궤도틀림 발생 및 유지보수 수행 중 ▪ 교량단부 접속슬래브 철도교 적용실적 전무, 기초검토만 수행 ▪ 교량단부 영향감소를 위한 궤도 실용화 실적 전무 ▪ 지형특성, 접속부거동이 반영되지 못한 접속부 표준단면으로 설계	▪ 궤도틀림 방지를 위한 접속부 성능개선 연구 아이템 도출 ▪ 궤도틀림 방지를 위한 기술개발 로드맵 수립	▪ 궤도틀림 원천예방이 가능한 궤도구조, 신형식 교량, 설계법, 신재료 확보 ▪ 궤도안정화 측진공법 확보	▪ 접속부 성능향상 및 궤도틀림 원천예방 ▪ 선로 유지보수 선제적 대응을 통한 유지보수 비용 30% 감소
핵심유지보수 장비 국산화에 따른 효과	기획단계 (~'21) •구조물 접속부에서 과도한 궤도틀림 등의 열화 발생 •교량 단부회전에 의한 자갈교란, 승차감 저하 자주 발생 •접속부에서 과도한 유지보수 비용 발생	R&D 수행 ('22~'26) •선로유지보수 취약지점 분석 •궤도틀림 방지를 위한 접속부 성능 개선 설계법, 신공법, 신재료, 신형식 교량 개발 •운영선 보강 및 안정화 측진 공법 개발	기술개발 완료 후 ('27~) •접속부 성능향상 및 궤도틀림 원천예방 •접속구간 열차 서행운전 감소 및 열차 정시성 확보 •선로유지보수 선제적 대응 및 탈선방지를 통한 안전성 향상 •유지보수 비용 30% 감소 •교량단부 주행안전성 확보, 승차감 증진	

그림 3-3. As-is vs. To-be

○ 교량-토공 접속부, 교량 단부, 교량 신축이음부, 터널 접속부 등 상이한 철도 시설물이 접하는 개소(seam)는 궤도-구조물 상호작용으로 인해 궤도틀림 발생 가능성이 가장 높으며, 이는 선로의 주요 취약개소임

○ 구조물 접속부와 신축이음부에서 구조적 한계로 발생한 궤도틀림은 열차진동에 의해 주변지역으로 전파되고 궤도열화가 가속화되어 잦은 유지보수와 갱환 수행 필요

○ 국내 경부고속선 1단계의 경우, 280m 마다 구조물 접속부가 존재하며, 구조물 접속부와 신축이음부의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 전체연장의 36%인 교량구간 주변에서 61%의 유지보수 수행됨

❍ 미래에는 접속부 성능향상 기술을 통해 접속부 성능향상 및 궤도틀림 원천예방이 가능하고 이를 통해 선로 유지보수 선제적 대응과 탈선방지를 통한 안전성 향상이 가능할 것으로 기대됨. 또한 접속구간 열차 서행운전 감소 및 열차 정시성 확보가 가능할 것으로 보임

제2절 연구개발과제 도출 과정

1. 연구개발과제 추진 방향의 설정 과정

❑ 본 과제의 추진 방향 설정을 위해 국내외 궤도틀림으로 인한 유지보수, 사고 현황 및 이슈 분석, 대내외 환경분석(정책, 시장 등) 및 기존 R&D, 국내외 기술동향 등을 종합적으로 고려

❍ 국내외 궤도틀림으로 인한 유지보수, 사고 현황 및 이슈 분석을 통해 궤도틀림과 관련하여 국내에서 해결하지 못한 이슈, 긴급하게 해결해야 하는 이슈 등 발굴하고 기술적 해결방안 마련을 위해 검토

– 세부기술 도출에 앞서 공공성 위주의 철도구조물 관리 특수성을 고려한 전문성, 합리성, 사업 가능성을 확보하기 위해, 철도 운영기관 및 관리기관 관련 담당자, 철도인프라 및 건설 관련 전문가들의 현장애로와 기술수요를 검토

❍ 대내외 환경 및 동향 분석을 통해 국내외 정책 방향, 시장의 수요, 철도분야에 요구될 미래 전망을 급격한 변화 등 궤도 유지보수를 둘러싸고 있는 환경 및 기존 궤도틀림, 접속부 관련 R&D, 국내 기술수준 분석 등을 통해 과제 추진 방향성 및 기술개발 방향성 도출

그림 3-4. 연구개발과제 추진 방향 도출 과정

① 국내외 궤도틀림으로 인한 유지보수, 사고 현황 및 이슈 분석	② 국내외 동향 및 환경분석
⇒ 국내 궤도틀림으로 인한 유지보수, 사고 현황, 접속부 관련 현황 ⇒ 국외 궤도틀림으로 인한 유지보수, 사고 현황, 접속부 관련 현황 ⇒ 비교 분석을 통항 궤도틀림 방지 및 접속부 관련 이슈 도출	⇒ (정책) 과학기술 및 철도분야 R&D계획, 철도 유지관리 관련 법, 제도 분석 등 ⇒ (시장) 철도구조물 신규건설 및 유지관리 관련 시장의 수요, 투자 방향 검토 ⇒ (기술) 궤도틀림 방지 및 접속부 관련 기술동향 분석, 특허/논문 분석 및 기술수준 분석 등을 통한 공백기술 발굴 및 기술역량 검토
⇓	⇓
국내 궤도틀림 방지 및 접속부 이슈 발굴 및 기술적 해결방향 도출	**궤도틀림 방지 및 접속부 관련 분야 R&D 추진 방향성 및 기술개발 방향성 도출**
⇓	⇓
기획위원회 및 분과위원회, 자문위원회 등 산학연관 전문가 기반의 종합검토 및 의견 수렴	

2. 기술수요조사

❑ **(조사 목적)** 기술수요조사를 통한 궤도틀림 방지를 위한 기술개발 니즈를 파악

○ 「철도 인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발사업」기획 연구 수행을 위해 도출된 3개 중점분야*에 대한 연구개발 시급성/필요성 의견 수렴

* ① 궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술개발, ② 철도 노후시설물 급속개량기술 개발, ③ 철도레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발

○ (조사 대상) 철도학회, 한국도시철도학회 등 관련 학회 및 한국철도공사, 한국철도시설공단 등 철도운영기관, 기타 철도 분야 주요 전문가

○ (조사 기간) 2019년 12월 18일 ~ 2020년 01년 15일

○ (조사 방법) 학회 홈페이지 게재 및 이메일 회신

○ (조사 내용) 노후 철도 터널/교량 무차단 급속개량 기술 개발, 노후 철도 교량/터널 진단 및 개량수준 결정을 위한 기준 및 체계 구축의 2개 주요 과제별 기술수요조사 실시

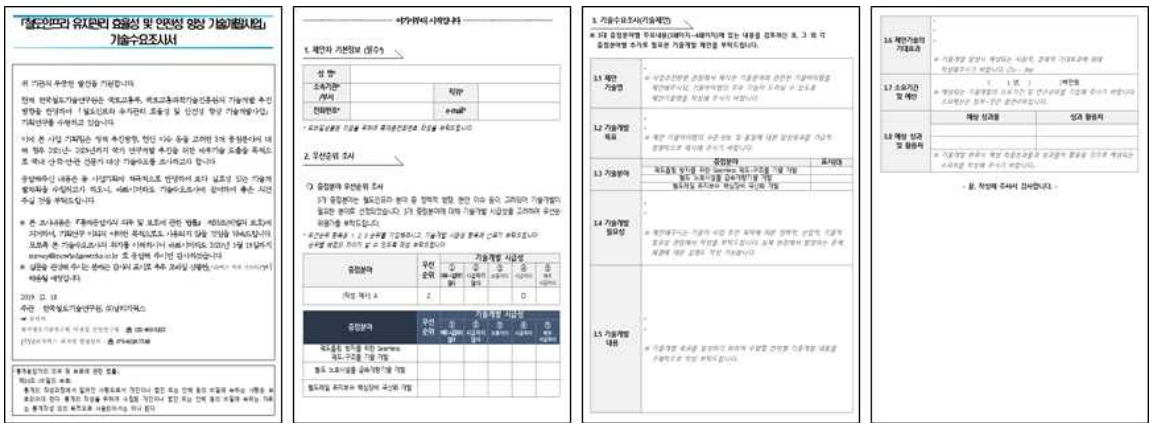


그림 3-5. 기술수요조사서

표 3-3. 기술수요조사 기술 분야

기술분야	세부기술 분야	
빅데이터 분석을 통한 선로유지보수 취약지점에 대한 문제점 및 원인 분석	궤도틀림 등 상태측정 및 상태평가 기술 개발	
	궤도틀림 예측기술 개발	
	통합 유지보수 플랫폼 구축	
궤도틀림 방지를 위한 구조물간 연결부 Seamless 기술 개발	궤도구조 개발	신형식 궤도 개발
		기 개발 구조의 실용화
		자갈궤도 안정화기술 개발
	신형식 교량구조 개발	
	지반 개량 및 보강법 개발	
	재료 개발	
	전체시스템 개발	
	설계기준 개선	

❑ (조사 결과) 총 40개의 기술수요가 발굴

○ (응답자 회신 결과) 기술수요조사의 회신은 총 40건이었으며, 응답자 소속을 산·학·연으로 구분한 결과, 13건(32.5%)의 응답자가 산업계(한국철도공사 등 운영기관 포함)였으

며, 연구계 17건(42.5%), 학계 10건(25.0%)을 회신

표 3-4. 기술수요조사 응답자 분석 결과

응답자 소속	회신 건수	비율 (%)
산	13	32.5
학	10	25.0
연	17	42.5
합계	40	100

○ 기술수요조사결과 궤도틀림 등 상태측정 및 상태평가 기술 개발, 궤도틀림 예측기술 개발, 궤도구조 개발, 기 개발 구조의 실용화, 자갈궤도 안정화기술 개발, 신형식 교량구조 개발, 지반 개량 및 보강법 개발, 재료 개발, 전체시스템 개발, 설계기준 개선 등의 다양한 분야에서의 기술 요구

표 3-5. 기술수요조사 제안기술 목록

기술 번호	제안기술명
1	구조물 배면부 진동방지 보강 기술 개발
2	궤도-교량 상호작용 저감을 위한 슬라이딩 궤도 실용화
3	지하횡단구조물-토공 접속부 성능개선을 위한 지지강성차 저감 기술 및 설계 기준 제정(안) 마련
4	고속 동적 궤도지지강성 측정시스템을 이용한 궤도 상태평가 기술
5	교량 단부 자갈궤도 열화 방지를 위한 프리캐스트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발
6	인공지능기반 궤도틀림 측정 및 예측 기술 개발
7	토공부 콘크리트궤도 틀림방지 기술
8	첨단 검측시스템을 이용한 자갈궤도 상태평가 기술개발
9	선로 취약개소 성능향상을 위한 자갈궤도 안정화 기술 개발
10	아스팔트 계열 재료에 의한 자갈궤도 기존선 유지보수 안정화 공법 개발
11	기포콘크리트 고기능성 철도 구조물 접속부 공법 개발
12	100m급 완전일체형 철도 교량 접속부 기술개발
13	분니, 침하, 궤도 파괴에 대응하여 열차 차단 작업이 필요없는, 첨단 신소재를 활용한 궤도 하부구조 급속 개량 및 보강 기술 개발
14	접속부 성능향상을 위한 건설 발생토 재활용 기술개발
15	기후변화대응 궤도노반 설계기준 정립 및 품질관리 기준 고도화 연구개발
16	기존선 개량을 위한 아스팔트 콘크리트 궤도 기술의 고도화 연구
17	빅데이터 갱신기법 기반 궤도틀림 예측기법 고도화
18	점진적 강성을 갖는 국산 고속철도 용 접속부 시스템 개발
19	궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술 개발
20	궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술 개발
21	딥러닝을 이용한 궤도 손상 프로그램 개발
22	BIM을 활용한 개량 시공시 구조물-설비 인터페이스 프로그램 구축
23	"1) 확률론기반 궤도결함, 잔존수명 예측 모델 및 유지보수 의사결정 시스템 개발 2) 구조물간 연결부 인터페이스 분석을 통한 설계단면 표준화"
24	접속부 성능 개선 위한 일체형 교대 구조 및 토공부 개선 기술 개발
25	궤도 및 열차의 동적 상호작용 데이터 기반 인공지능 활용 궤도 성능 평가 기술 개발

기술 번호	제안기술명
26	구조물간 접속부 내부결함 검측 기술개발(기존 과제 1-2와 연계)
27	디지털트윈 모델을 활용한 철도 궤도틀림 모니터링 및 예측
28	400km/h급 고속철도 궤도 장기 공용성(Long Term High Speed Railway Track Performance) 평가 시스템 구축
29	자갈도상 궤도 처짐 방지 엘라스틱 솔루션 개발
30	스마트 유지보수 데이터 통합 플랫폼 개발
31	궤도틀림 유지보수 효율화를 위한 증강현실 기술 적용 연구
32	접속부 성능개선을 위한 고강도/고인성 시멘트 복합체 개발
33	콘크리트 철도교량 상부구조 장기변형 평가기술 개발
34	허니컴 구조의 토목섬유체와 Multi-Layer 광폭침목을 이용한 자갈궤도 접속부 성능개선 연구
35	빅데이터 분석을 통한 철도시설 유지보수비의 효율적 활용방안 분석
36	궤도접속부(자갈~콘크리트궤도)의 궤도/차량의 상호작용 기준 강화 콘크리트궤도 구조물접속부(토노반~구조물) 궤도설계 기준 강화
37	제로-수축 콘크리트 궤도용 초고성능 섬유보강 콘크리트 개발
38	기존 철도교량의 성능복원 및 향상을 위한 구조계 변형 기술 개발
39	교량 접속부 거동 개선을 위한 접속부 구조 및 설계기준 개발
40	접속부 어프로치 블록 및 엔드스폰 구조 개선안 도출 접속부 성능개선을 위한 노반구성 재료 및 교대 접속부 설계기술 개발 지하횡단구조물-토공 접속부 성능개선 설계방안 도출

3. 후보과제 및 우선순위 도출

❑ 후보기술 조정을 위하여 기술분야별로 회신된 수요조사 결과를 기술분야별로 그룹핑하였으며, 그룹핑된 관련 기술수요 내용을 종합하여 후보기술 조정(안)을 도출

❍ 동일 기술수요 내 다수의 세부기술이 포함된 경우도 고려하여 항목별로 정리함

❍ 세부기술내용이 제안되어 있지 않거나, 아스팔트 궤도 고도화, BIM 관련 모니터링, 자산관리 등 동 사업범위가 아닌 수요기술은 제외함

표 3-6. 기술분야별 관련 기술 그룹핑

기술분야	세부기술 구분		조정방향
빅데이터 분석을 통한 선로유지보수 취약지점에 대한 문제점 및 원인 분석	궤도틀림 등 상태측정 및 상태평가 기술 개발		4, 6, 8, 18, 26, 33
	궤도틀림 예측기술 개발		6, 17, 21, 23, 25, 27
	통합 유지보수 플랫폼 구축		30
궤도틀림 방지를 위한 구조물간 연결부 Seamless 기술 개발	궤도구조 개발	신형식 궤도 개발	9, 34
		기 개발 구조의 실용화	2
		자갈궤도 안정화기술 개발	9, 10
	신형식 교량구조 개발		5, 12, 24, 38
	지반 개량 및 보강법 개발		7, 13, 24
	재료 개발		11, 13, 14, 32, 37
	전체시스템 개발		18
	설계기준 개선		3, 7, 15, 26, 36, 39, 40
기타			1, 16, 19, 20, 22, 28, 29, 31,35

❑ 도출된 후보기술 조정(안)으로 기획위원회(총괄, 분과)를 거쳐 후보과제 및 우선순위를 선정함

❍ 1차 분과위원회 ('20.4.7.) 결과, 분류체계 수정안

표 3-7. 1차 분과위원회 결과 후보기술 및 분류체계 수정안

중점기술	세부기술	
궤도틀림 탐지, 원인분석, 예측	탐지	취약부 원인 탐지
		현상 탐지
	분석 및 예측	
기존선 취약부 보강 기술	개별 요소 기술	
	통합 기술 (노반, 구조물 통합)	
신설선 seamless 기술	설계기준, 시방기준 개선	
	궤도구조, 교량구조 개발	

❍ 2차 분과위원회 ('20.7.6.) 결과 반영 후보기술 조정(안)

표 3-8. 2차 분과위원회 결과 반영 후보기술 조정(안)

중점분야	세부기술	기술 설명
(1) 유지보수 최소화를 위한 구조물-토공 접속부 궤도 및 노반 핵심기술	(1-1) 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화	운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 구조물-토공 접속부 도상, 노반 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술
	(1-2) 부등침하 저감을 위한 첨단 신소재 활용 접속부 노반지지력 강화 기술	초미립시멘트 및 유무기계 재료, 토목섬유체 등의 접속부 노반 적용을 통한 노반지지력 강화 기술
	(1-3) 교량-궤도 상호작용 영향 저감을 위한 무조인트(seamless) 슬라이딩 궤도 실증 연구	저마찰 슬라이드층을 통해 교량-궤도 상호작용을 획기적으로 저감시키는 신형식 궤도 형식의 실증
	(1-4) 지하횡단구조물-토공 접속부 지지강성차 저감 기술	비개착 구간 지하횡단구조물-토공부 노반 침하 최소화를 위한 성능개선 기술
(2) 교량-토공 접속부 및 교량 단부 성능향상 핵심기술	(2-1) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트(seamless) 교량 기술
	(2-2) 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상시킬 수 있는 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술
	(2-3) 교량-토공 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰	접속부 침하방지를 위한 어프로치 슬래브와 엔드스폰 구조 개선 기술

중점분야	세부기술	기술 설명
	구조 개선 기술	
	(2-4) PSC 철도교량 장기변형 예측 및 궤도틀림 대응 평가 기술	PSC 철도교량의 장기변형(솟음)과 이로부터 야기되는 궤도틀림 예측 및 평가 기술
(3) 운영선 유지보수 효율화를 위한 접속부 상태평가 및 성능향상 기술	(3-1) 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술	구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인의 요소별 원인 분석 및 탐지 기술
	(3-2) 열차-궤도 동적 상호작용을 고려한 접속부 부등침하 예측 기술	열차-궤도 동적 상호작용 데이터가 고려된 접속부 부등침하 예측 기술
	(3-3) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술	운영선 접속부 침하 복원 및 자갈궤도 다짐 작업 후 자갈궤도 안정화 촉진 기술을 포함하는 궤도-노반 시스템 개량 기술
	(3-4) 접속부 상태평가 및 보강 후 성능평가를 위한 지지강성 측정시스템 기술	운영선 접속부에 대한 정밀 상태평가 기술 및 성능평가를 위한 고속 동적 궤도지지강성 측정시스템

❍ 우선순위도출 자문 ('20.7.11.~17.) 결과

- 우선순위 평가 항목별로 가중치를 반영하여 합계점수를 계산함
- 각 항목별 가중치는 기술개발의 시급성/필요성 0.3, 개발기술 활용성 및 예상수요 0.3, 기술개발의 성공가능성 0.2, 기술개발 독창성 및 신규성 0.2와 같음

표 3-9. 우선순위도출 결과

순위	중점분야	세부기술	우선순위 점수
1	2	2-1. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	4.07
2	1	1-1. 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화	4.00
3	2	2-3. 교량-토공 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술	3.96
4	2	2-2. 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	3.91
5	3	3-3. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술	3.79
6	3	3-2. 열차-궤도 동적 상호작용을 고려한 접속부 부등침하 예측 기술	3.74
	3	3-4. 접속부 상태평가 및 보강 후 성능평가를 위한 지지강성 측정시스템 기술	3.74
8	2	2-4. PSC 철도교량 장기변형 예측 및 궤도틀림 대응 평가 기술	3.71
9	1	1-3. 교량-궤도 상호작용 영향 저감을 위한 무조인트(seamless) 슬라이딩 궤도 실증 연구	3.67
10	1	1-2. 부등침하 저감을 위한 첨단 신소재 활용 접속부 노반지지력 강화 기술	3.59
11	3	3-1. 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술	3.47
12	1	1-4. 지하횡단구조물-토공 접속부 지지강성차 저감 기술	3.20

❍ 분과위원회 최종자문결과 반영 기술구성(안)

표 3-10. 최종 기술구성

세부기술	세부기술 설명 및 연구내용
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	○ 운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 접속부 도상, 노반, 어프로치 슬래브, 엔드스폰 구조 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 - 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 - 성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 선진화 기술 개발 - 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	○ 교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트(seamless) 교량 기술 - 반일체식 교대 구조 개발 - 교량 일체식 접속 슬래브 개발 - 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토
철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	○ 교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상시킬 수 있는 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술 - 철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 - 철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 - 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 - 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 - 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 - 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발 - 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발

4. 중점추진과제 선정 및 과제구성

표 3-11. 중점추진과제 구성

세부기술	세부기술 설명 및 연구내용
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	○ 운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 접속부 도상, 노반, 어프로치 슬래브, 엔드스폰 구조 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 - 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 - 성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 선진화 기술 개발 - 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	○ 교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트(seamless) 교량 기술 - 반일체식 교대 구조 개발 - 교량 일체식 접속 슬래브 개발 - 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토
철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	○ 교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상시킬 수 있는 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술 - 철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 - 철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 - 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 - 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 - 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 - 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발 - 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발

5. 성과목표 및 성과지표

❑ 원천기술개발 및 현장적용 목적의 과제 특성을 고려하여 핵심기술에 대한 특허, 논문, 시제품제작, 성능검증을 위한 현장시험, 상용화를 위한 기술이전 등을 성과지표로 설정

표 3-12. 최종성과물 및 성과지표

구분	주요연구내용	최종성과물	성과목표(안)
1세부 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명	·접속부별 침하원인 및 궤도틀림 발생 매커니즘 ·성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 ·성능기반 구조물-토공 접속부 시공기준 및 재료	·특허 출원/등록 3건 ·논문 게재 5건 ·시제품제작 1건 ·설계기준, 시방서, 지침 4건 ·현장시험 및 검증 1건 ·기술실시계약 1건
	성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발		
	궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발		

구분	주요연구내용	최종성과물	성과목표(안)
		·궤도 접속부 설계기준 ·궤도 접속부 시공기준 및 재료	
2세부 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 개발	철도 교량-토공 접속부에 적용할 수 있는 반일체식 교대 개발 철도 교량-토공 접속부 교량 일체화를 위한 접속 슬래브 개발 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토	·철도교 반일체식 교대 ·철도교 일체형 접속 슬래브 ·철도교 반일체식 교량 설계 및 시공 지침	·특허 출원/등록 4건 ·논문 게재 7건 ·시제품제작 1건 ·설계기준, 시방서, 지침 4건 ·현장시험 및 검증 1건 ·기술실시계약 1건
3세부 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발	철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증	·철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 ·철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 설계 및 시공지침 ·성능향상 실증시험 결과	·특허 출원/등록 4건 ·논문 게재 7건 ·시제품제작 1건 ·설계기준, 시방서, 지침 4건 ·현장시험 및 검증 1건 ·기술실시계약 1건
4세부 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발	·접속부 궤도틀림 진단 장비 및 평가 기준 ·운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술(재료, 시공장비, 시공기술) ·접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술(재료, 장치, 시공) ·콘크리트궤도용 높이조절형 심패드 ·콘크리트궤도 하부 간극 보수기술(재료, 시공장비)	·특허 출원/등록 6건 ·논문 게재 4건 ·시제품제작 2건 ·설계기준, 시방서, 지침 1건 ·현장시험 및 검증 3건 ·기술실시계약 1건

❑ 구체적 정량목표 설정

❍ 한국철도공사에서 수행하고 있는 유지보수 비용의 분석을 통하여 접속부 자갈궤도의 열화진전율 및 이로 인한 유지보수비용 절감 목표를 설정하였으며, 철도운영현장 전문가들의 검토과정을 거쳐 객관성을 확보함

– 경부고속철도 1단계 구간의 경우, 총 유지보수비용의 약 60%가 구조물 접속부 및 신축이음부 등의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 수행됨(한국철도공사, 2015)

– 본 기획연구에서 목표로 하고 있는 기술이 개발 및 적용될 경우, 구조물 접속부 및 신축이음부 등의 구조적 문제를 원천적으로 해결할 수 있을 것으로 기대 됨. 특히, 교량구간에서 신축이음부 등의 불연속점이 제거되기 때문에 교량구간에서 궤도틀림이 원천적으로 발생하지 않음

– 이를 보수적으로 가정하여 50%의 궤도틀림 진전을 감소시킬 수 있다는 목표를 설정하였으며, 이에 따라 유지보수 주기도 2배로 늘어나 유지보수 비용도 50% 절감이 가능함. 따라서 최종적으로 접속부 자갈궤도 열화진전율 및 유지보수 비용을 최소 30% 절감할 수 있을 것으로 기대함

6. 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성

6.1. 유사과제 분석 개요

❑ 국가과학기술지식정보서비스(www.ntis.go.kr)에서 유사과제검색기능을 이용하여 유사과제 검색

❍ 공통검색조건으로 기준유사도 40%, 기준연도 2011-2020년(최근 10년간) 입력

❍ 상세 검색조건은 세부과제별 연구목표, 연구내용, 기대효과, 키워드 입력

6.1.1. (세부과제 1) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

기준 유사도	40%
기준연도	2011-2020
연구과제명	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화
연구목표	철도궤도 유지보수 최소화를 위한 취약개소 설계 및 관리기술 개발 ㅇ 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 ㅇ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 ㅇ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발
연구내용	□ 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 ㅇ 철도 운영 및 유지보수 데이터 베이스 구축 ㅇ 데이터 기반 궤도틀림 거동 특성 연구 - 접속부 종류별 궤도틀림 거동 및 영향인자 분석 - 접속부 종류별 유지보수 특성 분석 ㅇ 궤도-열차 동적 상호작용을 고려한 궤도틀림진전 매커니즘 분석 - 궤도-열차 동적 상호작용 분석기술 개발 - 궤도-열차 동적 상호작용이 고려된 궤도틀림 저감방안 도출 □ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 ㅇ 현행 구조물-토공 접속부 설계기준 분석 - 현행 구조물-토공 접속부 설계기준 검토 및 문제점 분석 ㅇ 교량-토공 접속부 설계 및 시공기준 개발 - 강성변화속도 유지를 위한 설계기준 개선 및 선진화

	· 어프로치 슬래브, 어프로치 블록, 엔드스폰 설계기준 선진화 - 시멘트 혼합자갈 문제점 분석 및 개선방안 제안 - 교대 뒷채움 재료 및 시공법 개발 - 성능기반 접속부 토공 설계 및 시공기준 선진화 ㅇ 하부박스-토공 접속부 설계 및 시공기준 개발 - 시공방법 및 토피고에 따른 설계기준 세분화 - 하부박스 뒷채움 재료 개발 - 하부박스 뒷채움 다짐장비 및 공법 개발 □ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 ㅇ 현행 궤도 접속부 설계기준 분석 - 현행 궤도 접속부 설계기준 검토 및 운영중인 궤도 접속부 문제점 분석 ㅇ 궤도 접속부 보강공법 개발 - 유지보수가 가능한 궤도 접속부 안정화 기법 개발 - 궤도 접속부 보강공법 및 재료 개발 ㅇ 궤도 접속부 설치위치 최적화 방안 제안 - 하부 지반조건이 고려된 궤도 접속부 설치위치 최적화 방안 제안
기대효과	□ 정책적 효과 ㅇ 접속부의 열차 서행운전 감소를 통해 철도 수송분담률 상승과 생활교통에 이용되는 광역철도의 확대 가능 ㅇ 지역간 철도 속도향상을 통해 제3차 국가철도망 구축계획의 일반철도 고속화, 전국 주요거점 고속 철도망 연결 및 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축 가능 □ 경제적 효과 ㅇ 선로 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 연간 궤도 유지보수비 2,533억원(철도유지보수비용 4,607억원)의 20%인 연간 500억원 절감 예상 □ 사회적 효과 ㅇ 철도 구조물의 유지보수 취약개소 해결을 통해 접속부의 열차 서행운전 감소 및 열차정시성 확보 가능 ㅇ 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 발생 가능한 탈선사고 방지 등을 통한 국민체감형 안전성 향상 및 대국민 신뢰 제고 가능

키워드	**한글**	접속부	궤도틀림	노반	설계기준	시공기준	
	영문	railway transition	track irregularity	roadbed	design standard	construction standard	

6.1.2. (세부과제 2) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발

기준 유사도	40%
기준연도	2011-2020
연구과제명	교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발
연구목표	교량-토공 접속부 침하와 교량 단부 회전에 따른 자갈궤도 이완을 저감시키기 위하여 교대와 교량을 일체화하는 반일체식 철도 교량 개발 ㅇ 철도 교량-토공 접속부에 적용할 수 있는 반일체식 교대 개발 ㅇ 철도 교량-토공 접속부 교량 일체화를 위한 접속 슬래브 개발 ㅇ 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토
연구내용	□ 반일체식 교대 구조 개발 ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교대 구조 개발 - 철도교 반일체식 교대 구조 설계 및 설계 지침 개발 - 철도교 반일체식 교대 구조 시공 지침 개발 ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교대의 성능 검증 - 교대 접속부 토공 노반 강성 및 무다짐 뒤채움을 고려한 거동 규명 - 반일체식 교대 상세 해석 및 구조 성능 검토 □ 교량 일체식 접속 슬래브 개발 ㅇ 접속 슬래브 구조 검토

	- 접속 슬래브 구조 설계 및 설계 지침 개발 - 접속 슬래브와 교대 연결 구조 검토 ㅇ 받침 슬래브 개발 - 철도교 접속부 토공 노반을 고려한 받침 슬래브 개발 - 받침 슬래브 상세 설계 - 받침 슬래브 시공 지침 개발 ㅇ 신축조절장치 상세 개발 - 자갈궤도에 적합한 신축조인트 개발 □ 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토 ㅇ 철도교 적용성 검토 - 온도 및 열차 하중에 따른 거동 검토 - 열차 하중에 따른 변위 및 응력에 대한 적합성 검토 ㅇ 교대 접속부 토공 노반과의 상호작용 검토 - 교량 온도 변화에 따른 접속부 토공 노반 강성 특성 규명 - 접속부 형식 및 종류에 따른 상호작용 검토 ㅇ 궤도-교량 상호작용 검토 - 반일체식 교량 적용에 따른 장대레일 축력 검토 - 반일체식 교량 적용에 따른 교대, 교각 및 받침 하중 검토 ㅇ 열차-교량 동적 상호작용 검토 - 반일체식 교량 적용에 의한 교량 동특성 변화 검토 - 반일체식 교량 적용에 따른 철도 교량 동적 안전성 및 승차감 검토
기대효과	□ 정책적 효과 ㅇ 자갈궤도가 부설된 철도 교량의 유지 보수 저감 ㅇ 고속철도 자갈궤도 유지보수 저감에 따른 철도 정시성 향상 ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 유지보수 원인의 원천적 감소 실현 □ 경제적 효과 ㅇ 선로 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 연간 궤도 유지보수비 2,533억원(철도유지보수비용 4,607억원)의 20%인 연간 500억원 절감 예상 ㅇ 반일체식 교대를 적용함으로서 철도교량 교대 건설비 20% 절감 예상 □ 사회적 효과 ㅇ 철도 구조물의 접속부 및 연결부에서의 seamless 기술개발을 통한 접속구간의 열차 서행운전 감소 및 열차정시성 확보 가능 ㅇ 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 발생 가능한 탈선사고 방지 등을 통한 국민체감형 안전성 향상 및 대국민 신뢰 제고 가능 ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교량 기술의 세계 최초 개발로 국내 철도 기술 세계 최고 수준 달성

키워드	**한글**	철도교	반일체식	무조인트	무조인트		
	영문	railway bridge	semi-integral	jointless	seamless		

6.1.3. (세부과제 3) 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발

기준 유사도	40%
기준연도	2011-2020
연구과제명	철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발
연구목표	철도 교량 단부에 고인성 콘크리트 연결 바닥판을 부설하여 연속화 함으로써 자갈 궤도 이완을 저감시키고 철도 교량의 동적 성능 개선 ㅇ 철도 교량 단부에 적용할 수 있는 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 ㅇ 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 ㅇ 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증

연구내용	□ 철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 ㅇ 고인성 콘크리트 재료 개발 - 고인성 콘크리트(ECC) 재료 배합 개발 - 고인성 콘크리트 설계 강도, 탄성 계수, 인장성능 규명 ㅇ 고인성 콘크리트 구조 설계 및 시방 지침 개발 - 고인성 콘크리트 구조 거동 실험 및 해석 기법 개발 - 실험 및 해석을 통한 고인성 콘크리트 구조 설계 방안 개발 - 부재 제작을 고려한 고인성 콘크리트 시방 지침 마련 ㅇ 프리캐스트 고인성 콘크리트 패널 구조 개발 - 철도 교량에 적합한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 구조 검토 - 급속 시공을 위한 고인성 콘크리트 프리캐스트 패널 개발 - 교량 단부 회전 대응을 위한 하드폼 보드 개발 ㅇ 연결 바닥판과 기존 교량과의 연결 구조 개발 - 기존 교량과 프리캐스트 연결 바닥판의 앵커 구조 개발 - 연결 구조 요구 성능 규명 - 연결 구조 상세 설계 및 시공법 개발 ㅇ 철도 교량과 연결 바닥판의 구조 적합성 검토 - 열차 주행에 따른 단부 회전 수용 능력 검토 - 온도 신축에 따른 교량 변위 수용 능력 검토 - 궤도-교량 상호작용에 따른 장대레일 축응력 검토 - 교량 동적 구조 안전성 및 승차감 검토 □ 철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 ㅇ 고인성 연결 바닥판 시험 부설 교량 선정 - 오송 철도종합시험선로 적정 시험 부설 구간 및 대상 교량 선정 - 시험 부설 대상 교량 거동 규명 및 동적 거동 계측 ㅇ 시험 부설 연결 바닥판 설계 및 시공 계획 수립 - 시험 부설 연결 바닥판 및 부속 구성품 설계 - 시험 부설 시공 공정 수립 - 시험 부설을 통한 급속 시공 가능성 검토 ㅇ 시험 부설 연결 바닥판 시공 및 계측을 통한 설계 및 시방 지침 검증 - 시험 부설을 통한 현장 적용성 평가 - 시험 부설을 통한 고인성 콘크리트 시방 지침 검증 - 시험 부설 후 계측 결과를 통한 고인성 콘크리트 설계 방안 검증 □ 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증 ㅇ 연결 바닥판 적용 전후 궤도 강성 평가를 통한 자갈 궤도 이완 저감 효과 실증 - 시험 부설 대상 교량 단부 자갈 궤도의 겉보기 강성 장기 계측 - 연결 바닥판 부설 후 교량 단부 자갈 궤도의 겉보기 강성 장기 계측 - 연결 바닥판 적용에 따른 자갈 궤도 유지보수 저감 효과 실증 ㅇ 연결 바닥판 적용 전후 교량 동적 거동 검토를 통한 동적 성능 개선 효과 실증 - 시험 부설 대상 교량의 동적 특성 계측 - 연결 바닥판 부설 후 교량 동적 성능 변화 계측 - 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 동적 성능 향상 실증
기대효과	□ 정책적 효과 ㅇ 자갈궤도가 부설된 철도 교량의 유지 보수 저감 ㅇ 고속철도 자갈궤도 유지보수 저감에 따른 철도 정시성 향상 ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 유지보수 원인의 원천적 감소 실현 □ 경제적 효과 ㅇ 선로 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 연간 궤도 유지보수비 2,533억원(철도유지보수비용 4,607억원)의 20%인 연간 500억원 절감 예상 □ 사회적 효과 ㅇ 철도 구조물의 접속부 및 연결부에서의 seamless 기술개발을 통한 접속구간의 열차 서행운전 감소 및 열차정시성 확보 가능 ㅇ 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 발생 가능한 탈선사고 방지 등을 통한 국민체감형 안전성 향상 및 대국민 신뢰 제고 가능 ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교량 기술의 세계 최초 개발로 국내 철도 기술 세계 최고 수준 달성

키워드	한글	철도교	연결바닥판	무조인트	무조인트	고인성 콘크리트
	영문	railway bridge	link slab	jointless	seamless	engineered cementitous composite(ECC)

6.1.4. (세부과제 4) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

기준 유사도	40%
기준연도	2011-2020
연구과제명	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발
연구목표	운영선 토공-구조물 접속부에서의 궤도-노반 시스템 개량 및 성능향상 기술 개발 o 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 o 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 o 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발 o 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발
연구내용	□ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 o 온라인 궤도 지지강성 측정시스템 기술 개발 o 자갈도상 및 노반 GPR 진단 장비 개발 o 교량 접속부 노반 비파괴 상태진단 기술 개발 o 접속부 궤도 및 노반 상태에 따른 침하 예측 시뮬레이션 기술 개발 o 머신러닝 기반 데이터 통합 분석을 통한 궤도틀림 원인 및 상태 진단기술 개발 o 콘크리트궤도 하부 간극 탐지 기술 개발 □ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 개발 o 운영중 선로 차단 없이 접속부 노반의 보강이 가능한 기술 개발 □ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 o 토목섬유(geosynthetics)를 활용한 자갈 도상 안정화 기술 개발 o 궤도구조 개선을 통한 도상 침하 억제 기술 개발 o 자동 도상침하 복원장치 기술 개발 □ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발 o 콘크리트궤도 궤도틀림 정정을 위한 높이조절형 심패드 개발 o 콘크리트궤도 하부(슬래브-기층, 기층-노반) 간극 보수기술(주입재료, 시공장비 개발)
기대효과	□ 정책적 효과 o 유지보수 저감을 통한 열차 운영 지연 최소화, 표정속도 향상, 그리고 안전 및 승차감 향상으로 철도 안전 확보 및 서비스 질의 향상 등 국가 정책목표 달성에 기여 o 대학, 연구소 등에서 궤도 유지보수 관련 연구 인력을 양성함으로써 기술 경쟁력 제고 기대 □ 경제적 효과 o 전체 궤도 유지보수의 대부분을 차지하는 구조물 접속부에 대한 보강을 통해 유지보수비 절감 □ 사회적 효과 o 철도 유지보수로 인한 철도 운행 지연 최소화, 철도 안전 및 승차감 향상, 유지보수에 따른 소음 감소 등 사회적 편익 기대

키워드	한글	접속부	궤도틀림	노반	침하	복원	
	영문	railway transition	track irregularity	roadbed	settlement	recovery	

6.2. 유사과제 검색 결과 및 기존 연구와의 차별성

6.2.1. 유사과제 검색 결과

❑ (세부과제 1) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2021/01/06 18:55:29
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 중일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부검색결과 (범례 0개 1~4개 5~9개 10개 이상)

순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행됐거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	400km /h급 고속철도인프라 시범적용 기술개발	수행	2011	엄기영	45.15
1	400km /h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발	수행	2012	엄기영	45.15
1	차세대 고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발	수행	2012	이시빈	45.24
1	차세대 고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발	수행	2013	이시빈	45.24
1	노룬을 이용한 IoT 기반 철도 궤간틀림 측정 시스템 개발	수행	2017	조호진	43.77
1	400km /h급 선로구축물(호남고속철도) 설계기준 연구	수행	2013	이종근	45.5
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2013	황광하	45.51
1	400km /h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발	수행	2013	엄기영	45.54
1	해외 철도시장 동향과 대응방안	수행	2011	문길수	47.04
1	400km /h급 선로구축물(호남고속철도) 설계기준 연구	수행	2012	이종근	45.5

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발	공공	2013	김만철	46.42
1	신규사업 진출을 위한 철도운영기관의 비교분석 연구	공공	2012	김병관	44.54
1	광역철도 중장기 수송수요 예측	공공	2012	오영태	40.94
1	철도운영환경 변화에 따른 선로사용료 체계 조사 연구	공공	2012	이형주	42.85
1	철도선로사용 배분 기준 산정 연구	공공	2014	이상재	40.24
1	2016년도 광역철도 수송수요 예측 연구	공공	2014	오영태	40.82
1	2015년도 광역철도 수송수요 예측	공공	2013	오영태	40.01
1	2013년 광역철도 중장기 수송수요 예측	공공	2013	오영태	40.7
1	2018년 광역철도 수송수요 예측	공공	2017	박연주	43.45
1	탈선탐호시스템 최적화 설계 및 설치기준 정립연구	공공	2014	임남형	40.91

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

❑ (세부과제 2) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2021/01/06 19:00:26
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *중복과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부검색결과 (범례 0개 1~4개 5~9개 10개 이상)

순번	과 제 명	구분	유사과제분포			
1	교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행했거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+ 협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	변위제어를 이용하여 생애주기비용(LCC)을 30%이상 절감한 유지관리성력화 완결일체형 연속교의 설계시공 기술 개발	수행	2018	최병호	51.11
1	열화된 조인트 교량의 반일체식 교량화에 관한 설계법 개발	수행	2020	정유석	55.8
1	크리프와 온도하중에 대한 일체식 교대 교량 거더의 축력에 대한 설계법 개발	수행	2019	정유석	46.97
1	ZSR(Zero Settlem entRailroad) 기술개발	수행	2019	김대상	47.11
1	변위제어를 이용하여 생애주기비용(LCC)을 30%이상 절감한 유지관리성력화 완결일체형 연속교의 설계시공 기술 개발	수행	2017	최병호	51.11
1	철도교량 열차 일탈방호시설 개발 및 검증	수행	2016	강윤석	48.1
1	고속철도 자갈궤도구간 유지보수비 저감을 위한 궤도 개량 기술개발 기획연구	수행	2011	장승엽	48.85
1	400km /h급 선로구축물(호남고속철도) 설계기준 연구	수행	2013	이종근	49.25
1	400km /h급 선로구축물(호남고속철도) 설계기준 연구	수행	2012	이종근	49.25
1	유지보수가 용이한 철도용 스페리컬빌힘	수행	2017	정준호	47.47

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.51
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.51
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.51
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.51
1	탑선방호시스템 최적화 설계 및 설치기준 정립연구	공공	2014	임남형	40.84
1	철도 소음진동 저감대책 수립을 위한 영향 예측방안 연구	공공	2013	황선근	49.11
1	구조물-토공 접속부 노반 강성차 완화 방안 연구	공공	2012	조국환	43.07
1	신규사업 검출을 위한 철도운영기관의 비교분석 연구	공공	2012	김병관	45.78
1	철도운영환경 변화에 따른 선로사용료 체계 조사 연구	공공	2012	이형주	44.07
1	철도환경 변화에 따른 중장기 철도 운영전략 연구	공공	2012	김현구	40.5

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	기존 교량 무조인트화 공법 확대 적용 방안 연구	공공	2017	강형태	54.30
1	교량 접속부 주행성 향상을 위한 일체식 보강토교대 개발	공공	2017	남문석	40.84
1	공용 환경을 고려한 교량기초 안정성 평가	공공	2020	정경자	40.98

국가과학기술지식정보서비스

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 중심키워드 비중점수

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

❑ (세부과제 3) 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2021/01/07 09:09:12
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사점수가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부검색결과 (범례 0개 1-4개 5-9개 10개 이상)

순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발	기수행과제	2	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행했거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	철도 구성품 환경성 향상 기술 개발	수행	2011	구병춘	52.71
1	경간장 연장 및 연속화를 위한 궤도교량 상호작용력 저감 기술개발	수행	2014	임남형	54.8
1	경간장 연장 및 연속화를 위한 궤도교량 상호작용력 저감 기술개발	수행	2017	임남형	54.82
1	경간장 연장 및 연속화를 위한 궤도교량 상호작용력 저감 기술개발	수행	2016	임남형	54.75
1	고속철도 자갈궤도구간 유지보수비 저감을 위한 궤도 개량 기술개발 기획연구	수행	2011	장승엽	50.14
1	경간장 연장 및 연속화를 위한 궤도교량 상호작용력 저감 기술개발	수행	2015	임남형	54.82
1	철도교량 주행 안전 및 승차감 향상을 위한 자갈궤도용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발	수행	2020	이치동	68.02
1	철도교량 주행 안전 및 승차감 향상을 위한 자갈궤도용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발	수행	2019	이치동	69.72
1	응급 재해복구 및 급속시공을 위한 기능통합 일체형 프리캐스트 교량 바닥판 기술 개발	수행	2014	이상엽	49.81
1	경간장 연장 및 연속화를 위한 궤도교량 상호작용력 저감 기술개발	수행	2013	임남형	54.78

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	한계상태설계법의 합리적 적용을 위한 교량 바닥판 철근 배근 개선 연구	공공	2019	강상규	44.57
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.32
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.32
1	한계상태설계법의 합리적 적용을 위한 교량 바닥판 철근 배근 개선 연구	공공	2019	강상규	44.57
1	한계상태설계법의 합리적 적용을 위한 교량 바닥판 철근 배근 개선 연구	공공	2019	강상규	44.57
1	GPR을 활용한 콘크리트계 교면 바닥판 손상평가 기법 수립	공공	2019	윤완석	51.62
1	GPR을 활용한 콘크리트계 교면 바닥판 손상평가 기법 수립	공공	2019	윤완석	51.62
1	GPR을 활용한 콘크리트계 교면 바닥판 손상평가 기법 수립	공공	2019	윤완석	51.62
1	한계상태설계법의 합리적 적용을 위한 교량 바닥판 철근 배근 개선 연구	공공	2019	강상규	44.57
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.32

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	55.32
1	교량 바닥판 장수명화를 위한 유지관리전략 수립 연구	공공	2018	김기환	50.11
1	고속철도 콘크리트 궤도 유지보수기준 정립방안 연구	공공	2012	이일화	48.2
1	신규사업 진출을 위한 철도운영기관의 비교분석 연구	공공	2012	김병관	45.27
1	기초 콘크리트 제작을 패널 및 이를 이용한 용벽 시공 방법	공공	2012	이명광	48.38
1	바닥판 급속 교체를 위한 프리캐스트 패널 공법 체계화 연구	공공	2017	강상규	46.71
1	긴장재 손상에 따른 콘크리트 교량의 안전성 평가 연구	공공	2017	박장호	47.55
1	기존 교량 무조인트화 공법 확대 적용 방안 연구	공공	2017	강형택	52.17
1	GPR을 활용한 콘크리트제 교면 바닥판 손상평가 기법 수립	공공	2019	윤완석	51.62

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수탁)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

❑ (세부과제 4) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2021/01/06 19:05:27
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 중일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부검색결과 (범례 0개 1-4개 5-9개 10개 이상)

순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행했거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2014	황광하	48.92
1	철도소음 측정방법 개선을 위한 공정시험기준 개정(안) 마련 연구	수행	2018	장서일	49.42
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2017	황광하	50.08
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2015	황광하	50.08
1	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발	수행	2019	김성일	44.77
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2013	황광하	50.78
1	고속철도 자갈궤도구간 유지보수비 저감을 위한 궤도 개량 기술개발 기획연구	수행	2011	장승엽	47.45
1	2016년 과학문화 전문인력 양성 및 활용사업	수행	2016	권성규	45.7
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2018	황광하	45.51
1	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	수행	2016	황광하	50.08

주1) 순번: 검색된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발	공공	2013	김만철	52.44
1	철도 소음진동 저감대책 수립을 위한 영향 예측방안 연구	공공	2013	황선근	43.17
1	고속철도 콘크리트 궤도 유지보수기준 정립방안 연구	공공	2012	이일화	52.82
1	신규사업 진출을 위한 철도운영기관의 비교분석 연구	공공	2012	김병관	44.01
1	철도안전문화 수준측정을 위한 평가지표 개발에 관한 연구	공공	2017	김현주	48.85
1	철도 위험물 수송 안전기준 정립 연구	공공	2016	하오근	41.05
1	간선철도 고속화에 따른 궤도구조 개량 방안 연구	공공	2013	김만철	42.8

국가과학기술지식정보서비스

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

6.2.2. 기존 연구와의 차별성 및 연계방안

❑ 국가과학기술지식정보서비스(www.ntis.go.kr) 데이터베이스에서 검색된 유사과제의 연구목표, 연구내용 및 기대효과를 검토하여 동 연구과제와의 차별성 및 연계방안을 세부과제별로 도출함

❑ 검색된 유사과제 중 기획연구 및 타분야 연관성이 낮은 과제는 차별성 및 연계방안 검토에서 제외함

❑ (세부과제 1) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

❍ 검색된 20개 과제 중 기획과제 및 연관성이 낮은 해외 철도시장 동향과 대응방안, 차세대 고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발, 드론을 이용한 IoT 기반 철도 궤간틀림 측정 시스템 개발 등과 같은 과제와 동일과제가 중복 검색된 결과를 제외한 3개 유효과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함

표 3-13. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2010-2014	미래철도기술 개발사업 (국토교통부)	400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발 (400km/h급 선로구축물 (호남고속철도) 설계기준 연구)	□ 차별성 - 기존 연구에서는 400km/h급 고속열차를 위한 환경소음 저감장치, 선로구축물 모니터링 및 최적 설계기준, 전차선로시스템, ETCS-L2신호시스템 등의 인프라 핵심기술을 개발하였고, 궤도 등의 선로구축물에 대해서는 열차속도증가에 따른 궤도노반, PCL 층 두께의 상관관계 분석을 통한 설계안을 제시하였음. 본 연구에서는 구조물-토공 구간의 접속부에서 주요영향인자에 따른 설계 및 시공기준을 개선하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 열차속도증가에 따른 궤도노반, PCL 층 두께의 상관관계 분석을 통한 설계안의 문제점을 도출하고 이를 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 함
2	2013-2018	철도기술연구사업 (국토교통부)	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 노후된 자갈궤도를 개량하는 공법을 개발하였으나, 본 연구에서는 신설선의 접속부 설계 및 시공기술을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 검토된 적정 궤도강성 평가, 시공중 공법 등을 활용하여 신설선 접속부 설계 및 시공기술을 개발하고자 함

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
3	2013	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발 (공공R&D, 한국철도시설공단(現 국가철도공단))	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 수치해석을 통하여 일반철도의 궤도틀림이 차량주행안전성 및 승차감에 미치는 영향을 분석하고 일반철도 궤도 유지보수 기준을 재정립하는 것을 목표로 하였으나, 본 연구에서는 궤도틀림 방지를 위한 설계 및 시공기준의 개선안을 제시하는 것을 목표로 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 도출된 궤도틀림에 대한 유지보수 기준을 유지보수 최소화가 가능한 설계기준 개발에 활용

❑ (세부과제 2) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발

❍ 검색된 20개 과제 중 기획과제 및 연관성이 낮은 철도교량 열차 일탈방호시설 개발 및 검증, ZSR(Zero Settlement Railroad) 기술개발, 신규사업 진출을 위한 철도운영기관의 비교분석 연구 등과 같은 과제와 동일과제가 중복 검색된 결과를 제외한 7개 유효 과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함

표 3-14. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2020-2023	개인기초연구 (과학기술정보통신부)	열화된 조인트 교량의 반일체식 교량화에 관한 설계법 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 반일체식 도로교와 관련된 자료수집, 매커니즘 연구 등의 의 기초연구가 수행되었으며, 본 연구에서는 반일체식 철도교량을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 기초연구 결과를 본 과제 구조개발에 활용하고자 함
2	2017-2018	국토교통기술촉진연구사업 (국토교통부)	변위제어를 이용하여 생애주기비용(LCC)을 30%이상 절감한 유지관리생력화 완전일체형 연속교의 설계시공 기술 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 교량의 모든 구조 요소가 강결된 일체형 교량을 개발하였고, 본 연구에서는 상부구조와 교대가 연결된 반일체식 교량을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 검토된 교량 상호작용 관계, 설계, 해석 결과 등을 활용할 예정

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
3	2010-2014	미래철도기술 개발사업 (국토교통부)	400km/h급 선로구축물 (호남고속철도) 설계기준 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 400km/h급 고속열차를 위해 궤도노반, PCL 층 두께의 상관관계 분석을 통한 설계안을 제시하였음. 본 연구에서는 교량에서 발생가능한 궤도틀림 방지를 위한 반일체식 교량을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 결과를 반일체식 교량 기본 설계에 활용할 예정
4	2016-2019	이공학개인기초연구지원사업 (과학기술정보통신부)	크리프와 온도하중에 대한 일체식 교대 교량 거더의 축력에 대한 설계법 개발	□ 차별성 - 기존 연구는 크리프와 온도하중에 대한 일체식 교대 교량 거더의 축력 설계법을 개발하는 것이 목적이었고, 본 연구에서는 본 연구에서는 상부구조와 교대가 연결된 반일체식 철도교량을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하는 것을 목표로 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 도출된 일체식 교량의 설계법을 검토 및 활용하여 반일체식 철도교량 설계에 활용할 예정
5	2019	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구 (공공R&D, 한국도로공사)	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 도로교 무조인트 교량의 설계, 시공, 유지관리 기준을 개선하였으나, 본 연구에서는 반일체식 철도교량을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 설계, 시공, 유지관리 지침 개정(안)을 본 과제의 반일체식 철도교 설계, 시공지침 개발에 활용하고자 함
6	2018	기존 교량 무조인트화 공법 확대 적용 방안 연구 (공공R&D, 한국도로공사)	기존 교량 무조인트화 공법 확대 적용 방안 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 기존 일반 도로교를 무조인트 교량으로 개량하는 방안을 도출하였으나, 본 연구에서는 반일체식 철도교량을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 재료배합, 거동분석 결과 등을 활용하여 반일체식 철도교 설계, 시공지침을 개발하고자 함
7	2017	교량 접속부 주행성 향상을 위한 일체식 보강토교대 개발 (공공R&D, 한국도로공사)	교량 접속부 주행성 향상을 위한 일체식 보강토교대 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 도로교 접속부 주행성 향상을 위한 보강토교대의 설계지침 수립, 보강토교대의 시범설계 및 설계예제집을 작성하였으며, 본 연구에서는 반일체식 철도교량을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 주행성 검토방법, 설계방법 등을 활용하여 반일체식 철도교 설계, 시공지침을 개발하고자 함

❑ (세부과제 3) 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연

결 바닥판(ECC link slab) 개발

❍ 검색된 23개 과제 중 기획과제 및 연관성이 낮은 철도 구성품 환경성 향상 기술 개발, GPR을 활용한 콘크리트계 교면 바닥판 손상평가 기법 수립, 기초 콘크리트 제작용 패널 및 이를 이용한 옹벽 시공 방법 등과 같은 과제와 동일과제가 중복 검색된 결과를 제외한 5개 유효 과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함

표 3-15. 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2019-2021	국토교통기술촉진 연구사업 (국토교통부)	철도교량 주행 안전 및 승차감 향상을 위한 자갈궤도용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 철도교 신축을 수용하는 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 가능성을 확인하는 기초개발 연구이며, 본 연구에서는 철도교 고인성 연결 바닥판을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 기초해석 결과, 연결부 상세 등을 기반으로 철도교 연결 바닥판 기술을 고도화할 예정
2	2013-2018	철도기술연구사업 (국토교통부)	경간장 연장 및 연속화를 위한 궤도교량 상호작용력 저감 기술개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 상호작용 완화를 위한 교량 바닥판 구조를 개발하였으나, 신축이음장치 등을 대체한 연결된 형태가 아니며, 본 연구에서는 무조인트 연결 바닥판을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 설계지침을 활용하여 철도교 연결 바닥판 개발 예정
3	2014-2015	첫걸은기술개발사업 (산업통상자원부)	응급 재해복구 및 급속시공을 위한 기능통합 일체형 프리캐스트 교량 바닥판 기술 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 노후 교량 바닥판의 급속 복구, 교체 구조를 기초 연구 및 개발하였으며, 본 연구. 본 연구에서는 연결 바닥판을 활용한 신설 철도교를 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 결과를 설계조건 검토에 활용할 예정
4	2019	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구 (공공R&D, 한국도로공사)	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 도로교 무조인트 교량의 설계, 시공, 유지관리 기준을 개선하였으나, 본 연구에서는 철도교의 연결바닥판을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 설계, 시공, 유지관리 지침 개정(안)을 본 과제의 철도교 연결바닥판 설계, 시공지침, 재료 개발에 활용하고자 함

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
5	2018	기존 교량 무조인트화 공법 확대 적용 방안 연구 (공공R&D, 한국도로공사)	기존 교량 무조인트화 공법 확대 적용 방안 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 기존 일반 도로교를 무조인트 교량으로 개량하는 방안을 도출하였으나, 본 연구에서는 철도교의 무조인트화를 위한 연결바닥판을 개발 및 현장적용, 성능 검증까지 전 단계를 연구하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 재료배합, 거동분석 결과 등을 활용하여 철도교 연결바닥판 설계, 시공지침을 개발하고자 함

❑ (세부과제 4) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

❍ 검색된 17개 과제 중 기획과제 및 연관성이 낮은 철도소음 측정방법 개선을 위한 공정시험기준 개정(안) 마련 연구, 2016년 과학문화 전문인력 양성 및 활용사업, 철도안전문화 수준측정을 위한 평가지표 개발에 관한 연구 등과 같은 과제와 동일과제가 중복 검색된 결과를 제외한 3개 유효 과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함

표 3-16. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발 과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2013-2018	철도기술연구사업 (국토교통부)	고속철도 자갈궤도 궤도구조 개량기술 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 노후된 자갈궤도를 개량하는 공법을 개발하였으나, 본 연구에서는 궤도전체의 개량이 아닌 접속부 보강 및 안정화 기술을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 검토된 적정 궤도강성 평가, 시공중 공법 등을 활용하여 접속부 보강 및 안정화 기술을 개발하고자 함
2	2011-2012	미래철도기술 개발사업 (국토교통부)	고속철도 자갈궤도구간 유지보수비 저감을 위한 궤도개량 기술개발 기획연구	□ 차별성 - 기존 연구는 유지보수 저감을 위한 궤도구조 개량 기술 개발을 위한 연구아이템을 도출하는 기획연구이며, 본 연구에서는 접속부 보강 및 안정화 기술을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 연구아이템은 본 기획연구에서 검토 완료 및 활용함

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
3	2012	고속철도 콘크리트 궤도 유지보수기준 정립방안 연구 (공공R&D, 한국철도시설공단(現 국가철도공단))	고속철도 콘크리트 궤도 유지보수기준 정립방안 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 콘크리트궤도 하부노반의 부등침하에 따른 보수기준을 수립하였으며, 본 연구에서는 이를 포함한 접속부 보강 및 안정화 기술을 개발하고자 함 □ 연계방안 - 기존 연구에서 제시된 콘크리트궤도 하부노반의 부등침하에 따른 보수기준의 문제점을 검토하여 접속부 보강 및 안정화 기술 개발에 활용할 예정

7. 기존 기술과의 차별성

표 3-17. 기존 기술과 개발하고자 하는 기술의 차별성

세부과제	기존 기술	개발하고자 하는 기술
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	○ 접속부 표준설계단면 제시 - 접속부에서 궤도틀림은 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생하지만 단일 표준단면으로 제시됨 - 궤도간 접속부 위치 선정, 이격거리, 적정 완충구간 설계에 대한 명확한 기준 부재 - 콘크리트궤도-자갈궤도 접속부에 별다른 보강대책 없음 ○ 접속부 사용 재료 문제 - 시멘트 혼합자갈을 사용하지만 교대 벽면과 일체화 거동을 하는 등 다양한 문제점 발생 ○ 현행 유지보수 - 궤도틀림 발생구간을 탬핑, 자갈교환, 개량 등을 통해 사후대처	○ 다양한 조건이 고려된 설계 및 시공 기준 - 운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 접속부 도상, 노반, 어프로치 슬래브, 엔드스폰 구조 설계 기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 ○ 접속부 사용 재료 - 적절한 천이강성 구간 확보 및 교대 벽면과 일체화 거동을 하지 않는 재료 개발 ○ 유지보수 원천제거 기술 - 궤도틀림 발생 원인 해소를 통해 예방적 유지보수 수행 가능
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	○ 횡단궤도 및 슬라이딩 궤도 - 교량단부 회전에 의한 궤도영향 감소를 위해 개발되었으나 실용화에 어려움이 많아 적용사례 없음	○ 무조인트 교량 기술 - 교량 상부구조-교대 일체화를 통해 단부 회전에 의한 영향 제거 가능
철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	○ 교량 신축이음 및 접속부 - 단부파손, 누수에 의한 교량 받침 및 하부구조의 잦은 손상 등의 다양한 문제 발생 - 도로교에서는 신축이음장치 대신 고인성 연결바닥판을 사용한 사례가 많으나 철도교는 적용사례 전무함	○ 철도교용 고인성 연결바닥판 기술 - 교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상 가능 - 적용성에 대한 기초검토가 완료된 기술 확보를 통해 실적용이 가능한 단계의 기술 개발 가능
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	○ 접속부 궤도틀림 원인탐지 및 진단 기술 - 충격반향기법(impact-echo), FWD 등의 기법이 있으나 시간이 많이 소요되어 운영선 적용 어려움 - 다양한 방법이 적용중이나 운영선에서 대규모 보강 및 개량 불가	○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 - 최소 시간에 탐사가 가능하도록 열차 주행 중 연속적으로 궤도지지강성 측정 장비 및 기법 개발 - vertical soil-cement column 시공을 통한 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발

제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요내용

❑ 본 과제는 4개의 세부과제로 구성됨

○ (1세부) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

– 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명

– 성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 선진화 기술 개발

– 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발

○ (2세부) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술

– 반일체식 교대 구조 개발

– 교량 일체식 접속 슬래브 개발

– 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토

○ (3세부) 철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술

– 철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발

– 철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설

– 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증

○ (4세부) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

- 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발
- 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발
- 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발
- 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발

2. 과제 추진전략

2.1. 산·학·연 협의체 구성

❑ 철도유지관리 주체(한국철도공사, 도시철도공사) 유지관리 전문가, 철도건설 주체(국가철도공단) 전문가, 철도설계, 시공 실무자 의견 수렴

○ (1세부) 접속부 설계 문제점, 설계고려 필요사항, 경제성 확보를 위한 시공법, 시공재료 도출 요구사항 도출

- (철도유지관리 주체) 한국철도공사, 도시철도 유지관리 데이터 협조 및 접속부 유지관리 문제점 도출
- (시공사) 철도 건설시 시공현장 특성 및 문제점 도출
- (연구원) 궤도-열차 상호작용기반 접속부 성능개선 사항 도출

○ (2세부) 구조 설계, 재료 개발 및 궤도-교량 상호작용 효과 검토 및 반일체식 철도교의 효과적인 개발과 성능 검증을 위하여 산학연 협의체 구성

- ❍ (3세부) 구조 설계, 재료 개발 및 궤도-교량 상호작용 효과 검토 및 연결 바닥판의 효과적인 개발과 성능 검증을 위하여 산학연 협의체 구성
- ❍ (4세부) 철도 운영기관 전문가 등을 통해 정확한 유지보수 현황 및 수요 파악 및 현장 시험 사이트 확보를 위한 산학연 협의체 구성

2.2. 단계별 개발기술 성능 검증

- ❑ (1단계) 궤도-열차 상호해석기반 성능검증
- ❑ (2단계) Full-scale test 성능검증
  - ❍ 실물모형시험 시험장비를 활용한 성능검증
- ❑ (3단계) 오송종합시험선로를 통한 개발품(시공재료) 및 설계기준 최종 검증
  - ❍ 현장 적용을 위해 시험선에서 충분한 테스트를 거쳐 보강 품질 및 신뢰도 확보
  - ❍ 오송종합시험선로에 시험부설하여 현장적용 시험을 수행
  - ❍ 시험부설 후 장기적인 구조 성능 등의 영향을 검증하기 위해 장기계측을 수행하고, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료 후 기준개선이 가능하도록 추진

2.3. 개발 기술의 실용화를 위한 설계 및 시공 지침 개발

- ❑ 개발 기술과 관련된 설계, 시공, 재료 관련 지침을 개발하여 현장에서의 활용성을 높임

제4절 연구추진체계

1. 추진체계 구성

❑ 4개 세부과제 체계로 구성된 연구단 운영

❍ 본 사업 주관은 국토교통부, 전담기관은 국토교통과학기술진흥원으로 함

❍ 본 사업은 「국토교통부소관 연구개발사업 운영규정」[38]에 따라 중형과제로 구분되며, 중형과제를 수행하는 연구조직으로 연구단을 구성하여 운영함

※ 중형과제란 국가의 재정지원 규모가 300억원 미만인 둘 이상의 세부과제로 구성된 연구개발과제를 말함

❍ 본 사업은 4개의 기술로 구분되어 개별 기술개발 및 현장 실증이 이루어져야 하는 내용으로 각 세부과제에서 최종 기술개발성과물을 달성함

❍ 연구단 구성은 다음과 같음

– (세부주관기관) 핵심기술 보유 대학 및 출연연, 설계/공법 및 장비를 실제 개발하고 개발 후 상용화하고자 하는 철도운영사 및 철도구조물 설계사/시공사 중소·중견기업 우대

– (참여기관) 핵심기술 보유 대학 및 출연연, 시험인증이 가능한 시험인증기관, 테스트베드 제공 및 검증이 가능한 철도운영기관 등

❍ 과제선정방식은 지정공모 및 공개경쟁 방식을 채택

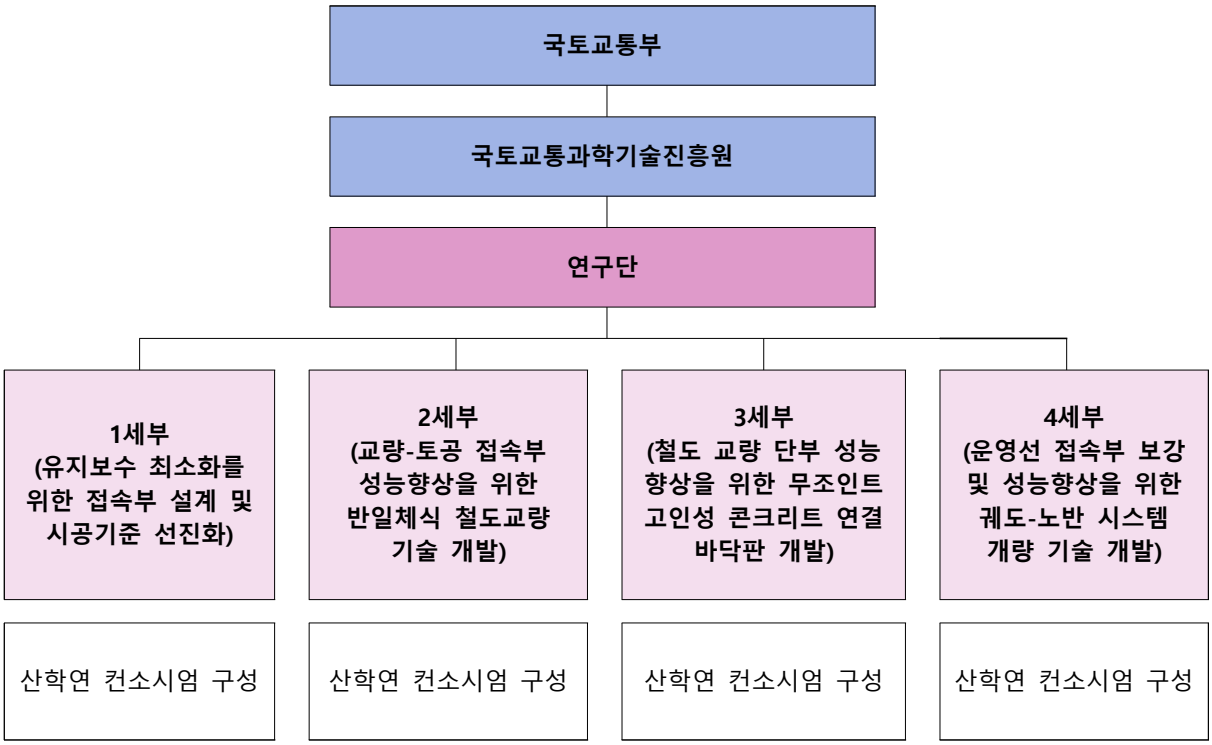


그림 3-6. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술 개발사업 연구추진체계

38) 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 [시행 2020. 1. 28.] [국토교통부훈령 제1274호, 2020. 1. 28., 일부개정]

2. 연구 참여 주체별 역할

❑ 각 연구참여 주체별 역할 및 기능은 다음과 같음

표 3-18. 각 연구 참여 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	ㅇ 사업총괄 부처(최상위 의사결정기관) ㅇ 사업의 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정, 사업 기본 시행계획 수립, 사업 투자우선순위 결정 등 역할을 수행
전문기관 (국토교통과학기술진흥원)	ㅇ 연구단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 - 연구단 진도 및 실적 점검 - 연구단 및 세부과제 선정·단계·최종평가 - 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	ㅇ 전문기관이 요청한 사항에 대한 검토·심의·조정 - 사업 세부시행계획 수립에 관한 사항 - 주요 내용변경에 관한 사항 - 지원 우선순위, 연구개발비 규모 등에 관한 사항 ㅇ 본 사업 및 기술 분야별 10명 이내의 전문가로 구성하며 위원회는 필요시 수시로 개최
운영기관 협의체	ㅇ 철도 운영기관과의 유기적 협조에 관한 사항 - 수요처 요구사항 검토 및 의견제시 - 성능검증을 위한 현차시험 협의 및 협조 창구역할 수행 - 연구성과의 수요처 소개 등 홍보
연구단(연구단장)	ㅇ 사업추진을 위한 컨소시엄 구성 ㅇ 연구단 구성·운영 ㅇ 세부과제 선정평가, 진도관리, 정산, 자체평가, 예산조정 및 참여기관 역할분배 ㅇ 연구성과 관리 및 사업화 지원 ㅇ 연구성과 보급·확산 및 홍보
연구단 주관연구기관	ㅇ 기술개발 총괄 관리 - 세부과제 기획 연차평가, 진도관리 및 과제간 예산조정, 연구성과 관리 및 사업화 지원 등 수행 ㅇ 총괄과제 수행
세부과제 수행기관	ㅇ 사업내 세부 과제별로 기술개발을 직접 수행하는 기관 - 전문성을 갖춘 산·학·연 전문가로 컨소시엄을 구성하여 기술개발을 수행

제5절 기술개발 및 성과 로드맵

1. 세부과제별 기술성과 로드맵

❑ (1세부) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

❑ (2세부) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술

❑ (3세부) 철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술

❑ (4세부) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

1차년도 ('22)
2차년도 ('23)
3차년도 ('24)
4차년도 ('25)
5차년도 ('26)
접속부 궤도틀림 원인탐지 및 진단 기술 개발
원인탐지 진단기술 기본 설계
원인탐지 진단기술 상세 설계 및 장치제작
원인탐지 진단기술 현장 성능 평가
현장 진단 평가 매뉴얼 및 진단지침 작성
접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발
침하 예측 시뮬레이션 알고리즘 구성
침하 예측 시뮬레이션 알고리즘 검증
침하 예측 시뮬레이션 알고리즘 보완
침하 예측 시뮬레이션 결과 DB 구축
운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발
노반보강 및 도상안전화 기술 기본 설계
노반보강 및 도상안전화 장비 개발
노반보강 및 도상안전화 장비 현장 적용 시험
노반보강 및 도상안전화 기술 시방서 작성
콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발
하부 간극 보수 기술 기본 설계
하부 간극 보수 장비 개발
하부 간극 보수 기술 현장 적용 시험
하부 간극 보수 기술 시방서 작성

제6절 성과활용 방안

1. 성과활용 방안

❑ 본 사업의 기술개발 최종 성과물은 접속부 유지보수 최소화와 열차운행 안전성 향상을 위하여 고속철도 및 일반철도, 도시철도구간의 신설 및 운영선에 활용이 가능함

표 3-19. 최종성과물 및 성과지표

구분	주요연구내용	최종성과물	최종수요처	활용방안
1세부 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발	·접속부별 침하원인 및 궤도틀림 발생 매커니즘 ·성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 ·성능기반 구조물-토공 접속부 시공기준 및 재료 ·궤도 접속부 설계기준 ·궤도 접속부 시공기준 및 재료	철도건설 및 유지관리기관 (국가철도공단, 한국철도공사, 도시철도공사)	·궤도틀림 최소화가 가능한 접속부 설계 및 시공기준 확보를 통한 유지보수 최소화 및 열차운행 안전성 확보 ·신설선 설계 및 시공에 활용
2세부 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 개발	철도 교량-토공 접속부에 적용할 수 있는 반일체식 교대 개발 철도 교량-토공 접속부 교량 일체화를 위한 접속 슬래브 개발 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토	·철도교 반일체식 교대 ·철도교 일체형 접속 슬래브 ·철도교 반일체식 교량 설계 및 시공 지침	철도건설기관 (국가철도공단) 및 민간교량건설업체	·철도교 단부 회전에 의한 영향 없는 신설교량 ·신설선 설계 및 시공에 활용
3세부 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발	철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증	·철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 ·철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 설계 및 시공지침 ·성능향상 실증시험 결과	철도건설기관 (국가철도공단) 및 민간교량건설업체	·신축이음 등이 없는 궤도틀림 최소화가 가능한 신설교량 ·신설선 설계 및 시공에 활용
4세부 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반	접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발	·접속부 궤도틀림 진단 장비 및 평가 기준 ·운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술(재료, 시공장비,	철도건설 및 유지관리기관 (국가철도공단, 한국철도공사, 도시철도공사)	·운영중 접속부 노반 보강 기술로 운영선의 신속한 유지보수 가능

시스템 개량 기술 개발	운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발	시공기술) ·접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술(재료, 장치, 시공) ·콘크리트궤도용 높이조절형 심패드 ·콘크리트궤도 하부 간극 보수기술(재료, 시공장비)		·운영선 접속부에 활용
	콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발			

2. 사업화 전략

❑ 연구기간 내 현장 성능 검증 및 개발성과 고도화 추진

○ 철도종합시험선로에서 본 사업을 통해 개발된 기술(교량구조, 재료, 장치, 설계, 시공기술) 성능을 연구기간내에 검증 및 고도화 추진

○ 접속부 현장상황을 재현하여 연구개발 종료 후 실용화 가능성 제고

❑ 사업기간 중 철도 건설 및 유지관리 주체와의 협의체 구성 및 운영을 통해 현장의견을 적극 수렴하여 사업종료 후 연계 적용 가능하도록 추진자원투입 계획

제7절 인력투입계획

❑ 소요인력 산출 근거

❍ 국토교통부의 유사과제를 분석하여 연차별 소요예산 및 소요인력 산출

– 인건비, 직접비(인건비제외), 간접비 비중을 각각 32.0%, 50.0%, 18.0% 수준으로 설정

– 책임급, 선입급, 연구원급 참여 인력의 인건비 비율을 0.3:0.4:0.3을 기준으로 인건비 단가를 고려하여 참여인력(Man-Year)을 산출

표 3-20 소요인력의 직급 구분 기준

직급	기업, 운영기관, 연구기관	대 학
책임급	학사학위 취득 후 12년 이상, 석사학위 취득 후 9년 이상, 박사학위 또는 기술사 취득 후 5년 이상 경력소지자	조교수 이상
선임급	학사학위 취득 후 6년 이상, 석사학위 취득 후 3년 이상 경력 보유자 박사학위 또는 기술사 취득자	전임강사 또는 박사후 과정 연구원
연구원급	대학 이상의 과정 이수자 기타 동등 이상의 경력 소지자	석사과정 재학생 이상

– 인건비는 기획재정부 2020년 학술연구용역 인건비를 기준으로 직급별 참여인원수, 참여율, 참여기간을 고려하여 산정

표 3-21 기획재정부 학술연구용역인건비 기준단가 (2020년 기준)

(단위 : 원)

등급	월 임금 (참여율 100%)
책임연구원	6,459,460
선임연구원	4,953,028
연 구 원	3,310,932

❑ 중점 분야별 소요인력

❍ 본 사업의 총 소요인력은 288명이며 매년 평균 58명이 소요

– 책임급 인력은 89명, 선입급 인력은 127명, 연구원급 인력은 72명 소요

표 3-22 연차별 소요인력

(단위:명)

핵심기술	구분	2022	2023	2024	2025	2026	합계
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	책임급	4	5	5	10	5	29
	선임급	6	7	7	12	7	39
	원급	3	4	4	7	4	22
	소 계	13	16	16	29	16	90
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	책임급	2	3	3	5	3	16
	선임급	4	4	5	7	4	24
	원급	2	2	2	4	2	12
	소 계	8	9	10	16	9	52
철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	책임급	3	3	5	10	5	26
	선임급	4	5	7	12	7	35
	원급	2	2	4	7	5	20
	소 계	9	10	16	29	17	81
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	책임급	2	5	5	5	1	18
	선임급	4	8	7	7	3	29
	원급	2	5	5	4	2	18
	소 계	8	18	17	16	6	65
합 계		38	53	59	90	48	288

제8절 연구 시설 및 장비 투입계획

❑ 동 연구개발과제를 통해 창출된 기술개발성과물은 기존에 구축된 시설 및 장비 등을 활용하여 검증할 수 있는지 관련 인프라 구축 현황을 조사

1. 철도종합시험선로

❑ 철도분야의 기술개발 결과물을 실제 운영환경에서 검증하기 위하여 2019년 개통된 철도종합시험선로를 활용 가능

○ 철도종합시험선로 건설현황

– 사업기간 : 2014. 09. ~2018. 12. (51개월)

– 총사업비 : 2,399억원 [국고 100%]

– 시 공 사 : 지에스건설㈜ 外 9개사

– 건설위치 : 충청북도 청원군 오송읍~세종시 전동면 (노선연장 : 12.99km)

○ 시험선로 건설 개요

– 시험선로 총 연장 : 총 13km (AC구간 : 13km, DC 구간 : 6.5km)

그림 3-7 종합시험선로 노선도

표 3-23 시험선로 건축 및 구조물 현황

구 분		현 황	비 고
노선연장		12km990	
정거장		4개소	오송역, 오송기지, 급전구분, 정동역
변전소 / 급전소		3개소 / 1개소	전철변전소 1, DC변전소 2, 급전구분소
기타 건축물		2동	통합통제센터, 시험편의동
선형조건	최소곡선반경	R=250m	
	최급기울기	35‰	
노반구성	토공	7km124	기존선 활용구간 포함
	교량	1km597	8개소(복선교량 2개소)
	터널	4km269	6개소(복선터널 1개소-제4터널)

- 노선도

그림 3-8 종합시험선로 지형노선도

- 건축물현황

구 분	연면적	건축면적	규모	공 사 현 황	비 고
전철변전소	2,164㎡	1,324㎡	지하1층 ~지상4층	건축 : 조적,미장,목공사완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	변전건물 5개동 골조공사 완료 및 마감공사 진행중 건축+기계설비+ 기계소방 포함 진도율 80.0 %
통합통제센터	1,342㎡	693㎡	지하1층 ~지상2층	건축 : 조적,미장,목공사완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 지열공사, 기계소방공사 진행중	
급전구분소 및 시험편의동	403㎡	412㎡	지하1층 ~지상1층	건축 : 조적,미장,목공사완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	
DC변전소-1	521㎡	521㎡	지상1층	건축 : 조적,미장완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	
DC변전소-2	607㎡	607㎡	지상1층	건축 : 조적,미장완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	

그림 3-9 종합시험선로 건축물 현황

- 신호현황

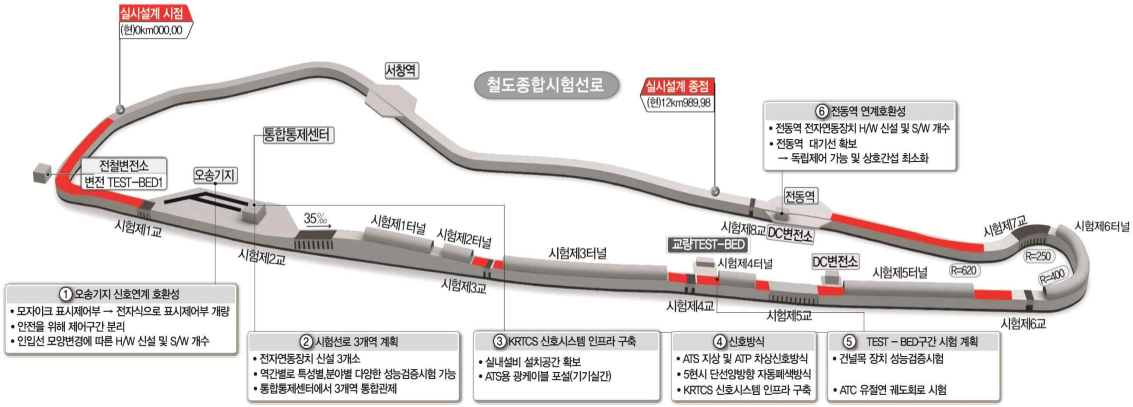


그림 3-10 종합시험선로 신호장치 배치도

- 교량현황

표 3-24 종합시험선로 교량 현황

구 분	교 량 현 황			
	연장(m)	경간구성	상부형식	하부형식
시험 제1교	70	2@35	RPF	교대:역T형 /교각: T형
시험 제2교	380	9@30 + 2@35 + 1@40	IPC, IT	교대:역T형 /교각: T형
시험 제3교	60	2@30	IPC	교대:역T형 /교각: T형
시험 제4교	80	2@40	IT	교대: 역T형 /교각: ∏형
TEST-BED	155	1@30+1@35+1@40+1@45+1@5	WIPC, HPS, ART, RPF, SPC	교대: 역T형 /교각: T형
시험 제5교	440	10@30 + 4@35	IPC	교대: 역T형 /교각: ∏형,T형
시험 제6교	25	1@35	합성형라멘(SPC)	라멘교
시험 제7교	272	7@30.25 +2@30.1	APC	교대: 역T형 /교각: T형
시험 제8교	35	1@35	EDGE	교대: 역T형

- 터널현황

표 3-25 종합시험선로 터널 현황

구 분		시험 1터널	시험 2터널	시험 3터널	시험 4터널	시험 5터널	시험 6터널
터널시점		시험선(현) 3km710	시험선(현) 4km372	시험선(현) 4km875	시험선(현) 6km588	시험선(현) 7km625	시험선(현) 9km080
NATM 시점		3km720	4km377	4km885	6km598	7km630	9km090
NATM 종점		4km256	4km596	6km115	6km854	8km525	10km090
터널종점		4km261	4km601	6km120	6km859	8km530	10km100
연장 (M)	개착	15	10	15	15	10	20
	NATM	536	219	1,230	256	895	1,000
	합계	551	229	1,245	271	905	1,020
갱문 형식	시점	원통절개식	면벽식	원통절개식	원통절개식	돌출형 면벽	원통절개식
	종점	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	돌출형 면벽	원통절개식

구 분	시험 1터널	시험 2터널	시험 3터널	시험 4터널	시험 5터널	시험 6터널
평면선형	R=10,000	R=10,000	R=10,000 ~ R=3,500 ~ 직선	직선	직선	R=400 ~ R=250
종단구배	(-)3‰, (-)12‰	(-)12‰	(+)10‰, (-)3‰	(-)3‰	(+)3‰, (-)5‰	(-)5‰
선로중심간격	-	-	-	4.5, 5.8, 7.8	-	-
도상형식	자갈 도상	자갈 도상	자갈 도상	자갈 도상	자갈, 콘크리트 도상	자갈 도상

○ 현장검증시험 Test-bed 부설 현황

- 철도종합시험선로 실시설계에서 아래와 같이 궤도, 노반, 교량, 전철전력, 신호, 소음 및 공력분야의 다양한 시험이 가능하도록 TEST-BED를 설치하도록 계획됨

- 궤도분야 TEST-BED

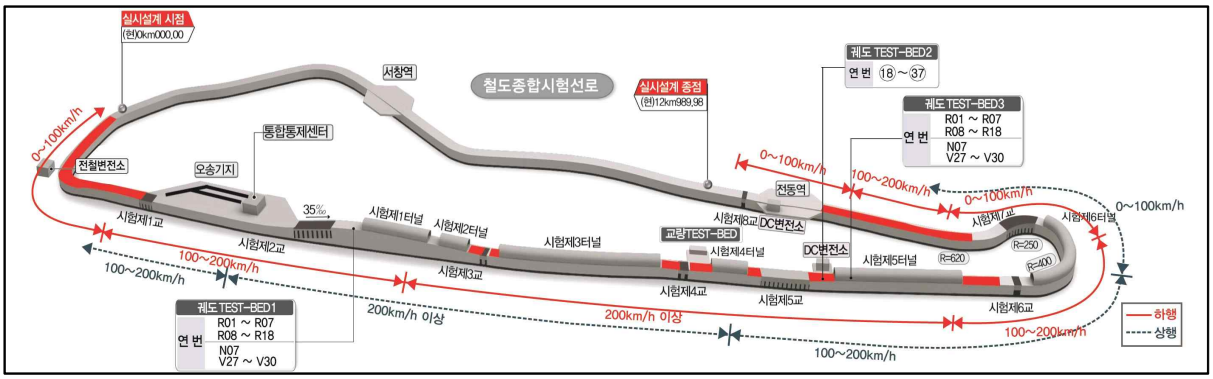


그림 3-11 궤도분야 TEST-BED 현황도

표 3-26 궤도분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
궤도 TEST-BED 1	토공구간 콘크리트궤도 부설시험 가능
궤도 TEST-BED 2	터널 내 콘크리트궤도 부설시험 가능
궤도 TEST-BED 3	F26 고속분기기 부설시험 가능

- 노반, 교량분야 TEST-BED

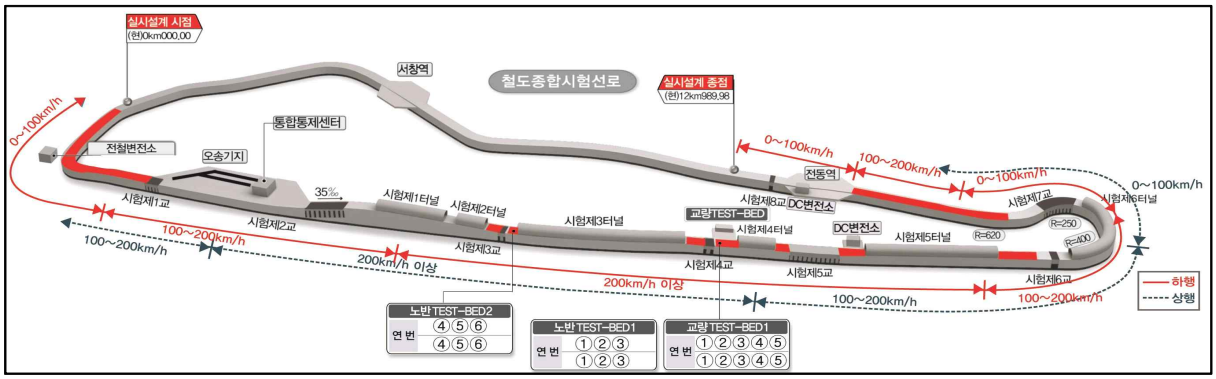


그림 3-12 노반, 교량분야 TEST-BED 현황도

표 3-27 노반, 교량분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
노반 TEST-BED 1	노반구조 지지력, 내구성, 반복재하 시험 가능
노반 TEST-BED 2	토류구조물 지지력, 내구성, 반복재하 시험 가능
교량 TEST-BED 3	교량상부구조 교체시험 가능

- 전철전력분야 TEST-BED

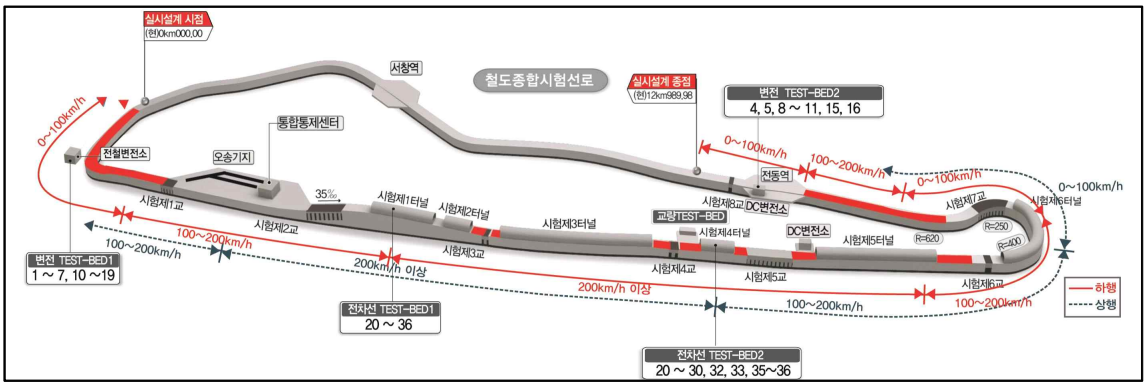


그림 3-13 전철전력분야 TEST-BED 현황도

표 3-28 전철전력분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
변전 TEST-BED 1	교류급전 장비 부설시험 가능
변전 TEST-BED 2	직류급전 장비 부설시험 가능
전차선 TEST-BED 1	중속강체 부설시험 가능
전차선 TEST-BED 2	고속강체 부설시험 가능

- 신호/통신분야 TEST-BED

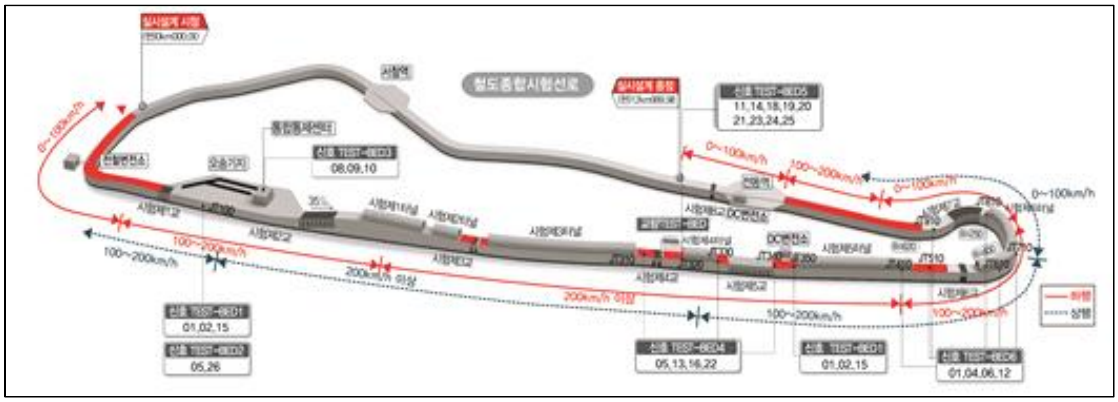


그림 3-14 신호, 통신분야 TEST-BED 현황도

표 3-29 신호, 통신분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
신호 TEST-BED 1	선로전환기 부설시험 가능
신호 TEST-BED 2	승강장구간 열차정지시험 가능
신호 TEST-BED 3	연동장치 부설시험 가능
신호 TEST-BED 4	ATC장치 부설시험 가능
신호 TEST-BED 5	건널목장치 부설시험 가능
신호 TEST-BED 6	폐색제어유니트 부설시험 가능

- 소음/공력분야 TEST-BED

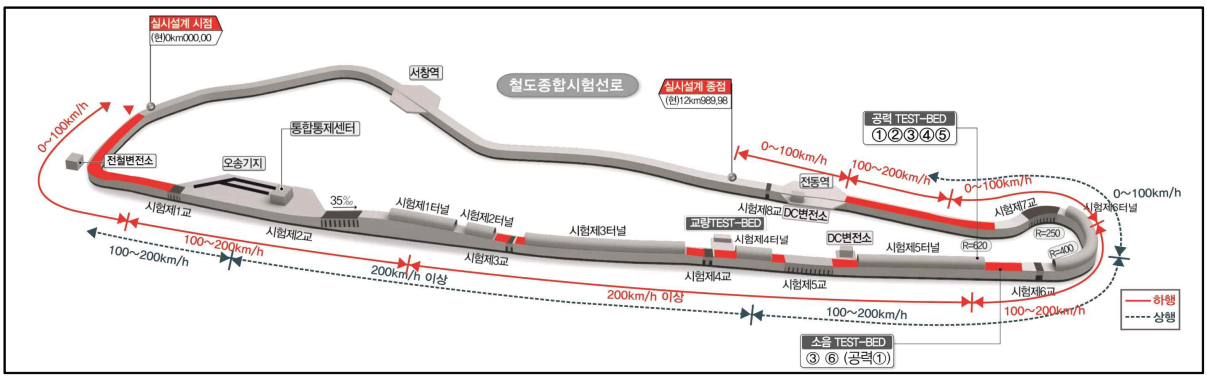


그림 3-15 소음/공력분야 TEST-BED 현황도

표 3-30 소음/공력분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
방음벽 TEST-BED	방음벽 부설시험 가능
공력 TEST-BED	미기압 저감장치 부설시험 가능

○ 종합시험선로 운영 계획

- 시험선로의 분야별 시험가능 시설 구축 현황

- 종합시험선로에는 139개항목의 시설물 현장검증시험이 가능하도록 11개소에 시험관련

인프라를 구축하고 있음.

- 시험제4교는 3개선이 존재하는 구간으로 단선인 시험선로 1선과 우회선로 상/하선 2개선으로 구성되어 있으며, 우회선로에 교량test-bed가 구축되어 있음.
- 종합시험선로에 구축된 위치별 시험가능 항목을 정리하면 다음 표와 같음.

표 3-31 시험선로 위치별 시험가능 항목

지점	위치 특성	Test-bed 종류	시험가능항목	비고
0km	DC변전소	변전	교류급전장비시험	
2km	TS2 승강장	신호	PSD 연동시험 ATO 정위정차시험 선로전환기 시험	
3km	오송차량기지 북쪽	궤도	궤도구조시험 차량소음시험 소음저감시설시험	콘크리트 궤도
3km	시험제2교 35‰ 구배	차량	구배기동시험 구원시험	
4km	시험제1터널	전차선	터널내 증속강체 시험	
5km	시험제3교 북단	노반	토류구조물시험	
6.5km	시험제4교 북쪽	교량	교량을 개조 및 변경시험	
		노반	노반재료시험 구조시험	
6.5km	시험제4터널 남쪽 입구	신호	건널목장치시험	
7km	시험제4터널	전차선	고속R-Bar시험 저속강제 시험	복선터널
7.5km	복선 종단부	궤도	고속분기기시험	F26까지
7.5km	시험제5터널 남쪽 입구	공력	터널 미기압파 저감후드시험	
8km	시험제5터널	궤도	소음진동시험	콘크리트 궤도
9km~11km	시험제6터널과 시험제7교	차량	급곡선시험 연속곡선 통과시험 진동/승차감/횡압 평가 시험	400R, 250R 그리고 620R
10km	시험제6터널	신호	신호기시험 ATS연동시험 ATP 연동시험 ABS 연동시험	
12.5km	DC변전소	신호	직류급전장비시험	

그림 3-16 철도종합시험선로의 시험분야별 시설 현황

❍ 시험선로의 분야별 현장검증시험 항목

- 차량분야 59개항목을 포함하여 시험선로에 시험가능한 현장검증시험 항목은 총 198개 항목이며 시험대상을 고려한 시험종류는 총 447종임.

표 3-32 종합시험선로 현장검증시험 가능 항목

분야	시험항목(개)	시험대상(종)	비고
차량분야	59	170	
궤도분야	37	74	
노반분야	9	15	
교량분야	5	10	
전철전력분야	37	73	
신호분야	26	40	
소음분야	8	43	
공력분야	5	10	
통신분야	12	12	
계	198개	447종	

제9절 소요예산 투입계획 및 적정성 검토

1. 소요예산 총괄

표 3-33. 세부연구항목별 소요예산

(단위 : 백만원)

분류	세부항목	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
1세부	1. 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명	국고	400	250	250	500	250	1,650
		민간	136	85	85	170	85	561
	2. 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발	국고	300	650	750	1,000	500	3,200
		민간	102	221	255	340	170	1,088
	3. 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발	국고	300	600	500	1,000	750	3,150
		민간	102	204	170	340	255	1,071
	합계	국고	1,000	1,500	1,500	2,500	1,500	8,000
		민간	340	510	510	850	510	2,720
2세부	1. 철도 교량-토공 접속부에 적용할 수 있는 반일체식 교대 개발	국고	300	400	400	300	200	1,600
		민간	102	136	136	102	68	544
	2. 철도 교량-토공 접속부 교량 일체화를 위한 접속 슬래브 개발	국고	300	300	500	900	600	2,600
		민간	102	102	170	306	204	884
	3. 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토	국고	200	300	300	300	200	1,300
		민간	68	102	102	102	68	442
	합계	국고	800	1,000	1,200	1,500	1,000	5,500
		민간	272	340	408	510	340	1,870
3세부	1. 철도 교량 단부 적용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발	국고	1,000	1,000	0	0	0	2,000
		민간	340	340	0	0	0	680
	2. 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설	국고	0	200	1,000	1,700	500	3,400
		민간	0	68	340	578	170	1,156
	3. 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증	국고	0	0	500	800	1,100	2,400
		민간	0	0	170	272	374	816
	합계	국고	1,000	1,200	1,500	2,500	1,600	7,800
		민간	340	408	510	850	544	2,652
4세부	1. 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발	국고	250	500	350	350	200	1,650

(단위 : 백만원)

분류	세부항목	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
		민간	85	170	119	119	68	561
	2. 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발	국고	50	100	100	100	0	350
		민간	17	34	34	34	0	119
	3. 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발	국고	400	800	800	750	200	2,950
		민간	136	272	272	255	68	1,003
	4. 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발	국고	200	300	350	300	100	1,250
		민간	68	102	119	102	34	425
	합계	국고	900	1,700	1,600	1,500	500	6,200
		민간	306	578	544	510	170	2,108
연차별		국고	3,700	5,400	5,800	8,000	4,600	27,500
		민간	1,258	1,836	1,972	2,720	1,564	9,350

2. 세부과제별 소요예산

❑ (1세부) 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

❍ 인건비는 `20년 기획재정부의 학술연구용역기준단가에 준하여 작성

❍ 인건비는 소요인력이 연차별 12개월 간 참여율 50% 참여하였다고 가정하여 산정

표 3-34 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	154	193	193	385	193	1,118	14.0
	선임연구원	59	177	207	207	354	207	1,152	14.4
	연구원	40	60	80	80	140	80	440	5.5
	보조원	30	-	-	-	-	-	0	0.0
	소계		391	480	480	879	480	2,710	33.9
직접비	연구장비/재료비		160	300	300	450	300	1,510	18.9
	연구활동비		120	234	234	350	234	1,172	14.7
	연구추진비		71	120	120	195	120	626	7.8
	연구수당		78	96	96	176	96	542	6.8
	소계		429	750	750	1,171	750	3,850	48.1
직접비 합계			820	1,230	1,230	2,050	1,230	6,560	82.0
간접비			180	270	270	450	270	1,440	18.0
합계			1,000	1,500	1,500	2,500	1,500	8,000	100.0

❑ (2세부) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술

표 3-35 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	77	116	116	193	116	618	11.2
	선임연구원	59	118	118	148	207	118	709	12.9
	연구원	40	40	40	40	80	40	240	4.4
	보조원	30	-	-	-	-	-	0	0.0
	소계		235	274	304	480	274	1,567	28.5
직접비	연구장비/재료비		190	260	300	300	260	1,310	23.8
	연구활동비		124	180	200	234	180	918	16.7
	연구추진비		60	51	119	120	51	401	7.3
	연구수당		47	55	61	96	55	314	5.7
	소계		421	546	680	750	546	2,943	53.5
직접비 합계			656	820	984	1,230	820	4,510	82.0
간접비			144	180	216	270	180	990	18.0
합계			800	1,000	1,200	1,500	1,000	5,500	100.0

❑ (3세부) 철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판 (link slab) 기술

표 3-36 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	116	116	193	385	193	1,003	13.0
	선임연구원	59	118	148	207	354	207	1,034	13.4
	연구원	40	40	40	80	140	100	400	5.2
	보조원	30	-	-	-	-	-	0	0.0
	소계		274	304	480	879	500	2,437	31.6
직접비	연구장비/ 재료비		260	300	300	450	290	1,600	20.8
	연구활동비		180	200	234	350	250	1,214	15.8
	연구추진비		51	119	120	195	72	557	7.2
	연구수당		55	61	96	176	100	488	6.3
	소계		546	680	750	1,171	712	3,859	50.1
직접비 합계			820	984	1,230	2,050	1,212	6,296	81.8
간접비			180	216	270	450	288	1,404	18.2
합계			1,000	1,200	1,500	2,500	1,500	7,700	100.0

❑ (4세부) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

표 3-37 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	77	193	193	193	39	695	11.2
	선임연구원	59	118	236	207	207	89	857	13.8
	연구원	40	40	100	100	80	40	360	5.8
	보조원	30	-	-	-	-	-	0	0.0
	소계		235	529	500	480	168	1,912	30.8
직접비	연구장비/ 재료비		240	350	330	300	50	1,270	20.5
	연구활동비		165	275	260	234	110	1,044	16.8
	연구추진비		51	134	130	120	48	483	7.8
	연구수당		47	106	92	96	34	375	6.0
	소계		503	865	812	750	242	3,172	51.2
직접비 합계			738	1,394	1,312	1,230	410	5,084	82.0
간접비			162	306	288	270	90	1,116	18.0
합계			900	1,700	1,600	1,500	500	6,200	100.0

제4장 사전 타당성 분석[39)]

제1절 사업논리모형

❑ 사업논리모형은 과학기술적 타당성분석에 해당되는 내용이나, 동 과제의 전체적인 방향성 파악을 위해 우선적으로 작성하여 검토함

❍ (이슈/문제) 대상사업과 관련된 분야에서 어떠한 이슈나 문제가 존재하며, 이를 해결하기 위해 해당 사업을 반드시 추진해야 하는지에 대한 정보가 포함되어야 함

– 사업 추진의 필요성을 설명할 수 있는 배경요인, 국가적 수요와 도전과제 등 해당 사업을 통해 해결하거나 대처하고자 하는 문제나 이슈

– 사업을 추진하지 않을 경우 발생할 것으로 예상되는 문제나 잃게 되는 기회는 무엇인지에 대한 검토

❍ (목표) 해당 사업의 추진을 통해 달성하고자 하는 사업의 핵심 성과임

– 사업목표는 해당 사업을 통해 이슈와 문제가 어느 정도로 해결될 수 있는지 측정이 가능하도록 정량적으로 제시되어야 함

❍ (수혜자) 사업으로 인해 직·간접적으로 영향을 받는 이해관계자

❍ (투입) 연구개발활동에 필요한 모든 자원으로 재정적 자원, 인적자원, 연구시설장비, 연구주체 등 포함

❍ (활동) 목표의 달성과 산출의 발생을 위해 수행하는 연구개발활동

❍ (산출) 연구개발활동의 직접적인 결과물을 의미하며 일반적으로 연구개발활동으로 개발된 기술, 정보, 데이터, 제품, 서비스 등이 여기에 해당

❍ (성과/영향) 성과는 사업의 목표와 밀접한 관련이 있으면서 사업 추진과정에 따른 변화나 산출의 활용이 야기할 것으로 예상되는 의도된 결과이며, 영향은 성과의 확산으로 인해 미래에 발생할 것으로 예상되는 직·간접적 변화 및 파급효과를 의미함

❍ (가정) 가정은 사업 추진 시 논리모형 항목별로 발생할 상황과 변화에 대한 기대나 예측을 의미하며, 사업의 성공과 직접적으로 관련된 환경 조건, 법, 규정, 원칙, 한계, 믿음, 위험 등의 외부요인들 역시 가정에 포함

❑ 동 과제의 사업논리모형은 다음과 같이 정리할 수 있음

39) 사전 타당성 분석은「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)」에 따라 과학기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성의 3가지 분석을 따르며, 전체 기획 방향의 틀을 보여주는 사업논리모형을 별도로 제시하여 구성함

1. 이슈/문제

- 국내 철도 노선에는 다수의 구조물 접속부가 존재하며, 이러한 선로의 불연속점(seam)은 궤도틀림의 취약개소로 작용하여 차량 주행의 안전성과 승차감을 저하시키고, 구조물의 열화, 심한 경우 차량 탈선을 유발하고 있음
- 선로의 유지보수 작업 후에도 안정화 기간 동안 궤도변형, 궤도 좌굴 등으로 탈선 가능성이 있으며, 특히 55일간 단계적 서행 운행으로 인한 열차 지연으로 사회적 비용(연간 58~61억원 추정) 발생
- 국내 전체 궤도 연장의 82%가 자갈궤도며, 구축 계획된 신선 대부분이 자갈궤도로 건설 예정되어, 향후 지속적인 유지보수 및 손실비용 발생이 예상됨

  ※ 자갈궤도는 상대적으로 궤도저항력이 낮아 궤도틀림 발생 가능성이 높으며, 유지보수를 전제로 함
- 따라서 국내 철도선로 현황을 고려한 불연속점(seam) 취약개소에 대해 원천적 대응 방안 마련 필요

2. 목표

- 성능기반 접속부 설계기준 마련 및 시공기준 개선
- 교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트 교량 기술 개발
- 교량 단부 궤도이완 저감 및 철도교량 동적 성능 향상 기술 개발
- 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

3. 수혜자

- 기술개발 성과물을 활용하는 철도 설계사 및 건설사(시공사), 철도 운영사(코레일, 서울교통공사 등), 철도 시설관리기관(한국철도시설공단)
- 철도를 안전하게 이용하고자 하는 국민
- 원천적 궤도틀림 방지로 건설 및 유지보수 위탁 비용을 절감하는 정부(국토부)

4. 투입

- 36,850백만원 (국고 27,500백만원, 민간 9,350백만원)
- 연구기간 : '22~'26(5년)
- 연구인력 : 연평균 58명 (전체 288명)
- 철도운영기관 및 중소·중견기업 포함 산·학·연
- 철도종합시험선로 활용

5. 활동

- 접속부 설계 및 시공기준 개발
- 반일체식 교대 구조 및 교량 일체식 접속 슬래브 개발
- 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발
- 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발
- 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제, 보강기술 개발

6. 산출

- 국내외 논문 투고·게재 건수
- 특허 출원·등록 건수
- 기타 지식재산권 수 (실용신안, S/W 등록)
- 설계기준, 시방서, 지침 건수
- 현장시험 및 검증 건수

7. 성과/영향

- 자갈궤도 열화 진전율 및 속도 감소
- 유지보수 저감 및 작업속도 향상
- 열차 승차감 제고
- 향후 해외시장 진출을 위한 기술경쟁력 확보

8. 가정

- 신설 및 기존 노선 철도시설의 성능 및 안전성 평가 기준이 강화될 전망
- 제3차 국가철도망 구축계획('16~'25)에 따른 광역·급행 철도망 확대 및 일반철도의 고속화, 기존 노선의 유지보수와 개량 수요 증대 예정
- 철도인프라 관련 시장은 아태 지역을 중심으로 빠르게 성장하고 있으며, 특히 신남방 국가들의 인구증가 및 경제성장에 기인하여 신규(신설·개량) 철도 인프라 시장이 확대될 것으로 전망
- 정시성, 신속성, 안전성뿐만 아니라 쾌적하고 안락한 승차감을 중요시하는 철도 이용자의 증가
- 구조물 접속부 및 신축이음부의 변형과 리스크에 영향을 미치는 폭염, 혹한 등의 한반도 기후변화 지속 심화

그림 4-1. 궤도틀림분야 논리모형

제2절 과학기술적 타당성

1. 과학기술적 타당성 분석 개요

❑ 과학기술적 타당성 분석은 기획보고서 검토를 통해 문제/이슈 도출의 적절성, 사업목표의 적절성, 세부활동 및 추진전략의 적절성에 대한 분석을 실시

○ 문제/이슈 도출의 적절성은 사업이 기획된 배경과 경위의 적절성, 문제이슈 식별과정의 적절성, 과학기술기반 문제이슈 정의의 적절성을 검토

○ 사업목표의 적절성은 식별된 문제이슈의 연관성 및 사업목표 설정의 적절성을 검토

○ 세부활동 및 추진전략의 적절성은 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성, 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성을 검토

2. 과학기술적 타당성 분석 주요 내용

2.1. 문제/이슈 도출의 적절성

❑ 국가적 차원에서 해결해야 할 문제·이슈를 식별하기 위한 과정과 별도의 사업으로 추진할 필요가 시급히 요구되는지를 분석하는 항목임

❑ 동 과제의 기획을 통해 궤도틀림 분야의 현황과 전망, 관련 정책 및 산업 동향 등 기존 문헌 및 현장 의견을 조사하여 문제 및 이슈를 도출하였음

○ 국내 다수 존재하고 있는 선로 구조물 접속부 등 궤토틀림 취약개소의 현황을 제시함으로써 궤도틀림의 위험성과 문제점을 설명하였음

– 불연속점 유형별 궤도열화 발생 현상, 설계 문제, 유지보수 방법의 문제점 등을 구체적으로 보여줌

○ 국내 법률 및 제도적 강화로 인해 철도시설의 유지관리 중요성이 높아지고, 철도의 안전 확보 및 성능 제고, 이용자 편의 향상을 위한 정책과 기술개발이 추진되고 있음을 제시

– 2018년 철도건설법의 개정으로 철도시설의 유지관리에 대한 중요성이 강조되고, 특히 기존 신규 건설 중심의 법 구조에서 철도시설의 노후화 문제해결, 운행선 안전 확보를 통한 국민안전을 확보하고자 함

○ 아울러 철도 인프라 유지·보수 및 현대화에 대해 적극 정책을 추진 중인 독일, 일본, 미국 등 해외 사례를 제시함으로써, 철도교통의 안전성 강화와 성능향상을 위해 노력하는 점을 제시

○ 이와 함께, 국내 철도망 구축계획에 따른 신규 철도시장 투자비용, 국가철도 유지보수 인력 현황 및 투자비용, 유지보수 및 개량 투자실적 등의 현황을 추가로 제시하여 유지보수 현황에 대해 명확히 설명

❑ 궤도틀림 기술수요조사를 기반으로 전문가 의견을 수렴(분과위원회)하여 분류체계(안)을 마련하고, 중점분야 및 후보기술을 도출하여 우선순위 평가를 통해 4가지 핵심세부기술을 선정

❍ 기술수요조사를 실시하여 해당 결과에 대한 분류체계(안)을 수립

- 3가지 중점분야(△유지보수 최소화를 위한 구조물-토공 접속부 궤도 및 노반 핵심기술, △교량-토공 접속부 및 교량 단부 성능향상 핵심기술, △운영선 유지보수 효율화를 위한 접속부 상태평가 및 성능향상 기술)로 구성

❍ 중점분야 하위의 12개 후보기술에 대하여 4개의 우선순위 평가항목에 따라 전문가 검토를 추진하여 최종 핵심세부기술을 선정

- 우선순위 평가항목은 동 과제의 특성을 고려하여 ①기술개발의 시급성 및 필요성, ②향후 개발 기술의 활용성 및 예상 수요, ③기술개발의 성공 가능성, ④기술개발의 독창성 및 신규성 4개 항목으로 설정

- 또한, 각 후보기술의 우선순위 평가를 위하여 산, 학, 연 소속 전문가뿐만 아니라 한국철도공사, 서울교통공사, 서부광역철도 등의 운영사 관련 분야 담당자 및 주요 산업계 관계자를 함께 구성하여 동 연구 취지를 반영

표 4-1. 우선순위 평가 참여 분과위원 명단

구분	소속 및 직책	이름
연	한국건설기술연구원	강재윤
운영사	한국철도공사 처장	김남혁
운영사	서부광역철도 건설본부장	김인재
산	서현기술단 본부장	박성현
학	한국교통대학교 교수	장승엽
산	DM 엔지니어링 대표	조경식
학	고려대학교 교수	지광습

❑ 다만, 동 과제의 기술개발 종료 시점(미래) 이후 문제/이슈 보다는 현황 중심의 문제/이슈 도출로 기술개발 필요성 제기에 한계가 있음

❍ 우선순위 평가에서 향후 예상 수요 및 사용 빈도를 고려하여 미래 이슈를 고려 한 것으로 보이나, 일부 전문가의 의견으로 대체될 수 있는 가능성 우려

❍ 국외 철도분야 주요 선진국(독일, 프랑스 등) 대상 선로 취약개소 중심의 현황 조사에 한계가 있어, 철도 인프라 전체에 대한 유지보수 및 개량에 대해 종합적인 동향을 제시하고 있음

- 따라서 동 분야에 대한 구체적이고 세분화된 국외 시설 현황, 유지보수 및 투자비용 등 추가적인 파악 필요

❑ 특허분석 등 기술개발 동향 분석 결과, 국내의 경우 다른 주요국과는 달리 기업의 기술개발 역량이 부족하고 운영기관 및 철도기술연구원 등에 역량이 뒷받침되어야 하는 상황으로, 산업계와의 협력체계를 구축한 연구추진이 필요

2.2. 사업목표의 적절성

❑ 연구개발과제로 대변되는 세부활동이 구체적으로 제시되고 효과적이고 유기적으로 서로 연계되어 있는지를 관리가능성의 관점에서 분석

❍ 즉, 사업목표를 효과적으로 달성하기 위한 추진전략 및 추진체계를 적절히 제시하였는지에 대한 분석을 수행

❑ 4개의 핵심기술별 세부 목표를 설정하고, 기대효과를 정량화하여 제시

❍ 본 사업의 비전은 "철도시설물 접속부 성능향상, 유지보수 최소화를 통한 철도시설물 안전성 및 유지관리 효율성 혁신적 향상"이며, 비전 달성을 위해 4개의 핵심 세부기술별로 목표를 수립

❍ ① 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

– 궤도틀림 취약개소에 대한 잦은 유지보수를 예방할 수 있도록 사전 대응을 위한 빅데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 기술 개발

– 노반과 궤도특성을 종합적으로 고려하여 현행 구조물-토공 접속부 및 궤도 접속부의 설계기준을 보강할 수 있는 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발

– (기대효과) 접속부 자갈궤도 열화진전율 30% 저감, 유지보수 30% 저감, 콘크리트 궤도 접속부 침하저감 30%, 접속부 승차감 향상 20%

❍ ② 교량-토공접속부 성능향상을 위한 반일체식 철도교량 기술 개발

– 철도 교량-토공 접속부는 궤도틀림 발생의 주요 취약개소로, 교량 신축이음부의 침하와 자갈궤도 이완을 저감시키기 위한 무조인트 교량 기술 개발

– (기대효과) 접속부 자갈궤도 열화속도 30% 감소, 접속부 자갈궤도 유지보수 비용 20% 절감

❍ ③ 철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술 개발

– 자갈궤도의 이완을 저감시키고 철도 교량의 동적 성능개선을 위한 철도 교량 단부 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발

– (기대효과) 교량상 자갈궤도 열화 20% 감소 및 유지보수 비용 10% 절감, 고속철도 자갈궤도 교량 단부 통과 시 승차감 10% 향상

❍ ④ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발

– 운영선의 특성을 고려하여 토공-구조물 접속부에서의 궤토틀림 원인을 탐지·진단하고, 성능을 향상하기 위한 시스템 개량 기술을 개발

– (기대효과) 접속부 자갈궤도 보수주기 200% 증대, 콘크리트궤도 하부 간극보수 작업속도 200% 향상

❑ 핵심기술별 목표는 앞서 국내외 기술 현황에서 제시한 문제 및 한계점에 대해 과학기술적으로 해결할 수 있는 기술개발 연구내용을 목표로 설정하여 제시함

❍ 세부과제별 개발되는 기술의 정량적, 구체적 목표는 특허, 논문, 설계기준 등 평가지표 및 목표를 설정하였음

❍ 추가적으로 세부과제별 성능목표 수준 달성 여부에 대한 과제 종료시점의 평가 지표가 고려되어야 함

2.3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

❑ 연구개발과제로 대변되는 세부활동이 구체적으로 제시되고 효과적이고 유기적으로 서로 연계되어 있는지를 관리 가능성의 관점에서 분석

❍ 즉, 사업목표를 효과적으로 달성하기 위한 추진전략 및 추진체계를 적절히 제시하였는지에 대한 분석을 수행

❑ 본 사업은 총 5년간 추진되는 R&D사업으로 4개의 핵심기술별로 연차별 로드맵을 구성하고 소요예산 계획을 수립하였음

❍ 각 핵심기술별로 연구개발 목표에 따른 기술개발로드맵을 구체화하여 단계별 요소기술의 진행 및 성과 연계를 파악할 수 있으며, 합리적인 기술 개발 추진 내용을 제시

❑ 또한, 기술개발 종료 시점의 해당 성능을 검증하는 방안에 대한 내용을 구체화하여 제시함

❍ 운행현장 제약조건 문제해결을 위해 동 연구개발과제를 통해서 창출되는 기술개발의 성과물을 선행연구와 연계 활용(철도종합시험선로)하여 검증할 수 있도록 추진

제3절 정책적 타당성

1. 정책적 타당성 분석 개요

❑ 정책적 타당성 분석은 정책의 일관성 및 추진체제, 사업추진상의 위험 요인에 대한 검토

○ 정책의 일관성 및 추진체제는 상위계획의 부합성과 사업추진체제 및 추진의지로 나뉘는데 상위계획의 부합성에는 정부의 국정과제, 과학기술기본계획 및 국토교통부 중장기 계획의 정책 일관성 평가에 있어서 매우 중요하며, 사업추진체제 및 추진의지는 사업 수행체계와 절차 적절성, 운영방안의 효율성 등의 분석이 필요

– 사업의 원활한 추진을 위해서는 정부 차원에서 주관부처의 추진 정책과 부합하여야 하며 부처 간의 정책적 합의 역시 선결되어야 하므로 이를 반영하여 '상위계획과의 부합성'을 기본 항목으로 포함

– 성공적인 연구개발 사업목표 달성을 위한 사업 외적인 요인들로서, 타 사업과의 차별성이 명백해야 하며, 적절하고 효율적인 사업 거버넌스 구축 및 사업 참여주체 선정 시의 법·제도 준수 여부의 검토와,

– 조사대상 사업에 대한 각 참여주체들의 입장과 태도, 그리고 사업 수행을 위한 관련 주체들 모두의 상호 협조가 필요하다는 사회적 합의의 도달에 대한 사전검토의 측면에서 '사업 추진체제 및 추진의지'를 기본항목으로 포함

○ 사업추진상의 위험요인과 관련해서는 재원조달 가능성과 법제도적 위험요인으로 분류하며 위험요인에 대한 사전 파악 및 정의가 되어 있는지 여부와 그에 대한 별도의 대비책이 제시되어 있는지 여부를 집중 분석

– 사업 추진과정에서 발생할 수 있는 위험을 구체화했는지, 발생 가능한 피해를 분석하였는지를 포함하여 위험회피 또는 피해 최소화를 위한 대응계획의 수립 가능성까지 고려

* 자료 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020.1)

그림 4-2. 정책적 타당성 분석의 평가항목(1계층, 2계층, 3계층)

2. 정책적 타당성 분석 주요 내용

2.1. 정책의 일관성 및 추진체제

2.1.1. 상위계획과의 부합성

❑ 철도 궤도틀림과 관련된 과학기술 정책에 대하여 국가 상위계획, 중장기계획 등을 통해 상위계획과의 부합성을 검토

○ 상위계획과의 부합성은 정부 차원의 정책적 합의를 의미하며, 세부지침에 제시된 평가 질의는 '과학기술 기본계획 및 선택군 계획과 해당 사업계획서의 내용이 부합하는가?'로 분야 관련 계획을 조사, 검토하였음

❑ 동 기획연구에서 검토한 과학기술기본계획 및 기술개발 분야 등 관련 계획 대상은 다음과 같으며, 각 계획별 부합성 여부를 조사한 결과, 대체적으로 부합하는 것으로 판단됨

표 4-2. 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
과학기술분야	제4차 과학기술기본계획(2018-2022)		○	
과학기술분야	제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획 (2018-2027)		○	
철도 분야	제5차 국토종합계획(2020-2040)			○
철도 분야	제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2018-2022)			○
철도 분야	제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)			○

❑ 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)

○ 동 사업은 「제4차 과학기술기본계획」의 4대 전략 중 '전략4. 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현'의 중점추진과제인 '과제17. 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'의 정책 방향과 일부 부합하는 것으로 판단됨

– (중점추진과제17) '안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'에서 대규모 재해로부터 국민을 지키는 안전 확보체계 구축 등 철도를 포함한 노후 및 신설 도시 인프라의 예방적 유지관리 시스템개발 추진

❑ 제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획(2018-2027)

○ 동 사업은 「제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획」의 4대 전략 중 '전략3. 사람중심의 국토교통 기술개발'에서 실천과제인 '01. 재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

– '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'의 전략목표 중 하나인 철도·항공 이용자 보호시스템에서 교통인프라 급속 개량·교체 기술 개발 등은 동 사업의 목표인 철도시설물 안전성 향상과 일부 부합되는 것으로 확인

❑ 제5차 국토종합계획(2020-2040)

○ '전략5. 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화'의 주요 정책과제인 '인프라의 전략적 운

영과 포용적 교통정책 추진'은 동 사업의 방향과 부합하고 있음

– '노후 인프라의 적기개량을 통한 안전성 제고', '첨단기술을 활용한 인프라 유지관리 고도화'를 통해 철도시설물의 유지관리 및 성능개선을 위한 기준 마련 등을 추진

❑ 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)

○ 동 사업은 '전략 2. 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화'에서 '세부 추진과제 2-3. 시설물 안전 및 유지관리 차세대 핵심 기술 확보'는 철도 인프라의 선제적 유지관리 체계 확립을 위한 정책적 방향성과 연계될 것으로 판단됨

❑ 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)

○ 「제3차 국가철도망 구축계획」의 6대 추진방향 중 하나인 '4. 안전하고 이용하기 편리한 시설 조성'은 노후철도 시설을 적기에 개량하고 철도운행 안전성 강화를 목표하여 동 사업의 정책 방향과 부합됨

2.1.2. 사업 추진체제 및 추진의지

❑ 사업의 차별성 및 연계·협력방안에 대해 중점하여 기존 사업 및 연구시설장비 등에 대한 중복성, 연계활용방안 제시에 대해 종합 검토함

○ 사업 추진체제 및 추진의지는 사업의 임무·역할의 차별성 및 연계·협력방안의 적절성과 사회적 합의를 의미하며, 주요 평가 질의는 다음과 같음

❑ 4개의 세부과제로 구성된 연구단으로 추진될 예정으로 연구성과의 실 수요처인 철도운영기관이 연구단 주관을 맡아 추진함에 따라 현장 적용성을 확보하는데 적정할 것으로 판단

○ (연구단 주관기관) 연구성과의 실수요처인 철도운영기관 또는 핵심기술 보유 대학 및 출연연이 연구단 주관을 맡아 요구사양 정의, 현장적용성 검증, 실용화 등 수행

○ (세부주관기관) 핵심기술 보유 대학 및 출연연, 설계/공법 및 장비를 실제 개발하고 개발 후 상용화하고자 하는 철도운영사 및 철도구조물 설계사/시공사 중소·중견기업 우대

○ (참여기관) 핵심기술 보유 대학 및 출연연, 시험인증이 가능한 시험인증기관, 테스트베드 제공 및 검증이 가능한 철도운영기관 등

2.2. 사업 추진상의 위험요인

2.2.1. 재원조달 가능성

❑ 실제 연구단의 주관기관은 철도운영기관(산업계, 대기업)이 맡고, 중소·중견기업이 참여연구기관으로 참여하게 됨에 따라, 민간부담금에 대한 실제 재원조달 어렵지 않을 것으로 예상됨

○ 사업기간('21~'25년) 5년 총 36,850백만원 투입예정이며, 이 중 27,500억원은 정부출연금, 나머지 9,350백만원은 민간부담금으로 조달할 계획

– 민간 부담금은 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 따라 대기업(50%), 중견(40%), 중소(25%), 컨소시엄(복합) 등 각 프로그램별 타깃에 따라 분담비율 적용

– 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」을 참고하여 중소기업이 모두 참여하거나, 중소기업의 비율이 ⅔이상인 경우 정부출연금 비율을 75%이내로 규정되어 있으므로 이에 따라 정부, 민간 비율을 조정

❑ 국가재정운용계획 재정운용 방향, 국토교통부 예산 추이 등 검토를 통해 정부투자금 조달 가능성 등을 확인

❍ 국가재정운용계획(2020~2024)」(2020, 기획재정부) 재정운용 기본방향 및 목표, R&D 투자방안 등과 연계하여 추진

– 국민들의 안전에 대한 의식수준이 높아지면서 종전보다 높은 수준의 안전확보를 요구함에 따라 도로, 철도 등 관련 분야의 「안전체계 구축」을 목표로 투자를 지속할 계획

– 「미래 신성장동력 창출」을 위해 관련 R&D를 적극 지원하는 한편 R&D 투자 효율화를 병행하고, 미래성장동력을 확충 및 4차 산업혁명에 전략적으로 대응하기 위한 R&D투자를 지속적으로 확대할 방침

❍ 최근 3년간의 국토교통부 예산 추이를 살펴보면, 동 분야에 대한 정부 예산 조달 가능성이 충분할 것으로 판단

– 철도분야는 노후도가 높은 교량, 터널 등 철도시설 개선 등에 '21년 2조 939억원을 투자 예정이며 확대 전망

※ 국토교통부 철도 분야 예산 : ('19) 55,163억원 → ('20) 69,474억원 → ('21) 80,956억원

– 제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)에 따라 신규 철도망 건설사업에 대한 지속적인 투자가 이뤄질 예정

2.2.2. 법·제도적 위험요인

❑ 법제도적 위험요인 평가항목은 법제도적 합의에 대한 의미로 다음 평가질의에 따라 위험요인 및 대응방안에 대한 제시 등 내용을 검토

❍ 본 사업의 법제도적 위험요인에 대한 검토 결과 해당사항 없음

제4절 경제적 타당성

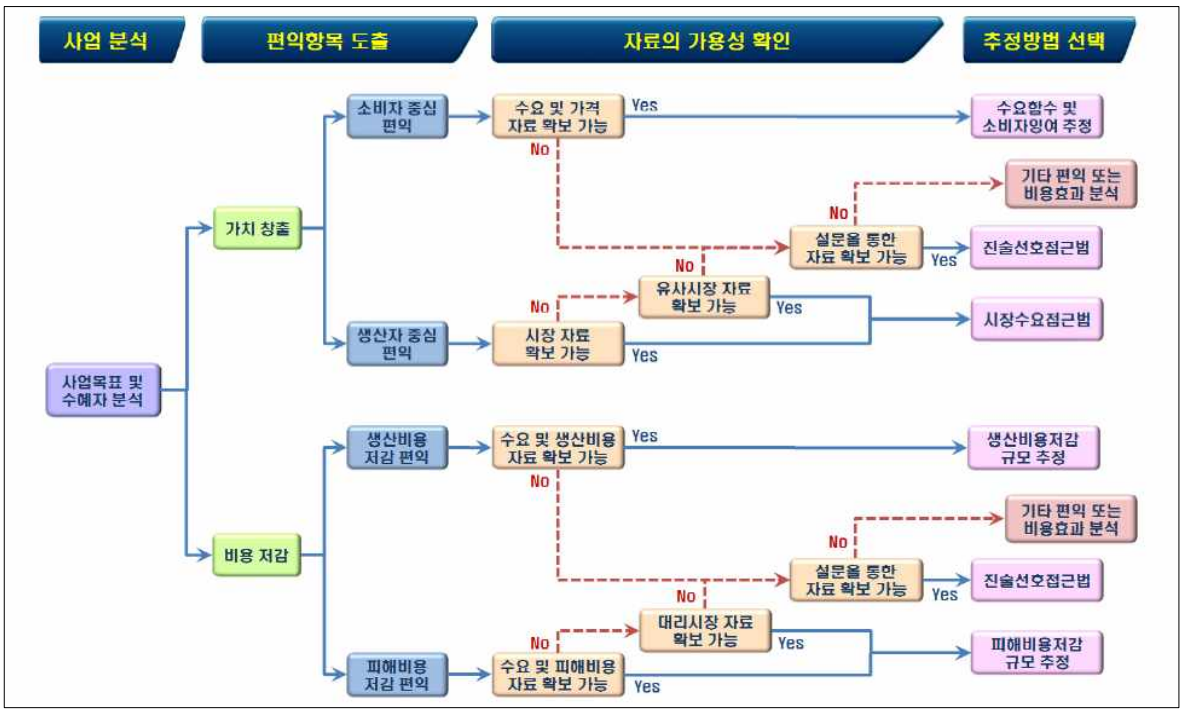
1. 경제적 타당성 분석 개요

❑ 경제적 타당성 분석은 경제성에 대한 내용으로 경제성은 일반적으로 비용편익분석을 기본으로 하고 사업내용에 따라 비용편익분석이 어려운 경우에는 비용효과분석을 통해 경제성을 분석

○ 비용편익 분석은 기술개발 비용 및 사업화 이후의 비용 등 총 비용의 추정과, 총 편익 규모, 기술기여도 등을 고려한 혜택 산출을 통해서 이루어지며, 예비타당성 분석에서 좋은 평가를 받기 위해서는 절대적인 조건은 아니지만 비용편익 비율이 1 정도 되는 것이 중요

○ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)에 제시된 경제적 타당성 분석 절차는 그림과 같이 먼저 사업 목표 분석에서 출발하여 편익항목을 도출하는 것으로 시작

– 연구개발부문의 예비타당성조사의 편익 추정은 '사업 분석 → 편익항목 도출 → 자료의 가용성(可用性, availability) 확인 → 편익 추정방법의 선택 → 항목별 수요(시장) 또는 비용 도출 → 가치 계산'의 과정을 거침



* 자료 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020.1)

그림 4-3. 편익 추정방법 과정

○ 사업을 면밀히 분석하여 사업목표와 수혜자를 명확히 식별하고, 사업의 핵심목표 및 수혜자와 일관성을 가지면서 사업으로부터 직접적으로 얻어지는 효과를 편익항목으로 선정

○ 수요/시장 또는 비용자료의 확보가 어려운 경우에는, 유사(대리)시장의 존재를 확인하고 이에 대한 자료를 확보하여 편익을 추정

2. 경제적 타당성 분석 결과

2.1. 비용 추정

(1) 연구과제 총 비용 : 36,850백만 원

❑ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2019)에서는 비용편익분석에 있어 비용의 추정을 총 사업비(비용), 즉 '제안된 사업기간 내에 포함되는 모든 비용'으로 하고 있으므로 본 연구과제에 필요한 모든 경비를 합하여 비용으로 산정

○ 총 연구비는 국고(공공부문 R&D)와 민자(민간부문 R&D) 비용의 합으로 구성

표 4-3. 세부과제별 연차별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부과제	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
1. 교량-토목 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발	국고	1,000	1,500	1,500	2,500	1,500	8,000
	민간	340	510	510	850	510	2,720
2. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	국고	800	1,000	1,200	1,500	1,000	5,500
	민간	272	340	408	510	340	1,870
3. 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	국고	1,000	1,200	1,500	2,500	1,600	7,800
	민간	340	408	510	850	544	2,652
4. 철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥반(BCC link slab) 개발	국고	900	1,700	1,600	1,500	500	6,200
	민간	306	578	544	510	170	2,108
합계	국고	3,700	5,400	5,800	8,000	4,600	27,500
	민간	1,258	1,836	1,972	2,720	1,564	9,350
	소계	4,958	7,236	7,772	10,720	6,164	36,850

○ 본 연구과제는 실증(검증)까지 진행함에 따라, 추가적인 검증 또는 인증 단계가 없어, 기술개발성과물이 현장에 바로 적용될 수 있으므로 후속 실증 비용이 포함되지 않음

○ 따라서, 본 연구과제의 총 비용은 전체 과제 소요예산인 36,850백만원으로 산정

2.2. 편익 추정

2.2.1. 기본 가정

❑ 본 연구과제의 경제적 성과는 4개 세부과제의 기술개발 목표 등을 통해 발생 가능한 편익 항목을 선정하고, 비용 편익 분석을 통해 도출

○ 본 연구과제는 ①궤도틀림에 따른 기존선 유지보수 비용 저감 편익을 항목으로 설정하였음

세부과제 구성	편익
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	▶ 유지보수 비용 저감
교량-토목 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발	▶ 유지보수 비용 저감
철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트 고인성 콘크리트 연결 바닥반(BCC link slab) 개발	▶ 유지보수 비용 저감
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	▶ 유지보수 비용 저감

그림 4-4. 본 연구과제의 편익 항목 도출

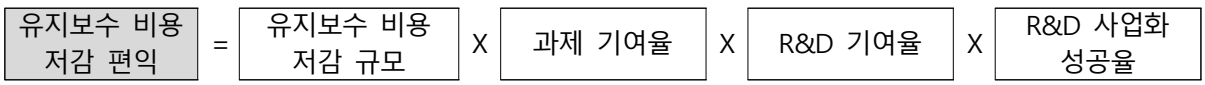


그림 4-5. 본 연구과제의 비용저감(유지보수) 편익 산출법

2.2.2. 편익 추정 지표 산정

(1) 편익 회임기간 : 1년

❑ 본 연구과제의 성과물이 사업화에 필요한 회임기간을 1년으로 가정하여 적용

○ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에 따르면 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 편익 회임기간이라고 정의[40)]

– 한국개발연구원에서는 사업 주관부처가 사업계획서에 편익 회임기간을 제시하는 경우에는 이를 준용하되, 별도의 언급이 없으면 기초연구는 5년, 개발·응용 연구는 3년을 기본으로 사업특성을 고려하여 반영하고 있음

○ 본 연구개발 사업을 통해 추진되는 과제들은 대부분 TRL 8단계까지 진행하여 접속부 보

40) KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020.1)

강기술 및 설계기준 등의 성과물을 창출하고, 실제 현장에서의 사용 가능성 증명을 목표로 하고 있어, 개발·응용 연구에 해당

○ 다만, 연구개발이 종료되는 TRL 단계는 개발 후단에 해당하므로, 실제 사업화 단계(TRL 9단계)까지의 기간을 고려하여 1년으로 설정함

표 4-4. 국토교통 R&D 유형별 TRL(기술성숙도) 8~9단계 정의

구분	TRL 단계 정의		단계별 세부설명
공법·기법 유형	TRL 8단계	공법/기법 완제품의 제한된 실제현장 사용가능성 증명 단계	▪ 개발된 공법/기법이 실제 사용 현장에서 의도한 목적을 충실히 달성할 것인지를 시험하고, 검증
	TRL 9단계	공법/기법 완제품이 실제현장에서 사용 적합성 증명 단계	▪ 기술이 최종형태로 완성되며, 실제 적용 환경 운용되는 단계 ▪ 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지며 기술개발사업의 목표가 대부분 달성됨.
재료·자재 유형	TRL 8단계	재료/자재 완제품의 제한된 실제현장 사용가능성 증명 단계	▪ 해당 기술이 완제품의 형태로서 제한된 실제 환경 또는 예상되는 조건 하에서 작동하는 지를 입증되는 단계로 사실상의 기술개발 종료 단계 ▪ 개발된 재료/자재의 인증항목(공인 인증기관에서 정하고 있는 시험항목) 및 환경성, 신뢰성, 양산성 측면에서 현장 적용시 반드시 충족해야 할 사항에 대하여 성능을 입증
	TRL 9단계	재료/자재 완제품의 실제현장 사용 적합성 증명 단계	▪ 기술이 최종형태로 완성되며, 실제 적용 환경 운용되는 단계 ▪ 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지며 기술개발사업의 목표가 대부분 달성됨

* 자료 : 국토교통과학기술진흥원, 국토교통 RnD유형별 기술성숙도(TRL) 정의, 2017

(2) 편익 기간 : 11년

❑ 편익의 발생기간은 인용특허수명 지수를 활용하여 11년으로 설정

○ 본 과제와 관련된 분야의 인용특허수명(CLT)*를 기준으로 관련 특허별 기술수명기간(TCT, Technology Cycle Time)** 중앙값(Median value)의 평균을 산출하여 편익기간으로 산정

※ * 인용특허수명(CLT, Cited Patent Life-Time) : 특허 데이터베이스를 분석하여 개별기술에 대한 특허의 연차별 피인용 빈도수를 측정, 평균인용 빈도 등의 기준치를 상회하는 기간을 수명 추정에 활용하는 방법

※ ** 기술수명기간(TCT, Technology Cycle Time) : 조사대상 기술을 대변하는 특허군에서 개별 특허의 발행연도와 해당 특허가 인용한 특허들의 발행연도와의 시차의 중간값(median)을 해당 특허군에서 산술평균한 값으로 정의

○ 본 연구기술개발사업 과제와 관련된 특허를 선정하여, 각 중앙값(Q2)의 평균을 계산하면 11.00이 나오며, 편익기간은 11년으로 산정

표 4-5. 편익 기간(편익 발생기간)

IPC	기술명	평균	Q1	중앙값	Q3
E01B	궤도; 궤도용 공구; 모든 종류의 철도건설용 기계	10.51	5	10	15
E04C	구조요소; 건축 재료(교량); 절연 또는 다른 보호를 위하여 특별히 설계된 것; 건축 보조구로서 사용되는 요소; 터널용; 광업용; 건축 공학보다도 넓은 적용 범위를 갖는 구조 요소	12.71	6	12	18
평균값		11.61	5.50	11.00	16.50

† 중앙값(Q2: 분포의 50%)은 TCT 지수, 일사분위수(Q1: 분포의 하위 25%), 삼사분위수(Q3: 분포의 상위 25%)

* 자료: 산업통상자원부, 기술가치평가 실무가이드, 2017.12

(3) 사업 기여율 : 62.9%

❑ 사업 기여율은 국내 관련 R&D 투자 규모와 동 사업의 예산을 고려하여 63%로 설정

○ 사업기여율은 대상 분야의 연구개발 투자 규모 중에서 해당 사업이 차지하는 비중을 고려하여 산정하게 되며, 관련 예산을 고려할 경우 본 사업의 사업 기여율은 63%로 산출됨

$$\text{사업기여율} = \frac{\text{본 연구과제 예산 규모}}{\text{국내 철도 구조물 접속부 성능향상 기술개발 분야 R\&D 투자(정부+민간)} + \text{본 연구과제 예산 규모}}$$

$$= 36{,}850\text{백만원}/(17{,}361\text{백만원}+4{,}388\text{백만원})+36{,}850\text{백만원}$$

$$= 63\%$$

– 궤도 틀림과 관련된 구조물 접속부 성능향상을 목적으로 추진된 대규모 정부 R&D 사례는 없으나, 해당 분야의 과제 단위 연구개발 추진 내용 존재

– 이에 따라 NTIS 검색을 통해 2015년~2019년동안 정부연구비를 조사하고 이를 토대로 민간 R&D 규모를 산출

– 민간 R&D 규모 : 1,226백만원 X (76.6%/21.4%) = 4,388백만원

※ 2018년도 기준 정부·공공재원 21.4%, 민간재원 76.6%, 외국재원 1.9%로 산출[41)]

(4) R&D 기여율 : 35.4%

○ 「제3차 과학기술기본계획」에서 제시한 R&D 기여율 35.4%를 적용

○ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에서는 「제3차 과학기술기본계획」에서 제시한 R&D 경제성장 기여율(35.4%)을 활용하는 것을 권고하고 있음

(5) R&D 사업화 성공률 : 45%

❑ 철도기술연구사업의 기추진 과제 중 성과를 창출한 과제를 대상으로 R&D 사업화 성공률

41) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 연구개발활동조사보고서, 2019

45%를 도출

❍ 본 사업을 통해 추진되는 과제들은 대부분 TRL 8단계까지 진행되어 기술개발 성과물을 창출

❍ 기존 국토교통부 R&D사업 중 철도분야 R&D사업인 철도기술연구사업의 기존 추진과제에서 사업화 성과를 창출한 과제의 비중을 계산하여 이를 적용

- 최근 3년(2015년~2017년) 철도기술연구사업으로 추진된 과제 중 성과분석 대상 과제를 대상으로, 국토교통과학기술진흥원에서 관리하는 성과DB 중 사업화 매출액 성과와 기술이전 성과를 달성한 대상 과제를 추출
- 최근 3년간의 정보를 분석한 결과, R&D 사업화 성공률을 45%로 도출
- 다만, 철도기술연구사업은 기초-응용-개발 각 연구개발단계의 과제가 같이 추진된 것에 비해, 본 과제의 경우 TRL 8단계로 목표를 설정함에 따라, 45%보다 더 높은 성공률을 달성할 것으로 기대

표 4-6. 철도기술연구사업의 R&D 사업화 성공률 도출

구분		2015년	2016년	2017년	평균
철도기술연구사업 추진과제 수(A)*		28	32	36	32.0
성과**	사업화/제품화 창출 과제 수	5	5	6	5.3
	기술이전 창출 과제 수	8	9	10	9.0
	소계(B)	13	14	16	15.0
R&D 사업화 성공률(B/A)		46%	44%	44%	45%

* 자료 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 2018년 국토교통연구개발사업 성과조사분석 (철도기술연구사업), 2019.3
** 자료 : 국토교통과학기술진흥원 성과DB

2.2.3. 편익 산정

❑ 동 사업을 통해 개발되는 기술은 기존 궤도 접속부의 열화와 침하 속도를 늦춰, 접속부를 포함한 궤도시설의 유지보수 비용이 절감될 것으로 예상됨

❑ 유지보수 저감 규모는 접속부 성능향상 기술 적용 전·후의 단위 거리당 보수 비용을 추정하여 각각의 유지보수 비용을 산출하고, 두 개의 비용 차이를 계산하여 산정

❍ 유지보수비용은 일정 주기에 따라 반복하여 수행되는 유지보수에 투입되는 비용을 의미하며, 보수 시행 주기는 편익 기간 동안 일정하다고 가정함

접속부 구간 유지보수비	=	연간 보수 거리 단위 × 연간 보수 주기(회/년) × 거리당 보수 비용 × 접속부 유지보수 비율
	=	[(국내 총 궤도 연장 × 자갈궤도 비율)] × 연간 보수 주기(회/년) × 거리당 보수 비용 × 접속부 유지보수 비율

❍ 연간 유지보수 거리를 도출하기 위하여, 국내 전체 궤도 연장 중에서 궤도틀림의 발생 가능성이 높은 자갈궤도에 적용되는 것으로 전제하였음

– 2020년 기준 국내 궤도 연장은 총 9697.364km이며, 제3차 국가철도망구축계획에 따라 2025년까지 신규 사업을 통해 1,719km가 연장되므로, 5년간의 궤도 연장 연평균 증가율(CAGR)을 도출해 편익기간에 적용

– 아울러 자갈궤도의 길이는 앞의 현황조사에 따라, 전체 궤도 연장의 82%로 계산

표 4-7. 연간 보수거리 도출을 위한 자갈궤도 연장 산출

연도	선로연장(km)	자갈궤도 연장(km)	비고
2020	9,697		국가철도공단 궤도 시설현황
2025	10,175		국가철도망구축계획 신규 사업 연장 1,719km 합산
2026	10273		CAGR 0.97% 적용 추산
2027	10373	8,506	〃
2028	10473	8,588	〃
2029	10574	8,671	〃
2030	10676	8,754	〃
2031	10779	8,839	〃
2032	10883	8,924	〃
2033	10989	9,011	〃
2034	11095	9,098	〃
2035	11202	9,186	〃
2036	11310	9,274	〃
2037	11420	9,364	〃

❍ 자갈궤도의 유지보수 주기와 유지보수 항목별 보수 단가는 선행 연구자료를 참고 하여, 개발 기술의 적용 후의 유지보수 주기와 단가를 추정

– 유지보수 항목으로는 △검측차를 이용한 궤도검측, △선로 순회점검과 경미한 보수작업, △레일 연마, △궤도틀림 정정(탬핑)으로 적용

– 레일연마의 경우 선로유지관리지침(2020)에 따라 고속철도에서 궤도구조의 형식이나 연간 통과통수에 관계없이 3년에 1회 시행하도록 규정하고 있으며, 연간 비용 산출을 위해 0.3회/년으로 계산

– 동 사업 기술의 미래상(기술개발 완료 후 향후 수준)으로 접속부의 유지관리 30% 저감을 제시하고 있어, 유지관리 주기 30% 감소를 가정하여 비용 단가를 산출함

표 4-8. 자갈궤도 유지보수 주기 및 단가

기술		기술 적용 전			▶	기술 적용 후 (유지관리 30% 감소)	
		유지관리 주기(회/년)	단가 (천원/km)	연 단가 (천원/km)		유지관리 주기(회/년)	연 단가 (천원/km)
궤도 검측		4	60	240		2.8	168
소규모유지보수	직선	1	597	597	▶	0.7	418
	곡선	1.5		896		1.1	627
레일연마	직선	0.3	6,023	1,807		0.2	1,265
	곡선	0.3		1,807		0.2	1,265
궤도틀림 정정(탬핑)		3	27,744	83,232		2.1	58,262
합계				88,578		-	62,005

자료 : 김윤옥, 운영중인 고속철도 자갈궤도 개량공법의 경제성분석, 석사학위논문, 동양대학교 대학원, 2018

❑ 편익기간인 11년(2027~2037) 동안 유지보수 저감 비용 총액은 652,474백만원으로, 이에 따른 편익을 분석한 결과 65,178백만원으로 산정되었음

❍ 동 사업 기술개발의 주요 대상인 접속부에 대한 유지보수 비용을 산출하기 위하여, 접속부의 유지보수 비율은 25%로 가정하여 적용

※※ 국내 철도현황 조사 결과, 구조물 접속부 중 유지보수 비율은 최대 49%(교량), 최소 1%(정거장)로, 평균값인 25%로 가정

❍ 접속부 성능향상 개발 기술 적용 전의 유지보수 비용 합계는 2,174,914백만원이며, 적용 후의 유지보수 비용 합계는 1,522,440백만원으로, 각 합계의 차액인 652,474백만원을 저감 규모로 산정함

❍ 유지보수 저감 규모와 사업 기여율(35.4%), R&D 사업화 성공률(45%), 사업기여율(62.9%) 적용하여 유지보수 저감 편익 65,178백만원을 도출

표 4-9. 개발 기술 적용 전·후 유지보수 비용 및 저감 규모, 편익 (백만원)

연도	유지보수 비용		유지보수 저감 규모 (A-B)	편익 (명목가치)
	기술 적용 전 (A)	기술 적용 후 (B)		
2027	188,351	131,846	56,505	5,644
2028	190,171	133,120	57,051	5,699
2029	192,008	134,406	57,603	5,754
2030	193,864	135,705	58,159	5,810
2031	195,737	137,016	58,721	5,866
2032	197,628	138,340	59,288	5,922
2033	199,538	139,676	59,861	5,980
2034	201,466	141,026	60,440	6,037
2035	203,412	142,389	61,024	6,096
2036	205,378	143,764	61,613	6,155
2037	207,362	145,153	62,209	6,214
합계	2,174,914	1,522,440	**652,474**	**65,178**

2.3. B/C 결과

❑ 동 사업의 연도별 예산(비용)과 편익을 2020년 현재가치로 산출

❍ 할인율은 예비타당성 조사시에 적용하는 사회적인 할인율로, 「예비타당성조사 수행 총괄지침(2017)」에 따라, 4.5%를 적용

❍ 2020년 현재가치 기준으로 연도별 예산을 산출한 결과 총 금액은 32,117백만원으로 산출

표 4-10. 동 사업 총 비용(2020년 기준 현재가치) 산출 (백만원)

연도	동 사업 예산 (명목가치)	동 사업 예산 (현재가치)
2021	4,958	4,744
2022	7,236	6,626
2023	7,772	6,811
2024	10,720	8,989
2025	6,164	4,946
합계	36,850	32,117

❍ 2020년 현재가치 기준으로 연도별 편익을 산출한 결과 총 편익은 38,643백만원으로 산출

표 4-11. 동 사업 총 편익(2020년 기준 현재가치) 산출 (백만원)

연도	동 사업 편익 (명목가치)	동 사업 편익 (현재가치)
2027	5,644	4,148
2028	5,699	4,007
2029	5,754	3,872
2030	5,810	3,741
2031	5,866	3,615
2032	5,922	3,492
2033	5,980	3,374
2034	6,037	3,260
2035	6,096	3,150
2036	6,155	3,043
2037	6,214	2,940
합계	65,178	38,643

❑ 동 사업의 비용편익 분석 결과 B/C = 1.20으로 사업 추진의 타당성 확보

❍ B/C = 편익(38,643백만원)/비용(32,117백만원) = 1.20

❍ 동 사업을 통한 비용편익 분석 결과 1보다 높은 것으로 도출되어 연구과제 추진의 경제성이 있음

제5장 별첨

제1절 참고문헌

1. 최일윤, 이준석, 엄주환, 강태구, 최민지 (2015) 경부고속선 궤도틀림 분포 특성, 한국철도학회논문집 18(1), pp.63-70
2. 한국철도시설공단 (2018) 선로유지관리지침
3. 국토해양부 (2012) 고속철도 자갈궤도구간 유지보수 저감을 위한 궤도개량 기술개발 기획 보고서
4. Il-Yoon Choi, Ju-Hwan Um, Jun S Lee and Hyun-Ho Choi (2012) The influence of track irregularities on the running behavior of high-speed trains, Journal of Rail and Rapid Transit 227(1), pp.94-102
5. 국토교통부 항공・철도사고 조사위원회 (2016) 철도사고 사례집
6. Xuesong Jin, Xinbiao Xiao, Liang Ling, Li Zhou and Jiayang Xiong (2013) Study on safety boundary for high-speed train running in severe environments, International Journal of Rail Transportation 1(1-2), pp.87-108.
7. Australian Covernment (2015) ATSB Transport Safety Report, Derailment of ore train 4413
8. 한국철도기술연구원 (2020) 철도연, 자갈궤도의 궤도틀림을 줄이는 침목 2종 개발, 보도자료, 2020.10.27.
9. 김윤옥 (2018) 운영중인 고속철도 자갈궤도 개량공법의 경제성분석, 석사학위논문, 동양대학교 대학원
10. 이장호, 박범환, 장승엽, 우연식, 김연주, 최영태 (2018) 고속철도 자갈도상개량에 따른 통행시간 절감편익 산정, 2018년도 한국철도학회 춘계학술대회논문집
11. 황태종 (2020) 국감 호남고속철도 2단계 전 구간 '자갈철길' 설계 위기, 파이낸셜 뉴스, 2020.10.16.
12. Katsumi Muramoto, Takahisa Nakamura, Tasuku Sakurai (2012) A study of the effect of track irregularity prevention methods for the transition zone between different track structures, QR of RTRI 53(4), pp.211-215
13. 강기동 (2004) 고속철도 교량상판의 온도신축작용이 궤도처짐에 미치는 영향과 대책에 관한 연구, 철도저널 7(3), pp.167-173
14. 김장규 (2019) 새로운 콘크리트 궤도와 자갈궤도 접속부 보강구조(V-Track), 철도저널 22(3), pp.56-66
15. 한국철도기술연구원 (2017) 유럽철도기술 발전전략
16. KOTRA (2018) 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.02.13.

17. NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/who-we-are/publications-resources/our-plansfor-the-future/
18. NetworkRail, Delivery Plan - Control Period 6 (2019-2024)
19. NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/putting-passengers-first/
20. Department for Transport (2017) HS2 Ltd Corporate Plan: 2017 to 2020
21. SNCF (2017) Corporate social engagement report
22. SNCF Réseau (2019) Les cartes des principaux chantiers 2019
23. BMVI (2015)「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」
24. 일본 국토교통성, 철도 분야 주요 시책(http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html)
25. 일본 국토교통성 (2017) 海外展開戦略（鉄道）
26. 건설경제 (2019) [재팬리포트] 인프라시스템 해외전개 '처음부터 끝까지 지원', 2019.4.9
27. KOTRA (2019) 해외시장뉴스(美 교통인프라 '자국산 우대정책' 강화 움직임에 따른 기회와 전망), 2019.8.6
28. APTA, FAST ACT: A GUIDE TO PUBLIC TRANSPORTATION AND RAIL-RELATED PROVISIONS https://www.apta.com/wp-content/uploads/FAST-Act-A-Guide-to-Public-Transportation-and-Rail-Related-Provisions.pdf 국토연구원 도시재생연구센터 세계도시정보, 미국의 새로운 국가교통 예산법 'FAST'
29. FRA (2019) U.S. Department of Transportation Announces Availability of $24 Million to Restore and Enhance Intercity Passenger Rail Nationwide
30. 국토교통부 (2017) 중장기 노후 철도시설 개량투자계획 수립 연구
31. 국토교통과학기술진흥원 (2019) 국토교통 R&D 동향조사 보고서-철도교통분야
32. SCI Verkehr GmbH (2016) The Worldwide Market for Railway Industries
33. SCI Verkehr GmbH (2009) The Worldwide Market for Railway Technology 2009~2014
34. 한국철도시설공단 (2012) 구조물-토공 접속부 노반 강성차 완화방안 연구
35. Victor C. Li, G. Fischer, Y. Kim, M. Lepech, S. Qian, M. Weimann and S. Wang (2003) Durable link slabs for jointless bridge decks based on strain-hardening cementitious composites, Research Report RC-1438
36. Larus Larusson, Joel C. Reyes, Bryan Lum, Gregor Fischer and Ian N. Robertson (2013) Development of flexible link slabs using ductile fiber reinforced concrete, Research Report UHM/CEE/13-04
37. KISTEP (2020) 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침
38. 산업통상자원부 (2017) 기술가치평가 실무가이드
39. KISTEP (2019) 2018년 연구개발활동조사보고서

제2절 자문위원 명단

표 별첨-1. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술개발 과제의 총괄기획위원 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	관	심보경	국토교통부 철도시설안전과	사무관
2	관	박준우	국토교통과학기술진흥원 기획6그룹	그룹장
3	산	강태구	케이에스엠기술(주) 기술연구소	소장
4	산	권세곤	한국철도공사 기술연구처	연구단장
5	산	정휘석	㈜유신	부회장
6	산	오영석	한국시설안전공단 건설사고조사위원회사무국	사무국장
7	학	심창수	중앙대학교 건설환경플랜트공학과	교수
8	연	김영진	한국건설기술연구원 인프라안전연구본부	본부장

표 별첨-2. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술개발 과제의 분과위원 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	산	김남혁	한국철도공사	처장
2	산	김인재	서부광역철도	본부장
3	산	박성현	㈜서현기술단	본부장
4	학	장승엽	한국교통대학교	교수
5	산	조경식	디엠엔지니어링	대표
6	학	지광습	고려대학교	교수
7	연	강재윤	한국건설기술연구원	연구위원

표 별첨-3. 철도 궤도틀림 방지를 위한 구조물 접속부의 성능향상 기술개발 과제의 자문위원회 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	산	강태구	케이에스엠기술(주)	사장
2	산	권세곤	한국철도공사	연구단장
3	산	김운현	삼표레일웨이(주)	상무
4	산	노병국	㈜서현기술단	사장
5	산	이성재	서울교통공사	교수
6	산	이정술	한국철도공사	사업소장
7	관	정욱한	국가철도공단	부장
8	산	지현우	한국철도공사	사업단장

제3절 수요조사 결과

❑ **(조사 목적)** 기술수요조사를 통한 궤도틀림 방지를 위한 기술개발 니즈를 파악

○ 「철도 인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발사업」기획 연구 수행을 위해 도출된 3개 중점분야*에 대한 연구개발 시급성/필요성 의견 수렴

* ① 궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술개발, ② 철도 노후시설물 급속개량기술 개발, ③ 철도레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발

○ (조사 대상) 철도학회, 한국도시철도학회 등 관련 학회 및 한국철도공사, 한국철도시설공단 등 철도운영기관, 기타 철도 분야 주요 전문가

○ (조사 기간) 2019년 12월 18일 ~ 2020년 01년 15일

○ (조사 방법) 학회 홈페이지 게재 및 이메일 회신

○ (조사 내용) 노후 철도 터널/교량 무차단 급속개량 기술 개발, 노후 철도 교량/터널 진단 및 개량수준 결정을 위한 기준 및 체계 구축의 2개 주요 과제별 기술수요조사 실시

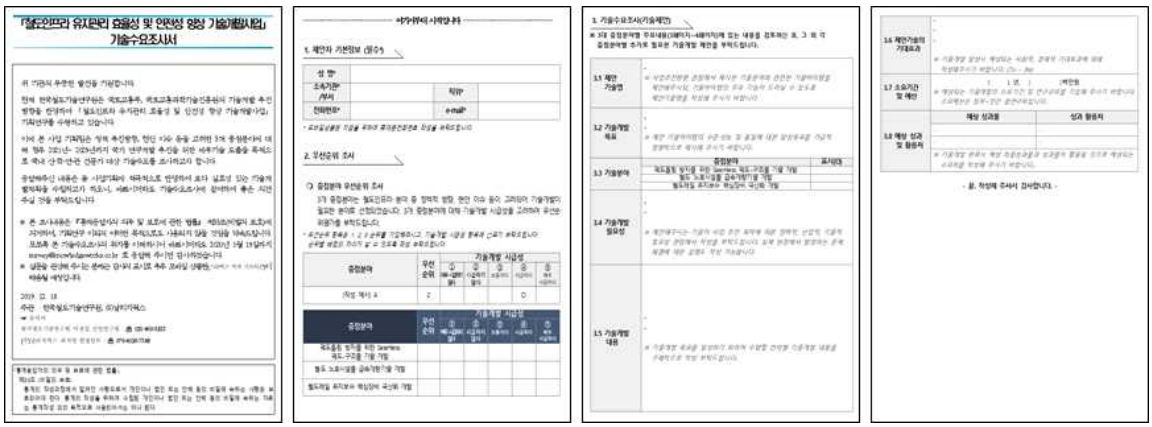


그림 별첨-1. 기술수요조사서

표 별첨-4. 기술수요조사 기술 분야

기술분야	세부기술 분야	
빅데이터 분석을 통한 선로유지보수 취약지점에 대한 문제점 및 원인 분석	궤도틀림 등 상태측정 및 상태평가 기술 개발	
	궤도틀림 예측기술 개발	
	통합 유지보수 플랫폼 구축	
궤도틀림 방지를 위한 구조물간 연결부 Seamless 기술 개발	궤도구조 개발	신형식 궤도 개발
		기 개발 구조의 실용화
		자갈궤도 안정화기술 개발
	신형식 교량구조 개발	
	지반 개량 및 보강법 개발	
	재료 개발	
	전체시스템 개발	
	설계기준 개선	

❑ (조사 결과) 총 40개의 기술수요가 발굴

○ (응답자 회신 결과) 기술수요조사의 회신은 총 40건이었으며, 응답자 소속을 산·학·연으로 구분한 결과, 13건(32.5%)의 응답자가 산업계(한국철도공사 등 운영기관 포함)였으

며, 연구계 17건(42.5%), 학계 10건(25.0%)을 회신

표 별첨-5. 기술수요조사 응답자 분석 결과

응답자 소속	회신 건수	비율 (%)
산	13	32.5
학	10	25.0
연	17	42.5
합계	40	100

○ 기술수요조사결과 궤도틀림 등 상태측정 및 상태평가 기술 개발, 궤도틀림 예측기술 개발, 궤도구조 개발, 기 개발 구조의 실용화, 자갈궤도 안정화기술 개발, 신형식 교량구조 개발, 지반 개량 및 보강법 개발, 재료 개발, 전체시스템 개발, 설계기준 개선 등의 다양한 분야에서의 기술 요구

표 별첨-6. 기술수요조사 제안기술 목록

기술 번호	제안기술명
1	구조물 배면부 진동방지 보강 기술 개발
2	궤도-교량 상호작용 저감을 위한 슬라이딩 궤도 실용화
3	지하횡단구조물-토공 접속부 성능개선을 위한 지지강성차 저감 기술 및 설계 기준 제정(안) 마련
4	고속 동적 궤도지지강성 측정시스템을 이용한 궤도 상태평가 기술
5	교량 단부 자갈궤도 열화 방지를 위한 프리캐스트 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발
6	인공지능기반 궤도틀림 측정 및 예측 기술 개발
7	토공부 콘크리트궤도 틀림방지 기술
8	첨단 검측시스템을 이용한 자갈궤도 상태평가 기술개발
9	선로 취약개소 성능향상을 위한 자갈궤도 안정화 기술 개발
10	아스팔트 계열 재료에 의한 자갈궤도 기존선 유지보수 안정화 공법 개발
11	기포콘크리트 고기능성 철도 구조물 접속부 공법 개발
12	100m급 완전일체형 철도 교량 접속부 기술개발
13	분니, 침하, 궤도 파괴에 대응하여 열차 차단 작업이 필요없는, 첨단 신소재를 활용한 궤도 하부구조 급속 개량 및 보강 기술 개발
14	접속부 성능향상을 위한 건설 발생토 재활용 기술개발
15	기후변화대응 궤도노반 설계기준 정립 및 품질관리 기준 고도화 연구개발
16	기존선 개량을 위한 아스팔트 콘크리트 궤도 기술의 고도화 연구
17	빅데이터 갱신기법 기반 궤도틀림 예측기법 고도화
18	점진적 강성을 갖는 국산 고속철도 용 접속부 시스템 개발
19	궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술 개발
20	궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술 개발
21	딥러닝을 이용한 궤도 손상 프로그램 개발
22	BIM을 활용한 개량 시공시 구조물-설비 인터페이스 프로그램 구축
23	"1) 확률론기반 궤도결함, 잔존수명 예측 모델 및 유지보수 의사결정 시스템 개발 2) 구조물간 연결부 인터페이스 분석을 통한 설계단면 표준화"
24	접속부 성능 개선 위한 일체형 교대 구조 및 토공부 개선 기술 개발
25	궤도 및 열차의 동적 상호작용 데이터 기반 인공지능 활용 궤도 성능 평가 기술 개발

기술 번호	제안기술명
26	구조물간 접속부 내부결함 검측 기술개발(기존 과제 1-2와 연계)
27	디지털트윈 모델을 활용한 철도 궤도틀림 모니터링 및 예측
28	400km/h급 고속철도 궤도 장기 공용성(Long Term High Speed Railway Track Performance) 평가 시스템 구축
29	자갈도상 궤도 처짐 방지 엘라스틱 솔루션 개발
30	스마트 유지보수 데이터 통합 플랫폼 개발
31	궤도틀림 유지보수 효율화를 위한 증강현실 기술 적용 연구
32	접속부 성능개선을 위한 고강도/고인성 시멘트 복합체 개발
33	콘크리트 철도교량 상부구조 장기변형 평가기술 개발
34	허니컴 구조의 토목섬유체와 Multi-Layer 광폭침목을 이용한 자갈궤도 접속부 성능개선 연구
35	빅데이터 분석을 통한 철도시설 유지보수비의 효율적 활용방안 분석
36	궤도접속부(자갈~콘크리트궤도)의 궤도/차량의 상호작용 기준 강화 콘크리트궤도 구조물접속부(토노반~구조물) 궤도설계 기준 강화
37	제로-수축 콘크리트 궤도용 초고성능 섬유보강 콘크리트 개발
38	기존 철도교량의 성능복원 및 향상을 위한 구조계 변형 기술 개발
39	교량 접속부 거동 개선을 위한 접속부 구조 및 설계기준 개발
40	접속부 어프로치 블록 및 엔드스폰 구조 개선안 도출 접속부 성능개선을 위한 노반구성 재료 및 교대 접속부 설계기술 개발 지하횡단구조물-토공 접속부 성능개선 설계방안 도출

1. 후보과제 및 우선순위 도출

❑ 후보기술 조정을 위하여 기술분야별로 회신된 수요조사 결과를 기술분야별로 그룹핑하였으며, 그룹핑된 관련 기술수요 내용을 종합하여 후보기술 조정(안)을 도출

❍ 동일 기술수요 내 다수의 세부기술이 포함된 경우도 고려하여 항목별로 정리함

❍ 세부기술내용이 제안되어 있지 않거나, 아스팔트 궤도 고도화, BIM 관련 모니터링, 자산관리 등 동 사업범위가 아닌 수요기술은 제외함

표 별첨-7. 기술분야별 관련 기술 그룹핑

기술분야	세부기술 구분		조정방향
빅데이터 분석을 통한 선로유지보수 취약지점에 대한 문제점 및 원인 분석	궤도틀림 등 상태측정 및 상태평가 기술 개발		4, 6, 8, 18, 26, 33
	궤도틀림 예측기술 개발		6, 17, 21, 23, 25, 27
	통합 유지보수 플랫폼 구축		30
궤도틀림 방지를 위한 구조물간 연결부 Seamless 기술 개발	궤도구조 개발	신형식 궤도 개발	9, 34
		기 개발 구조의 실용화	2
		자갈궤도 안정화기술 개발	9, 10
	신형식 교량구조 개발		5, 12, 24, 38
	지반 개량 및 보강법 개발		7, 13, 24
	재료 개발		11, 13, 14, 32, 37
	전체시스템 개발		18
	설계기준 개선		3, 7, 15, 26, 36, 39, 40
기타			1, 16, 19, 20, 22, 28, 29, 31,35

❑ 도출된 후보기술 조정(안)으로 기획위원회(총괄, 분과)를 거쳐 후보과제 및 우선순위를 선정함

❍ 1차 분과위원회 ('20.4.7.) 결과, 분류체계 수정안

표 별첨-8. 1차 분과위원회 결과 후보기술 및 분류체계 수정안

중점기술	세부기술	
궤도틀림 탐지, 원인분석, 예측	탐지	취약부 원인 탐지
		현상 탐지
	분석 및 예측	
기존선 취약부 보강 기술	개별 요소 기술	
	통합 기술 (노반, 구조물 통합)	
신설선 seamless 기술	설계기준, 시방기준 개선	
	궤도구조, 교량구조 개발	

❍ 2차 분과위원회 (’20.7.6.) 결과 반영 후보기술 조정(안)

표 별첨-9. 2차 분과위원회 결과 반영 후보기술 조정(안)

중점분야	세부기술	기술 설명
(1) 유지보수 최소화를 위한 구조물-토공 접속부 궤도 및 노반 핵심기술	(1-1) 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화	운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 구조물-토공 접속부 도상, 노반 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술
	(1-2) 부등침하 저감을 위한 첨단 신소재 활용 접속부 노반지지력 강화 기술	초미립시멘트 및 유무기계 재료, 토목섬유체 등의 접속부 노반 적용을 통한 노반지지력 강화 기술
	(1-3) 교량-궤도 상호작용 영향 저감을 위한 무조인트(seamless) 슬라이딩 궤도 실증 연구	저마찰 슬라이드층을 통해 교량-궤도 상호작용을 획기적으로 저감시키는 신형식 궤도 형식의 실증
	(1-4) 지하횡단구조물-토공 접속부 지지강성차 저감 기술	비개착 구간 지하횡단구조물-토공부 노반 침하 최소화를 위한 성능개선 기술
(2) 교량-토공 접속부 및 교량 단부 성능향상 핵심기술	(2-1) 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트(seamless) 교량 기술
	(2-2) 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상시킬 수 있는 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술
	(2-3) 교량-토공 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술	접속부 침하방지를 위한 어프로치 슬래브와 엔드스폰 구조 개선 기술
	(2-4) PSC 철도교량 장기변형 예측 및 궤도틀림 대응 평가 기술	PSC 철도교량의 장기변형(솟음)과 이로부터 야기되는 궤도틀림 예측 및 평가 기술
(3) 운영선 유지보수 효율화를 위한 접속부 상태평가 및 성능향상 기술	(3-1) 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술	구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인의 요소별 원인 분석 및 탐지 기술
	(3-2) 열차-궤도 동적 상호작용을 고려한 접속부 부등침하 예측 기술	열차-궤도 동적 상호작용 데이터가 고려된 접속부 부등침하 예측 기술
	(3-3) 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술	운영선 접속부 침하 복원 및 자갈궤도 다짐 작업 후 자갈궤도 안정화 촉진 기술을 포함하는 궤도-노반 시스템 개량 기술
	(3-4) 접속부 상태평가 및 보강 후 성능평가를 위한 지지강성 측정시스템 기술	운영선 접속부에 대한 정밀 상태평가 기술 및 성능평가를 위한 고속 동적 궤도지지강성 측정시스템

❍ 우선순위도출 자문 (’20.7.11.~17.) 결과

– 우선순위 평가 항목별로 가중치를 반영하여 합계점수를 계산함

– 각 항목별 가중치는 기술개발의 시급성/필요성 0.3, 개발기술 활용성 및 예상수요 0.3, 기술개발의 성공가능성 0.2, 기술개발 독창성 및 신규성 0.2와 같음

표 별첨-10. 우선순위도출 결과

순위	중점분야	세부기술	우선순위 점수
1	2	2-1. 교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	4.07
2	1	1-1. 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화	4.00
3	2	2-3. 교량-토공 접속부 어프로치 슬래브 및 엔드스폰 구조 개선 기술	3.96
4	2	2-2. 철도교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	3.91
5	3	3-3. 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술	3.79
6	3	3-2. 열차-궤도 동적 상호작용을 고려한 접속부 부등침하 예측 기술	3.74
	3	3-4. 접속부 상태평가 및 보강 후 성능평가를 위한 지지강성 측정시스템 기술	3.74
8	2	2-4. PSC 철도교량 장기변형 예측 및 궤도틀림 대응 평가 기술	3.71
9	1	1-3. 교량-궤도 상호작용 영향 저감을 위한 무조인트(seamless) 슬라이딩 궤도 실증 연구	3.67
10	1	1-2. 부등침하 저감을 위한 첨단 신소재 활용 접속부 노반지지력 강화 기술	3.59
11	3	3-1. 구조물-토공 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술	3.47
12	1	1-4. 지하횡단구조물-토공 접속부 지지강성차 저감 기술	3.20

❍ 분과위원회 최종자문결과 반영 기술구성(안)

표 별첨-11. 최종 기술구성

세부기술	세부기술 설명 및 연구내용
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	○ 운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 접속부 도상, 노반, 어프로치 슬래브, 엔드스폰 구조 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 - 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 - 성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 선진화 기술 개발 - 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	○ 교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트(seamless) 교량 기술 - 반일체식 교대 구조 개발 - 교량 일체식 접속 슬래브 개발 - 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토
철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	○ 교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상시킬 수 있는 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술 - 철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 - 철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 - 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 - 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 - 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 - 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발 - 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발

2. 중점추진과제 선정 및 과제구성

표 별첨-12. 중점추진과제 구성

세부기술	세부기술 설명 및 연구내용
유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화	○ 운행속도, 구조물 형태 등 다양한 조건이 고려된 성능기반 접속부 도상, 노반, 어프로치 슬래브, 엔드스폰 구조 설계기준 선진화 및 시공기준 개선 기술 - 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 - 성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준 선진화 기술 개발 - 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발
교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술	○ 교량 상부구조-교대 일체화를 통한 무조인트(seamless) 교량 기술 - 반일체식 교대 구조 개발 - 교량 일체식 접속 슬래브 개발 - 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토
철도 교량 단부 성능향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(link slab) 기술	○ 교량 단부 궤도 이완을 저감하고 철도교량 동적성능을 향상시킬 수 있는 고인성 콘크리트 연결바닥판 기술 - 철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발 - 철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설 - 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증
운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발	○ 운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 - 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발 - 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발 - 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발 - 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발

제4절 세부과제별 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화 (철도궤도 취약개소 유지관리 효율화 기술개발)
1. 연구개발 목표	철도궤도 유지보수 최소화를 위한 취약개소 설계 및 관리기술 개발
ㅇ 철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 ㅇ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 ㅇ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	

□ 연구개발의 필요성

□ **국내 정책 동향**

ㅇ 「제3차 국가철도망 구축계획 (`16~`25)」에서는 광역철도의 확대와 **지역간 철도의 속도향상**으로 주요도시간 2시간대, 대도시권 30분이내 이동가능을 목표로 함. 이를 위해 선형개량 및 새로운 노선 건설 필요

- 유지보수 작업으로 발생하는 서행을 원척적으로 방지하기 위해서 유지보수 유발인자인 궤도틀림원인 분석을 통한 대책마련 필요

ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선 철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 **유지보수 원인의 원천적 제거 필요**

※ (속도경쟁력 강화) 200km/h 이상 철도망, 400km/h 급 차세대 고속철도 도입 및 평택-오송 복복선화와 400km/h급 고속철도 건설 예정

※ (철도시설 유지보수 효율화) 유지보수 인력 0.796명/km('15) → 0.676명/km('20) 이하

□ **국내외 시장 동향**

ㅇ (국내 철도인프라 시장) 제3차 국가철도망 구축계획(`16~`25)에 따르면, 철도망 확충에 2016년부터 2025년까지 신규사업으로 44조 이상 투자할 계획으로 여전히 신규 철도건설이 지속되고 있으며, 지역경제 파급효과는 140.2조원 예상

ㅇ **다수의 신설선이 궤도틀림이 발생하는 자갈궤도로 건설될 예정**

ㅇ (국외 철도인프라 시장) 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장 중. 특히, **동남아시아는 인구증가와 경제성장에 기인하여 신규 철도 인프라 시장이 확대될 것**으로 전망

ㅇ (국내외 철도유지보수 시장) 국내 철도 유지보수 및 개량예산은 지난 10년간 약 250% 증가되고 있으며, 향후 지속적으로 증가 예상. 국외 궤도 유지보수 및 교체 시장은 '15년 기준 239억 유로로 3.5%의 평균 성장률을 보이며 전 권역에서 플러스 성장률을 보이고 있음

□ 철도궤도 유지보수 현황

ㅇ 구조물 접속부는 **상이한 철도 시설물이 접하는 개소(seam)**로 열차-궤도-구조물 상호작용으로 인해 **충격하중이 크게 발생**하는 **취약개소**임

- 경부고속선 1단계의 경우, 723m마다 구조물 접속부 존재하며, 235개의 하부통과박스를 포함하면 280m 마다 구조물 유지보수 **취약개소인 접속부 다수 존재**

ㅇ 대부분의 유지보수는 구조물 경계부인 접속부에서 수행되고 있음

- 경부고속선 1단계 유지보수의 13%가 접속부(터널-토공, 교량-토공)에서 발생. 선로하부통과 박스를 포함하면 **33%의 궤도유지보수가 접속부에서 발생**

ㅇ 철도 유지보수비용(2019년 시설업무현황, Korail)은 4,575억원(3713억원/일반철도, 862억원/고속철도) 중 접속부유지관리 비용은 371억원으로 추정됨

- 전체 예산 중 궤도유지관리 비용을 정확하게 구분하기 곤란하나, 전체 유지보수비용중 30%를 궤도 유지보수비용으로 가정

※ 4,575억원 × 30% (궤도유지관리 비율) × 82% (자갈궤도비율) × 33% (접속부 유지관리 비율) = **371.4억원/년**

※ 접속부 궤도틀림발생 50% 억제시 **연간 185.7억원 절감 가능** (콘크리트궤도 접속부 제외)

ㅇ 자갈궤도 자갈교환작업(자갈치기) 작업.연평균 14.98km 자갈교환작업으로 연평균 201일 90km/h 서행

ㅇ 자갈궤도 유지보수관련와 관련하여 총 22회(2016~2018년도)로 연평균 7-8회의 서행 발생

- 사전 유지보수를 수행하여 연 7-8회의 서행이 발생하나 이는 열차의 탈선 등으로 발전할 가능성이 있는 상황임

ㅇ 콘크리트 구조물(교량, 하부통과박스 등)과 흙쌓기 구조물(토공부)의 접속부(경계부)에서 부등침하 발생으로 열차서행이나 콘크리트궤도 인상 불가피

ㅇ 구조물 접속부에서 구조적 한계로 발생한 **궤도틀림**은 열차진동에 의해 주변 지역으로 전파되고 궤도열화가 가속화되어 **잦은 유지보수와 갱환 수행 필요**. 따라서 이러한 **취약개소에서 원천적 대응 기술 필요**

□ 국내·외 기술동향

□ 국내 기술동향

ㅇ 교량 신축이음부에 대한 자갈이완 등 일부 연구가 고속철도 개통전후에 수행되었으나, 이후 단편적인 연구만 진행되고 있음. **궤도-노반, 궤도-구조물간의 상호 거동에 대한 추가 연구가 필요**한 실정

ㅇ 노반과 궤도분야를 분리하여 접속부 설계기준을 제정

- 노반분야는 침하억제를, 궤도분야는 강성변화만을 고려하여 접속부에서 발생하는 문제 일부만을 해결하는 실정
- 노반과 궤도 특성을 종합적으로 고려한 접속부 설계기준 재정립 필요

ㅇ 흙쌓기구간 잔류침하를 과소평가하는 모델을 적용하고 있으며, 경제적인 흙쌓기용 재료가 없어 불량한 재료를 흙쌓기에 사용

ㅇ 구조물 접속부와 궤도 접속부 기준재정이후 체계적인 추가 연구가 미미함

□ **국외 기술동향**

ㅇ 철도선진국인 유럽은 철도시설물이 평지의 토공노반에 직접 건설되어 교량이나 구조물 접속부의 비율이 매우 낮아 궤도-구조물 상호작용 관련 기술에 대한 연구 사례가 상대적으로 적음. 특히, 철도시설물의 설계가 EUROCODE로 통일되어 적용되는 것과 달리 **접속부 설계는 각국이 상이한 특성이 있으며, 통합된 체계적인 기준이 부재인 상황**임

3. 연구개발 내용

□ **철도 운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명**

ㅇ 철도 운영 및 유지보수 데이터 베이스 구축

ㅇ 데이터 기반 궤도틀림 거동 특성 연구

- 접속부 종류별 궤도틀림 거동 및 영향인자 분석
- 접속부 종류별 유지보수 특성 분석

ㅇ 궤도-열차 동적 상호작용을 고려한 궤도틀림진전 매커니즘 분석

- 궤도-열차 동적 상호작용 분석기술 개발
- 궤도-열차 동적 상호작용이 고려된 궤도틀림 저감방안 도출

□ **성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발**

ㅇ 현행 구조물-토공 접속부 설계기준 분석

- 현행 구조물-토공 접속부 설계기준 검토 및 문제점 분석

ㅇ 교량-토공 접속부 설계 및 시공기준 개발

- 강성변화속도 유지를 위한 설계기준 개선 및 선진화
  · 어프로치 슬래브, 어프로치 블록, 엔드스폰 설계기준 선진화
- 시멘트 혼합자갈 문제점 분석 및 개선방안 제안
- 교대 뒷채움 재료 및 시공법 개발
- 성능기반 접속부 토공 설계 및 시공기준 선진화

ㅇ 하부박스-토공 접속부 설계 및 시공기준 개발

- 시공방법 및 토피고에 따른 설계기준 세분화
- 하부박스 뒷채움 재료 개발
- 하부박스 뒷채움 다짐장비 및 공법 개발

□ **궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발**

ㅇ 현행 궤도 접속부 설계기준 분석

- 현행 궤도 접속부 설계기준 검토 및 운영중인 궤도 접속부 문제점 분석

ㅇ 궤도 접속부 보강공법 개발

- 유지보수가 가능한 궤도 접속부 안정화 기법 개발
- 궤도 접속부 보강공법 및 재료 개발

ㅇ 궤도 접속부 설치위치 최적화 방안 제안

- 하부 지반조건이 고려된 궤도 접속부 설치위치 최적화 방안 제안

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

□ 철도 유관기관 협의체 구성

○ 철도유지관리 주체, 시공사, 연구원 유지관리 전문가 및 철도설계, 시공 실무자 의견 수렴을 통한 **접속부 설계 문제점, 설계고려 필요사항, 경제성 확보를 위한 시공법, 시공재료 도출 요구사항 도출**

- (철도유지관리 주체) 한국철도공사, 도시철도 유지관리 데이터 협조 및 접속부 유지관리 문제점 도출
- (시공사) 철도 건설시 시공현장 특성 및 문제점 도출
- (연구원) 궤도-열차 상호작용기반 접속부 성능개선 사항 도출

□ 단계별 접속부 성능 검증

○ (1단계) 궤도-열차 상호해석기반 성능검증

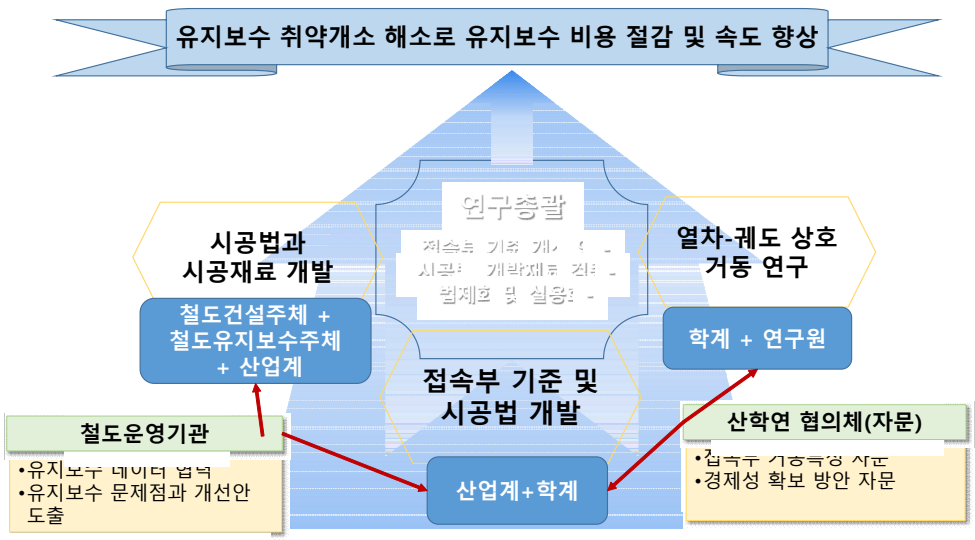
○ (2단계) Full-scale test 성능검증

- 한국철도기술연구원 실물모형시험 시험장비를 활용한 성능검증

○ (3단계) 오송종합시험선로를 통한 개발품(시공재료) 및 설계기준 최종 검증

- 현장 적용을 위해 시험선에서 충분한 테스트를 거쳐 보강 품질 및 신뢰도 확보
- 오송종합시험선로에서 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료 후 기준개선이 가능하도록 추진

□ 추진체계



5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

□ 유지보수 최소화를 위한 접속부 설계 및 시공기준 선진화

○ 접속부별 침하원인 및 궤도틀림 발생 매커니즘

○ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계기준

○ 성능기반 구조물-토공 접속부 시공기준 및 재료

○ 궤도 접속부 설계기준

○ 궤도 접속부 시공기준 및 재료

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

ㅇ 접속부의 열차 서행운전 감소를 통해 철도 수송분담률 상승과 생활교통에 이용되는 광역철도의 확대 가능

ㅇ 지역간 철도 속도향상을 통해 제3차 국가철도망 구축계획의 일반철도 고속화, 전국 주요거점 고속 철도망 연결 및 대도시권 30분대 광역·급행 철도망 구축 가능

□ 경제적 효과

ㅇ 선로 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 연간 궤도 유지보수비 2,533억원(철도유지보수비용 4,607억원)의 20%인 연간 500억원 절감 예상

□ 사회적 효과

ㅇ 철도 구조물의 유지보수 취약개소 해결을 통해 접속부의 열차 서행운전 감소 및 열차정시성 확보 가능

ㅇ 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 발생 가능한 탈선사고 방지 등을 통한 국민체감형 안전성 향상 및 대국민 신뢰 제고 가능

7. 연구개발기간 및 소요예산

ㅇ 총 연구기간 : 5년

ㅇ 총 정부출연금: 80억원

□ 연차별 연구개발 내용 (예산은 민간부담분 포함)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차 년도)	○ 철도운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 • 철도 운영 및 유지보수 데이터 베이스 구축 • 접속부 종류별 궤도틀림 거동 및 영향인자 분석	철도 운영 및 유지보수 DB 및 궤도틀림 매커니즘	400
	○ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 현행 구조물-토공 접속부 설계기준 분석 • 시멘트 혼합자갈 문제점 분석 및 개선방안 도출	구조물-토공 접속부 설계기준 분석 결과	300
	○ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 현행 궤도 접속부 설계기준 분석 • 궤도 접속부 문제점 분석	궤도접속부 설계기준 분석결과	300
	소 계		**1,000**
2023년	○ 철도운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림	접속부	250

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
(2차 년도)	발생 매커니즘 규명 • 접속부 종류별 유지보수 특성 분석 • 궤도-열차 동적 상호작용 분석 기초모델 구축	종류별 유지보수 특성 분석 결과	
	○ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 강성변화속도 유지를 위한 설계기준 개선 및 선진화 • 교대 뒷채움 재료 및 시공법 개발 • 하부박스-토공 접속부 시공법 및 토피고에 따른 설계기준 세분화	접속부 설계기준(안)/ 재료 및 시공법	650
	○ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 유지보수가 가능한 궤도 접속부 안정화 기법 개발 • 궤도 접속부 보강공법 및 재료 개발	재료 및 공법	600
	소 계		**1,500**
2024년 (3차 년도)	○ 철도운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 • 궤도-열차 동적 상호작용 분석 모델 개발	궤도-열차 동적 상호작용 분석 모델	500
	○ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 하부박스 뒷채움 재료, 다짐장비 및 공법 개발 • 오송종합시험선로 현장부설 개소 선정 및 현장 적합성 검토	재료 및 시공법/ 현장부설 계획	1,000
	○ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 궤도 접속부 설치위치 최적화 방안 도출 • 오송종합시험선로 현장부설 개소 선정 및 현장 적합성 검토	접속부 설치위치 최적안/ 현장부설 계획	500
	소 계		**1,500**
2025년 (4차 년도)	○ 철도운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 • 궤도-열차 동적 상호작용이 고려된 궤도틀림 저감방안 도출	궤도틀림 저감방안 도출	500
	○ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 현장 부설 및 장기계측 시스템 구축	현장부설 및 장기계측 시스템	1,000
	○ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 현장 부설 및 장기계측 시스템 구축	현장부설 및 장기계측 시스템	1000
	소 계		**2,500**
2026년 (5차 년도)	○ 철도운영 및 유지보수 데이터 기반 궤도틀림 발생 매커니즘 규명 • 현장시공 결과와 비교 분석을 통한 궤도-열차 동적 상호작용 분석 모델 고도화	궤도-열차 동적 상호작용 분석 모델	250
	○ 성능기반 구조물-토공 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 장기거동 계측 결과 실증 • 설계 및 시공기준 검증	계측 결과 검증	500
	○ 궤도 접속부 설계 및 시공기준 선진화 기술 개발 • 장기거동 계측 결과 실증	계측 결과 검증	750

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	• 설계 및 시공기준 검증		
	소 계		**1,500**
합 계			**8,000**

8. 기타

연구과제명	교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교량 기술 개발
1. 연구개발 목표	교량-토공 접속부 침하와 교량 단부 회전에 따른 자갈궤도 이완을 저감시키기 위하여 교대와 교량을 일체화하는 반일체식 철도 교량 개발

- ㅇ 철도 교량-토공 접속부에 적용할 수 있는 반일체식 교대 개발
- ㅇ 철도 교량-토공 접속부 교량 일체화를 위한 접속 슬래브 개발
- ㅇ 반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- ㅇ 「제3차 국가철도망 구축계획 (`16~`25)」에서는 광역철도의 확대와 **지역간 철도의 속도향상을 목표**로 하고 있으며, 이를 위해서 신설선의 유지보수 원천적 방지와 기존선의 유지보수나 개량작업 후 열차서행, 접속부에서 발생한 궤도틀림 등에 의한 추가 열차서행 발생에 대한 대책 필요
- ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 **유지보수 원인의 원천적 제거 필요**

□ 국내외 시장 동향

- ㅇ (국내 철도인프라 시장) 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)에 따르면, 철도망 확충에 2016년부터 2025년까지 총 70.4조원을 투자할 계획이며, 여전히 신규 철도건설이 지속되고 있음. **다수의 신설선이 궤도틀림이 발생하는 자갈궤도로 건설될 예정**
- ㅇ (국외 철도인프라 시장) 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장 중. 특히, **동남아시아는 인구증가와 경제성장에 기인하여 신규 철도 인프라 시장이 확대될 것**으로 전망
- ㅇ (국내외 철도유지보수 시장) 국내 철도 유지보수 및 개량예산은 지난 10년간 약 250% 증가되고 있으며, 향후 지속적으로 증가 예상. 국외 궤도 유지보수 및 교체 시장은 '15년 기준 239억 유로로 3.5%의 평균 성장률을 보이며 전 권역에서 플러스 성장률을 보이고 있음

□ 철도 접속부 발생 궤도틀림 현황

- ㅇ 교량-토공 접속부, 교량 단부, 교량 신축이음부, 터널 접속부 등 **상이한 철도 시설물이 접하는 개소(seam)**는 궤도-구조물 상호작용으로 인해 **궤도틀림 발생 가능성이 가장 높으며, 이는 선로의 주요 취약개소**임
  - 경부고속선 1단계의 경우, 723m마다 구조물 접속부(교량-토공, 터널-토공)가 존재하며, 235개의 하부통과박스(B함, C함, D함)를 포함하면 **280m 마다**

구조물 접속부가 존재함

- 경부고속철도 1단계의 경우, 구조물 접속부와 신축이음부의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 전체연장의 36%인 **교량구간 주변에서 61%의 유지보수 수행**됨

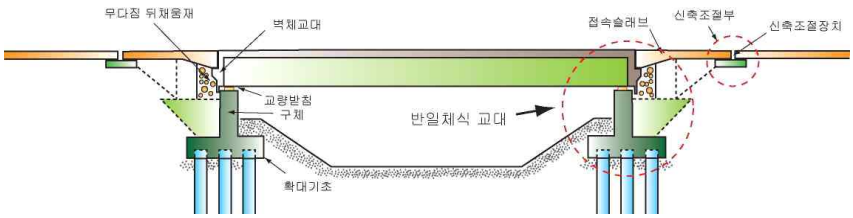
o 구조물 접속부와 신축이음부에서 구조적 한계로 발생한 **궤도틀림**은 열차 진동에 의해 주변지역으로 전파되고 궤도열화가 가속화되어 **잦은 유지보수와 갱환 수행 필요**. 따라서 이러한 **취약개소에서 원천적 대응 기술 필요**

▯ 국내·외 기술동향

□ 국내 기술동향

o 교량 신축이음부에 대한 자갈이완 현상이 고속철도 개통전후에 관측되고 이에 관한 연구가 일부 수행되었으나, 현재까지 구체적인 대안이 제시되지 못하고 있음. **궤도-노반, 궤도-구조물간의 상호 거동에 대한 추가 연구가 필요함**

o 도로교는 신축이음장치의 누수와 이로인한 교량받침 부식 등의 문제로 신축이음장치를 없애고 교량 단부에서 도로 포장을 연속화함으로 주행성을 향상시킬 수 있는 반일체식 교량을 활발히 적용하고 있음



< 반일체식 교량 개념도 >

o ㈜지승컨설턴트에서 개발한 반일체식 교량(BIB거더)는 1998년 대전-통영간 평촌1교에 최초 시공된 이후 다수의 도로교에 활발히 적용되어 안정적으로 운영되고 있으며, 2015년에 신기술로 지정됨

o 한국도로공사 도로교통연구원에서 도로교량에서의 무조인트교량 적용성 확대를 위해 2009년에 '일체식 교량 설계지침(무조인트교량)'을 작성하여 배포함

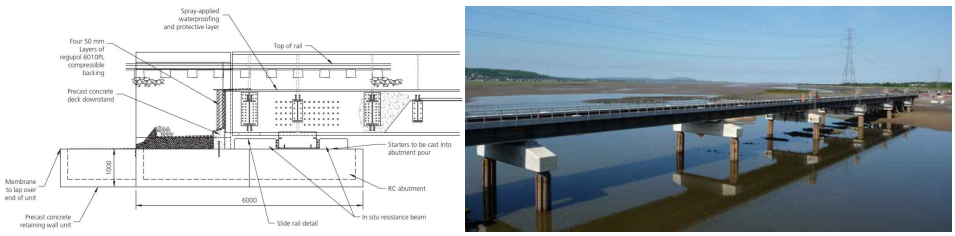
o 국내 개발된 반일체식 교량은 교량연장에 제한이 있어, 콘크리트교는 225m 이하, 강교는 135m 이하인 경우에만 적용 가능

o 한국철도기술연구원도 BIB 반일체식 교량의 철도 적용성 기초검토 수행

□ 국외 기술동향

o 일체식 교량의 개념은 1930년대 미국에서 최초 시작되어 미국과 캐나다에 활발히 적용되어 현재 13,000여 개소의 도로교에 부설되어 운영 중

o 영국 Wales에서는 2013년에 연장 220m 철도교인 Loughor Viaduct를 교체하면서 시공속도가 빠르고 건설비가 상대적으로 적은 반일체식 교량으로 건설한 사례가 있음



< 영국 Loughor Railway Viaduct(2013) >

ㅇ 일본에서는 Geosynthetic-reinforce soil(GRS) integral bridge를 개발하여 2014년 고속철도를 포함하는 철도노선 160 km에 적용하였으며, 철도교의 표준 형식 중의 하나로 일체식 교량을 적용하고 있음. 이 교량은 교량 받침이 없어 장기적인 내구성이 좋고 내진성능이 좋은 장점이 있는 것으로 알려져 있음

< 일본 사례 Haipe-Sawa bridge, Sanriku Railway(2014) >

3. 연구개발 내용

□ 반일체식 교대 구조 개발

ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교대 구조 개발

- 철도교 반일체식 교대 구조 설계 및 설계 지침 개발
- 철도교 반일체식 교대 구조 시공 지침 개발

ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교대의 성능 검증

- 교대 접속부 토공 노반 강성 및 무다짐 뒤채움을 고려한 거동 규명
- 반일체식 교대 상세 해석 및 구조 성능 검토

□ 교량 일체식 접속 슬래브 개발

ㅇ 접속 슬래브 구조 검토

- 접속 슬래브 구조 설계 및 설계 지침 개발
- 접속 슬래브와 교대 연결 구조 검토

ㅇ 받침 슬래브 개발

- 철도교 접속부 토공 노반을 고려한 받침 슬래브 개발
- 받침 슬래브 상세 설계
- 받침 슬래브 시공 지침 개발

ㅇ 신축조절장치 상세 개발
- 자갈궤도에 적합한 신축조인트 개발

□ **반일체식 교량 적용에 따른 열차-교량-궤도 상호작용 검토**

ㅇ 철도교 적용성 검토
- 온도 및 열차 하중에 따른 거동 검토
- 열차 하중에 따른 변위 및 응력에 대한 적합성 검토

ㅇ 교대 접속부 토공 노반과의 상호작용 검토
- 교량 온도 변화에 따른 접속부 토공 노반 강성 특성 규명
- 접속부 형식 및 종류에 따른 상호작용 검토

ㅇ 궤도-교량 상호작용 검토
- 반일체식 교량 적용에 따른 장대레일 축력 검토
- 반일체식 교량 적용에 따른 교대, 교각 및 받침 하중 검토

ㅇ 열차-교량 동적 상호작용 검토
- 반일체식 교량 적용에 의한 교량 동특성 변화 검토
- 반일체식 교량 적용에 따른 철도 교량 동적 안전성 및 승차감 검토

4. 연구개발 추진방법

 추진전략

□ **산 · 학 · 연 협의체 구성**

ㅇ 구조 설계, 재료 개발 및 궤도-교량 상호작용 효과 검토 및 연결 바닥판의 효과적인 개발과 성능 검증을 위하여 산학연 협의체로 연구진 구성

ㅇ 철도유지관리 주체(철도공사, 도시철도) 유지관리 전문가 및 철도설계, 시공 실무자 의견 수렴

□ **반일체식 철도교량 실용화를 위한 설계 및 시공 지침 개발**

ㅇ 철도교 반일체식 교대 및 접속 슬래브 구조 설계법 개발

ㅇ 반일체식 교량을 적용한 철도 교량의 궤도-교량 상호작용을 고려한 구조해석 및 설계지침 개발

ㅇ 반일체식 교량의 장기적인 성능을 보장하기 위한 유지관리지침 개발

 추진체계

5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

□ **교량-토공 접속부 성능향상을 위한 반일체식(semi-integral) 철도교**

- ㅇ 철도교 반일체식 교대 개발
- ㅇ 철도교 일체형 접속 슬래브 개발
- ㅇ 철도교 반일체식 교량 설계 및 시공 지침

6. 기대효과 및 파급효과

□ **정책적 효과**

- ㅇ 자갈궤도가 부설된 철도 교량의 유지 보수 저감
- ㅇ 고속철도 자갈궤도 유지보수 저감에 따른 철도 정시성 향상
- ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 **유지보수 원인의 원천적 감소 실현**

□ **경제적 효과**

- ㅇ 선로 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 연간 궤도 유지보수비 2,533억원(철도유지보수비용 4,607억원)의 20%인 연간 500억원 절감 예상
- ㅇ 반일체식 교대를 적용함으로서 철도교량 교대 건설비 20% 절감 예상

□ **사회적 효과**

- ㅇ 철도 구조물의 접속부 및 연결부에서의 seamless 기술개발을 통한 접속구간의 열차 서행운전 감소 및 열차정시성 확보 가능
- ㅇ 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 발생 가능한 탈선사고 방지 등을 통한 국민체감형 안전성 향상 및 대국민 신뢰 제고 가능
- ㅇ 철도교를 위한 반일체식 교량 기술의 세계 최초 개발로 국내 철도 기술 세계 최고 수준 달성

7. 연구개발기간 및 소요예산

- ㅇ 총 연구기간 : 5년
- ㅇ 총 정부출연금: 55억원

□ **연차별 연구개발 내용** (예산은 민간부담분 포함)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차 년도)	ㅇ **반일체식 철도 교량 기본 설계** • 반일체식 철도 교량 사례 조사 • 반일체식 교대 기본 설계 • 반일체식 접속 슬래브 기본 설계	반일체식 철도교 기본 설계	300
	ㅇ **반일체식 철도교 토공 접속부 기본 설계** • 철도교 접속부 토공 노반 강성 평가 • 반일체식 교대를 위한 토공 노반 기본 설계	반일체식 철도교 접속부 기본	300

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
		설계	
	○ **반일체식 철도교 적용성 검토** • 온도 및 열차 하중에 따른 반일체식 철도 교량 거동 검토 • 열차 하중에 따른 교대 변위 및 응력에 대한 적합성 검토	연결 바닥판의 철도교 적용성 검토	200
	소 계		**800**
2023년 (2차 년도)	○ **반일체식 철도 교량 세부 구조 설계** • 반일체식 교대 및 접속 슬래브 설계 보완 • 접속슬래브 받침 슬래브 기본 설계 • 접속 슬래브와 교대 연결 구조 설계 • 철도교 자갈궤도에 적합한 신축조절장치 개발	반일체식 철도교 세부 구조 설계	400
	○ **반일체식 철도교 토공 접속부 상세 검토** • 교량 온도 변화에 따른 토공 접속부 노반 강성 평가 • 토공 노반 강성을 고려한 받침 슬래브 지지력 검토	반일체식 철도교 접속부 지지력 검토	300
	○ **반일체식 철도교 상호작용 검토** • 반일체식 교량 적용에 따른 장대레일 축력 검토 • 반일체식 교량 적용에 의한 교량 동특성 변화 검토	반일체식 철도교 상호작용 검토	300
	소 계		**1,000**
2024년 (3차 년도)	○ **반일체식 철도 교량 상세 설계** • 상세 설계 대상 교량 선정 • 반일체식 교대 구조 상세 설계 • 반일체식 접속 슬래브 상세 설계 • 접속슬래브 받침 슬래브 기본 설계	반일체식 철도교 상세 설계	400
	○ **반일체식 철도교 토공 접속부 상세 검토** • 반일체식 교량 무다짐 뒤채움을 고려한 상세 교대 접속부 상세 거동 규명 • 토공 접속부 형식 및 종류에 따른 상호작용 검토 ○ **반일체식 철도교 실물 시험** • 반일체식 교대, 접속 슬래브 및 접속부 토공 노반 시험의 실물 시험 계획 수립	토공 접속부 상세 검토	500
	○ **반일체식 철도교 상호작용 검토** • 반일체식 교량 적용에 따른 교대, 교각 및 받침 하중 검토 • 반일체식 교량 적용에 따른 철도 교량 동적 안전성 및 승차감 검토	반일체식 철도교 상호작용 검토	300
	소 계		**1,200**
2025년 (4차 년도)	○ **반일체식 철도 교량 설계 지침 개발** • 반일체식 교대 설계 지침 개발 • 반일체식 접속 슬래브 및 받침 슬래브 설계 지침 개발 • 반일체식 교대를 갖는 철도교 설계 지침 개발	반일체식 철도교 설계 지침	300
	○ **반일체식 철도교 실물 시험** • 반일체식 교대, 접속 슬래브 및 접속부 토공 노반 시험의 실물 시험체 부설	반일체식 교대 및 접속부 실물	900

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	• 노반 강성 및 교대 구조 안전성 평가	시험체	
	ㅇ **반일체식 철도교 상호작용 해석 지침 개발** • 반일체식 교대를 갖는 철도교의 상호작용 해석 지침 개발	반일체식 철도교 상호작용 해석 지침	300
	소 계		**1,500**
2026년 (5차 년도)	ㅇ **반일체식 철도 교량 시공 및 유지관리 지침 개발** • 반일체식 교대 및 접속부 시공 지침 개발 • 반일체식 접속 슬래브 및 받침 슬래브 시공 지침 개발 • 반일체식 철도 교량 유지관리 지침 개발	반일체식 철도교 시공 및 유지관리 지침	200
	ㅇ **반일체식 철도교 실물 시험** • 실물 시험체를 이용한 반일체식 교량 강성 평가 • 온도 변화에 따른 반일체식 교량 거동 시험 평가	반일체식 교량 실물 시험	600
	ㅇ **반일체식 철도교 궤도 인터페이스 검토** • 반일체식 철도교 적용을 위한 자갈궤도 및 콘크리트 궤도 인터페이스 검토	인터페이스 검토 보고서	200
	소 계		**1,000**
합 계			**5,500**

8. 기타

연구과제명	철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab) 개발
1. 연구개발 목표	철도 교량 단부에 고인성 콘크리트 연결 바닥판을 부설하여 연속화 함으로써 자갈 궤도 이완을 저감시키고 철도 교량의 동적 성능 개선

- ㅇ 철도 교량 단부에 적용할 수 있는 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발
- ㅇ 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설
- ㅇ 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- ㅇ 「제3차 국가철도망 구축계획 (`16~`25)」에서는 광역철도의 확대와 **지역간 철도의 속도향상을 목표**로 하고 있으며, 이를 위해서 신설선의 유지보수 원천적 방지와 기존선의 유지보수나 개량작업 후 열차서행, 접속부에서 발생한 궤도틀림 등에 의한 추가 열차서행 발생에 대한 대책 필요
- ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 **유지보수 원인의 원천적 제거 필요**

□ 국내외 시장 동향

- ㅇ (국내 철도인프라 시장) 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)에 따르면, 철도망 확충에 2016년부터 2025년까지 총 70.4조원을 투자할 계획이며, 여전히 신규 철도건설이 지속되고 있음. **다수의 신설선이 궤도틀림이 발생하는 자갈궤도로 건설될 예정**
- ㅇ (국외 철도인프라 시장) 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장 중. 특히, **동남아시아는 인구증가와 경제성장에 기인하여 신규 철도 인프라 시장이 확대될 것**으로 전망
- ㅇ (국내외 철도유지보수 시장) 국내 철도 유지보수 및 개량예산은 지난 10년간 약 250% 증가되고 있으며, 향후 지속적으로 증가 예상. 국외 궤도 유지보수 및 교체 시장은 '15년 기준 239억 유로로 3.5%의 평균 성장률을 보이며 전 권역에서 플러스 성장률을 보이고 있음

□ 철도 접속부 발생 궤도틀림 현황

- ㅇ 교량-토공 접속부, 교량 단부, 교량 신축이음부, 터널 접속부 등 **상이한 철도 시설물이 접하는 개소(seam)**는 궤도-구조물 상호작용으로 인해 **궤도틀림 발생 가능성이 가장 높으며, 이는 선로의 주요 취약개소**임
  - 경부고속선 1단계의 경우, 723m마다 구조물 접속부(교량-토공, 터널-토공)

가 존재하며, 235개의 하부통과박스(B함, C함, D함)를 포함하면 **280m 마다 구조물 접속부가 존재**함

- 경부고속철도 1단계의 경우, 구조물 접속부와 신축이음부의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 전체연장의 36%인 **교량구간 주변에서 61%의 유지보수 수행**됨

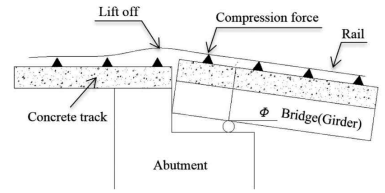
o 구조물 접속부와 신축이음부에서 구조적 한계로 발생한 **궤도틀림**은 열차 진동에 의해 주변지역으로 전파되고 궤도열화가 가속화되어 **잦은 유지보수와 갱환 수행 필요**. 따라서 이러한 **취약개소에서 원천적 대응 기술 필요**

 국내·외 기술동향

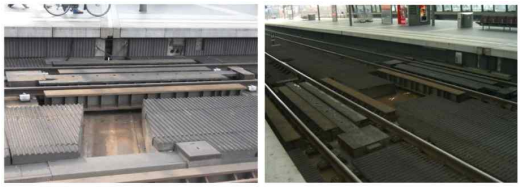
□ 국내 기술동향

o 교량 신축이음부에 대한 자갈이완 현상이 고속철도 개통전후에 관측되고 이에 관한 연구가 일부 수행되었으나, 현재까지 구체적인 대안이 제시되지 못하고 있음. **궤도-노반, 궤도-구조물간의 상호 거동에 대한 추가 연구가 필요**

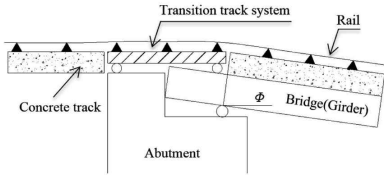
o 교량단부 회전에 의한 궤도영향 감소를 위하여 개발된 독일의 전환궤도(하노버 라인 적용)를 벤치마킹한 전환부 궤도 시스템이 국내에서 연구되었으나 실용화되지 못함. 이 구조는 콘크리트 궤도를 대상으로 하여 자갈궤도에는 적용할 수 없는 한계를 가지고 있음



(a) Deformed shape for railway bridge deck ends



(독일, 베를린 중앙역 전환부 궤도)

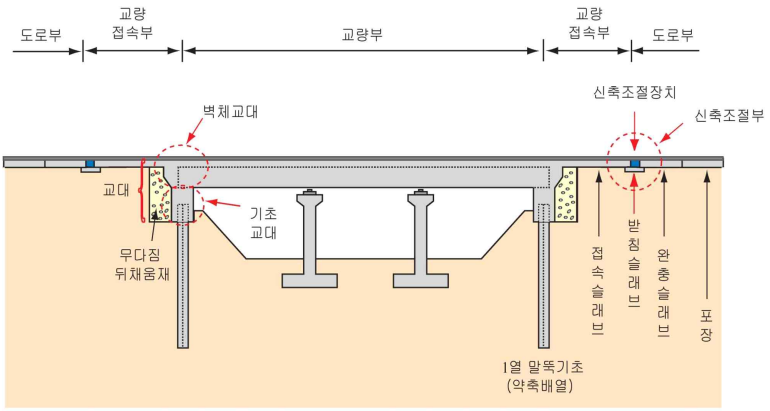


(b) Deformed shape for railway bridge deck end by applying transition track system

(중국, 무광선 플로팅 베어링)

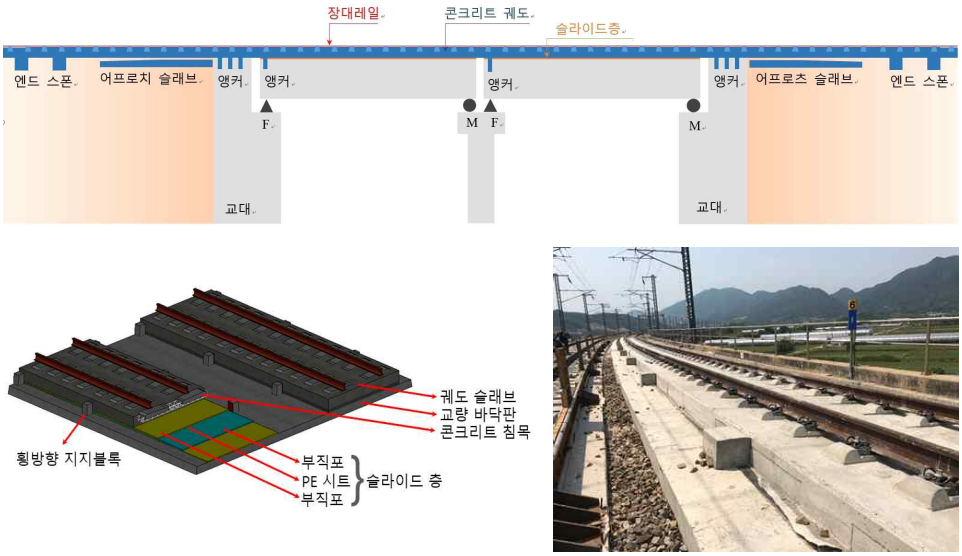
< 전환부 궤도 개념 및 해외 시공 사례 >

o 도로교는 교량 신축이음을 설치하지 않은 무조인트 교량이 개발되어 현장에 적용되고 있으나, 철도 하중 및 거동 특성에 대한 영향 분석 등의 연구가 부족하여 철도교는 적용하지 않고 있음



< 무조인트 교량 개념도 >

o 콘크리트 궤도와 교량의 상호작용을 저감시킬 수 있는 슬라이딩 궤도가 개발 완료되었으나 폐선에만 시험시공 되었고 아직 운영선 적용 실적 없음



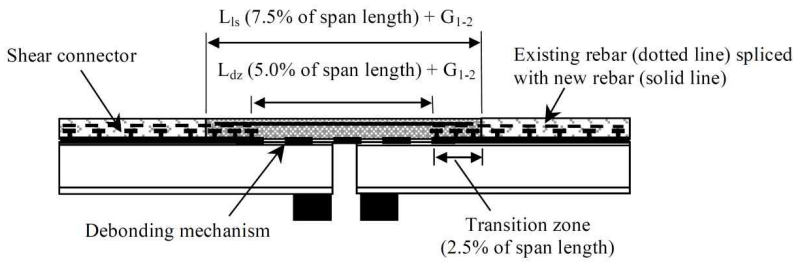
< 슬라이딩 궤도 개념 및 시공 사례 >

o '철도교량 주행 안전 및 승차감 향상을 위한 자갈궤도용 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발' 연구과제(디엠엔지니어링, 2019~2021)로 철도교를 위한 연결 바닥판에 대한 기초 연구를 통해 실용화 가능성이 확인되고 있지만, 실제 적용 및 상용화를 위해서는 시험 부설 등을 통한 면밀한 성능 검증 등의 추가 연구 필요

□ 국외 기술동향

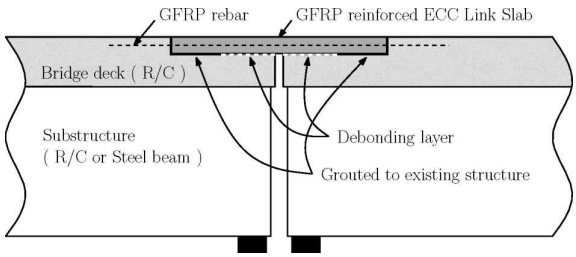
o 신축이음장치를 사용하지 않고, 단순교 단부의 바닥판을 연속화하는 무조인트(Jointless) 교량은 1930년대에 미국에서 최초로 개발되었으며, 1980년대부터 널리 적용되어 건설 중

o 바닥판을 연결하는 연결 바닥판(link slab)의 균열을 최소화하고, 적용 교량의 경간장 및 연장을 확대하기 위하여 고인성 콘크리트(ECC)를 적용한 연결 바닥판이 미시간 대학의 Victor Li 교수를 중심으로 2000년대 초반부터 연구개발됨



< ECC 연결 바닥판 개념 (Victor Li, 2003) >

o 중국, 일본, 스웨덴 등 세계적으로 ECC 연결 바닥판에 대한 해석적 실험적 연구가 활발히 이루어지고 있다. ECC 프리캐스트 패널을 사용하여 급속시공을 가능하게 하고, GFRP 철근을 적용하여 철근의 부식을 방지하면서 연결 바닥판의 강성을 낮추는 등의 세부 개선 사항이 계속해서 연구 중



< 프리캐스트 ECC 연결 바닥판 개념 (Larus Larusson, 2013) >

○ **고인성 콘크리트 적용 바닥판 연속화 사례 [철도교 관련 사례 없음]**

o Grove Street Bridge(미국 미시간주, 2005, 도로교)

< Grove Street Bridge >

o 보수보강 사례

■ 미국 미시간주, Curtis Road Bridge over M-14(2002, 도로교)

■ 미국 미시간주 앤애버(Ann Arbor), Ellsworth Road over M-23(2006, 도로교)

■ 캐나다 알베르타(Alberta), 미국 버지니아(Virginia) 등 해외 사례 다수

o 세계적으로 도로교의 신축이음장치를 대체하는 개념으로 연결 바닥판이 활발히 개발되고 시공되어 왔다. 철도교는 궤도로 인하여 도로교와 같은 신축이음장치가 없어 연결 바닥판을 적용한 사례가 전무

o 철도교에 연결 바닥판을 적용하면 교량 단부의 거더 회전 및 온도 신축 변위로 인한 교량상 자갈 궤도 이완 현상을 해소할 수 있을 것으로 기대

3. 연구개발 내용

□ **철도 교량을 위한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발**

ㅇ 고인성 콘크리트 재료 개발

- 고인성 콘크리트(ECC) 재료 배합 개발
- 고인성 콘크리트 설계 강도, 탄성 계수, 인장성능 규명

ㅇ 고인성 콘크리트 구조 설계 및 시방 지침 개발

- 고인성 콘크리트 구조 거동 실험 및 해석 기법 개발
- 실험 및 해석을 통한 고인성 콘크리트 구조 설계 방안 개발
- 부재 제작을 고려한 고인성 콘크리트 시방 지침 마련

ㅇ 프리캐스트 고인성 콘크리트 패널 구조 개발

- 철도 교량에 적합한 고인성 콘크리트 연결 바닥판 구조 검토
- 급속 시공을 위한 고인성 콘크리트 프리캐스트 패널 개발
- 교량 단부 회전 대응을 위한 하드폼 보드 개발

ㅇ 연결 바닥판과 기존 교량과의 연결 구조 개발

- 기존 교량과 프리캐스트 연결 바닥판의 앵커 구조 개발
- 연결 구조 요구 성능 규명
- 연결 구조 상세 설계 및 시공법 개발

ㅇ 철도 교량과 연결 바닥판의 구조 적합성 검토

- 열차 주행에 따른 단부 회전 수용 능력 검토
- 온도 신축에 따른 교량 변위 수용 능력 검토
- 궤도-교량 상호작용에 따른 장대레일 축응력 검토
- 교량 동적 구조 안전성 및 승차감 검토

□ **철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 시험 부설**

ㅇ 고인성 연결 바닥판 시험 부설 교량 선정

- 오송 철도종합시험선로 적정 시험 부설 구간 및 대상 교량 선정
- 시험 부설 대상 교량 거동 규명 및 동적 거동 계측

ㅇ 시험 부설 연결 바닥판 설계 및 시공 계획 수립

- 시험 부설 연결 바닥판 및 부속 구성품 설계
- 시험 부설 시공 공정 수립
- 시험 부설을 통한 급속 시공 가능성 검토

ㅇ 시험 부설 연결 바닥판 시공 및 계측을 통한 설계 및 시방 지침 검증

- 시험 부설을 통한 현장 적용성 평가
- 시험 부설을 통한 고인성 콘크리트 시방 지침 검증
- 시험 부설 후 계측 결과를 통한 고인성 콘크리트 설계 방안 검증

□ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 및 궤도의 성능 개선 실증**

ㅇ 연결 바닥판 적용 전후 궤도 강성 평가를 통한 자갈 궤도 이완 저감 효과 실증

- 시험 부설 대상 교량 단부 자갈 궤도의 겉보기 강성 장기 계측
- 연결 바닥판 부설 후 교량 단부 자갈 궤도의 겉보기 강성 장기 계측
- 연결 바닥판 적용에 따른 자갈 궤도 유지보수 저감 효과 실증

o 연결 바닥판 적용 전후 교량 동적 거동 검토를 통한 동적 성능 개선 효과 실증

- 시험 부설 대상 교량의 동적 특성 계측
- 연결 바닥판 부설 후 교량 동적 성능 변화 계측
- 연결 바닥판 적용에 따른 철도 교량 동적 성능 향상 실증

4. 연구개발 추진방법

 추진전략

□ 산 · 학 · 연 협의체 구성

o 구조 설계, 재료 개발 및 궤도-교량 상호작용 효과 검토 및 연결 바닥판의 효과적인 개발과 성능 검증을 위하여 산학연 협의체로 연구진 구성

o 철도유지관리 주체(철도공사, 도시철도) 유지관리 전문가 및 철도설계, 시공 실무자 의견 수렴

□ 고인성 콘크리트 연결 바닥판 실용화를 위한 설계 및 시공 지침 개발

o 연결 바닥판 구조 설계법 개발

o 연결 바닥판을 적용한 철도 교량의 궤도-교량 상호작용을 고려한 구조해석 및 설계지침 개발

o 기존 철도 교량에 연결 바닥판을 급속 시공하기 위한 시공지침 개발

o 연결 바닥판의 장기적인 성능을 보장하기 위한 유지관리지침 개발

□ 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 성능 검증

o 구조 실험을 통한 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 성능 검증

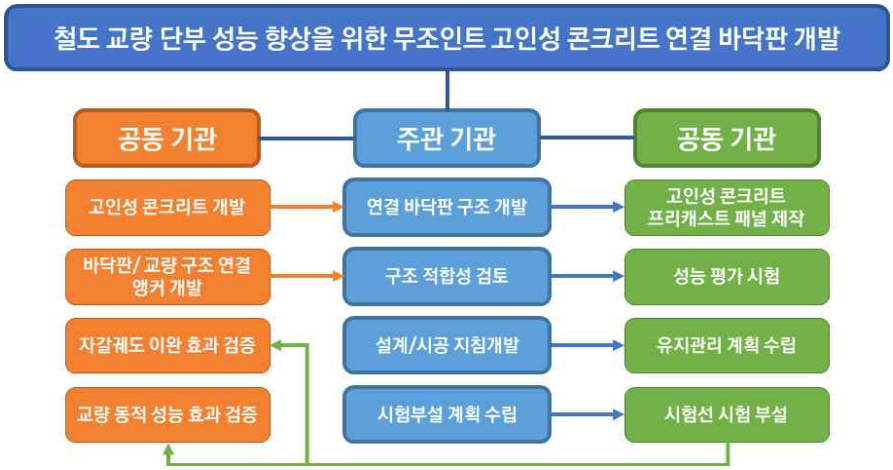
- 고인성 콘크리트 재료 성능 검증
- 고인성 콘크리트 연결 바닥판 인장 및 휨 성능의 실험적 검증
- 연결 바닥판과 기존 교량 바닥판 및 거더와의 연결 구조 성능 검증

o 오송 철도종합시험선로를 통한 성능 검증

- 개발된 연결바닥판의 현장 적용성을 검증하기 위하여 철도종합시험선로에 시험부설
- 시험부 설후 장기적인 구조 성능 및 자갈궤도에 미치는 장기적인 영향을 검증하기 위하여 시험 부설된 교량과 궤도의 장기 계측 수행

□ 추진체계

o



5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

□ **철도 교량 단부 성능 향상을 위한 무조인트(seamless) 고인성 콘크리트 연결 바닥판(ECC link slab)**

- o 철도 교량 단부에 적용할 수 있는 고인성 콘크리트 연결 바닥판 시스템
- o 철도교량 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 설계 및 시공지침
- o 고인성 콘크리트 연결 바닥판에 따른 자갈 궤도 이완 저감 및 철도 교량 동적 성능 향상 실증 시험 결과

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

- o 자갈궤도가 부설된 철도 교량의 유지 보수 저감
- o 고속철도 자갈궤도 유지보수 저감에 따른 철도 정시성 향상
- o 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 **유지보수 원인의 원천적 감소 실현**

□ 경제적 효과

- o 선로 유지보수 취약개소에 대한 원천적 예방으로 연간 궤도 유지보수비 2,533억원(철도유지보수비용 4,607억원)의 20%인 연간 500억원 절감 예상

□ 사회적 효과

- o 철도 구조물의 접속부 및 연결부에서의 seamless 기술개발을 통한 접속구간의 열차 서행운전 감소 및 열차정시성 확보 가능
- o 선로 유지보수에 대한 선제적 대응 및 발생 가능한 탈선사고 방지 등을 통한 국민체감형 안전성 향상 및 대국민 신뢰 제고 가능
- o 철도교를 위한 연결 바닥판 기술의 세계 최초 개발로 국내 철도 기술 세계 최고 수준 달성

7. 연구개발기간 및 소요예산

ㅇ 총 연구기간 : 5년

ㅇ 총 정부출연금: 78억원

□ **연차별 연구개발 내용** (예산은 민간부담분 포함)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차 년도)	ㅇ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발** • 철도 교량에 적합성 고인성 콘크리트 연결 바닥판 단면 개발 • 프리캐스트 패널 적합성 검토 • 교량 단부 회전 대응을 위한 하드폼 보드 개발	철도교 고인성 콘크리트 연결 바닥판 기본 설계	400
	ㅇ **철도교 연결 바닥판을 위한 고인성 콘크리트 개발** • 철도교 연결 바닥판의 요구 인장 성능 검토 • 요구 성능을 만족하는 고인성 콘크리트 배합 개발	고인성 콘크리트 배합 설계	400
	ㅇ **철도교 연결 바닥판 구조 적합성 검토** • 고인성 콘크리트 연결 바닥판 적용에 따른 궤도-교량 상호작용 검토 • 연결 바닥판에 의한 교량 동적 성능 변화 검토	연결 바닥판의 철도교 적용성 검토	200
	소 계		**1,000**
2023년 (2차 년도)	ㅇ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 개발** • 연결 바닥판 앵커 및 연결 구조 개발 • 연결 바닥판 상세 설계	고인성 콘크리트 연결 바닥판 상세 설계	200
	ㅇ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 구조 성능 평가** • 고인성 콘크리트 연결 바닥판의 인장,압축 및 휨 성능 평가 시험 • 구조 성능에 최적화된 상세 검토 • 교량 단부 회전 대응 능력 검토 시험	구조 시험 결과	800
	○ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 현장 시험 부설 계획 수립** • 오송 철도종합시험선로 내 시험 부설 개소 선정 및 현장 적합성 검토 • 시험부설 연결 바닥판 설계 • 연결 바닥판 시공 계획 수립	시험 부설 계획	200
	소 계		1,200
2024년 (3차 년도)	○ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 현장 시험 부설** • 고인성 콘크리프 프리캐스트 패널 제작 • 하드폼 보드 및 비부착층 제작 • 고인성 콘크리트 연결 바닥판 시험 부설	연결 바닥판 및 부설	1,000
	ㅇ **시험 부설 대상 교량 성능 평가** • 열차 운행에 따른 교량 동적 성능 계측 • 기존 자갈궤도 겉보기 강성 평가	계측 결과	250

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	ㅇ **연결 바닥판 시험 부설 후 장기 계측** • 연결 바닥판 부설 후 교량 동적 성능 계측 • 연결 바닥판 부설 후 자갈 궤도 겉보기 강성 평가	계측 결과	250
	소 계		1,500
2025년 (4차 년도)	ㅇ **연결 바닥판 시험 부설 후 장기 계측 (시험 부설 후 1년 동안 시행)** • 연결 바닥판 부설 후 교량 동적 성능 계측 • 연결 바닥판 부설 후 자갈 궤도 겉보기 강성 평가	계측 결과 (계속)	1,700
	ㅇ **철도교 연결 바닥판 관련 지침 개발** • 해석 및 설계 지침 개발 • 시공 지침 개발 • 유지관리 지침 개발	관련 지침	600
	ㅇ **철도시설성능검증 착수** • 철도시설성능검증 보고서 작성 • 기술적합성 검토 심의	철도시설성능 검증 착수	200
	소 계		2,500
2026년 (5차 년도)	ㅇ **고인성 콘크리트 연결 바닥판 효과 실증** • 연결 바닥판 적용에 따른 자갈궤도 이완 저감 효과 실증 • 연결 바닥판 적용에 따른 교량 동적 효과 실증	계측 결과 검증	500
	ㅇ **연결 바닥판 세부 개선 사항 도출 및 검증** • 철도교 연결 바닥판의 세부 개선 사항 도출 • 개선 사항에 대한 성능 평가 시험	개선 사항 도출 및 검증	800
	ㅇ **철도시설성능검증 완료** • 철도시설성능검증 최종 보고서 작성 • 철도시설성능검증 완료 • 신기술 신청	철도시설성능 검증 완료	300
	소 계		1,600
합 계			**7,800**

8. 기타

연구과제명	운영선 접속부 보강 및 성능향상을 위한 궤도-노반 시스템 개량 기술 개발
1. 연구개발 목표	운영선 토공-구조물 접속부에서의 궤도-노반 시스템 개량 및 성능향상 기술 개발

- ㅇ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발
- ㅇ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발
- ㅇ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강기술 개발
- ㅇ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- ㅇ 「제3차 국가철도망 구축계획 (`16~`25)」에서는 광역철도의 확대와 **지역간 철도의 속도향상을 목표**로 하고 있으며, 이를 위해서 신설선의 유지보수 원천적 방지와 기존선의 유지보수나 개량작업 후 열차서행, 접속부에서 발생한 궤도틀림 등에 의한 추가 열차서행 발생에 대한 대책 필요
- ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선철도망 운영을 위한 표정속도 향상과 철도 사고 위험원을 사전에 발굴하여 대책을 마련하는 선제적·예방적 관리방식으로 전환을 위해 **유지보수 원인의 원천적 제거 필요**

□ 국내외 시장 동향

- ㅇ (국내 철도인프라 시장) 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)에 따르면, 철도망 확충에 2016년부터 2025년까지 총 70.4조원을 투자할 계획이며, 여전히 신규 철도건설이 지속되고 있음. **다수의 신설선이 궤도틀림이 발생하는 자갈궤도로 건설될 예정**
- ㅇ (국외 철도인프라 시장) 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장 중. 특히, **동남아시아는 인구증가와 경제성장에 기인하여 신규 철도 인프라 시장이 확대될 것**으로 전망
- ㅇ (국내외 철도유지보수 시장) **국내 철도 유지보수 및 개량예산**은 **지난 10년간 약 250% 증가**되고 있으며, 향후 지속적으로 증가 예상. **국외 궤도 유지보수 및 교체 시장은 '15년 기준 239억 유로로 3.5%의 평균 성장률**을 보이며 전 권역에서 플러스 성장률을 보이고 있음

□ 구조물 접속부 유지보수 현황

- ㅇ 교량-토공 접속부, 교량 단부, 교량 신축이음부, 터널 접속부 등 **상이한 철도 시설물이 접하는 개소(seam)**는 궤도-구조물 상호작용으로 인해 **궤도틀림 발생 가능성이 가장 높으며, 이는 선로의 주요 취약개소**임
  - 경부고속선 1단계의 경우, 723m마다 구조물 접속부(교량-토공, 터널-토공)가 존재하며, 235개의 하부통과박스(B함, C함, D함)를 포함하면 **280m 마다 구조물 접속부가 존재**함

- 경부고속철도 1단계의 경우, 구조물 접속부와 신축이음부의 구조적 문제로 발생한 궤도틀림으로 인해 전체연장의 36%인 **교량구간 주변에서 61%의 유지보수 수행**됨

ㅇ 구조물 접속부와 신축이음부에서 구조적 한계로 발생한 **궤도틀림**은 열차 진동에 의해 주변지역으로 전파되고 궤도열화가 가속화되어 **잦은 유지보수와 갱환 수행 필요**. 따라서 이러한 **취약개소에서 원천적 대응 기술 필요**

□ 기술동향

ㅇ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 관련

- 궤도틀림의 원인은 하부 지지강성의 변화로 인한 충격하중, 배수불량, 하부노반 침하, 자갈도상 다짐 및 안정화 부족, 자갈 강도부족 등으로 매우 다양함. 최적의 보강대책을 수립하기 위해 궤도틀림 원인을 정확히 파악하는 것이 중요
- 궤도 지지강성은 궤도구조 특성, 자갈도상의 밀도(다짐도), 노반 강성 등에 따라 달라지며, **궤도 지지강성을 연속적으로 측정함으로써 궤도 취약부를 빠르게 파악**할 수 있음. 프랑스, 스웨덴, 미국 등 국외 철도에서도 열차가 주행하면서 연속적으로 궤도 지지강성을 측정할 수 있는 장비를 개발하여 활용하고 있음
- 궤도 지지강성의 변화로부터 궤도 취약부를 특정하면, 취약부의 궤도틀림이 도상 또는 노반의 어떤 원인에 기인하는지 정밀 조사를 통해 정확히 탐지할 필요가 있음. 노반의 물리탐사에는 GPR(ground penetrat- ing radar) 탐사, 비저항(resistivity) 탐사, 그리고 다양한 탄성파 탐사 기법들이 적용되고 있으나, **운영선의 특성을 고려하여 최소 시간 내에 정밀 탐사를 시행할 수 있는 기술과 분석기법 및 평가기준 개발이 요구**됨
- 개별 탐사결과만으로는 정확한 궤도틀림 원인 분석에는 한계가 있으므로 수치해석 모델 적용과 머신러닝 활용 등을 통해 여러 가지 종류의 **탐사 결과를 종합적으로 분석하고 평가할 수 있는 분석 기법 개발이 필요**
- 콘크리트궤도 하부 노반의 침하가 발생하는 경우 궤도 슬래브-기층 또는 기층-노반 사이에 간극이 발생하게 됨. 이러한 간극에 의해 충격하중이 발생하고, 궤도 슬래브와 기층의 파손, 열차 승차감 저하를 가져오게 됨. 특히 교대 뒷채움부 등 접속부 노반에서는 이러한 노반 침하가 빈번하므로 간극이 종종 발생하고 있음. 콘크리트궤도 하부 간극 조사에는 충격반향기법(impact-echo), FWD(falling wight deflectometer) 등의 탐사기법이 적용될 수 있음. 그러나, **운영선 적용을 위해서는 최소 시간에 탐사가 가능한 분석장비, 분석기법 및 평가기준 등의 개발이 필요**

ㅇ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 관련

- **노반이 궤도틀림의 원인이 되는 경우 노반의 보강 또는 개량이 필요**하나, **운영중인 선로에서는 대규모 보강 또는 개량이 불가능**함.
- 해외에서는 운영중 노반 보강을 위해 궤도 측면에서 **경사 그라우팅을 이용하여 노반을 보강**하거나, **궤도 상부에서 vertical soil-cement column을 시공하는 기술이 검토**되고 있음.

- 이밖에 기존 노반 보강 기술 가운데 운영중인 선로에 적용 가능한 보강 기술의 적용이 필요함.

ㅇ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 관련

- **교량의 진동과 변형으로 인해 도상의 안정화가 어려운 환경**에서는 **자갈 도상의 안정화를 도모하는 것이 중요**
- 자갈 도상 안정화를 위해 기존에는 고결제, 도상안정제 등의 화학제품을 적용하거나 보조레일을 적용하여 궤광의 강성을 증가시키는 방법이 적용되었으나 충분한 효과를 얻지 못했음
- 이러한 기존 기술의 한계를 극복하기 위해 지오텍스타일, 지오그리드 등 **토목섬유를 활용하는 기술**이 적용되고 있음. 또한 **광폭침목이나 침목패드(under sleeper pad)를 이용하여 자갈도상에 가해지는 압력을 감소**시키는 방안이 제안되었음. 이밖에 **도상 침하에 따라 자동으로 침목 높이를 조정하는 침하복원장치**가 제안되었음
- 최근 제안된 기술 중 높은 효과가 기대되는 **토목섬유, 광폭침목 또는 침목패드, 침하복원장치 등** 개별기술 또는 이들 개별 기술의 조합 활용을 통해 빈번한 **교량의 진동과 변형 하에서도 도상 침하를 최소화할 수 있는 기술 개발**이 가능할 것으로 기대됨

ㅇ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 관련

- **콘크리트궤도의 궤도틀림**은 **레일체결장치에 심패드(shim pad)를 삽입하여 보정**할 수 있으나, 체결장치를 해체하여 다시 조립해야 하므로 궤도틀림이 발생한 구간이 길면 차단시간 내 작업이 불가능함. 일본 신간선에서는 특수 폴리머를 이용하여 **두께 조절이 가능한 심패드**를 적용하여 시공 시 **완화곡선부 등에서 정밀한 선형 조정을 시행**하거나, **콘크리트궤도의 궤도틀림 보수**하는 작업에 활용하고 있음. 콘크리트궤도 궤도틀림 보수의 효율성 향성을 위해서는 이와 같이 **레일체결장치의 해체없이 손쉽게 궤도틀림을 보정**할 수 있는 **높이조절형 심패드(height-adjustable shim pad) 기술**의 적용이 필요
- **콘크리트궤도 하부의 간극 보수**를 위해 그동안 **슬래브를 잭업(jack-up)하여 강판을 삽입하거나 시멘트 그라우트 충전재를 주입**하는 기술이 적용되었음. 그러나, 작업 효율이나 안정성 측면에서 문제점이 제기되고 있어 **작업효율의 향상과 정밀한 인상 높이 조정 등을 위한 전용 시공장비 개발, 주입재료 개선 등 기술 보완이 필요**

3. 연구개발 내용

ㅇ **접속부 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 기술 개발**

- 온라인 궤도 지지강성 측정시스템 기술 개발
- 자갈도상 및 노반 GPR 진단 장비 개발
- 교량 접속부 노반 비파괴 상태진단 기술 개발
- 접속부 궤도 및 노반 상태에 따른 침하 예측 시뮬레이션 기술 개발
- 머신러닝 기반 데이터 통합 분석을 통한 궤도틀림 원인 및 상태 진단기술 개발
- 콘크리트궤도 하부 간극 탐지 기술 개발

ㅇ **운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 개발**

- 운영중 선로 차단 없이 접속부 노반의 보강이 가능한 기술 개발

(예시: inclined jet grouting, vertical soil-cement column 등)

ㅇ **접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 개발**

- 토목섬유(geosynthetics)를 활용한 자갈 도상 안정화 기술 개발
- 궤도구조 개선을 통한 도상 침하 억제 기술 개발
- 자동 도상침하 복원장치 기술 개발

ㅇ **콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 개발**

- 콘크리트궤도 궤도틀림 정정을 위한 높이조절형 심패드 개발
- 콘크리트궤도 하부(슬래브-기층, 기층-노반) 간극 보수기술(주입재료, 시공장비 개발)

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

ㅇ 기업, 대학, 연구소가 참여하는 산학연 공동 연구 추진

- 연구소가 평가 및 보강기술의 개발을 총괄하고, 해석 시뮬레이션, 진단평가 등 예측 평가 기술의 이론 연구를 대학에서 담당
- 기술 활용 및 개발을 담당할 기업이 참여하도록 장려하여 진단 평가의 원천 기술 개발을 기업에서 담당하도록 추진

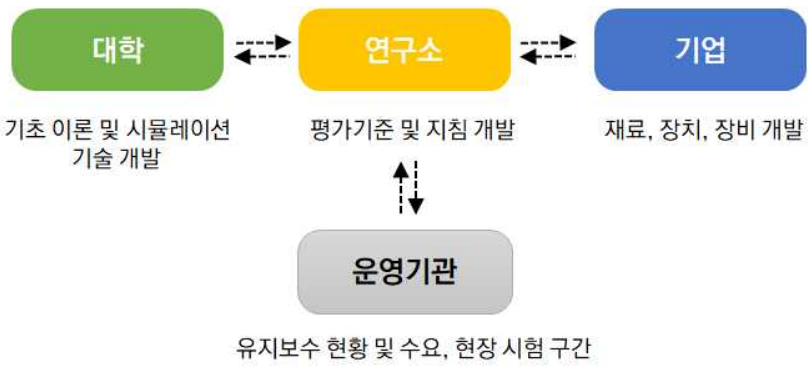
ㅇ 철도 운영기관과의 협조체계 구축

- 철도 운영기관과의 긴밀한 협조를 통해 정확한 유지보수 현황 및 수요(needs)를 파악
- 개발 기술의 검증을 위한 현장 시험 사이트 확보

ㅇ 국외 기술현황 분석 및 국외 기술 도입 필요성 검토

- 본격적인 기술 개발에 앞서 국내 뿐 아니라 국외에서 개발되었거나 개발중인 기술을 분석하여 독자적으로 개발이 필요한 기술과 국외 기술 도입이 필요한 기술을 분석

□ 추진체계



5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

ㅇ 접속부 궤도틀림 진단 장비 및 평가 기준(criteria)

ㅇ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술(재료, 시공장비, 시공기술)

ㅇ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술(재료, 장치, 시공기술)

ㅇ 콘크리트궤도용 높이조절형 심패드

ㅇ 콘크리트궤도 하부 간극 보수기술(재료, 시공장비)

6. 기대효과 및 파급효과

ㅇ **정책적 효과**

- 유지보수 저감을 통한 열차 운영 지연 최소화, 표정속도 향상, 그리고 안전 및 승차감 향상으로 철도 안전 확보 및 서비스 질의 향상 등 국가 정책목표 달성에 기여

- 대학, 연구소 등에서 궤도 유지보수 관련 연구 인력을 양성함으로써 기술 경쟁력 제고 기대

ㅇ **경제적 효과**

- 전체 궤도 유지보수의 대부분을 차지하는 구조물 접속부에 대한 보강을 통해 유지보수비 절감

ㅇ **사회적 효과**

- 철도 유지보수로 인한 철도 운행 지연 최소화, 철도 안전 및 승차감 향상, 유지보수에 따른 소음 감소 등 사회적 편익 기대

7. 연구개발기간 및 소요예산

ㅇ 총 연구기간 : 5년

ㅇ 총 정부출연금: 62억원(예산은 민간부담분 포함)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2021 (1차 년도)	○ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술 요구사항 분석 및 기본설계 • 온라인 궤도 지지강성 측정시스템 • 비파괴 노반 탐사기술 • 콘크리트궤도 하부 간극 탐사기술	접속부 궤도틀림 원인 탐지 진단 기술 기본설계안	200
	○ 머신러닝 기반 데이터 통합 분석을 통한 궤도틀림 원인 및 상태 진단기술 개념설계	궤도틀림 원인 및 상태 진단 기술 개념설계안	50
	○ 접속부 궤도 및 노반 상태에 따른 침하 예측 시뮬레이션 이론 분석 및 알고리즘 구성	침하 예측 시뮬레이션 알고리즘	50
	○ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 대안 선정 및 기본설계 • 요구사항 분석 • 대안 검토 및 선정 • 기본설계	토공-교량 접속부 노반 보강 기술 기본설계안	200
	○ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 대안 선정 및 기본설계 • 요구사항 분석 • 대안 검토 및 선정 • 기본설계	접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 기본설계안	200
	○ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 요구사항 분석 및 기본설계 • 궤도틀림 보수를 위한 높이조절형 심패드 • 콘크리트궤도 하부 간극 보수기술	콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 기본설계안	200
	소 계		**900**

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022 (2차 년도)	○ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술 상세 설계 및 장치 제작, 성능 검증	탐지장비 시작품	400
	○ 머신러닝 기반 데이터 통합 분석 시스템 코딩 및 알고리즘 검증	머신러닝 기반 데이터 통합 분석 시스템 (S/W)	100
	○ 접속부 궤도 및 노반 상태에 따른 침하 예측 시뮬레이션 모델 구축 및 알고리즘 검증	접속부 침하 예측 시뮬레이션 모델(S/W)	100
	○ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 상세설계 및 장비 제작	운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 시공장비 시작품	500
	○ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 상세설계 및 제작	접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 재료 및 장치 시작품	300
	○ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 상세설계 및 장비 제작	콘크리트궤도 궤도틀림 보수 심패드 및 하부 간극 보수 재료 및 장비 시작품	300
	소 계		1,700
2023 (3차 년도)	○ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술 현장 성능 평가	현장 진단 평가 결과보고서	250
	○ 머신러닝 기반 데이터 통합 분석 시스템 알고리즘 보완 및 검증	머신러닝 기반 데이터 통합 분석 시스템 (S/W) v.2.0	100
	○ 접속부 궤도 및 노반 상태에 따른 침하 예측 시뮬레이션 모델 알고리즘 보완 및 검증	접속부 침하 예측 시뮬레이션 모델(S/W) v.2.0	100
	○ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 현장 적용 시험	운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 현장 적용 시험 결과보고서	400
	○ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 현장 적용 시험	접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 현장 적용 시험	400

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
		결과보고서	
	○ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 현장 적용 시험	콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 현장 적용 시험 결과보고서	350
	소 계		1,600
2024 (4차 년도)	○ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술 현장 성능 평가(2차)	현장 진단 평가 결과보고서	250
	○ 머신러닝 기반 데이터 통합 분석 시스템을 적용한 궤도틀림 원인 탐지	궤도틀림 원인 탐지 결과분석 보고서	100
	○ 접속부 궤도 및 노반 상태에 따른 침하 예측 시뮬레이션 해석 및 결과 데이터베이스(DB) 구축	접속부 침하 예측 시뮬레이션 결과 DB	100
	○ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 현장 적용 시험(2차) 및 시방서 작성	운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 현장 적용 시험 결과보고서 및 시방서 초안	400
	○ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 현장 적용 시험(2차) 및 시방서 작성	접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 현장 적용 시험 결과보고서 및 시방서 초안	350
	○ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 현장 적용 시험(2차) 및 시방서 작성	콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 현장 적용 시험 결과보고서 및 시방서 초안	300
	소 계		1,500
2025 (5차 년도)	○ 접속부 궤도틀림 원인 탐지 기술 현장 성능 평가 매뉴얼 작성	현장 진단 평가 매뉴얼	100
	○ 머신러닝 기반 데이터 통합 분석 시스템을 적용한 궤도틀림 원인 탐지 및 진단 지침 개발	궤도틀림 원인 탐지 및 진단 지침	100

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	○ 운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 시방서 보완	운영중 토공-교량 접속부 노반 보강 기술 시방서(최종본)	100
	○ 접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 시방서 보완	접속부 자갈궤도 도상 안정화 및 침하 억제 기술 시방서(최종본)	100
	○ 콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 시방서 보완	콘크리트궤도 궤도틀림 및 하부 간극 보수 기술 시방서(최종본)	100
	소 계		500
합 계			**6,200**

8. 기타

PART II.

철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

제1절 연구개발 배경 및 필요성 ····· 1

1. 추진 배경 및 현황 ····· 1

제2절 정부지원의 필요성 ····· 5

제3절 기술의 정의 및 분류체계 ····· 7

1. 연구개발 기술의 정의 및 범위 ····· 7

2. 철도시설물 개량 항목 분류 ····· 7

3. 대상 철도 시설물 도출 ····· 20

제2장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 30

제1절 국내외 정책동향 ····· 30

1. 국내 정책동향 ····· 30

2. 국외 정책동향 ····· 43

3. 시사점 ····· 56

제2절 국내외 시장 동향 및 전망 ····· 57

1. 국내 시장 동향 ····· 57

2. 국외 시장 동향 ····· 61

3. 시사점 ····· 64

제3절 국내외 기술 동향 ····· 65

1. 국내 기술개발 동향 ····· 65

2. 국외 기술개발 동향 ····· 67

3. 특허 및 논문 분석 ····· 71

4. 시사점 ····· 135

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 136

제1절 연구개발과제 추진 방향 ····· 136

1. 연구개발과제 추진 방향의 설정 과정 ····· 136

2. 연구개발과제의 기본 방향 ····· 137

제2절 SWOT분석을 통한 연구개발과제 추진 전략 도출 ····· 138
1. SWOT 분석 ····· 138
2. 연구개발과제 추진 전략 도출 ····· 139
제3절 비전 및 목표 설정 ····· 140
제4절 기술개발에 따른 미래상 (As-Is VS To-Be) ····· 143
1. 미래상 (As-Is VS To-Be) ····· 143
제5절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 144
1. 과제구성 ····· 144
2. 세부과제별 주요내용 및 핵심성과 및 성과지표 ····· 145
3. 과제 추진전략 ····· 149
제6절 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성 ····· 150
1. 유사과제 분석 개요 ····· 150
2. 유사과제 검색 결과 및 기존 연구와의 차별성 ····· 155
제7절 연구추진체계 ····· 172
제8절 기술개발 및 성과 로드맵 ····· 174
1. (1세부) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발 ····· 174
2. (2세부) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발 ····· 176
3. (3세부) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구 ····· 177
제9절 성과활용 및 사업화 전략 ····· 179
1. 성과활용 방안 ····· 179
2. 사업화 전략 ····· 179

제4장 자원투입 계획 ····· 181
제1절 인력투입계획 ····· 181
제2절 연구 시설 및 장비 투입 계획 ····· 183
1. 철도종합시험선로 ····· 183
제3절 소요예산 투입계획 및 적정성 검토 ····· 191
1. 소요예산 총괄 ····· 191
2. 세부과제별 소요예산 ····· 193

제5장 사전 타당성 분석 ····· 196
제1절 사업논리모형 ····· 196
제2절 과학기술적 타당성 ····· 198
1. 과학기술적 타당성 분석 개요 ····· 198
2. 과학기술적 타당성 분석 주요 내용 ····· 198
제3절 정책적 타당성 ····· 206
1. 정책적 타당성 분석 개요 ····· 206
2. 정책적 타당성 분석 주요 내용 ····· 207
제4절 경제적 타당성 ····· 211
1. 경제적 타당성 분석 개요 ····· 211
2. 경제적 타당성 분석 결과 ····· 212

제6장 별첨 ····· 221
제1절 참고문헌 ····· 221
제2절 자문위원 명단 ····· 223
제3절 수요조사 결과 ····· 224
1. 후보과제 및 우선순위 도출 ····· 227
제4절 세부과제별 과제제안요구서(RFP) ····· 231

표 목 차

표 1-1. 국가철도 구조물(교량, 터널) 노후화 현황 ····· 2

표 1-2. 국가철도 성능평가등급 현황 ····· 3

표 1-3. 국가철도 주요선 통과톤수 ····· 3

표 1-4. '19년 유지보수비 구성비 비교 ····· 4

표 1-5. 유지보수에 투입되는 연간 실행예산 현황 (2011~2020년, 10년간) ····· 4

표 1-6. 국가별 유지보수인력 1인당 선로연장 ····· 4

표 1-7. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 구조물 분류 체계 ····· 8

표 1-8. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 궤도시설 분류 체계 ····· 8

표 1-9. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 건축물 분류 체계 ····· 9

표 1-10. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 전철전력 분류 체계 ··· 9

표 1-11. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 신호제어 분류 체계 ··· 9

표 1-12. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 정보통신 분류 체계 · 10

표 1-13. 국가철도 본선레일 경과년수별 현황 ····· 10

표 1-14. 국가철도 주요구조물 경과년수 현황 ····· 11

표 1-15. 철도시설 분야별 작업 소요시간 ····· 19

표 1-16. 기술수요조사 기술 분야 ····· 23

표 1-17. 기술수요조사 응답자 분석 결과 ····· 24

표 1-18. 기술수요조사 제안기술 목록 ····· 24

표 1-19. 기술분야별 관련 기술 그룹핑 ····· 26

표 1-20. 후보기술 우선순위 선정을 위한 후보기술 개요 ····· 27

표 1-21. 후보기술별 우선순위 도출 결과 ····· 28

표 1-22. 최종 도출된 세부기술 구성안 ····· 29

표 2-1. 철도궤도 유지관리 관련 주요 법령 내용 ····· 31

표 2-2. RTSE 주요 추진방향 및 세부기술 ····· 44

표 2-3. 유럽 CEF의 주요 철도교통 인프라 구축 프로젝트 ····· 45

표 2-4. FTIP 2030 목표 및 세부 전략 ····· 49

표 2-5. FTIP 2030의 교통 분야별 투자계획 ····· 49

표 2-6. 미국 BUILD 프로그램에 의한 철도교통 투자 프로젝트 사례('19년) ····· 55
표 2-7. 철도시설 개량 투자 추이(2009-2017) ····· 57
표 2-8. 국가철도 세부사업별 개량 투자 실적 ····· 59
표 2-9. 궤도시스템분야 신설 및 개량과 유지보수 및 교체 권역별 시장규모·성장률 ····· 62
표 2-10. 검색 DB 및 검색범위 ····· 71
표 2-11. 분석대상 기술 분류 ····· 72
표 2-12. 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수 ····· 73
표 2-13. 기술분류체계에 따른 최종 검색식 ····· 74
표 2-14. 분석대상 기술 분류 ····· 75
표 2-15. 유효특허 선별결과 ····· 76
표 2-16. 다출원 기준 주요 출원인 ····· 85
표 2-17. 국가별 다출원 기준 주요 출원인 ····· 88
표 2-18. 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 다출원 기준 주요 출원인 ····· 101
표 2-19. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 다출원 기준 주요 출원인 103
표 2-20. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)의 다출원 기준 주요 출원인 ····· 105
표 2-21. 관련 논문 리스트 ····· 108
표 2-22. 국내·외 주요 저자 ····· 122
표 2-23. 국내·외 주요 기관 ····· 123
표 2-24. 핵심특허 선정 기준 ····· 125
표 2-25. 분석 대상 특허 리스트 ····· 126
표 2-26. 핵심 논문 리스트 ····· 129
표 3-1. 철도시설물 지속가능 운영을 위한 첨단 급속개량 기술개발 과제 SWOT 분석 결과 138
표 3-2. SWOT 분석에 따른 연구개발과제 추진전략 도출 ····· 139
표 3-3. 기존 개량 공법 대비 본 연구에서 개발하고자 하는 개량 공법 간 비교 ····· 141
표 3-4. 세부기술 별 개발 장비 기본 요구 사양(안) ····· 142
표 3-5. 1세부과제의 주요내용 ····· 145
표 3-6. 1세부과제의 핵심성과 ····· 146
표 3-7. 2세부과제의 주요내용 ····· 146
표 3-8. 1세부과제의 핵심성과 ····· 147

표 3-9. 3세부과제의 주요내용 ····· 147
표 3-10. 1세부과제의 핵심성과 ····· 148
표 3-11. 1세부과제 유사과제 분석을 위한 검색 조건 ····· 150
표 3-12. 2세부과제 유사과제 분석을 위한 검색 조건 ····· 152
표 3-13. 3세부과제 유사과제 분석을 위한 검색 조건 ····· 153
표 3-14. 1세부과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 165
표 3-15. 2세부과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 168
표 3-16. 3세부과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출 ····· 170
표 3-17. 각 연구 참여 주체별 역할 및 기능 ····· 172
표 3-18. 1세부과제의 연차별 연구내용 및 성과 ····· 174
표 3-19. 2세부과제의 연차별 연구내용 및 성과 ····· 176
표 3-20. 3세부과제의 연차별 연구내용 및 성과 ····· 177
표 3-21. 본 과제의 최종 성과물 ····· 179
표 3-22. 단계별 사업화 추진계획 ····· 180
표 4-1. 소요인력의 직급 구분 기준 ····· 181
표 4-2. 기획재정부 학술연구용역인건비 기준단가 (2020년 기준) ····· 181
표 4-3. 연차별 소요인력 ····· 182
표 4-4. 시험선로 건축 및 구조물 현황 ····· 183
표 4-5. 종합시험선로 교량 현황 ····· 185
표 4-6. 종합시험선로 터널 현황 ····· 185
표 4-7. 궤도분야 TEST-BED 세부현황 ····· 186
표 4-8. 노반, 교량분야 TEST-BED 세부현황 ····· 187
표 4-9. 전철전력분야 TEST-BED 세부현황 ····· 187
표 4-10. 신호, 통신분야 TEST-BED 세부현황 ····· 188
표 4-11. 소음/공력분야 TEST-BED 세부현황 ····· 188
표 4-12. 시험선로 위치별 시험가능 항목 ····· 189
표 4-13. 종합시험선로 현장검증시험 가능 항목 ····· 190
표 4-14. 세부연구항목별 소요예산 ····· 191
표 4-15. 세부과제별 소요예산 ····· 193
표 4-16. 세부과제별 소요예산 ····· 194
표 4-17. 세부과제별 소요예산 ····· 195

표 5-1. 철도시설물 급속개량 분과위원회 위원 명단 ····· 199
표 5-2. 세부기술별 유사과제(국가연구개발과제) ····· 203
표 5-3. 세부기술별 유사과제(운영사별 연구과제) ····· 203
표 5-4. SWOT 분석에 따른 연구개발과제 추진전략 도출 ····· 204
표 5-5. 상위계획과의 부합성 조사 결과 ····· 207
표 5-6. 상위계획과의 부합성 평가결과 ····· 207
표 5-7. 세부과제별 연차별 소요예산 ····· 212
표 5-8. 편익 기간(편익 발생기간) ····· 214
표 5-9. 세부기술별 유사과제 연구비 투자 규모 ····· 215
표 5-10. 철도기술연구사업의 R&D 사업화 성공율 도출 ····· 216
표 5-11. 철도시설물 중 교량, 터널, 궤도가 포함된 부문의 개량 투자 5개년(2018~2022) 계획 ··· 217
표 5-12. 예상되는 교량, 터널, 궤도 철도시설물 개량투자액 및 개량비용저감액 ····· 217
표 5-13. 철도작업자 등의 철도사고 및 운행장애 인명/재산피해 현황 ····· 218
표 5-14. 철도사고 인적피해 기준 비용 ····· 218
표 5-15. 동 사업의 총 비용저감편익(명목가치) 산출 ····· 219
표 5-16. 동 사업 총 비용(2021년 기준 현재가치) 산출 ····· 220
표 5-17. 동 사업 총 편익(2021년 기준 현재가치) 산출 ····· 220

그 림 목 차

그림 1-1. 레일 교환 절차 ····· 13
그림 1-2. PC침목 교환 절차 ····· 14
그림 1-3. 교량침목 교환 절차 ····· 16
그림 1-4. 분기기 교환 절차 ····· 17
그림 1-5. PST(Precast Slab Track) 시공순서 흐름도 ····· 18
그림 2-1. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 전략 및 중점 추진과제 ····· 35
그림 2-2. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 중점과학기술의 유형 ····· 36
그림 2-3. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)의 비전 및 추진전략 37
그림 2-4. 제5차 국토종합계획(2020-2040)의 비전 및 목표 ····· 38
그림 2-5. 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)의 추진방향 ····· 39
그림 2-6. 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)의 비전 및 목표 ····· 40
그림 2-7. 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)의 목표 및 전략 ····· 41
그림 2-8. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)의 비전 및 목표 ····· 43
그림 2-9. 유럽 CEF의 주요 철도 교통망 ····· 45
그림 2-10. 프랑스의 철도망 구축 및 현대화 프로젝트 ····· 48
그림 2-11. 미국 고속철도 구축현황 ····· 52
그림 2-12. 미국 고속철도 네트워크 맵 ····· 52
그림 2-13. 미국 코트벨트 지역 순환 철도 프로젝트 ····· 54
그림 2-14. 국내외 정책 동향 주요 시사점 ····· 56
그림 2-15. 연간 철도건설예산 대비 시설개량투자예산 비율비교(국고기준) ····· 57
그림 2-16. 국가철도 유지보수 및 개량 투자 현황 ····· 60
그림 2-17. 국가철도 노선별 유지보수 투자 실적 ····· 60
그림 2-18. 국가철도 노선별 개량 투자 실적 ····· 61
그림 2-19. 철도인프라 구조물 시장 분야별 비중 ····· 61
그림 2-20. 국내외 철도인프라시장 규모 (2016) ····· 62
그림 2-21. 일본 철도인프라 신규투자대비 유지보수비용 (일본건설성) ····· 63
그림 2-22. 디지털 모델링에 의한 교량 설계(예) ····· 66

그림 2-23. Launching Gantry에 의한 미국의 노후 철도교량 교체 ····· 68
그림 2-24. 일본의 인프라 자산관리기술 체계 ····· 69
그림 2-25. 특수장비를 이용한 상방향 개량 ····· 69
그림 2-26. 로드헤더를 활용한 일본의 터널 확폭 시공 사례 ····· 70
그림 2-27. PM200-2R 자동화 시공장비 (Plasser & Theurer) ····· 70
그림 2-28. 국내외 철도시설물 개량 사례 ····· 71
그림 2-29. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 77
그림 2-30. 연도별 특허동향(한국) ····· 78
그림 2-31. 연도별 특허동향(미국) ····· 78
그림 2-32. 연도별 특허동향(일본) ····· 78
그림 2-33. 연도별 특허동향(유럽) ····· 78
그림 2-34. 연도별 출원동향(중국) ····· 79
그림 2-35. 주요 출원국 내·외국인 특허출원 현황 ····· 81
그림 2-36. 연도별 내·외국인 특허출원현황(한국) ····· 81
그림 2-37. 연도별 내·외국인 특허출원현황(미국) ····· 82
그림 2-38. 연도별 내·외국인 특허출원현황(일본) ····· 82
그림 2-39. 연도별 내·외국인 특허출원현황(유럽) ····· 83
그림 2-40. 연도별 내·외국인 특허출원현황(중국) ····· 83
그림 2-41. 다출원 기준 주요 출원인(상위 20위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 87
그림 2-42. 주요 출원인 국가별 출원동향 ····· 91
그림 2-43. 주요 출원인 기술분류별 출원동향 ····· 91
그림 2-44. 주요 출원인별 주력기술 분야 분석 ····· 92
그림 2-45. 특허기술 성장단계별 의미 ····· 93
그림 2-46. 주요 국가별 특허기술 성장단계 ····· 94
그림 2-47. 중국 출원현황 ····· 95
그림 2-48. 세부기술별 특허건수 현황 ····· 96
그림 2-49. 세부기술 연도별 특허동향 ····· 97
그림 2-50. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 98
그림 2-51. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 99
그림 2-52. 주요 출원국 연도별 특허동향 ····· 100
그림 2-53. 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 다출원 기준

주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 102

그림 2-54. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 104

그림 2-55. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC) 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중 ····· 105

그림 2-56. 국내·외 연도별 논문 발행 동향 ····· 107

그림 2-57. 세부기술별 논문 현황 ····· 120

그림 2-58. 세부기술별 연도별 논문동향 ····· 120

그림 2-59. 국내 주요 학술지 ····· 121

그림 2-60. 국외 주요 학술지 ····· 121

그림 2-61. Matrix 분석을 통한 특징 영역 분리 ····· 124

그림 2-62. 요소 기술별 특징에 따른 분석 차별화 ····· 124

그림 3-1. 연구개발과제 추진 방향 도출 과정 ····· 136

그림 3-2. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발의 비전 및 목표 140

그림 3-3. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술의 미래상 (As-Is vs. To-Be) ····· 143

그림 3-4. 1세부과제의 유사과제 검색결과 ····· 158

그림 3-5. 2세부과제의 유사과제 검색결과 ····· 161

그림 3-6. 3세부과제의 유사과제 검색결과 ····· 164

그림 3-7. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발 연구추진체계 ··· 173

그림 3-8. 1세부과제의 기술개발 로드맵 ····· 175

그림 3-9. 2세부과제의 기술개발 로드맵 ····· 177

그림 3-10. 3세부과제의 기술개발 로드맵 ····· 178

그림 3-11. 단계별 사업화 전략 ····· 180

그림 4-1. 종합시험선로 노선도 ····· 183

그림 4-2. 종합시험선로 지형노선도 ····· 184

그림 4-3. 종합시험선로 건축물 현황 ····· 184

그림 4-4. 종합시험선로 신호장치 배치도 ····· 185

그림 4-5. 궤도분야 TEST-BED 현황도 ····· 186

그림 4-6. 노반, 교량분야 TEST-BED 현황도 ····· 187

그림 4-7. 전철전력분야 TEST-BED 현황도 ····· 187

그림 4-8. 신호, 통신분야 TEST-BED 현황도 ····· 188

그림 4-9. 소음/공력분야 TEST-BED 현황도 ····· 188
그림 4-10. 철도종합시험선로의 시험분야별 시설 현황 ····· 190
그림 5-1. 급속개량기술 분야 논리모형 ····· 197
그림 5-2. 연구개발과제 추진 방향 도출과정 ····· 199
그림 5-3. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술 개발의 비전 및 목표 ····· 200
그림 5-4. 과제 비전 및 세부과제별 성능목표 ····· 201
그림 5-5. 세부과제 도출 과정 ····· 202
그림 5-6. 디지털 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발 추진체계 개념도 ····· 205
그림 5-7. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발 추진체계 개념도 ····· 205
그림 5-8. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구 추진체계 개념도 ····· 205
그림 5-9. 정책적 타당성 분석의 평가항목(1계층, 2계층, 3계층) ····· 206
그림 5-10. 편익 추정방법 과정 ····· 211
그림 5-11. 본 연구과제의 편익항목 도출 ····· 213
그림 5-12. 본 연구과제의 비용저감(개량비용) 편익 산출법 ····· 213
그림 5-13. 본 연구과제의 비용저감(피해비용) 편익 산출법 ····· 213

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 연구개발 배경 및 필요성

1. 추진 배경 및 현황

❑ 시설물 생애주기 관리과정에서 노후화는 필연적으로 발생하는 현상이며, SOC 시설물에 대한 신설이 오랫동안 추진된 선진국에서는 노후화된 시설물을 효과적으로 관리하기 위한 다양한 투자 및 관리전략들이 제시되고 있음.

❑ 철도시설의 지속적인 노후화 증가추세는 기존의 단기적 대응활동에서 다양한 노후화 대응 현안들에 대해 재원조달의 관점에서 관리하고자 하는 예방적 안전관리의 필요성이 요구됨.

❍ 철도시설 노후화로 인한 시설물의 안전성 하락 및 성능저하를 방치할 경우, 사후 대응에 따른 막대한 사후 복구비용이 투입되며, 이에 대한 선제적 대응이 철도시설 이용자의 지속적인 서비스 제공과 사회적 비용 최소화의 관점에서 유리.

❑ 경과년수 30년 이상 노후 철도시설물의 증가 추세에 따라 철도시설물의 성능이 저하되고 이에 따른 사고 및 운행 장애 발생 위험도가 증가.

❍ 국토교통부에서는 철도시설물의 노후화에 따른 사고 및 운행 장애 위험도 저감을 위하여 노후 철도시설물의 개량을 위하여 `18년 '중장기 철도시설 개량투자계획'을 발표하고 `22년까지 노후 철도시설물을 지속적으로 개량[1].

– 국가철도공단(前 한국철도시설공단) `19년 철도 기존시설 개량사업(시설개량사업)에 `18년 6497억원 대비 9% 증가한 7103억원의 사업비 투입. 이 중 3617억원은 기능과 성능이 저하된 교량·터널 등의 철도 구조물과 노후화된 전기설비 개량사업에 투입[2].

– `20년에는 20~30년 이상 경과한 수도권 광역철도 노후시설의 집중 개량 착수[3].

❑ 철도시설물은 철도시설의 기술기준[4]에 따라 크게 7가지(궤도시설(노반포함), 교량, 터널, 건축물(역시설 포함), 전절전력설비, 철도신호제어설비, 철도정보통신설비)로 구분되며, `20년 1월 기준 국가철도 총 연장은 9,697.4km[5](본선 7,676.6km, 측선 2,020.8km).

❍ 전체 국가철도 선로 대부분은 자갈궤도로 구성되어 있으며, 콘크리트궤도는 경부 2단계, 호남선 일부, 경강선 일부 등 고속철도 위주로 부설되어 구성 비율이 낮음.

– 궤도시설은 부분 개소에 대해 지속적인 유지관리로 경과 년수로 노후도를 추정하기 어려움.

– `20년 1월 기준 성능 평가 등급 C등급 이하의 궤도시설은 3,848개소로 전체 12,817개소 중 30.0%로 조사됨.

❍ `20년 1월 기준 전체 국가철도에서 교량구조물은 3,427개소, 608km 연장으로 국가철도 총 연장 중 약 6.3%, 터널구조물은 838개소, 928km 연장으로 국가철도 총 연장 중 약

1) '노후 철도시설 안전' 확보...국토부, 5년간 7조3천억 투입, https://news.joins.com/article/22258162
2) 철도공단, 올해 노후 철도시설 개량사업에 7103억원 투입, https://www.hankyung.com/society/article/201903110697h
3) 안전한 열차운행을 위해 광역철도 노후시설 집중개량 착수, http://www.goodnews365.net/news/articleView.html?idxno=139858
4) 국토교통부고시 제2015-722호, 철도시설의 기술기준
5) 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황'

9.6%를 차지.

– `20년 1월 기준 국가철도 구조물(교량, 터널) 중 30년 이상 경과된 구조물은 1,582개소로 전체(4,265개소) 대비 37.1%의 비중 차지.

※ 국가철도 기준 30년 이상 경과 구조물 비율: 교량 3,427개소 중 1,292(37.7%), 터널 838개소 중 297개소(34.6%)

표 1-1. 국가철도 구조물(교량, 터널) 노후화 현황

구 분	경과년도(개소수, 20년 1월 기준)						
	합 계	0～9년	10～19년	20～29년	30～39년	40～49년	50년 이상
합계	4,265	1,296	1,106	281	365	197	1,020
교량	3,427	998	912	225	329	179	784
터널	838	298	194	56	36	18	236

* 출처: 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황'

– 현행 수준 유지시 10년 후 30년 이상 경과된 구조물은 교량 1,517개소(44.3%), 터널 346개소(41.3%)까지 확대 전망.

○ 국가철도 대상 역시설을 포함한 건축물은 총 5,654동 (역사는 총 698개소(운영 역사 648개소)), 5,530,151m^{2}가 운영 중.

– 국가철도 건축물 중 기준내용연수 40년을 초과한 건축물은 1,367동(255,777m^2)으로 24.7%.

○ 전철전력설비는 국가철도 기준 53,244개소 운영 중.

– 전체 전철전력설비 중 내구연한이 경과한 설비는 15,258개소로 약 28.7%.

○ 철도신호제어설비는 국가철도 기준 54,128개소 운영 중.

– 전체 신호제어설비 중 내구연한이 경과한 설비는 22,080개소로 약 40.8%

○ 철도정보통신설비는 국가철도 기준 64,426개소 운영 중.

– 전체 정보통신설비 64,426개소 중 내구연한이 경과한 설비는 26,930개소로 약 41.8%

❑ 철도구조물 중 상당수가 30년 이상 경과되어 노후화에 따른 급격한 성능저하가 유발되는 반면 운행속도, 통과톤수, 재해빈도 등은 증가.

○ 국가철도 전체 시설물의 성능평가등급은 평균 'C등급'이며, 'C등급'이하 시설물 비중은 33.7%임.

– `20년 1월 기준 국가철도 운영기관(한국철도공사)에서 작성한 교량, 터널 등 철도구조물 성능평가등급 조사결과에 따르면 'C등급' 이하 구조물은 전체 6,994개소 중 2,051개소로 29.3% 차지.

– 국가철도 시설물의 종합성능평가지수는 `17년 평균 3.29(C등급)에서 `20년 평균 3.93(C등급)으로 낮아짐.

표 1-2. 국가철도 성능평가등급 현황

구 분	성능평가등급(개소수)						C등급 이하 시설물	
	합 계	A	B	C	D	E	노선수	비율(%)
합계	23,682.0	3,895.0	11,809.0	6,756.0	1,167.0	55.0	7,978.0	33.7
구조물 (교량,터널 등)	6,994.0	2,029.0	2,914.0	2,047.0	4.0	-	2,051.0	29.3
궤도시설	12,817.0	1,299.0	7,670.0	3,219.0	608.0	21.0	3,848.0	30.0
건축물	3,078.0	549.0	1,110.0	1,137.0	268.0	14.0	1,419.0	46.1
전철전력	316.0	11.0	38.0	136.0	128.0	3.0	267.0	84.5
신호제어	205.0	4.0	36.0	102.0	57.0	6.0	165.0	80.5
정보통신	272.0	3.0	41.0	115.0	102.0	11.0	228.0	83.8

*출처: '20년 1월 기준 자료(한국철도공사에서 작성·회신 된 성능평가등급 조사결과)

❍ 철도노선 일부구간의 운행속도와 통과톤수가 급격히 증가

- 일일 열차 운행횟수 : `05년 2,512회 → `18년 2,934회 (증 442회, ↑16.8%)
- `21년부터 EMU-250 주요간선철도 순차적 투입 (영업최고속도 260km/h)
- '20년 1월 기준 국가철도 주요 노선에서 '15년 대비 '19년 통과톤수는 약 43.2% 증가

표 1-3. 국가철도 주요선 통과톤수

(단위 : 천 톤)

	`15	`19	증감률 (%)
경부고속선	489,453.80	647,259.10	+24.4
호남고속선	28,177.20	66,703.00	+57.8
수서평택고속선	0	196,622.05	+100
합계	517,631.00	910,584.15	+43.2

* 출처 : 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황' 재구성

- '20년 1월 기준 국가철도 주요 노선에서 '15년 대비 '19년 통과톤수는 약 43.2% 증가

❑ 철도 노후시설물의 유지보수 작업을 위한 차단시간(3.5~4시간)은 감소하는 반면, 열차 운행이 고속화되고 운행 밀도가 높아짐에 따라 유지보수 소요는 증가하여 작업의 효율성 제고 필요.

❍ 현재 철도시설물의 유지보수 및 개량을 위해 기존 운행을 제한하여 추진하기 어려우므로 운행 중 철도시설물의 유지보수 및 개량이 추진되거나 제한된 시간(차단 시간 내)에 추진해야하는 제약 발생.

- `19년 2월 기준, 국가철도 전체 955개 구간 중 890개 구간(93%)은 3.5시간 이상 확보하였으나, 65개 구간은 미확보[6)]

※ 3.5시간 미확보 구간 수 : 경부선(16), 동해선(24), 중앙선(16), 광주선(4), 전라선(1), 태백선(1), 기타(3)

※ 국가별 유지보수 시간(h) : 프랑스(5.5), 이탈리아(5.5), 일본 (6), 네덜란드(5)

- 전차선 단전 후, 실제 작업 가능시간이 약 2시간에 불과하고, 인건비와 장비 임대료 부담 등으로 승인받은 시간 외 임의작업 빈번

※ 작업구간 간 항타기 등 장비이동시간으로 인해 실제 작업시간이 부족

❍ 유지보수 활동에 기반하여 인건비 등을 산정하지 않고, 유지보수 인력 전체의 비용을 지급

6) 제3차 철도안전 종합계획(수정계획) (`16~`22), 국토교통부, 2019.12.

– 특히, 일반철도 유지보수비는 인건비 위주로 편성되어 노후자재 교체 비용(보수비)의 비중이 낮은 편

표 1-4. '19년 유지보수비 구성비 비교

구분	인건비	경비	보수비	부가세
일반철도	58.9%	15.5%	19.3%	6.3%
고속철도	40.8%	13.0%	41.9%	4.3%

* 출처 : 제3차 철도안전 종합계획(수정계획) (`16~`22), 국토교통부, 2019.12.

표 1-5. 유지보수에 투입되는 연간 실행예산 현황 (2011~2020년, 10년간)

(단위: 백만원)

구 분		'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년
합 계		722,527	699,606	701,641	721,963	772,063	773,551	764,993	817,852	844,003	980,436
일반철도	소 계	613,667	601,643	601,427	619,563	629,563	628,468	605,308	637,574	663,530	787,838
	인건비	397,293	394,390	382,458	369,634	396,295	392,222	395,921	415,299	438,596	436,921
	경 비	100,218	100,727	110,940	107,874	103,504	98,938	90,053	108,498	114,097	130,430
	보수비	116,156	106,526	108,029	142,055	129,764	137,308	119,334	113,777	110,837	220,487
고속철도	소 계	108,860	97,963	100,214	102,400	142,500	145,083	159,685	180,278	180,473	192,598
	인건비	36,099	36,963	37,705	36,714	50,434	54,228	59,740	63,723	82,544	90,207
	경 비	16,252	16,393	11,797	12,688	16,653	16,923	20,685	19,593	24,852	25,285
	보수비	56,509	44,607	50,712	52,998	75,413	73,932	79,260	96,962	73,077	77,106

* 출처: 국가철도공단

❍ 인력위주의 유지관리 방식으로 인하여 유지관리 인력 1인당 선로연장이 선진국에 비해 낮은 수준.

표 1-6. 국가별 유지보수인력 1인당 선로연장

국가명	한국	스위스	독일	네덜란드	영국
인당 열차km	12.840	34.197	21.915	47.556	13.704

* 출처 : 세계철도연맹(UIC, Union Internationale des Chemins de fer)

제2절 정부지원의 필요성

❑ 「철도건설법」이 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」로 개정(`18년 3월)됨에 따라 노후 철도 인프라의 효율적인 개량 기술 개발이 요구됨.

○ 기존 「철도건설법」에는 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 규정하지 않고 있어, 철도운영기관별로 독자적으로 철도 인프라를 관리하여 노후화가 심각함.

○ 이에, 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」에 따라 철도시설의 유지관리에 관한 목표, 추진전략, 투자계획, 인력 및 장비, 정보관리체계 구축 및 R&D 등 철도시설을 안전하고 효율적으로 유지관리하기 위한 5년 단위 법정 계획을 수립하여야 함.

– `20년 12월 「제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021~2025)」이 고시되었으며, 노후도 관리·인력 중심 유지관리 체계에서 성능 중심의 예방적 관리, 스마트 기술을 접목한 과학적 유지관리 체계로 전환을 기본 방향으로 설정함.

❑ 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」[7]이 `18년 12월 제정되어 `20년 1월 시행됨으로써 기반시설의 체계적인 유지관리 및 성능개선이 법제화됨.

○ 제10조 및 제11조에 따라 관리주체는 최소유지관리기준 이상으로 기반시설을 관리하여야 함.

○ 제17조에 따라 국토교통부장관은 기반시설의 유지관리 및 성능개선 관련 기술개발, 기반시설의 운영중단이 없는 성능개선 기술개발 등의 연구 및 기술개발 사업을 추진할 수 있음.

❑ 「제5차 국토종합계획(`20~`40)」[8]에서는 교통인프라의 급속한 노후화로 관리 필요성 증대를 지적

○ 주요 정책과제 중 '노후 인프라의 적기개량을 통한 안전성 제고'와 관련

– 노후 인프라 개선을 위한 안전투자 확대, 선제적 유지관리 체계 마련을 통한 체계적 관리

❑ 「철도안전법」에 따라 5년 단위로 수립되는 법정계획인 「제3차 철도안전 종합계획(수정계획) (`16~`22)」의 추진과제 '4.4 철도시설물 유지보수 체계화*', '4.5 철도시설물 유지보수 방법·장비 개선**'과 관련

* 선로 등 시설물 유지보수 수행, 노후 철도시설물 유지보수 효율화, 표준화

** 위험도가 높은 취약개소에 대한 작업시간 확보, 유지보수 작업의 효율화 추진

❑ 철도는 국가 주요 교통수단으로, 법에 따라 정부는 철도안전을 확보할 의무를 갖고 있으나, 운영기관 독자적으로 관련 기술을 확보하기에는 경영여건 등 현실적인 어려움이 따르며, 효율적인 유지관리를 위한 기술 확보 수요는 더욱 증가할 것으로 예상.

○ 철도는 연간 약 15.7억명(`18년[9])이 이용하는 주요 교통수단이며, 법에 따라 정부는 국민의 철도안전을 확보할 의무를 가짐.

○ 하지만 중소규모 운영기관 및 대도시 및 국가철도망 운영기관도 경영악화로 효율적인 유지관리 기술 확보가 어려움.

※ 부채현황(`19년): 국가철도공단 (약 20조원), 한국철도공사 (약 16조원, 부채비율 257.94%)

❑ 또한, 철도산업에 종사하는 근로자의 노후화, 청년층의 3D 업종 기피 문화, 인프라의 지

7) 지속가능한 기반시설 관리 기본법, 법률 제16145호, 2018.12.31.제정, 2020.01.01.시행
8) 제5차 국토종합계획(`20~`40), 국토교통부, 2019.12.
9) 2018 철도통계연보 제56회, 한국철도시설공단

속적인 노후화 등 지속가능한 교통수단으로서의 철도가 위협 받고 있음.

○ 철도시설의 노후화로 인한 대형 철도사고 발생 가능성 상존하므로, 정부가 주도하여 철도시설의 효율적인 개량을 통한 수명 연장 및 성능 향상을 도모할 필요가 있음.

○ 국내 업체 대부분이 영세하고 연구개발 능력이 낮아 자립적인 기술개발이 어려움.

❑ 철도 운영기관별로 고유의 미션이 있으므로 이를 주도적으로 해결할 수 있는 여건이 갖추어지지 않음.

○ 철도 운영기관에서 공동으로 활용할 수 있는 기반기술을 중립적 위치의 기관이 주도적으로 개발하고, 성과물을 각 운영기관에서 이용하고 적용을 확산하도록 하는 방향이 보다 효율적임.

제3절 기술의 정의 및 분류체계

1. 연구개발 기술의 정의 및 범위

1.1. 용어의 정의

❑ 철도시설이란 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」[10]에 따라 다음의 어느 하나에 해당하는 시설(부지 포함)을 의미함.

❍ 철도의 선로(선로에 딸리는 시설 포함), 역 시설(물류시설, 환승 시설 및 역사(驛舍)와 같은 건물에 있는 판매시설・업무시설・근린생활시설・숙박시설・문화 및 집회시설 등 포함) 및 철도 운영을 위한 건축물・건축설비

❍ 선로 및 철도차량을 보수・정비하기 위한 선로 보수기지, 차량 정비기지 및 차량 유치시설

❍ 철도의 전철전력설비, 정보통신설비, 신호 및 열차 제어설비

❍ 철도노선 간 또는 다른 교통수단과의 연계 운영에 필요한 시설

❍ 철도기술의 개발・시험 및 연구를 위한 시설

❍ 철도경영연수 및 철도전문인력의 교육훈련을 위한 시설

❍ 그 밖에 철도의 건설・유지보수 및 운영을 위한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설

❑ 노후 인프라란 건설 및 구축되어 일정 사용기간이 경과하여 유지관리, 보수・보강 등의 처리가 필요한 사회간접자본 시설을 의미함.

❍ 노후의 기준은 다양할 수 있으나, 「법인세법 시행규칙」[11] 별표 5 '건축물 등의 기준내용연수 및 내용연수범위표'에서는 철골・철근콘크리트조, 철근콘크리트조, 석조, 연와석조, 철골조의 모든 건물(부속설비 포함)과 구축물의 내용연수를 30년부터 50년까지로 설정하고 있음.

❍ 신규 기반시설과 대비되는 개념으로 노후 인프라에 대한 보수와 보강을 통한 사업 방식으로 '브라운필드 사업(brownfield redevelopment/project/concession)'이 통용됨[12]

❍ 국내 철도인프라는 1970~80년대 집중적으로 건설되어 30년~50년 이상의 사용연수를 기록하고 있어 보수적 측면에서 노후 인프라를 30년 이상 경과된 유지, 관리, 개선이 필요한 기존 기반시설로 조작적 정의

❑ 급속개량이란 열차 운행이 차단된 시간(차단 시간) 내 혹은 열차 운행에 지장을 주지 않는 짧은 시간 내에 행해지는 철도인프라의 개량작업을 의미함.

❍ '차단작업'이란 철도차량운행시설물의 정상취급을 중지하거나 철도차량의 운행을 중지하면서 시행하는 작업[13]을 의미함.

2. 철도시설물 개량 항목 분류

❑ 철도시설물은 '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'[14]에 따라 크게 6가지로 구

10) 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률, 법률 제17453호
11) 법인세법 시행규칙, 기획재정부령 제792호
12) 노후 인프라 시설의 개선을 위한 민간 자본 활용 방안. 서울: 한국건설산업연구원, 건설이슈포커스 2016-15, 왕세종, 2016.
13) 열차운행선로 지장작업 업무 세칙, 한국철도공사

분됨.

○ 철도시설 분류코드를 성능평가를 위한 데이터 관리용도로 노선, 구간, 시설명(대분류, 중분류, 소분류), 세분류, 개별시설별 고유순번으로 부여

– 시설명 대분류가 6가지로 분류되며, 구조물(11개 중분류, 25개 시설), 궤도시설(4개 중분류, 7개 시설), 건축물(2개 중분류, 6개 시설), 전철전력(3개 중분류, 17개 설비), 신호제어(5개 중분류, 13개 설비), 정보통신(7개 중분류, 15개 설비)로 분류됨.

표 1-7. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 구조물 분류 체계

대분류	중분류	소분류
구조물	교량	1종*
		2종*
		3종*
		3종 미만*
	터널	1종*
		2종*
		3종*
		3종 미만*
	옹벽	2종*
		2종 미만*
	비탈면	2종*
		2종 미만*
	지하도	지하차도
		지하보도
	구교	1m이상 ~ 5m미만
	하수로	1m미만
	배수로	
	방호벽	방음벽
		방호울타리
	승강장	승강장
		승강장 홈지붕
		승강장 홈대합실
		승강장 안전문
	여객통로	승강장 연결통로
		역사 내 보도육교

* 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(법률 제17453호, 2020. 6. 9.) 제7조(시설물의 종류)의 분류에 따른 1종, 2종, 3종 시설물

표 1-8. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 궤도시설 분류 체계

대분류	중분류	소분류
궤도시설	도상	콘크리트도상
		자갈도상
	레일	레일
		체결장치
	분기기	
	침목	목침목
		콘크리트침목

14) 철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침, 국토교통부 고시 제2019-127호

표 1-9. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 건축물 분류 체계

대분류	중분류	소분류
건축물	역사	역사 건출물
		기계 및 부대설비
		소방설비
		냉난방 및 환기설비
		승강설비
	역사 외 건축물	

표 1-10. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 전철전력 분류 체계

대분류	중분류	소분류
전철전력	송변전설비	가공송전선로
		지중송전선로
		교류변전기기
		직류변전기기
		제어설비
		부대설비
	전차선로	합성전차선
		급전선
		장치류
		지지물
		기기설비
		안전보호설비
	전력설비	배전선로
		전력기기
		제어설비
		조명설비
		전기소방설비

표 1-11. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 신호제어 분류 체계

대분류	중분류	소분류
신호제어	열차검지장치	궤도회로장치
	열차제어장치	연동장치
		폐색제어장치
		열차방호장치
		열차집중제어장치
		신호기장치
	선로전환기장치	선로전환기
	건널목안전설비	건널목 제어장치
		건널목 전동차단기
		건널목 경보기
	안전설비	열차보호 안전설비
		방송설비
		감시설비

표 1-12. '철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침'에 따른 정보통신 분류 체계

대분류	중분류	소분류
정보통신	선로설비	광케이블
		동케이블
	전송설비	광전송설비
		PCM 다중화 장치
	무선설비	중앙제어설비
		중계기지국설비
		터널중계설비
	전화교환설비	전화교환기
	역무통신설비	여객안내설비
		자동안내방송설비
	영상설비	여객관리용 영상설비
		시설감시용 영상설비
	역무자동설비	전산장치
		발매기
		게이트

❑ 철도시설물별 개소 및 거리, 경과년수는 다음과 같음.

표 1-13. 국가철도 본선레일 경과년수별 현황

(단위 : km)

구 분		`15년	`16년	`17년	`18년	`19년	`20년
계		6,432.7	6,969.6	7,391.3	7,671.5	7,665.4	7,676.6
일반선	10년이하	3,254.5	3,236.6	3,210.2	3,576.9	3611.2	3206.2
	11-20년	1,833.8	1,891.4	2,152.5	2,136.3	2078.8	2493.5
	21-30년	390.1	431.3	476.1	428.5	441.6	438.6
	30년초과	199.1	184.7	195.5	172.4	176.4	180.9
고속선	10년이하	261.0	739.2	782.6	782.4	511.4	523.4
	11-20년	494.2	486.4	574.4	575.0	846.0	834.0

* 출처: 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황'

표 1-14. 국가철도 주요구조물 경과년수 현황

(단위 : 개소, km)

구 분			`15년	`16년	`17년	`18년	`19년	`20년
교량	소 계	개소	3,033	3,200	3,282	3,401	3,433	3,427
		연장	438,5	538.5	554.8	585.6	608.3	608.0
	10년미만	개소	945	1,060	1,128	1,214	1,184	998
		연장	188.7	278.4	288.5	307.6	306.9	244.8
	10-19년	개소	572	620	654	672	718	912
		연장	156.9	164.6	169.1	173.8	191.2	239.5
	20-29년	개소	258	236	214	222	213	225
		연장	25.9	26.0	26.6	33.4	28.1	42.8
	30-39년	개소	332	358	377	400	387	329
		연장	16.8	17.9	20.2	20.8	30.1	26.6
	40-49년	개소	165	162	149	106	147	179
		연장	8.7	9.5	8.7	7.1	9.4	11.5
	50년이상	개소	761	764	760	787	784	784
		연장	41.5	42.1	41.7	42.7	42.6	42.8
터널	소계	개소	686	768	784	833	833	838
		연장	611.3	710.7	823.6	916.6	921.4	928.0
	10년미만	개소	221	289	325	367	331	298
		연장	305.5	390.6	506.1	593.7	543.7	507.7
	10-19년	개소	134	139	128	126	154	194
		연장	175.8	163.3	133.6	137.2	185.7	219.8
	20-29년	개소	33	41	47	48	51	56
		연장	13.0	38.8	68.5	68.3	71.5	81.9
	30-39년	개소	24	24	30	34	36	36
		연장	14.2	14.7	18.7	17.6	21.1	21.0
	40-49년	개소	78	60	30	23	22	18
		연장	27.4	22.5	14.4	13.1	12.6	11.6
	50년이상	개소	196	215	224	235	239	236
		연장	75.4	80.8	82.3	86.6	86.8	85.9

* 출처: 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황'

❑ 대표 철도시설물 중 궤도 구조물의 개량 절차는 아래와 같음[15].

1) 레일운반 및 배열

- 레일을 작업 시작전에 현장에 배열

2) 체결구 철거

- 레일과 침목을 고정하는 체결구 (코일스프링)철거

3) 헌레일 철거

- 헌레일을 궤간 내측 및 외측으로 철거

4) 신레일 삽입

- 헌레일을 빼낸 자리에 신레일을 삽입

15) 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황'

5) 체결구설치

- 신레일과 침목을 체결구로 고정

6) 검사

- 궤간, 수평, 방향
- 체결구 체결상태

그림 1-1. 레일 교환 절차

1) PC침목운반 및 배열

- PC침목을 모터카에 적재하여 작업시작전에 현장으로 운반배열

2) 체결구 철거

- 레일과 침목을 고정하는 체결구 (코일 및 스파이크)철거

3) 헌침목 철거

- 백호우에 집게를 설치하여 침목을 옆으로 빼냄

4) 신침목 삽입

- 헌침목을 빼낸자리에 신침목을 집어넣음

5) 체결구설치

- 레일과 신침목을 체결구로 (코일스프링) 고정

6) 검사

- 궤간 및 수평검사
- 직각검사
- 침목간격
- 도상자갈 정리

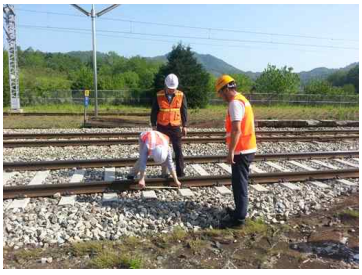


그림 1-2. PC침목 교환 절차

1) 교량침목운반

- 교량침목을 모터카에 적재하여 작업시 작전에 현장으로 운반

※ 교량침목규격

230×230×3,000mm

2) 체결구 철거

- 레일과 침목체결구 철거
- 침목과 거더체결구(T볼트) 철거
- 교상가드레일 철거

3) 헌침목 철거

- 백호우에 집게를 설치하여 침목을 옆으로 빼냄

4) 신침목 삽입

- 헌침목을 빼낸자리에 신침목을 집어넣음

5) 체결구설치

- 레일과 신침목, 침목과 거더를 체결구로 고정

6) 검사

- 침목간격(10m당 25정)
- 직각검사
- 궤간 및 수평검사

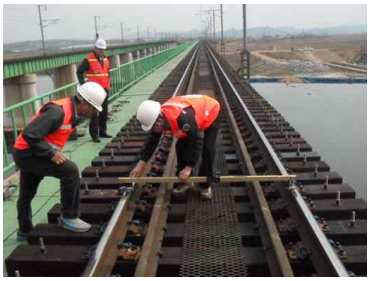


그림 1-3. 교량침목 교환 절차

1) 분기기 사전조립

- 기존 분기기를 철거하고 신분기기를 부설하기 위하여 작업전 역구내 또는 인접개소에 사전조립

2) 레일절단 및 체결구 해체

- 기존 분기기를 철거하기 위하여 레일절단 및 체결구 해체

3) 기존 분기기 철거

- 신분기기를 부설하기 위하여 기존 분기기를 철거

4) 신설 분기기 운반 및 부설

- 분기기를 부설하기 위하여 신설 분기기 및 부속품 운반
- 분기기 부설 개소 도상정리
- 신설 분기기 부설, 레일연결, 체결구 체결

5) 체결구설치

- 분기기와 침목을 체결구로 고정

6) 자갈살포 및 자갈정리

- 분기기 부설개소 도상저항력확보를 위하여 자갈살포

그림 1-4. 분기기 교환 절차

그림 1-5. PST(Precast Slab Track) 시공순서 흐름도

❑ 철도 시설물 개량 작업 종류별 개량 작업내용 및 절차와 그에 상응하는 소요시간은 아래와 같음.

❍ 대부분의 개량 작업에서는 3.5시간 이상의 작업 시간이 소요됨.

표 1-15. 철도시설 분야별 작업 소요시간

구분	작업종류	작업내용	소요시간
선로분야	2종 기계작업	자갈치기 및 다지기작업	3.5시간 이상
	침목교환작업	도상자갈 긁어내기→침목 교환→ 1종 기계작업	3시간 이상
	레일교환작업	100m 장척레일 기준	3시간 이상
	장대레일재설정	50kg레일→60kg레일 교환 레일운반→배열 및 교환→용접 및 재설정	3.5시간 이상
	분기기중량화	50kg분기기→60kg분기기 교환 침목 및 레일교환→테르밋용접→1종작업	3.5시간 이상
	분기기교체	고속철도 분기기 교체	4시간 이상
	교량 유도상화	궤도철거→슬래브 밀어넣기→궤도부설→자갈살포→1종작업	4시간 이상
	터널 보수작업	난연FRP보강→유도배수→균열보수→ 경량기포그라우팅	3.5시간 이상
신호분야	선로전환기 (MJ81)	전동기 코일저항, 절연저항, 간류해체 점검, MJ81 밀착상태 및 해체점검	2.5시간 (3.5시간)
	연동장치	연동장치 철거 및 설치, 연동검사 연동논리부, 표시제어부, 유지보수부 등	4시간 이상
	전원장치	전원장치 철거 및 설치 배전반, 정류기, UPS, 축전지	3시간 이상

* 출처: 한국철도공사

3. 대상 철도 시설물 도출

❑ 철도 노선 및 구간별로 특성상 철도시설물별 점유율 및 노후화 수준이 상이하며, 노후화에 따른 유지보수 및 개량 이슈 및 개선 방향이 상이함.

❑ 철도 시설물을 분류하는 체계는 구조물, 궤도시설, 건축물, 전철전력, 신호제어, 정보통신으로 크게 6가지 구분되나, 개량 이슈에 따라 노반을 포함한 선로시설, 철도교량, 철도터널, 건축물, 전철전력설비, 신호제어설비, 정보통신설비 등 7가지로 재분류하여 현황 및 이슈를 분석함.

3.1. 철도 시설물별 현황 및 이슈

3.1.1. 선로시설(노반 포함)

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

❍ 국가철도 전체 선로연장 9,697.4km 중 콘크리트궤도연장은 1,727km정도로 경부2단계, 호남선 일부, 경강선 일부 등 고속철도 위주로 부설되어 구성 비율이 낮으며, 대부분 자갈궤도로 구성.

❍ 궤도시설은 타 시설과 달리 부분 개소에 대해 지속적인 유지관리를 수행하고 있어 경과년수로 노후도를 측정하기 어려움.

❍ `20년 1월 기준 성능 평가 등급 C등급 이하의 궤도시설 개소수는 3,848개소로 전체 궤도시설 개소수 12,817개소 중 30.0%로 조사됨.

❑ 유지보수 관련 이슈

❍ 자갈궤도는 유지보수를 전제로 하는 궤도 구조로써 양호한 궤도 상태를 유지하기 위해서는 분니, 동상, 침하 등의 궤도 하부구조 연약화에 대한 지속적인 유지보수가 필요.

❍ 사용년수가 오래 경과한 노후 자갈도상 궤도에서는 자갈이 열화하여 분니 등이 발생하고, 탬핑을 통한 궤도 정정 후에도 침하 발생 위험도가 높음.

❍ 현재의 자갈궤도의 유지보수는 자갈도상 치환, 자갈 세척 등 인력에 의한 임시방편적인 유지보수 수행으로 유지보수 효율 향상을 위한 기술개발 필요.

❍ 특히, 최근에는 400km/h급으로 고속철도 증속화가 추진되고 있어 증속된 열차 주행 안전성 확보를 위해 노후 자갈궤도의 개량이 필수적으로 요구되고 있음.

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

❍ 자갈교체 자동화 장비 개발 및 투입

❍ 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능 개선 방안

❍ 자갈궤도의 급속시공 재료 및 공법 기반의 콘크리트화

3.1.2. 철도교량

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

❍ 국가철도 기준 전체선로연장 9,697.4km 중 608km로 약 6.3%를 차지

❍ 국가철도 기준 30년 이상경과된 교량은 37.7%수준(전체 3,427개 교량 중 1,292개) → 현행 수준 유지시 10년 후 1,517개로 증가되어 44.3%까지 확대

❑ 유지보수 관련 이슈

❍ 단경간 강판형교를 교체하기 위한 밀어넣기 공법이 존재하며, 기존연구를 통해 12m 이하 강판형교 타입의 단경간 상부구조에 대한 개량공법은 확보

❍ 강판형교 1개 경간을 차단 시간 내 교체하는 것 이외에, 다경간 강판형교 또는 다양한 형식의 철도교량에 대한 상부구조 교체 공법은 교량 현장 조건, 타 시설과의 인터페이스 한계 등으로 인해 신규 기술개발은 미진

❍ 노후 철도교량이 지속적으로 증가하고 있으며, 형식 및 경간 조건 역시 다양화되고 있음. 철도의 정시성, 유지관리 특성을 고려하고 이에 효율적으로 대응할 수 있는 첨단 교량 개량 기술이 요구됨

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

❍ 교량 형식별 상부구조 교체 개량 공법

❍ 상부구조 교체에 따른 하부구조 급속교체 공법 (차단시간 내 작업 필요도 낮음)

3.1.3. 철도터널

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

❍ 국가철도 기준 전체선로연장 9,697.4km 중 928km로 약 9.6%를 차지

❍ 국가철도 기준 30년 이상경과된 터널은 34.6%수준(전체 터널 838개소 중 290개소) → 현행 수준 유지시 10년 후 346개소로 증가되어 41.3%까지 확대

❑ 유지보수 관련 이슈

❍ 터널의 제한된 공간 및 전차선 등으로 인해 대형 철도보선장비 투입이 어려움 → 인력 위주 유지보수.

❍ 길이가 짧은 터널에 적용가능한 터널개량 기법이 개발되었으나, 우리나라의 국가철도 터널의 평균 연장은 약 1.1km 수준으로 적용이 어려움.

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

❍ 자동화 장비를 활용한 터널 라이닝 보강 공법

3.1.4. 건축물(역시설 포함)

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

❍ 국가철도 대상 역시설을 포함한 건축물은 총 5,654동, 5,530,151m^2가 운영 중 (역사는 총 698개소 중 648개소가 운영 중)

❍ 국가철도 건축물 총 5,654동 중 기준내용연수 40년을 초과한 건축물은 1,367동 (255,777m^2)으로 24.7% 비율

❑ 유지보수 관련 이슈

○ 역시설 및 정거장을 포함한 건축물의 경우 기준내용연수를 초과한 건축물의 내진보강이 미흡.

○ 기준내용연수가 초과한 노후 철도 건축물은 차단시간과 무관하게 개량이 가능.

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

○ 건축물 내진보강

○ 역시설 개축 및 증축

3.1.5. 전철전력설비

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

○ 국가철도 기준 전체 전철전력설비 53,244개소 운영 중

○ 전체 전철전력설비 53,244개소 중 내구연한이 경과한 설비는 15,258개소로 약 28.7%

❑ 유지보수 관련 이슈

○ 전철전력설비는 크게 변전설비 및 전차선으로 구분되며, 전철전력설비의 개량은 구 설비의 교체를 통해 진행

○ 변전설비는 운행 중 개량이 가능하므로 동 사업의 범위에서 제외

○ 전차선 개량은 차단시간 내 교체를 진행하고 있어, 차단시간 내 작업량의 제한이 있음.

○ 특히, 전차선로는 예비선로가 없으며, 장력 등 설비에 하중이 상시 인가되어 정밀 시공이 요구됨.

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

○ 노후 전차선 및 장력 조정 장치 교체 방안

3.1.6. 철도신호제어설비

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

○ 국가철도 기준 전체 신호제어설비 54,128개소 운영 중

○ 전체 신호제어설비 54,128개소 중 내구연한이 경과한 설비는 22,080개소로 약 40.8%

❑ 유지보수 관련 이슈

○ 노후 신호제어설비의 개량은 일상점검에 의한 고장 개소 부품 교체 및 시스템의 전면 교체로 구분되며, 기존 성능과 동일한 시스템으로 교체하는 방식과 성능이 개선된 시스템으로 교체하는 방식으로 진행.

○ 현재도 차단 시간 내에 노후 신호 설비의 교체를 통한 개량이 진행 중이 있으나 동일 시스템 혹은 개선 시스템으로 교체를 위한 기준 설정 등이 부재.

○ 개선 시스템으로 교체 시 차상 신호 시스템과 지상 시스템 간 신·구 시스템 혼용 문제 발생 가능성 있으나 이에 대한 시스템 호환성 문제 상존.

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

○ 노후 신호시스템 교체 방안

3.1.7. 철도정보통신설비

❑ 시설물 점유율 및 노후화 수준 현황

❍ 국가철도 기준 전체 정보통신설비 64,426개소 운영 중

❍ 전체 정보통신설비 64,426개소 중 내구연한이 경과한 설비는 26,930개소로 약 41.8%

❑ 유지보수 관련 이슈

❍ 노후 신호제어설비와 유사하게 교체를 통한 개량이 진행 중.

❍ 차량 증속에 따른 기존 통신 설비의 교체를 요하는 구간이 대부분이며, 노후화에 따른 차단시간 내 설비 개량에 대한 이슈는 중요도가 낮음.

❑ 차단시간(3.5시간) 내외 운행 가능한 개선방향

❍ 노후 통신시스템 교체 방안

3.2. 기술수요조사

❑ 기술수요조사 주요 내용

❍ (기술수요조사 목적) 철도시설물 지속가능 운영을 위한 첨단 급속개량 기술 연구에 필요성이 높을 것으로 예상되는 기술을 세부기술과제 수준에서 도출

❍ (조사 대상) 한국철도학회, 한국도시철도학회 등 관련 학회 및 한국철도공사, 한국철도시설공단(現 국가철도공단) 등 철도운영기관, 기타 철도 분야 주요 전문가

❍ (조사 기간) 2019년 12월 18일 ~ 2020년 01년 15일

❍ (조사 방법) 학회 홈페이지 게재 및 이메일 회신

❍ (조사 내용) 노후 철도 터널/교량 무차단 급속개량 기술 개발, 노후 철도 교량/터널 진단 및 개량수준 결정을 위한 기준 및 체계 구축의 2개 주요 과제별 기술수요조사 실시

표 1-16. 기술수요조사 기술 분야

기술분야	세부기술 분야
1. 노후철도시설물 급속개량 요소 기술 개발	1.1 철도시설물 유지관리 이력정보 시스템(RAFIS) 등 기존 레거시 시스템 및 타사업 요소기술 연계 방안 도출
	1.2 신재료 및 프리캐스트 구조를 적용한 교량 상하부 급속개량 및 교체 기술
	1.3 터널 라이닝 급속개량 및 교체 기술
	1.4 노후 역사 및 정거장부 급속개량 및 교체 기술
	1.5 개량시공시 지반/구조물/궤도/전력설비/신호설비 간 인터페이스 안정화기술
2. 노후 철도시설물 진단 및 개량수준 결정을 위한 지침 및 기준 도출	2.1 성능평가 및 열차운영조건 기반 개량수준 결정 방안 도출
	2.2 철도시설물 급속개량 및 근접시공 기준 및 지침 표준화
	2.3 철도시설물 개량시공 안전관리 기준 및 체계 정립
	2.4 고속 및 일반철도 시설물 개량기술 적용성 및 신뢰도 인증체계 구축

❑ 기술수요조사 결과

❍ (응답자 회신 결과) 기술수요조사의 회신은 총 61건이었으며, 응답자 소속을 산·학·연으

로 구분한 결과, 30건(49.2%)의 응답자가 산업계(한국철도공사 등 운영기관 포함)였으며, 연구계 21건(34.4%), 학계 10건(16.4%)을 회신

표 1-17. 기술수요조사 응답자 분석 결과

응답자 소속	회신 건수	비율 (%)
산	30	49.2
학	10	16.4
연	21	34.4
합계	61	100

표 1-18. 기술수요조사 제안기술 목록

기술 번호	제안기술명
1	노후 콘크리트 철도 교량 구조물의 내진성능관리 기술 개발
2	콘크리트 도상 상태평가 및 유지보수 무인 자동화 장치 개발
3	파형의 전단키로 지지력을 극대화한 파형마이크로파일 공법
4	고속철도 자갈궤도 급속 개량형 신형식 궤도시스템 개발
5	운행선 분기기 급속교체 기술 개발
6	교량 하부 시설물 급속교체 기술방안 도출 시공기술 개발
7	노후터널 유지보수를 위한 터널 전단면 급속 보강공법 개발
8	노후 철도인프라 개량공사 관련 기준, 시방서, 인증체계 구축
9	전차선로용 판스프링장력조정장치 현장설치 성능검증
10	철도시설물의 개량수준 결정 위한 유지관리 빅데이터 구축 및 활용 기술
11	크레인 철도차량을 이용한 대형 판형교(경간 15m급) 급속교체 기술개발
12	근대시대에 건설된 노후 인프라의 이력 분석 및 정보 구축
13	자갈궤도 상태별 급속개량을 통한 장수명화 기술개발
14	기존교량의 내하력 증진 및 교량수명 연장을 위한 급속개량이 가능한 터널형 나노구조(또는 트러스구조) 부재의 설계 및 가설기술 개발
15	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 철도 강판형교 급속교체 기술 개발
16	ISO 14044 전과정기반 노후 철도교량/터널 급속 개량기술의 환경경제성 동시평가 및 인증도구 개발 (철도시설물 친환경 급속 레트로핏 기술)
17	노후 철도 터널 급속개량을 위한 뿜칠형 초고성능 콘크리트(UHPC) 기술 개발
18	PSC 철도교 구조물의 복합 열화모델 및 잔존 수명 평가기술 개발
19	철도구조물 최첨단 신소재, 센싱기술 및 로봇 활용기술을 응용한 예방보전형 유지관리 기술 개발
20	콘크리트궤도 노반침하구간 궤도틀림 및 노반지지력 급속 유지보수 기술 개발
21	운행 중 철도터널의 라이닝개량을 위한 자동화 시공기술 개발
22	노후된 철도교 하부구조의 성능검사 평가기술 개발 및 데이터베이스 확립
23	노후 철도 구조물의 안전성 확보 및 구조물의 내구 수명 증가가 가능하며 기존 선로의 열차 주행안정성 확보가 가능한 하부구조 개량 기술 개발
24	노후교량 처짐의 일일거동 데이터를 활용한 구조건전성 평가기술
25	노후 무도상 판형교 급속교체용 합성형 하로교 기술 개발
26	철도 특성을 고려한 효율적 노후 철도교 성능평가 시스템 구축
27	완전 조립식 철도 교량시스템 기술 개발
28	이동 레일을 이용한 철도 횡단 박스 구조물 급속 시공
29	내진성능 향상용 소구경 파일을 활용한 철도 교량 기초 보강공법의 개발
30	심층학습 기반 노후 철도교량 건전도 분석기법 개발

기술 번호	제안기술명
31	노후 철도 교량 하중-응답 스마트 측정 시스템 개발
32	BIM 기반 철도 노후 교량 및 터널 유지관리 정보 통합관리 기술 개발
33	노후 철도교량 급속개량을 위한 자기대응형 보강기술 개발
34	차량을 이용한 철도시설물 상시 모니터링 기술 개발
35	침목 교환 장비 개발
36	철도 노후시설물 진단 및 개량수준 선진화
37	노후시설물(교량/터널) 정기/정밀점검 자동화 프로그램 개발
38	토공 노반 급속 개량 기술 개발
39	철도레일의 부식 및 변형을 최소화 할 수 있는 재질 및 제작기술 연구
40	광섬유 센서를 이용한 철도 노후시설물 스마트 성능평가 기술 개발
41	노후 철도 교량 및 터널 급속개량 및 안전관리 기준 수립
42	프리스트레스를 이용한 노후 철도교량(상부구조)의 보강 및 내진성능향상 공법 개발
43	철도 급속개량·교체용 상부구조(40m) 자주식 급속선로운송 및 교체시스템
44	초고성능콘크리트 등 신재료 활용 철도교 상부구조 급속 교체기술 개발
45	노후 철도 교량/터널의 실시간 손상진단 및 성능평가 기술 개발
46	다경간 철도교 무서행(150km) 일괄 급속개량·교체용 50m 장지간 모듈-트러스거더 시스템
47	급속시공 프리캐스트 바닥판과 효율적 접합구조를 갖는 기존 철도 급속개량·교체용 장지간(L=50m) 강합성 하로교 개발
48	급속개량을 위한 소지간장 All-in-one 프리팹 조립식 철도교 개발
49	노후터널 전단면 보수공법 개발
50	IoT기반 철도 콘크리트구조물 유지관리용 열화모니터링 및 성능평가 기술 개발
51	교량하부 교각 및 정거장부 기둥 내진성능 급속보강기술
52	유지보수 저감을 위한 자갈도상궤도 안정화 평가·촉진 기술 개발
53	빅데이터 기반의 딥러닝을 통한 콘크리트 열화 모니터링 시스템 개발
54	노후 철도 재해예방시설 급속개량기술 개발
55	노후 PSC교량상판 급속 교체 기술개발
56	노후 철도 교량 무차단 급속개량기술 개발 중 교량 상/하부 구조물 급속개량 및 교체 기술 개발 철도시설물급속개량을위한근접시공기준및지침표준화
57	접속부 어프로치 블록 및 엔드스폰 구조 개선안 도출 접속부성능개선을위한노반구성재료및교대접속부설계기술개발 지하횡단구조물-토공접속부성능개선설계방안도출
58	노후 철도교량 급속 교체공법 개발
59	유지보수 이력정보 데이터기반 노후 시설물 개량수준 결정방안 도출
60	딥러닝(Deep learning) 기술을 활용한 철도 시설물 상태평가 기술 개발
61	초고성능 콘크리트(UHPC)활용 노후 철도 터널/교량 급속개량을 기술 개발

3.3. 후보과제 및 우선순위 도출

❑ 후보기술 조정을 위하여 기술분야별로 회신된 수요조사 결과를 표1-19.와 같이 구조물 형식별로 기술 프로세스에 따라 그룹핑하였으며, 그룹핑된 관련 기술수요 내용을 종합하여 후보기술 조정(안)을 도출

❍ 동일 기술수요 내 다수의 세부기술이 포함된 경우도 고려하여 항목별로 정리함.

❍ 상태평가, 모니터링, 자산관리 등 동 사업범위가 아닌 수요기술은 제외함.

표 1-19. 기술분야별 관련 기술 그룹핑

기술분야	세부기술 구분		관련 기술번호
1. 노후 철도시설물 급속개량 기술 개발	교량	설계	27, 48
		재료/부재	11, 14, 25, 29, 44, 46, 47, 51, 58, 61
		공법	3, 6, 14, 15, 23, 25, 27, 29, 33, 42, 44, 51, 55, 56, 58
		장치/장비	3, 11, 29, 43, 58
	터널	설계	
		재료/부재	7, 17, 49
		공법	7, 17, 21
		장치/장비	7, 17, 21, 49
	궤도노반	설계	4
		재료/부재	2, 5, 20, 39, 52
		공법	4, 5, 13, 20, 28, 38, 52
		장치/장비	2, 4, 35
	역사 및 정거장부	설계	
		재료/부재	51
		공법	51
		장치/장비	
	개량 전반		19, 54
	기타		9
2. 노후 철도시설물 진단 및 개량수준 결정을 위한 기준 제정	교량		16, 41, 56
	터널		16, 41
	궤도노반		
	역사 및 정거장부		
	개량 전반		8, 19, 36, 59
기타	상태평가, 모니터링, 자산관리 (상태평가, 모니터링, 자산관리 등 기술개발은 예타 기획 과제 범위에 포함)		1, 10, 12, 18, 22, 24, 26, 30, 31, 32, 34, 37, 40, 45, 50, 53, 60
	타 중점분야 관련 기술		57

❑ 후보기술 조정(안)

❍ 기술분야 및 후보세부기술은 철도시설물별 현황 이슈 및 기술수요조사 결과를 토대로 조정하였으며, 대상 구조물의 범위를 터널, 교량, 궤도구조로 한정.

표 1-20. 후보기술 우선순위 선정을 위한 후보기술 개요

기술분야	후보 세부기술명	후보기술 설명
1. 노후 철도구조물 급속개량 요소기술	(1-1) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 상부구조 급속교체 기술	- 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성 - 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발 - 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토 - 급속교체를 위한 최적 설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 수직/수평 가설공법 개발 - BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술
	(1-2) 자동 시공 장비 기반 터널 라이닝 급속보강 기술	- 노후 터널 라이닝 상태평가 기술 (LiDAR, 비젼, GPR 등) - 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발 (로드헤더 등) - 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발 - 라이닝 표면 급속보강 재료 개발 (뿜어붙이기용 콘크리트 및 FRP, 보강 sheet 등) - 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발
	(1-3) 유지보수 최소화를 위한 자갈도상 궤도의 성능개선을 위한 급속개량 기술	- 열차 차단시간내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발 - 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석 - 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립 - 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토 - 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립
2. 노후 철도구조물 급속개량 기반 기술	(2-1) 급속개량 신공법에 따른 시설물 간 인터페이스 안정화 기술	- 개량 시공 시 시설물 간 상호 제공 인터페이스 정의 - 신규 개량 기술에 대한 인터페이스 설계 기술 - 개량 시공 공정에 따른 인터페이스 시공 프로세스 도출 - 시공 후 인터페이스 안정화 단계별 모니터링 기술
	(2-2) AI기반 급속개량 기준 제개정 자동화 기술	- 실시간 계측 및 유지관리 정보를 활용한 노후 철도구조물별 급속개량기준 정량화 기법 개발 - 자산관리 기반 철도구조물별 급속개량기준 개발 - 최소유지관리기준과 급속개량기준 적용에 따른 투자우선순위 도출 기법 개발 - 철도시설 이력관리 종합 정보시스템(RAFIS) 정보를 이용한 철도구조물별 급속개량 의사결정체계 구축

❑ 우선순위도출 결과

❍ 2차분과회의를 통하여 도출된 후보기술의 우선순위는 기술분야 1. 노후 철도구조물 급속개량 요소기술 분야의 교량, 궤도, 터널 관련 기술이 각각 1, 2, 3순위로 집계되었으며, 기술분야 2. 노후 철도구조물 급속개량 기반 기술에 해당하는 2개 후보기술은 우선 순위가 낮게 평가됨.

표 1-21. 후보기술별 우선순위 도출 결과

순위	기술분야	세부기술명(안)	우선순위 평가 항목별 점수 (가중치 반영)				우선순위 합계점수 (평균: 3.93)
			기술개발의 시급성/필요성	개발기술 활용성 및 예상수요	기술개발의 성공가능성	기술개발 독창성 및 신규성	
			가중치 0.3	가중치 0.3	가중치 0.2	가중치 0.2	
1	1	(1-1) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 상부구조 급속교체 기술	1.46 / 1.5	1.37 / 1.5	0.80 / 1	0.77 / 1	4.40 / 5
2	1	(1-3) 유지보수 최소화를 위한 자갈도상 궤도의 성능개선을 위한 급속개량 기술	1.29 / 1.5	1.33 / 1.5	0.74 / 1	0.66 / 1	4.16 / 5
3	1	(1-2) 자동 시공 장비 기반 터널 라이닝 급속보강 기술	1.24 / 1.5	1.37 / 1.5	0.80 / 1	0.74 / 1	4.01 / 5
4	2	(2-1) 급속개량 신공법에 따른 시설물 간 인터페이스 안정화 기술	1.16 / 1.5	1.11 / 1.5	0.74 / 1	0.63 / 1	3.64 / 5
5	2	(2-2) AI기반 급속개량 기준 제개정 자동화 기술	0.99 / 1.5	0.99 / 1.5	0.71 / 1	0.74 / 1	3.43 / 5

❍ 후보기술 관련 자문의견

- (2-1. 급속개량 신공법에 따른 시설물 간 인터페이스 안정화 기술), (2-2. AI기반 급속개량 기준 제개정 자동화 기술)에 대해 필요성이 보완되어야 하며, 제외하는 방안 검토 필요.
- 세부기술 1-1. 및 1-3.은 운행선 상에서 시설물을 철거한 후 당일 재설치되지 않으면 영업열차 운행장애가 초래되는 고난이도 기술임. -> 우회선로 없이 차단시간 내 시공이 가능한 급속개량 기술개발 필수조건임.
- 고속철도 400km/h 증속 사업 추진에 따른 자갈궤도 개량 필요성이 요구되고 있으므로 관련 기술 포함하여 궤도 개량 기술 도출 필요.

❑ 최종 세부 기술구성(안)

❍ 분과위원회 자문의견 및 이슈정리 결과를 토대로 세부기술 도출

- 기존 2대 기술분야별 세부기술 체계에서 3개 세부기술 체계로 수정
- 3개 대상구조물이 우선순위 전체 평균 3.93점 이상으로 3종의 구조물을 모두 세부기술로 선정.
- 전력, 신호, 통신 등 시설 및 대상구조물 간 인터페이스 안정화 기술 및 기준제개정 자동화 기술은 대상구조물의 세부기술 내용으로 흡수.

표 1-22. 최종 도출된 세부기술 구성안

세부기술	세부기술 범위 및 내용
1. 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발	- 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성 - 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발 - 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토 - 급속교체를 위한 최적 설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 수직/수평 가설공법 개발 - BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술
2. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발	- 노후 터널 라이닝 상태평가 기술 (LiDAR, 비젼, GPR 등) - 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발 (로드헤더 등) - 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발 - 라이닝 표면 급속보강 재료 개발 (뿜어붙이기용 콘크리트 및 FRP, 보강 sheet 등) - 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발
3. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구	- 열차 차단시간내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발 - 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석 - 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립 - 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토 - 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

제1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

1.1. 국내 철도구조물 개량 관련 법

❑ 철도인프라 유지관리와 관련된 법령은「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」이며, 철도시설과 관련한「철도산업발전기본법」,「철도안전법」과「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」등이 해당

❍「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」은 고속철도건설촉진법과 공공철도건설촉진법을 통합·정비하고 고속철도와 일반철도의 건설사업의 효율적 추진기반을 조성하기 위해 2004년「철도건설법」이 제정되고 이후 유지관리 강화로 2018년 개정

– 현재 국토교통부의 안전관리(안전 및 유지관리)에 대한 역할 변화로 철도시설의 유지관리에 대한 중요성이 강조됨에 따라「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」로 개정 및 2019년 12월부터 시행

❍「철도산업발전기본법」은 철도산업의 육성과 발전 촉진을 위해 철도산업 경쟁력 강화, 공공성 확보를 위한 철도시설부문의 건설·관리, 운영·관리 등 틀 마련을 위해 2003년 제정

❍「철도안전법」은 철도차량·철도시설의 안전기준 마련, 철도종사자의 체계적인 육성 등을 통한 철도에서 발생가능한 위험 방지, 사고 발생시 신속 대응 등 철도의 안전관리체계를 구축하고자 2004년 제정

❍「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」은 시설물의 안전점검 및 적정한 유지관리를 통하여 시설물의 효용성을 증진시킴으로써 공중의 안전 확보, 국민 복리 향상 도모를 위해「시설물의 안전관리에 관한 특별법」이 1995년 제정되고 이원화된 시설물의 안전관리체계의 일원화 및 강화를 위해 2017년 개정

❑ 철도시설의 체계적인 유지관리를 위한 관련 법 제·개정에 따라 교량, 터널, 선로시설물 등을 포함한 철도시설의 정기점검, 정밀진단, 성능평가를 수행하도록 의무화됨

❍「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」에 따라 철도시설의 안전과 성능 유지를 위한 정기점검, 정밀진단, 성능평가를 실시하도록 법제화됨

❍ 또한 이후「지속가능한 기반시설 관리 기본법」이 제정됨에 따라 기반시설 중 철도를 포함하여 안전성, 사용성, 내구성을 종합적으로 고려한 선제적 관리 및 이를 위한 기술개발을 촉진하도록 명시됨

표 2-1. 철도궤도 유지관리 관련 주요 법령 내용

법령	주요 내용
철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률	▪ 2018.03.13 개정 : 기존 철도건설법에서 개정됨 ▪ (개정이유) 현행법에서 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 규정하지 않으며, 철도시설의 노후화가 심각한 상황에서 손상되거나 붕괴될 경우 국민생명과 안전에 큰 피해로 이어질 수 있기에 체계적인 철도시설 유지관리 필요성이 제기 ▪ 철도시설 유지관리 관련 주요 내용 - 철도시설관리자는 **철도시설의 안전과 성능을 유지하기 위하여 정기점검**을 실시하여야함 - 설치후 10년이상 지난 철도시설에 대해 **정기적 정밀진단**을 실시하여야함 - 철도시설의 **성능을 유지하기 위하여** 성능평가 지침에 따라 시설별로 정하는 기간마다 **성능평가를 실시**하여야함
지속가능한 기반시설 관리 기본법	▪ 2018.12.31 제정 ▪ (제정이유) 국가 주요 기반시설의 노후화가 진전되면서 본래 기능을 발휘하는데 한계를 드러내고 있을 뿐만 아니라 안전사고의 우려도 커짐 ⇒ 체계적인 유지관리의 필요성 증대 ▪ 기반시설의 범위 - 1. 교통시설: 도로, **철도**, 항만 및 공항 - 2. 유통·공급시설 , 3. 방재시설: 하천 및 저수지, 4. 환경기초시설 ▪ 기본원칙 - 관리주체는 기반시설의 안전성, 사용성, **내구성 등을 종합적으로 고려**하여 **선제적으로 관리**함으로써 노후화에 따른 생애주기비용을 최소화함 - 국가 및 지방자치단체는 **유지관리와 성능개선에 필요한 기술개발**을 촉진하고 관련 산업을 진흥하여 새로운 일자리를 창출함

출처 : 법제처 (각 법령별 내용, 제·개정이유 등 재구성)

1.1.1. 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률

❑ 철도시설의 유지관리에 대한 중요성이 강조되어 「철도건설법」에서 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」로 개정 (2018.3.13.일부개정 및 2019.3.14. 시행)

❍ 「철도건설법」에는 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 규정하지 않고 있으며 철도운영기관별 독자적인 규정을 운영하여 관리함

❍ 이에 따라 철도시설의 노후화에 대한 시기적절한 대응이 부족하여 노후화가 점차 심각해지고 있는 상황으로 판단

❍ 철도시설의 체계적 유지관리, 상호운영성 확보, 철도역 관리 강화, 생애주기 관리 등 철도시설 안전에 필요한 사항을 신설

❑ 동 법에 따라 철도인프라를 생애주기 관리(설치, 점검, 유지보수, 개량)로 강화하고 체계적 이력정보 관리체계를 구축·운영하여 안전 확보, 성능 유지, 이용편의 향상을 위한 유지관리 추진

❍ (목적) 철도망의 신속한 확충과 철도시설의 체계적인 관리를 위하여 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 사항을 규정함으로써 공중의 안전을 확보하고 국민의 복리증진에 기여함

❍ (적용범위) 철도(전용철도 제외)의 건설과 철도시설의 유지관리

※ 전용철도란 다른 사람의 수요에 따른 영업을 목적으로 하지 아니하고 자신의 수요에 따라 특수 목적을 수행

하기 위하여 설치하거나 운영하는 철도를 말함

○ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 철도시설의 생애주기관리를 위해 정기점검 등 실시, 기술기준 적용 및 호환성·안전성 확보를 위한 유지관리 및 개량이 추진 및 체계적 이력정보관리가 시행될 계획

- (철도시설의 기술기준) 철도시설관리자는 기술기준에 맞게 철도시설을 유지관리하여야하며 철도개량시 철도시설의 호환성과 안전성을 확보하여야함
- (철도시설 유지관리기본계획 수립 등) 국토교통부는 기본계획 수립·시행 시 유지관리에 관한 목표, 추진방향, 목표달성에 필요한 보수·보강, 점검 및 성능평가, 정보관리체계 구축·운영, 필요기술 연구·개발 등에 대한 내용을 포함해야함
- (철도시설의 생애주기관리) 철도시설관리자는 소관 철도시설의 설치, 점검, 유지보수, 개량 등을 한 때에 철도시설의 생애주기관리를 위해 철도시설 이력정보를 철도시설정보관리체계에 등록, 보존 및 분석, 활용함
- (철도시설정보관리체계 구축·운영) 철도시설관리자는 철도시설의 설치, 점검, 유지보수, 개량 등 전 생애주기에 걸친 이력정보* 관리를 위해 철도시설정보관리체계 구축·운영 및 제출하며, 국토교통부는 매년 제출된 정보를 체계적으로 보존·관리해야함
- (정기점검) 철도시설관리자는 안전과 성능 유지를 위해 국토교통부가 고시한 정기점검에 관한 지침에 따라 철도시설관리자는 기준을 마련하고 해당 기준에 따라 정기점검을 실시
- (긴급점검) 철도시설관리자는 철도시설의 붕괴·전도 등 재난이 발생할 우려가 있다고 판단하는 경우 긴급점검에 관한 기준에 따라 긴급점검을 실시
- (정밀진단) 철도시설관리자는 설치 후 10년 이상 경과된 소관 철도시설에 대하여 정기적으로 정밀진단을 실시
- (안전조치) 철도시설관리자는 정기점검, 긴급점검, 정밀진단 등을 통하여 결함 등 공중의 안전한 이용에 미치는 영향이 중대한 결함이 발견되는 경우에는 철도시설의 사용제한·사용금지 등의 안전조치 및 위험표지 설치, 보수·보강함
- (성능평가) 철도시설관리자는 철도시설의 성능을 유지하기 위하여 성능평가 지침에 따라 소관 철도시설에 대한 성능평가를 시설별로 지정 기간마다 실시
- (철도역사의 안전 및 이용편의 수준평가) 국토교통부는 철도역사 이용자의 안전을 확보하고 이용편의 수준을 향상시키기 위하여 5년마다 철도역사의 안전 및 이용편의 수준을 평가함
- (보수·보강·교체 등 조치) 철도시설관리자는 소관 철도시설의 안전과 성능을 유지하기 위하여 시행계획에 따른 보수·보강·교체 등 필요한 조치를 해야함

1.1.2. 철도산업발전기본법

❑ 동 법을 통해 고속철도 및 일반철도의 철도인프라는 유지보수·안전관리 관련 계획에 따라 조치가 시행되며, 관련 기술개발에 대한 추진

○ (목적) 철도산업의 경쟁력을 높이고 발전기반을 조성함으로써 철도산업의 효율성 및 공익성의 향상과 국민경제의 발전에 이바지함

○ (적용범위) 국가철도공단 및 한국철도공사에서 소유·건설·운영 또는 관리하는 철도

- 고속철도 및 일반철도를 의미하며, 일부 내용의 경우 모든 철도가 해당

○ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 국토교통부는 철도시설 유지보수와 기술개발 등에 대해 계획 및 유지보수·안전관리 등 시책 수립·시행을 담당하고 운영·관리자는 안전한 상태 유지, 점검 등 조치 시행해야함

- (철도산업발전기본계획수립) 국토교통부는 기본계획을 수립·시행 시 철도시설의 투자·건설·유지보수 및 이에 대한 재원확보에 관한 사항, 철도기술의 개발 및 활용에 관한 사항 등을 포함해야함

- (철도기술의 진흥 등) 국토교통부는 철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력해야함
- (철도안전) 철도시설관리자는 안전한 상태 유지, 종합적인 성능검증 및 안전상태 점검 등 안전확보에 필요한 조치를 해야함
- (철도서비스의 품질개선) 철도운영자는 그가 제공하는 철도서비스의 품질을 개선하기 위해 노력해야함
- (철도시설) 철도시설은 국가 소유가 원칙이며, 국토교통부는 철도시설의 건설 및 관리, 유지보수 및 적정한 상태 유지, 안전관리 및 재해대책, 철도시설의 공공성확보 등에 대한 시책 수립·시행해야함

1.1.3. 철도안전법

❑ 동 법을 통해 고속철도 및 일반철도의 철도인프라는 안전 확보를 위한 시설 개량, 관련 연구·기술개발 추진 및 개량 후 시험운행을 통한 검토 등을 실시

❍ (목적) 철도안전을 확보하기 위하여 필요한 사항을 규정하고 철도안전 관리체계를 확립함으로써 공공복리의 증진에 이바지함

❍ (적용범위) 고속철도 및 일반철도, 도시철도의 안전

- 도시철도의 안전은 도시철도법 제4조에 따라 철도안전법에 따름

❍ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 철도인프라의 안전과 관련하여 시설 개량, 관련 연구 및 기술개발, 개량 시 운영 전 종합시험운행 등을 수행

- (철도안전종합계획) 국토교통부는 철도안전종합계획 수립 시 철도안전에 관한 시설의 확충, 개량 및 점검 등에 관한 사항 및 관련 연구 및 기술개발 등에 대한 내용을 포함함
- (종합시험운행) 철도운영자는 기존노선을 개량하여 운영하려는 경우에는 정상운행을 하기 전에 종합시험운행을 실시한 후 그 결과를 국토교통부에 보고, 국토교통부는 기술기준에 따라 적합여부, 안전성 여부 등을 검토 및 조치
- (철도안전기술의 진흥) 국토교통부는 철도안전에 관한 기술 진흥을 위하여 연구·개발 촉진 및 그 성과의 보급에 필요한 시책을 마련·추진
- (철도안전 정보 종합관리) 국토교통부는 철도안전에 관한 정보를 종합관리하고 철도관계기관등에 정보를 제공

1.1.4. 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법

❑ 시설물의 안전에 대한 중요도가 제기되어 기존 이원화 되어있던 시설물의 안전관리 체계를 국토교통부로 일원화함에 따라「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」이 개정

❍ 기존 국토교통부는「시설물의 안전관리에 관한 법률」에 따라 1종, 2종 시설물을 관리하고 국민안전처(現 행정안전부로 편입)는「재난 및 안전관리 기본법」상의 특정관리대상시설을 관리하여 이원화 되었음

❍ 이를 국토교통부 소관법령인「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 국토교통부로 일원화하여 2018.1.18. 시행

❍ 그 결과, 시설물의 중요도 및 안전취약도 등을 고려하여 안전점검 등의 안전관리체계를 정비, 성능중심의 유지관리체계 도입 등 시설물의 안전 및 유지관리체계를 강화

❑ 동 법을 통해 고속철도 및 철도 교량, 터널과 일정 면적 이상의 건축물은 시설물 유지관리·성능평가지침에 따라 안전점검, 정밀안전점검, 성능평가를 실시하고 보수·보강해야함

❍ (목적) 시설물의 안전점검과 적정한 유지관리를 통하여 재해와 재난을 예방하고 시설물의 효용을 증진시킴으로써 공중의 안전을 확보하고 나아가 국민의 복리증진에 기여함

❍ (적용범위) 건설공사를 통하여 만들어진 교량·터널·항만·댐·건축물 등 구조물과 그 부대시설로서 제1종시설물, 제2종시설물 및 제3종시설물

- 이 중 철도인프라에는 고속철도 교량, 연장 100미터 이상의 철도교량, 고속철도 및 도시철도 터널, 연장 1,000미터 이상의 철도 터널 및 특별시·광역시에 있는 철도터널, 연면적 3만제곱미터 이상의 건축물이 해당됨

❍ (철도인프라 유지관리관련 주요 내용) 국토교통부의 시설물 유지관리·성능평가지침에 따라 관리주체는 시설에 대한 안전점검, 정밀안전점검, 성능평가 등을 실시하고 보수·보강 하여야함

- (안전점검) 관리주체는 소관 시설물의 안전과 기능 유지를 위해 정기적 안전점검 실시(1종 시설물의 경우 정기적 정밀안전점검 실시), 대상 시설물의 경우 내진성능평가를 포함해야함
- (시설물의 보수·보강) 관리주체는 점검결과 보수·보강 필요시 조치를 하여야함
- (성능평가) 철도 시설물의 관리주체는 시설물 성능 유지를 위한 성능평가 실시해야함, 기준에 따라 성능등급 지정
- (유지관리·성능평가지침) 국토교통부는 유지관리 및 성능평가의 실시 방법·절차 등에 관한 유지관리·성능평가지침을 작성 및 고시해야함

1.2. 국내 철도구조물 개량 관련 계획

1.2.1. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)

❑ 「과학기술기본법」에 따라 5년 단위로 수립하는 법정 중장기 계획이며, 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시함으로써 각 부처의 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상위 계획

❍ 2040년까지의 장기적 비전을 설정하고 과학기술이 지향해야 할 미래사회의 모습을 구체적인 목표로 제시

❍ 비전은 '과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여'로 설정하여 지구 온난화, 환경오혐 심화, 고령화 등 인류사회 문제해결에 기여

❍ 4대 전략은 미래도전을 위한 과학기술역량 확충, 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현으로 설정하였으며, 하위의 19개 중점추진과제로 구성.

그림 2-1. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 전략 및 중점 추진과제

❍ 동 사업과 관련하여 노후 철도 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발이 추진 계획

– 철도인프라와 관련하여 '전략 4. 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현'의 중점추진과제 중 '과제17. 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'에 노후 및 신설 도시 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발이 포함됨.

❍ 또한, 시장과 민간역량을 고려한 정부역할을 산업화 속도 및 민간 기술경쟁력을 고려하여 4개 유형으로 제시하고 120개 중점과학기술을 구성함.

– 이 중 '유형 3. 장기적 관점에서 시장조성 및 생태계 구축 역할 수행'은 산업화 속도가 느리나 민간의 기술경쟁력이 높은 분야로 장기적 관점에서 시장과 생태계 조성을 위해 민간경쟁력이 높은 분야의 연구인력 유지 정책을 추진.

– 철도 인프라 유지관리와 관련하여 유형 3의 중점과학기술분야가 직접적 연계 가능

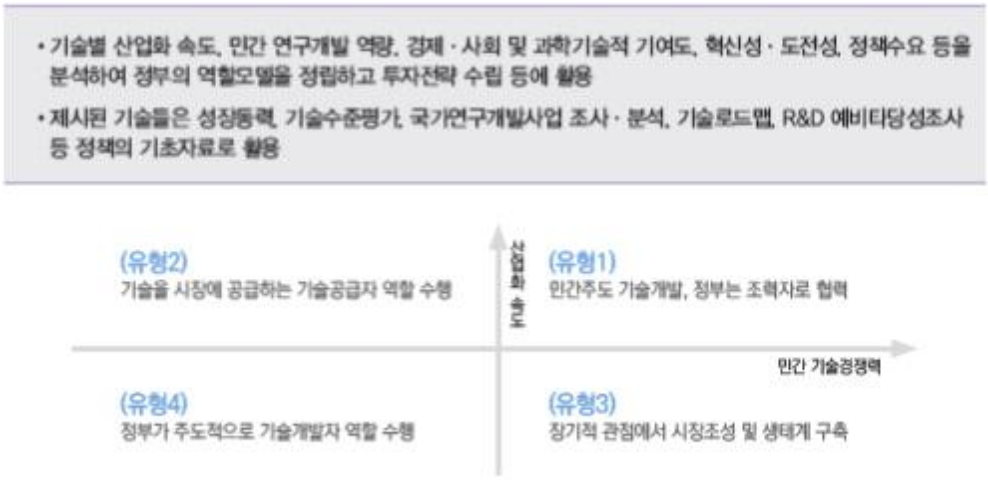


그림 2-2. 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 중점과학기술의 유형

1.2.2. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)

❑ 「국토교통과학기술 육성법」에 따라 10년 단위의 '국토교통과학기술 연구개발 종합계획'을 5년마다 수립·시행하는 법정 중장기 계획이며, 국토교통과학기술에 관한 장기적이고 종합적인 정책방향을 설정하고 중장기 투자계획을 정하는 최상위 계획

❍ 비전은 '혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통'으로 4대 추진전략 1. 4차 산업혁명 대응 혁신성장동력 육성, 2. 기술융합을 통한 새로운 가치창출, 3. 사람 중심의 국토교통 기술, 4. 미래지향적 R&D 시스템 도입을 설정하고, 하위 12개 실천과제를 구성

❍ 철도분야와 관련하여 철도시설 유지·관리 효율화, 철도 인프라 성능 및 안전성 향상 등의 정책방향이 수립되어, 철도이용자 보호시스템이 기술개발 대응 방향으로 설정.

❍ 동 사업과 관련하여 안전하고 편리한 생활환경 조성을 위한 '재난·재해 예방 안전기술', '진환경 생활공간 조성기술' 고도화를 목표로 하는 '전략 3. 사람 중심의 국토교통 기술개발'이 추진 계획

– 전략 3.의 4대 전략목표 중 '철도·항공 이용자 보호시스템'에서 노후화된 철도 인프라에 대한 급속 개량·교체 장비 등 인프라 부문 기술개발 과제가 포함됨.

그림 2-3. 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018-2027)의 비전 및 추진전략

1.2.3. 제5차 국토종합계획(2020-2040)

❑ 「헌법」과 「국토기본법」에 근거하여 장기적인 국토정책 방향과 전략을 선도하는 최상위 국가공간계획으로 지침적 전략계획, 실증 기반 계획, 소통·협력 계획의 성격을 가짐.

○ 비전은 '모두를 위한 국토, 함께 누리는 삶터'로 6대 국토 발전전략 1, 개성있는 지역발전과 연대·협력 촉진, 2. 지역산업 혁신과 문화관광 활성화, 3. 세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성, 4. 품격있고 환경 친화적 공간 창출, 5. 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화, 6. 대륙과 해양을 잇는 평화국토 조성을 설정.

그림 2-4. 제5차 국토종합계획(2020-2040)의 비전 및 목표

○ 철도분야와 관련한 '전략 5. 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화'에서는 생애주기관리시스템 도입을 통한 노후 인프라의 적기 개량 및 첨단기술을 활용한 유지관리 고도화 포함.

– 전략 5.의 주요 정책과제 중 '인프라의 전략적 운영과 포용적 교통정책 추진'에서는 노후 인프라의 적기개량을 통한 안전성 제고, 첨단기술을 활용한 인프라 유지관리 고도화를 포함.

1.2.4. 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)

❑ 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따라 정책·제도 선진화, 연구개발 촉진, 우수인력 양성, 효율적인 정보체계 구축을 통해 시설물을 안전하게 유지관리하기 위한 5년 단위 법정계획.

○ 시설물 노후화와 특정관리대상시설 편입으로 인한 수요 급증, 경제성장 둔화로 인한 예산부족, 제4차 산업혁명 등 첨단 융.복합 기술발전 및 적용요구 증가, 국민의 시설물 안전 불안감 지속 등 새로운 환경변화에 대응할 수 있도록 비전을 '미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축'으로 설정

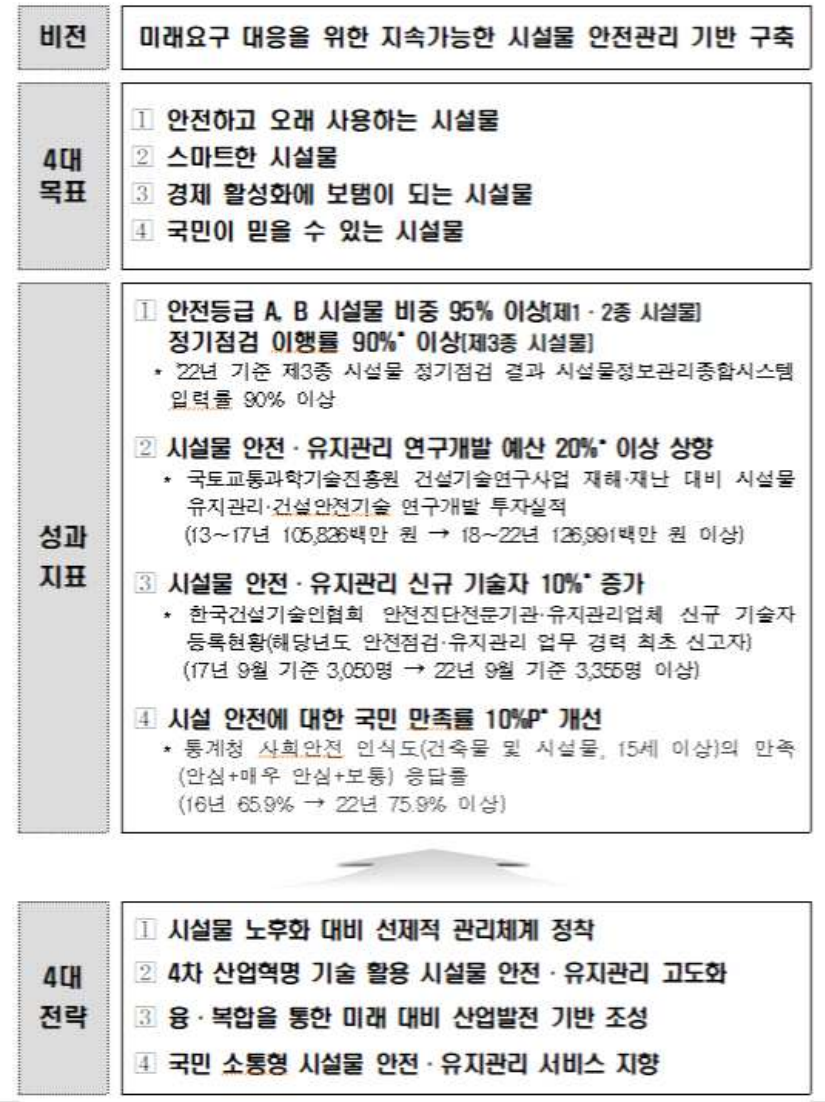


그림 2-5. 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)의 추진방향

○ 시설물 미래요구에 대응하기 위한 지속적 성능개선 기반 구축에 따른 4대목표를 설정

– 4대 목표는 안전하고 오래 사용하는 시설물, 스마트한 시설물, 경제 활성화에 보탬이 되는 시설물, 국민이 믿을 수 있는 시설물로 설정

○ 4대 목표를 달성하기 위해 4대 추진전략 및 16개의 하위 세부 추진과제 구성

– 4대 추진전략은 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착, 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전.유지관리 고도화, 융.복합을 통한 미래 대비 산업발전 기반조성, 국민 소통형 시설물 안전.유지관리 서비스 지향으로 설정됨.

○ 동 사업과 관련하여 '전략 2. 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화'에서 '세부 추진과제 2-3. 시설물 안전 및 유지관리 차세대 핵심 기술 확보'를 통해 시설물 노후화 대비, 선제적 유지관리 체계 확립을 위한 기술 개발 과제 제시.

1.2.5. 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)

❑ 「철도건설법」에 따라 철도투자를 효율적·체계적으로 수행하기 위하여 10년 단위로 수립하는 중장기 법정계획으로 철도의 중장기 건설계획, 다른 교통수단과의 연계교통체계 구축, 소요재원의 조달방안, 환경친화적인 철도 건설방안 등의 주요내용을 포함.

○ 비전은 '국민의 행복과 지역 발전을 실현하는 철도'로 설정되었으며, 효율적이고 경쟁력이 있으며, 지역발전을 선도하고 안전.편리한 철도 구현을 위한 6대 추진방향을 설정.

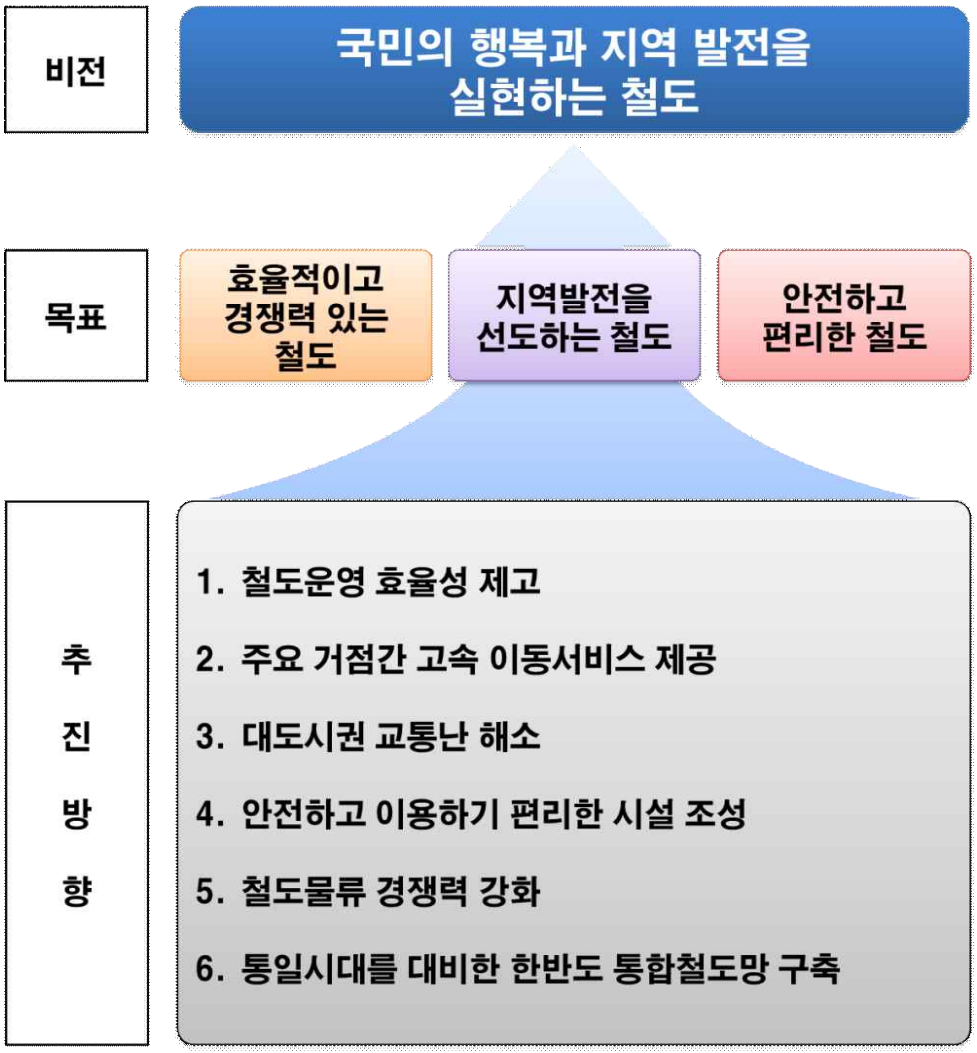


그림 2-6. 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)의 비전 및 목표

○ 동 사업과 관련한 추진방향은 '4. 안전하고 이용하기 편리한 시설 조성'으로 노후철도 시설 적기 개량 및 철도운행 안전성 강화, 철도이용편의 제고의 내용을 포함.

1.2.6. 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)

❑ 「철도안전법」에 따라 철도시설의 효율적이고 체계적인 개량을 통한 열차운행 안전을 확보하기 위하여 5년 단위로 수립된 중장기 법정계획이며, 매년 동 계획에 따라 고속·일반철도 안전 및 시설개량 세부시행계획을 수립·추진.

○ 계획의 주요 내용은 철도시설의 성능평가, 개량투자계획 추진목표 및 전략, 세부사업별 추진계획, 투자소요 및 재원조달 등을 포함.

○ 비전은 '안전하고 편리한 철도시설 구축'으로 노후시설의 선제적 개량, 이용자·작업자 안전시설 지속 확충, 철도시설 성능 고도화, 이용편의 증진 및 불편 해소, 도시철도 안전 강화의 5대 추진전략 및 13개 하위 중점 추진과제를 설정

그림 2-7. 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)의 목표 및 전략

○ 동 계획에서는 '전략 1. 노후시설을 선제적으로 개량'에서 노후 기반시설 개량, '전략 3. 미래에 대비하여 철도시설의 성능을 고도화'에서 기반시설 성능 개선 등의 중점 추진과제가 동 연구개발과제와 부합함.

- 추진전략 1.의 중점 추진과제 1. 노후 기반시설 개량에서는 노후, 열화 등으로 시설의 기능이나 성능이 저하되어 안전에 취약한 구조물을 우선적으로 개량을 목표로 설정
- 추진전략 3.의 중점 추진과제 1. 기반시설 성능 개선에서는 열차운행의 효율성·안전성 제고를 위해 선로·궤도 성능 향상을 목표로 설정.

1.2.7. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)

❑ 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」에 따라 철도시설의 선제적 관리를 통한 성능 유지 등을 위한 유지관리 목표를 구체화하고 전략 및 계획을 제시하기 위하여 5년마다 수립되는 법정계획임.

○ 계획은 주요내용은 철도시설의 유지관리 방향 설정으로 철도시설 개량을 통한 철도시설 성능 유지에 관한 사항, 철도시설 유지관리에 필요한 기술의 연구·개발 및 정책·제도에 관한 사항 등을 포함.

○ 비전은 '데이터 기반 유지관리를 통한 안전한 철도환경 구현'으로 노후시설의 선제적 개량, 이용자·작업자 안전강화 및 작업 효율화, 스마트 유지관리, 정책 및 제도 개선의 4대 추진전략 및 14개 하위 중점 추진과제를 설정

○ 동 계획에서는 '전략 1. 노후시설의 선제적 개량', '전략 3. 스마트 유지관리'에서 노후시설 집중개량, R&D를 통한 유지관리 기술 확보 등의 중점 추진과제가 동 연구개발 과제와 부합함.

- 추진전략 1.에서는 노후 시설물의 노후도 저감 및 성능향상을 목표로 적절한 시행 계획 수립 및 집중개량을 통한 적정 공사시간 확보로 성능 개선, 작업 안전성 등의 내용을 포함.
- 추진전략 3.에서는 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술 개발을 목표로 수명예측을 위한 성능평가, 성능예측 및 수명 연장을 위한 재료 모델, 작업 시간 최소화를 위한 급속개량 기술 개발 등의 내용을 포함.

그림 2-8. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)의 비전 및 목표

2. 국외 정책동향

2.1. 유럽연합(EU)

❑ 국제철도연합(UIC)은 RTSE(Rail Technical Strategy Europe)를 통해 승객·화물의 운송 수요에 대응하고 '50년까지 상호 운용이 가능한 철도 인프라 구축에 주력

❍ 승객, 화주, 철도사업자 등 주요 이해관계자 기반의 미래 철도시스템 개발을 위한 총 8개의 철도교통 분야 기술혁신 방향을 규정

– 철도교통 분야의 경쟁력 강화를 목표로 운영·유지보수 등의 첨단화를 도모하는 가운데 철도교통의 수송력 증대 및 안전보장을 위해 IoT 기반 시스템을 도입하는 등 제어명령 및 통신 요소의 지속적인 성능 향상과 자동화를 지향

표 2-2. RTSE 주요 추진방향 및 세부기술

연번	구분	내용
1	Control Command and Communication	· 상호운용이 가능한 실시간 교통 운영으로 수송력 증대 및 에너지 절감 - 열차 위치검지를 위한 위성기반 서비스 - 글로벌 적용 시스템을 위한 CCC 요소의 표준화 - CCC서브 시스템을 위한 인터페이스 향상 - IoT기반 스마트 네트워크 - 유지보수비용 및 운영비용 절감을 위한 장거리 장애물 검지기술 표준화
2	Infrastructure	· 기술 및 운영 혁신을 통한 타운송수단 대비 경쟁력 강화 - 스마트한 철도 운영, 유지보수, 승객지원을 위한 무선통신 기술 및 운영방식 최적화 - 기능성과 쾌적성을 갖춘 통합 환승 기반시설 - 혁신적인 자갈 및 비자갈 선로 설계 - 모듈화된 플러그 앤 플레이 시스템 및 최적화된 소음진동 저감 기술
3	Rolling Stock	· 에너지 효율화 및 전주기 비용 절감 - 기반시설과 차량의 상호운용을 위한 표준규격화된 설계 - 차량자체 에너지 공급 및 회생기술 - 화물열차의 제동 성능 향상 - 화물열차의 용이한 조립과 열차 간 스트레스 감소를 위한 중앙 커플러 도입
4	Energy Supply and Consumption	· 에코 디자인을 통한 에너지 효율 향상 및 온실가스 저감 - 재생 및 대체에너지 기반 지속가능한 에너지 공급기술 - 스마트그리드 에너지 저장 기술 - 통합 전략공급 운영 인프라 - 차량에너지 회수기술 - 에너지 소모 절감을 위한 green driving 기술 - 높은 수준의 재활용을 위한 closed cycle waste system - 전자기파 침입 감소 기술
5	Information Management	· 효율적인 철도운영 및 승객 철도정보 제공 - 정보 플랫폼과 IT tool 공유를 통한 철도 서비스 제공자와 타 운송수단간 · 실시간 정보교환 - 지속적인 높은 속도의 데이터 제공으로 승객 서비스 향상 - 대기 없는 발권 시스템
6	Railway People	· 효율적인 철도운영을 위한 체계적이고 전문성을 갖춘 철도 종사자 육성 - 효과적인 전문가 양성 프로그램 제공을 위한 유럽 전역에 걸친 훈련 플랫폼 구축 - 철도정보 제공 및 협업구성을 위한 IT기반 지식매니지먼트
7	Security	· 철도교통 분야의 보안 강화 - IoT기반 응급상황 대처 시스템 - 테러 및 사이버 공격 대비 지속적인 경계 시스템
8	Safety	· 승객 안전보장 - 운영효율 향상과 승객 만족을 위한 CCC 요소의 지속적인 성능 향상 및 자동화 - 안전인증을 위한 유럽 간 동의 절차 - 철도 중요 요소들의 노후화에 대비한 지속적인 안전 대비책

※ 출처: 한국철도기술연구원, 유럽철도기술 발전전략, 2017

❑ 유럽철도연구자문위원회(ERRAC)는 철도기술 중·장기 로드맵 'Rail Route 2050'을 수립하고 철도 유지보수 효율화 및 비용절감 필요성 제시

❍ 철도교통 전반에 걸쳐 유지보수 및 신규 건설비용 감소를 목표로 설정

– 운영 자동화 등 혁신적인 신기술 적용을 통해 높은 수요에 대응하고 신규 건설 및 유지보수 비용 절감

– 인프라 시설과 철도차량의 마모 등 노후화 방지 기술을 적용하여 유지보수와 리뉴얼 필요성 감소

– 철도인프라의 유지보수 비용 50% 절감을 목표로 설정하고 'Rail 2030-Research and innovation priorities'에서 개량 및 유지보수를 위한 신기술 개발을 통한 비용 절감 필요성 제시

❑ 유럽집행위원회(EC)는 유럽 전역에 걸친 효과적인 운송 네트워크 구축을 위해 CEF(Connecting Europe Facility) 프로젝트를 추진 중[16)]

❍ EU는 '20년까지 회원국 간 운송, 에너지, 통신 네트워크를 연결해 물리적 단일시장 형성을 목적으로 하는 유럽 연결 프로젝트(CEF)를 진행

– 회원국별 운송 인프라의 수준 차이로 인한 불균형을 해소하고 물리적인 유럽 통합을 촉진하기 위해 회원국 간 비슷한 수준의 인프라 구축을 목표로 추진

– 이에 CEF를 창설하여 EU-회원국 간 강력한 공조를 통해 전 유럽을 잇는 주요 인프라 구축 프로젝트를 지원

❍ EU 주요 인프라 구간인 9개의 간선망(Corridor) 내 총 94개의 주요 항구·육로·철로 연결, 38개 주요 공항과 철로를 이용한 주요 도심 연결, 1만 5,000km 구간의 고속철도화, 국경간 교통 정체 구간 개선을 위한 35개의 프로젝트가 포함

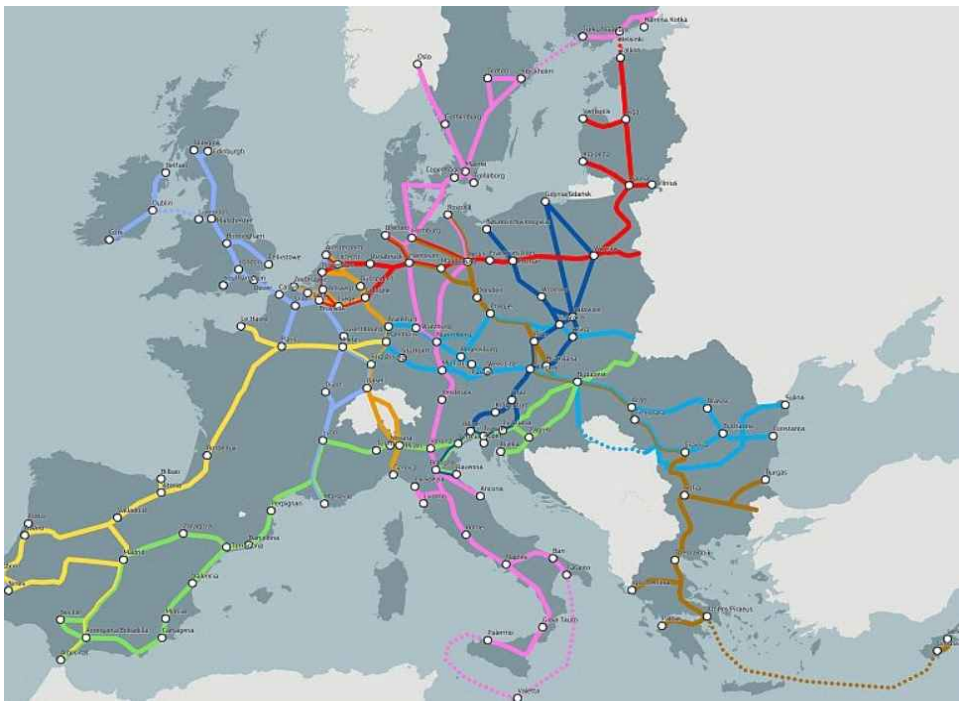


그림 2-9. 유럽 CEF의 주요 철도 교통망

표 2-3. 유럽 CEF의 주요 철도교통 인프라 구축 프로젝트

구분	주요 사업 내용
스칸디나비아-지중해	- Fehmarnbelt Fixed Link 터널공사(독일과 덴마크를 연결하는 18km 구

16) KOTRA 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.02.13.

구분	주요 사업 내용
(Scandinavian-Mediterranean)	간) - Brenner Base tunnel 터널공사(알프스 산맥을 따라 오스트리아와 이탈리아를 연결하는 55km구간)
북해-발트해 (North Sea-Baltic)	- 에스토니아의 Tallinn에서 리투아니아 및 폴란드 국경을 연결하는 초고속철도 건설, new Rail Baltic 사업 등 - 철로 5941km 육로 4029km, 내륙수로 2186km로 구성
북해-지중해 (North Sea-Mediterranean)	- 센느강(Seine), 스켈트강(Scheldt), 론강(Rhone) 등 내륙수로를 포함한 브뤼셀-룩셈부르크-리옹(프랑스) 철로 보수공사 - 영국 및 아일랜드 Belfast-Dublin-Cork, Dublin Area Rapid Transit (DART) 철로 프로젝트
발트-아드리아해 (Baltic Adriatic)	- Koralm 철로를 포함한 폴란드, 체코, 슬로바키아, 오스트리아, 슬로베니아, 이탈리아 등 6개국 연결 프로젝트 - 오스트리아 Semmering Base 철도터널 프로젝트
라인강-알프스 (Rhine-Alpine)	- 독일(칼스루에)-스위스(바젤)-이탈리아(밀라노, 노바라) 연결 강화 사업 및 벨기에, 네덜란드, 독일 연결 강화 사업 등
대서양 (Atlantic)	- 바스크 지방 철도 연계 및 프랑스 보르도(Bordeaux)-투르(Tours) 지방 고속철도 연결 사업 등
지중해 (Mediterranean)	- 프랑스(Lyon)-이탈리아(Turin) 철로, 슬로베니아-크로아티아-헝가리 연결사업 등

※ 출처: KOTRA 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.

2.2. 영국

❑ 영국은 5년 단위의 Network Rail Control Periods 계획을 수립하여 철도교통 수송 인프라의 기능 확충 및 역할 강화에 주력[17)]

❍ 영국의 철도운영 사업자 NetworkRail은 Network Rail Control Period에 의한 단계별 계획에 따라 철도 인프라 개발 및 유지 보수 시행

– '96년 CP1을 시작으로 5년 단위로 수립하여 최근 CP5에 이어 CP6 단계로 전환

❍ CP5('14~'19년) 기간에는 화물 철도망의 용량을 확대하고 역량을 강화시키기 위해 SFN(Strategic Freight Network) 기금에 2억 3천 5백만 파운드 투입

– SFN은 철도교통 기반의 화물물류 수송 능력 개선을 목적으로 운영되고 있으며, 펠릭스토(Felixstowe)항과 철도수송을 연계하는 프로젝트에 6천만 파운드 투입

– 철도 네트워크 확충 및 시스템 향상, 네트워크 운영.유지.보수, 철도기업 운영비용 지원 등에 재원을 집중

❍ CP6('19~'24년) 기간에는 승객과 화물·물류에 대한 서비스 향상에 집중함으로써 철도 교통에 대한 신뢰성을 확보하는 동시에 친환경 정책에 기여[18)]

– 철도교통을 이용하는 승객과 화물물류 수요자의 신뢰성 확보를 위해 열차의 정시성과 안전성 향상에 주력

– 고객 중심의 높은 서비스를 제공하고 CP6의 목표 달성과 업계와의 협력 방식을 개선하기 위한 일환으로 'Putting passengers first' 계획도 수립[19)]

– 수송물류 전환프로그램은 건설부문 물류수송 수요자가 도로수송에 의존하기 전에 철도 및 해상수송을 우선적으로 고려하도록 유도하여 대기오염물질 배출 저감

17) NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/who-we-are/publications-resources/our-plansfor-the-future/
18) NetworkRail, Delivery Plan - Control Period 6 (2019-2024)
19) NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/putting-passengers-first/

– 대표적으로 HighSpeed2社(HS2)는 철도 및 해상수송 수단을 중심으로 건설자재를 운송하여 화물자동차(HGV)에서 발생하는 대기오염물질 감축 도모

※ HS2社는 Network Rail 및 Highways England와 함께 '12년부터 대규모 고속철도 건설 프로젝트(HS2 프로젝트)를 진행 중이며, 이 프로젝트는 영국의 건설기자재 수송을 목적으로 3단계(Phase One, Phase 2a, Phase 2b)로 분류[20]

❑ 영국 교통부(DfT)는 철도교통의 경쟁력 강화를 목적으로 철도교통 중장기 기술로드맵을 수립하고 '40년까지 관련 연구개발에 집중

○ 영국 교통부(DfT)와 철도·도로국(ORR), 철도안전표준위원회(RSSB) 등이 참여하여 수립한 'Rail Technology Strategy 2012'는 6개 주제에 대해 '40년까지의 단계별 기술개발 계획을 수립

※ 철도.도로국(ORR): Office of Rail and Road

※ 철도안전표준위원회(RSSB): Rail Safety and Standards Board

※ ① 명령제어 및 통신, ② 에너지, ③ 인프라, ④ 철도차량, ⑤ 정보관리, ⑥ 고객중심 서비스

2.3. 프랑스

❑ 프랑스 국유철도(SNCF*)는 UN에서 채택된 지속가능한 개발 목표(SDG)를 기반으로 철도교통 부문 4개의 도전과제 달성을 위한 세부 전략 수립[21]

※ SNCF(Societe Nationale des Chemins de fer Francais): 프랑스 전국의 철도망을 총괄하는 철도운영법인으로 SNCF EPIC과 SNCF Mobilites 및 SNCF Reseau로 구성

○ (승객·화물을 위한 지속가능한 이동성) 승객과 화물의 안전성 제고, 고객 만족도 향상, DOOR-TO-DOOR의 이동성 증진, 친환경 이동을 위한 솔루션 개발 추진

– 철도교통 관련 기업이 열차를 안전하게 운행할 수 있도록 인프라를 최적화하고 인프라 이용에 대한 표준화된 가이드라인을 제공하여 안전한 환경 유지

– '17년부터 높은 수준의 열차 정시성을 제공하기 위해 H00 프로그램을 추진하고 전체 열차의 90% 이상이 일정을 맞추는 것을 목표로 지속 모니터링 중

– 출발지 또는 목적지와 철도교통의 접근성 향상을 위해 P2P 렌터카 서비스인 OuiCar, 승객과 차량 운전자를 연결하는 탑승 공유 플랫폼 iDVROOM 등 추진

○ (환경오염 저감) 기후 변화 대응, 친환경 에너지로의 전환, 순환경제를 위한 전략

– '16년 채택하여 추진 중인 'Our energy: creating value for SNCF Group'을 통해 철도교통 관련 차량, 인프라, 건축물 등을 친환경적으로 전환

– 특히, 열차 운전자에게 에너지 소비를 최적화하면서 정시에 도달 할 수 있는 속도를 알려주는 Opti-conduite 시스템의 보급 확산에 주력

– 신규 역사는 Grand Paris Express 계획에 따라 재생 에너지 등의 친환경 기술을 적극적으로 반영하고, 승객의 편의성을 고려하여 건설

○ (지역사회 성장에 기여하는 커뮤니티) 철도교통 부문의 다양한 자원을 활용하여 지역 경제 발전 및 주민과의 공동 성장을 위해 노력

– 프랑스 전체 역사에 대피소를 마련하고 역사 폐쇄에 따른 노숙자 거처 마련 등 철도교통 부문의 인프라를 활용한 지역 간의 상생 전략 추진

○ (인간 중심형 발전) 철도교통의 올바른 발전을 위해 디지털 기술을 접목한 미래 인재 교육, 철도운송의 실용성을 교육하는 Keolis incubator programme 등 추진

❑ SNCF Reseau는 프랑스 전체를 연결하는 철도망 구축을 위해 범국가 차원의 철도교통 인

20) Department for Transport, HS2 Ltd Corporate Plan: 2017 to 2020,

21) SNCF . 2017 Corporate social engagement report

프라 확충 및 현대화 프로젝트 추진

❍ 2,600km의 고속선을 포함한 3만km 노선, 철도 관제탑 8개소, 물류화물 운송을 위한 5개의 철도노선, 2,200개의 스위칭 스테이션 구축·개선을 목표로 지역별로 추진 중

- 오베르 뉴 및 론 알프 지역의 프로젝트는 약 7억 5천 유로를 투자하고, 그 중 4억 유로 이상이 기존 철도망을 재생하기 위해 사용될 예정
- 동부지역(Grand Est)은 철도교통 인프라 현대화를 위해 5억 5,500만 유로 투자
- 노르망디 시당국은 새로운 철도노선 개발을 위해 '19년에만 2억 유로를 투자
- 노르망디와 일드프랑스의 접근성 향상 및 기존의 철도망과 연결하고, 세느강 주변지역의 발전을 위해 다양한 철도 및 도시 프로젝트와 연계
- 이 외, 루아르 계곡과 아키텐 지역 등 프랑스 전체적으로 총 11개의 지역에서 약 1,600개의 프로젝트 추진('19년 1월 기준)

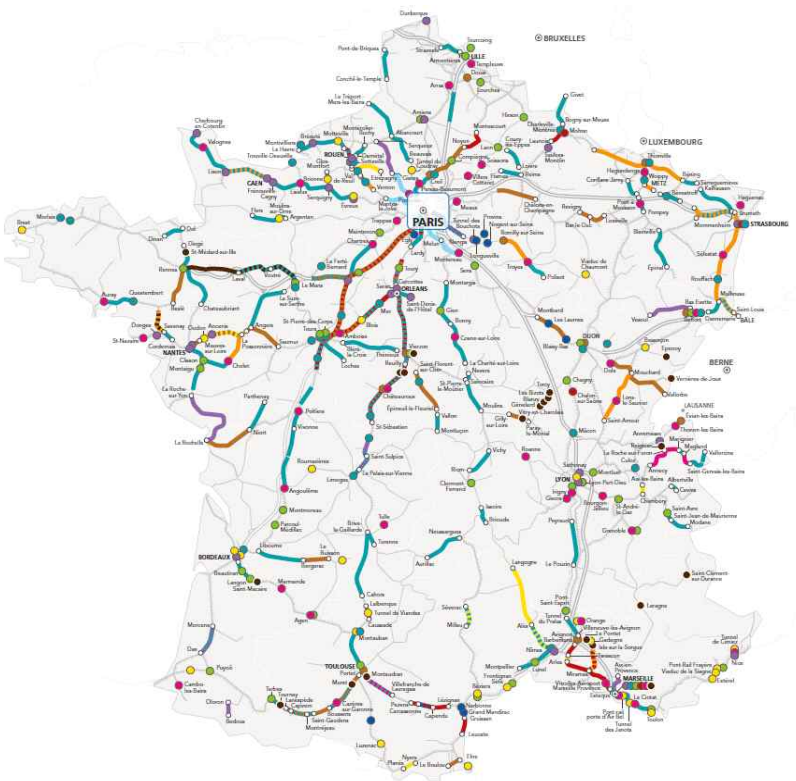


그림 2-10. 프랑스의 철도망 구축 및 현대화 프로젝트

※ 출처: SNCF Réseau, Les cartes des principaux chantiers 2019

2.4. 독일

❑ 독일 연방정부는 '30년까지의 교통 인프라 개발에 관한 종합전략 'FTIP 2030'을 수립

❍ '15년 수립된 FTIP 2030은 교통수단의 이동성·안전성 강화, 기업 경쟁력 확보, 오염 배출물질 감소, 자연 보호를 목표로 '30년까지 총 2,969억 유로 투자

- 이 중 철도 인프라에는 전체의 42%인 1,123억 유로의 투자를 계획
- 교통 체증을 해결할 수 있는 프로젝트, 지속 가능성을 고려하여 명확히 계획된 혁신 프로젝트를 추진

표 2-4. FTIP 2030 목표 및 세부 전략

목표	세부 전략
교통 이용자의 이동성 촉진	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 교통 흐름 개선 및 병목현상 해결 - 교통의 접근성 향상
재화 공급의 명확화 및 기업의 경쟁력 강화	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 교통 인프라 구축 원가 감소 - 교통 흐름 개선 및 병목현상 감소 - 교통수단 운여의 신뢰성 향상 - 공항, 항구 등 각종 운송 수단을 통합한 허브 구축
교통수단의 안정성 강화	- 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화 - 높은 수준의 안정성을 가진 교통수단으로 이동
오염 배출 물질의 감소	- 교통 흐름 개선 및 병목현상 감소 - 오염 물질 배출을 낮추는 교통수단으로 이동 - 인프라 시설물 유지보수, 교체, 현대화
자연 보호	- 토지 개발 제한

※ 출처: BMVI, 「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015

○ 신규 인프라 구축에 대한 투자 보다는 기존 인프라 시설의 개선을 우선순위로 설정하여 전체 예산의 약 70%를 유지보수 비용으로 배정

– FTIP2015 대비 기존 인프라를 유지.보수하고 대체하는 데에 투자를 강화하여 유지관리 및 교체를 위해 1,416억 유로를 투자

– 기존 인프라의 유지관리 및 교체는 도로(670억 유로)와 철도(584억 유로)에 집중되어 전체 예산의 약 90%를 차지

○ 성능향상 및 신규 인프라에 대한 투자(시설물 유지관리 및 교체 제외)는 총 636억 유로의 예산이 배정되었으며, 도로와 철도 인프라에 예산의 90% 이상이 배정

– 이 중 251억 유로는 지속성이 있고 명확히 계획된 프로젝트로, 나머지 385억 유로는 새로운 혁신 프로젝트에 투자할 계획

표 2-5. FTIP 2030의 교통 분야별 투자계획

(단위: 십억 유로)

분야	총 투자	기타투자 ('16~'30)	시설물 유지교체	성능향상 및 신규 인프라 ('16~'30)		성능향상 및 신규 인프라 준비 ('31년 이후)
			시설물 유지관리 및 교체투자	지속적이고 명확히 계획된 프로젝트	일정기준을 바탕으로 선정된 프로젝트	시설물 유지 및 교체가 포함된 새로운 프로젝트
간선도로	132.8	12.0	67.0	15.8	18.3	19.6
철도 인프라	112.3	7.4	58.4	8.4	18.3	19.7
운하	24.5	2.2	16.2	0.9	1.8	3.5
전체 교통수단	269.6	21.6	141.6	25.1	38.5	42.8

※ 출처: BMVI, 「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015

2.5. 일본

❑ 일본은 철도의 안전성 확보, 네트워크 유지.강화, 서비스 향상과 더불어 지구 온난화에 대응하고 새로운 생산성 혁신을 촉진하는 등 다양한 철도 정책을 추진[22)]

❍ (철도 안전 확보) 종합적인 철도 안전 대책에서부터 열차 탈선 등 지속적인 문제 발생에 의한 JR 홋카이도의 안전 대책과 테러 방지 대책까지 마련

– (철도 안전 대책) 철도 기술의 표준 정비, 기관사의 자질 향상 방안, 고령자 등 철도 건널목 사고 방지 및 무인 자동운전에 대한 사고 방지 대책 등에 대응

– (JR 홋카이도 안전 대책) 해당 노선의 '13년 화물열차 탈선 사고와 이를 계기로 밝혀진 정비 결과 변조 사건 등의 문제점에 대한 근본적인 대책 강구를 위해 추진

– (철도 테러 대책) 스페인 열차 테러 사건, 신칸센에서의 살인사건 등을 감안하여 국토교통성, 철도사업자, 경찰 당국이 협력하여 철도시설 등에 대한 보안을 강화

❍ (철도 네트워크의 유지·강화) 신간선 철도 및 도시철도의 정비, 지역철도 대책, 화물철도 수송 등 지속적인 관리를 통해 철도 네트워크 강화를 도모

❍ (철도 서비스 향상) 노인, 장애인 등 교통약자의 철로 추락사고를 방지하기 위한 스크린 도어 설치 사업과 더불어 철도사업자의 운임·요금에 대해서도 조정

❍ (철도기술의 활용·응용) 철도 분야의 연구개발 지원, 생산성 혁신, 지구 온난화 대응 등 철도기술의 혁신과 보다 다각적인 활용을 도모

– (연구개발 지원) 철도 분야 안전 및 성능 향상에 이바지하는 기술을 개발하기 위해 철도사업자, 제조업체 등이 실시하는 연구개발에 보조금 지원

– (생산성 혁신) 인프라의 노후화 및 인력 확보의 어려움에 따라 열차 운행의 안전 확보를 위한 업무의 효율 및 노동력 절감 기술 적용과 제도 마련을 목적으로 시행

– 일본의 준천정 위성을 활용한 정확한 위치 감지 기술, 일반열차의 자동운행, 무선식 열차 제어 시스템 등의 철도기술 개발.보급 촉진

– (지구 온난화 대응) 타 교통수단 대비 뛰어난 에너지 효율을 보유한 철도교통을 적극적으로 촉진하기 위해 에너지 절약 대책과 재생 에너지 도입을 도모

❑ 일본 국토교통성은 '인프라 시스템 수출전략'에 근거하여 해외 철도교통 시장의 주도권 확보를 위한 '철도 분야의 해외진출 전략'을 '17년 10월 수립하여 시행 중[23)]

❍ 철도교통 분야의 글로벌 시장 동향과 일본의 강점, 경쟁국의 동향 등을 감안하여 중점영역을 정리하고 향후 해외진출 확산을 위한 대응 방안을 제시

– 일본 철도의 강점인 안전성·신뢰성·저렴한 유지관리비 등의 홍보를 강화하고 우위를 점하고 있는 AGT*와 모노레일의 해외진출을 확대

※ AGT(Automated Guideway Transit): 차량을 컴퓨터의 자동 제어에 의하여 궤도 위에서 운행하는 교통 시스템

– 건설에서 운영, 유지보수까지를 패키지로 제안하여 철도·운송 관련 기관에 의한 프로젝트 관리를 도모하고 민관협력 대응을 강화

– 차량공급·설계 능력 확보를 위한 고급인재 확보 및 인재양성, 표준화를 통한 설계 및 생산비용 경감에도 주력

– 기진출/신규진출 기업에 대한 각각의 해외진출 전략을 마련하여 효과적으로 지원

– (기진출 기업) 유럽 제반규격 적응과 M&A를 통한 규모확대 등 현지화를 가속

– (신규 진출 기업) STEP* 차관을 발판으로 경험을 축적

22) 일본 국토교통성, 철도 분야 주요 시책(http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html)
23) 일본 국토교통성, 海外展開戦略（鉄道）, 2017.10.

※ STEP(Special Terms of Economic Partnership): 교량, 터널, 항만, 공항, 교통시스템 등에서 일본기술을 활용하는 프로젝트에 대해 계약액의 약 30% 이상을 일본산 기자재 및 기술활용을 조건으로 하는 차관

– 미국, 영국, 인도, 필리핀, 방글라데시, 인도네시아, 베트남, 미얀마, 태국 등 세계 각 지역에서 향후 3~4년간 주시해야 할 주요 철도 프로젝트도 제시

❍ '인프라 시스템 해외진출 행동계획 2019'에 따라 철도교통 분야 기술의 해외진출은 본격적으로 패키지화된 형태로 판로를 개척할 예정[24)]

– 이전에는 주로 건설공사, 철도차량 등의 단일 수주에 집중하였으나, 국제경쟁이 격화됨에 따라 사업의 각 단계를 패키지화하여 종합인프라시스템으로 진출

– 특히, 다양한 모듈로 구성되어 있는 철도 인프라 시장은 사업추진 초기단계부터 완공 후 유지관리 및 운영 단계까지 정부가 일관하여 지원함으로써 일본기업의 수주기회 확대 전망

2.6. 미국

❑ 트럼프 대통령은 사회 인프라 발전을 위한 약 1조 5천억 달러 규모의 투자 계획을 수립한 가운데 철도교통 분야에 대한 인프라 개선에 주력[25)]

❍ '18년 '美 인프라 재건을 위한 입법 추진 개요'의 발표와 함께 민간투자 촉진을 위한 유인책을 제공함으로써 현재 개발이 가장 저조한 철도분야에 대한 투자 증대 전망

– 1조 5천억 달러의 재원 마련을 위해 연방정부 출연금으로 2천억 달러를 투입하고, 나머지 1조 3천억 달러는 민간 투자를 통해 조달 예정

❍ JLL사의 공공인프라 사업담당자는 향후 10년 동안 약 3조 5천억 달러에 달하는 미국 내 인프라 프로젝트 시장이 열릴 것으로 전망

– 대부분 교통 인프라와 관련된 시장으로 고속철도, 모노레일, 지하철, 전기차 인프라 등에서 기자재 공급 기회가 크게 확대될 것으로 기대

❍ 미국은 기술력과 자본을 갖춘 일본, 중국과 협력하여 다양한 철도교통 인프라 사업을 추진함으로써 가시적 성과 도출을 위해 노력

– 텍사스 댈러스~휴스턴 간 240마일 구간의 초고속철도 사업은 일본의 중앙일본철도가 신칸센 열차 기술을 턴키로 제공하여 차량공급에서 유지관리까지 전담

– 볼티모어~워싱턴 간 40마일 구간의 초고속 자기부상철도 사업에 일본을 기술자문 및 열차 공급업체로 포함

※ 해당 프로젝트는 보스턴~뉴욕~워싱턴을 잇는 북동부 고속철도 라인 개발의 선도적 사례로 일본이 향후 미국 고속철 시장을 선점하는 기회로 평가

– CRRC와 같은 중국 기업들은 가격 경쟁력과 현지화 전략을 병행함으로써 미국 교통 인프라 프로젝트에 투입되는 철강, 철도차량 등 제품 공급에 주력

24) 건설경제, [재팬리포트] 인프라시스템 해외전개 '처음부터 끝까지 지원', 2019.04.09

25) KOTRA, 해외시장뉴스(美 교통인프라 '자국산 우대정책' 강화 움직임에 따른 기회와 전망), 2019.8.6. https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=176627 THE WHITE HOUSE, Legislative Outline for Rebuilding Infrastructure in America, 2018 https://www.politico.com/f/?id=00000161-8a9d-d53a-a5f5-bffd597b0000

그림 2-11. 미국 고속철도 구축현황

※ 출처: KOTRA, 트럼프 시대의 미국 공공인프라, 2017

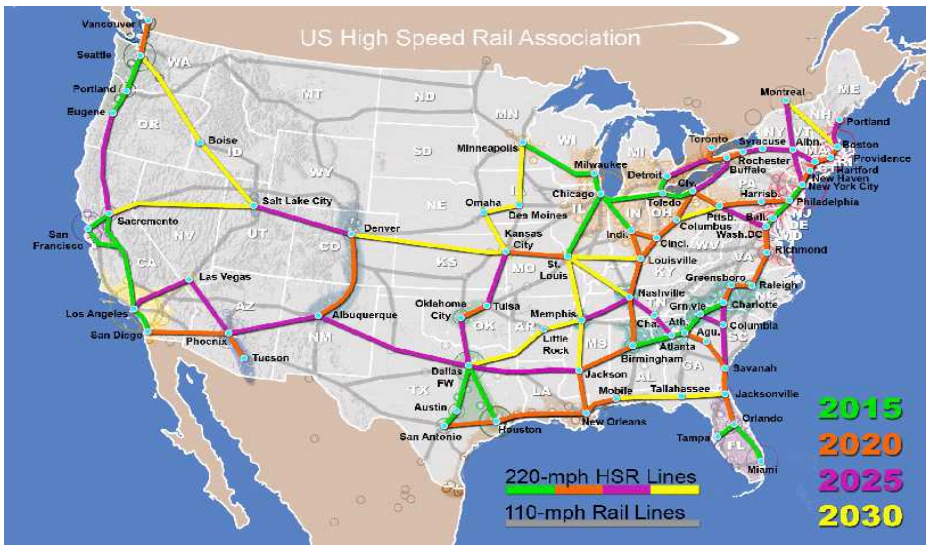


그림 2-12. 미국 고속철도 네트워크 맵

※ 출처: US HSR, 미국 고속철도 네트워크 맵

❑ 국가교통 예산법(Fixing America's Surface Transportation Act)은 미국 전반에 걸쳐 교통 부문의 중장기적인 투자 재원을 마련하고 낙후된 시설 보수에 중점[26]

❍ FAST법은 낙후된 교통 인프라의 안전성에 대한 우려가 높아짐에 따라 연방정부 차원의 예산을 마련하고 육상교통 관련 계획 및 투자를 위해 '15년 12월 시행된 정책

❍ 미 교통부(DOT) 소속의 FTA, FRA, FHA에서 도로교통, 대중교통, 철도교통, 물류교통 부문의 인프라 확장과 유지보수를 위한 다양한 프로그램 추진

– 연방철도청(Federal Railroad Administration)은 Amtrack社의 조직 개혁에서부터 고속철도, 도시간 철도 등의 안전성·편의성을 향상

– 전국에 걸쳐 철도교통 운송의 안전성·효율성·신뢰성을 높이기 위해 CRISI* 프로그램에 '19년

26) APTA, FAST ACT: A GUIDE TO PUBLIC TRANSPORTATION AND RAIL-RELATED PROVISIONS https://www.apta.com/wp-content/uploads/FAST-Act-A-Guide-to-Public-Transportation-and-Rail-Related-Provisions.pdf 국토연구원 도시재생연구센터 세계도시정보, 미국의 새로운 국가교통 예산법 'FAST'

예산으로 2억 4천 4백만 달러 투자

※ CRISI(Consolidated Rail Infrastructure and Safety Improvements): 적합한 응용 분야로는 철도의 정체 문제, 고속도로 철도 교차점, 단거리 철도 인프라의 개선과 철도 노선 재배치 및 철도 안전 기술을 배포하는 프로젝트 등이 포함

– '19년 11월에는 도시 간 여객철도의 정비 및 개선을 위한 보조금 프로그램인 REGP*에 2천 4백만 달러의 투자 계획을 발표[27)]

※ REGP(Restoration and Enhancement Grants Program): 도시 간 여객철도의 정기적인 유지보수 계획 비용, 인건비, 연료비, 전기비 등의 운영 지원금이 포함되며, 지방정부와 도시 및 Amtrack社를 포함하여 기타 시외 여객철도 기업도 신청 가능

– 열차운행 제어 및 모니터링 시스템(Positive Train Control) 도입, 철도 건널목에서 열차와 차량 간 충돌방지 등 안전성 증대를 위해 예산 배정

– 연방교통청(Federal Transit Administration)은 지하철, 경전철, 통근 열차, 버스 등 지역 대중교통 시스템의 정비 및 개발을 위한 다양한 보조금 지원 프로그램 추진

– 연방도로청(Federal Highway Administration)의 STBGP*는 지역정부 관할의 육상교통 지원 프로그램으로 정액교부금 방식에 따라 자율적으로 지원

※ STBGP(Surface Transportation Block Grant Program): 연방정부는 사업의 방향과 총액만을 결정하고 자치단체장에게 예산집행에 대한 재량권을 부여함으로써 지역적 특성을 반영한 혁신적 정책아이디어 구현

❑ 미 교통부(DOT)는 연방철도재건기금(RRIF)을 마련하여 철도교통 인프라에 투자 촉진[28)]

※ 연방철도재건기금(RRIF): Railroad Rehabilitation & Improvement Financing

❍ 철도 신설 또는 현대화 프로젝트를 추진하는 주정부, 지방정부, 철도회사, 정부보증 기관(기업), 민간 PPP 사업자에게 최대 358억 달러의 직접 대출 또는 보증을 제공

❍ '19년에는 텍사스 댈러스 지역의 대중교통 운영기관인 DART에 9억 1천 8백만 달러의 RRIF 직접 대출을 제공하여 철도교통 인프라 현대화 및 신규 건설 추진

– DART는 DFW(Dallas-Fort Worth) 국제공항에서 Plano/Richardson 지역까지 동쪽으로 약 26마일의 철도를 연장하는 '코튼벨트 지역 순환 철도 프로젝트' 추진

※ Cotton Belt Corridor Regional Rail Project

– 표준을 준수하도록 승객용 철도를 업그레이드함과 동시에 단일 트랙에서 이중 트랙으로 변환, 10개소의 신규 역사 건설, 8대의 철도차량을 구입할 예정

27) FRA, U.S. Department of Transportation Announces Availability of $24 Million to Restore and Enhance Intercity Passenger Rail Nationwide, 2019.11
https://railroads.dot.gov/newsroom/press-releases/us-department-transportation-announces-availability-24-million-restore-and

28)
https://www.transportation.gov/briefing-room/us-department-transportation-announces-908-million-loan-finance-cotton-belt-corridor
https://www.transportation.gov/buildamerica/programs-services/rrif

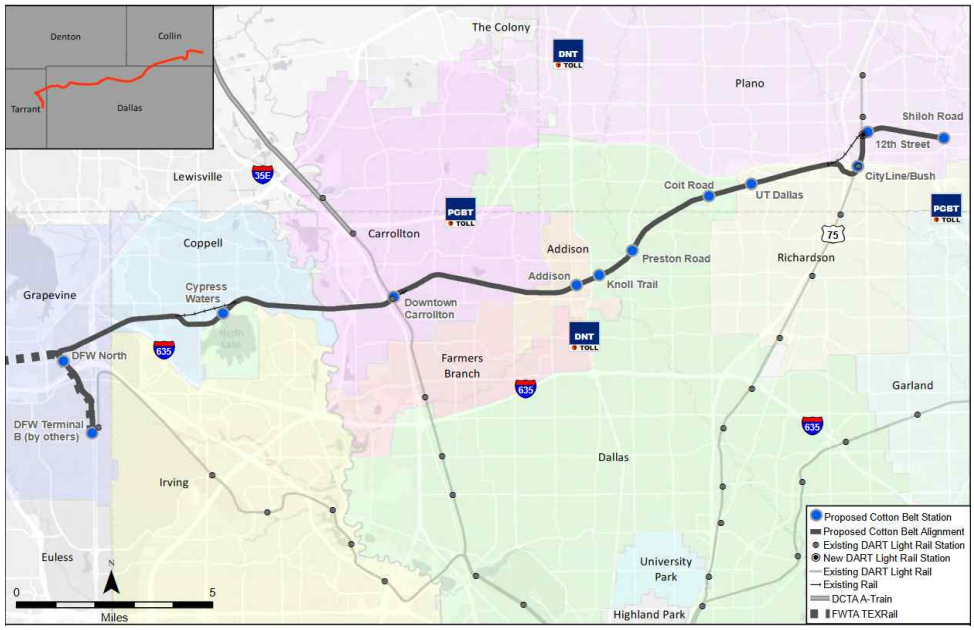


그림 2-13. 미국 코트벨트 지역 순환 철도 프로젝트

※ 출처: DART, Cotton Belt Corridor Regional Rail Project, 2019

https://www.dart.org/ShareRoot/about/expansion/cottonbelt/cottonbeltdeis/CottonBeltDEISApril2018.pdf

❑ 철도교통 인프라를 포함한 전국의 주요 교통 인프라에 대한 정비를 목적으로 '개발을 위한 보다 나은 투자(BUILD*)' 프로그램에 '19년도 예산으로 9억 달러 투자[29)]

※ (BUILD) Better Utilizing Investments to Leverage Development('18년 7월 시행)

❍ BUILD 프로그램은 도로, 항구, 철도 등의 주요 교통 인프라 개선을 위해 추진

– 안전성, 경제성, 서비스 개선 가능성, 정비 환경, 지속 가능성, 광범위한 이해 관계자와의 파트너십 구축 여부 등을 고려하여 지원

– 미국 농촌지역의 저조한 투자에 따라 도시와 농촌을 분류하여 접수·관리하고 농촌지역에 위치한 프로젝트에 BUILD Transportation 보조금의 50% 지원

– BUILD 프로그램 최대 지원금은 2천 5백만 달러이며, 단일 주에 9천만 달러에 한하여 제공

❍ '19년에는 35개 주에서 55개 프로젝트가 수여하여 약 9억 달러 규모로 추진

– 프로젝트 중 철도교통 인프라에 대한 직접적인 투자 프로젝트는 약 4건으로 주로 역사 또는 교차로의 안전성·편의성 개선 및 화물 운송을 위한 철도 인프라 확장을 지원

29) https://www.transportation.gov/BUILDgrants

표 2-6. 미국 BUILD 프로그램에 의한 철도교통 투자 프로젝트 사례('19년)

(단위: 백만 달러)

프로젝트명(대상 지역)	지원비/ 총 사업비	내용
Rail-Truck Transload Facility Project (Spokane, Washington)	11/16	- 스포케인 국제공항에서 열차 적재, 하역 및 순환을 위한 새로운 철도 트럭 트랜스로드 시설 건설에 자금을 지원 - 기존 레일 스퍼(rail spur)를 시설까지 확장하여 총 약 3.2마일의 트랙을 연결하는 3개의 평행 레일 라인으로 구성
The Underpass Project at Uptown Station Project (Normal, Illinois)	13/22	- 'Uptown Normal Intermodal Passenger Rail Station'의 트랙 남쪽에 두 번째 탑승 플랫폼뿐만 아니라 보행자, 자전거 및 승객 지하도를 설계 및 건설
Phoenix Sky Harbor Northside Rail Expansion Project (Phoenix, Arizona)	24/239	- 약 2.3 마일 길이의 트렌치를 건설하여 화물 철도 선로를 낮추고 피닉스 스카이 하버 공항 북쪽에 5개의 등급 철도건널목을 제거 - 열차와 자동차 사이의 충돌 위험을 제거함으로써 안전성 향상 효과와 약 16,000대/일의 차량을 처리하는 교차로에서 정체와 지연을 줄임으로써 경제성 향상 효과 기대
Veterans Boulevard Interchange, Extension, and Grade Separation Project (Fresno, California)	10/71	- 99번 주 도로(State Route)에 다목적 트레일을 포함한 신규 인터체인지(IC)를 건설하고, 최첨단 ITS 광섬유 인프라 및 ASCT (Adaptive Traffic Signal Control Technology)를 설치하여 차량, 보행자, 철도 승객 및 철도화물을 위한 보다 안전한 복합 운송 시스템을 육성

3. 시사점

❑ 노후 철도인프라의 안전 및 성능 향상을 위한 사전예방적 유지관리 및 개량 정책 방향에 따른 기술 개발 추진 필요

❍ 국내 기존 정책 방향은 신규 철도인프라 건설 및 구축에 중점을 두었으나, 인프라 노후도 증가에 따른 유지관리 및 개량을 위한 법·제도 마련 등 사전예방적 유지관리 방안 강화 추세

❍ 국외에서도 증가하는 노후 철도인프라에 대응하기 위하여 노후 시설 개선 및 고속화, 안전성 향상 등을 위한 정책 방향 수립

❑ 철도 이용객 안전과 더불어 유지관리 작업자 안전 확보를 위한 첨단기술 기반 유지관리 정책 방향에 따른 기술 개발 추진 필요

❍ 노후 철도인프라의 급속개량을 위한 첨단기술 기반의 장비·공법 개발 등을 통한 차단 시간 내 작업으로 열차 사고·장애 저감 및 작업자 안전 확보가 필요

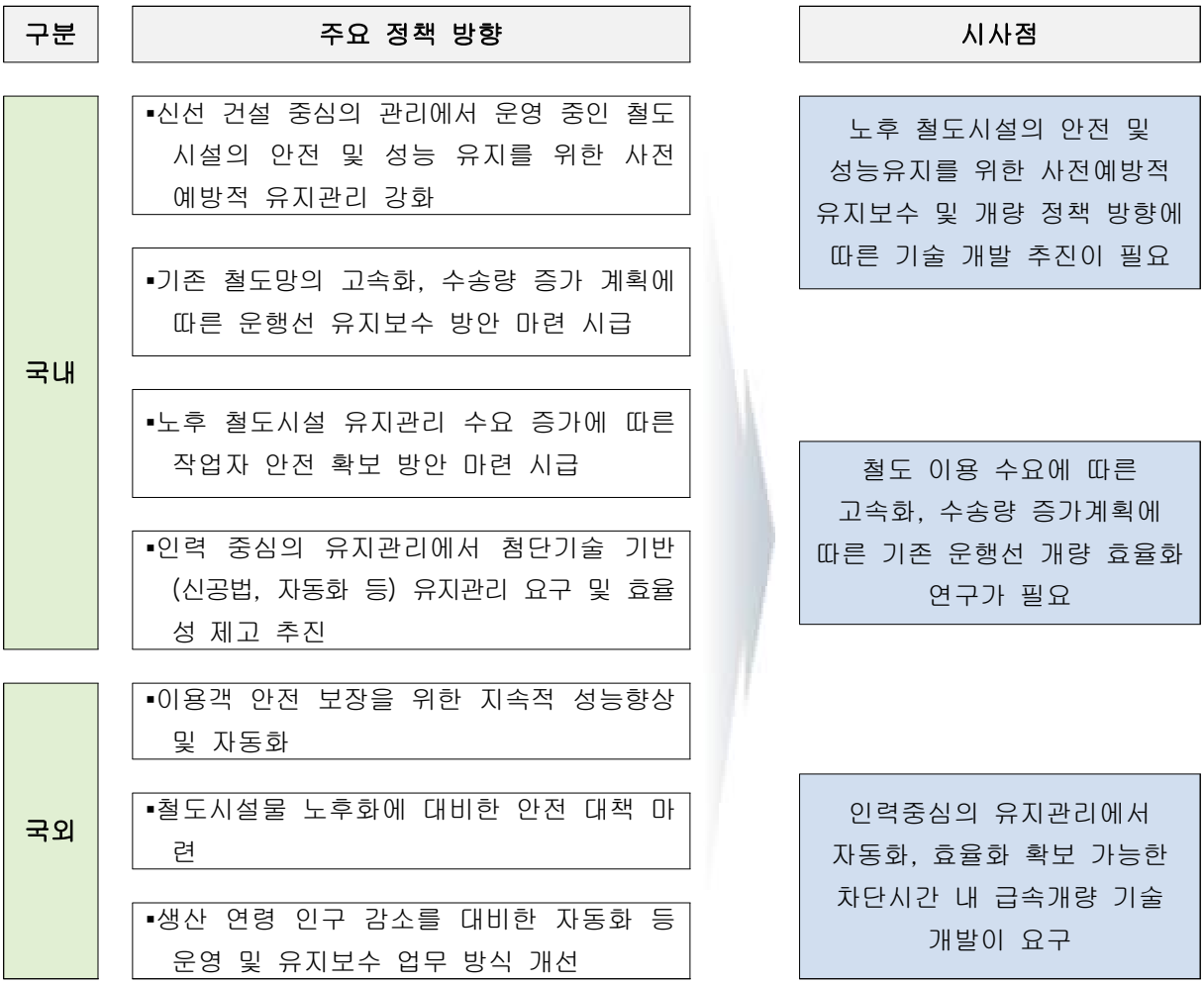


그림 2-14. 국내외 정책 동향 주요 시사점

제2절 국내외 시장 동향 및 전망

1. 국내 시장 동향

❑ 최근 안전에 대한 사회적 관심이 높아지면서 대표적인 교통 기반시설인 철도시설에 대한 개량투자가 지속적으로 증가함에도 불구 철도건설 대비 예산 비중은 10% 수준으로 부족

❍ 2009년부터 2017년까지 9년간, 철도시설 개량을 위해 총 3조 20억원, 연평균 3,336억원이 투자되었으며, 국가철도(고속철도/일반철도) 기준 연평균 증가율이 19.5%로 증가 추세

❍ 국가철도(고속철도/일반철도)의 예산이 빠르게 증가함에도 불구하고 철도건설예산 대비 시설개량투자예산 비율은 2017년 기준 11.1% 수준

표 2-7. 철도시설 개량 투자 추이(2009-2017)

(단위:억원, 국고기준)

구분		총계	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
총계		30,020	1,365	1,211	1,333	2,296	3,332	3,050	6,371	4,874	6,188
국가철도		27,715	1,365	1,211	1,333	2,296	3,332	3,050	4,694	4,750	5,684
	일반	24,475	1,365	1,211	1,333	1,896	2,797	2,600	4,194	4,200	4,879
	고속	3,240		-	-	400	535	450	500	550	805
도시철도*		2,305							1,677	124	504

* 도시철도는 내진보강(671억원), 승강장안전문(1,350억원), 안전보호벽(284억원) 지원예산임

* 출처 : 국토교통부, 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022), 2017.12

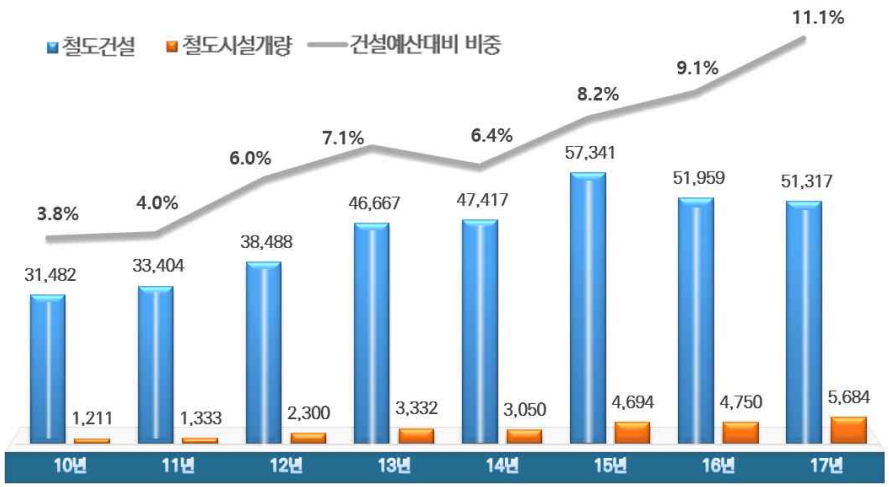


그림 2-15. 연간 철도건설예산 대비 시설개량투자예산 비율비교(국고기준)

❍ 제3차 철도시설 개량 종합계획(2018-2022)에 따르면, 2018년부터 5년간 노후도가 높은 철도시설에 대해 7.3조원을 투자 계획

- 계획기간 동안 부문별로는 노후시설 개량(4조 1천억원), 자연재해 안전(1조 2천억원), 인프라 고도화(1조45백억원), 편의성 증진(39백억원) 분배

❑ 우리나라는 선진국에 비해 짧은 기간(1970~1990년대)에 집중적으로 구축된 인프라로 인해 향후 집중적인 노후 관리 수요가 예상됨

❍ 1990년대에 본격적으로 건설되었던 많은 SOC 시설들의 노후화가 빠르게 진행되고 있으며, 특히 2020년 이후에는 준공 후 30년이 경과한 SOC 시설이 급증하면서 시설물 유지보수에 대한 수요가 증가할 것으로 예상됨

❑ 국가철도시설에 대한 개량 예산은 증가하고 있으나, 그간 누적된 노후시설의 비중이 높아 소요에 비해 부족한 실정임[30)]

❍ 2017년 예산 5,684억원은 2009년(1,365억원) 대비 4.2배로 개량예산이 비약적으로 증가

❍ 매년 새로 발생하는 노후시설 감안 시 개량완료에 약 20년이 소요될 것으로 예상됨 (2034년 완료)

※ 노후시설 비중: 교량(42%), 터널(44%), 신호설비(46%), 전기설비(34%)

※ 연간 노후시설 발생률: 시설 2.5%, 궤도 4.0%, 건축 2.7%, 전기 7.9%

❑ 한정된 시설 개량 예산으로 인해 철도안전에 큰 영향을 미치는 노후시설 개량과 안전시설 확충 위주로 우선순위 투자되어 일부 시설에 대한 개량 또는 성능향상 개량 투자는 미흡

❍ 철도안전에 큰 영향을 미치는 노후시설 개량(44.3%)과 안전시설 확충(37.7%) 위주로 투자를 집중

– 노후 철도시설 및 안전취약시설 개량, 관련 법령 등 외부 지적사항 개선, 국민편의 증진 등을 위해 24개의 내역사업을 추진

❍ 내구연한이 짧은 전기·통신시설에 대한 투자가 부진하고, 기술발전, 성능향상 등에 따른 미래에 대비한 투자도 부족

30) 제3차 철도안전종합계획

표 2-8. 국가철도 세부사업별 개량 투자 실적

(단위: 억원)

구 분	총 소요 ('09부터)	2017년까지 기시행				'18이후
		합계(억원)	'15까지	'16	'17	
총 계	68,303	27,720 (40%)	17,286	4,750	5,684	40,583
고속철도 합계	9,048	3,076 (34%)	1,818	453	805	5,972
구축물개량	5,548	1,616 (29%)	759	282	575	3,932
전기설비개량	3,000	1,330 (44%)	999	131	200	1,670
하자관리	500	130 (26%)	60	40	30	370
일반철도 합계	59,255	24,644 (41%)	15,468	4,297	4,879	34,611
수도권신호시스템	920	275 (30%)	149	63	63	645
선로전환기	1,300	662 (51%)	362	152	148	638
전기설비	10,096	4,057 (40%)	2,422	753	882	6,039
전철전원급전	1,320	688 (52%)	493	95	100	632
선로시설개량	10,422	2,685 (26%)	1,594	550	541	7,737
구축물개량	3,561	2,263 (64%)	1,494	324	445	1,298
소방안전시설	1,378	278 (20%)	187	35	56	1,100
승강장안전시설	4,550	2,523 (54%)	1,222	681	620	2,027
산업안전시설	262	174 (66%)	124	25	25	88
재해예방시설	9,481	3,930 (41%)	2,569	671	690	5,551
내진성능보강	2,015	1,497 (72%)	900	142	455	518
건널목안전설비	535	240 (45%)	151	44	45	295
철도통신망	676	111 (16%)	41	40	30	565
교량구조개선	6,316	693 (11%)	402	121	170	5,623
역시설개량	2,321	1,953 (84%)	1,348	253	352	368
환경시설	1,269	754 (59%)	558	136	60	515
통로박스 확장	902	555 (62%)	471	45	39	347
하자관리	312	107 (34%)	58	19	30	205
사후환경	610	244 (40%)	0	122	122	366
종료/기타	1,009	955 (96%)	923	26	6	54

출처: 제3차 철도시설 개량 종합계획(2018-2022)

❑ 한국교통연구원에서 분석한 정부의 SOC 유지보수 분야 추이에 의하면 철도의 경우 정부의 SOC투자가 지속적으로 증가하더라도 철도 차량 및 시설물의 노후화에 따라 훨씬 더 많은 비용이 필요할 것으로 예상됨[31)]

○ 추세선에 기반한 장래 철도 유지보수 투자는 2010~2015년에는 1.3조~1.4조원 수준인데, 점차 증가해 2020년에 1.6조원, 2025년에 1.8조원, 2030년에 2.0조원을 기록할 것으로 전망됨

○ 노후 시설물을 감안한 철도 유지보수 투자 전망치는 2020년에 2.1조원, 2025년에 2.6조원, 2030년에 3.1조원을 기록할 것으로 보임

❑ 지난 5년간 국가철도 유지보수 및 개량 투자비는 106% 증가 (`16년 1.25조 → `20년 2.57조)[32)]

31) 교통 SOC유지관리 투자 현황 및 소요재원 전망, 한국교통연구원, 2015.12
32) 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025), 국토교통부, 2020. 12.

❍ 국가철도의 유지보수비는 `16년 대비 `20년에 약 27% 증가(`16년 7,734억 → `20년 9,804억)하였으며, 개량비용은 약 236% 증가(`16년 4,733억 → `20년 15,886억)

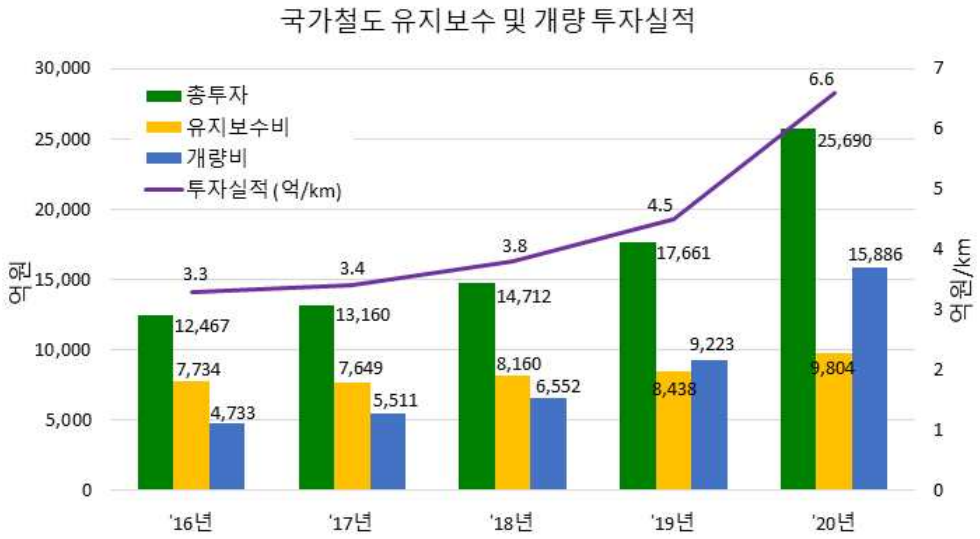


그림 2-16. 국가철도 유지보수 및 개량 투자 현황

❍ 지난 5년간(`16년~`20년) 국가철도 노선별 유지보수 비용은 지속적으로 투입되어 일반철도 25.3%, 고속철도 32.9%로 각각 증가.

– 일반철도 '16년 6,285억원 대비 `20년 .7,878억원으로 25.3% 증가

– 고속철도 '16년 1,449억원 대비 `20년 1,926억원으로 32.9% 증가

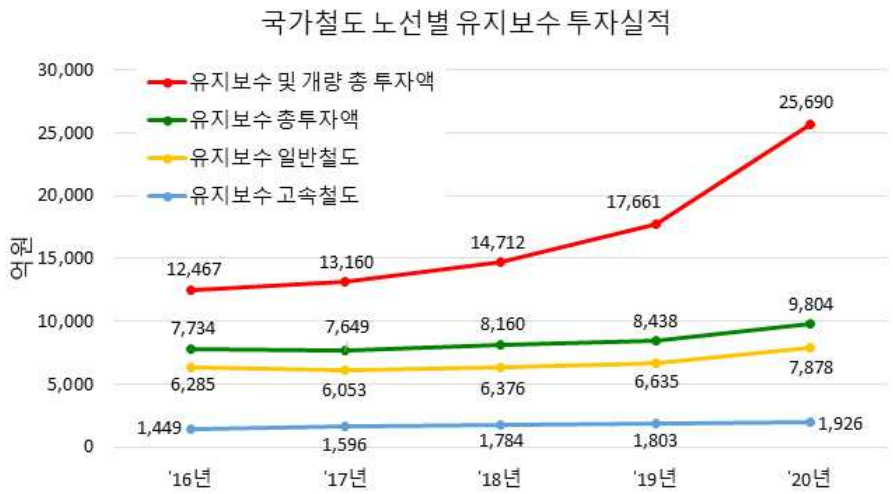


그림 2-17. 국가철도 노선별 유지보수 투자 실적

❍ 반면, `16년~`20년 5년간 국가철도 노선별 개량 비용은 폭증하여 일반철도 230.7%, 고속철도 282.6%로 각각 증가.

– 일반철도 '16년 4,733억원 대비 `20년 14,153억원으로 230.7% 증가

– 고속철도 '16년 453억원 대비 `20년 1,733억원으로 282.6% 증가

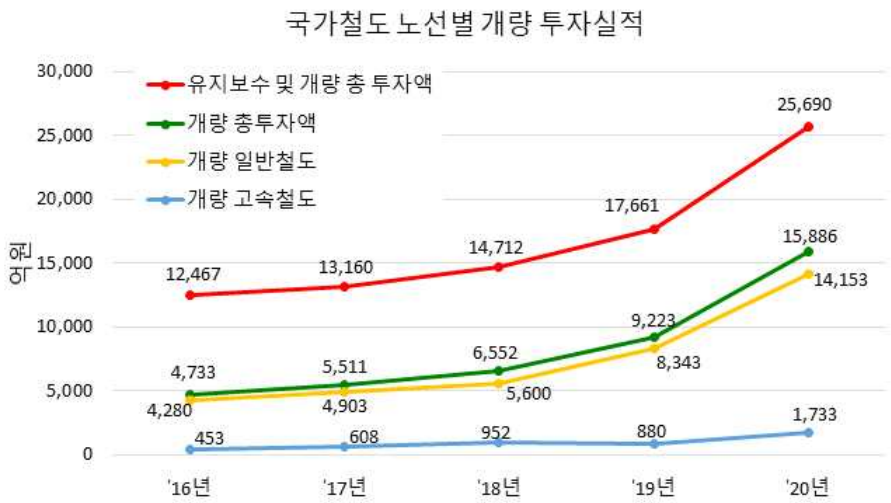


그림 2-18. 국가철도 노선별 개량 투자 실적

2. 국외 시장 동향

❑ 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 글로벌 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장

❍ 철도인프라 관련 시장은 2015년 기준 약 657억 유로로 전세계 철도산업 시장의 40%를 차지하며 연간 2.8% 이상의 성장률을 보임

❍ (철도인프라구조물 시장) 철도인프라구조물시장 중 궤도시스템시장은 기존(유지보수·교체) 시장의 시장규모 및 성장률이 높으나, 전철·전력시장은 신규시장의 시장규모가 높은 반면 성장률은 기존(유지보수·교체)시장의 성장률이 높아 유지보수·교체에 대한 수요는 지속 확대될 것으로 전망

– 철도인프라 구조물시장은 궤도시스템분야와 전철전력분야로 구분되며, 궤도시스템시장은 전체 81%를 차지함

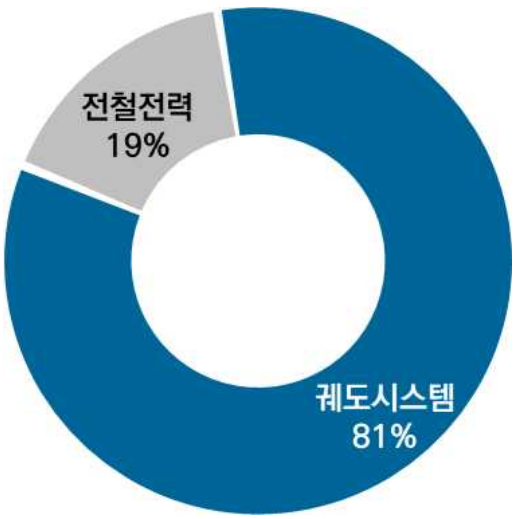


그림 2-19. 철도인프라 구조물 시장 분야별 비중

– 궤도시스템 시장은 신규(신설 및 개량)시장보다 기존(유지보수 및 교체)시장 규모 및 성장률이 높으며, 유지보수 및 교체 시장은 각 권역별 3%~5%의 성장률로 모든 권역이 성장 추세

표 2-9. 궤도시스템분야 신설 및 개량과 유지보수 및 교체 권역별 시장규모·성장률

권역	신설 및 개량 분야(신규)		유지보수 및 교체 분야(판매 후)	
	시장규모 (백만 유로, 2015년 기준)	성장률 (2015년-2020년)	시장규모 (백만 유로, 2015년 기준)	성장률 (2015년-2020년)
서유럽	3,120	+0.2%	8,720	+3.1%
동유럽	1,320	-7.5%	1,440	+3.1%
북미	940	-1.9%	4,900	+2.8%
중남미	580	-10.1%	780	+3.0%
아시아	5,330	+1.4%	4,060	+5.2%
CIS	560	+2.5%	2,470	+3.1%
아프리카/중동	1,580	+9.1%	930	+5.0%
오스트레일리아/태평양	300	+4.3%	630	+3.1%
합계	13,730	+1.0%	23,930	+3.5%

출처: The Worldwide Market for Railway Industries 2016, SCI Verkehr GmbH

❑ 세계시장에서 철도구조물 분야는 개량시장이 건설시장보다 1.75배 크며, 성장률도 빠르게 증가하고 있는 추세

○ 해외 주요국 개량투자비율: 프랑스 33%('11), 독일 51%('10), 일본 20.9%('14), 미국 46%('12) 국토교통부, 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022), 2017.12

구분	신규시장(신설)		기존시장 (유지보수, 개량)	
	시장규모	성장률	시장규모	성장률
구조물	13,730	1.0%	23,930	3.5%
전철전력	4,790	3.9%	3,830	5.0%
신호제어	8,170	2.6%	8,370	3.0%
여객정보	2,440	2.7%	490	2.7%

*출처 : SIC Verkehr, 2016 (million $)

그림 2-20. 국내외 철도인프라시장 규모 (2016)

- 유럽에서는 100년을 경과한 노선을 대상으로 본격적인 개량사업에 착수하고 있으며 우회노선 설정 후 충분한 시간을 확보하여 시행
- 일본의 경우, 철도 인프라의 포화 및 내구수명 도래로 유지관리비용이 급격히 증가하여 철도투자비의 60% 이상이 개량 및 유지보수비로 소요

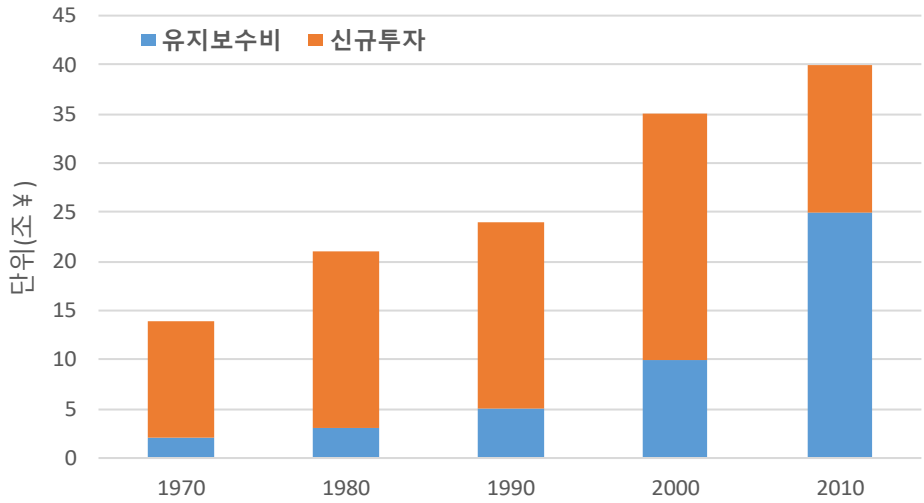


그림 2-21. 일본 철도인프라 신규투자대비 유지보수비용 (일본건설성)

❑ 세계철도시장 규모는 2015년 현재 약 250조 규모로 예측되고 있으며, 2009~2014년 평균 시장 성장률은 4.2%에 달하고 있음[33)]

❍ UN ESCAP에서 파악한 Trans-Asian-Railway의 단절구간(missing link)는 총 10,500km에 달하는 것으로 파악됨. 아시아 시장의 경우에도 인도네시아의 2030 국가 철도비전에 따른 11,950km 건설, 태국 고속철도 1,900km 등 총 3,000km 사업, 말레이시아~싱가폴 330km 고속철도, 싱가폴~쿤밍 5,000km, 네팔 1,012km, 방글라데시 600km 등 대규모의 사업이 예정되고 있음. 이 외 중동, 아프리카, 아메리카 대륙 등 대규모의 철도사업이 추진될 예정임. 이 중, 철도교량이 상당 부분을 차지할 것으로 예상됨

❍ 유럽, 일본 등 철도건설이 포화상태인 선진 철도국의 경우 유지관리 체제로 전환된 지 이미 10년 이상이며, 따라서, 신규건설 시장보다는 유지관리 시장의 예산투입이 훨씬 큰 상황임. 국내 철도시장도 이에 대한 대비가 절실함

33) The Worldwide Market for Railway Technology 2009~2014 (SCI/Verkehr)

3. 시사점

❑ 국내외 철도시설에 대한 투자는 신선 건설보다는 기존선의 유지관리에 더 높은 비율로 투입

❍ 철도시설물 노후도 지속적 증가로 인하여 안전한 철도 운영을 위하여 유지관리 및 개량에 투입되는 예산이 급증하고 있는 상황임.

❍ 국내의 경우 짧은 기간에 집중적으로 인프라를 구축함으로써 철도시설 전반에서 노후도가 증가하여 유지관리비 지속적 증가와 특히 국가철도의 개량 비용이 지난 5년 간 200% 이상 폭증함.

❍ 국외의 경우에도 노후 철도시설이 증가함에 따라 유지관리 및 개량에 높은 비중으로 예산이 투입되고 있음.

❑ 인력 위주의 유지보수 및 개량 작업 공정으로 예산의 투입 효율성이 낮음.

❍ 자동화된 공법 및 장비 개발을 통한 비용 효율성이 높은 유지관리 및 개량 작업 공정 개선 필요

❑ 이러한 노후 철도구조물 급속개량 기술 개발로 국내 철도구조물 개량 분야의 기술력 강화 및 지속적으로 확대 전망되는 글로벌 철도 궤도 유지보수 시장에 판로 개척을 기대

❍ 노후 철도인프라의 효과적인 유지관리를 위한 기술경쟁력 강화 정책에 맞추어 국내 운영기관의 수요 기반 장비, 공법, 재료 개발 및 연구계, 산업계 협력을 통한 기술 진보가 가능

❍ 또한 국내 한정된 수요 대비, 글로벌 시장의 노후 철도구조물 유지보수 시장도 확대되는 것으로 전망되고, 시장이 선점되었으나 철도인프라 사용연수가 상당기간 경과한 유럽, 미국 지역의 진출 가능성도 있음

제3절 국내외 기술 동향

1. 국내 기술개발 동향

1.1. 교량분야

❑ 국내에서 교량 급속시공 기술은 주로 신설교량의 상·하부 구조물에 적용되며, 운행 중 급속교체 시공 기술에 대한 연구는 미흡함.

❍ 국내 철도 판형교 급속교체 공법은 '밀어 넣기 공법'이 유일하며, 크레인을 이용한 직접 교체 공법이 연구개발된 사례가 있으나, 시공실적에는 한계가 있음

❍ 철도 교량 개량과 관련한 연구실적은 주로 판형교의 유도상화 및 교량 받침에 관한 내용이며, 도로교와 관련한 연구는 급속시공 또는 모듈화 시공에 대한 연구가 진행되고 있으나, 주로 신설 교량에 적용하기 위한 기술임

❑ 노후 철도교량 급속교체를 위한 기술로는 단경간 강판형교를 교체하기 위한 밀어넣기 공법이 존재하며, 기존연구를 통해 12m 이하 강판형교 타입의 단경간 상부구조에 대한 교체 공법을 확보 중임

❍ 이동식 크레인 철도차량을 이용한 "노후 판형교 직접교체 기술"이 국가 R&D로 진행된 바 있으나, 교체용 철도차량의 한계로 경간 12m 이하의 판형교에만 적용가능 하며, 프리팹 구조 개발 및 적용과는 관련이 없음

❍ 강판형교 1개 경간을 차단 시간 내 교체하는 것 이외에, 다경간 강판형교 또는 다양한 형식의 철도교량에 대한 상부구조 교체 공법은 교량 현장 조건, 타 시설과의 인터페이스 한계 등으로 인해 신규 기술개발은 미진

❑ 노후 철도교량이 지속적으로 증가하고 있으며, 형식 및 경간 조건 역시 다양화되고 있음. 철도의 정시성, 유지관리 특성을 고려하고 이에 효율적으로 대응할 수 있는 첨단 교량 개량 기술이 요구됨

❍ 국가 R&D로 추진된 "모듈러 교량 기술개발 및 실용화(2010~2015)"에서는 강재 및 프리캐스트 모듈러 시스템 상용화를 위한 교량 상/하부 구조에 대한 연구가 수행되었으며, 경간 60m 이하 도로교 시장에 대한 실용화를 목표로 추진되었음. 철도교량 및 급속교체에 대한 연구는 포함되지 않았음

❍ 국내 건설 분야 연구가 신기술 개발이나 신제품 개발에서 유지관리 기술로 빠르게 전환하고 있고 "노후교량 장수명화 연구단"은 도로분야의 콘크리트 교량 위주의 성능평가 및 예측 기술 개발을 추진하고 있음. 또한, UAV를 활용한 대형 구조물의 점검 기술, BIM 기반의 유지관리기술이 진행중에 있고 3차원 정보 모델 기반의 공공사업을 위해 한국도로공사의 EX-BIM, 토지주택공사의 LH Civil BIM 사업이 진행되고 있을 뿐 아니라 철도 분야의 BIM 도입을 위한 연구단이 진행되고 있음. 이와 더불어 IoT 기반의 시설물 평가와 관련한 기획이 추진되고 있어서 기반 기술의 축적이 광범위하게 진행되고 있음

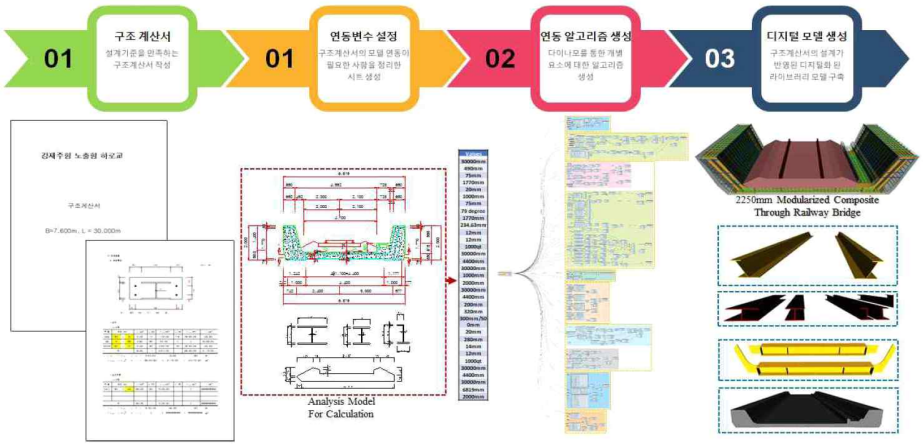


그림 2-22. 디지털 모델링에 의한 교량 설계(예)

○ 다만, 철도교와 같이 상시 운영가능상태를 유지해야 하고 노후 철도교의 수가 급증하고 있는 인프라 분야의 디지털 혁신 기술 도입이 미비하여 시급하게 진단, 평가, 유지관리, 교체, 디지털 모델 기반의 서비스 기술 개발이 추진되어야 함

○ 노후 시설물의 붕괴가능성에 대한 평가 기술 향상으로 발생 가능한 인적 물적 피해를 최소화할 수 있으며, 노후 철도교량의 인벤토리 사전 구성 및 급속 교체를 위한 시공법/장비 개발은 재난.재해 시 가장 효과적인 대처 방안이 될 수 있음. 또한. 첨단 구조 기술에 기반한 노후교량 교체 및 개량은 기존의 선로 운행 가능속도를 향상시켜 수송량 확대와 직결될 수 있음

1.2. 터널분야

❑ 지하터널의 제한된 공간으로 인하여 대형 철도보선장비의 투입이 어려워 인력위주의 시공이 이루어지고 있으므로, 장비개발을 통하여 안전성과 시공성 향상을 확보하기 위하여 개발이 이루어 졌으나, 중대형장비로 분류되어 제한이 많은 노후터널에 적용되기 어려움

○ 국내 경부고속철도 기존선 운행시 열차가 다니지 않는 새벽시간에 터널라이닝 교체를 통해 터널 개량이 실시하였으나 강지보와 토류판을 이용한 라이닝 커팅이 실시되었으나, 작업효율이 매우 낮았음. 은곡 1, 2(상) 터널 등 짧은 터널에서 실시됨

○ 하로 작업을 이용하여 터널 개량은 도상자갈 두께만 조정되었고 작업효율이 높았으나 근본적인 굴착이 이루어지는 것은 아니었기 때문에 하로량은 제한적이었고 성현(상) 터널 등 긴 터널에서 실시됨

1.3. 궤도분야

❑ 국내에서는 기존선 고속화 기술개발 사업의 "운행선 궤도구조에 관한 생력화 방안 연구"와 한국철도기술연구원 주요사업으로 추진된 "자갈도상궤도 생력화를 위한 포장궤도기술 개발" 과제에서 궤도분야에 국한적으로 개량기술개발이 수행됨.

❑ 국내는 경의선이 건설 100년이 경과하면서 기능저하가 심각하여 국내 최초로 터널과 궤도를 동시에 개량한 사례가 있으며, 서울지하철은 자갈도상궤도의 한계수명이 도래하여 전면개량을 진행 중에 있으나, 차단시간 내 시공되어야 하므로 작업시간의 한계가 발생하여 효율성이 낮은 실정임

❑ 급속경화궤도기술이 개발되어 인력시공으로 차단시간동안 최대 25m 개량 작업 가능

○ (인력시공 적용 현황) 경부선 구정리 터널, 서울메트로2호선 잠실철교 궤도개량공사,의왕역 특동선 집전시험선로공사, 서울메트로 4호선 사당역 분기기개량공사(3틀), 신분당선 교차선 신설공사, 부산교통공사 2호선 교차선 신설공사,부산지하철 2호선 교량구간 건넘선공사, 경의선 의영, 아현터널 궤도구조개량 공사

○ 시공성이 낮아 고속선 1단계구간 인력작업 불가

❑ 고속선 적용을 목표로 급속경화궤도 기계화 연구완료. 자갈포설장비(TLV, Track Lifting Machine), 몰탈(주입재) 혼합 및 주입 장비, 기존자갈 세척장비 등을 개발하여 시험시공으로 적용성 검증.

○ 고속선 개량을 위한 실용화를 위한 단계에는 이르지 못하였음

❑ 광폭침목 등을 이용한 자갈궤도 개량기술

○ 기존 운행속도(300km/h)에서 유지보수저감 등의 효과를 확인하였으나, 400km/h급 속도에서는 유지보수가 속도에 비례하여 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되어 적용 불가

❑ 아스팔트나 우레탄 등의 재료를 활용한 자갈궤도 개량공법은 연구초기단계로 2024년부터 예정된 대개량에 적용하기 곤란

❑ 서울교통공사에서 도시철도 자갈궤도 개량을 위해 B2S공법을 개발하여 적용한 사례가 있음

○ 1일 10m이내의 작업이 가능하며, 도시철도용으로 일반선과 고속선 적용이 곤란

❑ 사전제작형 슬라브패널과 탄성받침을 이용하여 도시철도 자갈궤도를 콘크리트궤도화하는 P-FIT(Precast-Fast Improvement Track)공법을 개발하여 과천선에 시험시공을 하였음

○ 1일 최대 20m 시공이 가능하며 도시철도용으로 개발되어 고속선과 일반선 적용이 곤란

❑ 자갈도상 궤도 개량 기술

○ 포장궤도 공법은 열차가 운행중인 기존선에서 자갈층을 시멘트 모르터 등으로 충전하여 고결함으로써 콘크리트궤도로 개량하는 공법으로 열차가 운행중인 영업선에서 제한된 작업시간(2~3시간)을 이용하여 일정 구간의 노후 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량 가능

○ 국내에서도 포장궤도 공법의 필요성을 인식하고 1990년대 중반부터 기초적인 검토를 시작하였으나 본격적으로는 2003년부터 개발에 착수하여 현재 기존선용 포장궤도 공법은 실용화 단계에 있음

2. 국외 기술개발 동향

2.1. 교량분야

❑ 국외에서는 미국 Jean Muller International이 교량 상부구조물을 급속교체하는 시공기술을 확보하고 있으나, 하부구조물의 급속교체 기술 개발은 미흡함

○ McKinsey의 2016년 "Imaginging construction's digital future" 보고서에서 5가지 트랜드를 제시하고 있는데 High-definition surveying and geolocation, next-generation 5D BIM, digital collaboration and mobility, the internet of things and advanced analytics, future-proof design and construction이 주요 항목임

○ 미국은 MAP-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century)에서 강구조물의 특별

관리 대상으로 FCMs(Fracture-Critical Members)를 부재의 파단이 구조물 붕괴로 이어지는 경우로 정의하고 있고 LRFD Specifications에서는 계약 문서에 설계자가 FCMs를 명기하도록 요구하고 있고, FHWA (Federal Highway Administration)에서는 붕괴유발부재에 대해서는 점검 계획을 수립하도록 제안하고 있음

❑ 미국 FHWA에서는 2010년부터 "모듈러 교량 위원회"를 구성하여 모듈러 교량의 활성화를 위한 전략 수립 등을 추진하고 있음.

❍ "Prefabricated Bridge Element & Systems"프로젝트를 수행하였으며, 이는 ABC(Accelerated Bridge Construction) 프로그램의 일부임. 이는 시설물 노후화에 따른 재시공이나 재난 및 재해에 따른 긴급 복구의 경우에 급속시공이 요구될 시 표준화된 설계화 함께 비용 절감을 이룰 수 있는 방안이다. AASHTO에서도 ACTT(Accelerated Construction Technology Transfer) 프로그램을 만들어 주별로 대표적인 급속시공 프로젝트를 소개하고 장려하고 있음

❍ 미국에서는 주로 launching gantry에 의한 노후 철도교량 급속교체 공법을 적용하고 있으며, 상당수의 실제 적용 사례가 있음. 단, 현재까지 이에 의한 교체 시공은 최소 6시간 이상의 시간을 확보해야 하는 것으로 나타남

그림 2-23. Launching Gantry에 의한 미국의 노후 철도교량 교체

❑ EU에서는 노후 철도교량 교체를 위해 이동크레인 및 가설 브라켓을 활용한 교체 공법 등을 활용하고 있음

❍ 프랑스 SNCF에서도 철도교량 교체를 위한 개량 공법을 시행하고 있으며 기존 선로 상에서 launching gantry를 주로 활용한 공법임. 다만, 급속교체가 가능한 공법은 아니며, 상당기간 선로를 점유한 상태에서 시행되는 공법을 적용하고 있음

❑ 일본은 SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)을 국가적으로 추진하면서 "Infrastructure Maintenance, Renovation and Management"를 2014년부터 5년 계획으로 수행하였으며 약 31억엔(약 350억원)의 예산을 투입하였음.

❍ 건설분야에서 진행하면서 로보틱스, 센싱, 드론, 자산관리 시스템을 활발하게 개발하였으며, 50년 이상 노후 교량과 터널의 교체기술 개발을 추진하였음. 현재 2기 SIP가 수행 중임

그림 2-24. 일본의 인프라 자산관리기술 체계

2.2. 터널분야

❑ 국외의 경우 독일에서 운행선을 차단하지 않은 상태에서 터널개량이 추진되었으나, 협소한 공간에서 작업을 실시하기 때문에 효율이 낮고 원지반 굴착에 따른 붕락 위험도 있으므로 아직까지는 짧은 터널에서만 사용되고 있음

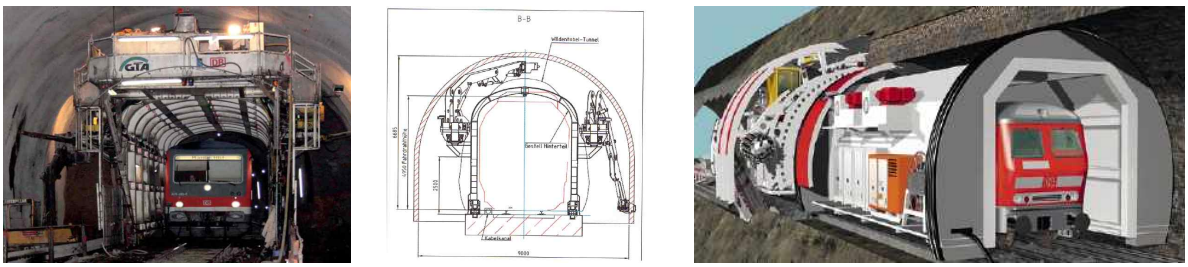


그림 2-25. 특수장비를 이용한 상방향 개량

※ 출처: GTA Maschinensysteme Gmbh社 ; Breuning et al, 2011 ; Herrenknecht AG社

❑ 일본에서는 매우 다양한 터널개량공사를 진행하고 있음. 각 터널개량은 터널의 형식, 지반조건, 개량범위에 따라 다양한 공법을 적용하고 있으며, 로드헤더(roadheader)공법, 저면굴삭공법, 개량용실드공법, 개량형TBM공법, 선단추진공법 등이 적용되고 있음.

❑ 도심지와 같이 발파굴착과 개착공사의 제약이 있으며, TBM(Tunnel Boring Machine)공법을 적용하기 어려운 터널을 중심으로 부분단면 굴착기(partial-face machine)인 로드헤더에 의한 기계굴착 시공사례가 증가함.

❍ 유럽의 경우 연장이 짧은 도심지 터널에서 많이 사용되고 있음.

❍ 미국의 경우 최근 들어 건설되고 있는 뉴욕의 East Side Access터널, 대단면 터널인 캘리포니아 Devil's Slide터널, Caldecott Fourth Bore 고속도로 터널 등의 대규모 프로젝트에서도 로드헤더의 활용도가 높음.[34)]

❍ 일본에서는 기존 도로터널의 확폭을 위한 삼일월공법에 로드헤더를 활용한 사례가 있으

34) Tunnel Business Magazine, 2011

며, 라이닝 철거를 포함하여 2~9m 정도의 터널폭을 6~15m로 확폭하였으며, 연장은 330m 시공한 사례가 있음.

그림 2-26. 로드헤더를 활용한 일본의 터널 확폭 시공 사례

2.3. 궤도분야

❑ 유럽에서는 건설재료 재활용 및 전공정 자동화 시공장비를 활용하여 노반과 궤도를 일괄적으로 개량할 수 있는 기술을 적용

그림 2-27. PM200-2R 자동화 시공장비 (Plasser & Theurer)

❑ JR 동일본에서는 열차의 승차감 향상과 궤도 보수 작업을 경감시킬 목적으로 개발된 TC형 생력화 궤도를 열차 수송 밀도가 높은 수도권을 중심으로 부설하였음.

○ TC형 생력화궤도는 1998년부터 제1기 공사로서 야마노테센(마치다~신쥬쿠~다바타 구간) 35km을 4구간을 4년간에 부설했음.

○ 제2기 공사는 시공 체제를 재검토해 2구간을 늘린 6구간의 시공체제로 변경하고 편수식 도상굴삭기 및 대형 호퍼차를 각각 1대 도입해 시공효율을 개선했음.

○ 또 충전차 중 1편성을 시멘트 사일로차와 물탱크차를 개량해 충전 효율을 대폭 개선하였으며 2002년부터 5년간에 야마노테센(마치다~신쥬쿠~다바타구간)외 4선구의 111km를 부설하였음. 제2기 공사까지 완료되어 주요 5선구 146km를 부설하였음

○ 그 결과, 괘선 상태 및 유지보수 경감에 있어 이미 기대했던 효과를 확인할 수 있었기 때문에, 2007년부터 토호쿠 화물선과 톳카이도선을 중심으로 제3기 공사에 착수하였음

❑ 일본은 256km의 선로를 포장궤도로 개량하였으며, JR동일본은 제외한 JR서일본, JR중앙, JR홋카이도 등에서도 별도의 선로개량작업을 진행중에 있기 때문에 년간 약 40km(km당 25억원 수준)의 선로구조개량 시장이 확보되어 있으며, 향후에는 점진적으로 증가할 것으로 예상됨

궤도급속개량 (경의선)

교량개량 (중앙선)

터널개량 (독일)

그림 2-28. 국내외 철도시설물 개량 사례

3. 특허 및 논문 분석

3.1. 특허 분석 범위 및 방법

❑ 2020년 07월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국의 특허를 대상으로 분석.

3.1.1. 특허 분석대상 검색 DB 및 검색범위

❑ 분석대상 특허

❍ 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2019년 02월부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 2019년 1월 31일까지 출원된 특허로 한정함

표 2-10. 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	Keywert	~ 20.07.31	공개 및 등록특허 전체문서
	미국 (USPTO)	Keywert		
	일본 (JPO)	Keywert		
	유럽 (EPO)	Keywert		
	중국 (CN)	Keywert		

3.1.2. 분석대상 기술 및 검색식 도출

❑ 기술분류체계

❍ 특허기술동향조사 분석에서는 도출된 후보과제의 기술 체계를 기준으로 정량분석 및 지표분석을 실시함

표 2-11. 분석대상 기술 분류

기술명	세부기술 범위 및 내용
디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)	- 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성 - 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발 - 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토 - 급속교체를 위한 최적 설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 수직/수평 가설공법 개발 - BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 - 하부지반 건전도 평가 및 개량기술 개발 - 개량구간-비개량구간 접속부 보강기술 개발
고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)	- 열차 차단시간 내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발 - 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석 - 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립 - 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토 - 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립 - 400km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립
터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)	- 노후 터널 라이닝 상태 평가 기술 (LiDAR, 비젼, GPR 등) - 노후 터닐 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발 (로드헤더 등) - 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발 - 라이닝 표면 금속보강 재료 개발(뿜어붙이기용 콘크리트 및 FRP, 보강 sheet 등) - 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발

❑ 검색식 도출

❍ 특허기술동향조사의 각 기술 분류별 특허검색을 위한 키워드를 조합하여 각 중분류 기술별 검색식을 작성함. 최종 검색식을 검색DB에 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)의 건수는 다음 표와 같음

표 2-12. 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수

대분류	중분류	검색 건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CN)	계
철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술 (A)	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)	366	917	958	717	1,413	4,371
	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)	144	239	214	264	686	1,547
	터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)	122	288	109	74	83	676
총계		632	1,444	1,281	1,055	2,182	6,594

표 2-13. 기술분류체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	검색식
철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술 (A)	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)	((디지털* 스마트* 프리팹* 프리패브* 모듈러 모델* 3차원* 쓰리디 입체* 가상* 시뮬* digital* smart* prefab* BIM modular* model* 3d dimension* imagin* simulat*) and (노후* 노화* 낡* 오래* old* aging* deteriorat* obsole* geronti*) and (교량 다리 브릿지 철도 철로 철길 선로 트랙 레일* bridge rail* track*) and (교체* 교환* 교대* 대체* 점검* 검토* replac* chang* substit* alter* check* inspect* exam* revi* switch*) and ipc:(e01* e04*)) or ((접속부 궤도 노반 다리 레일 철도 철로 선로 철길 트랙 브릿지 bridge abutment* approach* track* rail* roadbed (road adj bed)) and (이상 오류 문제 에러 결함 고장 침하 trouble* break* error* defect* flaw* fault* fail* settle* sink* subsid*) and (분석 탐지 발견 감지 예측 진단 analy* detect* sens* percept* predict* find* discover* forecast* diagnos*) and ipc:(e01* e04*))
	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)	(((자갈 쇄석 밸러스트 gravel* crush* ballast*) near3 (궤도 철도 선로 철로 철길 track* rail*)) and (개량* 개선* 보강* 보수* 수리* 도상* improv* upgrad* better* develpo* advanc* refine* reinforc* strength* work* repair* fix* maintenanc*) and ipc:(e01* e04*)) or (TAC_DSC:(초고속 400KM 350KM 차세대 (SUPER N/2 HIGH*) (ULTRA N/2 HIGH*) SUPERHIGH* ULTRARHIGH* (NEXT N/2 GENERATION)) AND (궤도 철도 트랙 선로 철로 철길 track* rail*) AND (개량* 개선* 보강* 보수* 수리* 도상* improv* upgrad* better* develpo* advanc* refine* reinforc* strength* work* repair* fix* maintenanc*) and ipc:(e01* e04*))
	터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)	(노후* 노화* 낡* 오래* old* aging* deteriorat* obsole* geronti*) and (((터널 굴 tunnel*) adj (라이닝 복공 표면 피복 코팅 lining surface coating cover*)) and (개량* 개선* 보강* 보수* 수리* 평가* improv* upgrad* better* refine* reinforc* strength* work* repair* fix* maintenanc* vaulat* assess*)) and ipc:(e01* e04*)

3.1.3. 유효특허 선별 기준 및 결과

❑ 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 Raw Data에서 본 특허기술동향조사의 대상이 되는 노후 철도구조물 급속개량 기술과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외하고자 노이즈제거 기준을 작성하였으며, 이를 기준으로 각 중분류별 국가별 유효특허를 추출함. 추출한 유효데이터를 대상으로 본 조사 정량분석을 진행함

표 2-14. 분석대상 기술 분류

대분류	중분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술 (A)	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)	- 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출 1. 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성 2. 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발 3. 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토 4. 급속교체를 위한 최적 설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 수직/수평 가설공법 개발 5. BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 6. 하부지반 건전도 평가 및 개량기술 7. 개량구간-비개량구간 접속부 보강기술 - 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출
	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)	- 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출 1. 열차 차단시간내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발 2. 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석 3. 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능 개선 방안 수립 4. 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토 5. 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립 6. 400km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립 기술 - 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출
	터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)	- 아래의 세부기술들이 포함된 기술을 유효데이터로 추출 1. 노후 터널 라이닝 상태평가 기술 2. 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발 3. 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발 4. 라이닝 표면 급속보강 재료 개발 5. 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발 - 국제특허분류(IPC) : E01(도로, 철도 또는 교량의 건설) 및 E04(건축물)에 속하는 기술을 유효데이터로 추출

표 2-15. 유효특허 선별결과

Raw-data	유효특허	선별비율
6,594	1,079	16.4%

대분류	중분류	유효데이터 건수					
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	중국 (CN)	계
철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술 (A)	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)	148	135	219	79	90	668
	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)	36	34	55	58	50	233
	터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)	32	27	56	43	20	178
합 계		216	196	327	180	160	1,079

3.2. 분석 방법

❑ 본 특허기술동향조사는 특허동향분석(정량분석)과 지재권 중심의 특허심층분석(정성분석)으로 나누어 분석을 수행함

3.2.1. 특허동향조사

❑ 특허동향조사는 주요 국가별 특허출원 동향과 주요 경쟁사(출원인) 분석, 특허기술 성장단계 분석으로 나누어 분석함

❑ 주요 국가별 특허출원 동향에서는 조사대상국인 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 및 중국(CN) 등 주요 국가별 연도별 특허출원 동향, 내·외국인 특허출원 동향을 분석함

❑ 주요 경쟁사(출원인) 분석에서는 상위 다출원인을 도출하여 해당 출원인의 기술 확보력, 주력 기술 분야, 특허출원 밀집도 등을 분석함

❑ 특허기술 성장단계 분석에서는 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 특허 기술 성장 단계를 분석함. 또한 세부기술별 국가별 특허점유율 및 증가율 등을 분석하여 각 기술별 특허출원 경향 및 기술 특성, 상대적인 유망함 정도를 파악함

3.2.2. 특허심층분석

❑ 특허심층분석은 핵심특허 현황 및 분석과 정량분석에서 선별한 논문의 분석을 통해 상대적으로 연구개발이 많이 되지 않은 분야를 찾아내고, 분야와 관련된 기술에 대한 특허 등

록 가능성을 검토하여 신규 IP 획득 전략을 수립함

3.3. 주요 국가별 특허출원 동향

3.3.1. 연도별 출원동향

- ❑ 분석의 목적은 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 해당 기술을 선도하는 국가 파악
- ❑ 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악

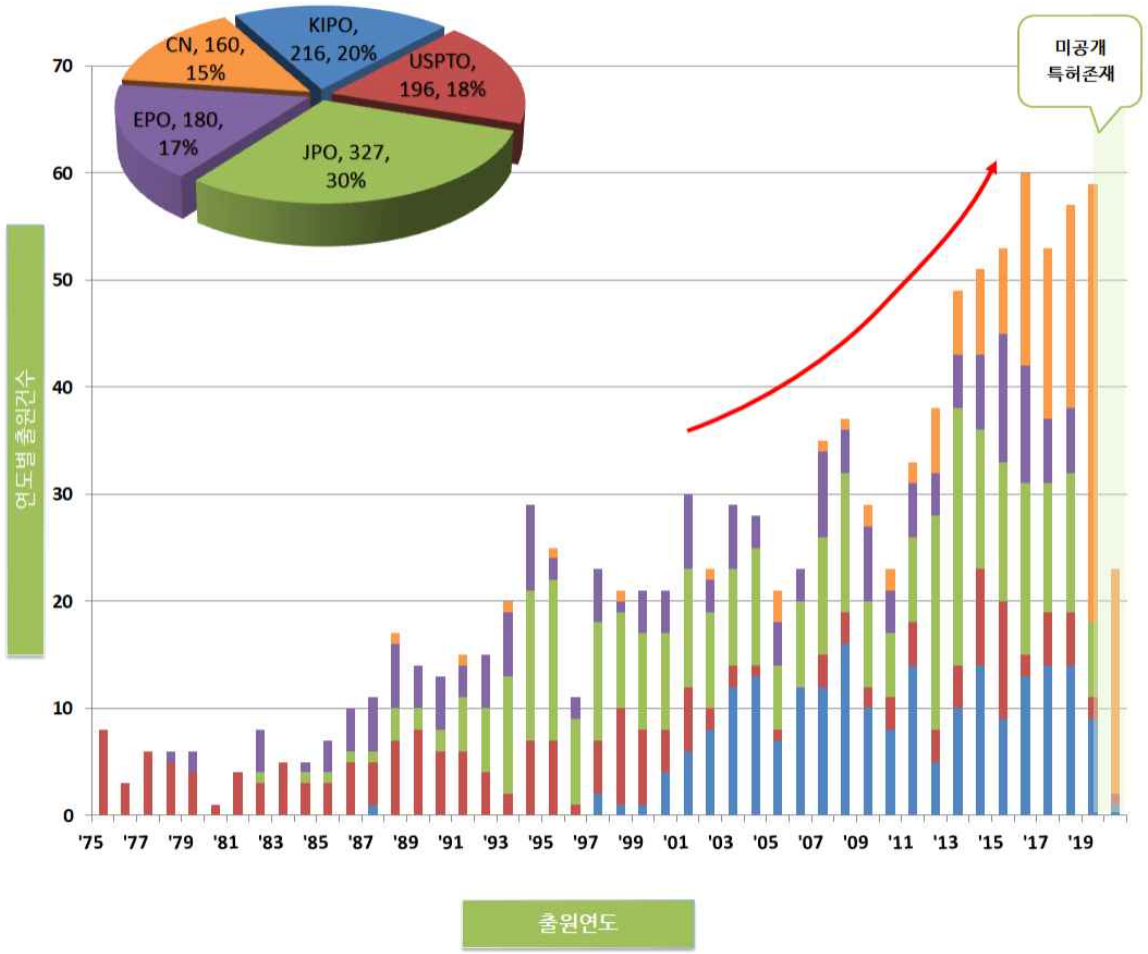


그림 2-29. 주요 출원국 연도별 특허동향

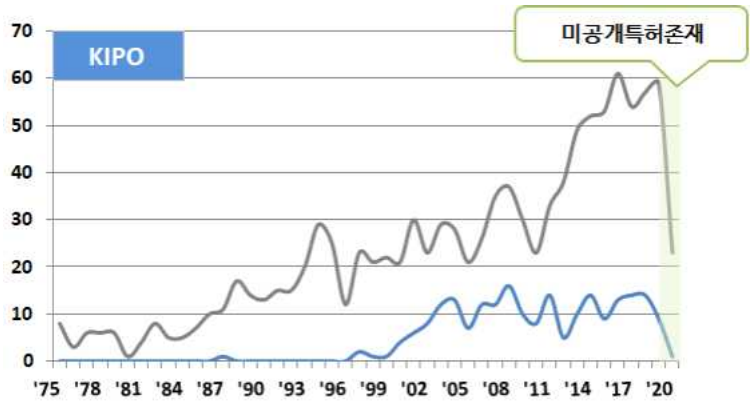


그림 2-30. 연도별 특허동향(한국)

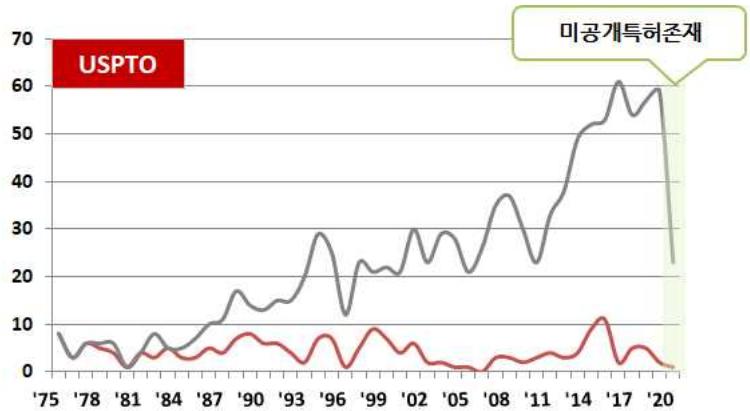


그림 2-31. 연도별 특허동향(미국)

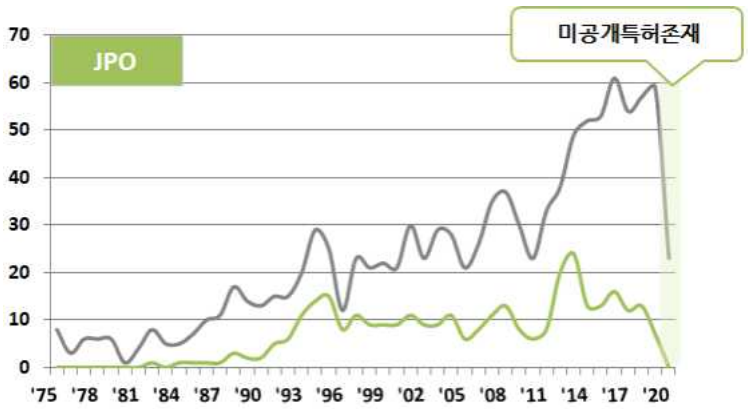


그림 2-32. 연도별 특허동향(일본)

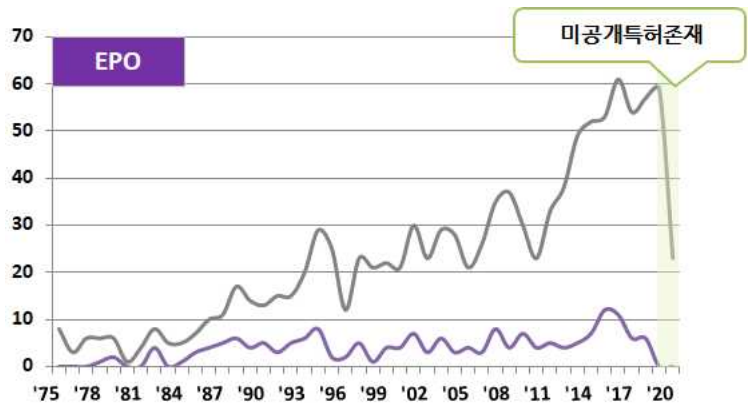


그림 2-33. 연도별 특허동향(유럽)

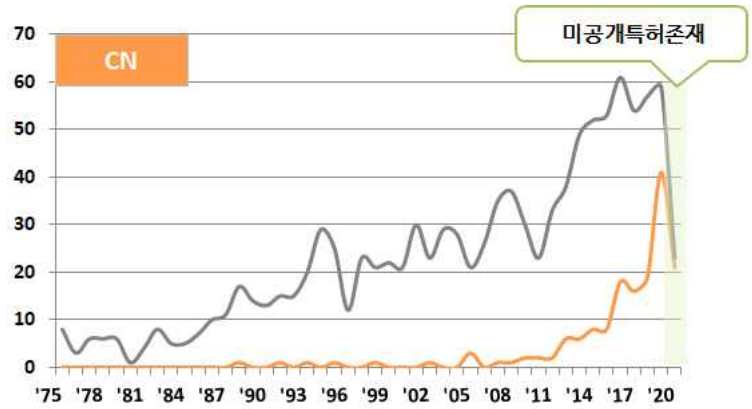


그림 2-34. 연도별 출원동향(중국)

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 1975년부터 관련 출원이 나타나기 시작하여 1990년부터 관련된 연구가 본격적으로 시작된 것으로 판단됨. 출원초기부터 출원의 증감을 반복하고 있지만, 거시적으로 보았을 때 출원건수가 증가하고 있는 것으로 나타나고 있음

❍ 1990년부터 출원이 증가하게 된 원인으로는 1964년 세계 최초의 고속철도가 일본에서 시작된 이후로, 철도에 대한 수요가 급격하게 증가하였고 기존에 운행했던 일반철도뿐만 아니라 고속철도 관련 시설 역시 운행한 시간이 30년 이상 경과됨. 이에 따라 전반적인 철도시설의 노후화로 인해 사고·장애가 나타나기 시작하면서 관련 출원이 증가한 것으로 판단됨

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 216건(20%), 미국(USPTO) 196건(18%), 일본(JPO) 327건(30%), 유럽(EPO) 180건(17%), 중국(CN) 160건(15%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 보유하고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 분석구간 초기부터 1980년 후반까지는 미국의 출원 비중이 높은 것으로 나타나고 있음. 하지만 1990년부터 항공 산업이 발달함에 따라 철도 산업에 대한 수요가 감소하게 됨. 이로 인해 1980년 후반부터 유럽, 1990년 초중반부터는 일본의 출원 비중이 증가하기 시작하여 이는 최근까지도 전체 출원의 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에서 한국(KIPO)은 216건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기구간에서는 출원이 나타나지 않다가 2000년부터 본격적으로 출원이 나타나기 시작함. 그 후로 현재까지 꾸준하게 출원이 나타나고 있으며, 최근구간에서 중국 다음으로 활발한 출원활동을 하고 있는 것으로 나타나고 있음

❍ 한국의 특허동향은 2000년 이후부터 본격적인 연구개발이 시작된 것으로 보임. 그리고 특정 기업에 의한 출원보다는 민간·기업·정부기관들이 골고루 출원을 해서 출원활동이 나타나고 있음. 특히 2004년 철도시설을 전문적으로 관리하기 위해 한국철도시설공단이 관리되어 철도시설에 대한 체계적인 관리 체계를 구축한 이후, 관련 출원은 지속적으로 나타나고 있음

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에서 미국(USPTO)은 196건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기부터 최근까지 완만한 출원의 증감을 보이고 있음

❍ 미국의 경우, 분석구간 초기에는 전체시장에서 높은 비중을 차지하고 있었음. 하지만 다

른 출원국에 비해 미국의 출원건수는 급격하게 증가하거나 감소하지 않고 일정수준을 유지하고 있는 것으로 나타나고 있음

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에서 일본(JPO)은 327건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 분석구간 초기에는 출원이 거의 없었지만, 1990년 초반부터 관련 기술에 대한 연구개발이 본격적으로 진행됨에 따라 관련 출원이 나타나기 시작함. 그 후 현재까지도 출원건수가 주요 출원국들 중 가장 많은 것으로 나타나고 있음

❍ 일본의 경우, 1990년 중반부터 출원의 증가세를 보이고 있음. 이는 앞서 언급했듯이 1964년 일본에서 고속철도가 최초로 운행된 이후 시간이 지남에 따라 노후화된 철도시설로 인한 문제들이 발생함에 따라 관련 출원이 증가한 것으로 판단됨. 또한 정부산하의 기관에서 다수의 관련 출원을 보유하고 있지만, 출원은 기업에서 많이 나타나고 있는 바, 연구기관이 보유한 원천특허를 기업들이 사용하면서 관련 출원이 나타나고 있는 것으로 판단됨

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에서 유럽(EPO) 특허는 180건으로 미국 다음으로 오랜 기간동안 꾸준하게 출원이 나타남

❍ 분석의 범위가 되는 유럽 특허는 유럽 개별국가별로 직접 출원한 특허가 아닌 유럽특허청(EPO)을 통해 지정국을 정하여 출원하는 건이며, 타 국가 특허와 비교적 기술적 중요도, 상품연계 가능성, 패밀리의 크기가 큰 특징이 있음. 또한 글로벌 정책으로부터의 영향이 상당히 크다고 할 수 있음

❍ 유럽의 경우, 분석구간 초기부터 출원이 나타나기 시작하여 일본보다 약 10년 빠른 1980년 중후반부터 관련 기술에 대한 연구개발이 본격적으로 진행된 것으로 나타나고 있음. 이는 세계 최초로 철도가 유럽에서 시작된 만큼 일본에 비해 노후화된 철도시설에 관한 연구개발이 일찍 시작되었기 때문인 것으로 판단됨

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에서 중국(CN)은 160건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 최근에 주요 출원국들 중 급격한 출원성장세를 보이고 있음

❍ 중국의 경우, 분석구간 초기에는 출원이 거의 나타나지 않았지만, 2010년 중반부터 주로 국가 산하의 철도기관과 대학에 의한 출원이 많이 나타나고 있는 것으로 분석됨

3.3.2. 내·외국인 특허출원 동향

❑ 분석의 목적은 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 출원인 국적을 구분하여 내국인과 외국인의 출원 분포를 파악

❍ 국가별 외국인 국적별 출원건수를 분석하여 해당 국가 내 국외 기술의 유입 상황 및 국외 기술에 대한 의존도 여부, 자국 기술력 등을 유추

❍ 과거부터 최근까지의 국가별 내·외국인 출원건수를 비교하여 해당 국가 내에서 기술개발을 주도하는 내·외국인 여부의 변화 추이를 파악

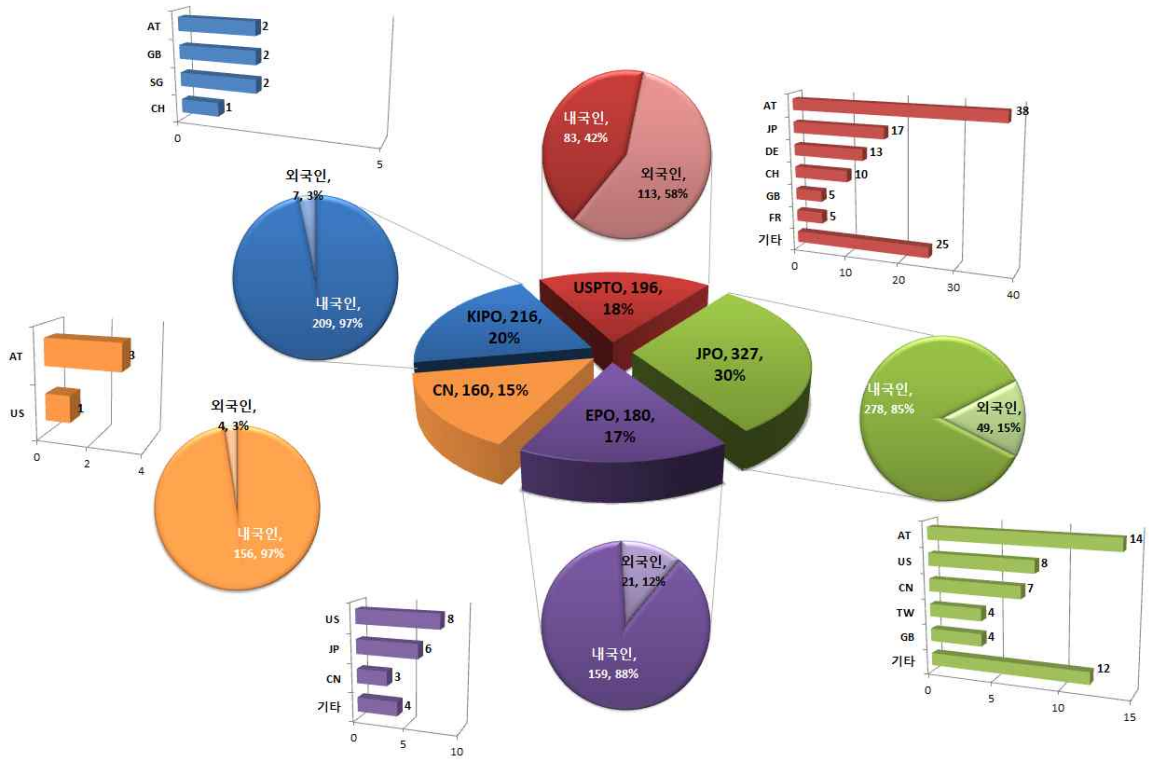


그림 2-35. 주요 출원국 내·외국인 특허출원 현황

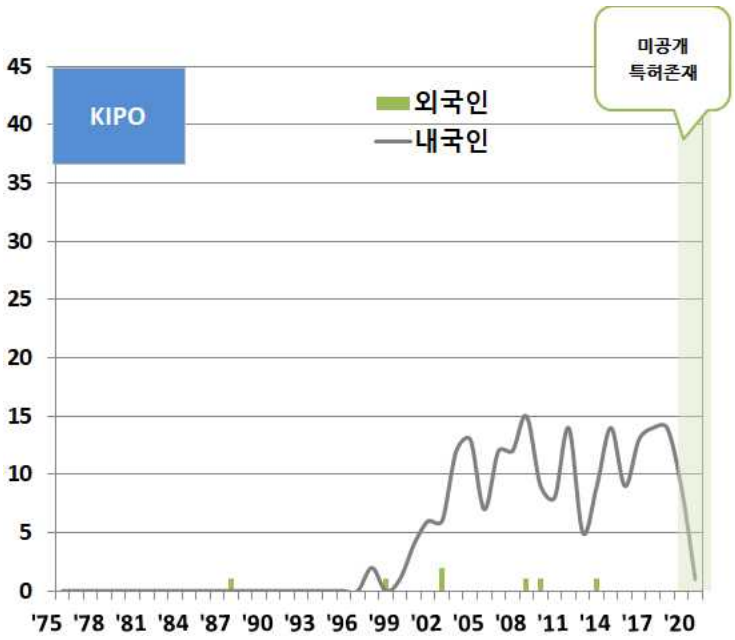


그림 2-36. 연도별 내·외국인 특허출원현황(한국)

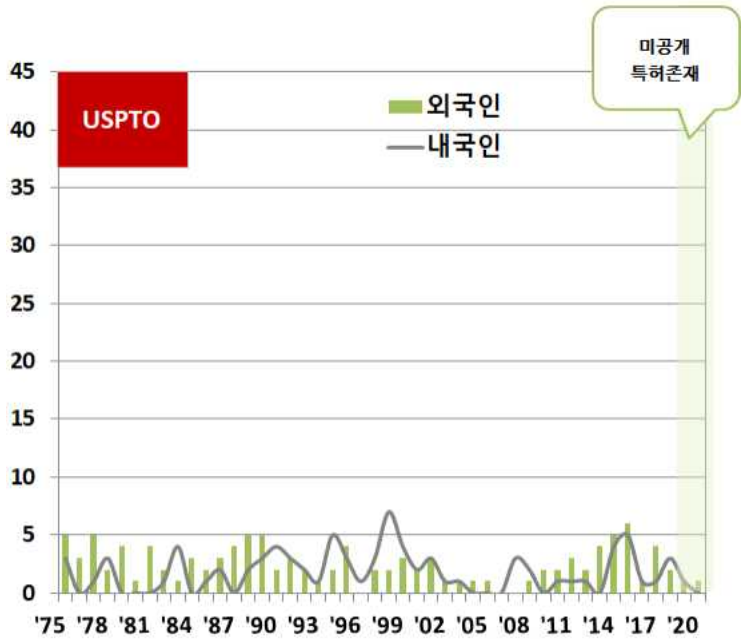


그림 2-37. 연도별 내·외국인 특허출원현황(미국)

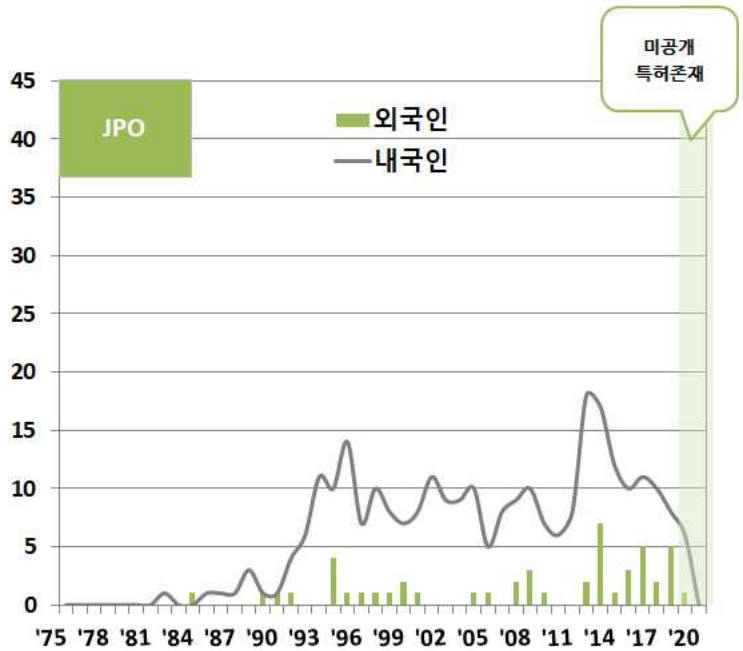


그림 2-38. 연도별 내·외국인 특허출원현황(일본)

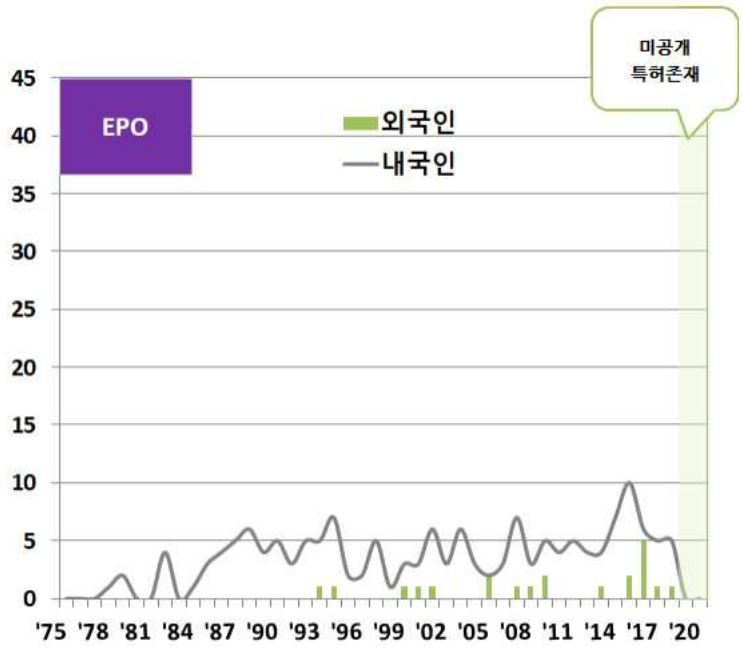


그림 2-39. 연도별 내·외국인 특허출원현황(유럽)

그림 2-40. 연도별 내·외국인 특허출원현황(중국)

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 대한 국가별 출원된 특허는 한국(KIPO) 216건, 미국(USPTO) 196건, 일본(JPO) 327건, 유럽(EPO) 180건, 중국(CN) 160건이며, 내·외국인의 특허출원 비율 및 현황은 국가별로 상이함

❑ 한국(KIPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 97%(209건), 외국인 3%(7건)의 비율이 나타남

❍ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 한국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 70~75%인 것과 비교하여, 본 노후 철도구조물 급속개량 기술은 자국 중심의 출원 경향이 매우 강한 것으로 나타남

❍ 한국(KIPO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 분석구간 초기부터 최근까지 대부분 내국인의 출원 비중이 상당히 높은 것으로 유지되고 있으며, 외국인에 의한 출원은 매우

적음. 따라서 현재까지의 출원 현황을 살펴보았을 때, 한국은 자국 중심 연구·개발 특성이 강하다는 것으로 해석할 수 있음

○ 한국(KIPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 오스트리아, 영국 등 주로 유럽 국적의 출원인이 출원을 하는 것으로 나타남

❑ 미국(USPTO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 42%(83건), 외국인 58%(113건)의 비율이 나타남

○ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 미국의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 65% 내외인 것과 비교하여, 본 노후 철도구조물 급속개량 기술은 외국인의 연구·개발 비중이 다소 높은 것으로 나타남

○ 미국(USPTO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 분석구간 초기에는 내·외국인 출원 비중이 비슷한 구간도 일부 나타났음. 내국인에 의한 출원과 외국인에 의한 출원 모두 증감을 반복하고 있으나, 외국인에 의한 출원이 내국인에 의한 출원보다 조금 더 많이 나타나고 있음. 하지만 한국이나 일본, 중국처럼 내국인에 의한 출원과 외국인에 의한 출원이 큰 차이를 보이고 있지는 않음. 미국(USPTO)은 타 기술 분야 대비 해당 기술에서 외국인에 의한 연구·개발 특성이 강하게 나타남

○ 미국(USPTO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 오스트리아 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 일본, 스위스, 독일, 영국, 이탈리아 등 다양한 국적의 출원인이 미국 내 특허를 출원하였음

❑ 일본(JPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 85%(278건), 외국인 15%(49건)의 비율이 나타남

○ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 일본의 특허출원 경향이 내국인 출원 비율 약 85% 내외인 것과 비교하여, 노후 철도구조물 급속개량 기술은 통상 기술 분야와 유사한 형태의 경향을 보이는 것으로 나타남

○ 일본(JPO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 초기 출원구간 일부를 제외하면 대부분 구간에서 내국인의 출원 비중이 상당히 높은 것으로 나타나며, 최근까지도 이러한 추세가 나타나고 있음

○ 일본(JPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 미국과 동일하게 오스트리아 국적의 출원인이 가장 많은 특허를 출원하였으며, 그 외에는 미국, 중국, 대만, 영국 등 다양한 국적의 출원인이 출원을 한 것으로 나타남

❑ 유럽(EPO)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 88%(159건), 외국인 12%(21건)의 비율이 나타남. 유럽 특허에서의 내국인은 유럽연합(EU)가입국 국적의 출원인을 의미하고 외국인은 그 외 국적의 출원인을 의미함

○ 유럽(EPO) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 분석구간 초기부터 최근까지 대부분의 구간에서 내국인의 출원 비중이 외국인의 출원 비중보다 높은 것으로 나타남

○ 유럽(EPO)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 일본과 미국, 한국, 중국 국적의 출원인이 출원을 했지만, 국가별 출원건수의 차이는 크지 않음

❑ 중국(CN)의 내·외국인 특허출원 비율 및 현황을 살펴보면, 내국인 97%(156건), 외국인 3%(4건)의 비율이 나타남

○ 중국(CN) 특허기술의 내·외국인 출원 현황에서, 2010년 중반부터 본격적으로 출원이 시

작되었으며, 거의 모든 구간에서 내국인에 의한 출원 비중이 외국인의 출원 비중보다 매우 높은 것으로 나타남

○ 중국(CN)에 출원한 외국인의 국적을 살펴보면, 오스트리아와 미국 국적의 출원인이 출원을 했으나 출원건수는 매우 적음

3.4. 주요 경쟁사(출원인) 분석

3.4.1. 주요 출원인 현황 및 집중분야

❑ 분석의 목적은 특허의 정량적인 요소를 기준으로 하여, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 기술을 주도하는 기관 및 기업을 파악

- 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 거시적 관점의 향후 트렌드 예측

○ 연구개발에 있어 심층적인 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

❑ 다출원 기준 주요 출원인 현황 분석

표 2-16. 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관성격	출원건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율	주력 기술 분야
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN		
1	Plasser & Theurer	AT	산	87	2 (2%)	33 (38%)	12 (14%)	35 (40%)	5 (6%)	18%	AB
2	철도종합기술연구소	JP	연	35	0 (0%)	0 (0%)	35 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-29%	AB
3	한국철도기술연구원	KR	연	20	19 (95%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (5%)	0 (0%)	50%	AB
4	Hochtief Aktiengesellschaft	DE	산	13	0 (0%)	6 (46%)	0 (0%)	7 (54%)	0 (0%)	-100%	AC
5	HP3 Real GmbH	AT	산	13	0 (0%)	3 (23%)	2 (15%)	7 (54%)	1 (8%)	신규 출원	AB
6	서일본여객철도	JP	산	12	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%	AB
7	CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED	CN	산	11	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (9%)	10 (91%)	900%	AC
8	Scheuchzer S.A.	CH	산	11	0 (0%)	4 (36%)	1 (9%)	6 (55%)	0 (0%)	출원 없음	AA
9	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	JP	산	10	0 (0%)	0 (0%)	9 (90%)	1 (10%)	0 (0%)	0%	AA

순위	출원인	국적	기관성격	출원건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율	주력 기술 분야
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN		
10	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION	CN	산	9	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (100%)	700%	AA
11	Harsco Corporation	US	산	9	0 (0%)	7 (78%)	0 (0%)	2 (22%)	0 (0%)	신규 출원	AA
12	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG	CN	학	8	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (100%)	신규 출원	AA
13	KAJIMA CO	JP	산	7	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%	AA
14	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO	JP	산	7	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	신규 출원	AA
15	TAISEI CO	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	신규 출원	AA
16	CENTRAL JAPAN RAILWAY CO	JP	산	6	0 (0%)	1 (17%)	3 (50%)	2 (33%)	0 (0%)	-100%	AB
17	OHBAYASHI CO	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	5 (83%)	1 (17%)	0 (0%)	신규 출원	AC
18	Nordco Inc.	US	산	6	0 (0%)	5 (83%)	0 (0%)	1 (17%)	0 (0%)	신규 출원	AB
19	VolkerRail Nederland BV	NL	산	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0%	AA
20	Tekken Construction Co., Ltd.	JP	산	5	0 (0%)	4 (80%)	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음	AC

- 중략 -

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

* 주력 기술분야: (AA) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술, (AB) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술, (AC) 터널 라이닝 급속개량 기반기술

* 주력 기술분야: (AA) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술, (AB) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술, (AC) 터널 라이닝 급속개량 기반기술

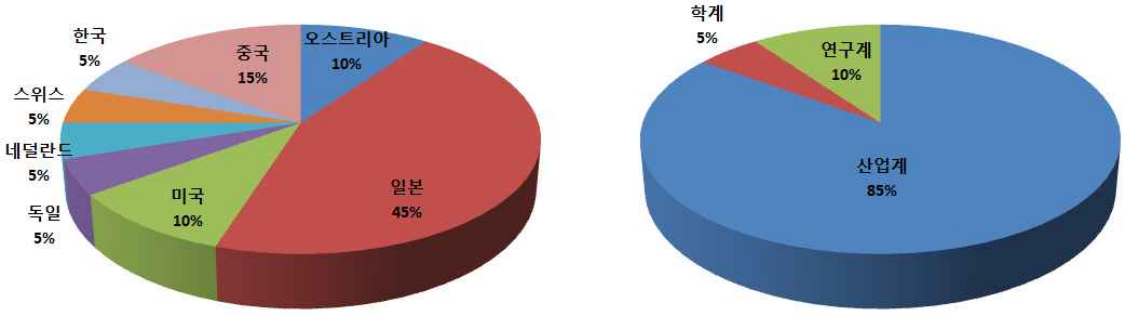


그림 2-41. 다출원 기준 주요 출원인(상위 20위) 국적 및 기관특성 비중

○ 노후 철도구조물 급속개량 기술과 관련하여 최상위 다출원인은 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer社이고, 다음으로 일본 국적 출원인 철도종합기술연구소, 한국 국적 출원인 한국철도기술연구원순으로 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타나고 있음. 해당 기술은 다출원 기준으로 일본 및 유럽이 주도하고 있는 것으로 파악됨. 국내 기관 및 기업은 정부 산하의 연구기관 한국철도기술연구원이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

○ 다출원 기준 상위 20위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 45%, 중국 국적의 기관 및 기업이 15%, 미국 및 오스트리아 국적의 기관 및 기업이 10%, 한국, 네덜란드, 스위스, 독일 국적의 기관 및 기업이 각각 5%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 85%가 산업계, 10%가 연구계, 5%가 학계로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

○ 다출원 기준 상위 20위의 주요 출원인 중 대부분이 주로 자국 위주의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 유럽 국적의 출원인의 경우, 자국 외 국가에서도 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남. 미국 국적 기업인 Nordco社, Harsco社는 자국 외 유럽에도 특허를 출원하였으며, 일국의 Tekken社는 자국이 아닌 미국에서 더 많은 특허를 출원하였음. 한국 국적 기관인 한국철도기술연구원은 자국뿐만 아니라 유럽에도 특허를 출원한 것으로 나타남

○ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 상위 출원인들을 제외하면 최근 5년간 출원이 없거나, 신규 출원인 출원인들이 많아 시장에 신규출원인들이 진입하고 있는 것으로 나타나는 바, 본 과제 기술은 신규출원이거나 높은 값의 출원상승률이 나타나는 출원인들이 많아 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 국가별 주요 출원인 현황 분석

표 2-17. 국가별 다출원 기준 주요 출원인

순위	KIPO			USPTO			JPO			EPO			CN		
	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수
1	한국철도기술연구원 [KR]	연	19	Plasser & Theurer [AT]	산	33	철도종합기술연구소 [JP]	연	35	Plasser & Theurer [AT]	산	35	CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED [CN]	산	10
2	한국철도공사 [KR]	산	5	Harsco Corporation [US]	산	7	Plasser & Theurer [AT]	산	12	HP3 Real GmbH [AT]	산	7	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION [CN]	산	9
3	삼표피앤씨 주식회사 [KR]	산	4	Hochtief Aktiengesellschaft [DE]	산	6	서일본여객철도 [JP]	산	12	Hochtief Aktiengesellschaft [DE]	산	7	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG [CN]	학	8
4	㈜에스코알티에스 [KR]	산	4	Nordco Inc [US]	산	5	MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]	산	9	Scheuchzer S.A. [CA]	산	6	Plasser & Theurer [AT]	산	5
5	김정현 [KR]	개인	3	Scheuchzer S.A. [CH]	산	4	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO [JP]	산	7	VolkerRail Nederland BV [NL]	산	5	CHINA RAILWAY SIYUAN SURVEY AND DESIGN GROUP CO LTD [CN]	산	4
6	한국도로공사 [KR]	산	3	Canron Corporation [US]	산	4	KAJIMA CO [JP]	산	7	DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.p.A [IT]	산	4	UNIV CENTRAL SOUTH [CN]	학	4

순위	KIPO			USPTO			JPO			EPO			CN		
	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수	출원인(국적)	기관성격	출원건수
7	한국건설기술연구원 [KR]	연	3	Tekken Construction Co Ltd [JP]	산	4	TAISEI CO [JP]	산	6	Robel Bahnbaumaschinen GmbH [DE]	산	3	RAILWAY ENGINEERING RES INSTITUTE CHINA ACADEMY OF RAILWAY SCIENCE [CN]	연	3
8	㈜삼현피에프 [KR]	산	3	Martin Marietta Materials, Inc [US]	산	4	OHBAYASHI CO [JP]	산	5	Charcon Tunnels Limited [GB]	산	3	CHINA RAILWAY FIRST SURVEY & DESIGN INST GROUP LTD [CN]	산	3
9	서울메트로 [KR]	산	3	HP3 Real GmbH [AT]	산	3	JFE 엔지니어링 주식회사 [JP]	산	4	Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG [DE]	산	3	UNIV TONGJI [CN]	학	2
10	Plasser & Theurer [AT]	산	2	University of Central Florida [US]	학	3	KUMAGAI GUMI CO LTD [JP]	산	4	Martin Marietta Materials, Inc [US]	산	2	UNIV BEIJING JIAOTONG [CN]	학	2

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술과 관련하여 한국, 미국, 유럽, 중국 특허청별 다출원 기준 주요 기관 및 기업을 살펴본 결과, 한국(KIPO)은 한국철도기술연구원, 한국철도공사, 삼표피앤씨 주식회사, 에스코알티에스, 김정현, 한국도로공사, 한국건설기술연구원, 삼현피에프, 서울메트로 등 자국 국적의 기관 및 기업이 특허를 출원한 것으로 나타나며, 외국 기업으로는 오스트리아의 Plasser & Theurer가 다출원인 상위랭크에 위치하고 있음.

❍ 미국(USPTO)의 경우, 미국 국적이 아닌 오스트리아 국적 기업 Plasser & Theurer, 독일 국적 기업 Hochtief Aktiengesellschaft 등의 유럽 국적의 출원인들이 최상위권에 위치하며, 그 밖에도 다양한 국적의 기관 및 기업이 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남.

❍ 일본(JPO)은 국가 산하의 연구기관인 철도종합기술연구소가 최상위권에 위치하고 있고, 다음으로 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer가 유일한 외국 국적의 상위 다출원인인 것으로 나타남, 그 밖에 서일본여객철도, MITSUBISHI HEAVY IND LTD, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO, KAJIMA CO 등의 자국 국적의 기관 및 기업이 특허를 출원하고 있음.

❍ 유럽(EPO)은 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer, 캐나다 국적 기업 Scheuzhzer

SA, 독일 국적 기업 Hochtief Aktiengesellschaft 등 유럽 국적의 기업이 주로 특허 출원을 한 것으로 나타남.

❍ 중국(CN)은 중국 국적의 CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED, CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION, UNIV SOUTHWEST JIATONG 등이 다출원인으로 나타났으며, 오스트리아 국적의 Plasser & Theurer이 유일한 외국 국적의 다출원인으로 나타남

❍ 타 기술 분야에서 통상적으로 나타나는 주요 출원인의 기관 성격이 한국(KIPO)의 경우, 학계 및 연구소의 특허 출원이 활발하고, 미국(USPTO)은 학계 및 산업계의 특허 출원이 활발하며, 일본(JPO)은 산업계의 특허 출원 활동이 활발한 것과 비교하여, 본 노후 철도구조물 급속개량 기술은 한국(KIPO)의 경우, 최상위권 출원인인 한국철도기술연구원, 한국건설기술연구원을 제외하면 대부분의 출원인들이 산업·기업체인 것으로 나타나, 산업계의 연구개발 및 출원 활동이 학계 및 연구기관보다 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타남.

❍ 미국(USPTO)과 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 역시 산업·기업체의 출원 비중이 매우 높아, 해당 기술 분야는 타 기술 분야 대비 산업계의 연구개발 및 출원 활동이 매우 활발한 분야인 것으로 판단할 수 있음.

❑ 한국(KIPO)을 비롯한 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 모두 다출원 기준 주요 출원으로 산업·기업체의 비중이 높은 것으로 나타나며, 이는 주요 국가 전체에서 본 노후 철도구조물 급속개량 기술의 시장성 및 상업화 가능성이 높은 것으로 해석할 수 있음

3.4.2. 주요 출원인 특허출원/등록 동향

❑ 분석의 목적은 주요 출원 기관 및 기업의 출원건을 세부기술별로 구분하고 보유 제품 및 연구개발 내용을 연결하여 각 기관 및 기업별 주력 세부기술분야 및 공백 영역을 파악

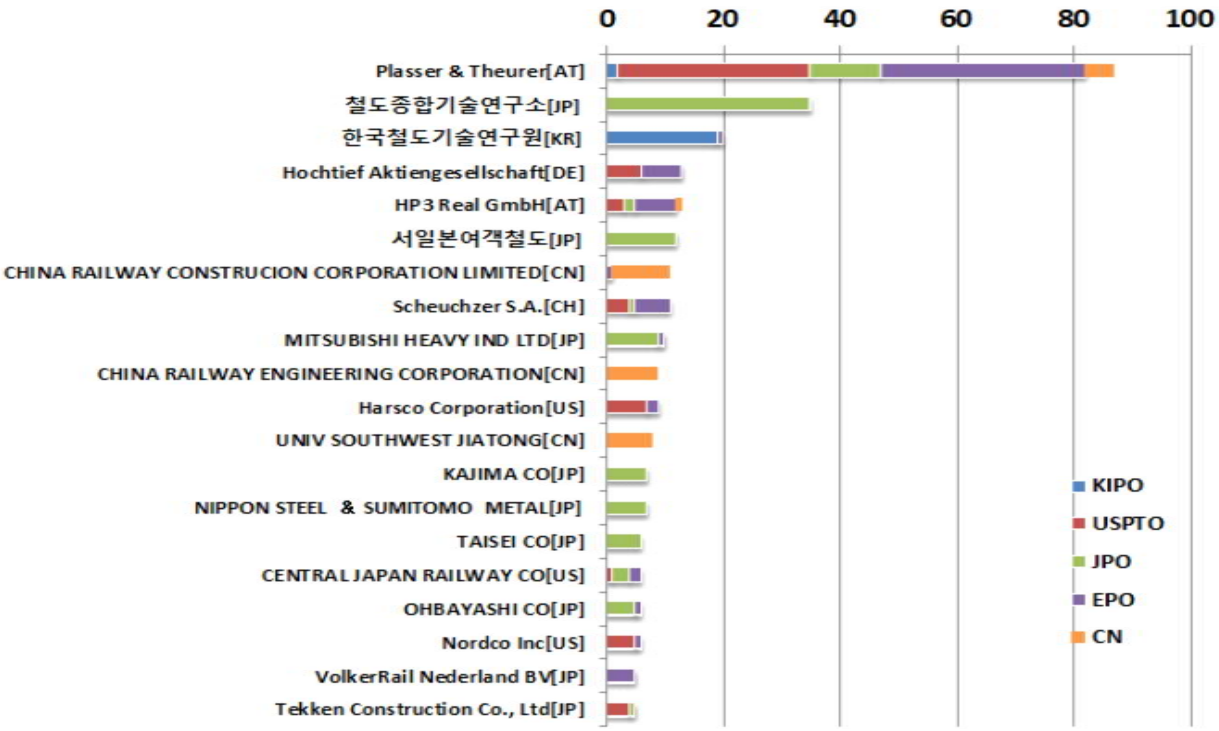


그림 2-42. 주요 출원인 국가별 출원동향

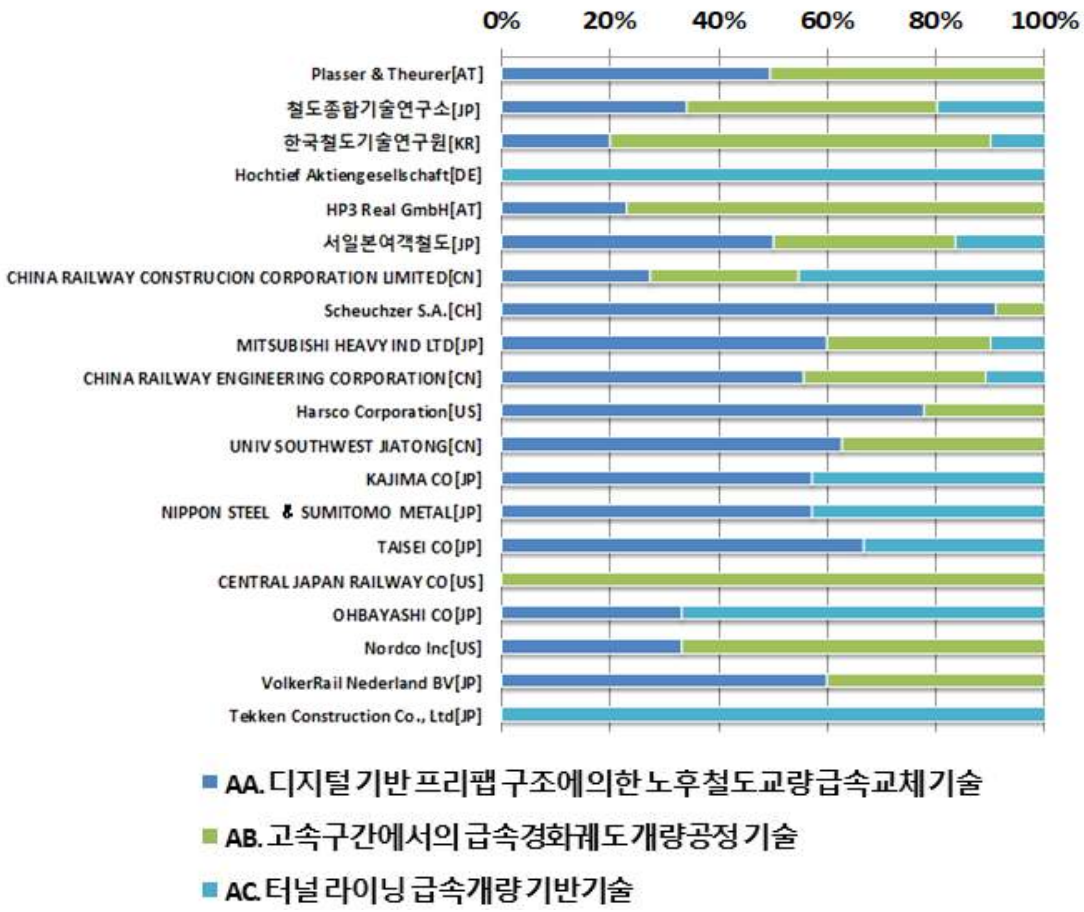


그림 2-43. 주요 출원인 기술분류별 출원동향

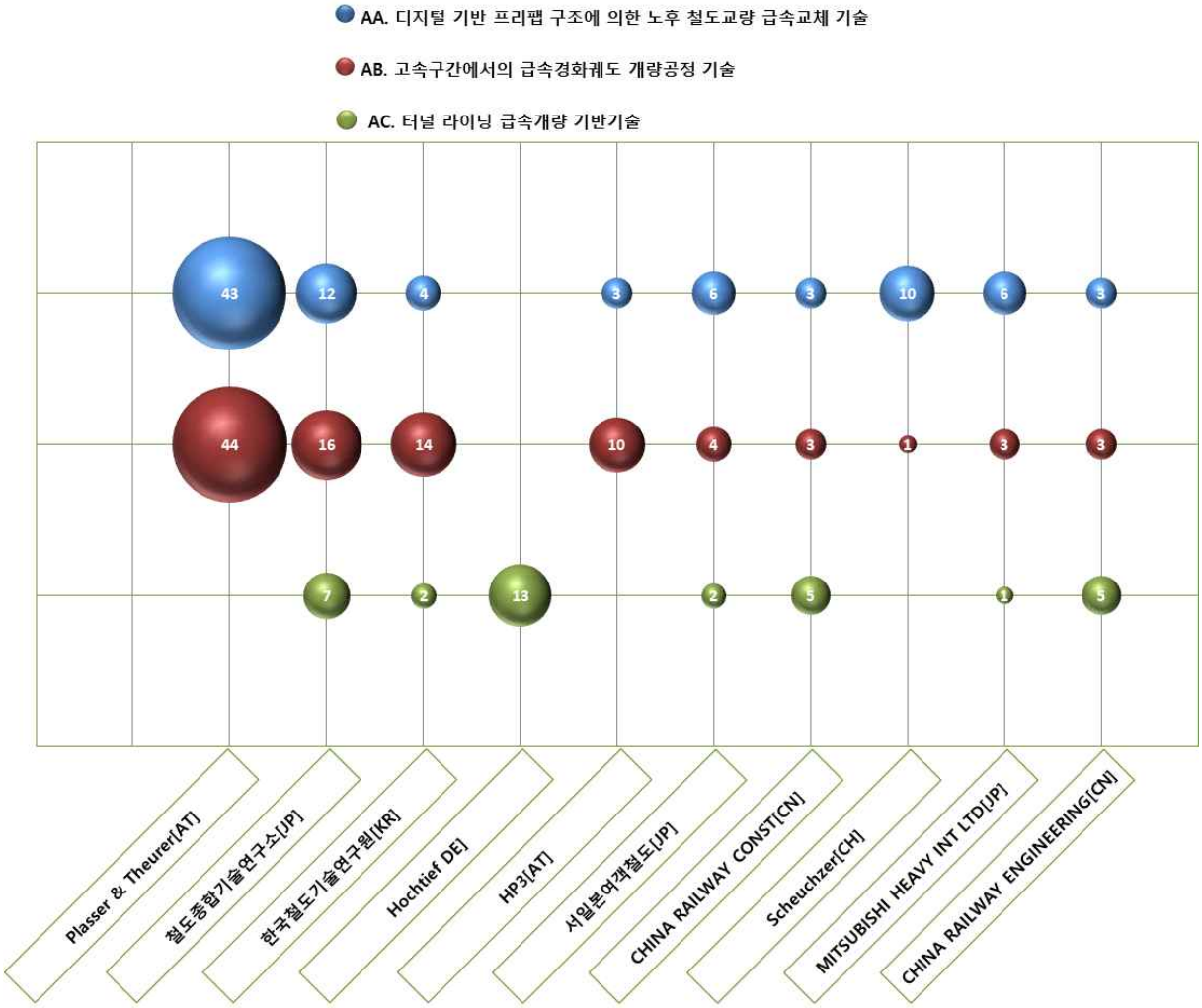


그림 2-44. 주요 출원인별 주력기술 분야 분석

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술과 관련하여 상위 주요 출원인 10인별 주력하는 세부기술 분야를 살펴보면, 최상위 출원인인 오스트리아의 Plasser & Theurer는 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)과 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB) 관련 특허를 주로 출원하고 있으며, 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)와 관련된 출원활동을 하고 있지 않은 것으로 나타남

❍ 일본의 철도종합기술연구소와 서일본여객철도, MITSUBISHI HEAVY IND LTD 및 한국의 한국철도기술연구원은 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA), 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB), 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC) 세 가지 세부기술 관련 출원활동을 하고 있지만, 특히 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)에 관한 출원을 주로 하고 있는 것으로 나타남

❍ 독일의 Hochtief社는 거푸집이나 세그먼트를 이용한 터널 라이닝을 시공하는 방법 관련 기술들을 주로 출원하였으며, 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC) 관련 기술만 출원하고 있음. 향후 터널 라이닝 보강기술을 개발할 경우 참고할 필요가 있음

❍ 오스트리아의 HP3 Real GmbH, 스위스의 Scheuchzer S.A.는 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)와 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB), 두 가지 세부기술과 관련된 출원활동을 하고 있음. 하지만 오스트리아의 HP3 Real GmbH는 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)을, 스위스의 Scheuchzer S.A.은 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)을 주로 연구개

발하고 있는 것으로 나타남

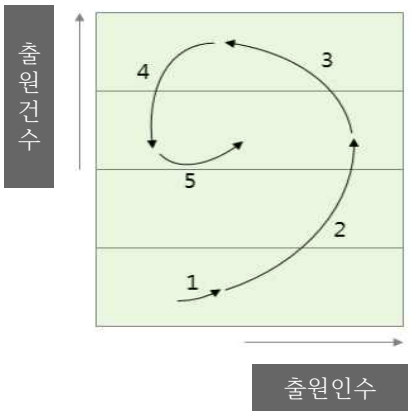
○ 중국의 CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CO LTD와 CHINA RAILWAY ENGINEERING CO는 모든 세부기술에 관련된 출원을 하고 있지만, 주로 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC) 관련 출원을 하고 있음

❑ 다수의 출원인들이 주력하는 세부기술 분야는 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)과 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)인 것으로 데이터 분석 결과가 나타나고 있으며, 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)은 다른 세부기술들에 비해 상대적으로 연구개발이 많이 이루어지지 않은 기술 분야인 것으로 판단됨

3.5. 특허기술 성장단계 분석

❑ 분석의 목적은 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 해당 기술분야의 특허기술 성장단계를 파악

○ 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석



1. 태동	- 신기술의 출현 - 특허와 특허출원인의 적은 증가
2. 성장	- R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 - 특허와 특허출원인의 빠른 증가
3. 성숙	- 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 - 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
4. 쇠퇴	- 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생 - 특허 수의 감소, 특허출원인의 정체 또는 감소
5. 회복	- 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴 - 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환

그림 2-45. 특허기술 성장단계별 의미

❑ 특허기술 성장단계 분석에서 출원건수의 증가는 기술개발이 활발한 것을 의미하고 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 종합적으로 출원건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함

○ 특허기술 성장단계 중 태동기 단계는 출원인과 출원건수의 증가가 시작되는 형태로 이후 연구개발 활동이 활발해질 것으로 예상할 수 있는 단계이며, 성장기 단계는 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로 본격적으로 해당 기술 분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음.

○ 태동기와 성장기의 구분은 분석 데이터의 모수 대비 해당 구간의 증가 건수, 기술 분야의 특성 및 출원인의 성격 등을 고려하여 판단할 수 있음.

- 성숙기 단계는 출원건수의 증가가 다소 주춤하고 출원인수가 감소하는 형태로 일부 선진 출원인만이 출원을 유지하고 그 외 진입자들은 도태가 되는 단계임.
- 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음.
- 회복기 단계는 원천기술을 이용하여 최근 기술 트렌드 및 신규 아이디어 등에 부합하는 기술이

개발되어 시장이 재형성되는 단계로 판단할 수 있음

❍ 특허기술 성장단계 분석구간의 설정은 전체 기간을 일정한 연간 단위로 구간을 구분하되, 최근 급부상하거나 이슈가 있는 기술 분야의 경우, 최근 기간 등으로 한정하여 구간을 설정하여 분석하는 것이 유의미할 수 있음

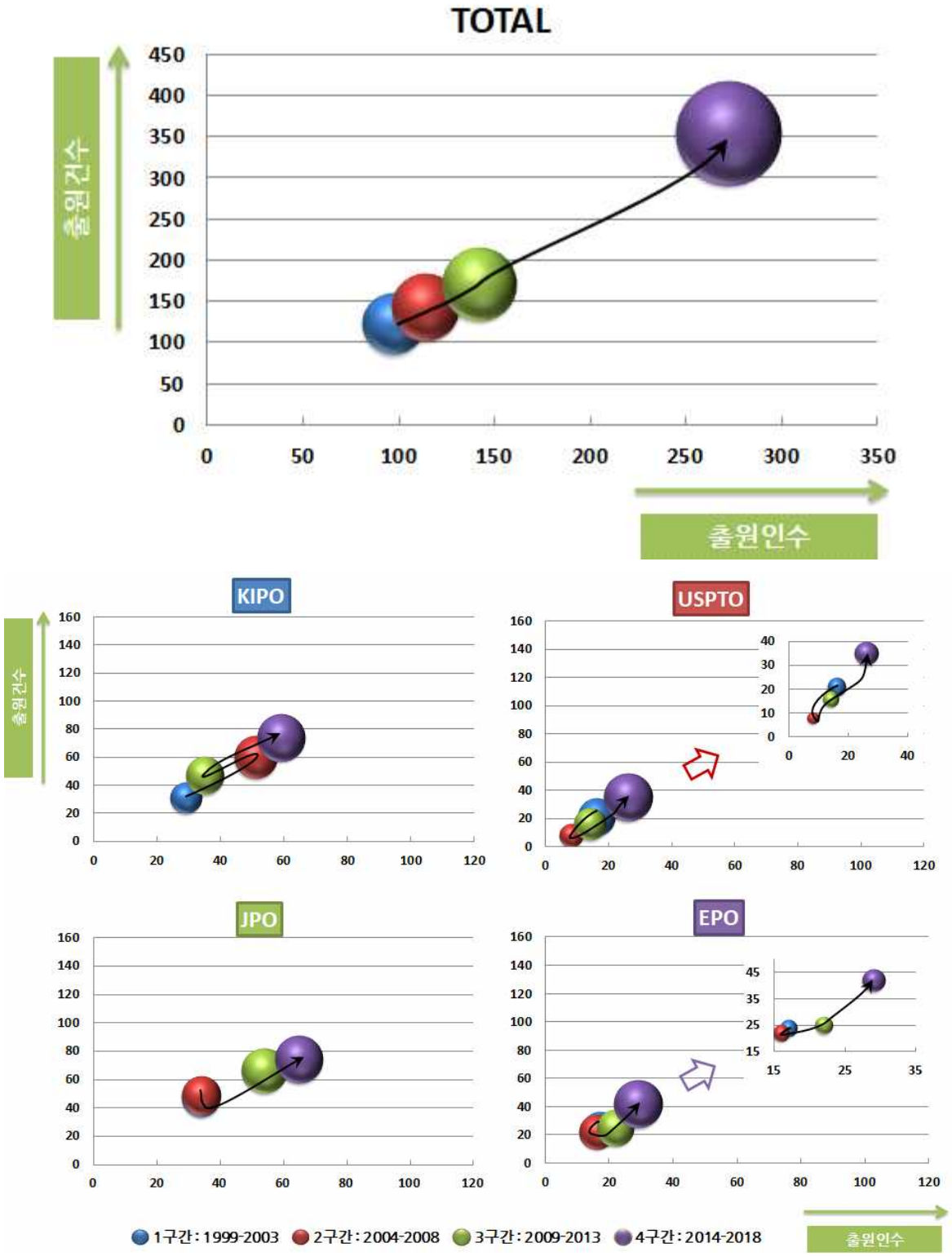


그림 2-46. 주요 국가별 특허기술 성장단계

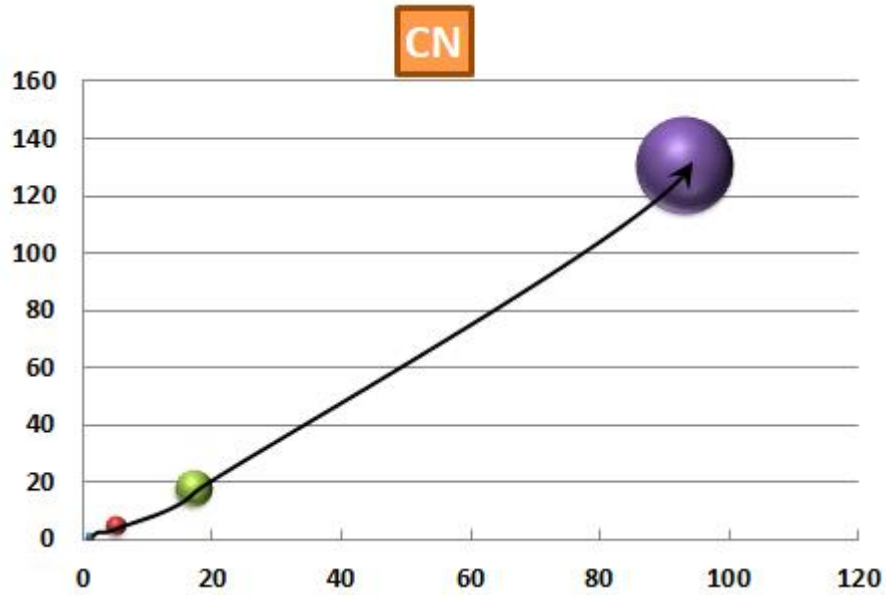


그림 2-47. 중국 출원현황

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 특허기술 성장단계를 분석하고자, 전체 분석구간 20년을 5년 단위 4개 구간으로 구분하여, 1구간(1999년~2003년), 2구간(2004년~2008년), 3구간(2009년~2013년), 4구간(2014년~2018년)을 설정하였음

❍ 특허기술을 기반으로 한 노후 철도구조물 급속개량 기술의 성장단계는 그래프 상에서 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음

❑ 1구간~4구간까지 모든 구간에서 출원인수와 출원건수가 꾸준하게 증가하기 시작하는 성장기 단계의 초기 형태가 나타나고 있음

❍ 한국(KIPO)의 특허기술 성장단계는 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음. 1구간~2구간에서 출원인수와 출원건수가 꾸준하게 증가하는 형태의 그래프가 나타나고, 3구간에서 출원인수와 출원건수가 다시 소폭 감소했음. 하지만 최근 구간인 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 급격하게 증가하고 있는 것으로 나타남

❍ 미국(USPTO)의 특허기술 성장단계는 한국보다는 성장세가 빠르진 않지만 출원인수와 출원건수가 증가하는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음. 1구간~2구간에서 출원인수와 출원건수가 소폭 감소했다가 이후 3구간 및 4구간에서 출원인수 및 출원건수가 증가하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 일본(JPO)의 특허기술 성장단계는 출원인수와 출원건수 모두 급격히 증가하고 있는 형태로 성장기인 것으로 해석할 수 있음. 1구간~3구간에서 출원인수와 출원건수가 증가하고 있으며, 최근 구간에서는 출원인수와 출원건수가 급격히 증가하는 형태가 나타나고 있음

❍ 유럽(EPO)의 특허기술 성장단계는 1구간~2구간에서 출원인수와 출원건수가 소폭 감소했지만 그 이후구간부터는 다시 출원인수와 출원건수가 증가하고 있는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 중국(CN)의 특허기술 성장단계는 모든 구간에서 출원인수 및 출원건수가 꾸준하게 증가하고 있는 전형적인 성장기 형태의 그래프가 나타나고 있음

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 성장단계는 최근 구간에서 출원인수와 출원건수가 급격하게 증가하는 형태가 나타나는 바, 아직 성장기 초기 단계로 판단되며, 이후 구간에서도 지속적으로 증가하는 형태가 나타날 것으로 보임

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 주요 국가별 특허기술 성장단계를 살펴본 결과, 국가별로 구간마다 차이가 있으나 모두 최근구간인 4구간에서는 성장단계 형태의 그래프를 보이는 것으로 분석됨

3.5.1. 세부기술별 특허동향

❑ 분석의 목적은 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 각 세부기술을 선도하는 국가 파악

❍ 과거부터 최근까지의 세부기술별 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 각 세부기술에서의 위치 파악

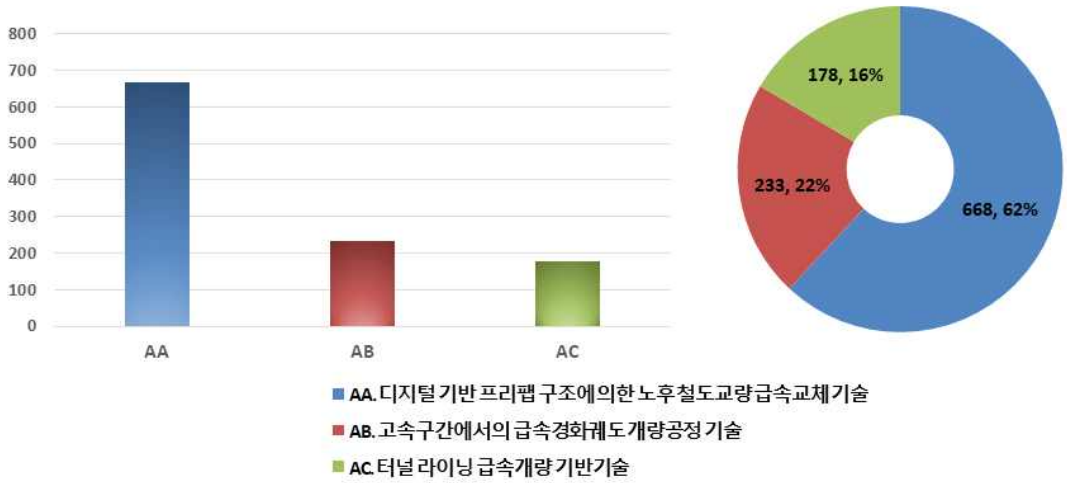


그림 2-48. 세부기술별 특허건수 현황

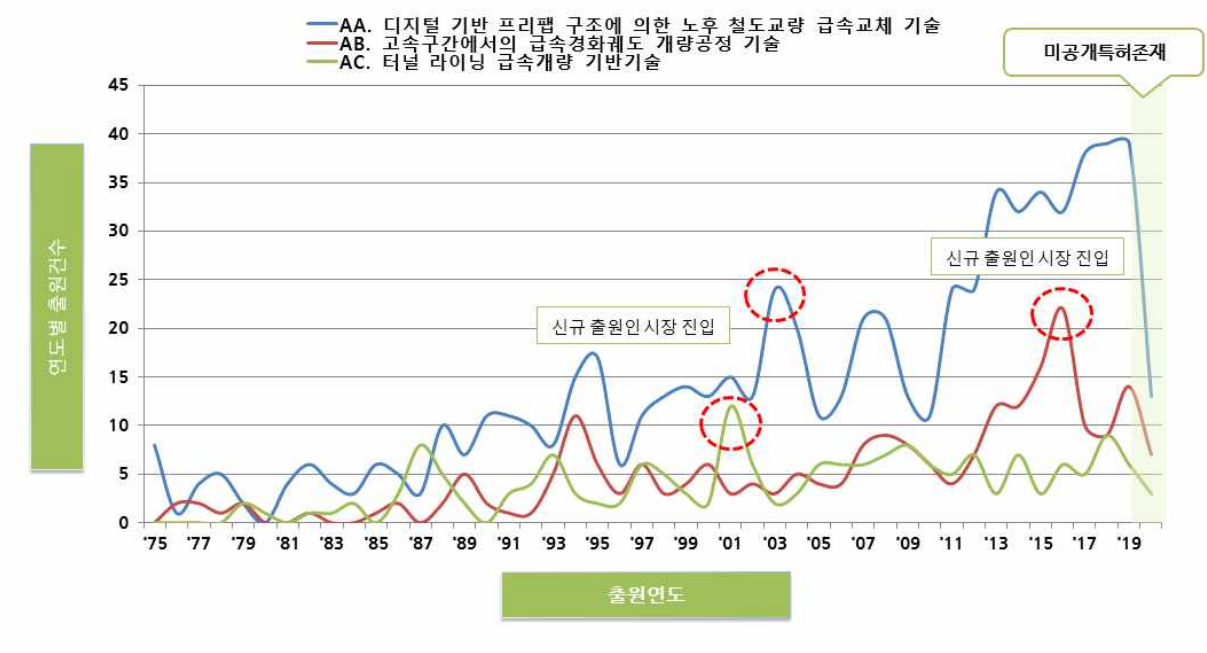


그림 2-49. 세부기술 연도별 특허동향

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술(전체) 관련한 1,079건(100%)의 특허출원건수 중 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)은 663건(62%), 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)은 233건(22%), 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)은 178건(16%)으로 각 세부기술별 출원비중을 파악할 수 있음. 전체 세부기술 중 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)과 관련된 특허의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

❍ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 세부기술별 특허 동향을 살펴보면, 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 경우, 분석구간 초기부터 출원의 증감을 반복하면서 1990년부터 본격적으로 연구개발이 시작되어 출원이 증가하기 시작하여 거시적으로 출원건수가 증가한 것으로 나타남. 특히 2003년에 다른 세부기술에 비해 출원이 급격하게 증가한 것으로 나타나는데 이는 특정기업이 출원을 많이 해서가 아닌, Railtech International, OHBAYASHI CO, 인하대학교 산학협력단 등 다양한 성격의 출원인들이 시장에 새롭게 진입하면서 나타난 현상으로 보임

❍ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 경우, 분석구간 초기부터 출원의 증감을 반복하면서 1980년도 후반부터 본격적인 연구가 시작되어 출원이 증가하기 시작하여 거시적으로 출원건수가 증가하고 있는 것으로 나타남. 특히 2016년에 다른 세부기술들에 비해 출원이 급격하게 증가한 것으로 나타나는데 이는 특정기업이 출원을 많이 해서가 아닌, BEIJING RUIWEI SHIJI SOIL ENG CO LTD, ROBEL BAHNBAUMASCHINEN GMBH, Zuercher Holding GmbH 등 다양한 출원인들이 시장에 새롭게 진입하면서 나타난 현상으로 보임

❍ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)의 경우, 다른 세부기술들에 비해 출원이 많지는 않지만 1980년 중반부터 최근까지 출원의 증감이 반복되고 있음. 특히 2001년에 출원이 급격하게 증가한 것으로 나타나는데 이는 특정기업이 출원을 많이 해서가 아닌, 피엔알, OHBAYASHI CO, KAJIMA CO 등 다양한 출원인들이 시장에 새롭게 진입하면서 나타난

현상으로 보임

❑ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)

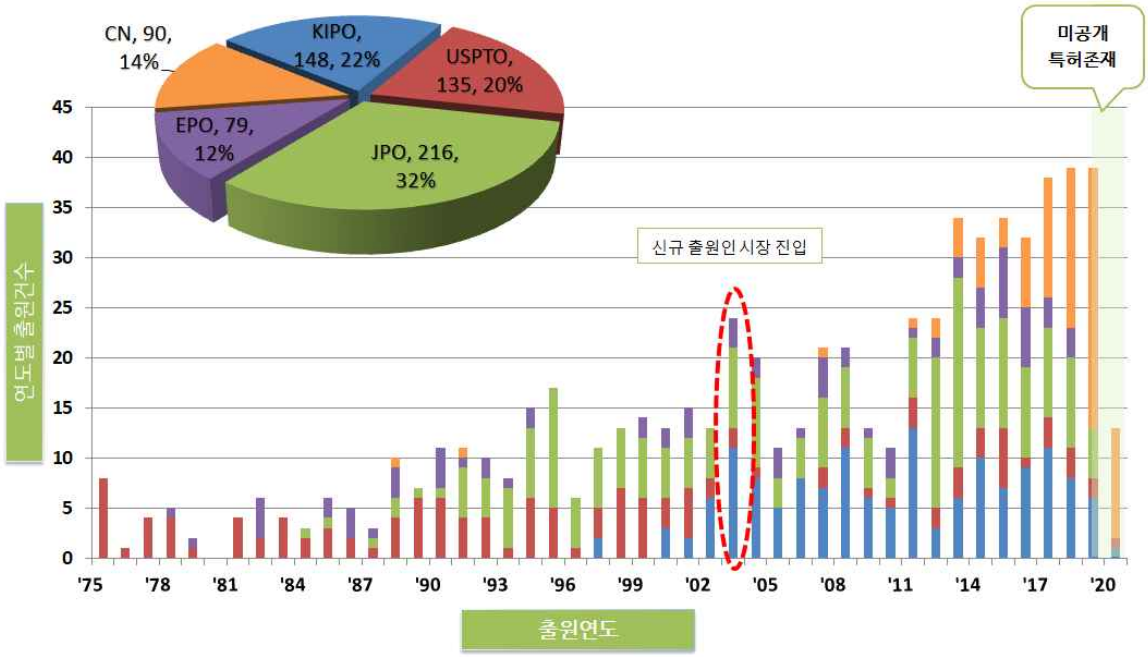


그림 2-50. 주요 출원국 연도별 특허동향

○ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 최근까지 출원의 증감을 반복하지만 거시적으로 출원이 증가하고 있는 것으로 보임. 본격적인 연구개발은 출원이 10건이상 꾸준하게 나타나기 시작한 1990년부터 시작된 것으로 판단됨

○ 본 세부기술과 관련된 특허 동향에서는 분석 초기 구간에서는 미국에 의해 주로 출원이 이루어졌음. 하지만 1990년대 중반부터는 미국의 출원이 감소하고 일본의 출원이 증가하고 있음.

– 미국은 항공 산업의 발전에 따라 철도 산업에 대한 수요가 1990년대 후반부터 줄어들기 시작하였고, 최근 들어 다시 정부의 노력에 따라 철도산업에 대한 관심이 증가하기 시작함. 하지만 일본은 1960년대 세계최초로 고속철도가 개통됨에 따라 그 시기에 개발한 철도시설들의 노후화로 인한 문제들이 발생하기 시작하였음. 이로 인해 각국 정부에서는 철도시설의 유지보수에 관한 관심이 증가함에 따라 1990년 후반부터 관련된 출원이 증가하기 시작한 것으로 판단됨

○ 2003년에 출원건수가 증가한 원인은 앞서 언급했듯이, 시장에 신규출원인들이 다수 진입하면서 나타난 현상으로 보임

○ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 148건(22%), 미국(USPTO) 135건(20%), 일본(JPO) 216건(32%), 유럽(EPO) 79건(12%), 중국(CN) 90건(14%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있음

❑ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)

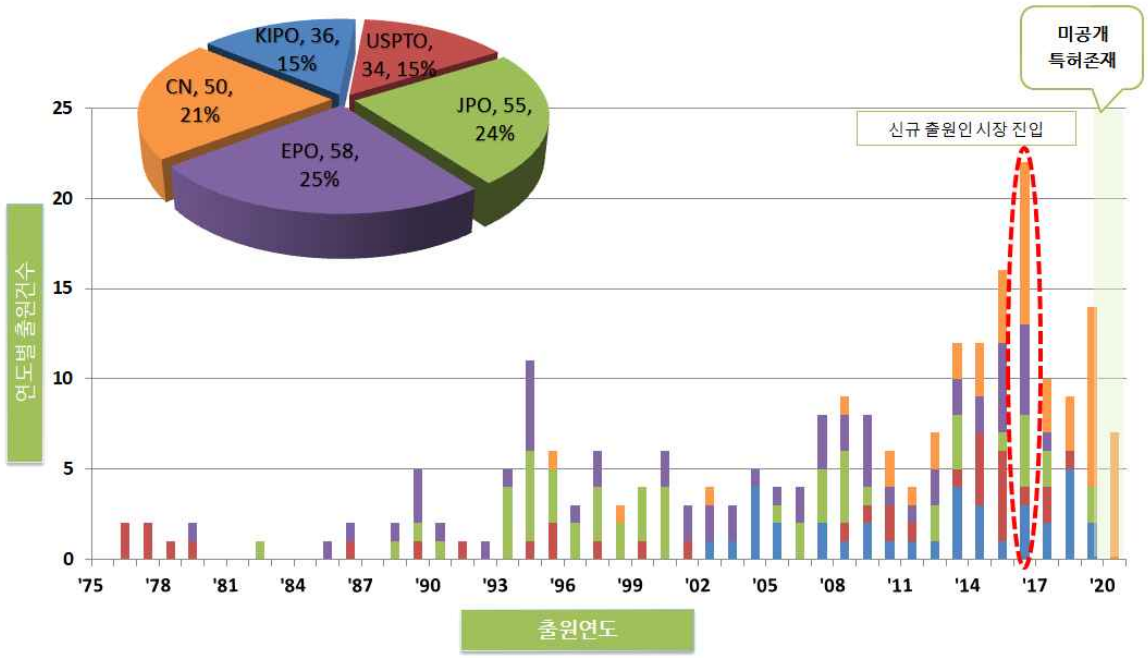


그림 2-51. 주요 출원국 연도별 특허동향

❍ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기에는 출원이 거의 나타나지 않다가 1990년도 초반부터 출원의 증감을 반복하며, 거시적으로 출원이 증가하는 있는 것으로 나타남

❍ 본 세부기술과 관련된 특허 동향에서는 1990년 초반부터 출원이 본격적으로 나타난 것으로 판단됨.

– 1960년대 고속철도가 개통됨에 따라 비슷한 시기에 개발된 철도시설들의 노후화가 1990년도부터 나타나기 시작하였음. 철도시설의 노후화로 인해 사고들이 발생하기 시작하면서 각국 정부에서는 철도시설의 유지보수에 관한 관심이 증가함에 따라 관련된 출원이 증가하기 시작한 것으로 판단됨

❍ 2016년에 출원건수가 급격하게 증가한 것으로 나타났는데, 이는 앞에서 언급했듯이 시장에 신규 출원인들이 다수 진입하면서 나타난 현상으로 보임

❍ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 36건(15%), 미국(USPTO) 34건(15%), 일본(JPO) 55건(24%), 유럽(EPO) 58건(25%), 중국(CN) 50건(21%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 유럽과 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남

❑ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)

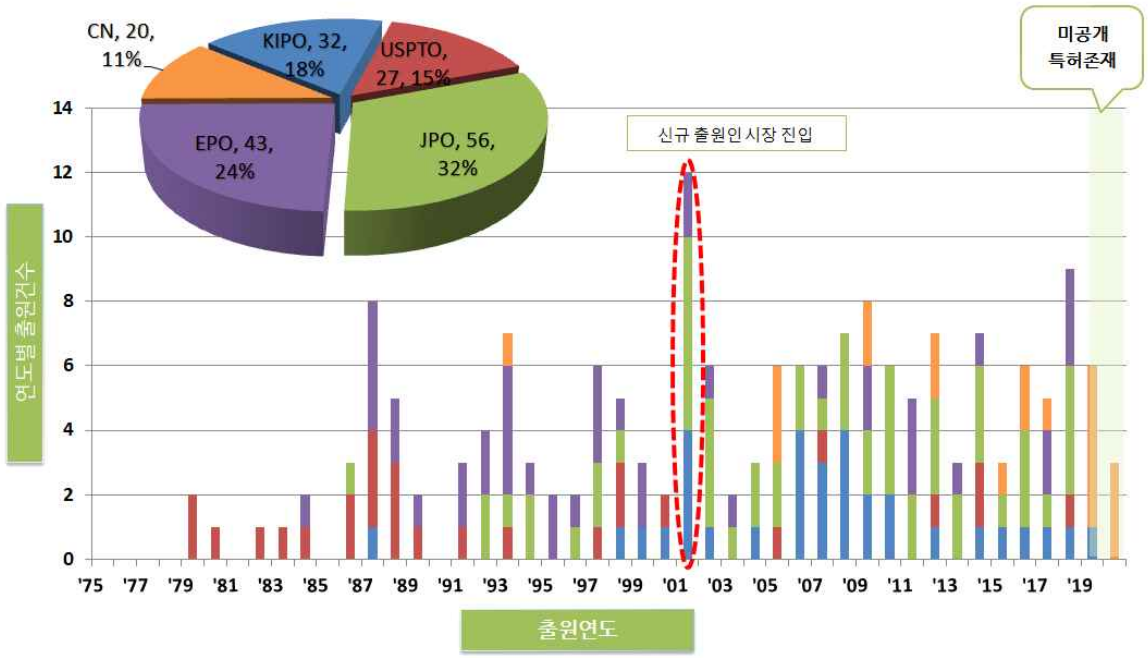


그림 2-52. 주요 출원국 연도별 특허동향

○ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석구간 초기부터 최근까지 대부분 연 10건 내외의 출원을 보이며, 완만한 출원의 증감을 반복하고 있는 것으로 나타남

○ 본 세부기술은 다른 세부기술들에 비해 출원건수는 상대적으로 적지만, 1990년대부터 관련 기술에 대한 출원이 꾸준하게 나타나고 있음.

○ 분석구기 초기에는 주로 미국과 유럽에 의해 출원이 이루어졌지만, 미국은 90년대부터 출원이 감소하는 추세를 보이고 있고 일본의 출원이 증가하고 있는 것으로 나타남.

– 미국의 항공 산업의 발전에 따라 상대적으로 철도 산업의 발전이 뒤쳐졌고, 일본의 경우, 1960년대에 최초의 고속철도가 도입된 이후 당시에 같이 건축된 철도시설이 노화됨에 따라 1990년대부터 관련 기술에 대한 출원이 나타난 것으로 판단됨

○ 또한, 2001년에 출원건수가 급격하게 증가한 것으로 나타났는데, 이는 앞서 언급했듯이 특정기업이 다수의 출원을 해서가 아닌, 시장에 새로운 출원인들이 다수 진입하면서 나타난 현상으로 보임

○ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국(KIPO) 32건(18%), 미국(USPTO) 27건(15%), 일본(JPO) 56건(32%), 유럽(EPO) 43건(24%), 중국 20건(11%)의 특허가 출원되어, 본 기술은 일본이 가장 많은 특허기술을 점유하고 있는 것으로 나타남

3.5.2. 세부기술 주요 출원인 분석

❑ 분석의 목적은 특허의 정량적인 요소를 기준으로 하여, 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CN) 국가별 기술을 주도하는 기관 및 기업을 파악

❍ 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 세부기술별 향후 트렌드 예측

❍ 세부기술별 연구개발에 있어 심층적인 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

❑ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)

표 2-18. 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관성격	출원건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	Plasser & Theurer	AT	산	43	0 (0%)	21 (49%)	5 (11%)	15 (35%)	2 (5%)	133%
2	철도종합기술연구소	JP	연	12	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-75%
3	Scheuchzer S.A.	CH	산	10	0 (0%)	4 (40%)	1 (10%)	5 (50%)	0 (0%)	출원 없음
4	Harsco Corporation	US	산	9	0 (0%)	7 (78%)	2 (22%)	0 (0%)	0 (0%)	신규 출원
5	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
6	서일본여객철도	JP	산	6	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
7	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG	CN	학	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	신규 출원
8	CHINA RAILWAY ENGINEERING CORPORATION	CN	산	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	300%
9	TAISEI CO	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
10	한국철도기술연구원	KR	연	4	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	100%

- 중략 -

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

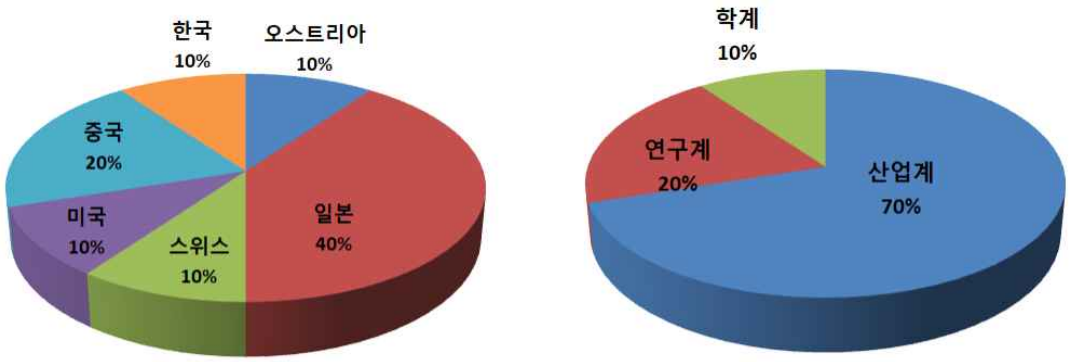


그림 2-53. 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

❍ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)과 관련하여 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer가 최다수의 특허를 보유하고 있지만, 상위 출원인들은 주로 일본 국적의 출원인이므로 본 기술은 일본이 시장을 주도하고 있는 것으로 보임. 국내 기관 및 기업은 한국철도기술연구원 등이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

❍ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 40%, 중국 국적의 기관 및 기업이 20%, 한국, 스위스, 오스트리아, 미국 국적의 기관 및 기업이 각각 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 70%가 산업계, 20%가 연구계, 학계가 10%로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 모든 주요 출원인 중 대부분이 자국 위주의 국적의 출원활동을 주로 하고 있는 것으로 나타나며, 최상위 출원인인 오스트리아의 Plasser & Theurer과 스위스의 Scheuchzer S.A.는 자국인 유럽 외 미국, 일본에서도 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남

❍ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 오스트리아 국적의 Plasser & Theurer의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)

표 2-19. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관성격	출원건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	Plasser & Theurer	AT	산	44	2 (5%)	12 (27%)	7 (16%)	20 (45%)	3 (7%)	-25%
2	철도종합기술연구소	JP	연	16	0 (0%)	0 (0%)	16 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0%
3	한국철도기술연구원	KR	연	14	13 (93%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (7%)	0 (0%)	-100%
4	HP3 Real GmbH	AT	산	10	0 (0%)	3 (30%)	2 (20%)	4 (40%)	1 (10%)	신규 출원
5	CENTRAL JAPAN RAILWAY CO	JP	산	6	0 (0%)	1 (17%)	3 (50%)	2 (33%)	0 (0%)	-100%
6	MATSUYAMA JUSHARYO KOGYO KK	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
7	서일본여객철도	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
8	NORDCO INC.	US	산	4	0 (0%)	3 (75%)	0 (0%)	1 (25%)	0 (0%)	신규 출원
9	DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.p.A.	IT	산	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	출원 없음
10	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	JP	산	3	0 (0%)	0 (0%)	2 (67%)	1 (33%)	0 (0%)	신규 출원

- 중략 - *

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 \ (\%)$$

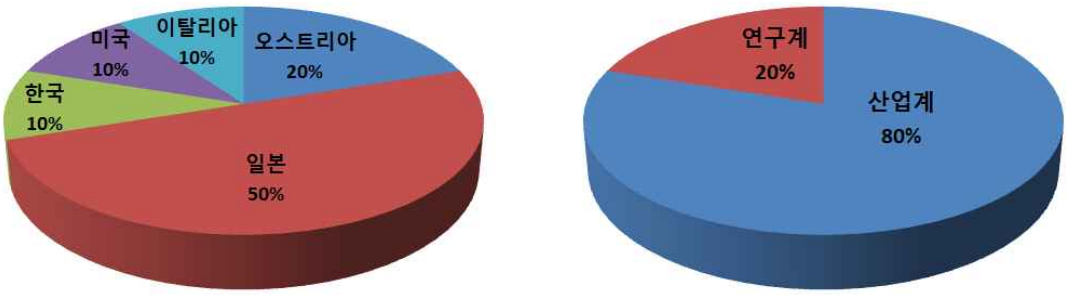


그림 2-54. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 다출원 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

❍ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)과 관련하여 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer가 최다수의 특허를 보유하고 있지만, 상위 출원인 대부분은 일본 국적의 출원인이라 본 기술은 일본이 시장을 주도하고 있는 것으로 보임. 한국 국적의 다출원인은 한국철도기술연구원 등이 나타나고 있음.

❍ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 40%, 오스트리아 국적의 기관 및 기업이 20%, 한국, 이탈리아, 미국 국적의 기관 및 기업이 각각 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 산업계가 80%, 연구계가 20%로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 주요 출원인 중 대부분이 자국 위주의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남. 특히 최상위 출원인인 오스트리아 국적 기업인 Plasser & Theurer은 모든 주요 출원국에 특허를 출원하였으며, 일본의 CENTRAL JAPAN RAILWAY CO는 자국 외 미국 및 유럽에서 출원을 한 것으로 나타났음

❍ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 신규 출원이거나 출원증가율의 변화율이 없는 경우가 많아, 보유특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

❑ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)

표 2-20. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)의 다출원 기준 주요 출원인

순위	출원인	국적	기관성격	출원건수	주요IP 출원국 (건수,%)					최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	CN	
1	Hochtief Aktiengesellschaft	DE	산	13	0 (0%)	6 (46%)	0 (0%)	7 (54%)	0 (0%)	100%
2	철도종합기술연구소	JP	연	7	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	100%
3	CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED	CN	산	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)	300%
4	Tekken Construction Co., Ltd.	JP	산	5	0 (0%)	4 (80%)	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	출원 없음
5	Tarmac Limited	GB	산	4	1 (25%)	1 (25%)	0 (0%)	2 (50%)	0 (0%)	신규 출원
6	OHBAYASHI CO	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	3 (75%)	1 (25%)	0 (0%)	신규 출원
7	Charcon Tunnels Limited	GB	산	4	0 (0%)	1 (25%)	0 (0%)	3 (75%)	0 (0%)	출원 없음
8	SHIMIZU CO	JP	산	3	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
9	KAJIMA CO	JP	산	3	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
10	한국건설기술연구원	KR	연	3	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%

- 중략 -

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100\ (\%)$$

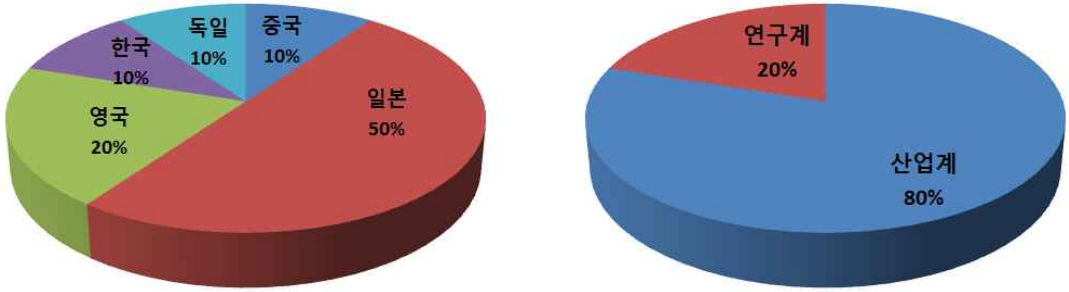


그림 2-55. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC) 기준 주요 출원인(상위 10위) 국적 및 기관특성 비중

❍ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)과 관련하여 독일 국적 기관인 Hochtief가 최다수의 특허를 보유하고 있지만, 상위 출원인 대부분은 일본국적의 출원인이라 본 기술은 일본이 시장을 주도하고 있는 것으로 보임. 국내 기관 및 기업은 한국건설기술연구원 등이 다출원 기준 순위 내 진입하고 있음

❍ 다출원 기준 상위 10위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 50%, 영국 국적의 기관 및 기업이 20%, 한국, 독일, 중국 국적의 기관 및 기업이 각각 10%를 차지하였음. 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 산업계가 80%, 연구계가 20%로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 매우 활발한 것으로 판단할 수 있음

– 다출원 기준 상위 10위의 주요 출원인 중 상위권의 출원인들은 자국 이외의 국가들에서도 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남

❍ 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. 중국의 CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

3.6. 논문 분석

- ❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술과 관련하여, 특허 비공개 구간의 기술을 보완하기 위해 대상기술과 관련한 논문 Search 진행
- ❑ 참여 연구기관의 기술설명 내용과 더불어 도출된 유효특허의 내용에 따라 개별적인 키워드 검색을 통해 관련도가 높은 학술지에 대해 선별하여 취합함
- ❑ 논문 DB의 경우, 한국교육학술정보원(RISS_http://www.riss.kr/index.do)의 DB를 이용하였음
- ❑ 특허 비공개 구간의 기술내용을 참고하기 위함에 따라, 최근 논문에 해당하는 2010년 이후 발행된 학술지를 대상으로 살펴봄
- ❑ 논문 검색 키워드 : 특허 검색을 위해 선정한 키워드들을 바탕으로 국내학술지논문 및 해외학술지논문에 각각 검색 진행함

3.6.1. 국내·외 연도별 논문동향

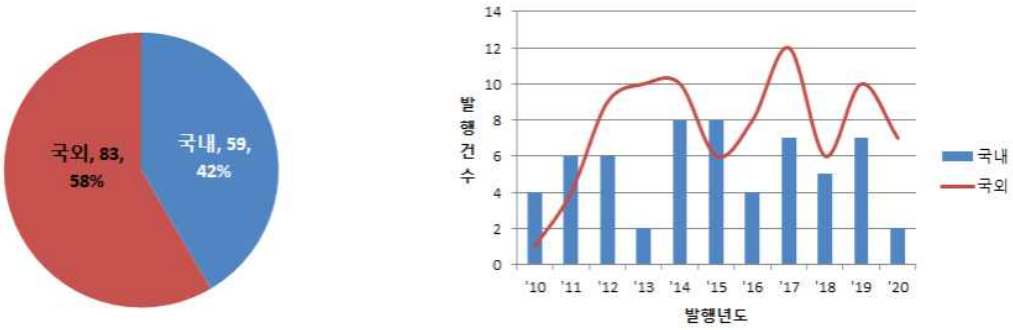


그림 2-56. 국내·외 연도별 논문 발행 동향

- ❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 관련된 논문의 최근 발행 동향을 살펴보면, 국내 및 국외 논문 발행 비율은 42%, 58%로 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타나고 있음
- ❑ 국내 및 국외 논문의 발행년도별 동향을 살펴본 바, 발행건수는 많지 않지만 국내·국외 구분없이 관련 논문이 꾸준하게 발행되고 있음.
  - ❍ 국내의 경우, 연 10건 내외로 논문이 꾸준하게 발행되고 있으며, 국외의 경우, 2011년부터 관련 논문 발행건수가 증감을 반복하고 있는 것으로 조사됨. 전체적으로 증감을 반복하며 관련 기술에 대한 연구개발이 최근까지도 꾸준하게 진행되고 있는 것으로 판단됨

표 2-21. 관련 논문 리스트

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
1	Nonlinear finite element analysis of a 50 years old reinforced concrete trough bridge	Benjamin Richard	Engineering Structures	University Paris-Est	2010	AA
2	철도교량에서 다양한 개량계획의 체계화 설정	백재욱	한국철도학회	한양대학교	2011	AA
3	고밀도 급속 팽창성물질을 이용한 연약지반 보강공법 및 복원 공법	신은철	한국지반신소재학회	인천대학교	2011	AA
4	이동식 크레인 차량을 이용한 기존 철도판형교의 급속교체공법	이재원	한국강구조학회	홍익대학교	2012	AA
5	도시철도 영업운행선의 궤도개량공사 서행구간 속도향상 연구	김효산	한국철도학회	서울메트로	2012	AA
6	바닥판 급속교체를 위한 스터드 전단연결재의 피로수명	이경찬	한국콘크리트학회	한국철도기술연구원	2013	AA
7	An Australian railway bridge management framework	Dwayne Nielsen	International Journal of Strategic Engineering Asset Management	Central Queensland (CQ) University	2013	AA
8	운행선 급속교체 가능한 강교량 저소음 궤도구조 개발	박정근	한국소음진동공학회	ERS	2014	AA
9	Geosynthetic-Reinforced Soil Structures for Railways in Japan	Fumio Tatsuoka	Transportation Infrastructure Geotechnology	TOKYO UNIV.	2014	AA
10	철도침목의 현황 및 안전성 향상을 위한 발전 전망	이민재	한국방재학회	한국교통대학교	2015	AA
11	Assessment of the Strengthening of an RC Railway Bridge with CFRP Utilizing a Full-Scale Failure Test and Finite-Element Analysis	Arto M. Puurula	Journal of Structural Engineering	Lulea University	2015	AA
12	Composite railway sleepers – Recent developments, challenges and future prospects	Wahid Ferdous	Composite Structures	University of Southern Queensland	2015	AA
13	한국철도의 노후된 강교 급속교체 최신기술 현황	김정현	한국강구조학회	센벡스	2016	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
14	Improved Performance of Rail Track Substructure Using Synthetic Inclusions: Experimental and Numerical Investigations	Ngoc Trung Ngo	International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering	University of Wollongong	2016	AA
15	Performance improvement of rail track substructure using artificial inclusions – Experimental and numerical studies	Buddhima Indraratna	Transportation Geotechnics	University of Wollongong	2016	AA
16	프리캐스트 RC거더의 급속 현장 조립 코핑부의 부모멘트 거동 분석	민준기	한국방재학회	경희대학교	2017	AA
17	운영 중인 철도노반 보강을 위한 그라우팅 성능	정혁상	한국지반환경공학회	동양대학교	2017	AA
18	Modernization of Railway Track with Composite Sleepers	Sharma, Rakesh Chandmal	International Journal of Vehicle Structures & Systems	Maharishi Markandeshwar Univ.	2017	AA
19	도시철도 궤도도상개량에 따른 궤도품질 변화 연구	이광석	한국철도학회	서울교통공사	2018	AA
20	Application of geoinclusions for sustainable rail infrastructure under increased axle loads and higher speeds	Buddhima Indraratna	Innovative Infrastructure Solutions	University of Wollongong	2018	AA
21	Numerical simulations to improve the use of under sleeper pads at transition zones to railway bridges	André Paixão	Engineering Structures	LNEC	2018	AA
22	철도노반·궤도분야 최근 국가연구개발 사례	여인호	대한토목학회	한국철도기술연구원	2019	AA
23	운영중인 철도노반 보강을 위한 급속 보강재료 개발	윤환희	한국철도학회	동양대학교	2019	AA
24	Experimental study to examine the role of under sleeper pads for improved performance of ballast under cyclic loading	Chamindi Jayasuriya	Transportation Geotechnics	GRE	2019	AA
25	Improved performance of the subgrade bed under the slab track of high-speed railway using polyurethane adhesive	Jun-Jie Huang	Construction and Building Materials	Southwest Jiaotong University	2019	AA
26	이동평균법을이용한 궤도틀림 분석기법 연구	조한권	한국철도학회	코레일공항철도	2014	AA
27	ART2를 이용한 침목결함 탐지 알고리즘에 관한 연구	이현숙	한국철도학회	한국산업기술대학교	2014	AA
28	차량의 동적 특성 분석을 통한 궤도틀림 식별	김성용	한국철도학회	코레일공항철도	2010	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
29	웨이브렛 전달함수를 이용한 궤도틀림 식별	신수봉	한국철도학회	인하대학교	2010	AA
30	시계열 분석기법을 적용한 고속철도 궤도틀림 진전 예측	정민철	한국철도학회	고려대학교	2012	AA
31	철도차량과 궤도의 상호작용에 따른 궤도침하와 동적거동의 시뮬레이션모델 및 횡방향 궤도틀림	서사범	철도저널	서현기술단	2016	AA
32	궤도 검측 데이터를 이용한 검측 값 예측 정확도 향상에 관한 연구	남덕희	한국철도학회	휴니드 테크놀러지	2017	AA
33	순환신경망을 활용한 콘크리트궤도의 장기 침하 거동 예측	김준영	한국지반공학회	한남대학교	2020	AA
34	궤도품질계수(TQI)와 균열간의 상관성 분석을 통한 예측식 개발	박재학	한국철도학회	승화기술정책연구소	2013	AA
35	콘크리트궤도 노반침하에 대한 유지보수 방안	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2012	AA
36	노반 침하 억제와 복원을 위한 자가침하복원모듈의 3차원적 거동에 관한 연구	김현기	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AA
37	능동제어 콘크리트 도상 복원공법(ACBR) 개발과정 및 적용사례	민지홍	한국철도학회	서현기술단	2016	AA
38	철도노반에 적용된 침하복원모듈의 변위 억제 특성에 관한 연구	김현기	한국철도학회	한국철도기술연구원	2014	AA
39	현장시험을 통한 콘크리트궤도 침하복원공법(PRCG)의 성능평가	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2012	AA
40	고밀도 급속 팽창성 물질 주입에 의한 도로 침하 복원에 관한 실험적 연구	신은철	한국지반환경공학회	인천대학교	2011	AA
41	주행안정성과 궤도사용성을 고려한 침하복원공법의 요구기준 제안	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2020	AA
42	콘크리트궤도의 궤도틀림 검측기법 및 유지관리	이방우	서울과학기술대학교	서울과학기술대학교	2019	AA
43	간선철도 속도향상을 위한 궤도개량 연구방향	김환영	한국철도학회	한국철도시설공단	2011	AA
44	급속경화궤도 시공후 잔류자갈층 안정화에 관한 연구	최규문	한국철도학회	한국철도기술연구원	2017	AA
45	도상안정제에 의한 고속선 교량상 궤도틀림 저감 효과 분석	강태구	한국철도학회	충남대학교	2012	AA
46	교량신축부에서의 궤도틀림 저감을 위한 활동체결구 및 침목결속 효과	강태구	한국철도학회	충남대학교	2011	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
47	콘크리트궤도의 처짐원인 규명을 위한 슬래브 및 지반상성의 2차원적 가시화	조성호	한국철도학회	중앙대학교	2012	AA
48	자갈도상용 고탄성레일체결장치 개발	류기대	한국철도학회	삼표이앤씨	2015	AA
49	자갈도상용 USP분기기 기술 개발	윤병현	한국철도학회	삼표레일웨이	2018	AA
50	Prediction of railway track geometry deterioration using artificial neural networks: a case study for Turkish tate railways	Hakan Guler	Structure and Infrastructure Engineering	University of Sakarya	2013	AA
51	Railway Track Irregularity Measuring by GNSS/INS Integration	Q. Chen	ION	TU Delft	2013	AA
52	Railway track irregularity and curvature estimation using doppler LIDAR fiber optics	Masood Taheri Andani	Journal of Rail and Rapid Transmit	Railway Technologies Laboratory	2016	AA
53	On use of characteristic wavelengths of track irregularities to predict track portions with deteriorated wheel/rail forces	Lei Xu	Mechanical Systems and Signal Processing	Train and Track Research Institute	2018	AA
54	Study of Rail Surface Irregularity Detection Based on Asymmetrical Chord Offset Method	Shaofeng Wang	International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering	DTU	2012	AA
55	Detection of High-Speed Railway Subsidence and Geometry Irregularity Using Terrestrial Laser Scanning	Chun Liu	Journal of Surveying Engineering	Tongji University	2014	AA
56	Condition Monitoring of Railway Tracks from Car-Body Vibration Using a Machine Learning Technique	Hitoshi Tsunashima	MDPI	Nihon University	2019	AA
57	A practical approach to tramway track condition monitoring: vertical track defects detection and identification using time-frequency processing technique	Péter Bocz	Journal of Civil Engineering	Budapest University of Technology and Economics	2013	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
58	Polyurethane-based stabilization of railroad ballast	Dinesh Gundavaram	International Journal of Rail Transportation	Indian Institute of Technology Patna	2019	AA
59	Comparative Evaluation of Particle Movement in a Ballast Track Structure Stabilized with Biaxial and Multiaxial Geogrids	Shushu Liu	Journal of the Transportation Research Board	Pennsylvania State University	2017	AA
60	Anti-chemical resistance and mock-up test performance of cement asphalt mortar modified with polymer for ballast stabilizing	Tri Ho Minh Le	Construction and Building Materials	Kunsan National University	2020	AA
61	Performance evaluation of polyurethane-stabilized railroad ballast under direct shear conditions	Dinesh Gundavaram	Construction and Building Materials	Indian Institute of Technology Patna	2019	AA
62	Track settlement restoration of ballastless high-speed railway using polyurethane grouting: Full-scale model testing	Xuecheng Bian	Transportation Geotechnics	Zhejiang University	2020	AA
63	Deformation of Coal Fouled Ballast Stabilized with Geogrid under Cyclic Load	Buddhima Indraratna	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	University of Wollongong	2013	AA
64	Superstructure Stabilization of Ballast Bedded Railway Tracks with Geogrids	Sz. Fischer	HungarianJournalofIndustryandChemistry	széchenyi istván university	2011	AA
65	Mechanical Properties of Polyurethane-Stabilized Ballast	A. Keene	Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA	University of Texas at Austin	2014	AA
66	Modeling the Effect of Polyurethane Stabilization on Rail Track Response	Andrew Keene	Geo-Congress 2013	University of Wisconsin	2013	AA
67	Stabilization of track substructure with geo-inclusions—experimental evidence and DEM simulation	Ngoc Trung Ngo	International Journal of Rail Transportation	University of Wollongong	2016	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
68	Environmental performance analysis of bitumen stabilized ballast for railway track-bed using life-cycle assessment	Sara Bressi	Construction and Building Materials	University of Pisa	2018	AA
69	Laboratory investigation on the behavior of ballast stabilized with bitumen-cement mortar	Morteza Esmaeili	Construction and Building Materials	Iran University of Science and Technology	2020	AA
70	Evaluation on full-scale testbed performance of cement asphalt mortar for ballasted track stabilization	Tri Ho Minh Le	Construction and Building Materials	Kunsan National University	2020	AA
71	INVESTIGATIONS OF THE REINFORCEMENT AND STABILISATION EFFECT OF GEOGRID LAYERS UNDER RAILWAY BALLAST	Sz. Fischer	SLOVAK JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING	széchenyi istván university	2011	AA
72	Discrete element modeling of polyurethane-stabilized ballast under monotonic and cyclic triaxial loading	Xing Ling	Construction and Building Materials	Beijing Jiaotong University	2020	AA
73	Evaluating Ballast Stabilization during Initial Compaction Phase	Shushu Liu	ASTM International	Pennsylvania State University	2018	AA
74	Characterization of polyurethane-stabilized ballast	Andrew Keene	International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	University of Wisconsin	2012	AA
75	Use of Rubber Mats to Improve the Deformation and Degradation Behavior of Rail Ballast under Cyclic Loading	Sinniah K. Navaratnarajah	JournalofGeotechnicalandGeoenvironmentalEngineering	University of Wollongong	2017	AA
76	Performance Monitoring of Rail Tracks Stabilized by Geosynthetics and Shock Mats: Case Studies at Bulli and Singleton in Australia	Buddhima Indraratna	Geo-Congress 2013	University of Wollongong	2013	AA

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
77	Application of Geogrids in Stabilizing Rail Track Substructure	Syed Khaja Karimullah Hussaini	Geosynthetics for Development of Transportation Infrastructures	Indian Institute of Technology Patna	2020	AA
78	Behavior of Geogrid-Reinforced Railroad Ballast Particles Under Different Loading Configurations During Initial Compaction Phase	Shushu Liu	ASME/IEE Joint Rail Confernence	Pennsylvania State University	2017	AA
79	DEM simulation of the pullout behavior of geogrid-stabilized ballast with the optimization of the coordination between aperture size and particle diameter	Chenxi Miao	Construction and Building Materials	Taiyuan University of Technology	2020	AA
80	Railway Superstructure Stabilization with Geosynthetic Layers	Sz. Fischer	Railway Superstructure Stabilization with Geosynthetic Layers	széchenyi istván university	2011	AA
81	Performance of rail ballast stabilized with resilient rubber pads under cyclic and impact loading	S K. Navaratnarajah	Proceedings of the International Conference on Geotechnical Engineering	University of Wollongong	2015	AA
82	The Behaviour of Ballasted Track Foundations : Track Drainage and Geosynthetic Reinforcement	Buddhima Indraratna	GeoFlorida 2010	University of Wollongong	2010	AB
83	Enhancement of Ballasted Rail Track Performance Using Geosynthetics	Behzad Fatahi	GeoHunanInternationalConference	UTS	2011	AB
84	High Performance Bi-Block Sleeper for Improvement the Performances of Ballasted Railway Track	Marco Guerrieri	AASRI Procedia	Kore University of Enna	2012	AB
85	Performance assessment of reinforced ballasted rail track	Buddhima Indraratna	Institution of Civil Engineers	University of Wollongong	2013	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
86	Reducing railway track settlement using three-dimensional polyurethane polymer reinforcement of the ballast	J. Kennedy	Construction and Building Materials	Heriot Watt University	2013	AB
87	자갈궤도 궤도구조 갱환을 위한 기계화 시공방안	정요운	한국철도학회	삼표이앤씨	2014	AB
88	급속경화궤도 노반면의 재료조건에 따른 영향평가	민경찬	한국철도학회	고려대학교	2014	AB
89	철도도상 자갈의 함수상태가 Prepacked Concrete 압축강도에 미치는 영향	유우현	한국철도학회	쌍용양회공업	2014	AB
90	온도응력을 고려한 급속경화궤도의 유한요소해석	홍준호	한국방재학회	경희대학교	2014	AB
91	Dynamic responses of railway bridge ends: A systems performance improvement by application of ballast glue/bond	Sakdirat Kaewunruen	MIT	MIT	2014	AB
92	Study of railway track stiffness modification by polyurethane reinforcement of the ballast	P.K. Woodward	Transportation Geotechnics	Heriot-Watt University	2014	AB
93	급속경화궤도 시공이음부의 보강방안 실험적 분석	최원석	한국방재학회	경희대학교	2015	AB
94	급속경화궤도용 광폭침목의 보강철근 부착성능평가	이민수	한국철도학회	과학기술연합대학원대학교	2015	AB
95	층 분리주입을 이용한 도상자갈 무교환방식 급속경화궤도의 적용성 평가	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2015	AB
96	교량상 급속경화궤도 적용성 분석	홍준호	한국방재학회	경희대학교	2015	AB
97	고속선 도상자갈 재사용을 위한 자갈세척시스템 개발에 관한 연구	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2015	AB
98	A mixed slab-ballasted track as a means to improve the behaviour of railway infrastructure	Inmaculada Gallego	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers	University of Castilla La Mancha	2015	AB
99	Discrete element method of improved performance of railway ballast bed using elastic sleeper	LiangGao	Journal of Central South University	Beijing Jiaotong University	2015	AB
100	급속경화궤도 시공이음부의 하중전달효율 분석을 위한 실물궤도실험	최원석	한국방재학회	경희대학교	2016	AB
101	Performance enhancement of railtrack ballast with rubber inclusions: a laboratory simulation	Chee-Ming Chan	Japanese Geotechnical Society Special Publication	UniversitiTunHusseinOnn Malaysia	2016	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
102	The Development of a High Performance Material for a Ballast Layer of a Railway Track	ValeryKondratov,	Procedia Engineering	St.PetersburgStateTransportUniversity	2017	AB
103	급속경화궤도 시공후 잔류자갈층 안정화에 관한 연구	최규문	한국철도학회	한국철도기술연구원	2017	AB
104	교량구간의 급속경화궤도 거동분석	최원석	한국방재학회	경희대학교	2017	AB
105	자갈궤도 개량용 침목 적용시 도상 탄성계수 변화에 따른 궤도 거동 분석	박종찬	한국방재학회	충남대학교	2017	AB
106	자갈궤도 개량용 침목 적용시 레일패드 강성에 따른 궤도 거동 분석	박범호	한국방재학회	충남대학교	2017	AB
107	교량상 급속경화궤도 구조 안정성 평가	조상현	한국철도학회	경희대학교	2017	AB
108	고속철도 자갈도상개량에 따른 통행시간 절감편익 산정	이장호	한국철도학회	한국교통대학교	2018	AB
109	보강철근이 적용된 급속경화궤도용 광폭침목의 보유휨 내력평가	배영훈	한국산학기술학회	한국철도기술연구원	2018	AB
110	앵커와 마찰의 영향을 고려한 교량상 급속경화궤도의 궤도-교량 상호작용해석	조상현	한국전산구조공학회	경희대학교	2018	AB
111	운영 중인 철도노선에서 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량하는 급속경화궤도 공법	배영훈	대한토목학회	한국철도기술연구원	2019	AB
112	고속철도 속도향상 및 유지보수효율화를 위한 급속경화 궤도공법	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2019	AB
113	자동화장비를 이용한 급속경화궤도 시공	최규몬	한국철도학회	한국철도기술연구원	2019	AB
114	Improved performance of ballasted tracks at transition zones: A review of experimental and modelling approaches	Buddhima Indraratna	Transportation Geotechnics	ITTC Rail	2019	AB
115	Polyurethane reinforced ballasted track: Review, innovation and challenge	Guoqing Jing	Construction and Building Materials	Beijing Jiaotong University	2019	AB
116	Improved performance of ballasted tracks under impact loading by recycled rubber mats	Ngoc Trung Ngo	Transportation Geotechnics	University of Wollongong	2019	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
117	Laboratory study of ballast material reinforced by flat geogrid under the dynamic load	Alexander Abrashitov	Geotechnical Construction of Civil Engineering & Transport Structures of the Asian-Pacific Region	Russian University of Transport	2019	AB
118	터널 급속시공을 위한 발파굴착-라이닝 병행시공법	유정훈	대한토목학회	코오롱건설	2010	AC
119	Strain-hardening Ultra-high Performance Fibre Reinforced Concrete:Deformability versus Strength Optimization	E. Denarié	Restoration of Buildings and Monuments(RBM)	EPFL	2011	AC
120	Accurate thickness estimation of a backfill grouting layer behind shield tunnel lining by CMP measurement using GPR	Hai Liu	IEEE	tohoku university	2012	AC
121	Improved Performance of Railway Ballast under Impact Loads Using Shock Mats	Sanjay Nimbalkar	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	University of Wollongong	2012	AC
122	Development of Inspection System for Corrosion Crack in R.C. for Second Tunnel Lining by Using Knowledge-BasedSystem	Yousif Abdulwahid Mansoor	American Journal of Engineering and Applied Sciences	Southwest Jiaotong University	2012	AC
123	Reinforcement effect of PCM shotcrete method using FRP grid for tunnel maintenance	Yukihiro Higashi	IEEE	Nagasaki University	2012	AC
124	GPR Investigations to Assess the State of Damage of a Concrete Water Tunnel	Diego Arosio	Journal of Environmental and Engineering Geophysics	Politecnico di Milano	2012	AC
125	Monitoring tunnel deformations by means of multi-epoch dispersed 3D LiDAR point clouds: An improved approach	Jen-Yu Han	Tunnelling and Underground Space Technology	National Taiwan University	2013	AC
126	GPR detection of inhomogeneities in concrete lining of underground tunnels	V. D. Baryshnikov	Journal of Mining Science	Russian Academy of Sciences	2014	AC

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
127	Tunnel Lining with Corrugated FRP Sheets	T. Hara	International Conference on Computing in Civil and Building Engineering	Tokuyama College of Technology	2014	AC
128	Tunnel Reinforcement Effects by Using Combined PCM Shotcrete and FRP Grid Technique	Yujing Jiang	ISRM	Nagasaki University	2014	AC
129	Diagnosing causes of lining cracks in mountain tunnels	Chia-Han Lee	Forensic Engineering	United Geotech Inc	2014	AC
130	Investigation and Rehabilitation of Lining Imperfections and cracks in an Operating Railway Tunnel	J.S. Yang	Engineering Conferences International	Central South University	2015	AC
131	Evaluation of the early-age-shrinkage of Fiber Reinforced Concrete (FRC) using image analysis methods	Alida Mazzoli	Construction and Building Materials	Università Politecnica delle Marche	2015	AC
132	Optimization of a Tunnel Lining Reinforced with FRP	Ivana Laníková	Key Engineering Materials	Brno University of Technology	2016	AC
133	Physical model tests and numerical simulation for assessing the stability of brick-lined tunnels	Han-Mei Chen	Tunnelling and Underground Space Technology	The University of Nottingham	2016	AC
134	Behaviour of tunnel lining strengthened by textile-reinforced concrete	Liu Dejun	Structure and Infrastructure Engineering	Tongji University	2016	AC
135	Management of structural monitoring data of bridges using BIM	Juan M. Davila Delgado	Institution of Civil Engineers	UWE Bristol's International College	2017	AC
136	Optimization of GFRP reinforcement in precast segments for metro tunnel lining	Angelo Caratelli	Composite Structures	University of Rome Tor Vergata	2017	AC
137	Estimation of reinforcing effects of FRP-PCM method on degraded tunnel linings	Yujing Jiang	Soils and Foundations	Nagasaki University	2017	AC
138	Precast Concrete Tunnel Segments with GFRP Reinforcement	Simone Spagnuolo	Journal of Composites for Construction	University of Rome Tor Vergata	2017	AC

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
139	Improving the diagnosis methodology for masonry tunnels	Daniel Llanca	Tunnelling and Underground Space Technology	Lombardi ingénierie SAS	2017	AC
140	Numerical analysis and capacity evaluation of composite sprayed concrete lined tunnels	Alan Bloodworth	Underground Space	University of Warwick	2018	AC
141	An automatic and intelligent optimal surface modeling method for composite tunnel structures	Hao Yang	Composite Structures	Jiangsu University of Science and Technology	2019	AC
142	Long-term deformation monitoring of CERN concrete-lined tunnels using distributed fibre-optic sensing	V. Di Murro	SEAGS & AGSSEA	University of Cambridge	2019	AC

3.6.2. 세부기술별 논문 동향

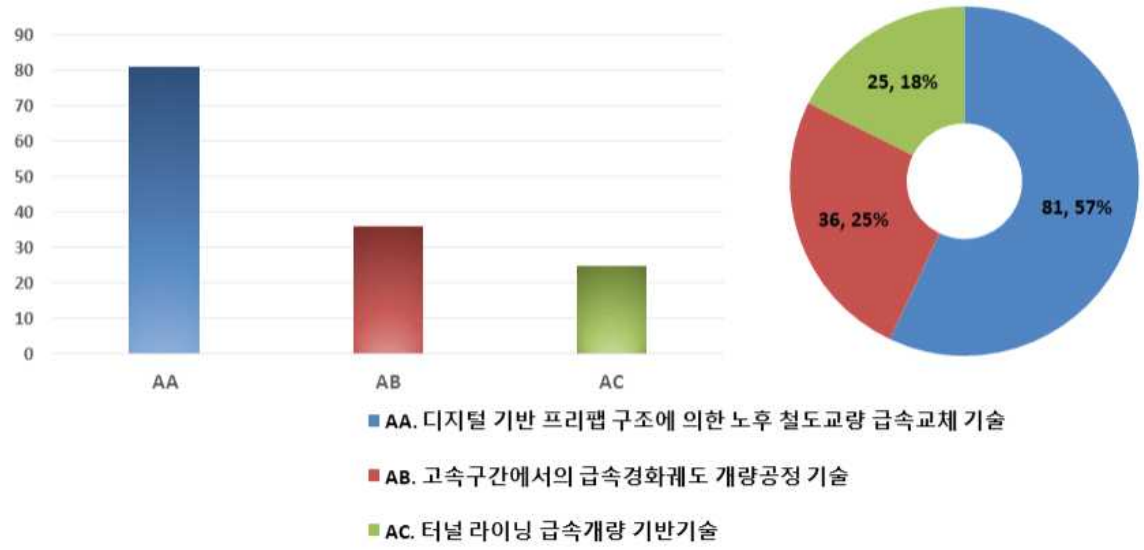


그림 2-57. 세부기술별 논문 현황

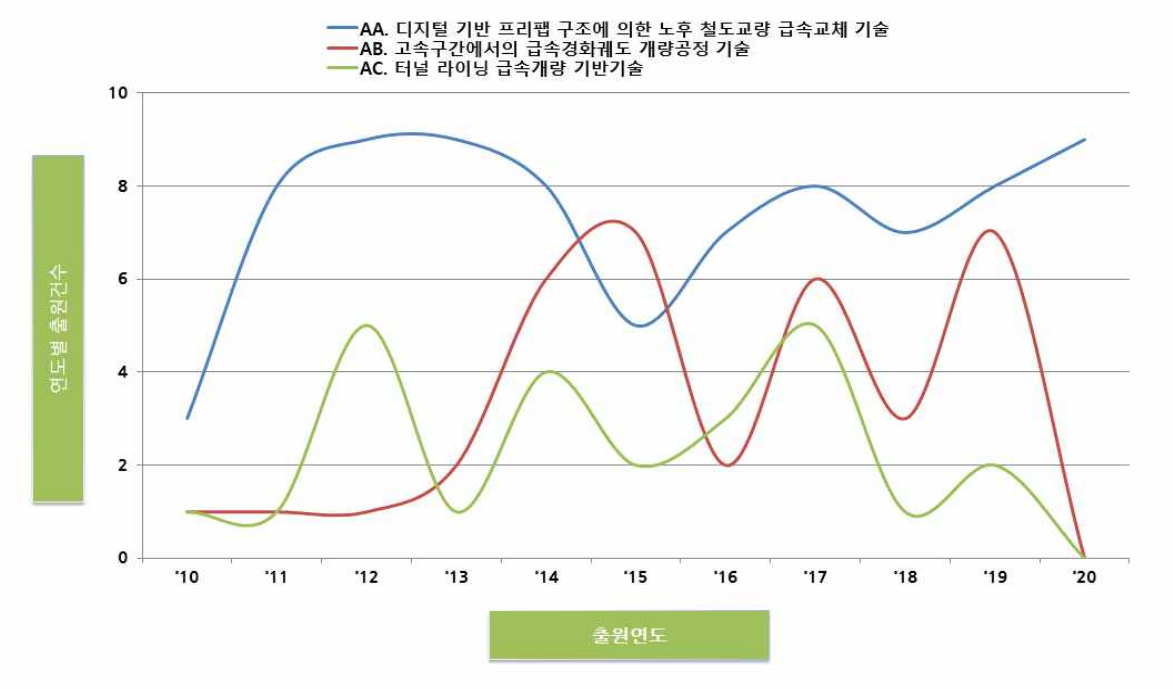


그림 2-58. 세부기술별 연도별 논문동향

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술(전체) 관련한 142건(100%)의 논문 중 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)은 81건(57%), 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)은 36건(25%), 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)은 25건(18%)으로 각 세부기술별 논문의 비중을 파악할 수 있음.

○ 전체 세부기술 중 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)과 관련된 논문의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

○ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 세부기술별 논문 동향을 살펴보면, 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)의 경우, 2010년 중반부터 논문이 증가하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)의 경우, 분석구간 초기에는 발행이 많지 않았지만 2010년 중반부터 출원의 증감을 반복하는 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)의 경우, 분석구간 초기부터 증감을 반복하고 있으며, 최근에는 조금 감소한 형태의 그래프가 나타나고 있음

❍ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)를 제외한 나머지 세부기술의 경우, 완만하게 논문의 수가 증가하거나, 증감을 반복하는 형태의 그래프가 나타나고 있음.

– 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)의 경우, 최근에는 감소하는 형태의 그래프가 나타나고 있지만, 전반적으로 논문의 수가 많지 않기 때문에 향후 추세를 좀 더 지켜볼 필요가 있을 것으로 보임

3.6.3. 국내·외 주요 저널 동향

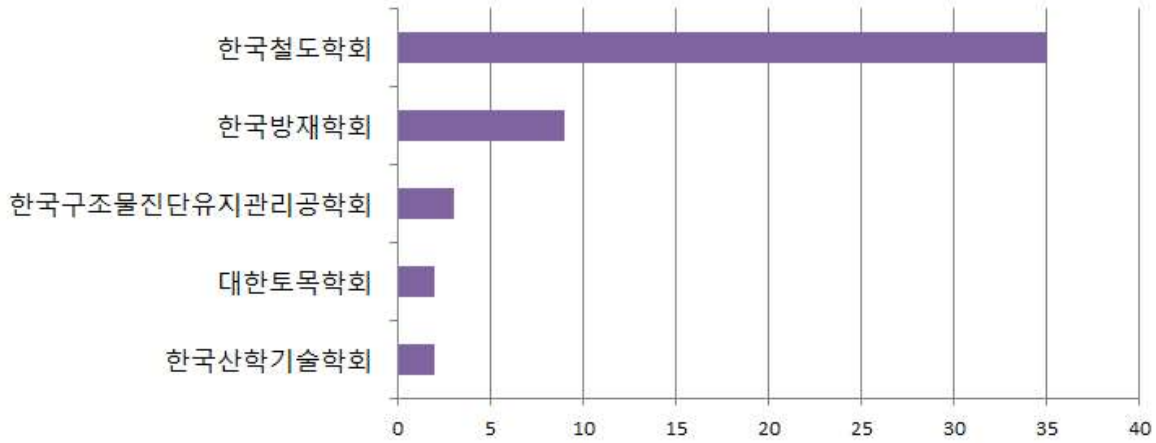


그림 2-59. 국내 주요 학술지

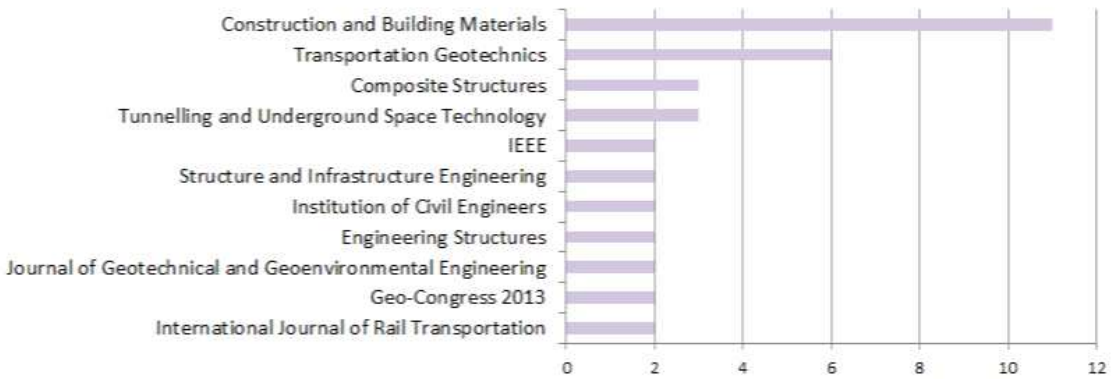


그림 2-60. 국외 주요 학술지

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 관련한 논문의 최근 발행 동향을 살펴보면, 국내 논문 발행 학술지의 경우, 한국철도학회에서 발행되는 관련 학술지가 가장 많은 것으로 조사되었으며, 한국방재협회에서도 본 대상기술과 관련한 학술지가 다수 발행되고 있는 것으로 나타남

❑ 국외 학술지의 경우, 한국과 달리 다양한 학술지에서 관련 기술에 대한 논문이 발행되고 있는 것으로 나타남. 그 중 2건 이상 관련 논문을 발행한 학술지를 살펴보면, 건축 및 수리분야에서 재료의 조사와 사용에 관한 정보를 제공하는 국제 저널 Construction and

Building Materials에서 관련 학술지가 가장 많은 것으로 조사되었으며, Transporatition Geotechnics, Composite Structures 등에서도 관련 기술 내용에 대한 학술내용 발행이 이루어지고 있는 것으로 나타남

3.6.4. 국내·외 주요 저자 동향

표 2-22. 국내·외 주요 저자

국내		국외	
제1저자	발행건수	제1저자	발행건수
이일화 (한국철도기술연구원)	6	Buddhima Indraratna (University of Wollongong)	7
최규문 (한국철도기술연구원)	3	Shushu Liu (Pennsylvania State University)	3
최원석 (경희대학교)	3	Ngoc Trung Ngo (University of Wollongong)	3
-	-	Sz. Fischer (Szechenyi istvan University)	3

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 관련한 논문의 주요 저자를 살펴본 바, 국내 논문 제1 저자의 경우, 6건의 논문을 발행한 이일화 저자로 나타났음.

❍ 이일화 저자는 한국철도기술연구원 첨단인프라연구팀 책임연구원으로 층 분리주입을 이용한 도상자갈 무교환방식 급속경화궤도의 적용성 평가, 고속철도 속도향상 및 유지보수 효율화를 위한 급속경화 궤도공법, 고속선 도상자갈 재사용을 위한 자갈세척시스템 개발에 관한 연구 등을 발행한 것으로 조사됨

❑ 국외 논문 제1 저자의 경우, 7건의 논문을 발행한 Buddhima Indraratna로 나타났음.

❍ 현재는 철도 인프라의 첨단기술을 위한 국립교육센터(ITTC-Rail)의 이사로 Performance assessment of reinforced ballasted rail track, Application of geoinclusions for sustainable rail infrastructure under increased axle loads and higher speeds 등의 논문을 발행한 것으로 조사됨

❑ 다만, 국내·외 모두 다수의 관련 논문을 발행하고 있는 저자는 눈에 띄지 않아 관련 연구개발에 대한 독보적인 기술력을 갖춘 연구자 또는 연구소 등은 나타나지 않고 있는 것으로 분석됨

3.6.5. 국내·외 주요 기관 동향

표 2-23. 국내·외 주요 기관

국내		국외	
소속기관	발행 건수	소속기관	발행 건수
한국철도기술연구원	15	University of Wollongong	12
경희대학교	8	Nagasaki University	3
충남대학교	4	Beijing Jiaotong University	3
한국교통대학교	2	Pennsylvania State University	3
인천대학교	2	Indian Institute of Technology Panta	3

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 관련한 논문의 저자들이 속한 기관을 살펴본 바, 국내 논문 의 경우, 15건의 논문을 발행한 저자들(배영훈, 최규문, 이일화, 여인호, 이경찬)은 한국철도기술연구원 소속인 것으로 나타남. 다음으로 8건의 논문을 발행한 저자들(최원석, 홍준호, 민준기, 조상현)은 경희대학교 소속인 것으로 나타남

❑ 국외의 경우, 12건의 논문을 발행한 저자들(Buddhima Indraratna, Ngoc Trung Ngo, Sanjay Nimbalkar)은 호주의 University of Wollongong 소속인 것으로 나타남. 그 외에도 많은 기관들(일본의 Nagasaki University, 중국의 Beijing Jiaotong University, 미국의 Pennsylvania State University 등)에서 관련 기술에 대한 논문이 발행되고 있는 것으로 나타남

3.7. 핵심특허 Matrix

❑ 핵심 특허+논문을 동일 Matrix 내 Mapping해서 요소기술구성별 차별화된 특허 분석 솔루션을 도출함

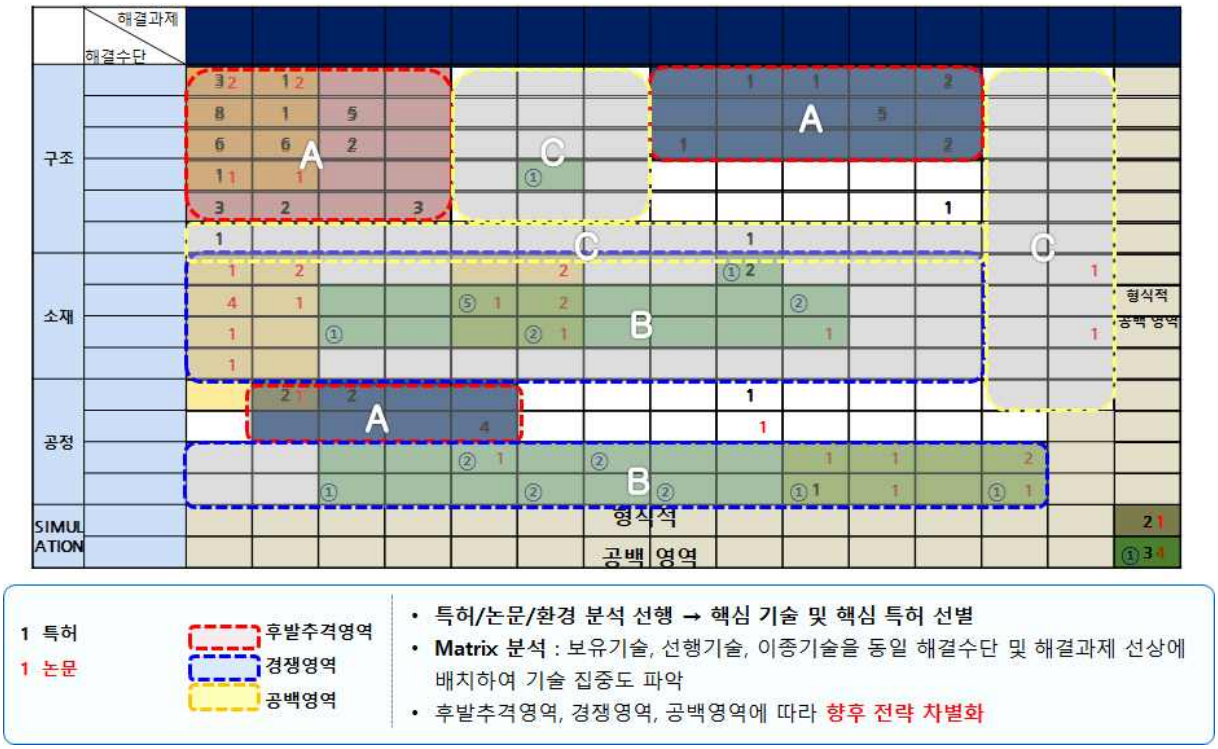


그림 2-61. Matrix 분석을 통한 특징 영역 분리

	A: 후발 추격 영역	B: 경쟁 영역	C: 공백 영역
침해 대응 전략	• 선행특허 다수 존재 • **선행기술에 대한 침해여부파악 중요** • **침해우려특허에 대한 회피설계안 수립 및 선행기술 탐색을 통한 특허무효화 방안 수립**	• 경쟁사를 중심으로 선행기술 다소 존재 • 선행기술에 대한 침해여부파악 중요 • **침해우려특허에 대한 회피설계안 수립**	• 선행문헌이 존재하지 않는 선도 기술분야 • **침해 문제 없음**
R&D 방향	• **후발추격기술영역** • **독자적 기술 구성 확보 가능한 단기 R&D 방향 설정**	• **시장 진출과 기술 투자 혼재 영역** • 경쟁력이 높은 **유망기술 분야** 도출하여 **집중 연구하는 중기 R&D 방향 설정**	• **신규 기술 및 시장 영역** • **원천기술 개발을 위한 장기 R&D 방향 설정** • 시장 및 정책분석 필요
신규 IP 전략	• **신속한 출원으로 빠른 권리화** 필요 • 회피설계안으로 도출된 고유 구성을 중심으로 자사의 실시권 확보를 위한 **방어적 출원 전략** • 다수의 개량특허 확보를 통한 **Corss-liscencs 전략** 또는 **기술이전안** 제시	• 특징구성을 기반으로 등록 가능성 분석 • 회피설계구성으로 출원시 가능한 넓은 권리 범위를 갖되, **특허 등록 가능성을 높일 수 있는 방어적 출원 전략** • 특허 포트폴리오 설계로 해당 기술 특허장벽 형성 도모	• 선행기술 부재 • 독점배타적 권리 형성이 가능하도록 원천 특허 확보를 위한 **최대한 넓은 권리범위의 공격적 출원 전략** 제시 • 광범위한 특허 장벽 형성을 위한 **특허 포트폴리오 설계 매우 중요**
사업화 전략	• 경쟁기업의 **기술 포화영역** • **소규모 예산** 기준의 사업화	• 기업의 **시장 진출과 기술 투자 혼재 영역** • 사업화 시 경쟁력이 높은 유망기술 분야 도출하여 **집중 투자**	• **신규 기술 및 시장 영역** • 잠재 수요기업 발굴 등 새로운 사업 영역에 대한 **신규 사업화 모델 수립** 필요

그림 2-62. 요소 기술별 특징에 따른 분석 차별화

3.7.1. 핵심특허 선정 기준 및 선정 결과

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술에 대한 특허심층분석을 위해 전체 유효특허 데이터 1,079건 중 기술적 유사도 및 기술적 중요성에 대한 특허적 판단 요소를 기준으로 중분류별로 각각 20건의 핵심 특허를 선정함

표 2-24. 핵심특허 선정 기준

선정기준	내용
기술적 유사도	- 특허 청구 범위 및 기술적 유사도 검토 (※ 과제 연구자의 검토 및 확정 필수)
패밀리 특허 건수 / 패밀리 특허 국가수	- 패밀리 특허 건수 혹은 출원 대상 국가수가 많을수록 해당 기술에 대한 중요성 인식이 크다고 판단
자국외 특허	- 자국 외 특허 출원은 자국 출원 대비 비용 및 시간, 노력의 크기가 큼에 따라 중요한 기술로 판단 - 특히, 유럽(EPO) 및 국제(PCT) 특허는 향후 권리실시 대상 국가가 확대됨에 따라 기술에 대한 중요성 인식이 매우 크다고 판단
다출원 기준 주요 출원기관 보유	- 정량적으로 다수의 특허기술을 보유할수록 정성적으로 중요도가 높은 특허기술을 포함할 확률이 높은 것으로 판단
인용 및 피인용 횟수	- 인용도가 높은 특허는 다수의 연구에서 참고가 됨에 따라 중요성이 높은 기술로 판단 - 피인용이 적은 특허는 원천기술 가능성이 높은 것으로 판단 (※ 출원년도 대비 인용/피인용도를 고려)
거래 및 분쟁	- 거래 및 분쟁과 관련된 특허기술은 사업화 관점에서 중요한 기술로 판단
등록 여부	- 등록된 특허기술의 경우, 침해 등의 이슈가 발생될 수 있음 - 미등록된 특허기술의 경우, 침해 등의 이슈는 발생하지 않으나 기술적 유사도에 따라 신규 IP 창출 여부에 영향을 미치므로 과제 목적에 따라 핵심특허로 포함

3.7.2. 국가별, 출원인별 핵심특허 리스트

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 주요 핵심특허를 대상으로 권리분석을 위해 최근 약 10년간 출원된 특허를 대상으로 본 대상기술과 유사한 특허를 중분류별 20건을 선별하여 최종 60건의 특허를 선별하였으며, 선별된 특허들에 대한 핵심특허 matrix 분석을 진행함

표 2-25. 분석 대상 특허 리스트

NO	출원 국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술 분류
1	KR	2018-003 8159	탄성폼프리캐스트 조인트재 및 이를 이용한 교량 신축이음 급속 시공방법	(주)지승컨설턴트	AA
2	KR	2011-008 8589	거더 및 이를 이용한 교량공법	삼성물산 주식회사	AA
3	KR	2011-003 6517	프리캐스트 바닥판을 이용한 교량의 바닥판 교체 시공 방법	김근택	AA
4	KR	2014-007 0395	조인트 노후 교량을 무조인트 교량으로 시공하는 방법	(주)지승컨설턴트	AA
5	KR	2014-018 4660	교량의 상판 교체장치 및 방법	한국도로공사	AA
6	KR	2011-014 1505	널말뚝식 복합 모듈러 교대 및 그의 시공 방법	주식회사 이산	AA
7	KR	2020-000 5391	설치 길이 조절이 가능한 프리패브리케이팅 타입 목교	주식회사 에이치티	AA
8	KR	2018-007 3785	교좌장치 교체 시공 방법	주식회사 이쎈	AA
9	KR	2018-008 9553	거동 가능한 교량 인상의 컴퓨터 제어 시스템을 이용한 교좌장치 시공 공법	피엔에이건설 주식회사	AA
10	KR	2013-005 9842	콘크리트 도상용 ｈｄｐｅ 특수침목 및 콘크리트 도상용 침목의 교체 방법	영중산업 주식회사	AA
11	KR	2014-003 8196	충격완화층을 이용한 콘크리트궤도 노반침하 복구방법	(주)승화기술정책연구소	AA
12	JP	2012-055 190	교량의 바닥판 보강 방법, 및 교량상판 구조	YOKOGAWA KOJI KK	AA
13	JP	2013-050 842	교량용 콘크리트 프리캐스트 상판의 시공 방법	KUMAGAI GUMI CO LTD	AA
14	JP	2015-074 624	교량의 바닥판 지지 구조와 상판 교체 방법	MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD	AA
15	KR	2017-001 4904	철도 레일용 보강장치 및 그 관제 시스템	김태준	AA
16	JP	2019-087 851	교량 구조 및 상판 교체 방법	일본 제철 주식회사	AA
17	JP	2015-134 002	크레인 간섭 체크 시스템, 교량 가설 시뮬레이션 시스템, 및 , 그것들을 구비한 3d 시공 계획 시스템	히타치 조선 주식회사	AA
18	JP	2019-559 005	이동 크레인 시스템 및 방법	BRIDGE AND TRACK CRANE LLC D/B/A RCRANE	AA
19	JP	2015-231 969	교량의 시공 방법	P.S. Mitsubishi	AA

NO	출원 국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술 분류
20	US	13-227318	System and method for bridge pier replacement	OCCI, Inc.	AA
21	KR	2017-0044052	자갈궤도를 개량하기 위한 급속경화궤도용 모르타르 공급장비	한국철도기술연구원	AB
22	KR	2019-0149947	자갈궤도의 급속개량에 적합하게 사용될 수 있는 콘크리트궤도 시공방법 및 이를 위한 콘크리트 슬래브 지지장치와 철도 부설장치	주식회사 에스코알티에스	AB
23	KR	2012-0129928	철도 자갈도상궤도에서의 침목결속장치 및 이를 이용한 궤도 구조 보강방법	한국철도기술연구원	AB
24	KR	2015-0091842	철도 선로 운행 중 도상 개량 공법	서울메트로	AB
25	KR	2013-0007442	자갈 궤도 개량 공법	한국철도기술연구원	AB
26	KR	2014-0180708	층 분리 주입을 도입한 자갈도상 무교환방식의 급속경화궤도의 시공 방법	한국철도기술연구원	AB
27	KR	2017-0102984	철도 자갈궤도	주식회사 모든텍	AB
28	KR	2018-0055185	도상 교체용 특수 철도차량	류수경	AB
29	KR	2018-0161550	아스팔트 복합재료, 그의 제조방법 및 이를 이용한 자갈궤도 유지보수 방법	군산대학교산학협력단	AB
30	KR	2016-0166308	철도용 자갈도상의 안정화 방법	주식회사 엠앤이알	AB
31	KR	2013-0023895	철도궤도용 도상	한국철도기술연구원	AB
32	JP	2014-532259	궤도의 도상 밸러스트를 보수하는 방법	Plasser & Theurer	AB
33	JP	2016-109672	포리마 수용액을 이용한 궤도의 밸러스트 유동 방지 방법	철도종합기술연구소	AB
34	CN	2015-10866610	With the fragments said bed structure	UNIV BEIJING JIAOTONG	AB
35	JP	2017-117051	밸러스트 궤도의 보수 공법	철도종합기술연구소	AB
36	JP	2013-210098	밸러스트식 궤도의 보수 방법	ALLEN:KK	AB
37	US	14-911803	Machine for renewal of sleepers and ballast under raised railway track	Matisa Materiel Industriel S.A.	AB
38	US	14-491532	Drive for railroad ballast tamper apparatus	NORDCO INC.	AB
39	US	14-911803	Machine for renewal of sleepers and ballast under raised railway track	Matisa Materiel Industriel S.A.	AB
40	EP	2012-196118	Method for converting a gravel track into a solid track	SONNEVILLE AG	AB
41	KR	2014-0030974	자기치유 터널 라이닝 콘크리트	주식회사 인트켐	AC
42	KR	2015-0064342	저심도 철도터널 급속 시공용 트렌치 실드장비 및 이를 이용한 저심도 철도터널 급속 시공 방법	한국철도기술연구원	AC

NO	출원 국가	출원번호	발명의 명칭	출원인	기술 분류
43	KR	2019-017 7843	친환경 소다 블라스팅 전처리장치를 이용하는 콘크리트 구조물 터널 지하차도 타일면에 오염원 제거 및 그 콘크리트 구조물의 내구성을 강화시키는 단면을 보수하고 보호하는 시공방법	주식회사 세기이앤씨	AC
44	KR	2010-012 3828	섬유강화 복합소재로 구성된 조립 부재를 이용한 터널 라이닝 공법 및 이에 사용되는 조립 부재	(주)유일이앤씨	AC
45	KR	2010-012 4356	프리스트레스 강선을 이용한 실드터널 세그먼트 구조 및 이를 이용한 실드터널 세그먼트 라이닝 체결방법	한국건설기술 연구원	AC
46	KR	2011-000 8933	프리캐스트 터널 라이닝 조립체	김승한	AC
47	KR	2010-000 8630	무석면 섬유강화 시멘트 보드를 이용한 터널 라이닝 방음벽 및 그 설치방법	에스에이 주식회사	AC
48	KR	2013-004 0234	터널 및 구조물의 내부 마감방법	곽상운	AC
49	KR	2018-009 8714	갱도의 노면상태 모니터링 장치 및 이를 이용한 갱도의 노면 유지관리 시스템	한국지질자원 연구원	AC
50	JP	2010-203 204	실드 터널복공 방법	철도종합기술 연구소	AC
51	JP	2011-279 386	터널 내권보강복공에 의한 내진 보강 공법	HIKARI KEIKAKU SEKKEI JIMUSYO CO LTD	AC
52	JP	2011-073 241	터널복공 구조체	서일본고속도 로	AC
53	JP	2004-005 509	박락 방지 부재 및 터널복공의 박락 방지 구조 및 터널복공의 시공 방법	C I KASEI CO LTD	AC
54	JP	2009-272 923	터널의 보수·보강 장치	TAKENAKA DOBOKU CO LTD	AC
55	JP	2017-124 779	터널 내권복공에서 레진콘크리트 패널의 고정 공법	키자이테크토 주식회사	AC
56	JP	2010-168 319	Ri수분계를 이용한 터널2차복공 콘크리트의 충진 불량 개소의 유무 검지 방법 및 개선방법	TAKENAKA DOBOKU CO LTD	AC
57	JP	2016-118 785	터널복공 보강 구조, 터널복공 보강부재 및 터널복공 보강 방법	TAISEI CO	AC
58	JP	2010-264 829	터널복공에서 콘크리트 패널의 고정 방법	KIZAI TEKUTO KK	AC
59	JP	2010-160 331	수지 피복 세그먼트 및 이것에 의해서 구축된 실드 터널	SEKISUI CHEMICAL IND KK	AC
60	US	14-90362 3	Tunnel lining surface inspection system and vehicle used for tunnel lining surface inspection system	서일본고속도 로	AC

3.7.3. 핵심논문 리스트

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 관련 최근 약 10년간 발행된 논문들 중 본 과제기술과

유사한 논문을 중분류별 10건씩 선별하여 최종 30건의 논문을 선별하였으며, 선별된 논문들에 대한 핵심특허 matrix 분석을 진행함

표 2-26. 핵심 논문 리스트

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
1	철도교량에서 다양한 개량계획의 체계화 설정	백재욱	한국철도학회	한양대학교	2011	AA
2	도시철도 영업운행선의 궤도개량공사 서행구간 속도향상 연구	김효산	한국철도학회	서울메트로	2012	AA
3	운행선 급속교체 가능한 강교량 저소음 궤도구조 개발	박정근	한국소음진동공학회	ERS	2014	AA
4	바닥판 급속교체를 위한 스터드 전단연결재의 피로수명	이경찬	한국콘크리트학회	한국철도기술연구원	2013	AA
5	운영 중인 철도노반 보강을 위한 급속 보강재료 개발	윤환희	한국철도학회	동양대학교	2019	AA
6	이동식 크레인 차량을 이용한 기존 철도판형교의 급속교체공법	이재원	한국강구조학회	홍익대학교	2012	AA
7	Modernization of Railway Track with Composite Sleepers	Sharma, Rakesh Chandmal	International Journal of Vehicle Structures & Systems	Maharishi Markandeshwar Univ.	2017	AA
8	Nonlinear finite element analysis of a 50 years old reinforced concrete trough bridge	Benjamin Richard	Engineering Structures	University Paris-Est	2010	AA
9	Numerical simulations to improve the use of under sleeper pads at transition zones to railway bridges	André Paixão	Engineering Structures	LNEC	2018	AA
10	An Australian railway bridge management framework	Dwayne Nielsen	International Journal of Strategic Engineering Asset Management	Central Queensland University	2013	AA
11	운영 중인 철도노선에서 자갈궤도를 콘크리트궤도로 개량하는 급속경화궤도 공법	배영훈	대한토목학회	한국철도기술연구원	2019	AB
12	자갈궤도 궤도구조 갱환을 위한 기계화 시공방안	정요운	한국철도학회	삼표이앤씨	2014	AB
13	급속경화궤도 시공이음부의 보강방안 실험적 분석	최원석	한국방재학회	경희대학교	2015	AB
14	자동화장비를 이용한 급속경화궤도 시공	최규문	한국철도학회	한국철도기술연구원	2019	AB
15	고속철도 속도향상 및 유지보수효율화를 위한 급속경화 궤도공법	이일화	한국철도학회	한국철도기술연구원	2019	AB

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행연도	기술분류
16	Performance assessment of reinforced ballasted rail track	Buddhima Indraratna	Institution of Civil Engineers	University of Wollongong	2013	AB
17	Improved performance of ballasted tracks at transition zones: A review of experimental and modelling approaches	Buddhima Indraratna	Transportation Geotechnics	University of Wollongong	2019	AB
18	Enhancement of Ballasted Rail Track Performance Using Geosynthetics	Behzad Fatahi	GeoHunan International Conference	UTS	2011	AB
19	Improved performance of ballasted tracks under impact loading by recycled rubber mats	Ngoc Trung Ngo	Transportation Geotechnics	University of Wollongong	2019	AB
20	Polyurethane reinforced ballasted track: Review, innovation and challenge	Guoqing Jing	Construction and Building Materials	Beijing Jiaotong University	2019	AB
21	터널 급속시공을 위한 발파굴착-라이닝 병행시공법	유정훈	대한토목학회	코오롱건설	2010	AC
22	Monitoring tunnel deformations by means of multi-epoch dispersed 3D LiDAR point clouds: An improved approach	Jen-Yu Han	Tunnelling and Underground Space Technology	National Taiwan University	2013	AC
23	Accurate thickness estimation of a backfill grouting layer behind shield tunnel lining by CMP measurement using GPR	Hai Liu	IEEE	tohoku university	2012	AC
24	Optimization of GFRP reinforcement in precast segments for metro tunnel lining	Angelo Caratelli	Composite Structures	University of Rome Tor Vergata	2017	AC
25	Estimation of reinforcing effects of FRP-PCM method on degraded tunnel linings	Yujing Jiang	Soils and Foundations	Nagasaki University	2017	AC
26	GPR detection of inhomogeneities in concrete lining of underground tunnels	V. D. Barysh nikov	Journal of Mining Science	Russian Academy of Sciences	2014	AC
27	Evaluation of the early-age-shrinkage of Fiber Reinforced Concrete (FRC) using image analysis methods	Alida Mazzoli	Construction and Building Materials	Università Politecnica delle Marche	2015	AC

No	명칭	제1저자	출처	소속	발행 연도	기술 분류
28	Tunnel Lining with Corrugated FRP Sheets	T. Hara	International Conference on Computing in Civil and Building Engineering	Tokuyama College of Technology	2014	AC
29	Reinforcement effect of PCM shotcrete method using FRP grid for tunnel maintenance	Yukihiro Higashi	IEEE	Nagasaki University	2012	AC
30	Optimization of a Tunnel Lining Reinforced with FRP	Ivana Laníková	Key Engineering Materials	Brno University of Technology	2016	AC

3.7.4. 세부기술별 핵심 Matrix 분석

❑ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	저소음
공법	상부구조	4	1	1	
	코터식 이음매	1	1		
	AHP분석기법			1	
	시뮬레이션	1 2	AA-5		
	BMS(교량관리시스템)		1		
	널말뚝식	1		1	
	설치길이 감소	1			
	IoT		1 AA-6		
	프리캐스트 바닥판				
	인벤토리 구성		AA-1		
	프리팹 모듈러 구조		AA-2, AA-3		
장치	브래킷	2			
	센서	1			
	레일측 대차	1	1		
	스터드	1			
	이동식 크레인	1 1	AA-4		
	지지장치	1	1		
소재	레일고정수지				1
	아크릴레이트			1	
	복합재료		1	1	
	CFRP			1	
	강상판			1	
	충격완화층	1	1 AA-7		

기술명	범위 및 내용
디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)	• 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성(AA-1) • 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발(AA-2) • 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 교량받침 검토(AA-3) • 급속교체를 위한 최적 설비 검토 및 수직/수평 가설공법 개발(AA-4) • BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술(AA-5) • 하부지반 건전도 평가 및 개량 기술(AA-6) • 개량구간-비개량구간 접속부 보강기술(AA-7)

❍ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 (AA)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함

- 급속교체를 위한 최적 설비 검토 및 수직/수평 가설공법 개발(AA-4)의 경우, 이동식 크레인을 사용하여 교량을 가설하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로 관련 특허와 논문을 분석하여 본 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.
- BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술(AA-5)의 경우, 시뮬레이션을 통해 교량을 가설하는 특허와 논문이 존재하고 있으므로 관련 특허와 논문을 분석하여 본 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.
- 하부지반 건전도 평가 및 개량기술(AA-6)의 경우, IoT기술을 활용해 하부지반 건전도를 평가하거나 개량하는 기술에 대한 특허가 일부 존재하는 것으로 나타나 관련 특허를 분석하여 본 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.
- 개량구간-비개량구간 접속부 보강기술(AA-7) 역시 충격완화층을 이용해 접속부를 보강하는 기술에 대한 특허가 일부 존재하는 것으로 나타나 관련 특허를 분석하여 본 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음

○ 다른 세부기술로는 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성(AA-1), 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발(AA-2), 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토(AA-3)가 있음. 이 세부기술들은 핵심특허 Matrix에서 관련된 특허 및 논문이 나타나지 않는 공백영역이므로 연구개발을 통해 원천기술을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

❑ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	친환경
공법	부직포 부설	1			
	시뮬레이션		1		
	저온취하	1			1
	침목 블록	1	AB-3		
	수직지지구	1			
	프리캐스트 패널	1	1		
	코팅			1	1
	부츠형 구조	1	1 AB-6		
장치	모르타르 공급장치	1 2 AB-1 AB-5		AB-2 AB-4	1
	자동화장비	1			
	슬래브 지지장치	1			
	침목 결속장치			1	
	긁어내 장치	1			
	템퍼구동장치		1		
	밸러스트 수집장치	1			
	도상교체차량	1	1		
소재	복합소재	2 1	2 2	1	1
	포리마용액		1		
	충전재	1	2	1	1

기술명	범위 및 내용
고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)	• 열차 차단시간내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도 시스템 개발(AB-1) • 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석(AB-2) • 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립(AB-3) • 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토(AB-4) • 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립(AB-5) • 400Km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립 기술(AB-6)

○ 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술 (AB)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함.

– 열차 차단시간 내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발(AB-1),차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립(AB-5)의 경우, 차단시간 내에 자갈궤도 개량을 가능하도록 신속성에 초점을 맞춘 특허와 논문들이 존재하고 있음. 따라서 관련 특허와 논문을 분석하여 본 세부기술들이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.

– 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립(AB-3)의 경우, 침목 블록을 이용한 특허가 존재하고 있으므로, 이 특허의 분석을 통해 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.

– 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석(AB-2), 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토(AB-4)의 경우, 비용이 낮고, 내구성이 강하며, 친환경적으로 자갈궤도 보강을

위한 다양한 공법, 장치, 소재가 있다는 점에서 관련된 특허와 논문이 존재하고 있음. 따라서 관련 특허와 논문의 분석을 통해 본 세부기술들이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.

- 400Km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립 기술(AB-6)의 경우, 밸러스트 베드의 구조를 변화시켜서 400Km/h급의 높은 속도에도 견딜 수 있는 구조로 설계하는 기술에 대한 특허가 일부 존재하고 있음. 따라서 관련 특허와 논문의 분석을 통해 본 세부기술들이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음

❑ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)

특허 논문 공백영역

수단 \ 목적		신속성	경제성	내구성	정확성
공법	복공 세그먼트		1		
	수지 콘크리트 패널	2	1	2	
	지보공	1			
	FRP-PCM			2	
	이미지 분석			1	
	강선	1	1		
	요철접합			1	
장치	트렌치 실드장비	1			
	손상표면제거 장비		AC-2		
	버킷 회수 장비		AC-3		
	자동화 장비		AC-5		
	소다 블라스팅 전처리장치	1	1	1	
	화상촬영차량				1
	LIDAR	1	AC-1		
	GPR				2
	센서	1	1		
	모니터링 장치				1
소재	콘크리트 혼화재			1	
	섬유	1	1 AC-4	1	
	복합수지	2	3 1	1 2	

기술명	범위 및 내용
터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)	• 노후 터널 라이닝 상태평가 기술(AC-1) • 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발(AC-2) • 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발(AC-3) • 라이닝 표면 급속보강 재료 개발(AC-4) • 대차 탑재형 라이닝 급속 보강 통합 자동화 장비 개발(AC-5)

○ 터널 라이닝 급속개량 기반기술 (AC)에서 선별한 핵심특허 20건과 기술 관련도가 높은 논문 10건을 대상으로 Matrix 분석을 진행함

- 노후 터널 라이닝 상태평가 기술(AC-1)의 경우, LIDAR이나 GPR, 센서, 화성촬영차량 등 다양한 장치를 이용해 터널 라이닝의 상태를 평가하는 특허와 논문이 존재하고 있음. 따라서 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음.
- 라이닝 표면 급속보강 재료 개발(AC-4)의 경우, 콘크리트 혼화재나 다기능 섬유, 복합수지를 이용하여 터널 라이닝을 보강하는 특허와 논문이 존재하고 있음. 따라서 관련 특허와 논문을 분석하여 세부기술이 선행문헌을 침해하지 않는 방향으로 회피전략을 세울 필요가 있음
- 다른 세부기술로는 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발(AC-2), 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발(AC-3), 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발(AC-5)이 있음. 이 세부기술들은 핵심특허 Matrix에서 관련된 특허 및 논문이 나타나지 않는 공백영역이므로 연구개발을 통해 원천기술을 확보할 수 있을 것으로 사료됨

4. 시사점

❑ 노후 철도교량 상부구조 급속교체 기술 수요 증가 및 요소 기술 개발 필요

❍ 국내 철도교량 상부구조 교체 기술은 단경간 판형교에서의 밀어넣기 공법에 한정되어 있으며, 타 공법에 대한 연구가 진행된 사례 있으나 시공실적 한계

❍ 도로교량을 중심으로 교량 상부구조 교체를 위한 모듈러 시공 기술 및 BIM을 이용한 시공 관리 기술 등이 개발되었으나 철도교량에 대한 내용은 누락되었으며, 철도구조 특성을 반영한 핵심 기술 개발이 필요

❑ 노후 철도터널 라이닝 보강을 위한 작업시간·비용효율적인 기술 개발 필요

❍ 터널 현장 조건으로 인하여 차단 시간 내 인력 위주의 작업이 주로 실시되며, 작업효율성이 매우 낮음

❍ 국외에서도 터널 개량을 위한 장비 및 공법 등이 개발되었으나 열차 운행이 지장을 주지 않기 위해서는 작업 효율성이 낮음

❑ 고속철도 증속에 따른 노후 자갈궤도의 콘크리트화 개량 기술 수요 발생 및 요소 기술 개발 필요

❍ 기존선의 고속화를 위하여 기존에 자갈궤도의 콘크리트화를 위한 요소 기술이 개발되었으나, 최근 추진되고 있는 고속철도 증속 기준에서 요구하는 성능에 미흡

❍ 차단 시간 동안 시공성 및 작업량이 낮아 투입 비용 대비 개량 효과 낮음

❑ 노후 철도구조물 급속개량 관련 특허 및 논문 분석 결과 초기에는 미국 출원이 높았으며, 이후 일본이 높은 출원수를 보이고 있고, 최근에는 중국이 높은 출원 상승세를 보임. 한국의 경우 2000년대부터 꾸준히 특허 출원이 진행됨

❍ 현재까지 일본이 시장을 선도하고 있는 것으로 나타나고 있으나, 일본 출원인 대부분이 자국위주의 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남.

❍ 반면, 유럽의 일부 출원인들은 글로벌 지재권을 확보하기 위해 자국뿐만 아니라 다른 국가들에서도 활발한 출원활동을 하고 있는 것으로 나타남.

❍ 현재 노후 철도구조물 급속개량 기술에 대한 성장단계는 그래프 상에서 출원인수와 출원건수가 지속적으로 증가하고 있는 형태로, 성장기로 해석할 수 있음

❍ 본 연구의 세부기술 중 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술과 유지보수 최소화를 위한 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기술의 경우, 일부 출원인들에 의한 관련기술에 대한 출원이 많이 이루어졌지만, 터널 라이닝 급속개량 기반기술과 관련된 출원은 상대적으로 미흡한 것으로 조사됨

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 연구개발과제 추진 방향

1. 연구개발과제 추진 방향의 설정 과정

❑ 본 과제의 추진 방향 설정을 위해 국내외 노후 철도구조물 개량 현황 및 이슈 분석, 대내외 환경분석(정책, 시장 등) 및 기존 R&D,, 국내외 기술동향 등을 종합적으로 고려.

○ 국내외 노후 철도구조물 개량 현황 및 이슈 분석을 통해 노후 철도구조물 개량과 관련하여 국내에서 해결하지 못한 이슈, 긴급하게 해결해야 하는 이슈 등 발굴하고 기술적 해결방안 마련을 위해 검토

– 세부기술 도출에 앞서 공공성 위주의 철도구조물 관리 특수성을 고려한 전문성, 합리성, 사업가능성을 확보하기 위해, 철도 운영기관 및 관리기관 관련 담당자, 철도인프라 및 건설 관련 전문가들의 현장애로와 기술수요를 검토

○ 대내외 환경 및 동향 분석을 통해 국내외 정책 방향, 시장의 수요, 철도분야에 요구될 미래 전망을 급격한 변화 등 노후 철도구조물 개량을 둘러싸고 있는 환경 및 기존 철도구조물 개량 관련 R&D, 국내 기술수준 분석 등을 통해 과제 추진 방향성 및 기술개발 방향성 도출

그림 3-1. 연구개발과제 추진 방향 도출 과정

① 국내외 노후 철도구조물 개량 현황 및 이슈 분석	② 국내외 동향 및 환경분석
⇒ 국내 노후 철도구조물 운영 및 관리(유지보수/개량) 현황 ⇒ 국외 노후 철도구조물 운영 및 관리(유지보수/개량) 현황 ⇒ 비교 분석을 통항 노후 철도구조물 개량 관련 이슈 도출	⇒ (정책) 과학기술 및 철도분야 R&D계획, 철도 유지관리 관련 법, 제도 분석 등 ⇒ (시장) 노후 철도구조물 개량 및 유지관리 관련 시장의 수요, 투자 방향 검토 ⇒ (기술) 철도구조물 개량 관련 기술동향 분석, 특허/논문 분석 및 기술수준 분석 등을 통한 공백기술 발굴 및 기술역량 검토
⇓	⇓
국내 노후 철도구조물 개량 이슈 발굴 및 기술적 해결방향 도출	**노후 철도구조물 개량 분야 R&D 추진 방향성 및 기술개발 방향성 도출**
⇓	⇓
기획위원회 및 분과위원회, 자문위원회 등 산학연관 전문가 기반의 종합검토 및 의견 수렴	

2. 연구개발과제의 기본 방향

❑ 국가 철도구조물 개량 및 유지관리 관련 법령 및 정책의 기술적 지원을 위한 R&D 과제 추진으로 과학기술적인 노후 철도구조물 개량의 정착 및 실효화를 통하여 철도구조물의 안전성 향상 및 수명 연장

○ 철도안전법 제5조 및 제6조에 근거하여 5년 단위로 수립 및 시행되는 철도안전 종합계획 중 '철도 시설 확충, 개량, 점검 등에 관한 사항'을 구체화한 시설관리계획인 중장기 철도시설 개량 투자계획(2018~2022)의 중점추진 목표는 안전성능 강화, 과학적 시설관리, 투자 효율화를 통한 "안전하고 편리한 철도시설 구축"을 목표

○ 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제5조 및 제6조에 근거하여 5년 단위로 수립 및 시행되는 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018~2022)의 중점추진 목표는 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착을 통한 "미래요구 대응을 위한 지속가능한 시설물 안전관리 기반 구축"을 목표

○ 노후 철도구조물 개량의 실효화를 위하여 법·제도, 관련 기관 간의 원활한 협업체계, 재정지원 등을 비롯한 종합적인 지원이 요구되며 R&D를 통하여 구체적 방안 추진

❑ 차단시간 내 인력 위주 철도구조물 개량 및 유지관리를 자동화 장비 및 시공 기술의 도입을 통한 급속개량 기술 개발

○ 자동화 장비 및 시공 기술의 도입을 통한 기존 인력 기반의 철도구조물 개량 및 유지관리기술을 차단시간 내 급속개량하는 기술로 전환하여 개념의 전환, 기술 한계의 극복, 과학적 철도구조물 개량 기술과 철도 분야 신산업 성장 동력 창출 기여

❑ 고부가가치 및 비용 효율화 기술개발 추진으로 고급 일자리 창출, 철도구조물 개량 업무 현장환경 개선 등 노후 철도구조물 개량 산업 경쟁력 육성

❑ 기존 철도분야 R&D 사업을 토대로 확보된 기초원천기술, 타분야 높은 수준의 지능형 기술 접목 연구 성과물의 현장 적용을 위한 기술개발 추진

○ 기존 철도기술연구사업을 통한 속도향상, 신규 철도시스템 기술 도입, 철도시설물 유지관리 등 연구과제 추진

○ 국내외 특허, 논문 분석 결과 일부 기술에서는 최근 활발한 연구개발이 진행되고 있으나, 여전히 공백 기술이 존재하여 이에 대한 신규 연구개발이 필요.

○ 전통적 철도구조물 개량 방식이 아닌 효율적, 자동화 기술을 접목한 체계적인 기술개발 추진이 필요

제2절 SWOT분석을 통한 연구개발과제 추진 전략 도출

1. SWOT 분석

❑ 앞서 분석한 내용을 토대로 강점, 약점, 기회, 위협의 4가지 관점의 요인을 도출하고 이에 따른 SWOT 분석을 통한 본 연구개발과제의 전략 방향을 제시

○ 국내외 노후 철도구조물 개량 현황 및 이슈 분석, 정책, 시장, 기술 환경 및 동향 분석, 기존 유사과제 분석 등을 통한 SWOT 요인 도출

○ 각 요인에 대한 종합 분석 결과 전략 방향 설정

표 3-1. 철도시설물 지속가능 운영을 위한 첨단 급속개량 기술개발 과제 SWOT 분석 결과

구 분		강점(S)	약점(W)
		▪선제적, 자발적 철도구조물 개량 방향의 법제도적 기반 확보 및 도입 ▪철도기술연구사업 등 선행사업을 통한 과제단위 철도시설 유지관리 및 개량 분야 기초응용 연구 및 기술개발 역량 마련	▪현장 인력 중심의 철도시설 개량에 따른 차단시간 내 효율적 개량 문제해결 어려움 ▪개별 과제 단위 R&D 추진에 따른 성과연계 및 현장 적용 한계
기회(O)	▪차단시간 내 현장 적용성 등을 고려한 노후 철도구물 급속개량에 대한 투자 확대 전망 ▪신설 중심의 인증, 관리에서 기존 시설의 유지관리, 유지보수, 개량을 포함한 생애주기 관리로 확대	SO전략(강점-기회) ▪현 법제도적 기반을 뒷받침하기 위한 Top-down 방식 R&D 추진 ▪지속가능한 철도시설 운영을 위해 생애주기 관리 관점의 철도시설 요소별 한계 파악 및 철도구조물 급속개량 기술 개발	WO전략(약점-기회) ▪현장 문제 해결 및 수요를 고려한 과학기술기반의 자동화 장비 및 시공법 기반 마련 ▪정부(정책)-연구자(R&D)-운영사 및 건설사(수요활용)의 성과활용지원 협의를 위한 소통 체계 확보
위협(T)	▪철도시설 노후화 심화, 유지보수 인력의 감축 등 철도 운영 환경 위협요인 확대 ▪높은 열차운행밀도, 대피 및 우회선 부재 등 접근한계 현장 특성으로 차단시간 내 작업 미완료시 열차운행 지연, 중단으로 인한 대규모 사회적 피해 확산 가능	ST전략(강점-위협) ▪위험요인 대비한 효율화, 자동화 기술 융합으로 철도기술 고부가 가치화 ▪운행현장 제약조건 문제해결을 위해 선행연구와 연계활용을 통한 현장작용, 실증단계(TRL 8) 성과 창출	WT전략(약점-위협) ▪철도 운영 환경 내 위협요인 정보수집, 진단, 분석을 통해 문제 해결을 위한 최적 개량 시스템 개발 ▪운행 현장 특성을 고려한 차단시간 내 자동화 기술 개발 및 적용

2. 연구개발과제 추진 전략 도출

❑ 4대 과제 추진 전략 도출

❍ (SO) 노후 철도구조물 개량을 위한 법제도적 강화에 따른 제도적 기반을 확보하고자 정부가 노력하고 있으나 제도 개선을 위한 기술개발 연계가 미흡하므로 제도적 지원을 위한 개술개발 방향 설정 및 추진 필요

❍ (ST) 철도시설의 생애주기별 관리를 강화하고자 하나, 인력중심의 철도시설 유지관리 및 개량을 시행하고 있어, 차단시간 내 작업완료, 운행 지연 및 중단 등의 문제 등을 해결하기 위한 개량 기술의 효율화 및 자동화를 통한 철도구조물 급속개량 기술 적용 및 확대가 필요

❍ (WO) 기존 시설 유지관리 시스템간의 통합 연계, 현장 적용 성과 창출을 위한 기술개발 성과물의 활용성 제고 관점의 연구개발 추진체계 마련이 요구

❍ (WT) 국내 철도 운영 특성에 따른 철도시스템의 노후, 高운행 밀도 등 철도구조물 급속개량 기술 개발 필요성에 대한 정밀한 요인 분석 기반의 문제 해결형 R&D 계획 수립이 시급

표 3-2. SWOT 분석에 따른 연구개발과제 추진전략 도출

	SWOT 전략	연구개발과제 추진 전략
SO	▪현 법제도적 기반을 뒷받침하기 위한 Top-down 방식 R&D 추진 ▪지속가능한 철도시설 운영을 위해 생애주기 관리 관점의 철도시설 요소별 한계 파악 및 철도구조물 급속개량 기술개발	국가차원의 노후 철도구조물 개량 정책 추진을 위한 연계성 강화
ST	▪위험요인 대비한 효율화, 자동화 기술 융합으로 철도기술 고부가 가치화 ▪운행현장 제약조건 문제해결을 위해 선행연구와 연계활용을 통한 현장작용, 실증단계(TRL 8) 성과 창출	개량 기술의 효율화 및 자동화를 통한 철도구조물 급속개량 기술 적용 및 확대
WO	▪현장 문제 해결 및 수요를 고려한 과학기술 기반의 자동화 장비 및 시공법 기반 마련 ▪정부(정책)-연구자(R&D)-운영사 및 건설사(수요활용)의 성과활용지원 협의를 위한 소통 체계 확보	기술개발성과물의 활용성 제고를 위한 연구개발과제 추진체계 마련
WT	▪철도 운영 환경 내 위협요인 정보수집, 진단, 분석을 통해 문제 해결을 위한 최적 개량 시스템 개발 ▪운행 현장 특성을 고려한 차단시간 내 자동화 기술 개발 및 적용	국내 철도 운영 특성 기반 문제해결형 R&D 계획 수립

제3절 비전 및 목표 설정

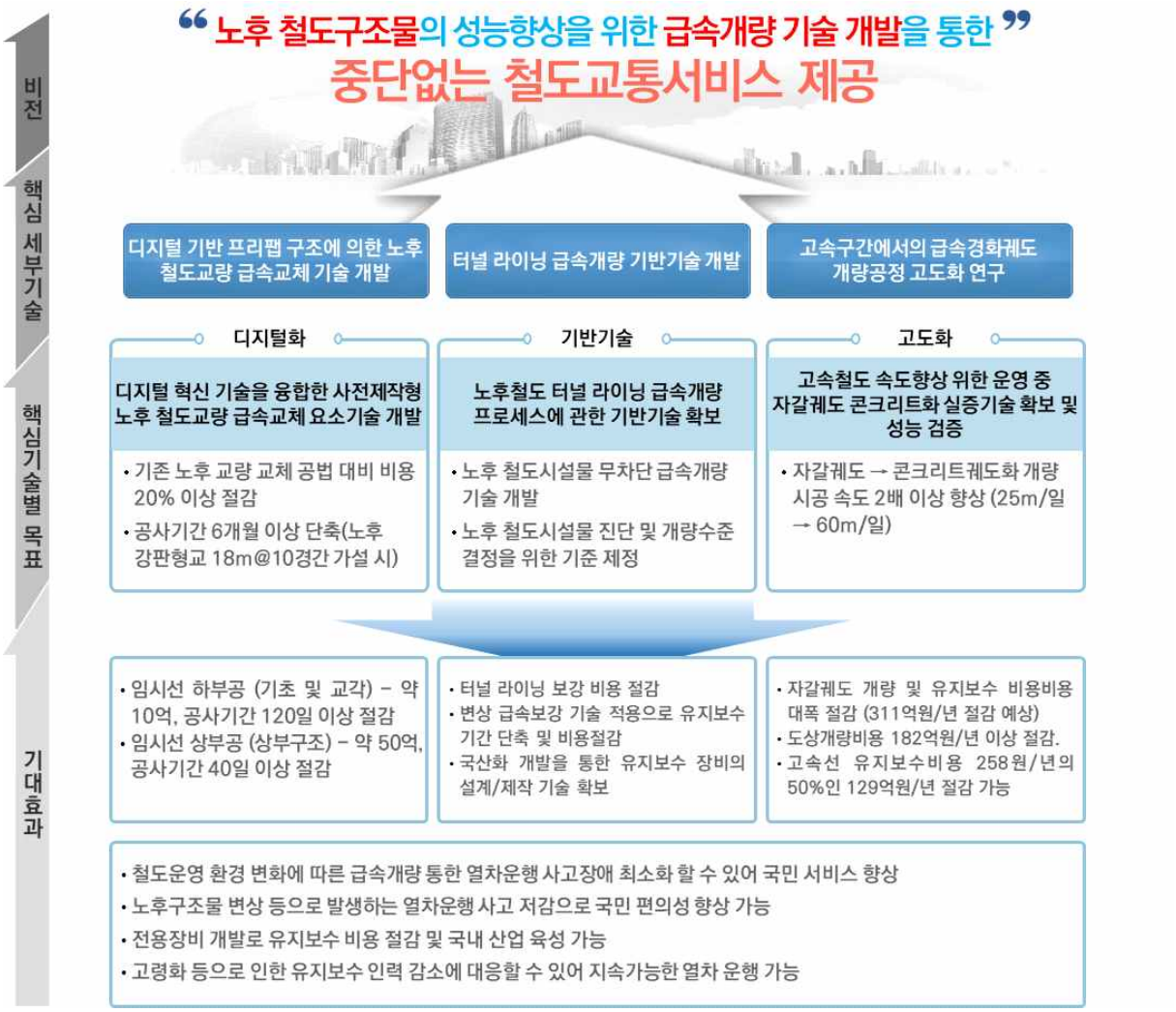


그림 3-2. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발의 비전 및 목표

❑ 본 연구의 세부과제별 개량 공법의 기존 개량 공법과의 비교사항을 아래 표와 같이 제시하였으며, 급속개량을 위한 각 세부과제별 개발 장비에 대한 기본 개발 요구 사양(안)도 함께 제시함.

표 3-3. 기존 개량 공법 대비 본 연구에서 개발하고자 하는 개량 공법 간 비교

세부기술	기존 개량 공법	본 연구의 개량 공법
1세부 : 교량 개량	- 단경간 판형교에서의 밀어넣기 공법에 의한 교량 상부 구조 교체 공법 또는 가설 교량을 통한 운행선 우회 후 기존 교량 상부구조 철거 및 신규 교량 상부구조 설치 - 인력 작업에 의한 설계 및 시공 방안 도출로 인한 개량 비용 및 작업 기간 효율성 낮음	- 사전 제작된 프리팹 교량 상부구조의 다경간 판형교의 크레인 혹은 slide-in 공법을 이용하여 차단 시간 내 가설 및 우회 없이 작업 가능한 공법 개발 - 디지털 정보 기반의 사전제작형 교량 상부구조 및 궤도, 전력 설비 등의 인터페이스를 고려한 BIM 기반 시뮬레이션을 통한 최적 교체시공 방안 도출로 비용 및 작업 효율성 높음
2세부 : 터널 개량	- 육안점검에 의한 터널 라이닝 상태평가 - 라이닝 표면 RFP보강, 에폭시 등을 활용한 균열보수 및 그라우팅 등 인력 작업 위주의 라이닝 보강 공법	- 터널 라이닝 상태평가 및 손상 단면 제거, 보강 작업을 일체화된 자동 시공 장비를 통해 작업 품질 확보가 용이하고 효율적인 공법 개발 - 전력/신호통신설비 및 궤도 등 터널 구조와의 인터페이스를 고려한 철도 특화 장비 및 공법 개발
3세부 : 궤도 개량	- 기존 자갈궤도 급속경화기술은 고속철도(350km/h급) 또는 고속화 노선(300km/h 미만)의 개량을 위한 공법 및 장비 개발되었으나 고속선에서 실용화를 위한 검증 미흡 - 인력 위주의 작업으로 작업성이 낮아 10~25m/일 수준의 작업성 확보	- 고속철도 증속 계획에 따른 400km/h급 자갈궤도의 콘크리트화 공법 및 장비 개발 - 실용화를 위한 성능 검증을 위한 시험 부설 방안 제시 - 60m/일 수준의 작업성을 확보할 수 있는 공법 및 장비 개발

표 3-4. 세부기술 별 개발 장비 기본 요구 사양(안)

세부기술	개발 장비	기본 요구 사양(안)
1세부 : 교량 개량	- 이동식 크레인 장비	- 상부구조 적재상태에서 축중 25t 이하 - 선로조건 및 차량한계 기준 확보 - 크레인 인양중량 80ton 이상 확보 - 연구 진행 시 상세사양 결정
	- slide in 장비	- 작업속도 : 3시간 내 1경간 slide-in - 거치 중량 100ton 이상 확보 - 연구 진행 시 상세사양 결정
2세부 : 터널 개량	- 급속개량 로봇	- 작업속도 : 2m/일 이상 - 손상표면 제거 속도 : 1m^3/h 이상 - 버럭 적재 용량 : 30톤 이상 - 보강단면 설치 속도 : 1m^2/h 이상
3세부 : 궤도 개량	- TLV(Track Lifting Vehicle)	- 작업속도 : 100m/h 이상 - 호퍼용량 : 5.5m^2 이상 - 최대 작업구배 : 30‰ 이상
	- 모르터 주입장비	- 모르터 주입시간 : 28m^3/일 이상 - 건조 모르터 적재용량 : 60톤 이상 - 혼합수 적재용량 : 20톤 이상

제4절 기술개발에 따른 미래상 (As-Is VS To-Be)

1. 미래상 (As-Is VS To-Be)

❑ 철도시설물 지속가능 운영을 위한 첨단 급속개량 기술의 미래상을 다음과 같이 제시함.

노후 철도구조물 급속개량

핵심항목	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'22년 수준	최종 목표수준	
	~'20	'22	'26~'27	'27~(종료이후)
노후철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발	•노후 철도시설물 증가 추세이나 효율적 개량 방법 미비 •짧은 차단 시간 내 개량에 따른 시공 품질 및 작업자 안전 확보 미흡 •과학적 근거보다는 시설관리자의 판단에 의한 개량 •노후 철도 시설물 개량을 위한 기준 및 체계 미비	•노후 철도 시설물 급속개량 기술 연구 아이템 도출 •노후 철도 시설물 급속개량 기술개발 로드맵 수립 •'철도시설 유지관리 기본계획'과 연계한 개량 기준 초안 정립	•철도시설물 유지관리 이력정보 시스템 연계 •노후 철도 교량, 터널 급속개량 공법 확보 •철도 시설물 근접/급속개량 기준 및 지침 표준화 •철도 시설물 개량 시공 안전관리 기준 및 체계 정립	•노후 철도 시설물 선제적 개량 가능 •노후 철도 시설 유지보수 비용 효율화 (철도시설 개량 비용 10% 절감) •노후 철도 시설 개량 시공 품질 및 작업자 안전 확보
노후 철도 시설물 급속개량에 따른 효과	기획단계 (~'20) •개량 완료 시점 대비 연간 노후 시설물 발생률 높음 •개량 예산 증가 추세이나 소요 대비 부족한 실정 •성능 저하 구조물 지속적 증가 추세	R&D 수행 ('22~'26) •노후 철도 교량, 터널, 궤도 급속개량 기술 개발 (공법 및 장비 등) •개량 기술 기준 표준화 및 개량 시공 안전관리 기준 정립	기술개발 완료 후 ('27~) •급속개량을 통한 열차 운행 정시성 및 안전성 확보 •노후 철도 시설 수명 연장 •노후 철도 시설에 의한 사고·장애 예방 및 피해 최소화 •철도시설물 개량 비용 10% 절감	

그림 3-3. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술의 미래상 (As-Is vs. To-Be)

○ 국내 철도 인프라는 `80~`90년대에 집중적으로 건설되어 사용년수가 30~40년 이상된 노후 철도구조물의 개소가 지속적으로 증가하고 있음.

○ 현재 노후 철도구조물의 개량은 운행지연 발생을 방지하기 위하여 열차 운행 차단 시간 내에 인력 위주의 작업을 수행함에 따라 작업시간이 부족하며, 그에 따른 상례 작업으로 인하여 작업자 안전에 위협.

○ 미래에는 자동화되고 인력 작업을 최소화할 수 있는 고효율 개량 시스템을 구축함으로써 비용효율화, 작업자 안전 확보 및 차단 시간 내 작업을 완료함으로써 열차 운행 지연/차단 등의 운영 상 리스크를 최소화 할 수 있을 것으로 보임.

제5절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 과제구성

❑ 본 과제는 3개의 세부과제로 구성됨.

○ (1세부) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

- 디지털 기술 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석
- 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험
- 프리팹 상부구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토
- 급속교체를 위한 최적설비(이동식 크레인 또는 Slide-in 설비) 검토 및 가설 공법 개발
- BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보

○ (2세부) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

- 무근 및 조적식 터널라이닝 수명평가기술 연구
- 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 개발
- 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념설계
- 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증

○ (3세부) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

- 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석
- 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발
- 기존선 토공/교량/터널/분기기 구간 시험부설을 통한 성능검증 (Ⅰ)
- 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설을 통한 성능검증 (Ⅱ)
- 시공공정 확보를 위한 시공장비(TLV(Track Lifting Vehicle), 모르터 주입장비) 2차 시작품 제작 및 성능 개선
- 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발
- 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련

2. 세부과제별 주요내용 및 핵심성과 및 성과지표

❑ (1세부) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

표 3-5. 1세부과제의 주요내용

과제명	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발
목표	○ 기존의 하드웨어 경험 기반의 기술을 대체하는 새로운 디지털 혁신기술인 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 기술을 융합하여 노후 철도교량 급속교체를 위한 사전제작(pre-fabrication, 프리팹) 부재의 생산 및 관리, 급속교체를 수행하는 새로운 서비스 기술 개발
주요 연구내용	○ 디지털 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석 - 디지털 모델 구축을 위한 노후 철도교량 현황 분석 - 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 인벤토리 구성 - 노후 철도교량에 대한 디지털 트윈 기본 모델 구축 ○ 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험 - 노후 철도교량 프리팹 구조 선정 및 기본 설계 - 노후 철도교량 교체를 위한 프리팹 교량 상세 설계 - 프리팹 철도교량의 실험적 검증 ○ 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 - 노후 철도교량 프리팹 구조용 교량 받침 개발 - 급속교체를 위한 프리팹 철도교량용 궤도 인터페이스 검토 - 프리팹 철도교량의 부속품 검토 ○ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발 - 프리팹 철도교량 가설을 위한 이동식 Crane 장비 분석 - 프리팹 철도교량 가설을 위한 Slide-In 장비 분석 - 프리팹 철도교량 급속교체용 가설 장비 개발 ○ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 - BIM을 활용한 구성 인벤토리 및 프리팹 구조 대응 기술 - 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산 기술 구축 - BIM을 활용한 급속교체 시뮬레이션

❑ 원전기술개발 및 현장적용 목적의 과제 특성을 고려하여 핵심기술에 대한 특허, 논문, 시제품제작, 성능검증을 위한 현장시험, 상용화를 위한 기술이전 등을 성과지표로 설정.

표 3-6. 1세부과제의 핵심성과

연번	핵심성과	기술의 정의	최종 성과유형	TRL 단계		성과지표(안)
				전	후	
1	디지털 기술 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리	철도교량 프리팹 상부구조 교체를 위한 사전제작 부재 및 구조 DB 및 제어 기술	시스템	2	7	·특허 출원/등록 4건 ·논문 게재 5건 ·시제품제작 2건 ·설계기준, 시방서, 지침 2건 ·현장시험 및 검증 1건 ·기술실시계약 1건
2	노후 철도교량 교체용 프리팹 구조 상세 설계 기술	철도교량 상부구조 교체를 위한 프리팹 모듈러 구조 상세 설계 기술	설계도서	4	7	
3	프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 구조 및 교량 받침	철도교량 상부구조 교체를 위한 부속품 및 궤도 인터페이스 설계 및 제작 기술	설계도서 시제품	4	7	
4	급속교체를 위한 가설공법 및 가설 장비 사양서	철도교량 상부구조 급속교체를 위한 가설 공정 및 장비 개발 및 고도화 기술	공법 장비	5	7	
5	BIM기반 교체용 프리팹 철도교량 생산 및 시공 시뮬레이션 기술	철도교량 상부구조 급속교체 공정을 현장 조건 및 시공 단계별 시뮬레이션 할 수 있는 기술	시스템	5	7	

❑ (2세부) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

표 3-7. 2세부과제의 주요내용

과제명	터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발
목표	ㅇ 노후철도 터널 라이닝을 급속개량하기 위한 평가, 보강, 안전, 장비, 공정에 관한 기반기술 확보
주요 연구내용	ㅇ 무근 및 조적식 터널라이닝 수명평가기술 연구 - 3차원 영상 및 비파괴시험 기반 라이닝 상태평가 기술 개발 - 터널의 구조, 지질 특성을 고려한 개량단면 최적화 - 노후 철도터널의 개량 기술기준 및 체계 검토 ㅇ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 - 급속개량 위험요소 예측 및 위험도 영향 평가 기술 - 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화 - 노후터널 개량시의 안전관리체계 개발 ㅇ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계 - 라이닝 자유단면 굴삭방식의 장비 설계 및 시공요구조건 정립

	- 자유단면 굴삭방식의 표면제거로더 설계 최적화 - 급속개량 로봇의 모듈 구성 ㅇ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증 - 라이닝 표면 급속보강 공정 개발 - 패널부착방식의 급속개량공법 연구

표 3-8. 1세부과제의 핵심성과

연번	핵심성과	기술의 정의	최종 성과유형	TRL 단계		성과지표(안)
				전	후	
1	노후 터널 라이닝 실시간 상태평가 시스템 및 개량기준	비파괴검사 기반 터널 라이닝 상태평가 기술 및 터널 구조, 지질 특성을 고려한 개량 기술기준·체계	시스템 기술기준	4	7	·특허 출원/등록 3건 ·논문 게재 5건 ·시제품제작 1건 ·설계기준, 시방서, 지침 2건 ·기술실시계약 1건
2	라이닝 개량시의 터널안전 및 차량주행안전성 확보 기술	터널 라이닝 개량 시공 시 사고·장애 예방을 위한 위험도 기반 안전관리 기술	시스템	4	7	
3	터널라이닝 급속 제거 장비의 상세 설계 기술	터널 라이닝 개량 공정을 일체형으로 시공할 수 있는 시스템 기술	시스템	3	7	
4	라이닝 표면 급속보강 재료 및 공정	터널 라이닝 표면에 부착하는 방식의 개량 공정 및 재료 개발 기술	공법 시제품	3	7	

❑ (3세부) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

표 3-9. 3세부과제의 주요내용

과제명	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구
목표	ㅇ 고속철도 속도향상(400km/h급)을 위하여 운영 중 자갈궤도를 콘크리트궤도로 급속개량하는 실증기술 확보 및 성능 검증
주요 연구내용	ㅇ 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석 - 국내외 고속철도 350km/h이상 설계 및 유지보수 기준 분석 - 국내에서 진행중인 400km/h급 설계기준 및 유지보수기준 분석 - 경부고속철도 자갈궤도구간 400km/h급 개량을 위한 설계조건 검토

	ㅇ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발 - 시공단계에서의 시공안전성 및 긴급상황 대응시스템 확보 - 공정단축을 위한 운영방안 확보 - 균열저항력 및 부착성능이 개선된 재료의 개발 ㅇ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설 - 시공공정/장비/재료/안전성 확보를 위한 일반철도 중고속구간에서의 시험부설(1km) ㅇ 성능검증을 위한 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설 - 고속선 성능검증을 위한 고속철도 고속구간에서의 시험부설(1km) - 300km/h 이상 대역에서의 주행시험 - 고속선 시공에 따른 인터페이스 검증 ㅇ 시공공정 확보를 위한 시공장비(TLV(Track Lifting Vehicle), 모르터 주입장비) 2차 시작품 제작 및 성능개선 - 자갈궤도 콘크리트화를 위한 시공장비 사양 도출 - 시공장비 2차 시제품 제작 및 성능 개선 ㅇ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발 - 비파괴탐사기법을 활용한 하부지반 상태평가 기술 확보 - 궤도 및 하부지반 등급화기법 개발 - 운영중 노선에서의 노반불량개소 개량공법 및 관련기준 개발 ㅇ 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련 - 개발공법 성능검증을 통한 시공성 및 안정성 검증

표 3-10. 1세부과제의 핵심성과

연번	핵심성과	기술의 정의	최종 성과유형	TRL 단계		성과지표(안)
				전	후	
1	운영중 자갈궤도 콘크리트화 개량 공법	운영 중인 고속철도 자갈궤도를 일평균 100m 이상 개량할 수 있는 기술	공법	6	8	·특허 출원/등록 4건 ·논문 게재 5건 ·시제품제작 1건 ·설계기준, 시방서, 지침 2건 ·현장시험 및 검증 2건 ·기술실시계약 1건
2	자갈궤도 콘크리트화 개량 장비	자갈궤도의 콘크리트화를 위한 궤도리프팅차량, 모탈혼합 및 주입장비 개발 기술	장비	5	8	
3	하부노반 비파괴 평가기술 및 개량기술	자갈궤도의 콘크리트화 후 하부노반의 공동 등을 평가할 수 있는 비파괴 평가기술 및 불량개소 보강 기술	시스템 공법	3	7	

3. 과제 추진전략

❑ 산·학·연 협의체 구성

❍ 철도유지관리 주체(국가철도공단, 한국철도공사, 지자체별 도시철도공사 등) 유지관리 관리 전문가와 실무자 의견 수렴

– 인력작업 대체 및 야간 차단시간 동안 효율적인 개량을 위한 장비 및 공법의 요구 사양 도출

– 국가철도공단, 한국철도공사와 도시철도 운영기관의 철도구조물 개량 및 유지관리 체계 분석을 통한 운영선 야간차단시간 확보방안

– 시공효율 향상을 위한 개량장비 고도화 사양 도출 및 공법 최적화 방안 도출

– "스마트 건설" 사업단의 교량 건설 자동화 장비, "데이터 기반 철도안전" 사업단의 철도교량 평가 및 모니터링 기술 등 관련 국가 R&D와의 협의체 구성

– 보선장비 제작 업체와 협업 및 유지보수 실무자와 전문가의 개선안 적용을 위한 상세사양 도출

❍ 유럽, 일본, 중국 등 철도 관련 전문 기관과의 기술협의체 구성을 통한 자문 및 기술지원

❑ 개발장비 및 공법 신뢰도 확보를 위한 종합시험선로 활용

❍ 오송종합시험선로를 통한 개발 공법 및 장비의 성능 검증

– 현장 적용을 위해 오송시험선에서 연구성과 중 가능한 부분에 대한 충분한 테스트를 거쳐 보강 품질 및 신뢰도 확보

– 오송종합시험선로에서 구현 가능한 공정에 대한 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

❑ 한산선/폐선 시험시공 및 검증

❍ 오송 시험선 현장적용시험의 개선안을 바탕으로 실제 현장조건과 유사한 한산선/폐선에서 시험시공을 통한 검증

❍ 연구완료 후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

❑ 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보

❍ 철도 운영 및 유지관리 주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

– 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축

– 현장 개량 단계별 모니터링 체계구축

❍ 실 노후 철도교량을 대상으로 한 가상 시뮬레이션 적용

제6절 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성

1. 유사과제 분석 개요

❑ 국가과학기술지식정보서비스(www.ntis.go.kr)에서 유사과제검색기능을 이용하여 유사과제 검색

❍ 공통검색조건으로 기준유사도 40%, 기준연도 2011-2020년(최근 10년간) 입력

❍ 상세 검색조건은 세부과제별 연구목표, 연구내용, 기대효과, 키워드 입력

1.1. (1세부) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

표 3-11. 1세부과제 유사과제 분석을 위한 검색 조건

기준 유사도	40%
기준연도	2011-2020
연구과제명	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발
연구목표	기존의 하드웨어 경험 기반의 기술을 대체하는 새로운 디지털 혁신기술인 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 기술을 융합하여 노후 철도교량 급속교체를 위한 사전제작(pre-fabrication, 프리팹) 부재의 생산 및 관리, 급속교체를 수행하는 새로운 서비스 기술 개발 ㅇ 디지털 기술 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석 ㅇ 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험 ㅇ 프리팹 상부구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 ㅇ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 크레인 또는 Slide-in 설비) 검토 및 가설 공법 개발 ㅇ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 ㅇ 임시선 가설 및 철거가 필요한 기존 노후 교량 교체 공법 대비 비용 20% 이상 절감이 가능하며, 공사기간 6개월 이상 단축(노후 강판형교 18m@10경간 가설 시)
연구내용	□ 디지털 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석 ㅇ 디지털 모델 구축을 위한 노후 철도교량 현황 분석 ㅇ 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 인벤토리 구성 ㅇ 노후 철도교량에 대한 디지털 트윈 기본 모델 구축 □ 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험 ㅇ 노후 철도교량 프리팹 구조 선정 및 기본 설계 ㅇ 노후 철도교량 교체를 위한 프리팹 교량 상세 설계 ㅇ 프리팹 철도교량의 실험적 검증 □ 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 ㅇ 노후 철도교량 프리팹 구조용 교량 받침 개발 ㅇ 급속교체를 위한 프리팹 철도교량용 궤도 인터페이스 검토 ㅇ 프리팹 철도교량의 부속품 검토 □ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발 ㅇ 프리팹 철도교량 가설을 위한 이동식 Crane 장비 분석 ㅇ 프리팹 철도교량 가설을 위한 Slide-In 장비 분석 ㅇ 프리팹 철도교량 급속교체용 가설 장비 개발 □ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 ㅇ BIM을 활용한 구성 인벤토리 및 프리팹 구조 대응 기술 ㅇ 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산 기술 구축

<table>
<tr><td></td><td>ㅇ BIM을 활용한 급속교체 시뮬레이션</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td>□ 정책적 효과
ㅇ 노후 철도교의 성능 평가를 위한 신뢰성있는 기반 기술 개발로 현재의 상태평가와 재하시험 위주의 구조물 관리 기술의 ICBMS 기반의 디지털 혁신기술로의 전환을 통해 관련 기술의 국가경쟁력 향상
ㅇ 3D 모델링에 의한 프리팹 설계 및 생산, 고도의 정밀성이 요구되는 철도교량 교체 분야의 엔지니어링 기술 확보로 대외 의존도 감소와 함께 관련 전문기업 창출 유도
ㅇ 노후 구조물의 상태와 개량 등에 대해서 일반인들이 알 수 있도록 공개함으로써 향후 급증할 유지관리 예산 확보의 당위성을 국민으로부터 구하고 "Save our bridge"와 같은 국민 참여형 시설물 관리 패러다임 전환으로 구조물 안전에 대한 신뢰성 회복에 기여
ㅇ 자연재해의 증가에 따른 피해 시 신속한 복구 및 대응 가능
ㅇ 전 세계적으로 노후 인프라의 증가에 따라 Resilient infrastructure에 대한 요구가 늘어나는 것에 능동적으로 대응
□ 경제적 효과
ㅇ 임시선 가설 등을 배제한 직접 교체로 공사기간 및 개량비용의 혁신적 절감
* 임시선 가설 및 철거 비용 사례 (경간 18m 노후 강판형교 10경간 교체 시 (본선 철거 및 가설공사 비용, 기간 제외))
- 임시선 하부공 (기초 및 교각) : 약 10억, 공사기간 120일 이상
- 임시선 상부공 (상부구조) : 약 50억, 공사기간 40일 이상
=> 임시선에 대한 가설 및 철거비용 X, 공사기간 획기적 단축
ㅇ 지난 10년간 연간 약 300억원의 노후 철도교량 개량 및 교체 비용이 소요되었으며, 노후화 증가로 인해 지속적으로 상승할 것으로 판단됨. 급속교체 공법 확보 시 기존 개량 및 교체 비용의 20% 이상 절감이 가능할 것으로 판단되며, 혁신적인 공사기간 단축이 예상됨
ㅇ 노후 시설물의 최적 개량 방안과 이에 따른 경제적인 손실 최소화 기여
ㅇ 효과적인 신규 철도 교량 설계와 예방적 유지관리를 통해 재정지출의 효율화
□ 사회적 효과
ㅇ 철도교량의 노후화로 인한 불의의 사고를 예방하여 인명과 재산피해를 감소
ㅇ 기술적 수요가 증가하는 노후 시설물 관련 분야의 전문가 양성을 통해 신규 일자리 창출에 기여
ㅇ 노후 철도교의 열화 원인에 따른 최적의 유지관리 방안 개발을 위한 기본 자료 제공하여 기술 발전 유도
ㅇ 철도교 종합성능 평가 기술을 위한 원천 기술 확보</td></tr>
<tr><td>키워드</td><td>
<table>
<tr><td>한글</td><td>철도교량</td><td>모듈러</td><td>프리팹</td><td>상부구조</td><td>급속교체</td><td>디지털</td></tr>
<tr><td>영문</td><td>railroad bridge</td><td>modular</td><td>pre-fab</td><td>deck</td><td>rapid replacement</td><td>digital</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

1.2. (2세부) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

표 3-12. 2세부과제 유사과제 분석을 위한 검색 조건

<table>
<tr><td>기준 유사도</td><td colspan="7">40%</td></tr>
<tr><td>기준연도</td><td colspan="7">2011-2020</td></tr>
<tr><td>연구과제명</td><td colspan="7">터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발</td></tr>
<tr><td>연구목표</td><td colspan="7">노후철도 터널 라이닝을 급속개량하기 위한 평가, 보강, 안전, 장비, 공정에 관한 기반기술 확보
ㅇ 무근 및 조적식 터널라이닝 수명평가기술 연구
ㅇ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 개발
ㅇ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념설계
ㅇ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증</td></tr>
<tr><td>연구내용</td><td colspan="7">□ 무근 및 조적식 터널라이닝 수명평가기술 연구
ㅇ 3차원 영상 및 비파괴시험 기반 라이닝 상태평가 기술 개발
ㅇ 터널의 구조, 지질 특성을 고려한 개량단면 최적화
ㅇ 노후 철도터널의 개량 기술기준 및 체계 검토
□ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술
ㅇ 급속개량 위험요소 예측 및 위험도 영향 평가 기술
ㅇ 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화
ㅇ 노후터널 개량시의 안전관리체계 개발
□ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계
ㅇ 라이닝 자유단면 굴삭방식의 장비 설계 및 시공요구조건 정립
ㅇ 자유단면 굴삭방식의 표면제거로더 설계 최적화
ㅇ 급속개량 로봇의 모듈 구성
□ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증
ㅇ 라이닝 표면 급속보강 공정 개발
ㅇ 패널부착방식의 급속개량공법 연구</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="7">□ 정책적 효과
ㅇ 개량보수를 통한 노후 SOC시설물에 대한 투자효율성 확보
ㅇ 노후 SOC구조물 개량에 대한 투입예산 대비 안전 향상 효과의 정량적 평가
ㅇ 구조물의 경과년수 초과에 의해 발생하는 새로운 재난 요인에 대한 선제적 안전관리
ㅇ 인재사고 근절을 위한 인력작업의 장비작업화
□ 경제적 효과
ㅇ 기존 작업 대비 신규 개발 기술을 통한 터널 라이닝 보강 비용 절감
ㅇ 철도인프라 유지관리 효율성 및 노후구조물 변상 급속보강 기술 적용으로 유지보수 기간 단축 및 비용절감 가능
ㅇ 노후 철도 인프라 시설물(선로, 교량, 터널)의 급속보강/개량 기술 확보
ㅇ 국산화 개발을 통한 유지보수 장비의 설계/제작 기술 확보
□ 사회적 효과
ㅇ 철도운영 환경 변화에 따른 노후 철도 인프라 시설물 급속보강 기술 개발로 열차운행에 지장을 최소화 할 수 있어 국민 서비스 향상
ㅇ 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상으로 노후구조물 변상 등으로 발생하는 열차운행 사고 저감으로 국민 편의성 향상 가능
ㅇ 전용장비 개발로 유지보수 비용 절감 및 국내 산업 육성 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="2">키워드</td><td>한글</td><td>철도터널</td><td>수명평가</td><td>급속개량</td><td>라이닝</td><td>시공법</td><td>로봇</td></tr>
<tr><td>영문</td><td>railroad tunnel</td><td>lifespan evaluation</td><td>rapid improvement</td><td>lining</td><td>construction method</td><td>robot</td></tr>
</table>

1.3. (3세부) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

표 3-13. 3세부과제 유사과제 분석을 위한 검색 조건

기준 유사도	40%
기준연도	2011-2020
연구과제명	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구
연구목표	고속철도 속도향상(400km/h급)을 위하여 운영 중 자갈궤도를 콘크리트궤도로 급속개량하는 실증기술 확보 및 성능 검증 ㅇ 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석 ㅇ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발 ㅇ 기존선 토공/교량/터널/분기기 구간 시험부설을 통한 성능검증 (Ⅰ) ㅇ 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설을 통한 성능검증 (Ⅱ) ㅇ 시공공정 확보를 위한 시공장비(TLV(Track Lifting Vehicle), 모르터 주입장비) 2차 시작품 제작 및 성능 개선 ㅇ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발 ㅇ 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련
연구내용	□ 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석 ㅇ 국내외 고속철도 350km/h이상 설계 및 유지보수 기준 분석 ㅇ 국내에서 진행중인 400km/h급 설계기준 및 유지보수기준 분석 ㅇ 경부고속철도 자갈궤도구간 400km/h급 개량을 위한 설계조건 검토 - 개량공법 개발과 고도화를 위한 주요 고려사항 도출 □ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발 ㅇ 시공단계에서의 시공안전성 및 긴급상황 대응시스템 확보 ㅇ 공정단축을 위한 운영방안 확보 ㅇ 균열저항력 및 부착성능이 개선된 재료의 개발 □ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설 ㅇ 시공공정/장비/재료/안전성 확보를 위한 일반철도 중고속구간에서의 시험부설(1km) □ 성능검증을 위한 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설 ㅇ 고속선 성능검증을 위한 고속철도 고속구간에서의 시험부설(1km) ㅇ 300km/h 이상 대역에서의 주행시험 ㅇ 고속선 시공에 따른 인터페이스 검증 □ 시공공정 확보를 위한 시공장비(TLV(Track Lifting Vehicle), 모르터 주입장비) 2차 시작품 제작 및 성능개선 ㅇ 자갈궤도 콘크리트화를 위한 시공장비 사양 도출 - 1일 작업효율 100m 이상 확보 (일평균 100m 이상) - TLV(궤도리프팅차량) 고도화 (세부 사양 고도화) - 주입제 혼합 및 주입장비 효율화 ㅇ 시공장비 2차 시제품 제작 및 성능 개선 □ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발 ㅇ 비파괴탐사기법을 활용한 하부지반 상태평가 기술 확보 ㅇ 궤도 및 하부지반 등급화기법 개발 ㅇ 운영중 노선에서의 노반불량개소 개량공법 및 관련기준 개발 □ 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">ㅇ 개발공법 성능검증을 통한 시공성 및 안정성 검증</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="7">□ 정책적 효과
ㅇ 국가철도망 구축계획과 철도산업발전 기본계획 실현
ㅇ 경부축 400km/h급 증속으로 전국 주요도시 2시간 이내 도달 가능
□ 경제적 효과
ㅇ 고속철도 400km/h급 세계 선도로 해외 고속철도 시장 진출
ㅇ 전국 균형발전의 토대 구축
ㅇ 자갈궤도 개량 및 유지보수 비용비용 대폭 절감(311억원/년 절감 예상)
※ 도상개량비용 182억원/년 이상 절감. 침목개량비용 등 일부 개량비용 절감 가능
※ 고속선 유지보수비용 258원/년의 50%인 129억원/년 절감 가능
□ 사회적 효과
ㅇ 자갈궤도 개량(자갈교환)작업이 없어져 연간 200일의 열차서행이 사라져 정시성 확보
ㅇ 고령화 등으로 유지보수 인력 감소에 대응할 수 있어 효율적인 고속열차 운행 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="2">키워드</td><td>한글</td><td>궤도</td><td>급속경화</td><td>고속철도</td><td>시공장비</td><td>기존선</td><td>고도화</td></tr>
<tr><td>영문</td><td>rail track</td><td>rapid hardening</td><td>high speed train</td><td>construction machine</td><td>existing line</td><td>advancement</td></tr>
</table>

2. 유사과제 검색 결과 및 기존 연구와의 차별성

2.1. 유사과제 검색 결과

❑ (1세부과제) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2020/12/29 15:04:02
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사점수가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부 검색 결과 (범례 0개 1-4개 5-9개 10개 이상)

순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행했거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	기존 철도판형교의 급속교체기술 개발 및 시공	수행	2013	최은수	54.04
1	기존 철도판형교의 급속교체기술 개발 및 시공	수행	2011	최은수	55.22
1	장비교체비(노후장비비)	수행	2017	김용건	47.47
1	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술 개발	수행	2016	김인규	48.24
1	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발	수행	2019	김성일	53.81
1	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술 개발	수행	2018	김인규	48.24
1	U-타입 장경간 철도 입시가교 개발 및 성능 검증	수행	2019	서동우	49.07
1	2019년 노후장비교체비(1/1)	수행	2019	이규환	50.40
1	기존 철도판형교의 급속교체기술 개발 및 시공	수행	2012	최은수	53.62
1	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술 개발	수행	2017	김인규	48.24

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	프리캐스트 부재를 활용한 교량 모듈화 방안 연구	공공	2020	이병주	48.2
1	디지털 주제어실에서의 인간신뢰도 평가	공공	2019	오세철	43.95
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	41.11
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	41.11
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	41.11
1	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	공공	2019	남문석	41.11
1	FPGA 기반 안전설비 인증	공공	2012	권종수	44.44
1	FPGA 기반 안전설비 인증	공공	2012	권종수	44.44
1	바닥판 급속 교체를 위한 프리캐스트 계님 공법 체계화 연구	공공	2017	강상규	40.85
1	BIM 기반 특수교량 유지관리를 위한 표준기술 개발 및 실증 연구(3)	공공	2017	이덕근	40.27

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	BIM 기반 특수교량 유지관리를 위한 표준기술 개발 및 실증 연구(2)	공공	2016	이덕근	40.48
1	철도안전문화 수준측정을 위한 평가지표 개발에 관한 연구	공공	2017	김현주	46.41
1	디지털 화차관리시스템 도입 실효성 및 XROIS 연계방안 연구	공공	2020	이지은	42.1

국가과학기술지식정보서비스

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

그림 3-4. 1세부과제의 유사과제 검색결과

❑ (세부과제 2.) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2020/12/29 15:22:20
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부 검색 결과 (범례 0개 1-4개 5-9개 10개 이상)

순번	과 제 명	구분	유사과제분포			
1	터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행완료되거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발	수행	2019	김성일	57.98
1	철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	수행	2014	서상학	50.71
1	철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	수행	2013	이정규	47.65
1	한국로봇융합연구원	수행	2013	윤용인	47.31
1	운행선 근접공사 및 선로보수 시 열차운행과 작업자 안전 확보를 위한 철도 선로용 모듈식 안전펜스 개발	수행	2015	성덕용	44.42
1	변상 터널 콘크리트 라이닝의 법과학적 분석을 위한 기초연구	수행	2020	송기일	46.5
1	사전계작형 플로팅슬래브 궤도 및 기존선 자갈궤도 급속개량 기술 실용화	수행	2019	이찬영	45.04
1	사전계작형 플로팅슬래브 궤도 및 기존선 자갈궤도 급속개량 기술 실용화	수행	2020	이찬영	45.04
1	사전계작형 플로팅슬래브 궤도 및 기존선 자갈궤도 급속개량 기술 실용화	수행	2018	이찬영	45.04
1	한국로봇융합연구원	수행	2017	박철휴	47.31

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	철도안전문화 수준측정을 위한 평가지표 개발에 관한 연구	공공	2017	김현주	42.61
1	자량화재에 대한 터널 교량의 내화방안 및 내폭특성 연구	공공	2017	심재원	44.67

국가과학기술지식정보서비스

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

그림 3-5. 2세부과제의 유사과제 검색결과

❑ (세부기술 3.) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2020/12/29 15:37:34
	검색년도	2011년 - 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	40 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	1 건

세부 검색 결과 (범례 0개 1-4개 5-9개 10개 이상)

순번	과 제 명	구분	유사과제분포			
1	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구	기수행과제	6	4	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행완료되었거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+ 협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	수행	2017	최영태	68.0
1	고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	수행	2016	장승엽	68.0
1	고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	수행	2018	최영태	68.0
1	고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	수행	2015	장승엽	68.0
1	고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	수행	2013	장승엽	67.44
1	고속철도 자갈궤도 급속정화기술개발	수행	2018	이일화	70.17
1	고속철도 자갈궤도 급속정화기술개발	수행	2014	이일화	70.71
1	고속철도 자갈궤도 급속정화기술개발	수행	2017	이일화	72.7
1	고속철도 자갈궤도 급속정화기술개발	수행	2016	이일화	72.7
1	고속철도 자갈궤도 급속정화기술개발	수행	2013	이일화	69.25

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

유사과제 요약정보

순번	과 제 명	구분	수행년도	연구책임자	유사도
1	개량공사를 고려한 노후 콘크리트 포장 보수기준 상세화 연구	공공	2018	한승환	40.32
1	간선철도 고속화에 따른 궤도구조 개량 방안 연구	공공	2013	김만철	52.48
1	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도등급 기준개발	공공	2013	김만철	40.88
1	고속철도 콘크리트 궤도 유지보수기준 정립방안 연구	공공	2012	이일화	55.95
1	서해골드 관광열차(G-train)의 관광수요 예측	공공	2014	김장욱	40.78
1	포장 장기공용성 관측구간을 활용한 포장공법 효과검증 연구	공공	2017	김형배	46.18
1	고속철도 터널 유지관리 계측 최적화 방안 연구	공공	2017	이용준	48.25
1	SR 상시격 수송수요를 반영한 KTX 열차운행 최적화 연구	공공	2017	이배훈	48.35
1	2018년도 KTX 수송수요 예측	공공	2017	오윤식	43.98
1	콘크리트 교면 내구수명 연장을 위한 박층포장 공법 시공기준 연구	공공	2020	홍승호	43.37

주1) 순번: 관련된 등록과제 순번으로 해당 순번을 가진 등록과제의 유사과제임을 의미
주2) 구분: 기수행과제(수행)과 공공R&D(공공)을 구분
주3) 구분: 유사과제로 검출된 연구과제가 실시된 연도(협약일자 기준)
주4) 유사도: 등록과제와 유사과제 간 동일키워드 비중점수

국가과학기술지식정보서비스

그림 3-6. 3세부과제의 유사과제 검색결과

2.2. 기존 연구와의 차별성 및 연계방안

❑ 국가과학기술지식정보서비스(www.ntis.go.kr) 데이터베이스에서 검색된 유사과제의 연구목표, 연구내용 및 기대효과를 검토하여 동 연구과제와의 차별성 및 연계방안을 세부과제별로 도출함.

❑ 검색된 유사과제 중 기획연구 및 타분야 연관성이 낮은 과제는 차별성 및 연계방안 검토에서 제외함

❑ (1세부) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

❍ 검색된 14개 과제 중 기획과제 및 연관성이 낮은 장비교체비 등과 같은 과제를 제외한 7개 유효 과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함.

표 3-14. 1세부과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2011-2013	국토교통기술촉진연구사업 (국토교통부)	기존 철도판형교의 급속교체기술 개발 및 시공	□ 차별성 - 기존 연구에서는 경간 12m 이하의 판형교에 한정된 교량 상부구조 교체 기술 개발 하였으나, 본 연구에서는 경간 12m 이상을 포함한 다경간 단순교의 급속교체를 위한 요소기술 개발이 목표임. - 기존 연구에서는 이동식 크레인 철도차량을 이용한 방식에 한정하였으나, 본 연구에서는 수직 및 수평 방식에 대한 비교 검토를 통해 교체 대상 상부구조에 적합한 교체 공법을 제시하고 가상 시뮬레이션 기술을 통해 최적화된 교체 방법을 확보할 예정임. - 또한, 본 연구에서는 교량 단면별, 경간별 특성을 고려한 인벤토리 구축 및 BIM 기반의 급속교체 가상 시뮬레이션 기술을 확보할 계획임. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발된 이동식 크레인을 활용한 교량 상부구조 교체 요소 기술 개발 과정을 벤치마킹하여 본 연구에서 상부구조 교체 프로세스 정립 및 교체 장비 요소기술 개발 - 기존 연구에서 수행한 교량 정보를 활용하여 인벤토리 및 BIM 기반 급속교체 가상 시뮬레이터 검증

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
2	2019	한국건설기술연구원 연구운영비지원(R&D)(주요사업비) (과학기술정보통신부)	U-타입 장경간 철도 임시가교 개발 및 성능 검증	□ 차별성 - 기존 연구는 교량 복구/개량을 위한 임시 교량인 가교에 대한 요소기술 개발임. 본 연구에서는 임시 가교가 아닌 교체 후 본 교량으로 바로 사용하는 급속교체용 교량 상부구조를 개발하고자 함. □ 연계방안 - 기존 연구의 가교 형식을 본 연구에서 개발하고자 하는 프리팹 교량 상부구조 형식 비교검토에 활용 가능.
3	2016-2018	건설기술연구사업 (국토교통부)	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속 시공 기술 개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 도로교량 바닥판(연결부)의 부분해체 및 부분시공에 대한 요소기술 및 하부구조 개량 기술 개발이 목표였으나, 본 연구에서는 철도교량 상부구조 전체를 급속교체하기 위한 요소기술 및 장비 등을 개발하고 자 함. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발된 연결부/이음부 부분시공 기술을 연계하여 상부구조 교체 후 상부구조간 이음부 시공 가능. - 기존 연구에서 개발된 손상 최소화 부분해체 기술을 응용하여 기존 상부구조 제거 시 연계 가능.
4	2020	프리팹 부재를 활용한 교량 모듈화 방안 연구 (공공R&D, 한국도로공사 자체)	프리팹 부재를 활용한 교량 모듈화 방안 연구	□ 차별성 - 기존 연구는 도로교량 신규 건설 시 활용하기 위한 조립식 교량 기술 개발을 목표로 하고 있음. 본 연구와 같이 노후 철도교량 급속교체를 위한 인벤토리 구축 및 철도교 상부구조 설계, 교체 공법 개발 등 전체 프로세스에 대한 사항을 다루는 것과는 상이함 □ 연계방안 - 교량 상부구조에 대한 부재별 조립식 설계 및 프리팹 요소별 연결 상세 등에 대한 연구개발 사항을 연계할 수 있음

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
5	2019	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구 (공공R&D, 한국도로공사 자체)	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 무조인트 도로교량이라는 특정 형식의 상태 추적조사를 위한 모니터링 기술 및 유지관리를 위한 설계지침 등의 방안을 제시하고 있어, 본 연구에서 개발하고자 하는 교량 상부구조 교체 기술 및 장비 개발과는 차별성이 있음. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발한 공용 중 교량의 계측 및 구조거동 해석 기술을 연계하여 교체하고자 하는 대상 교량의 상태평가에 활용 가능함.
6	2017	바닥판 급속 교체를 위한 프리캐스트 패널 공법 체계화 연구 (공공R&D, 한국도로공사 자체)	바닥판 급속 교체를 위한 프리캐스트 패널 공법 체계화 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 철도교량과는 달리 도로교량에서 가장 취약한 부분인 바닥판의 급속교체를 위한 기존의 설계, 시공, 유지관리 사례를 조사하여 공법의 체계화를 위한 가이드라인을 제시하였으나, 본 연구는 철도교량 상부구조 전체를 대상으로 하고 있으며, 신규 시공 기술 및 장비 개발 등을 포괄하고 있어 기존 연구와는 차별화 됨. □ 연계방안 - 기존 연구에서 조사된 기존 설계, 시공 사례를 참고하여 본 연구의 핵심 요소 기술 도출에 활용 가능
7	2016-2017	BIM기반 특수교량 유지관리를 위한 표준기술 개발 및 실증 연구 (공공R&D, 한국시설안전공단)	BIM기반 특수교량 유지관리를 위한 표준기술 개발 및 실증 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 장경간 케이블교량 등 특수교량(도로교)의 유지관리를 목적으로 BIM기반의 유지관리 운영체계 구축을 목표로 하고 있으나, 본 연구에서는 교량 상부구조 급속교체를 위한 BIM기반 가상 시공 시뮬레이션 기술을 개발하고자 함. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발된 BIM 플랫폼의 정보전달 체계, 프로토콜 등을 참고하여 본 연구에서 개발하고자 하는 BIM 플랫폼 요소 도출과 연계.

❑ (2세부) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

❍ 검색된 9개 과제 중 기획과제, 타기술분야 및 타세부과제, 운영방안 연구 등과 같은 과제를 제외한 4개 유효 과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함.

표 3-15. 2세부과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2013-2016	철도기술연구사업 (국토교통부)	철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 선로 구축물의 시설정보 획득을 위한 레이저 스캐닝 데이터를 획득하고 분석하기 위한 정보시스템 개발을 목표로 하고 있으나, 본 연구에서는 철도터널 라이닝의 상태평가를 위한 3차원 영상 및 비파괴검사 기반 요소 기술을 개발하고자 함. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발된 라이다 및 영상 기반의 선로 구조물 정보 취득 시스템으로부터 대상 터널 구조물의 형상 정보를 취득할 수 있도록 연계할 수 있음.
2	2020-2023	개인기초연구(R&D) (과학기술정보통신부)	변상 터널 콘크리트 라이닝의 법과학적 분석을 위한 기초연구	□ 차별성 - 유사과제에서는 터널 라이닝의 변상 모니터링을 위한 변위계, 응력계 등의 계측데이터를 수치해석과 연계하여 라이닝의 손상도 및 안정성을 평가하기 위한 기술 개발을 목표로 하고 있으나, 본 연구에서는 영상 및 비파괴검사를 통해 획득한 라이닝 상태평가 결과를 확장 적용하는 개념으로 라이닝 표면을 급속개량하기 위한 일체형 시스템을 구축하고자 함. □ 연계방안 - 유사과제에서 개발되는 라이닝 모니터링 기술을 본 연구의 라이닝 수명평가기술과 연계하여 접촉/비접촉식 모니터링 기술로 확장 가능함.

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
3	2015	첫걸음기술개발사업 (중소기업청)	운행선 근접공사 및 선로보수 시 열차운행과 작업자 안전 확보를 위한 철도 선로용 모듈식 안전 펜스 개발	□ 차별성 - 기존 연구과제는 철도 선로 운행선 인접공사 시 열차운행 및 작업자 안전 확보를 위한 안전펜스 개발을 목표로 하고 있으나, 본 연구의 세부 기술에서는 철도터널 급속개량 시공 시 위험요소 예측 및 위험도 영향 평가를 통한 안전 확보를 위한 안전 관리체계를 개발하고자 하므로 차별성이 있음. □ 연계방안 - 기존 연구과제에서 개발된 안전 펜스를 활용하여 철도터널 급속개량 시공 시 안전도 향상을 위한 방안으로 연계 가능.
4	2017	차량화재에 대한 터널 교량의 내화 방안 및 내폭특성 연구 (공공R&D, 한국도로공사 자체)	차량화재에 대한 터널 교량의 내화방안 및 내폭특성 연구	□ 차별성 - 본 연구에서는 철도터널 라이닝의 급속개량을 위해 라이닝 패널의 재료를 포함한 공정 개발을 목표로 하고 있어 기존 연구에서 목표로 하는 도로교량 및 터널의 내화성능 향상을 위한 재료 개발과는 차별성이 있음. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발한 내화 콘크리트 재료를 활용하여 본 연구에서 개발하고자 하는 철도터널 급속개량 라이닝 패널의 내화 성능을 향상시킴으로써 좀 더 안전성이 높은 급속개량 요소 기술 개발이 가능함.

❑ (3세부) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

❍ 검색된 12개 과제 중 도로포장 등 타기술분야 및 타세부과제, 운영방안 연구 등과 같은 과제를 제외한 5개 유효 과제에 대해 차별성 및 연계방안을 검토함.

표 3-16. 3세부과제의 유사과제와의 차별성 및 연계방안 도출

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
1	2013-2019	철도기술연구사업 (국토교통부)	고속철도 자갈궤도 급속경화기술개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 350km/h급 고속선 또는 300km/h 미만의 고속화 노선에 대한 자갈궤도의 급속경화를 위한 요소기술을 개발한 반면, 본 연구에서는 400km/h급으로 증속을 위한 요소기술 고도화 및 검증을 통한 현장 시공 기술 개발을 목표로 함. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발된 급속경화궤도 개발을 위한 재료 개발 프로세스를 기반으로 400km/h급 고속선에 적용하기 위한 자갈궤도 급속경화기술 고도화.
2	2013-2019	철도기술연구사업 (국토교통부)	고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	□ 차별성 - 상기 '고속철도 자갈궤도 급속경화기술개발'과제의 연구단 과제로써, 기존 연구에서는 350km/h급 고속선 또는 300km/h 미만의 고속화 노선에 대한 자갈궤도의 급속경화를 위한 요소기술을 개발한 반면, 본 연구에서는 400km/h급으로 증속을 위한 요소기술 고도화 및 검증을 통한 현장 시공 기술 개발을 목표로 함. □ 연계방안 - 기존 연구에서 개발된 급속경화궤도 개발을 위한 재료 개발 프로세스를 기반으로 400km/h급 고속선에 적용하기 위한 자갈궤도 급속경화기술 고도화.
3	2012	고속철도 콘크리트궤도 유지보수기준 정립방안 연구 (공공R&D, 한국철도시설공단(現 국가철도공단))	고속철도 콘크리트궤도 유지보수기준 정립방안 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 콘크리트 궤도의 침하에 대한 유지보수공법을 개발한 반면, 본 연구에서는 고속화에 따른 자갈궤도의 급속경화기술의 고도화를 목표로 하고 있음. □ 연계방안 - 기존 연구에서 도출된 콘크리트궤도의 균열 관리 및 보수 기준을 참고하여 자갈궤도의 급속경화를 위한 재료 개발 및 시공 기준에 연계

번호	년도	사업명	과제명	차별성 및 연계방안
4	2013	간선철도 고속화에 따른 궤도구조 개량 방안 연구 (공공R&D, 한국철도시설공단(現 국가철도공단))	간선철도 고속화에 따른 궤도구조 개량 방안 연구	□ 차별성 - 기존 연구에서는 자갈궤도의 선로 부담력을 고려하여 궤도파괴 저감을 위한 궤도 용품 개발을 목표로 한 반면, 본 연구에서는 고속철도 증속을 위한 노후된 자갈궤도의 콘크리트화가 목표임. □ 연계방안 - 자갈궤도 급속경화를 통한 고속철도 증속 효과를 확대하기 위해 기존 연구에서 개발된 궤도 용품 1단계로 적용하여 선로부담력을 저감한 후 본 연구에서 개발하고자 하는 자갈궤도 급속경화 기술을 적용함으로써 선로 안정성 향상 가능.
5	2013	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발 (공공R&D, 한국철도시설공단(現 국가철도공단))	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발	□ 차별성 - 기존 연구에서는 수치해석을 통하여 일반철도의 궤도틀림이 차량주행안전성 및 승차감에 미치는 영향을 분석하고 일반철도 궤도 유지보수 기준을 재정립하는 것을 목표로 하였으나, 본 연구에서는 고속철도 증속을 위하여 노후 자갈궤도의 급속경화기술을 고도화하는 것을 목표로 함. □ 연계방안 - 기존 연구에서 도출된 궤도틀림에 대한 유지보수 기준을 적용하여 자갈궤도 급속경화 기술 적용 시 궤도틀림 예방을 위한 요소기술 도출.

제7절 연구추진체계

❑ 노후 철도구조물 급속개량 기술의 개발성과물 특성을 고려하여 3개 세부과제 체계로 구성된 연구단 운영

○ 본 사업 주관은 국토교통부, 전담기관은 국토교통과학기술진흥원으로 함

○ 본 사업은 「국토교통부소관 연구개발사업 운영규정」[35]에 따라 중형과제로 구분되며, 중형과제를 수행하는 연구조직으로 연구단을 구성하여 운영함

※ 중형과제란 국가의 재정지원 규모가 300억원 미만인 둘 이상의 세부과제로 구성된 연구개발과제를 말함

○ 본 사업은 3개의 대상 철도구조물이 기술적으로 분리되어 개별 기술개발 및 현장 실증이 이루어져야 하는 내용으로 각 세부과제에서 최종 기술개발성과물을 달성함

❑ 각 연구참여 주체별 역할 및 기능은 다음과 같음.

표 3-17. 각 연구 참여 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	ㅇ 사업총괄 부처(최상위 의사결정기관) ㅇ 사업의 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정, 사업 기본 시행계획 수립, 사업 투자우선순위 결정 등 역할을 수행
전문기관 (국토교통과학기술진흥원)	ㅇ 연구단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 - 연구단 진도 및 실적 점검 - 연구단 및 세부과제 선정·단계·최종평가 - 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	ㅇ 전문기관이 요청한 사항에 대한 검토·심의·조정 - 사업 세부시행계획 수립에 관한 사항 - 주요 내용변경에 관한 사항 - 지원 우선순위, 연구개발비 규모 등에 관한 사항 ㅇ 본 사업 및 기술 분야별 이내의 전문가로 구성하며 위원회는 필요시 수시로 개최
운영기관 협의체	ㅇ 철도 운영기관과의 유기적 협조에 관한 사항 - 수요처 요구사항 검토 및 의견제시 - 성능검증을 위한 현장시험 협의 및 협조 창구역할 수행 - 연구성과의 수요처 소개 등 홍보
연구단(연구단장)	ㅇ 사업추진을 위한 컨소시엄 구성 ㅇ 연구단 구성·운영 ㅇ 세부과제 선정평가, 진도관리, 정산, 자체평가, 예산조정 및 참여기관 역할분배 ㅇ 연구성과 관리 및 사업화 지원 ㅇ 연구성과 보급·확산 및 홍보
연구단 주관연구기관	ㅇ 기술개발 총괄 관리 - 세부과제 기획 연차평가, 진도관리 및 과제간 예산조정, 연구성과 관리 및 사업화 지원 등 수행 ㅇ 총괄과제 수행
세부과제 수행기관	ㅇ 사업내 세부 과제별로 기술개발을 직접 수행하는 기관 - 전문성을 갖춘 산·학·연 전문가로 컨소시엄을 구성하여 기술개발을 수행

35) 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 [시행 2020. 1. 28.] [국토교통부훈령 제1274호, 2020. 1. 28., 일부개정]

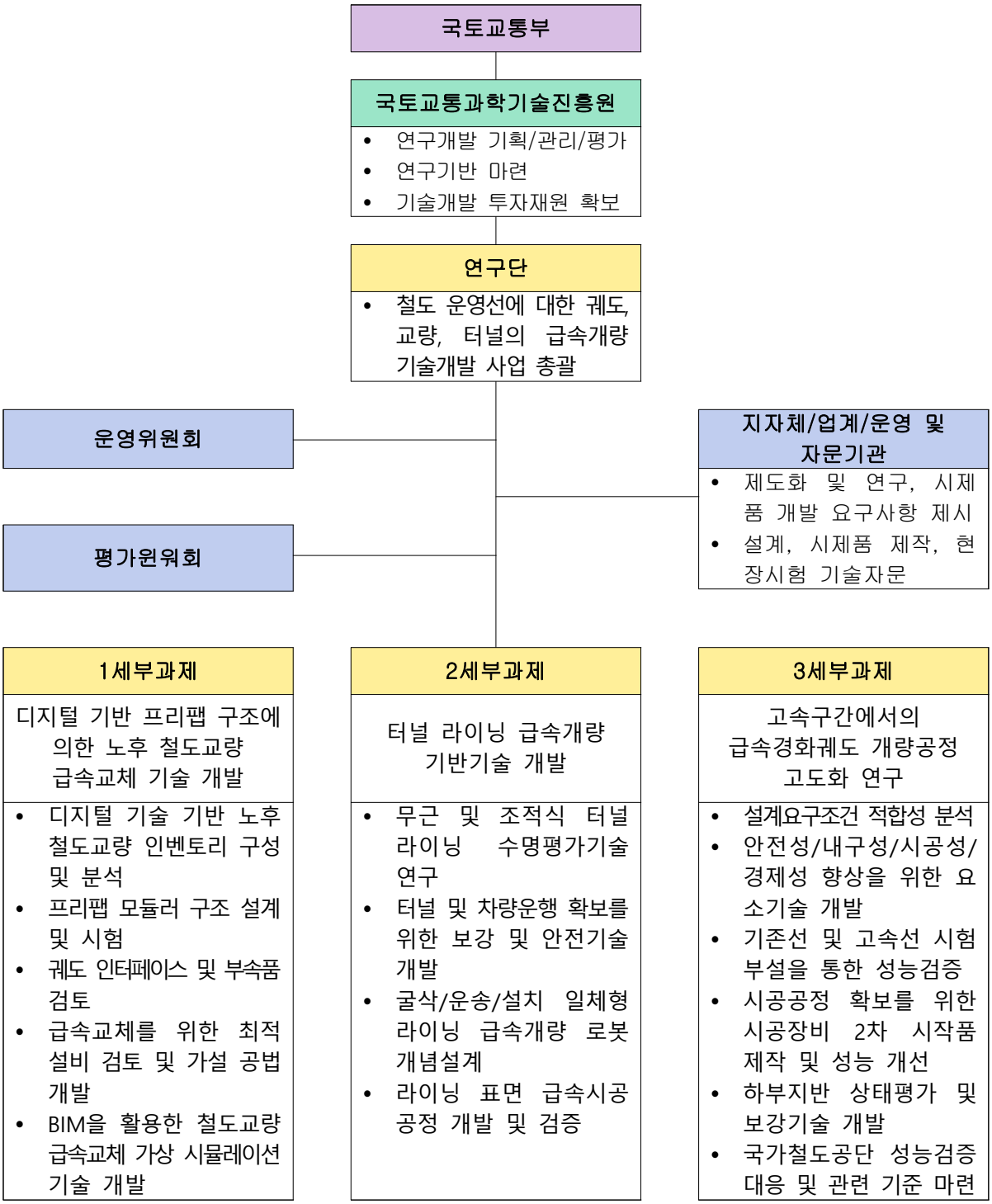


그림 3-7. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발 연구추진체계

제8절 기술개발 및 성과 로드맵

1. (1세부) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

표 3-18. 1세부과제의 연차별 연구내용 및 성과

연차	세부 연구목표	세부 연구내용	주요 성과물
1차 년도	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 기본설계	• 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 조사 • 노후 철도교량 점검/안전진단 데이터 분석 및 DB 구축 • 노후 철도교량 위치 및 가설 조건별 특성 DB 구축 • 노후 철도교량 구성요소별 성능 영향 인자 분석	노후 철도교량 현황 상세 데이터베이스
		• 노후 철도교량 경간별, 단면별 프리팹 구조 적용성 검토 • 노후 철도교량 디지털 모델 대비 프리팹 구조의 대체 적정성 분석 • 노후 철도교량 교체용 프리팹 구조의 기본 설계 • 철도/도로 병행 운송을 고려한 프리팹 구조 설계	프리팹 구조 기본 설계서 및 도면
2차 년도	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 상세설계	• 노후 철도교량 DB 분석에 의한 인벤토리 구성 • 열차 운행조건별 노후 철도교량 특성 분석 • 노후 철도교량 대체를 위한 구성 요소별 인벤토리 구성	노후 철도교량 인벤토리 구축
		• 프리팹 구조 부재별 설계 • 부재별 연결부 설계 및 검토 • 프리팹 교량의 운행 열차별 적정성 분석 • 국내외 설계기준에 대한 적정성 검토	프리팹 부재 상세 설계서 및 도면
		• 운행 조건별 교량 받침 설계 • 상/하부 구조 연결 및 가설 관련 상세 분석 • 높이조절, 하중 모니터링 기능 탑재 교체용 교량 받침 개발	급속교체용 교량받침 설계서
		• 프리팹 철도교량 수직 가설 허용 조건에 대한 분석 • 이동식 Crane 이동을 위한 화차 조건 검토 및 기본 설계 • 수직 가설 매커니즘 및 시공단계 분석 • 수직 가설 이동식 크레인 장비 기본 설계	이동식 크레인 장비 기본 설계서
3차 년도	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 핵심기술 개발	• 경간별, 형식별 디지털 트윈 모델 구축 • 손상 DB와 연계한 디지털 모델 업데이트 기술 개발 • 사용자 피드백을 통한 시스템 개선 기술 분석 • 노후 철도교량 교체용 프리팹 생산 연계 가능 시스템 구축	노후 철도교량 디지털 모델 구축
		• 프리팹 철도교량 부재별 실험적 검토 • 프리팹 철도교량 연결부 구조적 안전성 및 피로에 대한 검증 시험 • 프리팹 철도교량 실교량 검증 시험	프리팹 구조 실험보고서
		• 프리팹 교량 적용을 위한 궤도 구성품 분석 및 연결부 검토 • 교량 양 단부 기존 궤도와의 연결 인터페이스 분석 • 교량 상부구조 연결 시공 인터페이스 검토 • 프리팹 교량 적용을 위한 적정 궤도 구조 상세 설계	프리팹 철도교량 용 궤도 설계서 및 도면
		• 프리팹 철도교량 횡방향 가설을 위한 허용 조건 분석 • Slide-In 교체를 위한 가시설 및 현장 조건 분석 • Slide-In 교체에 대한 매커니즘 및 시공단계 분석 • 횡방향 가설 Slide-In 장비 기본 설계	Slide-In 장비 기본 설계서
		• BIM을 활용한 프리팹 부재, 연결부, 상부구조 라이	프리팹 구조

연차	세부 연구목표	세부 연구내용	주요 성과물
		브러리 구성 • 궤도 및 구성품 연결 설계 시뮬레이션 • 디지털 트윈 모델 기반 급속교체용 프리팹 상부구조 설계 시뮬레이션 기술	BIM Library 구축
4차 년도	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 구현 및 성능시험	• 방음벽, 탈선방호벽 등 부속품 종합 검토 • 전차선 가설을 고려한 인터페이스 검토	급속교체용 철도교량 부속품 검토 보고서
		• 수직 가설 이동식 Crane, 횡방향 가설 Slide-In 장단점 분석 • 프리팹 철도교량 급속교체를 위한 장비 선정 • 장비 상세 설계 및 Mock-Up Test	급속교체를 위한 가설공법 상세 보고서
		• 프리팹 부재별 생산 공정 상세 분석 • 부재 및 연결부 공정 3D 시뮬레이션 • 생산 및 보관 등에 대한 플랫폼 구축 • 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산 기술 구축	BIM 기반 프리팹 구조자동화 생산 모델 구축
5차 년도	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 시험평가 및 고도화	• 급속교체 공법에 대한 상세 시공단계 결정 • 경제성 및 구조적 안전성에 대한 종합 분석	급속교체를 위한 가설 장비 상세 설계서 및 도면
		• 현장 조건별 시뮬레이션 • BIM기반 시공 정밀 제어 연동 기술 구축 • 가설 방법별 상세 시뮬레이션 • 교체 후 안전성 검토와의 연계를 통한 머신러닝 기반 구축	BIM 기반 가상 시뮬레이션 시스템

그림 3-8. 1세부과제의 기술개발 로드맵

2. (2세부) 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

표 3-19. 2세부과제의 연차별 연구내용 및 성과

연차	세부 연구목표	세부 연구내용	주요 성과물
1차 년도	터널 라이닝 급속개량 기반기술 기본설계 및 요구사양 도출	• 국내외 노후 철도 터널 개량 기술 기준 현황 조사 및 분석 • 노후 철도터널 및 개량기술 현황조사 및 분석	자료조장비 사양서및 설계서
		• 터널의 구조, 지질 특성을 고려한 단면 최적화	단면최적화
		• 자유단면 굴삭방식의 설계요구조건 정립	설계요구 조건
		• 라이닝 표면 급속보강 공정 개발	보강공정
2차 년도	터널 라이닝 급속개량 기반기술 핵심기술 개발	• 3차원 영상기반 라이닝 상태평가 기술 개발	평가기술
		• 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화	안전확보 방안
		• 자유단면 굴삭방식의 표면제거로더 설계 최적화	제거모듈 시제품
		• 패널부착방식의 급속개량공법 개발	성능평가 인증서
3차 년도	터널 라이닝 급속개량 기반기술 핵심기술 최적화	• 노후 철도터널의 개량기술기준 항목 검토 및 개정	안전관리 기준
		• 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화	터널구조 확보기술
		• 자유단면 굴삭방식의 표면제거 모듈 설계 최적화	모듈 설계도서
		• 패널의 부착성능평가	보강재료
4차 년도	터널 라이닝 급속개량 기반기술 관련 기준 도출	• 급속개량시의 안전관리기준 도출	안전관리 기준
		• 개량 공사중 통과열차의 주행안전성 확보 방안	주행안전 확보기술
		• 급속개량 로봇의 모듈 구성	모듈 설계도서
		• 패널부착방식의 급속개량공법 개발	부착공법 설계도서
5차 년도	터널 라이닝 급속개량 기반기술 시험평가 및 검증	• 급속개량시의 안전관리기준 도출	패널부착 방식공법
		• 급속개량 로봇의 모듈 구성	자동화개량 장비의 성능검증 및 관련 인증
		• 패널부착방식의 급속개량공법 개발	부착공법 설계도서

그림 3-9. 2세부과제의 기술개발 로드맵

3. (3세부) 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

표 3-20. 3세부과제의 연차별 연구내용 및 성과

구분	세부 연구목표	세부 연구내용	주요 성과물
1차 년도	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 개념설계	• 국내외 고속철도 350km/h이상 설계 및 유지보수 기준 분석 • 국내에서 진행중인 400km/h급 설계기준 및 유지보수기준 분석	요구조건 및 사양서
		• 주입재료 성능향상을 위한 Steel fiber 혼합 및 적용성 연구	Steel fiber 설계서
		• 궤도성능검증을 위한 설계/노선/시공조건 검토	설계서
		• 자갈궤도 콘크리트화를 위한 시공장비 사양 도출 • 장비 기본설계	사양서 및 기본설계
		• 비파괴탐사기법을 활용한 하부지반 상태평가 기술 개발	상태평가 기술
2차 년도	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 기본설계 및 핵심기술 개발	• 경부고속철도 자갈궤도구간 400km/h급 개량을 위한 사양 도출	사양서
		• 경제성확보를 위한 설계기준개선방안 검토	설계서
		• 기존선 시험부설 착수	설계서
		• 주입장비 및 궤광리프팅장비의 2차 시제품 상세설계 및 제작	사양서 및 상세설계
		• 오송-평택구간 대상 상태평가 실시 • 오송-평택구간 노반지지력 DB화	상태평가 기술
3차 년도		• 시험시공을 통한 검증 (모니터링 등)	모니터링 보고서
		• 경제성확보를 위한 설계기준개선방안 검토 • 현장상황을 고려한 최적 고결시간 연구	설계서
		• 부설구간 성능 평가	모니터링 보고서
		• 시공장비 제작 완료	개량 시공장비
		• 운영중 노선에서 불량개소 개량공법 개발 - 그라우팅 재료 개발/ Geosythetics 시공법 개발	하부노반 보강 재료
4차 년도	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 구현 및 성능시험	• 부설구간 성능평가	모니터링 보고서
		• 궤도성능검증을 위한 고속선 설계/노선/시공조건 검토	설계서

구분	세부 연구목표	세부 연구내용	주요 성과물
		• 시공장비 검증 및 시험시공 • 시공장비 개선	시공장비 고도화
		• 개량기술개발 및 검증	시험시공체
5차 년도	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 시험평가 및 고도화	• 현장시험부설 및 성능평가	설계서
		• 시공장비 개선	시공장비 고도화
		• 관련 기준 마련	설계기준
		• 국가철도공단 성능검증 대응 • 관련 건설기준 마련	성능검증 보고서, 관련기준

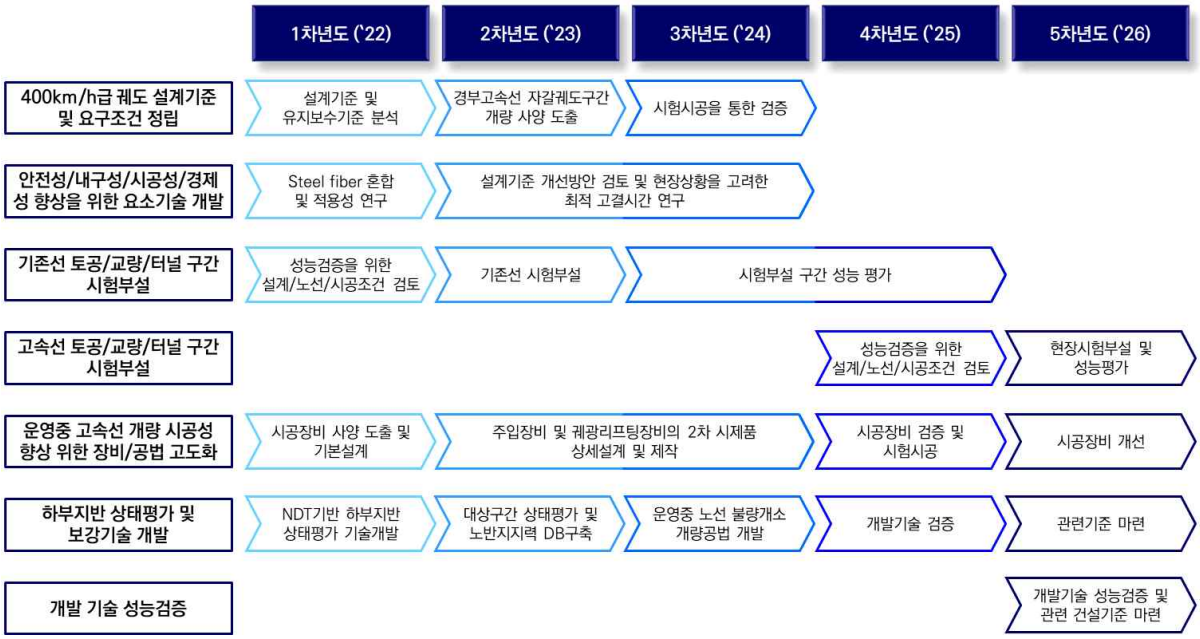


그림 3-10. 3세부과제의 기술개발 로드맵

제9절 성과활용 및 사업화 전략

1. 성과활용 방안

❑ 본 과제의 최종 성과물은 다음과 같음

표 3-21. 본 과제의 최종 성과물

세부	최종 성과유형	성과물	성과물 기능 및 특징
1	시스템 공법 장비	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술	- 철도교량 상부구조 급속교체를 위한 사전제작 인벤토리 DB 구축 및 제어 - 현장 조건 및 시공 단계별 상황 시뮬레이션을 통한 최적 공정 도출 - 차단 시간 내 철도교량 상부구조 급속교체 가능한 사전 제작형 모듈러구조/부속품 및 공법, 장비
2	시스템 공법 장비	터널 라이닝 급속개량 기반기술	- 터널 라이닝 실시간 평가 및 즉시 개량 기술 - 일체형 시공 장비 개념 설계 - 열차 운행 및 시공 간 위험도 기반의 안전 확보 기술
3	시스템 공법 장비	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정	- 고속철도 증속에 따른 자갈궤도의 콘크리트화 공법, 시공장비 및 재료 기술 - 시공 후 품질 관리를 위한 하부노반 상태평가 및 불량 개소 개량 기술 - 운영 기관 성능검증을 위한 관련 기준

❑ 운영 기관 노후 철도구조물 개량 사업에 활용

○ 현재 개량이 필요한 노후 철도구조물은 기하급수적으로 증가하고 있으나, 인력위주의 개량 작업으로 많은 시간이 소요되어 차단 시간 내 작업 완료되지 못할 시 열차 운행에 지장을 초래할 수 있음.

○ 인력위주의 개량 작업을 과학기술 기반의 자동화 장비 및 공정을 통해 신속하고 안전하며, 효율적인 작업 가능

○ 철도 운영기관(한국철도공사, 국가철도공단, 서울교통공사 등)에 보급하여 차단 시간 내 노후 철도구조물 급속개량에 활용하게 함

❑ 동 사업의 연구성과 활용은 정부의 연구성과 관리·활용 기본계획의 정책 기조에 부합하도록 활용체계를 운영

○ 연구성과의 기술성과 시장성·사업성 간의 간극을 간소화하고, 성과활용 중심의 연구개발 혁신과 유기적 협력체제 구축을 통해 일자리 창출 및 경제활성화 견인

2. 사업화 전략

❑ 타겟 고객

○ 본 과제를 통해 개발된 장비, 공법 및 시스템 제작 기술은 민간으로 기술이전을 실시하며, 완성품 적용은 철도 운영기관을 포함한 공공기관으로 설정

❑ 단계별 사업화 전략 수립

○ 관련 산업 및 시장 확대를 위해 단계별 실용화 전략을 수립하여 수행기관 및 참여 업체가 지속적으로 노력

○ 기술개발과 동시에 상용화를 추진하여 조기에 활용 가능한 시스템 구축

그림 3-11. 단계별 사업화 전략

표 3-22. 단계별 사업화 추진계획

구분	추진 내용
1단계 현장 적용을 통한 상용화	- 장비 및 시스템의 안정성 확보 및 현장 적용을 위한 현장 시험 및 검증 - 민관기관 및 공공기관 보급·구축을 위한 상용화 수준의 성과물 개발
2단계 민간기관 보급 및 적용 (B2B)	- 연구 결과물의 참여기업 및 잠재 수요자에 기술이전 - 민간기관 수요조사를 통한 서비스 개발 방향 정립 - 자동화 시스템 및 개별 시스템 민간기관 제공 - 활용 범위 확대 및 신산업 창출
3단계 공공기관 적용 (B2G)	- 시스템 안정성 확보 및 검증 후 공공기관 대상으로 시스템 구축 - 철도시설물 운영 및 유지관리 관련 공공 기관에 보급 - 교육 및 사후 관리를 위한 개발 시스템 현장 정착 지원

제4장 자원투입 계획

제1절 인력투입계획

❑ 소요인력 산출 근거

❍ 국토교통부의 유사과제를 분석하여 연차별 소요예산 및 소요인력 산출

- 인건비, 직접비(인건비제외), 간접비 비중을 각각 30.3%, 51.7%, 18.0% 수준으로 설정
- 책임급, 선입급, 연구원급 참여 인력의 인건비 비율을 0.3:0.4:0.3을 기준으로 인건비 단가를 고려하여 참여인력(Man-Year)을 산출

표 4-1. 소요인력의 직급 구분 기준

직급	기업, 운영기관, 연구기관	대 학
책임급	학사학위 취득 후 12년 이상, 석사학위 취득 후 9년 이상, 박사학위 또는 기술사 취득 후 5년 이상 경력소지자	조교수 이상
선임급	학사학위 취득 후 6년 이상, 석사학위 취득 후 3년 이상 경력 보유자 박사학위 또는 기술사 취득자	전임강사 또는 박사후 과정 연구원
연구원급	대학 이상의 과정 이수자 기타 동등 이상의 경력 소지자	`석사과정 재학생 이상

- 인건비는 기획재정부 2020년 학술연구용역 인건비를 기준으로 직급별 참여인원수, 참여율, 참여기간을 고려하여 산정

표 4-2. 기획재정부 학술연구용역인건비 기준단가 (2020년 기준)

(단위 : 원)

등급	월 임금 (참여율 100%)
책임연구원	6,459,460
선임연구원	4,953,028
연 구 원	3,310,932

❑ 중점 분야별 소요인력

❍ 본 사업의 총 소요인력은 293명이며 매년 평균 59명이 소요

– 책임급 인력은 91명, 선입급 인력은 125명, 연구원급 인력은 77명 소요

표 4-3. 연차별 소요인력

(단위:명)

핵심기술	구분	2022	2023	2024	2025	2026	합계
디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발	책임급	6	10	6	8	8	38
	선임급	8	12	7	16	10	53
	원급	5	7	5	9	8	34
	소 계	19	29	18	33	26	125
터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발	책임급	2	2	3	2	2	11
	선임급	2	3	4	3	3	15
	원급	1	2	2	2	2	9
	소 계	5	7	9	7	7	35
고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구	책임급	5	20	6	4	7	42
	선임급	7	24	8	8	10	57
	원급	5	11	5	5	8	34
	소 계	17	55	19	17	25	133
합 계		41	91	46	57	58	293

제2절 연구 시설 및 장비 투입 계획

❑ 동 연구개발과제를 통해 창출된 기술개발성과물은 기존에 구축된 시설 및 장비 등을 활용하여 검증할 수 있는지 관련 인프라 구축 현황을 조사

1. 철도종합시험선로

❑ 철도분야의 기술개발 결과물을 실제 운영환경에서 검증하기 위하여 2019년 개통된 철도종합시험선로를 활용 가능

○ 철도종합시험선로 건설현황

- 사업기간 : 2014. 09. ~2018. 12. (51개월)
- 총사업비 : 2,399억원 [국고 100%]
- 시 공 사 : 지에스건설㈜ 外 9개사
- 건설위치 : 충청북도 청원군 오송읍~세종시 전동면 (노선연장 : 12.99km)

○ 시험선로 건설 개요

- 시험선로 총 연장 : 총 13km (AC구간 : 13km, DC 구간 : 6.5km)

그림 4-1. 종합시험선로 노선도

표 4-4. 시험선로 건축 및 구조물 현황

구 분		현 황	비 고
노선연장		12km990	
정거장		4개소	오송역, 오송기지, 급전구분, 정동역
변전소 / 급전소		3개소 / 1개소	전철변전소 1, DC변전소 2, 급전구분소
기타 건축물		2동	통합통제센터, 시험편의동
선형조건	최소곡선반경	R=250m	
	최급기울기	35‰	
노반구성	토공	7km124	기존선 활용구간 포함
	교량	1km597	8개소(복선교량 2개소)
	터널	4km269	6개소(복선터널 1개소-제4터널)

– 노선도

그림 4-2. 종합시험선로 지형노선도

– 건축물현황

구 분	연면적	건축면적	규모	공 사 현 황	비 고
전철변전소	2,164㎡	1,324㎡	지하1층 ~지상4층	건축 : 조적,미장,목공사완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	변전건물 5개동 골조공사 완료 및 마감공사 진행중 건축+기계설비+ 기계소방 포함 진도율 80.0 %
통합통제센터	1,342㎡	693㎡	지하1층 ~지상2층	건축 : 조적,미장,목공사완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 지열공사, 기계소방공사 진행중	
급전구분소 및 시험편의동	403㎡	412㎡	지하1층 ~지상1층	건축 : 조적,미장,목공사완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	
DC변전소-1	521㎡	521㎡	지상1층	건축 : 조적,미장완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	
DC변전소-2	607㎡	607㎡	지상1층	건축 : 조적,미장완료, 방수,금속,창호공사 진행중 기계설비 : 기계설비 및 기계소방공사 진행중	

그림 4-3. 종합시험선로 건축물 현황

– 신호현황

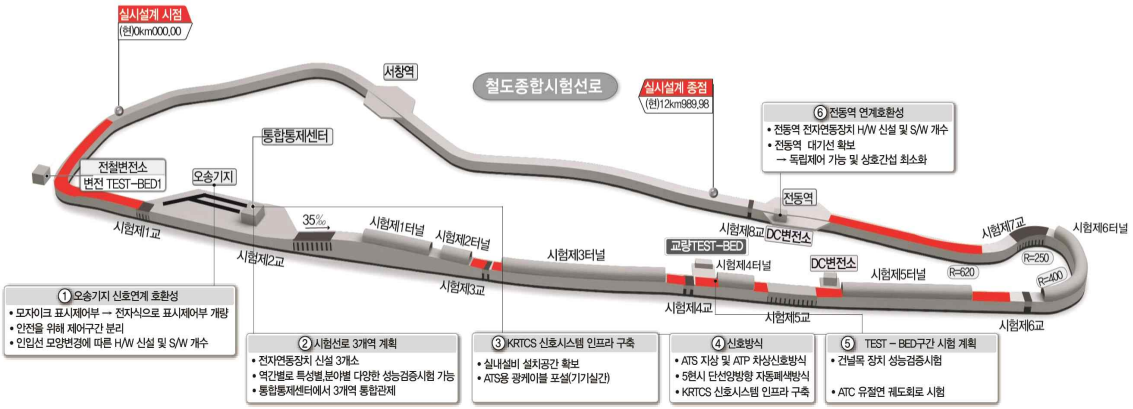


그림 4-4. 종합시험선로 신호장치 배치도

– 교량현황

표 4-5. 종합시험선로 교량 현황

구 분	교 량 현 황			
	연장(m)	경간구성	상부형식	하부형식
시험 제1교	70	2@35	RPF	교대:역T형 /교각: T형
시험 제2교	380	9@30 + 2@35 + 1@40	IPC, IT	교대:역T형 /교각: T형
시험 제3교	60	2@30	IPC	교대:역T형 /교각: T형
시험 제4교	80	2@40	IT	교대: 역T형 /교각: π형
TEST-BED	155	1@30+1@35+1@40+1@45 +1@5	WIPC, HPS, ART, RPF, SPC	교대: 역T형 /교각: T형
시험 제5교	440	10@30 + 4@35	IPC	교대: 역T형 /교각: π형,T형
시험 제6교	25	1@35	합성형라멘(SPC)	라멘교
시험 제7교	272	7@30.25 +2@30.1	APC	교대: 역T형 /교각: T형
시험 제8교	35	1@35	EDGE	교대: 역T형

– 터널현황

표 4-6. 종합시험선로 터널 현황

구 분		시험 1터널	시험 2터널	시험 3터널	시험 4터널	시험 5터널	시험 6터널
터널시점		시험선(현) 3km710	시험선(현) 4km372	시험선(현) 4km875	시험선(현) 6km588	시험선(현) 7km625	시험선(현) 9km080
NATM 시점		3km720	4km377	4km885	6km598	7km630	9km090
NATM 종점		4km256	4km596	6km115	6km854	8km525	10km090
터널종점		4km261	4km601	6km120	6km859	8km530	10km100
연장 (M)	개착	15	10	15	15	10	20
	NATM	536	219	1,230	256	895	1,000
	합계	551	229	1,245	271	905	1,020
갱문 형식	시점	원통절개식	면벽식	원통절개식	원통절개식	돌출형 면벽	원통절개식
	종점	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	돌출형 면벽	원통절개식

구 분	시험 1터널	시험 2터널	시험 3터널	시험 4터널	시험 5터널	시험 6터널
평면선형	R=10,000	R=10,000	R=10,000 ~ R=3,500 ~ 직선	직선	직선	R=400 ~ R=250
종단구배	(-)3‰, (-)12‰	(-)12‰	(+)10‰, (-)3‰	(-)3‰	(+)3‰, (-)5‰	(-)5‰
선로중심간격	-	-	-	4.5, 5.8, 7.8	-	-
도상형식	자갈 도상	자갈 도상	자갈 도상	자갈 도상	자갈, 콘크리트 도상	자갈 도상

○ 현장검증시험 Test-bed 부설 현황

- 철도종합시험선로 실시설계에서 아래와 같이 궤도, 노반, 교량, 전철전력, 신호, 소음 및 공력분야의 다양한 시험이 가능하도록 TEST-BED를 설치하도록 계획됨
- 궤도분야 TEST-BED

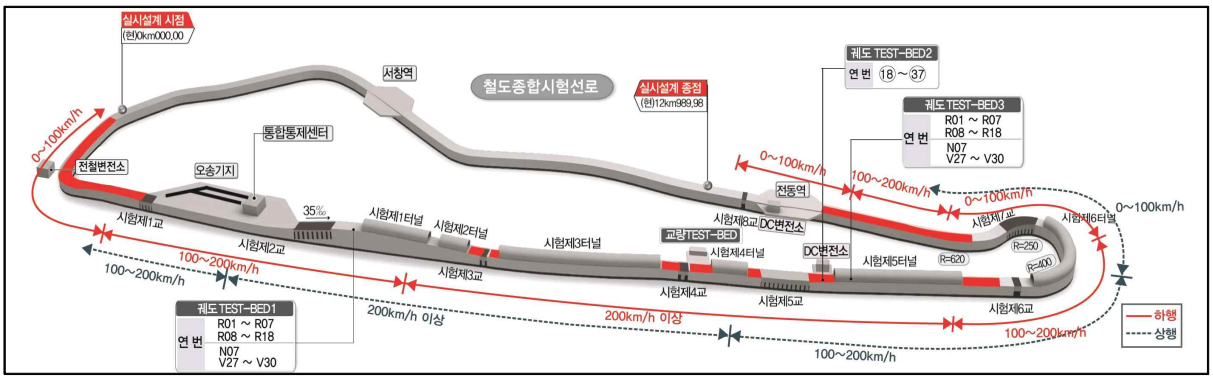


그림 4-5. 궤도분야 TEST-BED 현황도

표 4-7. 궤도분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
궤도 TEST-BED 1	토공구간 콘크리트궤도 부설시험 가능
궤도 TEST-BED 2	터널 내 콘크리트궤도 부설시험 가능
궤도 TEST-BED 3	F26 고속분기기 부설시험 가능

– 노반, 교량분야 TEST-BED

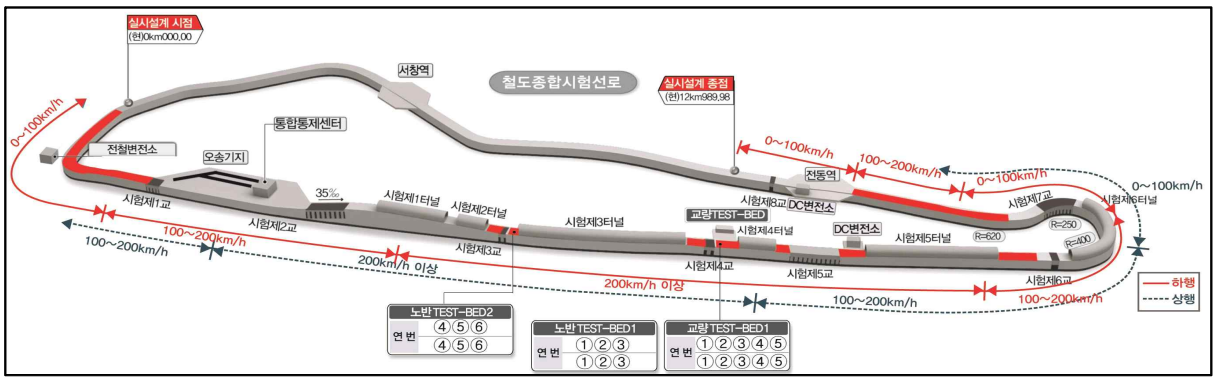


그림 4-6. 노반, 교량분야 TEST-BED 현황도

표 4-8. 노반, 교량분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
노반 TEST-BED 1	노반구조 지지력, 내구성, 반복재하 시험 가능
노반 TEST-BED 2	토류구조물 지지력, 내구성, 반복재하 시험 가능
교량 TEST-BED 3	교량상부구조 교체시험 가능

– 전철전력분야 TEST-BED

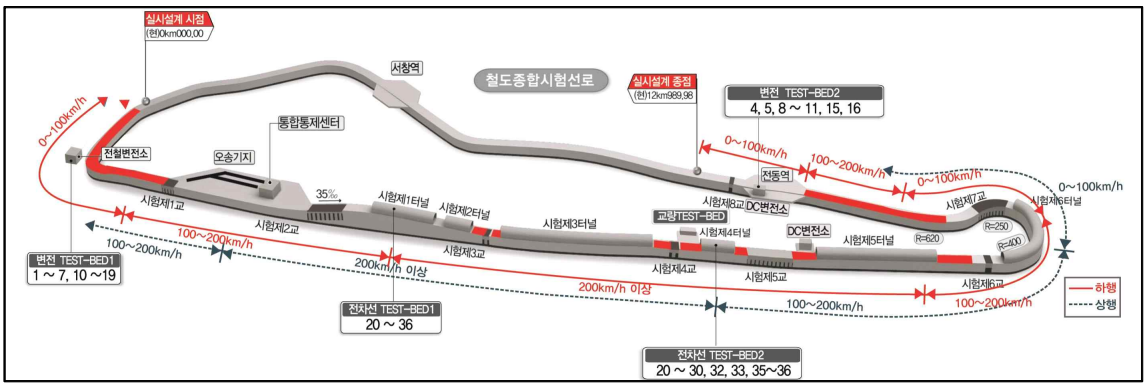


그림 4-7. 전철전력분야 TEST-BED 현황도

표 4-9. 전철전력분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
변전 TEST-BED 1	교류급전 장비 부설시험 가능
변전 TEST-BED 2	직류급전 장비 부설시험 가능
전차선 TEST-BED 1	중속강체 부설시험 가능
전차선 TEST-BED 2	고속강체 부설시험 가능

– 신호/통신분야 TEST-BED

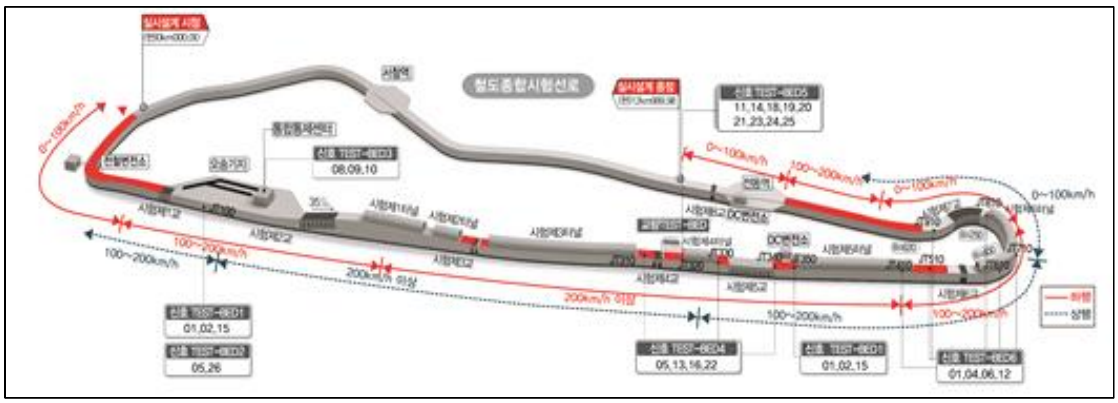


그림 4-8. 신호, 통신분야 TEST-BED 현황도

표 4-10. 신호, 통신분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
신호 TEST-BED 1	선로전환기 부설시험 가능
신호 TEST-BED 2	승강장구간 열차정지시험 가능
신호 TEST-BED 3	연동장치 부설시험 가능
신호 TEST-BED 4	ATC장치 부설시험 가능
신호 TEST-BED 5	건널목장치 부설시험 가능
신호 TEST-BED 6	폐색제어유니트 부설시험 가능

– 소음/공력분야 TEST-BED

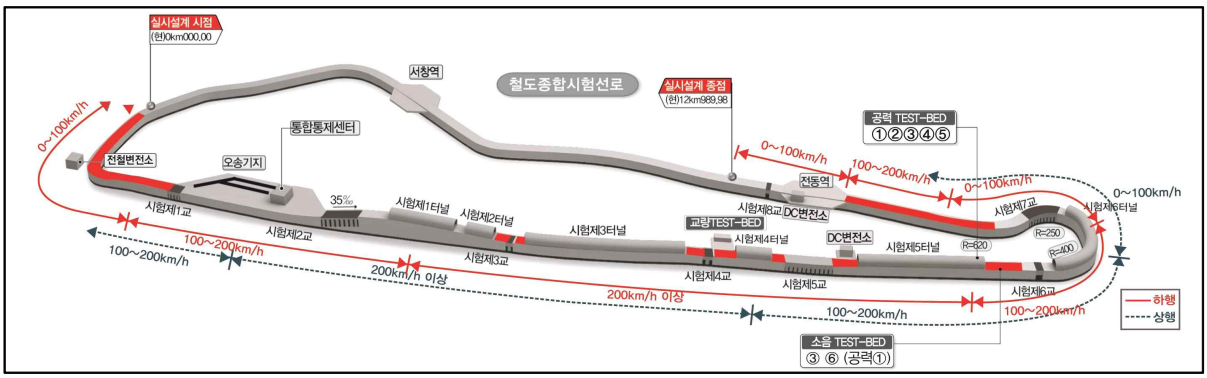


그림 4-9. 소음/공력분야 TEST-BED 현황도

표 4-11. 소음/공력분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
방음벽 TEST-BED	방음벽 부설시험 가능
공력 TEST-BED	미기압 저감장치 부설시험 가능

❑ 종합시험선로 운영 계획

○ 시험선로의 분야별 시험가능 시설 구축 현황

– 종합시험선로에는 139개항목의 시설물 현장검증시험이 가능하도록 11개소에 시험관련 인프라를

구축하고 있음.

- 시험제4교는 3개선이 존재하는 구간으로 단선인 시험선로 1선과 우회선로 상/하선 2개선으로 구성되어 있으며, 우회선로에 교량test-bed가 구축되어 있음.
- 종합시험선로에 구축된 위치별 시험가능 항목을 정리하면 다음 표와 같음.

표 4-12. 시험선로 위치별 시험가능 항목

지점	위치 특성	Test-bed 종류	시험가능항목	비고
0km	DC변전소	변전	교류급전장비시험	
2km	TS2 승강장	신호	PSD 연동시험 ATO 정위정차시험 선로전환기 시험	
3km	오송차량기지 북쪽	궤도	궤도구조시험 차량소음시험 소음저감시설시험	콘크리트 궤도
3km	시험제2교 35‰ 구배	차량	구배기동시험 구원시험	
4km	시험제1터널	전차선	터널내 증속강체 시험	
5km	시험제3교 북단	노반	토류구조물시험	
6.5km	시험제4교 북쪽	교량	교량을 개조 및 변경시험	
		노반	노반재료시험 구조시험	
6.5km	시험제4터널 남쪽 입구	신호	건널목장치시험	
7km	시험제4터널	전차선	고속R-Bar시험 저속강제 시험	복선터널
7.5km	복선 종단부	궤도	고속분기기시험	F26까지
7.5km	시험제5터널 남쪽 입구	공력	터널 미기압파 저감후드시험	
8km	시험제5터널	궤도	소음진동시험	콘크리트 궤도
9km~11km	시험제6터널과 시험제7교	차량	급곡선시험 연속곡선 통과시험 진동/승차감/횡압 평가 시험	400R, 250R 그리고 620R
10km	시험제6터널	신호	신호기시험 ATS연동시험 ATP 연동시험 ABS 연동시험	
12.5km	DC변전소	신호	직류급전장비시험	

그림 4-10. 철도종합시험선로의 시험분야별 시설 현황

❍ 시험선로의 분야별 현장검증시험 항목

– 차량분야 59개항목을 포함하여 시험선로에 시험가능한 현장검증시험 항목은 총 198개 항목이며 시험대상을 고려한 시험종류는 총 447종임.

표 4-13. 종합시험선로 현장검증시험 가능 항목

분야	시험항목(개)	시험대상(종)	비고
차량분야	59	170	
궤도분야	37	74	
노반분야	9	15	
교량분야	5	10	
전철전력분야	37	73	
신호분야	26	40	
소음분야	8	43	
공력분야	5	10	
통신분야	12	12	
계	198개	447종	

제3절 소요예산 투입계획 및 적정성 검토

1. 소요예산 총괄

표 4-14. 세부연구항목별 소요예산

(단위 : 백만원)

분류	세부항목	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
1세부	1. 디지털 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석	국고	500	500	500	0	0	1,500
		민간	170	170	170	0	0	510
	2. 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험	국고	500	1,000	1,000	0	0	2,500
		민간	170	340	340	0	0	850
	3. 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토	국고	0	500	500	500	0	1,500
		민간	0	170	170	170	0	510
	4. 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발	국고	0	500	500	2,000	500	3,500
		민간	0	170	170	680	170	1,190
	5. BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보	국고	0	0	500	1,000	500	2,000
		민간	0	0	170	340	170	680
	합계	국고	1,000	2,500	3,000	3,500	1,000	11,000
		민간	340	850	1,020	1,190	340	3,740
2세부	1. 무근 및 조적식 터널라이닝 수명평가기술 연구	국고	100	200	200	100	0	600
		민간	34	68	68	34	0	204
	2. 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술	국고	200	200	300	200	200	1,100
		민간	68	68	102	68	68	374
	3. 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계	국고	100	100	300	200	200	900
		민간	34	34	102	68	68	306
	4. 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증	국고	100	200	200	200	200	900
		민간	34	68	68	68	68	306
	합계	국고	500	700	1,000	700	600	3,500
		민간	170	238	340	238	204	1,190

(단위 : 백만원)

분류	세부항목	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계
3세부	1. 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석	국고	50	50	50	0	0	150
		민간	17	17	17	0	0	51
	2. 안전성/ 내구성/ 시공성/ 경제성 향상을 위한 요소기술 개발	국고	200	150	100	0	0	450
		민간	68	51	34	0	0	153
	3. 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설	국고	450	2,500	150	100	0	3,200
		민간	153	850	51	34	0	1,088
	4. 성능검증을 위한 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설	국고	0	0	0	200	2,650	2,850
		민간	0	0	0	68	901	969
	5. 시공공정 확보를 위한 시공장비 2차 시작품 제작 및 성능개선	국고	500	3,200	1,200	900	1,100	6,900
		민간	170	1,088	408	306	374	2,346
	6. 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발	국고	100	200	200	100	50	650
		민간	34	68	68	34	17	221
	7. 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련	국고	0	0	0	0	100	100
		민간	0	0	0	0	34	34
	합계	국고	1,300	6,100	1,700	1,300	3,900	14,300
		민간	442	2,074	578	442	1,326	4,862
연차별		국고	2,800	9,300	5,700	5,500	5,500	28,800
		민간	952	3,162	1,938	1,870	1,870	9,792

2. 세부과제별 소요예산

❑ 1세부 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발

○ 인건비는 `20년 기획재정부의 학술연구용역기준단가에 준하여 작성

○ 인건비는 소요인력이 연차별 12개월 간 참여율 50% 참여하였다고 가정하여 산정

표 4-15. 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	231	385	231	308	308	1,463	13.3
	선임연구원	59	236	354	207	472	295	1,564	14.2
	연구원	40	100	140	100	180	160	680	6.2
	보조원	30	-	-	-	-	-	-	-
	소계		567	879	538	960	763	3,707	33.7
직접비	연구장비/재료비		250	450	260	1,100	350	2,410	21.9
	연구활동비		180	350	210	500	260	1,500	13.6
	연구추진비		120	195	114	118	114	661	6.0
	연구수당		113	176	108	192	153	742	6.7
	소계		663	1,171	692	1,910	877	5,313	48.3
직접비 합계			1,230	2,050	1,230	2,870	1,640	9,020	82.0
간접비			270	450	270	630	360	1,980	18.0
합계			1,500	2,500	1,500	3,500	2,000	11,000	100.0

❑ 2세부 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발

표 4-16. 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	77	77	116	77	77	424	12.1
	선임연구원	59	59	89	118	89	89	444	12.7
	연구원	40	20	40	40	40	40	180	5.1
	보조원	30	-	-	-	-	-	-	-
	소계		156	206	274	206	206	1,048	29.9
직접비	연구장비/재료비		130	180	260	150	130	850	24.3
	연구활동비		70	100	180	130	80	560	16.0
	연구추진비		23	47	51	47	35	203	5.8
	연구수당		31	41	55	41	41	209	6.0
	소계		254	368	546	368	286	1,822	52.1
직접비 합계			410	574	820	574	492	2,870	82.0
간접비			90	126	180	126	108	630	18.0
합계			500	700	1,000	700	600	3,500	100.0

❑ 3세부 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구

표 4-17. 세부과제별 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	세부항목	단가	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소계	비율(%)
인건비	책임연구원	77	193	770	231	154	270	1,618	11.3
	선임연구원	59	207	708	236	236	295	1,682	11.8
	연구원	40	100	220	100	100	160	680	4.8
	보조원	30	-	-	-	-	-	0	0.0
	소계		500	1,698	567	490	725	3,980	27.8
직접비	연구장비/재료비		200	2,200	300	250	1,300	4,250	29.7
	연구활동비		200	500	250	180	700	1,830	12.8
	연구추진비		66	264	164	48	328	870	6.1
	연구수당		100	340	113	98	145	796	5.6
	소계		566	3,304	827	576	2,473	7,746	54.2
직접비 합계			1,066	5,002	1,394	1,066	3,198	11,726	82.0
간접비			234	1098	306	234	702	2,574	18.0
합계			1,300	6,100	1,700	1,300	3,900	14,300	100.0

제5장 사전 타당성 분석[36)]

제1절 사업논리모형

❑ 사업논리모형은 과학기술적 타당성분석에 해당되는 내용이나, 동 과제의 전체적인 방향성 파악을 위해 우선적으로 작성하여 검토함

❍ (이슈/문제) 대상사업과 관련된 분야에서 어떠한 이슈나 문제가 존재하며, 이를 해결하기 위해 해당 사업을 반드시 추진해야 하는지에 대한 정보가 포함되어야 함

- 사업 추진의 필요성을 설명할 수 있는 배경요인, 국가적 수요와 도전과제 등 해당 사업을 통해 해결하거나 대처하고자 하는 문제나 이슈
- 사업을 추진하지 않을 경우 발생할 것으로 예상되는 문제나 잃게 되는 기회는 무엇인지에 대한 검토

❍ (목표) 해당 사업의 추진을 통해 달성하고자 하는 사업의 핵심 성과임

- 사업목표는 해당 사업을 통해 이슈와 문제가 어느 정도로 해결될 수 있는지 측정이 가능하도록 정량적으로 제시되어야 함

❍ (수혜자) 사업으로 인해 직·간접적으로 영향을 받는 이해관계자

❍ (투입) 연구개발활동에 필요한 모든 자원으로 재정적 자원, 인적자원, 연구시설장비, 연구주체 등 포함

❍ (활동) 목표의 달성과 산출의 발생을 위해 수행하는 연구개발활동

❍ (산출) 연구개발활동의 직접적인 결과물을 의미하며 일반적으로 연구개발활동으로 개발된 기술, 정보, 데이터, 제품, 서비스 등이 여기에 해당

❍ (성과/영향) 성과는 사업의 목표와 밀접한 관련이 있으면서 사업 추진과정에 따른 변화나 산출의 활용이 야기할 것으로 예상되는 의도된 결과이며, 영향은 성과의 확산으로 인해 미래에 발생할 것으로 예상되는 직·간접적 변화 및 파급효과를 의미함

❍ (가정) 가정은 사업 추진 시 논리모형 항목별로 발생할 상황과 변화에 대한 기대나 예측을 의미하며, 사업의 성공과 직접적으로 관련된 환경 조건, 법, 규정, 원칙, 한계, 믿음, 위험 등의 외부요인들 역시 가정에 포함

36) 사전 타당성 분석은「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)」에 따라 과학기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성의 3가지 분석을 따르며, 전체 기획 방향의 틀을 보여주는 사업논리모형을 별도로 제시하여 구성함

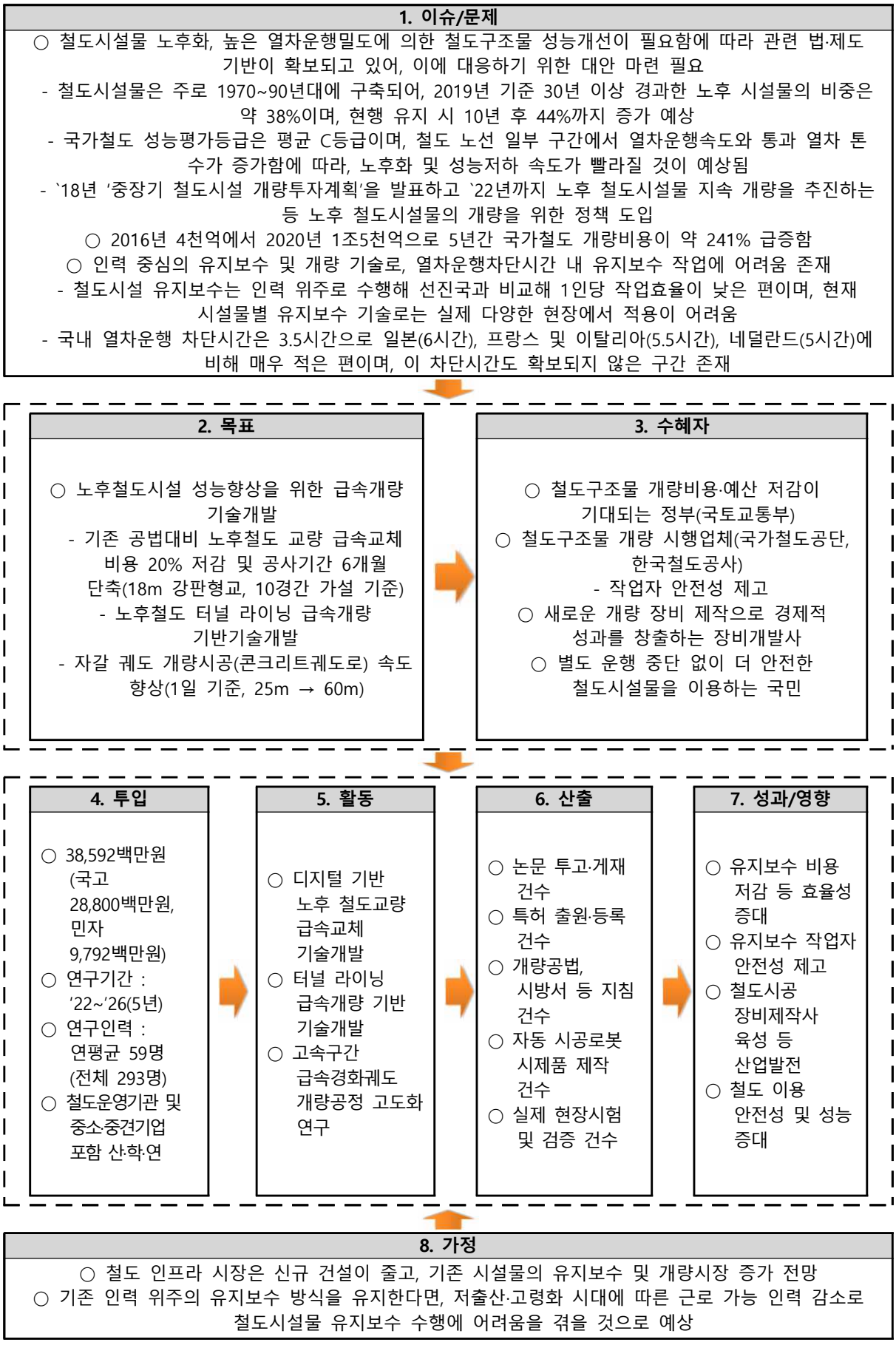


그림 5-1. 급속개량기술 분야 논리모형

제2절 과학기술적 타당성

1. 과학기술적 타당성 분석 개요

❑ 과학기술적 타당성 분석

○ 과학기술적 타당성 분석은 문제/이슈 도출의 적절성, 사업목표의 적절성, 세부 활동 및 추진전략의 적절성에 대한 분석 실시

- 문제/이슈 도출의 적절성은 사업이 기획된 배경과 경위의 적절성, 문제·이슈 식별과정의 적절성, 과학기술기반 문제해결의 중요성·필요성을 검토
- 사업목표의 적절성은 식별된 문제·이슈의 연관성, 사업목표 설정의 적절성을 검토
- 세부활동 및 추진전략의 적절성은 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성, 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성을 검토

2. 과학기술적 타당성 분석 주요 내용

2.1. 문제/이슈 도출의 적절성

❑ 국가적 차원에서 해결해야 할 문제·이슈를 식별하기 위한 과정과 별도의 사업으로 추진할 필요가 시급히 요구되는지를 분석하는 항목임

❑ 동 사업은 환경 분석 및 전문가 검토, SWOT 분석 등 적절한 절차를 걸쳐 해결해야 할 문제/이슈를 식별함

○ 철도구조물 설치 경과 및 운영·이용 현황과 성능평가등급 현황, 철도시설 개량예산 추이, 유지보수작업 소요시간 및 열차운행차단시간 등 철도구조물 개량현황을 조사해 제시함

○ 국정과제 및 법정계획의 철도시설물 유지관리 및 개량 관련 내용, 관련 법·제도를 조사하여 정책 동향을 제시함

○ 철도시장의 규모, 철도구조물 신설 및 개량·유지관리 관련 투자, 시장 추이 등을 조사하여 철도시설물 시장 동향을 제시함

○ 노후 인프라, 급속개량 등 기술 개발에 주로 활용되는 용어에 대해 정의하고, 국내외 철도시설 기술 개발 동향, 특허·논문 분석 등 기술 개발 동향을 조사·분석함

○ 현황 조사와 더불어 철도시설물 개량 관련 전문가위원회를 개최하여, 관련 분야의 이슈, 기술현황 등에 대한 검토 및 의견 수렴

표 5-1. 철도시설물 급속개량 분과위원회 위원 명단

구분	소속 및 직책	이름
운영사	서울교통공사 부장	김상진
산	㈜GS건설 부장	김도학
연	한국건설기술연구원 연구위원	박성용
산	㈜대우건설 부장	김인규
학	홍익대학교 교수	최은수
학	동양대학교 교수	정혁상
산	㈜세릭 대표이사	안태호

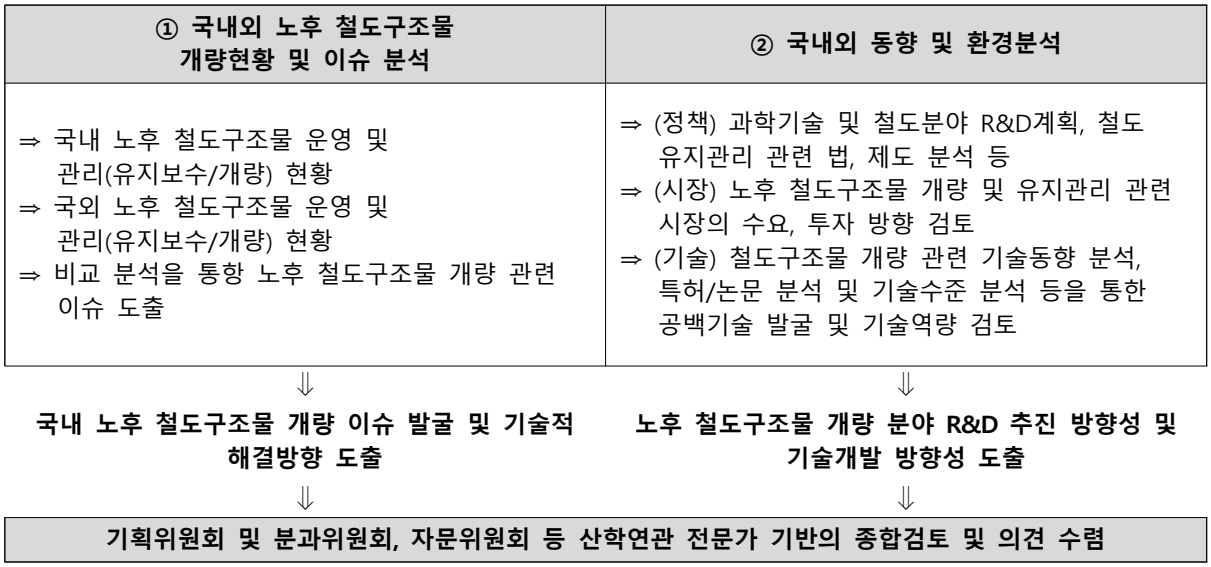


그림 5-2. 연구개발과제 추진 방향 도출과정

❑ 철도시설물의 특성상 민간주도 투자가 아닌 정부 차원의 투자가 필요함이 인정됨

○ 철도 인프라의 노후화 현황과 성능 수준을 고려하여 유지보수 활동이 지속 필요함이 인정됨

– 철도시설물 설치 경과 및 운영·이용 현황을 통해 제시된 노후화 현황과 국가철도 종합성능평가등급에 고려하여 철도 인프라의 유지보수 활동이 지속 필요

○ 확보된 차단시간과 유지보수 작업에 필요한 시간

– 철도시설물 종류별 개량작업에 필요한 소요시간 및 확보된 운행 차단시간을 조사해 급속개량 기술개발의 필요성을 제시

❑ 철도시설물 노후화 등에 대응하여 성능향상을 위해 부족한 차단시간 내 유지보수개량작업을 위한 활동이 필요한 것은 적절하나, 다른 대안이 존재할 수 있음

○ 급속개량 기술개발이 아닌 열차운행차단시간의 확대 등 다른 방안을 통해 문제/이슈를 해결할 가능성이 존재함

2.2. 사업목표의 적절성

❑ 사업의 추진 필요성이 적절히 제시되어 있는지, 문제/이슈의 해결과 사업목표가 잘 부합되는지를 검토

❑ 본 과제의 목표로 핵심세부기술의 각 요구되는 목표를 제시함

❍ 본 과제 비전은 '노후 철도구조물의 성능향상을 위한 급속개량 기술개발을 통한 중단없는 철도교통서비스 제공'으로 해당 비전 달성을 위한 핵심기술별 목표를 제시

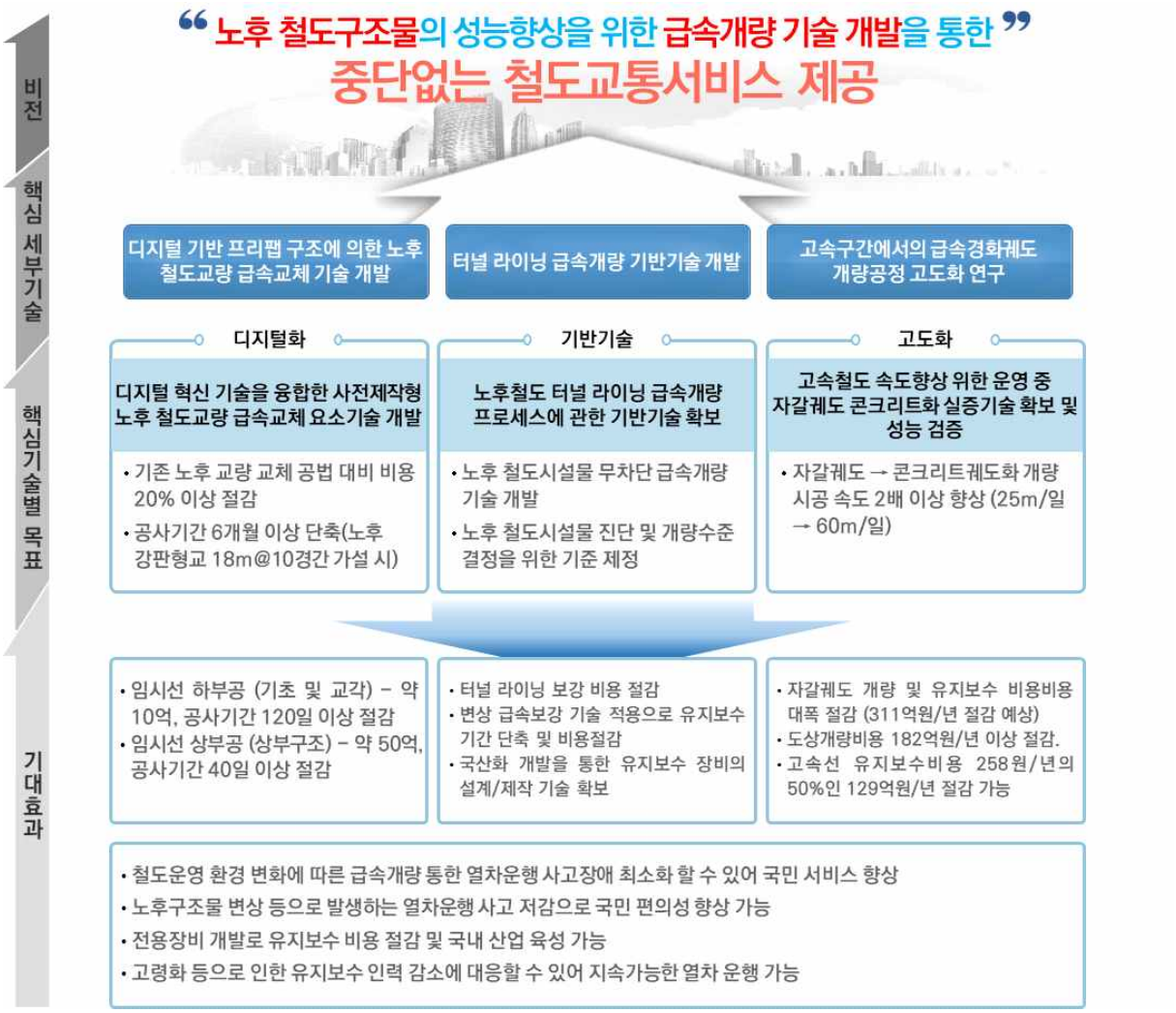


그림 5-3. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술 개발의 비전 및 목표

❑ 세부기술별 목표는 정량적으로 수치화하여 구체적으로 제시하였으나, '터널 라이닝 급속개량 기반기술'의 경우 보완 설명이 필요함

❍ 세부기술별로 비용 20% 이상 절감, 공사 기간 6개월 이상 단축, 개량시공속도 2배 이상 향상 등 구체적인 목표를 정략적으로 수치화하여 제시함

❍ 다만, '② 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발'의 경우 '노후 철도시설물 무차단 급속개량 기술'의 정의가 불분명하여 보완 설명 및 정량적 목표 제시가 필요함

❑ 세부기술별 목표 수행 시 노후철도시설물 개량과 유지보수 비용 저감 및 열차운행 차단 시간 내 유지보수로 문제/이슈 해결 가능할 것으로 판단됨

○ 기술별로 설정한 목표는 앞서 분석한 국내 철도구조물 현황, 문제/이슈 등에 따라 제시되어, 수행 시 제시된 문제/이슈 해결이 가능할 것이 예상됨

– 기술별로 제시된 목표가 철도구조물을 개량하며 성능을 향상하고, 개량비용 절감 또는 기간 단축으로 제시된 문제/이슈 해결이 가능할 것으로 판단됨

○ 다만, 핵심기술별 필요수준, 국내외 기술 수준 비교·분석 등 목표를 설정한 근거와 그 과정에 대한 구체화 작업이 요구됨

2.3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

❑ 연구개발과제로 대변되는 세부활동이 구체적으로 제시되고 효과적이고 유기적으로 서로 연계되어 있는지를 관리 가능성의 관점에서 분석

○ 즉, 사업목표를 효과적으로 달성하기 위한 추진전략 및 추진체계를 적절히 제시하였는지에 대한 분석을 수행

❑ 과제의 비전은 '노후 철도구조물의 성능향상을 위한 급속개량 기술개발을 통한 중단없는 철도교통서비스 제공'으로 3가지 철도시설물의 개량 기술개발 목표 방향을 설정하여 도출

○ 노후 철도구조물의 성능을 향상하는 개량 기술을 개발하되, 기존 기술보다 개량에 필요한 기간을 단축하고 유지보수 비용 저감이 가능한 효율적인 기술개발을 방향으로 설정

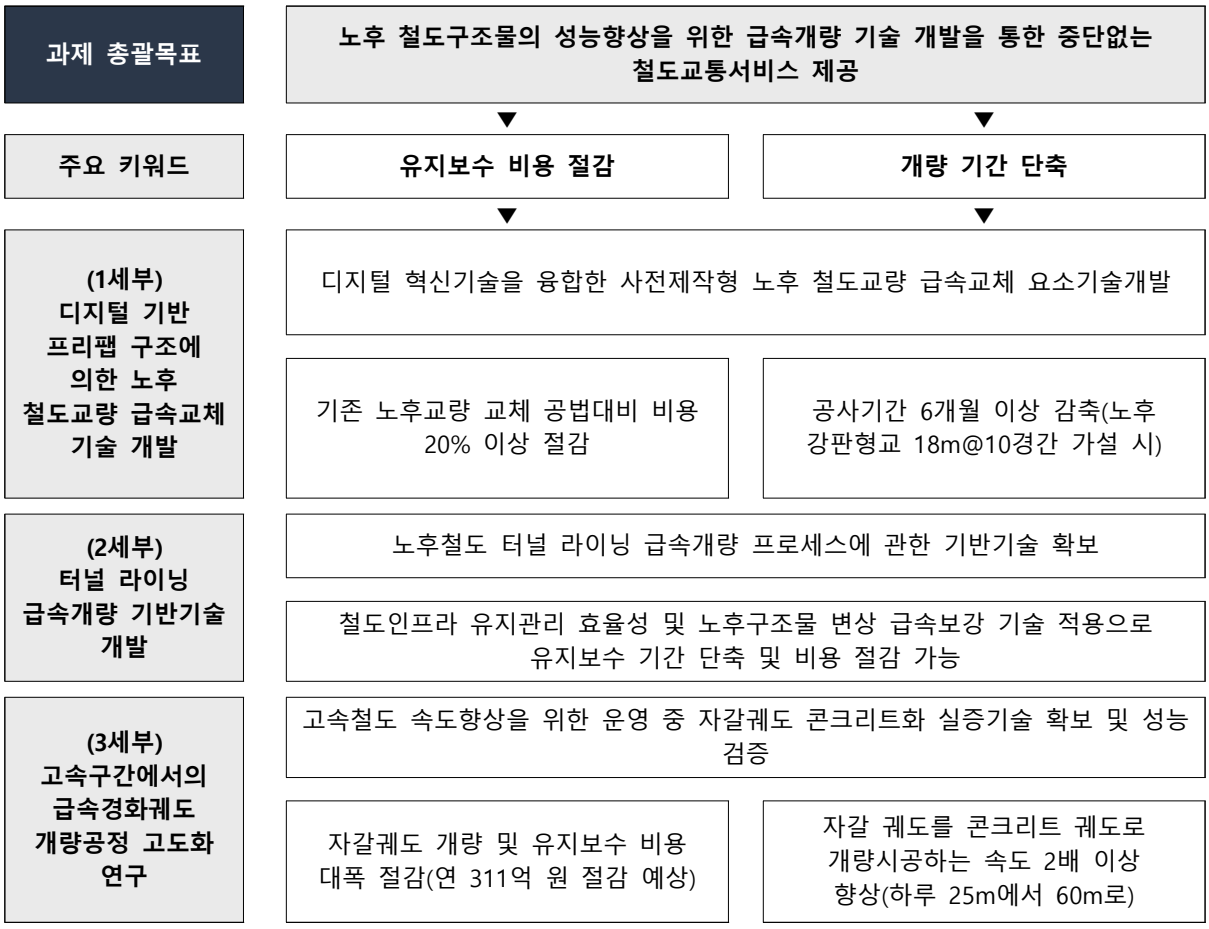


그림 5-4. 과제 비전 및 세부과제별 성능목표

❑ 국내 철도시설물 분류에 따라 시설물별로 개발이 필요한 개량 기술이 도출될 수 있으나, 운영현황과 동향 분석, 기술수요조사를 종합적으로 고려해 최종 대상 시설물을 도출함

○ 철도시설물별 점유율 및 노후화 수준, 노후화에 따른 유지보수 및 개량 이슈, 개선 방향 등에 따라 대상 시설물을 7개로 재분류하고 전문가 그룹의 기술수요조사 및 우선순위 평가를 통해 최종 3개의 시설 대상 도출

– 정책 및 산업 동향, 운영현황 및 기술수요조사가 동시에 추진됨에 따라, 기술수요조사 추진 시 산, 학, 연 전체 철도분야 전문가를 대상으로 노후 철도시설에 대한 수요를 조사(수요조사 시 예시로 일부 제시)

– 또한, 기술개발 필요성에 따라 재분류한 철도시설물 7개 대상 기술수요조사를 추진한 것이 아니라, 그중 수요가 높은 것으로 추정되는 2개 시설(교량, 터널)에 대한 요소 기술 및 기반기술 수요조사를 추진하여 수요조사의 편중이 발생

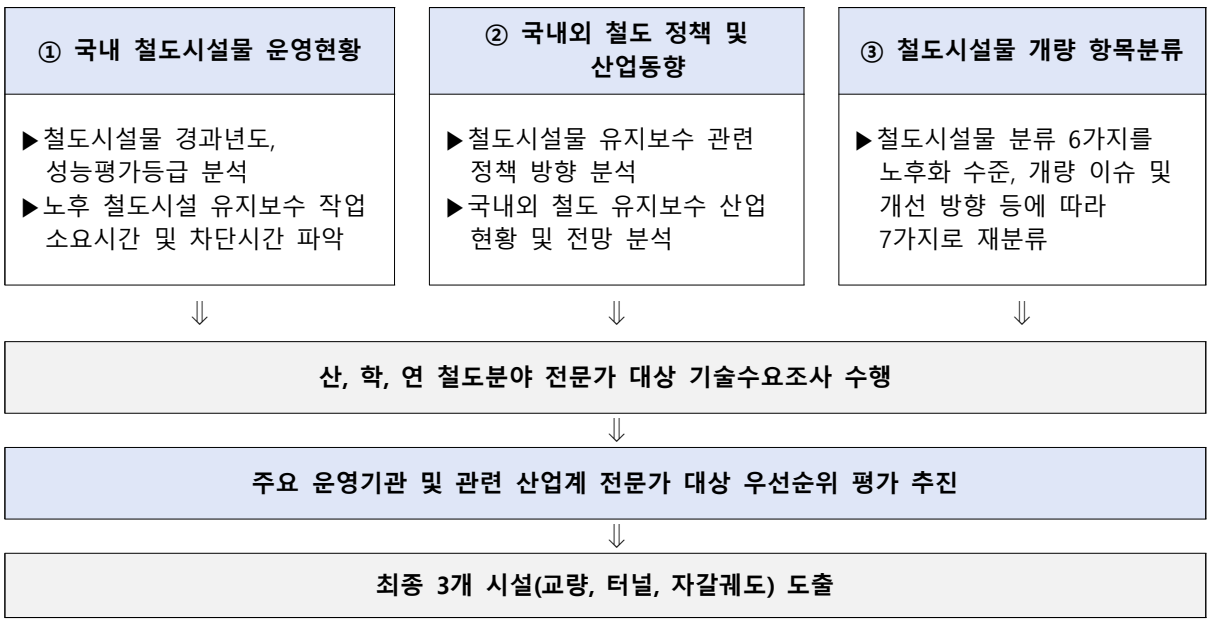


그림 5-5. 세부과제 도출 과정

○ 앞서, 문제/이슈 도출 과정의 적절성에서 검토한 세부과제 도출 과정 시 참여한 전문가도 동 연구과제의 추진 목적에 적절하게 구성

– 시설 개량 우선순위 평가를 위하여 서울교통공사 등 운영사 관련 분야 담당자와 주요 산업계 관계자, 동 분야의 학계 전문가 등 산, 학, 연 비중에 따라 분과위원을 구성

❑ 기술개발 종료 시점의 성능 검증을 위한 방안은 구체적으로 제시하였으나, 목표 달성 기준 및 향후 판단 근거가 될 구체적 성능목표를 구체화할 필요가 있음

○ 기술개발 결과물을 실제 운영환경에서 검증하기 위해 개통된 철도종합시험선로를 활용하여 성능 검증을 수행하고자 함

– 이에 따라, 종합시험선로의 터널, 교량, 궤도 등 전반적인 현황을 조사하여 제시함

○ 다만, 종합시험선로를 활용해 성능 검증 시 목표 달성 기준 및 판단 근거가 될 성능목표 또는 성과지표를 구체화하여 제시할 필요가 있음

❑ 세부기술별로 NTIS 유사과제 검색 서비스를 통해 2011년부터 2020년까지 검색한 결과, 유사도 40점 기준 관련 R&D 과제를 제시하고 차별성을 제시함

❍ 검색된 유사과제 중 기획연구 및 타 분야 등 연관성이 낮은 과제를 제외한 유효 과제를 대상으로 중복성 검토 수행

표 5-2. 세부기술별 유사과제(국가연구개발과제)

부처명	연구 기간	사업 및 과제명	정부연구비 (백만원)
디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발			
과학기술정보통신부	2019	한국건설기술연구원연구운영비지원(R&D)(주요사업비) U-타입 장경간 철도 임시가교 개발 및 성능 검증	85
국토교통부	2011-2013	국토교통기술촉진연구사업 기존 철도판형교의 급속교체기술 개발 및 시공	1,500
	2016-2018	건설기술연구사업 부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술 개발	3,946
터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발			
과학기술정보통신부	2020- 2023	개인기초연구(R&D) 변상 터널 콘크리트 라이닝의 법과학적 분석을 위한 기초연구	38
국토교통부	2013-2016	철도기술연구사업 철도선로 및 시설물 기반정보 구축 플랫폼 기술개발	3,646
중소기업청 (現 중소벤처기업부)	2015	첫걸음기술개발사업 운행선 근접공사 및 선로보수 시 열차운행과 작업자 안전 확보를 위한 철도 선로용 모듈식 안전펜스 개발	68
고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구과제			
국토교통부	2013-2019	철도기술연구사업 고속철도 자갈궤도 급속경화기술개발	7,180
	2013-2019	철도기술연구사업 고속철도 자갈궤도 개량기술 시스템 인터페이스 조정 및 테스트-베드 구축	7,828

– 또한, NTIS에서 검색되지 않는 운영사별 연구과제를 검토한 결과, 유사과제를 확인하였으며, 이에 대한 기술적 차별성을 검토함

표 5-3. 세부기술별 유사과제(운영사별 연구과제)

연구과제수행 운영사	연구 기간	과제명
디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발		
한국도로공사	2020	프리팹 부재를 활용한 교량 모듈화 방안 연구
	2019	무조인트 교량 장기추적조사 및 설계, 시공 및 관리기준 개선 연구
	2017	바닥판 급속 교체를 위한 프리캐스트 패널 공법 체계화 연구
한국시설안전공단	2016-2017	BIM기반 특수교량 유지관리를 위한 표준기술 개발 및 실증 연구
터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발		
한국도로공사	2017	차량화재에 대한 터널 교량의 내화방안 및 내폭특성 연구
고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구과제		
한국철도시설공단 (現 국가철도공단)	2012	고속철도 콘크리트 궤도 유지보수기준 정립방안 연구
	2013	간선철도 고속화에 따른 궤도구조 개량 방안 연구
	2013	일반철도 유지보수 합리화를 위한 궤도틀림 기준개발

❑ 환경 분석 결과를 토대로 SWOT 분석을 수행하여 연구개발과제 추진전략을 도출하였고, 산·학·연 협의체 구성을 포함한 연구추진체계를 제시함

❍ SWOT 분석을 통해 4가지의 연구개발과제 추진전략을 도출함으로써 철도시설물 유지보수 기술 분야의 특성을 반영함

표 5-4. SWOT 분석에 따른 연구개발과제 추진전략 도출

	SWOT 전략	연구개발 추진 전략
SO	■ 현 법제도적 기반을 뒷받침하기 위한 Top-down 방식 R&D 추진 ■ 지속가능한 철도시설 운영을 위해 생애주기 관리 관점의 철도시설 요소별 한계 파악 및 철도구조물 급속개량 기술개발	국가 차원의 노후 철도구조물 개량 정책 추진을 위한 연계성 강화
ST	■ 위험요인 대비한 효율화, 자동화 기술 융합으로 철도기술 고부가 가치화 ■ 운행현장 제약조건 문제해결을 위해 선행연구와 연계활용을 통한 현장적용, 실증단계(TRL 8) 성과 창출	개량 기술의 효율화 및 자동화를 통한 철도구조물 급속개량 기술 적용 및 확대
WO	■ 현장 문제 해결 및 수요를 고려한 과학기술기반의 자동화 장비 및 시공법 기반 마련 ■ 정부(정책)-연구자(R&D)-운영사 및 건설사(수요활용)의 성과활용지원 협의를 위한 소통 체계 확보	기술개발성과물의 활용성 제고를 위한 연구개발과제 추진체계 마련
WT	■ 철도 운영 환경 내 위협요인 정보수집, 진단, 분석을 통해 문제 해결을 위한 최적 개량 시스템 개발 ■ 운행 현장 특성을 고려한 차단시간 내 자동화 기술 개발 및 적용	국내 철도 운영 특성 기반 문제해결형 R&D 계획 수립

❍ 연구추진체계에서 제시한 산·학·연 협의체는 유지관리 전문가와 실무자 의견 수렴 등 적극적으로 활용 가능할 것으로 분석됨

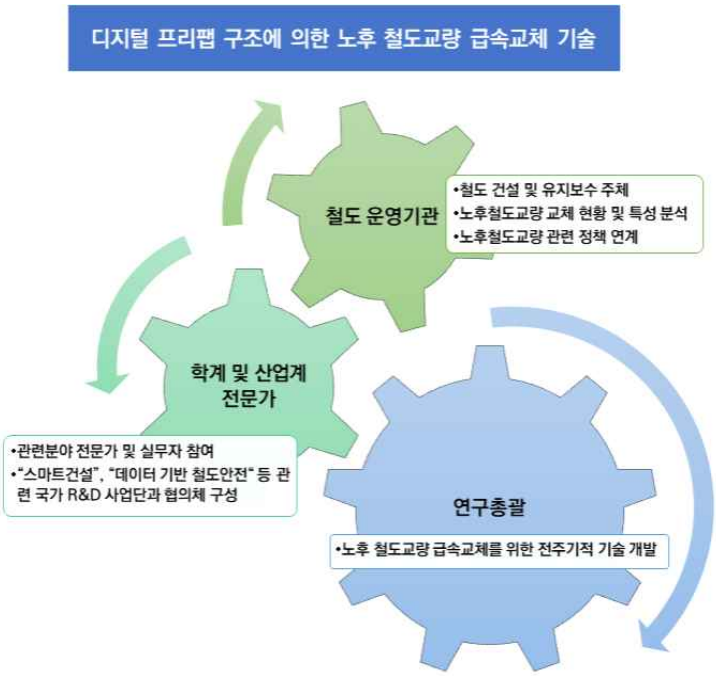


그림 5-6. 디지털 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발 추진체계 개념도

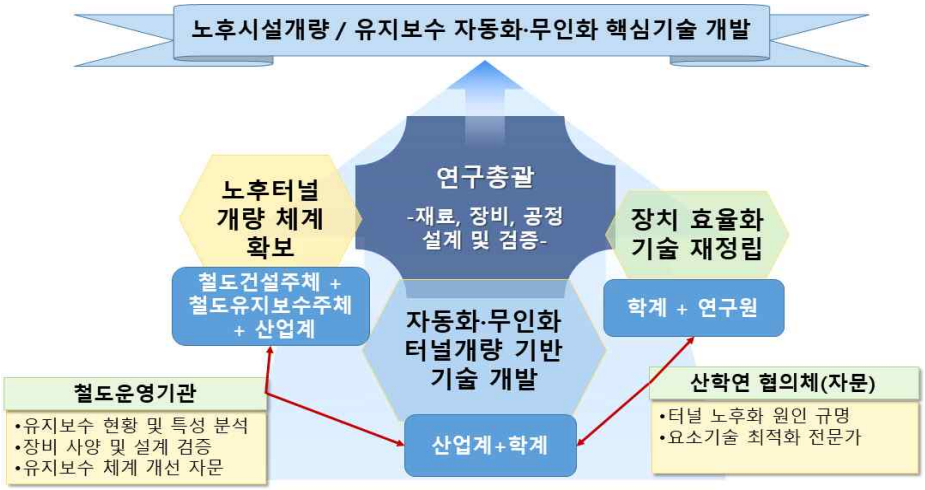


그림 5-7. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발 추진체계 개념도

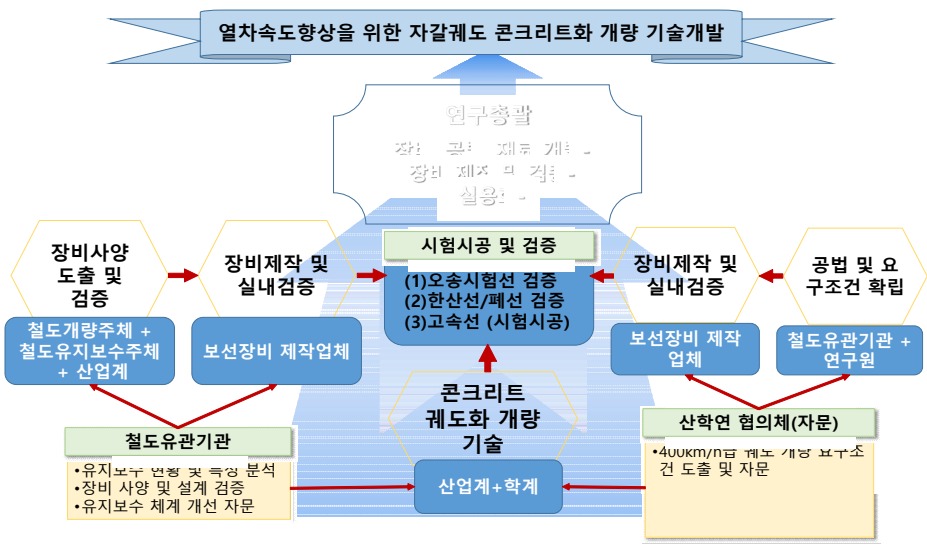


그림 5-8. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구 추진체계 개념도

제3절 정책적 타당성

1. 정책적 타당성 분석 개요

❑ 정책적 타당성 분석은 정책의 일관성 및 추진체제, 사업추진상의 위험 요인에 대한 검토

○ 정책의 일관성 및 추진체제는 상위계획의 부합성과 사업추진체제 및 추진의지로 나뉘는데 상위계획의 부합성에는 정부의 국정과제, 과학기술기본계획 및 국토교통부 중장기계획의 정책 일관성 평가에 있어서 매우 중요하며, 사업추진체제 및 추진의지는 사업 수행체계와 절차 적절성, 운영방안의 효율성 등의 분석이 필요

– 사업의 원활한 추진을 위해서는 정부 차원에서 주관부처의 추진 정책과 부합하여야 하며 부처간의 정책적 합의 역시 선결되어야 하므로 이를 반영하여 '상위계획과의 부합성'을 기본항목으로 포함

– 성공적인 연구개발 사업목표 달성을 위한 사업 외적인 요인들로서, 타 사업과의 차별성이 명백해야 하며, 적절하고 효율적인 사업 거버넌스 구축 및 사업 참여주체 선정 시의 법·제도 준수 여부의 검토와, 조사대상 사업에 대한 각 참여주체들의 입장과 태도, 그리고 사업 수행을 위한 관련 주체들 모두의 상호 협조가 필요하다는 사회적 합의의 도달에 대한 사전 검토의 측면에서 '사업 추진체제 및 추진의지'를 기본항목으로 포함

○ 사업추진상의 위험요인과 관련해서는 재원조달 가능성과 법제도적 위험요인으로 분류하며 위험요인에 대한 사전 파악 및 정의가 되어 있는지 여부와 그에 대한 별도의 대비책이 제시되어 있는지 여부를 집중 분석

– 사업 추진과정에서 발생할 수 있는 위험을 구체화했는지, 발생 가능한 피해를 분석하였는지를 포함하여 위험회피 또는 피해 최소화를 위한 대응계획의 수립 가능성까지 고려

그림 5-9. 정책적 타당성 분석의 평가항목(1계층, 2계층, 3계층)

* 자료 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020.1)

2. 정책적 타당성 분석 주요 내용

2.1. 정책의 일관성 및 추진체제

2.1.1. 상위계획과의 부합성

❑ 동 기획연구와 필수계획 및 선택군 계획을 대상으로 계획별 부합성 여부를 조사한 결과, 상위계획과의 부합도는 적절한 것으로 판단됨

❍ 필수계획인 「제4차 과학기술 기본계획」과 「제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획」을 포함한 선택군 계획 대상 부합성 정도를 조사한 결과, 동 사업과 부합성이 높은 것으로 조사됨

– '국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(KISTEP, 2020.1.)에 따라, 과학기술기본법 기반의 「제4차 과학기술기본계획(2018-2022)」을 필수계획으로 선정해 부합성 조사

– 철도시설 유지관리 관련 법정계획 등을 선택군 계획으로 선정해 동 사업과의 부합성 조사

표 5-5. 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
필수계획	제4차 과학기술기본계획(2018-2022)			○
선택군 계획	제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획 (2018-2022)		○	
	제5차 국토종합계획(2020-2040)			○
	제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)			○
	제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025)			○
	제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)			○
	중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)			○

표 5-6. 상위계획과의 부합성 평가결과

필수계획 / 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	***적절***
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

❑ 제4차 과학기술기본계획(2018-2022, 과학기술기본법)

❍ 동 사업은 「제4차 과학기술기본계획」의 4대 전략 중 '전략4. 과학기술로 모두가 행복한

삶 구현'의 중점추진과제인 '과제 17. 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'의 정책 방향과 일부 부합하는 것으로 판단됨

- 과제 17.의 추진과제 중 '재난현장 지원·대응을 위한 스마트 재난안전관리 시스템 확보'에서 '대규모 재해로부터 국민을 지키는 안전확보체계 구축'의 내용인 노후 및 신설 도시 인프라의 지진 취약성 진단, 내진보강기술 개발 및 예방적 유지관리 시스템 개발의 방향과 동 사업목적인 노후화 시설물 급속 교체 또는 보강 등의 개량과 직접적으로 부합됨

❑ 제1차 국토교통과학기술연구개발 종합계획(2018-2022, 국토교통과학기술 육성법)

○ 동 사업은 「제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획」의 4대 전략 중 '전략3. 사람 중심의 국토교통 기술개발'에서 실천과제인 '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

- '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발' 실천과제 중 철도·항공 이용자 보호 시스템의 내용인 노후화된 인프라 급속 개량·교체 장비 등 인프라부문 기술개발로 이용자 보호시스템 구현을 위한 방향과 동 사업목적인 노후화 시설물 급속 교체 또는 보강 등의 개량과 직접적으로 부합됨

❑ 제5차 국토종합계획(2020-2040, 국토기본법)

○ 동 사업은 「제5차 국토종합계획」의 국토 발전전략 중 '전략5 인프라의 효율적 운영과 국토 지능화'의 주요 정책과제인 '인프라의 전략적 운영과 포용적 교통정책 추진'의 방향과 일부 부합하는 것으로 판단됨

- '인프라의 전략적 운영과 포용적 교통정책 추진'의 내용 중 노후인프라의 생활안전 위험요인을 조기발굴·해소하고, 노후인프라 개선을 위한 안전투자를 확대하는 노후인프라의 적기개량을 통한 안전성 제고의 방향과 부합됨

❑ 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022, 시설물의 안전관리에 관한 특별법)

○ 동 사업은 「제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획」의 4대 목표 중 '안전하고 오래 사용하는 시설물'의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

- '안전성능, 내구성능, 사용성능 향상에 의한 시설물 안전 확보 및 기대수명 연장'와 동 사업목적인 노후화 시설물의 위험요인 제거를 통한 안전 확보의 방향과 부합됨

○ 4대 전략의 '전략1. 시설물 노후화 대비 선제적 관리체계 정착'의 '1-2. 3종 시설물 관리체계의 정착 및 효율화 모색'과 부합하는 것으로 판단됨

- '제3종 시설물 관리체계 정착 및 효율화를 위해 안전 및 유지관리기법 개발을 통한 관리체계 고도화 추진'의 내용은, 노후화 시설물의 급속 교체 또는 보강 등의 개량 기술개발로 유지보수 작업의 효율화를 기대하는 동 사업목표과 부합됨

○ 또한, '전략2. 4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지관리 고도화'의 '2-3. 시설물 안전 및 유지관리 차세대 핵심기술 확보' 과제와 일부 부합하는 것으로 판단됨

- 시설물 노후화에 대비해 유지관리 기술개발을 추진하는 내용과 동 사업목적인 노후화 시설물 급속 교체 또는 보강 등의 개량 기술개발의 방향이 부합됨

❑ 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025, 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률)

○ 동 사업은 「제1차 철도시설 유지관리 기본계획」의 주요 추진과제 중 '전략 1. 노후시설의 선제적 개량', '전략 3. 스마트 유지관리'의 방향 및 R&D를 통한 유지관리 기술 확보 등의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

- 추진전략 1.에서는 노후 시설물의 노후도 저감 및 성능향상을 목표로 적절한 시행 계획 수립 및 집중개량을 통한 적정 공사시간 확보로 성능 개선, 작업 안전성 등의 내용과 동 사업의 기술개발 방향과 부합
- 추진전략 3.에서는 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술 개발을 목표로 수명예측을 위한 성능평가, 성능예측 및 수명 연장을 위한 재료 모델, 작업 시간 최소화를 위한 급속개량 기술 개발 등의 내용과 동 사업목적인 노후화 시설물 급속 교체 또는 보강 등의 개량과 부합됨

❑ 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025, 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률)

○ 동 사업은 「제3차 국가철도망 구축계획」의 주요 추진과제 중 '4. 안전하고 이용하기 편리한 시설 조성'의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

- '안전하고 이용하기 편리한 시설 조성' 실천과제 중 교량·터널 등 구조물 내진보강과 더불어 C등급 이하 보강을 추진하는 노후철도 시설 적기개량 및 철도운행 안전성 강화의 내용과 동 사업목적인 노후화 시설물 급속 교체 또는 보강 등의 개량과 부합됨

❑ 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)

○ 동 사업은 「중장기 철도시설 개량투자계획」의 5대 추진전략 중 '전략1. 노후시설을 선제적으로 개량'의 추진과제를 위해 필요한 기술개발 내용으로 부합하는 것으로 판단됨

- 추진과제 '1-1. 성능평가에 기반한 노후 기반시설 개량'과 '1-3. 노후노선 집중 개량'은 노후화된 교량, 터널 등의 시설과 궤도시설의 개량이라는 내용으로, 동 사업목적인 노후화 시설물의 급속 개량을 위한 기술 개발과 부합됨

○ 또한, '전략2. 철도이용자·작업자 안전시설 지속 확충'과 목적이 부합됨

- 추진과제 '2-3. 작업자 안전사고 예방'의 추진 목적과 동 사업목적인 확보된 차단시간 내 수행 가능한 시설물 급속 교체 또는 보강 등의 개량 기술개발을 통한 작업자 안전확보와 방향이 부합됨

2.1.2. 사업 추진체제 및 추진의지

❑ 기존 사업 및 연구시설·장비 중복성과 선행사업 성과 활용 여부에 대해 검토

❑ 철도구조물을 급속 개량하는 사업의 추진은 기존에 없는 것으로 조사되었으며, 일부 운영사에서 관련된 연구과제가 추진되어, 실제 해당 연구과제에 대한 구체적인 추진체계, 운영방안에 대한 고려 필요

○ NTIS에서 검색되지 않는 운영사별 연구과제를 검토한 결과, 유사과제를 확인하였으며, 이에 대한 기술적 차별성을 검토함

○ 각 연구단 운영을 통해 추진됨에 따라 운영사들의 적극적 참여(연구 참여 또는 운영기관협의체 참여 등)를 통해 각 장비·장치별 정확한 수요를 제시하고 구매조건부 등 사업화 전략이 연계되는 것이 필수적임

○ 이에 기획연구에서는 사업화전략을 성과활용방안에서 추가적으로 제시하였으나, 운영선 및 준운영선에서의 성능 검증 및 과제 종료후 실용화 유도에 대한 구체적인 방안 제시

는 부족

– 과제 추진 시 연구단에서 적극적으로 해당내용을 제시할 수 있도록 가이드가 필요

❑ 3개의 세부과제로 구성된 연구단으로 추진될 예정으로 연구성과의 실 수요처인 철도운영기관이 연구단 주관을 맡아 추진함에 따라 현장 적용성을 확보하는데 적정할 것으로 판단

❍ (연구단 주관기관) 연구성과의 실 수요처인 철도운영기관이 연구단 주관을 맡아 공법 개발, 현장 적용성 검증, 실용화 등 수행

❍ (세부주관기관) 장비나 재료 등을 실제 설계·제작하고 개발 후 상용화하고자 하는 철도 유지보수 장비 중소·중견기업 우대

❍ (참여기관) 핵심기술 보유 대학 및 출연연, 시험인증이 가능한 시험인증기관, 테스트베드 제공 및 검증 가능한 철도운영기관 등

2.2. 사업 추진상의 위험요인

2.2.1. 재원조달 가능성

❑ 실제 연구단 주관기관이 철도운영기관(산업계, 대기업)이 되고, 중소·중견기업이 참여연구기관으로 참여하게 됨에 따라, 민간부담금에 대한 실제 재원조달 어렵지 않을 것이 예상됨

❍ 사업 기간 5년('22~'26년) 총 38,592 백만 원 투입예정이며, 28,800백만 원은 정부출연금, 9,792백만 원은 민간부담금으로 조달 계획

– 민간부담금은 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 따라 대기업(50%), 중견(40%), 중소(25%), 컨소시엄(복합) 등 각 프로그램별 타깃에 따라 분담비율 적용

–「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」을 참고하여 중소기업이 모두 참여하거나, 중소기업의 비율이 ⅔이상인 경우 정부출연금 비율을 75%이내로 규정되어 있으므로 이에 따라 정부, 민간 비율을 조정

❍ 또한 국가재정운용계획 재정운용 방향에 대한 검토 및 기술수요조사 등을 통한 관련 산업체 참여 가능성 등을 검토

– 국가재정운용계획(2017~2021)」 (2017, 기획재정부) 재정운용 기본방향 및 목표, R&D투자방안 등과 연계하여 추진

– 국민들의 안전에 대한 의식수준이 높아지면서 종전보다 높은 수준의 안전 확보를 요구함에 따라 도로, 철도 등 관련 분야의「안전체계 구축」을 목표로 투자를 지속할 계획

–「미래 신성장동력 창출」을 위해 관련 R&D를 적극 지원하는 한편 R&D 투자 효율화를 병행

– 미래성장동력을 확충하고, 4차 산업혁명에 전략적으로 대응하기 위한 R&D투자를 지속적으로 확대할 방침

2.2.2. 법·제도적 위험요인

❑ 별도 위험 요인 없음

제4절 경제적 타당성

1. 경제적 타당성 분석 개요

❑ 경제적 타당성 분석은 경제성의 내용으로 경제성은 일반적으로 비용편익분석을 기본으로 하고 사업내용에 따라 비용편익분석이 어려운 경우 비용효과분석을 통해 경제성을 분석

○ 비용편익분석은 기술개발 비용 및 사업화 이후의 비용 등 총비용의 추정과 총편익 규모, 기술기여도 등을 고려한 혜택 산출을 통해서 이루어지며, 예비타당성 분석에서 좋은 평가를 받기 위해서는 절대적인 조건은 아니지만 비용편익 비율이 1 정도 되는 것이 중요

○ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020.1)에 제시된 경제적 타당성 분석 절차는 그림과 같이 먼저 사업 목표 분석에서 출발하여 편익항목을 도출하는 것으로 시작

– 연구개발부문의 예비타당성조사의 편익 추정은 '사업 분석 → 편익항목 도출 → 자료의 가용성(可用性, availability) 확인 → 편익 추정방법의 선택 → 항목별 수요(시장) 또는 비용 도출 → 가치 계산'의 과정을 거침

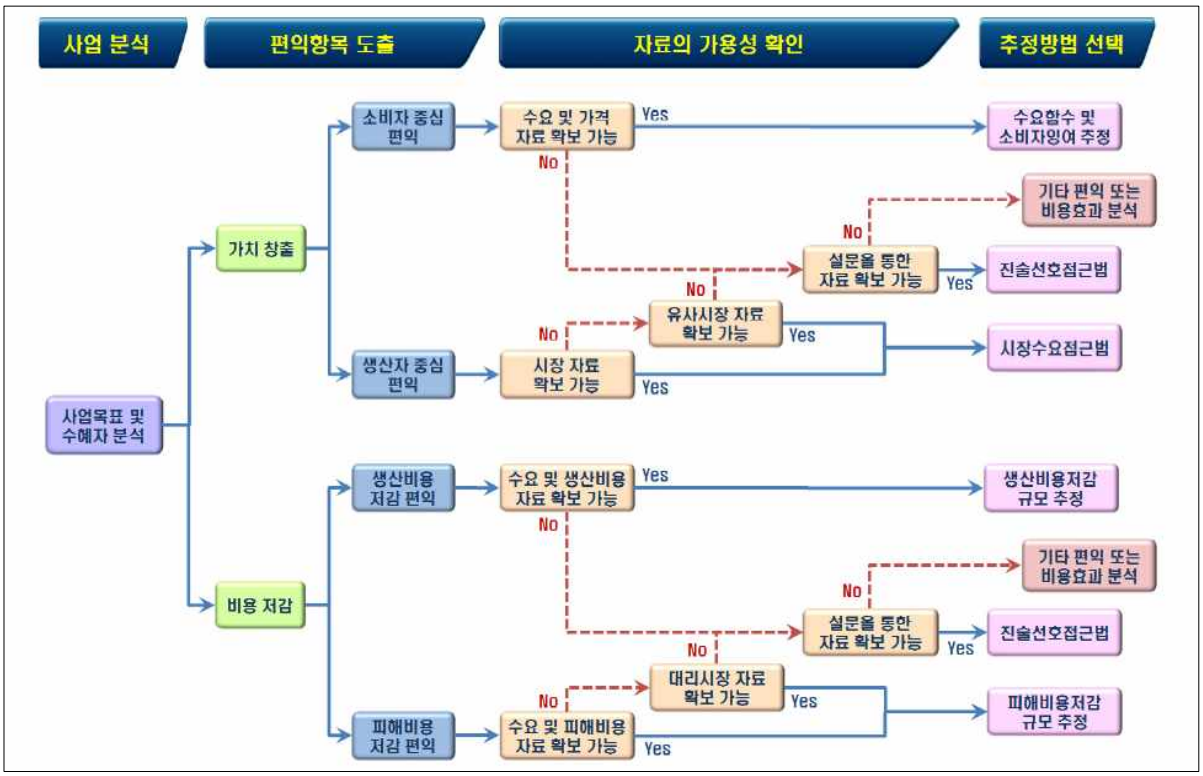


그림 5-10. 편익 추정방법 과정

* 자료 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020.1)

○ 사업을 면밀히 분석하여 사업목표와 수혜자를 명확히 식별하고, 사업의 핵심목표 및 수혜자와 일관성을 가지면서 사업으로부터 직접적으로 얻어지는 효과를 편익항목으로 선정

○ 수요/시장 또는 비용자료의 확보가 어려운 경우에는, 유사(대리)시장의 존재를 확인하고 이에 대한 자료를 확보하여 편익을 추정

2. 경제적 타당성 분석 결과

2.1. 비용 추정

❑ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에서는 비용편익분석에 있어 비용의 추정을 총 사업비(비용), 즉 '제안된 사업기간 내에 포함되는 모든 비용'으로 하고 있음으로 본 연구과제에 필요한 모든 경비를 합하여 비용으로 산정

○ 총 연구비는 국고(공공부문 R&D)와 민자(민간부문 R&D) 비용의 합으로 구성

표 5-7. 세부과제별 연차별 소요예산

(단위 : 백만원)

세부과제	구분	2022	2023	2024	2025	2026	합계
1세부 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발	정부	1,000	2,500	3,000	3,500	1,000	11,000
	민간	340	850	1,020	1,190	340	3,740
	소계	1,340	3,350	4,020	4,690	1,340	14,740
2세부 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발	정부	500	700	1,000	700	600	3,500
	민간	170	238	340	238	204	1,190
	소계	670	938	1,340	938	804	4,690
3세부 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구	정부	1,300	6,100	1,700	1,300	3,900	14,300
	민간	442	2,074	578	442	1,326	4,862
	소계	1,742	8,174	2,278	1,742	5,226	19,162
합계	정부	2,800	9,300	5,700	5,500	5,500	28,800
	민간	952	3,162	1,938	1,870	1,870	9,792
	소계	3,752	12,462	7,638	7,370	7,370	38,592

2.2. 편익 추정

2.2.1. 기본가정

❑ 본 연구과제의 경제적 성과는 3개 세부과제의 기술개발 목표 등을 통해 발생 가능한 편익항목을 선정하고 비용편익 분석을 통해 도출

○ 본 연구과제는 국내 철도 노후 및 성능 현황에 따라 교량과 터널, 궤도를 대상으로 급속개량 기술을 개발함에 따라, 기존 철도 개량방안 한계를 개선하여 철도시설물 개량비용을 저감

○ 또한, 철도운행 차단시간 내 개량 등의 개량작업 효율화로 인해 철도개량 작업자의 피해비용 저감이 기대됨에 따라 2가지 비용저감 편익을 산출함

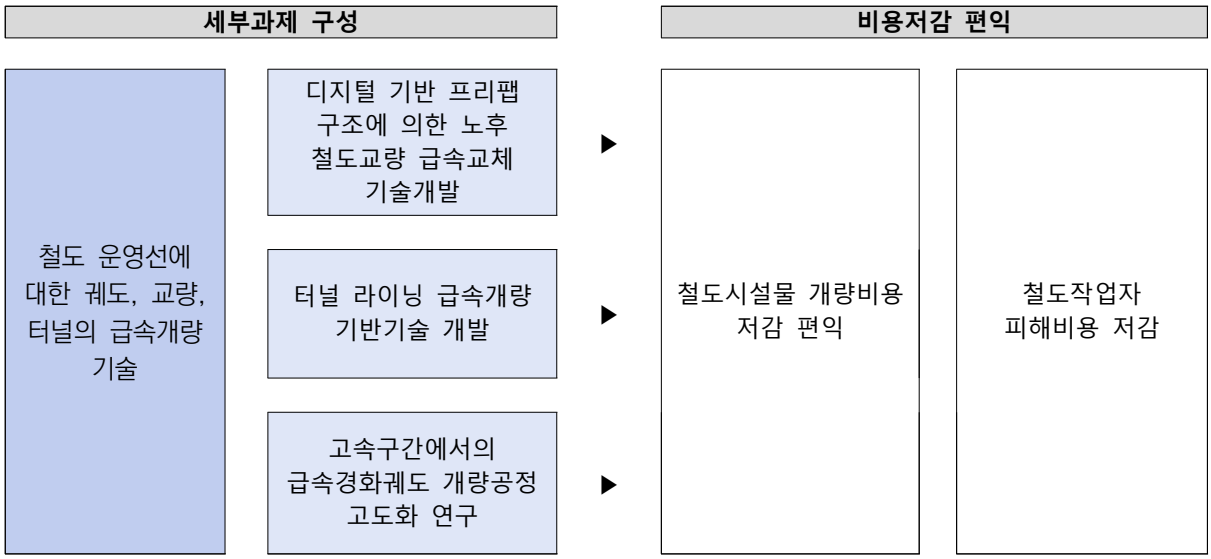


그림 5-11. 본 연구과제의 편익항목 도출

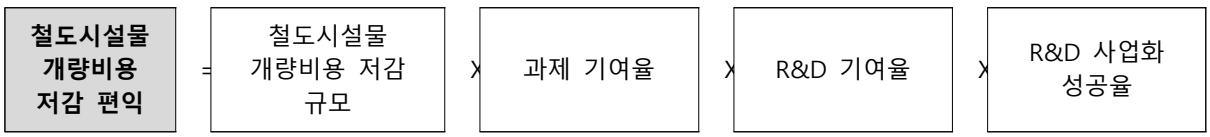


그림 5-12. 본 연구과제의 비용저감(개량비용) 편익 산출법

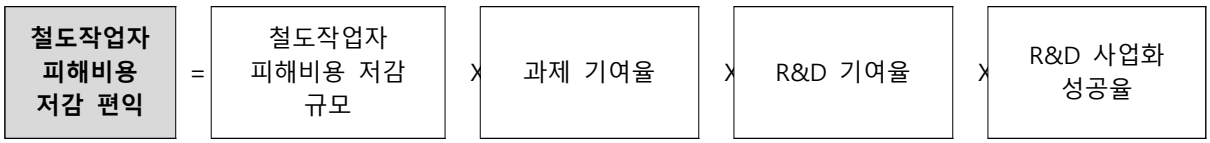


그림 5-13. 본 연구과제의 비용저감(피해비용) 편익 산출법

2.2.2. 편익추정지표 산정

❑ 회임기간은 기술성숙도(TRL)에 따라 2년으로 산정

❍ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에 따르면 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 편익 회임기간이라고 정의

– 학술적 연구가 신제품공정의 상용화로 이어지기까지 걸리는 시간을 분석한 결과, 기존에 관련 연구가 전무한 기초연구의 경우에는 평균 7년, 기존 연구가 존재하였던 응용기술 개발의 경우에는 평균 6.4년이 소요된 것으로 조사

– 한국개발연구원에서는 사업 주관부처가 사업계획서에 편익 회임기간을 제시하는 경우에는 이를 준용하되, 별도의 언급이 없을 경우에 기초연구는 5년, 개발·응용 연구는 3년을 기본으로 사업특성을 고려하여 반영

❍ 본 연구과제의 성과물이 사업화에 필요한 회임기간은 2년으로 가정하여 적용

– 본 사업을 통해 추진되는 과제들은 대부분 TRL 8단계까지 진행되어 성과물(철도교량 가설장비, 주입재료, 일체형 시공로봇 등)을 창출하며, 이는 실제환경에서 성능검증이 이루어지는 단계로 각 성과물이 현장실증까지 수행하는 목표를 설정하고 있어 개발단계에 해당됨

– 다만, 개발의 후단에 해당됨에 따라 TRL 9단계가 필요한 기간 2년으로 설정함 (현장검증까지 과제를 통해 추진됨에 따라 사업화(현장에서의 표준화단계 1년, 상용제품 생산 1년)기간을 고려, 실제 더 단기간으로 소요전망)

❑ 편익기간 (10년으로 설정)

❍ 본 과제와 관련된 분야의 인용특허수명(Cited Patent Life-Time: CLT)를 기준으로 관련 특허별 특허인용수명(TCT) 중앙값의 평균을 산출하여 편익기간으로 산정

– 관련 특허를 산출하고 각 중앙값을 평균을 내면 9.5년으로 편익기간은 10년으로 산정

– 다만, 장비별 내구연한의 차이가 발생할 수 있으며, 특허인용수명의 중앙값이 아닌 평균값으로 접근하는 경우 13년으로 설정이 가능

표 5-8. 편익 기간(편익 발생기간)

구분	특허인용수명 (TCT)			
	평균	Q1	중앙값	Q3
B61K 철도를 위한 다른 보조 장치	13.80	4	10	21
E01B 궤도; 궤도용 공구; 모든 종류의 철도건설용 기계	12.17	5	9	17
평균값	12.99	4.5	9.5	19

*자료: 산업통상자원부, 기술가치평가 실무가이드, 2014.12

❑ 사회적할인율은 지침에 따라 4.5%로 설정

❍ 연구개발부문 예비타당성조사는 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 총괄지침에서 제시하는 사회적 할인율의 적용을 원칙으로 함

– 예비타당성 수행 총괄지침[37] 제50조(사회적 할인율)에 따라, 사회적 할인율은 4.5%를 적용

❑ 사업기여율(26%로 산정)

37) 기획재정부훈령 제436호, 2019.5.1. 시행

❍ 사업기여율은 대상 분야의 연구개발 투자 규모 중에서 해당 사업이 차지하는 비중(사업기여율)을 고려해 산정하며, 관련 예산을 고려할 경우 본 사업의 사업 기여율은 26%로 산정

–

– 노후철도 급속개량 분야에서 10년(2011~2020년)간 개량기술개발을 목적으로 대규모 정부 R&D 사업을 추진한 사례는 없으나, 세부기술별로 과제 단위의 유사 연구개발 추진내용 존재

– 이에 따라, NTIS 검색을 통해 2011년~2020년까지 정부연구비(24,291백만원)를 조사하고, 이를 토대로 민간 R&D 규모(86,948백만원)를 산출

※ 2018년도 기준 정부·공공재원 21.4%, 민간재원 76.6%, 외국재원 1.9%로 산출[38)]

표 5-9. 세부기술별 유사과제 연구비 투자 규모

(단위: 백만원)

구분	유사과제 정부연구비	민간연구비 규모	총 연구개발투자금
디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발과제	5,531	19,798	25,329
터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발	3,752	13,430	17,182
고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구	15,008	53,720	68,728
합계	**24,291**	**86,948**	**111,239**

* 자료 : NTIS DB

– 유사과제를 통해 산출한 국내 철도개량 분야 연구개발투자금(111,239백만원)과 본 연구과제 예산규모(38,952백만원)를 활용해 사업기여율(26%) 산출

❑ R&D 사업화 성공율 (45%로 설정)

❍ 본 사업에서 추진되는 과제들은 대부분 TRL 8단계까지 진행되어 기술개발성과물을 창출하며, 이는 실제 환경에서 장비/장치 시작품 검증 및 테스트를 하는 목표를 설정하고 있음

❍ 기존 국토교통부 R&D사업 중 철도분야 R&D사업인 철도기술연구사업의 기존 추진 과제에서 사업화 성과를 창출한 과제의 비중을 계산하여 이를 적용

– 3년간(2015년~2017년) 철도기술연구사업으로 추진된 과제 중 성과분석 대상 과제를 대상으로 하고, 국토교통과학기술진흥원에서 관리하는 성과DB 중 사업화 매출액 성과와 기술이전 성과를 달성한 대상 과제를 추출

– 표 5-10과 같이 최근 3년 정보를 분석한 결과, R&D사업화 성공율을 45%로 도출

– 다만, 철도기술연구사업은 기초-응용-개발 각 연구개발단계의 과제가 같이 추진된 것에 비해 본 연구과제의 경우 TRL 8단계인 실제환경에서 장비 등 시작품 검증 및 테스트까지의 기술개발 목표를 설정함에 따라 45%보다 더 높은 성공율을 보일 것으로 기대

38) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 연구개발활동조사보고서, 2019

표 5-10. 철도기술연구사업의 R&D 사업화 성공율 도출

구분		2015년	2016년	2017년	평균
철도기술연구사업 추진 과제 수 (A)*		28	32	36	32.0
성과**	사업화/제품화 창출 과제 수	5	5	6	5.3
	기술이전 창출 과제 수	8	9	10	9.0
	소계 (B)	13	14	16	15.0
R&D 사업화 성공율(B/A)		46%	44%	44%	45%

* 자료 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 2018년 국토교통연구개발사업 성과조사분석 (철도기술연구사업), 2019.3

** 자료 : 국토교통과학기술진흥원 성과DB

❑ R&D 기여율(35.4%)

❍ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2020)에서 제시한 가이드에 따라 「제3차 과학기술기본계획」에서 제시된 R&D 경제성장 기여율 35.4%를 적용

2.2.3. 편익 산정

(1) 철도시설물 개량비용 저감

❑ 철도시설물의 개량비용은 「중장기 철도시설 개량투자계획(2018~2022)」를 기반으로, 본 연구과제를 통해 개량비용 저감이 가능할 것으로 판단되는 부문을 추출

❍ 중장기 철도시설 개량투자계획에 따르면, 5년간(2018~2022) 국가철도 및 개통된 지 10년 이상 경과된 도시철도의 철도시설 개량을 위해 총 7조 2,752억원 소요계획

❍ 그중 본 연구과제의 성과로 인해 개량비용 계획에 영향을 줄 수 있는 교량, 터널, 궤도시설 부문을 추출함

- 국가철도의 경우, 터널과 교량이 포함되는 노후구조물개량과 노후궤도시설개량 및 수도권 구간집중개량, 경부고속선 1단계 구간집중개량을 대상으로 추출
- 도시철도는 지역별로 터널, 교량, 궤도가 포함될만한 부문을 추출함

표 5-11. 철도시설물 중 교량, 터널, 궤도가 포함된 부문의 개량 투자 5개년(2018~2022) 계획

(단위, 억원)

구분				2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	합계
전체				11,423	13,721	14,698	16,040	16,869	72,751
교량, 터널, 궤도 부문	국가철도	노후구조물개량		336	367	375	385	370	1,833
		노후궤도시설개량			80	117	150	196	543
		수도권구간집중개량		300	695	920	975	975	3,865
		경부고속선1단계구간집중개량		219	350	528	964	1,117	3,178
	도시철도	서울	궤도분야개량	115	209	207	281	323	1,135
			토목분야개량	774	774	723	442	442	3,155
		부산	구조물및건축물개량	162	118	125	100	80	585
		대구	궤도시설유지	3	3	2	2	5	15
		인천	토목·궤도시설물유지	1	1	1	2	2	7
		광주	토목·궤도시설물유지	6	6	2	21	12	47
		대전	토목·궤도시설물유지	5	1	8	16	20	50
	합계			1,921	2,604	3,008	3,338	3,542	14,413

* 자료 : 중장기 철도시설 개량투자계획, 국토교통부, 2017.12

❑ 교량, 터널, 궤도부문 철도시설물 개량투자계획(2018~2022)을 토대로 향후 예상개량투자액을 추정해 개량비용으로 가정한 뒤, 그 비용의 10%를 절감액으로 산정

○ 5년간 교량, 터널, 궤도가 포함된 철도시설물 개량투자계획의 연평균 증가율 13%를 적용하여, 동 사업 편익기간(2029~2038)의 예상개량투자액을 추정함

○ 동 사업 기술의 미래상(기술개발 완료 후 향후 수준)으로 철도시설물 개량비용 10% 절감을 제시함에 따라, 추정된 예상개량투자액의 10%를 개량비용저감액으로 산정

표 5-12. 예상되는 교량, 터널, 궤도 철도시설물 개량투자액 및 개량비용저감액

연도	예상개량투자액 추정(백만원)	개량비용 저감액(억원)
2029	942,763	94,276
2030	1,065,483	106,548
2031	1,204,179	120,418
2032	1,360,928	136,093
2033	1,538,082	153,808
2034	1,738,296	173,830
2035	1,964,572	196,457
2036	2,220,302	222,030
2037	2,509,322	250,932
2038	2,835,963	283,596

(2) 철도작업자 피해비용 저감

❑ 2007년부터 2020년까지 철도사고 및 운행장애로 연평균 262명의 인명피해와 5억원의 재산피해가 발생함

○ 2007년부터 2020년까지 철도사고 및 운행장애에 의한 사망, 중상, 경상 등 인명피해 총 3,668명, 재산피해액 76억 원 발생

○ 그중 철도작업자 등의 열차사고 및 운행장애 인명피해와 피해액은 다음과 같음

– 주원인이 유지보수자의 미승인작업, 유지보수미비, 작업부주의 또는 직원의 미승인작업, 부주의한행동, 작업장비에 끼임, 기타에 해당하고 근본원인별 원인이 작업자로 분류되는 철도사고 및 운행장애

표 5-13. 철도작업자 등의 철도사고 및 운행장애 인명/재산피해 현황

연도	인명피해(명)			총 재산피해액(백만원)*
	사망	중상	경상	
2007	2	22	23	45
2008	3	28	13	44
2009	1	15	12	28
2010	8	16	11	32
2011	6	19	10	31
2012	6	19	11	36
2013	5	13	9	24
2014	1	11	3	16
2015	2	1	1	4
2016	3	0	0	4
2017	1	0	0	1
2018	0	0	0	1
2019	0	1	0	0
2020	0	1	0	0
합계	38	146	93	266
평균	3	10	7	19

* 자료: 2007-18년 철도사고 운행장애 마이크로데이터(2020.1.28.) 및 철도안전정보 종합관리시스템 홈페이지

❑ 동 사업을 통한 철도작업 효율화로 철도작업자 등의 철도사고 및 운행장애 예방이 가능하여, 이에 따라 연평균 1,469백만원의 피해비용저감효과 발생

○ 철도작업자 등 철도사고 및 운행장애 인명피해 금액은 인적피해 기준 비용에 따라 연평균 1,450백만원으로 산정

표 5-14. 철도사고 인적피해 기준 비용

(단위: 천원)

구분	생산손실비용	의료비용	행정비용	합계
사망	307,093	11,345	1,223	319,671
중상	25,814	14,083	12,977	52,874
경상	189	1,327	3,144	4,660

* 자료: 인명/시간/비용별 환산기준과 분석대상 설정 방법 개발, 한국교통안전공단 (2017)

○ 동 사업을 통해 차단시간 내 철도시설 유지보수 및 개량작업 등 작업의 효율화가 이루어진다면, 이와 같은 철도작업자에 의한 사고를 예방할 수 있을 것으로 기대

– 주어진 시간 내에 작업이 가능함에 따라 유지보수자 및 직원의 미승인작업이 근절되고, 자동화 장비 등을 통한 유지보수 및 개량작업으로 유지보수미비나 작업부주의 및 직원의 부주의한행동 및 작업장비에 끼는 현상 등이 사라질 것이 기대됨

○ 또한, 동 사업을 통한 철도작업의 효율화가 이루어지지 않을 시 철도작업자 등의 철도사고 및 운행장애로 인한 피해는 유사한 수준으로 발생할 것으로 가정

○ 이에 따라, 본 연구과제 편익기간(2029~2038)의 철도작업자 피해비용저감액은 인명피해

로 인한 1,450백만원 및 총 재산피해액 19백만원을 합하여 매년 1,450백만원으로 산정함

❑ 철도시설물 개량비용저감편익과 철도작업자 피해비용저감편익을 합한 동 사업의 총 비용저감편익은 아래와 같음

표 5-15. 동 사업의 총 비용저감편익(명목가치) 산출

(단위: 백만원)

연도	철도시설물 개량비용저감		철도작업자 피해비용저감		총 비용저감편익 (명목가치)
	비용저감액	비용저감편익	비용저감액	비용저감편익	
2029	94,276	3,895	1,469	61	3,956
2030	106,548	4,402	1,469	61	4,463
2031	120,418	4,975	1,469	61	5,036
2032	136,093	5,623	1,469	61	5,683
2033	153,808	6,355	1,469	61	6,415
2034	173,830	7,182	1,469	61	7,242
2035	196,457	8,117	1,469	61	8,177
2036	222,030	9,173	1,469	61	9,234
2037	250,932	10,367	1,469	61	10,428
2038	283,596	11,717	1,469	61	11,777
합계	**1,737,989**	**71,804**	**14,690**	**607**	**72,411**

2.3. B/C 결과

❑ 동 사업의 연도별 예산(비용)과 편익을 2021년 현재가치로 산출

❍ 2021년 현재가치 기준으로 연도별 예산을 산출한 결과 총 비용은 33,790백만원으로 산출

표 5-16. 동 사업 총 비용(2021년 기준 현재가치) 산출

연도	동 사업 예산 (백만원, 명목가치)	동 사업 예산 (백만원, 현재가치)
2022	3,752	3,590
2023	12,462	11,412
2024	7,638	6,693
2025	7,370	6,180
2026	7,370	5,914
합계	**38,592**	**33,790**

❍ 2021년 현재가치 기준으로 연도별 편익을 산출한 결과 총 편익은 40,314백만원으로 산출

표 5-17. 동 사업 총 편익(2021년 기준 현재가치) 산출

연도	동 사업 편익 (백만원, 명목가치)	동 사업 편익 (백만원, 현재가치)
2029	3,956	2,782
2030	4,463	3,003
2031	5,036	3,243
2032	5,683	3,502
2033	6,415	3,783
2034	7,242	4,087
2035	8,177	4,415
2036	9,234	4,771
2037	10,428	5,156
2038	11,777	5,573
합계	**72,411**	**40,314**

❑ 동 사업의 비용편익 분석 결과 B/C = 1.19로 사업 추진의 타당성 확보

❍ B/C = 편익(40,314 백만원)/비용(33,790 백만원) = 1.19

❍ 동 사업을 통한 비용편익 분석 결과는 1보다 높은 것으로 도출되어 연구과제 추진의 경제성이 있음

제6장 별첨

제1절 참고문헌

1. '노후 철도시설 안전' 확보…국토부, 5년간 7조3천억 투입, https://news.joins.com/article/22258162
2. 철도공단, 올해 노후 철도시설 개량사업에 7103억원 투입, https://www.hankyung.com/society/article/201903110697h
3. 안전한 열차운행을 위해 광역철도 노후시설 집중개량 착수, http://www.goodnews365.net/news/articleView.html?idxno=139858
4. 국토교통부고시 제2015-722호, 철도시설의 기술기준
5. 한국철도공사 '2020년도 시설업무현황'
6. 제3차 철도안전 종합계획(수정계획) ('16~'22), 국토교통부, 2019.12.
7. 지속가능한 기반시설 관리 기본법, 법률 제16145호, 2018.12.31.제정, 2020.01.01.시행
8. 제5차 국토종합계획('20~'40), 국토교통부, 2019.12.
9. 2018 철도통계연보 제56회, 한국철도시설공단
10. 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률, 법률 제17453호
11. 법인세법 시행규칙, 기획재정부령 제792호
12. 노후 인프라 시설의 개선을 위한 민간 자본 활용 방안. 서울: 한국건설산업연구원, 건설이슈포커스 2016-15, 왕세종, 2016.
13. 열차운행선로 지장작업 업무 세칙, 한국철도공사
14. 철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침, 국토교통부 고시 제2019-127호
15. 한국철도기술연구원, 유럽철도기술 발전전략, 2017
16. KOTRA 해외시장뉴스, 유럽 연결 프로젝트(CEF): ① 운송 분야, 2018.
17. NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/who-we-are/publications-resources/our-plansfor-the-future/
18. NetworkRail, Delivery Plan - Control Period 6 (2019-2024)
19. NetworkRail, https://www.networkrail.co.uk/putting-passengers-first/
20. Department for Transport, HS2 Ltd Corporate Plan: 2017 to 2020,
21. SNCF . 2017 Corporate social engagement report
22. BMVI, 「The 2030 Federal Transport Infrastructure Plan」, 2015
23. 일본 국토교통성, 철도 분야 주요 시책(http://www.mlit.go.jp/tetudo/index.html)
24. 일본 국토교통성, 海外展開戦略（鉄道）, 2017.10.
25. 건설경제, [재팬리포트] 인프라시스템 해외전개 '처음부터 끝까지 지원', 2019.04.09.
26. KOTRA, 해외시장뉴스(美 교통인프라 '자국산 우대정책' 강화 움직임에 따른 기회와 전

망), 2019.8.6. https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=176627 THE WHITE HOUSE, Legislative Outline for Rebuilding Infrastructure in America, 2018 https://www.politico.com/f/?id=00000161-8a9d-d53a-a5f5-bffd597b0000

27. APTA, FAST ACT: A GUIDE TO PUBLIC TRANSPORTATION AND RAIL-RELATED PROVISIONS https://www.apta.com/wp-content/uploads/FAST-Act-A-Guide-to-Public-Transportation-and-Rail-Related-Provisions.pdf 국토연구원 도시재생연구센터 세계도시정보, 미국의 새로운 국가교통 예산법 'FAST'
28. FRA, U.S. Department of Transportation Announces Availability of $24 Million to Restore and Enhance Intercity Passenger Rail Nationwide, 2019.11
29. https://railroads.dot.gov/newsroom/press-releases/us-department-transportation-announces-availability-24-million-restore-and
30. https://www.transportation.gov/briefing-room/us-department-transportation-announces-908-million-loan-finance-cotton-belt-corridor
31. https://www.transportation.gov/buildamerica/programs-services/rrif
32. https://www.transportation.gov/BUILDgrants
33. 제3차 철도안전종합계획
34. 교통 SOC유지관리 투자 현황 및 소요재원 전망, 한국교통연구원, 2015.12
35. 제1차 철도시설 유지관리 기본계획(2021-2025), 국토교통부, 2020. 12.
36. The Worldwide Market for Railway Technology 2009~2014 (SCI/Verkehr)
37. Tunnel Business Magazine, 2011
38. 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 [시행 2020. 1. 28.] [국토교통부훈령 제1274호, 2020. 1. 28., 일부개정]
39. 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 연구개발활동조사보고서, 2019

제2절 자문위원 명단

표 별첨-1. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발 과제의 총괄기획위원 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	관	심보경	국토교통부 철도시설안전과	사무관
2	관	박준우	국토교통과학기술진흥원 기획6그룹	그룹장
3	산	강태구	케이에스엠기술(주) 기술연구소	소장
4	산	권세곤	한국철도공사 기술연구처	연구단장
5	산	정휘석	㈜유신	부회장
6	산	오영석	한국시설안전공단 건설사고조사위원회사무국	사무국장
7	학	심창수	중앙대학교 건설환경플랜트공학과	교수
8	연	김영진	한국건설기술연구원 인프라안전연구본부	본부장

표 별첨-2. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발 과제의 분과위원 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	산	김도학	㈜GS건설	부장
2	산	김상진	서울교통공사	부장
3	산	김인규	㈜대우건설	부장
4	연	박성용	한국건설기술연구원	연구위원
5	산	안태호	㈜세릭	대표이사
6	학	정혁상	동양대학교	교수
7	학	최은수	홍익대학교	교수

표 별첨-3. 철도 운영선에 대한 궤도, 교량, 터널의 급속개량 기술개발 과제의 자문위원회 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	산	강태구	케이에스엠기술(주)	사장
2	산	권세곤	한국철도공사	연구단장
3	산	김운현	삼표레일웨이(주)	상무
4	산	노병국	㈜서현기술단	사장
5	산	이성재	서울교통공사	교수
6	산	이정술	한국철도공사	사업소장
7	관	정욱한	국가철도공단	부장
8	산	지현우	한국철도공사	사업단장

제3절 수요조사 결과

❑ 기술수요조사 주요 내용

❍ (기술수요조사 목적) 철도시설물 지속가능 운영을 위한 첨단 급속개량 기술 연구에 필요성이 높을 것으로 예상되는 기술을 세부기술과제 수준에서 도출

❍ (조사 대상) 한국철도학회, 한국도시철도학회 등 관련 학회 및 한국철도공사, 한국철도시설공단(現 국가철도공단) 등 철도운영기관, 기타 철도 분야 주요 전문가

❍ (조사 기간) 2019년 12월 18일 ~ 2020년 01년 15일

❍ (조사 방법) 학회 홈페이지 게재 및 이메일 회신

❍ (조사 내용) 노후 철도 터널/교량 무차단 급속개량 기술 개발, 노후 철도 교량/터널 진단 및 개량수준 결정을 위한 기준 및 체계 구축의 2개 주요 과제별 기술수요조사 실시

표 별첨-4. 기술수요조사 기술 분야

기술분야	세부기술 분야
1. 노후철도시설물 급속개량 요소 기술 개발	1.1 철도시설물 유지관리 이력정보 시스템(RAFIS) 등 기존 레거시 시스템 및 타사업 요소기술 연계 방안 도출
	1.2 신재료 및 프리캐스트 구조를 적용한 교량 상하부 급속개량 및 교체 기술
	1.3 터널 라이닝 급속개량 및 교체 기술
	1.4 노후 역사 및 정거장부 급속개량 및 교체 기술
	1.5 개량시공시 지반/구조물/궤도/전력설비/신호설비 간 인터페이스 안정화기술
2. 노후 철도시설물 진단 및 개량수준 결정을 위한 지침 및 기준 도출	2.1 성능평가 및 열차운영조건 기반 개량수준 결정 방안 도출
	2.2 철도시설물 급속개량 및 근접시공 기준 및 지침 표준화
	2.3 철도시설물 개량시공 안전관리 기준 및 체계 정립
	2.4 고속 및 일반철도 시설물 개량기술 적용성 및 신뢰도 인증체계 구축

❑ 기술수요조사 결과

❍ (응답자 회신 결과) 기술수요조사의 회신은 총 61건이었으며, 응답자 소속을 산·학·연으로 구분한 결과, 30건(49.2%)의 응답자가 산업계(한국철도공사 등 운영기관 포함)였으며, 연구계 21건(34.4%), 학계 10건(16.4%)을 회신

표 별첨-5. 기술수요조사 응답자 분석 결과

응답자 소속	회신 건수	비율 (%)
산	30	49.2
학	10	16.4
연	21	34.4
합계	61	100

표 별첨-6. 기술수요조사 제안기술 목록

기술 번호	제안기술명
1	노후 콘크리트 철도 교량 구조물의 내진성능관리 기술 개발
2	콘크리트 도상 상태평가 및 유지보수 무인 자동화 장치 개발
3	파형의 전단키로 지지력을 극대화한 파형마이크로파일 공법
4	고속철도 자갈궤도 급속 개량형 신형식 궤도시스템 개발
5	운행선 분기기 급속교체 기술 개발
6	교량 하부 시설물 급속교체 기술방안 도출 시공기술 개발
7	노후터널 유지보수를 위한 터널 전단면 급속 보강공법 개발
8	노후 철도인프라 개량공사 관련 기준, 시방서, 인증체계 구축
9	전차선로용 판스프링장력조정장치 현장설치 성능검증
10	철도시설물의 개량수준 결정 위한 유지관리 빅데이터 구축 및 활용 기술
11	크레인 철도차량을 이용한 대형 판형교(경간 15m급) 급속교체 기술개발
12	근대시대에 건설된 노후 인프라의 이력 분석 및 정보 구축
13	자갈궤도 상태별 급속개량을 통한 장수명화 기술개발
14	기존교량의 내하력 증진 및 교량수명 연장을 위한 급속개량이 가능한 터널형 나노구조(또는 트러스구조) 부재의 설계 및 가설기술 개발
15	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 철도 강판형교 급속교체 기술 개발
16	ISO 14044 전과정기반 노후 철도교량/터널 급속 개량기술의 환경경제성 동시평가 및 인증도구 개발 (철도시설물 친환경 급속 레트로핏 기술)
17	노후 철도 터널 급속개량을 위한 뿜칠형 초고성능 콘크리트(UHPC) 기술 개발
18	PSC 철도교 구조물의 복합 열화모델 및 잔존 수명 평가기술 개발
19	철도구조물 최첨단 신소재, 센싱기술 및 로봇 활용기술을 응용한 예방보전형 유지관리 기술 개발
20	콘크리트궤도 노반침하구간 궤도틀림 및 노반지지력 급속 유지보수 기술 개발
21	운행 중 철도터널의 라이닝개량을 위한 자동화 시공기술 개발
22	노후된 철도교 하부구조의 성능검사 평가기술 개발 및 데이터베이스 확립
23	노후 철도 구조물의 안전성 확보 및 구조물의 내구 수명 증가가 가능하며 기존 선로의 열차 주행안정성 확보가 가능한 하부구조 개량 기술 개발
24	노후교량 처짐의 일일거동 데이터를 활용한 구조건전성 평가기술
25	노후 무도상 판형교 급속교체용 합성형 하로교 기술 개발
26	철도 특성을 고려한 효율적 노후 철도교 성능평가 시스템 구축
27	완전 조립식 철도 교량시스템 기술 개발
28	이동 레일을 이용한 철도 횡단 박스 구조물 급속 시공
29	내진성능 향상용 소구경 파일을 활용한 철도 교량 기초 보강공법의 개발
30	심층학습 기반 노후 철도교량 건전도 분석기법 개발
31	노후 철도 교량 하중-응답 스마트 측정 시스템 개발
32	BIM 기반 철도 노후 교량 및 터널 유지관리 정보 통합관리 기술 개발
33	노후 철도교량 급속개량을 위한 자기대응형 보강기술 개발
34	차량을 이용한 철도시설물 상시 모니터링 기술 개발
35	침목 교환 장비 개발
36	철도 노후시설물 진단 및 개량수준 선진화
37	노후시설물(교량/터널) 정기/정밀점검 자동화 프로그램 개발
38	토공 노반 급속 개량 기술 개발
39	철도레일의 부식 및 변형을 최소화 할 수 있는 재질 및 제작기술 연구
40	광섬유 센서를 이용한 철도 노후시설물 스마트 성능평가 기술 개발
41	노후 철도 교량 및 터널 급속개량 및 안전관리 기준 수립

기술 번호	제안기술명
42	프리스트레스를 이용한 노후 철도교량(상부구조)의 보강 및 내진성능향상 공법 개발
43	철도 급속개량·교체용 상부구조(40m) 자주식 급속선로운송 및 교체시스템
44	초고성능콘크리트 등 신재료 활용 철도교 상부구조 급속 교체기술 개발
45	노후 철도 교량/터널의 실시간 손상진단 및 성능평가 기술 개발
46	다경간 철도교 무서행(150km) 일괄 급속개량·교체용 50m 장지간 모듈-트러스거더 시스템
47	급속시공 프리캐스트 바닥판과 효율적 접합구조를 갖는 기존 철도 급속개량·교체용 장지간(L=50m) 강합성 하로교 개발
48	급속개량을 위한 소지간장 All-in-one 프리팹 조립식 철도교 개발
49	노후터널 전단면 보수공법 개발
50	IoT기반 철도 콘크리트구조물 유지관리용 열화모니터링 및 성능평가 기술 개발
51	교량하부 교각 및 정거장부 기둥 내진성능 급속보강기술
52	유지보수 저감을 위한 자갈도상궤도 안정화 평가·촉진 기술 개발
53	빅데이터 기반의 딥러닝을 통한 콘크리트 열화 모니터링 시스템 개발
54	노후 철도 재해예방시설 급속개량기술 개발
55	노후 PSC교량상판 급속 교체 기술개발
56	노후 철도 교량 무차단 급속개량기술 개발 중 교량 상/하부 구조물 급속개량 및 교체 기술 개발 철도시설물급속개량을위한근접시공기준및지침표준화
57	접속부 어프로치 블록 및 엔드스폰 구조 개선안 도출 접속부성능개선을위한노반구성재료및교대접속부설계기술개발 지하횡단구조물-토공접속부성능개선설계방안도출
58	노후 철도교량 급속 교체공법 개발
59	유지보수 이력정보 데이터기반 노후 시설물 개량수준 결정방안 도출
60	딥러닝(Deep learning) 기술을 활용한 철도 시설물 상태평가 기술 개발
61	초고성능 콘크리트(UHPC)활용 노후 철도 터널/교량 급속개량을 기술 개발

1. 후보과제 및 우선순위 도출

❑ 후보기술 조정을 위하여 기술분야별로 회신된 수요조사 결과를 표1-19.와 같이 구조물 형식별로 기술 프로세스에 따라 그룹핑하였으며, 그룹핑된 관련 기술수요 내용을 종합하여 후보기술 조정(안)을 도출

○ 동일 기술수요 내 다수의 세부기술이 포함된 경우도 고려하여 항목별로 정리함.

○ 상태평가, 모니터링, 자산관리 등 동 사업범위가 아닌 수요기술은 제외함.

표 별첨-7. 기술분야별 관련 기술 그룹핑

기술분야	세부기술 구분		관련 기술번호
1. 노후 철도시설물 급속개량 기술 개발	교량	설계	27, 48
		재료/부재	11, 14, 25, 29, 44, 46, 47, 51, 58, 61
		공법	3, 6, 14, 15, 23, 25, 27, 29, 33, 42, 44, 51, 55, 56, 58
		장치/장비	3, 11, 29, 43, 58
	터널	설계	
		재료/부재	7, 17, 49
		공법	7, 17, 21
		장치/장비	7, 17, 21, 49
	궤도노반	설계	4
		재료/부재	2, 5, 20, 39, 52
		공법	4, 5, 13, 20, 28, 38, 52
		장치/장비	2, 4, 35
	역사 및 정거장부	설계	
		재료/부재	51
		공법	51
		장치/장비	
	개량 전반		19, 54
	기타		9
2. 노후 철도시설물 진단 및 개량수준 결정을 위한 기준 제정	교량		16, 41, 56
	터널		16, 41
	궤도노반		
	역사 및 정거장부		
	개량 전반		8, 19, 36, 59
기타	상태평가, 모니터링, 자산관리 (상태평가, 모니터링, 자산관리 등 기술개발은 예타 기획 과제 범위에 포함)		1, 10, 12, 18, 22, 24, 26, 30, 31, 32, 34, 37, 40, 45, 50, 53, 60
	타 중점분야 관련 기술		57

❑ 후보기술 조정(안)

❍ 기술분야 및 후보세부기술은 철도시설물별 현황 이슈 및 기술수요조사 결과를 토대로 조정하였으며, 대상 구조물의 범위를 터널, 교량, 궤도구조로 한정.

표 별첨-8. 후보기술 우선순위 선정을 위한 후보기술 개요

기술분야	후보 세부기술명	후보기술 설명
1. 노후 철도구조물 급속개량 요소기술	(1-1) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 상부구조 급속교체 기술	- 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성 - 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발 - 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토 - 급속교체를 위한 최적 설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 수직/수평 가설공법 개발 - BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술
	(1-2) 자동 시공 장비 기반 터널 라이닝 급속보강 기술	- 노후 터널 라이닝 상태평가 기술 (LiDAR, 비젼, GPR 등) - 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발 (로드헤더 등) - 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발 - 라이닝 표면 급속보강 재료 개발 (뿜어붙이기용 콘크리트 및 FRP, 보강 sheet 등) - 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발
	(1-3) 유지보수 최소화를 위한 자갈도상 궤도의 성능개선을 위한 급속개량 기술	- 열차 차단시간내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발 - 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석 - 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립 - 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토 - 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립
2. 노후 철도구조물 급속개량 기반 기술	(2-1) 급속개량 신공법에 따른 시설물 간 인터페이스 안정화 기술	- 개량 시공 시 시설물 간 상호 제공 인터페이스 정의 - 신규 개량 기술에 대한 인터페이스 설계 기술 - 개량 시공 공정에 따른 인터페이스 시공 프로세스 도출 - 시공 후 인터페이스 안정화 단계별 모니터링 기술
	(2-2) AI기반 급속개량 기준 제개정 자동화 기술	- 실시간 계측 및 유지관리 정보를 활용한 노후 철도구조물별 급속개량기준 정량화 기법 개발 - 자산관리 기반 철도구조물별 급속개량기준 개발 - 최소유지관리기준과 급속개량기준 적용에 따른 투자우선순위 도출 기법 개발 - 철도시설 이력관리 종합 정보시스템(RAFIS) 정보를 이용한 철도구조물별 급속개량 의사결정체계 구축

❑ 우선순위도출 결과

○ 2차분과회의를 통하여 도출된 후보기술의 우선순위는 기술분야 1. 노후 철도구조물 급속개량 요소기술 분야의 교량, 궤도, 터널 관련 기술이 각각 1, 2, 3순위로 집계되었으며, 기술분야 2. 노후 철도구조물 급속개량 기반 기술에 해당하는 2개 후보기술은 우선 순위가 낮게 평가됨.

표 별첨-9. 후보기술별 우선순위 도출 결과

순위	기술분야	세부기술명(안)	우선순위 평가 항목별 점수 (가중치 반영)				우선순위 합계점수 (평균: 3.93)
			기술개발의 시급성/필요성	개발기술 활용성 및 예상수요	기술개발의 성공가능성	기술개발 독창성 및 신규성	
			가중치 0.3	가중치 0.3	가중치 0.2	가중치 0.2	
1	1	(1-1) 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 상부구조 급속교체 기술	1.46 / 1.5	1.37 / 1.5	0.80 / 1	0.77 / 1	4.40 / 5
2	1	(1-3) 유지보수 최소화를 위한 자갈도상 궤도의 성능개선을 위한 급속개량 기술	1.29 / 1.5	1.33 / 1.5	0.74 / 1	0.66 / 1	4.16 / 5
3	1	(1-2) 자동 시공 장비 기반 터널 라이닝 급속보강 기술	1.24 / 1.5	1.37 / 1.5	0.80 / 1	0.74 / 1	4.01 / 5
4	2	(2-1) 급속개량 신공법에 따른 시설물 간 인터페이스 안정화 기술	1.16 / 1.5	1.11 / 1.5	0.74 / 1	0.63 / 1	3.64 / 5
5	2	(2-2) AI기반 급속개량 기준 제개정 자동화 기술	0.99 / 1.5	0.99 / 1.5	0.71 / 1	0.74 / 1	3.43 / 5

○ 후보기술 관련 자문의견

- (2-1. 급속개량 신공법에 따른 시설물 간 인터페이스 안정화 기술), (2-2. AI기반 급속개량 기준 제개정 자동화 기술)에 대해 필요성이 보완되어야 하며, 제외하는 방안 검토 필요.
- 세부기술 1-1. 및 1-3.은 운행선 상에서 시설물을 철거한 후 당일 재설치되지 않으면 영업열차 운행장애가 초래되는 고난이도 기술임. -> 우회선로 없이 차단시간 내 시공이 가능한 급속개량 기술개발 필수조건임.
- 고속철도 400km/h 증속 사업 추진에 따른 자갈궤도 개량 필요성이 요구되고 있으므로 관련 기술 포함하여 궤도 개량 기술 도출 필요.

❑ 최종 세부 기술구성(안)

❍ 분과위원회 자문의견 및 이슈정리 결과를 토대로 세부기술 도출

- 기존 2대 기술분야별 세부기술 체계에서 3개 세부기술 체계로 수정
- 3개 대상구조물이 우선순위 전체 평균 3.93점 이상으로 3종의 구조물을 모두 세부기술로 선정.
- 전력, 신호, 통신 등 시설 및 대상구조물 간 인터페이스 안정화 기술 및 기준제개정 자동화 기술은 대상구조물의 세부기술 내용으로 흡수.

표 별첨-10. 최종 도출된 세부기술 구성안

세부기술	세부기술 범위 및 내용
1. 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술 개발	- 노후 철도교량의 경간별, 단면별 인벤토리 구성 - 구성된 인벤토리 분석 및 철도교량 급속교체용 프리팹 모듈러 구조 개발 - 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 교량받침 검토 - 급속교체를 위한 최적 설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 수직/수평 가설공법 개발 - BIM을 활용한 급속교체 가상 시뮬레이션 기술
2. 터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발	- 노후 터널 라이닝 상태평가 기술 (LiDAR, 비젼, GPR 등) - 노후 터널 라이닝 손상 표면 제거 장비 개발 (로드헤더 등) - 버킷 일체형 버럭 회수 장비 개발 - 라이닝 표면 급속보강 재료 개발 (뿜어붙이기용 콘크리트 및 FRP, 보강 sheet 등) - 대차 탑재형 라이닝 급속보강 통합 자동화 장비 개발
3. 고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구	- 열차 차단시간내 적용 가능한 자갈궤도 개량을 위한 궤도시스템 개발 - 유지보수 최소화를 위한 자갈궤도 보강방안 분석 - 침목 단면 개선 및 간격 조정에 의한 자갈궤도 성능개선 방안 수립 - 자갈궤도 교체 및 보강을 위한 시공법 및 관련 장비 검토 - 차단시간 내 운행선 자갈궤도 개량을 위한 시공방안 수립

제4절 세부과제별 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도 강판형 교량 급속교체 기술 개발
1. 연구개발 목표	ㅇ 기존의 하드웨어 경험 기반의 기술을 대체하는 새로운 디지털 혁신기술인 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터 기술을 융합하여 노후 철도 강판형 교량 급속교체를 위한 사전제작(pre-fabrication, 프리팹) 부재의 생산 및 관리, 급속교체를 수행하는 새로운 서비스 기술 개발
	ㅇ 디지털 기술 기반 노후 철도 강판형 교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석 ㅇ 노후 철도 강판형 교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험 ㅇ 프리팹 상부구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 ㅇ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 크레인 또는 Slide-in 설비) 검토 및 가설 공법 개발 ㅇ BIM을 활용한 철도 강판형 교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 ❖ 임시선 가설 및 철거가 필요한 기존 노후 교량 교체 공법 대비 비용 20% 이상 절감이 가능하며, 공사기간 6개월 이상 단축(노후 강판형 교 18m@10경간 가설 시)
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	□ 국내 정책 동향 ㅇ 「제5차 국토종합계획(`20~`40)」에 따라 교통인프라의 급속한 노후화로 인해 관리 필요성이 증대하여 '노후 인프라의 적기개량을 통한 안전성 제고'를 통한 **노후 철도인프라의 체계적인 관리**가 필요 ㅇ 「제3차 철도안전 종합계획(수정계획) (`16~`22)」에서는 철도시설물 유지보수 효율화 및 표준화 관련 과제를 포함하여 **철도시설물의 유지보수를 체계화**하고자 함 ㅇ 「철도건설법」이 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률('18.03)」로 개정됨에 따라 노후 철도 인프라의 효율적인 개량 기술 개발이 요구됨 ㅇ 한국판 뉴딜 정책('20.07) 중 "디지털 뉴딜 - SOC 디지털화"에 안전.편리한 국민생활을 위해 교통.디지털.수자원.재난대응 등 4대 분야 핵심인프라의 디지털 관리체계 구축

ㅇ 70-80년대에 경제성장과 함께 집중적으로 구축된 인프라시설은 30년 이상 경과하여 노후화율 급증하고 있고 철도 인프라는 네트워크의 완결성이 중요하기 때문에 노후화된 시설물에 대한 체계적인 유지관리와 예방적 보수보강이 이루어지지 못할 경우에는 국가 안전망 확보에 큰 지장을 초래할 수 있음. 향후 노후 시설물이 급격히 증가할 것으로 예측되므로, 철도교량에 대한 유지관리 및 교체를 혁신적인 기술로 대두되고 있는 ICBMS 기술을 기반으로 디지털 혁신을 통해 접근할 필요가 있으며, 국가적으로 미리 예산 수요 예측과 사전 대응을 통한 유지관리 비용 절감이 필요함. 디지털 모델 기반의 유지관리 대응은 전세계가 지향하는 방향이며 이를 통한 서비스 창출 및 연계가 가능하여 인프라 분야에 새로운 투자 수요를 도출할 수 있음

ㅇ 미래형 디지털 기반 기술을 적용한 철도교량 유지 및 자산관리, 교체 및 운영 기술 개발 후 기술 전파 및 확대는 중소/중견기업 육성, 신산업/신시장 개척을 통한 일자리 창출 및 국제적 경쟁력 확보에 기여하는 바가 매우 클 것으로 예상되며 이에 대한 정책적 지원이 필요함

ㅇ 또한 최근 전세계적으로 사회 인프라의 유지관리비용 증가에 따른 국가 재정의 어려움으로 인해 지속가능성(sustainability)에 대한 요구가 커지고 있으며 이에 따라 인프라 구조물의 장수명화 기술과 유지관리 효율화 기술에 대한 관심이 부각되고 있음. 특히 철도교량은 도로교량과 달리 승차감 및 주행안전성 확보가 필요하므로 유지관리비용이 더 증가할 뿐 아니라 고속, 중량으로 운행되는 열차에 의해 큰 진동이 발생하므로 피로 수명 확보에 어려움이 있는 바 이에 대한 효과적이고 신뢰도 높은 의사결정 기술이 요구됨. 미래형 첨단 기술에 기초한 면밀하고 정확한 상태평가 및 자산관리, 교체에 대한 디지털 기술 기반의 접근이 국가경쟁력 확보를 위해 필수적임

□ 국내외 시장 동향

ㅇ ‘20년 1월 기준 국가철도에서 교량구조물은 3,433개소, 608km 연장으로 국가철도 총 연장 중 약 6.3% 차지. 고속철도의 경우엔 경부고속철도 전체 노선 중 약 29%, 호남고속철도 전체 노선 중 48%가 교량으로 구성됨. 국가철도에서 총 교량 연장은 2015년 대비 38.7% 증가하였음

ㅇ 신규 철도건설은 줄어드는 반면 선로연장 증대 및 시설 노후화에 따른 유지보수 및 개량시장의 비중은 지속적으로 증가 추세

ㅇ 유지보수 예산은 지난 10년간 고속철도의 경우 76.9%, 일반철도

의 경우 19.8% 증가하였으며, 개량예산은 `12년을 기준으로 고속철도 249.4%, 일반철도는 431.5% 증가

ㅇ 한국철도공사에서 수행한 철도교량 개량비용은 `16년 약 70억이었으나 `20년 113억으로 161.4% 증가하였음

ㅇ 일제강점기(1910~1945), 산업성장기(1970~1990)에 집중된 국내 철도건설의 특성상 철도교량 공용연수 30년 이상 또는 50년 이상의 노후도 집중 현상

ㅇ 국가철도 교량 3,433개소 중 30년 이상 경과된 교량은 1,318개소로 전체 대비 38.4%의 비중이며, 현행 수준 유지 시 10년 후 30년 이상 경과된 구조물은 1,531개소로 약 44.6%까지 확대될 전망

구분	경과년도(개소수, 20년 1월 기준)						
	합 계	0~9년	10~19년	20~29년	30~39년	40~49년	50년 이상
합계	4,266.0	1,515.0	872.0	264.0	423.0	169.0	1,023.0
교량	3,433.0	1,184.0	718.0	213.0	387.0	147.0	784.0
터널	833.0	331.0	154.0	51.0	36.0	22.0	239.0

* 출처: 한국철도공사 2019년도 시설업무현황 발간자료

ㅇ 철도교량 형식 중 가장 오래된 형식인 무도상 강판형교는 1990년대 이후 한국철도공사에서 매년 50억 정도의 예산으로 지속적인 교체작업을 수행하였으며, 현재는 국가철도공단에서 이를 수행하고 있음

ㅇ 경간 18m 이하의 단경간 강판형교를 운행 중단없이 교체하는 경우를 제외하면, 노후 철도교량의 교체를 위해서는 임시선을 건설하고 교체할 수 밖에 없음. 이 경우, 임시교량의 하부공사->상부공사->본선공사->임시교량 철거의 공정이 필요하며, 공사비용 및 기간이 매우 크게 늘어날 수 밖에 없음

ㅇ 세계철도시장 규모는 2015년 현재 약 250조 규모로 예측되고 있으며, 2009~2014년 평균시장 성장률은 4.2%에 달하고 있음

* The Worldwide Market for Railway Technology 2009~2014 (SCI/Verkehr)

ㅇ UN ESCAP에서 파악한 Trans-Asian-Railway의 단절구간(missing link)는 총 10,500km에 달하는 것으로 파악됨. 아시아 시장의 경

우에도 인도네시아의 2030 국가 철도비전에 따른 11,950km 건설, 태국 고속철도 1,900km 등 총 3,000km 사업, 말레이시아~싱가폴 330km 고속철도, 싱가폴~쿤밍 5,000km, 네팔 1,012km, 방글라데시 600km 등 대규모의 사업이 예정되고 있음. 이 외 중동, 아프리카, 아메리카 대륙 등 대규모의 철도사업이 추진될 예정임. 이 중, 철도교량이 상당 부분을 차지할 것으로 예상됨

o 전 세계 교량 시장은 약 1000조 규모이며, 2027년에는 약 1500조 규모로 예상됨. 그중 아시아 태평양 지역이 가장 큰 성장세를 나타낼 것으로 예상되고 있음

* Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2020~2027

o 유럽, 일본 등 철도건설이 포화상태인 선진 철도국의 경우 유지관리 체제로 전환된지 이미 10년 이상이며, 따라서, 신규건설 시장보다는 유지관리 시장의 예산투입이 훨씬 큰 상황임. 국내 철도시장도 이에 대한 대비가 절실함

o 미국, 영국 등 100년 이상된 철도교량이 다수인 국가 등에서도 이미 철도의 특성상 제한된 시간 내에 효과적으로 교량을 교체하는 것에 대한 수요 및 관심이 증가하고 있는 상황이며, 따라서 이에 대한 교체시장은 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

o 미국에서는 모듈러 또는 조립식 교량의 향후 시장 확보 규모를 매우 주목하고 있음. 2008년 현재 미국 내 교량의 25%인 162,000개소의 성능개선이 필요하며 매년 약 109억달러(AASHTO, 2004)의 성능개선 예산을 집행하고 있으며 향후 연간 최소 170억달러 이상의 예산이 필요하다고 예상하고 있음. 특히 FHWA에서는 공사 중 교통정체 손실비용의 절감을 목적으로 교량급속시공 프로그램을 적극 권장하고 있음. 또한, 개발도상국 인프라 구축사업, 재해복구 사업에 사전제작 교량 수출을 시도하고 있음

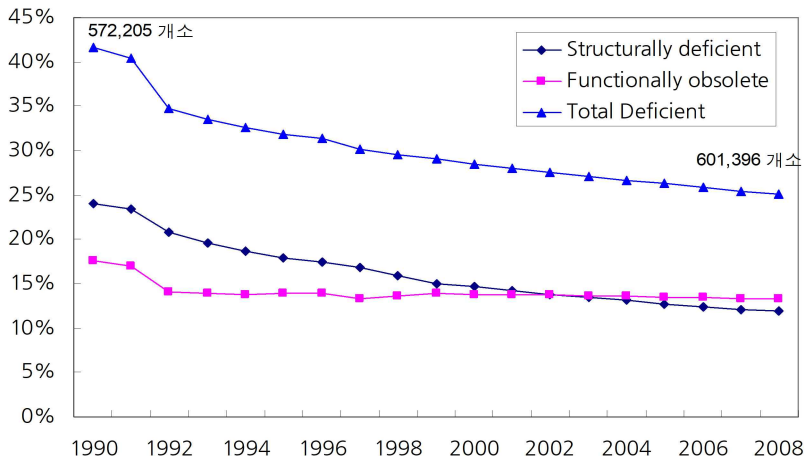


그림. 미국의 노후교량 (Bureau of Transportation Statics, 2008)

○ 노후 철도교량 교체기술 확보를 위해 차세대 교량 기술로 주목받고 있는 사전제작, 모듈러 방식을 적용하고, 디지털 기반의 설계-생산-보관-수송-가설의 전주기적 기술개발 추진은 매우 필요한 상황임

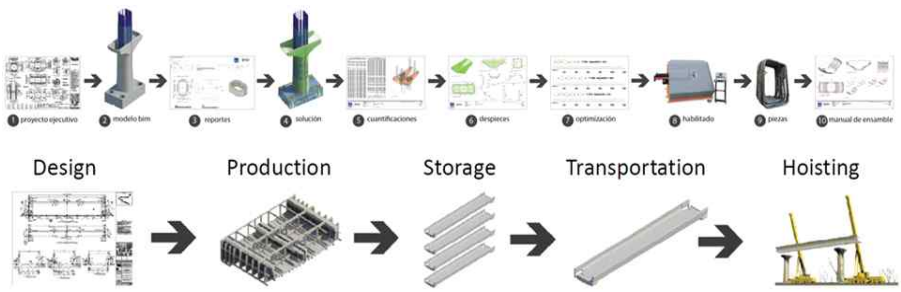


그림. 프리팹 철도교량 전주기 기술개발 체계

□ 노후 철도교량 보수·보강 작업 현황

○ 국가철도에서 교량구조물은 3,433개소 608km 연장이며, 이 중 30년 이상 경과한 교량은 1,318개소로 전체대비 38.4% 비중이며, 대부분의 노후 교량 형식은 무도상 강판형교임. 현행 수준 유지 시 10년 후 30년 이상 경과된 교량은 1,531개소, 약 44.6%까지 확대될 것으로 전망되어, 효과적인 교량 개량 및 교체 기술의 개발이 필수적임

○ 국가철도공단에서 2010년부터 2019년까지 10년간 개량 공사를 수행한 교량은 총 178개소이며, 17.5km의 연장으로 총 개량비용은 약 3천억원이 소요되었음 (170억원/km, 300억원/year). 노후화의 급격한 증가에 따라 향후 급격한 개소 및 비용 증가가 예상됨

○ 열차 운행 차단 없이 현재 적용할 수 있는 교량 교체공법은 경간 18m 이하의 단경간 무도상 강판형교에 대해 밀어넣기 공법을 적용하는 것이 유일해 향후 도래할 다양한 경간 구성 및 교량 형식에 대해 대처할 수 있는 기술개발이 매우 필요한 상황임

○ 철도교량 개량 또는 교체 시 인적사고 및 예상하지 못한 사고 발생(“강원도 영월군 상동교 철거 작업중 교량 상판 무너져 1명 사망, 4명 중상 (2020.0914)”) 가능성이 높아 이에 대한 체계적이고 정밀한 기술 개발이 요구됨

□ 국내·외 기술동향

□ 국내 기술동향

○ 노후 철도교량 급속교체를 위한 기술로는 단경간 강판형교를 교체하기 위한 밀어넣기 공법이 존재하며, 기존연구를 통해 12m 이하 강판형교 타입의 단경간 상부구조에 대한 교체 공법을 확보 중임

- 이동식 크레인 철도차량을 이용한 "노후 판형교 직접교체 기술"이 국가 R&D로 진행된 바 있으나, 교체용 철도차량의 한계로 경간 12m 이하의 판형교에만 적용가능 하며, 프리팹 구조 개발 및 적용과는 관련이 없음
- 강판형교 1개 경간을 차단 시간 내 교체하는 것 이외에, 다경간 강판형교 또는 다양한 형식의 철도교량에 대한 상부구조 교체 공법은 교량 현장 조건, 타 시설과의 인터페이스 한계 등으로 인해 신규 기술개발은 미진
- 노후 철도교량이 지속적으로 증가하고 있으며, 형식 및 경간 조건 역시 다양화되고 있음. 철도의 정시성, 유지관리 특성을 고려하고 이에 효율적으로 대응할 수 있는 첨단 교량 개량 기술이 요구됨
- 국가 R&D로 추진된 "모듈러 교량 기술개발 및 실용화(2010~2015)"에서는 강재 및 프리캐스트 모듈러 시스템 상용화를 위한 교량 상/하부 구조에 대한 연구가 수행되었으며, 경간 60m 이하 도로교 시장에 대한 실용화를 목표로 추진되었음. 철도교량 및 급속교체에 대한 연구는 포함되지 않았음
- 국내 건설 분야 연구가 신기술 개발이나 신제품 개발에서 유지관리 기술로 빠르게 전환하고 있고 "노후교량 장수명화 연구단"은 도로분야의 콘크리트 교량 위주의 성능평가 및 예측 기술 개발을 추진하고 있음. 또한, UAV를 활용한 대형 구조물의 점검 기술, BIM 기반의 유지관리기술이 진행중에 있고 3차원 정보 모델 기반의 공공사업을 위해 한국도로공사의 EX-BIM, 토지주택공사의 LH Civil BIM 사업이 진행되고 있을 뿐 아니라 철도 분야의 BIM 도입을 위한 연구단이 진행되고 있음. 이와 더불어 IoT 기반의 시설물 평가와 관련한 기획이 추진되고 있어서 기반 기술의 축적이 광범위하게 진행되고 있음

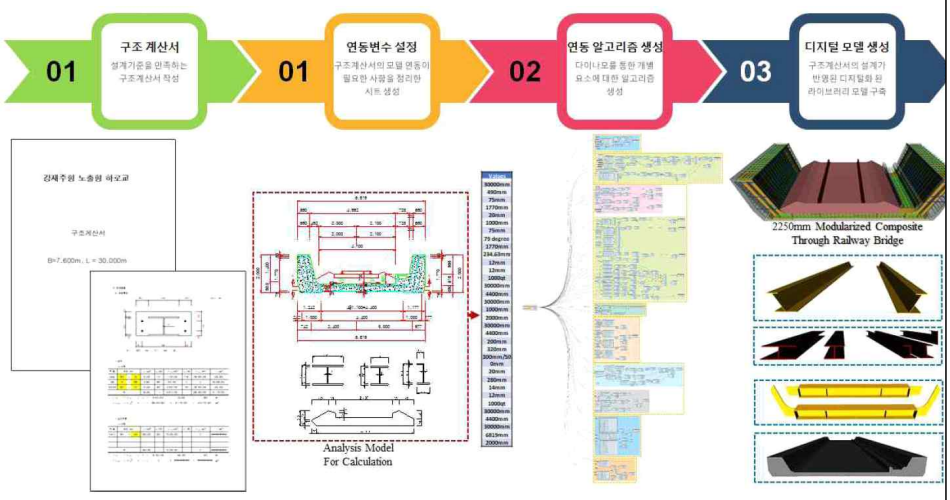


그림. 디지털 모델링에 의한 교량 설계(예)

- 다만, 철도교와 같이 상시 운영가능상태를 유지해야 하고 노후 철

도교의 수가 급증하고 있는 인프라 분야의 디지털 혁신 기술 도입이 미비하여 시급하게 진단, 평가, 유지관리, 교체, 디지털 모델 기반의 서비스 기술 개발이 추진되어야 함

- 노후 시설물의 붕괴가능성에 대한 평가 기술 향상으로 발생 가능한 인적 물적 피해를 최소화할 수 있으며, 노후 철도교량의 인벤토리 사전 구성 및 급속 교체를 위한 시공법/장비 개발은 재난.재해 시 가장 효과적인 대처 방안이 될 수 있음. 또한. 첨단 구조기술에 기반한 노후교량 교체 및 개량은 기존의 선로 운행 가능 속도를 향상시켜 수송량 확대와 직결될 수 있음

□ 국외 기술동향

- McKinsey의 2016년 "Imaginging construction's digital future" 보고서에서 5가지 트랜드를 제시하고 있는데 High-definition surveying and geolocation, next-generation 5D BIM, digital collaboration and mobility, the internet of things and advanced analytics, future-proof design and construction이 주요 항목임
- 미국은 MAP-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century)에서 강구조물의 특별관리 대상으로 FCMs(Fracture-Critical Members)를 부재의 파단이 구조물 붕괴로 이어지는 경우로 정의하고 있rh LRFD Specifications에서는 계약문서에 설계자가 FCMs를 명기하도록 요구하고 있고 FCMs를 포함하는 교량을 일반적으로 FCB (fracture-critical bridge)라고 한다. FHWA (Federal Highway Administration)에서는 붕괴유발부재에 대해서는 점검 계획을 수립하도록 제안하고 있음
- 미국 FHWA에서는 2010년부터 "모듈러 교량 위원회"를 구성하여 모듈러 교량의 활성화를 위한 전략 수립 등을 추진하고 있으며 또한, "Prefabricated Bridge Element & Systems"프로젝트를 수행하였으며, 이는 ABC(Accelerated Bridge Construction) 프로그램의 일부임. 이는 시설물 노후화에 따른 재시공이나 재난 및 재해에 따른 긴급 복구의 경우에 급속시공이 요구될 시 표준화된 설계화 함께 비용 절감을 이룰 수 있는 방안이다. AASHTO에서도 ACTT(Accelerated Construction Technology Transfer) 프로그램을 만들어 주별로 대표적인 급속시공 프로젝트를 소개하고 장려하고 있음
- 미국에서는 주로 launching gantry에 의한 노후 철도교량 급속교체 공법을 적용하고 있으며, 상당수의 실제 적용 사례가 있음. 단, 현재까지 이에 의한 교체 시공은 최소 6시간 이상의 시간을 확보해야 하는 것으로 나타남

그림. Launching Gantry에 의한 미국의 노후 철도교량 교체

- EU에서는 노후 철도교량 교체를 위해 이동크레인 및 가설 브라켓을 활용한 교체 공법 등을 활용하고 있으며, 프랑스 SNCF에서도 철도교량 교체를 위한 개량 공법을 시행하고 있으며 기존 선로 상에서 launching gantry를 주로 활용한 공법임. 다만, 급속교체가 가능한 공법은 아니며, 상당기간 선로를 점유한 상태에서 시행되는 공법을 적용하고 있음
- 일본은 SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)을 국가적으로 추진하면서 "Infrastructure Maintenance, Renovation and Management"를 2014년부터 5년 계획으로 수행하였으며 약 31억엔(약 350억원)의 예산을 투입하였음. 건설분야에서 진행하면서 로보틱스, 센싱, 드론, 자산관리 시스템을 활발하게 개발하였으며, 50년 이상 노후 교량과 터널의 교체기술 개발을 추진하였음. 현재 2기 SIP가 수행 중임

그림. 일본의 인프라 자산관리기술 체계

ㅇ 일본은 교량 가설 및 교체 시 크레인 간섭에 대한 사전 검토 시스템, 가설 시뮬레이션 시스템 등 3D 시공계획 시스템을 개발하여 적용 중임

3. 연구개발 내용

□ 디지털 기반 노후 철도 교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석

ㅇ 디지털 모델 구축을 위한 노후 철도교량 현황 분석

- 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 조사
- 노후 철도교량 점검/안전진단 데이터 분석 및 DB 구축
- 노후 철도교량 위치 및 가설 조건별 특성 DB 구축
- 노후 철도교량 구성요소별 성능 영향 인자 분석

ㅇ 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 인벤토리 구성

- 노후 철도교량 DB 분석에 의한 인벤토리 구성
- 열차 운행조건별 노후 철도교량 특성 분석
- 노후 철도교량 대체를 위한 구성 요소별 인벤토리 구성

ㅇ 노후 철도교량에 대한 디지털 트윈 기본 모델 구축

- 경간별, 형식별 디지털 트윈 모델 구축
- 손상 DB와 연계한 디지털 모델 업데이트 기술 개발
- 사용자 피드백을 통한 시스템 개선 기술 분석
- 노후 철도교량 교체용 프리팹 생산 연계 가능 시스템 구축

□ 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험

ㅇ 노후 철도교량 프리팹 구조 선정 및 기본 설계

- 노후 철도교량 경간별, 단면별 프리팹 구조 적용성 검토
- 노후 철도교량 디지털 모델 대비 프리팹 구조의 대체 적정성 분석
- 노후 철도교량 교체용 프리팹 구조의 기본 설계
- 철도/도로 병행 운송을 고려한 프리팹 구조 설계

ㅇ 노후 철도교량 교체를 위한 프리팹 교량 상세 설계

- 프리팹 구조 부재별 설계
- 부재별 연결부 설계 및 검토
- 프리팹 교량의 운행 열차별 적정성 분석
- 한계상태 설계기준 등 국내외 설계기준에 대한 적정성 검토

ㅇ 프리팹 철도교량의 실험적 검증

- 프리팹 철도교량 부재별 실험적 검토
- 프리팹 철도교량 연결부 구조적 안전성 및 피로에 대한 검증 시험
- 프리팹 철도교량 실교량 검증 시험

□ 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토

ㅇ 노후 철도교량 프리팹 구조용 교량 받침 개발

- 운행 조건별 교량 받침 설계
- 상/하부 구조 연결 및 가설 관련 상세 분석
- 하중 모니터링 기능 탑재 교체용 교량 받침 개발

ㅇ 급속교체를 위한 프리팹 철도교량용 궤도 인터페이스 검토

- 프리팹 교량 적용을 위한 궤도 구성품 분석 및 연결부 검토
- 교량 양 단부 기존 궤도와의 연결 인터페이스 분석
- 교량 상부구조 연결 시공 인터페이스 검토
- 프리팹 교량 적용을 위한 적정 궤도 구조 상세 설계

ㅇ 프리팹 철도교량의 부속품 검토

- 방음벽, 탈선방호벽 등 부속품 종합 검토
- 전차선 가설을 고려한 인터페이스 검토

□ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발

ㅇ 프리팹 철도교량 가설을 위한 이동식 Crane 장비 분석

- 프리팹 철도교량 수직 가설 허용 조건에 대한 분석
- 이동식 Crane 이동을 위한 화차 조건 검토 및 기본 설계
- 수직 가설 매커니즘 및 시공단계 분석
- 수직 가설 이동식 크레인 장비 기본 설계

ㅇ 프리팹 철도교량 가설을 위한 Slide-In 장비 분석

- 프리팹 철도교량 횡방향 가설을 위한 허용 조건 분석
- Slide-In 교체를 위한 가시설 및 현장 조건 분석
- Slide-In 교체에 대한 매커니즘 및 시공단계 분석
- 횡방향 가설 Slide-In 장비 기본 설계

ㅇ 프리팹 철도교량 급속교체용 가설 장비 개발

- 수직 가설 이동식 Crane, 횡방향 가설 Slide-In 장단점 분석
- 프리팹 철도교량 급속교체를 위한 장비 선정
- 급속교체 공법에 대한 상세 시공단계 결정
- 경제성 및 구조적 안전성에 대한 종합 분석
- 선정 가설 장비에 대한 상세 설계 및 Mock-up 테스트

□ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보

ㅇ BIM을 활용한 구성 인벤토리 및 프리팹 구조 대응 기술

- BIM을 활용한 프리팹 부재, 연결부, 상부구조 라이브러리 구성
- 궤도 및 구성품 연결 설계 시뮬레이션
- 디지털 트윈 모델 기반 급속교체용 프리팹 상부구조 설계 시뮬레이션 기술

ㅇ 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산 기술 구축

- 프리팹 부재별 생산 공정 상세 분석
- 부재 및 연결부 공정 3D 시뮬레이션
- 생산 및 보관 등에 대한 플랫폼 구축
- 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산기술 구축

ㅇ BIM을 활용한 급속교체 시뮬레이션

- 현장 조건별 시뮬레이션
- BIM기반 시공 정밀 제어 연동 기술 구축
- 가설 방법별 상세 시뮬레이션
- 교체 후 안전성 검토와의 연계를 통한 머신러닝 기반 구축

4. 연구개발 추진방법

 추진전략

□ 산·학·연 협의체 구성

ㅇ 철도유지관리 주체(국가철도공단, 철도공사, 도시철도) 유지관리

전문가와 실무자 의견 수렴

- 인력작업 대체 및 야간 차단시간 동안 효율적인 보강을 위한 교량 교체를 위한 장비의 요구 사양 도출
- 국가철도공단, 한국철도공사와 도시철도 운영기관의 철도교량 유지관리 체계 분석
- "스마트 건설" 사업단의 교량 건설 자동화 장비, "데이터 기반 철도안전" 사업단의 철도교량 평가 및 모니터링 기술 등 관련 국가 R&D와의 협의체 구성

□ 개발장비 신뢰성 확보를 위한 종합시험선로 활용

ㅇ 오송종합시험선로를 통한 개발 공법 및 장비의 성능 검증

- 현장 적용을 위해 오송시험선에서 연구성과 중 가능한 부분에 대한 충분한 테스트를 거쳐 보강 품질 및 신뢰도 확보
- 오송종합시험선로에서 구현 가능한 공정에 대한 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

□ 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보

ㅇ 실 노후 철도교량을 대상으로 한 가상 시뮬레이션 적용

ㅇ 철도 운영 및 유지관리 주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

- 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축
- 모니터링 체계구축

□ 추진체계

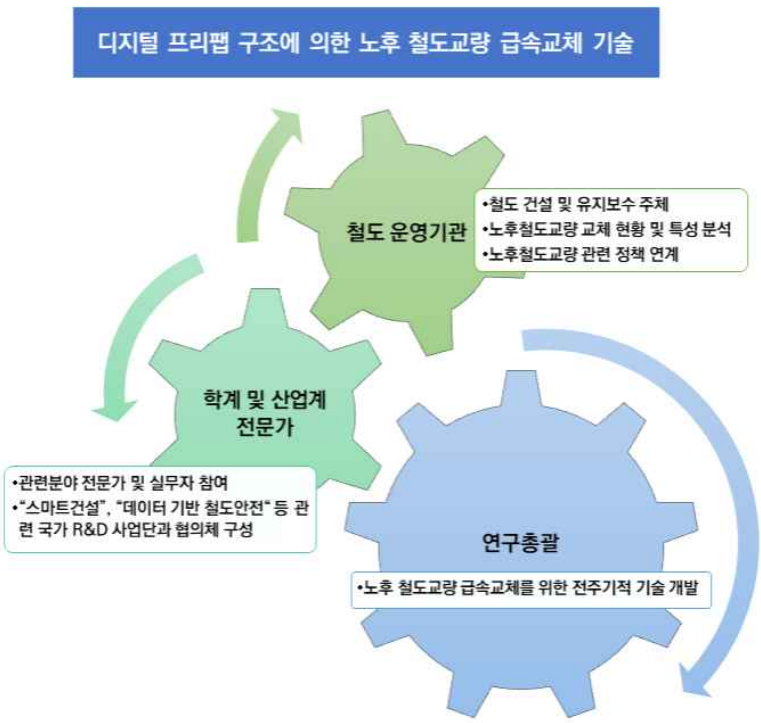


그림. 추진체계 개념도

5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

□ 디지털 기반 프리팹 구조에 의한 노후 철도교량 급속교체 기술

- ㅇ 디지털 기술 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 확보
- ㅇ 노후 철도교량 교체용 프리팹 구조 확보
- ㅇ 프리팹 모듈러 구조에 적합한 궤도 구조 및 교량 받침
- ㅇ 급속교체를 위한 가설공법 및 가설 장비 사양서
- ㅇ BIM기반 교체용 프리팹 철도교량 생산 및 시공 시뮬레이션 기술 확보

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

- ㅇ 노후 철도교의 성능 평가를 위한 신뢰성있는 기반 기술 개발로 현재의 상태평가와 재하시험 위주의 구조물 관리 기술의 ICBMS 기반의 디지털 혁신기술로의 전환을 통해 관련 기술의 국가경쟁력 향상
- ㅇ 3D 모델링에 의한 프리팹 설계 및 생산, 고도의 정밀성이 요구되는 철도교량 교체 분야의 엔지니어링 기술 확보로 대외 의존도 감소와 함께 관련 전문기업 창출 유도
- ㅇ 노후 구조물의 상태와 개량 등에 대해서 일반인들이 알 수 있도록 공개함으로써 향후 급증할 유지관리 예산 확보의 당위성을 국민으로부터 구하고 "Save our bridge"와 같은 국민 참여형 시설물 관리 패러다임 전환으로 구조물 안전에 대한 신뢰성 회복에 기여
- ㅇ 자연재해의 증가에 따른 피해 시 신속한 복구 및 대응 가능
- ㅇ 전 세계적으로 노후 인프라의 증가에 따라 Resilient infrastructure에 대한 요구가 늘어나는 것에 능동적으로 대응

□ 경제적 효과

- ㅇ 임시선 가설 등을 배제한 직접 교체로 공사기간 및 개량비용의 혁신적 절감

  * 임시선 가설 및 철거 비용 사례 (경간 18m 노후 강판형교 10경간 교체 시 (본선 철거 및 가설공사 비용, 기간 제외))

  - 임시선 하부공 (기초 및 교각) : 약 10억, 공사기간 120일 이상
  - 임시선 상부공 (상부구조) : 약 50억, 공사기간 40일 이상

  => 임시선에 대한 가설 및 철거비용 X, 공사기간 획기적 단축

- ㅇ 지난 10년간 연간 약 300억원의 노후 철도교량 개량 및 교체 비용이 소요되었으며, 노후화 증가로 인해 지속적으로 상승할 것으로 판단됨. 급속교체 공법 확보 시 기존 개량 및 교체 비용의

20% 이상 절감이 가능할 것으로 판단되며, 혁신적인 공사기간 단축이 예상됨

- ㅇ 노후 시설물의 최적 개량 방안과 이에 따른 경제적인 손실 최소화 기여
- ㅇ 효과적인 신규 철도 교량 설계와 예방적 유지관리를 통해 재정지출의 효율화

□ 사회적 효과

- ㅇ 철도교량의 노후화로 인한 불의의 사고를 예방하여 인명과 재산 피해를 감소
- ㅇ 기술적 수요가 증가하는 노후 시설물 관련 분야의 전문가 양성을 통해 신규 일자리 창출에 기여
- ㅇ 노후 철도교의 열화 원인에 따른 최적의 유지관리 방안 개발을 위한 기본 자료 제공하여 기술 발전 유도
- ㅇ 철도교 종합성능 평가 기술을 위한 원천 기술 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

- ㅇ 총 연구기간 : 5년
- ㅇ 총 정부출연금: 110억원

□ 연차별 연구개발 내용 (예산은 민간부담분 포함)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차년도)	□ **디지털 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석** ㅇ 디지털 모델 구축을 위한 노후 철도교량 현황 분석 - 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 조사 - 노후 철도교량 점검/안전진단 데이터 분석 및 DB 구축 - 노후 철도교량 위치 및 가설 조건별 특성 DB 구축 - 노후 철도교량 구성요소별 성능 영향 인자 분석	노후 철도교량 현황 상세 데이터베이스	500
	□ **노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험** ㅇ 노후 철도교량 프리팹 구조 선정 및 기본 설계	프리팹 구조 기본 설계서 및 도면	500

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	- 노후 철도교량 경간별, 단면별 프리팹 구조 적용성 검토 - 노후 철도교량 디지털 모델 대비 프리팹 구조의 대체 적정성 분석 - 노후 철도교량 교체용 프리팹 구조의 기본 설계 - 철도/도로 병행 운송을 고려한 프리팹 구조 설계		
	소 계		1,000
2023년 (2차년도)	□ 디지털 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석 o 노후 철도교량 경간별, 단면별 현황 인벤토리 구성 - 노후 철도교량 DB 분석에 의한 인벤토리 구성 - 열차 운행조건별 노후 철도교량 특성 분석 - 노후 철도교량 대체를 위한 구성 요소별 인벤토리 구성	노후 철도교량 인벤토리 구축	500
	□ 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험 o 노후 철도교량 교체를 위한 프리팹 교량 상세 설계 - 프리팹 구조 부재별 설계 - 부재별 연결부 설계 및 검토 - 프리팹 교량의 운행 열차별 적정성 분석 - 한계상태 설계기준 등 국내외 설계기준에 대한 적정성 검토	프리팹 부재 상세 설계서 및 도면	1,000
	□ 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 o 노후 철도교량 프리팹 구조용 교량 받침 개발 - 운행 조건별 교량 받침 설계 - 상/하부 구조 연결 및 가설 관련 상세 분석 - 높이조절, 하중 모니터링 기능 탑재 교체용 교량 받침 개발	급속교체용 교량받침 설계서	500
	□ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발 o 프리팹 철도교량 가설을 위한 이동식 Crane 장비 분석 - 프리팹 철도교량 수직 가설 허용 조건에 대한 분석	이동식 크레인 장비 기본 설계서	500

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	- 이동식 Crane 이동을 위한 화차 조건 검토 및 기본 설계 - 수직 가설 매커니즘 및 시공단계 분석 - 수직 가설 이동식 크레인 장비 기본 설계		
	소 계		**2,500**
2024년 (3차년도)	□ 디지털 기반 노후 철도교량 경간별, 단면별 인벤토리 구성 및 분석 o 노후 철도교량에 대한 디지털 트윈 기본 모델 구축 - 경간별, 형식별 디지털 트윈 모델 구축 - 손상 DB와 연계한 디지털 모델 업데이트 기술 개발 - 사용자 피드백을 통한 시스템 개선 기술 분석 - 노후 철도교량 교체용 프리팹 생산 연계 가능 시스템 구축	노후 철도교량 디지털 모델 구축	500
	□ 노후 철도교량 교체용 프리팹 모듈러 구조 설계 및 시험 o 프리팹 철도교량의 실험적 검증 - 프리팹 철도교량 부재별 실험적 검토 - 프리팹 철도교량 연결부 구조적 안전성 및 피로에 대한 검증 시험 - 프리팹 철도교량 실교량 검증 시험	프리팹 구조 실험보고서	1,000
	□ 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 o 급속교체를 위한 프리팹 철도교량용 궤도 인터페이스 검토 - 프리팹 교량 적용을 위한 궤도 구성품 분석 및 연결부 검토 - 교량 양 단부 기존 궤도와의 연결 인터페이스 분석 - 교량 상부구조 연결 시공 인터페이스 검토 - 프리팹 교량 적용을 위한 적정 궤도 구조 상세 설계	프리팹 철도교량 용 궤도 설계서 및 도면	500
	□ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발 o 프리팹 철도교량 가설을 위한 Slide-In 장비 분석 - 프리팹 철도교량 횡방향 가설을 위한 허용 조건 분석 - Slide-In 교체를 위한 가시설 및 현장 조건 분	Slide-In 장비 기본 설계서	500

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	석 - Slide-In 교체에 대한 매커니즘 및 시공단계 분석 - 횡방향 가설 Slide-In 장비 기본 설계		
	□ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 ㅇ BIM을 활용한 구성 인벤토리 및 프리팹 구조 대응 기술 - BIM을 활용한 프리팹 부재, 연결부, 상부구조 라이브러리 구성 - 궤도 및 구성품 연결 설계 시뮬레이션 - 디지털 트윈 모델 기반 급속교체용 프리팹 상부구조 설계 시뮬레이션 기술	프리팹 구조 BIM Library 구축	500
	소 계		**3,000**
2025년 (4차년도)	□ 프리팹 상부구조 구조에 적합한 궤도 인터페이스 및 부속품 검토 ㅇ 프리팹 철도교량의 부속품 검토 - 방음벽, 탈선방호벽 등 부속품 종합 검토 - 전차선 가설을 고려한 인터페이스 검토	급속교체용 철도교량 부속품 검토 보고서	500
	□ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발 ㅇ 프리팹 철도교량 급속교체용 가설 장비 개발 - 수직 가설 이동식 Crane, 횡방향 가설 Slide-In 장단점 분석 - 프리팹 철도교량 급속교체를 위한 장비 선정 - 장비 상세 설계 및 Mock-Up Test	급속교체를 위한 가설공법 상세 보고서	2,000
	□ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 ㅇ 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산 기술 구축 - 프리팹 부재별 생산 공정 상세 분석 - 부재 및 연결부 공정 3D 시뮬레이션 - 생산 및 보관 등에 대한 플랫폼 구축 - 3D 모델 기반 교체용 프리팹 철도교량 자동화 생산기술 구축	BIM 기반 프리팹 구조자동화 생산 모델 구축	1,000
	소 계		**3,500**

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2026년 (5차년도)	□ 급속교체를 위한 최적설비(이동식 Crane 또는 Slide-In 설비) 검토 및 가설공법 개발 ㅇ 프리팹 철도교량 급속교체용 가설 장비 개발 - 급속교체 공법에 대한 상세 시공단계 결정 - 경제성 및 구조적 안전성에 대한 종합 분석	급속교체를 위한 가설 장비 상세 설계서 및 도면	500
	□ BIM을 활용한 철도교량 급속교체 가상 시뮬레이션 기술 확보 ㅇ BIM을 활용한 급속교체 시뮬레이션 - 현장 조건별 시뮬레이션 - BIM기반 시공 정밀 제어 연동 기술 구축 - 가설 방법별 상세 시뮬레이션 - 교체 후 안전성 검토와의 연계를 통한 머신러닝 기반 구축	BIM 기반 가상 시뮬레이션 시스템	500
	소 계		**1,000**
합 계			11,000

8. 기타

연구과제명	무근/조적식 철도터널 라이닝 급속개량 기반기술 개발
1. 연구개발 목표	노후철도 터널 라이닝을 급속개량하기 위한 평가, 보강, 안전, 장비, 공정에 관한 기반기술 확보

- ㅇ 무근 및 조적식 터널라이닝 수명평가기술 연구
- ㅇ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 개발
- ㅇ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념설계
- ㅇ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증
- ❖ 노후 철도터널 개량을 위한 신규 철도터널 건설 대비 투입비용 30% 절감

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- ㅇ 「제5차 국토종합계획(`20~`40)」에 따라 교통인프라의 급속한 노후화로 인해 관리 필요성이 증대하여 '노후 인프라의 적기개량을 통한 안전성 제고'를 통한 **노후 철도인프라의 체계적인 관리**가 필요.
- ㅇ 「제3차 철도안전 종합계획(수정계획) (`16~`22)」에서는 철도시설물 유지보수 효율화 및 표준화 관련 과제를 포함하여 **철도시설물의 유지보수를 체계화**하고자 함.
- ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」에서는 철도이력관리시스템을 구축하여 **상태기반 유지보수와 개량을 시행**할 것을 계획
- ㅇ 「대도시권 광역교통기본계획」에서는 철도시설 개량투자계획과 연계하여 **광역대중교통시설의 장기적인 확충 및 개선**을 규정

□ 국내 시장 동향

- ㅇ 신규 철도건설은 줄어드는 반면 선로연장 증대 및 시설 노후화에 따른 **유지보수 및 개량시장의 비중은 지속적으로 증가** 추세.
- ㅇ 유지보수 예산은 지난 10년간 고속철도의 경우 76.9%, 일반철도의 경우 19.8% 증가하였으며, 개량예산은 `12년을 기준으로 고속철도 249.4%, 일반철도는 431.5% 증가.
- ㅇ 철도시설의 지속적으로 증가되고 있으며, 증가하는 철도시설물에 대한 안전확보에 대한 관심과 책임이 증대되고 있음. 따라서 노후 SOC에 대한 선제적, 예방적 시설관리를 통한 성능수명 극대화와 안전확보에 대한 요구 증가

□ 노후 철도터널 보수·보강 기술 현황

- ㅇ 국내 전체 국가철도에서 터널구조물은 833개소, 921km 연장으로 총 연장 중 9.5%를 차지하며, 이 중 30년 이상 경과한 터널은 297개소로 35.7%로 현행 수준 유지시 10년 후 30년 이상 경과된 터널은 348개소, 41.8%까지 확대될 것으로 전망되어, 효과적인 터널 개량 기술의 개발이 필요.

ㅇ 현재 터널 보수작업은 **제한된 공간 및 전차선 등으로 인해 대형 장비의 투입이 어려워** 인력위주의 작업으로 진행되고 있으며, 소요되는 작업시간은 3.5시간 이상으로 차단 시간 내에 작업을 완료하기가 어려워 **자동화된 효율적 터널 보수·보강 기술 개발**이 필요.

ㅇ 성능저하방지와 안전성 확보를 위하여 **사용경과 년수가 30년을 초과하고 안전등급 C등급 이하 노후구조물은 전체 단면개량**을 통한 안전성을 확보

 국내·외 기술동향

□ 국내 기술동향

ㅇ 길이가 짧은 터널에 적용가능한 인력시공식 터널개량 기법이 개발되었으나, 우리나라의 국가철도 터널의 평균 연장은 약 1.1km 수준으로 적용이 어려움.

ㅇ 경부고속철도 기존선 운행시 열차가 다니지 않는 새벽시간에 터널라이닝 교체를 통해 터널 개량을 실시하였으며, 강지보와 토류판을 이용한 라이닝 커팅이 실시되었으나 작업효율이 매우 낮았음. 은곡 1, 2(상) 터널 등 짧은 터널에서 실시됨.

ㅇ 국내에서 터널 전면개량방식은 경의선 아현터널(870m, 2018)에서 처음 적용되었는데, 인력에 의한 라이닝 철거/굴삭, 유도배수구 설치, 패널식 라이닝 설치 등으로 실시하였음.

□ 국외 기술동향

ㅇ 독일에서 운행선을 차단하지 않은 상태에서 터널개량이 추진되었으나, 협소한 공간에서 작업을 실시하기 때문에 효율이 낮고 원지반 굴착에 따른 붕락 위험도 있으므로 아직까지는 짧은 터널에서만 사용되고 있음.

ㅇ 일본에서는 매우 다양한 터널개량공사를 진행하고 있음. 각 터널개량은 터널의 형식, 지반조건, 개량범위에 따라 다양한 공법을 적용하고 있으며, 헤더로더공법, 저면굴삭공법, 개량용실드공법, 개량형TBM공법, 선단추진공법 등이 적용되고 있음.

3. 연구개발 내용

□ 무근 및 조적식 철도터널 라이닝 수명평가기술 연구

ㅇ 3차원 영상 및 비파괴시험 기반 라이닝 상태평가 기술 개발

ㅇ 터널의 구조, 지질 특성을 고려한 개량단면 최적화

ㅇ 노후 철도터널의 개량 기술기준 및 체계 검토

□ 개량시 시공 및 열차운행안전 확보를 위한 보강 및 안전기술

ㅇ 급속개량 위험요소 예측 및 위험도 영향 평가 기술

ㅇ 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화

ㅇ 전력/신호/통신설비 및 궤도 간 인터페이스를 고려한 노후 철도터널 개량시의 안전관리체계 개발

□ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계

ㅇ 라이닝 자유단면 굴삭방식의 장비 설계 및 시공요구조건 정립

ㅇ 자유단면 굴삭방식의 표면제거로더 설계 최적화

ㅇ 급속개량 로봇의 모듈 구성안 도출

□ 라이닝 표면 급속개량 공정 개발 및 검증

ㅇ 라이닝 표면 급속보강 공정 개발

ㅇ 패널부착방식의 급속개량공법 연구

4. 연구개발 추진방법

▯ 추진전략

□ 산·학·연 협의체 구성

ㅇ 철도유지관리 주체(철도공사, 도시철도) 유지관리 전문가와 실무자 의견 수렴

- 인력작업 대체 및 야간 차단시간동안 효율적인 보강을 위한 자동화장비의 요구 사양 도출
- 철도공사와 도시철도의 터널 유지관리 체계 분석
- 일본전문기관과의 기술협의체 구성을 통한 자문 및 기술지원

□ 기반기술의 신뢰성 확보를 위한 종합시험선로 활용

ㅇ 오송종합시험선로를 통한 개발 공정 및 재료의 성능 검증

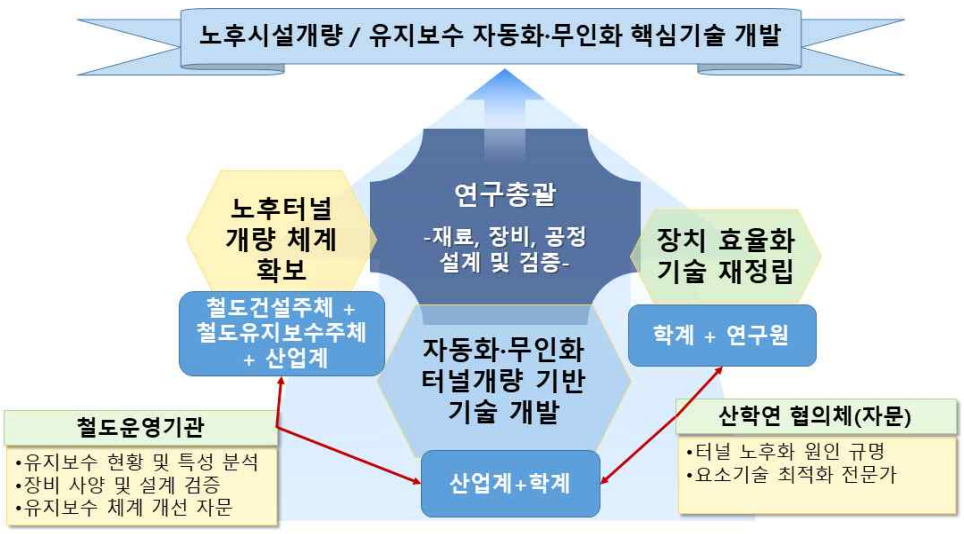
- 현장 적용을 위해 시험선에서 충분한 테스트를 거쳐 보강 품질 및 신뢰도 확보
- 오송종합시험선로에서 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

□ 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보

ㅇ 철도 운영 및 유지관리주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

- 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축

▯ 추진체계



추진체계 개요도

5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

□ 자동 시공장비 기반 터널 라이닝 급속보강을 위한 평가, 보강, 안전, 장비, 공정에 관한 기반기술

- o 노후 터널 라이닝 실시간 상태평가 시스템 및 개량기준
- o 라이닝 개량시의 터널안전 및 차량주행안전성 확보 기술
- o 터널라이닝 급속 제거 장비의 상세 설계
- o 라이닝 표면 급속보강 재료 및 공정

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

- o 개량보수를 통한 노후 SOC시설물에 대한 투자효율성 확보
- o 노후 SOC구조물 개량에 대한 투입예산 대비 안전 향상 효과의 정량적 평가
- o 구조물의 경과년수 초과에 의해 발생하는 새로운 재난 요인에 대한 선제적 안전관리
- o 인재사고 근절을 위한 인력작업의 장비작업화

□ 경제적 효과

- o 기존 작업 대비 신규 개발 기술을 통한 터널 라이닝 보강 비용 절감
- o 철도인프라 유지관리 효율성 및 노후구조물 변상 급속보강 기술 적용으로 유지보수 기간 단축 및 비용절감 가능
- o 노후 철도 인프라 시설물(선로, 교량, 터널)의 급속보강/개량 기술 확보
- o 국산화 개발을 통한 유지보수 장비의 설계/제작 기술 확보

□ 사회적 효과

- o 철도운영 환경 변화에 따른 노후 철도 인프라 시설물 급속보강 기술 개발로 열차운행에 지장을 최소화 할 수 있어 국민 서비스 향상
- o 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상으로 노후구조물 변상 등으로 발생하는 열차운행 사고 저감으로 국민 편의성 향상 가능
- o 전용장비 개발로 유지보수 비용 절감 및 국내 산업 육성 가능

7. 연구개발기간 및 소요예산

- o 총 연구기간 : 5년
- o 총 정부출연금: 35억원

□ 연차별 연구개발 내용

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차 년도)	○ 노후 터널 라이닝 상태평가 및 개량기준 연구 · 국내외 노후 철도 터널 개량 기술 기준 현황 조사 및 분석 · 노후 철도터널 및 개량기술 현황조사 및 분석	자료조장비사 양서및 설계서	100
	○ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 · 터널의 구조, 지질 특성 및 전력/신호/통신설비 및 궤도 인터페이스를 고려한 단면 최적화	단면최적화	200
	○ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계 · 자유단면 굴삭방식의 설계요구조건 정립	설계요구 조건	100
	○ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증 · 라이닝 표면 급속보강 공정 개발	보강공정	100
	소 계		**500**
2023년 (2차 년도)	○ 노후 터널 라이닝 상태평가 및 개량기준 연구 · 3차원 영상기반 라이닝 상태평가 기술 개발	평가기술	200
	○ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 · 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화	안전확보 방안	200
	○ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계 o 자유단면 굴삭방식의 표면제거로더 설계 최적화	제거모듈 시제품	100
	○ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증 · 패널부착방식의 급속개량공법 개발	성능평가 인증서	200
	소 계		**700**
2024년 (3차 년도)	○ 노후 터널 라이닝 상태평가 및 개량기준 연구 · 노후 철도터널의 개량기술기준 항목 검토 및 개정	안전관리 기준	200
	○ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 · 굴착안정성 확보를 위한 지반고화기술 최적화	터널구조 확보기술	300
	○ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계 · 자유단면 굴삭방식의 표면제거 모듈 설계 최적화	모듈 설계도서	300
	○ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증 · 패널의 부착성능평가	보강재료	200
	소 계		**1,000**

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2025년 (4차 년도)	○ 노후 터널 라이닝 상태평가 및 개량기준 연구 · 급속개량시의 안전관리기준 도출	안전관리 기준	100
	○ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 · 개량 공사중 통과열차의 주행안전성 확보 방안	주행안전 확보기술	200
	○ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계 · 급속개량 로봇의 모듈 구성	모듈 설계도서	200
	○ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증 · 패널부착방식의 급속개량공법 개발	부착공법 설계도서	200
	소 계		**700**
2026년 (5차 년도)	○ 개량시 터널 및 차량운행 확보를 위한 보강 및 안전기술 · 급속개량시의 안전관리기준 도출	패널부착 방식공법	200
	○ 굴삭/운송/설치 일체형 라이닝 급속개량 로봇 개념 설계 · 급속개량 로봇의 모듈 구성	자동화개량장비의 성능검증 및 관련 인증	200
	○ 라이닝 표면 급속시공 공정 개발 및 검증 · 패널부착방식의 급속개량공법 개발	부착공법 설계도서	200
	소 계		**600**
합 계			**3,500**

8. 기타

연구과제명	고속구간에서의 급속경화궤도 개량공정 고도화 연구
1. 연구개발 목표	고속철도 속도향상(400km/h급)을 위하여 운영 중 자갈궤도를 콘크리트궤도로 급속개량하는 실증기술 확보 및 성능 검증

- ㅇ 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석
- ㅇ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발
- ㅇ 기존선 토공/교량/터널/분기기 구간 시험부설을 통한 성능검증 (Ⅰ)
- ㅇ 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설을 통한 성능검증 (Ⅱ)
- ㅇ 시공공정 확보를 위한 시공장비(TLV(Track Lifting Vehicle), 모르터 주입장비) 2차 시작품 제작 및 성능 개선
- ㅇ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발
- ㅇ 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련
- ❖ 자갈궤도 → 콘크리트궤도화 개량 시공 속도 2배 이상 향상 (25m/일 → 60m/일)

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- ㅇ 「제3차 국가철도망 구축계획 (`16~`25)」에서는 광역철도의 확대와 **지역간 철도의 속도향상을 목표**로 하고 있음
- ㅇ 「제3차 철도산업발전 기본계획 (`16~`20)」의 속도 중심의 국가 간선 철도망 운영을 위한 표정속도 향상을 주요추진과제로 선정.

※ (속도경쟁력 강화) 400km/h 급 차세대 고속철도 도입 및 평택-오송 복복선화와 400km/h급 고속철도 건설 예정

- 서울~부산 평균 2시간 40분('15)→2시간 20분('20)

- ㅇ 400km/h급 상용노선 건설과 운영을 위한 관련 기준과 연구 진행

※ 400km/h급 고속철도 종합계획(MP) 수립 연구(국토부), 400km/h급 고속철도 상용노선 건설을 위한 기술검토 용역(국토교통진흥원), 400km/h급 고속철도 궤도 설계 및 유지관리 기준(국가철도공단)

- ㅇ 경부고속선 1단계 자갈궤도구간 대갱환시기가 2024년부터 도래하기 시작하여 갱환/개량 계획 수립 중

※ 경부고속철도 1단계구간 궤도 상태평가 및 갱신방안 연구용역, 경부고속철도 1단계구간 시설물 개량 추진방안 수립용역(국가철도공단) 등

- ㅇ 경부고속선 1단계 자갈궤도구간 400km/h급 속도 향상을 위한 개량기술 필요
  - 기존 자갈궤도개량(자갈교환)으로는 400km/h급 속도대역을 지지할 수 없어 **콘크리트궤도 수준**으로 **성능향상**이 불가피

□ 국내외 시장 동향

- ㅇ 유지보수 예산은 지난 10년간 꾸준히 증가하고 있으며, 2020년기준 약 1조원(9,804억원)의 유지보수 예산이 집행되고 있음. 철도시설물

뿐만아니라 철도궤도의 노후화로 개량비용은 꾸준히 증가

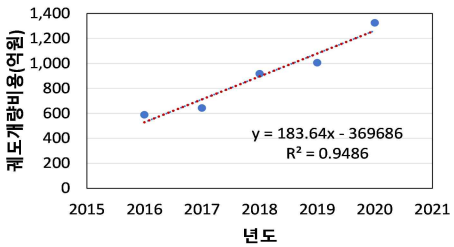
<유지보수 관련 예산>

[단위 : 백만원]

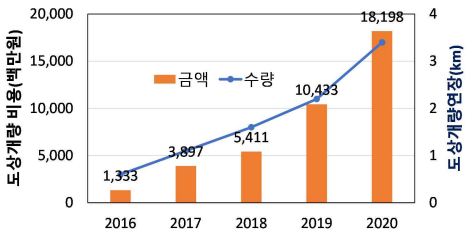
구분	'11 년	'12 년	'13 년	'14 년	'15 년	'16 년	'17 년	'18 년	'19 년	'20 년
일반철도	613,667	601,643	601,427	619,563	629,563	628,468	605,308	637,574	663,530	787,838
고속철도	108,860	97,963	100,214	102,400	142,500	145,083	159,685	180,278	180,473	192,598
합계	**722,527**	**699,606**	**701,641**	**721,963**	**772,063**	**773,551**	**764,993**	**817,852**	**844,003**	**980,436**

ㅇ 궤도개량 공사비

- 선형적인 증가추세를 나타내며, 2020년 1,325억원 소요 예상
- 선형적인 증가를 가정할 경우, 2030년에는 3,103억, 2040년에는 4940억원의 궤도개량공사비가 예상됨
- 궤도의 노후화정도를 고려하면 도상 개량비용과 같이 기하급수적인 개량비용 증가도 예상할 수 있음
- 도상개량공사비는 자갈궤도 개량공사비로서 **2016년 13억원**에서 **2020년 182억원**으로 **약 14배 증가**
- 자갈도상개량(자갈교환) 비용의 기하급수적인 증가에 대한 대비 필요



<궤도개량비용 증가현황>



<자갈도상개량비용 증가현황>

ㅇ 철도선진국 유럽 대부분의 나라에서 자갈궤도를 적용(독일만 콘크리트궤도를 고속선에 적용). 프랑스의 경우 파리-리옹간 고속선 자갈궤도 1차 대개량이후, 2차 대개량을 2030년도부터 계획하고 있음.

※ 경부고속철도 1단계 구간 궤도 상태평가 및 갱신방안 연구용역 (2017)

- (한국-프랑스 고속선 개량 공동연구) 기존 자갈궤도로는 프랑스 고속선 파리-리옹구간 수송량 확대가 불가하여 자갈궤도 개량기술, 즉 자갈궤도를 콘크리트궤도화하는 개량기술 교류를 위한 공동연구 진행
- 기존 급속경화궤도 실용화시 프랑스 등의 유럽 철도선진국 진출 가능

ㅇ 일본은 현재까지 256km의 선로를 포장궤도로 개량하였으며, JR서일본, JR중앙, JR홋카이도 등에서도 별도의 선로개량작업을 진행중 → 년간 약 40km(km당 25억원 수준)의 선로구조개량 시장이 확보되어

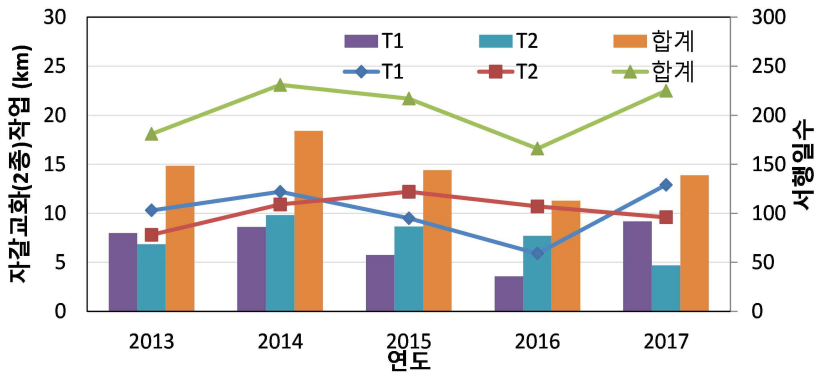
있으며, 향후에는 점진적으로 증가할 것으로 예상

□ 자갈궤도 유지보수 및 개량 현황

○ 2010년 기준으로 57회의 긴급 서행 발생, 2011년 6월 기준 8개소에서 230km/h로 열차 서행 운행 중

○ 유지보수가 잦은 구간에서 새자갈로 교환하는 개량작업을 매년 10km~15km 정도 수행하나, 다시 잦은 유지보수를 필요로 하여 자갈교환 개량은 임시 방편임

- 자갈도상 개량(교환)작업으로 열차서행(90km/h)으로 열차지연 등의 사회적 비용발생 (열차서행 연간 200일 이상 발생)



<연간 자갈도상 개량(교환)작업과 이로 인해 발생하는 열차서행(90km/h) 서행일수>

○ 자갈궤도 개량장비(클리너 등)의 노후화 및 용량한계로 1일 작업량이 100m 이하로 작업 효율이 낮음

- 프랑스 대갱환시 자갈도상 개량장비를 개발하여 1일 700m 작업

○ 철도 유지보수비용(2019년 시설업무현황, Korail)은 4,575억원(3713억원/일반철도, 862억원/고속철도)임

- 전체 예산 중 궤도유지관리 비용을 정확하게 구분하기 곤란하나, 전체 유지보수비용중 30%를 궤도 유지보수비용으로 가정하면 고속선 유지보수 비용은 258억원

□ 국내·외 기술동향

□ 국내 기술동향

○ 급속경화궤도기술이 개발되어 인력시공으로 차단시간동안 최대 25m 개량 작업 가능

- (인력시공 적용 현황) 경부선 구정리 터널, 서울메트로2호선 잠실철교 궤도개량공사,의왕역 특동선 집전시험선로공사, 서울메트로 4호선 사당역 분기기개량공사(3틀), 신분당선 교차선 신설공사, 부산교통공사 2호선 교차선 신설공사,부산지하철 2호선 교량구간 건넘선 공사, 경의선 의영, 아현터널 궤도구조개량 공사

- 시공성이 낮아 고속선 1단계구간 인력작업 불가

ㅇ 고속선 적용을 목표로 급속경화궤도 기계화 연구완료. 자갈포설장비(TLV, Track Lifting Machine), 몰탈(주입재) 혼합 및 주입 장비, 기존 자갈 세척장비 등을 개발하여 시험시공으로 적용성 검증.

- 고속선 개량을 위한 실용화를 위한 단계에는 이르지 못하였음

ㅇ 광폭침목 등을 이용한 자갈궤도 개량기술

- 기존 운행속도(300km/h)에서 유지보수저감 등의 효과를 확인하였으나, 400km/h급 속도에서는 유지보수가 속도에 비례하여 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되어 적용 불가

ㅇ 아스팔트나 우레탄 등의 재료를 활용한 자갈궤도 개량공법은 연구초기단계로 2024년부터 예정된 대개량에 적용하기 곤란

ㅇ 서울교통공사에서 도시철도 자갈궤도 개량을 위해 B2S공법을 개발하여 적용한 사례가 있음

- 1일 10m이내의 작업이 가능하며, 도시철도용으로 일반선과 고속선 적용이 곤란

ㅇ 사전제작형 슬라브패널과 탄성받침을 이용하여 도시철도 자갈궤도를 콘크리트궤도화하는 P-FIT(Precast-Fast Improvement Track)공법을 개발하여 과천선에 시험시공을 하였음

- 1일 최대 20m 시공이 가능하며 도시철도용으로 개발되어 고속선과 일반선 적용이 곤란

□ 국외 기술동향

ㅇ JR 동일본에서는 열차의 승차감 향상과 궤도 보수 작업을 경감시킬 목적으로 개발된 TC형 생력화 궤도를 열차 수송 밀도가 높은 수도권을 중심으로 부설하였음.

- TC형 생력화궤도는 1998년부터 제1기 공사로서 야마노테센(마치다~신쥬쿠~다바타 구간) 35km을 4구간을 4년간에 부설했음.
- 제2기 공사는 시공 체제를 재검토해 2구간을 늘린 6구간의 시공체제로 변경하고 편수식 도상굴삭기 및 대형 호퍼차를 각각 1대 도입해 시공효율을 개선했음.
- 또 충전차 중 1편성을 시멘트 사일로차와 물탱크차를 개량해 충전효율을 대폭 개선하였으며 2002년부터 5년간에 야마노테센(마치다~신쥬쿠~다바타구간)외 4선구의 111km를 부설하였음. 제2기 공사까지 완료되어 주요 5선구 146km를 부설하였음
- 그 결과, 괘선 상태 및 유지보수 경감에 있어 이미 기대했던 효과를 확인할 수 있었기 때문에, 2007년부터 토호쿠 화물선과 톳카이도선을 중심으로 제3기 공사에 착수하였음

ㅇ 일본은 256km의 선로를 포장궤도로 개량하였으며, JR동일본은 제외한 JR서일본, JR중앙, JR홋카이도 등에서도 별도의 선로개량작업을 진행중에 있기 때문에 년간 약 40km(km당 25억원 수준)의 선로구조 개량 시장이 확보되어 있으며, 향후에는 점진적으로 증가할 것으로 예상됨

3. 연구개발 내용

□ 400km/h급 급속경화궤도 설계요구조건 적합성 분석

ㅇ 국내외 고속철도 350km/h이상 설계 및 유지보수 기준 분석

ㅇ 국내에서 진행중인 400km/h급 설계기준 및 유지보수기준 분석

ㅇ 경부고속철도 자갈궤도구간 400km/h급 개량을 위한 설계조건 검토

- 개량공법 개발과 고도화를 위한 주요 고려사항 도출

□ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발

ㅇ 시공단계에서의 시공안전성 및 긴급상황 대응시스템 확보

ㅇ 공정단축을 위한 운영방안 확보

ㅇ 균열저항력 및 부착성능이 개선된 재료의 개발

□ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설

ㅇ 시공공정/장비/재료/안전성 확보를 위한 일반철도 중고속구간에서의 시험부설(1km)

□ 성능검증을 위한 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설

ㅇ 고속선 성능검증을 위한 고속철도 고속구간에서의 시험부설(1km)

ㅇ 300km/h 이상 대역에서의 주행시험

ㅇ 고속선 시공에 따른 인터페이스 검증

□ 시공공정 확보를 위한 시공장비(TLV(Track Lifting Vehicle), 모르터 주입장비) 2차 시작품 제작 및 성능개선

ㅇ 자갈궤도 콘크리트화를 위한 시공장비 사양 도출

- 1일 작업효율 100m 이상 확보 (일평균 100m 이상)
- TLV(궤도리프팅차량) 고도화 (세부 사양 고도화)
- 주입제 혼합 및 주입장비 효율화

ㅇ 시공장비 2차 시제품 제작 및 성능 개선

□ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발

ㅇ 비파괴탐사기법을 활용한 하부지반 상태평가 기술 확보

ㅇ 궤도 및 하부지반 등급화기법 개발

ㅇ 운영중 노선에서의 노반불량개소 개량공법 및 관련기준 개발

□ 국가철도공단 성능검증 대응 및 관련 기준 마련

ㅇ 개발공법 성능검증을 통한 시공성 및 안정성 검증

4. 연구개발 추진방법

 추진전략

□ 산·학·연 협의체 구성

ㅇ 철도유관기관(국가철도공단, 한국철도공사)의 유지관리 및 개량 실무자의 의견 수렴을 위한 협의체 구성

- 운영선 야간차단시간 확보방안
- 시공효율 향상을 위한 개량장비 고도화 사양 도출 및 공법 최적화 방안 도출

ㅇ 400km/h급 건설 및 유지보수 요구 조건 분석

- 400km/h급 궤도 건설 및 유지보수 기준 분석
- 콘크리트화 궤도의 최소 요구사항 정립

ㅇ 개량 궤도의 요구사양 자문

□ 궤도보선 장비 전문제작 업체와 협업

ㅇ 보선장비 제작 업체와 협업

- 유지보수 실무자와 전문가의 개선안 적용을 위한 상세사양 도출
- 국내 자갈궤도 상황에 적합한 장비 개선 및 1차 검증

□ 오송 종합시험선로에서 2차 현장 적용성 검증

ㅇ 오송종합시험선로에서 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증

□ 한산선/폐선 시험시공 및 검증

ㅇ 오송 시험선 현장적용시험의 개선안을 바탕으로 실제 현장조건과 유사한 한산선/폐선에서 시험시공을 통한 검증

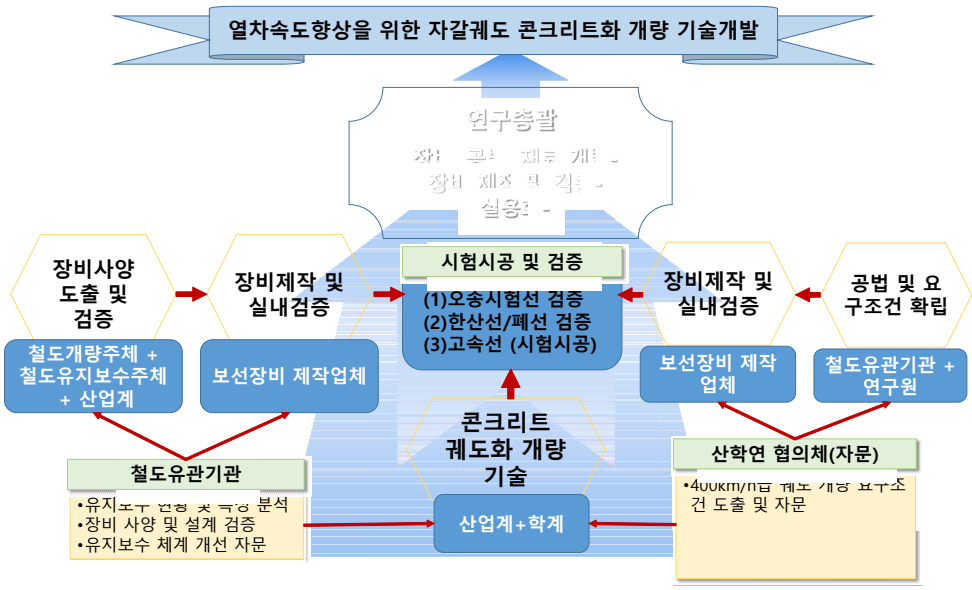
ㅇ 연구완료 후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

□ 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보

ㅇ 철도 운영 및 유지관리주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

- 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축
- 모니터링 체계구축

□ 추진체계



5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

□ 운영중 자갈궤도 콘크리트화 개량 공법

○ 운영중인 고속철도 자갈궤도 개량 공법 (시공성 일평균 100m 이상)

□ 자갈궤도 콘크리트화 개량 장비

○ 궤도리프팅차량(TLV, Track Lifting Vehicle)

○ 몰탈 혼합 및 주입장비

□ 하부노반 비파괴 평가기술 및 개량기술

○ Machine learning 기반 하부지반 상태평가기술

○ 그라우팅 및 geosythetics 기반 하부지반 개량 기술

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

○ 국가철도망 구축계획과 철도산업발전 기본계획 실현

○ 경부축 400km/h급 증속으로 전국 주요도시 2시간 이내 도달 가능

□ 경제적 효과

○ 고속철도 400km/h급 세계 선도로 해외 고속철도 시장 진출

○ 전국 균형발전의 토대 구축

○ 자갈궤도 개량 및 유지보수 비용비용 대폭 절감(311억원/년 절감 예상)

※ **도상개량비용 182억원/년** 이상 절감. 침목개량비용 등 일부 개량비용 절감 가능

※ 고속선 유지보수비용 258원/년의 50%인 **129억원/년** 절감 가능

□ 사회적 효과

ㅇ 자갈궤도 개량(자갈교환)작업이 없어져 연간 200일의 열차서행이 사라져 정시성 확보

ㅇ 고령화 등으로 유지보수 인력 감소에 대응할 수 있어 효율적인 고속열차 운행 가능

7. 연구개발기간 및 소요예산

ㅇ 총 연구기간 : 5년

ㅇ 총 정부출연금 : **143억원**

□ 연차별 연구개발 내용

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차년도)	○ 400km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립 · 국내외 고속철도 350km/h이상 설계 및 유지보수 기준 분석 · 국내에서 진행중인 400km/h급 설계기준 및 유지보수기준 분석	요구조건 및 사양서	50
	○ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발 · 주입재료 성능향상을 위한 Steel fiber 혼합 및 적용성 연구	Steel fiber 설계서	200
	○ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설 (I) · 궤도성능검증을 위한 설계/노선/시공조건 검토	설계서	450
	○ 운영중인 고속선 개량 시공성 향상을 위한 장비와 공법 고도화 · 자갈궤도 콘크리트화를 위한 시공장비 사양 도출 · 장비 기본설계	사양서 및 기본설계	500
	○ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발 · 비파괴탐사기법을 활용한 하부지반 상태평가 기술 개발	상태평가 기술	100
	소 계		**1,300**
2023년 (2차년도)	○ 400km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립 · 경부고속철도 자갈궤도구간 400km/h급 개량을 위한 사양 도출	사양서	50
	○ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발 · 경제성확보를 위한 설계기준개선방안 검토	설계서	150
	○ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설 (I) · 기존선 시험부설 착수	설계서	2,500
	○ 운영중인 고속선 개량 시공성 향상을 위한 장비와 공법 고도화 · 주입장비 및 궤광리프팅장비의 2차 시제품	사양서 및 상세설계	3,200

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	상세설계 및 제작		
	○ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발 · 오송-평택구간 대상 상태평가 실시 · 오송-평택구간 노반지지력 DB화	상태평가 기술	200
	소 계		**6,100**
2024년 (3차년도)	○ 400km/h급 궤도 설계기준 및 요구조건 정립 · 시험시공을 통한 검증 (모니터링 등)	모니터링 보고서	50
	○ 안전성/내구성/시공성/경제성 향상을 위한 요소기술 개발 · 경제성확보를 위한 설계기준개선방안 검토 ※ · 현장상황을 고려한 최적 고결시간 연구	설계서	100
	○ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설 (Ⅰ) • 부설구간 성능 평가	모니터링 보고서	150
	○ 운영중인 고속선 개량 시공성 향상을 위한 장비와 공법 고도화 • 시공장비 제작 완료	개량 시공장비	1,200
	○ 하부지반 상태평가 및 보강기술 개발 • 운영중 노선에서 불량개소 개량공법 개발 – 그라우팅 재료 개발/ Geosythetics 시공법 개발	하부노반 보강 재료	200
	소 계		**1,700**
2025년 (4차년도)	○ 성능검증을 위한 기존선 토공/교량/터널 구간 시험부설 (Ⅰ) • 부설구간 성능평가	모니터링 보고서	100
	○ 성능검증을 위한 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설 (Ⅱ) • 궤도성능검증을 위한 고속선 설계/노선/시공조건 검토	설계서	200
	○ 운영중인 고속선 개량 시공성 향상을 위한 장비와 공법 고도화 • 시공장비 검증 및 시험시공 • 시공장비 개선	시공장비 고도화	900
	○ 하부지반 건전도 평가 및 개량기술 개발 • 개량기술개발 및 검증	시험시공체	100
	소 계		**1,300**
2026년 (5차년도)	○ 성능검증을 위한 고속선 토공/교량/터널 구간 시험부설 (Ⅱ) • 현장시험부설 및 성능평가	설계서	2,650
	○ 운영중인 고속선 개량 시공성 향상을 위한 장비와 공법 고도화 • 시공장비 개선	시공장비 고도화	1,100

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	○ 하부지반 건전도 평가 및 개량기술 개발 • 관련 기준 마련	설계기준	50
	○ 국가철도공단 성능검증 대응 • 국가철도공단 성능검증 대응 • 관련 건설기준 마련	성능검증 보고서, 관련기준	100
	소 계		**3,900**
합 계			11,000

8. 기타

PART III.

철도 선로 핵심 보수장비 국산화 기술 개발

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

제1절 연구개발 배경 및 필요성 ····· 1

1. 추진배경 및 필요성 ····· 1

2. 추진 근거 ····· 5

3. 기획연구 추진경과 ····· 6

제2절 기술의 정의 및 분류체계 ····· 7

1. 기술의 정의 ····· 7

2. 기술 분류체계 ····· 8

제2장 국내외 정책 및 산업 동향 분석 ····· 9

제1절 국내외 정책 동향 ····· 9

1. 국내 ····· 9

2. 국외 ····· 22

3. 시사점 ····· 27

제2절 국내외 철도 궤도 유지보수 산업 동향 ····· 28

1. 국내 ····· 28

2. 국외 ····· 37

3. 시사점 ····· 41

제3절 철도 궤도 유지보수 필요 장비 도출 ····· 42

1. 기술개발 필요 장비 도출 과정 ····· 42

2. (1단계) 국내 철도 궤도 유지보수 체계 분석 ····· 43

3. (2단계) 철도 궤도 유지보수 문제점 및 이슈 발굴 ····· 50

4. (3단계) 요구량 도출 ····· 56

5. (4단계) 기술수요조사 ····· 59

6. (5단계) 개발 필요 장비(안) 도출 ····· 61

7. (6단계) 전문가 검토 및 우선순위 평가 ····· 62

제3장 국내·외 기술동향 및 역량 분석 ····· 65

제1절 국내·외 기술동향 ····· 65

1. 자갈도상 다짐 및 강성 측정 기술 ····· 65
2. 레일 용접 기술 ····· 75
제2절 특허 및 논문 분석 ····· 81
1. 특허분석 ····· 81
2. 논문분석 ····· 104
3. 시사점 ····· 110
제3절 연구개발 인프라 분석 ····· 111
1. 철도장비분야 연구인력 현황 ····· 111
2. 철도 R&D 시설현황 ····· 117
3. 시사점 ····· 121
제4절 기술개발 방향 설정 ····· 122

제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 124
제1절 비전 및 목표설정 ····· 124
1. 비전 ····· 124
2. 기술개발 목표 ····· 124
3. 성과목표 및 성과지표 설정 ····· 126
제2절 연구개발 과제 구성 ····· 127
1. 세부과제별 주요 내용 및 로드맵 ····· 127
2. 기술준비도(TRL) 목표 ····· 128
3. 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성 ····· 131
제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 135
1. 세부과제별 주요내용 ····· 135
2. 추진전략 ····· 141
제4절 연구추진체계 ····· 143
1. 연구추진체계 ····· 143
2. 연구 참여 주체별 역할 ····· 144
제5절 기술개발 및 성과 로드맵 ····· 145
1. 세부과제별 기술성과 로드맵 ····· 145
제6절 성과활용 및 사업화 전략 ····· 146
1. 성과활용 방안 ····· 146
2. 사업화 전략 ····· 147

제5장 자원투입 계획 ····· 148
제1절 소요예산 투입계획 ····· 148
1. 연차별 소요예산 ····· 148
2. 세부과제별 연차별 소요예산 ····· 150
제2절 인력투입계획 ····· 151

제6장 사전 타당성 분석 ····· 152
제1절 사업논리모형 ····· 152
제2절 과학기술적 타당성 ····· 154
1. 과학기술적 타당성 분석 개요 ····· 154
2. 과학기술적 타당성 분석 주요 내용 ····· 154
제3절 정책적 타당성 ····· 161
1. 정책적 타당성 분석 개요 ····· 161
2. 정책적 타당성 분석 주요 내용 ····· 161
제4절 경제적 타당성 ····· 166
1. 경제적 타당성 분석 개요 ····· 166
2. 경제적 타당성 분석 결과 ····· 167

제7장 별첨 ····· 177
제1절 참고문헌 ····· 177
제2절 자문위원 명단 ····· 179
제3절 수요조사 결과 ····· 180
1. 개발 필요 장비(안) 도출 ····· 182
2. 전문가 검토 및 우선순위 평가 ····· 182
제4절 세부과제별 과제제안요구서(RFP) ····· 185

표 목 차

표 1-1 한국철도공사 유지보수 비용 현황 ····· 1
표 1-2 10년간 유지보수 및 개량 투자실적 ····· 3
표 2-1 철도궤도 유지관리 관련 주요 법령 내용 ····· 9
표 2-2 장비 산업 관련 주요 법령 내용 ····· 11
표 2-3 열차 운행선로 인접 작업 안전대책 6대 추진 방향 ····· 18
표 2-4 선로작업자 안전강화 대책 6대 추진 방향 ····· 20
표 2-5 유럽 철도기술전략 내 철도시스템 요소별 목표(비전) ····· 22
표 2-6 유럽 철도기술전략의 요소별 세부기술 ····· 22
표 2-7 궤도구조별 궤도 연장 현황 ····· 31
표 2-8 향후 5년간 국가철도 유지보수 인력 현황 및 투자비용 ····· 32
표 2-9 10년간 유지보수 및 개량 투자실적 ····· 32
표 2-10 10년간 유지보수 투자실적 ····· 33
표 2-11 10년간 개량 투자실적 ····· 33
표 2-12 한국철도공사 연도별 유지보수 및 개량 비용 ····· 34
표 2-13 한국철도공사 유지보수장비 보유 현황 ····· 35
표 2-14 국가철도공단 유지보수장비 보유 현황 ····· 36
표 2-15 서울교통공사 유지보수장비 보유 현황 ····· 36
표 2-16 궤도시스템분야 신설 및 개량과 유지보수 및 교체 권역별 시장규모·성장률 ····· 37
표 2-17 철도 궤도 유지보수 장비 분야 주요 기업별 특징 비교 ····· 40
표 2-18 궤도 유지보수 종류 ····· 44
표 2-19 철도 선로 분야 유지보수 작업별 소요시간 ····· 50
표 2-20 철도 유형별 항목별 유지보수 예산 비교 ····· 52
표 2-21 장대레일절손 현황 ····· 54
표 2-22 고속선 자갈궤도구간 유지보수 요구량 예측 ····· 56
표 2-23 일반선 유지보수 현황 ····· 57
표 2-24 일반선 자갈궤도구간 유지보수 요구량 예측 ····· 58
표 2-25 철도 레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발 기술수요목록 및 유사중복 조정 ···· 60
표 2-26 우선순위 평가 항목 ····· 62

표 2-27 우선순위 평가 결과 ····· 63
표 3-1 다짐폭 조절이 가능한 탬핑유닛 사양 ····· 66
표 3-2 궤도강성지수에 따른 궤도상태 구분 ····· 68
표 3-3 4가지 용접 방식별 특징 비교 ····· 75
표 3-4 중국 CARS 이동식 용접장비 세부성능 ····· 79
표 3-5 국외 이동형 용접장비 스펙 비교 ····· 80
표 3-6 특허분석 대상 DB ····· 81
표 3-7 핵심장비별 특허 검색식 ····· 82
표 3-8 유효 특허 결과 현황 ····· 82
표 3-9 출원인(기관) 국적별 자갈도상 다짐 장비 특허출원 현황(자국출원비중) ····· 86
표 3-10 자갈도상 다짐 장비 분야 출원인(기관) 유형-국가별 특허출원 현황 ····· 87
표 3-11 자갈도상 다짐 장비 분야 전세계 주요 출원인(기관) 목록 ····· 87
표 3-12 자갈도상 다짐 장비 분야 국내 주요 출원인(기관) 목록 ····· 87
표 3-13 국가별 특허 지수 분석결과(자갈도상 다짐 장비) ····· 89
표 3-14 국가별 포트폴리오 분석(자갈도상 다짐 장비) ····· 89
표 3-15 주요 특허 목록(자갈도상 다짐 장비) ····· 90
표 3-16 주요 특허 내용(자갈도상 다짐 장비) ····· 91
표 3-17 출원인(기관)국적별 레일 용접 장비 특허출원 현황(자국출원비중) ····· 97
표 3-18 레일 용접 장비 분야 출원인(기관) 유형-국가별 특허출원 현황 ····· 98
표 3-19 레일 용접 장비 분야 전세계 주요 출원인(기관) 목록 ····· 98
표 3-20 레일 용접 장비 분야 국내 주요 출원인(기관) 목록 ····· 98
표 3-21 국가별 특허 지수 분석결과(레일 용접 장비) ····· 100
표 3-22 국가별 포트폴리오 분석(레일 용접 장비) ····· 100
표 3-23 주요 특허 목록(레일 용접 장비) ····· 101
표 3-24 주요 특허 내용(레일 용접 장비) ····· 101
표 3-25 논문분석 대상 DB ····· 104
표 3-26 핵심장비별 논문 검색식 ····· 104
표 3-27 유효 논문 결과 현황 ····· 105
표 3-28 국가별 자갈도상 다짐 장비 SCI논문 게재 현황 ····· 106
표 3-29 국가별 논문 피인용 횟수 및 영향력 지수 ····· 107
표 3-30 국가별 레일 용접 장비 SCI논문 게재 현황 ····· 108

표 3-31 국가별 레일 용접 장비 SCI논문 피인용 횟수 및 영향력 지수 ····· 109
표 3-32 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야별 국가R&D 인력 조사 DB 개요 ····· 111
표 3-33 철도장비 산업분야 연구원수별 재원별 연구개발비 규모 ····· 114
표 3-34 철도장비 산업분야 연구원수별 용도별 연구개발비 규모 ····· 114
표 3-35 철도장비 산업분야 연구원수별 용도별 연구개발비 규모 ····· 115
표 3-36 철도장비 산업분야 연구원수별 연구개발관계종사자 규모 ····· 115
표 3-37 철도장비 산업분야 연구원수별 연구개발관계종사자 규모 ····· 115
표 3-38 철도종합시험선로 건축 및 구조물 현황 ····· 117
표 3-39 종합시험선로 교량 현황 ····· 118
표 3-40 종합시험선로 터널 현황 ····· 118
표 3-41 궤도분야 TEST-BED 세부현황 ····· 119
표 3-42 노반, 교량분야 TEST-BED 세부현황 ····· 119
표 4-1 외산 이동식 플래시버트 용접장비와 1세부 성능목표 비교 ····· 125
표 4-2 외산 중소형 다짐장비와 2세부 성능목표 비교 ····· 125
표 4-3 세부과제별 주요내용 ····· 127
표 4-4 세부과제별 연차별 기술준비도 목표수준 ····· 128
표 4-5 기술준비도(TRL) 기준 근거 ····· 129
표 4-6 연구단계 및 TRL단계 정의 ····· 129
표 4-7 2세부과제 개발목표 및 내용 ····· 137
표 4-8 1세부 개발목표 및 내용 ····· 139
표 4-9 각 연구 참여 주체별 역할 및 기능 ····· 144
표 4-10 세부과제별 최종성과물 활용방안 ····· 146
표 5-1 연차별 소요예산 ····· 148
표 5-2 국토교통부 소관 연구개발사업 연구비 출연·부담 기준 ····· 149
표 5-3 2세부과제 연차별 소요예산 ····· 150
표 5-4 1세부과제 연차별 소요예산 ····· 150
표 5-5 소요인력 ····· 151
표 6-1 장비·장치 우선순위 평가 참여 분과위원 명단 ····· 155
표 6-2 중소형 다짐장비 성능 비교 ····· 157
표 6-3 이동식 플래시버트 용접장비 성능 비교 ····· 157
표 6-4 NTIS 과제 검색 기반 유사과제 목록 ····· 160

표 6-5 상위계획과의 부합성 조사 결과 ····· 162
표 6-6 세부과제별 연차별 소요예산 ····· 167
표 6-7 편익 기간(편익 발생기간) ····· 169
표 6-8 철도기술연구사업의 R&D 사업화 성공율 도출 ····· 171
표 6-9 다짐장비 수요별 국산장비도입효과 ····· 171
표 6-10 연도별 이동식 플래시버트 용접장비 수요 예상 ····· 172
표 6-11 운행선 절손 건수(한국철도공사, 일반철도) ····· 173
표 6-12 예상되는 철도선로연장 거리 및 운행선 절손 건수(추정) ····· 173
표 6-13 연간 가스압접 및 테르밋 작업 진행 건수(한국철도공사) ····· 174
표 6-14 예상되는 연간 신선 철도선로연장 거리별 용접작업 건수(추정) ····· 174
표 6-15 '자갈궤도 다짐장비' 과제 총 비용 산출 ····· 175
표 6-16 '자갈궤도 다짐장비' 과제의 부가가치편익 산출 ····· 175
표 6-17 '이동식 플래시버트 용접장비' 과제 총 비용 산출 ····· 176
표 6-18 '이동식 플래시버트 용접장비' 과제의 부가가치편익 산출 ····· 176

그림 목차

그림 1-1 철도분야 수출입현황, 2018년 ····· 3
그림 2-1 소재·부품·장비 경쟁력 강화대책 비전체계도 ····· 10
그림 2-2 수요-공급기업 및 수요기업간 강력한 협력모델 유형 ····· 11
그림 2-3 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)의 비전, 목표 및 6대 추진방향 ····· 13
그림 2-4 제1차 기반시설관리 기본계획('20-'25)의 비전, 목표, 추진전략 ····· 14
그림 2-5 제1차 기반시설관리 기본계획('20-'25)을 통한 변화모습 ····· 15
그림 2-6 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 전략 및 중점 추진과제 ····· 16
그림 2-7 국토교통성의 교통정책 기본계획 요약 ····· 24
그림 2-8 동일본철도회사 철도안전에 대한 비전 ····· 25
그림 2-9 영국의 건설전략 2016-2020 계획 ····· 26
그림 2-10 국내외 정책 동향 주요 시사점 ····· 27
그림 2-11 국가철도 영업연장 복선화율, 전철화율 변화추이 ····· 28
그림 2-12 경부고속선 1단계 구간 열차통과톤수 변화 ····· 28
그림 2-13 평택-오송 2복선화 및 철도사업 계획 ····· 29
그림 2-14 주요간선 EMU-250 투입계획 ····· 30
그림 2-15 국내 SOC 투자비중 변화 추이 ····· 32
그림 2-16 한국철도공사 유지보수비 예산 프로세스 ('19년) ····· 33
그림 2-17 베트남 철도 산업 투자계획 및 궤도 유지보수 장비 현황 ····· 38
그림 2-18 기술개발 필요 장비 도출 과정 ····· 42
그림 2-19 한국철도공사 궤도 유지보수 체계 ····· 43
그림 2-20 1종 기계작업 장비 ····· 45
그림 2-21 1종 인력작업 ····· 45
그림 2-22 2종 기계작업 장비 ····· 46
그림 2-23 분기기 다짐장비 ····· 47
그림 2-24 레일재설정 작업(레일인장 재설정(좌), 레일가열식 재설정(우) ····· 47
그림 2-25 테르밋용접(좌), 가스압접(우) ····· 47
그림 2-26 플래시버트 용접장비(좌), 이동식 플래시버트 용접장비(우) ····· 48
그림 2-27 대형레일연마차 ····· 48

그림 2-28 소형레일연마장비 ····· 48
그림 2-29 레일연마 전, 후 비교 ····· 49
그림 2-30 침목교환 작업 ····· 49
그림 2-31 단위 궤도연장당 탬핑유지보수 비교 ····· 51
그림 2-32 인력 중심 다짐 작업으로 인한 저효율 현상 발생 ····· 53
그림 2-33 월별 절손 발생 누적량(건) ····· 54
그림 2-34 최근 5년간 총 부설 및 장대연장 대비 결함개소 현황 ····· 54
그림 2-35 고속선 자갈궤도 구간 년평균 다짐연장 변화 추이 및 예측 ····· 56
그림 2-36 기술수요조사서 ····· 59
그림 2-37 철도 레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발 분야 기술수요조사결과 ····· 60
그림 2-38 레일유지보수 핵심장비 개발 기획 분과위원회 운영 ····· 63
그림 3-1 형상변경침목(Intermedia block(좌), Half frame sleeper(우)) ····· 66
그림 3-2 탬핑유닛 개요도 ····· 67
그림 3-3 한국철도연구원에서 개발한 도상개량장비와 탬핑유닛 ····· 67
그림 3-4 자갈 다짐기(Tamping unit) 모델링과 해석결과 ····· 69
그림 3-5 Satellite 기술이 탑재된 대형다짐장비 ····· 70
그림 3-6 자갈도상 다짐장비의 근접센서와 작업모습 ····· 70
그림 3-7 소형탬핑장비: 중국(좌), 인도(우) ····· 71
그림 3-8 RSMV 전경사진 및 측정 원리 ····· 72
그림 3-9 미국의 네브라스카 대학교의 강성측정 원리 ····· 72
그림 3-10 스위스 철도 SBB의 강성측정 장비 ····· 73
그림 3-11 LFWD 시험방법(좌) 및 자체 제작된 궤도지지강성 측정시스템 ····· 73
그림 3-12 독일의 철도시설과 차량연계 유지관리시스템 개념도 ····· 74
그림 3-13 각 용접방법별 HAZ분포 ····· 75
그림 3-14 용접방법에 따른 레일손상발생 건수와 불량 증가율 ····· 77
그림 3-15 스위스 Schlatter 고정식 용접장비 ····· 78
그림 3-16 스위스 Schlatter 이동식 레일 용접기 ····· 78
그림 3-17 미국 Holland 이동식 용접장비 ····· 79
그림 3-18 중국 CARS 이동식 용접장비 ····· 79
그림 3-19 자갈도상 다짐 장비 분야 전체 및 한국 특허출원 동향 (단위: 건수) ····· 83
그림 3-20 다짐 장비 분야 주요국별 특허출원 비중(단위: 건수) ····· 84

그림 3-21 전체 자갈도상 다짐 장비 기술주기 ····· 84
그림 3-22 주요국별 자갈도상 다짐 장비 특허 기술주기 ····· 85
그림 3-23 레일 용접 장비 분야 전체 및 한국 특허출원 동향 (단위: 건수) ····· 94
그림 3-24 레일 용접 장비 분야 주요국별 특허출원 비중(단위: 건수) ····· 95
그림 3-25 전체 레일 용접 장비 기술주기 ····· 95
그림 3-26 주요국별 레일 용접 장비 특허 기술주기 ····· 96
그림 3-27 자갈도상 다짐 장비 SCI논문 게재 현황 ····· 106
그림 3-28 레일 용접 장비 SCI논문 게재 현황 ····· 108
그림 3-29 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야의 연도별 기관유형별 투자 규모 ····· 112
그림 3-30 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야의 기관유형별 투자 비중 ····· 112
그림 3-31 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야의 연도별 참여연구인력 규모 ····· 113
그림 3-32 철도종합시험선로 노선도 ····· 117
그림 3-33 궤도분야 TEST-BED 현황도 ····· 119
그림 3-34 노반, 교량분야 TEST-BED 현황도 ····· 119
그림 3-35 궤도리프팅차량(TLV) ····· 120
그림 3-36 장비별 기술개발 방향 도출 과정 ····· 122
그림 3-37 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비의 기술개발방향 ····· 123
그림 3-38 이동식 레일 용접 장비의 기술개발방향 ····· 123
그림 4-1 TRL 단계별 정의 ····· 129
그림 4-2 레일유지보수 핵심장비 국산화 기술개발사업 연구추진체계 ····· 143
그림 4-3 철도종합시험선로 ····· 147
그림 6-1 기획보고서에 기반한 논리모형 분석 ····· 153
그림 6-2 과제 총괄목표 및 세부과제별 성능목표 ····· 158
그림 6-3 세부과제 도출 과정 ····· 159
그림 6-4 정책적 타당성 분석의 평가항목(1계층, 2계층, 3계층) ····· 161
그림 6-5 편익 추정방법 과정 ····· 166
그림 6-6 본 연구과제의 편익항목 도출 ····· 168
그림 6-7 본 연구과제의 비용저감(유지보수) 편익 산출법 ····· 168
그림 6-8 본 연구과제의 비용저감(국산화장비 대체) 편익 산출법 ····· 168

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 연구개발 배경 및 필요성

1. 추진배경 및 필요성

❑ 철도는 국민이 사용하는 국가기간 교통망으로서 시설물 노후화에 따른 국민 불안감 해소 및 기술 환경 변화에 체계적으로 대응하기 위한 범정부차원의 개선 노력 필요

○ 본사업의 개발대상은 철도안전운행을 위한 궤도 유지보수에 가장 중요한 장비로서, 작업자 안전보호, 열차안전운행을 위해 향후 수요가 매우 높을 것으로 예상됨

❑ 현재 사용 중인 용접장비, 다짐장비은 수입하여 사용하고 있으나, 세부 변경설계나 시스템 고장 시 접근이 거의 불가능한 실정이며, 주요부품 고장발생 시 자체보수 불가, 과다한 유지보수 비용과 장기간 소요(약 6개월)로 유지관리 공백 발생 등 원제작사 기술의존도가 심각한 실정

❑ 철도안전 및 유지보수 효율성 향상을 위한 인력중심에서 첨단·자동화 장비를 통한 유지보수로 전환하기 위해서는 수요가 많으나 전량 외산 의존 중인 주요 레일 유지보수 장비의 국산화 및 성능개선 필요

○ 국가는 철도시설이 안전하게 유지관리 될 수 있도록 유지관리계획을 수립하고 시설관리자는 그에 따른 유지보수, 개량 등 시행할 의무가 있음

※ "철도의 건설 및 유지관리에 관한 법률(2019.03)"

○ 현재 국철의 유지보수는 한국철도공사가 한국철도시설공단의 위탁을 받아 시행 중이며, 이에 소요되는 예산은 국가(국토부)의 위탁을 받은 철도시설공단이 한국철도공사로 집행하며 이는 전액 국고임

표 1-1 한국철도공사 유지보수 비용 현황

(단위: 백만원)

구분	2016	2017	2018	2019
전체 유지보수 및 개량 비용	771,818	762,100	805,823	908,112
궤도/노반 유지보수 및 개량 비용	678,677	641,328	696,537	736,357

❑ 빈번하는 운행선 작업자 사상사고에 대한 근본적 예방대책이 요구되며, 야간 차단시간(3.5hr)내 작업을 위해서는 유지보수 작업의 자동화 및 효율화 필요

※ (작업자 사망사고건수) '13년 5건 → '14년 5건 → '15년 5건 → '16년 1건 → '17년 4건

※ 열차 운행선로 인접 작업 안전대책(국토부, '18.3)에 따라 선로보수 및 검측 기계화 추진

❑ 철도연장 증가, 열차속도 향상 및 통과톤수 증가, 선로노후화 등으로 레일 유지보수 중요성이 증대하고 있으나, 작업시간 부족, 외산장비의 잦은 고장 및 수리지연* 등으로 선로

장애 지속 발생 중

※ 외산장비 고장 시 과다한 유지보수 비용과 장기간 소요(최대 6개월)로 유지보수 공백 발생

❑ 기존 인력위주 궤도 유지보수는 작업 품질과 효율이 낮고 작업자 사상사고 등 안전에 취약하여 인력 및 작업시간을 최소화 할 수 있도록 첨단 선로보수 장비의 도입 필요

❑ 따라서 유지보수 현장 활용도 및 국내 수요가 높은 주요 궤도 유지보수 장비를 외산제품 이상의 성능 및 신뢰성을 확보토록 개발 신규지원

❑ 특히 국내 철도운영기관 및 장비제작 업체 등의 참여를 통해 기존 외산 운용장비의 문제점을 개선한 고성능 장비를 개발하고 현장적용성을 검증토록 하여 실용화 가능성 제고

❍ (플래시버트 용접장비) 기존 방식(가스압접, 테르밋) 용접시 발생하는 모재의 열변형 등에 따른 빈번한 레일절손을 방지하고 별도의 후처리 작업 등이 필요한 외산 용접장비의 문제점을 개선한 고성능 이동식 플래시버트 용접장비 개발을 위한 소요예산 요구

❍ (다짐장비) 안전사고 위험 높고 작업효율이 낮은 수동다짐을 최소화하고 외산 중대형 다짐장비의 느린 작업속도, 높은 가격 등의 한계를 극복한 활용성이 높은 중소형 자갈 궤도 다짐장비 개발 소요예산 요구

❑ 열차 운행속도, 궤도연장, 통행량 증가 및 유지보수를 위한 차단시간 과소로 궤도 유지보수 방법의 첨단화, 과학화 요구 증대

❑ 특히 다짐작업과 레일용접은 인력 작업 수행에 따른 작업품질 및 효율저하를 초래하며 작업자 사상사고 빈번으로 유지보수 작업의 기계화 필요

❑ R&D 추진 필요성

❍ 요구사양을 정하여 발주시 국내 환경 및 열차운행조건 등을 고려한 성능 및 신뢰성 구현이 곤란

※ (환경) 국내 레일온도는 –20~+60℃까지 변화하여 축력 변화 극심

※ (운행조건) 국외와 달리 일반·고속 철도 혼용운영과 열차종류별 작용 하중이 상이하여 레일용접부, 자갈 궤도 등에 미치는 영향이 큼

※ (작업조건) 국외의 경우 선로용량 여유로 충분한 작업시간 확보 가능하나 국내의 경우 선로조건별 작업시간(2.5~ 3.5H)이 상이하고 짧음

❍ 특히 용접 후 용접부 면처리 기술, 용접품질 검사 기능, 다짐 후 궤도강성 측정 등은 기존 외산 장비에는 없는 기능으로 국내 환경에 맞는 기술개발이 요구됨

❍ 국내 환경 및 조건을 고려한 설계와 실제 작업환경에서의 시범적용을 통한 성능 및 신뢰성 검증이 요구되고 개발품의 상용화를 담보하기 위해 수요처가 참여하는 R&D 추진이 바람직함

❑ 국내 수요

❍ 고속/일반철도의 경우 호남고속철도 2단계 등 고속철도 사업 4개 등 신규노선 1,795km, 도시철도 475km 건설 예정으로 총 2,270km의 유지보수 연장 증가 예정

※ 출처 : 3차 국가철도망구축계획('21~'25)

○ 본 사업의 소요예산 고려시 현재 예상되는 국내 수요 대응만으로도 투자비용 이상의 수입대체효과는 물론 국내 중소장비업체의 기술력 및 매출 향상 효과 기대 가능

○ (이동식 플래시버트 용접장비)

– 한국철도공사의 경우 12개 지역본부당 2대, 고속사업단 3대 등 총 27대의 수요가 있으며,

– 도시철도운영기관의 경우 서울교통공사 3대, 부산교통공사 2대 등 총 11대의 수요 확인

– 또한 향후 신선건설로 약 7대의 추가 수요가 발생 예정

○ (자갈궤도 다짐장비)

– 한국철도공사 사업소당 1대 가량 총 76대의 수요가 있으며, 신선건설로 약 23대의 추가 수요 순차적 발생 예상

❑ (국내 유지보수 시장) 신규 철도건설은 줄어드는 반면 선로연장 증대 및 시설 노후화에 따른 유지보수 및 개량시장의 비중은 지속 증가 추세

○ 유지보수 및 개량예산은 지난 10년간 243% 증가

표 1-2 10년간 유지보수 및 개량 투자실적

(단위 : 억원)

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
유지보수 비용	7,225	6,996 (-3.2)	7,016 (-2.9)	7,220 (-0.1)	7,721 (6.9)	7,736 (7.1)	7,650 (5.9)	8,179 (13.2)	8,440 (16.8)	9,279 (28.4)
개량비용	1,333	2,300 (72.5)	3,332 (149.9)	3,048 (128.6)	4,646 (248.4)	4,659 (249.4)	5,511 (313.3)	6,016 (351.2)	9,223 (591.7)	11,495 (762.1)
유지보수+ 개량비용	8,559	9,296 (8.6)	10,349 (20.9)	10,267 (20.2)	12,367 (44.5)	12,395 (44.8)	13,161 (53.8)	14,194 (65.8)	17,663 (106.4)	20,774 (142.7)

❑ (유지보수장비 수입 증가) 철도분야 수입품목 중 시설 유지보수를 위한 검측차 등 유지보수장비/차량의 수입은 철도차량에 이은 2위 품목으로 향후 지속적인 수입증가가 예상됨

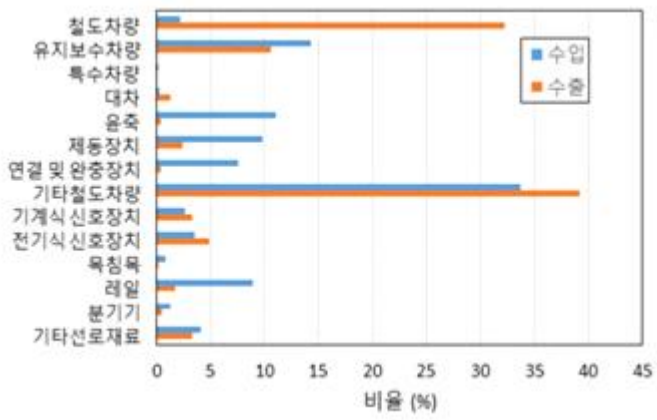


그림 1-1 철도분야 수출입현황, 2018년

❑ (국외 유지보수 시장)

❍ 유지보수 및 개량을 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도시장의 40%를 차지하며 빠르게 성장(연평균 2.8%) 중

❍ 특히 궤도 유지보수 및 교체 시장은 '15년 기준 239억 유로로 3.5%의 평균 성장률을 보이며 전 권역에서 플러스 성장률을 보이고 있음

❑ (주요 유지보수 장비별 시장)

❍ 자갈 선형정정과 다짐장비(MTT)는 Plasser & Theurer社(오스트리아)가 전세계시장의 90%이상을 차지하고 있으며 그 외 CRCC (중국), Matisa (스위스), Robel (독일), Harsco Rail (미국) 등이 제작·공급 중

❍ 플레쉬버트 방식 레일 용접장비는 Schlatter社(스위스) 및 Holland社(미국)에서 생산 중이며 국내 2대 도입하였으나, 중량이 크고 이동성이 낮은 등 성능한계로 영업선 현장용접에는 미활용 중

❍ 선로전환기는 독일, 프랑스, 오스트리아, 일본 등 4개 제품을 국제적으로 활용 중이며 프랑스는 MJ81 기계식 선로전환기, 독일은 지멘스社 기계식 선로전환기(S700K)와 VAEE社의 유압식 선로전환기(Hydro-STAR) 사용 중

2. 추진 근거

❑ (소재부품장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법) 국내 소재・부품・장비산업 경쟁력 강화 및 산업생태계 활성화 추진

❑ (철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률) 철도시설관리자가 철도시설의 생애주기 관리를 하도록 하고, 국가가 철도시설의 유지관리 실태를 점검토록 철도건설법을 개정 ('19.3.20)

❑ (제3차 철도산업발전 기본계획) 고속·정밀 검측 장비 등을 도입하여 인력중심의 점검업무를 검측장비로 대체함으로써 종사자 안전확보 및 유지보수 효율화 도모

※ * 유지보수 인력 0.796명/km('15)→0.676명/km('20) 이하

❑ (제3차 철도안전종합계획) 작업자 선로진입 최소화를 위한 자동검측차 등 첨단장비 도입 확대 및 내구연한 도달 핵심 유지보수 장비 단계적 교체

❑ (열차 운행선로 인접 작업 안전대책) 반복적으로 발생하는 작업자 안전사고를 예방하기 위해 자갈다짐 등 선로보수를 위해 운행선에 투입되는 인력 및 작업시간을 최소화할 수 있도록 선로보수 장비 도입 (국토부, '18.3.)

※ * 1억 km 당 작업자 사망(명, `15년):(韓) 3.6, (獨) 1.1, (佛) 0.4, (英) 0.0, (伊) 0.0

○ 국정과제 32. 국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화

○ 국토교통과학기술육성법 제8조(연구개발사업의 추진)

– ①국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업을 할 수 있다.

○ 철도산업발전기본법 제11조(철도기술의 진흥 등)

– ①국토교통부장관은 철도기술의 진흥 및 육성을 위하여 철도기술전반에 대한 연구 및 개발에 노력하여야 한다.

○ 철도안전법 제68조(철도안전기술의 진흥)

– 국토교통부장관은 철도안전에 관한 기술의 진흥을 위하여 연구개발의 촉진 및 그 성과의 보급 등 필요한 시책을 마련하여 추진하여야 한다.

3. 기획연구 추진경과

❑ ‘18.3 :「열차 운행선로 인접 작업 안전대책」수립(국토부)

❑ ‘19.3 :「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」개정

❍ 법률 개정을 통해 유지보수 비용 절감 및 철도인프라 안전관리 강화 추진

❑ ‘19.7 : 철도운영기관 R&D 협의체 개최

❍ 철도산업이 당면한 문제 및 이슈를 논의하고 철도 유지관리 효율성 및 안전성 향상에 대한 필요성 확인

❑ ‘19.11 : 기획연구 착수

❍ (과제명) 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발

❑ 기획연구 착수 (‘19.12)

※ 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발 (철도연, ‘19.12.~’20.12.)

❑ 기술수요조사 실시 (‘19.12)

❑ 우선순위 장비 2종 선정 (‘20.2)

❑ 장비별 세부 연구내용 도출 (‘20.3~9)

❑ 사전 타당성 분석 (‘20.10)

❑ 기획보고서 작성 (‘20.11~12)

제2절 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

❑ 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비

❍ 기존 인력에 의존한 다짐작업 비율이 높아 작업효율이 낮고 안전사고 위험이 커 수동 다짐을 최소화하고 외산 대형 다짐장비 대비 경량소형으로 이동성 및 활용성이 높은 다짐장비 개발

– (목표사양) 외산 대형다짐차량 대비 중량 △30%, 가격 △25%, 작업효율 8명/팀 → 2명/팀, 수동작업 대비 작업속도 15m/h → 100m/h, 작업 후 궤도강성측정 기능 포함

❑ 이동형 레일 용접 장비

❍ 기존 방식(가스압접, 테르밋) 용접시 발생하는 모재의 열변형 등에 따른 빈번한 레일절손을 방지하고 무겁고 활용도가 낮은 외산 플래시버트 용접장비의 한계를 극복하기 위한 경량·저전력 이동식 플래시버트 용접장비 개발

– (목표사양) 외산대비 중량 △25%, 전력사용량 △60%, 가격 △30% , 용접속도 1.5개소/hr → 5.0개소/hr, 용접 후 용접품질 모니터링 기능 포함

2. 기술 분류체계

❑ 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비

- ❍ 국내 자갈도상 재료의 파쇄와 마모특성 연구
- ❍ 다짐장비 최적설계 및 제작
- ❍ 유지보수(탬핑) 후 품질관리 기법 개발
- ❍ 현장시험을 통한 성능 및 신뢰성 검증

❑ 이동형 레일 용접 장비

- ❍ 저전력 플래시버트 용접 기술 개발
- ❍ 발전설비 소형화 및 효율화
- ❍ 레일 용접관련 기준 개정(안) 도출
- ❍ 용접부 표면처리 및 품질검사 기술개발
- ❍ 현장시험을 통한 성능 및 신뢰성 검증

제2장 국내외 정책 및 산업 동향 분석

제1절 국내외 정책 동향

1. 국내

1.1. 철도궤도 유지보수 장비 관련 법·제도 동향

❑ **철도시설의 체계적인 유지관리를 위한** 관련 법 제·개정에 따라 **궤도를 포함한 철도시설의 정기점검, 정밀진단, 성능평가를 수행하도록 의무화됨**

○ 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」에 따라 철도시설(궤도 포함)의 안전과 성능 유지를 위한 정기점검, 정밀진단, 성능평가를 실시하도록 법제화됨

○ 또한 이후 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」이 제정됨에 따라 기반시설 중 철도를 포함하여 안전성, 사용성, 내구성을 종합적으로 고려한 선제적 관리 및 이를 위한 기술개발을 촉진하도록 명시됨

표 2-1 철도궤도 유지관리 관련 주요 법령 내용

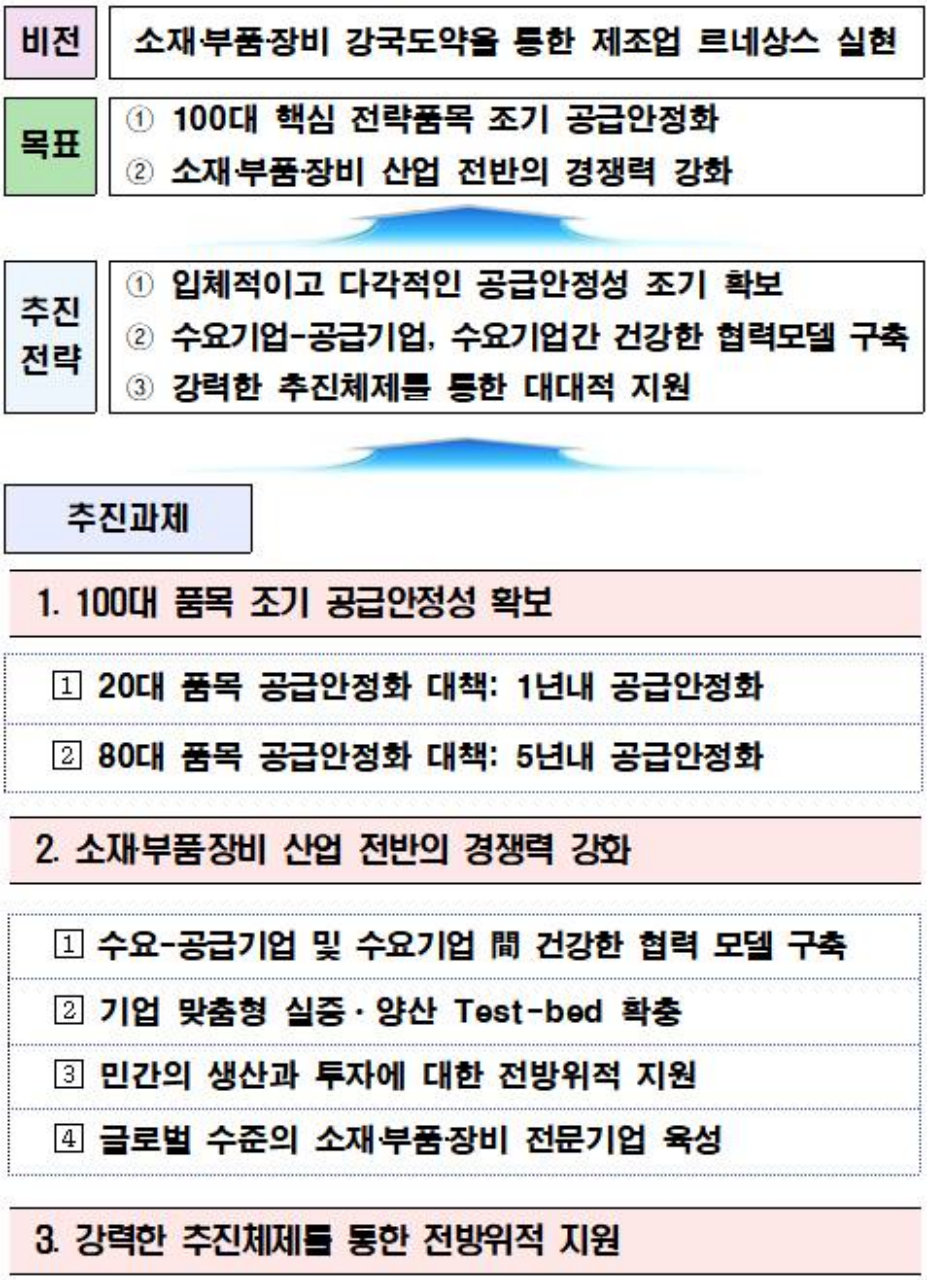
법령	주요 내용
철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률	■ 2018.03.13 개정 : 기존 철도건설법에서 개정됨 ■ (개정이유) 현행법에서 완공된 철도시설의 유지관리에 관한 사항을 규정하지 않으며, 철도시설의 노후화가 심각한 상황에서 손상되거나 붕괴될 경우 국민 생명과 안전에 큰 피해로 이어질 수 있기에 체계적인 철도시설 유지관리 필요성이 제기 ■ 철도시설 유지관리 관련 주요 내용 - 궤도를 포함한 철도시설에 대해 철도시설관리자는 **철도시설의 안전과 성능을 유지하기 위하여 정기점검을 실시**하여야함 - 설치후 10년이상 지난 철도시설에 대해 **정기적 정밀진단을 실시**하여야함 - 철도시설의 **성능을 유지하기 위하여** 성능평가 지침에 따라 시설별로 정하는 기간마다 **성능평가를 실시**하여야함
지속가능한 기반시설 관리 기본법	■ 2018.12.31 제정 ■ (제정이유) 국가 주요 기반시설의 노후화가 진전되면서 본래 기능을 발휘하는데 한계를 드러내고 있을 뿐만 아니라 안전사고의 우려도 커짐 ⇒ 체계적인 유지관리의 필요성 증대 ■ 기반시설의 범위 - 1. 교통시설: 도로, **철도**, 항만 및 공항 - 2. 유통 · 공급시설 , 3. 방재시설: 하천 및 저수지, 4. 환경기초시설 ■ 기본원칙 - 관리주체는 **기반시설의 안전성, 사용성, 내구성 등을 종합적으로 고려**하여 **선제적으로 관리**함으로써 노후화에 따른 생애주기비용을 최소화함 - 국가 및 지방자치단체는 **유지관리와 성능개선에 필요한 기술개발**을 촉진하고 관련 산업을 진흥하여 새로운 일자리를 창출함

출처 : 법제처 (각 법령별 내용, 제·개정이유 등 재구성)

❑ 소재·부품 뿐만 아니라 **장비산업에 대한 경쟁력 강화를 위한 법개정 및 대책 발표**[1)]

❍ 기존 범용제품 위주의 성장에서 첨단산업 분야의 국제 경쟁 심화 대비 및 우리나라의 대일본 기술 독립을 해결하고자 산업뿐만 아니라 안보측면에서도 소재·부품·장비 등 첨단분야의 기술 확보 필요성 요구

❍ 이에 대해 '19년 8월, 소재·부품·장비산업에 예산과 금융, 세제, 입지, 규제특례 등 국가자원과 역량을 총력 투입하는 '소재·부품·장비산업 경쟁력 강화 대책'을 마련 및 추진



자료: 소재·부품·장비 경쟁력 강화대책, 2019.08

그림 2-1 소재·부품·장비 경쟁력 강화대책 비전체계도

❍ 강화대책을 통해 100대 품목 조기 공급안전성 확보, 소재·부품·장비 산업 전반의 경쟁력

1) 정책브리핑, https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148866660&pWise=nb4

강화, 강력한 추진체제를 통한 전방위적 지원 추진의 방향을 설정

– 특히, 소재·부품·장비 산업 전반의 경쟁력 강화에는 △수요-공급기업 및 수요기업 간 강력한 협력모델 구축, △기업 맞춤형 실증·양산테스트베드 확충, △민간의 생산과 투자에 대한 전방위적 지원, △글로벌 수준의 소재·부품·장비 전문기업 육성을 추진

자료: 소재·부품·장비 경쟁력 강화대책, 2019.08

그림 2-2 수요-공급기업 및 수요기업간 강력한 협력모델 유형

○ 추진체제의 일환으로 '19년 12월 기존 「소재·부품 전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법」에서 「소재·부품·장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법」으로 개정하여 법제도 마련

표 2-2 장비 산업 관련 주요 법령 내용

법령	주요 내용
소재·부품·장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법	■ 2019.12.31. 전부 개정 : 기존 「소재·부품 전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법」에서 개정 ■ (개정이유) 해외 의존 구조의 지속, 수요·공급기업 간 협력모델의 부재와 기획, **기술개발, 실증·양산테스트**, 생산단계의 단절 등으로 질적인 산업 고도화와 미래 제조업 성장에 한계로 작용, 이에 따라 소재·부품과 장비 간에 결합성이 강화되고 있는 현실을 반영하고, 국내 공급망의 안정적 구축과 기업 단위 차원이 아니라 산업 전반의 경쟁력을 강화하는 범제도적 기반을 새롭게 마련할 필요성이 확대 ■ 장비 관련 주요 내용 - 소재·부품전문기업의 육성에 초점이 맞춰진 현행법의 정책대상에 장비산업을 추가함(제2조제2호 등). - 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화와 핵심전략기술의 안정적 확보 등을 위한 국가, 지방자치단체 및 사업자의 책무를 신설함(제3조). - 정부는 핵심전략기술 관련 품목의 안정적 수급과 산업 공급망의 원활한 기능에 지장이 초래되고 국민경제 활동이 현저하게 저해될 우려가 있는 경우에는 해당 사업자나 수요자 등에 대하여 긴급수급안정화를 위한 조정을 할 수 있도록 함(제10조). - 산업통상자원부장관은 소재·부품·장비산업 가치사슬에 대한 조사·분석 등을 통해 관계 부처 협의 및 소재·부품·장비 경쟁력강화위원회의 심의를 거친 후 소재·부품·장비분야의 핵심전략기술을 선정할 수 있도록 함(제12조). - 정부는 **정부출연연구기관 등이 보유한 소재·부품·장비 분야 지식재산 등 기술의 이전·공유·활용 및 기술개발 성과의 사업화를 촉진할 수 있도록 행정적·기술적·재정적 지원시책을 마련**할 수 있도록 함(제26조). - 정부는 소재·부품·장비분야의 기술력 향상을 효율적으로 지원하기 위하여 과학기술분야 정부출연연구기관, 특정연구기관 등을 구성원으로 하는

법령	주요 내용
	연구기관의 협의체로서 소재・부품・장비 융합혁신지원단을 구성・운영할 수 있도록 함(제28조). - 정부는 **소재・부품・장비의 실증시험・신뢰성평가・성능검증 등을 촉진하기 위하여 공기업, 정부출연연구기관, 전문생산기술연구소 등이 보유한 실증・생산 관련 시설을 소재・부품・장비기업에게 개방・활용**하게 할 수 있도록 함(제30조).

출처 : 법제처 (제·개정이유 등 재구성)

❑ **철도 궤도 유지관리를 위한 장비와 관련한 법제도 방향은**

❍ 현재 운영 중인 철도 궤도의 안전 및 성능을 유지하기 위한 정기적 진단 및 보수가 필수적으로 진행되어야 하며, 이를 위한 기술개발을 촉진하고 있음

❍ 장비산업 전반의 경쟁력 강화를 목표로 수요기반의 공동개발, 기술활용연계 등이 지원되어 해외의존도가 높은 장비에 대한 실증 테스트 베드 등 정부의 적극적 의지가 표명되고 있음

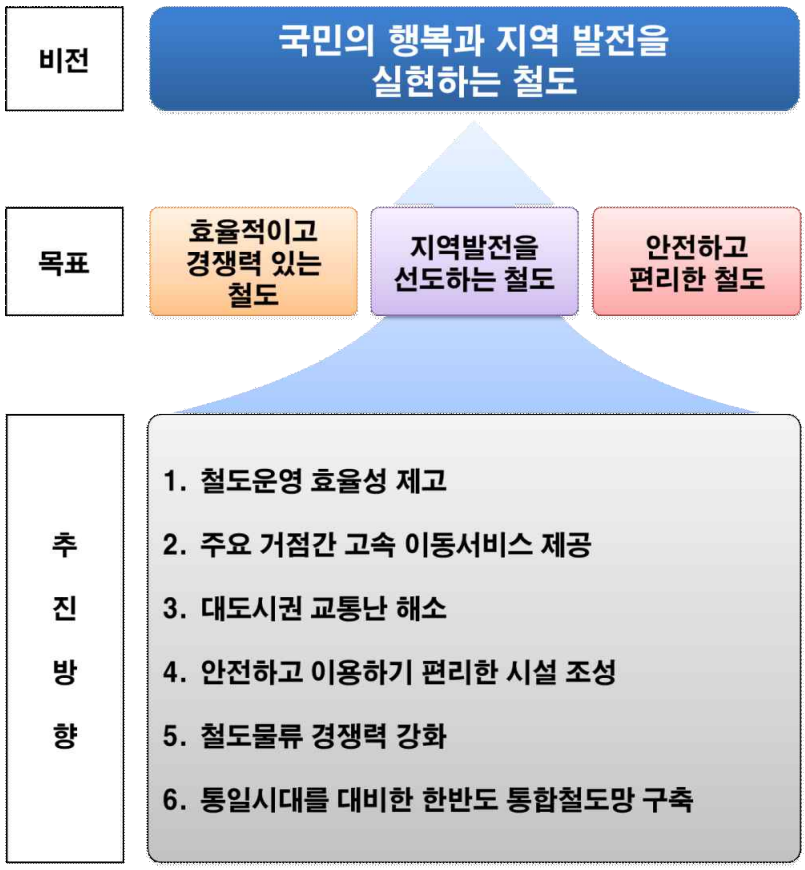
1.2. 철도궤도 유지보수 장비 관련 중장기 계획 추진 방향

❑ 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)에 따르면, **기존 철도망의 고속화, 수송량 증가가 계획되어있어 이에 따른 궤도 유지보수 대응 방안(전략)이 필요**

○ 6대 추진방향 중 '2. 주요 거점간 고속 이동서비스 제공'을 위하여 △일반철도 고속화 개량(230km/h 내외), △지역거점간 고속화 일반철도 신설(250km/h급 내외)를 추진

○ '5. 철도물류 경쟁력 강화'를 위하여 산업단지와 항만의 물동량 처리를 위한 철도를 통한 산업활동 지원 등을 추진

○ 신설되는 철도망 외에 기존선의 고속화, 화물 및 여객 수송 증가 계획에 따라 기존선 궤도의 열화 가속화 예상, 유지보수 관리가 필요할 것으로 전망



자료: 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)

그림 2-3 제3차 국가철도망 구축계획(2016-2025)의 비전, 목표 및 6대 추진방향

❑ 제1차 기반시설관리 기본계획(2020-2025)에 따르면, **철도를 포함한 기반시설에 대한 선제적 관리체계 마련, 안전등급 상향 관리 등 성능개선 기준이 요구**

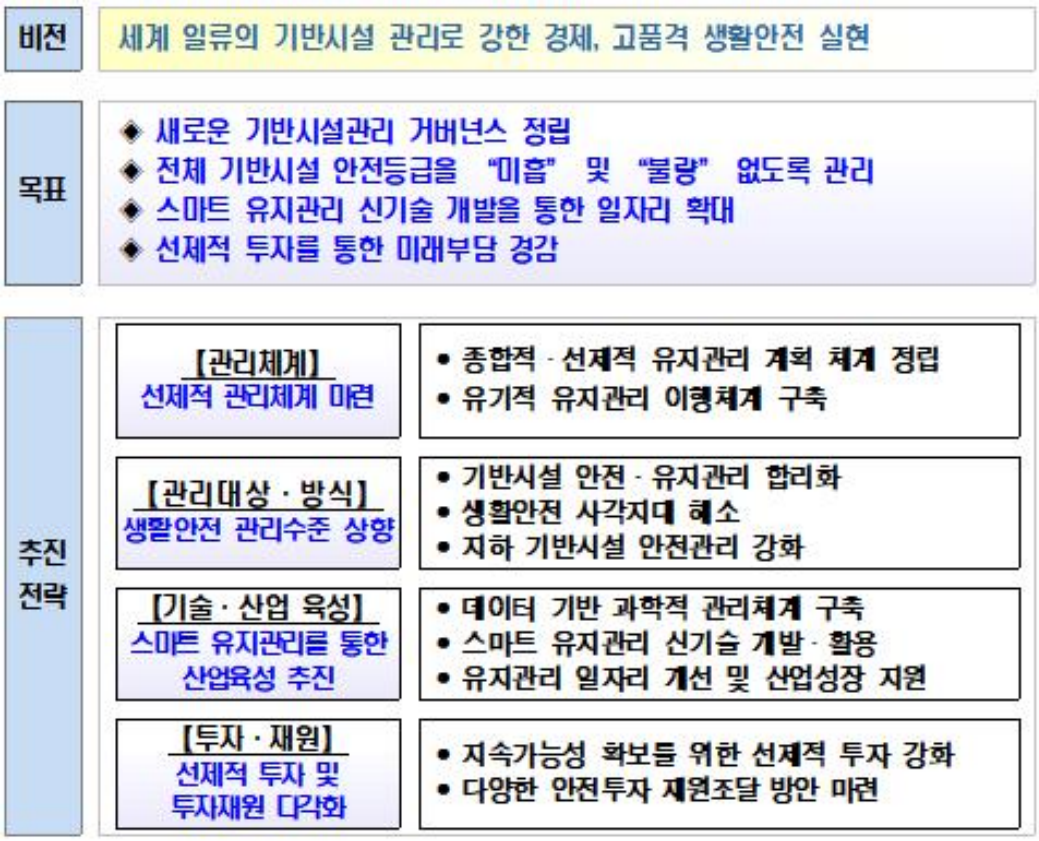
○ (개요) 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」의 법정계획으로 철도를 포함한 기반시설 유지관리 및 성능개선에 대한 5개년 계획임

– 70년대 집중적으로 건설된 기반시설의 노후화로 관리 비용이 증가하고 있는 상황에서 기반시설 관리정책에 대한 새로운 비전을 제시할 것으로 기대함

※ 과거 5년간 기반시설 관리 투자 규모(국가, 지자체, 공공·민간):('15) 9.1조→ ('16) 9.2조→ ('17) 10.1조→ ('18) 11.0조→ ('19) 12.6조[2)]

○ '세계 일류의 기반시설 관리로 강한 경제, 고품격 생활안전 실현'이라는 비전에 따라 1) 기반시설 관리 거버넌스 정립, 2)기반시설 안전등급을 "미흡" 및 "불량" 없도록 관리, 3) 스마트 유지관리 신기술 개발을 통한 일자리 확대, 4)선제적 투자를 통한 미래부담 경감을 4대 목표로 제시

– 시설별 상이한 관리기준도 공통된 최소유지관리 및 성능개선 기준 설정을 통해 상향 일원화를 추진과제로 포함



자료: 제1차 기반시설관리 기본계획('20–'25)

그림 2-4 제1차 기반시설관리 기본계획('20-'25)의 비전, 목표, 추진전략

○ 또한, 주요 변화 모습으로 노후 시설 선제적 투자 강화, 시설별 선제적 관리에 대한 기반시설의 선제적 관리를 강조

– 특히, 인력 중심의 산업 특성에서 기술중심의 고부가가치 산업으로 변화 방향을 설정

○ 철도 궤도 유지관리 장비와 관련하여, 인력 중심의 작업 특성에서 기술 중심의 관리로 변화하는 방향이 직접적으로 연계됨

2) 제1차 기반시설관리 기본계획('20-'25) 보도자료, http://www.aurum.re.kr/Research/PostView.aspx?mm=1&ss=1&pid=20440#.X8c4M80zaUk

자료: 제1차 기반시설관리 기본계획('20-'25)

그림 2-5 제1차 기반시설관리 기본계획('20-'25)을 통한 변화모습

❑ 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)에는 **소재·부품·장비분야 핵심기술 확보, 노후 철도 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발**의 내용이 **동 사업과 연계됨**

❍ 「과학기술기본법」에 따라 5년 단위로 수립하는 법정 중장기 계획이며, 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시함으로써 각 부처의 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상위 계획

– 2040년까지의 장기적 비전을 설정하고 과학기술이 지향해야 할 미래사회의 모습을 구체적인 목표로 제시

❍ 비전은 '과학기술로 국민 삶의 질을 높이고 인류사회 발전에 기여'로 설정하여 지구 온난화, 환경오염 심화, 고령화 등 인류사회 문제해결에 기여

❍ 4대 전략은 미래도전을 위한 과학기술역량 확충, 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성, 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출, 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현으로 설정하였으며, 하위의 19개 중점추진과제로 구성

자료: 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)

그림 2-6 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)의 전략 및 중점 추진과제

❍ 동 사업과 관련하여 소재·부품·장비분야 핵심기술 확보, 노후 철도 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발 등이 추진 계획

– 철도인프라와 관련하여 '전략 4. 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현'의 중점추진과제 중 '과제17. 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'에 노후 및 신설 도시 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발이 포함됨

– '전략 3. 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출'의 중점추진과제 중 '과제 13. 제조업 재도약 및 서비스업 육성'에서는 소재·부품·장비분야 핵심기술 확보 및 전문기업 육성을 포함하고 있음

❑ **철도 궤도 유지관리를 위한 장비와 관련한 중장기 정책 추진 방향은**

❍ 향후 기존 철도망의 고속화, 수송량 증가가 계획됨에 따라, 이에 따른 기존선 철도 궤도의 유지보수, 관리 방안 마련이 필요

❍ 유지관리 관점으로는 기존 노후화된 시설의 선제적 관리를 할 수 있는 기반 마련과 기존 인력 중심의 관리를 개선하고자 하여 기획의 방향이 반영되어야 함

❍ R&D 중장기 계획은 이러한 정책 방향에 맞춘 소재·부품·장비 분야의 핵심 기술 확보 및 노후 철도 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발 등이 연계되고 있음

1.3. 철도궤도 유지보수 패러다임 변화 방향

❑ 국토교통부는 **열차 운행선에서의 작업자 안전사고가 지속 발생하고 재발을 방지하기 위하여** '18년 3월 **「열차 운행선로 인접 작업 안전대책」를 수립**

❍ 반복적으로 발생하는 열차 운행선 작업자 안전사고를 예방하기 위해 현장의 변화를 이끌어 낼 수 있는 실효성 있는 대책을 마련할 필요성이 제기되어 관계기관 의견 수렴 등을 거쳐 안전대책을 수립

❍ '17년 기준 약 37만 건/년의 철도시설 유지보수·개량 작업을 열차 운행선에서 시행 중이며, 최근 5년간 20건의 사고로 인해 23명이 사망[3)]

– 사고 20건 中 침목교환·레일용접 등 선로 위에서 작업하는 궤도공사 중 발생한 안전사고가 7건(35%)으로 가장 많음

❍ 이에 따라 6개의 안전대책 방향을 설정하고, 관계기관인 한국철도공사 및 공단에서 추진할 수 있는 과제를 도출하여 '18년 이후 추진 중

표 2-3 열차 운행선로 인접 작업 안전대책 6대 추진 방향

구분	추진과제
1. 외주작업에 대한 발주기관의 역할 강화	(현장담당관제 시행) 시공업체가 시행하는 작업은 공사(공단) 간부를 현장담당관으로 지정하여 안전관리에 대한 역할을 부여('18)
	(안전설계 도입) 공사(공단)이 설계단계에서 부터 작업자의 안전성 확보 여부를 심사하도록 안전성 검증 매뉴얼(공사·공단)을 개정('18)
2. 안전사고 책임성 강화	(처벌강화) 발주기관에 대한 과징금을 상향하고, 기관 뿐 아니라 개인에 대한 처벌 강화 및 자격취소가 가능하도록 제도를 개선
	(시공업체 책임강화) 사고를 유발한 부실업체의 입찰참가를 제한하고, 숙련된 인력이 현장에 투입되도록 업체평가 기준을 개선
	(현장인력역량강화) 현장 안전관리에 중요한 역할을 담당하고 있는 운행안전관리자와 열차감시원이 전문성을 갖출 수 있도록 제도 개선
3. 작업현장 관리 강화	(작업절차 강화) 작업 시작 전부터 작업이 종료될 때 까지 모든 과정에서 작업절차가 준수될 수 있도록 현장관리를 강화
	(현장감독 강화) 작업 절차가 잘 지켜지도록 하고, 발주기관이 현장에 대한 관리감독을 충실히 시행하도록 정기·불시점검을 실시
	(안전관리자 배치) 120억 미만의 소규모 열차 운행선 작업현장에도 안전관리자를 의무적으로 배치하도록 제도개선을 추진('18~)
	(감리원 배치) 소규모 전기공사 현장에도 시공업체를 관리감독하는 전문성있는 감리원이 배치되도록 감리대가기준 개선을 추진('18~)
4. 안전시설 확충	(방호울타리 설치) 작업자가 공사의 승인 없이 선로에 진입하는 것을 방지하고, 작업자의 추락 사고를 예방하기 위해 방호울타리를 설치
	(터널 경보장치 설치) 열차의 접근여부를 확인하기 어려운 터널 내 작업자에

3) 국토교통부, 열차 운행선로 인접 작업 안전대책, 2018.3

구분	추진과제
	게 열차가 접근하면 경보음을 울리는 장치를 설치('18~'24)
	(열차진입방지장치 설치) 작업 중인 선로에는 열차가 진입하지 못하도록 고속철도에 사용 중인 안전장치를 일반철도에도 설치('18~'24)
5. 선로보수 및 검측 기계화	(선로보수 기계화) 자갈다짐 등 선로보수를 위해 운행선에 투입되는 인력 및 작업시간을 최소화할 수 있도록 선로보수 장비를 도입
	(검측 자동화) 선로 위 시설물에 대한 인력점검을 최소화하고, 점검에 소요되는 시간을 단축할 수 있도록 검측작업을 자동화
6. 선로 작업시간 확보	(주간 점검시간 확보) 일반철도도 고속철도와 같이 열차가 운행하지 않는 주간에 선로변에 설치된 시설물을 점검하는 노선을 확대
	(집중작업 시행) 기본작업시간(3.5h/일) 보다 많은 시간이 필요한 운행선 인접 유지보수·개량 작업은 단기간 집중작업을 시행
	(야간작업 확대) 열차 운행 중 작업자 안전사고를 방지하기 위해 열차 운행 종료 후 야간에 시행하는 유지보수 및 개량공사를 확대

출처 : 열차 운행선로 인접 작업 안전대책, 2018.3

❍ 이 중 철도 궤도 유지보수 장비와 관련하여 선로보수 및 검측 기계화에 대한 추진과제 중 다음과 같이 장비 도입 계획이 제시

– (자갈다짐) 소규모(5m 이내) 자갈다짐 작업을 기계로 시행할 수 있는 소형 다짐 장비 도입

– (자갈치환) 고속철도 교량 및 분기기 부분의 소규모(30m 이내) 도상 자갈치환을 기계로 시행할 수 있도록 흡입식크리너를 추가 도입

– (레일연마) 일반철도 레일의 수명 연장 및 승차감 개선 등을 위해 레일표면 연마(1회/3년)를 할 수 있도록 장비(1대)를 도입

– (고속검측차) 고속·일반철도의 검측시간을 단축하고, 고속주행 중 시설물의 동적특성을 검측할 수 있도록 고속검측차(300km/h) 도입

– (선로점검차) 레일 손상, 침목 균열, 체결구 상태 등의 선로점검을 장비를 사용하여 신속히 수행할 수 있도록 선로점검차 도입

❑ 국토교통부 안전대책과 더불어, **한국철도공사**도 경인선 온수역 작업원 사망사고에 대한 조치로 **「철도 안전사고 재발방지 종합대책」을** '18년 3월에 **마련 및 수행**

❍ 해당 내용은 운행선 작업 안전대책으로 △구조적 안전취약 요소 제거, △외주작업에 대한 발주기관 역할 강화, △안전사고 책임성 강화, △작업현장 관리 강화, △안전시설 확충의 5가지로 구성되어 추진

❑ 이러한 제도 시행에도 '19년 밀양역 작업자 사고가 발생하여 **한국철도공사는** 선로작업자에 대한 안전을 강화하기 위해 **'19년 12월「선로작업자 안전강화 대책」마련**[4)]

❍ 밀양역 작업자 사고에 대한 원인 진단으로 운행선 작업자 사상사고에 대한 근본적 예

4) 한국철도공사 선로작업자 안전강화 대책(안) (2019.12.)

방 대책을 마련하고자 함

– 원인 파악을 통해 다음의 6개 문제점을 진단함

■ (위험상존) 열차운행이 빈번한 운행선상에서의 작업 위험성 상존
(감시미흡) 운행하는 열차 접근여부 인지 등 시스템 보완 요구
(소음발생) 소음작업으로 인한 무전 수신 곤란 등 인지력 저하
(인력의존) 운행선 시설물(선로, 전차선 등) 육안 점검·확인 애로
(작업방법) 인력중심의 작업으로 인한 작업시간 증가 우려
(인적오류) 휴먼에러 예방을 위한 위험예지훈련 등 지속 강화

❍ 선로작업자 안전강화 대책 6대 과제를 보면, 작업자 안전을 최우선하여 운행선은 차단작업으로 추진하고 **상시적 예방 모니터링을 구축 운영**하며, 특히 **선로작업의** 경우 **기계화 및 자동화** 등을 하고자 함

표 2-4 선로작업자 안전강화 대책 6대 추진 방향

추진방향	주요 내용
1. 주간시간대 안전한 작업시간(1h)확보	■ 운행선은 차단작업을 원칙으로 하고 주간 작업시간(1h)확보 및 작업공정 표준화 등 작업자 안전이 최우선 되도록 개선 * 열차 DIA 조정('20.7월), 작업공정 표준화('20.3월), 무선교신 표준화 ('19.10월)
2. 선로변 작업자 안전장치 보강	■ 선로작업 시 단락용 동선을 설치하여 안전을 확보하고 운행선 작업중지 명문화, 경보앱 사용 등 작업자 안전을 이중 · 삼중으로 확보 * 단락용동선 설치('19.11월~), 작업철수명문화('20.1월), 경보앱 사용강화('19.11월~)
3. 선로변 소음대책 및 위험요인 사전제거	■ 소음작업 등 위험 경고 인지강화를 위한 웨어러블 장비도입 및 시각·청각 인지 강화, 위험시설물 개선 등 시스템 고도화 * 웨어러블장비도입('19.12월), 경보기 설치('19.12월), 위험시설 개선('20.1월)
4. 상시적 예방 모니터링 시스템 구축	■ 첨단기술(ICT 등) 기반 유지보수체계 구축, 과학적 시스템 도입, 자가 진단이 가능한 원격감시장치 확대 등 예방적 시스템 운영 * 운전실 영상카메라('19.12월), 원격감시장치 확대운용 ('19.11월 시범설치)
5. 선로작업 기계화 · 자동화 등 첨단화	■ 첨단장비 중심으로 작업 패턴을 전환하고, 인력에 의한 불안전한 작업 등을 소형화된 장비도입 가속화로 개선하여 안전을 확보 * 소형장비작업단 구성('19.11월), 선로점검차 운영('20.12.), 차상검측 도입('20.12.월)
6. 종사자 안전역량강화 및 안전조직 강화	■ 열차감시원, 운행안전협의담당자, 기관사 등 철도종사자 교육 강화 및 지적확인환호응답, 위험예지훈련 활성화를 통한 안전문화 확산 * 운행선종사자 교육강화('19.12월), 휴먼에러예방('19.12월), 산업안전업무 격상('19.12월)

출처 : 열차 운행선로 인접 작업 안전대책, 2018.3

❑ **철도궤도 유지보수 패러다임 변화 방향은**

❍ 인력 중심의 철도 유지관리로 인해 작업자(종사자)들이 위험에 노출되고 있어, 상시 예방적 유지관리 및 선로작업 첨단화를 위해 운영기관 등이 노력 중

❍ 여전히 작업자 사상사고 등 사후 대응의 방향으로 제도가 마련되고 있으나, 이는 현재 보유하고 있는 인프라의 한계로 인한 요인으로 제도의 방향은 사전 예방적 관리를 하고자 함

❍ 철도 이용객을 위한 서비스 관점에서는 속도향상, 운영시간 연장 등이 중요한 반면, 노후화된 철도 궤도의 안전성 확보를 위한 유지관리를 위해서는 운행 차단시간의 확보가 절대적으로 필요

❍ 차단시간 유지보수 시간 내 선로 작업의 자동화, 효율화가 필요

2. 국외

2.1. EU

❑ UIC의 유럽 철도기술전략(rail technical strategy Europe)에서는 철도시스템의 세부 요소로써 철도신호제어(CCC), 인프라, 에너지 공급 및 소비, 정보관리, 철도인력, 보안, 안전의 7가지를 구성하고, 각각의 목표 및 세부 기술을 설정

표 2-5 유럽 철도기술전략 내 철도시스템 요소별 목표(비전)

- CCC : 상호 운용이 가능한 실시간 교통 운영으로 수송력 증대 및 에너지 절감
- 철도 인프라 : 기술 및 운영혁신을 통한 타 운송수단 대비 경쟁력 강화
- 에너지 공급 및 소비 : 에코 디자인을 통한 에너지 효율 향상 및 온실가스 저감
- 정보 관리 : 효율적인 철도운영 및 승객 철도정보 제공
- 철도 인력 : 효율적인 철도운영을 위한 체계적이고 전문성을 갖춘 철도 종사자 육성
- 보안 : 승객 보안
- **안전 : 승객의 안전 보장**

표 2-6 유럽 철도기술전략의 요소별 세부기술

철도 시스템 요소	세부 기술
철도 신호 제어 (Control Command and Communication) (CCC)	▪ 열차 위치검지를 위한 위성기반 서비스 ▪ 글로벌 적용 시스템을 위한 CCC요소의 표준화 ▪ CCC서브 시스템을 위한 인터페이스 향상 ▪ IoT 기반 스마트 네트워크 ▪ **유지보수비용 및 운영비용 절감을 위한 장거리 장애물 검지기술 표준화**
인프라 (Infrastructure)	▪ **스마트한 철도 운영, 유지보수, 승객지원을 위한 무선통신 기술 및 운영방식 최적화** ▪ 기능성과 쾌적성을 갖춘 통합 환승 기반시설 ▪ 혁신적인 자갈 및 비자갈 선로 설계 ▪ 모듈화된 플러그 앤 플레이 시스템 ▪ 최적화된 소음진동 저감
에너지공급 및 소비 (Energy Supply and Consumption)	▪ 재생 및 대체에너지 기반 지속가능한 에너지 공급 기술 ▪ 스마트그리드 에너지 저장 기술 ▪ 통합 전력공급 운영 인프라 ▪ 차량에너지 회수기술 ▪ 에너지 소모 절감을 위한 green driving 기술 ▪ 높은 수준의 재활용을 위한 closed cycle waste system ▪ 전자기파 침입 감소 기술
정보관리 (Information Management)	▪ 정보 플랫폼과 IT tool공유를 통한 철도서비스 제공자와 타 운송수단 간의 실시간 정보교환 ▪ 지속적인 높은 속도의 데이터 제공으로 승객 서비스 향상 ▪ 대기 없는 발권 시스템
철도 인력 (Railway People)	▪ 전문가 양성 프로그램 제공을 위한 유럽 전역에 걸친 훈련플랫폼 구축 ▪ 철도정보 제공 및 협업 구성을 위한 IT기반 지식 매니지먼트
보안	▪ IoT기반 응급상황 대처 시스템

철도 시스템 요소	세부 기술
(Security)	▪ 테러 및 사이버 공격 대비 지속적인 경계 시스템
안전 (Safety)	▪ **운영효율 향상, 안전, 승객 만족을 위한 CCC요소의 지속적인 성능 향상 및 자동화** ▪ 안전 인증을 위한 유럽 간 동의 절차 ▪ **철도 중요 요소들의 노후화에 대비한 지속적인 안전 대비책**

자료 : UIC, RAIL TECHNICAL STRATEGY EUROPE, 2014

2.2. 일본

❑ 교통정책기본계획(2014-2020)을 통해 철도분야는 철도인프라의 안전성 강화, 복합 연계 운송 등에 대한 정책을 수립하고 추진

❍ (개요) 일본 국토교통성에서는 교통정책기본법(법률 제92호)에 의거하여, 2014년~2020년까지 일본 교통정책의 장기적인 방향을 제시하는 교통정책 기본계획을 수립·책정

❍ 3대 기본 방향

– 풍요로운 국민 생활에 이바지하는 사용하기 쉬운 교통 실현

– 성장과 번영의 기반이 되는 국제·지역간 여객 교통·물류 네트워크 구축

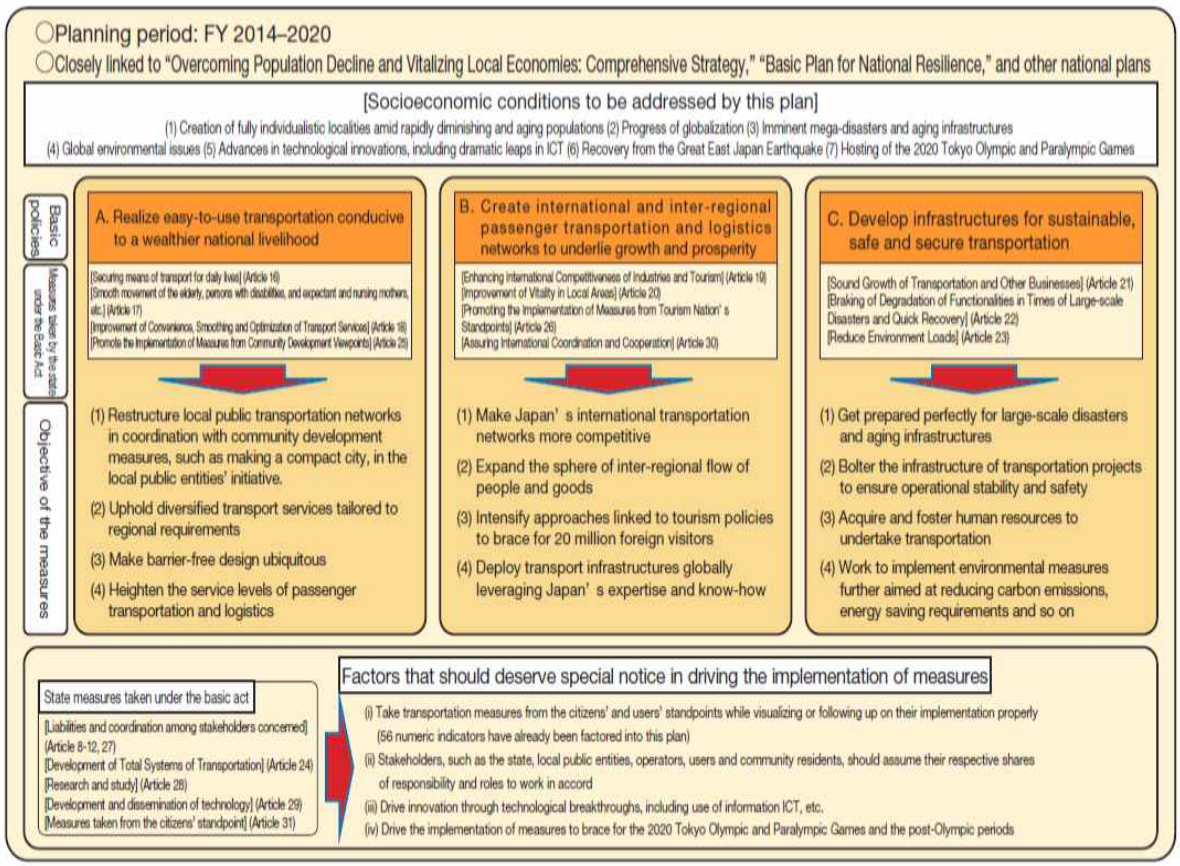
– 지속 가능하고 안심·안전한 교통을 위한 기반 조성

❍ 교통정책기본 계획 내의 철도 관련 정책은 LRT와 BRT의 도입, 공항 및 철도 접근력 강화, 철도 인프라의 안전성 강화 등을 추진[5)]

– 간선철도의 고속화를 위해 재래선을 고속화하고 신칸센을 건설하는 두 가지 방식 추진

– 철도 분야에서의 곡선 구간의 속도제한 기능 자동 열차 정지 장치의 정비를 2016년 6월까지 100% 달성을 목표로 제시

5) 2015 국토교통 R&D 동향조사 총괄보고서



Source) MLIT

그림 2-7 국토교통성의 교통정책 기본계획 요약

❑ 철도시설물이 노후화됨에 따라, '인프라장수명(長壽命) 기본계획'을 수립하여 정부·산학연·지역사회의 상호 제휴를 강화하고, 이로부터 유지관리산업을 육성하고자 함

○ ICT, 센서, 로봇, 비파괴 검사 등의 신기술을 개발하고, '2030년 세계 인프라시설물유지관리 시장의 30% 점유' 등을 목표로 설정

❑ 일본 국토교통성은 인프라장수명화 Action Plan(2014년), 개별 인프라시설물별 Action Plan(2017년까지)을 수립

○ 개별시설물에 적용할 새로운 법령, 기준, 매뉴얼을 5년마다 개정할 계획

○ 일본 내 인프라 유지관리 비용은 2013년 3조 6000억엔에서 2023년 최대 5조1000억엔, 2033년에는 최대 5조5000억엔까지 증가시켜 도시인프라 관리분야에서 신성장동력을 찾고자 함

❑ JR 동일본 그룹의 혁신 중장기 비전[6)]

○ 안전은 동일본 철도회사의 첫 번째 주요정책으로 인식하고 종사자들과 공감하며, 궁극적 안전수준에 도달하고자 지속적인 평가 수행

– 동일본철도 그룹은 철도시스템 체인지, 수평 분업, 직원의 급속한 세대교체 등 내외부에서 새로운 "전환점"에 직면

6) JR East group management vision "Move Up" 2027, 2018

– '안전·안정 수송의 레벨업'을 가장 중점에 두고 이러한 전환점에 있어서의 과제를 극복하기 위해 관계 시설의 강화 및 안전교육·훈련의 재검토, 또한 그에 필요한 연구개발 진행

– 한편, 앞으로 사회가 기대하는 안전 수준의 변화에 추종하기 위하여 IoT와 빅데이터, AI 등을 활용으로 사고의 전조를 파악하고, 또한 경험 지식에서 위험을 발굴해 선점한 대책을 추진

– 따라서 연구개발을 추진함과 동시에 ITS와 로봇, 휴먼팩터 등의 기술을 조합하여 "최고의 안전"을 목표로 세움

○ 운영 및 유지 보수 "생산 연령 인구 20% 감소를 고려한 업무 구조"

– 차량 및 장비의 데이터를 높은 빈도로 수집·분석하여 그 안전성을 확인하면서 최적의 타이밍에서 수선을 실시하는 등 효율적인 관리가 가능

– 야마노테선의 신형 차량 E235 계 등에 의해 그 실용화를 위한 노력을 꾸준히 진행

– 또한, 자동운전기술이나 로봇화, AI에 의한 업무 지원 등을 진행시켜 나감

– 생산 연령 인구의 감소를 대비해서 혁신을 통해 비용 구조를 혁신하고 '사람'과 '시스템'의 베스트 믹스에 의한 업무 방식을 실현해 나감

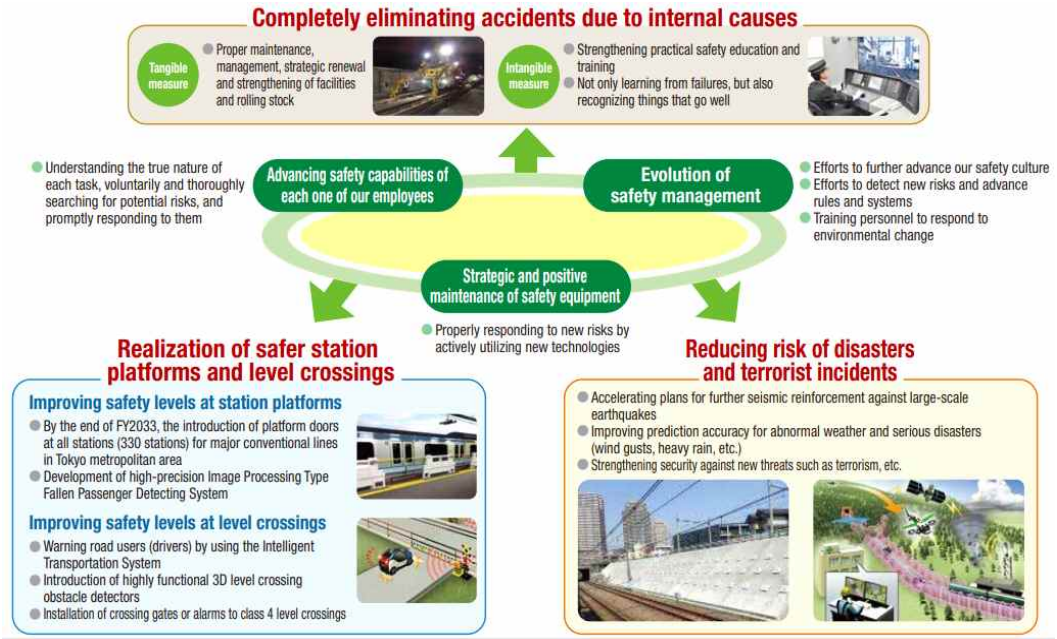


그림 2-8 동일본철도회사 철도안전에 대한 비전

2.3. 독일

❑ 독일 연방 교통청 (BMVI)에서 연방 인프라 계획(FTIP)을 추진하며 4단계 (Module A to D)로 평가하여 투자 우선순위를 결정함

○ 투자우선순위는 4개의 모듈(경제성, 환경 영향, 연계성, 지역개발 효과)로 구성되며 투자 우선순위 결정시 3단계의 의사결정과정

○ 사회기반시설 사업의 투자우선순위를 결정하고 전반적인 투자전략 제시

❍ 2030년까지 15년간 총 2267억 유로(도로 1143억 유로, 철도 914억 유로, 수로 210억 유로)를 인프라 사업에 투자할 계획

❍ 투자비중 : 유지보수 62%, 신설·확장 28%, 기타 10%

2.4. 영국

❑ Network Rail은 CP6(19년 ~ 24년) 발표하였으며, CP6는 안전, 신뢰성, 효율성 등을 주요 내용으로 하고 있음

❍ 배수관련 정책, 기상에 따른 노선 계획, 제 3자 토지사용 변경에 따른 리스크 분석 등을 통해 철도 안전성 증대를 추구 (CP5 기간 동안 사고 위험을 38% 절감, CP6 기간 내 10% 추가 절감 목표)

❍ 신뢰성과 관련하여 계측, 장비, 분석기법 개발 등 추진할 계획이며, 신호 체계 개편을 통한 digital railway 구현 및 운영 비용 절감 기대. 승객 1인 1km 당 유지보수 비용을 절감을 위한 전략 추구 (CP4 및 CP5 동안 40% 절감, CP6 기간 내 9% 절감 목표.)

❑ Building Information Modeling (BIM) 등과 같은 디지털 기술의 활용 확대를 위한 '건설 전략 2016-2020' 수립

❍ 건설 산업에서 첨단 기술을 적용하여 생산성 제고, 생산 과정 손실 절감, 유지보수 혁신을 주도하고자 함

❍ 6개의 지표를 제시. 이중 중요한 지표로 데이터(Data) 분야가 있음

❍ 데이터를 공유·활용하여 공사비 절감, 벤치마킹 활성화, 부서별 평가지침 마련

❍ 아래와 같은 건설전략 제시

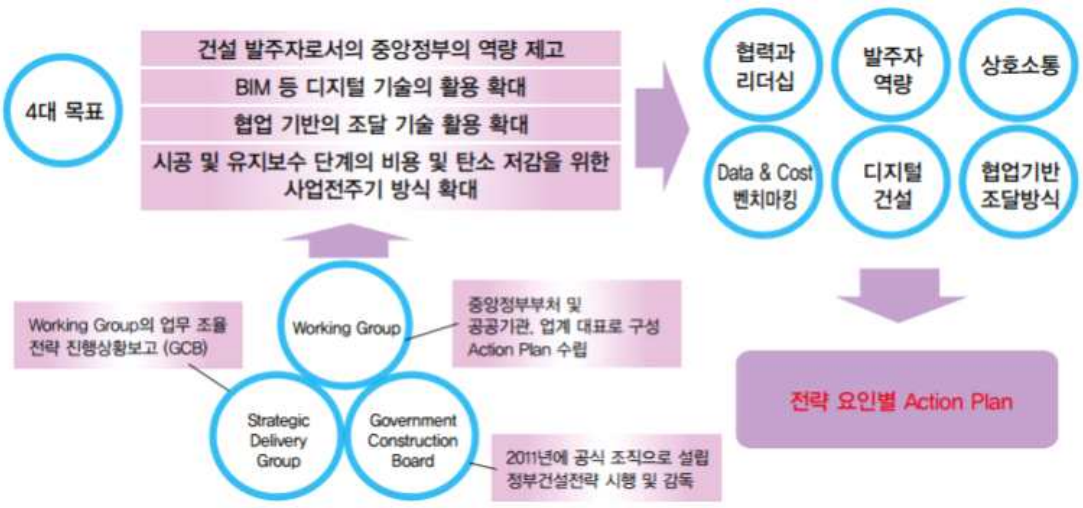


그림 2-9 영국의 건설전략 2016-2020 계획

3. 시사점

❑ 철도 궤도의 안전 및 성능 유지를 위한 사전예방적 유지보수 정책 방향에 따른 기술개발 추진이 필요

○ 국내 기존 신규 건설에만 중점되어있던 제도에서 신선 및 운행선의 모든 철도 시설에 대한 안전 및 성능 유지를 위해 상시 점검 등 사전예방적 유지관리 강화 추세

○ 국외에서도 노후된 시설, 이용객의 안전 보장을 위한 대책 마련이 요구

❑ 철도 이용 수요에 따른 고속화, 수송량 증가 계획에 따른 기존 운행선 유지보수 개선 연구가 필요

○ 기존선의 주요 거점간 고속이동 서비스 확대 등으로 고속화, 수송량 증가 계획에 따른 국내 실정에 맞는 유지보수 개선 및 기술력 확보가 필요

❑ 인력 중심의 유지관리에서 자동화, 효율화 확보 가능한 장비 개발이 요구

○ 국내 철도 궤도는 인력 중심의 유지관리가 진행되고, 일본의 경우 생산 연령 인구 감소 전망에 대한 대비책으로 자동화 가능한 운영 및 유지보수에 대한 노력 추진

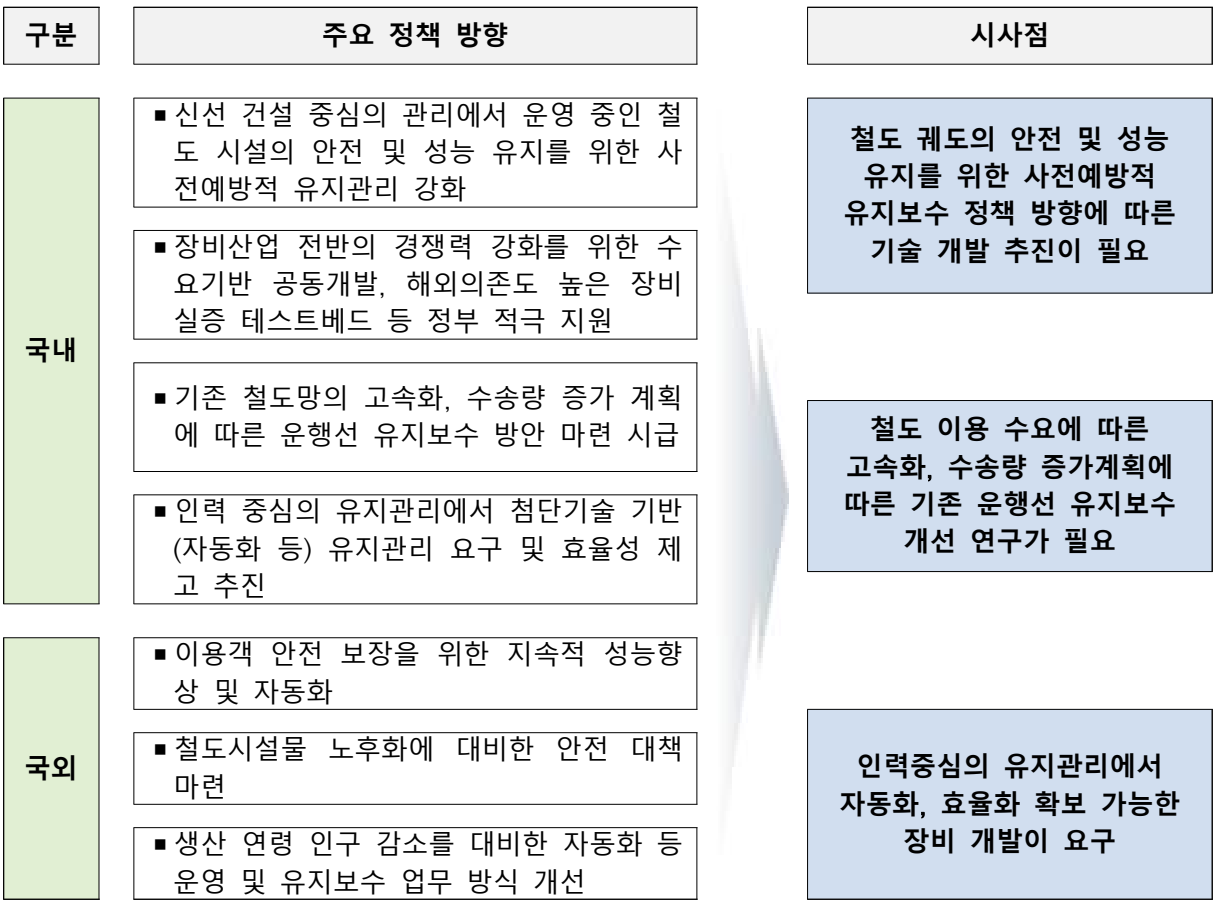


그림 2-10 국내외 정책 동향 주요 시사점

제2절 국내외 철도 궤도 유지보수 산업 동향

1. 국내

1.1. 운행 철도 현황 및 전망

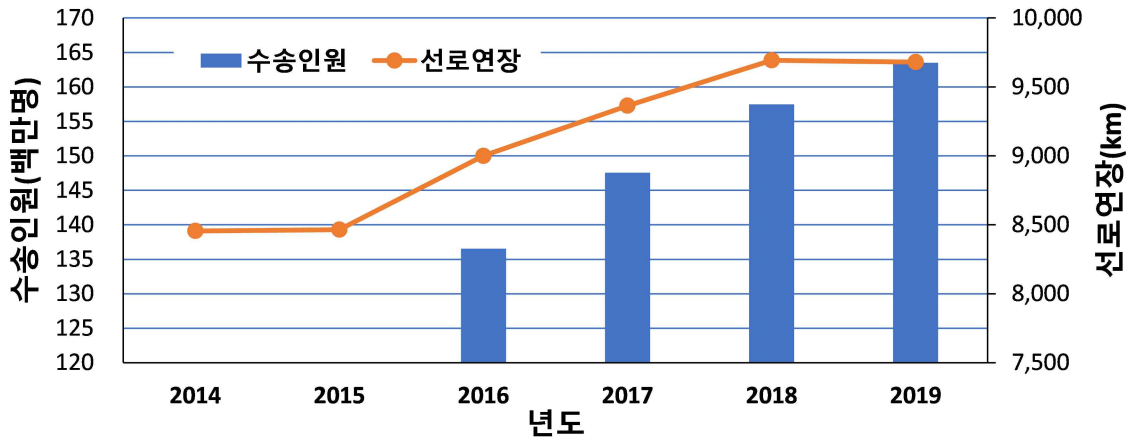
❑ **철도 연장 및 열차 운행 횟수 등 철도 궤도의 이용량이 지속적으로 증가**

❍ 선로연장:`05년 7,746km →`19년 9,680km (증 1,934km, ↑25%)

※ 시설업무현황(2019), 한국철도공사

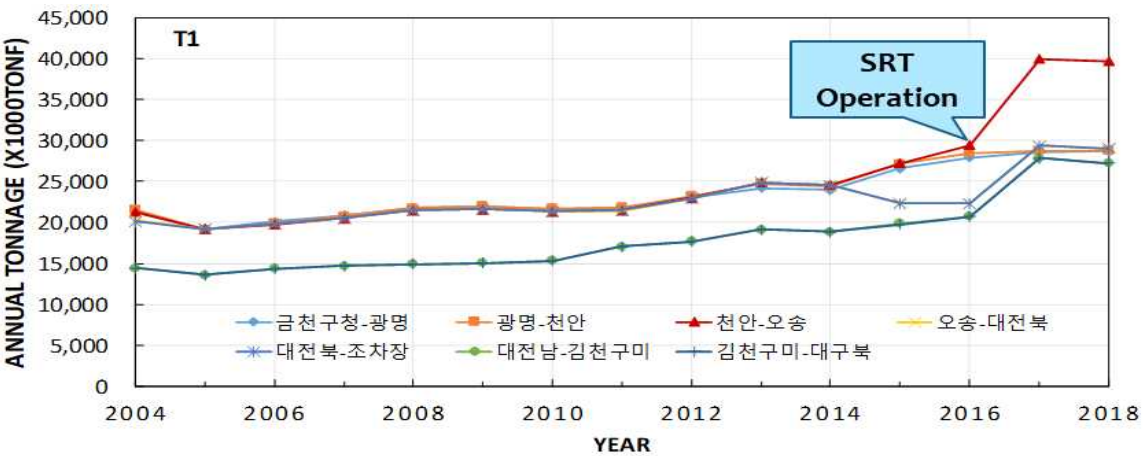
❍ 일일 열차 운행횟수:`05년 2,512회→`18년 2,934회 (증 442회, ↑16.8%)

❍ 경부고속선은 호남고속철도와 수서고속철도 개통으로 연간 3천만톤, 평택-오송구간은 4천만톤(SR개통이전기준 47% 증가)으로 증가



자료: 시설업무현황(2019), 철도통계연보(국토교통부, http://www.kric.go.kr/jsp/industry/rai/DAANEWList.jsp)

그림 2-11 국가철도 영업연장 복선화율, 전철화율 변화추이



자료: 한국철도공사 2019 시설업무현황, 한국철도기술연구원 분석

그림 2-12 경부고속선 1단계 구간 열차통과톤수 변화

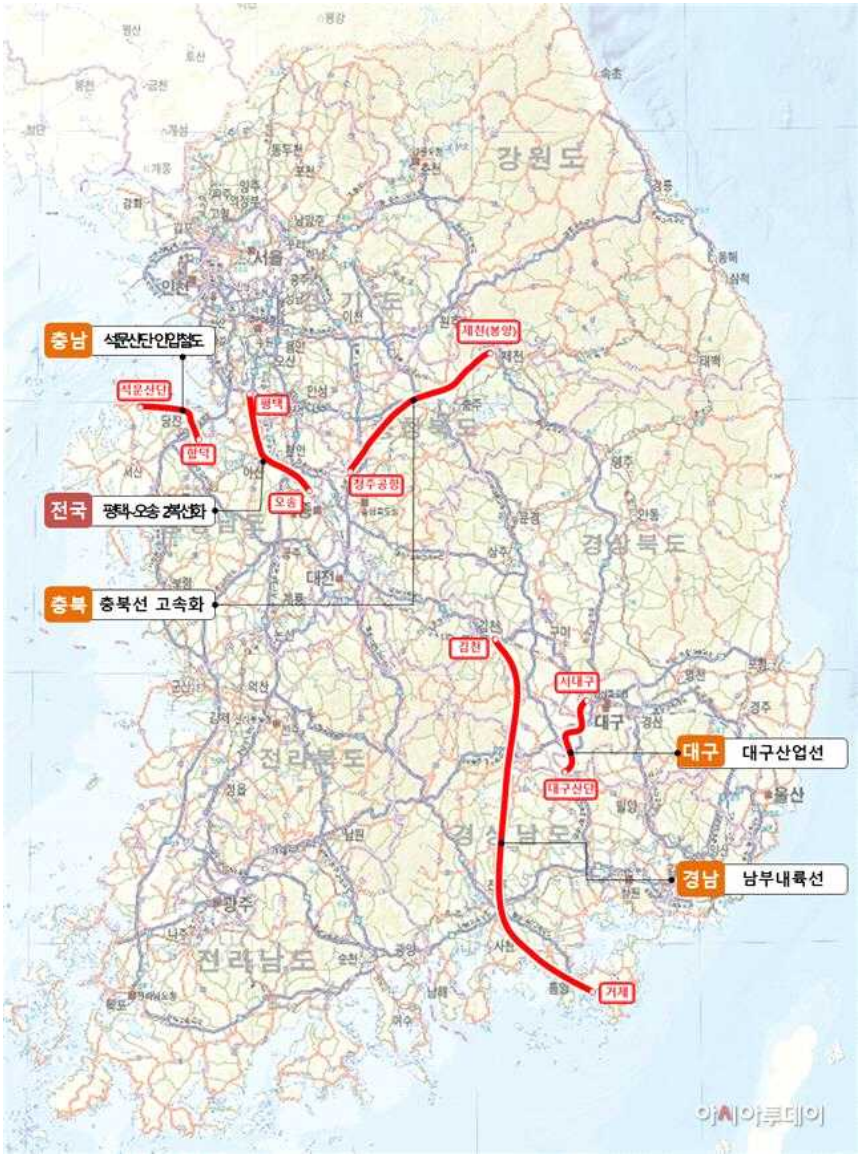
❑ **운영속도(200km/h) 이상 운영 구간은 신규건설 및 개량을 통해 확대 전망**

○ 경부고속선 평택-오송구간 2복선화 사업 추진을 통해 고속철도 병목구간 해소 및 고속철도 서비스 향상(400km/h) 계획

– 평택~오송 구간(46km)은 경부와 호남고속철도가 합류하고, 서울-목포간 고속철도(KTX, SRT)가 중복으로 운행하는 구간으로 병목현상이 심함

※ 선로용량(하루 운전가능한 최대 열차횟수) 190회 중 현재 176회 수준 운영[7)]

– 해당 부분에 2복선화(복복선화) 사업이 추진됨에 따라 400km 고속열차 운행으로 평택-오송 전후 구간의 자갈궤도 구간에서 증속 여부 논의 중



자료: 보도자료, https://www.asiatoday.co.kr/view.php?key=20191120010012022

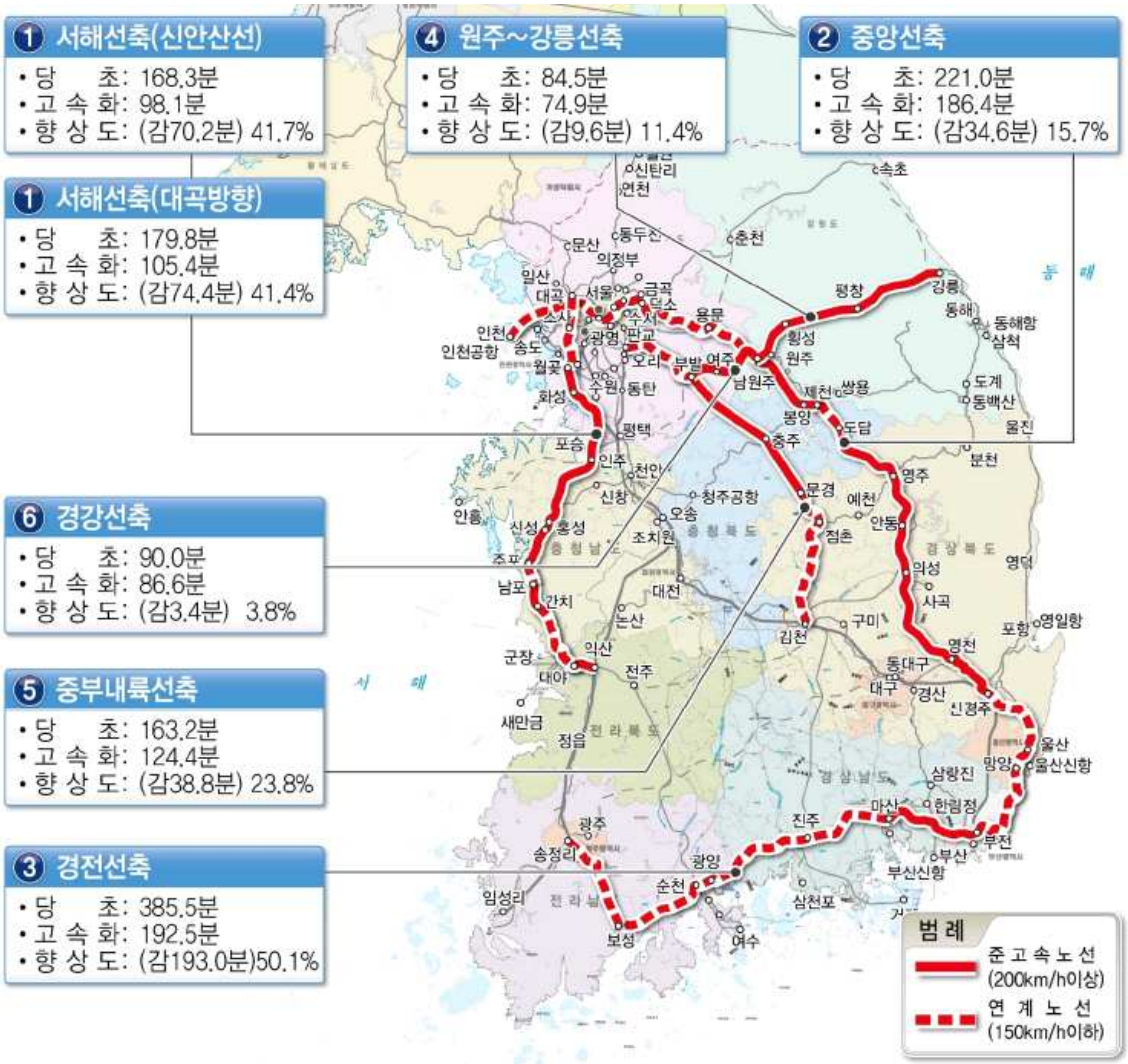
그림 2-13 평택-오송 2복선화 및 철도사업 계획

7) 보도자료, https://www.asiatoday.co.kr/view.php?key=20191120010012022

❍ 주요간선 철도 EMU-250 투입으로 운영속도(250km/hr급)와 통과횟수 증가

❍ 일반철도구간이라도 200km/h이상 구간에 대해서 엄격한 고속철도 유지보수기준을 적용하여 유지관리가 필요함으로 해당구간의 유지보수 요구량은 급격히 증가가 예상됨

※ 선로유지관리지침(2018) : '고속철도는 200km/hr 이상으로 주행하는 철도'로 규정



자료: 준고속차량(EMU-250) 도입을 위한 시설개선 및 고속화 연구 (국가철도공단, 2017)

그림 2-14 주요간선 EMU-250 투입계획

❑ 운행 중인 고속선 및 일반선 궤도 연장 중 **궤도 유지보수가 필요한 자갈도상이 대부분을 차지**

❍ '19년 기준 한국철도공사에서 운행 중인 궤도 연장은 총 9,680.6km로 이 중 일반선이 85.2%로 구성

❍ 초기 공사비가 저렴하고 다양한 지형 조건에도 적용이 가능한 자갈도상의 경우 일반선에서는 89.0%, 고속선에서는 43.8%를 차지

– 다만, 자갈도상의 경우 지속적인 유지보수가 필요한 궤도구조임

❍ 고속선 및 일반선의 전체 궤도 연장을 기준으로 할 경우, 전체 82.3%인 7,965.8km가 자갈도상으로 건설·운영되어 이에 대한 궤도 유지보수가 필요

표 2-7 궤도구조별 궤도 연장 현황

구 분	궤도 연장(km) 2019.1.1기준		
	합계	자갈도상	콘크리트 도상
전체	9,680.6 (100.0%)	7,965.8 (82.3%)	1,714.8 (17.7%)
일반선	8,246.1 (85.2%)	7,337.5 (89.0%)	908.6 (11.0%)
고속선	1,434.5 (14.8%)	628.3 (43.8%)	806.2 (56.2%)

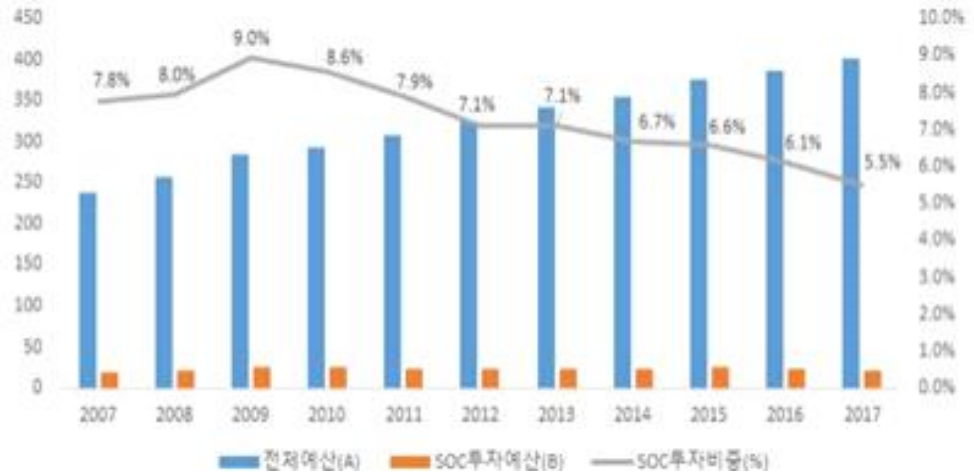
※ 궤도연장은 본선 및 측선을 합산한 값임
자료 : 한국철도공사, 2019년 시설업무 현황

1.2. 철도 시설 유지관리 현황 및 전망

❑ **(철도 유지보수 시장 확대)** 철도건설은 줄어드는 반면 철도 유지보수비중은 증가

❍ 2011년 이후 SOC 투자비용이 감소 (연평균 2.3% 감소)[8)]

❍ 철도 건설보다는 철도 시설물 유지보수 요구량 증가 추세



자료 : 중장기 노후철도시설 개량투자계획 수립 연구 (국토교통부, 2017)

그림 2-15 국내 SOC 투자비중 변화 추이

표 2-8 향후 5년간 국가철도 유지보수 인력 현황 및 투자비용

구 분	2021	2022	2023	2024	2025
인력현황 (명)	8,927	9,117	9,510	9,704	9,996
유지보수예산 (억원)	10,156	10,707	11,196	11,640	12,103
인당 비용	1.1~1.2 적용 (인플레이션 적용)				

표 2-9 10년간 유지보수 및 개량 투자실적

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
유지보수 비용(억원)	7,225	6,996 (-3.2)	7,016 (-2.9)	7,220 (-0.1)	7,721 (6.9)	7,736 (7.1)	7,650 (5.9)	8,179 (13.2)	8,440 (16.8)	9,279 (28.4)
개량 비용 (억원)	1,333	2,300 (72.5)	3,332 (149.9)	3,048 (128.6)	4,646 (248.4)	4,659 (249.4)	5,511 (313.3)	6,016 (351.2)	9,223 (591.7)	11,495 (762.1)
유지보수+ 개량비용 (억원)	8,559	9,296 (8.6)	10,349 (20.9)	10,267 (20.2)	12,367 (44.5)	12,395 (44.8)	13,161 (53.8)	14,194 (65.8)	17,663 (106.4)	20,774 (142.7)

❍ 유지보수 예산은 지난 10년간 고속철도의 경우 76.9%, 일반철도의 경우 19.8% 증가, 개량예산은'12년을 기준으로 고속철도 249.4%, 일반철도는 431.5% 증가

8) 국토교통부, 중장기 노후철도시설 개량투자계획 수립 연구, 2017

표 2-10 10년간 유지보수 투자실적

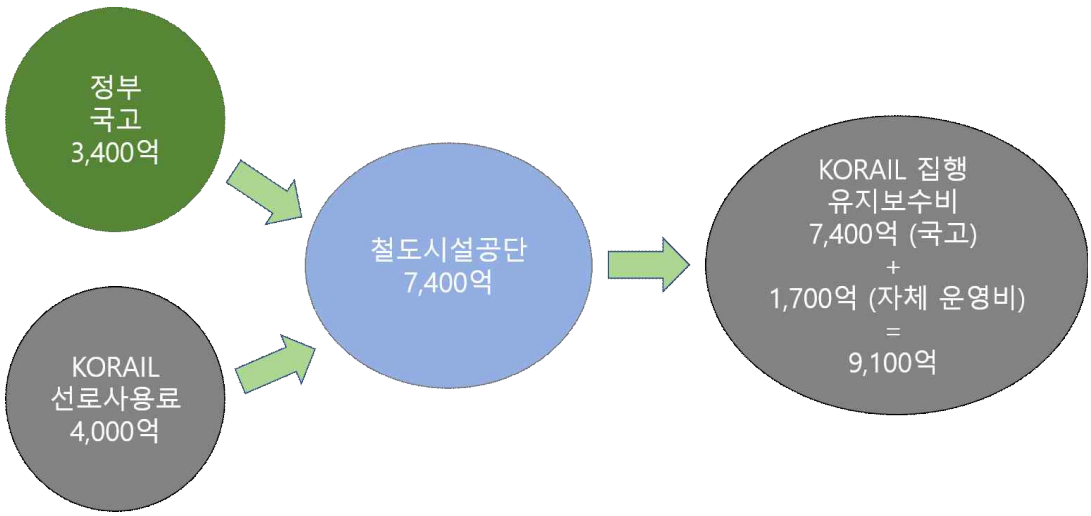
유지보수 예산 (억원)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
고속철도	1,089 (기준)	980 (-10.0)	1,002 (-7.9)	1,024 (-5.9)	1,425 (30.9)	1,451 (33.3)	1,597 (46.7)	1,803 (65.6)	1,805 (65.8)	1,926 (76.9)
일반철도	6,137 (기준)	6,016 (-2.0)	6,014 (-2.0)	6,196 (1.0)	6,296 (2.6)	6,285 (2.4)	6,053 (-1.4)	6,376 (3.9)	6,635 (8.1)	7,353 (19.8)
합계	7,225	6,996	7,016	7,220	7,721	7,736	7,650	8,179	8,440	9,279

표 2-11 10년간 개량 투자실적

개량예산 (억원)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
고속철도	0	400 (기준)	488 (21.9)	450 (12.4)	480 (19.9)	453 (13.2)	608 (51.9)	611 (52.8)	880 (119.9)	1,398 (249.4)
일반철도	1,333	1,900 (기준)	2,844 (49.7)	2,598 (36.8)	4,166 (119.3)	4,206 (121.4)	4,903 (158.1)	5,405 (184.5)	8,343 (339.2)	10,097 (431.5)
합계	1,333	2,300	3,332	3,048	4,646	4,659	5,511	6,016	9,223	11,495

❑ **(철도 유지보수비용 분석)** 한국철도공사는 국가시설공단(국토부)과 계약체결을 통해 시설물 유지보수 비용을 매년 지급받고, 집행 중

※ 한국철도시설공단법 제22조, 한국철도공사법 제9조 제1항 제4호



자료 : 한국철도공사, 2019 시설업무현황

그림 2-16 한국철도공사 유지보수비 예산 프로세스 ('19년)

❍ 시설물 유지보수와 관련된 인건비, 장비 구매는 정부예산이므로, 국가 R&D 투자를 통해 유지보수 비용이 감소될 경우 정부예산 절감효과와 직결됨

표 2-12 한국철도공사 연도별 유지보수 및 개량 비용

구분	2016년 (백만원)	2017년 (백만원)	2018년 (백만원)	2019년 (백만원)
전체 유지보수 및 개량 비용 (정부예산 + 건축 등 Korail 운영비)	771,818	762,100	805,823	908,112
궤도/노반 유지보수 및 개량 비용 (정부예산)	678,677	641,328	696,537	736.357

❍ 상기 표와 같이 궤도/노반 시설에 대한 유지보수 및 개량 비용은 100% 정부예산으로 집행

– 정부예산은 순수 국고 + 철도공사에서 환급되는 선로사용료(약 4,000억원 수준)으로 구성되며 선로사용료도 국고로 봐야 함

1.3. 철도 궤도 유지보수 장비 현황

❑ 주요 운영 및 관리기관의 유지보수 장비는 **주로 자갈궤도 유지보수를 위한 장비로 구성**

○ 한국철도공사, 국가철도공단, 서울교통공사의 국내 주요 운영 및 관리 기관에서 보유한 유지보수 장비는 보수장비, 검측장비, 운반장비 3가지의 유형으로 구성

○ 이 중 보수장비는 대부분 자갈도상(밸러스트)에 대한 유지보수 장비임

❑ 궤도 유지보수 보유 장비는 **내구연한이 도래(사용연수 1~5년 이내)**

○ 한국철도공사의 경우 사용연수가 1~5년이내로 남은 장비 비중이 전체 11.3% 수준이며, 특히 멀티플타이탬퍼의 경우 45.2%(19대)가 내구연한이 도래

○ 국가철도공단의 경우 전체 62% 수준이 내구연한이 5년이내로 남아있어, 노후장비로 유지보수를 작업을 진행 중

❑ 대부분의 유지보수 장비는 **해외에서 수입하여 활용**

○ 한국철도공사의 경우, 모터카는 단순한 운반장비로서 국내에서 제작·공급되고, 모터카이외의 유지보수 장비는 모두 해외에서 수입

○ 국가철도공단의 경우에도 모터카 및 다목적 모터카의 경우 국내 제품으로 활용

○ 서울교통공사의 경우 보수 장비 중 살수차와 트랙머신만 국내 제작으로 통해 확보하여 활용

표 2-13 한국철도공사 유지보수장비 보유 현황

구 분		'18년	'20년	내구연한*				구입처
				1~5년	6~10년	11~15년	16~20년	
보수 장비	**멀티플타이탬퍼**	41	42	19	3	8	12	**오스트리아**
	스위치타이탬퍼	19	19	4	-	2	13	**오스트리아**
	궤도안정기	17	17	1	-	8	8	**오스트리아**
	밸러스트콤팩터	24	24	-	-	-	10	**오스트리아**
	밸러스트레귤레이터	29	29	1	-	4	17	**오스트리아**
	밸러스트크리너	11	11	1	-	-	4	**오스트리아**
	분진흡입차	1	1	-	-	-	-	**독일**
검측 장비	**궤도검측차**	1	1	-	1	-	-	**오스트리아**
	선로점검차	3	3	-	-	3	-	**오스트리아**
	레일탐상차	1	1	-	-	1	-	**오스트리아**
운반 장비	모터카	123	123	6	-	7	63	국내
	호퍼카	11	11	-	-	4	7	**오스트리아**
전체		281	282	32 (11.3%)	4	37	134	-

* 장비구입후 사용연수 20년 (국가철도공단 기준) 기준으로 남아있는 사용연수

자료 : 한국철도공사 내부 자료

표 2-14 국가철도공단 유지보수장비 보유 현황

구분	장비명	'19년	내구연한*		구입처
			5년 이내	6~10년	
보수장비	**멀티플타이탬퍼**	4	3	-	**오스트리아**
	밸러스트레귤레이터	5	2	3	**오스트리아**
	스위치타이탬퍼	6	2	4	**오스트리아**
	궤도안정기	6	2	4	**오스트리아**
	콘베이어호퍼카	5	5	-	**오스트리아**
	다목적모터카	1	1	-	국내
	모터카	26	18	-	국내
전체		53	33 (62.3%)	11	-

* 장비구입후 사용연수 20년 (국가철도공단 기준) 기준으로 남아있는 사용연수
자료 : 국가철도공단 내부 자료

표 2-15 서울교통공사 유지보수장비 보유 현황

구 분		'18년	구입처
보수 장비	소 계	17	
	멀티플타이탬퍼	2	**오스트리아**
	밸러스트콤팩터	1	**오스트리아**
	레일연마	3	**스위스/오스트리아**
	레일밀링	1	**오스트리아**
	살수차	4	국내제작
	자갈흡입차	2	-
	트랙머신	4	국내제작
검측 장비	소 계	5	
	궤도검측차	2	**이탈리아/ 오스트리아**
	레일탐상차	3	**스위스(Speno)**
전체		44	-

자료 : 서울교통공사 내부 자료

❑ 레일 용접과 관련하여 용재의 경우 전량 수입에 의존

❍ 테르밋용접에 사용하는 용재의 경우 국내의 경우 전량 국외 수입 의존하고 있어 매년 제조사의 구입단가 상승에도 불가피하게 구매해야 하는 시장이 형성되어 있음

2. 국외

2.1. 철도 시설 유지관리 현황 및 전망

❑ **철도 신규 건설 대비 기존선에 대한 개량 및 유지보수 시장규모는 지속 확대**

❍ 신규(신설·개량) 및 기존(유지보수·교체)를 포함한 철도인프라 관련 시장은 전세계 철도산업의 40%를 차지하며 평균 성장률보다 빠르게 성장

❍ 철도인프라 관련 시장은 2015년 기준 약 657억 유로로 전세계 철도산업 시장의 40%를 차지하며 연간 2.8% 이상의 성장률을 보임

❍ 궤도시스템 시장은 신규(신설 및 개량)시장보다 기존(유지보수 및 교체)시장 규모 및 성장률이 높으며, 유지보수 및 교체 시장은 각 권역별 3%~5%의 성장률로 모든 권역이 성장 추세

– 궤도시스템의 유지보수 및 교체 분야 시장은 2015년 기준 239억 유로로 3.5%의 평균 성장률을 보이며 전 권역에서 플러스 성장률을 보이고 있음

표 2-16 궤도시스템분야 신설 및 개량과 유지보수 및 교체 권역별 시장규모·성장률

권역	신설 및 개량 분야(신규)		유지보수 및 교체 분야(판매 후)	
	시장규모 (백만 유로, 2015년 기준)	성장률 (2015년-2020년)	시장규모 (백만 유로, 2015년 기준)	성장률 (2015년-2020년)
서유럽	3,120	+0.2%	8,720	+3.1%
동유럽	1,320	-7.5%	1,440	+3.1%
북미	940	-1.9%	4,900	+2.8%
중남미	580	-10.1%	780	+3.0%
아시아	5,330	+1.4%	4,060	+5.2%
CIS	560	+2.5%	2,470	+3.1%
아프리카/중동	1,580	+9.1%	930	+5.0%
오스트레일리아/태평양	300	+4.3%	630	+3.1%
합계	13,730	+1.0%	23,930	+3.5%

자료 : The Worldwide Market for Railway Industries 2016, SCI Verkehr GmbH

❑ **베트남 등 동남아시아 지역**의 **철도건설 및 유지보수 시장의 확대** 전망

❍ 베트남 철도는 매년 3,150km에 이르는 낙후된 철로 보수에 2조VND 예산이 필요하며 전국의 낙후된 철도 구간은 시속 60km로 운행 및 보수된 구간은 최대 시속 90km 속도로 운행이 가능한 수준

❍ 이에 철도산업에 300억 달러의 예산 투입을 통해 철도 구간 확대 및 안전성 강화 기반 시설 확충을 추진하고자 함[9)]

❍ 또한 유지보수 장비는 프랑스 점령시 사용된던 장비를 그대로 사용하거나 노후화 되어 사용이 불가한 상황으로 장비 도입이 시급한 상황

❍ 예산 및 장비 전문 인력의 부족으로 첨단 대형장비의 도입보다는 상대적으로 저가의 소형 유지보수 장비 등이 해당 유형의 시장에서 필요할 것으로 전망

자료 : 보도자료, http://www.viethantimes.com/news/articleView.html?idxno=10763, KRRI 내부 자료

그림 2-17 베트남 철도 산업 투자계획 및 궤도 유지보수 장비 현황

9) 보도자료, ttp://www.viethantimes.com/news/articleView.html?idxno=10763

2.2. 철도 궤도 유지보수 장비 현황

❑ 철도 궤도 유지보수 장비 시장은 **유럽 주요국 및 미국 기업의 독과점** 시장으로 형성

❍ 오스트리아의 Plasser & Theurer의 주도로 일부 기업을 포함하여 전세계의 궤도 유지보수 장비를 공급하고 있음

– 국내의 경우에도 한국철도공사 보유 자갈 궤도 유지보수 장비의 대부분이 Plasser & Theurer 장비로 파악

❍ **(자갈 선형정정과 다짐장비, MTT)** 오스트리아 Plasser & Theurer에서 전세계 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며 그 외 스위스, 중국, 미국, 러시아 기업에서 생산

– 시장점유율로 보면 Plasser & Theurer (오스트리아), CRCC (중국), Matisa (스위스), Robel (독일), Harsco Rail (미국) 순으로 자갈다짐 장비를 제작 공급함

– (오스트리아 Plasser & Theurer) 높은 기술력을 바탕으로 전세계 109개국 독일, 프랑스, 일본, 이탈리아, 스페인 등을 비롯한 유럽, 아메리카, 아시아, 아프리카, 오세아니아 대륙의 많은 철도보유국에 선로보수장비(약 15,856대)를 공급함

– (중국 CRCC) Plasser & Theurer로부터 기술이전을 받아 다짐장비를 생산하기 시작하였음

– (스위스 Matisa) 가격경쟁에서 Plasser & Theurer에 열세하며 독일, 프랑스, 이탈리아, 스페인 등 주로 유럽 내 멀티플타이탬퍼, 밸러스트 레귤레이터, 밸러스트 클리너 등 선로보수장비 91대를 납품

※ 장비단가가 비싸고 장비작업(검측) 방식이 상이한 평가를 받음

– (미국 Kershaw) 농기계/농기구를 제작하던 회사로서 주로 소형 궤도 유지보수 장비를 제작 (TAMPER, JACKSON 등과 함께 HARSCO 그룹의 자회사임)

※ 미국시장 점유율 순위 : ①Plasser-America, ②Tamper, ③Speno-Jackson

– (러시아 RPM 그룹) 러시아 선로보수장비 및 기술 제작업체이며 러시아의 선로보수장비 자체적으로 공급하고 있으며, 아시아, 중동, 아프리카, CIS국가 및 유럽에 생산품을 수출하여 멀티플타이탬퍼, 밸러스트레귤레이터, 밸러스트클리너 등 선로보수장비 330대를 납품

❍ **(자갈궤도 유지보수 장비)** 클리너(자갈제거 장비), 컴팩터, 궤도안정기도 다짐장비 제작 회사에서 제작 공급하고 있음

표 2-17 철도 궤도 유지보수 장비 분야 주요 기업별 특징 비교

구분	P & T	Speno	Matisa	Kershaw	RPM 그룹
국가	오스트리아 (Linz)	스위스 (Geneva)	스위스 (Crissier)	미국 (Albertville)	러시아
주요 생산장비	검측차, 연마차 작업장비, 운반장비 소형선박 등	연마차 탐상차	작업장비 운반장비	보선작업장비 기관차	작업장비
국내도입 (KORAIL)	검측차, 작업장비 운반장비	탐상차, 연마차 (매트로등)	작업장비 (철도공단RE)	분기기클리너	없음
기술력	기술력 높음	탐상기술 높음	기술력 열세	기술력 열세	기술력 열세
세계시장 점유율	97%	0.5%	0.5%	-	2%

3. 시사점

❑ 철도 궤도 이용량 증가, 등 국내 운영환경이 변화로 인한 유지보수 요구량 증가에 대비한 자갈도상에 대한 유지보수 효율화 기술이 필요

❍ 건설된 이후 장시간 운행되고 운행 횟수 및 수송량 증가로 철도 궤도의 이용량이 증가하고 있으며, 기존 대비 운영속도를 향상하여 보다 높은 수송량을 확보하는 추세

❍ 또한 국내 궤도 연장 중 전체 85%이상을 차지하는 자갈도상의 경우 궤도 유지보수 작업이 지속적으로 필요함에 따라 운영기관에서는 대부분의 비용을 투입 중

❍ 이러한 환경에서 안전성 및 성능유지 정책 방향에 따라 유지보수에 대한 투자는 계속 확대될 것으로 전망되어 기존 대비 성능 개선 효율 및 비용 효율에 대한 대안 마련이 시급

❑ 외산 장비 중심이나, 내구연한(사용연한) 도래 및 현장 적용성 한계로 인해 여전히 인력 투입 작업이 높아 국내 현장 환경에 맞는 국산화 장비 개발이 필요

❍ 운영 및 관리기관의 유지보수 관련 보유 장비 중 국산 장비는 모터카 또는 살수차 수준으로 유지보수를 수행하는 직접적인 장비 대부분을 외산장비에 의존

– 보유 장비의 규모가 적은 경우(궤도검측차, 레일탐상차 등 1대 보유) 현장 적용성이 낮으며, 자갈궤도 유지보수 장비는 상당부분 16년이상 사용되어 현재 장비의 개선이 필요

❍ 주요 장비 기업은 오스트리아, 스위스 등 유럽 국가이며, 중국의 경우 기술이전을 통해 다짐장비를 개발하고 러시아 또한 자국 내 자체 공급하여 자국 기술력 확보를 위해 노력

❑ 이러한 철도 궤도 유지보수 분야의 국산화 장비 개발로 국내 장비산업의 기술력 강화 및 지속적으로 확대 전망되는 글로벌 철도 궤도 유지보수 시장에 판로 개척을 기대

❍ 소재·부품·장비 산업의 기술경쟁력 강화 정책에 맞추어 국내 운영기관의 수요 기반 장비 개발 및 연구계, 산업계 협력을 통한 기술 진보가 가능

❍ 또한 국내 한정된 수요 대비, 글로벌 시장의 철도 궤도 유지보수 시장도 확대되는 것으로 전망되고 시장이 선점된 유럽, 미국 지역의 진출 보다는 과거 철도 궤도 환경이 유사하거나, 적정기술이 요구되는 베트남 등 인접 국가의 시장 진출을 기대 가능

제3절 철도 궤도 유지보수 필요 장비 도출

1. 기술개발 필요 장비 도출 과정

❑ 국내 철도 궤도 유지보수 현장의 이슈(진단 및 분석) 발굴 및 국내외 정책 및 산업 동향 분석 결과를 반영하여 철도 궤도 유지보수 필요 장비 2개를 선정

○ (1단계) 선로유지관리지침에 따른 국내 철도 궤도 유지보수 체계를 분석하여 각 작업별 특성 및 주요 작업 내용을 파악

○ (2단계) 각 작업별 문제점 및 현장 이슈 등을 조사 발굴

○ (3단계) 궤도틀림 정정작업과 자갈도상 교환 작업에 대한 향후 요구량 전망

– 3단계까지 도출된 내용과 기 추진된 국내외 정책 및 산업 동향 분석의 시사점을 반영하여 궤도 유지보수 장비의 기술개발 방향 및 필요성 정리

○ (4단계) 기술수요조사를 통해 발굴된 과제 수요를 분석

○ (5단계) 산학연관 국내 연구자의 연구 수요를 포함하여 개발 필요 장비(안) 도출

○ (6단계) 전문가 자문을 통한 우선순위 평가로 최종 2개 장비 선정

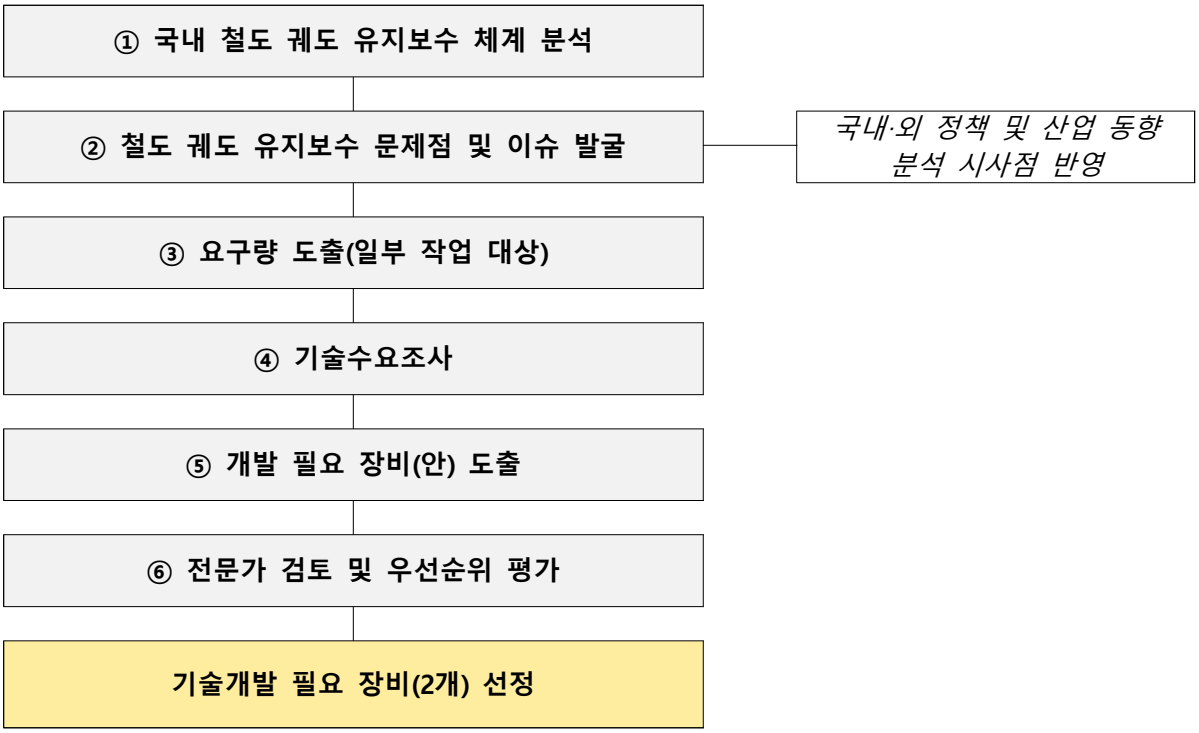


그림 2-18 기술개발 필요 장비 도출 과정

2. (1단계) 국내 철도 궤도 유지보수 체계 분석

2.1. 철도 궤도 유지보수의 범위

❑ 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률에 의한 범위

❍ (제2조)"유지관리"란 철도시설의 기능을 보전하고 철도시설 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 철도시설을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 경과시간에 따라 요구되는 철도시설의 보수·보강 등에 필요한 활동을 정의함

❍ (35조) 또한, 철도시설관리자는 철도시설의 안전과 성능을 유지하기 위하여 보수·보강·교체 등 필요한 조치를 하도록 되어있음

❑ 이에 따라 철도 궤도 유지보수는 궤도의 선형과 상태를 일정기준 이상으로 관리함으로써 열차운행의 안전, 승차감, 열차 정시성을 확보함과 동시에 궤도의 수명을 연장하기 위하여 수행되는 활동 중 대규모 보강 및 개량을 제외한 모든 활동임

2.2. 철도 궤도 유지보수 체계 및 종류

❑ **(검측→분석→유지관리)** 선로유지관리지침[10]의 세부기준에 의거 궤도 유지관리 수행

❍ 궤도 점검차나 유지보수인력의 정기순회와 열차순회를 바탕으로 유지보수 개소와 방법 선정, 이후 궤도검측치가 기준치를 초과하는 개소에 대한 유지보수 수행이 원칙임

자료: 한국철도공사 내부 교육자료

그림 2-19 한국철도공사 궤도 유지보수 체계

❑ 궤도 유지보수는 궤도구성품별로 수행되며, 궤도틀림 정정작업, 궤도재료 보수 및 교환,

10) 국가철도공단 선로유지관리지침, 2018.12.30 개정

레일관리, 분기기, 기타 유지보수로 구분

❍ 선로유지관리지침에 각 구성품별 유지관리기준과 방법이 정의되어있으며 다음과 같이 정리됨

표 2-18 궤도 유지보수 종류

종류	작업내용	필요 유지보수 장비
궤도틀림 정정작업	■ 기준선형에서 벗어난 궤도(레일)을 원래위치로 되돌리는 작업 ■ 승차감향상에 직접 영향을 미침 ■ 가장 빈번하게 발생하는 작업	■ 1종 작업으로 불림 ■ 다짐장비: MTT, STT 등(대형장비), 소형장비(인력) ■ 안정화장비: Compactor, DTS(궤도안정기) ■ 자갈정리장비: Ballast regulator
궤도재료 보수와 교환	■ 궤도 구성품(자갈도상, 침목, 체결구, 분기기와 구성재료) 보수 교환 - 자갈도상: 교환 - 침목 교환 - 체결구 탈락 이완 보수	■ 자갈교환(2종작업으로 불림) - Ballast cleaner(자갈제거), 자갈살포기(호퍼카 등), Ballast regulator, - MTT, STT 등의 다짐장비
		■ 침목/체결구 보수와 교환 - 파손 또는 소실된 체결구 부품(클립 등) 교환 - 침목균열정도에 따른 보수와 교환
분기기 관리	■ 열차 안전운행과 직결되는 구성품 ■ 조정 및 재료보수	■ 분기기 레일 연마 ■ 선로전환기 ■ 분기기 작동 정기점검(인력 점검) 및 도유 ■ 분기구간 선형측정
레일 관리	■ 열차 안전운행과 직결되는 구성품 ■ 레일탐상차와 휴대용 탐상장비, 육안 점검으로 결함개소 선정 - 레일교환: 결함 심각개소 - 결함보수: 표면결함 육성용접, 용접부 연마 - 레일예방 연마 - 레일축력관리: 좌굴예방	■ 레일교환: 레일 파손이나 절손 개소 - 레일운반 (길이에 따라서 인력, 트롤리 운반) - 레일절단기, 용접기, 부분 연마기 - 레일용접: 테르밋, 플래시버트, 가스압접 등
		■ 레일 이음매판 교환 - 인력으로 교환
		■ 레일 연마 - 소형연마기(인력): 용접부, 육성용접부 등 - 레일표면연마(예방연마) : 연마차(대형장비)
		■ 레일 축력관리: 축력측정기, 재설정(절단과 용접) - 레일 절단기: 휴대용 소형장비 - 재설정: 절단, 인장, 용접
기타 관리	■ 열차 안전운행을 위한 관리작업 - 제초작업 - 선로내 침입동물 제거 - 배수로 정비 - 선로주변 점검(비탈면 등)	■ 인력위주의 점검과 보수

자료: 국가철도공단 선로유지관리지침, 2018.12.30 개정, KRRI 재정리

❑ 기계작업과 인력작업을 구분한 작업내용은 다음과 같음

❍ **1종 기계작업** (침목하부다지기, 궤도 양로, 선형틀림 정정)

⬅ (작업방향)

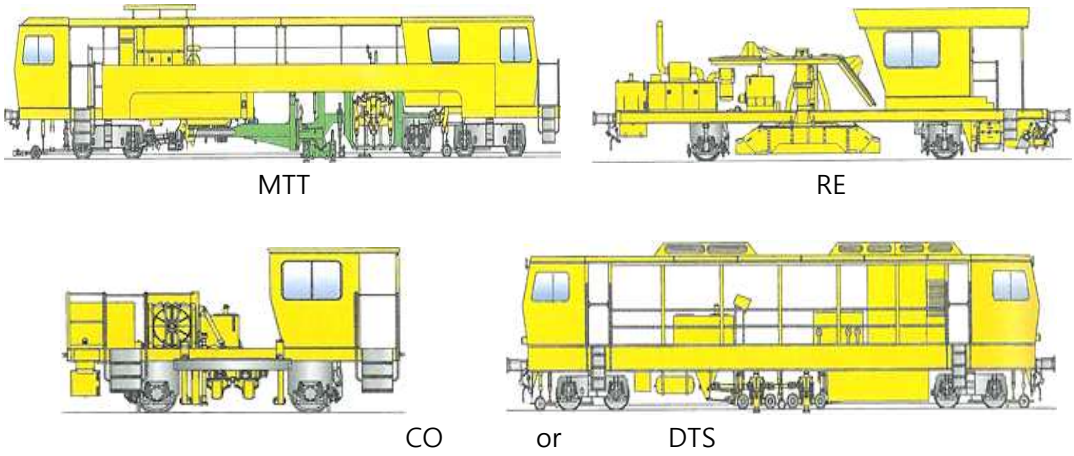


그림 2-20 1종 기계작업 장비

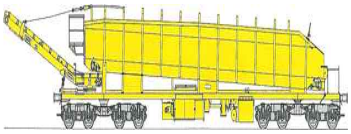
❍ **1종 인력작업** (지적개소, 긴급보수개소 등의 국부다짐)

– 유압 Jack으로 양로 후, 인력 다짐

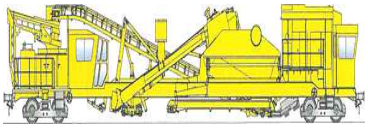
그림 2-21 1종 인력작업

❍ **2종 기계작업** (자갈 치환 및 분니(세립분) 제거)

⬅ (작업방향)

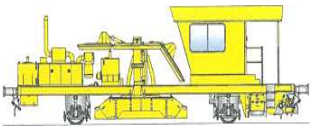


CHC

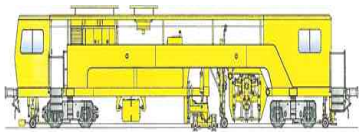


CL

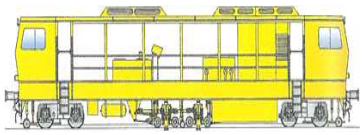
모터카+자갈차



RE



MTT

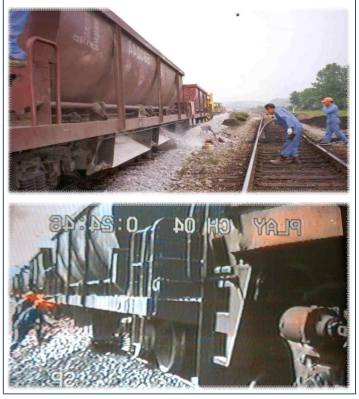


DTS

자갈 치환, 토사 제거
(밸러스트클리너)

토사 운반, 하화
(호퍼카)

자갈 운반, 살포
(모터카)



자갈 고르기
(밸러스트 레귤레이터)

침목 저부다지기, 궤도정정
(멀티플 타이탬퍼)

궤도 안정화
(궤도안정기)

그림 2-22 2종 기계작업 장비

○ **분기기 기계작업** (분기기 다짐)

– STT (Switch Tie Tamper)

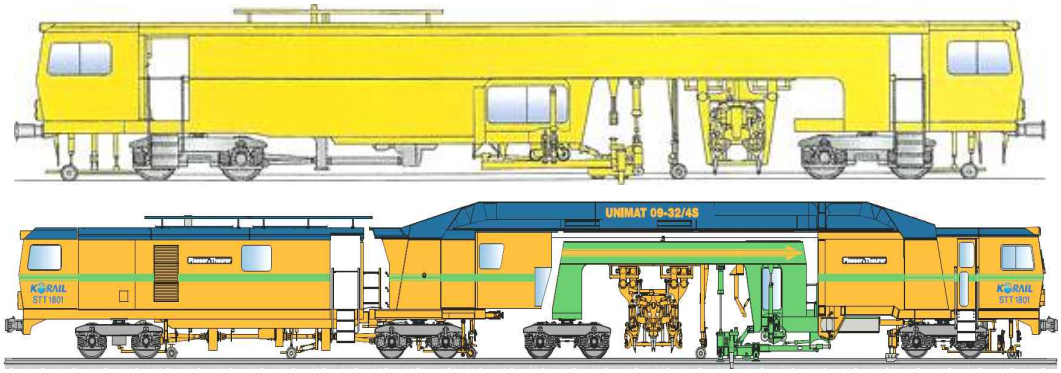


그림 2-23 분기기 다짐장비

○ **(레일 유지관리)** 레일재설정, 레일 용접, 레일연마

– 레일 재설정

그림 2-24 레일재설정 작업(레일인장 재설정(좌), 레일가열식 재설정(우)

– 레일용접

그림 2-25 테르밋용접(좌), 가스압접(우)

그림 2-26 플래시버트 용접장비(좌), 이동식 플래시버트 용접장비(우)

– 레일연마

- 레일연마를 통한 레일의 사용수명 향상 및 레일 표면결함이 레일 절손으로 진행되는 것을 사전 방지 가능
- 레일표면 결함은 차량주행 시 충격하중을 유발시켜 궤도파괴의 요인이 되며, 레일연마를 통해 레일의 사용수명 연장(절손예방)의 효과가 있음
- 열차 운행 중 발생한 레일 표면결함을 연마로 제거하여 레일절손(균열) 사전방지 및 레일수명연장 등으로 선로유지보수 노력 절감 가능
- 레일면 결함제거에 따른 열차진동 및 소음저감 등 승차감향상 도모

그림 2-27 대형레일연마차

그림 2-28 소형레일연마장비

연마 前 (표면결함) **레일연마작업** **연마 後**

그림 2-29 레일연마 전, 후 비교

○ **(침목 교환)** 소형 백호를 이용하여 파손된 침목 교환

– 침목파손은 국부적으로 발생하기 때문에 인력에 의한 침목교환이나 소형백호를 이용한 침목교환이 이루어지고 있음

그림 2-30 침목교환 작업

3. (2단계) 철도 궤도 유지보수 문제점 및 이슈 발굴

3.1. 궤도 유지보수 작업 진행을 위한 작업 시간 부족

❑ 궤도 유지보수 작업은 기계작업도 3시간 30분 이상이 소요되어, 열차 운행 조정 없이 야간 차단시간 등 한정된 시간 내 원활한 작업 수행이 어려움

❍ 한국철도공사 내부자료[11]에 의하면, 주간 작업시간은 4시간 정도, 야간 작업시간은 3시간 정도로 책정하고 있으나, 열차 운행 횟수가 많아 열차조정 없이 충분한 작업시간 확보가 어려운 상황

※ (주간 작업시간) 04:00시간 : 10:00~11:30, 13:30~17:00(교육, 이동, 휴게, 열차대피 제외)
(야간 작업시간) 03:00시간 : 야간 차단작업 가능시간 00:40~04:30(협의, 이동, 휴게 제외)

❍ 운행선 유지보수 작업의 경우 야간 차단작업으로 시행되어 기존 대비 교대 근무, 인력 규모 확대 투입으로 야간 작업 시 작업효율성 확보를 위해 노력함

※ 주간 작업 대비 야간 작업 시 야간 능률이 저하되는 것으로 판단하여 작업시간 분석시 75%로 계산하여 작업시간 분석함

❍ 그러나, 선로 분야 유지보수 작업별 최소 소요시간을 파악하면 3시간이상 소요되며, 2종 기계작업 인 다지기작업, 장대레일 재설정 등은 최소 3시간 30분이상 소요되고 다지기 작업의 경우 인력작업으로 하는경우 더 많은 시간이 소요될 것으로 조사

표 2-19 철도 선로 분야 유지보수 작업별 소요시간

작업종류	작업내용	소요시간
2종 기계작업	자갈치기 및 다지기작업	3시간 30분 이상
침목교환작업	도상자갈 긁어내기→ 침목 교환→1종기계작업	3시간 이상
레일교환작업	100m 장척레일 기준	3시간 이상
장대레일재설정	50kg레일→60kg레일 교환 레일운반→배열 및 교환→용접 및 재설정	3시간 30분 이상
분기기중량화	50kg분기기→60kg분기기 교환 침목 및 레일교환→테르밋용접→1종작업	3시간 40분 이상
분기기교체	고속철도 분기기 교체	4시간 이상
교량 유도상화	궤도철거→슬래브 밀어넣기→ 궤도부설→자갈살포→1종작업	4시간 이상
터널보수작업	난연FRP보강→유도배수→ 균열보수→경량기포그라우팅	3시간 30분 이상

자료: 한국철도공사 내부자료

11) 한국철도공사, 철도 안전사고 재발방지 종합대책, 2018.03

3.2. 현장 조건에 따른 인력 위주의 작업 수행

❑ 장비운용과 기동성 등의 한계로 국부다짐을 위해서 인력을 활용

❍ 스팟탬핑장비 등의 도입으로 인력대체를 위해 노력하여 전체 탬핑연장 중 장비탬핑이 76%로 개선되었으나,

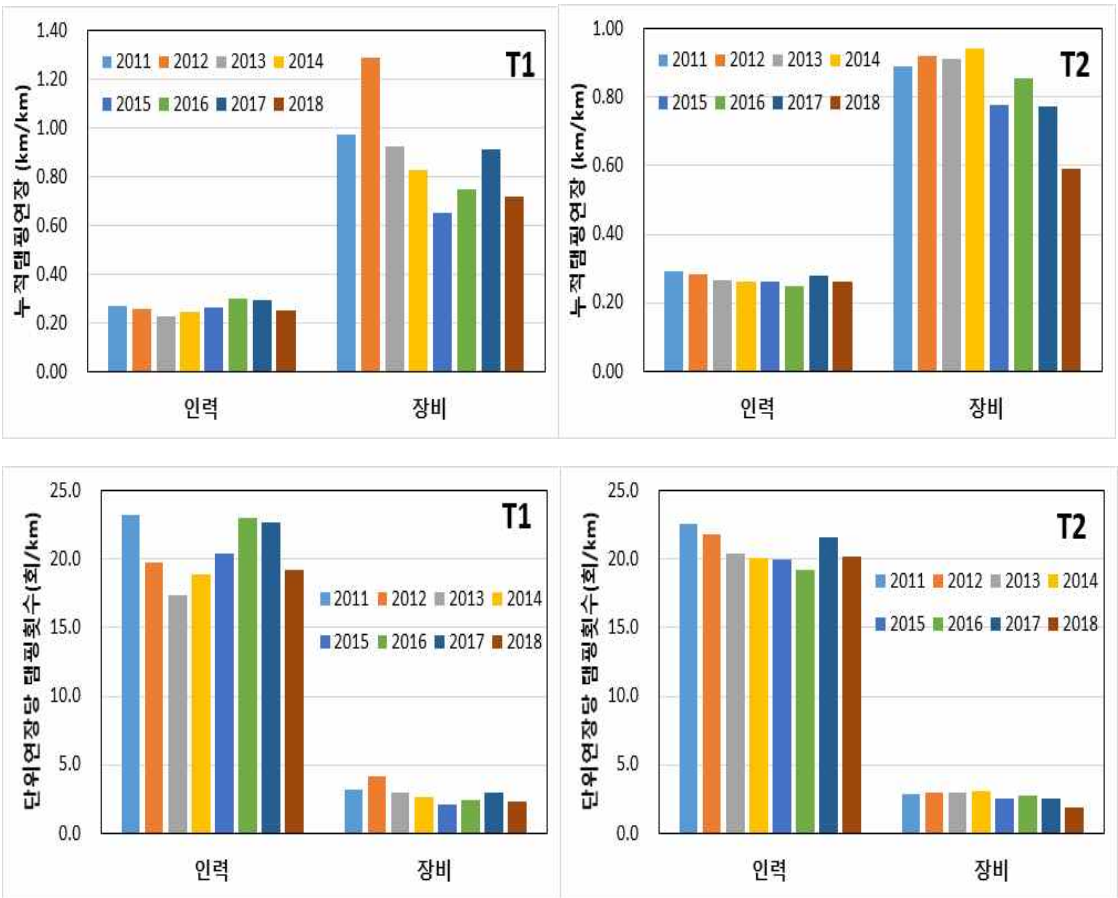
❍ 단위 궤도연장(1km)당 다짐횟수의 88%가 여전히 인력 다짐임

❍ 다짐연장 및 유지보수 횟수 분석하면 인력이 장비 대비 낮은 효율을 보이고 있는 것으로 도출

※ 단위궤도연장(1km) 당 누적유지보수(탬핑) 연장: **0.86km(장비), 0.27km(인력)**

※ 단위궤도연장(1km) 당 누적유지보수(탬핑) 횟수: **2.8회(장비), 20.6회(인력)**

❍ 특히, 소규모(5m이내) 구간의 경우 주로 인력으로 시행하고 있어, 대형 장비 운용이 어려운 구간에 대한 인력 작업 효율 향상 방안이 필요



자료: KRRI 내부 분석 결과

그림 2-31 단위 궤도연장당 탬핑유지보수 비교

❑ 레일 예방연마는 연마차(대형장비)로 기계화가 이루어졌으나, 빈번하게 발생하는 레일용

접(레일교환, 레일재설정 등)은 인력으로 수행

❍ (레일 연마) 예방연마는 연마차 운행으로 기계화되어있으나 국부적인 연마는 인력기반으로 이루어짐

❍ (테르밋 용접) 공법의 특징으로 기계화 또는 자동화 기법 개발 곤란하여 인력으로 운용됨

– 테르밋 현장 용접은 짧은 야간 차단시간동안에 이루어지며, 기상조건, 기술자의 숙련도, 테르밋용접의 한계 등으로 충분한 용접품질 확보가 곤란

❍ (플래시버트 용접) 기계화에 의해서만 가능한 용접으로 공장에서만 활용되고 있으며, 국내의 경우 1대가 수입되어 건설현장에서만 활용

– 국내의 플래시버트 용접은 주로 한국철도시설공단 오송기지에서 공장내 300m 장대레일 생산시에 주로 사용되며 이를 화차에 싣고 현장으로 이동하여 테르밋 용접을 수행

– 공장식 플래시버트 용접은 그 품질의 우수성을 인정받아 전세계적으로도 많이 사용되고 있으나, 현장에서의 용접으로 활용되는 것에는 여러 한계점이 있음

❑ 침목과 체결구 보수 및 교환은 국부적 발생으로 인력 유지보수 수행

❍ 침목이나 체결구 손상과 파손은 국부적으로 발생하기 때문에 인력 유지보수가 효율적임

❑ 따라서, 전반적인 철도 궤도 유지보수가 인력 기반으로 진행됨에 따라, 한국철도공사의 유지보수 예산 중 54% 이상이 인건비로 구성

❍ 한국철도공사는 일반철도와 고속철도의 유지보수비로 연간 4,500억원 이상을 투입하고 있으며, 이 중 인건비가 '19년 기준 약 2,505억원으로 전체 54.7%를 차지

❍ 유지보수 예산이 증가하고 있는 상황에서 비용효율화 방안이 필요

표 2-20 철도 유형별 항목별 유지보수 예산 비교

구 분	일반철도 (백만원)		고속철도 (백만원)	
	'18예산	'19예산	'18예산	'19예산
합 계	366,999	371,376	83,062	86,198
인건비	214,601	214,601	26,222	35,871
경비	52,967	52,967	7,853	10,277
보수비	72,975	77,352	45,043	35,996
부가세	26,456	26,456	3,944	4,054

자료: 한국철도공사, 2019 시설업무현황

3.3. 인력 위주의 작업으로 인한 낮은 효율과 품질

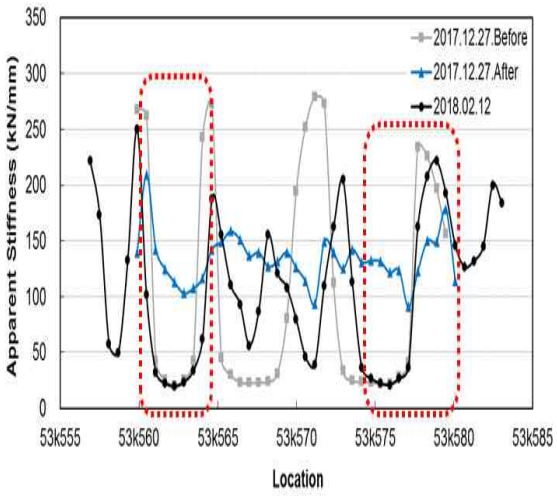
❑ 인력 중심의 다짐작업으로 다짐 효율 및 품질이 낮고 궤도파괴를 증가시켜 유지보수 주기 단축되는 현상 발생

❍ 차단시간동안 최대 30-50m 유지보수 가능하여 다짐 효율 낮음

❍ 개인차 등에 의한 다짐의 균질성 결여, 불충분한 다짐으로 잦은 유지보수 불가피, 궤도 열화 가속화로 유지보수 비용 증가

❍ 탬핑 또는 부분치환 작업 후, 2-3주 이후 유지보수 이전 상태로 복귀

– 1-2일 이후에 유지보수 이전 상태로 되돌아가는 사례도 빈번하게 발생



침목번호	궤도 강성 (kN/mm)		
	탬핑 직전 (11/25)	탬핑직후 (11/25)	탬핑후 (12/19)
1	51	84	62
2	39	74	48
3	41	75	46
4	50	88	54
5	49	88	48
6	45	100	60
7	39	93	50
8	36	81	42
9	56	73	65
10	42	78	44
11	33	90	37
12	31	90	35

그림 2-32 인력 중심 다짐 작업으로 인한 저효율 현상 발생

❑ 장대레일 연장은 증가하고 있으나 현장 테르밋 용접(인력)에서 많이 발생

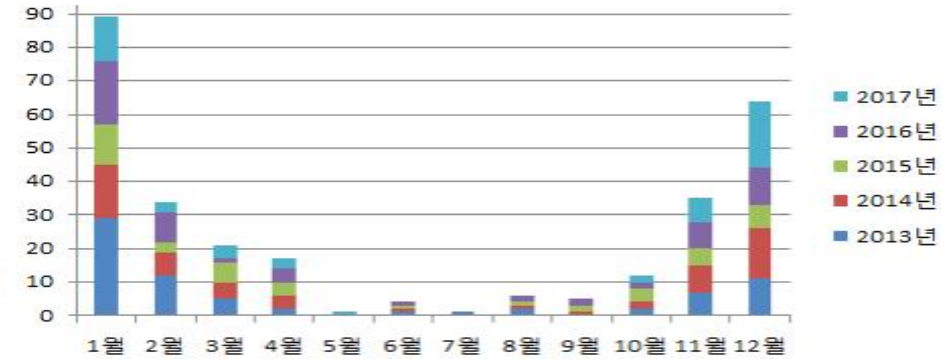
❍ 고속철도를 운행함에 있어서는 장대레일이 필수불가결하기 때문에, 고속선이 개통한 2003년 이후 장대레일의 이용추세는 꾸준히 증가하고 있음

– 정척레일을 장대화하는 것에 의하여 레일 이음매부에 있어서의 충격, 진동이 발본적으로 해소되어, 궤도 유지보수비의 절감, 소음의 감소, 승차감의 향상 등의 현저한 이점이 있기 때문에 장대레일의 사용이 증진되고 있음

– 하지만 이러한 장대레일을 실현하기 위해서는 신뢰성이 있는 용접 기술, 구조상 필수로 되는 레일 이음매부에서의 신축처리, 궤도 좌굴 강도 확보, 레일 절손시의 벌어짐량 확인 및 응급처치 등이 요구되기에, 철저한 관리가 필요한 실정

❍ 기온이 급강하 하는 동절기(11월~2월)에 레일(鐵) 신축작용에 의해 축력이 발생함에 따라 레일절손이 가장 많이 발생

– 최근 5년간 레일절손 총 289개소 중 222개소가 동절기에 발생 (76.8%)



자료 : 한국철도공사 내부 자료

그림 2-33 월별 절손 발생 누적량(건)

표 2-21 장대레일절손 현황

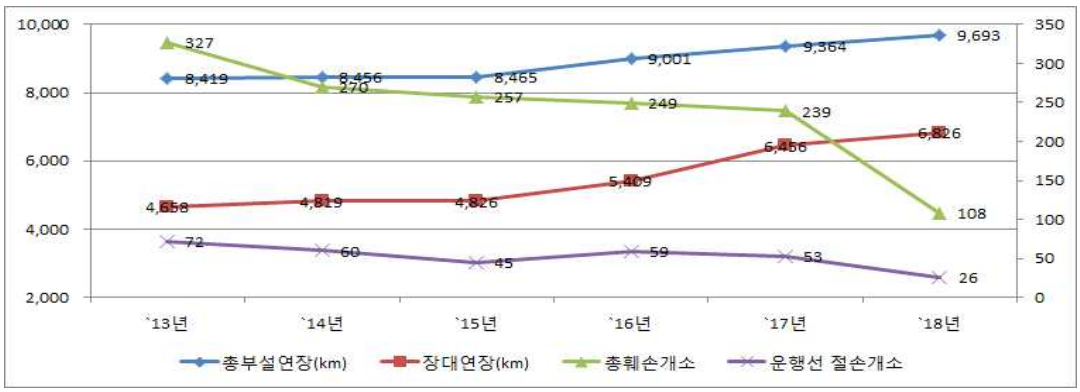
연도별	합계	평균	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	('18년)
총 결함개소(건)	1,342	268.4	327	270	257	249	239	(116)
운행선 절손(건)	289	57.8	72	60	45	59	53	(29)
선로연장(km)	-	8,900	8,419	8,456	8,465	9,000	9,364	9,693
선로장애*(건)	7	1.4	3	3	-	-	1	(3)

○ 선로연장은 최근 5년간 약 13% (↑1,274km)증가한 반면, 총 결함개소는 약 27%(↓88건) 점진적으로 감소추세에 있음

– (100km당 절손건수) '13년 0.86 → '17년 0.57 (33.7%감소)

○ 또한 장대레일부설 연장이 총 부설연장대비 매년 증가추세에 있어 레일절손 취약개소인 용접부 수량 증가

– 장대레일부설 연장 '13년(4,658km, 55%), '17년(6,826km, 70%)



자료 : 한국철도공사 내부 자료

그림 2-34 최근 5년간 총 부설 및 장대연장 대비 결함개소 현황

❍ 장대레일의 절손은 용접부에서 가장 많이 발생하며, 레일중간부, 이음매부 순으로 발생

- 용접부 : 70.9% (205건) 총 부설된 용접부 64.5만개소 중 약 0.03%에서 발생
- 레일중간부 : 14.9% (43건)
- 이음매부 : 9.7% (23건)

❍ 용접방법 중에서는 인력작업으로 수행되는 현장 테르밋용접부에서 가장 많은 절손이 발생

- (용접 방법별 절손 비율) (205건 레일 절손 중) 현장 부설용접인 테르밋 용접부(66.3%, 136건)와 가스압접부(30.7%, 63건)에서 레일 절손 발생

3.4. 작업자 안전사고 위험 노출

❑ 운행선 상 인력 작업 시 작업자 안전 확보를 위해 노력하였으나, 사고 위험 노출

❍ 열차운행이 빈번한 운행선상에서의 작업은 위험을 내포한 작업으로 '13년부터 '17년까지 한국철도공사에서 조사한 바로 19명의 사망자가 발생

※ (사고건수) '13년 3명 → '14년 6명 → '15년 4명 → '16년 2명 → '17년 4명[12)]

❍ 이후, 안전대책을 마련하여 추진하고 있으나 '19년 10월 밀양역 사상사고로 여전히 작업자의 안전이 위협받고 있는 상황

12) 한국철도공사, 2019 시설업무현황

4. (3단계) 요구량 도출

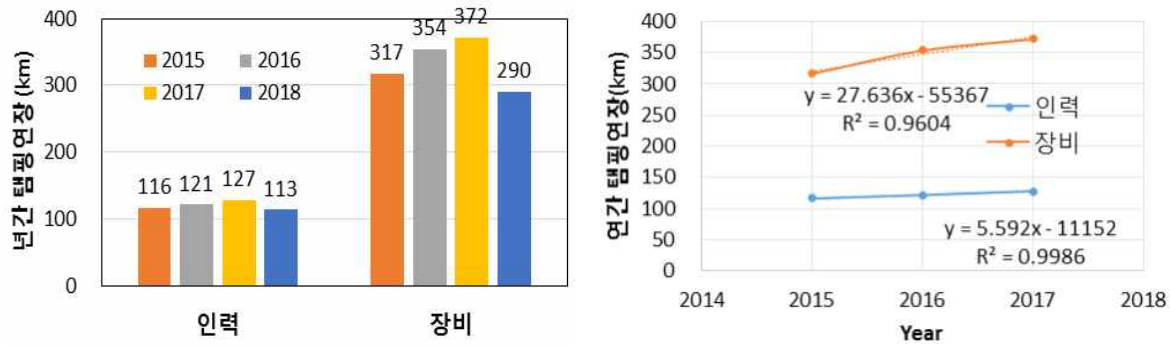
4.1. 궤도틀림 정정작업(1종작업)

❑ 고속선 유지보수 요구량 예측

❍ 2018년도 다짐연장을 제외하면 선형적인 증가 추세로 회귀분석식을 적용하여 향후 유지보수 요구량 예측

❍ 2017년 대비 2025년(연구개발 완료) 인력탬핑 35%, 장비탬핑 60% 증가,
2028년(상용화 예상시점) 인력탬핑 48%, 장비탬핑 82% 증가

- 유지보수 증가 원인: 자갈도상 노후화, 통과톤수 증가
- 주요간선 노선 EMU-250(운행속도 200km/h 이상) 도입예정으로 일반철도구간에서 유지보수 증가 불가피
- 장비다짐은 총다짐(76%)과 국부다짐(24%)으로 이루어짐.
- 총다짐(50m 이상 연속다짐), 국부다짐(수 m~50m 미만의 연속다짐)
- 2017년 현황: 인력 127km/yr, 장비 372km/yr



자료: KRRI 내부 분석 자료

그림 2-35 고속선 자갈궤도 구간 년평균 다짐연장 변화 추이 및 예측

표 2-22 고속선 자갈궤도구간 유지보수 요구량 예측

연도		2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	비고
인력	연장(m)	172	177	183	189	194	200	205	211	
	증가율(%)	1.35	1.40	1.44	1.48	1.53	1.57	1.62	1.66	2017기준
장비	연장(m)	596	624	651	679	706	734	762	789	
	증가율(%)	1.60	1.68	1.75	1.82	1.90	1.97	2.05	2.12	2017기준

❑ 일반선 유지보수 현황 및 요구량 예측

❍ 선로연장 증가에 함에 따라 자갈궤도 유지보수도 선형적 증가가 예상됨

❍ 일반선에서의 인력다짐, 장비다짐 현황분석

– 일반선로연장 증가, 주요간선 노선 EMU-250 도입으로 영업운영속도 증가(200km/h 이상)

– EMU-250 도입시, 열차속도 200km/h 이상에 대한 자갈궤도(주요간선) 유지관리기준 개정 필요

→ 일반선 유지관리기준이 아닌 고속선 유지관리에 준하는 기준 적용

→ 자갈궤도 유지보수 요구량 증가 불가피

– 2013~2015년도의 평균 유지보수 현황에 근거하여 선로연장 증가에 따라 선형적인 자갈궤도 유지보수 요구량 예측

※ 준고속열차(EMU-250) 도입에 따른 유지보수증가량은 반영하지 않음 (보수적인 적용)

– 신설선로의 경우에도 콘크리트궤도와 자갈궤도가 부설되어 일반선에서의 자갈궤도 비율인 89%를 적용하여 자갈궤도 연장 산정

표 2-23 일반선 유지보수 현황

구 분			합 계	2013년	2014년	2015년	평균
인력 다짐		개소	64,200	16,291	17,110	17,409	16,937
		연장(m)	503,543	129,263	128,412	135,444	131,040
장비 다짐	국부 다짐	개소	33,936	11,215	8,821	7,546	9,194
		연장(m)	422,566	142,130	119,799	87,183	116,371
	총다짐	개소	3,121	981	972	744	899
		연장(m)	1,378,518	426,099	429,118	331,162	395,460
	합계	개소	37,057	12,196	972	8,290	7,153
		연장(m)	1,801,084	568,229	548,917	418,345	511,830

표 2-24 일반선 자갈궤도구간 유지보수 요구량 예측

연도	일반선 연장* (km)	자갈궤도 연장**	인력다짐 예상연장 (m)	국부다짐 예상연장(m)	비 고
2015	8,007	7,126	131,040	116,371	2013-2015 평균 적용
2025	9,182	8,172	150,270	133,448	
2026	9,355	8,326	153,101	135,962	
2027	9,530	8,482	155,965	138,506	
2028	9,709	8,641	158,894	141,107	
2029	9,890	8,802	161,857	143,738	
2030	10,075	8,967	164,884	146,427	
2031	10,263	9,134	167,961	149,159	
2032	10,454	9,304	171,087	151,935	
2033	10,648	9,477	174,262	154,754	
2034	10,845	9,652	177,486	157,618	
2035	11,046	9,831	180,775	160,539	
2036	11,250	10,013	184,114	163,504	
2037	11,458	10,198	187,518	166,527	

* 일반선 연장 데이터는 철도통계연보 활용
** 자갈궤도 연장 추정은 일반선 자갈궤도 현재 비중 적용

4.2. 자갈도상 교환 작업(2종작업)

❑ 2종작업(자갈도상 교환) 요구량

❍ 자갈도상 열화로 궤도가 기능을 충분히 발휘하지 못하는 경우, 새 자갈로 교환하는 궤도 개량작업

❍ 자갈궤도 개선장비 (2종작업 장비) : 밸러스트 크리너 (Ballast Cleaner)

- 2종작업(자갈교환작업)은 장비(자갈크리너) 제한으로 요구량은 많으나 제한적으로 수행
- 근본적인 유지보수작업(2종작업)량의 한계로 말미암아 지속적으로 궤도틀림이 발생하고, 이를 보수하기 위하여 잦은 1종작업(궤도선형 정정+자갈도상 다짐작업) 수행
- 이는 궤도열화를 가속시켜 궤도상태를 악화시켜 더 잦은 유지보수(1종작업)을 필요로 하는 악순환 발생
- 자갈교환(2종작업)의 핵심장비 크리너(자갈을 제거하고 새 자갈을 넣는 장비) 필요
- 자갈교환 작업의 어려움, 장비대형 이유 등, 그래서 일부 교체 불가한 상황

5. (4단계) 기술수요조사

❑ **(조사 목적)** 기술수요조사를 통한 철도 궤도 유지보수를 위한 장비 기술개발 니즈를 파악

○ 「철도 인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발사업」기획 연구 수행을 위해 현재 도출된 3개 중점분야*에 대한 연구개발 시급성/필요성 의견 수렴

* ① 궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술개발, ② 철도 노후시설물 급속개량기술 개발, ③ 철도레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발

○ (조사 대상) 철도분야 관련 산업계, 학계, 연구계 등 전문가를 조사대상으로 하여 기술수요조사 시행

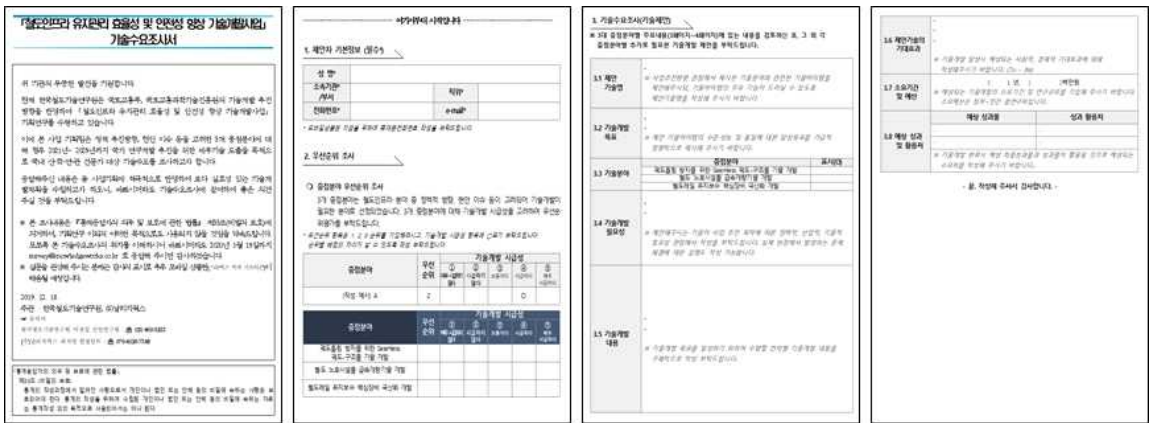


그림 2-36 기술수요조사서

❑ (조사 결과) 총 14개의 기술수요가 발굴

○ 기술수요조사결과에서도 국내 철도선로 유지보수 시장의 요구와 유사하게 기계식 장비, 자동화 장비, 소형화 장비에 대한 요구가 다수

○ 기술수요조사결과에서는 현재 연마와 관련된 유지보수를 하지 않고 있는 분기기에서 연마가 가능한 연마장비와 소형자동연마장비에 대한 내용이 발굴

○ 두 번째로는 레일용접장비에 대한 내용이 많았으며, 이동식 용접장비, 국산화 장비 등에 대한 내용이 회신됨

○ 소형다짐기(탬핑 및 강성측정)와 선로전환기, 자갈클리너 등에 대한 내용 포함

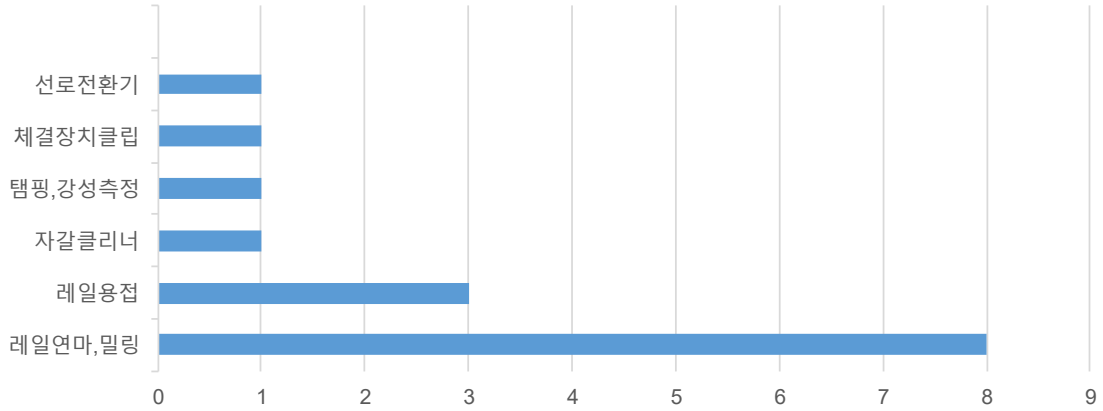


그림 2-37 철도 레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발 분야 기술수요조사결과

표 2-25 철도 레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발 기술수요목록 및 유사중복 조정

기 술 번호	제안기술명	조정방향	주요검토사항
C-2	자동레일연마장치 개발	C-2, C-3, C-4, C-6, C-8, C-9, C-10, C-13 통합	유사 통합
C-3	궤도레일보수를 위한 소형 연마장치국산화 기술		
C-4	분기기 연마장비개발		
C-6	레일관리효율성 향상을 위한 연마장비국산화 개발		
C-8	시장성을 고려한 철도레일밀링장비국산화 기술 개발		
C-9	분기기 수동연마기 or 자동연마기 개발		
C-10	레일 연마기준 정립방안 도출 - 선로유지관리지침(제24조) 개정		
C-13	레일 삭정차(연마 혹은 밀링) 국산개발		
C-7	장대레일품질 향상을 위한 이동식 스마트 레일용접시스템 개발	C-7, C-11, C-12 통합	유사 통합
C-11	장대레일용접장비국산화 개발		
C-12	현장 후레시버트(전기) 레일용접국산개발		
C-5	UIC60B 분기기용전기식 선로전환기 기술개발		현장에서의 유지보수작업에 가장 큰 애로사항
C-14	유지보수 장비 국산개발(도상클리너)		자갈갱환등에 필요한 장비로국산화 필요
C-15	소형다짐(트롤리형)장비		유지보수에서도 큰 비중을 차지하는 자갈다짐으로 국부다짐을 위한 소형다짐기는 현장에서 필요
C-1	철도 레일체결장치 클립의 피로 신뢰성 평가를 통한 최적설계 및 유지관리체계 제안		체결장치유지보수는 전체 유지보수에서 차지하는 비중이 크지 않아 제외

6. (5단계) 개발 필요 장비(안) 도출

❑ 국내외 철도정책 및 시장동향, 국내 궤도유지보수 운영현황분석 및 철도전문가 그룹의 기술수요조사에 의해서 다음과 같은 장비의 개발 필요성이 제시되어 4개 도출

- ❍ 중소형 궤도다짐장비 및 강성측정장비
- ❍ 중소형 도상흡입식 클리너
- ❍ 레일연마장치
- ❍ 이동식 레일용접장비

7. (6단계) 전문가 검토 및 우선순위 평가

❑ 도출된 개발 필요 장비(안)에 대한 전문가 검토 및 우선순위 평가를 위하여 분과위원회 운영

❍ (목적) 국내 철도 궤도 유지보수를 위해 요구되는 4종 장비 기술개발 중 개발의 필요성, 국산화 필요성, 성공가능성, 사용빈도 등의 자문을 통해 기술개발 우선순위 결정

❍ (참여 전문가) 산업계* 및 운영기관** 전문가, 기획 연구진

* (주)서현기술단, 동명기술공단, 삼표레일웨이

** 한국철도공사, 서울교통공사

❍ (가중치) 각 장비별로 우선순위 평가 항목에 대해 질의를 하였으며, 현 과제의 목표를 [레일유지보수 핵심장비 국산화 개발]로 맞추고 있는 점을 감안하여, 평가 항목별 가중치를 두어 평가 결과를 합산

표 2-26 우선순위 평가 항목

우선순위 평가 항목	주요 내용	가중치
장비 개발의 시급성/필요성	■ 기술개발성과물인 해당 장비가 현장에서 궤도 유지보수 작업 시 활용될 경우 현 상황에 발생하는 문제/이슈를 해결할 수 있는가?	30
향후 예상 수요 및 사용빈도	■ 기술개발성과물인 해당 장비가 향후 국내 및 국외 철도산업에서 활용도가 높은가? ■ 현장에 적용되었을 때 충분한 수요를 창출할 수 있는가?	20
장비의 국산화 필요성	■ 국내 궤도 유지보수 작업 시 외산 장비의 적용으로 발생하는 시간 및 비용, 업무 효율 관점에서의 문제점을 기존 대비 해소할 수 있는가? ■ 장비 국산화로 국내 철도 궤도 유지보수 시장의 기술 역량을 향상시킬 수 있는가?	30
장비 개발의 성공 가능성	■ 사업 기간 내에 현재 해당 분야의 과학기술 수준을 고려할 때 목표한 기술적 목표 수준까지 개발이 가능한가?	20
합계		100

❑ 전문가 의견 수렴 주요 결과

❍ 레일연마장비의 경우 소형장비의 개발시 활용도가 크지 않고 대형 연마차를 개발하는 것이 활용도가 높을 수 있음

❍ 지하철의 경우 환경적인 문제로 밀링차, 머신의 개발이 필요

❍ 플래시버트 용접로 현장 가스압접용접을 대체하는 것이 성공가능성은 높으나, 궤도선상에서의 테르밋용접방법을 플래시버트 용접으로 대체할 경우 레일재설정까지 같이 될수 있는 장점이 있음

○ 철도안전을 위해 열차상간 작업이 불가능하기 때문에 유지보수작업 시간이 절대적으로 부족하기 때문에 기계화, 자동화는 필요

○ 특히, 궤도다짐기의 경우 소형장비개발을 통해 효과적인 유지보수작업이 가능

○ 도상클리너의 경우에는 국산화 개발할 경우 경쟁력이 없음

그림 2-38 레일유지보수 핵심장비 개발 기획 분과위원회 운영

표 2-27 우선순위 평가 결과

장비	평가 항목	점수	가중평균	순위
중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비	장비 개발의 시급성/필요성	29	28.6	1
	향후 예상 수요 및 사용빈도	27		
	장비의 국산화 필요성	29		
	장비 개발의 성공 가능성	29		
레일 연마 장비	장비 개발의 시급성/필요성	26	22.8	3
	향후 예상 수요 및 사용빈도	22		
	장비의 국산화 필요성	22		
	장비 개발의 성공 가능성	20		
이동형 레일 용접 장비	장비 개발의 시급성/필요성	28	28.1	2
	향후 예상 수요 및 사용빈도	29		
	장비의 국산화 필요성	29		
	장비 개발의 성공 가능성	26		
중소형 도상클리너	장비 개발의 시급성/필요성	25	21.1	4
	향후 예상 수요 및 사용빈도	21		
	장비의 국산화 필요성	18		
	장비 개발의 성공 가능성	20		

❑ 최종 기술개발 대상 장비는 ① 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비와 ② 이동형 레일 용접 장비로 선정

○ 전문가 의견 수렴을 통한 우선순위 평가 결과, 장비 개발의 시급성 및 필요성, 국산화 필요성에서 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비가 가장 높은 점수를 획득

○ 이동형 레일 용접장비의 경우 향후 예상 수요 및 사용빈도와 국산화 필요성에서 가장 높은 점수를 획득

❍ 전체 순위로도 1위 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비, 2위 이동형 레일 용접 장비로 우선순위 상위로 선정되어, 예산 및 연구기간을 고려하여 2가지의 장비 개발 기획으로 방향을 확정함

제3장 국내·외 기술동향 및 역량 분석

제1절 국내·외 기술동향

1. 자갈도상 다짐 및 강성 측정 기술

❑ 자갈궤도에서는 다양한 이유로 도상침하가 발생하여 궤도틀림 현상으로 이어짐

❍ 자갈궤도에서는 열차하중 및 다짐작업으로 자갈마모와 파쇄가 발생하여 기능저하와 노반 배수 불량 등으로 도상침하가 발생하고, 궤도틀림으로 이어짐

❍ 자갈도상 열화는 자갈궤도 유지보수의 직접적인 원인을 제공하나, 체계적인 연구가 이루어지고 있지 않음

1.1. 국내

1.1.1. 자갈도상 다짐기술

❑ 자갈도상 다짐장비는 전량 해외에서 수입하고 있어, 이에 대한 국내 연구는 미미

❑ 한국철도공사에서 탬핑장비 모의훈련 연습기(안승호 등, 2018)를 제작한 사례가 있으나 작업자의 오류를 줄이기 위한 시뮬레이터 개발이 주된 내용임

❍ 탬핑장비 개발이 아닌 기존장비를 모사하여 유지보수 작업자 훈련용으로 제작

❍ 탬핑타인의 이동과 침목과의 충돌과정 등을 시뮬레이션으로 모사 및 작업자의 오류를 줄이기 위한 시뮬레이터 개발

❍ 야간작업시 작업자의 오류를 줄일 수는 있으나 원천적인 해결방안은 아님

❑ 한국철도기술연구원에서 자갈도상 다짐을 위한 탬핑유닛을 개발·제작

❍ '고속철도 자갈궤도구간 유지보수 저감을 위한 개량기술 개발(국토부, 2013~2019)'에서 기존침목(폭 280mm)을 대체할 수 있는 광폭침목(폭 360mm), 반격자침목, 형상변경침목 등 개발

– 다양한 형태의 침목 적용구간 유지관리를 위해 다짐폭 조절이 가능한 탬핑유닛 개발

❍ 백호에 부착하여 자갈궤도 국부다짐이 가능하도록 제작 또는 자갈궤도 개량장비에 적용하여 침목 1정을 다짐할 수 있도록 제작

❍ 국내 최초 탬핑유닛 제작(시작품)으로 내구성 확보, 다짐 효율 등의 개선을 위한 추가

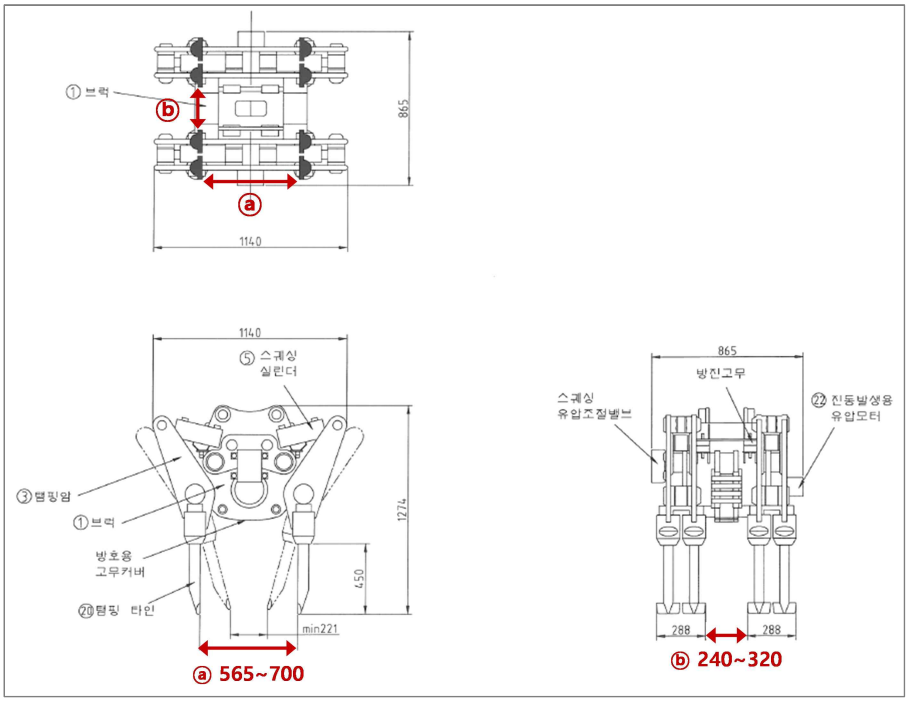
연구개발 필요

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-1 형상변경침목(Intermedia block(좌), Half frame sleeper(우))

표 3-1 다짐폭 조절이 가능한 탬핑유닛 사양

항 목	규 격	비 고
전장×폭×높이	1140×865×1275	변경가능
본체중량(kg)	950	변경가능
시공방법	한쪽 레일 측면에 침목1개씩	
최대시공깊이(mm)	침목 하면보다 깊이 250	
진동력(N)	34000	
진동주파수(Hz)	30~35	
진폭(mm)	3.0	
최저 필요 유량(L/min)	35+50	
최고사용압력 (kgf/㎠)	210	
탬핑타인 간격조절기능	ⓐ 565~700mm 조절가능 ⓑ 240~320mm 조절가능	



자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-2 탬핑유닛 개요도

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-3 한국철도연구원에서 개발한 도상개량장비와 탬핑유닛

1.1.2. 자갈도상 강성 측정 기술

❑ 자갈궤도 설계(KR C 14030 자갈궤도 구조) 시 자갈궤도강성을 일정하게 설계하도록 규정하고 있으나 현장에서 강성을 측정할 수 있는 기술은 부재

❍ 현재 자갈도상 강성을 200kN/mm로 일률적으로 적용하여 자갈궤도 설계 중

❍ 일정한 궤도강성을 유지하도록 설계하여 유지보수와 승차감 향상을 도모하도록 규정하고 있음

❍ 특히 구조물접속부와 궤도접속부 설계에서 궤도강성은 핵심설계 인자이나, 궤도강성 측정방법의 부재로 신뢰도 높은 시공과 유지보수는 이루어지지 못하고 있음

❑ 김대상 등(2008)은 LFWD(Light Falling Weight Deflectometer)와 GPR(Ground Penetrating Radar)을 이용한 자갈도상 현장측정을 시도함

❍ 단기적인 연구로 체계적인 연구로 이어지지 않음

❑ 최영태 등(2018)과 박봉식 등(2018, 2020)은 LWD(Light Weight Deflectometer)를 이용한 자갈궤도의 겉보기 궤도강성 측정 방법을 개발하고 도상평가를 위하여 겉보기궤도강성을 주요 지표로 제시

❍ 궤도강성이 궤도열화의 주요한 인자임을 밝혔으며 '강성지수'를 개발하였음

❍ 고속선 자갈도상에 대한 데이터베이스를 확보하여 강성지수에 기반한 도상상태를 평가할 수 있는 기준(안) 제시

❍ 그러나 제한된 시험결과에 기반한 기준이며, 겉보기궤도강성 측정시간이 길어 일부 취약개소에만 적용할 수 있음

※ 야간차단시간(2-3시간) 동안 300-400m 시험 가능

표 3-2 궤도강성지수에 따른 궤도상태 구분

궤도상태	TQI	궤도강성지수(kN/mm)			선로유지관리지침 관리단계
		교량	터널	토공	
매우 좋음	1.3	184	137	90	준공기준
좋음	1.7	128	87	67	목표기준
보통	2.2	81	50	47	(목표+주의)/2
불량	2.6	51	28	33	-
매우 불량	2.6 이상	51이하	28이하	33이하	주의기준

❑ '고속철도 자갈궤도구간 유지보수 저감을 위한 개량기술 개발(국토부, 2013-2019)' 연구에서는 자갈도상의 상태를 평가하기 위한 비파괴탐사기법의 적용성을 검증하였음

❍ 정량인 지표로까지 이어지지는 못했으며, 유지관리 등을 위한 지표로 활용하기 위해서 추가적인 연구가 필요함

❑ GPR(Ground Penetrating Radar) 시험, PBS(Portable Boring System) 시추를 이용하여 자갈도상층과 노반의 두께, 열화특성 등에 대한 연구가 진행된 사례가 있음

❍ 김대상 등(2004), 이정진 등(2020), 신지훈 등(2016, 2017) 등

❑ 자갈궤도에서 발생하는 뜬침목 거동과 유지관리에 대한 연구가 일부 진행됨

❍ 심광섭 등(2015)은 누적통과톤수와 뜬침목분포를 통계적으로 분석하여 관리방안으로 도상안정제살표, 자갈치환 등의 관리방안을 제시

❍ 전일식과 임남형은 도상자갈의 마모특성을 분석하여 품질기준을 제시

❍ 현상으로 나타나는 마모, 궤도틀림, 뜬침목에 대한 통계분석 수준의 연구로, 근본원인에 대한 규명연구는 미미함

1.2. 국외

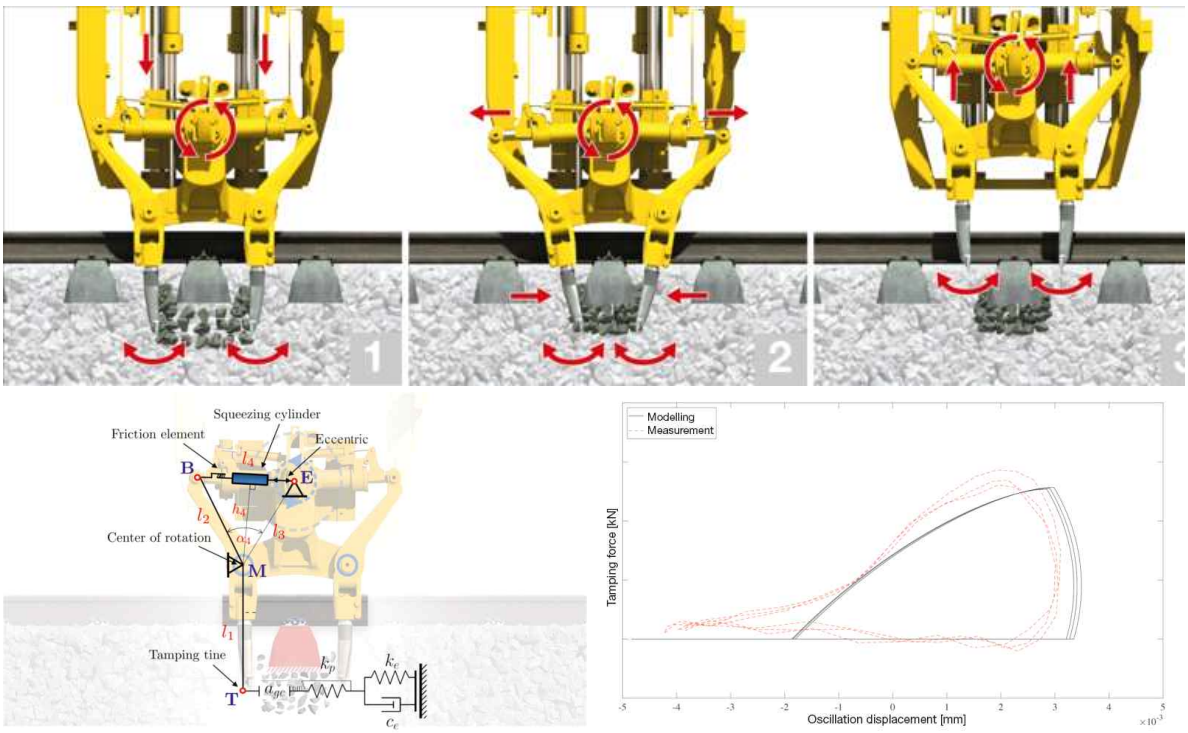
1.2.1. 자갈도상 다짐기술

❑ 자갈도상 다짐장비는 Plasser & Theurer사가 전세계시장을 독점

❍ 자갈도상 다짐기술과 관련된 기술은 대부분 Plasser & Theurer사에서 진행되고 있으나 논문 등의 형태로 발간되는 경우는 미미

❍ 탬핑유닛을 수치해석 모델링을 수행하여, 장비개발시 탬핑효율, 작동 순서 등을 사전 검토하여 효과적인 설계를 진행

❍ 다짐시의 탬핑압력을 측정하고, D/B를 구축하여 자갈도상의 상태를 평가할 수 있는 기술 개발 중



자료: P&T 회사 홈페이지
(https://www.plassertheurer.com/en/company/pt-research/tamping-tine-and-ballast-teaming-up.html)

그림 3-4 자갈 다짐기(Tamping unit) 모델링과 해석결과

❑ 다짐장비 연속다짐작업은 satellite 기능 탑재 또는 장비 대형화로 진행

❍ 작업효율을 높이기 위해서 satellite 기능 탑재하여 작업효율 향상 도모

※ Satellite 기술 : 다짐차량과 별도로 작동하여 연속 다짐작업을 가능케 해주는 기술

❍ 연속다짐을 위해서 장비 대형화가 불가피

자료: 한국철도공사 내부 자료

그림 3-5 Satellite 기술이 탑재된 대형다짐장비

❑ 다짐장비 자동운전(작업) 기술은 침목간격이 일정한 경우 가능하나, 현장 검측을 통한 자동화 진행은 미흡

○ 대부분의 자갈궤도 유지보수 작업이 야간차단시간에 이루어짐

○ 근접센서 등을 활용하여 침목위치 검지 기능을 탑재한 다짐장비가 개발·제작되고 있음

○ 다짐작업시 작업위치 판단을 도와주는 보조역할로 활용되고 있으며 침목 간격이 일정한 경우 자동 작업운전이 가능

– 그러나 연속작업시 침목위치가 일정하지 않아 다짐작업원 필요

○ 침목위치나 작업위치를 정밀하게 검측할 수 있는 기술 개발 필요

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-6 자갈도상 다짐장비의 근접센서와 작업모습

❑ 다짐장비 기능 통합 및 대형화 추세[13)]

○ 자갈도상 다짐뿐만아니라 후속작업인 자갈도상 동적안정화(Dynamic Track Stabilizer, DTS), 컴팩터, 자갈정리기를 하나의 유지보수장비에 통합하여 작업 효율 향상을 위한 장비 개발

○ 대기 오염물질 저감을 위한 하이브리드 유지보수장비 개발

❑ 중국와 인도에서 이동형 침목 다짐 장비를 개발하여 운용 중

○ 고가의 대형장비보다 이동이 편리하며 인력 대체 효과가 있는 소형 다짐장비 활용하여

13) http://www.plassertheurer.com/en/machines-systems/tamping-dynamic-tamping-express-09-4x-e3.html

개발도상국에 적절

❍ 자갈도상 다짐기능만 있어 자갈궤도 유지보수에 적용하기 위해서 양로 및 선형정정 기능 필요

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-7 소형탬핑장비: 중국(좌), 인도(우)

1.2.2. 자갈도상 강성 측정 기술

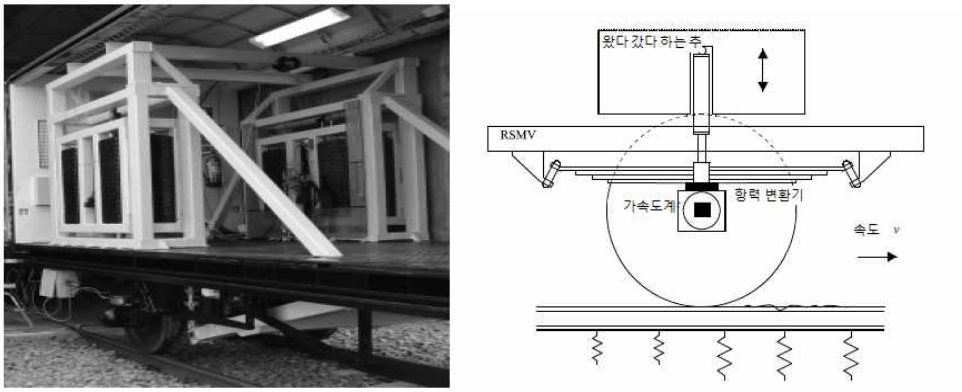
❑ 전 세계적으로 연구목적으로 정적인 상태에서의 궤도강성 측정은 오래전부터 수행되어 오고 있음

❍ 1980년에서 2000년 초까지 프로토 타입의 트로리에서 궤도강성을 측정하고자 하는 노력이 일부 성과를 거둠

❍ 연속강성측정기술과 침목마다 측정하는 불연속 측정기술로 양분되는 경향이 있음

❑ 연속궤도강성 측정 기술

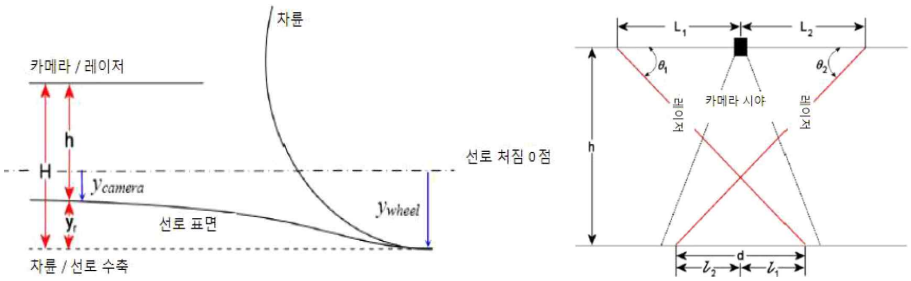
❍ RSMV(Roling Stifnes Measurement Vehicle): 2004년 유럽의 INNOTRACK 연구 프로젝트로부터 개발된 궤도 강성 측정 장비로 작용하중과 변형, 지반진동과 댐핑의 관계에 의한 위상과 그 크기에 따라 궤도의 수직 강성 산정



자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-8 RSMV 전경사진 및 측정 원리

- ❍ 스웨덴에서 Berggren 등은 RSMV(Rolling Stiffness Measurement Vehicle)을 통해서 궤도강성을 측정하였고 궤도의 상태가 연관되어 있음을 증명
- ❍ (Portancemetre)2006년 INNOTRACK 연구 프로젝트로부터 개발된 궤도 강성 측정 장비로 RSMV와 유사한 방법을 이용하여 궤도의 강성을 측정
- ❍ 중국 CARS는 연속적인 궤도 강성 측정을 위한 장치를 개발한 기관으로, 최대 60 km/h의 속도로 운행하는 그들의 장치는 각각의 측정 차축에 상이한 하중을 적용하는 2개의 궤도 기하학적 현 측정 장치를 사용하고 있음
- ❍ 미국 TTCI에서는 정지된 상태와 최대 16 km/h의 속도로 운행할 때 측방 및 수직 방향의 강성을 측정하기 위해서 TLV(Track Lifting Vehicle)를 개발
- ❍ 미국의 네브라스카 대학교에서 궤도 강성을 측정할 수 있는 시스템을 개발. 이 기술은 대차 사이의 레일의 상대 변위를 측정하기 위해 line-laser를 사용



자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-9 미국의 네브라스카 대학교의 강성측정 원리

- ❍ 스위스 철도 SBB (Schweizerische Bundesbahnen)은 중국과 TTCI 의 장치와 유사한 장치를 개발했으며, 2 개의 기하학적 구조 측정 장치를 사용

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-10 스위스 철도 SBB의 강성측정 장비

❑ 불연속 궤도강성 측정 기술

❍ 일본에서 Takahisa NAKAMURA 등(2017)은 소형동평판재하시험기(LWD)를 활용하여 침목 상부에서 구조물별(터널, 교량, 성토, 절토) 궤도지지강성의 변화를 측정하고, 레일면에서 이동하면서 궤도지지강성을 측정할 수 있는 자체 제작 이동체를 개발하는 연구를 수행

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-11 LFWD 시험방법(좌) 및 자체 제작된 궤도지지강성 측정시스템

❑ 궤도상태기반 유지보수 기법 및 플랫폼 개발

❍ 선로의 상태 및 위험요인에 대한 상시 데이터를 기반으로 빅데이터, AI 기술 등을 활용하여 사전예방 차원의 분석, 예측 등의 시스템을 구축 운영 또는 연구를 진행

❍ 독일에서는 궤도의 측정 자료와 운영중인 차량에서 측정한 가속도 등의 차량측정 데이터를 축척하고, 데이터프로세싱, 분석 툴 개발을 위한 초기단계로 database 구축 위주로 진행 중

❍ 일본 JR East는 빅데이터 기법을 활용한 데이터 수집 및 가공, AI기술을 접목한 분석·예측이 가능한 CBM 기반 플랫폼 기술을 개발 중

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-12 독일의 철도시설과 차량연계 유지관리시스템 개념도

2. 레일 용접 기술

❑ 레일 용접 기술로는 플래시버트 용접, 가스 압접, 테르밋 용접, 엔크로즈 아크 용접의 4가지 방식이 사용

○ 각 4가지의 용접방식의 특징을 비교하면, 용접 품질이 가장 우수한 것은 플래시버트 용접이나 이동성이 낮고, 초기 투자비가 많이 드는 등 용접 방식별 차이 존재

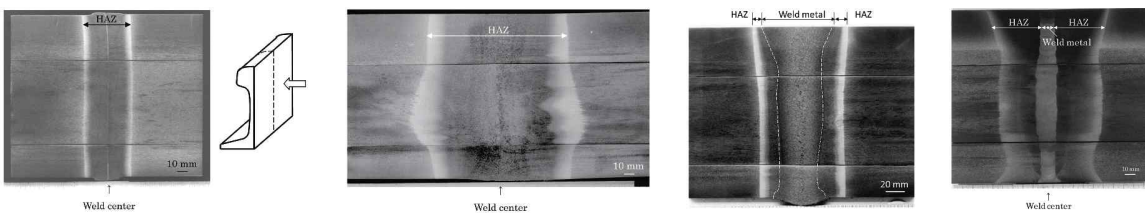
표 3-3 4가지 용접 방식별 특징 비교

Classification	Flash-butt	Gas-pressure	Thermite	Enclosed arc
Welding time	1.5~4 min	6-7 min	30	60
Initial investment	Expensive	Expensive	Not expensive	Not expensive
Mobility	Low	Medium	High	High
Operator's skill	Not required	Required	Required*)	Required
Quality of the Weld	Excellent	Excellent	Good	Good

*) 당초 참고문헌[14]에는 Not required로 기재되어 있으나, 분과위원회 의견에 따라 Required로 변경

○ 용접을 할 때는 열에 의해 모재나 투입재료를 녹이는 과정을 거치게 되는데, 이때 이 열에 의한 레일의 성질 변화가 향후 용접부의 수명에 큰 영향을 미침

– 각 용접 방법별 HAZ(heat-affected zone)의 분포는 아래와 같으며, 플래시버트 용접이 가장 용접 품질이 우수한 것으로 알려져 있음



[Flash-butt] [Gas-pressure] [Thermite] [Enclosed arc]

자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-13 각 용접방법별 HAZ분포

14) Kenji SAITA외. Trends in Rail Welding Technologies and Our Future Approach, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL TECHNICAL REPORT No. 105 DECEMBER 2013

2.1. 국내

❑ 국내 장대레일 제작시 1차, 2차, 3차의 단계별 용접방식을 다르게 하여 실시

❍ (1차 용접) 통상적으로 25m의 정척레일을 레일센터에서 300m로, 또는 현장 가설기지에서 100m로 장척화

❍ (2차 용접) 1차 용접된 레일을 부설현장으로 운반 후에 다시 접합하여 소정의 길이로 만듦

❍ (3차 용접) 2차 용접된 레일의 양단에 이미 부설되어 있는 레일, 신축 이음매 등과 접합

❍ 1차 용접에는 작업능률이 높고 접합부의 신뢰성이 높은 플래시 버트 용접과 가스 압접이, 2차/3차 용접에는 레일을 이동시키지 않고 접합시키는 테르밋 용접이 주로 이용됨

– 엔크로즈 아크 용접은 주로 레일 유지보수용으로 사용됨

❑ 실제 현장에서는 품질수준이 높은 플래시 버트 용접을 현장 적용성 및 기술력 한계로 활용하지 못하고 테르밋 용접 방식으로 장대레일 제작 시행

❍ 플래시 버트 용접이 테르밋 용접에 비하여 2배 이상 빠르며 용접품질확보가 가능하나, 현장에서 적용할 이동식 장비 및 정밀한 기술이 없어 여러 가지 한계에도 불구하고 테르밋 용접 적용

– 플래시 버트 용접 특성상 모재와 모재 사이의 아크를 발생시키기 위해 양단의 레일을 접촉과 단락을 반복시키는 과정을 거쳐야 하며, 레일을 충분히 가열시킨 후에는 레일을 20mm 이상 압입해야하는 힘과 전력이 소요되므로 현장 구현의 어려움이 존재함

– 또한 레일 압입시에 레일 양단부의 직진도를 맞추어야 하는 정밀제어도 필요함

❍ 현재 장대레일 제작을 위해 시행하는 용접기술은 현장용접(테르밋 용접)과 기지용접(플래시 버트 용접, 가스압접)이 있으며, 200m 이상 장대레일 용접 시 현장 이동성, 제한된 차단작업시간, 용접 용이성 등을 고려하여 부득이하게 테르밋 용접을 매년 시행하고 있음

❑ 플래시 버트 용접 품질의 우수성으로 2005년 삼표E&C에서 수입하여 활용

❍ Holland사의 이동식 용접 장비 1대를 2005년 15억에 구매하여 활용함

❑ 국내에서 분기기용 이동형 플래시 버트 용접장비를 개발한 사례가 있으나, 궤도상에서 유지보수용으로 사용할 수는 없으며, 추가적인 연구개발이 필요한 상황임

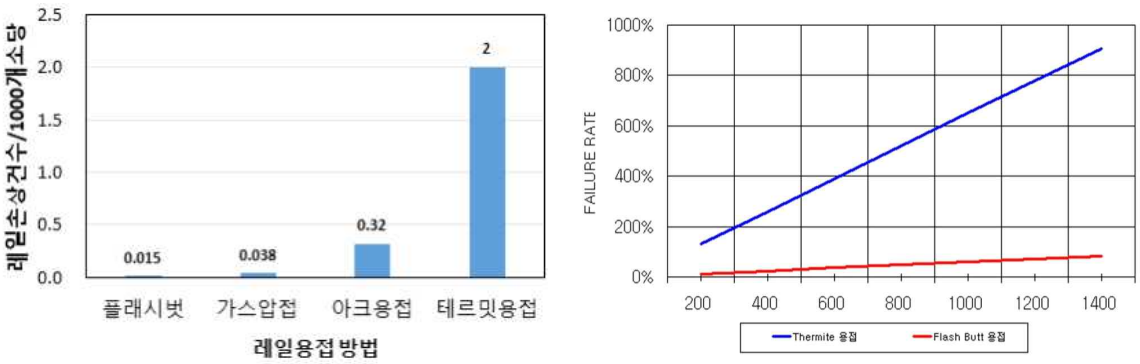
2.2. 국외

❑ 국외에서도 일정 길이의 레일을 생산하여 공장에서 플래시 버트 용접을 수행한 후 현장에 이송하여 별도의 용접을 통해 장대레일을 부설하는 부분은 국내와 동일함

❍ 다만 기본레일의 길이와 현장 이송 레일의 길이 등은 나라별로 차이가 있으며, 현장 용접 방법도 조금씩 차이가 있음

❑ 테르밋 용접의 경우 그 근본적인 특성에 따라 손상이 많이 발생될 수 밖에 없음

❍ 일본에서의 용접부 1,000개소/년 중 테르밋 용접 손상이 전체의 85% 차지하며 시간경과에 따라서 불량률도 급격히 증가하는 것으로 나타나, 테르밋 용접의 문제 역시 동일하게 나타나는 것으로 확인됨[15]에는 Not required로 기재되어 있으나, 분과위원회 의견에 따라 Required로 변경



일본 주요간선에서의 연평균 손상율　　용접방법별 통과톤수에 따른 불량율

그림 3-14 용접방법에 따른 레일손상발생 건수와 불량 증가율

❑ 스위스 Schlatter, 미국 Holland, 중국 CARS에서는 고품질의 플래시 버트 용접방식을 이동형으로 시스템화하여 현장 적용 중

❍ 스위스 Schlatter는 고정식 용접시스템을 보유하고 있으며 용접장비, 이동 차량, 추가 보조장비와 결합할 수 있는 이동식 레일 용접시스템을 구축함

– 고정식 용접시스템은 짧은 레일을 긴 레일에 연결하기 위해 대형 플랜트에서 주로 사용하며 Schlatter 용접기는 이 용접공정의 핵심으로 다른 시스템을 추가 가능

– 고정식 용접 장비인 GAAS80의 주요 특징은 레일면의 정확한 정렬이 가능하고 클램핑 장치가 전력장비와 독립적이며, 세팅 중에 레일의 미끄럼을 방지할 수 있음

– 고정식 용접 장비인 GAA100은 1000kN의 힘을 가진 4개의 클램핑 유닛이 각각 업세팅 동안 부품의 미끄럼 방지하며, 스틸 인서트를 사용하여 고저항 망간을 레일에 용접함

15) 김준식, 이종수, 이학규, 이중권, 이지하. (2004). 이동식 플래시 버트 용접의 효과. 한국철도학회 학술발표대회논문집, (), 66-72.

GAAS80

GAA100

그림 3-15 스위스 Schlatter 고정식 용접장비

- (이동식 레일 용접기) 사용 목적에 따라 다양한 종류가 있으며 정렬방식과 유압시스템 크기에 따라 다양함
- (a) AMS60 : 고품질 alignment를 목표로 한 장비. 레일 단부에서 수평방향과 수직방향 모두 주행면에서의 alignment를 맞추도록 설정. 따라서 AMS60은 고속 철도 노선에서 활용 가능
- (b) AMS100 : 레일 단면이 큰 경우에 사용. AMS60에 비해 압입력이 크기 때문에 단면이 보다 큰 경우 사용이 가능하며, grooved rail도 용접 가능. 중량 레일을 사용하는 화물선의 용접에 주로 사용
- (c) AMS200: 용접 마감 및 재설정을 위한 시스템. AMS200은 이동식 레일 용접기의 최신 개발품으로, 추가의 인장 장치 없이 재설정 및 용접을 한번에 처리할 수 있는 차세대 용접 장비임

(a) AMS60

(b) AMS100

(c) AMS200

그림 3-16 스위스 Schlatter 이동식 레일 용접기

❍ 미국 Holland는 이동식 플래시 버트 용접장비 및 굴삭기 결합 용접장비를 현장에서 활용

- 다목적 플래시 버트 용접기로써 철도와 도로를 쉽게 이동할 수 있는 모바일 방식으로 작업장 간 이동이 용이함
- 철도 전용 굴삭기를 이용하여 360°회전가능한 붐대를 이용하여 인접한 레일 또는 궤도 측면에서 용접 가능

이동식 용접장비

굴삭기 결합 용접장비

그림 3-17 미국 Holland 이동식 용접장비

❍ 중국 CARS는 컨테이너 방식, 이동식 방식 용접장비를 보유

– 중국 내 일반철도, 고속철도, 광역철도에 적용하여 사용 중이며 용접시간은 약 2~3분 소요

– 사용환경은 –20℃ ~ 50℃, 최소곡선반경은 180m, 최대 구배는 30‰로 조사

– 용접하는 동안의 데이터 수집, 저장, 분석 기능 탑재

그림 3-18 중국 CARS 이동식 용접장비

표 3-4 중국 CARS 이동식 용접장비 세부성능

항 목	내 용
전체 중량	14,000kg
발전기 중량	9,000kg
용접장비 중량	4,000kg
최대 인장력	2,800kN
최대 상향력	1,200kN
공칭 정격전력	240kVA
발전기 최대 전력	648kW
최대 유압	20Mpa
유량	107 L/min
최대 용접량	120mm
Maximum Stroke of elongation(연신율)	560mm
리프팅 중량	8,000kg
Trimming Stroke	80mm

❑ 스위스 Schlatter, 미국 Holland, 중국 CARS의 플래시 버트 이동형 용접 장비를 비교 분석한 결과 다음과 같은 기술 성능에 대한 한계를 가지고 있음

❍ 용접 표면 및 내부 품질검사 기능 부재

❍ 작업 종료 후 용접부 별도 인력 연마시행 필요

❍ 대형 발전기를 필요로 하고 있어 대부분 중형 장비

❍ 3상 정류식 제어 아날로그 방식으로 제어기술 한정

표 3-5 국외 이동형 용접장비 스펙 비교

구분	스위스 AMS 200	미국 H1000	중국 YHG-1200TH
용접시스템 전체무게(Kg)	12,000	12,000	14,000
발전기 무게 (Kg)	7,000	7,000	8,500
Max. 발전기 용량 (kVA)	375	375	810
용접기 무게 (Kg)	3,600	3,000	4,000
Max. Clamp Force (kN)	2,900	2,500	2,800
Max. Upset Force (kN)	1,400	1,000	1,200
용접기 1차전압 (V)	3상 400V	3상 380V	3상 380V
용접기 정격용량 (kVA)	220	210	240
용접기1차전류 (A)	565	540	600
Hydraulic 용량 (Mpa)	21	22	20

제2절 특허 및 논문 분석

1. 특허분석

1.1. 특허분석 개요

❑ (목적) 궤도 유지보수를 위한 장비 분야의 기술개발 추이, 최근 연구개발 동향분석 등을 위해 국내·외 특허 동향을 분석해 동 사업의 추진 방향 도출에 활용

❍ 특허 주요국 포트폴리오 분석결과를 바탕으로 동 사업의 추진 방향 도출 시 참고자료로 활용 가능

❑ (대상) 철도분야 연구가 활발히 진행되고 있는 국내·외 6개 주요국(PCT, 미국, 유럽, 일본, 중국, 한국)을 대상으로 전체기간에 대해 DB 추출

❍ 궤도 유지보수를 위한 핵심장비 2종에 대해 각 대상별로 분석하되, 해당 장비기술 특성상 전체 기간을 대상으로 분석 수행

– 궤도 유지보수를 위한 핵심장비 2종의 경우, 기술개발 동향이 빠르게 변화하지 않는 기술적 특성을 가지고 있어, 검색기간 제한 없이 전체 기간을 고려하여 DB를 검색함

표 3-6 특허분석 대상 DB

대상 종류	내용
특허 DB	위즈도메인(Wisdomain) / 더웬트 이노베이션(Derwent Innovation)
검색조건	[국문] 국내 출원·공개특허 [국외] 일본, 중국, 미국, 유럽, 국제(PCT) 출원·공개특허
검색기간	–

❑ (검색식 및 유효특허) 검색식은 각 핵심장비 2종에 대해 기술 특성을 표현하는 키워드를 조합하여 구조화하였으며, 노이즈 제거를 통해 유효결과를 확보

❍ (자갈도상 다짐 장비) '철도', '자갈', '다짐', '설비' 네 가지 키워드를 구조화해 검색식을 작성하였고 전문가 검토를 통해 최종 304건의 유효결과를 확보

❍ (레일 용접 장비) '철도'와 '레일', '용접' 세 가지 키워드를 구조화해 검색식을 작성하였으며 전문가 검토를 통해 최종 159건의 유효결과를 확보

표 3-7 핵심장비별 특허 검색식

핵심장비 구분	구조화	검색식	
		국문	영문
자갈도상 다짐 장비	(철도) + (자갈) + (다짐) + (설비)	(railway OR railroad OR trackbed OR "track-bed") **AND** (ballast OR gravel OR stone) **AND** tamp* **AND** (tine OR lifting OR alignment OR tool OR equip* OR machine OR device OR unit OR system) ※ 더웬트 DB 활용으로 영문 검색을 통한 국내 DB 추출	
레일 용접 장비	(철도) + (레일) + (용접)	(철도 OR 선로 OR railway OR railroad) **AND** (레일 OR rail) **AND** (weld* OR 용접 OR thermit OR thermite OR 테르밋 OR 써밋 OR flashbutt OR "flash-butt" OR 플래시버트 OR 플래쉬버트 OR "gas pressure" OR "gas-pressure" OR "가스압접" OR "enclosed-arc" OR (enclosed near/1 arc) OR 엔클로즈아크 OR 아크)	(railway OR railroad) **AND** (rail) **AND** (weld* OR thermit OR thermite OR flashbutt OR "flash-butt" OR "gas pressure" OR "gas-pressure" OR "enclosed-arc" OR (enclosed near/1 arc))

표 3-8 유효 특허 결과 현황

국가	자갈도상 다짐 장비		레일용접장비	
	검색 수	유효특허 수	검색 수	유효특허 수
1. 미국(US)	141	91	77	25
2. 중국(CN)	313	144	329	51
3. 유럽(EP)	72	36	69	26
4. 일본(JP)	49	14	58	24
5. PCT(WO)	28	13	41	21
6. 한국(KR)	13	6	59	12
총합계	**616**	**304**	**633**	**159**

1.2. 특허분석 결과

1.2.1. 자갈도상 다짐 장비

❑ 자갈도상 다짐 장비 분야의 특허는 1975년에 출원되기 시작해, 2019년까지 총 304건의 특허가 출원되었으며, 그중 한국은 6건으로 전체 2%의 수준

❍ 1975년 첫 특허출원 이후 꾸준히 출원되었으며, 연 최다 특허출원 건수는 28건

– 1999년, 2000년을 제외하고 매년 꾸준히 특허가 출원되었고 2003년에 28건, 2016년에 26건의 많은 특허출원

❍ 한국의 특허출원 건수는 전체의 2% 수준으로, 연 최다 특허출원 건수는 2건

– 2011년 2건 이외엔 연 1건으로 출원 수의 증감을 분석하기 어려울 정도로 출원 활동 저조

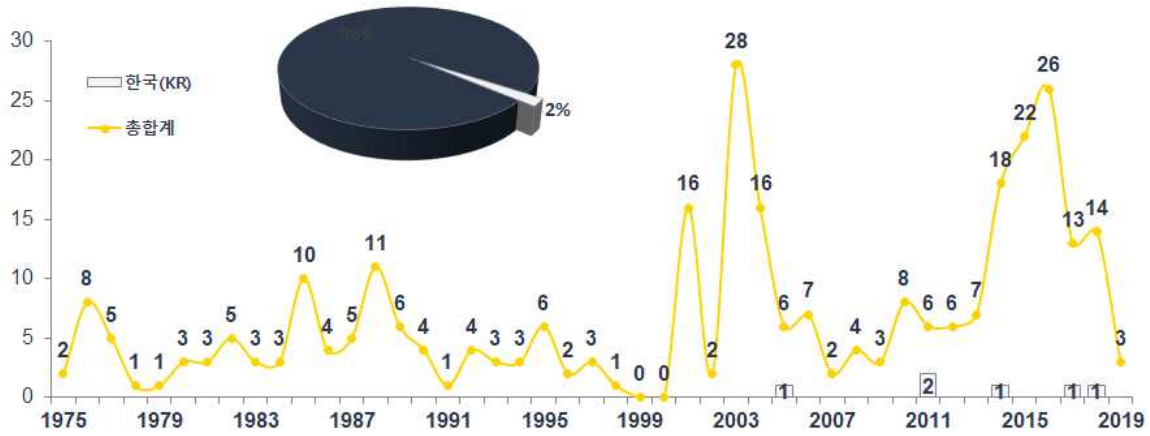


그림 3-19 자갈도상 다짐 장비 분야 전체 및 한국 특허출원 동향 (단위: 건수)

❑ 미국이 가장 먼저 자갈도상 다짐 장비 분야 특허를 출원했으나, 특허출원 건수의 비중은 중국이 가장 높고, 한국은 가장 늦게 출원하기 시작했으며 비중 또한 가장 저조

❍ 주요국들의 자갈도상 다짐 장비 분야 특허는 주로 7~80년대에 처음 출원되기 시작, 이후로도 많은 특허출원 진행

– 미국이 1975년도에 가장 처음 특허를 출원하였고, 이후 유럽이 1981년, 중국과 PCT특허에서 1985년도에 특허가 출원되었고, 일본 또한 1989년도에 자갈도상 다짐 장비 분야 특허출원

– 특허출원 건수는 첫 출원 시기의 차이와는 관계없이, 중국이 144건으로 가장 많은 비중을 차지하였고, 그 뒤를 미국이 91건, 유럽이 36건으로 뒤를 따르는 양상

❍ 한국은 다른 주요국들의 첫 출원 시기보다 늦은 2005년에서야 자갈도상 다짐 장비의 특허가 출원되었고, 이후 특허출원 건수도 총 6건으로 적은 편

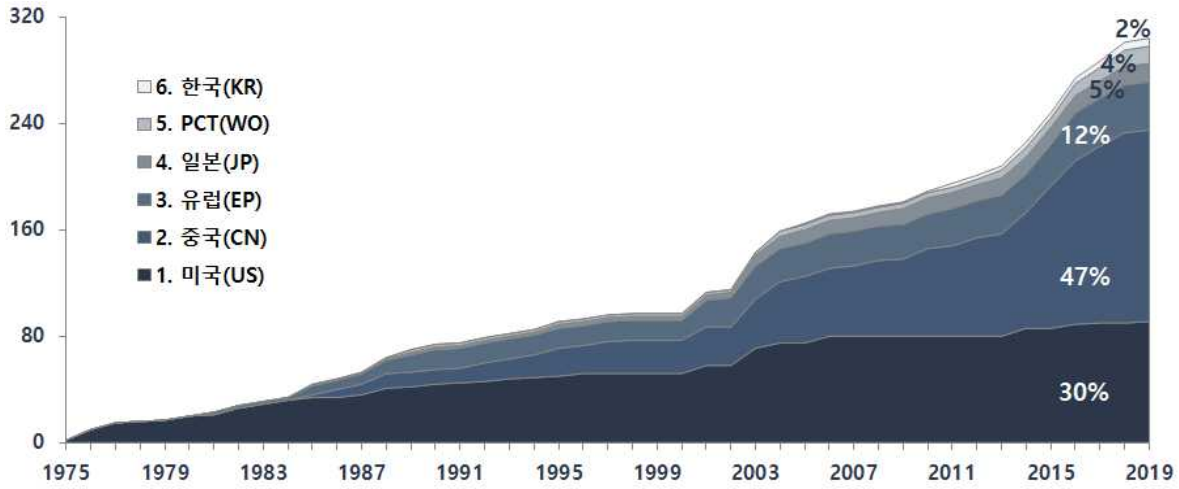


그림 3-20 다짐 장비 분야 주요국별 특허출원 비중(단위: 건수)

❑ 자갈도상 다짐 장비의 기술주기 분석결과, 전체적으로 출원인수와 출원건수가 함께 증가하는 성장기 단계

❍ 1990년에 출원인수 및 출원건수가 줄어드는 시기가 있었으나, 그 이후에는 꾸준히 증가하는 성장기의 모습

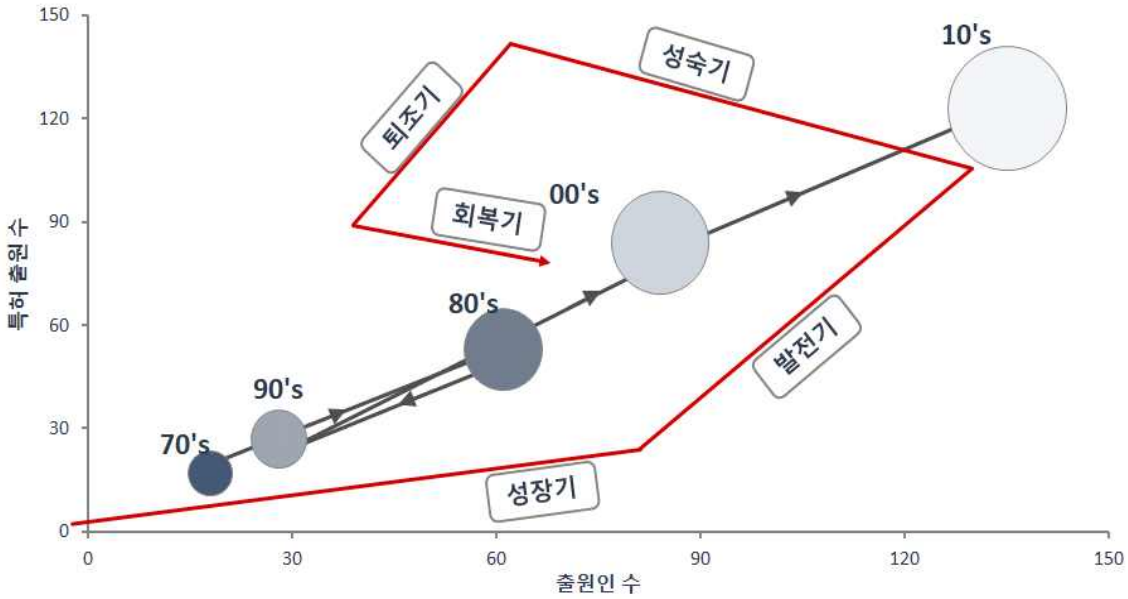


그림 3-21 전체 자갈도상 다짐 장비 기술주기

❑ 주요국들의 기술주기를 분석해보면, 중국과 PCT 특허, 한국에서 성장기의 모습을 보이는 양상[16)]

❍ 미국은 1970년대부터 특허활동이 발생하여 출원인수 및 특허출원수의 증가와 감소가 반복되는 모습으로, 마지막 2010년대에는 감소하는 추세

❍ 중국은 1980년대부터 특허활동 시작으로 2010년대까지 출원인수 및 특허출원수가 증가하는 성장기 모습

❍ 유럽은 1980년대부터 특허활동 발생, 1990년대에 활동량이 크게 감소한 이후 증가하는 추세로 2010년에 출원인수와 특허출원수가 잠시 줄었으나 감소량이 적어 아직 성장기 단계로 추정

❍ 일본은 1980년대에 시작하여 2000년대에 최대 출원인 및 특허출원수를 기록하고, 이후 줄어드는 양상

❍ PCT는 1980년대부터 특허활동 발생, 2000년대까지 잠시 감소한 이후 증가하는 추세

❍ 한국은 2000년대부터 특허활동을 시작해, 2010년대까지 증가하는 추세

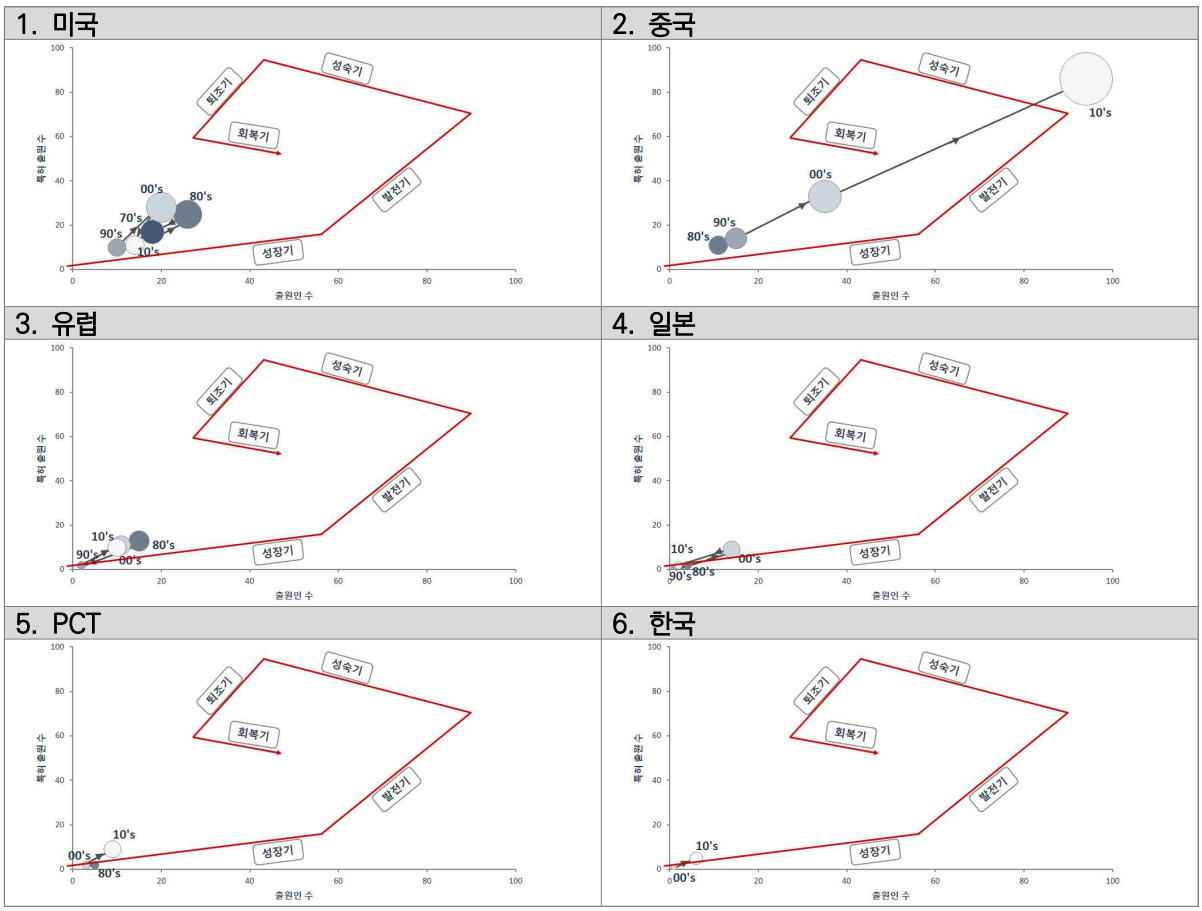


그림 3-22 주요국별 자갈도상 다짐 장비 특허 기술주기

❑ 자국 출원 중심의 특허활동이 높으나, 중국, 미국, 유럽 등은 국내외 특허활동이 활발하게 진행되는 반면, 한국은 국내 특허활동만 진행하는 제한적인 모습

❍ 각 특허출원국가별 자국출원현황을 파악하면, 자갈도상 다짐 장비 분야 특허출원 건수

16) 각 주요국별 기술주기를 분석하기에 전체 특허건수가 적어 한계가 있으나, 전체 방향성 검토를 위해 제시함

중 자국 출원 비중은 70% 수준

- 미국특허는 자국출원비중이 43%로 주요국 중 한국 이외 중국, 유럽 및 일본에서 미국특허 활동에 참여하고 있는 것으로 분석
- 미국을 제외한 주요국들의 자국출원비중은 50% 이상으로, 자국민 중심 특허활동이 과반수 이상으로 분석

❍ 출원인(기관) 국적이 중국, 미국, 오스트리아 등의 경우 자국외 타 국가특허에서 활동이 활발한 반면, 한국의 경우 국외 활동 없이 자국내 특허활동만 추진

❍ 한국의 경우, 글로벌 기술력 확보를 위한 기술개발 추진을 통한 연구활동 수준 향상이 필요

표 3-9 출원인(기관) 국적별 자갈도상 다짐 장비 특허출원 현황(자국출원비중)

출원인 국적	1. 미국(US)	2. 중국(CN)	3. 유럽(EP)	4. 일본(JP)	5. PCT(WO)	6. 한국(KR)	총계(건)
미국	39	-	2	-	7	-	48
중국	1	128	3	-	2	-	134
오스트리아	16	46	18	5	2	-	87
이탈리아	-	1	4	-	1	-	6
프랑스	-	1	3	-	-	-	4
스위스	-	1	1	-	-	-	2
독일	-	-	2	-	-	-	2
스웨덴	-	-	2	-	-	-	2
일본	-	1	-	9	-	-	10
한국	-	-	-	-	-	6	6
러시아	-	-	1	-	1	-	2
캐나다	-	1	-	-	-	-	1
총합계	**91**	**144**	**36**	**14**	**13**	**6**	**304**
자국 출원 건수	**39**	**128**	**30**	**9**	**-**	**6**	**212**
자국 출원 비중	**43%**	**89%**	**83%**	**64%**	**-**	**100%**	**70%**

❑ 자갈도상 다짐 장비 분야는 산업계 중심의 특허활동을 보이고 있으며, 미국, 유럽 등 관련 주요 산업체에서 특허 보유 수준이 높은 반면, 한국은 특정 산업체 주도가 아닌 개인 위주로 하나의 특허씩 보유하고 있는 상황

❍ 출원인(기관)의 유형에 따라 분류를 해보면, 산업계에서 출원한 특허가 총 231건으로 전체의 76% 비중을 차지

– 각국 특허들 모두 산업계 출원인이 특허를 출원한 비중이 과반수 이상

❍ 학계, 연구계에서 출원한 특허보다는 기타(개인)이 출원한 특허의 비중이 더 높은편

표 3-10 자갈도상 다짐 장비 분야 출원인(기관) 유형-국가별 특허출원 현황

분류	1. 미국(US)	2. 중국(CN)	3. 유럽(EP)	4. 일본(JP)	5. PCT(WO)	6. 한국(KR)	총합계	비중(%)
산	84	92	33	11	10	1	231	76%
학	–	12	–	–	–	–	12	4%
연	–	3	–	–	–	–	3	1%
기타	7	37	3	3	3	5	58	19%
총계	**91**	**144**	**36**	**14**	**13**	**6**	**304**	**100%**

❍ 주요 출원인(기관)은 다음과 같으며, 중국, 미국, 유럽의 주요 산업체들이 주도적으로 특허활동을 하고 있으며, 국내는 개인이 보유한 특허가 2건으로 가장 많으며, 프라임씰(주) 외에 다수의 개인이 특허 보유

표 3-11 자갈도상 다짐 장비 분야 전세계 주요 출원인(기관) 목록

순위	주요 출원인(기관)	국적	유형	출원건수	비중(%)
1	PLASSER & THEURER GMBH	오스트리아	산	83	27%
2	Anyang Anzhen High-tech Industrial Co. Ltd.	중국	산	12	4%
3	MATISA MATERIEL INDUSTRIEL SA	중국	산	9	3%
4	Ballast Tools Inc.	미국	산	8	3%
5	ZHEJIANG PACIFIC MACHINERY CO. LTD.	중국	산	8	3%

표 3-12 자갈도상 다짐 장비 분야 국내 주요 출원인(기관) 목록

순위	주요 출원인(기관)	유형	출원건수	국내 비중(%)	세계 비중(%)
1	황선일	기타	2	33%	0.7%
2	프라임씰(주)	산	1	17%	0.3%
	한상천	기타		17%	0.3%
	홍승건	기타		17%	0.3%
	이관도	기타		17%	0.3%

❑ 특허 지수를 활용해 기술 수준과 시장 점유율 등을 분석한 결과, 중국은 기술 수준이 높은 기술 선진국, 유럽은 시장 선도국, 미국은 그 중간의 위치를 보였으며, 한국은 기술·시장 의존국으로 평가

<특허 지수 분석 개요>

■ 매력도 지수(AAI, Attractivity Index) : 특정 분야에 대한 연구결과가 주목받는 정도를 측정하는 방법으로, 1인 경우 특정 분야의 영향력이 세계적으로 해당 기술 분야가 차지하는 평균적 영향력과 같음을 의미
■ 활동도 지수(AI, Activity Index) : 특정 분야 연구 출판 활동을 상대적으로 측정하는 방법으로, 1인 경우 특정 분야의 연구 활동 정도가 세계적으로 해당 분야의 평균 활동 정도와 같음을 의미
■ 인용도지수(CPP, Cites Per Patent) : 분석대상이 원천 핵심특허를 얼마나 출원하였는지를 확인할 수 있는 지수로, 분석 기간당 피인용 횟수로 계산
■ 영향력지수(PII, Patent Impact Index) : 경쟁 대상의 기술 수준을 고려한 상대적인 기술 영향력을 확인하는 지수로, 분석대상 인용도지수를 전체 인용도지수로 나눈 값이며 1이 평균수준
■ 기술력지수(TS, Technology Strength) : 분석대상의 양과 질 모두 고려한 기술 역량을 조사하기 위해 사용하는 지수로, 연간 영향력지수와 특허출원 건수를 곱해 합한 값
■ 시장점유지수(PFS, Patent Family Size) : 특허 시장의 점유 상황을 보여주는 지수로, 대상 특허 패밀리가 형성되어 있는 국가 수를 특허 수로 나눈 패밀리 크기의 비중으로 계산

○ (매력도지수) 중국과 미국이 높은 수치를 보였고, 그 외 주요국들은 세계 평균 영향력인 1보다 작은 값으로 중국과 미국의 영향력이 세계적으로 강함을 암시

– 중국과 미국의 매력도지수는 각 2.70, 1.40으로 세계 평균 이상의 영향력을 보유하고 있고, 이외 유럽(0.55), 일본(0.25), 한국(0.11)은 평균 보다 못한 수준

○ (활동도지수) 중국이 가장 높고 미국 또한 평균 이상의 수준이며, 그 외에는 평균 활동수준인 1보다 작아 활동수준이 떨어짐을 의미

– 중국과 미국의 활동도지수는 각 2.47, 1.56으로 세계 평균 이상의 활동수준을 보유하고 있으나, 그 외 유럽(0.62), 일본(0.24), 한국(0.10)은 활동량 저조

○ (인용도지수) 중국이 가장 높은 인용도지수를 보임에 따라, 핵심특허 보유량이 가장 많음을 의미하고 한국은 주요국 중 최저

– 중국의 인용도지수(3.25)는 두 번째로 높은 미국(1.68)의 두 배에 가까운 값으로, 주요국 중 중국에서 출원된 자갈도상 다짐 장비 분야의 특허들이 주요 핵심기술임을 의미

– 한국은 0.14의 인용도지수를 보이며, 주요국 중 핵심기술의 특허 보유량 최저

○ (영향력지수) 특허출원 수에 비해 피인용 수가 높아 한국의 영향력지수가 주요국 중 가장 큰 수치 기록

– 한국의 영향력지수는 1.10으로, 한국에서 출원한 특허에 비해서 피인용 횟수가 높아 나온 결과로 분석됨

– 유럽(0.88)과 미국(0.89)이 가장 낮은 값을 보였는데, 이는 출원된 특허 수에 비해 피인용 횟수가 적었기 때문으로, 절대적인 피인용 횟수는 한국의 2배 이상

○ (기술력지수) 기술의 양적·질적 수준을 알아본 결과, 특허출원 건수가 많은 중국이 압도적으로 가장 높은 수준 기록

– 중국의 기술력지수는 157.03으로 주요국 중 가장 높은 값을 보였으며, 이는 144건이라는 특허출원 건수가 많기 때문으로 분석됨

– 한국의 기술력지수는 6.59로 주요국 중 가장 저조

○ (시장점유지수) 특허 시장 점유율을 알 수 있는 시장점유지수는 유럽이 가장 높으며, 그 뒤를 미국과 일본이 따르는 양상

– 유럽의 시장점유지수는 1.79로 가장 높은 수치를 보이며, 미국과 일본은 1.04로 공동 2위이며, 기술력 지수가 가장 높았던 중국은 0.34를 기록

– 한국은 시장점유지수 0.05로 주요국 중 가장 낮은 수준

표 3-13 국가별 특허 지수 분석결과(자갈도상 다짐 장비)

국가	특허출원 건수	피인용 횟수	매력도 지수 (AAI)	활동도 지수 (AI)	인용도 지수 (CPP)	영향력 지수 (PII)	기술력 지수 (TS)	시장점유 지수 (PFS)
미국	91	74	1.40	1.56	1.68	0.89	81.26	1.04
중국	144	143	2.70	2.47	3.25	1.09	157.03	0.34
유럽	36	29	0.55	0.62	0.66	0.88	31.85	1.79
일본	14	13	0.25	0.24	0.30	1.02	14.28	1.04
한국	6	6	0.11	0.10	0.14	1.10	6.59	0.05

○ 지수를 활용해 포트폴리오를 분석해보면, 중국이 특히 기술 수준이 높아 상대적으로 기술 선도국에 속하고, 미국 또한 기술의 선진국 수준으로 보이며, 한국은 기술·시장 의존국 수준

표 3-14 국가별 포트폴리오 분석(자갈도상 다짐 장비)

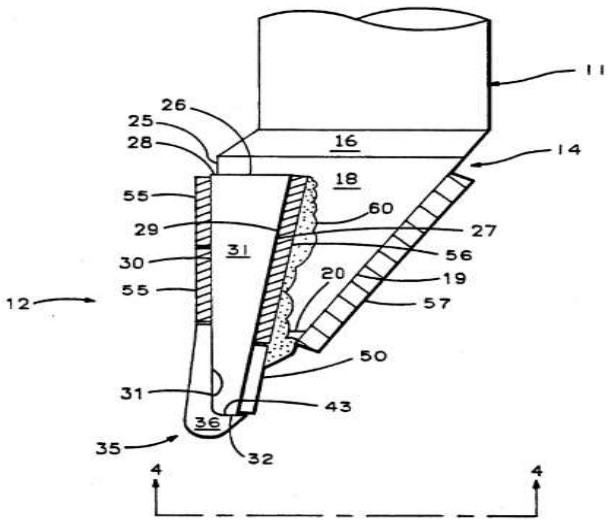
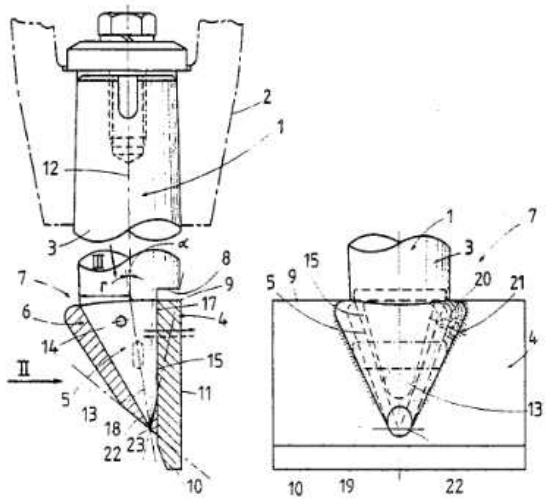
매력도-활동도 포트폴리오	영향력-점유율 포트폴리오
※ 중국의 매력도지수(2.70)를 반영해 축 범위 설정	※ 인용도지수와 시장점유지수를 0과 1 사이의 값으로 전환해 주요국간 절대우위 비교

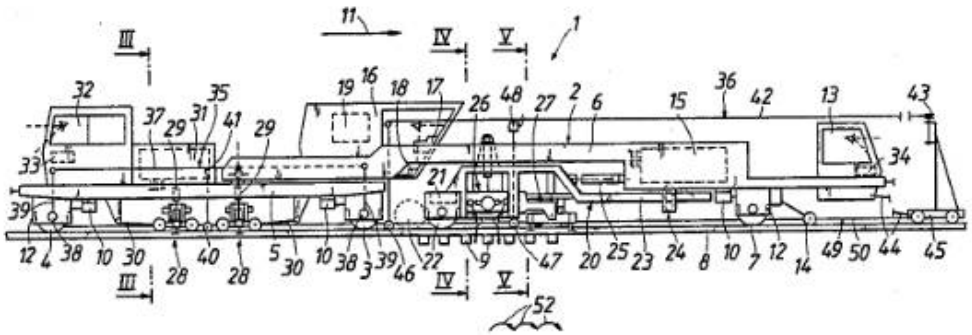
❑ 특허 피인용 회수에 따른 주요 특허 5건을 분석해본 결과, 모두 미국 특허에 출원된 특허이고 4건의 출원인(기관)이 동일

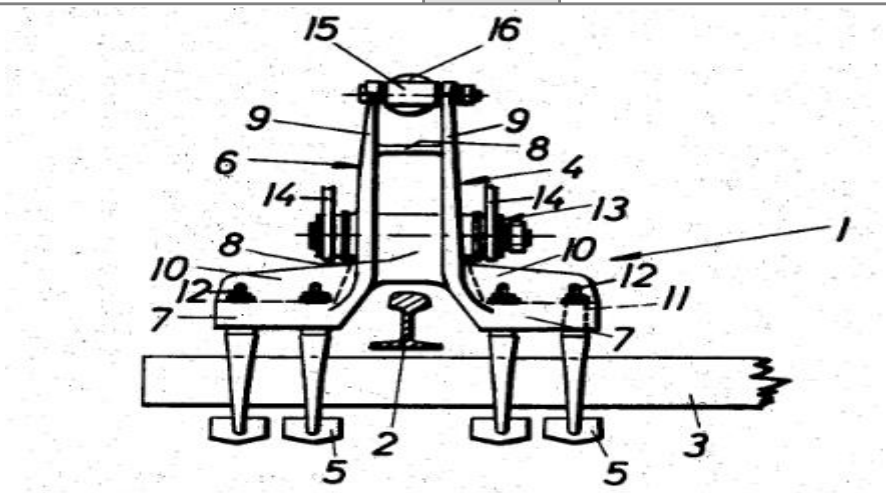
표 3-15 주요 특허 목록(자갈도상 다짐 장비)

출원번호	명칭	출원인명	피 인 용 횟수
US19918132021A	Tamping tool	CROWELL JAMES E	40
US19882109211A	Ballast tamping tool	PLASSER & THEURER GMBH	27
US19846072071A	Mobile track leveling, lining and tamping machine	PLASSER & THEURER GMBH	27
US19766957321A	Ballast tamping implement on a mobile track tamper	PLASSER & THEURER GMBH	27
US19766957331A	Mobile track tamper	PLASSER & THEURER GMBH	27

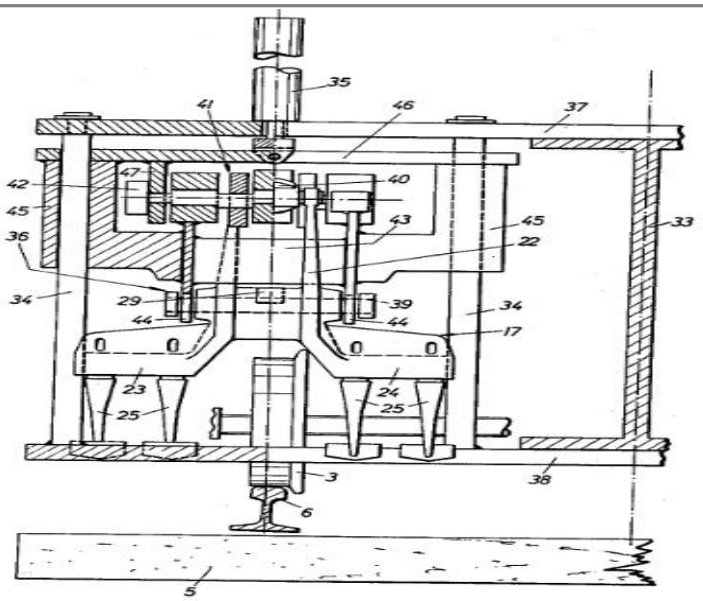
표 3-16 주요 특허 내용(자갈도상 다짐 장비)

1	명칭	Tamping tool		
	출원인	CROWELL JAMES E		
출원번호		US1991813202A	공개번호	US5261763A
출원일		1991.12.23	공개일	1993.11.16
대표도면 (첫 페이지 도면)				
주요 내용		외부 표면에 마모에 강한 텅스텐 카바이드와 같은 단단한 재료로 일반적인 유형의 탬핑 도구 제공		
2	명칭	Ballast tamping tool		
	출원인	PLASSER & THEURER EXPORT VON BAHNBAUMASCHINEN GMBH		
출원번호		US1988210921A	공개번호	US4922828A
출원일		1988.06.24	공개일	1990.05.08
대표도면 (첫 페이지 도면)				
주요 내용		밸러스트 탬핑 공구를 개선하여, 가능한 용이하고 신속하게 조립 및 분해될 수 있는 간단하면서도 견고한 밸러스트 탬핑 공구 제공		
3	명칭	mobile track leveling, lining and tamping machine		
	출원인	PLASSER & THEURER EXPORT VON BAHNBAUMASCHINEN GMBH		

출원번호	US1984607207A	공개번호	US4643101A
출원일	1984.05.04	공개일	1987.02.21
대표도면 (첫 페이지 도면)			
주요 내용	밸러스트 탬핑 어셈블리, 트랙 레벨링 및 라이닝 어셈블리 및 트랙 안정화 어셈블리를 포함하는 모바일 트랙 레벨링, 라이닝 및 탬핑 머신		

4	명칭	Ballast tamping implement on a mobile track tamper	
	출원인	PLASSER & THEURER EXPORT VON BAHNBAUMASCHINEN GMBH	
출원번호	US1976695732A	공개번호	US4074631A
출원일	1976.06.14	공개일	1978.02.21
대표도면 (첫 페이지 도면)			
주요 내용	모바일 트랙 탬퍼에 장착하기 위한 탬핑 툴을 제공하여, 탬핑 헤드의 구조를 보다 단순하고 더 강력하고 경제적으로 개선		

5	명칭	Mobile track tamper	
	출원인	PLASSER & THEURER EXPORT VON BAHNBAUMASCHINEN GMBH	
출원번호	US1976695733A	공개번호	US4069763A
출원일	1976.06.14	공개일	1978.01.24

대표도면 (첫 페이지 도면)	
주요 내용	탬핑 헤드의 수명을 증가시키고 탬핑 효율을 향상시키기 위해 더 단순하고, 더 견고한 경제적인 구조의 탬핑 툴을 갖춘 이동 트랙 탬퍼 제공

1.2.2. 레일 용접 장비

❑ 레일 용접 장비 분야의 특허는 1974년에 출원되기 시작해, 2019년까지 총 159건의 특허가 출원되었으며, 그중 한국은 12건으로 전체 8%의 수준

○ 1974년 첫 특허출원 이후 1995년부터 본격적인 특허출원 활동이 진행되었으며, 연 최다 특허출원 건수는 11건

– 1998년, 2007년, 2015년도에 10건의 특허를 출원했으며, 2017년 11건의 특허출원이 이루어진 후 출원 수가 감소 중인 상황

○ 한국의 특허출원 건수는 전체의 8% 수준으로, 연 최다 특허출원 건수는 2건

– 연 최다 특허출원 건수가 1999년, 2005년, 2009년에 출원한 2건으로 출원 수의 증감을 분석하기 어려울 정도로 출원 활동 저조

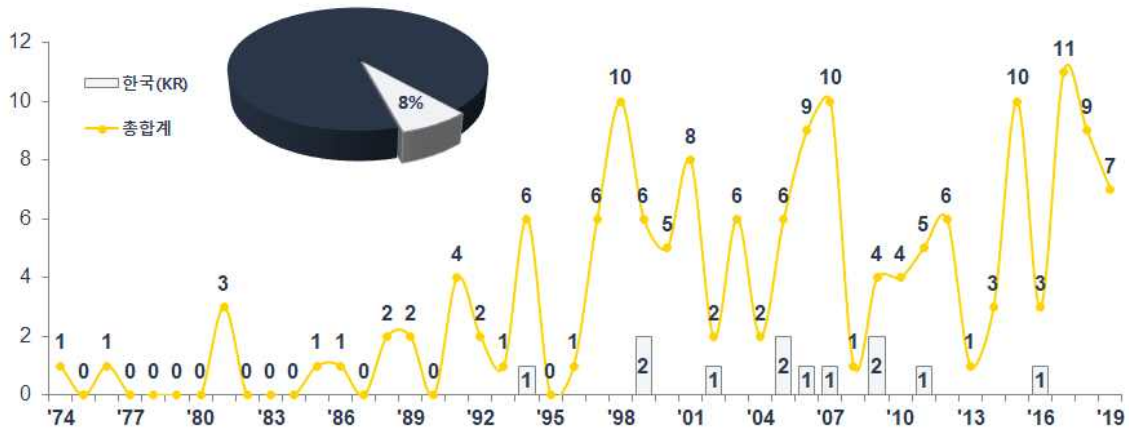


그림 3-23 레일 용접 장비 분야 전체 및 한국 특허출원 동향 (단위: 건수)

❑ 미국이 가장 먼저 레일 용접 장비 분야 특허를 출원했으나, 특허출원 건수의 비중은 중국이 가장 높고, 한국은 가장 늦게 출원하기 시작했으며 비중 또한 가장 저조

○ 주요국 중 미국과 중국, 유럽에서 1990년 이전에 레일 용접 장비 분야 특허가 출원되었고, 한국은 PCT 특허와 함께 가장 늦은 1994년도부터 특허출원

– 미국이 1974년도에 가장 처음 특허를 출원하였고, 이후 중국이 1986년도 유럽이 1988년도에 레일 용접 장비 분야 특허출원

– 일본은 1991년도부터 레일 용접 장비 분야 특허출원에 참여하기 시작했고, 한국과 PCT 국제 특허에는 1994년도에 처음으로 특허출원

○ 가장 많은 특허를 출원한 중국은 그 건수가 두 번째로 많은 미국의 2배 수준이며, 중국 이외에는 가장 적은 특허를 출원한 한국을 제외하고 특허출원 건수가 유사한 수준

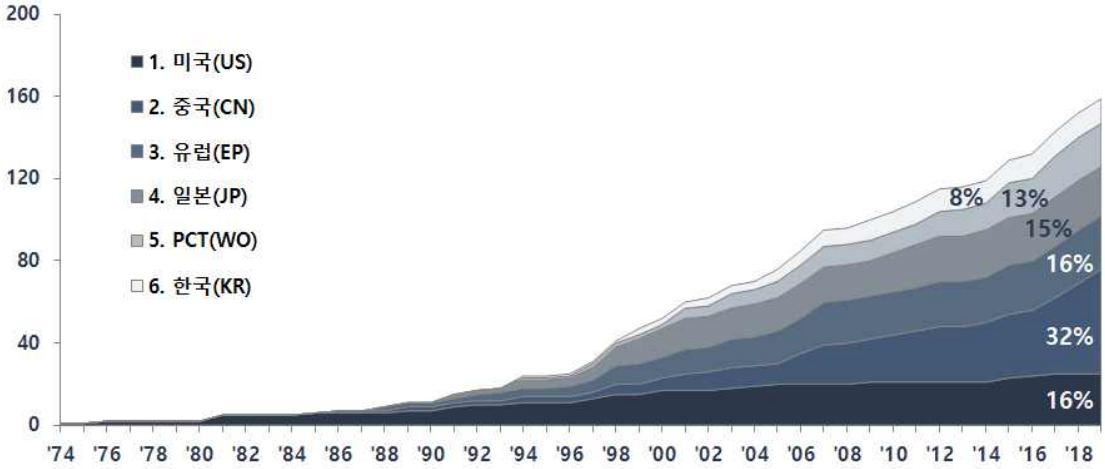


그림 3-24 레일 용접 장비 분야 주요국별 특허출원 비중(단위: 건수)

❑ 레일 용접 장비의 기술주기 분석결과, 전체적으로 출원인수와 출원건수가 함께 증가하는 성장기 단계

<특허 기술주기 분석 개요>

■ 기술주기는 전체 출원 기간의 일정 구간을 나누어 각 구간별 출원건수(특허건수)와 출원인수(특허권자수)를 2차원 버블 차트로 구현한 것으로 버블의 크기는 출원건수에 비례하며, 출원건수는 기술개발의 활용정도를 나타내고, 출원인수의 증가는 시장의 신규진입자가 증가하는 것을 의미, 출원건수와 출원인수가 모두 증가 시 해당기술분야 시장이 커지고 있다는 것을 의미
■ 레일 용접 장비 분야에서는 시대별로(1970년대, 1980년대, 1990년대, 2000년대, 2010년대) 구분해 기술 단계 분석

❍ 1970년대부터 2010년대까지 출원건수 및 출원인수, 모두 꾸준히 증가하는 성장기의 모습

– 출원건수 보다 출원인수의 증가량이 높음을 보아 시장 진입자가 많아지고 있는 상황으로, 발전기보다는 성장기의 단계에 유사

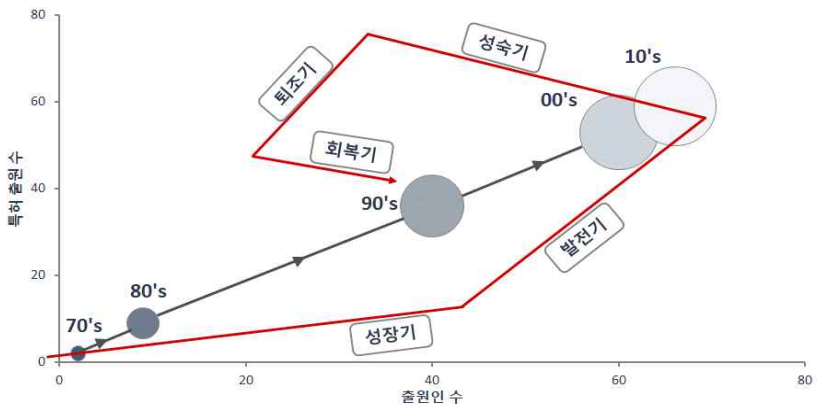


그림 3-25 전체 레일 용접 장비 기술주기

❑ 주요국들의 기술주기를 분석해보면, 미국, 유럽의 경우 특허활동이 발전기를 거쳐 감소하고 있으나, 중국, 일본 등은 성장기를 거쳐 발전기로 진행[17)]

❍ 미국은 전체 특허활동이 25건으로 1970년대부터 특허활동이 발생하여 1990년대까지 출원인수 및 특허출원 수가 증가하다 2000년대 이후 성숙기 이후의 활동모습을 보임(감소추세)

❍ 중국은 1980년대부터 특허활동 시작으로 2010년대까지 출원인수 및 특허출원수가 증가하는 성장기 모습

❍ 유럽은 1980년대부터 특허활동 발생하여 미국과 유사하게 2000년대까지 증가하다 최근 감소 추세

❍ 일본은 1990년대에 시작하여 2000년대에 다소 감소하였으나 이후 출원인수가 증가하며 성장기 단계의 모습을 보임

❍ PCT는 1990년대부터 특허활동이 발생하여 이후 꾸준히 증가 추세

❍ 한국은 1990년대에서 2000년대까지 증가하다 2010년대 다시 감소하여 기술주기 분석이 어려우나, 일본과 유사한 상황을 따라갈 것으로 판단

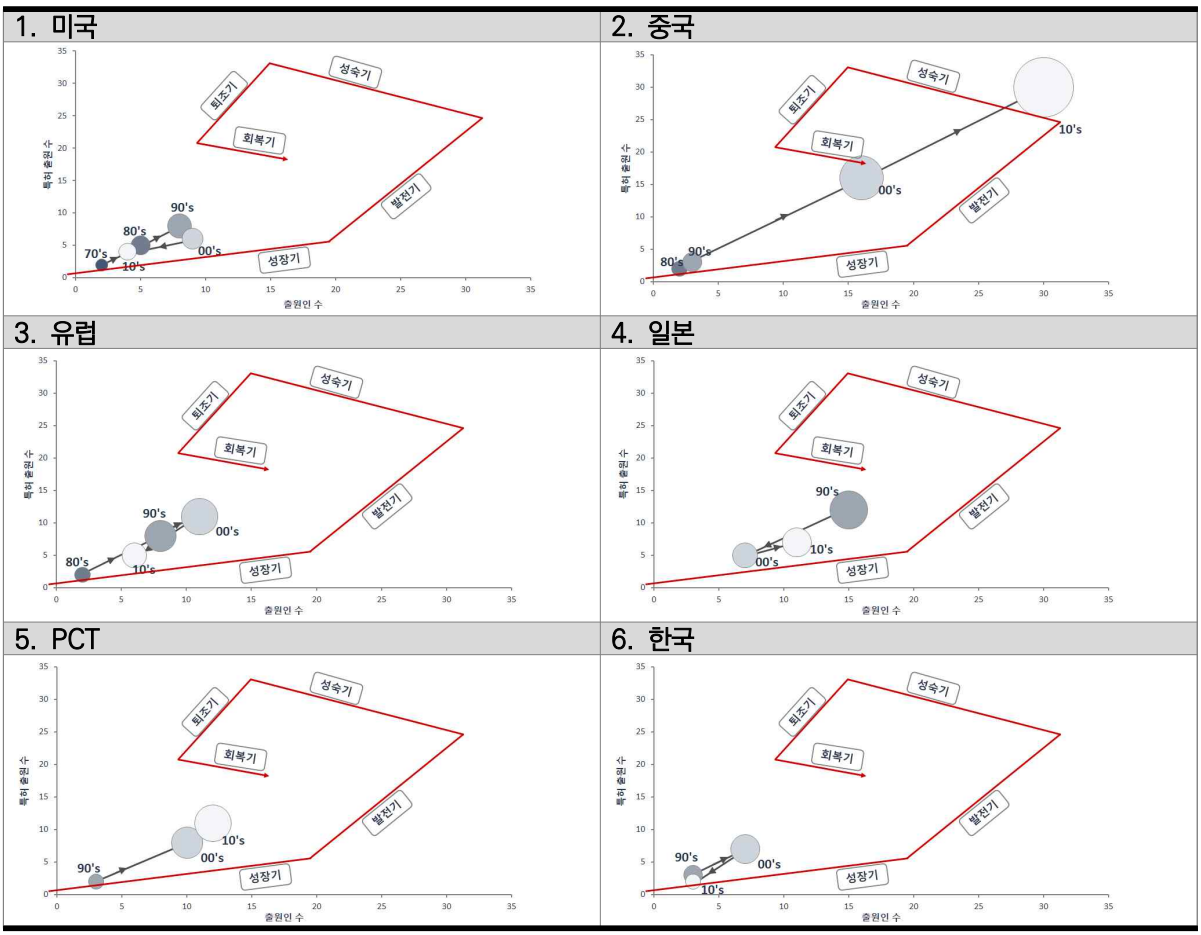


그림 3-26 주요국별 레일 용접 장비 특허 기술주기

❑ 자국 출원 중심의 특허활동이 높으나, 미국, 유럽 등 선진국은 국내외 특허활동이 활발하게 진행되는 반면, 한국 및 중국의 경우 국내 특허활동으로 제한적임

❍ 각 특허출원국가별 자국출원현황을 파악하면, 레일 용접 장비 분야 특허 출원 건 수 중

17) 각 주요국별 기술주기를 분석하기에 전체 특허건수가 적어 한계가 있으나, 전체 방향성 검토를 위해 제시함

자국 출원 비중은 64% 수준

- 미국특허는 자국출원비중이 40%로 유럽 및 일본에서 미국특허 활동을 활발히 참여하고 있는 것으로 분석
- 한국을 포함한, 일본, 중국은 자국출원비중이 80% 이상을 차지하고 있어, 자국민 중심의 특허활동이 중점

❍ 출원인(기관) 국적이 미국, 프랑스, 독일, 오스트리아 등의 경우 자국외 타 국가특허에서 활동이 활발한 반면, 중국, 한국의 경우 국외 활동 없이 자국내 특허활동만 추진

❍ 한국의 경우, 글로벌 기술력 확보를 위한 기술개발 추진을 통한 연구활동 수준 향상이 필요

표 3-17 출원인(기관)국적별 레일 용접 장비 특허출원 현황(자국출원비중)

출원인 국적	1. 미국(US)	2. 중국(CN)	3. 유럽(EP)	4. 일본(JP)	5. PCT(WO)	6. 한국(KR)	총계(건)
미국	10	3	5	4	6	-	28
중국	-	42	-	-	-	-	42
프랑스	4	4	7	-	6	-	21
영국	3	-	3	-	4	-	10
독일	1	-	3	1	1	-	6
오스트리아	1	1	3	-	-	1	6
스위스	3	-	2	-	-	-	5
이탈리아	1	-	-	-	-	-	1
네덜란드	-	-	1	-	-	-	1
우크라이나	1	-	-	-	-	-	1
일본	1	1	-	19	1	-	22
한국	-	-	-	-	-	11	11
러시아	-	-	1	-	2	-	3
뉴질랜드	-	-	1	-	1	-	2
총계	25	51	26	24	21	12	159
자국 출원 건수	**10**	**42**	**19**	**19**	**-**	**11**	**101**
자국 출원 비중	**40%**	**82%**	**73%**	**79%**	**-**	**92%**	**64%**

❑ 레일 용접 장비분야는 산업계 중심의 특허활동을 보이고 있으며, 미국, 유럽 등 관련 주요 산업체에서 특허 보유 수준이 높은 반면, 우리나라는 특정 산업체 주도가 아닌 다수의 산업체에서 하나의 특허씩 보유하고 있는 상황

❍ 출원인(기관)의 유형에 따라 분류를 해보면, 산업계에서 출원한 특허가 총 132건으로 전체의 83% 비중을 차지

- 각국 특허들 모두 산업계 출원인이 특허를 출원한 비중이 과반수 이상이며, 한국은 1건 외에 모두 산업계에서의 특허출원

❍ 학계, 연구계에서 출원한 특허보다는 기타(개인)이 출원한 특허의 비중이 더 높은편

표 3-18 레일 용접 장비 분야 출원인(기관) 유형-국가별 특허출원 현황

분류	1. 미국(US)	2. 중국(CN)	3. 유럽(EP)	4. 일본(JP)	5. PCT(WO)	6. 한국(KR)	총계(건)	비중(%)
산	20	40	24	20	17	11	132	83%
학	1	1	-	-	-	-	2	1%
연	-	4	-	4	-	-	8	5%
기타	4	6	2	-	4	1	17	11%
총계	25	51	26	24	21	12	159	100%

❍ 주요 출원인(기관)은 다음과 같으며, 미국, 유럽의 주요 산업체들이 주도적으로 특허활동을 하고 있으며, 국내는 삼표이앤씨에서 3개의 특허를 보유외에 다수의 기업에서 1건씩 특허를 보유

표 3-19 레일 용접 장비 분야 전세계 주요 출원인(기관) 목록

순위	주요 출원인(기관)	국적	유형	출원건수	비중(%)
1	LINCOLN ELECTRIC CO	미국	산	16	10%
2	NIPPON STEEL CORP	일본	산	12	8%
3	PANZHIHUA IRON & STEEL RESERACH INSTITUTE, PANGANG GROUP	중국	산	10	6%
4	RAILTECH INTERNATIONAL	프랑스	산	7	4%
5	FRANZ PLASSER & THEURER	오스트리아	산	5	3%
	HOLLAND LP	네덜란드	산	5	3%

표 3-20 레일 용접 장비 분야 국내 주요 출원인(기관) 목록

순위	주요 출원인(기관)	유형	출원건수	국내 비중(%)	세계 비중(%)
1	삼표이앤씨 주식회사	산	3	27%	2%
2	(주)신화웰텍	산	1	9%	1%
	삼성중공업 주식회사	산		9%	1%
	엔케이티이 주식회사	산		9%	1%
	조흥전기산업 주식회사	산		9%	1%
	주식회사 대신상역엔지니어링	산		9%	1%
	주식회사 케이알티씨	산		9%	1%
	현대중공업 주식회사	산		9%	1%

❑ 특허 지수를 활용해 기술 수준과 시장 점유율 등을 분석한 결과, 기술 수준과 시장 점유율이 가장 높은 미국이 유럽과 함께 기술·시장 선진국에 속하며, 한국은 기술·시장 의존국으로 평가

❍ (매력도지수) 매력도지수는 미국과 중국 이외 주요국들은 세계 평균 영향력인 1보다 작은 수치를 보여 미국과 중국의 영향력이 지대함을 암시

– 미국과 중국은 각 2.91, 1.32의 매력도지수로 세계 평균을 웃도는 기술적 영향력을 보유하고 있으며, 이외 유럽(0.72), 일본(0.49) 및 한국(0.19)은 평균보다 못한 수준

❍ (활동도지수) 활동도지수는 중국이 가장 높았고, 그 외에는 평균 활동수준인 1보다 작은 값을 보이며, 중국 이외에는 활동수준이 떨어짐을 의미

– 중국의 활동도지수는 1.92로 세계 평균 활동수준의 2배에 근접하는 값을 보였고, 유럽(0.9)과 미국(0.94), 일본(0.91)은 평균에 근접하나 조금 부족하며, 한국(0.45)은 활동량이 저조한 수준

❍ (인용도지수) 인용도지수로 핵심특허의 보유 수준을 분석한 결과, 미국 특허가 가장 많이 보유하고 있으며 한국 특허는 극소량 보유

– 미국의 인용도지수는 압도적으로 높은 5.91로, 미국에서 출원된 레일 용접 장비 분야의 주요 핵심기술 특허들이 많음을 의미

– 중국의 인용도지수는 미국 다음인 2.69로, 출원한 건수가 많음에 따라 인용도지수도 높게 측정된 것으로 예측

– 한국은 0.38의 인용도지수를 보이며 주요 국가 중 핵심기술의 특허 보유량 최저

❍ (영향력지수) 영향력지수로 상대적 기술 영향력을 분석한 결과, 미국의 기술 영향력이 가장 큰 것으로 분석

– 미국의 영향력지수는 3.08로, 이는 미국 기술의 영향력이 주요국 평균의 3배이며, 미국 특허출원 이후 기술 향상에 지대한 영향력을 끼쳤음을 의미

– 유럽은 0.74로 미국 다음으로 높은 영향력지수를 보였으나 주요국 평균(1)보다는 낮으며, 인용도지수가 미국 다음으로 높았던 중국은 0.69로 기술 영향력은 유럽보다 낮은 수준

❍ (기술력지수) 기술력지수로 기술의 양적·질적 수준을 알아본 결과, 미국이 압도적으로 가장 높고, 특허출원 건수가 많은 중국이 두 번째로 높은 수준

– 미국의 기술력지수는 주요국 중 가장 높은 77.04로, 주요국과 비교했을 때 양과 질을 고려한 기술 수준이 압도적으로 높음을 의미

– 한국의 기술력지수는 4.92로 기술 수준이 가장 높은 미국과는 10배가 넘는 차이로 저조한 수준

❍ (시장점유지수) 시장점유지수는 미국과 유럽이 가장 높은 수준

– 미국과 유럽은 1.69의 같은 시장점유지수를 보이며, 일본과 중국은 각 0.64, 0.6으로 시장 점유율이 낮은 편

– 한국은 시장점유지수 0.46으로 주요국 중 가장 낮은 수준

표 3-21 국가별 특허 지수 분석결과(레일 용접 장비)

국가	특허출원 건수	피인용 횟수	매력도 지수 (AAI)	활동도 지수 (AI)	인용도 지수 (CPP)	영향력 지수 (PII)	기술력 지수 (TS)	시장점유 지수 (PFS)
미국	25	266	2.91	0.94	5.91	3.08	77.04	1.69
중국	51	121	1.32	1.92	2.69	0.69	35.04	0.60
유럽	26	66	0.72	0.98	1.47	0.74	19.11	1.69
일본	24	45	0.49	0.91	1.00	0.54	13.03	0.64
한국	12	17	0.19	0.45	0.38	0.41	4.92	0.46

○ 지수를 활용해 포트폴리오를 분석해보면, 미국과 중국이 상대적으로 기술 수준이나 시장 점유율이 높고 앞뒤를 다투는 상황이며, 한국은 기술 의존국 수준

표 3-22 국가별 포트폴리오 분석(레일 용접 장비)

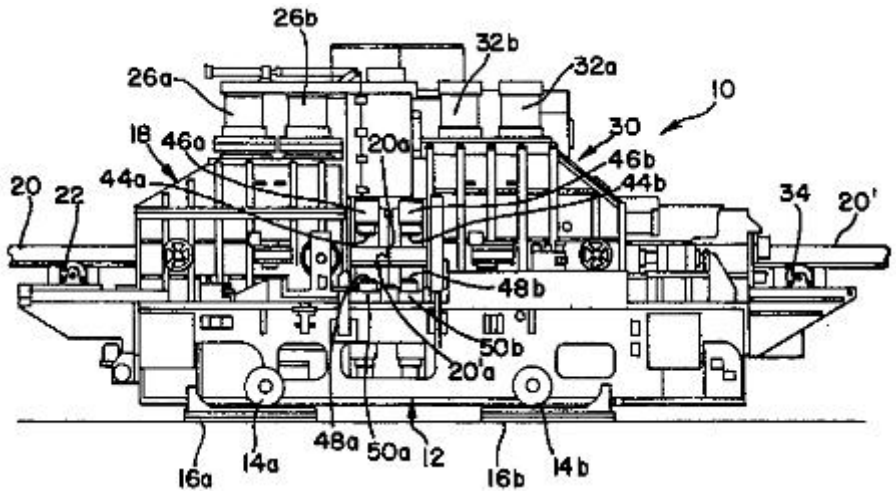
매력도-활동도 포트폴리오	영향력-점유율 포트폴리오
※ 미국의 매력도지수(2.19)를 반영해 축 범위 설정	※ 인용도지수와 시장점유지수를 0과 1 사이의 값으로 전환해 주요국간 절대우위 비교

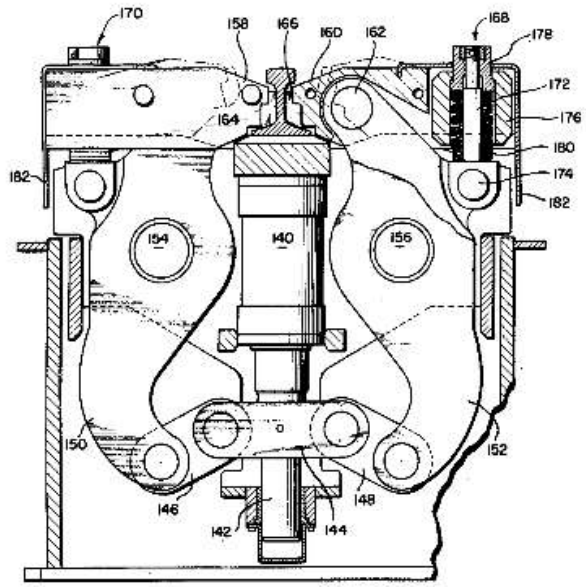
❑ 특허 피인용 회수에 따른 주요 특허 5건을 분석해본 결과, 모두 미국 특허에 출원된 특허로 다음과 같음

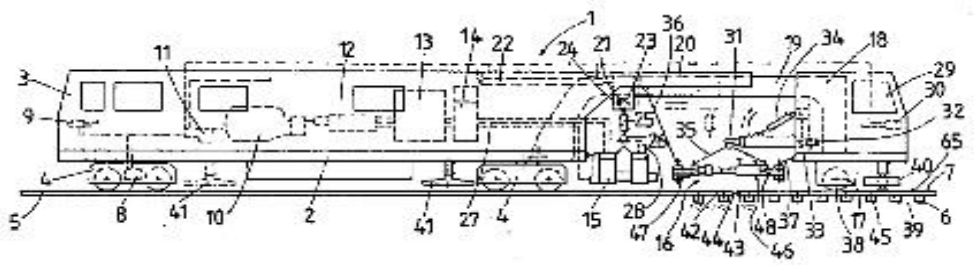
표 3-23 주요 특허 목록(레일 용접 장비)

출원번호	명칭	출원인명	피 인 용 횟수
US5270514	Method and apparatus for flash butt welding railway rails	Chemetron-Railway Products, Inc.	26
US4414454	Method of welding continuous rails and apparatus therefor	H. A. Schlatter AG	24
US4929816	Electric flash-butt welding machine and method of providing a welded joint between adjacent ends of rail sections	Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft GmbH	24
US5773779	Method and system for welding railroad rails	The Lincoln Electric Company	23
US4429207	Method for welding railroad rails and means therefor	Southern Pacific Transportation Company	21

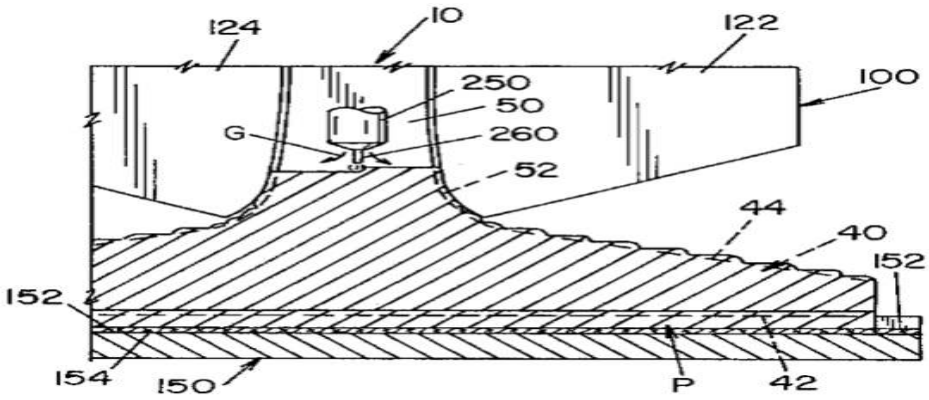
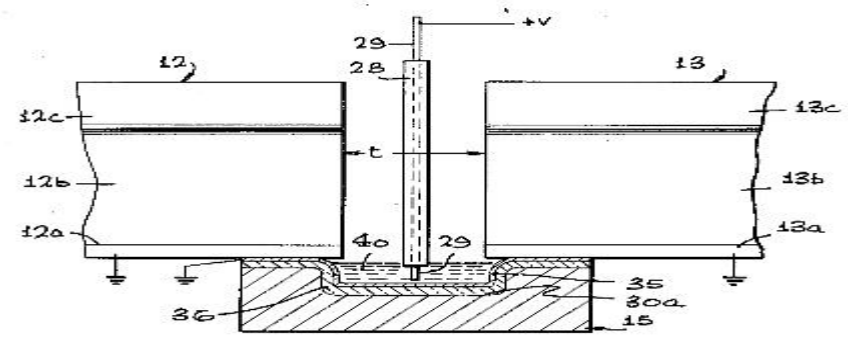
표 3-24 주요 특허 내용(레일 용접 장비)

1	명칭	Method and apparatus for flash butt welding railway rails		
	출원인	Chemetron-Railway Products, Inc.		
출원번호		US5270514	공개번호	US5270514A
출원일		1992.01.08	공개일	1993.12.14
대표도면 (첫 페이지 도면)				
주요 내용		최소한의 인력투입으로, 일관되게 반복 가능한 품질을 제공하는 철도 레일 맞대기 플래시 버트 용접 방법 및 장치 개선		
2	명칭	Method of welding continuous rails and apparatus therefor		
	출원인	H. A. Schlatter AG		
출원번호		US5270514	공개번호	US5270514A

출원일	1992.01.08	공개일	1993.12.14
대표도면 (첫 페이지 도면)			
주요 내용	기형성된 레일과 결합해 연속 레일을 형성하기 위한 용접방법 및 장치의 개선 및 새로운 발명		

3	명칭	Electric flash-butt welding machine and method of providing a welded joint between adjacent ends of rail sections	
	출원인	Franz Plasser Bahnbaumaschinen-Industriegesellschaft GmbH	
출원번호	US4929816	공개번호	US4929816A
출원일	1989.01.24	공개일	1990.05.29
대표도면 (첫 페이지 도면)			
주요 내용	다양한 상황의 활용 및 두 레일 단면 간의 견인력 향상이 가능한 이동식 플래시 용접 장치 개선		

4	명칭	Method and system for welding railroad rails	
	출원인	The Lincoln Electric Company	
출원번호	US95040897A	공개번호	US5773779A
출원일	1997.10.15	공개일	1998.06.30

대표도면 (첫 페이지 도면)			
주요 내용	테르밋 및 플래시 맞대기 용접 기술의 단점을 극복하는, 차폐 가스 아크 용접을 활용한 현장 철도 레일 용접방법 및 시스템 개발		
5 명칭	Method for welding railroad rails and means therefor		
출원인	Southern Pacific Transportation Company		
출원번호	US33581281A	공개번호	US4429207A
출원일	1981.12.31	공개일	1984.01.31
대표도면 (첫 페이지 도면)			
주요 내용	현장에서 짧은 시간 내에 철도 레일 용접이 가능해 교통 중단을 최소화하는 새로운 용접 시스템 제공		

2. 논문분석

2.1. 논문분석 개요

❑ (목적) 궤도 유지보수를 위한 장비 분야의 연구개발 추이, 최근 동향분석 등을 위해 논문 동향을 분석해 동 사업의 추진 방향 도출에 활용

❍ SCI 논문 분석을 통해 동 사업 추진 방향 도출 시 참고자료로 활용 가능

❑ (대상) 철도분야에 대해 DB 추출

❍ 궤도 유지보수를 위한 핵심장비 2종에 대해 각 대상별로 분석하되, 해당 장비기술 특성상 전체 기간을 대상으로 분석 수행

– 궤도 유지보수를 위한 핵심장비 2종의 경우, 기술개발 동향이 빠르게 변화하지 않는 기술적 특성을 가지고 있어, 검색기간 제한 없이 전체 기간을 고려하여 DB를 검색함

표 3-25 논문분석 대상 DB

대상 종류	내용
특허 DB	더웬트 이노베이션(Derwent Innovation)
검색기간	–

❑ (검색식 및 유효특허) 검색식은 각 핵심장비 2종에 대해 기술 특성을 표현하는 키워드를 조합하여 구조화하였으며, 노이즈 제거를 통해 유효결과를 확보

❍ (레일 용접 장비) '철도'와 '레일', '용접' 세 가지 키워드를 구조화해 검색식을 작성하였으며 전문가 검토를 통해 최종 49건의 유효결과를 확보

❍ (자갈도상 다짐 장비) '철도, '자갈', '다짐', '설비' 네 가지 키워드를 구조화해 검색식을 작성하였고 전문가 검토를 통해 최종 건의 유효결과를 확보

표 3-26 핵심장비별 논문 검색식

핵심장비 구분	구조화	검색식
		영문
레일 용접 장비	(철도) + (레일) + (용접)	(railway OR railroad) **AND** (rail) **AND** (weld* OR thermit OR thermite OR flashbutt OR "flash-butt" OR "gas pressure" OR "gas-pressure" OR "enclosed-arc" OR (enclosed near/1 arc))
자갈도상 다짐 장비	(철도) + (자갈) + (다짐) + (설비)	(railway OR railroad OR trackbed OR "track-bed") **AND** (ballast OR gravel OR stone) **AND** tamp* **AND** (tine OR lifting OR alignment OR tool OR equip* OR machine OR device OR unit OR system)

표 3-27 유효 논문 결과 현황

자갈도상 다짐 장비		레일용접장비	
검색 수	유효논문 수	검색 수	유효논문 수
36	11	171	49

2.2. 논문분석 결과

2.2.1. 자갈도상 다짐 장비

❑ 철도유지보수를 위한 자갈도상 다짐 장비 분야 SCI논문은 2000년 처음 게재되었으나, 꾸준하지 않은 게재 활동으로 보이며 2019년까지 총 11편 게재

❍ 가장 많은 SCI논문이 게재된 국가는 영국으로, 총 6편(55%) 게재, 한국에서는 0편의 논문 게재

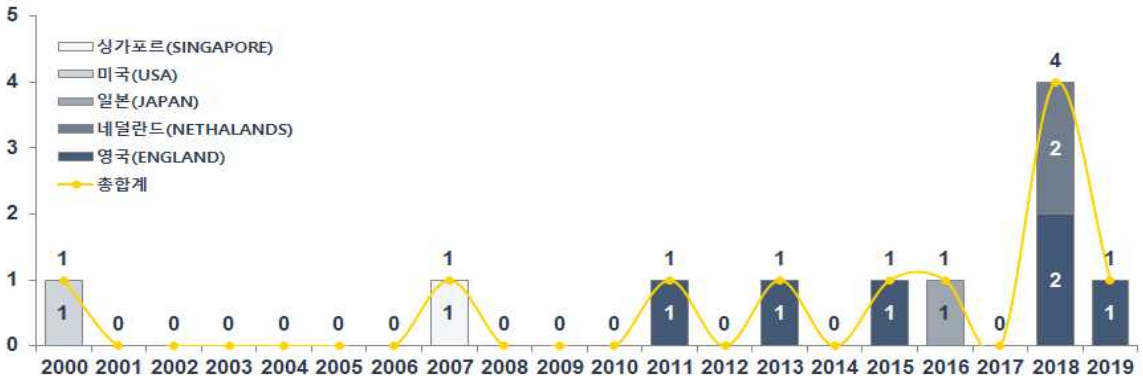


그림 3-27 자갈도상 다짐 장비 SCI논문 게재 현황

표 3-28 국가별 자갈도상 다짐 장비 SCI논문 게재 현황

순위	국가	논문 게재 수	비중(%)
1	영국(ENGLAND)	6	55%
2	네덜란드(NETHALANDS)	2	18%
3	일본(JAPAN)	1	9%
4	미국(USA)	1	9%
5	싱가포르(SINGAPORE)	1	9%
총합계		**11**	**100%**

❑ 국가별 영향력 지수(IF) 분석을 위해 전체 국가 논문 피인용 횟수를 알아본 결과 총 114회이며, 가장 영향력이 높은 국가는 미국으로 분석됨

〈영향력지수 분석〉

▪ 영향력지수(IF, Impact Factor) : SCI 논문이 게재된 이후의 연구에 얼마나 영향을 끼쳤는지를 알아보기 위해 분석하며, 국가별 피인용 횟수를 전체 논문 피인용 횟수로 나누어 계산

❍ 국가별 영향력 지수(IF)는 논문 편수와 달리 미국(0.325)이 가장 높은 수치를 보였고, 논문 게재 수가 가장 많은 영국(0.298)은 3순위 기록

표 3-29 국가별 논문 피인용 횟수 및 영향력 지수

순위	국가	논문 게재 수	국가별 피인용 횟수	국가별 영향력 지수(IF)
1	미국(USA)	1	37	0.325
2	싱가포르(SINGAPORE)	1	35	0.307
3	영국(ENGLAND)	6	34	0.298
4	일본(JAPAN)	1	4	0.035
5	네덜란드(NETHERLANDS)	2	4	0.035
총합계		**11**	**114**	

2.2.2. 레일 용접 장비

❑ 철도유지보수를 위한 레일 용접 장비 분야 SCI논문은 2002년부터 꾸준히 게재되어, 2019년까지 총 49편이 게재되었고, 한국에서 게재한 SCI논문은 전체 4% 비중

❍ 전세계 중 영국에서 총 22편(45%)으로 가장 많은 SCI논문 게재

❍ 한국은 2008년과 2014년에 총 2건의 SCI논문 게재

그림 3-28 레일 용접 장비 SCI논문 게재 현황

표 3-30 국가별 레일 용접 장비 SCI논문 게재 현황

순위	국가	논문 게재 수	비중(%)
1	영국(ENGLAND)	22	45%
2	미국(USA)	7	14%
3	폴란드(POLAND)	6	12%
4	중국(CHINA)	4	8%
5	한국(KOREA)	2	4%
6	스위스(SWITZERLAND)	2	4%
7	브라질(BRAZIL)	2	4%
8	싱가포르(SINGAPORE)	1	2%
9	루마니아(ROMANIA)	1	2%
10	독일(GERMANY)	1	2%
11	이탈리아(ITALY)	1	2%
총합계		**49**	**100%**

❑ 국가별 영향력 지수(IF) 분석을 위해 전체 국가 논문 피인용 횟수를 알아본 결과 427회이며, 가장 영향력이 높은 국가는 영국임

❍ 국가별 영향력 지수(IF)는 논문 편수에 비례해 영국(0.759)이 1위를 기록했으며, 2위와의

차이가 매우 큼으로 보아 영향력이 매우 높음을 암시

❍ 한국은 논문 게재 편수에 비해 피인용 횟수가 많아 영향력 지수가 영국 다음으로 높아 연구 수준이 높음을 유추할 수 있으나, 아직 논문 성과는 초기 단계로 해당 분야의 성장을 위한 투자가 필요한 상황

표 3-31 국가별 레일 용접 장비 SCI논문 피인용 횟수 및 영향력 지수

순위	국가	논문 게재 수	국가별 피인용 횟수	국가별 영향력 지수(IF)
1	영국(ENGLAND)	22	324	0.759
2	한국(KOREA)	2	34	0.080
3	미국(USA)	7	23	0.054
4	폴란드(POLAND)	6	18	0.042
5	스위스(SWITZERLAND)	2	12	0.028
6	중국(CHINA)	4	11	0.026
7	싱가포르(SINGAPORE)	1	5	0.012
8	브라질(BRAZIL)	2	0	0.000
9	독일(GERMANY)	1	0	0.000
10	루마니아(ROMANIA)	1	0	0.000
11	이탈리아(ITALY)	1	0	0.000
총합계		**49**	**427**	

3. 시사점

❑ 레일 유지보수 장비 2종에 대한 주요국 특허 및 논문 활동은 1970년대부터 시작되었으나, 한국의 경우 1990년~2000년대 활동이 시작되어 상대적으로 뒤쳐진 상황

❍ 레일 용접장비가 가장 빠르게 1990년대에 특허 확보를 위해 노력하였으나, 그외 장비·장치의 경우 2000년대에 도래하여 특허 활동이 추진

❍ 먼저 특허 선점을 한 미국, 유럽이나, 정량적으로 높은 특허 활동을 보이는 중국 대비 국내 활동은 저조하며, 자체적인 특허활동을 보이는데도 한계로 성장단계를 지속적으로 유지하는 것으로 분석

❍ 장비의 특성 상 특허중심으로 연구가 주를 이루나, 한국의 경우에는 SCI논문도 레일 용접장비에서 2건만 발표될 뿐 그외 장비에 대한 연구가 전혀 진행되지 않아 핵심 기술에 대한 기술력 제고 방안 마련이 시급

❑ 자갈도상 다짐장비의 경우, 특정기업의 독과점 특허활동이 주를 이루며, 주요국 대비 한국의 특허활동이 시작단계임에도 국내현장 상황을 고려한 기술 확보가 요구

❍ 미국의 1970년대 특허활동을 시작으로 유럽, 일본 등 특허활동을 시작하였으나, 한국은 2000년대에 이르러 6건의 특허 출원으로 개인 중심의 특허활동 시작

❍ P&T사와 같은 독과점 형태의 특허 현황이 보이고 있으나, 중국, 미국의 일부 기업에서도 점차 특허활동을 확대하고 있는 상황

– 국내 도입된 장비의 경우 P&T사가 주를 이루고 있으나, 국내 현장 특성(3.5시간의 짧은 야간 차단시간, 일부 구간(국소)지역 신속 다짐 요구 등)에 따른 인력 중심의 문제 해결을 위한 수요 기술은 여전히 부족

❍ 반면, 한국은 핵심기술 확보를 위한 특허활동 자체가 저조하며, 기업에서도 섣불리 기술력 확보를 위한 활동이 연계되지 않은 것으로 분석

❑ 레일 용접장비의 경우 미국, 유럽의 성숙단계 대비 한국은 성장기 단계를 보이고 있으나, 국내활동 중심의 특허 활동을 보여 글로벌 기술수준 역량 확보는 부족한 수준

❍ 미국, 유럽은 1970년대부터 특허활동의 시작으로 해당 분야의 기술력 확보가 이미 진행된 반면, 한국은 1990년대 시작으로 다수의 기업 참여로 현재 성장기 모습을 보임

❍ 타 분야 시장 대비 국내 시장은 자국 출원기관으로만 구성되어 국내 시장 자체의 매력도는 낮으며 인용도 지수에서도 가장 낮은 수준을 보여 핵심기술 확보 등 미흡한 것으로 분석

– 포트폴리오 분석 결과, 한국은 기술 및 시장 의존국으로 평가되어, 핵심기술 확보를 위한 노력이 시급한 상황

❍ 특히, 한국내 현장 상황(제한된 현장 접근 시간, 사계절 외부 온도차로 인한 레일 절손 다수 발생 등)을 고려한 핵심 기술 확보 및 관련 분야 기업 기술력 확보가 필요

제3절 연구개발 인프라 분석

1. 철도장비분야 연구인력 현황

❑ 유사분야 정부연구개발사업을 수행한 산, 학, 연 연구인력 및 연구수행주체 등의 조사를 통한 국내 철도장비분야 연구인력 현황분석

○ 과학기술정책지원서비스를 통한 최근 11년간 철도장비/장치 분야 국가 R&D 현황분석

○ 과학기술정보통신부 2018년 연구개발활동조사보고서를 통한 철도장비분야 R&D 현황분석

1.1. 국가 R&D 참여연구기관 및 인력 조사·분석

❑ 과학기술정책지원서비스(k2base)에서 제공하는 빅데이터 분석(R&D투자현황분석)[18]에서 최근 5년(2014년~2018년)간 국가 R&D 참여연구원 및 연구수행 주체 현황분석

○ 철도 궤도 분야와 철도 궤도 장비 분야를 비교하여 전체 철도 궤도 분야 대비 주요 연구기관 유형 및 참여 인력 규모 수준 파악 및 비교

○ 국가 R&D과제에 등록된 수준으로 검토하여 신규 사업 기획 시 연구인력을 충분히 보유하고 있는지 검토

표 3-32 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야별 국가R&D 인력 조사 DB 개요

구분		내용
검색 DB		과학기술정책지원서비스
검색조건		과제명+내용
검색식	철도궤도분야	철도, 궤도, 선로
	철도장비분야	(철도, 궤도, 선로) + (장비, 다짐, 용접)
지표		국가 R&D 투자 및 성과추이분석
검색방식		유사일치
기준년도		2014년~2018년

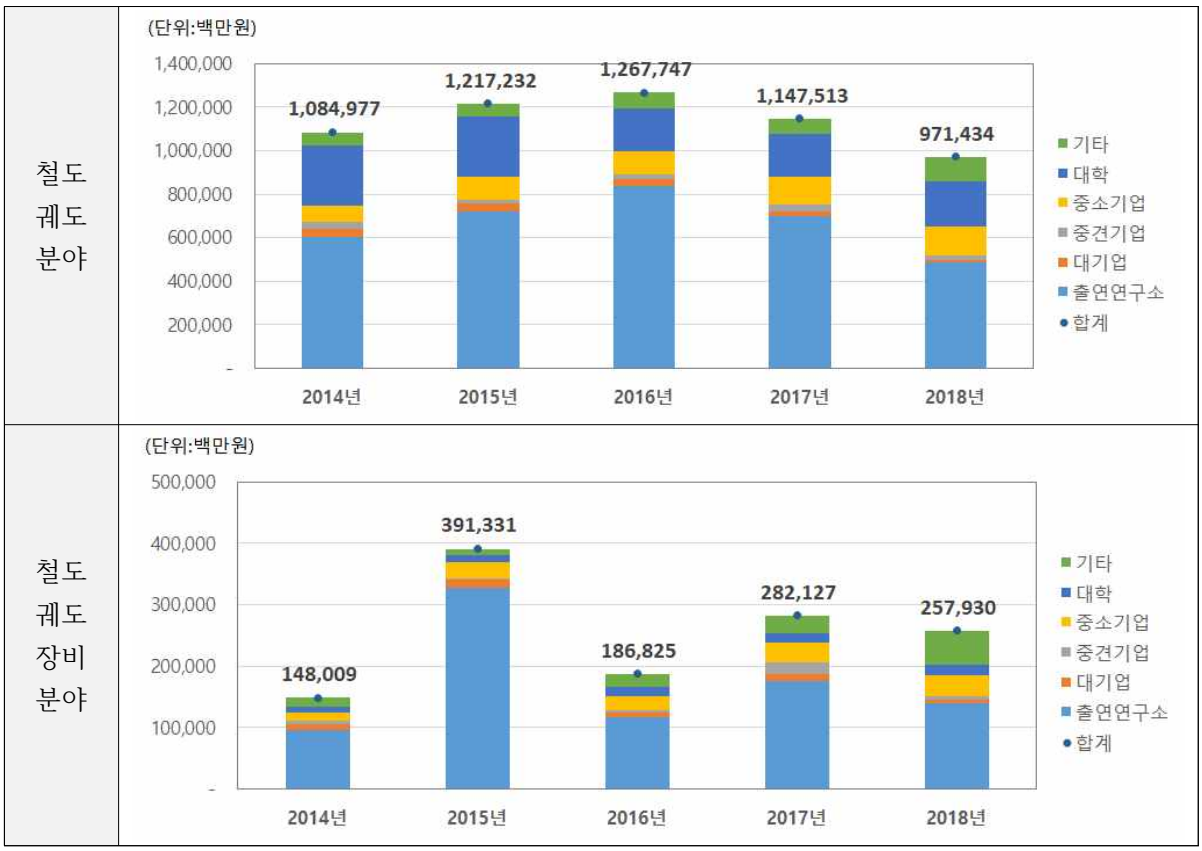
❑ (참여기관) 출연연구소인 한국철도기술연구원 및 중소기업의 참여 주도로 R&D 수행

○ 철도궤도분야의 연도별 투자는 최근 감소하고 있으며, 출연연구소(한국철도기술연구원) 주도의 국가 R&D가 추진

18) 과학기술정책지원서비스 https://www.k2base.re.kr/

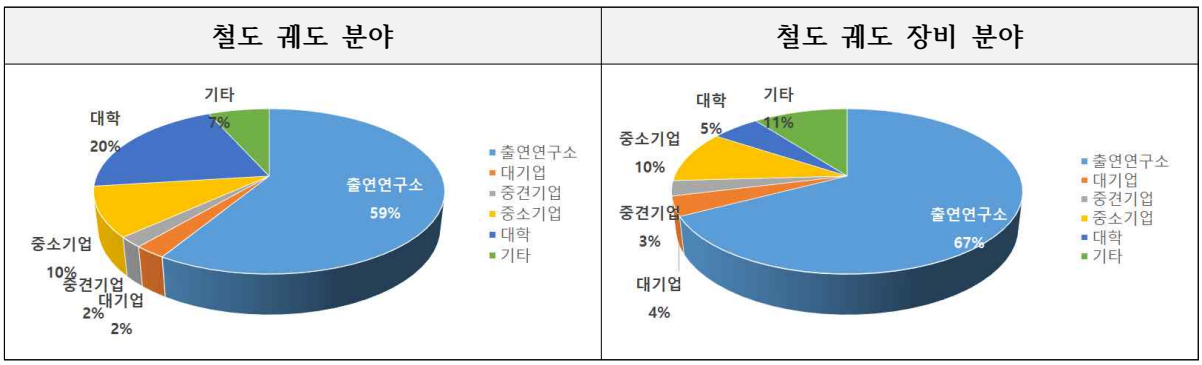
○ 이 중 2018년 기준 철도궤도 분야 중 장비 분야는 26.6%를 차지하고 있으며, 출연연구소를 제외하고 중소기업의 참여비중이 높은편

– 특히, 철도 궤도 장비 분야는 출연연구소가 67%, 대중소 산업계가 17%를 차지하고 있어 산업계의 높은 참여율이 예상됨



자료: 과학기술정책지원서비스 DB

그림 3-29 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야의 연도별 기관유형별 투자 규모



자료: 과학기술정책지원서비스 DB

그림 3-30 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야의 기관유형별 투자 비중

❑ (참여인력) 철도 궤도 장비 분야 참여연구인력은 5천여명 이상으로 빠르게 증가 추세

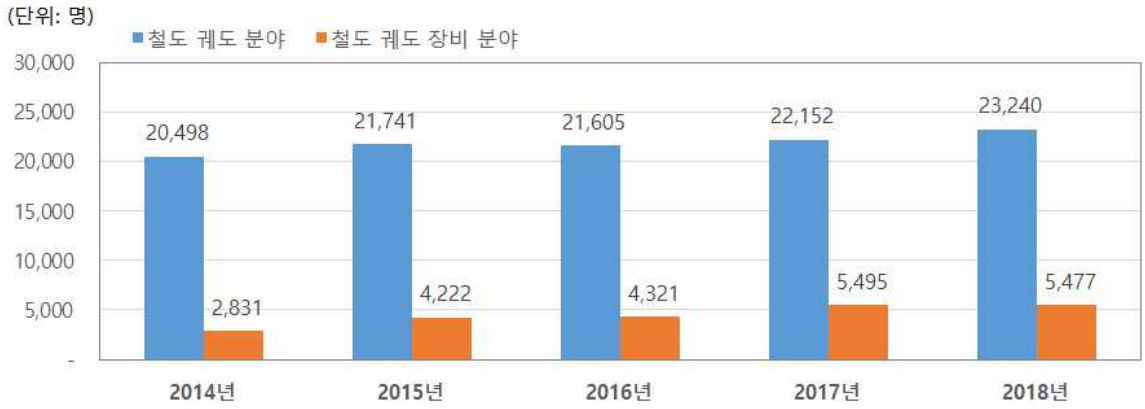
○ 최근 5년간 평균 21,847명으로 꾸준히 철도 궤도 분야의 참여연구인력 수는 증가

○ 철도 궤도 장비 분야는 참여연구인력 규모로는 2018년 기준 24% 수준으로 R&D 투자 예산 비중과 유사하며, 2014년 대비 2018년 약 2배가량 연구인력이 증가

– 2014년에는 철도궤도분야 연구인력 대비 14%(2,831명)를 차지하는 것에 비해 2018년

24%(5,477명)으로 급격히 증가

○ 기 확보된 연간 5천여명의 해당 분야 연구인력이 충분히 철도 궤도 유지보수 장비 R&D에 참여 가능할 것으로 판단됨



자료: 과학기술정책지원서비스 DB

그림 3-31 철도 궤도 및 철도 궤도 장비 분야의 연도별 참여연구인력 규모

1.2. 철도장비 제조산업분야 R&D 활동 현황 분석

❑ KISTEP 연구개발활동조사보고서는 OECD의 연구개발활동조사시행지침에 따라 분야별 우리나라 연구개발활동(연구개발비 및 연구개발인력 등) 현황 조사 자료임

❍ 총 조사대상 기관 수는 57,053개 기관으로 전국의 공공연구기관, 대학, 의료기관, 기업체를 모두 포함함

❍ 우리나라 2018년 전체 총 연구개발비는 85.7조원로 정부재원 비율은 21.4% 수준, 연구원 1인당 연구개발비는 2.10억원(FTE, 상근상당인력), 1.67억원(HC) 수준

❑ 철도장비 (제조)산업분야에서 연구인력 9명 이하 규모 기관 중심 구성, 연구개발비는 신제품과 기존공정에 중점 투자

❍ 철도장비 산업분야에서 연구개발 수행기관수는 60개로 대부분이 연구원수 9명 이하의 기관이 50개를 차지

❍ 총 연구개발비는 593억원 수준으로 정부재원 비율은 21.0%로 정부 전체 정부재원비율과 유사

표 3-33 철도장비 산업분야 연구원수별 재원별 연구개발비 규모

산업·연구원수 규모별	연구개발 수행기관수	총 연구개발비(백만원)	재원별			
			정부	공공	민간	외국
철도장비(합계)	**60**	**59,307**	**12,437**	**490**	**46,380**	**-**
9명 이하	50	16,101	3,660	490	11,951	-
10~49명	7	11,616	2,167	-	9,449	-
50~99명	1	4,008	1,631	-	2,377	-
100명 이상	2	27,582	4,979	-	22,603	-

자료 : KISTEP 2018년 연구개발활동조사 통계표

❍ 연구개발비는 신제품과 기존공정에 높은 투자를 보이고 있으며 100명 이상 규모에서는 기존공정에 대한 투자가 높고, 그 이하 규모에서는 신제품에 대한 투자가 높음

표 3-34 철도장비 산업분야 연구원수별 용도별 연구개발비 규모

산업·연구원수 규모별	연구개발 수행기관수	총 연구개발비(백만원)	용도별			
			신제품	기존제품	신공정	기존공정
철도장비(합계)	**60**	**59,307**	**28,287**	**1,504**	**1,502**	**28,014**
9명 이하	50	16,101	9,502	832	954	4,813
10~49명	7	11,616	6,457	270	219	4,670
50~99명	1	4,008	2,291	329	329	1,059
100명 이상	2	27,582	10,036	74	-	17,472

자료 : KISTEP 2018년 연구개발활동조사 통계표

❑ 100명 이상의 연구원 보유 기관은 응용연구와 개발연구에 집중투자하는 반면, 연구원 보유 규모가 작아질수록 기초연구에 투자 규모가 확대

○ 기관당 평균 연구개발비는 9.88억원 수준으로 9명 이하 규모의 기관이 비중이 높아 낮은 평균을 보임

○ 철도장비 분야에서는 개발연구에서 전체 78.9%를 투자하고 있으나 100명 이상 규모의 2개 수행기관에 의해 추진되고 있음

○ 기관 내 보유 연구원수가 높을수록 개발연구에 투자가 높으며, 규모가 작아질수록 기초연구에 투자 추진

표 3-35 철도장비 산업분야 연구원수별 용도별 연구개발비 규모

산업·연구원수 규모별	연구개발 수행기관수	총 연구개발비 (백만원)	기관당 평균 연구개발비 (백만원/기관)	연구개발단계별		
				기초연구	응용연구	개발연구
철도장비(합계)	**60**	**59,307**	**988**	**1,482**	**11,034**	**46,792**
9명 이하	50	16,101	322	934	1,818	13,349
10~49명	7	11,616	1,659	219	1,268	10,129
50~99명	1	4,008	4,008	329	1,316	2,363
100명 이상	2	27,582	13,791	-	6,632	20,950

자료 : KISTEP 2018년 연구개발활동조사 통계표

❑ 철도장비분야 연구개발인력(연구개발관계종사자)은 2018년 기준 1,327명이며, 실제 연구원은 1,194명으로 90% 수준

○ 1,327명 연구개발인력 기준 1인당 연구개발비는 4,967만원으로 국가 전체 1인당 연구개발비 대비 매우 낮은 수준

○ 연구원 1,194명 중 학사 중심으로 구성되어있어, 박사, 석사 전문인력의 확보필요

표 3-36 철도장비 산업분야 연구원수별 연구개발관계종사자 규모

산업·연구원수 규모별	연구개발 수행기관수	연구개발관계종사자(명)				1인당 연구개발비(천원)
		합계	연구원	연구보조 및 기능	행정지원	
철도장비(합계)	**60**	**1,327**	**1,194**	**114**	**19**	**49,671**
9명 이하	50	226	173	40	13	93,069
10~49명	7	206	172	29	5	67,535
50~99명	1	52	51	1	-	78,588
100명 이상	2	843	798	44	1	34,564

자료 : KISTEP 2018년 연구개발활동조사 통계표

표 3-37 철도장비 산업분야 연구원수별 연구개발관계종사자 규모

산업·연구원수 규모별	연구개발 수행기관수	학위별 연구원수(명)				
		합계	박사	석사	학사	기타
철도장비(합계)	**60**	**1,194**	**37**	**300**	**806**	**51**

자료 : KISTEP 2018년 연구개발활동조사 통계표

❑ 통계기반의 철도장비 제조산업 분야의 연구인력 조사 결과 2018년 기준 1,200여명, 1인당 연구개발비 수준도 저조하여, 국가 전체 R&D 인력 확보를 위한 투자가 필요

○ 철도장비 제조산업 분야로 한정된 연구활동 통계조사 결과, 연구개발 수행이 가능한 기관은 60여개, 보유 연구인력은 1,200여명 수준으로 낮게 조사됨

○ 특히 1인당 연구개발비는 5천만원 수준으로 국가전체 1인당 연구개발비 2억원 수준에

비해 25%에 불과

❍ 연구원 수 보유 기관 규모에 따라 개발연구가 추진됨에도 실제 전문인력 구성은 석박사 보다는 학사 위주의 인력으로 구성되어 전문인력 양성을 위한 지원도 시급

❍ 실제 동 기획연구분야에 참여할 수 있는 산업계의 현황으로 판단할 수 있으며, 해당 산업계의 낮은 기술경쟁력 확보를 위한 노력이 필요

2. 철도 R&D 시설현황

❑ 본 기술개발사업을 통해 창출될 기술개발성과물이 기존 구축된 시설 및 장비 등에 활용 가능 여부를 검증할 수 있는 관련 인프라 구축현황 조사

2.1. 철도종합시험선로

❑ 2019년 개통된 철도종합시험선로에서 기술개발결과물을 실제 현장에서 검증 가능

○ 철도종합시험선로 건설현황

– 사업기간 : 2014. 09. ~ 2018. 12. (51개월)

– 총사업비 : 2,399억원 [국고 100%]

– 시 공 사 : 지에스건설㈜ 外 9개사

– 건설위치 : 충청북도 청원군 오송읍~세종시 전동면 (노선연장 : 12.99km)

○ 시험선로 건설 개요

– 시험선로 총 연장 : 총 13km (AC구간 : 13km, DC 구간 : 6.5km)

그림 3-32 철도종합시험선로 노선도

표 3-38 철도종합시험선로 건축 및 구조물 현황

구 분		현 황	비 고
노선연장		12km990	
정거장		4개소	오송역, 오송기지, 급전구분, 정동역
변전소 / 급전소		3개소 / 1개소	전철변전소 1, DC변전소 2, 급전구분소
기타 건축물		2동	통합통제센터, 시험편의동
선형조건	최소곡선반경	R=250m	
	최급기울기	35‰	
노반구성	토공	7km124	기존선 활용구간 포함
	교량	1km597	8개소(복선교량 2개소)
	터널	4km269	6개소(복선터널 1개소-제4터널)

○ 철도궤도 관련 구조물 현황

– 교량현황

표 3-39 종합시험선로 교량 현황

구 분	교 량 현 황			
	연장(m)	경간구성	상부형식	하부형식
시험 제1교	70	2@35	RPF	교대:역T형 /교각: T형
시험 제2교	380	9@30 + 2@35 + 1@40	IPC, IT	교대:역T형 /교각: T형
시험 제3교	60	2@30	IPC	교대:역T형 /교각: T형
시험 제4교	80	2@40	IT	교대: 역T형 /교각: π형
TEST-BED	155	1@30+1@35+1@40+1@45+1@5	WIPC, HPS, ART, RPF, SPC	교대: 역T형 /교각: T형
시험 제5교	440	10@30 + 4@35	IPC	교대: 역T형 /교각: π형,T형
시험 제6교	25	1@35	합성형라멘(SPC)	라멘교
시험 제7교	272	7@30.25 +2@30.1	APC	교대: 역T형 /교각: T형
시험 제8교	35	1@35	EDGE	교대: 역T형

- 터널현황

표 3-40 종합시험선로 터널 현황

구 분		시험 1터널	시험 2터널	시험 3터널	시험 4터널	시험 5터널	시험 6터널
터널시점		시험선(현) 3km710	시험선(현) 4km372	시험선(현) 4km875	시험선(현) 6km588	시험선(현) 7km625	시험선(현) 9km080
NATM 시점		3km720	4km377	4km885	6km598	7km630	9km090
NATM 종점		4km256	4km596	6km115	6km854	8km525	10km090
터널종점		4km261	4km601	6km120	6km859	8km530	10km100
연장(M)	개착	15	10	15	15	10	20
	NATM	536	219	1,230	256	895	1,000
	합계	551	229	1,245	271	905	1,020
갱문형식	시점	원통절개식	면벽식	원통절개식	원통절개식	돌출형 면벽	원통절개식
	종점	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	돌출형 면벽	원통절개식
평면선형		R=10,000	R=10,000	R=10,000 ~ R=3,500 ~ 직선	직선	직선	R=400 ~ R=250
종단구배		(-) 3 ‰, (-)12‰	(-)12‰	(+) 10 ‰, (-)3‰	(-)3‰	(+)3‰, (-) 5‰	(-)5‰
선로중심간격		-	-	-	4.5, 5.8, 7.8	-	-
도상형식		자갈 도상	자갈 도상	자갈 도상	자갈 도상	자갈, 콘크리트 도상	자갈 도상

○ 현장검증시험 TEST-BED 현황

– 궤도분야 TEST-BED

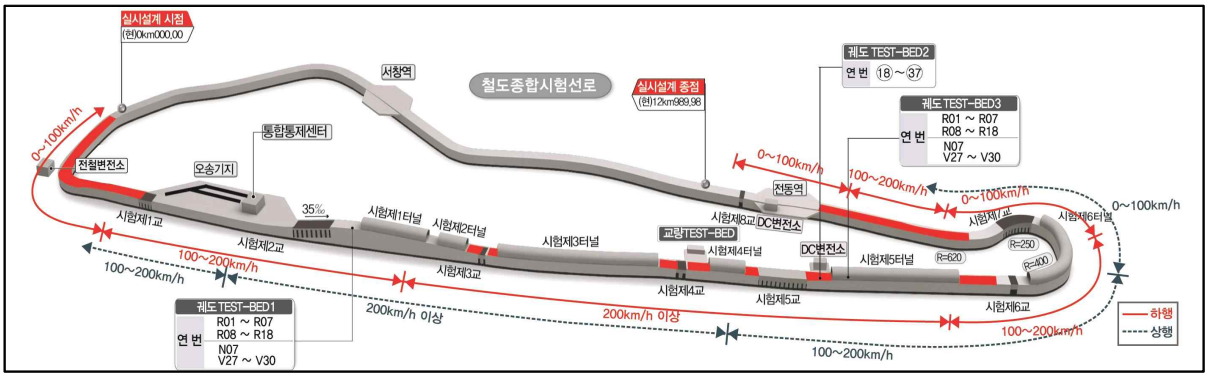


그림 3-33 궤도분야 TEST-BED 현황도

표 3-41 궤도분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
궤도 TEST-BED 1	토공구간 콘크리트궤도 부설시험 가능
궤도 TEST-BED 2	터널 내 콘크리트궤도 부설시험 가능
궤도 TEST-BED 3	F26 고속분기기 부설시험 가능

– 노반, 교량분야 TEST-BED

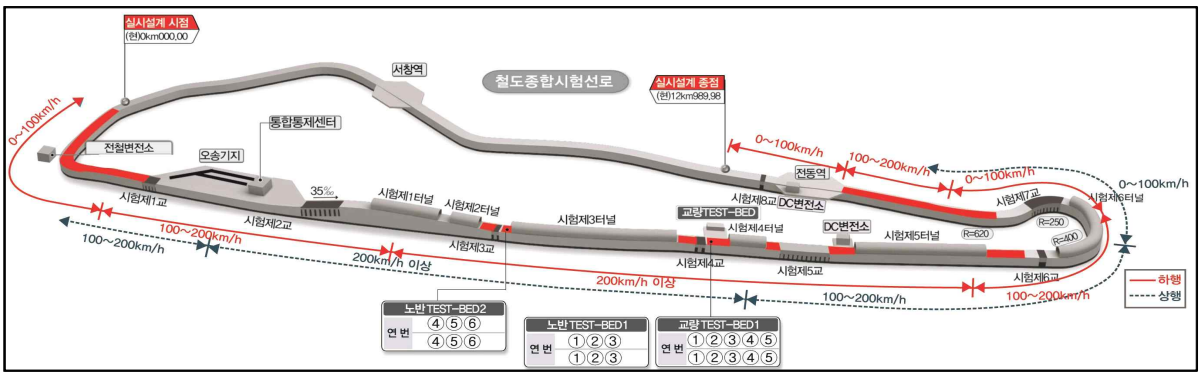


그림 3-34 노반, 교량분야 TEST-BED 현황도

표 3-42 노반, 교량분야 TEST-BED 세부현황

구분	시설계획
노반 TEST-BED 1	노반구조 지지력, 내구성, 반복재하 시험 가능
노반 TEST-BED 2	토류구조물 지지력, 내구성, 반복재하 시험 가능
교량 TEST-BED 3	교량상부구조 교체시험 가능

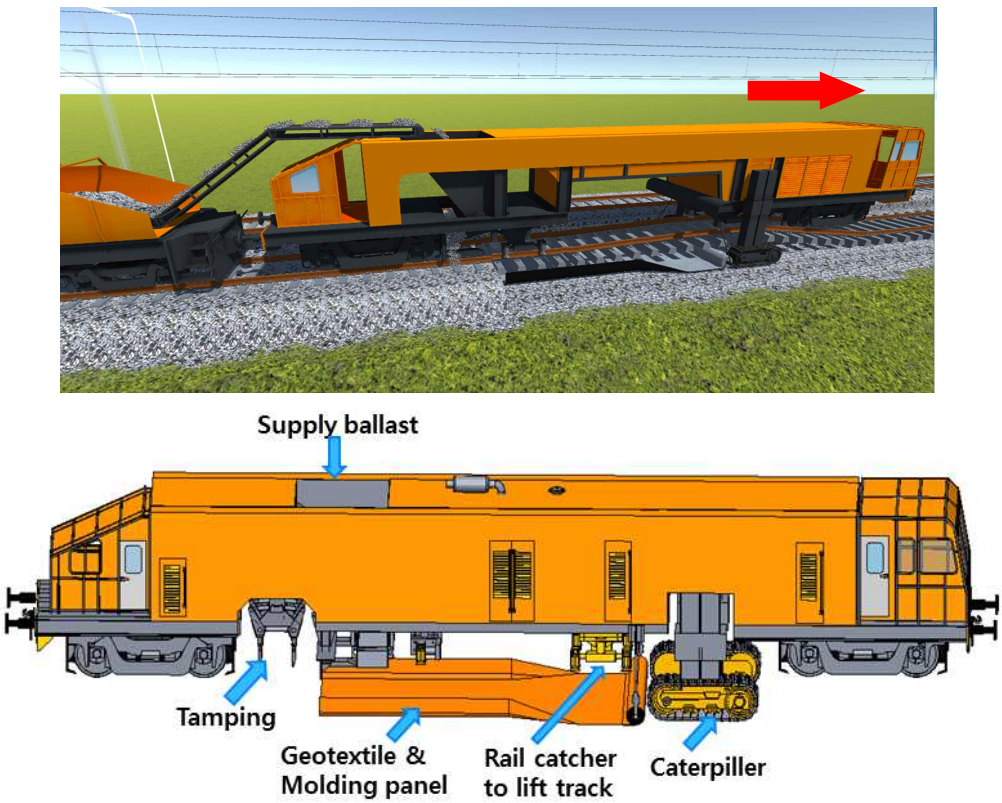
2.2. 궤도리프팅 차량(TLV, Track Lifting Vehicle)

❑ 고속철도 또는 고속화노선에서 운행선의 교통지연을 최소화하면서 차단시간 내에 자갈궤도를 효과적으로 보강할 수 있는 급속경화궤도 시공을 위해 필요한 장비로 궤도리프팅 차량(TLV)가 개발됨

○ 자갈층 하부에 토목섬유와 거푸집 설치 등의 작업을 위해 레일-침목을 들어 올린 상태에서 이동이 가능한 장비

○ 궤도리프팅차량(TLV) 사양 및 기능

- 최고속도 : 70km/h (실제 80km/h 이상)
- 견인력 : 300 tonf
- 자갈도상 다짐(탬핑유닛) 및 양로(레일캐치) : 선로 유지보수
- 시험장비나 궤도유지관리장비를 부착하여 궤도시험이나 궤도 유지관리 가능



자료: 한국철도기술연구원 내부 자료

그림 3-35 궤도리프팅차량(TLV)

3. 시사점

❑ 유사분야 정부연구개발사업을 수행한 연구인력 및 연구수행주체 등의 조사를 통한 국내 철도장비분야 연구인력 현황 분석 결과 충분한 연구인력 확보는 가능하나, 산업계 전문인력 확보를 위한 노력이 시급

❍ 철도장비분야의 R&D 가능 인력 규모는 연간 5,000여명으로 산업계, 학계, 연구계 등 분야별 동 사업 추진에 필요한 연구인력이 확보 가능할 것으로 조사

❍ 국가연구개발사업 전체 분야대비 연구계의 참여 규모(67%) 및 역량이 높게 조사되나 이는 정부출연연구기관으로 한국철도기술연구원이 있으며, 철도분야의 특성(시스템 기술) 상 특정분야 연구계의 참여가 아닌 다양한 분야간 연계가 가능한 것으로 인한 현상으로 조사

❍ 철도장비 분야의 R&D 참여 인력이 철도궤도분야 대비 빠르게 증가하고 있어 R&D추진에 있어 충분한 연구인력을 확보할 것으로 예상

❍ 다만, 산업계를 중점으로 봤으때, 철도장비 제조산업의 1인당 R&D 규모 및 석박사 이상의 전문인력이 부족한 상황으로 해당 분야의 기술경쟁력 확보를 위한 꾸준한 정부 R&D 투자 추진이 요구

❑ 2019년 개통한 철도종합시험선로는 동 사업의 기술개발 성과물을 실제 운영환경에서 검증 할 수 있는 대규모 시험 인프라 구축 시설로서 활용이 가능

❍ 시험선로 및 시설은 13km 연장의 시험선로 내 궤도, 노반, 교량, 전철전력, 신호, 소음 및 공력분야의 다양한 시험이 가능한 T/B가 구축되었으며, 통합관제센터, 오송역 등 정거장의 시설이 복합적으로 구성

❑ 기 개발된 궤도리프팅 차량(TLV) 내 다짐 등 장비 모듈을 적용하여 기존 연구개발 성과물과의 연계로 시험 검증 및 현장 실증에 활용이 가능

❍ 기존 자갈궤도 개량을 위해 개발된 차량장비에 새로운 다짐 모듈 등 적용이 가능

제4절 기술개발 방향 설정

❑ 전문가 우선순위를 통해 선정된 중소형 국부 다짐장비 및 강성측정장비와 이동식 레일 용접 장비에 대한 기술개발 방향 설정을 위하여 기술개발동향 및 국내 역량분석을 수행

○ 국내외 기술동향, 특허 및 논문, 인프라(연구인력/연구장비) 현황을 조사하여 최종 요구되는 기술개발 방향을 도출

구분	중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비	이동식 레일 용접 장비
국내 기술개발 동향	■ 다짐장비 전량 해외 수입으로 인한 장비 기술력 부족 ■ KRRI 등 자갈도상 다짐을 위한 탬핑유닛 시작품 개발 완료 단, 현장 활용을 높이기 위한 내구성 확보 및 다짐 효율 개선 필요 ■ 궤도강성 평가를 위한 지표개발, 상태평가를 위한 기법이 개발되었으나, 현장 적용을 위한 개선연구가 요구	■ 용접품질이 높은 플래시버트 용접기술은 공장에서 수행 ■ 이동식 플래시버트 용접 장비를 수입(1대)하여 기업에서 활용 중이나 고가로 현장 적용에 한계 ■ 분기기용 이동형 플래시버트 용접장비 개발되었으나, 주로 필요한 궤도상 유지보수에 적용 불가
국외 기술개발 동향	■ 다짐효율을 높이기 위한 연속다짐장치, 자동운전 등 개발추진 ■ 궤도강성에 대해서도 연속적으로 측정가능한 시스템 개발 ■ 다만, 각국별 현장에 대한 적용으로 국내 현장에 맞는 개발이 필요	■ 플래시버트 용접방식을 이동형으로 시스템화하여 현장 적용 중 ■ 재설정 및 용접이 한번에 가능한 장치 최근 개발 ■ 철도 및 도로 이동 가능한 다목적 플래시버트 용접장비 활용 ■ 다만, 대형 발전기를 요구하여 중형이상 규모를 차지하여 활용한계 및 품질검사 기능 부재
특허 및 논문	■ 미국, 유럽의 1970~80년대 특허활동 대비 우리나라는 2000년대 초반 특허활동 시작으로 성장 초기단계 ■ 오스트리아, 중국 등 활발한 특허활동을 보이는 반면, 국내 산업계 출원은 미미 ■ 국내 특허활동은 기술 및 시장 의존국으로 평가되어 개선 요구	■ 미국의 1970년대 특허활동시작이후 중국, 유럽에서 활발히 하는 반면, 우리나라는 1994년에 시작됨 ■ 중국이 압도적으로 많은 자국 특허출원 활동에 반해 미국, 일본 중심의 글로벌활동이 추진(타분야 연계활용 가능 예상) ■ 국내 특허활동은 기술 및 시장 의존국으로 평가되어 개선 요구
국내 연구 인력 및 연구장비 역량	■ 철도장비분야 연구인력 연간 5천명 이상 규모로 꾸준히 증가추세이나 산업계의 전문인력 확보 개선이 요구 ■ 철도종합시험선로 및 기 개발 장비(TLV) 연계활용한 모듈장비 검증 가능	■ 철도장비분야 연구인력 연간 5천명 이상 규모로 꾸준히 증가추세이나 산업계의 전문인력 확보 개선이 요구 ■ 철도종합시험선로를 통한 일부 현장 시험 검증 가능
기술개발방향	■ 인력작업 대체를 위한 소형화 ■ 작업효율 증대 ■ 외산장비 대체 효과(동등이상 기능 확보, 저비용) ■ 궤도 강성 및 선형검토 등 기능 부가	■ 플래시버트 용접방식을 적용한 이동식 중소규모 장비 개발 ■ 경량화, 고효율을 통한 에너지 절감 ■ 외산장비 대체효과(동등이상 기능확보, 저비용) ■ 표면처리, 품질검사 등 기능 부가

그림 3-36 장비별 기술개발 방향 도출 과정

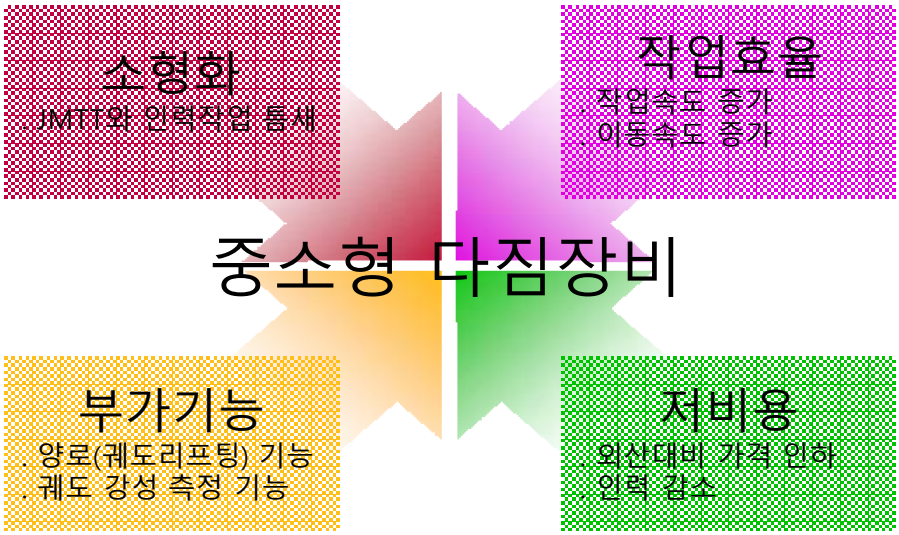


그림 3-37 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비의 기술개발방향

그림 3-38 이동식 레일 용접 장비의 기술개발방향

❑ 장비별 기술개발 방향에 따른 기술개발성과물은 국산화 기술확보를 통한 장비산업분야의 기술경쟁력 확보로 해외 장비 시장에 국내 기업의 진출 기반 마련을 지원하고자함

❍ 단순히 외산 유지보수 장비를 동등 성능수준으로 국산화 개발하는 것이 아닌 외산 도입과 운용시의 성능한계와 문제점을 개선한 외산 경쟁제품 대비 우수한 성능과 가격경쟁력을 확보하도록 개발하여,

❍ 국내 수요 대응은 물론 가격경쟁력과 고성능을 기반으로 국내 운용실적을 확보하여 향후 해외 유지보수 장비 시장에도 진출 추진

제4장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표설정

1. 비전

❑ 승객의 편의를 향상시키고 시간과 비용을 절감할 수 있는 유지보수 환경 구현

2. 기술개발 목표

※ 유지보수 비용 절감과 작업자 안전확보를 위한 철도궤도 유지보수 효율화 장비 개발

❑ 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심 기술 개발

- ❍ 무인화로 차단시간 내 100m 이상 작업 가능한 소형 국부다짐장비 핵심기술(자동 다짐 위치 선정 기술, 연속주행기술) 개발
- ❍ 유지보수 효율화를 위한 강성측정장비 개발

❑ 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

- ❍ 300kVA급 이동식 플래시 버트 용접 기술 개발
- ❍ 단차 0.3mm 이내 용접부 표면처리 및 80℃ 품질검사 기술개발
- ❍ 레일 용접관련 기준 개정(안)

표 4-1 외산 이동식 플래시버트 용접장비와 1세부 성능목표 비교

구 분	스위스 (Schlatter)	미국 (Holland)	개발품 목표(안)	비고
용접시스템 전체무게(Kg)	12,000	12,000	9,000	경량화
발전기 무게 (Kg)	7,000	7,000	5,500	경량화
Max. 발전기 용량 (kVA)	375	375	375	
용접기 무게 (Kg)	3,600	3,000	2,500	경량화
Max. Clamp Force (kN)	2,900	2,500	2900	
Max. Upset Force (kN)	1,400	1,000	1200	
용접기 정격용량 (kVA)	220	210	350	용량확대
용접기1차전류 (A)	565	540	300	비용절감
Hydraulic 용량 (Mpa)	21	22	20	
전류제어 방식	아날로그	아날로그	디지털	용접품질향상 (균일성)
작업속도 (개소/hr)	3	3	5	작업효율향상
작업인력 (명)	4~5 (보조1명 포함)	4~5 (보조1명 포함)	3 (보조1명 포함)	작업효율향상 비용절감
용접부 표면처리*	-	-	O	추가기능 (후처리작업 일괄 수행)
용접부 내외부 품질검사*	-	-	O	추가기능 (후처리작업 일괄 수행)
도입단가 (억원)	30억원	20억원	15억원	비용절감

* 용접작업 후 별도로 연마와 표면품질을 확인할 필요가 없이 용접과 용접 접합면(80℃이상) 품질검사 및 표면처리(접합면 단차 0.3mm이내)를 원스탑 실시(세계최초)

표 4-2 외산 중소형 다짐장비와 2세부 성능목표 비교

구분	오스트리아 P&T JMTT	오스트리아 P&T Minima1	개발품 목표(안)	비고
중량 (t)	44	2.5	7~8	경량화
크기 (m)	18.5	2.5	5~6	
작업속도 (m/h)	200	30	100	작업효율향상
최대이동속도 (km/h)	70	15	50	작업효율향상
양로(궤도리프팅) 기능	O	×	O	-
강성측정기능	-	-	O	추가기능 (다짐효과 확인)
작업인력	4명 (보조2명 포함)	3명 (보조2명 포함)	3명 (보조2명 포함)	작업효율향상 비용절감
도입단가 (억원)	20억원	8억원	약12억원	비용절감

3. 성과목표 및 성과지표 설정

구분	성과목표	목표치
용접장비	특허 출원/등록 건수	3/3
	논문	5
	시제품제작건수	3
	설계기준, 시방서, 지침 건수	3
	현장시험 및 검증 건수	1
	기술실시계약건수	1
다짐장비	특허 출원/등록 건수	4/4
	논문	10
	시제품제작건수	2
	설계기준, 시방서, 지침 건수	1
	현장시험 및 검증 건수	1
	기술실시계약건수	1

제2절 연구개발 과제 구성

1. 세부과제별 주요 내용 및 로드맵

❑ 핵심기술요소 선정 및 후보과제 우선순위평가 결과를 통해 연구개발 추진과제를 다음과 같이 구성

표 4-4 세부과제별 주요내용

세부과제명	세세부 과제명	주요 연구내용
1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발	다짐 효율화 기법 연구	○ 다짐과 침하(궤도틀림) 메커니즘 연구 ○ 다짐효율 향상 기술 개발 (탬핑타인형상, 진동주파수, 관입깊이 등) ○ 초기 안정화 촉진 공법 연구
	소형다짐장비 설계 및 개발	○ 최적사양 도출 및 설계 - 선형측정기술 개발 - 최적 궤광양로기술 개발 ○ 소형다짐장비 제작 (시작품) ○ 제작 검증 및 성능검증을 통한 고도화
	자갈궤도 강성측정장치 및 유지관리 효율화 기법 개발	○ 자갈궤도 강성측정 장치 개발 ○ 강성기반 최적 유지보수 기법 연구 ○ 유지보수 품질관리 기법 개발
2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발	이동식 플래시버트 용접 기술 개발	○ 유압식 레일정밀 조정 기술 개발 ○ 저전력 플래시버트 용접기술 개발 ○ 발전설비 효율화 기술 개발 ○ Testbed 시험 및 장비 보완
	용접부 정밀 표면처리 기술 개발	○ 용접부 표면 처리 적정 기술 선정 ○ 용접 후 레일두부와 측면 표면처리 기술 개발
	용접부 품질검사 기술 개발	○ 용접부 표면 직진도 검측 기술 개발 ○ 용접부 내부 품질 검측기술 개발 ○ 레일용접부 잔류응력 측정장비 개발
	레일 용접관련 기준 개정	○ 국내외 문헌조사 ○ 실내시험을 통한 플래시버트 용접조건과 레일용접부 품질의 상관관계 분석 ○ 레일용접부 비파괴검사기법(잔류응력 측정 장비, 분석기법 등)의 Testbed 적용 ○ 관련 기준 개정(안) 제시
	용접장비 이동장치 개발	○ 자주식(견인식) 이동 설비 개발

2. 기술준비도(TRL) 목표

❑ 동 사업은 기술개발 최종성과물이 기술개발 종료후 실용화 가능하도록 TRL 7 수준을 달성할 계획임

❍ 일부 기법 연구, 개발에 대한 내용은 최종 성과물 형태에 따라 TRL 수준이 달라질 수 있음

표 4-5 세부과제별 연차별 기술준비도 목표수준

구분	세세부 과제명	연차별 기술준비도 (TRL) 목표수준				
		1차	2차	3차	4차	5차
1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발	다짐 효율화 기법 연구	TRL2	TRL3	TRL3	TRL4	TRL4
	소형다짐장비 설계 및 개발	TRL4	TRL5	TRL5	TRL6	**TRL7**
	자갈궤도 강성측정장치 및 유지관리 효율화 기법 개발	TRL3	TRL4	TRL5	TRL5	TRL6
2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발	이동식 플래시 버트 용접 기술 개발	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	**TRL7**
	용접부 정밀 표면처리 기술 개발	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	**TRL7**
	용접부 품질검사 기술 개발	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	**TRL7**
	레일 용접관련 기준 개정	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	**TRL7**
	용접장비 이동장치 개발	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	**TRL7**

표 4-6 기술준비도(TRL) 기준 근거

기술준비도(TRL) 기준 근거

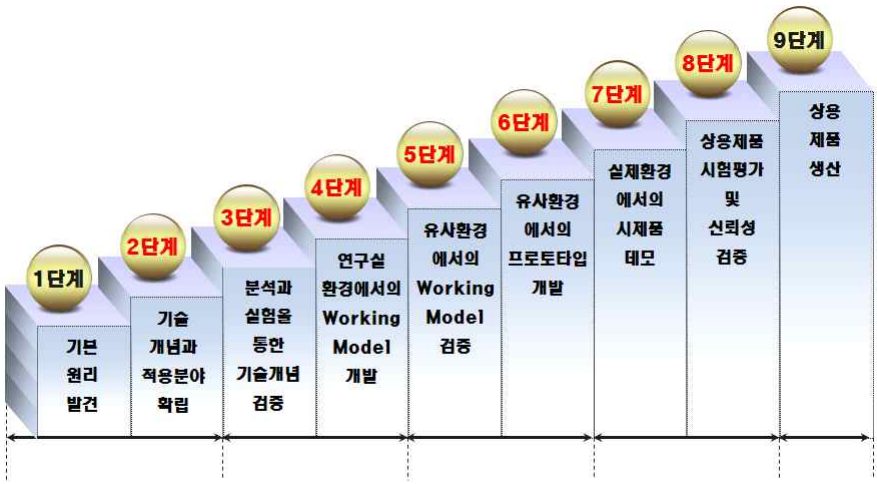


그림 4-1 TRL 단계별 정의

표 4-7 연구단계 및 TRL단계 정의

국가R&D사업 조사.분석 (국가과학기술위원회)		지식경제 R&D 사업		
단계	정의 (OECD)	TRL 단계		단계별 정의
기초 연구	특수한 응용 또는 사업을 직접적 목표로 하지 않고, 자연현상 및 관찰 가능한 사물에 대한 새로운 지식을 획득하기 위하여 최초로 행해지는 이론적 또는 실험적 연구	1	기본원리발견	• 기초이론 정립 단계
		2	기술개념과 적용분야의 확립	• 기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계
응용 연구	기초연구의 결과 얻어진 지식을 이용하여 주로 실용적인 목적과 목표 아래 새로운 과학적 지식을 획득하기 위한 독창적인 연구	3	분석과 실험을 통한 기술개념 검증	• 실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본 성능이 검증될 수 있는 단계 • 개발하려는 부품 또는 시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계 등
		4	연구실 환경에서의 Working Model 개발	• 시험샘플을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 • 3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하는 단계 • 컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계 • 의약품 등 바이오 분야의 경우 목표 물질이 도출된 것을 의미 등
		5	유사 환경에서의 Working Model 검증	• 확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시제품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 • 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시제품 샘플은 1~수개 미만인 단계 • 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계 • 의약품은 GMP(Good Manufacturing Practice, 제조품질관리기준) 파일럿 설비를 구축 등
개발	기초.응용연구 및 실제경험으로부	6	유사	• 파일롯 규모(복수 개 ~ 양산규모의 1/10 정도)

국가R&D사업 조사.분석 (국가과학기술위원회)		지식경제 R&D 사업		
단계	정의 (OECD)	TRL 단계		단계별 정의
연구	터 얻어진 지식을 이용하여 새로운 제품 및 장치를 생산하거나 이미 생산 또는 설치된 것을 실질적으로 개선하기 위한 체계적인 연구		**환경에서의 프로토타입 개발**	의 시제품 제작 및 평가가 완료된 단계 • 파일롯 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량, 수율, 불량률 등 제시 • 파일롯 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 • 생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표성능을 만족시킨 단계 • 성능평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보 • 의약품의 경우 비임상 시험기준인 GLP(Good Laboratory Practice, 동물실험규범)기관에서 전임상시험을 완료하는 단계 등
		7	**실제 환경에서 시제품 데모**	• 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 • 부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일롯 시제품을 현장 평가(성능뿐만 아니라 신뢰성에 대해서도 평가) • 의약품의 경우 임상 2상 및 3상 시험 승인 • 가능하면 KOLAS 인증기관 등의 신뢰성 평가 결과 제출 등
		8	**상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증**	• 표준화 및 인허가 취득 단계 • 조선 기자재의 경우 선급기관 인증, 의약품의 경우 식약청의 품목 허가 등
-	실용화/기술이전사업	9	**상용제품생산**	• 본격적인 양산 및 사업화 단계

3. 유사과제 분석 및 기존 연구와의 차별성

3.1. NTIS 중복성 검토 결과

3.1.1. 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2020/04/09 11:45:55
	검색년도	2002년 ~ 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	60 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	0 건

세부 검색결과 (범례 0개 1~4개 5~9개 10개 이상)

순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	○ 인력작업 대체 가능한 소형극부다짐장비 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스
National Science & Technology Information Service

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행됐거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+ 협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

3.1.2. 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

유사과제 검색결과

※ 자료 활용 시 유의사항

1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.
2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.
3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.

검색조건	검색일시	2020/04/09 11:43:08
	검색년도	2002년 ~ 2020년
	기준유사도 *등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사정도가 기준유사도 이상인 문서만 표시	60 점
결과요약	등록과제수	1 건
	유사과제	0 건

세부 검색결과 (범례 0개 1~4개 5~9개 10개 이상)

순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	o 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발	기수행과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60점대	70점대	80점대	90점대

국가과학기술지식정보서비스
National Science & Technology Information Service

주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행됐거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수집 과제+ 협약과제정보)
주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제

국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스

3.2. 기타 중복성 검토 결과

3.2.1. 알리오 중복성 검토 결과

❑ 대상 기관은 한국철도공사와 한국철도시설공단을 대상으로 함

❑ 중복성 검토 결과 일부라도 유사한 과제는 아래와 같이 네 개로 정리됨

순번	기관	연구보고서명	발간일	연구책임자
1	한국철도공사	레일표면결함등급에 따른 궤도틀림 추세분석 연구	2013.01.17	이승열
2	한국철도공사	일반철도 레일결함 관리기준 수립 연구	2014.10.29	이승열
3	한국철도시설공단	-	-	-

❑ 본 연구와의 차별성

❍ 레일표면결함등급에 따른 궤도틀림 추세분석 연구 : 고속선에서 발생되는 레일 흠집에 의해 궤도에 발생되는 영향을 분석하기 위해 현재 사용하고 있는 직진도 검사기의 이론과 해석방법에 대해 분석하였으며 흠집개소 연마 전·후의 궤도거동 비교와 흠집의 위치에 따른 영향을 비교분석한 연구로 본 기획과제와는 유사성 없음

❍ 일반철도 레일결함 관리기준 수립 연구 : 일반철도의 레일결함 정도에 따른 레일 관리기준 마련한 과제로써 본 기획연구와 유사성 없음

3.2.2. 안전투자공시 중복성 검토 결과

❑ 대상 기관은 아래 표와 같이 총 17개 기관을 대상으로 함

기관번호	기관명
1	한국철도시설공단
2	한국철도공사
3	에스알
4	서울교통공사
5	부산교통공사
6	대구도시철도공사
7	인천교통공사
8	대전도시철도공사
9	광주도시철도공사
10	공항철도
11	서울시메트로9호선운영(주)
12	서울메트로9호선운영(주)
13	신분당선
14	경기철도
15	용인경량전철
16	부산김해경량전철
17	인천국제공항공사

❑ 중복성 검토 결과 일부라도 유사한 과제는 아래와 같이 세 개로 정리됨

순번	기관	연구보고서명	과제유형	연구기간	연구책임자
1	한국철도공사	레일결함 탐상 검측시스템 개발	국가 R&D	16-04-01 ~19-12-31	권세곤

❑ 본 연구와의 차별성

❍ 레일결함 탐상 검측시스템 개발 : 레일의 결함을 검측하기 위한 초음파 탐상장비 및 와전류 탐상장비를 개발한 연구과제로 본 기획과제 중 용접장비의 품질 검사 기법 개발에 초음파 탐상기법이 적용되기는 하지만 용접장비의 탐상기술은 용접 후 고온(80℃이상)에서 시행해야 하는 기술로 선행연구와 차별성이 존재함

제3절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요내용

1.1. 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발

1.1.1. 연구 개요

❑ 연구 목표

○ 무인화로 차단시간 내 100m 이상 작업 가능한 소형 국부다짐장비 핵심기술(자동 다짐 위치 선정 기술, 연속주행기술) 개발

○ 유지보수 효율화를 위한 강성측정장비 개발

❑ 필요성

○ 인력기반의 유지보수를 기계화 유지보수로 전환하는 추세이나, 모든 유지보수 장비를 수입에 의존하고 있음

○ 일부장비는 구입후 우리나라 현장상황과 맞지 않아 현장적용까지 상당한 기간이 소요되는 경우도 발생

○ 도입예정인 JMTT는 국부다짐, 이동성 등이 인력작업에 비해 신속성과 유연성이 낮음

○ 인력다짐을 대체가능하며, JMTT 보다 기동성이 뛰어난 소형 다짐장비 개발이 필요

1.1.2. 주요 연구내용

❑ 자갈궤도 다짐(유지보수) 효율화 기술 개발

○ 우리나라 자갈재료(형상, 물성, 입도)에 적합한 다짐 효율 향상 연구

– 실내시험과 수치해석(개별요소법)을 통한 효율화 연구

– 국내 자갈현황에 적합한 탬핑타인 형상 연구

– 자갈입자 열화 특성 연구

– 탬핑유닛 설계 최적 사양 (탬핑타인 형상, 탬핑 깊이, 진동수 등)

○ 국내 자갈도상 재료의 파쇄와 마모특성 연구

– 마모도 정량화 연구

– 초기 안정화 향상 연구

○ 소형장비다짐후 초기 안정화 향상 기법 연구

– 국내 자갈도상에 적합한 안정화기법 연구 (예: DTS, Compactor 등)

❑ 자동화·무인화를 위한 자갈궤도 다짐모듈 개발

○ 필요 사양 정립

– 소형다짐장비 사양 도출 및 설계

– 궤도선형측정 측정 기술 개발

○ 국부다짐 구간 선정 기술 개발

– 강성과 궤도틀림기반 국부다짐 다짐구간 최적화 기술 개발

○ 궤광 양로 모듈 개발

– 선형측정 기반 최적 양로량 산정기법 개발

– 궤광리프팅 제어 알고리즘 개발

○ 다짐 자동화 기술 개발

– 탬핑위치(침목위치) 선정 자동화 기술 개발

– 연속 다짐기술 개발 (Satellite 기술 개발)

○ 탬핑유닛 기술 개발

– 최적탬핑기법 연구 (진동수, 탬핑타인 압입 깊이와 시간 등)

– 탬핑유닛 설계·제작

❑ 자갈궤도 유지관리 효율화 기법 및 강성측정장치 개발

○ 궤도강성 측정 장치 개발

– 궤도강성 측정 장비 사양 및 설계

– 궤도강성 측정 장치 제작

○ 궤도강성 기반 유지보수 기법 연구

– 데이터기반 유지보수 위치선정

– 탬핑구간 선정 기법 개발: 선형 및 강성 기반

○ 유지보수(탬핑) 후 품질관리 기법 개발

– 탬핑 후 품질관리 방안 : 선형 및 강성 측정으로 품질 확보

– 데이터 축척을 통한 최적화 방안 제시

표 4-11 2세부과제 개발목표 및 내용

As Is (기존 기술)	To Be (개발후)
○ 별도의 사전계측 후 양로량 결정	○ 현장 자동측정후 실시간 양로량 계산
○ 인력 궤도 리프팅(유압 jack)	○ 자동 궤도 lifting 시스템
○ 자갈도상 인력다짐으로 다짐 효율 낮음(휴대용 다짐기 이용)	○ 이동간편한 소형다짐장비로 작업효율 향상(100m 이상/차단시간(2-4시간)
○ 궤도틀림 기준 유지보수 위치 선정	○ 강성기반 궤도 유지보수 구간 및 품질관리로 유지보수 주기 향상
○ 사후 대처식 유지보수	○ 열화메커니즘 분석기법 개발로 유지보수 과학화
○ 인력기반 유지보수 (8명/1조)	○ 자갈궤도 유지보수 장비화 (장비+2명/1조)

❑ 기대효과

❍ P&T사 등의 해외 선로보선회사에서도 소형다짐장비를 생산하나 작업속다가 30~40m/h로 낮음. 또한 장비의 이동속도 낮아(30km/h 미만) 국내의 짧은 야간 차단시간(3~4시간 이내)동안 작업하기에는 작업효율이 더욱 낮아짐

❍ 장비의 소형·경량화 등을 통해 이동속도를 높이고(50km/h), 작업속도를 향상(90~100m/h)하고 다짐작업 후 궤도 강성측정을 수행할 수 있는 기능을 포함함으로써 작업효율과 작업 품질 확인을 통한 궤도 품질을 향상할 수 있도록 개발하여 국내외 시장경쟁력 확보

1.2. 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

❑ 연구 목표

❍ 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

❑ 필요성

❍ 우리나라의 장대레일 제작방법은 통상적으로 25m의 정척레일을 레일센터에서 300m로 플래시버트 용접하거나, 또는 현장 가설기지에서 100m로 가스압접하는 1차 용접을 거치게 됨. 이후 레일 부설현장으로 운반하여 소정의 길이로 2차 용접한 뒤, 궤도 상에서 주로 테르밋 용접방법을 통해 3차 용접을 수행하게 됨.

❍ 그러나 장대레일의 절손 부위를 보면, 용접부에서 70%이상이 발생되고 있으며, 이 중에서도 테르밋용접부(66.3%, 136건)와 가스압접부(30.7%, 63건)에서 주로 레일 절손이 발생되고 있음.

❍ 공장에서의 플래시버트 용접방법은 별도의 재료를 사용하지 않고 레일의 모재 자체를 녹여 압축하여 접합하는 형태로써, 그 용접 품질이 균질하고 우수하여 절손사례 보고가 거의 없을 정도이나, 전력 사용량이나 레일 압입에 필요한 하중 재하 방법, 그리고 레일의 직진도 향상을 위한 방법 등이 현장에서 적용하기 어려운 점이 있어 그동안 주로 공장에서만 사용되어 옴.

❍ 플래시 버트 용접을 현장에서 사용할 수 있게 되면, 그동안 절손사고가 주로 발생했던 현장 용접부의 품질을 개선하여 사고 발생 확률을 크게 절감할 수 있으며, 용접속도 및 품질 면에서 기존 방식보다 우수한 성과를 거둘 수 있음

❑ 주요 연구내용

❍ 플래시버트 현장용접 기술 개발

- 유압식 레일 정밀 조정 기술 개발
- 저전력 플래시버트 용접 기술 개발
- 발전설비 효율화 기술 개발
- Testbed 시험 및 장비 보완

❍ 레일용접부 정밀 표면처리 기술 개발

- 레일용접부 표면처리 적정 기술 선정
- 레일용접부 표면처리 장비 설계 및 제작
- 레일용접부 표면처리 장비 성능 인증
- Testbed 시험 및 장비 보완

❍ 레일용접부 품질검사 기술 개발

- 레일용접부 표면 직진도 검측 기술 개발

– 레일용접부 내부 품질 검측 기술 개발

– 레일용접부 잔류응력 측정장비 개발

❍ 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시

– 플래시버트 레일용접부 성능요구조건 분석

– 플래시버트 용접조건에 따른 용접품질 분석(실내시험)

– 플래시버트 현장용접 가이드라인(용접조건) 제시

– 플래시버트 용접장비 및 품질검사기술의 Testbed 적용 및 Feedback

– 선로유지관리지침 및 레일용접관련지침 개정(안) 제시(플래시버트 용접조건, 용접부 품질검사)

❍ 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

– 플래시버트 현장용접 기술간 I/F 최적화

– 자주식(견인식) 이동 설비 설계 및 제작

– 이동식 플래시버트 용접 장비 시험운행 및 보완

– 이동식 플래시버트 용접 장비 성능인증

표 4-12 1세부 개발목표 및 내용

As Is (기존 기술)	To Be (개발후)
○ 테르밋 현장용접 용재 전량 수입 의존 - 년간 32억원 (80만원× 4,000개소) - 용접효율: 1.5개소/시간 ○ 최근 5년간 총 281건의 레일절손 중 171개소 (67%)가 테르밋용접	○ 경부고속철도 대개량에 적용 - 레일교환 시공성 및 품질 향상 ○ 고품질 현장용접장비 수요 확보 - KORAIL 기준 14개 지역본부당 2대 ○ 수입대체 효과 - 연간 40억원 이상

❍ 기대효과

– 해외 플래시버트 기술은 미국 홀랜드/유럽 슐레이터 등 일부 업체에서만 보유하고 있으며 유럽 등 일부 철도 선진국의 레일 용접관련 업체에 독점 납품 중

– 외산제품들은 3상 정류식 제어 아날로그 방식으로 제어함으로써 대형 발전기가 요구되며 그에 따른 무게, 부피가 크고 전력소비량이 높아 운용 효율성이 낮음

– 또한 용접 작업 후 별도의 연마작업이 요구되며, 용접작업 후 표면품질을 판별할 수 없는 한계 존재

– 본 사업에서는 디지털 방식 제어를 통한 저전력 용접기술, 용접부 표면처리 및 품질검사 기술을 개발함으로써 장비 운용성을 높이고 후처리 공정을 일괄 시행할 수 있또록 함으로써 해외 장비대비 성능 차별화를 하고 경쟁제품 대비 가격경쟁력을 확보함으로써 국내 상용화 실적을 토대로 개도국 시장 진출 가능

❍ 타 산업 적용 가능성

- 철강소재 생산시 선재(환봉, 각재)연결에 개발된 용접기술 적용가능
- 현재 전량 수입에 의존 중(포스코, 현대제철, 동부제강 등)
- 선박용 체인, 자동차용 스틸 휠 제조 공정에 적용 가능

2. 추진전략

2.1. 산·학·연 협의체 구성

❑ 철도유지관리 주체(철도공사, 도시철도) 유지관리 전문가와 실무자 의견 수렴

- ○ 인력다짐을 대체하기 위한 소형다짐장비의 요구 사양 도출
- ○ 철도공사와 도시철도의 자갈궤도 유지관리 체계 분석
- ○ 야간 차단시간동안 효율적인 장비운용 방안에 적합한 소형다짐장비 사양 도출
- ○ 자갈다짐 메카니즘 규명을 통한 최적의 탬핑 조건 제시
- ○ 선로전환기 장애 발생원인 및 대책 협의를 통한 요구성능 도출
- ○ 유지보수관점에서의 장치 요구사항 도출
- ○ 경부2단계 선로전환기 교체를 위한 교체방법 도출
- ○ 학계/연구계와의 기초/공동연구로 고효율/저전력 발전장치 설계
- ○ 산업계와 연계하여 레일 인장과 관련하여 재설정이 가능한 용량의 인장력 도입 필요
- ○ 레일 재설정 담당자들과의 협조를 통해 재설정 작업과 이동식 플래시버트 용접을 접목시킬 수 있는 관리 방안 도출 필요

2.2. 개발장비 성능 확보를 위한 종합시험선로 활용

❑ 오송종합시험선로를 통한 개발 장비의 성능 검증

- ○ 현장 적용을 위해 시험선에서 충분한 테스트를 거쳐 용접의 성능 확보
- ○ 오송종합시험선로에서 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료 후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

❑ 국내 기술로 개발한 장비의 고도화로 실용화 기술 창출

- ○ 기존 장비를 활용한 다양한 조건에 대한 현장 실험
- ○ 최적 장비 세부사양 및 개선방안 도출
- ○ 내구성 향상 방안 도출

2.3. 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보

❑ 철도 운영 및 유지관리주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

❍ 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축

❍ 모니터링 체계구축

제4절 연구추진체계

1. 연구추진체계

❑ 레일 유지보수 장비의 기술개발성과물 특성을 고려하여 2개 세부과제 체계로 구성된 연구단 운영

○ 본 사업 주관은 국토교통부, 전담기관은 국토교통과학기술진흥원으로 함

○ 본 사업은 「국토교통부소관 연구개발사업 운영규정」[19]에 따라 중형과제로 구분되며, 중형과제를 수행하는 연구조직으로 연구단을 구성하여 운영함

※ 중형과제란 국가의 재정지원 규모가 300억원 미만인 둘 이상의 세부과제로 구성된 연구개발과제를 말함

○ 본 사업은 2개의 장비가 기술적으로 분리되어 개별 기술개발 및 현장 실증이 이루어져야 하는 내용으로 각 세부과제에서 최종 기술개발성과물을 달성함

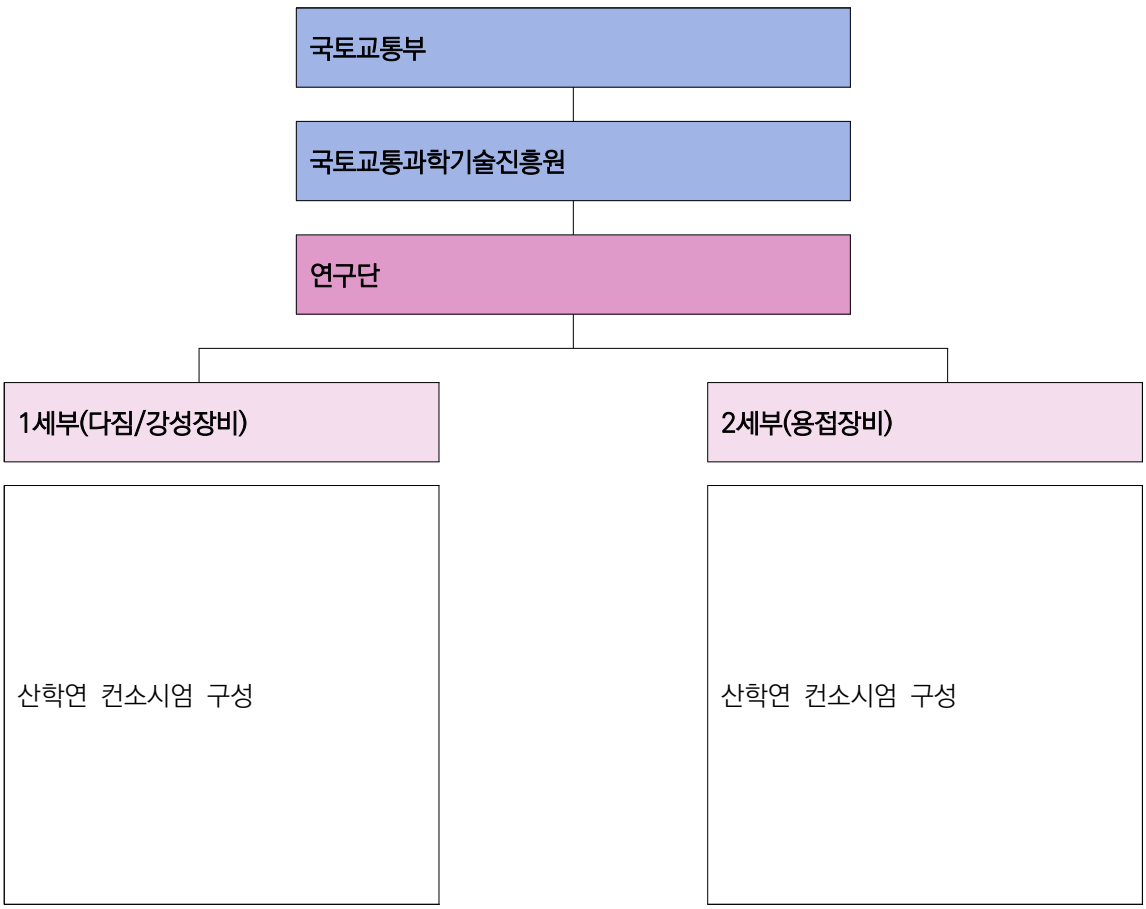


그림 4-4 레일유지보수 핵심장비 국산화 기술개발사업 연구추진체계

19) 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 [시행 2020. 1. 28.] [국토교통부훈령 제1274호, 2020. 1. 28., 일부개정]

2. 연구 참여 주체별 역할

❑ 각 연구참여 주체별 역할 및 기능은 다음과 같음

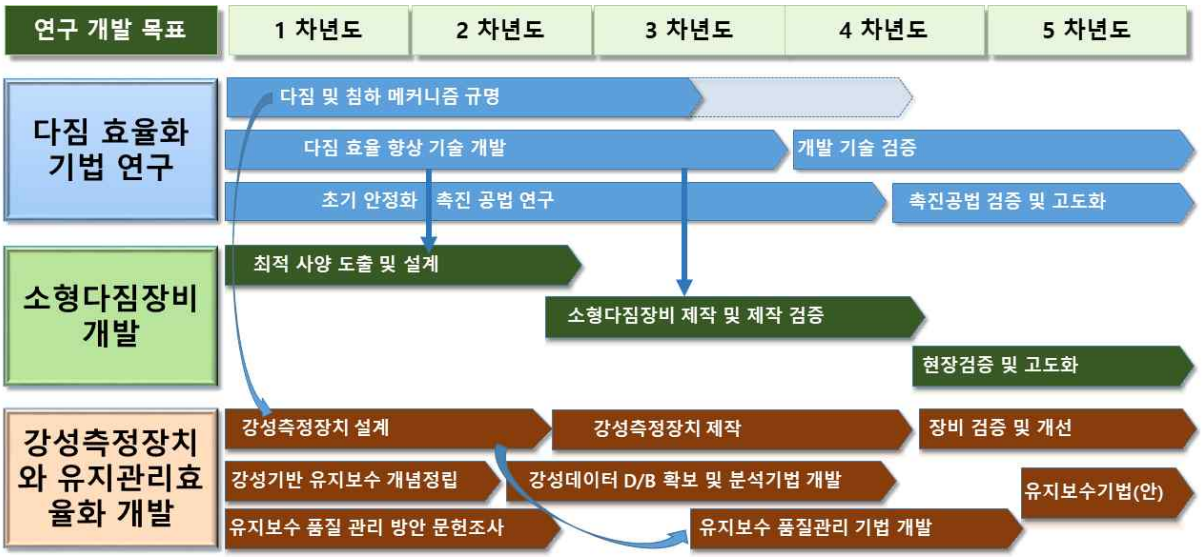
표 4-13 각 연구 참여 주체별 역할 및 기능

주체	역할 및 기능
주관부처 (국토교통부)	ㅇ 사업총괄 부처(최상위 의사결정기관) ㅇ 사업의 추진과 관련된 정책적 판단 및 의사결정, 사업 기본 시행계획 수립, 사업 투자우선순위 결정 등 역할을 수행
전문기관 (국토교통과학기술 진흥원)	ㅇ 연구단 기획·평가·운영위원회 구성·운영 - 연구단 진도 및 실적 점검 - 연구단 및 세부과제 선정·단계·최종평가 - 기술 확산 및 정책 활용성 검토 등
운영위원회	ㅇ 전문기관이 요청한 사항에 대한 검토·심의·조정 - 사업 세부시행계획 수립에 관한 사항 - 주요 내용변경에 관한 사항 - 지원 우선순위, 연구개발비 규모 등에 관한 사항 ㅇ 본 사업 및 기술 분야별 10명 이내의 전문가로 구성하며 위원회는 필요시 수시로 개최
운영기관 협의체	ㅇ 철도 운영기관과의 유기적 협조에 관한 사항 - 수요처 요구사항 검토 및 의견제시 - 성능검증을 위한 현차시험 협의 및 협조 창구역할 수행 - 연구성과의 수요처 소개 등 홍보
연구단(연구단장)	ㅇ 사업추진을 위한 컨소시엄 구성 ㅇ 연구단 구성·운영 ㅇ 세부과제 선정평가, 진도관리, 정산, 자체평가, 예산조정 및 참여기관 역할분배 ㅇ 연구성과 관리 및 사업화 지원 ㅇ 연구성과 보급·확산 및 홍보
연구단 주관연구기관	ㅇ 기술개발 총괄 관리 - 세부과제 기획 연차평가, 진도관리 및 과제간 예산조정, 연구성과 관리 및 사업화 지원 등 수행 ㅇ 총괄과제 수행
세부과제 수행기관	ㅇ 사업내 세부 과제별로 기술개발을 직접 수행하는 기관 - 전문성을 갖춘 산·학·연 전문가로 컨소시엄을 구성하여 기술개발을 수행

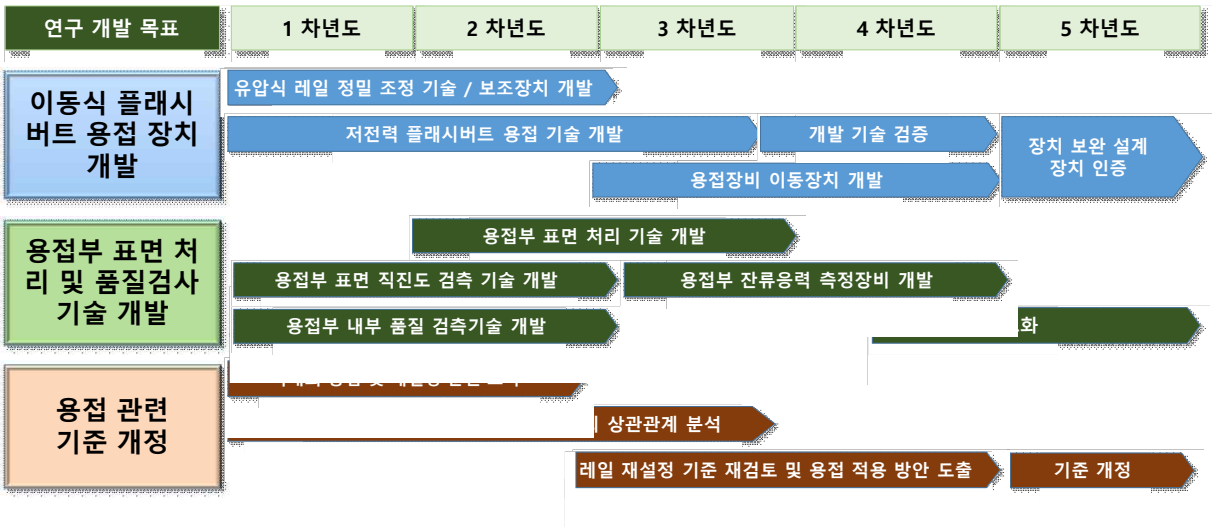
제5절 기술개발 및 성과 로드맵

1. 세부과제별 기술성과 로드맵

❑ 1세부 기술성과 로드맵



❑ 2세부 기술성과 로드맵



제6절 성과활용 및 사업화 전략

1. 성과활용 방안

❑ 본 사업의 기술개발 최종 성과물은 궤도/노반 유지보수 최적화와 열차운행 안전성 향상을 위하여 고속철도 및 일반철도, 도시철도구간에 즉시 활용이 가능함

표 4-14 세부과제별 최종성과물 활용방안

구분	세세부 과제명	연 구 기간	최종성과물	최종 수요처	활용방안
1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발	다짐 효율화 기술연구 소형다짐장비 설계 및 개발 자갈궤도 강성측정 장치 및 유지 관리 효율화 기법개발	5년	• 소형다짐장비 • 강성측정장치 • 유지관리 효율화 기법	철도 유지보수 기관 (한국철도공사, 도시철도공사)	• 인력기반의 국부자갈궤도 다짐을 개발한 소형다짐장비로 대체하여 작업효율과 작업원 안전 확보 • 강성측정으로 자갈궤도 유지보수 과학화
2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접장비 개발	이동식 플래시 버트 용접 기술 개발 용접부 정밀 표면처리 기술 개발 용접부 품질검사 기술 개발 레일 용접관련 기준 개정 용접장비 이동장치 개발	5년	• 이동식 플래시 버트 용접 장비 • 용접장비 이동장치 • 용접부 표면처리 장치 • 용접 기준 및 재설정 기준 개정(안)	철도 건설 및 유지보수기관 (한국철도 시설공단, 한국철도공사, 도시철도공사)	• 테르밋 용접 및 가스압접을 대신하여 품질좋은 현장 용접 가능 • 현장용접시간 절감으로 신선건설시 레일 이송비용 절감 및 공사시간 단축 • 레일 절손사고 감소

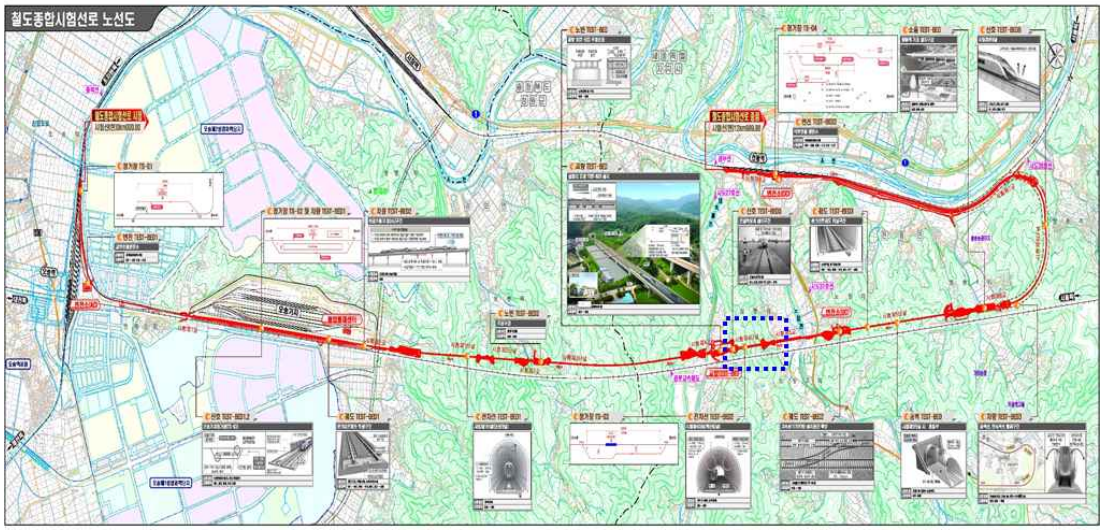
2. 사업화 전략

❑ 연구기간 내 현장(운영선 또는 준운영선)에서 성능 검증 및 개발 장비 고도화 추진

○ 철도종합시험선로에서 본 사업을 통해 개발된 이동식 플래시버트 용접장비 및 다짐장비의 성능을 5차년도 연구기간에 검증 및 고도화 추진

○ 이동성 및 현장작업 상황을 재현하여 연구개발 종료 후 실용화 가능성 제고

❖ **철도종합시험선로 노선도 (충청북도 청원군 오송읍 전동면 일원)**



• 노선연장 : 12km989 (토공 : 7km228(55.7%), 교량 : 1km496(11.5%), 터널 : 4km265(32.8%))

- 최급기울기 35‰, 교류/직류 차량 모두 시험 가능

그림 4-5 철도종합시험선로

❑ 사업기간 중 철도유지관리 주체와의 협의체 구성 및 운영을 통해 현장의견을 적극 수렴하여 사업종료 후 연계 적용 가능하도록 추진

제5장 자원투입 계획

제1절 소요예산 투입계획

1. 연차별 소요예산

❑ 사업비 : 271.02억원(국고 203.78억원, 민간 67.25억원)

❍ (1세부) 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발 : 총 126.35억원(국고 95억원, 민간 31.35억원)

❍ (2세부) 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발 : 총 133억원(국고 100억원, 민간 33억원)

표 5-1 연차별 소요예산

세부사업	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계 (백만원)
1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발	국고	2,000	2,000	2,500	2,000	1,000	9,500
	민간	660	660	825	660	330	3,135
	소계	2,660	2,660	3,325	2,660	1,330	12,635
2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발	국고	2,500	2,500	2,000	1,500	1,500	10,000
	민간	825	825	660	495	495	3,300
	소계	3,325	3,325	2,660	1,995	1,995	13,300
기획평가비	국고	203	203	203	158	113	878
	민간	-	-	-	-	-	-
	소계	203	203	203	158	113	878
합계	국고	4,703	4,703	4,703	3,658	2,613	20,378
	민간	1,552	1,552	1,552	1,207	862	6,725
	소계	6,254	6,254	6,254	4,864	3,475	27,102

❑ 민간부담금 산출 근거

❍ 동 사업에서 개발하고자 하는 기술은 민간부담금이 전체 사업비의 33% 수준으로 투입계획

❍ 「국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급·사용 및 관리에 관한 규정」에 규정된 개발과제의 지원범위에 따라 참여기업의 민간부담금을 예상

– 동 사업은 산업계의 대·중·소기업이 컨소시엄으로 참여함에 따라, 33%로 설정

표 5-2 국토교통부 소관 연구개발사업 연구비 출연·부담 기준

1. 중앙행정기관의 연구비 출연 기준	2. 참여기업이 부담하는 연구비 중 현금 부담 기준	3. 참여기업이 부담하는 연구비 중 현물 부담이 허용되는 비목 및 범위
가. 참여기업이 모두 대기업인 경우: 총연구비의 50퍼센트 이내 나. 참여기업이 모두 중견기업인 경우: 총연구비의 60퍼센트 이내 다. 참여기업이 모두 중소기업인 경우: 총연구비의 75퍼센트 이내 라. 참여기업이 복합적으로 구성되고, 그 중 대기업의 비율이 3분의 1이하인 경우: 총연구비의 60퍼센트 이내. 다만, 참여기업 중 중소기업의 비율이 3분의 2 이상인 경우는 총연구비의 75퍼센트 이내로 한다. 마. 그 밖의 경우: 총연구비의 50퍼센트 이내	가. 참여기업이 대기업인 경우: 부담금액의 15퍼센트 이상 나. 참여기업이 중견기업인 경우: 부담금액의 13퍼센트 이상(단, 2022년 12월 31일 이전 협약하는 과제의 참여기업이 운영규정 제29조제6항에 따라 신규채용한 청년인력 외에 청년인력을 추가로 신규채용한 경우, 현금부담금을 해당 인건비만큼 현물로 대체할 수 있다.) 다. 참여기업이 중소기업인 경우: 부담금액의 10퍼센트 이상(단, 2022년 12월 31일 이전 협약하는 과제의 참여기업이 운영규정 제29조제6항에 따라 신규채용한 청년인력 외에 청년인력을 추가로 신규채용한 경우, 현금부담금을 해당 인건비만큼 현물로 대체할 수 있다.)	가. 참여기업 소속 연구원의 인건비(대기업의 경우에는 현물부담액의 50퍼센트 이내, 중견기업인 경우에는 70퍼센트 이내) 나. 직접경비 중 보유하고 있는 연구기자재 및 시설비, 재료비, 시작품 제작에 필요한 부품비, 기술도입비(대기업이 보유하고 있는 연구기자재, 시설비 및 기술도입비는 기업의 현물 부담액 중 인건비를 제외한 금액의 50퍼센트 이내, 중견기업인 경우에는 70퍼센트 이내)

* 출처 :「국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급·사용 및 관리에 관한 규정」별표1 (개정 2020.1.28)

2. 세부과제별 연차별 소요예산

❑ 1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발

표 5-3 2세부과제 연차별 소요예산

주요 연구내용	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계 (백만원)
1. 다짐효율화 기술개발	국고	500	500	500	450	200	2,150
	민간	165	165	165	149	66	710
	소계	665	665	665	599	266	2,860
2. 자갈궤도 다짐모듈 개발	국고	900	900	1,400	1,000	500	4,700
	민간	297	297	462	330	165	1,551
	소계	1,197	1,197	1,862	1,330	665	6,251
3. 자갈궤도 유지관리 효율화와 강성측정장치 개발	국고	600	600	600	550	300	2,650
	민간	198	198	198	182	99	875
	소계	798	798	798	732	399	3,525
합계	국고	2,000	2,000	2,500	2,000	1,000	9,500
	민간	660	660	825	660	330	3,135
	소계	2,660	2,660	3,325	2,660	1,330	12,635

❑ 2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

표 5-4 1세부과제 연차별 소요예산

주요 연구내용	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계 (백만원)
1. 이동식 플래시버트 용접기술 개발	국고	800	1,200	1,000	700	700	4,400
	민간	264	396	330	231	231	1,452
	소계	1,064	1,596	1,330	931	931	5,852
2. 용접부 정밀 표면처리 및 품질검사 기술 개발	국고	800	800	600	600	600	3,400
	민간	264	264	198	198	198	1,122
	소계	1,064	1,064	798	798	798	4,522
3. 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시	국고	900	500	400	200	200	2,200
	민간	297	165	132	66	66	726
	소계	1,197	665	532	266	266	2,926
합계	국고	2,500	2,500	2,000	1,500	1,500	10,000
	민간	825	825	660	495	495	3,300
	소계	3,325	3,325	2,660	1,995	1,995	13,300

제2절 인력투입계획

❑ 총 소요인력은 연간 평균 48명, 총 240명

표 5-5 소요인력

세부과제	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계(명)
1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발	책임급	10	5	7	5	5	32
	선임급	12	8	7	6	6	39
	원급	7	6	5	5	5	28
	소 계	29	19	19	16	16	99
2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접장비 개발	책임급	15	10	10	8	8	51
	선임급	17	11	11	9	9	57
	원급	9	6	6	6	6	33
	소 계	41	27	27	23	23	141
합 계		70	46	46	39	39	240

제6장 사전 타당성 분석[20)]

제1절 사업논리모형

❑ 사업논리모형은 과학기술적 타당성분석에 해당되는 내용이나, 동 과제의 전체적인 방향성 파악을 위해 우선적으로 작성하여 검토함

❍ (이슈/문제) 대상사업과 관련된 분야에서 어떠한 이슈나 문제가 존재하며, 이를 해결하기 위해 해당 사업을 반드시 추진해야 하는지에 대한 정보가 포함되어야 함

– 사업 추진의 필요성을 설명할 수 있는 배경요인, 국가적 수요와 도전과제 등 해당 사업을 통해 해결하거나 대처하고자 하는 문제나 이슈

– 사업을 추진하지 않을 경우 발생할 것으로 예상되는 문제나 잃게 되는 기회는 무엇인지에 대한 검토

❍ (목표) 해당 사업의 추진을 통해 달성하고자 하는 사업의 핵심 성과임

– 사업목표는 해당 사업을 통해 이슈와 문제가 어느 정도로 해결될 수 있는지 측정이 가능하도록 정량적으로 제시되어야 함

❍ (수혜자) 사업으로 인해 직·간접적으로 영향을 받는 이해관계자

❍ (투입) 연구개발활동에 필요한 모든 자원으로 재정적 자원, 인적자원, 연구시설장비, 연구주체 등 포함

❍ (활동) 목표의 달성과 산출의 발생을 위해 수행하는 연구개발활동

❍ (산출) 연구개발활동의 직접적인 결과물을 의미하며 일반적으로 연구개발활동으로 개발된 기술, 정보, 데이터, 제품, 서비스 등이 여기에 해당

❍ (성과/영향) 성과는 사업의 목표와 밀접한 관련이 있으면서 사업 추진과정에 따른 변화나 산출의 활용이 야기할 것으로 예상되는 의도된 결과이며, 영향은 성과의 확산으로 인해 미래에 발생할 것으로 예상되는 직·간접적 변화 및 파급효과를 의미함

❍ (가정) 가정은 사업 추진 시 논리모형 항목별로 발생할 상황과 변화에 대한 기대나 예측을 의미하며, 사업의 성공과 직접적으로 관련된 환경 조건, 법, 규정, 원칙, 한계, 믿음, 위험 등의 외부요인들 역시 가정에 포함

❑ 동 과제의 사업논리모형은 다음과 같이 정리할 수 있음

20) 사전 타당성 분석은「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)」에 따라 과학기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성의 3가지 분석을 따르며, 전체 기획 방향의 틀을 보여주는 사업논리모형을 별도로 제시하여 구성함

1. 이슈/문제

○ 빈번하는 운행선 작업자의 사상사고에 대한 근본적 안전 예방대책이 요구되며, 차단시간(3.5hr)내 유지보수 작업을 완료하기 위해서는 유지보수 작업의 자동화 및 효율화 필요

○ 인력중심의 유지보수에서 첨단·자동화 장비를 통한 사전예방적 유지보수로 전환하는 과정에서 유지보수 장비에 대한 수요가 증가하고 있으나 궤도 유지보수 장비는 전량 외산의존 중

○ 신선 건설에 따른 철도연장 증가, 열차속도 향상 및 열차 편성 증가에 따른 통과톤수 증가, 선로노후화 등으로 레일 유지보수 중요성이 증대하고 있으나, 작업시간 부족, 외산장비의 고장에 따른 수리지연 등으로 선로장애 지속 발생

○ 현재 철도 유지보수는 한국철도공사가 철도시설공단 위탁을 받아 시행 중이며, 이에 소요되는 예산은 국토부의 위탁을 받은 철도시설공단이 한국철도공사로 집행하며 이는 전액 국고임

2. 목표

○ 유지보수비용 절감과 주기향상을 위한 자갈궤도 다짐장비 개발

○ 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접장비 개발

3. 수혜자

○ 기술개발성과물의 활용 주체는 철도 운영사(코레일, 서울교통공사 등)
- 유지보수 인력의 작업안전성 제고

○ 장비 제작, 운영 기술력 확보를 통한 경제적 성과를 창출하는 장비제작사

○ 철도를 안전하게 이용하는 국민

4. 투입

○ 27,102백만원 (국고 20,378백만원, 민자 6,725백만원)

○ 연구기간 '22~'26(5년)

○ 연구인력 : 연평균 48명 (전체 240명)

○ 철도운영기관 및 중소중견기업 포함 산학연

5. 활동

○ 중소형 다짐 장비개발

○ 이동식 플래시버트 용접장비 개발

6. 산출

○ 특허 출원/등록 건수

○ 시제품제작 건수

○ 설계기준, 시방서, 지침 건수

○ 현장시험 및 검증 건수

○ 기술실시계약 건수

7. 성과/영향

○ 유지보수 작업속도 향상 (시간 단축)

○ 유지보수 작업자 안전성 제고

○ 국내 유지보수 중소기업 육성 등 산업발전

8. 가정

○ 향후 신설 및 준공되어 운영 중인 철도 시설물에 대한 성능 및 안전성 평가는 강화될 전망

○ 국내 철도시설물의 노후화는 지속적으로 증가할 것으로 전망

○ 현재 유지보수 방식을 유지하게 되는 경우 유지보수 수요(대상, 금액) 규모는 빠르게 증가

○ 유지보수 인력 고령화로 인해 향후 유지보수 인력 확보가 어려울 것

○ 철도에 대한 신선 건설과, 기존선 고속화에 대한 요구 증대 전망 (이에 따른 위험 요소 증가)

○ 위험 요인이 큰 작업에 대해서는 자동화 장비 도입이 장려될 것으로 전망

그림 6-1 기획보고서에 기반한 논리모형 분석

제2절 과학기술적 타당성

1. 과학기술적 타당성 분석 개요

❑ 과학기술적 타당성 분석

○ 과학기술적 타당성 분석은 기획보고서 검토를 통해 문제/이슈 도출의 적절성, 사업목표의 적절성, 세부활동 및 추진전략의 적절성에 대한 분석을 실시

○ 문제/이슈 도출의 적절성은 사업이 기획된 배경과 경위의 적절성, 문제이슈 식별과정의 적절성, 과학기술기반 문제이슈 정의의 적절성을 검토

○ 사업목표의 적절성은 식별된 문제이슈의 연관성 및 사업목표 설정의 적절성을 검토

○ 세부활동 및 추진전략의 적절성은 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성, 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성을 검토

2. 과학기술적 타당성 분석 주요 내용

2.1. 문제/이슈 도출의 적절성

❑ 국가적 차원에서 해결해야 할 문제·이슈를 식별하기 위한 과정과 별도의 사업으로 추진할 필요가 시급히 요구되는지를 분석하는 항목임

❑ 동 과제의 기획을 통해 레일 유지보수 장비 분야의 현황과 전망, 관련 정책 및 산업 동향 등 기존의 문헌 및 현장 의견을 조사하여 문제 및 이슈를 도출한 절차가 존재함

○ 법제도적 강화에 따라 예외대상이었던 궤도의 정기점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단과 성능평가에 대한 의무화 등이 제시

○ 열차 운행선로 인접 작업 안전 대책 등 운행선 작업의 안전도 제고를 위한 정책 방향에 대해 제시하고 작업현장 등 궤도 유지보수에 대한 현황을 제시

○ 또한 철도시설물 노후화 문제에 대해 적극 정책을 추진 중인 일본, 독일, 영국 등 해외 사례를 제시하여 철도시설물 유지관리에 대해 효율적 개선하고자 노력하는 점을 제시

○ 특히, 국내 운영현황인 유지보수 인력 및 투자 비용 변화와 궤도노반 분야 유지보수 개량 비용을 제시 및 유지보수 장비, 차량 등 운영사별 현황을 추가로 제시하여 유지보수 현황에 대해 명확하게 설명

❑ 선로 유지보수 체계에 따라 국내 궤도 유지보수의 종류 및 필요 유지보수 장비를 제시하고 이에 대해 분석 후 인력작업 대체장비 및 선로장애 최소화 장치를 도출하여 전문가 의견 수렴(분과위원회)를 통해 우선순위 평가 추진하여 도출

○ 국내외 철도정책 및 시장동향, 국내 궤도유지보수 운영현황분석 및 철도전문가 그룹의

기술수요조사에 의해서 5개 장비 개발 수요를 조사

- △중소형 궤도다짐장비 및 강성측정장비, △중소형 도상흡입식 클리너, △레일연마장치, △이동식 레일용접장비, △선로전환기

❍ 해당 5종의 장비·장치에 대해 4개의 우선순위 평가항목에 따라 전문가 검토를 추진하여 최종 2종의 장비를 선정

- 우선순위 평가 항목은 동 과제의 특성을 고려하여 ① 장비·장치 개발의 시급성 및 필요성, ② 향후 예상 수요 및 사용 빈도, ③ 장비·장치의 국산화 필요성, ④ 장비·장치 개발의 성공 가능성의 4개 항목으로 설정

- 또한 해당 장비·장치의 우선순위 평가를 위하여 일반적인 기획 연구 분과위원 구성인 산, 학, 연 비중에 따른 구성이 아니라 한국철도공사 및 서울교통공사의 운영사 관련 분야 담당자 및 주요 산업계(유지보수 관련 업무) 관계자로 구성하여 동 연구 취지를 반영

표 6-1 장비·장치 우선순위 평가 참여 분과위원 명단

구분	소속 및 직책	이름
산	(주)서현기술단 부사장	이기승
산	동명기술공단 부사장	김박진
산	삼표레일웨이 상무	김운현
운영사	서울교통공사 부장	이성재
운영사	한국철도공사 장비소장	이방우
운영사	한국철도공사 차장	신영인
운영사	한국철도공사 과장	백인철

❑ 다만, 유지보수 핵심장비·장치에 대한 기술개발 종료 시점(미래) 이후의 문제이슈 보다는 현황 중심의 문제이슈 도출로 기술개발 필요성을 제기한 한계가 있음

❍ 우선순위 평가에서 향후 예상 수요 및 사용 빈도를 고려하여 미래 이슈를 고려 한 것으로 보이나, 일부 전문가의 의견으로 대체될 수 있는 가능성이 우려

❍ 동향 전반의 경우 국외 현황 조사 한계로 인해 국외 철도분야 주요 선진국(독일, 프랑스 등)의 유지보수 장비·장치 방식, 관련 정책 방향에 대해 파악이 부족

- 주로 유지보수의 종합적인 국외 동향이 제시되었으나, 실제 해당 장비에 대해 일부 기업의 주도로 독과점 형태가 추진되고 있는 상황(특허 분석 및 국내 장비 현황 등)에서 정부차원의 기술개발 지원에 대한 검토가 추가적으로 필요

❑ 또한, 특허분석 등 기술개발 동향 분석 결과, 국내 산업계(기업)의 기술개발 역량이 부족하고 운영기관 및 철도기술연구원 등에 역량이 뒷받침되어야 하는 상황으로, 국산화 기술개발을 위해서는 협력체계를 구축한 연구추진이 필요

2.2. 사업목표의 적절성

❑ 사업의 추진 필요성이 적절히 제시되어 있는지, 문제/이슈의 해결과 사업목표가 잘 부합

되는지를 검토

❑ 본 과제의 목표로 핵심장비·장치 3종의 각 요구되는 성능 목표사양을 제시함

❍ 본 과제의 전체 목표는 '유지보수 비용 절감과 작업자 안전확보를 위한 철도궤도 유지보수 효율화 장비 개발'로 해당 목표 달성을 위해 각 3종의 성능목표를 제시함

❍ ① 자갈궤도 다짐장비

– 기존 인력에 의존한 다짐작업 비율이 높아 작업효율이 낮고 안전사고 위험이 커 수동다짐을 최소화하고 외산 대형 다짐장비 대비 경량소형으로 이동성 및 활용성이 높은 다짐장비 개발

– (목표사양) 외산 대형다짐차량 대비 중량 △30%, 가격 △25%, 작업효율 8명/팀 → 2명/팀, 수동작업 대비 작업속도 15m/h → 100m/h, 작업 후 궤도강성측정 기능 포함

❍ ② 이동식 플래시버트 용접장비

– 기존 방식(가스압접, 테르밋) 용접시 발생하는 모재의 열변형 등에 따른 빈번한 레일절손을 방지하고 무겁고 활용도가 낮은 외산 플래시버트 용접장비의 한계를 극복하기 위한 경량·저전력 이동식 플래시버트 용접장비 개발

– (목표사양) 외산대비 중량 △25%, 전력사용량 △60%, 가격 △30% , 용접속도 1.5개소/hr → 5.0개소/hr, 용접 후 용점품질 모니터링 기능 포함

❑ 각 장비별 성능 목표의 설정은 앞서 분석한 국내 운영현황의 문제이슈에 따라 제시되어 각 과제별 성능목표는 정량적으로 적절하게 제시되었으며, 동일/유사 장비·장치의 국내외 기술수준 비교를 통해 기술개발 수준 및 목표를 구체화

❍ 단순히 외산 유지보수 장비를 동등 성능수준으로 국산화 개발하는 것이 아닌 외산 도입과 운용시의 성능한계와 문제점을 개선한 외산 경쟁제품 대비 우수한 성능과 가격경쟁력을 확보하도록 개발하고

❍ 국내 수요 대응은 물론 가격경쟁력과 고성능을 기반으로 국내 운용실적을 확보하여 향후 해외 유지보수 장비 시장에도 진출 추진할 계획

표 6-2 중소형 다짐장비 성능 비교

구 분	오스트리아 P&T		개발품 목표(안)	비고
	JMTT	Minima1		
중량 (t)	44	2.5	7~8	경량화
크기 (m)	18.5	2.5	5~6	
작업속도 (m/h)	200	30	100	작업효율향상
최대이동속도 (km/h)	70	15	50	작업효율향상
양로(궤도리프팅) 기능	O	×	O	-
강성측정기능	-	-	O	추가기능 (다짐효과 확인)
작업인력	4명 (보조2명 포함)	3명 (보조2명 포함)	3명 (보조2명 포함)	작업효율향상 비용절감
도입단가 (억원)	20억원	8억원	약12억원	비용절감

* 소형다짐기(Minima1)은 양로기능이 없어 활용 불가(국외의 경우 차량기지 등에서 일부사용)

표 6-3 이동식 플래시버트 용접장비 성능 비교

구 분	스위스 (Schlatter)	미국 (Holland)	개발품 목표(안)	비고
용접시스템 전체무게(Kg)	12,000	12,000	9,000	경량화
발전기 무게 (Kg)	7,000	7,000	5,500	경량화
Max. 발전기 용량 (kVA)	375	375	375	
용접기 무게 (Kg)	3,600	3,000	2,500	경량화
Max. Clamp Force (kN)	2,900	2,500	2900	
Max. Upset Force (kN)	1,400	1,000	1200	
용접기 정격용량 (kVA)	220	210	350	용량확대
용접기1차전류 (A)	565	540	300	비용절감
Hydraulic 용량 (Mpa)	21	22	20	
전류제어 방식	아날로그	아날로그	디지털	용접품질향상 (균일성)
작업속도 (개소/hr)	3	3	5	작업효율향상
작업인력 (명)	4~5 (보조1명 포함)	4~5 (보조1명 포함)	3 (보조1명 포함)	작업효율향상 비용절감
용접부 표면처리*	-	-	O	추가기능 (후처리작업 일괄수행)
용접부 내외부 품질검사*	-	-	O	추가기능 (후처리작업 일괄수행)
도입단가 (억원)	30억원	20억원	15억원	비용절감

* 용접작업 후 별도로 연마와 표면품질을 확인할 필요가 없이 용접과 용접 접합면(80℃이상) 품질검사 및 표면처리(접합면 단차 0.3mm이내)를 원스탑 실시(세계최초)

* 용접작업 후 별도로 연마와 표면품질을 확인할 필요가 없이 용접과 용접 접합면(80℃이상) 품질검사 및 표면처리(접합면 단차 0.3mm이내)를 원스탑 실시(세계최초)

2.3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

❑ 연구개발과제로 대변되는 세부활동이 구체적으로 제시되고 효과적이고 유기적으로 서로 연계되어 있는지를 관리가능성의 관점에서 분석

○ 즉, 사업목표를 효과적으로 달성하기 위한 추진전략 및 추진체계를 적절히 제시하였는지에 대한 분석을 수행

❑ 과제 총괄 목표는 '유지보수 비용 절감 및 작업자 안전 확보를 위한 철도궤도 유지보수 효율화 장비 개발'로 3종 장비의 개발 목표의 방향을 동일하게 설정하여 도출

○ 과제 총괄 목표는 유지보수 비용 절감, 작업 효율 증가 및 안전도 확보를 중점으로 하여 유지보수 효율화 장비를 개발하고자 하는 것으로 각 장비별 비용절감할 수 있는 방향(중량, 전력사용량, 가격, 내구성 등)을 반영

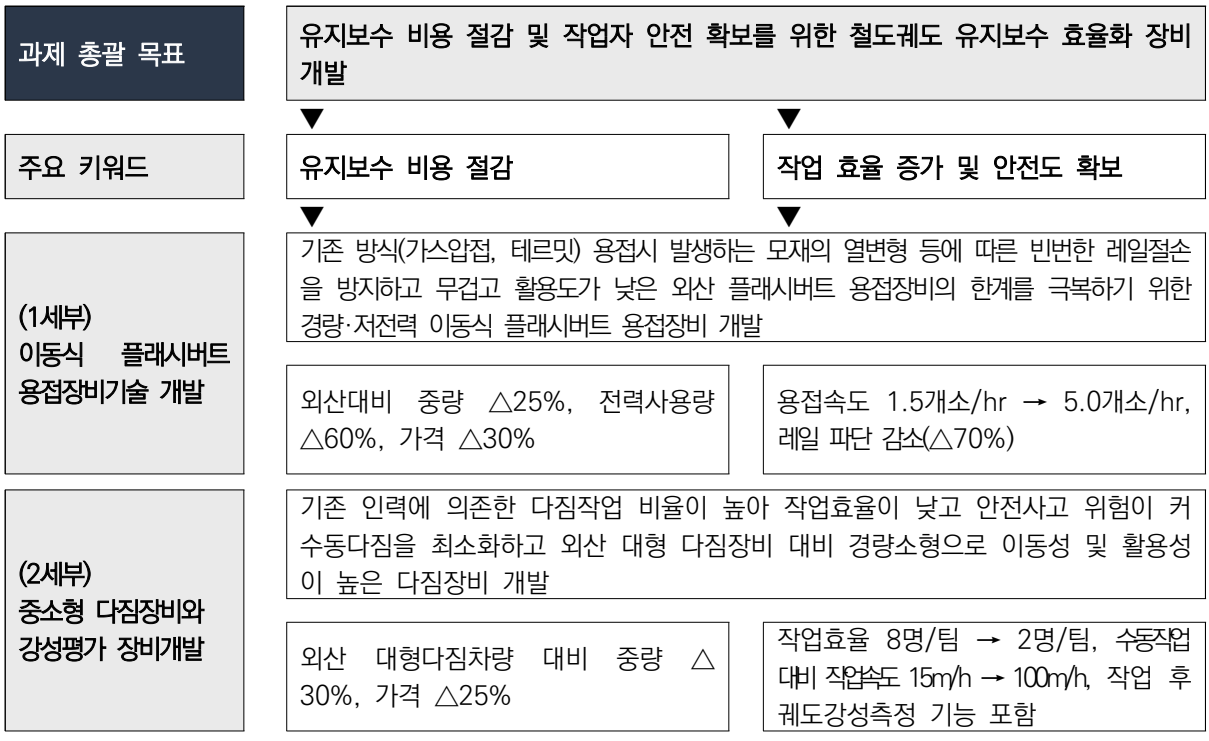


그림 6-2 과제 총괄목표 및 세부과제별 성능목표

❑ 국내 유지보수 현황을 고려하여 유지보수 효율화 장비는 다양하게 도출될 수 있으나, 국고지원의 필요성 및 기술개발 필요성, 운영현장을 고려하여 동향 분석과 기술수요조사를 종합적으로 반영하여 최종 3개 과제 도출

○ 국내외 철도정책 및 시장동향, 국내 궤도유지보수 운영현황분석 및 철도전문가 그룹의 기술수요조사에 의해서 5대 장비를 도출

– 다만, 기획기간이 짧아 정책 및 산업동향, 운영 현황 및 기술수요조사가 동시에 추진됨에 따라, 기술수요조사 추진 시 산, 학, 연 전체 철도분야 전문가를 대상으로 장비에 대한 수요를 조사(수요조사 시 예시로 일부 제시)

– 이에 따라 기술개발이 필요한 5대 장비에 대해 기술수요조사를 추진한 것이 아니라, 철도 유지보수 장비 전체에 대해 수요조사를 추진하여 수요조사의 편중이 발생

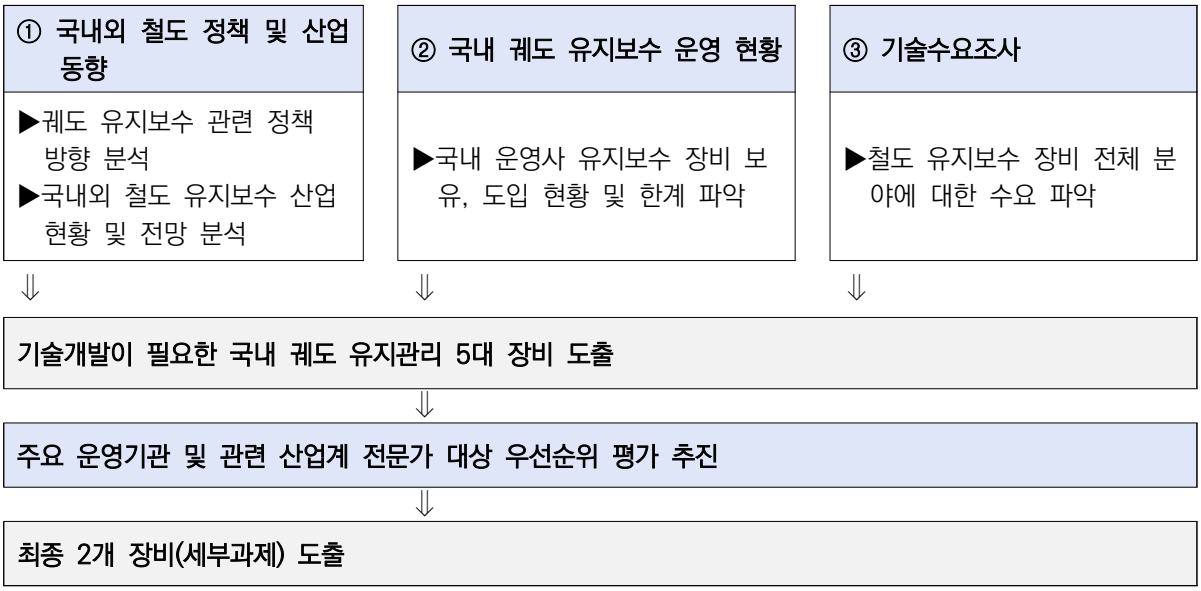


그림 6-3 세부과제 도출 과정

○ 앞서, 문제이슈 도출 과정의 적절성에서 검토한 세부과제 도출 과정 시 참여한 전문가의 경우에도 동 연구과제의 추진 목적에 적절하게 구성

– 해당 장비·장치의 우선순위 평가를 위하여 일반적인 기획 연구 분과위원 구성인 산, 학, 연 비중에 따른 구성이 아니라 한국철도공사 및 서울교통공사의 운영사 관련 분야 담당자 및 주요 산업계(유지보수 관련 업무) 관계자로 구성하여 동 연구 취지를 반영

❑ 개별 2종 장비개발의 성능목표는 유사장비와의 비교, 현장 기술 수요 등을 통해 구체화 하여 기술적 성능목표 설정은 적절하다고 판단되나, 기술개발 종료시점의 해당 성능을 검증하는 방안에 대한 내용은 구체화 할 필요가 있음

○ 특히, 기존 용접 장비 적용(가스압접, 테르밋용접) 대비 레일 파단 감소 70%, 선로전환기 장애, 파손 유지보수, 점검 강화 업무 감소 등에 대한 목표 달성 여부 방법 및 향후 판단 근거(성과지표)는 제시가 미흡

○ 기술개발 후 성과물 장기적용에 따른 효과에 대한 성과지표 제시 보완 또는 다른 성과지표에 대한 제시가 필요

❑ 레일 유지보수 관련 장비·장치 개발하는 사업 추진은 기존에 없는 것으로 조사되었으며, 기존 과제단위의 중복성 조사를 추진

○ 개별 2개 장비별 NTIS 유사과제 검색 서비스를 통해 2002년부터 2020년까지 검색한 결과, 유사도 60점 기준 관련 R&D 과제가 없는 것으로 결과 제시함

○ 다만, 기존 NTIS의 과제 검색을 통해 키워드 검색을 하는 경우 다음과 같이 일부 과제가 검색되어 해당 과제에 대한 중복성 검토가 필요

표 6-4 NTIS 과제 검색 기반 유사과제 목록

부처	사업명 및 과제명	연구기간	정부연구비 (백만원)
〈 레일 용접 장비 〉			
중소벤처기업부	중소기업기술혁신개발사업 스마트팩토리 연동 ICT기반의 엘보 파이프 내면 자동용접장치 개발	2016.11~2018.10	183
	지역기업개방형혁신바우처(R&D)사업 Factory Smart형 용접 공정 자동 제어/모니터링 기술 개발 및 슬리브형 제품 자동 용접 기술 개발	2019.07~2020.06	178
과학기술 정보통신부	한국철도기술연구원연구운영비지원사업 철도 레일의 용접 - 나노 표면 개질 처리 복합장치 개발	2017.01~2017.12	109
〈 자갈도상 다짐 장비 〉			
중소벤처기업부	중소기업상용화기술개발사업 엔진식 핸드타이 탬퍼(좌우 진동식) 국산화개발	2016.09~2017.09	79

❍ 또한, NTIS에서 검색되지 않는 운영사별 연구과제를 검토한 결과, 유사과제를 검토하였으며, 이에 대한 기술적 차별성을 검토함

❑ 기획보고서 내 제시한 추진전략은 3가지로 △ 산학연 협의체 구성을 통한 현장 실무자 의견 수렴, △ 개발장비 성능 확보를 위한 종합시험선로 활용, △ 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보를 제시하였으며, 현장에서 요구하는 수요를 반영하고 각 장비의 TRL 확보를 위한 전략방안으로 적절함

❍ 실제 협의체의 운영 방안 및 기술별 성능 및 신뢰성 확보에 대한 구체적인 사항은 과제 추진시 관련 기관간 협의를 통해 정기적인 기술개발 추진 검토가 필요하며,

❍ 연구추진체계에서 제시한 운영기관 협의체를 통해 적극적으로 활용이 가능할 것으로 분석됨

제3절 정책적 타당성

1. 정책적 타당성 분석 개요

❑ 정책적 타당성 분석은 정책의 일관성 및 추진체제, 사업추진상의 위험 요인에 대한 검토

○ 정책의 일관성 및 추진체제는 상위계획의 부합성과 사업추진체제 및 추진의지로 나뉘는데 상위계획의 부합성에는 정부의 국정과제, 과학기술기본계획 및 국토교통부 중장기 계획의 정책 일관성 평가에 있어서 매우 중요하며, 사업추진체제 및 추진의지는 사업 수행체계와 절차 적절성, 운영방안의 효율성 등의 분석이 필요

– 사업의 원활한 추진을 위해서는 정부 차원에서 주관부처의 추진 정책과 부합하여야 하며 부처 간의 정책적 합의 역시 선결되어야 하므로 이를 반영하여 '상위계획과의 부합성'을 기본 항목으로 포함

– 성공적인 연구개발 사업목표 달성을 위한 사업 외적인 요인들로서, 타 사업과의 차별성이 명백해야 하며, 적절하고 효율적인 사업 거버넌스 구축 및 사업 참여주체 선정 시의 법·제도 준수 여부의 검토와, 조사대상 사업에 대한 각 참여주체들의 입장과 태도, 그리고 사업 수행을 위한 관련 주체들 모두의 상호 협조가 필요하다는 사회적 합의의 도달에 대한 사전 검토의 측면에서 '사업 추진체제 및 추진의지'를 기본항목으로 포함

○ 사업추진상의 위험요인과 관련해서는 재원조달 가능성과 법제도적 위험요인으로 분류하며 위험요인에 대한 사전 파악 및 정의가 되어 있는지 여부와 그에 대한 별도의 대비책이 제시되어 있는지 여부를 집중 분석

– 사업 추진과정에서 발생할 수 있는 위험을 구체화했는지, 발생 가능한 피해를 분석하였는지를 포함하여 위험회피 또는 피해 최소화를 위한 대응계획의 수립 가능성까지 고려

그림 6-4 정책적 타당성 분석의 평가항목(1계층, 2계층, 3계층)

* 자료 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)

2. 정책적 타당성 분석 주요 내용

2.1. 정책의 일관성 및 추진체제

2.1.1. 상위계획과의 부합성

❑ 동 기획연구에서 검토한 과학기술기본계획 및 기술개발 분야 등 관련 계획 대상은 다음과 같으며, 각 계획별 부합성 여부를 조사한 결과, 대체적으로 부합하는 것으로 판단됨

표 6-5 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	계획명	부합성		
		낮음	보통	높음
과학기술분야	제4차 과학기술기본계획(2018-2022)			○
과학기술분야	제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획(2018-2022)		○	
철도 분야	중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)		○	
철도 분야	제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)			○

❑ 제4차 과학기술기본계획(2018-2022)

❍ 동 사업은 「제4차 과학기술기본계획」의 4대 전략 중 '전략3. 과학기술이 선도하는 신산업·일자리 창출'의 중점추진과제인 '과제13. 제조업 재도약 및 서비스업 육성'의 정책 방향과 부합하는 것으로 판단됨

– 핵심장비 2개 분야는 과제13의 내용 중 하나인 소재·부품·장비분야 핵심기술 확보 및 전문기업 육성을 위하여 기술개발 및 상용화를 지원하는 전략방향과 직접적으로 연계되는 것으로 분석

❍ 또한, '전략4. 과학기술로 모두가 행복한 삶 구현'의 중점추진과제인 '과제17. 안심하고 살 수 있는 안전한 사회 구현'의 정책 방향과 일부 부합하는 것으로 판단됨

– 과제 17의 내용 중 하나인 철도를 포함하는 노후 및 신설 도시 인프라의 예방적 유지관리 시스템 개발의 전략방향과 동 사업의 목적방향인 운영 중인 궤도 유지보수를 통한 안전성 확보와 일부 부합한다고 판단됨

❑ 제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획(2018-2022)

❍ 동 사업은 「제1차 국토교통 과학기술연구개발 종합계획」의 4대 전략 중 '전략3. 사람중심의 국토교통 기술개발'에서 실천과제인 '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발'의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

– '재난·재해 예방 등 안전 기술 개발' 실천과제 중 철도·항공 이용자 보호 시스템의 내용인 노후화된 인프라 급속 개량·교체 장비 등 인프라부문 기술개발로 이용자 보호시스템 구현을 위한 방향과 동 사업 목적인 궤도 유지보수로 인한 안전성 확보와 부합됨

❑ 중장기 철도시설 개량투자계획(2018-2022)

❍ 동 사업은 「중장기 철도시설 개량투자계획」의 5대 추진전략 중 '전략1. 노후시설을 선제적으로 개량'에서 실천과제인 '1-1. 성능평가에 기반한 노후 기반시설 개량'의 추진내용 달성을 위해 필요한 기술개발 내용으로 부합하는 것으로 판단됨

– 핵심장비 2개는 궤도 유지보수를 인력중심에서 보다 효율적인 유지보수를 하기 위해 개발되는 장비로 열차안전성 확보를 위해 레일 등 궤도시설을 개량하고자 하는 부분으로 해당 장비의 지원이 필요

❍ '전략2. 이용자·작업자 안전시설 지속 확충'에서 실천과제 '2-3. 작업자 안전사고 예방'의 과제 내용과 부합하는 것으로 판단됨

– '작업자 안전사고 예방'의 추진 내용 중 입환용 수동 선로전환기 개량과 관련하여 동 사업의 선로전환기 기술개발 내용과 직접적으로 부합하는 것으로 판단됨

❑ 제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2018-2022)

❍ 동 사업은 「제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획」의 4대 목표 중 '안전하고 오래 사용하는 시설물'의 방향과 부합하는 것으로 판단됨

– 핵심장비 2개 분야는 '안전하고 오래 사용하는 시설물'의 방향인 안전성능, 내구성능, 사용성능 향상에 의한 시설물 안전확보 및 기대수명 연장을 지원하는 기술로 철도시설물 인 궤도분야에 해당하는 내용임

❍ 4대 전략 중 '전략2. 4차 산업혁명 기술 활용 시설물 안전·유지관리 고도화' 의 '2-3. 시설물 안전 및 유지관리 차세대 핵심 기술 확보'과제와 부합하는 것으로 판단됨

– 핵심장비 2개 분야는 기존 인력중심으로 유지보수 되던 내용이 자동화, 효율화를 위한 개발 방향으로 추진됨에 따라 신속 보수·보강을 위한 기술개발 방향에 해당하는 내용임

2.1.2. 사업 추진체제 및 추진의지

❑ 레일 유지보수 관련 장비·장치 개발하는 사업 추진은 기존에 없는 것으로 조사되었으며, 일부 운영사에서 관련된 연구과제가 추진되어, 실제 해당 연구과제에 대한 구체적인 추진체계, 운영 방안에 대한 고려가 필요

❍ NTIS에서 검색되지 않는 운영사별 연구과제를 검토한 결과, 유사과제를 검토하였으며, 이에 대한 기술적 차별성을 검토함

❍ 각 연구단 운영을 통해 추진됨에 따라 운영사들의 적극적 참여(연구 참여 또는 운영기관협의체 참여 등)을 통해 각 장비·장치별 정확한 수요를 제시하고 구매조건부 등 사업화 전략이 연계되는 것이 필수적임

❍ 이에 기획연구에서는 사업화전략을 성과활용방안에서 추가적으로 제시하였으나, 운영선 및 준운영선에서의 성능 검증 및 과제 종료후 실용화 유도에 대한 구체적인 방안 제시

는 부족

– 과제 추진 시 연구단에서 적극적으로 해당내용을 제시할 수 있도록 가이드가 필요

❑ 2개의 세부과제로 구성된 연구단으로 추진될 예정으로 연구성과의 실 수요처인 철도운영기관이 연구단 주관을 맡아 추진함에 따라 현장 적용성을 확보하는데 적정할 것으로 판단

❍ (연구단 주관기관) 연구성과의 실수요처인 철도운영기관이 연구단 주관을 맡아 요구사양 정의, 현장적용성 검증, 실용화 등 수행

❍ (세부주관기관) 장비를 실제 설계제작하고 개발 후 상용화하고자 하는 유지보수장비 중소·중견기업 우대

❍ (참여기관) 핵심기술 보유 대학 및 출연연, 시험인증이 가능한 시험인증기관, 테스트베드 제공 및 검증이 가능한 철도운영기관 등

2.2. 사업 추진상의 위험요인

2.2.1. 재원조달 가능성

❑ 실제 연구단 주관기관이 철도운영기관(산업계, 대기업)이 되고, 중소·중견기업이 참여연구기관으로 참여하게 됨에 따라, 민간부담금에 대한 실제 재원조달 어렵지 않을 것으로 예상됨

❍ 사업기간('22~'26년) 5년 총 27,102백만원 투입예정이며, 20,378억원은 정부출연금, 6,725백만원은 민간부담금으로 조달 계획

– 민간 부담금은 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 따라 대기업(50%), 중견(40%), 중소(25%), 컨소시엄(복합) 등 각 프로그램별 타깃에 따라 분담비율 적용

–「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」을 참고하여 중소기업이 모두 참여하거나, 중소기업의 비율이 ⅔이상인 경우 정부출연금 비율을 75%이내로 규정되어 있으므로 이에 따라 정부, 민간 비율을 조정

❍ 또한 국가재정운용계획 재정운용 방향에 대한 검토 및 기술수요조사 등을 통한 관련 산업체 참여 가능성 등을 검토

– 국가재정운용계획(2017 ~ 2021)」 (2017, 기획재정부) 재정운용 기본방향 및 목표, R&D투자방안 등과 연계하여 추진

– 국민들의 안전에 대한 의식수준이 높아지면서 종전보다 높은 수준의 안전 확보를 요구함에 따라 도로, 철도 등 관련 분야의「안전체계 구축」을 목표로 투자를 지속할 계획

–「미래 신성장동력 창출」을 위해 관련 R&D를 적극 지원하는 한편 R&D 투자

효율화를 병행

- 미래성장동력을 확충하고, 4차 산업혁명에 전략적으로 대응하기 위한 R&D투자를 지속적으로 확대할 방침

2.2.2. 법·제도적 위험요인

❍ 해당 사항 없음

제4절 경제적 타당성

1. 경제적 타당성 분석 개요

❑ 경제적 타당성 분석은 경제성에 대한 내용으로 경제성은 일반적으로 비용편익분석을 기본으로 하고 사업내용에 따라 비용편익분석이 어려운 경우에는 비용효과분석을 통해 경제성을 분석

○ 비용편익 분석은 기술개발 비용 및 사업화 이후의 비용 등 총 비용의 추정과, 총 편익 규모, 기술기여도 등을 고려한 혜택 산출을 통해서 이루어지며, 예비타당성 분석에서 좋은 평가를 받기 위해서는 절대적인 조건은 아니지만 비용편익 비율이 1 정도 되는 것이 중요

○ 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)에 제시된 경제적 타당성 분석 절차는 그림과 같이 먼저 사업 목표 분석에서 출발하여 편익항목을 도출하는 것으로 시작

– 연구개발부문의 예비타당성조사의 편익 추정은 '사업 분석 → 편익항목 도출 → 자료의 가용성(可用性, availability) 확인 → 편익 추정방법의 선택 → 항목별 수요(시장) 또는 비용 도출 → 가치 계산'의 과정을 거침

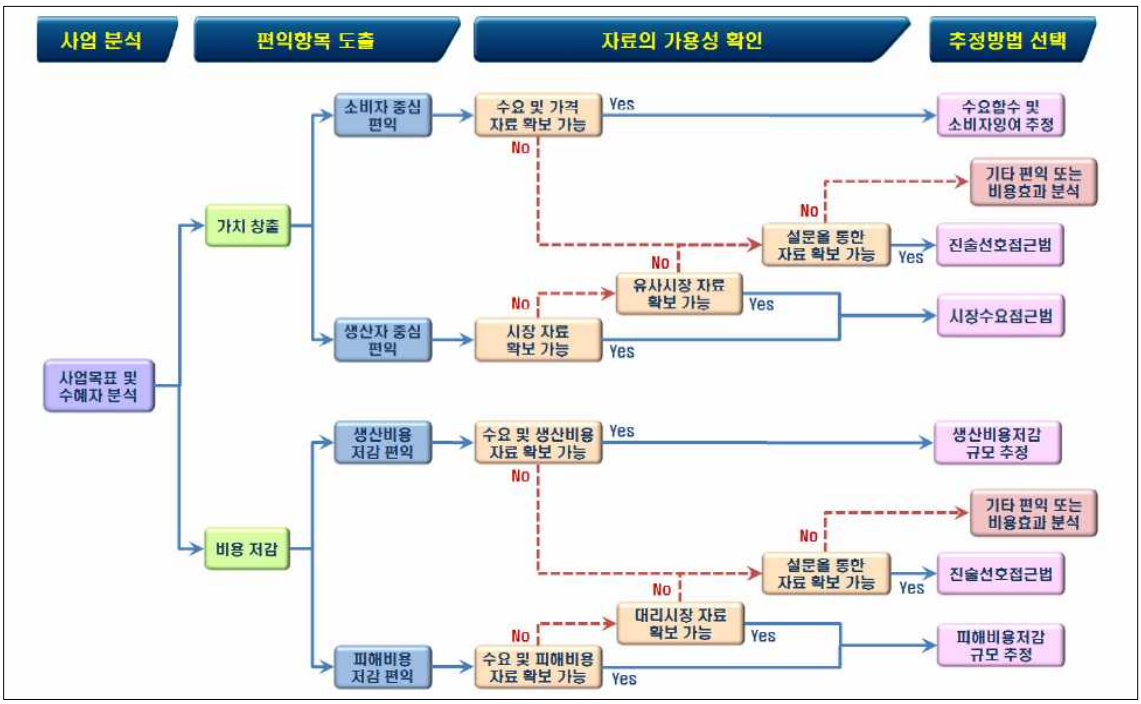


그림 6-5 편익 추정방법 과정

* 자료 : KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2019.1)

○ 사업을 면밀히 분석하여 사업목표와 수혜자를 명확히 식별하고, 사업의 핵심목표 및 수혜자와 일관성을 가지면서 사업으로부터 직접적으로 얻어지는 효과를 편익항목으로 선정

○ 수요/시장 또는 비용자료의 확보가 어려운 경우에는, 유사(대리)시장의 존재를 확인하고 이에 대한 자료를 확보하여 편익을 추정

2. 경제적 타당성 분석 결과

2.1. 비용 추정

❑ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2019)에서는 비용편익분석에 있어 비용의 추정을 총 사업비(비용), 즉 '제안된 사업기간 내에 포함되는 모든 비용'으로 하고 있음으로 본 연구과제에 필요한 모든 경비를 합하여 비용으로 산정

○ 총 연구비는 국고(공공부문 R&D)와 민자(민간부문 R&D) 비용의 합으로 구성

표 6-6 세부과제별 연차별 소요예산

세부사업	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계 (백만원)
1세부 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발	국고	2,000	2,000	2,500	2,000	1,000	9,500
	민간	660	660	825	660	330	3,135
	소계	2,660	2,660	3,325	2,660	1,330	12,635
2세부 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발	국고	2,500	2,500	2,000	1,500	1,500	10,000
	민간	825	825	660	495	495	3,300
	소계	3,325	3,325	2,660	1,995	1,995	13,300
기획평가비	국고	203	203	203	158	113	878
	민간	-	-	-	-	-	-
	소계	203	203	203	158	113	878
합계	국고	4,703	4,703	4,703	3,658	2,613	20,378
	민간	1,552	1,552	1,552	1,207	862	6,725
	소계	6,254	6,254	6,254	4,864	3,475	27,102

○ 또한 본 연구과제를 통해 실증(검증)까지 진행함에 따라 추가적인 검증, 인증 단계가 없어 기술개발성과물이 현장에 바로 적용될 수 있으므로 후속 실증 비용이 포함되지 않음

○ 따라서, 본 연구과제의 총 비용은 전체 과제 소요예산인 27,102백만원으로 산정

2.2. 편익 추정

2.2.1. 기본가정

❑ 본 연구과제의 경제적 성과는 2개 세부과제의 기술개발 목표 등을 통해 발생가능한 편익 항목을 선정하고 비용편익 분석을 통해 도출

❍ 본 연구과제는 국내 유지보수 현황에 따라 시급히 개선되어야 하는 장비 중 2개의 장비를 국산화하고자 개발하며, 기존 유지보수의 한계점을 개선하고 외산장비 구입 및 유지관리로 인한 비용을 저감하고자 함

❍ 다만, 각 장비·장치별 대상되는 유지보수 비용 저감 내용이 달라 각 장비·장치별 비용저감 편익 항목을 설정하고 제시함

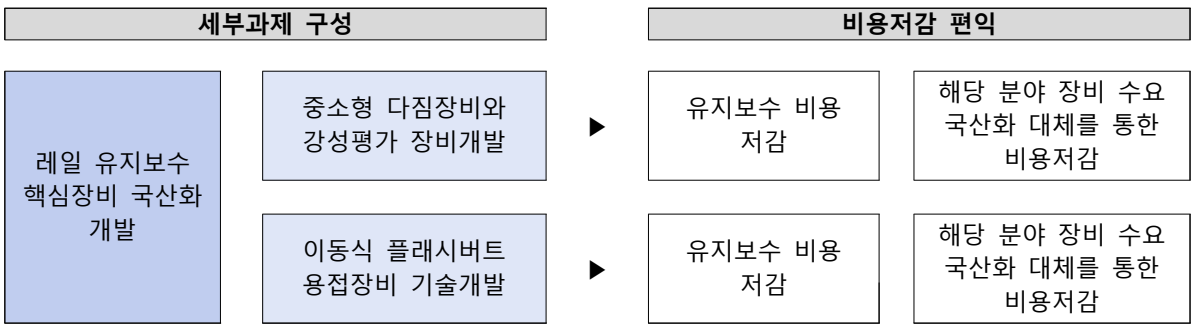


그림 6-6 본 연구과제의 편익항목 도출

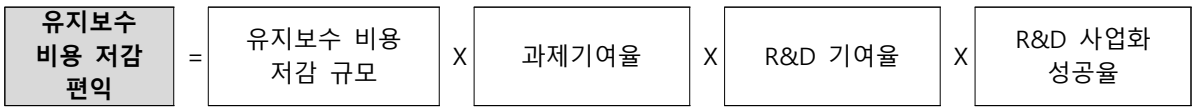


그림 6-7 본 연구과제의 비용저감(유지보수) 편익 산출법

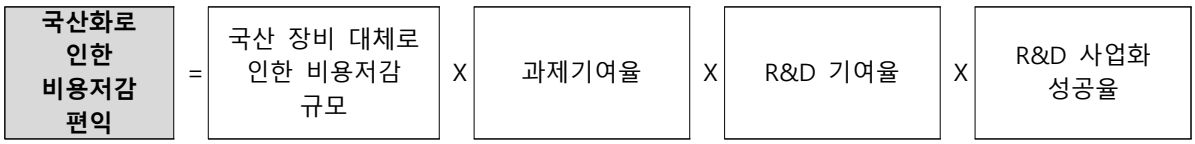


그림 6-8 본 연구과제의 비용저감(국산화장비 대체) 편익 산출법

2.2.2. 편익 추정 지표 산정

❑ 회임기간 (2년으로 설정)

❍ 본 연구과제의 성과물이 사업화에 필요한 회임기간을 2년으로 가정하여 적용

❍ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2019)에 따르면 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지의 시간적 지연을 편익 회임기간이라고 정의

– 한국개발연구원에서는 사업 주관부처가 사업계획서에 편익 회임기간을 제시하는 경우에는 이를 준용하되, 별도의 언급이 없을 경우에 기초연구는 5년, 개발·응용연구는 3년을 기본으로 사업특성을 고려하여 반영

– 본 사업을 통해 추진되는 과제들은 대부분 TRL 7단계까지 진행되어 성과물(3종 장비)을 창출하며, 이는 실제환경에서 성능검증이 이루어지는 단계로 각 장비가 현장실증까지 수행하는 목표를 설정하고 있어 개발단계에 해당됨

– 다만, 개발의 후단에 해당됨에 따라 TRL 8, 9단계가 필요한 기간 2년으로 설정함 (현장검증까지 과제를 통해 추진됨에 따라 사업화(현장에서의 표준화단계 1년, 상용제품 생산 1년)기간을 고려, 실제 더 단기간으로 소요전망)

❑ 편익기간 (10년으로 설정)

❍ 본 과제와 관련된 분야의 인용특허수명(Cited Patent Life-Time: CLT)를 기준으로 관련 특허별 특허인용수명(TCT) 중앙값의 평균을 산출하여 편익 기간으로 산정

– 관련 특허를 산출하고 각 중앙값을 평균을 내면 9.5년으로 편익기간은 10년으로 산정

– 다만, 장비별 내구연한의 차이가 발생할 수 있으며, 특허인용수명의 중앙값이 아닌 평균값으로 접근하는 경우 13년으로 설정이 가능

표 6-7 편익 기간(편익 발생기간)

구분	특허인용수명 (TCT)			
	평균	Q1	중앙값	Q3
B61K 철도를 위한 다른 보조 장치	13.80	4	10	21
E01B 궤도; 궤도용 공구; 모든 종류의 철도건설용 기계	12.17	5	9	17
평균값	**12.99**	**4.5**	**9.5**	**19**

*자료: 산업통상자원부, 기술가치평가 실무가이드, 2014.12

❑ 사회적 할인율 (4.5%로 설정)

❍ 한국개발연구원 예비타당성조사 수행 총괄지침(2017.9)에 근거하여 기준년도는 2016년도, 수치는 4.5% 적용

❑ 사업 기여율 (91.4%로 설정)

❍ 사업기여율은 대상 분야의 연구개발 투자 규모 중에서 해당 사업이 차지하는 비중(사업기여율)을 고려하여 산정하게 되는데, 관련 예산을 고려할 경우 본 사업의 사업 기여율은 91.4%로 산정

– $\text{사업기여율} = \frac{\text{본연구과제예산규모}}{\text{국내레일유지보수장비분야연구개발투자(정부+민간)+본연구과제예산규모}}$

– = (271,02억원)/((5.5억원 + 19.67억원) + 271.02억원)

– = 91.4%

– 레일 유지보수 장비분야에서 2015년~2019년 동안 유지보수 효율화를 목적으로 대규모 정부 R&D사업 추진 사례는 없으나, 해당 분야의 과제단위 연구개발 추진 내용 존재

– 이에 따라 NTIS 검색을 통해 2015년~2019년동안 정부연구비를 조사하고 이를 토대로 민간 R&D 규모를 산출

– 민간 R&D 규모 : 5.5억원 X (76.6%/21.4%) = 19.67 억원

※ 2018년도 기준 정부·공공재원 21.4%, 민간재원 76.6%, 외국재원 1.9%로 산출[21)]

❑ R&D 사업화 성공율 (45%로 설정)

❍ 본 사업을 통해 추진되는 과제들은 대부분 TRL 7단계까지 진행되어 기술개발성과물을 창출하며, 이는 실제 환경에서 장비/장치 시작품 검증 및 테스트를 하는 목표를 설정하고 있음

❍ 기존 국토교통부 R&D사업 중 철도분야 R&D사업인 철도기술연구사업의 기존 추진 과제에서 사업화 성과를 창출한 과제의 비중을 계산하여 이를 적용

– 최근 3년(2015년~2017년) 철도기술연구사업으로 추진된 과제 중 성과분석 대상 과제를 대상으로 하고

– 국토교통과학기술진흥원에서 관리하는 성과DB 중 사업화 매출액 성과와 기술이전 성과를 달성한 대상 과제를 추출

– 하단 표와 같이 최근 3년 정보를 분석한 결과, R&D사업화 성공율을 45%로 도출

– 다만, 철도기술연구사업은 기초-응용-개발 각 연구개발단계의 과제가 같이 추진된 것에 비해 본 연구과제의 경우 TRL 7단계인 실제환경에서 장비/장치 시작품 검증 및 테스트까지의 기술개발 목표를 설정함에 따라 45%보다 더 높은 성공율을 보일 것으로 기대

21) 과학기술정보통신부, KISTEP, 2018년 연구개발활동조사보고서, 2019

표 6-8 철도기술연구사업의 R&D 사업화 성공율 도출

구분		2015년	2016년	2017년	평균
철도기술연구사업 추진 과제 수 (A)*		28	32	36	32.0
성과**	사업화/제품화 창출 과제 수	5	5	6	5.3
	기술이전 창출 과제 수	8	9	10	9.0
	소계 (B)	13	14	16	15.0
R&D 사업화 성공율(B/A)		46%	44%	44%	45%

* 자료 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 2018년 국토교통연구개발사업 성과조사분석 (철도기술연구사업), 2019.3

** 자료 : 국토교통과학기술진흥원 성과DB

❑ R&D 기여율

○ 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침(2019)에서 제시한 가이드에 따라 「제3차 과학기술기본계획」에서 제시된 R&D 경제성장 기여율 35.4%를 적용

2.2.3. 편익 산정

(1) 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발

❑ 중소형 다짐장비의 부가가치편익은 ① 현재 외산장비 대비 개선된 성능수준을 달성하여 장비 수요를 동 연구를 통한 장비로 대체하는 것과 ② 유지보수 비용 절감(인건비 절감)의 2가지로 제시할 수 있음

❑ **(장비 수요)** 중소형 다짐장비가 신규 수요 및 노후화 장비에 대한 수요를 반영하여 총 35대의 수요 발생예상

표 6-9 다짐장비 수요별 국산장비도입효과

연도	국부다짐 수요	노후화 장비 교체	연차별 수요	국산장비 도입 효과 (백만원)
2028	8	0	8	4,000
2029	0	3	3	1,500
2030	0	3	3	1,500
2031	0	3	3	1,500
2032	0	3	3	1,500
2033	0	3	3	1,500
2034	0	3	3	1,500
2035	0	3	3	1,500
2036	0	3	3	1,500
2037	0	3	3	1,500
합계	8	27	35	17,500

❑ **(유지보수 작업 인건비 절감)** 연간 유지보수 작업 인건비인 91.82억원(현재 기준) 유지보수 작업 인력 및 시간 효율화를 통한 유지보수 비용 저감

❍ 연간 91.82억원의 절감 효과가 발생 (물가상승률 0.4% 적용)

(2) 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

❑ 이동식 플래시버트 용접장비의 부가가치편익은 ① 현재 외산장비 대비 개선된 성능수준을 달성하여 장비 수요를 동 연구를 통한 장비로 대체하는 것과 ② 유지보수 비용 절감(현행선 및 신선)의 2가지로 제시할 수 있음

❑ **(외산장비 대체)** 기존 용접방식의 한계로 인해 전량 도입해야 하는 실정이며, 사전에 조사된 수요를 기반으로 요구되는 장비 수량은 최소 38대로 추정되어, 최소 240억원에서 최대 720억원의 외산장비 대비 비용저감 효과가 발생

❍ 한국철도공사 27대(12개 지역본부당 2대, 고속사업단 3대)

❍ 도시철도운영기관 11대(서울교통공사 3대, 부산교통공사 2대, 그 외 1대)

❍ 향후 신선건설 고려시 민간(궤도시공업체)의 수요도 약 10대 가량 예상

❍ 각 기관별 요구 장비 대수를 단계별로 도입된다 가정하는 경우, 과제 종료후 회임기간 이후 2028년부터 적용될 수 있으며, 예상되는 연차별 도입 계획은 다음과 같음

– 실제 예상되는 경부고속철도 1단계 자갈궤도구간의 대갱환 시기가 2024년으로 예상됨에 따라 2028년 한국철도공사의 고속사업단의 경우 전량 도입될 것으로 예상

표 6-10 연도별 이동식 플래시버트 용접장비 수요 예상

수요기관		2028년	2029년	2030년	합계
한국철도공사	지역본부	12	6	6	24
	고속사업단	3	-	-	3
	소계	14	6	6	27
도시철도운영기관	서울교통공사	1	1	1	3
	부산교통공사	1	1	-	2
	그 외	6	-	-	6
	소계	8	2	1	11
민간 수요		5	3	2	10
합계		28	11	9	48

❍ 외산 이동식 플래시버트용접장비의 경우 미국(Holland) 대비 5억원의 장비한대당 비용이 절감되며, 스위스(Schlatter)의 경우 최대 15억원의 장비 비용(도입단가) 절감 예상

❑ **(유지보수 작업 효율화-운행선)** 심야 작업시간을 고려하여 1개소 당 유지보수 작업 인력 및 시간 효율화를 통한 유지보수 비용 저감

❍ (현행) 현재 외산장비의 작업속도는 1시간당 3개소 진행가능하며, 용접 작업팀이 4~5명으로 구성되어 작업 진행

– 2013년부터 2017년까지 연간 운행선 절손 건수를 선로연장과 비교하여 도출한 결과, 운행 선로연장 1km 당 평균 절손 건수는 0.007건/km로 산출

표 6-11 운행선 절손 건수(한국철도공사, 일반철도)

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	합계	평균
운행선 절손(건)	72	60	45	59	53	289	57.8
선로연장(km)	8,419	8,456	8,465	9,000	9,364		8,741
운행선로연장 1km 당 절손건수	0.009	0.007	0.005	0.007	0.006		0.007

❍ (향후) 작업 효율 개선을 통해 1시간당 5개소 진행가능, 장비 개선을 통한 인력구성 3명으로 감소

– 이에 따라 기존 1개소당 평균 5명 작업인력, 20분 작업소요에서 작업효율을 통해 1개소당 평균 3명 작업인력, 12분 작업소요로 변경되어, 1개소당 64%의 작업효율 개선 (비용절감율로 산출)

– 현재 1개소 유지보수를 위한 용접작업으로 인한 비용은 약 5백만원(심야작업)

❍ 향후 예상되는 선로연장 거리에 따른 절손건수 산출 및 절손건수별 유지보수 용접 비용 저감액은 다음과 같음

– 2037년까지 예상되는 선로연장 거리는 현행 철도통계연보 및 제3차 국가철도망구축계획 등의 자료를 기반으로 추정함

표 6-12 예상되는 철도선로연장 거리 및 운행선 절손 건수(추정)

연도	선로연장(km)	연간 선로연장(km)	절손 건수	비고
2014	8,456	-	60	철도통계연보
2025	10,175	-	71	국가철도망구축계획 신규 사업 연장 1,719km 합산, CAGR 1.70%
2026	10,348	173	72	CAGR적용 추산
2027	10,523	176	74	〃
2028	10,702	179	75	〃
2029	10,883	182	76	〃
2030	11,068	185	77	〃
2031	11,256	188	79	〃
2032	11,447	191	80	〃
2033	11,641	194	81	〃
2034	11,838	197	83	〃
2035	12,039	201	84	〃
2036	12,243	204	86	〃
2037	12,451	208	87	〃

– 예상되는 절손 개소별 64% 작업효율로 인해 기존 5백만원 대비 1.8백만원의 비용 소요 예상(3.2백만원 절감)되며, 동 장비의 성능 중 표면처리 작업이 자동으로 진행됨에 따른 별도 작업비용의 저감(2백만원 절감)이 발생

– 1개소당 5.2백만원의 비용 절감액 추산

❑ (작업 효율화-신선) 유지보수 작업과 동일하게 인력 및 시간이 소요되나, 기존 가스압접 및 테르밋 용접을 대체하는 것을 가정

❍ (현행) 신선 장대레일 작업 등을 위해 연평균 17,000여건의 용접작업이 진행되고 있으며, 2017년 기준 전년대비 선로연장 364km(철도통계연보 기준)을 기준으로 신선 건설 1km당 26.08건의 용접작업이 추진

표 6-13 연간 가스압접 및 테르밋 작업 진행 건수(한국철도공사)

구분		2017년	2018년	2019년	합계	연평균
일반	가스압접	4,229	12,589	22,468	39,286	13,095
	테르밋	1,272	2,324	3,555	7,151	2,384
	소계	5,501	14,913	26,023	46,437	15,479
고속	가스압접	3,067	117	84	3,268	1,089
	테르밋	926	350	102	1,378	459
	소계	3,993	467	186	4,646	1,549
합계		9,494	15,380	26,209	51,083	17,028

❍ 향후 예상되는 연간 철도연장 기준 용접 작업 건수는 다음과 같음

표 6-14 예상되는 연간 신선 철도선로연장 거리별 용접작업 건수(추정)

연도	선로연장(km)	연간 선로연장(km)	용접작업 건수	비고
2014	8,456	-		철도통계연보
2025	10,175	-		국가철도망구축계획 신규 사업 연장 1,719km 합산, CAGR 1.70%
2026	10,348	173	4,502	CAGR적용 추산
2027	10,523	176	4,578	〃
2028	10,702	179	4,656	〃
2029	10,883	182	4,735	〃
2030	11,068	185	4,815	〃
2031	11,256	188	4,897	〃
2032	11,447	191	4,980	〃
2033	11,641	194	5,065	〃
2034	11,838	197	5,151	〃
2035	12,039	201	5,238	〃
2036	12,243	204	5,327	〃
2037	12,451	208	5,417	〃

❍ 운행선과 마찬가지로 1개소 용접작업시 신선의 경우 3백만원 대비 64%가 절감되며 (1.92백만원 절감) 표면처리비용 2백만원 저감

2.3. B/C 결과

(1) 자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발

❑ 자갈궤도 다짐장비 핵심 기술개발 과제의 연도별 예산을 2020년 현재가치로 산출

❍ 2020년 현재가치 기준으로 산출한 결과 총 비용은 11,193백만원으로 산출

표 6-15 '자갈궤도 다짐장비' 과제 총 비용 산출

연도	본 사업 예산 (백만원, 명목가치)	본 사업 예산 (백만원, 현재가치)
2021	2,660	2,545
2022	2,660	2,436
2023	3,325	2,914
2024	2,660	2,231
2025	1,330	1,067
합계	12,635	11,193

❑ 자갈궤도 다짐장비 개발을 통한 부가가치 편익 산출

❍ 외산장비 대체로 인한 비용절감 편익과 유지보수 비용(인건비) 절감에 대한 부가가치편익은 10,729백만원으로 산출

표 6-16 '자갈궤도 다짐장비' 과제의 부가가치편익 산출

연도	부가가치 편익(백만원, 명목가치)			부가가치편익 (백만원, 현재가치)
	국산장비 도입 절감액	인건비 절감액	합계	
2028	582.53	1,337.19	1,919.72	1,349.92
2029	218.45	1,390.68	1,609.12	1,082.79
2030	218.45	1,446.30	1,664.75	1,071.98
2031	218.45	1,504.16	1,722.60	1,061.47
2032	218.45	1,564.32	1,782.77	1,051.23
2033	218.45	1,626.89	1,845.34	1,041.27
2034	218.45	1,691.97	1,910.42	1,031.57
2035	218.45	1,759.65	1,978.10	1,022.12
2036	218.45	1,830.04	2,048.48	1,012.91
2037	218.45	1,903.24	2,121.68	1,003.93
합계	2,548.55	16,054.43	18,602.99	10,729.19

❑ 자갈궤도 다짐장비의 비용편익 분석 결과 B/C = 0.959로 사업 추진의 타당성 확보

❍ B/C = 부가가치편익(10,729.19 백만원)/과제비(11,193 백만원) = 0.959

❍ 동 연구과제를 통한 비용편익 분석 결과는 1 수준으로 도출되어 연구과제 추진의 경제성이 있음

(2) 레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

❑ 이동식 플래시버트 용접장비 기술개발 과제의 연도별 예산을 2020년 현재가치로 산출

❍ 2020년 현재가치 기준으로 산출한 결과 총 비용은 11,831백만원으로 산출

표 6-17 '이동식 플래시버트 용접장비' 과제 총 비용 산출

연도	본 사업 예산 (백만원, 명목가치)	본 사업 예산 (백만원, 현재가치)
2021	3,325	3,182
2022	3,325	3,045
2023	2,660	2,331
2024	1,995	1,673
2025	1,995	1,601
합계	**13,300**	**11,831**

❑ 이동식 플래시버트 용접장비 개발을 통한 부가가치 편익 산출

❍ 외산장비 대체로 인한 비용절감 편익과 운행선 유지관리비용 절감, 신선 용접비용 절감에 대한 부가가치편익은 18,486백만원으로 산출

※ 단, 외산장비 대체의 경우 미국 Holland 기준 장비 대당 5억원 절감으로 분석하였으나 스위스 Schlatter의 경우 대당 15억원까지 절감되어, 현재 대비 더 높은 부가가치편익이 산출됨

표 6-18 '이동식 플래시버트 용접장비' 과제 총 비용 산출

연도	본 사업 예산 (백만원, 명목가치)	본 사업 예산 (백만원, 현재가치)
2021	3,325	3,182
2022	3,325	3,045
2023	2,660	2,331
2024	1,995	1,673
2025	1,995	1,601
합계	**13,300**	**11,831**

❑ 이동식 플래시버트 용접장비의 비용편익 분석 결과 B/C = 1.562로 사업 추진의 타당성 확보

❍ B/C = 부가가치편익(18,486 백만원)/과제비(11,831 백만원) = 1.562

❍ 동 연구과제를 통한 비용편익 분석 결과는 1보다 높은 것으로 도출되어 연구과제 추진의 경제성이 있음

제7장 별첨

제1절 참고문헌

1. 김기재, 이성진, 장승엽, 황성호 (2016) 개별요소법을 이용한 도상자갈 침하 영향인자 평가, 대한토목학회, Vol 36, No. 4, pp. 715-722
2. 김대상, 권순섭, 이수형, 황선근, 박태순 (2008) 도상 및 노반상태 평가를 통한 궤도유지보수 작업의 적정성 연구, 한국철도학회 논문집 11(3), pp.334-341
3. 전일식 외 (2013) 도상자갈 품질 최적화에 관한 연구, 한국철도공사 연구원
4. 한국철도시설공단 (2014) KR C-14030 자갈궤도 구조
5. Alva-Hurtado, J. E. and Selig, E. T. (1981) Permanent strain behavior of railroad ballast, In Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Sweden, A.A.Balkema(ed.), Rotterdam, The Netherlands, 1, 543-546.
6. Ando, K. (1997), A study on Load-Carrying Structures and Its Design for Low-Maintenance Track on Earthworks. (in Japanese)
7. Atsushi Furukawa (2016) Recent Tendencies in ballasted track maintenance, Quarterly report of Railway Technical Research Institute, Vol. 57, No. 2, pp. 80-84.
8. Berggren, Eric (2009), Railway Track Stiffness Dynamic Measurements and Evaluation for Efficient Maintenance, Doctorial Dissertation, Royal Institute of Technology (KTH) Aeronautical and Vehicle Engineering Div. of Rail Vehicles SE-100
9. Berggren, Eric G., Li, Martin X.D., Spännar, Jan (2008), A new approach to the analysis and presentation of vertical track geometry quality and rail roughness, Wear, Vol. 265, Issues 9-10,, pp.1488-1496.
10. Bernhard Lichtberger (2005) Track Compendium Formation, Permanent Way, Mantenance, Economics, Eurail Press, Hamburg Germany, pp. 48-54.
11. Chrismer, S. M., Selig, E. T. (1994), Mechanics-Based Model to Predict Ballast-Related Maintenance Timing and Costs, Report No. R-863, SD-051, Association of American Railroads, 145
12. Dahlberg, T. (2001) Some railroad settlement models-a critical review, Proc. Instn Mech. Engrs, Part F: J. Rail and Rapid Transit, 215(F4), 289-300.
13. E. Berggren (2009) Railway Track stiffness: dynamic measurement and evaluation for efficient maintenance, Doctorial thesis, Royal Institue of Technolgy.
14. Erol Tutumluer , Narendra Ahuja, Maziar Moaveni, Mike McHenry, John M. Hart, Dave D. Davis (2016) Field Imaging Based Assessment of In-Service Ballast Condition, AREMA 2016, Proceeding.

15. Esveld, C. (2001), Modern Railway Track, 2nd ed., MRT- productions, Zaltbommel.
16. Hunt, G. A.(2000) EUROBALT optimises ballasted track, Railway Gazette International, pp.813-816
17. JR East Japan (2006), Maintenance of Low-Maintenance Track (Shiankansen).(in Japanese)
18. KRNA (2010), Handbook for Track Design, Korea Rail Network Authority.(in Korean)
19. KRNA (2012), Guidelines for Track Maintenance, Korea Rail Network Authority.(in Korean)
20. Sato, Y. (1995) Japanese studies on deterioration of ballasted track, Veh. System Dynamics, 24(Suppl.), 197-208.
21. Selig and Waters (1994), Track Geotechnology and Substructure Management, Thomas Telford, 1994
22. Yeong-Tae Choi, SungJinLee, SunghoHwang, SeongYupJang, Proceeding of Civil Engineering Conference in the ASIAN Region CECAR7, Hononolu, Hawaii, 2016
23. 한국철도공사, “2019년도 시설업무현황”, 시설기술-08-16149-01, 2019
24. 한국철도기술연구원, “철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상기술개발 연구개발계획서”, 2020
25. 이시빈 외, ” 전기선로전환기의 핵심기능 설계에 관한 연구 “, 한국철도학회 학술대회논문집, 2012
26. 유원희 외, ” 유압식 선로전환기의 진동수준에 따른 분기기 통과속도 기준 설정 연구 “, 한국철도학회 학술대회논문지, 2018
27. 유원희 외, ” 실험에 의한 유압식 선로전환기 진동수준 변화 “, 한국철도학회 학술대회논문지, 2017
28. 김용규, “고속용 노스가동분기기의 동정(Stroke) 계산 및 보상”, 한국철도기술 통권 35호, 2002.05
29. 김용규, “MJ81 전기선로전환기”, 한국철도기술 통권 33호, 2002.01
30. 윤병현 외, “고속분기기 노스가동크로싱의 성능 및 유지보수 효율화를 위한 개량방안에 관한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회논문집, 2014
31. 박재영, “전기선로전환기 유지보수 향상을 위한 모니터링 시스템의 연구”, 한국산학기술학회논문지 vol 10, 2009
32. 이종규 외, “유압식 선로전환기의 Cause-consequence 분석에 관한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2013

제2절 자문위원 명단

표 별첨-1. 철도 선로 핵심 보수장비 국산화 기술 개발 과제의 총괄기획위원 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	관	심보경	국토교통부 철도시설안전과	사무관
2	관	박준우	국토교통과학기술진흥원 기획6그룹	그룹장
3	산	강태구	케이에스엠기술(주) 기술연구소	소장
4	산	권세곤	한국철도공사 기술연구처	연구단장
5	산	정휘석	㈜유신	부회장
6	산	오영석	한국시설안전공단 건설사고조사위원회사무국	사무국장
7	학	심창수	중앙대학교 건설환경플랜트공학과	교수
8	연	김영진	한국건설기술연구원 인프라안전연구본부	본부장

표 별첨-2. 철도 선로 핵심 보수장비 국산화 기술 개발 과제의 분과위원 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	산	이기승	㈜서현기술단	부사장
2	산	김박진	동명기술공단	부사장
3	산	김운현	삼표레일웨이	상무
4	산	이성재	서울교통공사	부장
5	산	이방우	한국철도공사	장비소장
6	산	신영인	한국철도공사	차장
7	산	백인철	한국철도공사	과장

표 별첨-3. 철도 선로 핵심 보수장비 국산화 기술 개발 과제의 자문위원회 명단

연번	구분	성명	소속	직급
1	산	강태구	케이에스엠기술(주)	사장
2	산	권세곤	한국철도공사	연구단장
3	산	김운현	삼표레일웨이(주)	상무
4	산	노병국	㈜서현기술단	사장
5	산	이성재	서울교통공사	교수
6	산	이정술	한국철도공사	사업소장
7	관	정욱한	국가철도공단	부장
8	산	지현우	한국철도공사	사업단장

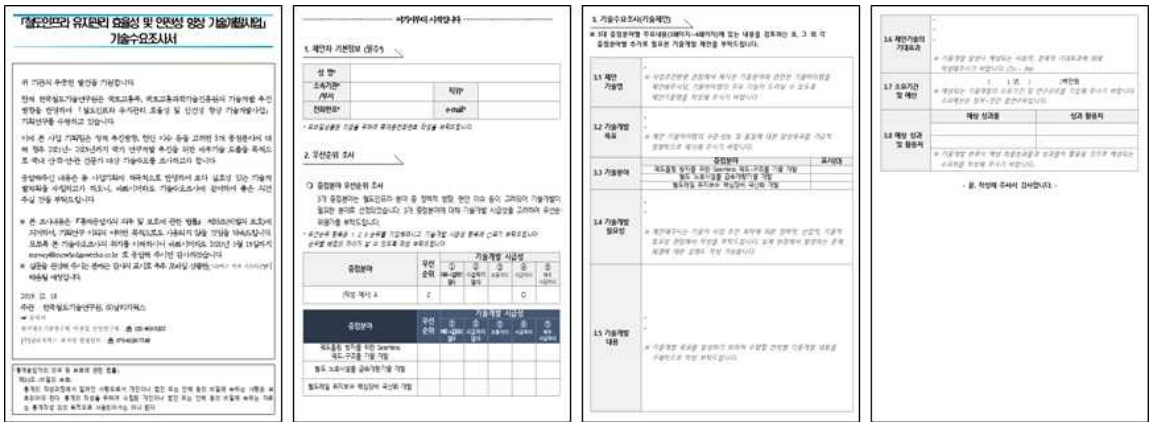
제3절 수요조사 결과

❑ **(조사 목적)** 기술수요조사를 통한 철도 궤도 유지보수를 위한 장비 기술개발 니즈를 파악

❍ 「철도 인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발사업」기획 연구 수행을 위해 현재 도출된 3개 중점분야*에 대한 연구개발 시급성/필요성 의견 수렴

* ① 궤도틀림 방지를 위한 Seamless 궤도-구조물 기술개발, ② 철도 노후시설물 급속개량기술 개발, ③ 철도레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발

❍ (조사 대상) 철도분야 관련 산업계, 학계, 연구계 등 전문가를 조사대상으로 하여 기술수요조사 시행



[그림 별첨-1] 기술수요조사서

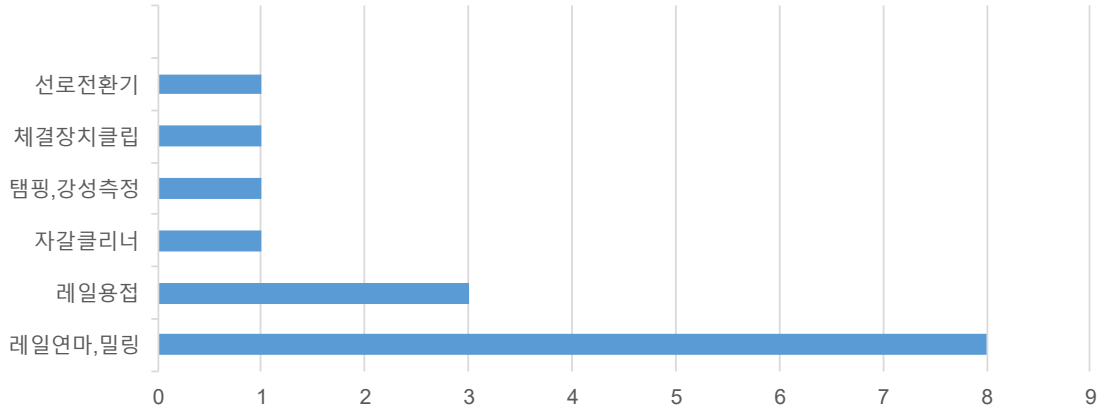
❑ (조사 결과) 총 14개의 기술수요가 발굴

❍ 기술수요조사결과에서도 국내 철도선로 유지보수 시장의 요구와 유사하게 기계식 장비, 자동화 장비, 소형화 장비에 대한 요구가 다수

❍ 기술수요조사결과에서는 현재 연마와 관련된 유지보수를 하지 않고 있는 분기기에서 연마가 가능한 연마장비와 소형자동연마장비에 대한 내용이 발굴

❍ 두 번째로는 레일용접장비에 대한 내용이 많았으며, 이동식 용접장비, 국산화 장비 등에 대한 내용이 회신됨

❍ 소형다짐기(탬핑 및 강성측정)와 선로전환기, 자갈클리너 등에 대한 내용 포함



[그림 별첨-2] 철도 레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발 분야 기술수요조사결과

<표 별첨-4> 철도 레일 유지보수 핵심장비 국산화 개발 기술수요목록 및 유사중복 조정

기 술 번호	제안기술명	조정방향	주요검토사항
C-2	자동레일연마장치 개발	C-2, C-3, C-4, C-6, C-8, C-9, C-10, C-13 통합	유사 통합
C-3	궤도레일보수를 위한 소형 연마장치국산화 기술		
C-4	분기기 연마장비개발		
C-6	레일관리효율성 향상을 위한 연마장비국산화 개발		
C-8	시장성을 고려한 철도레일밀링장비국산화 기술 개발		
C-9	분기기 수동연마기 or 자동연마기 개발		
C-10	레일 연마기준 정립방안 도출 - 선로유지관리지침(제24조) 개정		
C-13	레일 삭정차(연마 혹은 밀링) 국산개발		
C-7	장대레일품질 향상을 위한 이동식 스마트 레일용접시스템 개발	C-7, C-11, C-12 통합	유사 통합
C-11	장대레일용접장비국산화 개발		
C-12	현장 후레시버트(전기) 레일용접국산개발		
C-5	UIC60B 분기기용전기식 선로전환기 기술개발		현장에서의 유지보수작업에 가장 큰 애로사항
C-14	유지보수 장비 국산개발(도상클리너)		자갈갱환등에 필요한 장비로국산화 필요
C-15	소형다짐(트롤리형)장비		유지보수에서도 큰 비중을 차지하는 자갈다짐으로 국부다짐을 위한 소형다짐기는 현장에서 필요
C-1	철도 레일체결장치 클립의 피로 신뢰성 평가를 통한 최적설계 및 유지관리체계 제안		체결장치유지보수는 전체 유지보수에서 차지하는 비중이 크지 않아 제외

1. 개발 필요 장비(안) 도출

❑ 국내외 철도정책 및 시장동향, 국내 궤도유지보수 운영현황분석 및 철도전문가 그룹의 기술수요조사에 의해서 다음과 같은 장비의 개발 필요성이 제시되어 4개 도출

- ❍ 중소형 궤도다짐장비 및 강성측정장비
- ❍ 중소형 도상흡입식 클리너
- ❍ 레일연마장치
- ❍ 이동식 레일용접장비

2. 전문가 검토 및 우선순위 평가

❑ 도출된 개발 필요 장비(안)에 대한 전문가 검토 및 우선순위 평가를 위하여 분과위원회 운영

- ❍ (목적) 국내 철도 궤도 유지보수를 위해 요구되는 4종 장비 기술개발 중 개발의 필요성, 국산화 필요성, 성공가능성, 사용빈도 등의 자문을 통해 기술개발 우선순위 결정
- ❍ (참여 전문가) 산업계* 및 운영기관** 전문가, 기획 연구진

  * (주)서현기술단, 동명기술공단, 삼표레일웨이

  ** 한국철도공사, 서울교통공사

- ❍ (가중치) 각 장비별로 우선순위 평가 항목에 대해 질의를 하였으며, 현 과제의 목표를 [레일유지보수 핵심장비 국산화 개발]로 맞추고 있는 점을 감안하여, 평가 항목별 가중치를 두어 평가 결과를 합산

<표 별첨-5> 우선순위 평가 항목

우선순위 평가 항목	주요 내용	가중치
장비 개발의 시급성/필요성	■ 기술개발성과물인 해당 장비가 현장에서 궤도 유지보수 작업 시 활용될 경우 현 상황에 발생하는 문제/이슈를 해결할 수 있는가?	30
향후 예상 수요 및 사용빈도	■ 기술개발성과물인 해당 장비가 향후 국내 및 국외 철도산업에서 활용도가 높은가? ■ 현장에 적용되었을 때 충분한 수요를 창출할 수 있는가?	20
장비의 국산화 필요성	■ 국내 궤도 유지보수 작업 시 외산 장비의 적용으로 발생하는 시간 및 비용, 업무 효율 관점에서의 문제점을 기존 대비 해소할 수 있는가? ■ 장비 국산화로 국내 철도 궤도 유지보수 시장의 기술 역량을 향상시킬 수 있는가?	30
장비 개발의 성공 가능성	■ 사업 기간 내에 현재 해당 분야의 과학기술 수준을 고려할 때 목표한 기술적 목표 수준까지 개발이 가능한가?	20
합계		100

❑ 전문가 의견 수렴 주요 결과

❍ 레일연마장비의 경우 소형장비의 개발시 활용도가 크지 않고 대형 연마차를 개발하는 것이 활용도가 높을 수 있음

❍ 지하철의 경우 환경적인 문제로 밀링차, 머신의 개발이 필요

❍ 플래시버트 용접로 현장 가스압접용접을 대체하는 것이 성공가능성은 높으나, 궤도선상에서의 테르밋용접방법을 플래시버트 용접으로 대체할 경우 레일재설정까지 같이 될수 있는 장점이 있음

❍ 철도안전을 위해 열차상간 작업이 불가능하기 때문에 유지보수작업 시간이 절대적으로 부족하기 때문에 기계화, 자동화는 필요

❍ 특히, 궤도다짐기의 경우 소형장비개발을 통해 효과적인 유지보수작업이 가능

❍ 도상클리너의 경우에는 국산화 개발할 경우 경쟁력이 없음

[그림 별첨-3] 레일유지보수 핵심장비 개발 기획 분과위원회 운영

<표 별첨-6> 우선순위 평가 결과

장비	평가 항목	점수	가중평균	순위
중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비	장비 개발의 시급성/필요성	29	28.6	1
	향후 예상 수요 및 사용빈도	27		
	장비의 국산화 필요성	29		
	장비 개발의 성공 가능성	29		
레일 연마 장비	장비 개발의 시급성/필요성	26	22.8	3
	향후 예상 수요 및 사용빈도	22		
	장비의 국산화 필요성	22		
	장비 개발의 성공 가능성	20		
이동형 레일 용접 장비	장비 개발의 시급성/필요성	28	28.1	2
	향후 예상 수요 및 사용빈도	29		
	장비의 국산화 필요성	29		
	장비 개발의 성공 가능성	26		
중소형 도상클리너	장비 개발의 시급성/필요성	25	21.1	4
	향후 예상 수요 및 사용빈도	21		
	장비의 국산화 필요성	18		
	장비 개발의 성공 가능성	20		

❑ 최종 기술개발 대상 장비는 ① 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비와 ② 이동형 레일 용접 장비로 선정

❍ 전문가 의견 수렴을 통한 우선순위 평가 결과, 장비 개발의 시급성 및 필요성, 국산화 필요성에서 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비가 가장 높은 점수를 획득

❍ 이동형 레일 용접장비의 경우 향후 예상 수요 및 사용빈도와 국산화 필요성에서 가장 높은 점수를 획득

❍ 전체 순위로도 1위 중소형 국부다짐장비 및 강성측정장비, 2위 이동형 레일 용접 장비로 우선순위 상위로 선정되어, 예산 및 연구기간을 고려하여 2가지의 장비 개발 기획으로 방향을 확정함

제4절 세부과제별 과제제안요구서(RFP)

연구과제명	자동화로 운용인력이 필요없는 자갈궤도 다짐장비 핵심기술 개발

1. 연구개발 목표

- ㅇ 무인화로 차단시간 내 100m 이상 작업 가능한 소형 국부다짐장비 핵심기술(자동 다짐위치 선정 기술, 연속주행기술) 개발
- ㅇ 유지보수 효율화를 위한 강성측정장비 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- ㅇ 철도시설의 체계적인 유지관리를 위한 관련 법 제·개정에 따라 궤도를 포함한 철도시설의 정기점검, 정밀진단, 성능평가를 수행하도록 의무화되고 있으며, 관련 법정계획이 수립되어 유지관리 대한 정책적 방향이 구체화되고 있음
  - 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」(2018.3.13. 개정)
  - 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」(2018.12.31. 제정)
- ㅇ 또한, 「소재·부품·장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법」(2019.12.31.)에 따라 장비 관련 중소기업 육성 장려 및 장비산업에 대한 국내 경쟁력 확보 방안을 마련 중
- ㅇ 밀양역 인적사고(2019.10.22) 이후 운행선 작업자 사상사고에 대한 근본적 예방 대책을 마련하고자 유관기관에서 노력 중
- ㅇ 이에 따라 철도 궤도 유지보수 인력 작업의 효율성, 안전성 확보 및 부족한 차단시간 내 작업을 진행하기 위한 유지보수 작업 기계화, 자동화, 효율화에 대한 요구가 증대하고 있어, 이를 반영한 철도 궤도 유지보수 장비 개발이 필요

□ 국내 시장 및 유지보수 작업 동향

- ㅇ 철도 고속화사업으로 인한 선로연장 및 운행횟수, 속도 증가가 지속될 전망
  - 경부고속선은 호남고속철도와 수서고속철도 개통으로 연간 3천만톤, 평택-오송구간은 4천만톤(SR개통이전 기준 47% 증가) 증가
  - 고속철도뿐만 아니라 주요 간선철도에서도 열차운행속도 향상이 계획됨
- ㅇ 국내 운영중인 일반선과 고속선 전체 궤도 연장 중 82.3%가 자갈궤도로 운영
  - 초기 공사비가 저렴하고, 다양한 조건에도 적용이 가능하여 자갈궤도의 비중이 높은 상황
- ㅇ 이러한 국내 철도 운영 현황에 따라 궤도 유지보수 작업은 지속적으로 증가될 것으로 전망되며 궤도 유지보수 작업 효율화 대책이 요구

- 국내 철도 유지보수에 매년 3천억원 이상의 예산이 투입되고 있으며, 궤도 유지보수 예산 중 인건비 비중이 54%를 차지
- 인력 기반 유지보수 작업에 따라 유지보수 품질 및 효율 저하, 안전사고의 위험성이 높음
- 인력 방식의 유지보수에서 기계화, 자동화, 안전성 제고의 유지보수 방향이 변화함에 따른 방안 마련이 시급

o 국내 자갈궤도 유지보수 장비 운반장비인 모터카를 제외한 보수장비, 검측장비 관련 장비는 해외에서 수입하고 있는 실정이며, 해당 장비의 내구연한이 도래한 상황
- 장비구입 후 20년을 기준으로 한국철도공사의 경우 외산장비의 45%가 16년 이상의 내구연한이 도래

o 국내 작업 환경에 적합한 유지보수 장비 개발 또는 해외 장비의 국산화 기술력 확보가 필요

□ **자갈궤도 다짐(유지보수) 장비 운용 현황**

o 짧은 구간에 대한 궤도틀림 정정작업 수요가 많아 기동성과 유연성이 낮은 기존 다짐장비(MTT) 적용의 한계가 있음
- 단위궤도연장(1km) 당 누적유지보수(탬핑) 연장: 0.86km(장비), 0.27km(인력)
- 단위궤도연장(1km) 당 누적유지보수(탬핑) 횟수: 2.8회(장비), 20.6회(인력)

o 인력다짐은 다짐효율과 품질이 낮아 불량개소를 더욱 악화시키며, 작업자 선로진입으로 안전사고 위험성이 높음
- 밀양역 사고(1명사망, 2명 부상) 등 2013-2017년 20여건의 사상사고 발생
- 고령화와 3D 업종 기피 현상으로 유지보수 인력 감소 추세 (철도공사 신입직원중 1년이내 이직률 20.8% (2017년 기준, 철도공사)
- 완전한 무인화로 유지보수 인력감소 및 자갈궤도 유지보수 작업으로 인한 인명사고 최소(zero)화 필요

o 사후대처식의 단순 궤도틀림정정작업으로 궤도품질 악화로 유지보수 주기 단축
- 경부고속선 1단계 51개소 중점관리개소 지정. 불량개소 선형정정 주기 2-3일 이내
- 자갈궤도 궤도틀림(궤도열화)에 대한 근본적인 원인 규명에 따른 체계적이고 과학적인 유지보수 기법 부재

o 소형 자갈궤도 다짐장비의 필요성이 증대되어 현재 12대(223억원 규모, 2021.07 납품예정) 구입 절차를 진행 중이며, 중국에서 제작되는 것으로 알려짐
- 소형다짐장비라고 불리지만 전장 19.25m, 중량 41ton으로 중대형 다

짐장비 수준임. 따라서 국부다짐을 위한 효율적인 운용이 어려울 것으로 예상됨

- o 다짐장비와 자갈궤도(자갈입자)의 노후화로 자갈궤도 유지보수를 위한 관련 장비 수요량은 증가할 것으로 예상됨
- o 인력다짐을 대체할 수 있고, 높은 다짐효율을 갖는 국부다짐용 소형다짐장비 개발 필요

□ 기술동향

□ 국내 기술 동향

- o 국내에서는 급속경화를 위한 자갈포설후, 자갈호퍼카 등의 운행안전을 확보하기 위한 탬핑(다짐)유닛 개발 설계가 있었으나 내구성과 다짐효율 향상 등 현장 적용을 위한 추가 연구가 필요
  - 단편적인 다짐유닛 연구개발로 국외수준에 비해 낮은 기술 수준
- o 국내에서도 비파괴탐사기법을 활용하여 자갈궤도 상태를 평가하고자 하는 노력이 있었음
- o 체계적인 원인규명, 축척된 궤도틀림 등의 데이터 활용에 대한 연구는 미미하며 일부 연구도 초기단계임
  - 국내 자갈특성에 대한 연구없이 해외에서 적용되는 유지보수와 장비운용방법을 그대로 적용
- o 따라서 자갈궤도 선형정정과 다짐효율향상을 위한 기법과 장치개발이 필요

□ 국외 기술 동향

- o 자갈궤도 열화메카니즘 규명에 대한 연구는 전세계적으로 진행되고 있으나, 실제 적용까지 이어진 사례는 미미함
- o 자갈궤도 궤도틀림정정 장비는 유럽철도선진국의 몇몇 대형보선장비업체가 기술을 선도하고 있으며, 중대형 다짐장비(MTT) 제작과 보급을 사실상 독점하고 있음
  - 자갈궤도 다짐장비의 경우 Plasser & Theurer사가 전세계 시장의 90% 이상을 점유하고 있음
- o 중국은 철도시장 팽창과 더불어 Plasser & Theurer로부터 기술이전을 받아 자체적으로 MTT 제작을 시작하였으며, 상용품 생산중
  - 국내에서 발주한 소형다짐장비 12대도 중국에서 제작 중인 것으로 알려짐
- o 다짐효율을 향상을 위한 탬핑타인형상, 다짐 진동수 등의 다짐효율 최적화연구가 수행되고 있음
- o 다짐자동화를 위한 초기 연구와 연속다짐기술(일명 Satellite 기술)을 구현하였으나, 상용화된 무인화·자동화 다짐장비는 없음
- o 또한 선형정정(궤광양로 및 궤도선형 측정)과 다짐을 동시에 수행할 수 있는 소형장비개발은 부재

3. 연구개발 내용

□ **자갈궤도 다짐(유지보수) 효율화 기술 개발**

- ㅇ 우리나라 자갈재료(형상, 물성, 입도)에 적합한 다짐 효율 향상 연구
  - 실내시험과 수치해석(개별요소법)을 통한 효율화 연구
  - 국내 자갈현황에 적합한 탬핑타인 형상 연구
  - 자갈입자 열화 특성 연구
  - 탬핑유닛 설계 최적 사양 (탬핑타인 형상, 탬핑 깊이, 진동수 등)
- ㅇ 국내 자갈도상 재료의 파쇄와 마모특성 연구
  - 마모도 정량화 연구
  - 초기 안정화 향상 연구
- ㅇ 소형장비다짐후 초기 안정화 향상 기법 연구
  - 국내 자갈도상에 적합한 안정화기법 연구 (예: DTS, Compactor 등)

□ **자동화 · 무인화를 위한 자갈궤도 다짐모듈 개발**

- ㅇ 필요 사양 정립
  - 소형다짐장비 사양 도출 및 설계
  - 궤도선형측정 측정 기술 개발
- ㅇ 국부다짐 구간 선정 기술 개발
  - 강성과 궤도틀림기반 국부다짐 다짐구간 최적화 기술 개발
- ㅇ 궤광 양로 모듈 개발
  - 선형측정 기반 최적 양로량 산정기법 개발
  - 궤광리프팅 제어 알고리즘 개발
- ㅇ 다짐 자동화 기술 개발
  - 탬핑위치(침목위치) 선정 자동화 기술 개발
  - 연속 다짐기술 개발 (Satellite 기술 개발)
- ㅇ 탬핑유닛 기술 개발
  - 최적탬핑기법 연구 (진동수, 탬핑타인 압입 깊이와 시간 등)
  - 탬핑유닛 설계·제작

□ **자갈궤도 유지관리 효율화 기법 및 강성측정장치 개발**

- ㅇ 궤도강성 측정 장치 개발
  - 궤도강성 측정 장비 사양 및 설계
  - 궤도강성 측정 장치 제작
- ㅇ 궤도강성 기반 유지보수 기법 연구
  - 데이터기반 유지보수 위치선정
  - 탬핑구간 선정 기법 개발: 선형 및 강성 기반
- ㅇ 유지보수(탬핑) 후 품질관리 기법 개발
  - 탬핑 후 품질관리 방안 : 선형 및 강성 측정으로 품질 확보

- 데이터 축척을 통한 최적화 방안 제시

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

□ 산 · 학 · 연 협의체 구성

ㅇ 철도유지관리 주체(철도공사, 도시철도) 유지관리 전문가와 실무자 의견 수렴

- 인력다짐을 대체하기 위한 소형다짐장비의 요구 사양 도출
- 철도공사와 도시철도의 자갈궤도 유지관리 체계 분석
- 야간 차단시간동안 효율적인 장비운용 방안에 적합한 소형다짐장비 사양 도출
- 자갈다짐 메카니즘 규명을 통한 최적의 탬핑 조건 제시

□ 개발장비 신뢰성 확보를 위한 종합시험선로 활용

ㅇ 오송종합시험선로를 통한 개발 장비의 성능 검증

- 개발 모듈(탬핑모듈과 양로모듈)을 기존 국가 연구과제에서 개발·제작한 궤도리프팅차량(TLV, Track Lifting Vehicle) 등의 보선장비에 장착하여 오송종합시험선로에서 성능검증
- 이를 통하여 자갈궤도 다짐품질 및 신뢰도 확보
- 오송종합시험선로에서 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료 후 상용화 제품 제작이 가능하도록 연구를 추진

ㅇ 국내 기술로 개발한 장비의 고도화로 실용화 기술 창출

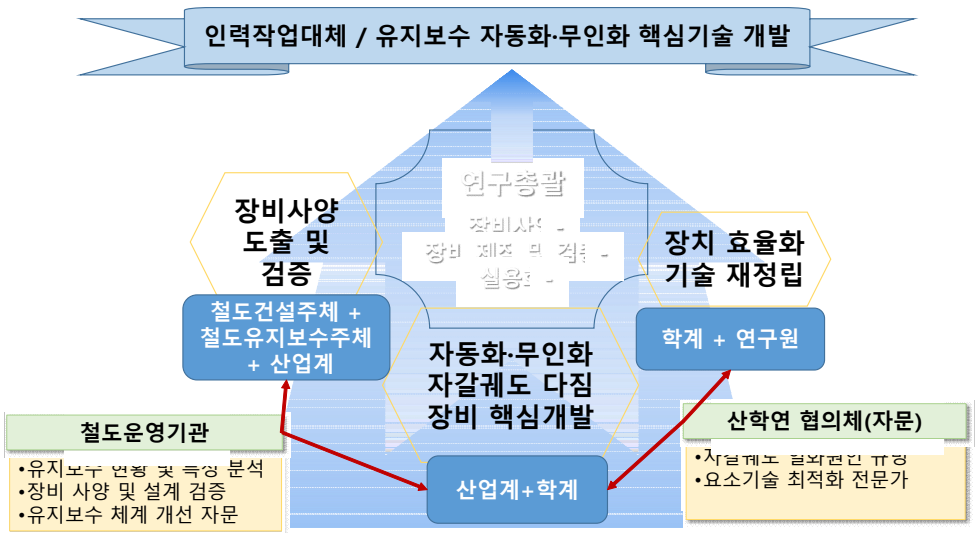
- 기존 장비를 활용한 다양한 조건에 대한 현장 실험
- 최적 장비 세부사양 및 개선방안 도출
- 내구성 향상 방안 도출

□ 현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보

ㅇ 철도 운영 및 유지관리주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

- 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축
- 모니터링 체계구축

□ 추진체계



5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

- o 자동화·무인화 국부다짐용 소형다짐 핵심 모듈
- o 자갈궤도 강성측정 장치
- o 자갈궤도 유지보수 효율화 기법 및 방안

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

- o 궤도 유지보수 환경변화를 선도할 수 있는 기반 구축
- o '철도의 건설 및 철도시설물 유지관리에 관한 법률'에서 지정하는 궤도성능평가를 위한 대안으로 제시

□ 경제적 효과

- o 소형다짐장비 국산화로 수입대체 효과 (20억/대 → 15억/대)
- o 궤도강성 기반 유지보수(궤도틀림정정) 과학화로 유지보수 주기 증가
- o 소형장비 보급으로 인력대체(인력다짐 8명/1조 → 2명/1조)
- o 다짐장비 모듈별 개발로 기존 장비 부품 수입대체 효과

□ 사회적 효과

- o 궤도틀림 저감으로 승차감 향상을 이루어 열차이용고객 만족도 향상
- o 궤도품질이 향상되어 유지보수 감소하고, 열차서행구간이 줄어 정시성 향상

7. 연구개발기간 및 소요예산

- o 총 연구기간 : 5년
- o 총 정부출연금 : 95억원

□ 연차별 소요예산(국고 기준)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차 년도)	○ 다짐 효율화 기술 개발 - 국내외 자갈궤도 다짐 및 열화 연구동향 분석 - 자갈도상 거동 DEM 모델링 및 contact 모델 개념 정립 - 다짐후 초기안정화 영향인자 분석	문헌조사 및 연구동향	500
	○ 자갈궤도 다짐모듈 개발 - 선형측정기술 문헌 조사 및 활용방안 정립 - 다짐 자동화기술 문헌 및 현황 조사·분석 - 양로모듈과 자동화모듈 필요 사양 정립 - 양로모듈과 자동화모듈 개념 설계	장비사양서	900
	○ 자갈궤도 유지관리 효율화와 강성측정장치개발 - 강성측정장치 국내외 문헌조사 및 사양 정립 - 궤도틀림과 궤도강성 데이터 수집 및 기본 분석	강성측정 장치 사양서	600
	소 계		**2,000**
2023년 (2차 년도)	○ 다짐 효율화 기술 개발 - DEM 탬핑 모사 모델링 개발 - 다짐도 향상 기법 제시 (Tine형상 등) - 자갈입자 마모도 평가기법	DEM 모델 및 기법	500
	○ 자갈궤도 다짐모듈 개발 - 탬핑유닛 자동화·무인화 모듈 설계 - 선형측정 및 양로량 산정 알고리즘 개발 및 설계	선형측정과 양로시스템 설계서	900
	○ 자갈궤도 유지관리 효율화와 강성측정장치개발 - 강성측정장비 설계 - 궤도강성에 기반한 자갈도상 유지보수 기법 방향 정립	강성측정 장치 설계서	600
	소 계		**2,000**
2024년 (3차 년도)	○ 다짐 효율화 기술 개발 - 탬핑 타인 형상 최적화 - 다짐도 향상 기법 실내 및 현장 실험	다짐도 향상기법	500
	○ 자갈궤도 다짐모듈 개발 - 선형측정 및 양로시스템 제작 - 탬핑유닛 자동화·무인화 모듈 제작	양로 및 탬핑 모듈	1,400
	○ 자갈궤도 유지관리 효율화와 강성측정장치개발 - 강성측정장치 제작 - 강성과 궤도틀림기반 유지보수 체계(안) 개발	강성측정 장치 (시작품)	600
	소 계		**2,500**
2025년 (4차 년도)	○ 다짐 효율화 기술 개발 - 다짐도 향상기법 시뮬레이션 고도화 - 자갈도상 침하 메카니즘 규명	DEM 시뮬레이션 기법 고도화	450
	○ 소형다짐장비개발	양로 및	1,000

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	- 선형측정 및 양로시스템 제작 완료 - 탬핑유닛 자동화·무인화 모듈 제작 완료 - 야드 시험을 통한 성능 검증	탬핑 모듈 (시작품)	
	○ 자갈궤도 유지관리 효율화와 강성측정장치개발 - 강성측정장치 제작완료 및 검증 - 강성과 궤도틀림기반 유지보수 체계(안) 적용성 평가	강성측정 장치 (시작품)	550
	소 계		2,000
2026년 (5차 년도)	○ 다짐 효율화 기술 개발 - DEM 시뮬레이션 검증 - 다짐도 향상을 통한 초기 안정화기법 제시	초기 안정화 기법	200
	○ 자갈궤도 다짐모듈 개발 - 현장(시험선, 운영선) 시운전을 통한 성능 검증 - 소형다짐장비 개선 및 고도화	소형다짐 장비 고도화	500
	○ 자갈궤도 유지관리 효율화와 강성측정장치개발 - 강성측정장치 시운전 및 고도화 - 강성과 궤도틀림기반 유지보수 체계(안)	유지보수 체계(안)	300
	소 계		1,000
합 계			9,500

8. 기타

연구과제명	레일 재설정이 가능한 저전력·고효율 이동식 플래시버트 용접 장비 개발

1. 연구개발 목표

- o 300kVA급 이동식 플래시 버트 용접 기술 개발
- o 단차 0.3mm 이내 용접부 표면처리 및 80℃ 품질검사 기술개발
- o 레일 용접 관련 기준 개정(안)

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

□ 국내 정책 동향

- o 철도시설의 체계적인 유지관리를 위한 관련 법 제·개정에 따라 궤도를 포함한 철도시설의 정기점검, 정밀진단, 성능평가를 수행하도록 의무화 되고 있으며, 관련 법정계획이 수립되어 유지관리 대한 정책적 방향이 구체화되고 있음
  - -「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」(2018.3.13. 개정)
  - -「지속가능한 기반시설 관리 기본법」(2018.12.31. 제정)
- o 또한, 「소재·부품·장비산업 경쟁력 강화를 위한 특별조치법」(2019.12.31.)에 따라 장비 관련 중소기업 육성 장려 및 장비산업에 대한 국내 경쟁력 확보 방안을 마련 중
- o 밀양역 인적사고(2019.10.22) 이후 운행선 작업자 사상사고에 대한 근본적 예방 대책을 마련하고자 유관기관에서 노력 중
- o 이에 따라 철도 궤도 유지보수 인력 작업의 효율성, 안전성 확보 및 부족한 차단시간 내 작업을 진행하기 위한 유지보수 작업 기계화, 자동화, 효율화에 대한 요구가 증대하고 있어, 이를 반영한 철도 궤도 유지보수 장비 개발이 필요

□ 국내 시장 및 유지보수 작업 동향

- o 철도 고속화사업으로 인한 선로연장 및 운행횟수, 속도 증가가 지속될 전망
  - - 경부고속선은 호남고속철도와 수서고속철도 개통으로 연간 3천만톤, 평택-오송구간은 4천만톤(SR개통이전 기준 47% 증가) 증가
  - - 고속철도뿐만 아니라 주요 간선철도에서도 열차운행속도 향상이 계획됨
- o 국내 운영중인 일반선과 고속선 전체 궤도 연장 중 82.3%가 자갈궤도로 운영
  - - 초기 공사비가 저렴하고, 다양한 조건에도 적용이 가능하여 자갈궤도의 비중이 높은 상황
- o 이러한 국내 철도 운영 현황에 따라 궤도 유지보수 작업은 지속적으로 증가될 것으로 전망되며 궤도 유지보수 작업 효율화 대책이 요구
  - - 국내 철도 유지보수에 매년 3천억원 이상의 예산이 투입되고 있으며,

궤도 유지보수 예산 중 인건비 비중이 54%를 차지

- 인력 기반 유지보수 작업에 따라 유지보수 품질 및 효율 저하, 안전사고의 위험성이 높음
- 인력 방식의 유지보수에서 기계화, 자동화, 안전성 제고의 유지보수 방향이 변화함에 따른 방안 마련이 시급

ㅇ 국내 자갈궤도 유지보수 장비 운반장비인 모터카를 제외한 보수장비, 검측장비 관련 장비는 해외에서 수입하고 있는 실정이며, 해당 장비의 내구연한이 도래한 상황

- 장비구입 후 20년을 기준으로 한국철도공사의 경우 외산장비의 45%가 16년 이상의 내구연한이 도래

ㅇ 국내 작업 환경에 적합한 유지보수 장비 개발 또는 해외 장비의 국산화 기술력 확보가 필요

□ 국내 장대레일 용접 현황

ㅇ 국내 장대레일의 연장은 총 부설연장 대비 매년 증가 추세이며 레일절손 취약 개소인 레일용접부 개소 역시 증가

- 국내 총 부설된 레일용접부 64.5만 개소, 인력작업으로 수행되는 현장 테르밋 용접부에서 가장 많은 절손이 발생

ㅇ 또한 대규모 궤도 교환 작업 등을 고려했을 때 현장 용접 개소의 증가가 불가피한 실정임

ㅇ 지속적인 레일 절손현상 발생으로 인한 선로장애 발생을 최소화하기 위해 철저한 장대레일 관리가 필요하며, 특히 레일용접부 관리가 중요함

- 2013년~2017년 사이 연평균 57.8건의 운행선 레일 절손 장애 발생, 이 중 선로 장애로 이어진 것은 연평균 1.4건

ㅇ 장대레일의 절손은 70%이상 용접부에서 발생하였으며, 이중 66%가 테르밋 용접부에서, 30%가 가스압접부에서 발생함. 테르밋 용접과 가스압접을 대체할 수 있는 우수한 품질의 현장 용접 장비 개발이 필요함

- 절손 부위 : 용접부(205건, 70.9%), 레일중간부(43건, 14.9%), 이음매부(23건, 9.7%)
- 레일 절손 205건 중 테르밋용접부(136건, 66.3%)와 가스압접부(63건, 30.7%)
- 테르밋 용접은 용접방법이 단순하며, 장비가 간단하고 다른 용접에 비해 설비가 경량화되어 장대레일의 현장용접으로 사용되고 있으나, 용접작업시 기상조건, 용접공의 숙련도에 따라 용접 품질의 좌우되어 결함발생 가능성이 높음

□ 기술동향

□ 국내 기술 동향

ㅇ 국내 장대레일 제작은 1차 용접(공장제작) 시 작업능률이 높고 접합부의 신뢰성이 우수한 플래시 버트 용접과 가스압접이 시행되고 있음

- 2~3차 용접(현장제작) 시에는 레일을 이동시키지 않고 접합시키는 테

르밋 용접이 주로 이용됨

- ㅇ 국내의 플래시버트 용접은 한국철도시설공단 오송기지에서 공장내 300m 장대레일 생산 시에 주로 사용되며 이를 화차에 싣고 현장으로 이동하여 테르밋 용접을 수행함
- ㅇ 공장제작 플래시버트 용접은 테르밋 용접에 비하여 제작시간이 절반 이하로 짧고, 용접품질이 우수하기 때문에 전세계적으로 많이 사용되고 있으나, 현장 용접 시 사용되는 것에는 한계점이 있음
  - 레일간 단부에서 아크를 발생시키기 위한 접촉과 단락을 반복해야 함
  - 레일을 충분히 가열한 후, 레일을 10mm이상 정밀하게 압입을 해야하는 일정한 압력과 전력 필요
  - 레일 압입 시 양단부의 직진도에 대한 정밀제어 필요
- ㅇ 테르밋 용접에 사용하는 용재의 경우 전량 수입에 의존하고 있어, 매년 제조사의 구입단가 상승에도 불구하고 구매해야 하는 시장이 형성되어 있음
- ㅇ '레일용접관련지침 제6장 플래시벗용접'에 제시된 레일종별, 예열회수, 플래시량, 가입량, 용접시간은 공장용접에 따른 기준으로 현장용접을 위한 최적의 시공방법 도출이 필요함
- ㅇ 레일용접 품질에 대한 과학적이고 실질적인 비파괴검사방법이 필요함(비파괴검사기법의 신뢰도 향상을 위해서는 많은 양의 누적된 데이터와 분석이 요구됨)
  - 레일용접부 품질검사를 위해 별도의 시험편을 제작하여 실시되는 시험은 용접공의 기술력을 평가하는 것으로 현장용접조건과는 매우 상이하여 실제적인 레일용접 품질 확보에 어려움이 있음
- ㅇ 플래시버트 현장용접의 조건에 따른 용접부 강도 및 품질(균열발생률 등)과 잔류응력에 대한 연구를 통해 상관관계를 도출하여 최적 플래시버트 현장용접 기술 확보가 필요함
- ㅇ 따라서 이동식 플래시버트 용접장비를 현장에 적용하기 위해서는 장비의 이동성과 전력 소모량, 정밀 제어 등의 문제를 해결해야 하며, 용접부 품질 확보를 위한 검사방법 및 관리기준 수립에 대한 연구가 필요함

□ 국외 기술 동향

- ㅇ 일정 길이의 레일을 생산하여 공장에서 플래시버트 용접을 수행한 후 현장에 이송하여 별도의 용접을 통해 장대레일을 부설하는 부분은 국내와 동일함
  - 다만 기본레일의 길이와 현장 이송 레일의 길이 등은 나라별로 차이가 있으며, 현장 용접 방법도 조금씩 차이가 있음
- ㅇ 일본에서의 용접부 1,000개소/년 중 테르밋 용접 손상이 전체의 85% 차지하며 시간경과에 따라서 불량률도 급격히 증가하는 것으로 나타나, 테르밋 용접의 문제 역시 동일하게 나타나는 것으로 확인됨
- ㅇ 국외의 이동형 플래시버트 용접장비는 Schlatter(스위스), Holland(미국),

CARS(중국)를 주축으로 개발이 진행되고 있으나, 다음과 같은 한계를 보유

- 용접 표면 및 내부 품질검사 기능 부재
- 작업 종료 후 용접부 별도 인력 연마시행 필요
- 대형 발전기를 필요로 하고 있어 대부분 중형 장비
- 3상 정류식 제어 아날로그 방식으로 제어기술 한정

3. 연구개발 내용

□ **플래시버트 현장용접 기술 개발**

- o 유압식 레일 정밀 조정 기술 개발
- o 저전력 플래시버트 용접 기술 개발
- o 발전설비 효율화 기술 개발
- o Testbed 시험 및 장비 보완

□ **레일용접부 정밀 표면처리 기술 개발**

- o 레일용접부 표면처리 적정 기술 선정
- o 레일용접부 표면처리 장비 설계 및 제작
- o 레일용접부 표면처리 장비 성능 인증
- o Testbed 시험 및 장비 보완

□ **레일용접부 품질검사 기술 개발**

- o 레일용접부 표면 직진도 검측 기술 개발
- o 레일용접부 내부 품질 검측 기술 개발
- o 레일용접부 잔류응력 측정장비 개발

□ **플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시**

- o 플래시버트 레일용접부 성능요구조건 분석
- o 플래시버트 용접조건에 따른 용접품질 분석(실내시험)
- o 플래시버트 현장용접 가이드라인(용접조건) 제시
- o 플래시버트 용접장비 및 품질검사기술의 Testbed 적용 및 Feedback
- o 선로유지관리지침 및 레일용접관련지침 개정(안) 제시(플래시버트 용접조건, 용접부 품질검사)

□ **이동식 플래시버트 용접 장비 개발**

- o 플래시버트 현장용접 기술간 I/F 최적화
- o 자주식(견인식) 이동 설비 설계 및 제작
- o 이동식 플래시버트 용접 장비 시험운행 및 보완
- o 이동식 플래시버트 용접 장비 성능인증

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략 □ **산·학·연 협의체 구성**

o 철도 유지관리 주체(한국철도공사, 도시철도공사) 유지관리 전문가와 실무자 의견 수렴 및 반영

- 학계/연구계와의 기초/공동연구로 저전력/고효율 발전장치 설계
- 산업계와 연계하여 레일 인장과 관련하여 재설정이 가능한 용량의 인장력 도입 필요
- 레일 재설정 담당자들과의 협조를 통해 재설정 작업과 이동식 플래시버트 용접을 접목시킬 수 있는 관리 방안 도출 필요

□ **개발장비 신뢰성 확보를 위한 종합시험선로 활용**

o 오송종합시험선로를 통한 개발 장비의 성능 검증

- 현장 적용을 위해 시험선에서 충분한 테스트를 거쳐 용접의 품질 및 신뢰도 확보
- 오송종합시험선로에서 현장적용 시험을 수행하여, 지속적인 개선과 검증으로 연구완료후 상용화 가능한 제품 제작을 가능하도록 연구를 추진

o 국내 기술로 개발한 장비의 고도화로 실용화 기술 창출

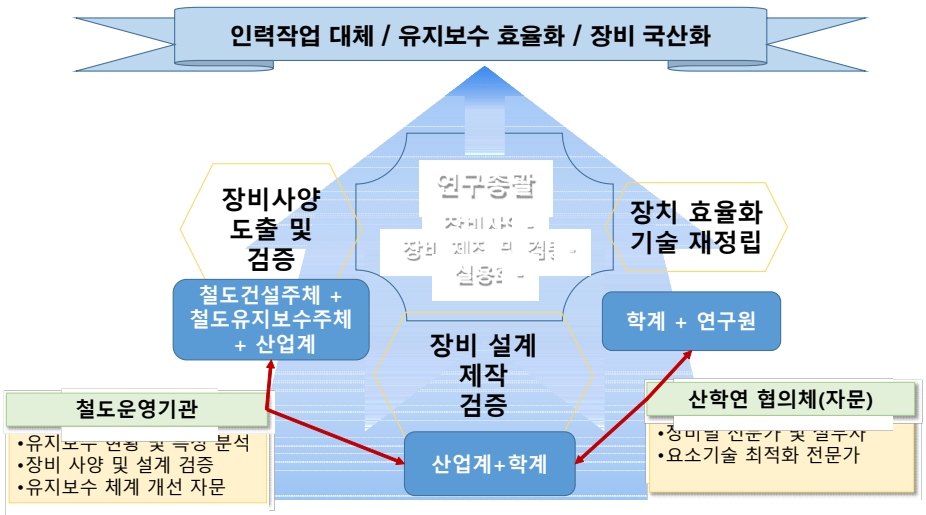
- 기존 장비를 활용한 다양한 조건에 대한 현장 실험
- 최적 장비 세부사양 및 개선방안 도출
- 내구성 향상 방안 도출

□ **현장성능시험 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보**

o 철도 운영 및 유지관리 주체의 긴밀한 협조를 통한 현장성능평가

- 제품 현장평가를 위한 테스트베드 구축
- 모니터링 체계구축

□ 추진체계



5. 최종성과물

□ 주요 최종 성과물

o 이동식 플래시버트 용접 장비

o 레일용접부 표면처리 장비

o 레일용접부 품질검사 장비

o 플래시버트 현장용접 가이드라인

o 관련 기준 개정(안)

6. 기대효과 및 파급효과

□ 정책적 효과

- ㅇ 장비 분야 중소기업 육성 및 철도 궤도 유지보수 장비 국산화에 기여
- ㅇ 인재사고 근절을 위한 인력작업의 장비 작업화

□ 경제적 효과

- ㅇ 기존 가스압접 또는 테르밋 용접 대비 정량적 효과
  - 용접부 강도 균일성 품질 확보
  - 인건비 60% 절감 : 기존 8명/팀 -> 2~3명/팀
  - 공사기간 70% 단축 : 기존 15회/일 -> 50회/일(신규노선)
- ㅇ 해외 플래쉬버트 용접장비 대비 경쟁력 확보
  - 중량 25% 감소로 이동에 용이
  - 전력비 60% 절감
  - 외산 대비 약 5~10억원/대 절감으로 가격 경쟁력 확보

□ 사회적 효과

- ㅇ 레일 절손 발생율 저감을 통한 철도사고 및 운행장애 예방에 따라 철도의 안전성 향상

7. 연구개발기간 및 소요예산

- ㅇ 총 연구기간 : 5년
- ㅇ 총 정부출연금: 100억원

□ 연차별 소요예산(국고 기준)

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
2022년 (1차 년도)	○ 이동식 플래시버트 용접기술 개발 - 국내외 플래시버트 용접기술 연구동향 분석 - 용접 장비 관련 요구조건 도출 및 상세 사양 결정 및 기본설계 - 레일 정밀 조정 기술 및 장치 검토	장비사양서 및 설계서	800
	○ 레일용접부 표면처리 및 품질검사 기술 개발 - 레일용접부 표면처리를 위한 요구조건 도출 - 연마 및 밀링 장비 검토 및 레일용접부 표면처리 적정 기술 선정 - 레일용접부 품질검사 장비(직진도 검측 장비, 레일내부 품질검사 장비, 잔류응력 측정장비)의 요구조건 및 상세 사양 도출	장비사양서 및 설계서	800
	○ 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시 - 플래시버트 용접 관련 국내외 문헌조사 - 플래시버트 용접조건별(예열회수, 플래시량)	기준비교결과	900

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	실내시험		
	소 계		**2,500**
2023년 (2차 년도)	○ 이동식 플래시버트 용접기술 개발 - 저전력/고효율 발전장치 설계 및 제작 - 레일 이동 및 압입 장치 설계 및 제작 - 중량 최적화를 고려한 플래시버트 용접장비 상세설계 및 제작 - 레일 정밀 조정 장치 설계 및 제작	장비설계서 및 발주서	1,200
	○ 용접부 정밀 표면처리 및 품질검사 기술 개발 - 용접부 표면 처리용 장비 설계 및 제작 - 용접부 품질검사 장비(직진도 검측 장비, 내부품질 검사 장비, 잔류응력 측정장비)의 설계 및 제작	장비설계서 및 발주서	800
	○ 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시 - 플래시버트 레일용접부 성능요구조건 분석 - 플래시버트 용접조건에 따른 용접품질 분석	시험결과 보고서	500
	소 계		**2,500**
2024년 (3차 년도)	○ 이동식 플래시버트 용접기술 개발 - 저전력/고효율 발전장치 설계 및 제작 - 레일 이동 및 압입 장치 설계 및 제작 - 중량 최적화를 고려한 플래시버트 용접장비 상세설계 및 제작 - 레일 정밀 조정 장치 설계 및 제작	발전장치 레일이동장치 플래시버트 용접장비 시제품	1,000
	○ 용접부 정밀 표면처리 및 품질검사 기술 개발 - 용접부 표면 처리용 장비 성능 확인 및 보완 - 용접부 품질검사 장비(직진도 검측 장비, 내부품질 검사 장비, 잔류응력 측정장비)의 성능 확인 및 보완	표면처리 장비 품질검사 장비 3종 시제품	600
	○ 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시 - 플래시버트 용접조건별(가입량, 용접시간) 실내시험 - 플래시버트 용접조건에 따른 용접품질 분석 - 플래시버트 현장용접 가이드라인(안) 수립	시험결과 보고서	400
	소 계		**2,000**
2025년 (4차 년도)	○ 이동식 플래시버트 용접기술 개발 - 발전장치 성능 확인 및 보완 - 레일 이동 및 압입 장치 성능 확인 및 보완 - 플래시버트 용접장비 성능 확인 및 보완 - 전체 조립 장비의 성능 확인 - 레일 정밀 조정 장치 현장 실험	발전장치 레일이동장치 플래시버트 용접장비 시제품	700
	○ 용접부 정밀 표면처리 및 품질검사 기술 개	표면처리	600

구분	연구 내용	주요 성과물	소요 예산 (백만원)
	발 - 용접부 표면 처리용 장비 현장 성능 검증 - 용접부 품질검사 장비 현장 성능 검증	장비 품질검사 장비 3종 시제품	
	○ 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시 - 플래시버트 용접장비 및 품질검사기술의 Testbed 적용에 따른 가이드라인 Feedback	시험결과 보고서	200
	소 계		**1,500**
2026년 (5차 년도)	○ 이동식 플래시버트 용접기술 개발 - 이동식 플래시버트 용접 장비 test bed 적용 - 용접장비 이동 설비 제작 및 용접장비 탑재 - 현장 성능 검증	성능검증	700
	○ 용접부 정밀 표면처리 및 품질검사 기술 개발 - 표면처리 및 품질검사 효율화 방안 검토	-	600
	○ 플래시버트 현장용접 가이드라인 및 관련 기준 개정(안) 제시 - 플래시버트 현장용접 가이드라인 제시 - 선로유지관리지침, 레일용접관련지침 개정(안) 제시	용접 및 재설정 기준 개정(안)	200
	소 계		**1,500**
합 계			**10,000**

8. 기타

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업 철도인프라 유지관리 효율성 및 안전성 향상 기술개발 기획연구개발과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통연구기획사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

210mm×297mm[(백상지(80g/m^2) 또는 중질지(80g/m^2)