

R&D / 2012-연구기획-AD-01

대심도 급행철도시스템 기술개발 타당성 검토를 위한 사전기획보고서

2012
국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원Land Transport and Maritime
R&D Report대심도 급행철도시스템 기술개발
타당성 검토를 위한
사전기획보고서

2012 . 09. 12.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
위탁연구기관 / 서울대학교국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "대심도 급행철도 기술개발 타당성 검토를 위한 사전기획에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 9.

주연구책임자 : 조 용 현

연 구 원 : 이재호 홍재성 안태기

강윤석 이일화 김형철

권혁빈 김진호 이한민

박원희

위탁연구기관명 : 서울대학교

협동연구책임자 : 김규홍

보고서 요약서

과제고유번호	30	해 당 단 계 연 구 기 간	2012. 04 2012. 09	단 계 구 분	1/1
연 구 사 업 명	중 사 업 명	건설교통연구기획사업			
	세부사업명				
연 구 과 제 명	대 과 제 명				
	세부과제명	대심도 급행철도시스템 기술개발 타당성 검토를 위한 사전기획			
연 구 책 임 자	조용현	해당단계 참 여 연구원수	총 : 15 명 내부 : 11명 외부 : 4명	해당단계 연 구 비	정부 : 50,000천원 기업 : 천원 계 : 50,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 15 명 내부 : 11명 외부 : 4명	총연구비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국철도기술연구원 광역시철도연구본부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 : 서울대학교		연구책임자 : 김규홍		

요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)		보고서면수	161
- 국내에서 속도향상을 위한 철도정책이 수립되고 있고 수도권 교통난 해소를 위한 대심도 등 급행철도 건설사업이 가시화됨에 따라, 저탄소 녹색성장을 위한 국가 정책에 부응하고 친환경 교통체계를 구축하기 위하여 저비용 고효율의 대심도 급행철도시스템 연구기획 추진 - 대심도 급행철도의 안전성, 경제성 및 사용자 편의성을 확보하고 초장대터널용 차량 및 인프라 구축에 필요한 핵심기술 개발과 관련 제도를 정비하기 위한 전략 수립 및 추진과제 발굴·기획 - 대심도 급행철도 기술개발 동향분석 - 대심도 급행철도 기술개발 전략수립 - 연구 목표 및 범위 설정 • 대심도 방재기준 및 안전성 향상 핵심기술 검토 • 대심도 터널 및 대심도 지하역사의 안전성 향상을 위한 방재·공조·환기시스템 개선방안 검토 • 터널 소음 저감 및 승차감 향상을 위한 핵심기술 검토 • 대심도 지하역사의 승객 환승 최적화를 위한 핵심기술 검토 • 고효율, 고성능의 차량핵심장치 및 전력인프라 기술개발 방안 검토 • 대심도 특성에 맞는 차량 개발 방안 검토 - 시험선 확보를 위한 방안 마련 - 연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립 - 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 - 인력투입 계획 및 소요예산 산정 - 연구개발 사전타당성 조사 - 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정			
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	대심도, 급행철도, 장대터널, 동력분산형열차, 대심도역사	
	영 어	Deep underground, Express rail, EMU, Deep underground station	

요 약 문

I. 제 목

대심도 급행철도시스템 기술개발 타당성 검토를 위한 사전기획
(Preliminary study on technology and development for deep underground express rail)

II. 기술의 정의 및 필요성

- 대심도 급행철도는 지하 40m이상 지하공간에 최고속도 180 ~ 200 kph, 표정속도 100kph 이상의 속도로 운영되는 철도이며, 기존 지하철에 비해 토지보상비의 절감 등으로 인해 건설비용이 저렴하고 노선의 직선화를 통하여 운행시간 단축, 수송분담률의 증가 등이 장점으로 부각되고 있음.
- 국내에서 속도향상을 위한 철도정책이 수립되고 있고 수도권 교통난 해소를 위해, 경기도 및 3개 민간컨소시엄의 대심도 급행철도 건설에 대한 각각의 제안서가 국토해양부에 제출되었으며 타당성검토가 수행 중에 있으며 '11년 중에 결과가 발표가 되면 민자사업으로 추진될 전망이다.
- 수도권 교통난 해소를 위한 대심도 등 급행철도 건설사업이 가시화되고 있으나, 대심도 철도이용승객의 안전성, 편의성을 제고하기 위하여 초장대 터널용 차량 및 인프라 구축에 필요한 핵심기술이 미확보되어 있고, 관련 제도를 정비할 필요가 있으므로 대심도 급행철도시스템 기술개발사업의 조속한 추진이 필요함

III. 연구개발과제 구성 및 추진전략

- 추진 체계
 - 대심도급행철도 시스템 적용을 위한 정책 및 제도 개선에 있어서 기술 수요처인 국토해양부를 비롯한 지자체(서울특별시, 경기도)과의 유기적 연계체제 구축.
 - 대심도철도의 일부구간이 KTX와 혼용되므로 공단 등과도 유기적 연계체제 구축
 - 선정된 대심도 민자사업자와의 긴밀한 협조를 통하여 개발 기술을 적용함으로써 안전하고 경제적인 대심도급행철도의 건설, 운영 지원
 - 차량 및 인프라요소 핵심기술 및 고속추진제어시스템 설계 개발을 위한 시스템 엔지니어링 및 기반기술의 협조 체계구성을 위하여 기술협의체 구성·운영
 - 외부 전문가 기술 자문 및 협력체제 구축

○ 과제 수행형태

- 도출된 연구내용은 차량과 인프라 핵심기술로 나누어 추진하는 것이 바람직할 사료되어 연구단을 구성하여 2개의 세부과제로 추진하는 것이 바람직하다고 생각됨

○ 기존기술, 인프라 등의 활용 및 연계방안 수립

- 방재, 공조, 환기분야에 있어서는 국토해양부과제로 수행되었던 철도안전기술개발사업의 연구성과 및 연구진을 활용하여 대심도 터널 및 역사에서의 방재, 공조, 환기분야 연구를 수행할 계획임
- 소음 저감 및 승차감향상을 위하여 HEMU 열차 개발과 관련된 고속철도 터널 주행시 공력해석 기술 및 설계기술을 활용하여 대심도 터널 내의 공력문제를 검토하여 전두부 설계, 압력파에 의한 이명감 해소를 위한 기술개발을 추진할 계획임
- 승객환승 최적화를 위한 핵심기술 개발을 위하여 한국철도기술연구원의 주요사업에서 개발하고 있는 관련 기초기술을 활용할 계획임
- 고효율, 고성능의 차량핵심장치 및 전력인프라 기술개발을 위하여 국토해양부 사업으로 개발한 틸팅열차 및 차세대전동차의 추진시스템 및 제어시스템의 개발 경험을 활용할 계획이며, 아울러 한국철도기술연구원 주요사업에서 개발하고 있는 고효율 영구자석형 동기전동기 기초기술을 활용할 계획임.

목 차

제1장. 기술의 정의 및 필요성	1
제1절. 기술의 정의 및 필요성	1
제2절. 기술분류 및 내용	11
제2장. 국내외 동향 및 환경 분석	35
제1절. 국내외 정책동향	35
제2절. 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라기술 인력 현황	97
제3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	104
제1절. 비전 및 목표	104
제2절. 기술개발에 따른 미래상	105
제3절. 연구개발과제 구성	123
제4절. 주요내용 및 추진전략	124
제5절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	140
제6절. 성과의 활용방안	143
제7절. 연구수행체계 제안	147
제4장. 사전타당성 검토	154
제1절. 정책적 타당성	154
제2절. 기술적 타당성	155
제3절. 경제적 타당성	161
제4절. 기술개발 필요성	162
제5절. 정부지원 타당성	163
제5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	165
제1절. 연구일정에 따른 인력투입계획	165
제2절. 소요예산 산정	166
제6장. 과제 제안요구서	170
제1절. 과제 제안요구서(RFP)	170
제2절. 평가기준 설정	177
부 록	187

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의 및 필요성

- 차량시스템 핵심기술개발

- 현재 대심도 급행철도의 특성에 적합한 국내기술의 고속형 및 고상홈 전동차 개발 실적이 없는 상황이며, 해외차량 도입 시 부품공급, 기술이전 등 지속적 차량유지 관리에 어려움이 예상된다.
- 구상된 대심도 급행철도는 최고속도 180 ~ 200 kph 이상을 계획하고 있으므로, 속도향상을 고려한 차량시스템을 선정하기 위한 기술요건에 대하여 검토가 필요하다.
- 민간기업이 제안한 사업계획서의 차량제원은 최고속도180 ~ 200kph는 가능하나 대심도 및 초장대터널의 특수환경을 충분히 반영하고 있지 못하다. 따라서 대심도 급행철도의 특성 및 필요요건을 정립이 필요하며, 이에 따라 차량의 핵심부품에 대한 개발, 차량 표준규격/성능시험기준/안전기준 정립, 주행저항을 고려한 전두부 형상 해석, 소음차단 구조, 승객용 출입문의 폭 및 시험기준 등에 대한 연구가 필요하다.

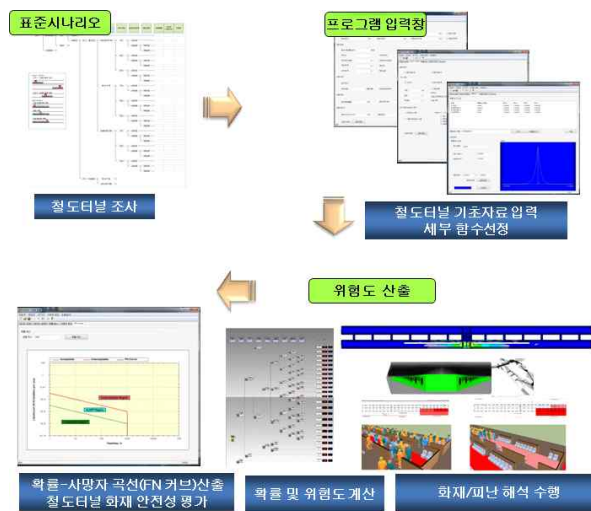
- 인프라시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발

- 대심도 터널, 승강장 및 철도차량의 안전을 확보하기 위한 기술로 안전하며 경제적으로도 합리적인 방재설비를 적절한 규모의 방재설비를 설치하는 설계 기준이 필요한데 정립하여야 할 대심도 방재기준은 아래와 같다.
 - 대심도 지하승강장 안전성 평가기술
 - 대심도 화재안전설비 설계기술
 - 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계기술
- 대심도 화재안전성을 향상시키기 위하여 요소기술의 개발연구가 필요하며 다음과 같은 요소 설비 및 기술의 개발로 대심도 안전성을 확보할 수 있다.
 - 대심도 화재감지 및 제연기술
 - 대심도 화재 조기진압 시스템 개발기술
 - 대심도 화재안전성 평가 고도화기술
 - 대심도 철도 배연설비 내열성능 평가장비 개발기술
- 대심도 지하역사 안전성 평가 매뉴얼
 - 국토해양부는 철도시설안전기준에관한규칙(국토해양부령 제356호, 2011. 6. 7)

개정안 제4조(안전성 분석의 일반기준)에 의하여 지하역사의 안전성 분석을 명시하였음.

- 현재, 철도종합안전기술개발사업에서 [철도터널 화재안전성 평가 매뉴얼(2011)]을 배포하여 철도터널부의 화재안전성 평가 지침을 제시하였으나 지하역사의 승강장 표준 화재시나리오 및 배연, 대피 구조 등에 기반한 표준화재 시나리오, 피난 지연시간 처리기준, 소화설비 반영 절차 등에 관한 전반적인 매뉴얼 보완이 요구됨.



<그림 1 철도터널 화재안전성 평가 절차>

○ 대피구역 방화문 설계 기준

- 터널내 구난대피소 및 피난구역으로 연결통로부에는 화재저항성이 있는 방화문이 설치되어야 하는데, 철도터널의 경우 고속주행하는 열차풍에 의하여 방화문이 휘어지게 되는 현상이 발생하고 있음.

- 대심도 터널의 경우 기존 지하철 철도차량에비하여 고속운전하므로 터널내 설치되는 방화문은 화재저항성 이외에도 적정한 내풍압 기준이 요구됨



<그림 2 열차풍에 의한 터널내 방화문 훼손 사례>

○ 대심도 화재감지 및 제연 기술

- 기존 국내 1km 이상의 도로터널은 화재탐지 설비가 설치되고 있는 반면, 철도터널은 화재탐지 설비를 설치하도록 정하지는 않고 있음. 하지만, 대심도 터널은 일반 철도터널에 비하여 화재가 발생할 경우 대형사고로 이어질 위험성이 높으므로 실시간 화재감지 및 침단화된 제연 설비 기술의 필요성이 상대적으로 높음.



<그림 3 철도터널용 지능형 배연시스템 개념도>

○ 대심도 철도차량 화재안전성 향상 방안

- 대심도 철도차량의 경우 화재위험이 높은 특수한 심도의 운행구간을 운행하므로 기존 차량에 비하여 차량 설계 및 비상운전 기능 등에 대한 안전성 분석이 요구됨. 화재안전성 향상을 위한 차량 내부의 자동소화설비, 화재시 연기확산 방지장치 및 주요 발열부에 적용할 수 있는 특수 소화 설비의 적용성 검토가 필요함.

※ 유럽통합 철도차량안전규정인 EN 45545 규정에 의하면 철도차량은 화재시에도 15분이상 정상운전 성능을 유지하도록 하고 있음.

※ 국내철도차량안전기준(국토해양부령 제35호) 제77조 (축전지 등)의 규정에 의하면 “④축전지는 철도차량의 단전 또는 고장으로 주전원이 차단된 후 비상조명등 등을 30분 이상 사용할 경우에도 철도차량을 기동할 수 있는 용량을 가져야 한다.”을 통하여 차량의 비상운전 기능이 유지되도록 하고 있음.

○ 화재시 대심도 지하역사 대규모 피난 계획 수립 필요한데 지하역사의 경우 화재 방재에 대비하여 피난 및 비상(구난)용 승강기에 의한 규정이 별도로 없음. 대심도의 경우 비상계단만을 이용할 경우 비상계단 입구에 정체되어 4분 이내에 탈출이 어렵고 건축물과 달리 재질의 분포가 승강장에 밀집되어 있는 형태로 대규모의 인원이 동시에 피난할 수 있는 피난 계획수립이 필요하며 대심도 지하역사 현실에 맞는 피난 및 비상(구난)용 승강기 성능기준 마련 필요

○ 대심도 화재 조기진압 시스템

- 대심도 화재의 조기진압을 위해 자동식 소화설비의 도입이 필요함. 즉 확실한 철도차량 내부의 화재진압 설비 도입을 통해 확실한 화재안전을 확보해야할 필요가 있음.

- 역사 무인화 및 근무인원감소, 대심도 터널 및 역사 등의 도입과 같은 환경적

요소의 변화에 의해 필요성은 더욱 증대되며 화재를 조기에 진압하는 시스템이 필요하다.



〈그림 4 철도차량 소화시스템 성능평가 - 철도연〉

○ 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술

- 화재시 대심도 지하역사 대규모 피난 계획 수립 필요하나 지하역사의 경우 화재 방재에 대비하여 피난 및 비상(구난)용 설비에 의한 규정이 별도로 없음. 대심도의 경우 비상계단만을 이용할 경우 비상계단 입구에 정체되어 4분이내에 탈출이 어렵고 건축물과 달리 재실의 분포가 승강장에 밀집되어 있는 형태로 대규모의 인원이 동시에 피난할 수 있는 피난 계획수립이 필요하며 대심도 지하역사 현실에 맞는 피난 및 비상(구난)용 설비 성능기준 마련 필요

대심도 이용객 쾌적성 향상기술

○ 역사 공조기술의 통합관리를 통한 오염물질 저감 및 쾌적성향상 요구

- 기존 지하역사의 경우 대상공간에 따라 개별적인 공기조화기(AHU; air handling unit)를 적용하고 있기 때문에 대합실, 승강장, 기능실, 직원실, 화장실 등 적게는 4대에서 많게는 10대 이상의 대용량 공조기가 기계실에 설치되어 있어 냉방가동시 효율적인 에너지 관리에 어려움을 겪고 있는 실정임

- 통상 지하역사의 양단에 두 곳의 기계실(시점 공조실/종점 공조실)이 운영되어 대합실과 승강장의 절반의 공기관리를 담당하는 구조임

- 대합실의 경우 리턴공기를 다시 공조기에 주입하는 구조로 되어 있으나 승강장의 경우 급기공기 전체를 외기에서 도입하여 사용하는 방식임

- 최근 개보수 공사가 진행된 일부역사에서는 승강장 공기를 재순환하여 사용하기도 하나 전체적으로 냉동코일을 통과하면서 냉각된 공기를 그대로 외부로 다시 배기

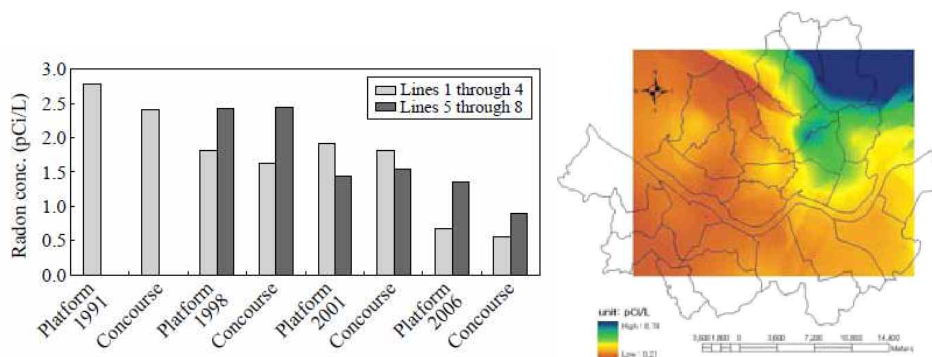
하면서 큰 열손실을 나타냄

- 쾌적성 향상과 냉방에너지 소비 최소화를 위해서는 개별적으로 분산 운영되는 공조기에 대한 통합운영이 요구되며, 냉각된 실내공기를 그대로 배출하는 대시 전열 교환시스템 등을 적용하여 에너지 손실 최소화 방안이 요구됨

○ 국내 1기 및 2기 지하철의 경우 지하역사의 단순 열부하량 기준에 따른 공조설비의 선정으로, 지속적인 공기질 문제와 과다한 냉방에너지 비용에 어려움을 겪고 있는 실정이며, 라돈에 대한 우려가 최근 증가하고 있는 추세임

- 특히 심도가 깊은 2기 지하철(5~8호선) 역사의 경우 1기 지하철보다 평균적으로 높은 라돈농도가 검출되고 있으며, 대심도 역사 구축시 라돈노출에 따른 예방대책이 요구됨

- 라돈은 토양과 지하수를 통해 자연 발생되는 발암성 유해가스로 적절한 환기를 통해 외부로 배출하고 바닥이나 벽면의 실링을 통해 가스가 유출되는 것을 방지해야 하지만, 대심도 지하역사의 경우 발생량 자체가 증가하는 우려와 함께 환기배출이 쉽지 않기 때문에 관련 모니터링 및 차단기술이 요구됨



<그림 5 서울지하철의 라돈농도 분포 특성(백승아 등, 2008)>

대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

○ 대심도 터널 내에 안정성과 쾌적성을 갖춘 차량주행을 위하여 궤도선형을 미리 거치한 후 이를 터널 내 조립 시공하는 분리형 프리포지셔닝 궤도 및 차량 준고속 주행 시에서 소음, 진동효과가 높고 터널 방재에 유리한 고속형 매립궤도기술을 개발하고자 함.

○ 대도심 터널내 현장압송타설로 인한 매연, 콘크리트 배출수 환경오염과 궤도시공장비의 접근성 제한으로 인한 시공품질저하를 예방과 건설비, LCC확보가 가능한 신공법 개발이 필요함. 협소공간에서도 비상상황 발생시 궤도상부 평탄성 확보로 긴급시 구난 및 피난차량의 투입 등이 가능하면서 고속주행시 터널 내의 소음, 진동저감효과가 우수한 궤도기술개발확보가 필요함.

대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

○ 국내 철도노선의 전철화(현재 50% 정도)가 급속히 진행되고 있으며 향후 탄소배출의 제한, 녹색 성장이라는 정부의 방침에 따라 전철화는 더욱 활발해 질 것으로 판

단. 이와 같은 철도노선의 전철화에 의해 생성되는 급전선로 및 배전선로의 규모도 커지고 또한 네트워크화 되는 등 시스템이 복잡하여 지고 있음.

○ 국내 철도노선의 전철화에 따라 철도시스템의 전기에너지 사용량 혹은 전기에너지 비용이 급속히 증대. 따라서 철도시스템의 효율화를 위해서는 전기 에너지 사용의 효율화가 필수적임. 전기 에너지 사용의 효율화는 전력 급전 및 배전 시스템의 최적화된 설계/운영을 요구함.

○ 철도 운영도 민영화 되었고 철도교통도 다른 교통수단과 경쟁관계에 있음. 보다 신뢰성 있는 시스템을 구축하기 위하여 급전 배전시스템의 신뢰성 향상이 필요함.

○ 철도 전기 시스템은 유틸리티 전력 망 혹은 일반 전력시스템과 상이함. 따라서 해석 툴(tool)도 일반적인 운영도 민영화 되었고 철도교통도 다른 교통수단과 경쟁관계에 있음. 보다 신뢰성 있는 시스템을 구축하기 위하여 급전 배전시스템의 신뢰성 향상이 필요함. 또한 철도시스템의 향 후 계획, 확장 시에는 급전시스템의 계획/확장이 병행되어야하고 이러한 작업은 정확한 계통해석을 전제로 함.

○ 전철화가 대부분 최근에(1990 대 후반부터) 이루어지고 주요 설계가 외국 엔지니어링사에 의해 수행되어서 국내 계통 해석 기반은 충실하지 못함. 최근에 우리 연구원에서 계통해석을 위한 몇 건의 시뮬레이터가 개발되긴 하였으나 아직 계통해석 전반을 다루기에는 매우 미흡함.

○ 철도공사, 철도시설공단 또한 도시철도 운영기관은 전문 연구조직, 인력이 부족하여 철도전력계통해석을 연구할 여력이 부족하고, 철도전기 전문 설계업체 역시 규모가 영세하고 전문 인력이 부족하여 계통해석 기술을 연구 개발할 입장이 되지 않은 실정 임.

○ 급전시스템은 새로운 철도시스템의 개발의 한 축으로 성공적인 철도시스템의 개발은 효율적인 급전시스템을 필수적임.

대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구

○ 철도의 신호시스템은 「열차를 어떻게 안전하고 효율적으로 제어하였느냐 ?」 하는 문제의 해결을 기본원칙으로 발전해 왔다. 과거 철도의 운영시나리오는 짧은 구간을 1일 수회 왕복하였으므로 기관사의 주의력만으로도 안전운전이 가능하였으나, 철도교통수요의 증가로 인해 열차횟수 및 수송수요가 증가함에 따라 각종 운전사고와 장애가 발생하고 있다. 따라서 이를 방지하기 위한 신호시스템의 역할이 점점 증대하고 있다. 대표적인 초기 신호장치는 정지와 안전을 현시하는 신호기, 역구내의 선로전환기와 신호기를 취급하는 연동장치가 그 역할을 수행하였으나, 약 10년 전부터 고속·고밀도운전의 요구에 따라 철도시스템의 안전성과 안정성을 확보하는 방향으로 열차제어시스템의 개발이 진행되고 있다. 그 주요기능은 자동열차방호(APT : Automatic Train Protection), 자동열차운전(ATO : Automatic Train Operation), 자동열차감시(ATS : Automatic Train Supervision)이며, 이러한 기능들은 최신의 전자(컴퓨터, 통신)기술을 바탕으로 첨단인 열차제어시스템으로 개발되고 있다.

○ 그러나 이러한 기능들이 운영방식이 상이한 각국의 운영환경에 의해 제조사마다 다른 형태의 신호제어장치를 개발 및 적용하고 있다. 우리나라도 운영기관별로 다양

한 철도신호장치가 설치 운영되고 있으며, 이러한 장치들을 효율적으로 통합하여 운영할 수 있는 방안들에 대한 요구가 증가하고 있다.

○ 따라서, 현재 추진되고 있는 대심도 급행철도의 운영환경을 고려한 최적의 신호시스템을 검토하고 이를 국산화하는 연구가 진행되어야 한다.

2. 세부과제별 기술정의

- 차량시스템 핵심기술개발

대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

○ 대심도 차량은 초장대 터널을 고속으로 주행하는 특수한 조건을 가지고 있으므로 차량에 대한 명확한 요구조건을 담은 표준규격 연구가 필요. 화재안전, 충돌안전, 주요 장치별 안전 등이 포함한 안전기준 연구가 필요. 또한 성능입증을 위해 반드시 필요한 성능시험기준 연구가 필요

○ 대심도 기본계획에서 제시한 6량1편성 기준으로 1,100명까지 탑승(150% 혼잡도 적용)시 차량 크기 및 좌석배치에 대한 기술사항 분석 필요



[그림 6] 차량 혼잡도

○ 저상홈으로 적용시 승객 승하차시간이 늘어나며 스텝에 의한 공간이 필요하여 이에 대한 기술사항 분석 필요

○ 요구되는 표정속도를 맞추기 위해서는 원활한 승객 승하차가 역에서 이루어져야 하며 이에 따른 승객용 출입문 폭 및 개소의 산정이 중요함

○ 초장대터널을 고속으로 주행하는 조건에 맞는 소음차단 및 완전밀폐의 기능을 갖는 승객용 출입문에 대한 기술검토 및 시험조건 확립이 필요함

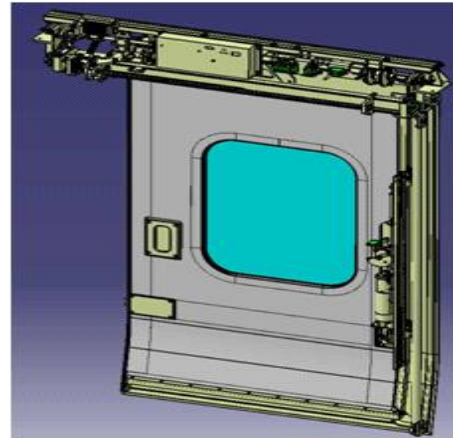
○ 승객용 출입문의 경우 두 개의 문짝구조로 하면 가운데 러버 부위에 락킹이 불가능하여 완전 밀폐구조가 현실적으로 어려워 문짝 한 개 구조로 최대의 폭을 가질수 있는 출입문 구조에 대한 연구가 필요함.

- 전세계적으로 180km/h 이상급 고속열차에서는 모두 출입문이 문짝 한 개의 구조

로 되어있음.



[그림 7] 신칸센 one panel 출입문



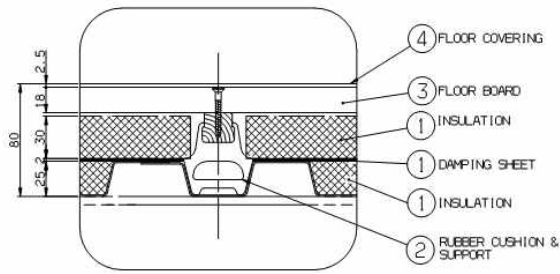
[그림 8] one panel 도어 개념도

- 차량은 150%의 혼잡도의 승객을 탑승하여야 하기 때문에 부속실이 없는 구조로 개발되어야 하며 이에 따른 객실내 소음이 유입될 수 있어 갱웨이 및 바닥 구조가 완전 소음차단용으로 개발 필요
- 대심도 광역급행철도 타당성 조사 최종보고서(2010년 9월, 국토해양부, 한국교통연구원)를 기반으로 최고운행속도를 180km/h, 역정차시간을 60초로 산정하고 TPS결과

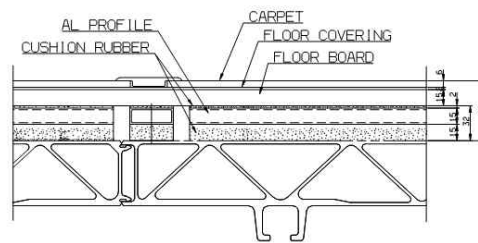
[표 1] 대심도 노선별 TPS 표정속도

항목	표정속도[km/h]	총 소요시간[min]	노선 거리[km]
A 노선	97.8	41.7	73.7
B 노선	76.1	23.7	30.0
C 노선	82.6	32.8	45.1
D 노선	76.9	15.4	19.7

- 본 결과를 토대로 총 탑승시간이 제일 긴 노선이 41.7분밖에 되지 않아 차량내 화장실등 부속실이 필요하지 않을 것으로 판단되며 이에 따른 차량구조가 검토되어야 한다.
- 외부 소음 차단 및 진동 차단을 위해서는 바닥구조에 대한 연구가 중요하다.
- 현재 차체 바닥구조는 아래그림에서 보듯이 플로팅 구조를 적용하지만 실제 경춘선의 경우 개활지에서 실내소음이 80dB(A)를 상회하고 있다. 초장대터널을 주행하는 대심도 차량은 소음에 특히 노출되어 있는 환경으로서 적용재질 변경, 구조변경등을 통해 소음차단효과가 우수한 구조 개발이 필요하다.



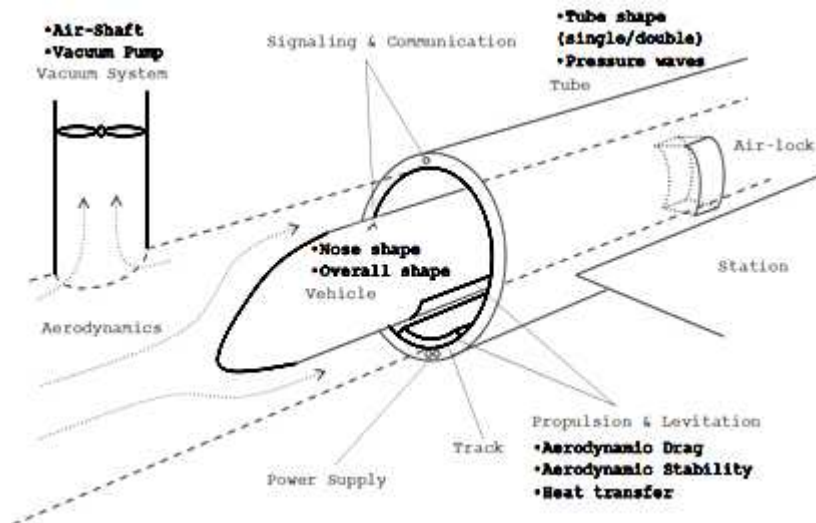
[그림 9] 스테인레스 차체(경춘선)



[그림 10] 알루미늄 차체(공항철도)

대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 설계

- 대심도 급행철도시스템의 공기역학적 설계기술은 지하공간에 위치한 장대터널, 고속주행 열차, 환기시스템, 그리고 정거장을 포함하는 철도시스템에서 열차가 고속으로 주행 시 발생할 수 있는 여러 가지 공기역학적 문제점을 개선하기 위한 설계기술과 장치 개발을 의미하며 이를 위한 물리모델의 개발 및 평가기술을 포함
- 구체적으로는 공기저항 저감 차량 전두부 설계기술과 승차감 향상을 위한 차량기밀도 설계기준 및 환기구 압력과 차단 장치 등의 개발을 포함하며 이를 위한 시뮬레이션 S/W 및 모의시험 장치의 개발과 장치 특허출원, SCI논문 등의 성과물이 수반
- 대심도 열차, 터널 및 환기구의 공기역학적 설계기술 개발은 토목공사 비용과 열차운전 중 에너지소모 절감으로 인한 경제성 향상, 환기시스템과 구조물의 안전성 확보 및 승객의 쾌적성 개선을 위한 핵심 기술임.



[그림 11] 튜브형 고속열차 시스템 공기역학의 예

- 대심도 급행철도는 터널 내부를 열차가 최고 운행속도 180km/h로 주행하게 되므로 평지에 비해 공기저항이 증가하며 열차의 주행으로 발생된 압력파가 터널을 따라 전파되어 승객이명감이 우려되고, 터널의 단면적 불연속 구간인 T자/Y자 접속부와 급속 확대/축소 구간에 압력파가 도달하면 파형의 분할, 반사 및 투과로 인해 압력파가

복잡하게 전파되어 터널 구조물, 열차와 환기시스템에 지속적인 하중이 가해지며 환기시스템의 성능에도 영향을 미치므로 대심도 급행철도 시스템에서 이러한 공기역학적인 영향을 분석 필요.

○ 전형적인 메트로 시스템의 열차 최고 운행속도 80km/h 에 비해 약 2.5배의 주행속도 향상으로 정거장 선로부의 제동발열(제동시점의 운동에너지의 크기에 비례)과 공기저항에 의한 터널구간 발열부하의 증가와 더불어 주행 중 마모와 재부유로 인한 미세먼지(PM10) 발생량 증가가 예상되므로 대심도 터널 급행철도 시스템에 적합한 환기방식과 환기용량에 대한 검토 필요.

고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

○ 추진제어시스템은 전체 대심도 급행철도차량의 성능을 좌우하는 핵심 기술로써 차량의 전력변환장치와 전인전동기로 구성됨.

○ 특히 대심도 급행철도차량의 경우, 차량의 중량 및 구성품의 점유 공간 최소화가 필수이므로, 이를 위하여 추진제어시스템도 고속추진에 적합하도록 고효율화, 경량화, 저소음화가 가능한 전력변환장치와 영구자석 동기전동기 개발 기술이 필요함.

- 인프라시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발

○ 대심도 안전 기준기술

- 대심도 지하승강장 안전성 평가 기술
- 대심도 화재안전설비 설계기술
- 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계 기술

○ 대심도 화재안전성 향상기술

- 대심도 화재감지 및 제연기술
- 대심도 화재 조기진압 시스템 개발 기술
- 대심도 화재안전성 평가 고도화 기술
- 대심도 철도 배연설비 내열성능 평가기술

○ 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술

- 대심도 역사 및 승강장 화재 등 비상상황시 예방대책, 구난역, 설계기준
- 발생단계에서의 피난계획 및 시스템 구축방안 제시하여 승객의 안전성, 경제성 및 사용자 편의성 제고를 위한 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술

제2절 기술분류 및 내용

1. 기술 분류

- 차량시스템 핵심기술개발

대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

- 차량 안전 확보 및 성능확인을 위한 관련 법 제도개선 연구
- 원활한 승객수요 수송을 위한 기술요구사항 분석
- 소음 및 승차감 향상을 위한 차체설계기술
- 터널 압력파에 의한 승객이명감 검토 및 최적 차량 기밀도 설계 방안 제시
- 대심도급행열차의 기존노선 병행운전 및 각종 안전설비와의 신호인터페이스검토

대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 설계

대심도 급행철도시스템의 공기역학적 설계기술은 시스템을 구성하는 열차, 터널, 환기구를 기준으로 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 초장대 터널 네트워크 시스템의 공기역학 시뮬레이션 기술
- 초장대 터널 및 환기구 압력과 저감 설계기술
- 터널 내 주행조건을 고려한 열차전두부 및 차체 공기저항의 해석적 분석
- 터널 내에서 저저항 전두부 및 차체 최적설계
- 터널 내 주행환경을 고려한 풍동시험 시스템 개발
- 다양한 주행환경을 고려한 후보 형상의 공력성능 평가

고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

- 영구자석 동기전동기 설계 기술
- 인버터 설계 및 ICM 제어 기술
- 추진제어시스템 냉각 기술

- 인프라시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계

- 대심도 안전 기준기술
 - 대심도 지하승강장 안전성 평가 기술
 - 대심도 화재안전설비 설계기술
 - 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계 기술
 - 대심도 유해물질 관리기준
- 대심도 화재안전성 향상기술
 - 대심도 화재감지 및 제연기술

- 대심도 화재 조기진압 시스템 개발 기술
- 대심도 화재안전성 평가 고도화 기술
- 대심도 철도 배연설비 내열성능 평가기술

○ 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술 분야

○ 열차와 터널 네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해석기술

- 대심도 터널 네트워크 설계/검증을 위한 축소모델 제작 및 시험기술 개발
- 대심도 터널 네트워크 공기역학 해석기술 개발
- 대심도 급행철도 시스템의 공기역학적 타당성 검토 및 개선안 제시
- 환기구 압력과 저감장치 설계기술 및 시제품 개발

대심도 터널 시공공법 개선 연구

○ 지반, 경제성 굴착조건 등을 고려한 최적 공법 선정

- 지반조건, 터널연장, 굴진속도, 방배수 조건, 라이닝 선정
- 안전성 및 경제성
- 시공 중 소음, 진동 최소화
- 도심지 내 작업구 및 환기구 설치문제
- 지장물 및 고층빌딩 기초와의 근접시공

○ 급속시공방법 제시

대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시

대분류	중분류	소분류
전철/전력	급전계통기술	급전계통 해석기술
		계통/배전Grid 운영/제어 기술
	전차선로 및 집전기술	고속 전차선로 및 집전기술
		신개념 도시철도용 전차선로 및 집전 기술
	에너지 변환, 공급기술	유도급전 기술
		전기에너지 저장기술
		신재생 에너지 집전전력계통 연계기술

대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

○ 동축케이블 급전시스템 설계 및 해석 연구

- 급전시스템 설계 기술

- 급전시스템 시뮬레이션 기술
- 급전시스템 조류 해석 기술
- 전력용 동축케이블 개발 및 특성 분석 연구
 - 동축케이블 설계기술
 - 전력용 동축케이블 조인트 설계 기술
 - 자기장 해석
- 동축케이블 급전시스템 전력품질 연구
 - 전자유도 장애 분석 기술
 - 고조파 특성 분석 기술
 - 전압강하 해석 기술
- 동축케이블 급전시스템 최적화 설계기술
 - 시험 및 평가 기술
 - 안전성 평가 기술

대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구

- 열차제어시스템은 신호원칙, 감시 및 실행기능, 데이터 전송을 위한 기술 등에 의해 5가지 그룹으로 분류되고 있다.

분류	특 징	시스템
1	• 제동 감시기능이 없는 불연속 전송방식의 시스템 • 지상 ~ 차상간 전송매체 : 기계적, 갈바닉, 유도접촉 등 • 지상신호방식 • 경고등, 경고음	ATS (일본, 한국) / AWS (영국) Crocodile(프랑스, 벨기에) Signum (스위스) / SHP (폴란드)
2	• 제동 감시기능을 갖는 불연속 전송방식의 저용량 시스템 • 지상 ~ 차상간 전송매체 : 주파수 공진회로 • 신호경고메시지	Indusi (독일) / ASFA (스페인) TPWS (영) / KHP (폴)
3	• 코드화된 궤도회로에 의한 연속 신호전송방식의 시스템 • 지상 ~ 차상간 전송매체 : 코드화된 궤도회로	ATC(일) / BACC(이탈리아) EVM(헝가리) / ATB-EG(네덜란드) TVM 300(프)
4	• 동적 감시기능을 갖는 불연속 전송방식의 시스템 • 지상 ~ 차상간 전송매체 : 디지털 트랜스폰더 • 제동곡선 • 차상신호방식 • 기존선, 고속선	Ebicab(스웨덴, 노르웨이, 포르투갈) ATB-NG(네) TBL (벨) / ZUB(스위, 덴) ATP-VR/RHK(핀란드) GW ATP(영) / RSDD(이) SELCAB (스페) / KVB(프) ETCS Level 1
5	• 동적 감시기능을 갖는 연속 전송방식의 고용량 시스템 • 지상 ~ 차상간 전송매체 : 케이블, 무선통신 • 차상신호방식 • 고속선	LZB(독, 오, 스위) TVM430(프) / D-ATC(일) ETCS Level 2/3

○ 초기의 고속철도 및 간선철도의 열차제어시스템은 철도를 운영하는 국가의 고유한 특성에 적합하게 개발, 적용되는 보편적이었다. 간선철도용 열차제어시스템은 주로 지상신호기방식과 차상신호방식으로 구별되나 이들 장치는 각 나라마다 그 나라의 특징에 맞게 적용, 운영(표 2의 1,2,3,4분류) 되고 있으나, 유럽통합에 따른 유럽횡단철도(European Corridor)운영과 관련된 국가 간 이동에 있어서 신호방식의 차이로 인한 문제점이 대두됨에 따라 신호시스템의 표준화에 따른 상호운영성(interoperability)의 확보를 목적으로 1990년대 초부터 ERTMS/ETCS의 개발을 진행하여 2000년대 초부터 ETCS Level 1이 도입되기 시작하고 있다.

○ 고속철도용 열차제어시스템은 주로 표2의 분류 5에 속하는 것으로 연속제어방식인 프랑스의 TVM, 독일의 LZB, 일본의 Digital ATC 등이 사용되고 있으며, 최근에는 ERTMS/ETCS Level 2가 일부 적용되고 있으며, 표준화라는 특징으로 향후 고속철도용 열차제어시스템의 주류를 형성할 것으로 예상되고 있다. 또한, 현재 가장 긴 고속철도 노선을 보유하고 있는 중국의 경우에는 유럽의 ETCS와 유사한 형태의 중국 열차제어시스템(CTCS : Chinsse Train Control System)을 표준화하여 고속철도 신호제어설비 설계기준에서 이를 적용하도록 규정하고 있다.

2. 기술내용

- 차량시스템 핵심기술개발

대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

○ 차량 안전확보 및 성능확인을 위한 관련 법 제도개선 연구

- 철도안전법 및 도시철도법 적용성 검토
- 정거장 및 환승편의시설에 대한 제도 보완 연구
- 승객 비상대피 시나리오 등 연구
- 대심도 차량(200km/h 급) 표준규격 연구 및 고시지원
- 대심도 차량 안전기준에관한 규칙 연구 및 고시지원
- 대심도 차량 성능시험에관한 기준 연구 및 고시지원

○ 원활한 승객수요 수송을 위한 기술요구사항 분석 및 작성

- 차량 크기 및 좌석배치 분석에 따른 정원 산정
- 차량 기본 사양 작성
- 승객용 출입문 폭 산정 및 개소 선정
- 스크린 도어 적용성 검토 및 스크린도어 요구조건 작성
- 고상홈/저상홈에 따른 승객수송 능력 분석
- 차량시스템 열차성능시뮬레이션(TPS) 분석 및 표정속도 산출

○ 터널 소음 저감을 위한 차량설계기술

- 바닥 소음 차단용 바닥구조 적용 공법 연구
- 바닥 구조 시제품 개발 및 투과소음 시험
- 차량간 연결부(갯웨이)소음차단을 위한 밀폐기술 연구

- 고속 주행에 따른 밀폐/소음차단을 위한 승객용 출입문 연구
- 승객용 출입문 유해가스 및 소음차단 설계기술 연구
- 편도주행 및 교행시 압력차 발생에 대한 기밀구조 연구압력파에 대응하는 락킹 시스템 연구(상하좌우)
- 소음 감쇠를 위한 구조연구
- 싱글 판넬에 대한 강도연구
- 표정속도 높이기 위한 개폐시간 단축 구조 연구
- 안전성 검증을 위한 시험규격 연구(EN14752등)
- 풍압에 따른 차체 및 대차 피로해석 연구
- 대심도 열차의 유전형 전두부/차체형상 설계기술
 - 터널 내 주행조건을 고려한 열차 전두부 및 차체 공기저항의 해석적 분석
 터널 내에서 운행하는 열차의 저저항 전두부 및 차체를 설계하기 위한 첫 단계로 터널 내에서 열차의 주행으로 인한 공기저항의 원인요소를 해석적 방법을 이용하여 도출하고 분석한다. 대심도 열차의 경우는 터널 내부에서 운행하므로 개활지에서와는 다르게 전두부, 대차, 열차 연결부에서의 터널과 상호작용이 예상되므로 이와 같은 유동의 특성을 파악한다. 확인된 유동 특성이 공기저항에 미치는 영향을 분석하여 다음 단계인 설계과정에 반영한다.
 - 터널 내에서 저저항 전두부 및 차체 최적설계
 열차의 전두부 및 차체의 해석적 공기저항 분석결과를 토대로 공기저항을 저감할 수 있도록 전두부 및 차체를 설계한다. 전두부 및 차체의 각 요소별로 공기저항의 원인이 되는 유동특성을 해결하며 실제 형상의 제작에 용이하도록 형상을 설계를 한다.
 - 터널 내 주행환경을 고려한 풍동시험 시스템 개발
 대심도 열차는 터널에서 운행되므로 기존의 개활지를 기준으로 하였던 기존 풍동시험과는 다른 터널효과를 반영할 시스템이 필요하다. 기존에는 개활지에서의 지면효과를 반영하여 풍동시험 시스템을 구성하였으므로 이 시스템을 응용하여 터널조건을 묘사할 수 있는 새로운 풍동시험 시스템 설계하고 그 성능을 평가한다.
 - 다양한 주행환경을 고려한 후보형상의 공력성능 평가
 설계한 저저항 열차의 축소모형과 터널 벽면이 고려된 풍동시험 시스템과 전산 해석을 이용하여 설계한 후보형상의 공력성능을 평가한다. 설계한 형상이 기존 형상의 공기저항의 원인을 해결하고 있는지 확인한다.
- 차량시스템 방재/안전 설계기술개발
 - 화재발생시 열차가 구난역까지 비상운행 방안 수립
 - 화재발생에 대비한 차량 외장 및 내장재 화재안전기준 연구
 - 견인모터 등 전기장치 화재 감시/소화 장치 개발
 - 화재 발생시 차량간 유해가스 차단막 설치 적용성 연구
- 대심도급행열차의 기존노선 병행운전 및 각종 안전설비와의 신호인터페이스검토
 - 수도권 고속철도와의 병행운전에 따른 신호시스템 인터페이스 연구
 - 병행운전에 따른 신호시스템 인터페이스 요구사항 분석

- 병행운전을 위한 신호시스템 인터페이스 절차 및 규격 검토
- 효율적인 병행운전 시뮬레이션 및 결과 평가
- 병행운전을 위한 신호시스템 인터페이스 표준 규격 작성

대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 설계

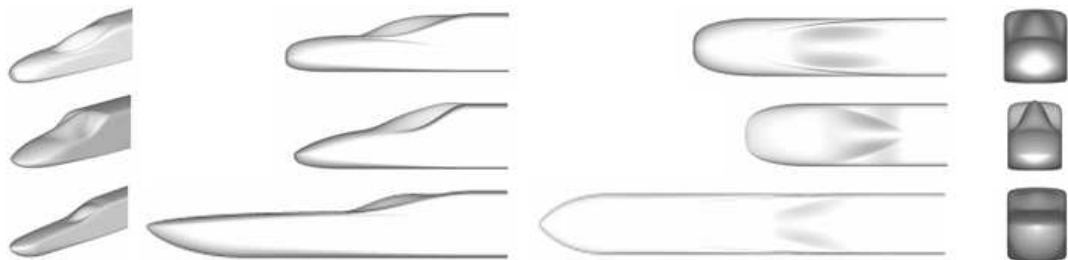
○ 터널 내에서의 고속주행 차량의 전두부 형상설계 기술

고속주행 차량의 전두부 형상설계 기술은 공기저항을 최소화하기 위한 차량 전두부의 형상을 설계하는 기술이다.

토목공사비용 절감의 주요 변수인 터널 단면적 최적화와 급행열차 운영 중 에너지소모를 절감하여야 한다. 그런데 열차가 대기 중에서 운행할 때와는 달리 대심도 터널 시스템 내부를 주행시 열차에 가해지는 공기저항의 증가는 상당하기 때문에 이를 최소화할 수 있는 전두부 형상설계 기술 확보가 필요하며 이를 토대로 추진장치의 성능을 고려한 최적화가 수행되어야 한다. 공기저항에 영향을 주는 설계변수에 대한 시뮬레이션 연구와 실험적 방법을 통한 검증으로 전두부의 공기역학적 형상 개선이 대심도 급행철도 개발 초기에 신속히 이루어져야한다.

또한 전차선로 형식에 따른 터널 단면적 축소 시 공기저항의 증가가 예상되므로, 터널 단면적 변화에 따른 공기저항의 변화량을 정량적으로 산출하여 터널 단면적 결정시에 활용할 수 있도록 한다.

또한 전차선로 형식에 따른 터널 단면적 축소 시 공기저항의 증가가 예상되므로, 터널 단면적 변화에 따른 공기저항의 변화량을 정량적으로 산출하여 터널 단면적 결정시에 활용할 수 있도록 한다.



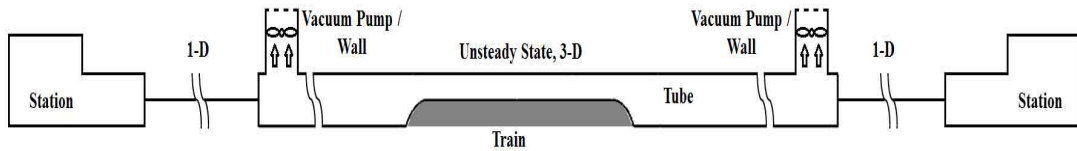
<고속전철 전두부 형상 개발 예 (서울대학교)>

○ 초장대 터널 네트워크 공기역학 시뮬레이션 기술

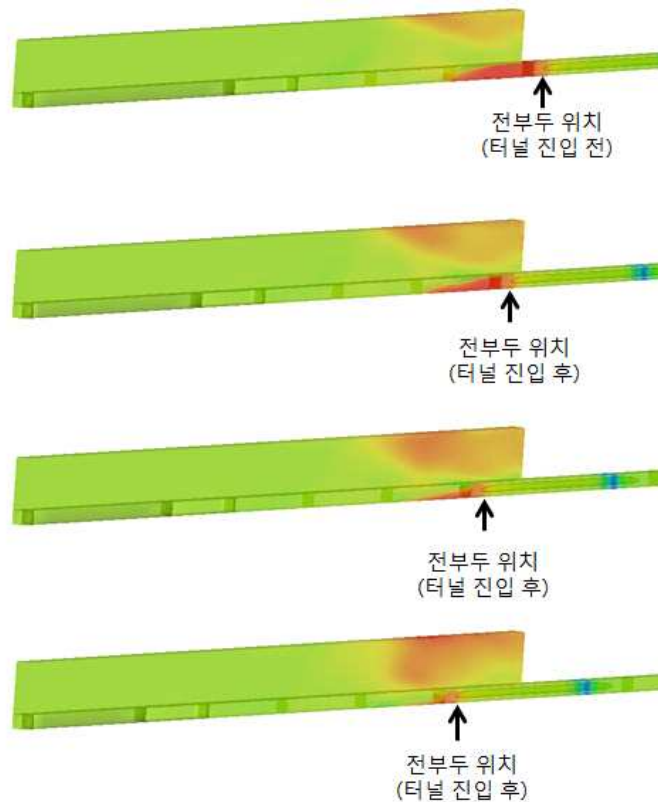
대심도 터널 공기역학 시뮬레이션 기술은 압력파의 생성원인인 열차와 터널, 그리고 터널 압력파의 영향을 받는 환기구 및 정거장을 포함한 대심도 터널 네트워크 시스템 전체의 공기역학적 해석을 위한 통합 시뮬레이션 기술이다.

수십km가 되는 급행철도 터널 시스템 전체를 3차원으로 정확히 해석하는 것은 현재의 컴퓨터 성능을 가지고는 거의 불가능한 실정이다. 반면 1차원 해석은 계산 비용과 시간이 적게 요구하지만 열차주변의 압력파의 생성과 본선터널과 접속하는 환기구 및 지하역사 승강장으로 전달된 압력파의 영향 분석 및 형상 설계는 불가능하다. 그러므로 1차원과 3차원 해석기법을 통합한 시뮬레이션 기술의 구현이 필요하며 1차원과 3

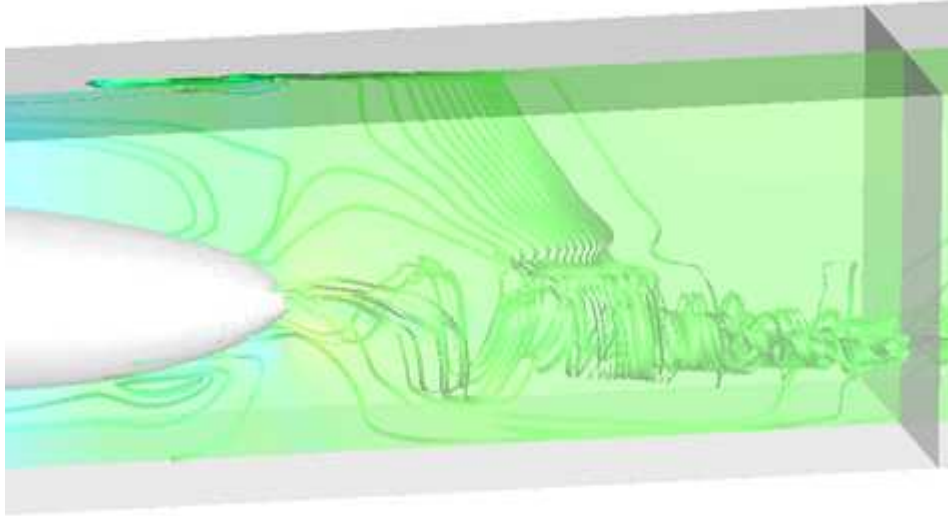
차원 결합을 위한 물리 모델들이 요구된다. 모의실험 검증을 통해 이러한 물리 모델들의 정확도와 효율성을 확보한 후 이를 전두부 형상설계와 터널 및 환기구 압력과 저감 설계에 적용한다. 또한, 열차 중행 중 발열량 마모와 재부유로 인한 미세먼지 발생량(Non-exhaust PM10 emission factor)에 대한 역학적인 조사와 분석 및 터널 환기 시스템의 설계에 적용한다.



<고속열차 전체 시스템 공력해석을 위한 1차원과 3차원 혼합 Domain Schematic>



<정거장 진입 시 1차원-3차원 혼합격자 해석을 통한 선두부와 역사의 압력분포 변화해석>



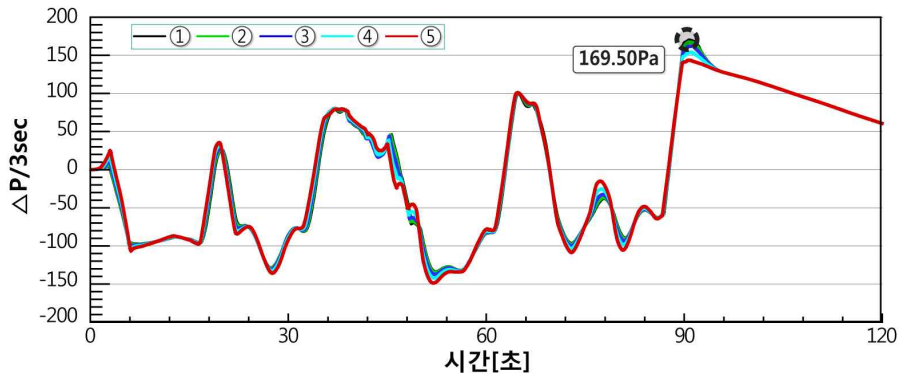
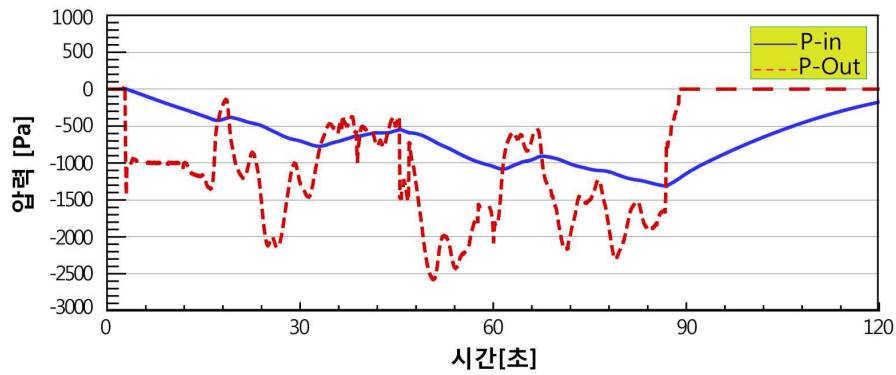
<1차원-3차원 혼합격자 해석을 이용한 열차 주행 시 발생하는 후미부의 후류해석>

○ 초장대 터널 및 환기구 압력과 저감 설계기술

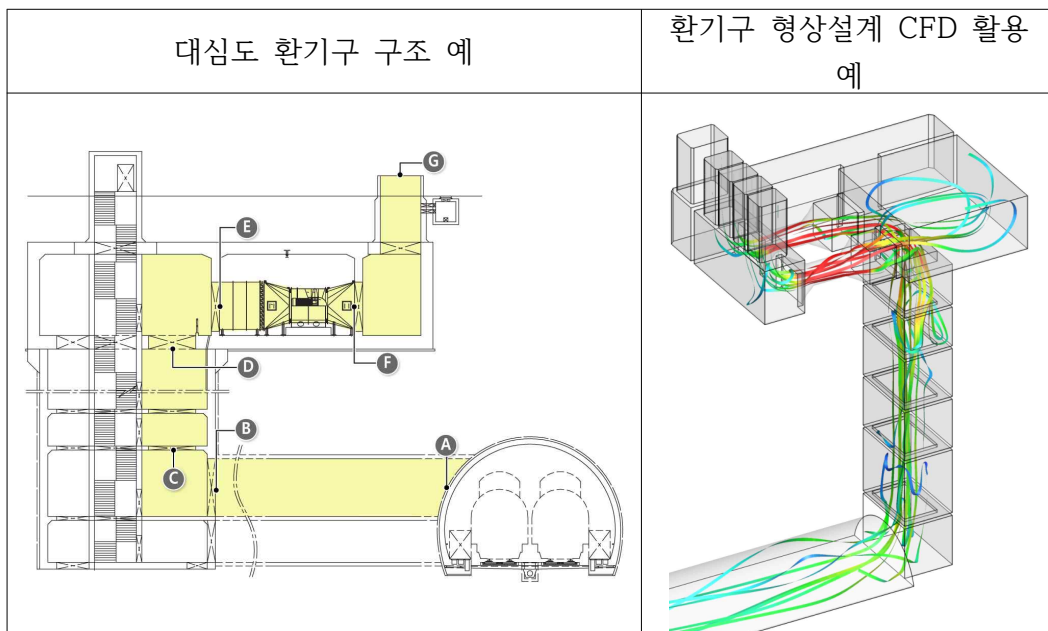
터널 및 환기구 압력과 저감 설계기술은 터널구간에서 발생한 압력파가 차량 승객의 쾌적성 뿐 아니라 대심도 지하공간의 환기시스템 안전성과 지하역사 승강장의 쾌적성에 위해요소로 작용하므로 이를 개선하기 위해 터널 및 환기구 압력파를 저감하는 설계기술이다.

터널 압력파는 본선구간과 접속하는 환기구 댐퍼를 경유하여 환기구 내 구조물과 축류팬에 반복적인 충격을 가할 수 있으므로 환기시설의 내구성과 운전 안전성에 문제를 일으킬 수 있다. 이는 유지보수 비용의 증가와 함께 화재와 같은 비상 상황에서 환기시설이 정상적으로 자동제어 되지 않을 경우에는 심각한 인명피해를 야기할 수도 있음을 의미하므로 이러한 위험요소를 제거하기 위해 압력파의 전달 경로인 접속부 댐퍼에서 압력파를 차단하는 것이 가장 효과적이다. 충격파스크린 장치를 환기성능이 저해하지 않도록 설계하되 압력파를 교란, 감쇄하여 환기시설 등 구조물을 보호하도록 한다. 또한 환기구를 경유한 압력파의 구배가 환기탑 배기구까지 전달될 경우 미기압파를 방사하여 소음문제를 야기할 수 있으므로 이에 대한 해결방안으로 환기탑/배기구에 설치 가능한 미기압파 저감 장치를 개발한다.

대심도 급행철도 시스템은 출퇴근 혼잡시 이용객이 많을 것으로 예상되므로 열차 승객의 쾌적성을 위한 적정수준의 차량기밀도 설계기준을 제시해야 한다. 특히 환기구와 지하역사를 다수 포함하고 열차의 가/감속을 조건을 고려해야하는 대심도 터널 열차 승객의 이명감에 대한 연구가 미흡한 실정이므로 터널단면적 최적화 및 차량기밀도 설계기준 마련을 위하여 시뮬레이션에 의한 이명감 평가가 신속히 이루어져야 한다.



<이명감 해석 예>



<대심도 환기구 구조 예와 환기구 형상설계 CFD 활용 예>

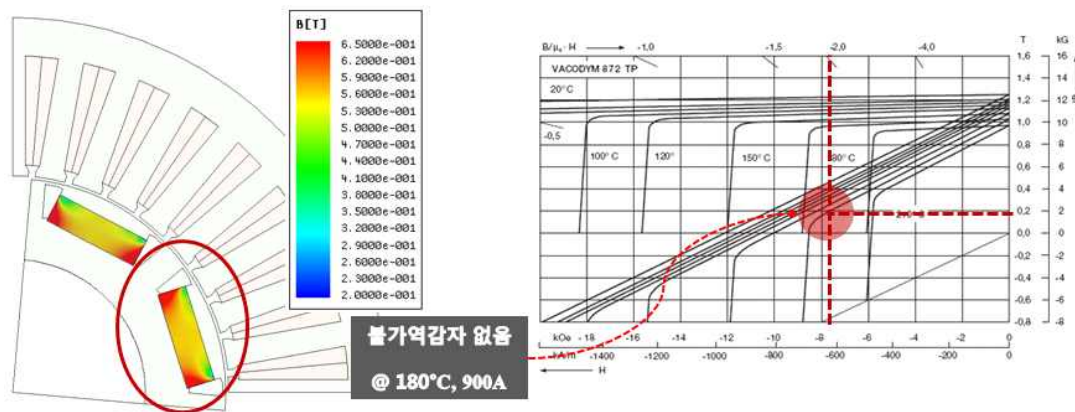
고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

○ 영구자석 동기전동기 설계 기술

- 과거에는 철도차량용 견인전동기로 직류전동기를 주로 사용하여 왔으나 근래에 들어 전력전자 기술의 발달, 고속 대용량 스위칭소자의 발달, 마이크로프로세서를 비롯한 마이크로일렉트로닉스의 발달에 힘입어 고속화에 따른 소형경

량화 및 유지보수면에서 유리한 교류전동기를 적극 채택하고 있는 실정임.

- 최근에는 고속화, 소형화, 고효율화가 중시되면서 영구자석 동기전동기 연구가 새로운 화두로 떠오르고 있음. 영구자석 동기전동기의 경우, 기존의 유도전동기에 비해 고효율화 및 소형경량화가 가능한 특성을 가지고 있음.
- 영구자석 동기전동기는 영구자석이 포함되는 회전자가 중요 부분이며, 감자 특성을 고려한 최적 설계가 주요 핵심 기술임.



<영구자석 동기전동기의 영구자석 감자특성 분석>

○ 인버터 설계 및 ICIM 제어 기술

- 추진용 전인전동기의 직류전동기에서 유도전동기, 동기전동기로의 기술 전환에 따라 차상의 전력변환기술에 있어서도 지속적인 기술 전환이 이루어지고 있음.
- 최근 전력용 소자의 고집적도, 대용량화에 따라 전력변환기술에 있어서도 고속화, 소형화, 대용량화가 이루어지고 있으며, 고속 스위칭 기술 및 이에 따른 소음 저감 기술, 운행 최적화에 따른 속도제어 기술, 고출력밀도 달성을 통한 경량화 기술 등이 주로 연구되고 있음.
- 고출력 밀도화, 고속 스위칭 및 소음 저감 기술을 반영한 인버터 설계 및 ICIM 제어 기술 등이 주요 핵심 기술임.

○ 추진제어시스템 냉각 기술

- 인버터와 전인전동기의 경량화를 위하여 추진제어시스템의 냉각 기술은 필수적임. 기존 시스템에는 주로 공랭식(자연 냉각, 강제 송풍 냉각)이 적용되어 왔으나, 최근 들어 추진시스템의 고출력밀도화를 통한 경량화 달성을 위하여 다양한 냉각방식이 연구되고 있음.
- 인버터의 고속 스위칭 소자 부분 및 영구자석 동기전동기에 고정자 부분에 수냉식 냉각장치를 적용함으로써 기존 대비 사이즈와 무게 감소가 가능한 기술임. 이를 위하여 수냉식 냉각장치의 설계 및 냉각수 누수의 위험을 없애는 신뢰성 확보 기술이 주요 핵심 기술임.

기술 분류	기술 정의
고출력밀도 영구자석 동기전동기 설계 기술	고출력밀도 영구자석 동기전동기 설계 기술은 다음과 같은 요소 기술로 정의됨 - 영구자석 동기전동기의 고정자/회전자 설계 - 고출력밀도화를 위한 철심/동선/영구자석 재료 사용의 최적 결정 - 고효율화를 위한 영구자석 동기전동기의 손실량 저감 기법 연구 - 회전자에 포함된 영구자석의 감자 특성을 고려한 최적 설계 기술
추진용 인버터 설계 및 ICIIM 제어 기술	고속추진용 인버터 설계 및 ICIIM 제어 기술은 다음과 같은 요소 기술로 정의됨 - 고출력밀도화, 고속 스위칭 및 소음 저감 기술을 반영한 인버터 경량화 설계 기술 - 인버터의 ICIIM 제어 및 운행 패턴에 따른 최적 제어 알고리즘 개발 기술
추진제어시스템 냉각 기술	추진제어시스템 냉각 기술은 다음과 같은 요소 기술로 정의됨 - 인버터의 고속 스위칭 소자 부분 및 영구자석 동기전동기에 고정자 부분에 수냉식 냉각장치를 적용하기 위한 수냉식 냉각장치의 설계 기술 - 냉각장치의 냉각수 누수 위험성 저감 및 신뢰성 확보 기술

- 인프라시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발

○ 대심도 안전 기준 개발

- 대심도 지하승강장 안전성 평가 매뉴얼
 - : 지하승강장 사고 표준 시나리오/분기확률 구축
 - : 대심도 철도차량 화원곡선 표준화
 - : 안전도 평가 사례 구축
- 대심도 화재안전설비 설계기준
 - : 승강장배연용량, 방화문, 구난대피구역, 제연모드 등을 제시
- 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계기준
 - : 대심도 고속차량 운행에 따른 터널/역사 유동/압력 분포 조사
 - : 고속차량 주행에 따른 대심도 터널 수직구/승강장 압력 인터페이스 연구
 - : 대심도 승강장 PSD 압력 및 고속유동 안전 기준 개발
- 대심도 유해물질 관리기준
 - : 미세먼지, 라돈 관리기준
 - : 습도관리를 통한 유해미생물 저감 방안

○ 대심도 화재안전성 향상기술 개발

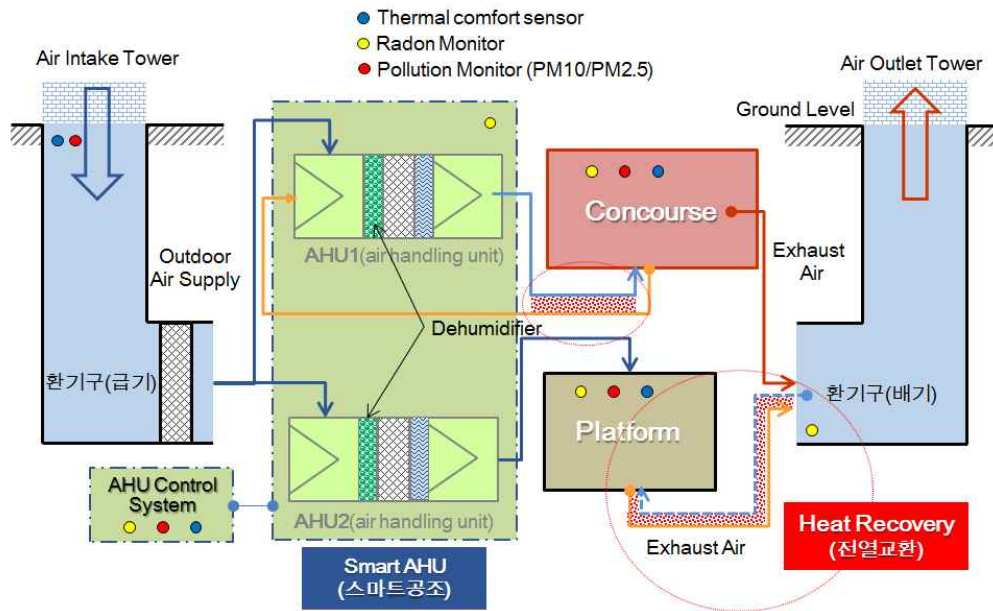
- 대심도 화재감지 및 제연기술 개발

- : 대심도 철도터널 화재감지 기술개발
- : 대심도 철도터널 지능형 제연시스템 개발
- 대심도 화재 조기진압 시스템 개발
- : 철도차량/터널 화재진압설비 관련 선행기술조사 분석
- : 시설연계 철도차량 화재진압 장치 개발
- 대심도 화재안전성 평가 해석 프로그램 고도화
- : 철도 터널 화재 방재 시스템 및 평가 기법 국내외 조사
- : 철도터널 화재평가 모델 개발
- : 대심도 장대터널 화재 평가를 위한 Multiscale 실시간 연계해석 모듈 개발
- : 사용자 중심의 철도 터널 화재 평가 Tool의 UI 개발
- 대심도 철도 배연설비 내열성능 평가장비 개발
- 대심도 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기술 개발
 - 피난계획 및 피난시스템 설계기술
 - 구난역 설계 및 관련기준 정립
 - 대심도 실내환경 지수(index) 개발
- 정거장 설비시스템의 운용 최적화, 표준화
 - 지능형 종합통제 센터를 통한 통합 자동제어
 - 표준화에 의한 공사비, 유지관리비의 절감
 - 대심도 급행특성을 고려한 설비표준화

대심도 이용객 쾌적성 향상기술

- 유해물질 유입차단 기술
 - 대심도 역사로 유입되는 미세먼지의 사전 차단기술
 - 지상 오염물질의 실내유입경로 수치모사를 통한 주요 환기구, 출입구의 최적경로 설계기술
 - 지하역사 급기공기가 유입되는 환기구에 사이클론 미세먼지 저감장치 도입
 - 기존 필터시스템대비 유지보수비용의 획기적 절감 가능
- 공조기 통합관리를 위한 스마트 공조 기술
 - 기존의 역사에서 개별적으로 운영되는 대합실과 승강장 공조기를 연동하여, 필요한 공간에 효율적으로 신선공기를 공급할 수 있는 지능형 복합공조기술
 - 냉방상태로 배기되는 실내공기의 전열교환(폐열회수)을 통한 냉방에너지 절감 기술 및 평가기술
- 냉방가동시 전열교환 기술
 - 배기중 공기의 냉방에너지 회수를 통한 냉방에너지 절감기술
 - 승강장 배기공기의 전열교환 기술
 - 대합실 순환공기의 전열교환 기술
- 이용객 쾌적성 평가기술
 - 이용객 온열쾌적성 만족도 평가 및 스마트공조 연동기술
 - 대심도 역사 쾌적성 측정기술

- 대심도 역사 쾌적성 모니터링 시스템 구축기술



<대심도 이용객 쾌적성향상을 위한 공기질 관리방안>

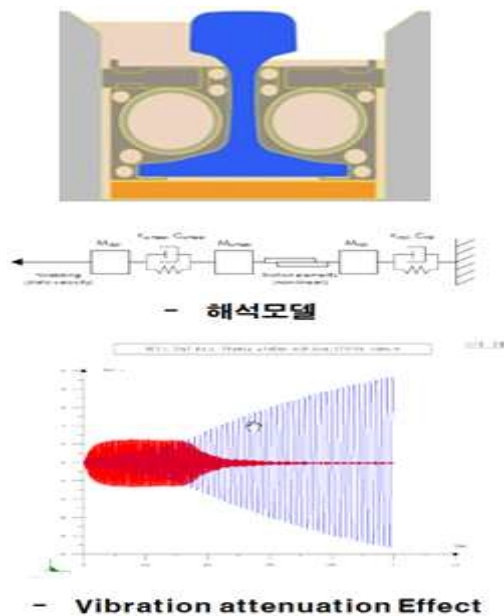
대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

○ 대심도 터널 내에서 궤도구조에 주로 요구되는 핵심성능으로는 크게 3가지로서 궤도시공성, 방재측면 고려여부 그리고 소음진동저감 시스템이라고 할 수 있다. 궤도시공성 측면에서는 대도심구간의 시공장비 진입이 제한되는 공간에서 현장압송장비 등이 터널 내 진입 시 장비로 인한 터널 공간 내 매연발생, 콘크리트 환경오염에 노출을 예방할 수 있어야 한다. 이에 대한 대안으로 기존의 프리캐스트 궤도를 고려할 수 있으나 이 방식인 경우 터널 곡선구간에 프리캐스트패널의 높이를 조정하는 정밀 시공시 시간소요와 각 패널별 제작을 위한 금형비용이 소요되게 된다. 만약 궤도 설치시 궤도선형을 정밀측량을 통하여 시공현장 외부에서 미리 설치검증하고 이를 분리하여 대심도 터널 내에 조립시공하는 사전제작식 프리캐스트 공법을 개발 적용될 경우 시공성 향상, 건설비 및 공기저감 궤도품질의 향상(슬럼프 및 균열관리)이 기대되며 건설시 환경영향을 최소화 할 수 있을 것으로 기대된다.

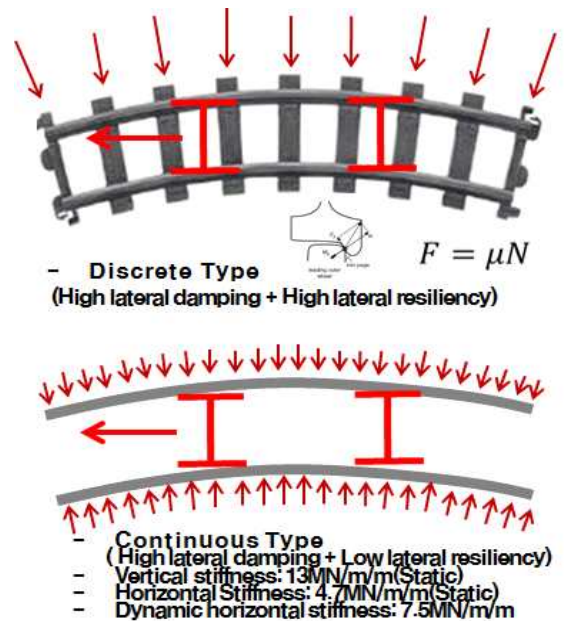
○ 방재측면에서는 협소한 공간에서의 비상상황 발생시 궤도상부의 평탄성을 확보하여 긴급시에는 구난차량이 현장에 긴급투입가능하고 피난 시에도 유리하여 터널방재 측면에서 장점을 갖춘 시스템에 대한 개발적용이 필요하다. 매립형궤도는 이런 이유로 실제 유러터널 또는 스페인의 Alcobendas터널에도 일부에 적용된 바 있다.

○ 소음진동측면에서도 유리한 장점도 있는데 터널 내의 열차주행시 소음,진동을 줄이기 위해서는 이산지지형 Pin-Pin 모드를 줄이고 연속지지형 궤도 설치를 고려할 수 있을 것이다. 실제 이러한 시스템은 유럽의 곡선부 노면전차에서도 많이 사용하고 있지만 다방향 연속탄성지지형 매립형 궤도가 소음,진동측면에서 가장 유리한 것으로 알려지고 있다. 레일복부, 저부를 둘러싸는 폴리우레탄이 레일이 저탄성으로 다방향 연속지지하면서 레일은 진동감쇠효과를 나타내어 레일의 수직·수평방향진동은 시간에 따라 저감(attenuation effect)하는 특성을 보인다. 그리고 차륜레일 접촉점의 수직반력

은 연속지지효과에 따라 골고른 분포를 보이기 때문에 차륜레일접촉점(contact point)에서 차륜에 의해 전달되는 수직력(Normal)의 급격한 변화를 줄이고 마찰력을 줄여 스킨소음영향을 최소화한다. 현장시험에 의하면 직선부 및 곡선부에서 기존궤도 대비 약 10~15dB(A)의 저감효과를 보인바 있다. 기술 개발시 균등한 레일마모와 수명연장 효과, 레일내식 및 내구성 확보, 유지보수성을 확보할 수 있을 것으로 재고되며 민원 발생을 줄이고 대심도 철도의 친환경과 방재성능을 확보할 수 있을 것이다.



<다방향 탄성지지형
궤도의진동저감특성>

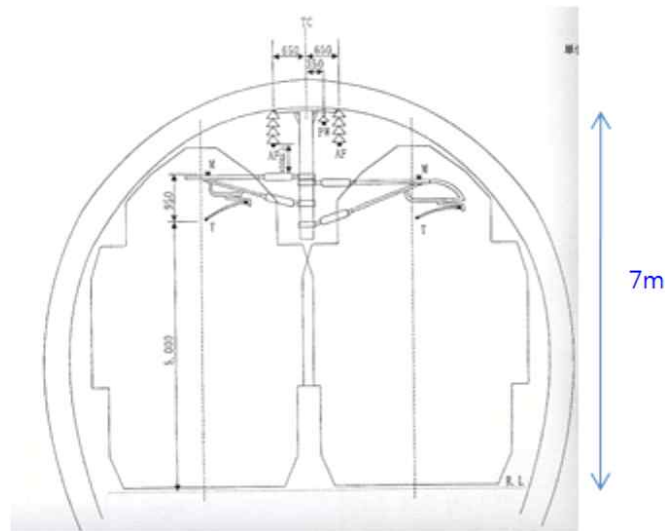


<곡선구간에서의 연속지지형 궤도
차륜-레일 수직력 지지>

대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시

- 대심도 급행 시스템은 설계 최고속도가 200km/h급인 준고속이다. 이러한 속도에 맞는 커티너리 방식의 저가고 시스템은 새로운 특별 설계가 필요하거나, 또는 기존 시스템에서 일부 변경이 필요하다.
- 또한 200km/h급 R-bar 강체 전차선로는 우리나라에 없으며, 스위스 Furrey+Frey사가 유일하나, 기술이전을 꺼리는 관계로, 가격 인하 및 향후 해외 진출을 위해서도 국산화 개발할 필요가 있다.
- 철도건설 시 터널이 차지하는 비중이 크며, 터널 단면적에 따라 사업비가 비례한다. 최근 호남고속철도 건설계획에서 사업비 절감을 고려하여 선로중심간격을 4.8m로 축소, 터널단면적을 95㎡으로 축소한 사례가 있다.
- 일본 나카노 신간선의 경우 전차선 형식 변경을 통하여 터널단면적을 62 ~ 64㎡까지 대폭 축소하였다.

	일본(나가노신칸센)	경부고속철도1단계
전차선높이	5.0m	5.08m
가고	0.95m	1.4m
조가선~터널 천단부 거리	1.05m	2.6m
계	7m	9.08(8.75)m



<나가노 신칸센 터널 단면>

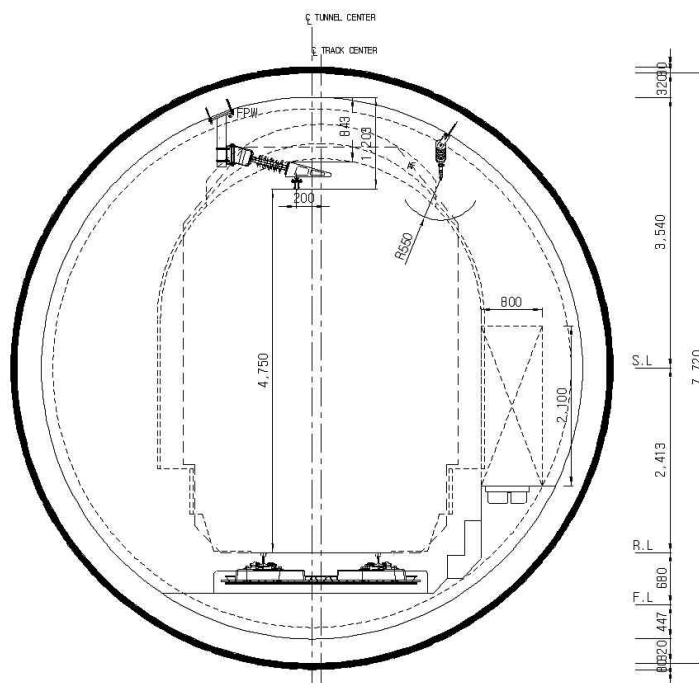
- 기존 지하철 건설과 비교하여 대심도 급행철도의 경제적 우위성을 확보하기 위하여 굴착 방법에 있어서 경제성과 효율성을 갖춘 공법에 대한 연구가 요구된다. 이의 일환으로 대심도 급행철도가 대부분의 구간이 TBM 공법으로 굴착될 가능성이 상존하며, 이럴 경우 원형 단면의 단선 병렬 터널이 되고 이 단면에 수용 가능한 전차선로는 강체 가선이 최적이며, 준고속임에 따라 R-bar형 전차선로로 개발되어야 한다.
- 대심도 철도의 건설비용 저감을 위한 방안으로 지하에 건설해야하는 변전소나 구분소 등의 설치 간격을 대폭 늘릴 수 있어야 한다. 따라서 전차선로도 AC 2×25kV 방식을 선정하여야 할 것이며, 이 전압 레벨에 맞는 이격거리와 급전선을 가지고 있으면서 목표 속도를 만족할 수 있는 가고를 가진 전차선로이면서 터널 크기를 낮출 수 있는 저가고형의 전차선로를 개발하여야 터널 단면을 축소하여 건설비 절감을 이룰 수 있다. 따라서 축소 가고형의 새로운 전차선로의 등장이 필요하다.
- 전차선 분야의 경우 열차의 설계속도 맞는 전차선 및 조가선의 장력, 선종, 전차선 높이 및 가고, 장력조정장치 등의 파라미터 및 사양 검토도 필요하다.

<고속철도 전차선 설계기준>

구분		경부고속철도	호남고속철도
설계속도		350km/h	350km/h
전기방식		단상 AC 25kV 60Hz	단상 AC 25kV 60Hz
최대경간		63m	65m
전차선	선종	흡경동선 Cu 150mm ²	흡경동선 Cu 150mm ²
	가선헌력	2,000N	2,600N
조가선	선종	Bz 65mm ²	Bz 116mm ²
	가선헌력	1,400N	2,000N
전차선 높이		5,080mm	5,080±10mm
전차선 가고		1,400mm	1,400mm

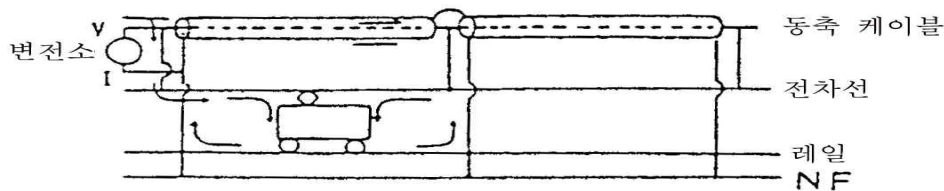
○ 180~200km/h급 급행 철도용으로는 현재 수도권 광역 급행철도 민간투자사업에서 검토하고 있는 일반구간(11.6m(터널 폭)×9.1m(터널 높이)) 및 단선 병렬 터널의 크기는 과대해 보이며(공기역학적으로나 전차선로 차지 공간 측면에서), 충분히 관련 기술 검토 및 연구를 통하여 보다 축소된 단면을 도출하고, 거기에 맞는 전차선로 시스템을 연구, 제안할 수 있을 것으로 사료되므로, 이에 대한 연구 개발이 시급함.

○ 단선병렬 터널의 크기를 줄이기 위하여, 이에 수용 가능한 200km/h급 준고속용 전차선로는 없으므로, 시급히 340mm 시스템 높이의 200km/h급 강체가선(R-bar) 시스템을 개발할 필요가 있음.



대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

- 동축 케이블 급전방식은 그림에 나타난 것처럼 NF가 있는 직접 급전방식의 회로 구성에 추가하여 선로 구간에 따라 전력용 동축 케이블을 부설하고 수 km마다 동축 케이블의 내부 도체를 전차선에, 외부 도체를 레일에 묶는 급전 방식이며, 전주(電柱)의 도체 배치가 간단
- 동축 케이블의 왕복 임피던스는, 전차 선로의 임피던스에 비해 현저히 작기 때문에 부하 전류는 전차선과의 접속점에서 동축 케이블로 흡수된다. 그렇기 때문에 AT급전방식과 유사한 전류 분포로 되어 전압 강하는 작고, 통신유도 경감효과도 큼
- 동축 케이블의 내외 도체간 정전 용량이 가공계에 비해 매우 커지기 때문에 고조파 전류의 공진으로 인한 확대 현상 등에 대해 해결할 필요가 있어, 계통에 따라서는 고차(高次) 필터 또는 공진 억제용 장치를 필요로 함



<동축 케이블 급전 방식>

- 그림에 보여주는 바와 같이 동축케이블 급전시스템은 선로를 따라 가선된 동축 케이블을 특징으로 함. 매 몇 킬로미터마다 내부 도체는 전차선과 연결되고 바깥쪽 도체는 레일과 연결됨
- 케이블 자체는 비싸지만 도체의 설계는 매우 간단하고 한정된 공간에서는 사용하기에 이상적임.
- 이 시스템은 일본에서 유일하게 사용 되고 있다. (도호쿠 신간선과 토카이도 신간선의 도쿄지역)
- 가공전차선로와 비교했을 때 동축전력케이블은 극히 작은 순환임피던스를 갖고 있음.
- AT급전시스템과 비슷한 레일 전류분포를 가지고 있으며, 상당한 통신선에 대한 유도장해를 줄일 수 있음
- 전력용 동축 케이블의 특성
 - 그림은 급전용 동축 케이블의 단면으로, 내부 도체는 가교 폴리에틸렌의 30호 절연이 실시되고, 그 중심원상에는 6호 절연의 외부 도체가 배치되며 그 외주(外周)는 차폐층, sheath로 이루어져 있음
 - 내외 도체는 간격이 협소하기 때문에 전자(電磁) 결합이 크고 왕복 임피던스가 작아짐



<전력 내 동축 케이블의 단면>

- 1000mm² 동축 케이블의 경우, 왕복 임피던스는 $Z=0.043+j0.069 \Omega/\text{km}$ (60Hz)이며, 전차 선로 임피던스 (T-R 단락)에 비해 약 1/7이다. 동축 케이블 각 사이즈(size)의 전기 정수를 표에 나타남

<동축 케이블의 전기 정수>

size (mm ²)	인덕턴스 (mH/km)	저항 (Ω/km)	정전 용량 ($\mu\text{F}/\text{km}$)	50Hz의 임피던스 ($\Omega, \angle \theta^\circ$)	60Hz의 임피던스 ($\Omega, \angle \theta^\circ$)
100	0.31	0.26	0.14	0.28 $\angle 21.2$	0.29 $\angle 24.3$
400	0.22	0.094	0.22	0.11 $\angle 37.8$	0.12 $\angle 41.7$
600	0.22	0.055	0.24	0.09 $\angle 48.2$	0.10 $\angle 53.1$
1000	0.19	0.037	0.29	0.07 $\angle 56.3$	0.08 $\angle 60.3$

(철도 전화 협회 「동축 전력 케이블에 관한 연구」에서)

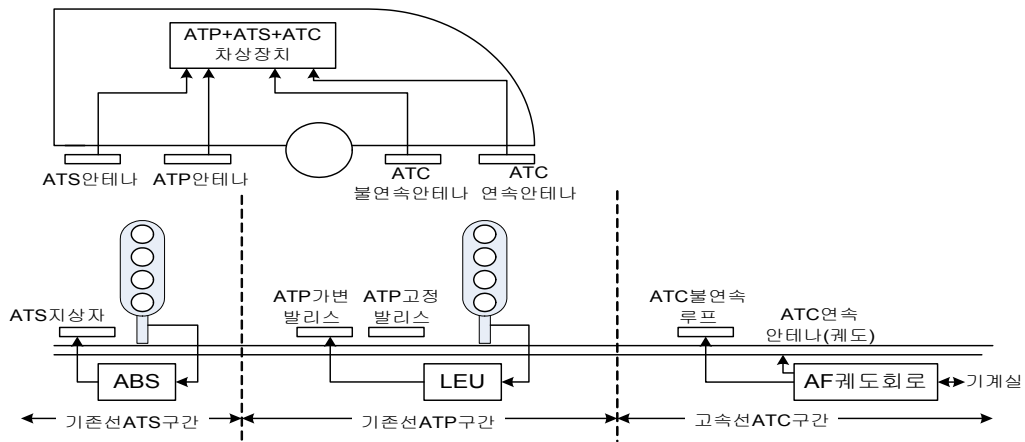
- 내외 도체간의 정전(靜電) 용량은, 예를 들어 1000mm² 동축 케이블의 경우 0.29 $\mu\text{F}/\text{km}$ 이며, 전차선로 정전용량 (T-R간, 단선)의 약 20km분(分)에 상당함

대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구

○ 국내의 간선철도 및 고속철도구간의 신호체계는 지상신호기방식(+ATS), 차상신호방식(ERTMS/ETCS Level 1) 및 ATC(TVM430)가 설치 및 운영되고 있으며, 기존선의 거의 모든 구간은 지상신호기 방식에 ATS장치를 부가한 형태로 운행되고 있으나, 기존선 속도향상이라는 목적으로 차상신호방식으로 개량이 추진되고 있으며, 경부고속철도뿐만 아니라 호남고속철도에도 TVM430형태의 ATC방식이 설치될 예정으로 알려져 있다.

○ 따라서, 이러한 지상인프라 구간을 운행하는 열차는 신호측면에서 지상에서 제공되는 정보를 수신하여 이를 바탕으로 운행되어야 하므로 차상에 설치되는 신호장치는 간선철도와 고속철도의 신호체계를 수용할 수 있는 장치로 구성되어야 한다.

○ 2007년부터 국가연구개발사업으로 추진 중인 차세대 고속철도기술개발사업에서는 지상신호방식(+ATS), 차상신호방식(ETCS Level1, ATC) 구간을 열차가 효율적으로 운행하기 위한 통합형 차상신호장치의 개발을 수행하고 있으며, 개념은 그림과 같다.



[Note]ABS(Automatic Block System):자동폐색장치, LEU(Line-side Electronic Unit) : 선로변전자모듈

<통합형 차상신호장치 구성방안>

○ 또한, 간선철도의 속도향상에 따라 ERTMS/ETCS Level 1의 지상하부장치들은 경부,호남 및 경춘선의 지상열차제어장치를 공급하는 제작사를 위주로 국산화 개발을 진행하고 있다.

○ 고속철도의 경우, 이제까지는 한국고속철도에 적용하여 운영되고 있는 열차제어시스템의 국산화 개발에 집중하였으나 앞에서 기술한 바와 같이 유럽의 열차제어시스템 표준화에 따라 이제는 국가기준의 열차제어시스템에서 표준화된 열차제어시스템 ERTMS/ETCS Level 2의 적용을 권고함에 따라 우리나라에서도 늦은감은 있지만 2010년12월부터 시작된 국가연구개발사업인 고속철도 인프라기술개발사업에서 차세대고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술개발에서 유럽표준을 따른 기술개발을 추진하고 있다.

○ 이상에서 살펴본 바와 같이 국내에서 사용하는 신호시스템을 기반으로 하여 대심도 급행철도에 적용할 수 있는 신호시스템은 2가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로 고속철도에서 사용하고 있는 신호시스템이며, 두 번째로는 기존선 고속화와 틸팅열차 개발에 적용한 유럽표준형 열차제어시스템(ERTMS/ETCS)이다. 하지만 이러한 시스템을 한국형 대심도 급행철도 신호시스템 개발을 위한 참조자료에 적극적으로 이용되어 운영환경과 설치조건 등을 고려한 대심도 급행철도용 신호시스템이 개발되고 표준화가 추진될 수 있도록 연구가 진행되어야 한다.

○ 고속철도 열차제어시스템(TVM)

경부고속철도에서 사용하는 신호시스템으로 일반적으로 ATC(TVM430)로 불리어지고 있다. TVM(Transmission Voice Machine)은 TGV에서 사용하는 TVM계열의 가장 진보된 차상신호시스템으로써, 궤도에서 열차로의 정보전송을 의미하고 ATC(자동열차제어장치)의 일종으로, 선로의 구배, 곡률반경, 앞차와의 거리를 종합적으로 계산해, 그 구간의 적당한 속도를 계산하여 지상장치에서 차상장치로 정보를 보내 열차가 그에 맞추어 운행하도록 하는 시스템이다. 최신 버전인 TVM430는 TVM300의 개량형으로 1996년부터 북유럽선과 룬-알프스 선로의 일부에서도 사용 중이며, 운전시격을 단축

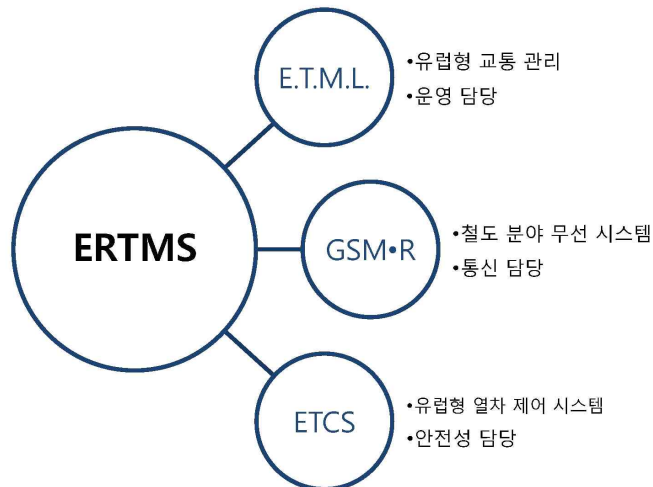
시커 선로용량을 증가시키기 위해 동남선에도 설치되어 사용되고 있다. 이 시스템의 주요 특성은 ATC 방식의 차상 신호장치이다. 지상에서 전송된 정보를 사용하여 다양한 속도정보 및 신호정보를 차상 화면에 표시, 차상에서 속도곡선 프로파일을 생성한 후 관련 속도제한을 운전자가 준수하지 못할 경우 자동으로 열차 제동을 실행하며, 팬토그래프의 하강, 절연구간 처리, 터널 진출입, 절대정지구간통과, 공사구간서행 기능 등이 있다. 궤도를 통해 흐르는 전류를 변조하여 열차의 안전운행에 필요한 정보를 지상에서 차상으로 연속 전송하고, 이를 보완하기 위해 부수적인 정보를 루프를 사용하여 전송한다. 그 외 열차검지, 열차상태 및 선로변 환경조건감시, 유지보수 작업반과 장비보호, 인접센터와의 통신, 유지보수시스템으로의 검측데이터 전송, 역 및 집중제어장치로의 열차 운영정보 전송 등의 기능이 있다. TVM430은 폐색구간 길이는 1,500m, 300km/h 운행 기준으로 2.5분, 320km/h 운행 기준으로 3분마다 열차를 출발시킬 수 있다.

이 열차제어시스템은 영국과 프랑스를 연결하는 지하 45m에 만들어진 지하 고속철도인 유로스타(해저터널)에 적용되고 있다. 터널의 길이는 총 연장 49.94km, 평균 깊이는 해저 45m이다. 유로스타가 터널을 통과하는 시간은 단 20분에 불과하다.

	TVM 300	TVM 300	TVM 430	TVM 430
운행선로	TGV 동남	TGV 북대서양	북유럽 TGV	차세대 TGV
최대속도	270	300	300	360
폐색구간길이	2100	2000	1500	1500
제동 profile	4 폐색 구간	5 폐색 구간	5 폐색 구간	6 폐색 구간
최소운전시각	5	4	3	3

○ 유럽통합형 열차제어시스템(ERTMS/ETCS)

ERTMS(European Railway Traffic Management System)는 열차 운행의 안전성을 필수 조건으로 하는 차세대 열차제어시스템인 ETCS(European Train Control System)와 ERTMS에서 중점적으로 사용할 예정인 무선정보전송방식인 GSM-R(Global System Mobile for Railway), 그리고 운영을 주요 목적으로 하는ETML(European Traffic Management Layer)로 분류된다.



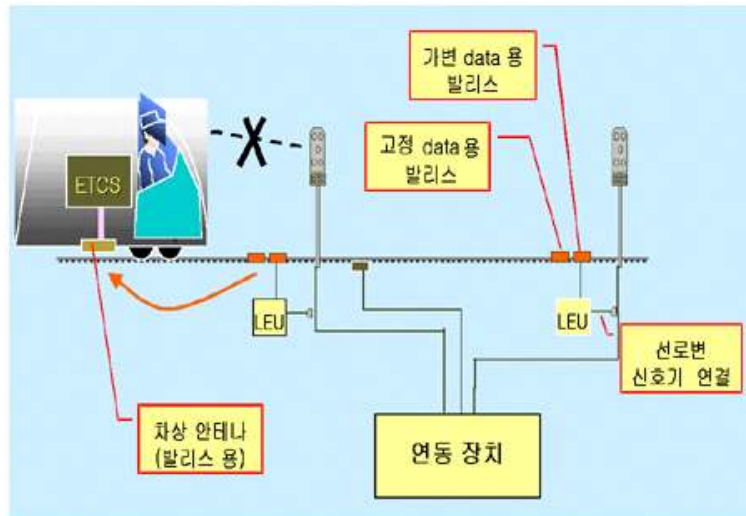
<ERTMS의 구성>

유럽의 차세대 열차제어시스템으로 불리는 ETCS는 유럽철도망에서의 국경 없는 열차운행을 위해 현재 유럽에 존재하는 약 15개의 상이한 신호시스템을 열차 운행 안전에 기본을 두고 통합하는데 주목적을 둔다. 또한 현존하는 신호시스템의 성능에서 요구하는 기본 기술사양을 표준화함으로써 관련 철도 산업체간에 이들 표준화한 기술사양을 공유함으로써 통합된 철도 신호시장 형성 목적을 부수적으로 동반한다. 그 결과, ETCS의 실현은 현재의 기술한계와 미래의 가능한 기술 개발능력을 고려하여 기능적인 면에 있어서 Level 1, Level 2, Level 3로 분류하여 발전시키고 있다.

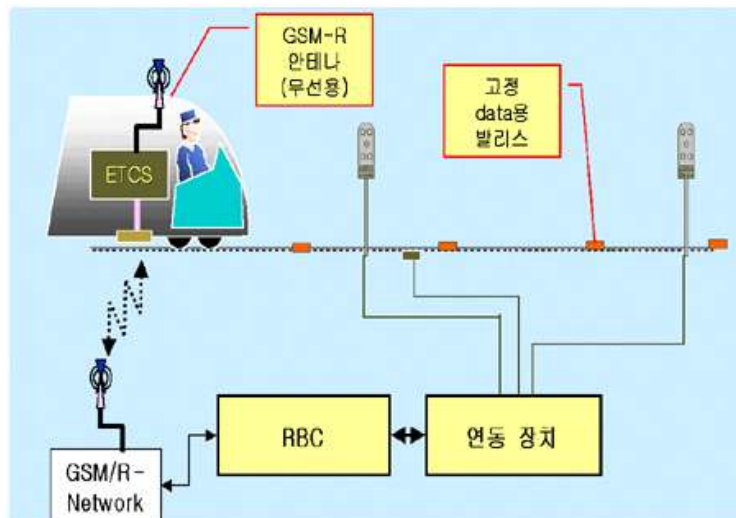
ETCS Level 1은 고정폐색시스템과 지상신호기에 의존한다. 이는 현존하는 ETCS Level 1과 동일한 형태로 불연속(Intermittent) 정보를 전송하는 Balise 또는 반연속(Semi-continuous) 정보를 전송하는 Loop가 열차의 속도 제어를 위해 궤도에서 차상으로 정보를 전송한다. 데이터는 고정데이터와 가변데이터로 분류된다. 고정데이터는 선로변 환경과 연관된 정보를 제공하고, 가변데이터는 열차운행이나 진로상태 등과 관련된 정보를 제공한다.

Level 2는 지상-차상 간 연속적인 양방향 무선통신과 열차검지를 위한 불연속 정보전송을 이용하여 연속적인 열차속도 제어기능을 실행하는 것이 Level 1과 주요 차이점이다. 단, 기존 신호시스템과 병행하여 사용하는 경우 지상신호기를 사용한다. 열차의 안전 운행에 필요한 정보와 이동 권한, 구배, 허용속도, 열차의 상태, 위치 등의 차상과 지상 설비 사이의 정보는 RBC(Radio Block Center)에 의해 GSM-R 통신망을 경유하여 전송된다. Level 2에 있어서 이동 권한은 고정 폐색 원리에 근거하여 부여되며, 설정된 진로의 종단, 또는 선행 열차가 있는 경우 선행 열차에 의해 점유된 고정폐색의 종단까지 이동 권한이 부여된다.

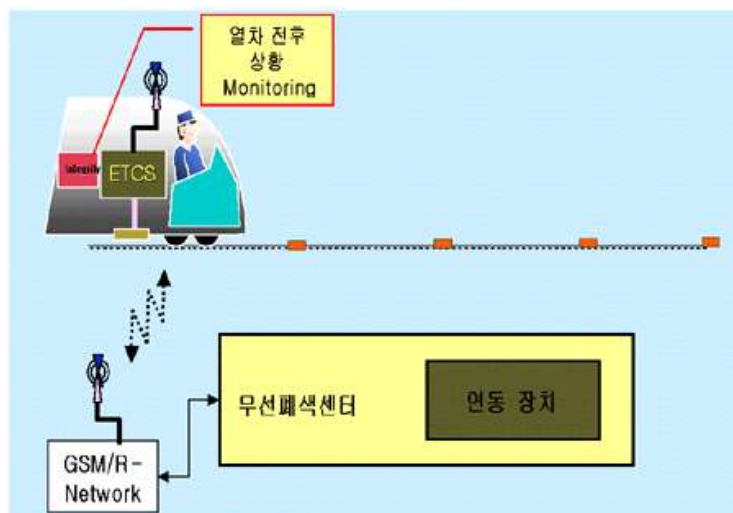
Level 3은 열차검지 및 선행열차와 후속열차의 열차 간격을 조정하는 기능이 Level 1과 Level 2에서는 고정폐색을 이용하는데 비해, Level 3에서는 이동폐색을 사용하는 것이 주요 특징이다. Level 3은 선로 변에 설치되는 지상신호장치는 모두 제거되어 열차운행에 연관된 신호시스템이 완전한 무선방식으로 구현된다.



ETCS Level 1



ETCS Level 2



ETCS Level 3

<ERTMS Level 1,2,3>

○ 이 열차제어시스템은 영국과 프랑스를 연결하는 지하 45m에 만들어진 지하 고속 철도인 유로스타(해저터널)에 적용되고 있다. 터널의 길이는 총 연장 49.94km, 평균 깊이는 해저 45m이다. 유로스타가 터널을 통과하는 시간은 단 20분에 불과하다. 이 열차제어시스템은 영국에서 2017년 개통을 목표하는 대심도 광역철도인 CrossRail 건설 노선에 적용되고 있다.

○ 이 열차제어시스템은 영국과 프랑스를 연결하는 지하 45m에 만들어진 지하 고속 철도인 유로스타(해저터널)에 적용되고 있다. 터널의 길이는 총 연장 49.94km, 평균 깊이는 해저 45m이다. 유로스타가 터널을 통과하는 시간은 단 20분에 불과하다. 영국의 정부에서는 ERTMS를 CrossRail에 적용함으로써 유지보수 인력을 최소화하고 열차운행의 안전 확보와 속도향상, 그리고 철도경쟁력 강화를 기대하고 있다.

제2장 국내외 동향 및 환경 분석

제1절 국내외 정책동향

1. 국외정책동향

- 독일 베를린 대도시권 광역철도 (S-Bahn)

- 독일 베를린-브란덴부르크 대도시권은 2007년 기준 892km²의 면적과 340만인의 인구를 보유한 독일의 수도 베를린시와 브란덴부르크 주의 도시 중 베를린에 인접한 지역들을 포함하고 있는데, 17,385km²의 면적과 500만인의 인구 규모를 보이고 있다.
- 베를린 시내에는 9개 노선(170개 역) 145km의 지하철과 22개 노선(398개 정거장) 192km의 노면전차가 운행하고 있으며, 연간 6.3억인 규모의 승객을 수송 중이다. 베를린 시내와 브란덴부르크 지역을 연결하는 광역철도(S-Bahn)는 환상형 노선을 포함한 15개 노선(166개 역) 331km가 운영되고 있으며, 연간 3.7억인 이상의 승객을 수송 중이다.

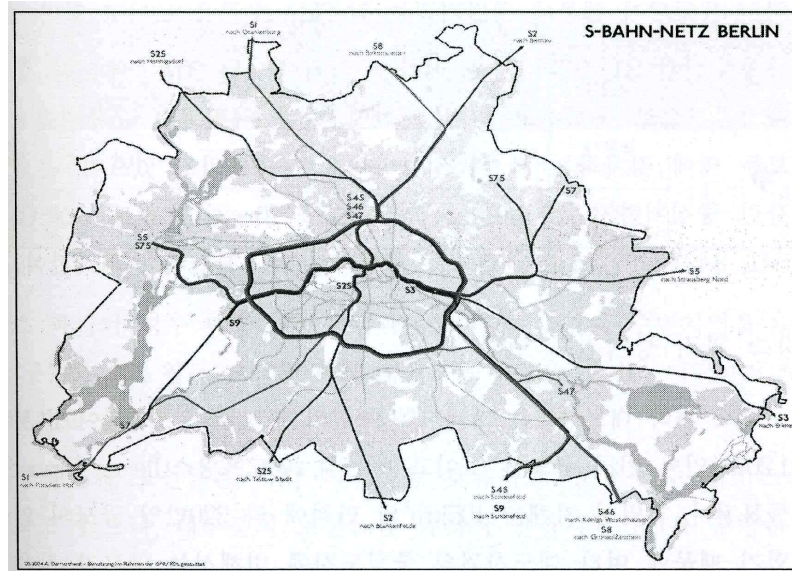
< 베를린 대도시권 철도 현황 >

구분	사회 경제 현황			철도 시설 현황		철도 연간 수송실적	
	면적 (km ²)	인구 (만인)	인구밀도 (천인/km ²)	지하철	S-Bahn	지하철	S-Bahn
베를린시	892	340	3.8	145km (170개 역)	250km (115개 역)	6.3억 인	3.7억 인
베를린 대도시권	17,385	500	0.3	〃	331km (166개 역)		

주 : 베를린시 내부 S-Bahn 역 수는 추정치

- 베를린 광역철도는 노선연장의 75% 수준인 약 250km가 베를린 시내에 있는데, 베를린 대도시권의 인구 중 베를린 시내의 비중이 70%인 점을 감안하여 베를린 내부 철도연계에 주안점을 두고 있는 것으로 판단된다. 운행 권역은 베를린 중심, 베를린 경계, 그리고 베를린 경계로부터 10~15km 떨어진 외곽 지역으로 구분할 수 있다.
- 도시 중심을 동서로 관통하는 5개의 노선은 대부분 지상에 선로가 있으며, 남북방향의 3개 노선은 터널 형태로 도시를 통과하고 있다. 환상형의 경우 지상에 선로가 있는데, 2

개 노선(S41, S42)은 환상형 선로를 시계 방향 및 반대 방향으로 운행하고 있으며, 5개 노선은 지선형태로 환상형 구간을 경유하고 있다.



〈베를린 S-Bahn 네트워크 현황〉

- 방사형 노선은 지선 형태 또는 환상형 노선과 연계를 통해 광역철도 노선 간 환승이 이루어지고 있는데, 베를린 내부에 있는 광역철도 역의 경우 60% 이상이 타 광역철도 노선과 환승이 가능하다. 한편, 베를린 외부에 있는 광역철도 역의 경우 대부분 방사형 노선의 시종점부에 위치하기 때문에 광역철도 간의 연계보다는 지역 간 수송기능의 철도와 환승이 많은 편이다.

〈베를린 S-Bahn 주요노선 연계 현황〉

구분		남북방향		동서방향		환상형	
		S1	S2	S5	S7	S41	S46
베를린 시내	역수	30	22	24	26	27	19
	광역철도 환승역 수	20	15	19	20	22	19
	도시철도 환승역 수	6	5	8	7	13	7
	지역 간 철도 환승역 수	4	5	8	8	3	2
베를린 시외	역수	5	6	12	3	0	4
	광역철도 환승역 수	0	0	0	0	0	2
	도시철도 환승역 수	0	0	0	0	0	0
	지역 간 철도 환승역 수	1	2	3	2	0	1

주 : 환승역 수는 중복 포함

- 방사형 노선의 길이는 베를린 중심으로부터 25~35km 수준이므로 베를린 관통 노선의 길이는 약 50~70km 내외가 되며, 관통노선에서는 노선당 30~35개의 역이 운영되기 때문에 역간거리의 약 2km 수준을 보이고 있다.

- 관통노선인 S1, S2의 경우 베를린 외곽에서는 20분, 베를린 경계에서는 10분 배차간격으로 운행하고 있어 구간에 따라 차별화된 운행시격을 보이고 있다. 모든 역에 정차하는 각 역 정차방식으로 운행되고 있으며, 운행소요시간은 베를린 중심지까지 35~40분, 관통의 경우 70~80분 정도 소요된다. 순환노선인 S41, S42는 각각 5분 간격으로 운행되며 약 1시간의 운행시간이 소요된다.

- 프랑스 파리 광역철도 현황

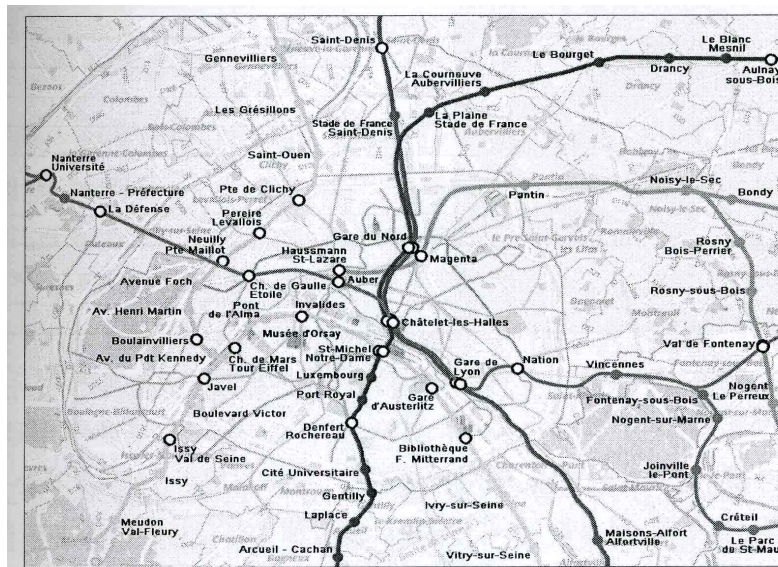
- 프랑스 파리 대도시권은 파리와 주변의 도시들을 포함하여 14,518km²의 면적과 1,207만인의 인구 규모를 보이고 있는데, 일드프랑스(Ile-de-France) 지역과 거의 중복된다. 파리는 자체는 105km²의 면적에 약 220만인 규모의 인구를 보유하고 있기 때문에 여타 대도시권의 중심도에 비해서는 규모가 작은 편이다. 서울, 도쿄 등과 유사한 면적 규모를 갖는 권역의 범위는 파리와 인접한 지역을 포함하는 내부순환(inner ring) 권역이 해당되는데, 762km²의 면적에 약 660만인 규모의 인구를 갖는다.
- 파리는 14개 노선, 300개 역, 214km의 지하철과 4개 노선(398개 정거장) 192km의 노면전차가 운행하고 있다. 연간 13.7억인의 승객을 수송하는 파리 지하철은 파리의 접근성 확보에 주안점을 두고 있는데, 노선연장 6~24km의 짧은 구간을 각 역 정차방식으로 운행하고 있으며, 지하철 14호선을 제외한 모든 노선의 역간거리가 420~770m에 불과하기 때문에 표정속도는 35km/h 수준에 불과하다. 약 105km²의 파리 시내에는 전체 지하철역의 80%에 해당하는 245개 역이 있기 때문에 파리의 내부에서 지하철 접근성은 매우 양호한 것으로 평가할 수 있다.
- 광역철도 기능을 수행하는 RER은 파리와 내부순환 권역을 연결하는 방사형의 5개 노선(257개 역) 587km가 운영되고 있는데, 연간 7.8억인 규모의 승객을 수송중이다. 파리 대도시권의 외곽순환(outer ring) 지역은 파리를 연계하는 지역철도인 Transilien을 통해 철도서비스가 제공되고 있는데, 6개축으로 구성되어 있으며 연간 6억인 이상을 수송하고 있다.

〈파리 대도시권 철도 현황〉

구분	사회 경제 현황			철도 시설 현황		철도 연간 수송실적	
	면적 (km)	인구 (만인)	인구밀도 (천인/km ²)	지하철	RER	지하철	RER (Transilien)
파리시	105	220	20.9	(245개 역)	33개역 (1개역 기준)	13.7억 인	7.8억인 (6억인)
파리 대도시 권	14,518	1,207	0.8	214km(30 0개 역)	587km (257개 역)		

주 : 파리시 내부 노선 연장은 추정치

- 프랑스 파리의 경우 대중교통 운임과 관련하여 파리와 주변지역을 6개의 구역으로 구분하는데, 일부 노선은 파리 대중교통 구역을 벗어난 지점까지 노선운행이 이루어지고 있다.
- 방사형의 5개 노선들은 각각 지선들을 보유하고 있어 철도 서비스의 범위를 확대하고 있으나, 대부분의 노선들은 파리시 인접지역까지를 운행하고 있다.



〈 파리 대도시권 RER 네트워크 현황〉

- 파리 중심부에 해당되는 1구역의 경우 RER 역이 33개이나, RER, 지하철 그리고 TGV 노선 등과 철도 환승연계가 잘 이루어지고 있다. 3~5구역의 경우 RER 역의 60% 이상이 분포하고 있는데, RER 간의 연계는 거의 없으며, Transilien과 연계되는 경우가 많다. RFR D노선의 경우는 파리 대중교통 구역을 벗어난 지점까지 노선운행이 이루어지고 있다.

〈파리 RER 노선 연계 현황〉

구분			R E R A	R E R B	R E R C	R E R D	R E R E	합계
1 구 역	역 수		5	7	16	3	2	33
	환 승	RER	3	3	1	3	1	11
		도시 철 도	6	4	10	3	2	25
		기타 철 도	2	1	2	2	2	9
2 구 역	역 수		1	3	4	-	1	9
	환 승	RER	-	-	-	-	-	-
		도시 철 도	-	-	1	-	-	1
		기타 철 도	-	-	-	-	-	-
3 구 역	역 수		13	12	9	6	7	47
	환 승	RER	1	-	-	-	1	2
		도시 철 도	-	-	-	1	2	3
		기타 철 도	2	-	1	1	1	5
4 구 역	역 수		13	14	32	8	8	75
	환 승	RER	-	2	-	1	-	3
		도시 철 도	-	-	-	-	-	-
		기타 철 도	3	2	-	-	2	7
5 구 역	역 수		14	11	13	18	3	59
	환 승	RER	-	-	-	-	-	-
		도시 철 도	-	-	-	-	-	-
		기타 철 도	8	2	5	-	-	15
6 구 역	역 수		-	-	12	9	-	21
	환 승	RER	-	-	-	-	-	-
		도시 철 도	-	-	-	3	-	3
		기타 철 도	-	-	2	1	-	3
기 타	역 수		-	-	-	5	-	5
	환 승	RER	-	-	-	-	-	-
		도시 철 도	-	-	-	-	-	-
		기타 철 도	-	-	-	1	-	1

주 : 1. 환승역 수는 중복 포함.

2. 도시철도에는 지하철과 tram을 포함하며, 기타 철도는 TGV와 Transilien을 포함

- RER은 파리시 외부 지역의 철도 서비스 제공과 파리시 접근을 위한 이동성 강화에 초점을 두고 있다. 파리시 외부지역의 광역통행을 처리하기 위한 RER 노선은 지선을 포함할 경우 노선별 연장이 52~185km 수준이며, 노선별 역간거리 평균값은 1.7~2.8km 수준이다.
- 수송인원이 많은 RER A노선의 경우 지선을 포함할 경우 5개 방면의 선로로 구성되어 있는데, 시간대에 따라 다양한 패턴의 열차운행이 이루어지고 있다. 열차운행은 지선과 본선의 시종점 간을 지선~본선 또는 지선~본선~지선의 형태로 운행하게 되나, 일부 열차는 시간대에 따라 시종점 이전의 구간을 운행한다.
- 침두시 각 지선들의 기점에서는 10분 배차간격으로 다 방면의 열차가 운행되기 때문에 중복이 이루어지는 파리 시내 일부 본선 구간에서는 2분 배차간격이 발생하고 있다. 열차 운행은 대부분 각 역 정차를 하되, 침두시에는 파리 외곽지역에서 일부 역에 대해 무정차 통과가 이루어진다. 약 75km로 추정되는 본선구간 기종점 운행의 경우 정차역 간 평균거리 3.4km를 확보하고 있으며, 83분의 운행시간이 소요되어 표정속도는 약 54km/h 수준을 보이고 있다.

〈RER A 열차 운행 사례〉

운행 유형	기점	종점	운행횟수(회/시)		정차역 (통과역)	운행 소요 시간(분)
			침두	비침두		
본선~본선	Cergy-le-Haut	Marne-la-Vallee-Chessy	6	6	23(4)	83
지선 ~ 본선	Poissy	〃	6	3	21(2)	75
지선~본선~ 지선	Saint-Germain	Boissy-Saint-Leger	6	6	21(2)	60
지선(일부)~ 본선~지선(일부)	Le Vesinet-Le Pecq	La Varenne-Chennevieres	6	0	17(3)	50

주: 해당노선 2008년 열차 운행시각표 평일 기준

- 파리 중심지로부터의 직선 이격거리대별 시내 진입 운행 소요시간을 보면, 15km의 경우 25분 내외, 25km의 경우 35분 내외, 35km의 경우 50분 내외, 45km의 경우 65분 내외 그리고 60km의 경우 80분 내외가 소요된다. 이를 노선연장 대비 표정속도로 환산할 경우 40~60km/h 규모가 된다.
- 단거리 구간의 경우, 통과역이 많아 정차역 간 거리가 긴 경우에는 50~60km/h 규모의 표정속도를 확보하나, 각 역 정차를 할 때에는 40km/h 내외에 불과하다.

- 파리 중심으로부터 25km 이상 이격될 경우, 정차역 간 거리는 3km 수준을 보여 표정속도는 50km/h에 근접하며, 최 외곽의 경우는 4km 수준의 정차역간 거리를 보여 표정속도는 60km/h 수준을 확보하고 있다.

<파리 CBD 거리대별 RER 도심 진입 표정속도>

RER 노선(운행구간)	구분	단위	파리 CBD로부터의 직선거리				
			15km	25km	35km	45km	60km
A PARIS LYON ~ CERGY LE HAUT	노선연장	km	19	29	41	-	-
	정차역	개소	6	8	12	-	-
	통과역	개소	1	2	2	-	-
	소요시간	분	24	35	48	-	-
	표정속도	km/h	47	50	51	-	-
B PARIS NORD ~ SAINT REMY	노선연장	km	18	30	41	-	-
	정차역	개소	9	15	20	-	-
	통과역	개소	5	8	8	-	-
	소요시간	분	23	38	50	-	-
	표정속도	km/h	47	47	49	-	-
C CHAMP DE MARS TOUR EIFFEL ~ ST-MARTIN D'EERAMPES	노선연장	km	17	28	40	53	-
	정차역	개소	7	9	14	18	-
	통과역	개소	3	4	4	4	-
	소요시간	분	25	37	55	69	-
	표정속도	km/h	41	45	44	46	-
D PARIS LYON ~ MALESHERBES	노선연장	km	12	32	45	58	80
	정차역	개소	1~5	12	15	17	21
	통과역	개소	0~4	0	0	0	0
	소요시간	분	13~17	37	51	63	78
	표정속도	km/h	42~55	45	53	55	68
E Haussmann Saint Lazare ~ Tournan	노선연장	km	20	33	41	-	-
	정차역	개소	3~9	7	9	-	-
	통과역	개소	0~6	6	6	-	-
	소요시간	분	20~32	35	44	-	-
	표정속도	km/h	38~60	57	56	-	-

주 : 해당노선 2008년 열차 운행시각표 평일 기준

- 스페인 마드리드 광역철도 현황

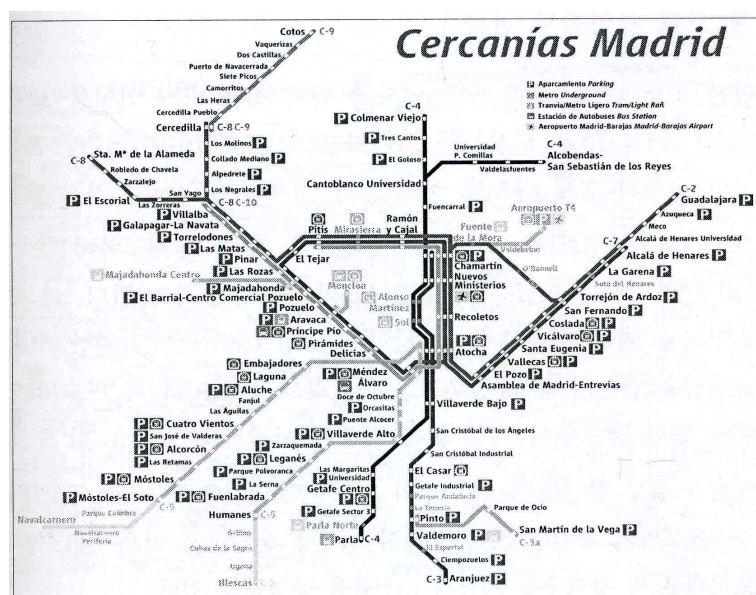
- 스페인 마드리드 대도시권은 607km²의 면적과 320만인의 인구를 보유한 마드리드와 주변의 지역을 포함하여 4,609km²의 면적과 약 509만인 수준의 인구 규모를 보이고 있다.

- 마드리드에는 12개의 본선과 1개의 지선으로 구성된 284km(281개 역, 환승역을 1개역으로 간주 시 231개 역)의 지하철과 3개 노선 28km의 노면전차가 운행 중인데, 지하철의 경우 2007년 기준 연간 6억9천만인을 수송 중이다.
- 마드리드와 주변지역을 연결하는 광역 통근철도인 Cercanias는 9개 노선 339km(118개 역)이 운영되고 있으며, 연간 4.5억인 규모의 승객을 수송 중이다.

<마드리드 대도시권 철도 현황>

구분	사회 경제 현황			철도 시설 현황		철도 연간 수송실적	
	면적 (km)	인구 (만인)	인구밀도 (천인/km ²)	지하철	Cercanias	지하철	Cercanias
마드리드	607	320	5.3	284km (231개 역)	전체 역의 20% 내외	6.9억인	4.5억인
마드리드 대도시권	4,609	590	1.3	〃	339km (118개 역)		

- Cercanias 노선들은 마드리드 중심지와 주변지역을 직결하는 방사 형태를 기본으로 하고 있는데, 도심을 목적지로 하는 노선들과 도심을 관통하여 교외지역 간을 연결하는 노선이 운행 중이다.
- 네트워크는 기본적으로 수형도 형태이나, 도심지역에 이르러서는 순환망 구조를 형성하고 있기 때문에 도심에 위치한 일부 역은 다수의 노선이 경유하고 있다. 따라서 마드리드 주변의 각기 다른 외곽지역에서 도심 주요 역 연계성이 높은 편이다.



<마드리드 대도시권 Cercanias 네트워크 현황>

- 운행시각의 경우 일부 장거리 구간을 제외하고는 각 방면에서 첨두시 10~15분 간격으로 열차가 운행하고 있기 때문에 다수의 노선이 중복되는 구간에서는 5~6분 수준, 그리고 도심 Atocha역 전후 구간의 경우는 2~4분의 운행시각을 보인다.
- 평균 역간거리가 3km에 근접하기 때문에 열차 운행은 각 역 정차를 기본으로 하나, C3 노선과 C10 노선의 경우는 일부 역을 무정차 통과 운행하는 사례가 있으며, 이 경우 운행 소요시간의 차이는 약 5분 내외이다.
- 운행소요 시간의 경우, 도심으로부터 직선거리로 15km 가량 이격된 지역들은 20~30분, 25km 가량 이격된 지역은 25~30분, 도심으로부터 직선거리 50km 가량 이격된 지역은 50~60분 정도가 소요된다. 노선의 굴곡도 등을 감안하여 표정속도를 산출해 보면 도심으로부터 직선거리로 25km 이내 지역들은 50km/h 내외, 50km/h가량 이격된 지역은 60km/h 내외로 추정된다.
- 한편, 수송 용량 확대와 승차 편의성을 제고시키기 위해 C2, C8 그리고 C1 노선에는 최대속도 140km/h, 1,840인의 승객(좌석 1,008석)을 수송할 수 있는 이층열차를 투입하고 있다.

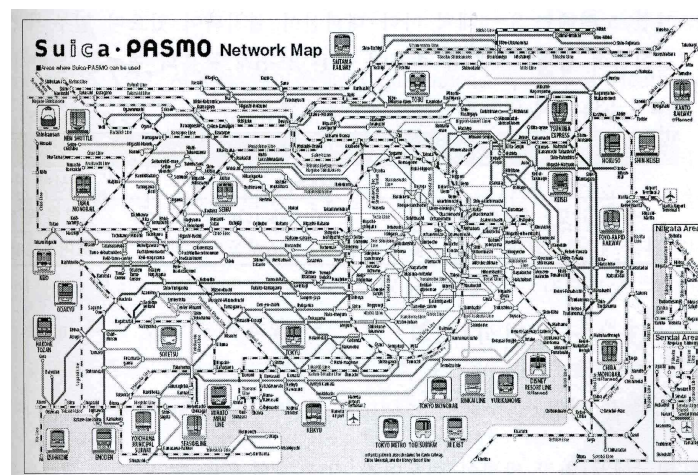
- 일본 도쿄 광역철도 현황

- 일본 도쿄 대도시권은 622km²의 면적과 864만인의 인구를 보유한 도쿄 중심지(23개 구)와 주변 도시들을 포함하고 있는데, 16,410km²의 면적 내에 약 3,920만인 수준의 인구 규모를 갖고 있어 세계에서 인구가 가장 많은 대도시권이다.
- 도쿄 대도시권에는 도시내부 수송 및 광역수송을 위해 총 연장 2,578km의 136개 철도 노선이 있는데, 연간 145억인을 수송하고 있다. 이 중 도쿄 내부에서 운영되는 지하철은 13개 노선 약 306km (285개 역), 연간 수송인원 약 26억인 규모임을 감안할 때 동일본철도 주식회사(JR EAST)와 다수의 민간철도회사에서 운영 중인 철도들이 매우 높은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다.
- 지역간 철도 및 광역수송 기능의 철도를 운영하고 있는 JR EAST는 도쿄 대도시권 광역철도망의 근간이 되는 36개의 노선을 운영하고 있으며, 13개 민간철도회사들은 도시내부 및 광역수송 기능의 노선들을 운영하고 있다.

<도쿄 대도시권 철도 현황>

구분	사회 경제 현황			철도 시설 현황		철도 연간 수송실적	
	면적 (km ²)	인구 (만인)	인구밀도 (천인/km ²)	지하철	지하철 외	지하철	지하철 외
도쿄 23개구	622	864	13.9	306km (285개 역)	약 2,200km (약 900개 역)	26억인	120억인
도쿄 대도시권	16,410	3,920	2.4	〃			

- 도쿄 대도시권 광역철도 수송의 경우 유사한 교통축에 다수의 노선이 운영되고 있는데, 대부분의 역은 타 노선과 연계되어 있으며, 노선 간의 상호 직통운행이 활성화 되어 있어 철도망은 수형도(Tree) 형태가 아닌 완벽한 네트워크 형태를 갖추고 있다.
- 순환형태의 노선으로는 도쿄 중심지역을 순환하는 Yamanote선과 도쿄 외곽 지역을 연결하는 불완전 환상형의 노선(무사시노선)이 있다. Yamanote선은 34.5km의 선로 연장에 29개의 역을 보유하고 있어 표정속도는 33km/h 내외에 불과하지만, 다수의 지하철 노선 및 광역철도 노선과 환승이 이루어지고 있다. 무사시노선은 100km의 노선 연장 중 72km만 여객 열차가 운행 중이며, 나머지 구간은 화물열차가 운행 중이다.
- 방사형의 노선은 순환철도와 연계하는 노선, 순환철도 내부를 관통하는 노선, 순환철도를 우회하여 통과하는 노선 등 다양한 형태를 보이고 있다.



〈도쿄 대도시권 전철망 현황〉

- JR EAST가 지역 간 철도의 일부 구간을 활용하여 광역수송 기능의 열차를 운행할 경우, 정차 패턴이 다양한 열차운행을 통해 표정속도를 제고 및 철도 서비스 범위 확대를 도모하고 있다. 일례로 도쿄와 나고야를 연결하는 지역 간 철도인 Chuo Line의 경우, 도쿄 역으로 부터 50km 떨어진 지역까지 광역수송 기능의 열차를 운행 중인데, 표정속도를 높인 일부 통근열차는 88km 구간까지 운행하고 있다. 순수 광역철도로 운영 중인 43km 18개 역의 Keiyo선(도쿄~지바)의 경우 운행열차에 따라 4~17개의 역에서 정차가 이루어 지므로 표정속도에서 큰 차이를 보인다.
- 민간철도회사가 운영 중인 노선들은 본선과 다수의 지선으로 구성되는데, 본선의 경우 다양한 유형의 열차를 운행하고 있기 때문에 침두시 시간당 운행횟수가 20회를 넘고 있다. 일례로 세이부 철도회사의 이케부쿠로선은 정차역 간 거리가 1.5km인 보통열차에서 부터 정차역 간 거리 10km의 특급열차까지 8가지 유형의 열차가 운행 중인데, 표정속도가 낮은 열차는 44km 구간만을 다 빈도로 운행하는 반면, 표정속도가 높은 열차는 77km 구간을 침두시 시간당 2~3회 규모로 운행하고 있다.
- 사철 노선에는 3~4 개역 마다 대피선이 설치되어 있으며 일부 구간에는 3선을 설치하여 급행, 완행 등 속도가 다른 3~5개 종류의 열차를 운행시키고 있다.

〈도쿄 대도시권 철도 현황〉

열차종류	표정속도	운행특성
보통열차	50km/h 이하	노선의 전역 정차
쾌속·급행·준급행열차	50~60km/h	일부역 무정차 통과
특급열차	60km/h 이상	주요거점도시만을 정차

- 영국 Crossrail 건설 계획

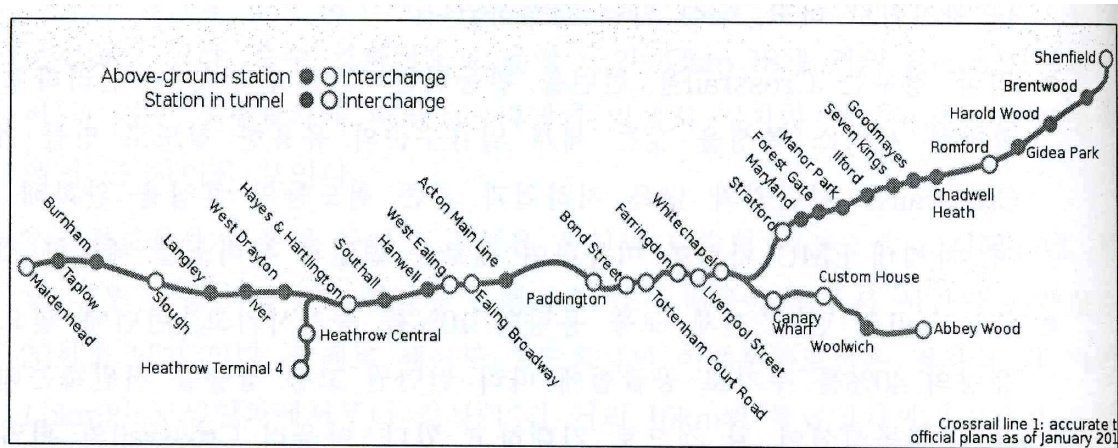
○ 사업 추진 배경 및 목적

- 영국에서 가장 발전이 이루어진 런던 광역권의 경우, 미래 세대들을 위한 지속 가능한 장기적인 경제개발과 사람과 환경이 보호받는 도시를 지역 개발의 비전으로 설정하고 있다. 런던의 미래 성장과 발전을 지원하기 위한 개선되고 효과적인 하부시설 공급이 필요하였다.
- 그러나 런던의 인구 및 일자리가 지속적으로 증가함에도 불구하고 지하철 및 국철의 혼잡수준은 이미 한계에 도달하여 장래 예상되는 인구, 주택, 고용 등의 성장을 지원하기 인프라 기능을 수행하는데 문제로 대두되었다. 이에 21세기 장기발전계획의 일환으로 동서와 남북을 각각 잇는 광역철도(Crossrail)를 설치키로 하고, 노선 안을 결정하였다.
- 영국 정부는 Crossrail을 런던을 관통하는 많은 운행횟수, 편리하고 접근이 편리한 서비스 특성을 갖는 세계 일류수준의 유용한 철도로 만들 계획이다. Crossrail은 런던권의 많은 지하철과 기존 철도들의 혼잡을 완화해 줄 것이며, 차세대 EMU 차량을 이용하여 새로운 연결과 서비스를 제공할 것이다.
- Crossrail은 런던 전체 교통 용량의 10%를 증가시키고, 런던에 필요한 철도용량의 40%를 추가로 공급함에 따라 런던권 고용 창출을 지원하는데 필요한 중추 교통시설이 될 것으로 기대하고 있다. 아울러 Crossrail의 편익은 영국 남동권의 교통망까지 파급됨에 따라 국가적 측면에서도 매우 중요한 교통망이 될 것이다.

○ 사업개요

- Crossrail은 런던 서쪽의 메이든헤드(M Maidenhead)와 히드로(Heathrow)와 런던 동쪽의 쉐필드(Shenfield), 아비우드(Abbey Wood)를 연결하는 118km 복선 철도로 건설된다. 이 중 런던 중심부는 21km의 새로운 단선병렬 터널이 건설된다. 한편, 이 노선은 영국 서부권과 동부권에 위치한 국철과 연결된다.
- Crossrail의 철도역은 37개로서 지하구간에 위치한 역은 9개이다. 런던 중심부에 8개 역이 신설되며, 기존 역 중에서 11개역은 대규모로 재건축 된다. Crossrail 역은 혼잡을 완화할 수 있도록 좀 더 넓고 긴 플랫폼을 가질 것이며, 리프트 등을 통해 도보 접근을 최소화 할 계획이다. 좀 더 넓은 공간, 조명시설의 확충, 승강장 안전시설, 환기시설 등을 기존 철도시설에 비해 개선할 계획이다.

- Crossrail은 1편성 열차를 10량 기준으로 조성하여, 1,500인 이상을 수송할 수 있도록 하였다. 열차운행시격은 구간별로 상이하나 런던 중심부 구간에서는 침두시 운행간격이 2.5분까지 계획하고 있다. 열차 운행속도는 160km/h 이하이나, 터널 구간에서는 100km/h 이하로 계획하고 있다. 2017년 개통을 목표로 사업을 추진 중이다.
- Crossrail은 약 159억 파운드의 예산이 소요될 것으로 추정하고 있다. 영국교통부(50억 파운드)와 런던 관련 공공기관 등이 주요 재원조달 주체이다.



<Crossrail 노선도>

○ 사업의 효과

- Crossrail로 인해 런던 중심부로부터 60분 이내 거주하는 인구 규모가 39만인 이상 증가할 것이며, 이에 따라 연간 2억인 이상이 노선을 이용할 것으로 추정된다. 철도 이용수요의 증가에 따라 아침 피크 기준 런던 시내 차량 통행 규모가 15,000대 가량 줄어들 것으로 예상된다. 편익 규모는 현재가 기준 360억 파운드로 추산되어 B/C(편익/비용) 비율이 2.0 이상인 경제성이 높은 사업으로 평가된다.
- Crossrail 공사기간에는 최대 14,000인의 직접적인 고용 창출 효과가 발생할 것으로 예상된다. Crossrail로 인한 도시의 매력도 증가에 따라 약 3만개의 고부가가치 고용이 발생할 것으로 추산된다.
- Crossrail 건설에 따른 생산성 향상, 노동참여 증가와 광범위한 효과가 예상되는데, 이러한 효과를 추가할 경우 Crossrail 사업의 경제성은 당초 보다 50%이상 올라가는 것으로 분석하고 있다.

2. 국내 정책동향

- GTX(Great Train Express)사업

최초의 경기도가 제안한 대심도 급행시스템, GTX(Great Train Express)는 최고속도 시속 180km로 서울과 수도권을 동서간/남북간으로 연결하는 대중교통 수단으로, 지하 40~50m 공간을 활용하여 기존 전철보다 3배 이상 빠르게 서울과 수도권 광역 거점 지역을 이어주며, 대심도 급행시스템의 도입으로 서울과 수도권은 30분 생활권으로 더욱 가까워지는 동시에 경기도 지역 간도 1시간이면 도착할 수 있어 수도권 최대 민

생 현안인 교통 문제의 획기적 개선을 목적으로 하고 있다. 경기도의 의뢰를 받아 2008년 5월 대한교통학회는 “경기 남부지역 광역교통망 구상 연구용역”의 수행결과, 동탄 신도시와 서울 삼성역을 연결하는 대심도 고속 급행 철도 건설사업이 경제적으로 타당성이 있다는 수요 분석 결과를 발표하였다. 이후 경기도 및 민간기업 3개 컨소시엄(현대산업개발, 삼성중공업, 동림, 이하 대표사)이 각각 국토해양부에 제안서를 2009년 하반기에 제출하였으며, 이에 국토해양부는 제안사업에 대한 타당성 조사 용역을 한국교통연구원에 의뢰하였다. 정책분야 및 총괄은 한국교통연구원에서 수행하고 있으며, 기술적 측면의 타당성 검토는 한국철도기술연구원에서 수행하고 있다. 경기도는 수도권 신개념 광역 교통수단도입방안 연구용역 결과를 토대로 다음 그림 및 표와 같이 수도권 광역 급행철도 3개 노선을 제안하였다.



<경기도 제안 GTX 3개노선>

<경기도 GTX노선 구간 개요>

구간	노선 1	노선 2	노선 3
시점	킨텍스	송도	의정부
종점	동탄	청량리	금정
연장	74.8km (GTX:46.3km, KTX:28.5km)	49.9km	49.3km

○ GTX 사업개요

- 2012년 착공, 2016년 개통
- GTX 네트워크는 3개축 145.5Km, 총 건설비 14조원의 재원 소요 예상
- 민간 자본(60%)과 대규모 택지개발이익금(20%)을 활용 제안, 정부 재정은 20% 정도로 제한
- 최고 속도는 200km/h. 역간 정차 등을 고려한 표정속도는 약 100 ~ 120km/h

- 수도권 고속철도 (수서 ~ 평택)

(1) 개요

- 2010년 착공, 2014년 개통
- 경부고속철도 2단계와 호남고속철도 완공에 따른 선로용량 부족해소와 서울·경기 지역의 고속철도 잠재수요 창출 및 서비스 제공
- 공사비는 3조 7천억이며, 기간은 2010년 시작하여 2014년 완공을 목표



<수도권 고속철도 노선도>

<수도권 고속철도 주요 경유지 및 차량기지>

주요경유지	행정구역	비고
수서역	서울시 강남구 수서동 일원	지상역사
동탄역	경기도 화성시 동탄면 일원	지하역사
수서 주박기지	서울시 강남구 수서동 일원	지상

3. 국내외 시장현황 및 전망

- 국내 시장현황

국내 시장 현황은 경기도에서 제안한 GTX 사업비로서 예측할 수 있다. 경기도에서 제안한 GTX의 사업비를 주요 항목별로 살펴보면 다음과 같다.

가. 공사비

(1) 토목

○ 본선티널

- 한강 통과부를 제외한 전구간을 NATM 공법(복선)을 적용하였으며, 공용구간 접속부 3km는 단선티널을 적용하여 62,682억원으로 산출하였다.
- 본선티널 공사비를 추정하는데 활용한 자료는 『지하철 9호선 1단계 실적공사비 자료(2002)』 와 『지하철 9호선 2단계 909곡구 건설공사비(2003)』, 『신분당선 연장(정자~수원) 복선전철 타당성 조사 및 기본계획(2006)』 자료를 참조하여 2007년을 기준년도로 하여 산출하였다.

○ 정거장

- 개착 정거장과 터널 정거장중 일반 정거장은 2-Arch, 부분선 정거장은 3-Arch로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 1단계 실적공사비 자료(2002)』를 참조하여 13,735억원으로 산출하였다.

○ 차량기지

- 3개소의 차량기지와 1개소의 주박기지로 산출하였으며, 『신안 산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 총 3,796억원으로 산출하였다.

(2) 궤도

- 본선과 차량기지로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 2단계 건설사업 예비 타당성 조사 보고서(2004)』와 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 3,195억원으로 산출하였다.

(3) 건축

- 정거장과 차량기지로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 2단계 건설사업 예비 타당성 조사 보고서(2004)』와 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 2,632억원으로 산출하였다.

(4) 시스템(E&M)

○ 전기설비

- 본선과 차량기지로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 2단계 건설사업 예비 타당성 조사 보고서(2004)』와 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 8,138억원으로 산출하였다.

○ 신호설비

- 본선과 차량기지로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 2단계 건설사업 예비 타당성 조사 보고서(2004)』와 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 2,822억원으로 산출하였다.

○ 기계설비

- 정거장과 차량기지로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 2단계 건설사업 예비 타당성 조사 보고서(2004)』와 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 3,387억원을 산출하였다.

○ 통신설비

- 본선, 정거장, 차량기지로 구분하여 산출하였으며, 『지하철 9호선 2단계 건설사업 예비 타당성 조사 보고서(2004)』와 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 5,383억원을 산출하였다.

○ 점수설비

- 『신안산선 민간투자사업(2004)』을 참조하여 219억원으로 산출하였다.

나. 부대비

- 기본 및 실시설계, 감리비, 조사 및 측량비, 시운전비로 구성되며, 비용은 예비 타당성 표준지침에 따라 용지보상비를 제외한 공사비의 규모를 토대로, 설계비는 『엔지니어링 사여대가기준 공사비에 다른 요율』을, 감리비는 전면책임감리비로 산출하였으며, 조사측량비는 공사비의 1%를 적용하였으며, 시운전비는 6개월 시운전 기준으로 초기년도 운영비의 50%를 적용하여 10,222억원으로 산출하였다.

다. 용지보상비 비교분석

- 차량기지에 대한 보상비와 노선의 사유지 침범에 따른 지하부분 보상비로 나누어서 산출하였다. 지가는 한국감정평가협회의, 한국감정평가연구원에서 제공하는 표준지 공시지가를 이용하여 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 (제4판) (한국개발연구원, 2004)』를 참조하여 공시지가에 2.296배를 곱하여 추정하였다. 산출된 비용은 4,223억원이다.
- 노선의 사유지 침범에 대한 지하보상비 산정기준은 서울특별시 『지하부분 토지사용에 따른 보상기준에 관한 조례(2006.10)』 및 『지하부분 토지사용에 따른 보상 조례(2006.10)』 기준을 적용하였다.
- 한계심도를 초과하여 지하시설물을 설치하는 경우에는 한계심도를 초과하여 20m 이내에 건설하는 것으로 가정하여 보상비율 1%를 적용하였다.

라. 예비비 비교분석

- 타당성 조사 단계에서 발생할 수 있는 사업비 산출의 오차 및 이에 따른 영향을 최소화하기 위해서 공사비, 부대비, 및 용지보상비의 10%를 예비비로 책정하여 12,004억원으로 산출하였다.

마. 차량구입비 비교분석

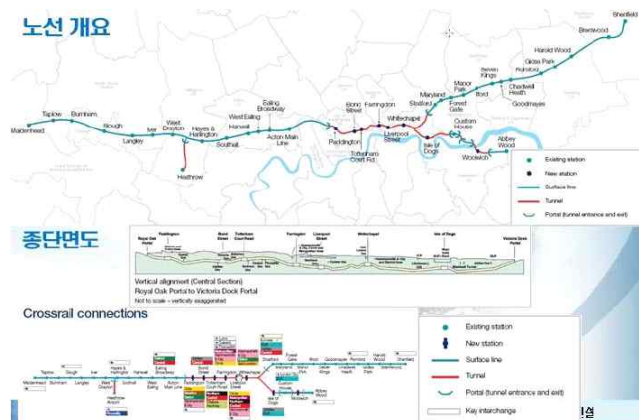
○ 54편성(6량/편성) 324량에 대해 시운전을 고려하여, 국내 실정에 적합한 180km/h급의 EMU 차량에 대하여 검토하였으며, 산출된 비용은 6,360억원이다.

- 국외 시장현황

해외의 대심도 철도의 사례는 살펴보면 심도는 지하 50m이상의 대심도이나, 운행열차의 속도는 급행이 아닌 기존 지하철의 속도와 큰 차이가 없음으로 인하여 현재 구상 중인 대심도 급행시스템과는 차별성을 보이고 있다. 따라서 급행시스템으로 인한 차별성이 심도 있게 검토되어야 함을 알 수 있다.

가. Great London CrossRail 구축사업 (영국)

최근 영국에서는 영국남동부와 런던지역을 잇는 새로운 철도노선 계획(Great London CrossRail)을 민관공동투자방식으로 계획하여 시행중에 있으며, 런던의 지하철 수용능력을 7% 상승시킬 것으로 기대하고 있다.



<그림 2.40> Great London CrossRail 구축사업 (영국)

- 노선 : Maidenhead ~ Abbey wood Maidenhead ~ Shenfield
- 사업비 : 160억 파운드 (B/C = 2.6) (한화 약 28조 6천만원)
- 개통연도 : 2017년
- 운행속도 : 일반 (100mph), 터널(60mph)
- 수송계획 : 첨두시 시간당 24회 운행, 오전 첨두시 160,000명 이상 수송

나. 프랑스

프랑스 대수도론인 그랑파리 전략에 따라서 130km의 자동화된 메트로 노선 구축을 추진하고 있으며, 파리중심과 샤를드롤공항 및 오를리 공항과 파리 중심이 적어도 25~30 분 안에 연결하여 두 공항을 최소 한 시간 내에 연결 하고자 하는 프로젝트를 구상중이다. 이에 따라 10조 이상의 신규시장이 형성되고 있다.

4. 기술 동향 분석

- 기술 분류 및 정의

가. 차량시스템 핵심기술개발

(가) 국내 기술 현황

- 고속철도의 경우, KTX는 GTO Thyristor 인버터와 권선형 동기전동기를 채용, KTX II는 IGBT 소자 방식의 인버터와 유도전동기를 채용하고 있지만, 국내에서는 철도차량용 추진시스템의 고출력밀도화 기술에 대한 구체적인 연구실적은 없음
- 차세대 고속철도 사업을 비롯한 여러 차량개발 사업단에서 연구를 수행중이나, 전체 시스템에 대한 개발을 목표로 하므로 고출력밀도 추진시스템에 역량을 집중하지 못하고 있는 실정이며, 오히려 고출력밀도 추진시스템 핵심요소기술에 대한 연구는 전기자동차를 중심으로 중점 수행되고 있음
- 일례로 현대자동차에서 하이브리드 자동차 견인용 모터로서 일본에서 도입한 영구자석 동기전동기(IPMSM)을 적용하여 고효율 운전을 위해 개발을 진행 중에 있으나 그 외의 분야에서 적용은 거의 전무한 상태임
- 전기차용 영구자석 견인전동기 및 고효율 컨버터, 인버터 개발분야의 관련특허는 일본이 가장 많이 보유하고 있으며, 그 외 미국과 독일이 경쟁중이고, 한국은 연구개발 성과가 부진함

< 국내 기술 개발 현황 >

	한국형 TTX	고속철도	
		KTXII	HEMU-400X
전력 변환 장치	•VVVF- IGBT, IC2M 방식 •Heat pipe와 자연냉각방식 •출력 650kVA •출력밀도 0.54kVA/kg 	•VVVF-IGBT, IC2M •Heat pipe와 강제냉각 •출력 2717kVA •출력밀도 0.67kVA/kg 	•VVVF-IGBT, 1C4M(1C1M) •Heat pipe와 수냉각 방식 •출력 2050kVA •출력밀도 0.976kVA/kg 
견인 전 동 기	•농형 유도전동기 •냉각방식 : 자기통풍 방식 •출력 250kW / EA •출력밀도 0.40kW/kg 	•농형 유도전동기 •냉각방식 : 강제공냉방식 •출력 1100kW / EA •출력밀도 0.73kW/kg 	•농형 유도전동기 +IPM •냉각방식 : 강제공냉방식 •출력 410kW / EA •출력밀도 0.77kW/kg 

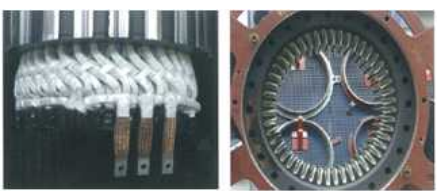
< 국내 기술 보유 기관 현황 >

기관명	보유 기술 또는 특허	기술 수준	비고
현대로템	전동기 설계 및 제어 기술	다량의 철도차량용 추진시스템 개발 경험을 통한 기술 보유	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준 80 (%)	
한양대	IPMSM 최적설계 및 열 해석 관련 기술	IPMSM 관련 서적을 저술할 만큼 최적설계 및 관련 기술 보유	다수의 관련 연구과제 수행
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준 90%	
철도연	전동기 및 전장품을 포함한 추진시스템 관련 SE 기술	전문적인 고출력밀도를 위한 추진시스템의 설계 및 제어 기술 부분 보유	모터 및 전력 변환장치 전문가 다수 보유
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준 70%	

(나) 국외 기술 현황

- 고속철도의 경우, 속도향상에 따른 궤도 부담하중의 최소화를 위해 차량시스템의 축중 감소 기술 개발에 주력 중이며 일환으로 전장품을 비롯한 추진시스템의 경량화를 추진 중이며, 열차의 성능향상을 위해 신규 차량 개발 단계부터 표준화된 모듈시스템을 적용하고 있음
- 일본 고속철의 경우, 300 Series부터는 기존선에서 속도 향상을 위한 제어기능 향상, 경량 고출력 유도전동기 적용 등 차체 중량 최소화에 주력하였음
- 프랑스의 경우, TGV-D 3세대 차량부터 동기전동기 및 강제 순환식 냉각 방식을 채용하였으며, TGV-POS의 견인전동기는 0.862 kW/kg의 출력밀도를 내는 유도전동기를 채용하였으며, 다음 세대 AGV는 1 kW/kg의 출력밀도를 달성하였음
- 독일의 ICE 경우, 일본의 신간선과 같이 PWM 방식의 컨버터와 전압형 인버터 방식으로 견인전동기는 유도 전동기(농형)방식을 채택하며, 반도체 소자는 GTO Thyristor를 사용하고 있음

〈 국외 기술 개발 현황 〉

일본 Hitachi A-Train	독일	프랑스
• 3.3kV 대용량 모듈 타입 IGBT 채용(경량화, 저소음화 구현) • Heat pipe 강제 수냉각 방식의 인버터 채용 • 유지보수 성능을 강화한 3상 유도전동기 (PressureFan 및 장수명의 Grease 적용) 	• ICE-3용 전력변환장치 -동력분산식 적용 -VVVF-IGBT 인버터 -PWM 방식 컨버터 -전압형 인버터 -반도체 소자 :GTO Thyristor • ICE-3용 견인전동기 -농형유도 전동기 	• TGV-D 3세대 차량부터 동기전동기 및 강제 순환식 냉각 방식을 채용 • TGV-POS용 견인전동기 -농형 유도전동기 -출력밀도 : 0.862 kW/kg • AGV용 추진제어시스템 -동력분산식 적용 -VVVF-IGBT 인버터 -영구자석 동기전동기 적용 -출력밀도 : 1 kW/kg 달성 

〈 국외 기술 보유 기관 및 기술 수준 현황 〉

기관명	보유 기술 또는 특허	기술 수준	비고
일본 히타찌 캐나다 봄바디어 독일 지멘스 독일 ABB	전력변환장치 및 전동기	철도차량용 고효율 추진시스템 제작 경험 有 세계최고 기술수준 대비 상대적 수준 90~100 (%)	
프랑스 알스톰	매입형 영구자석동기전동기 설계 및 제어 기술	AGV 차량용 추진시스템 개발 완료 세계최고 기술수준 대비 상대적 수준 100 (%)	

나. 인프라시스템 핵심기술 개발

(1) 터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발



대심도 방재기준 확립 기술

- 대심도 지하승강장 안전성 평가 기술
- 대심도 화재안전설비 설계기술
- 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계기술



대심도 안전성 향상 기술

- 대심도 화재감지 및 제연기술
- 대심도 화재 조기진압 시스템 개발 기술
- 대심도 화재안전성 평가 고도화기술
- 대심도 철도 배연설비 내열성능 평가장비 개발기술

대분류	중분류	소분류
대심도 역사의 피난동선 및 화재안전 을 위한 핵심 기술 분야	대심도 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기 술 개발	피난계획 및 피난시스템 설계기술
		구난역 설계 및 관련기준 정립
		대심도 실내환경 지수(index) 개발
	정거장 설비시스템의 운용 최적화, 표준화	지능형 종합통제 센터를 통한 통합 자 동제어
		표준화에 의한 공사비, 유지관리비의 절감
		대심도 급행특성을 고려한 설비표준화

- TSI-SRT(technical specification of interoperability - safety in railway tunnel)
 - TSI-SRT는 2008년 7월 3일에 발간되었으며 기존 및 신규터널의 화재안전 관련 규정을 서술하고 있으며 주요 내용은 다음과 같다.
 - 서론 - 터널의 길이 및 차량의 분류에 따라 구별하였으며 본 규정에서 담고 있는 내용에 대하여 전체적으로 서술.
 - 상황에 대한 정의 - 화재, 비화재(충돌, 탈선) 및 터널 비상정차에 대한 정의 등이 있음
 - 5 km이상의 모든 터널에서 구난역 설치를 적용하고 있으며, 대심도의 경우는 20 km이상의 장대터널이기 때문에 20 km 마다 구난역 설치 요구
 - 터널 화재검출 및 구조 건전성에 대한 요구
 - 차량에 대해 Hot box detection을 할 것을 요구
 - 차량에 대해 조기 화재감시기능을 요구
 - 차량 비상 운행 능력과 관련하여 화재와 같은 비상시에도 시속 80km로 15

분 이상 주행할 것을 요구

- TSI-NOISE(technical specification of interoperability - safety in railway tunnel)
 - TSI-NOISE는 개활지에서의 주행소음이 규정되어 있어 대심도 철도에는 적용이 어려움
 - 대신에 2017년까지 단계적으로 강화되는 소음진동관리법 제45조 2의 기준에 부합되도록 터널 내에서의 차량 소음기준을 저감시키는 연구 필요

<EMU 차량의 소음 기준>

적용시기	전기동차(EMU), 단위 : dB(A)	
	정차소음, Leq	주행소음, Leq
2011.01.01.~2013.12.31.	70	87
2014.01.01.~2016.12.31.	69	84
2017.01.01.~	68	81

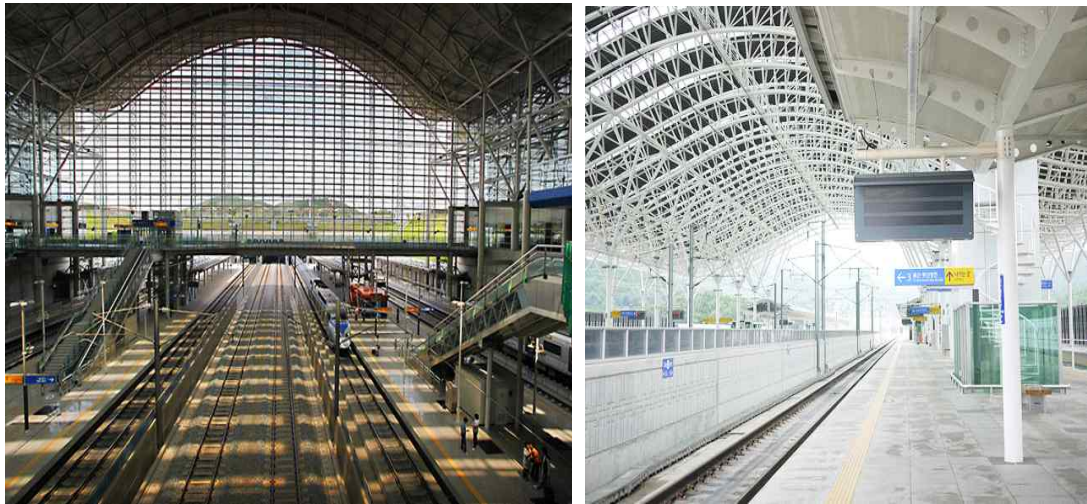
- 대심도 운행에 따른 차량에서 발생하는 소음을 검토하여 아래와 같이 저감대책 방안 조사 및 후보과제 선정하여 소음관련 기술개발 연구 제시

해외의 소음 저감 대책	후보과제 선정
● 전동소음 저감방안 * 대차 Shield 도입, 휠의 감쇠능 향상, * 궤도 틀림 관리 철저, 고강성 레일패드/궤도진동흡수장치 적용 ● 공력소음저감방안 * 대차 스커트 * 저소음 팬터그래프 적용 * 애자 등 공력형상 설계	⇒ 저소음 대차 개발 ⇒ 저소음 궤도 개발 ⇒ 저소음 대차 개발 ⇒ 저소음 팬터그래프 개발 ⇒ 전두부 등 차체 공력형상 설계
● 전동소음 저감방안 * 휠 최적 형상설계, 휠의감쇠능 향상, 휠 커버 도입 * 매립형궤도 적용 ● 공력소음저감방안 * 대차 스커트 * 저소음 팬터그래프 적용	⇒ 저소음 대차 개발 ⇒ 저소음(매립형) 궤도 개발 ⇒ 저소음 대차 개발 ⇒ 저소음 팬터그래프 개발

(2) 대심도 이용객 쾌적성 향상기술

○ 최근 구축된 지상역사의 경우 자연채광을 도입하고 있으나 이용객의 온열쾌적성을 고려한 종합적인 쾌적성 증대방안은 없는 실정임

- KTX광명역, 신경주역, 부산역등 지상역사의 자연채광 도입
- 역사 전체에 냉난방을 하지 않기 때문에 이용객의 온열환경만족도는 낮은 수준임



<자연채광을 도입하고 있는 KTX 지상역사>

○ 최근 구축된 신분당선의 경우 이용객의 만족도를 높이기 위한 다양한 조형물을 도입하였으나, 공조방식은 기존과 동일한 방식을 적용하여 공기질 유지를 위한 냉방에너지 및 공조설비 유지보수 비용문제를 해결하지 못함

- 이용객 쾌적성 증대의 측면보다는 광고효과의 증대를 위한 관점에서 역사가 디자인되어 있음

○ TSI-SRT(technical specification of interoperability - safety in railway tunnel)

- TSI-SRT는 2008년 7월 3일에 발간되었으며 기존 및 신규터널의 화재안전 관련규정을 담고 있다. 문서의 구조는 아래와 같다.

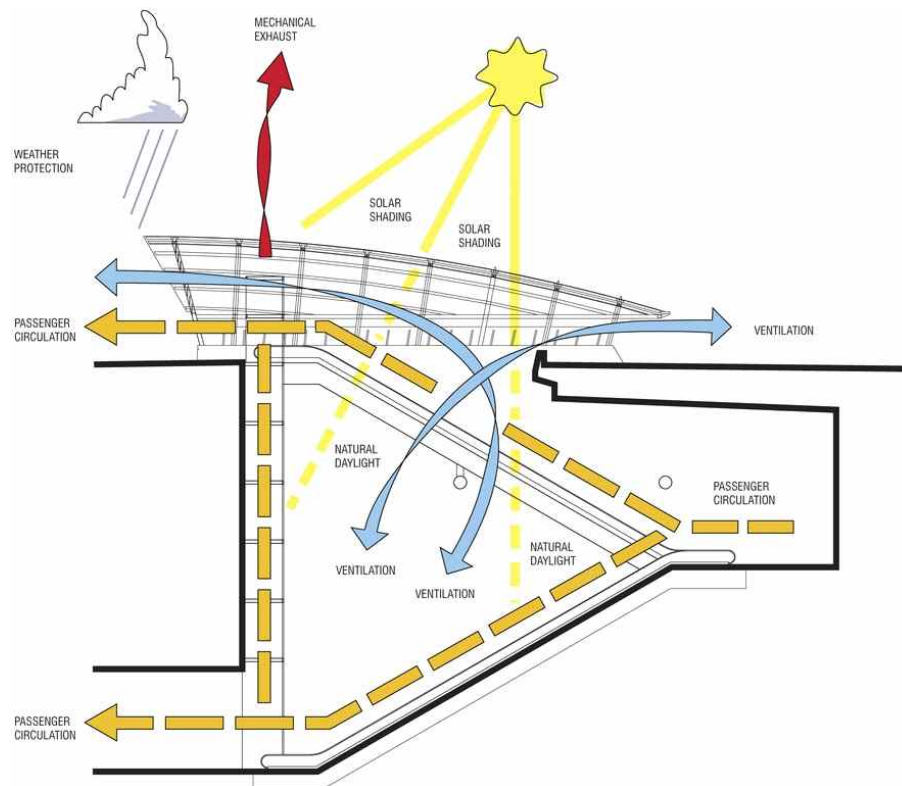
- 서론 - 터널의 길이 및 차량의 분류에 따라 구별하였으며 본 규정에서 담고 있는 내용에 대하여 전체적으로 언급함
- 상황에 대한 정의 - 화재, 비화재(충돌, 탈선) 및 터널 비상정차에 대한 정의 등이 있음
- 필수 필요조건 -2001/16/EC(기존 철도 시스템 상호운전 관련 규정)를 만족하여야 하는데 그중 ANNEX III에 대한 내용을 언급함
- 하부시스템을 시설하부시스템, 에너지 하부시스템, 조정과 시그널 하부시스템, 차량 하부시스템, 운영규정, 보수규정, 전문성 및 건강과 안전조건으로 구분지어 설명하고 있다.

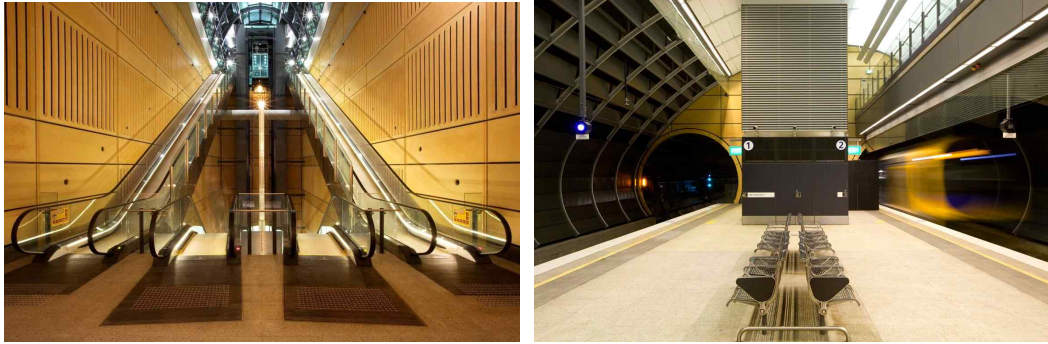


<신분당선 강남역의 대합실과 승강장>

○ 호주 시드니 Epping-Chatswood 역사

- 시드니 메트로بول리탄 레일네트워크로 구축된 역사로 자연채광과 기계환기를 효과적으로 적용하여 친환경적이며 에너지 소비최소화 가능한 역사임

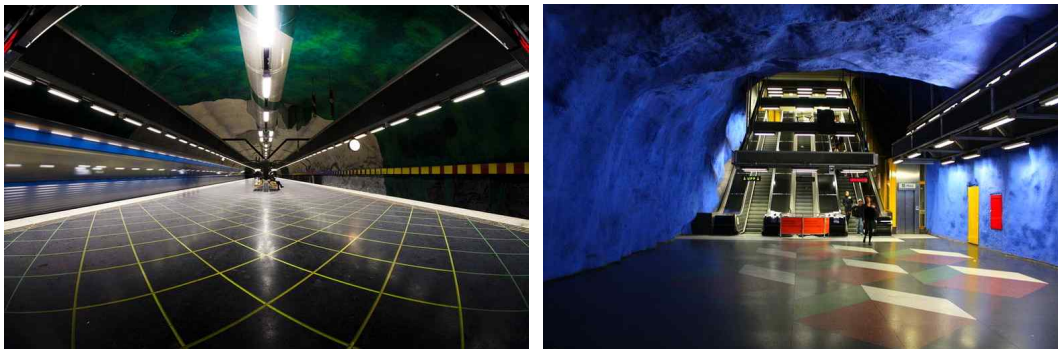




〈호주 시드니의 Epping-Chatswood 지하역사〉

○ 스웨덴 스톡홀름의 지하철 역사의 조형물 설치

- 이용객의 쾌적성 증대 효과와 이용객 만족 증대효과



〈덴마크 스톡홀름 지하철 역사의 조형물 모습〉

○ 철도역사에 대한 인식 변환에 따른 친환경 역사의 수요증대

- 단순한 철도차량의 탑승과 하차의 공간이 아닌 이용객의 만족도를 극대화 시킬 수 있는 다양한 요소를 결합하여 지역의 랜드마크화 하는 추세임
- 태양광과 자연환기 기법등 다양한 친환경 요소의 접목을 통해 냉난방 에너지를 최소화할 수 있는 방법을 적용하고 있음
- 쾌적성의 주요 요소는 공기질과 온열환경외에도 시각이나 청각적 요소가 영향을 줄 수 있음

○ 『대심도 교통·물류 네트워크구축 기술 기획』 중 제안된 대심도 철도화재 비상 대응 기술 연구

- 일반 지하철도 및 터널에 비하여 위험도가 높은 대심도 철도터널 및 지하역사 구간의 화재사고에 대한 대응기술 및 안전기준 제시를 위한 연구
 - 대심도 장대 철도터널 실시간 화재감지 기술 연구
 - 대심도 지하역사 및 본선터널의 최적제연 대책 연구
 - 대심도 철도 터널 화재안전성 평가 기술 및 화재안전 기준
 - 대심도 지하역사 방화구획 기술 연구
 - 화재열차 구난 및 소화 대책 기술(구난승강장 소화시스템) 개발
 - 대용량 특별 피난 대책 개발

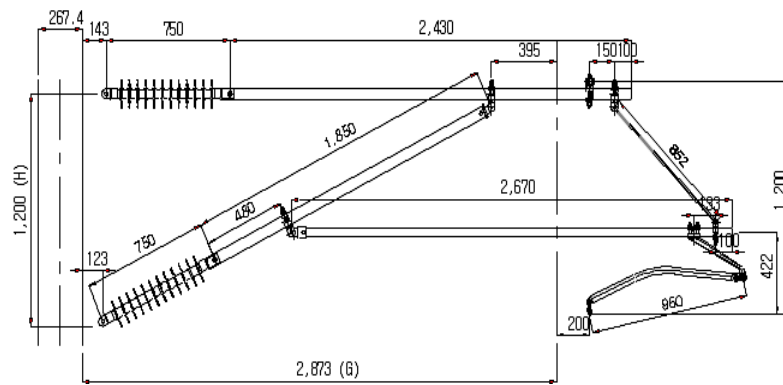
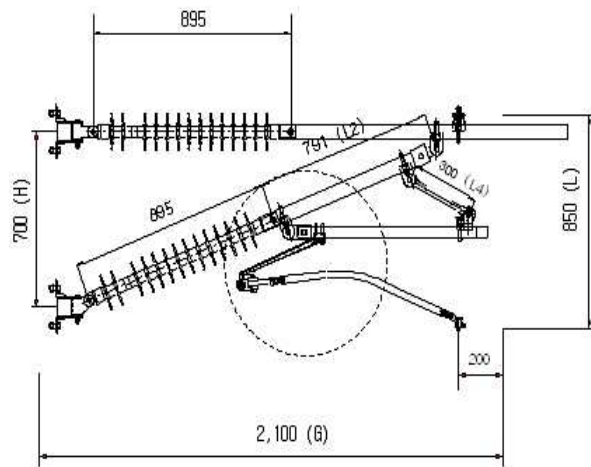
(3) 대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

- 궤도시스템 기술요건 정립 및 소음저감 핵심기술 개발
 - 국내·외 초장대터널 궤도구조 설계 및 시공사례 검토
 - 궤도유형에 대한 기술특성 분석
 - 궤도구조시스템 주요 기술 요구조건 정립
 - 소음저감시스템 개발
- 최적 궤도시스템 선정 방안 연구
 - 대심도 급행철도 특성을 고려한 궤도유형별 분석
 - 적용성 및 시공성 검토

(4) 대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계

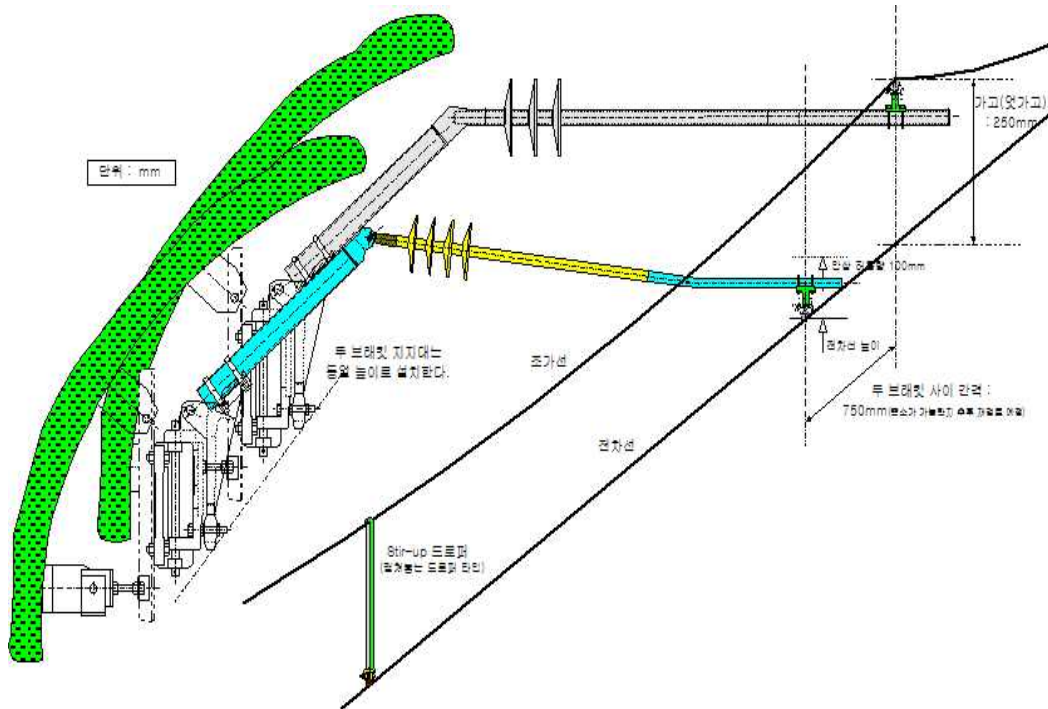
(가) 국내 기술 현황

- 고속철도 및 기존철도에서는 장거리 수송에 따른 전압 강하 등을 고려하여 AC 25kV의 단상 전력을 심플카티너리 방식의 전차선로에 공급하여 열차 추진에 사용하고 있음
- KTX의 300km/h 운행을 위하여 프랑스로부터 최고 운행속도 300km/h급 전차선로를 도입하여 경부고속철도에 설치, 운영하고 있으며, KTX 개통과 함께 기존선 속도 향상을 위하여 기존철도 호남선 및 경부선의 전철화가 이루어진 바 있음.
- 2008년도에는 호남선 함평~무안 구간의 전차선로 일부를 개량하여 틸팅열차가 호남선 개활지에서 최고 운행속도인 180km/h로 주행할 수 있음을 실증한 바 있으나, 협소터널에서 집전성능 악화로 인하여 최고 120km/h로 주행하고 있음.
- 도시철도의 최고 운행속도는 100km/h 이하로 간선철도보다 낮으며 대부분의 도시철도에서는 AC 25kV보다 절연강도를 덜 요구하는 DC 1500V를 적용하고 있음.
- 도시철도 개활지에서는 심플 커티너리 방식의 전차선로가 사용되고 있으며, 지하구간에서는 터널 단면적을 줄일 수 있는 강체 전차선로(T바 혹은 R바)를 사용되고 있음.



<국내 기존선용 가동브래킷 구조 및 형상>

○ 협소터널용 150km/h급 엇가고 터널 가선 시스템



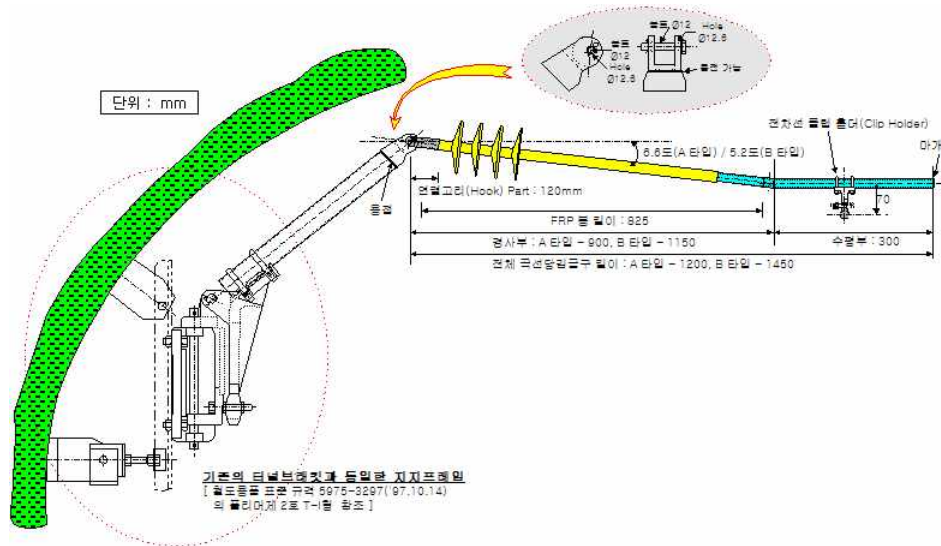
<설치개념도>

○ 엇가고 시스템 설계 기준

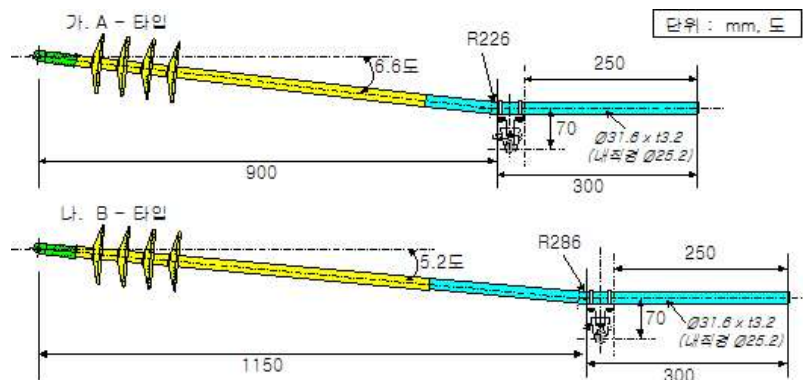
- 정격 전압 : 25kV
- 최소 경간 : 20m
- 편위 : 곡선반경 3000m 이상에서 좌우 200mm(±200mm)
- 최소 가고 : 250mm
- 전차선 장력 : 15000N 이하
- 조가선 장력 : 14000N 이하
- 전차선 무게 : 1.334kg/m(Cu 150mm² 기준) 이하
- 조가선 무게 : 0.605kg/m(Bz 65mm² 기준) 이하
- 최소곡선반경: 600m
- 캔트 : 160mm 이하
- 최대 풍속 : 40.5m/s
- 주위온도 : -25℃ ~ 40℃

○ 설계 주안점

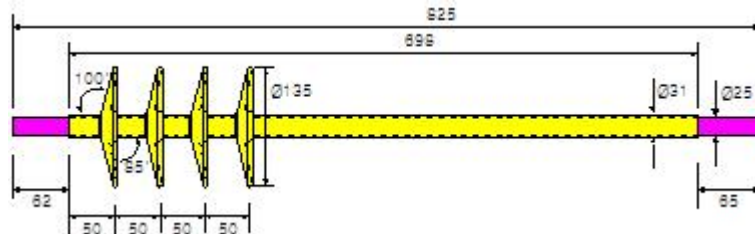
- 전차선 지지 브래킷(FRP 절연 곡선당김금구)



<전차선 지지 브래킷 설계도>

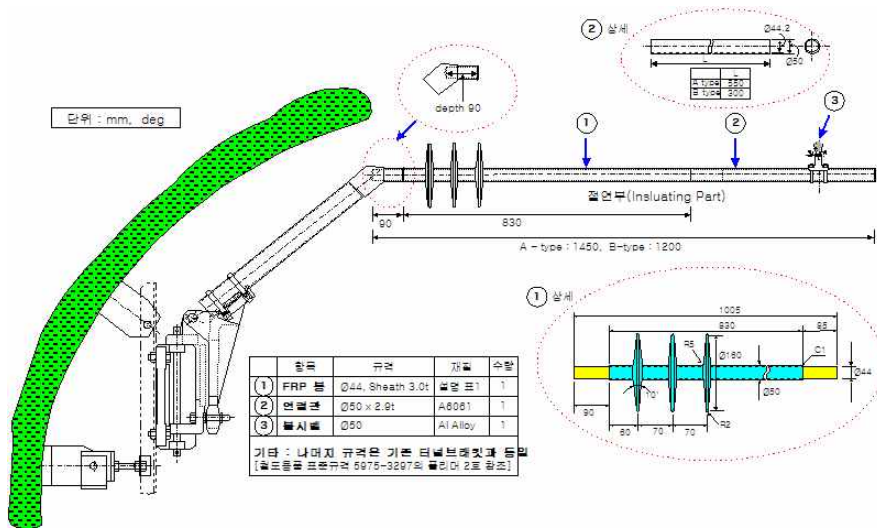


<FRP 곡선당김금구 설계도>



<FRP 곡선당김금구 절연부 설계도>

- 조가선 지지 브래킷

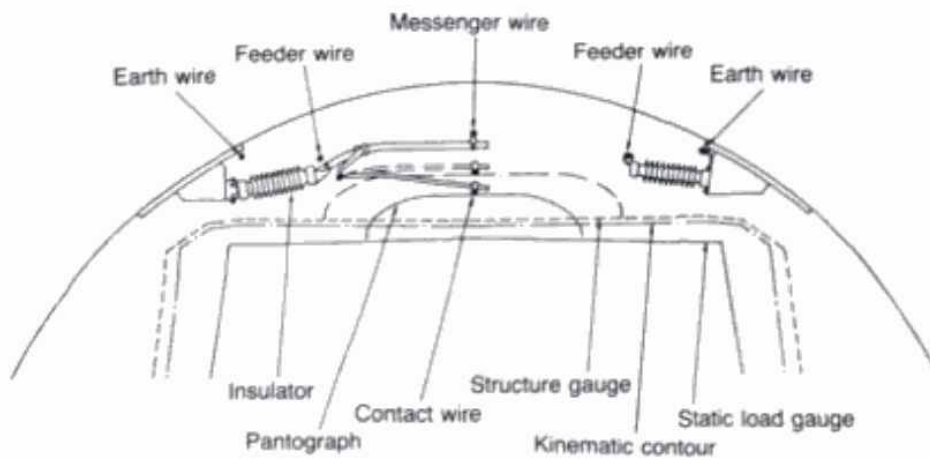


〈조가선 지지 브래킷 설계도〉

(나) 국외 기술 현황

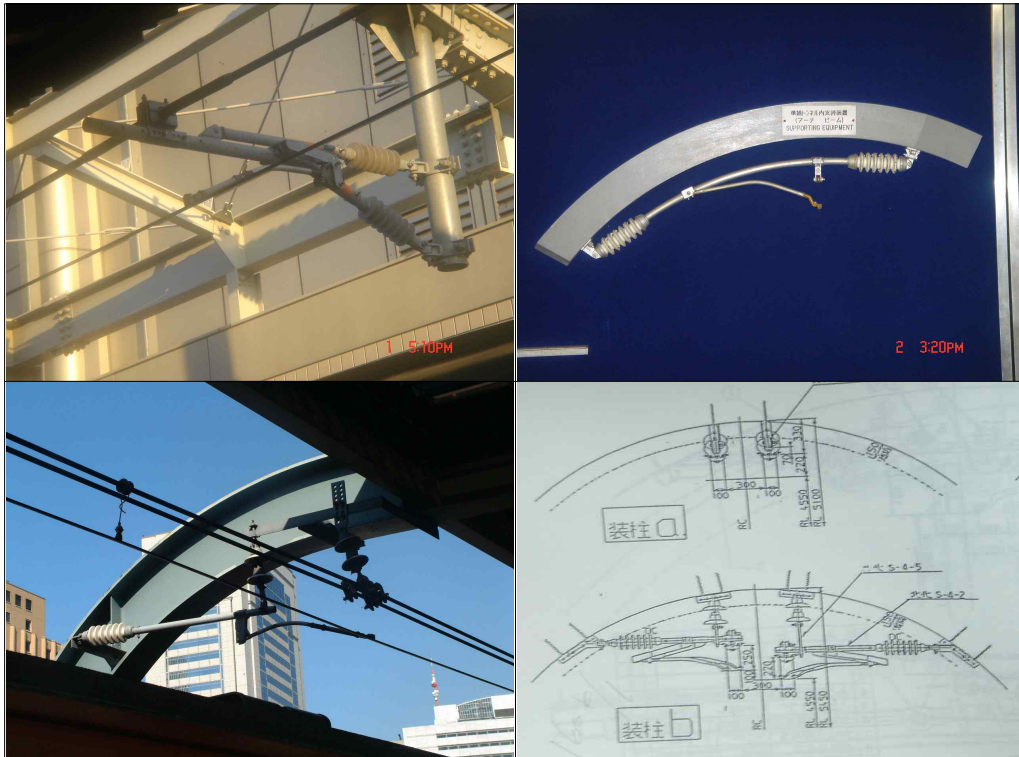
- 지하구간에 사용되는 강체 전차선로는 유럽 및 일본의 도시철도 운영 경험에 따르면 집전능력의 미 확보로 인하여 최고 운행속도가 200km/h에 도달하지 못하고 있음.
- 대심도 철도와 유사한 사례인 프랑스-영국간 도버해협을 연결하는 유로터널의 전차선로를 살펴보면 건설비 절감을 위하여 협소터널을 뚫어 열차가 최고 운행속도 160km/h로 주행하고 있음.
- 유로터널에서는 강체 전차선로 대신에 공간이 협소한 터널 내에서 고속 주행할 수 있는 새로운 심플 카티너리 전차선로(기존 전차선로에 비하여 고 풍압, 저 가 고 상태에서 200km/h로 주행할 수 있도록 설계)를 개발하여 적용하였으며, 터널 내 기후 조건을 고려하여 애자 등 핵심부품을 새로 개발하여 적용하였으며, 기존 전차선로와 달리 터널 내의 전기 안전을 위하여 인류거리마다 전기 차단을 할 수 있도록 하였음.
- 국외의 경우 간선철도의 전기방식에 교류, 직류 급전방식에 모두 적용되고 있으나 간선철도에 적용중인 직류 급전방식의 경우 대부분이 DC 3,000V 시스템으로 적용중이나 국내의 경우 DC 3,000V 시스템에 대한 적용구간이 없으며 이에 대한 기술도 미비한 상태임.
- 교류 급전방식으로 경우에는 국내와 유사하게 AC 25kV의 단상 전력공급을 하고 있으며, 이를 위해 지상부에 옥내 또는 옥외에 변전소 등의 급전설비를 구성하고 있음.
- 영불해협 터널(유로터널) 전차선로
 - 전차선 높이 : 5.87, 예외적으로 싱글 점에서 5.6m
 - 전차선의 설계 속도는 200km/h
 - 전차선은 SNCF type 85 모델에서 전차선을 107mm² 대신 150mm² 사용

- 전차선 장력 20kN
- 가선 구조 : 심플 커티너리(Simple Catenary) 타입으로서 가동브래킷은 가고가 축소를 위하여 상부 파이프를 특수하게 구부린 형태의 특수한 타입.(유로 터널에 적용을 위하여 별도 개발한 특수 타입)



<유로터널 및 유로터널내 전차선로 설치현황>

○ 일본의 다양한 브래킷 방식



<일본의 다양한 브래킷 방식>

○ 오스트리아 지텐버그 터널에 설치 운영중인 200km/h급 준고속 강체 가선 (R-bar)



<오스트리아의 R-bar 설치 현장>

(5) 대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

○ 동축 케이블 급전방식은 철도전력을 공급하기위한 전철전력시스템 분야로 정의되며 이를 수행하기위해서는 동축케이블의 개발, 급전시스템해석, 시험평가가 수행되는 분야임

(6) 대심도 터널 공사 중 주변 구조물의 사용성 및 지속성 보존 방안 연구

- 터널과 같은 지중 굴착 관련 프로젝트들의 설계 및 시공 개념이 기존의 충분한 안정성 확보에서 변형 제어와 같은 사용성을 중시한 더 엄격한 개념으로 옮겨가고 있음
- 시카고의 Block 37 도심지 재개발 프로젝트의 경우 굴착현장 주변 지반의 변형을 약 5 cm (2 in.)로 엄격히 제한하여 주변 기존 구조물의 사용성(Serviceability) 및 지속성(Sustainability)을 보존함
- 대심도 장대 터널의 본선 터널 및 수직갱 공사는 지반의 변형을 유발하여 기존 구조물의 사용성 및 지속성 보존에 악영향을 끼치므로 이에 대한 연구가 필요한 실정임
- 대심도 터널의 경우 환기 및 방재를 위하여 수직갱의 시공이 필수이며, 수직갱 공사현장 주변 지표 구조물의 공사로 인한 영향이 클 것으로 예상됨
- 본선터널의 암반굴착에 따른 진동은 지표로 전파되어 기존 구조물에 악영향을 끼칠 수 있으므로 이에 대한 대비가 필요함

(7) 대심도 굴착공법 검토 및 개선연구

- NATM, TBM, Shield TBM 등의 굴착 공법 자체에 대한 검토 및 연구는 다각도로 이루어져 있으나, 대심도 장대 터널에서 예상되는 공학적으로 양호한 암반 조건을 최대한 활용하는 방안에 대한 연구는 미미함
- 공학적으로 양호한 암반을 최대한 활용 보강의 최소화, stand-up time의 최대 활용 등으로 cycle time을 최소화하여 굴진장의 늘려 공기를 단축시키는 경제적인 방안에 대한 연구가 필요함
- 장대터널의 연직구는 공사중 작업구로 활용되므로, 환기 방재에 사용될 연직구 위치 선정시 공사효율 증대를 동시에 고려할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요함

- 특허동향분석

가. 차량시스템 핵심기술개발

(1) 대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

(2) 대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 설계

(3) 고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

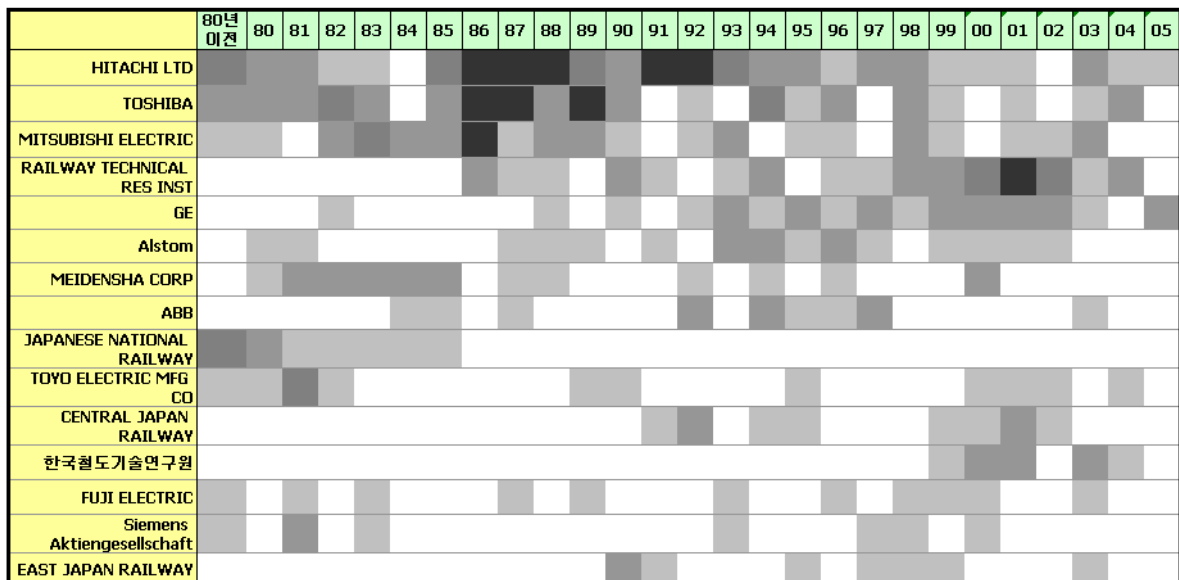
- 고출력밀도 추진제어시스템 관련 특허 동향 분석은 이루어지지 않았으나, 고속철도의 경우 철도차량 관련 특허는 다음과 같음
- HITACHI 社の 경우 주전력변환장치 관련 특허에 많은 출원이 나타나고 있음. 특히, 차체 관련 특허의 경우 다른 회사에 비해 독보적으로 많은 출원을 보임. 그와 더불어 일본의 SUMITOMO와 함께 차체 특허 출원의 대다수를 차지하고 있는 등 일본 기업의 차체 개발에 대한 연구개발이 활발한 것으로 분석됨
- GE, TOYO ELECTRIC MFG 社도 주전력변환장치 분야에 많은 출원을 하고 있어 이 부분의 연구개발이 활발한 것으로 보이며, ALSTOM, SIEMENS AG, SUMITOMO METAL 社 등은 주행장치 분야에 상대적으로 많은 출원이 집중되어 있음

	고속철도 시스템	시험평가	주변압기	주전력변 환장치	주전동기	판토크레 프	보조전원 장치	냉난방환 기장치	대차	윤축	감속구동 장치	차체	제동장치	열차제어 진단장치	Sum..
HITACHI LTD	3	16	7	126	9	14	7	67	41	27	16	141	69	15	558
WESTINGHOUSE AIR BRAKE CO		14		7	5		4		12	6	2	42	331	57	480
RAILWAY TECHNICAL RES INST	1	80	2	55	10	39		11	25	20	12	31	116	10	412
KNORR BREMSE AG		1		2				1	7	1		7	173	3	195
TOSHIBA	1	9	5	85	7		13	14	3	1	3	4	45	1	191
MITSUBISHI ELECTRIC		16	1	62	5		4	12	4	1	10	3	51	7	176
Alstom	1	5		26		2	2	13	40	4	1	23	26	2	145
SUMITOMO METAL IND LTD		5		1	1	8			15	30	5	52	21	4	142
한국철도기술연구원		57		15	1	8	1	3	7	7	1	10	20	3	133
CENTRAL JAPAN RAILWAY		19		15	1	25		3	3	9	2	12	36	4	129
JAPANESE NATIONAL RAILWAY		18	3	21		14	1	4		2	5	1	45	4	118
EAST JAPAN RAILWAY		24	1	11	2	12	2	4	1	7	7	9	29	4	113
New York Air Brake		3		3	1		1		2	5	2	2	76	5	100
GE		10		44	9			1	2	9	3	1	11	4	94

	고속철도 시스템	시험평가	주변압기	주전력변 환장치	주전동기	판토크레 프	보조전원 장치	냉난방환 기장치	대차	윤축	감속구동 장치	차체	제동장치	열차제어 전단장치	Sum..
AMERICAN STANDARD		3		2	1					3		1	66	1	77
KAWASAKI HEAVY IND		1		1		6		4	20	8	5	21	9	1	76
ABB		4	6	22	11			1	6	10	1	3	3	1	68
Siemens Aktiengesellschaft		6	2	12	3		1		13	4	4	11	8	2	66
NIPPON SHARYO SEIZO KAISHA LTD		4		2				7	5	4	2	36	5		65
TOYO ELECTRIC MFG CO		1		19	4	9	2	2	1	2	2		13	1	56
NABCO LTD		4								1		1	49		55
AKEBONO BRAKE	1			2	1								49		53
MITSUBISHI HEAVY IND		4				2		10	2	4	5	5	12		44
ABB DAIMLER BENZ	1	1	1	8	1		3	2	2	5	1	9	4	3	41
AMSTED		2		1					11	14		3	9		40
로템	0	2	1	10	0	1	7	0	5	0	0	2	10	0	34
현대중공업				5	2		2								9

<출원인별 기술별 분포>

- 기술별로 보면, 주전력변환장치 기술은 HITACHI, TOSHIBA, MITSUBISHI ELECTRIC이 1980년 이전부터 출원을 시작하여 현재까지 계속하고 있으며, 1980년대 후반부터 1990년대 초반까지 출원이 집중되어 있는 것을 알 수 있음. 한국철도기술연구원의 경우에는 1999년부터 주전력변환장치 관련 출원을 시작하여 현재까지 출원이 진행되고 있는 것으로 보임



<주전력변환장치 기술 주요 출원인별 연도별 동향>

- 견인전동기 기술의 경우에는 연도별로 주요 출원인 동향이 다르게 나타나고 있음. 1990년 이전에는 TOSHIBA, MITSUBISHI 등의 일본 기업이 특허를 출원하는 양상을 보이다가 1990년 이후에는 ABB, RAILWAY TECHNICAL RES INST, GE 등이 출원을 주도하고 있으며, HITACHI가 1985년부터 1999년까지 타 출원인에 비해 오랜 기간 동안 연구개발을 지속적으로 한 것으로 판단됨. 그러나 2000년 이후로는 각 기업들이 주전동기 기술의 별다른 성과를 나타내고 있지 않음
- 95년 이후로 통풍팬 설치나 통풍로 구성에 의한 견인전동기의 냉각과 관련된 기술이 출원되어지고 있으며 이 기술은 최근까지 출원되어지고 있는 것으로 나타났음. 그리고 스피드 제어기술, 성능향상을 위하여 creep 레벨 조절기술, 하중 조절기술이 출원되어지고 있음

	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	03	04	05
ABB																							
RAILWAY TECHNICAL RES INST																							
GE																							
HITACHI LTD																							
TOSHIBA																							
MITSUBISHI ELECTRIC																							
WESTINGHOUSE AIR BRAKE																							
TOYO ELECTRIC MFG																							
한국철도기술연구원																							

<견인전동기 기술 주요 출원인별 연도별 동향>

나. 인프라시스템 핵심기술 개발

(1) 터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발

○ 대심도 화재 조기진압 시스템 개발 관련

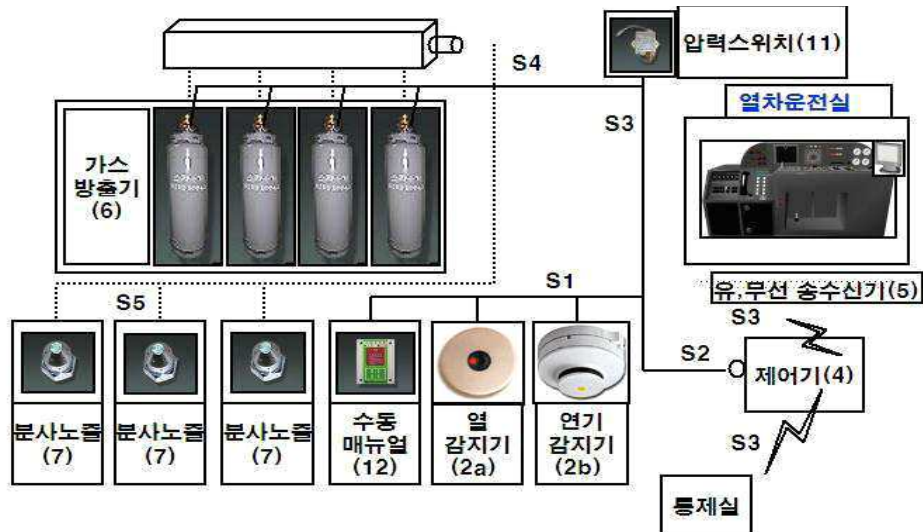
<대심도 화재 조기진압 시스템 개발 관련 조사 분석 지적재산권 목록 >

번호	국가	구분	문헌번호	출원일	출원인	명칭
1	한국	실용	20-2004-0037204	2004.08.24	살롬엔지니어링 주식회사	열차 자동 화재진압장치 (이중출원)
2	한국	특허	10-2005-0072191	2005.08.08	살롬엔지니어링 주식회사	열차 자동 화재진압장치
3	한국	특허	10-2009-0023857	2009.03.20	전경복	철도 차량용 자동 소방 시스템
4	한국	실용	20-2003-0010409	2003.04.07	주식회사 씨플러스	미분무수를 이용한 철도차량용 화재진압설비
5	한국	특허	10-2005-0115557	2005.11.30	중앙대학교 (주)건국이앤아이 한국철도기술연구원	철도차량용 물분무식 화재 소화장치
6	한국	특허	10-2002-0522472	2005.12.28	주식회사 로템	전차용 화재감지 및 소화설비 제어장치
7	한국	특허	10-2008-38420	2008.03.19	FOGTEC	철도차량내의 소방

대심도 화재 조기진압 시스템 소화설비와 관련된 국내외의 관련 특허 및 실용신안을 조사해 보았다. 이는 위의 표를 참고하며, 세부적인 사항은 아래에서 요약 분석 결과를 수록해놓았다.

- 열차 자동 화재진압장치 - 살롬엔지니어링 주식회사

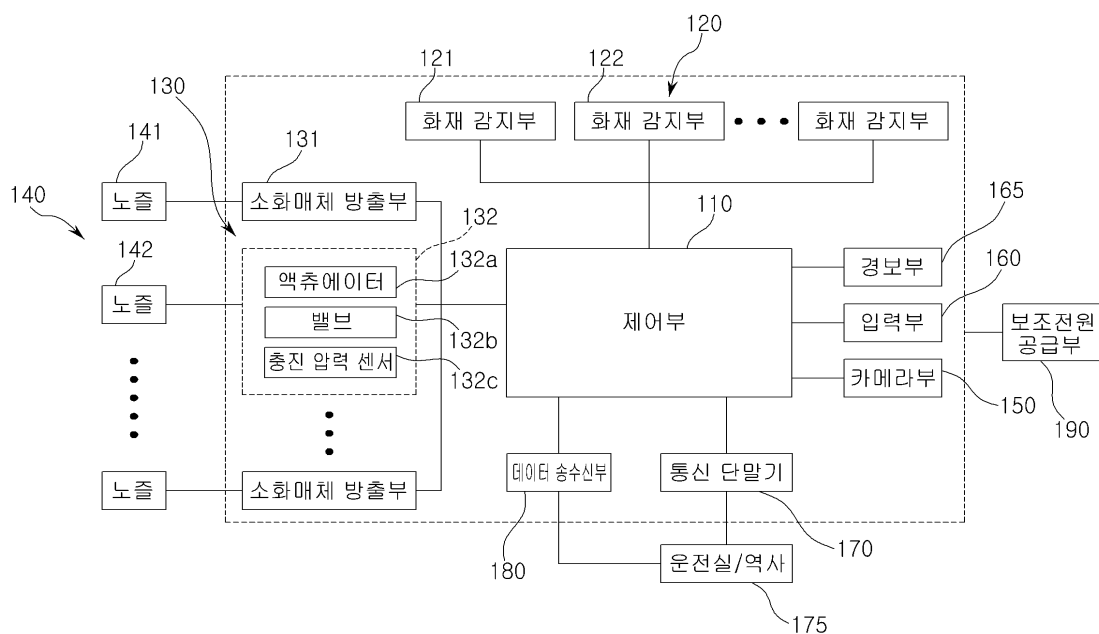
본 고안은 열차 자동 화재진압장치에 관한 것으로, 열차 내에 화재 발생시 발생하는 열이나 연기를 자동으로 감지하여 인체 및 환경에 유해가 없는 가스를 분출하여 신속히 화재를 진압할 수 있는 장치이다. 열차 자동 화재진압장치는 화재 발생여부를 감지하기 위하여 차내의 열이나 연기를 자동으로 감지하는 화재감지기와, 화재진압을 위해서 차량 내부의 일측면에 장착되어 자동소화기능을 가진 자동 소화장치, 및 상기 화재감지기로부터 감지신호를 수신한 후 화재진압을 위해 상기 자동 소화장치를 작동시키고, 이들 기기들을 제어하는 제어기를 포함한다. 또한 열차 자동 화재진압장치는 화재발생을 운전실과 통제실에 알리기 위한 송수신기와 경보기 등을 포함한다.



<열차 자동 화재진압장치의 구성>

- 열차 자동 화재진압장치- 살룸 엔지니어링 주식회사 (2)

개시된 본 발명에 의한 열차 자동 화재진압 시스템은, 열차의 각 차량에 구비되어 화재발생을 감지하는 화재 감지부와, 화재 감지부의 신호를 수신하여 화재 발생 여부를 판단하는 제어부와, 각 차량에 구비되며, 제어부에 의하여 화재 발생인 것으로 판단되는 경우 소화매체가 분사되는 노즐부 및 노즐부와 연통되며 소화매체가 일정 압력에 충전되는 하우징과 하우징과 노즐부를 선택적으로 개폐하는 밸브와 제어부에 의하여 밸브를 구동하는 액츄에이터를, 포함하는 소화매체 방출부를 포함한다. 이에 의하면, 열차의 차량에 화재가 발생된 경우 자동적으로 신속하게 화재를 진압할 수 있으며, 열차의 어느 차량에서 화재가 발생하였는지 즉각적으로 감지하여 후속조치를 신속하게 처리할 수 있으며, 화재가 발생된 해당 차량에서만 소화 작업이 이루어질 수 있어 효과적으로 화재에 대처할 수 있다.



<열차 자동화재진압시스템의 구성>

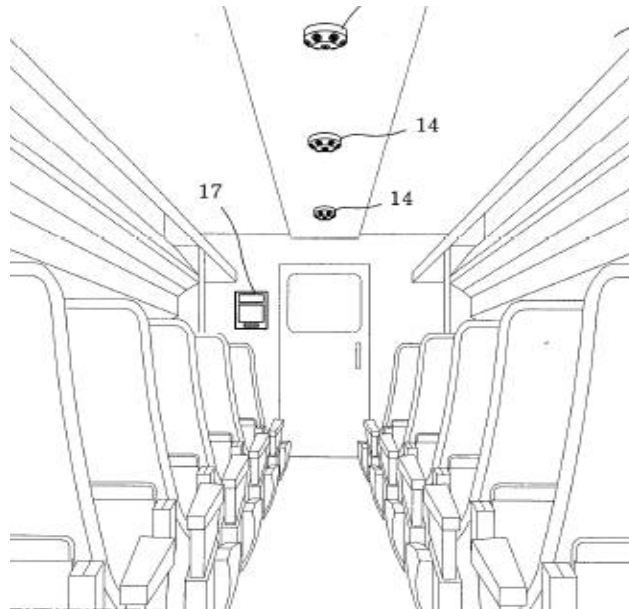
- 철도차량용 자동소방시스템 - 전경복

본 발명은 철도 차량에서 화재 발생시 자동으로 화재를 감지하여 관제센터로 화재 사실을 알림과 동시에 객차 내의 승객들에게 모니터 및 스피커를 통하여 대응요령을 안내하며, 더 나아가 자동으로 화재진압과 유독가스 배출을 위한 초동조치를 수행하는 철도 차량용 자동 소방 시스템에 관한 것이다.

이러한 본 발명에 의하면 철도 차량의 운전자가 미처 화재 발생사실을 인지하지 못한 경우에도 관제센터와 승객 및 운전자에게 화재사실을 알리고 대응방안을 안내함으로써 적절한 대응을 유도하며, 운전자가 미처 적절한 초동조치를 취하지 못한 경우에도 최소한의 초동조치를 자동으로 수행함으로써 화재로 인한 물적 피해와 인명 피해를 최소화할 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

- 미분무수를 이용한 철도차량용 화재진압설비 - 주식회사 씨플러스

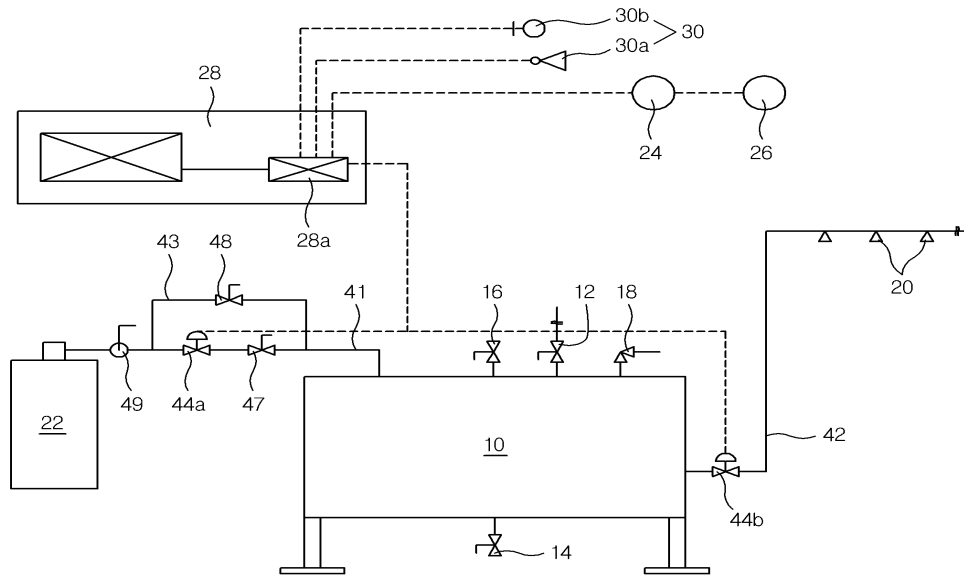
본 고안은 미분무수를 이용한 철도차량용 화재진압설비에 관한 것으로, 본 고안의 특징은 철도차량에 화재가 발생할 경우 승객 자신이 객차 내부에 설치된 조작스위치를 직접 작동하게 되면 외부 저장용기의 개폐밸브가 개방되어 압력조절밸브를 거쳐서 급수파이프를 따라 분사노즐로 미분무수가 분사되어 철도차량의 객차 내부의 화재를 신속히 진압할 수 있게 한 것이다. 즉, 본 고안은 철도차량의 각 객차 외부에는 소화수가 질소가스로 압축되어 충전된 저장용기를 설치하여 이에는 개폐밸브에 의해 축압 소화수가 공급될 수 있는 급수파이프를 배관하여 철도차량의 객차내부에 배관하고, 상기 저장용기와 연결되는 급수파이프에는 일정간격으로 분사노즐을 결합하며, 상기 저장용기와 연결되는 급수파이프에는 개폐밸브와 압력조절밸브를 설치하고, 객차내부에는 조작스위치를 설치하여 화재의 발생시 탑승자중의 아무나가 조작스위치를 눌러주면 개폐밸브가 개방되어 저장용기의 압축된 축압 소화수가 급수파이프를 통해 객차 내부의 분사노즐을 통해 분사되어 순식간에 화재를 진압할 수 있도록 구성한 것에 특징이 있다.



<철도차량의 객차 내부를 보인 사시도>

- 철도차량용 물분무식 화재 소화 장치

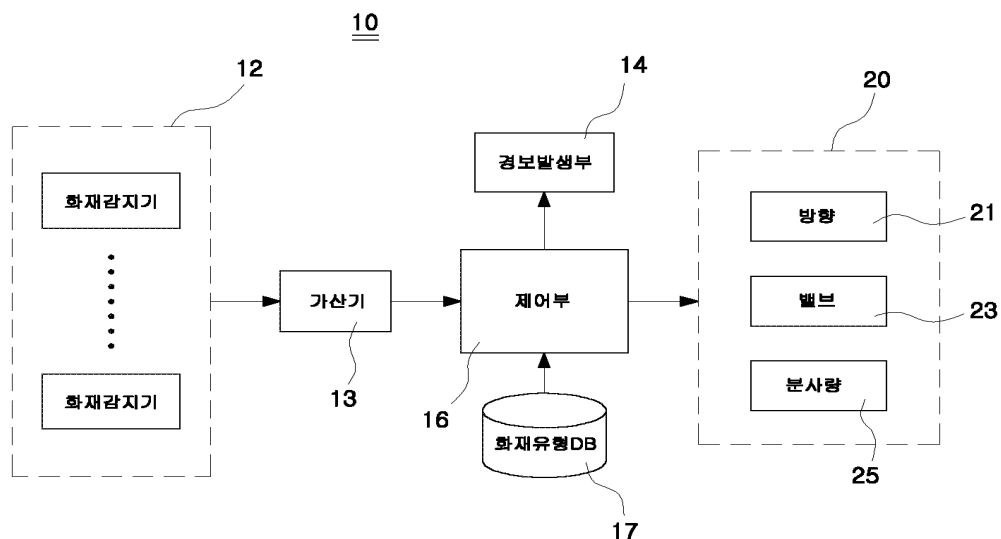
본 고안은 철도차량용 물 분무식 화재 소화장치에 관한 것으로서, 화재 소화용 물을 수용하는 물탱크; 철도차량의 객차 내에 마련되어 상기 물탱크에서 제공된 물을 분사하는 복수의 노즐; 상기 물탱크 내에 수용된 물이 상기 복수의 노즐로 공급될 수 있도록 소정의 중저압 산화질소(N2O) 가스를 제공하는 가스탱크; 상기 객차 내에 마련되어 화재 발생에 의한 연기를감지하는 연기감지부(Smoke Detector); 상기 객차 내에 마련되어 화재 발생에 의한 열을 감지하는 열감지부(HeatDetector); 상기 물탱크, 상기 복수의 노즐 및 상기 가스탱크를 상호 연결하는 라인들의 소정 위치에 마련되는 복수의 밸브; 및 상기 연기감지부와 상기 열감지부 중 적어도 어느 하나에 의해 감지된 신호에 기초하여 상기 복수의 밸브를 제어함으로써 상기 중저압 산화질소(N2O) 가스에 기초하여 상기 복수의 노즐을 통해 물을 분사하는 컨트롤부를 포함하는 것을특징으로 한다. 이에 의하여, 기존 장치 대비 소화 성능면에서는 차이가 없으면서도 상대적으로 저렴한 구성들을 사용함으로써 시설비를 현격하게 절감할 수 있다.



<철도차량용 물 분무식 화재 소화장치의 개략적인 구성도>

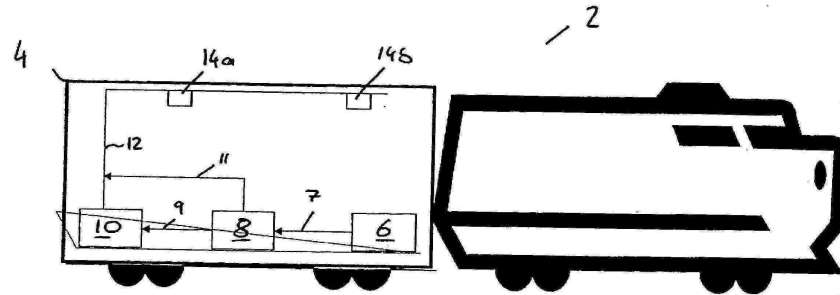
- 전차용 화재감지 및 소화설비 제어장치 - 주식회사 로템

차량 내에 설치되어 화재여부를 감지하는 다수개의 화재감지부(12); 상기 화재감지부(12)에 의해 감지된 적외선 스펙트럼을 가산하는 가산기(13); 화재유형이 데이터로서 저장되어 있는 화재유형 데이터베이스(17); 화재가 발생되었을 경우에 정보를 발생시키기 위한 정보발생부(14); 화재가 발생되었을 경우에 소화가 이루어지도록 하는 소화부(20); 및 상기 가산기(13)에 의해 인식된 화재유형을 기 저장된 화재유형 데이터베이스(17)와 비교분석하여 소화부(20)의 방향(21), 밸브(23), 분사량(25)을 작동제어하고 정보발생부(14)를 작동하는 제어부(16)를 포함하여 이루어지며, 상기 제어부(16)는 비교분석된 화재유형에 따라 정보발생부(14)의 경고음과 경고등의 주파수를 가변하여 화재의 강도를 표시하는 구성.



<장치의 구성>

소화약제 공급 용기와, 배관 시스템과, 소화약제 토출 수단과, 압력 발생 수단을 구비하는 소방 시스템을 포함하고 있는 철도 차량에 있어서, 상기 압력 발생 수단이 상기 철도 차량에 부속되어 있는 압축 공기 공급원에 연결되어 있고, 상기 압력 발생 수단에 의해 상기 배관 시스템 내에 대기 압력이 형성될 수 있으며, 상기 배관 시스템 내의 압력 강하에 의해 화재가 감지하고, 화재 시에 상기 소화약제 토출 수단이 압력 강하를 발생시키며, 화재시의 압력 강하가 배관 시스템에서의 누설에 의한 압력 강하보다 크게 형성하는 구성.



- 대심도 화재 조기진압 시스템 선행 기술 특허 분석 결과

○ 대심도 화재안전성 평가 해석 프로그램관련

국외에서 터널의 환기 예측용으로 사용되는 Model과, 터널이외의 화재에 사용되는 Zone Model, Field Model은 아래와 같다. 이외에도 최근에 Multi Layer Zone 개념으로 Zone Model과 CFD을 기반으로 한 Field 기법을 혼합한 방법이 일본에서 연구 개발되고 있다. 따라서 국외에서는 이미 다양한 형태의 모델들이 존재하고 있으며, 정확도를 높이는데 개발이 진행되고 있는 실정이다. 그러나 터널의 큰 형상 Scale에 대비하여 빠른 연산을 위하여 화재현상을 구현하는데 열전달 모델의 경우 약식형태로 되어 있어 정확도가 떨어지고 있다. 이에 본 과제에서는 열전달 모델에 대하여 좀더 향상된 기법을 적용하여 해석데이터에 대하여 좀 더 정확한 분석결과를 도출하도록 하고 있는 점이 차별화가 되어있다고 볼 수 있다.

<국내 화재관련 등록 프로그램>

명칭	등록번호	등록년도	등록기관
화재 진압 절차 수행 시뮬레이션 프로그램	201101121001405	2011	(주)카이노스
철도터널화재 임계환기유속 예측프로그램	200701129007973	2007	한국철도기술연구원
지하철 화재영향 계측 프로그램	200701129005123	2007	한국철도기술연구원; 한국건설기술연구원
터널화재 연기발생량 예측 프로그램	200701129003278	2007	한국철도기술연구원
철도터널화재 시험용 제연팬의 용량 산출 프로그램	200701129007974	2007	한국철도기술연구원

○ 터널용 화재탐지 시스템 관련

대심도 터널에 적용할 수 있는 화재탐지 시스템 관련된 7개의 대상 특허를 분석해보았다. 지멘스 및 리트코 등의 방재업체에서 광케이블 선형 감지 기술과 터널 방재시스템 기술을 등록하였으며, 기타 기술로는 마이크로파를 이용한 화재감지 등의 특허 기술이 등록되어 있다. 반면 아직까지 영상 감시 기술을 이용한 화재감지 기술의 경우 기술 등록이 미진한 상태로 보인다.

-화재 모니터링 시스템 - 현대인프라코어(등록번호:2004140080000(20060407))

본 고안은 화재감지기의 화재발생신호 및 작동상태신호를 수신하는 경우 신호를 발생시켜 전송하는 화재신호 발생장치와, 상기 화재신호 발생장치로부터 발생신호를 정보통신망을 통해 전송한 후, 명령신호를 출력수단을 통해 출력하는 화재신호 중계장치 및 관리장치를 포함한다. 원격지에서 화재감지기의 작동상태를 실시간 모니터링하여 화재신호 혹은 이상신호 발생시 신속하게 그 상황을 검출하여 관리자가 대응할 수 있는 바, 화재발생 및 작동오류를 미연에 방지할 수 있는 효과가 있다.



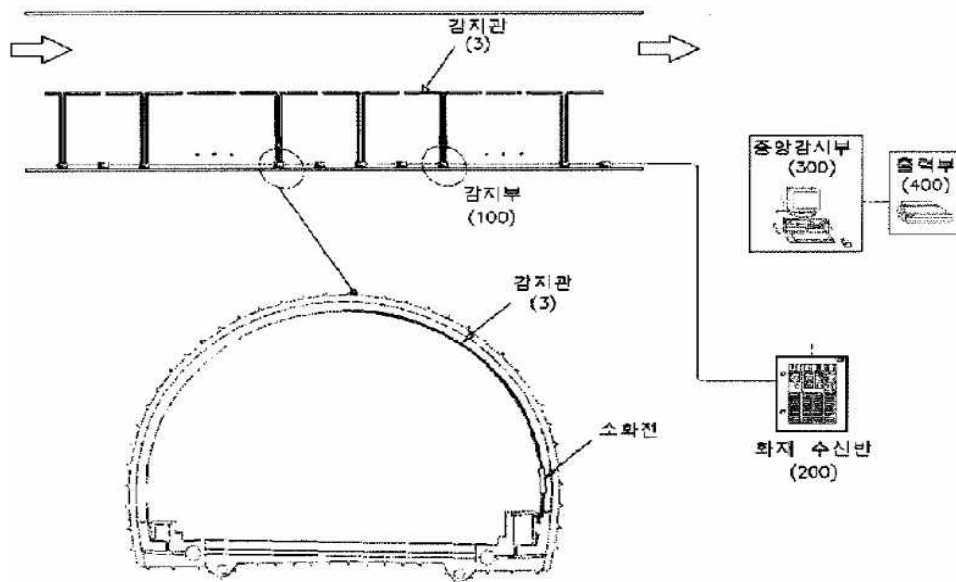
- 도로 및 철도터널에서의 화재감지 경보 시스템-리트코(등록번호 : 1004850480000(20050414))

본 발명에 의한 도로 및 철도 터널에서의 화재 감지 경보 시스템은 공기의 가열로 인한 부피 팽창으로 압력이 변화하는 원리를 이용한 자기 진단 시험과 주기적인 자동

디버깅 기능을 구비한 선형 열 감지기와, 중단 부분이 중단 캡으로 막혀 있고 동관으로 구성된 감지관과, 화재 감지 부위에 대한 정확한 위치 정보를 전달하는 어드레스 모듈 등으로 구성된 감지부와, 상기 감지부로부터 감지된 화재 관련 정보를 수신 및 저장하여 대소방 본부 및 소화 시스템과의 연동, 원격 제어 등을 행하는 중앙 제어부와, 상기 중앙 제어부에 연결되어 화재 관련 정보 및 감시 관련 정보의 처리 결과 등을 출력하는 출력부로 구성된 시스템으로 구성된다.

또한 도로 및 철도 터널에서의 화재 감지 경보 시스템은 터널에서의 화재 발생시 신속하고 신뢰성이 높은 화재 감지를 통해 터널 이용자의 안전한 대피, 화재 확산의 억제, 화재 연기의 역류 방지, 소방대의 안전하고 신속한 접근을 용이하게 한다.

청구항 _ 터널 환경에서 화재나 사고 등을 감지하는 감지부와,상기 감지부로부터 감지된 화재 관련 정보를 수신하여 상태 표시 및 경보 발생 등을 행하는 화재 수신반과,상기 화재 수신반으로부터의 자료 입력 및 터널 입구 전광판, 유도등, CCTV, 방송 장치 중 어느 하나의 설비를 제어할 수 있는 중앙 감시부를 포함하는 화재경보 감지 시스템으로서,상기 감지부는, 중단부분이 막혀 있고, 화재발생시 가열에 의한 내부의 공기팽창이 이루어지는 감지관, 상기 감지관과 결합되어서 상기 공기팽창여부를 감지하는 선형감지기, 및 상기 감지관에 연결되어 화재감지부위에 대한 위치정보를 전달하는 어드레스 모듈로 이루어지는 것을 특징으로 하는 화재경보 감지 시스템.



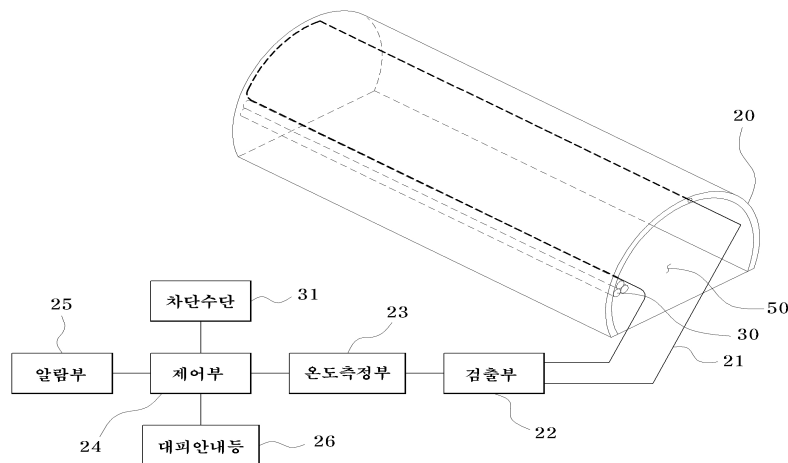
- 지하 구조물의 화재 감지 시스템 (MONITORING SYSTEM FOR FIRE AT UNDERGROUND STRUCTURE)-주식회사 엘에스, 등록번호1005629400000 (20060314)

본 발명은 지하 구조물에 광케이블을 설치하고 반사광 측정을 통해 화재를 감지하는 것을 특징으로 하는 지하 구조물의 화재 감지 시스템에 관한 것이다.

즉, 본 발명은 지하 구조물에 광케이블이 폐곡선으로 설치되고, 상기 광케이블과 연계된 검출부가 양방향으로 반사광의 강도를 측정하며, 온도측정부가 반사광에 따른 온도를 측정하고, 제어부가 측정값과 기본값을 비교하여 화재여부를 판단한 다음, 화재시 이를 알려주고 지하 구조물에서 작업중인 작업자의 대피 방향을 제시할 뿐만 아니

라 화재의 확산 방지를 위해 차단수단을 제어하는 것을 특징으로 한다.

청구항 - 지하 구조물의 상단에 길이방향으로 매설되고, 전력케이블에 근접하여 회귀하는 광케이블과; 상기 광케이블의 양단에 접속되어 반사광의 강도를 검출하는 검출부와; 상기 검출부와 연계되어 광케이블의 길이에 따른 온도를 측정하는 온도측정부와; 상기 온도측정부의 온도측정값과 기준값을 비교하여 화재 여부를 판단하는 제어부와; 상기 제어부의 신호를 받아 외부에 화재 여부를 알려주는 알람부를 구비한 지하 구조물의 화재 감지 시스템에 있어서, 상기 제어부의 신호를 받아 화재 반대방향으로 안내하는 대피안내등이 지하 구조물에 설치되는 것을 특징으로 하는 지하 구조물의 화재 감지 시스템.



- 철도터널 안전시스템 (SAFETY SYSTEM FOR RAILWAY TUNNEL)-주식회사 상천, 등록번호1009081900000 (20090709)

본 발명은 철도의 터널에서 발생될 수 있는 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 철도 터널 안전시스템에 관한 것이다.

본 발명의 실시예는 철도터널 안전시스템에 있어서, 터널에 진입되는 물체를 감지하는 물체감지부와, 터널에서 발생하는 화재를 감지하는 화재감지부와, 물체감지신호 및 화재감지신호를 인식하는 감지신호인식부와, 감지신호인식부의 감지에 의해 터널을 촬영하여 영상신호를 발생시키는 카메라부와, 물체감지신호, 화재감지신호 및 영상신호를 외부로 송신하는 통신부와, 통신부에서 송신되는 신호들을 수신받아 관리자에게 통보하는 관리서버를 포함한다.

청구항_터널(1)에 진입되는 물체를 감지하는 물체감지부(10), 상기 터널(1)에서 발생하는 화재를 감지하는 화재감지부(20), 상기 물체감지부(10)의 물체감지신호 및 화재감지부(20)의 화재감지신호를 인식하는 감지신호인식부(13), 상기 감지신호인식부(13)의 감지에 의해 상기 터널(1)을 촬영하여 영상신호를 발생시키는 카메라부(30), 상기 물체감지신호, 화재감지신호 및 영상신호를 외부로 송신하는 통신부(14), 상기 감지신호인식부(13)에서 상기 물체감지부(10)의 물체감지신호가 인식되면 이를 경고하는 경고부(16), 상기 감지신호인식부(13)에서 상기 화재감지부(20)의 화재감지신호가 인식되면 화재를 진압하는 화재진압부(21), 및 상기 통신부(14)에서 송신되는 신호들을 수신받아 관리자

에게 통보하는 관리서버(50)를 포함하는 철도터널 안전시스템에 있어서, 상기 관리서버(50)는 상기 통신부(14)와 통신하는 서버통신부(51);상기 서버통신부(51)에서 수신된 물체감지신호, 화재감지신호 및 영상신호가 저장되는 서버메모리(52);상기 서버메모리(52)에 저장된 영상신호를 표시하는 표시부(53);상기 서버메모리(52)에 저장된 신호들을 핸드폰으로 전송하는 SMS문자서비스부(54);상기 SMS문자서비스부(54)에 전화번호를 제공하도록 전화번호를 입력하는 전화번호입력부(55);열차(60)의 이동시간을 입력하는 열차시간입력부(57);상기 열차시간입력부(57)에서 입력된 입력시간과 상기 서버통신부(51)에서 수신된 수신시간을 비교하는 시간비교부(58);상기 시간비교부(58)에 의해 입력시간과 수신시간이 일치되면 상기 열차(60)에 경고하는 열차경고부(59)를 포함하는 철도터널 안전시스템.



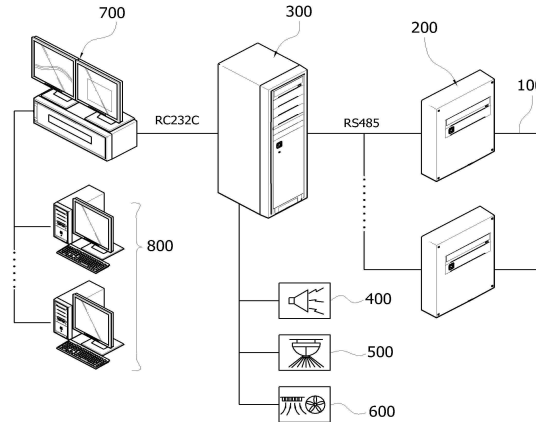
- 광센서감지기를 이용한 화재감지시스템 (FIRE MONITORING SYSTEM USING OPTICAL SENSOR) _ 지멘스주식회사, 한국건설기술연구원1009385910000 (20100118)

본 발명은 광센서감지기를 이용하여 터널이나 지하공동구 등 비교적 광범위한 선형 구간을 갖는 화재 감시대상물 전체 구간에 걸쳐 온도와 화재 발생 위치를 실시간으로 검출할 수 있는 화재 감시 시스템에 관한 것이다.

본 발명에 따른 화재 감시 시스템은, 광섬유를 감시대상물에 선형형태로 포설하여 실시간으로 온도와 화재 발생 위치를 감지하기 위한 광센서감지기와; 상기 광센서감지기에 레이저 펄스를 조사함과 아울러 상기 광센서감지기로부터 산란되어 되돌아오는 광신호를 분석하여 화재 감시대상물 전체 구간의 온도와 화재 발생 위치를 결정하고, 화재 발생시 경고신호를 발생시키는 광센서중계기와; 상기 광센서중계기로부터 온도 및 위치 정보, 그리고 경고신호를 수신하여 저장하며, 이를 기초로 화재 발생시 경고 장치, 자동소화설비 및 제연설비의 작동을 제어하는 광센서수신기와; 상기 광센서수신기로부터 온도 및 위치 정보, 그리고 경고신호를 수신하고, 이를 미리 저장된 화재 감시대상물 이미지에 맵핑하여, 화재 감시대상물의 구역별 온도 분포와 화재 발생 여부를 컴퓨터를 이용하여 그래픽으로 출력하는 그래픽표시장치를 포함한다.

광센서감지기, 광센서중계기, 광센서수신기, 그래픽표시장치

내부에 광섬유(110)를 내재하여 광신호를 전달하고, 화재 감시대상물에 선형형태로 포설되어 실시간으로 온도와 화재 발생 위치를 감지하기 위한 광센서감지기(100)와; 상기 광센서감지기(100)에 레이저 펄스를 조사함과 아울러 상기 광센서감지기(100)로부터 산란되어 되돌아오는 광신호를 수신하고, 수신된 광신호를 분석하여 화재 감시대상물 전체 구간의 온도와 화재 발생 위치를 결정하고, 화재 발생시 경보신호를 발생시키는 광센서중계기(200)와;상기 광센서중계기(200)로부터 온도 및 위치 정보, 그리고 경보신호를 수신하여 저장하며, 이를 기초로 화재 발생시 경보장치(400), 자동소화설비(500) 및 제연설비(600)의 작동을 제어하는 광센서수신기(300); 및상기 광센서수신기(300)로부터 온도 및 위치 정보, 그리고 경보신호를 수신하고, 이를 미리 저장된 화재 감시대상물 이미지에 맵핑하여, 화재 감시대상물의 구역별 온도 분포와 화재 발생 여부를 그래픽으로 출력하는 그래픽표시장치(700);를 포함하고,상기 광센서감지기(100)는, 내부에 코어(112)와 클래딩(114)으로 구성된 광섬유(110)가 내재되고, 상기 광섬유(110)의 외부 둘레에는 광섬유(110)의 열손상을 방지하기 위한 내열피복(116)이 형성되고, 상기 광섬유(110)의 외측에 스테인레스 스틸 재질의 보호 튜브(120)가 끼워지고, 상기 보호 튜브(120)와 광섬유(110) 사이는 서로 이격되되, 상기 광섬유(110)는 상기 보호 튜브(120)의 중심축으로부터 하측으로 치중되어 있고,상기 광센서중계기(200)는, 상기 광센서감지기(100)에 레이저 펄스를 조사하는 레이저발생기(210)와; 상기 광센서감지기(100)로부터 산란되어 되돌아오는 레이저 펄스를 입사되는 레이저 펄스로부터 분기시켜 방향을 전환시키는 광방향성결합기(220)와; 상기 광방향성결합기(220)에 의하여 분기된 산란 레이저 펄스를 수광하여 전기 신호로 변환시키는 레이저리시버(240)와; 상기 레이저리시버(240)로부터 전달된 전기 신호를 분석하여, 화재 감시대상물 전체에 걸친 온도와 화재 발생 위치 정보를 결정하며 화재 발생시 경보신호를 발생시키며, 상기 온도 정보 및 위치 정보, 그리고 경보신호를 상기 광센서수신기(300)에 전송하는 중계기제어부(250)를 포함하고,상기 중계기제어부(250)는, 상기 레이저리시버(240)로부터 변환된 전기 신호를 수신하여, OTDR 원리에 근거하여 레이저 펄스 입사후 산란광이 되돌아 오는 시간을 계산함으로써 레이저 펄스가 반사된 지점의 거리를 산출함에 따라 화재 발생 위치를 검출하는 위치분석모듈(251)과; 상기 레이저리시버(240)로부터 변환된 전기 신호를 수신하여, 라만효과에 근거하여 화재 감시대상물 전체 구간에 걸친 온도를 산출하는 온도분석모듈(252)과; 상기 온도분석모듈(252)에 의하여 결정된 산출온도값과 미리 저장된 경보발생기준값을 서로 비교하여, 상기 산출온도값이 경보발생기준값 보다 큰 경우 화재경보신호를 발생시키는 경보발생모듈(254)과; 상기 온도 정보 및 위치 정보, 그리고 화재경보신호를 광센서수신부에 전송하기 위한 통신모듈(258)을 포함하며,상기 경보발생모듈(254)은,상기 온도분석모듈(252)로부터 실시간으로 전달되는 평시 주변 온도값들을 기초로 화재 감시대상물 주변 공기의 평시 온도 평균값을 산출하고, 산출된 평시 온도 평균값을 기초로 상기 경보발생기준값을 자동 보정한 후, 상기 자동 보정된 경보발생기준값과 온도분석모듈(252)에 의해 계산된 산출온도값을 비교하여, 산출온도값이 보정된 경보발생기준값 보다 큰 경우 경보 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 화재 감시 시스템.

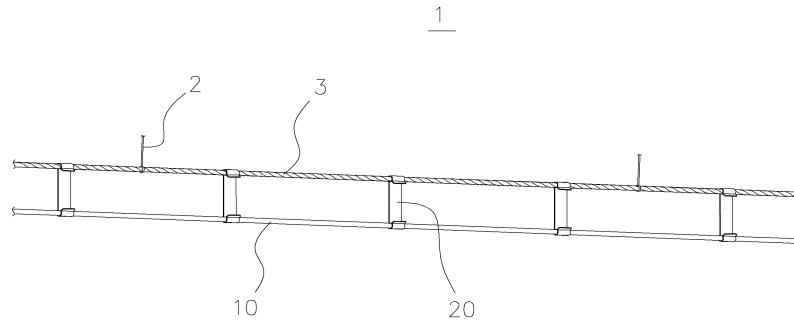


- 화재감지장치 및 화재감지장치용 선형감지기체결기구 (Fire Detection Unit and Fastening Device of Line TypeDetector for Fire Detection Unit) _지멘스신화전자 1007100310000 (20070416)

본 발명은 화재감지장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 벽면 또는 천정에 부착되는 다수 개의 지지대(2), 상기 다수 개의 지지대(2)에 체결되는 와이어(3), 상기 와이어(3)에 매달리어 화재를 감시하는 선형감지기(10)를 구비하여, 터널, 지하구 또는 위험물취급소의 화재를 감시하는 화재감지장치에 있어서, 일측은 상기 와이어(3)에 결합되는 와이어결합부(21)와, 타측은 상기 선형감지기(10)가 고정되는 감지기결합부(31)로 구성되는 선형감지기고정체(20)를 구비하여, 화재가 발생된 상태에서도 금속성 선형감지기 고정체에 의하여 선형감지기가 고정되기 때문에, 불길의 상태를 용이하게 알 수 있어 화재발생시 대처하기 용이하며, 와이어 및 선형감지기의 결합이 용이하여 설치작업이 용이하며, 화재가 진화된 후에도 계속적으로 이용할 수 있어 재설치 작업 공정이 필요없고 부재의 설치비용도 절감되도록 하는 화재감지장치에 관한 것이다.

청구항 _ 벽면 또는 천정에 부착되는 다수 개의 지지대(2),

상기 다수 개의 지지대(2)에 체결되는 와이어(3),상기 와이어(3)에 매달리어 화재를 감시하는 선형감지기(10)를 구비하여,터널, 지하구 또는 위험물취급소의 화재를 감시하는 화재감지장치에 있어서; 일측은 상기 와이어(3)에 결합되는 와이어결합부(21)와, 타측은 상기 선형감지기(10)가 고정되는 감지기결합부(31)로 구성되되,상기 와이어결합부(21)와 상기 감지기결합부(31) 사이가 평면형상의 중간부(41)로 형성되고,상기 와이어결합부(21)가 상기 와이어(3)가 결합되어 위치되는 원형형상의 제1원형부(22)와 상기 와이어(3)가 인입되는 날개 형상의 제1인입부(23)로 형성되며, 상기 감지기결합부(31)가 상기 선형감지기(10)가 결합되어 위치되는 원형형상의 제2원형부(32)와 상기 선형감지기(10)가 인입되는 날개 형상의 제2인입부(33)로 형성되는 선형감지기고정체(20)를 구비하는 것을 특징으로 하는 화재감지장치.



- 수동 마이크로파 화재-침입 탐색장치 (PASSIVE MICROWAVE FIRE AND INTRUSION DETECTION SYSTEM)_아이코브앤드어소시에이츠,엘엘시 1020100034005 (20100331)

본 발명은 수동 마이크로파 무선수신을 이용한 화재-침입 탐지장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 수동 마이크로파 복사 수신기는 밀폐공간이나 개방지역을 위한 감시구역에 안테나와 저잡음 수신기들을 고정 설치한다. 고정된 수신기들은 국제적으로 수동 마이크로파 수신용으로 보호되는 대역폭의 주파수에 속하는 고정 주파수에서 동작하는 방향성 안테나를 포함한다. 한편, 이런 수동 마이크로파 화재나 침입 탐색기는 사람이 착용하거나 운반할 수 있다. 수동 마이크로파 화재-침입 탐색법과 장치는 알려진 비정상 상태를 인식하고 맑거나 안개끼거나 뿌연 상태에서도 열신호를 자연 탐색함으로써 잘못된 정보를 낮추고 높은 성능을 발휘할 수 있다. 또, 본 발명에 의하면 발화 후 수초내에 화재를 탐색할 수 있다.

○ 대심도 화재 조기진압 시스템 개발 관련

Keyword		Evacuation(station)	
검색건수		209	
유효특허건수		10	
핵심특허 및 관련성	특허명	Urban-evacuation simulation method based on multi-resolution images	An evacuation prediction apparatus and an evacuation prediction method
	보유국	중국	일본
	등록년도	2011	2011
	관련성 (%)	20	10
	유사점	시뮬레이션을 통한 피난계획 및 시스템 구축	피난자 행동예측을 통한 비상상황시 피난계획 제시
	차이점	도시의 건물에 유리	시뮬레이션 장치 개발

(2) 대심도 이용객 쾌적성 향상기술

Keyword		무동력*사이클론*먼지*(저감+포집)*장치*세척	
검색건수		3	
유효특허건수		2	
핵심특허 및 관련성	특허명	공기조화기용 무동력 사이클론 먼지저감 시스템	비산형 사이클론 집진기
	보유국	대한민국	대한민국
	등록년도	2012	2010
	관련성 (%)	70	20
	유사점	공조기 장착용 소형 사이클론 먼지저감 시스템	사이클론 방식의 먼지저감장치
	차이점	대용량 환기구 적용 먼지저감 시스템 (철도연 보유특허로 본 과제에서 활용가능)	가정용 진공청소기 적용기술로 대용량 환기구 적용불가

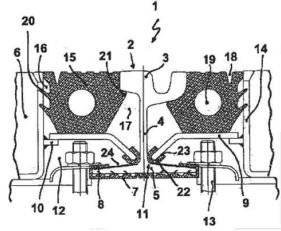
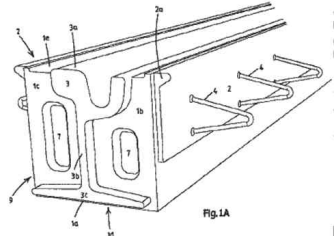
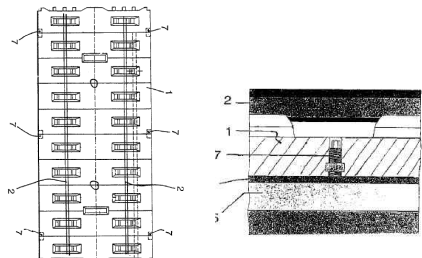
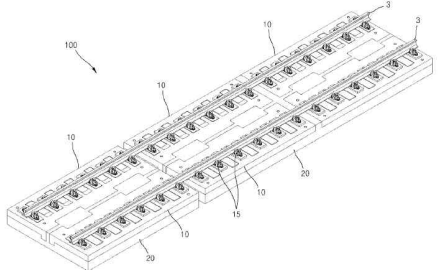
(3) 대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

○ 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 중국, 유럽)
특허 DB	Thomson Innovation
검색기간	최근 5년간
검색범위	제목 및 초록

○ 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

Keyword		embedded AND track AND grooved AND rail	
검색건수		349	
유효특허건수		2	
핵심 특허 및 관련 성	특허명	Rail arrangement	Prefabricated rail supporting element
	보유국	독일	네덜란드
	등록년도	2008	2008
	관련성(%)	60	70
	유사점	•매립형 궤도중 탄성재를 레일 주위에서 지지함.	•매립형 궤도중 탄성재를 레일 주위에서 지지함.
	차이점	•레일 거치 후 탄성재가 부착되	•매립형 궤도의 탄성재 및 하부

		는 형식이며 이산지지형임 	의 지지부재를 공장제작하여 타설 
Keyword	precast AND slab AND track		
검색건수	20		
유효특허건수	2		
핵심특허 및 관련성	특허명	METHOD AND DEVICE FOR CORRECTING THE POSITION OF ASLAB CONSTRUCTION CONSISTING OF PRECAST CONCRETE SLABS	프리캐스트 슬래브 궤도 시스템 및 프리캐스트 슬래브 궤도 시스템 시공 방법
	보유국	독일	대한민국
	등록년도	2008년	2010년
	관련성(%)	80	80
	유사점	•공장제작식 프리캐스트 슬래브 궤도	•공장제작식 프리캐스트 슬래브 궤도
	차이점	•원곡선 및 완화곡선구간 궤도 슬래브 패널을 금형을 각각 제작, 양생하여 현장조립하는 형태임. •각각의 슬래브지지를 위해 스펀들을 통하여 판넬을 고정조정하고 각각의 판넬을 결합시키는 방식임. 	•원곡선 및 완화곡선구간 궤도 슬래브 패널을 금형을 각각 제작, 양생하여 현장조립하는 형태임. 

(4) 대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구



※분석구간 : 한국,일본,유럽특허 2000.01~2010(공개년도), 미국특허 2000.01~2010(등록년도)

<Electric power supplying catenary system 분야 연도별 특허동향>

- 전세계적으로 한국이 399건(50%), 미국 355(44%), 유럽 48(9%)의 점유율을 보이며 한국과 미국이 상당히 많은 양의 특허를 보유한 것으로 나타남
- 한국은 2003년도 일시적으로 출원량 저하를 보였으나 이후 증가추세를 보이고 있으며, 꾸준하게 출원량이 증가하고 있는 것으로 나타남
- 미국은 2000년 초반 가장 많은 등록량을 보였으며 이후 점차 등록량이 감소하는 추세를 보임
 - Electric power supplying catenary system 기술의 논문인용수와 특허인용수를 살펴보면, 평균 논문인용수는 3.42로 조사되었고, 평균 특허인용수는 15.77로 조사되었으며, 캐나다는 가장 많은 논문 인용수 및 특허인용수를 보이고 있는 것으로 나타나 기초과학과 응용기술분야 모두에서 연구개발이 활발한 것으로 나타났으며, 미국은 그 다음으로 가장 많은 논문 인용수 및 특허인용수를 보이고 있는 것으로 나타나 기초과학과 응용기술분야 모두에서 연구개발이 활발한 것으로 나타남

- 논문동향분석

가. 차량시스템 핵심기술개발

(1) 대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 설계

국외의 경우 이탈리아의 Baron은 60km의 장거리 터널을 120m/s(=432km/h)의 속도로

주행하는 열차에 의한 터널에서의 공기역학적 영향을 확인하기 위하여 1차원 수치 해석을 수행하였다. 터널 내부 기압, 터널 단면적 등의 변화에 따른 터널 내부 압력 및 온도 변화의 관계를 보여주었다[1]. 국내에서는 축대칭 비정상 Euler solver에 Roe수치 기법과 patched-grid 기법을 적용하여 터널 시스템을 해석하였던 연구가 있었으며[2] 열차의 터널진입 및 주행 조건에서 공기저항과 미기압파를 동시에 고려한 최적화설계도 수행되었다[3]. 압축성 공기역학을 기반으로 한 1차원 해석으로 FVM(Finite Volume Method)을 사용하여 터널 공기압 분석과 철도터널 환기 및 화재 시 연기확산 분석 등을 연구를 수행한 사례가 있으며 1차원 해석이므로 네트워크 전체를 해석하기에 적합하며 계산 비용이 매우 저렴한 장점이 있다[4]. 그리고 축대칭 기반의 비정상상태의 초고속 튜브 트레인 연구를 진행하여 터널압력, 공기저항, 단면적의 변화에 따른 운행 속도를 비교하는 연구도 수행되었으며[5,6] 최근에 1차원-3차원 혼합격자 기법을 이용하여 정거장과 환기구가 있는 장거리 터널 내부에서 감·가속 운동을 하는 고속 열차의 유동 해석도 수행되었으나 적용된 물리 모델의 정확성에 문제가 있어서 해석 신뢰도가 낮은 상황이다.[7,8]

[1] A. Baron et al., The alleviation of the aerodynamic drag and wave effects of high-speed trains in very long tunnels, J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 2001.

[2] Kwon, H.B, Kim, T.Y., Lee, D.H, and Kim, M.S., “Numerical Simulation of Unsteady Compressible Flows Induced by a High-speed Train Passing through a Tunnel,” Proceedings of the IMECH E Part F Journal of Rail and Rapid Transit, Vol.217, pp.111-124, 2003.

[3] 권혁빈, 김유신, 이동호, 김문상, “공기저항과 미기압파 저감을 위한 고속전철 전 두부형상의 최적화설계”, 대한기계학회, 2001년 춘계학술대회논문집 E, 373-397

[4] Hong, Seok-Woo, A New FVM-based Analysis on Fluid Transients in Pipeline Systems and the Industrial Applications, Ph.D. thesis, 2010, Seoul National University

[5] Tae-Kyung Kim, Kyu-Hong Kim, Hyeok-Bin Kwon, “Aerodynamic Characteristics of a Tube Train”, Journal of wind Engineering and industrial aerodynamics, Volume 99, Issue 12, December 2011, Pages 1187-1196

[6] T.K Kim, “Aerodynamic Characteristics of a Tube Transportation System,” MA Dissertation, Dep’ t of Mechanical and Aerospace Eng., Seoul National Univ., 2008.

[7] 최중근, 김태경, 권혁빈, 김규홍, “장거리 터널 내 고속 운송체의 유동 해석을 위한 1-3차원 혼합격자 기법개발”, 한국철도공학회, 한국철도공학회 2011 추계학술대회, 2011년 10월 20-22일

[8] 김태경, 최중근, 권혁빈, 김규홍, “1-3차원 혼합격자를 이용한 장거리 터널 내 고속 운송체 유동해석”, 한국철도공학회, 한국철도공학회 2011 추계학술대회, 2011년 10월 20-22일

(2) 고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

○ Web of Science DB를 활용하여 미국, 일본, 유럽을 대상으로 최근 5년간의 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템 관련 논문을 조사하였으며, 최근 들어 추진제어

시스템의 성능향상 및 열해석 연계 논문이 많이 발표되고 있음.

○ 총 214건의 논문 중에서 대표 논문 2건에 내용을 정리하였음.

핵심 논문 및 관련 성	논문명	A study on magneto-thermal analysis of IPMSM for electrical vehicle with water-cooling system	Electromagnetic Field and Thermal Linked Analysis of Interior Permanent-Magnet Synchronous Motor for Agricultural Electric Vehicle
	학술지명	International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS
	저자	Seo Jang-Ho; Jung Hyun-Kyo	Joo Daesuk; Cho Ju-Hee; Woo Kyungil; et al.
	게재년도	Volume 33, Number 1-2 / 2010	Volume: 47 Issue: 10 / 2011
	관련성(%)	90%	60%
	유사점	FEM을 이용하여 수냉식 장치를 가지는 IPMSM의 자기적-열적 연계 해석 수행. 손실 분석을 통하여 열원을 계산함.	IPMSM의 구동 중 내부 열분포를 분석하기 위하여 전자장 해석 Tool과 열해석 Tool의 연계 해석을 수행
	차이점	연구의 초점이 손실 분석으로 다소 치우쳐 있음. 열적 연계 해석의 과정이 불충분함	연구 대상이 되는 IPMSM은 7.5kW 급의 중소형 전동기로써, 냉각방식이 공랭식이므로 별도의 냉각장치가 없음. 따라서 전동기 자체만의 열해석 수행

나. 인프라시스템 핵심기술 개발

(1) 터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발

○ 대심도 화재안전성 평가 해석 프로그램관련

터널에 관련 모델 개발은 50년대 후반부터 주로 광산의 환기시스템을 위한 설계용으로 개발되었으며, 주로 환기에 관련된 부분에 집중되어 있어 화재 시나리오 및 터널 망과 같은 네트워크 같은 경우는 개발 코드에 포함되지 않았다.[4] 네트워크에서 화재의 영향을 포함한 첫번째 시도는 Greuer[5]에 의해 70년대 후반에 이르러서야 개발되었다. 이후 지난 20년간 여러 국가 기관에서 다양한 모델들이 개발되어 터널환기 및 제어에 대하여 수행되어져 왔다.

- 스위스

SPRINT(Smoke PPropagation IN Tunnels)라는 모델로 Code를 개발하여 도로교통의 화재 사고에서 초기 몇 분 동안은 교통의 흐름에 영향을 받게 되고 대형 팬의 운영 등

에 대한 터널내의 화재 예측을 구현하였다. 본 Code의 검증은 the Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program의 실험데이터를 근거로 수행하였다.

- 미국

미국 광산 협회에 의해 개발된 MFIRE은 정상상태 유체역학을 수행할 수 있게 개발되었으며, 대만의 Cheng et al.에 의해 축소모형 실험데이터에 검증하고 대만 지하철의 화재현상을 모사하는데 적용되었다. Parson Brinckerhoff에 의해 SES(Subway Environmental Simulation Code)가 개발되었는데, 터널망에서 1D 예측 Tool로서 정상상태의 환기해석 및 환기에 따른 화재강도의 함수로서 식 간단한 Back-Layer를 예측할 수 있다. 또한 Piston 효과 등도 예측할 수 있어 열차풍을 고려한 환기해석 및 연구 이용되었다.

- 일본

1980년대 Tanaka에 의해서 BRI2 라는 Code로 2-layer zone model 이 개발되었다. 2-layer zone model의 기본적 개념은 아래 그림에서 나타낸 바 와 같이 해석대상이 되는 화재가 발생한 공간에 연기 층인 Upper layer와 하부의 공기층인 Lowe layer 영역을 나누어, 층의 높이와 각 층별로 온도를 예측하는 방법이다. 이러한 2 layer 개념은 해석과정에서 연산이 적어 해설결과를 빠르게 얻을 수 있는 장점이 있으며, 단점은 화재현상에 대한 세부 분포 정보를 얻을 수 없는 단점이 있다.

○ 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술 분야

핵심논문 및 관련성	논문명	Modeling and safety strategy of passenger evacuation in a metro station in China	Simulation분석을 통한 지하철 역사 피난동선 설계 방안에 관한 연구
	학술지명	Safety Science	한국방재학회논문집
	저 자	Congling Shi, Maohua Zhong, Xingzhong Nong, Li He, Jiehong Shi, Guoguan Feng.	함은구, 노삼규
	게재년도	2012	2010
	관련성 (%)	40	60
	유사점	피난계획 및 피난시스템 설계를 위한 전략 제시	지하철 역사 피난동선 설계방안 제시
	차이점	프로그램 개발	하향식계단을 이용한 2방향 피난동선 제안

(2) 대심도 이용객 쾌적성 향상기술

핵심논문 및 관련성	논문명	PMV지표에 의한 개별 공조시스템(PACC)의 쾌적성 평가에 관한연구	Underground railway environment in UK Part1: Review of thermal comfort
	학술지명	설비공학 논문집	Applied Thermal Engineering
	저자	최익순, 정광섭, 박영철, 한화택, 이정재	F. Ampofo, G. Maidment, J. Missenden
	게재년도	2001	2004
	관련성 (%)	40%	50%
	유사점	PMV지표에 의한 온열쾌적성 평가	영국 지하철 역사의 온열환경 평가연구
	차이점	공조시스템에 대한 평가로 역사전체의 승객에 대한 평가방법 부족	지하철 역사의 온열쾌적성 평가지수는 일반적인 건물과 차이를 두어야 함

(3) 대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

○ 논문분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 중국, 유럽)
특허 DB	Thomson Innovation
검색기간	최근 5년간
검색범위	제목 및 초록

○ 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

Keyword		<i>embedded AND track AND rail</i>	
검색건수		8	
유효논문건수		2	
핵심 논문 및 관련 성	논문명	A waveguide finite element and boundary element approach to calculating the sound radiated by railway and tram rails	Predicting the effect of temperature on the performance of elastomer - based rail damping devices
	학술지명	JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION Volume: 321	JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION Volume: 322
	저자	Nilsson C. -M.; Jones C. J. C.;	Ahmad N.; Thompson D. J.; Jones

		Thompson D. J.; et al.	C. J. C.; et al.
	게재년도	2009	2009
	관련성(%)	20	30
	유사점	embedded rail을 적용	연속지지형 궤도의 진동소음저감 해석
	차이점	진동소음방사 해석모델 개발	연속지지형 궤도 이론적인 해석과 tuned mass 온도별 동적거동검토수행
Keyword		slab track AND precast	
검색건수		2	
유효논문건수		2	
핵심 논문 및 관련 성	논문명	Analysis of Dynamic Behavior for Slab Track of High-Speed Railway Based on Vehicle and Track Elements	Applying precast slab panel track to replace timber track in an existing steel plate girder railway bridge
	학술지명	JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING-ASCE Volume: 137	PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART F-JOURNAL OF RAIL AND RAPID TRANSIT Volume: 224
	저자	Xiaoyan Lei and Bin Zhang	Choi,JY 외 3인
	게재년도	2011	2010
	관련성(%)	20	30
	유사점	슬래브궤도로 철도하중 지지를 적용한다는 점에서는 유사	Precast부재를 사용하여 철도하중 지지체를 적용한다는 점에서는 유사함.
	차이점	Slab궤도의 차량-궤도 동적해석기법을 개발하는 것이 주요 목표임.	Precast 패널을 기존의 목침목으로 대체하여 실내시험 및 현장시험을 수행

(4) 대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

각 요소기술별 연구동향을 파악하여 과제도출 및 구성을 위하여 관련 분야의 국내·외 논문자료를 조사하였음

○ 국내 발표 현황

- 현재 동축케이블에 관한 연구는 국내에서는 없음

○ 국외 발표 현황

- 모치나가 요시후미 : 신칸센 철도로의 동축케이블 기전식의 적용
- 키무라 아스유키 : 신칸센 ATC 전운용 선조 변압기 특고 배선으로 동축 케이블 도입을 통한 전기적 특성 향상과 배선 간략화
- Frank Bowman (히라노 번역): 베셀함수 입문, p.56 (1980-4) 닛신출판
- 유도조사 위원회: ‘전자 유도에 관한 최신 행동과 과제’, 전기학회·전자통신학회, p.78 (1979-3)
- 사카이: 유도방해와 그 차(안보임), p.82 (1969-4) 일간 공업신문사
- 타케야마: 전자기학현상이론, p.390 (1970-8) 마루젠
- 후지에: ‘AT 기전회로 전력특성 해석 프로그램 <ATAC-P>’, 철도기술연구자료,

39, p.20 (1982-10)

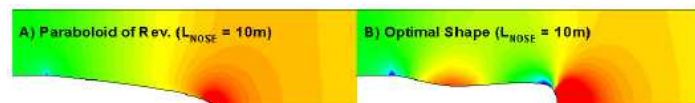
- 히라야마: 전기회로론, p/347 (1977-1) 전기학회
- 하마요세 외: ‘산요 신칸센의 기전용 변전기 및 기전회로의 임피던스 주파수 특성’, 철도기술연구소 속보, No.76, 135, p.4 (1974-10)
- 모치나가 외: ‘토카이도 신칸센 도쿄지역의 동축 케이블 기전방식의 적용 검토’, 1985 전기학회 전대, 1086

○ 대심도 열차의 유선형 전두부/차체형상 설계기술

기존 열차의 전두부 설계기술은 터널 진입시 발생하는 압력파가 터널 끝단에서 방사되면서 미기압파를 발생시켜 소음문제를 야기하므로 이를 감소시키기 위해 진입시 발생하는 압력과 기울기를 정확히 예측하고 줄이는 방향으로 연구가 진행되었다. 차체형상 설계기술은 복잡한 형상의 대차와 공동구조를 가지는 차량연결부에 의해 차체표면을 흐르는 유동이 교란되어 공기저항 증가와 공력소음[23]을 야기하므로 유동의 교란을 감소시켜 공기저항을 감소시키는 방향으로 연구가 진행되었다.

T. Sato와 T. Sassa[1]는 터널을 진입하는 열차에 의해 발생하는 압력파의 전파를 정확히 예측하기 위해 격자 재생성 방법으로 ALE(Arbitrary Lagrangian-Eulerian) Method를 적용한 3차원 수치해석 기법을 개발하였으며 이를 이용하여 4가지 3차원 열차형상에 대한 수치해석을 수행하였고 실험을 통해 개발한 해석기법을 검증하여 이 방법을 통한 전두부 형상설계의 가능성을 보여주었다.

국내에서는 Y. C. Ku[2]가 터널을 진입하는 열차의 압력과 해석을 위해 축대칭 수치해석을 이용하여 열차의 전두부 길이에 따라 미기압파를 최소화 할 수 있는 단면적 형상에 대해 연구하였고, 그 결과로 전두부 길이가 짧은 경우에는 앞 끝이 매우 뾰족하고 이후 단면적이 감소했다가 다시 증가하는 형상이 유리하며, 전두부 길이가 긴 경우에는 앞 끝은 매우 뾰족하나 이후 완만하게 기울기가 증가하는 형상이 유리함을 알아내었다.

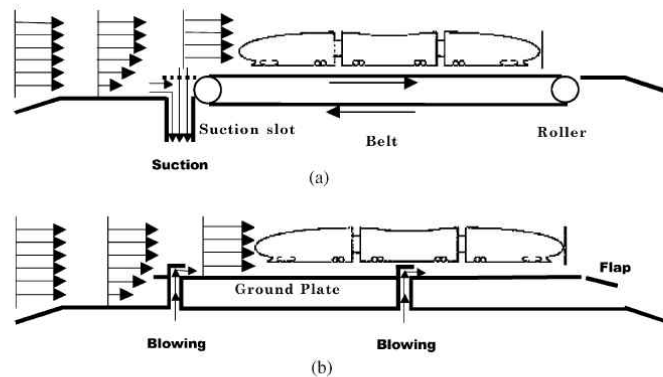


<Paraboloid 형상과 최적화된 형상의 터널 진입
직후의 전두부 주위 압력분포 비교>

H. B. Kwon[24]은 고속 주행 시 KTX-II 열차의 각 부위에 작용하는 공기저항의 전산 해석을 이용한 분석을 통해 고속철도 차량의 공기저항 저감목표 및 달성방안을 도출하였다. KTX-II 고속열차의 공기저항의 요인을 분석한 결과 점성저항이 22.2%, 전두부/후미부의 압력저항이 23.6%, 대차의 저항이 20.1%이고 연결부의 저항이 11.0%로 나타났다. 이 결과는 개활지 조건에서 해석한 것이지만 터널 내부를 고속으로 달리는 대심도 열차에서도 대차와 연결부가 공기저항을 증가시키는 주요 원인 중 하나가 될 것으로 보인다.

지면효과를 고려한 풍동실험으로는 H. B. Kwon[26]의 연구가 있다. 풍동에서 지상체

실험을 할 때에는 차체와 지면사이의 상대적인 운동을 고려하며 고정된 풍동의 지면에서 이러한 지면효과를 고려할 수 없기 때문에 이를 위한 별도의 방법이 고려되어야 한다고 하였다. 특히 상대적으로 차체가 길고 하부구조가 고르지 않고 차체와 지면의 간격이 좁은 열차에서는 적절한 지면효과 모사가 반드시 필요하다고 하였다. 그의 연구에서는 지면효과를 Moving belt 방법과 Tangential blowing 방법으로 모사하였다. Moving belt 방법은 바닥면의 belt를 자유류의 속도와 동일하게 움직여 지면효과를 이상적으로 모사할 수 있지만 많은 비용이 소요되며 길이가 긴 열차에 적용하기 힘들다는 단점이 있다. 반면에 Tangential blowing system은 설치 및 제거가 쉽고 multiple blowing slots으로 길이가 긴 열차 모델에서도 사용할 수 있다는 장점이 있다고 기술하였다. 대심도 터널에서의 열차 공기저항 실험에서도 이와 같은 기술이 적용되어야 할 것으로 보인다.



<열차의 지상실험 개념도 (a)Moving belt and suction system (b) Multiple-slot tangential blowing system>

국내외 연구동향을 살펴보면 전두부 형상설계는 주로 압력과 구배를 저감하는 방식으로 연구되었으나 터널 내부를 180km/h로 주행하는 대심도 급행철도에 적합한 전두부 형상은 공기저항을 최소화하는 것이 유리하므로 기존 연구결과와는 다른 형상의 설계가 이루어져야 할 것이다. 더욱이 대심도 급행철도의 운영조건(터널 단면적과 운행속도 등)과 유사한 조건에서의 전두부 형상설계에 대한 연구는 진행된 사례가 없다. 차체의 공기저항 저감을 위해 대차커버에 관한 연구도 개활지를 기준으로 진행되었고 터널에서 운행되는 대심도 열차와 같은 조건에서의 연구 사례는 없다.

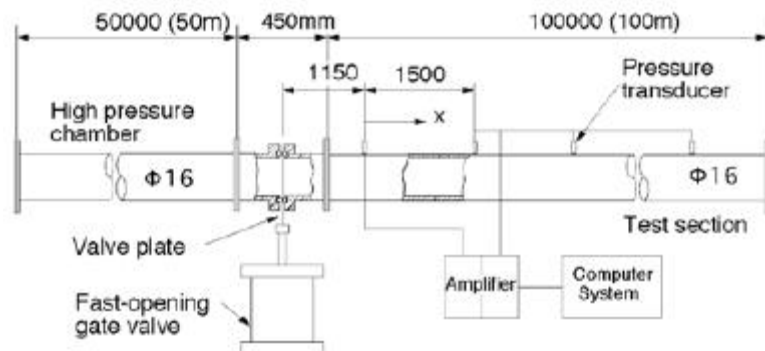
○ 열차와 터널 네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해석기술
터널 네트워크 요소의 공기역학적 설계는 시스템을 구성하는 요소를 고려하는 설계기술로 수십 km의 실제 네트워크 시스템을 구성하는 구성 요소의 공기역학적 특성을 파악하데 사용된다. 이러한 대규모 시스템을 실제로 측정하거나 해석적 방법을 이용하여 3차원으로 해석한다는 것은 불가능하다. 그러므로 기존에 이와 유사한 시스템에 대해서 대부분 모형실험이나 각 요소별로 설계하고 성능을 평가하는 방식으로 연구가 진행되었다.

B. Hagenah[3]는 공사비용의 절감을 목적으로 터널 단면적을 줄이면 터널 내 압력과

의 크기가 증가할 뿐만 아니라 그로 인한 승차감 저하와 소음을 유발하게 된다고 하였다. 그러나 Relief duct의 설치를 통해 터널에서의 압력변동을 저감할 수 있다는 것을 압력과 측정과 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

Y. WANG[17]은 터널을 통과하는 열차의 공력 효과를 조절하는 방법 중 하나인 Air-shaft의 설치에 대한 영향을 수치해석을 이용하여 연구하였다. 연구에서 Air-shaft의 설치를 통해 객실에서 최대 압력을 거의 40% 가까이 낮춰 압력교란을 줄일 수 있으며 Air-shaft의 위치를 최적화하므로 압력교란을 더욱 감소시킬 수 있다는 것을 밝혔다.

S. NAKAMURA[21]는 고속열차에 의해 발생하는 압축파가 장대터널에서 전파되면서 변화하는 현상을 모형실험을 이용하여 연구하였다. 모형터널의 직경과 길이는 16mm와 100,000mm(100m)로 실제 터널길이를 환산하면 56km정도 이다. 고압 챔버의 공기를 밸브의 여닫는 속도를 조절하여 기울기와 강도가 다른 압축파를 생성하였다. 초기에 발생된 압축파는 터널을 통해 전파되면서 초기 파형과는 다른 파형으로 변형되어 전파되고 국부적인 최대값도 줄어드는 것으로 나타났다. 대심도 시스템과 같은 장대터널에서 압력파가 전파되면서 터널 시스템에 미치는 영향을 평가할 때 이와 같은 영향도 고려해야 정확한 평가가 이루어질 것이다.

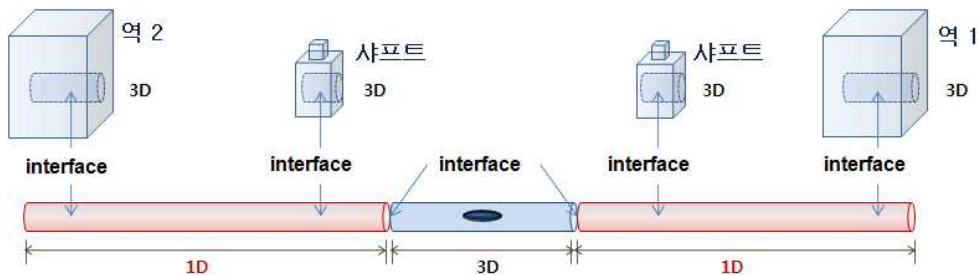


<장대터널에서 압축파 전파 실험을 위한 모형실험 장치>

국내에서는 축대칭 비정상 Euler solver에 Roe수치기법과 Patched-grid 기법을 적용하여 터널 시스템을 해석한 연구가 있었으며[4], 압축성 공기역학을 기반으로 한 1차원 해석으로 FVM(Finite Volume Method)을 사용하여 터널 네트워크에 대한 공기압 분석과 철도터널 환기 및 화재 시 연기확산 분석 등의 연구를 수행한 사례가 있다[5]. 그 밖에 축대칭 기반의 비정상상태의 초고속 튜브 트레인 연구를 진행하여 터널압력, 공기저항 그리고 단면적의 변화에 따른 운행속도를 비교하는 연구도 수행되었다[6,7]. 또한, 지하터널에서 수직 환기구의 미기압과 저감효과를 분석하기 위하여 2차원 축대칭 기법을 사용하였으며 그 결과는 수직 환기구를 설치하여 미기압과 저감효과를 얻을 수 있으나 만족스럽지 못하므로 추가적인 압력저감 시설이 필요하며 수직 환기구의 개수 증가로 인한 미기압과 저감효과는 크지 않은 것으로 나타났다[8].

최근에 J. K. Choi와 T. K. Kim은[9,10]은 수십km의 장대터널에서 가감속 운동을 하는

고속열차의 공기역학적 특성을 파악하기 위해 3차원 효과가 있는 열차주위, 정거장, 환기구는 3차원으로 해석을 수행하고 나머지 터널 구간은 1차원 해석을 통하여 계산 시간을 단축하였다. 그러나 1차원과 3차원 해석영역이 만나는 곳에서 물리모델과 수치기법의 정확성에 문제가 있어 이를 개선하기 위한 추가적인 연구가 진행되어야 한다.



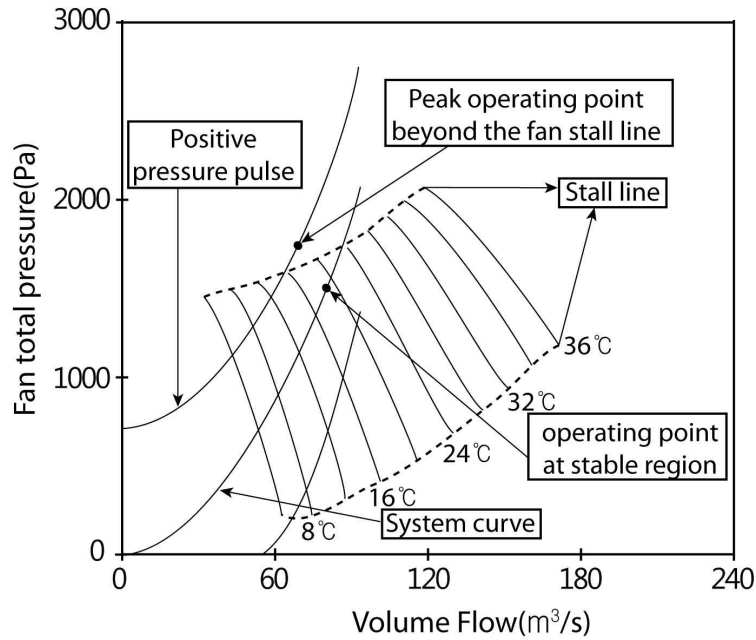
<고속 운동체 시스템 해석을 위한 1차원-3차원 혼합 격자 개념도>

국내의 연구내용은 주로 장대터널 내 수직구(Air-shaft, T자형 접속부)를 설치하였을 때 본선터널 내 압력파와 압력과 구배 저감효과를 분석한 것으로 대심도 급행철도시스템을 구성하는 신기술 요소의 설계(차량 전두부 설계, 환기구 압력과 저감 장치 설계 등)에 필요한 다양한 네트워크 구조(T자, Y자, 급속 확대/축소 등)에 대한 압력파의 거동을 설명하기에는 미흡하다.

환기팬의 stall 저감 기술은 환기팬 내부 구조 설계를 개선하는 방향으로 진행되었다 [11~15]. 기존 연구에서 제안한 방법은 팬 블레이드 각도를 개선하여 stall을 저감하는 방법, Casing 형상을 개선하는 방법 그리고 stabilisation ring 구조설계로 팬 내부에서 발생하는 역류를 다시 블레이드의 축방향으로 보내어 개선하는 방법 등이 있다. 이러한 전형적인 stall 저감기술은 팬이 장착되는 시스템의 작동조건과 순간적인 압력파의 노출조건을 정확히 예측하여 성능곡선 상의 작동점이 stable operating region 범위 내에서 벗어날 확률을 저감하는 것이며 이러한 방식의 설계는 시스템 운전조건에 의존하여 새로운 팬을 개발해야하는 문제로 인해 많은 개발비용과 해석 및 평가기술의 정확성을 요구하게 된다.

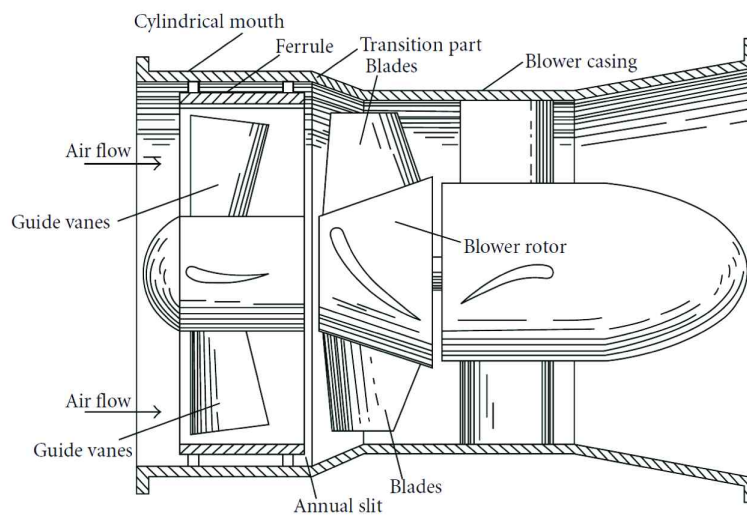
지금까지의 연구동향은 환기팬의 Anti-stall 설계에 집중되었으며 압력파의 이동경로에서 압력파를 감쇄시키는 장치에 대한 연구는 진행되지 않았다.

A.G. Sheard와 A. Corsini[16]는 전형적인 철도터널 용 축류팬(Typical metro ventilation fan)을 실험적으로 500 Pa 압력파에 노출하여 공력불안정조건(stall condition)을 발생시키고 축류팬의 블레이드에서 stress를 측정하여 정상적인 운전조건에서 발생하는 평균응력(Mean stress) 외에 stall condition에서 과도한 크기의 양, 음 응력이 반복되는 교번응력(Alternating stress)을 관찰하였다. 그들의 실험결과는 철도터널 환기팬 운전조건(압력 1500 Pa, 압력파 500 Pa)에서 stall 현상이 발생하였을 때 16 MPa의 교번응력을 관찰함과 동시에 피로 구조해석을 수행하여 팬 stall 현상이 팬의 수명(Inservice life)을 단축시키는 결정적인 원인인 것을 설명하였다. 그 밖에 축류팬의 stall에 관한 연구결과([11]~[13])에서도 유사한 이론이 설명되었다.



<Fan 의 작동영역 / stable region vs. unstable stall region>

전형적인 철도터널 축류팬의 성능곡선은 그림 5.와 같으며 시스템 저항곡선과 팬 성능(Fan characteristic) 곡선이 만나는 작동점(Operating point)에서 설계목표 풍량과 필요한 송압력을 발휘하도록 제작하여 운영된다. 터널 내 압력파가 환기구에 도달하였을 때 본선터널 구간에 형성된 양 압력파가 접속부(본선과 환기구의 교차점, Junction)에서 급기용 환기구로 일부 진입하게 되면 시스템 저항을 순간적으로 증가시켜 저항곡선을 위쪽으로 이동시키게 되며, 반대로 열차가 환기구를 지나는 순간에는 음 압력파가 형성되어 저항곡선을 아래쪽으로 순간적으로 이동시킨다.



<전형적인 Metro 축류 팬 내부 구조>

제2절 국내의 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라기술 인력 현황

1. 차량시스템 핵심기술개발

○ 인적 능력 분석

- 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템 설계기술 개발을 위하여
- 철도차량용 추진시스템 분야에서 5년~10년 이상 연구 또는 프로젝트 수행 경험을 가지고, 한국형 경량전철시스템 및 도시철도차량용 리니어 전철 시스템 기술개발 과제 및 다양한 철도시스템용 추진제어시스템 관련 과제 다수 등의 연구경험이 있는 전문가 참여 가능
- 관련 분야를 연구한 산-학-연 전문가 다수 참여 가능

○ 활용 장비 분석

<H/W 활용 방안>

- 추진장치 성능시험설비 : 영구자석 동기전동기와 인버터 시제품의 단품/조합 성능시험
- Multi-Meter : 시제품의 간단한 전류/전압 측정 테스트
- Oscilloscope : 시제품 제작 시 측정용
- Power Analyzer : 전력사용량 측정 및 분석
- PXI Host : Real Target 장비 Control용 PXI 장비
- DAQ : Test-bed 구성품 Data Logging용

<S/W 활용 방안>

- Maxwell 2D/3D Ver.11 : 영구자석 동기전동기의 설계 및 특성 분석
- Simplorer/Matlab-Simulink : 추진용 인버터의 제어알고리즘 개발 및 특성 분석
- JAVA Software : AMI Prototype MCU Source Programming
- LabVIEW : 시제품 모델의 성능계측용 PXI장비 및 DAQ 구동 및 분석

2. 인프라시스템 핵심기술 개발

가. 터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발

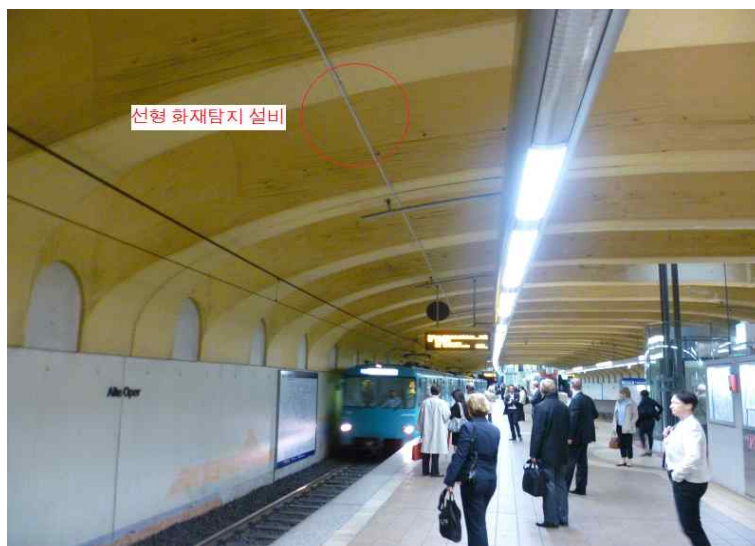
터널 이름	Seikan	Channel	Gotthard Base	Koralm	Arlberg
국가	일본	영국, 프랑스	스위스	오스트리아	오스트리아
연장	53.85km	50.45km	57.104km 57.017km	32.9km	철도: 10.9 km 도로: 14.0 km
현재 상태	운행중 1988년 3월	운행중 1994년 5월	건설중	건설중	1884년 완공 2009년 개량
터널 형태	복선 + 서비스	단선병렬 + 서비스	단선병렬	단선병렬	복선철도터널-도로터널
연락 터널 간격	구난역:40m 이외:600~800m	250m	325m	500m	1,000 m - 1,700 m 6개

구난역 (교행역)	2개의 구난역	2개의 교행 터널	2개의 multifunction station	1개의 emergency station	없음
환기 시스템	송풍기 배연기 풍문	플랜트와 팬 Air lock Piston relief duct	main fans 댐퍼 sliding door 구난역연기제 어	환기 덕트 bypass	연락터널 역류 방지팬 자동작동
소화 설비	물분무설비, 연결송수관	물분무설비 연결송수관			철도터널 중앙 하부에 건식연결송수 관
화재 감지 설비	적외선온도식 8개소 연기검식 5개소	1.7km 간격 1,200개의 화재감지기			-
특이사항			화재진압구난 특수차량		화재진압구난 특수차량 일반차량이 진입가능

○ 대심도 장대터널 운영 및 설계 현황

○ 대심도 화재감지 및 제연 기술

- 국내에서는 광학케이블을 이용한 선형 화재감지 설비 선형기술 연구, 영상카메라를 이용한 화재감지설비 등의 개발이 진행되고 있음.
- 독일, 벨기에, 오스트리아 일부 철도터널의 경우 선형화재탐지 설비를 설치 운영



<철도터널 선형 화재탐지 설비 설치 사례(독일)>

○ 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계기준

- 기존 도시철도에 이미 설치된 PSD는 저속(60 ~ 100km/h)에서 운행하는 철도차량을 기준으로 설계가 되어 설치가 됨. 대심도의 경우 철도차량의 최고속도를 180km/h까지 고려를 하고 있으므로 기존의 기준으로 설계된 PSD의 열차풍 풍압 안전을 보장할 수 없음.

- 현재 PSD 자재시방서에 나와 있는 기준은

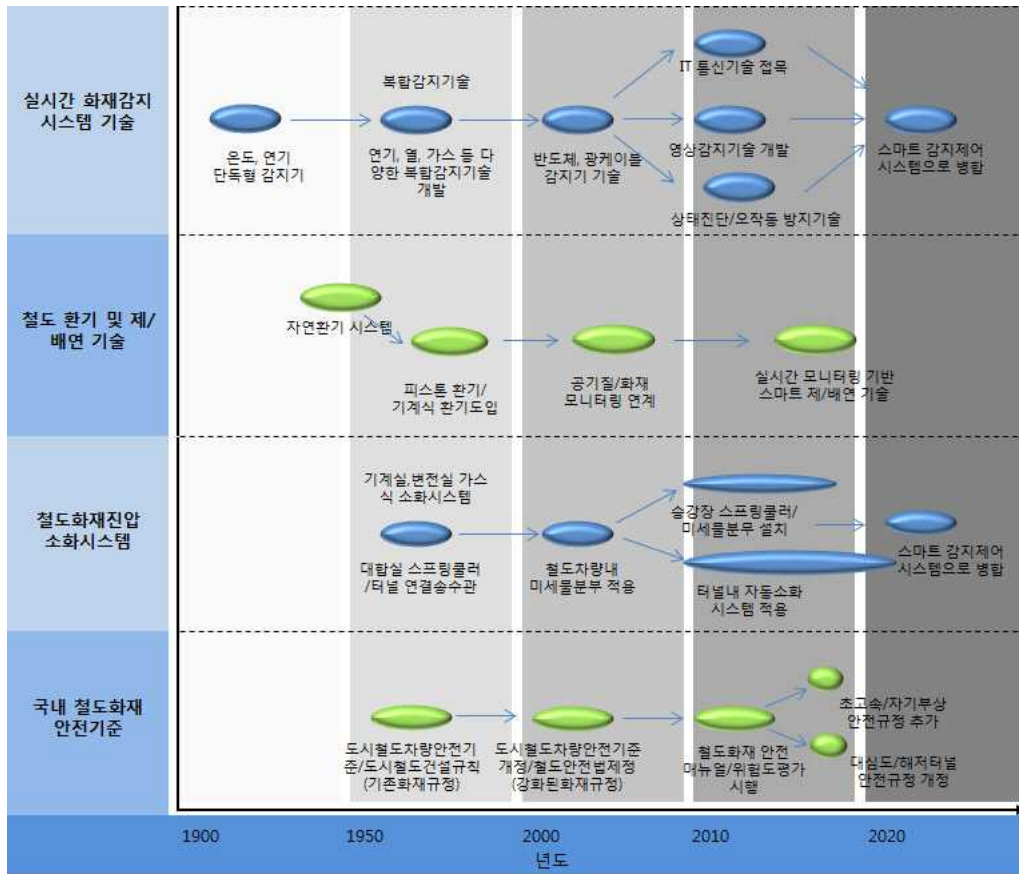
- ① 내풍압 90kg/m² 에 견딜수 있는 구조로 설계
- ② 순간최대풍속 : 지하역 30m/sec, 지상역 50m/sec
- ③ 설계수명 : 30년

등 으로 제시되어 있음.

- PSD의 주요 구성품 및 그 설치 위치는 다음과 같음

품 명	설 치 장 소
PSD 구조체와 안전유리	각 역사 플랫폼 상
구동부	구조체에 내장
개별제어반	구조체에 내장
UPS	각 역사 플랫폼 상 또는 지정장소 (전기분야에서 설치)
종합제어반	각 역사 신호통신실
승무원조작반	각 역사 플랫폼 끝
승강장조작반	각 역사 플랫폼 중앙부 구조체에 내장

○ 화재감지 및 철도환기 및 제배연기술과 철도화재진압소화시스템은 아래 그림과 같은 형태로 발전해가고 있으며 이에 맞추어 국내의 철도화재 안전기준도 발전해나가고 있다.



〈대심도 터널 방재기준 및 안전기술 관련 기술 발전 개념도〉

- 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술 분야
 - 국내 관련 기업/연구소 기술수준 및 기술 보완사항 분석
 - 지하공간의 방재, 환기 등과 관련하여 연구가 일부 수행되었으나, 기초연구 수준에서 수행되었으며 실용화를 위한 응용연구 수준은 취약함
 - 철도와 건축의 인터페이스에 해당하는 역사 및 환승시설에 대한 설계기술 및 기준에 대한 연구는 매우 취약함
 - 대심도 역사 및 정거장 설비시스템의 고효율화에 대한 연구는 초기단계로 설비향상 및 설계지침에 대한 심도있는 연구가 필요함

〈국내 관련 연구기관〉

관련연구기관	주요 연구활동
한국건설기술연구원	지하공간 환경개선 및 방재기술연구단(2005~2009) 환기 및 방재연구를 통한 관련기준 제정
한국철도기술연구원	일반적 지하역사 및 정거장에 대한 설계 지침 연구 수행
한국교통연구원	타교통시스템(버스, 항공등)과 연계된 복합역사 설계기술 연구가 일부 수행됨

<선진국 대비 국내연구 인프라 수준>

인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다우월
전문인력		○			
기자재			○		
산학연 공동연구기반			○		
기술이전 및 거래		○			
국제기술협력기반		○			
업계현황		○			

○ 대심도 열차의 유선형 전두부/차체형상 설계기술

서울대학교에서는 개활지에서의 공기저항을 고려하여 G7(고속전철기술개발사업, 1996년)과 차세대 고속열차(차세대고속철도기술개발사업, 2009년)의 전두부, 대차커버 등의 형상 설계를 하였다. 터널 내부 주행과 관련해서는 축대칭 기반의 비정상상태의 초고속 튜브 트레인 연구[7]를 진행하여 터널압력, 공기저항, 단면적 변화에 따른 최고 운행 속도를 검토하는 연구를 수행하였다. 또한 역사와 환기구를 포함한 20km 터널 시스템에 대해 감·가속스케줄을 가진 열차의 공력 특성에 대한 기초 연구를 수행하였다.

대심도 열차 유선형 전두부/차체형상 설계기술 개발을 위해 위에 언급한 사업과 기초 연구의 전문가 참여가 가능하고 기존에 사용한 장비들과 개발한 기술을 적용할 수 있다.

○ 열차와 터널 네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해석기술

국내에서는 해석 프로그램으로 TTMA(한국철도기술연구원/서울대)가 있으며 고속열차의 전두부 형상설계와 이명감 검토에 적용되었다. 환기구를 포함한 터널 네트워크 1차원 해석프로그램으로는 FTNS(FNS Eng./서울대)가 있으며 주로 설계현장에서 터널 환기, 방재, 공기압 분석을 위해 활용되었다.

경부고속철도사업과 호남고속철도사업의 연구 성과로 고속열차가 진입하는 일반 철도 터널의 압력과 구배 저감을 위하여 통풍공 설계 및 갱구부 터널후드 설계 기술에 대한 연구 성과가 제시되었으나 터널 환기구에 대한 압력과 저감 설계기술은 전 세계적으로 연구가 미흡한 관계로 실용화 기술이 개발된 바 없다.

터널 네트워크 시스템의 공기역학적 설계/해석기술 개발을 위하여 국내에 있는 해석 프로그램의 전문가가 참여가능하며 기존의 유사 사업에서 개발한 기술을 응용할 수 있다.

나. 대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

연구기자재 및 연구시설명	활용용도	보유기관	확보방안	비 고
레일체결장치 다축피로시험기	피로시험	철도연	자체보유	
궤도/노반/구조 종합성능시험기	성능시험	철도연	자체보유	
철도 구조성능 평가시험기	구조시험	철도연	자체보유	
레일피로시험기	레일피로시험	철도연	자체보유	
궤도검측기(Track Master)	궤도틀림측정	철도연	자체보유	
진동측정장치	진동시험	철도연	자체보유	
자주식 윤하중 시험기	레일윤하중측정	철도연	자체보유	
토조시험장치	토조시험	철도연	자체보유	
동적데이터 측정장치	응력가속도측정시험	철도연	자체보유	
동적시험분석기(Dynamic Signal Analyzer)	응력,가속도측정	철도연	자체보유	
S/W ABAQUS		철도연	자체보유	
궤도종합성능프로그램		철도연	자체보유	
S/W 루사스구조해석 V13.4		철도연	자체보유	

라. 대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

○ Software

- Matlab : 수치해석 및 조류계산 알고리즘 검증
- LabVIEW : Real Target 장비 Control용 PXI장비 및 DAQ 구동 소프트웨어
- PSCAD/EMTDC : 전력계통 시뮬레이션 소프트웨어
- PSS/E : 전력계통 시뮬레이션 소프트웨어

○ 저압이 아닌 고압의 경우는 전기 절연특성을 확보하기 위해서는 3중 압출 설비들이 구축이 필요한데 이와 관련 설비들은 대부분 국내 케이블 제조사들이 갖추고 있어, 동축형 전력 케이블 제조를 위해 특별한 설비투자는 필요 없음

3. 국내 기존 연구 현황

- 대심도 초장대터널에서의 급행철도를 운영하기 위해서는 방재연구가 중요함
- 철도방재와 관련하여 수행된 철도안전기술개발사업은 선진국 수준의 범국가적 철도 종합안전시스템 구축에 의한 대형 철도사고의 예방, 사고/사망률 저감을 목표로 수행되었으며, 연구내용은

* 철도종합안전대책과 철도안전법에서 요구하는 각종 기술적 안전 규정·기준

마련과 안전관리체계 구축

* 철도안전성 평가를 위한 안전성능 평가 기술 및 사고방지 기술개발 임.

- 철도안전기술개발사업에서 수립한 철도터널 안전세부기준에 따르면 15km 이상이 되는 터널의 경우 별도의 방재대책을 마련하라고 요구하고 있으므로 초장대터널인 GTX 터널에 대하여 안전기준을 별도로 마련하여 제시하는 것이 필요함.
- 철도안전기술개발사업에서 특히 화재와 관련된 방재기준을 합리적으로 마련하기 위하여 터널에 적용할 수 있는 철도화재 안전도 예측기법을 개발한 바 있음.
- 그러나, 승강장에 대한 안전도 평가기법은 없으므로 대심도 승강장에 적합한 안전성 평가 기술개발과 함께 역사의 피난동선 및 화재안전설계기술이 개발될 필요가 있음

제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

대심도 급행철도 기술개발과제의 비전은 대심도 급행철도 기술개발을 통해 수도권 광역교통체계를 철도 중심으로 전환시켜 신속, 안전, 경제성, 사용자 편의성을 제공에 있다. 이러한 비전을 통하여 수도권 외곽에서 도심을 저렴한 요금으로 30분 이내로 할 수 있는 녹색철도를 개발하여 수도권 광역화에 따른 서민의 출퇴근 고충을 해결할 수 있도록 추진되어야 한다.

비전	대심도 급행철도 기술개발을 통해 수도권 광역교통체계를 철도 중심으로 전환
임무	수도권 외곽에서 도심을 저렴한 요금으로 30분 이내로 할 수 있는 녹색철도를 개발하여 수도권 광역화에 따른 서민의 출퇴근 고충을 해결
연구 목표	대심도 급행철도의 안전성, 경제성 및 사용자편의성을 확보하기 위한 기술개발
전략	경제적 건설방안 연구를 통한 GTX 사업비 절감 및 요금 인하
	초장대 대심도급행철도의 안전성, 신속성, 쾌적성향상을 위하여 핵심기술 위주로 기술개발 추진
	연구기관은 산학연으로 구성하여 융복합연구 수행
	개발기술의 실용화를 위하여 GTX민자사업자가 참여기업으로 사업 참여 유도
	기술개발일정은 GTX사업의 추진일정과 연계하여 추진

제2절 기술개발에 따른 미래상

1. 현황 및 미래상

- 차량시스템 핵심기술개발

대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

- 장대터널을 고속(200km/h급)으로 주행하는 차량 제작경험 전무
- 대심도 요구조건에 부합되는 차량 밀폐구조, 소음차단용 바닥구조, 기밀유지를 위한 출입문 구조, 추진제어시스템 이상 발생시 정상운행이 보다 용이한 ICIM 방식의 제어시스템, 공기역학을 고려한 차량 전두부 형상설계, 보다 강화된 차량 화재안전 기준 등에 대한 정립이 현재 국내에서는 안되어 있어 이에 대한 연구 필요
- 요구되는 승객 수송수요에 적합한 차량 크기, 좌석배치, 출입문 폭 및 개소 선정, 부속실 설치 여부, 입석 승객에 대한 안전성 확보 등 차량 기본 요구조건에 대한 분석이 안되어 있어 차량 설계시 혼선 초래 예상
- 대심도 특성에 맞는 차량 표준규격/안전기준/성능시험기준이 현재 없어 추후 차량 제작 및 시험시 본 연구로 도출된 기준을 제시하여 안전 및 성능확보 필요

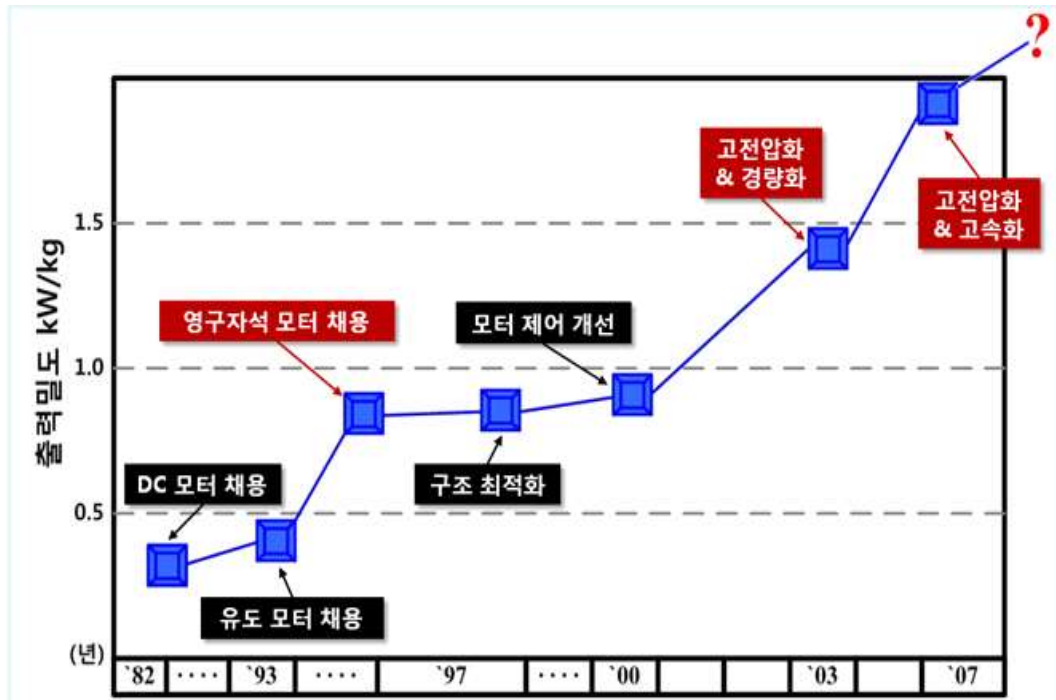
고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

- 국내 교통수단용 추진제어시스템의 고효율 저소음화 기술은 전기자동차(EV/HEV) 위주로 기술개발이 이루어져 왔으며, 대부분이 소형응용분야에 치우쳐 있고, 국내 기술력 수준은 아직 일본, 프랑스, 미국 등의 선진 기술을 따라가는 추세임
- 철도와 같은 대용량 추진제어시스템의 경우, 고효율 저소음화를 위한 선행 연구가 초기 진행 단계이며, 아직은 기존 시스템을 새로운 철도차량에 적용하는 수준에 머물고 있음
- 국내 철도차량에 적용되는 전인전동기의 경우, 약 0.2 kW/kg에서 0.78 kW/kg까지의 출력밀도를 나타내며 이는 전기자동차 경우인 약 2.0 kW/kg에 크게 못 미치는 수준이므로 고효율밀도화 연구가 필요한 실정임
- 추진용 전력변환장치(인버터 포함)의 경우도 모듈화를 통한 소형화의 세계적인 추세가 지속되고 있으나 국내의 경우, 이의 적용이 아직 이루어지지 않고 있음

대심도 열차의 유선형 전두부/차체형상 설계기술

기존 전두부 형상설계 기술은 주로 압력과 구배를 저감하는 방식의 설계기법이 개발되어 활용되고 있다. 그러나 대심도 급행철도 차량은 터널에서의 운행으로 인한 공기저항 증가가 주된 관심사이므로 이에 적합하도록 공기저항을 최소화 하는 것으로 설계목표를 수정하고 새로운 저저항 전두부 형상을 제시할 필요가 있다. 차체 공기저항 저감과 관련된 대차커버와 차량연결부 최적설계는 해석적 방법과 모형실험을 통해 차체의 유선형을 유지하는 방향으로 이루어져 복잡한 형상의 대차와 공동형상인 차량

연결부가 유동 흐름을 방해하지 않도록 하고 있다. 대심도 철도의 차체에도 이와 같은 기술을 적용하여 차체 공기저항 저감을 위한 대차커버와 차량연결부의 형상 최적 설계가 필요하다.



< 전기자동차용 추진제어시스템의 기술개발 동향 (출처 : Toyota) >

대심도 급행철도차량용 추진제어시스템 설계 기술 개발



- 인프라시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계 개발

○ 대심도 방재기준 및 안전성 향상 기술 개발

- 대심도 지하승강장 안전성 평가 매뉴얼

· 철도터널의 방재설비의 설계를 위하여 철도터널 안전성 평가 매뉴얼을 따라 안전성 평가를 수행하고 있는데 지하 승강장에서의 안전성 평가를 수행하기 위한 대심도 승강장 화재안전성 평가 매뉴얼이 필요한 실정이다.

· 개발된 대심도 지하승강장 안전성 평가 매뉴얼은 일반 지하철 승강장의 화재 안전설비(제연설비 등) 설계에 활용가능하다.

- 대심도 화재안전설비 설계기준

· 기존 철도터널에서 사용되고 있는 각종 안전 설비의 설계기준을 검토하여 대심도 터널에서 고속차량 운행 시스템에 적합할지 검증이 필요하다. 특히, 방화문 내풍압 기준, 구난대피소 설치 기준의 정비가 필요하다.

· 풍압 상태에서 기능이 개선된 방화문, 피난대피소 시스템의 적용으로 대심도 화재에도 승객의 안전성 확보가 가능할 것으로 기대된다.

- 대심도 화재 조기진압 시스템

· 국내 고속철도 터널에 화재진압을 위하여 연결송수관이 설치되어 있지만 화재발생시 연결송수관을 이용할 가능성은 매우 낮은 실정이며 일반 터널에 경우에 화재진압에 관련된 설비는 없다. 인천지하철의 경우 화재를 진압하기 위하여 물과 가압탱크를 차량에 설치하는 시스템을 도입하고 있으나 제한된 소화시간 및 경제성의 문제가 있다.

· 철도차량 및 터널에 화재가 발생하였을 경우에 확실한 소화성능과 경제성을 갖춘 화재 조기진압 시스템의 개발이 필요하다.

- 대심도 화재안전성 평가 해석 프로그램 고도화

· 대심도 터널의 화재안전성 평가를 통하여 화재안전 설비가 설치되어 터널의 화재안전성을 향상시킬 수 있다. 화재안전성 평가를 위하여 터널 화재 영향을 평가하는 프로그램으로 화재 발생시의 열 및 연기 거동을 계산하게 된다.

· 기존의 터널 화재영향 평가 프로그램은 장대 터널의 모든 영역을 3D로 계산하는데는 매우 큰 컴퓨터 계산하중이 소요되어 일정 영역만 계산을 수행하여 터널 입출구 및 수직/사갱/역사 등의 터널 네트워크 영향을 고려할 수 없다.

· 이러한 영향을 모두 고려할 수 있으며 합리적인 컴퓨터 계산 하중을 필요로 하는 프로그램 고도화가 필요하다.

- 대심도 철도 배연설비 내열성능 평가장비 구축

· 대심도 철도터널에서 화재연기를 배연하기 위하여 사용되는 배연설비의 내열성능 평가기준은 존재하나 이를 평가하기 위한 설비는 국내에 없다.

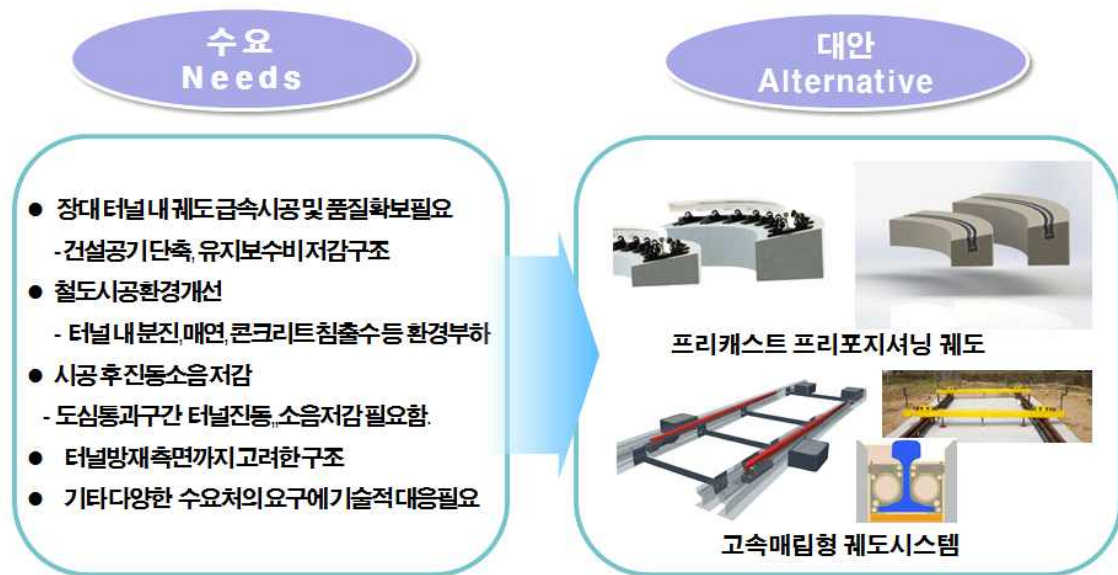
○ 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술 분야

열차와 터널네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해석기술
대심도 터널 네트워크에서 각 요소(열차, 환기구, 터널 및 정거장 등)의 공기역학적 설계와 신기술을 적용하기 위해서는 압력파의 거동에 대한 정밀한 분석과 실험적 검증이 요구된다. 요소에 대한 공기역학적 성능 분석에는 정밀한 3차원 해석이 요구되는 반면 장대터널 구간의 압력파의 전파를 효율적으로 예측하기 위해서는 1차원 해석이 적합하므로 1차원-3차원 혼합 해석 기법이 유력하나 현재 연구 초기단계에 있으며 신기술의 검증을 위한 실험적 평가 기술 또한 미흡하다.

대심도 급행철도 시스템의 환기시스템 설계에 있어 발열부하 계산모델과 미세먼지 발생량에 대한 발생인자 별 역학적인 연구가 필요하나 현재 국내에서는 기초연구가 전무하며 전 세계적으로도 뚜렷한 연구결과가 제시되고 있지 않아 전형적인 도시철도 환기시스템의 설계이론과 환기방식을 그대로 도입할 수 밖에 없는 실정이다.

국내에서는 경부고속철도사업과 호남고속철도사업의 연구 성과로 고속열차가 진입하는 일반 철도터널의 압력과 구배 저감을 위하여 통풍공 설계 및 갱구부 터널후드 설계 기술에 대한 연구 성과가 제시되었으나 터널 환기구에 대한 압력과 저감 설계기술은 전 세계적으로 연구가 미흡한 관계로 실용화 기술이 개발된 바 없다.

대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구



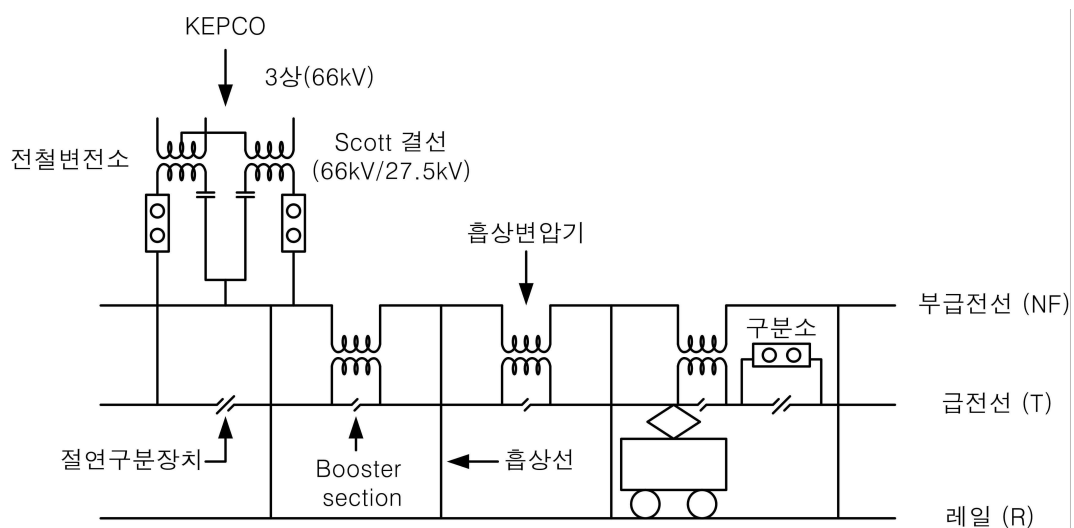
○ 기존공법대비 공사비 15%, 공기 20%절감이 가능하며 품질이 우수한 프리포지셔닝 프리캐스트 공법과 진동, 소음 10dB(A)이상 저감이 가능하면서 터널방재차원, 고속주행 등에서 유리한 고속매립형궤도 설계, 시공, 성능평가, 유지관리 기술 확보

○ 기존 지하철의 콘크리트 현장 압송타설로 인한 슬럼프치를 높여 타설하여 발생하는 균열을 예방하고 곡선구간의 프리캐스트 콘크리트 슬래브궤도의 궤도 설치시 곡선구간의 선형을 사전에 측정고려하여 대심도 터널내 궤도현장조립시공시 측정선형을 초정밀 재현조립시공이 가능하면서 기존공법대비 공사비 15%, 공기 20%절감이 가능한 대심도용 프리캐스트 프리포지셔닝 궤도기술개발

○ 궤도구조 현장시공 시 지하구간의 협소공간에 수직고정형 체결장치 시공시 대량부설시 대심도 선형조건을 고려한 정밀레일시공과 10dB(A)의 소음진동저감효과 및 터널 방재측면에서 평탄성을 고려한 매립형 궤도기술개발

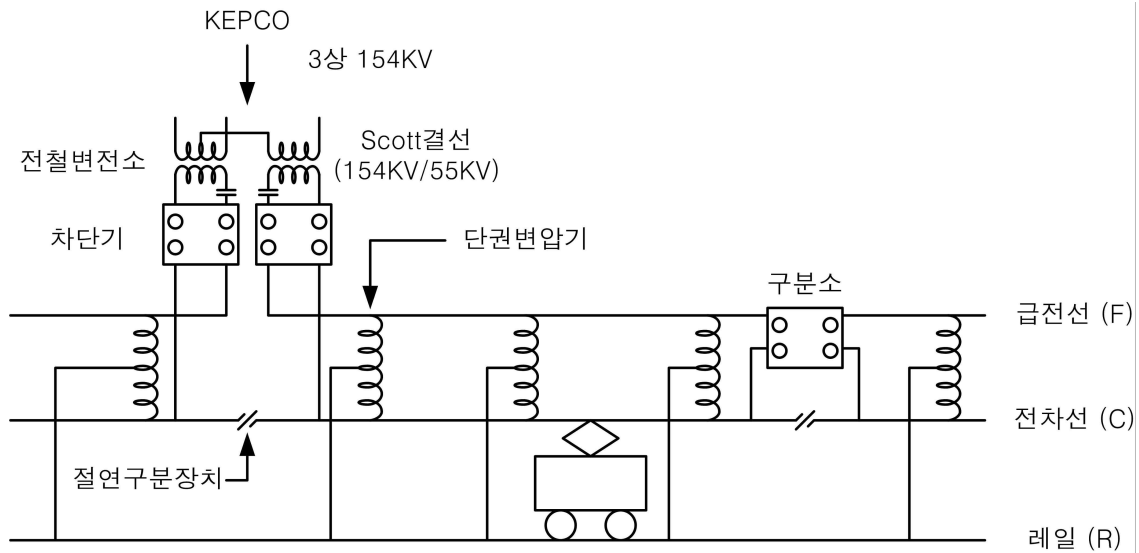
대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

○ 흡상 변압기(BT : Booster Transformer) 급전방식은 전자 유도장해의 원인이 되는 대지 귀로전류를 가급적 적게 흐르게 하기 위하여 궤도에 흐르는 전류를 강제로 흡상시켜 부급전선으로 흐르도록 전차선과 부급전선 사이에 권선비가 1:1인 2권선 변압기를 설치하는 급전방식임. 흡상 변압기는 약 4[km]마다 설치하고 있으며 전차선로에 흡상 변압기를 설치하면 부스터섹션(Booster Section)이 있어서 전기차량이 이곳을 통과할 경우 섬락 현상이 발생하게 되고 이로 인하여 고속 대전류 집전에는 전기적으로 불리함.



<BT 급전방식>

○ 단권 변압기(AT : Auto Transformer) 급전방식 BT 급전방식의 약점인 부스터섹션이 없어서 고속 집전이 용이하며, 급전전압은 종전의 2배로 되므로 전압강하가 적고 변전소의 간격을 멀리 할 수 있는 장점이 있음. 레일에 흐르는 전류는 차량을 중심으로 각각 반대방향의 AT쪽으로 흐르기 때문에 근접 통신선에 대한 유도장해도 적게 되는 장점이 있음



<AT 급전방식>

<BT 급전방식과 AT 급전방식과의 비교>

	BT 급전방식	AT 급전방식	비 고
급전전압 및 급전거리	AC 25kV 변전소 간격이 좁다. (약20km)	AC 50kV 변전소 간격이 넓다 (40-100km)	
부 스타 섹 션	필요하다. 소호대책이 필요.	필요 없다. 고속 대용량 집전에 적합 하다	부스터섹션의 소호 대 책으로는 NF 콘덴서 방식과 저항 섹션 방 식이 있다.
통신유도	전자 유도장해는 AT보다 작 다.	고조파 유도장해는 BT보다 작다.	
부하전류 분포	3선 중 2선에만 흐름.	3선에 분포되어 흐름.	3선은 전차선, 급전선 및 레일
전압강하	전기차에 공급하는 전류가 크게 되며 전차선로의 전압 강하가 커진다.	BT 방식의 1/3 정도로서 대용량 장거리 급전에 적 합하다.	
회로보호	급전전압이 상대적으로 낮으 므로 고장전류가 적어 보호 가 어렵다.	급전전압이 상대적으로 높 으므로 보호가 비교적 용 이하다.	
고 장 점 표 정	단락임피던스가 대체로는 공 장에 비례하므로 고장점 표 정은 AT 방식과 비교하여 상대적으로 쉽다.	임피던스가 선로 공장에 선형 비례하지 않으므로 고장점 표정이 어렵다.	흡상전류비 참고

대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구

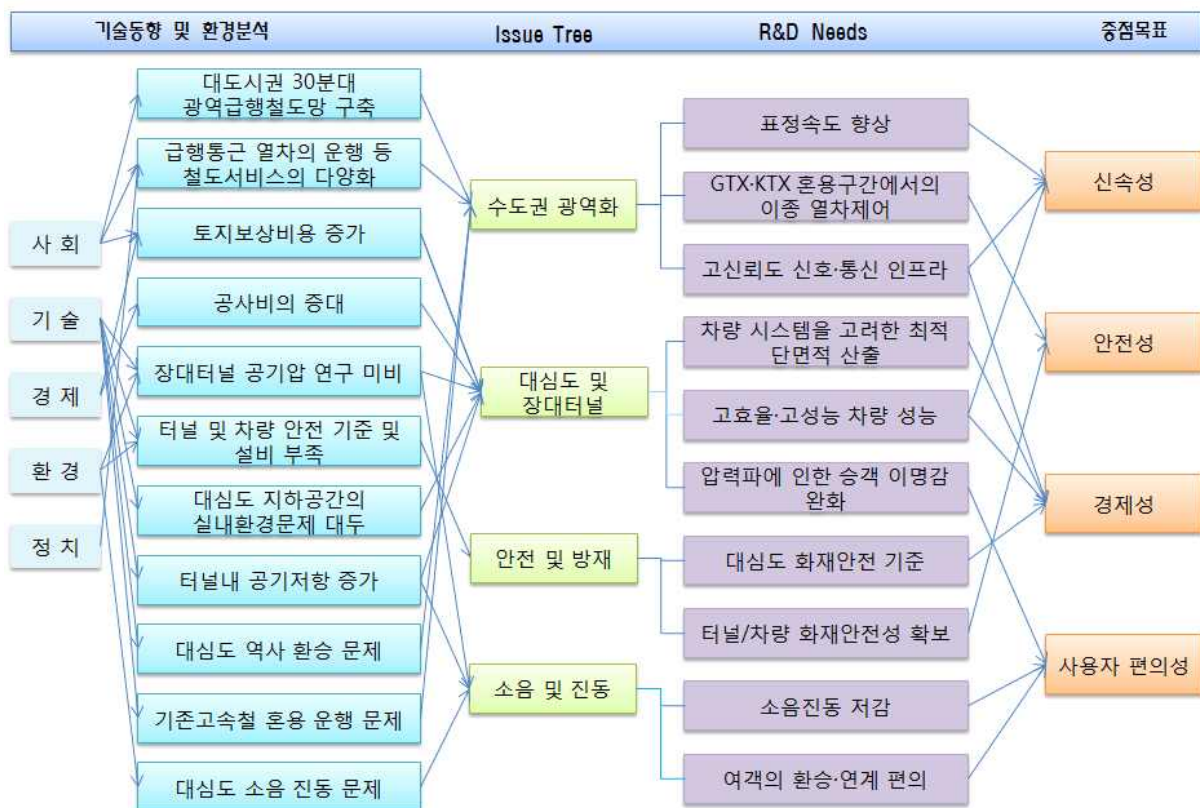
○ 대심도 급행철도는 최고속 200km/h로 주행하는 것을 기본으로 표정속도(정류장 정차시간 등을 포함한 속도)도 100km/h가 가능하여 현재 국내에서 시범 운행 중인 틸팅(Tilting) 열차 수준이다. 시속 32km인 지하철 표정속도보다 3배 이상 빠르다. 열차는 총 6량으로, 한량에는 200명까지 탈 수 있게 만들어질 계획이어서 한 번에 1200명의 승객이 이용할 수 있다. 배차 간격은 5분 안팎이 될 예정이다. 또한, 일부구간은 수도권 고속철도와 병행운전을 기획하고 있는 것으로 알려져 있다.

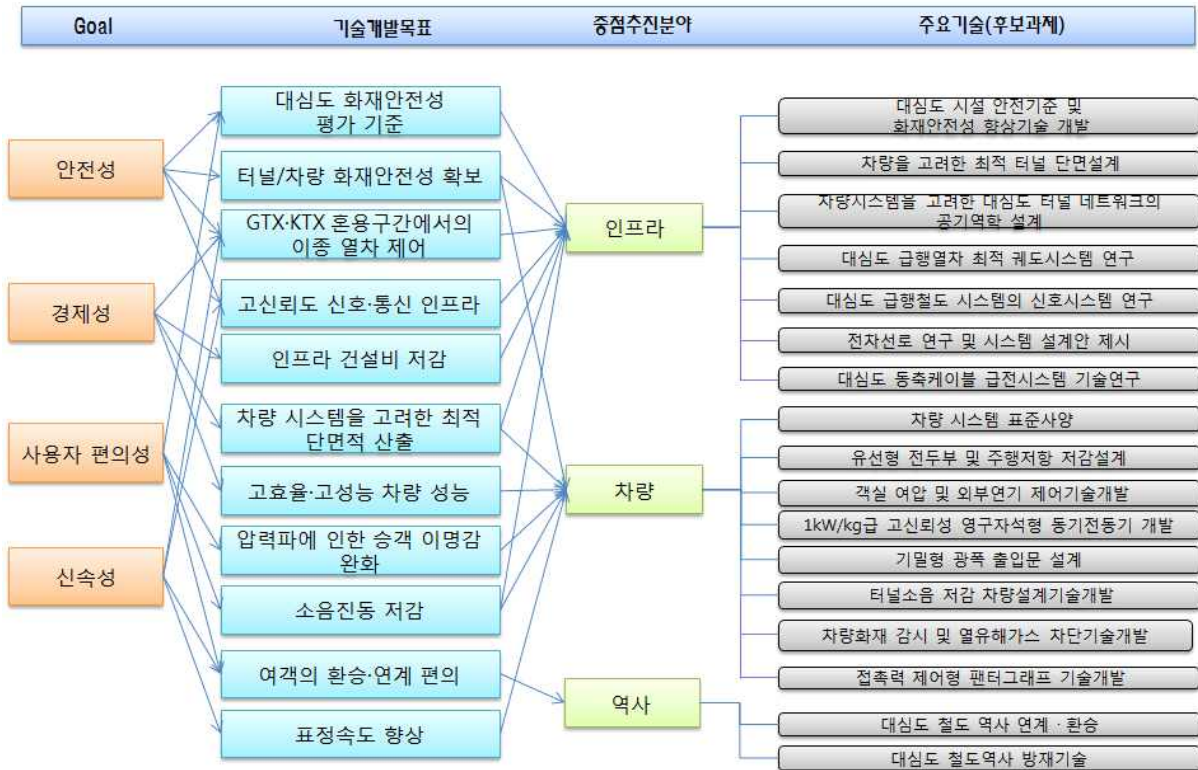
○ 따라서, 신호시스템 측면에서 고려할 때 기존의 일반철도에서 적용하고 있는 지상 신호기방식에 안전설비인 ATS(자동열차정지장치) 추가한 방식으로는 기관사의 신호기 현시에 따라 안전성의 문제로 적용하는 불가능 하여 고속철도나 기존선 속도향상을 위해 적용하고 있는 차상신호방식의 열차제어시스템이 사용되어야 할 것이다.

○ 그러나 아직까지는 이러한 열차제어시스템이 완전히 국산화를 하지 완성하지 못한 관계로 본 연구를 통하여 대심도 급행철도 신호시스템의 개발로 국산화를 완성하여야 할 것이다.

2. 기술개발 전략 및 효과

본과제의 목표는 안전성, 경제성, 사용자 편의성, 신속성을 고려한 대심도 급행철도 시스템을 개발하는 것이다. 이에 대응한 기술개발 목표, 중점추진분야, 주요기술을 아래와 같이 정의 하였다.





- 차량시스템 핵심기술개발

대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

- 대심도 급행철도 시스템엔지니어링 기술개발
 - 대심도에 적합한 시스템 엔지니어링 기술 확보를 통하여 200km/h 시스템 설계 및 검증 기술 확보
- 대심도 급행철도시스템용 고속추진 시스템개발
 - 대심도 급행철도에 적합한 200km/h 고속추진시스템 및 제동시스템 기술개발로 안정성 향상, 고효율화 및 차량시스템 성능 향상
- 차량시스템 핵심요소 기술개발
 - 대심도 급행시스템의 공기역학 해석 기술, 소음 및 승차감 기술, 방재기술, 차량 기밀성, 공기질 개선, 고속형 대차 및 주행기술 확보의 차량시스템의 성능, 편의성, 안전성 및 신뢰성 향상
- 차량시스템 안전 및 표준화체계 구축
 - 대심도 급행시스템 요구사항 표준규격, 안전기준, 성능시험기준 등 표준화체계 구축을 통하여 성능, 안전성 및 시스템 및 부품의 유지보수성 향상
- 차량시스템 운영/유지관리 효율화 기술개발
 - 대심도 차량시스템에 적합한 유지보수시스템 개발로 유지보수 선진화 기술 확보

고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

(가) 기술개발 전략

○ 고출력밀도 영구자석 동기전동기 설계는 철도연의 주도하에 대학, 출연연과의 연구 협력 체계를 구축하고, 영구자석 동기전동기의 제작은 로템, 멕시스, 키네모션 등 관련 산업체와 협력체계를 구축.

○ 저소음 고효율 인버터의 ICIM 제어 기술 및 최적 제어 알고리즘 개발은 철도연 주도하에 대학, 출연연과의 연구 협력 체계를 구축하고, 인버터의 제작 개발은 VC tech, 이지트로닉스 등 전력변환기 전문업체 등과 협력 체계 구축,

○ 추진제어시스템의 냉각 기술은 대학, 출연연의 위탁 연구로 수행하고, 추진제어시스템의 냉각 장치 제작은 멕시스, 키네모션, 한성정공 등 관련 산업체와의 협력 연구 수행.

(나) 기술 개발 효과

① 기술적 측면

○ 선진국 주도의 고속용 저소음 고효율 추진제어시스템 기술 종속 탈피 및 독자적 기술 확보

○ 체계적 기술개발을 통한 연구 효율성 향상

○ 철도산업의 신수요 창출 및 관련 산업으로의 기술 파급

○ 고속용 저소음 고효율 추진제어시스템 핵심 요소 기술 확보

○ 친환경 미래 신교통시스템 구축을 위한 기반 기술의 확보

○ 요소기술의 국산화 및 제어기법은 향후 철도분야 및 타 산업분야에 다양하게 응용될 미래첨단기술개발의 발판이 됨

- IPMSM 설계/해석 기술 : 자동차, 선박 및 항공 추진시스템 등

- 고효율 제어 기술 : 전자제어 산업의 파급효과 기대

- 소재 및 부품 기술 : 전력기기의 기술 향상 기대

○ 미래형 교통수단에 대한 일본, 독일, 미국 등 선진국과 강력한 후발주자인 중국의 기술선점 및 특허장벽에의 극복

② 경제적 측면

○ 대심도 급행철도의 핵심인 추진제어시스템의 기술 고도화에 의한 고부가가치 창출 및 해외 수출시 경쟁력 강화

○ 종래기술과 응용기술의 융합으로 시너지효과 창출

○ 정부의 철도망 확충 및 녹색교통과 연계 시너지효과 극대화

○ 대용량 철도용 추진제어시스템의 고출력화 관련 특허출원으로 기술 선점

○ 철도차량업체의 인력 고용 향상과 경기부양 효과 기대

③ 산업적 측면

○ 각종 산업용 전동기의 설계 및 제어 기술 향상과 전자제어 산업의 파급효과 기대

○ 견인전동기 및 전장품, 감속기 관련 설계/제어/시험평가 전문인력 양성

○ 학계 및 산업계 대용량 철도 추진시스템 관련 인력 확충

○ 산업계 기술이전에 의한 산업지원

○ 국산화 개발을 통한 유지보수 비용 절감

〈차량분야 후보과제 및 정의〉

연 번	후보과제명	후보과제 정의
1	차량 표준규격/안전기준/성능시험기준 연구	초장대터널을 주행하는 차량에 대한 표준화와 안전 및 성능에 대한 국가기준 필요
2	대심도 터널 네트워크 요소의 공기역학적 설계와 시스템 성능 검증 기술	초장대터널 시스템의 구성요소(차량,터널,환기구 등)에 대한 공기역학적 설계와 신기술 적용을 위한 시스템 성능 평가 및 검증 기술 필요
3	터널 소음 저감 차량설계 기술개발	-고속주행에 따른 진동 및 소음을 차단하는 차체 바닥구조 개발 필요 -기존 대비 소음이 적은 대차구조 개발
4	기밀형 광폭 출입문 개발	-승객 승하차 시간 단축을 위한 광폭 플러그도어 개발 필요 -고상홈에 적합한 소음차단을 위한 밀폐형/경량화로 개발
5	객실 여압장치 및 외부연기 제어 기술 개발	-초장대터널내에서 고속으로 열차주행시 이명감 발생으로여압장치 개발 및 터널에서 발생한 외부 연기의 차내 유입 제어 필요
6	대심도 열차의 유선형 전두부 및 주행저항 저감설계기술 개발	-초장대터널 주행시 공기저항 증가로 인한 열차주행저항 증가를 최소화하기 위해 유선형 전두부 개발 및 차체형상 연구 필요
7	추진시스템 개발	터널 내 고속주행으로 증가된 열차주행저항을 극복 가능하며 기동 가속도 향상 요구에 부응하는 고효율/경량화된 영구자석 동기전동기 개발이 필요 -영구자석 동기전동기 구동을 위한 ICLM 방식의 저소음/고효율/경량화된 전력변환장치 개발 필요 -추진시스템의 경량화 달성을 위한 냉각성능 향상 연구 및 냉각장치 개발이 필요
8	운전 경제성을 확보한 철도차량 경량 소화장치 개발 및 성능평가 연구	- 소화약제 및 압력탱크 등을 시설에 설치하여 운행경제성을 확보한 새로운 개념의 철도차량 경량 소화장치 개발 필요
9	차량 통합 화재감지 및 열/유해가스 차단기술 개발	철도차량 내외부에서 발생하는 화재를 감지하며 철도차량 간 열/유해가스 차단 기술 등을 개발
10	대심도 철도차량 화재크기 산출연구	대심도 철도차량 화재시 발생하는 열 및 유독가스 등을 산출
11	대심도 철도차량 화재안전도 분석연구	대심도 철도차량의 화재전파 및 승객피난을 고려한 화재안전도를 분석

대심도 열차의 유선형 전두부/차체형상 설계기술

기존 전두부 형상설계 방법인 압력과 구배를 저감하는 설계기법을 활용하되 대심도 급행철도 차량에 적합하도록 공기저항을 최소화 하는 것으로 설계목표를 수정하고 새로운 저저항 전두부 형상을 제시하는 방향으로 추진한다. 차체 공기저항 저감과 관련된 대차커버와 차량연결부 최적설계는 기존에 개발된 기술을 응용하여 해석적 방법 통해 대차의 복잡한 형상이 유동 흐름을 방해하지 않도록 대차커버와 차량연결부 형상을 설계하는 방향으로 추진한다. 그리고 설계안을 기반으로 축소모형을 제작하여 시험평가하고 검증한다.

- 대심도 인프라 시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계 개발

○ 대심도 방재기준 및 안전성 향상 기술 개발

- 대심도 안전 기준 개발의 세부내용으로는 대심도 지하승강장 안전성 평가 매뉴얼을 작성하여 적절한 지하승강장의 화재안전시설을 설계하도록 한다.
- 대심도 화재안전설비 설계기준으로는 승강장배연용량, 방화문, 구난대피구역, 제연모드 등을 제시하여 보다 안전한 화재 안전설비를 구축함.
- 고속차량 운행에 따른 압력 변동에 따른 PSD 안전설계기준을 제시한다.
- 대심도 이용승객의 건강 확보를 위하여 대심도 유해물질 관리기준을 제시.
- 대심도 화재안전성 향상기술 개발을 위한 핵심기술로는 대심도 화재감지 및 제연기술, 대심도 화재 조기진압 시스템을 개발한다.
- 보다 정확한 터널 안전성 평가(QRA)를 위하여 화재유동 해석 프로그램 고도화한다.

○ 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 핵심기술 분야

- 연구 개발물의 기능 스펙 등의 설계와 개발 가능성을 검증 및 적용가능성 시험 및 검증을 통한 대심도 역사 및 승강장 피난 및 화재안전 설비시스템 최적 및 표준화기준의 개발에 따른 도시철도운영기관의 유지보수비 절감

대심도 터널 시공공법 개선 연구

○ 최적 굴착공법 검토 및 개선연구

- 안정성 위주의 설계 및 시공개념에서 벗어나 사용성 위주 및 지속성 보존 즉 변형제어 개념의 굴착공법 선정을 위한 기술개발
- 공기단축 및 지반여건, 시공성 등 종합적 검토를 통한 최적의 굴착공법

○ 근접시공에 따른 구조 및 피해평가

- 대심도 터널에서 연직갱은 시공단계에서 수직구를 통한 버력 운반 및 자재 운송의 통로로 사용되며 터널 완성 후에는 환기구 및 유사시 대피통로로 역할을 함
- 저소음 급속시공이 가능한 연직갱 설계 기술 및 지보시스템 개발

대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

- 현장공정 단순화를 통한 현장건설공정 감소, 건설공기감소를 통한 사회간접경비 감소가 가능한 궤도구조 개발을 추진함. 기존공법 대비 시공비 15% 절감 및 공기 20% 단축될 것으로 추정됨.
- 고속 매립형궤도 곡선구간에서 연속탄성지지 기능을 구현하여 롤링 및 스킬소음 10dB(A)이상 저감 및 저유지보수 시스템 기술을 확보함. 또한 궤도상부의 평탄성을 확보하여 긴급시에는 구난차량이 통행이 용이한 시스템으로 터널방재 측면에서 유리한 시스템으로 적용이 가능함.

대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시

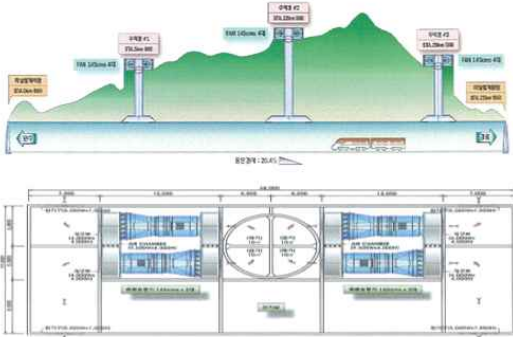
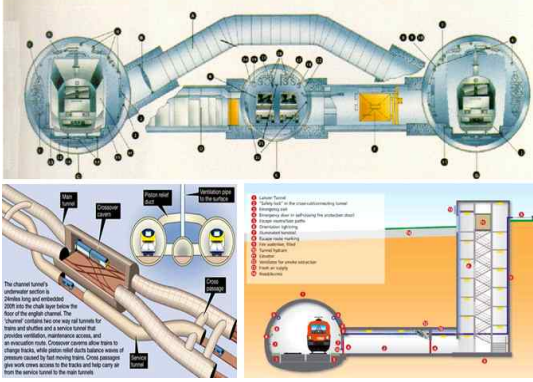
- 준고속급으로서 기존의 전차선로 시스템을 사용하는 것에 비하여 터널 높이는 500mm 이상 줄일 수 있는 가공 전차선로의 개발

열차와 터널네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해석기술

열차와 터널 네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해석기술 개발을 위해 요소에 대한 정밀한 공기역학적 성능 분석이 요구되는 곳에는 3차원 해석을 적용하고 장대터널 구간에서 압력과 전파에 대한 효율적 예측이 요구되는 곳에는 1차원 해석을 적용하는 1차원-3차원 혼합 해석 기법을 개발하고 터널 네트워크 모형실험을 통해 해석 기법을 검증한다.

국내외에서 대심도 급행철도 시스템과 유사한 시스템의 이명감이나 차량 기밀도, 주행에 따른 발열부하량과 미세먼지(PM10) 발생량 등에 관련된 기존의 검토기준과 측정 방식을 신속히 확보하고 개발할 터널 네트워크 해석 프로그램을 이용하여 터널 시스템을 해석하여 타당성을 검토하고 개선안을 제안한다.

기존의 환기 시스템은 운전조건에 의존하여 새로운 팬을 개발해야하는 문제로 인해 많은 개발비용과 해석 및 평가기술의 정확성을 요구하게 된다. 따라서, 좀 더 일반적이고 광범위하게 현장에 적용할 수 있는 새로운 개념의 Anti-stall 신기술 장치를 고안하고 시제품을 제작하여 장치를 검증하는 방향으로 환기구 압력과 저감 장치의 기술 개발을 추진한다.

AS-IS	TO-BE
 대심도 역사의 환경 개선에 대응기술 부족, 터널 화재대응 기술 미비	 환기, 화재안전 대응 기술 및 대심도 역사의 안정성 확보 기술 부상
• 대심도 개발에 따른 쾌적하고 안전한 지하교통 네트워크 구축에 대한 사회적 요구 증가 • 기존의 환기 및 화재안전 설계 개념으로는 직선형 터널의 한계를 극복하기에는 어려움이 있으며, 이에 대한 대안이 필요함 • 해외 사례와 같이 대심도 지하 터널의 화재 대책등 사회적 안전 확보에 노력을 집중하여야 함. • 철도터널은 내화성능 및 자동소화설비 부재로 일차적으로 터널외부로 유도하여 화재 진압	• 대심도 역사 안전성 평가 시스템에 의한 정량적 평가 기준 마련 • 안전성 향상 핵심기술 도입에 따른 실질적 피난 및 내화 안전성 고취 • 실시간 모니터링 기반 스마트 환기 해석 기술 확보에 따른 이용자들의 쾌적함 증대 • 이용자에게 쾌적하고 안전한 지하도로 환경을 제공함으로써 심리적 안정성 도모 • 철도터널 구난역 시스템 구축으로 자동화재진압 및 비상피난 대응 구현

- 굴착해야할 터널 단면 측면에서는 약 10% 가량의 단면 절감 가능 예상
- 본 과제에서 개발한 커터너리 및 강체 전차선로 시스템이 실제 GTX 사업에 적용 되도록 추진하여 GTX 사업의 건설비 절감에 직접 기여 가능
- 본 과제를 통하여 개발한 R-bar 강체 전차선로는 국내 준고속형 강체 전차선로의 표준으로 채택 가능할 것임.
- 개발한 저가고형 커터너리 전차선로는 터널 건설비를 절감할 수 있는 국내 협소 터널용 준고속형 전차선로의 표준으로 채택 가능할 것임.
- 선진 1개국만 가지고 있는 준고속 R-bar 강체 전차선로를 국산화 개발함으로써 해외 기술 종속 탈피 및 국내 기술력을 해외에 널리 알리는 기회가 되고, 국내외 시장 및 해외 진출의 발판으로 삼을 수 있을 것임

- 200km/h급 R-bar 강체 전차선로 국산화 개발은 향후 250km/h급의 R-bar 전차선로 자체 개발의 발판이 될 것이며, 향후 철도분야 및 타 산업분야에 다양하게 응용될 미래첨단 기초핵심 기술개발의 발판이 될 것임
- R-bar 강체 전차선로 자체 개발을 통하여 축적된 알루미늄 압축/인발형 제작 기술은 전철용 경량 알루미늄제 파이프나 산업용 부스바 부분으로의 기술이전 및 산업지원과 같은 기술 파급의 기대가 가능
- 기술개발을 통한 수입대체 효과와 국내실적을 기반으로 해외수출, 그리고 연관 산업에 대한 시너지 효과 발생

대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

- 동축케이블 생산업체를 선정하여 이를 중심으로 산학연 합동 연구시스템을 구축하고자 함.
- 국내 철도, 전력, 하드웨어 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원하에 연구를 수행
- 현재 일본 신칸센에 설치되어 있는 동축케이블 방식 급전시스템을 답사하고 일본 RTRI와의 협력체계 구축
- 대심도의 터널단면적을 줄일 수 있는 대안제시
- 기존 전기철도 급전시스템의 문제점을 해결할 수 있는 급전시스템을 개발함으로써 국가 기술 경쟁력을 확보하는 동시에 국외로 기술 수출의 방안이 기대됨.
- 동축케이블 급전시스템 개발을 확립하여 관련 생산업체에 기술 이전 및 전문 인력을 양성하여 국가 제조 및 R&D 시장의 확대를 도모함.

대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구

- 철도의 신호시스템은 열차운행의 안전과 효율성을 동시에 만족하기 위한 필수요건이다. 따라서 현재까지의 제시된 대심도 급행철도 신호시스템의 요구조건을 분석하면 다음과 같다,
 - 우선 설계속도 200km/h, 최고속도 180km/h, 표정속도 100km/h와 일부구간(동탄-수서)에서 수도권 고속철도와의 병행운전 및 각 노선간 직결 연계운행시 시스템 인터페이스 문제로 대별될 수 있으며, 특히 지하 50m 구간에서 설치되는 환경적인 특성으로 인한 유지보수 요원의 효율적인 유지보수를 기반으로 하는 시스템 구성이 이루어져야 할 것이다.
 - 운행속도 180km/h 이상을 수행하기 위한 신호시스템에 대한 연구는 이미 한국 철도기술연구원에서 고속 틸팅열차 및 고속철도기술개발사업에서 이러한 문제를 다루었지만 각각 차량의 특성이나 운영환경이 상이한 관계로 신호시스템에 대한 내용도 상이하게 연구되었지만 공통적인 내용은 기관사가 운전을 할 때 확인할 수 있는 신호는 열차의 속도와 밀접한 관계를 보여 160km/h 이상에서는 기관사가 지상신호를 정확히 인지 할 수 없다고 보고에 의해 지상신호방식은 대심도 급행철도에서는 원칙적으로 사용할 수가 없다.
 - 또한, 일부구간에서의 수도권 고속철도와의 병행운전 문제이다. 서로 다른 신호

시스템을 사용하는 열차가 병행운전 한다는 것은 아주 어려운 문제 중 하나다. 유럽에서는 이미 이러한 문제를 해결하기 위하여 유럽통합 열차제어시스템(ERTMS/ETCS) 권장하고 상호운영성을 보장하기 위한 국제규정(TSI)으로 규제를 하고 있다.

- 국내에서는 KORAIL에서 고속철도열차(KTX)가 고속구간과 일반철도구간을 병행운전을 실시하고 있다. 고속구간에서는 차상신호방식인 ATC를 적용하고 일반철도구간에서는 기존선 신호방식인 지상신호방식으로 운행되고 있다. 기존선 신호방식은 5현시 지상신호로서 ATS와 ABS를 결합한 방식이었으나 ERTMS LEVEL1인 차상신호 ATP 방식으로 바꾸는 중에 있으며, 하하지만 이러한 기존선 신호방식을 대심도 급행철도에 적용하는 것이 불가능하므로 이에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.
- 또한, 대심도 급행철도 각 노선 간 직결 연계 운행 시 신호시스템 인터페이스 문제이다. 현재 예상되는 노선이 3개 이상으로 각 노선 간 직결 및 수리정비창으로 이동 등을 고려하여 연계 운행이 필요하다. 모든 노선이 같은 신호체계와 같은 신호시스템으로 구성되어 있다면 전혀 문제가 없겠지만 실체는 그렇지 않을 가능성이 많다. 따라서 전 노선이 동시에 공사가 시행되고 신호시스템이 동시에 발주가 되어 통일된 신호시스템으로 구축된다면 이상적이지만 서울시의 도시철도 사례에서 볼 수 있듯이 이 문제를 해결하는 것이 어려우므로 대심도 급행철도 신호시스템의 표준화를 추구하여 상호 운영성을 확보하는 것이 신호시스템간의 인터페이스 문제가 발생하지 유일한 방법이다. 따라서 최종적으로는 대심도 급행철도를 위한 신호시스템을 개발하고 이를 표준화하는 연구가 진행되어야 한다.
- 마지막으로 유지보수의 효율적인 측면에서의 신호시스템 구성, 고속운행에 따른 안전설비의 검토 및 신호시스템과의 연계방안 및 노선을 운행할 될 차량의 종류에 따른 승강장 높이(저상형과 고상형)와 스크린 도어의 문제 등에 대해서도 연구가 진행되어야 한다.

표 43 인프라 분야 후보과제 및 정의

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	대심도 시설 안전기준 및 화재안전성 향상기술 개발	대심도 지하승강장 안전성 평가와 대심도 비상 엘리베이터 설치 기준을 개발하며 대심도 화재 안전성 평가 정밀도 향상 기술개발 및 평가장비 개발
2	대심도 터널 제연설비 운영 최적화	화재 열차 정차 위치별 제연설비 최적제연설비 운영 방안 및 제연 용량 산정 연구
3	철도터널 화재 진압 및 구난 차량개발	대심도 철도터널에서 화재가 발생하였을 경우 화재 진압 및 구난을 목적으로 하는 특수차량 개발
4	대심도 철도터널 화재감지기 기술개발	대심도 터널에 적합한 화재감지기 개발
5	이종신호시스템 병행운전을 위한 인터페이스 연구	병행운행을 위한 요구사항 분석 및 인터페이스
6	대심도 신호시스템 안전도향상 및 적용성연구	신호시스템 안전도 향상 및 적용성 연구
7	대심도 철도의 효율적인 운영을 위한 안전설비개발 및 인터페이스 연구	운영환경을 고려한 안전설비 개발 및 인터페이스
8	고속철도와 대심도철도의 효율적인 통신 인터페이스 연구	상호운영성을 보장하는 열차무선 및 통신 인터페이스 연구
9	환기구 압력과 저감 장치 설계 및 평가 기술	환기팬과 환기구 구조물에 서비스수명을 단축시키는 터널구간을 통해 전파되는 압력파의 반복적인 충격을 저감하는 설계기술
10	터널 환기시스템의 환기량 및 기계환기시 풍량밸런스 분석 기술	대심도 터널 환경에 맞는 적정 환기시스템 확보를 위한 환기 시뮬레이션을 통한 분석 기술
11	열차풍에 따른 재부유 미세먼지 해석 및 평가 기술	열차풍에 의한 재부유 미세먼지 발생량 예측 및 평가를 통한 지하역사 공기질 개선을 위한 기술
12	전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시	터널 공간 축소를 통한 건설비 저감을 위하여 대심도 급행철도 최적 모델의 전차선로 개발 연구

		-복선 터널용 500mm 이하의 저가고 커티너리 방식 전차선로 개발 연구 -단선 터널용 200kph 준고속형 강체 전차선로 (R-bar) 시스템 개발 연구
13	대심도 급행열차 최적궤도시스템개발	• 200km/h급 대심도 궤도시스템 최적화연구 - 대심도 급행철도 특성을 고려한 궤도기술요건 정립 및 철도소음진동 특성연구 • 고속형 매립궤도개발 - 200km/h급 저소음,저진동형 매립궤도기술개발 • 분리형 프리캐스트프리포지셔닝궤도 개발 - 대심도 프리캐스트 및 분리형 프리포지셔닝 궤도개발
14	대심도 궤도유지보수 시스템 개발	• 콘크리트궤도 LCC 분석기법 및 유지관리 통합 모니터링 시스템 개발
15	대심도 철도역사 연계·환승 시설 최적화	- 대심도 급행열차의 수송 효율성을 향상시키기 위하여, 기존 광역·도시철도와의 원활한 환승이 가능한 환승시설 기획 및 타 교통기관과의 효율적인 연계시스템을 위한 연구가 필요함 - 철도와 건축의 인터페이스에 해당하는 역사 및 환승시설에 대한 설계기술 및 기준의 수준은 미흡하며, 특히 대심도 철도역에서의 편의성, 친환경성, 안전성에 대한 기술개발이 필요 - 대심도 철도역의 이용객에 대한 편의성 향상 및 장애인을 포함한 사회약자에 대한 배려를 위한 설계기술 개발 및 관련설비의 성능향상 필요
16	대심도 철도역사 방재기술	- 대심도 지하역사 승객피난을 전체 역사 극한 상황 인식 기술 및 상황 판단 가능한 피난 기술 개발 필요 - 대심도 구난대피소, 지하역사 대피통로 등에 비상대피 체계 구축을 위한 기술 개발 필요 - 대심도 화재시 피난 및 구난 가상 현실 기술을 이용한 대심도 방재 시설 설계 기술 개발 필요

3. 미래상

앞 절에서 제시된 기술을 바탕으로 각 분야에 따른 미래상을 다음 표와 같이 정리하였다.

구분	현재	미래
터널 안전성향상을 위한 방재, 공조, 환기	장대터널 안전세부기준 수립(15km이내) 강제통풍식 공조 1차원 유동해석을 기초한 환기시스템 구축 및 운영	초장대터널 안전세부기준 수립 열차풍 등 신재생 에너지 활용 공조 3차원 유동해석을 기초한 환기시스템 구축 및 운영
터널 소음 저감	웨이퍼 및 방음패드 시제품개발 운영속도 시속 180km급 전동소음 대책 미수립 (차량, 궤도)	웨이퍼 및 방음패드 개발 성능 검증 운영속도 시속 180km급 전동소음 대책 수립 (차량, 궤도)
터널 승차감 향상	운영속도 시속 180km급 통근형 열차의 이명감 해소기술 미개발	운영속도 시속 180km급 통근형 열차의 이명감 해소기술 개발
대심도 역사 환승	환승평가기준은 있으나, 대심도역사에서의 환승 개선기술 미개발	대심도역사에서의 환승 동선개선 및 대량 이동 기술 개발
터널 통과 철도차량	터널 내 최고속도 80km급 철도차량 개발 및 운행	터널 내 최고운영속도 180km급 철도차량 개발 및 운행
터널 전차선/전력	가고 860mm 카티너리 및 저속용 R-bar개발 절연거리가 큰 나전선 형태의 급전시스템 운영	터널 단면축소를 위한 저가고 카티너리 및 고속용 R-bar개발 터널 단면축소를 위한 코엑스알케이블 형태의 급전시스템 개발
신호	ATC 기반 고속철도 신호개발 및 KTX와 GTX 열차의 혼용 미고려	KTX와 GTX 열차의 혼용 구간에 적합한 신호시스템 개발 및 신호인터페이스 기술개발

제3절 연구개발과제 구성

연구목표	상세연구내용
대심도 터널 및 대심도역사의 안전성 향상을 위한 방재, 공조, 환기 시스템 개선방안 검토	▪ 대심도 방재기준 및 안전성 향상 기술 개발 ▪ 대심도 이용객 쾌적성 향상 기술
터널 소음 저감 및 승차감 향상을 위한 핵심 기술 검토	▪ 대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 문제점 검토 및 연구 방향 제시 ▪ 대심도 차량 승객 이명감 완화 및 차량 소음 차단 구조 개발 ▪ 대심도 급행열차 시스템의 소음저감형 최적 궤도 시스템 연구
고효율, 고성능의 차량 핵심 장치 및 전력 인프라 기술 개발 방안 검토	▪ 고효율 · 고성능 차량 핵심 장치 개발 ▪ 건설비 저감 및 안전성 향상을 위한 전력 인프라 개발 ▪ 대심도 동축케이블 급전 시스템 기술 연구 ▪ 대심도 급행철도 시스템의 신호 시스템 연구

제4절 주요내용 및 추진전략

1. 세부과제별 세부 연구범위

● 기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링

연구내용	세부 연구범위
총괄 및 인터페이스	- 연구과제 총괄 - 대심도 급행철도 차량 및 인프라 기술개발 인터페이스 연구 - 터널 단면적 변화에 따른 초장대 터널 화재 안전성 평가기술 개발 · 초장대 터널용 화재 안전성 평가 해석 기법 개발
차량시스템	- 대심도 철도의 급행/완행 운영방안 수립 - 요소기술 검토 및 요구사항 작성 연구 - 차량 표준규격/안전기준/성능시험기준 연구 - 초장대 터널 네트워크 공기역학 해석기법 및 검증연구 - 터널내 수직구의 압력과 해석 및 미기압과 저감 연구 - 객실내 압력변동 해석 및 이명감 평가 연구

● 대심도 급행철도 차량시스템 기술 개발

연구내용	세부 연구범위
차체 및 대차	- 경량화를 위한 알루미늄 차체 사용 - 알루미늄의 산화피막에 의한 내식성 확보 연구 - 우수한 에너지 흡수력으로 소음/진동 및 충격흡수 구조 연구 - 장대터널 주행에 의한 차체 밀폐구조 연구 - 소음 및 진동차단용 바닥구조 개발 연구 · 소음 및 진동차단용 바닥구조 요구조건 분석연구 · 소음차단용 바닥구조 상세설계 · 소음차단용 바닥구조 시제품 제작 및 성능평가 연구 - 저공기저항 차체 형상설계 및 시험평가 연구 - 횡방사소음 연구 및 저소음 횡셋설계 - 저소음 대차 형상 설계, 시제품 제작 및 시험평가
전두부 형상	- 공기 저항력을 줄일 수 있는 과학적 형상 연구 - 현대적 디자인 트렌드의 부드러운 반 유선형 곡선형상 연구 - 비용측면을 고려한 준고속철도 차량 형상추구 - 사고에 대비한 충격 분산/흡수장치 적용연구 - 터널내 열차공기저항 및 추진성능을 고려한 최고속도 검토 연구 - 열차 전두부 형상설계 및 시험평가 연구 - 열차 전두부 Mock-Up 제작

출입문	- 기밀도가 높은 플러그도어 및 갱웨이 개발 연구 · 기밀형 출입문 및 갱웨이 요구조건 분석 연구 · 기밀형 출입문 및 갱웨이 상세설계 연구 · 기밀형 출입문 및 갱웨이 시제품 제작 및 성능평가 연구 - 신속한 승하차시간 확보를 위한 광폭(1,100mm) 도어 연구 - 고상홈 적용에 적합하고 소음차단효과가 우수한 도어 연구
추진시스템	- 영구자석 동기전동기 설계 기술 - 교류 동기전동기 벡터제어 기술 - 영구자석 동기전동기의 고효율/경량화 기술 개발 연구 - 영구자석 동기전동기 고효율화를 위한 자성재료 및 마그넷 재료 연구 - 영구자석 동기전동기의 감자내력 향상 기술 개발 연구 - 영구자석 동기전동기용 고속 감속기 연구 - 전력변환장치의 고효율/경량화/저소음 기술 개발 연구 - 파라미터 튜닝을 통한 ICIM 최적 제어 알고리즘 개발 연구 - 추진시스템 열해석 기술 - 추진시스템의 냉각 성능 향상 기술 연구 - 추진시스템의 냉각장치(수냉식) 개발 연구 - 추진시스템 성능평가장치 개발 및 성능평가 기술 개발 연구 - 영구자석 동기전동기의 고효율/경량화 기술 개발 연구 - 영구자석 동기전동기의 감자내력 향상 기술 개발 연구 - 전력변환장치의 고효율/경량화/저소음 기술 개발 연구 - 파라미터 튜닝을 통한 ICIM 최적 제어 알고리즘 개발 연구 - 추진시스템의 냉각성능 향상 및 냉각장치(수냉식) 개발 연구
집전장치	- 집전판부의 질량을 감소시키는 싱글암구조 연구 - 부품수 감소로 유지보수비 저감 및 소음감소 연구 - 이선에 따른 아크방전 및 열마모 억제를 위한 내마모 집전판 연구 - 접촉력 제어형 판토틀라프 요구조건 분석연구 - 접촉력 제어형 판토틀라프 제어알고리즘 개발 연구 - 접촉력 제어형 판토틀라프 설계, 시제품 제작 및 공장성능시험 평가연구
차량 화재감지 및 진압	- 차량 화재 요구조건 분석 및 조기검지 방안수립 연구 - 객실 내·외부 화재 감지기 개발 연구 - 차량간 열/유해가스 차단장치 설계 및 개발 연구 - 화재감시 및 열/유해가스 차단장치 성능평가 연구 - 운전 경제성을 확보한 철도차량 경량 소화장치 개발 및 성능평가 연구 - 대심도 철도차량 화재크기 산출 연구 - 대심도 철도차량 화재 안전도 분석 연구
객실여압 및 외부연기제어 장치	- 객실여압및 외부연기제어 장치 요구조건 분석 연구 - 객실여압및 외부연기제어장치 상세설계 - 객실여압및 외부연기제어장치 시제품 제작 및 성능평가 연구

● 대심도 급행철도 인프라시스템 기술 개발

연구내용	세부 연구범위
차량을 고려한 최적 터널 단면 설계	○ 터널 최적 단면 설계기술 개발 ○ 터널 구조 안정화를 위한 구조해석 기술 개발 ○ 최적 굴착공법 검토 및 개선 연구 ○ 근접시공에 따른 구조 및 피해평가
터널 및 지하역사 방재 및 구난역 설계 개발	○ 대심도 철도 터널 화재 감시 및 소화 설비 개발과 성능기준 수립 - 화재 감시 설비 개발 및 성능기준 수립 - 화재 소화 설비 개발 및 성능기준 수립 - 대심도 철도 배연설비 내열 성능 평가 장비 개발 ○ 대심도 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기술 개발 - 지하승강장 안전성 평가 매뉴얼 작성 - 피난계획 및 피난시스템 설계 및 기준 작성 - 구난역 설계 및 관련기준 정립 - 대심도 실내환경 지수(index) 개발 ○ 지능형 종합통제 센터를 통한 통합 자동제어 최적화 - 터널 급기 방안 수립 - 비상시 제연/배연 운전방안 수립
대심도 급행열차시스템 의 최적 궤도 시스템 연구	○ 대심도 급행철도 특성을 고려한 궤도유형별 기술특성분석 및 궤도기술 사양(안) 정립 ○ 대심도 궤도시스템 설계 및 탄성충진재 개발 - 프리캐스트프리포지셔닝 궤도/분리형궤도, 고속형매립형궤도 검토 및 기본설계 - 탄성 충진재 개발 ○ 궤도구조 정밀시공공법개발, 시공장비제작, 유지보수(안) 도출 및 검증 ○ 개발 시스템 시공성 시험 및 대심도 구간 시험시공 및 현장시험평가
대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시	○ 복선 터널용 저가고 커티너리 전차선로 설계 및 시작품 제작 ○ 단선 터널용 200km/h급 R-bar형 강제 전차선로 설계 및 시작품 제작 ○ 대심도 급행철도용 전차선로 시험 성능평가 및 시스템 보완설계
대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구	○ 동축 전력 케이블 급전시스템 기본 설계 및 해석 알고리즘 개발 및 분석 ○ 동축 전력 케이블 개발 ○ 동축 전력 케이블 급전시스템 상세 설계 ○ 동축 전력 케이블 급전시스템 현장 성능 평가 및 전력품질 분석
대심도 급행철도시스템 의 신호시스템	○ 안전도 및 인터페이스관련 신호시스템 요구조건 분석과 위험도 평가 ○ 병행운전에 따른 인터페이스 연구 ○ 신호시스템 개발

연구	○ 신호시스템 성능시험 절차서 및 시험 방안 개발 ○ 신호시스템 표준사양 작성
대심도 철도역사 및 방재기술	○ 대심도 철도역사 연계·환승시설 최적화 ○ 대심도 철도역사 방재기술

2. 세부과제별 연구내용

■ 터널 및 지하역사의 안전성 향상을 위한 방재·공조·환기시스템 개선분야

연구 목표	연구 내용
대심도 방재기준 및 안전성 향상 기술 개발	- 국내·외 대심도 철도터널 및 지하역사 화재안전 시설대책 기술 현황 분석 ○ 국내외 대심도 철도터널 및 지하역사 화재안전 설계기술 현황 조사, 분석 ○ 국내외 대심도 철도터널 및 지하역사 화재안전 대책 및 시설 운영, 관리 방안 조사 - 대심도 안전 기준 개발 ○ 방재 관련 규정 정비 ○ 대심도 지하승강장 안전성 평가 매뉴얼 ○ 대심도 화재안전설비 설계기준 ○ 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계기준 - 대심도 역사의 피난동선 및 화재안전을 위한 기술개발 ○ 피난계획 및 피난시스템 설계기술 ○ 구난역 설계 및 관련기준 정립 - 대심도 화재안전성 향상기술개발 ○ 대심도 화재감지 및 제연기술개발 ○ 대심도 화재 조기진압 시스템 개발 ○ 화재유동 해석 프로그램 고도화

■ 터널 소음 저감 및 승차감 향상을 위한 핵심기술 분야

연 구 목 표	연 구 내 용
대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 문제점 검토 및 연구 방향 제시	- 열차 공기저항 증가 및 터널 압력파에 의한 승객이명감 검토 및 최적 차량 기밀도를 고려한 최적 터널 단면적 설계방안 제시 - 터널 압력파에 의한 PSD 및 터널 구조물 공력하중 검토 - 환기시스템 성능 및 종단부 충격성 소음 검토 및 개선 연구 - 열차 주행에 따른 발열량 및 미세먼지 발생량 검토 및 개선 연구
대심도 차량 승객 이명감 완화 및 차량 소음차단 구조 개발	- 주행압력 등을 고려한 차량시스템 기밀도 향상 연구 및 여압 장치 설계 기술 - 외부 소음 차단 구조설계 기술개발
대심도 급행열차시스템의 최적궤도시스템 연구	- 200km/h급 대심도 궤도시스템 최적화 연구 - 분리형 프리캐스트프리포지셔닝궤도 개발 - 고속형 매립궤도 개발

■ 고효율, 고성능의 차량핵심장치 및 전력인프라 기술개발 분야

연구목표	연구내용
고효율·고성능 차량핵심장치 개발	○ 대심도 광역급행철도 차량 관련 법규 정비 및 기준 수립 ○ 차량 관련 법규/규격/안전기준/성능시험 연구 - 대심도 급행철도의 필수요건 정립을 위한 연구 ○ 차량시스템 열차성능시뮬레이션(TPS)분석(추진/제동시스템성능) ○ 차량시스템 및 요소기술 검토 ○ 차량시스템 요구사항 작성 ○ 차량시스템 기본사양(소음, 승차감, 화재 등) -1kW/kg급 고신뢰성 영구자석형 동기전동기 개발 ○ 고속추진용 영구자석 동기전동기 설계 기술(냉각 등) ○ 저소음 고효율화 및 경량화 설계 및 제작 기술 ○ 고효율 인버터의 1C1M 제어 기술(제로속도까지 회생 제동 확보) ○ 효율 추진제어시스템 냉각시스템 기술 ○ 고속용 추진제어시스템의 시험평가 기술 ○ 고효율 영구자석 동기전동기에 부합되는 감속기 기술 -접촉력 제어형 팬터그래프 개발 ○ 접촉력 제어알고리즘 개발 ○ 팬터그래프 설계, 시제품제작 및 공장성능평가 -핵심부품(전두부, 도어 등) 개발 및 성능평가 ○ 지하구간에서 200km/h로 주행시 공기저항을 최소화 전두부 형상 설계 연구 -차량시스템 방재/안전설계기술개발 ○ 견인모터 화재감시 ○ 화재 발생시 차량간 유해가스 차단 ○ 차량 화재 소화
건설비 저감 및 안전성향상을 위한 전력인프라 개발	- 일반구간 복선터널 단면 축소를 위한 500mm 가고의 커티너리 방식 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시 ○ 터널 단면별 전차선로 및 급전선 배치안 검토 ○ 축소된 터널 단면에 적합한 초저가고의 커티너리 전차선로 시스템 설계

	○ 제시된 초저가고의 커티너리 전차선로 성능 시험, 평가 - 단선 터널용 340mm 가고의 200km/h급 강체가선(R-bar) 시스템 국산화 개발 ○ 고속용 R-bar 시스템 기본사양 수립 ○ 구성품 설계 ○ 시작품 제작 및 성능 시험
대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구	- 동축케이블 급전시스템 기술 및 경제적 타당성 분석 연구 ○ 기술개발 효과 및 실용화 가능성 분석 ○ 기술 개발에 필요한 기술적 요구사항 검토 ○ 시장에 미치는 파급효과 분석(수입대체 및 수출효과, 수입단가 인하효과 등 ○ 정책적 제언 및 기타 상업화사업 추진을 위해 필요한 사항 - 동축케이블 급전시스템 급전시스템 해석 연구 ○ 동축케이블 급전회로의 구성 설계 ○ 급전 회로 해석 및 시뮬레이션 - 전력용 동축케이블 개발 및 특성 분석 연구 ○ 전력용 동축케이블 현황 및 국내외 적용 사례 분석 ○ 전력용 동축케이블 전기 선로 정수 분석 ○ 전철전력용 최적 동축케이블 설계기술 ○ 전력용 동축케이블 조인트 개발 - 동축케이블 급전시스템 전력품질 연구 ○ 전자유도 장애 분석 ○ 고조파 특성 분석 - 동축케이블 급전시스템 최적화 설계기술 ○ 전력용 동축케이블과의 인터페이스 설계 기술 ○ 시공 및 유지보수시의 안전성 확보 방안
대심도 급행철도 시스템의 신호시스템 연구	- 대심도 급행철도 신호시스템의 요구 조건 분석 ○ 대심도 신호시스템의 시스템 요구사항 분석 ○ 대심도 신호시스템의 안전도 요구사항 분석 ○ 대심도 차상-지상간 신호시스템 인터페이스 요구사항분석 ○ 대심도 신호시스템과 안전설비 인터페이스 요구사항 분석 ○ 이중신호시스템 병행운전 위험요인 도출 및 평가 ○ 이중신호시스템 병행운전 위험요인 대책방안 연구

	- 수도권 고속철도와의 병행운전 및 각종 안전설비와의 신호시스템 인터페이스 연구 ○ 병행운전에 따른 신호시스템 인터페이스 요구사항 분석 ○ 병행운전을 위한 신호시스템 인터페이스 절차 및 규격검토 ○ 효율적인 병행운전 시뮬레이션 및 결과 평가 ○ 병행운전을 위한 신호시스템 인터페이스 표준 규격 작성 - 대심도 신호시스템 개발 및 안전도 향상방안 연구 ○ 요구사항에 따른 기존 국산화시스템의 개량 또는 변경방안 검토 ○ 관제실 및 타 설비와의 인터페이스 검토 ○ 대심도 신호시스템의 적용 RAMS 프로그램 개발 ○ 기존 신호시스템의 개량 및 RAMS 프로그램 적용 ○ 성능시험 및 안전성 분석 - 적용성을 위한 인터페이스 연구 ○ 신호시스템 적용성 검토 ○ 대심도 차상-지상 통신체계 및 기준 연구 ○ 신호시스템 성능시험방안 연구 및 시험절차제시 ○ 대심도 신호시스템 표준사양 작성 ○ 대심도 신호시스템 인터페이스 사양 작성 ○ 대심도 신호시스템 안전설비 인터페이스 표준 작성
전차선로	○ 기존 다양한 커티너리 전차선로 Configuration 분석 및 커티너리 전차선로 Configuration 구성시의 제약 조건, 준수해야할 조건 분석 연구 ○ 가동브래킷, 곡선당김금구 기구학적 설계 연구 ○ 급전선 배치 설계, 이격거리 해소 기술 연구 ○ 500mm 이하 저가고 커티너리 방식 전차선로 설계, 시제품 제작, 성능평가(공장, 실현장) 연구 ○ R-bar와 팬터그래프간 동역학 해석 툴 개발 및 케이스 해석 ○ 200kph R-bar 전차선로 시스템 Configuration 설계 및 구성품 설계 연구 ○ R-bar와 커티너리간 천이구간 Configuration 설계 ○ 200kph R-bar 전차선로 시제품 제작, 성능 평가
대심도 철도역사 및 방재기술	- 대심도 철도역사 방재기술 ○ 대심도 지하역의 위험도 분석 기법 개발 ○ 대심도 지하역의 피난 및 피난시설 최적화 연구 ○ 대심도 터널 및 지하역의 구난역 설계 기술 개발 ○ 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기술개발

3. 세부과제별 성과목표 및 성과지표

■ 기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링

성과목표	성과지표
○ 대심도 철도의 급행/완행 운영방안 수립	- 급, 완행 운영방안 수립 - 노선계획 및 역사구조 검토 - 급, 완행 운영에 따른 비용 및 편익 분석 제시
○ 차량 기본 및 표준 사양 제시	- 표준기술규격(차량시스템 발주시 참조기준) 제시 - 품질인증기준(부품의 품질조건 및 인증절차) 제시 - 안전기준(안전운행을 위한 기술 기준) 제시 - 성능시험기준(차량인수시 시험기준) 제시
○ 대심도 초장대터널 네트워크 공기역학 설계	- 터널 네트워크 공기역학 설계 기법 제시 - 터널 내 및 수직구에서의 압력과 저감 설계서 제시 - 객실 내 압력변동 저감 설계서 제시
○ 건설비 절감을 위한 터널 최적단면적 설계	- 차량시스템을 고려한 터널 최적단면 제시 - 터널 구조안정화를 위한 구조해석 기법제시
○ 대심도 초장대터널 네트워크 화재안전성 평가기술개발	- 터널 화재 안전성 평가기법 제시 - 터널 화재 감시 및 소화설비 시제품 제시 - 비상시 제연/배연 운전방안 제시

■ 대심도 급행철도 차량 핵심기술개발 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표
○ 터널 소음차단용 차체 및 저소음 대차 구조개발	- 소음차단용 바닥 구조 설계서 및 시제품 - 저소음형 대차 휠셋 등 구성품 설계서 및 시제품
○ 기밀형 광폭 출입문 개발	- 기밀형 광폭 출입문 설계서 및 시제품
○ 객실 여압 및 외부 연기제어 장치 개발	- 객실 여압 및 외부연기제어 설계서 및 시제품 개발
○ 열차 전두부 및 차체설계기술개발	- 전두부 형상 Mock-up - 주행저항 저감을 위한 차체설계서
○ 1kW/kg급 고신뢰성 영구자석형 동기전동기 개발	- 동기전동기 냉각시스템 설계서 - 개별 모터제어 알고리즘 개발 - 동기전동기 설계 및 시제품 제작 - 동기전동기 및 추진제어시스템 조합성능시험결과
○ 접촉력 제어형 팬터그래프 개발	- 제어알고리즘 및 시제품 개발
○ 차량 화재 감시 장치 및 열/유해가스 차단장치 개발	- 화재감시장치 설계 및 시제품 - 차량간 열/유해가스 차단장치 설계 및 시제품

■ 대심도 급행철도 인프라 핵심기술개발 성과목표 및 성과지표

성과목표	성과지표
○ 대심도 최적 굴착공법 및 근접시공에 따른 구조 및 피해평가 기술 개발	- 최적굴착공법 제시 - 근접시공에 따른 구조 및 피해평가 기술 제시
○ 대심도 지하역사 방재 및 구난역 설계기술 개발	- 대심도 승강장 및 역사의 방재시스템 및 관련 기준 - 대심도 승강장 안전성평가 매뉴얼 - 피난계획 및 피난시스템 설계서 및 관련 기준
○ 프리캐스트프리포지셔닝매립형 궤도 개발	- 매립형 궤도시스템 설계서 - 탄성충진재 시제품 - 정밀시공법 및 유지보수매뉴얼 제시
○ 저가고 커티너리 및 200km/h급 R-bar 개발	- 저가고 커티너리 설계서 및 시제품 - 200km/h급 R-bar 설계서 및 시제품
○ 동축 전력 케이블 급전시스템 설계 기술 개발	- 동축 전력 케이블 시제품 - 동축 전력 케이블 급전시스템 해석 프로그램 - 동축 전력 케이블 급전시스템 사양 및 전력품질 성능평가결과
○ 대심도철도 신호시스템 개발	- 안전도 및 인터페이스관련 신호시스템 요구조건분석과 위험도평가결과 - 병행운전에 따른 인터페이스 사양 - 신호시스템 시제 및 표준사양

4. 추진전략

- 차량시스템 핵심기술개발

차량설계 분야

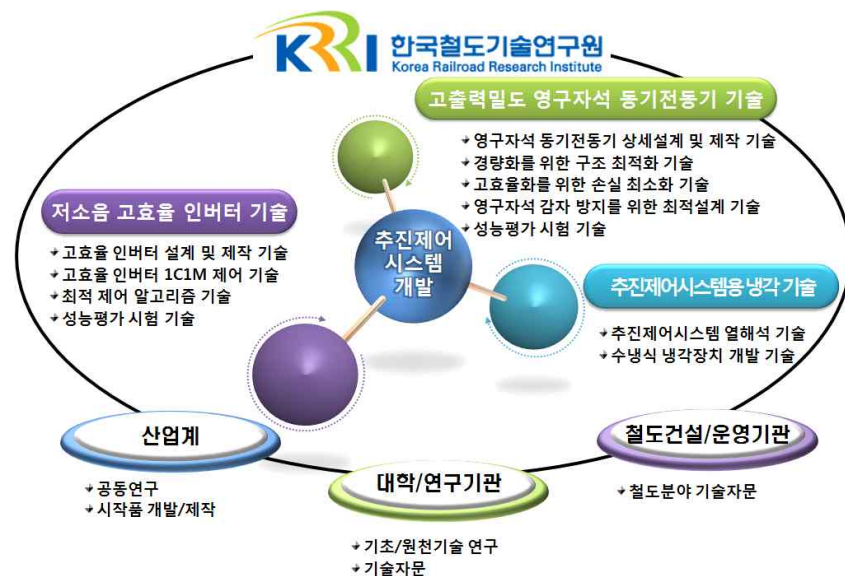
- 소음 저감 및 승차감향상을 위하여 HEMU 열차 개발과 관련된 고속철도 터널 주행시 공력해석 기술 및 설계기술을 활용하여 대심도 터널 내의 공력문제를 검토하여 전두부 설계, 압력파에 의한 이명감 해소를 위한 기술개발을 추진할 계획임
- 승객환승 최적화를 위한 핵심기술 개발을 위하여 한국철도기술연구원의 주요사업에서 개발하고 있는 관련 기초기술을 활용할 계획임
- 고효율, 고성능의 차량핵심장치 및 전력인프라 기술개발을 위하여 국토해양부 사업으로 개발한 틸팅열차 및 차세대전동차의 추진시스템 및 제어시스템의 개발 경험을 활용할 계획이며, 아울러 한국철도기술연구원 주요사업에서 개발하고 있는 고효율 영구자석형 동기전동기 기초기술을 활용할 계획임.

고효율·고성능 차량 핵심장치 개발

- 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템 설계기술 개발을 위한 추진전략은 다음과 같음
- Top-down 방식으로 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템 기술 개발
 - 추진제어시스템 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시스템 사양 개발
 - 추진제어시스템 시제품 개발을 통한 시스템 설계 및 제어 기법의 검증 및 수정 보완
- 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진
 - 산학연의 역할분담 및 관련 전문가·전문기관 협력체계 구축
 - 대심도 급행철도 차량에 적용을 위한 원천기술 확장 및 상세기술개발전략 수립
 - 개념설계를 통한 시스템 사양 결정 및 아키텍처 개발
 - 추진제어시스템의 설계·제작·시험 추진 및 시험평가를 통한 원천기술 검증
- 산·학·연 공동연구 참여를 통한 기관간 역할 분담 및 최적 역량 도출 유도할 예정이며, 원천기술에 대하여 연구원 내부 인력이 주도적으로 연구업무를 진행하며, 시제품 제작, 시험평가 및 실용화를 대비하여 외부 전문 인력 활용
- 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템의 보급 확대를 위해 철도차량 관련 운영 및 제작기관의 참여를 유도
- 국내외 전문가 세미나 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용
- 연구성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가 및 연구성과 발표 및 전시를 수행할 예정
- 국내 보급 확산을 위한 연구성과 홍보를 통해 기술에 대한 기술이전 및 실용화 확산에 노력

대심도 열차의 유선형 전두부/차체형상 설계기술

- ▷ 터널 내 주행조건을 고려한 열차 전두부 및 차체 공기저항의 해석적 분석
 - 터널 내 단선 운행조건에서의 공기저항분석
 - 터널 내 복선 운행조건에서의 공기저항분석
 - 터널 내 열차 교행조건에서의 공기저항분석
- ▷ 터널 내에서 저저항 전두부 및 차체 최적설계
 - 저저항 열차 전두부 형상 설계
 - 터널 미기압과 저감을 위한 전두부 형상 설계
 - 차량 실내 압력변동을 고려한 전두부 형상설계
 - 터널 내 유동분석을 통한 대차형상 설계
 - 대차커버 형상 설계
 - 저저항 차량연결부 최적설계
- ▷ 터널 내 주행환경을 고려한 풍동시험 시스템 개발
 - 터널벽면 조건 모사장치 설계
 - 터널벽면 조건 모사장치 성능평가
- ▷ 다양한 주행환경을 고려한 후보형상의 공력성능 평가
 - 열차축소모형 제작
 - 공기저항 측정 시스템 구축 및 풍동실험
 - 풍동실험결과를 이용한 공력성능 평가
 - 후보형상의 다양한 주행환경에 대한 전산해석
 - 전산해석결과를 이용한 공력성능 평가
 - 터널 내 열차 공기저항 및 추진장치 용량을 고려한 최고속도 검토



- 인프라시스템 핵심기술 개발

터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계

- 소방분야 전문가 및 기업의 참여를 통한 실 제품 개발
- 산·학·연·관 각계 전문가 그룹 네트워크 구축으로 과제별 긴밀한 상호협조체제 확립
- 다양한 전문분야의 효율적 협력체제 구축 : 산·학·연의 긴밀한 연계를 통한 이론과 실제의 조합
- 연구성과의 특허 및 저작권의 공동 등록 및 확보
- 신기술, 제품화 등의 가시적 연구성과 도출 : 단계별 실질적 성과물 도출 통한 추진력 있는 개발계획 수립
- 국제적 협력체제 활용을 통한 첨단 기술의 접목
- 수요자·사용자 중심의 개발
 - 당해 기술개발의 수요처인 운영기관의 실무자로 구성된 기술협의회를 구성하여 상시 자문체계를 구축
 - 도시철도 운영기관을 현장적용 및 시스템 검증에 참여하도록 유도
- 전문기관과의 긴밀한 협조
 - 전문가 그룹 기술 자문 및 협조 체제 구축
 - 도시철도 운영기관 현장적용 및 시스템 검증에 자문 협조
- 각 연구과제는 각 세부 분야별 국제동향 및 성능 표준, 주요 이슈에 대한 연구를 진행하고 대상의 기초 연구를 마치고 주요 기반기술 개발 진행
 - 기술 개발 전 기반 연구기간으로써 연구 개발물의 기능 스펙 등의 설계와 개발 가능성을 검증
 - 검증된 연구 개발물을 완성하고 실제 적용가능성 시험 및 검증

대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구

- 추진 체계
 - 차량 및 인프라요소 핵심기술의 협조 체계구성을 위하여 기술협의회 구성·운영
 - 외부 전문가 기술 자문 및 협력체제 구축
- 과제 수행형태
 - 도출된 연구내용은 차량과 인프라 핵심기술로 나누어 추진하는 것이 바람직하며 연구단을 구성하여 2개의 세부과제로 추진이 효율적임.
- 기존기술, 인프라 등의 활용 및 연계방안 수립
 - 소음 저감 궤도구조 개발관련해서는 곡선구간의 매립형 궤도의 성능평가, 시공, 유지관리기술을 활용하여 기술개발을 추진할 계획임.
 - 조기실용화를 위하여 시제품을 최대한 조기 시공하여 발생문제 개선

열차와 터널 네트워크 구성요소를 고려한 시스템의 공기역학적 설계/해

석기술

- 대심도 터널 네트워크 설계/검증을 위한 축소모델 제작 및 시험기술 개발
 - 압력과 생성기 (Pulse generator) 설계 및 제작
 - 압력과 생성기 성능평가
 - 터널 네트워크 구성요소 축소모형 설계 및 제작
 - 터널 네트워크 실험 시스템 구축
 - 터널 네트워크 실험 및 해석기술 검증
- 대심도 터널 네트워크 공기역학 해석기술 개발
 - 대심도 터널 네트워크 해석의 물리모델 및 수치모델 개발
 - 분기부(T자, Y자, 급속확대/축소)에서의 압력과 거동 해석 및 검증
 - 대심도 터널에서 열차 가/감속에 의한 압력과 특성 해석 및 검증
 - 대심도 터널 네트워크 공기역학 해석 프로그램 GUI 개발
- 대심도 급행철도 시스템의 공기역학적 타당성 검토 및 개선안 제시
 - 차량기밀도에 따른 이명감 평가 및 적정 기밀도 성능 제시
 - 열차 교행 시 압력변동과 이명감 평가 및 감소방안 제시
 - 열차주행에 의한 발열부하 분석 및 정거장 선로부 축열 저감 환기방식 제시
 - PM10 발생량에 따른 환기용량 검토 및 환기방식 개선
 - 터널 네트워크 구간 화재 시 연기거동 검토 및 제연모드 제시
 - 열차 공기저항을 고려한 터널의 최적 단면적 검토
 - 자연환기구 단부 미기압과의 실험을 통한 검토 및 평가결과 제시
 - 자연환기구 축소모형 설계·제작 및 압력과 구배측정실험
 - 열차 주행조건과 자연환기구 구조에 따른 평가결과 제시
- 환기구 압력과 저감장치 설계기술 및 시제품 개발
 - 환기구 압력과 차단/감쇄 장치의 개념설계 및 특허출원
 - 환기구 압력과 차단/감쇄 장치 축소모형 제작 및 실험
 - 환기구 압력과 차단/감쇄 장치의 시제품 제작 및 성능곡선 작성

대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시

- 공기역학적 및 터널 방재 측면에서 검토, 결정된 최소 터널 단면에 수용가능하도록 전차선로를 개발하는 것을 목표로 하는 Top-down 방식으로 연구 진행. 즉, 전차선로의 치수 절감 목표를 정하면 이와 기술적 적합성이 보장되도록 세부 기술을 개발하고, 세부 시스템을 구현하도록 추진
- 공기역학적 및 터널방재 분야에서 최소 터널 단면 크기 검토 미 결정 단계에서도 참여하고 전차선로에 대한 기술적 지원을 하여, 가장 작은 터널 단면이 결정될 수 있도록 양방향 기술 정보 소통 및 인터페이스 확보 추구
- 산학연 협동 및 역할분담, 관련 전문가-전문기관 협력체계 구축하여 추진 및 설계

단계에서 시작품 제작, 시험평가 단계까지 전 공정 유기적으로 협력과 함께 책임 소재 분명히 하는 전략 구사

○ 기존 기술력 활용 및 중간 단계 진입 개발 전략 구사

- 기존의 DST나 CaKo250 전차선로 개발 사례를 참조하여 기존 기술력 활용, 확장 적용 전략 구사
- 개념 설계를 통한 시스템 사양 결정 및 아키텍처 개발
- 해외의 준고속 R-bar 기술정보 습득, 활용 및 국내의 알루미늄 부스바 제작 기술력 및 저속 R-bar 기술 개발 경험 활용

○ 준고속 R-bar 시스템에 대하여는 해외 선진 업체의 자료 입수 및 철저 분석, 국내외 기술개발 현황 등을 철저히 참고, 분석하여 중간단계 진입 기술 개발 전략 구사

○ 기술습득이나 Bench Marking이 가능한 국제 학술대회 및 전시회 등에 적극 참여하여 연구 추진방향에서 오류가 발생하지 않도록 만전 추구

○ 성능 평가는 공인기관 시험을 포함하여 검증토록 유도함

○ 성능 평가에는 공장/실험실 레벨에서의 물리적 특성, 기능적 특성 시험은 기본이고, 현재 국토부에서 계획중인 오송 시험선의 사용이 본 과제 종료 이전에 가능해진다면 거기서 200km/h 속도에서의 집전성능 시험을 실시하도록 추진

대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구

○ 산·학·연 공동연구 참여를 통한 기관간 역할 분담 및 최적 역량 도출을 유도할 예정이며, 원천기술에 대하여 연구원 내부 인력이 주도적으로 연구업무를 진행하며, 시작품 제작, 시험평가 및 실용화를 대비하여 외부 전문인력을 활용

○ 국내외 전문가 세미나 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용

○ 연구성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가하여 연구성과 발표 및 전시를 수행할 예정임

대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구

○ 대심도 급행열차 신호시스템은 운행조건이나 운행환경을 고려할 때 속도측면에서는 고속철도와 운행측면에서는 도시철도 유사한 것으로 고려되어 첨단 방식의 신호시스템 구축이 요구되며, 수도권 고속철도와 병행운전에 따른 시스템 및 운행측면에서의 안전성, 신뢰성과 대심도 신호시스템이라는 환경조건의 부합성 및 차량 및 안전 설비에 대한 인터페이스 방안 필요함

제5절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

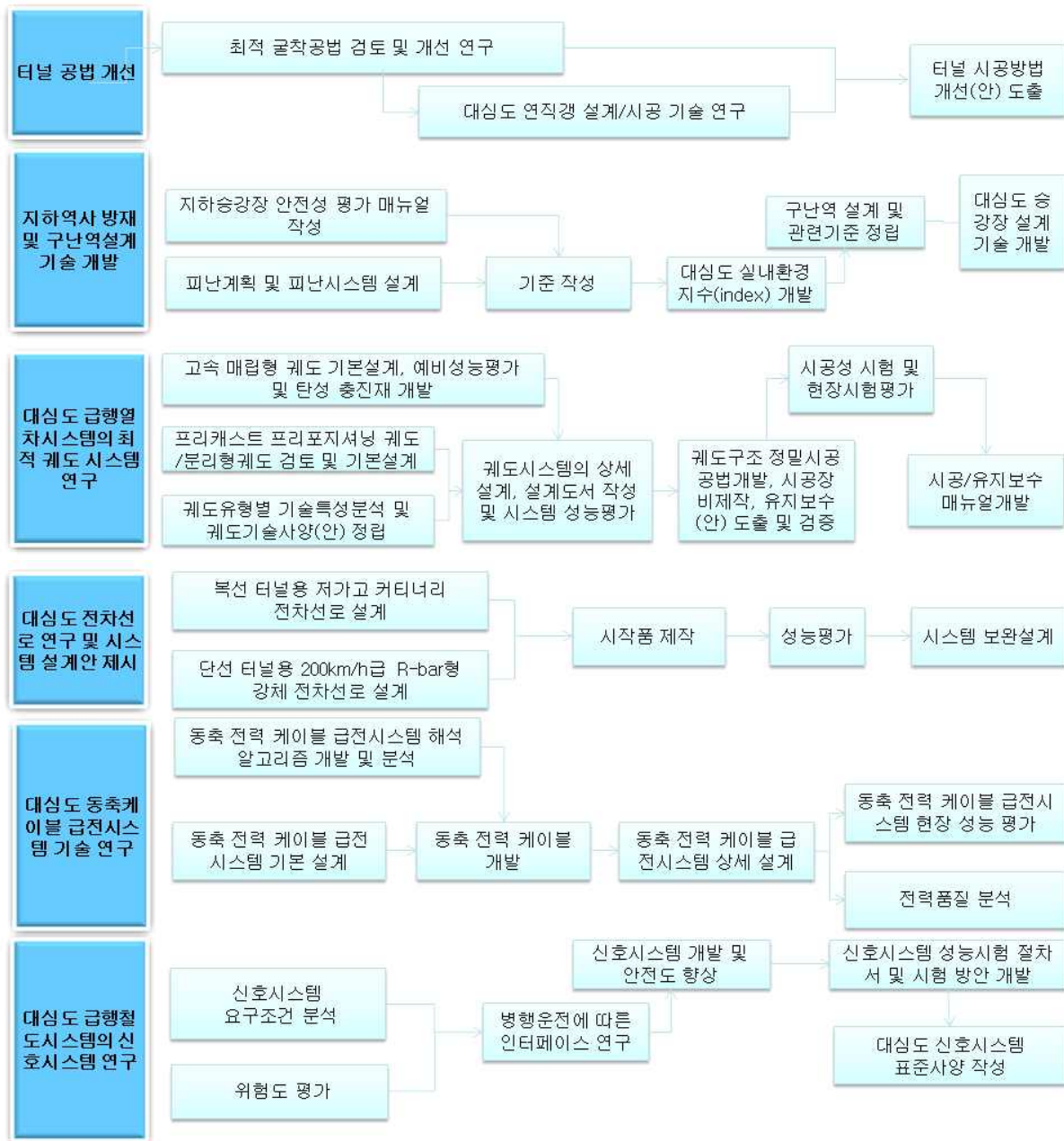
1. 기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링



2. 차량시스템 핵심기술개발



3. 인프라시스템 핵심기술 개발



제6절 성과의 활용방안

1. 차량시스템 핵심기술개발

- 대심도 급행철도 차량시스템 기술기준 수립

- 차량 표준규격, 안전기준, 성능시험기준을 대심도 차량 구매시 적용하여 부품의 호환성 및 유지보수의 효율성 증가, 차량 안전 및 성능확보로 인한 승객의 안전확보
- 개발된 영구자석 동기전동기 및 인버터를 대심도 차량에 적용하여 에너지 절감, 유지보수비 절감, 완전 전기제동으로 인한 제동 제륜자에서 발생하는 미세먼지 절감 등 효과 발생
- 차량 전두부 형상, 주행저항 시뮬레이션, 소음차단용 바닥구조, 출입문 요구조건 등 연구결과가 차량 상세설계시 적용되어 보다 우수한 차량제작에 활용

- 대심도 터널, 열차, 환기구의 공기역학적 설계

- 지하구간 200km/h로 주행 시 공기저항 최소화 전두부 형상설계 기술
- 성과물 : 터널 모의실험과 고정밀도 해석 기술을 이용한 전두부 형상의 공기저항 저감 및 설계최적화 기술
- 성과활용방안 : 공기저항 저감 전두부 형상 설계를 적용하면 열차 운행시 요구되는 추진장치 용량이 감소하여 에너지소모 절감 및 터널 단면적 축소로 공사비 절감
- 초장대 터널 네트워크 공기역학 시뮬레이션 기술
- 성과물 : GUI를 포함한 차량-터널 공기역학/재부유 미세먼지 시뮬레이션 소프트웨어, 모의실험 세트
- 성과활용방안 : 최적의 전두부 형상설계, 터널 및 환기구 압력과 저감 설계 및 장치 개발에 적용
- 초장대 터널 압력과 및 미기압과 저감 기술
- 성과물 : 환기구 댐퍼 압력과 차단 장치, 환기탑/배기구 미기압과 저감장치, 대심도 급행열차의 차량기밀도 설계기준
- 성과활용방안 : 대심도 터널 환기시스템의 안전성 확보, 승객의 쾌적성 향상
- 대심도 차량 설계에 연구 성과로 제시한 전두부 및 차체의 형상 설계(안)과 차량기밀도기준 반영
- 대심도 터널 네트워크 시스템의 공기역학적 성능 검토에 개발한 대심도 터널 네트워크 공기역학 해석기술을 이용
- 대심도 급행철도 시스템의 공기역학적 타당성 검토서의 개선안을 시스템 설계에 반영
- 환기시스템의 공력불안정(Aerodynamic stall)을 방지하기 위한 환기구 압력과 저감 장치 장착
- 개발된 실험장치 및 해석기술을 향후 미래 철도사업에 활용

- 고효율·고성능 차량 핵심장치 개발
- 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템 핵심기술의 개발을 통하여 대심도 급행 철도의 상용화를 위한 국가 R&D 사업 도출에 활용
- 대심도 급행철도량 추진제어시스템 경량화에 대한 국가 관리 규정 작성에 활용
- 국가 R&D 사업 등을 통한 고효율·고성능 차량 핵심장치 개발의 기술로드맵 및 가이드라인으로 활용
- 향후 230km/h 급 EMU 및 신에너지 친환경 열차 개발 시 활용
- 본 연구를 통해 확보되는 고속추진용 저소음 고효율 추진제어시스템 기술을 모든 철도수송차량 분야로 확대 적용이 가능함

2. 인프라시스템 핵심기술 개발

- 터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계
- 대심도 지하승강장의 적절한 방재설비의 설계를 위한 안전성 평가매뉴얼 활용
- 승강장 및 구난역의 설계시 대심도 화재안전설비 설계기준 활용
- 고속차량 운행에 따른 PSD 안전설계기준을 활용하여 안전한 PSD 설치
- 대심도 지하공간의 유해물질 관리기준을 통한 쾌적한 대심도 철도환경 구현
- 대심도 화재안전성 향상기술 개발을 통한 안전한 대심도 철도 확보
- 기존 방식(기존의 안전기준)의 승객피난 및 화재안전 설계를 적용할 경우에 과다설 계로 전체 건설비에서 승강장 설비가 차지하는 비중이 매우 높아질 수 있으나, 대심도 기준을 새로이 정립할 경우 방재 건설비 절감 예상
- 대심도 역사 및 승강장 피난 및 화재안전 설계기술개발을 통한 수입대체 효과와 국내실적을 기반으로 해외수출, 그리고 연관 산업에 대한 시너지 효과 발생
- 대심도 역사 및 승강장 피난 및 화재안전 설비시스템 최적 및 표준화를 통한 도시 철도운영기관의 유지보수비 절감

- 대심도 터널 공법 시공개선 연구
- 공기단축 및 지반여건, 시공성 등 종합적 검토를 통한 최적의 굴착공법 선정으로 공사비 절감
- 새로운 공법 개발로 저소음 급속시공 가능하여 민원 유발 최소화

- 대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구
- 개발궤도구조 시스템의 기술 확보
 - 현장공정단순화를 통한 기존공법대비 15% 및 공기 20%절감
 - 고속 매립형 궤도시스템의 안정성확보 및 롤링 및 스킨소음 저감
 - 궤도품질 향상으로 인한 생애수명 연장 및 보수, 교체비용저감
- 개발궤도구조 시스템의 안정성확보
 - 정밀궤도시공으로 인한 품질확보 및 고속안정성향상

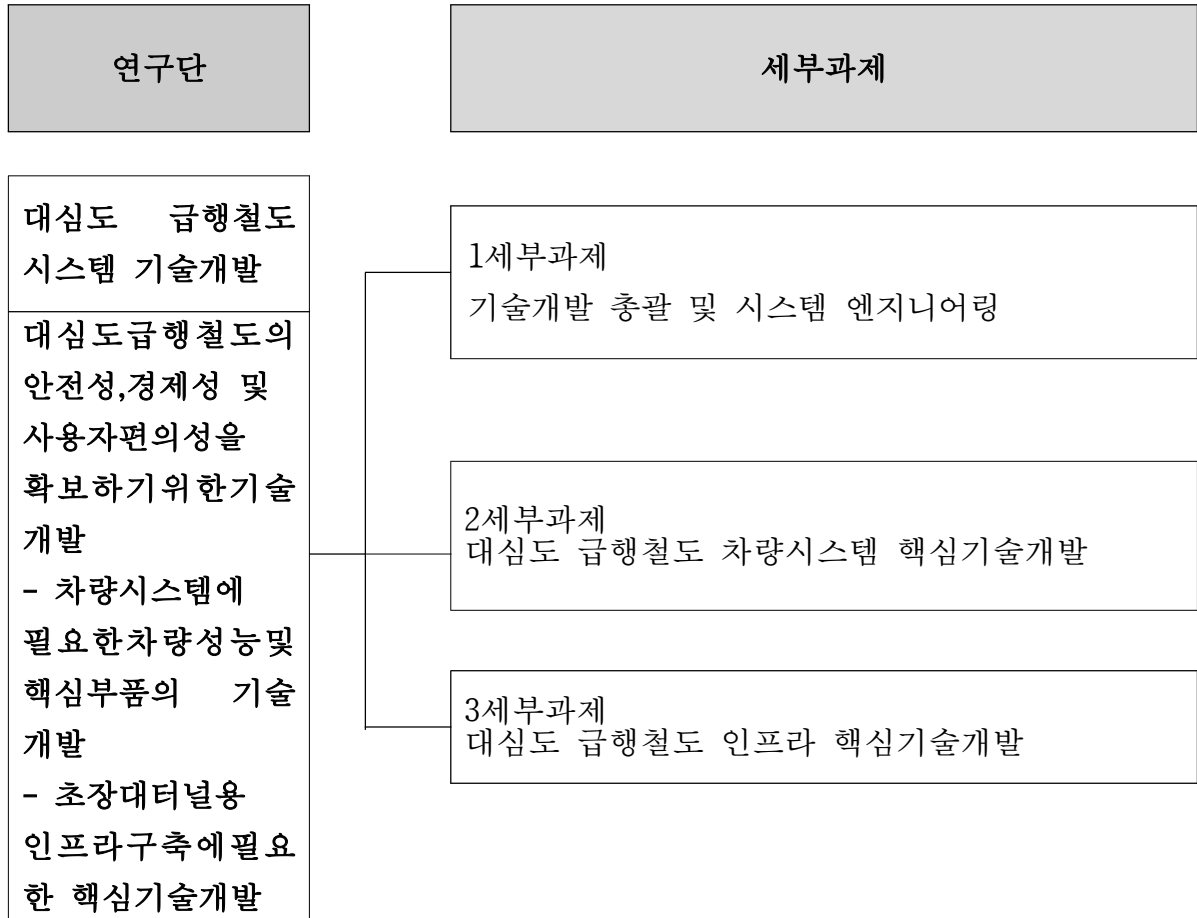
- 궤도상부평탄성확보로 긴급시 구난, 피난차량 통행용이 시스템으로 방재측면에서 유리하며 대국민 신뢰도 향상
- 대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시
 - 본 과제에서 개발한 시스템이 실제 GTX 사업에 적용되는 것으로 목표로 추진
 - 개발한 R-bar 강체 전차선로는 국내 준고속형 강체 전차선로의 표준으로 채택되도록 추진
 - 개발한 저가고형 커터너리 전차선로는 터널 건설비를 절감할 수 있는 국내 협소 터널용 준고속형 전차선로의 표준으로 채택되도록 추진
- 대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구
 - 정책적 활용방안
 - 전기철도 급전시스템의 기술혁신사업
 - : 세부기술 분야 수준으로 작성된 로드맵을 활용하여 차후에 시행되는 전기철도 급전시스템 전력품질 향상을 위한 기술 연구개발 사업을 효율적이고 체계적으로 관리하는 것이 가능함.
 - 정부정책 수립의 기초자료
 - : 건설교통부의 기타 유사사업에 대한 국내 급전시스템 기술 발전전략 수립의 기초자료 활용 및 관련 정부의 정책 수립의 기초자료로 활용 가능함.
 - 세계적인 급전시스템 기술수준으로의 도약, 연구개발 방향 등의 주도
 - : 뒤쳐진 국내 기술을 세계적인 수준으로 향상시키고 확고한 기술력을 충원하여 개발되는 시스템의 국내 적용 및 수출 할 수 있도록 기술 축적하고자 함.
 - 기술적 활용방안
 - 전기철도 급전시스템 기술의 개발로 인한 국가기술 경쟁력 확보
 - : 기존 전기철도 급전시스템의 문제점을 해결할 수 있는 급전시스템을 개발함으로써 국가 기술 경쟁력을 확보하는 동시에 국외로 기술 수출의 방안이 기대됨.
 - 급전시스템 및 케이블 전문 생산업체를 중심으로 한 컨소시엄 협력 사업을 도출
 - : 동축케이블 생산업체를 선정하여 이를 중심으로 산학연 합동 연구시스템을 구축하고자 함.
 - 전기철도 급전시스템 기술 확립과 부가 시스템의 생산업체에 기술 이전 및 전문 인력 양성이 기대됨.
 - : 확고한 동축케이블 급전시스템 개발을 확립하여 국내외의 특허시장에 돌입할 예정이며, 관련 생산업체에 기술 이전 및 전문 인력을 양성하여 국가 제조 및 R&D 시장의 확대를 도모함.
- 대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구
 - 대심도용 신호시스템에 대한 표준 신호방식 제시를 통하여 대심도 급행시스템의

모든 차량이 상호호환 운영이 가능하고, 통합운영이 가능함으로 인하여 운영기관 및 관련 산업계에서 유지보수 비용 및 제작 비용을 절감할 수 있음.

○ 현재 계획된 경기도 3개 노선에 대한 사업비를 14조원으로 추정하고, 신호시스템이 차지하고 있는 비율을 약 7%정도로 예상하는 경우 약 9800억원의 사업비가 소요될 예정으로 표준인터페이스 및 병행운전을 통한 절감효과를 20%로 추정하는 경우 1960억원에 달하는 경제적 효과를 기대할 수 있음.

제7절 연구수행체계 제안

과제는 연구단으로 추진하며 세 개의 세부과제로 나누어 구성하였다.



- 1세부과제

1. 과제명	기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링
2. 연구개발목표	-대심도 급행철도 차량 및 인프라 기술개발의 총괄 및 인터페이스 -대심도철도의 이용인원 증대를 위한 급행/완행 운영방안 제시 -차량시스템 기본 및 표준 사양 제시(GTX사업 차량구매에 활용 가능) -대심도 초장대터널에서의 차량 및 터널 네트워크의 공기역학 설계 -차량과 터널의 인터페이스를 고려한 건설비 절감을 위한 터널의 최적단면 적 제시
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 영국의 대심도철도인 CrossRail에서는 최고시속 160km를 계획하고 있음 - GTX사업에 투입을 검토할 수 있는 열차는 최고 시속 180km의 경춘선 ITX이나, 터널 내에서는 피스톤 효과로 인하여 공기저항의 증가로 인하여 GTX 최고시속 요건을 만족할 수 없으므로 GTX사업에 적합한 열차는 현재 없는 것으로 판단됨

4. 기존기술 활용방안	- 대심도급행철도는 차량 및 인프라의 인터페이스 관리가 중요하므로 텀팅열차 기술개발 등에서 활용한 SE기법을 활용할 계획임
5. 기술개발 필요성	- GTX사업이 가시화됨에 따라서 대심도급행철도의 기술개발을 통해 GTX사업의 원활한 추진을 지원할 필요 있음 - GTX사업비는 총 13.9조원(정부 5.42조원)이 투입되는 사업이므로 차량을 고려한 터널의 최적단면적 제시 등 시스템엔지니어링 기술을 활용하여 경제적 건설방안을 도출할 필요 있음 - 대심도 초장대 터널을 고속으로 주행함에 따라서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 기술개발 필요
6. 주요연구 개발내용	-대심도 급행철도 차량 및 인프라 기술개발의 총괄 및 인터페이스 -대심도 철도의 급행/완행 운영방안 수립 • 철도수송인원 증대를 위한 급행/완행 운영방안 수립 • 급행/완행 병행 운영을 위한 노선계획 및 역사구조 검토 • 급행/완행 운행에 따른 비용 및 편익 분석 -차량시스템 기본 및 표준사양 수립 • 요소기술 검토 및 요구사항 작성 • 차량시스템 기본사양 작성 • 차량표준기술/안전기준/성능시험기준 작성 -차량시스템을 고려한 대심도 초장대터널 네트워크 공기역학 설계 • 대심도터널 단면적변화에 따른 네트워크 공기역학 해석기법개발 및 주행저항 제시 • 터널내 및 수직구의 압력과해석 및 미기압과저감연구 • 객실내 압력변동해석 및 이명감평가 -건설비 절감을 위한 터널의 최적단면적 제시 • 터널최적단면설계기술개발 • 터널 구조안정화를 위한 구조해석기술개발 - 터널 네트워크를 고려한 초장대 터널 화재 안전성 평가기술개발 • 터널 네트워크 특성을 감안한 초장대터널의 화재안전성 평가기술개발 • 대심도 철도 터널 화재감시 및 소화설비 개발 및 성능평가기준 개발 • 비상시 제연/배연 운전방안 수립
7. 정부지원의 타당성	-GTX사업은 국가철도망구축계획에 반영된 사업임 -초장대터널 내에서 시속 180km급 통근형열차를 운영하는 것은 세계에서 전례가 없는 선도기술로 GTX사업의 성공적 추진을 위하여 국가에서 기술개발을 선도하는 것이 필요함 -총 13.9조원(정부 5.42조원)이 투입되는 대규모 사업이므로 국가 주도의 기술개발을 통하여 건설비를 절감함으로써 국민의 부담을 줄이는 것이 또한 필요함

8. 기술 확보 전략	-도시철도 및 고속철도의 연구개발, 건설 및 운영경험을 최대한 살려 연구개발을 효율적으로 추진하기 위하여 관련 경험을 보유한 산학연으로 연구진 구성 -개발기술의 실용화를 위하여 GTX 민자사업자를 포함한 자문위원회 구성, 운영 -기술개발일정을 GTX사업과 연계하여 추진	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	-대심도철도의 이용인원 증대를 위한 급행/완행 운영방안 -차량시스템 기본 및 표준사양 -대심도 초장대터널에서의 차량 및 터널 네트워크의 공기역학 해석 및 검증기술 -차량과 터널의 인터페이스를 고려한 건설비 절감을 위한 터널의 최적단면적 제시
	활용방안	-개발기술의 실용화를 위하여 GTX 민자사업자를 포함한 자문위원회 구성, 운영 -기술개발일정을 GTX사업과 연계하여 추진

- 2 세부과제

1. 과제명	대심도급행철도 차량시스템 기술개발
2. 연구개발목표	-대심도 급행철도 차량 핵심장치 기술개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	-지하구간에서 운영되는 도시철도의 최고속도는 신분당선의 경우 시속 90km임 - 영국의 대심도철도인 CrossRail에서는 최고시속 160km를 계획하고 있음
4. 기존기술 활용방안	틸팅열차 기술개발 및 도시철도표준화연구개발사업 등에서 취득한 기술을 활용할 계획임
5. 기술개발 필요성	GTX사업이 가시화됨에 따라서 대심도급행철도의 기술개발을 통해 GTX사업의 원활한 추진을 지원할 필요 있음 - GTX사업에 투입을 검토할 수 있는 열차는 최고 시속 180km의 경춘선 ITX이나, 터널 내에서는 피스톤 효과로 인하여 공기저항의 증가로 인하여 GTX 최고시속 요건을 만족할 수 없으므로 GTX사업에 적합한 열차는 현재 없는 것으로 판단됨 대심도 초장대 터널을 고속으로 주행함에 따라서 발생하는 문제점을 해결

	하기 위한 차량의 핵심장치의 개발이 필요함
6. 주요연구 개발내용	-터널 소음저감 차량설계기술 개발 • 소음차단용 바닥구조 소음 진동 특성 및 요구조건 분석 • 소음차단용 바닥구조 상세설계 • 소음차단용 바닥구조 시제품 제작 및 성능평가 • 횡방사소음 저감방안 연구 • 저소음 대차시제품 제작 및 성능평가 -기밀형 광폭 출입문 설계기술 개발 • 기밀형 출입문 요구조건 분석 • 기밀형 출입문 상세설계 • 기밀형 출입문 시제품 제작 및 성능평가 -객실 여압 및 외부연기 제어 장치 설계기술 개발 • 객실 여압 및 외부연기 장치 요구조건 분석 • 객실 여압 및 외부연기 장치 상세설계 • 객실 여압 및 외부연기 장치 시제품 제작 및 성능평가 -대심도 철도차량 유선형 전두부 및 주행저항 저감설계기술 개발 • 터널내 열차공기저항 및 추진성능을 고려한 최고속도 검토 • 열차전두부 형상설계 및 시험 평가 • 저공기저항 차체 형상 설계 및 시험 평가 • 열차 전두부 mock-up 제작 -1kW/kg 급 고신뢰성 영구자석형 동기전동기 개발 • 동기전동기 요구사항 분석 • ICLM 제어알고리즘 개발 및 추진제어시스템 시제품 제작 • 동기전동기 설계 및 시제품 제작 • 동기전동기 및 추진제어시스템의 조합 성능시험 -접촉력 제어 팬터그래프 기술 개발 • 능동형 팬터그래프 요구조건 분석 • 능동형 팬터그래프 제어 알고리즘 개발 • 팬터그래프 설계, 시제품 제작 및 공장성능시험 평가 -차량화재 감시 및 열/유해가스 차단기술 개발 • 차량화재 요구조건 분석 및 조기검지 방안 수립 • 객실 화재 및 견인전동기 화재감시 장치 설계 및 개발 • 차량간 열/유해가스 차단장치 설계 및 개발 • 화재 감시 및 열/유해 가스 차단장치 성능평가
7. 정부지원의 타당성	-GTX사업은 국가철도망구축계획에 반영된 사업임 -초장대터널 내에서 시속 180km급 통근형열차를 운영하는 것은 세계에서 전례가 없는 선도기술로 GTX사업의 성공적 추진을 위하여 국가에서 기술개발을 선도하는 것이 필요함 -핵심부품 연구를 담당하는 산업체는 대체로 중소기업체로 영세하여 장기적

	인 연구를 수행할 수 있는 여력이 없으므로 연구개발에 국가의 지원이 필요함	
8. 기술확보 전략	-도시철도 및 고속철도의 연구개발, 건설 및 운영경험을 최대한 살려 연구개발을 효율적으로 추진하기 위하여 관련 경험을 보유한 산학연으로 연구구진 구성 -개발기술의 실용화를 위하여 GTX 민자사업자를 포함한 자문위원회 구성, 운영 -기술개발일정을 GTX사업과 연계하여 추진	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	-핵심부품 시제품/Mock-up - 시제품 소음차단용 바닥구조 및 대차구성품, 기밀형 출입문, 객실 여압 및 외부연기제어 장치,전두부, 영구전동기, 팬터그래프, 화재감시 및 열/유해가스 차단장치
	활용방안	-개발기술의 실용화를 위하여 GTX 민자사업자를 포함한 자문위원회 구성, 운영 -기술개발일정을 GTX사업과 연계하여 추진

- 3세부과제

1. 과제명	대심도급행철도 인프라 시스템 기술개발
2. 연구개발목표	-대심도 급행철도의 안전성 향상을 위한 방재 및 구난역설계 기술개발 -소음 및 유지보수비용 절감을 위한 대심도 최적궤도 기술개발 -터널 단면적 최적화를 위한 전차선 및 급전시스템 기술개발 -GTX와 KTX 이중열차의 혼용 운행에 대비한 신호 안전성 확보
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 영국의 대심도철도인 CrossRail에서는 최고시속 160km를 계획하고 있음 - 장대터널에 대한 안전세부기준은 있으나 대심도 급행철도와 같은 초장대터널에 대한 안전세부기준은 별도로 마련해야 함 - 콘크리트 궤도의 경우 자갈궤도에 비하여 소음이 3dB 이상 증가하며, 개활지에 비하여 터널의 소음이 증가하므로 대심도철도에서는 소음 저감이 중요한 문제로 대두될 것으로 예상 - GTX사업비는 총 13.9조원(정부 5.42조원)이 투입되는 사업이므로 차량을 고려한 터널의 최적단면적 제시 필요,
4. 기존기술 활용방안	철도기술개발사업에서 개발한 터널 화재안전도평가기법 등 기 개발된 기술을 활용하는 것이 필요
5. 기술개발 필요성	- GTX사업이 가시화됨에 따라서 대심도급행철도의 기술개발을 통해 GTX사업의 원활한 추진을 지원할 필요 있음 - GTX사업비는 총 13.9조원(정부 5.42조원)이 투입되는 사업이므로 차량을

	고려한 터널의 최적단면적 제시 등 시스템엔지니어링 기술을 활용하여 경제적 건설방안을 도출할 필요 있음 - 대심도 초장대 터널을 고속으로 주행함에 따라서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 기술개발 필요
6. 주요연구 개발내용	- 대심도 터널 공법 시공 개선 연구 • 최적굴착공법 검토 및 개선연구 • 근접시공에 따른 구조 및 피해평가 기술 - 지하역사 방재 및 구난역 설계기술개발 • 대심도 승강장 안전성평가 메뉴얼 작성 • 구난역 설계 및 관련기준 수립 • 피난계획 및 피난시스템 설계 및 기준 작성 - 대심도철도 최적 궤도시스템 연구 • 궤도기술사양 정립 • 궤도시스템 설계 및 탄성충진재 개발 • 궤도구조 정밀시공법 개발, 시공장비 제작 및 유지보수(안) 도출 • 궤도시스템 시공성 시험, 시험시공 및 현장시험평가 - 대심도 전차선로 연구 • 복선터널용 저가고 커티너리 전차선로 설계 및 시제품 제작 • 단선터널용 시속 200km급 R-bar 설계 및 시제품 제작 • 시험평가 및 시스템설계 보완 - 대심도 터널 동축케이블 급전시스템연구 • 기본설계 및 급전성능 해석기술개발 • 동축전력케이블 개발 및 동축정력케이블 급전시스템 상세설계 • 시험평가 및 전력품질 분석 - 대심도 급행철도 신호시스템 연구 • 신호시스템 요건분석 및 안전도 평가 • 병행운전에 따른 인터페이스 연구 • GTX에 적합한 신호시스템 국산화 • 신호시스템 성능시험절차 및 시험방안 개발 • 신호시스템 표준사양 작성
7. 정부지원의 타당성	- GTX사업은 국가철도망구축계획에 반영된 사업임 - 초장대터널 내에서 시속 180km급 통근형열차를 운영하는 것은 세계에서 서도 전례가 없는 선도기술로 GTX사업의 성공적 추진을 위하여 국가에서 기술개발을 선도하는 것이 필요함 - 총 13.9조원(정부 5.42조원)이 투입되는 대규모 사업이므로 국가 주도의 기술개발을 통하여 건설비를 절감함으로써 국민의 부담을 줄이는 것이 또한 필요함
8. 기술확보 전략	- 도시철도 및 고속철도의 연구개발, 건설 및 운영경험을 최대한 살려 연구개발을 효율적으로 추진하기 위하여 관련 경험을 보유한 산학연으로

	연구진 구성 - 개발기술의 실용화를 위하여 GTX 민자사업자를 포함한 자문위원회 구성, 운영 - 기술개발일정을 GTX사업과 연계하여 추진	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	- 초장대터널 안전세부기준, 대심도 승강장 안전성평가 메뉴얼, 구난역 설계 및 관련 기준 - 시제품 대심도 최적궤도, 저가고 커키너리, 고속용 R_bar, 동축 케이블 급전시스템, GTX에 적합한 신호시스템 및 관련 표준사양
	활용방안	- 개발기술의 실용화를 위하여 GTX 민자사업자를 포함한 자문위원회 구성, 운영 - GTX민간사업자를 참여기업으로 사업 참여 유도 - 기술개발일정을 GTX사업과 연계하여 추진

제4장 사전타당성 검토

제1절 정책적 타당성

- 대심도 급행철도는 지하 40m이상 지하공간에 최고속도 180 ~ 200 kph, 표정속도 100kph 이상의 속도로 운영되는 철도임.
- 대심도 급행철도는 기존 지하철에 비해 토지보상비의 절감 등으로 인해 건설비용이 저렴하고 노선의 직선화를 통하여 운행시간 단축, 수송분담률의 증가 등이 장점으로 부각되고 있음.
- 경기도 및 3개 민간컨소시엄의 대심도 급행철도 건설에 대한 각각의 제안서가 국토해양부에 제출되었으며 타당성검토가 수행중임.



<경기도 제안 GTX 3개노선>

<경기도 GTX노선 구간 개요>

구간	노선 1	노선 2	노선 3
시점	킨텍스	송도	의정부
종점	동탄	청량리	금정
연장	74.8km (GTX:46.3km, KTX:28.5km)	49.9km	49.3km

- GTX 사업의 원활한 추진을 위하여 제도정비, 차량 및 인프라의 기술개발이 필요하다.

제2절 기술적 타당성

○ 경기도 및 민간컨소시엄이 제안한 사업계획서의 차량제원은 최고속도 180 ~ 200kph로 대심도 초장대터널 고속주행이라는 특수성에 대한 기술검토 미흡함

○ 지하 40m아래 초장대터널에서 고속으로 운행시 차량시스템에서 차량기밀도, 고속 주행시 소음증가, 화재대응방안, 열차의 혼용운행 등을 고려해야 하나 국내기업에서는 아직 설계, 제작경험이 없으므로 초장대터널의 최적 단면을 제시할 수 있는 능력이 부족함

○ 초장대 대심도 터널에서 급행열차가 운행하기 위해서는 초장대터널을 시속 200km로 안전하고도 편리하게 운행할 수 있는 차량시스템의 개발이 필요하며, 초장대터널에서 화재가 발생하게 되면 대피가 용이치 않으므로 이에 대비한 안전 및 지하 깊은 공간에서 승객의 편의성 제고를 위한 기술이 필요하나 이에 대비한 산업계의 준비가 되어 있지 않음

○ 철도산업의 특성상 재정이 열악한 철도산업계는 장기간의 연구개발을 수행할 수 없는 처지임

○ 국가기간교통망계획 제2차수정계획에 고시된 대심도 급행철도시스템의 원활한 구축을 위하여 안전성, 경제성 및 사용자 편의성을 확보할 수 있는 초장대 터널용 차량 및 인프라 구축에 필요한 핵심기술 개발이 필요함

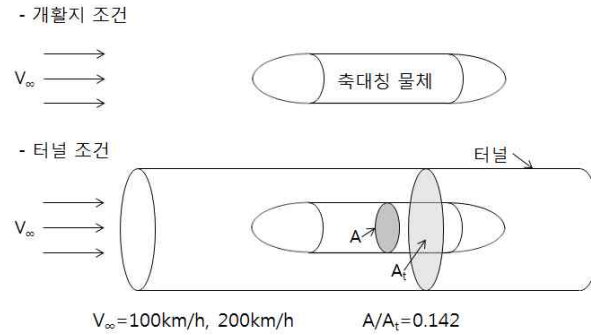
○ 대심도 급행철도의 역사 및 정거장에 대하여 안전성의 확보는 대국민 서비스 측면에서 매우 중요하고 이를 위한 최소한의 필수요건이 필요하나 미비한 상태임. 기존 지하철의 피난동선 및 안전 관련 법령, 기준, 설계지침은 대심도 급행철도의 특성을 충분히 반영하고 있지 않으므로 전면적인 제·개정 이 필요하며 이를 위한 기술적 연구가 요구됨

○ 대심도 열차의 유선형 전두부/차체형상 설계기술

대심도 열차의 유선형 전두부 및 차체형상 설계기술은 열차가 고속으로 터널 내부를 주행시 열차에 작용하는 공기저항을 최소화하기 위한 차량 전두부 및 차체의 형상을 설계하는 기술이다.

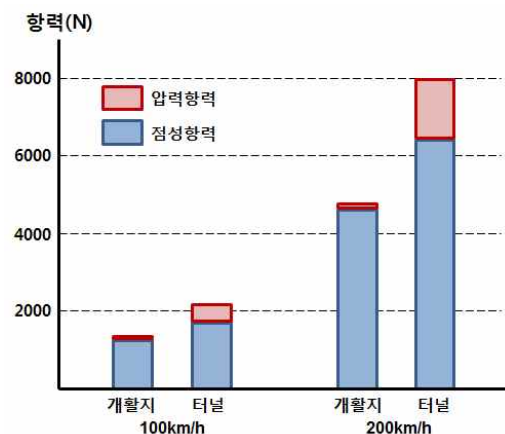
고속열차가 개활지를 300km/h 이상의 고속으로 주행할 때 주행저항에서 공기저항이 80%이상을 차지하게 된다. 표면마찰저항의 증가 요인으로는 포면의 거칠기를 들 수 있고 압력저항의 증가요인으로는 전두부와 후미부의 형상, 대차, 연결부 등 돌출된 형상 또는 공동 형상을 들 수 있다[24]. 대심도 열차는 300km/h의 속도는 아니지만 200km/h의 속도로 제한된 터널 내부를 주행하게 되므로 상당한 공기저항의 증가가 예상되고 이를 저감하기 위한 열차 형상의 설계기술 개발이 필요하다.

앞에서 말한 속도 증가와 터널에 의한 공기저항의 증가를 전산해석을 통하여 검토해 보았다. 100km/h와 200km/h의 두 속도에 대해 개활지와 터널에서의 공기저항을 비교 해보았다. 열차의 길이는 운행속도 영역이 비슷한 TTX(한빛200)의 길이 143m, 전두부 형상은 회전 포물면(paraboloid of rev.)형상 그리고 터널의 경우 열차/터널 단면적비는 0.142를 적용하여 전산해석을 수행하였다. 해석의 개략도는 그림 7.과 같다.



<축대칭 물체의 개활지와 터널에서의 항력 해석 개략도>

각각의 경우에 대해 열차에 작용하는 마찰저항, 압력저항과 둘을 합한 전체저항을 표 1.과 그림 8.에 나타내었다. 우선 그래프를 보면 개활지나 터널인 열차의 주행 조건에 상관없이 열차의 속도증가에 따라 전체 공기저항은 약 4배 정도 증가함을 확인할 수 있다. 그리고 개활지보다 터널에서 전체 공기저항에서 압력저항이 차지하는 비율이 확연히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 표에 있는 수치를 통해 압력저항의 증가 비율을 비교해보았다. 100km/h의 경우는 개활지와 터널에서 전체저항에 대한 압력저항의 비율은 각각 1.8%와 18.6%이고, 200km/h의 경우는 개활지와 터널에서의 전체저항에 대한 압력저항의 비율은 1.7%와 18.8%로 나타났다. 결과를 보면 개활지에서는 전체저항에 거의 영향을 미치지 않았던 압력저항이 터널 주행으로 인해 전체저항의 20% 정도로 상당히 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 단순한 회전 포물면 형상에서 이와 같은 공기저항의 증가량을 보였으므로 축대칭이 아닌 전두부 형상이 적용되고 차체와 관련된 대차와 연결부가 있는 실제 열차의 경우에는 서로 상호작용으로 인한 추가적인 공기저항의 증가가 예상된다. 그러므로 대심도 열차에 가해지는 공기저항 증가를 최소화할 수 있는 전두부 형상설계와 차체 형상 설계를 위해 공기저항에 영향을 주는 요소에 대한 해석적 연구를 통한 영향 분석과 실험적 방법을 통한 검증이 요구되며 이를 토대로 추진장치의 성능을 고려한 최적화 설계가 수행되어야 한다.

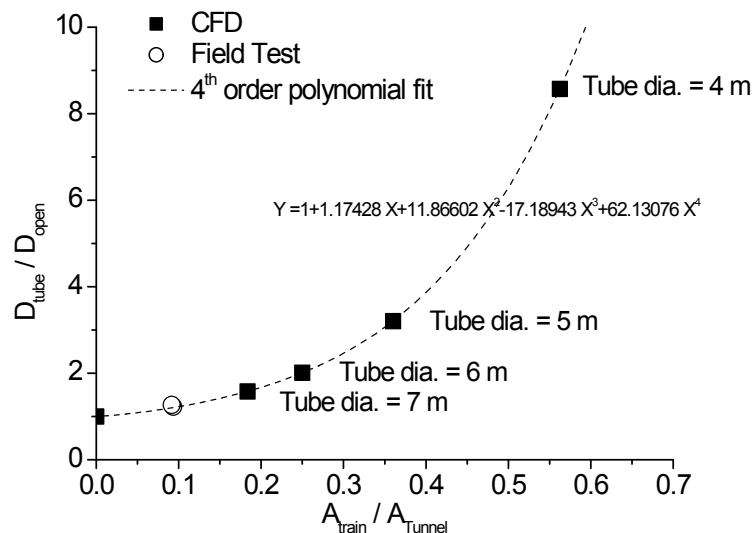


<축대칭 물체의 개활지와 터널에서의 항력 그래프>

<축대칭 물체의 개활지와 터널에서의 항력>

구 분		압력항력(N)	마찰항력(N)	전체항력(N)
100km/h	개활지	23	1227	1250
	터 널	387	1695	2082
200km/h	개활지	82	4664	4746
	터 널	1488	6422	7910

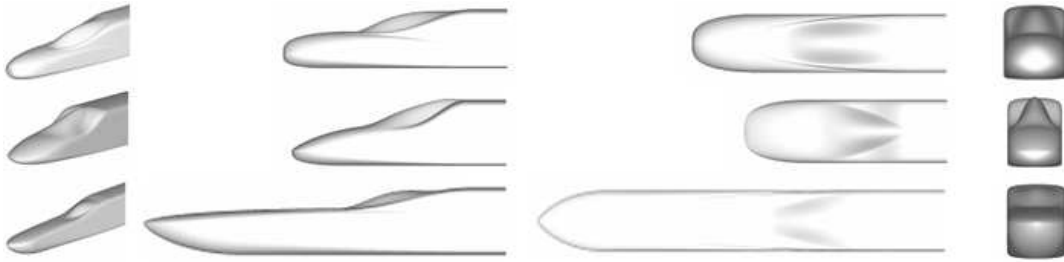
주행저항식을 이용하여 열차/터널 단면적비 변화에 따른 공기저항 증가를 검토한 결과를 보면 개활지와 터널의 공기저항비는 열차/터널 단면적비가 증가할 때 4차함수의 형태로 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다.[그림 8.] 그리고 대심도 급행열차 시스템의 열차/터널 단면적비인 0.142에서는 그래프에서 확인할 수 있듯이 평지 대비 공기저항이 45% 증가한다고 예측되었다. 이 검토결과에서도 터널에서의 공기저항 증가가 상당한 것으로 확인되므로 터널에서의 대심도 열차의 공기저항 저감을 위해 전두부 및 차체에 대한 공기역학적 형상설계가 이루어져야 한다.



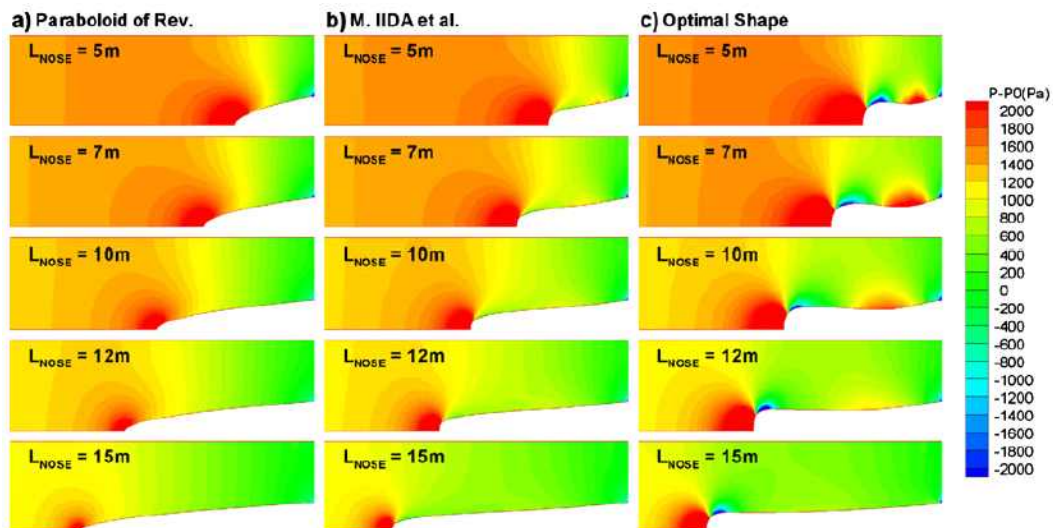
<열차/터널 단면적비에 따른 공기저항 증가(참고문헌 25)>

300km/h이상인 열차의 공기저항 저감을 위한 기술개발이 차세대고속철도기술개발사업(2009년)에서 진행되었다. 이 사업에서 전두부와 차체를 따라서 흐르는 열차 주위의 유동특성 파악과 공기저항 저감을 위한 기술을 해석적 방법과 실험적 방법을 이용하여 개발하였다.

우선 전두부 형상에 의한 공기저항 증가의 원인을 분석하기 위하여 전두부 길이와 형상 등의 설계변수에 대해 해석적 방법을 이용하여 각각의 영향을 확인하였다. 그리고 실험모델을 제작하고 항공우주연구원의 중아음속 풍동(KARI LSWT)를 이용하여 항력을 측정하고 이를 해석적 방법을 이용하여 보정하여 시제차량의 주행 저항식을 도출하였으며 유동가시화를 통해서는 전두부에서 유동이 박리되고 재부착되는 위치를 확인할 수 있었으며 후미부에서는 downwash 현상으로 인한 압력감소가 압력저항 증가의 원인이 됨을 알아내었다.



< 고속전철 전두부 형상 개발 예 (차세대고속철도기술개발사업)>

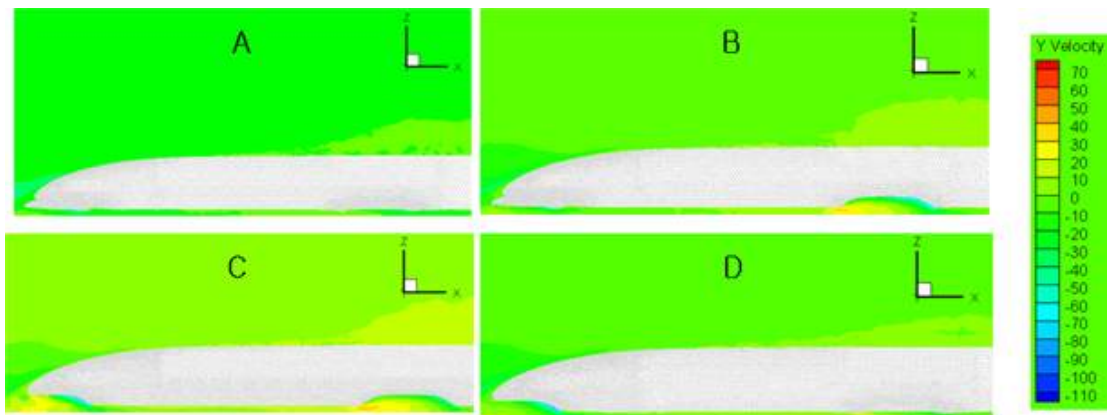


<열차의 전두부 길이와 형상에 따른 압력 분포(차세대고속철도기술개발사업)>



<HEMU-400x 1/20 축소모델과 개활지 모델(좌), 유동 가시화 실험(우) (차세대고속철도기술개발사업)>

차체에서 대차에 의한 공기저항 증가의 원인을 분석하기 위하여 HEMU-400x 고속열차 기본 형상의 대차 부분에 커버를 씌우거나 유선형이 되도록 수정하는 등 하부 형상을 변경해가며 해석적 방법을 통해 대차부분의 유동의 특성을 파악하였고 대차 커버 실험 모델을 제작하여 고속열차 축소모델의 대차 부분에 장착하고 풍동실험을 수행하여 항력을 측정해본 결과 열차의 대차들 중 전방과 후방에 있는 대차가 공기저항에 상당한 영향을 미치므로 이 부분에 대차 커버를 사용하여 유동을 제어하도록 하였다.



<HEMU-400x 해석 모델 형상별 전두부 주변의 횡방향 속도 Contour(차세대고속철도개발사업)>



(a) 일반 대차

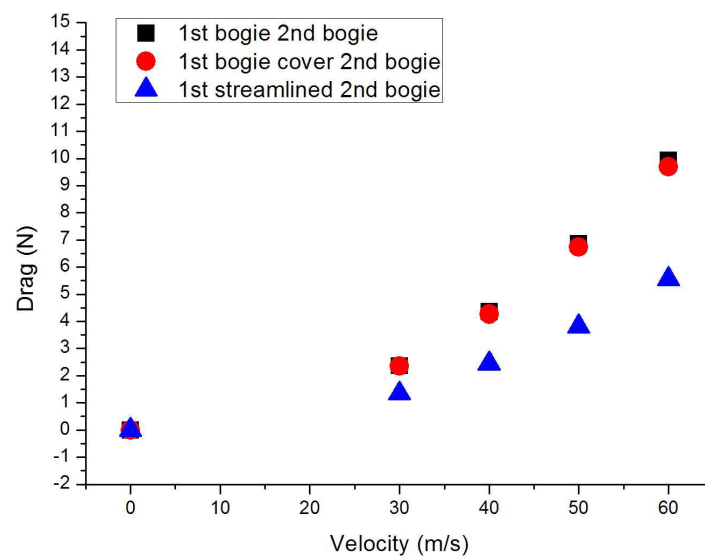
(b) 대차 커버

(c) 유선형

<대차형상(차세대고속철도개발사업)>

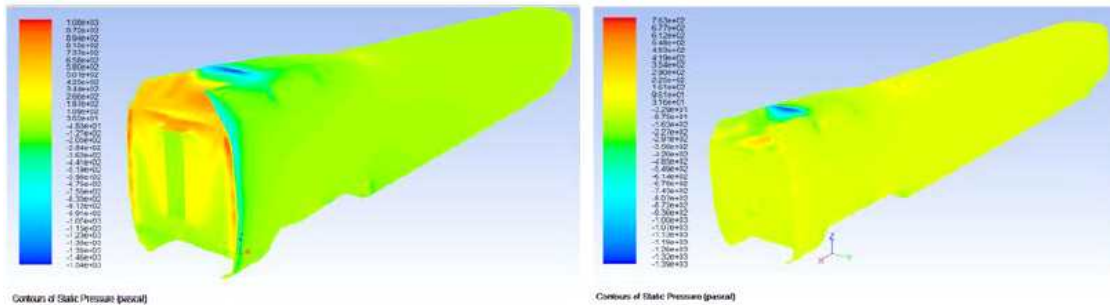


<실험모형 전두부(1호차)의 대차 위치(차세대고속철도개발사업)>



<전두부 1번 대차 형상 변화에 따른 전두부 공기저항 분포(차세대고속철도개발사업)>

또한, 동력차와 동력객차의 연결부에 있어서는 단면적의 차이가 존재하며 또한 집전 장치들을 설치하기 위한 공동구조가 있기 때문에 큰 압력저항이 발생함을 그림 17.를 통해 볼 수 있다. 그러므로 동력차와 동력객차 사이의 연결부 등 객차 연결부의 구조에 대한 최적설계를 수행하므로 공기저항 저감이 가능할 것으로 보인다.



<동력차와 동력객차의 연결부의 공동구조에서 압력 컨투어 (참고문헌 24)>

앞에서 기술하였듯이 차세대고속철도기술개발사업(2009)에서는 열차의 공기저항을 저감하기 위하여 해석적 방법과 실험적 방법을 이용한 기술들이 개발되어 열차 설계에 적용되었다. 대심도 열차의 유선형 전두부 및 차체형상 설계기술에도 차세대 고속열차 설계에 적용한 것과 동일한 방식의 해석적·실험적 기술을 적용할 수 있으나 추가로 고려해야 할 사항은 터널이라는 운행조건을 고려한 공기저항에 대한 정확한 평가와 검증이 이루어져야 한다는 점이다. 이를 위해 대심도 터널과 차량 및 대차커버에 대한 축소모형의 공기저항 측정 및 유동가시화를 위한 새로운 풍동시험 세트의 개발 및 제작이 필수적이다. 대심도 열차의 유선형 전두부 및 차체형상 설계기술에 대한 해석적 평가를 시제품 시험으로 검증함으로써 설계기술에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다. 결과적으로 대심도 급행철도 차량의 전두부 형상설계 개선과 공기저항에 대한 정확한 평가로 주행저항식을 도출할 수 있으며 차체에 대차커버 장착과 차량연결부 최적설계를 통한 차체의 공기저항 감소를 반영한 추진 장치의 최적화 설계로 에너지소모를 절감하게 될 것이다. 해당 기술은 향후 지하터널을 주행하는 고속열차 개발 시 지속적으로 활용할 수 있으므로 연구 인프라를 구축하는데 크게 기여할 것이다.

제3절 경제적 타당성

- 기존 방식(기존의 안전기준)의 승객피난 및 화재안전 터널 방재설계를 적용할 경우에 과다설계로 전체 건설비에서 방재 설비가 차지하는 비중이 매우 높아질 수 있으나, 대심도 기준을 새로이 정립할 경우 방재 건설비 5 ~ 7 % 절감 예상
- 터널 최적단면 개발에 따라 단면 최소화로 공사비 30% 절감
- 터널 최적 굴착공법 개발에 따른 공사비 약 20% 절감
- 급배기구 적용 청정장치 개발에 따른 경제효과
 - 기존에 적용되던 데미스터 방식의 청정장치에 비하여 30% 이상의 설치 제작비용
 - 무동력 방식의 청정기술이 적용될 경우, 기존 유지보수 비용의 약 50% 절감
 - 실내오염물질 저감 및 배출오염물질 저감에 따른 사회적 환경지불 비용 절감
- 고속 대량수직이동 시스템 및 승강장 자동화시스템 개발에 따라 기존 수직이동시스템의 대체로 제작비용 및 유지비용 약 30% 절감과 효율성 50%이상 증가
- 역사 LCC시스템 및 인공지능에너지 절약 시스템 개발에 따라 대심도 역사의 운영

효율화 및 유지보수 비용 약 50% 절감

- 역사 소음·진동 저감시스템 개발에 따른 해외수입시스템 대체로 100억원 이상 절감
- 준고속급으로서 기존의 전차선로 시스템을 사용하는 것에 비하여 터널 높이는 500mm 이상 줄일 수 있는 가공 전차선로의 개발로 굴착터널 단면의 약 10% 절감 가능
- 대심도용 신호시스템에 대한 표준 신호방식 제시를 통하여 대심도 급행시스템의 모든 차량이 상호호환 운영이 가능하고, 통합운영이 가능함으로 인하여 운영기관 및 관련 산업계에서 유지보수 비용 및 제작 비용을 절감할 수 있음.
- 현재 계획된 경기도 3개 노선에 대한 사업비를 14조원으로 추정하고, 신호시스템이 차지하고 있는 비율을 약 7% 정도로 예상하는 경우 약 9800억원의 사업비가 소요될 예정으로 표준인터페이스 및 병행운전을 통한 절감효과를 20%로 추정하는 경우 1960억원에 달하는 경제적 효과를 기대할 수 있음.
- 궤도의 시공성 및 국내기술 확보 시 100만원/km 이상 절감
- LCC프로그램 개발 및 관리효율화 기법 적용시, 기존 유지보수 비용의 약 30% 절감 효과

제4절 기술개발 필요성

- 경기도 및 민간컨소시엄이 제안한 사업계획서의 차량제원은 최고속도 180 ~ 200kph로 대심도 초장대터널 고속주행이라는 특수성에 대한 기술검토 미흡함
- 지하 40m아래 초장대터널에서 고속으로 운행시 차량시스템에서 차량기밀도, 고속주행시 소음증가, 화재대응방안, 열차의 혼용운행 등을 고려해야 하나 국내기업에서는 아직 설계, 제작경험이 없으므로 차량시스템의 설계 및 개선/개발이 요구되고 있음
- 터널 단면적의 감소를 통한 공사비 절감이 중요한 사항으로 터널 단면적 감소로 인한 주행저항 증가로 인해 차량용 추진제어시스템의 용량 증대가 요구됨. 따라서 터널 단면적 감소에 유리하며 성능 및 신뢰성이 우수한 대심도용 고속추진제어시스템 개발이 필요함
- 대심도 초장대터널의 초대단면 굴진면에 대한 안전성, 내진 등 구조안정화에 대한 기술 검토 미비함
- 타 철도시스템과 혼용 운행시 장대터널의 경우 터널단면의 계획, 열차 운행속도 차이, 급행철도의 중간역 대피에 따른 위험기준 등 정량적인 안전성 분석에 대한 검토가 필요함
- 연장 15km 이하의 장대터널에 대한 안전기준이 고시완료(국토부, 2006년) 되었으나, 초장대 철도터널(15km 이상)로 분류되는 대심도 급행터널에 대한 최적사양 연구개발 및 안전기준 또는 방재 설계기준이 현재 없음. 따라서 이에 대한 최적사양 기술개발이 필요함
- 초장대 철도터널(15km 이상)로 분류되는 대심도 급행터널에 대한 지하구난지역 시스템, 단선병렬터널의 횡갱 최적사양 등 연구개발과 대심도 역사를 포함한 피난·안전 기준, 제연, 방재 등의 연구사례 및 설계기준 미비함
- 대심도 터널 및 역사내 환경적 유해요인(공기질, 소음·진동 등), 폐쇄공포증, 방향성

상실 등에 검토 및 연구사례 미비함

○ 타 열차시스템과의 정거장 환승체계, 접근성, 승객유동 확대, 동선 및 평면설계 최적화, 교통노약자 배려 등에 대한 설계기술 및 기준 미비하며, 이를 원활하기 위한 필수설비의 성능 향상 기술개발이 요구됨

○ 수도권 고속철도 등 타 열차시스템과 혼용운행 시 신호시스템에 대한 위험도 분석 및 안전성에 대한 연구가 진행되어야 하며, 병행 운전을 위한 신호 시스템의 인터페이스 검토와 안전성 확보 방안, 통신시스템 이중화, 차량 및 역사 내 효율적인 유무선 통신시스템에 대한 연구가 필요함

○ 초장대터널에서 고속주행시 시공, 운영안정성 등을 고려한 최적궤도시스템에 대한 기술검토 부재

제5절 정부지원 타당성

○ 대심도 급행철도는 지하 40m이상 지하공간에 최고속도 180 ~ 200 kph, 표정속도 100kph 이상의 속도로 운영되는 철도이며, 기존 지하철에 비해 토지보상비의 절감 등으로 인해 건설비용이 저렴하고 노선의 직선화를 통하여 운행시간 단축, 수송분담률의 증가 등이 장점으로 부각되고 있음.

○ 이에, 수도권 교통난 해소를 위해 경기도 및 3개 민간컨소시엄의 대심도 급행철도 건설에 대한 각각의 제안서가 국토해양부에 제출되어 타당성검토가 수행되었으며 현재 대심도 급행철도 건설사업이 가시화됨.

○ 초장대 터널에서의 급행열차 운행에 필요한 기술을 미확보한 상태에서 갑작스럽게 급행철도 건설사업이 추진되면 외국 기술에 의존하게 될 수 밖에는 없음

○ 대심도 급행철도시스템의 건설 및 운영을 위해서는 관련 정책 및 제도의 개선이 필요하므로 조속히 관련 연구의 수행이 필요함

○ 또한, 세계에서 그 유례는 찾아보기 힘든 대심도 초장대 터널에서의 급행열차 시스템 구축기술을 국내에서 주도적으로 개발하여 세계 기술을 주도할 수 있음

○ 이상과 같은 이유로 대심도 철도이용승객의 안전성, 편의성을 제고하기 위하여 저비용 고효율의 대심도 급행철도시스템 연구가 조속히 시급하게 추진될 필요가 있음.

- 산업계의 기술 개발 정도는 정부가 요구하는 안전요구수준에 견인되고 있음. 따라서 정부에 의한 안전요구 수준의 규정 정립이 최우선 적으로 수행되어야 함.

- 지하교통망은 정부의 교통정책에 의하여 주도적으로 개발 관리되므로 지하대중교통시스템의 안전관리에 관한 정부의 선도적 기술지원 및 안전관리 기준 제시가 요구됨.

- 대심도 지하역사 공간의 활용은 이용객 측면에서 쾌적하고 안전한 공기를 공급하는 것이 가장 중요한 요인으로 분석되며, 이를 위해서는 공공적 성격의 R&D 투자가 요구됨

- 대심도 광역 급행 철도는 대규모 정부 사업이며 정부에서 기초 연구에 대한 투자가 있어야지만 안전한 철도를 건설할 수 있음

바. 종합평가 및 결론

- 대심도 급행철도의 안정성, 경제성 및 사용자 편의성을 확보하고 초장대 터널용 차량 및 인프라 구축에 필요한 핵심기술 개발과 관련한 제도 정비를 위한 전략 수립이 필요하다.
- 국내 철도시장은 중저속 중량전철에서 200kph 이상의 간선철도, 고속철도 등 속도향상을 위한 정책이 수립되고 있고, 수도권 교통난 해소를 위해 대심도 등 급행철도 건설사업이 국가간선교통망계획 2차수정계획에 고시되는 등 가시화 되고 있음.
- 녹색 교통 구현을 위한 철도 인프라 확충을 주 내용으로 하는 국토해양부 철도 정책에 부합됨(국토해양부 교통정책실 철도정책 2010).
- 속도경쟁력을 갖춘 효율적 광역·도시철도망 구축을 주된 목표로 하는 국토해양부 광역도시철도정책에도 부합됨(국토해양부 광역도시철도정책 2012).
- 대심도 철도 운영에 대한 수요와 시민의 기대가 많지만 방재기술이 안전성을 입증하지 못하면 대심도 건설 및 운영에 차질이 예상되며, 이에 따라 안전성 확보를 위한 핵심기술 개발과 안전설계 기준의 마련이 시급히 요구된다.
- 대심도 화재시 피난 및 구난을 위한 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기술 미비
- 대심도 정거장 설비시스템의 운용 최적화, 표준화 및 관련법규 제·개정 필요
- 대심도 지하역사의 특징으로 인하여 비상사태 또는 재난 시 안전한 피난 또는 구호시스템의 공간계획(안전구역 기획, 피난기획 등), 설비시스템(방재설비 등) 성능 측면의 기술 개발이 요구됨
- 심도 40m이상의 대심도 지하역사 경우 대합실에서 승강장까지 수직 및 수평통로의 장거리 이동, 안전구역 기획 등의 건축계획 기술과 이를 원활하게 하기위한 필수설비의 성능 측면 기술개발이 요구됨.
- 지하역사에서 비상 시 승객탈출 시간 확보가 관건이 될 것이며 이를 위하여 다음의 사항에 검토가 필요함.
 - 기존 설계지침을 만족하지 못함
 - 탈출시간 단축을 위한 설계기술 확보
 - 기존 설계지침의 개정
- 관계법령의 제/개정 사항 정립
 - 대도심 급행시스템 건설에 필요한 건설규칙, 방재 및 안전에 관련된 안전기준, 공기질 등 환경에 관련된 지침이 일부 개정 또는 제정되어야 함. 특히, 기존의 ‘철도시설 안전세부기준(2006년)’에도 구난 대피소에 대한 기준이 있으나, 역사 심도 증가에 따른 승객이동환경을 고려한 기준이 적용이 필요함.

제5장 인력투입계획 및 소요예산 산정

제1절 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

세부과제 \ 년 도	1차 ('11)	2차 ('12)	3차 ('13)	합 계
기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링	35	47	45	127
대심도 급행철도차량시스템 핵심기술 개발	24	29	24	77
대심도 급행철도인프라 핵심기술 개발	30	38	30	98
합 계	89	114	99	302

2. 세부과제별 인력투입

연구내용 \ 년도	1차 ('11)	2차 ('12)	3차 ('13)	합계
1 세부과제 : 기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링	35	47	45	127
대심도 급행철도 차량 및 인프라기술 개발의 총괄 및 인터페이스	8	10	10	28
대심도 급행/완행 운영방안 수립	7	9	10	26
차량시스템 표준사양 수립	7	10	8	25
차량을 고려한 터널네트워크 공기역학 설계	7	10	10	27
차량을 고려한 최적 터널 단면 설계	6	8	7	21
2 세부과제 : 대심도 급행철도차량시스템 핵심기술 개발	24	29	24	77
집전, 추진, 제동장치개발	8	10	8	26
차음/기밀설계 및 여압장치개발	8	10	8	26
화재감시 및 열/유해가스차단장치개발	8	9	8	25
3 세부과제 : 대심도 급행철도인프라 핵심기술 개발	30	38	30	98
방재	5	7	5	17
대심도 최적궤도시스템 개발	4	6	4	14
대심도 전차선로 시스템 개발	8	9	8	25
대심도 동축케이블 급전기술개발	6	8	6	20
대심도 신호시스템 기술개발	7	8	7	22
합 계	89	114	99	302

제2절 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

예산 산정은 대심도 급행철도시스템의 기술 개발을 위해 도출된 세부 과제별로 산정하였다.

2. 전체사업 소요예산

전체사업은 아래 표와 같이 세부과제 별로 구분되어 각각의 소요예산을 산정하였다.

[단위 : 백만원]

구분		1차년		2차년		3차년		합계	
		정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄		7,300	1,338	10,400	2,025	10,300	2,025	28,000	5,388
1세부		1,950		2,300		2,200		6,450	
	급행운 완영 방안	500	-	400	-	400	-	1,300	-
	차량시 스스템 표준화	650	-	900	-	800	-	2,350	-
	대심도 터널 공력 설계	400	-	500	-	500	-	1,400	-
	최적단 면설 계 터널 공법 개선	400	-	500	-	500	-	1,400	-
2세부		2,550	637.5	3,800	950	3,800	950	10,150	2,538
	터널소 음저 감 차량 설 계	350	87.5	500	125	500	125	1,350	338
	기밀 출입 문 형	350	87.5	500	125	500	125	1,350	338
	객실 압실 외부 연 기 제 어 장 치	350	87.5	500	125	500	125	1,350	338
	유선 전 두 부 주 행 저 항 설 계	300	75	400	100	400	100	1,100	275
	1kW/k g급 신 뢰 성 진 장	500	125	1,000	250	1,000	250	2,500	625

	접촉력 제어형 팬터그 래프	350	87.5	500	125	500	125	1,350	338
	차량화 재감시 및열 유해가 스차단 기술	350	87.5	400	100	400	100	1,150	288
3세부		2,800	700	4,300	1,075	4,300	1,075	11,400	2,850
	터널시 공법연 개구	400	100	600	150	600	150	1,600	400
	지하역 사방 재구 난 설 계	400	100	700	175	700	175	1,800	450
	대심도 최저 도 스 개 발	700	175	1,000	250	1,000	250	2,700	675
	대심도 전차 로선 스 개 발 시스템	500	125	800	200	800	200	2,100	525
	대심도 동축 이 급 전 개 발 기술	400	100	600	150	600	150	1,600	400
	대심도 신호 스 개 발 기술	400	100	600	150	600	150	1,600	400

3. 세부과제별 소요예산

세부과제별 소요예산은 각각 아래 표와 같다.

- 1 세부과제(대심도 급행철도 차량시스템 핵심기술개발)

예산 항목	세부 항목	예산항목						비율 (%)
		단가 (원/급여)	연평균 인원/ 참여율	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
인 건 비	책임 연구원	75,000	11/100%	825,000	975,000	825,000	2,625,000	17%
	연구원	65,000	11/100%	715,000	975,000	715,000	2,405,000	15%
	연구보조 (박사과정)	25,000	8.7/100%	250,000	300,000	250,000	800,000	5%
	연구보조 (석사과정)	22,000	8.7/100%	220,000	264,000	220,000	704,000	4%
	소 계			2,010,000	2,514,000	2,010,000	6,534,000	42%
직 접 비	연구장비 재료비			624,000	900,000	624,000	2,148,000	14%
	연구활동비			500,000	762,000	500,000	1,762,000	11%
	연구수당			402,000	502,800	402,000	1,306,800	8%
	소 계			1,526,000	2,164,800	1,526,000	5,216,800	33%
위탁연구개발비				200,000	300,000	200,000	700,000	4%
간접비				974,000	1,301,200	974,000	3,249,200	21%
합 계				4,710,000	6,280,000	4,710,000	15,700,000	100%

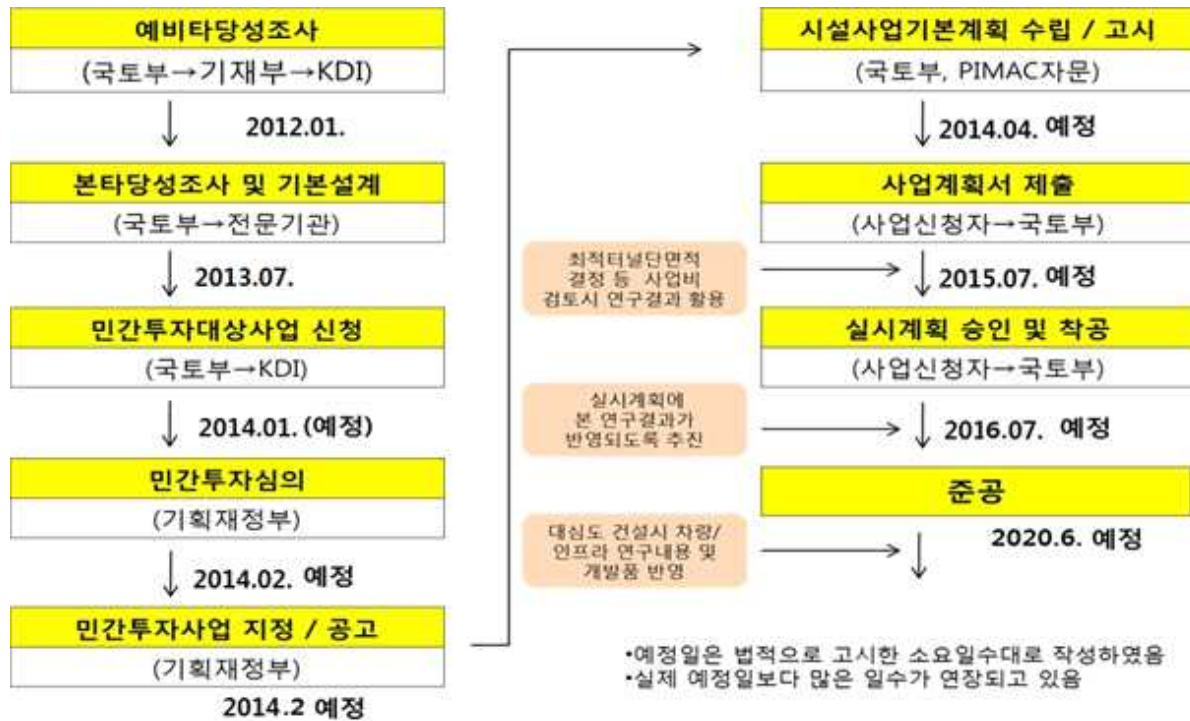
- 2 세부과제(대심도 급행철도 인프라 핵심기술개발)

(단위 : 천원)

예산 항목	세부 항목	예산항목						비율 (%)
		단가 (원/급여)	연평균 인원/ 참여율	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
인 건 비	책임 연구원	75,000	11/100%	750,000	975,000	750,000	2,475,000	19%
	연구원	65,000	11/100%	650,000	845,000	650,000	2,145,000	16%
	연구보조 (박사과정)	25,000	8.7/100%	200,000	250,000	200,000	650,000	5%
	연구보조 (석사과정)	22,000	8.7/100%	176,000	220,000	176,000	572,000	4%
	소 계			1,776,000	2,290,000	1,776,000	5,842,000	44%
직 접 비	연구장비 재료비			383,000	500,000	383,000	1,266,000	10%
	연구활동비			450,000	670,000	450,000	1,570,000	12%
	연구수당			355,200	458,000	355,200	1,168,400	9%
	소 계			1,188,200	1,628,000	1,188,200	4,004,400	30%
위탁연구개발비				200,000	300,000	200,000	700,000	5%
간접비				825,800	1,102,000	825,800	2,753,600	21%
합 계				3,990,000	5,320,000	3,990,000	13,300,000	100%

4. 사업 로드맵

- GTX사업의 추진일정(2016년 착공 예정)은 아래 그림과 같으므로 본 연구사업(3개년)이 2013년도에 착수되면 GTX사업에 본 연구결과를 반영할 수 있음



제6장 과제 제안요구서

제1절 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	대심도 급행철도시스템 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 대심도 급행철도 차량 및 인프라 기술개발의 총괄 및 인터페이스 ○ 대심도철도의 이용인원 증대를 위한 급행/완행 운영방안 제시 ○ 차량시스템 기본 및 표준 사양 제시(GTX사업 차량구매에 활용 가능) ○ 대심도 초장대터널에서의 차량 및 터널 네트워크의 공기역학 설계 ○ 차량과 터널의 인터페이스를 고려한 건설비 절감을 위한 터널의 최적단면적 제시 ○ 대심도 급행철도의 안전성, 경제성 및 사용자 편의성을 확보하기 위한 차량시스템에 필요한 차량 성능 및 핵심부품의 기술개발 ○ 대심도 급행철도의 안전성 향상을 위한 방재 및 구난역설계 기술개발 ○ 소음 및 유지보수비용 절감을 위한 대심도 최적궤도 기술개발 ○ 터널 단면적 최적화를 위한 전차선 및 급전시스템 기술개발 ○ GTX와 KTX 이중열차의 혼용 운행에 대비한 신호 안전성 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 대심도 급행철도는 지하 40m이상 지하공간에 최고속도 180 ~ 200 kph, 표정속도 100kph 이상의 속도로 운영되는 철도이며, 기존 지하철에 비해 토지보상비의 절감 등으로 인해 건설비용이 저렴하고 노선의 직선화를 통하여 운행시간 단축, 수송분담률의 증가 등이 장점으로 부각되고 있음. ○ 대심도 급행철도는 도시철도(권역내 이동)와 일반철도(200km/h 최고속도)의 복합적 특성을 가지므로 도시철도 차량과는 차별성이 있음. ○ 대심도 광역급행철도의 경제성, 안전성, 쾌적성을 확보하기 위하여 다음과 같은 기술적인 난제의 해결을 위한 기술개발이 필요함. ○ GTX사업이 가시화됨에 따라서 대심도급행철도의 기술개발을 통해 GTX사업의 원활한 추진을 지원할 필요 있음 ○ GTX사업비는 총 13.9조원(정부 5.42조원)이 투입되는 사업이므로 차량을 고려한 터널의 최적단면적 제시 등 시스템엔지니어링

어링 기술을 활용하여 경제적 건설방안을 도출할 필요 있음

- 대심도 초장대 터널을 고속으로 주행함에 따라서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 기술개발 필요

□ 기술동향

- 대심도 급행철도는 지하 40m이상 지하공간에 최고속도 180 ~ 200 kph, 표정속도 100kph 이상의 속도로 운영되는 철도이며, 기존 지하철에 비해 토지보상비의 절감 등으로 인해 건설비용이 저렴하고 노선의 직선화를 통하여 운행시간 단축, 수송분담률의 증가 등이 장점으로 부각되고 있음.
- 국내에서 속도향상을 위한 철도정책이 수립되고 있고 수도권 교통난 해소를 위해, 경기도 및 3개 민간컨소시엄의 대심도 급행철도 건설에 대한 각각의 제안서가 국토해양부에 제출되었으며 타당성검토가 수행중에 있으며 ‘11년 중에 결과가 발표가 되면 민자사업으로 추진될 전망이다.
- 수도권 교통난 해소를 위한 대심도 등 급행철도 건설사업이 가시화되고 있으나, 대심도 철도이용승객의 안전성, 편의성을 제고하기 위하여 초장대 터널용 차량 및 인프라 구축에 필요한 핵심기술이 미확보
- 관련 제도를 정비할 필요가 있으므로 대심도 급행철도시스템 기술개발사업의 조속한 추진으로 관련기술 확보
- 180~200km/h급 급행 철도용 터널 단면적 축소를 위한 저가고 전차선로 시스템 기술이 필요
- 화재시 대심도 지하역사 대규모 피난 계획 수립 필요한데 지하역사의 경우 화재 방재에 대비하여 피난 및 비상(구난)용 승강기에 의한 규정 부족
- 대심도의 경우 비상계단만을 이용할 경우 비상계단 입구에 정체되어 4분이내에 탈출이 어렵고 건축물과 달리 재질의 분포가 승강장에 밀집되어 있는 형태로 대규모의 인원이 동시에 피난할 수 있는 피난 계획수립이 필요
- 대심도 지하역사 현실에 맞는 피난 및 비상(구난)용 승강기 성능기준 마련 필요
- 고속 주행으로 인하여 PSD에 미치는 압력과 및 진동이 기존의 철도차량의 것에 비교하여 매우 클 것으로 예상되며 현재 PSD 안전 기준이 체계적으로 연구가 진행되지 않았음.
- 관계부처합동(교육과학기술부, 지식경제부, 보건복지가족부, 환경부, 노동부, 국토해양부) “실내공기질 관리 기본계획

(2009-2013)” (2009.1)을 통해 저탄소 녹색성장에 부합하는 실내공기질 관리정책을 추진하고 있으며, 향후 대심도와 같은 특수한 지하환경에 대한 공기질 개선대책이 요구됨

- 타 열차시스템과의 정거장 환승체계, 접근성, 승객유동 확대, 동선 및 평면설계 최적화, 교통노약자 배려 등에 대한 설계기술 및 기준 미비하며, 이를 원활하기 위한 필수설비의 성능향상 기술개발이 요구됨
- 외부와의 폐쇄성으로 인한 심리적 불안감 증대 및 쾌적성 저하 우려가 있으며, 부족한 자연채광, 다습한 실내환경은 다양한 환경적 유해요인에 노출될 수 있으므로 이에 대한 검토가 필요함

3. 연구개발내용

☐ 세부과제 1 : 기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링

- 대심도 급행철도 차량 및 인프라 기술개발의 총괄 및 인터페이스
- 대심도 철도의 급행/완행 운영방안 수립
 - 철도수송인원 증대를 위한 급행/완행 운영방안 수립
 - 급행/완행 병행 운행을 위한 노선계획 및 역사구조 검토
 - 급행/완행 운행에 따른 비용 및 편익 분석
- 차량시스템 기본 및 표준사양 수립
 - 요소기술 검토 및 요구사항 작성
 - 차량시스템 기본사양 작성
 - 차량표준기술/안전기준/성능시험기준 작성
- 차량시스템을 고려한 대심도 초장대터널 네트워크 공기역학 설계
 - 대심도터널 단면적변화에 따른 네트워크 공기역학 해석기법 개발 및 주행저항 제시
 - 터널내 및 수직구의 압력파해석 및 미기압파저감연구
 - 객실내 압력변동해석 및 이명감평가
- 건설비 절감을 위한 터널의 최적단면적 설계기술 개발
 - 차량시스템을 고려한 터널최적단면설계기술개발
 - 터널 구조안정화를 위한 구조해석기술개발
- 터널 네트워크를 고려한 초장대 터널 화재 안전성 평가기술개발
 - 터널 네트워크 특성을 감안한 초장대터널의 화재안전성 평가기술개발
 - 대심도 철도 터널 화재감시 및 소화설비 개발 및 성능평가기준 개발
 - 비상시 제연/배연 운전방안 수립

□ 세부과제 2 : 대심도 급행철도 차량 핵심 기술 개발

- 터널 소음 저감 차량설계기술 개발
 - 소음차단용 바닥구조 소음 진동 특성 및 요구조건 분석
 - 저소음 휠셋 최적설계
 - 휠방사소음 저감방안 연구
 - 소음차단용 바닥구조 상세설계
 - 저소음 대차 시제품 제작 및 성능평가
 - 소음차단용 바닥구조 시제품 제작 및 성능평가
- 기밀형 광폭 출입문 설계기술 개발
 - 기밀형 광폭 출입문 요구조건 분석
 - 기밀형 광폭 출입문 상세설계
 - 기밀형 광폭 출입문 시제품 제작 및 성능평가
- 객실 여압 및 외부연기 제어 장치 설계기술 개발
 - 객실 여압장치 및 외부연기 제어 요구조건 분석
 - 객실 여압장치 및 외부연기 제어 상세설계
 - 객실 여압장치 및 외부연기 제어 시제품 제작 및 성능평가
- 대심도 철도차량 유선형 전두부 및 주행저항 저감설계기술 개발
 - 터널내 열차공기저항 및 추진성능을 고려한 최고속도 검토
 - 열차전두부 형상설계 및 시험 평가
 - 저공기저항 차체 형상 설계 및 시험 평가
 - 열차 전두부 mock-up 제작
- 1kW/kg급 고신뢰성 영구자석형 동기전동기 개발
 - 동기전동기 요구사항(냉각 등) 분석
 - 1C1M 제어알고리즘 개발 및 추진제어시스템 시제품 제작
 - 동기전동기 설계 및 시제품 제작
 - 동기전동기 및 추진제어시스템의 조합 성능시험
- 접촉력 제어 팬터그래프 기술 개발
 - 접촉력 제어 팬터그래프 요구조건 분석
 - 접촉력 제어 팬터그래프 제어 알고리즘 개발
 - 팬터그래프 설계, 시제품 제작 및 공장성능시험 평가
- 차량화재 감시 및 열/유해가스 차단기술 개발
 - 차량화재 요구조건 분석 및 조기검지 방안 수립
 - 객실 화재 및 견인전동기 화재감시 장치 설계 및 개발
 - 차량간 열/유해가스 차단장치 설계 및 개발
 - 화재 감시 및 열/유해 가스 차단장치 성능평가

□ 세부과제 3 : 대심도 급행철도 인프라 기술 개발

- 대심도 터널 공법 시공 개선 연구
 - 최적굴착공법 검토 및 개선연구
 - 근접시공에 따른 구조 및 피해평가
- 지하역사 방재 및 구난역 설계기술개발
 - 대심도 승강장 안전성평가 메뉴얼 작성
 - 구난역 설계 및 관련 기준 수립
 - 피난계획 및 피난시스템 설계 및 기준 작성
- 대심도철도 최적 궤도시스템 연구
 - 궤도기술사양 정립
 - 궤도시스템 설계 및 탄성충진재 개발
 - 궤도구조 정밀시공법 개발, 시공장비 제작 및 유지보수(안) 도출
 - 궤도시스템 시공성 시험, 시험시공 및 현장시험평가
- 대심도 전차선로 연구
 - 복선터널용 저가고 커티너리 전차선로 설계 및 시제품 제작
 - 단선터널용 시속 200km급 R-bar 설계 및 시제품 제작
 - 시험평가 및 시스템설계 보완
- 대심도 터널 동축케이블 급전시스템연구
 - 기본설계 및 급전성능 해석기술개발
 - 동축전력케이블 개발 및 동축정력케이블 급전시스템 상세설계
 - 시험평가 및 전력품질 분석
- 대심도 급행철도 신호시스템 연구
 - 신호시스템 요건분석 및 안전도 평가
 - 병행운전에 따른 인터페이스 연구
 - GTX에 적합한 신호시스템 국산화
 - 신호시스템 성능시험절차 및 시험방안 개발
 - 신호시스템 표준사양 작성

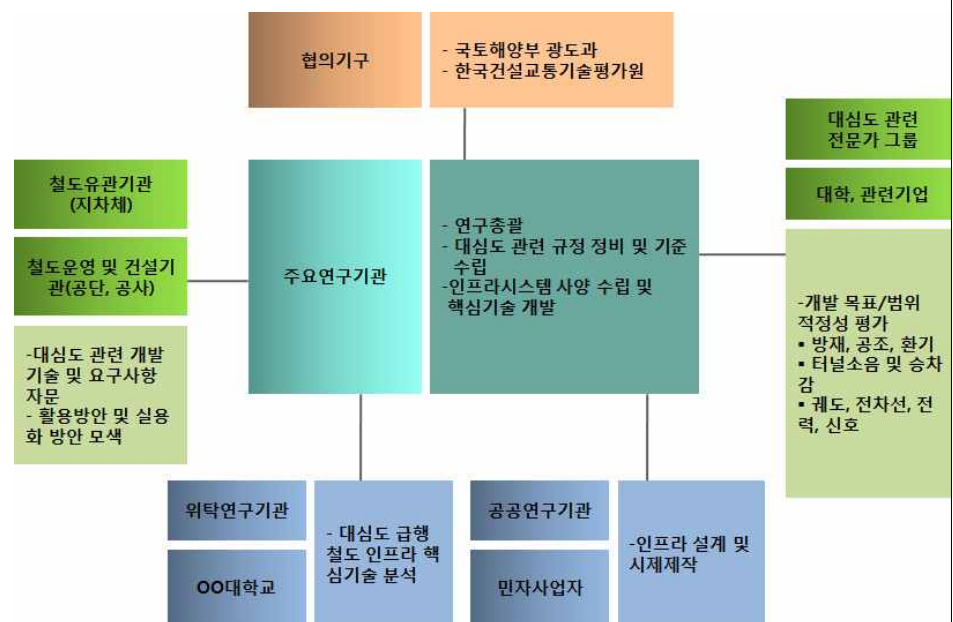
4. 연구개발 추진방법

- | | |
|--------|---|
| □ 추진전략 | ○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립
- 1단계(1~3차년도, 36개월) : 핵심요소기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 국내·외 기술현황 분석 및 핵심기술 개발방향 정립 · 세부과제별 핵심요소기술 개발 및 검증 · 세부과제별 핵심요소기술의 통합 및 연계 · 대심도 급행철도 관련 규정 검토 및 기준마련 |
|--------|---|

- 2단계(4~6차년도, 36개월) : 실증연구 및 실용화
 - 핵심개발기술의 현장 적용성 평가를 위한 TEST BED 구축
 - 핵심개발기술의 실용화 기반 마련
 - 개발기술의 실용화 및 기술이전 추진

- 산·학·연 공동연구체계 구성 및 참여기관 최적 역량 도출을 위한 적정 역할 분담
- 대심도급행철도 시스템 적용을 위한 정책 및 제도 개선에 있어서 기술수요처인 국토해양부를 비롯한 지자체(서울특별시, 경기도)과의 유기적 연계체제 구축.
- 대심도철도의 일부구간이 KTX와 혼용되므로 공단 등과도 유기적 연계체제 구축
- 선정된 대심도 민자사업자와의 긴밀한 협조를 통하여 개발기술을 적용함으로써 안전하고 경제적인 대심도급행철도의 건설, 운영 지원
- 차량 및 인프라요소 핵심기술 및 고속추진제어시스템 설계 개발을 위한 시스템 엔지니어링 및 기반기술의 협조 체계 구성을 위하여 기술협의체 구성·운영
- 외부 전문가 기술 자문 및 협력체계 구축
- 실제 환경에서의 시험운행을 통한 개발용기의 검증과 관련 기관간 공조를 통한 실용화 달성
- 조기실용화를 위하여 시제품을 최대한 조기 시공하여 문제점 개선

□ 추진체계



5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

□ 세부과제 1 : 기술개발 총괄 및 시스템 엔지니어링

- 대심도철도의 이용인원 증대를 위한 급행/완행 운영방안
- 차량시스템 기본 및 표준사양
- 대심도 초장대터널에서의 차량 및 터널 네트워크의 공기역학 해석 및 검증기술
- 차량과 터널의 인터페이스를 고려한 건설비 절감을 위한 터널의 최적단면적 제시

□ 세부과제 2 : 대심도 급행철도 차량 핵심 기술 개발

- 핵심부품 시제품 및 Mock-up 제작
 - 소음차단용 바닥구조, 기밀형 출입문
 - 객실 여압장치, 전두부 형상 상세설계
 - 영구자석형 동기전동기, 접촉력 제어 팬터그래프
 - 화재감시 및 열/유해가스 차단장치

□ 세부과제 3 : 대심도 급행철도 인프라 기술 개발

- 초장대터널 안전세부기준, 대심도 승강장 안전성평가 매뉴얼, 구난역 설계 및 관련기준
- 시제품 제작 및 상세설계(안) 제시
 - 대심도 최적궤도, 저가고형 커티너리 시스템
 - 고속용 R_bar, 동축케이블 급전시스템
 - GTX에 적합한 신호시스템 및 관련 표준사양

6. 기대효과 및 파급효과

- 대심도철도의 급행, 완행 운행에 따른 이용승객 증대로 수도권 광역교통체계를 철도중심으로 개편 가능
- 대심도급행철도에 적합한 차량 구매 및 성능검증 가능
- 차량/터널 공력설계를 통한 터널내 압력과 발생으로 인한 승차감 저하 예방
- 터널 최적단면 제시를 통한 건설비 절감
- 대심도철도의 급행, 완행 운행에 따른 이용승객 증대로 수

	도권 광역교통체계를 철도중심으로 개편 가능 ○ 대심도급행철도에 적합한 차량 구매 및 성능검증 가능 ○ 차량/터널 공력설계를 통한 터널내 압력과 발생으로 인한 승차감 저하 예방 ○ 방재, 신호 등 대심도 급행철도의 안전성 향상 ○ 터널 최적단면 제시를 통한 건설비 절감
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 사업기간 : 2013년 ~ 2015년 (3년) - 1차년도 사업기간 : 2013년 (12개월) ○ 사업예산 - 당해 연도 정부출연금 : 2,800백만원 - 총 정부출연금 : 11,400백만원 ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음 ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능 ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능
8. 기 타	○ 1차년도 연구성과에 대한 중간평가 결과에 따라 2차년도 계속지원여부 결정 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 본 과제제안요구서(RFP)를 참조하여 작성 - 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 세부연구내용을 일부 추가할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시 ○ 과제 신청자는 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 제시 - 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적인 방안을 제시해야 함 - 제시한 성과지표에 건설기술혁신사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능 ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 연구성과의 실용화(정책제안)로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출근거 제시
- 연구성과의 실용성 검증 계획을 반드시 제시해야 함
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 기 수행되었거나 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kictep.re.kr 열린정보, <http://mdgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구관리 전문기관(한국건설교통기술평가원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

제2절 평가기준 설정

1. 1차년도

- 1세부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
대심도 급행철도 차량시스템 기술 개발	대심도 급행철도 인터페이스	1-1	국내외 자료분석 및 요소기술 검토	1건		
	대심도 급행철도 급행/완행 운영방안	1-2	운영 검토 보고서	1건		
	차량시스템 기본 및 표준사양 수립	1-3	국내외 자료분석 및 요소기술 검토	1건		
	차량시스템을 고려한 대심도 초장대터널 네트워크 공기역학 설계	1-4	공기역학 해석프로그램 개발	1건		
	차량시스템을 고려한 대심도 터널 네트워크의 공기역학 설계 연구	1-5	공기역학 해석프로그램 개발	1건		
	논문게재	2-1	논문게재 건수	10		
	논문발표	2-2	논문발표 건수	20		
	특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	3-1	자문회의 개최 건수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	3-2	회의 개최 건수	6회이상		

- 2세부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
	터널 소음저감 차량설계 기술개발	1-1	-바닥구조재 자료 분석 -저소음대차구성품 개발현황 분석	1건		
	광폭/밀폐형 플러그도어 개발	1-2	광폭출입문 기본설계	1건		
	객실 여압 및 외부연기 제어장치 기술 개발	1-3	여압 및 외부연기 제어장치 요구 조건 분석	1건		

1kW/kg급 전동기 개발	1-4	고신뢰성 전동기 사양 수립	1건		
유선형 전두부 및 주행저 항 저감설계기술 개발	1-5	터널내열차공기 저항측정실험장비 구축 최고속도검토	1건		
접촉력 제어형 판토틀라프 기술개발	1-6	판토틀라프요구 조건분석 제어알고리즘개발			
차량화재감시및열/유해가 스차단기술개발	1-7	객실화재진압을 위한 소화시스템 기본설계 유해가스차단기술 기본설계	1건		
논문게재	2-1	논문게재 건수	8		
논문발표	2-2	논문발표 건수	25		
특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
자문회의개최	3-1	자문회의 개최 건 수	2회 이상		
인터페이스 회의개최	3-2	회의 개최 건수	6회이 상		

- 3세 부과제

성 과 목 표	성과지표	측정방법	목 표 치	가 중 치 (0 ~ 1)	목표치 설정 근거
	터널 및 지하역사 방재 및 구난역 설계	1-2	-화재안전성평가해 석기법 -승강장및역사의 방재시스템설계 (안)	1건	
	대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구	1-3	-매립형궤도 기본설계 -궤도시스템검토및 기본설계	1건	
	대심도 전차선로 연구 및	1-4	-복선터널저가고전	1건	

	시스템 설계안 제시		차선로시스템설계 -Rbar형강체전차선 로설계			
	대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구	1-5	- 동축 전력케이블 기본설계 및 시스템 해석	1건		
	대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구	1-6	- 신호시스템 요구조건 분석 및 위험도 평가	1건		
	논문게재	2-1	논문게재 건수	10		
	논문발표	2-2	논문발표 건수	30		
	특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	2-5	자문회의 개최 건수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	2-6	회의 개최 건수	6회 이상		

2. 2차년도

-1세부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
대심도 급행철도 차량시스템 기술 개발	대심도 급행철도 인터페이스	1-1	인터페이스 결과 보고서	1건		
	대심도 급행철도 급행/완행 운영방안	1-2	운영 방안 검토 보고서	1건		
	차량시스템 기본 및 표준 사양 수립	1-3	차량 표준규격/안전기준/성능시험기준(안) 마련	1건		
	차량시스템을 고려한 대심도 초장대터널 네트워크 공기역학 설계	1-4	해석프로그램검증	1건		
	차량시스템을 고려한 대심도 터널 네트워크의 공기역학 설계 연구	1-5	여압 및 외부연기 제어 장치 상세설계	1건		
	논문게재	2-1	논문게재 건수	10		
	논문발표	2-2	논문발표 건수	25		
	특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	3-1	자문회의 개최 건수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	3-2	회의 개최 건수	6회 이상		

- 2세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
	터널 소음저감 차량설계 기술개발	1-1 -바닥구조재 설계 및 시제품 제작 -저소음 대차 구성품 설계 및 시제품 제작	1건		
	광폭/밀폐형 출입문 개발	1-2 광폭출입문 상세설계및시제품 제작 시험기준(안)마련	1건		
	객실 여압 및 외부연기제어 장치 개발	1-3 여압 및 외부연기 제어장치 상세설계	1건		
	유선형 전두부 및 차체형상 설계기술 개발	1-4 열차전두부 형상 설계	1건		
	1kW/kg급 고신뢰성 영구자석형 동기전동기 개발	1-5 추진시스템 조합 시험 및 평가 (1C1M)	1건		
	접촉력 제어형 판토틀라프 기술개발	1-7 접촉력 제어형 판토틀라프 상세설계 및 시제품 제작			
	차량화재감시및열/유해가스차단기술개발	1-8 객실화재진압을위한소화시스템상세설계및시제품제작 유해가스차단기술 상세설계및시제품 제작	1건		
	논문게재	2-1 논문게재 건수	10		
	논문발표	2-2 논문발표 건수	30		
	특허출원	2-3 특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4 특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	3-1 자문회의 개최 건수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	3-2 회의 개최 건수	6회 이상		

- 3세부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치(0~1)	목표치 설정근거
	터널 및 지하역사 방재 및 구난역 설계	1-2	-초장대터널화재 안전성평가기술 제시 -성능기준및기준 작성 -구난역설계및관련 기준작성	1건		
	대심도 급행열차시스템의 최적 궤도 시스템 연구	1-3	-궤도시스템상세설계 -궤도구조정밀시공법제시 -유지보수(안)도출 및검증	1건		
	대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시	1-4	- 시작품 제작	1건		
	대심도 동축케이블 급전시스템 기술 연구	1-5	-동축케이블개발 -급전시스템상세설계	1건		
	대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구	1-6	-병행운전에따른인터페이스제시 -신호시스템개발및 안전도검증	1건		
	논문게재	2-1	논문게재 건수	15		
	논문발표	2-2	논문발표 건수	35		
	특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	2-5	자문회의 개최 건수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	2-6	회의 개최 건수	6회이상		

3. 3차년도

-1세 부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치(0~1)	목표치 설정근거
대심도 급행철도 차량시스템 기술 개발	대심도 급행철도 인터페이스	1-1	인터페이스 결과 보고서	1건		
	대심도 급행철도 급행/완행 운영방안	1-2	제작 방안 수립 보고서	1건		
	차량시스템 기본 및 표준 사양 수립	1-3	차량 표준규격/안전기준/성능시험기준 최종(안) 마련	1건		
	차량시스템을 고려한 대심도 초장대터널 네트워크 공기역학 설계	1-4	차량기밀도기준(안)마련 최적터널단면적(안)마련 터널구간주행저항식마련	1건		
	차량시스템을 고려한 대심도 터널 네트워크의 공기역학 설계 연구	1-5	여압장치 시제품 제작 및 성능평가	1건		
	논문게재	2-1	논문게재 건수	10		
	논문발표	2-2	논문발표 건수	25		
	특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	3-1	자문회의 개최 건수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	3-2	회의 개최 건수	6회이상		

- 2세부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
	개발품의 대심도 급행철도 실시계획의 반영 여부	1-1	실시계획 반영 여부	1건		
	터널 소음저감 차량설계 기술개발	1-2	시제품 성능시험 및 보완	1건		
	광폭/밀폐형 플러그도어 개발	1-3	광폭 플러그도어 성능시험 및 보완	1건		
	객실 여압 및 외부 연기제 어 장치 기술 개발	1-4	여압 및 외부 연구 제어 장치 시제품 제작 및 성능평가	1건		
	유선형 전두부 및 주행저 항 저감 설계기술 개발	1-5	열차전두부 목업 제작 및 성능평가	1건		
	1kW/kg급 고신뢰성 영구자 석형 동기전동기 개발	1-6	추진시스템 조합 시험 및 평가 (1C1M)	1건		
	접촉력 제어형 판토품라프 기술개발	1-7	판토품라프 성능 시험 평가			
	차량화재감시및열/유해가 스차단기술개발	1-8	성능평가및보완	1건		
	논문게재	2-1	논문게재 건수	10		
	논문발표	2-2	논문발표 건수	30		
	특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
	특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
	자문회의개최	3-1	자문회의 개최 건 수	2회 이상		
	인터페이스 회의개최	3-2	회의 개최 건수	6회이상		

- 3세부과제

성과목표	성과지표		측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
	개발품의 대심도 급행철도 실시계획의 반영 여부	1-1	실시계획 반영 여부	1건		
	터널 및 지하역사 방재 및 구난역 설계	1-2	-승강장및역사의 방재시스템기준 제시 -설계기술	1건		
	대심도 급행열차시스템의	1-3	- 시공/유지보수	1건		

최적 궤도 시스템 연구		매뉴얼 개발			
대심도 전차선로 연구 및 시스템 설계안 제시	1-4	-성능평가보고서 -시스템보완설계	1건		
대심도 동축케이블 급전시 스템 기술 연구	1-5	-현장성능평가보고 서 -전력품질분석	1건		
대심도 급행철도시스템의 신호시스템 연구	1-6	-신호시스템성능시 험절차서 -대심도신호시스템 표준사양	1건		
논문게재	2-1 1	논문게재 건수	10		
논문발표	2-2	논문발표 건수	30		
특허출원	2-3	특허출원 건수	10		
특허등록, S/W 등록	2-4	특허 및 S/W등록 건수	10		
자문회의개최	2-5	자문회의 개최 건 수	2회 이 상		
인터페이스 회의개최	2-6	회의 개최 건수	6회이상		

부 록

○ 1차 자문회의

대심도 급행철도 기획과제 전문가 자문회의

○ 일시 : 2012.05.07(월), 15:00~

○ 장소 : 한국철도기술연구원 1동 대회의실

성명	소속	직급	서명
정현용	시애틀기초단	상무	정현용
권태훈	(주)경인기술	부사장	권태훈
홍재성	KRRI	책임연구원	홍재성
장동영	"	책임연구원	장동영
이영호	"	책임	이영호
박원호	"	책임	박원호
이재호	"	책임	이재호
권삼영	철도기술연구원	책임연구원	권삼영
최두주	서울메트로	차장	최두주
박수중	"	주임	박수중
최재욱	(주)이음인지니어링	대표	최재욱
장광근	(주)한성건축사사무소	이사	장광근
원안영	(주)신우리엔지니어링	상무	원안영
김현진	KRRI	책임	김현진
김규홍	서울메트로	부과장	김규홍
류현빈	KRRI	책임	류현빈



□ 자문위원 A

자 문 의 견	검 토 의 견
○ 대심도 급행철도 차량 시스템 핵심기술 개발 건 - 차량내 화재시 초기화재 진압을 위한 소방시설을 설치하여 화재 안전성을 향상할 필요가 있음.	차량시스템과 인터페이스협의를 통하여 화재 초기진압을 위한 소방시설 방안이 도출될 수 있도록 RFP의 연구개발내용에 “ 화재 소화 설비 개발 및 성능기준 수립 ”분야에서 진행할 수 있도록 연구내용을 수정하여 반영
○ 터널 및 지하역사 방재 및 구난역설계/피난시스템 개발 건 - 승강장 화재안전성 평가지침 수립시 기존 소방방법을 고려한 평가지침 수립이 필요한 것으로 판단됨. - 방재기준(정거장)수립시 대심도 정거장 특성을 고려한 피난시간(승강장 4분, 지상 6분)재조정이 필요할 것으로 판단됨.	기존 소방방법, 건축법, 철도안전법 등 관련 규정의 검토 내용을 “ 대심도 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기술 개발 ”분야에서 연구내용을 추가 수정.

□ 자문위원 B

자 문 의 견	검 토 의 견
○ 신호시스템 연구개발 목표 및 필요성은 적절하다고 판단되며, 가능하면 국산화 방안까지 제시 요망	- 대심도 급행철도 신호시스템 중에서 국산화 기술개발 가능한 장치를 검토 하여 최종보고서에 기술개발 내용 반영
○ 차량시스템은 현재 운행 중인 차량 중에는 적합한 차량이 없으므로 기술적 연구뿐만 아니라 제작을 실제 가능	- 차량 시스템 분야에 과제 기획시에 산업체 및 협력기관과의 협의하여 진행할 수 있도록 추진체계에 반영

자 문 의 견	검 토 의 견
하도록 하기 위하여 ROTEM과 연계하여 연구를 계속하는 것이 바람직하다고 판단됨.	- 2차 자문회의에서 로템의 차량전문가를 위촉하여 자문을 실시하여 의견 반영

□ 자문위원 B

자 문 의 견	검 토 의 견
○ 대심도 급행철도 차량시스템 핵심기술 개발 - 최고속도가 중요한 것이 아님(180~200 km/h) ex) KTX : 300 km/h도달까지 365초, 평균가속도 0.82 km/h/s, 일반전동차 60 km/h까지 도달 시간 20 초, 평균가속도 3 km/h/s ※ 대심도 급행철도는 180~200 km/h도달 초기 가속도 (평균) 2.0~2.5 km/h/s는 되어야 함. 차량의 초기가속도가 2.1~2.5 km/h/s달성될 경우 최고속도는 160~180 km/h 가 되어도 구간운전시분이 충족되어 운행시간을 만족될 것으로 판단됨.	- 차량시스템의 초기 가속도 증가시에 추진장치의 용량이 증가가 필요하며, 따라서 본 기획연구에서는 고출력의 1C1M 영구자석형 동기 전동기 개발 기획 - 각 가속도 및 속도에 따른 추진장치의 성능을 검토하여 기획과제에 반영
○ 대심도 신호시스템 기술개발 - KTX와 공용구간(수서~동탄은 KTX의 ATC 신호 시스템과 GTX의 ATO 시스템을 병용으로 사용해도 기술적인 문제점은 어렵지 않을 것으로 생각됨.	- 대심도 급행철도시스템 특성에 적합한 방안으로 신호시스템을 구축하는 것을 고려하여 RFP에 신호시스템 요구조건 분석으로 내용이 적용되었음
○ 차량시스템의 전두부 형상 - 장대터널에서 160~180, 180~200 km/h 주행시 차량	- 차량시스템의 초기 가속도 증가시에 추진장치의 용량이 증가가 필요하며, 따라서 본 기획연구에서는 고출력의 1C1M 영구자석형 동기

자 문 의 견	검 토 의 견
전두부는 최소공기저항을 받을 수 있도록 설계되어야 하며 각각 속도에 따른 시뮬레이션을 시행하여 공기저항 및 열차저항(주행저항)값을 산출하여야 할 것으로 생각됨.	전동기 개발 기획 - 차량 TPS를 통하여 주행특성을 분석하여 기획에 반영 - 대심도 터널에서의 공기저항 증가를 고려하여 열차 추진 시스템 설계를 진행하며, 저저항 전두부 개발 등을 통하여 추진 효율을 증대할 수 있도록 추진(공력 분야 RFP 중 ‘대심도 열차 전두부 형상 설계 기술 개발’ 연구내용 참조) - 대심도 터널에서의 공기저항 증가를 고려하여 열차 추진 시스템 설계를 진행하며, 저저항 전두부 개발 등을 통하여 추진 효율을 증대할 수 있도록 추진(공력 분야 RFP 중 ‘대심도 열차 전두부 형상 설계 기술 개발’ 연구내용 참조) - 열차 주행저항 평가의 신뢰성을 높이기 위하여 전산유체해석을 이용한 시뮬레이션과 병행하여 축소모형 풍동시험을 수행 예정

□ 자문위원 C

자 문 의 견	검 토 의 견
○ 대심도 급행철도 차량속도관련 200 km/h급보다 180 km/h 급이 보다 효율적인 것으로 판단됨. - 운행최고속도는 200 km/h 차량 및 운행최고속도 180 km/h 차량 모두 coasting 조건시 도심접근(동탄~삼	- 차량시스템의 초기 가속도 증가시에 추진장치의 용량이 증가가 필요하며, 따라서 본 기획연구에서는 고출력의 1C1M 영구자석형 동기 전동기 개발 기획

자 문 의 견	검 토 의 견
성) 20분내 진입불가하며, 그 차도 미미함. - 180 km/h기관사의 경우 제 2종 전기차량 운전면허 취득자 및 전동차 운전경력자가능, 수급가능범위가 넓고 인력 많아 수급용이 - 200 km/h KTX기관차 경력자 가능하며, 수급 어려움 - 180 km/h 기관사의 경우 양성기관 다수, 소요기간 짧다. 200 km/h 기관사 양성기관 1곳, 소요시간 길고 리스크 있음. - 운행최고속도 200 km/h 차량의 전력비용이 운행최고속도 180 km/h 차량의 전력비용 큼 - 운행최고속도 200 km/h 차량의 경우 차량제작기준 및 차량시험기준 등이 고속열차 차량기준으로 해야 함에 따라 제작기간 및 차량시험기간이 길어진다. - 차량가격도 200 km/h 차량의 경우 고속차량제작기준에 따라 제작되어야 함에 따라 장치 등이 추가되어 차량가격이 증가한다. · 운행최고속도 200 km/h 차량은 과잉 성능이며, 운영 측면 및 차량제작 측면에도 불리함. 운행최고속도도 180 km/h 차량이 적정함. · 가감속 성능이 우수한 차량이 개발되어야 함.	
○ 대심도 급행철도 신호시스템은 ATC의 경우 운영상 다	- 대심도 급행철도시스템은 고속과 고밀도 운행이라는 특성을 가지고

자 문 의 견	검 토 의 견
음과 같은 문제점이 발생함에 따라 ATO 시스템이 개발되어야 할 것으로 사료됨. - 폐쇄된 지하터널 고속운행에 따른 시계운전 어려움. - 인적오류 발생 가능 : 정위치 정차, 신호오진 등 - 자동운전대비 기관사 소요인원 증가 : 1인당 운전시간 감소 - 개인별 기량에 따른 신뢰성 저항 : 정시 운행어려움 (ATO 시스템의 국산화기술이 연구되어야 함)	있으나, 현재까지 고속에서 정위치 정차를 실행하여 운영한 사례가 없으며 또한 고밀도라는 특성으로 인하여 기관사의 부담을 최소화할 수 있는 자동운전이 요구되므로 이 부분에 대한 검토를 수행하여 최적의 시스템을 적용하는 방안으로 고려하였음. - 따라서 대심도 신호시스템의 요구조건에 적합한 신호시스템을 개발하여 적용될 수 있도록 연구내용이 적용되었음.
○ 대심도 고속철도의 성공을 위해서는 차량, 궤도, 신호, 전기 등의 철도분야 뿐만 아니라 공기역학 및 방재분야 등의 인터페이스를 통한 협력 연구가 심층적으로 이루어져야 한다. - 공기역학 및 방재, 차량 등 인터페이스를 통한 최적 터널단면적 산정 - 차량, 건축, 방재 등 인터페이스를 통한 효율적인 화재 초기진압 시스템 개발 (ex. 차량에 물이나 소화약재 같은 화재진압 설비를 할 것인가 아니면 역사에 화재진압설비를 둘 것인가 아니면 역사에 화재진압 설비를 둘 것인가 등) - 공기역학 및 설비분야(PSD)인터페이스를 통한 최적 PSD 설치 기술 등	- 차량시스템과 인터페이스협의를 통하여 화재 초기진압을 위한 소방시설 방안이 도출될 수 있도록 RFP의 연구개발내용에 “화재 소화 설비 개발 및 성능기준 수립”분야에서 진행할 수 있도록 연구내용을 수정하여 반영 - 열차가속, 분기부/수직갱, 열차 교행, 객실 내 승객 이명감 등을 종합적으로 고려하여 공기역학적 최적 터널 단면적을 제시할 예정임((공력 분야 RFP 중 ‘대심도 터널 네트워크의 공기역학적 설계 고려 요소 해석 및 평가 기술 개발’ 연구내용 참조)

자 문 의 견	검 토 의 견
· 연구과제가 분산수행 되다 보면 인터페이스가 원만하지 못하여 각 분야의 주장이 강해져 최적(효율적) 기술적 성과를 내기 어렵다.	

□ 자문위원 D

자 문 의 견	검 토 의 견
○ 정거장에 승하차 방식은 기존 이용객들의 관습과 습관에 의해 하차 방향과 승차 방향이 동일해야 한다고 판단됩니다. 귀 연구원에서 제시하신 하차방향과 승차방향을 다르게 설치하는 서은 승강장 추가 설치가 불가하고 노선이 1way 즉 열차가 일방향 주행일 경우에 적합하다고 판단됩니다. 또한 하차방향과 승차방향을 다르게 설치할 경우 협소한 국내 도로에서는 승강장 증설이 불가하고 승강장 이용효율 측면에서도 비경제적이라 사료됨을 인지하여 충분히 검토하여 주시기 바랍니다.	- 의견해 주신 내용을 기획연구에서 검토하여 본과제 계획에 반영
○ 대심도 고속철도는 지하 50M에서 열차가 운행하기 때문에 피난계획이 매우 중요하다고 생각합니다. - “도시철도 정거장 및 환승 편의시설 보완지침”에서 지상까지 피난시간을 6분으로 규정하고 있지만 대심도	차량시스템과 인터페이스협의를 통하여 화재 초기진압을 위한 소방시설 방안이 도출될 수 있도록 RFP의 연구개발내용에 “ 화재 소화 설비 개발 및 성능기준 수립 ”분야에서 진행할 수 있도록 연구내용을 수정하여 반영

자 문 의 견	검 토 의 견
에서는 불가능한 시간입니다. 피난시간을 연장한다해도 해결된 사항이 아닌 것으로 판단되므로 “안전한 구역”을 설치하는 피난 계획 규정을 신설하는 것이 합당하다 판단되며, 대심도 고속전철을 위한 별도의 “대심도 정거장 설계지침”이 필요함. - 여타 다른 시의 도시철도를 설계하다 보면 소방 협의 시 많은 충돌이 야기되는 것이 현실입니다. 특히 층간 방화구획에 대해 소방서에서 인정을 잘 안해주는 경향이 있어 원 발주처에서 직접 움직이곤 합니다. 일본의 경우 승강장에 방화문과 방화셔터를 설치하는 것으로 알고 있고 많이 봐왔습니다. 대심도 정거장이라면 승강장에 방화셔터와 방화문 설치를 반드시 해야 한다고 사료됩니다. - 지하 3층 이하일 경우에 특별피난 계단 설치가 의무화로 되어 있는데 계단뿐만 아니라 비상용 엘리베이터 설치도 의무화해야 할 것으로 판단되며, 승강장별 2개씩(승강장 시점 및 종점)의 피난계단과 엘리베이터 설치를 하는 것이 보다 더 안전한 정거장이 될 수 있을 거라 사료됩니다.	
○ 경제적인 구조물 계획이 필요 - 간혹 외국 기술자와 프로젝트를 진행하다보면 한결같	- 의견해 주신 내용은 운수(복합역사, 차표 시스템)분야는 기획과제 “광역·도시철도 스마트역사 및 환승역 개발 기획”에서 추진될 예

자 문 의 견	검 토 의 견
이 한국의 지하철 규모가 크고 비경제적이라는 말을 많이 듣습니다. 물론 외국의 큰 정거장도 있지만 짧고 바른 이동 동선과 효율적인 관리를 위해서는 정거장 규모를 줄여야 할 것으로 판단됩니다. 특히 승강장은 효율적인 운영과 승객의 편리성을 위해 상대식 보다는 섬식이 우선하며, 최소폭 규정을 다시 한번 검토하여 축소가 가능한지 판단하여 주시기 바랍니다.	정임 기획연구에서 검토하여 본과제 계획에 반영

○ 2차 자문회의

참 석 자

목 적 : 대심도 급행철도 시스템 관련 규정 및 법규 관련 전문가 자문

일 시 : 2012.08.30. 15:00~

장 소 : 한국철도기술연구원 7동 2층 회의실

성 명	소 속	직 급	서 명
최 두주	서울메트로	차장	최두주
김 안성	신우리엔씨	상무	김안성
김 현욱	시현기술산	상무	김현욱
채 재복	(주)이윤엔지니어링	대표	채재복
장 창근	(주)한석건축	이사	장창근
김 윤영	주)비엔텍아이먼씨	전무	김윤영
김 승수	주)대산이앤씨	부사장	김승수
홍재승	K R R I	책임연구원	홍재승
고용환	ICRRI	수석	고용환
김무선	K R R I	선임	김무선
이윤영	"	원장	이윤영
박종현	"	선임	박종현

- 자문의견

- 자문위원 A

도시철도시설 안전기준에 관한 규칙

제13조(비상시 대피)

③(신설) 대심도 급행철도 터널의 경우 (지상까지 높이가 높고, 정거장간 거리가 길므로 화재시 피난을 위한 구난역을 설치할 것을 검토한다.

도시철도운전규칙

제4조(직원교육)

①도시철도운영자는 ...교육을 하여 도시철도 운전 지식과 기능을 습득한 것을 확인한 후

→변경

①도시철도운영자는 ...교육을 하여 도시철도 운전과 화재 등 방재 지과 기능을 습득한 것을 확인한 후

도시철도 정거장 및 환승 . 편의시설 보완 설계 지침

3.4.4. 엘리베이터(E/V)

3.4.4.1 권고사항

(5) 수송능력은 15인승 이상을 기준으로 한다.

→변경

(5) 수송능력은 40인승 이상을 기준으로 한다. (E/S 보다 사용빈도가 높을 것이므로 탑승인원을 늘이고, 운전 속도도도 상향하는 것이 바람직함)

3.6.5.2 정거장내 열차 화재

(2) 기준사항

3) 대피시간의 기준

승객이 4분 이내에 승강장에서 벗어나고, 6분 이내에 연기나 유독 가스로부터 안전한 외부 출입구를 벗어나도록 한다.

→변경

승객이 4분 이내에 승강장에서 벗어나고, 6분 이내에 안전장소에 진입할 수 있어야 하며, 안전장소는 연기나 유독 가스를 차단하기 위해 가압되고 별도의 외부탈출구가 있어야 한다.

(소방관도 연기에 오염되지 않은 안전장소를 통해 진입하여 구난활동 가능)

－ 자문위원 B

■ 도시철도시설 표준규격

1. 도시철도시설 표준 규격(제 1편 선로시설)

설계 속도는 최대 120km/h 까지 정할 수 있다. → 200km/h로 변경 추가 요청.

■ 도시철도 정거장 및 환승 . 편의 시설 보완 설계 지침

1. 현재 E/S(에스컬레이터)속도가 30m/min 이므로 → 40m/min으로 속도 상향 필요함.

2. 엘리베이터(E/V)현재 지하철 15인승 사용 중이며 수송능력은 15인승 이상을 기준으로 한다. → 21인승 이상을 기준으로 한다. (변경 추가 요청)

3. E/V 속도

현재 E/V 속도 60m/min → 90m/min, 105m/min으로 상향 조정 필요함.

(국산 및 외산 있음)

4. E/V 출입문 폭×높이

○ 출입문의 통과 유효폭은 800mm이상, 높이 2100mm(12인승)이상으로 한다.

→ 유효폭 1100mm이상, 높이 2100mm(24인승 이상으로 한다로 상향조정 필요함.

(국산 및 외산 있음)

※ E/V 종류 : 폭×높이

• 12인승 이하 : 800mm× 2100mm

• 13인승 이상 15인승 이하 : 900mm ×2100mm

• 17인승 이상 21인승 이하 : 1000mm×2100mm

• 21인승 이상 24인승 이하 : 1100mm×2100mm

5. 기능실

○ 빌트인 시공 - 구조물 또는 사공간을 활용한 빌트인 시공으로 공간 활용 효율화 (추가요청)

○ 지하철 내부 계단 하부 기능실 공간으로 적극 활용(추가 요청)

6. 정거장내 열차 화재

○ 대피시간의 기준

승객이 4분 이내에 승강장에서 벗어나고 6분 이내에 연기나 유독가스로부터 안전한 외부 출입구를 벗어나도록 한다. → 외부 출입구를 안전지점까지 도착 하도록 한다로 변경요망. (안전지점을 폭 넓게 생각할 필요 있음)

■ 도시철도 운전 규칙

○ 제 5조 (안전조치 및 유지, 보수 등)

도시철도 운영자는 년 1회 이상 외부 전문가(차량, 운전, 시설 등)를 선정하여 안전 점검을 시행하여야 한다. (추가 필요)

○ 제 8조(안전운전 계획수정)

도시철도 운영자는 안전 운행과 이용승객의 안전 수송을 위해 장 . 단기 계획 수립 후

매년 말에 국토해양부 또는 지방자치단체에 보고하여야 한다. (추가필요)

○ 제 6조 (응급복구용 기구 및 자재 등의 정비)

→ 비상 복구 장비를 연 1회 이상 성능 확인 검사를 공인 기관에서 받아야 한다. (추가 필요)

■ 기타 (건설비 축소 등)

1. 정거장 및 승강장 기둥 폭 축소 공사비 감소 가능

○ 현재 최근 건설된 서울 9호선 919공구 경구 기둥 콘크리트 강도 27Mpa적용 해서 건설했으며 변경해서 강도 35Mpa적용 건설시 기둥폭 약 200mm축소됨은 물론 공사비 절감됨.(35~40Mpa 시행가능)

※ 싱가포르 지하철 40Mpa 적용 건설되었음.

2. GTX에 운용되는 차량 출입문 수량은 표정속도 향상을 위해 수도권에 사용되는 전기동차와 같이 출입문 4개 정도가 타당할 것으로 판단됨.

－ 자문위원 C

● 도시철도 정거장 및 환승 . 편의시설 보완 설계 지침
(국토해양부 고시 제2010-715호)

1. 공통사항

(1) 대심도 급행철도편 추가가 필요하다 판단됨

(2) ‘1.3 용어의 정의’ 수정 필요

2. 기존지침 수정 사항

(1) 3.3.1 승강장

3.3.1.1 권고사항 (3)계단부계획 2)항

‘계단부에서는 승강장 연당으로부터 PSD 설치 유무에 관계없이 충분한 공간 (최소 2.5m 이상)을 확보 한다’ 로 수정이 필요하다고 판단됨(각 박주처마다 해석 상이)

(2) 3.3.2 대합실

3.3.2.3 기준사항 (2)항

‘집.개표구 및 계단 앞 10m 이내에는 지장물 설치를 금지 한다’ 는 경제성을 고려하여 10m 이격 거리 수정(축소)이 필요하다고 판단됨

(3) 3.4.1 내부계단

3.4.1.2 기준사항 (2)설치기준 3)항

‘계단사이에 E/V를 설치하는 경우에는 양 계단간 간격을 15m이상 둔다’ 는 경제성을

고려하여 15m이격 거리 수정(축소)이 필요하다고 판단됨

(4) 3.4.3 에스컬레이터

3.4.3.2 기준사항 (2)규격 1)항

‘유효폭은 1,200mm를 기본으로 하며, 부득이한 경우 800mm이상으로 한다’ 는 유효폭 보다는 제품사양 규격인 ‘1200형 800형’ 으로 수정표기가 필요하다고 판단됨(각 발주처마다 해석 상이)

(5) 3.6.5. 긴급대피시설

3.6.5.2 정거장내 열차화재 (2)기준사항 1)항

‘대피인원 = 피크시의 승강장 대기인원 + 열차수용인원×2’에서 열차 연착을 고려 할 경우 열차수용인원뿐만 아니라 승강장 대기인원 또한 ‘×2’를 해야 한다고 판단 되오니 재검토 바람

3. 대심도 급행철도 추가 사항

(1) 3.4.3. 에스컬레이터

3.4.3.2 기준사항 (2)규격 2)항

‘속도는 층고가 6m이내일 경우 40m/분으로 하며, 6m이상인 경우 30m/분으로 한다’ 는 대심도일 경우 빠른 승객이동이 필요함으로 에스컬레이터 속도를 증가시키는 것이 타당하다 사료됨.

(2) 3.4.3 엘리베이터

3.4.4.1 권고사항 (5)항

‘수송능력은 15인승 이상을 기준으로 한다’ 는 9호선 3단계 이후 교통약자를 위해 24인승으로 설치하고 있는바, 대심도일 경우 빠른 승객이동이 필요함으로 엘리베이터 수송능력을 24인승으로 하고, 이동 속도를 증가시키는 것이 타당하다 사료됨.

(3) 3.6.5 긴급대피시설

1) 3.6.5.2 정거장내 열차화재 (2)기준사항 3)항

‘승객이 4분 이내에 승강장에서 벗어나고, 6분 이내에 연기나 유독 가스로부터 안전한 외부출입구를 벗어나도록 한다’ 에서 대심도일 경우 안전한 외부출입구까지 6분 이내 탈출은 불가능하다 판단되므로 안전한 장소까지 6분 이내 대피가 가능한 별도의 대심도 기준이 필요하다 사료됨

2) 또한 에스컬레이터 이동 속도가 바뀌면 대피속도 수정이 불가피하다 판단됨.

3) 도시철도 정거장에서는 정거장 및 열차 화재시 정거장 내에 E/V는 사용 할 수 없다고 가정하지만, 대심도일 경우 휠체어를 이용하는 교통약자들을 위해 소방용 E/V설치가 필요하다고 판단됨.

- 자문위원 D

1. 도시철도 건설규칙

○ 제67조 (제연설비)

제시내용: 제연설비 중 전동기.배충기.배출풍도 및 배풍막(배풍기와 배출풍도를 연결하는 막을 말한다)은 섭씨 250도에서 1시간 이상 정상적으로 기능을 유지할수 있어야 한다.

자문의견: 대심도 급행철도 특성상 터널내 화재 등 비상상황 발생시 소방대 출동 및 화재 현장까지의 진입시간이 길어질 것으로 예상되므로 섭씨 250도에서 90분 이상으로 변경함이 타당하다 판단됨.

(참고: 도로터널의 제연설비는 섭씨 250도에서 90도 이상으로 규정되어 있음)

2. 도시철도시설 안전기준에 관한 규칙

○ 제3조(적용범위)

제시내용 : 이 규칙은 직류 1천 500볼트의 전원을 공급받는 중량전철(重量電鐵)의 도시철도시설에 적용한다.

자문의견 : 이 규칙은 직류 1천 500볼트 및 교류 2천 5000볼트의 전원을 공급받는 중량전철(重量電鐵)의 도시철도시설에 적용한다로 변경함이 타당하다 판단됨.

3. 도시철도시설 안전기준에 관한 규칙

○ 제3조(터널 내 소방설비)

제시내용: 터널 내에는 외부로부터 소화용수를 공급 받을 수 있도록 연결 송수구배관시설과 옥내 소화전 설비를 함께 설치하여야 하며, 옥내소화전설비의 위치와 간격은 터널의 길이와 소방호스의 최대 길이 등을 고려하여 정하여야 한다.

자문의견: 연결송수구와 옥내소화전은 기능이 거의 유사 하고 습식 배관인 옥내소화전은 동절기 동파 발생 등 유지 관리에 문제가 있으므로 삭제함이 타당하다 판단됨.

4. 도시철도 정거장 및 환승 편의시설 보완 설계지침

○ 3.4.3. 에스컬레이터(E/S)

제시내용: 속도는 층고가 6m이내일 경우 40m/분으로 하며, 6m이상인 경우 30m/분으로 한다.

자문의견: 장애인 및 노약자는 가급적 엘리베이터(E/V)를 사용토록 유도하고 대심도 정거장 특성을 고려하여 에스컬레이터(E/S)운행속도를 45~60m/분 정도로 향상시키는게 타당하다 판단됨.

5. 도시철도 정거장 및 환승 편의시설 보완 설계지침

○ 3.6.5 긴급대피 시설

제시내용: 대피시간의 기준이 승객이 4분 이내에 승강장에서 벗어나고, 6분 이내에 연거나 유독 가스로부터 안전한 외부출입구를 벗어나도록 한다.

자문의견: 승객이 4분 이내에 승강장에서 벗어나고, 6분 이내에 연기나 유독가스로부터 안전한 안전지역에 도달 하도록 변경함이 타당하다 판단됨(참고 대심도 정거장 특성상 승강장에서 외부 출입구까지 6분 이내에 도달하기는 현실적으로 불가능함)

－ 자문위원 E

1. 도시철도건설규칙

1) 제36조 전기 방식

- 전차선로 공급전압을 대심도 급행철도시스템에 적합한 전압(교류 25kV)으로 변경 검토 필요
- 신호용 배전선 전압(교류 100볼트 이상 400 볼트 이하)을 사용전압으로 변경 검토 필요

2) 제68조 유도등

- 대신도정거장 및 대심도 터널에 적합한 정전시 유도등 공급시간이 기존 공급시간 보다 더 필요한지 검토 필요

3) 제69조 비상조명등

- 대신도정거장 및 대심도 터널에 적합한 정전시 비상조명등 공급시간이 기존 공급시간보다 더 필요한지 검토 필요
- 비상조명등의 조도확도에 대하여 기타 설계기준(철도 전철전력설비 설계지침)등과 상이하므로 적합한 요구조도로 검토 필요

2. 도시철도시설 안전기준에 관한 규칙

1) 제 3 조 적용범위

- 대심도 급행철도에 적합한 전압(교류 25kV)으로 변경 검토 필요

2) 제 32조 전차선의 가선방식 및 전압

- 대심도 급행철도에 적합한 전압(교류 25kV)으로 변경 검토 필요

3) 제 57조 전차선로 조가방식

- 대심도 급행철도에 적합한 전차선 조가방식으로 변경 검토 필요

3. 도시철도시설 표준규격

1) 제2편 전철전력설비

- 본 표준규격은 설계속도 120Km/h이하 직류 1,500V직류전동차용 규격이므로 전반적인 내용을 대심도 급행철도에 적합한 내용으로 변경 검토 필요

－ 자문위원 E

도시철도 건설규칙

○ 제7조(확대궤간), 제9조(궤간의 공차)

→고속철도(KTX)기준을 준용하여 적용하면 문제 없을 것으로 사료됨

※수서-동탄간 28.5Km구간은 KTX와 공용

○ 제32조(승강장 연단의 높이)

제33조(승강장 연단과 차량한계와의 간격)

→차량형상등에 의해 조정이 가능하며 도시철도 건설규칙을 적용해도 문제점은 없을 것으로 사료됨. GTX는 각역 정차이므로 진출입속도는 높지 않음. 다만 정차하지 않고 통과하는 열차(회송,시운전등)는 통과시 제한속도를 부여하는 방법이 있음.

예) 서울메트로의 승강장 통과 속도(정차하지 않고)는 45Km이하

○ 제36조 (전기방식)

→KTX와 공용구간은 2.5KV이므로 개정가능

○ 제67조(제연설비)

제69조(유도등)

제67조(비상조명등)

→대심도에 적합한 방향으로 개정

도시철도 운전규칙

○ 제 5조(안전조치 및 유지보수 등)

제 8조(안전운전계획의 수립 등)

→국토해양부 승인사항 임 - 운영메뉴얼, 안전메뉴얼, 비상대응계획, 연락절차 등

○ 제29조(열차의 비상제동거리)

→도시철도 운전규칙에는 600미터 이하이나 대심도 급행철도에 맞게 개정해야 할 것으로 사료됨

○ 제36조 (운전 진로)

→KTX(좌측운행)와 공용구간이 있으므로 대심도 급행열차는 좌측운행을 기본으로 해야 할 것으로 사료됨

도시철도 안전기준에 관한 규칙

○ 제1조(적용범위)

제5조(세부기준 등)

→KTX 기준을 준용하여 GTX에 적합하게 적용

○ 제13조(비상시 대피)~제19조(터널내 조명설비)

→대심도에 적합하게 적용

○ 제30조(변전소의 위치 및 간격)

제32조(전차선의 가선방식 및 전압)

→KTX기준을 준용하여 GTX에 적합하게 적용

○ 제46조 (화재예방을 위한 기준)

제47조(비상조명등)

제48조(소화설비)

→대심도에 적합하게 적용

○ 제61조 (전차선의 편위)

제62조(전차선의 기울기)

→KTX기준을 준용하여 GTX에 적합하게 적용

도시철도시설 표준규격

○ 제1편 선로시설

→KTX기준을 준용하여 GTX에 적합하게 적용

○ 제2편 전력설비

→KTX기준을 준용하여 GTX에 적합하게 적용

○ 제3편 신호 및 열차제어설비

→동탄~수서간 KTX공용구간은 ATC(KTX의 신호)와 ATO(GTX의 신호)를 겸용해서 사용하고 GTX전용구간은 ATO신호를 사용

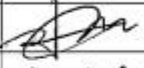
○ 3차 자문회의

참 석 자

목 적 : 기획과제 RFP 및 기술개발 내용 관련 전문가 자문

일 시 : 2012.08.31. 10:00~

장 소 : 한국철도기술연구원 7동 2층 회의실

성 명	소 속	직 급	서 명
강 창근	(주)한성건축사사무소	이 사	
권태원	(주)경민기술	부 사 장	권태원
정안식	(주)신우리인식	상 부	정안식
정원목	(주)세현기술인	상 부	정원목
채재복	(주)이윤엔지니어링	대 표	채재복
최두주	A&E 데저	주 장	최두주
조용현	KRRI	주 장	조용현
장동욱	"	선 인	장동욱
홍지성	KRRI	책임	홍지성
이윤영	"	위원	이윤영
백정환	"	소심	백정환
이강미	"	"	이강미

- 자문위원 A

대심도 터널 열차의 공기역학적 문제점 검토

○ 터널 압력파 및 공력하중 검토

- 대심도급행철도는 전구간이 지하터널로 고속으로 주행(160Km~200Km)하기 때문에 공기저항 및 압력파에 의한 영향을 철저히 검토하여야 함.
- 터널 압력파에 의한 각 시설물의 영향 및 구조물의 공력하중을 심도 있게 검토 하여야 함.

○ 정거장내 승객 및 구조물

- 대심도급행열차의 정거장은 열차가 정차 후 발차하기 때문에 정차 및 발차한 열차에 의한 압력은 크지 않을 것으로 보이며 또한 스크린 도어에 의해 선로와 차단되므로 정거장내 승객에 대한 영향은 크지 않을 것으로 보임.
- 정거장내 열차가 없을 경우에는 본선 주행열차의 여압이 정거장내로 들어오나 스크린 도어에 의해 선로와 차단되므로 정거장내 승객에 대한 영향은 크지 않을 것으로 보임.
- 정거장을 정차하지 않고 통과하는 열차(회송열차, 시운전열차 등)에 의한 압력파는 정거장 통과 시 제한속도를 주어 해결하는 방법이 있음.
- KTX와 공용구간(동탄~수서, 28.5Km)운행시 KTX는 본선을 사용하고 GTX는 부분선을 사용하며 본선과 부분선 사이는 격벽을 설치하여 차단시키므로 KTX열차가 통과 시 압력파로부터 정거장내 승객보호

○ 차량내 탑승 승객

- 열차가 터널내에서 160Km~200Km주행시 공기저항을 시뮬레이션 해서 그에 다른 압력파의 분석을 통해, 차량의 기밀도 및 이명감 해소방안을 마련해야함.
- 특히 동일 터널내 본선에서 상하행이 최고속도로 교행시의 압력파 분석을 심도깊고 철저하게 수행해야함.

○ 터널내 압력파 분석에 따른 후속조치사항

- 터널내 주행시의 압력파 분석을 100Km~200Km에서 10Km 단위로 분석
- 분석값에 의한 최적의 대한 마련(Trade off)

◆ 차량의 형상 및 출력, 최고속도 등

◆ 각 시설물의 구조 및 강도(터널 형상 및 내공, 전차선의 높이 및 형상, 환기구의 개수 및 구조, psd의 강도 등)

※ 최우선 선행되어야할 과제는 대심도 터널 고속주행시의 공기 저항과 압력파에 대한 분석으로 이에 대한 기초자료가 구축 되어야 구조물 및 시스템에 대한 설계가 가능할 것으로 사료됨

－ 자문위원 B

고효율 고성능의 차량핵심장치 및 전력인프라 기술개발분야

- 건설비 저감 및 안전성 향상을 위한 전력인프라 개발 항목

단선터널용 시속 200Km급 R-ber 개발시 200Km급 주행시 협소터널 통과에 따른 집전 성능 악화를 고려한 기존 전차선 높이(4,750mm)에 대하여 검토가 필요할 것으로 사료됨.

－ 자문위원 C

1. p 115터널 및 지하역사 방재 및 구난역 설계/피난시스템 개발

○ 대심도 승강장 및 역사의 방재시스템 기준 및 설계기술 개발

제시내용: 구난역 설계 및 관련기준 정립

자문의견: 도심지역운영 및 화재 등 비상상황 발생시 본선터널 환기구를 이용하여 지상까지 대피가능한 대심도 급행철도 특성을 고려하여 막대한 공사비증액이 예상되는 구 난역 설치의 바람직하지 않다 판단됨

2. p 115터널 및 지하역사 방재 및 구난역 설계/피난시스템 개발

○ 지능형 종합통제 센터를 통한 통합 자동제어 최적화

제시내용: 비상시 제연/배연 운전방안 수립

자문의견: 화재 등 비상시 운영되는 제연설비는 자동제어 시스템에 의한 자동운전시 연기 질식에 의한 2차사고가 예상되므로 관리자가 화재상황인지를 간단명료한(단순함)조작을 통하여 수동운전 되도록 시스템을 구축하는 것이 바람직하다 판단됨

3. p117 대심도 이용객 쾌적성 향상기술

○ 대심도 유해오염물질 관리 및 저감기술 개발

제시내용: 역사 미세먼지 및 라돈 유입차단기술 개발

자문의견: 역사 미세먼지 및 라돈은 외부유입이 아니라 역사내 이용고객, 구조물등에서 자체발생된 것이 문제가 된다고 추정되므로 유입차단 기술보다는 효과적인 배출 및 제거기술 개발이 필요하다 판단됨

4. 기타의견: 대심도 급행철도 특성을 고려한 광역철도 및 도시철도관련 각종 관련법규의 정비 필요하다 판단됨

－ 자문위원 D

1. 대심도 철도 정거장은 일반 도시철도 지하 정거장과는 다른 피난 계획 및 피난 시스템이 반드시 필요 하다 사료됨
 - 현재 시행되고 있는 도시철도 지하정거장 피난 계획 및 그 시스템을 그대로 대심도 정거장에 적용하기에는 현실적으로 문제가 많음. 따라서 대심도 정거장에 적합한 피난시설 및 시스템 개발이 우선시 되어 한다고 판단됨
 - 예를 들어 정거장 내 승객이 안전하게 대피 후 지상으로 이동 할 수 있는 ‘안전한 지역’을 설정, 또는 휠체어 이용 승객을 위해 피난(소방)전용 엘리베이터를 설치 등 새로운 시스템 도입이 필요하다 사료됨
 - 그러나 모든 피난이 반드시 지상으로 직접 연결되면 최고의 파난 시스템이 성립 되겠으나, 대심도 철도임을 감안하여 경제적이고 현실적인 피난 계획 및 피난 시스템 수립이 필요하다 판단됨
2. 도심을 통과하는 대심도 철도에서는 구난역의 필요성이 적다고 판단됨
 - 본선환기구가 일정한 간격에 위치해 있고, 그 내부에 점검용 사다리 또는 본선환기구를 이용하는 피난계획을 수립하면 구난역의 필요성이 극히 적을 것으로 판단됨
3. 대심도 철도역사 서로 상호간 환승은 평면환승 우선고려 검토 요망
 - 보통 도시철도 지하 정거장의 경우 서로 상호간 환승은 환승통로를 이용한 승강장↔승강장 환승을 최우선으로 하고 있음. 이동거리가 가장 짧기 때문에 환승이 가장 편리함
 - 대심도 철도인 경우 서로 상호간 환승은 환승통로 설치 보다는 진행 방향의 승강장 평면 환승이 우선 고려되어야 한다고 판단됨. 승강장이 깊게 위치해 있으므로 환승통로 설치가 비경제적일 가능성이 높아 경제성을 감안한 승강장 평면 환승계획이 필요하다 판단됨
4. 기존 도시철도와의 환승은 개착구간 공용 설치로 이동거리 단축을 고려 해야 한다고 판단됨
 - 경제성을 고려한 대심도 정거장 계획은 승강장을 제외한 나머지 공간이 최소한의 개착으로 이루어져야 함. 그러므로 기존 도시철도와의 환승계획은 기존 도시철도 정거장의 개착구조물과 공용하거나 최소한의 개착을 통해 대합실 공용으로 환승동선을 최소화함이 타당하다고 사료됨

－ 자문위원 E

1. 제시된 연구범위가 적합하다고 사료됨
 - 국산화 개발을 위한 중장기적인 계획을 수립하여야 함
2. 제시된 연구목표가 적합하다고 사료됨
 - 관련법규 제정 및 개정 필요성검토 요망
3. 제시된 성과목표가 적합하다고 사료됨

○ 차량 및 급완행 방안 관련 자문

참 석 자

목 적 : 대싱도 급행철도 기획연구관련 전문가 자문

일 시 : 2012.09.06. 14:00~

장 소 : 한국철도기술연구원 7동 2층 회의실

[illegible]

－ 자문위원 A

○ 차량설계조건 검토

- ✓ 공력(주행저항)을 고려한 설계
- ✓ 소음저감방안 고려(차량하부 사이드스커트 설치 필요)
- ✓ 주요장치 기밀 고려 설계 : 차체, 도어, 갭웨이 등
- ✓ 화재, 탈출, 구원 등 안전 고려

○ 연구내용 추가사항 검토

- ✓ 주요전장품의 냉각구조 설계
- ✓ 차량사양 확정 및 기본설계 실시

○ 차량개발에 대한 의견

- ✓ 타 시설물(궤도, 전력, 신호, 건축한계 등)과 인터페이스, 차량의 주요 핵심 기술의 개발을 위해서는 사업 초기 차량의 개념, 기본 설계가 선행 되어야 함.
- ✓ 궁극적으로 대심도 차량의 해기심기술의 검증을 위해서는 완성차 개발, 시험·평가 업무가 수행되어야 할 것으로 사료됨.

－ 자문위원 B

○ 수요 지역 확대를 위한 중간정차역(완행역)은 주 승하차 동선을 E/L로 하면(승강장당 3~4대) 수직 개착 범위를 최소화하는 NATM 정거장이 가능하므로 경제적으로 건설할 수 있음.

- ✓ 일산선 또는 3호선이나 분당선 등 기존 노선과 겹치는 구간은 기존 노선을 완행으로 수 있도록 환승 체계를 구축하면 효율적으로 완급행 운행이 가능함.
- ✓ 환승역은 가능한 홈에서 홈으로 직접 이동할 수 있는 환승 전용 동선의 확보가 중요함.
- ✓ 경우에 따라서는 기존 역과 환승 계획 시 방향별 배선을 통해 동일 홈에서 환승할 수 하는 것이 바람직 함.

○ 터널 단면적에 따른 공사비 자문 결과

□ 터널단면 최적화 방안 검토

① 현황 및 검토배경

- 전차선 가고를 설계속도 $V=200\text{km/hr}$ 일반철도 표준인 960mm를 적용하고 있음 → 축소가고(710mm) 적용시 터널단면적 축소 가능
- 또한, 연구가 진행중인 고속형전차선 축소가고(500mm) 적용시 추가적인 터널단면적 축소 가능

② 관련근거

관련기준	제정기관	제 정 일	관련내용			
철 도 전철전력 설 비 시설지침	한국철도시설 공단	2010. 2	• 가고(제75조) : 커티너리 가선방식에서 합성전차선의 표준가고는 다음표에 의한다. 다만, 현장여건 및 가선시스템 특성에 따라 별도로 정하여 시설할 수 있다.			
			속도등급	표준가고(mm)		
			70~200 km/hr	960		
			250 km/hr	1,200		
			300,350 km/hr	1,400		
철도건설선 고 속 화 실 행 계 획 수 립 방 안	한국철도시설 공단	2008.12	속도등급	전차선높이 (mm)	축소 가고 (mm)	이격거리 (mm)
			V≤200	5,000	710	550
			200≤V≤250	5,000	850	550
철도시설안전 세부기준	국 토 해양부	2011. 8	• 규칙 제37조에 따라 대피로를 설치할 경우에 <u>폭은 0.7미터</u> 이상으로 하고 높이는 2.1미터 이상 확보하는 것을 원칙으로 한다.			
철도정보통신 시설지침	한국철도시설 공단	2011.12	• 광케이블은 선로 양쪽에 각 각 시설하여야 하며, 동케이블은 한쪽에 시설하되 부득이한 경우를 제외하고는 선로 종점을 향하여 좌측에 시설하여야 한다.			

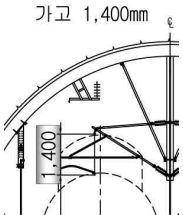
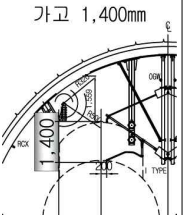
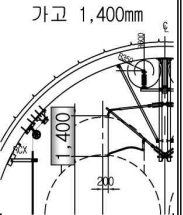
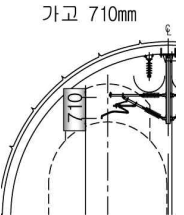
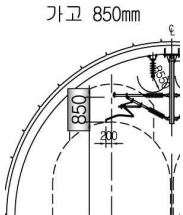
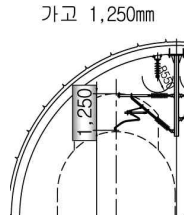
③ 주요 검토사항

○ 전차선 가고 축소에 따른 터널단면적 최적화 축소 검토

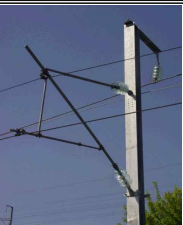
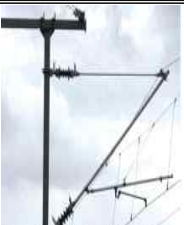
○ 설계기준 검토 결과

- 철도건설선 고속화 실행계획 수립방안에 의거 가고 축소 가능
: 960mm → 710mm, 500mm(고속형)

○ 사례검토 (국내)

구 분	고속철도			일반철도		
	경 부	호 남	수도권	200km/hr	250km/hr	270km/hr
개요도	가고 1,400mm 	가고 1,400mm 	가고 1,400mm 	가고 710mm 	가고 850mm 	가고 1,250mm 
표준가고	1,400mm	1,400mm	1,400mm	960mm	1,200mm	1,250mm
축소가고	1,250 (270km/hr)	1,400mm	1,400mm	710mm	850mm	1,250mm
비 고	고속철도의 경우 가고축소의 영향 없음 ·경부 1,250mm:270km/hr 속도대역 가고 적용 ·축소가고 적용시 시뮬레이션 및 운행선 검증필요			·철도건설선 고속화 실행계획 수립방안(2008) ·축소가고 적용시 지지점 경간이 짧아지게 되므로 경점발생 및 이선율 증가로 접촉력 불리		

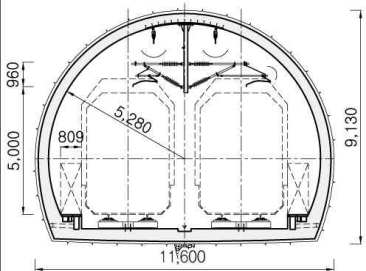
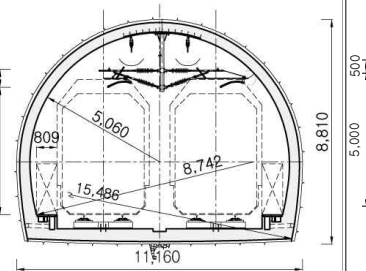
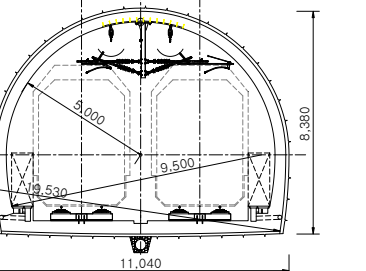
○ 사례검토 (해외)

구 분	프랑스	독일	스페인	이탈리아	일본	중국
	TGV-EST	RE 330	EAC 350	FS300	신간선	China 3000/25
개요도						
설계속도	350km/hr	350km/hr	350km/hr	300km/hr	300km/hr	350km/hr
가 고	1,400mm	1,800mm	1,800mm	1,800mm	1,500mm	1,800mm
비 고	·가고가 크면 가공전차선로의 탄성력, 차량 팬터그래프의 접촉력 양호, 경간(지지점간의 거리)확대					

○ 사례검토 결과

- 터널내 콘크리트케도 부설로 전차선높이 R.L상 5,000mm
- 설계속도에 따라 가고높이는 850mm로 710mm 축소 가능
- 축소가 500mm에 대해서도 추가 검토

○ 가고축소에 따른 터널단면적 최적화 검토 결과

구 분	타당성조사(2008)	검토 (1)안	검토 (2)안
개요도			
설계속도	200km/hr	200km/hr	200km/hr
가선방식	심플커티너리	심플커티너리	심플커티너리
가고	<u>960</u>	<u>710mm</u>	<u>500mm</u>
전차선높이 (R.L~전차선)	5,000	5,000mm	5,000mm
내공단면적	66.1 m ²	60.9 m ² (▼5.2)	58.3 m ² (▼7.8)
굴착단면적	89.6 m ²	83.8 m ² (▼5.8)	81.0 m ² (▼8.6)
장점	• 전차선 가선방식이 자유로움	• 단면적 축소로 경제적 설계 가능	• 단면적 축소로 경제적 설계 가능
단점	• 상대적으로 단면이 큼	• 전차선 형식을 축소형만 적용 가능	• 전차선 형식을 축소형만 적용 가능
공사비영향	-	▼847,000원/m절감	▼876,000원/m절감
선정	-	◎	◎

○ 터널단면적 최적화에 따른 공사비 증감 검토

- 가고 축소를 통한 터널단면적 축소, 공사비 절감은 매우 타당
- 공동구 크기 및 위치 변경을 통한 단면적 축소(안)은 통신, 신호 및 전력 케이블 설치 및 유지관리 곤란한 것으로 검토됨
- 가고 축소에 따른 터널단면 검토를 다음과 같이 수행
 검토 (1)안 : 가고를 250mm(=960-710mm) 축소한 터널단면
 검토 (2)안 : 가고를 460mm(=960-500mm) 축소한 터널단면

(단위:억원, 제잡비 포함)

구 분			타당성조사 (가고 960)				검토 (1)안 (가고 710mm)				검토 (2)안 (가고 500mm)			
			단면적 (m)	단가 (/km)	수 량	금 액	단면적 (m ²)	단가 (/km)	수 량	금 액	단면적 (m ²)	단가 (/km)	수 량	금 액
본선	NATM (단선)	PS-3	54.3	124.1	1.9km	231.6	54.3	124.1	1.9km	231.6	54.3	124.1	1.9km	231.6
		PS-4	55.2	167.5	1.9km	312.7	55.2	167.5	1.9km	312.7	55.2	167.5	1.9km	312.7
		PS-5	56.1	226.6	1.9km	423.1	56.1	226.6	1.9km	423.1	56.1	226.6	1.9km	423.1
	소계				5.6km	967.4			5.6km	967.4			5.6km	967.4
	NATM (복선)	PD-1	87.8	156.9	7.8km	1,228.4	82.2	149.5	7.8km	1,170.4	78.9	142.9	7.8km	1,119.0
		PD-2	88.6	170.9	46.8km	7,998.4	82.9	163.0	46.8km	7,629.3	79.6	162.1	46.8km	7,586.1
		PD-3	89.6	185.9	8.6km	1,595.6	83.8	177.4	8.6km	1,522.9	81.3	171.4	8.6km	1,471.0
		PD-4	90.6	247.6	8.4km	2,079.5	84.8	238.1	8.4km	1,999.7	82.3	230.1	8.4km	1,931.9
		PD-5	91.6	323.3	9.7km	3,122.8	85.7	313.1	9.7km	3,023.9	83.2	302.5	9.7km	2,921.7
		PD-6	91.6	325.2	0.6km	204.3	85.7	314.8	0.6km	197.7	83.2	304.2	0.6km	191.1
	소계				81.9km	16,228.9			81.9km	15,544.0			81.9km	15,544.0
	Open TBM			249.0	43.1km	10,734.0		249.0	43.1km	10,734.0		249.0	43.1km	10,734.0
	Shield TBM			623.2	10.1km	6,293.9		623.2	10.1km	6,293.9		623.2	10.1km	6,293.9
	계				140.7km	34,224.2			140.7km	33,539.2			140.7km	33,216.0
입 출 고 선	NATM (단선)	PS-3	54.3	124.1	1.8km	223.3	54.3	124.1	1.8km	223.3	54.3	124.1	1.8km	223.3
		PS-4	55.2	167.5	1.8km	301.5	55.2	167.5	1.8km	301.5	55.2	167.5	1.8km	301.5
		PS-5	56.1	226.6	1.8km	407.9	56.1	226.6	1.8km	407.9	56.1	226.6	1.8km	407.9
	소계				5.4km	932.8			5.4km	932.8			5.4km	932.8
	NATM (복선)	PD-6	91.6	325.2	0.8km	260.1	85.7	314.8	0.8km	251.8	83.2	304.2	0.8km	251.8
	NATM(확폭)			615.6	0.1km	61.6		615.6	0.1km	61.6		615.6	0.1km	61.6
	계				6.3km	1,254.5			6.3km	1,246.2			6.3km	1,237.7
연 결 선	NATM (단선)	PS-3	54.3	124.1	0.13km	16.5	54.3	124.1	0.13km	16.5	54.3	124.1	0.13km	16.5
		PS-4	55.2	167.5	0.13km	22.3	55.2	167.5	0.13km	22.3	55.2	167.5	0.13km	22.3
		PS-5	56.1	226.6	0.13km	30.2	56.1	226.6	0.13km	30.2	56.1	226.6	0.13km	30.2
	소계				0.4km	69.1			0.4km	69.1			0.4km	69.1
계					0.4km	69.1			0.4km	69.1			0.4km	69.1
총 계					147.4km	35,547.8 (D)			147.4km	34,854.6 (E)			147.4km	34,522.8 (F)



- 검토 (1)안 : 가고 710mm 적용시

타당성조사 : (D)		검토 (1)안 : (E)		(E) - (D)	
표준 단면적	공사비	표준 단면적	공사비	단 면 적	공사비
89.6m	35,547.8	83.8m ²	34,845.6	(-)5.8m ² (▼6.5%)	(-)693.3(▼2.0%)

☞ 검토결과 : 35,547.8억원 ⇒ 34,845.6억원 (▼693.3억원 추가절감 가능)

- 검토 (2)안 : 가고 500mm 적용시

타당성조사 : (D)		검토 (2)안 : (F)		(F) - (D)	
표준 단면적	공사비	표준 단면적	공사비	단 면 적	공사비
89.6m ²	35,547.8	81.3m ²	34,522.8	(-)8.3m ² (▼9.3%)	(-)1,025.1(▼2.9%)

☞ 검토결과 : 35,547.8억원 ⇒ 34,522.8억원 (▼1,025.1억원 추가절감 가능)

④ 검토결과

- 가고 축소에 의한 공사비 절감은 매우 합리적임
- 공동구 형상 및 위치변경에 따른 검토결과 복층구조의 공동구는 설치불가 하며, Tray 방식이 가능할 수 있는 있으나 고압전선 필수이격로 인해 전력용 공동구는 존속되어야 함
- 터널단면 최적화로 축소가고 710 [검토(1)안]와 500mm[검토(2)안] 적용을 검토하였으 며, 검토(1)안 적용시 693.3억원, 검토(2)안 적용시 1,025.1억원 추가절감 가능

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.