

국토교통연구기획사업 기획보고서

R&D /
11-1613000-001211-01

무도상 교량 장대레일화 기술개발 기획 최종보고서

2016. 05.

주관연구기관 / 한국철도공사
공동연구기관 / 한국철도기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “무도상 교량 장대레일화 기술개발 기획” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 5.

주관연구기관명 : 한국철도공사

주관연구책임자 : 박성백 과장

참여연구원 : 강태구 단장

참여연구원 : 허영탁 부장

참여연구원 : 전영식 부장

참여연구원 : 신승훈 부장

참여연구원 : 배석복 부장

참여연구원 : 박준성 차장

참여연구원 : 신복승 차장

참여연구원 : 정광채 차장

참여연구원 : 김승규 과장

참여연구원 : 권세곤 과장

참여연구원 : 김영철 과장

참여연구원 : 김지훈 과장

참여연구원 : 백인철 대리

공동연구기관명 : 한국철도기술연구원

연구책임자 : 양신추 박사

참여연구원 : 황성호 박사

참여연구원 : 김 은 박사

보고서 요약서

과제고유번호	EI- EI03- EI0308	해 당 단 계 연 구 기 간	2015-08-27 ~ 2016-04-26 (8 개월)	단 계 구 분	해당없음
연구사업명	중 사업명				
	세부 사업명	2015년 국토교통연구기획사업			
연구과제명	대 과제명				
	세부 과제명	무도상교량 장대레일화 기술개발 기획			
연구책임자	박성백(주관) 양신추(공동)	해당단계 참 여 연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 0명	해당단계 연 구 비	정부:50,000천원 민간:50,000천원 계:100,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 17명 내부: 17명 외부: 0명	총 연구비	정부:50,000천원 민간:50,000천원 계:100,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국철도공사 연구원 (주관) 한국철도기술연구원 (공동)			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
<ul style="list-style-type: none"> ● 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가 ● 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공 ● 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발 				보고서 면수 : 180P	

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	노후교량, 판형교, 트러스교, 장대레일, 목침목-거더 체결시스템, 목침목 탄성패드, 교량거더와 일체화된 궤도구조
	영 어	Old railway bridge, Plate girder bridge, Truss bridge, Continuous welded rail, Wooden sleeper-girder fastening system, Wooden sleeper elastic pad, Bridge girder integrated track structure

요 약 문

I. 제목

- 무도상 교량 장대레일화 기술개발 기획

II. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의

- 무도상 교량 장대레일화 기술은 건설년도가 오래되어 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있는 관형교, 트러스교 등 무도상교량(도상자갈이 없는 교량)에 대하여 열차 운행선상의 시공성, 안전성, 친환경성, 유지관리성 측면을 고려하여 최소한의 투자로 레일 장대화할 수 있도록 개량하기 위한 제반기술

2. 기술개발 필요성

- 현재 기존선에는 자갈도상 없이 거더에 침목이 직결되어 있는 무도상교량 (관형교 (453개소), 트러스교(11 개소))이 다수 존재
- 무도상교량은 대부분 일제시대에 건설되어 교량 및 궤도 상태가 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있음.
- 관형교 일부가 유도상화 사업을 통하여 레일장대화가 이루어지고 있지만 사업 추진이 매우 느리게 진행되고 있어 장기적으로 상당수가 비장대화 상태로 놓이게 될 전망이다, 트러스교의 경우는 레일장대화 사업에 포함되어 있지 않음.
- 무도상교량구간에서 레일비장대화는 승객의 승차감 및 차량의 주행안전성 저하와 열차속도의 제한 요인으로 작용하여 철도 서비스품질 및 대외경쟁력을 크게 저하시키고 있음.
- 또한 차륜이 이음매통과를 통과할 때 발생하는 매우 큰 충격하중으로 궤도 파손 및 차륜 손상으로 유지보수비가 크게 발생하고 있음.
- 교량상에 다수의 레일이음매의 존재로 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생함에 따라서 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있음.
- 따라서 트러스교를 포함한 노후 무도상교량에서 레일장대화는 국가적으로 반드시 필요한 과제임.

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

1. 특허 동향

- 기존 특허 등을 조사한 결과 본 기술과 직접적인 연관성을 가지는 것은 조사되지 않았으며, 기존운행선상에서 무도상교량의 장대레일 해석 및 설계 기술(Analysis and design of Continuous welded rail), 무도상교량(관형교, 트러스교)의 사용성 및 소음/진동 평가기술(Evaluation of serviceability and sound/vibration), 궤장 개량기술 (Improvement of track structure), 상태평가 및 보강기술 (Status assessment and reinforcement)은 국내/외 기술을 찾아보기 힘든 독창적인 기술임

2. 시장 동향

- 국내에서 무도상교량 관형교가 443개소로서 연장 36,583m이고 트러스교 11개소 6,588 m 이며, 이들 교량 중에 총 243개 교량(총 연장 705,414 m)에 대하여 단계적으로 유도상화할 예정임.
- 무도상관형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능 (187개소 535,912 m, 5300억원)
- 관형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음.
- 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588m)
- 북한의 열차운영환경으로서 열차통합운영의 효과를 높이기 위해서는 수송능력의 증대를 위해 기존 철도시스템의 대폭적인 개선 및 현대화가 필요한 실정.
- 북한철도노선 5100km 중에서 15% 이상(765km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용될 것으로 판단됨.
- 일본, 프랑스, 독일, 영국 등 대부분의 국가가 1800년대에 철도를 개통하였으며, 이들 국가를 비롯하여, 이들 국가의 영향 하에 있던 많은 국가에서 건설된 대다수 교량이 트러스교 및 관형교 형식임.
- 국외적으로 관형교 및 트러스교는 다수 존재하는 것으로 파악되기 때문에 논 연구

사업을 통하여 효율적인 무도상교량 장대화기술이 개발될 경우 이를 수출할 수 있는 국제적 시장은 충분히 확보되어 있다고 판단됨.

3. 정책동향

- 본기술은 정부의 창조경제 국가R&D 중장기 계획이 지향하고 있는 연구정책 방향에 맞추어 대용량·고속화 철도시스템 개발을 통한 철도 수송분담률 향상 및 해외 시장 진출도모를 통한 철도 산업·기술경쟁력 제고를 도모하고,
- 제1차(2015~2019) 중견기업 성장촉진 기본계획이 지향하고 있는 과학기술을 기반으로 한 중소기업 육성, 일자리 창출등 중견기업의 양적 확대, 질적 성장, 글로벌 전문기업화 추진 및 중견기업의 양적 확대를 통한 기업 생태계의 허리를 튼튼히 하는 중견 후보기업군을 발굴·육성 정책에 부응하고,
- 국가 온실가스 감축, 2020년 로드맵(환경부)에 명시하고 있는 수송분야 대중교통 인프라 확충 간선철도망 철도 수송부담률 상승등의 정책에 부응하고,
- 제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)은 국가통합교통체계효율화법에 의거 향후 5년(2014년~2018년)간 교통기술의 연구개발을 촉진하기 위한 정부의 교통기술 관련 정책중 교통기술개발과제 및 투자규모 등을 체계적으로 설정하는 기본계획이며 이중 철도분야는 국민행복을 위한 빠르고, 안전하고, 경제적인 철도개발 중점 추진분야(Smart, Safe, Economical Railroad)에 투자계획(1조 738억원)이 있음 본과제 수행시 이러한 정책부응이 가능함
- 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020_국토해양부)대중교통수단(버스, 지하철, 철도)의 수송 분담률은 수도권에서 약 40%이나 대구, 광주, 대전권에서 약 20%로서 지방 대도시권의 대중교통 수송 분담률은 아직도 매우 낮은 수준으로 분석되고 있으며, 그중 철도의 수송 분담률을 높이기 위해서는 철도망 확충과 기존선의 승차감, 속도향상등이 필요하나 이를 위해서는 본과제의 최종성과품인 무도상교량(판형교, 트러스교)의 장대화가 시급한 실정이고 이를 실현할 경우 Marco Polo programme(도로운송 화물을 철도·해운으로 전환시키는 정책)에 효과적으로 대응 가능할 것으로 판단
- 정책적인 분석을 종합해 볼 때 녹색물류네트워크 구축과 경쟁력 강화를 통해 철도 수송분담률 제고를 위해 본과제는 반드시 필요하며, 이러한 긍정적인 효과들이 국가경쟁력 향상 및 국가정책을 실현하는데 크게 도움될것이라 판단됨

4. 논문동향

- 논문 조사 및 분석 결과 장대레일 해석 및 설계 기술 분야에서 교량상 장대레일 축력 해석 및 설계에 관한 연구가 1980년대 이후 활발하게 추진되었고 이들 연구 결과를 바탕으로 교량상 장대레일 축력 설계기준이 제정되었음.
- 사용성 및 소음/진동 평가기술 분야에서도 철도교량에서의 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감을 대상으로 하는 연구는 비교적 2000년 이후부터 활발하게 연구되어지고 있음. 그러나 이들 연구의 대부분은 최근에 건설되는 고속철도 교량을 대상으로 하고 있으며, 노후된 판형교 또는 트러스를 대상으로 하는 연구사례는 거의 없다고 할 수 있음.
- 또한 최근 차량-궤도-교량 상호작용해석 기법의 개발에 힘입어 교량진동에 의하여 교량차체에서 방사되는 소음을 예측하는 기법에 대한 연구들이 보고되고 있으나 판형교를 대상으로 판형교의 진동에 의하여 방사되는 소음을 예측하는 연구사례는 지금까지 거의 없다고 할 수 있음.
- 궤광 개량기술 분야의 기술과 관련하여 자갈궤도 또는 슬라브궤도에서 새로운 형식의 궤광이 다수 제안되었지만 노후된 판형교 또는 트러스교에서 궤도를 개량하기 위한 궤광구조 개발에 대한 연구 또는 개발사례는 거의 없다고 할 수 있음.
- 교량의 상태평가와 모니터링시스템 구축에 의한 진단에 대한 연구사례는 매우 많다고 할 수 있음. 그러나 판형교 또는 트러스교를 대상으로 하는 상태평가 또는 보수보강에 대한 연구사례는 거의 없다고 할 수 있음.
- 이렇게 노후된 판형교 또는 트러스교 등의 무도상 교량과 관련하여 레일장대화 또는 교량 자체의 구조안정성 또는 사용성에 관한 논문이 적은 것은 학술적 관심이 주로 열차속도의 증가에 대한 대처 및 신설 교량의 설계 등에 주어졌기 때문이며, 노후 교량의 성능개선에 대해서는 상대적으로 관심이 적었기 때문으로 판단됨.
- 노후된 판형교 또는 트러스교 등이 국내외 적으로 다수 존재하기 때문에 이들 교량에 대하여 레일 장대화를 통하여 성능을 개선할 경우 열차수송량 증대와 안전성 및 편의성 향상 등으로 경제적, 사회적 파급효과가 매우 클 것으로 기대됨.

IV. 본과제 연구개발 과제의 구성 및 추진전략

1. 연구개발과제의 구성, 연구 목표 및 내용

가. 1 세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

(1) 세부과제 연구목표

무도상교량(관형교 및 트러스교)의 구조적 특성 및 상태를 반영한 장대레일 해석, 설계, 그리고 사용성 검토 단계들에서 필요한 핵심기술의 개발과, 기술 적용을 통한 개발시스템의 적합성 검토 및 성능 제고.

(2) 주요 연구내용

(가) 레일장대화 기술요건 정립

- 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석
- 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술요건 도출

(나) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발

- 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석
- 무도상교량(관형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발
- 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계방안 가이드라인 개발(궤도종저항력 요건, 교좌장치 유형별 배치, 레일신축이음매 설치 등)

(다) 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발

- 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가
- 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발
- 개발시스템의 좌굴안정성 평가

(라) 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발

- 개발시스템 구조안정성 평가
- 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발
- 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석을 통한 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 평가

(마) 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발

- 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발
- 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발
- 개발시스템의 진동 및 소음 평가
- (바) 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발
 - 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 절차서 개발
 - 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발
- (사) 시험시공구간 개발 장치 및 궤도구조 성능평가
 - 계측 계획 수립(계측망 구성, 계측 일정 등)

나. 2 세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

(1) 세부과제 연구목표

- (가) 기존 궤도구조를 활용하여 적은 비용으로 신속하게 레일장대화기 위한 중요 장치를 개발하고, 개발 장치 및 구조시스템의 시험 시공을 통하여 현장 적용성을 확인

(2) 주요 연구내용

- (가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 현장 성능시험
- (나) 선형조정 및 충격완화용 목침목 단성받침 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 실내 및 현장 성능시험
- (다) 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공
 - 시험시공

다. 3 세부과제 : 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

(1) 세부과제 연구목표

- (가) 무도상교량(관형교, 트러스교)의 기존 목침목 궤도구조를 개량하기 위한 강 거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발.

(2) 주요 연구내용

(가) 궤도구조 시스템 설계

- 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출
- 개념설계, 기본설계, 상세설계
- 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토

(나) 궤도구조 제작

- 자재 조달 및 제작 계획서 작성
- 궤도구조시스템 시험 제작

(다) 궤도구조 실내 성능평가

- 실내 성능시험 계획 수립

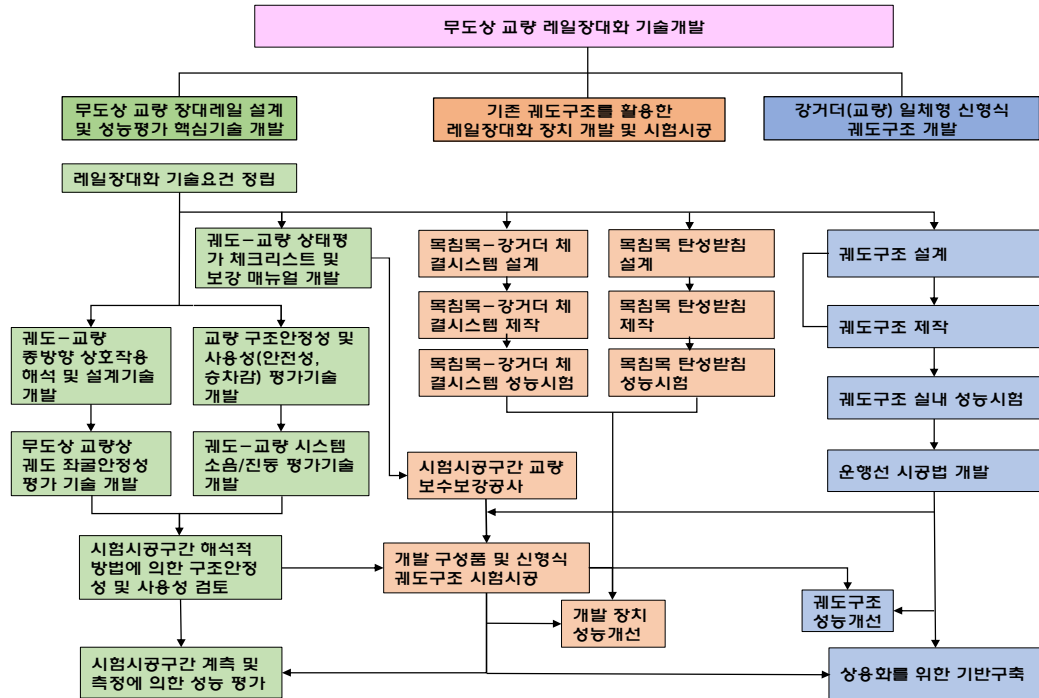
(라) 운행선 시공법 개발

- 운행선 시공 요건 도출
- 공사 절차서 작성

(마) 상용화를 기반 구축

- 품질 및 성능기준 작성
- 제작시방서 작성
- 시공지침서 작성
- LCC 평가

2. 연구개발 추진체계



3. 기술/성과로드맵

	1 차년도	2 차년도	3 차년도	4 차년도	5 차년도
무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발	레일장대와 기술요건 정립(기준조사, 장대와 요건 도출)				
	궤도-교량 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼 개발 - 상태평가 항목 및 절차서 개발 - 상태평가리스트에 연동된 보강매뉴얼 개발				
	궤도-교량 중방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발 - 변위-중방향 거동특성 분석 - 궤도-무도상교량 중방향 상호작용 해석모델링 개발 - 무도상교량 장대레일 설계 가이드라인 개발		시험시공구간 장대레일 설계 및 해석적 방법에 의한 구조안정성 평가	개발 구성품 및 구조시스템 성능평가 - 계측계획 수립 - 시공 중 개이지 및 측 정설비 설치	시험시공구간 계측을 통한 구조안정성 평가
	무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발 - 무도상교량 궤도 휨저항력 평가 - 좌굴해석모델링 개발		시험시공구간 좌굴안정성 분석		
기존 궤도구조를 활용한 레일장대와 장치 개발 및 시험시공	목침목-강거더(교량) 체결시스템 설계 및 제작		체결시스템 성능시험	실내 성능시험 및 시험시공을 통한 개발 장치 성능 개선	
	목침목 탄성받침 설계 및 제작		탄성받침 성능시험		
			시험시공 계획 수립 - 시험시공 개소 선정 - 세부공정계획 수립 - 자재조달 및 구매 계획 수립	개발 장치 및 궤도구조 시험 시공 - 공사발주 - 시험시공 - 준공검사	개발 장치 및 궤도구조 유지관리 매뉴얼 작성
			시험시공구간 교량 상태평가 및 보수보강 공사		
기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발	궤도구조 설계 - 설계요건 정립 - 개념, 기본, 상세설계	궤도구조 제작 - 제작계획서 작성 - 시험 제작	궤도구조 실내 성능시험 - 성능시험 계획수립 - 성능평가	실내 성능시험 및 시험시공을 통한 궤도구조 성능 개선	
			운영선 시공법 개발 - 운영선 시공요건 도출 - 공사절차서 개발		
				상용화를 위한 기반구축 - 품질 및 성능 기준 작성 - 제작 및 시공 지침서 작성 - LCC평가	

4. 연구 추진전략

가. 1세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

- 궤도-교량 시스템 구조해석 및 사용성 검토에 요구되는 해석기법에 대하여 국내외적으로 기존에 개발된 것들을 체계적으로 조사하여 가급적 기 개발된 S/W를 활용함으로써 해석기법 개발에 따른 기간 및 비용을 최소화함.
- 관형교, 트러스교 등 무도상교량의 구조특성상 기존에 개발된 해석기법을 활용할 수 없는 부분을 집중하여 연구개발함으로써 과제의 집중도를 높임.
- 해석기법 개발 과제특성상 고도의 전문가가 참여가 요구되는 과업에 대해서는 최대한 전문기술을 보유한 기관 또는 인력이 참여토록 하여 연구의 내실화를 도모함.
- 해석기법의 개발은 연구 초기단계에 집중적으로 개발함으로써 사업을 통하여 개발할 구성품 또는 구조시스템의 최적설계 및 성능 검토에 최대한 활용할 수 있도록 함.
- 해석기법의 신뢰도는 해석에 사용되는 제원 및 물성치의 정확한 모델링에 직결되어 있는 만큼 가급적 실내 또는 현장시험을 통하여 제원 및 물성치에 대한 정보를 수집함.
- 궤도-교량 종방향 상호작용 해석기법을 활용한 다양한 파라메타 연구를 통하여 레일 장대화에 요구되는 궤도 및 교량 각부의 품질 및 기능을 체계적으로 파악하고 이를 토대로 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼을 개발

나. 2세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

- 레일장대화를 위하여 개발되었던 강거더-목침목 체결장치 등이 사용년도가 지남에 따라서 기능이 급격하게 저하되었던 점을 고려하여 장기 내구수명을 갖도록 구성품을 개발.
- 강거더-목침목 체결장치를 적용한 소규모 개량 및 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용한 중규모 개량을 동시에 시행할 수 있는 시험 시공 장소를 선정하여 다양한 개발품들의 성능을 동시에 확인할 수 있도록 함.
- 시험시공 대상교량은 비교적 양호한 상태에 있는 교량을 선정함으로써 보수보강에 요구되는 비용을 최소화
- 시험 시공 시 교량전체 구간 중에 대부분의 구간을 소규모로 개량하고, 짧은 구간을 다소 많은 비용이 소요되는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용함으로써 시험 시공비용이 최소화 될 수 있도록 시험 시공 계획을 수립.

- 시험시공이 운행선에서 이루어짐에 따라 공사 중 안전이 무엇보다도 중요하므로 사고를 방지할 수 있도록 차량 운영기관과의 체계적인 협조체계를 구성하고, 현장에 상시 안전감독관을 배치.
- 시험시공 구간에서 시험평가 시 개발품 성능, 궤도-교량 시스템의 사용성, 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 등 체계적으로 평가할 수 있도록 시험계획을 수립.

다. 3세부과제: 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

- 개념설계 단계에서 다양한 유형의 궤도구조시스템을 도출하고 참여연구원 및 전문가 합동 토론회의 통하여 적정 궤도구조시스템 선정.
- 1세부과제인 무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발과제와의 연계를 통한 개발구조시스템의 체계적인 사용성 및 효율성 검토.
- 운행선 교체공사인 점을 고려하여 조속한 시공이 가능하고 유지관리가 용이하도록 궤도구조시스템을 설계.
- 궤도구조와 교량 강거더 사이에 탄성패드를 적용하여 소음, 진동을 큰 폭을 저감시킬 수 있는 궤도구조시스템 개발.
- 개념설계 단계부터 특허출원을 실시하여 과제로 생산된 지적재산권 보호.
- 기업체의 사업 다각화 지원 및 상용화 촉진을 위하여 기업체의 적극전인 참여 유도.
- 개발 궤도구조시스템의 조속한 상용화를 위하여 상용화에 필요한 각종 기준 및 시방서, 매뉴얼 등을 연구과제를 통하여 사전에 구축.

5. 테스트베드(시험시공구간) 구축 계획

가. 목적

무도상 교량 장대화를 위하여 본 과제에서 개발하는 궤도구성품들과 신형식 궤도구조시스템의 현장적용성 및 요구성능을 확인하기 위함.

나 기본방향

- (1) 개발 궤도구성품 및 궤도시스템의 성능과 적용에 따른 구조안전성, 장기내구성, 사용성, 친환경성을 충분히 검증할 수 있는 구간을 선정한다.

- 통과톤수 년 1000만톤 이상
 - 열차속도가 120km/h 이상
 - 궤도 및 교량거동 및 소음, 진동 측정이 용이한 구간
- (2) 레일을 장대화함에 따라 발생하는 궤도-교량 종방향 상호작용력이 충분히 크게 발생함에도 이러한 하중이 궤도 및 교량의 구조안정성에 문제가 없는 것을 증명할 수 있도록 교량길이가 충분히 긴 교량(250m 이상)을 선정한다.
- (3) 열차운행 중에 공사를 시행하여야하므로 열차차단시간을 어느 정도 확보할 수 있는 개소를 선정한다.
- (4) 테스트베드 구축에 따른 비용을 최소화한다.
- 비교적 교좌장치, 교대 및 교각 상태가 양호한 교량을 선정함으로써 교량 보수 비용을 최소화
 - 시험 시공구간 전체길이에서 기존 궤도구성품을 활용하는 구간을 최대한 길게 하고 비용이 많이 소요되는 신형식 궤도구간은 일부구간에 부설
- (5) 철도시설공단에서 정한 『철도시설성능검증지침』을 만족할 수 있도록 개발 궤도 구성품 및 궤도구조의 시험시공길이를 계획함으로써 상용화를 촉진토록 한다. 따라서 궤도구성품 부설구간 75m(=0.5x150)이상, 궤도구조 75m(=0.5x150)이상부설
- ※ 철도시설성능검증지침 33조(현장설치 시험조건) 2. 철도시설의 시험구간 길이는 최소 0.5V(단위 : m, V : 해당 구간의 최고 운영속도) 이상

다. 테스트베드 선정

- (1) 현장조사결과 테스트베드구축 기본방향에 부합하는 전라선 동진강 판형교를 선정

6. 개발성과물 성능목표

주요성능평가 항목	단위	개발목표치	성능목표의 설정근거
가. 개발 핵심설계기술의 기술수준 (설계, 사용성 평가, 소음진동 평가)	정성평가	-설계: 해외기술 100% -사용성 평가: 해외기술 90% -소음진동 평가: 해외기술 90%	-교량상 장대레일 설계기술은 현재 원천기술을 확보하고 있음. 따라서 연구사업을 통하여 추가적으로 노후 무도상 교량에서의 종방향 거동특성이 규명될 경우 선진국 수준의 설계기술을 확보가능 -무도상교량에서 열차주행안전성 및 승차감과 발생소음을 평가하기 위해서는 차량-궤도-구조물의 복잡한 상호작용해석이 요구됨. 이러한 해석기술을 확보하기 위해서는 장기간의 연구가 필요함. 본 연구사업을 통하여 대체로 선진국수준의 90% 정도 확보 가능.
나. 개발 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼의 신뢰성 및 적용성	정성평가	-신뢰성: 현장조건 반영의 내실성, 체크리스트 및 매뉴얼의 체계성, 장대화 기술이론 반영 깊이, 장대화에 영향을 주는 모든 요인의 반영 여부. -적용성: 설계 및 시공 담당자의 이해도 및 적용 편의성, 다양한 현장에 적용 가능성	-개발 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼의 신뢰성 및 적용성은 객관적 지표로 평가하기 어려움. -따라서 과제 종료 시 평가위원의 주관적 평가를 시행할 수밖에 없음. -다만 심도 있는 평가를 위하여 평가의 세부항목을 제시.
다. 개발 침목-거더 체결장치 성능	궤도 성능 시험	-장기내구성: 200만회 반복 피로시험	-궤도구조시스템 개발시 구조적 안정성을 확인하는 일반적 절차.
라. 높이조절용 목침목 받침의 성능 (높이조절 성능, 장기내구성)	항목별도	-높이조절 성능: +30mm -장기내구성: 300 만회 반복하중시험 후 강성변화 25% 이내	-높이조절용 목침목 받침은 체결장치의 탄성패드와 같은 기능을 수행하므로 일반적으로 요구되는 체결장치 탄성패드의 성능목표치를

			적용.
<p>마. 무도상교량 신형식 궤도구조 성능(구조적 안정성, 장기내구성, 소음진동저감)</p>	<p>궤도성능 시험</p>	<p>-구조적 안정성: 정적 하중 실험 및 현장부설시험 결과.</p>	<p>-궤도구조시스템 개발시 구조적 안정성을 확인하는 일반적 절차.</p>
		<p>-장기내구성: 200만회 반복 피로시험 및 현장부설시험 결과.</p>	<p>-대부분의 궤도구성품 또는 궤도시스템의 장기내구성을 확인하기 위하여 200만회 반복피로시험을 수행.</p>
		<p>-소음저감: 교량 직하부 5m에서 10dB 저감.</p>	<p>-형식 궤도구조를 적용함에 따라 교량하부로 전파하는 소음을 저감 성능을 가시적으로 확인하기 위해서는 교량하부에서 최소 10 dB 정도의 저감성능이 필요함.</p>
<p>바. 신형식 궤도구조 운행선 시공 속도</p>	<p>m/일</p>	<p>- 20 m/일</p>	<p>-현 유도상화 공법 적용속도는 10 m/일 정도로 개발공법의 경제성을 향상시키기 위하여 유도상화 공법 보다 2배의 시공속도로 목표설정</p>
<p>사. 신형식 궤도구조 시공 비용.</p>	<p>백 만 원/m</p>	<p>- 3,000백만원</p>	<p>-유도상화 공법의 시공비용이 평균 6,200백만원/m 정도이므로 개발 공법의 경제성을 확보하기 위해서는 사업비를 50%이하로 저감시킬 필요가 있음.</p>

7. 최종성과물 및 활용방안

가. 최종성과물

- 무도상교량 장대레일 설계기법(S/W)
- 무도상교량 사용성 및 소음, 진동 평가기법(S/W)
- 무도상교량 장대레일화 체크리스트 및 보강매뉴얼
- 목침목-교량거더 연결장치
- 선형조정용 목침목 받침
- 무도상교량 신형식 궤도구조시스템
- 신형식 궤도구조시스템 운행선 시공법, 유지관리매뉴얼

나. 최종성과물 활용방안

- 무도상관형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정(187개소 535,912 m, 5300억원)이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능
- 관형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음.
- 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588 m)
- SRX 유라시아 철도를 대비한 북한철도노선 5100km 중에서 15% 이상(765km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용

V. 자원투입 계획

1. 연구시설 및 장비 투입계획

가. 1세부과제

년도	연구내용	연구시설 및 장비 투입계획
1차	○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발	○ 도상종저항측정기(10회)
	○ 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발	○ 도상횡저항측정기(10회)
3차	○ 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발	○ 현장 소음측정시스템(마이크로폰, Dada Recorder 등) (5회) ○ 진동측정시스템(가속도계, 속도계, Dada Recorder 등) (5회)₩
4차	○ 시험시공구간 해석적 방법에 의한 소음, 진동 평가	○ 진동측정시스템(가속도계, 속도계, Dada Recorder 등) (5회) ○ 현장 소음측정시스템(마이크로폰, Dada Recorder 등) (5회)
5차	○ 개발 장치 및 궤도구조 시험시공구간 성능 평가	○ 구조안정성 평가장비(응력, 변위, 가속도 측정장비) (10회) ○ 사용성 평가(윤축, 대차 및 차체 가속도, 윤중 및 횡압 측정) (10회) ○ 진동측정시스템(가속도계, 속도계, Dada Recorder 등) (5회) ○ 현장 소음측정시스템(마이크로폰, Dada Recorder 등) (5회)

나. 2세부과제

년도	연구내용	연구시설 및 장비 투입계획
2차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비
	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성 받침 개발	○ 사출, 성형장비, 금형장비
3차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발	○ 인장압축시험기(20회) ○ 피로시험기(300만회)

	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성 받침 개발	○ 인장압축시험기(50회) ○ 정적, 동적강성측정장비(50회)
	○ 시험시공구간 교량 상태평가 및 보수 보강공사	○ 보수보강 공사일체(운송장비, 시공장비)
4차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비 ○ 사출, 성형장비, 금형장비
	○ 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공	○ 시험시공에 필요한 시설 및 장비 ○ 준공검사: EM140 궤도검측차 2회, Trackmaster (3회)
5차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선	○ 인장압축시험기(20회) ○ 피로시험기(300만회)

다. 3세부과제

년도	연구내용	연구시설 및 장비 투입계획
2차	○ 궤도구조 제작	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비, 용접장비, 금형 및 사출 장비 등
3차	○ 궤도구조 실내 성능평가	○ 인장압축시험기 ○ 피로시험기 ○ 궤도노반 종합시험기
4차	○ 궤도구조 성능개선	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비 ○ 사출, 성형장비, 금형장비
5차	○ 궤도구조 성능개선	○ 인장압축시험기 ○ 피로시험기 ○ 궤도노반 종합시험기

2. 인력 투입계획

가. 1세부과제

년 도	인력 투입계획
○ 1차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 19명/월
○ 2차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 27명/월
○ 3차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급)

	: 15명/월
○ 4차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 16명/월
○ 5차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 7명/월

나. 2세부과제

년도	인력 투입계획
○ 1차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월
○ 2차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 14명/월
○ 3차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 27명/월
○ 4차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 21명/월
○ 5차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월

다. 3세부과제

년도	인력 투입계획
○ 1차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 10명/월
○ 2차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 13명/월
○ 3차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 25명/월
○ 4차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 18명/월
○ 5차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월

3. 연구비 투입계획

수행년차	연구내용	직접비(천원)				
		인건비	연구장비 및 재료비	연구활동비	연구과제추 진비	계
1차년도	1세부	624,154	790,000	97,923	30,000	1,542,077
	2세부	237,773	270,000	82,227	30,000	620,000
	3세부	297,216	610,000	102,784	30,000	1,040,000
1차년도 합계		1,159,142	1,670,000	282,934	90,000	3,202,076
2차년도	1세부	802,483	220,000	97,923	30,000	1,150,406
	2세부	416,102	360,000	82,227	30,000	888,329
	3세부	386,381	400,000	102,784	30,000	919,165
2차년도 합계		1,604,966	980,000	282,934	90,000	2,957,900
3차년도	1세부	505,267	100,000	97,923	30,000	733,190
	2세부	802,483	957,000	82,227	30,000	1,871,710
	3세부	743,040	2,680,000	102,784	30,000	3,555,824
3차년도 합계		2,050,790	3,737,000	282,934	90,000	6,160,724
4차년도	1세부	475,546	950,000	97,923	30,000	1,553,469
	2세부	624,154	550,000	82,227	30,000	1,286,381
	3세부	534,989	2,650,000	102,784	30,000	3,317,773
4차년도 합계		1,634,688	4,150,000	282,934	90,000	6,157,622
5차년도	1세부	96,595	450,000	470,000	30,000	1,046,595
	2세부	111,456	200,000	390,000	30,000	731,456
	3세부	92,880	250,000	510,000	30,000	882,880
5차년도 합계		300,931	900,000	1,370,000	90,000	2,660,931
총계		6,750,518	11,437,000	2,501,736	450,000	21,139,254

VI. 과제공모 방안

1. 연구사업 과제 제안요구서

연구과제명	무도상 교량 장대레일화 기술개발 기획
<p>1. 연구개발 목표</p>	<p>노후 무도상 교량(판형교, 트러스교)의 레일장대화 부설을 위한 설계 및 성능평가 핵심기술 개발 및 기존 궤도구조를 개량하기 위한 중요 장치 및 강거더 일체형 신형식 궤도구조 개발.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 구조적 특성 및 상태를 반영한 장대레일 해석, 설계, 그리고 사용성 검토 단계들에서 필요한 핵심기술의 개발과, 기술 적용을 통한 개발시스템의 적합성 검토 및 성능 제고. ○ 기존 궤도구조를 활용하여 적은 비용으로 신속하게 레일장대화기 위한 중요 장치를 개발하고, 개발 장치 및 구조시스템의 시험 시공을 통하여 현장 적용성을 확인 ○ 무도상교량(판형교, 트러스교)의 기존 목침목 궤도구조를 개량하기 위한 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발
<p>2. 연구개발 필요성 및 기술동향</p>	<p>□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 기존선에는 자갈도상 없이 거더에 침목이 직결되어 있는 무도상교량(판형교(453개소), 트러스교(11개소))이 다수 존재 ○ 무도상교량은 대부분 일제시대에 건설되어 교량 및 궤도 상태가 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있음. ○ 판형교 일부가 유도상화 사업을 통하여 레일장대화가 이루어지고 있지만 사업 추진이 매우 느리게 진행되고 있어 장기적으로 상당수가 비장대화 상태로 놓이게 될 전망이다, 트러스교의 경우는 레일장대화 사업에 포함되어 있지 않음. ○ 무도상교량구간에서 레일비장대화는 승객의 승차감 및 차량의 주행안전성 저하와 열차속도의 제한 요인으로 작용하여 철도 서비스품질 및 대외경쟁력을 크게 저하시키고 있음. ○ 또한 차륜이 이음매통과를 통과할 때 발생하는 매우 큰 충격하중으로 궤도 파손 및 차륜 손상으로 유지보수비가 크게 발생하고 있음. ○ 교량상에 다수의 레일이음매의 존재로 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생함에 따라서 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있음. ○ 따라서 트러스교를 포함한 노후 무도상교량에서 레일장대화는 국가적으로 반드시 필요한 과제임.
<p>□ 기술동향</p>	<p>□ 국내외 기술개발 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 R&D인 사업을 통하여 궤도 및 교량설계 시 레일장대화에

필요한 궤도-교량 상호작용 해석기술은 확보되어 있는 상태임.

- 그러나 기존의 판형교 및 트러스교에 대해서는 신설 궤도 및 교량과는 구조적 거동 특성이 다르고 또한 구조적으로 취약함에 따라 무도상 거동특성을 반영한 정밀해석이 요구되나 이에 대한 연구는 현재까지 진행된 바 없음.
- 판형교상의 무도상 궤도에서 교량침목과 거더의 상면을 고정하기 위해 T-볼트 대용을 교량침목 고정장치가 개발된 바 있으나 기능성 및 장기내구성을 보완할 수 있는 새로운 장치의 개발이 필요함.
- 판형교 거더 위의 노후 궤도시스템을 근본적으로 교체할 수 있는 신형식 궤도시스템 개발에 대한 연구는 추진된 바 없음.
- 미국에서는 판형교 장대화를 위하여 목침목과 교량거더를 연결하기 위한 체결시스템을 개발한 바 있음.
- 독일에서는 판형교 거더와 목침목사이에 종저항력이 발생하지 않도록 목침목이 거더 위를 종방향으로 자유롭게 이동할 수 있는 장치를 개발한 바 있음.
- 중국에서는 트러스 교량을 장대화하기 위한 해석적 연구한 바 있으나 실제 현장에서 노후 무도상교량을 장대화한 사례는 보고되고 있지 않음.
- 해외 각국에서 판형교를 장대화하기 위하여 궤도 및 교량 일부를 개량하여 제한적으로 장대화하는 방법에 대해서는 연구된 바 있으나 거더 위 상부궤도구조를 저비용으로 새로운 시스템으로 교체하는 연구는 추진된 바 없음.

□ 국내외 관련 시장 및 산업 동향

- 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능(187개소 535,912 m, 5300억원)
- 판형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음.
- 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588 m)
- SRX 유라시아 철도를 대비한 북한철도노선 5100 km 중에서 15% 이상(765 km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일 장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용

- 해외 많은 국가에서 아직도 노후 판형교 및 트러스교가 다수 존재하고 이들 교량 상에서 레일을 장대화지 못한 채로 운영하고 있는 개소가 많음. 따라서 이들 개소에서 저비용으로 신속하게 레일을 장대화할 수 있는 장치 또는 궤도시스템이 개발될 경우 많은 해외 수출이 기대됨.

3. 연구개발내용

- 1세부과제 :
 - 레일장대화 기술요건 정립
 - 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석
 - 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술요건 도출
 - 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발
 - 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석
 - 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발
 - 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계방안 가이드라인 개발(궤도종저항력 요건, 교좌장치 유형별 배치, 레일신축이음매 설치 등)
 - 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발
 - 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가
 - 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발
 - 개발시스템의 좌굴안정성 평가
 - 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발
 - 개발시스템 구조안정성 평가
 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발
 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석을 통한 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 평가
 - 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발
 - 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발
 - 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발
 - 개발시스템의 진동 및 소음 평가
 - 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발
 - 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 절차서 개발(육안으로 파악할 수 없는 부재에 대한 평가 기준 포함)
 - 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발
 - 시험시공구간 개발 장치 및 궤도구조 성능평가

- 계측 계획 수립(계측망 구성, 계측 일정)
 - 시험평가
 - 개발품 기능 및 성능
 - 궤도-교량 시스템의 사용성(차량의 주행안전성 및 승객의 승차)
 - 궤도-교량 소음진동 저감성능
- 2 세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공
- 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 현장 성능시험
 - 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 실내 및 현장 성능시험
 - 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공
 - 시험시공 계획수립
 - 시험부설 대상 아이템 선정
 - 시험시공 장소 선정
 - 공사비 산정
 - 공사일정 수립
 - 관계기관 대외협의
 - 운영성 공사 안전확보 계획 수립
 - 공사중 위험요소 예측 및 대책방안 수립
 - 공사 중 안전 감리체계 수립
 - 관계기관 안전확보를 위한 협의체 구성방안
 - 시험시공
 - 자재 제작 및 구매 시방서 작성
 - 세부공정 작성
 - 장비 및 인력 조달 방안 수립
 - 공사발주
 - 시험 시공
 - 준공검사
- 3 세부과제 : 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도 구조 개발
- 궤도구조 시스템 설계
 - 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출
 - 개념설계, 기본설계, 상세설계
 - 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토
 - 궤도구조 제작
 - 자재 조달 및 제작 계획서 작성

- 궤도구조시스템 시험 제작
- 궤도구조 실내 성능평가
 - 실내 성능시험 계획 수립
 - 시험항목
 - 시험방법
 - 성능시험 기준
 - 성능평가
 - 성능보완
- 운행선 시공법 개발
 - 운행선 시공 요건 도출
 - 공사 절차서 작성
- 상용화를 기반 구축
 - 품질 및 성능기준 작성
 - 제작시방서 작성
 - 시공지침서 작성
 - LCC 평가

4. 연구개발 추진방법

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> □ 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> □ 1세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가 <ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도-교량 시스템 구조해석 및 사용성 검토에 요구되는 해석기법에 대하여 국내외적으로 기존에 개발된 것들을 체계적으로 조사하여 가급적 기 개발된 S/W를 활용함으로써 해석기법 개발에 따른 기간 및 비용을 최소화함. ○ 판형교, 트러스교 등 무도상교량의 구조특성상 기존에 개발된 해석기법을 활용할 수 없는 부분을 집중하여 연구개발함으로써 과제의 집중도를 높임. ○ 해석기법 개발 과제특성상 고도의 전문가가 참여가 요구되는 과업에 대해서는 최대한 전문기술을 보유한 기관 또는 인력이 참여토록 하여 연구의 내실화를 도모함. ○ 해석기법의 개발은 연구 초기단계에 집중적으로 개발함으로써 사업을 통하여 개발할 구성품 또는 구조시스템의 최적설계 및 성능검토에 최대한 활용할 수 있도록 함. ○ 해석기법의 신뢰도는 해석에 사용되는 제원 및 물성치의 정확한 모델링에 직결되어 있는 만큼 가급적 실내 또는 현장시험을 통하여 제원 및 물성치에 대한 정보를 수집함. ○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석기법을 활용한 다양한 파라메타 연구를 통하여 레일장대화에 요구되는 궤도 및 교량 각부의 품질 및 기능을 체계적으로 파악하고 이를 토대로 상태평가 체크리스 |
|--|---|

트 및 보강 매뉴얼을 개발

- 2세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험 시공
 - 레일장대화를 위하여 개발되었던 강거더-목침목 체결장치 등이 사용연도가 지남에 따라서 기능이 급격하게 저하되었던 점을 고려하여 장기 내구수명을 갖도록 구성품을 개발.
 - 강거더-목침목 체결장치를 적용한 소규모 개량 및 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용한 중규모 개량을 동시에 시행할 수 있는 시험 시공 장소를 선정하여 다양한 개발품들의 성능을 동시에 확인할 수 있도록 함.
 - 시험시공 대상교량은 비교적 양호한 상태에 있는 교량을 선정함으로써 보수보강에 요구되는 비용을 최소화
 - 시험 시공 시 교량전체 구간 중에 대부분의 구간을 소규모로 개량하고, 짧은 구간을 다소 많은 비용이 소요되는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용함으로써 시험 시공비용이 최소화 될 수 있도록 시험 시공 계획을 수립.
 - 시험시공이 운행선에서 이루어짐에 따라 공사 중 안전이 무엇보다도 중요하므로 사고를 방지할 수 있도록 차량 운영기관과의 체계적인 협조체계를 구성하고, 현장에 상시 안전감독관을 배치.
 - 시험시공 구간에서 시험평가 시 개발품 성능, 궤도-교량 시스템의 사용성, 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 등 체계적으로 평가할 수 있도록 시험계획을 수립.

- 3세부과제: 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발
 - 개념설계 단계에서 다양한 유형의 궤도구조시스템을 도출하고 참여연구원 및 전문가 합동 토론회의 통하여 적정 궤도구조시스템 선정.
 - 1세부과제인 무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발과제와의 연계를 통한 개발구조시스템의 체계적인 사용성 및 효율성 검토.
 - 운행선 교체공사인 점을 고려하여 조속한 시공이 가능하고 유지관리가 용이하도록 궤도구조시스템을 설계.
 - 궤도구조와 교량 강거더 사이에 탄성패드를 적용하여 소음, 진동을 큰 폭을 저감시킬 수 있는 궤도구조시스템 개발.
 - 개념설계 단계부터 특허출원을 실시하여 과제로 생산된 지적재산권 보호.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업체의 사업 다각화 지원 및 상용화 촉진을 위하여 기업체의 적극전인 참여 유도. ○ 개발 궤도구조시스템의 조속한 상용화를 위하여 상용화에 필요한 각종 기준 및 시방서, 매뉴얼 등을 연구과제를 통하여 사전에 구축.
<p>□ 추진체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구목표를 효율적으로 달성하기 위하여 차량-궤도-교량 상호 인터페이스 해석 및 설계 전문지식을 요하는 핵심기술개발 그룹, 운행선 공사 및 유지보수 경험을 요하는 중요 장치 개발 및 시험시공 그룹, 그리고 궤도구조 제작 경험을 요하는 궤도구조 개발 그룹 등 3그룹(3 세부과제)으로 나누어 추진. 각 세부연구과제에서도 출된 연구성과를 상호간 효율적으로 피드백(Feed back)할 수 있도록 연구추진일정 및 연계추진체계 구성. ○ 1 세부과제에서는 무도상 교량 장대레일 설계에 필요한 핵심기술을 개발할 뿐만 아니라 개발한 기술을 활용하여 2, 3 세부과제에서 개발하고자하는 궤도구성품 및 궤도구조의 사용성을 검토할 수 있도록 연구체계 구성. ○ 2 세부과제에서 수행하는 시험시공 및 시험평가에서는 1 세부과제에서 개발한 설계핵심기술을 활용하여 시험시공 대상 교량의 장대레일을 설계하고, 필요한 개소를 보수보강하도록 연구체계를 구성. ○ 2 세부과제에서 시험시공 대상은 개발품은 목침목-강거더 체결시스템 뿐만 아니라 2 세부과제에서 개발한 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템을 포함하며 시험 시공할 수 있도록 연구체계 구성. ○ 3 세부과제에서 수행하는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템의 상용화 기반 구축에서는 2 세부과제에서 수행하는 시험시공을 통하여 얻어진 현장 조건 및 경험을 최대한 반영할 수 있도록 연구체계 구축.
<p>5. 최종성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> □ 주요 최종성과물 <ul style="list-style-type: none"> □ 1세부과제 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량 장대레일 설계기법(S/W) ○ 무도상교량 사용성 및 소음, 진동 평가기법(S/W) ○ 무도상교량 장대레일화 체크리스트 및 보강매뉴얼 ○ 무도상교량 장대레일화와 관련한 제반 기준 □ 2세부과제 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 목침목-교량거더 연결장치 ○ 선형조정용 목침목 받침

- 3세부과제 :
 - 무도상교량 신형식 궤도구조시스템
 - 신형식 궤도구조시스템 운행선 시공법, 유지관리매뉴얼

6. 기대효과 및 파급효과

- 기대효과
 - 경제적 효과
 - . (차량, 궤도 교량 유지보수 비용 절감) 레일이음매의 제거로 충격 진동이 현격히 저감됨에 따라 차량, 궤도, 교량의 손상이 크게 저감되며, 그에 따라 유지보수비 절감
 - . (중소기업 육성) 무도상 교량 레일장대화에 필요한 다양한 장치 및 공법들의 개발로 중소기업의 기술육성 및 사업다각화 지원
 - . (철도 경쟁력 제고) 열차속도 향상에 따른 수송력 증가 및 안전 및 환경비용(방음, 방진장치) 저감
 - 기술적 효과
 - . 무도상 교량 장대화 기술을 선제적으로 확보하여 중국 등 철도 기술 경쟁력 확보
 - 정책적 효과
 - . 대부분의 국가에서 교통수단 간 균형을 통한 지속가능한 발전, 기후변화협약 대응의 일환 등으로 철도투자 증대 추세
 - . 독일, 프랑스, 일본 등 철도 선진국은 고속철도 운행과는 별개로 효율적 교통체계의 구축을 위해 일반철도에의 투자 확대 추세. 러시아 등도 신선건설과 고속화를 동시 추진 중이나 막대한 건설비가 소요되는 신선보다는 일반철도의 고속화 우선 추진하고 있는 실정
 - . 이러한 경쟁력을 감안하여 철도계획의 기본방향을 일반철도의 수송력 증강, 안전성 및 쾌적성 향상
- 파급효과
 - 직접적 파급효과
 - . (승객 및 철도연변 주민의 쾌적성 향상) 10dB이상의 소음, 진동이 감소하며, 이에 따라 승객 및 철도연변 주민의 민원 사전 예방 및 승객 및 주민의 쾌적성 향상
 - 간접적 파급효과
 - . (승객의 안전성 및 편의성 제고) 차량의 주행안전성 및 승차감 향상됨에 따라 이용만족도 향상

7. 연구개발기간 및 소요예산

<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2017.1 ~ 2021.12 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2017. 1 ~ 2017. 12(12개월) ○ 총 정부출연금 : 200억원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 20억원 이내 <p>※ 연구시작 시기는 변경될 수 있음.</p> <p>※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산사정에 따라 조정될 수 있음.</p> <p>※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능.</p>	
8. 기 타	

2. 공모조건

- 개발기술의 실용화를 위해서는 운행선에서 시험시공이 반드시 요구되므로 이러한 작업을 원활하게 추진할 수 있고, 향후 실용화를 실질적으로 지원할 수 있는 철도 건설 및 운영 기관들의 참여가 필요함.
- 연구의 내실화와 효율적 추진을 위해서는 무도상교량에서 장대레일 해석 및 설계기술, 사용성 평가기술, 소음진동평가기술을 충분히 소유한 전문기관의 참여가 필요함.
- 개발 장치 및 궤도구조시스템의 성능 확보를 위해서는 개발단계에서 다양한 실내시험을 수행하여야하므로 이들 시험을 수행할 수 있는 각종 시험장비를 구축하고 있는 기관의 참여가 필요함.
- 본 연구의 효율적 추진을 위해서는 개발단계에서 시제품들을 적기에 제작 및 수정보완할 수 있는 기업체의 참여가 필요함.
- 개발품의 상용화를 촉진하기 위해서는 사업화 의지를 갖고 개발단계부터 노하우를 습득할 기업체의 참여가 필요함.

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
1절 기술의 정의 및 분류체계	1
2절 기술개발의 필요성	3
제2장 국내외 동향 및 환경분석	12
1절 국내외 정책동향	12
2절 국내외 시장현황 및 전망	15
3절 관련(특허, 논문) 동향	32
4절 기술(논문) 동향	40
5절 SWOT 분석	59
6절 일반철도 무도상(판형교, 트러스교) 유지보수 현황	60
7절 국내 연구개발 인프라 분석	61
8절 종합분석	63
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	68
1절 비전 및 목표	68
2절 기술개발에 따른 미래상	68
3절 연구개발과제 구성	69
4절 세부과제별 주요내용 및 추진 전략	72
5절 연구추진체계	94
6절 기술/성과 로드맵	95
7절 테스트베드(시험시공구간) 구축 계획	99
8절 개발성과물 성능목표	102
9절 최종성과물 및 활용방안	104

제4장 자원투입 계획	105
1절 연구시설 및 장비 투입계획	105
2절 인력투입계획	110
3절 소요예산투입계획	117
제5장 과제공모 방안	118
1절 과제제안 요구서	118
사전타당성 검토	138
<첨부> 1. 교량구조개선 중장기 계획 현황(한국철도시설공단, 한국철도공사)	
2. 2015년 한국철도공사 무도상교량 유지보수 현황	
3. 무도상교량 장대레일 부설 테스트 베드 후보지	

제1장 기술의 정의 및 필요성

1절 기술의 정의 및 분류체계

1.1 기술의 정의

가. 장대레일이라 함은 길이가 200m 이상 연속화한 레일을 칭하고 있다. 따라서 장대레일화란 비교적 짧은 길이(20 ~ 50 m)의 레일들을 이음매로 연결한 것을 용접 등으로 200 m 이상으로 연속화하는 것을 의미한다.

20~25m의 정척레일을 이음매판을 이용하여 연결하는 이음매에서는 차륜과 레일간의 충격으로 인하여 레일의 마모현상, 소음과 진동, 승차감의 악화 등을 유발함은 물론 궤도파괴의 주요요인이 되고 있다. 따라서, 가능한 한 레일을 용접하여 장대화함으로써 궤도의 최대 결점부를 제거하고 효과적인 궤도구조를 형성하게 하여 열차진동이 저감되고 무진동, 쾌속운행으로 좋은 승차감을 제공하여 서비스 향상에 기여할 뿐 아니라, 궤도보수주기 연장으로 보수비절감, 궤도재료 절약 등으로 철도경영 합리화에 크게 이바지 하고 있는 실정으로 장대레일의 의의는 대단히 크며, 그 실효성은 이미 입증되었다.

나. 현재 기존선에는 자갈도상 없이 거더에 침목이 직결되어 있는 무도상 교량인 판형교(443개소, 29,995m), 트러스교(11 개소, 6,588m)등 많은 등이 다수 존재하나, 무도상교량은 대부분 일제시대에 건설되어 교량 및 궤도 상태가 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있음.

다. 판형교 일부가 유도상화 사업을 통하여 레일장대화가 이루어지고 있지만 사업 추진이 매우 느리게 진행되고 있어 장기적으로 상당수가 비장대화 상태로 놓이게 될 전망이다, 트러스교의 경우는 아예 레일장대화 사업에 포함되어 있지 않음.

라. 장대레일 부설불가에 따라서 교량상에 다수의 레일이음매의 존재로 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생함에 따라서 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있음.

마. 차륜이 이음매통과를 통과할 때 발생하는 매우 큰 충격하중으로 궤도 파손 및 차륜 손상으로 유지보수비가 높게 발생하고 있으며, 승객의 승차감 및 차량의 주행안전성 저하와 열차속도 제한 등에 따라서 철도 대외경쟁력 저하요인.

바. 따라서 무도상 교량 장대레일화 기술은 건설년도가 오래되어 레일을 장대화하기

어려운 조건에 있는 판형교, 트러스교 등 무도상교량(도상자갈이 없는 교량)에 대하여 열차 운행선상의 시공성, 안전성, 친환경성, 유지관리성 측면을 고려하여 최소한의 투자로 레일 장대화할 수 있도록 개량하기 위한 제반기술로 정의.

1.2 기술분류체계

가. 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

- 레일장대화 기술요건 정립
- 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발
- 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발
- 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발
- 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발
- 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발
- 시험시공구간 궤도-교량시스템 성능평가

나. 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

- 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
- 선형조정용 목침목 탄성받침 개발
- 개발 장치 및 궤도구조 시험시공

다. 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

- 궤도구조 설계
- 궤도구조 제작
- 궤도구조 실내 성능평가
- 운행선 시공법 개발
- 상용화 기반 구축

2절 기술개발의 필요성

1. 기획연구의 범위

본 연구기획에서는 무도상교량의 레일장대화에 필요한 핵심기술 및 장치/제품 등을 체계적이고 효율적으로 개발하기 위한 연구추진방안 및 연구내용을 도출하고자 하며, 연구기획범위는 다음과 같다.

가. 기술동향 조사 및 분석

- (1) 국내·외 무도상 교량(판형교, 트러스교) 현황 및 유지관리 현황 조사·분석
- (2) 국내 간선철도 무도상 교량의 유도상화, 장대레일화 등 개량 현황 및 계획(단. 중·장기) 조사·분석
- (3) 국내·외 궤도-교량 인터페이스 해석 및 설계기술 동향 조사·분석(교량상 장대레일 축력에 따른 궤도-교량 인터페이스)
- (4) 국내·외 무도상 교량 장대레일화 기술동향 및 사례 조사·분석

나. 무도상 교량(판형교, 트러스교) 장대레일화를 위한 핵심기술 도출

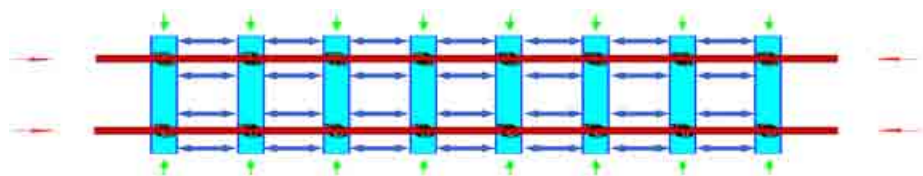
- (1) 무도상 교량 장대레일 축력에 따른 궤도-교량 인터페이스 검토를 통한 궤도·교량 주요 구성품에 대한 요구성능 목표치 설정
- (2) 무도상 교량의 거더, 교각, 교좌장치 등 구조물 보강 핵심기술 도출
- (3) 침목-거더간 강결장치, 체결구, 침목 등 궤도 개량 핵심기술 도출
- (4) 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발 핵심기술 도출

다. 실용화를 위한 전략수립 및 Test Bed 구축 방안 제시

- (1) 기술/법·제도/시장 요건 등 실용화 요건 검토
- (2) Test Bed 선정 기준 및 평가방법 제시
- (3) 실용화를 위한 운영기관 역할 정립 및 구체적인 참여방안 마련
- (4) Test Bed 추진 전략 제시

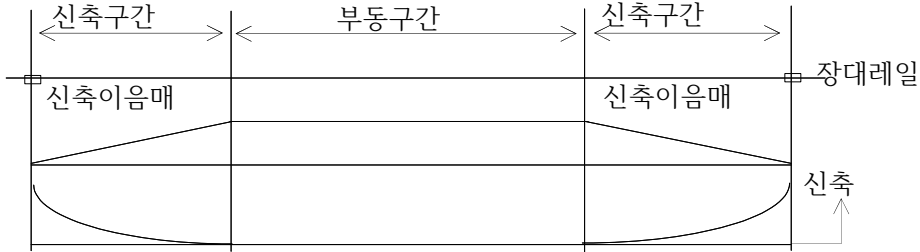
2. 과제추진 배경 및 필요성

레일의 길이가 200m 이상이 되면 공학적으로 무한대의 길이로 간주되며, 이때 레일의 중앙부에서는 신축하려는 힘들이 서로 균형을 이루어 이동을 상쇄시키므로 부동 구간이 형성된다.



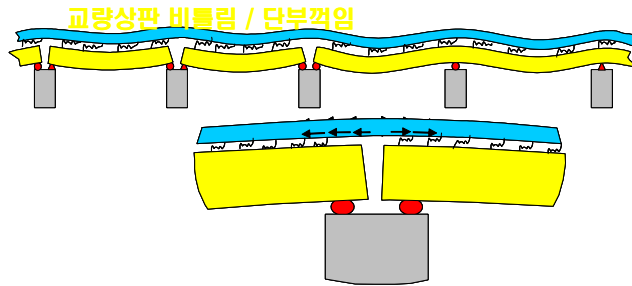
* 장대레일 부동구간

장대레일의 온도에 의한 신축은 양단부 약 100m 정도를 제외한 중앙부에서는 체결장치와 침목에 의해 축력에 저항하므로 신축하지 않고 레일의 내부 응력이 발생한다. 이 레일의 신축이 없는 부분을 부동구간이라 한다.



부동구간의 레일축력 = $E \cdot A \cdot \beta \cdot \Delta t$ $E: 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$, A : 레일 단면적(cm^2), β : 선팽창계수 (11.4×10^{-6}), Δt : 부설시와의 온도차($^{\circ}\text{C}$)

장대레일을 교량에 부설하면 온도변화에 따라 거더가 신축하기 때문에 교량 상판의 변형으로 장대 레일에 부가응력 발생한다.



이와같이 교량상에 부설하는 교상 장대레일은 일반구간의 장대레일과 구분하여「교상 장대레일」이라 부르며 교량상 장대레일은 횡저항력을 확보할 수 없기 때문에 현재 유지관리 지침상 25m 이상은 장대레일이 불가 함



<일반 도상구간 횡저항력 부족으로 발생한 장대레일 좌굴 전경>

현재 기존선에는 판형교, 트러스교 등 많은 무도상 교량 등이 존재하지만 이들은 대부분 레일의 장대화 기술이 개발되지 않았던 시기에 건설되어 현재도 대부분 레일이 비장대화 상태에 있다. 무도상 교량에서 레일이 장대화되지 못함에 따라 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생하여 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있으며, 차량의 주행 안전성이 저하되고 궤도의 유지관리비가 증가되고 있는 실정이

다. 따라서 이들 무도상 교량들의 레일장대화사업이 시급한 실정이지만 장대화에 필요한 요건을 갖추고 있지 못함에 따라 즉각적인 장대화가 어려운 상황이다. 판형교 일부가 유도상화 사업을 통하여 레일장대화가 이루어지고 있지만 사업 추진이 매우 느리게 진행되고 있음에 따라 판형교 상당수가 장기적으로 비장대화 상태로 놓이게 될 전망이다. 트러스교의 경우는 아예 레일장대화 사업에 포함되어 있지 않다. 레일장대화를 위해서는 무도상교량-궤도 상호작용 해석을 통한 궤도 및 교량에서의 장대화 요건도출, 기존 무도상 교량들의 구조적 상태평가, 궤도 및 구조물의 보강 등을 통하여 레일장대화가 진행되어야 한다. 그러나 이러한 과정을 통하여 무도상 교량의 레일장대화 사업을 추진하기 위해서는 무도상 교량 거동특성을 반영한 궤도 교량 상호작용 해석기술, 무도상교량 상태평가기술, 궤도 및 구조물 보강을 위한 각종 장치 및 제품 등의 개발이 선행되어야 한다.

가. 국내 기술 및 연구 동향

(1) 무도상교량의 레일장대화 사업추진 실적

- (가) 경부고속철도 기존선 활용에 따른 동대구~부산간 기존선 전철화 사업의 일환으로 기존선 보강 및 승차감 향상을 위하여 판형교 교량 장대화 추진 (2004)
- (나) 교량상부구조 보강방안을 비롯 축력해석 결과에 따른 장대레일부설방안을 수립하여 일부 장대레일 부설
- (다) 장대레일부설은 대부분 전장(200m)이하의 교량으로 전장이 큰 무도상교량에 대한 장대레일 부설방안 및 시험부설은 이루어지지 못함

(2) 레일장대화를 위한 설계 기술

- (가) 국가 R&D인 사업인 선도기술개발사업의 일부으로 추진되었던 선로구축물 시스템인터페이스 기술개발사업, 고속철도 궤도기술 개발사업 등 통하여 궤도 및 교량설계 시 레일장대화에 필요한 궤도-교량 상호작용 해석기술은 확보되어 있는 상태임.
- (나) 그러나 기존의 판형교 및 트러스교에 대해서는 신설 궤도 및 교량과는 구조적 거동 특성이 다르고 또한 구조적으로 취약함에 따라 무도상 거동특성을 반영한 정밀해석이 요구되나 이에 대한 연구는 현재까지 진행된 바 없음.

(3) 레일장대화를 위한 상태평가 기술

(가) 무도상교량에서 레일을 장대화할 경우 레일 및 교량에서 축력이 발생함에 따라 기존 궤도 및 교량에서 그동안 요구되지 않았던 종방향 저항력을 지지할 수 있는 구조적 성능이 요구됨. 따라서 기존 무도상교량의 궤도, 교량거더, 교좌장치, 교각, 수중 교각기초의 종방향 저항력의 평가기술의 확보가 필요하나 이에 대한 연구가 추진된 바가 없음.

(4) 레일장대화를 위한 공법, 장치 및 제품 개발

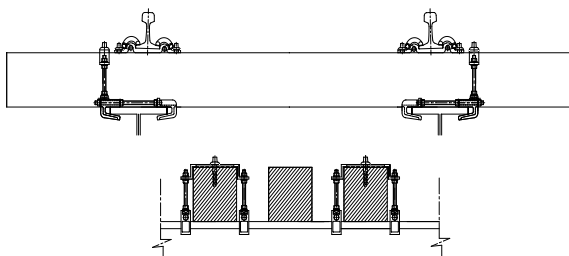
(가) 무도상교량 레일 장대화를 위해서 침목높이 조절용 패드가 개발되었으나 매우 고가여서 저렴한 가격의 제품개발이 필요함.

(나) 목침목-체결볼트 이완방지 장치 또는 제품 등의 개발이 필요하나 이에 대한 연구가 추진된 바 없음.

(다) 판형교상의 무도상 궤도에서 교량침목과 거더의 상면을 고정하기 위해 T-볼트 대용을 교량침목 고정장치가 개발된 바 있으나 기능성 및 장기내구성을 보완할 수 있는 새로운 장치의 개발이 필요함.



<교량침목 고정장치>

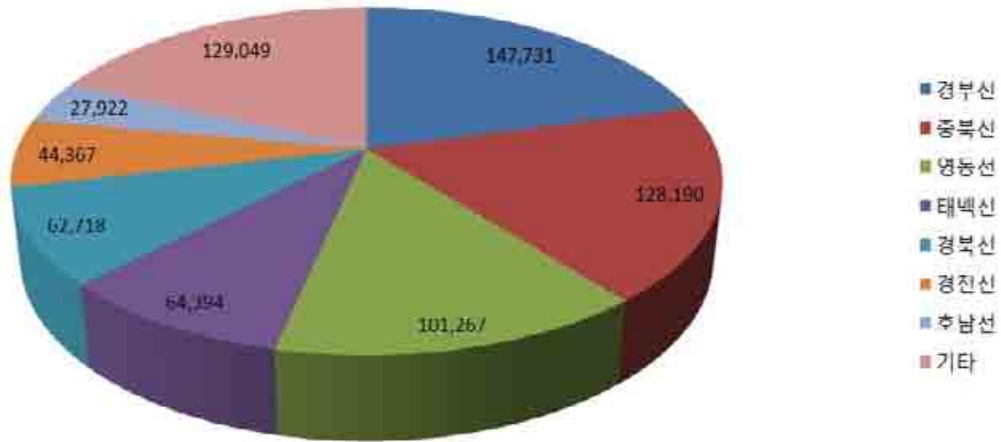


<판형교상의 좌굴방지장치>

(라) 기존 무도상 교량에서 사용되고 있는 교좌장치는 종저항력의 확보 또는 완전 해방을 위하여 새로운 제품으로 교체가 요구되며, 이를 위해서는 대체용 교좌장치 개발 및 열차 운영 중 부설하기 위한 효율적 공법의 개발이 요구되나 이에 대한 연구가 추진된 바 없음.

나. 시급성 및 중요도

- (1) 국내 기존선 노후 교량인 판형교는 전체교량의 17.5%(‘14년 기준 529개소)를 차지하고 있음
- (2) 교량구조개선(무도상교량(판형교) 유도상화) 중장기 계획(한국철도시설공단, 한국철도공사)
 - 2020년 까지 무도상 판형교 교체 비용 약 773,151백만원 소요 예정



<소요예산(단위 백만원)>

<유도상화 중장기 계획>

- 100m~200m 교량 총 26개소 3,420m, 200m이상 교량 총 26개소 8,920m

년도	2016	2017	2018	2019	2020	제외
총 250개소	15	16	12	13	187	153

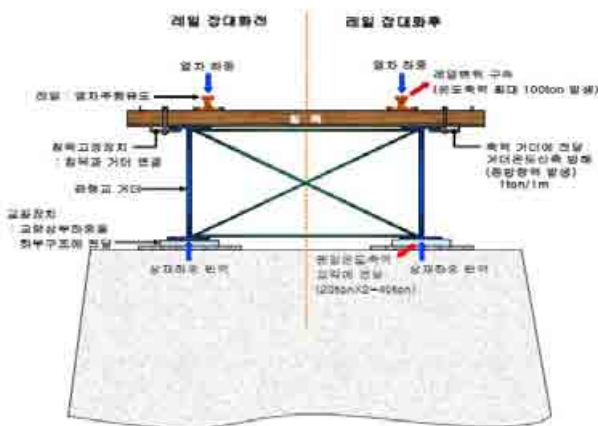
<선별 판형교 개량개소, 연장 및 소요예산>

선별	개소	연장(m)	소요예산(백만원)
경부선	33	3,867	147,731
충북선	28	3,271	128,190
영동선	43	2,522	101,267
태백선	32	1,607	64,394
경북선	33	1,565	62,718

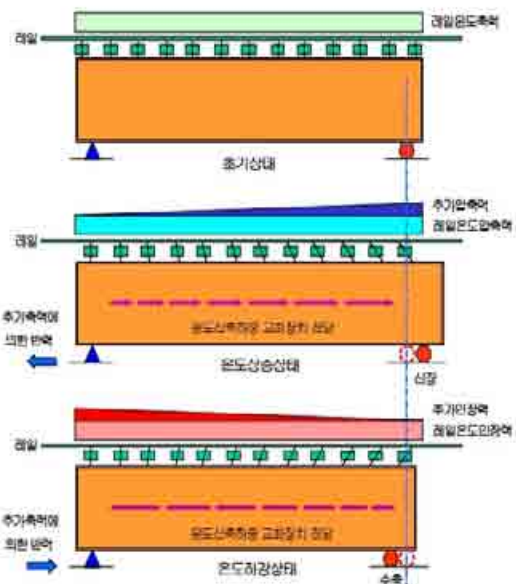
경전선	33	1,655	44,367
호남선	8	691	27,922
기타	41	3,448	129,049

(3) 구조적 특징으로 교량길이 25m이상에서 장대레일 부설시 교량보강

- 교량 종방향력에 대한 역학적 거동은 레일의 단면적이 거더의 단면적에 비하여 작지만 레일도 상당한 종방향력에 저항할 수 있으므로 연속 구조물로 해석하고 있다. 이들 판형교량의 하중전달 체계도를 레일장대화 전·후로 나누어 나타낸 것이다. 레일장대화 전에는 교량받침에 종방향력이 거의 작용하지 않고 상부 고정하중과 열차하중이 작용되게 된다. 그러나 레일이 장대화되면 장대화 전의 하중에 레일의 온도 축력이 최대 100ton 정도 작용하게 되고 교량받침에도 거더의 길이에 비례하여 약 1ton/m의 종방향력이 작용하게는 등의 구조적 특징이 있음
- 다음그림은 교량상에서 레일장대화시 레일과 거더의 온도 신축에 의한 레일축력과 교량받침에 발생하는 종방향력과 관계의 도식한 것이다. 초기상태는 거더의 신축을 고려하지않고 장대레일에 온도축력만 고려한 상태이다. 중간의 온도상승은 거더의 온도가 상승되면 거더는 그림과 같이 신장되면서 거더와 침목, 침목과 레일 사이의체결력에 의하여 레일을 오른쪽으로 압축하게 된다. 이때 레일에 발생된 온도축력에 거더에서 발생된 추가 축력이 발생되며 동시에 고정단 교량받침에 종방향력이 반력으로 작용되게 된다. 맨 아래 그림은 온도가 하강할때 나타낸 것으로 상승의 반대이다.



<판형교의 하중전달 체계도>



<교량상 장대레일 축력발생 메커니즘>

<선로유지관리지침 제 88조(한국철도시설공단)>

- 제88조(장대레일 부설을 위한 선로조건)** ① 고속철도 본선에는 장대레일을 부설하여야 한다.
- ② 고속철도 외 장대레일을 부설하는 장소는 다음 각 호에 따라 충분히 검토 결정하여야 한다.
1. 반경 300m 미만의 곡선에는 부설치 않는다. 다만, 600m 미만의 곡선에 설치시에는 충분한 도상횡저항력을 확보할 수 있는 조치를 강구해야 한다.
 2. 기울기변환점에는 어느 것이나 반경 3,000m 이상의 종곡선을 삽입하여야 한다.
 3. 반경 1,500m 미만의 반향곡선은 연속해서 1개의 장대레일로 하지 않아야 한다.
 4. 불량 노반개소는 피하여야 한다.
 5. 전장 25m 이상의 무도상교량은 피하여야 한다. 그러나 25m 미만의 무도상교량에 있어서도 거더, 교대와 교각의 강도에 대하여 검토하고 강도가 부족한 경우에는 보강하지 않으면 안된다.

(4) 열차통과시 레일이음매 반복충격으로 교량 및 궤도 주요 부재 손상 발생으로 열차 주행안전 저하

- (교량) 교좌손상, 부등침하, 리벳/볼트 등 이완/탈락, 거더 균열 등



<진동방지판 파단>



<받침몰탈 균열>



<하부지재 변형>



<보자리 편칭파괴>



<보자리 몰탈균열>



<고무받침의 이탈현상>

- (궤도) 레일 끝닿음, 체결장치 탈락/손상, 침목열화/손상 등

(5) 반복적 손상으로 유지보수 비용 증가, 소음/진동 발생, 승차감 저하



<유지보수 전경>



<침목 파손>

(6) 판형교 교체 및 유도상화를 위한 기술이 개발되어 개량사업이 현재 진행되고 있으나, 운행선상의 교체작업으로 장시간 소요 및 열차운용 효율성 대비 막대한 예산 소요로 신속한 교체 불가

(7) 기 수행된 '판형교 장대레일 부설 및 관리방안 연구'를 통한 장대레일화 기술개발 및 시험부설 사례가 있으나, 침목-거더간 완전한 결합이 되지 않는 등 판형교 장대레일 부설 안전성이 보장되지 못하여, 길이가 25m 이내로 짧은 무도상 교량에서 정척레일에 의한 장대화만 가능하고 이마저도 지속적인 유지보수가 시행되고 있으며, 특히 한강철교, 낙동강철교 등 대형 특수 무도상 교량에는 적용되지 못하고 있는 실정임

(8) 기존 운영구간 무도상 교량의 장대레일화시 안전성과 신뢰성, 효율성 확보가 가능한 최적의 장대레일화 기술 개발을 위한 연구 필요

라. 기술개발 필요성 및 차별성

(1) 기존 무도상 교량의 유도상화 기술

무도상 판형교에서 거더와 궤도를 철거한 후 선로 외부에서 기 제작된 교량슬래브를 거치하고 교량슬래브에 유도상 궤도를 새로 부설하고 레일을 장대화하는 기술 교량슬래브를 새로 건설하기 때문에 기술의 적용성에 있어서 매우 제한적이고 매우 많은 건설비가 소요됨.

- 제한요소: 운행선상에서 교량형식상 기존 거더의 철거 및 프리캐스트슬래브의 거치가 어려운 조건인 경우 적용 불가(트러스교량 등)

(2) 본 연구사업에서의 무도상 레일장대화 기술

판형교 및 트러스교 등 기존의 무도상 교량에서 궤도구조를 최소한으로 개량하거나 신형식 궤도구조로 교체하여 레일을 장대화하는 기술로서 한강철교와 같은 트러스교량형식에 적용가능하고 공간적 제한 범위가 거의 없으며, 기존의 유도상화 공법에 비하여 비용이 매우 저렴함.

(3) 기존 유도상화 공법과 공사비 비교

2013년에 광주선 극락강-광주간 신광가도교 유도상화 공사 시 총 16억 4천여만원의 공사비가 소요되었으며 단위 m당 공사비는 6,200만원임 본기술로 장대화 기술 적용시 유도상화공법 보다 50%이상의 공사비를 절약할 수 있으며, 개략 추정하는 바 2세부의 산출물로 단위 m당 총공사비 약 1,200만원 소요, 3세부의 산출물로 단위 m당 약 2,700만원 소요 추정

마. 정부지원의 필요성

- (1) 정부의 창조경제 국가R&D 중장기 계획이 지향하고 있는 연구정책 방향에 맞추어 대용량·고속화 철도시스템 개발을 통한 철도 수송분담률 향상 및 해외시장 진출도모를 통한 철도 산업·기술경쟁력 제고를 도모함
- (2) 현재 철도공사에서 위탁 관리하고 있는 철도 시설물은 한국철도시설공단에 위임된 국가 시설물로서 무도상 교량의 장대화를 통한 구조적 취약점을 해소하여 국민의 안전한 철도이용과 유지관리비용의 절감, 보수시간의 축소를 통한 철도 수송분담률 향상이 요구되고 있음
- (3) 국내 무도상 교량의 유도상화를 계획·추진 중에 있으나, 한강철교와 같은 대규모 트러스구조의 무도상 교량 같은 경우, 구조물의 잔존 유지기간이 매우 많이 남아 있어 이에 대응할 수 있는 장대화 기술 개발이 필요함
- (4) 무도상 교량 장대화 기술이 필요로 하는, 해외의 신형철도건설 단계 국가에 수출을 위해서는 신속히 연구를 진행되어야 하며, 중국 등 철도 신흥강국과의 경쟁력을 갖출 필요가 있음
- (5) 해외 철도시장 진출은 국내의 철도건설시장에 국한하지 않고 철도 연관산업의 해외 시장수요를 창출할 것으로 기대됨

제2장 국내외 동향 및 환경분석

1절 국내외 정책동향

1. 국외 철도 분야 정책동향

가. 대부분의 국가에서 교통수단 간 균형을 통한 지속가능한 발전, 기후변화협약 대응의 일환 등으로 철도투자 증대 추세

(1) 독일, 프랑스, 일본 등 철도 선진국은 고속철도 운행과는 별개로 효율적 교통체계의 구축을 위해 일반철도에의 투자 확대 추세. 러시아 등도 신선건설과 고속화를 동시 추진 중이나 막대한 건설비가 소요되는 신선보다는 일반철도의 고속화 우선 추진

(2) 이러한 경쟁력을 감안하여 철도계획의 기본방향을 일반철도의 속도향상에 중점을 두고 있는 실정

※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 2013 국토교통 R&D 동향조사

※ 주요 선진국의 관련 분야 산업정책 및 기술정책 조사분석

2. 국내 정책동향

가. 철도관련 국가계획

(1) 미래부, 기재부, 산업부 합동 정부 R&D 혁신방안(2015)

(가) 정부 R&D지원체계를 중소·중견기업 중심으로 개편

(나) 수요자(시장) 중심의 연구개발을 통해 R&D성과의 기술이전·사업화를 활성화

(다) (도전적연구 촉진) early exit(조기달성 또는 달성불능시 중지), moving target(목표수정 인정) 및 성실수행 인정 활성화

(2) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략(2014.7.)

(가) 국민 삶의 질을 높이는 생활 인프라로 SOC 개념확장을 통해 여건변화에 대응한 SOC 투자 효율 제고

(나) (창조경제 실현) 국토교통 산업의 R&D 경쟁력 강화를 통해 기술혁신, 산업육성과 일자리 창출 등 창조경제에 이바지, 융·복합을 통한 신기술·신제품

개발 및 신규 시장 창출 등 글로벌 기술경쟁력 강화를 통해 국토교통 산업의 활성화와 해외 시장 점유율 확대, 교통수단 운영효율화를 통한 수송용량 및 수송분담을 향상, 친환경 첨단 국토공간 조성을 통해 사회적 비용 절감 및 에너지·자원의 효율적 활용 기반 마련

(3) 제1차(2015~2019) 중견기업 성장촉진 기본계획

- (가) 과학기술을 기반으로 한 중소기업 육성, 일자리 창출 등 중견기업의 양적 확대, 질적 성장, 글로벌 전문기업화 추진
- (나) 중견기업의 양적 확대를 통한 기업 생태계의 허리를 튼튼히 하는 중견 후보 기업군을 발굴·육성

(4) 국가 온실가스 감축, 2020년 로드맵(환경부)

- (가) 수송분야 대중교통 인프라 확충 간선철도망 철도 수송분담율 상승

(5) 제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)

- (가) 국민행복을 위한 빠르고, 안전하고, 경제적인 철도개발 중점추진분야(Smart, Safe, Economical Railroad)에 투자계획(1조 738억원)

(6) 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011 ~ 2020_국토해양부)

- (가) 철도의 수송 분담률을 높이기 위해서는 철도망 확충과 기존선의 승차감, 속도향상등이 필요
- (나) 이를 위해서는 본과제의 최종성과품인 무도상교량(판형교, 트러스교)의 장대화가 시급한 실정이고 이를 실현할 경우 Marco Polo programme(도로운송 화물을 철도·해운으로 전환시키는 정책)에 효과적으로 대응 가능

- (7) 정책적인 분석을 종합해 볼 때 녹색물류네트워크 구축과 경쟁력 강화를 통해 철도 수송분담률 제고를 위해 본과제는 반드시 필요하며, 이러한 긍정적인 효과들이 국가경쟁력 향상 및 국가정책을 실현하는데 크게 도움될것이라 판단됨

3. 정부지원의 필요성

- 가. 정부의 창조경제 국가R&D 중장기 계획이 지향하고 있는 연구정책 방향에 맞추어 대용량·고속화 철도시스템 개발을 통한 철도 수송분담률 향상 및 해외시장 진출도모를 통한 철도 산업·기술경쟁력 제고를 도모함

- 나. 현재 철도공사에서 위탁 관리하고 있는 철도 시설물은 한국철도시설공단에 위임된 국가 시설물로서 무도상 교량의 장대화를 통한 구조적 취약점을 해소하여 국민의 안전한 철도이용과 유지관리비용의 절감, 보수시간의 축소를 통한 철도 수송분담률 향상이 요구되고 있음
- 다. 국내 무도상 교량의 유도상화를 계획·추진 중에 있으나, 한강철교와 같은 대규모 트러스구조의 무도상 교량 같은 경우, 구조물의 잔존 유지기간이 매우 많이 남아 있어 이에 대응할 수 있는 장대화 기술 개발이 필요함
- 라. 무도상 교량 장대화 기술이 필요로 하는, 해외의 신형철도건설 단계 국가에 수출을 위해서는 신속히 연구를 진행되어야 하며, 중국 등 철도 신흥강국과의 경쟁력을 갖출 필요가 있음
- 마. 해외 철도시장 진출은 국내의 철도건설시장에 국한하지 않고 철도 연관산업의 해외 시장수요를 창출할 것으로 기대됨

2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 기술 시장동향

가. 국내 무도상교량 부설현황 및 무도상 장대화 사업대상 교량 추정

- (1) 본 연구에서 기획하고 있는 무도상 교량 장대레일화 기술은 국내에서 최초로 개발하고자하는 기술로서 국내에서 관련기술을 보유하고 있지 않다는 전제로 국내 시장동향을 분석하였음.
- (2) 국내에서 무도상교량 443개소로서 이중 판형교가 연장 36,583m이고 트러스교 11개소 6,588 m 임.
 - 무도상교량 교장 100m미만 교량 342개소, 연장 11,575m
 - 무도상교량 교장 100m이상~200m미만 교량 57개소, 연장 7,928m
 - 무도상교량 교장 200m이상 교량 44개소, 연장 17,080m

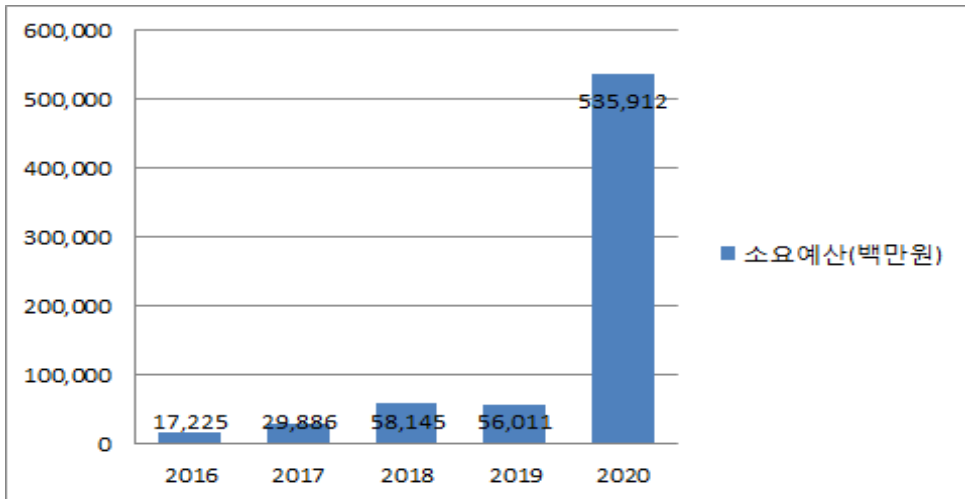
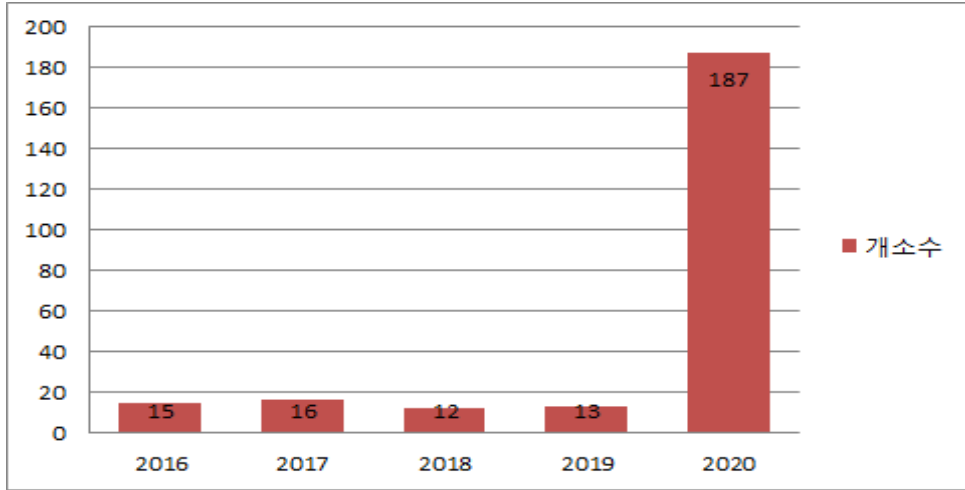


교량 연장별 교량 갯수 분포도

- (3) 교량구조개선(무도상판형교 유도상화) 중장기 계획(한국철도공사, 한국철도시설공단)

<계획된 무도상 판형교 교체비용>

단위	2016	2017	2018	2019	2020	총괄표
개소수	15	16	12	13	187	243
소요예산 (백만원)	17,225	29,886	58,145	56,011	535,912	697,179



<년도별 무도상궤도 유도상화 사업계획>

- (4) 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년에 사업예정이고 이들 교량중 2020년 이후 유도상화 사업계획이 있는 개소는 본 연구사업 성과를 반영하여 3000억의 예산절감 가능(212개소 개량비용 약 5300억원의 50% ~ 75%)
- (5) 본 사업성과 반영시 2세부 디바이스를 이용한 장대레일 부설시 유도상화 공사비용과 비교하여 약 75%공사비 절감, 3세부 신형식 궤도구조 적용시 약 50% 공사비용 절감 가능
- (6) 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상궤도 레일 장대화사업의 대상(11개소 연장 6,588m)

<기존선 트러스교 현황>

선별	역구간	시설물명	교량연장 (m)	구조형식	궤도형식	준공년도
경의선	임진강-도라산	임진강철교	702	트러스	무도상	2003
경부선	용산-노량진	한강A선	1,113	트러스	무도상	1900
경부선	용산-노량진	한강B선	1,113	트러스	무도상	1911
경부선	용산-노량진	한강C선	1,113	트러스	무도상	1944
경부선	매포~신탄진	금강제1	291	트러스	무도상	1938
경부선	매포~신탄진	금강제1	290	트러스	무도상	1940
중앙선	서지-안동	성낙천	221	트러스교	무도상	1938
경부선	약목-왜관	낙동강	508	트러스	무도상	1939
경부선	약목-왜관	낙동강	508	트러스	무도상	1944
경전선	진주-완사	유수천	287	트러스	무도상	1968
경전선	하동-진상	섬진강	442	트러스	무도상	1965

(7) 교량구조개선(무도상판형교 유도상화) 중장기 계획 현황

본부	선별	역구간	위치(km)	시설물명	연장 (m)	소요예산 (백만원)	시행 년도
대구	경부선	남상현-청도	361.230	청도강	139	2,556	2015
						1,081	2016
						3,358	2017
대구	경부선	약목-왜관	290.927	두만천	53.20	1,550	2016
						578	2017
대구	경부선	약목-왜관	290.927	두만천	52.75	1,550	2016
						560	2017
대구	경부선	직지사-감천	251.629	금릉가도교	8.90	800	2016
대구	경부선	직지사-감천	251.629	금릉가도교	9.10	700	2016
충북	충북선	공전-봉양	109.514	마곡천	19.3	400	2016
						370	2017
충북	태백선	연하-석항	45.089	연상천1	9	5	2015
						355	2016
충북	태백선	탄부-연하	41.721	연하(가)	12.1	5	2015
						479	2016
강원	태백선	문곡-백산	98.621	구곡천	39	10	2015
						1,459	2016
강원	영동선	옥계-정동진	166.542	옥계천	217	20	2015
						1,710	2016
						6,962	2017
강원	영동선	안안강릉	186.213	풍천2	12	5	2015
						470	2016
강원	영동선	안안강릉	189.036	반석천1	9	5	2015
						343	2016

충북	태백선	탄부-연하	40.614	반송	9	50	2016
						360	2017
충북	태백선	쌍용-연당	24.075	석현1	13.4	60	2016
						530	2017
서울	경의선	신촌-가좌	5.590	성산천가도교	93	200	2016
						3,708	2017
대구	경부선	신동-지천	311.850	미실천제2교	5.95	300	2017
대구	경부선	신동-지천	311.850	미실천제2교	5.90	540	2017
대전충남	경부선	조치원~내판	131.516	중소천	38.5	1,542	2017
충북	태백선	쌍용-연당	24.181	석현2	29.98	50	2016
						1,199	2017
충북	충북선	삼탄-공전	102.829	명암천	97.9	3,916	2018
충북	충북선	삼탄-공전	102.831	명암천	122.52	4,901	2018
강원	태백선	태백-문곡	97.372	황지천제1	21	830	2018
강원	영동선	동점-철암	85.768	방기천	39	1,569	2018
경북본부	영동선	춘양-녹동	40.447	옥천제1	57.9	2,317	2018
강원	삼척선	동해-삼척	11.515	남양	19	813	2018
충북	태백선	연당-청령포	26.694	연당천	29.98	1,199	2018
대전충남	경부선	신탄진~회덕	153.121	막은동천	11.9	476	2018
충북	태백선	연하-석항	45.121	연상천2	63.16	2,526	2018
강원	삼척선	동해-삼척	11.637	오십천	275	1,998	2018
서울	경부선	서울-용산	0.763	갈월가도교	20	792	2018
충북	태백선	민동산-사북	71.781	광산	6	240	2018
대전충남	충북선	보천~음성	58.296	오천천	29.9	1,196	2018
대전충남	충북선	음성~소이	63.677	대장천	40.3	1,363	2018
충북	태백선	영월-탄부	36.291	초리천1	105.19	2,312	2018
						1,896	2018
강원	태백선	문곡-백산	102.915	백산천1(가)	226	9,058	2018
충북	태백선	연당-청령포	27.306	각한천	9	360	2018
충북	태백선	연당-청령포	29.647	서강천	39.22	1,569	2018
전북	옥구선	군산-회물-옥구	8.501	옥구천제2	26.2	1,048	2018
강원	영동선	안인-강릉	191.756	남대천	217	8,692	2018
서울	교외선	능곡-일영	14.894	곡능천제3	80	3,196	2018
서울	교외선	일영-의정부	18.440	일영천(단)	40	1,596	2018
광주	경전선	남평-효천	288.349	지산천	20	780	2018
충북	충북선	공전-봉양	109.106	제천천제1	177.5	7,100	2018
서울	교외선	일영-의정부	20.749	곡능천2(단)	50	2,008	2018
충북	태백선	탄부-연하	40.449	신촌천	66.34	2,654	2018
대전충남	경부선	조치원~내판	131.826	미호천	437.7	2,556	2018
						17,528	2019
충북	태백선	탄부-연하	41.379	연하천1	65.39	2,616	2019
대전충남	경부선	조치장~대전	165.073	동산리천	4.4	177	2019
대전충남	경부선	매포~신탄진	146.072	마미포천	97.9	3,916	2019
서울	경의선	서울-신촌	1.847	의영가도교	18	736	2019
서울	경의선	서울-신촌	1.847	의영가도교	18	736	2019
대전충남	경부선	영동-황간	213.068	영동가도교	8.8	350	2019
대전충남	경부선	조치원~내판	132.081	미호천	436.2	20,025	2019
충북	충북선	목행-동량	90.741	남한강	421.34	14,667	2019
충북	정선선	아리짜구-갈매	41.304	송천1	77.84	3,114	2019
충북	정선선	아리짜구-갈매	44.309	송천2	51.9	2,076	2019
서울	경부선	서울-용산	2.578	용산교-선철도교	66	2,620	2019

서울	용산선	서울-용산	2.578	용산교신철도교	66	2,620	2019
부산경남	미전선	미전-낙동강	0.368	삼랑진천	58.95	2,358	삭제
충북	태백선	입석리-쌍용	15.756	월촌천	53.78	2,151	2020
전북	호남선	김제-신대인	112.845	고성천	26.2	1,048	2020
대전충남	충북선	증평~도안	37.471	청안가도교	72.0	2,881	2020
강원	영동선	동점-철암	86.143	철암천	47	1,783	2020
강원	영동선	옥계-정동진	166.542	옥계천	217	8,692	2020
충북	태백선	연당-청령포	30.351	평창강	159.66	6,386	2020
강원	영동선	동점-철암	83.618	천천	80	3,196	2020
대전충남	충북선	조치원~오송	0.586	내창천	20.5	821	2020
충북	태백선	탄부-연하	41.594	연하천2	38.2	1,528	2020
대전충남	충북선	증평~도안	37.665	보강천	79.9	3,196	2020
대전충남	충북선	도안-보천	44.181	송정천제2	39.6	1,582	2020
대전충남	충북선	소아-주덕	66.152	후미천제2	10.1	405	2020
충북	태백선	연하-석항	43.829	오산천	51.83	2,073	2020
광주	경전선	화순-남평	280.077	앵홍(가)	6	244	2020
광주	경전선	화순-남평	281.741	쌍계천	9	366	2020
충북	태백선	탄부-연하	38.784	두평천	93.46	3,738	2020
충북	태백선	연하-석항	43.229	풍촌천2	66.34	2,654	2020
광주	광주선	극락강-광주	8.472	용산천	9	356	2020
경북본부	영동선	녹동-임기	43.867	녹동천	11.9	475	2020
경북본부	영동선	분천-승부	63.592	비동천제2	97.9	3,916	2020
충북	태백선	영월-탄부	36.599	초리천2	66.34	2,654	2020
부산경남	임항선	마산-임항	4.143	마산가도교	40.7	1,628	삭제
부산경남	경부선	상동-밀양	382.254	밀양강	592.60	21,978	
부산경남	경부선	상동-밀양	382.011	밀양강	595.80	22,106	
대구	괴동선	효자-괴동	2.870	형산강제1	435	17,412	2020
대구	대구선	하양-금호	20.714	조산천	110	4,389	2020
서울	교외선	일영-의정부	21.262	곡능천1(단)	50	2,008	2020
부산경남	경전선	진주-완사	112.248	유수천	287.0	3,131	2020
부산경남	경전선	하동-진상	147.509	섬진강	442.0	3,916	2020
대구	괴동선	효자-괴동	3.546	남천제1	78	3,131	2020
광주	경전선	화순-남평	279.462	앵남천제1	6	244	2020
광주	경전선	남평-효천	284.867	광촌천	13	533	2020
충북	충북선	달천-충주	79.964	달천천제2	251.9	10,076	2020
대전충남	충북선	오송~청주	6.640	미호천	351.1	16,231	2020
부산경남	경전선	완사-북천	121.358	원천제1	15.2	608	2020
강원	목호항선	목호항구내	5.539	제5저탄고가	309	12,361	2020
경북본부	영동선	법전-춘양	36.307	춘양천제1	48.9	1,955	2020
충북	충북선	목행-동량	90.775	남한강	426.32	16,053	2020
충북	태백선	민동산-사북	70.789	소산천	79.9	3,196	2020
대전충남	장항화물선	장항-장항화물	1.725	송내천	6.1	244	2020
대전충남	장항화물선	장항-장항화물	2.397	장항천	6.1	244	2020
광주	경전선	명봉-이양	250.217	송정천	20	780	2020
광주	경전선	명봉-이양	250.851	도림천	6	244	2020
광주	경전선	명봉-이양	253.405	이양천	8	305	2020
광주	경전선	이양-능주	255.802	품평천	20	780	2020
광주	경전선	이양-능주	263.593	광대천	13	533	2020
광주	경전선	능주-화순	267.253	저불강제3	134	5,371	2020
광주	경전선	화순-남평	276.251	평촌천	24	947	2020
광주	경전선	화순-남평	280.145	앵남천제2	12	488	2020
광주	경전선	화순-남평	283.535	노동천	20	780	2020

경북본부	영동선	승부 석포	70.650	결둔천제1	117.8	4,712	2020
경북본부	영동선	임가현동	51.619	현동천제1	57.9	2,317	2020
경북본부	영동선	봉화거촌	19.866	거촌	8.8	352	2020
충북	충북선	충주 목행	86.199	목행천	9	360	2020
충북	충북선	공전 봉양	111.195	제천천제3	117.8	4,712	2020
충북	충북선	공전 봉양	111.755	봉양천	93.46	3,738	2020
충북	태백선	연하석항	45.375	연상천3	39.22	1,569	2020
충북	함백선	예마조동	1.859	노일천	25.66	1,026	2020
대전충남	충북선	오송~청주	6.640	미호천	351.1	13,044	2020
대전충남	충북선	주덕~달천	74.265	금곡천	20.0	802	2020
대전충남	강경선	채운~연무대	1.437	이화천제1	5.7	228	2020
대전충남	강경선	채운~연무대	1.514	이화천제2	25.7	1,026	2020
충북	충북선	달천충주	79.964	달천천제2	251.9	10,076	2020
수도동부	경원선	연천-대광리	82.267	장거천	101	4,021	2020
강원	영동선	동점 철암	83.919	동점천	39	1,569	2020
강원	영동선	백산구내	0.137	함태천	34	1,376	2020
강원	영동선	안안강릉	188.824	운산천	12	590	2020
강원	영동선	안안강릉	189.918	반석천3	39	1,569	2020
강원	영동선	안안강릉	192.035	강릉제1	9	360	2020
강원	영동선	안안강릉	192.187	강릉제2	18	732	2020
강원	영동선	안안강릉	192.352	강릉제3	24	976	2020
강원	영동선	안안강릉	192.569	옥천	12	605	2020
강원	영동선	안안강릉	192.757	교동	24	976	2020
강원	태백선	문곡백산	98.517	구곡제2	9	450	2020
대전충남	자갈선	추풍령구내	0.229	마암천	21.3	1,064	2020
강원	영동선	석포 동점	82.083	연화천(가)	66	2,654	2020
강원	영동선	철암백산	87.634	직내곡	6	300	2020
강원	영동선	정동진-안인	184.032	군성강	66	2,654	2020
경북본부	경북선	청라상주	27.706	월로천	10.1	402	2020
강원	영동선	안안강릉	186.213	풍천2	12	475	2020
강원	영동선	안안강릉	189.036	반석천1	9	348	2020
강원	영동선	안안강릉	189.293	반석천2	13	526	2020
전남	경전선	순천 원창	186.886	인덕천	5	206	2020
전남	경전선	원창 벌교	196.788	죽산천	25	1,008	2020
충북	정선선	민동산 벌어곡	5.845	자미원천	9.96	398	2020
전남	경전선	보성 명봉	236.516	보성천	138	5,510	2020
강원	태백선	문곡백산	99.218	문곡천	80	3,196	2020
전남	경전선	순천 원창	188.179	덕정천	21	848	2020
전남	경전선	보성 명봉	239.328	명봉천	20	780	2020
강원	영동선	육계 정동진	167.545	낙풍천	82	3,274	2020
전남	경전선	명봉 이양	244.110	북당천	14	560	2020
서울	경부선	서울 용산	1.306	청파가도교	10	402	2020
서울	경부선	서울 용산	1.571	원효가도교	24	976	2020
서울	경부선	서울 용산	1.571	원효가도교	33	1,304	2020
대전충남	경부선	서창~조치원	128.216	신평천	5.8	233	2020
대전충남	경부선	서창~조치원	128.448	신평천	6.0	240	2020
대전충남	경부선	회덕~조치장	161.195	회덕천	6.0	240	2020
전북	호남선	용동 함열	67.547	두무천	29.4	1,472	2020
전북	호남선	익산 부용	92.501	동명천	9.1	366	2020
대전충남	충북선	증평~도안	41.788	괴산가도교	12.1	484	2020
대전충남	충북선	보천~음성	55.501	상당천	13.0	651	2020
대전충남	충북선	보천~음성	56.760	하당천제1	27.3	1,092	2020

강원	태백선	문곡백산	102.874	백산1	9	360	2020
경북본부	영동선	봉화거촌	17.328	유곡육교	8.8	352	2020
경북본부	영동선	봉화거촌	19.866	거촌	8.8	352	2020
강원	태백선	태백문곡	96.385	황지(가)	12	484	2020
강원	태백선	문곡백산	98.840	구곡제1	9	360	2020
전남	경전선	별교-조성	212.576	매정천	13	533	2020
전남	경전선	별교-조성	212.847	천동천	9	366	2020
전남	경전선	예당-득량	219.540	파동천	10	404	2020
전남	경전선	명봉-이양	242.021	가락사천	13	533	2020
경북본부	경북선	상주백원	44.131	농산	8.2	328	2020
경북본부	경북선	점촌개포	64.532	전도천	19.4	776	2020
수도동부	경원선	연천-대광리	83.930	신순천	7	278	2020
수도동부	경원선	대광라신탄리	85.694	하대광천	13	511	2020
수도동부	경원선	대광라신탄리	86.219	웅기천	6	240	2020
대구	경북선	김천-두원	0.952	갈마천	5.90	236	2020
대구	경북선	김천-두원	1.371	신음가도교	6.00	240	2020
대구	경북선	김천-두원	6.984	옥울천	29.87	1,195	2020
대구	경북선	김천-두원	9.336	마존천	6.00	240	2020
대구	경북선	김천-두원	10.198	동리천	19.60	784	2020
경북본부	경북선	두원-옥산	13.706	구례천	9.1	364	2020
경북본부	경북선	옥산-청리	25.240	마공천	19.5	780	2020
경북본부	경북선	청리-상주	32.053	피소천	29.6	1,184	2020
경북본부	경북선	상주-백원	40.811	부원천	13.2	528	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	47.596	연봉	6.1	344	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	49.227	제1환천	12.3	492	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	49.677	제2환천	6.0	240	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	52.928	암리천	34.1	1,364	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	58.046	당기천	13.2	528	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	58.318	영신천	29.8	1,192	2020
경북본부	경북선	예천-어등	89.582	통명천	29.4	1,176	2020
서울	교외선	일영-의정부	27.227	홍복가도교(단)	4	168	2020
수도동부	경원 인입선	의정부-덕정	33.485	녹양천	6	244	2020
경북본부	영동선	봉상-법전	29.236	석교천	9.0	360	2020
수도동부	경원선	연천-대광리	78.352	거림천	6	244	2020
경북본부	경북선	반구-영주	111.422	석천	217.6	8,704	2020
대전충남	경부선	조치원~내판	131.516	중소천	38.5	1,542	2020
대구	경부선	김천-대신	256.013	경호강	277.00	11,080	2020
대구	경부선	김천-대신	256.013	경호강	277.00	11,080	2020
전북	호남선	익산-부용	89.823	만경강	118.0	4,720	제외
대전충남	호남선	흑석리~계룡	19.526	하남천	121.5	4,860	2020
대전충남	호남선	흑석리~계룡	22.186	가수원천제3	118.1	4,724	2020
대전충남	호남선	흑석리~계룡	22.651	가수원천제4	107.8	4,310	2020
전북	호남선	용동-함열	67.967	연화천	160.5	6,422	2020
대전충남	충북선	조치원~오송	1.605	조천천	147.7	5,908	2020
대전충남	충북선	도안~보천	47.596	충주가도교	24.1	965	2020
대전충남	충북선	음성~소이	60.227	목도가도교	15.0	600	2020
충북	태백선	연하석항	46.298	연상천4	39.22	1,569	2020
경북본부	영동선	분천-승부	64.668	원곡천제2	93.5	3,738	2020
경북본부	영동선	승부-석포	76.461	비학천	52.8	2,111	2020
강원	영동선	도계-고사리	113.309	양지천	6	300	2020
경북본부	영동선	분천-승부	62.634	비동천제1	161.3	6,450	2020
경북본부	문경선	주평-진남	8.663	원동천	39.2	1,569	2020

부산경남	경전선	낙동강 한림정	8.458	대곡천	26.00	1,300	2020
대구	경북선	김천 두원	10.882	도암천	12.10	484	2020
대구	경북선	김천 두원	12.488	신평천	66.15	2,645	2020
경북본부	경북선	두원 옥산	19.089	빙기천	25.6	1,024	2020
경북본부	경북선	옥산 청리	20.956	평천	39.3	1,570	2020
경북본부	경북선	옥산 청리	23.493	소천	22.5	900	2020
경북본부	경북선	옥산 청리	26.521	청리천	39.3	1,572	2020
경북본부	경북선	청리 상주	30.388	지천	66.5	2,658	2020
경북본부	경북선	청리 상주	32.340	소천	120.9	4,835	2020
경북본부	경북선	상주 백원	37.521	후천	161.3	6,452	2020
경북본부	경북선	상주 백원	42.702	세천	107.5	4,300	2020
경북본부	경북선	점촌 개포	61.600	영강	306.6	12,264	2020
서울	교외선	능곡 일영	11.583	대자가도교	24	960	2020
부산경남	경부선	상동 밀양	375.075	유천강제1	265.10	10,604	2020
전남	경전선	옥곡 광양	158.667	하원천	50	2,000	2020
경북본부	영동선	승부 석포	71.098	결둔천제2	78.0	3,120	2020
경북본부	영동선	석포 동점	79.463	양지천	79.9	3,196	2020
경북본부	영동선	분천 승부	68.872	승부천	97.9	3,916	2020
경북본부	영동선	춘양 녹동	40.922	옥천제2	78.0	3,120	2020
광주	경전선	명봉 이양	253.117	저불강제1	63	2,532	2020
경북본부	영동선	분천 승부	64.373	원곡천제1	78.0	3,120	2020
대구	대구선	봉정 영천	30.697	영천천	355	14,198	2020
경북본부	영동선	석포 동점	80.600	육송천제1	97.9	3,916	2020
경북본부	경북선	어등 미룡	103.073	옥계천	66.1	2,645	2020
광주	경전선	이양 능주	256.862	저불강제2	134	5,369	2020
경북본부	영동선	봉화 거촌	16.199	내성천	157.5	6,301	2020
대구	대구선	하양 금호	23.052	기천천	122	4,892	2020
경북본부	영동선	임가현동	52.097	현동천제3	48.9	1,955	2020

나. 통일 대비 북한철도 개량사업 추정

- (1) 북한의 철도망은 현재 11개의 주노선을 포함하여 100여 개의 노선으로 구성되어 있으며, 그 형태는 H자형을 띄고 있고, 평의선으로 대표되는 서부축, 평라선으로 대표되는 동부축, 평원선으로 대표되는 동서축을 기본으로 하고, 이에 북부내륙을 순환하는 북부순환선 및 황해 남북도를 순환하는 서부순환선이 결합된 형태로 나누어짐.
- (2) 주간선 노선으로는 평의선(평양~신의주), 평부선(평양~개성), 평라선(평양~나진)과 중간선으로 만포선(순천~만포), 백두산청년선(길주~혜산), 함북선(반죽~회령)을 주축으로 북한 전 국토를 순환하는 루트와 각 지역별로 지역 내부를 연결하는 10개의 순환노선형태.

<북한의 주요 철도노선>

(단위: km, 개소, km)

구분	노선	구간	연장	전철화 여부
서부축	황해청년선	사리원 ~ 해주	100.3	전철
	평남선	평양 ~ 남포 ~ 온천	89.6	전철
	평덕선	대동강 ~ 덕천 ~ 구장	192.3	전철
	평북선	정주 ~ 청수	120.7	전철
	평의선	평양 ~ 신의주	224.8	전철
동서축	만포선	순천 ~ 만포	303.4	전철
	청년이천선	평산 ~ 세포	140.9	전철
동부축	강원선	고원 ~ 평강	145.1	전철
	신흥청년선	함흥 ~ 부전호반	91.5	전철
	단풍(허천)선	단천 ~ 흥군	80.3	전철
	함남선	여해진 ~ 대흥	79.5	전철
	백두산청년선	길주 ~ 혜산	141.6	전철
	평라선	간리 ~ 나진	781.1	전철
	함북선	반죽 ~ 회령 ~ 나진	326.9	전철

<북한 주요철도 현황>

(단위: km, 개소, km)

간선	노선명		구간		길이(km)	비고
	1지선	2지선	기점	종점		
평의선			평양	신의주	224.8	
	화성선		서포	동북리	15.3	
	시정선		간리	시정	8.0	
	안주탄광선		문덕	남동	22.4	
	개천선		신안주	개천	29.1	
	구봉산선		신안주	룡흥	15.4	
	남흥선		맹종리	남흥	9.4	
	박천선		맹종리	박천	9.3	
	평북선		정주	청수	120.7	
		구성선	구성	분강	61.6	
		압록강선	부풍	압록강	4.1	
		수풍선	부풍	수풍	2.5	
	백마선		염주~백마	남신의주	44.3	
	다사도선		룡천	다사도항	24.1	
	덕현선		남신의주	덕현	37.3	
	강안선		신의주	강안	1.7	
평남선			평양	온천	89.6	
	평양화전선		보통강	평천	3.7	
	보산선		강서	보산	5.0	
	평남대안선		강서	대안화물	11.7	
	룡강선		룡강	마영	18.3	
		후산선	후산	양막	3.7	
서해갑문선		신령리	철광	28.7		
평부선			평양	개성	186.5	
	송림선		황주	송림	11.1	
	봉산선		봉산	서봉산	2.5	
황해청년선			사리원	해주	100.3	
	은율선		은파	철광	117.8	
		장연선	수교	장연	17.1	
		서해리선	철광	룡정	10.1	
	배천선		장방	은빛	59.7	
	용진선		해주	용진	40.4	
	부포선	신강령	부포	19.1		
청년이천선		평산	세포	140.9		
평덕선			대동강~덕천	구장	192.3	
	덕산선		송가	덕산	1.7	
	삼등탄광선		삼등	대리	4.8	
	령대선		원창	령대	7.1	
	재동선		구정	재동	4.4	
	솔골탄광선		송남	솔골	4.4	
	관하선		북창	관하	2.6	
	득장선		북창	석산	17.7	
		명학선	득장	명학	2.6	
	덕남선		남덕천	덕남	1.6	
	서창선		덕천	서창	11.6	
		신성선	서덕천	신성	4.0	
	장상선		향원	장상	1.9	
	룡암선		구장	룡암	4.6	
만포선			순천	만포	303.4	
	조양탄광선		개천	조양탄광	22.1	
	봉천탄광선		봉천	봉천탄광	2.0	
	개천탄광선		자작	전진	4.2	

	청년팔원선		구장	팔원	40.2		
	룡문탄광선		어룡	룡문탄광	7.3		
	강계선		강계	남림	56.8		
	운하선		만포	운하	6.2		
평라선			간리	라진	781.1		
			신련포	외동	34.8		
			대건	직동	6.2		
		은산선	직동탄광선	은산	대건	6.0	
		천성탄광선		신창	천성	9.5	
		고원탄광선		둔전	장동	17.6	
		금야선		금야	풍남	8.7	
		신흥선		함흥	부전호반	91.5	
				영광	사수	58.2	
			장진선	서함흥	서호	17.7	
		창흥선	서호선	창흥	련흥	8.5	
		홍남항선		홍남-홍남항	룡성	3.5	
		덕성선		신북청	상리	51.7	
		허천선		단천	홍군	80.3	
				허천	만덕	9.8	
		금골선	만덕선	여해진	무학	83.4	
		고참탄광선		명천	신명천	4.3	
		강덕선		남강덕	수성	9.8	
		청진항선		청진	청진항	3.5	
	함북선			청암	라진	326.9	
			고무산	무산	57.9		
			철송	무산광산	3.0		
		회령탄광선	무산광산선	회령	유선	11.7	
		동포선		종성	동포	15.6	
		성평선		강안리	성평	11.5	
		남양국경선		남양	국경	0.8	
		고건원선		신건	고건원	9.8	
		오봉선		학송	오봉	10.4	
		두만강선		홍의	두만강	9.4	
		승리선		선봉	승리	4.2	
	라진항선		라진	라진항	2.3		
백두산청년선			길주	혜산	141.6		
			백암	무산	187.4		
			위연	못가	81.8		
		가림	대평	31.5			
강원선		보천선	고원	평강	145.1		
		천내선	룡담	천내	4.4		
		문천항선	옥평	고암	10.3		
		원산항선	갈마	원산항	2.0		
혜산만포청년선			혜산	만포	250.2		
		안골선	문악	안골	2.9		
금강산청년선			안변	금강산	102.5		
기타선					305.0		
철도총연장					5,214km		
총 역수					775개		



<북한의 주요 철도노선>



<금골선 전주 및 전차선로 현황>

(3) 교량 건설과 관련하여 북한의 철길관리규정에는 선로의 등급별 활하중이 명시되어 있지 않으나 광복당시 조선국유철도건설규정에 따르면 1급선과 2급선의 경우 표준 활하중은 LS-22이며 3,4급선의 경우는 LS-18 로 규정되어있고 남한의 국유철도건설규정도 이와 동일함으로 북한도 동일한 것으로 판단됨.

(3) 경원선의 경우 구간현행속도는17.5 km/h 이고, 침목은 나무침목(90%)이 철근 콘크리트침목(10%) 비하여 매우 많이 부설되어 궤도 상태가 열악한 편이며, 교량수는 156 개소로서 교량침목의 80 %이상 부식되어 있음.



<레일 이음매부 과대유간 상태 현황>



<레일 이음매부(이음매판) 체결상태 현황>

(3) 북한의 열차운영환경으로서 열차통합운영의 효과를 높이기 위해서는 수송능력의 증대를 위해 기존 철도시스템의 대폭적인 개선 및 현대화가 필요한 실정.



<금골선 본선 1개교(Steel. Truss Girder교)>



<교량 교각(슈)부분>

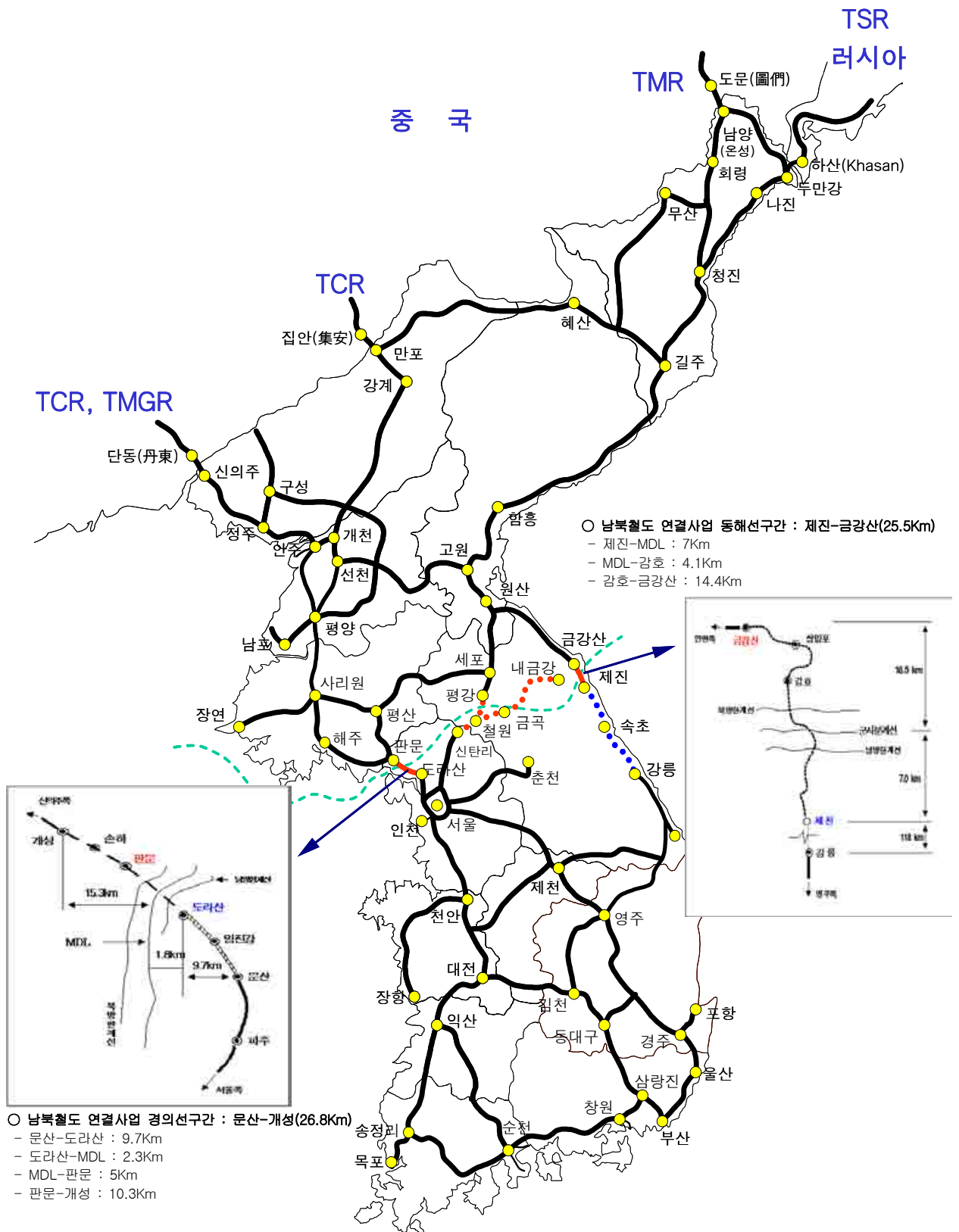


<검덕광산 광산전용철도 1개교(Steel Plate Girder교)>



<그림 2.3 Steel Plate Girder교 내부> <그림 2.3 교량 교각(불안정한 슈)부분>

- (3) 북한철도노선 5100km 중에서 15% 이상(765km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용될 것으로 판단됨.



<북한의 주요 철도노선>

2. 국외 기술 시장동향

가. 국외 무도상 판형교 및 트러스교 부설 현황 분석

- (1) 일본, 프랑스, 독일, 영국 등 대부분의 국가가 1800년대에 철도를 개통하였으며, 이들 국가를 비롯하여, 이들 국가의 영향 하에 있던 많은 국가에서 건설된 대다수 교량이 트러스교 및 판형교 형식임.
- (2) 그러나 세계적인 철도 시장조사기관인 독일 SCI/VERKEHR BERLIN 조사 보고서에서나 각종 학술문헌을 조사하여도 대륙별 또는 국가별 철도연장은 조사결과를 보고되고 있으나 교량형식에 대한 조사결과는 찾아보기 어려움.

<대륙별 객차, 도시철도, 화물차 선로연장>

Market volumes: rail transport 2013						
	Passenger rail		Urban rail		Freight rail	
	billion pkm	CAGR 13-23	billion pkm	CAGR 13-23	billion tkm	CAGR 13-23
Western Europe	404	1.5%	71	2.9%	273	1.5%
Eastern Europe	49	1.4%	32	3.3%	156	0.5%
North America	222	0.1%	64	-0.2%	2,741	2.0%
South and Central America	2,682	3.4%	186	5.8%	3,668	3.2%
Asia	103	3.3%	13	7.9%	197	2.8%
Australia/Pacific	16	2.0%	1	4.3%	306	2.6%
CIS	32	1.8%	52	2.8%	3,030	1.8%
Africa/Middle East	27	4.2%	28	4.9%	340	3.6%
Total	3,536	3.0%	448	4.1%	10,711	2.4%

- (3) 이것은 시장조사 또는 학술문헌이 새로 건설될 노선에 대하여 주로 분석되었기 때문이며, 노후 교량의 개량에 대해서는 국가별로 소규모로 단계적으로 이루어지고 있기 때문으로 판단됨.
- (4) 그러나 앞서 언급한 바와 같이 국내외적으로 판형교 및 트러스교는 다수 존재하는 것으로 파악되기 때문에 논 연구사업을 통하여 효율적인 무도상교량 장대화기술이 개발될 경우 이를 수출할 수 있는 국제적 시장은 충분히 확보되어 있다고 판단됨.

나. 2015년 한국철도공사 해외사업 주요시장

(1) 한국철도공사 해외사업 주요 실적

- 말레이시아 EMU 기술협력/컨설팅, 리비아 철도건설 감리기술용역, 이란 중고기관차(9량/7량) 수출, 불가리아 철도정보화 사전타당성조사, 파라과이 단기철도 운영사업, 중고 터보차져 6대 수출사업, 중고 디젤엔진 4대 수출사업, 미얀마 철도현대화 자문용역사업, 파키스탄 차량수출관련 부품활용, 이집트 철도신호개량 F/S 및 컨설팅, 이란 중고객차 28량 수출사업, 이란 중고기관차 14량 수출사업 등

<국가별 주요사업 추진현황(9개국 17개 사업 추진 중)>

연번	국가	사업명	발주처
1	필리핀	1호선 시설개량 사업	DOTC
2	필리핀	2호선 O&M 사업	DOTC
3	필리핀	7호선 O&M 사업	ULC
4	필리핀	PNR O&M 사업	DOTC
5	인니	공항철도 O&M 사업	MOT
6	말레이 싱가폴	고속철도 O&M 사업	SPAD
7	남아공	철도 전기기술 컨설팅 사업	PRASA
8	탄자니아	철도건설 컨설팅 사업	Reli Assets Holding Company
9	방글라데시	철도차량 구매 FS 사업	수출입은행
10	이집트	전자연동장치 개량 컨설팅 사업	ENR
11	인니	철도공사 기관사교육 현대화 사업	PT. KAI
12	파키스탄	중고기관차 수출 및 정비컨설팅	NLC
13	이란	중고기관차(14량) 수출사업	민간철도 운영사
14	이란	중고기관차(3량)관련 정비컨설팅	광물회사
15	이란	중고기관차(2량) 수출사업	광물회사
16	이란	철도부품(대차 10대) 수출사업	민간철도사
17	이란	철도부품(엔진 4대) 수출사업	민간철도사

3절 기술(특허, 논문 등)동향

3.1 특허 분석 범위

가. 무도상 교량 레일장대화 기술은 현재 무도상 교량 운행선상에서 장대레일 부설 시 해석 및 설계 기술, 사용성 및 소음/진동 평가기술, 궤광 개량기술, 상태평가 및 보강기술임

나. 철도교량 침목의 횡저항력 증강 체결, 교량상 장대레일 장출 방지 장치, 교량 침목 탄성 체결장치, 교좌장치, 유도상화 공법등으로 분야를 나누어 검색함

3.2 분석대상국가, 특허 DB, 대상기간

가. 분석대상국가, 특허 DB

<특허 대상 국가>

국가	특허DB	대상기간(출원일기준)
한국	특허, 실용	2000.01.01~2015.11.01
해외 (미국,일본,중국,유럽,독일)	특허, 실용	2000.01.01~2015.11.01

나. 검색식

<특허 검색 조합식>

기술	국가	검색식
무도상교량 장대레일 부설	한국	((교좌 or 받침) AND (교량 or 다리 or 판형교 or 트러스 or 트러스) AND (축력 or 횡* or 수평) AND (장대레일 or CWR) AND (복합 or 교체 or 운행))
	해외	(brige* and (CWR* or nonballast tracked* or Analysis* or structural stability* or Status assessment* or Reinforcement*) and (alter* or replce*) and (operation)

3.3 주요특허의 요약

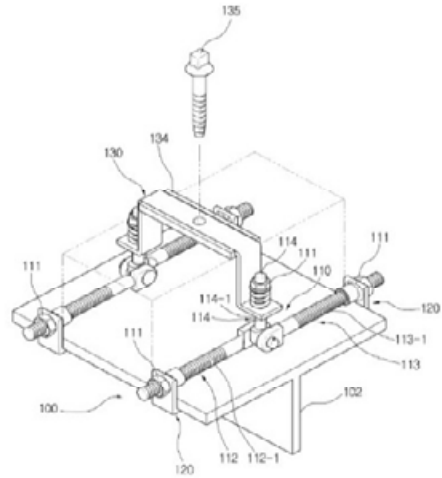
가. 국내특허 조사결과

무도상 교량 체결 장치 및 침목-교량거더 연결 장치	출원번호 20-2012-0006929(교량용 레일체결장치)
	출원번호 10-2005-0062942 (철도교량용 침목 체결시스템)
	출원번호 20-2006-0012353 (교량 침목 탄성 체결장치)
	출원번호 20-2005-0024710 (교량용 철로 침목 체결부재)
	출원번호 10-2001-0027048 (철도교량 침목의 횡저항력 증강 체결장치)
	출원번호 10-2009-0041890 (판형교 장대레일 장출방지장치)
궤도구조시스템	출원번호 10-2005-0021783 (소음 및 진동 저감형플레이트거더교 구조)
	국내등록 특허 제0775053호
	국내등록 특허 제0806711호
무도상 교량 보강 공법	출원번호 10-2004-0079230 (철도 교량용 판형교의 거더 개량용 가설장비 및 개량 공법)
	출원번호 10-2005-0082502 (트러스 교량의 횡진동 저감 및 교량 인상시전도방지용보강장치)
	출원번호 20-2003-0002649 (판형교의 인상 및 진동흡수장치)
교좌장치 개선	출원번호 20-2002-0027868 (판형교용교좌장치)
	한국등록특허 제0921416호 (하중분산능력을 개선한 교량용 탄성 받침)
	한국등록특허 제0918090호 (광대변위 흡수용 미끄럼 받침)
	한국공개특허 제2009-0085408호 (형상기억합금을 이용한 교량받침)
	한국등록특허 제0777807호 (교좌장치 및 교좌장치의 설치방법)
	국내등록 특허 제0603905호

나. 무도상 교량 체결장치 및 침목-교량거더 연결 장치 개선 관련 특허

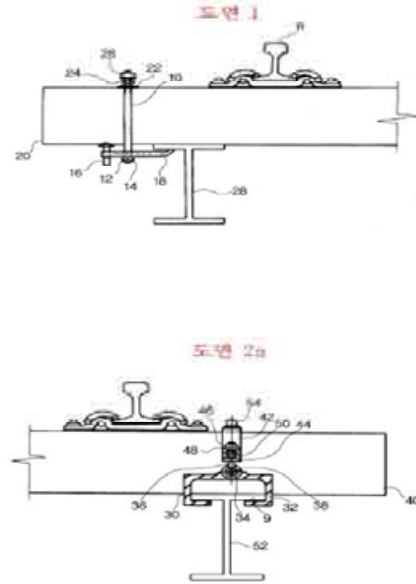
출원번호 20-2012-0006929 (교량용 레일체결장치)	
<p>- 침목 상단에 방진패드를 적용하여 레일과 목침목을 연결하는 체결장치</p>	
출원번호 20-2005-0024710 (교량용 철로 침목 체결부재)	
<p>- 교량용 철로 침목 체결부재는 고정판에 의해 교량 거더의 상부 플레이트에 밀착 결합하여 온도변화에 의해 발생하는 축력의 영향에 대항할 수 있는 충분한 횡 저항력을 확보하여 철도 시설물 중 차량 주행로인 레일의 좌굴 발생이 방지</p>	
출원번호 20-2006-0012353 (교량 침목 탄성 체결장치)	

- 레일 장대화에 따른 횡저항력을 확보하여 열차의 주행에 의한 진동시 너트 및 볼트풀림을 방지하며, 장대레일 구간에서는 온도변화에 따른 축력에 의해 궤도의 좌굴을 방지하도록 한 교량 침목 탄성 체결장치를 제공



출원번호 10-2001-0027048
(철도교량 침목의 횡저항력 증강 체결장치)

- 교량거더의 상부 플레이트와 침목을 고정하는 장치. 경사진 형태의 제1 및 제2 걸림쇠에 의해 교량거더의 상부 플레이트에 밀착 결합되어 온도변화에 의해 발생하는 축력의 영향에 대항할 수 있는 충분한 횡저항력을 확보



다. 궤도구조시스템 개량과 관련된 특허

<p>출원번호 10-2005-0021783 (소음 및 진동 저감형플레이트거더교 구조)</p>	
<p>- 종래의 철도교용 플레이트거더교의 단점을 보완하여 교량의 동적 거동특성, 피로 저항능력 및 소음 저감에 유리한 소음 및 진동 저감형플레이트거더교 구조를 제공하기 위한 것</p>	<p>도면 25</p>
<p>국내등록 특허 제0603905호</p>	
<p>- 별도의 동바리와거푸집없이강합성 철근 콘크리트 구조물로 거푸집역활을 하면서 크리트가단시간내에 도달하는 초속 경콘크리트의 특성을 이용하여 전환하는 기술</p>	
<p>국내등록 특허 제0775053호</p>	
<p>- 철도차량을 운행하면서 단시내에 설계강도에 달하는 특수콘크리트의 특성을 이용하여 무도상 강교거더를 유도상 슬래이브교로 전환하는 기술</p>	

라. 무도상 교량 무도상 교량 보강공법 관련 특허

출원번호 10-2004-0079230 (철도 교량용 판형교의 거더 개량용 가설장비 및 개량 공법)	
-철도용 교량으로 널리 채택된 판형교의 거더를 보강하기 위해 사전 제작된 거더보강재를 기존의 거더에 설치하기 위한 가설장비 및 상기 거더보강재를 기존의 거더에 설치하여 상기 거더를 개량 또는 보강하기 위한 공법.	
출원번호 20-2003-0002649 (판형교의 인상 및 진동흡수장치)	
- 판형교의 빔 양측에는 빔 인상장치를 사용하여 들어올릴 수 있도록 외측으로 돌출된 브래킷이 각각 설치하여 구성함으로써, 진동흡수와 인상작업을 용이하게 실시할 수 있는 효과를 제공	
출원번호 10-2005-0082502 (트러스 교량의 횡진동 저감 및 교량인상시전도방지용보강장치)	
-트러스 교량의 횡진동 저감 및 교량인상시전도방지용 보강장치에 관한 것	

마. 교좌장치 개선 관련 특허

한국공개특허 제2009-0085408호 (형상기억합금을 이용한 교량받침)	
- 상판과 하판을 형상기억합금 재료로 이루어진 기둥으로 연결하여 구조물의 거동에 대한 에너지 흡수 내지 소산 기능과 거동 후의 복원력을 강화하는 한편 면진 기능을 새롭게 부여하거나 크게 향상시킨 형상기억합금을 이용한 교량받침에 관한 것	
특허 제0921416호 (하중분산능력을 개선한 교량용 탄성받침)	
-성지지체 및 다수의 지지기둥이 배치되고, 탄성지지체는 하부판의 상면에 체결된 외부보강판과 상부판의 저면에 체결된 외부보강판 사이에서 일체로 체결되며, 지지기둥은 하부판의 상면과 상부판의 저면 사이에서 4개소에 설치되는 구조	
한국등록특허 제0777807호 (교좌장치 및 교좌장치의 설치방법)	
-상부 구조물에 상부플레이트를 고정시키고, 하부 구조물에 베이스플레이트, 고무적층제를 차례로 고정시키고, 고무적층제와 상부플레이트 사이에 하부플레이트를 위치시키는 구조.	

바. 국외특허 조사결과

일본	
<p>- 일본공개특허 제2009-121101호(미끄럼 고무지지장치) 상부 구조물에 상부플레이트를 고정시키고, 하부 구조물에 베이스플레이트, 고무적층재를 차례로 고정시키고, 고무적층재와 상부플레이트 사이에 하부플레이트를 위치시키는 구조</p>	
미국	
<p>-Patent Number 4,687,134 (철도차결구) 고정쇠 및 고정볼트로 목침목과 교량의 강거더를 탄성적으로 연결하기 위한 장치</p>	

국내 특허의 경우 침목-교량거더 연결장치와 관련 일부 특허는 무도상교량 장대레일화에 일부 적용된 바 있으나 현재 사용성에 문제가 있어 개선이 요구되고 있음. 교좌장치에 관련한 특허의 일부는 무도상교량 장대레일화에 적용할 수 있어 향후 연구사업 추진 시 적용성을 상세 검토할 필요가 있음. 그 밖의 대부분의 특허는 궤도구조를 효율적으로 개선하여 무도상교량에서 레일을 장대화하고자 하는 본 연구사업에 직접 적용하기 어려움. 국외 특허를 다각적으로 조사하였으나 무도상교량 장대레일화 기술과 관련한 특허는 거의 발견되지 않았음. 일부 조사된 특허는 침목-교량거더 연결장치에 관련된 특허로서 국내 특허 내용과 비슷함. 이상의 특허 분석결과 본 연구사업과 관련된 국내외 특허는 매우 적기 때문에, 본 연구사업을 통하여 무도상 교량에서 기존 궤도구조를 대체할 수 있는 효율적인 궤도구조 및 이에 대한 운행선 상 시공법이 개발될 경우 다량의 국내외 특허를 확보하게 될 것으로 판단됨.

4절 기술(논문) 동향

4.1 논문 분석 범위

<논문 분석 기준>

구분	분석 기준
논문검색 DB	구글고급검색(https://www.google.co.kr/advanced_search?hl=ko&fg=1)
분석구간	제한 없음
검색범위	Title, Abstract, Content

4.2 기술분류 및 검색 조합식

<논문 검색 조합식>

기술구분	검색 조합식	검색 논문	관련 논문
A기술	장대레일 해석 및 설계 기술 다음 단어 모두 포함: 다음 단어 또는 문구 정확하게 포함: "longitudinal track-bridge interaction"	29	
	다음 단어 모두 포함: railway 다음 단어 또는 문구 정확하게 포함: "track buckling" "continuous welded rail"		
B기술	사용성 및 소음/진동 평가기술 다음 단어 모두 포함: safety, ride quality 다음 단어 또는 문구 정확하게 포함: "train-track-bridge"		
	다음 단어 모두 포함: train, track 다음 단어 또는 문구 정확하게 포함: "sound and vibration", "railway bridge", "train-track-bridge"		
C기술	궤광 개량기술 다음 단어 포함: railway, renewal 다음 단어 또는 문구 정확하게 포함: "track structure",		
	상태평가 및 보강기술 다음 단어 포함: damage, plate girder bridge, rehabilitation 다음 단어 또는 문구 정확하게 포함: "train-track-bridge interaction"		

4.3 논문기술 동향

가. 연도별 논문 발표 추이 및 동향

(1) 장대레일 해석 및 설계 기술 분야

- (가) 장대레일 설계와 관련된 연구는 1990년대 초반부터 활발하게 연구되어 왔는데, 이들 연구는 해석적 연구[1-6]와 실험적 연구[7-10], 그리고 기준제안 또는 기준검토 등의 [11-15]의 연구로 구분되어진다.
- (나) 그중 장대레일 설계이론의 토대는 1992년에서 1997년까지 ERII Committee D 202에서 수행한 연구사업을 통하여 구축되어졌다[16-18]. 이 연구사업을 통하여 장대레일과 관련한 심도 있는 연구결과들이 발표되었는데, 이 연구에서는 궤도 종 및 횡저항력 특성에 대한 실험적 연구와 더불어 궤도-교량 종방향 상호작용 및 궤도 좌굴현상을 해석하기 위한 프로그램 개발이 이루어졌다. 연구결과를 토대로 장대레일 설계와 관련한 UIC 기준이 제시되었다.
- (다) 온도하중, 수직하중, 그리고 시/제동하중 등이 순차적으로 작용하는 하중 이력을 고려하여 궤도-교량 상호작용 해석을 수행하기 어려운 것은 궤도의 종 및 횡방향 거동이 심한 비선형 특성을 갖고 있으며, 또한 이 비선형성들이 수직하중의 재하 또는 비재하 여부에 따라 달라지기 현상에서 비롯된다고 할 수 있다. 따라서 대부분의 연구는 이들 비선형 궤도거동특성을 반영하여 궤도-교량상호작용 해석에서는 개별해석을 수행하는 연구가 이루어졌다.
- (라) 하중 이력을 고려한 궤도-교량 상호작용 해석연구는 최초로 Müller et al.[19] 에 의해 시도되었다. 그의 연구에서는 비선형 궤도특성이 경계가 앞선 해석을 통하여 결정되는 쌍일차선도(bilinear curve)으로 근사화 되었다. Ruge et al. [20, 21]등은 하중작용 순차적 조합을 정확하게 나타낼 수 있는 실질적 비선형 궤도-교량 상호작용해석 모델을 제시하였다. Schanack et al. [22] 경계조건을 만족하는 single DOF element models에서의변위 상태의 계산을 기초로 궤도-교량 상호작용을 해석할 수 있는 상대변위방법을 제시하였다.
- (마) 무도상 교량 또는 특수교량에 대한 궤도 교량 상호작용해석에 관한 연구는 3개 정도로 작게 조사되었으며[23-25], 이들 중에는 트러스교에 적용할 수 있는 연구결과는 있으나 판형교에 적용할 수 있는 연구결과는 제시되지 않았다.

(바) 장대레일 좌굴해석에 대한 많은 연구가 이루어 졌지만[26-30] 교량의 종방향 거동과 관련하여 궤도좌굴 거동특성을 연구한 결과는 제시되지 않았다.

(2) 사용성 및 소음/진동 평가기술 분야:

(가) 철도교량의 구조안정성과 관련한 연구는 철도건설 초창기인 1900년 초부터 활발하게 수행되어 왔다. 철도교량의 구조안정성은 주로 열차하중을 대상으로 차량과 교량의 상호작용 해석을 통하여 검토되어졌다. 차량과 교량의 상호작용해석의 초기는 차량을 이동하중으로 모형화하여 해석[31-33]하였고, 이어 차량을 보다 정밀하게 모델링하기 위한 수많은 해석기법이 개발되어져 왔다. 1980년부터 ~2000년까지 차량에 대하여 차체, 대차, 차륜을 질점으로 모델링하고 이들 사이의 연결을 스프링과 댐퍼로 모델링하는 2차원 차량-교량 상호작용 해석기법이 집중적으로 연구되어 왔다[34-42]. 최근에는 차량을 3차원으로 모델링하고, 차륜과 레일사이의 접촉역학을 비교적 정밀하게 모델링할 수 있는 차량-궤도-교량 상호작용 해석기법이 개발되었다고 할 수 있다[43-52]

(나) 일반 철도교량의 구조안정성에 대한 연구사례는 매우 많다고 할 수 있다. 그러나 본 연구사업에서 대상으로 하는 판형교 또는 트러스교에 대한 구조안정성에 관한 연구사례는 많지 않다고 할 수 있다. 판형교의 구조안정성과 관련한 연구로서는 피로(Fatigue)를 검토하기 위한 충격계수 결정[53] 판형교의 취약성(Fragility) 검토[54] 등이 있다.

(다) 철도교량에서의 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감을 대상으로 하는 연구는 비교적 2000년 이후 비교적 최근에 이루어지고 있다고 할 수 있다[55-59]. 이것은 철도교량에서의 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감을 검토하기 위해서는 매우 정교한 차량-궤도-교량 상호작용해석 기법이 요구되기 때문이며, 이러한 해석기법은 최근에 개발되어졌기 때문이라 할 수 있다. 이들 연구의 대부분은 최근에 건설되는 고속철도 교량을 대상으로 하고 있으며, 노후된 판형교 또는 트러스를 대상으로 하는 연구사례는 거의 없다고 할 수 있다.

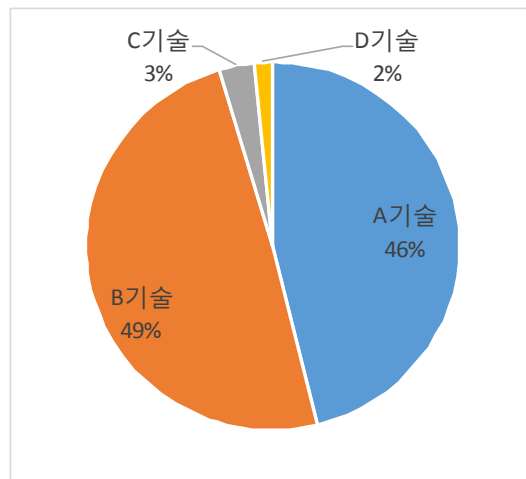
(라) 철도교량에서의 환경 소음, 진동은 주로 교량구간에서 차량/궤도 상호작용에 의하여 발생하는 구동소음원을 대상으로 공기 중으로 직접 전파하는 소음을 예측하는 것을 주목적으로 연구되어져 왔다. 최근 차량-궤도-교량 상호작용해석 기법의 개발에 힘입어 교량진동에 의하여 교량차체에서 방사되는 소음을 예측하는 기법에 대한 연구들이 보고되고 있다[60-65]. 그러나 판형교를 대상으로 판형교의 진동에 의하여 방사되는 소음을 예측하는 연구사례는 지금까지 거의 없다고 할 수 있다.

(3) 궤광 개량기술 분야:

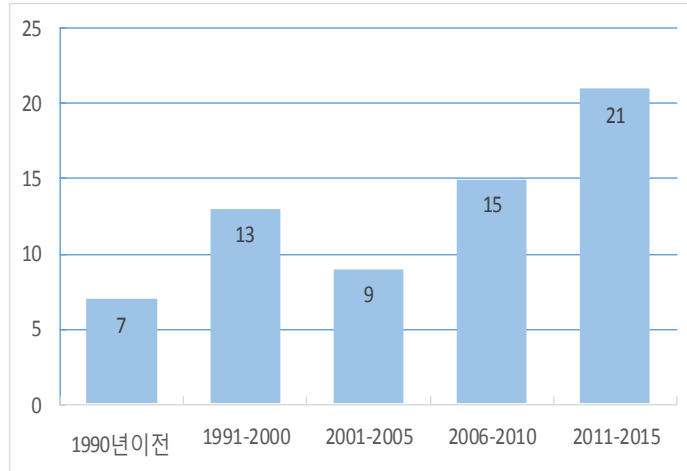
(가) 궤도의 궤광은 레일, 체결구, 침목을 주요 구성품으로 하는 궤도의 골격(Frame)으로서 궤광 개량은 새로운 궤광구조를 창출하기 위한 아이디어, 이를 설계하기 위한 일반적인 구조해석, 그리고 제작, 성능평가, 시공 절차로 이루어지므로 궤광개량 기술과 관련해서는 학술적 논문보다는 이들 시스템을 소개하는 성격의 문헌이 대부분이라 할 수 있다[66-70]. 자갈궤도 또는 슬라브궤도에서 새로운 형식의 궤광이 다수 제안되었지만 노후된 판형교 또는 트러스교에서 궤도를 개량하기 위한 궤광구조 개발에 대한 연구 또는 개발사례는 거의 없다고 할 수 있다.

(4) 상태평가 및 보강기술 분야:

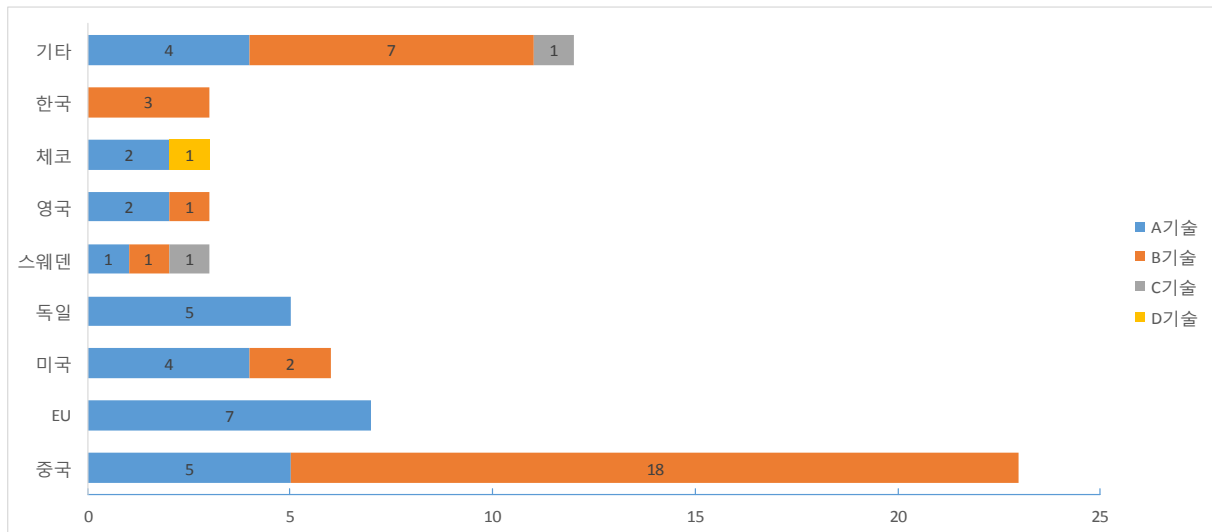
(가) 교량의 상태평가와 모니터링시스템 구축에 의한 진단에 대한 연구사례는 매우 많다고 할 수 있다[71-72]. 본 연구사업에서는 기존의 판형교와 트러스교에서 레일을 장대화하기 위하여 요구되는 교량자체의 상태평가, 상태평가 결과를 토대로 보강이 필요한 부분에 대한 경제적이고 효율적인 보강을 목표로 하기 때문에 상태평가와 보강기술 자체를 개발보다는 기 개발된 기술을 적절히 활용하는 중요하다. 그러나 판형교 또는 트러스교를 대상으로 하는 상태평가 또는 보수보강에 대한 연구사례는 거의 없다고 할 수 있다.



<기술별 논문 발표 추이>



<연도별 논문 발표 추이>



<국가별 논문 발표 추이>

나. 주요 논문현황

(1) 논문 리스트

<조사된 논문 현황>

번호	논문 또는 서적 제목	발표기관	저널 또는 출판사	발표연도	인용지수
1	DYNAMICS OF RAILWAY BRIDGES	Institute of theoretical and applied mechanics, academy of sciences of the Czech Republic	Thomas Telford	1996	413
2	Modern railway track	Delft University of Technology, Netherlands	M R T Production	2001	1127
3	Stability of continuous welded track	ERRI, EU	European Rail	1999	-

번호	논문 또는 서적 제목	발표기관	저널 명 또는 출판사	발표연도	인용지수
			Research Institute		
4	Longitudinal forces of continuously welded track on high-speed railway cable-stayed bridge considering impact of adjacent bridges	J Cent South Univ, China	Journal of Central South University	2012	8
5	Sensitive factors research for track-bridge interaction of Long-span X-style steel-box arch bridge on high-speed railway	J Cent South Univ, China	Journal of Central South University	2013	3
6	Nonlinear rail-structure interaction analysis of an elevated skewed steel guideway	APM & Assoc., Inc., Dallas, America	Journal of Bridge Engineering	2010	11
7	Long term investigations of CWR Track behaviour	European Rail Research Institute, EU	European Rail Research Institute	1999	-
8	Empirical research of CWR long-term behaviour for ERRI D 202/3	European Rail Research Institute, EU	European Rail Research Institute	1997	-
9	Measurement based determination of braking and traction forces at the railway bridge in Rendsburg	Germany	De r Stahlbau	2002	5
10	Long-term monitoring of steel railway bridge interaction with continuous welded rail	Department of Steel and Timber Structures, Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague, Czech Republic	Journal of Constructional Steel Research	2014	2
11	An assessment of design criteria for continuous-welded rail on elevated transit structures	The national academies of science,engineering,medicine, America	Transportation Research Board	1986	2
12	Laying and maintenance of CWR track	European Rail Research Institute, EU	European Rail Research Institute	1999	5
13	Service limit states for railway bridges in new design codes IAPF and Eurocodes	Technical university of Madrid, Spain	Workshop on Track-Bridge Interaction on High-Speed Railways	2008	4
14	New evolutions for high speed rail line bridge design criteria and corresponding design procedures	SYSTRA, France	I A B S E Symposium Report	2003	2
15	Track/Bridge-Interaction-State of the art and examples	Germany	Stahlbau	2010	1
16	Improved knowledge of forces in CWR track-Lateral resistance tests	European Rail Research Institute, EU	European Rail Research Institute	1997	-
17	Improved knowledge of forces in	European Rail	European	1998	-

번호	논문 또는 서적 제목	발표기관	저널 명 또는 출판사	발표연도	인용지수
	CWR track-Measurement of lateral resistance characteristics for ballasted track	Research Institute, EU	Rail Research Institute		
18	Improved knowledge of forces in CWR track-Empirical research of CWR long-term behavior for ERRID 202/3	European Rail Research Institute, EU	European Rail Research Institute	1997	-
19	Tracks-gravel-bridge interaction	Control Data GmbH, Germany	Computer & Structure	1981	6
20	Longitudinal forces in continuously welded rails on bridgedecks due to nonlinear track-bridge interaction	Technische Universität Dresden, Germany	Computer & Structure	2007	39
21	Longitudinal track-bridge interaction due to sudden change of coupling interface	Technische Universität Dresden, Germany	Computer & Structure	2009	23
22	Relative displacement method for track-structure interaction	Institute of Civil Engineering, Universidad, Chile	Scientific World Journal	2014	1
23	ADDITIONAL TEMPERATURE FORCES OF CONTINUOUS WELDED RAIL ON LARGE-SPAN STEEL TRUSS CABLE-STAYED BRIDGE	MOE Key Laboratory of High-speed Railway Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, China	Third International Conference on Transportation Engineering (ICTE)	2011	-
24	Nonlinear Rail-Structure Interaction Analysis of an Elevated Skewed Steel Guideway	APM & Assoc., Inc., America	J. Bridge Eng	2011	11
25	Sensitive factors research for track-bridge interaction of Long-span X-style steel-box arch bridge on high-speed railway	Cent. South Univ, China	J. Cent. South Univ	2013	3
26	A NEW SET OF COMPUTER MODELS FOR ANALYSING CWR	ESVELD CONSULTING SERVICES, Netherlands	ESVELD CONSULTING SERVICES	-	3
27	A numerical study of the lateral ballast resistance in railway tracks	1CHARMEC/Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology, Sweden	J. Rail and Rapid Transit	2006	19
28	Analysis of stability of continuously welded rail track with finite elements	Jiaotong University Department of Civil Engineering, China	J. Rail and Rapid Transit	2004	3
29	Analyses of Track Shift Under High-Speed Vehicle-Track Interaction	Department of Transportation, America	Department of Transportation	1997	20
30	Contribution of base, crib, and shoulder ballast to the lateral sliding resistance of railway track: a geotechnical perspective	University of Southampton, Southampton, UK	J. Rail and Rapid Transit	2011	26
31	Finite element model for dynamic analysis of Timoshenko beam	Department of Mechanical Engineering,	J. of sound and vibration	1975	113

번호	논문 또는 서적 제목	발표기관	저널 명 또는 출판사	발표연도	인용지수
		University of Surrey, Guildford, England			
32	Vibrations of a Timoshenko beams, Using finite-element approach	Aerospace Corporation, America	J. of the acoustical society of america	1966	84
33	Convergence of consistently derived Timoshenko beam finite elements	Bell Telephone Laboratories, Whippany, New Jersey, U.S.A.	Int. J. for numerical methods in Engng	1972	77
34	Vertical dynamic interaction between train and track - influence of wheel and track imperfections	Division of Solid Mechanics, Chalmers University of Technology, S-412 96, Gothenburg, Sweden	J. of Sound and Vibration	1995	195
35	On the parametric excitation of the wheel/track system	Jiao Tong University, China	J. of Sound and Vibration	2004	72
36	An iterative solution method for dynamic response of bridge-vehicles systems	University of Liège, Belgium	Earthquake Engng and structural dynamics	1966	97
37	A numerical model for track vibration analysis using Timoshenko beam	-	J. of Structural Engng J. of Structural Engng JSCE	1998	-
38	An Investigation in to the dynamic effects on the track of wheelflats on railway vehicles	British Railways Research and Development Division, U.K.	J. Mech. Engng Sci	1979	152
39	Dynamic interaction between a lumped mass vehicle and a discretely supported continuous rail track	Southwest Jiaotong University, China	Computer & structures	1997	108
40	A dynamic model for the vertical interaction of the rail track and wagon system	Central Queensland University, Australia	Int. J. of Solids and Structures	2002	142
41	Three-dimensional train-track model for study of rail corrugation	Southwest Jiaotong University, China	J. of Sound and Vibration	2006	72
42	A finite element model of railway track and its application to the wheel flat problem	Concordia University, Canada	J. of Rail and Rapid Transit	1994	78
43	Three-dimensional train-track model for study of rail corrugation	Southwest Jiaotong University, China	Journal of Sound and Vibration	2006	72
44	Nonlinear three-dimensional wagon-track model for the investigation of rail corrugation initiation on curved track	Central Queensland University, Australia	Vehicle System Dynamics	2007	9
46	Vehicle-bridge interaction analysis under high-speed trains	Jiaotong University, China	Journal of Sound and Vibration	2008	72
47	Effects of speed, load and damping on the dynamic	National University of Ireland, University	Computers and	2008	58

번호	논문 또는 서적 제목	발표기관	저널 명 또는 출판사	발표연도	인용지수
	response of railway bridges and vehicles	Road, Ireland	Structures		
48	Lateral dynamic interaction analysis of a train-girder-pier system	Beijing Jiaotong University, China	Journal of Sound and Vibration	2008	18
49	Dynamic analysis of three-dimensional bridge high-speed train interactions using a wheelrail contact model	Department of Civil and Environmental System Engineering, Konkuk University, South Korea	Engineering Structures	2009	51
50	Fundamentals of vehicle-track coupled dynamics,	Southwest Jiaotong University, China	Vehicle System Dynamics	2009	91
51	Integral model for train-track-bridge interaction on the Sesia	Jiaotong University, Beijing, China	Computers and Structures	2012	18
52	Analysis of the lateral dynamic response of high pier viaducts under high-speed train travel	Pronter Ingenieria, Spain	Engineering Structures	2013	4
53	Determination of a reasonable impact factor for fatigue investigation of simple steel plate girder railway bridges	Construction Technology Consultant Co. Ltd., Korea	Engineering Structures	2012	12
54	Fragility analysis of track-on steel-plate-girder railway bridges in Korea	Korea Railroad Research Institute, South Korea	Engineering Structures	2011	11
55	Ride comfort of high-speed trains travelling over railway bridges	Mechanical Engineering Department, Iran	Vehicle System Dynamics	2005	34
56	Steady-state response and riding comfort of trains moving over a series of simply supported bridges	National Taiwan University, Republic of China	Engineering Structures	2003	80
57	Dynamic analysis of a coupled high-speed train and bridge system subjected to collision load	Jiaotong University, China	Journal of Sound and Vibration	2012	9
58	Dynamic analysis of train-bridge system subjected to non-uniform seismic excitations	Jiaotong University, China	Earthquake Engineering & Structural Dynamics	2006	62
59	Vibration of coupled train and cable-stayed bridge systems in cross winds	The Hong Kong Polytechnic University, China	Engineering Structures	2004	76
60	A semi-analytical/FEM model for predicting ground vibrations induced by high-speed train through continuous girder bridge	Jiaotong University, China	Journal of Mechanical Science and Technology	2012	11
61	ANALYSIS OF NOISE RADIATED BY HIGH-SPEED RAIWAY BRIDGE	Jiaotong University, China	Third International Conference on Transportation Engineering (ICTE)	2011	-
62	Concrete bridge-borne low-frequency noise simulation	Tongji University, China	Journal of Sound and	2012	21

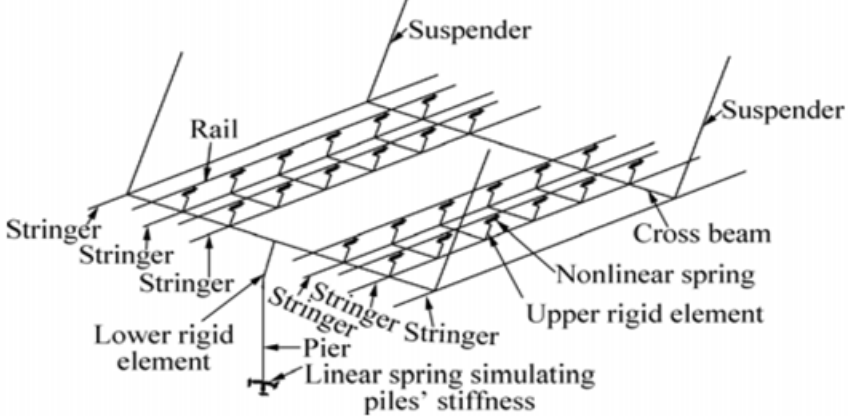
번호	논문 또는 서적 제목	발표기관	저널 명 또는 출판사	발표연도	인용지수
	based on train-track-bridge dynamic interaction		Vibration		
63	Structure-borne noise study of composite steel bridge on high-speed railway	Jiaotong University, China	Proceedings of the 9 th International Conference on Structural Dynamics, EURODYN	2014	-
64	Structure-borne noise of railway composite bridge: Numerical simulation and experimental validation	Jiaotong University, China	Journal of Sound and Vibration	2015	-
65	Sound emission comparisons between the box-section and U-section concrete viaducts for elevated railway	Shanghai Jiaotong University, china	Noise Control Engineering Journal	2012	7
66	COST-GOVERNED TRACK INNOVATIONS	University of Technology Graz, Austria	8-th World congress on railway research		
67	INNOVATIONS IN RAILWAY TRACK	Delft University of Technology, Netherlands	Faculty of Civil Engineering, Section of Roads & Railways, TU Delft	-	-
68	Slab Track Systems for High-Speed Railways	Royal Institute of Technology, Sweden.	Royal Institute of Technology	2012	10
69	INNOTRACK-project reports	ERRI, EU	ERRI	-	-
70	A PROCEDURE FOR DESIGN AND OPTIMIZATION OF A RAILWAY TRACK STRUCTURE	Delft University of Technology, Netherlands	Delft University of Technology	1998	7
71	Long-term monitoring of steel railway bridge interaction with continuous welded rail	Czech Technical University, Czech Republic	Journal of Constructional Steel Research	2014	2
72	Guidelines for railway bridges dynamic measurements and calculation	Bridcap project team	UIC	-	-

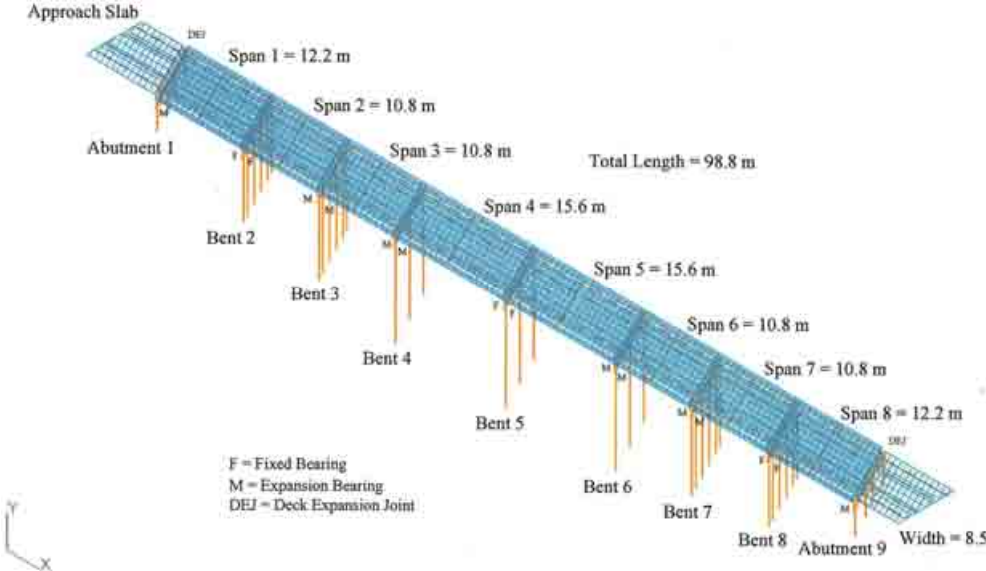
(2) 각 기술분류별로 2010년 이후에 발표된 논문 중에서 본 연구사업과 관련이 가장 크다고 판단되는 논문 리스트는 다음과 같다.

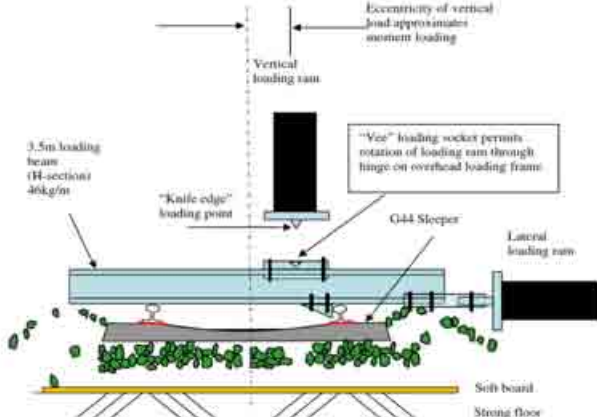
<최근 논문 현황 (5년 內 발표논문)>

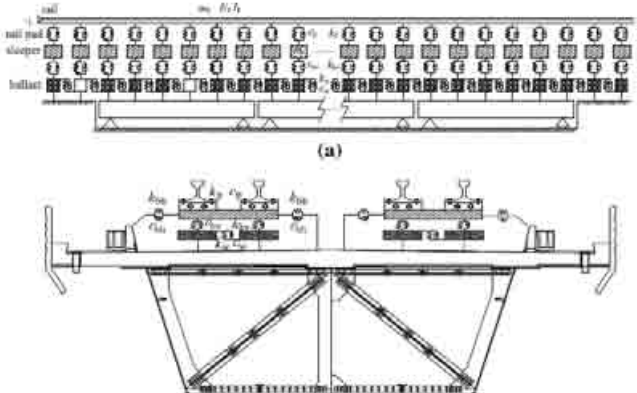
기술분류	참고문헌번호	논문제목	저널명	발표년도	피인용수
A	[5]	Sensitive factors research for track-bridge interaction of Long-span X-style steel-box arch bridge on high-speed railway	Journal of Central South University	2013	3
	[24]	Nonlinear Rail-Structure Interaction Analysis of an Elevated Skewed Steel Guideway	J. of Bridge Engineering	2011	11
	[30]	Contribution of base, crib, and shoulder ballast to the lateral sliding resistance of railway track: a geotechnical perspective	J. Rail and Rapid Transit	2011	26
B	[51]	Integral model for train-track-bridge interaction on the Sesia	Computers and Structures	2012	18
	[54]	Fragility analysis of track-on steel-plate-girder railway bridges in Korea	Engineering Structures	2011	11
	[62]	Concrete bridge-borne low-frequency noise simulation based on train-track-bridge dynamic interaction	Journal of Sound and Vibration	2012	21
C	[68]	Slab Track Systems for High-Speed Railways	Royal Institute of Technology	2012	10
D	[71]	Long-term monitoring of steel railway bridge interaction with continuous welded rail	Journal of Constructional Steel Research	2014	2

(3) 최근 논문 심층분석 (사례)

1	명칭	Sensitive factors research for track-bridge interaction of Long-span X-style steel-box arch bridge on high-speed railway					
저자	LIU Wen-shuo(刘文硕), DAI Gong-lian(戴公连), HE Xu-hui(何旭辉)	발표기관	J Cent South Univ, China				
저널	Journal of Central South University	발표연 도	2013	피인용 수	2		
대표도면							
주요 내용	<p>X-스타일 아치교량에 대한 장대레일에 대한 궤도 종저항법칙이 연구되었으며, 온도, 종저항력 모델, 종저항 구속조건, 아치리브의 경사, 교각 및 교대 강성, 레일 신축이음매 등과 같이 장대레일 축력에 큰 영향을 주는 요소들에 대한 비교 연구가 수행되었다. 해석결과 아치리브의 경사는 장대레일 축력에 별 영향을 주지 못 하지만, 궤도 종저항은 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었다.</p>						
논문요약	<p>X-style arch bridge on high-speed railways (HSR) is one kind of complicated long-span structure, and the track-bridge interaction is essential to ensure the safety and smoothness of HSR. Taking an X-style steel-box arch bridge with a main span of 450 m on HSR under construction for example, a new integrative mechanic model of rail-stringer-cross beam-suspender pier-foundation coupling system was established, adopting the nonlinear spring element simulating the longitudinal resistance between track and bridge. The transmission law of continuous welded rail (CWR) on the X-style arch bridge was researched, and comparative study was carried out to discuss the influence of several sensitive factors, such as the temperature load case, the longitudinal resistance model, the scheme of longitudinal restraint conditions, the introverted inclination of arch rib, the stiffness of pier and abutment and the location of the rail expansion device. Calculating results indicate that the longitudinal resistance has a significant impact upon the longitudinal forces of CWR on this kind of bridge, while the arch rib's inclination has little effect. Besides, temperature variation of arch ribs and suspenders should be taken into account in the calculation. Selecting the restraint system without longitudinally-fixed bearing and setting the rail expansion devices on both ends are more reasonable.</p>						

2	명칭	Nonlinear Rail-Structure Interaction Analysis of an Elevated Skewed Steel Guideway					
저자	Roman Okelo, Ph.D., P.E., M.ASCE; and Afisu Olabimtan, P.E., M.ASCE	발표기관	APM & Assoc., Inc., America				
저널	Journal of Bridge Engineering	발표연 도	2011	피인용 수	11		
대표도면							
주요 내용	<p>장대레일 축력 메커니즘을 보다 잘 이해하기 위하여 직선 및 사선 강재 가이드웨이에 대한 비선형 3차원 유한요소 해석이 상용프로그램인 GT STRUDL을 사용하여 수행되었다. 고려된 하중케이스는 온도변화, 레일파단을 동반하는 온도변화, 그리고 제동하중 등이다. 결과는 교량길이에 따른 레일축응력으로 나타내졌으며, 교대 및 교각에서 교좌장치에 작용하는 하중이 계산되었다. 연구결과로부터 3차원 비선형모델링은 레일-구조물 상호작용력을 상세히 분석하는데 잘 활용될 수 있는 것을 알 수 있었다.</p>						
논문요약	<p>The use of continuous welded rail (CWR) with direct fixation of track on concrete deck is typical of most modern light-rail aerial structures. The interaction between the CWR and the elevated structure takes place through direct-fixation rail fasteners, which have a nonlinear force-displacement relationship. Factors that have significant influence on this interaction include the following: the bearing arrangement at the substructure units, trackwork terminating on the aerial structure, type of deck construction, and type of rail fasteners. To better understand the interaction mechanism, a nonlinear three-dimensional (3D) finite-element analysis of a straight, skewed, elevated steel guideway was carried out using the commercially available software GT STRUDL. The load cases considered in this study are temperature change, temperature change with rail breaking, and train braking. Results are presented in the form of rail axial stresses along the length of the bridge and normal bearing forces at both abutments and at all pier locations. The study shows that nonlinear 3D modeling can give a comprehensive insight into the rail-structure interaction (RSI) forces.</p>						

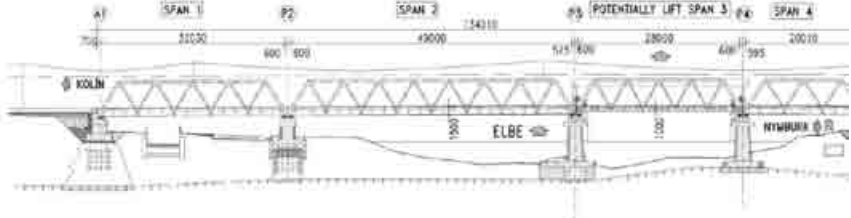

3	명칭	Contribution of base, crib, and shoulder ballast to the lateral sliding resistance of railway track: a geotechnical perspective				
저자	LMLe Pen and WPowrie	발표기관	Contribution of base, crib, and shoulder ballast to the lateral sliding resistance of railway track: a geotechnical perspective			
저널	J. Rail and Rapid Transit	발표연 도	2011	피인용 수	26	
대표도면						
주요 내용	<p>자갈 인터페이스에 대한 침목의 거동이 실제 차량의 대표하중 조합을 재현할 수 있는 장치를 사용한 시험을 통하여 조사되었다. 본 논문은 침목저면, 측면, 도상어깨 등이 총 미끄럼저항에 기여하는 상대적 량에 대한 시험결과를 나타낸다. 침목의 파문힌 형상, 도상어깨의 다양한 크기에 따른 도상저항력을 평가할 수 있는 새로운 계산방법이 제시된다. 실험과 계산 결과는 서로, 그리고 타문헌결과와 비교되며, 합리적으로 일치하는 도상저항 거동패턴이 규명된다.</p>					
논문요약	<p>The sleeper to ballast interface plays a crucial role in the stability of ballasted railway track, transferring both vertical and lateral loads safely from the superstructure to the sub-base. However, current conceptual models for the behaviour of the interface are incomplete and too simplistic to assess the response of the track system to the loads exerted by modern trains. For example, the increased curving speeds associated with tilting trains introduce potentially significant combinations of vertical, lateral, and moment loading which are not explicitly considered in current assessment procedures. Also, the relative contributions of the base, crib, and shoulder ballast to lateral sliding resistance are at present poorly quantified. The behaviour of the sleeper to ballast interface was investigated in a series of tests in an apparatus capable of applying combinations of load representative of real trains. This article presents test data quantifying the relative contributions to total sliding resistance of the base, crib, and shoulder. New calculations are presented, which enable the resistance from the crib and various sizes of shoulder ballast to be quantified. The results of the experiments and calculations are compared with each other and with the literature, and reasonably consistent patterns of behaviour are identified.</p>					

4	명칭	Integral model for train-track-bridge interaction on the Sesia				
저자	W.W. Guo, H. Xia, G. De Roeck, K. Liu	발표기관	Jiaotong University, Beijing, China			
저널	Computers and Structures	발표연 도	2012	피인용 수	18	
대표도면						
주요 내용	<p>차량-교량 조합시스템의 3차원 동적해석모델이 제시된다. 차량은 다물체 동역학으로 모델링되며, 4개 차축 차량이 27자유도로 모의된다. 교량 서브시스템을 모델링하기 위하여 궤도시스템의 탄성 및 연속성을 고려한 3차원 레일-자갈-보 유한요소가 개발된다. 차량과 교량의 상호작용력은 차륜과 궤도의 접촉력으로 실현된다. 제안된 해석모델은 이탈리아 Sesia 교량에 적용되었으며, ETR500Y 고속차량에 의한 교량의 거동이 계산된다. 차량-교량시스템에 대한 차량의 공진속도가 검토되며, 교량위에서 차량의 주행안전과 안정성이 평가된다.</p>					
논문요약	<p>A 3-D dynamic analysis model for a coupled train-bridge system is established. The vehicle subsystem is modeled by multibody dynamics and each 4-axle coach is simulated as a 27-degree-of-freedom model. Track irregularities and wheel hunting are included. The track irregularities are generated with the German high-speed track spectra, whereas the wheel hunting is simulated by a sinusoidal function with a random phase. The equations of motion of the coupled train-bridge system are derived by representing the bridge subsystem through its vibration modes. The proposed formulations are then applied to the Sesia viaduct located on the new Italian high-speed line between Torino and Milano. The dynamic responses of the bridge subjected to an Italian high-speed ETR500Y train are calculated and some results are compared with the measured data. The resonant train speed of the train-bridge system is discussed, and the running safety and the stability of the train vehicles on the bridge are evaluated. The results show that the Sesia viaduct is stiff enough in both vertical and lateral directions, fulfilling the design criteria for high-speed train passage. The numerical method proposed in this paper can be used to predict efficiently the dynamic behavior of coupled train-bridge systems with reasonable computational effort.</p>					

5	명칭	Fragility analysis of track-on steel-plate-girder railway bridges in Korea					
저자	Joonam Park, Eunsoo Choi	발표기관	Korea Institute,	Railroad	Research	South Korea	
저널	Engineering Structures	발표연 도	2011	피인용 수	11		
대표도면							
주요 내용	<p>본 논문에서는 대한민국에 있는 TOSPG 교량에 대한 seismic fragility curves가 개발된다. Fragility curves은 먼저 교량 구성품에 대하여 확률론적 지진 요구모델을 사용하여 개발된다. 개발된 component fragility curves는 교좌장치가 지진하중에 대하여 가장 취약함을 보여준다. 한편으로 교각은 보강철근이 없지만 별로 취약하지 않음을 알 수 있다.</p>						
논문요약	<p>More than 40% of the bridges in conventional Korean railway lines are track-on steel-plate-girder (TOSPG) bridges. They are characterized by a superstructure consisting of railway tracks sitting directly on steel plate girders without any ballast system. Most of these bridges have been designed with little or no consideration given to seismic loading. In this paper, seismic fragility curves of TOSPG bridges in Korea are developed. Fragility curves are developed first for the components, by using the probabilistic seismic demand model. The developed component fragility curves show that the bearings are the most vulnerable components of the TOSPG bridges against seismic loading. On the other hand, the piers are much less vulnerable, although they contain no reinforcing bars. This is because the superstructure mass is very light, and therefore horizontal loading transferred from the superstructure to the piers is minimal. A generic damage measure is introduced for measuring the system-level damage of structures out of the component-level damages. The system fragility curves are then developed, using the generic damage measure. Finally, representation of seismic risk in terms of expected seismic losses is demonstrated. This demonstration shows how the fragility analysis is utilized for risk assessment and support in decision-making.</p>						

6	명칭	Concrete bridge-borne low-frequency noise simulation based on train-track-bridge dynamic interaction				
저자	Q. Li, Y.L.Xu, D.J.Wu	발표기관	Tongji University, China			
저널	Journal of Sound and Vibration	발표연 도	2012	피인용 수	21	
대표도면	<p>Fig. 1. Schema of numerical simulation procedure for bridge-borne low-frequency noise field.</p>					
주요 내용	<p>본 논문에서는 시간영역 교량진동 계산과 주파수영역 교량 발생소음 시뮬레이션 사이의 갭을 연결함으로써 콘크리트 교량에서 발생하는 저주파 소음의 다양한 특성을 얻는 일반 절차를 제시한다. 먼저 일시적인 차량-궤도-교량 동적 상호작용 문제를 풀기위하여 유한요소법이 사용된다. 다음으로 주파수중속 모달 음향 전달 벡터(Modal Acoustic Transfer Vectors; MATVs)을 찾기 위하여 경계요소법이 적용된다. 시간-주파수 변환을 걸쳐 최종적으로 시간영역 음압이 얻어진다. 제안된 절차는 지상 구간 철도의 U-형 콘크리트교량에서 교량 가속도 및 교량발생소음을 계산하기 위하여 적용된다. 계산결과는 계측결과와 비교된다.</p>					
논문요약	<p>This paper presents a general procedure for obtaining various characteristics of concrete bridge-borne low-frequency noise by bridging the gap between time-domain bridge vibration computation and frequency-domain bridge-borne noise simulation. The finite element method(FEM) is first used to solve the transient train, track, bridge dynamic interaction problem, with an emphasis on the local vibration of the bridge. The boundary element method(BEM) is then applied to find the frequency-dependent modal acoustic transfer vectors(MATVs). The time-domain sound pressure is finally obtained with the help of time-frequency transforms. The proposed procedure is applied to areal urban rail transit U-shaped concrete bridge to compute the bridge acceleration and bridge-borne noise, and these results are compared with the field measurement results. Both sets of results show the proposed procedure to be feasible and accurate and the dominant frequencies of concrete bridge-borne noise to range from 32 Hz to100 Hz.</p>					

7	명칭	Slab Track Systems for High-Speed Railways				
저자	Georgios Michas	발표기관	Royal Institute of Technology, Sweden			
저널	Royal Institute of Technology	발표연도	2012	피인용수	10	
대표도면						
주요 내용	<p>본 연구에서는 현재 사용하고 있는 4개 유형의 무도상 궤도시스템을 대상으로 효율적 사용을 위한 요구조건 및 설계 특성등에 대하여 심도 있게 분석한다. 무도상 궤도의 가장 큰 장점은 높은 안정성 및 유지보수의 불필요, 그리고 낮은 궤도 높이라 할 수 있다. 유한요소 해석프로그램 ABAQUS/CAE 정적 차량하중하을 받는 궤도를 3차원으로 모델링하기 위하여 사용된다. 해석결과로부터 슬래브궤도는 자갈도상 궤도에 비하여 안정성 및 내구성이 매우 우수한 것을 알 수 있다.</p>					
논문요약	<p>This study examines in depth the various slab track systems that are being used today. Their design characteristics as well as the various requirements for efficient use are thoroughly explained. At least 34 different ballastless systems have been recorded in many railway networks throughout the world. The most significant slab track systems are analysed in detail and compared. Slab track designs have significant advantages comparing to ballasted tracks. The most significant are the high stability of the track, the almost non-existent need for maintenance, the long life cycle (60 years) and the reduced weight and height of the track. Their disadvantages against the ballasted tracks are mainly summarized in their higher construction costs. The Finite Element package ABAQUS/CAE is used to model a 3-D slab track design under static traffic loading. The results suggest that slab tracks have profoundly better stability and durability comparing to ballasted tracks mainly due to their higher stiffness and strength. The author underlines the need for further studies to undoubtedly prove the claimed advantages of slab track systems as well as to improve the costs associated with construction.</p>					

8	명칭	Long-term monitoring of steel railway bridge interaction with continuous welded rail					
저자	Pavel Ryjáček, Miroslav Vokáč	발표기관	Czech Technical University, Czech Republic				
저널	Journal of Constructional Steel Research	발표연 도	2014	피인용 수	2		
대표도면	 <p style="text-align: center;">Fig. 1. Bridge elevation.</p> 						
주요 내용	<p>장대레일 축력은 레일의 파단 또는 좌굴을 유발하기 때문에 정밀해석이 매우 중요하나 해석을 위하여 필요한 입력제원을 얻기가 매우 어렵고 또한 언더라도 값의 변화가 매우 크다. 본 논문에서는 레일 교량 상호작용에 대한 장기적인 모니터링이 무도상궤도를 대상으로 시행된다. 교량상 장대레일 축력에 대한 모니터링 결과를 비롯하여 해석 및 평가결과가 제시된다.</p>						
논문요약	<p>The continuous welded rail (CWR) is nowadays standardly used on almost all modern railway bridges. However, its placement results in an interaction between CWR and the structure, which brings not only longitudinal forces on the substructure, but also significant additional stresses in the rail. These stresses can result either in the rail break, or in a track buckling. Unfortunately, input parameters for performing a numerical analysis are hardly accessible and they vary significantly in different sources. Because of that, an extensive long-time monitoring of the rail-bridge interaction was performed on a bridge with an unusual combination of ballasted track, direct fastening and a barrier in the ballast. The paper presents the results of the monitoring and shows the analysis and evaluation of formulas, defining the fastening nonlinear stiffness of track to the bridge connection. The influence of the temperature on the ballast stiffness is also analysed.</p>						

5절 SWOT분석

추가 기술과 사업화와의 연관성을 파악하기 위하여 SWOT분석을 수행하였다. 강점(strength)과 약점(weakness), 기회(opportunity)와 위협(threat)요인을 규정하였다.

<p>강점</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경 교통수단인 철도투자 확대 - 레일이음매 존재에 따른 단점 (활하중에 의한 충격하중, 교좌부의 잦은 손상, 동적성능 저하, 선로유지비 과다소요, 차륜 손상 등) 개선 - 친환경/고효율 에너지 운송서비스 제공 - 공사비 저감, 공사기간 단축 - 연구개발 집중화 - 철도기술 전문개발인력 - 운영 노하우 등을 갖춘 철도시스템 전문 인력 보유 	<p>약점</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 일반철도 수송경쟁력 약화 - 철도시설 분야의 안전에대한 우려로 새로운기술 적용 회피 - 철도선진국과 비교하여 철도기술의 상대적 약세 - 판형교량 안전성 검토 및 강재 피로수명 예측이 필요함.
<p>기회 요인</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 철도교량 환경소음규제 - 궤도구조를 최소한으로 개량하거나 신형식 궤도구조로 교체하여 레일을 장대화하는 기술 - 본기술은 판형교량의 문제점을 종합적으로 개선시킬 수 있는 기술임 - 공간적 제한 범위가 거의 없으며, 기존의 유도상화 공법에 비하여 비용이 매우 저렴. - 기존 강교의 유지보수 비용 저감 가능 	<p>위협 요인</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 교량구조개선(무도상판형교의 유도상화)에 의한 기술개발 대상교량의 감소 - 철도시설관리 운영시 안전성측면에서의 유도상화 선호 성향 - 판형교의 노후화로 인한 면밀한 분석 및 필요시 판형교 보강이 필요함.

본 기술은 철도현장의 취약 구조물인 판형교량을 유도상화 및 레일장대화를 구현할 수 있는 기술이다. 기존 공법에 비해 경제적이며, 공기도 단축할 수 있어 국가 경제에 이바지 할 수 있으며, 한국철도공사 등과 협조하여 철도 후진국에 기술 수출 및 기술 이전 등을 통하여 국가 브랜드를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

6절 일반철도 무도상(판형교, 트러스교) 유지보수 현황

1. 유지보수의 정의

- 철도시설 유지보수 관련법에서 정의하는 유지보수는 개량까지 포함하고 있음
- 「철도산업발전기본법」에서는 유지보수를 “기존 철도시설의 현상유지 및 성능향상을 위한 점검·보수·교체·개량 등 일상적인 활동”으로 정의
- 「시설물의안전관리에관한특별법」에서 유지관리는 “완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 시간경과에 따라 요구되는 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동”으로 정의하고 있으나 일반적으로 유지보수와 개량은 그 개념에 차이가 있음
- 소규모 재료의 교환은 유지보수로 볼 수 있으나 대규모 시설 개선 등을 포함하는 개량은 유지보수라 할 수 없음 따라서 본 연구에서는 무도상교량(판형교, 트러스교)의 유지보수비용을 산출함에 있어 유지보수의 개념을 다음과 같이 정의함
시설물의 기능을 보전하고 시설물이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 시간경과에 따라 요구되는 시설물의 보수·보강에 필요한 활동으로 정의하여 작업실적을 통한 기존 무도상교량에 대한 유지보수 비용을 산출 하였음

2. 2015년 한국철도공사 유지보수 비용 산출

- 레일이음매의 제거로 충격진동이 현격히 저감됨에 따라 차량, 궤도, 교량의 손상이 크게 저감되며, 그에 따라 유지보수비 절감
- 각 지역본부 무도상교량(판형교, 트러스교) 작업실적 분석 결과 각 지역본부에서 무도상교량에 투입한 작업인원은 2014년~2015년 2년동안 총 14,630명, 작업시간은 18,898시간임
- 유지보수 비용 산출
한국철도공사 평균임금 국가R&D현물부담 계상기준(4급 21호봉 기준 연급여 약 7,000만원, 월급여 약 585만원, 일급여 585/30 약 20만원)적용 시 무도상교량(판형교, 트러스교) 최근 2년 2015~2015년 유지보수 인건비 약 90억원 소요
- 본과제의 성과물 적용시 연간 일반철도 무도상교량(판형교, 트러스교) 유지보수 인건비용 절감 25억(50%인건비 절감 적용)+재료비+기타교량 각 부재(교좌장치, 보자리, 거더 등) 파손저감 효과 발생

7절 국내 연구개발 인프라 분석

1. 주요연구 기자재 및 시설

연구수행 기관	연구기자재 및 연구시설명	규격	수량	활용용도	보유기관	확보방안	비고
주관 - 철도공사	윤중검증기	1-RTN0.05/10T	1	윤중 및 횡압하중 검증	한국철도공사	보유	
	진동가속도계	5G	4	가속도 측정	한국철도공사	보유	
	진동가속도계	50G	2	가속도 측정	한국철도공사	보유	
	진동가속도계	100G	2	가속도 측정	한국철도공사	보유	
	변위계	50mm	4	변위 측정	한국철도공사	보유	
	대형DAQ	SCXI 플랫폼	1	궤도 동적거동 data 취득	한국철도공사	보유	
	소형DAQ	1-MX840	1	윤중 및 횡압 data 취득	한국철도공사	보유	
	도상형저항 측정기	teikokun II	1	도상형저항력 측정	한국철도공사	보유	
	노트북	hp nx8420_2	1	궤도부담력 등 data취득 및 분석	한국철도공사	보유	
	노트북	삼성 nt-q45	1	궤도부담력 등 data취득 및 분석	한국철도공사	보유	
	노트북	후지쯔 p1610prm	1	궤도부담력 등 data취득 및 분석	한국철도공사	보유	
	분기기 검측장비	SPG-1	1	분기기 유지보수 효율화와 과학화	한국철도공사	보유	
	레일축력 측정기	VERSE	1	레일중위온도 측정	한국철도공사	보유	
직진도검사기	RAILPROF	1	레일의 직진검측	한국철도공사	보유		
공동 철도연	레일체결장치 다축피로시험기	set	1	피로시험	한국철도기술연구원	보유	
	궤도/노반/구조 종합성능시험기	set	1	성능시험	한국철도기술연구원	보유	
	고속 레일/차륜 접촉시험기	set	1	레일차륜접촉시험	한국철도기술연구원	보유	
	대형 진동 삼축압축시험기	set	1	진동시험	한국철도기술연구원	보유	
	다자유도 가진진동대	set	1	가진시험	한국철도기술연구원	보유	
	철도	set	1	구조시험	한국철도기술연구원	보유	

구조성능 평가시험기					연구원		
레일피로시험기	set	1	레일피로시험	한국철도기술 연구원	보유		
궤도검측기(Track Master)	set	1	궤도틀림측정	한국철도기술 연구원	보유		
진동측정장치	set	1	진동시험	한국철도기술 연구원	보유		
자주식 윤하중 시험기	set	1	레일윤하중측정	한국철도기술 연구원	보유		
토조시험장치	set	1	토조시험	한국철도기술 연구원	보유		
동적데이터 측정장치	set	1	응력가속도측정시 험	한국철도기술 연구원	보유		
철도교량용 가진기 시스템 제작	set	1	가진시험	한국철도기술 연구원	보유		
동적시험분석 기(Dynamic Signal Analyzer)	set	1	응력,가속도측정	한국철도기술 연구원	보유		
윤증검증기	set	1	윤증측정	한국철도기술 연구원	보유		

8절 종합분석

1. 기술개발 동향 및 환경분석에 따른 주요 시사점

- 가. 특히 분석결과 본 연구사업과 관련된 국내외 특허는 매우 적기 때문에, 본 연구 사업을 통하여 무도상 교량에서 기존 궤도구조를 대체할 수 있는 효율적인 궤도 구조 및 이에 대한 운행선 상 시공법이 개발될 경우 다량의 국내외 특허를 확보 하게 될 것으로 판단됨.
- 나. 논문 분석결과 교량 상 장대레일 해석 및 설계, 사용성 및 환경성 평가, 사용성 및 소음/진동 평가 등에서 많은 논문이 발표되었지만 판형교 또는 트러스교를 성능개선을 목표로 연구되어진 사례는 적음. 따라서 본 연구사업이 성공적으로 수행될 경우 관련분야에서 국제적 경쟁력을 확보할 것으로 판단됨.
- 다. 시장 분석결과 사업성과를 반영할 있는 내수시장이 형성되어 있으며, 특히 북한 에도 다수의 판형교가 존재하므로 통일될 경우 북한철도 개량사업에 잘 활용될 수 있을 것으로 판단됨.
- 라. 정책동향 분석결과 녹색물류네트워크 구축과 경쟁력 강화를 통해 철도 수송분담 률 제고를 위해 본과제는 반드시 필요하며, 이러한 긍정적인 효과들이 국가경쟁 력 향상 및 국가정책을 실현하는데 크게 도움될것이라 판단됨

2. 기획 자문 위원회 결과

가. 1차 기획 자문위원회 개최 현황

- 1) 일 시 : '16. 2. 19.(금), 16:00~18:00
- 2) 장 소 : 한국철도공사 본사 회의실(개나리실)
- 3) 자문위원 :

소 속	직 위	성 명	전문분야
KRTC	부사장	이기승	구조공학, 철도설계
충남대학교	교수	임남형	구조공학, 강구조
송원대학교	교수	김응록	토목구조동역학
동명기술단	전무	배강민	토목구조
항공철도사고조사위원회	조사관	김인재	궤도, 철도계획

4) 주요자문안건 :

- 연구추진현황 및 연구성과 중간 점검
- 진흥원 중간보고 대비 기술 분류체계(안) 검토 적정성 기술자문

5) 1차 자문 위원회 주요 의견 :

구 분	주요 자문 의견
1위원	<ul style="list-style-type: none"> - 무도상 교량 장대레일화 기술개발은 적절하고 반드시 필요한 기술이라 판단됨 - 무도상 교량을 유도상화 하기 위한 비용대비 장대화 한 후 유지관리 비용등의 경감비용을 가급적 추정하더라도 정량적으로 제시 할것이 바람직함 - 대상구조물의 건전성 판단에 있어 시설물 유지관리 기관에서 획득한 자료 이외에도 구조적 안전성 확보를 반드시 확인이 필요함 - 열차의 주행안전성 평가 시험 및 소음진동 저감 효과를 확인 하기 위한 시험에서는 충분한 구분이 가능하도록 연장이 확보되어야 할 것임
2위원	<ul style="list-style-type: none"> - 기 연구된 강교 장대레일화에 대한 문제점 고찰 필요 - 영종대교등 강교상에 부설된 부도상 궤도의 상태 분석 필요 - 무도상교량의 특성 분석을 장대레일 축력해석을 통해 주요부재 및 요소에 대한 물성치 변위 변동 가능폭등을 도출하여 기술개발에 필요한 항목 도출하여 연구할수 있는 프로세스 정립(하중 증가 한계, 교량받침의 종방향 힘 허용범위, 체결력의 요구조건 등) 필요 - 기존의 교량 침목을 그대로 사용할 경우 경제성 파악 필요 - 1세부 과제에 대한 프로세스를 보다 명확하게 기술 필요(궤도,교량 종방향 상호작용 해석 및 상태평가)
3위원	<ul style="list-style-type: none"> - 무도상 교량을 장대레일화 할 경우 교량구조에 작용하는 장대레일 종하중 값에 대한 정립 필요(현 철도설계기준상 도상의 종류에 따라 그 값의 차이가 있는 점을 고려할 때 계측 및 외국기준 사례조사 등을 거쳐 기준 정립 필요) - 구조형식별 및 경간장 별 그룹화 하여 표준 타입을 선정하여 장대레일 종하중 추가에 따른 구조안전성을 검토하고, 교차받침 및 하부구조에 있어서 구조안정성 미확보 케이스에 대한 보강방안을 대표 타입별로 제시함이 필요(노후 교량의 경우 현기준으로 내진설계, 시제동하중, 장대레일 종하중 재하시 구조검토에서 NG가 날 가능성이 매우큰 예산 여건상 내진성능까지 만족시킬수 없는 경우에는 상시검토만으로 접근하는것도 고려해볼 필요가 있음) - 기존선 무도상 교량의 경우 선형조건이 불량한 곡선상에 가설되는 개소

	가 다수이므로 과제 수행시 레일 허용응력 감소가 불가피한 곡선구간에 대해서도 검토가 필요
4위원	<ul style="list-style-type: none"> - 연구의 범위 및 목표는 기존선 교량 개량을 위하여 필요한 연구과제 이며 현장에서 필요한 연구임 - 연구과제의 제목은 '강형교량침목 무도상.....' 으로 구체화 하는 것을 검토 - 현장에 거더의 종류가 다양하고 동일교량에서도 거더의 덮개판 수량이 다르게 되어 있어 각종 모든 교량을 대상으로 연구하기 보다는 일정한 조건을 갖춘 범위의 교량에 대하여 개량 방법을 연구 하는 것을 검토 - 궤도와 거더사이에 탄성재료를 사용하는 것보다는 레일체결장치에서 탄성을 부여하는 것이 효율적일수 있으므로 검토
5위원	<ul style="list-style-type: none"> - 개발하고자 하는 체결장치와 궤도시스템이 현재 노후화된 판형교와 트러스교에 적용할 수 있는지에 대한 검토 연구가 1차년도에 집중 수행되어야 함 - 교량상 장대레일 궤도의 안정성 검토 해석을 위한 물성치 확보가 매우 중요함

나. 2차 기획 자문위원회 개최 현황

- 1) 일 시 : '16. 4. 12.(화), 16:00~18:00
- 2) 장 소 : 한국철도공사 본사 7층 701호 회의실
- 3) 자문위원 :

소 속	직 위	성 명	전문분야
우송대학교	교수	정찬묵	구조공학, 철도공학
선구엔지니어링	대표이사	강윤식	구조공학, 건설재료
도하엔지니어링	부사장	홍철기	철도공학
KRTC	부사장	김재학	토목공학, 철도용품
한국철도시설공단	부장	유진영	궤도, 철도계획

- 4) 주요자문안건 :
 - 연구추진현황 및 연구성과 중간 점검
 - 진흥원 최종보고 대비 기술 분류체계(안) 검토 적정성 기술자문

5) 2차 자문 위원회 주요 의견 :

구 분	주요 자문 의견
1위원	<ul style="list-style-type: none"> - 무도상 교량 장대레일화 기술개발 기회과제는 매우 바람직하고 우리의 현안과제라고 판단 또한 나아가 본과제는 원천기술의 확보측면에서도 기술개발이 시급히 요구되는 사항임 - 본과제시 세부과제 시행과정에서 다소 미흡한 사항을 연구 수행 바람
2위원	<ul style="list-style-type: none"> - 1세부 무도상교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발은 해석한 내용 결과와 실제 거동간의 차이에 대한 고려 필요, 해석 모델링시 온도변화, 차량하중, 변동, 거더변위에 따른 체결구 흑크볼트 등의 연결장치가 시간경과에 따른 변화 등에 대한 고려가 필요, 침목 재료 균질성을 위해서 합성수지 침목 고려 필요 - 2세부 : 주로 체결장치 보완에 의한 장대화는 특정한 구간(유도상화 불가능한 구간)에만 선별적으로 적용 - 3세부 : 강거더 일체형 신형식 궤도구조 개발은 궤도와 교량거더의 연결방법을 운행중에 어떻게 할 수 있는지 검토 필요 - 2세부는 가급적 유도상화 하고 최소만 적용 3세부는 특정한 위치(예, 한강철교) 목표로 시행
3위원	<ul style="list-style-type: none"> - 교량에서 레일이음매가 설치되어 있고 도상이 미설치된 교량의 경우, 열차의 진동, 소음이 교량의 내구성을 저하시키면서 민원이 많은 실정임을 감안할 때 레일이음매를 없애면서 장대레일화 하는 본연구는 매우 중요하다고 판단됨 - 세부과제의 구성(1세부, 2세부, 3세부)도 적절하여 본 연구가 성공리에 완성되면 철도교량의 유지관리에 크게 기여 할 것으로 판단됨
4위원	<ul style="list-style-type: none"> - 2세부 연구과제는 기존선에 사용중이 체결장치 및 침목 하부에 설치하는 탄성패드 개량에 관한 사항으로 침목 하부 탄성받침 적용시 침목 고정방식도 효과적으로 개선하여 탄성받침의 안정적인 유지방안도 검토 되어야 함 - 3세부 연구과제인 신형식 궤도구조 개발 및 적용은 사용목적이 신설선이 아닌 기존 운행선 구간에 적용하므로 장대화 성능 확보 뿐만 아니라 시공방안도 중요하므로 이에 대한 상세 시공방안 강구가 철저히 수행되어야 할 것으로 판단됨
5위원	<ul style="list-style-type: none"> - 일반철도 속도향상 추세에 따라 기존 무도상교량의 장대레일화 및 궤도안정성 향상을 위한 연구개발 필요 - 새로운 시스템 개발은 설계,시공,유지보수 단계별로 구체적으로 과업범위와 목표를 분류화, 그룹핑하여 실용화가 가능하도록 과업추진 필요

	<ul style="list-style-type: none"> - 연구범위를 교량상 궤도시스템에 한정하지 말고 교량접속부, 레일 변위에 의한 선형틀림, 온도하중에 의한 레일신축, 열차충격에 의한 궤도처짐 등의 보강방안도 병행검토 필요 - 장대레일 부가축력 해소는 침목, 거더 연결장치와 함께 활동체결장치, 저 체결력체결장치와 함께 사용하는 방안 검토 - 무도상교량 거더와 개발시스템 조합상태에서의 전기절연 성능 확인 필요 - 운행선 차단시간을 고려한 시공방법 연구 필요
--	--

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절 비전 및 목표

1. 비전

가. 노후 무도상 교량의 레일장대화 부설을 위한 혁신적 기술 확보를 통한 효율적인 철도 인프라의 성능개선 및 쾌적한 철도환경 조성

2. 목표

가. 노후 무도상 교량(판형교, 트러스교)의 레일장대화 부설을 위한 설계 및 성능평가 핵심기술 개발 및 기존 궤도구조를 개량하기 위한 중요 장치 및 강거더 일체형 신형식 궤도구조 개발

(1) 세부 목표

(가) 비용 절감형 레일장대화 공법 개발(무도상 교량의 유도상화 사업 사업비 대비 50% 비용 절감)

(나) 열차운영을 고려한 공사시간 최소화(무도상 교량의 유도상화 사업 공사시간 대비 50% 단축)

(다) 선로연변 쾌적성 향상을 위한 저진동/저소음 공법 개발(무도상교량 직하부에서 소음, 진동 10dB 저감)

2절 기술개발에 따른 미래상

1. 노후된 판형교 또는 트러스교에서 레일 이음매에서 발생하는 충격 소음이 현격하게 감소됨으로써 조성된 쾌적한 철도환경.

2. 레일이음매에서 발생하는 충격하중의 대폭적인 감소에 따른 차량, 궤도 및 교량의 유지보수비의 절감 및 그에 따른 향상된 철도사업성.

3. 속도 제한 요소로 작용했던 레일 이음매의 제거에 따른 열차속도 향상으로 증대된 철도 수송량 및 보다 효율화된 철도망.

4. 열차 운행 안전성 및 승객의 승차감 향상으로 향상된 고품질 철도서비스.
5. 남북 통일 시 무도상 교량 레일장대화 기술의 적용으로 저비용으로 신속하게 개선된 북한 철도 인프라.
6. 궤도 또는 교량 관련 기업체의 다양화된 사업아이템 및 증대된 철도기술의 해외 진출

3절 연구개발 과제 구성

1. 기술의 정의

- 가. 현재 기존선에는 자갈도상 없이 거더에 침목이 직결되어 있는 무도상 교량인 판형교(443개소, 29,995m), 트러스교(11 개소, 6,588m)등 많은 등이 다수 존재하나, 무도상교량은 대부분 일제시대에 건설되어 교량 및 궤도 상태가 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있음.
- 나. 판형교 일부가 유도상화 사업을 통하여 레일장대화가 이루어지고 있지만 사업 추진이 매우 느리게 진행되고 있어 장기적으로 상당수가 비장대화 상태로 놓이게 될 전망이며, 트러스교의 경우는 아예 레일장대화 사업에 포함되어 있지 않음.
- 다. 장대레일 부설불가에 따라서 교량상에 다수의 레일이음매의 존재로 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생(최소 10dB 이상)함에 따라서 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있음.
- 라. 차륜이 이음매통과를 통과할 때 발생하는 매우 큰 충격하중으로 궤도 파손 및 차륜 손상으로 유지보수비가 높게 발생하고 있으며, 승객의 승차감 및 차량의 주행안전성 저하와 열차속도 제한 등에 따라서 철도 대외경쟁력 저하요인.
- 마. 따라서 무도상 교량 레일장대화 기술은 건설연도가 오래되어 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있는 판형교, 트러스교 등 무도상교량(도상자갈이 없는 교량)에 대하여 저비용으로 신속하게 레일을 장대화하기 위한 제반기술로 정의.



무도상 트러스교 장대화

2. 연구개발과제의 구성 체계

가. 1 세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

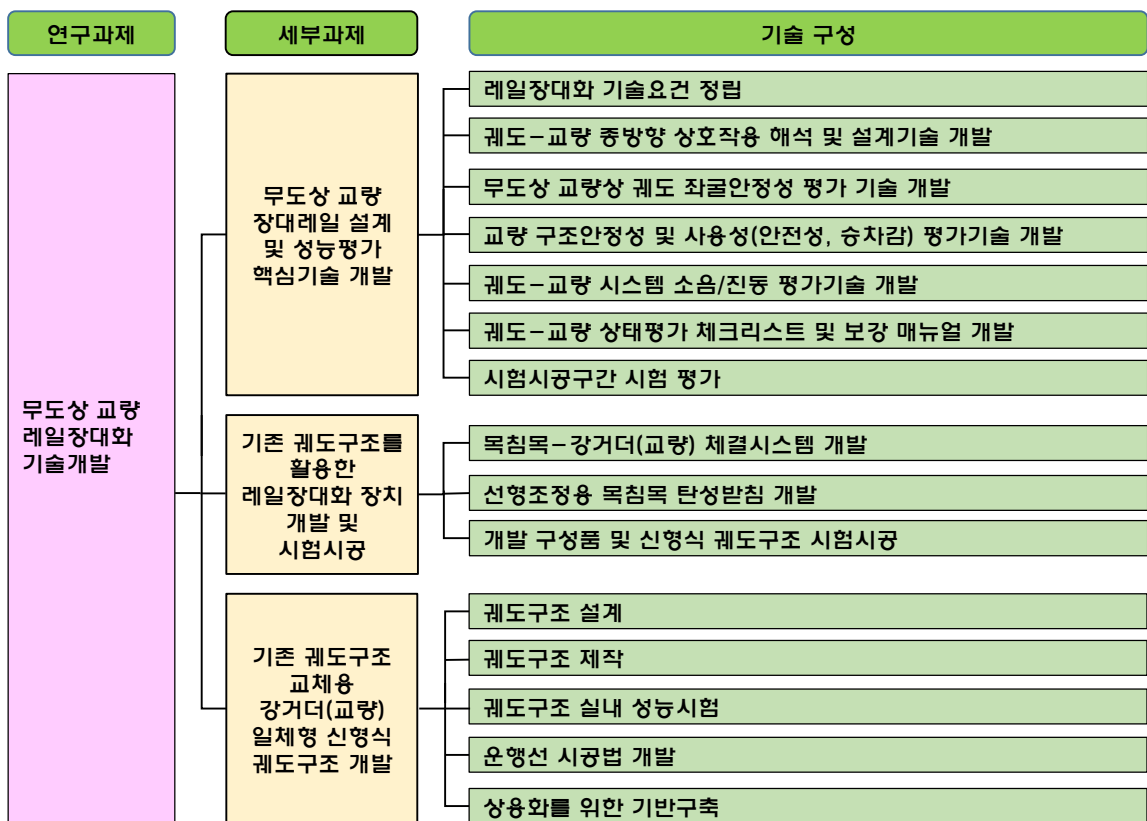
- (1) 레일장대화 기술요건 정립
- (2) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발
- (3) 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발
- (4) 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발
- (5) 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발
- (6) 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발
- (7) 시험시공구간 궤도-교량시스템 성능평가

나. 2 세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

- (1) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
- (2) 선형조정용 목침목 탄성받침 개발
- (3) 개발 장치 및 궤도구조 시험시공

다. 3 세부과제: 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

- (1) 궤도구조 설계
- (2) 궤도구조 제작
- (3) 궤도구조 실내 성능평가
- (4) 운행선 시공법 개발
- (5) 상용화 기반 구축



<그림 3.1 연구개발과제 구성 체계>

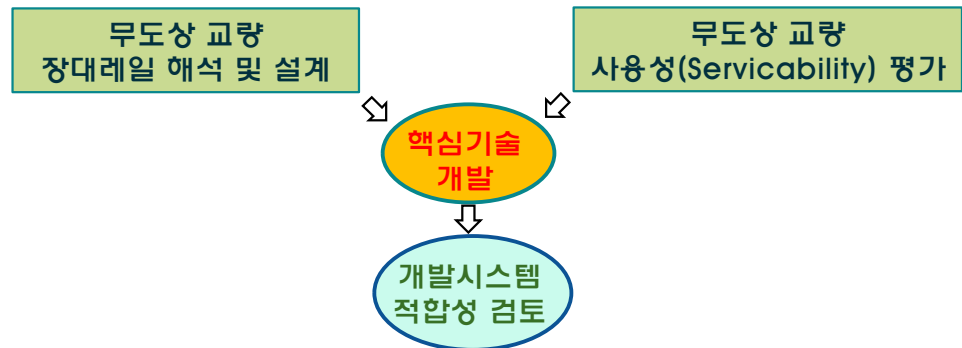
4절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 주요내용

가. 1 세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

(1) 세부과제 연구목표

(가) 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 구조적 특성 및 상태를 반영한 장대레일 설계 및 사용성 평가에 필요한 핵심기술의 개발과, 기술 적용을 통한 개발시스템의 적합성 검토 및 성능 제고.

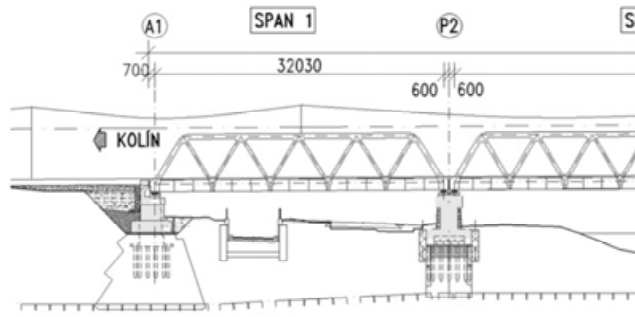


<1세부과제 기술의 구성 체계>

(2) 주요 연구내용

(가) 레일장대화 기술요건 정립

- 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석
- 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술 요건 도출



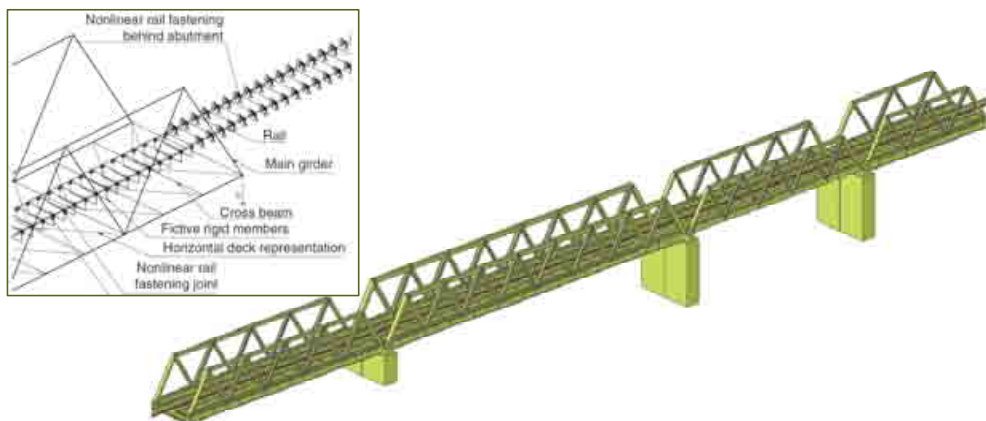
● 기술요건 정립



<무도상교량 장대화 항목별 기술요건 분류>

(나) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발

- 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석
- 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발
- 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계방안 가이드라인 개발(궤도종저항력 요건, 교좌장치 유형별 배치, 레일신축이음매 설치 등)



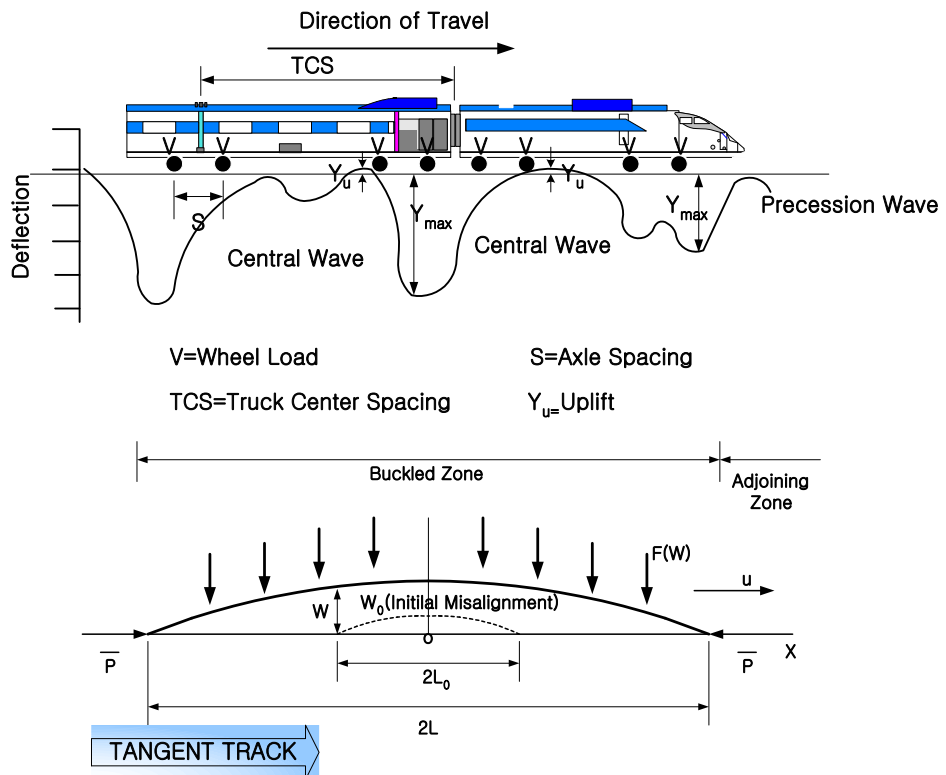
<궤도-무도상교량 상호작용 해석모델>



<궤도-교량 상호작용 해석제원 도출을 위한 체결구 종저항력 시험장면>

(다) 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발

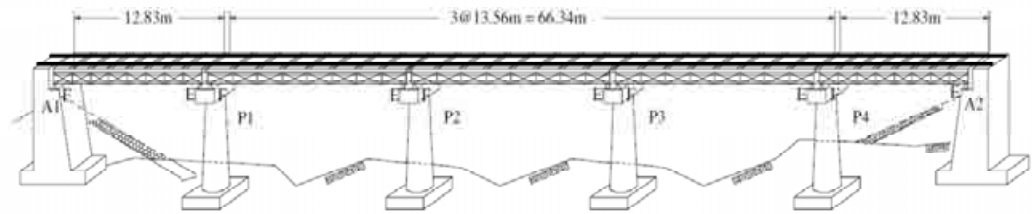
- 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가
- 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발
- 개발시스템의 좌굴안정성 평가



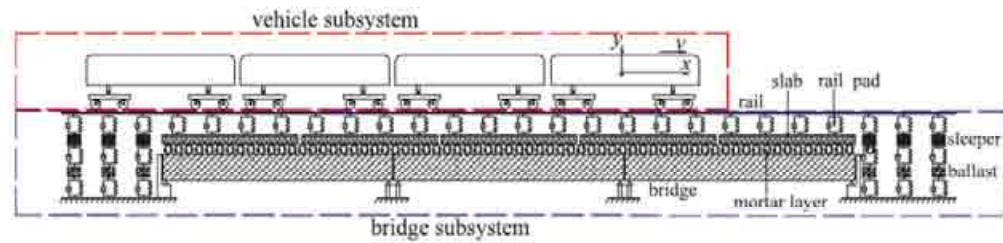
<궤도에 작용하는 하중 및 좌굴 해석 개념도>

(라) 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발

- 개발시스템 구조안정성 평가
- 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발
- 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석을 통한 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 평가



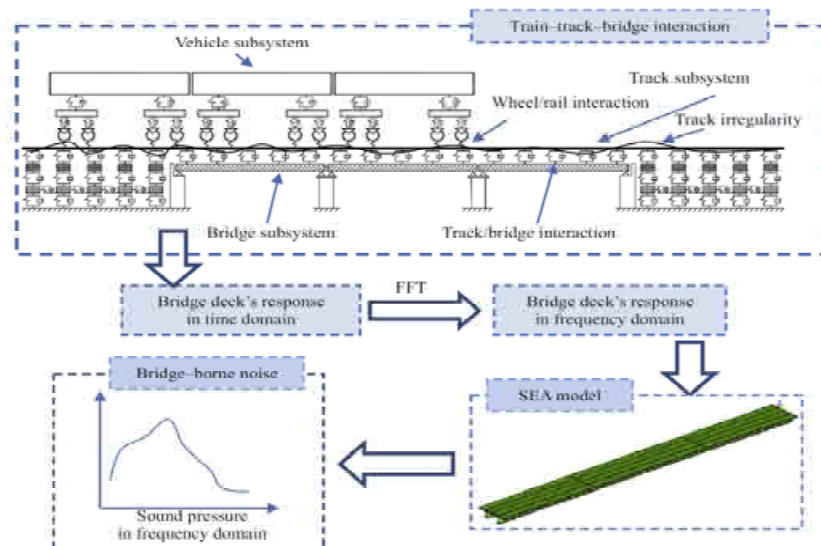
<판형교 구조안정성 해석을 위한 제원>



<사용성 평가를 위한 차량-궤도-교량 상호작용 해석>

(마) 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발

- 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발
- 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발
- 개발시스템의 진동 및 소음 평가



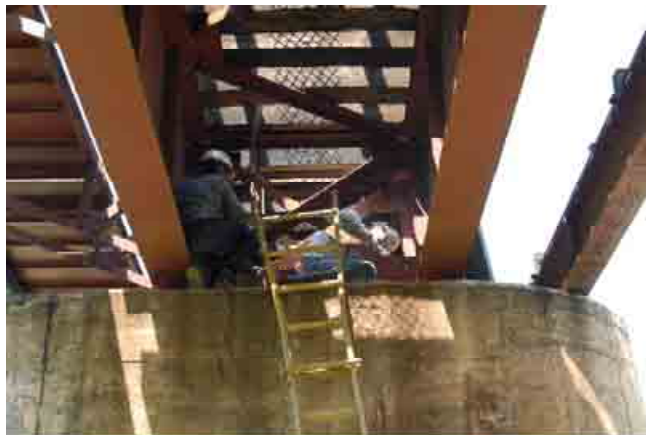
<교량진동에 따른 발생소음 예측 절차>

(바) 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발

- 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 절차서 개발(육안으로 파악할 수 없는 부재에 대한 평가 기준 포함)
- 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발



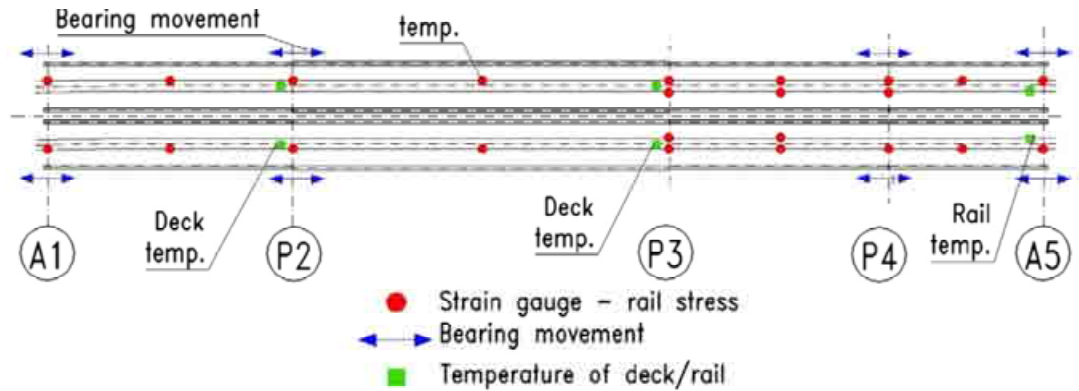
<판형교 건전성 평가>



<판형교 거더 브레이싱 보강 공사>

(사) 시험시공구간 개발 장치 및 궤도구조 성능평가

- 계측 계획 수립(계측망 구성, 계측 일정)
- 시험평가
 - 개발품 기능 및 성능
 - 궤도-교량 시스템의 사용성(차량의 주행안전성 및 승객의 승차감)
 - 궤도-교량 소음진동 저감성능



<장대레일 축력 모니터링을 위한계측망 구성>

(아) 관련 기준 개정(안) 제시

- 선로유지관리 지침

※ 선로유지관리지침 **제88조(장대레일 부설을 위한 선로조건)** ②항 5호에 의하면 『전장 25 m 이상의 무도상교량은 피하여야 한다. 그러나 25 m 미만의 무도상교량에 있어서도 거더, 교대와 교각의 강도에 대하여 검토하고 강도가 부족한 경우에는 보강하지 않으면 안된다』고 되어 있기 때문에 무도상 레일 장대화를 위해서는 해당 기준을 개정하여야함.

나. 2 세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

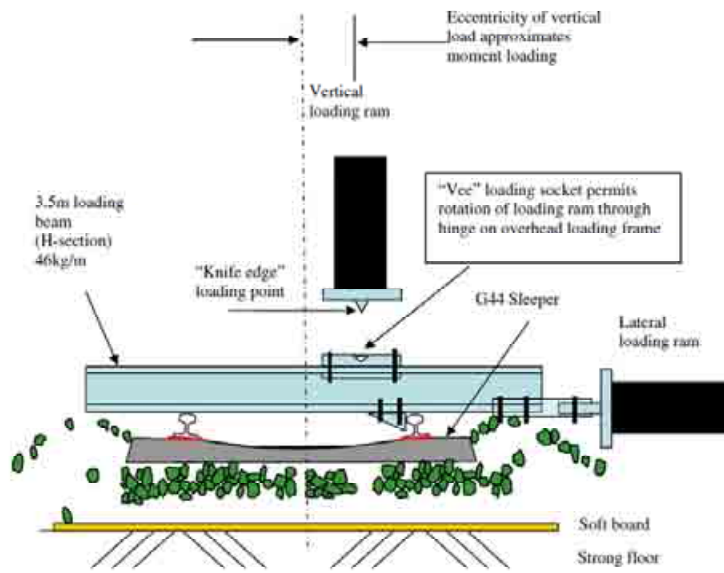
(1) 세부과제 연구목표

(가) 기존 궤도구조를 활용하여 적은 비용으로 신속하게 레일장대화기 위한 중요 장치를 개발하고, 개발 장치 및 구조시스템의 시험 시공을 통하여 현장 적용성을 확인

(2) 주요 연구내용

(가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발

- 개발품 설계, 제작 및 현장 성능시험



<개발장치 실내시험 개념도>



<침목-거더 체결장치 현장부설 예>

- (나) 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 실내 및 현장 성능시험



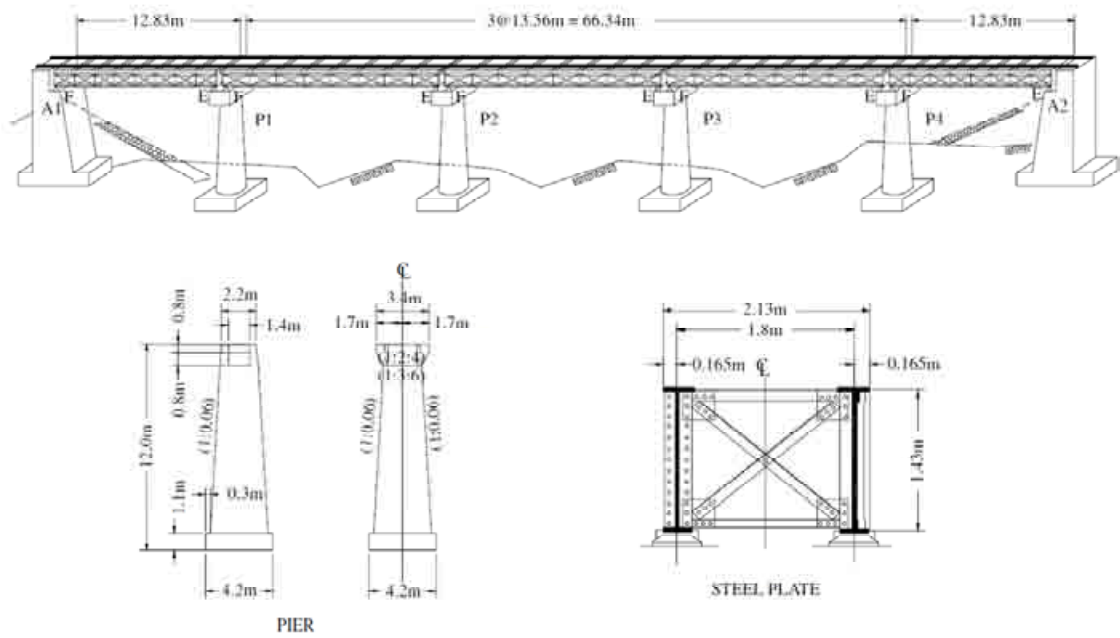
<침목-교량거더 시스템>

(다) 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공

- 시험시공 계획수립
 - 시험부설 대상 아이템 선정
 - 시험시공 장소 선정
 - 공사비 산정
 - 공사일정 수립

- 운영성 공사 안전확보 계획 수립
 - 공사중 위험요소 예측 및 대책방안 수립
 - 공사 중 안전 감리체계 수립
 - 관계기관 안전확보를 위한 협의체 구성방안

- 시험시공
 - 자재 제작 및 구매 시방서 작성
 - 세부공정 작성
 - 장비 및 인력 조달 방안 수립
 - 공사발주
 - 시험 시공
 - 준공검사

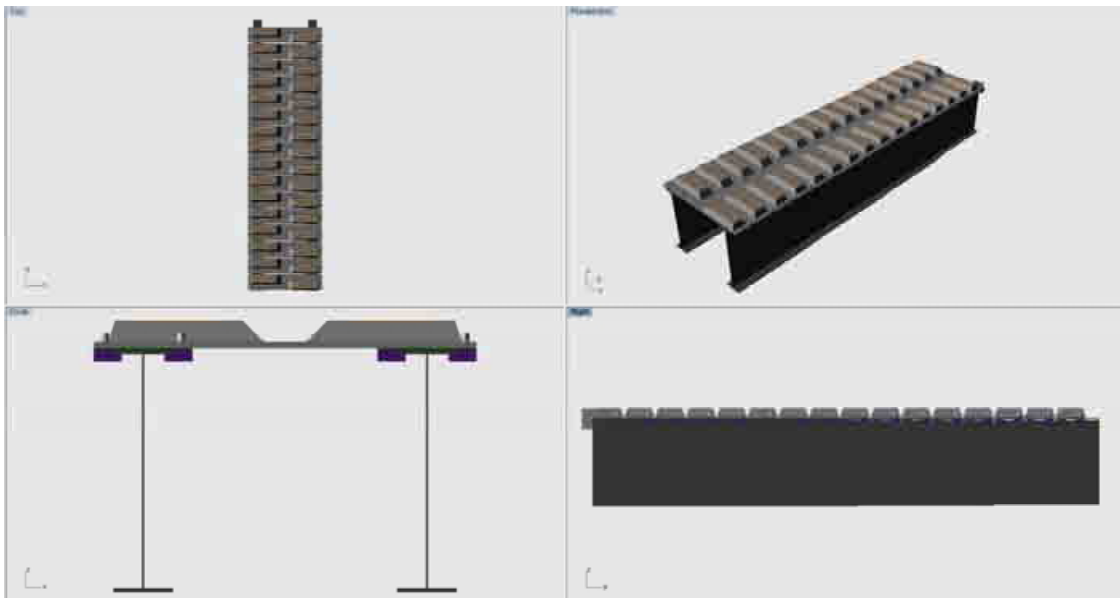


<무도상 레일장대화>

다. 3 세부과제 : 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

(1) 세부과제 연구목표

(가) 무도상교량(판형교, 트러스교)의 기존 목침목 궤도구조를 개량하기 위한 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발.

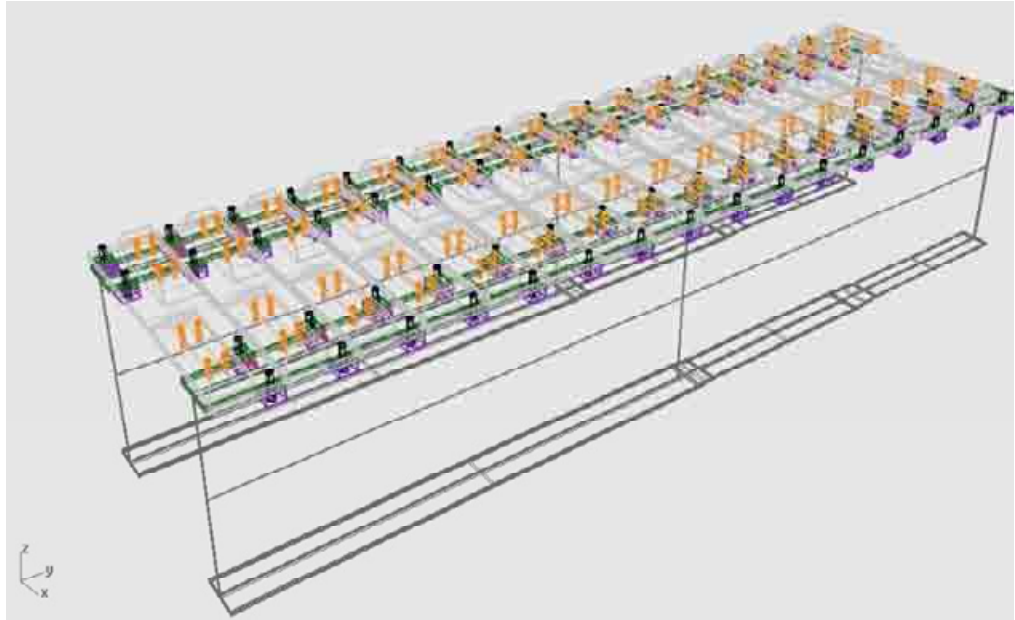


<강거더 일체형 신형식 궤도 개념도>

(2) 주요 연구내용

(가) 궤도구조 시스템 설계

- 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출
- 개념설계, 기본설계, 상세설계
- 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토



<강거더 일체형 신궤도 설계>

(나) 궤도구조 제작

- 자재 조달 및 제작 계획서 작성
- 궤도구조시스템 시험 제작

(다) 궤도구조 실내 성능평가

- 실내 성능시험 계획 수립
 - 시험항목
 - 시험방법
 - 성능시험 기준
- 성능평가
- 성능보완

(라) 운행선 시공법 개발

- 운행선 시공 요건 도출
- 공사 절차서 작성



<운행선 궤도시공>

(마) 상용화를 기반 구축

- 품질 및 성능기준 작성
- 제작시방서 작성
- 시공지침서 작성
- LCC 평가

2. 연차별 연구내용

가. 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

(1) 1차 년도

(가) 레일장대화 기술요건 정립

- 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석
- 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술요건 도출

(나) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발

- 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석
- 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발

(다) 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발

- 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가
 - 현장 도상저항력 시험
 - 도상횡저항력 모델링 개발

(라) 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발

- 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발

(마) 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발

- 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 절차서 개발(육안으로 파악할 수 없는 부재에 대한 평가 기준 포함).

(2) 2차 년도

(가) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발

- 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계방안 가이드라인 개발
 - 궤도종저항력 요건
 - 교좌장치 유형별 배치
 - 레일신축이음매 설치 등

(나) 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발

- 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발
- 개발시스템의 좌굴안정성 평가

(다) 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발

- 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 검증

(라) 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발

- 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발
- 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발

(마) 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발

- 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발

(3) 3차 년도

(가) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발

- 시험시공구간 장대레일 설계

(나) 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발

- 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발

(다) 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발

- 시험시공구간 좌굴안정성 분석

(라) 시험시공구간 구조안정성 평가

(4) 4차 년도

(가) 시험시공구간 무도상교량의 해석적 방법에 의한 사용성 평가

- 차량의 주행안정성 평가
- 승객의 승차감 평가

(나) 시험시공구간 해석적 방법에 의한 소음, 진동 평가

- 차량/궤도/교량 상호작용 해석을 통한 궤도 및 교량 진동평가
- 궤도 및 교량 진동으로부터 발산되는 소음레벨 평가

(다) 시험시공구간 계측시스템 구축

- 성능평가 계획 수립

- 계측망도 작성
- 계측 항목 및 계측 방법 정립
- 시공 중 게이지 및 측정설비 설치

(5) 5차년도

- (가) 개발 장치 및 궤도구조 시험시공구간 성능 평가
 - 계측을 통한 구조안정성 평가
 - 궤도-교량 시스템의 사용성 평가(차량의 주행안전성 및 승객의 승차감)
 - 진동 및 소음 측정 및 평가

나. 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

(1) 1차 년도

- (가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 체결시스템 개념 및 상세 설계
- (나) 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 탄성받침 개념 및 상세설계

(2) 2차 년도

- (가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 목침목-강거더(교량) 체결시스템 제작
- (나) 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 탄성받침 제작

(3) 3차 년도

- (가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 실내 성능시험
- (나) 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 실내 성능시험
- (다) 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공 계획수립
 - 시험부설 대상 아이템 선정

- 시험시공 장소 선정
- 공사비 산정
- 공사일정 수립
- 관계기관 대외협의
- (라) 운영성 공사 안전확보 계획 수립
 - 공사중 위험요소 예측 및 대책방안 수립
 - 공사 중 안전 감리체계 수립
 - 관계기관 안전확보를 위한 협의체 구성방안

- (라) 시험시공구간 교량 상태평가 및 보수보강공사
 - 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트에 의한 상태평가
 - 보수보강 공사

(4) 4차 년도

- (가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선
 - 성능 보완 및 개선 사항 도출
 - 보완설계 및 제작

- (나) 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공
 - 자재 제작 및 구매 시방서 작성
 - 세부공정 작성
 - 장비 및 인력 조달 방안 수립
 - 공사발주
 - 시험 시공
 - 준공검사

(5) 5차 년도

- (가) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선
 - 성능 시험

- (나) 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 상용화 기반구축
 - 성능시험기준 작성
 - 유지관리 매뉴얼 작성

다. 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

(1) 1차 년도

(가) 궤도구조 시스템 설계

- 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출
- 개념설계, 기본설계, 상세설계
- 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토

(2) 2차 년도

(가) 궤도구조 제작

- 자재 조달 및 제작 계획서 작성
- 궤도구조시스템 시험 제작

(3) 3차 년도

(가) 궤도구조 실내 성능평가

- 실내 성능시험 계획 수립
 - 시험항목
 - 시험방법
 - 성능시험 기준
- 성능평가

(나) 궤도구조 운행선 시공법 개발

- 운행선 시공요건 도출
- 공사절차서 개발

(4) 4차 년도

(가) 궤도구조 성능개선

- 보완설계 및 제작

(나) 상용화를 기반 구축

- 품질 및 성능기준 작성
- 제작시방서 작성
- 시공지침서 작성

(5) 5차 년도

(가) 궤도구조 성능개선

- 성능시험

(나) 상용화를 기반 구축

- 유지관리 매뉴얼 작성

- LCC 평가

3. 연차별 연구성과 및 검증방법/절차

가. 1세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

연차	연차별 연구성과	검증방법	평가 절차
1	레일장대화 기술요건	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (기술요건 내용의 심도 및 적용성)
	무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (해석기법의 검증 및 정확성)
	무도상 교량상 궤도 좌굴 안정성 평가 기술-도상형 저항력 모델링	정성평가	-평가위원의 중간 및 연말 평가 (도상형저항력 규명 방법, 모델링의 현장거동특성 반영 정도)
	차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (해석기법의 검증 및 정확성)
	궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (체크리스트 및 보강매뉴얼의 범용성, 체계성, 적용성)
2	교량 장대레일 적정 설계 방안 가이드라인	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (가이드라인 적용성)
	횡방향 레일 좌굴해석 모델링	정성평가	-평가위원의 중간 및 연말 평가 (해석기법의 검증 및 정확성)
	교량 구조안정성 및 사용성 (안전성, 승차감) 평가기법	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (해석기법의 검증 및 정확성)
	궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기법	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (해석기법의 검증 및 정확성)
3	시험시공구간 장대레일 설계서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (장대레일 해석 및 설계의 정확성 및 체계성)
	궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (해석기법의 검증 및 정확성)
	시험시공구간 구조안정성	정성평가	-평가위원의 연말 평가

	및 좌굴안정성 평가보고서		(평가보고서의 내실)
4	시험시공구간 무도상교량의 해석적 방법에 의한 사용성 평가보고서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (평가보고서의 내실)
	시험시공구간 해석적 방법에 의한 소음, 진동 평가 보고서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (평가보고서의 내실)
	시험시공구간 계측계획보고서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (성능평가 계획, 계측망도 등)
5	개발 장치 및 궤도구조 시험시공구간 성능평가보고서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (성능평가 방법, 절차, 적용기준의 합리성)

나. 2세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

연차	연차별 연구성과	검증방법	평가 절차
1	목침목-강거더(교량) 체결 시스템 체결시스템 개념 및 상세 설계도	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (개발품의 독창성, 효율성, 실용성)
	선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개념 및 상세설계도	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (개발품의 독창성, 효율성, 실용성)
2	목침목-강거더(교량) 체결 시스템 제작	시제품 검사	-시제품의 완성도 -시제품의 실용성
	선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 제작	시제품 검사	-시제품의 완성도 -시제품의 실용성
3	목침목-강거더(교량) 체결 시스템 실내 성능시험 성적서	시험성적평가	-성능시험 성적평가
	선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 실내 성능시험 성적서	시험성적평가	-성능시험 성적평가
	시험시공구간 교량 상태평가보고서 및 보수보강공사	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (교량 상태평가보고서의 내실, 보강공사의 효율성)
4	목침목-강거더(교량) 체결 시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선 보완설계 및 제작	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (성능개선 사항도출 및 보완방법의 효율성)
	개발 구성품 및 구조시스	정성평가	-평가위원의 연말 평가

	템 시험 시공		(공사방법의 효율성, 경제성)
5	성능개선된 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침	시험성적평가	-기존제품 대비 보완제품의 성적비교
	목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능시험기준 및 유지관리 매뉴얼	시험성적평가	-평가위원의 연말 평가 (성능시험기준 및 유지관리 매뉴얼의 체계성 및 적용성)

다. 3세부과제: 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

연차	연차별 연구성과	검증방법	평가 절차
1	강거더(교량) 일체형 궤도구조 개념설계, 기본설계, 상세설계도	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (구조안전성, 사용성 평가결과 반영여부, 개발품의 경제성)
2	궤도구조 시험제작품	시제품 검사	-시제품의 완성도 -시제품의 실용성
3	궤도구조 실내 성능평가보고서	시험성적평가	-성능시험 성적평가
	궤도구조 운행선 공사절차서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (공사절차서의 내실)
4	궤도구조 성능보완제품	시제품 검사	-시제품의 완성도
	궤도구조 품질 및 성능기준서, 제작시방서, 시공지침서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (품질 및 성능기준서, 제작시방서, 시공지침서의 적용성)
5	개선된 궤도구조 성능시험 성적서	시험성적평가	-기존제품 대비 보완제품의 성적비교
	유지관리 매뉴얼 및 LCC 보고서	정성평가	-평가위원의 연말 평가 (유지관리 매뉴얼 적용성 및 LCC 평가결과의 합리성)

4. 추진전략

가. 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

- (1) 궤도-교량 시스템 구조해석 및 사용성 검토에 요구되는 해석기법에 대하여 국내외적으로 기존에 개발된 것들을 체계적으로 조사하여 가급적 기 개발된 S/W를 활용함으로써 해석기법 개발에 따른 기간 및 비용을 최소화함.
- (2) 판형교, 트러스교 등 무도상교량의 구조특성상 기존에 개발된 해석기법을 활용

할 수 없는 부분을 집중하여 연구개발함으로써 과제의 집중도를 높임.

- (3) 해석기법 개발 과제특성상 고도의 전문가가 참여가 요구되는 과업에 대해서는 최대한 전문기술을 보유한 기관 또는 인력이 참여토록 하여 연구의 내실화를 도모함.
- (4) 해석기법의 개발은 연구 초기단계에 집중적으로 개발함으로써 사업을 통하여 개발할 구성품 또는 구조시스템의 최적설계 및 성능 검토에 최대한 활용할 수 있도록 함.
- (5) 해석기법의 신뢰도는 해석에 사용되는 제원 및 물성치의 정확한 모델링에 직결되어 있는 만큼 가급적 실내 또는 현장시험을 통하여 제원 및 물성치에 대한 정보를 수집함.
- (6) 궤도-교량 종방향 상호작용 해석기법을 활용한 다양한 파라메타 연구를 통하여 레일장대화에 요구되는 궤도 및 교량 각부의 품질 및 기능을 체계적으로 파악하고 이를 토대로 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼을 개발

나. 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

- (1) 레일장대화를 위하여 개발되었던 강거더-목침목 체결장치 등이 사용연도가 지남에 따라서 기능이 급격하게 저하되었던 점을 고려하여 장기 내구수명을 갖도록 구성품을 개발.
- (2) 강거더-목침목 체결장치를 적용한 소규모 개량 및 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용한 중규모 개량을 동시에 시행할 수 있는 시험 시공 장소를 선정하여 다양한 개발품들의 성능을 동시에 확인할 수 있도록 함.
- (3) 시험시공 대상교량은 비교적 양호한 상태에 있는 교량을 선정함으로써 보수보강에 요구되는 비용을 최소화
- (4) 시험 시공 시 교량전체 구간 중에 대부분의 구간을 소규모로 개량하고, 짧은 구간을 다소 많은 비용이 소요되는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용함으로써 시험 시공비용이 최소화 될 수 있도록 시험 시공 계획을 수립.
- (5) 시험시공이 운행선에서 이루어짐에 따라 공사 중 안전이 무엇보다도 중요하므로 사고를 방지할 수 있도록 차량 운영기관과의 체계적인 협조체계를 구성하

고, 현장에 상시 안전감독관을 배치.

- (6) 시험시공 구간에서 시험평가 시 개발품 성능, 궤도-교량 시스템의 사용성, 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 등 체계적으로 평가할 수 있도록 시험계획을 수립.

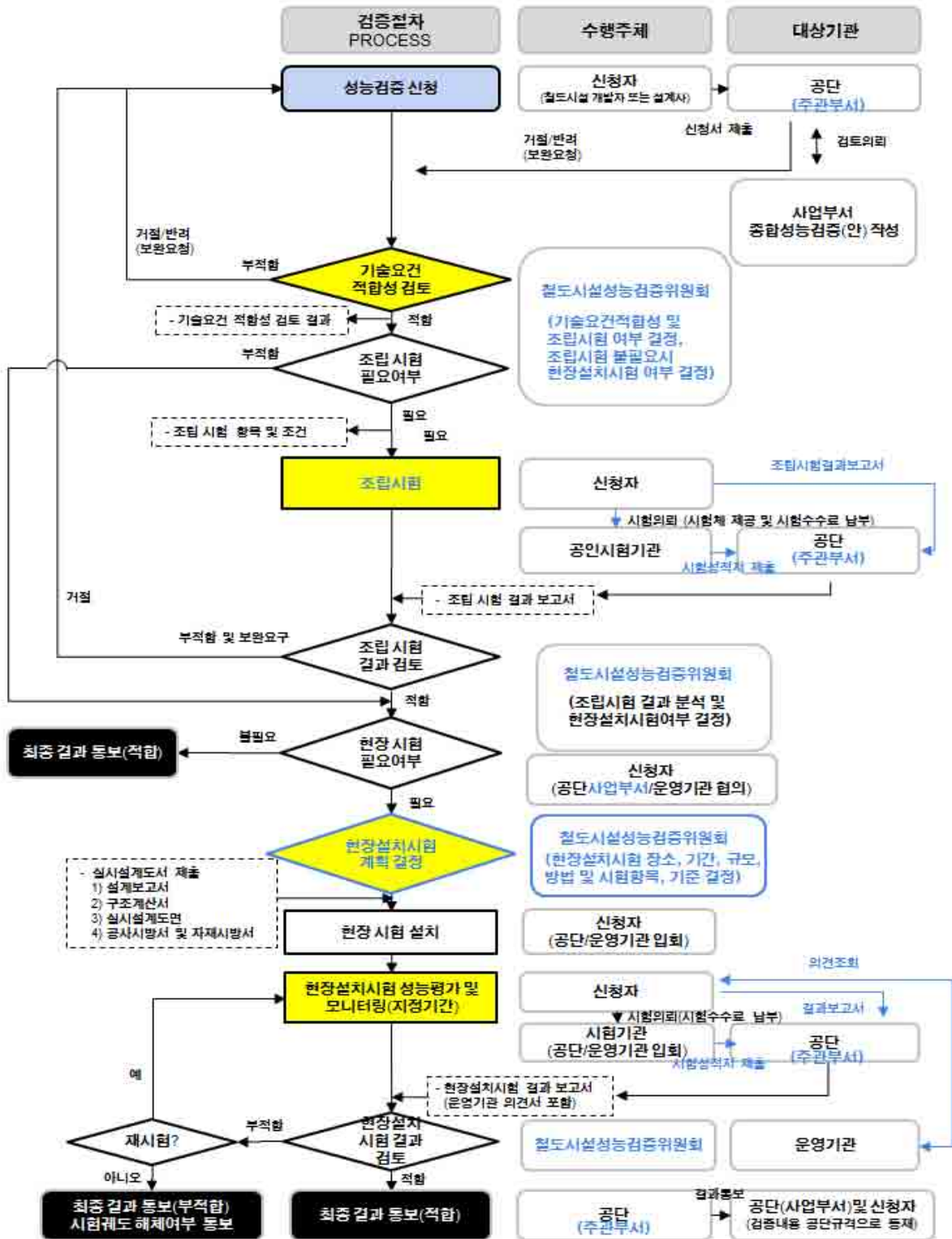
다. 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

- (1) 개념설계 단계에서 다양한 유형의 궤도구조시스템을 도출하고 참여연구원 및 전문가 합동 토론회의 통하여 적정 궤도구조시스템 선정.
- (2) 1세부과제인 무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발과제와의 연계를 통한 개발구조시스템의 체계적인 사용성 및 효율성 검토.
- (3) 운행선 교체공사인 점을 고려하여 조속한 시공이 가능하고 유지관리가 용이하도록 궤도구조시스템을 설계.
- (4) 궤도구조와 교량 강거더 사이에 탄성패드를 적용하여 소음, 진동을 큰 폭을 저감시킬 수 있는 궤도구조시스템 개발.
- (5) 개념설계 단계부터 특허출원을 실시하여 과제로 생산된 지적재산권 보호.
- (6) 기업체의 사업 다각화 지원 및 상용화 촉진을 위하여 기업체의 적극전인 참여 유도.
- (7) 개발 궤도구조시스템의 조속한 상용화를 위하여 상용화에 필요한 각종 기준 및 시방서, 매뉴얼 등을 연구과제를 통하여 사전에 구축.

라. 철도시설성능검증 절차를 통한 성능평가 시행

(1) 철도시설 성능검증 절차에 따라 성능평가 시행

- 성능검증 신청, 기술요건 적합성 검토, 조립시험, 현장설치 시험 등



<철도시설 성능검증절차>

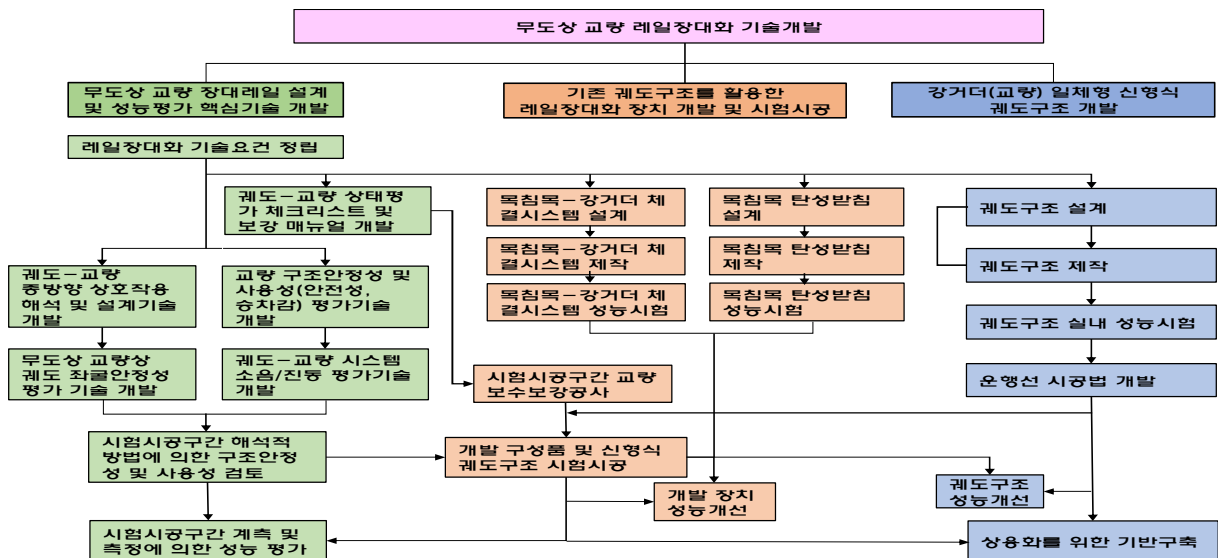
5절 연구추진체계

1. 연구추진체계 구성 기본방향

- 가. 연구목표를 효율적으로 달성하기 위하여 차량-궤도-교량 상호 인터페이스 해석 및 설계 전문지식을 요하는 핵심기술개발 그룹, 운행선 공사 및 유지보수 경험을 요하는 중요 장치 개발 및 시험시공 그룹, 그리고 궤도구조 제작 경험을 요하는 궤도구조 개발 그룹 등 3그룹(3 세부과제)으로 나누어 추진. 각 세부연구과제에서 도출된 연구성과를 상호간 효율적으로 피드백(Feed back)할 수 있도록 연구추진일정 및 연계추진체계 구성.
- 나. 1 세부과제에서는 무도상 교량 장대레일 설계에 필요한 핵심기술을 개발할 뿐만 아니라 개발한 기술을 활용하여 2, 3 세부과제에서 개발하고자하는 궤도구성품 및 궤도구조의 사용성을 검토할 수 있도록 연구체계 구성.
- 다. 2 세부과제에서 수행하는 시험시공 및 시험평가에서는 1 세부과제에서 개발한 설계핵심기술을 활용하여 시험시공 대상 교량의 장대레일을 설계하고, 필요한 개소를 보수보강하도록 연구체계를 구성.
- 라. 2 세부과제에서 시험시공 대상은 개발품은 목침목-강거더 체결시스템 뿐만 아니라 2 세부과제에서 개발한 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템을 포함하며 시험 시공할 수 있도록 연구체계 구성.
- 마. 3 세부과제에서 수행하는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템의 상용화 기반 구축에서는 2 세부과제에서 수행하는 시험시공을 통하여 얻어진 현장 조건 및 경험을 최대한 반영할 수 있도록 연구체계 구축.

2. 연구추진 체계

가. 연구추진체계 구성 기본방향을 고려한 연구추진체계는 다음과 같음.



<그림 3.2 연구개발 추진체계>

6절 기술/성과 로드맵

연구기간을 2단계로 구분하고 아래와 같이 기술개발을 위한 로드맵을 구성하였음

1. 1단계 : 1~3차년도

가. 레일장대화 기술요건 정립(기준조사, 장대화 요건 도출)

나. 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발

다. 시험시공구간 장대레일 설계

라. 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발

마. 시험시공구간 좌굴안정성 분석

바. 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발

사. 시험시공구간 구조안정성 평가

아. 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발

자. 목침목-강거더(교량) 체결시스템 설계 및 제작, 성능시험

차. 목침목 탄성받침 설계 및 제작, 성능시험

카. 시험시공 계획 수립

타. 강거더(교량) 일체형 스마트 궤도구조 설계 및 제작, 성능시험

파. 강거더(교량) 일체형 스마트 궤도구조 운행선 시공법 개발

2. 2단계 : 4~5차년도

가. 시험시공구간 사용성 평가

나. 시험시공구간 환경성 평가

다. 궤도-교량 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼 개발

라. 개발 구성품 성능시험기준 및 유지관리 매뉴얼 작성

마. 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공

바. 개발 구성품 및 구조시스템 시험 평가

사. 궤도구조시스템 성능 개선

아. 상용화를 위한 기반구축

	1 차년도	2 차년도	3 차년도	4 차년도	5 차년도
무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발	레일장대와 기술요건 정립(기준조사, 장대화 요건 도출)				
	궤도-교량 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼 개발 -상태평가 항목 및 절차서 개발 -상태평가리스트에 연동된 보강매뉴얼 개발				
	궤도-교량 중방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발 -변위-중방향 거동특성 분석 -궤도-무도상교량 중방향 상호작용 해석모델링 개발 -무도상교량 장대레일 설계 가이드라인 개발		시험시공구간 장대레일 설계 및 해석적 방법에 의한 구조안정성 평가	개발 구성품 및 구조시스템 성능 평가 -계측계획 수립 -시공 중 게이지 및 측정설비 설치	시험시공구간 계측을 구조안정성 평가
	무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발 -무도상교량 궤도 횡저항력 평가 -좌굴해석모델링 개발		시험시공구간 좌굴안정성 분석		
		교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발 -차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발		시험시공구간 해석적 방법에 의한 사용성 평가	시험시공구간 계측을 사용성 평가
		궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발 -궤도교량 진동해석기법 개발 -구조체 진동에 의한 방사소음 예측기법 개발		시험시공구간 해석적 방법에 의한 소음 및 진동 평가	시험시공구간 계측을 통한 소음 및 진동 평가
기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공	목침목-강거더(교량) 체결시스템 설계 및 제작		체결시스템 성능시험	실내 성능시험 및 시험시공을 통한 개발 장치 성능 개선	
	목침목 탄성받침 설계 및 제작		탄성받침 성능시험		
			시험시공 계획 수립 -시험시공 개소선정 -세부공정계획 수립 -자재조달 및 구매 계획 수립	개발 장치 및 궤도구조 시험 시공 -공사발주 -시험시공 -준공검사	개발 장치 및 궤도구조 유지관리 매뉴얼 작성
		시험시공구간 교량 상태평가 및 보수보강 공사			
기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발	궤도구조 설계 -설계요건 정립 -개념, 기본, 상세설계	궤도구조 제작 -제작계획서 작성 -시험 제작	궤도구조 실내 성능시험 -성능시험 계획수립 -성능평가	실내 성능시험 및 시험시공을 통한 궤도구조 성능 개선	
			운영선 시공법 개발 -운영선 시공요건 도출 -공사절차서 개발		
				상용화를 위한 기반구축 -품질 및 성능 기준 작성 -제작 및 시공 지침서 작성 -LCC평가	

<그림 3.3 기술/성과로드맵>

3. 과제수행기간 5년 필요성

가. 본 연구사업은 다음과 같은 순서로 연구가 추진되어야함.

- ① 레일장대화 기술요건 정립(기준조사, 장대화 요건 도출)
- ② 신형식 궤도구조 설계 및 제반 기술검토(구조안전성, 환경성, 사용성 등)
- ③ 궤도구조 제작 및 단품 성능시험
- ④ 궤도시스템 종합 성능시험 및 보완설계
- ⑤ 교량 상태평가 및 보완공사
- ⑥ 시험부설구간에 조달할 제도용품 제작
- ⑦ 현장시험부설
- ⑧ 현장설치시험(현장모니터링, 현차주행시험, 현장계측 등)
- ⑨ 개발 궤도시스템의 철도시설성능검증
- ⑩ 상용화를 위한 기반구축 및 관련 기준(설계기준, 설계편람 및 지침, 선로유지관리정비지침 등) 개정

나. ①에 이어 ②를 1차 년도 내에 마무리하기 위해서는 1년의 연구기간이 필요함.

다. ③의 연구를 수행하기 위해서는 다양한 궤도용품의 제작 및 각각의 성능시험, 그리고 성능시험에 기초한 보완설계를 수행하기 위해서는 1년의 연구기간이 필요함.

라. ④의 연구를 추진하기 위해서는 궤도구성품의 제작, 궤도구조시스템 실내 시험부설, 성능시험, 보완설계 등을 추진하기 위해서는 1년의 연구기간이 필요함.

마. ⑤, ⑥, ⑦의 연구를 동시에 추진한다고 하더라도 교량의 보완공사, 시험부설구간에 사용할 궤도용품의 제작, 공사발주, 가시설설치, 현장부설 등에 최소 1년 이상이 소요됨.

바. ⑧ 시험부설구간 궤도용품 및 궤도시스템 성능, 환경성, 사용성 등의 다양한 시험을 수행하기 위해서는 1년의 연구기간이 필요함.

사. ⑨ 철도시설공단 현장 모니터링 및 성능시험 결과등을 바탕으로 한국철도시설공단 성능검증위원회의 철도시설성능검증과 ⑩ 실용화를 위한 제작, 시공, 유지관리매뉴얼과 각종 제반 국가기준을 개정하기 위해서는 1년의 연구기간이 필요함.

※ 철도시설 성능검증 단계별 소요기간

철도시설 성능검증단계	소요 기간	비고
성능검증신청	1 주일	
기술요건 적합성 검토	2~4 주일	위원회 소집에 따른 소요기간 변동
조립시험	1~3 개월	시험대상에 따라 소요기간 변동
현장설치시험 계획결정	2~4 주	
현장설치시험을 위한 현장부설	3~6 개월	부설대상에 따라 소요기간 변동
현장설치시험 성능평가 및	6~12개월	공단규정상 혹서 및 혹한

모니터링		기를 포함한 최소 6개월
최종판정	2~4주	위원회 소집에 따른 소요 기간 변동

아. 이상에서와 같이 각 단계의 연구를 체계적으로 수행하기 위해서는 연구를 고강도로 진행한다 하더라도 최소 5년의 연구기간이 필요함.

7절 테스트베드(시험시공구간) 구축 계획

1. 목적

무도상 교량 장대화를 위하여 본 과제에서 개발하는 궤도구성품들과 신형식 궤도구조시스템의 현장적용성 및 요구성능을 확인하기 위함.

2. 기본방향

가. 개발 궤도구성품 및 궤도시스템의 성능과 적용에 따른 구조안전성, 장기내구성, 사용성, 친환경성을 충분히 검증할 수 있는 구간을 선정한다.

- 통과톤수 년 1000만톤 이상
- 열차속도가 120km/h 이상
- 궤도 및 교량거동 및 소음, 진동 측정이 용이한 구간

나. 레일을 장대화함에 따라 발생하는 궤도-교량 종방향 상호작용력이 충분히 크게 발생함에도 이러한 하중이 궤도 및 교량의 구조안정성에 문제가 없는 것을 증명할 수 있도록 교량길이가 충분히 긴 교량(250m 이상)을 선정한다.

다. 열차운행 중에 공사를 시행하여야하므로 열차차단시간을 어느 정도 확보할 수 있는 개소를 선정한다.

라. 테스트베드 구축에 따른 비용을 최소화한다.

- 비교적 교좌장치, 교대 및 교각 상태가 양호한 교량을 선정함으로써 교량 보수 비용을 최소화
- 시험 시공구간 전체길이에서 기존 궤도구성품을 활용하는 구간을 최대한 길게 하고 비용이 많이 소요되는 신형식 궤도구간은 일부구간에 부설

마. 철도시설공단에서 정한 『철도시설성능검증지침』을 만족할 수 있도록 개발 궤도구성품 및 궤도구조의 시험시공길이를 계획함으로써 상용화를 촉진토록 한다. 따라서 궤도구성품 부설구간 75m(=0.5x150)이상, 궤도구조 75m(=0.5x150)이상 부설

※ 철도시설성능검증지침 33조(현장설치 시험조건) 2. 철도시설의 시험구간 길이는 최소 0.5V(단위 : m, V : 해당 구간의 최고 운영속도) 이상

3. 테스트베드 구축계획

가. 현장조사결과 테스트베드구축 기본방향에 부합하는 전라선 동진강 판형교를 선정
 나. 동진강 판형교

- 일반현황

고유번호		1212041-080-2		
선별		호남선		
역구간		신태인 ~ 초강		
위 치		119k.006		
행정구역		전북정읍시 정우면 산북리		
선 로	상하별	상선		
	구 배	L		
	직곡선	직선		
	궤 도 구 조	레일종별	50kg/M 50.00M	
		가드레일	50PS	
		교량침목	632개	
보판				
구분		일반교		
종별		상로교		
직사별		직선		
설계하중		LS-18 -> LS-22		
경간 및 련수		905*1+8.96*6+8.87*1 +12.12*11+8.93*2		
대 피 소		레일식(좌) 교측보도 1.20(우)		
홍 수 위 (년 월 일)		109.9		
평수위		105.42		
준공년월일		1914.1.11		

- 상부구조 제원

경간 번호	경간(M)	지간(M)	전장(M)	구조	형식	설계 하중	보자리에서 RB까지의 높이(mm)	받침		주형 (mm)			앵글배 면 간거리 (mm)	주형중심 간격 (mm)	도장 면적 (m ²)
								형식	규격	복부판 높이X두께	플랜지 매수X폭X두께	앵글			
1	8.80	9.70	10.20	판형(B)	용접형	LS-22	1.380	선받침	360X383	1.016X10	300X18300X28 300X32	90X90X10	1.000	1.600	89.900
2~8	8.80	9.70	10.20	판형(B)	용접형	LS-22	1.380	면받침	360X383	1.016X10	300X18300X28 300X32	90X90X10	1.000	1.600	89.900
9	12.10	12.90	13.40	판형(B)	용접형	LS-22	1.600	면받침	360X383	1.268X10	350X16350X25 350X34	90X90X10	1.300	1.800	136.600
10-19	12.10	12.90	13.40	판형(B)	용접형	LS-22	1.600	면받침	360X383	1.268X10	350X16350X25 350X34	90X90X10	1.300	1.800	136.600
20	8.80	9.60	10.10	판형	용접형	LS-22	1.380	축력저감형	600X500X70	1.036X20	2X300X32	90X90X10	1.160	1.800	107.272
21	8.80	9.60	10.10	판형	용접형	LS-22	1.380	축력저감형	600X500X70	1.036X20	2X300X32	90X90X10	1.160	1.800	107.272

- 현장사진



다. 구간별 궤도구성품 및 신형식 궤도구조 부설계획



8절 개발성과물 성능목표

주요성능평가 항목	단위	개발목표치	성능목표의 설정근거
가. 개발 핵심설계기술의 기술수준(설계, 사용성 평가, 소음진동 평가)	정성평가	-설계: 해외기술 100% -사용성 평가: 해외기술 90% -소음진동 평가: 해외기술 90%	-교량상 장대레일 설계기술은 현재 원천기술을 확보하고 있음. 따라서 연구사업을 통하여 추가적으로 노후 무도상 교량에서의 종방향 거동특성이 규명될 경우 선진국 수준의 설계기술을 확보가능 -무도상교량에서 열차주행안전성 및 승차감과 발생소음을 평가하기 위해서는 차량-궤도-구조물의 복잡한 상호작용해석이 요구됨. 이러한 해석기술을 확보하기 위해서는 장기간의 연구가 필요함. 본 연구사업을 통하여 대체로 선진국수준의 90% 정도 확보 가능.
나. 개발 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼의 신뢰성 및 적용성	정성평가	-신뢰성: 현장조건 반영의 내실성, 체크리스트 및 매뉴얼의 체계성, 장대화 기술이론 반영 깊이, 장대화에 영향을 주는 모든 요인의 반영 여부. -적용성: 설계 및 시공 담당자의 이해도 및 적용 편의성, 다양한 현장에 적용 가능성	-개발 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼의 신뢰성 및 적용성은 객관적 지표로 평가하기 어려움. -따라서 과제 종료 시 평가위원의 주관적 평가를 시행할 수밖에 없음. -다만 심도 있는 평가를 위하여 평가의 세부항목을 제시.
다. 개발 침목-거더 체결장치 성능	궤도 성능 시험	-장기내구성: 200만회 반복피로 시험	-궤도구조시스템 개발시 구조적 안정성을 확인하는 일반적 절차.
라. 높이조절용 목침목 받침의 성능(높이 조절 성능, 장기내구성)	항목 별도	-높이조절 성능: +30mm -장기내구성: 300 만회 반복하중 시험 후 강성변화 25% 이내	-높이조절용 목침목 받침은 체결장치의 탄성패드와 같은 기능을 수행하므로 일반적으로 요구되는 체결장치 탄성패드의 성능목표치를 적용.
마. 무도상교량 신형식 궤도구조 성능(구조적 안정성, 장기내구성, 소음진)	궤도 성능 시험	-구조적 안정성: 정적 하중 실내 시험 및 현장부설시험 결과. -장기내구성: 200만회 반복피로	-궤도구조시스템 개발시 구조적 안정성을 확인하는 일반적 절차. -대부분의 궤도구성품 또는 궤

동저감)		시험 및 현장부설시험 결과.	도시시스템의 장기내구성을 확인하기 위하여 200만회 반복피로시험을 수행.
		-소음저감: 교량 직하부 5m에서 10dB 저감.	-형식 궤도구조를 적용함에 따라 교량하부로 전파하는 소음을 저감 성능을 가시적으로 확인하기 위해서는 교량하부에서 최소 10 dB 정도의 저감성능이 필요함.
바. 신형식 궤도구조 운행선 시공 속도	m/일	- 20 m/일	-현 유도상화 공법 적용속도는 10 m/일 정도로 개발공법의 경제성을 향상시키기 위하여 유도상화 공법 보다 2배의 시공속도로 목표설정
사. 신형식 궤도구조 시공 비용.	백만원/m	- 3,000백만원	-유도상화 공법의 시공비용이 6,200백만원/m 정도이므로 개발 공법의 경제성을 확보하기 위해서는 사업비를 50%이하로 저감시킬 필요가 있음.

9절 최종성과물 및 활용방안

1. 최종성과물

- 무도상교량 장대레일 설계기법(S/W)
- 무도상교량 사용성 및 소음, 진동 평가기법(S/W)
- 무도상교량 장대레일화 체크리스트 및 보강매뉴얼
- 목침목-교량거더 연결장치
- 선형조정용 목침목 받침
- 무도상교량 신형식 궤도구조시스템
- 신형식 궤도구조시스템 운행선 시공법, 유지관리매뉴얼

2. 기술수요처

철도시설공단, 철도공사	- 기존철도 노후 판형교, 트러스교 유지관리 및 개량사업 주체 - 남북통일 시 북한철도 개량사업 주체
기업체	- 궤도구성품 및 궤도시스템 생산 주체 - 궤도구성품 및 궤도시스템의 해외수출 주체

3. 최종성과물 활용방안

- 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정(187개소 535,912 m, 5300억원)이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능
- 판형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음.
- 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588 m)
- SRX 유라시아 철도를 대비한 북한철도노선 5100km 중에서 15% 이상(765km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용

제4장 자원투입 계획

1절 연구시설 및 장비 투입계획

1. 연구시설 및 장비 투입계획

가. 1세부과제

년도	연구내용	연구시설 및 장비 투입계획
1차	○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발 - 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석	○ 도상종저항측정기(10회)
	○ 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발 - 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가 · 현장 도상저항력 시험	○ 도상횡저항측정기(10회)
3차	○ 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발 - 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발	○ 현장 소음측정시스템(마이크로폰, Dada Recorder 등) (5회) ○ 진동측정시스템(가속도계, 속도계, Dada Recorder 등) (5회)₩
4차	○ 시험시공구간 해석적 방법에 의한 소음, 진동 평가 - 궤도 및 교량 진동으로부터 발산되는 소음레벨 평가	○ 진동측정시스템(가속도계, 속도계, Dada Recorder 등) (5회) ○ 현장 소음측정시스템(마이크로폰, Dada Recorder 등) (5회)
5차	○ 개발 장치 및 궤도구조 시험시공구간 성능 평가 - 계측을 통한 구조안정성 평가 - 궤도-교량 시스템의 사용성 평가(차량의 주행안전성 및 승객의 승차감) - 진동 및 소음 측정 및 평가	○ 구조안정성 평가장비(응력, 변위, 가속도 측정장비) (10회) ○ 사용성 평가(윤축, 대차 및 차체 가속도, 윤중 및 횡압 측정) (10회) ○ 진동측정시스템(가속도계, 속도계, Dada Recorder 등) (5회) ○ 현장 소음측정시스템(마이크로폰, Dada Recorder 등) (5회)

나. 2세부과제

년도	연구내용	연구시설 및 장비 투입계획
2차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발 - 목침목-강거더(교량) 체결시스템 제작	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비
	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발 - 탄성받침 제작	○ 사출, 성형장비, 금형장비
3차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발 - 실내 성능시험	○ 인장압축시험기(20회) ○ 피로시험기(300만회)
	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발 - 실내 성능시험	○ 인장압축시험기(50회) ○ 정적, 동적강성측정장비(50회)
	○ 시험시공구간 교량 상태평가 및 보수보강공사 - 보수보강 공사	○ 보수보강 공사일체(운송장비, 시공장비)
4차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선 - 보완설계 및 제작	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비 ○ 사출, 성형장비, 금형장비
	○ 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공 - 시험 시공 - 준공검사	○ 시험시공에 필요한 시설 및 장비 - 현장 가설사무실 및 창고 - 야간 조명설비 - 모터카 - 궤도해체장비 - 운송장비 - 가설설비 - 시공장비(궤도구조 위치조정 장비, 궤도구성품 체결 및 해체장비 등) - 안전장비 - 용접장비(금속용접기, 테르미트용접기 등) - 탐상장비 ○ 준공검사: EM140 궤도검측차 2회,

		Trackmaster (3회)
5차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선 - 성능 시험	○ 인장압축시험기(20회) ○ 피로시험기(300만회)

다. 3세부과제

년도	연구내용	연구시설 및 장비 투입계획
2차	○ 궤도구조 제작 - 궤도구조시스템 시험 제작	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비, 용접장비, 금형 및 사출 장비 등
3차	○ 궤도구조 실내 성능평가 - 성능평가	○ 인장압축시험기 ○ 피로시험기 ○ 궤도노반 종합시험기
4차	○ 궤도구조 성능개선 - 보완설계 및 제작	○ 절삭기(밀링머신), 압연장비 ○ 사출, 성형장비, 금형장비
5차	○ 궤도구조 성능개선 - 성능시험	○ 인장압축시험기 ○ 피로시험기 ○ 궤도노반 종합시험기

2. 세부과제별 수행가능한 연구기관 조사

가. 1세부과제 : 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

세부	과제명	연구수행 가능한 연구기관	자격 요건
1세부	무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가		
1-1 (주관)	무도상 교량 장대레일화 설계기술개발 및 시험시공 구간 성능평가	- 한국철도기술연구원, 한국건설기술연구원, 서울대학교, 연세대학교, 고려대학교, 한양대학교, 성균관대학교, 한국과학기술연구원, 포항과학대 등등	- 철도 궤도, 토목관련 해석 및 설계기술을 보유한 기관 - 궤도구성품 성능시험 시설 및 장비 보유 기관 - 궤도시스템 현장모의 동적 및 정적 시험설비를 보유한 기관 - 현장계측 장비 및 경험 보유기관
1-2 (공동)	무도상 교량 장대레일 사용성평가 기술개발	- 한국철도기술연구원, 한국건설기술연구원, 서울대학교, 연세대학교, 고려대학교, 한양대학교, 성균관대학교, 한국과학기술연구원, 포항과학대, 한국철도공사, 한국철도시설공단 등등	- 철도 궤도, 토목관련 해석 및 설계기술을 보유한 기관 - 소음진동 계측 장비 및 경험 보유기관

나. 2세부과제 : 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공

세부	과제명	연구수행 가능한 연구기관	자격 요건
2세부	기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공		
2-1 (협동)	개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공 및 현장 적	- 한국철도시설공단, 한국철도공사, 서울매트	- 철도궤도 건설 및 유지 관리 경험 보유기관

	용성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 로, 부산교통공단, 서울도시철도공사 등 - 한국철도기술연구원 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도구성품 및 궤도구조 시스템 현장부설시험 경험 보유기관 - 궤도시스템 현장 성능평가 경험 보유기관
2-2 (공동)	목침목-강거더(교량) 체결 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 삼표 E&C, 대원강업, 엘더스 T&L, 동양주공, 태명실업, 삼성콘크리트 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도구성품 중 기계부속품 생산설비 보유기관 - 체결시스템 유사부품 생산 경험 기관 - 체결시스템 실내 성능시험장비 구축 가능기관
2-3 (공동)	선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발	<ul style="list-style-type: none"> - SKC, 평화산업, 동양이화, 엔트캠, 동화화성, 미창석유공업, 신원고무 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 고무 또는 폴리우레탄 생산설비 보유기관 - 탄성패드 생산 경험 기관 - 고무제품 실내 성능시험장비 구축 가능기관

다. 3세부과제 : 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발

세부	과제명	연구수행 가능한 연구기관	자격 요건
3세부	기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발		
3-1 (협동)	신형식 궤도구조 설계/제작 및 운행선 시공법 개발.	<ul style="list-style-type: none"> - 삼표 E&C, 대원강업, 엘더스 T&L, 동양주공, 태명실업, 삼성콘크리트, 제일산업, 상등 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도구성품 생산업체 컨소시엄 리드가능 기관 - 궤도시스템 중요 구성품 중 일부 생산설비 보유기관 - 궤도구성품 현장부설 경험 보유기관
3-2 (공동)	신형식 궤도구조 시스템 개념설계 및 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> - 한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 한국철도공사, 서울메트로, 서울도시철도공사, 부산교통공사, KRTC, (주)유신, (주)도화, (주)동명 등등 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도시스템 개발 경험 보유기관 - 궤도시스템 현장 성능평가 가능 기관

2절 인력투입계획

가. 1세부과제

년도	연구내용	인력 투입계획
1차	○ 레일장대화 기술요건 정립 - 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석 - 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술요건 도출	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계 기술 개발 - 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석 - 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발 - 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가 · 현장 도상저항력 시험 · 도상횡저항력 모델링 개발	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 5명/월
	○ 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발 - 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 절차서 개발	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 1차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 21명/월
2차	○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계 기술 개발 - 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계방안 가이드라인 개발 · 궤도종저항력 요건 · 교좌장치 유형별 배치 · 레일신축이음매 설치 등	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 9명/월

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발 - 개발시스템의 좌굴안정성 평가 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 7명/월
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 검증 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 3명/월
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발 - 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 5명/월
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 3명/월
	○ 2차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 27명/월
3차	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험시공구간 장대레일 설계 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 6명/월
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험시공구간 좌굴안정성 분석 ○ 시험시공구간 구조안정성 평가 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 5명/월
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시험시공구간 무도상교량의 해석적 방법에 의한 사용성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 차량의 주행안정성 평가 - 승객의 승차감 평가 	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 2명/월
	○ 3차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조

		교수급) : 15명/월
4차	○ 시험시공구간 해석적 방법에 의한 소음, 진동 평가 - 차량/궤도/교량 상호작용 해석을 통한 궤도 및 교량 진동평가 - 궤도 및 교량 진동으로부터 발산되는 소음레벨 평가	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월
	○ 시험시공구간 계측시스템 구축 - 성능평가 계획 수립 · 계측망도 작성 · 계측 항목 및 계측 방법 정립 - 시공 중 게이지 및 측정설비 설치	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월
	○ 4차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 16명/월
5차	○ 개발 장치 및 궤도구조 시험시공구간 성능 평가 - 계측을 통한 구조안정성 평가 - 궤도-교량 시스템의 사용성 평가(차량의 주행안전성 및 승객의 승차감) - 진동 및 소음 측정 및 평가	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 7명/월
	○ 5차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 7명/월
○ 1세부과제 총 인력투입계획		해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 84명/월

나. 2세부과제

년도	연구내용	인력 투입계획
1차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발 - 체결시스템 개념 및 상세 설계	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급)

	- 탄성받침 개념 및 상세설계	: 4명/월
	○ 1차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 8명/월
2차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발 - 목침목-강거더(교량) 체결시스템 제작	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 8명/월
	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발 - 탄성받침 제작	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 6명/월
	○ 2차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 14명/월
3차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발 - 실내 성능시험	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 4명/월
	○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발 - 실내 성능시험	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 4명/월
	○ 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공 계 획수립 - 시험부설 대상 아이템 선정 - 시험시공 장소 선정 - 공사비 산정 - 공사일정 수립 - 관계기관 대외협의	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 11명/월
	○ 시험시공구간 교량 상태평가 및 보수보강 공사 - 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트에 의 한 상태평가 - 보수보강 공사	해당과제 인건비 기준(대학 조 교수급) : 6명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조

		교수급) : 27명/월
4차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선 - 성능 보완 및 개선 사항 도출 - 보완설계 및 제작	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 6명/월
	○ 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공 - 자재 제작 및 구매 시방서 작성 - 세부공정 작성 - 장비 및 인력 조달 방안 수립 - 공사발주 - 시험 시공 - 준공검사	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 15명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 21명/월
5차	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 성능개선 - 성능 시험	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 3명/월
	○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침 상용화 기반구축 - 성능시험기준 작성 - 유지관리 매뉴얼 작성	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 5명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월
○ 2세부과제 총 인력투입계획		해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 78명/월

다. 3세부과제

년도	연구내용	인력 투입계획
1차	○ 궤도구조 시스템 설계 - 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출 - 개념설계, 기본설계, 상세설계 - 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 10명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 10명/월
2차	○ 궤도구조제작	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 자재 조달 및 제작 계획서 작성	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 5명/월
	○ 궤도구조시스템 시험 제작	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 13명/월
3차	○ 궤도구조 실내 성능평가	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 3명/월
	○ 실내 성능시험 계획 수립	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 12명/월
	○ 궤도구조 운행선 시공법 개발	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 운행선 시공요건 도출	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 6명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 25명/월

4차	○ 궤도구조 성능개선 - 보완설계 및 제작	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 5명/월
	○ 상용화를 기반 구축 - 품질 및 성능기준 작성 - 제작시방서 작성 - 시공지침서 작성	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 10명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 15명/월
5차	○ 궤도구조 성능개선 - 성능시험	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 상용화를 기반 구축 - 유지관리 매뉴얼 작성 - LCC 평가	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 4명/월
	○ 차년도 총 인력투입계획	해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 8명/월
○ 3세부과제 총 인력투입계획		해당과제 인건비 기준(대학 조교수급) : 71명/월

3절 소요예산 투입계획

1. 전체 사업 소요예산

수행년차	연구내용	직접비(천원)				
		인건비	연구장비 및 재료비	연구활동비	연구과제추 진비	계
1차년도	1세부	624,154	790,000	97,923	30,000	1,542,077
	2세부	237,773	270,000	82,227	30,000	620,000
	3세부	297,216	610,000	102,784	30,000	1,040,000
1차년도 합계		1,159,142	1,670,000	282,934	90,000	3,202,076
2차년도	1세부	802,483	220,000	97,923	30,000	1,150,406
	2세부	416,102	360,000	82,227	30,000	888,329
	3세부	386,381	400,000	102,784	30,000	919,165
2차년도 합계		1,604,966	980,000	282,934	90,000	2,957,900
3차년도	1세부	505,267	100,000	97,923	30,000	733,190
	2세부	802,483	957,000	82,227	30,000	1,871,710
	3세부	743,040	2,680,000	102,784	30,000	3,555,824
3차년도 합계		2,050,790	3,737,000	282,934	90,000	6,160,724
4차년도	1세부	475,546	950,000	97,923	30,000	1,553,469
	2세부	624,154	550,000	82,227	30,000	1,286,381
	3세부	534,989	2,650,000	102,784	30,000	3,317,773
4차년도 합계		1,634,688	4,150,000	282,934	90,000	6,157,622
5차년도	1세부	96,595	450,000	470,000	30,000	1,046,595
	2세부	111,456	200,000	390,000	30,000	731,456
	3세부	92,880	250,000	510,000	30,000	882,880
5차년도 합계		300,931	900,000	1,370,000	90,000	2,660,931
총계		6,750,518	11,437,000	2,501,736	450,000	21,139,254

제5장 과제공모 방안

1절 과제제안 요구서

1. 연구사업 과제 제안요구서

연구과제명	무도상 교량 장대레일화 기술개발 기획
1. 연구개발 목표	<p>노후 무도상 교량(판형교, 트러스교)의 레일장대화 부설을 위한 설계 및 성능평가 핵심기술 개발 및 기존 궤도구조를 개량하기 위한 중요 장치 및 강거더 일체형 신형식 궤도구조 개발.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 구조적 특성 및 상태를 반영한 장대레일 해석, 설계, 그리고 사용성 검토 단계들에서 필요한 핵심기술의 개발과, 기술 적용을 통한 개발시스템의 적합성 검토 및 성능 제고. ○ 기존 궤도구조를 활용하여 적은 비용으로 신속하게 레일장대화기 위한 중요 장치를 개발하고, 개발 장치 및 구조시스템의 시험 시공을 통하여 현장 적용성을 확인 ○ 무도상교량(판형교, 트러스교)의 기존 목침목 궤도구조를 개량하기 위한 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<p>□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 기존선에는 자갈도상 없이 거더에 침목이 직결되어 있는 무도상교량(판형교(453개소), 트러스교(11개소))이 다수 존재 ○ 무도상교량은 대부분 일제시대에 건설되어 교량 및 궤도 상태가 레일을 장대화하기 어려운 조건에 있음. ○ 판형교 일부가 유도상화 사업을 통하여 레일장대화가 이루어지고 있지만 사업 추진이 매우 느리게 진행되고 있어 장기적으로 상당수가 비장대화 상태로 놓이게 될 전망이며, 트러스교의 경우는 레일장대화 사업에 포함되어 있지 않음. ○ 무도상교량구간에서 레일비장대화는 승객의 승차감 및 차량의 주행안전성 저하와 열차속도의 제한 요인으로 작용하여 철도 서비스품질 및 대외경쟁력을 크게 저하시키고 있음. ○ 또한 차륜이 이음매통과를 통과할 때 발생하는 매우 큰 충격하중으로 궤도 파손 및 차륜 손상으로 유지보수비가 크게 발생하고 있음. ○ 교량상에 다수의 레일이음매의 존재로 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생함에 따라서 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있음. ○ 따라서 트러스교를 포함한 노후 무도상교량에서 레일장대화는 국가적으로 반드시 필요한 과제임.
□ 기술동향	<p>□ 국내외 기술개발 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 R&D인 사업을 통하여 궤도 및 교량설계 시 레일장대화에 필요한 궤도-교량 상호작용 해석기술은 확보되어 있는 상태임.

- 그러나 기존의 판형교 및 트러스교에 대해서는 신설 궤도 및 교량과는 구조적 거동 특성이 다르고 또한 구조적으로 취약함에 따라 무도상 거동특성을 반영한 정밀해석이 요구되나 이에 대한 연구는 현재까지 진행된 바 없음.
 - 판형교상의 무도상 궤도에서 교량침목과 거더의 상면을 고정하기 위해 T-볼트 대응을 교량침목 고정장치가 개발된 바 있으나 기능성 및 장기내구성을 보완할 수 있는 새로운 장치의 개발이 필요함.
 - 판형교 거더 위의 노후 궤도시스템을 근본적으로 교체할 수 있는 신형식 궤도시스템 개발에 대한 연구는 추진된 바 없음.
 - 미국에서는 판형교 장대화를 위하여 목침목과 교량거더를 연결하기 위한 체결시스템을 개발한 바 있음.
 - 독일에서는 판형교 거더와 목침목사이에 종저항력이 발생하지 않도록 목침목이 거더 위를 종방향으로 자유롭게 이동할 수 있는 장치를 개발한 바 있음.
 - 중국에서는 트러스 교량을 장대화하기 위한 해석적 연구한 바 있으나 실제 현장에서 노후 무도상교량을 장대화한 사례는 보고되고 있지 않음.
 - 해외 각국에서 판형교를 장대화하기 위하여 궤도 및 교량 일부를 개량하여 제한적으로 장대화하는 방법에 대해서는 연구된 바 있으나 거더 위 상부궤도구조를 저비용으로 새로운 시스템으로 교체하는 연구는 추진된 바 없음.
- 국내외 관련 시장 및 산업 동향
- 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능(187개소 535,912 m, 5300억원)
 - 판형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음.
 - 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588 m)
 - SRX 유라시아 철도를 대비한 북한철도노선 5100 km 중에서 15% 이상(765 km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일 장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용
 - 해외 많은 국가에서 아직도 노후 판형교 및 트러스교가 다수 존재하고 이들 교량 상에서 레일을 장대화지 못한 채로 운영하고 있는 개소가 많음. 따라서 이들 개소에서 저비용으로 신속하게 레일을 장대화할 수 있는 장치 또는 궤도시스템이 개발될 될 경우 많은 해외 수출이 기대됨.

3. 연구개발내용

- 1세부과제 :
 - 레일장대화 기술요건 정립

- 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석
 - 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술요건 도출
 - 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발
 - 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석
 - 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발
 - 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계 방안 가이드라인 개발(궤도종저항력 요건, 교좌장치 유형별 배치, 레일신축이음매 설치 등)
 - 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발
 - 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가
 - 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발
 - 개발시스템의 좌굴안정성 평가
 - 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발
 - 개발시스템 구조안정성 평가
 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발
 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석을 통한 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 평가
 - 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발
 - 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발
 - 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발
 - 개발시스템의 진동 및 소음 평가
 - 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발
 - 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 절차서 개발(육안으로 파악할 수 없는 부재에 대한 평가 기준 포함)
 - 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발
 - 시험시공구간 개발 장치 및 궤도구조 성능평가
 - 계획 계획 수립(계획망 구성, 계획 일정)
 - 시험평가
 - 개발품 기능 및 성능
 - 궤도-교량 시스템의 사용성(차량의 주행안전성 및 승객의 승차)
 - 궤도-교량 소음진동 저감성능
- 2 세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공
- 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 현장 성능시험
 - 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 실내 및 현장 성능시험
 - 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공
 - 시험시공 계획수립
 - 시험부설 대상 아이템 선정
 - 시험시공 장소 선정
 - 공사비 산정

- 공사일정 수립
- 관계기관 대외협의
- 운영성 공사 안전확보 계획 수립
 - 공사중 위험요소 예측 및 대책방안 수립
 - 공사 중 안전 감리체계 수립
 - 관계기관 안전확보를 위한 협의체 구성방안
- 시험시공
 - 자재 제작 및 구매 시방서 작성
 - 세부공정 작성
 - 장비 및 인력 조달 방안 수립
 - 공사발주
 - 시험 시공
 - 준공검사
- 3 세부과제 : 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발
 - 궤도구조 시스템 설계
 - 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출
 - 개념설계, 기본설계, 상세설계
 - 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토
 - 궤도구조 제작
 - 자재 조달 및 제작 계획서 작성
 - 궤도구조시스템 시험 제작
 - 궤도구조 실내 성능평가
 - 실내 성능시험 계획 수립
 - 시험항목
 - 시험방법
 - 성능시험 기준
 - 성능평가
 - 성능보완
 - 운행선 시공법 개발
 - 운행선 시공 요건 도출
 - 공사 절차서 작성
 - 상용화를 기반 구축
 - 품질 및 성능기준 작성
 - 제작시방서 작성
 - 시공지침서 작성
 - LCC 평가

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 1세부과제: 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가
 - 궤도-교량 시스템 구조해석 및 사용성 검토에 요구되는 해석기법에 대하여 국내외적으로 기존에 개발된 것들을 체계적으로 조사하여 가급적 기 개발된 S/W를 활용함으로써 해석기법 개발에 따른 기간 및 비용을 최소화함.
 - 판형교, 트러스교 등 무도상교량의 구조특성상 기존에 개발된 해석기법을 활용할 수 없는 부분을 집중하여 연구개발함으로써 과

제의 집중도를 높임.

- 해석기법 개발 과제 특성상 고도의 전문가가 참여가 요구되는 과업에 대해서는 최대한 전문기술을 보유한 기관 또는 인력이 참여토록 하여 연구의 내실화를 도모함.
 - 해석기법의 개발은 연구 초기단계에 집중적으로 개발함으로써 사업을 통하여 개발할 구성품 또는 구조시스템의 최적설계 및 성능검토에 최대한 활용할 수 있도록 함.
 - 해석기법의 신뢰도는 해석에 사용되는 제원 및 물성치의 정확한 모델링에 직결되어 있는 만큼 가급적 실내 또는 현장시험을 통하여 제원 및 물성치에 대한 정보를 수집함.
 - 궤도-교량 종방향 상호작용 해석기법을 활용한 다양한 파라메타 연구를 통하여 레일장대화에 요구되는 궤도 및 교량 각부의 품질 및 기능을 체계적으로 파악하고 이를 토대로 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼을 개발
- 2세부과제: 기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험 시공
- 레일장대화를 위하여 개발되었던 강거더-목침목 체결장치 등이 사용년도가 지남에 따라서 기능이 급격하게 저하되었던 점을 고려하여 장기 내구수명을 갖도록 구성품을 개발.
 - 강거더-목침목 체결장치를 적용한 소규모 개량 및 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용한 중규모 개량을 동시에 시행할 수 있는 시험 시공 장소를 선정하여 다양한 개발품들의 성능을 동시에 확인할 수 있도록 함.
 - 시험시공 대상교량은 비교적 양호한 상태에 있는 교량을 선정함으로써 보수보강에 요구되는 비용을 최소화
 - 시험 시공 시 교량전체 구간 중에 대부분의 구간을 소규모로 개량하고, 짧은 구간을 다소 많은 비용이 소요되는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용함으로써 시험 시공비용이 최소화 될 수 있도록 시험 시공 계획을 수립.
 - 시험시공이 운행선에서 이루어짐에 따라 공사 중 안전이 무엇보다도 중요하므로 사고를 방지할 수 있도록 차량 운영기관과의 체계적인 협조체계를 구성하고, 현장에 상시 안전감독관을 배치.
 - 시험시공 구간에서 시험평가 시 개발품 성능, 궤도-교량 시스템의 사용성, 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 등 체계적으로 평가할 수 있도록 시험계획을 수립.
- 3세부과제: 기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발
- 개념설계 단계에서 다양한 유형의 궤도구조시스템을 도출하고 참여연구원 및 전문가 합동 토론회의 통하여 적정 궤도구조시스템 선정.
 - 1세부과제인 무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발과제와의 연계를 통한 개발구조시스템의 체계적인 사용성 및 효율성 검토.
 - 운행선 교체공사인 점을 고려하여 조속한 시공이 가능하고 유지

	<p>관리가 용이하도록 궤도구조시스템을 설계.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도구조와 교량 강거더 사이에 탄성패드를 적용하여 소음, 진동을 큰 폭을 저감시킬 수 있는 궤도구조시스템 개발. ○ 개념설계 단계부터 특허출원을 실시하여 과제로 생산된 지적재산권 보호. ○ 기업체의 사업 다각화 지원 및 사용화 촉진을 위하여 기업체의 적극전인 참여 유도. ○ 개발 궤도구조시스템의 조속한 상용화를 위하여 상용화에 필요한 각종 기준 및 시방서, 매뉴얼 등을 연구과제를 통하여 사전에 구축.
<p>□ 추진체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구목표를 효율적으로 달성하기 위하여 차량-궤도-교량 상호 인터페이스 해석 및 설계 전문지식을 요하는 핵심기술개발 그룹, 운행선 공사 및 유지보수 경험을 요하는 중요 장치 개발 및 시험시공 그룹, 그리고 궤도구조 제작 경험을 요하는 궤도구조 개발 그룹 등 3그룹(3 세부과제)으로 나누어 추진. 각 세부연구과제에서도 출된 연구성과를 상호간 효율적으로 피드백(Feed back)할 수 있도록 연구추진일정 및 연계추진체계 구성. ○ 1 세부과제에서는 무도상 교량 장대레일 설계에 필요한 핵심기술을 개발할 뿐만 아니라 개발한 기술을 활용하여 2, 3 세부과제에서 개발하고자하는 궤도구성품 및 궤도구조의 사용성을 검토할 수 있도록 연구체계 구성. ○ 2 세부과제에서 수행하는 시험시공 및 시험평가에서는 1 세부과제에서 개발한 설계핵심기술을 활용하여 시험시공 대상 교량의 장대레일을 설계하고, 필요한 개소를 보수보강하도록 연구체계를 구성. ○ 2 세부과제에서 시험시공 대상은 개발품은 목침목-강거더 체결시스템 뿐만 아니라 2 세부과제에서 개발한 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템을 포함하며 시험 시공할 수 있도록 연구체계 구성. ○ 3 세부과제에서 수행하는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템의 상용화 기반 구축에서는 2 세부과제에서 수행하는 시험시공을 통하여 얻어진 현장 조건 및 경험을 최대한 반영할 수 있도록 연구체계 구축.
<p>5. 최종성과물</p>	<p>□ 주요 최종성과물</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 1세부과제 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량 장대레일 설계기법(S/W) ○ 무도상교량 사용성 및 소음, 진동 평가기법(S/W) ○ 무도상교량 장대레일화 체크리스트 및 보강매뉴얼 ○ 무도상교량 장대레일화와 관련한 제반 기준 □ 2세부과제 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 목침목-교량거더 연결장치 ○ 선형조정용 목침목 받침 □ 3세부과제 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량 신형식 궤도구조시스템

- 신형식 궤도구조시스템 운행선 시공법, 유지관리매뉴얼

6. 기대효과 및 파급효과

- 기대효과
 - 경제적 효과
 - . (차량, 궤도 교량 유지보수 비용 절감) 레일이음매의 제거로 충격 진동이 현격히 저감됨에 따라 차량, 궤도, 교량의 손상이 크게 저감되며, 그에 따라 유지보수비 절감
 - . (중소기업 육성) 무도상 교량 레일장대화에 필요한 다양한 장치 및 공법들의 개발로 중소기업의 기술육성 및 사업다각화 지원
 - . (철도 경쟁력 제고) 열차속도 향상에 따른 수송력 증가 및 안전 및 환경비용(방음, 방진장치) 저감
 - 기술적 효과
 - . 무도상 교량 장대화 기술을 선제적으로 확보하여 중국 등 철도 기술 경쟁력 확보
 - 정책적 효과
 - . 대부분의 국가에서 교통수단 간 균형을 통한 지속가능한 발전, 기후변화협약 대응의 일환 등으로 철도투자 증대 추세
 - . 독일, 프랑스, 일본 등 철도 선진국은 고속철도 운행과는 별개로 효율적 교통체계의 구축을 위해 일반철도에의 투자 확대 추세. 러시아 등도 신선건설과 고속화를 동시 추진 중이나 막대한 건설비가 소요되는 신선보다는 일반철도의 고속화 우선 추진하고 있는 실정
 - . 이러한 경쟁력을 감안하여 철도계획의 기본방향을 일반철도의 수송력 증강, 안전성 및 쾌적성 향상
- 파급효과
 - 직접적 파급효과
 - . (승객 및 철도연변 주민의 쾌적성 향상) 10dB이상의 소음, 진동이 감소하며, 이에 따라 승객 및 철도연변 주민의 민원 사전 예방 및 승객 및 주민의 쾌적성 향상
 - 간접적 파급효과
 - . (승객의 안전성 및 편의성 제고) 차량의 주행안전성 및 승차감 향상됨에 따라 이용만족도 향상

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2017.1 ~ 2021.12 (5년)
 - 1차년도 연구기간 : 2017. 1 ~ 2017. 12(12개월)
- 총 정부출연금 : 억원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 억원 이내

※ 연구시작 시기는 변경될 수 있음.
 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산사정에 따라 조정될 수 있음.
 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능.

8. 기 타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발기술의 실용화를 위해서는 운행선에서 시험시공이 반드시 요구되므로 이러한 작업을 원활하게 추진할 수 있고, 향후 실용화를 실질적으로 지원할 수 있는 철도 건설 및 운영 기관들의 참여가 필요함. ○ 연구의 내실화와 효율적 추진을 위해서는 무도상교량에서 장대레일 해석 및 설계기술, 사용성 평가기술, 소음진동평가기술을 충분히 소유한 전문기관의 참여가 필요함. ○ 개발 장치 및 궤도구조시스템의 성능 확보를 위해서는 개발단계에서 다양한 실내시험을 수행하여야하므로 이들 시험을 수행할 수 있는 각종 시험장비를 구축하고 있는 기관의 참여가 필요함. ○ 본 연구의 효율적 추진을 위해서는 개발단계에서 시제품들을 적기에 제작 및 수정보완할 수 있는 기업체의 참여가 필요함. ○ 개발품의 상용화를 촉진하기 위해서는 사업화 의지를 갖고 개발단계부터 노하우를 습득할 기업체의 참여가 필요함.
--------	---

2. 1세부과제 과제 제안요구서

연구과제명	무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가
1. 연구개발 목표	<p>무도상교량(판형교 및 트러스교)의 구조적 특성 및 상태를 반영한 장대레일 설계 및 사용성 평가에 필요한 핵심기술의 개발과, 기술 적용을 통한 개발시스템의 적합성 검토 및 성능 제고.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상 교량 상태평가 체크리스트 및 보수보강 매뉴얼 개발 ○ 무도상교량(판형교 및 트러스교) 해석 및 설계, 사용성(구조안정성, 주행안전성, 소음 및 진동) 평가 기술 개발 ○ 시험시공구간 장대화 설계 및 사용성 평가
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량에서 레일을 장대화할 경우 레일 및 교량에서 축력이 발생함에 따라 기존 궤도 및 교량에서 그동안 요구되지 않았던 종방향 저항력을 지지할 수 있는 구조적 성능이 요구됨. 따라서 기존 무도상교량이 이러한 성능을 보유하고 있는지 판단하기 위해서 무도상교량의 궤도, 교량거더, 교좌장치, 교각, 수중 교각기초의 종방향 저항력을 체계적으로 평가하기 위한 체크리스트의 개발과 무도상교량의 효율적으로 보수, 보강하기 위한 보강매뉴얼의 개발이 필요함. ○ 무도상교량(판형교 및 트러스교) 레일장대화를 위해서는 무도상교량 및 궤도의 취약한 구조적 특성을 반영할 수 있는 궤도와 교량의 정밀한 상호작용 해석 및 설계기술의 개발이 필요함. ○ 무도상교량(판형교 및 트러스교)을 레일장대화함에 따라서 기존의 궤도-교량시스템이 새로운 구조적인 거동특성을 갖는 새로운 궤도-교량시스템으로 변경되므로 새로운 궤도-교량시스템의 구조안정성 및 사용성(주행안전성, 승차감, 소음 및 진동 저감성능)의 확보를 위하여 이에 대한 체계적인 평가기술의 개발이 필요함.
기술동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경부고속철도 기존선 활용에 따른 동대구~부산간 기존선 전철화 사업의 일환으로 기존선 보강 및 승차감 향상을 위하여 판형교 교량 장대화 추진(2004) <ul style="list-style-type: none"> - 교량상부구조 보강방안을 비롯 축력해석 결과에 따른 장대레일부설방안을 수립하여 일부 장대레일 부설 - 장대레일부설은 대부분 전장(200m)이하의 교량으로 전장이 큰 무도상교량에 대한 장대레일 부설방안 및 시험부설은 이루어지지 못함 ○ 국가 R&D인 사업인 선도기술개발사업의 일부으로 추진되었던 선로구축물 시스템인터페이스 기술개발사업, 고속철도 궤도기술 개발사업 등 통하여 궤도 및 교량설계 시 레일장대화에 필요한 궤도-교량 상호작용 해석기술은 확보되어 있는 상태임. ○ 그러나 기존의 판형교 및 트러스교에 대해서는 신설 궤도 및 교량과는 구조적 거동 특성이 다르고 또한 구조적으로 취약함에 따라 무도상 거동특성을 반영한 정밀해석이 요구되나 이에 대한 연구는 현재까지 진행된 바 없음.

- 사용성 및 소음/진동 평가기술 분야에서도 철도교량에서의 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감을 대상으로 하는 연구는 비교적 2000년 이후부터 활발하게 연구되어지고 있음. 그러나 이들 연구의 대부분은 최근에 건설되는 고속철도 교량을 대상으로 하고 있으며, 노후된 판형교 또는 트러스를 대상으로 하는 연구사례는 거의 없다고 할 수 있음.
- 또한 최근 차량-궤도-교량 상호작용해석 기법의 개발에 힘입어 교량진동에 의하여 교량차체에서 방사되는 소음을 예측하는 기법에 대한 연구들이 보고되고 있으나 판형교를 대상으로 판형교의 진동에 의하여 방사되는 소음을 예측하는 연구사례는 지금까지 거의 없다고 할 수 있음.
- 교량의 상태평가와 모니터링시스템 구축에 의한 진단에 대한 연구 사례는 매우 많다고 할 수 있음. 그러나 판형교 또는 트러스교를 대상으로 하는 상태평가 또는 보수보강에 대한 연구사례는 거의 없다고 할 수 있음.

3. 연구개발내용

1세부과제 : 무도상 교량 장대레일화 설계 핵심기술 개발 및 성능평가

- 레일장대화 기술요건 정립
 - 레일장대화 국내외 기술기준 조사 및 분석
 - 종저항력 확보를 위한 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초 등의 레일장대화 기술요건 도출
- 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 및 설계기술 개발
 - 궤도, 거더, 교각, 교좌장치, 기초의 변위-종저항력 거동특성 분석
 - 무도상교량(판형교 및 트러스교)의 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 모델링 개발
 - 구조적 특성 및 상태를 고려한 무도상 교량 장대레일 적정 설계 방안 가이드라인 개발(궤도종저항력 요건, 교좌장치 유형별 배치, 레일신축이음매 설치 등)
- 무도상 교량상 궤도 좌굴안정성 평가 기술 개발
 - 개발품의 구조적 거동특성을 고려한 궤도 횡저항력 평가
 - 횡방향 레일 좌굴해석 모델링 개발
 - 개발시스템의 좌굴안정성 평가
- 교량 구조안정성 및 사용성(안전성, 승차감) 평가기술 개발
 - 개발시스템 구조안정성 평가
 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석모델링 개발
 - 차량-궤도-무도상교량 상호작용 해석을 통한 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 평가
- 궤도-교량 시스템 소음/진동 평가기술 개발
 - 궤도-교량 시스템 진동 해석기법 개발
 - 궤도-교량 시스템 구조체 진동에 따른 방사소음 예측기법 개발
 - 개발시스템의 진동 및 소음 평가
- 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트 및 보강매뉴얼 개발
 - 레일장대화 요건 파악을 위한 궤도 및 교량 상태평가 체크리스트

	<p>및 절차서 개발(육안으로 파악할 수 없는 부재에 대한 평가 기준 포함)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상태평가결과에 연동된 효과적인 보강매뉴얼 개발 ○ 시험시공구간 개발 장치 및 궤도구조 성능평가 - 계측 계획 수립(계측망 구성, 계측 일정) - 시험평가 <ul style="list-style-type: none"> · 개발품 기능 및 성능 · 궤도-교량 시스템의 사용성(차량의 주행안전성 및 승객의 승차) · 궤도-교량 소음진동 저감성능
<p>4. 연구개발 추진방법</p>	
<p>추진전략</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도-교량 시스템 구조해석 및 사용성 검토에 요구되는 해석기법에 대하여 국내외적으로 기존에 개발된 것들을 체계적으로 조사하여 가급적 기 개발된 S/W를 활용함으로써 해석기법 개발에 따른 기간 및 비용을 최소화함. ○ 판형교, 트러스교 등 무도상교량의 구조특성상 기존에 개발된 해석기법을 활용할 수 없는 부분을 집중하여 연구개발함으로써 과제의 집중도를 높임. ○ 해석기법 개발 과제특성상 고도의 전문가가 참여가 요구되는 과업에 대해서는 최대한 전문기술을 보유한 기관 또는 인력이 참여토록 하여 연구의 내실화를 도모함. ○ 해석기법의 개발은 연구 초기단계에 집중적으로 개발함으로써 사업을 통하여 개발할 구성품 또는 구조시스템의 최적설계 및 성능 검토에 최대한 활용할 수 있도록 함. ○ 해석기법의 신뢰도는 해석에 사용되는 제원 및 물성치의 정확한 모델링에 직결되어 있는 만큼 가급적 실내 또는 현장시험을 통하여 제원 및 물성치에 대한 정보를 수집함. ○ 궤도-교량 종방향 상호작용 해석기법을 활용한 다양한 파라메타 연구를 통하여 레일장대화에 요구되는 궤도 및 교량 각부의 품질 및 기능을 체계적으로 파악하고 이를 토대로 상태평가 체크리스트 및 보강 매뉴얼을 개발.
<p>추진체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2세부의 개발하는 궤도구성품들과 3세부에서 개발하는 궤도구조시스템의 기술요건의 기본이 되는 장대화 기술요건 분석을 우선적으로 수행하도록 추진체계 구성. ○ 2, 3세부과제들에서 개발한 궤도구성품 및 궤도시스템의 시험 시공을 위하여 시험시공이전에 교량의 상태평가 및 보수보강이 이루어지도록 연구추진체계 구성. ○ 무도상 교량 장대레일 설계에 필요한 핵심기술을 개발할 뿐만 아니라 개발한 기술을 활용하여 2, 3 세부과제에서 개발하고자하는 궤도구성품 및 궤도구조의 사용성을 검토할 수 있도록 연구체계 구성.
<p>5. 최종성과물</p>	
<p>주요 최종성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량 장대레일 설계기법(S/W) ○ 무도상교량 사용성 및 소음, 진동 평가기법(S/W) ○ 무도상교량 장대레일화 체크리스트 및 보강매뉴얼

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시험시공구간 레일장대화 설계도서, 구조안정성 및 사용성평가 보고서 ○ 무도상교량 장대레일화와 관련한 제반 기준
6. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> · 철도인프라설계상 가장 핵심적인 차량-궤도-교량 상호작용 해석기술의 확보로 철도 궤도 및 노반구조물에서 발생할 수 있는 다양한 특수문제를 해결할 수 있는 원천적인 설계기술 확보 · 차량이 레일이음매 통과 시 차륜과 레일에 의한 소음/진동문제에 대한 민원이 지속적으로 증가하는 상황이므로 본 연구에서 개발하는 교량구간 소음, 진동평가기술은 향후 철도건설에 있어서 활용도가 매우 높은 기술임 · 철도 인프라건설에서 있어서 가장 중요한 설계요소는 주행안전성, 승차감 등 사용성 확보라고 할 수 있음. 본 연구사업에서는 가장 고차원의 사용성 검토기술의 개발되므로 향후 현수교, 사장교, 그 밖의 특수철도교량 설계에 적용할 수 있는 기술을 확보 ○ 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구사업은 학교, 연구원, 철도 건설 또는 운영기관, 제조 및 제작업체 등의 협동연구가 요구되므로 다분야의 다각적 기술교류에 따른 전반적 철도기술발전이 도모.
7. 연구개발기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2017.1 ~ 2021.12 (5년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2017. 1 ~ 2017. 12(12개월) ○ 총 정부출연금 : 억원 이내 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 억원 이내 <p>※ 연구시작 시기는 변경될 수 있음. ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산사정에 따라 조정될 수 있음. ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능.</p>
8. 기 타	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발품의 실내 및 현장 성능시험을 수행할 수 있는 종합궤도시스템 성능시험시설 및 현장계측장비를 갖춘 기관의 참여가 필요함. ○ 연구의 내실화와 효율적 추진을 위해서는 무도상교량에서 장대레일 해석 및 설계기술, 사용성 평가기술, 소음진동평가기술을 충분히 소유한 전문기관의 참여가 필요함.

3. 2세부과제 제안요구서

연구과제명	기존 궤도구조를 활용한 레일장대화 장치 개발 및 시험시공
<p>1. 연구개발 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발 ○ 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발 ○ 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공 	<p>기존 궤도구조를 활용하여 적은 비용으로 신속하게 레일장대화기 위한 중요 장치를 개발하고, 개발 장치 및 구조시스템의 시험 시공을 통하여 현장 적용성을 확인</p>
<p>2. 연구개발 필요성 및 기술동향</p> <p>연구개발의 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도상태가 비교적 양호한 무도상교량을 적은 비용으로 신속하게 레일장대화하기 위해서는 침목과 거더를 장기간 안정성으로 체결할 수 있는 체결시스템과, 침목과 거더 사이에서 발생하는 충격을 완화하고 침목위치마다 높낮이가 다른 개소에서 높이를 조정할 수 목침목 탄성받침 개발이 필요함. ○ 본 연구과제를 통하여 개발하는 목침목-강거더(교량) 체결시스템 및 목침목 탄성받침뿐만 아니라 3세부과제에서 개발하는 신형식 궤도구조를 개발하여 실용화를 촉진하기 위해서는 실제 현장에서 시험시공을 통하여 성능 및 현장 적용성을 확인할 필요가 있음.
<p>기술동향</p>	<p>국내외 기술개발 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 판형교상의 무도상 궤도에서 교량침목과 거더의 상면을 고정하기 위해 T-볼트 대용을 교량침목 고정장치가 개발된 바 있으나 기능성 및 장기내구성을 보완할 수 있는 새로운 장치의 개발이 필요함. ○ 미국에서는 판형교 장대화를 위하여 목침목과 교량거더를 연결하기 위한 체결시스템을 개발한 바가 있음. ○ 독일에서는 판형교 거더와 목침목사이에 종저항력이 발생하지 않도록 목침목이 거더 위를 종방향으로 자유롭게 이동할 수 있는 장치를 개발한 바 있음. <p>국내외 관련 시장 및 산업 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능(187개소 535,912 m, 5300억원) ○ 판형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음. ○ 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 패널을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588 m) ○ SRX 유라시아 철도를 대비한 북한철도노선 5100 km 중에서 15% 이상(765 km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용 ○ 상기 무도상 레일장대화 대상교량에서 트러스교를 포함하여 상당

수의 판형교에서 궤도상태가 비교적 양호한 상태에 있어 본 연구 사업결과를 반영하여 저렴한 비용으로 레일을 장대화 할 수 있는 무도상교량이 다수 존재함.

3. 연구개발내용

- 목침목-강거더(교량) 체결시스템 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 현장 성능시험
- 선형조정 및 충격완화용 목침목 탄성받침 개발
 - 개발품 설계, 제작 및 실내 및 현장 성능시험
- 개발 구성품 및 구조시스템 시험 시공
 - 시험시공 계획수립
 - 시험부설 대상 아이템 선정
 - 시험시공 장소 선정
 - 공사비 산정
 - 공사일정 수립
 - 관계기관 대외협의
 - 운영성 공사 안전확보 계획 수립
 - 공사중 위험요소 예측 및 대책방안 수립
 - 공사 중 안전 감리체계 수립
 - 관계기관 안전확보를 위한 협의체 구성방안
 - 시험시공
 - 자재 제작 및 구매 시방서 작성
 - 세부공정 작성
 - 장비 및 인력 조달 방안 수립
 - 공사발주
 - 시험 시공
 - 준공검사

4. 연구개발 추진방법

추진전략

- 레일장대화를 위하여 개발되었던 강거더-목침목 체결장치 등이 사용연도가 지남에 따라서 기능이 급격하게 저하되었던 점을 고려하여 장기 내구수명을 갖도록 구성품을 개발.
- 강거더-목침목 체결장치를 적용한 소규모 개량 및 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용한 중규모 개량을 동시에 시행할 수 있는 시험 시공 장소를 선정하여 다양한 개발품들의 성능을 동시에 확인할 수 있도록 함.
- 시험시공 대상교량은 비교적 양호한 상태에 있는 교량을 선정함으로써 보수보강에 요구되는 비용을 최소화
- 시험 시공 시 교량전체 구간 중에 대부분의 구간을 소규모로 개량하고, 짧은 구간을 다소 많은 비용이 소요되는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조를 적용함으로써 시험 시공비용이 최소화 될 수 있도록 시험 시공 계획을 수립.
- 시험시공이 운행선에서 이루어짐에 따라 공사 중 안전이 무엇보다도 중요하므로 사고를 방지할 수 있도록 차량 운영기관과의 체계적인 협조체계를 구성하고, 현장에 상시 안전감독관을 배치.
- 시험시공 구간에서 시험평가 시 개발품 성능, 궤도-교량 시스템의

	<p>사용성, 차량의 주행안전성 및 승객의 승차감 등 체계적으로 평가할 수 있도록 시험계획을 수립.</p>
추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2 세부과제에서 수행하는 시험시공 및 시험평가에서는 1 세부과제에서 개발한 설계핵심기술을 활용하여 시험시공 대상 교량의 장대 레일을 설계하고, 필요한 개소를 보수보강하도록 연구체계를 구성. ○ 2 세부과제에서 시험시공 대상은 개발품은 목침목-강거더 체결시스템 뿐만 아니라 2 세부과제에서 개발한 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템을 포함하며 시험 시공할 수 있도록 연구체계 구성. ○ 개발하고자하는 목침목-강거더(교량) 체결시스템과 목침목 탄성받침은 각각 특화된 생산 및 성능시험시설이 필요하므로 각기 다른 기관(업체)에서 연구를 수행하도록 연구체계를 구성 ○ 운행선상에 개발품을 시험시공하기 위해서는 고도의 안전이 요구되고 따라서 철도운영기관의 전폭적인 협조가 필요하므로 가급적 철도운영기관이 참여하도록 연구체계를 구성.
5. 최종성과물	
주요 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목침목-교량거더 연결장치 ○ 선형조정용 목침목 받침 ○ 레일을 장대화 시험 시공한 무도상교량 1 개소
6. 기대효과 및 파급효과	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> . (차량, 궤도 교량 유지보수 비용 절감) 레일이음매의 제거로 충격 진동이 현격히 저감됨에 따라 차량, 궤도, 교량의 손상이 크게 저감되며, 그에 따라 유지보수비 절감 . (중소기업 육성) 무도상 교량 레일장대화에 필요한 다양한 장치 및 공법들의 개발로 중소기업의 기술육성 및 사업다각화 지원 . (철도 경쟁력 제고) 열차속도 향상에 따른 수송력 증가 및 안전 및 환경비용(방음, 방진장치) 저감 - 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> . 무도상 교량 장대화 기술을 선제적으로 확보하여 기술 경쟁력 확보 ○ 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> - 직접적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> . (승객 및 철도연변 주민의 쾌적성 향상) 10dB이상의 소음, 진동이 감소하며, 이에 따라 승객 및 철도연변 주민의 민원 사전 예방 및 승객 및 주민의 쾌적성 향상 - 간접적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> . (승객의 안전성 및 편의성 제고) 차량의 주행안전성 및 승차감 향상됨에 따라 이용만족도 향상
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2017.1 ~ 2021.12 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2017. 1 ~ 2017. 12(12개월)

- 총 정부출연금 : 억원 이내
- 1차년도 정부출연금 : 억원 이내

- ※ 연구시작 시기는 변경될 수 있음.
- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산사정에 따라 조정될 수 있음.
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능.

8. 기 타

- 개발기술의 실용화를 위해서는 운행선에서 시험시공이 반드시 요구되므로 이러한 작업을 원활하게 추진할 수 있고, 향후 실용화를 실질적으로 지원할 수 있는 철도운영 기관들의 참여가 필요함.
- 개발 장치 및 궤도구조시스템의 성능 확보를 위해서는 개발단계에서 다양한 실내시험을 수행하여야하므로 이들 시험을 수행할 수 있는 각종 시험장비를 구축하고 있는 기관의 참여가 필요함.
- 본 연구의 효율적 추진을 위해서는 개발단계에서 시제품들을 적기에 제작 및 수정보완할 수 있는 기업체의 참여가 필요함.
- 개발품의 상용화를 촉진하기 위해서는 사업화 의지를 갖고 개발단계부터 노하우를 습득할 기업체의 참여가 필요함.

4. 3세부과제 과제 제안요구서

연구과제명	기존 궤도구조 교체용 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발
1. 연구개발 목표	무도상교량(판형교, 트러스교)의 기존 목침목 궤도구조를 개량하기 위한 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발.
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량(판형교, 트러스교)의 기존 목침목 궤도구조를 개량하기 위한 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조 개발. ○ 일체형 신형식 궤도구조의 성능검증 및 상용화를 기반 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도상태가 비교적 열악한 상태에 있는 무도상교량에서 경제적이면서 효율적으로 레일을 장대화하기 위해서는 기존의 궤도를 철거하고 새로운 궤도구조로 교체하기 위한 강거더(교량) 일체형 신형식 궤도구조시스템의 개발이 필요함. ○ 개발 궤도구조시스템의 상용화를 위해서는 현장에서 시험부설을 통한 성능검증 및 개선이 필요함. ○ 또한 상용화를 촉진하기 위해서는 품질 및 성능기준, 제작시방서, 시공지침서, LCC 평가보고서 등을 사전에 작성할 필요가 있음.
기술동향	<p>국내외 기술개발 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외적으로 평탄한 노반에 부설할 수 있는 현장타설 방식 또는 공작제작식의 다양한 궤도구조시스템이 개발되었음. ○ 그러나 무도상교량의 판형거더를 그대로 활용하면서 노후 궤도시스템을 대체할 수 있는 강거더 일체형 궤도시스템은 국내외적으로 개발된 사례가 없음. <p>국내외 관련 시장 및 산업 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년 이후에 사업예정이고 이들 교량에 대해서는 본 연구사업 성과를 반영하여 무도상교량으로 장대화화가 가능(187개소 535,912 m, 5300억원) ○ 판형교 유도상화 사업에 제외된 153개 교량(연장 501,769 m)에 대해서도 단기간 내 폐선 예정인 구간을 제외하고는 무도상교량 레일 장대화사업 결과를 적용할 수 있음. ○ 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 6,588 m) ○ 궤도상태가 열악하여 레일을 장대화하기 위해서는 궤도구조를 근본적으로 교체해야하는 무도상 교량이 다수 존재하며, 또한 궤도상태가 비교적 양호하더라도 진동, 소음이 심하여 민원이 발생하거나 교량유지보수비가 많이 요구되는 개소가 다수 존재하므로 개발 궤도구조시스템의 시장은 충분히 확보되어 있다고 판단됨.
3. 연구개발내용	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 궤도구조 시스템 설계

- 강거더(교량) 일체형 궤도구조 설계요건 도출
- 개념설계, 기본설계, 상세설계
- 궤도-교량 시스템 사용성 및 소음/진동 검토
- 궤도구조 제작
 - 자재 조달 및 제작 계획서 작성
 - 궤도구조시스템 시험 제작
- 궤도구조 실내 성능평가
 - 실내 성능시험 계획 수립
 - 시험항목
 - 시험방법
 - 성능시험 기준
 - 성능평가
 - 성능보완
- 운행선 시공법 개발
 - 운행선 시공 요건 도출
 - 공사 절차서 작성
- 상용화를 기반 구축
 - 품질 및 성능기준 작성
 - 제작시방서 작성
 - 시공지침서 작성
 - LCC 평가

4. 연구개발 추진방법

추진전략

- 개념설계 단계에서 다양한 유형의 궤도구조시스템을 도출하고 참여연구원 및 전문가 합동 토론회의 통하여 적정 궤도구조시스템 선정.
- 1세부과제인 무도상 교량 장대레일 설계 및 성능평가 핵심기술 개발과제와의 연계를 통한 개발구조시스템의 체계적인 사용성 및 효율성 검토.
- 운행선 교체공사인 점을 고려하여 조속한 시공이 가능하고 유지관리가 용이하도록 궤도구조시스템을 설계.
- 궤도구조와 교량 강거더 사이에 탄성패드를 적용하여 소음, 진동을 큰 폭을 저감시킬 수 있는 궤도구조시스템 개발.
- 개념설계 단계부터 특허출원을 실시하여 과제로 생산된 지적재산권 보호.
- 기업체의 사업 다각화 지원 및 상용화 촉진을 위하여 기업체의 적극적인 참여 유도.
- 개발 궤도구조시스템의 조속한 상용화를 위하여 상용화에 필요한 각종 기준 및 시방서, 매뉴얼 등을 연구과제를 통하여 사전에 구축.

추진체계

- 3 세부과제에서 수행하는 강거더(교량) 일체형 저진동 스마트 궤도구조시스템의 상용화 기반 구축에서는 2 세부과제에서 수행하는 시험시공을 통하여 얻어진 현장 조건 및 경험을 최대한 반영할 수 있도록 연구체계 구축.
- 강거더(교량) 일체형 궤도구조시스템을 효율적으로 개발하기 위해

<p>서 관련 제작시설을 갖춘 기업체와 설계, 사용성평가, 현장 성능 시험 등을 수행할 수 있는 전문연구기관이 역할을 분담하여 협력할 수 있도록 연구추진체계를 구성.</p>	
<p>5. 최종성과물</p>	<p>주요 최종성과물</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무도상교량 신형식 궤도구조시스템 ○ 신형식 궤도구조시스템 운행선 시공법, 유지관리매뉴얼
<p>6. 기대효과 및 파급효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 경제적 효과 <ul style="list-style-type: none"> . (차량, 궤도 교량 유지보수 비용 절감) 레일이음매의 제거로 충격 진동이 현격히 저감됨에 따라 차량, 궤도, 교량의 손상이 크게 저감되며, 그에 따라 유지보수비 절감 . (중소기업 육성) 무도상 교량 레일장대화에 필요한 다양한 장치 및 공법들의 개발로 중소기업의 기술육성 및 사업다각화 지원 . (철도 경쟁력 제고) 열차속도 향상에 따른 수송력 증가 및 안전 및 환경비용(방음, 방진장치) 저감 - 기술적 효과 <ul style="list-style-type: none"> . 무도상 교량 장대화 기술을 선제적으로 확보하여 철도기술 경쟁력 확보 ○ 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> - 직접적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> . (승객 및 철도연변 주민의 쾌적성 향상) 10dB이상의 소음, 진동이 감소하며, 이에 따라 승객 및 철도연변 주민의 민원 사전 예방 및 승객 및 주민의 쾌적성 향상 - 간접적 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> . (승객의 안전성 및 편의성 제고) 차량의 주행안전성 및 승차감 향상됨에 따라 이용만족도 향상
<p>7. 연구개발기간 및 소요예산</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : 2017.1 ~ 2021.12 (5년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 연구기간 : 2017. 1 ~ 2017. 12(12개월) ○ 총 정부출연금 : 억원 이내 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 정부출연금 : 억원 이내 <p>※ 연구시작 시기는 변경될 수 있음. ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산사정에 따라 조정될 수 있음. ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능.</p>
<p>8. 기 타</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구의 효율적 추진을 위해서는 개발단계에서 시제품들을 적기에 제작 및 수정보완할 수 있는 기업체의 참여가 필요함.

- 개발품의 상용화를 촉진하기 위해서는 사업화 의지를 갖고 개발단계부터 노하우를 습득할 기업체의 참여가 필요함.
- 개발 장치 및 궤도구조시스템의 성능 확보를 위해서는 개발단계에서 다양한 실내시험을 수행하여야하므로 이들 시험을 수행할 수 있는 각종 시험장비를 구축하고 있는 기관의 참여가 필요함.
- 강거더 일체형 궤도구조를 개발하기 위해서는 교량상 레일 장대화 해석 및 설계기술, 궤도구조시스템 설계 및 사용성 평가기술을 확보하고 있는 전문 연구기관의 참여가 필요함.

사전타당성 검토

제1장 경제적 타당성

1. 철도 시스템 관점의 효과

- 무도상 강철도교 교량상 레일이음매 결손부를 제거함으로써 철도 차량 차륜과 레일의 내구성 증대로 경제적 운영 및 유지보수 비용 절감
- 무도상 강철도교의 장대레일 부설 기술개발 및 상업화, 해외이전

2. 무도상교량 장대레일화 기술 수출 효과

- 전세계적으로 기존 교량의 운행선상에서의 무도상교량상 장대레일 부설 공법이 없는 실정으로 개발된 기술이 국내 간선철도 및 국외 철도 수출시장 경쟁에 우위를 차지할것으로 예상되어 수출에 의한 외화 수입의 기여가 크다고 판단됨

3. 주요 예상성과에 따른 무형적 경제 효과

- 강철도 교량 소음, 진동 관련 특허 및 논문
- 저소음, 저진동 강철도교 교량 해석 및 설계기술 확보에 의한 교량 설계기술 수출 효과 증대
- 레일 이음매 충격에 의한 예측 프로그램 시스템
- 충격하중으로 인한 레일 파상마모 발생 시험장치 시제품 및 시스템, 평가 프로그램 개발을 통한 강철도교 교량상 궤도 유지관리 기법
- 궤도 시스템의 요소별 소음, 진동 저감기술 확보를 통한 저소음, 저진동 교량 설계기술의 자립화
- 효율적이고 경제적인 무도상 강철도교 관리를 통하여 철도 연변 소음, 진동 저감기술
- 강철도교 해석기술 확보를 통한 국외 철도선진국과의 기술 경쟁력 향상
- 철도 교량의 소음/진동 예측 및 저소음 설계기술 확보를 통한 기술적 자립화

5. 통일 대비 북한철도 개량사업 추정

- 북한의 철도망은 현재 11개의 주노선을 포함하여 100여 개의 노선으로 구성되어 있으며, 그 형태는 H자형을 띄고 있고, 평의선으로 대표되는 서부축, 평라선으로 대표되는 동부축, 평원선으로 대표되는 동서축을 기본으로 하

고, 이에 북부내륙을 순환하는 북부순환선 및 황해 남북도를 순환하는 서부순환선이 결합된 형태로 나누어짐.

- 구간선 노선으로는 평의선(평양~신의주), 평부선(평양~개성), 평라선(평양~나진)과 구간선으로 만포선(순천~만포), 백두산청년선(길주~혜산), 함북선(반죽~회령)을 주축으로 북한 전 국토를 순환하는 루트와 각 지역별로 지역내부를 연결하는 10개의 순환노선형태.

북한의 주요 철도노선 (단위: km, 개소, km)

구분	노선	구간	연장	전철화 여부
서부축	황해청년선	사리원~해주	100.3	전철
	평남선	평양~남포~온천	89.6	전철
	평덕선	대동강~덕천~구장	192.3	전철
	평북선	정주~청수	120.7	전철
	평의선	평양~신의주	224.8	전철
동서축	만포선	순천~만포	303.4	전철
	청년이천선	평산~세포	140.9	전철
동부축	강원선	고원~평강	145.1	전철
	신흥청년선	함흥~부전호반	91.5	전철
	단풍(허천)선	단천~흥군	80.3	전철
	함남선	여해진~대흥	79.5	전철
	백두산청년선	길주~혜산	141.6	전철
	평라선	간리~나진	781.1	전철
	함북선	반죽~회령~나진	326.9	전철



- 북한의 열차운영환경으로서 열차통합운영의 효과를 높이기 위해서는 수송능력의 증대를 위해 기존 철도시스템의 대폭적인 개선 및 현대화가 필요한 실정.
- 북한철도노선 5100km 중에서 15% 이상(765km)이 교량구간으로 추정되며, 대부분 무도상 목침목 궤도상태를 유지하고 있기 때문에 본 사업에서 개발한 무도상 레일장대화 기술은 북한 철도의 개선 및 현대화에 효율적으로 적용될 것으로 판단됨.

6. 활용방안에 의한 경제적 효과

- 무도상판형교 유도상화사업대상 교량의 대부분이 2020년에 사업예정이고 이들 교량중 2020년 이후 유도상화 사업계획이 있는 개소는 본 연구사업 성과를 반영하여 약 3,000억원의 예산절감 가능(212개소 개량비용 약 6500억원의 50% ~ 75%)

- 교량구조개선(무도상판형교 유도상화) 중장기 계획(한국철도공사, 한국철도시설공단)

<계획된 무도상 판형교 교체비용>

단위	2016	2017	2018	2019	2020	총괄표
개소수	15	16	12	13	187	418
소요예산 (백만원)	17,225	29,886	58,145	56,011	535,912	697,179

- 본 사업성과 반영시 유도상화 장대레일 공법 대비 건설비용 절감
 - 신형식(3세부)공법 적용시 50% 절감
 - 각종장치(2세부)공법 적용시 75% 절감
- 한강철교 등 모든 트러스교량의 경우 슬래브 판넬을 이용한 유도상화 작업의 어려움으로 유도상화 사업에서 제외됨. 모든 트러스교량은 무도상교량 레일 장대화사업의 대상(11개소 연장 6,588m)
- 차량, 궤도 교량 유지보수 비용 절감
 - 레일이음매의 제거로 충격진동이 현격히 저감됨에 따라 차량, 궤도, 교량의 손상이 크게 저감되며, 그에 따라 유지보수비 절감
 - 각 지역본부 무도상교량(판형교, 트러스교) 작업실적 분석 결과 각 지역본

부에서 무도상교량에 투입한 작업인원은 2014년~2015년 2년동안 총 14,630명, 작업시간은 18,898시간임

- 유지보수 비용 산출

한국철도공사 평균임금 국가R&D현물부담 계상기준(4급 21호봉 기준 연 급여 약 7,000만원, 월급여 약 585만원, 일급여 585/30 약 20만원)적용 시 무도상교량(관형교, 트러스교) 최근 2년 2015~2015년 유지보수 인건비 약 90억원 소요

- 본과제의 성과물 적용시 연간 일반철도 무도상교량(관형교, 트러스교) 유지보수 인건비용 절감 25억(약 50% 인건비 절감 적용)+재료비+기타교량 각 부재(교좌장치, 보자리, 거더 등) 파손저감 효과 발생

○ 열차속도 향상에 따른 수송력 증가향상에 따른 편익비용 연간 최소300억 절감

= 교량1개소 포함 총증속구간 150개소		300km
일수송수요		3만명기준
통해시간 절감편익	업무통행	18,626 원/인·시간
	비업무	6091 원/인·시간
시간가치		9670원
시간편익	120km/h에서 130km/h 증속시 (10km/h 증속시)	58,000천원/일 21,170,500천원/년

※ 화물수송증대 편익비용 제외

○ 속도향상에 따른 추가수요 및 이에 따른 자동차운행 절감 제외

소음저감을 위한 방음벽 건설 대체비용 130억 절감

방음벽건설단가(높이 3m 길이1m 기준)	흡음형	650천원/m
	반사형	910천원/m
건설연장(무도상교량 443개소 43,171m중 1/3 적용)		14,390m
총 건설비용	흡음형	9,353,500천원
	반사형	13,094,900천원

○ 중소기업 육성

- 무도상 교량 레일장대화에 필요한 다양한 장치 및 공법들의 개발로 중소기업의 기술육성 및 사업다각화 지원

○ 철도 경쟁력 제고

- 열차속도 향상에 따른 수송력 증가 및 안전 및 환경비용 저감

제2장 기술적 타당성

1. 필요성

- 장대레일 부설불가에 따라서 교량상에 다수의 레일이음매의 존재로 타 구간에 비하여 매우 큰 소음, 진동이 발생(10dB이상) 함에 따라서 승객 및 철도연변 주민이 큰 불편을 겪고 있음.
- 차륜이 이음매통과를 통과할 때 발생하는 매우 큰 충격하중으로 궤도 파손 및 차륜 손상으로 유지보수비가 높게 발생
- 승객의 승차감 및 차량의 주행안전성 저하와 열차속도 제한 등에 따라서 철도 대외경쟁력 저하

2. 철도 인프라 소음, 진동 저감 기술분야

- 철도소음으로 인한 철로 연변 주거민들의 민원이 발생하고 있으며 기존 교량 강철도교의 레일이음매로 인한 소음 발생에 대하여 별 다른 저감 대안을 수립하지 못하는 실정임. 현재 무도상 강철도교 상에서의 소음, 진동방지 기술적 대책은 전무 함.
- 고속철도 300 km/h 이하 및 기존철도의 속도 대역에서 가장 중요한 철도 소음원은 레일과 차륜 조도(거칠기)의 가진에 의해 발생하는 전동소음원이거나 일반철도 운행구간에서의 레일이음매의 결손과 비교 하면 매우 미미한 실정임
- 철도노선 근접 연변 주거지와 주요 도심지를 통과하는 무도상 강철도교상의 열차 운행에 따른 소음, 진동을 차단할 수 있는핵심기술이 도출되어야 함.
- 현재 건설시에 적용하는 장대레일 부설 및 설계기법은 상용화되어 사용하고 있으나 열차가 운영중인 철도선로에서의 무도상 강철도교량상 장대레일을 부설하는 기술은 전무한 실정임.

3. 철도 인터페이스 소음, 진동 저감 기술분야

- 현재 건설되는 교량상의 장대레일 축력 및 각종 이론 메카니즘에 대한 많은 원인이 규명된 상태임. 그간 건설교량에 대한 장대레일 부설공법위주의 연구가 진행되어 저감방안이 적용되었지만, 교량건설이 오래된 기존 교량에서의 장대레일 해석 기법은 건설되는 교량과의 장대레일 축력 발생 메카니즘이 다르고 본기술을 활용한 장대레일 부설 기술은 저비용 및 시공기간 단축으로 장대레일 부설이 가능하기 때문에 기존 강철도교량상에서의 장대레일 부설기술의 연구가 필요한 상황임.
- 국외의 연구 상황도 건설되는 교량에 대한 연구결과 만 있을뿐 기존 교량에서의 장대레일 부설 공법에 대한 연구는 미미한 상태임.

- 현재 국내 간선철도의 강철도교, 도시철도의 경우 대부분의 대도시를 중심으로 건설되어 있어서 차량이 레일이음매 통과 시 차륜과 레일에 의한 소음/진동문제에 대한 민원이 지속적으로 증가하는 상황이므로 이러한소음/진동에 대한 연구가 절실히 요구되고 있는 상황임.
- 레일 결손부의 충격하중으로 레일과 차륜의 파손 및 교좌장치의 파손 등으로 유지보수 저감을 위해 본격적인 해법이 필요한 상황임.

4. 철도 차량 승차감 분야

- 강철도교 교량상의 레일이음매의 통과시 차량의 거동 변화(피칭, 롤링, 요잉)등으로 진동가속도의 증가(승차감 저하)로 철도 이용객의 만족도 저하
- 본 연구에서 개발하고자 무도상 강철도교량상 장대레일 부설기술은 국내 뿐만 아니라 전 세계적으로 연구가 전무한 실정으로 본 과제가 성공적으로 추진시 연구 성과물의 적용은 무궁무진한 시장을 가지고 있을 것으로 추정됨

5. 본 기술개발의 적절성 및 우수성

- 본 과제의 추진에 있어 기존 무도상 강철도교에 대한 공백기술을 도출하고, 궤도, 교량 전체 거동을 고려한 요구기술을 분석하여 유지보수 최적화를 위한 장대레일 부설기술 개발과제를 도출하였으며, 사용자 요구사항을 면밀히 분석하여 정의하고 최단 기간내 기술을 개발하고 현장 적용을 통한 성능을 검증할 수 있는 방안 제시
- 무도상 강철도교량상 장대레일 부설기술은 국내, 국외 기술수준이 매우 낮아 원천기술의 확보측면에서도 기술개발이 시급히 요구됨
- 시설물의 건전성 최대 확보를 위해서 본 과제 성과물 적용을 통한 유지보수 최적화와 열차 안전성 확보에 매우 유용하게 활용될 것으로 예상됨
- 본기술은 관형교 및 트러스교 등 기존의 무도상 교량에서 궤도구조를 최소한으로 개량하거나 신형식 궤도구조로 교체하여 레일을 장대화하는 기술로서 한강철교와 같은 트러스교량형식에 적용가능하고 공간적 제한 범위가 거의 없으며, 기존의 유도상화 공법에 비하여 비용이 매우 저렴함.
- 철도인프라설계상 가장 핵심적인 차량-궤도-교량 상호작용 해석기술의 확보로 철도 궤도 및 노반구조물에서 발생할 수 있는 다양한 특수문제를 해결할 수 있는 원천적인 설계기술을 확보

제3장 정책적 타당성

1. 국외 철도 분야 정책동향

- 대부분의 국가에서 교통수단 간 균형을 통한 지속가능한 발전, 기후변화협약 대응의 일환 등으로 철도투자 증대 추세
 - 독일, 프랑스, 일본 등 철도 선진국은 고속철도 운행과는 별개로 효율적 교통체계의 구축을 위해 일반철도에의 투자 확대 추세. 러시아 등도 신선건설과 고속화를 동시 추진 중이나 막대한 건설비가 소요되는 신선보다는 일반철도의 고속화 우선 추진
 - 이러한 경쟁력을 감안하여 철도계획의 기본방향을 일반철도의 속도향상에 중점을두고 있는 실정

2. 제1차(2015~2019) 중견기업 성장촉진 기본계획이 지향하고 있는 과학기술을 기반으로 한 중소기업 육성, 일자리 창출등 중견기업의 양적 확대, 질적 성장, 글로벌 전문기업화 추진 및 중견기업의 양적 확대를 통한 기업 생태계의 허리를 튼튼히 하는 중견 후보기업군을 발굴·육성 정책에 부응

3. 국가 온실가스 감축, 2020년 로드맵(환경부)에 명시하고 있는 수송분야 대중교통 인프라 확충 간선철도망 철도 수송부담율 상승등의 정책에 부응

4. 제3차 국가교통기술개발계획(2014~2018)은 국가통합교통체계효율화법에 의거 향후 5년(2014년~2018년)간 교통기술의 연구개발을 촉진하기 위한 정부의 교통기술 관련 정책중 교통기술개발과제 및 투자규모 등을 체계적으로 설정하는 기본계획이며 이중 철도분야는 국민행복을 위한 빠르고, 안전하고, 경제적인 철도개발 중점추진분야(Smart, Safe, Economical Railroad)에 투자계획(1조 738억원)이 있음 본과제 수행시 이러한 정책부응

5. 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020_국토해양부)대중교통수단(버스, 지하철, 철도)의 수송 부담률은 수도권에서 약 40%이나 대구, 광주, 대전권에서 약 20%로서 지방 대도시권의 대중교통 수송 부담률은 아직도 매우 낮은 수준으로 분석되고 있으며, 그중 철도의 수송 부담률을 높이기 위해서는 철도망 확충과 기존선의 승차감, 속도향상등이 필요하나 이를 위해서는 본과제의 최종성과품인 무도상교량(판형교, 트러스교)의 장대화가 시급한 실정이고 이를 실현할 경우 Marco Polo programme(도로운송 화물을 철도·해운으로 전환시키는 정책)에 효과적으로 대응 가능

6. 정책적인 분석을 종합해 볼 때 녹색물류네트워크 구축과 경쟁력 강화를 통해 철도 수송분담률 제고를 위해 본과제는 반드시 필요하며, 이러한 긍정적인 효과들이 국가경쟁력 향상 및 국가정책을 실현하는데 크게 도움될것이라 판단 됨

7. 정부 지원의 필요성

- 정부의 창조경제 국가R&D 중장기 계획이 지향하고 있는 연구정책 방향에 맞추어 대용량·고속화 철도시스템 개발을 통한 철도 수송분담률 향상 및 해외시장 진출도모를 통한 철도 산업·기술경쟁력 제고를 도모함
- 현재 철도공사에서 위탁 관리하고 있는 철도 시설물은 한국철도시설공단에 위임된 국가 시설물로서 무도상 교량의 장대화를 통한 구조적 취약점을 해소하여 국민의 안전한 철도이용과 유지관리비용의 절감, 보수시간의 축소를 통한 철도 수송분담률 향상이 요구되고 있음
- 국내 무도상 교량의 유도상화를 계획·추진 중에 있으나, 한강철교와 같은 대규모 트러스구조의 무도상 교량 같은 경우, 구조물의 잔존 유지기간이 매우 많이 남아 있어 이에 대응할 수 있는 장대화 기술 개발이 필요함
- 무도상 교량 장대화 기술이 필요로 하는, 해외의 신형철도건설 단계 국가에 수출을 위해서는 신속히 연구를 진행되어야 하며, 중국 등 철도 신흥강국과의 경쟁력을 갖출 필요가 있음
- 해외 철도시장 진출은 국내의 철도건설시장에 국한하지 않고 철도 연관산업의 해외 시장수요를 창출할 것으로 기대됨
- 무도상교량 장대레일 부설 기술은 철도 운행의 안전을 확보함과 동시에 기존선 속도향상 및 쾌적성(소음, 진동 10dB이상 저감)향상을 위해 상부거더 교체없이 운행선상에서 무도상 장대레일 부설기술은 철도기술 수출을 위해 반드시 확보해야 하는 기술임.

<첨부 1> 교량구조개선(무도상판형교 유도상화) 중장기 계획 현황

본부	선별	역구간	위치(km)	시설물명	연장(m)	소요예산 (백만원)	시행년도
대구	경부선	남성현-청도	361.230	청도강	139	2,556	2015
						1,081	2016
						3,358	2017
대구	경부선	약목-왜관	290.927	두만천	53.20	1,550	2016
						578	2017
대구	경부선	약목-왜관	290.927	두만천	52.75	1,550	2016
						560	2017
대구	경부선	직지사-김천	251.629	금릉가도교	8.90	800	2016
대구	경부선	직지사-김천	251.629	금릉가도교	9.10	700	2016
충북	충북선	공전-봉양	109.514	마곡천	19.3	400	2016
						370	2017
충북	태백선	연하-석항	45.089	연상천1	9	5	2015
						355	2016
충북	태백선	탄부-연하	41.721	연하(가)	12.1	5	2015
						479	2016
강원	태백선	문곡-백산	98.621	구곡천	39	10	2015
						1,459	2016
강원	영동선	옥계-정동진	166.542	옥계천	217	20	2015
						1,710	2016
						6,962	2017
강원	영동선	안인-강릉	186.213	풍천2	12	5	2015
						470	2016
강원	영동선	안인-강릉	189.036	반석천1	9	5	2015
						343	2016
충북	태백선	탄부-연하	40.614	반송	9	50	2016
						360	2017
충북	태백선	쌍용-연당	24.075	석현1	13.4	60	2016
						530	2017
서울	경의선	신촌-가좌	5.590	성산천가도교	93	200	2016
						3,708	2017
대구	경부선	신동-지천	311.850	미실천제2교	5.95	300	2017
대구	경부선	신동-지천	311.850	미실천제2교	5.90	540	2017
대전충남	경부선	조치원~내판	131.516	중소천	38.5	1,542	2017
충북	태백선	쌍용-연당	24.181	석현2	29.98	50	2016
						1,199	2017
충북	충북선	삼탄-공전	102.829	명암천	97.9	3,916	2018
충북	충북선	삼탄-공전	102.831	명암천	122.52	4,901	2018
강원	태백선	태백-문곡	97.372	황지천제1	21	830	2018
강원	영동선	동점-철암	85.768	방기천	39	1,569	2018
경북본부	영동선	춘양-녹동	40.447	옥천제1	57.9	2,317	2018
강원	삼척선	동해-삼척	11.515	남양	19	813	2018
충북	태백선	연당-청령포	26.694	연당천	29.98	1,199	2018
대전충남	경부선	신탄잔~회덕	153.121	막은동천	11.9	476	2018

충북	태백선	연하 석항	45.121	연상천2	63.16	2,526	2018
강원	삼척선	동해-삼척	11.637	오십천	275	1,998	2018
서울	경부선	서울-용산	0.763	갈월가도교	20	792	2018
충북	태백선	민통산-시북	71.781	광산	6	240	2018
대전충남	충북선	보천~음성	58.296	오천천	29.9	1,196	2018
대전충남	충북선	음성~소이	63.677	대장천	40.3	1,363	2018
충북	태백선	영월-탄부	36.291	초리천1	105.19	2,312	2018
						1,896	2018
강원	태백선	문곡-백산	102.915	백산천1(가)	226	9,058	2018
충북	태백선	연당-청령포	27.306	각한천	9	360	2018
충북	태백선	연당-청령포	29.647	서강천	39.22	1,569	2018
전북	옥구선	군산화물-옥구	8.501	옥구천제2	26.2	1,048	2018
강원	영동선	안인-강릉	191.756	남대천	217	8,692	2018
서울	교외선	능곡-일영	14.894	곡능천제3	80	3,196	2018
서울	교외선	일영-의정부	18.440	일영천(단)	40	1,596	2018
광주	경전선	남평-효천	288.349	지산천	20	780	2018
충북	충북선	공전-봉양	109.106	제천천제1	177.5	7,100	2018
서울	교외선	일영-의정부	20.749	곡능천2(단)	50	2,008	2018
충북	태백선	탄부-연하	40.449	신촌천	66.34	2,654	2018
대전충남	경부선	조치원-내관	131.826	미호천	437.7	2,556	2018
						17,528	2019
충북	태백선	탄부-연하	41.379	연하천1	65.39	2,616	2019
대전충남	경부선	조치장-대전	165.073	동산리천	4.4	177	2019
대전충남	경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	97.9	3,916	2019
서울	경의선	서울-신촌	1.847	의영가도교	18	736	2019
서울	경의선	서울-신촌	1.847	의영가도교	18	736	2019
대전충남	경부선	영동-황간	213.068	영동가도교	8.8	350	2019
대전충남	경부선	조치원-내관	132.081	미호천	436.2	20,025	2019
충북	충북선	목행-동량	90.741	남한강	421.34	14,667	2019
충북	정선선	아우라자구절리	41.304	송천1	77.84	3,114	2019
충북	정선선	아우라자구절리	44.309	송천2	51.9	2,076	2019
서울	경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	66	2,620	2019
서울	용산선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	66	2,620	2019
부산경남	미전선	미전-낙동강	0.368	삼랑진천	58.95	2,358	삭제
충북	태백선	입석리-쌍용	15.756	월촌천	53.78	2,151	2020
전북	호남선	김제-신탄진	112.845	고성천	26.2	1,048	2020
대전충남	충북선	증평~도안	37.471	청안가도교	72.0	2,881	2020
강원	영동선	동점-철암	86.143	철암천	47	1,783	2020
강원	영동선	옥계-정동진	166.542	옥계천	217	8,692	2020
충북	태백선	연당-청령포	30.351	평창강	159.66	6,386	2020
강원	영동선	동점-철암	83.618	천천	80	3,196	2020
대전충남	충북선	조치원~오송	0.586	내창천	20.5	821	2020
충북	태백선	탄부-연하	41.594	연하천2	38.2	1,528	2020
대전충남	충북선	증평~도안	37.665	보강천	79.9	3,196	2020
대전충남	충북선	도안-보천	44.181	송정천제2	39.6	1,582	2020
대전충남	충북선	소이-주덕	66.152	후미천제2	10.1	405	2020
충북	태백선	연하 석항	43.829	오산천	51.83	2,073	2020
광주	경전선	화순-남평	280.077	앵홍(가)	6	244	2020
광주	경전선	화순-남평	281.741	쌍계천	9	366	2020
충북	태백선	탄부-연하	38.784	두평천	93.46	3,738	2020
충북	태백선	연하 석항	43.229	풍촌천2	66.34	2,654	2020
광주	광주선	극락강-광주	8.472	용산천	9	356	2020

경북본부	영동선	녹동-임기	43.867	녹동천	11.9	475	2020
경북본부	영동선	분천-승부	63.592	비동천제2	97.9	3,916	2020
충북	태백선	영월-탄부	36.599	초리천2	66.34	2,654	2020
부산경남	임항선	마산-임항	4.143	마산가도교	40.7	1,628	삭제
부산경남	경부선	상동-밀양	382.254	밀양강	592.60	21,978	
부산경남	경부선	상동-밀양	382.011	밀양강	595.80	22,106	
대구	괴동선	효자-괴동	2.870	형산강제1	435	17,412	2020
대구	대구선	하양-금호	20.714	조산천	110	4,389	2020
서울	교외선	일영-의정부	21.262	곡능천1(단)	50	2,008	2020
부산경남	경전선	진주-완사	112.248	유수천	287.0	3,131	2020
부산경남	경전선	하동-진상	147.509	섬진강	442.0	3,916	2020
대구	괴동선	효자-괴동	3.546	남천제1	78	3,131	2020
광주	경전선	화순-남평	279.462	앵남천제1	6	244	2020
광주	경전선	남평-효천	284.867	광촌천	13	533	2020
충북	충북선	달천-충주	79.964	달천천제2	251.9	10,076	2020
대전충남	충북선	오송~청주	6.640	미호천	351.1	16,231	2020
부산경남	경전선	완사-북천	121.358	원전제1	15.2	608	2020
강원	목호항선	목호항구내	5.539	제5저탄고가	309	12,361	2020
경북본부	영동선	법전-춘양	36.307	춘양천제1	48.9	1,955	2020
충북	충북선	목행-동량	90.775	남한강	426.32	16,053	2020
충북	태백선	민동산-시북	70.789	소산천	79.9	3,196	2020
대전충남	장항화물선	장항-장항화물	1.725	송내천	6.1	244	2020
대전충남	장항화물선	장항-장항화물	2.397	장항천	6.1	244	2020
광주	경전선	명봉-이양	250.217	송정천	20	780	2020
광주	경전선	명봉-이양	250.851	도림천	6	244	2020
광주	경전선	명봉-이양	253.405	이양천	8	305	2020
광주	경전선	이양-능주	255.802	품평천	20	780	2020
광주	경전선	이양-능주	263.593	광대천	13	533	2020
광주	경전선	능주-화순	267.253	저불강제3	134	5,371	2020
광주	경전선	화순-남평	276.251	평촌천	24	947	2020
광주	경전선	화순-남평	280.145	앵남천제2	12	488	2020
광주	경전선	화순-남평	283.535	노동천	20	780	2020
경북본부	영동선	승부-석포	70.650	결둔천제1	117.8	4,712	2020
경북본부	영동선	임기-현동	51.619	현동천제1	57.9	2,317	2020
경북본부	영동선	봉화-거촌	19.866	거촌	8.8	352	2020
충북	충북선	충주-목행	86.199	목행천	9	360	2020
충북	충북선	공전-봉양	111.195	제천천제3	117.8	4,712	2020
충북	충북선	공전-봉양	111.755	봉양천	93.46	3,738	2020
충북	태백선	연하-석항	45.375	연상천3	39.22	1,569	2020
충북	합백선	예마-조동	1.859	노일천	25.66	1,026	2020
대전충남	충북선	오송~청주	6.640	미호천	351.1	13,044	2020
대전충남	충북선	주덕-달천	74.265	금곡천	20.0	802	2020
대전충남	강경선	채운~연무대	1.437	이화천제1	5.7	228	2020
대전충남	강경선	채운~연무대	1.514	이화천제2	25.7	1,026	2020
충북	충북선	달천-충주	79.964	달천천제2	251.9	10,076	2020
수도동부	경원선	연천-대광리	82.267	장거천	101	4,021	2020
강원	영동선	동점-철암	83.919	동점천	39	1,569	2020
강원	영동선	백산구내	0.137	함태천	34	1,376	2020
강원	영동선	안인-강릉	188.824	운산천	12	590	2020
강원	영동선	안인-강릉	189.918	반석천3	39	1,569	2020
강원	영동선	안인-강릉	192.035	강릉제1	9	360	2020
강원	영동선	안인-강릉	192.187	강릉제2	18	732	2020

강원	영동선	안인강릉	192.352	강릉제3	24	976	2020
강원	영동선	안인강릉	192.569	옥천	12	605	2020
강원	영동선	안인강릉	192.757	교동	24	976	2020
강원	태백선	문곡백산	98.517	구곡제2	9	450	2020
대전충남	자갈선	추풍령구내	0.229	마암천	21.3	1,064	2020
강원	영동선	석포-동점	82.083	연화천(가)	66	2,654	2020
강원	영동선	철암백산	87.634	직내곡	6	300	2020
강원	영동선	정동진-안인	184.032	군성강	66	2,654	2020
경북본부	경북선	청라-상주	27.706	월로천	10.1	402	2020
강원	영동선	안인강릉	186.213	풍천2	12	475	2020
강원	영동선	안인강릉	189.036	반석천1	9	348	2020
강원	영동선	안인강릉	189.293	반석천2	13	526	2020
전남	경전선	순천-원창	186.886	인덕천	5	206	2020
전남	경전선	원창-벌교	196.788	죽산천	25	1,008	2020
충북	정선선	민동산-벌어곡	5.845	자미원천	9.96	398	2020
전남	경전선	보성-명봉	236.516	보성천	138	5,510	2020
강원	태백선	문곡-백산	99.218	문곡천	80	3,196	2020
전남	경전선	순천-원창	188.179	덕정천	21	848	2020
전남	경전선	보성-명봉	239.328	명봉천	20	780	2020
강원	영동선	옥계-정동진	167.545	낙풍천	82	3,274	2020
전남	경전선	명봉-이양	244.110	복당천	14	560	2020
서울	경부선	서울-용산	1.306	청파가도교	10	402	2020
서울	경부선	서울-용산	1.571	원효가도교	24	976	2020
서울	경부선	서울-용산	1.571	원효가도교	33	1,304	2020
대전충남	경부선	서창-조치원	128.216	신평천	5.8	233	2020
대전충남	경부선	서창-조치원	128.448	신평천	6.0	240	2020
대전충남	경부선	회덕-조치장	161.195	회덕천	6.0	240	2020
전북	호남선	용동-함열	67.547	두무천	29.4	1,472	2020
전북	호남선	익산-부용	92.501	동명천	9.1	366	2020
대전충남	충북선	증평-도안	41.788	괴산가도교	12.1	484	2020
대전충남	충북선	보천-음성	55.501	상당천	13.0	651	2020
대전충남	충북선	보천-음성	56.760	하당천제1	27.3	1,092	2020
강원	태백선	문곡-백산	102.874	백산1	9	360	2020
경북본부	영동선	봉화-거촌	17.328	유곡육교	8.8	352	2020
경북본부	영동선	봉화-거촌	19.866	거촌	8.8	352	2020
강원	태백선	태백-문곡	96.385	황지(가)	12	484	2020
강원	태백선	문곡-백산	98.840	구곡제1	9	360	2020
전남	경전선	벌교-조성	212.576	매정천	13	533	2020
전남	경전선	벌교-조성	212.847	천동천	9	366	2020
전남	경전선	예당-득량	219.540	파동천	10	404	2020
전남	경전선	명봉-이양	242.021	가락사천	13	533	2020
경북본부	경북선	상주-백원	44.131	농산	8.2	328	2020
경북본부	경북선	점촌-개포	64.532	전도천	19.4	776	2020
수도동부	경원선	연천-대광리	83.930	신순천	7	278	2020
수도동부	경원선	대광리-신탄리	85.694	하대광천	13	511	2020
수도동부	경원선	대광리-신탄리	86.219	웅기천	6	240	2020
대구	경북선	김천-두원	0.952	갈마천	5.90	236	2020
대구	경북선	김천-두원	1.371	신음가도교	6.00	240	2020
대구	경북선	김천-두원	6.984	옥울천	29.87	1,195	2020
대구	경북선	김천-두원	9.336	마촌천	6.00	240	2020
대구	경북선	김천-두원	10.198	동리천	19.60	784	2020
경북본부	경북선	두원-옥산	13.706	구례천	9.1	364	2020

경북본부	경북선	옥산-청리	25.240	마공천	19.5	780	2020
경북본부	경북선	청리-상주	32.053	피소천	29.6	1,184	2020
경북본부	경북선	상주-백원	40.811	부원천	13.2	528	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	47.596	연봉	6.1	344	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	49.227	제1환천	12.3	492	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	49.677	제2환천	6.0	240	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	52.928	암리천	34.1	1,364	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	58.046	당기천	13.2	528	2020
경북본부	경북선	백원-점촌	58.318	영신천	29.8	1,192	2020
경북본부	경북선	예천-어등	89.582	통명천	29.4	1,176	2020
서울	교외선	일영-의정부	27.227	홍북가도교(단)	4	168	2020
수도동부	경원38,39 인입선	의정부-덕정	33.485	녹양천	6	244	2020
경북본부	영동선	봉성-법전	29.236	석교천	9.0	360	2020
수도동부	경원선	연천-대광리	78.352	거림천	6	244	2020
경북본부	경북선	반구-영주	111.422	석천	217.6	8,704	2020
대전충남	경부선	조치원~내판	131.516	중소천	38.5	1,542	2020
대구	경부선	김천-대신	256.013	경호강	277.00	11,080	2020
대구	경부선	김천-대신	256.013	경호강	277.00	11,080	2020
전북	호남선	익산-부용	89.823	만경강	118.0	4,720	제외
대전충남	호남선	흑석리~계룡	19.526	하남천	121.5	4,860	2020
대전충남	호남선	흑석리~계룡	22.186	가수원천제3	118.1	4,724	2020
대전충남	호남선	흑석리~계룡	22.651	가수원천제4	107.8	4,310	2020
전북	호남선	용동-함열	67.967	연화천	160.5	6,422	2020
대전충남	충북선	조치원~오송	1.605	조천천	147.7	5,908	2020
대전충남	충북선	도안~보천	47.596	충주가도교	24.1	965	2020
대전충남	충북선	음상~소이	60.227	목도가도교	15.0	600	2020
충북	태백선	연하-석항	46.298	연상천4	39.22	1,569	2020
경북본부	영동선	분천-승부	64.668	원곡천제2	93.5	3,738	2020
경북본부	영동선	승부-석포	76.461	비학천	52.8	2,111	2020
강원	영동선	도계-고사리	113.309	양지천	6	300	2020
경북본부	영동선	분천-승부	62.634	비동천제1	161.3	6,450	2020
경북본부	문경선	주평-진남	8.663	원동천	39.2	1,569	2020
부산경남	경전선	낙동강-한림정	8.458	대곡천	26.00	1,300	2020
대구	경북선	김천-두원	10.882	도암천	12.10	484	2020
대구	경북선	김천-두원	12.488	신평천	66.15	2,645	2020
경북본부	경북선	두원-옥산	19.089	빙기천	25.6	1,024	2020
경북본부	경북선	옥산-청리	20.956	평천	39.3	1,570	2020
경북본부	경북선	옥산-청리	23.493	소천	22.5	900	2020
경북본부	경북선	옥산-청리	26.521	청리천	39.3	1,572	2020
경북본부	경북선	청리-상주	30.388	지천	66.5	2,658	2020
경북본부	경북선	청리-상주	32.340	소천	120.9	4,835	2020
경북본부	경북선	상주-백원	37.521	후천	161.3	6,452	2020
경북본부	경북선	상주-백원	42.702	세천	107.5	4,300	2020
경북본부	경북선	점촌-개포	61.600	영강	306.6	12,264	2020
서울	교외선	능곡-일영	11.583	대자가도교	24	960	2020
부산경남	경부선	상동-밀양	375.075	유천강제1	265.10	10,604	2020
전남	경전선	옥곡-광양	158.667	하원천	50	2,000	2020
경북본부	영동선	승부-석포	71.098	결둔천제2	78.0	3,120	2020
경북본부	영동선	석포-동점	79.463	양지천	79.9	3,196	2020
경북본부	영동선	분천-승부	68.872	승부천	97.9	3,916	2020
경북본부	영동선	춘양-녹동	40.922	옥천제2	78.0	3,120	2020

광주	경전선	명봉-이양	253.117	저불강제1	63	2,532	2020
경북본부	영동선	분천-승부	64.373	원곡천제1	78.0	3,120	2020
대구	대구선	봉정-영천	30.697	영천천	355	14,198	2020
경북본부	영동선	석포-동점	80.600	육송천제1	97.9	3,916	2020
경북본부	경북선	어등-미룡	103.073	옥계천	66.1	2,645	2020
광주	경전선	이양-능주	256.862	저불강제2	134	5,369	2020
경북본부	영동선	봉화-거촌	16.199	내성천	157.5	6,301	2020
대구	대구선	하양-금호	23.052	기천천	122	4,892	2020
경북본부	영동선	임가-현동	52.097	현동천제3	48.9	1,955	2020

<첨부 2> 2015년 한국철도공사 무도상교량 유지보수 현황

가. 강원본부

선별	역구간	위치	교량명	작업내용
태백선	태백-문곡	96.397	황지(가)	종점부 면맞춤
태백선	태백-문곡	96.384	황지(가)	시점부 면맞춤
태백선	태백-문곡	97.392	황지천1	종점부 면맞춤
영동선	동점-철암	85.770	방기천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	83.610	천천교	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	83.610	천천교	면맞춤
영동선	동점-철암	83.610	천천교	퀘간정정
영동선	동점-철암	85.760	방기천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	85.760	방기천	줄맞춤
영동선	동점-철암	85.760	방기천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	85.760	방기천	면맞춤
영동선	동점-철암	83.910	동점천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	86.140	철암제1천	면맞춤
영동선	동점-철암	83.610	천천교	퀘간정정
영동선	동점-철암	85.760	방기천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	85.760	방기천	줄맞춤
영동선	석포-동점	82.080	연화천	교량침목부속품보수
영동선	석포-동점	82.080	연화천	침목틀림고정장치설치
영동선	동점-철암	85.760	방기천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	83.920	동점천	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	83.620	천천교	교량침목부속품보수
영동선	동점-철암	83.620	천천교	줄맞춤
영동선	동점-철암	83.620	천천교	면맞춤
영동선	동점-철암	86.140	철암제1천	교량침목교환
태백선	문곡-백산	98.400	구곡1,2	교량 면맞춤
태백선	문곡-백산	98.400	구곡,문곡천	퀘간정정 및 줄맞춤
태백선	문곡-백산	99.200	문곡천	줄맞춤
태백선	문곡-백산	98.400	구곡1,2,문곡천	교량침목부속품 보수
태백선	문곡-백산	98.450	구곡1,3,문곡천	교량침목부속품 보수
태백선	문곡-백산	98.000	구곡1,4,문곡천	교량침목부속품 보수
태백선	문곡-백산	98.500	구곡천,구곡1,2	교량침목부속품 보수
태백선	문곡-백산	98.500	문곡천	교량침목부속품 보수
삼척선	동해-삼척	11.650	오십천교	퀘간정정,면맞춤,줄맞춤,교량침목부속품 보수
삼척선	동해-삼척	11.650	오십천교	레일체결장치보수
영동선	정동진-안인	184.031-184.098	군선강	교량침목부속품보수
영동선	정동진-안인	184.031-184.098	군선강	교량침목부속품보수

영동선	정동진-안인	184.031-184.098	군선강	교량침목부속품보수
영동선	옥계-정동진	167.500-167.600	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.500-166.700	옥계천	교량침목 및 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.200-167.100	옥계천	면맞춤 및 궤간정정
영동선	옥계-정동진	167.500-167.650	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.200-166.550	옥계천	면맞춤 및 체결장치보수
영동선	옥계-정동진	166.550-166.800	옥계천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	167.450-167.650	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.200-166.550	옥계천	유간정정
영동선	옥계-정동진	166.700-167.150	옥계천	유간정정
영동선	옥계-정동진	166.540-166.650	옥계천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	167.540-167.620	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.650-166.750	옥계천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.530-166.800	옥계천	면맞춤 및 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	167.540-167.620	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.540-166.760	옥계천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.540-166.760	옥계천	면맞춤 및 교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.540-166.760	옥계천	궤간정정 및 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.200-167.150	옥계천	유간정정 및 레일교환
영동선	옥계-정동진	166.200-167.150	옥계천	유간정정
영동선	옥계-정동진	166.540-166.650	옥계천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	167.540-167-630	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	167.540-167.630	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	167.540-167.630	낙풍천	교량침목 부속품 보수
영동선	옥계-정동진	166.450-167.100	옥계천	면맞춤

나. 경북본부

중앙선	탑리-우보	303.831	이화천	교량침목부속품보수
영동선	춘양-녹동	40.447	옥천제1	교량침목부속품보수
영동선	임기-현동	51.619	현동천제1	교량침목부속품보수
경북선	상주-점촌	45.716	범택	교량침목교환
영동선	문단-봉화	10.413	도촌제2	교량침목부속품보수
영동선	석포-동점	77.200	석포천	교량침목부속품보수
중앙선	화산-북영천	338.948	호당천	교량침목부속품보수
경북선	어등-영주	104.35	미호제1천	교량침목교환
중앙선	무릉-운산	268.234	미천제3	교량침목부속품보수
경북선	어등-영주	105.545	미호제3천	교량침목부속품보수
경북선	청리-상주	32.34	소천	교량침목부속품보수
영동선	분천-승부	64.373	원곡1천	교량침목부속품보수
중앙선	서지-안동	250.391	와룡천	교량침목부속품보수

중앙선	화본-봉림	313.398	운찬천제2	교량침목부속품보수
중앙선	안정-영주	214.42	서천	교량침목부속품보수
중앙선	안동-무릉	256.939	천리제1천	교량침목교환
중앙선	무릉-운산	263.622	미천제5	교량침목부속품보수
영동선	봉성-법전	27.609	풍정천	교량침목부속품보수
경북선	어등-영주	111.422	석천	교량침목부속품보수
영동선	석포-동점	77.200	석포천	교량침목교환
경북선	점촌-개포	61.6	영강	교량침목부속품보수
경북선	상주-점촌	54.495	중천	교량침목부속품보수
중앙선	탑리-우보	297.088	대평(피)	교량침목부속품보수
중앙선	무릉-운산	268.234	미천제3	교량침목교환
영동선	임기-분천	54.42	석천	교량침목교환
중앙선	업동-의성	283.583	후죽천	교량침목교환
중앙선	업동-의성	283.583	후죽천	교량침목부속품보수
영동선	승부-석포	70.65	결둔천제1	교량침목부속품보수
경북선	예천-어등	89.582	통명천	교량침목부속품보수
중앙선	탑리-우보	297.441	대평천	교량침목교환
영동선	춘양-녹동	39.849	소로리	교량침목교환

다. 광주본부

경전선	명봉-이양	253.100-253.300	저불강제1	교량부속품보수
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	계간정정 및 레일체결장치 보수
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	계간정정 및 레일체결장치 보수
광주선	극락강-광주	5.224, 5.552	극락본천, 극락피천	교량체결장치 보수
경전선	이양-능주	262.500-262.600	석정천	교량부속품보수
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량침목 교환작업
경전선	화순-남평	288.349	지산천	교량침목교환
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량침목 교환작업
경전선	화순-남평	289.349	지산천	교량침목교환
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량침목 교환작업
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량침목 교환작업
광주선	극락강-광주	5.224	극락본천	교량침목 교환작업
광주선	동송정-극락강	2.960	월곡본천	교량침목 교환작업
호남선	백양사-장성	151.700-151.800	월계천트러스교	교량침목부속품보수
호남선	백양사-장성	151.700-151.800	월계천트러스교	교량침목교환
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량침목 교환작업
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량침목 교환작업
경전선	명봉-이양	250.800-253.800	저불강제1	교량부속품보수
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량체결장치 보수
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	교량침목 교환

경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	교량침목 교환
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	교량침목 교환
경전선	이양-능주	261.000-262.000	가봉천	교량부속품보수
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	궤간정정 및 레일체결장치 보수
경전선	이양-능주	261.700-262.000	가봉천	교량침목교환
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	궤간정정 및 레일체결장치 보수
경전선	이양-능주	261.700-261.800	가봉천	교량침목교환
광주선	동송정-극락강	2.960	월곡본천	교량체결장치 보수
경전선	능주-화순	274.315	화순천교	궤간정정 및 레일체결장치 보수
경전선	명봉-이양	250.200-250.250	송정천	교량부속품보수
광주선	동송정-극락강	2.960	월곡본천	교량체결장치 보수
경전선	이양-능주	256.800-257.000	저불강제2	교량부속품보수
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	궤간정정 및 면맞춤 작업
호남선	백양사-장성	151.700-151.800	월계천트러스교	교량침목부속품보수
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량체결장치 보수
경전선	화순-남평	276.251	평촌천교	레일체결장치 보수
경전선	명봉-이양	253.400-253.450	이양천	교량부속품보수
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	레일체결장치 보수
경전선	이양-능주	262.500-262.262	석정천	교량부속품보수
경전선	이양-능주	261.000-262.000	가봉천	교량부속품보수
경전선	능주-화순	274.315	화순천교	궤간정정 및 방향정정
경전선	능주-화순	267.253	저불강제3교	궤간정정 및 방향정정
광주선	극락강-광주	5.552	극락피천	교량체결장치 보수
경전선	이양-능주	262.520-263.600	석정천,광대천	교량부속품보수
광주선	극락강-광주	5.224	극락본천	교량체결장치 보수
경전선	화순-남평	276.251	평촌천교	교량부속품보수
경전선	화순-남평	276.251	평촌천교	궤간정정,면,줄맞춤
경전선	명봉-이양	249.200-267.100	품평천	교량부속품보수
광주선	동송정-극락강	2.960	월곡본천	궤간정정 작업

라. 대구본부

선별	역구간	위치	교량명	작업내용
경부선	김천-아포	256.000-256.300	경호강	교량 부속품 보수
경북선	김천-옥산	10.198-10.218	동리천	교량 면맞춤
경부선	김천-아포	256.000-256.300	경호강	교량 부속품 보수
경부선	김천-아포	256.000-256.300	경호강	교량 부속품 보수
경부선	김천-아포	256.100-256.300	경호강	교량 줄맞춤
경북선	김천-옥산	10.882-10.894	도암천	교량 면맞춤
경북선	김천-옥산	1.084-1.228	직지천	이음매해체점검
경북선	김천-옥산	6.984-7.014	옥률천	이음매해체점검
경북선	김천-옥산	12.488-12.554	신평천	이음매해체점검
경부선	약목구내	290.927-290.979	두만천	교량침목 부속품 보수
경부선	김천-아포	266.800-267.200	감천	교량침목 부속품 보수

경부선	김천-아포	266.800-267.200	감천	교량침목 부속품 보수
경부선	김천-아포	266.800-267.200	감천	교량침목 부속품 보수
경부선	약목구내	290.927-290.979	두만천	교량침목 부속품 보수
경부선	약목구내	290.927-290.979	두만천	교량침목 부속품 보수
경부선	김천-아포	266.800-267.200	감천	교량침목 부속품 보수
경부선	약목구내	290.927-290.979	두만천	교량침목 교환
경부선	약목구내	290.927-290.979	두만천	교량침목 교환
경부선	약목구내	290.927-290.979	두만천	교량침목 교환
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	교량 부속품 보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	교량 부속품 보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	교량 부속품 보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	교량 이음매판 해체점검
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	약목-왜관	295.144-295.651	낙동강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량침목 부속품 보수
경부선	신동-지천	312.823-312.850	계리공곡천	교량 부속품 보수
경부선	신동-지천	311.270-311.350	이언천	교량 부속품 보수
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 부속품 보수
경부선	신동-지천	312.823-312.850	계리공곡천	교량 부속품 보수
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량침목 부속품 보수
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 줄맞춤 작업
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 줄맞춤 작업
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 줄맞춤 작업
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 줄맞춤 작업
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 줄맞춤 작업
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량침목 부속품 보수
경부선	신동-지천	311.270-311.350	이언천	교량침목 교환
경부선	신동-지천	311.270-311.350	이언천	교량침목 교환
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량침목 교환
경부선	신동-지천	311.270-311.350	이언천	교량침목 부속품 보수
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	교량 이음매판 해체점검
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	지천-대구	315.102-315.460	금호강	무도상 교량 가드레일보수
경부선	신동-지천	311.270-311.350	이언천	교량침목 부속품 보수
경부선	신동-지천	311.270-311.350	이언천	교량침목 교환
경부선	신동-지천	312.823-312.850	계리공곡천	교량 면맞춤 작업
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	,면맞춤, 줄맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	면맞춤, 줄맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	면맞춤, 줄맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤

경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목교환, 면맞춤
경부선	남성현-청도	361.430-361.570	청도강	교량침목부속품보수,면맞춤
대구선	봉정-영천	30.700-31.050	영천천교량	케간정정
대구선	하양-금호	23.052-23.174	기천천교량	교량 부속품 보수
대구선	봉정-영천	31.030-31.080	영천천교량	케간정정 및 줄맞춤
대구선	봉정-영천	30.950-31.050	영천천교량	케간정정
대구선	금호-봉정	23.050-23.122	기천천교량	면맞춤
대구선	봉정-영천	30.700-31.050	영천천교량	이음매 해체점검
대구선	하양-영천	23.050-31.050	기천천,영천천교량	레일 및 침목조사
대구선	하양-금호	23.130-23.175	기천천교량	면맞춤
대구선	봉정-영천	30.700-30.900	영천천교량	면맞춤 및 체결장치보수
대구선	하양-금호	20.735-20.842	조산천교량	면맞춤 및 체결장치보수
중앙선	화산-북영천	341.000-343.450	화룡천,금호천교량	교량 부속품 보수
중앙선	화산-북영천	341.000-343.400	화룡천,금호천교량	교량 부속품 보수
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	교량 부속품 보수
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	구조물점검,보수
중앙선	송포-임포	352.989-353.014	박심천교량	줄맞춤및면맞춤
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	줄맞춤및면맞춤
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	교량 부속품 보수
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	교량 부속품 보수
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	줄맞춤및면맞춤
중앙선	임포-아화	352.989-353.014	박심천교량	줄맞춤및면맞춤
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	교량 부속품 보수
중앙선	임포-아화	359.377-359.417	아화천교량	교량 부속품 보수
괴동선	효자-괴동	2.800-3.300	형산강1교	교량침목부속품 보수
동해남부선	안강-부조	131.835-132.037	안냉1천	교량침목부속품 보수
괴동선	효자-괴동	3.700-3.900	남천2교	교량침목부속품 보수
괴동선	효자-괴동	3.000-3.700	형산강1교,남천1교	교량침목부속품 보수
동해남부선	안강-부조	131.835-132.037	안냉1천	교량침목부속품 보수
괴동선	효자-괴동	2.850-3.100	형산강1교	교량침목부속품 보수
동해남부선	경주-나원	115.673-115.976	형산강	교량침목부속품 보수
괴동선	효자-괴동	3.640-6.680	남천2교	교량침목교환작업
동해남부선	경주-나원	115.672-115.976	형산강	교량침목교환작업
동해남부선	사방-안강	129.038-129.190	염평천	교량침목교환작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	면맞춤 작업
동해남부선	동방-경주	108.331	신문천	면, 줄, 케간정정 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	면, 줄, 케간정정 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	교량침목부속품보수 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면맞춤 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면맞춤 작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	면맞춤 작업
동해남부선	동방-경주	108.331	신문천	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	교량침목교환 공사
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	교량침목교환 공사
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	교량침목부속품보수 작업
동해남부선	경주-나원	122.875	북천	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	면, 줄, 케간정정 작업

동해남부선	동방-경주	108.331	신문천	면, 줄, 케간정정 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	면, 줄, 케간정정 작업
동해남부선	동방-경주	108.331	신문천	면맞춤 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면맞춤 작업
중앙선	울동-서경주	377.271	왕능가도교	면맞춤 및 테르미트용접
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면맞춤 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	보통침목교환 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면맞춤 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면맞춤 작업
동해남부선	동방-경주	108.331	신문천	교량침목부속품보수 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	교량침목부속품보수 작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	교량침목부속품보수 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	교량침목부속품보수 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	교량침목부속품보수 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	교량침목교환
동해남부선	동방-경주	108.331	신문천	면,케간정정 작업
동해남부선	경주-나원	112.875	북천	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	377.252	왕능가도교	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	378.680	충효천	면, 줄, 케간정정 작업
중앙선	울동-서경주	375.060	대천교량	교량침목부속품보수
중앙선	울동-서경주	375.060	대천교량	교량침목부속품보수
중앙선	건천-모량	366.635	건천2천	교량침목교환
중앙선	건천-모량	366.635	건천2천	교량침목부속품보수
중앙선	울동-서경주	375.060	대천교량	교량침목부속품보수
동해남부선	입실-불국사	98.470	괘능천	교량침목부속품 보수
동해남부선	입실-불국사	96.956	장산천	교량침목부속품 보수
동해남부선	입실-불국사	98.134	활성천	교량침목부속품 보수
동해남부선	입실-불국사	98.470	괘능천	교량침목부속품 보수
동해남부선	모화-입실	92.901	입실천	교량침목부속품 보수
동해남부선	입실-불국사	96.351	말방천	교량침목부속품 보수
동해남부선	입실-불국사	98.470	괘능천	교량침목교환
동해남부선	입실-불국사	96.351	말방천	교량침목교환
동해남부선	입실-불국사	96.956	장산천	교량침목교환
동해남부선	모화-입실	92.901	입실천	교량침목부속품 보수
동해남부선	모화-입실	92.901	입실천	교량침목부속품 보수

마. 대전충남본부

호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
충북선	주덕-달천	74.200	금곡천교	교량침목부속품 보수
충북선	증평-도안	37.471	청안가도교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목교환
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목교환
강경선	채운-연무대	1.523	이화천제2	교량침목부속품 보수
경부선	세천-옥천	176.450	증약교량	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	22.700	가수원4천	교량침목부속품 보수

경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
장항선	남포-웅천	68.770	광천천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	도안-보천	47.590	충주가도교	교량침목부속품 보수
충북선	소이-주덕	68.287	삼청천교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목교환
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	보천-음성	51.960	마송천교	교량침목부속품 보수
충북선	음성-소이	63.600	대장천교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	22.700	가수원4천	교량침목부속품 보수
경부선	영동-황간	213.068	영동가도교	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-부강	131.210	조천2천	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목교환
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	22.700	가수원4천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-부강	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	증평-도안	37.662	보강천교	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	19.600	하남천	교량침목부속품 보수
충북선	음성-소이	63.600	대장천교	교량침목부속품 보수
충북선	증평-도안	37.471	청안가도교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목교환
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수

경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	보천-음성	51.960	마송천교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	13.300	강서천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
장항선	남포-웅천	76.554	진죽천	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	22.300	가수원3천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-서창	128.900	내창천	교량침목부속품 보수
충북선	증평-도안	41.800	도안천교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	13.300	강서천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
경부선		131.210	조천2천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목교환
충북선	증평-도안	37.662	보강천교	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	19.600	하남천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-부강	131.210	조천2천	교량침목교환
충북선	도안-보천	47.590	충주가도교	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목교환
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목교환
충북선	음성-소이	63.600	대장천교	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목교환

충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
경부선		131.210	조천2천	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목교환
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	22.300	가수원3천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	보천-음성	55.450	상당천	교량침목부속품 보수
충북선	음성-소이	63.600	대장천교	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
장항선	남포-웅천	68.770	광천천	교량침목교환
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목교환
대전선	대전-서대전	2.650	대전천교	교량침목부속품 보수
대전선	대전-서대전	2.650	대전천교	교량침목교환
장항선	남포-웅천	76.554	진죽천	교량침목교환
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목교환
장항선	남포-웅천	68.770	광천천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목교환
충북선	도안-보천	47.590	충주가도교	교량침목부속품 보수
충북선	음성-소이	63.600	대장천교	교량침목부속품 보수
충북선	증평-도안	37.471	청안가도교	교량침목부속품 보수
충북선	오근장-증평	27.000	신안천교량	교량침목교환

충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수
충북선	조치원-오송	1.500	조천천교량	교량침목교환
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
호남선	연산-논산	48.897	아호천교	교량침목부속품 보수
대전선	대전-서대전	2.650	대전천교	교량침목부속품 보수
경부선	세천-옥천	176.450	증약교량	교량침목교환
장항선	남포-웅천	76.554	진죽천	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	22.300	가수원3천	교량침목부속품 보수
호남선	흑석리-계룡	19.600	하남천	교량침목교환
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목교환
경부선	추풍령-직지사	235.869	마엄천	교량침목부속품 보수
경부선	추풍령-직지사	235.869	마엄천	교량침목교환
장항선	남포-웅천	68.770	광천천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
충북선	보천-음성	51.960	마송천교	교량침목부속품 보수
충북선	보천-음성	51.960	마송천교	교량침목교환
충북선	도안-보천	44.181	송정천제2	교량침목부속품 보수
충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	조치원-오송	1.500	조천천교량	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목교환
대전선	대전-서대전	2.650	대전천교	교량침목부속품 보수
대전선	대전-서대전	2.650	대전천교	교량침목교환
장항선	남포-웅천	100.999	웅천2천	교량침목부속품 보수
장항선	남포-웅천	100.794	웅천1천	교량침목교환
호남선	흑석리-계룡	19.600	하남천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-부강	131.210	조천2천	교량침목교환
충북선	음성-소이	60.200	목도가도교	교량침목부속품 보수
충북선	음성-소이	60.200	목도가도교	교량침목교환
충북선	주덕-달천	74.200	금곡천교	교량침목부속품 보수
충북선	주덕-달천	74.200	금곡천교	교량침목교환
충북선	증평-도안	41.800	도안천교	교량침목부속품 보수
충북선	증평-도안	37.662	보강천교	교량침목교환
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목교환
장항선	남포-웅천	100.794	웅천1천	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	151.402	금강제1교량	교량침목부속품 보수
경부선	조치원-내판	132.300	미호천	교량침목부속품 보수

충북선	청주-오근장	17.900	무심천교량	교량침목부속품 보수
충북선	조치원-오송	1.500	조천천교량	교량침목부속품 보수
호남선	논산-강경	59.506	삼가천교	교량침목부속품 보수
경부선	매포-신탄진	146.072	마미포천	교량침목부속품 보수
경부선	추풍령-직지사	235.869	마엄천	교량침목부속품 보수
경부선		131.210	조천2천	교량침목부속품 보수
충북선	소이-주덕	68.287	삼청천교	교량침목부속품 보수
충북선	오송-청주	6.400	미호천교량	교량침목부속품 보수

바. 부산경남본부

경부선	진주-완사	112.248	유수천	케간정정
경부선	진주-완사	112.248	유수천	케간정정
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	케간정정
경부선	진주-완사	112.248	유수천	교량침목교환
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	교량침목부속품 보수
경부선	진주-완사	112.248	유수천	교량침목부속품 보수
경부선	진주-완사	112.248	유수천	레일체결장치보수
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	케간정정
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	레일체결장치보수
경부선	진주-완사	112.248	유수천	레일체결장치보수
경부선	진주-완사	112.248	유수천	케간정정
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	줄맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	면맞춤
경부선	진주-완사	112.248	유수천	줄맞춤
경전선	완사-북천	121.358	원전제1가도교	면맞춤
경전선	완사-북천	121.358	원전제1가도교	케간정정
경전선	완사-북천	121.358	원전제1가도교	면맞춤
경전선	완사-북천	121.358	원전제1가도교	면맞춤
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	면맞춤
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	줄맞춤
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	면맞춤

경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	줄맞춤
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	교량침목부속품 보수
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	교량침목부속품 보수
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	면맞춤
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	케간정정
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	줄맞춤
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	교량침목부속품 보수
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	교량침목부속품 보수
경전선	하동-옥곡	147.509	섬진강	면맞춤
경부선	상동구내	375.075	유천강제1교	줄맞춤
경부선	상동구내	376.075	유천강제2교	교량침목부속품 보수
경부선	상동-밀양	382.011	밀양강교	교량침목부속품 보수
경부선	상동-밀양	382.011	밀양강교	보통침목교환
경부선	상동-밀양	385.254	밀양강교	교량침목교환
경부선	상동-밀양	385.254	밀양강교	이음매판해체점검
경부선	상동-밀양	382.011	밀양강교	목침목점검
경부선	삼랑진-원동	398.574	승천교량	면맞춤
경부선	삼랑진-원동	398.574	승천교량	교량침목부속품 보수
경부선	삼랑진-원동	398.574	승천교량	교량침목교환
경부선	삼랑진-원동	405.318	원동천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	호문-호계	80.511	신송정천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	45.272	백련천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	45.272	백련천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
온산선	남창-온산	2.646	회야강	교량침목부속품 보수
온산선	남창-온산	2.646	회야강	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수,면맞춤,레일체결장치보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수,면맞춤,레일체결장치보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수

동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목교환
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.926	모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
온산선	남창-온산	2.646	회야강	교량침목부속품 보수
온산선	남창-온산	2.646	회야강	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	효문-호계	80.511	신송정천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.926	모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	효문-호계	80.511	신송정천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목교환
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목교환
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목교환
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목교환
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목교환
동해남부선	호계-모화	88.926	모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	효문-호계	79.101	화봉천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	6.091	양정가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	효문-호계	79.101	화봉천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	6.091	양정가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수

동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	효문-호계	80.511	신송정천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.797	범어사천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	효문-호계	79.101	화봉천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	60.933	회야천	교량침목교환
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환
동해남부선	남창-덕하	64.528	청량천	교량침목교환

동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	호문-호계	79.101	화봉천	교량침목부속품 보수
동해남부선	부전-동래	9.402	거제가도교	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	45.272	백련천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	45.272	백련천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	45.272	백련천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	45.272	백련천교	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
온산선	남창-온산	2.646	회야강	교량침목부속품 보수
동해남부선	호계-모화	88.388	하모화천	교량침목부속품 보수
동해남부선	월내-남창	55.364	대운천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	45.776	좌광천	교량침목부속품 보수
동해남부선	일광-좌천	40.776	좌광천	교량침목부속품 보수

사. 서울본부

경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
경의선	임진강-도라산	53.035	임진강철교	교량침목부속품 보수
교외선	일영-송추	21.26	곡릉천 제1교량	교량침목부속품 보수
교외선	일영-송추	21.26	곡릉천 제1교량	교량침목부속품 보수
교외선	벽제-일영	14.894	곡릉천 제3교량	교량침목부속품 보수
교외선	일영-송추	21.26	곡릉천 제1교량	교량침목부속품 보수
교외선	일영-송추	21.26	곡릉천 제1교량	교량침목부속품 보수

교외선	벽제-일영	14.894	곡릉천 제3교량	교량침목부속품 보수
교외선	벽제-일영	14.204	곡릉천 제3교량	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목교환
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목교환
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목교환
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	계간정정
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	계간정정
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	가드레일 교환
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	가드레일 교환
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	2.578	용산과선철도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	1.550	원효가도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	1.550	원효가도교	레일 육성용접
경부선	서울-용산	1.550	원효가도교	교량침목부속품 보수
경부선	서울-용산	1.550	원효가도교	레일 육성용접
경의선	서울-신촌	1.847	의영가도교	교량침목부속품 보수

아. 수도권동부분부

망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	장대레일 교환
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	장대레일 교환
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	장대레일 교환
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	장대레일 교환
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	장대레일 교환
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	장대레일 교환
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
망우선	망우-광운대	1.858	한천교	면, 줄 맞춤
경원선	초성리-전곡	60.2	초성천교	궤도_교량침목 부속품 보수
경원선	초성리-전곡	60.2	초성천교	궤도_교량침목 부속품 보수

경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	이음매처짐정정
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	면맞춤 및 교량부속품교환
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	면맞춤 및 교량부속품교환
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	면줄맞춤
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	면맞춤 및 교량부속품교환
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	면맞춤 및 교량부속품교환
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	교량침목교환 및 교량부속품교환
경원선	왕십리-청량리	11.628-11.690	한천교	면맞춤 및 교량침목교환

자. 전남본부

경전선	벌교-조성	203.677	열가천	궤간정정
경전선	원창-벌교	196.788	죽산천	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	교량침목부속품 보수
경전선	예당-득량	222.133	오봉천	면맞춤작업
경전선	원창-벌교	202.815	벌교천	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	면맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	줄맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	면맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	줄맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	면맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	줄맞춤
경전선	원창-벌교	196.788	죽산천	교량침목부속품 보수
경전선	예당-득량	222.133	오봉천	궤간정정, 면맞춤
경전선	순천-원창	188.179	덕정천	교량침목부속품 보수
경전선	보성-명봉	236.516	보성천	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	레일체결장치보수
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	면맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	줄맞춤
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	면맞춤
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	줄맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	면맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	줄맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	레일체결장치보수
경전선	예당-득량	222.133	오봉천	면맞춤
경전선	명봉-이양	242.961	우산천	흡착포설치
경전선	원창-벌교	202.815	벌교천	줄,면맞춤
경전선	보성-명봉	236.516	보성천	궤간정정
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	교량침목부속품 보수

경전선	원창-별교	202.815	별교천	체결장치보수
경전선	원창-별교	202.815	별교천	이음매해체점검
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	이음매해체점검
경전선	원창-별교	202.815	별교천	교량침목교환
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	교량침목부속품 보수
경전선	득량-보성	231.447	봉산천	교량침목교환
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	교량침목부속품 보수
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	면맞춤
경전선	순천-원창	180.518	순천천교	줄맞춤
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	면맞춤
경전선	순천-원창	184.305	이사천교	줄맞춤
경전선	보성-명봉	236.516	보성천	레일교환

차. 전북본부

호남선	강경-함열	67.586	두무천	교량침목부속품 보수
호남선	강경-함열	67.586	두무천	교량침목부속품 보수
호남선	강경-함열	68.160	연화천	교량침목부속품 보수
호남선	강경-함열	69.160	연화천	교량침목부속품 보수
호남선	강경-함열	70.160	연화천	교량침목부속품 보수
호남선	강경-함열	72.160	연화천	교량침목교환 공사 입회
호남선	강경-함열	73.160	연화천	교량침목교환 공사 입회
호남선	강경-함열	74.160	연화천	교량침목교환 공사 입회
호남선	강경-함열	75.160	연화천	교량침목교환 공사 입회
호남선	강경-함열	76.160	연화천	교량침목교환 공사 입회
호남선	강경-함열	77.160	연화천	교량침목교환 공사 입회
호남선	강경-함열	67.586	두무천	교량침목교환
호남선	강경-함열	67.586	두무천	교량침목가공
호남선	강경-함열	67.586	두무천	교량침목교환
호남선	강경-함열	67.586	두무천	교량침목부속품보수
호남선	강경-함열	77.160	연화천	교량침목부속품 보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	레일체결장치보수,교량침목교환,줄맞춤
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	레일체결장치보수,교량침목교환
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량침목교환,교량부속품보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	레일체결장치보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	면맞춤
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	면맞춤, 레일체결장치 보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량부속품보수,교량침목교환
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	면맞춤
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	면맞춤,줄맞춤

호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	면맞춤, 줄맞춤
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	면맞춤
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	레일체결장치보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	레일체결장치보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량침목교환, 교량부속품보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량침목교환, 교량부속품보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량침목교환, 교량부속품보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량침목교환, 교량부속품보수
호남선	익산-김제	90.868	만경강제2교	교량침목교환, 교량부속품보수
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목부속품 보수
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목부속품 보수
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목교환
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목부속품 보수
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목교환
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목부속품 보수
호남선	익산-부용	91.000	만경강제2교	교량침목교환
호남선	김제-신태인	112.852	고성천	교량침목부속품 보수
호남선	김제-신태인	112.852	고성천	교량침목부속품 보수
호남선	김제-신태인	112.852	고성천	교량침목부속품 보수
호남선	김제-신태인	112.852	고성천	교량침목부속품 보수
호남선	김제-신태인	112.852	고성천	교량침목교환
호남선	김제-신태인	112.852	고성천	교량침목부속품 보수
장항선	대야-익산	148.919	접산천	교량침목부속품 보수
장항선	대야-익산	144.480	석화천	교량침목부속품 보수, 면맞춤
장항선	대야-익산	150.904	월안천	교량침목부속품 보수, 면맞춤
장항선	대야-익산	144.480	석화천	교량침목부속품 보수, 면맞춤
장항선	대야-익산	144.480	석화천	교량침목부속품 보수
장항선	대야-익산	150.904	월안천	교량침목부속품 보수, 이음매침목교환
장항선	대야-익산	150.904	월안천	교량침목부속품 보수, 면맞춤
장항선	대야-익산	148.919	접산천	교량침목부속품 보수, 면맞춤, 줄맞춤
장항선	대야-익산	148.919	접산천	교량침목부속품 보수

카. 충북본부

중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	신림-연교	138.666	주포6	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교-구학	139.831	주포4	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교-구학	141.875	주포2	레일교환
중앙선	유교-반곡	116.902	판부천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	원주-유교	114.271	시대천	면맞춤, 궤간정정
중앙선	연교구내	139.132	주포5(본)	레일교환

중앙선	구학-봉양	145.924	봉양천	레일교환
중앙선	신림-연교	138.666	주포6	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교-구학	141.875	주포2	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교구내	139.132	주포5(본)	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교-구학	141.875	주포2	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교-구학	139.831	주포4	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	구학-봉양	145.924	봉양천	레일교환
중앙선	신림-연교	138.666	주포6	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	117.518	마전천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	신림-연교	138.666	주포6	교량침목교환
중앙선	신림-연교	138.666	주포6	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	신림-연교	138.666	주포6	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교구내	139.132	주포5(본)	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	원주-유교	114.271	시대천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	연교-구학	141.875	주포2	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	유교-반곡	115.302	유암천	면맞춤, 교침부속품보수
중앙선	구학-봉양	147.089-147.101	주포육교	교량침목부속품보수
충북선	공전-봉양	111.755-111.855	봉양천교량	교량침목부속품보수
중앙선	봉양-조차장	150.510-150.537	두무곡천교량	교량침목부속품보수
중앙선	봉양-조차장	150.516-150.544	두무곡천교량	교량침목부속품보수
충북선	공전-봉양	111.195-111.312	제천천3교량	교량침목교환
중앙선	봉양-조차장	150.000-150.630	두무곡천교량	교량침목부속품보수
중앙선	봉양-조차장	150.517-150.544	두무곡천교량	교량침목부속품보수
중앙선	봉양-조차장	150.517-150.544	두무곡천교량	교량침목부속품보수
중앙선	조차장-제천	154.060-154.140	제천천교량	교량침목부속품보수
중앙선	조차장-제천	154.064-154.144	제천천교량	교량침목부속품보수
중앙선	조차장-제천	154.050-154.150	제천천교량	교량침목부속품보수
중앙선	봉양-조차장	150.517-150.544	두무곡천교량	계간정정
충북선	공전-봉양	111.195-111.312	제천천3교량	계간정정
충북선	공전-봉양	111.195 - 111.312	제천천3교량	계간정정
중앙선	봉양-조차장	150.517 - 150.544	두무곡천교량	교량침목부속품보수
충북선	공전-봉양	111.195 - 111.312	제천천3교량	계간정정
중앙선	봉양-조차장	150.517 - 150.544	두무곡천교량	교량침목부속품보수
충북선	공전-봉양	111.762 - 111.855	봉양천교량	교량침목교환
충북선	공전-봉양	111.762 - 111.855	봉양천교량	계간정정

충북선	공전-봉양	111.195 - 111.312	제천천3교량	교량침목부속품보수
중앙선	조차장-제천	154.064 - 154.144	제천천교량	교량침목부속품보수
중앙선	도담-단양	177.322-177.875	남한강교	교량침목부속품보수
중앙선	도담-단양	177.322-177.875	남한강교	교량침목부속품보수
중앙선	도담-단양	177.322-177.875	남한강교	교량침목부속품보수
중앙선	도담-단양	177.322-177.875	남한강교	면맞춤
중앙선	도담-단양	177.322-177.875	남한강교	교량침목교환
중앙선	도담-단양	177.322-177.875	남한강교	면맞춤,줄맞춤
중앙선	단양-단성	181.334-181.529	덕상천교	면맞춤
중앙선	단양-단성	181.334-181.529	덕상천교	교량침목부속품보수,보통침목교환
중앙선	단양-단성	181.334-181.529	덕상천교	교량침목부속품보수,교량침목교환
중앙선	단양-단성	181.334-181.529	덕상천교	면맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	줄맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤,줄맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤,교량침목부속품보수
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	교량침목보수품보수
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤,줄맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤,교량침목부속품보수
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	교량침목교환
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	교량침목부속품보수
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	면맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	계간정정,줄맞춤
중앙선	단성-죽령	190.073-190.079	장현천구교	줄맞춤
태백선	연당-청령포	26.694-26.724	각한천	계간정정
태백선	탄부-연하	41.378-41.443	연하천1	교량침목부속품보수
태백선	입석리-쌍룡	15.756-15.810	월촌천	레일체결장치보수
태백선	탄부-연하	41.593-41.631	연하천2	교량침목부속품보수
태백선	연당-청령포	30.351-30.510	평창강	계간정정
태백선	연하-석항	45.089-45.098	연상천1	계간정정
태백선	연하-석항	45.089-45.098	연상천1	체결장치보수
태백선	쌍룡-연당	24.075-24.088	석현1	계간정정
태백선	영월-탄부	36.598-36.664	초리천2	교량침목부속품보수
태백선	탄부-연하	38.783-38.876	두평천	교량침목부속품보수
태백선	탄부-연하	38.783-38.876	두평천	교량침목부속품보수
태백선	탄부-연하	40.458-40.524	신촌천	교량침목부속품보수
태백선	연하-석항	45.089-45.184	연상천1.2	레일체결장치 보수

태백선	연하-석항	45.089-45.184	연상천1.2	면맞춤/줄맞춤
태백선	탄부-연하	38.783-38.876	두평천	교량침목부속품보수
태백선	탄부-연하	38.783-38.876	두평천	교량침목부속품보수
태백선	연하-석항	46.298-46.337	연상천4	면맞춤/줄맞춤
태백선	탄부-연하	41.593-41.631	연하천2	교량침목교환
태백선	탄부-연하	41.378-41.443	연하천1	교량침목교환
태백선	입석리-쌍룡	15.756-15.810	월촌천	교량침목교환
태백선	탄부-연하	38.783-38.876	두평천	교량침목부속품보수
태백선	연하-석항	43.228-43.294	풍촌천2	교량침목교환
태백선	연당-청령포	30.351-30.510	평창강	교량침목교환
태백선	연하-석항	43.228-43.294	풍촌천2	교량침목교환
태백선	연당-청령포	30.351-30.510	평창강	교량침목교환
태백선	연당-청령포	30.351-30.510	평창강	교량침목부속품보수
태백선	연하-석항	45.37545.418	연상천3	면맞춤/줄맞춤
태백선	연하-석항	45.37545.418	연상천3	교량침목 교환
태백선	민동산-사북	70.770-70.800	소산천교량	교량침목교환
태백선	사북-고한	74.480-74.560	사북천1교량	교량침목교환
태백선	민동산-사북	70.800-70.850	소산천교량	교량침목교환
정선선	정선-나전	24.190-24.290	송월천교량	교량침목 부속품 보수
태백선	사북-고한	73.800-74.800	사북천1교량	교량침목 부속품 보수
태백선	정선-나전	24.089-24.296	송월천교량	교량침목 부속품 보수
정선선	나전-아우라지	37.469-37.626	여량천1교량	교량침목 부속품 보수
정선선	나전-아우라지	37.469-37.626	여량천1교량	교량침목 부속품 보수
정선선	나전-아우라지	37.560-37.700	여량천1교량	교량침목 부속품 보수
정선선	나전-아우라지	37.469-37.626	여량천1교량	교량침목 부속품 보수
정선선	정선-나전	24.090-24.290	송월천교량	교량침목 부속품 보수
충북선	달천-충주	79.900-80.100	달천천 제2	교량침목부속품 보수
충북선	달천-충주	79.900-80.200	달천천 제2	교량침목부속품 보수
충북선	달천-충주	79.900-80.300	달천천 제2	교량침목부속품 보수
충북선	달천-충주	79.900-80.300	달천천 제2	교량침목부속품 보수
충북선	달천-충주	79.900-80.300	달천천 제2	교량침목부속품 보수
충북선	달천-충주	79.900-80.200	달천천 제2	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~90.800	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	90.800-90.850	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	90.9850-90.900	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	90.850-90.900	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	90.950~91.000	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	91.000~91.200	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	90.800~91.000	남한강	계간정정
충북선	목행-동량	90.700-91.000	남한강	교량침목부속품 보수

충북선	목행-동량	90.800 ~90.900	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.900~90.950	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	91.000~91.200	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~90.900	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.900~91.100	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	91.000~91.200	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~90.900	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.900~91.100	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	91.000~91.200	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~90.900	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.750~91.100	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	91.000~91.200	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~91.000	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	91.000~91.200	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~91.000	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	91.000~ 91.200	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.700~91.000	남한강	교량침목부속품 보수
충북선	목행-동량	90.900-91.000	남한강	교량침목교환
충북선	목행-동량	90.900~90.950	남한강	교량침목교환
충북선	목행-동량	91.000~91.100	남한강	교량침목교환
충북선	목행-동량	90.700~90.800	남한강	교량침목교환
충북선	목행-동량	90.800~90.850	남한강	교량침목교환
충북선	목행-동량	90.700~90.750	남한강	교량침목교환
충북선	목행-동량	90.750~90.800	남한강	교량침목교환
충북선	삼탄-공전	103.350-103.450	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.400-103.450	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.450-103.500	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.350-103.500	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	102.850-102.950	명암천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	102.900-102.950	명암천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.350-103.450	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.300-103.350	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.350-103.450	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	102.850-102.950	명암천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.350-103.450	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	103.350-103.500	진소천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	102.850-102.900	명암천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	102.900-102.950	명암천	교량침목부속품 보수
충북선	삼탄-공전	102.850-102.900	명암천	교량침목교환
충북선	삼탄-공전	102.850-102.900	명암천	교량침목교환

충북선	삼탄-공전	102.850-102.900	명암천	교량침목교환
충북선	삼탄-공전	102.900-102.950	명암천	교량침목교환
충북선	공전-봉양	107.650-107.750	공전천	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	궤간정정
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.200	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.400	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.200-109.600	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	107.500-107.600	공전천	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	107.500-107.600	공전천	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	107.600-107.700	공전천	교량침목부속품 보수
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목교환
충북선	공전-봉양	109.500-109.600	제천천 제1	교량침목교환
충북선	공전-봉양	109.100-109.300	제천천 제1	교량침목교환
충북선	공전-봉양	107.500-107.600	공전천	교량침목교환
충북선	공전-봉양	109.100-109.200	제천천 제1	교량침목교환

<첨부 3> 무도상교량 장대레일 부설 테스트 베드 후보지

소속	선별	역구간	상하	시설물명	연장(m)	구조형식	준공연 도	선형
서울	경의선	임진강-도라산	단	임진강철교	702	트러스	2003	
수도권서 부	경부선	용산-노량진	하3	한강A선	1,113	트러스	1900	곡선 (R900)
수도권서 부	경부선	용산-노량진	상3	한강B선	1,113	트러스	1911	직선
수도권서 부	경부선	용산-노량진	상하1	한강C선	1,113	트러스	1944	직선
수도동부	경원선	초성리-전곡	단	한탄천	244	거더 [플레이트]	1914	곡(R400)
대전충남	경부선	조치원~내관	상선	미호천	438	관형	1905	직선
대전충남	경부선	조치원~내관	하선	미호천	436	관형	1905	직선
대전충남	경부선	매포~신탄진	상선	금강제1	291	트러스	1938	직선
대전충남	경부선	매포~신탄진	하선	금강제1	290	트러스	1940	직선
대전충남	호남선	연산~논산	하선	아호천	217	관형	1914	곡선(R4 00)
대전충남	충북선	오송~청주	상선	미호천	351	관형	1921	직선
대전충남	충북선	오송~청주	하선	미호천	351	관형	1979	직선
대전충남	충북선	청주~오근장	복선	무심천	297	관형	1979	직선
대전충남	장항선	남포~웅천	단선	제2웅천천	237	관형	1931	직선
경북	중앙선	서지-안동	단선	성낙천	221	트러스교	1938	직선
경북	중앙선	안동-무릉	단선	안동낙동강	793	플레이트거더교	1938	R400
경북	중앙선	무릉-운산	단선	미천제5	229	플레이트거더교	1939	R1000
경북	중앙선	무릉-운산	단선	미천제4	227	플레이트거더교	1939	직선
경북	중앙선	무릉-운산	단선	미천제3	216	플레이트거더교	1939	직선
경북	경북선	점촌-개포	단선	영강	307	플레이트거더교	1931	직선
경북	경북선	어등-영주	단선	석천	218	플레이트 슬래브	1966	직선
대구	경부선	김천-대신	상선	경호강	277	관형	1934	직선
대구	경부선	김천-대신	하선	경호강	277	관형	1934	직선
대구	경부선	약목-왜관	상선	낙동강	508	트러스	1939	직선
대구	경부선	약목-왜관	하선	낙동강	508	트러스	1944	직선
대구	경부선	지천-대구	상선	금호강	358	관형	1934	R700
대구	경부선	지천-대구	하선	금호강	358	관형	1934	R700
대구	대구선	봉정-영천	단선	영천천	355	플레이트(미터)	1937	직선,R4
대구	동해남부선	경주-나원	단선	북천	202	플레이트(미터)	1940	직선
대구	동해남부선	경주-나원	단선	형산강	304	플레이트(용접)	1940	직선
대구	동해남부선	안강-부조	단선	안강천제2	202	플레이트(미터)	1940	직선
대구	괴동선	효자-괴동	단선	형산강제1	435	플레이트 (미터)	1969	직선
부산경남	경부선	상동-밀양	복선	유천강제1	265	강관형	1945	직선
부산경남	경부선	상동-밀양	상선	밀양강	596	강관형	1945	직선
부산경남	경부선	상동-밀양	하선	밀양강	593	강관형	1903	직선
부산경남	온산선	남창-온산	단선	회야강	317	강관형	1977	직선
부산경남	경전선	진주-완사	단선	유수천	287	트러스	1968	직선+R3 00
부산경남	경전선	하동-진상	단선	섬진강	442	트러스	1965	직선

						플레이트		
충북	정선선	정선-나전	단선	송월천	208	판형	1968	직선
충북	정선선	아우라지-구절리	단선	대곡천	242	판형	1966	R1,300
충북	충북선	달천-충주	상선	달천천제2	252	판형	1979	직선
충북	충북선	달천-충주	하선	달천천제2	252	판형	1979	직선
충북	충북선	목행-동량	하선	남한강	421	판형	1979	직선
충북	충북선	목행-동량	상선	남한강	426	판형	1958	직선
전북	호남선	익산-부용	하	만경강제2	555	플레이트	1936	직선
전북	호남선	신태인-정읍	상	동진강	250	플레이트	1914	직선
강원	영동선	옥계-정동진	단선	옥계천	217	플레이트	1960	R500
강원	태백선	문곡-백산	단선	백산천1(가)	226	T형,플레이트	1975	R250
강원	삼척선	동해-삼척	단선	오십천	275	플레이트	1933	직선
강원	목호항선	목호항구내	단선	제3저탄고가	530	슬래브	1988	직선
강원	목호항선	목호항구내	단선	제4저탄고가	562	T형	1940	직선
강원	목호항선	목호항구내	단선	제5저탄고가	309	플레이트	1940	직선

자문의견서

소속	충청연구원	성명	김영주 (인)
자문일	2016. 02. 19		
자문내용			
<ul style="list-style-type: none">- 무도상 관광 안내 레인저 기능 개발은 시의적절하고 반드시 필요한 기능이나 판단됨.- 무도상 관광을 유도하기 위한 비용 대비 강대형 안내 표지판 비용 등의 경감 비용을 가급적 추경하더라도 재정적으로 지시할 것이 바람직함.- 대상구역을 전 지역 판단에 있어 시설물 유지관리 기밀에 특화된 자원이외에도 구관적으로 안전화지 (장내화지) 반드시 확보 필요함.- 열차의 구형 안전성 평가 시험 및 승객진동 저감효과를 확인 하기 위한 시험에서는 충분한 수량이 가능하도록 연장이 확보되어야 함.			

자문의견서

소 속	서울교통공사	성 명	김 인 재 (인)
자문일	2016. 2. 19		

자 문 내 용

1. 시역저변 상모 장내리인화에 대한 보세영 권장사항
2. 영종대교동 상모상에 위치한 무량사지 상해 분석사항
3. 무량사 교량의 특성분석을 장내리역 축척 해석을 통해 수립 분석 및 토지에 대한 토질지 변위 변동 사동동 등을 분석하여 기존해당대유한 항목 검토하여 연구할수 있는 토지는 정립
 - 하중 증가 한계
 - 교량 변형의 종방향 휨 허용범위
 - 제방벽의 타진에 등
4. 시공의 교량 침몰은 대수 사용량 경우 경계상 파악 됨
 - 침몰 복제한 경우 시공량 순환유치
 - 장내리인화 후 교량 침몰 생환서 비동유사
5. 세부바지에 대한 드레인스류 보나 변경하미 기준된
 - 제수-교량 종방향 상모 작용 해석 및 상해 평가

자 문 의 견 서

소 속	(주)동명기술공단	성 명	배 창 민	직 위	신원만
자문일	2016. 2. 19				

자 문 내 용

- 레일장대하 기층정립에 있어 다음 사항에 대한 검토가 요구됨
1. 무도상교량을 장대레일화 할 경우 교량주체에 작용하는 장대레일 횡하중 값에 대한 정립이 필요.
 - 현 철도상계기준상 통상의 종류에 따라 그 값이 최대 3mm (좌측도상 3kN/m, Rail-Run) 관련도상 (kN/m, Rail)을 고려할 때 계층 및 와류기준 사례조사 등을 거쳐 기준정립이 필요.
 2. 구간경사별 및 경간장별 포함하여 표준 type을 선정하여 장대레일 중하중 추이에 따른 구간정립을 검토하고, 경사방향 및 시속구간 등에 구간정립 미흡할 case에 대한 보강방안은 다른 type별을 제시함이 필요.
 - 특히 교량이 경우 한 기준은 내진성능 / 시공성 / 장대레일 중하중 대비 구간에서 시속가 높 기층이 매우 중요, 여산여진성
 - 따라서 내진성까지 만족할 수 없는 경우에는 상이할 만큼 접근은 보 고려할 필요 있음
 3. 기존 유도상 교량의 경우 선형조건이 불량한 구간이 개원되는 개화 다수이므로
 - 그제 수평이 레일허용용역 점과 불일치한 구간간에 예시된 검토가 필요.

자문의견서

소 속	(주) KRTC	성 명	이 기 승 19/10
자문일	2016. 2. 19		

자 문 내 용

1. 연주의 범위 및 복원은 기존에 교량 개량에 대비하여 필요한 연주 리제이며 현장에서 필요한 연주는
2. 연주리제는 '부도상교량' ... 으로 되어 있으나 '정형교량' 부도상교량 ... 으로 구체화하는 것을 전제로 하기 때문
3. 현장에 가려져 중추에 교량 회선 등 교량에서 가려져 있어 수량이 다르게 되어 있어 각종의 보를 교량을 대상으로 연수권이 보일 인정할 크로스를 갖출 것이며 교량에 대하여 지랑 방법은 연수권 갖는 것을 전제로 함
4. 레오막 거리 시비 경성지원은 사정권 및 보일 ~~교량회선~~ 레오막 교량 강치에서 경성은 부여 할 것이 최종적으로 결론 내림

자문의견서

소 속	충남대학교	성 명	김남경 김남경
자문일	2/9		
자 문 내 용			
<p>* 개발해과 해는 체질강화과 캐시오펜이 현제 노력하신 끈질기어 티어스이에 징용한수 윗라에 대한 끈르 연구가 13년만에 귀중 수행되어야 함.</p> <p>* 교양강 강대비로 체도어 산성함 깊은 해로운 것은 북서리 알인가 매우 중요함.</p>			

자문의견서

소속	(주) 도화엔지니어링	성명	홍철기 <small>홍철기</small>
자문일	2016. 04. 12.		
자문내용			
<p>○. 무도상 교량 장애제거와 가동개발 기획 과정은 매우 바람직하고, 현안과제라고 생각됩니다.</p> <p><small>내각</small> 또한, <small>우리의</small> 본 과정은 원천기술의 확보추진에서도 기술개발이 <small>수준</small>이 요구되는 상황입니다.</p> <p>○. 세부과제 수행과정에서 보완하여 시행될 수 <small>다소</small> 많은 사항은 있도록 연주소행 바랍니다.</p>			

자문의견서

소속	(주) 선인리세팅	성명	강훈석
자문일	2016. 4. 12		

자문내용

- ① 1세부 무인상업 장비비율 설치 및 성능평가
 핵심기술 개발
 - 구체적인 내용 것보다 실제 기능간의 차이에 대한 고려 필요
 - 현재 Model 시 기존 모델 - 제품 라운드, 변동, 기타 변이, 이 때는 체적부 축조 등등의 연결장리가 실제 장비에 대한 변이 등, 이한 (이) 적으로
 - 향후 운영을 위해 장비 수리 및 관리 필요

- ② 2세부: 주로 체적상리 노안에 의한 장비의 특정한 구분 (유도상리 무인상리 구분) ~~구분~~ 기안 선택적으로 적용

- ③ 3세부: 장비 일체화 선행적 체적구분개발 - 체적과 노안에 의한 연결 장리를 운영함에 - 이한 (이) 한의 장로지 필요

- ④ 4세부: 2세부는 가용성 유도와 유도상리 하고 최대로 적용 3세부는 특정한 가치를 (이) 한 (이) 분으로 시행

자문의견서

소 속	우송대학교	성 명	정찬욱 (재원)
자문일			
자 문 내 용			
<p>1. 교량에서 ^{레일}스라이딩이 설치되어 있는 도상과 아암치된 교량의 경우, 열차의 진동, 소음이 교량의 내구성을 저하시키면서 민원이 많은 실정임을 감안할 때 레일이슬래를 설치면서 강대레일화는 본 연구는 매우 중요하다고 판단됨.</p> <p>2. 세부과제의 구성 (1세부: 우포삼교량 강대레일 설치, 2세부: 레일강대화 장치 개발 및 시공, 3세부 강대레일체형 실험식 계도)도 적절하여 본 연구가 성공적이 될수있으면 철도교량의 유지관리 에 크게 기여할 것으로 판단됨.</p>			

자문의견서

소속	(주) KRTC	성명	김재욱
자문일	2016. 4. 12. (화)		
자문내용			
<p>부도상교량 장대레일화 기술개발</p> <p>○ 2세부 연구과제는 기존에 사용중인 Hook, Base plate 및 휨목하부에 설치하는 탄성패드(탄성받침) 개발에 관한 사항으로 휨목하부 탄성받침 적용시 휨목고정방식(현재 Angle 사용)도 효과적으로 개선하여 탄성받침의 안정적인 유지방안도 검토되어야 할 것으로 사료됨.</p> <p>○ 3세부 연구과제인 선형식 레일구간 개발 및 적용은 - 사용목적에 선형식이 아닌 기존 문헌연구에 적용해보는 장대하행용(안정성, 좌우정성) 확보뿐만 아니라 시공방안도 중요해보임. 이에 대한 상세 시공방안 강구가 충분히 수행되어야 할 것으로 사료됨.</p>			

자문의견서

소 속	국립현대미술관	성 명	유진영
자문일	2016. 4. 22		

자 문 내 용

- 일반철도 속도향상 추이에 따라 기존 무도상교량의 장대레일라 및 커브 안정성 향상을 위한 선구개방 필요
- 새로운 소철 개발은 설계, 시공, 유지보수 단계별로 구체적으로 사업방식의 특성을 분류하여 그룹링하여 실행하기 가능하도록 되어야 할 필요
- 선구개방을 포함한 커브시스템이 환경까지 좋고 교량, 접속부, 레일변위와 관련한 선형특성, 온도하중과 관련한 레일신축, 선로중적에 의한 처드현상 등의 방방방현도 병행 검토 필요
- 장대레일 부가축력 리소는 철목-기타 안전장치의 함께 활용차량장치 등 저 처드력 차관장치와 함께 사용하는 방안 검토
- 무도상 교량 기차의 개발시스템은 종합상회에서의 평가회반 심층 확인 필요
- 운행선 차단시간은 고려한 시공방법 등이 필요

