

자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 개발

2017. 12

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 전남대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 “국토교통지역특성화 기술개발사업” 과제의 기획연구
보고서로 제출합니다.

2017. 12

주관연구기관명 :

호남권 국토교통기술지역거점센터

주관연구책임자 : 김 영 상

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간		단 계 구 분	
연 구 사 업 명	중 사 업 명	국토교통지역특성화 기술개발			
	세부사업명	-			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 개발			
	세부과제명	-			
연 구 책 임 자	김 영 상	해당단계 참 여 연구원수	총 : 명 내부 : 명	해당단계 연 구 비	정부 : 천원 계 : 천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 명 내부 : 명	총연구비	정부 : 천원 계 : 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	전남대학교 산학협력단 호남권 국토교통기술지역거점센터		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	
○ 본 연구는 호남지역 자갈도상구간 열차의 반복하중에 의한 자갈세립화, 연약노반 분니, 겨울철 동상 등 궤도틀림이 발생, 이로 인한 반복적인 유지보수를 시행하고 있어 이를 해소하기 위해 열차운행상태에서 자갈도상 공극을 충전/고결화하는 신개념의 아스팔트 안정층 공법을 개발함으로써 자갈세립화를 예방하고, 노반분니를 차단 할 수 있으며, 기존 공법 대비 50~60% 정도의 경제성 향상효과가 있는 유지보수 재료를 개발하는 것을 목표로 함. ○ 본 과제의 추진에 있어 기존 기술과의 차별성을 두어 재료 및 장비개발을 하여 현장 분니 조건에 적합한 공법을 개발하고 실내시험을 통한 측정을 거쳐 현장적용의 리스크를 최소화하고자 단계별 성능검증 및 보완을 위한 실험계획을 제시하였음. ○ 유지보수비 및 인력자원의 절감을 목표로 하여 기존 공법에 비해 시공단계 및 유지보수 재료비용을 50% 줄이는 효과를 얻을 수 있는 기술을 선제적으로 개발함으로써 향후 유지보수 및 관리기관의 수요에 대응할 수 있는 기술개발계획을 제시하고 있음.					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	아스팔트안정층, 자갈도상, 유지보수, 분니현상, 지반침하			
	영 어	Asphalt stabilization, Ballasted track, Maintenance, Fouling, Subgrade settlement			

요 약 문

I. 과제명

자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 개발

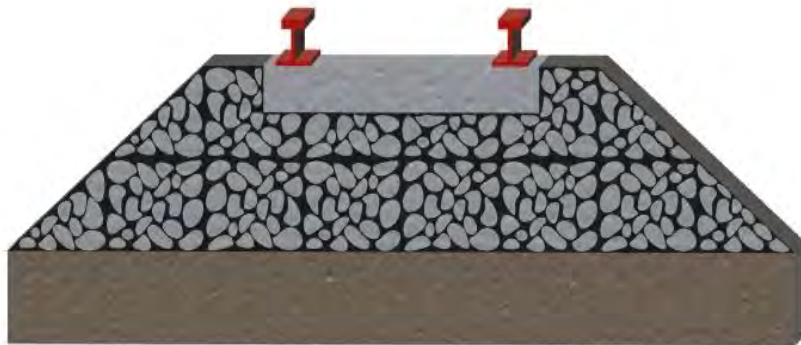
II. 연구개발의 목적 및 필요성

□ 기술의 정의

- “자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 개발”은 자갈도상구간 분니, 동상, 도상침하 등에 따른 궤도틀림 예방을 위해 열차상간에 도상자갈의 공극을 아스팔트 유화제와 시멘트의 복합(하이브리드) 재료 등으로 급속 충전, 고결화 시킴으로써 기존선의 자갈 세립화 방지 및 노반분니, 세립토 유입 등 도상오염을 차단하여 선로품질을 향상 시킬 수 있는 유지보수 기술임.

□ 연구개발 목적

- 본 연구는 호남지역 기존선의 자갈도상구간에서 유지보수 저감 및 속도 향상에 대응한 궤도구조 개량기술 개발 추진전략 수립을 위한 사전 기획연구
- 유지보수하기 위한 쾌속시공법을 개발하여 기존선에 최적화된 유지보수공법 제안
- 핵심 반강성 점탄성의 복합 건설재료 및 자동화 시공 장비의 목표 성능 정립
- 세부 추진전략 및 기술개발 로드맵 제시



반강성 점탄성의 아스팔트 안정층 공법

□ 연구의 필요성

- 현 호남지역의 기후적 특색과 아열대화의 급속한 진행에 의한 강수량의 증가 및 홍수 발생량 증가에 대비하여 근본적이며 경제적인 해결책이 필요.
- 현재 호남지역 자갈도상의 문제점을 개선하고, 향후 속도 향상에 대응하여 승차감 및 주행 안전 향상을 도모함과 동시에, 유지보수 저감을 통한 전(全)수명주기비용 절감을 위한 기술 개발 필요.
- 철도의 중량화에 따른 자갈도상 유지보수의 효율성 향상 요구.
- 철도유지관리에 소비되는 제한적 인력 및 경제적 조건을 해결하기 위한 실용적인 기술 개발 필요.
- 국외 철도선진국들은 이미 자갈도상 유지보수 기술을 확보하였거나 고도화 연구개발 단계에 있음.

Ⅲ. 시장동향 및 기술 수준

□ 국내외 기술개발 동향

- 아스팔트를 이용한 궤도유지보수 기술
 - 철도연이 갖고 있는 특허기술인 아스팔트 함침 부직포층 및 고무개질 이멀션이 포함된 아스팔트 포장용 자갈도상, 콘크리트궤도 또는 아스팔트 직결궤도와 같은 철도 궤도의 구조별로 각각 적용하는 특허 기술을 보유하고 있음.
 - 철도용 포장궤도 하부의 아스팔트콘크리트 구조물은 비닐 소재를 일정 크기로 파쇄하여 아스팔트 바인더에 소정의 중량비로 혼합한 후, 혼합된 혼합체를 170도 온도로 가열하여 성형하는 특허를 보유하고 있음.
 - 일본의 경우 열차의 궤도 보수 작업을 경감시키기 위해 상온아스팔트계열 재료를 이용하는 생력화 유지보수 공법을 1998년부터 사용했으며 패션상태 및 유지보수 경감에 있어 효율적인 효과를 확인하고 일본의 철도 영역에 맞는 생력화기술 방법을 적용하고 있음.
- 콘크리트 궤도화 기술
 - 국내에서는 철도연이 주관하여 자갈층 충전 포장궤도 공법을 개발하고 기존선 및 도시철도에 부설한 실적을 보유하고 있으며, 서울메트로에서 개발한 B2S공법은 도시철도 구간에 적용한 사례가 있음.
 - 일본은 TC형 포장궤도, 영국은 XiTrack 공법 등을 개발하여 현장에 적용하고 유지보수비를 절감하고 있음.
- 특허/논문 분석
 - 기존 특허 및 논문은 주로 신설선 건설공법 또는 도시철도 구간 개량기술에 치중되어 있음. 고속 운영선 시공의 제약조건을 고려하여 이를 개선할 수 있는 대안을 제시하도록 연구를 추진하여 차별화된 원천 기술 확보 가능.

□ 국내외 관련 시장 동향

- 국내 자갈도상궤도 개량사업은 시간의 경과에 따라 수요가 점점 증가할 것으로 판단됨 → 2018년 이후에 연간 600억 원의 시장이 형성될 것으로 예상.
- 일본은 현재까지 256km의 선로를 포장궤도로 개량하였으며, JR서일본, JR중앙, JR홋카이도 등에서 별도의 선로개량작업을 진행 중 → 연간 약 40km(km당 25억 원 수준)의 선로구조개량 시장이 확보되어 있으며, 향후에는 점진적으로 증가할 것으로 예상.
- 미국의 경우, 50년 이상 경과한 선로들이 많기 때문에 대부분의 구간이 개량이 요구되며 개량계획을 수립. → 아스팔트를 활용한 유도상 아스팔트 궤도로 바꾸고 있으며 앞으로도 증가할 것으로 예상.

□ 국내 기업 및 연구기관 기술수준

- 자갈도상 보강기술은 새로운 구조의 침목을 적용하는 궤광구조 개량기술을 기준으로 기술 수준 분석.
- 콘크리트궤도화 기술은 포장궤도 기술을 기준으로 기술수준 분석.
- 국내에서는 각 개량기술에 대한 기초 기술을 확보하고 있으며, 고속선에 적용할 수 있는 응용 기술 확보는 어렵지 않을 것으로 판단되나, 개량 공법의 엄격한 요구조건에 대해 체계적이고, 철저한 검증이 요구되므로 다양한 현장 검증 및 성능 평가가 필요.
- 아스팔트를 이용한 기존선 유지보수 기술은 국내에선 시행되지 않아 자료가 없으며 일부 시험시공 일본에서는 대부분의 궤도에 아스팔트 및 콘크리트를 사용하므로 자료가 많은 일본과 비교하여 성능 평가가 필요.

궤도 종류에 따른 기술수준 비교

구분	항목	국내 기술수준	국외 기술수준	세계최고수준 대비 기술수준
자갈도상 보강기술	대표사례	H형 침목 (KORAIL)	철침목, 프레임 침목, Ladder 침목 등	60%
	부설실적	0.1km 미만	1000km 이상	
	운행속도	150km 내외	200km/h 내외	
	시공속도	Unknown	100m/일 (추정)	
	궤도틀림저감율	Unknown	67% 이상	
콘크리트 궤도화 기술	대표사례	포장궤도(LRR), B2S(서울메트로) 등	일본 JR동일본 포장궤도	50%
	부설실적	40km 미만	200km 이상	
	운행속도	90km 내외	90km/h 내외	
	시공속도	Unknown	100m/일 (추정)	
	유지보수비 절감율	Unknown	77% 이상	
아스팔트 안정층 궤도화 기술	대표사례	Unknown	일본 JR동일본 TC포장궤도	
	부설실적	Unknown	230km 이상	
	운행속도	Unknown	100km/h 내외	
	시공속도	Unknown	110m/일 (추정)	
	유지보수비 절감율	Unknown	85% 이상	

IV. 연구개발의 내용 및 범위

□ 비전 및 목표

- 비전 : “속도 향상” 안전하고 경제적인 친환경 철도
- 미션 : 자갈도상의 신속한 개량기술 확보 및 유지보수 절감을 통한 경제성 확보
- R&D 목표 : 자갈도상의 속도증속 및 장기공용성능이 확보된 아스팔트 안정층 개량기술 개발
 - 자갈도상의 속도 증속 운영 중 안전 및 승차감 확보가 가능한 아스팔트 개량 기술
 - 설계속도 **250km/h**
 - 유지보수의 절감이 가능한 개량기술
 - 콘크리트 충전 개량공법과 비교하여 유지보수가 빠르고 **2~3배** 이상 경제적인 공법 개발
 - 시공속도 : 100m/일(야간 차단시간 4시간 이내)
 - 흐름성 : 6 ~ 8sec, 작업성 : 20 ~ 30min, 초기강도 : $2kg/m^2$

□ 연구개발 범위 및 주요 내용

본 기획연구는 기술개발 전략을 수립하고 기존 궤도 구조의 성능을 개선하는 대안(복합(하이브리드) 아스팔트 안정층을 이용한 자갈도상 개량기술) 제시, 객관적 평가 방법을 도출함으로써 세부 추진전략 수립을 하고자 다음과 같이 3단계로 추진하고자 함.

- 1단계 : 본 과제에 요구되는 아스팔트 재료 개발 및 배합설계 수립
 - 기술개발 동향 및 환경 분석
 - 궤도의 충전재로써 강도 및 유동성, 팽창성 등의 목표치를 만족하며, 재료분리를 최소화 할 수 있는 배합 선정 및 개발된 재료 분석
 - 무보수화 한국형 자갈도상 개량화 기술개발전략(추진방향) 수립
- 2단계 : 아스팔트 유지보수에 필요한 시공 장비 개발 및 성능시험 방안 제시
 - 공법에 대한 구성요구조건 분석 적용 타당성 검토
 - 융복합적 아스팔트 재료 기술을 기반으로 한 주입식 재료배합기술 도출
 - 핵심재료 및 자동화 시공 장비에 대한 목표수준 정립 및 분석 및 성능평가
 - 현장 시공 장비에 대한 최적 대안 선정 및 설계
- 3단계 : 개발 장비를 이용한 열차하중조건이 고려된 아스팔트 안정층의 실내 조립시험
 - 조립시험을 통한 성능시험 및 적합성 평가
 - 공법적용 전 후의 성능비교 및 모니터링
 - 연구 성과물 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
 - 하부노반상태에 대한 합리적 평가를 통해 궤도개량기술의 적용 적합성 검토

단계별 추진 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 방법
1차년도	국내외 문헌조사 및 도상자갈 평가	국내외 기존선 유지보수에 대한 재료 및 공법 조사 기존선 유도상자갈 특성조사
	도상 안정화 재료(아스팔트) 개발	유도상자갈 유지보수를 위한 복합 아스팔트계열 도상안정재료 개발 - 골재 혼합성에 유리한 아스팔트 재료 개발 - 유동성 및 초기 강도발현을 위한 첨가제 개발 - 최적의 배합설계법 개발 - 시험결과를 기반으로 재료 수정 및 보완 - 실험실용 복합 아스팔트계열 재료 적용 강도 및 물성 측정
	아스팔트 안정층 시공 장비 설계	- 개발 공법을 위한 주입식 자갈도상 유지보수 자동화 장비 구축 계획 수립 - 국내외 시공 장비 조사 및 특징 분석 - 재료 혼합 및 주입 장비(노즐, 코어비트 등) 검토 및 설계 - 자동화 장비 디자인 및 구조 안정성 검토에 대한 요소기술의 개발 및 평가
2차년도	유도상 자갈을 이용한 재료 및 공법 실내 성능시험	현장 도상자갈에 공법을 적용하여 소규모 실내 성능평가 - 분니정도에 따른 개발 재료의 강도 평가 - 개발 공법에 대한 소성변형 및 내구성 평가 - 동결에 의한 파손저항을 평가하기 위한 동결융해저항성 평가 - 강도측정을 통한 내화학성시험 평가
	시공 장비 시제품 제작(개량) 및 시험가동	- 도상안정화 재료 혼합의 적합성 평가 - 도상안정화 재료 분사 압력 조건의 적합성 평가
	조립시험(Full-scale test)구축 및 공인시험성적서 확보	- 아스팔트 충전 장비를 이용하여 아스팔트 안정층을 구축하고 열차하중조건이 고려된 조립시험(Full scale test)을 통한 성능시험 및 적합성 평가 - 일반 자갈도상 및 개발공법 성능 비교분석 - 공인시험성적서 확보

V. 연구개발성과

□ 핵심 연구개발 성과

- 한국철도공사 본사와 협의/수행하여 자갈도상 무보수화 공법개발.
- 열차 운행에 지장을 주지 않으며, 차단시간 내에 시행 할 수 있는 궤도개량공법으로 고기능성 인 프라(자갈도상) 개량 기술을 확보하여 노후궤도 개량에 소요되는 비용 절감.
- 화학반응형 아스팔트 기술을 기반으로 재료의 비가열 유도를 통해 유해가스 배출을 저감하는 복합 기술로서 철도시공 환경 개선 및 친환경 재료 개발
- 자갈도상 개량에 특화된 자동화 설비 및 재료기술을 기반으로 한 자갈도상 개량 기술에 대한 세계 최고 기술력 확보

□ 기대효과

- 호남 자갈도상구간 철도의 문제점을 해결할 수 있는 맞춤형 최적방안을 마련함으로써 향후 철도선로를 안정화시키기 위한 보강사업의 구체적 계획 수립 가능.
- 고도의 안전 및 기술을 요하는 고속선 구간에서 적용할 수 있는 아스팔트를 이용한 유지보수 기술의 개발로 국내외적으로 상당한 시장이 형성될 것으로 예상되는 자갈도상 혁신사업을 선점할 수 있는 단초를 마련.
- 잦은 유지보수로 인해 발생하는 운행 차질과 안전사고에 의한 인명 피해를 미연에 방지하고, 분니, 배수문제, 동상 등 고질적인 궤도틀림 발생개소들에 대한 근본적이고 경제적으로 해결 가능.
- 경제적 측면으로 신규건설이 아닌 열차운행 상태에서 노후궤도의 개량이 이루어지는 것이므로 그에 따른 비용의 절감과 열차 운행에 지장을 주지 않으며, 차단시간 내에 시행할 수 있는 궤도개량 공법으로 일반철도 자갈도상궤도 개량 기술의 확보.
- 자갈도상 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 재료 및 시공법의 개발에 대한 핵심기술 확보로 세계 기술 선도 기대.

VI. 연구개발성과의 활용계획

□ 활용방안

- 호남지역 일반철도 자갈도상 구간에 적용하여 유지보수비 절감 및 공법의 간소화 달성
- 실용화를 위한 성능검증 기초자료로 활용
- LCC 분석을 통한 자갈도상 개량공법 선정
- 노후화 자갈도상의 공법 적용을 통한 유지보수 생애주기 연장 및 내구성 증대
- 자갈도상 유지보수 자동화기기 개발을 위한 기초연구 활용

목 차

제 1 장 기술의 정의 및 필요성	1
제 1 절 기술 정의 및 분류 체계	1
1. 기술 정의	1
2. 기술 분류 체계	1
3. 기술 내용	2
제 2 절 기술개발의 필요성	10
1. 기술개발 기획 배경	10
2. 기술개발의 필요성	11
3. 기술개발 기획 목적	13
제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석	15
제 1 절 국내외 정책 및 연구	15
1. 국내 정책 동향	15
2. 국외 정책 동향	19
제 2 절 국내외 시장현황 및 전망	21
1. 국내 시장 동향	21
2. 국외 시장 동향	25
3. 선행연구 및 유사연구와 본 과제와의 차별화 계획	28
제 3 절 기술 (특허, 논문 등) 동향	32
1. 관련 기술개발 동향	32
2. 특허 분석	37
3. 논문 분석	41
제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략	44
제 1 절 비전 및 목표	44
1. 본 기술개발의 최종목표	44
2. 본 과제의 주요 핵심 기술 개발 내용	45

제 2 절 추진전략 체계	51
1. 1차년도 기술개발 수립 계획	51
2. 2차년도 기술개발 구축 계획	51
3. 연차별 성과목표	52
제 3 절 자원 투입계획	53
1. 주요 연구인력 투입계획	53
2. 사업비 소요예산 산정계획 (비목별 사업비)	54
제 4 장 연구개발 실용화 전략	55
제 1 절 현황 분석	55
1. 기술수준 분석	55
2. 지역의 현안 분석	60
제 2 절 거점 내 수요처 분석	64
1. 기술을 활용한 사업화 방안 및 타겟 수요처	64
제 3 절 시장 진출 전략	66
1. 기술양산 계획	66
2. 판로확보 및 마케팅 계획	66
3. 초기 타겟 수요처	67
4. 해외시장 권역별 진출 전략 및 판매계획	68
제 4 절 기대 효과	68
1. 기술적 측면의 기대효과	68
2. 시장·경제적 기대효과	68
3. 사회적 측면의 기대효과	68
제 5 장 과제 제안요구서 (RFP)	70

표 목 차

[표 1-1] 아스팔트계 안정층 기술 특징	4
[표 1-2] 아스팔트 안정층 성과목표	9
[표 2-1] 광역경제권간 주요 거점 철도망 연결	17
[표 2-2] 물류체계로 전환되어, 저탄소 녹색성장 기반 마련	18
[표 2-3] 국내 궤도개량사업 추진 현황	24
[표 2-4] 본 과제에 대한 선행연구 및 유사연구 실적	28
[표 2-5] 국외 포장궤도 기술비교	29
[표 2-6] 본 과제와 고유동 초속경시멘트 모르타르 비교	31
[표 2-7] 과제 관련 키워드에 대한 핵심 특허 및 관련성 조사 결과	39
[표 2-8] 과제 관련 키워드에 대한 핵심 논문 및 관련성 조사 결과	41
[표 3-1] 기존(현재) 설치된 시설물들의 문제점 및 개선사항	49
[표 3-2] 본 개발 기술의 장점 (차별성)	50
[표 3-3] 연차별 성과목표 세부내용	52
[표 4-1] 국내외 도상 개량화 기술	56
[표 4-2] 국내 유화 아스팔트의 물리적 특성	58
[표 4-3] 호남지역 분니 제거작업 시간 및 분니 발생지점 개수	60

그림 목 차

[그림 1-1] (a) 시멘트 입자, (b) 음이온 아스팔트 유제 페이스트, (c) 양이온 아스팔트유제 페이스트의 반응 메커니즘	2
[그림 1-2] 안정층에 사용되는 아스팔트 바인더 개발	3
[그림 1-3] 흐름성 및 작업성 시험	4
[그림 1-4] 아스팔트 안정층의 피로강도측정	5
[그림 1-5] 아스팔트 안정층의 동탄성계수 시험	5
[그림 1-6] 아스팔트 안정층의 미세구조 분석 및 마찰 간접인장강도	6
[그림 1-7] 현장 분니 조건이 고려된 실내 평가 실험	6
[그림 1-8] 도상 안정 재료의 계량, 혼합 및 주입 장비 개발	7
[그림 1-9] 성능 검증을 위한 실험대형 조립시험	8
[그림 1-10] 자갈도상 무보수화 아스팔트 안정층 공법 개발 절차	8
[그림 1-11] 일본 포장제도 연구 및 개발 연혁	12
[그림 1-12] 연구 추진체계	14
[그림 2-1] 철도 통행시간 분포변화(서울기점, 차내 시간 기준)	18
[그림 2-2] 일본 토목분야에 있어서의 신규 투자비용과 유지보수의 비용	19
[그림 2-3] 도상자갈 마모/파쇄 메커니즘	21
[그림 2-4] 도상자갈 마모/파쇄(좌) 및 분니(우)	21
[그림 2-5] 일반철도 유지보수비 추이	22
[그림 2-6] 고속철도 선로유지보수비 현황(인건비 포함)	23
[그림 2-7] 미국의 연도별 고속철도 계획 노선	27
[그림 2-8] 연간 미국의 화물운송 증가량	27
[그림 2-9] 교량신축이음매부 궤도틀림 저감 공법	32
[그림 2-10] 한국철도공사에서 개발한 다지형 침목	33
[그림 2-11] 국내 아스팔트 직결제도 시공현장	33
[그림 2-12] 일본 CAM을 이용한 기존선 생력화	34
[그림 2-13] 컷백아스팔트 유화재를 이용한 자갈도상 기존선 생력화	34
[그림 2-14] 아스팔트를 이용한 자갈도상 유지보수(일본 사례)	35
[그림 2-15] 프랑스 유도상 아스팔트 제도	35
[그림 2-16] 일본 유도상 아스팔트 제도 단면도	35
[그림 2-17] 미국 유도상 아스팔트 제도 및 시공 장면	36
[그림 2-18] 폴리우레탄을 이용한 유도상 충전 공법	36

[그림 2-19] 시간 경과에 따른 강도 발현에 의한 전단강도 시험 결과	36
[그림 2-20] 강도 발현 후 전단강도 시험 결과	36
[그림 2-21] 궤도 구성요소 및 시공 기술에 관한 국가별 등록 특허 현황	37
[그림 2-22] 궤도 구성요소 및 시공 기술에 관한 연도별 특허 등록 상황	38
[그림 3-1] 복합 아스팔트계 안정재료 개발을 위한 유동성 시험	45
[그림 3-2] 이온간의 반응 메커니즘을 고려한 도상 안정 재료 개발	46
[그림 3-3] 미세 구조 분석 및 동탄성계수 시험	46
[그림 3-4] 아스팔트 안정층 공법 적용 장비개발	47
[그림 3-5] 자갈도상에 대한 아스팔트 안정층 공법 예상도	48
[그림 3-6] 비전 및 목표 설정	49
[그림 3-7] 연구 추진 흐름도	53
[그림 4-1] 궤도기술의 주요 분야와 과제	55
[그림 4-2] 자갈도상의 상태 점검 및 보강	57
[그림 4-3] 자갈도상 고결화(아스팔트) 개발 개념	57
[그림 4-4] 코어비트의 종류 및 개념	58
[그림 4-5] 관입을 위한 다이아몬드 공구	59
[그림 4-6] 아스팔트 충전 재료의 주입 방식	59
[그림 4-7] 국내 주요 선로별 평균 분니발생 비율	60
[그림 4-8] 호남지역 분니 제거작업 시간 및 분니 발생지점 개수	61
[그림 4-9] 국내 철도 유지보수 구간에 대한 작업 비율	61
[그림 4-10] 호남지역 및 전국 평균 연강수량	62
[그림 4-11] 호남지역 철도 노선인 호남선과 전라선	63
[그림 4-12] 노선목록 철도 수송력 향상 기술 분야 중장기 추진방향	64
[그림 4-13] 철도 건설·운영비 절감 기술 분야 중장기 추진방향1	65
[그림 4-14] 철도 건설·운영비 절감 기술 분야 중장기 추진방향2	65
[그림 4-15] 시설기술단 조직표	67

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

제 1 절 기술 정의 및 분류 체계

1. 기술 정의

- “자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 개발”은 자갈도상구간 분니, 동상, 도상침하 등에 따른 궤도틀림 예방을 위해 열차상간에 도상자갈의 공극을 시멘트와 아스팔트 유화제로 구성된 복합(하이브리드) 재료 등으로 급속 충전, 고결화 시킴으로써 자갈 세립화 방지 및 노반분니, 세립토 유입 등 도상오염을 차단하여 선로품질을 향상 시키고 반강성 점탄성 성질의 자갈도상으로 유지보수 하는 기술임.

2. 기술 분류 체계

- 본 개발 기술은 자갈도상 일반철도의 유지보수성을 향상시키기 위해 운행선의 선로를 그대로 유지하면서 야간 차단시간을 이용하여 경제적으로 자갈도상을 안정화 하는 기술임.
- 특히 호남지역과 같이 자갈도상에서 발생될 수 있는 마모, 세립토, 토사유입 등으로 배수가 나빠지거나 굳어져 탄성을 상실로 인해 자갈치기 등의 보수작업이 요구되고 있으며 이러한 한계를 극복하기 위한 기술로서 기존의 궤도 구조를 해체하지 않은 상태에서 자갈 도상을 신속하게 개량하여 경제적, 기술적, 사회적으로 철도 환경 개선에 획기적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단됨.
- 주요 적용 기술의 세분화
 - 원천소재기술 : 열차주행으로 발생되는 하중으로 인해 자갈도상의 지지력 저하, 소성변형, 궤도틀림, 분니 등의 다양한 문제점들이 산재해 있고 이를 개선하기 위한 재료 개발이 진행 중에 있으나 대부분 시멘트를 활용한 고강도 기술들에 집중하고 있는 추세임. 이에, 기존선로(자갈도상)를 그대로 유지한 상태에서 내구성 보강에 대한 다양한 기초소재(아스팔트, 시멘트, 화학 첨가제 등)를 적용함으로써 자갈도상을 반강성 점탄성 성질로 안정화하는 기술임.
 - 간편한 유지보수 기술 : 기존의 기술들은 레일 및 체결장치, 침목 등의 구성요소들을 제거 후 도상을 안정화하는 형태로 진행됨에 따라 시간적, 공간적, 경제적 제약성을 가지고 있음. 철도의 교통수단 특성상 신속한 시공을 통해 자갈도상을 생력화 도상으로 전환함으로써 열차의 속도 증속 및 주행안정성을 확보하는 기술임.
 - 자동화 된 도상 안정화 개량 기술 : 자갈도상을 유지한 상태에서의 재료가 원활히 충전 될 수 있도록 최적의 혼합방법을 제시하고 자동화 장비 및 시스템을 개발함으로써 현장의 시공

환경을 개선하고자 하는 기술임.

- 환경 친화적 기술 : 기존의 HMA(Hot Mix Asphalt) 기술 혹은 콘크리트 기술은 많은 양의 CO_2 를 발생시켜 환경적 측면에서 상당히 불리함을 가짐. 이에 기존 기술들에서 탈피한 CMA(Cold Mix Asphalt)와 소량의 시멘트의 복합재료의 개념을 활용함에 따라 가열로 인한 연료소비 절감 및 이산화탄소 절감의 효과를 기대되는 기술임.

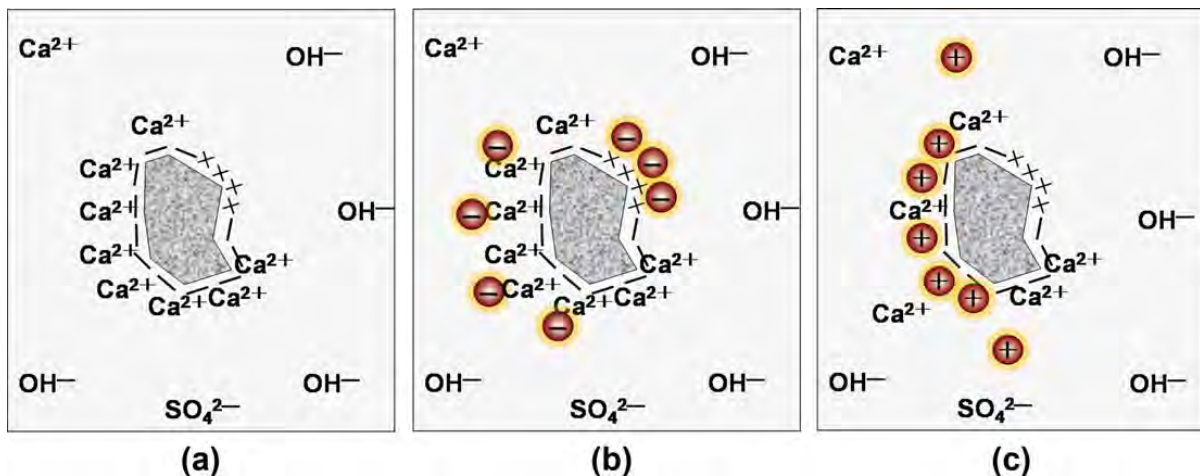
3. 기술 내용

□ 본 연구는 호남지역 철도 자갈도상 구간에서의 유지보수 저감 및 속도 향상에 대응한 궤도구조 개량기술 개발 추진전략 수립을 위한 사전 기획연구로, 세부 연구목표는 아래와 같음.

- 궤도틀림 발생 현황 분석 및 속도향상을 고려한 도상안정화의 성능요건 제시
- 기술 적용시 시공완성도를 높이기 위해 기존 자갈도상의 객관적 현장 사전조사 체계 수립 및 구축
- 고내구성 및 장기공용성 확보를 위한 핵심 복합재료 및 자동화 시공장비의 목표 성능 정립
- 비가열형 아스팔트 기술을 기초로 한 화학융합형 자갈도상 안정화 재료기술 개발
- 탄소배출량, 에너지 절감 등 대기 및 시공환경이 획기적으로 개선된 친환경 기술
- 열악한 환경에서의 궤도 구조 개량 및 공정단축이 가능하며, 자갈도상 현장에 최적화 된 자동화 장비 확보 기술
- 시공완료 현장에 대한 성능검증 시스템 구축을 통해 시공의 완성도 평가 체계 확립
- 요소기술 완성 및 기준(안) 마련을 통한 현장적용 가능성 제고 및 품질관리의 용이성 확보

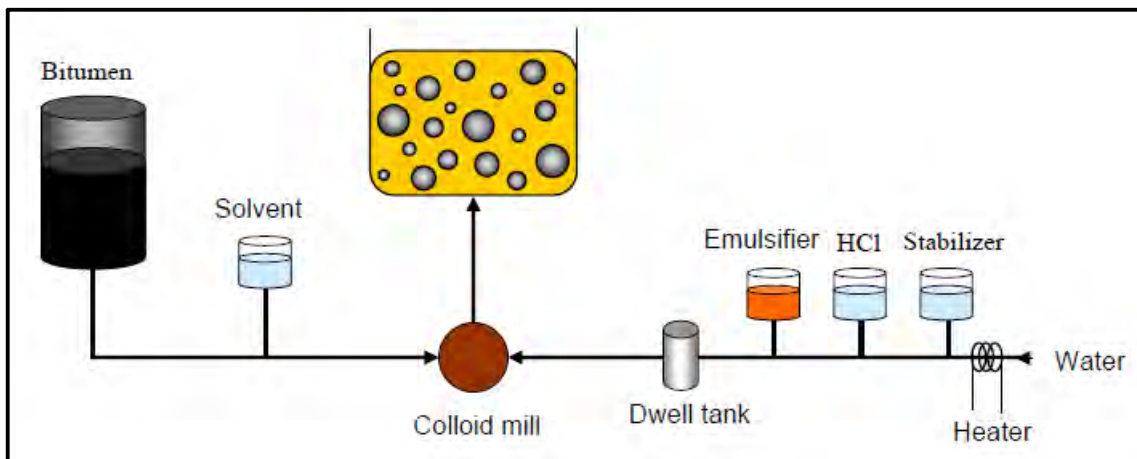
□ 세부항목별 기술개발 내용

- 친환경/고기능성을 갖춘 비가열 화학융합형 아스팔트 기술



[그림 1-1] (a) 시멘트 입자, (b) 음이온 아스팔트 유제 페이스트,
(c) 양이온 아스팔트유제 페이스트의 반응 메커니즘

- 기존 가열 아스팔트는 2002년 캐나다 환경부(CCME)에 따르면 가열아스팔트 1ton 생산시 18.5kg의 CO_2 가 발생하고 이에 따른 연료소모량이 증가 되고 있음. 유해가스 배출을 최소화하기 위해 비 가열을 통한 친수성 아스팔트를 활용하여 시공환경을 개선하고 고내구성 성능을 확보하는 친환경 기술이 적용되어야 함.
- 아스팔트의 저 점성화 방법에는 아스팔트의 열가소성 특성을 이용하여 단순 가열을 통해 점성을 낮추는 방법과 컷백 아스팔트(Cut-Back Asphalt) 혹은 석유 아스팔트액(Petroleum Asphalt Solution) 등과 같이 아스팔트를 용매로서 용해시키는 단순 저점도 용액화 방법, 유화 메커니즘(Emulsion)을 적용하여 점성이 낮은 아스팔트 유제(Emulsified Asphalt)로 변환시키는 형태학적 저점도 유화 방법 등의 기술이 적용되어야 함.
- 아스팔트와 시멘트의 혼합기술에서 아스팔트 유제의 경우 대부분 반응속도가 빠른 급속경화형 보다는 완속경화형이 주로 사용되며, 이는 급속경화형 아스팔트 유제가 비교적 큰 비표면적과 함께 골재와 채움재 내에서 급격한 응집과 결합을 하기 때문에 필요이상의 아스팔트 덩어리가 남게 되고 골재의 코팅이 잘 되지 않는 원인으로 작용하게 됨.
- 양이온계 유제를 사용 시 주의 깊게 살펴봐야 할 것은 혼합물의 pH가 급격하게 증가할 수 있고 시멘트의 사용은 양이온성 유제에서 산을 중화시켜 유제의 불안정화를 유발하게 된다. 또한 음이온계 유제를 사용 시에는 물과 접촉 시 시멘트에 의해 방출되는 Ca^{2+} 이온이 음이온계 유화제와 반응하여 아스팔트 유제를 불안정하게 만들기 때문에 아스팔트 유제 선택 시 시멘트와의 혼합 안정성을 유지 할 수 있도록 개발해야 함.
- 신속한 자갈도상의 유지보수를 위해서는 조기 경화가 발현될 수 있도록 재료를 개발하여 야 하고 화학적 반응을 통한 경화형 타입의 아스팔트가 개발 되어야 함.



[그림 1-2] 안정층에 사용되는 아스팔트 바인더 개발

- 자갈 도상 내 목표 주입 성능에 부합되는 주입형 최적 재료 배합기술



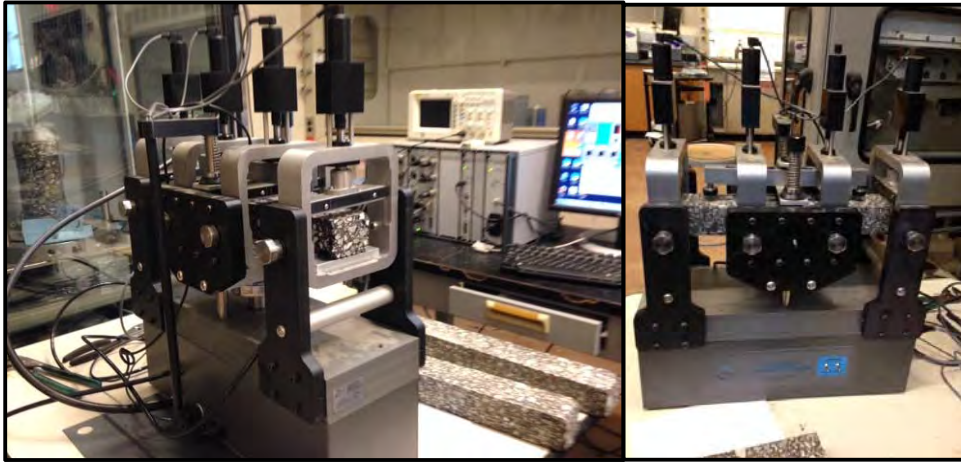
[그림 1-3] 흐름성 및 작업성 시험

- 도상 안정 재료를 원활하게 주입하고 상태를 유지하기 위해서는 일정기간 동안 적절한 유동성을 가지고 있어야 하고 이는 경화 된 아스팔트 도상 안정재료의 강도 및 내구성에도 상당한 영향을 미치기 때문에 중요한 요소로 인식하여 검토 및 평가가 수행되어야 함.
- 충전용 재료는 우선적으로 자갈도상의 하부공간을 보다 쉽게 빈틈없이 메워주어야 하기 때문에 충분한 유동성(또는 자기충전성)과 적절한 팽창성을 가져야 하며, 궤도에서 작용하는 열차하중을 장기간에 걸쳐 안정적으로 지지하기 위해서 충분한 강도와 내구성을 가지도록 설계 되어야 함.
- 국외 선행 연구들을 기반으로 충전재의 온도를 5~30℃, 팽창율은 1~3%, 유하시간을 16~24초, 압축강도는 재령 1일에 0.1MPa, 7일에 0.7MPa, 28일에 1.8MPa로 최소 목표치를 정하고 제시된 기준 이상의 목표 달성을 위해 한국형 자갈도상 안정화의 최적 재료 배합기술을 도출함.

[표 1-1] 아스팔트계 안정층 기술 특징

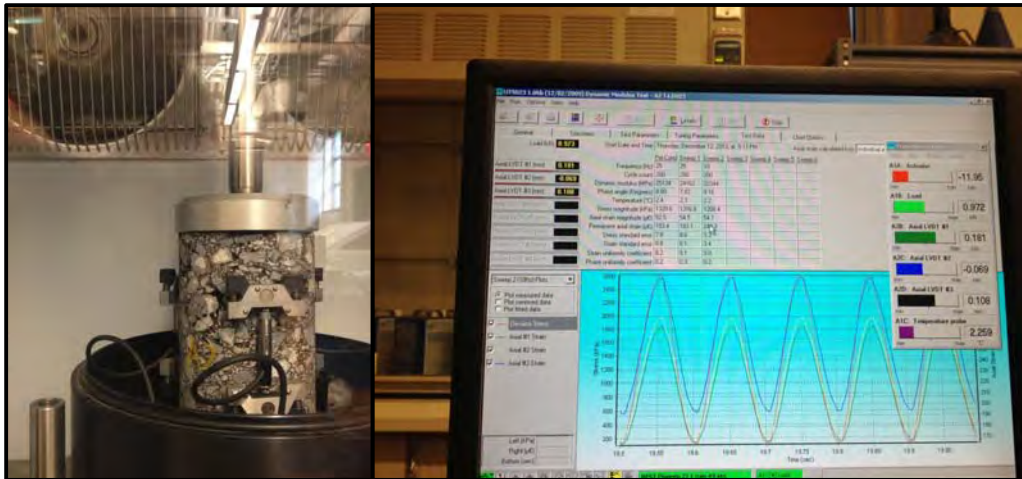
	특징
	• 아스팔트와 시멘트의 복합건설재료로 상온에서 작업이 적합 • 반강성 및 점탄성으로 철로승객의 승차감 확보 • 충분한 강도 발현으로 3~4시간 안에 기존 선 유지보수 • 유지보수 및 수정이 시멘트계열에 비하여 쉬움 • 소성변형과 충격에 대한 저항성이 큼 • 지지력, 응력 분산, 균열 저항 및 방수 특성이 우수함

○ 유도상자갈 아스팔트 안정층의 실내시험



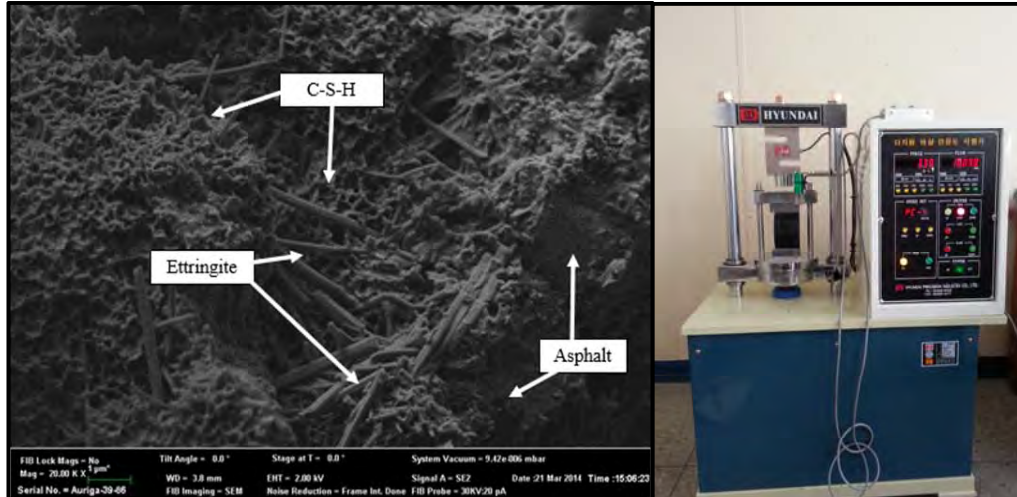
[그림 1-4] 아스팔트 안정층의 피로강도측정

- 피로균열 시험은 구조물에서도 파괴의 중대한 원인이 되는 만큼 철도하중에 의해 반복적으로 가해지는 피로균열의 저항성과 저온균열등 시험 실시 및 연구가 필요함.
- 철도하중과 환경문제 등 여러 가지 요인들에 의해서 과거에 시공된 궤도의 강도가 취약해져 그 영향으로 궤도틀림이 발생하고 더 심각한 문제를 초래할 수 있으므로 기존 자갈도상보다 강도가 높은 아스팔트 안정층이 개발되어야 함. 특히 화물열차의 무게가 증가됨에 따라 반복적인 하중에 의하여 안정층 공법 연구가 필요함.



[그림 1-5] 아스팔트 안정층의 동탄성계수 시험

- 동탄성계수 시험은 아스팔트시험에서 필요한 온도에 따른 시험이며 다양한 시간과 온도조건에서의 응력과 변형율의 관계를 통해 안정층의 두께설계와 배합설계에 영향을 주게 됨. 안정층 기술을 이용하여 시공할 아스팔트 안정층의 동탄성 계수 시험 실시 및 연구가 필요함.



[그림 1-6] 아스팔트 안정층의 미세구조 분석 및 마샬 간접인장강도

- 미세구조 분석은 아스팔트 내부의 재료간의 접착성 및 재료의 분포 정도를 파악하고 내구성을 파악하는데 중요한 요소임. 아스팔트 혼합물의 외부측면의 미세부분은 전자현미경을 활용하여 파악이 가능하며 아스팔트 혼합물의 내부의 구조는 CT기계를 사용하여 촬영하여야 함.
- 자갈도상의 비배수 문제로 수분에 따른 저항성이 중요한 요소임을 파악하고 간접 인장강도비를 이용하여 수분민감저항성 평가가 필요함.

○ 실내 평가 및 현장 분니 조건이 고려된 실내 평가 실험



[그림 1-7] 현장 분니 조건이 고려된 실내 평가 실험

- 일반 철도 강화노반 상의 생력화 궤도의 적용성과 동일 조건하에서의 열차속도 증가 가능성을 확인하여 객관적 결과 도출을 통해 안전성을 증명해야 함.
- 실내 평가 실험을 통해 열차하중 작용시 안정적으로 하중을 지지 여부에 대한 객관적 확인이 필요 함.

- 정하중 재하를 통해 하중지지 상태를 파악하고 아스팔트 안정층 상태에 대한 신뢰도를 확보해야 함.
- 강화노반 상 충전재료가 공극을 충분히 매워 주는지에 대한 객관적 증명이 필요하고 공극 보강방안에 대한 대안이 제시되어야 함.
- 장기 공용성을 확보하기 위해 장기간의 하중재하시 소성변형(침하) 발생이 최소화 되도록 설계되어야 함.
- 주입상태에서 자갈 간의 결합력이 충분히 증대되어 탈리 및 박리현상이 발생되지 않아야 함.
- 열차 주행에 따른 진동에 저항할 수 있어 균열, 탈리 등의 파손의 여부를 실내실험(성능평가)을 통해 충분히 증명 되어야 함.

○ 자동화 시스템이 구축된 재료 혼합 및 주입 장치의 개량 및 개발



[그림 1-8] 도상 안정 재료의 계량, 혼합 및 주입 장비 개발

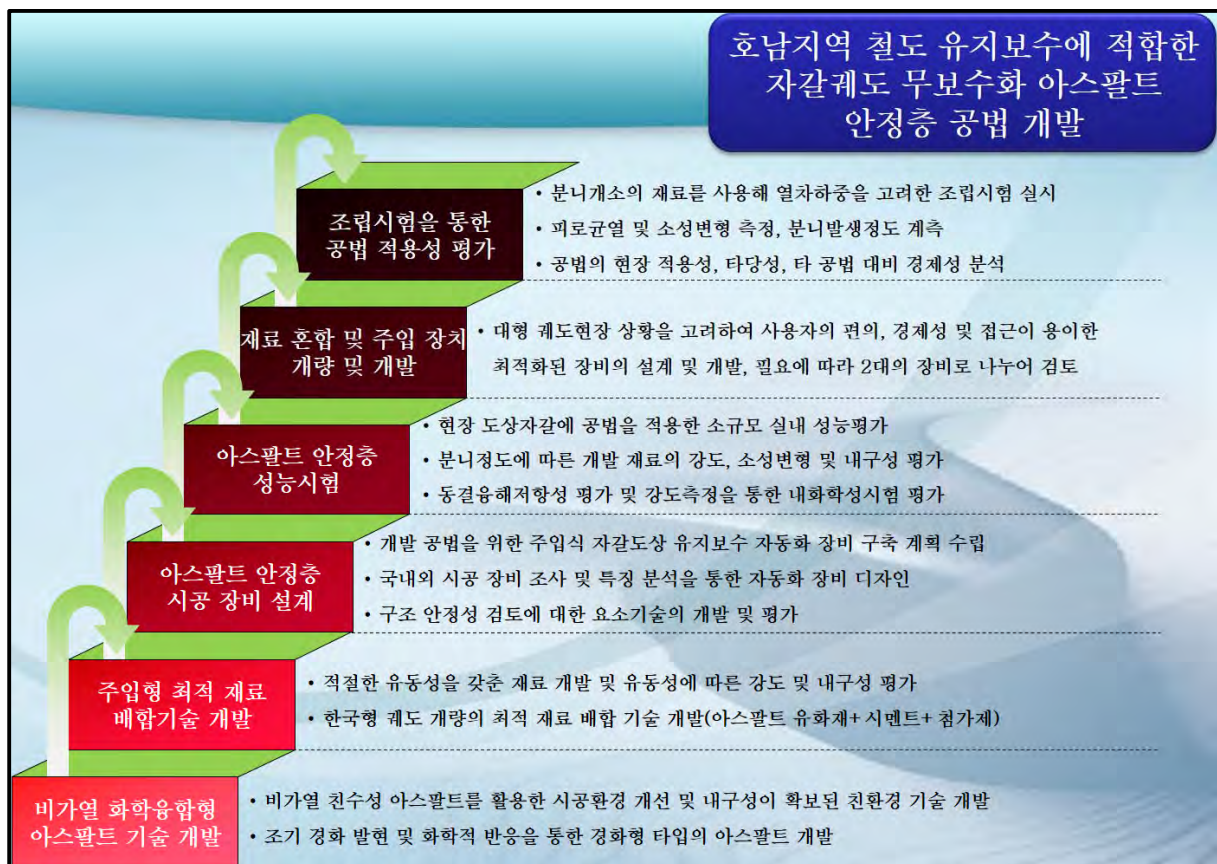
- 제안된 장비는 대형 궤도현장 상황을 고려하여 재료 공급 및 배합, 주입 방법 등을 단계적으로 적용하고, 장비중심 상면에는 아스팔트, 모래 혹은 시멘트 재료를 저장하는 저장부와 재료를 혼합 할 수 있는 혼합조로 구성하여 최소 5~10ton이상의 규모를 생산할 수 있는 장비가 개발되어야 함.
- 필요에 따라 2대의 장비로 나누어 구성을 검토해야 함.
- 일부 구간의 유지보수를 요하는 구간에 한해서는 소형장비를 이용하여 접근이 용이하도록 최적화된 장비의 설계 및 개발이 요하며 사용자의 편의 및 경제성을 고려되어야 함.
- 철도의 이동 특성상 장비의 개량 및 개발 시 전장 및 폭은 열차 주행 조건을 반영하여 레일을 통해 이동이 가능하도록 개발 되어야 함.
- 자갈도상의 주입관의 삽입이 가능한 코어비트 기술을 응용하여 강화노반까지의 주입이 가능하도록 코어비트 최적화 기술을 고안 및 보강 적용 방안이 제시되어야 함.
- 재료의 주입 시 측면 유출량을 최소화하기 위한 가림막 설치방안이 강구 되어야 함.
- 최적의 주입조건을 선정하기 위해 현장에 맞는 주입에 필요한 압력으로 조절하여 시공한 뒤 측정을 실시하고 최적의 값을 도출하여 현장 상황별 압력 조정이 가능하도록 조절장치를 설계 적용해야 함.

○ 조립시험(Full-scale Test) 및 기술 신뢰성 확보

- 제안된 자갈도상 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법은 호남지역의 많은 분니발생 지역을 조사하여 Full-scale Test를 진행(일반자갈도상과 개발 공법 비교).
- 본 기술에 사용되는 개발된 재료 및 개발된 장비를 활용하여 주입.
- 계측 장비를 통한 모니터링 및 Data가 확보.
- 궤도 유지보수 전후의 열차의 가속도와 궤도 면틀림의 변화 추이를 모니터링.
- 경쟁 공법과 생애주기비용을 통한 경제성 분석.



[그림 1-9] 성능 검증을 위한 실험용 조립시험



[그림 1-10] 자갈도상 무보수화 아스팔트 안정층 공법 개발 절차

[표 1-2] 아스팔트 안정층 성과목표

항 목		단위	세계기술수준	세계기술대비 목표율	비고
재료	흐름시간	sec	6~7	95%	
	작업성 (Workable time)	min	20~30	95%	
	블리딩율	%	0	95%	
	팽창률	%	1~3	95%	
	압축강도(28d)	MPa	≥ 1.9	90%	
	휨강도(28d)	MPa	≥ 1.1	90%	
	전단강도(28d)	MPa	≥ 0.8	95%	
	인장강도(28d)	MPa	≥ 0.5	95%	
	탄성계수(28d)	MPa	≥ 235	95%	
시공성	시공 속도	m/일	100	100%	야간 차단 시간 4시간 이내
유지보수	유지보수 비용			기존 공법 대비 50~60% 절감	

제 2 절 기술개발의 필요성

1. 기술개발 기획 배경

□ 유지보수의 패러다임 변화가 필요

- 호남지역에서 호남고속철도, 터널구간을 제외하면 거의 대부분의 구간이 자갈도상을 사용하고 있으며 자갈도상에 필요한 유지보수가 해마다 증가 하고 있음.
- 잦은 유지보수로 인해 운행에 차질이 발생하고 유지보수 비용 증가와 안전사고에 의한 인명 피해 발생을 미연에 방지하여야함.
- 최근 일반철도구간의 KTX운행 확대, 고속화, 중량화에 따른 유지보수 부담 증가
- 자갈도상의 반영구적인 유지보수 공법으로서 아스팔트계열 복합 충전재 공법 필요.
- 자갈도상은 반복적인 열차하중, 날씨 등 외부환경에 의한 소성변형으로 궤도틀림 유발
- 열차운영 중 궤도관리 및 유지보수 부담증가(장비투입, 작업시간 확보 등 제한)

□ 호남고속철도 182.3km(오송~광주 송정)구간 중 지반침하 현상이 발생하였고, 이중 전북구간은 93 곳 14,599m로, 이들 구간은 적게는 0.1cm에서 깊게는 4.1cm까지 지반 처짐이 발견된 적이 있으며, 때문에 지속적인 유지관리와 침하에 대한 대비가 필요.

□ 호남지역 철도의 자갈도상구간은 열차에 의한 자갈입자이동, 재배열, 마모, 노반 관입 또는 하부 노반의 부등침하, 구조물의 신축 작용 등으로 궤도틀림이 계속 증가하여 유지보수가 증가하는 취약성을 가지고 있음.

- 뜬 침목(unsupported sleeper) 또는 궤도틀림 증가에 따른 충격 발생으로 궤도틀림이 더욱 빠른 속도로 증가하는 악순환이 발생.
- 승차감(ride comfort) 저하, 탈선 위험 증가와 궤도 수명 감소로 이어짐.

□ 운영 및 유지보수 입장을 고려한 기술 실용화 필요

- 최근 자갈도상 유지보수는 신재료를 개발하여 보다 내구성이 있고 안정화된 철도도상 필요
- 기존선 유지보수 기술적용 한계(차단시간, 열차안전, 정시율, 복잡한 시공조건 등)
- 운영 및 유지보수 입장에서 자갈도상 관리는 생략화 보다는 보수주기 연장

□ 상습 분니개소

- 불량한 지반상태, 우수 및 지하수, 열차 진동의 세 가지 요인의 복합적 작용
- 인력의존도가 높음(도상다지기, 배수로정비, 분니제거작업 등)

2. 기술개발의 필요성

- 현재 자갈도상의 문제점을 개선하고, 전(全)수명주기비용 절감과 안정적인 속도향상 및 승차감을 개선하기 위한 기술개발 필요.
 - 빈번한 유지보수 작업으로 인한 열차 운행 지연과 이로 인한 사회적 손실 발생. 때문에 기존선의 운행에 영향을 주지 않고 쾌속 시공할 수 있는 재료개발 및 시공법 개발이 필요.
 - 토공, 교량, 터널 등 구간별 궤도틀림의 발생원인 및 형태에 맞는 최적화된 궤도구조 개량기술의 개발이 필요.
 - 고속으로 운행되는 구간에서 궤도구조를 개량하는 공사는 짧은 차단시간 내에 공사를 완료해야 하고 공사 전후에 고도의 안전 확보가 필요하므로 이러한 엄격한 제한조건을 극복하기 위한 체계적인 기술 개발이 필요.

- 자갈도상의 선로품질을 저하시키는 다양한 요인과 유지보수의 현황
 - 궤도틀림 등 소성변형에 의한 문제발생 원인은 반복적인 열차 피로하중, 날씨 등 외부요인에 의해 영향을 받으며, 이를 해결하기 위한 유지보수에 많은 인력자원(시간과 비용)이 소요되고 있음.
 - 최근 일반철도구간의 KTX운행 확대, 신규차량 도입 등 철도서비스 향상과 노력에 비해 고속화, 중량화에 따른 유지보수 부담 증가.
 - 불량한 지반상태, 우수 및 지하수, 열차 진동의 세 가지 요인의 복합적 작용으로 인해 상습 분니개소가 증가되고 있음.
 - 도상자갈 이완으로 구조물 접속부 열차운행 시 갑작스런 지지강성 변화로 자갈이완하면서 부등침하가 되며 승차감 저하로 영향을 줌.

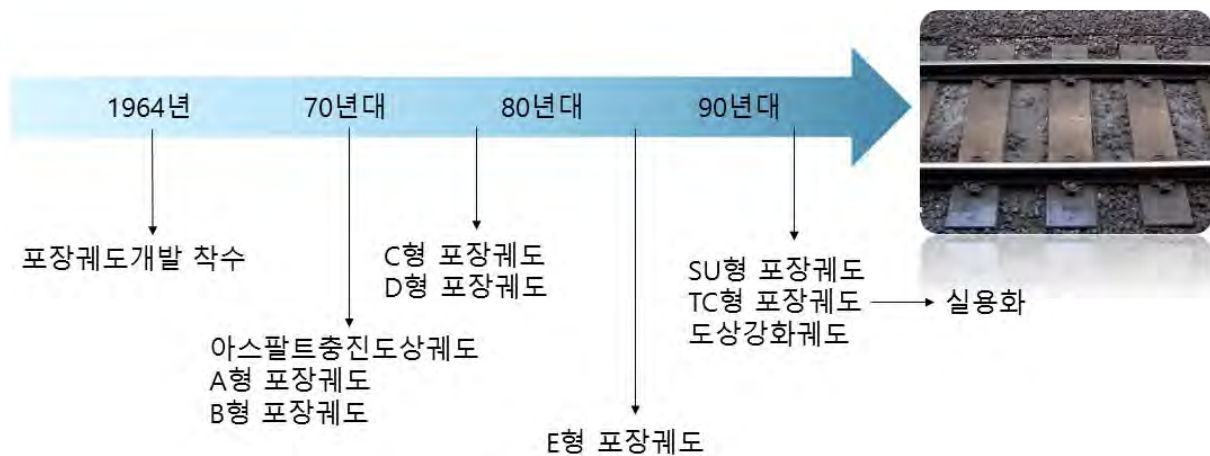
- 운영 및 유지보수를 고려한 경제적이고 실용적인 기술개발 필요.
 - 자갈도상의 문제점을 해소하고자 여러 가지 장점을 갖고 있는 슬래브 궤도를 개발, 적용하고 있으나 신규건설 구간에 비해 아직까지 열차 운행 구간으로 기술적용에 한계가 있음.
 - 따라서 운영 및 유지보수 입장에서 제한된 차단시간과 보선장비, 자갈 등 기존 자원을 최대한 활용하여 유지보수 할 수 있는 기술개발 필요.
 - 국내외 철도운영기관들은 운영여건에 적합한 생력화 기술력 확보에 노력하고 있음. 특히 고석철도 선진국인 일본, 유럽, 중국에서는 CAM(Cement Asphalt Mortar)을 개발하여 고속철도 시멘트 슬래브 궤도 시공에 널리 사용하고 있으며, 일본에서는 CAM을 개발하여 기존선 유지보수에 사용하고 있음
 - 무보수화 생력화 기술의 국내 실용화는 아스팔트계열 복합 재료에 대한 이해부족과 관련 전문가 협업 부족으로 실패하였으므로, 자갈도상 생력화 및 철도 기술력 향상을 위하여 재료 개발, 장비, 시공법 개발이 절실히 필요.

□ 현 호남지역의 기후적 특색과 아열대화의 급속한 진행에 의한 강수량의 증가 및 홍수 발생량 증가에 대비하여 근본적이며 경제적인 해결책이 필요.

□ 국외 철도선진국들은 이미 자갈도상 생력화 기술을 확보하였거나 고도화 연구개발 단계에 있음.

○ 일본에서의 포장궤도에 대한 연구는 1964년부터 시작되었으며 현재의 실용화모델이 개발되기까지 약 10여개의 포장궤도 모델이 연구개발 되었음.

※ E형 포장궤도 : 충전재는 B형 포장궤도의 가열 아스팔트(PTAC)를 상온형의 초속경 시멘트 아스팔트계 복합재(PTCAM)로 변경함으로써 주입의 용이함 및 조기강도 확보, PTCAM 재료의 배합은 지에트시멘트와 아스팔트 유제, 폴리머, 세골재, 물, 응결 조절제, 소포제 및 알루미늄 분말 등으로 구성, 상온에서 시공했을 때에 1시간 강도 0.14MPa, 28일 강도 3.85MPa 강도특성



[그림 1-11] 일본 포장궤도 연구 및 개발 연혁

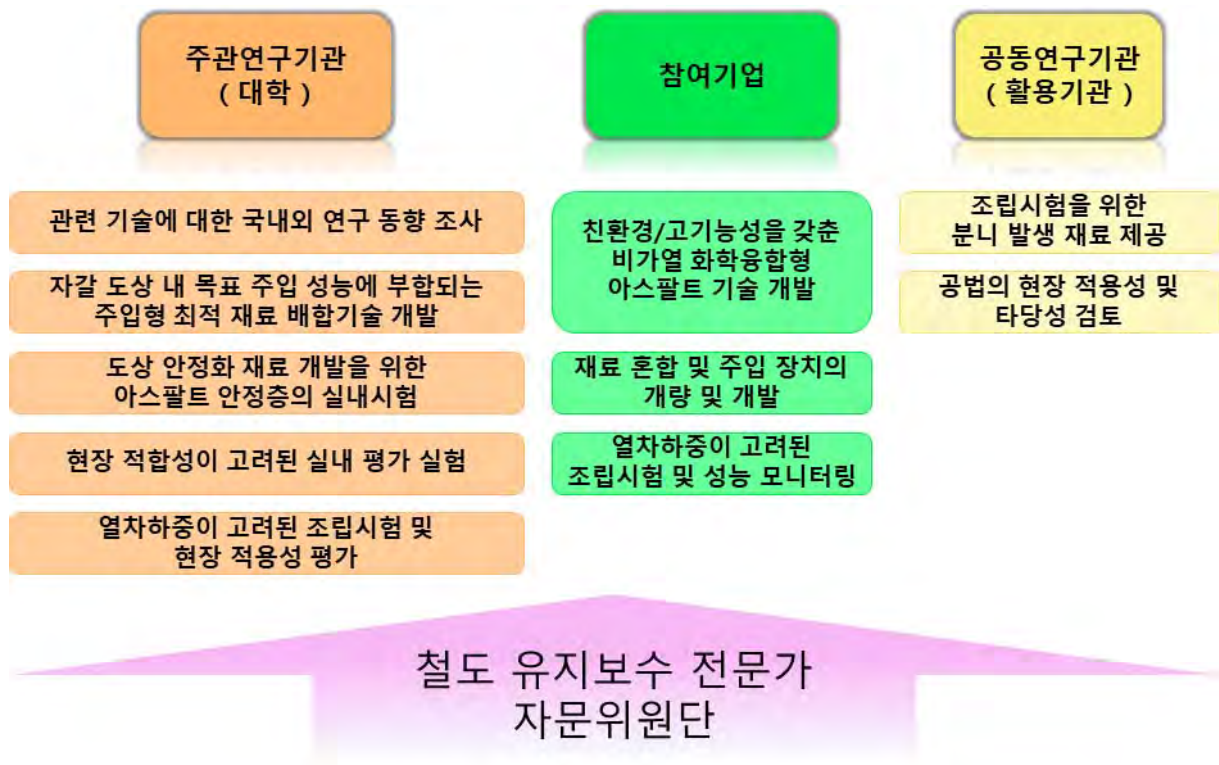
- 영국 Balfour Beatty Rail社에서 개발된 XiTrack 공법은 자갈층에 특수 충전재를 주입하는 공법으로 일본의 포장궤도와 달리 자갈층을 완전히 고결시키는 것이 아니라 충전재료로 폴리머계열의 고분자 재료를 사용하여 일종의 토목섬유와 같이 자갈층을 보강

3. 기술개발 기획 목적

- 본 연구는 호남지역 일반철도 자갈도상 구간에서의 유지보수 저감을 위한 궤도구조 개량기술 개발 추진전략 수립을 위한 사전 기획연구로, 세부 연구목표는 아래와 같음.
 - 유지보수하기 위한 쾌속시공법을 개발하여 기존선에 최적화된 유지보수공법 제안
 - 핵심 반강성 점탄성의 복합 하이브리드 재료 및 자동화 시공 장비의 목표 성능 정립
 - 세부 추진전략 및 기술개발 로드맵 제시

- 본 기획연구는 본 과제에 요구되는 아스팔트 재료 개발 및 배합설계, 아스팔트 유지보수에 필요한 장비 개발, 조립시험실험을 통한 적용성평가 등 3단계로 추진
 - 1단계 : 본 과제에 요구되는 아스팔트 재료 개발 및 배합설계
 - 기술개발 동향 및 환경 분석
 - 궤도의 충전재로써 강도 및 유동성, 팽창성 등의 목표치를 만족하며, 재료분리를 최소화 할 수 있는 배합 선정 및 개발된 재료 분석
 - 무보수화 한국형 자갈도상 개량화 기술개발전략(추진방향) 수립
 - 2단계 : 아스팔트 안정층에 필요한 시공 장비 개발 및 현장조건을 고려한 실내모사 시험
 - 공법에 대한 구성요구조건 분석
 - 융복합적 아스팔트 재료 기술을 기반으로 한 주입식 재료배합기술 도출
 - 핵심재료 및 자동화 시공 장비에 대한 목표수준 정립 및 분석
 - 현장 시공 장비에 대한 최적 대안 선정 및 설계
 - 현장조건(분리상태등)을 고려한 도상자갈 안정층 실내시험 평가
 - 3단계 : 아스팔트 안정층 조립시험(Full-scale Test) 구축 및 실용화 기술
 - 조립시험(Full-scale Test) 구성
 - 조립시험 현장의 도상 물성분석
 - LCC 분석을 통한 자갈도상 개량공법 선정
 - 하부노반상태에 대한 합리적 평가를 통해 자갈도상개량기술의 적용 적합성 검토

- 추진체계
 - 호남지역 보조철도 및 간선철도의 운영기관인 한국철도공사와 공동연구체계 구축
 - 아스팔트 전문기업과 시멘트 전문가의 밀접한 협업을 통하여 재료개발 및 공법개발을 하며, 철도공사와 협업하여 열차하중조건이 고려된 조립시험 및 공법에 대한 타당성 검토 등 시행



[그림 1-12] 연구 추진체계

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석

제 1 절 국내외 정책 및 연구

1. 국내 정책 동향

- ☐ 제2차 국가철도망 구축계획(국토해양부)에 의하면 전국 주요 거점을 1시간 30분대로 연결하는 목표 달성을 위해서는 철도 교통망의 핵심축인 주요간선의 운영속도의 향상이 필수적이므로 현재의 인프라에 대한 상태평가와 보수의 과학화에 대한 기술개발은 국가교통정책차원에서 우선적으로 추진해야할 필요가 있음.
- ☐ 또한 제2차 철도산업발전 기본계획(국토해양부)에 따르면 철도시설의 기능성과 안전성을 확보하면서, 비용 효율적인 유지보수체계 확립을 기본방향으로 시설자산 관리체계를 확립하고, 유지·보수 평가체계를 도입하여 시설 유지·보수·관리를 선진화를 추진하고 있으며, 유지보수 시설의 안전·경제성을 동시에 달성하기 위해 시설의 특성(속도, 이력 등)을 고려한 유지·보수 기준 및 보수공법 개발을 추진하고 있음
- ☐ 한편, 고속철도 및 일반철도, 광역철도 시설물 유지보수를 담당하고 있는 한국철도공사에서는 국민체감형, 산업발전형 국가 R&D를 통한 철도산업 공동발전 도모 및 철도운영 및 유지보수 기술력과 생산성 향상을 통한 국제경쟁력 강화를 목적으로 국가 R&D 미래전략팀을 구성하여 사용자 중심의 철도기술개발을 통한 기술경쟁력 강화에 역량을 집중하고 있음
- ☐ 현재 국내에서는 궤도틀림 및 재료손상에 따른 궤도하부 보강 및 레일의 손상진전 예측과 같은 상태평가 기술개발 및 적용이 초기단계에 있으나, 궤도노후도가 가속화되면서 그 필요성이 크게 증가하고 있음. 100년 이상의 공용기간을 지나온 경부선, 호남선 등과 최근 개량, 신설되어 열차의 속도향상에 큰 기여를 하고 있는 선구 등에 대하여 과학적이고 객관적이며 효율적인 궤도관리를 위한 상태 평가 기술과 보수보강 및 개량기술 개발과 이를 통한 유지보수의 합리화는 향후 속도향상, 유지보수절감 등을 목적을 달성하기 위한 필수 기술로서 국가정책으로도 확대 적용될 전망이다.
- ☐ 고속선의 진동원인 및 승차감 제고대책에 따르면 승차감 향상방안으로 자갈도상 구조의 개량, 유지보수 안정화, 유지보수 관리기준개선, 유지관리 장비현대화, 전문기술 확보 등 여러 방안이 있으며 이중 기술적으로 시급한 분야가 궤도구조의 개량기술로서 사전대비 필요.

[참고] 제2차 국가철도망 구축계획 2011~2020 (2011.4)

□ 제2차 국가철도망 구축계획 추진배경

- 기후변화, 5+2 광역경제권 발전전략 등 여건 변화에 대응하고, 철도 중심의 녹색 국가교통 체계를 구축하고 철도투자를 효율적·체계적으로 수행하기 위하여 중장기(10년 단위) 국가 철도망 구축계획을 수립

□ 주요내용

- 전국 주요거점을 고속 KTX망으로 연결
: 국토 최단 연결 X자형과 해안권 연결 □자형을 결합한 국가철도망 구축
 - 경부-호남-수도권 고속철도를 중심으로 X자형의 국가 철도망 대골격 구성→ 고속철도망 보완을 위해 충북선, 중앙선, 원주~강릉선, 남부내륙선을 통해 기능 분담
 - 서해선, 동해선, 경춘선, 춘천~속초선, 경전선을 통해 □자형 연결→ 초광역권 구상에 부합하는 해안권 □자형 네트워크 구축
 - 경부-호남 등 추진 중인 고속철도 사업 적기완공
 - (경부) 대전-대구 도심구간(41km) '14년 완공 추진
 - (호남) 오송~광주 구간(182km)은 '14년까지, 광주~목포 구간은 '17년까지 완공 추진
 - 일반철도 경쟁력 확보를 위한 기존 건설선 고속화를 추진하고, 고속철도와 연계운행을 통해 KTX 서비스지역 확대
 - 일반철도를 시설 개량을 통해 선형조건에 따라 230km/h 또는 250km/h 내외로 고속화
- 대도시권 30분대광역-급행철도망 구축
: 광역철도 운영체계를 급행위주로 재편, 시설확충 등을 통해 도심 접근 30분대 광역철도망 구축
 - 광역철도의 운영체계를 급행위주로 재편
 - 거점역 정차, Skip & Stop 등 운행방식 다양화를 통해 기존 운영노선 고속화 추진
 - 이용편의 제고를 위해 운행간격이 긴 노선은 수요맞춤형 열차(8량 → 4~6량)운행을 통해 급행열차 운행 확대
 - 중장기적으로 고속화 차량(110→150~180km/h) 도입, 대피선 설치 등 시설개선을 통해 대부분의 광역철도를 급행화
 - 대도시 교통난 해소를 위한 광역철도망 지속 확충
 - 경춘선, 경의선, 분당선 등 진행 중인 광역철도 사업을 적기 완공
 - 월곶~판교, 인덕원~수원 등 5+2 광역경제권 특성화 발전 지원을 위한 광역교통기능 철도망 확충
 - 도심 접근 30분대 광역철도망 구축을 목표로 수도권 광역급행철도 사업추진 본격화
- 녹색 철도물류체계 구축

: 산업-물류거점간 대량-고속 철도 물류네트워크 구축

- 정부 및 호남고속철도 개통 이후 기존 경부선-호남선을 주요 화물 발생 거점과 연계한 화물 중심 노선으로 전환
 - 경부선은 충청권, 대경권, 동남권과 연계, 호남선은 충청권, 호남권과 연계 운영
- 화물수송비율이 높은 주요 선로-구간의 선로용량 증대를 통해 철도의 수송능력 확충
 - 컨테이너, 양회 등 철도의 주 수송품목을 대상으로 수송능력 증대 사업 추진
- 핵심 물류거점인 항만 · 산업단지 · 내륙화물기지를 간선 철도망과 연결하는 인입철도의 지속 확충
- KTX 화물전용칸 등을 통해 고부가가치 소량화물 운송
- 대량수송체계 도입을 통해 철도운송의 경쟁력 제고
 - 수송효율이 높은 2단 적재열차를 경전선에 도입하고, 이후 성과에 따라 단계적으로 확대
 - 유효장 확장 등 시설개선을 통해 장대열차 도입

○ 편리한 철도이용환경 조성

- : 고속철도 및 일반철도역의 접근성을 개선하고, 이용 편의시설 지속 확충
- KTX역, 전철역, 터미널 등에 상업-문화-업무 등이 결합된 복합환승센터 본격 개발
- 철도-대중교통 연계를 위해 택시베이, 버스베이 등 교통광장 설치
- 고속철도역 접근 편의를 위해 광역직행버스, 리무진 버스, 셔틀버스 도입 및 확대
- 엘리베이터 등 편의시설 확충, barrier free 역사 지정 등 교통약자의 이용편의 제고
- 역사 내 자전거 보관시설, 경사로 설치 등 지속 추진

□ 투자규모

- '11 ~ '20년까지 철도시설 확충에 총 88조원 소요 전망
 - 부문별 투자 : 고속철도 16조원, 일반철도 46조원, 광역철도 26조원
 - 재원조달 : 국고 59조원, 지방비 3조원, 민자-공기업-기타 등 26조원

□ 투자 효과

[표 2-1] 광역경제권간 주요 거점 철도망 연결

비 고	2010년	2020년	비고 (B/A)
영업거리(km)	3,557.3	4,934.1	1.39
복선화율(%)	49.6	79.1	1.60
전철화율(%)	60.4	85.0	1.41

[표 2-2] 물류체제로 전환되어, 저탄소 녹색성장 기반 마련

구 분	2008년	2020년
도로	81.4	69.3
철도	15.9	27.3
항공	2.5	3.2
해운	0.2	0.2
계	100.0	100.0

- 철도 화물 수송 분담률은 8.0%(’08) → 18.5%(’20)로 확대를 목표로 Modal-Shift 보조금 지급, 운영효율화 등 추진

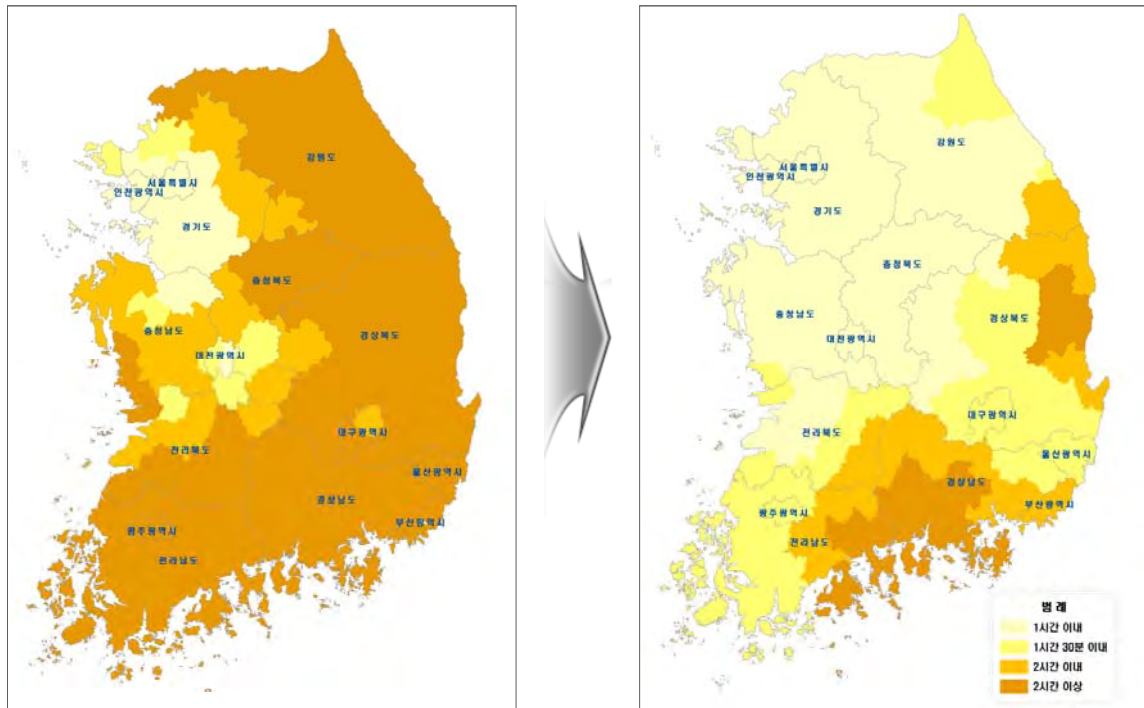
○ 교통부문 온실가스 및 에너지 소비 저감에 기여

- 온실가스(CO2) 배출 감소 : 연간 약 774만 톤
- 에너지 소비 감소 : 연간 약 259만 TOE톤

○ 경부-호남-수도권 고속철도 개통과 주요 일반철도 노선의 고속화를 통해 전국 주요도시가 1시간 30분대로 연결

- 1시간 30분대 : 인구 60% → 83%, 면적 30% → 76%
- 2시간대 : 인구 74% → 96%, 면적 55% → 90%

[철도 통행시간 분포변화(서울기점, 차내 시간 기준)]



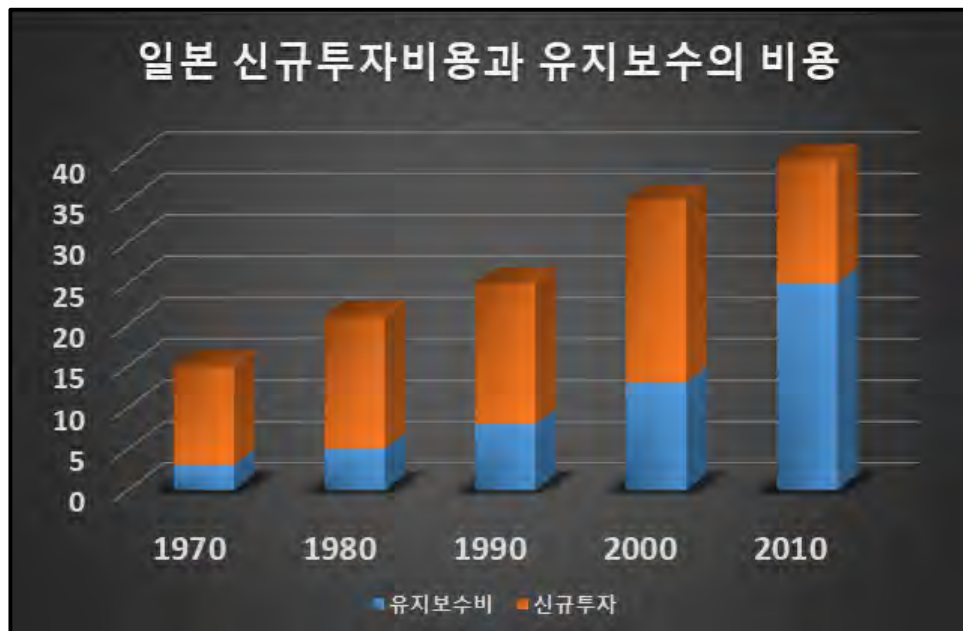
[그림 2-1] 철도 통행시간 분포변화(서울기점, 차내 시간 기준)

2. 국외 정책 동향

- 궤도구조개량분야에 대해서는 철도건설이 가장 오래된 일본과 미국에서 집중적으로 추진되고 있는데, 국가 정책적으로 지원을 받아 실시하고 있으며, 세부적인 사항은 다음과 같음.

가. 일본

- 일본의 경제는 근래에 들어 생력화 기술 성숙기로 접어들었음. 이제까지 형성해온 거대한 교통, 통신 및 도시시설 등의 사회 기반시설은 21세기에는 품질 및 기능의 현저한 저하로 유지보수비용이 신규투자비용을 앞지르게 되었음. 일본 건설성의 집계에 의하면, 민간 토목을 제외한 정부 관련 건설투자에서 유지보수 비용이 차지하는 비율은 급속히 확대되고 있으며, 이러한 추세로 1990년에 25%이던 유지보수의 비율은 2010년에는 전체 투자의 60%를 차지하게 될 것으로 예상됨.



[그림 2-2] 일본 토목분야에 있어서의 신규 투자비용과 유지보수의 비용

- JR 동일본의 경우에는 유지보수의 대상이 되는 사회 기반시설이 많고, 1872년의 신바시~요코하마 간 철도가 개통된 이래 현재에 이르기까지 축적되어 온 유지보수의 대상물도 새로이 만들어진 것에서부터 오래된 것까지의 여러 가지가 혼재하고 있으며, 이에 따라 다양한 유지보수의 형태를 필요로 하고 있음. 또한 유지보수비가 전체 경비 중에서 차지하는 비율도 증가하게 되어, JR 동일본에서는 유지보수비가 인건비를 포함하여 철도 운행에 소요되는 비용의 30%를 차지하고 있으며, 이것은 약 5,000억 엔에 달하고 있음.
- 그 다음으로 대두되는 문제가 인구분포의 고령화인데 철도 승객의 감소로도 이어지고, 또한 유지보수 종사하는 작업원의 감소가 예측되었음. JR 동일본에 있어서의 유지보수 업무의 환경을 고려

해보면 노동 생산인구의 감소에 따르는 유지보수 인원의 확보에 어려움이 생기는 한편, 이미 노후가 진행된 인프라 설비의 유지 갱신에 관한 업무가 발생하게 됨.

- 노동집약적인 산업형태로부터 탈피를 도모하여 한층 더 나아간 효율적인 작업방법인 최신 기술을 적극적으로 도입하여 시스템구축을 하고 있음.
- 철도의 저가격성의 확보는 자동차나 비행기와의 경쟁에서 앞서갈 수 있는 철도의 우위성에 있어서 매우 중요한 요소이므로 가격을 저렴하게 하기 위해서는 철도에 있어서의 유지보수 비용을 고려할 필요가 있음.
- 현상의 서비스 수준(안전성, 안정성, 쾌적성, 신속성 등)의 향상을 도모하면서, 비용 상승을 막는 것은 물론 나아가 비용의 절감을 어떻게 도모하는가가 그 과제임.
- 따라서 유지보수의 요구를 정확하게 파악하고, LCC 등의 시점에서 유지보수의 현상을 평가하고 과제를 도출하고 유지보수의 혁신을 도모한 기술개발을 추진하였음.

□ JR 동일본은 선로의 연장이 약 13,000km에 달하기 때문에 선로와 전차선로 및 신호 등의 유지보수에 많은 인력과 경비가 소요되고 있는 실태임. 특히 실외에서의 야간작업 등을 피할 수 없는 보선작업에는 작업원의 확보가 대단히 곤란한 상황에 처해가고 있으며, 또한 도심부에서는 작업에 따르는 소음이나 진동도 큰 문제로 대두되고 있어 유지보수 작업의 경감을 위한 생력화를 추진하였음. 유지보수 생력화의 일환으로 “200X 프로젝트”를 추진하였는데, 그 목적은 다음과 같음.

- 설비 자체의 유지보수를 줄임. 또한 설비자체를 간소화하고 그 수명을 연장함.
- 설비를 가능한 한 유지보수가 용이한 것으로 개량함. 유지보수의 작업을 완전히 없애는 것은 대단히 어려운 사항이므로, 유지보수를 하는 경우의 검사 과정은 자동화 또는 기계화하고, 가능한 한 소요인력을 줄이고 고도화함.
- 설비의 수선 및 교체시에는 가능한 적은 인력이 소요되는 효율적인 작업 방법을 모색함.
- 설비의 관리는 장치 및 기계 등으로부터 얻어진 자료를 평가하여 유지보수 계획을 수립하도록 함.

나. 미국

□ 미국의 고속철도 궤도구조는 대부분 1960년대 시공되었으며 대부분 노후화로 인해 기존의 자갈도상 및 궤도재료들을 철거 후 아스팔트 포장층을 활용한 유도상 아스팔트 궤도로 바꾸고 있음.

□ 기존에 사용하던 콘크리트에서 아스팔트로 재료로 개선함으로써 운행상에 발생할 수 있는 안전문제를 해결하고 유지보수 비용 및 인력을 감함으로써 운행 안정성과 경제성을 동시에 추구하고 있음.

□ 특히 미국 내 철로의 경우는 건설된 지 50년이 되어 유지보수 시 열차의 운행을 완전 차단하고 작업을 하지 않으면 안 될 시점까지 도달하여 유지보수 시 많은 어려움을 겪고 있으며 이에 궤도구조개량 공사를 시행하여 궤도시설 전반에 대한 안전성을 확보하고 유지보수의 효율성을 도모하고 있음.

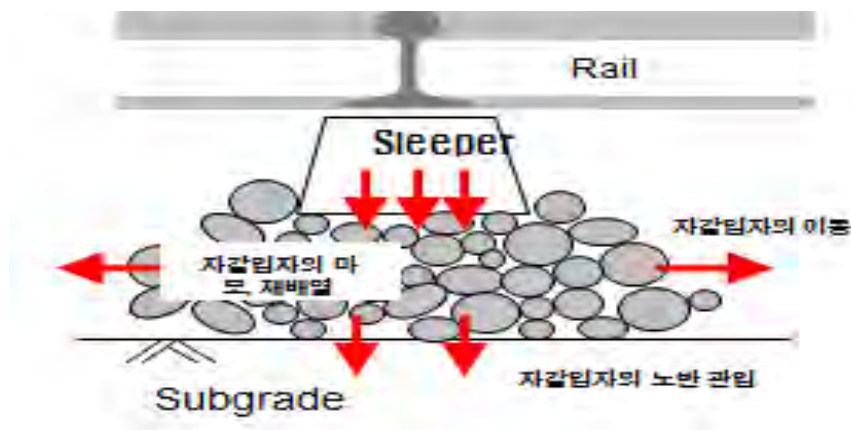
□ 미국은 현재 장기적으로 도시 간 고속 여객 철도 프로그램을 수행하고 있으며 100~600마일 떨어진

주요 인구 거점 도시 연결을 목표로 하며 현재 노후한 열차의 철로를 개선하여 기존보다 향상된 철로를 만들고 있음.

제 2 절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장 동향

- 자갈도상궤도는 열차의 반복하중에 의해 점진적으로 변형이 진행되는 구조이기 때문에 침하 및 궤도틀림을 줄이기 위하여 지속적인 유지보수작업을 필요로 함. 하지만 자갈도상 궤도는 이러한 단점에도 불구하고 가장 많이 적용되고 있음. 특히 자갈도상궤도에서는 차량주행 및 다짐작업의 영향으로 자갈마모 및 파쇄 등의 기능저하와 노반 배수 불량 등으로 인한 분니 발생으로 본래 기능을 상실하거나 유지보수 증가 등의 문제 발생하며 자갈치환 작업 또는 노반개량을 통해 기능을 회복하고 있음.

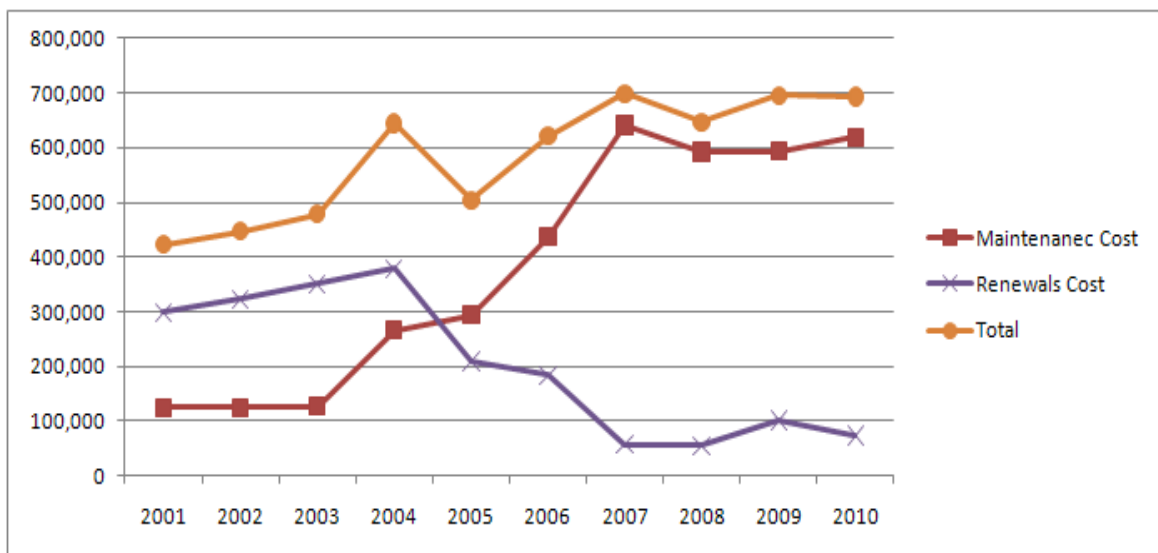


[그림 2-3] 도상자갈 마모/파쇄 메커니즘

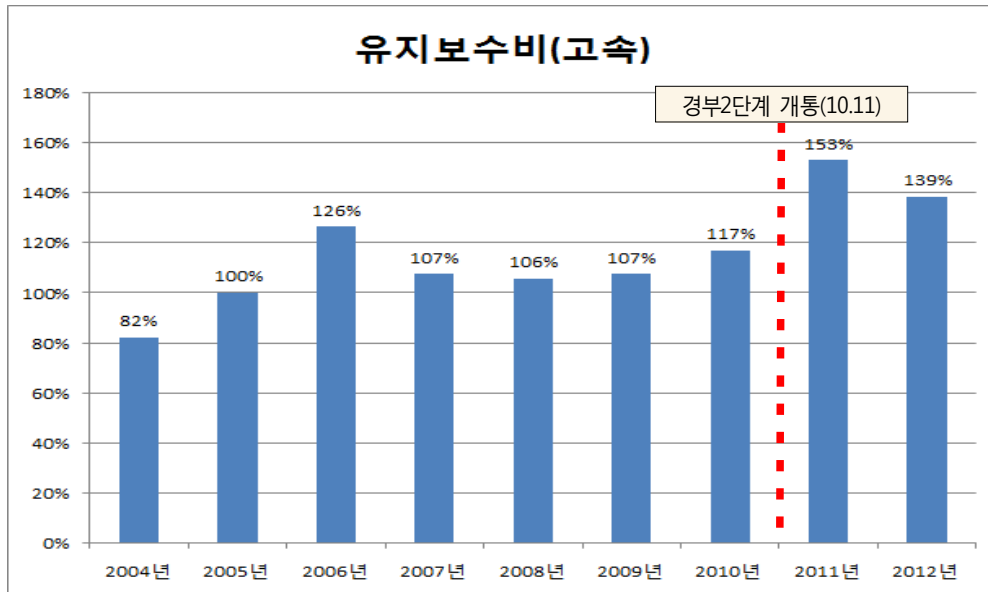


[그림 2-4] 도상자갈 마모/파쇄(좌) 및 분니(우)

□ 이는 부설이나 보수가 용이하고 건설비가 저렴하기 때문에 현재까지 동서양을 불문하고 궤도구조의 기본으로 되어 있으며 경부고속철도에도 채택되었음. 그러나 코레일 보고 자료에 따르면 자갈도상구간 노후화 및 연약지반 노반침하 등으로 유지보수 비용이 지속적으로 증가하고 있고 이에 대한 대책 마련이 부족한 실정임. 또한 경제의 고도성장에 따라서 선로의 수송력 증강 요구, 보선업무의 효율성 향상 요구 등 사회변화에 대응하기 위한 새로운 궤도구조가 요구되고 있음. 특히 유지보수의 비용 절감이 궤도유지보수에 있어서 중요한 과제이기 때문에 지속적인 관리가 요구되지 않는 궤도설비의 적용이 요구되고 있음. 이에 대한 대책으로 기존에 건설되어 있는 선로의 무보수화(생력화)를 목적으로 여러 가지 방안이 개발되어 왔으나, 근본적으로 궤도구조를 개선하는 것이 효율적이라는 결론을 내렸으며 현재 신선의 경우는 유지보수가 거의 필요 없는 콘크리트도상궤도의 적용이 확산되고 있는 추세이고 기존선의 경우에는 포장궤도와 같은 무보수화 궤도구조가 적용되고 있음.



[그림 2-5] 일반철도 유지보수비 추이



[그림 2-6] 고속철도 선로유지보수비 현황(인건비 포함)

- 국내의 경우 서울지하철이 1998년부터 자갈도상의 노후화 및 각종 체결구의 훼손, 침목의 부패, 레일의 절손 등의 유지 보수상 문제점이 심하게 도출이 되어, 이를 해결하고자 궤도시설 전반에 대한 개량작업을 시행하고 있는 중이며, 현재까지 33km의 실적으로 추진 중에 있음. 아울러 기술 축적의 노하우(Know-how)로 새로운 개량공법 등을 자체 개발하여 공기단축의 효과를 거두고 있음.

가. 국내 궤도구조개량 수급동향

- 국내에서의 기존자갈도상의 개량사업은 운영처의 결정에 의하여 진행됨. 궤도구조개량사업의 주요 운영처와 대상구간은 아래 표와 같음.
- 1970~80년대에 건설된 서울지하철 1~4호선 복선 궤도 연장 276.9km중 82% (226.7km)가 자갈도상으로 건설되었음. 30년 이상 운영되면서 유지보수의 편의를 위하여 콘크리트궤도로 개량하는 사업을 1997년부터 추진하고 있으며 자갈도상 전체를 대상으로 하고 있음. 비교적 안정적인 재원이 확보되어 있으며 포장궤도의 적용을 확인하기 위하여 본선구간에 시험 부설하여 성능을 검증 중임.
- 국내의 궤도구조개량시장은 초기단계로 현재까지의 실적은 약 30km에 불과하지만, 향후 궤도노후화의 급속한 증가에 따른 개량 필요성이 크게 대두되기 때문에 국내시장의 규모는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨.

[표 2-3] 국내 궤도개량사업 추진 현황

운영처	대상선로	궤도연장(km)	진행현황
서울메트로	1~4호선 자갈도상궤도 개량공사	복선궤도 연장 226.7km	지하구간 B2S 궤도(24km) 및 현장타설 콘크리트궤도(9km) 시공 완료
	분기기 개량공사	전체	시행중
부산교통공사	1호선 자갈도상궤도개량공사	복선궤도 연장 72km	기본설계 완료
철도공사	과천선을 비롯한 국철구간	200km	기본설계 완료
	기존 철도구간 중 궤도구조개량이 요구되는 구간(터널, 급곡선, 역구내 구간 등)	500km	

- ☐ 부산지하철공사의 경우, 1호선 72km 연장이 자갈도상궤도로 부설되어 있으며, 2005년도에 궤도구조개량에 관한 기본설계를 완료하고 궤도개량에 대한 실시설계 및 시공을 계획하고 있음.
- ☐ 철도공사의 경우, 과천선을 비롯한 수도권 인근의 도시철도 선로가 주요 개량대상이 되며, 기존선에서도 터널구간 등이 개량대상이 될 수 있음.
- ☐ 국내 자갈도상궤도 개량사업은 시간의 경과에 따라 수요가 점점 증가할 것으로 판단되며, 교통 환경 여건상 빠르고 경제적으로 개량할 수 있는 공법이 경쟁력을 가질 것으로 판단되어 궤도개량기술의 중장기적인 전망은 매우 밝다고 할 수 있음.

나. 시장 특성 및 구조

- ☐ 궤도구조개량은 주로 철도공사, 서울메트로, 부산지하철공사 등 철도 운영기관이 주요 수요처임. 따라서 적용공법이 충분한 안정성과 경제성이 검증되어야 본선에 적용하는 것이 가능하며, 채택이 될 경우에는 지속적으로 적용되는 경향이 있음. 채택을 위해서는 각 운영기관별 열차 및 선로의 특성을 설계 및 시공시 반영하여야 함.
- ☐ 또한 궤도구조개량은 대규모 예산이 수반되는 SOC사업이기 때문에 사전조사 및 계획에 많은 노력이 요구됨. 특히 궤도개량사업은 유지보수예산에서 지원되기 때문에 지속적인 예산확보가 필요함.

다. 시장 확보 전망

- 향후 국내 궤도개량공사의 시장전망을 분석하였음. 현재 실질적인 궤도구조 개량공사는 서울메트로에서만 진행을 하고 있으나, 추후 철도공사 및 부산교통공사에서도 본격적인 궤도개량공사가 시작될 것으로 예상됨.
- 표 2.2-3에서 서울메트로의 궤도개량실적을 보면 현재까지 5년간 660억 원 (33km)의 예산이 소요되었으며, 향후 연간 약 200억 원 규모의 공사계획을 가지고 있으며 총 4,000억 원(194km) 규모의 궤도개량시장이 확보되어 있음.
 - 부산교통공사의 경우에도 1,400억 원(72km) 규모의 궤도개량계획을 가지고 있음. 이와 같이 도시철도운영기관을 비롯하여 기존선, 광역전철 등에 대한 궤도개량시장도 매우 확대될 것으로 전망되기 때문에 향후 기술수요를 만족시키기 위한 선행연구가 시급히 요구됨.
 - 기술개발이 완료되는 시점인 2018년 이후에는 연간 600억 원 궤도개량시장이 형성될 것으로 예상됨. 시장 확보를 위해서는 개발기술의 시공시간을 대폭 단축하기 위한 자동화 장비의 개발과 재료비의 절감 등을 통한 경쟁력향상이 요구됨.

2. 국외 시장 동향

- 국외의 경우에도 본격적으로 궤도구조개량을 추진하는 국가가 일본, 영국을 비롯하여 홍콩, 싱가포르, 프랑스 등으로 확대되고 있기 때문에 유럽을 중심으로 궤도구조개량은 향후 폭발적으로 증가할 것으로 예상됨.
- 일본 및 미국에서는 자갈도상 개량의 목적은 대부분 노후화된 자갈도상궤도의 유지보수비용 절감임. 가장 활발한 궤도개량사업을 추진하고 있는 일본의 경우에는 최근 신간선의 보수생력화와 내진성능향상을 목적으로 포장궤도공법의 적용 검토하고 있음. 각 국별 시장동향은 다음과 같음.

가. 일본

- 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~신주쿠~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 개선하였음.

며 2002년부터 5년간에 야마노테센(마치다~신주쿠~다바타구간)의 4선구의 111km를 부설하였음. 제2기 공사까지 완료되어 주요 5선구 146km를 부설하였음.

- 그 결과, 궤선 상태 및 유지보수 경감에 있어 이미 기대했던 효과를 확인 할 수 있었기 때문에, 2007년부터 토호쿠 화물선과 홋카이도선을 중심으로 제3기 공사에 착수하였음.

□ 일본은 현재까지 256km의 선로를 포장궤도로 개량하였으며, JR동일본은 제외한 JR서일본, JR중앙, JR홋카이도 등에서도 별도의 선로개량작업을 진행 중에 있기 때문에 연간 약 40km(km당 25억원 수준)의 선로구조개량 시장이 확보되어 있으며, 향후에는 점진적으로 증가할 것으로 예상됨.

□ 일본은 현재 환경에 대한 의신 고조로 대중교통의 중요성이 지적되고 있으며 자동차에 비해 CO₂ 배출량이 적은 철도가 주목을 받고 있으나 장기적인 관점에서 인구감소와 장기적인 경기침체로 인해 철도의 수요는 현상유지 또는 감소추세로 이어질 것으로 예상됨. 철도와 관련한 기술의 계승과 발전이 어려워지고 새로운 철도시장의 확보가 필요함.

나. 미국

□ 미국의 경우, 50년 이상 경과한 선로들이 많기 때문에 대부분의 구간이 개량이 요구됨. 미국에서는 노후 된 철도들이 많은 지역에 존재하며 유지보수 비용이 해마다 증가하고 있음.

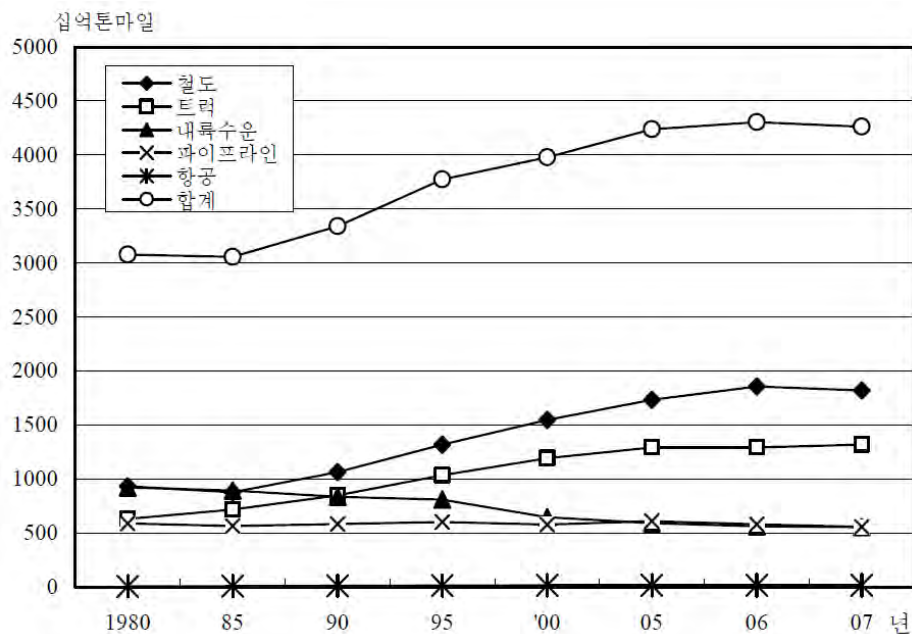
□ 미국은 고속철도 계획으로 캘리포니아, 태평양, 중남부, 걸프해안, 시카고, 플로리다, 남동부, 키스톤, 엠파이어 지역으로 총 9개의 지역별 계획이 있으며 철도중심의 교통체계 구축을 위해 발 빠르게 변화하고 있음. 현재 사용하던 자갈도상 유비보수를 위해 아스팔트를 활용한 유도상 아스팔트 궤도로 바꾸는 작업을 하고 있음.

□ 미국의 고속철도 건설계획으로 2009년 4월부터 미국의 고속여객열차개발을 위한 새로운 비전을 제시하면서 6월에 고속여객철도 프로그램(HSIPR)을 발표하였음. 1980년 이후, 캘리포니아 주와 암트랙(Amtrak)은 여객철도 서비스개선을 위해 철도시설에 상당한 투자를 했으며 고속철도를 활용한 장거리 지역 간 여객수송을 철도중심으로 구현하는 것을 목표로 하고 있음.



[그림 2-7] 미국의 연도별 고속철도 계획 노선

- 캘리포니아 주의 경우 도시 간 고속여객철도 계획 중의 하나는 샌프란시스코에서 샌디에이고를 잇는 여객철도로 시속 110마일을 목표로 하고 있음. 캘리포니아 주 이외에도 많은 주에서 고속철도를 시행하기 위해 기존에 사용하던 철도궤도의 재시공이 요구됨
- 또한 미국의 철도를 이용한 화물운송이 증가함에 따라 철도의 철도에 요구되는 강도 및 품질의 상향 요구가 해마다 늘고 있음. 미국의 화물수송량은 1980년부터 2007년 사이에 연평균 1.2%씩 증가하여, 2007년에는 4,251억 톤에 이르렀고 현재는 더욱 많은 양의 화물량을 운송하고 있음. 아래 그림과 같이 증가하고 있는 운송량의 무게를 견디면서 고속주행을 하기 위해서 미국 내 노후화된 철도궤도는 유도상 아스팔트궤도로 바꾸어 시공하고 있음.



[그림 2-8] 연간 미국의 화물운송 증가량

3. 선행연구 및 유사연구와 본 과제와의 차별화 계획

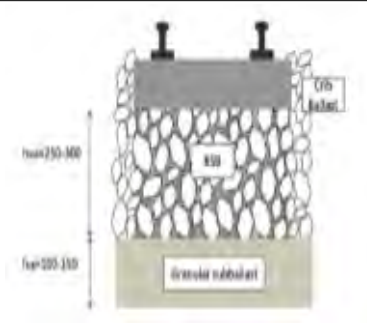
[표 2-4] 본 과제에 대한 선행연구 및 유사연구 실적

연구수행기관	연구개발 내용	연구개발성과의 활용현황
동일본 철도연구소 (1976년도)	초조강 Cement Asphalt Mortar(CAM)를 개발하여 기존선 생력화 수행. - 초기강도를 달성하는 동시에 재료의 유동성을 확보하기 위해 첨가제 개발 - 재료의 구성비에 따른 강도를 측정하였으며, 시공성, 작업성(유동성), 조기 교통개방을 위한 초기강도 측정 도상골재 분니정도에 따른 강도 측정 내동결성, 내기후성, 내화학성 측정 현재 CAM에 대한 재료는 국제특허로 되어 있음	일본의 노동력 감소와 인력에 의한 도상자갈 유지보수비 증가로 인하여 CAM을 이용한 생력화를 실시하고 있음
미국 일리노이대학교 (2010년도)	기존선의 유도상자갈의 분니를 방지하고 유지보수주기를 낮추기 위하여 폴리우레탄재료를 사용하여 유도상자갈 보강 폴리우레탄을 이용하여 도상자갈을 코팅, 이로 인한 도상자갈 전단력 증가→트랙 안정화	폴리우레탄 코팅기술은 시공비가 매우 비싸 사용하지 않는 기술임
영국 노팅엄 대학교 (2015년도)	기존선 생력화를 비교적 경제적으로 수행하기 위하여 아스팔트 유화제를 이용하여 도상자갈 안정층 개발 도상자갈을 이용하여 실제 하중조건하에서 탄성계수, 소성침하, 피로균열 분석 유도상 자갈 다짐방법 및 유화제 함량에 따른 안정층 거동 비교분석	영국에서 시험 시공되어 사용되고 있으며, 현재까지 시도된 생력화 방법 중 가장 경제적인 공사방법으로 국내에 적용하기에 경쟁력이 가장 우수하다고 판단되나 수명연장 효과는 크지 않음 - 웨도틀립 1/4경감, 주입량 2~3%
한국 철도기술연구원 (2009년도)	고유동 초속경시멘트 모르타르는 열차 차단시간을 이용하여 노후한 자갈도상궤도의 자갈 및 궤광을 포장궤도용으로 교체 침목은 기존 침목보다 더 넓은 360mm의 광폭 침목 사용 자갈 도상 충전재 주입을 위해 자갈층 하부 토목섬유 설치 작업 가능 시간 20분 이상, 배합 2시간 후 압축강도 10MPa	경의선 아현·의영터널 1.7km 구간 상용화, 일일 3~4시간의 시공으로 최대 30m까지 궤도구조 개량 현재 인력 시공에서 향후 시공성과 시공속도를 향상하기 위해 기계화 시공 장비 개발(국가R&D 수행 중) → 복잡한 시공 장비 조립과 자갈세척, 토목섬유 설치 등 철저한 공정계획 요구됨. 공사비가 매우 비싸 경제적으로 불리함

□ 선행연구 분석결과

- 일본은 1980년대 중반 E형(아스팔트계 충전재) 포장궤도를 개발하였고 유지보수에서 경제적인 측면에서 효율적인 결과를 얻었으며 1990년대 TC형(시멘트계 충전재) 시멘트를 충전재로 사용한 포장궤도공법도 개발하였음. E형, TC형 모두 광폭침목 적용과 부직포, 거푸집을 설치하여 시공(철도연은 일본기술과 유사한 시멘트계 충전재 포장궤도 개발)하였으며 환경적 요인 및 상황에 적합한 시공을 시행하였음.
- 영국에서 개발 중인 BSB는 아스팔트 유화제를 도상자갈 교체 후 별도의 부직포, 거푸집 설치 없이 점성을 조절하여 충전하며, 완전 생력화가 아닌 도상자갈 공극 충전과 자갈코팅으로 내구성향상과 탄성력을 복원, 기존 침목을 그대로 사용
 - 국외 포장궤도 비교

[표 2-5] 국외 포장궤도 기술비교

E형 포장궤도(일본)	TC형 포장궤도(일본)	Bitumen Stabilization Ballast(영국)
- PC침목 두께 보통의 3.5배 부설 비용이 1km당 5억 엔(약 60억) 설치공사 중 서행 필요 아스팔트계 충전재료 주입 E형의 단점 보완→TC형 개발	- 폭 400mm 침목 사용(보통의 2배) 체결장치 간격 750mm 부직포, 거푸집 사용 비용은 E형 포장궤도의 1/3이하 시멘트계 충전 재료 주입 설치공사 중 서행 불필요 기계화 시공→속도, 정확도 향상 실용화(부설연장 210km) 야간 3시간 정도 작업시간 시공	- 아스팔트 유제(Asphalt Emulsion)를 이용한 유도상자갈 안정화층 유도상자갈 침하량 40%감소 및 노상층 압력 50% 감소 아스팔트 점성에 따른 다양한 특성 - 궤도틀림 1/4경감, 주입량 2~3% 노상층 손실률: 3%이하
		

□ 개발방안 및 차별화 전략

- 철도공사는 운영 및 유지보수 입장을 고려하여 기존 궤도재료와 장비를 최대한 활용하며, 부직포, 거푸집 설치 등 복잡한 시공절차 없이 간단하게 유지보수 할 수 있는 기술 개발 검토.
- 일본의 아스팔트 충전재, 영국의 아스팔트 유화제 등 국내 자갈도상 궤도에 최적화된 아스팔트 충전재를 국산화 개발하여 별도의 부직포, 거푸집 설치 없이 도상자갈 갱신 후 궤도 유지보수가 가능 할 수 있는 시공기술 개발.
- 자갈도상 충전재로써 강도 및 유동성(또는 자기충전성), 팽창성 등의 목표치를 만족하며, 재료분리를 최소화 할 수 있는 배합 선정 및 재료 개발.
- 기본 배합에 의한 유화제의 강도특성, 유동성 및 동결융해 저항성 등의 물성 측정 후 자갈도상 충전재로써 타당성 분석.
- 미국의 여러 재료를 충전재로 활용한 논문들을 실용성과 경제성을 고려하여 국내에 적용 및 개발하여 사용하는 기술 개발.

[표 2-6] 본 과제와 고유동 초속경시멘트 모르타르 비교

구 분		고유동 초속경시멘트 모르타르(철도연)	아스팔트계열 복합 안정층 모르타르(개발방안)
시 공 성		충전 속도 : 1일 150m(차단시간 6h 이내) 충전재 주입 전 새로운 장비 조합 필요 도상자갈 별도 세척 필요 모르타르 주입 및 고결을 위한 별도 설비 필요 ※ 시공순서 기존자갈, 침목 철거→도상자갈 세척→노반다짐→부직포 설치→세척자갈, 침목 설치→선형정정→갱환완료 후 안정화→모르타르 충전	충전 속도 : 1일 100m(차단시간 4h 이내) 충전재 주입 전 기존 유지보수 장비 활용 도상자갈은 별도 세척 필요 없음 충전재 고결을 위한 부직포 등 설비 불필요 ※ 시공순서 철도공사에서 운영 중인 2종 장비작업 시행(자갈세척, 부직포 설치 없음)→궤도 안정화→아스팔트계열 충전
유지보수		도상자갈층의 공극에 고유동 급결성 시멘트모르타르를 주입하여 콘크리트 슬래브화 불투수성으로 슬래브로 직접 배수 불가 침목 대형화를 통해 도상압력 분포 촉진 궤도 정정을 위한 가변체결구 채택	안정화된 도상자갈의 공극 충전과 자갈코팅으로 내구성향상과 탄성력 복원 투수성 확보로 양호한 배수 특성 유지 소음저감(아스팔트궤도 3~5dB 저감) 양생기간이 콘크리트에 비교하여 매우 짧아 교통장애 없이 유지보수가 가능함.
기 계 화		향후 고속철도망의 확장과 속도 향상에 대비하여 기계화 시공을 위한 국토교통부 R&D과제 수행 중	충전재 개발 및 성능검증 완료 후 자갈도상구간 기계화 시공(모빌믹서 등 주입 장비)을 위한 R&D과제화 추진
궤도구성품	침목	폭360mm LPC침목	기존 PC침목 재사용
	체결구	조정가능형 체결방식 (상하 30mm, 좌우±25mm)	기존 체결구 재사용
	충전재	고유동 초속경 무수축 시멘트모르타르 1시간 강도 0.2MPa이상)	아스팔트 유화제와 시멘트의 복합재료(4시간에 필요강도 확보)
	토목섬유	장섬유 니들펀칭 경량 부직포(누수방지, 탄성부가)	-
노반		11≥K30(kgf/cm ²)	11≥K30(kgf/cm ²)
도상조건		세척자갈 사용	2종 장비작업 후

제 3 절 기술 (특허, 논문 등) 동향

1. 관련 기술개발 동향

- 국내외적으로 궤도구조의 유지보수 저감을 위해 다양한 연구 및 기술이 개발되어 왔으나, 운행선의 열차 운행에 지장을 초래하지 않는 것을 전제로 하는 기술은 매우 제한적임.

(1) 국내 현황

- 국내 호남지역의 교량 상판 신축부에서 상판의 온도신축에 의하여 자갈도상이 이완됨에 따라 궤도틀림 발생을 저감시키기 위한 보강 공법 적용
 - 기존의 자갈도상의 레일 내측으로 강재를 보강하여 침목들을 결속시키는 공법(그림 a), 자갈을 고결시키는 공법(그림 b)을 시험적으로 시행한 바 있음.
 - 자갈의 이완이 주로 자갈과 침목의 상대변위에 의하여 발생하는 점을 착안하여 상대변위가 발생하지 않도록 활동체결구를 일정구간 부설하는 공법을 시행한 바 있음
 - 상기 공법들에 대해서는 일부 효과가 있는 것으로 확인되고 있으나 자아기적인 효과는 현재 계속 분석 중에 있음.
 - 그러나 이상의 방법들은 교량신축부와 같이 특정개소에서의 궤도틀림을 저감할 수 있는 공법들로서 교량전체에 적용하기 어렵거나 효과가 한시적인 공법들로서 궤도틀림 저감 및 속도향상을 도모하기 위해서는 보다 근본적인 성능개선이 필요함.



[그림 2-9] 교량신축이음매부 궤도틀림 저감 공법

- 한국철도공사에서는 자갈도상궤도의 횡저항력을 증가시키고 궤도틀림 발생을 저감시킬 수 있는 H자형으로 된 다지형침목을 ‘10년 2월에 시제품 제작하여 침목의 성능시험을 마치고 현재 기존선의 여러 개소에서 시험 부설하여 성능을 검토 중에 있음.



[그림 2-10] 한국철도공사에서 개발한 다지형 철도침목

- 국내에선 아스팔트 직결궤도와 같은 철도 궤도를 아스팔트 포장에 적용되는 철도 궤도용 아스팔트 포장 재료와 그 시공 방법의 개발에 대해 연구되었고, 2013년부터 아스팔트 개질제 개발 및 혼합물 배합설계법과 아스팔트 직결궤도, 유도상 아스팔트 노반에 대한 연구가 수행되었음.
- 아래의 사진은 국내의 직결궤도 시공현장을 나타낸 것이며 직결궤도 시공 현장은 기존에 침목 등을 모두 제거한 후 새로 만드는 공법으로 경제적 손실이 발생함.
 - 향후 자갈도상 개선방법으로서 여러 가지 궤도구조를 검토할 경우 안전성 확보는 물론 총수명주기비용(LCC) 측면에서 충분한 경쟁력 확보가 관련이 될 것으로 판단됨.



[그림 2-11] 국내 아스팔트 직결궤도 시공현장

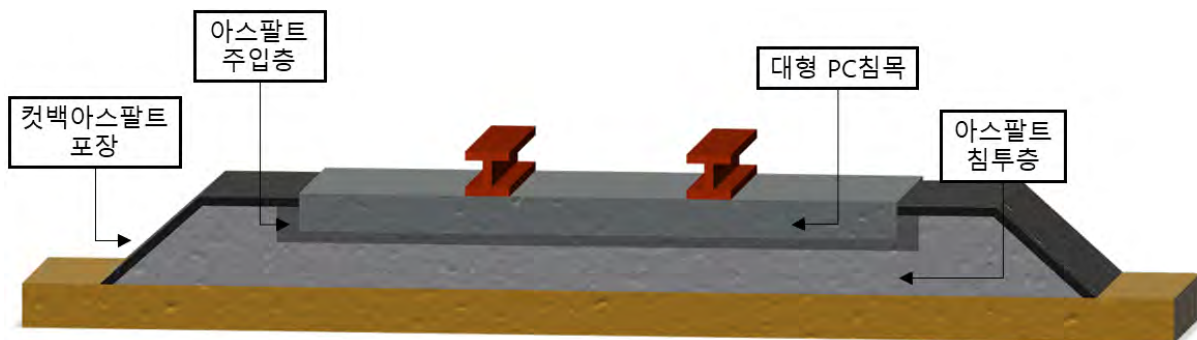
(2) 국외 현황

- 일본에서는 1970년대 중반에 철도 유지보수 인력 감소로 인하여 자갈도상 생력화를 통하여 자갈도상의 수명을 연장하고자 하는 연구와 실용화를 많이 진행하였다. 1970년대 후반 단시간 내에 강도를 발현할 수 있는 아스팔트계열 재료인 CAM(Cement Asphalt Mortar)을 개발하여 철도가 운행하지 않는 3-4시간 내에 기존선 자갈도상 유지보수를 수행하였다.



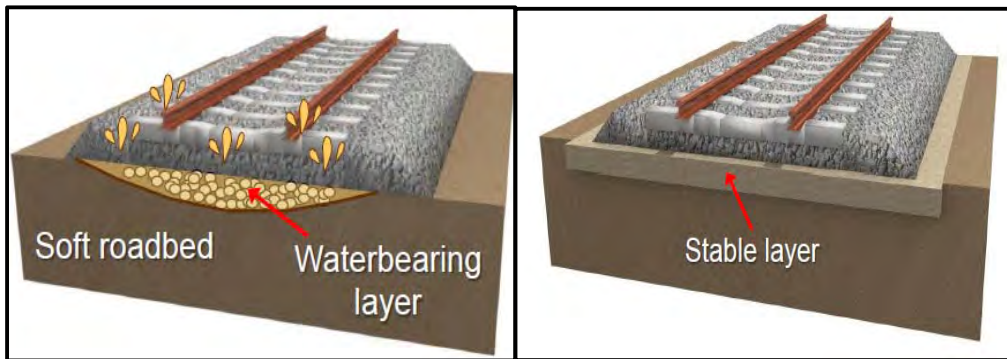
[그림 2-12] 일본 CAM을 이용한 기존선 생력화

- 일본에서 자갈궤도의 단점 및 유지보수 비용 과다성을 고려하여 새롭게 개발한 컷백아스팔트를 이용한 자갈궤도 안정화를 이용하여 생력화 함.



[그림 2-13] 컷백아스팔트 유화제를 이용한 자갈도상 기존선 생력화

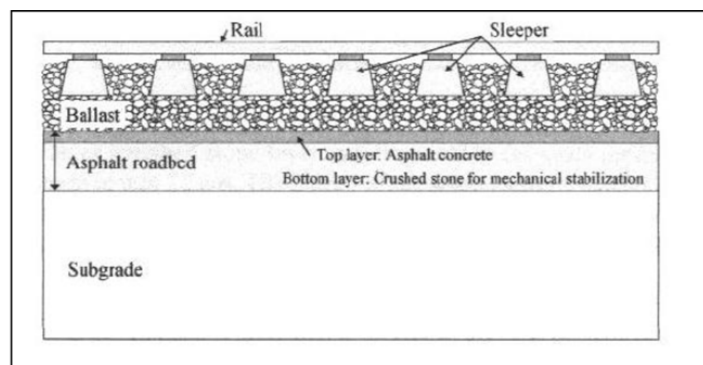
- 아래의 그림과 같이 일본 철도에 아스팔트를 이용한 자갈도상 유지보수를 하고 있음. 현재 일본 내 모든 철도에 생력화 궤도를 도입하고 있음.



[그림 2-14] 아스팔트를 이용한 자갈도상 유지보수(일본 사례)



[그림 2-15] 프랑스 유도상 아스팔트 궤도



[그림 2-16] 일본 유도상 아스팔트 궤도 단면도

- 미국은 유도상 아스팔트 궤도(Ballasted Asphalt Track)에 대한 연구가 매우 활발하게 진행 중이며, 많은 개량사업에 아스팔트층을 사용하였다. 최근 캘리포니아 고속철도 구간 중 분니 및 배수 문제가 야기될 수 있는 연약지반구간은 유도상 아스팔트 궤도로 설계하였으며, 이를 향후 시공할 것으로 판단됨.

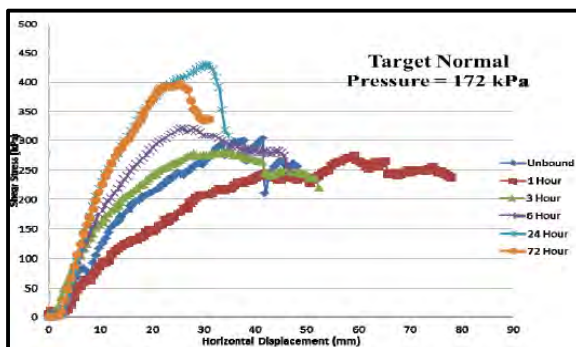


[그림 2-17] 미국 유도상 아스팔트 궤도 및 시공 장면

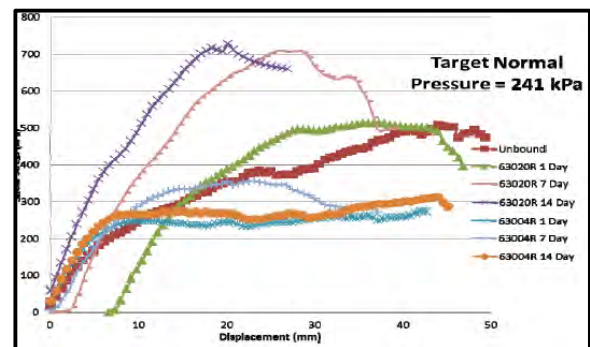
- 또한 미국은 철도에서 충전 역할을 하는 자갈 충전재에 새로운 재료를 활용하는 연구가 시행중이며 현재 폴리우레탄 등 기존에 사용하지 않은 재료를 사용함으로써 골재의 특성을 강화 및 개선하는 연구를 진행 중임. 특히 경제적인 요소에 중요한 유지보수 관리에 많은 연구를 시행하고 있으며 재료들 중에서 우수한 성능을 가지며 경제적인 요소를 갖춘 재료를 찾기 위해 많은 연구를 하고 있음. 아래의 사진은 폴리우레탄을 이용한 유도상 충전 공법을 나타낸 사진이며 압축강도 시험 결과 및 전단강도 시험 결과를 나타냈음.



[그림 2-18] 폴리우레탄을 이용한 유도상 충전 공법



[그림 2-19] 시간 경과에 따른 강도 발현에 의한 전단강도 시험 결과

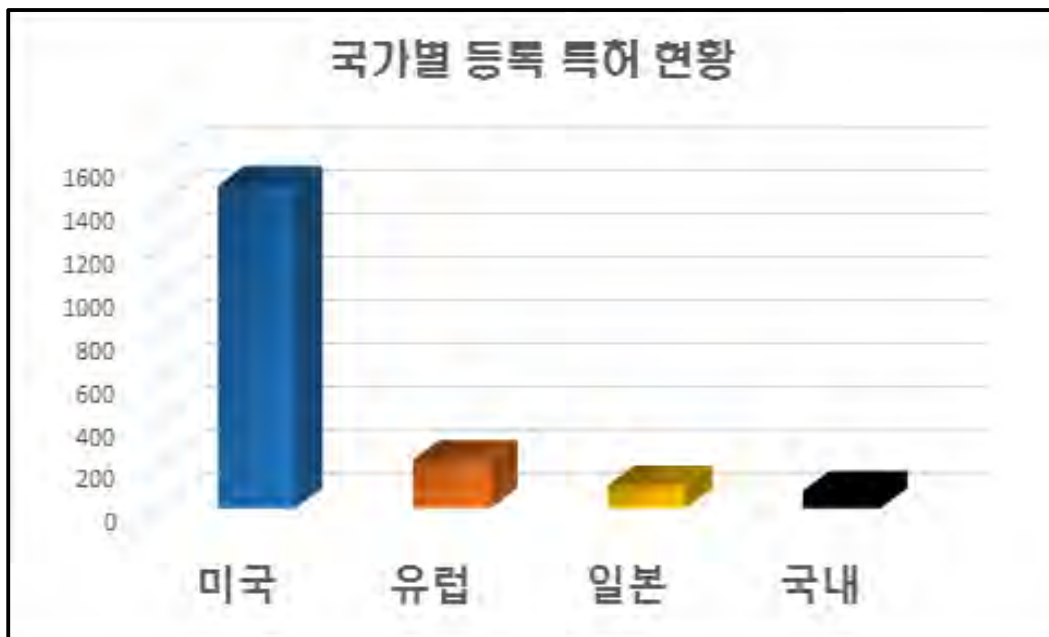


[그림 2-20] 강도 발현 후 전단강도 시험 결과

2. 특허 분석

가. 특허동향 조사

- 앞서 서술한 궤도구조 개량 기술과 관련된 궤도 구성요소 및 시공 기술에 관한 특허 조사를 실시하였음.
- 국내의 특허는 철도유지보수에 관련된 공법보단 신공법을 개발하는데 많은 연구 및 투자를 하고 있음.
- 먼저 아스팔트를 사용한 궤도의 건설 및 개량에 대한 시공방법 전반에 대한 특허조사를 실시한 결과, 총 1,941건의 특허가 검색 되었고, 이를 나라별로 아래 그림과 같이 나타내었음.
 - rail track asphalt 관련 특허는 미국에서 가장 많은 특허가 등록되었으며(1,491), 다음으로 유럽에서 많은 특허가 등록됨. 국내에서는 64건으로 가장 적은 특허가 등록되었으며 그 중 유효한 특허 개수는 34개임.



[그림 2-21] 궤도 구성요소 및 시공 기술에 관한 국가별 등록 특허 현황

- 국내에도 해마다 특허에 대한 관심이 높아지고 특허등록개수가 그래프와 같이 상향적인 것을 알 수 있음.
 - 주1) 검색식=(rail* track* asphalt*)
 - 검색 DB : 특허정보넷 키프리스



[그림 2-22] 궤도 구성요소 및 시공 기술에 관한 연도별 특허 등록 상황

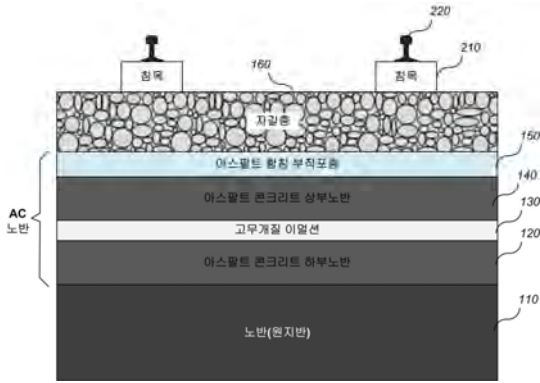
나. 핵심특허 분석

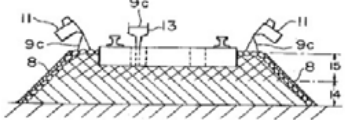
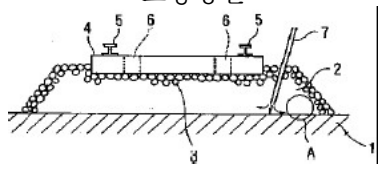
- 앞서 검색된 특허 중 보다 더 세부적인 필터링을 거친 결과 아래 표에 나타난 바와 같이 이 기획 과제에서 대상으로 하는 철도 궤도용 아스팔트 포장 기술과 연관성이 높은 유효 특허는 총 8개에 불과한 것으로 나타났다.
 - 기존에는 일본을 중심으로 특허 등록이 이루어졌으나, 최근에는 미국에서 특허 등록이 증가하였음.
- 위의 표에 제시한 유효 특허 분석 결과를 종합해보면,
 - 기존 특허는 주로 신설선 건설공법에 치중되어 있으며, 기존선의 개량에 관한 기술이라도 운영 중인 철도에서 짧은 작업시간(2~3시간) 내에 분할시공을 통해 건설하는 자갈도상구조에 대한 방안과 보수방법이 구체적으로 개시되어 있지 않은 것으로 나타남.
 - 현재 적용중인 기존선 개량기술은 도시철도 구간에 집중되어 있으며, 일본에서 포장궤도에 대한 원천 특허를 일부 보유하고 있음. 또한 국내에서는 철도기술연구원에서 철도 궤도용 아스팔트 포장구조물에 대한 특허를 보유하고 있으나 실제 시공 시 국내 호남지역 자갈도상에 적용하기는 한계가 있음.
 - 철도 시공의 제한적 경제성과 인력을 고려하여 이를 개선할 수 있는 대안을 제시하도록 연구를 추진한다면 경제적인 철도 보수기술 확보가 가능할 것으로 판단됨.
 - 과거 국내 논문에는 자갈도상에 시멘트 모르타르를 활용한 연구 및 성능시험에 대한 연구가 많은 비중을 차지하였지만 최근에는 아스팔트 모르타르 및 신 재료를 사용한 연구들이 진행 중임.

□ 아래에 작성된 표에 나타난 철도 궤도용 아스팔트 포장에 관한 내용과 비교하면,

- 철도 궤도용 아스팔트 포장에 관한 기존 특허는 부직포 층을 추가하여야 되므로 기존의 자갈, 침목을 제거 후 시공을 해야 되는 단점으로 시공비용이 많이 발생하여 경제적이지 못하다고 판단됨.
- 아스팔트 포장궤도사용으로 인해 기존에 사용된 콘크리트와 비교하여 양생기간이 짧아 경제적이지만 시공절차 과정을 고려하면 개선의 필요성이 요구됨.
- 기존의 철도에 사용된 침목 등을 제거해야 되므로 실질적인 보수방법으로는 부적절 하다고 판단됨.

[표 2-7] 과제 관련 키워드에 대한 핵심 특허 및 관련성 조사 결과

Keyword		철도 궤도용 아스팔트 포장
검색건수		58
유효특허건수		30
핵심특허 및 관련성	특허명	철도 궤도용 아스팔트 포장 구조물 및 그 시공 방법
	보유국	대한민국
	등록년도	2016.10.27
	관련성(%)	
	유사점	아스팔트 포장을 이용한 자갈도상
	차이점	 아스팔트 함침 부직포층 및 고무개질 이멀션이 포함된 아스팔트 포장을 자갈도상, 콘크리트궤도 또는 아스팔트 직결궤도와 같은 철도 궤도의 구조별로 각각 적용함.

keyword		frame sleeper AND ballast track	
검색건수		69	
유효특허건수		11	
핵심특허 및 관련성	특허명	Sleeper frame for a ballasted railway track and method for production thereof	Tie for a ballasted track
	보유국	Germany	Austria
	등록년도	2008.07.08	2010.11.30
	관련성(%)	100%	60%
	유사점	레일 종방향으로 침목 연결	레일의 종방향으로 침목 형상 확장
	차이점		격자형 침목이 아닌 침목형상
keyword		concrete track AND paved track AND railway	
검색건수		15	
유효특허건수		2	
핵심특허 및 관련성	특허명	도상발라스트의 안정화공법 및 그 궤도구조	철도궤도 저면의 충전지지공법
	보유국	일본	일본
	등록년도	1987	1988
	관련성(%)	60%	70%
	유사점	현장선형성 확보 용이	현장시공방법
	차이점	현장타설형 및 슬래브 보강방안 	현장타설형 및 슬래브 보강방안 

3. 논문 분석

- 앞서 서술한 궤도구조 개량 기술과 관련된 궤도 구성요소 및 시공 기술에 관한 논문을 조사한 결과를 아래 표에 나타남.
- 일본의 철도는 기존부터 아스팔트를 활용한 도상을 사용하고 있으며 본 연구과제와 유사한 연구과제 및 아스팔트를 활용한 시공방법에 관한 자료들이 많은 것으로 나타남.
 - 논문의 내용은 각 유지보수의 개량기술 개발 및 검증에 대한 내용으로서 선진국에선 1970년도부터 자갈도상에 아스팔트를 활용하는 연구가 본격적으로 진행되었으며, 일본의 경우 아스팔트를 활용한 궤도구조개량에 대한 광범위한 연구결과를 확보하고 있음. 현재는 미국에서 많은 논문과 특허를 확보하고 있음.
 - 아래의 표에 설명된 논문들은 본과제와 유사한 역정재료인 아스팔트를 활용하여 보조도상에 적용하였을 때 나타나는 취약점인 온도의 영향과 피로강도 및 안정화에 대하여 다루고 있으며 특히 아스팔트 혼합물의 여러 가지 강도실험에 대해서 다루고 있음.
 - 논문들의 결과를 확인해보면 아스팔트의 온도 취약부분을 개선하였고 보조도상 및 캔트영역에 도입한 결과로써 매우 양호한 결과가 나온 것을 확인할 수 있음.
 - 최근 아스팔트 모르타르를 활용하여 아스팔트특성인 유동성과 시멘트의 강도 두 가지의 장점이 융합하여 나타나는 혼합물을 연구 및 성능평가가 진행 중임.
- 국내외 관련 논문과 비교하여 국내의 아스팔트 분야의 논문은 매우 적으로 나타나며 장기간에 걸친 핵심 기술에 대한 검증 및 DB의 확보가 미비한 것으로 분석됨.
- 철도유지보수의 제약적인 조건을 고려하여 이를 개선할 수 있는 대안을 제시하도록 연구를 추진한다면 차별화된 원천 기술 확보가 가능할 것으로 판단됨.

[표 2-8] 과제 관련 키워드에 대한 핵심 논문 및 관련성 조사 결과

keyword		trcak AND renewal AND maintenance	
검색건수		10	
유효논문건수		2	
핵심논문 및 관련성	논문명	Prefabricated Track Construction for the London Underground	Project Evaluation and Future Work of TC type low-maintenance track
	학술지명	Delft University of Technology	WCRR2008
	저자	Prof.dr.ir. C. Esveld, N. Molenaar, G. Arends, L.J.M Houben	Y. Hagio
	게재년도	2005	2008
	관련성(%)	50	90
	유사점	노후자갈도상의 개량방안	포장궤도 기술개발
	차이점	선로를 일정기간 차단 후 개량	협궤용 도시철도 적용

keyword		Sub-ballast AND Railway Tracks AND Temperature effects	
검색건수			
유효논문건수			
핵심논문 및 관련성	논문명	Advanced characterization of bituminous sub-ballast for its application in railway tracks: The influence of temperature	Thermo-mechanical coupling effect on fatigue behavior of cement asphalt mortar
	학술지명	Construction Engineering Laboratory of the University of Granada, Spain	Jiangsu Key Laboratory of Construction Materials, School of Material Science and Engineering, Southeast University, China
	저자	M. Sol-Sánchez, L. Pirozzolo, F. Moreno-Navarro, M.C. Rubio-Gámez	Kechao Qiu , Huisu Chen , Haiping Ye , Jinxiang Hong , Wei Sun , Jinyang Jiang
	게재년도	2015	2012
	관련성(%)		
	유사점	역청재료를 사용하여 철도궤도의 단면강도를 향상	-
	차이점	철도의 보조도상에 아스팔트 적용과 콘크리트층의 비교	열기계를 활용한 모르타르의 피로강도 증가
keyword		Sub-ballast/Railway Tracks/Temperature effects	
검색건수			
유효논문건수			
핵심논문 및 관련성	논문명	Bitumen stabilized ballast: A potential solution for railway track-bed	Using PUMA test to predict performance of stabilised ballasted trackbed
	학술지명	Nottingham Transportation Engineering Centre, The University of Nottingham, UK	Nottingham Transportation Engineering Centre, The University of Nottingham, UK
	저자	Giacomo D' Angelo , Nicholas Thom, Davide Lo Presti	G. D'Angelo, N. Thom, D. Lo Presti
	게재년도	2017	2016
	관련성(%)		
	유사점	보조도상 아스팔트층 적용	보조도상 아스팔트층 적용
	차이점	역청 평형 안정화(BSB)방법을 적용하여 층의 내구성을 향상시키고 침하를 줄임	역청 유화액을 첨가하여 결합강도와 내구성을 향상

keyword		Asphalt Concrete Track	
검색건수			
유효논문건수			
핵심논문 및 관련성	논문명	Comparisons of structural behavior between level and cant area of asphalt concrete track	Asphalt Mixture for the First Asphalt Concrete Directly Fastened Track in Korea
	학술지명	Kunsan National University Korea Railway Research Institute Korea Petroleum	Kunsan National University Korea Railway Research Institute Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Texas
	저자	Seong-Hyeok Lee , Hai Viet Vo , Dae-Wook Park , Il-Ho Na	Seong-Hyeok Lee, Dae-Wook Park, Hai Viet Vo, and Samer Dessouky
	게재년도	2017	2015
	관련성(%)		
	유사점	아스팔트를 사용하여 캔트구역의 내구성 향상	궤도에 아스팔트 혼합물 적용
	차이점	캔트영역에 아스팔트층 도입	직결궤도 시스템 표면에 적합한 아스팔트 혼합물 적용 및 성능평가
keyword		Cement emulsified Mortar/ Railway Application	
검색건수			
유효논문건수			
핵심논문 및 관련성	논문명	Laboratory Investigation of Cement Emulsified Asphalt Mortar (CEAM)	The Compatibility and Preparation of the Key Components for Cement and Asphalt Mortar in High-Speed Railway
	학술지명	Sponsorship: US DOT through NURail and Hudson Materials (donor of anionic emulsion)	Wuhan University of Technology China
	저자	Tyler Rutherford	Fazhou Wang and Yunpeng Liu
	게재년도	2014	2012
	관련성(%)		
	유사점	유화 아스팔트 모르타르(CEAM) 실내 조사	아스팔트 모르타르를 사용한 보조도상 적용
	차이점	시멘트 강도와 아스팔트의 유연성 결합	고속철도에 CAM적용 CRTS II

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 비전 및 목표

1. 본 기술개발의 최종목표

- ☐ 호남지역 자갈도상구간 유지보수 저감을 위한 궤도개량 기술 개발
 - 일반철도 자갈도상 구간에서 운행선의 교통 지연을 최소화하면서 차단 시간(작업시간 2시간) 내에 자갈도상을 효과적으로 보강할 수 있는 자갈도상 구조 개량 공법 및 자갈도상 급속경화 공법을 개발(궤도구조, 공정, 시공 장비 등 포함)을 목표로 함.
- ☐ 본 연구의 최종목표는 아스팔트 유화제와 시멘트의 복합 하이브리드 재료의 개발, 배합설계개발, 장비개발 등에 해당됨.
 - 자갈도상 품질관리 대책공법 확대 적용을 통한 보수주기 연장방안 제시
 - 자갈도상 분니저감 대책공법의 확대적용 방안 검토
 - 구조물접속부, 교량신축부 등 자갈이완에 따른 도상안정제 확대적용 방안 검토
 - 반장성 및 점탄성의 승차감이 확보된 유지보수 공법
 - 자갈도상 인력작업(분니제거, 면맞춤 작업 등) 시 작업주기 연장 방안 제시
 - 연약지반, 배수불량 등 상습분니 발생 구간 자갈치환 시 대책공법 확대적용
 - 구조물접속부, 교량신축부 등 자갈이완에 따른 반복 보수개소 도상안정제 확대적용
 - 인력작업 최소화 및 표준화 시공방법 제시로 대책공법의 품질향상 유도
 - 1,2종 장비작업과 병행하여 작업효율성과 시공품질 향상을 유도 할 수 있도록 개선
 - 대책공법 적용 시 사용재료, 시공방법/절차 등 유지관리 매뉴얼 제작/배포
- ☐ 본 연구개발사업의 비전을 “빠르고, 경제적이며 안전한 철도”로 설정하고 이에 따른 R&D 목표와 기술개발전략을 수립
- ☐ 선행연구인 고유동 초속경시멘트 모르타르의 경우 시공 시 기존자갈 및 침목 철거, 도상자갈 세척, 노반다짐, 부직포 설치, 세척자갈 및 침목 설치 등 시공단계가 많고 순서가 복잡하여 시공성이 좋지 않지만, 본 과제인 아스팔트 안정층 모르타르의 경우 도상자갈의 별도 세척이 필요 없고 부직포 등 설비가 불필요하여 시공단계가 단축되어 시공성이 좋음. 또한, 불투수성으로 직접 배수가 불가능한 고유동 초속경시멘트 모르타르에 비해 투수성 확보로 양호한 배수 특성을 유지할 수 있고 양생기간이 콘크리트에 비교하여 매우 짧아 운행에 영향을 미치지 않고 유지보수가 가능함. 본 과제에서는 기존 공법에 비해, 기술적으로 약 30%, 경제적으로 약 50%, 총체적으로 70~80% 가량 효율성의 증대를 목표로 함

□ R&D 목표 : 자갈도상의 속도증속 및 장기공용성능이 확보된 아스팔트 안정층 개량기술 개발

- 자갈도상의 속도 증속 운영 중 안전 및 승차감 확보가 가능한 아스팔트 개량 기술
→ 설계속도 **250km/h**
- 유지보수의 절감이 가능한 개량기술
→ 콘크리트 충전 개량공법과 비교하여 유지보수가 빠르고 **2~3배** 이상 경제적인 공법 개발
- 시공속도 : 100m/일(야간 차단시간 4시간 이내)
- 흐름성 : 6 ~ 8sec, 작업성 : 20 ~ 30min, 초기강도 : $2kg/m^2$

□ 4대 기술개발전략 :

- 기존에 개발된 개량 기술과 데이터 및 인프라를 적극 활용함으로써 초기 기술개발의 리스크를 줄이고, 단기간에 실용화 기술을 확보함으로써 기술 수요에 대응(시너지창출전략)
- 기존 개량기술의 일반철도 및 간선철도의 고속화 구간 적용을 위한 체계적인 요구조건과 목표 설정(보완전략)
- 자갈도상 운행선 에서의 요구 조건과 시공 환경을 고려한 시공 공정의 최적화와 이를 위한 자동화 시공 장비 개발 추진(위험극복전략)
- 열차하중조건을 고려한 조립시험을 통한 시공성 검증, 성능 검증 및 시범 적용 등 단계적인 검증 방안 수립, 실용화 로드맵 제시(위험최소화전략)

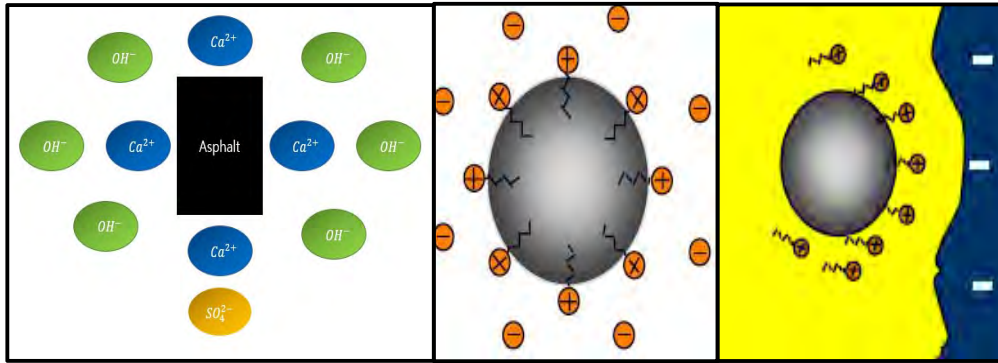
2. 본 과제의 주요 핵심 기술 개발 내용

□ 아스팔트계 복합 안정재료의 개발 및 배합설계



[그림 3-1] 복합 아스팔트계 안정재료 개발을 위한 유동성 시험

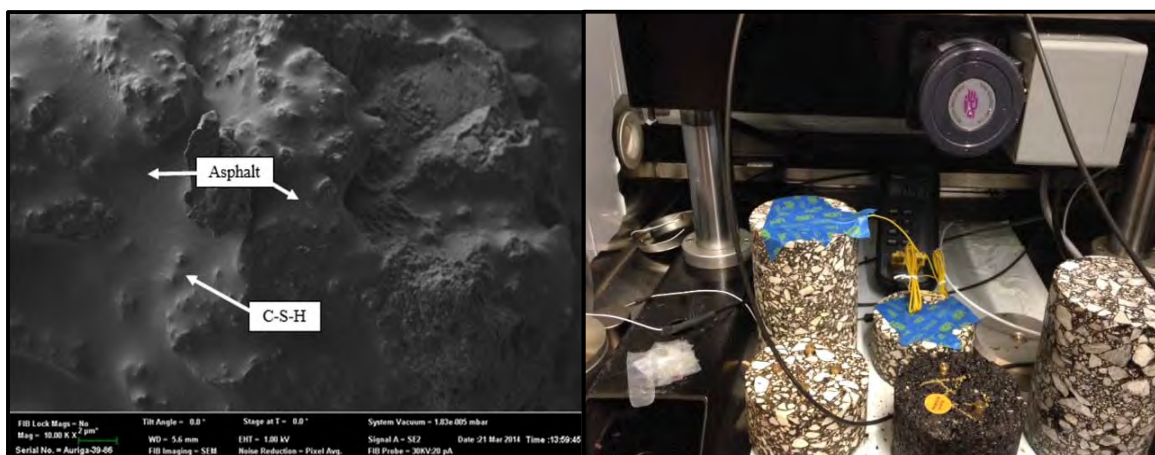
- 충전용 재료인 도상 안정 재료는 하부공간을 빈틈없이 메워줘야 하므로 유동성과 팽창성을 가져야 하며 궤도에 작용하는 열차 피로하중을 장기간동안 안정적으로 지지하기 위한 강도와 내구성을 가지도록 개발하여야 함.



[그림 3-2] 이온간의 반응 메커니즘을 고려한 도상 안정 재료 개발

- 기존에 사용하는 가열 아스팔트의 CO_2 의 발생량을 감소시키고 연료 소모량에 따라 유해가스 배출을 최소화 하는 친환경 기술을 목표로 함.
- 양 이온계 유제와 음 이온계 유제를 사용 시 물과 시멘트에 의해 방출되는 Ca_2^+ 이온이 음 이온계 유화제와 반응하여 불안정을 유발하기 때문에 적절한 유제를 선택하여 혼합 안정성을 유지 할 수 있도록 개발하는 것이 목표.

□ 미세 구조 분석 및 실내 성능 시험



[그림 3-3] 미세 구조 분석 및 동탄성계수 시험

- 국외 선행된 연구들을 기반으로 팽창률과 압축강도, 온도 등의 기준치를 정하고 한국형 궤도 개량에 적절한 배합 기술이 필요함.

- 공시체를 제작하여 과업에 필요한 압축강도, 전단강도, 동탄성계수측정 등 실내 시험을 통해 강도발현 시험이 필요함.
- 미세 구조 분석을 통하여 개발된 재료가 골고루 분포되어 있는지 확인 및 배합이 잘 되었는지 확인촬영이 필요함.

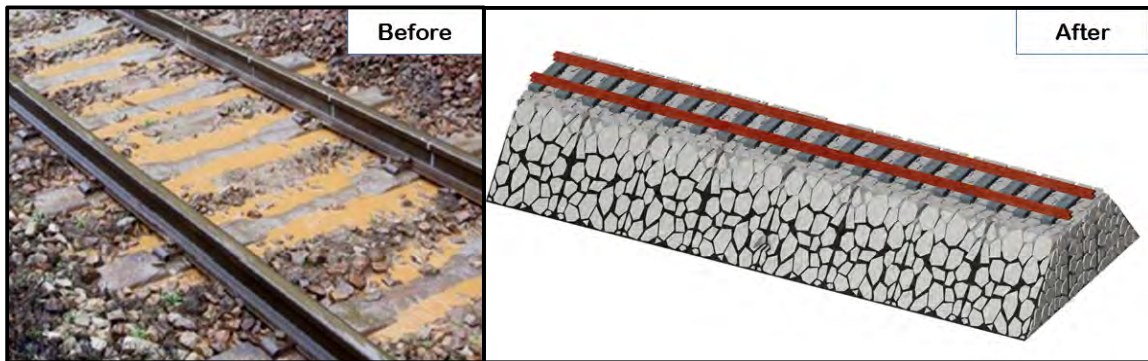
□ 자동화 시스템이 구축된 재료 혼합 및 주입 장치의 개량 및 개발



[그림 3-4] 아스팔트 안정층 공법 적용 장비개발

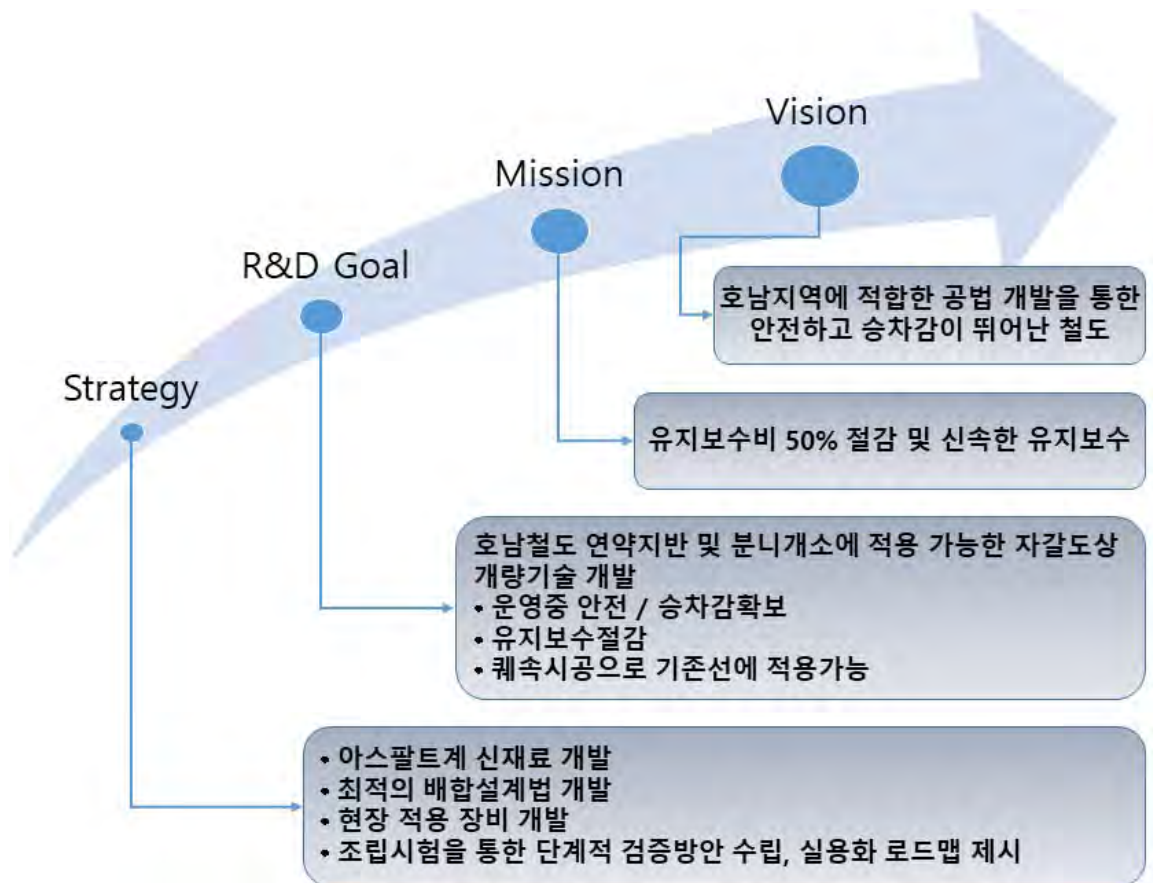
- 본 기술의 사용되는 환경에 따라 최적의 작업 상황을 만들기 위해 다양한 압력 하에서 주입이 가능하며 재료의 공급, 배합 및 주입방법 등을 고려하여 제작되어야 함.
- 소형장비를 이용하여 접근이 용이하도록 제작하여 일부구간에 대한 유지보수 방법을 간편화 하여 최적화된 장비의 설계 및 개발이 요하며 사용자의 편의 및 경제성을 갖추는 것이 목표임.
- 일반적으로 적용되고 있는 장비는 재료의 단순 혼합과 고압주입으로 분리되어 진행되고 있고 압력조건은 대부분 쏫크리트, 그라우팅 등에 초점이 맞춰져 있음.
- 주로 건축용으로 사용되고 있는 펌핑장비의 압력은 25bar~30bar, 토출량 50L/min~80L/min 등 다양하게 구성하고 있으며 소형현장의 경우 호퍼의 용량은 대략 300L를 사용하고 있음.
- 또한 재료의 특성에 따라 수평이송거리가 밀크의 경우 150~200m, 모르타르의 경우 50~70m 등으로 구분하여 사용함에 따라 재료특징(흐름성, 분말도 등)에 따라 장비의 허용 이송 거리를 설정함.
- 장비의 압력 및 토출량, 이송거리 등은 대부분 시멘트재료를 중심으로 설정된 수치로서 아스팔트의 기초 물리적 특성(점도 및 고형분 등)을 파악하여 자갈도상용 아스팔트 주입을 위한 조건들을 새롭게 정립하고 수치화함으로서 자갈도상에 대한 최적의 시공조건을 제시함

□ 아스팔트 안정층 공법의 작업순서 및 특징



[그림 3-5] 자갈도상에 대한 아스팔트 안정층 공법 예상도

- 자갈도상 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 작업순서
 - 철도공사에서 운영 중인 2중 장비작업(자갈세척 및 부직포설치 불필요)후 궤도안정화를 거쳐 아스팔트 유화제를 충전함. 기존의 PC침목, 기존 체결구를 그대로 사용하여 큰 작업이 아닌 간소화하여 작업할 수 있음.
- 자갈도상에 아스팔트 안정층 공법의 특징
 - 신속 시공 : 아스팔트 충전재의 충전속도가 빠르며 충전재 주입 전 새로운 장비조합이 필요하며 도상자갈의 세척이 필요한 단점을 보완하여 충전재 주입 전 기존의 유지보수 장비를 활용 가능하며 도상자갈은 별도의 세척할 필요가 없음.
 - 유지보수에 사용되는 자원절감 효과 : 기존에 사용하던 충전재 방식은 모르타르를 주입하기 전에 고결을 위한 별도의 설비가 필요하다는 단점을 보완하여 부직포설치 및 토목섬유 설치를 불필요 하도록 작업의 간소화를 할 수 있음.
 - 유지보수의 절감효과 : 국내에 사용하는 고유동 초속경 시멘트 모르타르 주입 기술은 급결성 시멘트 모르타르를 주입하여 콘크리트 슬래브 화를 시행하였으나 불투수성으로 배수가 불가하며 침목의 대형화가 되므로 기존의 설치된 침목 등을 제거해야 되는 문제점을 개선하여 아스팔트 코팅으로 내구성 향상을 가져오며 투수성이 확보되며 양생기간이 콘크리트에 비교하여 매우 짧아 교통장애 없이 유지보수가 되어 경제적 손실 및 재료자원의 소비를 최소화 할 수 있음.



[그림 3-6] 비전 및 목표 설정

□ 기존에 시공된 궤도의 문제점 및 개선사항

[표 3-1] 기존(현재) 설치된 시설물들의 문제점 및 개선사항

구 분	비교 대상	문 제 점
직접 비교물	E형 포장궤도	◆ 시공 시 서행이 필요함. ◆ 침목이 기존의 침목보다 3.5배 크므로 재료에 소모되는 비용이 크므로 경제적이지 못함. ◆ 궤도에 소비되는 재료가 많아 경제적이지 못함.
	TC형 포장궤도	◆ 부직포, 거푸집의 추가 재료를 사용하여야 함. ◆ 기존의 침목넓이보다 2배 크므로 재료에 소모되는 비용이 크므로 경제적이지 못함. ◆ 시멘트계 충전재료를 주입함으로써 콘크리트에서 발생할 수 있는 미세균열에 취약함.
	Bitumen Stabilization Ballast	◆ 자갈도상 고결재와 포장궤도 기술의 중간단계로서 자갈도상보다 강도는 강하지만 반영구적이지 않음. ◆ 현장 테스트베드 실적은 있으나 시공실적이 없고 도상자갈 수명연장효과가 크지 않음

[표 3-2] 본 개발 기술의 장점 (차별성)

구 분	기술 혜택
자갈도상 대비	◆ 구조물접속부에 갑작스런 지지강성 변화 및 여러 원인에 의해 자갈이완현상이 발생하여 보수주기단축을 유발하는 문제점을 개선 가능함. ◆ 호남지방의 대부분의 철도에서 발생하는 분니현상을 최소화 시키며 유지보수에 투자하는 비용이 크게 감소 가능함. ◆ 인력중심의 반복적인 유지보수에 의존하는 유지보수방법을 개선하고 자갈도상의 품질향상이 가능함.
콘크리트 충진 공법 대비	◆ 시공하기 전 자갈 세척 및 부직포 설치가 필요 없으므로 기존에 사용하던 침목 등을 그대로 사용할 수 있음. ◆ 시공방법이 간편하고 양생 기간이 콘크리트와 비교하여 짧아 빠른 시간 내에 시공이 가능함. ◆ 유지보수에 사용되는 인력자원 및 시간을 절약할 수 있음. ◆ 콘크리트의 비투수성을 개선하여 침수에 의한 궤도도상의 품질 악화 예방이 가능함. ◆ 한번 시공 후에는 궤도 높이차등을 수정불가하나 국부적으로 높이차등 수정용이

제 2 절 추진전략 체계

1. 1차년도 기술개발 수립 계획

세부 개발내용	수행기관 (참여기업 /주관기관))	기술개발기간												투입 인력
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 계획수립 및 자료조사														
2. 기초자재 평가 및 도상안정재료 개발														
3. 도상안정재료 배합기술 정립														
4. 실내시험을 통한 성능검증														
5. 아스팔트 안정층 시공 장비 설계														
6. 재료보완 및 개발완성														

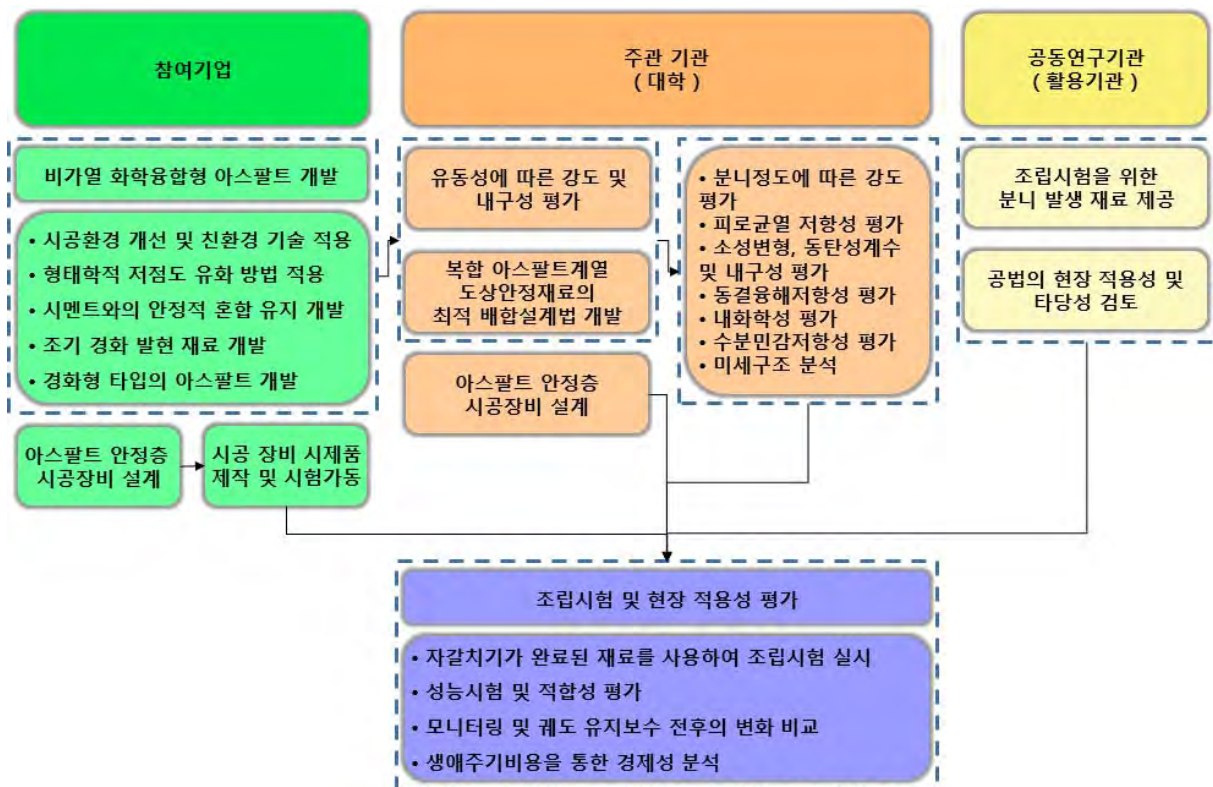
2. 2차년도 기술개발 구축 계획

세부 개발내용	수행기관 (참여기업 /주관기관))	기술개발기간												투입인 력
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 기존선 자갈조건에 따른 성능시험														
2. 시공 장비 시제품 제작														
3. 시제품TEST 보완 수정														
4. 조립시험 계획 수립														
5. 조립시험 실시 및 평가														
6. 연구 결과 준비														
7. 연구 결과 보고														

3. 연차별 성과목표

[표 3-3] 연차별 성과목표 세부내용

구분	논문	특허	기술이전
1차년도	국내 1편, 국외 논문 1편	국내 특허 1개	
	• 국내외 기존선 유지보수 재료, 공법 및 특성 조사 • 아스팔트 바인더 개발 및 결과 • 도상 안정 재료 최적 배합 설계 • 복합 아스팔트계열 재료 적용 강도 및 물성 측정	• 유화제 개발 및 배합비에 대한 내용을 이용하여 특허출원	
2차년도	국내논문 1편, 국외 논문 2편	국내 특허 1개	기술이전 1건
	• 아스팔트 안정층의 피로균열 시험 및 동탄성계수 시험 • 아스팔트 안정층 간접인장 강도 측정을 통한 수분민감 저항성 평가 • CT촬영을 통한 미세구조 분석 • 도상 안정 재료의 계량, 혼합 및 주입 장치 개발 • 열차하중조건을 고려한 조립시험을 통한 성능 및 현장 적용성 평가 • 모니터링 및 일반 자갈도상 및 개발공법 성능 비교분석	• 아스팔트계 충전제 주입장치 및 공법에 대한 특허	• 아스팔트계 충전제 재료 및 공법에 대한 기술이전
타공법에 비교한 성과목표		• 기존의 자갈도상 유지보수 공법은 매트사용, 자갈세척, 충전제 투입 등 여러 단계의 복잡한 공법이었으나 개발할 공법은 자갈치기 유지보수 후에 바로 적용하여 시공성이 2-3배정도 향상된 공법임 • 초속경 시멘트 충전층에 비교하여 재료비 및 공정이 단순하여 30~50%정도의 재료 및 시공비가 절약됨 • 시멘트 충전 공법은 특성상 시공 중의 오류를 수정하는데 매우 오랜 시간이 걸리고 비용이 소모되나 아스팔트계 충전 공법은 오류수정이 쉽고 유지보수가 매우 간단하여 시공 후 유지보수비가 약 50~60%정도 절약될 것으로 판단됨	



[그림 3-7] 연구 추진 흐름도

제 3 절 자원 투입계획

1. 주요 연구인력 투입계획

구분	기술개발내용	수행기관별 기술개발 비중(%)		
		기관	참여기업	참여인력
1차년도	○국내외 문헌조사 및 도상자갈 평가 ○도상안정화 재료(아스팔트) 재료 개발 ○아스팔트 안정층 시공 장비 설계	70	30	
2차년도	○재료 및 공법 성능시험 ○시공 장비 시제품 제작(개량) 및 시험가동 ○조립시험 실시	60	40	

2. 사업비 소요예산 산정계획 (비목별 사업비)

(단위 : 천원)

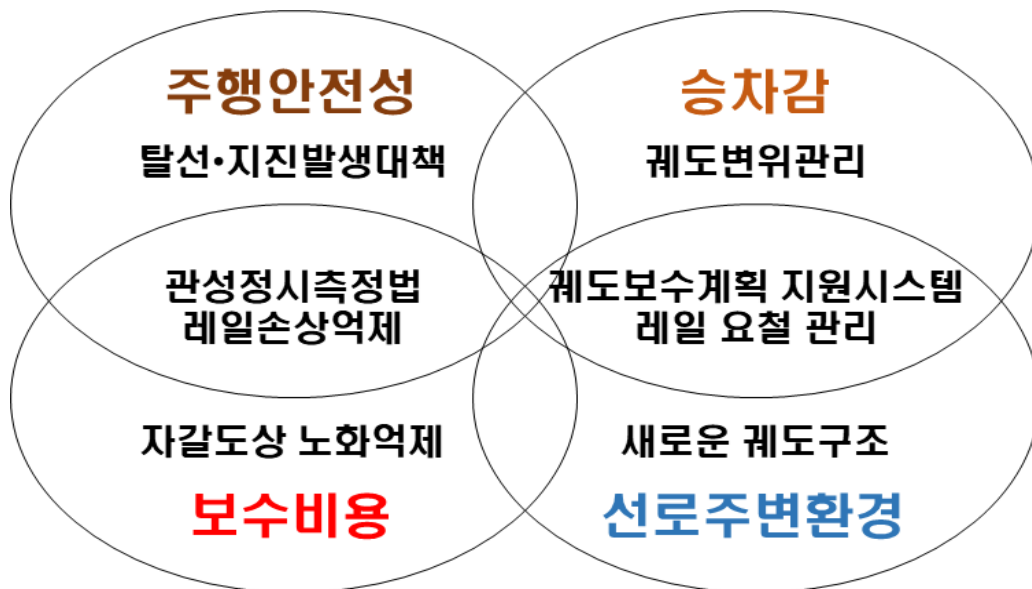
비 목	세부항목		주관기관 소요내역			합계	비율 (%)
			현금	현물	계		
직접비	인건비	내부			100,000		
		외부					
	도상안정화 재료(아스팔트) 개발	기초 자료조사 및 수집			40,000		
		반응 경화형 아스팔트 재료 개발			55,000		
		혼합장치 설계 및 제작			40,000		
		재료 시생산 및 실내평가			25,000		
		부품 및 기타재료비			100,000		
		성능평가	배합시험 및 재료성능평가			150,000	
	탄성계수				30,000		
	현장조건 모사 시험				90,000		
	시공 장비 개발비	현장 혼합장치			60,000		
		현장 관입장치			30,000		
		현장 주입장치			30,000		
		부품 및 기타재료비			30,000		
	조립시험 비용	샘플제품생산 (조립시험용, 150m)			100,000		
		조립시험 샘플 제작 및 실험 비용			70,000		
	연구 활동비	국내/외 여비			20,000		
		전문가 활용비 및 기술정보 수집비			20,000		
		수용비 및 수수료			10,000		
	소계		0		1,000,000		
간접비	연구지원비				60,000		
	지적재산권 확보				6,000		
	성과활용지원비						
	소계		0		66,000		
수용비 및 수수료							

제 4 장 연구개발 실용화 전략

제 1 절 현황 분석

1. 기술수준 분석

- 궤도기술의 주요 분야와 과제에 대하여 분류해 보면, 현재 수행하고 있는 과제는 주행안전성, 승차감 등의 서비스 수준, 보수비용, 소음·진동 등의 선로주변 환경 분야로 나누어짐
- 소음·진동 등의 선로주변 환경에 대한 철도를 둘러싼 사회정세에 대응하기 위해서라도 저탄성, 고감쇠화 등에 의한 진동저감과 함께 여러 가지 분야의 신재료와 시공기술의 발전을 토대로 한 새로운 궤도구조의 검토가 중요함.
 - 지금까지의 사회에 적합한 궤도기술의 혁신을 위하여 여러 가지 시점에서 과제를 유출하고 그것들을 총괄하고 구체적인 시스템 구축을 가능하게 하는 평가기술들이 개발이 진행되고 있음.



[그림 4-1] 궤도기술의 주요 분야와 과제

- 자갈 궤도 침하에 대한 억제기술에 관해서는 침하 또는 노화현상을 이해하고, 효과적으로 저가의 침하 억제대책을 개발하기 위하여 평가모델의 구축이 중요함. 일반적으로 레일을 대표로하는 궤도재료의 손상 억제기술에 관해서도 대상이 되는 파괴현상을 이해하고, 확실하고 효과적인 억제대책을 위한 재료 및 공법들이 개발되고 있음.

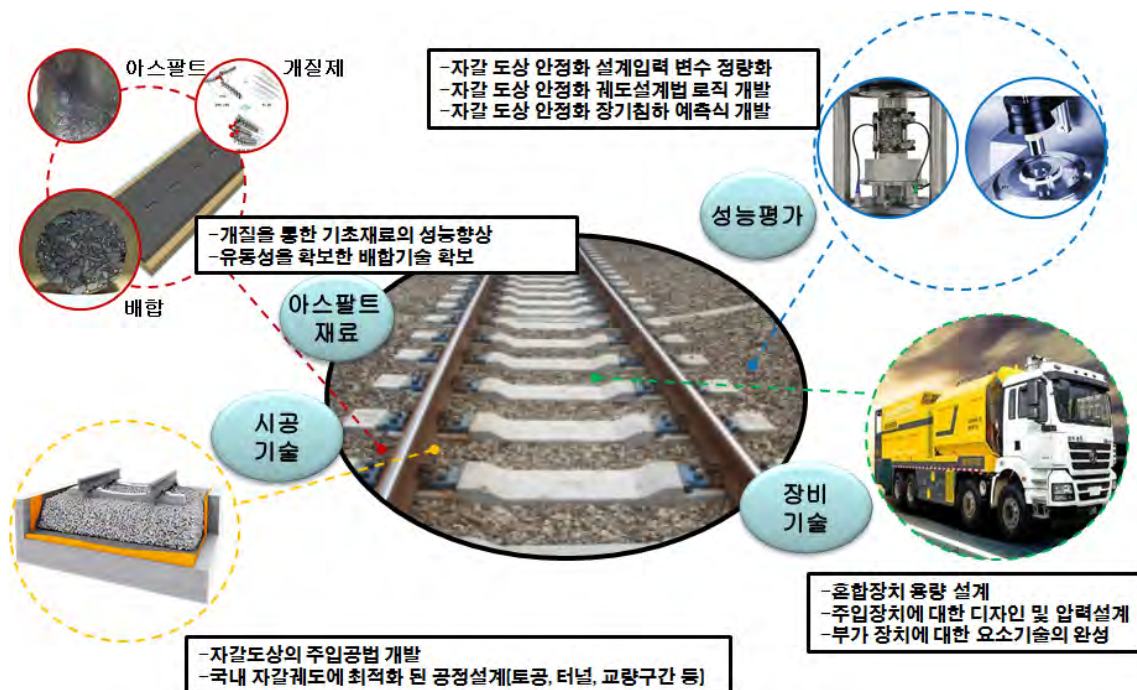
[표 4-1] 국내외 도상 개량화 기술

구분	국가	기술	부설실적	운행속도	설명
자갈도상 보강기술	한국	H형 침목 (KORAIL)	0.1km 미만	150km 내외	궤광의 강성과 도상중·횡저항 력을 동시에 증가시킬 수 있는 침목
	한국	철도 노반 보강 방법 및 구조물	Unknown	Unknown	기설치된 연약 철도노반 또는 불량 철도노반의 콘크리트궤도 또는 자갈도상의 보강 기술
	독일	Y-형 강재 침목	약 1000km	unknown	- 기존 대비 30%적은 양의 자갈 - 50% 절감된 침목수 - 우수한 위치유지 성능 - 소음레벨이 높음 - 탬핑효과 적음
	일본	Ladder track system	unknown	unknown	- 침하 진전율을 비교해 볼 때는 자갈 궤도의 1/8 수준 - 최대 도상 압력은 일반 자갈 궤도의 2/3 수준
콘크리트 궤도화 기술	한국	자갈층 충전 포장궤도 공법	unknown	unknown	- 적용대상 광범위(토공, 교량, 터널, 분기기 등) - 기계화 시공 적용시 일평균 50m 부설 가능 - 높은 시공비용(약 16억/km) - 시공이음매부 단차보강 필요
	한국	B2S 궤도	약 24.1km	70km/h 내외	- 자갈도상을 철거하고 콘크리트 궤도로 개량하는 기술 - 슬래브 하부를 모르타르로 충진
아스팔트 콘크리트 궤도화 기술	한국	아스팔트 콘크리트 궤도 공법	약 0.2km	90km/h 내외	- 자갈 및 콘크리트 궤도를 아스팔트 콘크리트 궤도로 개량하는 기술



[그림 4-2] 자갈도상의 상태 점검 및 보강

□ 궤도 개량 기술에 대한 핵심적 기술 확보를 위한 목표로 크게 재료기술, 평가방법, 장비 및 시공 기술 등으로 분류 될 수 있음.



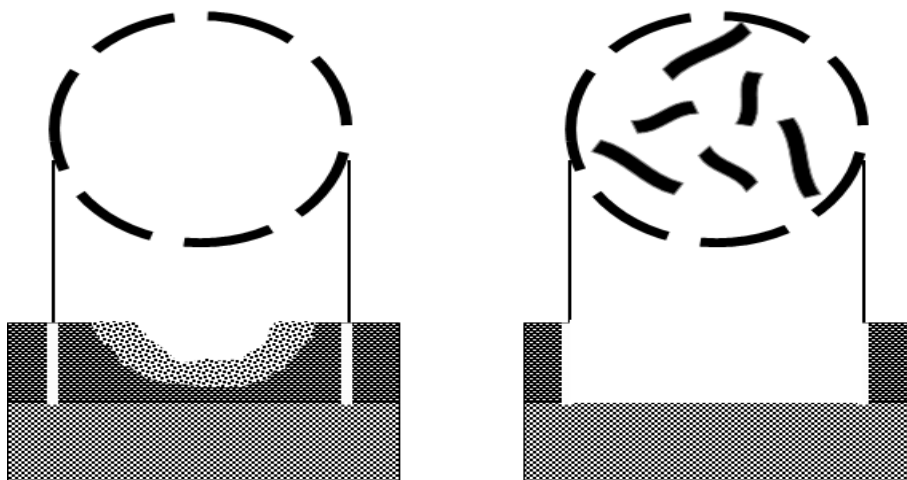
[그림 4-3] 자갈도상 고결화(아스팔트) 개발 개념

- 아스팔트 및 화학적 핵심재료 기술 개발 : 아스팔트의 물리적 특성의 한계를 화학적 재료로 보완한 소재원천기술을 확보하고, 자갈도상의 안정화를 위한 강성 확보 및 소성변형 저감 기술 개발

[표 4-2] 국내 유화 아스팔트의 물리적 특성

항목	RS(C)-4	MS(C)-4	SS(C)-1
세이볼트퓨를 점도(25℃, SFS)	-	-	20~100
세이볼트퓨를 점도(50℃, SFS)	-	50~450	-
앵글러도(25℃) 점도	1~6	-	-
저장안정성(24h, 질량 %)	1이하	1이하	1이하
입자의 전하	양(+)	양(+)	양(+)
체잔류분(1.18mm) 질량(%)	0.30이하	0.10이하	0.10이하
시멘트 혼합성 질량(%)	-	-	2.00이하
증발 잔류분 질량(%)	500이상	650이상	570이상
증발잔류물			-
• 침입도(25℃, 1/10mm)	60~150		60~80
• 신도(25℃, 5cm/min, cm)	400이상	400이상	400이상
• 삼염화에틸렌 가용분 질량(%)	-		97.50이상
• 톨루엔 가용분 질량(%)	980이상	97.50이상	-
• 공용성등급	-	PG64-22	-
부착도	2/30이상		-

- 현장 시공 장비 및 기술 개발 : 철도 환경조건에 최적화 된 자동화 설비를 구축하고 공간적 시간적 한계를 극복할 수 있는 충전 재료 주입/경화 촉진 등의 핵심기술 개발
- 시공 장비의 기본설계를 진행하면서 가장 우려되는 부분이 주입부 장치이며, 일반적으로 자갈도상은 자갈이 불규칙적으로 배열되어 있기 때문에 원형으로 파쇄 할 경우 편심에 의해 제거부의 자갈 교란이 발생하거나 코어 비트가 회전하면서 인접 자갈이 파쇄할 우려가 있음에 따라 자갈의 교란 및 파손을 최소화 하는 주입장치의 요소기술 개발

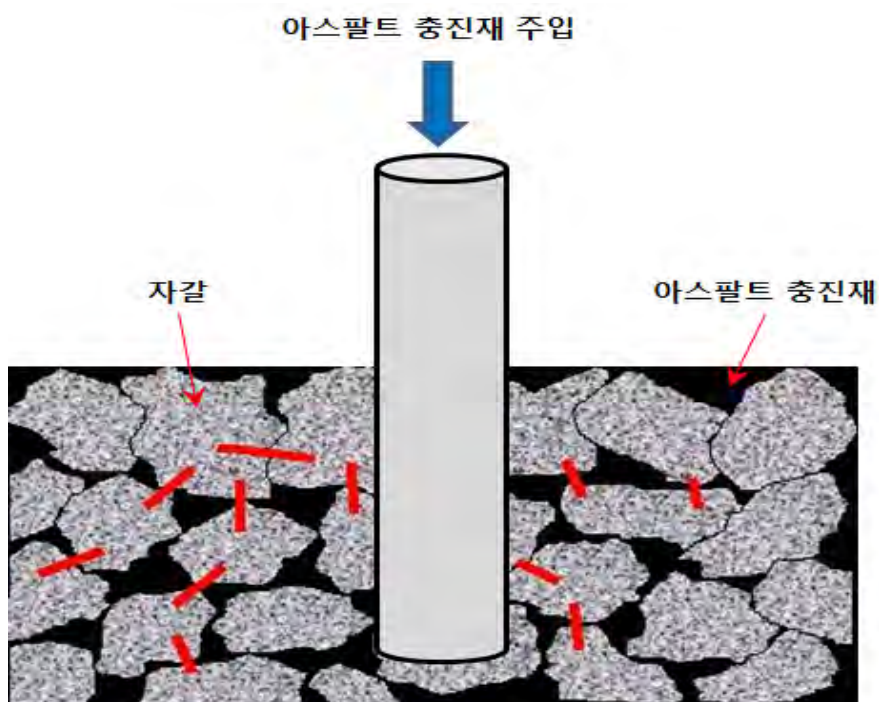


[그림 4-4] 코어비트의 종류 및 개념



[그림 4-5] 관입을 위한 다이아몬드 공구

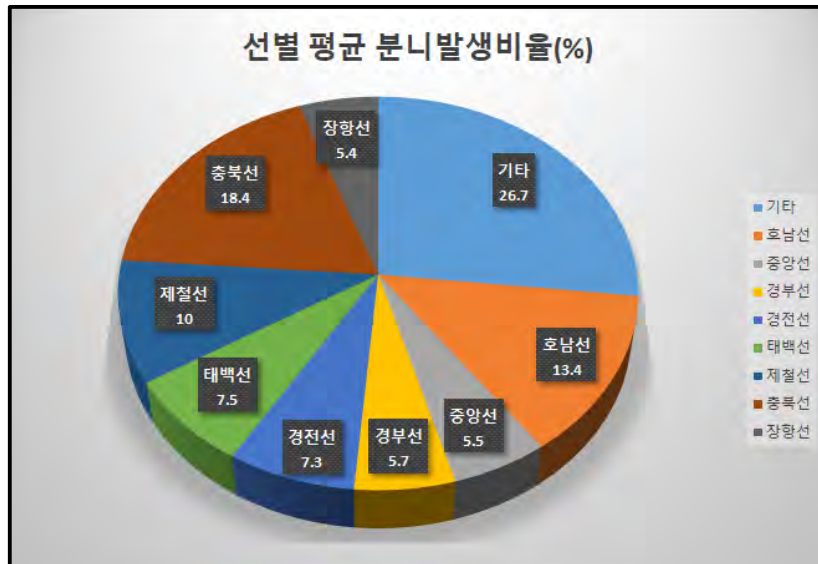
- 자갈도상은 다량의 굵은 골재가 열차 하중을 지지하는 형태이고 굵은 골재가 잔골재에 비하여 더 큰 전단강도(Shear Strength)를 발휘하므로 아스팔트 콘크리트에서도 굵은 골재의 사용량 증대를 통해 내유동성을 극대화 하는 방법을 연구하는 중임.
- 기존의 자갈도상의 구조를 훼손하지 않고 고결화 함으로써 유지보수의 기간을 장기적으로 연장할 수 있는 기술 및 시스템 개발을 계획함.



[그림 4-6] 아스팔트 충전 재료의 주입 방식

2. 지역의 현안분석

- 호남지역의 분니발생은 아래 그래프(선별 평균분니 발생비율)를 참고하면 분니 발생이 높은 것을 알 수 있음. 현재 분니가 진행 중인 구간과 분니가 발생하지 않지만 노반의 연약화가 발생한 구간을 고려한다면 실제로는 조사에서 나타난 비율보다 훨씬 많은 구간에서 노반의 연약화가 발생한 구간을 고려한다면 실제로는 조사에서 나타난 비율보다 훨씬 많은 구간에서 노반의 연약화가 발생되어 있어가 진행 중인 것으로 판단됨.
- 기존선에서 노반의 연약화에 대한 효율적이면서 국내 철도특성에 부합되는 대책방안이 미흡하고 호남지역 철도에서 발생하고 있는 노반의 연약화 및 국내 분니 발생개소 현황을 파악하고 분니발생 원인분석 및 보수방안이 시급한 상황임.



[그림 4-7] 국내 주요 선로별 평균 분니발생 비율

- 아래그림은 호남지역의 분니 작업시간 및 분니개수를 나타낸 것이며 분니제거로 많은 시간과 인력이 투입되고 있는 것을 확인할 수 있음.

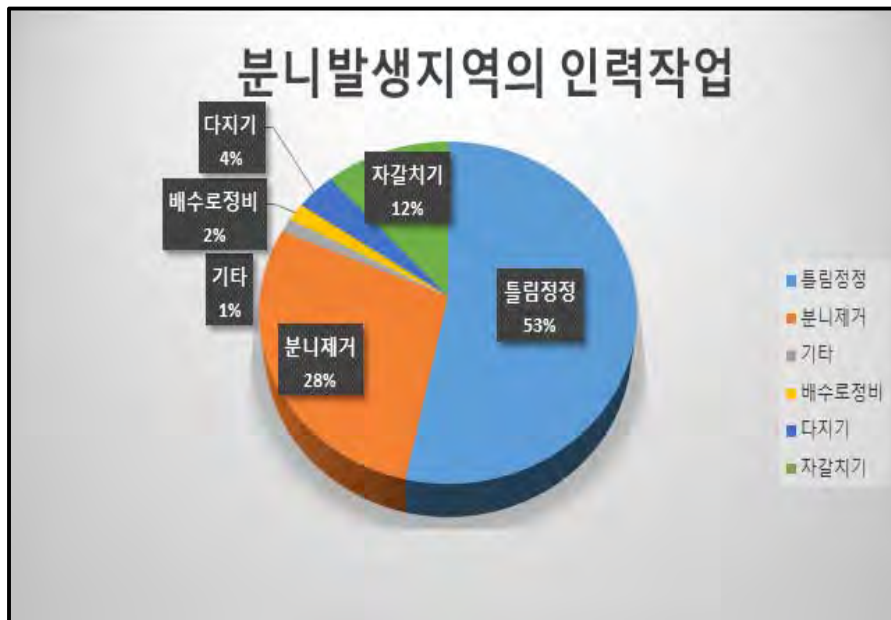
[표 4-3] 호남지역 분니 제거작업 시간 및 분니 발생지점 개수

호남본부	전북본부	전남본부	광주본부
분니 작업시간	3846.7	1326.5	1490.5
분니개수	381	281	1105



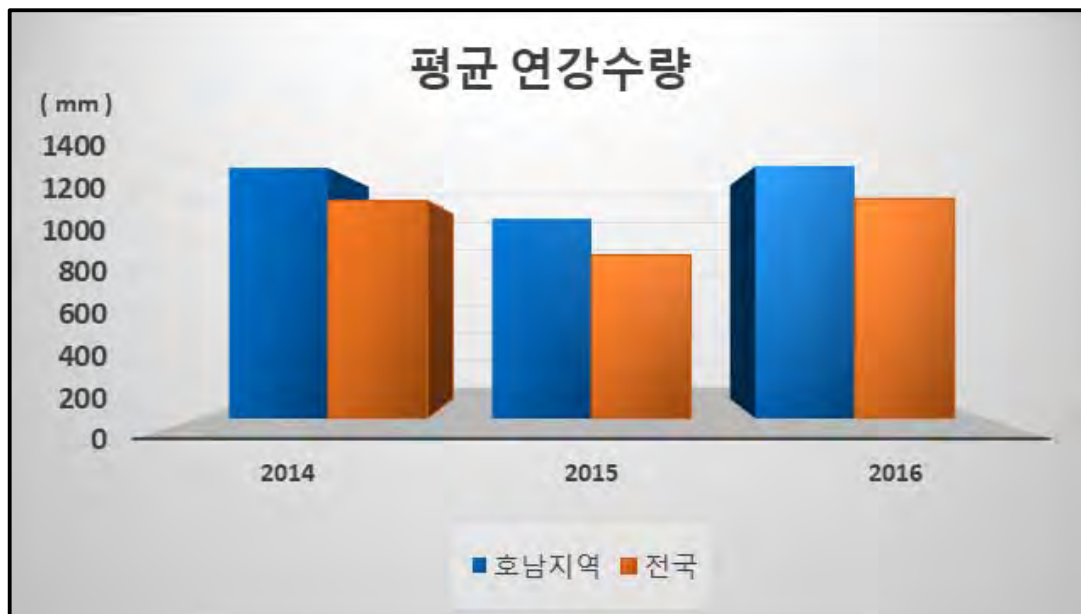
[그림 4-8] 호남지역 분니 제거작업 시간 및 분니 발생지점 개수

- 아래의 그림은 국내 철도 유지보수 구간에 대한 작업 비율을 나타내며, 이중 노반의 연약화, 도상 자갈 파쇄, 도상자갈의 노반관입 등에 의해 발생하는 궤도틀림에 대한 틀림정정이 53.3%, 도상에 발생한 분니를 제거하는 작업에 28.2%로 노반의 연약화 및 도상자갈파쇄에 관련된 작업이 전체작업의 80%이상을 차지하고 있으며 자갈파쇄부분이 얼마나 문제가 되고 있는지 나타냄.



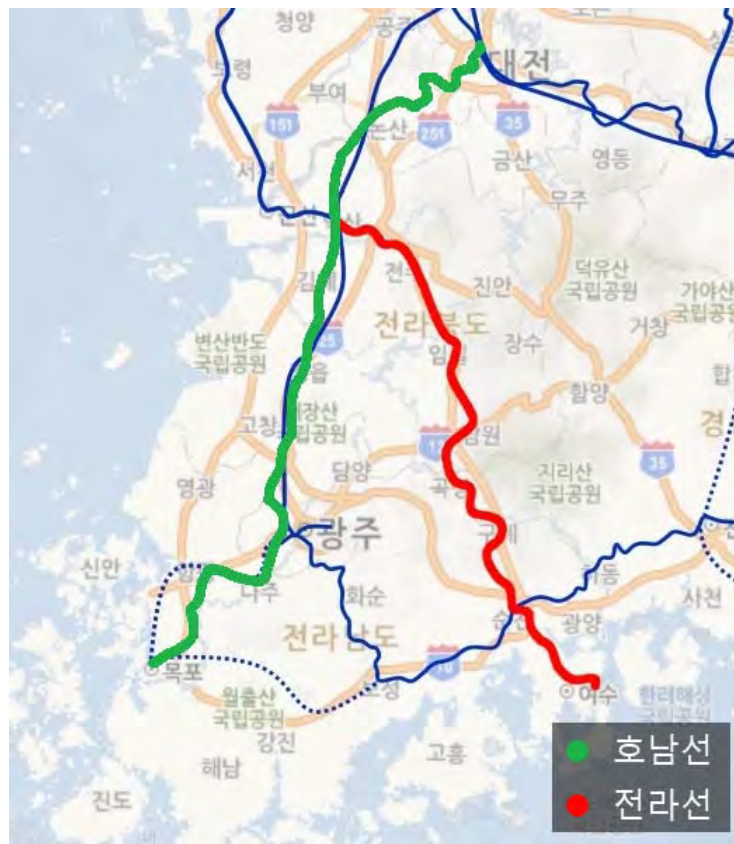
[그림 4-9] 국내 철도 유지보수 구간에 대한 작업 비율

- 보수작업의 대부분을 차지하는 문제점들이 노반의 연약화와 도상자갈 파쇄에 의한 것이므로 철도에서의 이들 문제점을 해결함으로써 유지보수비 절감이 가능하여 이를 위한 대책으로는 노반에 대한 보강과 더불어 도상에 대한 강화공법도 제시되어야 할 것으로 판단됨.
- 기존선에서 노반의 연약화에 대한 효율적이면서 국내 호남지역 철도특성에 부합되는 대책방안을 마련하기 위해서 호남지역 철도에서 발생하고 있는 노반의 연약화 및 분니발생개소 현황을 파악하고 분니발생 원인 및 분니발생 개소에 대한 작업현황을 분석하였음.
- 분니는 직선구간, 절성토구간, 도상자갈의 두께가 30cm이하, 구조물 인접개소, 결도랑이 없는 개소에서 특히 많이 발생하였으며 분니의 종류는 노반분니 뿐만 아니라 도상분니도 많이 발생하는 것으로 나타남. 호남지역뿐 아니라 국내에 전체적으로 발생하는 문제인 만큼 노반과 도상을 강화시킴과 동시에 우수에 대한 배수 문제를 해결할 수 있는 공법을 적용해야 된다고 판단됨.
- 지구 온난화에 의한 한반도의 아열대화가 최근 더욱 가속화되어 한반도 내의 극한 기상이 증가하고, 특히 호남지역은 지리적 특성상 기상이변이 빈발하는 곳임.
 - 지구온난화로 인해 빙하가 녹아서 해수면 상승 및 바닷물의 수온상승으로 인한 지리기후 변화에 따른 이상기후 현상 발생
 - 기상이변에 따른 폭염, 긴 가뭄에 의한 지하수위 변동은 지반침하의 원인이 됨.
 - 우천의 형태가 짧은 시간동안 집중적으로 많은 양의 폭우가 내리는 것으로 홍수 및 가뭄현상이 극단적으로 발생빈도가 증가하고 있음.
 - 비교적 남쪽에 위치한 호남의 특성상 빠르면 2020년 이내에 아열대화의 심각성을 체감적으로 느낄 수 있을 것임.



[그림 4-10] 호남지역 및 전국 평균 연강수량

- 호남지역은 여름과 겨울 모두 다우지에 속하고, 특히 호남 서해안 지역은 지형적 영향으로 겨울에 눈이 자주 내림. 때문에 많은 강수량으로 지하수의 변동에 의한 지반침하 및 우수의 유입으로 분니의 발생이 우려됨.
 - 최근 3년간 평균 연강수량 비교 시 호남지역의 경우 전국평균보다 매년 많은 강수량을 보임.
 - 장마기간 중 강수일수 및 평균 강수량 또한 호남지역이 더 많은 강수일과 평균 강수량을 보임.
- 호남지역의 경우 전체 인구가 소폭 감소하고 있으며 65세 이상 노인 인구는 18.8%로 초고령 사회(20%)진입에 임박하여 고령화로 인한 노동력 감소에 대비하여야 함



[그림 4-11] 호남지역 철도 노선인 호남선과 전라선

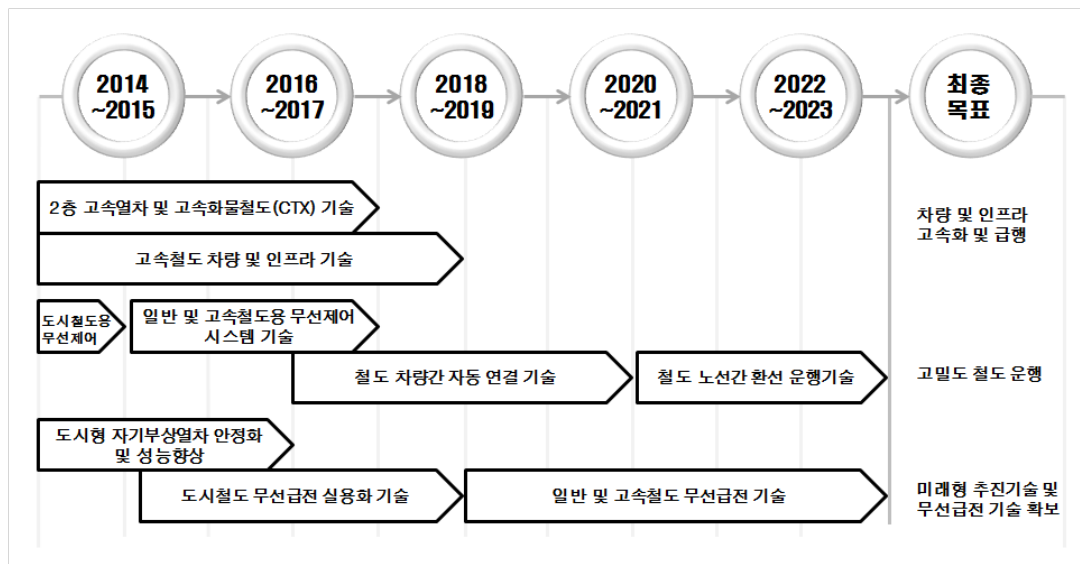
제 2 절 거점 내 수요처 분석

1. 기술을 활용한 사업화 방안 및 타켓 수요처

□ 기술 개발 후 활용 방안

- 철도 수송력 향상 기술

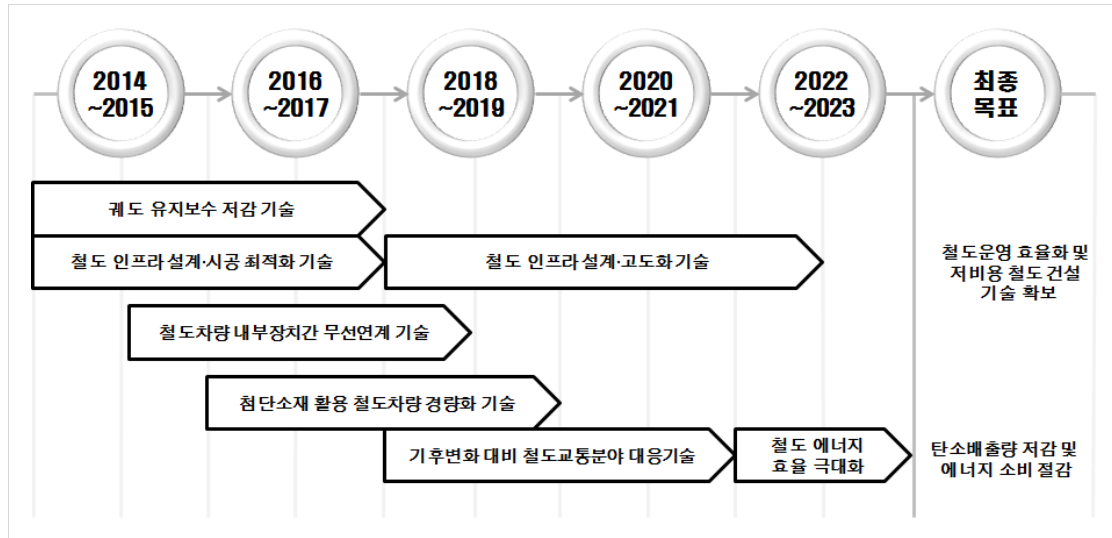
- 철도 수송 분담률 제고를 위해 고속철도 속도향상을 위한 차량 및 인프라 핵심기술 개발 및 실증
 - * 2층 고속열차 및 고속화물열차, 고속철도 차량 및 인프라 기술 등
- 자기부상 및 배터리 방식 등 신교통시스템 실용화 및 인프라 기술 해외시장 진출



[그림 4-12] 노선목록 철도 수송력 향상 기술 분야 중장기 추진방향

- 철도 안전·편의 향상 기술

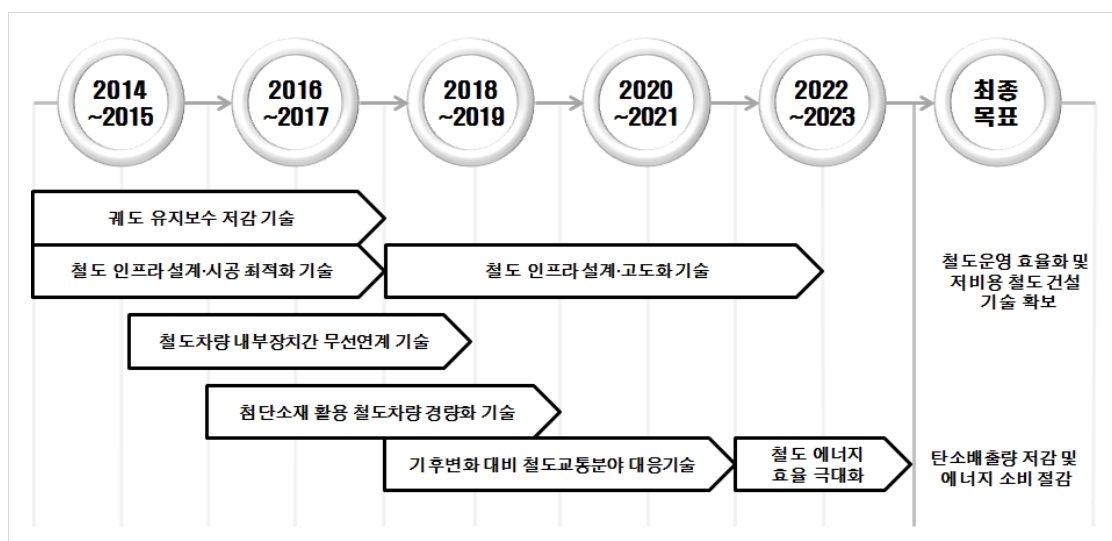
- 철도사고 예방을 위한 실시간 안전 감시체계 및 철도안전/인증 체계 구축
 - * 실시간 철도안전 감시 및 철도사고 긴급 복구 기술, 철도 재난·재해 대응 기술 등
- 철도이용 편의성·접근성 개선 및 소음진단 저감 등 철도 이용객의 쾌적성 향상
 - * 승하차 인터페이스 개선 및 무환승 교통 기술, 나노기술을 이용한 지하구간 오염물질 제거 기술 등



[그림 4-13] 철도 건설·운영비 절감 기술 분야 중장기 추진방향1

· 철도 건설·운영비 절감 기술

- 화학적 재료 기술을 활용하여 유지보수 관리와 철도 인프라 최적화 및 건설비 저감을 통해 경제적인 철도 건설 구현
 - * 철도인프라 생애주기관리 고도화, 철도 인프라 설계·시공 최적화 기술, 자갈도상 유지보수 저감 기술, 철도차량 내부장치 간 무선연계 기술 등
- 계획친환경 철도 차량·인프라 기술 개발을 통해 환경비용 부담을 저감할 수 있는 친환경 철도기술 개발
 - * 첨단소재 활용 궤도개량화 기술, 기후변화 대비 철도교통분야 대응 기술 등



[그림 4-14] 철도 건설·운영비 절감 기술 분야 중장기 추진방향2

제 3 절 시장 진출 전략

1. 기술양산 계획

- ☐ 지적 재산권 확보 : 등록
- ☐ 국제 특허(PCT) 출원
- ☐ 장비 설계 디자인 구상 완료
- ☐ 제품 개발 후 제품 검사 및 인증(신기술 인증 / 조달 우수제품 인증)
- ☐ 장비설계 / 제품 시제품 사출 조립 후 TEST / 조달청 등록

2. 판로확보 및 마케팅 계획

- ☐ 조달청 등록 및 각종 시험 인증을 통한 정부·지자체 영업과 ON-OFF 라인 시장 영업 및 인적네트워크 활용 영업활동
- ☐ 국내 및 해외 박람회 참가 및 각종 행사 및 아이디어 대회 참가를 통한 공익광고 활용 홍보(홍보 영상물, 사진 설치를 통한 궤도개량 기술을 알림) 또한 지자체 홍보관 활용 전시 및 홍보
 - **제품(PRODUCT)** : 열차의 진동 감쇠 및 균열저항성 향상 소재 장점
 - 아스팔트와 화학분야가 융합된 관련 특허 확보(국내 및 국제특허등록을 통한 기술 보호)
 - 기존 자갈도상은 유지관리 주기가 짧지만 아스팔트 개량궤도는 유지관리 주기를 길어지게 할 수 있는 구조임.
 - 비상 사태발생시 고속으로 주행 중인 궤도 구간에서 1분 1초의 대형사고가 발생할 수 있는 긴박한 상황에 대처하고 안전한 궤도를 구성함에 따라 자연재해 및 사고로 발생 될 수 있는 파손을 신속하게 복구 할 수 있는 재료 개발
 - 진동 및 소성변형에 의한 파손 방지 효과 : 아스팔트가 가지는 탄/소성의 성질로 인해 열차에서 발생하는 진동을 감쇠시키고 탄성의 성질은 소성변형 저항성을 확보 할 수 있는 제품
 - 배합의 간편성 및 안정성 : 건설기초재료(골재, 시멘트 등)와의 혼합성이 우수한 재료로 현장에서의 혼합 혹은 플랜트 시설에서의 혼합이 용이하도록 설계 된 품질 제일의 제품
 - **유통(PLACE)** : 제품의 유통경로 방안
 - 조달청 제품 등록(특허, NET, NEP확보) 및 시장 진입
 - 신속한 궤도 개량기술의 장점으로 우수 조달제품 인증 취득
 - 정부 정책 연계 국책 사업 추진 및 지자체/공공기관 영업 추진
 - 지자체(군산, 대전 등), 한국철도공사
 - 지자체 영업 / 한국철도공사 제품 출시
 - 해외 판로 개척(KOTRA, 박람회 활용)
 - 1차 아시아 개발도상국 수출 추진(베트남 외 동남아 지역)

- 기존 오프라인 유통망 연계 구축
- 철도시설물 온라인 유통망 활용
- **가격(PRICE)** : 궤도 개량 자재 및 장비의 가격 경쟁력
 - 월등한 기능을 가진(사고의 사전예방의 목적인)제품이 현재 시장에는 없음
 - 기타 다른 도상안정화 재료의 가격에 비하여 매우 경제적인 가격의 제품으로 시장 가격 경쟁력이 매우 높음
 - 기존의 철도 개량화 기술에 부합하여, 철도 궤도상에 추가공정(레일 및 침목의 제거)을 제거해야 하는 비용을 절감 할 수 있음
- **광고(PROMOTION)** : 광고, 홍보 전략
 - 박람회 참가 : 박람회 참가하여, 국내/외 에 적극 활용
 - 지방자치단체를 활용한 홍보 : 공공장소(도로, 교차로)에 홍보물을 거치할 수 있도록 요청
 - 온·오프라인 적극 활용 : 블로그 활용하여 제품 홍보, 유튜브 동영상 홍보
 - 인적 네트워크 활용 : 인적자원 활용하여, 당사의 제품의 탁월한 장점을 홍보

3. 초기 타겟 수요처

□ 주요 일반철도, 도시철도 등



[그림 4-15] 시설기술단 조직표

4. 해외시장 권역별 진출 전략 및 판매계획

- ☐ 해외 시장 진출 전략 : 단계별 진출 전략
- ☐ 해외 판로 개척 (KOTRA, 박람회 활용) :
 - 1차 아시아 개발도상국 수출 추진(베트남 외 동남아 지역)
 - 단계별 유럽 / 북미 시장 진출 추진

제 4 절 기대효과

1. 기술적 측면의 기대효과

- ☐ 현재 기술은 대부분 200km/h 미만의 속도에 한정되어 있으므로 200km/h 이상의 고속 운행선에서 교통 지연 없이 자갈도상을 개량하는 기술을 확보함으로써 국내 궤도 분야 기술 경쟁력을 세계적 수준으로 향상시킬 것으로 기대
- ☐ 기계화로 기반 된 시공기술을 확보하고, 궤도 설계분야의 우수한 전문 인력을 양성함으로써 궤도 시공 및 설계분야의 기술 수준을 한 단계 향상시킬 수 있음.
- ☐ 분니저감 대책공법 확대적용방안 제시로 작업방법 개선
- ☐ 구조물 접속부, 신축이음부 등 자갈이완에 따른 반복 보수개소 보수주기 연장

2. 시장·경제적 기대효과

- ☐ 기술개발이 성공적으로 이루어질 경우 고속선과 기존선 개량에 적용함으로써 자갈도상 유지보수비 절감에 기여(※ 자갈도상 유지보수비는 일반철도의 경우 2009년 기준 연간 3,464억 원, 고속선의 경우 2007년 기준 연간 125억 원으로 이중 30%를 절감 할 것으로 가정하면 연간 약 1,077억 원의 유지보수비 절감 가능)

3. 사회적 측면의 기대효과

- ☐ 궤도 개량 사업 시장을 선점함으로써 국내 철도 인프라 분야의 해외 시장 진출에 기여
- ☐ 고도의 안전 및 기술을 요하는 고속선 구간에서 적용할 수 있는 아스팔트를 이용한 유지보수 기술의 개발로 국내외적으로 상당한 시장이 형성될 것으로 예상되는 자갈도상 혁신사업을 선점할 수 있는 단초를 마련.

- 호남고속철도 구간의 궤도구조 성능향상의 최적방안을 마련함으로써 향후 고속선로를 안정화시키기 위한 보강사업의 구체적 계획 수립가능.
- 자갈도상 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 재료 및 시공법의 개발에 대한 핵심기술 확보로 세계 기술 선도 기대.

1

과제 제안 요구서

요 약 서							
사 업 명					과제번호		
특성화주제명							
과 제 명	자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 안정층 공법 개발						
보안등급분류	보안/일반		공개가능여부			가/부	
연구기관			연구책임자				
연도별 연구개발비 소요 예상액 (단위 : 천원)							
연 도	정부 출연금	기업부담금			정부외 출연금	상대국 부담금	합계
		현금	현물	소계			
1차년도	500,000						500,000
2차년도	500,000						500,000
3차년도							
4차년도							
5차년도							
총계	1000,000						1,000,000

요약서 (연구개발 목표 및 내용)	
연구개발 개요	- 호남지역 일반철도는 대부분 자갈도상으로 이루어져 있으며, 매년 장마와 태풍의 영향을 직접적으로 많이 받아 자갈도상의 유지보수가 타 지역에 비교하여 빈번함. - 인구의 고령화 가속으로 인하여 자갈도상의 무보수화를 위한 공법개발이 필요하나 기존의 공법은 매우 고가여서 사용하기가 어려운 상태임. - 또한, 자갈도상의 문제점을 해소하고자 여러 가지 장점을 갖고 있는 슬래브 궤도를 개발, 적용하고 있으나 신규건설 구간에 비해 아직까지 열차 운행 구간으로 기술적용에 한계가 있음. - 따라서 운영 및 유지보수 입장에서 제한된 차단시간과 보선장비, 자갈 등 기존 자원을 최대한 활용하여 자갈도상을 아스팔트 유화제 등으로 급속 충전, 고결화 시킬 기술이 필요. - 일본의 아스팔트 충전재, 영국의 아스팔트 유화제 등 국내 자갈도상 궤도에 최적화된 아스팔트 충전재를 국산화 개발하여 별도의 부직포, 거푸집 설치 없이 도상자갈 갱신 후 궤도의 유지보수가 가능한 공법 개발. - 자갈도상 충전재로써 강도 및 유동성(또는 자기충전성), 팽창성 등의 목표치를 만족하며, 재료분리를 최소화 할 수 있는 배합 선정 및 재료 개발

	- 기본 배합에 의한 유화제의 강도특성, 유동성 및 동결융해 저항성 등의 물성 측정 후 자갈도상 충전재로써 타당성 분석 위와 같은 이유로 인하여 보수주기가 매우 길고 반영구적인 아스팔트안정층 공법을 개발하는 것임 - 아스팔트 유제(Asphalt Emulsion)를 이용한 유도상자갈 안정화층 - 유도상자갈 침하량 40%감소 및 노상층 압력 50% 감소 - 아스팔트 점성에 따른 다양한 특성 - 궤도틀림 1/4경감, 주입량 2~3% - 노상층 손실률: 3%이하
최종목표	정량적 최종목표: 시공속도 : 100m/일(야간 차단시간 4시간 이내) (흐름성: 6~8 sec, 작업성: 20~30 min, 초기강도: $2kg/m^2$) - 기존 공법 대비 50~60% 경제적인 공법 개발 - 자갈도상 유지보수공법에 대한 국내외 문헌조사 - 아스팔트 및 아스팔트 유제를 이용한 충전재개발 - 자갈도상에 충전재를 적용한 성능시험 - 조립시험을 통해 공법의 적용성 및 경제성 평가
연구내용 및 범위	• 국내외 문헌조사 및 기존선 도상자갈 특성 평가 - 국내외 기존선 생력화에 대한 재료 및 공법 조사 - 기존선 유도상자갈 특성조사(LA마모시험, 편평세장비, 세립분 함유율) • 유도상자갈 유지보수를 위한 아스팔트 유화제 개발 - 아스팔트 유화제 개발 - 아스팔트 유화제 작업성을 위한 유동성 시험 - 분리가 발생한 도상자갈을 이용한 침투성 시험 • 재료성능평가 - 경화시간에 따른 강도측정 - 시험결과를 기반으로 재료 수정 및 보완 - 고화재 노후화에 의한 강도측정을 통한 내기후성 평가 - 동결에 의한 파손저항을 평가하기 위한 동결융해저항성 평가 - 강도측정을 통한 내화학성시험 평가 - 탄성계수측정

	• 조립시험 실시 - 성능평가 실시 - 모니터링 및 궤도 유지보수 전후 변화 비교 - 공법의 현장 적용성 및 타당성 분석 - 생애주기비용을 통한 경제성 분석
핵심 연구성과	- 한국철도공사 호남본부와 협의하여 수행하여 자갈도상 무보수화 공법개발 - 국외 SCI급 논문 2건 및 국내 2건 - 특허출원 2건 및 기술이전 1건

요약서 (연도별 주요 내용)		
구분	연구개발목표	연구개발내용 및 방법
1차년도	호남선 도상자갈 특성파악, 도상 안정화재료 개발 및 시공 장비 설계	- 국내외 문헌조사 - 호남선 도상자갈 특성평가 - 자갈도상 안정화를 위한 아스팔트 유화제 개발 - 최적의 성능을 가지는 최적 배합설계법 개발 - 주입식 자갈도상 유지보수에 따른 자동화 장비 구축 계획 수립 - 국내외 시공 장비 조사 및 특징 분석 - 재료 혼합 및 주입 장비 검토 및 설계
2차년도	도상자갈을 이용한 실내 성능시험, 아스팔트 안정층 시공 장비 제작(개량) 및 조립시험	- 아스팔트 안정층 자갈도상에 대한 강도 및 변형특성 평가 - 소성변형 및 내구성 평가 - 내화학적 평가 - 동결융해저항성 평가 - 내 오일오염성 평가 - 제작된 장비를 사용한 조립시험을 통해 열차하중을 고려한 성능시험 실시 - 모니터링 및 궤도 유지보수 전후 변화 비교 - 생애주기비용을 통한 경제성 분석

요약서 (연구성과 활용방안)		
연구성과	기술적 기대성과	열차 운행에 지장을 주지 않으며, 차단시간 내에 시행 할 수 있는 궤도개량공법으로 일반철도 자갈도상궤도 개량 기술 확보 - 터널, 교량 등 도상높이 부족개소, 노반 지장물 - 여름철 분니, 겨울철 동상 등 고질적인 궤도틀림 발생개소를 해결 할 수 있는 대체공법
	사회·경제적 파급효과	- 호남권 일반철도는 주로 자갈도상으로 이루어져 있으므로 잦은 유지보수로 운행에 차질이 발생하고 유지보수로 인하여 안전사고가 만연하여 이를 방지할 수 있음 - 신규건설이 아닌 열차운행 상태에서 노후궤도 개량으로 비용절감 - 포장궤도 건설비용 : 14억 원/km - 일반철도 노후궤도 현황 : 약 1,000km - 연장 100km 개량시 경제효과 : 1,400억 원
활용방안		- 아스팔트 계열의 재료를 이용한 경제적이고도 시공성이 용이한 안정층 재료 개발 - 아스팔트 안정층 재료의 성능평가 - 아스팔트 안정층 공법에 필요한 장비 개발 - 아스팔트 안정층 조립시험 및 성능검증 - 전 노후화 궤도의 아스팔트 안정층화 달성

요약서 (핵심어)					
핵심어	핵심어1	핵심어2	핵심어3	핵심어4	핵심어5
국문	자갈도상	궤도유지보수	분니	아스팔트유제	아스팔트 안정 자갈도상
영문	Ballasted track	Track maintenance	Fouling	Bitumen emulsion	Bitumen stabilized track

연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

※ 본 과제와 관련하여 국토교통부 소관 연구개발사업 및 타 부처 연구개발사업으로 기 수행되었거나 수행 중인 유사과제와의 중복 여부에 대하여 조사 및 검토 결과를 반드시 기술
(전문기관 홈페이지 및 www.ntis.go.kr 등 참조)

(단위 : 천원)

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
		해당 없음		

- 조사 방법: 국가 R&D 사업관리 유사과제 검색

유사과제 검색결과					
검색일시	2017.08.22 15:43				
검색범위	기 수행과제 + 타인등록과제 + 공공R&D과제				
기준유사도	60				
검색결과 요약	등록과제 수	유사과제여부			
	1 건	0 건			
세 부 검 색 결 과					
순번	과 제 명	연구 책임자	유사과제여부		
			기수행과제	타인등록과제	공공 R&D과제
1	자갈궤도 무보수화를 위한 아스팔트 충전공 법 개발		X	X	X
주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행되거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수립 과제) 주2) 타인등록과제 : 다른 사용자가 유사과제 여부를 판단하기 위해 등록한 과제 주3) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제 주4) 기준유사도 : 유사과제라고 판단할 최소 기준이 되는 유사도 한수					
상기 내용은 과제개요 내 주요 텍스트 비교를 통한 1차적인 유사과제 결과이며, 최종적인 과제의 유사여부는 발주기관의 연구심의위원회에서 결정됩니다.					
국 가 과 학 기 술 지 식 정 보 서 비 스					

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.