19

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구

2013

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

Land Transpot and Maritime R&D Report

건설교통연구기획사업

R&D / 2013-연구기획-W

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획

- 최종보고서(안) -

2013.10.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 10.

주관연구기관명 : 한국철도기술연구원
주관연구책임자 : 박 재 현
연 구 원 : 오 지 택
" : 사 공 명
" : 문 형 석
" : 이 재 현

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원
공동연구책임자 : 송 재 준
연 구 원 : 이 영 호
" : 이 상 윤
" : 김 용 희

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>2013-연구기획-W</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2013.04.30~
2013.10.29</td><td>단 계 구 분</td><td>1차년도
/1차년도</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">박 재 현</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 9명
내부 : 8명
외부 : 1명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 70,000천원
기업 : 천원
계 : 70,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 9명
내부 : 8명
외부 : 1명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 70,000천원
기업 : 천원
계 : 70,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국철도기술연구원
녹색교통물류시스템공학연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>공 동 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 한국건설기술연구원 연구책임자 : 송 재 준</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td>444</td></tr>
<tr><td colspan="6">80년대 이후 우리나라는 스포츠 이벤트, 국제회의, 박람회 등 대규모 국제적 이벤트가 빈번히 유치되고 있다. 이를 계기로 정부와 지자체에서는 국가적 행사라는 명분아래 막대한 재원을 투입해 일시적 행사를 위한 기반시설을 건설하였다. 이 중 약 절반가량이 도로, 철도와 같은 교통시설에 투자되는 예산이다. 최근 들어 이러한 현상에 대한 비판적 시각이 확산되고 있다. 과거에는 개발도상국으로서 국가 브랜드 제고, 수출증진과 같은 경제적 파급효과와 지역 발전이라는 기대효과를 예상하고 전폭적인 국가적 지원이 있었으나, 최근에는 재무적 기반이 낮은 지자체가 과도하게 SOC를 건설하고, 또한 이러한 시설은 사후 사용성 저하, 지속적인 비용발생 등 새로운 문제를 야기하며 결국 과잉투자라는 비판을 받고 있다. 이러한 현상은 국외에서도 빈번히 사회문제화 되고 있고 이의 해소를 위해 기존시설 활용, 조립식 경기장 건설 등 다양한 방식으로 비용절감 방안을 고민하고 있다. 본 기획연구는 교통(철도)부문에 있어서도 일시적 통행수요 해결을 위한 방편으로서 임시로 설치하고 용도 종료 후 해체, 이전 재사용이 가능한 교통기술을 제시하고 연구개발의 추진방향과 전략을 수립함에 그 목적이 있다. 이를 통해 보다 비용효율적 교통시설 투자, 또한 일시적 통행로 단절 시 임시 우회로 등 다양한 목적으로 활용되어 정부예산 절감에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">모듈식, 조립식, 레고철도, 임시설치형, 이벤트 대응용</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Modular, Assemble, Lego-rail, Temporary, Event purpose</td></tr>
</table>

목 차

< 요약문 > ····· i

1. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
가. 기술개발 배경 및 필요성 ····· 1
나. '조립식 모듈형 철도시스템' 기술의 정의 ····· 9
다. 기획연구 내용 및 중점검토사항 ····· 14

2. 국내·외 동향 및 환경 분석 ····· 19
가. 국내·외 정책 동향 ····· 19
나. 국내·외 시장 현황 및 전망 ····· 26
다. 기술동향분석 ····· 50
라. 유사과제 분석 ····· 99
마. 연구개발 인프라 분석 ····· 104
바. SWOT 분석 ····· 109
사. 기술개발 로드맵 ····· 110
아. 종합분석 ····· 110

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 115
가. 비전 및 목표 ····· 115
나. 세부과제 도출 ····· 118
다. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 141
마. 연구수행체계 및 추진전략 ····· 157
바. 과제별·연차별 추진일정 ····· 159

4. 연구개발 성과 활용방안 ·····163
가. 성과의 활용방안 ·····163
나. 최종성과물 및 성과지표 ·····170
다. 실용화 방안 ·····172

5. 사전타당성 분석 ·····179
가. 정책적 타당성 분석 ·····179
나. 기술적 타당성 분석 ·····182
다. 경제적 타당성 분석 ·····196
라. 타당성 분석 종합 ·····237

6. 인력투입계획 및 소요예산 산정 ·····245
가. 연구일정에 따른 인력투입계획 ·····245
나. 소요예산 산정 ·····246

7. 과제 제안요구서 및 평가기준 ·····253
가. 과제 제안요구서(RFP) ·····253
나. 평가기준 설정 ·····260

참고문헌 ·····262

부록 ·····267

표 목 차

<표 1> 대표적 주요행사 교통 SOC 투자내용 ……2
<표 2> 나가노 동계올림픽의 효과 ……3
<표 3> 각국 올림픽 대회 사후 재무 상황 ……4
<표 4> 레고형 철도 차량 대안별 제원 비교 ……12
<표 5> 레고형 철도 차량 대안 비교 ……14
<표 6> 국내 특별법 적용 사례 ……19
<표 7> 장래 개최 예정인 국제 스포츠 대회 사업비 ……21
<표 8> 역대 올림픽 총 개최 비용 ……24
<표 9> 미국 연방도로관리청(FHWA) 안전국의 조직별 주요 업무 ……25
<표 10> 우리나라 주요 스포츠 행사 현황 및 계획 ……26
<표 11> 지역축제 개최 현황 ……27
<표 12> 최근 10년간 국내 자연재해로 인한 피해 현황 ……28
<표 13> 국내 시장 조사 분석 대상 ……30
<표 14> 국내 시장 조사 항목 ……31
<표 15> 대규모 이벤트 특성 ……32
<표 16> 대규모 이벤트 교통체증 발생원인 및 해결방안 설문 결과 ……33
<표 17> 지역축제의 개최 목적 ……34
<표 18> 지역축제 교통체증 발생원인 및 해결방안 ……34
<표 19> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(대규모 이벤트) ……37
<표 20> 적정 임대비용 분석(대규모 이벤트) ……38
<표 21> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(대규모 이벤트) ……38
<표 22> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(지역축제) ……39
<표 23> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(지역축제) ……40
<표 24> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(지역축제) ……41
<표 25> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(대규모 이벤트) ……42
<표 26> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(재난재해) ……43
<표 27> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(대규모 이벤트) ……44
<표 28> 세계 나라별 주요 축제 현황 ……46
<표 29> 최근 10년간 주요 세계의 분쟁지역 현황 ……47
<표 30> 최근 10년간 세계 주요 자연재해 피해 현황 ……48

<표 31> 특허동향분석 기준 ·····79
<표 32> 특허동향분석 분류기준 ·····79
<표 33> 논문동향분석 기준 ·····91
<표 34> 논문동향분석 분류 기준 ·····91
<표 35> 기술수요조사 항목 ·····95
<표 36> 전문가 대상 기술수요조사 결과 ·····96
<표 37> 국가R&D사업 중 조립식 교량 관련 세부과제 ·····99
<표 38> 관련 주요 보고서 및 초록 내용 ·····100
<표 39> 국가R&D사업 중 모듈형, 조립식 관련 주요 세부과제의 목표 및 내용 ·····102
<표 40> 기존 과제와의 중복성 검토 내용 ·····103
<표 41> 연구기관, 학계의 연구개발 인프라 분석 결과 ·····104
<표 42> 산업체의 연구개발 인프라 분석 결과 ·····105
<표 43> VE Workshop 준비단계 ·····122
<표 44> VE Workshop 분석단계 및 실행단계 ·····122
<표 45> VE Workshop 준비단계 ·····123
<표 46> 성능평가항목 분류 ·····124
<표 47> 성능평가항목 가중치 분석 ·····125
<표 48> 계층화 분석기법의 적용 절차 ·····126
<표 49> AHP의 장점 ·····126
<표 50> 성능평가항목 세부성능속성 도출 결과 ·····127
<표 51> 필요기능 정의 ·····128
<표 52> 기능분석 결과 ·····129
<표 53> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(차가 주행한다) ·····132
<표 54> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(차를 통제한다) ·····134
<표 55> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(승객이 이동한다) ·····135
<표 56> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(차가 주행한다) ·····136
<표 57> 인프라 모듈별 적용 지형 · 지반 및 지지력 조건 ·····146
<표 58> 조립식 모듈형 철도시스템 노선 형태 ·····148
<표 59> 차량 운행 방식 비교 ·····150
<표 60> 고효율 배터리 성능비교 ·····152
<표 61> 도로 차량의 규격 및 중량 제한 ·····154
<표 62> TRL(Technology Readiness Level) 단계 ·····158
<표 63> 대표적 계절수요 발생 지역 ·····168

<표 64> 조립식 모듈형 철도시스템 세부과제별 최종성과물 ·····170
<표 65> 1세부 기술개발 평가기준 ·····171
<표 66> 2세부 기술개발 평가기준 ·····171
<표 67> 3세부 기술개발 평가기준 ·····172
<표 68> 2018 평창 동계올림픽 개요 ·····174
<표 69> 제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017) ·····180
<표 70> 연구의 시간적 범위 ·····202
<표 71> 『2018 평창동계올림픽대회』의 개요 ·····204
<표 72> 평창군의 연도별 2월 일기일수 ·····206
<표 73> 평창군의 인구변화 추이 ·····207
<표 74> 평창군 연도별 · 차종별 자동차 보유대수 ·····207
<표 75> 평창군 연도별 관광객수 ·····208
<표 76> 교통수요 추정을 위한 대안 설정 ·····211
<표 77> 이용자수 추정을 위한 대안 기초제원 ·····211
<표 78> 시나리오 구분 내역 ·····213
<표 79> 도로의 기능별 설계속도 ·····214
<표 80> 대안노선별 기초제원 설정 ·····215
<표 81> 평창동계올림픽 알펜시아 용평리조트지구의 경기장별 예상 관광객 수 ·····216
<표 82> 분석대상지 시나리오별 접근수단 ·····217
<표 83> 시나리오 시간별 이용자수 추정 결과 ·····218
<표 84> 시나리오별 · 대안별 · 시간대별 소요대수 및 편성 수에 따른 배차간격 ·····218
<표 85> 일반국도 건설시 시설 연장별 표준단가(2011년 기준) ·····219
<표 86> 비용 보정 지수 ·····219
<표 87> 시나리오별 · 대안별 셔틀버스 사업비용 추정결과 ·····220
<표 88> 조립식 모듈형 철도시스템 비용 추계 결과 ·····221
<표 89> 조립식 모듈형 철도시스템 공사비용 추계 결과 ·····223
<표 90> 시나리오별 · 대안별 레고형 철도 사업비용 추정결과 ·····225
<표 91> 시나리오별 · 대안별 사업비용 추정결과 비교 ·····226
<표 92> 알펜시아 리조트 지구 방문 관광객 수(2011) ·····227
<표 93> 차종별 평균재차인원 분포 ·····228
<표 94> 관광통행 수단별 분포 ·····228
<표 95> 통행량 예측 결과 ·····228
<표 96> 도로신설에 따른 편익 ·····229

<표 97> 연도별 고속국도 표준 유지관리비 ·····229
<표 98> 신설도로의 내구연한(30년)을 고려한 경제성분석 ·····230
<표 99> 조립식 모듈형 철도시스템 연관 산업부문 ·····231
<표 100> 경제적 파급효과 분석 결과 ·····232
<표 101> 비즈니스 프로세스(안) 제안 ·····233
<표 102> 시나리오별 · 대안별 임대료 ·····236
<표 103> 시나리오별 · 대안별 통행요금 ·····236
<표 104> 전체과제별 연구 인력 구성 ·····245
<표 105> 전체과제별 연구 인력 구성 ·····246
<표 106> 총괄 예산 ·····247
<표 107> 세부과제별 연차별 소요예산 및 산출근거 ·····248
<표 108> 연구개발비 소요예산 ·····249

그 림 목 차

(그림 1) 대형 행사장의 교통혼잡과 대기행렬 ·····1
(그림 2) 국내 국제회의 개최 건수 ·····4
(그림 3) 재난 발생 건수 및 인명피해 ·····5
(그림 4) 침수(서울) 및 교량침하(여주)로 인한 교통단절 ·····6
(그림 5) 화재로 인한 도로 통제(서울외곽순환도로 중동IC) ·····6
(그림 6) 2012년 런던 올림픽 조립식 건물 구조도 ·····7
(그림 7) 여수국제박람회 조립식 건물 ·····7
(그림 8) 조립식 모듈형 철도시스템 개념도 ·····10
(그림 9) 조립식 모듈형 철도시스템 차량 검토 대안 ·····13
(그림 10) 조립식 모듈형 철도시스템 인프라, 차량 기술개발 연구내용 ·····16
(그림 11) 조립식 모듈형 철도시스템 운용 및 안정성 향상 기술개발 연구내용 16
(그림 12) 자연재해로 인한 국내 피해 현황 ·····29
(그림 13) 국내 시장 조사 Process ·····31
(그림 14) 자연재해로 인한 피해(일본, 미국, 필리핀) ·····49
(그림 15) 자동차 산업분야의 모듈러 기술 ·····50
(그림 16) 모듈교량의 사업 프로세스 ·····51
(그림 17) 모듈교량의 개념도 ·····52
(그림 18) 강합성 모듈러교량 및 시공순서 ·····53
(그림 19) 슬래브 형식 프리캐스트 모듈러 교량의 개요 ·····53
(그림 20) 거더 형식 프리캐스트 모듈러 교량의 개요 ·····54
(그림 21) 모듈러교각 시스템 ·····54
(그림 22) SKO-Beam 공법 ·····55
(그림 23) TSB 공법 ·····56
(그림 24) TRIAS 공법 ·····56
(그림 25) DHB 공법 ·····57
(그림 26) HIPP 공법 ·····57
(그림 27) ATOM 공법 ·····58
(그림 28) 국내 조립식 교량 공법의 종류 ·····58
(그림 29) Pre-Tension 공법개요 ·····59
(그림 30) Post-Tensin 공법개요 ·····59

(그림 31) U-Channel Bridge ·····59
(그림 32) 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 설치공법 ·····60
(그림 33) 복합소재 프리캐스트 바닥판 공법 ·····60
(그림 34) Uni Bridge ·····61
(그림 35) Modular Bridge(프랑스) ·····61
(그림 36) Multi Cell Box Girder Bridge(미국) ·····61
(그림 37) Folded Plate Girder (미국) ·····62
(그림 38) Jansen Bridge (영국) ·····62
(그림 39) 장간조립교 ·····63
(그림 40) MGB(간편조립교) ·····64
(그림 41) 교량전차 ·····64
(그림 42) 차기 전술교량 ·····65
(그림 43) Mabey Logistic Support Bridge ·····65
(그림 44) 캐나다의 Scissor Bridge Launch System ·····66
(그림 45) 일본의 81식 자주 가교 ·····66
(그림 46) 국내 응급복구용 조립식 가설교량 ·····67
(그림 47) Flatrack(Flatrack-mounted Roadway Dispenser) ·····68
(그림 48) Trailer(Trailer-mounted Roadway Dispenser) ·····68
(그림 49) Trailer(Trailermounted Roadway Dispenser ·····69
(그림 50) Dura-Deck ·····69
(그림 51) Hexa-Deck ·····69
(그림 52) Armor-Deck ·····70
(그림 53) Mega-Deck ·····70
(그림 54) 시트공법의 국내사례 - 강재 매트 ·····71
(그림 55) PRT(Personal Rapid Transit) ·····73
(그림 56) 미국 모건타운의 GRT ·····74
(그림 57) 국내 상용화 된 전기자동차 ·····75
(그림 58) 주파수대역 ·····76
(그림 59) 출원년도 및 국가별 출원 추이 ·····81
(그림 60) 세부기술별 특허출원동향 ·····82
(그림 61) 주요 출원인 동향 ·····82
(그림 62) 연도별 주요 출원인 동향 ·····83
(그림 63) 국가별 기술 분포 ·····84

(그림 64) 기술별/국가별 기순분포 ·····85
(그림 65) 국가별 출원건수 및 시장확보지수 ·····86
(그림 66) 국가별 인용도지수 ·····86
(그림 67) 국가별 영향력지수 및 기술력 지수 ·····87
(그림 68) 특허 등고선 맵 ·····88
(그림 69) 세부기술별 특허 등고선 맵 ·····89
(그림 70) 특허기술 연계 기술발전 추이 ·····90
(그림 71) 년도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널 ·····92
(그림 72) 논문 발표 주요 국가 및 저자 ·····93
(그림 73) 논문 발표 주요 연구기관 ·····93
(그림 74) 논문 발표 연계 기술발전 추이 ·····94
(그림 75) 기술수요조사 절차 ·····94
(그림 76) 기술수요조사를 통한 획득 기술 결과 분류 ·····95
(그림 77) 임시적 조립식 교통 기술 로드맵 ·····110
(그림 78) 조립식 모듈형 철도시스템의 비전 ·····117
(그림 79) VE기법 가치향상의 유형 ·····119
(그림 80) 분야별 VE 팀 구성도 ·····120
(그림 81) VE Workshop 진행 절차 ·····121
(그림 82) 가중치 산정방법 ·····125
(그림 83) 기능분석 과정 ·····128
(그림 84) 기능분석 계통도 ·····130
(그림 85) 아이디어 창출 과정 ·····131
(그림 86) 시스템 요구조건 연관도 ·····141
(그림 87) 조립식 모듈형 철도시스템 기술트리 ·····142
(그림 88) 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 추진전략 ·····143
(그림 89) 입체형 인프라 모듈 개념도와 곡선/분기모듈 ·····144
(그림 90) 기존도로 노견을 활용한 입체형 인프라 모듈 ·····144
(그림 91) 연약지반형 인프라 모듈 개념 ·····145
(그림 92) 노반형 인프라 모듈 개념도 ·····145
(그림 93) CPT(Cone Penetration Test) ·····146
(그림 94) TFEG 앵커 장치 ·····146
(그림 95) 이형모듈 간 체결장치 ·····147
(그림 96) 장지간화 모델 ·····147

(그림 97) 운영센터 모듈과 플랫폼 모듈 개념도 ·····148
(그림 98) 조립식 모듈형 철도시스템 전용차량 개념도 ·····149
(그림 99) 인프라 모듈의 재하 반력 분석 ·····150
(그림 100) 차량 간 연결주행 개념도 ·····151
(그림 101) 차량 모듈형 조합 개념 ·····151
(그림 102) 차량 탈착식 배터리 개념 ·····152
(그림 103) 조립식 모듈형 철도시스템 통신시스템 구성(안) ·····153
(그림 104) 구축 · 수송 장비 ·····154
(그림 105) 통합관제 시스템 ·····155
(그림 106) 실시간 구조건전성 모니터링 기술 ·····155
(그림 107) 열선적용 노반형 인프라 모듈 ·····156
(그림 108) 과제별 · 연차별 총괄 추진 일정표 ·····159
(그림 109) 과제별 · 연차별 1세부과제 추진 일정표 ·····159
(그림 110) 과제별 · 연차별 2세부과제 추진 일정표 ·····160
(그림 111) 과제별 · 연차별 3세부과제 추진 일정표 ·····160
(그림 112) 조립식 모듈형 철도시스템 적용 범위 ·····163
(그림 113) 2018 평창 동계올림픽 교통인프라 계획 ·····164
(그림 114) 재난·재해로 인한 교통단절과 복구 현장 ·····166
(그림 115) 도로 단절 시 활용방안 ·····166
(그림 116) 철도 단절 시 활용방안 ·····167
(그림 117) 당산철교 단절로 인한 단절구간 셔틀버스 운행 ·····167
(그림 118) 하계 휴양지 활용방안(대천 해수욕장) ·····168
(그림 119) (좌)경포대해수욕장 (우)비발디파크 스키장 ·····169
(그림 120) 조립식 모듈형 철도시스템 구축 예시(무주리조트) ·····169
(그림 121) 2018 평창 동계올림픽 셔틀버스 운행 경로(예상) ·····174
(그림 122) 횡계IC 주변 임시주차장 활용(안) ·····175
(그림 123) 왕복형 횡계IC 임시주차장-주경기장 노선(안) ·····175
(그림 124) 순환형 횡계IC 임시주차장-주경기장 노선(안) ·····176
(그림 125) 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 계획(2018 평창 동계올림픽) ·····176
(그림 126) 녹색성장 3대전략 10대 정책과제 ·····179
(그림 127) 경제적 타당성 분석 방법론 ·····196
(그림 128) 2014 인천 아시안게임 교통 SOC 투자 계획 ·····198
(그림 129) 2014 인천 아시안게임 레고형 철도 도입 예상 노선 ·····198

(그림 130) 2015 광주 하계 유니버시아드대회 교통 SOC 투자 계획 ·····199
(그림 131) 2015 광주 하계 유니버시아드대회 레고형 철도 도입 예상 노선 ·····200
(그림 132) 2018 평창 동계올림픽 교통 SOC 투자 계획 ·····200
(그림 133) 2018 평창 동계올림픽 레고형 철도 도입 예상 노선 ·····201
(그림 134) 연구의 공간적 범위 ·····203
(그림 135) 강설로 인한 셔틀버스 운행 제한에 따른 대기행렬 ·····205
(그림 136) 강원도 평창군 주변 교통현황 ·····208
(그림 137) 알펜시아 리조트 주변 교통현황 ·····209
(그림 138) 강원도 평창군 장래 교통망 계획 ·····210
(그림 139) 알펜시아 리조트 주변 장래 교통망 계획 ·····210
(그림 140) 연구의 공간적 범위 ·····212
(그림 141) 연구대상지역 및 진입 IC ·····213
(그림 142) 평창 동계올림픽 신설도로 예정구간 ·····227

요 약 문

I. 제목

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획

II. 기획연구의 목적

○ 대규모 이벤트 개최 등 일시적 통행수요 해결을 위해 임시적으로 설치하고, 해체 후 재사용이 가능한 '조립식 모듈형 철도시스템' 기술개발 전략 수립

III. 기획연구 배경 및 필요성

○ 국제 스포츠행사, 박람회 등 대규모 이벤트 시마다 교통문제 해결을 위해 교통 SOC사업에 막대한 재원 투입

○ 행사 종료 후에는 사용성이 저하되고 또한 지속적인 유지보수비 지출로 인한 재무적 부담으로 과잉투자라는 평가를 받는 경우가 빈번히 발생

○ 이러한 문제에 대한 경제적인 대안으로서 비일상적 패턴의 집중 통행수요에 대응가능하고 노선의 유연성을 확보가 가능하도록 조립 및 철거가 간단한 새로운 개념의 교통시스템 구축기술 확보 필요

○ '조립식 모듈형 철도(교통)시스템' 구현으로 정부 및 지자체의 재정부담 줄임과 동시에 교통혼잡으로 인한 민원 해소

IV. 기획연구의 내용 및 범위

○ 연구목표의 구체화 및 정량화

○ 핵심기술 도출 및 세부과제별 연구내용 수립

○ 과제별/연차별 연구내용 및 목표제시

○ 연구성과 달성 기준 및 측정 방안 마련

○ 연구성과 활용방안 및 기대효과 분석

V. 기획과제의 결과

○ 국내외 정책동향 및 환경분석, 기술동향 분석을 통해 기술개발 범위 제시

※ 해당 시스템의 설치·해체·수송·보관·재사용의 cycle에서의 활용성, 경제성을 만족하면서 충분한 수송용량 확보를 위해 경박단소한 시스템(상부하중 5톤 이하)으로 제시

○ 타당성 확보가 가능한 기술개발로서 총 3개의 세부과제 도출

- 1세부: 조립식 모듈형 인프라 및 운송수단 기술 개발
  - 대규모 토공·노반 공사 없이 다양한 지형·지반 조건을 극복하기 위한 조립식 모듈형 인프라 기술개발
  - 다양한 수요에 유연하게 대처 가능한 수송수단 기술 개발
- 2세부: 조립식 모듈형 철도(교통)시스템 통합관리 및 안전성 향상 기술 개발
  - 시스템 운영 및 유지관리 기술 개발
  - 임시설치형 시스템의 신뢰성 제고를 위한 안전성 향상 기술개발
- 3세부: 조립식 모듈형 철도(교통)시스템 실용화 방안 연구
  - 노선계획 기법 및 사업화를 위한 법·제도 개발
  - 테스트베드 구축을 통한 신뢰성 평가 및 시범사업

VI. 기대효과

○ 사회적 기대효과

- 정부·지자체가 유치하는 대규모 행사 시 원할한 교통수요 처리로 이용객들의 통행 편의성 제공 및 성공적 행사 진행에 기여
- 비일상적 교통상황이 예측될 시 신속하게 대응하며, 자동차 이용자로부터 대중교통으로 수단전환을 유도하여 도로의 교통 혼잡 완화
- 탄소에너지를 사용하지 않는 친환경 교통수단으로서 셔틀버스를 대체하여 환경적 악영향 감소
- 재해·재난으로 인한 통행로 단절 시 신속한 우회로 구축으로 혼잡완화 및 고립지역 해소

- 해외의 재해복구, 전후복구 등에 국가적 원조로 시스템을 지원하여 국제사회 기여

○ 경제적 기대효과

- 일시적 수요를 위한 대대적 교통사업을 줄여 정부·지자체의 예산 절감 기여
  ※ 2차선 국도건설(91억원/km) 대비 저렴한 구축비(약 79억/km, 시스템 제작비 포함)
- 사후 통행수요 저하로 미미한 경제적 편익에 비해 지속적으로 발생하는 유지보수비 절감 가능
  ※ 미미한 경제적 편익에 비해 도로 유지보수비(매년 62백만원/km, 국도 2차선 기준)는 향후 30년 동안 지속적으로 발생
- 조립식 모듈형 철도시스템은 재사용 시 약 8억 정도의 설치·해체·수송 비용만으로 2차선 국도 수준의 수송용량 제공

○ 기술적 기대효과

- 세계 최초로 조립식으로 구축하고 이동, 재사용이 가능한 철도(교통)시스템 패키지 개발
- 차량기술, 가설교량 기술, 열차운용기술 등 기존 개발기술의 활용성 확대로 기술고도화 및 융복합을 통한 새로운 가치창출로 창조경제 발전에 기여

1. 기술개발 필요성 및 정의

가. 기술개발 배경 및 필요성

나. ‘조립식 모듈형 철도시스템’ 기술의 정의

1. 기술의 정의 및 필요성

가. 기술개발 배경 및 필요성

(1) 기술개발 배경

(가) 일시적 통행수요에 대한 비효율적 교통SOC 투자

○ 근래 들어 우리나라의 경제성장과 국위격상에 따라 국제 스포츠 행사, 국제회의, 박람회 등 주요 대형 이벤트가 빈번히 개최되고 있음

- 최근 개최된 주요 이벤트로는 대구 국제마라톤대회(2011), 여수 세계박람회(2012), 영암 F-1 코리아 그랑프리(2010~2013) 등이 있으며, 가까운 장래에는 인천 아시안게임(2014), 광주 하계유니버시아드대회(2015), 평창 동계올림픽(2018), 광주 세계수영선수권 대회(2019) 등이 확정되어 있음

- 이러한 대형 이벤트 개최는 국가 이미지를 제고하고 이를 통해 수출증진과 같은 경제적 파급효과와 지역 부흥을 위한 중요한 계기로 인식되고 있음

○ 한편, 대형 행사 시 마다 집중되는 인파로 인해 고질적 교통문제가 발생하고 있으며, 이에 따라 성공적 행사를 위해 교통문제 해결이 필요불가결한 요소가 되고 있음

- 대표적 교통문제로는 행사장 접근로의 심각한 정체, 통행시간 및 환승대기시간 증가, 참가자·관람객 및 인근 주민의 통행불편 야기, 교통사고 발생, 빈번한 지·정체 및 대형 셔틀버스 운행으로 인한 대기오염물질 및 소음 배출 등을 들 수 있음



(그림 1) 대형 행사장의 교통혼잡과 대기행렬

○ 정부와 해당 지자체에서는 국가적 행사, 외국인 손님맞이라는 명분하에 막대한 재원을 투입하여 경기시설 뿐만 아니라, 도로 · 철도와 같은 교통시설 건설을 대대적으로 추진하고 있음

- 일부 사업은 지역의 숙원사업으로서 행사를 계기로 조기 착수되어 지역경제 발전의 초석이 되는 경우도 있으나, 많은 사업들이 장기적 계획과 무관하게 집중적으로 이루어져 사후에 과잉투자라는 평가를 받고 있는 실정임

<표 1> 대표적 주요행사 교통 SOC 투자내용

행사명	교통대책		사업비(억원)
2012 여수 국제엑스포 (실적)	고속도로	전주~광양	21,974
		목포~광양	22,797
	국도	여수~순천1,2	2,750
		우두~덕양	6,412
	산단도로	여수산단 진입도로	10,637
		여수산단(낙포~호명)	316
	합계		64,886
2018 평창 동계올림픽 (계획)	고속도로	제2영동	3,483
		동홍천~양양(동서)	12,392
		올림픽IC 신설	178
	국도	국도6호선, 59호선	4,111
		국도6호선	4,138
	철도	원주~강릉 복선전철	39,411
		인천공항~평창 철도연계	22,987
	합계		86,700

자료 : 국토교통부, 2012여수세계박람회 조직위원회

○ 한편, 이와 같이 일시적 수요를 위한 교통 SOC 건설은 용도 종료 후 통행수요 부족과 운영악화로 인한 재무적 위험부담을 안고 있음

- 도로는 건설 후에도 지속적인 유지보수 비용이 소모되며, 철도의 경우 차량 운영비와 운영인력까지 포함되어 수요가 저하될 경우 재무성이 더욱 크게 악화될 소지가 있으며 특히 평시 수요가 부족한 노선은 행사 이후에도 수요가 크게 증가하지 않음

- 지자체들이 대부분 재정자립도가 낮아 막대한 초기투자비와 사후 발생비

용을 감당하기 어려운 실정으로, 종래에는 정부에게 재정적 지원에 의존하게 되어 정부와 지자체 간 갈등이 야기되고 있음

○ 과거 올림픽 등 대형 스포츠 행사를 개최하였던 많은 국가들이 경기장, 도로, 숙박시설과 같은 기반사업에 집중적으로 투자하였다가, 행사후의 막대한 부채와 사후 유휴시설로 남게 되는 경기시설, 투자과열로 인한 경기침체 등 부작용을(Post-Olympic Economic Depression)을 겪고 있는 실정임

- 1984년 LA 올림픽부터 2004년 아테네 올림픽까지 6차례의 올림픽 개최국들 중에 1996년 애틀란타 올림픽을 제외한 모든 지역에서 성장둔화와 자산 가격 급락과 같은 후유증을 겪은 바 있음

- LA는 올림픽 이후 GDP 증가율이 7.2%에서 4.1%로 떨어졌고 아테네 올림픽은 그리스의 재정위기의 원인 중 하나로 거론되고 있으며, 중국은 2008년 베이징 올림픽 이후 증시와 부동산 가격이 폭락하였음

- 1998년 개최된 나가노 동계올림픽은 적자 올림픽의 대표적 사례로서, 경기시설과 운영시설, 대회운영비 등 직접 관련 사업비로 7조 4,607억원, 신간선과 고속도로, 마차모토 공항 등 교통시설 사업비로 29조 8,870억원을 지출하였는데, 올림픽 개최 직후 경제 침체로 현재까지 부채에 시달리고 있음

<표 2> 나가노 동계올림픽의 효과

구분	현상	결과
사전 기대효과	개최준비를 위한 대형투자 진행(도로망 확충, 경기 및 운영시설 건설 등)	국가 경제 및 지역 발전 기여
	생활, 산업 등 관련 도시기반 정비	지역환경 개선 및 시민 생활 편리성 향상
	인프라 정비에 따른 도시기능 고도화	외부지역으로부터의 기업유치 확대 및 나가노시 거점성 제고
사후 평가	경제 및 지역활성화 효과가 개최도시 지역내로 국한	주변 도시간 연계 프로그램 및 계획 등 미흡으로 시너지 효과 미약
	올림픽 개최 후 건설투자 급감	건설산업 침체에 따른 나가노 현 경제성장 둔화
	나가노시의 상당한 올림픽 운영시설 건설비용 부담	재정지출 확대로 올림픽 이후 차입금 상환 부담 급증에 따른 재정압박

– 가장 최근에 개최된 영국은 다양한 예산절감 노력에도 불구하고 계획보다 4배 가까운 비용이 초과되었고, 이로 인해 런던시민들은 추가적인 주민세(올림픽세, 1인당 20파운드)를 부담하고 있음

<표 3> 각국 올림픽 대회 사후 재무 상황

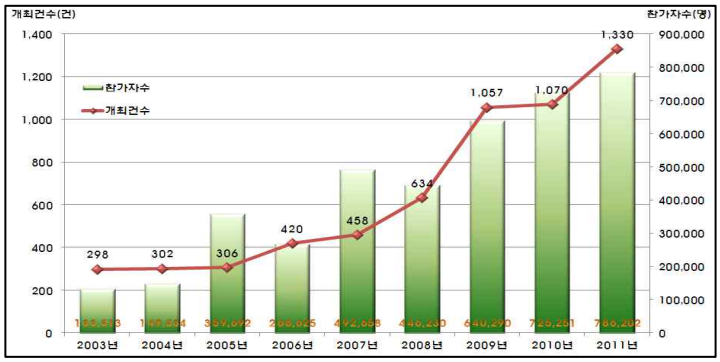
개최지	올림픽 전후 경제성장률(%)			비고
	1년 전	당시	1년 후	
서울 (1988)	12.3	11.7	6.8	9천억원 적자
바르셀로나 (1992)	2.5	0.9	−1.3	61억달러 적자
애틀란타 (1996)	2.5	3.1	4.5	소폭 흑자
시드니 (2000)	4.1	3.1	2.6	소폭 적자
아테네 (2004)	5.9	4.4	2.3	360억유로 적자
베이징 (2008)	14.2	9.6	9.2	4억달러 적자
런던 (2012)	−0.4	0.5	−0.2	예상 지출비용 하회

※ 국제통화기금 자료(한국경제, 2013.08.12.)

○ 대규모 국제 이벤트 외에도, 국민들의 소비수준 향상으로 여가활동이 증가하면서 최근 각 지자체에서는 지방경제 활성화를 목적으로 다양한 지역축제를 개최하고 있는데, 이 또한 상당한 일시적 교통혼잡이 발생됨

– 최근 연간 800~1,000건의 크고 작은 지방축제는 대부분 3일~15일 단위로 개최되고 있는데, 지방에서 개최되는 지역축제에는 대중교통을 통한 접근성과 연계수단이 부족해 개인승용차 이용률이 매우 높음

– 승용차 혼잡완화를 위해 방문자들을 대중교통으로 유도하면서 행사장까지 편리하고 경제적인 접근수단을 제공하는 방안이 바람직하지만 지자체의 여력이 부족하여 참가자들의 불편이 방치되고 있는 실정임

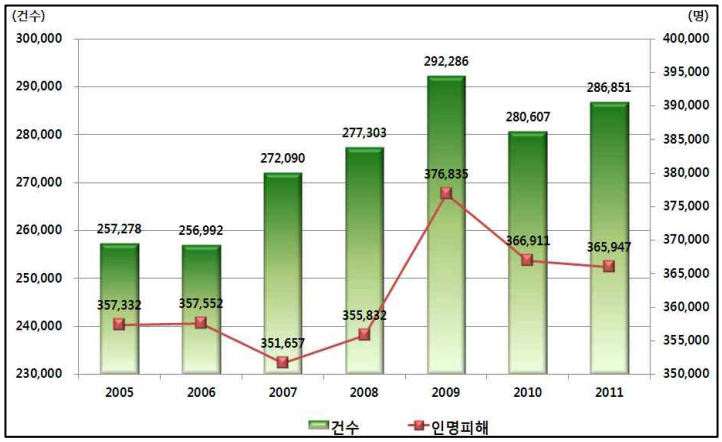


(그림 2) 국내 국제회의 개최 건수

(나) 재난 · 재해로 인한 교통 단절

○ 근래 들어 지구온난화와 기후변화에 따른 자연재해 발생 빈도가 증가하면서 도로, 철도, 교량 등의 침수 및 유실로 인하여 통행이 단절되는 상황이 매년 발생함

- 2011년 발생 건수는 총 268,851건으로 3,659억 원의 재산피해가 발생하였으며 피해는 매년 증가하고 있는 추세임



(그림 3) 재난 발생 건수 및 인명피해

○ 재해로 인한 교통시스템 기능상실 현상은 비록 짧은 구간의 단절(missing link)에도 통행이 제한되어 심각한 교통 혼잡을 초래하고 큰 불편을 야기함

- 여름철 폭우로 인한 도로침수, 사면붕괴, 도로침하 등으로 인한 통행 제한이 가장 빈도가 높으며, 대부분 정상적인 통행까지 1일 이내, 긴 경우 5일 정도의 복구시간이 소요됨

- 각 지자체, 방재기관에서는 피해 최소화를 위해 다양한 대책을 수립하지만 훼손이 심각하거나, 악천후가 지속적일 경우 또는 복구를 위한 접근이 어려울 경우 장시간이 소요됨

○ 특히, 유실된 도로나 철도를 복구하기까지는 상당한 시간이 소요되며, 고립지역이 발생할 경우 복구인력 및 구호물자 반입이 어려워 심각한 상황을 초래할 수 있음

- 현재 지자체, 시설관리 기관 등에서 보유하고 있는 인력 · 장비 · 자재의 부족으로 신속한 투입 시기를 놓치는 경우가 많음

– 상황이 심각할 경우 임시의 가설교량을 설치 또는 우회도로를 건설하며, 군병력이 동원되기도 하나, 이 또한 신속한 대응은 불가능함



(그림 4) 침수(서울) 및 교량침하(여주)로 인한 교통단절



(그림 5) 화재로 인한 도로 통제(서울외곽순환도로 중동IC)

(2) 기술개발 필요성

○ 이벤트, 재난재해 등 특별한 사유로 인해 기존 교통시설의 용량을 초과하게 되어 발생하는 일시적, 비반복적 혼잡에 대해 기술적으로 해결할 수 있는 방안이 필요함

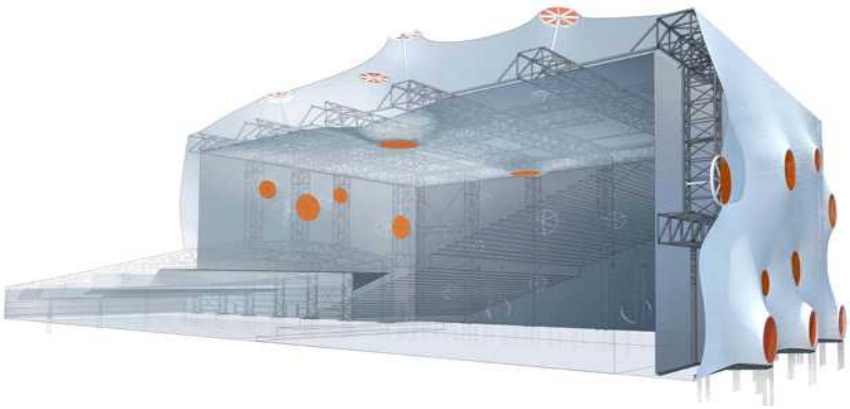
– 막대한 재원을 투자해 영구적인 교통시설을 구축함으로서 해결하는 방식에서 벗어나, 필요에 따라 일시적으로 활용하여 비용효율적 대안이 될 수 있는 철도(교통)시스템을 개발하고자 함

– 이를 통해 지방경제 발전을 기대하며 건설한 교통시설이 오히려 지자체의 재정난을 초래하고, 이 부담이 결국에는 정부에 의존하게 되는 악순환을 저감하고자 함

○ 최근 들어 대형 이벤트 유치 시, 종료 후 활용방안까지 고려한 비용효율적인 방법을 통해 환경을 보호하면서 지속가능한 투자대책을 마련하고 있음

- 런던은 2012년 하계 올림픽을 유치하면서 최소한의 인프라 투자를 지향하면서 일부 경기장을 영구적으로 건설하는 대신 올림픽 이후 철거하거나 축소를 할 수 있는 조립식/모듈형 건물을 적극 활용하여 비용절감을 도모하였음

※ 런던 올림픽의 바스켓볼 경기장은 조립과 해체, 재사용이 용이하도록 설계되었는데, 올림픽 종료 후 2016년 차기 올림픽 예정지인 리우데자네이루에 판매되어 재사용하도록 추진 중임



(그림 6) 2012년 런던 올림픽 조립식 건물 구조도

- 국내에서도 2012년 여수국제박람회 시설구축 시 국제관 B동, 행사요원을 위한 일부 시설(조립 테이너) 등 행사 종료 후 철거가 가능한 조립 건물을 사용하였음

※ 일부 임시건물은 평창 동계올림픽에 활용하도록 이전 설치를 검토한 바 있음



(그림 7) 여수국제박람회 조립식 건물

– 건축부문에서 비용절감을 위해 널리 사용되고 있는 조립식 개념을 교통시스템에 적용하여, 일시적 수요에 임시적으로 사용하고 이후 타 지역으로 이전 재사용이 가능한 조립식 철도(교통)시스템이 구상되었고 이를 실현하기 위한 기술개발이 필요함

○ 대규모 행사 시 교통시설 건설과 병행해 수요관리(Demand Management) 차원에서 별도의 교통운영센터를 운영하거나 존 단위의 통행관리 대책(개인승용차 진입금지 등)을 수립하고, 외부 주차장, 터미널, 철도역으로부터의 접근수단으로서 셔틀버스를 운행하고 있는데 이로 인한 문제점이 지적되고 있음

– 셔틀버스 운행의 가장 큰 문제점은 기존도로 용량 잠식으로 일상통행 차량과 혼재될 시 인한 혼잡 가중을 야기하며, 일부 기존도로 구간의 용량이 부족한 경우나 접근로가 없는 경우 새로운 도로를 건설하거나 시설개량 공사가 필요함

– 주로 관광버스를 임대하여 활용하는 셔틀버스는 승하차시간이 길어 순환율이 저하되고(수송용량 저하), 1일 단위로 임대하게 되어 첨두시간/비첨두시간 간 유연하게 활용할 수 없다는 단점이 있음

– 이 외에도 셔틀버스 운행으로 인한 소음발생, 대기오염 물질 배출 및 인근 주민들의 민원발생, 관광버스 운전자의 서비스 전문성 미비 등 다양한 문제점을 내포하고 있음

– 조립식 모듈형 철도시스템을 환경파괴가 적고 친환경적인 에너지 사용, 효율적 차량운영으로 이용자 편의를 제고하고 나아가 환경적 이득을 취하고자 함

○ 재난 · 재해로 장기간의 통행로 단절 발생 시 통행이 제한되는 경로에 신속히 임시적 교통 시스템 투입으로 우회로 구축이 가능함

– 현재 서울시 및 각 지방청에서 비축하고 있는 비상용 조립식 가교는 과거 군사 목적으로 활용하던 구형 장비로서, 무거운 중량과 설치의 난이도, 숙련된 인력의 부족, 신속한 장비 수급 어려움 등으로 활발히 활용되고 있지 못한

실정임

- 수송, 보관이 용이하며 적은 인력과 장비로 신속하게 설치가능한 임시설치형 교통인프라 기술이 요구됨

○ 위와 같이, 비일상적 패턴의 집중 통행수요 및 응급상황에 대응가능하고 노선의 유연성을 확보가 가능하도록 조립 및 철거가 간단한 조립식 모듈형 철도인프라 기술 확보가 필요함

- 본 시스템은 수요처에서 필요한 모듈을 현장에서 조합하여 기능을 발휘할 수 있도록 시스템을 구성하는 방식을 통해 다양한 목적에 활용될 수 있도록 개발되어야 함

※ 기존 교통시스템(특히 대중교통)과 연계를 위해서는 모듈식 인프라와 호환성을 가진 여객수송 용도의 차량 운행을 전제로 하되, 필요에 따라 일부 모듈(주행로 등)만 활용가능 하도록 개발

※ 예를 들면, 도로의 우회로 확보 목적을 위해 주행로 모듈만 조립하여 일반 차량의 운행이 가능한지 검토 필요

○ 결론적으로, 본 기획연구는 정부 및 지자체의 예산절감과 이용자의 편의성 향상에 기여하고 새로운 개념의 교통서비스 창출과 기술 확보를 목적으로 ‘조립식 모듈형 철도시스템’ 이라는 새로운 국토교통 기술을 정의하고, 대규모 국가연구개발 예산이 투입되는 본 사업의 추진에 앞서, 사전에 연구개발 방향 및 내용 설정, 사전타당성 분석, 그리고 세부추진전략과 실행방안 수립을 통해 본 사업 예산투입의 효율성과 성공가능성을 제고하고자 함

나. ‘조립식 모듈형 철도시스템’ 기술의 정의

(1) 기술의 정의

○ ‘조립식 모듈형 철도시스템(일명 레고형철도)’는 노반·토공 조성을 최소화하고, 조립·해체 및 재사용이 가능한 임시적 철도(교통)시스템으로서 여객수송을 전제로 제시함

○ 기본적인 개념은 (그림 8)과 같이 레고(Lego) 블럭과 같이 인프라 모듈(주행로), 차량 모듈, 승강장 모듈, 조명모듈, 안전장치 모듈 등 각각의 기능을 가진 모듈이 조합하여 하나의 철도(교통)시스템을 구성함에 있음



(그림 8) 조립식 모듈형 철도시스템 개념도

○ 조립식 모듈형 시스템은 전용주행로 상을 운행하고 기존 철도와 유사한 신호 및 통신방식을 적용하며, 또한 다양한 통행수요에 대응 가능하도록 모듈단위의 차량이 필요한 만큼 자유롭게 연결운행이 가능하다는 점에서 철도시스템의 개념의 차용함

○ 조립식 인프라 모듈은 단위 모듈을 연속으로 조립하여 하나의 주행로를 구성하되 다양한 지반·지형 조건을 극복하기 위해 특정 구간에 적합한 모듈이 상호 호환되어 연결하고, 차량 또한 수요처의 활용 목적에 따라 다양하게 활용 가능하도록 구성함

※ 본 시스템은 여객수송 뿐만 아니라 활용용도에 따라 임시적으로 설치하여 물자수송으로 이용할 수 있음

○ 승강장, 플랫폼, 운영센터 등은 기존의 가설건물과 유사한 개념으로 조립식 부재를 사용하여 설치 가능하고, 이 외에도 교통시스템 운영에 필요한 신호, 통신, 급전, 조명, 안전시설 등도 모듈화하여 필요에 따라 용이하게 탈부착이 가능함

○ 임시적 구조물로서 안전확보가 매우 중요한 바, 인프라의 안전성 모니터링, 이용자의 안전확보 및 비상 시 대피 장치도 모듈화하여 구성하며, 특히 악천후나 외부 충격에 대비가능한 장치도 포함하여 하나의 교통시스템 팩키지를 완성함

○ 영구적 인프라 시스템과 상이하게 본 시스템은 사용 후 수송과 보관을 위한 기술 또한 중요하므로 시스템 설계 시 이에 대한 프로세스 검토와 관련 기술을 제시해야 함

○ 한편, 조립식 모듈형 철도시스템은 그 규모면에서 다양한 구상이 가능한데, 본 기획연구에서는 그 규모를 상부하중, 즉 적정한 차량의 제원(하중)을 우선 설정하고 인프라 및 기타 모듈의 기술적 요구조건 분석을 통해 가장 타당한(feasible)한 규모의 모듈형 철도시스템을 제시하고자 함

- 차량은 가장 소형의 철도차량인 PRT 규모의 차량에서부터, 현재 기술개발이 진행되고 있는 경전철까지를 고려하였음

- 기존 일반철도차량(설계표준하중 L-22)의 경우, 철도궤도, 노반 등 기존 철도하중의 지지를 위해 무겁고 비대한 하부모듈이 필요하며, 이러한 모듈의 고정하중(자중)을 비롯하여, 설치, 운반, 철거 및 재활용체계 수립에 매우 어렵고 경제성 확보가 불가능할 것으로 판단되어 대상차량에서 제외함

- 적정 차량규모 설정을 위해 PRT보다는 수송용량이 크고 경전철보다는 하중이 작은 GRT(Group Rapid Transit)규모의 가상의 차량을 상정하여 분석에 포함하였음

<표 4> 레고형 철도 차량 대안별 제원 비교

규모	소형	중소형	중형	중형	중대형
차량	PRT	GRT	바이모달	K-AGT	무가선트램
재차인원 (좌석+입석)	4 (4+0)	15 (10+5)	45 (15+30)	100 (14+86)	118 (31+87)
수송용량 (명/시간/방향)	480	900	1,350	2,000	2,360
예상시격(분)	0.5	1	2	3	3
차량 사이즈 (mm)	3,650 × 1,400	5,500 × 1,850	9,000 × 2,500	9,140 × 2,400	14,500 × 2,450
설계속도 (km/h)	70	60	80	70	70
운행최고속도 (km/h)	60	50	60	60	60
최대구배(‰)	100	200	120	58	60
만차중량(톤)	1.2	3.8	13.0	17.7	27.8
공차중량(톤)	0.8	1.8	9.3	11.5	21.5
상부분포하중 (톤/m)	0.33	0.69	1.44	1.93	1.92
축중(톤)	0.6	2.0	10	9.5	9.9
개발단계	기술개발	*	시범운영	상용화	시범운영

- <표 4>에서 하부구조물, 즉 인프라 모듈의 제원을 결정하기 위한 각 차량별의 하중조건과 수송용량을 아래의 전제조건을 두고 비교하였음

· 바이모달과 K-AGT, 무가선트램의 차량시스템은 1편성이 2량으로 구성되나, 타 차량과의 비교를 위해 1량 당 계산하였음

· 예상시격은 차량의 승하차조건, 가감속도 등을 고려하여 가정

· GRT의 제원은 기존 상용화되어 있는 도로주행용 소형전기차량(LEV, Light Electric Vehicle)의 제원을 근거로 설정



PRT(순천만)



GRT(미국 Morgan Town)



K-AGT(부산시)



바이아모달트램(세종시)



무가선트램

(그림 9) 조립식 모듈형 철도시스템 차량 검토 대안

- 레고형 철도의 요건으로서 설치, 해체, 수송, 보관 단계에서의 경제성 확보를 위해서는 소형·경량의 차량이 유리한 반면, 한편 집중통행수요를 해결하기 위해서는 수송용량이 큰 차량이 유리함

- 소형의 차량일 경우 작은 시격으로 군집운행을 하거나 복수의 차량을 연결하여 운영될 시, 일정수준의 수송용량 확보가 가능함

- 레고형 철도가 다양한 목적으로 활용되기 위해서는 다양한 차량의 운행이 가능하도록 개발됨이 유리함

  ※ 철도차량이 전용으로 주행할 수도 있으며, 응급복구 상황 시에는 인프라 모듈을 조립하여 일반 승용차를 대상으로 우회로로 활용 가능

- 각 차량별로 수송용량, 활용면, 기술적 난이도, 경제성을 비교한 <표 0>을 고려할 때, 경제성과 적정한 수송용량 확보가 가능하면서도 통행로 단절 등과 같은 비상 시 일정 수준의 차량통행이 가능한 GRT 규모 이하의 시스템이 가장 타당성(feasible)이 높다고 판단됨

- 따라서 본 기획연구에서는 분석의 목표설정을 위해 상부하중 5톤(탑승율

200%)을 주요 기준으로 설정하고 모듈형 인프라 및 기타 제반 시스템의 제원을 검토하였음

※ 이와는 별도의 특장점을 가진 경전철 규모의 조립식 모듈형 철도시스템은 경제성 확보가 가능할 경우 본 기획연구의 검토한 시스템의 개념을 차용하여 개발이 가능할 것임

<표 5> 레고형 철도 차량 대안 비교

		PRT	GRT	기존 경전철
연결운행 시 수송용량 (명/시간/방향)		2,880 (6량 편성)	3,600 (4량 편성)	2,790~4,700 (2량 편성)
활용성	철도	PRT 차량	PRT 차량 GRT 차량	PRT 차량 GRT 차량 축중 10톤 이하 경전철
	도로	1톤 미만 경차, LEV, 이륜차, 자전거, 보행	5톤 미만 모든 차량과 보행	모든 도로 차량* (일부 특수차량 제외)
기술적 난이도		난이도 낮음 (신규차량 제작, 소형차량 연결운행 기술 등)	난이도 낮음 (신규차량 제작, 소형차량 연결운행 기술 등)	난이도 높음 (대형중량 구조물 취급기술_설치, 해체, 수송, 보관, 임시설치 가능한 기초공법 등)
경제성		경제성 높음	경제성 다소 높음 (비용이 PRT 규모의 약 1.7배)	경제성 낮음 (비용이 PRT 규모의 약 7~10배)

* 일반도로의 축중 제한 10톤

다. 기획연구 내용 및 중점검토사항

(가) 기획보고서 내용

○ 본 기획보고서의 주요 내용은 다음과 같음

- 국내외 관련정책 및 시장, 기술현황 등 기술개발 동향 및 환경 분석
- 기술수요 조사 및 기술예측 조사 분석
- 목표 설정 및 핵심기술 정의, 세부과제 및 성과목표 도출

- 정책적, 기술적, 경제적 타당성 분석, SWOT 분석
- 본사업 RFP 작성 및 RFP 평가기준 설정 등

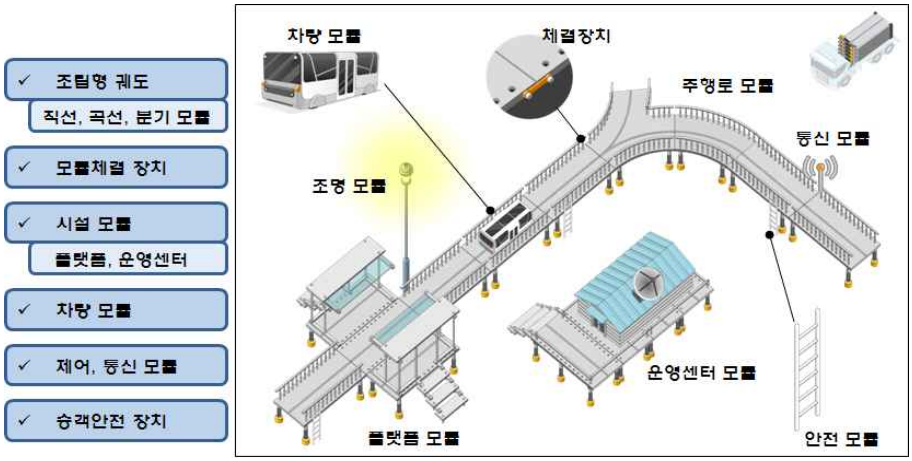
(나) 기획연구 중점 기술 검토 사항

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 가장 핵심기술인 조립식 모듈형 인프라의 기술적 타당성 검토를 위해 다음과 같은 사항을 검토

- 농지, 임야, 하천, 도로, 연약지반 등 다양한 지형·지반 조건에 노반·토공 공사를 최소화하여 신속하게 구축하고 해체 후 토지의 원상복구가 가능한 모듈형 인프라
- 이를 위해 평탄하고 단단한 지형에 적용하기 위한 노반형 모듈과 굴곡지형에 적용하기 위한 입체형 모듈 및 연약지반 대응형 모듈 등 다양한 형태로 검토하고 각 모듈이 상호 연계되기 위한 체결 기술 검토
- 노선의 유연성을 확보하기 위해 분기 및 곡선 구현 방안 검토
- 승강장, 전력시설, 통신시설, 조명시설, 승객 안내시설, 운영센터 등 교통시스템에 요구되는 제반 시설들도 모듈화하여 구성하도록 검토

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 기본적인 운영에 필요한 조건은 수송능력, 안전성, 정시성, 수요에 유연한 대응, 대기시간 감소 등을 충족하기 위한 차량 개념 정립

- 조립식 모듈형 철도시스템 차량은 인프라의 가이드를 따라 주행하고 수요에 유연한 대응을 위하여 차량 간 연결이 가능한 소형·경량의 철도차량 검토(만차하중 5톤 이내)
- 새로운 기술개발 보다는 기존 요소기술을 최대한 활용하는 방안을 지향하여 차량의 활용도를 높이고 비용을 절감하는 방안으로 검토
- 그 외, 재차인원, 하중, 설계속도, 등판능력, 회전반경, 제어방식(유인/무인), 조향방식(추종/비추종), 전력 및 통신 방식, 연결 방식 및 연결 시 통합제어 방식, 차량 설비(공조장치, 좌석, 도어, 차체디자인 등) 등 검토



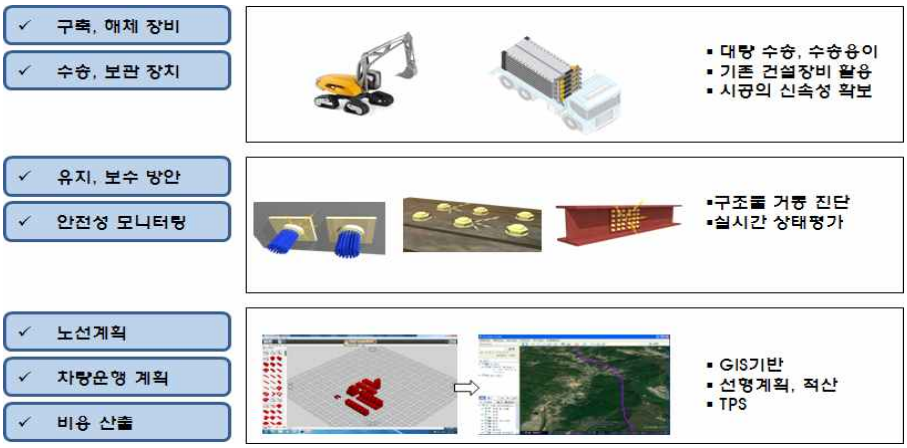
(그림 10) 조립식 모듈형 철도시스템 인프라, 차량 기술개발 연구내용

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 신속한 구축 및 해체, 효율적 운영·관리를 위하여 구축, 해체, 보관, 수송에 요구되는 기술, 안전성 향상 기술, 그리고 임시설치형 교통시스템의 합리적인 노선선정을 위한 계획기법 검토

– 기존 영구적 인프라의 하중조건과 상이한 모듈식 하중에 적합한 간이 지반분석 및 연약지반 급속 강화 공법 검토

– 설치·해체 프로세스, 소요인력 및 소요 장비, 소요 기간, 모듈의 적재 및 운반 방안(적재 방식, 수송수단, 운송 방식 등) 검토

– 본 시스템은 안전성 확보가 큰 중점사항으로 일련의 운용 프로세스(설치–운영–해체–수송–보관) 중 안전성 모니터링 및 상태검지 방안, 자재 이력관리 방안 등 검토



(그림 11) 조립식 모듈형 철도시스템 운용 및 안정성 향상 기술개발 연구내용

2. 국내·외 동향 및 환경 분석

가. 국내·외 정책동향

나. 국내·외 시장현황 및 전망

다. 기술동향분석

라. 유사과제 분석

마. 연구개발 인프라 분석

바. SWOT 분석

사. 종합분석

2. 국내·외 동향 및 환경 분석

가. 국내·외 정책 동향

(1) 국내 정책 현황

(가) 이벤트 시 교통 대책 현황

○ 국내에서 규정하고 있는 대규모 행사의 유형[1]은 국제 행사(예: 2012 여수국제박람회, 2018 평창 동계올림픽 등), 도심부 대규모 행사(예: 서울 핵 안보 정상회의, 부산 불꽃축제 등), 지방부 대규모행사(예: 보령 머드축제 등 지역축제)로 크게 3가지로 구분할 수 있음

– 국제 행사의 경우 국가교통체계효율화법 및 해당 사업 특별법에 의거하여 별도의 교통처리대책 방안을 수립하여 신규 교통사업 추진, 행사 중 집중적으로 교통소통대책, 대중교통대책, 접근관리대책, 교통정보 수집 및 제공방안, 주차장 확보계획 등을 수립함

<표 6> 국내 특별법 적용 사례

특별법 시행령(안)	관련법안 인용내역	적용 사례
대테러 안전 대책 등	지원 특별법 시행령 제3조	– 2012 여수세계박람회 – 2018 평창동계올림픽
기금의 관리 및 운용 등	지원법 시행령 제3조	– 2011 대구세계육상선수권대회 – 2014 인천아시아경기대회 – 2014 인천장애인아시아경기대회 – 2015 광주하계유니버시아드 대회 – 2018 평창동계올림픽
수익사업 및 다른 기관에 대한 자금 교부	지원법 시행령 제4조, 제5조	
체육진흥투표권의 증량 발행	지원법 시행령 제6조	
수수료 등	지원법 시행령 제7조	
대회지원위원회의 운영 등	지원법 시행령 제8조, 제9조, 제10조	
대회지원실무위원회의 구성 운영 및 위원회의 운영에 필요한 사항	지원법 시행령 제8조, 제9조, 제10조	
사업계획의 수립 기준 및 사업계획의 고시	지원법 시행령 제11조, 제12조	
대회관련시설에 대한 지원 등	지원법 시행령 제13조 일부	

1) 안우영(2013), 대규모 행사 대비 교통처리대책 수립 제도 도입 방안 연구

- 지역에서 개최되는 국제 행사의 경우 행사장 주변 및 행사장 내의 교통접근체계 부족, 행사장 주변의 교통체증 발생 등 행사장 인근의 교통문제로 인한 민원이 주로 발생하고 있음

- 도심부 대규모 행사의 경우 대부분 기존 교통시설을 활용하며 교통처리대책으로서 교통통제, 교통우회 안내, 홍보 및 안전 관리, 교통수요관리 차원에서 접근함

- 지역축제의 경우 대부분이 대규모의 교통처리계획을 수립하지 않고 있으며 관람객 추정 자료도 근거가 미비하여 행사개최로 인한 교통처리대책에 무방비한 상태임

- 이와 같이 대부분의 행사는 교통처리계획을 수립하였다 하더라도 행사장 교통안내 표지, 주차장 확보 및 셔틀버스 운영방안 정도에 국한되고 있는 실정이며, 이마저도 과학적인 분석 방법에 의한 계획이 아닌 경험적 기준에 의해 운영되고 있음

○ 대규모 행사 개최 이후 지자체의 재무적 위험을 방지하고자 국제 스포츠행사 개최 시 문화체육관광부에 스포츠 개최에 관한 타당성 조사보고서를 제출하고 심사를 받는 과정을 거쳐야 함

- 하지만 정치적 논리와 명분에 치우치는 경우가 많아 지자체들이 경제성이 떨어지는 각종 국제 스포츠대회를 계속해서 유치하고 있으며, 실제 상당 수 총 사업비가 타당성 조사보고서 심사 통과 이후 증가하고 있음

※ 2011년 감사원의 '지자체 국제 행사 감사 결과' 보고서에 따르면 2008~2010년 지자체가 주최한 국제 행사 28개 중 22개의 사업비가 심의를 받을 당시보다 증가하였음

- 국내에서 개최되었던 대표적인 국제적 스포츠 행사인 2002년 한·일 월드컵을 위해 신축한 10개 경기장 중 수입 대비 유지비를 계상하여 매년 적자를 기록하고 있는 경기장은 6개에 이르며 최근 4년 동안 28억원~63

억원의 누적 적자를 기록하고 있음

- 2010년~2016년까지 F-1코리아 그랑프리를 개최하고 있는 전라남도는 현재 누적 적자 1,731억원으로 당초 2,860억원이던 예산이 5,175억원으로 급증하여 재정자립도가 전국에서 가장 낮은 수준의 전라남도(13.5%, 2011년 기준)로써는 감당하기 쉽지 않은 수준이며, 2018년 평창 동계올림픽을 개최하는 강원도는 원주~강릉 철도건설사업, 알펜시아 리조트 건설 등으로 인하여 강원도개발공사의 부채는 2007년 3,525억원에서 2012년 8,426억원으로 급증하고 있는 실정임

○ 최근 정부에서는 특별법을 근거로 예비타당성조사를 면제하고 기반시설 건설에 과잉투자가 이루어지는 문제점을 인식하고, 앞으로 국제 스포츠 행사를 유치하는 지방자치단체에 대해서는 예비타당성 조사와 재정 영향 평가를 의무적으로 받도록 하여 시설투자를 최소화할 방침임(2013.7)

<표 7> 장래 개최 예정인 국제 스포츠 대회 사업비

구분	사업비용(억원)	예비타당성 면제 사업
2013 충주 세계조정선수권대회	993	-
2014 인천 아시안게임	22,905	서구주경기장 건설 (5,288억원)
2015 경북 문경 세계군인체육대회	538	-
2015 광주 하계유니버시아드 대회	8,171	다목적체육관 건설 (1,118억원)
전남 F-1 국제 자동차 경주대회	10,228	자동차주경기장 건설 (4,270억원)
2018 평창 동계올림픽	89,491	원주~강릉철도건설 (3조9,411억원)
2019 광주 세계수영선수권대회	1,000	-

자료 : 국회예산정책처

(나) 재난 · 재해 시 교통시설 긴급 복구 대책

○ 교통시설부문에서의 재난 · 재해의 유형은 주로 절토비탈면 붕괴, 교량 공사 중 가설시설 붕괴, 과적으로 인한 노후교량 붕괴, 도로터널 내 화재사고 등이 있으며, 사고 발생 시 업무 흐름도에 따라 보고체계와 수습 복구체계를 따르게 되어 있음

- 재난의 유형은 인적재난, 자연재난, 국가기반 재난으로 구분되며, 재난대책 조직은 중앙안전관리위원회로 위원장은 국무총리가 담당하고 있음

- 주요 임무는 안전관리에 관한 중요정책의 심의 및 총괄 조정, 국가안전관리기본계획안 및 집행계획안의 심의, 중앙행정기관이 수행하는 재난 및 안전관리업무의 협의 조정, 재난사태선포 건의사항과 특별재난지역선포 건의사항의 심의 등이 있음

○ '자연재해대책법', '지진재해대책법', '재해구호법', '급경사지 재해예방에 관한 법률' 등에서 가뭄, 지진, 해일, 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인하여 발생하는 자연재해에 대해 재해예방 · 재해응급대책 · 재해복구 · 기타 재해대책에 관한 필요한 사항을 규정하고 있음

- 재난재해 시 교통과 관련해서는 자연재해대책법 제48조에는 비상시 긴급수송차량 통행, 일반차량 통행 제한 등에 대한 내용을 언급하고 있으며, 구체적인 교통시설의 응급복구 대책 등과 관련해서는 사안에 따라 각 지자체마다 조례 또는 지침을 통해 적용하고 있음

> **[자연재해대책법] 중 관련 내용**
> **6장 제48조 (통행제한등)** ①시 · 도지사 또는 시장 · 군수 · 구청장은 응급조치의 실시에 필요한 물자를 긴급히 수송하거나 진화 · 구조 등을 위하여 필요한 때에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 경찰관서의 장에게 도로의 구간을 지정하여 당해 긴급수송등을 행하는 차량외의 차량의 통행의 금지나 제한을 요청할 수 있다.

(2) 국외 정책 사례

(가) 대규모 행사 교통대책 정책

○ 미국은 대규모 행사(Planned special event)를 “비정상적(abnormally)으로 교통수요가 유발되는 행사”[2]라고 정의하고, 올림픽과 같은 대규모 행사의 경우 교통형평법[3]에 근거하여 도로교통, 대중교통, 첨단교통관리시스템 구축 등과 관련된 사업에 재정적 지원을 하고 있음

- 축구경기, 퍼레이드 등 지역적 교통문제를 유발하는 일회성 정규행사의 경우 주차통제, 군중통제, 수요관리, 인터넷 홍보, 안내책자 배포 등 꼭 필요한 교통처리대책을 지자체별로 수립하고 있음

- 대규모행사 중 특별안전대책의 수립이 필요한 행사를 국가안전특별행사(NSSE: National Special Security Event)로 지정하고 그에 따른 교통처리대책을 수립하도록 하고 있음

○ 영국은 도로교통규제법[4] 및 교통관리법[5]에 따라 도로교통에 영향을 주는 “모든 사회적 행사(social events)를 특별행사(special event)”로 정의하고 이에 따른 교통처리대책을 수립하고 있음

- 모든 사회적행사와 관련하여 행사의 규모에 대한 정의를 두고 있지 않으며, 행사유형 역시 국내, 국제 및 국제회의로 구분하고 있지 않으며, 지자체별로 진행되는 모든 행사는 조례에 따라 지자체 교통국(Local Transport Authority)에서 담당하고 있음

- 올림픽 등과 같은 대규모 국제행사의 경우 올림픽특별법을 제정하고 추진위원회를 구성하여 국가차원의 교통처리대책을 수립하고, 대규모행사의 경우 교통부에서 작성한 교통처리대책 수립지침(Network Management Duty Guidance)을 따르며, 지자체에 국한된 행사의 경우 그 규모가 크고

2) FHWA Handbook 및 NCHRP Synthesis 309 설계지침
3) TEA-21, Transportation Epuilty Act, 2001
4) Road Traffic Regulation Act, 1984
5) Traffic Management Act, 2004

국제행사라도 지자체 교통관련 기관의 판단 하에 교통처리 대책을 수립함

○ 과거에는 국가 경제력 수준을 홍보하고, 개최지 지역 발전을 위해 기반시설 건설에 전폭적 재정투자가 이루어진 반면, 최근 개최되는 국제적 대형 이벤트의 경우 사회간접자본 투자를 최소화하여 과잉투자를 방지하고 이벤트 종료 후 경제적인 상황을 고려한 정책이 진행되고 있음

<표 8> 역대 올림픽 총 개최 비용

구분	총 개최 비용	정부지원금
1988 서울 올림픽	9조원	불명
1992년 바르셀로나 올림픽	17조원	불명
1998년 나가노 동계올림픽	37조원	8조원
2004년 아테네 올림픽	16조원	불명
2008년 베이징 올림픽	49조원	35조원
2012년 런던 올림픽	45조원	불명
2014년 소치 동계올림픽	54조원(계획)	24조원
2018년 평창 동계올림픽	12조원(계획)	10조원

출처 : 미국 포츈지(http://money.cnn.com/magazines/fortune) 통계

- 올림픽 개최를 계기로 교통시설 사업에만 약 30조원을 투입하고 경제침체를 겪은 나가노(1998)에 비해, 런던올림픽(2010)은 환경올림픽이라는 기치아래 최소한의 인프라 투자를 지향하면서 올림픽 이후 철거하거나 축소를 할 수 있도록 조립식 건물을 최대한 활용하여 비용을 절감하고자 하였음

※ 그러나 런던 역시 계획대비 4배의 예산을 초과 지출하여 흑자 달성에는 실패함

○ 그 외 최근의 괄목할 만한 행사 통행수요 관리 기법으로서, ITS 기술을 활용하여 올림픽 교통처리대책에 대응을 극대화하고자 한 사례가 있음

- 런던은 경기장과 선수촌이 도심에 위치하고 있어 도심교통 대책마련이 올림픽 핵심 공약 중 하나였는데, 새로운 도로건설이 불가능한 지역 특성상 선수를 비롯한 올림픽 관계자들의 통행확보를 위해 올림픽 노선망(ORN)을 지정하여 운영하여 호평을 받은 바 있음

- 그러나 이러한 방식은 런던시민 등 기존 이용자의 통행불편을 감수하면서 일시적 행사에 대응하고자 하는 방식임

(나) 재난·재해 시 교통시설 관리 주체

○ 미국의 도로안전관리는 교통부(DOT) 산하 연방도로관리청(FHWA)에서 연방정부가 관할하는 1급도로, 2급도로, 주연계고속도로 등에 대한 정책을 입안, 관리하며, 각 지역정부의 도로관리국 단위에서 관할 도로의 재난 수습 및 구조 구난을 수행함

<표 9> 미국 연방도로관리청(FHWA) 안전국의 조직별 주요 업무

구분	주요 업무
안전설계국 (Office of Safety Design)	도로와 도로 주변의 안전성능 개선 및 향상
안전프로그램국 (Office of Safety Program)	연방 및 주 중심의 도로안전 프로그램 개발
안전통합국 (Office of Safety Integration)	교통부와 연방도로관리청 중심의 수송프로그램 관리 통합

○ 영국의 도로안전관리는 도로안전청(GHSA)에서 담당하고 있으며, 고속도로 관리는 환경교통지역부(EDTR)내의 9개 외청 중의 하나인 도로청이 9개의 지역사무소에서 관리하며 실시간 모니터링을 통하여 도로의 단절, 통행 제한 등의 상황에 항시 대비하고 있음

○ 일본은 1970년에 “교통안전대책기본법”을 재정하고, 총리부 총무성에 “교통안전 대책실”을 설치한 후 운수성과 건설성, 경찰청 등으로부터 관계 직원을 파견 받아 교통안전정책을 종합적으로 지휘 및 조성하고 운영 중에 있음

나. 국내·외 시장 현황 및 전망

(1) 국내 시장 현황 및 전망

(가) 국내 시장 현황

1) 대규모 국제 행사

○ 80년대를 기점으로 우리나라에서 개최되기 시작한 주요 국제 스포츠 행사는 최근 들어 거의 매년 주요 경기가 개최되고 있음

- 70년대의 경제성장은 80년대에 이르러 86 서울아시안게임, 88 서울올림픽을 통해 국제사회에 우리나라의 발전을 널리 홍보하는 계기가 되었음

- 우리나라는 월드컵, 올림픽, F-1경기 등 전 세계가 주목하는 3대 스포츠 행사를 모두 치룬 국가가 되었고, 그 외에도 종목별 세계대회가 지자체 단위로 활발히 유치되고 있음

<표 10> 우리나라 주요 스포츠 행사 현황 및 계획

년도	개최명	기간
1986	제 10회 서울 아시안게임	17일
1988	제 24회 서울 올림픽대회	16일
1993	대전세계박람회(대전엑스포)	-
2002	제 17회 FIFA 한·일 월드컵	30일
2002	제 14회 부산 아시안게임	16일
2005	제 6회 아시아 청소년 야구 선수권 대회	5일
2007	서울 세계여자비치발리볼 월드투어대회	5일
2010~2013	F1 코리아 그랑프리 대회	3일
2010	2010 광주세계광엑스포	38일
2011	대구국제육상경기대회	9일
2012	2012 여수세계박람회	93일
2013	2013 충추 세계조정선수권대회	7일
2014	제 17회 인천 아시안게임	16일
2015	2015 광주 하계유니버시아드 대회	12일
2017	FIFA U-20 월드컵 대회(추진 중)	25일
2018	2018 평창 동계올림픽	17일
2019	광주 세계수영선수권대회	31일

○ 대규모 스포츠 이벤트 뿐만 아니라 매년 평균 4~6회의 대규모 국제 행사가 개최되고 있으며, 이 외 크고 작은 국제 이벤트 개최 횟수까지 고려하면, 2010년 69건, 2011년 102건, 2012년 82건 으로 매년 100여 건 정도 개최되는 것으로 나타남

- 2013년 경우 F-1경기 외에도 15일 이상의 기간으로 개최된 국제 행사로는 고양국제꽃박람회(16일), 순천만국제정원박람회(6개월), 청주국제공연비엔날레(40일), 천안국제웰빙식품엑스포(17일), 대장경세계문화축제(45일) 등이 있음

2) 지역 축제

○ 지역축제는 지자체나 해당 추진위원회 등에서 주관하여 운영·기획하고 있으며, 문화·스포츠·전시회 등 다분야에서 전국적으로 개최되고 있는데, 국내의 시·도별 지역축제 개최현황은 2006년 726건에서 2011년 763건으로 2008년 이후 경기침체 및 부실 행사의 통폐합으로 개최건수가 다소 감소하고 있으나 여전히 다양한 지역축제가 개최되고 있음

- 충청남도 보령시 대천해수욕장에서 매년 개최되는 보령머드축제의 경우 매년 317만여명의 관광객이 집중되고 있으며 세계적으로 알려지면서 축제를 즐기기 위하여 방문하는 외국인은 매년 24만명으로 지속적으로 증가하고 있는 추세임

<표 11> 지역축제 개최 현황

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충청도	전라도	경상도	제주	합계
2006년	15	60	26	20	10	8	20	63	117	126	79	121	61	726
2007년	18	68	18	21	17	14	17	61	118	148	91	99	26	716
2008년	120	51	25	25	13	20	24	87	110	139	136	143	33	926
2009년	119	47	33	27	10	22	27	115	105	131	97	160	28	921
2010년	69	44	24	23	13	16	21	93	93	127	96	173	31	823
2011년	94	38	30	30	14	8	11	76	86	116	89	139	32	763

자료 : 문화체육관광부 홈페이지(http://www.mcst.go.kr/)

3)국내 재난 · 재해

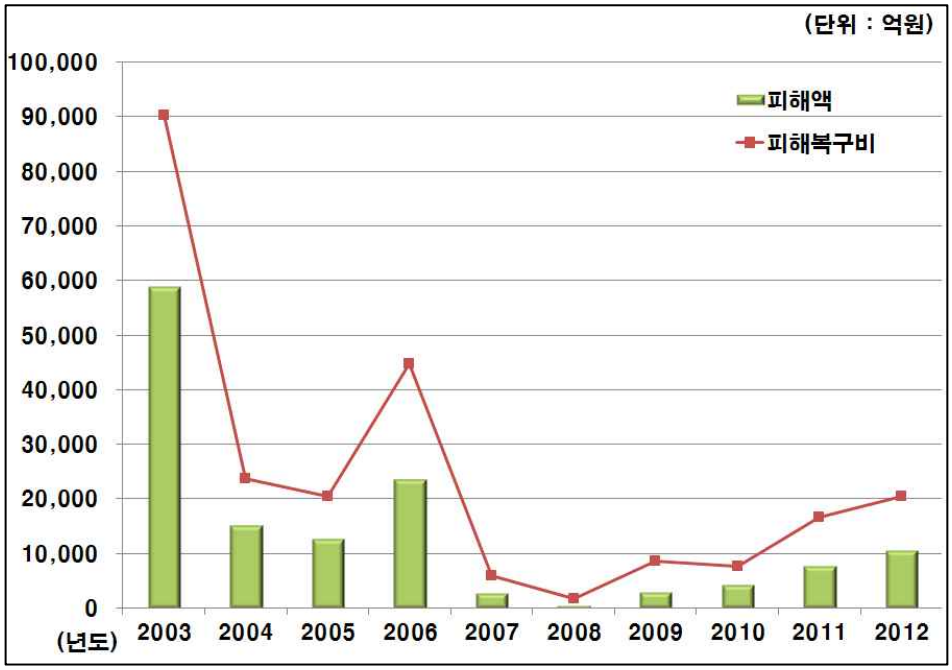
○ 최근 기후 변화 등으로 인하여 국내 자연재해 발생빈도와 피해가 급격한 증가 추세임

- 최근 10년간 국내 자연재해로 인한 사망건수는 총 426명, 피해액 14조 1,959억원, 피해로 인한 복구비 24조 274억원으로 집계되어 매년 3조 8억원 수준의 사회경제적 비용이 발생하는 것으로 나타남

<표 12> 최근 10년간 국내 자연재해로 인한 피해 현황

년도	사망(인)	피해액(천원)	피해복구비(천원)
2003	148	5,906,053,484	9,030,201,740
2004	14	1,554,135,859	2,377,270,616
2005	52	1,298,402,712	2,039,016,493
2006	63	2,381,357,414	4,474,598,562
2007	17	304,251,418	591,797,984
2008	11	70,909,147	164,320,091
2009	13	333,301,777	862,828,580
2010	14	458,577,127	768,703,735
2011	78	799,707,981	1,665,499,260
2012	16	1,089,209,727	2,053,175,755
합계	426	14,195,906,646	24,027,412,816

- 우리나라의 2012년 자연재해를 살펴보면, 볼라벤 및 덴빈, 산바 등의 집중호우와 태풍, 겨울철 대설 등 크고 작은 자연재해가 총 22회 발생하였으며 16명의 사망 피해와 1조 892억원의 재산피해가 발생하였음



(그림 12) 자연재해로 인한 국내 피해 현황

– 정부(소방방재청)는 '재난에 안전한 나라, 행복한 국민'이라는 비전으로 안전공동체 실현, 안전복지서비스체계 구축, 기후 변화 대응 융합형 방재 시스템 마련 등 자연재해로부터의 예방과 피해 최소화를 위하여 적극 노력하고 있지만 재난·재해 대응 시스템 구축 및 방안은 아직도 한계가 있으며 미비한 실정임

4) 시사점

○ 이미 국내에서는 많은 수의 대규모 이벤트, 지역축제가 개최되고 있는 바, 조립식 모듈형 철도시스템의 수요는 기대이상으로 많을 것으로 기대되며, 재난재해 시 응급 우회로로서의 매년 수요는 가늠하기 어렵지만 하나의 방재시스템으로서 국민의 안전을 위해 활용성이 클 것으로 기대됨

– 대규모 이벤트에 연간 1~2회, 지역축제에 연간 1~2회 수준의 활용 가능성을 고려할 때, 조립식 모듈형 철도시스템의 수요는 매년 3~4회 정도, 또는 그 이상이 가능할 것으로 예상됨

(나) 시장조사 및 분석

1) 시장조사 목적 및 개요

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술 개발에 앞서, 예상 수요처를 대상으로 기술적 요구사항을 분석하고 예상되는 문제점을 파악하여 본 기술의 개발방향에 반영하기 위함임

- 시장 분석을 통하여 개발기술의 향후 성장성 분석 및 사업화 가능성을 타진하며 기획단계에서 시스템 요구사항 및 핵심기술 도출에 활용함으로써 사회이슈 해결형 기술, 사업화가 용이한 기술을 지향하고자 함

○ 시장 분석은 국가적 이벤트, 지역행사, 여가통행으로 인한 집중통행 수요 발생지역, 재난·재해 상습 발생 지역 등으로 구분하였으며, 관련 기관의 실무급 담당자를 대상으로 구조화된 질문지를 통해 일대일 대면 인터뷰를 진행함

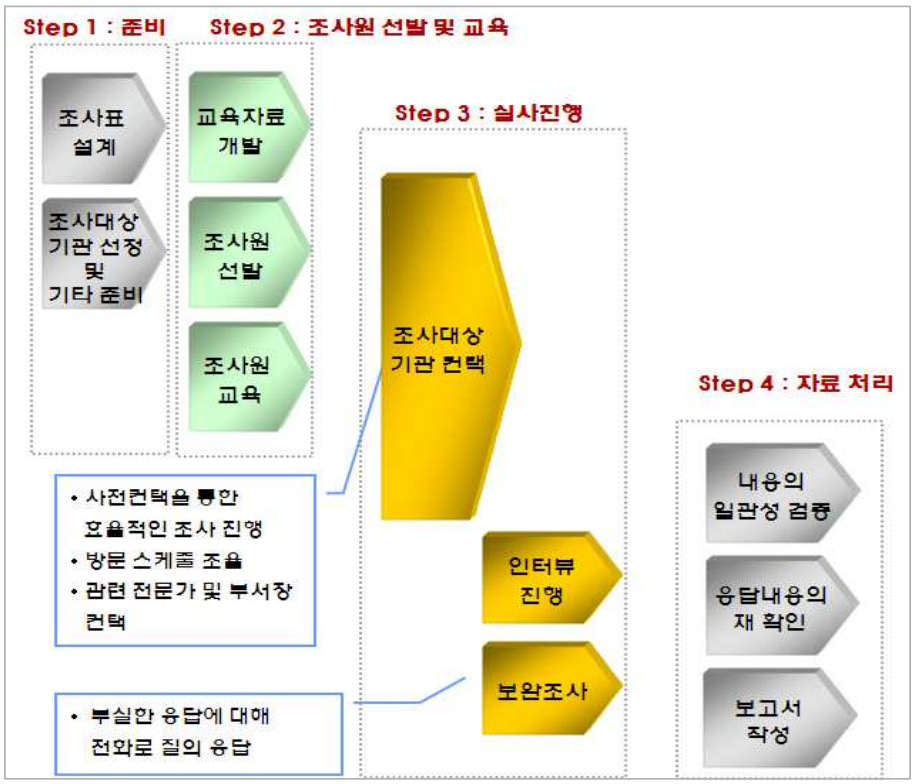
<표 13> 국내 시장 조사 분석 대상

조사대상		응답
대규모 이벤트	2014 인천 아시안게임	4
	2018 평창 동계올림픽	
	2015 광주 하계유니버시아드	
	F1 코리아 그랑프리	
지역축제	고양 꽃 박람회	4
	무주 반딧불 축제	
	함평 나비 대축제	
	화천 산천어 얼음축제	
계절적 수요 (휴양지)	국립공원 관리청	5
	설악산/지리산 관리 사무소	
	대천해수욕장	
	대명 비발디 파크	
재난·재해	국립방재연구원	7
	소방방재청	
	국토관리청	
	산림청	
합계		20

○ 조사항목은 국내 시장의 현황 파악과 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 방향을 파악하고자 다음과 같이 구성하였음

<표 14> 국내 시장 조사 항목

구분	조사내용
통행 수요 분석	- 이벤트 목적, 주기, 동원관람객 등 - 재난 · 재해 현황 및 발생 이유
기존 대응방안 및 개선요구 사항	- 교통체증 발생이유, 지역, 대처방안 - 現 교통수요 처리방안의 문제점 및 개선방안
조립식 모듈형 철도시스템 기술에 대한 의견	- 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 느낌 - 조립식 모듈형 철도시스템 활용 가능성 - 조립식 모듈형 철도시스템 기술평가 - 조립식 모듈형 철도시스템 임대 조건 - 조립식 모듈형 철도시스템 운행 수단
총평 및 기타의견	- 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 전반적인 의견



(그림 13) 국내 시장 조사 Process

2) 시장조사 결과

① 대규모 이벤트

○ 국제 스포츠 행사 등 대규모 이벤트 시장분석에는 국가지원으로 행사를 진행 중이거나 예정인 4개 기관의 물류·수송 담당자를 대상으로 조사 실시

○ 대규모 이벤트(국가적 행사)의 특성은 다음과 같음

- 지역 경제 활성화, 국가·지역 이미지 제고, SOC기반 구축을 목적으로 함
- 대상 인원은 해외관람객 및 국내 관람객이 주 대상이며, 행사 관련 담당자 및 선수, 응원단 등 운영요원도 상당수 차지함
- 행사기간은 3일~16일 수준으로 편성되어 있으며, 행사 준비부터 완료까지 대략 1개월 내외의 시간을 소요함

<표 15> 대규모 이벤트 특성

구분	관람객 특성	동원 관람객	기간
2014 인천 아시안게임	국내 관람객 국외 관람객	약 14만명 예상 (개막식과 폐막식에 집중될 것으로 예상됨)	16일
2015 광주 하계유니버시아드 대회	대학생(선수층) 응원단 및 학생	경기당 1만명 (37개 경기)	15일
2018 평창 동계올림픽	국내·외 선수단 및 스텝, 기자단, 관람객 등	국외 관람객만 18만명 예상	16일
F1 코리아 그랑프리	국내·외 관람객	16만명	3일

○ 교통혼잡 발생이유로는 일시적으로 많은 관광객 방문(집중 통행수요 발생), 관련 스텝 및 선수단 이동경로 확보, 개최지가 도심지역인 경우 경기장 주변 출·퇴근 시간에 일어나는 러시아워와의 상충, 인근지역의 공사로 인한 교통소통장애 요인 발생 등으로 나타남

<표 16> 대규모 이벤트 교통체증 발생원인 및 해결방안 설문 결과

구분	교통체증 발생원인	해결 방안
2014 인천 아시안게임	- 지하철 준공 연기 - 지하도로 교통수요 집중	- 환승주차장 설치 - 셔틀버스 운행 - 대중교통 운행 시간 연장
2015 광주 하계유니버시아드 대회	- 인구밀집 지역에서 개최 - 출·퇴근 시간 교통체증 발생	- 셔틀버스의 버스전용차선 이용 - 차량이부제 도입 실시
2018 평창 동계올림픽	- 많은 관광객 방문으로 인한 집중교통수요 발생	- 우회도로 확보 - 지방도로 활용여부 파악 중 - 주차장 확보 후 셔틀버스 운행 예정 - 일반차량 행사장 내 진입 금지
F1 코리아 그랑프리	- 특별한 교통체증 없음	- 안전시설물 보강 - 환승주차장 조성 - 교통 통제소 설치 - 내부 순환셔틀버스 운영 - 넓은 주차장 확보

○ 설문 결과, 대형 이벤트 교통처리대책을 위해 셔틀버스 운행, 대중교통 시간 연장, 주차장 확보 등 다양한 방안이 제시되고 있지만, 문제 해결에 한계를 느끼고 있음

- 새로운 인프라 구축, 신규 교통수단 투입 등 정부차원의 대규모 재정 지원을 기대하고 있음

② 지역축제

○ 지역축제는 지역경제 활성화를 목적으로 지자체 주관으로 매년 동일한 시기에 정기적으로 개최되는 행사로써 시장조사를 위하여 지역 행사를 진행하고 있는 4개 지자체 담당자를 대상으로 조사 실시

○ 지역축제의 특성은 다음과 같음

- 지역축제는 대부분 가족단위의 관람객으로 구성됨

- 행사기간은 약 2주 정도 소요
- 인지도 높은 축제의 경우 평균 동원관람객은 약 100만명 수준으로 집계됨
- 최근 들어 보령 머드 축제, 지산 재즈 페스티벌 등 외국관광객들과 함께하는 행사가 많아지면서 외국인 관람객이 증가 추세임

<표 17> 지역축제의 개최 목적

지역행사 구분	개최 목적
무주 반딧불 축제	- 환경보존, 녹색생명의 존엄성 전파
함평나비 대축제	- 친환경 농산물 홍보
화천 산천어 얼음축제	- 지역 경제 발전
고양 꽃 박람회	- 화훼무역 발전

○ 주요 교통체증이 발생하는 원인은 일시적인 관람객의 집중으로 인한 행사장 주변 교통 혼잡, 마비 발생, 주차 공간 부족으로 인한 갓길 주차에 따른 도로 용량 감소, 행사장까지의 대중교통 접근성이 불편하여 개인차량 이용으로 인한 교통량 증가 등으로 나타남

○ 이와 같은 교통체증의 해결방안으로써 셔틀버스를 운행하고 있으며, 임시 주차 공간 마련, 대중교통 이용 시 관람객 입장권 할인을 통한 대중교통 수단전환 유도 등 적극적인 교통체증 최소화를 위하여 노력하고 있음

- 그러나, 전면 지자체 사업으로 진행되는 지역축제 특성 상 단기적인 행사를 위하여 새로운 인프라 구축, 수단 도입은 재정적으로 어려운 실정임

<표 18> 지역축제 교통체증 발생원인 및 해결방안

<table>
<tr><th>구분</th><th>교통체증 발생원인</th><th>교통체증 해결방안</th></tr>
<tr><td>무주 반딧불 축제</td><td>- 개인차량 이용 증가
- 주차 공간 부족</td><td rowspan="2">- 셔틀버스 운행
- 임시 주차 공간 확보</td></tr>
<tr><td>함평나비 대축제</td><td rowspan="3">- 행사 기간 중 일시적인 수요 집중으로 인한 통행량 증가</td></tr>
<tr><td>화천 산천어 얼음축제</td><td>- 교통정리요원 확충
- 임시 주차 공간 확보
- 대중교통 이용 유도
- 셔틀버스, 시내버스 운행</td></tr>
<tr><td>고양 꽃 박람회</td><td>- 셔틀버스 운행
- 임시 주차 공간 확보
- 대중교통 이용 유도</td></tr>
</table>

○ 각 지자체에서는 지역축제 시 발생하는 교통체증 최소화를 위하여 다양한 해결방안을 마련하고 있지만 임시 주차장 운영을 위한 부지 부족, 차량 통제로 인한 민원 발생, 임시 주차장과 행사장 간 거리, 탄력적인 수요에 대한 대응 부족 등의 교통체증 해결방안 문제점 피력함

– 지역축제를 위한 정부예산 증원, 대중교통 확대 등에 정부의 역할을 요구하고 있음

③ 계절적 수요(휴양지)

○ 계절적 수요의 경우 주로 휴양지 특성에 따라 계절별로 수요가 집중되는 현상을 나타냄

– 봄/가을은 관광, 등산, 경치구경을 목적으로 행락객이 집중되는 국립공원, 여름은 해수욕장, 겨울은 대표적인 계절 스포츠인 스키장으로 구분하여 시장 조사 실시

○ 조사 결과, 이들 휴양지는 계절에 따라 일시적이나 매년 정기적인 수요가 발생함에 따라 수요예측이 용이하고 기본수용 용량이 크며 정비가 잘 되어 있는 특성을 가지고 있음

– 설악산 국립공원은 피크수요가 발생되는 시즌에 특별교통대책을 통해 교통혼잡을 유연하게 관리하고 있으나, 대중교통 접근성 및 연계성 부족, 집중되는 인원에 비하여 운송수단의 수송능력 부족, 주차 공간 부족, 자연훼손, 환경오염 등의 문제점이 있다고 답변함

④ 재난 · 재해

○ 재난 · 재해의 경우 예측이 불가한 응급상황으로써 신속한 대응이 어려운 특성을 갖고 있으며, 시장 조사를 위하여 국토관리청, 국립방재연구원 등 재난 · 재해 사후 대응 관련기관을 대상으로 시장 조사 실시

○ 재난 · 재해와 관련한 시장 특성은 다음과 같음

– 도로 유실 및 도로 통제는 주로 여름철에 집중되고 있으며, 복구 전까지 우회도로 안내 및 도로통제 이외에는 특별한 대처방안이 없음

- 여름철 폭우 및 태풍으로 인하여 산간지역의 산사태 및 도로유실 발생빈도가 증가하고 있는 추세임
  - 도시지역에서는 하천 범람 등으로 인한 도로 유실이 주로 발생함
- 특히 여름철 하천 범람으로 인한 도로침수는 침수된 지역이 배수가 완료되기 전에는 도로 통행이 제한되며 이에 따른 특별한 대처방안 없이 배수가 완료될 때까지 기다리는 것이 유일한 대처 방안임
- 응급복구에 걸리는 기간은 피해 정도에 따라 매우 상이하며, 짧게는 3시간, 길게는 2주일정도 소요되며, 대부분 평균 1일이면 통행재개가 가능함

○ 재난 · 재해 발생 시 우회도로 안내, 교통 통제 등 교통수요 처리 방안을 도입하고 있으나 투입자원의 부족, 응급복구에 따른 2차 피해 발생 우려, 통행제한에 따른 민원 발생 등의 문제점이 있음
- 문제 해결을 위하여 신속한 보고체계 및 대응체계 확립, 예산확보를 통한 사전 방지 등의 정부의 적극적인 지원을 요구하고 있음

3) 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 시장 조사

○ 시장조사의 정량적인 분석을 위해 각 항목마다 0점~5점으로 배점하여 조사를 진행하였음

① 대규모 이벤트

○ 대규모 이벤트에 대해 대상 시스템의 전반적 의견으로는 평균 4.0점으로 긍정적 평가를 하였음
- 긍정적 의견으로는 설치 및 해체가 간단하고 재사용할 수 있다면 활용성이 높을 것이며 소음 및 공해가 발생하지 않아 친환경적이며, 현재의 제한적인 특별수송대책 및 수단을 대체할 수 있는 시스템이라고 평가함
- 부정적인 의견으로는 인구 밀집지역에서 활용하기에는 설치 공간 확보가 어려울 수 있으며, 산간지역의 경우 구조물의 안전성에 대한 불안감 증대가 우려되며, 사용비용이 높을 경우 수요처에서 활용하기 어려울 것이라고 평가함

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술적 평가 결과 평균 3.4점으로 본 기술

에 대하여 다소 긍정적으로 판단하고 있는 것으로 분석됨

- 대상 시스템의 설치 및 해체, 재사용 개념 및 사업성에 대해서는 다소 긍정적인 반면, 기술에 대한 신뢰성은 상대적으로 낮은 것으로 조사됨. 이는 임시설치형 시스템으로서 안전성에 대한 우려가 반영된 결과로 판단됨

<표 19> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(대규모 이벤트)

조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 가치	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	3.5 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	4.0 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	2.8 점
사업성	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	3.8 점
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	3.8 점
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	2.8 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	3.3 점
총점			3.4 점

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 임대비용 분석 결과 평균 1억원/일 미만으로 분석되었음

- 행사 기간, 수송인원, 운행 연장 등을 고려할 때, 셔틀버스 대비 저렴해야 한다는 의견이 지배적으로 나타남

※ 조립식 모듈형 철도시스템의 비교대상은 셔틀버스가 아닌 도로 등 영구적 인프라를 건설하는 기존 방식으로서, 인터뷰 대상자들의 이해를 위한 사전 설명의 부족으로 판단됨

<표 20> 적정 임대비용 분석(대규모 이벤트)

구분	적정 임대비용 (천만원/일)	비고
2014 인천 아시안게임	10	-
2015 광주 하계유니버시아드 대회	3 (7km 이내)	셔틀버스 운영비용보다 저렴해야 함
2018 평창 동계올림픽	10 미만	본 기술 적용 시 내부 셔틀로 활용 확보된 예상 계획에 따라 활용여부 판단
F1 코리아 그랑프리	3.2	수송인원(40인/량), 운행횟수 고려

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 승차인원 분석 결과 집중되는 관람객의 수요처리와 원활한 순환을 위하여 15인승~40인승을 선호하는 것으로 분석됨

- 15인승은 신속한 시스템 설치 및 차량 회전율을 고려한 답변이며, 40인승은 행사장의 규모 및 관람객 수요를 고려한 답변으로 파악됨

○ 대규모 이벤트를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템 운영에 대한 종합적인 평가 결과 안전성과 경제성 확보를 전제로 매우 긍정적으로 판단함

<표 21> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(대규모 이벤트)

구분	내용
비용 최소화	- 임대형식이 아닌 고정식 운영 검토 필요 - 비용이 셔틀버스보다 저렴해야할 필요가 있음
본 기술의 실용성 확보	- 환경적 요소(폭설, 폭우, 결빙 등)가 고려된 기술력 도입 필요 - 실용성 및 기술이 보완되면 적극적인 도입 및 활용 검토 - 도심지의 경우 기존 시설과의 연계방안 검토 및 제약사항 검토 필요
안전성 확보	- 설치 및 해체, 운영 등 모든 프로세스가 안전성이 확보된 상태에서 설계 및 계획이 진행되어야 함 - 다양한 지반 형태에 따른 적용 방안 필요 - 충분한 안전 및 검증 테스트 필요

② 지역 축제

○ 지역축제를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 전반적인 의견 검토 결과 평균 3.0점으로 보통 수준으로 분석되었음

- 긍정적인 의견으로는 본 시스템이 하나의 레저시스템으로서 홍보 효과가 발생으로 관람객이 더욱 증가할 것으로 예상된다는 의견이 있음
- 부정적인 의견으로는 지역축제와 같은 소규모 이벤트를 대상으로 임대비용과 같은 재정적 부담에 대한 우려가 높으며, 행사장 주변 사유지 구성 등으로 인한 설치 공간 부족 등이 있음

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가 결과 평균 3.5점으로 본 기술에 대하여 기술적 가치는 다소 긍정적이지만 사업성에 대해서는 보통 수준인 것으로 분석되었음

<표 22> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(지역축제)

조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 가치	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	4.0 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	3.8 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	3.5 점
사업성	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	4.0 점
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	3.0 점
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	3.0 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	3.0 점
총점			3.5 점

- 사업성에 대해 부정적인 의견으로는 승·하차 시설 주변 혼잡, 교량 형태의 구조물에 대한 안전성 우려, 재정적인 부담 등 주변 환경적 요인, 안전성, 경제성이 부정적인 요인으로 작용함

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 임대비용 분석 결과 평균 2.5억원/일 수준으로 분석됨

○ 차량의 적정 승차인원 분석 결과 행사기간 중 집중적인 수요를 위해서는 승차인원이 높은 것이 유리하지만, 지역축제의 경우 가족단위 관람객이 많으므

로 5인승 규모의 차량시스템을 선호함

○ 지역축제를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템 운영에 대한 종합적인 평가 결과 본 시스템의 운영비용 및 임대비용 등 경제적 부담이 가장 부정적이었으며, 시스템 자체의 레저화 방안에 대한 의견이 있음

<표 23> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(지역축제)

구분	내용
대형이벤트에 적합	- 규모에 따라 셔틀버스 운행으로 수요 처리 가능 - 행사장의 규모가 클수록 유리한 시스템으로 판단됨
본 기술의 레저화	- 관광 목적의 레저용으로 수단 간이 연결보다는 행사장 내부 순환망, 공원 내 설치 등 레저화 방안 필요
비용 최소화	- 지자체의 재정적인 부담감 발생 - 임대비용 등에 대한 비즈니스 모델화 방안 필요
시스템 다양화	- 고가도로 형태의 설치를 통한 기존 인프라와의 호환성 필요 - 하천 등 국유지를 이용한 설치방법 고려

③ 계절적 수요(휴양지)

○ 계절적 수요를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 전반적인 의견 검토 결과 평균 3.0점으로 보통 수준으로 분석됨

- 이미 집중적인 통행수요에 대비하고 있으며, 현재까지 큰 문제점 없이 운영하고 있어 본 시스템에 대한 필요성을 크게 느끼지 못한다고 답변함
- 조립식 모듈형 철도시스템의 대한 전반적인 의견으로는 임시적 시설물이므로 안전성 확보의 어려움, 설치 공간 부족, 본 시스템 승강장 주변 체증 및 혼잡 증가, 현재 대중교통과의 연계가 원활함(셔틀버스 운행, 시내버스 연장 운행 등)으로 필요성이 낮다는 의견이 지배적임

○ 해수욕장 등 휴양지에서는 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술적 가치는 다소 높으나 사업성은 다소 낮은 것으로 평가함

<표 24> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(지역축제)

조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	3.6 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	4.4 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	3.2 점
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	3.8 점
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	2.8 점
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	2.8 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	2.8 점
총점			3.3 점

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 임대비용 분석 결과 평균 1.6억원/일 수준으로 분석되었으며 계절적 수요 대상의 특성상 상업적인 요인이 많이 발생하므로 본 기술의 도입으로 인한 운영비용 최소화를 추구하는 것으로 분석됨

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 승차인원 분석 결과 차량의 회전율 증대와 적정 승차인원을 고려하였을 때 15인승~40인승의 차량시스템을 선호하는 것으로 분석됨

- 시스템의 규모를 고려할 때 15인승이 적정하지만, 40인승의 셔틀버스와 연계 운행할 경우를 대비해 40인승도 적정하다는 의견이 있음

○ 계절적 수요를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템 운영에 대한 종합적인 평가 결과, 매년 같은 기간에 유사한 통행수요가 발생하므로 기존 시설이 일정 규모 기 구축된 행사장 및 휴양지 보다는 인프라가 부족한 국제 스포츠 이벤트나 단기간에 일시적 수요가 급증하는 행사장에 적합하다고 평가함

<표 25> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(대규모 이벤트)

구분	내용
대형이벤트에 적합	- 국가적 이벤트나 일시적 수요가 있는 곳에 도입 필요 - 주변 환경 훼손 최소화 및 복구에 대한 방안 필요
안정된 지반 설치	- 산악지형을 최대한 회피하여 구축해야함 - 지형적 안전성이 확보되어야 함 - 기존 도로 위에 이층 구조물로 구축하는 방안 검토 필요
고정식 구조물	- 임시적으로 구축하였다가 필요에 따라 영구적인 구조물로 전환 방안 검토 필요

④ 재난 · 재해

○ 재난 · 재해를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 전반적인 의견 검토 결과 평균 3.43점으로 다소 긍정적인 의견이 나타남

- 긍정적인 의견으로는 기술적 측면에서 참신하고 획기적인 시스템으로, 재난 · 재해로 인한 응급 상황 발생 시 신속한 대응을 위한 방안으로 활용할 수 있으며, 행사 개최 시 관람객 편의 시설로도 활용성이 높을 것이라는 평가임
- 부정적인 의견으로는 기존 도로와의 연계 어려움, 설치 공간 부족, 안전성 문제(2차 붕괴 우려), 침수 지역에는 적용 불가능할 것 등으로 나타남

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가 결과 평균 3.6점으로 본 기술에 대하여 신속한 설치 및 해체 방식에 대하여 가장 긍정적으로 평가하는 것으로 분석됨

<표 26> 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가(재난재해)

조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	3.6 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	4.0 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	3.6 점
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	3.3 점
	5)	우리 기관에 필요하고 유용한 기술이다	3.4 점
	6)	응급상황 발생 시에 도움을 주는 기술이다	3.7 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	3.7 점
총점			3.6 점

○ 재난·재해로 인한 응급상황 발생 시 시스템의 적정 구축 기간으로는 24시간 이내에 구축되어야 한다는 의견이 가장 많았으며 도로 유실의 경우 일부 구간의 통행 단절이 발생하는 상황에서 2~3시간 이내에 구축되어야 한다는 등 신속성을 요구하고 있음

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 예상되는 사용 기간을 분석한 결과 피해정도에 따라 상이할 것으로 판단되지만 2일~7일 수준으로 분석되었음

- 시스템 임대비용에 따라 사용기간은 달라질 것이라는 의견과 재난·재해로 인한 응급상황은 예측할 수 없으므로 본 기술의 소유형태와 임대형태 등 운영방식이 중요한 요인이 될 것이라고 판단됨

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 통과차량 하중에 대한 의견을 분석한 결과 신속한 구축을 위하여 경량화가 필요하지만 재난·재해 응급상황 특성상 복구를 위한 중장비 차량 통과를 위하여 25톤의 허용하중을 선호함

○ 재난·재해를 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템 운영에 대한 종합적인 평가결과 안전성이 확보된다면 적극 활용할 것으로 예상되며, 임대식이 아닌 정부가 소유하고 관리하는 형태로 활용될 것을 선호함

<표 27> 조립식 모듈형 철도시스템 기술 평가 종합(대규모 이벤트)

구분	내용
시스템의 다양화	- 도로에만 국한시키지 않고 철도, 해안 등 수송시스템과의 연계 방안 검토 - 침수 지역의 경우 2차 붕괴 및 지반 불안정화로 인한 설치가 곤란하므로 부표형식의 시스템 방안 검토 필요
사후처리	- 사용 후 보관 시 유지보수 방안 필요 - 모듈 보관 장소 마련 방안 필요
운영기관	- 사전제작 후 중앙부처에서 전국단위로 관리 - 활용 가능성은 많을 것으로 판단되지만 실제 수요는 낮을 것으로 예상됨
안전성	- 기술적으로 안전성이 확보되어야함 - 안전성과 체계화된 사업성 구상 후 설계 필요

(다) 시사점

○ 국내 시장 현황 분석 결과, 이벤트 참여를 위한 여가통행은 증가 추세이며 일시적인 통행 수요 집중으로 인한 교통 혼잡 및 정체는 지속적으로 발생할 것으로 전망되어 대상기술의 시장 역시 점차 확대될 것으로 예상됨

○ 조립식 모듈형 철도시스템 운영에 대하여 대규모 이벤트성 행사 및 재난·재해 시장에서는 긍정적인 반면에 지자체의 비교적 소규모 지역 축제 및 계절적 수요 시장에서는 보통이하의 의견이 나타나는 것으로 분석됨

- 지자체 및 계절성(일시적) 행사는 매년 정기적 행사이기 때문에 임시적으로 교통 인프라 설치 및 철거 방식보다는 영구적인 인프라 확충을 원하고 있으며 예산 부족 및 설치 공간의 부족으로 인하여 조립식 모듈형 철도시스템 도입에 대하여 다소 부정적인 의견이 나타남

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 문제점 및 개발방향으로는 안전성 확보 및 설치 공간 확보를 위한 설치 프로세스 정립, 적정 임대비용 책정 등 임시적 구조물에 대한 안전성 및 경제성 확보에 대한 의견이 가장 많이 나타나는 것으로 분석되었음

○ 한편, 인터뷰는 정책결정자가 아닌 현장 담당자 위주로 이루어져 의견이 현실적면서도 다소 보수적 관점에서 평가되었다고 판단됨

(2) 국외 시장현황 및 전망

(가) 대형 이벤트 계획

○ 전 세계적으로 관심과 이목이 집중되는 대형 이벤트는 매년 주기적으로 구성되어 진행되고 있는데 각 나라들은 국가적 이익을 위하여 이러한 국제적인 행사를 개최하려고 많은 노력을 경주하고 있음

○ 대형 이벤트 중 스포츠 행사는 전 세계인들이 열광하고 많은 관심과 인기를 모으고 있는 이벤트 중에 하나임

- 국제축구연맹(FIFA)이 주관하여 개최하는 월드컵 축구대회는 단일종목으로서는 세계에서 가장 큰 스포츠 행사이자 제일 먼저 탄생한 세계선수권대회로 1930년 남미 우루과이를 시작으로 4년마다 약 30일 정도의 일정으로 개최되고 있으며, 월드컵 개최 1년 전에 Mini 월드컵의 컨페더레이션 컵이 진행되어 실질적으로 4년에 2번 주기로 세계축구선수권대회가 개최되고 있음
- 월드컵 축구대회와 더불어 IOC가 4년마다 개최하는 국제 스포츠 대회인 올림픽은 1896년 그리스 아테네 올림픽을 시작으로 하계 올림픽과 동계 올림픽으로 구분되어 4년 2회 주기(하계 올림픽과 동계올림픽은 2년 주기)로 대규모 스포츠 행사가 개최되고 있음
- 이외에도 세계 농구 선수권 대회, 세계 배구 선수권 대회, 세계 육상 선수권 대회 등 각종 스포츠 행사의 세계 선수권 대회가 주기적으로 개최되고 있는 실정임

○ 스포츠 행사 뿐만 아니라 각 나라들마다 특색을 살린 고유의 축제를 개최하여 수많은 관광객을 유치하고 있음

- 이러한 세계적인 축제를 개최하는 국가는 교통처리대책을 수립하여 집중적인 교통 수요에 대응하고 있으나 행사장 주변 혼잡, 주차장 수요 부족 등 행사 개최로 인한 고질적인 교통문제를 해결하지 못하고 있는 실정임

<표 28> 세계 나라별 주요 축제 현황

국가	행사명	개최 주기	개최기간
이탈리아	베네치아 카니발	매년 2월	약 5일
	베니스 비엔날레	2년	약 7일
벨기에	뱅슈 카니발	매년 2월	약 10일
스위스	섹세로이텐 축제	매년 4월 셋째 주말	2일
독일	뮌헨 맥주 축제	매년 9월	약 30일
	라인 카니발	매년 11월 11일	약 90일
네덜란드	튤립 축제	매년 5월	약 15일
스페인	산 페르민 축제	매년 7월	7일
체코	프라하 오월 음악축제	매년 5월	약 45일
노르웨이	바이킹 축제	매년 5월 17일	1일
미국	추수 감사절	매년 11월	1일
	알로하 페스티벌	매년 9월	약 40일
페루	태양제	매년 6월	9일
브라질	리우 카니발	매년 2월	약 10일
태국	송크란 축제	매년 4월	3일
말레이시아	꽃 축제	매년 7월	7일

(나) 재난·재해 및 전후 복구

○ 매년 전 세계적으로 약 3억 명의 인구가 홍수, 지진 그리고 가뭄과 같은 자연재해와 분쟁, 내전 등 인간의 부주의로 발생하는 인위적인 재난(Man-made Disasters)으로 인하여 고통을 받고 있음

- UN OCHA는 2015년까지 기후와 관련된 재난에 영향을 받은 사람들의 수가 급속이 증가하여 오늘날 전 세계의 재난 대응 역량을 추월할 것으로 전망

○ 전쟁은 역사적으로 가장 큰 피해를 주는 재난 중의 하나로써 1차 세계대전부터 20세기 이후부터 가장 장기간 진행 중인 아프가니스탄 전쟁까지 최근 10년 동안 세계적으로 약 20건의 전쟁이 진행되었음

<표 29> 최근 10년간 주요 세계의 분쟁지역 현황

발생일	전쟁 명	위치
2003년 3월 20일	이라크 전쟁	이라크
2003년 2월 26일	다르푸르 분쟁	수단의 다르푸르
2003년 5월 12일	사우디아라비아 이슬람교도 반란	사우디아라비아
2004년 2월 5일	아이티 쿠데타	아이티
2004년 3월	와지르스탄 전쟁	와지리스탄, 파키스탄 연방 관리 부족 지구
2004년 6월	사다흐 분쟁	사디흐 거버너레이트, 예멘
2004년 중순	5차 발로키스탄 분쟁	발로키스탄(파키스탄)
2004년 말	중앙아프리카 공화국 오지 전쟁	중앙아프리카 공화국
2004년 11월 7일	남북 타이 반란	타이 남부
2004년 11월 6일	코트디부아르-프랑스 전쟁	코트디부아르
2005년 12월 23일	차드 전쟁	차드
2006년 1월	멕시코 마약 전쟁	멕시코
2006년 7월 12일	이스라엘-레바논 전쟁	레바논과 이스라엘 북부
2006년 12월 15일	파타-하미스 분쟁	가자 지구, 요르단 강 서안
2006년 12월 20일	소말리아 전쟁	소말리아 남부
2007년 2월	2차 투아레그 반란	니제르 북부와일리
2007년 4월 24일	오가단 분쟁	소말리 지역
2007년 5월 20일	레바논 분쟁	레바논
2008년 8월	러시아 그루지아 전쟁	그루지아
2008년 12월	이스라엘 히마스 전쟁	가자지구

○ 최근 기후변화로 인한 자연재해 발생횟수가 증가 추세인데, 근래의 대표적 재해로는 인도네시아 및 필리핀 쓰나미, 일본의 지진, 미국의 허리케인 등이 있으며 각 나라마다 폭우, 폭설로 인한 자연재해 피해가 매년 끊임없이 발생하고 있음

- 2011년 3월에 발생한 일본 도호쿠 지방의 규모 9.0의 대지진으로 인하여 강진 발생 이후 초대형 쓰나미가 센다이시 등 해변 도시들을 덮쳤고, 도쿄를 비롯한 수도권 일대까지 건물 붕괴 및 도로 붕괴와 대형화재가 잇따르며 피해가 속출하였으며, 후쿠시마현에 위치한 원전의 가동이 중지되면서 방사

능 누출 사고가 발생하는 등 약 2만여 명의 사망자와 실종자가 발생되었음

- 일본 대지진으로 인하여 약 33만 명의 피난 주민이 발생하였지만 도로 붕괴로 인한 Missing Link가 발생하여 긴급 구호물자 반입 등에 큰 어려움을 겪었음

- 2012년 10월에 발생한 미국 동부지역의 허리케인 샌디로 인하여 200만 가구가 고립되고 교통이 마비되어 약 200억 달러의 피해규모가 발생하였으며, 미국의 대통령은 즉각 뉴욕과 뉴저지를 중대 재해 지역으로 선포하고 복구 작업 위해 모든 지원을 지시하였음

<표 30> 최근 10년간 세계 주요 자연재해 피해 현황

년도	구분	국가	사망 · 실종자수(인)
2003	지진(2월)	중국	261
	홍수(5.19)	스리랑카	800
	지진(5.21)	알제리	2,047
	폭우(7월)	네팔	172
	폭우(9.17)	인도	300
	지진(12.26)	이란	40,000
2004	지진(12.26)	인도네시아	283,106
2005	허리케인(9월)	미국	1,300
	지진(5.27)	인도네시아	5,749
2006	지진(7.17)	인도네시아	339
2007	사이클론(11.15)	방글라데시	3,000
2008	사이클론(5.3)	미얀마	138,373
	지진(5.12)	중국	87,652
	홍수(8월)	인도	3,968
2009	지진(9.30)	인도네시아	1,195
2010	지진(1.12)	아이티	222,570
	지진(4.14)	중국	2,968
	홍수(5.29)	중국	1,691
	홍수(7.28)	파키스탄	1,985
2011	지진, 쓰나미(3.11)	일본	19,846
	열대성폭풍우(12.15)	필리핀	1,430
2012	한파(2.3)	유럽전역	600
	지진(8.11)	이란	300
	허리케인(10.29)	미국	131
	태풍(12.4)	필리핀	1,800
2013	태풍, 쓰나미(11.10)	필리핀	5,000 이상

주) 2012 재해연보, 소방방재청



(그림 14) 자연재해로 인한 피해(일본, 미국, 필리핀)

○ 지구상에 거의 매년 발생하는 재난·재해나 전쟁으로 인해 도로·철도와 같은 기간시설이 파괴될 경우 접근이 어려워 사후복구에 큰 장애가 되고 있는 바, 본 조립식 모듈형 철도시스템이 활용될 경우 신속하게 통행로를 확보하여 응급구조 및 생필품 수송이 가능할 것임

– 해외에서 자연재해 복구나 전후(戰後)복구 시 모듈단위로 적재와 수송이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템을 수송기나 선박으로 신속하게 지원하여 국가적 원조 방안으로 활용 가능함

다. 기술동향분석

(1) 국내·외 관련 기술개발 동향 조사

(가) 모듈러 기술(Modularization)의 발전

○ 세계적으로 산업분야가 세분화되고 다양한 형태의 제품들이 개발되고 있는데 제품들 간의 호환성, 대량생산, 조립 및 해체의 용이성, 산업 전반적인 효율성 향상을 위하여 표준화된 제품의 모듈화 개념이 널리 적용되고 있음

○ 모듈러 기술은 교량, 건축, 기계공업 분야 등 다양한 산업분야에서 이미 오래 전부터 적용되어 오던 기술로서, 최근기술의 발전 동향이 현장별, 개별 설계 생산에서 표준화, 자동화, 모듈화로 다양한 조건을 만족할 수 있게 발전되어 공기 단축, 시공성 향상 등에 기여하고 있음

- 모듈(Module)은 복수의 전자부품이나 기계부품 등으로 조립된 특정 기능을 가진 장치를 의미하며 최근 들어 설치 및 해체가 쉽고 편리하며 재사용이 가능하고 여러 방식으로 표현이 가능하도록 발전하고 있음

※ 조립식은 단순한 부재를 현장으로 옮겨와서 조합을 통해 목적된 구조를 이룬다는 개념으로 모듈러 개념과 다소 유사하나 차이가 있음



(그림 15) 자동차 산업분야의 모듈러 기술

1) 국내 기술개발 중인 모듈러 교량 시스템

○ 건설기술혁신사업의 지원으로 2010년부터 ‘모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구(포항산업과학연구원 주관)’가 진행 중에 있음

- World First 모듈러 교량 개발 및 실용화’ 라는 비전으로 선진 기술의 추격 또는 기존 조립식 거더 교량의 단순한 개선이 아닌 세계 최초로 모듈러 기술을 적용한 영구교량을 개발함을 목표로 함

- 기존의 교량사업이 현장별 설계, 즉 현장조건에 맞게 교량을 설계하고 그 설계에 따라 자재 구매, 제작의 순으로 된다면 모듈러교량은 표준모듈을 부분 또는 완전 선 제작 후, 표준모듈의 조합으로 현장 조건에 맞게 설계하여 표준모듈을 구매, 공급하는 구조임

※ ‘모듈러 교량 기술’은 영구적 교량을 목표로 하며, 해체가 가능하고 재사용을 주요 기능으로 하는 본 ‘조립식 모듈형 철도시스템’과 차이가 있음

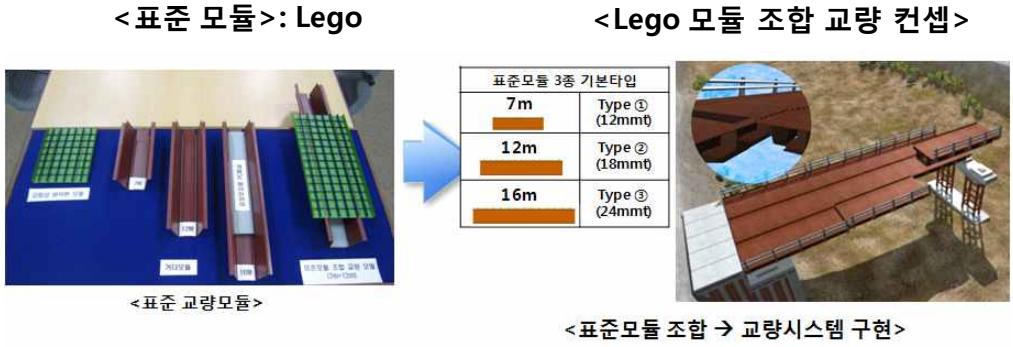


(그림 16) 모듈교량의 사업 프로세스

○ 모듈러 기술의 개념이 건설부문에 적용되어 현장에서의 작업이 공장으로 옮겨지고, 기존의 현장별 설계, 제작되던 것이 표준모듈의 조합으로 설계되고 표준모듈이 제작되며 각 모듈은 모듈로 현장에 운반 하여 시공하는 개념임

- 모듈러교량(Modular Bridge)은 최소의 표준화된 교량 모듈을 공장에서 미리 제작한 후 조합하여 다양한 현장조건에 대응할 수 있는 교량 시스

템으로 정의할 수 있음. 레고블록처럼 1단, 2단, 3단 등의 표준모듈의 조합으로 다양한 폭, 길이의 구조물로 조합 설계할 수 있음



(그림 17) 모듈교량의 개념도

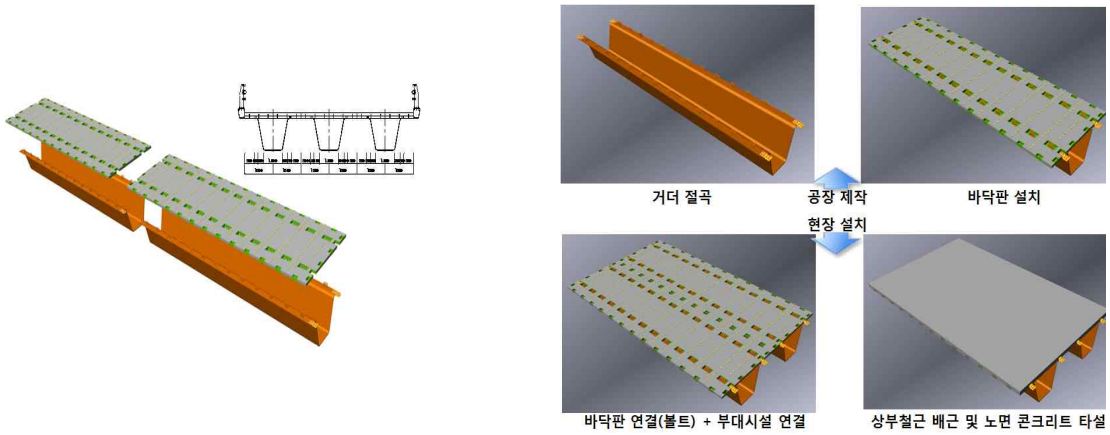
○ 모듈러 교량 기술개발은 다음과 같은 기술 내용을 포함함

① 강합성 모듈러교량

- 강합성 모듈러교량은 절곡 강거더와 강합성 반바닥판으로 구성된 표준모듈을 사용함

- 3개의 표준모듈 (7, 12, 16m)로 구성되어 지간 40m 이내에 표준모듈 조합 설계될 수 있으며 표준모듈은 동일 형고를 유지하여 모듈 조합이 가능함

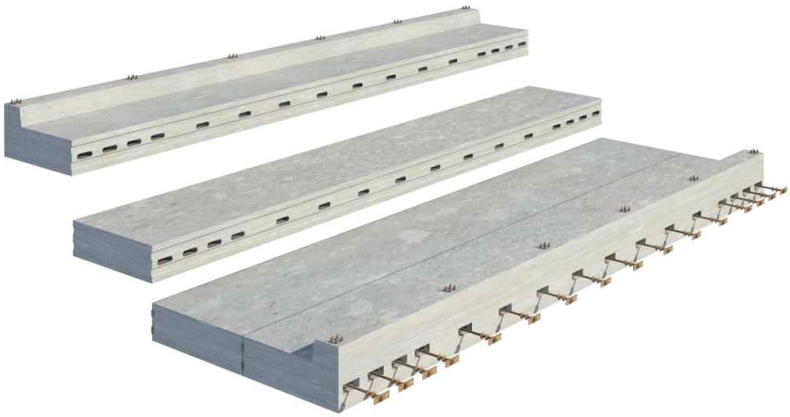
- 강합성 반바닥판은 강거더와 조기 합성작용으로 모듈에 강성을 보강하고 횡방향을 볼트연결로 현장에서 급속연결이 가능함. 공장에서 절곡 강거더와 강합성 반바닥판을 설치하여 현장으로 운반하며 각 모듈은 현장에서 볼트 체결과 상부 마무리 콘크리트를 타설하여 완성함



(그림 18) 강합성 모듈러교량 및 시공순서

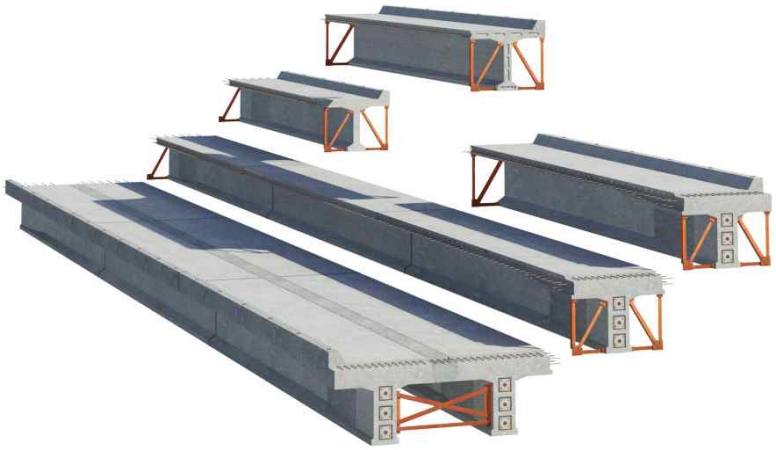
② 프리캐스트 모듈러교량

- 프리캐스트 모듈러교량은 지간장 20m 이하의 단지간 교량은 PSC 슬래브 형식으로 지간장 20~40m의 중지간 교량은 PSC 거더 형식으로 개발함
- 슬래브 형식 프리캐스트 모듈러교량의 모듈 하나의 중량은 은 25 ton를 넘지 않도록 계획되었으며, 모듈들의 횡방향 연결은 포스트텐셔닝에 의해 이루어짐



(그림 19) 슬래브 형식 프리캐스트 모듈러 교량의 개요

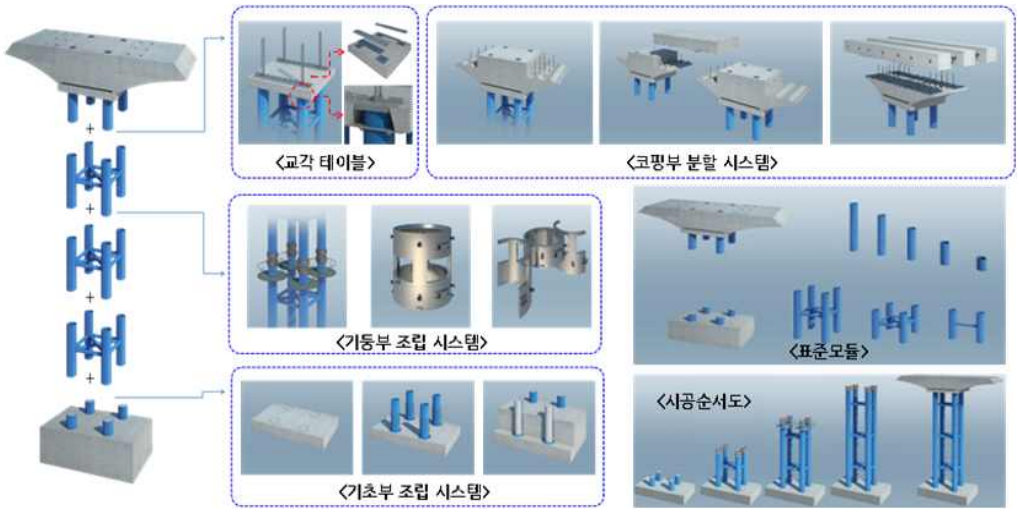
- 거더 형식 프리캐스트 모듈러교량은 세그먼트로 분할된 내측 거더 모듈과 외측 거더 모듈로 구성되며, 현장으로 운반된 거더 모듈 세그먼트를 현장에서 연결하여 완성된 거더 모듈을 횡방향으로 연결하여 교량을 완성하는 형식임. 세그먼트의 연결은 포스트텐셔닝에 의해 이루어지며, 모듈 간의 횡방향 연결은 철근 겹침이음과 연결부 콘크리트 타설에 의해 이루어짐



(그림 20) 거더 형식 프리캐스트 모듈러 교량의 개요

③ 모듈러교각 시스템

- 모듈러교각 시스템은 표준모듈의 조합으로 다양한 차선 및 높이에 대응할 수 있는 다주식 충전강관 교각모듈 (기둥모듈, 코핑모듈, 기초연결모듈)을 사용함
- 교각모듈은 다주식 충전 표준교각으로 구성되어 표준모듈의 조합을 통해 높이 30m, 지간 20~60m, 4차선(DB-24)의 현장조건에 대응이 가능하며 공사기간 72%, 현장인력 26% 감축할 수 있는 시스템임(현장타설 15m 기준)



(그림 21) 모듈러교각 시스템

(나) 공사현장의 가설교량

○ 공사현장에서 임시 우회로로 주로 사용하는 가설교량은 1990년 이후부터 활발히 개발되기 시작했으며, 주로 교통의 흐름을 방해하지 않고 연속해서 설치 가능하도록 발전하고 있음

1) SKO-Beam 공법

○ SKO-Beam 공법은 상부플랜지가 바닥판 기능을 겸하도록 π 형상으로 구성된 경제적인 조립식 장지간 시스템으로 복공판 감소에 의한 자중감소, 횡좌굴에 대한 저항성을 높여 장지간 및 최저형고를 실현하였음

- 강상판 구조계(강성 증대)를 이용함으로써 처짐 및 진동 최소화로 장지간 사용이 가능허며 복공부 공작제작 및 일체시공을 함으로써 안전성 및 균일한 품질 확보가 가능한 반면에 Prestress 도입 시 별도 장착구가 필요함(지간 57.0m 까지는 Prestress 필요 없음)



(그림 22) SKO-Beam 공법

2) TSB 공법

○ TSB 공법은 기존 I형 강 거더의 단면보강을 통한 상하 비대칭 단면을 구성/중립축 이동을 유도하여 최종상태 하에서 상하플렌지에 대칭응력이 작용하

는 원리를 이용한 시스템임

- 기성 자재사용으로 자재 조달이 용이하며, 단면강성이 커 진동, 처짐 등 사용성이 유리하나, 용접, 절단, 가공 공정이 많아 현장 안전사고의 위험을 내제하고 있으며, 피로하중에 의한 주형변형에 대해 지속적인 유지관리 필요함



(그림 23) TSB 공법

3) TRIAS 공법

○ TRIAS 공법은 일반적인 Warren Truss방식의 트러스교로 조립 부재가 8m, 5m, 2m의 세그먼트로 공장제작 되어 조립식 트러스교의 특성을 가장 잘 활용한 시스템임

- 공사비가 저렴하며 트러스 구조로 구조적 안전성 확보가 유리하나, 중량이 크고 조립이동 설치방식으로 현장여건에 따라 장비비가 과다할 수 있으며 트러스의 형고가 높아 형하 공간의 확보가 불리함



(그림 24) TRIAS 공법

4) DHB 공법

○ DHB 공법은 강성이 다른 2개의 H-Beam을 상하겹보 형식으로 제작하여,

Prestress를 도입하고 지점부 강성을 키워 장지간 가설이 가능한 시스템임

- DHB 공법은 단면강성 증가효과 크며 진동, 처짐이 작고, 받침 장치에 의해 온도수축에 의한 수평력 감소와 Bent 안정성이 유리한 반면, 공용 중 추가 Prestress 도입 시 별도의 정착장치 필요하며 H-Pile 상단에 별도의 교좌장치를 설치하여 공사비가 증가되며 받침부 Bolt 안정성이 다소 미흡함



(그림 25) DHB 공법

5) HIPP 공법

○ HiPP 공법은 일반 H-Beam에 선행하중 재하 후 상·하부에 고강도 강판을 부착하여 Prestress가 도입된 복합거더를 이용한 조립식 장지간 가설 시스템임

- HIPP 공법은 강재량이 적어 경제성이 우수하며, 공장제작 후 단순 현장조립으로 후속공정이 없어 시공성이 양호하고 공기 절감이 뛰어난 반면, 단점으로는 연속주형을 교량받침 없이 강결함으로 온도 하중에 의한 수평저항 다소 불리하며 솟음(Camber) 손실에 대한 대책이 곤란하고 피로하중에 의한 주형변형으로 안정성 확보에 어려움



(그림 26) HIPP 공법

6) ATOM 공법

○ ATOM 공법은 현재 공사현장에서 가장 많이 사용되는 공법으로서 H-Beam에 편향부(Deviator)를 설치하고 강봉으로 외부 Prestress를 도입하여 주

거더의 항복을 지연시켜 장지간화 시키는 조립식 교량가설 시스템임

- 장지간시 상부거더의 하향 처짐을 강봉에 의해 상향 솟음이 가능하며 공장제작 후 현장조립으로 시공성 양호 및 공기 절감이 뛰어나나, 단면강성이 크지 않아 진동, 처짐 등 사용성이 다소 떨어지며 주기적인 텐션의 유지관리가 필요함

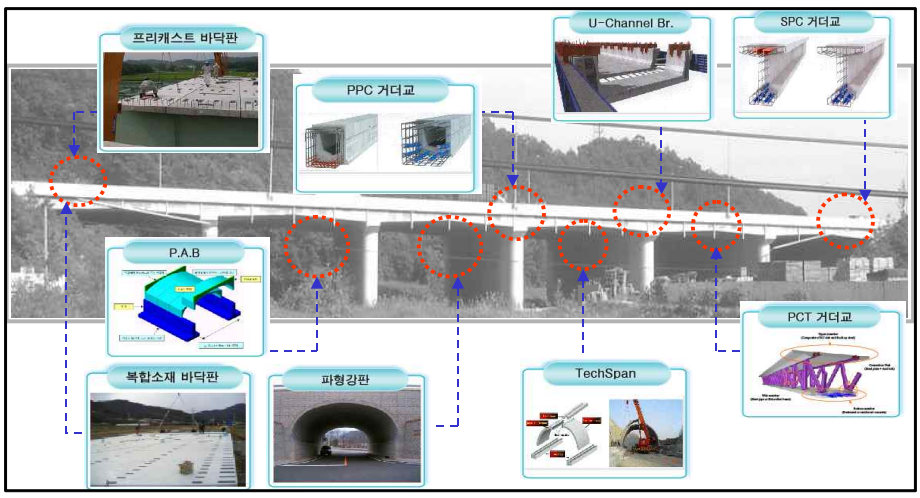


(그림 27) ATOM 공법

(다) Precast 공법

1) 공장제작 구조물 시공법

○ 국내에서 조립식 교량 시스템은 국외에 비해 많은 연구가 진행되지는 않았지만 도로교의 콘크리트 바닥판 손상에 따른 교체수요에 의해 시작된 프리캐스트 바닥판 연구를 기반으로 건설기술의 경쟁력 향상을 위한 본격적인 검토가 구조부재별로 다양하게 진행되고 있음

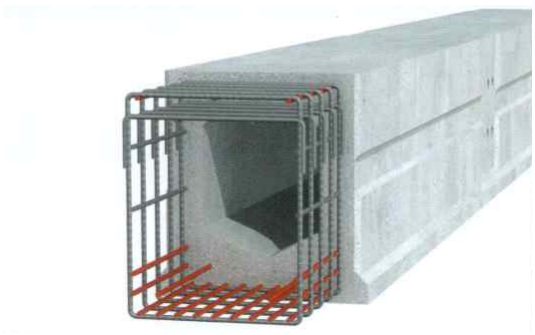


(그림 28) 국내 조립식 교량 공법의 종류

① P.P.C 거더

○ 미리 제작된 중공형태의 Prestressed Multi-Concrete 거더를 현장에서 병렬 거치 후 포스트텐션 공법으로 횡방향으로 체결하여 일체화시켜 교량상판

을 단기간에 조립하는 공법으로, PSC빔 교량과 중공 슬래브 교량의 구조적 장점을 접목한 복합구조 교량형식임



(그림 29) Pre-Tension 공법개요

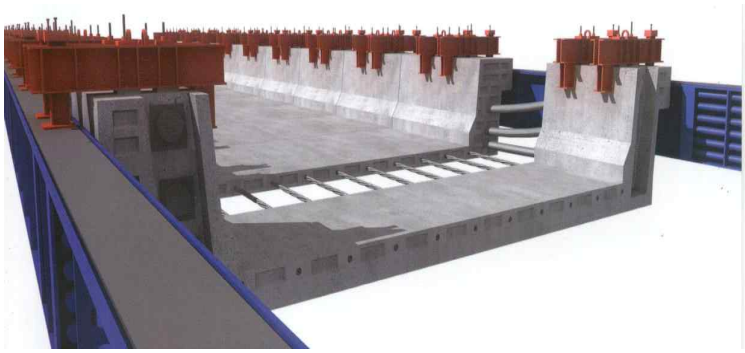


(그림 30) Post-Tensin 공법개요

② U-Channel Bridge

○ 다른 일반 교량형식들과 달리 주거더를 교량상판 하면에 배치하는 것이 아니라 상판 측면에 배치하는 하로교의 형태를 취함으로써 타형식에 비해 형하고 확보가 매우 유리할 뿐만 아니라 측면에 배치한 주거더를 차량 방호벽으로 사용가능한 형식임

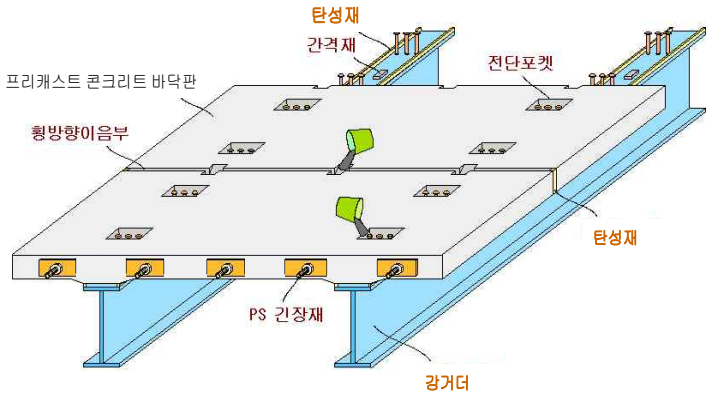
- 공장제작을 통한 프리캐스트 세그먼트(Precast Segment) 공법을 채택함으로써 적용성, 경제성, 품질, 시공성이 우수함



(그림 31) U-Channel Bridge

③ 프리캐스트 바닥판

○ 프리캐스트 콘크리트 바닥판간 이음부에 교축방향 일괄가설 긴장재를 이용하여 최적 유효 프리스트레스 압축력을 도입하고 거더와 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 합성을 위하여 등간격으로 배치된 전단연결재, 간격재 및 탄성재를 이용하여 프리캐스트 콘크리트 바닥판과 거더를 합성시키는 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 설치공법임

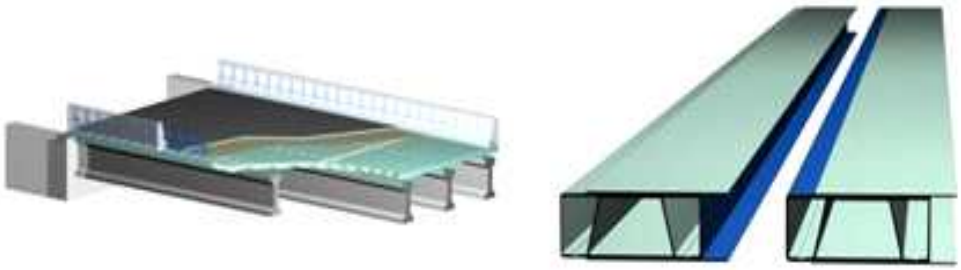


(그림 32) 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 설치공법

④ 복합소재 바닥판

○ 유리섬유 복합소재(Glass Fiber Composite)를 재질로 하는 제형 단면형상의 바닥판 튜브를 접합 연결한 패널형태의 바닥판 구조임

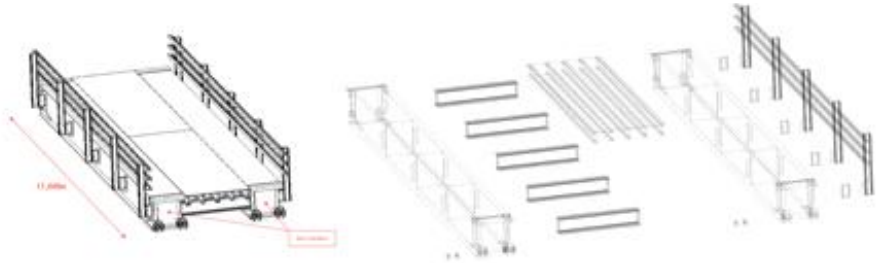
– 인발성형으로 공장 제작된 바닥판을 거더 교량에 합성 또는 비합성의 방법으로 조립 설치하는 복합소재 프리캐스트 바닥판 공법임



(그림 33) 복합소재 프리캐스트 바닥판 공법

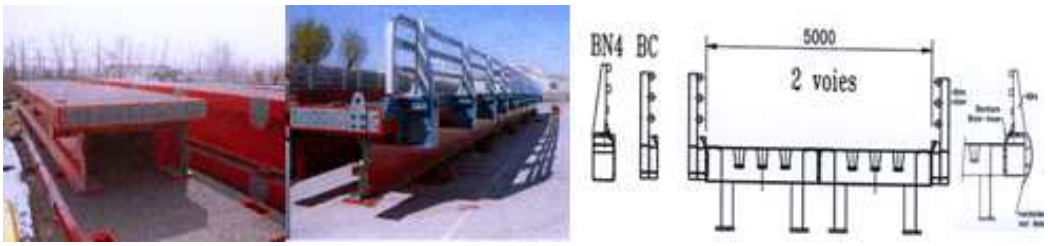
⑤ 해외의 모듈러 방식 교량구축 공법

○ 프랑스와 호주에서 개발된 UniBridge는 표준화된 모듈(6m, 12m급)을 사용, 이들 모듈을 조합하여 차선(1,2,,3), 지간(18~42m)확장 가능함. 바닥판, 난간 등의 표준모듈을 사용함



(그림 34) Uni Bridge

○ 프랑스의 Modular Bridge는 표준화된 최소의 모듈로 다양한 확장이 가능하며, 경량화 바닥판을 사용하고 길이방향, 폭방향 경사 및 캠버 반영이 가능함. 강거더, 강바닥판 상부 모듈, 방호시스템 모듈, 보도 모듈, 미관 모듈 등으로 구성되어 있음



(그림 35) Modular Bridge(프랑스)

○ 미국의 Multi Cell Box Girder Bridge는 고내식성강을 적용 장수명과 유지관리의 최소화가 가능하며, 후물재를 4mm의 박판재로 변경하여 가공이 쉽고 대량생산이 가능하도록 개발하였음. 6개의 셀을 조합하여 폐합모듈로 만들어 경량화 및 저형고가 가능하고 운반 성능을 개선하였음



(그림 36) Multi Cell Box Girder Bridge(미국)

○ 미국의 Folded Plate Girder는 거더 1개당 1개 모듈(길이방향 1개)을 사용하며, 거더당 길이 20m 이내, 폭원 1m 내외의 바닥판과 함께 제작되어 현장

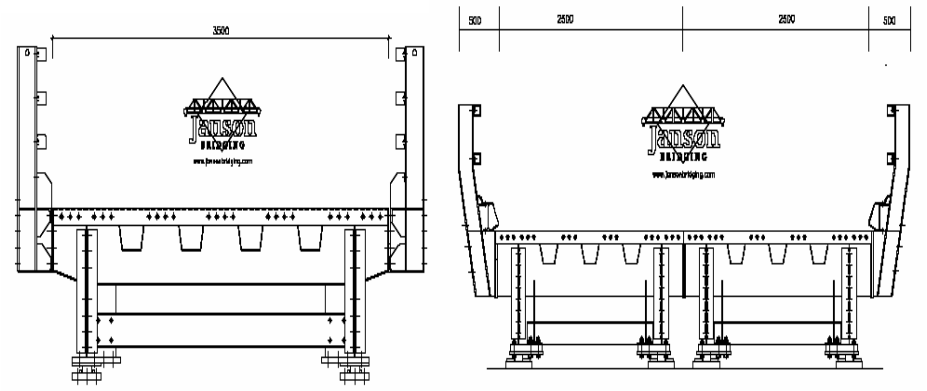
으로 운반하며, 모듈은 폭원 2m 내외로 횡방향으로 확장 가능함. 판두께 10~12mm로 성형성이 양호하도록 하며 롤포밍 혹은 프레싱으로 형상 가공 제작함



(그림 37) Folded Plate Girder (미국)

○ 영국의 Jansen Bridge는 표준모듈 (폭 2.5, 3.5m / 길이 10.5, 13.5, 19.5m)의 강상판, 강거더 모듈을 사용하며 차선은 1~3차선까지(폭 2.5, 5.0, 7.5, 10.0m), 지간은 최대지간 42.5m까지 확장 가능함.





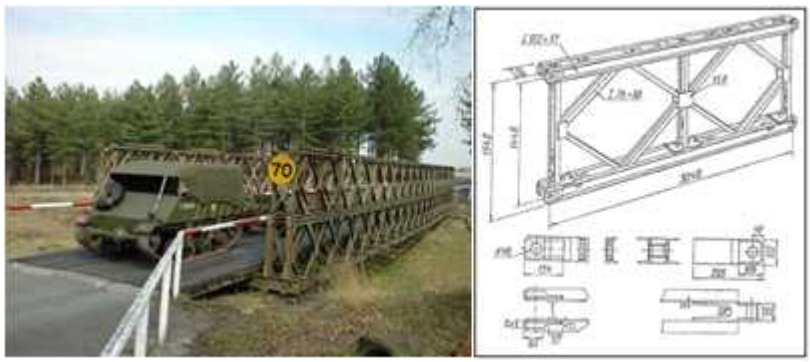
(그림 38) Jansen Bridge (영국)

(라) 군사용 가설교량

○ 군사목적의 임시설치형 가설교량 시스템은 과거 2차 세계대전부터 오랫동안 활용되어 왔음. 초기에는 인력에 의존하여 트러스형태로 연결해가는 방식에서 시작하여 부재를 점차 모듈화, 경량화, 자동화 하여 설치시간을 단축하고자 하였음

1) M2 장간조립교

○ M2 장간조립교는 베일리 교량(Bailey Bridge)이라고도 불리며, 1942년 영국에서 개발하여 한국전쟁 당시 운용되었음. 현재 정부에서 보유하고 있는 비상용 가설교량은 M2 장간조립교의 민수용 모델임



(그림 39) 장간조립교

○ 장간조립교는 직사각형 트러스 부재를 계속 핀으로 연결하여 교량을 구축하며 운반 및 설치가 용이하고 다양한 교량 형태로 가설 가능하나, 많은 인력이 동원되어야 함

- 장간조립교의 구축시간은 길이에 따라 상이하지만 평균 160분정도 소요되며, 통과하중은 60톤이며 트러스트 부재는 개당 297kg으로 길이는 무한대로 확장 가능하며, 2011년 장흥지역 수해로 교량파손 때 임시교량으로 장간조립교를 설치한 사례가 있음

2) 간편조립교 (MGB, Midium Girder Bridge)

○ 1980년대 영국에서 개발하였으며 장간조립교의 무게와 긴 설치시간 등 단점을 보완하여 개발된 군용 가설교량시스템임

– MGB의 설계하중은 60톤이며 알루미늄 합금소재로 경량화 하였는데, 일반적으로 스팬이 10m~30m(보강재 추가 시 50m까지 가능) 정도임. 구축 시 최소 25명의 인력으로 약 45분 정도 소요됨



(그림 40) MGB(간편조립교)

3) K-1 AVLB 교량전차

○ 인력을 이용하여 구축하게 되는 장간조립교와 MGB의 단점을 보완하기 위하여 자동으로 설치되고 전장에서 신속한 진격을 위해 전차에 상판을 싣고 25m 내외의 교량을 5분 내 설치 가능한 시스템(교량전차)임

– 설치되는 교량은 폭4m, 길이 22m으로 60톤 전차가 통과 가능한데, 구축 시 2명의 승무원으로 가설시간 3~5분, 회수시간 10분정도 소요되며, 조합가설, 접곡가설 등 응용가설이 가능함

– 인력을 이용하여 구축하는 가설교량보다 구축이 편리하고 구축시간이 줄어드는 반면에 매우 고가의 시스템임



(그림 41) 교량전차

4) 차기 전술교량(개발 중)

○ 차기 전술교량은 조립교의 장점인 유연성과 확장성을 유지하면서 인력식이

아닌 기계식으로 개선된 가설교량으로서, 교량전차와 같이 고가의 돌격형 장비가 필요 없는 후방에서 사용하기 위한 가설교량임

- 2007년부터 국방과학연구소와 ㈜로템에서 개발 중에 있음



(그림 42) 차기 전술교량

5) 영국의 Mabey Logistic Support Bridge와 VMB

○ Mabey Logistic Support Bridge는 Bailey Bridge 컨셉에서 유래된 교량형태이며 휴대성 조립식 트러스트교로서 적 공격이나 자연재해 피해에 대비하기 위하여 개발된 임시교량이며 폭 4.2m, 길이는 최대 61m까지 교량건설이 가능함

○ VMB(Vickers Modular Bridge)는 ABLE(Automotive Bridge Launching Equip-ment)이라는 부설장치를 이용하여 교각구조물 없이 모듈형식의 교량패널을 조립하는 임시설치형 시스템이며 장간이 32m, 연장 시 연결부위에 교각구조물이나 부유교각을 사용하고 20톤큽 크레인을 이용하여 조립함



(그림 43) Mabey Logistic Support Bridge

6) 캐나다의 Scissor Bridge Launch System

○ 캐나다의 Scissor Bridge Launch System은 Alberta 교량갈이 10.2m, 교량중량 5,200kg, 궤도폭 1.5m의 재원을 겸비하고 있으며 최대교량길이 400m, 조절 가능한 교량 최대폭 4m, 교량 통과 하중 60톤으로 가설가능 최대수심은 4.15m, 조절가능 지지대의 최대높이는 3m로 구성되어 있음



(그림 44) 캐나다의 Scissor Bridge Launch System

7) 일본의 81식 자주가교

○ 81식 자주 가교는 공병대 장비로 재해 파견으로도 활용하고 있으며 특대형 트럭의 화물적재함에 가교장비를 탑재한 임시가교 시스템임

- 가교장비는 교각과 교판이 1세트로 유압으로 작동되어 가교의 높이 조절이 가능하다는 장점을 지니고 있으며 60m의 다리를 2시간에 완성할 수 있는 기능을 겸비하고 있음



(그림 45) 일본의 81식 자주 가교

8) 우리나라 정부가 보유한 응급복구용 조립식 가설 교량

○ 각 지방 국토관리청에서는 재난, 재해로 인한 도로, 교량의 단절 시 응급 복구를 위해 1등급 교량 수준의 하중을 지지할 수 있는 임시적 설치용도의 가설교량을 비축하고 있음

- 서울시가 보유한 가설교량은 한강교량 피폭 시 단절의 신속한 복구를 주목적으로 함

○ 국토관리청 및 서울시에서 보유하고 있는 가설교량은 3.2m의 폭과 70m 경간을 가진 트러스형태의 베일리교량으로, 가장 최근에 도입된 모델은 2007년도 서울시에서 오스트리아의 Waggnerbriro사가 제작한 제품임

- 이 외에도 미국의 Acrow, 영국의 Mabey사 등에서 이와 유사한 베일리교량을 제작하고 있음

○ 한강 피폭 등 비상상황 발생 시 동원발령 69시간 이내 구축하도록 지침이 마련되어 있으며, 본 시스템의 구축을 위해 약 13~14인의 인력과 크레인 등의 장비가 필요함

- 70m 구축에 필요한 부재의 중량은 총 200톤 수준으로 신속한 수송이 어려우며, 또한 숙련된 기술을 가진 인력을 단시간에 동원하기가 어려워 활용성이 낮은 실정임

○ 이 외에도, 보관을 위해 넓은 야적장이 필요하고 보관 과정에서 유지관리가 어려우며 기술적으로는 파괴된 교량의 기존 프레임과 신부접합이 어려운 단점이 있음



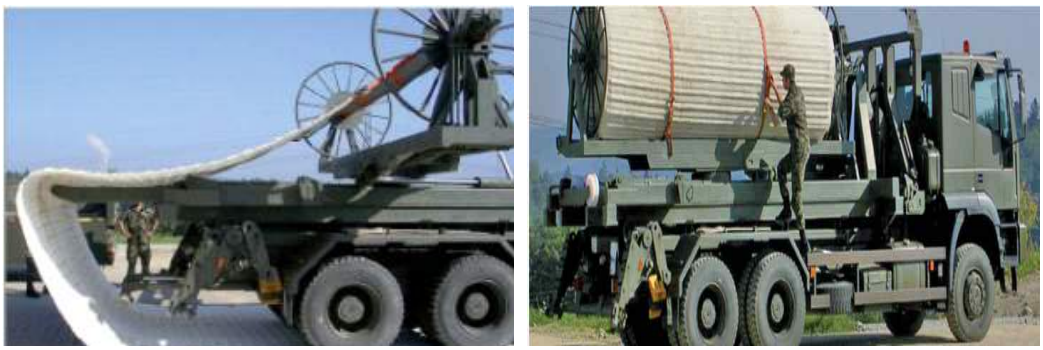
(그림 46) 국내 응급복구용 조립식 가설교량

(마) 노반형 임시 주행로

1) 프랑스

○ 프랑스의 DESCHAMPS社에서 개발한 Mobi-mat는 다양한 환경에서 군용 임시 도로 및 다리 등의 급속 시공이 가능하며, 향후 도로, 철도 등 공공 건설 분야에서도 활용될 수 있을 것으로 전망됨

- Flatrack(Flatrack-mounted Roadway Dispenser)은 2명의 인원으로 15분 동안 100m 임시도로 설치 가능



(그림 47) Flatrack(Flatrack-mounted Roadway Dispenser)

- Trailer(Trailermounted Roadway Dispenser)은 2명의 인원으로 5분동안 50m 임시도로 설치 가능



(그림 48) Trailer(Trailer-mounted Roadway Dispenser)

- LAB(Light Autonomous Bridge System)은 2대의 트럭(운전수)으로 3~4분에 임시교각 설치 가능



(그림 49) Trailer(Trailermounted Roadway Dispenser

2) 미국

○ 미국의 Signature system Group社는 다양한 종류의 임시도로 시공이 가능한 모듈식 시스템을 제공하고 있음

- Dura-Deck는 최대 80t의 하중을 견딜 수 있는 임시 도로가설 등에 활용 가능



(그림 50) Dura-Deck

- Hexa-Deck은 육각타일 체결형태로 대형 행사용 임시 바닥이나 임시 도로가설 등에 활용 가능



(그림 51) Hexa-Deck

- Armor-Deck은 고밀도 플라스틱 재질로 대형천막 바닥 및 임시도로가설 등에 활용 가능



(그림 52) Armor-Deck

- Mega-Deck는 무거운 하중을 견딜 수 있어 대형건설장비, 산업용, 임시 도로가설에 등에 활용 가능



(그림 53) Mega-Deck

3) 국내 연약지반 강화 기술

○ 도로, 활주로, 성토, 제방, 호안, Earth Dam, 얕은 Trench 등의 기초지반표층 및 사면보호공에 대한 연약지반 강화 기술로 표층처리공법이 주로 사용됨

- 표층처리공법은 초연약지반의 주행성(Trafficabilty)확보를 위한 가설 목적으로 적용되며, 도로, 철도, 공항 등의 노상·노반의 안정처리는 영구구조물로서 이용됨

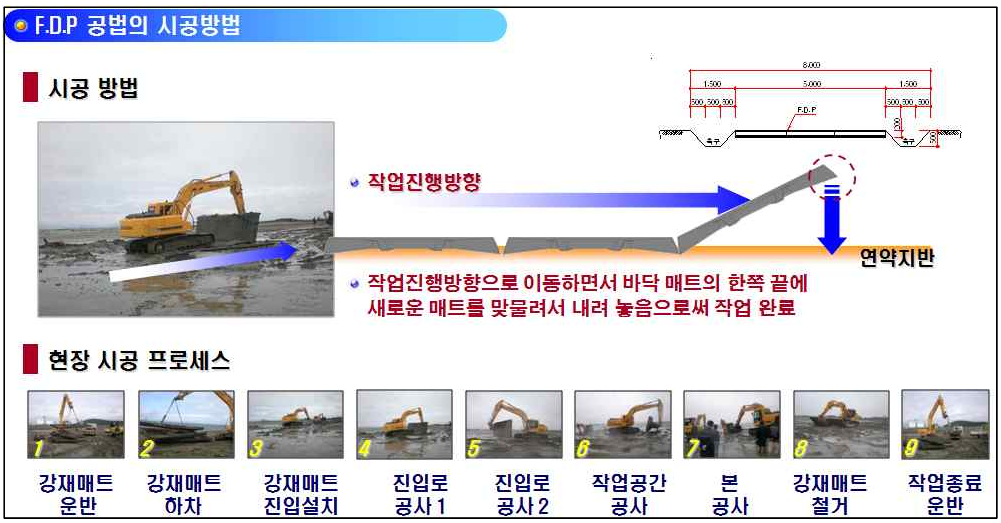
- 표층처리공법은 개량원리 및 시공방법 등에 따라 표층배수·건조(乾燥)공법, 피복공법, 치환공법, 표층혼합처리공법 및 진공압공법(Suction Device, 수평진공배수 공법) 등으로 분류됨

- 급속한 표면처리공법으로 시트공법이 있는데, 시트공법은 연약지반의 상부

에 장비의 하중을 분산시킬 수 있는 인공 바닥판을 제공하는 방법으로, 최근 들어 미국을 중심으로 복합소재 테크를 이용한 활발한 연구개발이 진행되어 현재 실용화 단계에 있음

○ 국내에서는 연약지반 주행성 확보를 위한 강판가도공법 (이응길, 2003) 가도용 착탈 조립식 복합소재 리그매트에 대해 연구 (이성우외, 2006)등이 있음

○ 연약지반에 적용이 가능한 시트공법의 예는 다음과 같음



(그림 54) 시트공법의 국내사례 – 강재 매트

(바) 차량시스템

○ 최근 정부가 향후 60년의 국가의 경제성장을 위해 '저탄소 녹색성장'을 제시함에 따라 녹색도시조성의 요건이 되는 녹색교통체계수립에 대한 관심이 증대되면서 신교통시스템인 케이블카, PRT(Personal Rapid Transit), GRT(Group Rapid Transit), 전기자동차 등 친환경적인 차량시스템에 대한 기술개발이 다양하게 진행되고 있음

– 기존의 교통시스템인 중량전철, 지하철, 경전철은 대량의 수송능력으로 일괄수송이 가능하지만 공사비, 무거운 중량을 버티기 위한 거대한 시스템 구조로 구성되어 도입에 대한 재정적인 부담과 수요 부족으로 인한 경제

적 가치 저하의 문제를 갖고 있음

- 이에 반면에 케이블카, PRT, GRT 등은 공사 및 설치가 간편하고 경제적으로 저렴하여 최근 신도시개발사업에 적극 활용되며 반영되고 있는 실정임

○ 본 장에서는 조립식 모듈형 철도시스템의 상부하중을 결정하게 되는 중요한 요소인 차량시스템의 적합한 형태와 제원을 도출하고자 최근 기술개발 및 상용화가 활발히 이루어지고 있는 신교통시스템의 차량의 기술동향을 살펴보고자 함

1) 케이블카

○ 최근 변화되는 관광형태의 다양화와 능동화에 따라 방문객 이동을 위한 교통수단인 케이블카를 도입하고자 하는 노력이 여러 지방자치단체에서 나타나고 있음[6)]

- 케이블카는 관광지 내부의 원활한 이동을 확보할 수 있는 내부교통수단으로서 관광지의 매력도를 향상시키고 방문객 수를 증가시켜 지역 활성화에 기여할 뿐만 아니라 케이블카 자체가 관광자원으로서 활용될 수 있기 때문에 우니라의 중요 관광지에도 적극적으로 검토되어 유치되고 있는 실정임

- 국내 케이블카는 현재 총 20여개 지역에서 운행되고 있으며 그 중 통영케이블카는 매년 100만명 이상의 이용객으로 약 1,200억원의 경제적 파급효과가 발생한 것으로 추산되어 지속적인 케이블카 도입과 기술개발이 진행, 확산되고 있음

○ 케이블카는 주로 산악지역에 설치되어 방문객을 이동편의성을 향상시켜주고 있으며 약 0.5km~1.5km의 평균 운행거리, 승차인원 8인/대~12인/대, 평균속도 3.0~3.5m/s 수준으로 지상 100m 이상의 각 거점 간 연결되어 있는 케이블을 이용하여 운행되는 교통수단임

- 1962년 5월 12일, 국내 최초로 서울 남산에 설치되어 운행 중인 케이블카는 운행거리 605m, 속도 3.3m/s, 높이 138m의 제원으로 년간 60만명

6) 남장현(2011), 케이블카 방문객의 만족도 영향 요인 연구

의 방문객이 이용하고 있음

- 한려수도 조망 케이블카는 한국의 100대 명산 중 하나인 통영 미륵산(해발 461m)에 설치된 국내 최장 운행거리인 1,975m의 케이블카로 8인승의 승차인원으로 운행 중에 있으며 세계적인 기술을 인정받고 있는 스위스 가라벤타 사의 기술제휴로 설치되어 안전성을 보장받고 있음

○ 케이블카의 도입과 선호하는 수요가 많아짐에 따라 시장이 더욱 확대되고 있으며 케이블카의 기술개발 또한 경제성, 안전성 등 이미 높은 수준의 기술을 선점하고 있음

2) PRT(Personal Rapid Transit)

○ PRT(소형궤도차량시스템, Personal Rapid Transit)는 최근 들어 가장 활발히 연구 및 개발 중에 있는 차량시스템으로써 소형전철 또는 통칭하여 APMs(Automated People Movers)라고도 불리며 총 노선연장 1~10km, 시간당 · 방향당 3,000~10,000명, 수송용량 2~4인/량의 재원을 갖은 신교통수단임

- PRT의 특징으로는 안전성과 신뢰성을 바탕으로 승객을 신속하고 편안하게 목적지까지 무정차로 이동시키며 시공 및 유지보수가 용이하여 공사로 인한 공해나 교통흐름의 방해가 적고 저공해 에너지 사용과 재활용 가능한 소재의 사용으로 친환경적이나 2~4인승의 소수의 수송을 대상으로 함



(그림 55) PRT(Personal Rapid Transit)

○ 대중교통수단의 효율성을 논의할 때 가장 큰 관심사는 수송능력인데, PRT는 무인 자동차를 0.5초 이하의 시격을 유지하면서 안정적으로 운행하는 기술

을 확보함에 따라 가이드 레일 시간당 5,000대까지 차량을 수송할 수 있어 수송요구량 변화에 능동적으로 대응할 수 있음

- 최근 민간기업(벡터스)에서 국내 기술로 개발된 PRT가 순천만에서 상업운영을 목표로 현재 시운전 중에 있음

3) GRT(Group Rapid Transit)

○ GRT(중소형 궤도차량시스템, Group Rapid Transit)는 분기되는 노선을 가지고 출발지와 목적지가 유사한 사람들이 이용하는 AGT 시스템으로 시스템 운영 방식이나 승차인원에 있어서 기존의 경량전철과 PRT 시스템의 중간형태의 차량임

- PRT 시스템과 운영 방식, 형태, 특성을 일부 포함하고 있으며 승차인원에 따라 GRT와 PRT로 구분되며 PRT는 1~6인/량이 승차인원인데 반해 GRT는 10~20인/량의 승차인원을 갖으며 2개 차량 이상이 연결되어 운행될 수 있는 장점이 있음

○ GRT차량은 PRT차량과 함께 최근 높은 수준의 기술개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있으며 미국의 모건타운에서는 GRT 차량을 이용한 교통시스템을 도입하여 운영하고 있으며 최고속도 48km/h, 최고 구배 10%의 제원으로 승객의 이동편의성에 크게 기여하고 있음



(그림 56) 미국 모건타운의 GRT

4) 전기자동차

○ 전 세계적으로 대기오염으로 인한 환경문제가 대두되고 있는 요즈음 전기에너지로만 운행이 가능하고 대기오염 배출량이 없는 친환경적인 차량이 각광받고 있음

○ 전기자동차는 자동차의 구동 에너지를 기존의 자동차와 같이 화석 연료의 연소로부터가 아닌 전기에너지로부터 얻는 자동차로써 자동차에서의 배기가스가 전혀 없으며 소음이 적은 장점이 있음

- 전기자동차는 1873년 가솔린 자동차보다 먼저 개발되었으나 배터리의 무거운 중량, 충전에 걸리는 시간, 비용 등의 문제로 인하여 실용화되지 못하다가 최근 전기자동차의 기술개발이 활성화되어 현재에는 다양한 형태와 규모(2인승~20인승)로 개발되어 골프장 내부 등 단거리 이동수단으로 활용도가 높아지고 있음

- 현재 우리나라에서 상용화된 전기자동차는 평균주행속도 40km/h, 수송인원 2~20인, 공차중량 약 1톤 수준으로 타 교통수단보다 경량화 된 차량시스템으로 지속적인 기술개발과 투자가 진행되고 있음



(그림 57) 국내 상용화 된 전기자동차

5) 소결

○ 케이블카, PRT, GRT, 전기자동차와 같은 경량화 된 차량시스템은 이미 높은 기술을 선점하고 있으며 넓은 시장을 확보하고 있어 본 조립식 모듈형 철도시스템 차량 기술개발 및 상용화에 있어 현재의 차량 기술개발을 이용 및 차용하면 충분히 가능할 것으로 판단됨

(사) 무선기반 통신시스템

1) LTE-R 기반 철도통신시스템 국내 기술개발 수준 및 현황

○ 2011년에 국가 R&D를 통하여 한국형 무선기반 열차신호시스템(KRTCS: Korean Radio-based Train Control System)을 단계적으로 개발하는 열차 신호시스템 표준화 방안 수립수행 방침을 결정하고 국가 철도전용 통합무선망 구축방안 및 효과분석을 통하여 철도 통합무선방 구축 필요성과 방안, 통신방식(LTE)과 주파수 대역(700MHz 대역 10MHz) 선정 및 정책대안을 도출하였음

○ 방송통신위원회에서는 철도 전용주파수의 필요성, 시급성, 주파수 소요량 및 주파수대역을 요구하였으며 2012년 3월에 국토부, 연구기관, 학계 등 전문가로 구성 된 철도전용 주파수연구반을 구성하였음

- 기술개발을 위한 시험용주파수 요청 및 시험주파수를 기배정(2.6GHz 대역) 받았으며 현재 대불선에서 시험용 주파수를 활용하여 시험 진행 중에 있음(2012년~2013년)

○ 철도 전용을 위한 주파수는 크게 4가지 대역으로 검토가 진행 중에 있음

- 700MHz 대역

· 구축 및 운영 경제성이 확보되는 유력한 주파수 대역으로 GHz대역에 비하여 상대적으로 기술적 안정성 확보가 가능함

· 공공기관(재난망, 방송망 등) 및 이동통신사업자 등 주파수 요청 기관이 많아 주파수 확보가능성이 높음



(그림 58) 주파수대역

- 2.1 GHz 위성 IMT 대역

· ITU에서 위성 및 지상 IMT 용으로 국제 분배한 대역

· 일본이 위성망으로 활용하고자 ITU에 등록하였으나 현재까지 위성발사계

획이 미확정된 상태로 트래픽 급증에 따른 주파수 부족 해소 및 재난, 국방통신 등 공익적 목적의 위성서비스 등 위성/지상겸용 이동통신이 추진되는 대역임

- 1.8 GHz 대역

· 전 세계적으로 이동통신용(150MHz폭)으로 분배되어 140여 개국으로 2G로 이용 중이며 폴란드, 독일 등 18개국이 LTE 서비스를 개시/준비 중인 차세대 이동통신 핵심 대역임

· 국내에서는 80MHz 폭만 이동통신용으로 분배되고 나머지 70MHz 폭은 공공용으로 일부지역에서만 사용 중으로 2013년까지 주파수 확보 후 경매 추진 예정으로 빠른 용도 지정이 예상되는 대역임

- 2.6 GHz 대역

· 일본의 NTT도코모가 재난위성서비스를 제공하고 있는 주파수대역으로 18년 동안 누적가입자가 4만명에 불과하여 지속된 적ㅈ로 인하여 최근 이동통신용으로 사용을 모색 중임

· 전 세계적으로 가장 많은 LTE 기반 통신서비스가 사용되는 대역으로 장비 수급에는 유리할 것으로 전망되나 2016년에 주파수 확보가 계획되어 있어 단기간에 주파수 확보 가능성은 희박한 실정임

2) LTE 기반 철도 전용 주파수 확보 전망

○ LTE 방식을 철도에 적용하기 위한 주파수 대역은 700MHz, 1.8GHz, 2.1GHz, 2.6GHz 대역 등이 있음

- 1.8GHz 대역은 이동통신사업자가 선호하는 대역 중의 하나로 철도전용주파수 확보가 어려움

- 2.1GHz 대역은 위성 IMT 대역으로 국내에서는 주파수 부족 현상으로 공익적 목적과 이동 통신용으로 활용하고자 하는 움직임으로 인해 확보가 쉽지 않은 대역임

- 2.6GHz 대역은 세계적으로 가장 많이 사용되는 LTE 주파수로 해외시장 개척이 용이하나 일본이 위성서비스 제공 중이며 일본과 협력 문제 등으

로 단기간의 주파수 대역 확보는 어려운 실정임

- 700MHz 대역은 전파 회절로 음영지역이 상대적으로 적고 커버리지가 넓어 기지국 구축에 경제적이며 최근 국토교통부, 미래창조과학부, 방송통신위원회 및 안전행정부 등과 협의를 통해 철도 전용주파수에 대한 요구를 적극 추진 중에 있음

3) LTE-R 기반 철도통신시스템 국외시장 동향

○ 유럽

- 철도전용 통합무선망 구축 운영(GSM-R)으로 음성과 데이터 및 신호제어를 제공하고 있으며 통신부하 증가로 17년까지 LTE-R 기반 지능형 철도시스템 상용화를 완료할 예정임

○ 스페인

- 2011년에 국토개발부 산하 철도 인프라 관리 담당 국영기업인 ADIF는 Huawei와 LTE-R의 R&D 등에 대한 기본협정을 체결하였음
- 또한, Alcatel-Lucent와 LTE-R 표준화 및 성능향상 연구, 보안성 향상, 승객 통신서비스 향상을 위한 통합 멀티미디어 솔루션 연구 등에 대한 기본 협정을 체결하였음

○ 대만

- 운영과 유지보수 담당자간, 관제센터와 기관사간 통신에 음성과 데이터를 활용하기 위하여 TRS-TETRA로 400MHz 대역에서 철도 통신망인 THSR을 구축하였음
- 2010년에 청화텔레콤과 노키아 지멘스가 고속철도에서 LTE 운영을 시험하였으며, 2011년에 청화텔레콤과 Alcatel-Lucent가 고속철도에서 LTE Test를 수행하였음

○ 중국

- 유럽과 동일하게 GSM 기반으로 철도전용 통합무선망을 구축하여 운용 중에 있으며 LTE-R 기반의 지능형 철도시스템을 지속적으로 연구개발 중에 있음

(2) 특허동향분석

(가) 분석 개요 및 목적

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술에 있어 모듈형 선로, 교량 등 주행로 기술, 분리형 차체 등 모듈형 차량 기술, 무선기반 신호시스템 등 운행 장치 기술, GIS 기반 자동노선 설계 및 DB 이력관리 시스템 기술을 대상으로 하여 특허동향분석을 실시하였음

○ 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써 중복연구를 방지하고, 본 기획연구 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공함을 목적으로 함

(나) 분석 범위

○ 본 분석에서는 Thomson Innovation를 분석 DB로 사용하여, 2013년 6월까지 출원공개 및 등록공고 된 미국, 유럽, 일본, 한국, 중국의 등록 및 공개특허를 분석 대상으로 함

<표 31> 특허동향분석 기준

구 분	분석 기준				
특허검색 DB	Thomson Innovation				
검색국가	미국	유럽	일본	한국	중국
	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원, 등록	출원
분석구간	1990.01.01.~2013.6.17				
검색범위	Title, Abstract, Claim				

○ 특허동향분석 검색 분류 기준은 다음과 같음

<표 32> 특허동향분석 분류기준

대분류	중분류	소분류
조립식 모듈형 철도	A. 모듈형주행로	AA. 모듈형 주행로
		AB. 모듈형 포장
		AC. 모듈형 교량 체결부

시스템 기술 개발		AD. 임시설치형 인프라(가설교량)
		AE. 조립식 철도 선로 구축기술
		AF. 조립식 철도 시설구축 기술
		AG. 조립식 철도 구축/해체/이동장비 기술
		AH. 조립식 철도 유지보수 기술
조립식 모듈형 철도 시스템 기술 개발	B. 모듈형 차량	BA. 소형 경량 전동차량
		BB. 분리형 차체
		BC. 분리형 공조장치
		BD. 차량 유도장치
		BE. 자력/전자기 방식 차량 연결장치
	C. 운행장치 시스템	CA, CB. 무선기반 통신장치
		CC. 조립식 철도 제어 및 통신기술
	D. 자동노선설계 및 이력관리 시스템	DA. GIS 기반 자동 노선설계(선형설계) 및 비용산정 시스템
		DB. 이력관리 기술

(다) 특허기술동향

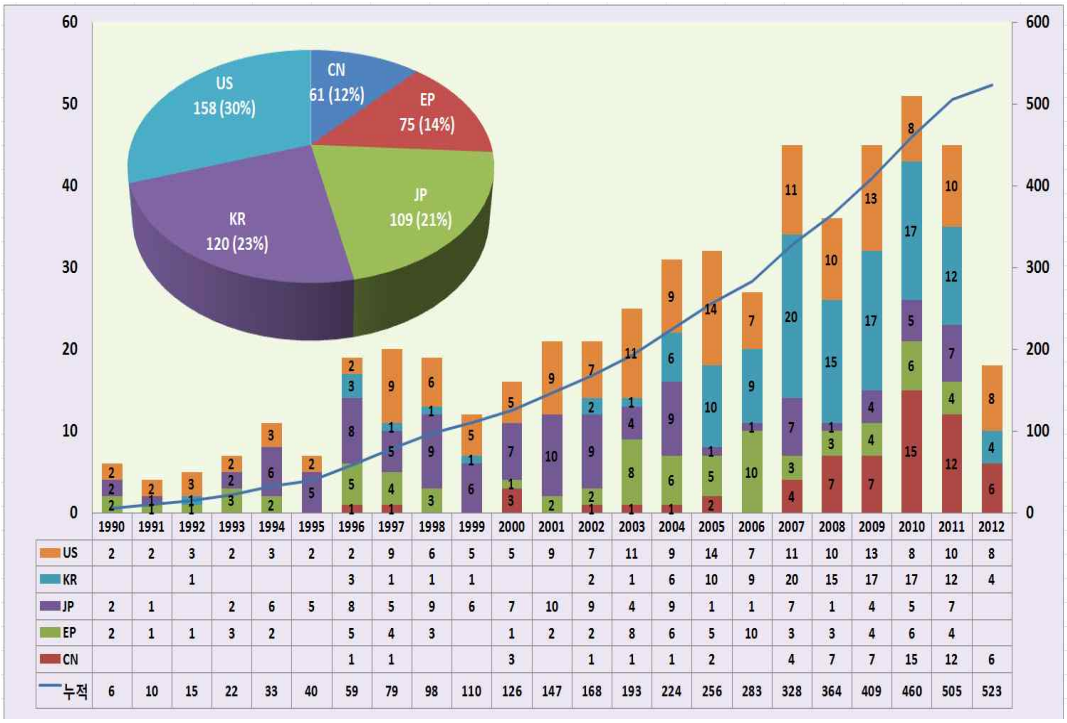
1) 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 523건의 특허가 출원되고 있으며, 1990년대 말부터 국가별 年 평균 3~10건씩의 특허가 꾸준히 출원되고, 출원건수가 증가추세에 있음

○ 국가별 출원현황을 보면 미국이 30%로 최다 출원이며, 한국, 일본, 유럽. 중국의 순서로 출원이 이루어지고 있음

○ 최다 출원국인 미국은 2005년 14건을 정점으로 특허출원이 다소 정체상태에 있는 반면, 중국은 전체 특허의 80% 이상을 2007년 이후에 출원하고 있어 최근 기술 상승세가 매우 높게 나타나고 있음

○ 우리나라는 출원 건수가 120건으로 두 번째로 많으며, 2007년 이후 출원 특허가 전체특허의 70%이상을 차지하는 등 관련 분야 관심이 증가하고 있다고 보여짐



	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
US	2	2	3	2	3	2	2	9	6	5	5	9	7	11	9	14	7	11	10	13	8	10	8
KR			1				3	1	1	1			2	1	6	10	9	20	15	17	17	12	4
JP	2	1		2	6	5	8	5	9	6	7	10	9	4	9	1	1	7	1	4	5	7	
EP	2	1	1	3	2		5	4	3		1	2	2	8	6	5	10	3	3	4	6	4	
CN							1	1			3		1	1	1	2		4	7	7	15	12	6
누적	6	10	15	22	33	40	59	79	98	110	126	147	168	193	224	256	283	328	364	409	460	505	523

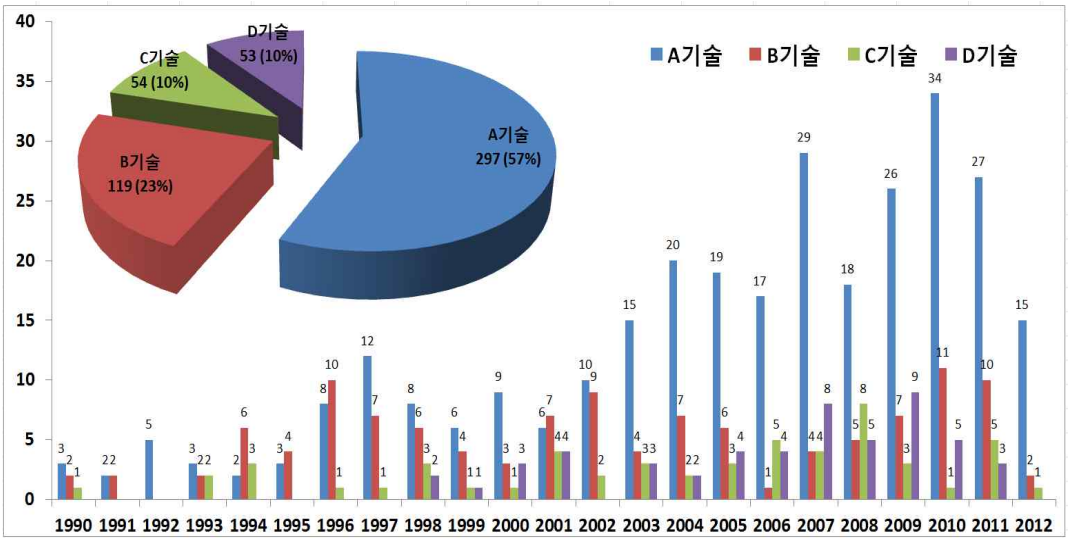
(그림 59) 출원년도 및 국가별 출원 추이

2) 세부기술별 특허출원 동향

○ 모듈형 주행로 기술(A기술) 분야가 특허 출원건수가 가장 많으며 최근에도 높은 수준의 특허 출원건수를 유지하고 있음

○ 모듈형 차량 기술(B기술) 분야가 두 번째로 특허 출원이 많은데, 철도/자동차 분야의 배터리, 대차, Coupler locking 등과 관련된 분야에 대한 관심이 지속적으로 유지되는 것으로 보여짐

○ 무선통신 운행장치 시스템(C기술), 자동노선 설계 및 이력관리(D기술) 분야는 A기술, B기술과 비교하여 특허 건수는 적은 편이지만, C기술이 2008년 8건, D기술이 2009년 9건 등 최근 상승세가 높게 나타나고 있으며 최근 Visualization System based on GIS, LTE 관련 통신기술 등에 대한 기술개발이 많이 이루어지고 있음

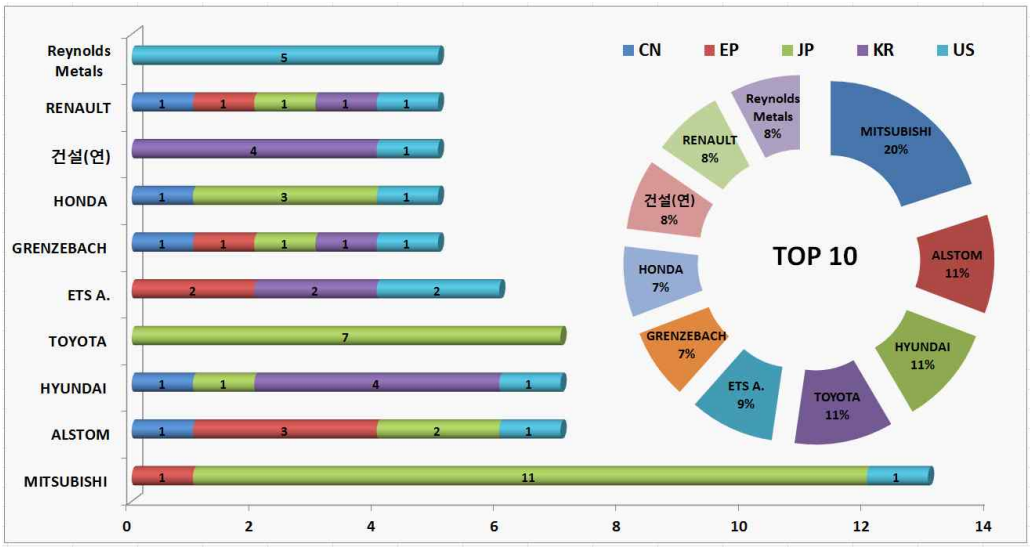


(그림 60) 세부기술별 특허출원동향

3) 주요 출원인 분석

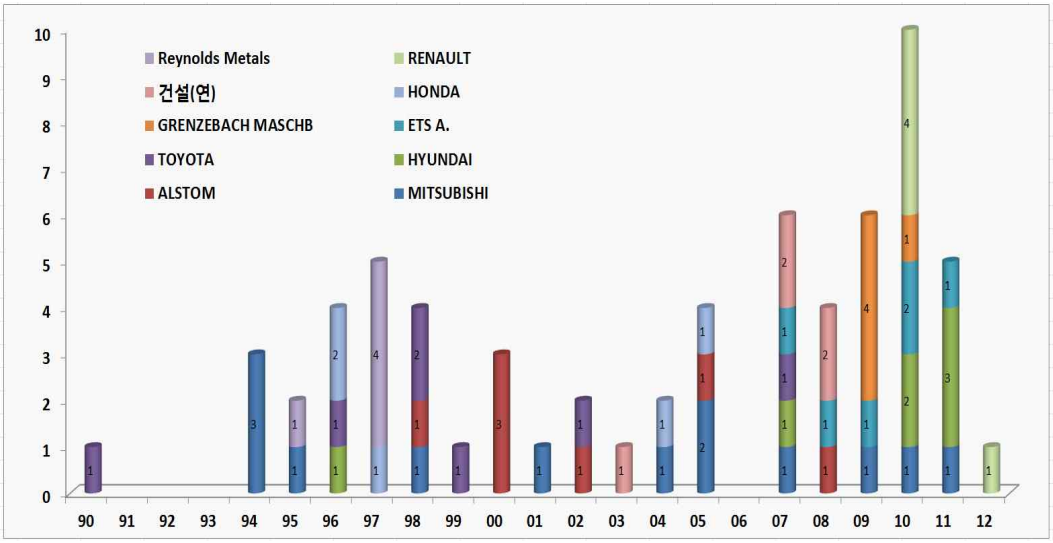
○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 분야 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 日 MITSUBISHI, 佛 ALSTOM, 우리나라 현대그룹, 日 TOYOTA 등의 회사들이 출원을 많이 하고 있음

○ 특허 출원 성향을 보면 일본 기관들은 대부분 자국을 중심으로 특허를 출원하고 있는 반면, 佛 ALSTOM, 우리나라 현대그룹 등은 유럽, 중국, 일본 등에 다양하게 출원하고 있음



(그림 61) 주요 출원인 동향

○ 주요 출원인의 연도별 특허출원을 보면 최다 출원인인 MITSUBISHI는 꾸준하게 특허를 출원하고 있는 반면, 현대그룹, 프랑스 ETS A. 독일 GRENZEBACH는 2007년 이후 많은 특허를 출원하고 있음

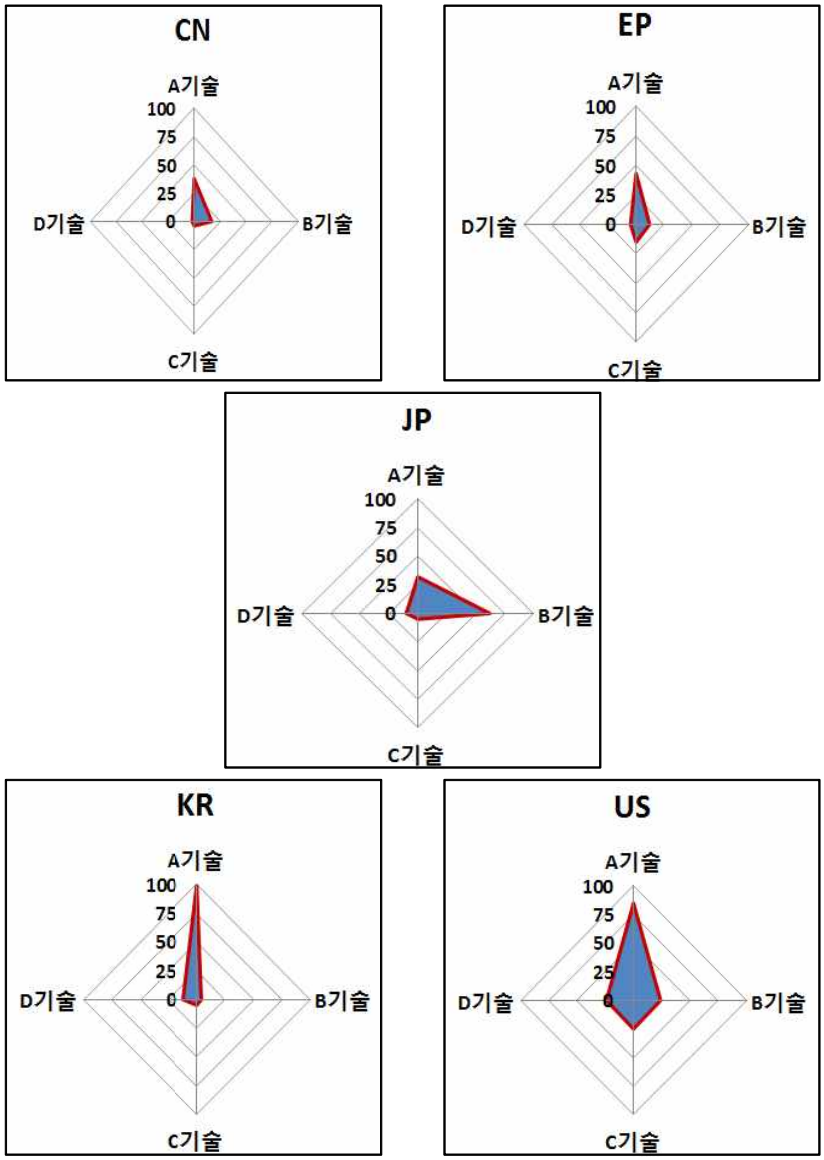


(그림 62) 연도별 주요 출원인 동향

4) 국가별 기술 분포

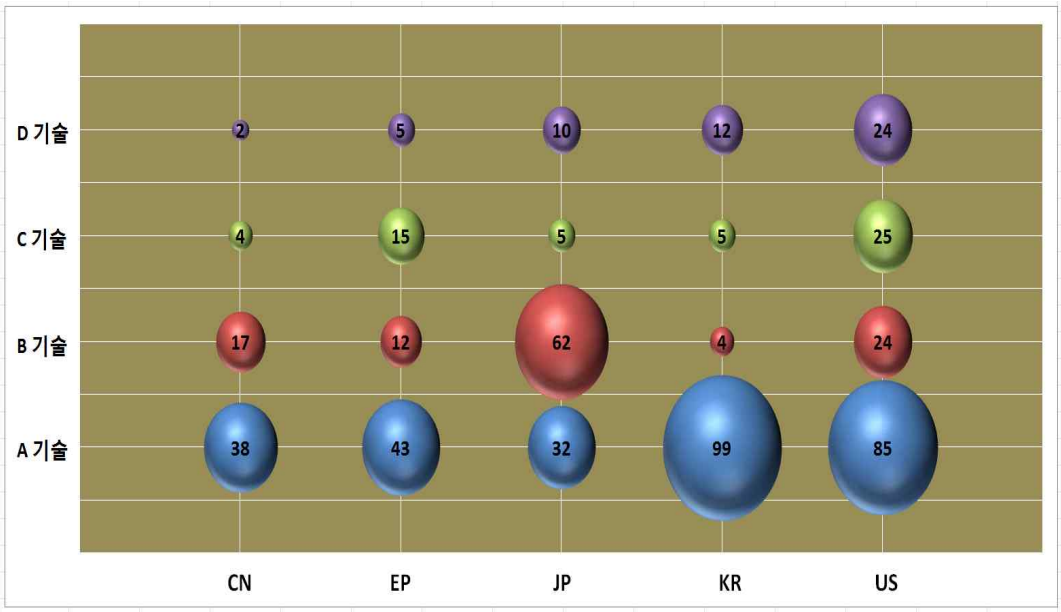
○ 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과 미국은 전반적으로 모든 기술분야에 높은 수준의 특허를 보유하고 있으며, 특히 모듈형 주행로 기술(A기술)에 대한 집중도가 높은 편이며, 무선통신 운행장치 시스템(C기술), 자동노선 설계 및 이력관리(D기술)에서 다른 나라보다 많은 출원을 하고 있음

○ 일본은 모듈형 차량 기술(B기술)에 대한 특허가 다른 나라보다 많이 나타나고 있으며, 한국의 경우 모듈형 주행로 기술(A기술)에 대한 특허가 다른 나라보다 많이 나타나고 있음. 한국은 A기술을 제외한 다른 분야의 특허는 상대적으로 낮게 분포하고 있음



(그림 63) 국가별 기술 분포

○ 한국의 경우 상대적으로 강점분야인 모듈형 주행로 기술(A기술) 뿐만 아니라, 상대적으로 기술경쟁이 작게 나타나는 무선통신 운행장치 시스템(C기술), 자동노선 설계 및 이력관리(D기술)에 대해서도 역량을 강화할 필요가 있음



(그림 64) 기술별/국가별 기순분포

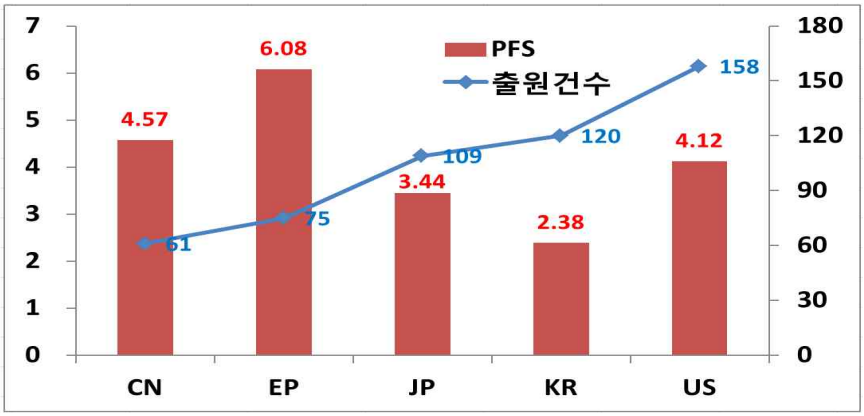
5) 국가별 특허분포 지수분석

① 시장확보지수 (PFS : Patent Family Size)

○ (지표 설명) 특정 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때 해외에 특허를 출원하므로, Family Patent 數가 많을 때 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함

○ (계산식) 국가별 시장확보지수(PFS) = (∑ 해당국가 특허別 패밀리) / 해당국가 특허건수이며 분석결과는 다음과 같음

- 유럽의 시장확보지수(PFS)가 6.08로 가장 높게 나타났으며, 유럽 다음으로는 중국, 미국의 시장확보력이 높게 나타났고, 미국의 경우 특허 건수에 비해 시장확보력이 낮게 나타나고 있으며, 한국은 특허 출원건수는 두 번째로 많지만, 시장확보력이 가장 낮은 것으로 평가됨



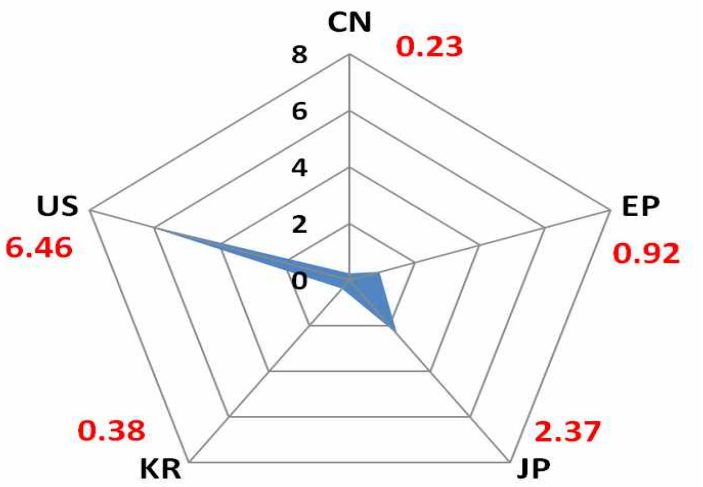
(그림 65) 국가별 출원건수 및 시장확보지수

② 인용도지수 (CPP : Cites Per Patent)

○ (지표 설명) 특정 국가의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수가 많을수록 기술경쟁력이 높으므로, 인용도지수(CPP)가 클수록 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 정도를 나타내는 지표로 사용함

○ (계산식) 국가별 인용도 지수(CPP) = (Σ 해당국가 특허別 피인용수) / 해당국가 특허건수이며 분석결과는 다음과 같음

– 미국의 인용도지수(CPP)가 6.46으로 가장 높게 나타남, 미국이 원천특허/핵심특허를 많이 보유한 것으로 판단할 수 있는 반면에 한국은 특허건수에 비해 인용도지수(CPP)가 많이 낮아, 원천특허/핵심특허 비중이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있음



(그림 66) 국가별 인용도지수

③ 영향력지수(PII : Patent Impact Index) 및 기술력지수(TS : Technology Strength)

○ (지표 설명) 영향력지수는 특정 국가가 소유한 기술의 질적수준을 측정하는 지수이며, 기술력지수는 특정 국가의 기술보유 양적수준(특허건수)과 영향력지수(질적수준)을 함께 나타냄

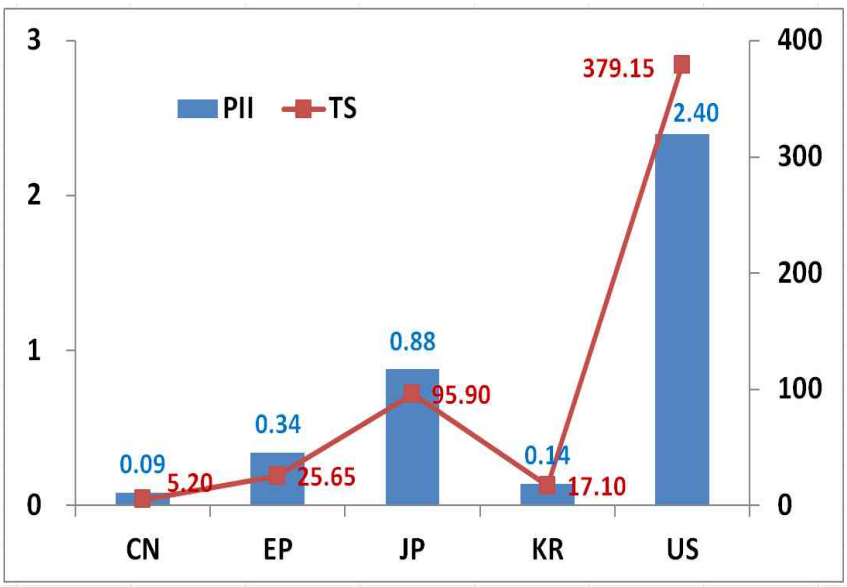
○ (계산식)

- 국가별 영향력 지수(PII) = 해당국가 특허 인용도지수 / 전체(모든국가) 특허 인용도지수
- 국가별 기술력 지수(TS) = 해당국가 특허건수 × 해당국가 영향력 지수

○ 영향력지수의 분석결과는 다음과 같음

- 미국의 영향력지수(PII)가 2.4로 가장 높게 나타나 질적 수준에서 가장 경쟁력 있는 것으로 보이며, 양적 수준(특허건수)을 고려한 기술력지수(TS)에서도 미국이 379.15로 다른 나라에 비해 월등하게 높게 나타남

- 우리나라는 영향력지수, 기술력 지수 모두 최하위 수준으로, 향후 지속적인 기술역량 강화가 필요함



(그림 67) 국가별 영향력지수 및 기술력 지수

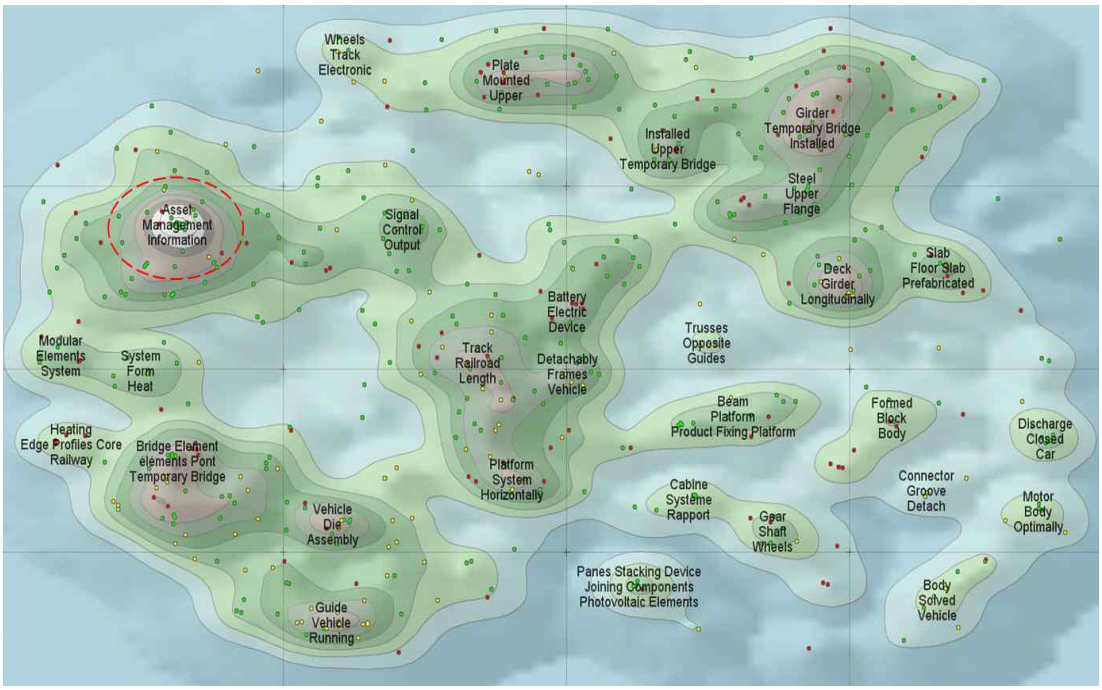
6) 기술분야 특허 분포도

① Text mining을 통한 특허 분포

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술관련 검색결과 결과 3,037건 중 검색 특허 중 최종 523건의 유효 특허기술이 분포함

○ 등고선 꼭지점이 높은 Asset/Management/Information 등의 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 관련 분야가 기술 집중도가 높은 기술임을 알 수 있음

○ 특히 최근 특허기술 분석결과 Modular Bridge, TEMPORARY BRIDGE, ASSEMBLY TYPE BRIDGE, ASSEMBLING PLATFORM, TEMPORARY PLATFORM 등의 임시(가설) 인프라 관련기술이 많이 나타나고 있음을 알 수 있음

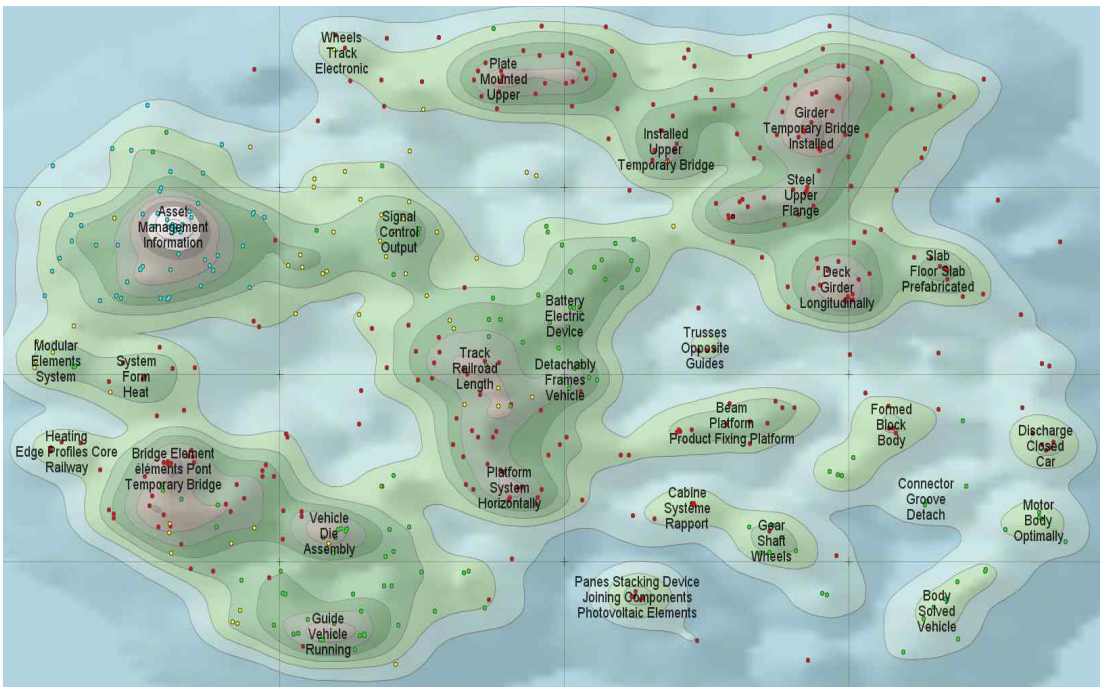


(그림 68) 특허 등고선 맵

② 핵심기술(중분류 기준)을 통한 특허 분포

○ 모듈형 주행로 기술(A기술) 분야의 경쟁이 치열하며, 프랑스 ETS A. 독일 GRENZEBACH 등이 관련 기술을 주도하고 있음

○ 한국의 현대그룹은 모듈형 주행로 기술(A기술) 2건, 모듈형 차량기술(B기술)에 5건씩 총 7건의 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났으며, 향후 질적으로도 우수한 기술개발을 통한 경쟁력 확보가 필요한 것으로 판단됨



(그림 69) 세부기술별 특허 등고선 맵

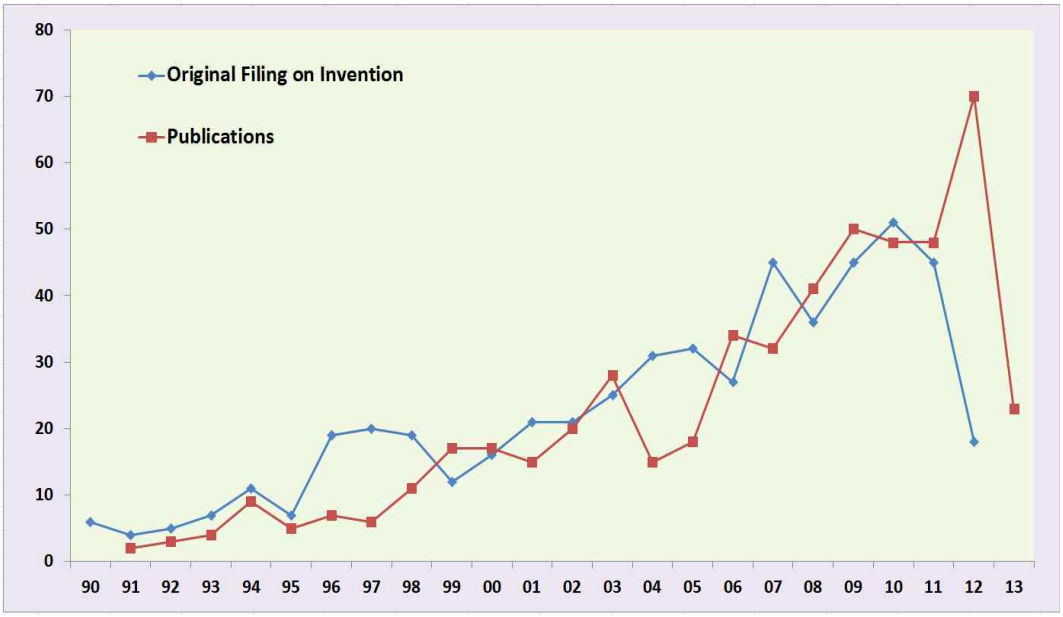
(라) 특허기술동향 결론

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 523건의 특허가 출원되고 있으며, 미국이 158건(30%)으로 최다 출원 국가이며, 한국 120건(23%), 일본 109건(21%)이 관련기술을 선도하고 있음

○ 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, 日 MITSUBISHI, 佛 ALSTOM, 우리나라 현대그룹, 日 TOYOTA 등의 회사들이 출원을 많이 하고 있음. 대체로 일본기업들이 대부분 자국을 중심으로 특허를 출원하고 있는 반면, 佛 ALSTOM, 우리나라 현대그룹은 자국뿐 아니라 유럽, 중국, 일본 등에 다양하게 출원하고 있음

○ 유럽은 특허출원 건수는 75건으로 낮은 편이지만, 해외 Family Patent 수가 가장 많아 시장확보력에서 높은 경쟁력을 갖는 것으로 평가됨. 미국은 특허출원 건수가 가장 많으면서도, 피인용수도 가장 높아 원천특허의 비율이 가장 높게 나타나고 있으며, 이에 따라 다른 국가보다 월등히 높은 기술력지수(TS : Technology Strength)를 보여주고 있음. 따라서, 미국 특허가 量的·質的으로 가장 경쟁력이 높은 것으로 판단되며, 미국 특허를 중심으로 세부 선행기술에 대한 분석이 필요함

○ 한국의 경우 특허건수는 두 번째로 많은 편이지만, 시장확보력, 인용도 등 기술영향력 등 대부분의 지수에서 가장 낮은 수준을 보이고 있어, 관련 분야 기술의 고도화가 시급히 요구되는 상황임



(그림 70) 특허기술 연계 기술발전 추이

(3) 논문동향분석

(가) 분석 범위

○ 본 분석에서는 Web of Science, Thomson Innovation를 분석 DB로 사용하여, 2013년 6월까지 Title, Abstract를 대상으로 분석을 실시함

<표 33> 논문동향분석 기준

구 분	분석 기준
특허검색 DB	Web of Science, Thomson Innovation
분석구간	1990.01.01.~2013.6.17
검색범위	Title, Abstract

○ 논문동향분석 검색 분류 기준은 다음과 같음

<표 34> 논문동향분석 분류 기준

대분류	중분류	소분류
조립식 모듈형 철도 시스템 기술 개발	A. 모듈형주행로	AA. 모듈형 주행로
		AB. 모듈형 포장
		AC. 모듈형 교량 체결부
		AD. 임시설치형 인프라(가설교량)
		AE. 조립식 철도 선로 구축기술
		AF. 조립식 철도 시설구축 기술
		AG. 조립식 철도 구축/해체/이동장비 기술
		AH. 조립식 철도 유지보수 기술
	B. 모듈형 차량	BA. 소형 경량 전동차량
		BB. 분리형 차체
		BC. 분리형 공조장치
		BD. 차량 유도장치
		BE. 자력/전자기 방식 차량 연결장치
	C. 운행장치 시스템	CA, CB. 무선기반 통신장치
		CC. 조립식 철도 제어 및 통신기술
	D. 자동노선설계 및 이력관리 시스템	DA. GIS 기반 자동 노선설계(선형설계) 및 비용산정 시스템
		DB. 이력관리 기술

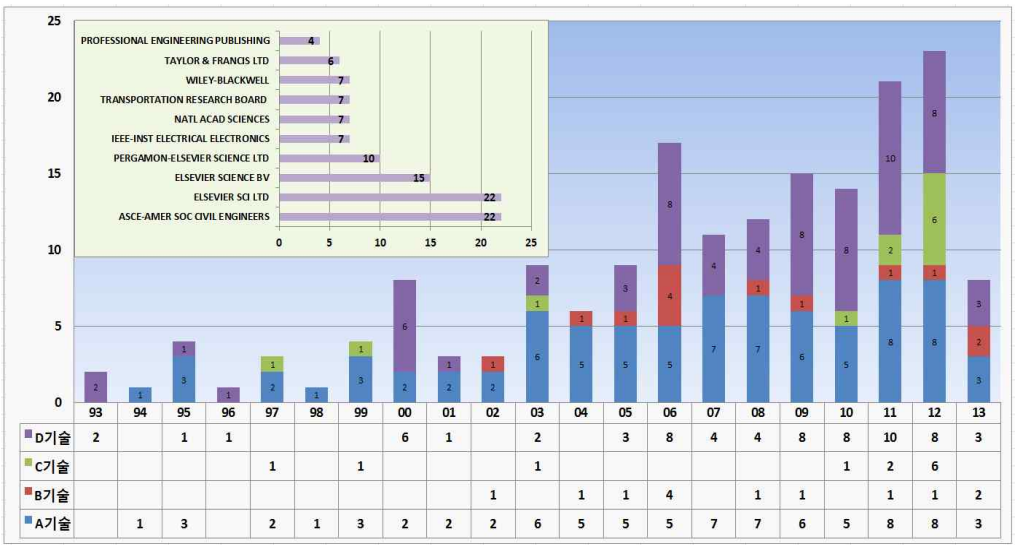
(나) 논문동향분석

1) 년도별 논문 발표 추이 및 주요등재저널 동향

○ 모듈형 주행로 기술(A기술) 분야 논문이 가장 많이 발표되고 있으며, 그 다음으로 자동노선 설계 및 이력관리(D기술)이 많이 발표되고 있음

○ 나머지 분야는 상대적으로 논문발표가 적은 편이지만, 무선통신 운행장치 시스템(C기술)은 2012년 6건의 논문이 발표되는 등 최근 관심이 증가하고 있는 것으로 보여짐

○ 저널별 논문현황을 보면 미국 ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS, 영국 ELSEVIER SCI LTD, 네덜란드 ELSEVIER SCIENCE BV 등 유럽과 미국의 저널에서 많은 논문이 발표되고 있음



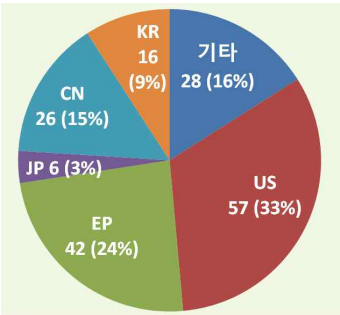
	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
D기술	2		1	1				6	1		2		3	8	4	4	8	8	10	8	3
C기술					1		1				1							1	2	6	
B기술										1		1	1	4		1	1		1	1	2
A기술		1	3		2	1	3	2	2	2	6	5	5	5	7	7	6	5	8	8	3

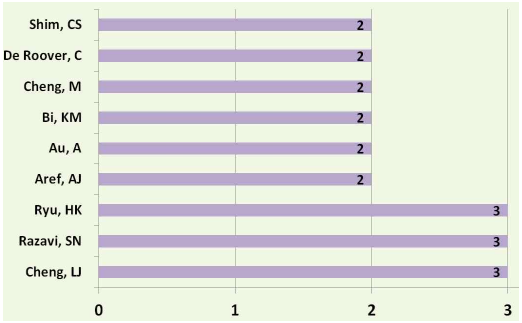
(그림 71) 년도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널

2) 국가별, 주요연구기관, 주요저자 분석

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술분야 논문은 50% 이상이 유럽과 미국의 기관에서 발표되고 있으며, 중국, 한국, 일본 등 아시아지역은 논문실적이 상대적으로 낮은 상황임

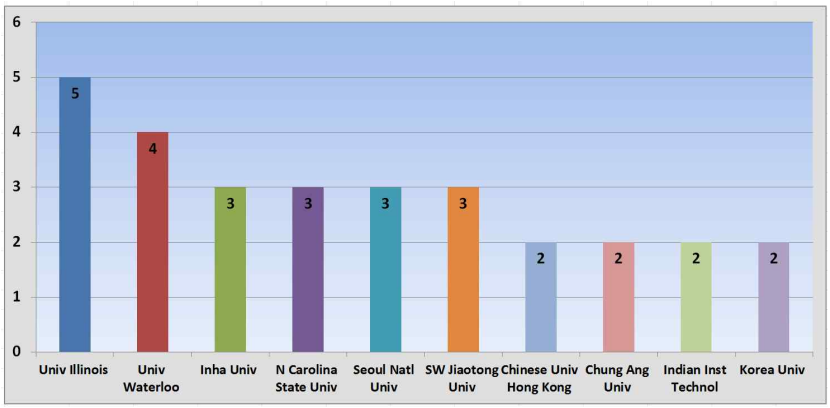
○ 또한, 논문 발표 주요저자 분석 결과 Univ Calif Davis의 Cheng LJ교수, 캐나다 Univ Waterloo의 Razavi SN교수, 서울대 Ryu HK 교수가 각각 3건으로 최다저자로 나타남





(그림 72) 논문 발표 주요 국가 및 저자

○ 주요 연구기관별 논문분석 결과, 이 분야 최다 연구기관은 미국 Univ Illinois로 5건이며, 캐나다 Univ Waterloo가 4건으로 관련 기술을 선도하고 있는 것으로 보여짐



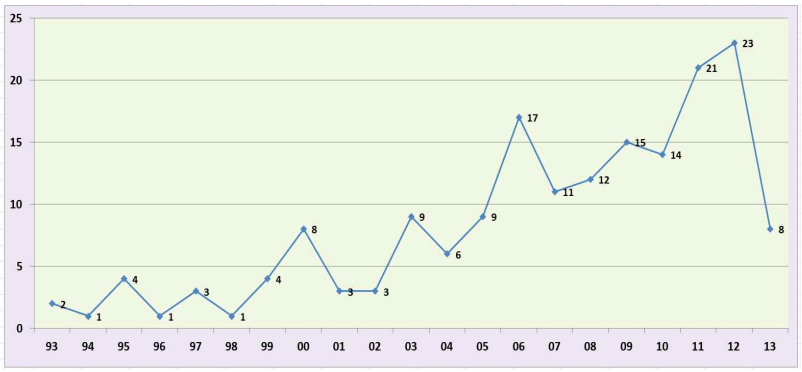
(그림 73) 논문 발표 주요 연구기관

(다) 논문동향분석 결론

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술 분야의 전체적인 논문동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 175건의 SCI 논문이 발표되고 있으며, 미국과 유럽의 기관에서 전체 논문의 50%이상을 발표하고 있음

○ 매년 논문발표가 증가추세에 있는 것을 볼 때, 전세계적으로 기술개발에 대한 관심이 증가하고 있는 것으로 보여지며, 미국 ASCE-AMER SOC CIVIL ENGINEERS, 영국 ELSEVIER SCI LTD, 네덜란드 ELSEVIER SCIENCE BV 등의 저널을 통해 많은 논문이 발표되고 있음. 이 분야 최다 연구기관은 미국 Univ Illinois가 5건을 발표하였으며, 캐나다 Univ Waterloo가 4건의 논문을 발표하고 있음

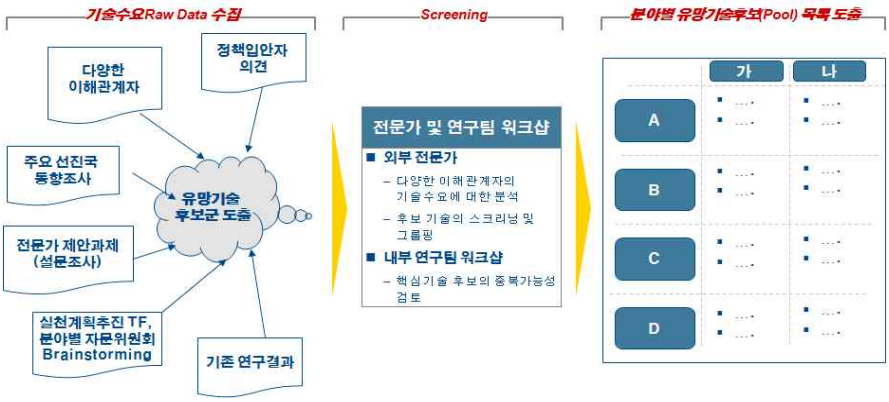
○ 피인용도가 높은 핵심논문을 많이 발표하고 있는 저널로서, 미국 IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC, 네덜란드 ELSEVIER SCIENCE BV, 영국 ELSEVIER SCI LTD 등의 저널에



(그림 74) 논문 발표 연계 기술발전 추이

(4) 기술수요조사

○ 본 연구에서 기획하고자 하는 조립식 모듈형 철도시스템의 시장의 기술수요와 미래 시장의 기술수요, 국가에서 정책적으로 필요로 하는 기술수요를 예측·조사하고 전문적인 개발 방향에 대한 의견을 수렴하고자 기술수요조사를 실시하였음



(그림 75) 기술수요조사 절차

○ 기술수요조사를 위하여 목적 및 특성을 정의하고 본 연구에서 기획하고자 하는 과제의 특성을 고려한 수요조사서를 설계하여 연구개발의 목표 및 내용, 연구개발 제안 배경 및 필요성, 연구개발 동향 및 파급효과, 제안하는 기술의 시장동향 및 규모 등을 발주처, 설계사, 제작사, 시공사, 연구소, 학계의 국내

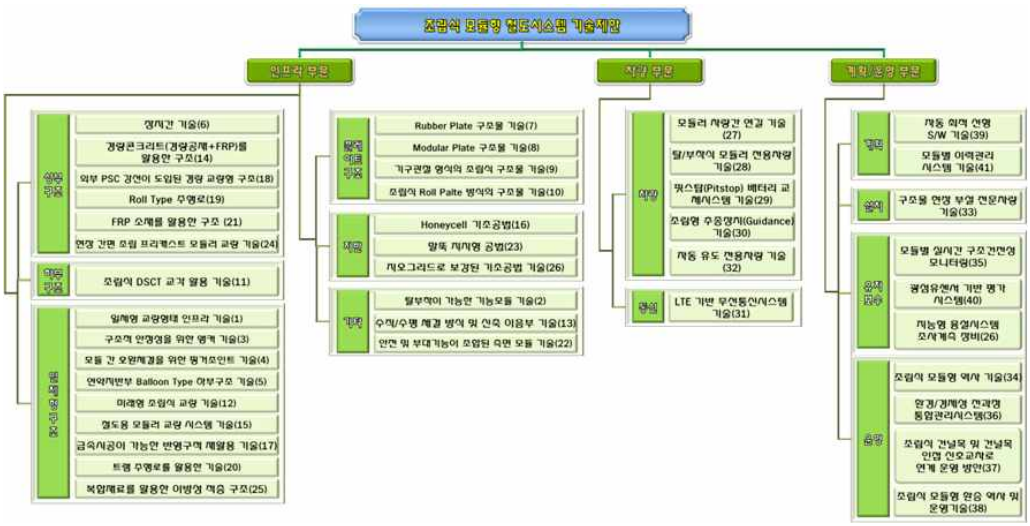
전문가를 대상으로 기술수요조사를 실시하였음

<표 35> 기술수요조사 항목

구 분	내용
연구개발 과제명	제안하는 기술의 가장 핵심적인 내용 표현
기술개발 분야	총 3개 분야로 구분(인프라, 차량, 계획/운영)
목표 및 기술정의	제안하는 과제의 적합한 목표 기술 및 기술적 정의
기술개발 필요성	경제적·산업적 중요성 측면의 기술개발 효과 및 정부지원의 필요성, 민간부문과의 역할 분담 파악
연구개발 동향	제안하는 기술의 국내·외 연구개발 동향, 문제점 및 향후전망
제안하는 기술의 시장동향 및 규모	기술측면의 시장동향 및 시장규모 분석
연구개발 내용	연구개발 결과물에 대한 명확한 기술
연구개발과제의 규모	연구개발과제의 규모(예상 연구비 및 소요인력)
연구개발 주체별 수행내용	성공적 추진을 위한 이해관계자의 역할
기대효과 및 파급효과	활용성, 경제적·기술적·정책적 파급효과
기타건의사항	기타의견

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 기술수요조사를 실시한 결과 총 41개의 기술수요를 획득하였음

– 구조물 관련 요소기술은 연결부와 경량화에 집중되어야 할 것으로 판단되며, 운용 및 유지관리를 위한 원격 센싱 및 안전 관리 기술에 관심을 기울일 필요가 있는 것으로 분석됨



(그림 76) 기술수요조사를 통한 획득 기술 결과 분류

○ 기술수요조사 내용은 조립식 모듈형 철도시스템을 인프라, 차량시스템, 운영시스템, 유지보수시스템, 노선계획/설계 시스템으로 분야를 구분하여 요소기술마다 세부 내용의 의견을 수렴하는 형태로 진행되었으며 기술수요조사 결과는 다음 표와 같음

<표 36> 전문가 대상 기술수요조사 결과

분야	요소기술	내용
인프라	- 조립식 DSCT(Double Skinned Composite Tubular) 교각을 활용한 철도교량의 상·하부 구조 모듈러 실용화 기술 개발	1. 조립식 모듈형 철도교량 상부 구조시스템 실용화 기술 개발 - 다방향 조립 모듈러 단순교 상부 구조시스템 기술 개발 - 부분교체 및 확장 모듈 기술 개발 - 조립식 모듈형 철도교량 상부 구조시스템 설계자동화 프로그램 개발 - 지간별 모듈러 상부 구조시스템 설계 및 시공지침 개발 2. 조립식 DSCT 교각을 적용한 철도교량 하부 구조시스템 기술 개발 - 교량 하부 구조 종·횡방향 경량모듈 기술 개발 - 교각 높이 조절 모듈 기술 개발 - 교각-코핑부 및 교각-기초부 연결 모듈 기술 개발 - 교좌받침 모듈 기술 개발 - 조립식 모듈형 철도교량 하부 구조시스템 설계자동화 프로그램 개발 - 모듈러 하부 구조시스템 설계 및 시공지침 개발
	- 급속 설치, 해체 및 재사용이 가능한 미래형 조립식 교량시스템의 개발	1. 급속 시공에 따른 미래형 조립식 교량의 설계 및 시공 변수 산정 - 운반 및 보관 등에 따른 변수 산정 - 하부구조와의 연결성에 따른 변수산정 - 제작성, 조립 및 해체에 따른 변수 산정 2. 모듈차량에 하중에 맞은 미래형 조립식 교량의 최적단면산정 - 운반 및 보관 등이 용이 할 수 있는 최적단면의 산정 - 제작성 및 설계변수에 따른 단면의 최적화 및 표준단면제시 3. 미래형 조립식 교량의 설치 및 해체 기술 개발 및 검증 - 조립식 교량의 설치 및 해체가 용이할 수 있는 기술의 개발 4. 미래형 조립식 교량의 상세 해석 및 구조검증실험을 통한 성능 검증 - 최적화된 단면의 상세 해석

		- 설계 및 해석한 단면에 대한 성능 검증 실험
	- 철도용 강재 모듈러교량 시스템 개발	1. 철도용 모듈러교량 거더 개발 2. 철도용 모듈러교량 전용 도상-궤도 개발 3. 기존 시스템 및 모듈러 철도와의 연결 모듈 개발
	- 외부 PSC 강선이 도입된 경량의 강재 교량의 개발	1. 자중이 현저하게 감소된 교량구조물 개발 2. 연약지반에서 말뚝기초를 최소화 시킬 수 있는 최적 지간장 도출 3. 외부 PSC 강선 도입으로 모듈 체결부의 안전성 확보
	- 안전 및 부대기능이 조합된 측면 모듈 개발	1. 조합형 측면 모듈의 개념 및 구성 정립 - 차량 모듈 탈선 방지 - 주행로 모듈 방호 - 위험표시, 배수 및 조명 등의 안전시설 - 운행요원 및 승객의 대피로와 유지보수 및 점검 등의 진입로 확보 - 모듈 시스템 적용 환경의 대응 시설(방음, 방풍, 방설 등) 확보 2. 조합형 측면 모듈의 기본 사양개발 - 방지/방호 기능 단면 (기본 모듈) - 안전시설 기능 단면 (기본 모듈) - 대피로/진입로 기능 단면 (확장 모듈) - 적용 환경 대응 시설 기능 단면 (확장 모듈) 3. 주행로 모듈과 조합형 측면 모듈의 연결 상세 개발 4. 조합형 측면 모듈의 길이 방향 연결 상세 개발 5. 표준구간 조합형 측면 모듈 단면 설계 - 차량 모듈 운행 속도에 따른 횡방향 하중 산정 - 일반차량 및 비상차량 운행에 따른 횡방향 하중 산정 - 기본 모듈 단면 표준화 - 확장 모듈 단면 표준화 - 연결부 단면 표준화 6. 표준구간 조합형 측면 모듈의 시제품 개발 및 성능 평가 - 조합형 측면 모듈 시제품 설계/제작 및 구조 성능 평가 - 조합형 측면 모듈 연결부 시제품 설계/제작 및 구조 성능 평가 - 모의 충돌 시험을 통한 거동분석 및 공용중 충돌피해 정도에 따른 모듈 교체 범위 설정 7. 조합형 측면 모듈 상용품 개발 및 현장 적용성 평가 - 조합형 측면 모듈 실구조 시작품 설계/제작 - 현장 적용성 평가를 위한 조립/해체 - 조합형 측면 모듈 표준도서 작성 - 조합형 측면 모듈 조립/해체/유지관리 매뉴얼 작성

	- 말뚝 지지형 조립식 철도 주행교(레일 및 바퀴 방식) 개발	1. 급속시공 콘크리트 주입 말뚝 개발 2. 말뚝과 횡방향 거더, 횡방향 거더와 종방향 침목거더와의 연결부 개발 3. 레일방식 침목 거더 모듈 개발 (궤광 모듈 및 모듈간 연결부 포함) 4. 방퀴방식 침목 거더 모듈 개발(횡 가드레일 모듈 포함)
	- 복합재료(Composite Material) 모듈 개발을 위한 설계기술	1. 기존의 통상적인 설계프로세스인 구조형상 설계와 동시에 이방성 복합재료 단면 layout을 설계하는 설계프로세스 개발(프로세스) 2. 단면의 layout과 구조형상의 최적화 설계가 가능하도록 하는 자동화 설계프로그램의 개발(시스템, 제품) 3. 실험전 모듈의 구조형상 및 단면의 layout에 따른 구조적 거동을 예측하기 위한 시뮬레이션 프로세스 개발(프로세스) 4. 실험전 모듈의 조합으로 완성된 구조시스템의 구조적 거동을 예측하기 위한 시뮬레이션 프로세스 개발(프로세스)
유지보수	- 조립식 모듈형 철도시스템의 주행안전성 확보를 위한 모듈별 실시간 구조 건전성 모니터링 기술	1. 조립해체 시 유지관리를 위한 RFID기반의 구조물관리시스템 개발 - 해체 후 재조립이 용이하도록 RFID기반의 모듈형구조물의 효율적 관리시스템 개발 - 모듈형 구조물의 이력관리 DB 및 위치정보관리기술 개발 2. 조립식 모듈형 구조물의 건전성평가를 위한 원격센싱모듈 개발 - SAW(Surface Acoustic Wave)기반의 무전원/무선센서모듈 개발 - 원격신호수집이 가능한 능동형 SAW Reader 개발 3. 이상징후 감지를 위한 AMPS(Auto Modulate Pattern Detection)기반의 구조물 감시알고리듬 개발 - 상시진동 및 온도사이클 측정에 의한 이상징후 패턴감지기법 개발 - AMPS탑재형 센싱 모듈 및 신호처리시스템 개발 4. 위기관리 매뉴얼 및 상황전파시스템 개발 - 지진 등 이벤트 발생시 감지 후 위기대응매뉴얼 개발 - 무인운행시스템 내 위기상황전파시스템 개발
	- 하중-응답 상관성분석을 통한 광섬유센서 기반 모듈형 철도시스템의 정량적 상태평가 시스템 개발	1. 입력하중 측정 시스템 : 축중량 또는 윤중측정 시스템 개발 2. 응답 측정 시스템 : 모듈형 철도시스템 최적의 거동 측정 시스템 개발 3. 하중-응답 상관성 분석 모듈 : 하중-응답의 상관성 분석을 통한 구조물의 상태를 정량적으로 평가할 수 있는 평가 시스템 개발

라. 유사과제 분석

(1) 국내 연구개발 사업 분석

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 국내 유사 연구개발 사업 분석을 위하여 국가과학기술정보서비스[7], KISTI[8]의 국가과학기술정보센터 사이트 등을 통해 관련 연구개발 사업과 관련 보고서 등에 대해 주요 키워드를 중심으로 검색하였음

- 2001년에서 2010년까지 수행된 국가 R&D 사업 중 '모듈형(모듈러), 조립식, 교량, 도로, 철도, 교통시설' 등의 키워드로 제목과 내용으로 검색된 세부과제는 다음 표와 같으며, 대부분이 도로에서의 교량 급속시공과 관련된 과제임을 볼 수 있음

<표 37> 국가R&D사업 중 조립식 교량 관련 세부과제

부처	사업명	연도	과제명
국토교통부	건설기술 기반구축사업	2001~2003	입체교차로 고가교량의 시공 및 내구성 향상기술 개발
	산학연공동연구사업	2001~2003	신속시공 경량 고내구성 복합소재 교량 바닥판 산업화 연구
	산학연 공동기술 개발사업	2007~2008	조립식 트러스 가설교량 기술개발
	건설핵심 기술연구 개발사업	2002~2005	승용차 전용 조립식 고가도로 건설기술 개발
		2002~2006	ET 신기술 경량골재를 이용한 고강도 경량 프리캐스트 바닥판 및 시공시스템 개발
	건설기술 기반구축사업	2005~2006	교량 급속교체 및 응급복구 용 교량가설 기술개발
	건설기술혁신	2005~2010	차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발

7) 국가과학기술정보서비스 : http://www.ntis.go.kr
8) 한국과학기술정보연구원, http://ndsl.kr

부처	사업명	연도	과제명
	사업	2005~2010	공기단축형 복합구조시스템 건설기술 개발
		2006~2009	초간편 H형강 교량 개발
		2006~2009	유전개발용 리그매트 및 교량바닥판용 착탈조립식 경량 복합소재 데크 개발
		2010~2015	모듈러교량 기술개발 및 실용화
	건설교통 R&D정책인프라사업	2008~2009	트러스 하프 프리캐스트 바닥판의 성능평가 및 설계방안 연구
	일반연구자지원사업	2008~2010	GFRP를 이용한 경량 중공 합성바닥 개발

○ 세부사업 외에도 관련된 보고서들을 검색한 결과는 다음 표와 같으며, 조립식 모듈형 철도시스템의 조립·해체·재설치가 가능한 기술개발을 진행한 연구는 부재하다고 볼 수 있음

<표 38> 관련 주요 보고서 및 초록 내용

보고서명	저자/연구기관/발주기관	초록
입체교차로 고가교량의 시공 및 내구성 향상기술 개발(2003)	황윤국 외 8인 / 한국건설기술연구원 / 한국건설교통기술평가원	현행 설계기준 중 입체교차로 고가교에 대한 제규준의 정리 및 고찰, 섬유보강 복합재료의 적용성 고찰, 섬유보강 복합재료의 실험기준에 대한 정립, 섬유보강 복합재료의 적용을 위한 설계제기준의 정립, 섬유보강 복합재료의 재료적 특성 파악과 국내의 현황 분석, 복합재료 바닥판의 설계, 제작, 시공단계의 주요 고려사항 정리분석, 복합재료 바닥판의 거동특성 분석을 위한 수치적 시뮬레이션, 복합재료의 설계를 위한 자동화 설계기법의 정립, 복합재료 바닥판 적용시 활용할 수 있는 실무지침서 작성을 포함하고 있음
신속시공·경량·고내구성 복합소재 교량 바닥판 산업화 연구(2004)	국민씨아이(주) / 한국건설교통기술평가원	복합소재 바닥판의 해석 및 설계, 산업용 복합소재 바닥판의 제작, 복합소재 바닥판의 재료시험, 복합소재 바닥판의 구조성능시험, 산업용 복합소재 바닥판 개선설계 및 제작, 개선설계 복합소재 바닥판의 구조성능시험, 거더와의 합성구조 및 패널간 연결방식 개발, 마모층 및 포장부 설계, 부대시설 연구, 복합소재 바닥판 교량의 보수방안 검토 등을 연구함
승용차 전용 조립식 고가도로 건설기술 개발	김승억 외 7인 / 세종대학교 / 한국건설교통	승용차 전용고가도로 설계용 활하중 모델의 개발, 구조해석 방법 및 최적설계 정식화, 강바닥판 설계기준의 설정 및 이론적 해석 연구, 조립식 고가도로의 프리캐스트 콘크리트 바닥판 및 이음부의 설계 및 해석연구, 복합재료 바닥판의 해석 기술개발, 승용차 전용 고가도로 교면포장의 기초기술 확

보고서명	저자/연구기관/발주기관	초록
(2006)	기술평가원	보, 원형기둥 강재교각 접합부 설계식 개발, 기본 기초형식 및 대안 기초형식 선정, 강바닥판의 피로실험, 승용차 전용 RC 프리캐스트 콘크리트 바닥판과 3주거더교 개발 및 설계, 조립식 교량의 최적설계, 실험적 연구에 의한 세부검토, 복합재료 바닥판의 제작 및 구조 실험, 내구성이 확보된 교면포장의형식과 시공방안 정립, 원형기둥-상자형보 접합부의 피로실험, 헌치를 갖는 사각형기둥 강재교각 접합부 설계식 개발, 기초설계방법 및 최적단면 제안, 조립식 교량의 내진성능 확보 방안 연구, 강바닥판의 볼트 연결부 피로실험 및 진동해석, 복합재료 바닥판의 피로실험 및 진동해석, 프리캐스트 바닥판의 내구성 실험, 강재교각 사양 제시 및 현장접합 시공성 연구, 적용 기초형식의 시공기술 개발, 실내공용성 실험 및 교면포장의 설계 시공기술 개발, LCC(Life Cycle Cost) 개념을 도입한 구조물의 최적설계, 중·약진 지역에서의 조립식 교량 최적 내진 설계기술 개발 등을 포함
ET신기술 경량골재를 이용한 고강도 경량프리캐스트 바닥판 및 시공시스템 개발 (2005)	서울산업대학교 / 한국건설교통기술평가원	본 연구는 ET 신기술 경량골재를 이용한 고강도 경량 프리캐스트 바닥판의 개발 및 시공시스템 개발에 대한 것으로서, 연구개발의 내용 및 연구범위는 다음과 같음. (1) ET 신기술 경량골재 개발 및 고강도 경량콘크리트 제조, (2) PC 바닥판용 고강도 경량콘크리트의 제조 및 고강도 경량 PC 바닥판의 구조성능 평가, (3) 고강도 경량 PC 바닥판의 설계 및 시공시스템 개발
도로교 신속교체 및 응급복구용 교량가설 기술개발(2006)	한국건설기술연구원 / 한국건설교통기술평가원	기획의 범위 도로교 급속교체 기술 분야 응급복구용 교량가설 기술 분야 기획 내용. 국내외 관련 분야의 연구 진행 현황 분석. 급속교체 및 응급복구 관련산업 동향 분석. 정부지원정책 및 국가지원 연구개발 현황 분석. 전문가집단을 이용한 관련 분야의 선진국 대비 기술 수준 분석. 국내외 관련 특허 관련 자료 수집 및 분석. 해당 기술 관련 기술 개발 효과 및 예상 도출 성과 분석. 델파이 분석기법을 통한 세부 연구 수행 내용 도출 및 기술 로드맵 작성으로 구성
초간편 H형강 교량 개발(2009)	㈜석탑엔지니어링 / 한국건설교통기술평가원	본 연구의 최종목표는 국내 최대의 비중을 차지하는 지간장 20m~30m 사이의 교량에 대해 시공 및 구조적 효율성을 증진시킬 수 있도록 "H형강을 거더로 사용하면서 중·소규모 교량에 적용이 가능한 초간편 H형강 교량을 개발"하는데 있음. 초간편 H형강 교량의 실용화를 통하여 전반적인 공사비 절감과 안전성 제고, 그리고 시공의 효율성을 이루고자 한다. 특히 초간편 H형강 교량은 기존 형강교량에 비해 공기를 3배이상 단축시킬 수 있어 자연재해 등에 의한 교량의 응급복구 및 교통체증구간 노화 교량에 대한 급속교체분야까지 적용이 가능함

보고서명	저자/연구기관/발주기관	초록
유전개발용 리그매트 및 교량바닥판용 착탈조립식 경량 복합소재 데크 개발(2010)	국민씨아이(주) / 한국건설교통기술평가원	본 연구에서는 경량 · 고강도 · 내부식 특성의 첨단 건설소재인 유리섬유강화 복합소재를 이용하여 유전개발 진압도로용 리그매트(가도매트) 와 교량바닥판용으로 사용될 착탈 조립식 경량 데크 시스템을 개발하였음. 이러한 복합소재 데크의 수직결합방식은 국내외에서 종래 사용하고 있는 수평결합방식의 가능성 · 시공성 · 사용성 및 경제성을 획기적으로 향상시킬 수 있도록 개발하였으며, 리그매트용 데크 단면과 이를 연결한 매트구조 , 교량바닥판용 단면 등에 대해 설계, 해석, 시작품 제작, 성능시험 등을 통해 실용화 수준으로 개발하였음
트러스 하프 프리캐스트 바닥판의 성능평가 및 설계방안 연구(2010)	지아이에프(주) / 한국건설교통기술평가원	본 연구를 통하여 별도의 동바리와 거푸집없이 장지간 바닥판 시공이 가능한 트러스 하프 프리캐스트 바닥판의 성능평가 및 설계방안에 관하여 연구를 수행. (1) 바닥판의 두께를 증가시키지 않고 장지간 바닥판 시공이 가능하도록 프리텐셔닝을 도입한 중앙부 트러스 하프 프리캐스트 패널 및 캔틸레버부 트러스 하프 프리캐스트 패널의 설계, 제작, (2) 프리캐스트 패널의 교축직각방향 및 교축방향으로 구조적으로 연속화시킬 수 있는 연결 구조의 설계, 제작 및 실험을 통한 검증, (3) 트러스 하프 프리캐스트 바닥판의 가설단계별 안정성 및 시공성 검증, (4) 트러스 하프 프리캐스트 바닥판의 정적 재하 실험을 통한 성능 평가, (5) 트러스 하프 프리캐스트 바닥판의 설계 기법 확립 등을 연구함

○ 이상의 세부사업 및 연구보고서 등에서 보인 바와 같이 모듈형 및 조립식, 교량, 도로, 철도, 교통시설의 키워드를 가지는 것 중 조립식 모듈형 철도시스템과 유사한 내용은 과제의 성격이나 사업 수준면에서 없는 것으로 판단됨

- 조립식 모듈형 철도시스템의 내용상 유사한 부분을 가지는 관련된 기존의 연구개발 보고서 및 문헌조사 결과는 다음 표와 같음

<표 39> 국가R&D사업 중 모듈형, 조립식 관련 주요 세부과제의 목표 및 내용

과제명	연구비	목표	연구내용
조립식 트러스 가설교량 기술개발	0.64억	길이 30m 조립식 트러스 가설교량 시스템 기술개발	- 조립식 트러스 거더 세그먼트 개발 - 트러스 거더 세그먼트 연결 상세개발
유전개발용 리그매트 및 교량바닥판용 착탈조립식 경량 복합소재	5.68억	경량/고강도/내부식 특성의 첨단 건설소재인 유리섬유강화 복합소재를 이용하여 유전개발 진입도로용	- 폴리에스터 수지 리그매트개발 - 수직결합식 복합소재 바닥판 개발

과제명	연구비	목표	연구내용
데크 개발		리그매트(가도매트)와 교량바닥판용으로 사용될 착탈 조립식 경량 데크 시스템 개발	
모듈러교량 기술개발 및 실용화	26.94억	강재 모듈러 상부구조, 프리캐스트 모듈러 상부구조, 모듈러 하부구조 개발을 포함한 모듈러교량 사업화	- 강재 모듈러 상부구조 시스템 개발 - 프리캐스트 모듈러 상부구조 시스템 개발 - 모듈러 하부구조 시스템 개발 - 모듈러교량 통합 정보화 시스템 개발 - 모듈러교량 사업모델 개발

(2) 중복성 검토 결과

○ 유사과제분석에서 살펴본 관련 사업 및 연구보고서 중 내용상의 유사한 부분을 가지는 것과의 중복성 검토 결과, 다음 표에 나열된 과제와의 비교를 위주로 하였으나 기존 과제들은 소규모 조립식 교량의 개발에 그친다는 것을 알 수 있음

<표 40> 기존 과제와의 중복성 검토 내용

과제명	과제 목표	중복성 검토 내용
조립식 트러스 가설교량 기술개발	길이 30m 조립식 트러스 가설교량 시스템 기술개발	조립식 트러스거더 세그먼트와 세그먼트 연결부 상세개발이 연구개발 내용으로 조립/해체/재설치가 가능한 모듈형 조립식 철도시스템의 개념과 차이가 있음
유전개발용 리그매트 및 교량바닥판용 착탈조립식 경량 복합소재 데크 개발	경량/고강도/내부식 특성의 첨단 건설소재인 유리섬유강화 복합소재를 이용하여 유전개발 진입도로용 리그매트(가도매트)와 교량바닥판용으로 사용될 착탈 조립식 경량 데크 시스템 개발	본 기획연구에서 제시하는 요소기술 중 평탄지형에 적용되는 노반형 모듈 개념과 유사함. 조립식 모듈형 철도시스템의 하중조건과 내구성에 적합한 모듈의 기술개발에 벤치마킹 가능함
모듈러교량 기술개발 및 실용화	강재 모듈러 상부구조, 프리캐스트 모듈러 상부구조, 모듈러 하부구조 개발을 포함한 모듈러교량 사업화	임시교량이 아닌 영구교량을 대상으로 함. 조립/해체/재설치가 가능한 모듈형 조립식 철도시스템의 개념과는 차이가 있음

마. 연구개발 인프라 분석

○ 기술수준을 판단하기 위해 국내에서 계획된 기간 내에 자체개발이 가능한 정도의 기술수준 보유여부를 고려하였으며 연구 인프라 보유정도는 연구개발 기간 동안 목표 달성할 수 있는 연구개발 인프라(연구기관, 학계, 산업체, 기타단체 및 공공기관의 인력, 장비 등) 보유여부를 판단하여 선정하였음

(1) 연구기관, 학계

○ 신재료의 활용, 조립식 기술 및 모니터링 기술과 관련하여 연구기관 및 학계의 연구실적 및 경험이 충분히 축적되어 있는 것으로 판단되며, 관련 연구자의 양적인 수준도 충분한 것으로 판단됨

<표 41> 연구기관, 학계의 연구개발 인프라 분석 결과

관련 대학 및 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
한국건설기술연구원	김병석, 박영환	FRP 활용
한국건설기술연구원	황윤국, 이영호	급속시공용 프리캐스트 교량 부재 개발 지능형 친환경 교량 기획(모니터링, 급속시공)
한양대학교	심종성	신재료 활용
명지대학교	김철영	하이브리드 교량
서울대학교	조재열	신재료 활용
고려대학교	윤영수	신재료 활용
서울산업대학교	조선규	경량 프리캐스트 바닥판 기술 개발
국민대학교	이성우	FRP 교량 바닥판
국민씨아이	김제인	FRP 교량 바닥판
대원과학대	지효선	수적층 순수 FRP 바닥판 활용기술
대덕대학교	김태봉	USN기반 대형 건설 구조물 모니터링 시스템
서울시립대학교	김희식	USN기반의 원격 구조물 감시 시스템
영남대학교	신영식	교량시스템의 건전도 예측기법
한국건설기술연구원	박기태	IT기반 고정밀도 패치/임플란트시스템 기술
인하공업전문대학	전준태	계측기반 교량유지관리 시스템
한국과학기술원	손훈	원전설비 상시 안전진단 원천기술
충남대학교	임남형	장대레일 궤도의 안정성 평가시스템
한양대학교	박준홍	철도궤도의 건전도 모니터링, 소음 · 진동 저감 시스템
홍익대학교	최은수	기존 철도판형교의 급속교체기술
포항산업과학연구원	윤태양	모듈러교량 기술
세종대학교	김승억	승용차 전용 조립식 고가도로 건설기술
(재)포항산업과학연구원	이대용	조립식 트러스 가설교량 기술

(2) 산업체

○ 신재료(FRP)와 조립식 교량과 관련된 산업체는 양과 질적으로 상당한 수준으로 성장되어 있는 것으로 판단되며, 모니터링과 관련된 산업체도 질적으로 일정 수준 성장되어 있는 것으로 판단되지만 양적인 성장이 보다 필요한 것으로 분석됨

<표 42> 산업체의 연구개발 인프라 분석 결과

업체명	업체별 능력	비고
한국화이바	선박, 항공, 건설소재 개발 섬유 및 구조재 생산	
오웬스 코닝	로빙, 스트랜드 매트 등 유리섬유 생산	
리폼	방수·보수·보강 공법 보유, 노출부위 보수 공법	
베트로텍스	로빙, 스트랜드 매트 등 유리섬유 생산	
국민씨아이	FRP 교량 바닥판, 방음벽 설계 및 생산	
지엠지	철도 노반 변형측정 상시 모니터링 분포형광섬유센서	
센서웨이	첨단센서 기반 대형 건설현장 실시간 시공관리기술	
대우건설	부분 조립/교체 가능 급속시공 기술	
석탑엔지니어링	초간편 H형강 교량	

(3) 기타 단체 및 공공기관

(가) 한국철도공사

1) 기관개요

○ 한국철도공사법 법률 제7052호에 근거하여 철도운영의 전문성과 효율성을 높임으로써 철도 산업과 국민경제의 발전에 이바지함을 목표로 설립되었음

○ 주요 연혁

- 1899년 9월 경인선(노량진~인천) 개통
- 1946년 5월 조선해방자호(최초 국산 증기기관차) 운행 개시
- 1963년 9월 청도청 창설
- 1974년 8월 수도권 전철 개통(서울~수원 구로 인천)
- 2004년 4월 KTX 개통
- 2005년 1월 한국철도공사 출범

- 2010년 3월 KTX-산천 운행, 11월 경부고속철도 2단계 개통, 12월 경전선 복선전철(삼량진~마산) 개통, 부산신항 배후철도 개통, 경춘선 복선전철 개통, 코레일 공항철도 완전 개통
- 2011년 12월 분당선 연장(죽전~기흥)구간 개통
- 2013년 3월 중부내륙권 순환관광열차 개통

2) 주요사업
- 철도 여객·화물운송사업 및 다른 교통수단과의 연계 운송사업
- 철도장비의 제작·판매·정비 및 임대사업
- 철도차량의 정비 및 임대사업, 철도역사 및 역세권 개발 사업
- 시설유지보수 등 국가지방자치단체 또는 공공법인 등으로부터 위탁 받은 사업

(나) 한국도로공사

1) 기관개요

○ 한국도로공사법 법률 제11063호에 근거하여 고속도로의 설치·관리와 그밖에 관련 사업을 행하게 함으로써 도로정비를 촉지한고 도로 교통의 발달에 이바지하기 위한 목표를 가지고 1969년 한국도로공사가 창설됨

○ 주요 연혁
- 1969년 1월 한국도로공사법률 제정, 2월 한국도로공사 창립
- 1973년 11월 관리연장 1,000km 시대 개막
- 1994년 8월 통행료수납 기계화 저면 시행
- 1999년 11월 관리연장 2,000km 시대 개막
- 2007년 12월 관리연장 3,000km 및 하이패스 전국 구축
- 2012년 4월 고속도로 관리연자 4,000km 시대 돌입

2) 주요사업

○ 한국도로공사가 시행하고 있는 주요사업으로는 고속도로 건설사업(고속도로 건설계획 및 공사), 고속도로 유지관리(포장관리, 구조물관리, 도로시설관리, 유지보수장비 관리 등), 지능화고속도로(ITS, 교통관리시스템, 터널교통관리시스템, 초고속광통신망, 교통센터 운영, 하이패스 등) 관리 등이 있음

- 고속도로의 신설·확장 및 유지관리
- 부대 및 편의시설의 설치와 관리
- 고속도로 연접지역 개발사업
- 관련업무의 연구 및 기술개발

(다) 서울지방국토관리청 및 각지방국토관리청

1) 기관개요

○ 서울지방국토관리청은 1949년 설립되어 국민행복과 글로벌 경쟁력을 뒷받침하는 수도권 국토환경 조성이라는 비전으로 추구하는 5대 목표는 다음과 같음

- 편리하고 쾌적하면서도 효율적인 도로확충
- 자연피해 없고 쉽게 접근하여 즐길 수 있는 아름다운 하천 조성
- 국민의 입장에서 투명하고 맑은 마음으로 국민과 소통
- 창조적 아이디어 발굴로 새로운 부가가치를 창출하는 창조경제 실현
- 안전하고 품질높은 건설과 유지관리

2) 주요임무

○ 서울지방국토관리청은 관리국, 도로시설국, 하천국, 건설관리실, 국토관리사무소로 구분되어 조직이 운영되고 있으며 주요임무는 다음과 같음

- 도로건설공사 및 하천공사의 측량·조사·설계 및 시행
- 국도 및 하천의 유지·관리
- 건설공사 품질관리 및 시설물 안전관리 등

(라) 소방방재청

1) 기관개요

○ 소방방재청은 재난에 안전한 나라, 행복한 국민이라는 비전으로 2003년 3월 국가재난관리시스템기획단으로 출범하여 2004년 6월 소방방재청으로 개칭되었으며 설립 목적은 다음과 같음

- 재난관련 업무체제의 일원화를 통한 재난관리 전담기능 강화

· 각종 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명, 신체 및 재산을 보호하기 위하여 국가 및 지방자치단체의 재난 관리체제 확립

– 재난예방에 대한 인식제고 및 예방투자 강화

· 비용이 아닌 투자의 개념으로 재난예방 사업 투자 확대

– 구조, 구급 및 현장수습 등 현장대응체제 강화

· 중앙(소방방재청) 및 지역 긴급구조 통제단 운영

– 자지단체의 재난관리기능 및 민간 협조체제 강화

· 재난관련 지방조직 정비 및 민관협력을 통한 현장중심 대응체제 강화

– 안전의식 제고를 위한 대국민 홍보 등 예방활동체제 확립

· 대국민 안전의식 강화를 위한 안전 문화 운동 실시

2) 주요업무

○ 국가재난관리정보시스템

– 국가재난관리정보시스템(National Disaster Management System) 예방·대비·대응·복구 등 재난관리 단계별 업무를 지원하는 전국단위 종합정보시스템으로, 풍수해, 지진 등 재난유형별 업무지원시스템과 기상청, 홍수통제소 등 유관기관의 재난정보를 연계·활용하는 재난정보 공동 활용시스템, 재난현장을 지원하는 119 소방현장대응시스템 등이 구축되어 운영 중에 있음

○ 국민과 함께하는 생활안전 실천

– 친서민 안전복지 서비스 강화

– 국민생활 안전문화 확산

– 재해취약지역 투자 확대

– 실천에 강한 정예 생활민방위 육성

○ 소방·방재 산업육성 및 자율안전체계 구축

– 방재산업 촉진 및 안전기술 표준화

– 소방산업·기술 경쟁력 제고

– 참여형 자율안전관리체계 구축

○ 고객감동 소방서비스 강화

– 생명사랑 실천 구조구급 서비스 선진화

– 화재진압 현장대응 역량 강화

– 현장 중심의 소방력 운용체계 마련

– 특수구조역량 및 국제 소방위상 확립

○ 과학적 재난대비 시스템 구축

– 기후변화 선제예방체계 구축

– 재난대비·대응체계 구축

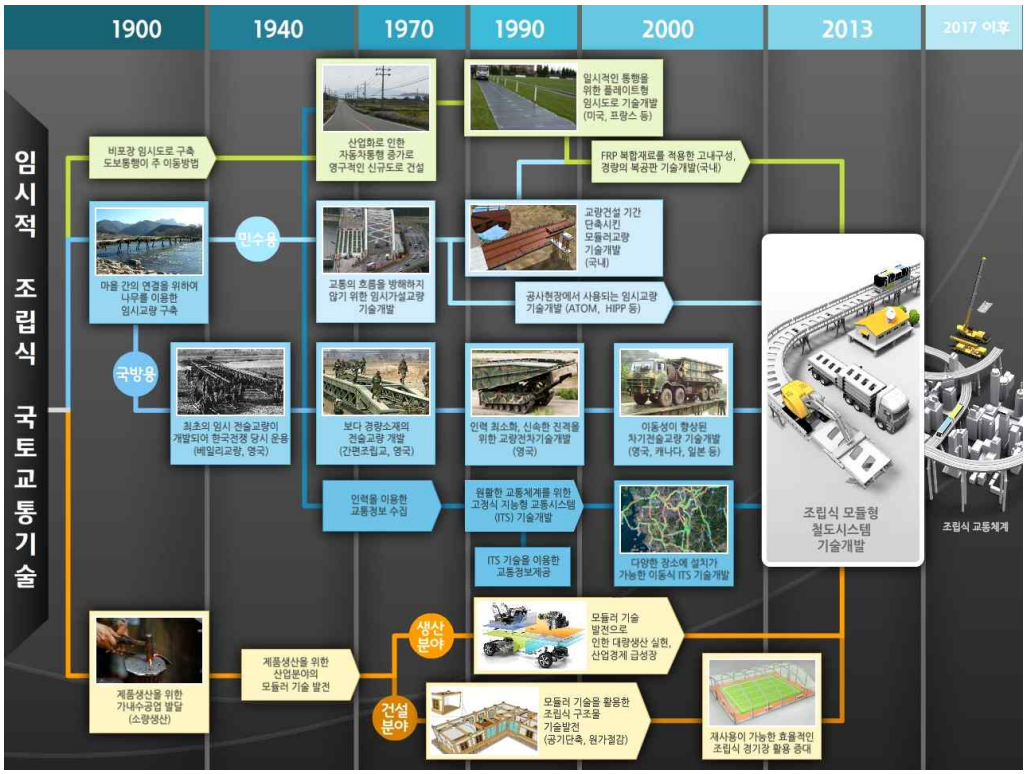
– 수요자 중심의 복구 지원

– IT기반 재난관리체계 확립 및 국제협력 강화

바. SWOT 분석

SWOT 분석 및 대응전략	강점(S) • 철도, 토목, 기계, IT 등 관련분야에 우수한 연구인력 및 연구 인프라 보유 • 경량 복합재료 설계 및 제작 기술 보유 • 세계적 수준의 교량 및 가교 건설 기술 보유	약점(W) • 기술의 적용에 필요한 관련 제도 미비 • 기술개발 초기 투자비용 부담 • 경량, 고성능 재료 사용으로 비용 증가 우려 • 새로운 기술의 현장 적용 의지 부족
기회(O) • 국가적 인지도 상승에 따른 국제적 대형행사 개최 햇수 증가 • 일시적 행사를 위한 대규모 SOC 건설 사업의 문제 인식 확산 • 삶의 질 향상에 따른 교통서비스에 대한 시민들의 기대수준 증대	SO전략 • 사업화에 용이한 시스템 개발 및 적용 확대로 국가 예산 절감에 기여 • 국내 보유기술을 바탕으로 세계최초로 개발된 임시설치형 교통시스템으로서 기술선점으로 해외시장 진출	WO전략 • 다양한 목적으로 활용 가능하도록 개발하여 경제적 타당성 확보 • 새로운 교통기술의 적용을 위한 다양한 제도 및 기준 마련 • 성공적인 시범사업을 통해 시스템 효과를 검증하고 점진적 적용 확대
위협(T) • 비용증가를 우려한 지자체의 거부감 • 사유지임대 및 일시 점유에 따른 민원 발생 • 새로운 공법을 도입하기 어려운 국내 현실 • 신기술에 대한 기술개발 투자의지 낮음 • 임시구조물에 대한 부정적 인식	ST전략 • 지자체의 비용절감 가능한 비즈니스 모델 개발로 궁극적 비용절감 효과 발휘 • 신속한 조립이 가능하고 점용면적을 최소화하면서 해체 후 원형복구가 가능한 친환경적인 시스템 개발 • 신뢰도를 높이고 Fun요소를 가미한 외형디자인으로 시스템 선호도 증대	WT전략 • 시스템 적용확대에 따른 대량생산화 및 표준화를 통해 투자비용 절감 • 시범사업을 통한 임시적인 시스템의 이미지 개선을 위한 적극적인 마케팅 • 제도개선을 통해 신기술의 현장적용성 제고

사. 기술개발 로드맵



(그림 77) 임시적 조립식 교통 기술 로드맵

아. 종합분석

○ 모듈러 기술은 건축, 자동차, 전자 등 다양한 산업부문에서 생산효율을 높이기 위해 널리 사용되고 있는 기술로서, 토목부문에서는 공장제작, 급속시공, 시공품질 향상, 환경성 향상을 위해 모듈러 공법이 활발히 개발, 적용되고 있는 추세임

○ 조립식 가설교량은 공사현장에서 임시 우회도로로 주로 활용되고 있고, 시공성과 안정성을 높이기 위한 연구개발도 활발히 진행되고 있음. 특히 시공 및 해체 기술 측면에서 일부 기술이 조립식 모듈형 교통시스템에 차용이 가능할 것으로 파악됨

○ 2차 세계대전 때부터 개발되어 사용 중인 군사목적의 임시설치형 가교시스템은 보다 기계화, 자동화 되어 가고 있고 지속적으로 신개념의 전술교량이

개발되고 있으며, 탱크 등 중장비의 운송을 목적으로 매우 massive하며 고가의 장비임. 설치 · 해체의 신속성과 용이성, 다양한 지형조건에 구축 가능하도록 개발된 군용의 가교시스템의 일부 기술은 본 기획연구에서 제안하는 모듈식 교통시스템의 기계적 구조설계에 벤치마킹 가능함

○ 위와 같이 토목 구조물 부문에서 모듈러 기술과 조립식 기술이 발전되고 있는 상황이나, 세계적으로도 인프라와 차량까지 포함한 하나의 교통시스템이 호환가능한 팩키지로 개발된 사례는 없음. 따라서 세계 최초의 조립식 모듈형 철도시스템으로서 그 기술적 진보성이 있음

○ 토목구조물은 매우 중량이고 부피가 크기 때문에 사후 재사용까지 고려한 모듈러 기술은 현재까지 크게 진전되지 않았음. 조립식 모듈형 철도시스템 또한 기술적 타당성 및 경제성 확보를 위해서는 소형 경량의 시스템으로 구현하는 것이 적합하다고 판단됨

○ 우리나라는 세계 5위의 자동차 수출국 위상에 맞게 차량제작 기술은 상당히 높음. 철도차량 부문에서도 경전철을 비롯하여 민간부문의 PRT, 도로차량 부문에서의 전기차량 기술은 선진국 수준에 근접해 있음. 따라서 본 조립식 모듈형 철도시스템에 호환 가능한 차량은 기존 차량을 십분 활용하거나, 새로운 차량의 제작에도 큰 기술적 어려움이 없을 것으로 판단됨

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

가. 비전 및 목표

나. 세부과제 도출

다. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

라. 세부과제 연관성

마. 연구수행체계 제안

바. 과제별·연차별 추진 일정

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

가. 비전 및 목표

(1) 기술개발에 따른 미래상

○ 우리나라는 근대화시대에 접어들면서 국토 발전 및 국내 경기 진작을 위해 그간 많은 사회적 인프라를 건설해 왔으며 특히 도로 건설은 우리나라의 주된 산업으로 발전시켜 왔으나. 국내 산업은 점차 창의력을 바탕으로 한 IT, BT, NT 등 첨단산업 위주로 재편이 진행되고 있음

○ 이미 선진국 수준으로 구축된 국내 인프라 보급에 있어서도 보다 균형적인 방식으로 접근할 필요가 있으며, 이는 글로벌 무한경쟁이라는 새로운 위협에 대처하기 위해서도 선도기술 개발을 통해 그리고 비용효율적인 방법을 모색해야 할 시기임

○ 도로, 철도 등 교통부문의 인프라 건설에 있어서도 과거에는 양적 팽창에 집착했다면 미래에는 보다 수요지향적이어야 할 것이며, 이를 위해서는 장기적 플랜에 근거하여 중앙정부와 지자체, 각 이해집단간의 조율과 협의가 더욱 요구되는 시기임

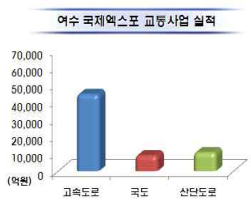
○ 과거 86아시안게임과 88서울올림픽을 거치면서 아시아변방의 개발도상국으로서 우리나라의 경제발전을 대외적으로 홍보하기 위해 막대한 인프라 건설사업이 추진되었고 이를 바탕으로 두 개의 굵직한 국제행사를 성공적으로 개최하여 대외적으로는 국가의 브랜드가치를 높이고 대내적으로는 국민들의 자긍심을 고취하는 계기가 되었음

- 이후 현재까지 치러온 수많은 행사들을 통해 국가 신인도를 제고하고 우리나라의 산업동력인 수출산업에 긍정적 영향을 끼쳤다는 평가를 받고 있음

○ 미래에도 우리나라는 국제사회를 주도하는 선도적 위치에서 많은 국제행사를 개최할 것으로 예상되는 바, 일시적 행사를 위해 과거의 무분별한 교통인프라 건설은 지양하고 창의적 기술개발을 통해 인프라 건설의 새로운 패러다임을 제시함으로써 행사의 성공적 개최와 더불어 저렴한 비용으로 원활한 교통서비스를 제공하며, 나아가 사회적 비용을 저감할 수 있을 것으로 기대됨

○ 또한, 환경파괴로 인해 미래에는 자연재해로 인한 피해가 더욱 늘어날 전망이며, 교통부문에 있어서는 재난 재해로 인한 단절된 교통로의 신속한 복구, 도로/교량 등의 피해로 인한 교통혼잡 해소, 고립지역의 신속한 연결로 확보 방안이 필수적임. 임시적으로 신속하게 설치가 가능하도록 개발된 조립식 모듈형 인프라는 이러한 상황 발생 시 긴급 투입되어 국민들의 통행의 불편을 최소화하고, 기본적인 삶의 질을 유지하는데 하나의 해결방안이 될 것임

○ As-IS, To-Be

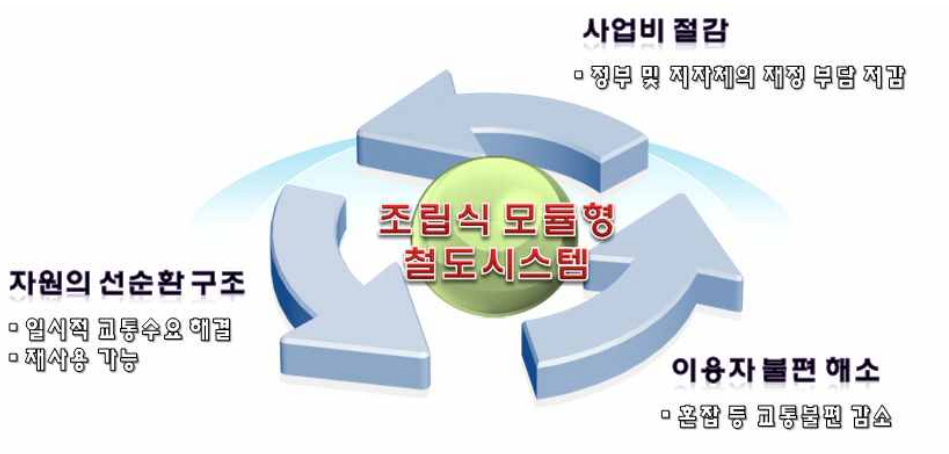
(As-Is)		(To-Be)
 (이벤트 시 마다 막대한 교통시설 투자)	→	 (도로·철도 등 영구적 인프라 대신 임시적 인프라 설치로 예산 절감)
 (신규 건설로도 혼잡한 행사장 도로)	→	 (소형·경량의 차량을 통행수요 만큼 연결 운행하여 이용자 대기시간 감소)
 (긴 대기행렬로 인한 이용자 불편)	→	 (악천후 시 셔틀버스 운행제한으로 인한 이용자 불편 저감)
 (행사 종료 후 한산한 신규 도로는 지속적 유지보수 비용 발생)	→	 (용도 종료 후 토지는 원상복구하고, 시스템은 해체, 수송, 보관하여 재사용)

(2) 비전 설정

○ 조립식 모듈형 철도시스템은 대규모 이벤트 행사 등 일시적 수요를 위해 건설되는 교통인프라 건설을 지양하여 정부 및 지자체의 예산 절감에 기여

○ 또한 재난 · 재해로 인한 통행로 단절 시 신속하게 설치하여 통행불편을 해소하고 나아가 국민의 안전을 보장에 기여

○ 보다 비용효율적인 기반시설 제공과 재사용을 통해 시설의 활용성을 높임으로서 자원의 선순환 구조 마련하고 환경개선에 기여



(그림 78) 조립식 모듈형 철도시스템의 비전

(3) 연구개발 목표 설정

○ 기술개발 목표

– 대규모 이벤트 시 또는 재난 · 재해로 인한 통행로 단절로 인한 일시적 통행수요에 대응 가능하고, 그 외에도 산업시설 접근로 구축, 임시적 물자수송 등 목적에 따라 다양한 방법으로 활용 가능하도록 임시적으로 설치하고 해체, 이전 재설치가 가능한 조립식 모듈형 철도시스템의 핵심기술 개발을 목표로 함

나. 세부과제 도출

○ 본 R&D의 세부과제 도출을 위하여 설계사, 제작사, 연구소, 학계 등을 포괄하는 다학제 전문가를 대상으로 VE기법을 적용하여 총 60가지의 성능점수 평가를 통해 최종 세부과제를 도출하였음

(1) VE 기법의 핵심내용

○ VE(가치공학, Value Engineering) 기법이란 창조의 가능성을 열어줄 수 있는 하나의 절차이며 체계적인 기법으로 다학제의 전문가들이 한 자리에 모여 자유롭게 논의함으로써 이외의 발상에 기초한 창의적 동기, 아이디어를 획득할 수 있는 기법임

- 1940년대 미국 GE(General Electric)사의 래리마일스(Larry Miles)라는 사람에 의하여 창안되었고, 이후 다양한 산업분야에서 발전되다가 2000년대에는 전 세계의 건설분야로 활성화되고 있으며 국내 건설분야도 2000년 3월 건설기술관리법 시행령에 VE 기법이 법제화되어 있음

(가) 문제 해결을 위한 접근방법

○ 개개인이 독립적으로 창의적, 창조적 아이디어를 발굴하기는 매우 어려울 뿐만 아니라 제안된 아이디어의 보편적 합리성을 확인하기 어려우므로 다학제 전문가들이 한 자리에 모여 상호간에 창조적 사고의 동기를 제공하거나 받고, 제안된 창의적 아이디어에 대한 객관적 타당성의 확보여부를 확인하는 의사결정 방식임

(나) 문제를 기능(function) 중심으로 생각하는 방법

○ 본 기획연구의 시설물이나 프로세스 등을 기술적 관점이 아닌 기능적 관점의 접근을 수행함으로써 모든 팀원들로 하여금 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 보편적 이해를 가능하게 하고 이를 바탕으로 기능 확보 및 향상을 위하여 전문분야와 상관없이 모든 구성원들이 함께 논의할 수 있도록 하여 창의적 아이디어를 발굴할 수 있는 기회를 제공하는 단계

(다) 창의성(creativity)을 극대화 하도록 하는 방법

○ 동일한 전문분야의 전문가들로 구성된 팀이 아니라 다학제의 전문가들로 구성함으로써 논의되는 시설물에 대한 전문가는 비전문분야 구성원들로부터 창의적 동기를 부여받고 이를 보다 기술적인 완성도가 높은 실용적 아이디어로 발전시킴으로써 창의성의 극대화를 추구

(라) VE 대안(VE alternative)의 개발 방법

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 성능평가기준을 구성된 팀원의 합의로 수립하고 기능의 달성에 필요한 비용과 그에 따른 성능의 확보정도를 기준으로 정량적인 가치를 측정함으로써 최대한 객관적인 가치중심적 의사결정이 가능하게 되어 창의적 아이디어에 대한 합리성 확보 가능



(그림 79) VE기법 가치향상의 유형

(마) 문제 해결을 위한 체계적인(systematic) 방법

○ VE 활동을 원만하게 수행할 수 있도록 체계적인 절차를 정립함으로써 VE 기법 시작부터 종료까지 절차가 조건에 따라 변경되지 않는 일방향의 흐름으로 되어 있어 VE 기법을 이해하고 자격을 갖춘 사람은 누구나 수행할 수 있도록 체계화하였음

(2) 조립식 모듈형 철도시스템 VE 기법 활용

(가) VE 팀 구성

○ 본 기획연구의 VE 기법을 활용하기 위하여 건설, 기계, 유지관리, 정책, 운영 및 경영, 연구소, 학계 등 다양한 분야의 전문가 13인(교통정책 1인, 교량가설 1인, 교통공학 2인, 토목공학 1인, 기계설계 1인, 운영 및 경영연구 1인, 교통물류 1인, 구조공학 3인, 신교통시스템 1인, 유지관리 1인)으로 VE 팀을 구성하여 VE 워크샵을 진행하였음



(그림 80) 분야별 VE 팀 구성도

(나) VE 워크샵 형식

○ 연구의 기획단계에서 개인이 아닌 팀(다양한 분야로 구성된 VE팀)로서의 창의적 아이디어 개발, 체계적 의사결정을 목적으로 워크샵 진행

○ VE 수행절차는 효과적 수행을 위하여 SAVE(Society of American Value Engineer) International의 VE 작업계획(Jonb Plan)을 적용하였으며 준비단계, 분석단계, 이해당계의 3단계로 진행하였음

– 본 VE 워크샵은 원안이 없는 기획단계의 연구방향성에 대한 아이디어 및 핵심과제 도출이 목표이므로 VE 작업계획 중 준비단계와 분석단계에서의 창의적 아이디어의 도출과 평가를 통한 연구대상 및 우선순위 도출에 목

표를 두고 수행하였음

- 즉, VE 작업계획에서 일반적인 절차에 해당하는 아이디어에 대한 구체적인 검토는 수행하지 않았으며 이후 발주처와의 연구 대상 아이디어가 선정되면 해당 아이디어에 대하여 연구팀에서 보다 구체적으로 아이디어 제안자와 함께 연구의 방향성 및 내용을 작성하는 것으로 VE 워크샵 절차를 진행하였음

○ 기능(Function)의 정의, 분석을 통하여 본 기획연구의 연구범위 정립을 수행하고 기능분석도(FAST Diagram) 구성으로 전문가 자문위원들이 기능별 아이디어 창의를 위한 집중적 노력을 유도하였음

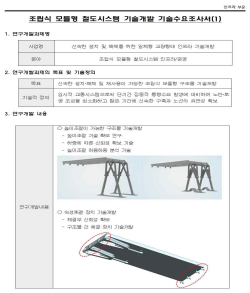
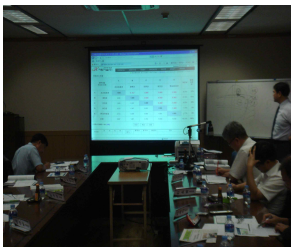
○ 본 VE 워크샵의 대상인 조립식 모듈형 철도시스템은 설계나 시공과 같이 시설물의 구체적인 건설이 아닌 연구 그 자체로서 연구개발을 위한 원안대비 비용은 크게 중요하지 않으므로 성능중심의 가치를 평가하는 것에 집중하였음



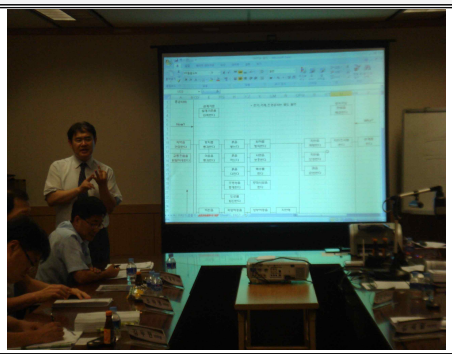
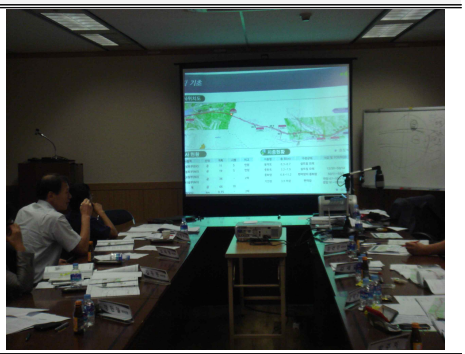
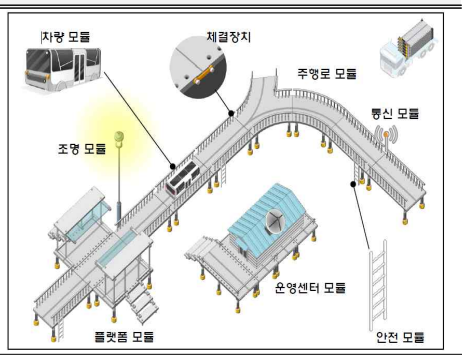
(그림 81) VE Workshop 진행 절차

○ 본 기획연구의 핵심과제 도출 및 우선순위 평가를 위한 VE Workshop은 다음과 같이 진행하였음

<표 43> VE Workshop 준비단계

구분	사전 과업회의 (VE팀 선정 및 구성)	자료수집	품질모델 (성능평가기준) 작성
내용			
	• 최적의 VE팀 선정 • VE 검토 세부협의	• 자문회의 진행 • 기술제안서 취합	• 품질모델 • 세부가중치 분석

<표 44> VE Workshop 분석단계 및 실행단계

구분	기능분석	아이디어 창출
내용		
	• 기능정의, 분석 • FAST Diagram 완성	• 다양하고 창의적 발상 유도 • 브레인스토밍 실시
구분	**성능평가**	**실행단계**
내용		
	• 기능정의, 분석 • FAST Diagram 완성	• 다양하고 창의적 발상 유도 • 브레인스토밍 실시

(다) 성능평가기준 작성

1) 성능평가기준(품질모델) 작성

① 성능평가항목 도출

○ 본 기획연구의 성능평가항목 도출을 위하여 무작위, 무평가 원칙에 의해 다음과 같이 조립식 모듈형 철도시스템 기술에 관한 전반적인 상세한 성능평가기준을 착상하였음

<표 45> VE Workshop 준비단계

구분	내용
성능평가항목도출	토목과 기계시스템의 연계성, 용도의 명확성, 경제성, 기술 수준, 친환경성, 사업 가능성, 사업의 지속성, 시스템의 실용성, 시스템의 활용성, 시공의 용이성, 재사용성, 이용자의 수용성, 수송 능력, 제작성, 접근성, 이용자의 안전성, 구조물의 안전성, 공공성, 공익사업성, 민간사업성, 지적재산권 확보, 시스템 운영능력, 시장성, 수요 예측의 적정성, 모듈의 연결성, 차량 종류의 적정성, 차량의 디자인, 친환경성, 이용자의 지체시간, 차량의 통행시간, 자연 파괴의 최소화, 장애인의 접근성, 시스템의 호환성, 시스템의 범용성, 모듈의 패키지화, 모듈의 단순화, 모듈의 경량화, 사업예산 확보, 수익모델의 적정성, 사업계획의 타당성, 지반조건에 대한 다변성, 시공인력 최소화, 운영인력 최소화, 표준화, 사업자 존재유무, 사고시 대응, 에너지 효율성, 개발기술의 창의성, 적정 노선계획, 이용자의 호감성, 관련법규제의 적용성, 수출가능성, 경관성, 지자체의 관심, 지자체의 호응도, 기후조건에 따른 운영성, 지반침하에 대한 대응성, 이용자의 호응성, 모듈 재사용을 위한 강도, 내구성, 구조물의 사용성, 모듈의 보관성, 지역 주민의 만족, 모듈의 유지보수, 모듈의 가변성, 적용하중 규모, 공기단축, 토지의 수용성, 고용 창출, 정부 시책의 연계성, 자원의 재활용, 시공해체의 용이성, 업그레이드의 용이성, 기술혁신의 선도성, 기술료 확보, 구조적 변경 용이성, 시설 운영인력의 최소화, 시방기준의 표준화, 시공운영인력의 전문성, 무인운전, 시스템의 종합관리, 저소음시공, 제안된 시범사업의 적정성, 물류수송률, 시공의 편리성, 가설부지의 적정성, CO2배출량 최소화, 운영의 지속가능성과 보조금, 횡하중의 저항성, 운영시 소음진동, 시공장비의 규모, 운행차량의 적정속도, 시공장비의 존재유무, 유지보수의 적정성, Barrier free, 정출금과 기업부담금 비율, 희망 민간사업자 유무, 사업대상의 적정성, 수요의 대응성, 안전평가 모니터링의 적정성, 초단기 가설, 현장타설 배제, 이벤트 주관의 관심도, 무독성, 중장비 사용 배제, 목표기술의 명확성, 기존구조물의 확장성, 기존구조물과의 연계성, 악천후시 주행성, 악천후시 주행안전성, 복원성, 적용재료의 내부식성, 메뉴얼의 도식화, 계절기후변화와 상관없는 모듈, 가설 전용장비 최소화, 영구 구조물로의 전용가능성, 모듈의 운송 및 보관, 타 운송 수단과의 상충이완성, 모듈의 신뢰성, 지형의 적합성, 신호통신시스템의 연계성, 정차시간의 최소화, 사용기간, 재활용 가능횟수, 사고발생시 대피의 적정성

② 성능평가항목 분류

○ 무작위, 무평가 원칙에 의하여 도출된 성능평가항목을 이용하여 VE 구성원들의 합의를 통해 성능평가항목을 분류하였음

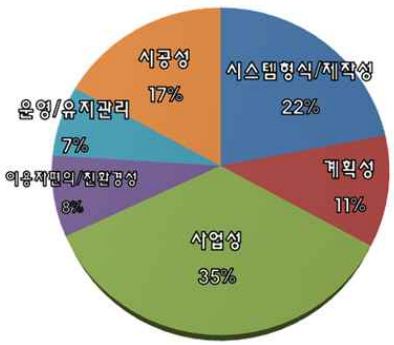
<표 46> 성능평가항목 분류

분류	성능평가항목 내용
시스템형식/제작성	시스템의 연계성(호환성, 업그레이드 용이 등), 모듈의 연결성, 적용하중 규모(차량 종류 등), 모듈의 표준화(패키지화, 단순화, 경량화, 가변성 등), 지형조건에 대한 대응성(지반 조건, 지반침하 등), 기존구조물의 확장성(연계성 등), 구조물의 안전성(사용성, 횡방향 저항 등)
계획성	목표기술의 명확성(용도 등), 사업계획의 타당성(수요예측, 적정 노선, 토지수용, 정부시책, 시범사업, 사업대상지역 등), 관련법규제의 적용성, 영구 구조물로의 전용가능성, 타 운송 수단과의 상충이완성
사업성	수익모델의 적정성(사업 지속성, 사업운영자, 수출, 물류수송 등), 이용자의 수용성(수송 능력, 운행속도 등), 지자체의 호응도(이벤트 주관기관 등), 고용 창출, 시스템의 실용성 (활용성, 공익사업, 민간사업 등)
이용자편의/친환경성	이용자 만족도(통행시간, 장애인 접근, Barrier free, 안전성 등), 유형성(모듈, 차량, 이용자 호감 등), 환경피해 최소화(CO2배출량, 무독성, 소음진동, 복원성 등), 에너지 효율성(자원의 재활용 등), 경관성, 지역 주민의 만족
운영/유지관리	재사용성(모듈 운송, 보관, 내구성 등), 운영인력 최적화(전문성, 무인운전 등), 시스템의 통합관리(신호통신시스템의 연계성, 정차시간 최소화, 안전평가 모니터링 등), 수요에의 대응성, 비상시 대응(악천후시 주행성 등)
시공성	시방기준의 표준화(메뉴얼의 도식화 등), 시공의 효율성(시공인력 최소화, 공기단축, 초단기 가설, 현장타설 배제 등), 시공해체의 용이성, 저소음시공, 시공장비의 효율성(규모, 존재 유무, 중장비 사용 배제, 가설 전용장비 최소화 등)

2) 성능평가항목 가중치 분석

○ 성능평가항목 분류에서 도출된 성능속성들을 AHP 기법에 기초하여 VE 구성원들 간 합의를 바탕으로 성능평가항목의 가중치를 결정하였음

<표 47> 성능평가항목 가중치 분석

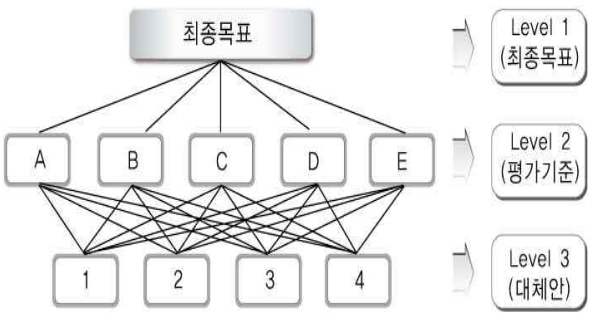
평가항목		A	B	C	D	E	F		가중치	가중치 분석 결과
A	시스템형식/제작성	1.0	3.0	0.3	3.0	4.0	1.0	➡	22%	
B	계획성		1.0	0.3	1.0	2.0	1.0	➡	11%	
C	사업성			1.0	4.0	4.0	2.0	➡	35%	
D	이용자편의/친환경성				1.0	1.0	0.5	➡	8%	
E	운영/유지관리					1.0	0.3	➡	7%	
F	시공성						1.0	➡	17%	
λmax = 6.194, CI = 0.039, CR = 0.031 < 0.1 ➡ O.K										

○ 가중치 산정방법(계층화 분석기법)

- 의사결정 문제의 의사결정 요소들 간의 관계를 분석하여 계측 구조를 형성하고 각 계층내의 의사 결정 요소들의 쌍대비교를 통하여 계층별 쌍대비교 행렬을 산출함

- 산출된 쌍대비교 행렬로부터 각 계층내의 의사결정 요소의 상대적 중요도를 평가(상대적인 중요성을 판단하게 되는데 이를 위하여 1~9까지의 숫자를 이용)

- 일관성 정도를 파악(보통 일관성 비율의 값은 10% 이내로 이 지수 값이 0.1보다 크게 되면 그 판단은 무작위 한 것으로 간주되어 수정된 후 재평가하게 됨)



(그림 82) 가중치 산정방법

○ 계층화 분석기법의 적용 절차는 다음과 같음

<표 48> 계층화 분석기법의 적용 절차

분류	성능평가항목 내용
1단계	• 의사결정 문제의 의사결정 요소든 간(최종목표, 평가기준, 대체안)의 관계를 계층구조화 하는 단계
2단계	• 각 계층내의 의사결정 요소들의 쌍대비교를 통하여 계층별로 쌍대비교 행렬 산출 • 특정 계층 내에 있는 요소들의 중요도에 대한 의사 결정자의 선호도를 평가하는 단계 • 쌍대비교를 위해서 의미 척도를 사용하여 각 요소가 다른 요소에 대한 중요도를 수치로 표시하기 위하여 구분
3단계	• 쌍대비교 행렬로부터 각 계층내의 의사결정 요소의 상대적 중요도를 평가하여 가중치 산출 • 일관성 척도를 이용한 전문가 지식의 신뢰도에 대한 평가 • 선택결정기준은 여러 가지 방법이 있지만 보편적으로 기하평균법이 널리 사용됨 • 일관성비율이 10% 이내이면 일관성이 있다고 판단하며 10% 이상이면 일관성이 없다고 판단하여 행렬 재구성
4단계	• 각 계층별로 얻어진 요소들의 중요도를 결합하여 대안들 사이의 중요도를 계산함 • 위 단계로부터 얻어진 요소들 사이의 중요도와 각 요소에 대한 대안들 간의 중요도를 이용하여 대안들의 총 중요도 계산

○ 가중치 산정 시 기존방법론의 문제점 및 AHP의 장점은 다음과 같음

<표 49> AHP의 장점

구분	기존 방법론의 문제점	AHP의 장점
정확도 문제	• 절대적인 평가 점수 체계는 평가에 있어서 객관성을 유지하는데 한계가 있음	• 쌍대비교 평가 및 성능속성 고유 값 계산을 통한 일관성 확인 가능
신뢰도 문제	• 기존 평가체계는 평가결과에 대한 신뢰성을 단지 전문가의 의견에만 의존	• 일관성지수를 이용한 신뢰도 검증(CI)
민감도 문제	• Scale Factor 및 평가방법에 따라 왜곡가능성 존재	• 비교척도 재정립 및 쌍대비교, 선형대수의 적용
독립성 문제	• 평가에 있어서 각 요소에 대한 이해가 평가자마다 상이할 수 있음	• 계층과정을 통하여 독립성 확보 가능

3) 성능평가항목 도출

○ 세부성능속성을 명시함으로써 평가항목에 대한 구체적 이해를 제공하기 위하여 다음과 같이 최종 성능평가기준을 적용하였음

<표 50> 성능평가항목 세부성능속성 도출 결과

평가항목	가중치 (%)	세부성능속성	
시스템 형식/ 제작성	22	P-01	시스템의 연계성(호환성, 업그레이드 용이 등)
		P-02	모듈의 연결성
		P-03	적용하중 규모(차량 종류 등)
		P-04	모듈의 표준화(패키지화, 단순화, 경량화, 가변성 등)
		P-05	지형조건에 대한 대응성(지반조건, 지반침하 등)
		P-06	기존구조물의 확장성(연계성 등)
		P-07	구조물의 안전성(사용성, 횡방향 저항 등)
계획성	11	P-08	목표기술의 명확성(용도 등)
		P-09	사업계획의 타당성(수요예측, 적정 노선, 토지수용, 정부시책, 시범사업, 사업대상지역 등)
		P-10	관련법규제의 적용성
		P-11	영구 구조물로의 전용가능성
		P-12	타 운송 수단과의 상충이완성
사업성	35	P-13	수익모델의 적정성(사업 지속성, 사업운영자, 수출, 물류수송 등)
		P-14	이용자의 수용성(수송 능력, 운행속도 등)
		P-15	지자체의 호응도(이벤트 주관기관 등)
		P-16	고용 창출
		P-17	시스템의 실용성(활용성, 공익사업, 민간사업 등)
이용자 편의/ 친환경성	8	P-18	이용자 만족도(통행시간, 장애인 접근, Barrier free, 안전성 등)
		P-19	유형성(모듈, 차량, 이용자 호감 등)
		P-20	환경피해 최소화(CO2배출량, 무독성, 소음진동, 복원성 등)
		P-21	에너지 효율성(자원의 재활용 등)
		P-22	경관성
		P-23	지역 주민의 만족
운영/ 유지관리	7	P-24	재사용성(모듈 운송, 보관, 내구성 등)
		P-25	운영인력 최적화(전문성, 무인운전 등)
		P-26	시스템의 통합관리(신호통신시스템의 연계성, 정차시간 최소화, 안전평가 모니터링 등)
		P-27	수요에의 대응성
		P-28	비상시 대응(악천후시 주행성 등)
시공성	17	P-29	시방기준의 표준화(메뉴얼의 도식화 등)
		P-30	시공의 효율성(시공인력 최소화, 공기단축, 초단기 가설, 현장타설 배제 등)
		P-31	시공해체의 용이성
		P-32	저소음시공
		P-33	시공장비의 효율성(규모, 존재유무, 중장비 사용 배제, 가설 전용장비 최소화 등)

(라) 기능분석

1) 기능정의 및 분류

○ 기능분석과 Team Approach를 통한 체계적 VE 기법 수행으로 아이디어 창출 극대화 및 토론의 체계화 정립

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 요구되는 기능에 대해 정의 및 분류를 수행하여 본 기획연구의 특성을 파악하고 예상되는 문제의 본질 파악



(그림 83) 기능분석 과정

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 필요기능 정의 결과는 다음과 같음

<표 51> 필요기능 정의

분류	내용	
필요기능정의	• 고객을 수송한다 • 차량을 지지한다 • 차가 주행한다 • 블록을 보관한다 • 조립을 한다 • 블록을 이동한다 • 블록을 개발한다 • 상부를 지지한다 • 유지보수를 한다 • 계측을 한다 • 토질을 조사한다	• 해체를 한다 • 검증을한다 • 토지보상을 한다 • 전기를 공급한다 • 시뮬레이션을 한다 • 차를 통제한다 • 교통제어를 한다 • 승객이 승하차한다 • 통신을 한다 • 승객이 이동한다

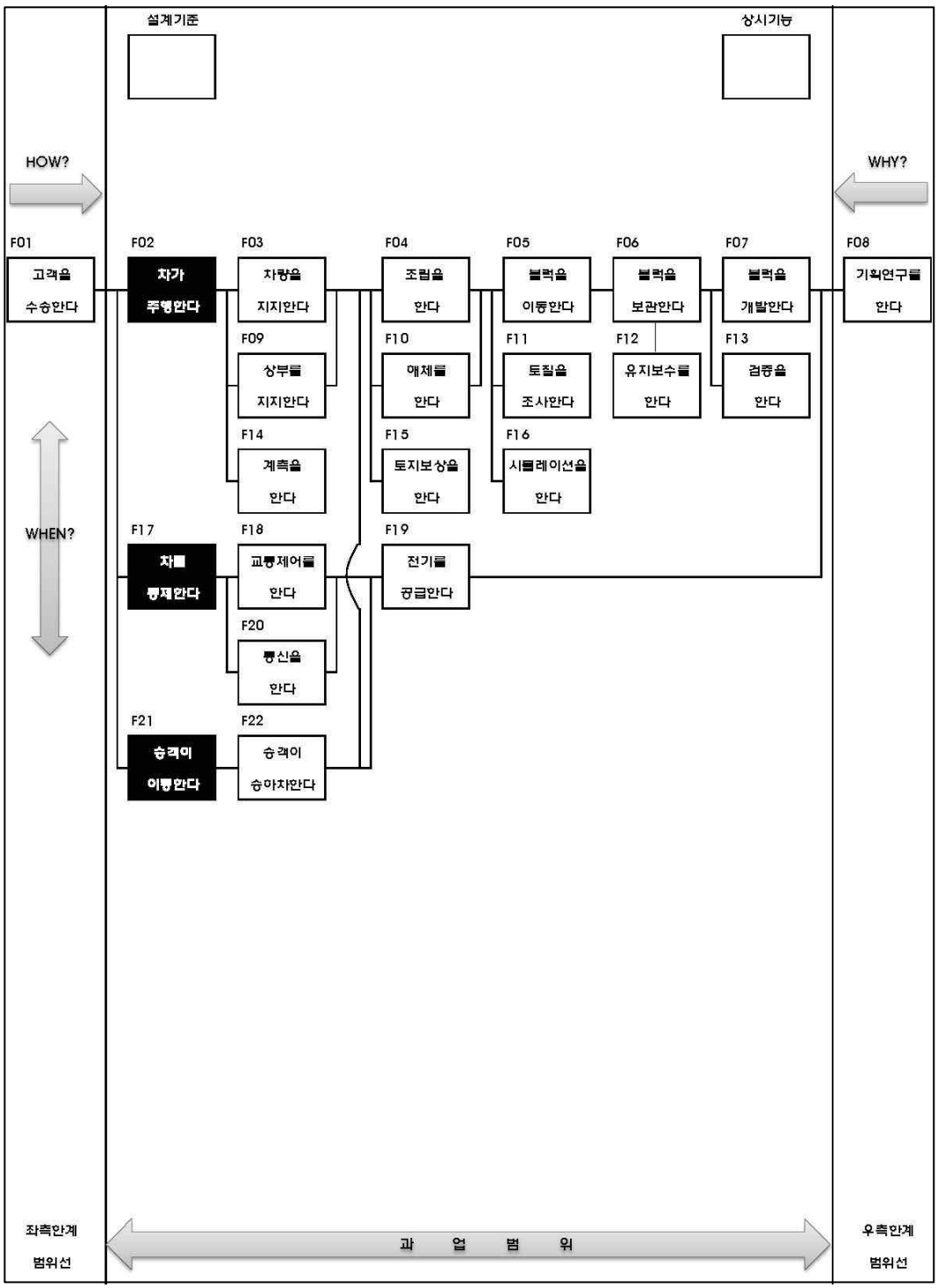
○ 기능분류는 최상위기능(H), 기본기능(B), 필수부 기능/동시발생기능(RS), 프로젝트 목적(O), 상시기능(AL), 가정기능(A) 등 6가지로 구분하여 분류하였음

<표 52> 기능분석 결과

분류	내용	기능분류					
		H	B	RS	O	AL	A
고객을	수송한다	◎					
차가	주행한다		◎				
차량을	지지하다			◎			
조립을	한다			◎			
블럭을	이동한다			◎			
블럭을	보관한다			◎			
블럭을	개발한다			◎			
기획연구를	한다						◎
상부를	지지한다			◎			
해체를	한다			◎			
토질을	조사한다			◎			
유지보수를	한다			◎			
검증을	한다			◎			
계측을	한다			◎			
토지보상을	한다			◎			
시뮬레이션을	한다			◎			
차를	통제한다		◎				
교통제어를	한다			◎			
전기를	공급한다			◎			
통신을	한다			◎			
승객이	이동한다		◎				
승객이	승하차한다			◎			

2) 기능분석계통도

○ 도출된 기능분석 결과를 이용하여 기능분석계통도(FAST : Function Analysis System Technique)를 작성하였음



(그림 84) 기능분석 계통도

(마) 아이디어 창출 및 평가

○ 위와 같은 단계를 통하여 획득한 기능분석 및 성능평가기준을 이용하여 아이디어를 창출하고 성능점수를 평가하였음



(그림 85) 아이디어 창출 과정

- 평가기준(구분, 가중치)은 시스템형식/제작성(A, 22%), 계획성(B, 11%), 사업성(C, 35%), 이용자편의/친환경성(D, 8%), 운영/유지관리(E, 7%), 시공성(F, 17%)로 구분하였으며 평가는 10점(중요한 향상)부터 1점(중요한 감소)를 기준으로 성능점수를 측정하였음

○ 아이디어 창출 및 평가방법은 다음과 같음

- 집단 토론의 목적성과 집중성을 강화하기 위해 논의하고자 하는 기능에 대해서만 아이디어를 브레인스토밍 기법을 활용하여 순서 없이 창출

- 순차적으로 기능을 바꿔가면서 아이디어 창출 수행

- 대상기능에 대해 모든 아이디어 창출되면, 각 아이디어에 대해 성능평가기준에 따라 10단계의 평가를 수행하는데 이때 현재 수행되는 통상적인 관련기술 수준을 “5”점으로 기준하고 이보다 개선되는 아이디어이면 6~10점, 현재와 비슷한 수준이면 5점, 현재의 수준보다 낮아지는 아이디어라고 판단되면 1~4점을 부여하는 방식으로 진행하였음

- 모든 평가는 VE 구성원의 합의에 의하여 결정하되 합의가 되지 않으면 투표를 통하여 조정하며 이 투표는 VE 구성원들이 최대한 자유로운 의사표현이 가능하도록 무기명으로 실시하였음

- 동일한 성능평가기준에 의하여 모든 아이디어를 평가하였으므로 성능점수가 높은 아이디어부터 우선순위를 선정하였음

1) 차가 주행한다

○ “차가 주행한다”의 기능에 대하여 본 기획연구인 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구에 필요한 핵심과제 아이디어 도출 및 성능점수를 평가하였음

<표 53> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(차가 주행한다)

아이디어	평가기준						성능점수	순위
	A	B	C	D	E	F		
실사례(기존 특허, 연구 등)에 대한 선행 조사연구 추가	7	6	7	5	5	6	64.2	23
실용화 시기에 맞는 수요예측 연구 추가(연구기간을 고려하여)	5	8	7	5	6	5	61.0	40
성공사례와 실패사례에 따른 시사점 도출	7	6	7	5	5	6	64.2	23
높이 조절이 가능한 교량형태의 조립식 주행로(직선, 곡선, 분기) 연구	8	5	5	5	6	7	60.7	41
시스템의 기능성 모듈(조명, 대피 등) 개발 연구	8	6	6	5	6	7	65.3	19
연결부의 통일화(표준화)	8	5	6	5	8	7	65.6	18
설계 프로세서의 개발(표준화를 기반으로 함)	8	5	6	5	6	8	65.9	17
횡하중을 대비한 앵커 급속시공 방법 개발	7	5	5	5	6	8	60.2	45
기존구조물을 이용한 캔틸레버식 주행로 개발	7	6	6	5	5	6	60.7	41
철거 가능한 파일시스템(기초시스템) 개발	7	6	8	5	7	8	72.5	5
모듈의 재활용을 고려한 유지관리 기준 및 메뉴얼 연구	8	6	8	5	7	7	73.0	4
하중체계에 대한 연구	8	6	5	5	5	7	61.1	39
3차원화된 모듈 제작기법 연구	8	6	6	7	6	7	66.9	13
연약지반에 적용 가능한 노면 주행로 개발	8	6	5	6	6	7	62.6	32
주행 안전성 확보를 위한 시스템 실시간 구조 건전성 모니터링 기술 개발	7	5	5	5	9	6	58.9	47
유체를 이용한 하부 임시구조물 연구	6	5	5	5	4	8	56.6	56
모듈 경량화 소재 연구	8	6	7	5	6	8	70.5	7
다양한 형태의 모듈에 적합한 운반 및	7	6	6	5	6	8	64.8	22

설치 기술 연구 (자동화 가능하도록)								
기존 차량 운행을 고려한 시스템 개발	7	7	6	7	5	6	63.4	29
차량 충돌에 대한 안전성 연구	7	6	6	7	6	6	63.0	30
접이식 교각이 일체형으로 구성된 교량 모듈 개발	8	6	7	5	6	8	70.5	7
조립식 철도 계획, 운영 계획시스템 개발(계획단계에서 적용 가능한)	6	6	7	6	8	7	66.6	14
모듈 시공 메뉴얼 개발(도식화된)	6	5	7	5	6	8	65.0	21
조립식 철도 인프라 설계기준 및 시방서 개발	7	7	6	5	6	7	64.2	23
최대 허용 생애주기비용을 고려한 시스템 개발	7	7	9	5	6	5	71.3	6
조립식 모듈 이력관리시스템 개발	6	6	6	5	8	8	64.0	27
안전시설 설계 및 시공기술 개발	7	5	5	7	6	7	60.1	46
운영계획 및 시뮬레이션 시스템 개발(BIM기반)	5	7	6	5	7	6	58.8	50
목표 서비스 수준에 기반한 시스템 개발	8	8	8	8	6	5	73.5	3
날씨 변화에 따른 모듈러 시스템 안전성 검증기법 개발 (염해성 등을 고려)	7	6	7	6	7	6	66.4	15
날씨 변화에 따른 대응 모듈러 시스템 개발	6	5	6	8	8	6	61.9	35
모듈러 시스템 급속해체 기술 연구	7	6	7	5	5	9	69.3	11
이용 활성화를 위한 관련법 및 보상체계 연구	6	8	8	5	5	5	66.0	16
모듈 표준규격(크기, 종류, 무게 등) 정립 연구	8	6	8	5	7	8	74.7	2
실용화 프로세스 개발(수익모델, 사업화 모델 등)	7	8	10	5	5	6	76.9	1
경제성 판단을 위한 편익 정량화 연구	6	8	6	6	5	5	59.8	47
모듈의 생산 및 시공, 해체에 대한 CO2 발생량 연구(기존 기술과 대비하여)	6	5	6	7	5	5	57.3	53
모듈의 생산 및 시공, 운영, 해체에 대한 CO2 발생량, 미세 먼지, 에너지효율을 포함한 연구	6	5	6	7	5	5	57.3	53

2) 차를 통제한다

○ “차를 통제한다” 의 기능에 대하여 본 기획연구인 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구에 필요한 핵심과제 아이디어 도출 및 성능점수를 평가하였음

<표 54> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(차를 통제한다)

아이디어	평가기준						성능점수	순위
	A	B	C	D	E	F		
설치, 해체가 자유로운 신호체계 설비 개발(모듈화)	7	5	7	5	8	6	65.2	20
통합관리시스템 개발	5	5	6	5	9	5	56.3	57
사고시 차량 임시 대피시스템 및 경보시스템 개발	6	6	6	8	8	5	61.3	38
통제시스템의 정보보안 구축 연구	6	6	5	5	7	5	54.7	58
가변속도 제어 및 교통상황 안내시스템 개발(일반 차량의 경우)	6	6	6	7	7	5	59.8	47
가변성, 대응성을 고려해서 소형이나 중소형으로 차량 적용	8	6	7	6	7	7	70.3	9
행사운영 특성을 고려하여 중대형차량 적용(입장, 퇴장 시간에 집중되므로)	4	5	6	6	5	5	52.1	60
모듈 운반의 특성을 고려하여 소형이나 중소형으로 차량 적용	8	6	7	6	7	7	70.3	9
시공시 차량 통제시스템의 개발(관련규정 등)	6	6	6	5	5	8	61.9	35
차량 운행 정보시스템 개발	5	6	6	7	8	5	58.3	51
비접촉 방식의 차량 추종 방식 연구	6	5	7	6	8	5	62.1	34

3) 승객이 이동한다

○ “승객이 이동한다” 의 기능에 대하여 본 기획연구인 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구에 필요한 핵심과제 아이디어 도출 및 성능점수를 평가하였음

<표 55> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(승객이 이동한다)

아이디어	평가기준						성능점수	순위
	A	B	C	D	E	F		
관광에 묘미를 살리는 무인자동차시스템으로 연구 추진	6	7	8	8	6	5	68.0	12
사용 가능성이나 효율성을 고려한 에너지원 개발	6	6	7	5	7	5	61.7	37
모듈러 차량 연결 운행기술 개발	5	6	6	7	7	5	57.6	52
승하차 시간을 최소화할 수 있는 차량 개발	6	6	7	9	6	5	64.2	23
배터리를 신속하게 교체할 수 있는 시스템 연구	6	6	7	6	7	5	62.5	33
승객의 승하차시 안전을 고려한 시스템 연구(스크린도어, 간격 등)	7	6	6	8	6	6	63.8	28
장애인을 고려한 지선 시스템 연구	6	5	6	8	6	6	60.5	44
수하물 처리를 고려한 차량 시스템 연구	6	6	6	8	7	5	60.6	43
플랫폼을 차량으로 활용한 시스템 연구	5	5	5	8	6	5	53.1	59
차량의 모듈화 기술 연구(에어콘, 난방기 모듈 등)	7	5	7	7	5	5	63.0	30
차량 문이 전면 개방되는 차량 개발	6	5	6	7	5	5	57.3	53

(바) 우선순위 결정

○ 위 단계별 과정을 통하여 총 60개의 아이디어를 획득하였으며 이에 대한 우선순위를 선정하고 각 아이디어에 대하여 필요성 및 세부과제 구성을 위한 구분을 실시하였음

<표 56> 아이디어 도출 및 성능점수 평가 결과(차가 주행한다)

순위	아이디어	성능 점수	구분	
			선택	내용
1	실용화 프로세스 개발(수익모델, 사업화모델 등)	76.9	O	연구 아이템
2	모듈 표준규격(크기, 종류, 무게 등) 정립 연구	74.7	O	세부과제연구내용 (요구조건)
3	목표 서비스 수준에 기반한 시스템 개발	73.5	O	세부과제연구내용 (요구조건)
4	모듈의 재활용을 고려한 유지관리 기준 및 메뉴얼 연구	73.0	O	연구 아이템
5	철거 가능한 파일시스템(기초시스템) 개발	72.5	O	연구 아이템
6	최대 허용 생애주기비용을 고려한 시스템 개발	71.3	O	연구 아이템
7	모듈 경량화 소재 연구	70.5	△	적용 연구
7	접이식 교각이 일체형으로 구성된 교량 모듈 개발	70.5	O	연구 아이템
9	가변성, 대응성을 고려해서 소형이나 중소형으로 차량 적용	70.3	O	연구 아이템
9	모듈 운반의 특성을 고려하여 소형이나 중소형으로 차량 적용	70.3	X	
11	모듈러 시스템 급속해체 기술 연구	69.3	O	연구 아이템
12	관광에 묘미를 살리는 무인자동차시스템으로 연구 추진	68.0	O	세부과제연구내용 (요구조건)
13	3차원화된 모듈 제작기법 연구	66.9	O	연구 아이템
14	조립식 철도 계획, 운영 계획시스템 개발(계획단계에서 적용 가능한)	66.6	O	연구 아이템
15	날씨 변화에 따른 모듈러 시스템 안전성 검증기법 개발 (염해성 등을 고려)	66.4	O	세부과제 연구내용
16	이용 활성화를 위한 관련법 및 보상체계 연구	66.0	O	세부과제 연구내용
17	노선 설계 프로세서의 개발(표준화를 기반으로 함)	65.9	O	세부과제 연구내용
18	연결부의 통일화(표준화) 개발	65.6	O	연구 아이템
19	시스템의 기능성 모듈(조명, 대피 등) 개발 연구	65.3	O	연구 아이템
20	설치, 해체가 자유로운 신호체계	65.2	O	연구 아이템

	설비 개발(모듈화)			
21	모듈 시공 메뉴얼 개발(도식화된)	65.0	O	세부과제 연구내용
22	다양한 형태의 모듈에 적합한 운반 및 설치 기술 연구(자동화 가능하도록)	64.8	O	연구 아이템
23	실사례(기존 특허, 연구 등)에 대한 선행조사 연구 추가	64.2	O	세부과제 연구내용
23	성공사례와 실패사례에 따른 시사점 도출	64.2	O	세부과제 연구내용
23	조립식 철도 인프라 설계기준 및 시방서 개발	64.2	O	연구 아이템 (법제도)
23	승하차 시간을 최소화할 수 있는 차량 개발	64.2	O	세부과제연구내용 (요구조건)
27	조립식 모듈 이력관리 시스템 개발	64.0	O	세부과제 연구내용
28	승객의 승하차시 안전을 고려한 시스템 연구(스크린도어, 간격 등)	63.8	O	세부과제연구내용 (요구조건)
29	기존 차량 운행을 고려한 시스템 개발	63.4	O	세부과제연구내용 (요구조건)
30	차량 충돌에 대한 안전성 연구	63.0	O	연구 아이템
30	차량의 모듈화 기술 연구(에어콘, 난방기 모듈 등)	63.0	O	세부과제연구내용 (요구조건)
32	연약지반에 적용 가능한 노면 주행로 개발	62.6	O	연구 아이템
33	배터리를 신속하게 교체할 수 있는 시스템 연구	62.5	O	세부과제 연구내용
34	비접촉 방식의 차량 추종 방식 연구	62.1	O	세부과제연구내용 (적용연구)
35	날씨 변화에 따른 대응 모듈러 시스템 개발	61.9	O	세부과제 연구내용
35	시공시 차량 통제방안의 개발(관련규정 등)	61.9	O	세부과제연구내용 (법제도)
37	사용 가능성이나 효율성을 고려한 에너지원 개발	61.7	O	세부과제연구내용 (요구조건)
38	사고시 차량 임시대피 시스템 및 경보시스템 개발	61.3	O	세부과제 연구내용
39	하중체계에 대한 연구	61.1	O	세부과제연구내용 (요구조건)
40	실용화 시기에 맞는 수요예측 연구 추가(연구기간을 고려하여)	61.0	O	세부과제연구내용 (정책)
41	높이 조절이 가능한 교량형태의 조립식 주행로(직선, 곡선, 분기) 연구	60.7	O	연구 아이템
41	기존구조물을 이용한 캔틸레버식 주행로 개발	60.7	O	연구 아이템
43	수하물 처리를 고려한 차량시스템 연구	60.6	O	세부과제연구내용 (요구조건)
44	장애인을 고려한 지선시스템 연구	60.5	O	세부과제연구내용 (요구조건)

45	횡하중을 대비한 앵커 급속시공방법 개발	60.2	O	연구 아이템
46	안전시설 설계 및 시공기술 개발	60.1	O	연구 아이템
47	경제성 판단을 위한 편익 정량화 연구	59.8	O	세부과제연구내용 (정책)
47	가변속도 제어 및 교통상황 안내시스템 개발(일반 차량의 경우)	59.8	O	세부과제연구내용 (적용연구)
49	주행 안전성 확보를 위한 시스템 실시간 구조건전성 모니터링 기술 개발	58.9	O	연구 아이템
50	운영계획 및 시뮬레이션 시스템 개발(BIM기반)	58.8	O	연구 아이템
51	차량 운행 정보시스템 개발	58.3	O	세부과제연구내용 (적용연구)
52	모듈러 차량 연결 운행기술 개발	57.6	O	연구 아이템
53	모듈의 생산 및 시공, 해체에 대한 CO2 발생량 연구(기존 기술과 대비하여)	57.3	O	세부과제연구내용 (정책)
53	모듈의 생산 및 시공, 운영, 해체에 대한 CO2 발생량, 미세 먼지, 에너지효율을 포함한 연구	57.3	O	세부과제연구내용 (정책)
53	차량문이 전면 개방되는 차량 개발	57.3	X	
56	유체를 이용한 하부 임시구조물 연구	56.6	O	연구 아이템
57	통합관리시스템 개발	56.3	O	연구 아이템 (테스트베드사업)
58	통제시스템의 정보보안 구축 연구	54.7	O	세부과제 연구내용
59	플랫폼을 차량으로 활용한 시스템 연구	53.1	X	
60	행사운영 특성을 고려하여 중대형차량 적용(입장, 퇴장시간에 집중되므로)	52.1	X	

(사) 핵심과제 및 세부과제 구성

○ VE 기법을 이용하여 본 기획연구인 조립식 모듈형 철도시스템의 핵심과제를 도출하였으며 조립식 모듈형 인프라 기술개발, 조립식 모듈형 전용차량 기술개발, 조립식 모듈형 교통시스템 통합관리 및 안전성 향상 기술개발, 사업화/실용화 방안 등 총 4가지 분야에 11가지 핵심과제로 구성하였음

○ 조립식 모듈형 인프라 기술개발

– 입체형 인프라 기술개발

· 입체형 인프라 요구조건 분석
· 굴곡이 심한 지형 대응형 인프라 모듈 기술개발
· 연약지반 대응형 인프라 모듈 기술개발
· 입체-평면 Universal 연결부 모듈 기술개발
· 급속시공 기술개발

- 평면형 인프라 기술개발
· 평면형 인프라 요구조건 분석
· 평면지형 대응형 인프라 모듈 기술개발
· 평면형 인프라 적용을 위한 급속 지반 개량 공법 기술개발

- 인프라 기능모듈 기술개발
· 급전 기능 모듈 기술개발
· 조명 기능 모듈 기술개발
· 신호 기능 모듈 기술개발
· 비상 시 임시대피 모듈 기술개발
· 악천후 대비형 기능 모듈 기술개발
· 방호 기능 모듈 기술개발

- 플랫폼 및 운영센터 모듈 기술개발
· 승객 편의, 안전을 고려한 플랫폼 모듈 기술개발
· 실시간 정보제공(VMS) 모듈 기술개발
· 운영센터 모듈 기술개발

○ 조립식 모듈형 전용차량 기술개발
- 차량 설계 및 제작 기술개발
· 전용차량 시스템 요구조건 분석
· 차량 모듈화
· 조립식 모듈형 전용차량 간 자동연결 기술개발

- 차량 운영 기술개발
· 차량 에너지 공급 장치
· 조립식 주행로에서 차량 추종 기술개발
· 심미적 신뢰감을 고려한 차량 디자인

○ 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 및 안전성 향상 기술개발

– 시스템 운영 기술개발

· 조립식 모듈형 철도시스템 운영 요구조건 분석
· 교통약자를 고려한 지선 시스템
· 승객편의 실시간 정보제공 기술개발
· 차량–차량, 차량–운영센터 간 통신/신호/제어 기술개발
· 차량운행 관리 기법
· 조립, 해체, 수송, 보관 체계 구축

– 시스템 유지관리 기술개발

· 실시간 구조건전성 모니터링 기술개발
· 실시간 유지관리 정보제공 기술개발
· 보관/수송 시 시스템 상태점검 기술개발
· 시스템 재사용을 고려한 유지관리 기준 설정
· 시스템 모듈 이력관리 기술개발

– 안전성 향상 기술개발

· 환경조건 및 급격한 기후변화에 대응하기 위한 안전성 검증 기술개발
· 비상 시 운영 매뉴얼 개발
· 비상 시 급전 방안 검토

○ 조립식 모듈형 철도시스템 사업화/실용화 방안

– 조립식 모듈형 철도시스템 계획기법 기술개발

· 노선 최적 대안 수립 및 시뮬레이션 기술개발
· 수요예측 방법론 정립
· 비즈니스 프로세스 모델 개발

– 시스템 운영을 위한 법/제도(안) 제시

· 설계/시공 관련 법/제도(안) 제시
· 활성화 지원 관련 법/제도(안) 제시
· 점용 용지 확보 방안 및 보상체계 검토
· 차량시스템 승인 절차 검토
· 인프라 시공 시 차량 통제 방안 검토

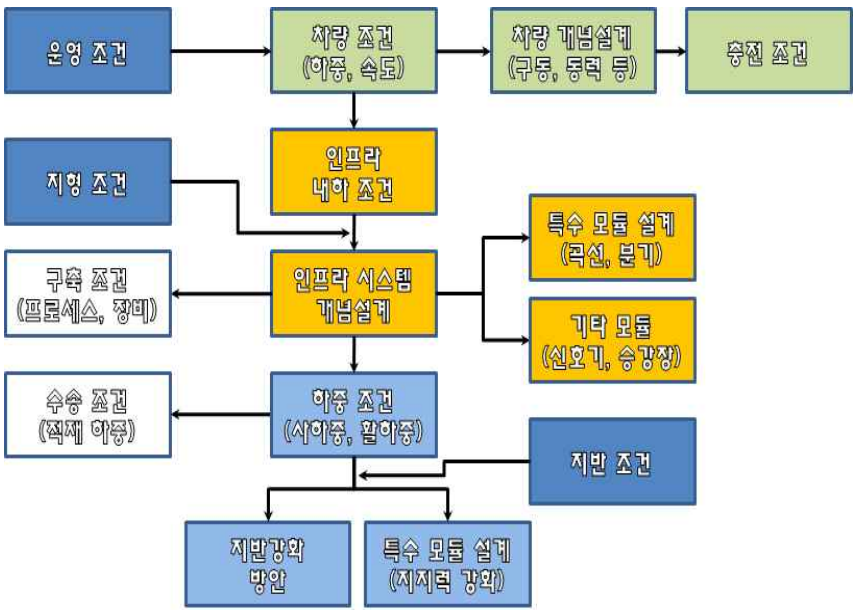
다. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

(1) 연구개발과제 구성

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발의 목표는 모듈식 철도시스템 인프라 기술개발, 모듈식 철도시스템 전용차량 기술개발, 계획 및 운영 유지보수 기술개발로 구성됨

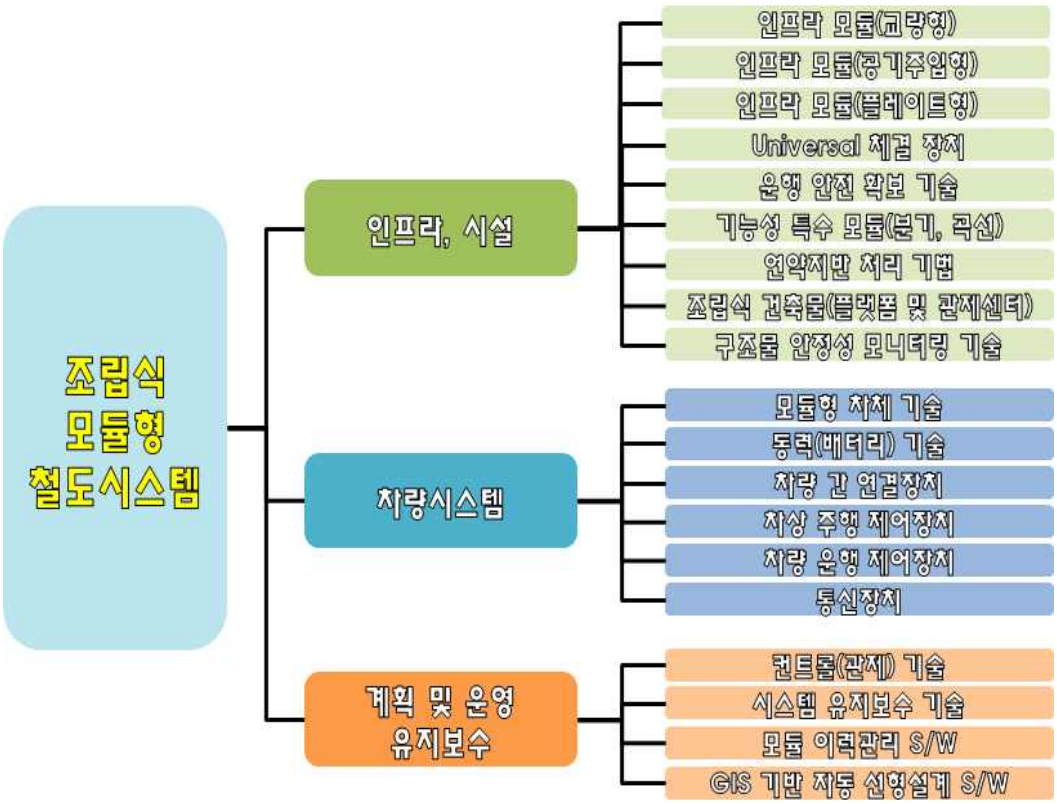
○ 조립식 모듈형 철도시스템의 핵심기술은 조립형 궤도인프라 기술, 신호 및 전력공급 장치 기술, 모듈단위 인프라 연계 기술, 시스템 간편 조립 · 운반 및 시공기술, 해체기술, 분기기 기술, 기존시스템 연결 · 연계 기술, 조립식 모듈형 철도시스템 전용차량 기술, 승객안정성 확보기술 등으로 구성되었음

○ 본 연구에서는 다양한 지형에 노반공사를 최소화하고 신속하게 구축 가능한 조립식 모듈형 철도시스템의 핵심기술개발을 위하여 시스템 요구조건 연관관계를 분석하였으며, 조립식 모듈형 철도시스템의 시스템 요구조건 연관도는 다음과 같음



(그림 86) 시스템 요구조건 연관도

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발의 세부과제를 구성하기 위한 사전단계로서 다음과 같은 조립식 모듈형 철도시스템 기술트리를 구성하였음



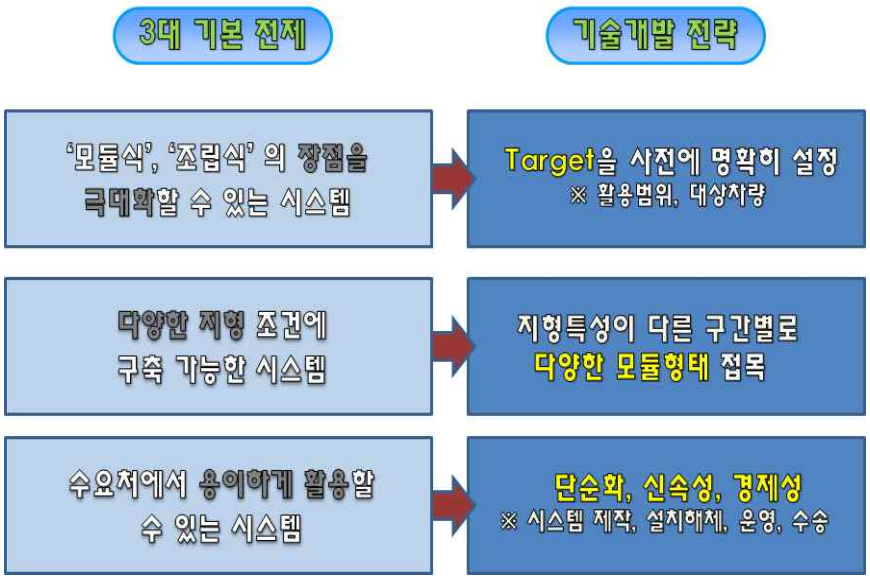
(그림 87) 조립식 모듈형 철도시스템 기술트리

○ 본 연구의 기술트리는 조립식 모듈형 철도시스템 요구조건 연관도를 바탕으로 본 시스템 구현에 필요한 요소기술에 대해 성능과 특성의 기능으로 표현하고자 하였으며, R&D의 최종목표를 달성하기 위하여 필요한 기술방식을 제시하고 이 기술방식을 세부 기능별로 나눈 뒤 구현방식을 연쇄적으로 전개하는 방식으로 구성하였음

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 기술트리는 인프라/시설, 전용차량 시스템, 계획 및 운영 유지보수로 크게 3분과로 구성하여 각 분과의 핵심기술로 구성하였음

(2) 주요내용 및 기술개발 전략

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발의 세부과제별 핵심기술 및 주요연구내용을 구성하기 위하여 기본 전제를 바탕으로 (그림 102)와 같이 3가지 기술개발 전략을 수립하였음



(그림 88) 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 추진전략

(가) 모듈형 인프라 핵심기술

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 인프라 핵심기술 개발은 다양한 지형 조건에 구축 가능한 시스템 요구조건을 충족시키기 위하여 지형 특성이 다른 구간별로 다양한 모듈형태를 접목시키는 기술개발로서 주요연구내용은 다음과 같음

- 조립식 모듈형 철도시스템 인프라/시설 핵심기술 개발
  - 인프라 모듈(교량형, 공기주입형, 플레이트형) 기술개발
  - Universal 체결 장치
  - 운행 안전 확보 기술개발
  - 기능성 특수 모듈(분기, 곡선)
  - 연약지반 처리 기법
  - 조립식 건축물/시설(플랫폼 및 관제센터) 기술개발
  - 구조물 안정성 모니터링 기술개발

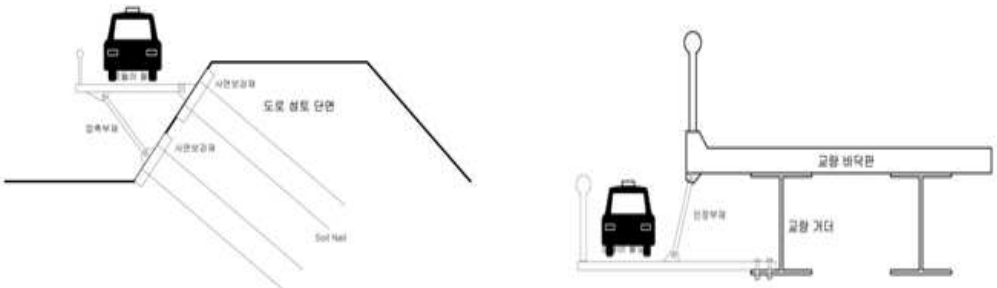
1) 인프라 모듈(주행로 모듈)

○ 입체형 인프라 모듈

- 입체형 인프라 모듈은 하부구조의 높이조절이 가능한 모듈을 연결하여 노선을 구성하는 교량 형태의 모듈로 산지, 구릉지, 하천 등 평탄하지 않은 지형과 암반, 자갈층, 사질도, 단단한 점성토 등의 다양한 지형에 적용이 가능한 형태임
- 수송·보관의 용이성을 위해 40ft 컨테이너 단위로 적재
- 넓은 바닥판으로 하중을 분산하여 일정 수준 단단한 지반에서는 별도의 기초공사 없이지지
- 교각은 steel, 알루미늄과 같은 금속 재료를 활용하며, 상판은 복합재를 활용하여 자중 경감(중량이 작을 시 대량 수송 및 보관 용이)



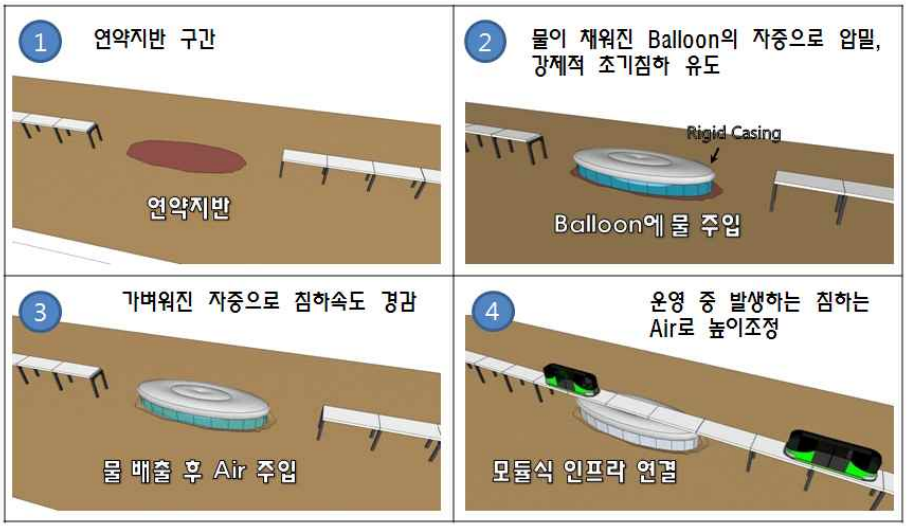
(그림 89) 입체형 인프라 모듈 개념도와 곡선/분기모듈



(그림 90) 기존도로 노견을 활용한 입체형 인프라 모듈

○ 연약지반형 인프라 모듈

– 연약지반입형 인프라 모듈은 교량형 인프라 모듈의 하부구조를 대체하여 연결하는 형태로, 튜브구조물에 유체를 주입하여 자중으로 강제침하를 유도하여 연한 사질토, 점성토, 함수율이 높은 지반 등 연약지반에 설치하는 방식임



(그림 91) 연약지반형 인프라 모듈 개념

○ 노반형 인프라 모듈

– 플레이트 형태의 구조물을 연속으로 구축하는 형태로서 노반형 인프라 모듈은 암반, 자갈층, 사질토, 단단한 점성토 등 평탄하고 단단한 지형에 적용

– 재료공학 기술을 적용하여 내구성, 내마노성, 온도변위 최소화 등 연구

※ 국가 R&D를 통해 개발된 ‘유전개발용 리그매트’ 벤치마킹하여 개발



(그림 92) 노반형 인프라 모듈 개념도

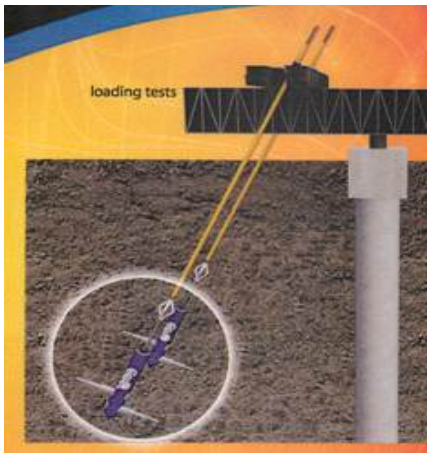
○ 지반 관련 기술

– 지반지지력에 따른 모듈 형태 결정이나 지반강화 방안을 제시하기 위하여 인프라 및 차량의 하중 계산, 지반침하 허용치 설정, 안전율 설정, 지반의 허용지지력 측정 등의 지반 분석 방안 기술개발이 필요함

– 지지력이 부족할 경우 급속 간이 앵커장치를 도입하여 구조물의 안정성 확보



(그림 93) CPT(Cone Penetration Test)



(그림 94) TFEG 앵커 장치

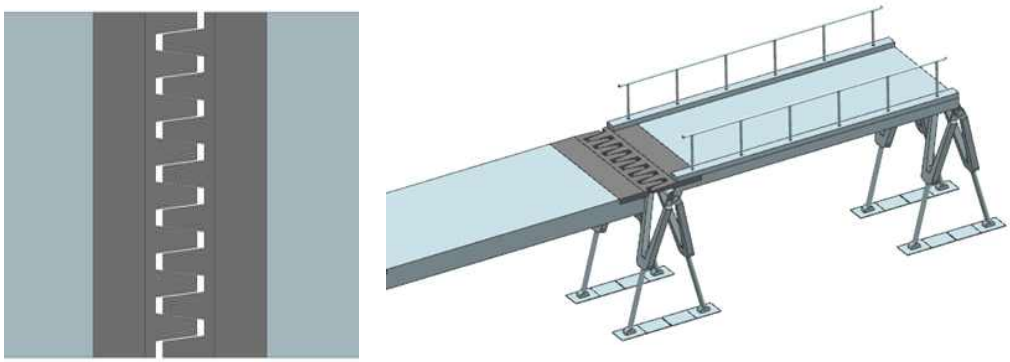
<표 57> 인프라 모듈별 적용 지형·지반 및 지지력 조건

구분	입체형 모듈	연약지반형 모듈	노반형 모듈
지형	Uneven Terrain (굴곡지형)	Even Terrain (연약지반)	Even Terrain (평탄지형)
지반	암반,자갈층,사질토, 단단한점성토	연한사질토,점성토 함수율 높은 지반	암반,자갈층,사질토, 단단한점성토
허용 지지력	10t/m2 이상	· 사질토(N<10,qu≤1.0kg/cm2) · 점성토(N<4, qu≤0.5kg/cm2) · 함수율(5m이하에서30%이상)	연약지반일경우 지반강화공법적용

3) 기타 인프라 모듈

○ 이형모듈 간 체결 기술

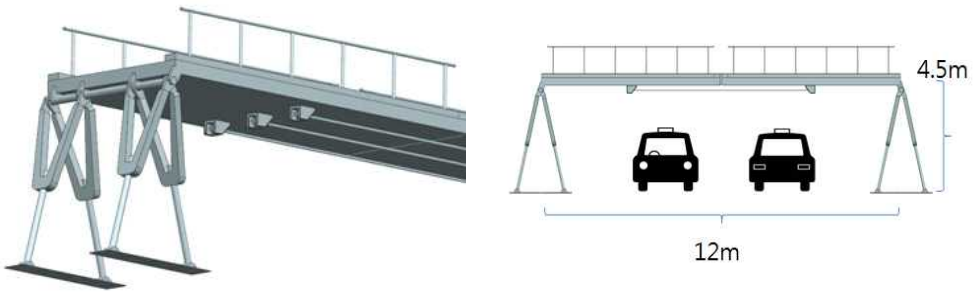
– 다른 형태의 인프라 모듈 간 유연한 결합이 가능하여 차량 주행 시 승차감 저하를 최소화 하기위한 체결 기술



(그림 95) 이형모듈 간 체결장치

○ 장지간(長支間)화 기술

– 장지간(長支間)화 모델은 외부긴장력(External Pre-stressing)을 도입하여 장경간을 구축하는 모델로서 하천 및 기존도로 횡단 등 지간이 긴 구간에 적용

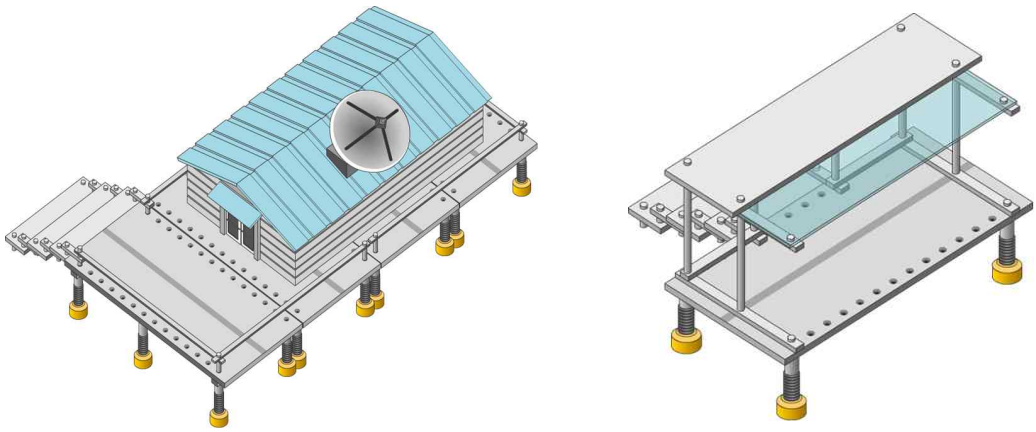


(그림 96) 장지간화 모델

○ 기타 시설 모듈

– 조립식 모듈형 철도시스템을 운영에 필요한 기능을 장치별로 모듈화하여 필요수요에 따라 조립 가능하도록 개발

- 운영센터, 플랫폼과 같은 사람이 이용하는 건축물 시설은 기존 가설건축물 기술을 차용하여 개발
- 조명, 급전, 승객 안전시설, 운행정보제공 장치 등 기존 교통시스템에 요구되는 요소 설비도 모듈화하여 시스템 구성



(그림 97) 운영센터 모듈과 플랫폼 모듈 개념도

<표 58> 조립식 모듈형 철도시스템 노선 형태

노선 형태	운행 방식	노선도
순환형	환형의 노선을 순환하는 방식	
왕복형	단선에서 왕복 운행하는 방식	
중간교행형	단선의 중간지점에 교행 노선을 설치하여 왕복 운행하는 방식	
분기형	하나의 경로가 두 개로 분기되어 복수의 터미널을 구성하여 운행하는 방식	

(나) 전용차량시스템 핵심기술 개발

○ 전용차량시스템 핵심기술 개발은 조립식 모듈형 철도시스템 인프라 기술개발에 있어 전용차량의 규모(중량)에 따라 상부하중 조건이 결정되는 핵심기술로 주요연구내용은 다음과 같음

– 전용차량시스템 기술개발

· 모듈형 차체 기술개발
· 동력(배터리) 기술개발
· 차량 간 연결장치 기술개발
· 차상 주행 및 운행 제어장치 기술개발
· 운영센터-차량간, 차량-차량간 통신장치 기술개발

1) 차량시스템 개념

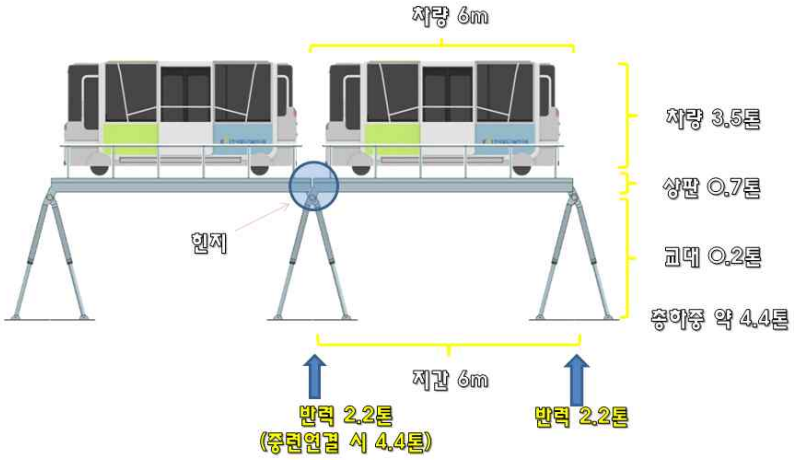
○ 조립식 모듈형 철도시스템의 상부 하중과 수단의 역할에 적합한 전용차량의 규모를 결정하기 위하여 <표 3>과 같이 기존 개발 및 상용화 되어 있는 차량들을 검토하고 적정한 차량 제원을 선정하였음

○ 적정 차량 규모에 대한 기술적 검토 및 시장조사, 기술수요조사의 결과, 본 기획연구의 목표인 신속한 설치 및 해체를 위한 차량 규모에 가장 적합한 차량은 GRT 규모 이하의 차량으로서 본 기획연구에는 전기동력의 GRT차량을 전제로 기술을 제안함

– 기존 상용화된 LEV(Light Electric Vehicle) 차량기술을 활용하여 차량의 기술개발 비용을 절감하고 기술의 완성도 제고 가능
– 무인/유인 운전 상호 전환 가능
– 별도의 차량 주행 추종장치(guide) 모듈을 부착하여 주행로 이탈 및 안전사고 방지



(그림 98) 조립식 모듈형 철도시스템 전용차량 개념도



(그림 99) 인프라 모듈의 재하 반력 분석

○ 차량 추종장치 모듈 기술

– 차량은 무인/유인 운전 상호 전환가능하고 인프라에는 모듈형의 유도장치를 통해 필요시 추종운행 또는 비추종 운행 전환 가능

<표 59> 차량 운행 방식 비교

방식	장단점
유인운전 & 비유도 방식	– 운전자가 차량에서 조향 및 속도를 조종하여 운행하는 방식 – 인프라, 차량, 통신시스템 등의 시스템 구성이 가장 단순하게 구성되어 시스템 비용이 절감 – 수송·보관으로 인한 시스템 신뢰도 저하 감소 – 전용주행로 외 주행이 가능 – 다수의 운전자가 필요하여 인건비 상승
무인운전 & 유도 방식	– 운전자 없이 유도장치에 따라 조향 및 속도 조절 – 인력소요 최소화로 인한 인건비 절감 – 차량 내 탑승 공간 최대화 – 터미널에서 차량 방향전환 불필요 – 인프라, 차량, 통신시스템 등의 시스템 구성이 복잡하게 구성되어 시스템 비용 상승
유인운전 & 유도 방식	– 운전자가 차량에서 조향 조종 없이 속도만 조종하는 방식 – 유도 가이드 및 유도 조향장치 등의 시스템 구성 필요 – 다수의 운전자가 필요하여 인건비 상승

2) 차량 운영 기술

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 전용차량은 차량 간 연결 기술개발을 통하여 수요에 따라 유연한 대응이 가능하도록 함

- 이벤트 및 관광지 수요의 특성상 입·퇴장의 수요가 급증하는 반면에 입장시간부터 퇴장시간까지는 수요가 유지되는 쌍봉곡선의 수요형태가 형성됨에 따라 수요에 따른 유연한 대응이 효과적일 것으로 판단됨



(그림 100) 차량 간 연결주행 개념도

○ 모듈형 시스템의 차량은 조립식 형태로써 운행 환경에 따라 장치들을 조합하여 다양한 형태로 운영 가능

- 계절에 따라 차량의 히터, 에어컨을 탈·부착할 수 있으며 행사 성격에 적합한 디자인의 차체 부착



(그림 101) 차량 모듈형 조합 개념

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 수송용량은 차량의 운행시격에 따라 결정됨

- 조립식 모듈형 철도시스템 전용차량의 수송인원은 15인/량으로 차량 간 연결(최대 4량), 운행 시격 최소화를 통하여 수송용량을 극대화 할 수 있음

- 조립식 모듈형 철도시스템 전용차량은 탈착식 배터리 구동 운영방식 또는 무선급전 방식을 적용하여 차량 회전율 증대와 운행 시격을 최소화



(그림 102) 차량 탈착식 배터리 개념

<표 60> 고효율 배터리 성능비교

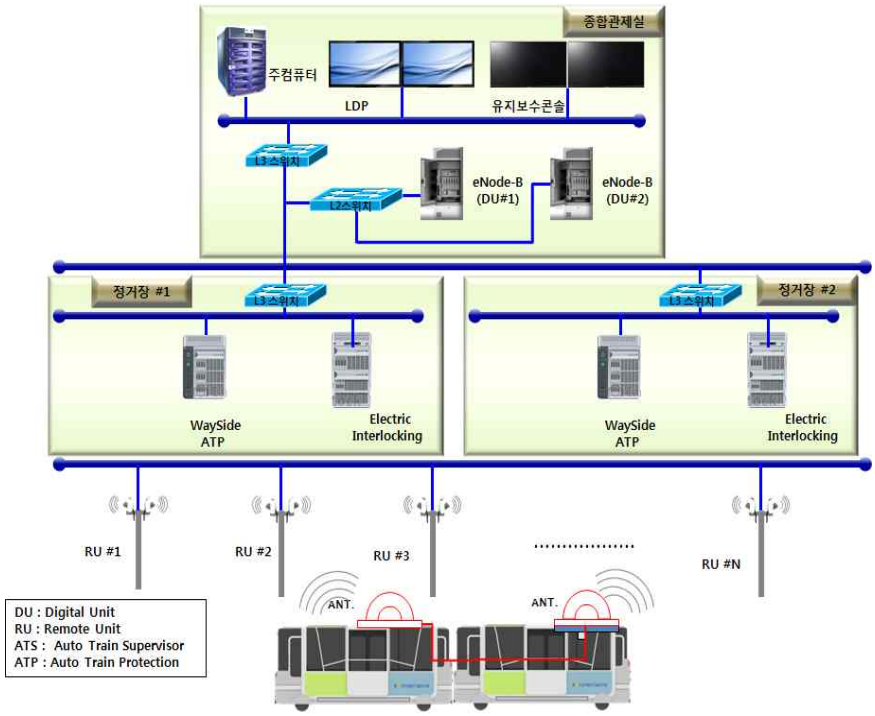
배터리종류	납축배터리	Li-ion
비용	저렴	높음(약2.5배)
중량	무거움	가벼움(약1/3배)
부피	큼	작음(약1/10배)
장점	가격,성능이안정적	에너지밀도가높고수명이김

3) 모듈식 차량 신호·통신 기술

○ 본 조립식 모듈형 철도시스템은 상용화 개발 중인 LTE-R 시스템을 활용하여 운영효율성을 극대화하여 차량-차량, 차량-운영센터 통신시스템은 LTE-R 기반의 초고속 통신망을 구축하여 고품질의 통신 및 열차제어가 가능하도록 함

- 기존 열차제어와 통신 방식은 1980년대 1세대 방식(VHF)의 기술과 2세대 방식(TRS)으로 철도 안전 및 이용자 편의 서비스 제공을 위한 고품질의 멀티미디어 서비스 및 영상 등의 제공의 한계로 경량화 및 지능화에 필요한 조립식 모듈형 철도시스템의 통신시스템으로 적합하지 않음

- LTE-R 통신시스템은 무선방식으로 다양한 지형에 설치가 가능함을 목표로 하고 있는 본 기획연구에 적합할 것으로 판단되며, 관제센터와 차량, 플랫폼에 설비 및 단말기 장착으로 신속한 통신시스템 설치가 가능함



(그림 103) 조립식 모듈형 철도시스템 통신시스템 구성(안)

(다) 계획 및 운영 유지보수 핵심기술 개발

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 계획 및 운영 유지보수 핵심기술은 시스템 운용에 필요한 요소기술로서 수요처에 신속하고 경제적이며 용이하게 활용할 수 있도록 제반 운영기술을 제공하는 기술로서 주요 연구내용은 다음과 같음

- 조립식 모듈형 철도시스템 계획 및 운영 · 유지보수 핵심기술

· 설치, 해체, 수송, 보관 기술

· 시스템 유지보수 기술

· 모듈 이력관리 S/W 기술
· GIS 기반 자동 선형설계 S/W 기술

1) 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 기술

○ 설치, 해체, 수송, 보관 기술

– 조립식 모듈형 철도시스템의 설치·수송 장비는 신속성, 경제성, 사용용이성의 시스템 요구조건을 충족시키기 위하여 지역에서 용이하게 획득할 수 있는 건설 장비 활용 가능하도록 개발

– 모듈의 수송은 40ft 컨테이너 형태 구성하여 철도, 도로, 연안해운, 항공수단을 활용하여 수송





(그림 104) 구축·수송 장비

– 한편, 철도와 도로 등은 안전과 시설보호를 위해 제도적으로 수송중량 및 차량규격에 한계를 두고 있으므로, 모듈의 설계 시 이를 고려하여 모듈의 길이, 폭, 중량을 최적화하여 설계되어야 함

<표 61> 도로 차량의 규격 및 중량 제한

구분		통과운행제한	수송 한계	비고
제원(m)	총길이	16.7	13.7	견인차량 길이 제외
	높이	4.0	2.6	차량높이 제외
	폭	2.5	2.5	–
중량(톤)	총중량	40.0	25.0	공차중량 제외

※ 도로법 제59조 및 동법 시행령 제55조

○ 시스템 운용 시스템

- 모듈식 인프라에 차량운행 시 중앙관제를 위한 시스템으로 시스템 운영 및 관리(유지보수), 운행 컨트롤 등을 포함한 포괄적 관제 기능 부여



(그림 105) 통합관제 시스템

2) 시스템 유지관리 기술

○ 실시간 구조건전성 모니터링 기술

- 인프라 안전성 평가기술로서, 임시적 구조물의 사고 방지를 위해 인프라 모듈 단위로 센서를 설치하여 구조물의 거동을 실시간으로 분석, 사전 대응 및 유지보수 가능



(그림 106) 실시간 구조건전성 모니터링 기술

○ 모듈의 상태점검 및 이력관리 기술

- 수송 및 장기 보관 시 시스템 성능저하를 방지하기 위해 상태점검 프로세스 및 매뉴얼 개발
- 모듈단위로 ID를 부여하고 DB 구축하여 모듈의 위치, 수량, 상태, 사용횟수 등 관리

3) 조립식 모듈형 철도시스템 안전성 향상 기술

○ 안전성 검증 기술

- 설치 환경조건 및 급격한 기후의 변화에 대응하기 위한 기준 수립을 포함하여 비상 시 급전방안, 승객 대피방안 등 비상시 운영매뉴얼 및 관련 장치 개발

○ 충격방호 및 악천후 대응형 모듈

- 도로 인접에 인프라 설치 시 차량 충격 등 예측치 못한 외부 충격으로부터 시스템을 보호하여 구조적 안전을 확보할 수 있는 방호 모듈 기술
- 도로 결빙으로 인한 운행 제약 해소를 위해 열선을 적용한 바닥판 모듈 기술(동계에 10퍼밀 이상 구간에 설치)



(그림 107) 열선적용 노반형 인프라 모듈

4) 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 기반 기술

○ 조립식 모듈형 철도시스템 계획 S/W

- 지형·지반 조건을 고려한 최적노선 대안 제시, 모듈 별 수량 산출, 비용 산출, 모듈형 차량 운행 시뮬레이션(TPS) 구현으로 사전에 최적의 계획 수립

○ 임시적 철도(교통)시스템 사업화 기법

- 일시적 교통 SOC인 조립식 모듈형 철도시스템의 편익 분석 방안 제시
- 사업화 지원을 위한 비즈니스 프로세스 모델 개발

○ 기술사업화 기반 기술

- 조립식 모듈형 철도시스템의 운용 및 차량 운행의 법적 근거 마련을 위한 관련 법제도 개선안 검토
- 시스템 점용용지 확보 방안 및 보상체계 검토
- 기술 적용 확대를 위한 지원제도(안) 마련

마. 연구수행체계 및 추진전략

○ 기술 개발 성과 목표

- 조립식 모듈형 철도시스템은 기술성숙도(TRL) 단계로 볼 때 현재 2단계, 즉 기술적 개념정립 단계에 해당하며 실용화를 목적으로 하는 산업연계 기술에 해당한다고 볼 수 있어 최종적으로는 7단계를 목표로 R&D를 추진함이 바람직함

※ 예산 또는 연구기간의 제약으로 인하여 R&D 규모를 현실화해야 할 경우, R&D를 2단계로 나누어 1단계 연구에서는 TRL 4단계인 실험실 성능평가 단계까지 추진하고, 2단계 연구에서 TRL 7단계인 실제 환경 시작품 데모 단계까지 연구하여 시범사업을 추진하도록 함

<표 62> TRL(Technology Readiness Level) 단계

구분		단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	TRL 1 이론적 연구단계
	TRL 2	TRL 2 기술적 개념정립 단계
실험 단계	TRL 3	TRL 3 실험적 증명 단계
	TRL 4	TRL 4 실험실 성능평가 단계
시작품 단계	TRL 5	TRL 5 유사환경 시험 단계
	TRL 6	TRL 6 유사환경 기술시범 단계
실용화 단계	TRL 7	TRL 7 실제환경 시작품 데모 단계
	TRL 8	TRL 8 시제품 설치 및 성능시험 단계
사업화 단계	TRL 9	TRL 9 현장적용/사업화 단계

○ 총 연구기간

- 단계 구분 없이 추진될 경우 4년, 단계별 R&D로 구성할 경우 5년(3년+2년)의 기간이 필요함

○ 연구수행체계

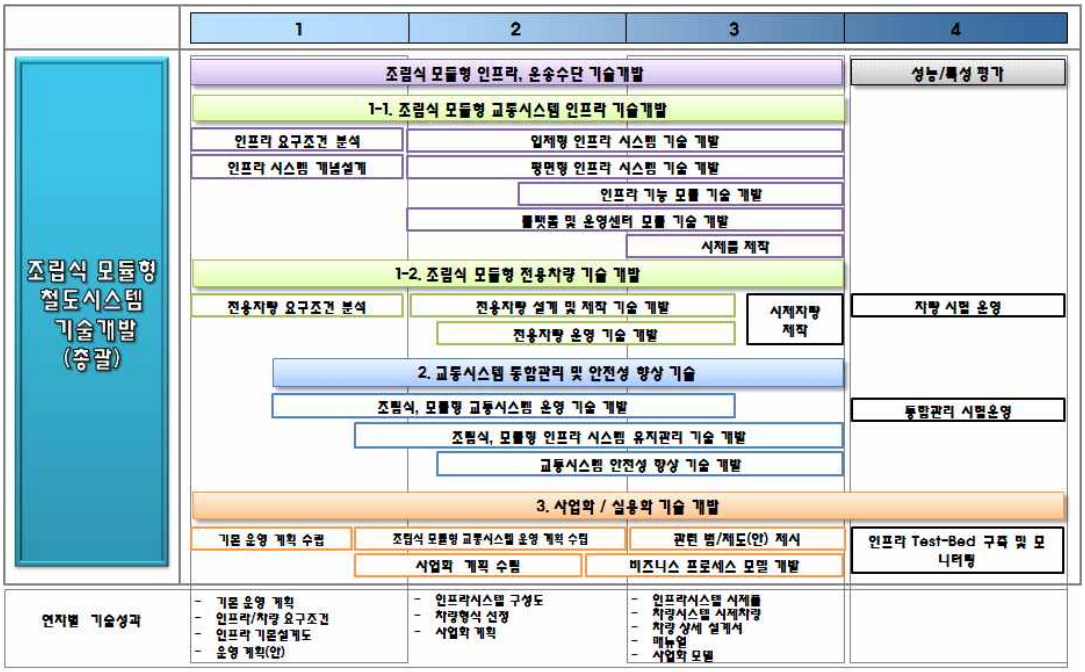
- 연구수행체계는 인프라, 차량, 운영기술 및시범사업 부문의 3개 세부과제로 구성된 연구단으로 추진
- 2개 단계로 R&D가 추진될 경우 1단계 연구는 가장 주요핵심 기술인 인프라 부문에 대해 일반사업으로 추진하고, 2단계 연구는 차량과 운영기술, 시범사업을 포함하여 연구단 과제로 추진함을 제안함

○ 연구진 구성

- R&D는 기술사업화를 고려하여 반드시 민간 기업의 참여하는 컨소시엄을 이루어 진행해야할 것이며 특히, 토목부분과 기계부문, S/W 개발 부문의 참여가 필수적임

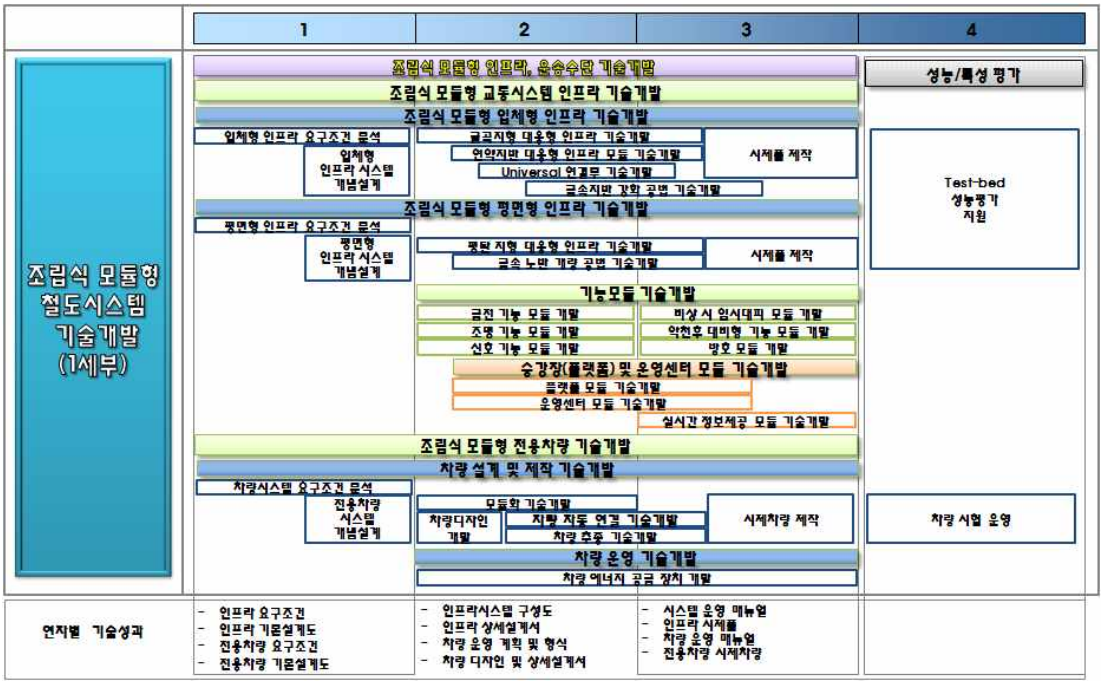
바. 과제별 · 연차별 추진 일정표

○ 총괄 추진 일정표



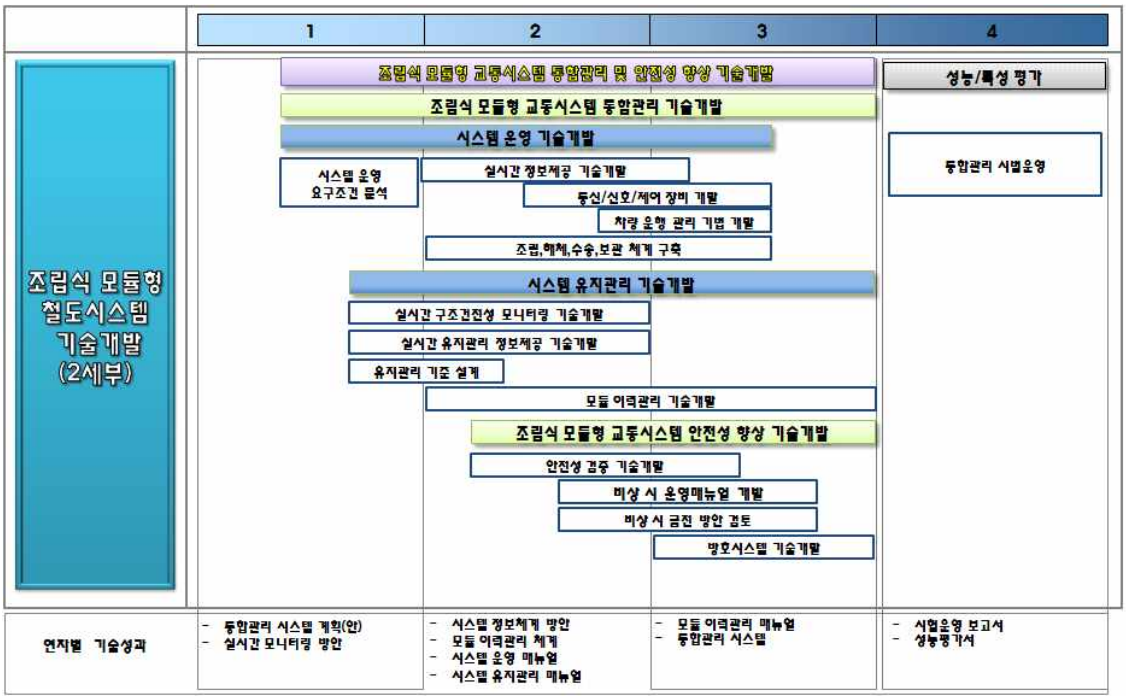
(그림 108) 과제별 · 연차별 총괄 추진 일정표

○ 1세부과제 추진 일정표



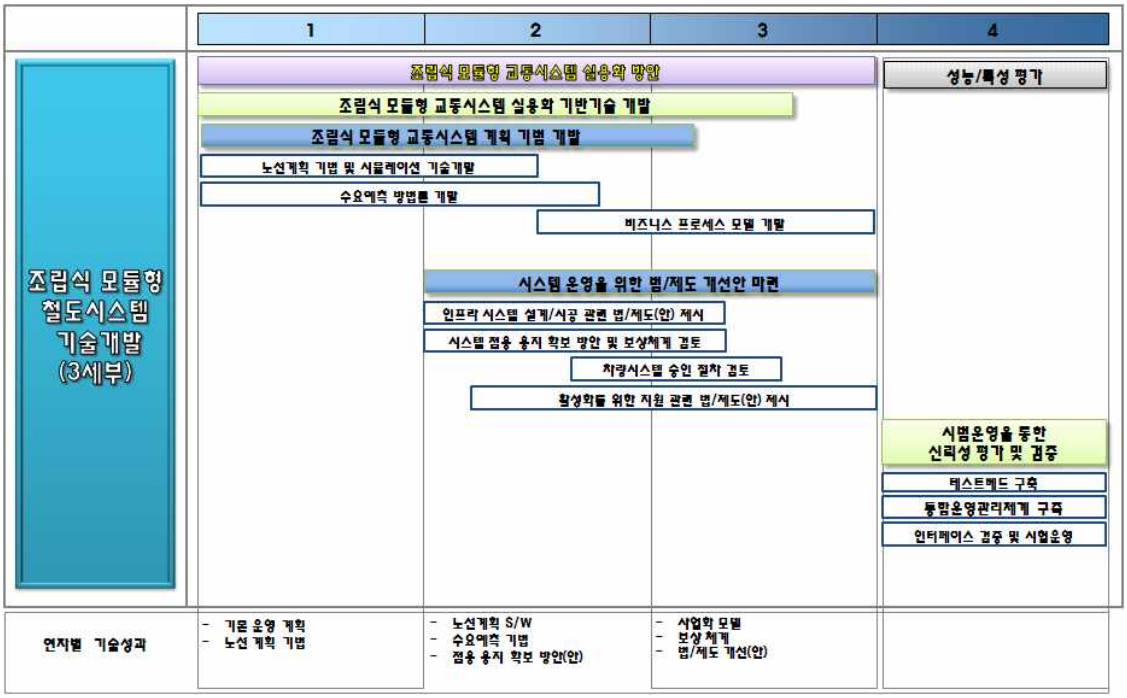
(그림 109) 과제별 · 연차별 1세부과제 추진 일정표

○ 2세부과제 추진 일정표



(그림 110) 과제별 · 연차별 2세부과제 추진 일정표

○ 3세부과제 추진 일정표



(그림 111) 과제별 · 연차별 3세부과제 추진 일정표

4. 연구개발 성과 활용방안

가. 성과 활용 방안

나. 최종성과물 및 성과지표

다. 실용화 방안

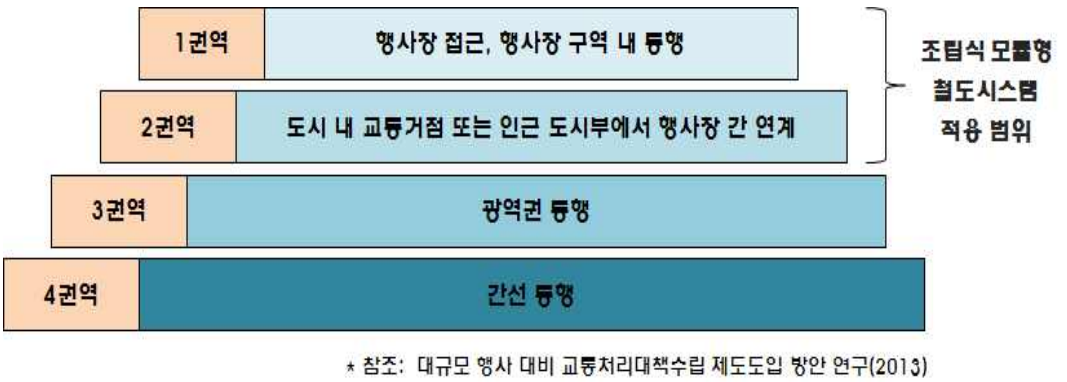
4. 연구개발 성과 활용방안

가. 성과의 활용방안

○ 국내에서 대규모 이벤트 및 지역 축제의 개최 빈도수가 증가하고 활성화되고 있는 가운데 일시적인 교통 수요로 인한 교통 혼잡도 증가하고 있음

- 대부분의 행사 및 관리하는 관광지 운영처에서는 관광객들의 개인승용차 이용을 지양하고 대중교통수단을 활성화하기 위하여 셔틀버스 운행 등의 교통수단 분산 노력을 하고 있지만 접근성, 이동편의성 등 개인승용차보다 많이 떨어지고 불편함이 있어 관광객들은 대중교통수단을 배제하고 개인승용차 사용을 선호하고 있는 실정임

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 적용 범위는 간선 통행의 시·종점 간 연결이 아닌 주요 수단별 교통거점에서 행사장까지의 연계를 위한 접근수단, 통행이 차단되는 행사장의 외부주차장부터 행사장까지의 연결, 행사장 구역 내 통행 연결을 목표로 노선길이 10km 내의 통행수단으로 활용



(그림 112) 조립식 모듈형 철도시스템 적용 범위

(가) 국내 이벤트 및 지역 행사

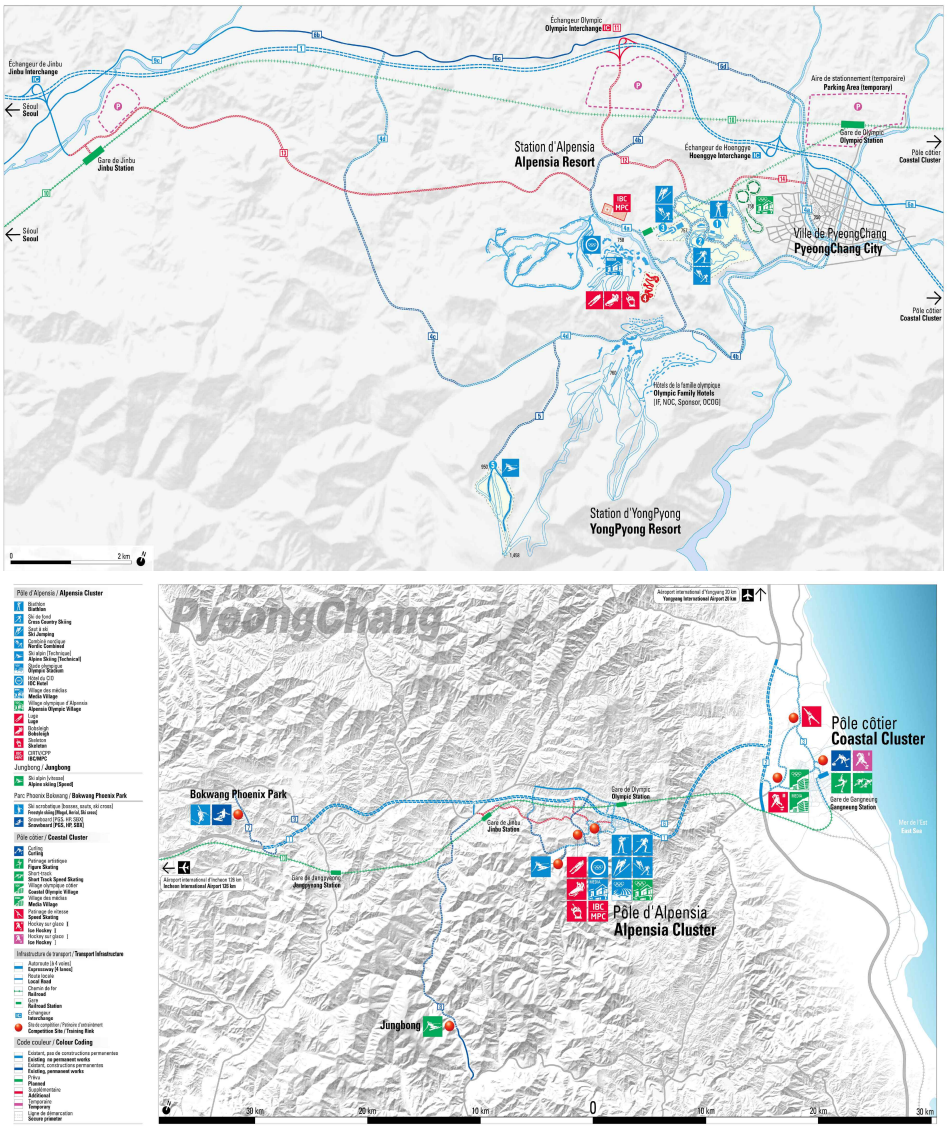
○ 일시적 수요가 집중되는 이벤트 행사 시 신규 교통체계 건설을 최대한 지양하고 필요한 경로에 조립식 모듈형 철도시스템을 구축하여 접근수단으로 활용할 수 있음

- 건설비 절감, 셔틀버스 대체, 타수단과의 연계를 통해 이용자들의 편의성

제고 등으로 성공적인 이벤트 개최에 기여

○ 특히, 가까운 장래에 가장 규모가 큰 스포츠 행사인 2018년 개최 예정인 평창 동계올림픽은 행사기간에 하루 16만~20만명의 관람객과 행사요원의 통행수요가 발생할 것으로 예상됨

– 평창 동계올림픽의 경우 근래에 개최되는 대규모 이벤트 중 하나로 초기 막대한 교통SOC 투자계획이 계획되었지만 국가의 예산 부족 등으로 인하여 점차 투자금액을 감소하고 있는 상황임



(그림 113) 2018 평창 동계올림픽 교통인프라 계획

- 평창 동계올림픽은 조립식 모듈형 철도시스템의 하나의 적용가능 사례로서, 경기장 인근의 기존 간선교통망(원주-강릉선, 영동고속도로)에서 경기장으로의 접근수단으로 활용될거나 또는 경기장 내부의 거점 간 연계 또는 순환 교통망으로 활용 가능할 것임

○ 대형 이벤트 이외에도 국내에서 시행되고 있는 지역축제는 지자체 · 추진위원회 등에서 주관하여 운영 · 기획하고 있으며, 문화 · 스포츠 · 전시회 등 다분야에서 전국적으로 개최되고 있는데, 국내의 시 · 도별 지역축제 개최현황은 2006년 726건에서 2011년 763건으로 2008년 이후 경기침체 및 부실 행사의 통폐합으로 개최건수가 다소 감소하고 있으나 아직도 다양한 지역축제가 개최되고 있음

- 행사를 통한 지방경제 활성화를 위해 참자가들을 대중교통으로 유도하는 한편, 행사장까지 편리하고 경제적인 접근수단을 제공하는 방안으로 활용 가능함

(나) 재해 복구

○ 본 기획연구에서는 조립식 모듈형 철도시스템의 인프라가 일반차량 통행이 가능한 기술개발을 검토하여 비상 시 단절된 도로나 교량의 임시 우회도로로 활용 가능

- 2012년 폭우로 인하여 발생된 도로 침수 및 통제 건수는 23건이며, 겨울철 폭설로 인하여 통행이 제한된 건수는 21건으로 집계됨

- 경기도 광주에서는 2011년 폭우로 인하여 6명의 사망자 발생 등 총 11명의 인명피해와 994명의 이재민이 대피하는 재해가 발생하였으며, 2013년 폭우로 인하여 3명의 인명피해와 재난경계경보 발령, 대피명령 발포 등 매년 재해로 인한 인명피해와 사회적 손실이 발생하고 있음



(그림 114) 재난·재해로 인한 교통단절과 복구 현장

○ 재난 · 재해 등으로 인하여 장기간 통행 단절 발생 시 조립식 모듈형 철도시스템을 활용하여 신속한 임시 우회도로를 구축하여 통행 불편 해소

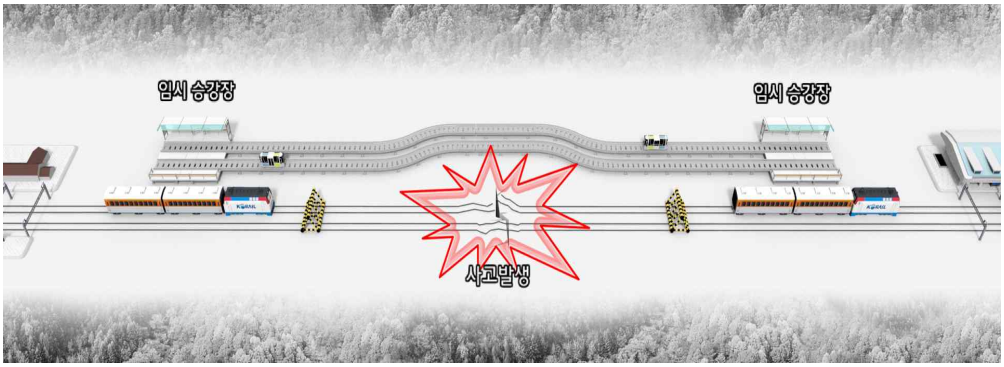
– 조립식 모듈형 철도시스템의 인프라만 설치하고 일반 차량이 모듈식 인프라를 이용하여 도로 단절 구간을 통행하는 운영 방식임

※ 단, 조립식 모듈형 철도시스템 인프라의 허용하중 조건에 따라 통행가능 차량에 제한이 있음



(그림 115) 도로 단절 시 활용방안

○ 철도 단절 구간 발생의 경우 단절구간 양단에 조립식 모듈형 철도시스템 승강장(모듈식 승강장 활용)만 임시적으로 설치하여 일반 셔틀버스로 여객을 이송하는 방안(임시승강장에 셔틀버스 접근로 구축이 용이할 경우)과 조립식 모듈형 철도시스템(모듈식 인프라, 모듈식 승강장, 모듈식 전용차량 활용)으로 여객을 전량 이송하는 방안으로 활용될 수 있음



(그림 116) 철도 단절 시 활용방안

- 1997년 당산철교 재시공으로 인해 서울 지하철 2호선이 한강을 사이에 두고 단절되었을 때, 양화대교를 이용하여 합정역과 당산역간 셔틀버스를 운행하고 전동차는 각 방향에서 합정역과 당산역을 종착역으로 운행한 바 있는데, 철도 단절 시 모듈식 철도시스템을 이용하여 승객만 단절구간을 수소하여 이용자 편의를 제공하는 방안으로 활용 가능



(그림 117) 당산철교 단절로 인한 단절구간 셔틀버스 운행

(다) 여가수요(계절적 요인)

○ 계절적으로 수요가 발생하는 국내 주요 관광지는 정기적이지만 일시적으로 피크수요가 발생하는 지역으로서, 신규 여가수요가 증가하지만 교통인프라가 충분히 구축되지 않은 지역을 대상으로 조립식 모듈형 철도시스템의 적용 가능함

<표 63> 대표적 계절수요 발생 지역

계절	지역	POI	관광수요 (천명/년)	비고
봄/가을	속초시	설악산	3,800	등산
	남원,구례,산청	지리산	4,400	
여름	보령시	대천 해수욕장	13,000	피서
	강릉시	경포대 해수욕장	450	
겨울	홍청군	대명 비발디 파크	3,700	스키
	무주군	무주 리조트	7,000	

○ 일부 관광지에서는 계절적 첨두수요를 해결하기 위해 셔틀버스 운행 등을 실시하고 있지만, 이용객들은 접근성 부족과 대기시간 등 편의성 부족으로 자가승용차 이용을 선호하는 실정임

- 약 1개월의 기간 동안 1천만 명에 달하는 피서객들이 방문하고 매년 300만명의 인파가 몰리는 보령머드축제가 개최되는 대천해수욕장의 경우, 주차장과 해수욕장이 많이 이격되어 있어 불법주차로 인하여 교통 혼잡이 심각한 실정으로, 임시적으로 설치하는 조립식 모듈형 철도시스템이 대안이 될 수 있음

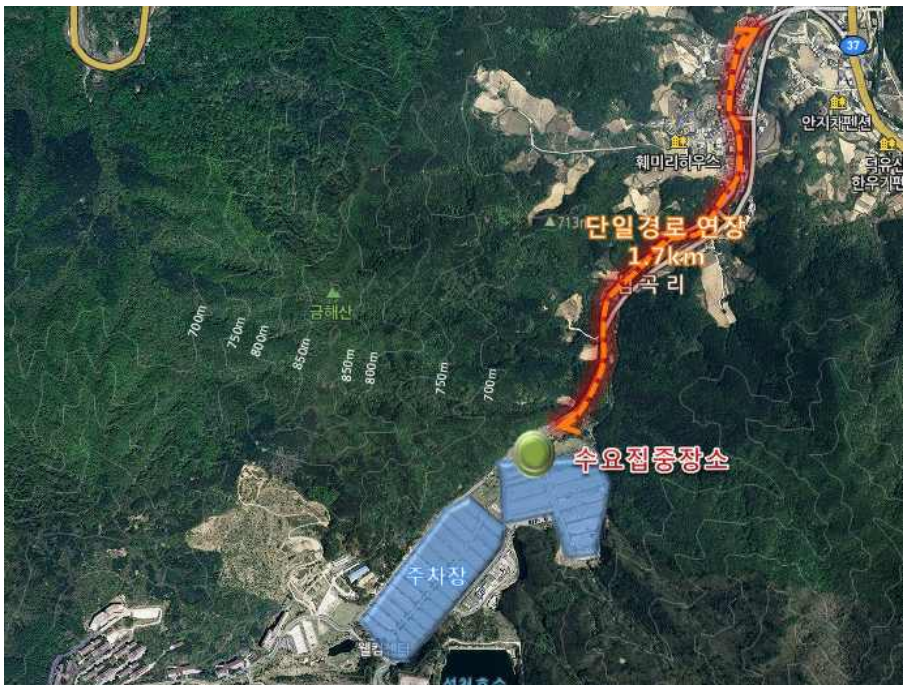


(그림 118) 하계 휴양지 활용방안(대천 해수욕장)

- 동계 기간에 수요가 높은 스키장은 원격지에 위치하는 경우가 많은데, 조립식 모듈형 철도시스템을 기존 대중교통 또는 외부주차장과 연계하여 이용자 불편을 해소하고 스키장 운영자는 피크시즌의 주차장 부지확보에 유연하게 대처 가능할 것임



(그림 119) (좌)경포대해수욕장 (우)비발디파크 스키장



(그림 120) 조립식 모듈형 철도시스템 구축 예시(무주리조트)

- 설악산과 같은 국립공원 관내에는 환경보호를 위해 새로운 수단의 도입이 제한적이므로 최소한의 지반·토공공사로 설치가능하고 건설폐기물과 운영 중 오염물질 배출이 없는 친환경적인 조립식 모듈형 철도시스템이 적합함

나. 최종성과물 및 성과지표

(1) 최종성과물

<표 64> 조립식 모듈형 철도시스템 세부과제별 최종성과물

구분	최종성과물
조립식 모듈형 인프라 및 운송수단 기술개발	- 인프라 시스템 요구조건 분석서 - 입체형·노반형 인프라 모듈 기본설계서/상세설계서/시작품 - Universal 체결부 인프라 시공 및 해체 매뉴얼 - 조명·급전·신호·통신·정보제공 모듈 설계서 및 시작품 - 모듈식 철도 하중기반 지반조사 및 분석 지침 - 모듈형 철도 플랫폼, 역사, 운영센터 설계서 ※ 차체, 연결기, 주행 Guide, 승객편의장치 포함 - 시제차량
조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 및 안전성 향상 기술개발	- 모듈 수송장치 및 매뉴얼 - 모듈 보관자치 및 매뉴얼 - 성능 및 안전 검증 보고서 - 모듈형 철도 안전성 검증 보고서 - 실시간 모니터링 센서장치 시작품 및 S/W - 모듈 이력관리 및 상태점검 S/W 및 매뉴얼 - 인프라 안전검증 보고서 등
조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안	- 모듈형 철도시스템 선형계획 S/W - 임시 교통시스템 경제성 분석 S/W - 시스템 통합관리 S/W - 충격방호 모듈 설계서 및 시작품 - 바닥판 열선장치 설계서 및 시작품 - 법/제도 개선(안) ※ 보상체계 포함 - 테스트베드 - 시험운영 보고서

(2) 평가기준 설정

○ 조립식 모듈형 인프라 및 운송수단 부문

<표 65> 1세부 기술개발 평가기준

성과목표 및 지표 항목	단위	성능관련 기준
최대 집중응력	Mpa	50 이하
인프라 기준하중 재하 변위	mm	변위 5 이내
인프라 설치 속도	m/일	300 이상
차량 시격	분	최저 1
차량 설계속도(최고 운영속도)	km/h	50(30)
최대 차량 간 연결	량	4 이상
최급 구배	‰	150 이상
최소 곡선반경	m	200 이하
승하차 시간	초	최소 45 이내
차량 운용시간(1회 충전)	km	20 이상
차량 연결/해방 소요시간	초	45 이내

○ 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 및 안전성 향상 부문

<표 66> 2세부 기술개발 평가기준

성과목표 및 지표 항목	단위	성능관련 기준
주행 시 동적 안정성 확보	-	PRT 안전기준 준용
원격 실시간 구조물 변위	-	변위 측정 가능
비상상황 감지 후 승객탈출	분	3 이내
비상 급전시스템	kw	500 이상
모듈 수송	시간	12 이내

○ 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안 부문

<표 67> 3세부 기술개발 평가기준

성과목표 및 지표 항목	단위	성능관련 기준
최적 노선대안 도출	-	최소비용, 최소운행시간, 최소설치시간
임시시스템 수요예측 모형 오차범위	%	20 이내
방호 모듈 충격 흡수	$kg \cdot m^2 \cdot /s^2$	최소 1500
결빙해소 가능 인프라 열선장치	℃	빙점 이하
테스트베드	m	복선기준 50 이상
시험운영	km	500 이상

다. 실용화 방안

(1) 실용화 전략

○ 조립식 모듈형 철도시스템은 기술사업화를 목적으로 한 국토교통기술로서 기술개발 단계에서 실용화를 목표로 연구추진체계를 구축하고 연구목표 설정

- 기술개발 단계에서 각 핵심기술 단위의 시제품을 제작, 유사 환경 하에서 철저한 성능 검증을 실시하여 기술사업화와 연계 추진함

- 각 요소기술 별로 사업 역량을 가진 민간기업의 기술개발 참여 독려

○ 개술개발을 통해 도출된 성과물을 통해 실제 환경에서 적정규모의 시범사업 실시

- 지역에서 빈번히 개최되고 있는 이벤트 중 연구개발 시점과 연계가 가능하고 시스템의 기능 검증에 적합한 환경을 가진 행사를 선정하고 관련자를 연구개발 단계에 참여

- 시범사업 단계 이후부터 영업운행이 가능하도록 사전에 관련 제도 개선 도출(차량 인증 등)

- 실제 영업운행은 가장 최적의 조건을 조성하여 운용하되, 시운전 단계에서는 보다 가혹한 환경에서 실시하여 시스템의 내구성 및 성능요건 검증가능하도록 함

○ 시범사업을 위한 대상지 선정

- 2015년 연구개발 착수를 전제로 시범사업이 시기적으로 가장 적합한 이벤트로는 2018년 평창동계올림픽, 2019년 광주세계수영선수권대회 등이 있음

- 본 기획보고서에서는 도심에서 개최되는 광주세계수영선수권보다는 교통인프라가 부족하여 대대적 인프라 건설이 계획되어 있는 평창동계올림픽 개최지(알펜시아 리조트 및 용평 리조트)를 검토대상으로 선정하여 다음 절에서 시범사업 안을 검토하였음

  ※ 평창 외에도 전 절의 성과활용 방안에서 검토한 계절적 수요가 발생하는 지역을 대상으로도 테스트베드 구축과 시범사업 수행이 가능할 것임

○ 시범사업이 성공적으로 수행될 경우 본격적인 적용 확산은 사업주체가 주도하게 될 것이나, 시스템의 보완 및 개선 필요 시 참여연구진이 기술적 지원하여 성공적 기술의 실용화 달성

(2) 시범사업 안

○ 2018 평창 동계올림픽은 2018년 2월 9일부터 2018년 2월 25일까지 17일 동안 개최되는 국제적 대형 스포츠 행사이며 국가·지역으로 많은 경제발전을 일으켜 지역 경제적 파급효과는 상당히 클 것으로 예상됨

○ 평창 동계올림픽의 개최지역은 우리나라의 동쪽에 위치한 강원도 평창에서 개최될 예정이며 알펜시아 리조트에 중요 경기장이 집중되어 교통 수요 집중 현상이 발생할 것으로 예상되고 있으나 주변의 교통인프라가 부족하고 대중교통수단과의 접근성이 열악한 실정임

– 정부는 2018 평창 동계올림픽 특별법을 지정하여 교통처리대책을 위한 막대한 교통SOC 재원을 투자를 계획하였으나 예산 부족 등으로 인하여 점차 예산을 절감하고 있는 실정임

<표 68> 2018 평창 동계올림픽 개요

구분	내용	
개최기간	2018년 2월 9일 ~ 2018년 2월 25일 (17일간)	
예상 관람객수	약 200만명 이상	
기대효과	총생산액 유발효과	20조 5천억원
	부가가치 유발효과	8조 천 5백억원
	고용창출 유발효과	23만여명



(그림 121) 2018 평창 동계올림픽 셔틀버스 운행 경로(예상)

○ 영동고속국도와 주경기장과의 연계 노선

– 현재 영동고속국도 횡계IC를 이용하여 올림픽 주경기장인 알펜시아 리조트의 진입경로는 총 연장 약 10km, 왕복2~4차로로 구성되어 있음

– 횡계IC 주변의 용지를 활용하여 임시주차장을 형성하여 임시주차장과 올림픽 주경기장 정거장을 왕복형 노선형태의 조립식 모듈형 철도시스템을 구축할 수 있음(노선 연장 약 2.5km)



(그림 122) 횡계IC 주변 임시주차장 활용(안)



(그림 123) 왕복형 횡계IC 임시주차장–주경기장 노선(안)

– 또한 위와 동일하게 횡계IC 임시주차장과 주경기장을 연결하지만 지역 경제 활성화와 지역 주민들의 이동성 보장을 위하여 알펜시아 리조트에 주변

에 위치한 횡계마을을 경유하는 순환형 노선형태의 조립식 모듈형 철도시스템을 구축할 수 있음(노선 연장 약 6km)



(그림 124) 순환형 횡계IC 임시주차장-주경기장 노선(안)

- 이외에 알펜시아 리조트의 내부순환망, 셔틀버스와의 연계, 숙박지 등 주요 거점간의 연결 노선 등이 시범사업으로 수행가능함



(그림 125) 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 계획(2018 평창 동계올림픽)

5. 사전 타당성 분석

가. 정책적 타당성 분석

나. 기술적 타당성 분석

다. 경제적 타당성 분석

라. 타당성 분석 종합

5. 사전타당성 분석

가. 정책적 타당성 분석

(1) 국가정책과의 연관성

○ 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(‘09~’ 13) (녹색성장위원회, 2009)

- 2020년까지 세계7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 비전으로 3대전략 및 10대 정책과제 수립
- 10대 전략과제 중 효율적 온실가스 감축, 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색국토·교통의 조성 등 건설 분야와 관련된 정책과제 포함

○ 국토해양부 녹색성장 추진계획 (2010.1)

- ‘저탄소 녹색국토·해양 구현으로 녹색성장 선도’ 를 비전으로 세부 추진 전략 수립
- 2020년까지 교통 온실가스 배출량(BAU)의 33~37% 감축을 목표로 함



(그림 126) 녹색성장 3대전략 10대 정책과제

○ 제5차 건설기술진흥기본계획 (2013~2017)

- 기존 “녹색강국을 실현하는 선진 건설 기술 확보”에서 “건설기술 韓流로 여는 5대 건설강국”으로 비전 수립
- 환경영향최소화, 온실가스 관리 강화 등의 녹색 기술 개발 필요성 강조
- “Green & Smart 건설기술 개발”을 통한 “건설기술 경쟁력 기반 구축”을 3대 주요전략으로 수립함
- “Green & Smart 건설기술 개발”의 일환으로 개발에 따른 2차 오염을 최소화하고 자연 순환기능 유지를 위해 저영향개발(LID) 기법을 공공 건설사업에 적용하기로 함

<표 69> 제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017)

주요전략	중점추진과제
- 건설기술 경쟁력 기반 구축	- 글로벌 산업환경에 맞는 기술인력 관리 - 시장친화·미래형 교육훈련 확대 - 건설정보 표준화 및 ICT 융복합 연구 촉진 - 건설정보 공유·확산 및 환류 강화 - Green & Smart 건설기술 개발 - 건설기술 실용화 촉진
- 건설 단계별 ‘소프트’ 역량 강화	- 기술력 중심 발주·심의제도 강화 - GLOBAL·USER 지향 - 설계·시공기준 정비 - 현장 밀착형 건설 품질·안전관리 - 녹색체질이 강화된 건설공사 구현 - LC기반의 시설물 유지관리 확립 - 선제적·국민체감형 시설물 안전관리
- 글로벌 시장을 겨냥한 역량 결집	- 全방위적 건설ENG 해외진출 지원체계 구축

○ 21세기 기후변화의 가속화 전망으로 생태계, 산업경제, 생활양식 전반에 광

범위한 파급효과 영향을 주고 있으며, 국가의 저탄소 녹색 정책은 전 세계의 공통된 일관된 정책 기조임

○ 녹색성장은 친환경 에너지 저감의 협의의 개념이 아닌 광의의 국민의 삶의 질과 환경 개선을 포함하고 있으며 교통 SOC 분야에서도 국가의 녹색성장에 맞는 기술개발과 역할이 필요함

○ 미래의 저출산 노령화 사회에 대비하며 국가의 저탄소 녹색성장을 견인할 건설 분야에서의 기술개발을 위한 비전과 목표 설정이 필요하므로, 패러다임의 전환을 통해 건설 산업은 녹색성장과 배치된다는 인식을 불식시키고 새로운 시장창출을 위하여 녹색성장의 주체가 되기 위한 비전과 목표를 제시하여야 함

○ “조립식 모듈형 철도시스템 기술개발”은 탄소에너지를 사용하지 않는 친환경 교통수단으로서 환경의 악영향을 감소할 수 있으며, 일반 도로와 같은 노반공사를 수반하지 않기 때문에 건설 및 사용 기간 중 생태계 이동 동선 및 파괴를 최소화하고 폐기물발생을 방지 할 수 있는 친환경 신교통수단으로 정부의 “녹색성장 3대 전략”중 하나인 “신성장 동력창출”정책과 “제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017)”의 중점추진과제인 “Green & Smart 건설기술 개발”과 연관이 있음

(2) 정부지원의 필요성

○ 최근 지자체들이 지역발전 명목으로 앞 다투어 국제행사를 유치하거나 지역축제를 개최하고 있음. 그러나 재정적으로 기반이 약한 대부분의 지자체에서 막대한 사업을 추진하고 사후에 그 부담을 정부에 지원을 요구하고 있는 실정임. 이에 정부에서는 보다 비용현실적인 대안을 제시하여 지자체의 재무적 부담과 정부의 지원을 줄여나가는 방안을 모색해야 함

○ 임시적으로 설치 가능한 교통 SOC 기술 개발을 통해 지자체에서는 일시적 통행수요가 발생하는 이벤트 또는 관광시즌에 대비해 비용절감이 가능하면

서도 통행불편을 최소화하는 시스템을 활용할 수 있고, 한편 제약적인 지자체의 사회간접자본 투자를 보다 집중적, 효율적으로 할 수 있는 계기 마련을 위해 정부주도의 기술개발이 필요함

○ 재난·재해로 인한 위급상황 시 민간부문의 협조아래 정부의 전방위적 지원을 통해 응급복구가 가능함. 따라서 본 연구에서 제안하는 임시설치형 모듈식 인프라의 기술 확보로 비상시 정부의 역할을 더욱 원활히 수행할 수 있는 계기가 될 것임

(3) 사업 추진 시급성

○ 전 세계적으로 관심과 이목이 집중되는 대형 이벤트는 매년 주기적으로 구성되어 진행되고 있는데 각 나라들은 국제적 위상을 높이고 국가적 이익을 위하여 이러한 국제적인 행사를 개최하려고 많은 노력을 기울이고 있으며, 대형 이벤트 중 스포츠 행사는 전 세계인들이 열광하고 많은 관심과 인기를 모으고 있는 이벤트 중에 하나임

○ 우리나라가 선진국의 문턱에 다다른 지금, 평창 동계올림픽, 인천 아시안게임 등 크고 작은 행사들을 앞두고 보여주기 위한 교통SOC 건설은 지양하고 보다 비용 효율적인 방식의 투자를 통해 국제행사를 원활하게 유치하고 과잉투자를 방지하기 위한 신교통기술인 “조립식 모듈형 철도시스템 기술개발”의 연구가 시급함

나. 기술적 타당성 분석

○ 본 기획과제의 기술개발은 조립식 모듈형 인프라, 차량시스템, 통신시스템, 운영시스템, 유지관리 시스템 등 여러 가지의 기술들이 호환되어 하나의 패키지 형태로 구축되는 기술로 각 핵심기술의 기술적 연관성, 기존 기술과 본 기획과제의 핵심기술과의 융합성을 분석하고자 함

(1) 조립식 모듈형 인프라

○ 모듈 방식과 같이 임시적 인프라와 관련하여 기존의 기술개발 사업에서 수행되어 온 내용들은 주로 교량 구조물에 집중되어 있으며 이는 탱크 등 군사장비 이동을 목적이나 교통의 흐름을 방해하지 않고 설치 가능하며 공사현장에 적합하도록 설계되어온 측면이 강하여 신속한 설치 및 해체, 재사용이 가능한 조립식 모듈형 인프라 기술의 개발이 필요한 시점이라 할 수 있음

(가) 입체형 모듈

○ 입체형 모듈은 군사목적으로 사용되는 교량기술과 민간부문의 임시설치형 가교기술을 결합하여 신속한 설치 및 해체, 재사용이 가능한 기술로써 새로운 개념의 교통시스템을 구축함에 있어 향후 기술개선효과를 얻을 수 있음

○ 군사목적의 교량기술은 탱크 등 특수하고 massive한 장비의 이동을 목적으로 하여 2차 세계대전 때부터 개발되어 왔으며 과거 수많은 인력과 시간, 숙련된 기술을 요구하는 교량부터 최근 기계화, 자동화 시스템 등 지속적으로 신개념의 전술교량이 개발 및 사용 중에 있음

○ 민간부문의 임시설치형 가교기술은 시공기간 단축과 시공품질 향상, 우회로 확보 등의 목적에 활용되고 설계되어 재사용이 아닌 영구적으로 구축하는 임시교량임

○ 신속한 설치 및 해체를 위하여 기존 기술보다 경량화 된 입체형 모듈은 기존 기술에 비하여 비용 효율적이며 소요인력 최소화, 보관, 수송 등의 요구조건을 충족할 수 있도록 설계하여 기술개발 함으로써 기술의 활용도를 높일 수 있음

○ 현재 복합소재를 이용한 기술이 발전하면서 구조물의 경량화가 꾸준히 적용되고 있어 경량의 입체형 모듈 기술개발이 적용할 수 있으며 이를 통하여 복합소재 관련 타 산업의 파급효과를 기대할 수 있음

○ 본 기술개발을 통하여 모듈러 교량 기술개발이 보다 경량화, 소형화 되어 영구적 구조물 시공 뿐만 아니라 재사용이 가능한 구조물의 새로운 기술개발이 가능함

(나) 평면형 모듈

○ 현재 평면형 모듈은 신속한 임시우회로 확보, 주행 편의성 유지 등을 목적으로 복공판, 플레이트 도로 등의 기술이 개발되어 실용화 단계에 이르렀음

○ 해외에서 사용되는 평면형 모듈 기술을 살펴보면, 프랑스 DECHMPS 社의 mobi-mat, Flatrack, Trailer, LAB 은 신속한 군용 임시 도로 및 다리 설치 등 국방의 목적으로 사용되고 있으나 향후 도로, 철도 등 공공 건설 분야에서도 활용될 수 있을 것으로 전망하고 있음

○ 국내의 평면형 모듈의 대표적인 기술로 복공판이 있는데, 이는 노면 공사 시 우회로 확보 및 차량의 하중을 지지하는 목적으로 개발되어 무겁고 하중에 의한 파손 발생이 잦은 단점이 있으므로 평면형 모듈 기술개발은 이러한 문제점을 기술적으로 극복할 수 있는 방안임

○ 현재 국내의 평면형 모듈 관련 기술은 기술개발 단계로 해외 기술에 비하여 기술진보가 낮은 수준을 보이고 있어 관련 분야 기술의 고도화가 요구되는 실정이므로 본 기술개발의 가치가 충분히 확보됨

○ 평면형 모듈의 경량화를 위한 소재 개발을 통하여 신속한 설치 및 해체가 가능하며 소재분야의 기술 발전을 이끌 수 있으며, 특히 소재분야에서 최근 금속소재와 비금속소재의 결합구조인 복합소재의 개발이 활성화되고 있는 추세이며 건설부문의 복합소재 적용기술과 융합하여 활용할 수 있음

○ 지하철, 도로 노면 공사 등에서 사용되는 복공판 형태의 임시포장 기법이 널리 활용되고 있는 바, 경량화를 위한 소재기술을 적용한 평면형 모듈의 기술개발은 활용도가 매우 높을 것으로 전망되며 기술발전의 선순환 구조가 될 수 있는 분야임

○ 평면형 모듈을 시공하기 위하여 지반 강화 처리공법이 상호 연계되어야 하므로 기술 간 시너지효과를 가져올 수 있으며, 평면형 모듈의 경량화, 모듈화 기술개발은 시공기간 단축, 시공 장비의 경량화, 시공시 안전사고 저감 등 다

양한 기술개발 이점의 확보가 가능할 것임

(다) 기능성 모듈

○ 본 기술개발은 설치 환경 및 예상 수요에 따라 조립식 건물 유형의 승강장 모듈, 운영센터 모듈과 공간제약 없이 탈·부착이 가능한 조명 모듈, 표지판 모듈 등의 기술개발을 통하여 다양한 운영시스템에 유연한 대응이 가능한 기술임

○ 최근 전 세계적으로 비용효율 제고, 환경 보호 등 지속 가능한 투자대책을 마련하고 있는데 용도 종료 후 재활용방안까지 고려한 조립식 건물 기술이 각광받고 있는 추세임

○ 조립식 건물의 기술이 이미 높은 수준의 기술적 발전을 이루고 있는 바, 조립식으로 구축되는 승강장 모듈, 운영센터 모듈 기술개발에 충분히 활용할 수 있음

○ 조립식 건물은 용도 종료 후 다른 수요지에 재사용이 가능하며 대표적인 사례로는 2012년 영국 런던올림픽 바스켓볼 경기장, 2012년 여수 국제박람회 국제관 B동과 조립테이너 등이 있음

○ 노선의 유연성을 확보하기 위한 곡선 모듈의 경우 3D AutoCAD, CATIA, UG(유니그래픽스), PRO-E 등 3차원 도로선형, 3D 기반의 설계 S/W 및 기법을 활용한 구조물 제작 기술이 이미 높은 수준으로 개발되어 있어 이를 활용하여 다양한 형태의 곡선 모듈 기술개발을 확보할 수 있음

○ 조명 모듈 및 표지판 모듈 등은 기술적 진보와는 거리가 있으나 이를 모듈화하여 교통시스템에 적용하는 의미로서 가치가 있음

○ 본 기술개발은 철도시스템 도입을 전제로 하고 있으며 경량화된 시스템을 지향하는 바, 이에 적합한 통신시스템 기술이 요구됨

○ 국내 철도분야의 통신시스템은 VFH와 TRS 등의 기술을 적용하여 활용 중에 있으며 고속 데이터 통신을 위한 LTE-R 통신시스템이 기술개발 중에 있음

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 통신 시스템은 보안성이 우수하며 무선통신 기술 발전으로 열차안전운행에 유리한 LTE-R 통신시스템을 적극 활용할 수 있음

○ LTE-R은 제 4세대 고속 데이터 이동통신규격인 LTE(Long Term Evolution)를 철도에 적합하게 개발한 규격으로 음성통신, 데이터, 영상 전송 및 열차신호제어가 가능한 철도 통신시스템 기술개발이 진행되는 등 높은 수준의 기술력을 갖고 있음

(라) 안전장치

○ 여객 수송을 목적으로 하는 모든 수단에 있어 안전성 확보 기술이 전 세계적으로 대두되고 있는 가운데 비상 및 응급 시 안전장치에 대한 기술개발이 활발히 진행 및 상용화 되고 있는 추세임

- 국내 철도의 경우 사고발생 시 치명적인 사고로 이어질 가망성이 높기 때문에 전철 승강장 스크린 도어 기술, 비상 시 열차 탈출을 위한 비상구 수동식계폐 장치 기술 등이 개발되어 적용됨

○ 항공의 경우 비상 및 응급 상황 발생 시 어둡고 출구의 반이 막힌 조건 하에서 승객들이 탈출구로 90초 이내 완전하게 피신할 수 있어야 한다는 항공관리국 규정에 따라 비행기의 탈출구는 곳곳에 위치하게 설계되어 있으며 1960년대부터 신속한 탈출(25초 이내)을 위하여 비상 탈출 슬라이드 기술이 오래전부터 사용되고 있음

○ 이외에도 비상 및 응급 상황 발생 시 Alarming System 기술, 정보통신 기술을 통한 Warning System 기술 등 안전장치에 대한 기술력이 높은 수준으로 확보되어 있음

○ 이러한 안전장치 기술은 본 기술개발의 승강장 모듈 등 시설부문의 안전장치 확보 기술, 차량시스템의 비상탈출 기술, 응급 및 비상 상황 발생 시 승객 안

전성 확보 기술 등에 적용할 수 있으며, 또한 그 기술의 진보와 다양한 분야에서 발전 가능하도록 유도가 가능함

○ 기존 개발되어 있는 높은 수준의 안전장치 기술개발을 본 기술개발과 융합함으로써 안전한 임시적 시스템의 이미지 개선 등의 시너지 효과를 기대할 수 있음

(2) 조립식 모듈형 차량시스템

(가) 레고형 철도 차량(MRT, Modular Rapid Transit)

○ 신속성, 경제성, 재사용성을 특성으로 가진 레고형 철도시스템에서 상부하중에 해당하는 레고형 차량은 기존의 철도차량과는 매우 상이한 하중조건, 즉 매우 경량의 차량 사양으로 개발되어야 하며, 이를 위해 국내 개발되어 있는 차량 중 PRT, 전기셔틀차량 등의 기술을 흡수하여 용이하게 제작이 가능함

○ 레고형 철도에 요구되는 차량 기술은 국내 대표적 수출산업인 자동차산업에서 파생된 국내 기술로 포괄될 수 있으며, 필요 시 연결/해방이 가능한 철도형태로 개량 가능함. 소형 철도형태 차량 중 가장 대표적인 PRT는 영국 히드로 공항에 설치되어 있는 시스템으로서, 4인승의 배터리동력 차량이며 현재 국내에서도 PRT 개발이 의욕적으로 추진되고 있어 국내기술 수준은 충분함

○ 국내에서는 도시형 전기차(NEV, Neighborhood Electric Vehicle)시장 확대를 위해 차량개발 및 충전소 및 전용도롤 포함한 인프라 구축 등 시범사업을 추진한바 있으나, 시장 활성화의 실패로 의욕적으로 연구개발에 참여한 전기차 전문생산 기업들이 도산하고 내수수요는 대부분 수입에 의존하는 등 국내 전기차 기술개발이 위축되고 있고 심각한 기술유출이 우려되는 실정임

○ NEV 또는 보다 간단한 구조를 가진 골프카트와 같이 가선을 통한 급전방식이 아닌 배터리 동력을 사용할 시 경량, 소형화 및 짧은 충전시간은 전기차량의 가장 주요한 기술개발 요소로서, 선진국에서는 상당한 기술투자가 이루어지고 있는 한편 하이브리드형 차량 등 대안 기술을 개발하고 있음

○ 소형의 경량 전기차량이 일반도로를 주행하기에는 충돌 시 안전성이 취약하다는 단점으로 인해 경제성이나 유지비용, 친환경성의 장점과 기술적 성과에도 불구하고 크게 활성화되지 못하고 있는 실정이나, 이 기술을 전용주행로상을 주행하는 레고형 철도에 적용할 시 실현에 어려움이 없을 것임

○ 현재 세계 유수의 자동차 기업들은 범세계적 이산화탄소 저감 및 탄소배출권 시행 등 환경개선 요구에 대응하기 위해 앞 다투어 전기차량(EV) 개발에 뛰어들었고 이에 따라 향후 자동차 산업계의 향방이 예측될 정도로 중요한 기술부문으로 인식되고 있는 시점에서 가선이 없이 운행이 가능한 배터리 동력의 전기차량의 개발에 대한 기술의 가치는 매우 높다고 볼 수 있으며, 이러한 기존 기술을 철도차량 형태로 개조하는 등 광범위한 적용을 시도하는 것은 기술적 의미가 있음

(나) 레고형 차량 배터리 기술

○ 최근 유가상승 및 원자재 가격 폭등 등으로 대체에너지를 이용한 산업이 주목받고 있으며, 이 중 배터리 기술은 전기자동차(EV)의 성능을 좌우하는 가장 핵심이 되는 기술로서 국내에서는 전기자동차 활성화 정책에 부응하여 고효율배터리, 2차전지 산업이 도약하고 있는 추세임

○ LG화학은 배터리 용량이 10% 향상되고 안정적인 ‘스택 앤 폴딩(Stack & Folding) 기술을 기반으로 세계 최초로 리튬이온 전기자동차 배터리를 상용화하고 이를 세계 첫 양산형 전기차인 GM사의 ‘볼트’에 적용하는 등 국내 전지차 배터리 기술은 세계 시장을 개척한 퍼스트 무버(First Mover) 제품으로 평가받고 있을 정도로 국내 산업의 신성장동력으로서 기여하고 있지만, 전기동력 차량 내수시장의 활성화가 미진하여 기술 확산효과를 제대로 발휘하고 있지 못하고 있는 실정임

○ 레고형 철도시스템 기술 개발은 배터리 동력의 소형 철도차량의 개발과 함께 해외 글로벌 기업들에 비해 경쟁력이 떨어지는 전기모터, 배터리 관리시스템(BMS), 인버터 등 배터리와 연계되는 다양한 기술 개발의 견인 역할을 할 수 있을 것임

○ 국내의 앞선 배터리 개발 역량 및 생산능력은 본 시스템을 구현하기에 충분한 기술수준에 이르렀고 이를 교통시스템에 적용하기 위해 급속충전소, 무선급전방식 등 다양한 기술개발이 이루어지고 있는 추세임. 한편 짧은 시격과 신속성, 시스템의 단순함과 유지보수 소요저감을 요하는 레고형 철도의 특성을 고려할 때 착탈식의 배터리 교체 방식이 유리할 것으로 판단되며, 본 기술개발을 통해 새로운 전기차량 운용 기법이 개발, 전개 가능함

(다) 소형차량용 연결기 기술

○ 철도차량의 연결기는 편성운전을 원칙으로 하는 철도차량에는 불가결한 부품으로서 연결기 장치는 200년 동안 이어오면서 꾸준히 발전해오고 있는 기술임. 열결기는 체결/해방이 간단하고 편리해야 하고 삼태작용(쇄정위치, 개정위치, 개방위치)가 확실하고 원활하야 하며, 충격과 견인력을 담당할 수 있는 충분한 강도가 유지되어야 하는 요건을 요구하고 있어 기술수준 향상에 따라 미래에도 지속적인 연구개발이 요구되는 장치임

○ 현재 철도차량은 보통형 자동연결기, 밀착식 자동연결기, 밀착식 소형 자동연결기, 밀착식 연결기 등 크게 4종류의 연결기가 사용되고 있는데, 이들 연결기는 20톤~150톤을 견인할 수 있는 장치로서 레고형 철도에서 요구되는 소규모의 정밀한 연결기 장치 개발을 통해 철도차량의 규모에 따라 적용가능한 다양한 연결기 기술이 확보될 것임

○ 레고형 철도 차량은 기존 차량 대비 1/10 ~ 1/6 수준의 중량을 가지고 있어 연결기 장치에 보다 진취적 기술개발이 가능함. 특히 최근에는 기계적 구조를 가진 연결기에서 나아가 영구자석 또는 전자석의 방향전환에 극성변화 원리를 이용하여 체결/해방이 가능한 방안과 함께 또한 인력으로 수행하던 케이블링 작업 및 확인을 자동화하는 방안 등 기존 기술범주를 탈피한 새로운 기술 창출을 유도할 수 있을 것으로 기대됨

(3)조립식 모듈형 운영 기술 부문

(가) 레고형 철도 자동선형 계획

○ 도로계획 부문에서는 공사비, 설계속도 등 다양한 지표에 따른 최적 선형 도출 및 공사비 산출을 위해 주어진 노선 상에 3차원 수치지도(GIS) 또는 위성사진을 이용하여 최적화된 선형을 자동적으로 도출할 수 있는 S/W가 기개발되어 활용되고 있음

○ 철도부문에는 철도선형계획에 최적화된 RD SmartPro, Tacoma, Bluetrack 등 선로설계 프로그램이 존재하며, 최근에는 유전자 알고리즘(Genelic Algorithm)을 적용한 최적 노선 탐색기능을 적용하고 TPS(Train Performance Simulation) 프로그램과 연계하여 생성된 선형에 대해 3D 기반의 주행시뮬레이션을 통한 열차운영계획까지 포함하여 분석 가능한 툴을 개발 중에 있음

○ 이러한 S/W 툴은 특히 좁은 범위를 대상으로 한 임시설치형 인프라인 레고형 철도에 있어 신속한 선형계획 및 노선대안 선정, 건설비 산정, 그리고 차량운영계획을 수립함에 매우 유용한 툴이 될 것임

○ BSIL, Trimble 등 해외 유수의 GIS 팩키지 개발 업체에서는 기술개발을 통해 아시아, 남미, 오세아니아 등 개발도상국을 대상으로 새로운 마켓을 개척하고 있는 시점에서 국내 보유하고 있는 선진적 IT 및 S/W 기술 및 연구인프라를 활용하여 새로운 기술개발에 확대 적용함으로써 기존 기술을 연계, 발전시키고 기술고도화를 성취할 수 있을 것임

(나) 무인운전 기술

○ 철도부문에서의 무인운전과 같은 자동화기술은 연속적인 자동열차보호기능을 통해 일차적 안전기능을 확보하는 것을 목적이며, 이것은 휴먼에러적 요소들을 최소화함으로써 이루어 질수 있음

○ 최초의 무인운전 시스템은 1981년 일본 코베신교통포트아일랜드선을 들 수 있으며, 이후 안전 및 보안 향상, 운영소요인력 절감, 파업 등 열차운영저해

요소 저감 등을 목표로 일본, 독일, 프랑스 등 많은 철도선진국에서 기술개발에 성공하였으며, 세계 13개국 30여개 공항으로 확대 적용하고 있는 추세임

○ 국내에서도 신분당선, 부산도시철도 4호선, 김해경전철 등 철도부문에 무인운전시스템 도입이 활발해 지고 있는 추세이나, 이들 시스템은 대부분 해외기술에 의존하고 있는 실정임

○ 현재 무선통신 기반으로 센서를 선로 가운데 일정한 간격으로 설치하여 자동으로 열차위치를 파악함으로써 선행 열차와 후행 열차와의 간격, 즉 속도를 자동으로 조정하여 실질적 무인운전이 가능하도록 하는 기술을 개발하였고 현재 시운전 단계에 있음

○ 도로부문에서의 무인운전 기술개발 역사는 아주 오래 전으로 철도보다 그 역사가 깊으나, 일정한 추종궤도가 없는 도로의 특성 상 완벽한 안전성 확보문제로 현재까지의 기술적 성과에 비해 실용화가 전무한 실정임

○ 무인운전시스템은 센싱기술과 융합한 신호시스템, 통신시스템, 그리고 제어시스템의 총체적 기술의 합으로 이루어지며, 이와 동시에 운영매뉴얼 및 관련제도의 정비, 인력운영 스케줄 등이 필요함에 따라 다양한 부문의 발전을 견인할 수 있는 기술이며, 또한 국내뿐만 아니라 세계적으로도 기술개발의 경쟁이 이루어지고 있는 추세임

○ 따라서, 소형 트랜짓 시스템인 레고형 철도에 적용하기 위한 무인운전시스템을 모듈화하여 개발함으로써 그 적용범위를 넓힐 수 있고 선진국 대비 기술개발이 늦은 국내 기술수준을 크게 향상할 수 있는 기술로써 그 기술적 타당성이 확보됨

(다) 모듈수송, 보관기술

○ 레고형 철도는 구축, 해체, 재사용을 목표로 하는 임시 교통시스템으로써, 재사용을 위한 이동, 즉 수송 및 보관기술은 시스템 효율을 크게 좌우하는 주요한 요소임에 따라 레고형 철도 시스템의 신속함과 경제성의 양면을 만족하기 위해 단위 모듈은 철도, 도로, 해운, 항공 등 다양한 수단으로 수송 가능하도

록 제시되어 있음

○ 이렇듯 다양한 수단에 적재가 가능하고 연계수송이 용이하며, 또한 보관 시 기능저하를 최소화하기 위해 모든 모듈이 컨테이너에 적재되거나 또는 컨테이너 형태로 조합이 가능하도록 각각의 모듈의 형태가 설계에 반영되어야 함

○ 한편, 컨테이너 수송은 최근 국내 물류수송의 효율화 시류에 맞춰 그 이용도가 높아지고 있는 추세이며, 특히 철도의 경우 현재 컨테이너를 통한 수송률이 20% 수준으로 지속적으로 활성화되고 있는 추세이며, 일관수송용기 기술개발, 일괄하역장비 기술개발 등 컨테이너 수송효율성 향상을 위한 다양한 기술개발이 이루어지고 있음

○ 모듈의 보관은 특별한 기술이 요구되는 부문은 아니나, 면적이 확보된 적합한 보관장소와 수송수단과의 직접 연계를 위해서는 철도 CY 등을 활용하는 대안이 있으며, 최근 철도화물의 컨테이너화에 따라 철도 CY가 기계화, 자동화되고 있는 시점에서 모듈 시스템의 보관 방안과 적합한 상태유지 기술이 적용될 수 있음

○ 최근 물류비용 최소화 및 효율증대를 위한 Logi Mobility 연구가 수행되는 등 수송부문에도 다양한 기술개발이 이루어지고 있는 추세인데, 구축, 해체, 수송, 보관, 재사용이라는 일련의 지속가능한 생태계 조성을 위해 이에 요구되는 logistics 기법이 개발, 적용되어야 하며, 또한 공공목적의 사회간접자본인 교통시설에 대한 새로운 비즈니스 모델의 개발을 유도할 수 있을 것으로 기대됨

(라) 레고형 철도의 지반극복을 위한 연약지반 강화 공법

○ 연약지반 강화공법은 도로, 활주로, 성토, 제방 등의 토목시공에 있어 매우 중요한 공법으로 다양한 기술개발이 이루어져 있으며, 불균일한 지반조건에 구축되어야 하는 레고형 철도의 적용성 향상을 위해서는 이에 적합한 연약지반 강화공법이 필수적임

○ 특히 경량차량과 경량의 하부구조를 가진 레고형 철도는 기존 철도노반이나 도로시공에 요구되는 하중조건과 상이하며, 신속한 시공을 요구되므로 초연

약지반의 주행성 확보를 위한 가설목적으로 주로 활용되는 표층처리공법 중 시트공법 또는 액상화대책공법 등의 기술 적용이 적합함

○ 시트공법은 연약지반의 상부에 장비의 하중을 분산시킬 수 있는 인공바닥판을 제공하는 공법으로서 최근 들어 미국을 중심으로 복합소재 데크를 이용한 활발한 연구개발이 진행되고 있고 현재 실용화단계에 있으며 국내에는 강판가도공법, 복합소재 리그매트 연구 등이 있는 바, 레고형 인프라 모듈 중 평면형(플레이트형)과 연계한 기술개발로 호환성 높은 기술 습득을 이룰 수 있음

○ 이 외에도 액상화대책공법인 모래다짐말뚝 공법, 봉다짐공법, 바이브로플로테이션공법, Muller Resonance Compaction 공법 등 레고형철도의 하중조건과 부합하는 경량 구조물을 대상으로 한 새로운 연약지반 강화공법의 기술개발을 유도할 수 있음

○ 한편, 지반지지력에 따른 모듈형태의 결정 및 적합한 지반강화 공법 선정을 위한 사전 지반지지력 검사 기법으로서 활용 가능한 기존의 CPT(Cone Penetration Test) 기법을 현장에서 신속하고 용이하게 진행될 수 있도록 무인자동화의 개념과 융합한다면 기존 기술의 진보성을 고취하고 실제 소규모 토목건설현장에서 폭넓게 활용 가능할 것임

(4)조립식 모듈형 철도시스템 안전성 향상 기술 부문

(가) 구조 건전성 모니터링

○ 구조 건전성 모니터링 기술은 시스템 및 모듈의 구조적 안전성 및 기대 수명을 모니터링 함으로써 시스템 운영에 신뢰성을 높이고 이용자의 안전을 확보하는 것을 목적으로 함

○ 구조 건전성 모니터링 기술은 센싱기술, 통신기술, 건전성 평가 기술의 복합기술이며, 2000년대에 들어 센싱기술 및 IT 기술의 발전과 더불어 항공기, 교량 구조물, 원자력 시설물, 풍력 발전 등의 분야에서 구조 건전성 모니터링 기술과 관련하여 연구 개발이 활발히 이루어지고 있음

○ 센싱기술 및 통신기술은 센서의 소형화, 무선화, 고정밀화의 방향으로 발전하고 있지만, 현재의 센싱 및 통신기술로도 구조 건전성 모니터링에 필요한 시스템의 국축이 가능함

○ 국내 특수교량 분야에서는 현재의 센싱 및 통신기술을 활용하여 웹기반의 실시간 통합 모니터링 시스템을 구축하여 운영중에 있으며, 교량의 유지관리 및 교통 통제에 활용되고 있음

○ 즉, 구조 건전성 모니터링 기술의 핵심은 구조물이 특성에 맞는 건전성 평가 기술의 개발에 있으며, 조립식 모듈형 철도의 특성에 맞는 센싱 항목을 설정과 모듈 및 시스템의 건전성을 평가하기 위한 기준과 알고리즘을 개발하는 것에 집중되어야 함

○ 구조 건전성 모니터링 기술에는 구조물의 이상 거동을 감지하여 이용자의 안전성을 확보하는 기술이 포함되며, 구조 건전성과 별도로 지반 침하 및 급격한 처짐과 같은 이상 거동을 실시간으로 감지하여 이용자 및 운영 주체에게 경보하는 기능이 제공됨

○ 조립식 모듈형 철도시스템 이용자의 안전을 확보하기 위해서는 장기적인 관점에서 위험을 예방하기 위한 건전성 모니터링 시스템과 실시간 모니터링을 통해서 위험을 감지하는 시스템이 병행하여 운영되어야 함

○ 따라서, 조립식 모듈형 철도시스템의 실시간 모니터링을 포함하는 구조 건전성 모니터링 기술은 기 확보된 관련 기술을 바탕으로 기술의 실현이 가능하며 이용자에게 안전한 교통 시설을 제공하기 위해 반드시 필요한 기술로서 그 기술적 타당성이 확보됨

(나) 모듈 이력관리

○ 교통 수요가 폭증하는 시기에 임시로 운용되는 조립식 모듈형 철도시스템은 모듈의 안정적인 관리 및 운용이 전제되어야 하며, 이를 위해서 모듈의 체계적인 유지관리가 이루어져야 함

○ 모듈 이력관리 기술은 모듈이 생산된 이후에 모듈이 겪는 보관, 수송, 운용, 회수의 전 단계에 걸쳐 모듈의 안전성을 확보하고 안정적으로 관리하는 것을 목적으로 함

○ 국토교통부에서 운영하고 있는 교량유지관리시스템(BMS)은 국도상 교량의 전 생애주기에 걸쳐 교량의 상태 및 유지관리 이력을 DB화하여 체계적인 유지관리를 실시하고 있으며, 발전된 IT기술을 바탕으로 모바일 기기를 이용한 상태점검 및 유지관리 이력을 조회하는 수준으로 발전하고 있음

○ 이력관리를 포함하는 유지관리시스템과 관련된 기술은 교량유지관리시스템 외에도 국도포장유지관리시스템(PMS), 도로절토사면관리시스템(CSMS) 등 다양한 유지관리시스템에 적용되고 있는 기술로서 국내에 충분한 기술력이 축적되어 있으며, 특히 국도포장유지관리시스템(PMS)과 교량유지관리시스템(BMS)의 기술력은 세계최고수준에 이르는 것으로 평가됨

○ 모듈의 체계적인 유지관리를 위해서는 유지관리 체계 즉, 상태점검 프로세스를 포함하는 유지관리 기준이 개발되어야 하며, 유지관리 현장 업무자 및 관리자에게 실시간으로 정보를 제공하기 위한 유기적인 이력관리 시스템의 개발이 필요함

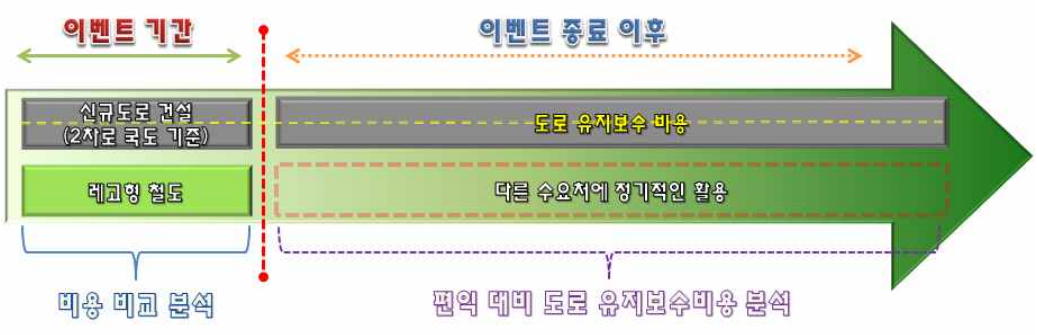
○ 따라서, 모듈 이력관리 기술은 성숙된 국내의 기술을 바탕으로 모듈형 조립식 철도 시스템의 특성에 맞도록 유지관리 체계와 이력관리 시스템을 개발함으로써 기술의 실현이 가능하며, 조립식 모듈형 철도시스템의 운용을 위해 반드시 필요한 기술로서 그 기술적 타당성이 확보됨

다. 경제적 타당성 분석

(1) 경제적 타당성 분석 방법론

○ 조립식 모듈형 철도시스템(일명 레고형 철도)은 영구적인 시설물인 기존 도로 또는 철도와는 달리 필요 수요에 따라 임시적으로 설치한 후 다른 수요지에 재사용이 가능한 특성을 갖고 있음

○ 본 기획연구의 경제적 타당성 분석은 위와 같은 조립식 모듈형 철도시스템의 특성에 따라 일반적인 경제적 타당성 분석 방법론에서 탈피하여 행사 중 신규 도로건설 비용과 레고형 철도 비용을 이용한 비용분석, 행사 후 편익 대비 도로유지보수비용 분석으로 구분하여 경제적 타당성을 분석하였음



(그림 127) 경제적 타당성 분석 방법론

– 이벤트 기간 동안 신규 도로건설(왕복 2차로 국도 기준)과 레고형 철도에서 발생하는 편익은 동일하다고 가정함

· 이벤트의 이용자수, 주변 환경, 수송수단, 노선연장, 노선형태 등 고려되어야 할 부분이 Case마다 상이하여 모든 이용자는 신규 도로건설로 인한 셔틀버스, 레고형 철도가 흡수하여 편익은 동일하다고 가정함

· 레고형 철도의 수송용량은 왕복 2차로 국도의 수송용량과 비슷함

※ 편도 1차로 일반국도의 버스 수송용량은 51,092[9] 인/일, 레고형 철도의 수송용량은 57,600 인/일[10]

9) 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)에서 제시된 전국 기반 자료의 도로유형별 교통량-지체함수(VDF) 차로 용량을 참고하여 1차로 국도 1차로당 용량 750pcu/시, 첨두 1시간 통행량 1일 단위 환산계수 10, 전국권 버스의 평균 승용차 환산계수 2.13, 버스의 재차인원 14.51 인/대를 이용하여 1일 수송용량 산정

10) 레고형 철도의 경우 차량 간 연결을 통하여 수요에 따른 수송용량을 유연하게 대응할 수 있으므로 승·하차 시간을 고려하여 1일 최대 수송인원을 산정한 것임

· 레고형 철도의 승하차 시간은 0.75분으로 일반 셔틀버스의 승하차 시간인 3.75분[11]을 고려하였을 때 레고형 철도의 수송효율이 높으며 정시성이 보장되는 레고형 철도와는 다르게 기후 변화, 주변 환경 등에 영향을 받는 셔틀버스의 수송용량은 저하될 수 있음

· 부가적으로 레고형 철도의 운행은 CO_2, 폐기물 등의 환경오염 저감, 교통혼잡 구간 감소, 혼잡 완화로 인한 통행시간 감소, 교통사고율 감소 등의 효과를 기대할 수 있음

- 이벤트 이후 편익 대비 도로 유지보수 비용 분석은 수요 변동으로 인한 도로 건설의 경제적 타당성을 분석하기 위한 방법이며 레고형 철도는 이벤트 종료 후 해체하여 다른 수요지에 재사용이 가능하여 지속적으로 편익을 발생하는 장점이 있음

○ 경제적 타당성 분석은 동일한 비교대상으로 분석이 진행되어야 하는데 이벤트 종료를 기점으로 조립 및 해체, 재사용이 가능한 레고형 철도와 영구적인 도로시설물의 직접 비교가 어려우므로, 이벤트 기간 중 비용 분석, 이벤트 종료 후 편익 대비 도로 유지보수비용 분석으로 2개의 기간을 나누어 본 기획연구의 경제적 타당성 분석을 진행하였음

(2) 경제적 타당성 분석 대상

(가) 경제적 타당성 분석 대상 검토

○ 본 기획연구의 경제적 타당성 분석 대상 선정을 위하여 장래 계획되어 있는 국내 대규모 이벤트를 대상으로 기계획된 신규 교통시설 건설 대안과 레고형 철도 설치 대안을 비교하였음

- 장래 국내에서 개최되는 대표적인 대규모 이벤트로는 2014 인천 아시안게임, 2015 광주 하계유니버시아드 대회, 2018 평창 동계올림픽이 있으며 국가에서는 특별법을 재정하여 경기장, 교통시설 등의 사회간접자본 투자를 지원하고 있음

11) "교통약자를 위한 저상버스도입의 효과에 대한 연구" (김지영, 2008)

○ 2014 인천 아시안게임은 주경기장을 중심으로 주변 교통 개발 계획과 레고형 철도 도입 방안을 검토하였음

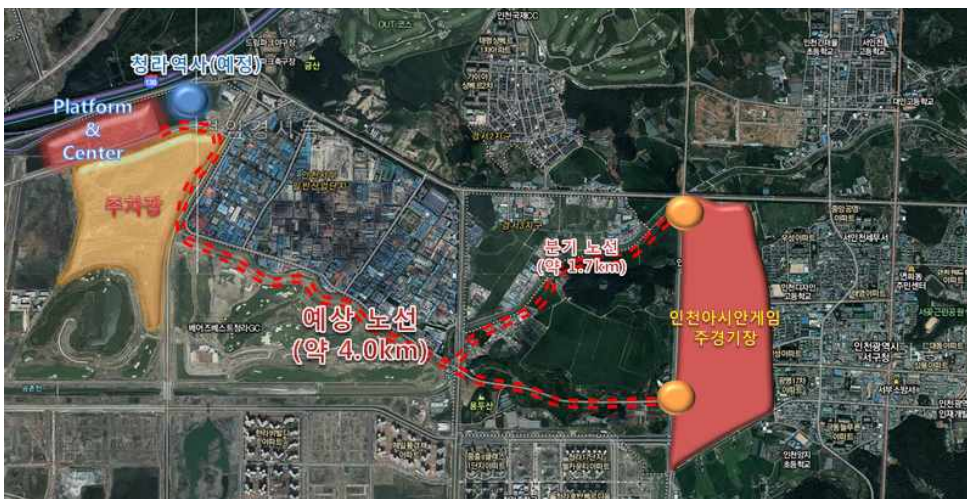


번호	사업명	연장 (km)	사업비 (억원)	비고
1	중봉대로 구조개선	2.15	1,099	지하차도
5	검암IC 설치	5.76	600	공항고속도로
6	연희교차로	0.78	1,000	지하차도
7	경서교차로	0.35		평면개선
8	북인천IC입구 교차로	0.58		지하차도
10	청라역사 건설사업	-	784	역사신설

번호	사업명	연장 (km)	사업비 (억원)	비고
2	경인아라뱃길 남측 경관도로	14.53	1,000	확장
3	청라지구~서곶로간 도로	1.5	1,263	신설
4	봉수대길(국지도84)	2.81	169	확장
9	경명로~남측경관도로	0.76	84	확장
11	가정택지사업지구~경명로	1.9	31	확장
12	경인고속도로 직선화	7.49	7,558	신설

(그림 128) 2014 인천 아시안게임 교통 SOC 투자 계획

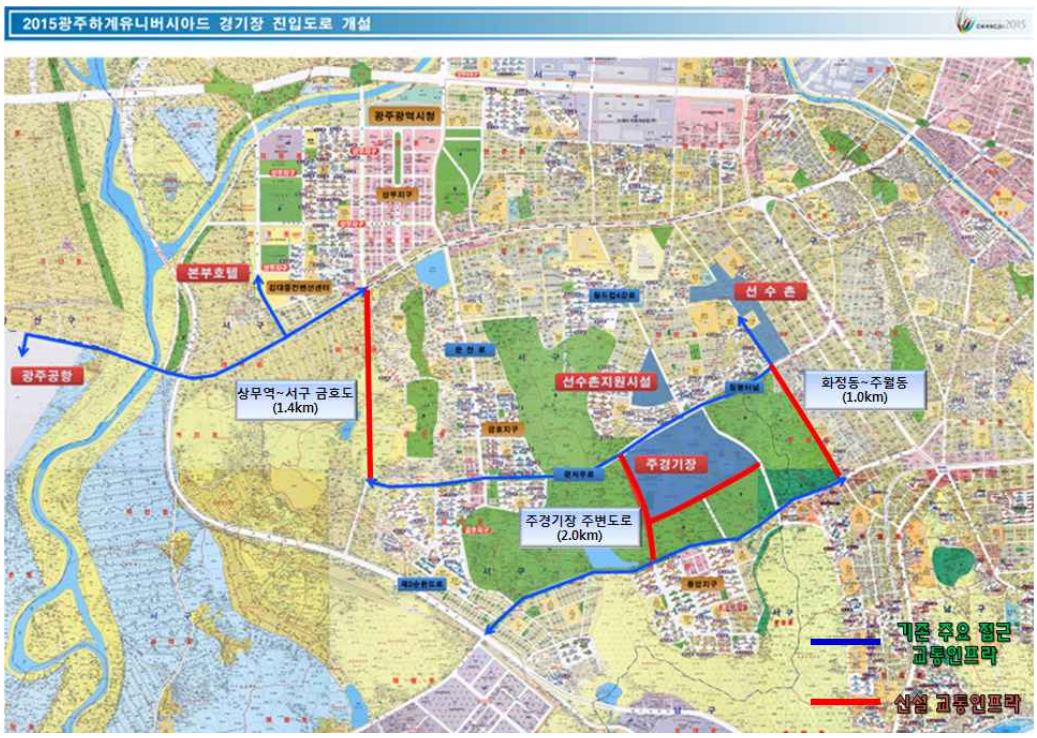
- 2014 인천 아시안게임 교통 SOC 투자 계획을 살펴보면, 3,483억원의 시설사업과 10,105억원의 도로사업이 계획되어 현재 준공 및 공사 중에 있으며 인천 아시안게임 주경기장 주변으로 인천국제공항 고속국도와 경인고속국도, 서울외곽순환고속국도 등 기본 교통 인프라가 구축되어 있음



(그림 129) 2014 인천 아시안게임 레고형 철도 도입 예상 노선

- 2014 인천 아시안게임 주경기장을 중심으로 레고형 철도의 도입 방안으로 약 4.0km의 청라역사(공항철도노선)와 주경기장을 연결하여 대중교통 수단과의 연계, 이용자 환승 편의성 향상 등의 부가적인 효과를 기대할 수 있으나 주경기장 주변이 도심 지역이므로 레고형 철도 설치를 위한 공간 확보, 타 교통수단과의 상충, 안전성 확보를 위한 안전성 검증 등의 고려되어야 할 부분이 많음

○ 2015 광주 하계 유니버시아드 대회는 광주광역시에 구축되어 있는 경기장을 활용하여 대회가 진행되며 그 중 주경기장을 중심으로 주변 교통 개발 계획과 레고형 철도 도입 방안을 검토하였음



자료 : 2015 광주 하계 유니버시아드대회 조직위원회

(그림 130) 2015 광주 하계 유니버시아드대회 교통 SOC 투자 계획

- 2015 광주 하계 유니버시아드대회 주경기장 주변 신설되는 교통 인프라는 상무역~서구 금호동(L=1.4km, B=35m), 화정주공아파트~주월동 해태아파트간(L=1.0km, B=20m), 서구 월드컵경기장 주변도로(L=2.0km)이며 총 792억원이 투자될 전망임



(그림 131) 2015 광주 하계 유니버시아드대회 레고형 철도 도입 예상 노선

- 2015 광주 하계 유니버시아드대회의 레고형 철도 도입 방안으로는 본부 호텔이 위치하고 있는 광주 1호선 김대중컨벤션센터역과 경전선 서광주역, 주경기장, 선수촌을 연계하는 방안(약 5.8km)으로 공원, 산악, 주거지역, 도심지역 등 다양한 형태의 지반으로 구성되어 있음

○ 2018 평창 동계올림픽의 개최지이자 주경기장인 강원도 평창 알펜시아 리조트를 중심으로 주변 교통 개발 계획과 레고형 철도 도입 방안을 검토하였음



자료: 2018 평창동계올림픽 조직위원회, 내부자료

(그림 132) 2018 평창 동계올림픽 교통 SOC 투자 계획

- 2018 평창 동계올림픽에는 총 8조 9,491억원의 사업비가 계획되어 있으며, 이중 3조 9,411억원은 원주~강릉 철도선 건설에 투입될 예정임

- 2018 평창 동계올림픽의 주경기장인 알펜시아 리조트의 주변 환경은 대부분 농지과 산림으로 구성되어 있으며 경기장의 주 진입도로는 왕복 2차로 도로로 일시적인 교통 수요 집중으로 인한 교통 혼잡이 예상됨

- 정부에서는 올림픽 개최를 위한 교통 인프라 확충 예산을 점차 축소하고 있으며 이에 정부와 강원도, 평창시의 갈등이 심화되고 있는 실정임



(그림 133) 2018 평창 동계올림픽 레고형 철도 도입 예상 노선

- 2018 평창 동계올림픽의 레고형 철도 도입 방안으로는 영동고속국도 횡계IC 부근을 임시주차장으로 사용하고 주경기장을 연결하는 방안(대안 1, 2)과 거점(숙박지) 간 셔틀노선 구축 방안(대안3)을 검토하였음

(나) 경제적 타당성 분석 대상 선정

○ 가까운 장래 계획되어 있는 국내 대규모 이벤트 중 대표적인 3개 이벤트(2014 인천 아시안게임, 2015 광주 하계 유니버시아드 대회, 2018 평창 동계올림픽대회)를 검토한 결과, 본 기획연구의 경제적 타당성 분석 대상지로는 2018 평창 동계올림픽이 가장 적정할 것으로 판단되어 선정하였음

- 2018 평창 동계올림픽은 전 세계의 각국 대표팀이 참가하는 대회로 글로

벌 이벤트이며 전 세계가 주목하고 있는 국제적 대규모 행사임

- 우리나라는 평창 동계올림픽 개최를 위하여 2003년부터 준비하였으나 당초 목표였던 2010 동계올림픽 개최권 획득에 실패하고도 다시 한 번 도전하여 2018 동계올림픽 개최권을 확보하는 등 2018 평창 동계올림픽 개최를 위한 노력과 올림픽 유치에 따른 부가적인 경제적 파급효과를 기대하고 있음

- 이에 장래 국내 대규모 이벤트 중 가장 이목이 집중되는 2018 평창 동계올림픽을 본 기획연구의 경제적 타당성 분석 대상으로 선정하였으며 현재 2018 평창 동계올림픽 조직위원회 및 강원도에서 신규 도로건설 계획 중인 노선을 활용한 셔틀버스 운행과 레고형 철도 도입을 비교 대상으로 설정하고 이에 따른 이벤트 중 비용 분석과 이벤트 후 신규 도로건설의 편익 대비 도로유지보수비용을 분석하여 경제적 타당성을 평가하였음

※ 2018 평창동계올림픽을 준거사례로 삼기에는 많은 변수가 존재하고 있어 본 기획연구의 경제적 타당성 분석의 하나의 사례연구로서 의미가 있음

(3) 이벤트 기간 동안 사용되는 인프라 경제성 비교

(가) 이벤트 기간 경제성 분석의 범위

1) 연구의 시간적 범위

○ 본 연구의 시간적 범위는 평창동계올림픽 개최기간으로 경제성 분석을 위한 비용추정 및 편익산정 시 분석기간은 설치 및 해체 기간을 고려하여 설정함

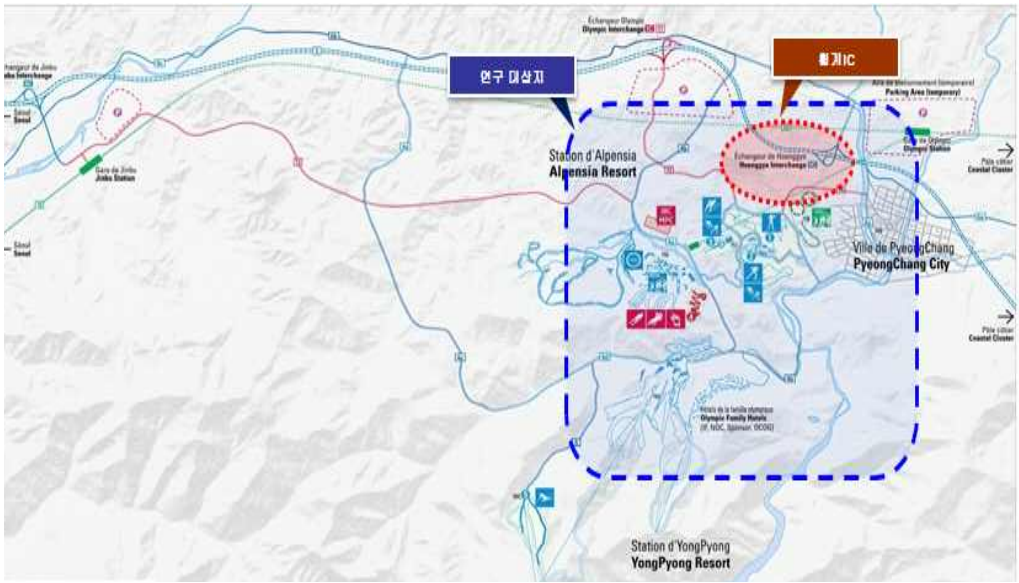
○ 레고형 철도의 기대효과는 시스템의 내구연한 40년으로 가정하여 분석함

<표 70> 연구의 시간적 범위

구분	경제성 분석	
	평창 동계 올림픽	평창 동계 장애인 올림픽
기간	2018년 02월 09일 ~ 2018년 02월 25일 (17일)	2018년 03월 09일 ~ 2018년 03월 18일 (10일)

2) 연구의 공간적 범위

○ 경제성 분석의 공간적 범위는 강원도 평창군의 알펜시아 경기장 용평리조트 지구 인접지역으로 연구대상지는 다음과 같음



(그림 134) 연구의 공간적 범위

(나) 2018 평창 동계올림픽 기초자료 분석

1) 일반 현황

○ 동계올림픽은 1942년 프랑스 샤모니에서 최초의 동계올림픽이 개최되었고 이후 4년마다 개최되고 있는 전 세계적인 대규모 스포츠 이벤트임

- 우리나라는 2002년 강원도 평창이 동계올림픽 개최 후보도시로 최종 결정되어 동계올림픽 유치를 위하여 힘썼으나 2010년 캐나다 밴쿠버, 2014년 러시아 소치에 밀려 유치에 실패하였고 3번의 도전 끝에 2018년 대한민국 평창 동계올림픽 유치에 성공하였음

- 3번의 도전 끝에 유치에 성공하면서 우리나라 정부와 국민들에게 많은 관심을 받고 있으며 정부에서는 성공적인 이벤트 개최를 위하여 2013년 3월 '2018 평창 동계올림픽대회 및 장애인올림픽대회 지원 등에 관한 특별법'을 제정하여 원주~강릉선 예비타당성 조사 면제 등 막대한 사회간접자본을 투자하고 있음

- 이러한 2018 평창 동계올림픽의 막대한 사회간접자본 투자는 사후 경제성은 배제한 채 성공적인 이벤트를 위한 투자로써 과잉 투자라는 인식을 받고 있는 실정이며 점차 사회간접자본 투자금액을 축소하고 있는 정부와 적극적인 지원을 요구하고 있는 강원도의 마찰이 빚어지고 있음. 강원도 및 2018 평창 동계올림픽 조직위원회에서는 일시적인 집중 수요를 처리하기 위하여 한정된 예산과 겨울철 강설량이 많은 지리적 특성을 대비한 관광객 및 선수단 수송방법을 고려하고 있으나 셔틀버스 운행 및 행사장 내 차량통제 이외에 별다른 수송방법이 없는 실정임

<표 71> 『2018 평창동계올림픽대회』의 개요

구분	내용
명칭	제23회 평창 동계올림픽
개최기간	- 평창동계올림픽: 2018년 2월 9일 ~ 25일 (17일간) - 장애인 올림픽: 2018년 3월 9일 ~ 18일 (10일간)
개최전략	경제올림픽, 문화올림픽, 환경올림픽
유치 슬로건	새로운 지평(New Horizons) 새로운 무대/새로운 세대/새로운 가능성
입지여건	강원도의 세 지역(평창군, 강릉시, 정선군)에 위치하며 산악지형에 소재
총사업비	8조 9천억원
참가규모	80여 개국, 26,000명
총 관람객수	약 200만명 이상
기대효과	- 총생산액 유발효과 : 20조 5천억원 - 부가가치 유발효과 : 8조 7천 5백억원 - 고용창출 유발효과 : 23만여명

자료: 한국문화관광연구원, 2018 평창동계올림픽 계기 문화관광분야 기본구상
산업연구원, 2018 평창동계올림픽 개최 타당성 조사보고서, 2008

2) 동계올림픽 특성

○ 동계올림픽은 겨울철에 개최되는 대표적인 겨울 스포츠 행사로 원활한 경기 진행을 위해서 상대적으로 기온이 낮은 지역에서 개최하게 됨

○ 이러한 겨울철의 기후특성으로 원활한 경기는 진행되지만 추위, 폭설 등 인하여 빙판길 셔틀버스 운행 제한, 도로통행 수단의 이용제약, 추위로 인한 관람객 불편 야기, 선수단 이동 정시성 저하 등의 문제점이 발생함



(그림 135) 강설로 인한 셔틀버스 운행 제한에 따른 대기행렬

- 2010년 캐나다 벤쿠버에서 개최되었던 제 21회 벤쿠버 동계올림픽에서는 잦은 폭설로 인하여 셔틀버스 운행이 제한되어 관람객들의 불편함을 야기하였으며 벤쿠버 조직위원회에서는 특별한 제설 작업 이외에 특별한 수송대책이 없어 관람객을 방치한 사례가 있음

○ 평창 동계올림픽의 기간을 고려하여 평창군의 2월 일기일수를 살펴보면 다음과 같음

- 2000년에서 2011년까지 2월의 일기일수를 분석한 결과, 서리가 152일로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며 눈이 107일을 차지하고 있어 동계올림픽 기간 중 폭설 및 결빙으로 인한 도로 통행 수단의 이용제약을 예상할 수 있음

- 2000년에서 2011년까지 2월의 평창군 일기일수를 보면 강수, 안개, 눈, 폭풍이 345일로 전체 일기일수 692일의 44.5%를 차지하고 있어 평창군의 기후변화는 매우 심한 것으로 분석됨

- 이와 같은 기상상태에서는 운전자의 시거감소 및 노면마찰력저하로 인해 차량의 정지거리(공주거리+제동거리)가 현저하게 증가함. 이는 셔틀버스의 운행속도가 현저하게 감소하고 정지거리 증가로 교통사고 발생 확률이 증가할 우려가 있음

<표 72> 평창군의 연도별 2월 일기일수

(단위: 일)

구분	맑음	흐림	강수	서리	안개	눈	뇌전	폭풍
2000년 2월	13	-	9	19	1	12	-	-
2001년 2월	9	4	16	9	8	14	-	-
2002년 2월	8	2	6	12	-	7	-	3
2003년 2월	4	10	14	15	12	15	-	2
2004년 2월	15	2	12	9	2	11	-	1
2005년 2월	13	7	8	7	7	8	-	2
2006년 2월	9	6	7	7	8	9	-	4
2007년 2월	11	5	7	21	7	9	-	3
2008년 2월	15	2	7	16	-	10	-	-
2009년 2월	4	9	8	20	8	12	-	1
2010년 2월	8	5	5	10	13	9	6	11
2011년 2월	9	11	1	7	8	18	8	10
합계	118	63	100	152	74	134	14	37

자료: 평창군, 평창군 통계연보, 2000~2012

3) 사회 · 경제적 환경

○ 동계올림픽 개최지인 강원도는 지역 내 총생산이 2010년 기준 28.8조 원으로 국내 총 생산인 1,173.3조 원의 약 2.5% 수준임

- 강원도 지역의 재정자립도는 전국 지자체 평균인 53%의 절반인 약 27.1%에 불과하여 지자체에서 자체적으로 평창동계올림픽 개최비용 지

원하는데 재정적 부담이 있을 것으로 예상됨

○ 평창군의 인구변화 추이를 살펴보면 2010년을 기준 약 44,000명으로, 평창군의 전체인구는 2000년부터 점차 감소하고 있어 장기적으로 전망하였을 때 교통수요가 감소할 것으로 예상되어 새로운 교통시설투자는 합리적이지 않을 것으로 판단됨

<표 73> 평창군의 인구변화 추이

(단위: 명)

구분	2000년	2005년	2010년
평창읍	10,221	9,762	9,224
미탄면	2,308	2,048	1,914
방림면	2,773	2,484	2,450
대화면	6,666	6,054	5,736
봉평면	4,720	5,162	5,613
용평면	3,215	3,085	3,080
진부면	10,857	10,312	9,892
대관령면	6,430	6,316	6,030
합계	47,190	45,223	43,939

자료: 국가통계포털, (http://www.kosis.kr)

○ 평창군의 자동차 보유대수는 2010년이 가장 많으며 그 중 승용차가 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 2006년부터 2010년까지 승용차와 승합차의 보유대수는 증가하였으나 증가율은 점차 감소하고 있는 추세임

<표 74> 평창군 연도별 · 차종별 자동차 보유대수

(단위: 대)

구분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
승용차	1,0303	1,0810	1,1704	1,2137	1,2330
승합차	1,512	1,460	1,467	1,429	1,333
화물차	6,713	6,753	6,717	6,776	6,834
특수차	34	34	28	33	39
이륜차	1,797	1,811	1,824	1,830	1,798
합계	20,359	20,868	21,740	22,205	22,334

주: 합계는 이륜자동차를 미포함한 수치임
자료: 평창군, 제50회 평창군 통계연보, 2010

○ 평창군의 총 관광객 수는 2006년이 가장 많으며 점차 감소하는 추세를 보이고 있으나 외국인 관광객 수는 증가하는 것으로 나타남

<표 75> 평창군 연도별 관광객수

(단위: 명)

구분		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
집계관광지수		25	28	29	22	22
방문객수	내국인	8,047,509	7,129,304	7,303,426	6,502,322	6,848,903
	외국인	130,082	151,291	180,025	402,800	293,978
	합계	8,177,591	7,280,595	7,483,451	6,905,122	7,142,881

자료: 평창군, Happy 700 평창통계 (http://stat.happy700.or.kr/)

○ 2018 평창 동계올림픽의 주경기장인 강원도 평창 알펜시아 리조트 인근 지역의 사회·경제적 환경을 분석한 결과 인구, 자동차 보유대수 증가율, 관광객 수가 점차 감소하고 있는 추세로 올림픽을 위한 신규 도로건설은 사후 장래 통행 수요가 매우 비관적이므로 경제적 손실을 가져올 수 있을 것으로 판단됨

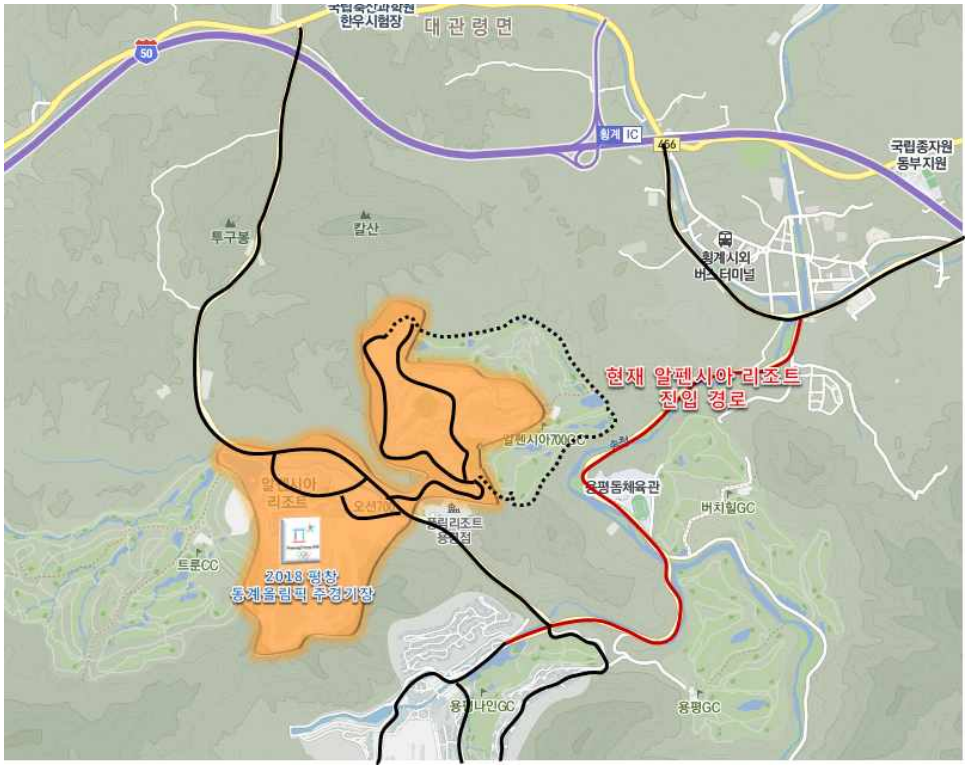
4) 주변 교통현황

○ 동계올림픽 개최지이자 주경기장인 강원도 평창군 알펜시아 리조트 주변 교통현황은 동서축의 대표 고속국도인 영동고속국도가 근접하게 위치하고 있으나 일반도로 등급의 도로가 위치하고 있지 않아(지방도 454호선 위치) 행사 시 통행이 영동고속국도로 집중될 것으로 예상됨



(그림 136) 강원도 평창군 주변 교통현황

○ 본 기획연구의 경제적 타당성 분석 대상 도로는 일반도로의 등급이 아닌 집산도로를 대상으로 하기 때문에 알펜시아 리조트 소유의 도로를 포함하여 주변 교통현황을 파악하였음



(그림 137) 알펜시아 리조트 주변 교통현황

- 현재 영동고속국도를 이용하여 알펜시아 리조트 방문 시 횡계IC에서 진출하여 횡계마을을 지나서 진입하는 경로(3.8km)로 우회하는 거리가 존재함

- 알펜시아 리조트 진입 도로는 왕복 4차선으로 구성되어 있으며 알펜시아 리조트의 내부순환도로는 왕복 2차선으로 구성되어 있음

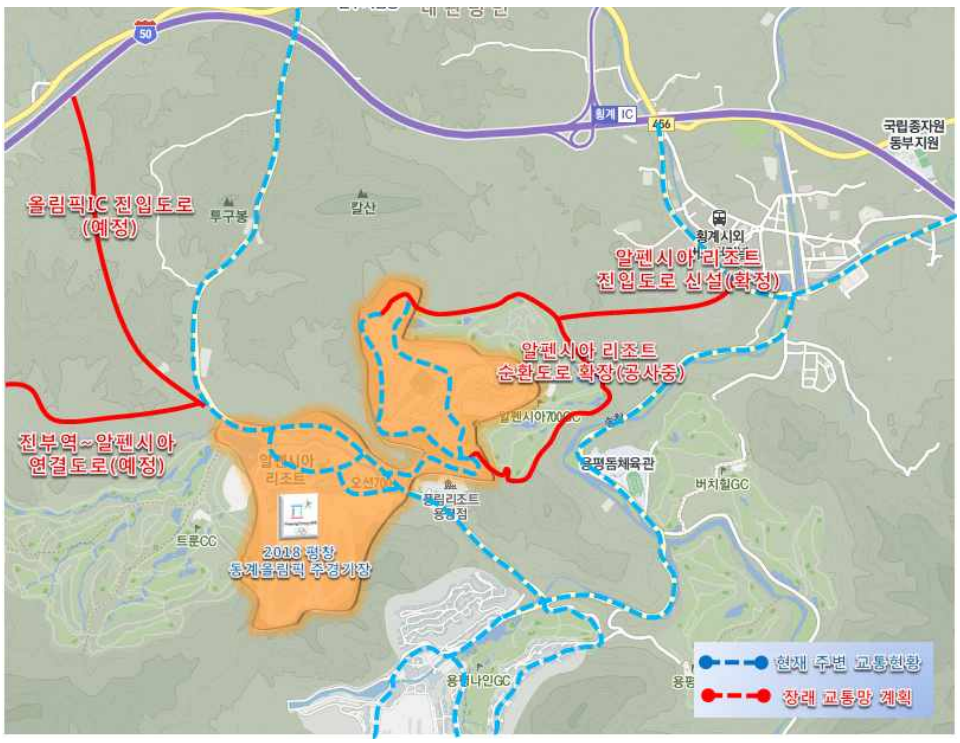
○ 장래 강원도 평창군의 교통망 계획을 살펴보면 2018 평창 동계올림픽 특별법 제정으로 인하여 예비타당성조사 면제 혜택을 받은 원주~평창~강릉 복선전철 건설(120.3km)이 현재 공사중이며 동계올림픽 조직위원회에서 초기 계획하였던 영동고속국도 올림픽IC 건설 및 진입도로 건설, 진부역~알펜시아 리조트 간 연결도로 건설이 있음

– 올림픽IC 및 진입도로 건설은 현재 재정적인 문제와 경제성을 고려하여 실현가능성은 희박한 실정이며 진부역~알펜시아 리조트 간 연결도로의 경우 노선 설계 및 지자체 간의 갈등으로 협의가 늦어지고 있음



(그림 138) 강원도 평창군 장래 교통망 계획

○ 장래 알펜시아 리조트의 교통망 계획을 살펴보면 알펜시아 리조트 내부순환도로의 일부 신설 및 확장(왕복 4차로) 공사 중이며 기존 우회하여 진입하던 알펜시아 리조트 진입도로를 대신하여 선수촌을 경유하는 최단경로의 진입도로(1.1km)가 신설 계획에 있음



(그림 139) 알펜시아 리조트 주변 장래 교통망 계획

– 진부역~알펜시아 간 연결도로의 접속부는 아직 미확정 상태이며 대중교통 접근이 열악하였던 알펜시아 리조트의 교통 여건상 조직위원회와 강원도는 진부역 간의 연결을 적극적으로 추진하고 있는 상황이며 알펜시아 리조트 진입도로 신설은 확정된 상태임

(다) 이용자수 추정[12)]

1) 노선대안 설정

○ 레고형 철도의 분석대상지로 선정된 2018 평창동계올림픽의 개최 시 이용자수 추정을 위한 공간적 범위는 알펜시아 용평리조트지구 인근지역이며, 이를 대상으로 레고형 철도의 경제성을 분석하기 위하여 다음과 같이 비교 대안을 설정함

– 비교대안은 도로를 신설하여 셔틀버스를 운행하는 대안과 레고형 철도를 설치 및 운영하는 대안으로 설정하였음

<표 76> 교통수요 추정을 위한 대안 설정

구분		시설	수단
셔틀버스 운영시		도로	셔틀버스
레고형 철도 운영시	대안Ⅰ	레고형철도 인프라	레고형철도 차량
	대안Ⅱ		
	대안Ⅲ		

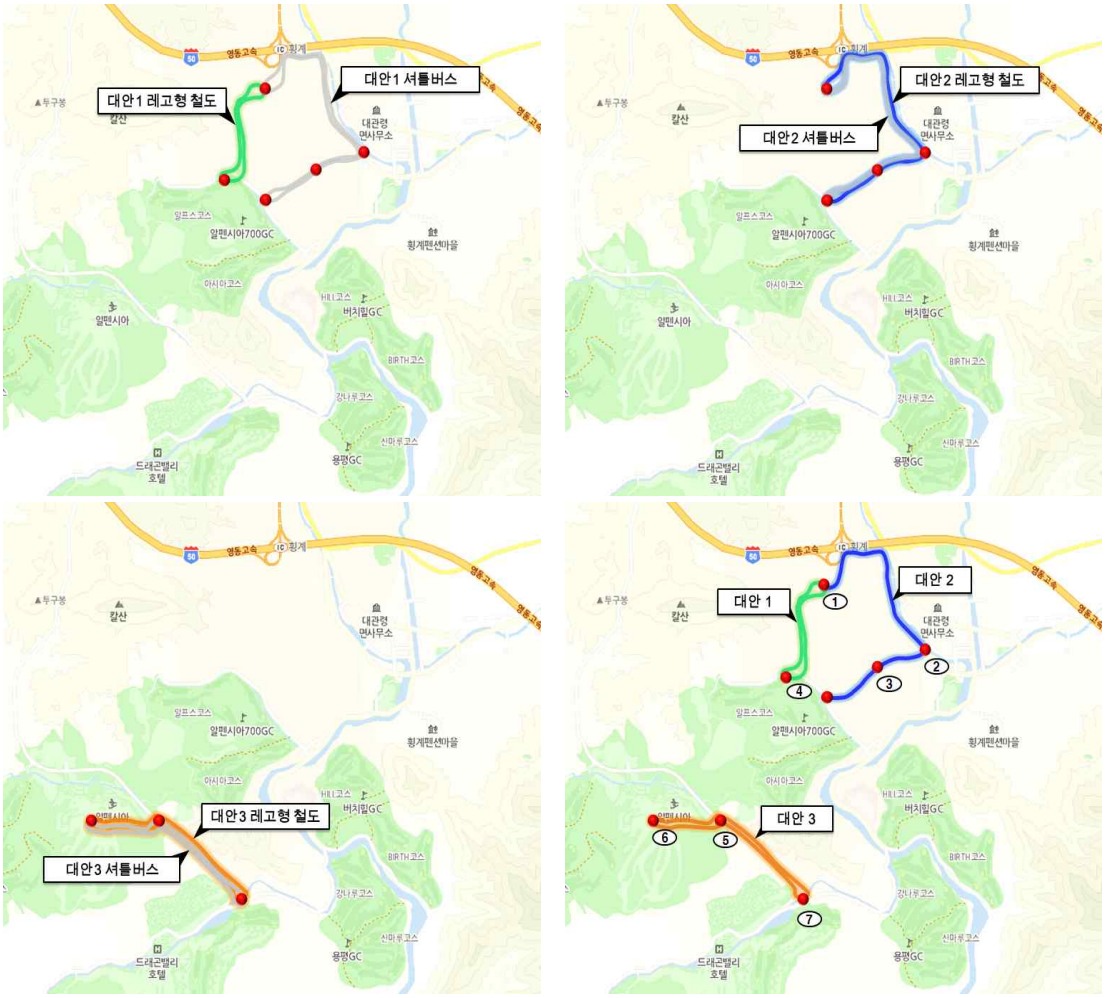
○ 레고형 철도의 노선은 대안Ⅰ, 대안Ⅱ, 대안Ⅲ으로 설정하여 분석하였으며, 레고형 철도 운영 시 대안Ⅰ(횡계IC주차장 - 알펜시아경기장)구간은 산악지형으로 도로건설 및 셔틀버스 운영이 어려움. 따라서, 셔틀버스 운영 시 대안Ⅰ과 대안Ⅱ의 노선은 레고형철도의 대안Ⅱ와 동일하며, 각 대안별 노선 설정은 다음과 같음

<표 77> 이용자수 추정을 위한 대안 기초제원

수단	대안	운행노선	운행거리	정거장 수
셔틀버스	대안Ⅰ	횡계IC주차장 ↔ 횡계마을 ↔ 선수촌 ↔ 알펜시아 경기장	7.0km	4개
	대안Ⅱ			
	대안Ⅲ	알펜시아 리조트 ↔ 알펜시아 경기장 ↔ 올림픽 가족호텔	3.4km	3개
레고형 철도	대안Ⅰ	횡계IC주차장 ↔ 알펜시아 경기장	2.2km	2개
	대안Ⅱ	횡계IC주차장 ↔ 횡계마을 ↔ 선수촌 ↔ 알펜시아 경기장	7.0km	4개
	대안Ⅲ	알펜시아 리조트 ↔ 알펜시아 경기장 ↔ 올림픽 가족호텔	3.4km	3개

12) 본 기획연구의 경제적 타당성 분석을 위한 이용자수 추정을 위하여 2018 평창 동계올림픽 조직위원회에서 제공한 예상 방문객(선수단, 스탭, 기자단, 관람객) 수와 숙박지 분포 및 규모 등을 분석함

- 대안Ⅰ은 영동고속도로를 통해 횡계IC로 진입하는 관광객을 최단거리로 알펜시아 경기장으로 수송함
- 대안Ⅱ의 노선은 대안Ⅰ의 산악지형을 피해 횡계마을과 선수촌의 이동수요를 수용하여 알펜시아 경기장으로 수송함
- 대안Ⅲ의 노선은 알펜시아 올림픽 리조트, 올림픽 가족호텔 및 경기장을 연결하여 셔틀버스의 노선을 최소화하고 주요 숙박시설을 연결함



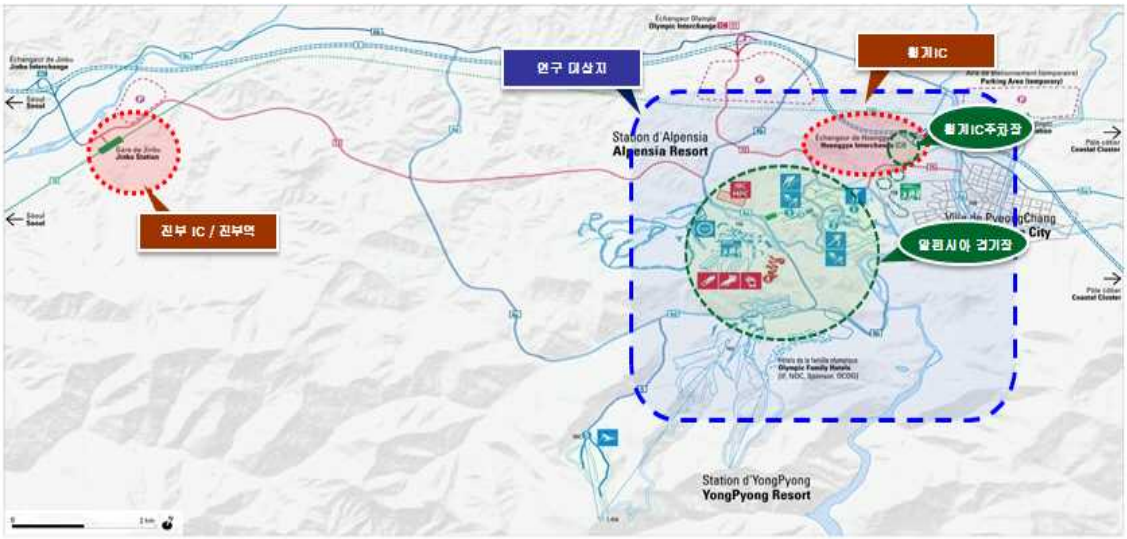
(그림 140) 연구의 공간적 범위

2) 시나리오 설정

○ 버스를 이용하여 대상지역으로 접근하는 관광객은 횡계IC와 진부IC에서 환승하여 셔틀버스를 이용해 알펜시아 경기장으로 진입할 계획임

○ 본 기획연구의 경제적 타당성 분석은 버스를 이용하여 접근하는 관광객의 진부IC 이용여부에 따라 시나리오를 설정함

- 시나리오1은 버스를 이용하여 접근하는 관광객이 횡계IC와 진부IC를 통해 진입함
- 시나리오2는 버스를 이용하는 접근하는 관광객이 모두 횡계IC로 진입하는 것으로 설정함



(그림 141) 연구대상지역 및 진입 IC

<표 78> 시나리오 구분 내역

대안	시나리오	진입 수요 구분(버스)	운행노선
대안 I	시나리오1	횡계IC+진부IC	횡계IC주차장 – 알펜시아 경기장
대안 II			횡계IC주차장 - 횡계마을- 선수촌 - 알펜시아 경기장
대안 III			알펜시아리조트 - 알펜시아 경기장 - 올림픽 가족호텔
대안 I	시나리오2	횡계IC	횡계IC주차장 – 알펜시아 경기장
대안 II			횡계IC주차장 - 횡계마을- 선수촌 - 알펜시아 경기장
대안 III			알펜시아리조트- 알펜시아 경기장 - 올림픽 가족호텔

3) 대안별 기초제원 설정

○ 이용자수 추정을 위한 대안별 기초제원은 대상지의 특성을 고려하여 설정함. 대안 중 셔틀버스는 45인 대형버스를 기준으로 하고 레고형 철도는 모노레일 및 무인궤도차(이하 PRT)와 같은 경전철을 기준으로 함

- 평창동계올림픽 기간 중 수단별 운행시간은 『2014 소치동계올림픽』의 경기일정(09시~23시)과 경기 전·후 준비시간 및 경기관계자 이동시간을 고려하여 06시부터 24시까지(18시간)로 가정함

- 대안별 최대 승차인원은 셔틀버스의 경우 45인/대이며 레고형 철도는 1량당 15인을 수용하고 4량에서 6량까지 편성이 가능한 것으로 가정함
  · 레고형 철도는 차량 간 연결이 가능하여 첨두시와 비첨두시를 구분하여 4량에서 6량까지 탄력적인 차량 운행이 가능함

- 셔틀버스 및 레고형 철도의 최고속도는 연구대상지역의 기후상태와 산악지형인 점을 고려하여 설계속도의 절반을 적용함
  · 셔틀버스의 최고속도는 다음과 같이 보조간선도로의 지방지역 산지 설계속도인 50km/h의 절반인 25km/h로 설정함
  · 레고형 철도는 확정된 제원이 없으며, 조립식인 점을 고려하여 최고속도를 모노레일 및 PRT와 같은 경전철의 설계속도 60km/h의 절반인 30km/h로 설정함

<표 79> 도로의 기능별 설계속도

도로의 기능별 구분		설계속도(km/h)		
		지방지역		도시지역
		평지	산지	
고속도로		120	100	100
일반도로	주간선도로	80	60	80
	보조간선도로	70	50	60
	집산도로	60	40	50
	국지도로	50	40	40

자료: 국토해양부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙, 2009

○ 대안별 기초제원을 정리한 결과 운행거리, 승차인원 및 속도 등은 다음과 같음

<표 80> 대안노선별 기초제원 설정

구분	셔틀버스			레고형 철도		
	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ
운행거리(km)	7.0		3.4	2.2	7.0	3.4
일평균 운행시간(시간)	18			18		
최대 승차인원	45인/대			15인/량 (4량~6량 편성)		
최대 승하차시간(분)	3.75			0.75		
가감속도(m/s^2)	0.5			0.5		
최고속도(km/h)	25			30		
순 통행시간(분)	18.2		9.1	4.9	15.7	8.1
총 통행시간(분)	22.0		12.8	5.6	16.4	8.8
표정속도(km/h)	19.1		15.9	23.0	25.6	23.2
평균속도(km/h)	23.1		22.4	26.6	26.8	25.3

자료: 국토해양부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙, 2009
김지영, 교통약자를 위한 저상버스도입의 효과에 대한 연구, 2008
심재귀·이상수, 신호교차로에서 버스와 승용차의 발진가속도 측정, 2009

- 셔틀버스에 탑승한 관광객의 승차 및 하차는 역별 1회씩 발생함. 45인으로 가정한 셔틀버스의 승차 및 하차시간은 『교통약자를 위한 저상버스도입의 효과에 대한 연구』(김지영, 2008)에서 제시한 수치(승차: 3초/인, 하차: 2초/인)를 적용함

- 셔틀버스의 순통행시간은 가감속도를 고려하여 산정하며, 가감속도는 『신호교차로에서 버스와 승용차의 발진가속도 측정』(심재귀 · 이상수, 2009)에서 제시한 수치($1m/s^2$)에 대상지의 지형적 특성을 고려하여 $0.5m/s^2$으로 설정함

- 셔틀버스의 총통행시간은 대안별 운행거리와 승차시간 및 하차시간과 순통행시간의 합으로 산정함

- 레고형 철도의 승차 및 하차는 출발지와 목적지에서 각각 1회씩 발생함.

레고형 철도의 출입구는 셔틀버스에 비해 넓고 계단이 없기 때문에 이용객의 승차 및 하차가 셔틀버스보다 더 신속하게 일어남

- 레고형 철도의 1인당 승하차시간은 셔틀버스의 승차시간(3초/인)의 절반인 1.5초/인으로 설정함

- 레고형 철도의 가감속도는 대구 3호선 모노레일의 가감속도($1m/s^2$)에 대상지가 산지인 점을 고려하여 $0.5m/s^2$으로 설정함

4) 이용자수 추정

○ 대안별 이용자수는 평창동계올림픽의 예상 관광객 수를 이용하여 추정함. 평창동계올림픽 기간 중 알펜시아 용평리조트지구의 경기장별 예상 관광객 수는 다음과 같으며 경기장별 예상 관광객 수는 일일 총 관광객 수 및 일일 총 행사인원으로 구분됨

- 대상지의 교통수요 추정은 알펜시아 용평리조트지구의 일평균 관광객 수 외 일일 총 행사인원을 기준으로 하며 약 83,306명임

<표 81> 평창동계올림픽 알펜시아 용평리조트지구의 경기장별 예상 관광객 수

(단위: 인)

경기장	경기/종목	일일 총 관광객	일일 총 행사인원
알펜시아 바이애슬론 센타	바이애슬론	19,125	2,505
알펜시아 스키점프 경기장	스키점프	17,901	2,345
알펜시아 노르딕 센타	크로스컨트리	13,600	1,781
알펜시아 슬라이딩 센타	루지봅슬레이스켈레톤	6,981	914
용평 알파인 경기장	알파인 · 테크니컬	13,770	1,804
선수촌		-	2,580
합계		71,377	11,929
		83,306	

자료: 평창동계올림픽 조직위원회 자료, 내부자료

○ 알펜시아 리조트로 유입되는 관광객은 진부역 및 진부IC(대중교통 이용)와 횡계IC(자가승용차 및 대형버스 이용)의 임시 환승주차장을 이용하여 올림픽 경기장 지구로 접근할 수 있는 시나리오를 설정하였음

- 진부IC에서 접근하는 관광객은 셔틀버스를 이용하여 경기장으로 접근하므로 본 연구의 범위에서 제외함. 승용차와 항공수단(양양공항 이용자)의 경우 횡계IC로 접근하나, 버스를 이용하는 관광객은 진부IC와 횡계IC 모두 접근이 가능하므로 시나리오를 설정하여 분석함

  · 시나리오1에서 승용차 및 항공 수단을 이용하는 관광객은 횡계IC를 통해 올림픽 지구로 유입되고 철도 및 버스를 이용하는 관광객은 진부IC에서 셔틀버스를 이용해 경기장으로 접근함

  · 버스를 이용해서 올림픽 경기장으로 접근하는 관광객은 횡계IC와 진부IC를 선택적으로 이용할 수 있으므로 시나리오2는 지역 간 버스로 접근하는 관광객은 횡계IC로 바로 오는 것으로 가정하여 시나리오를 설정함

- 횡계IC와 진부IC로 접근하는 각 수단의 접근 통행수단비율은 『2012 여수세계박람회 교통대책』(2012 여수 세계박람회 조직위원회, 2012)의 자료를 활용함

<표 82> 분석대상지 시나리오별 접근수단

구분	횡계IC 접근 교통수단	진부IC 접근 교통수단
시나리오1	승용차, 항공, 버스	철도, 버스
시나리오2	승용차, 항공, 버스	철도

○ 셔틀버스 및 레고형 철도는 횡계IC 환승주차장에서 알펜시아 용평리조트지구로 진입 및 진출하고자 하는 통행수요 및 대상지역 내에서 이동하고자 하는 통행수요를 모두 수용하는 것으로 가정함

○ 셔틀버스 및 레고형 철도의 운행시간은 『2014 소치동계올림픽』 기준으로 06시부터 24시까지로 가정함. 오전첨두시는 06시부터 12시, 오후 첨두시는 18시부터 24시, 비첨두시는 12시부터 18시로 가정함

○ 이용자수 추정 결과 시나리오 1의 이용자수는 06시~12시 59,850인 12시~18시 30,412인, 18시~24시 61,799인으로 분석되었으며, 시나리오 2의 이용자수는 06시~12시 63,733인 12시~18시 32,454인, 18시~24시 66,030인으로 분석되었음

<표 83> 시나리오 시간별 이용자수 추정 결과

(단위: 인)

구분	시나리오1	시나리오2
06시~12시	59,850	63,733
12시~18시	30,412	32,454
18시~24시	61,799	66,030

○ 시나리오 시간별 이용자수 추정 결과를 이용하여 대안별 버스 소요대수 및 레고형 철도의 편성수를 산정하였음

- 대안별 소요 대수 및 편성수는 관광객이 집중되는 시간의 이용수요와 배차간격을 고려하여 산정함. 레고형 철도의 회차 소요시간은 모노레일의 기초제원의 승하차시간과 동일하기 때문에 없는 것으로 설정함

○ 시나리오별 대안별 소요대수 및 편성수는 관광객이 집중되는 시간대의 이용수요를 모두 수용하는 것으로 가정하여 산정하고 셔틀버스 소요대수의 약 10%와 레고형 철도 1편성을 예비 차량으로 추가하여 산정함

<표 84> 시나리오별 · 대안별 · 시간대별 소요대수 및 편성 수에 따른 배차간격

대안	시간	시나리오1				시나리오2			
		셔틀버스		레고형 철도		셔틀버스		레고형 철도	
		소요 대수	배차 간격 (분)	소요 편성수	배차 간격 (분)	소요 대수	배차 간격 (분)	소요 편성수	배차 간격 (분)
Ⅰ	06시 ~ 12시	32	0.8	4	2.4	37	0.7	4	2.0
	12시 ~ 18시	13	2.0	2	7.1	14	1.8	2	5.9
	18시 ~ 24시	37	0.7	3	3.0	42	0.6	4	2.5
Ⅱ	06시 ~ 12시	32	0.8	12	1.5	37	0.7	14	1.3
	12시 ~ 18시	13	2.0	6	4.0	14	1.8	6	3.5
	18시 ~ 24시	37	0.7	14	1.3	42	0.6	16	1.2
Ⅲ	06시 ~ 12시	20	0.7	8	1.4	20	0.7	8	1.4
	12시 ~ 18시	7	2.1	4	4.3	7	2.1	4	4.3
	18시 ~ 24시	20	0.7	8	1.4	20	0.7	8	1.4

5) 비용 분석[13)]

① 셔틀버스 운영 시 비용

○ 셔틀버스 운영의 개략적인 비용 산정은 『도로·철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』(한국개발연구원, 2008)에서 제시한 일반국도 건설시 시설 연장별 표준단가를 고려함

- 셔틀버스 운영은 각 대안노선에 2차로 도로를 신설하여 셔틀버스를 운행하는 것으로 가정함

- 도로신설에 대한 개략적인 비용은 4차로의 일반국도 건설시 토공 및 기타 비용(109억원/km)의 2/3를 고려하여 건설업 Deflator를 적용함. 그 결과 2차로 도로 건설비용은 km당 약 91억원으로 가정하였으며, 토공 및 기타 비용은 일반국도 대상지의 용지보상비가 포함된 금액으로 다음과 같음

<표 85> 일반국도 건설시 시설 연장별 표준단가(2011년 기준)

구분	차로수	토공 및 기타	교량	터널
도시부 (국대도, 신설)	2	91억원/km	365억원/km	215억원/km

주: 건설업 Deflator를 적용하여 2011년 기준으로 보정함
공종별 평균단가는 05년~07년 공사발주된 국도사업의 설계단가를 토대로 산출함
공종별 표준단가에는 현수교, 사장교, 하저터널 등 특수구조물, 연약지반이 과다한 경우 등이 제외되어 있으며 특수구조물, 연약지반 과다지역 등에서는 실제 공사비가 증가할 수 있음
제잡비 및 VAT포함
자료: 국토해양부, 도로업무편람, 2008

· 연도별 건설업 Deflator는 다음 표와 같음

<표 86> 비용 보정 지수

연도	비용	
2005	100.0	-
2006	103.0	-
2007	107.9	100.0
2008	120.2	111.4
2009	122.3	113.3
2010	127.1	117.8
2011	134.7	124.8

자료: 한국은행, 한국은행 경제통계시스템 (http://ecos.bok.or.kr/)

13) 본 기획연구의 경제적 타당성 분석을 위하여 개략적인 비용을 산정하였음

○ 셔틀버스의 사업비용 추정은 차량구입비용 및 운영비를 고려하여 다음과 같이 산정함

– 셔틀버스의 차량구입비는 1대당 약 1억1,400만원이며 내구연한을 10년으로 가정함. 셔틀버스는 내구연한 10년 중 행사기간 27일만 사용하는 것으로 총 구입비에서 잔존가치를 차감한 가격을 적용하여 산정함

· 셔틀버스의 운영 시 대안Ⅰ과 대안Ⅱ는 1.1km구간의 도로건설이 필요하며 도로건설비용은 약 100억원으로 산출됨

· 유지관리비용은 평창 동계올림픽 기간(27일)동안 셔틀버스의 통행으로 발생하는 시설유지보수비용과 관제시스템운영비용을 합하여 산정함

<표 87> 시나리오별 · 대안별 셔틀버스 사업비용 추정결과

(단위: 천원)

구분	시나리오1			시나리오2		
	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ
차량구입비	31,202		16,866	35,418		16,866
도로건설비	10,010,000		0	10,010,000		0
도로유지관리비	15,552		7,563	15,552		7,563
셔틀버스 비용	10,056,753		24,428	10,060,970		24,428

② 레고형 철도 운영 시 사업비용 추산

○ 레고형 철도운영은 대상지 대안별 분석기간 동안 레고형 철도를 운영하는 것으로 가정하였으며 비용 추정에 있어 상용화 된 기술이 아니므로 시장 가격 등을 활용하여 비용 추정의 신뢰성 및 근거자료를 확보하였음

– 레고형 철도의 사업비용은 시스템 획득, 운영, 계획수립 · 지반조사, 구축

및 해체 비용을 고려하여 산출함

<표 88> 조립식 모듈형 철도시스템 비용 추계 결과

구분	내역	세부내역	단가(원)	수량	단위	가격(천원)	비고
시스템(1km)	주행로	입체형 모듈 50%	30,000,000	167	개	5,010,000	
		평면형 모듈 50%	340,000	1,667	개	566,780	
	건물	건축물(HQ, 승강장)	500,000,000	1	식	500,000	
	차량	차량	30,000,000	1	량	720,000	
	기타모듈	제어/통신/급전모듈	300,000,000	1	식	300,000	
	소계					7,097,000	
공사비(1km)	조사 및 설계		182,600,000	1	식	182,600	
	토지임대		5,000	10,000	m2	100,000	
	구축비	백호우	62,341	92	시간	5,760	
		불도저(19Ton)	90,173	92	시간	8,332	
		매캐덤 롤러	48,389	92	시간	4,471	
		점검차(크레인)	59,178	92	시간	5,468	
		기타	40,000	5,000	m2	200,000	
		인건비 (작업반장)	105,174	9.9	인	1,041	
		인건비 (보통인부)	83,975	39.6	인	3,325	
		부대비	68,519,435	1	식	68,519	
	해체비			1	식	197,945	
	수송비		200,000	50	대	10,000	
	소계					787,449	
운영비(1일)	동력비	전력사용비	5000		원	2,160	
		제경비	500			216	
	유지관리비	인건비 (작업반장)	105,174	5.0	인	158	
		인건비 (운영요원)	105,174	39.6	인	1,262	
	잡경비	기타경비				284	
	소계					4,079	
운영 외 비용	보관비용		3,000,000	1	개월	3,000	

○ 시스템 획득비

· 시스템 제작 또는 구매를 위한 초기비용으로서, 사용연한 20년 간 반복적으로 재사용이 가능한 하드웨어를 의미. 1km 복선구간 구축을 전제로 함

– 주행로: 차량 주행용 노반을 구성하기 위한 단위 모듈로서, 본 분석에는 입체형 모듈과 평면형 2가지 형태의 모듈을 각각 50% 비율로 구성함을 전제함

– 입체형 주행로 모듈: 6000*2400mm 규격의 상판과 높이조절이 가능한 다리로 구성된 교량형태의 모듈을 전제하였으며, steel 소재와 일부 복합재 사용을 근거로 개략 추산

– 평면형 주행로 모듈: 단위면적과 비용은 시중의 복합재 복공판 규격 2000*750mm와 단가를 참고로 산정

– 모듈형 건물: 승하차를 위한 플랫폼 3개소, 운영센터 1개소 구축을 전제로, 조립식 건축물 단가를 참고하여 개략 추산

– 모듈형 차량: 레고형 철도는 전용차량 운행을 하거나 일반 도로차량 주행을 전제로 인프라만 활용 가능하며, 또한 전용차량 역시 연결량 수 및 소요편성 수도 수요에 따라 다양한 규모로 구성 가능함. 본 분석에서는 표정속도 20km/h, 최소시격 30초를 전제로 총 6량 4편성 운행을 가정하여 비용 추산함. 차량 단가는 상용화된 배터리 동력(Ni계열 고효율 배터리) 전기차량의 가격을 참고로 개략 추산함

– 기타: 전력, 신호, 통신 등 레고형 철도시스템 운용에 필수적으로 소요되는 기능성 모듈

· 전력: 등화류, 신호·통신 등에 요구되는 전력의 급전 시스템으로 비용 개략 추산

· 신호·통신: 기술개발 중인 LTE-R 시스템 비용 참고하여 추산

○ 공사비

· 시스템 획득비가 일반적 철도 구축사업에서 자재 및 시스템 비용에 해당한다면 레고형 철도의 공사비는 이를 제외한 구축 및 해체에 소요되는 비용으로 재사용시마다 수반되는 비용

– 지반조사 및 설계: 지반조사비용은 편차가 심하므로 과거 경험치(표 ooo)를 참고로 추산한 조사비용의 200%를 적용하였으며, 설계비용은 총 구축 · 해체 비용의 10%를 적용함

– 지반조사비: 쌓기부(일반토공부)와 교량부로 구분하여 적용. 일반구간에서 토공부는 핸드오거보오링 단가를 적용. 교량구간은 기본적으로 시추조사가 원칙이고 적용수량은 교각 당 1개소가 기준이나 하중규모가 상이한 레고형 철도에 대한 설계기준이 미설정된 상태이므로 20m에 1공 설치를 가정함

<표 89> 조립식 모듈형 철도시스템 공사비용 추계 결과

구분	단가(원)	공수(개)	연장(m)	금액(원)	비고
쌓기부	50,000	2	5	500,000	총 200m
교량부	150,000	40	10	60,000,000	총 800m
소계	200,000	42	15	60,500,000	
험비	–	–	–	6,050,000	소계의 10%
계				66,550,000	

※ 직접기초연직지지력 지침서 중 확대기초의 지지력 경험치(구조물기초 설계기준, 1997, p136)의 내용을 참고하면 지지층의 토질상태가 불량한 상태라 해도 15~20ton/m2의 지지능력이 있으므로 레고형 철도의 상부구조물 적용이 가능함. 연약지반층에 기초가 설치되는 경우에는 다소 복잡한데, 일반적으로 연약지반에 설치되는 경우 지반조사의 데이터로 침하량을 산정하여 10cm 이하로 지반개량(치환, 고압밀처리 등)을 하여야 함. 그러나, 레고형 철도와 같은 단기간(2~3개월) 공사는 새로운 설계기준의 수립이 필요함

– 설계비: 현장조사, 최적노선 선정, 운용계획 수립, 토목건설팅 비용 포함

– 토지임대비: 도로 건설 시 부지 임대료 현황을 참조하여 공시지가의 년 10%로 계상

– 구축비: 구축비는 재료비를 제외한 장비임대료와 인건비, 부대비로 구성

– 장비임대료: 2013년 도로공사용 중기단가를 참조하여 추산하였으며, 시공기간 단축을 위해 노선 양단에서 구축함을 가정. 레고형 철도의 km당 비용 산정을 위해 300m/일(3.3일/km) 적용. 긴급

공사 감안하여 1일 8시간 주간작업 및 4시간 야간작업(할증 50%) 적용

· 백호우: 설치지역 토공작업 및 모듈의 조립을 위해 1개소에 0.7m^3 백호우 2대 소요 가정, 양단(2개소)에서 공사를 가정하여 총 4대 계상

· 불도저: 설치지역 평탄작업을 위해 1개소에 19톤 불도저 1대 소요, 총 2대 계상

· 롤러: 지반 다짐을 위해 1개소에 10~12톤의 자주식 매캐덤 롤러 1대 소요, 총 2대 계상

· 점검차: 설치 및 조립 시 인력이 요구되는 작업 등 기타 작업을 위해 1개소에 크레인 1대 소요, 총 2대 계상

· 기타: 플레이트형 모듈 이송 및 설치, 모듈형 건축물 축조, 기타 자재 운반 및 설치 등을 위한 기타 비용으로, 교량용 프리캐스트 바닥판의 운반 및 설치의 단위면적 당 단가와 레고형 철도 공사면적을 근거로 계상

· 인건비: 1개 조를 기술자(작업반장) 1인 및 작업인부 4인으로 구성하며, 2013년 하반기 노임단가를 기준으로 계상. 양단(2개소) 공사를 가정하여 2조로 편성

· 부대비: 기존 사례가 없는 레고형 철도의 구축비 편차를 반영하기 위해 건설장비 임대료 및 인건비 총합의 30%를 부대비로 계상

– 해체비: 해체비용은 총 구축비용의 2/3으로 추산

– 모듈 수송비용: 레고형 철도 모듈의 보관장소에서 구축현장까지의 수송비용(편도)을 의미하며, 40ft 컨테이너 수송을 위한 트랙터 트레일러 운임을 기준으로 하며 1km 구축 시 50기 컨테이너 소요 가정

○ 운영비

· 운영비는 레고형 철도시스템 구축 이후부터 해체 이전까지 시스템 운용에 소요되는 비용으로 6량 4편성의 차량으로 1일 운행(18시간/일) 기준으로 추산

– 동력비: 차량 배터리 충전, 각종 등화류, 신호·통신 등 각종 전력사용량을 사용시간 기준으로 추산

– 제경비: 동력비의 10% 계상

- 인건비: 1인의 기술자와 8인의 운영요원으로 구성하며, 주간 8시간, 야간 4시간(할증 50%) 근무를 전제로 2013년 하반기 노임단가를 기준으로 계상
- 기타경비: 인건비의 20% 계상

○ 운영 외 비용

- 보관비용: CY(Container Yard) 장치비 기준으로 1개월 단위로 계상

○ 레고형 철도의 시스템 획득비용은 경제성 분석 시 총 사용일수(시스템 구축·해체기간 및 행사기간)에 대하여 내구연한(40년)을 고려하여 잔존가치를 차감한 가격을 적용함

○ 레고형 철도의 운영비용은 본선, 차량기지 및 정거장의 동력비와 제경비를 고려하여 산정함

· 레고형 철도의 운영에 필요한 인력의 임금은 『건설업 임금실태 조사 보고서』(대한건설협회, 2013)를 고려하여 적용함

· 토지임대비용은 사업대상지의 대부분이 산악지형이므로 잠재가격이 미비할 것으로 추정되고 사업시행 후 토지의 재사용이 가능하여 잔존가치가 남아있으므로 제외함

<표 90> 시나리오별·대안별 레고형 철도 사업비용 추정결과

(단위: 천원)

구분	시나리오1			시나리오2		
	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ
시스템획득비	16,433	77,963	28,958	16,433	77,963	28,958
구축비용	638,373	2,078,423	1,009,520	638,373	2,078,423	1,009,520
해체비용	425,582	1,385,615	673,013	425,582	1,385,615	673,013
지반조사비	207,710	207,710	207,710	207,710	207,710	207,710
모듈수송비	9,600	33,600	19,200	9,600	38,400	19,200
차량구입비	3,452	17,605	7,693	3,452	20,121	7,693
운영비	2,376	8,316	4,752	2,376	9,504	4,752
유지관리비	151,810	151,810	151,810	151,810	151,810	151,810
레고형 철도 비용	1,455,336	3,961,043	2,102,656	1,455,336	3,969,546	2,102,656

③ 비용 분석

○ 2018년 평창 동계올림픽을 대상으로 셔틀버스 운영과 레고형 철도 운영 시 비용 분석 결과 셔틀버스 운영의 시나리오 대안별 비용은 100억원으로 분석되었으며 레고형 철도 운영의 시나리오 대안별 비용은 14억~29억 수준으로 분석되어 레고형 철도 운영 시 셔틀버스 운영보다 훨씬 경제적으로 유리한 것으로 분석되었음

- 대안 3의 경우 셔틀버스 운영 시 신규도로건설 없이 셔틀버스 운행비용만 계상되므로 셔틀버스 이용이 경제적으로 유리함. 이는 일시적인 집중 통행 수요를 해결하기 위하여 새로운 용량 창출을 위한 신규도로건설보다 임시적인 용량 창출 효과 및 교통수단인 조립식 모듈형 철도시스템을 활용하는 것이 경제적으로 유리하다고 판단됨

<표 91> 시나리오별 · 대안별 사업비용 추정결과 비교

(단위: 천원)

구분	시나리오1			시나리오2		
	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ
셔틀버스 (A)	10,056,753	10,056,753	24,428	10,060,970	10,060,970	24,428
레고형 철도(B)	1,455,336	3,961,043	2,102,656	1,455,336	3,969,546	2,102,656
차이 (A-B)	8,601,417	6,095,710	-2,078,228	8,605,634	6,091,424	-2,078,228

(4) 이벤트 이후 편익 대비 도로유지보수비용 분석

○ 2018 평창 동계올림픽 개최로 인해 발생하는 일시적인 교통수요를 수용하기 위하여 현재 조직위원회 및 강원도에서 신설 계획 중인 도로구간(1.1km)에 대하여 평창 동계올림픽 종료 후 신선도로의 편익 대비 도로유지보수비용을 비교하여 도로건설의 타당성을 분석하였음



(그림 142) 평창 동계올림픽 신설도로 예정구간

○ 평창 동계올림픽 종료 후 알펜시아 리조트 지구를 방문하는 관광객 수는 분석대상지역의 2011년도 관광객 수를 이용하여 추정함

<표 92> 알펜시아 리조트 지구 방문 관광객 수(2011)

(단위: 인/년)

구분	관광객 수
내국인	772,142
외국인	77,481
계	849,623

자료: 관광객통계, 관광지식정보시스템 (http://www.tour.go.kr/)

○ 차종별 평균재차인원 및 관광통행 수단별 분포를 이용하여 기존도로와 신설도로의 수단별 교통량을 산출하였음

- 관광통행 수단별 분포의 항공기, 전세/관광버스. 고속/시외버스는 대상지역내 버스이용 관광객으로 고려하며, 철도 이용 관광객은 진부IC를 이용하여 대상지로 접근하는 것으로 전제함

- 신설도로와 기존도로의 교통량 분담률은 50:50으로 전제하고, 설계속도는 지방지역 산지를 기준으로 50km/h를 적용함

<표 93> 차종별 평균재차인원 분포

(단위: 인/대)

구분	재차인원 수
승용차	1.21
승합차	1.45
택시	1.50
버스	14.51

출처: 재차인원조사, 국가교통데이터베이스 (http://www.ktdb.go.kr/)

<표 94> 관광통행 수단별 분포

(단위: %)

구분	관광/여행		
	2012년	2011년	2010년
자가용	72.2	66.1	67.8
항공기	8.0	10.0	14.1
전세/관광버스	6.3	6.8	7.2
고속/시외버스	4.6	5.8	4.4
철도	3.8	4.1	3.1

출처: 2012 국민여행실태조사 최종보고서, 문화체육관광부(2013)

<표 95> 통행량 예측 결과

구분	승용차		버스	
	기존도로	신설도로	기존도로	신설도로
차량대수 (대/년)	250,072	250,072	7,130	7,130
운행거리 (대 · km)	950,272	675,193	27,094	19,251
구간길이 (km)	3.8	2.7 (1.1km신설)	3.8	2.7 (1.1km신설)
재차인원 (인/대)	1.21		14.51	

○ 도로의 신설에 따른 편익은 『도로 · 철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정 · 보완 연구(제5판)』을 준거하여 차량운행비용 절감편익, 통행시간 절감편익, 교통사고비용 절감편익, 대기오염비용 절감편익을 고려하여 산출하였으며 결과는 <표 62>와 같음

<표 96> 도로신설에 따른 편익

(단위: 천원)

구분	기존 도로	신설 도로	편익
차량운행 절감편익	476,711	338,716	137,995
통행시간 절감편익	392,245	278,701	113,545
교통사고비용 절감편익	64,294	45,683	18,611
대기오염비용 절감편익	45,593	32,395	13,198

○ 도로의 유지보수 비용은 『도로 · 철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정 · 보완 연구(제5판)』를 준거하여 산출함

- 국도 및 지방도 등 두 간선급 무료도로의 유지관리비는 고속국도 기준의 평균 25%, 도시지역도로는 통행량 등을 감안하여 35%수준을 적용하며, 본 연구의 신설도로구간(1.1km)은 왕복 2차로 인 것을 고려하여 4차로 도로 유지관리비의 2/3를 적용함

<표 97> 연도별 고속국도 표준 유지관리비

(단위: 억원/km, 4차로)

구분	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
유지관리비	0.93	1.11	1.31	1.55	1.82	2.13	2.49	2.88	3.32	3.8
구분	**11년**	**12년**	**13년**	**14년**	**15년**	**16년**	**17년**	**18년**	**19년**	**20년**
유지관리비	4.32	4.87	5.45	6.04	6.63	7.23	7.81	8.36	8.89	9.37
구분	**21년**	**22년**	**23년**	**24년**	**25년**	**26년**	**27년**	**28년**	**29년**	**30년**
유지관리비	9.82	10.22	10.58	10.9	11.18	11.43	11.64	11.82	11.97	12.1

출처: 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 한국개발연구원(2008)

○ 도로의 신설에 따른 편익은 2018 평창동계올림픽 종료 후 신설 도로 구간의 내구연한 30년(2019년~2048년)을 고려하여 산출하였으며, 사회적 할인율은 『도로 · 철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정 · 보완 연구(제5판)』에서 제시한 할인율 5.5%를 적용함

<표 98> 신설도로의 내구연한(30년)을 고려한 경제성분석

(단위: 천원)

편익	도로유지보수비용	편익-비용
2,830,953	3,702,783	-871,831

○ 평창 동계올림픽 종료 후 신설도로에서 발생하는 편익과 유지보수비용을 산출한 결과 도로의 유지보수비용이 편익보다 더 큰 것으로 분석됨. 행사 종료 후 관광객 수의 증가를 고려하여 편익을 산출하였음에도 불구하고, 평창 동계올림픽으로 인하여 신설되는 도로는 행사 종료 후 감소하는 관광수요로 인하여 경제적 타당성을 확보할 수 없는 과도한 SOC투자인 것으로 판단됨

(5) 경제적 파급효과

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 완료 후 사업화를 가정하여 국가경제에 미치는 경제적 파급효과를 분석하였음

○ 경제적 파급효과 분석은 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용창출효과로 구분하고 한국은행에서 분석한 2006년 산업연관표의 산업부문별 투입계수를 활용하여 추계하였음

○ 생산유발효과(Effect on Production Inducemnet)

- 생산유발효과는 어떤 재화나 서비스에 대한 최종수요가 발생함으로써 그로 인하여 야기되는 파급효과는 해당 재화나 서비스의 생산에 그치지 않고 관련되는 모든 산업부문 제품의 생산에까지 미치게 되는데 이처럼 최종수요에 의한 각 산업의 생산 파급과정에서 총 산출액의 수준을 의미함

○ 부가가치유발효과(Effect on Value Added Inducement)

- 부가가치유발효과는 어떤 산업부문의 국내생산물에 대한 최종수요가 한 단위 발생할 경우 국민경제 전체에서 직·간접적으로 유발되는 부가기치의 수준을 의미함

○ 고용창출효과(Effect on Job Creation)

- 고용창출효과는 최종수요의 발생에 의하여 일어나는 각 산업부문의 직·간접 노동 유발량을 의미하는 것으로 고용계수에 의하여 고용창출효과의 수준을 측정할 수 있음

○ 본 기획연구의 조립식 모듈형 철도시스템 기술은 다양한 산업부문이 복합적으로 구성된 기술로써, 본 경제적 파급효과 분석을 위해 산업연관표의 총 169개 통합중분류에서 복수의 해당 산업부문을 선별하였으며 각 산업부문에 단위 시스템(시스템 연장 1km 기준)이 사업화에 필요한 투입예상 비용을 반영하여 경제적 파급효과를 산출하였음

<표 99> 조립식 모듈형 철도시스템 연관 산업부문

구분	산업분류 Code	산업부문 (중분류)	투자비 구성비(%)
인프라 모듈	84	건설용 금속제품	31.3
	95	기타 특수목적용 기계	31.3
	67	플라스틱 제품	7.1
수송수단 모듈	113	철도차량	9.0
	97	기타 전기장치	1.9
	102	통신 및 방송기기	1.9
구축 및 해체	128	기타 특수건설	13.8
교통서비스	132	철도운송	3.8
합계			100

○ 본 기획연구의 기준년도인 2013년의 화폐가치로 산출된 투자비에 대해서 조립식 모듈형 철도시스템 기술의 사업화 예상시기인 2018년을 분석년도로 설정하고 통계청에서 제공하고 있는 소비자 물가지수 상승률을 반영하여 2018년의 경제적 파급효과를 추산하였음

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술에 따른 경제적 파급효과 분석 결과, 생산유발효과 약 195억원, 부가가치유발효과 약 95억원, 고용유발효과 111명으로 분석되었음

<표 100> 경제적 파급효과 분석 결과

(단위: 백만원, 인)

구분	생산유발효과 (백만원)	부가가치유발효과 (백만원)	고용유발효과 (인)
경제적 파급효과 분석 결과 (2018년)	19,592	5,934	111

(6) 비즈니스 프로세스(안) 제안 및 재무성 분석

(가) 비즈니스 프로세스(안) 제안

○ 본 기획연구인 조립식 모듈형 철도시스템 기술의 비즈니스 프로세스는 기술의 실용화에 있어 매우 중요한 부분을 차지하고 있음

○ 본 장에서는 재무성과 경영, 운영을 고려하여 합리적인 비즈니스 프로세스(안)을 제안하며 이에 따른 재무적 수익성을 추정하여 본 기술의 재무적 타당성을 검토하였음

○ 본 기획연구에서 제안하고자 하는 비즈니스 프로세스 모델은 2가지 형태로 시스템 확보, 운영 등 모든 프로세스를 민간사업자가 시행하는 A안과 시스템은 국가기관이 확보 및 소유하고 있으며 필요 시 민간사업자가 위탁형태로 운영하고 임대를 통해 사업자 수익을 화보하는 B안으로 구분하였음

– 각 지자체에서 자체적으로 시스템 확보 및 소유, 운영하는 비즈니스 프로세스 모델은 시스템 실용화가 어렵고 재정적인 부담이 발생하여 제외하였음

<표 101> 비즈니스 프로세스(안) 제안

구분	내용
A안	• 시스템 확보 및 소유, 운영 등 모든 조립식 모듈형 철도시스템 운영을 민간사업자가 시행 • 정부는 공공의 목적(재난/재해 발생 등)으로 필요 시 일정기간동안 임대하여 사용
B안	• 시스템 확보 및 소유는 국가기관이 주관하여 담당 • 민간사업자가 조립식 모듈형 철도시스템을 위탁형태로 운영 • 임대를 통해 사업자 수익 확보 • 재난/재해 발생 시 재난관리 기관이 의뢰하여 구축 및 운영

(나) 재무성 분석

○ 경제성 분석이 공공사업의 비용과 편익을 국가 전체적인 입장에서 측정하고 경제적 수익성을 계산하여 타당성 여부를 결정하는 방법이라면 재무성 분석은 사회전체의 입장이 아닌 본 기술의 운영 주체 입장에서 실제의 금전적 비용과 수입을 추정하여 이에 따른 재무적 수익성을 계산하여 본 기술의 재무적인 타당성을 검토하는 방법임

○ 본 기획연구의 재무성 분석은 위에서 제시하고 있는 비즈니스 프로세스(안)을 활용하여 민간사업자가 조립식 모듈형 철도시스템 구축비용을 부담하고 시스템 확보 및 운영 모두 민간사업자가 시행하는 A(안)과 2018 평창 동계

올림픽 조직위원회가 시스템을 획득하고 민간사업자가 운영비를 지원받아 서비스를 제공하는 B(안)으로 구분하여 분석하였음

1) 재무성 분석의 평가방법

○ 본 기회연구의 재무성 분석을 위하여 경제적 타당성 분석 시 설정하였던 시나리오·대안을 동일하게 적용하였으며 시나리오별 대안별 재무성 분석은 현금유입(Revenue)과 현금유출(Cost)의 비율(R/C=1)이 같아지고 순현재가치(Financial Net Present Value)가 "0" 이 되는 임대로 및 통행요금을 산정하여 본 기술의 운영 주체의 입장에서 재무적 타당성을 확보할 수 있는 최소 임대료 및 통행요금을 분석하였음

① 순현재가치법 (FNPV법 : Financial Net Present Value)

○ 순현재가치법은 예상되는 현금의 유입과 유출을 현재시점으로 할인한 값들의 합으로 나타낼 수 있고 일반적으로 NPV가 정(正)의 수치인 경우 재무성이 있다고 판단하는데 정(正)의 NPV는 자본비용을 회수하고서도 잉여현금이 발생한다는 것을 의미함

$$\text{순현재가치}(FNPV) = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

여기서, R_i : i 기간의 현금유입

C_i : i 기간의 현금유출

r : 할인율(이자율)

n : 사업의 내구년도(분석기간)

② 내부수익률법 (FIRR법 : Financial Internal Rate of Return)

○ 내부수익률법은 계획사업에 대한 투자로부터 기대되는 현금유입과 현금유출의 현재가치를 일치시키는 할인율, 즉 수익과 비용의 현재가치의 합계가 같아지는 할인율을 의미하며, 내부수익률(FIRR)을 산출하고 이를 자본비용과 비교하여 투자안을 평가하는 방법으로 내부수익률이 자본비용보다 높은 경우 재무적 타당성이 있다고 판단함

$$\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i}{(1+FIRR)^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{C_i}{(1+FIRR)^i}$$

여기서, $FIRR$: 내부수익률

R_i : i 기간의 현금유입

C_i : i 기간의 현금유출

n : 사업의 내구년도(분석기간)

③ 수익성지수법(PI : Profitability Index Method)

○ 수익성지수법은 투자로 인하여 발생하는 현금유입의 현가를 현금유출의 현가로 나눈 비율로 수익성지수가 1보다 크면 재무적 타당성이 있는 것으로 판단함. 순현재가치법이 어떤 투자안의 재무적 타당성을 절대적 금액으로 측정하는데 비하여 수익성지수법은 투자안의 비용 대비 수익을 상대적 비율로 측정함

$$\text{수익성지수}(\Pi)=\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i}{(1+r)^i}\Big/\sum_{i=0}^{n}\frac{C_i}{(1+r)^i}$$

여기서, R_i : i 기간의 현금유입

C_i : i 기간의 현금유출

r : 할인율(이자율)

n : 사업의 내구년도(분석기간)

2) 재무성 분석의 결과

○ 재무성 분석은 경제적 타당성 분석 시 설정하였던 각 시나리오별 · 대안별 레고형 철도 시스템 획득비, 공사비, 운영비를 고려하여 종합적으로 수행함

○ 본 사업노선의 운영에 있어서 소요되는 초기사업비용은 레고형 철도 시스템 획득 비용과 차량구입비용이 있으며 민간사업자의 시스템의 소유여부에 따라 구분하여 재무성 분석을 각각 수행함

○ 대안Ⅱ의 경우 노선길이가 타 대안에 비해 길고 차량구축 · 해체 기간 및 비용이 많이 들어 임대료 및 통행요금이 큰 값으로 도출되었으며 R/C가 1이 되고 FNPV가 0이 되는 시나리오별 대안별 재무성 분석결과인 임대료 및 통

행요금은 다음과 같음

<표 102> 시나리오별 · 대안별 임대료

(단위: 억원)

구분		시스템 구축비용+운영비 부담 시 (A)			운영비만 부담 시 (B)		
		대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ
최소임대료	시나리오1	10.87	31.32	15.97	10.73	30.66	15.72
	시나리오2	10.87	31.38	15.97	10.73	30.70	15.72

<표 103> 시나리오별 · 대안별 통행요금

(단위: 원)

구분		시스템 구축비용+운영비 부담 시 (A)			운영비만 부담 시 (B)		
		대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ	대안Ⅰ	대안Ⅱ	대안Ⅲ
통행요금	시나리오1	1,427	4,259	1,043	1,409	4,170	1,026
	시나리오2	1,427	4,267	1,043	1,409	4,176	1,026

라. 타당성 분석 종합

○ 본 기획연구는 대형 이벤트 개최에 따른 단기간 집중 교통수요 및 재난·재해 발생에 따른 우회노선 건설을 위해 노반·토공 조성을 최소화하고, 설치·해체 및 재사용을 가능한 조립식 모듈형 철도시스템(일명 레고형철도)의 기술개발을 구상하였음

○ 본 사전타당성 분석보고서에서는 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발에 대하여 정책적, 기술적, 경제적으로 구분하여 사전타당성을 분석하였음

○ 2018 평창 동계올림픽 대회, 2014 인천 아시안게임 등 대규모 이벤트에 관한 특별법의 특별교통대책을 수립하는 방안으로, 대형이벤트 개최 시 단기간 대규모의 인원 수송을 목적으로 하는 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발연구를 수행할 필요가 있음

○ 국가는 자연재해대책법을 재정하여 가뭄, 지진, 해일, 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인하여 발생하는 재해에 대비하여 자연재해로부터 국토와 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위한 방재조직 및 방재계획 등 재해예방·재해응급대책·재해복구·기타 재해대책에 관한 필요한 사항을 규정하고 있으며 재난 시 “재난관리”와 “재난의 수습”이 원활히 수행될 수 있도록 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발이 충실히 이루어져야 할 것으로 판단됨

○ “조립식 모듈형 철도시스템 기술개발”은 탄소에너지를 사용하지 않는 친환경 교통수단으로서 환경의 악영향을 감소할 수 있으며, 일반 도로와 같은 노반공사를 수반하지 않기 때문에 건설 및 사용 기간 중 생태계 이동 동선 및 파괴를 최소화하고 폐기물발생을 방지할 수 있는 친환경 신교통수단임

○ 본 기획과제에서 개발되는 기술을 이벤트 개최로 인한 일시적인 수요 해결방안과 재난·재해 대비 국가 정책과 관련된 것으로써, 국민의 편익 증진과 정부의 예산 절감과 밀접한 관련이 있다고 판단되며, 필요에 따라 신속히 대응 가능한 임시적 교통시스템으로 본 기술의 확보로 비상시 정부의 역할을 더욱

원활히 수행할 수 있는 계기가 될 것으로 판단됨

○ 본 기술개발은 조립식 모듈형 인프라, 차량시스템, 시스템 운영, 안전성 향상 기술개발로 구분하여 기술적 타당성을 분석하였음

○ 모듈 방식과 같이 임시적 인프라와 관련하여 기존의 기술개발 사업에서 수행되어 온 내용들은 주료 교량 구조물에 집중되어 있으며 이는 탱크 등 군사장비 이동 등 특수한 수송을 목적으로 하거나 교통의 흐름을 방해하지 않고 설치 가능하며 공사현장에 적하도록 설계되어온 측면이 강하여 신속한 설치 및 해체, 재사용이 가능한 조립식 모듈형 인프라 기술의 개발이 필요한 시점임

○ 조립식 모듈형 인프라는 입체형 모듈, 평면형 모듈, 기능성 모듈, 안전장치 모듈 등의 핵심기술로 구성되어 이미 타 산업분야에서 높은 기술력을 선점하고 있는 바, 기존 개발되어 있는 높은 수준의 기술개발을 본 기술개발과 융합함으로써 조립식 모듈형 철도시스템 기술의 발전과 타 산업분야의 활성화 등 시너지 효과를 기대할 수 있음

○ 조립식 모듈형 차량시스템(MRT, Modular Rapid Transit)에 요구되는 차량 기술은 국내 대표적 수출산업인 자동차산업에 과생된 국내 기술로 포괄될 수 있으며 필요 시 연결/해방이 가능한 철도 형태로 개량이 가능함. 소형 철도형태 차량 중 가장 대표적인 PRT와 도시형 전기차 등은 국내에서 개발이 의욕적으로 추진되고 있어 국내기술 수준은 충분함

○ 최근 유가상승 및 원자재 가격 폭등 등으로 대체에너지를 이용한 산업이 주목받고 있으며, 이 중 배터리 기술은 전기자동차(EV)의 성능을 좌우하는 가장 핵심이 되는 기술로서 국내에서는 전기자동차 활성화 정책에 부응하여 고효율배터리, 2차전지 산업이 도약하고 있는 추세로, 조립식 모듈형 차량시스템 적용에 적합할 것으로 판단됨

○ 조립식 모듈형 운영 기술 부문은 자동선형 계획, 무인운전 기술, 모듈수송 보관기술, 지반극복을 위한 연약지반 강화 공법 등으로 구분하였음

○ 철도부문에서 철도선계획에 최적화된 RD SmartPro, Tacoma, Bluetrack 등 선로설계 프로그램이 이미 상용화되어 있으며, 최근에는 유전자 알고리즘을 적용한 최적 노선 탐색기능을 적용하고 TPS(Train Performance Simulation) 프로그램과 연계하여 생성된 선형에 대해 3D 기반의 주행시뮬레이션을 통한 열차운영계획까지 포함하여 분석 가능한 툴을 개발 중에 있으며, 이러한 S/W 틀은 특히 좁은 범위를 대상으로 한 임시설치형 인프라인 조립식 모듈형 철도시스템에 있어 신속한 선형계획 및 노선대안 선정, 건설비 산정, 차량운영계획을 수립함에 매우 유용한 툴이 될 것으로 판단됨

○ 조립식 모듈형 차량시스템의 무인운전 시스템을 모듈화하여 개발함으로써 그 적용범위를 넓힐 수 있고 선진국 대비 기술개발이 늦은 국내 기술수준을 크게 향상할 수 있는 기술로써 그 기술적 타당성이 확보됨

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 안전성 향상을 위한 구조 건전성 모니터링 기술은 시스템 및 모듈의 구조적 안전성 및 기대 수명을 모니터링 함으로써 시스템 운영에 신뢰성을 높이고 이용자의 안전 확보하는 것을 목적으로 함

○ 구조 건전성 모니터링 기술의 핵심은 구조물이 특성에 맞는 건전성 평가 기술의 개발에 있으며, 조립식 모듈형 철도시스템의 특성에 맞는 센싱 항목 설정과 모듈 및 시스템의 건전성 평가를 위한 기준과 알고리즘을 개발하는 것에 집중되어야 하며 이러한 기술은 기 확보된 기술을 바탕으로 기술의 실현이 가능하며 이용자에게 안전한 교통 시설을 제공하기 위해 반드시 필요한 기술로서 그 기술적 타당성이 확보됨

○ 한편, 최근 인천시의 월미도 은하레일의 실패사례에서 보듯이 안전성이 결여된, 즉 기술적 성숙도가 낮은 시스템의 도입은 사업의 존폐를 결정하는 주요한 요소 중의 하나임을 인지하고 임시설치형 시스템으로서 안전성 확보 문제 및 각 서브시스템 간 인터페이스, 또한 이를 총괄하는 시스템 엔지니어링적 접근이 절실히 요구된다고 볼 수 있음

○ 조립식 모듈형 철도시스템은 저 비용으로 단기간에 설치, 해체 및 재사용이 가능하여 대형행사 개최 시 일시적으로 발생하는 수요의 대응이 가능하고 향후 개최되는 대형행사에도 지속적으로 활용할 수 있는 기술임

○ 본 기획연구에서는 조립식 모듈형 철도시스템 도입에 대한 경제적 타당성 분석을 위하여 2018 평창 동계올림픽을 대상으로 선정하여 대상지역 관광수요의 통행행태를 분석하고 이에 따른 경제적 타당성을 분석하였음

○ 2018 평창 동계올림픽 개최로 인하여 발생하는 관광수요를 효율적으로 수용하기 위하여 신규도로건설 후 셔틀버스 운영과 조립식 모듈형 철도시스템 구축 후 운영에 대한 비용 분석과 행사 종료 후 신규도로건설로 인한 편익 대비 도로유지보수비용을 통하여 경제적 타당성을 분석하였음

○ 2018 평창 동계올림픽의 수요 처리 대안으로 1.1km의 신규도로건설 후 셔틀버스를 운영하는 대안 1,2와 기존 도로망을 이용하여 내부 순환망을 구성하는 대안2로 설정하였으며, 조립식 모듈형 철도시스템의 운행노선은 임시주차장과 알펜시아 경기장을 운행하는 대안1(2.2km), 임시주차장~횡계마을~선수촌~알펜시아 경기장을 운행하는 대안2(7.0km), 알펜시아 리조트~알펜시아 경기장~올림픽 가족호텔 등 경기장 내부순환교통망을 구축하는 대안3(3.4km)으로 설정하여 비교 분석하였음

○ 경제성 분석 결과, 셔틀버스 운영 시 대안 1,2는 약 100억원, 대안3은 0.2억원의 비용이 추정되었으며 조립식 모듈형 철도시스템 운영시 대안1 14억원, 대안2 39억원, 대안3 21억원의 비용이 추정되어 신규도로건설 후 셔틀버스 운영 대비 조립식 모듈형 철도시스템의 경제성이 높은 것으로 분석되었음
  - 대안 3의 셔틀버스 운영비용의 경우 신규도로건설비용이 포함되지 않아 기존도로를 이용한 셔틀버스 운영이 조립식 모듈형 철도시스템 운영보다 경제적인 것으로 분석되었음

○ 신규도로건설 구간(1.1km)에 대하여 평창 동계올림픽 행사 종료 후 편익 대

비 도로유지보수비용을 비교한 결과 내구연한 30년을 고려한 편익 28억원, 도로유지보수비용 37억원으로 약 8억원의 손실이 발생하는 것으로 분석되어 일시적인 통행 수요를 위한 신규도로건설은 과도한 SOC 투자인 것으로 판단됨

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술에 따른 경제적 파급효과 분석 결과, 생산유발효과 약 195억원, 부가가치유발효과 약 95억원, 고용유발효과 111명으로 분석되었음

○ 시스템의 재무적 구조도 중요한 기술사업화에 있어 중요한 사항으로, 과거 경험부족으로 인한 경전철 사업의 문제점을 답습하지 않도록 R&D 과정에서 현실가능한 비즈니스 프로세스 모델 정립과 함께 정부 및 지자체의 사업비 지원, 사업주체의 수익구조를 사전에 설정하도록 추진하는 것이 필요함

6. 인력투입계획 및 소요예산 산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

나. 소요 예산 산정

6. 인력투입계획 및 소요예산 산정

가. 연구일정에 따른 인력투입계획

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발의 목표 달성을 위해 핵심기술을 바탕으로 분류한 세부과제별 주요 내용 및 연구의 집중도와 난이도에 따라 적정한 수의 전문 인력을 배치하여 연구를 수행하도록 함

○ 각 세부과제별로 연구주관기관에서 수행할 연구내용과 참여연구기관에서 협력할 연구내용을 구분하도록 하며, 참여 연구자의 전문 분야에 따라 연구업무를 구분하여 배치하도록 함

○ 연구 초기년도에는 학계 및 연구소, 컨설팅 기관 위주로 연구 인력을 투입하여 수행하며, 과제 추진단계에서 따라 확보된 원천 및 핵심 기술을 바탕으로 차량제작사, 시스템 제조업체, 시공업체 등의 협업을 통해 시작품을 개발하도록 체계적인 계획 수립

○ 가능한 각 세부분야에 대한 연구 산출물이 상업화 단계 수준까지 완성도를 높일 수 있도록 연구 추진하며, 조립식 모듈형 철도시스템의 효율성과 성능 수준을 높이기 위해 운영기관과 개발기업의 적극적인 참여 권장

(1) 전체사업 인력투입계획

<표 104> 전체과제별 연구 인력 구성

과제명	1차년	2차년	3차년	4차년
	인원	인원	인원	인원
조립식 모듈형 철도시스템 기술개발	20	35	32	27

(2) 세부내용별 인력투입계획

<표 105> 전체과제별 연구 인력 구성

과제명	1차년	2차년	3차년	4차년	계
	인원	인원	인원	인원	인원
조립식 모듈형 철도시스템 기술개발	20	35	32	27	114
세부과제 1. 조립식 모듈형 인프라, 운송수단 기술개발	12	24	15	8	59
1-1. 조립식 모듈형 교통시스템 인프라 기술개발	12	12	8	8	40
1-2. 조립식 모듈형 전용차량 기술개발	0	12	7	0	19
세부과제 2. 조립식 모듈형 통합관리 및 안전성 향상 기술개발	4	8	10	6	28
2-1. 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 기술개발	4	4	6	3	17
2-2. 조립식 모듈형 철도시스템 안전성 향상 기술개발	0	4	4	3	11
세부과제 3. 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안	4	3	7	13	27
3-1. 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 기반기술 개발	4	3	1	0	8
3-2. 시범운영을 통한 신뢰성 평가 및 검증	0	0	6	13	19

나. 소요예산 산정

(1) 소요예산 산정방법

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발을 위하여 핵심기술을 바탕으로 선별된 세부과제별에 따른 전문 인력 및 보유 인프라, 기술개발 요소를 고려함

○ 신기술개발, 기존기술 개량, 세제품제작 같은 기술적인 부문과 사업기간, 기술중요도, 소요인력수와 같은 계획부문을 고려하여 세부과제별로 협락할 참

여기관과 협의하여 예산을 편성하도록 함

○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발의 세부과제가 기술개발이 원활히 수행될 수 있도록 협력기관 및 자문기관과의 유기적인 회의를 통하여 예산 누락 또는 부족과 같은 상황이 발생하지 않도록 면밀히 검토하여 추진

(2) 세부과제별 소요예산

<표 106> 총괄 예산

(단위 : 억원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
조립식 모듈형 철도시스템 기술개발	16	2	26	9.5	59	10	66	0	167	21.5
세부과제1. 조립식 모듈형 인프라 및 운송수단 기술개발	10	2	18	6	30	6	6	0	64	14
1-1. 조립식 모듈형 인프라 기술개발	10	2	13	4	15	3	4	0	42	9
1-2. 조립식 모듈형 전용차량 기술개발	0	0	5	2	15	3	2	0	22	5
세부과제2. 조립식 모듈형 통합관리 및 안전성 향상 기술개발	3	0	6	3.5	22	4	10	0	41	7.5
2-1. 조립식 모듈형 교통시스템 통합관리 기술개발	3	0	3	2	14	2	6	0	26	4
2-2. 조립식 모듈형 교통시스템 안전성 향상 기술개발	0	0	3	1.5	8	2	4	0	15	3.5
세부과제3. 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안 연구	3	0	2	0	7	0	50	0	62	0
3-1. 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 기반기술 개발	3	0	2	0	2	0	2	0	9	0
3-2. 시범운영을 통한 신뢰성 평가 및 검증	0	0	0	0	5	0	48	0	53	0

<표 107> 세부과제별 연차별 소요예산 및 산출근거

(단위 : 천원)

구분		금액(천원)	산출근거(천원)
세부과제1	조립식 모듈형 인프라 운송수단 기술개발		
	1차 년도	1,000,000	조립식 인프라 요구조건 분석 - 150,000
	2차 년도	1,800,000	조립식 인프라 상세설계 - 800,000 전용차량 요구조건 분석 - 80,000 전용차량 상세설계 - 250,000
	3차 년도	3,000,000	입체형 주행로 모듈 시작품 - 600,000 평면형 주행로 모듈 시작품 - 200,000 전용차량 시작품(3기) - 900,000
	4차 년도	600,000	
	소계	6,4000,000	-
세부과제2	조립식 모듈형 통합관리 및 안전성 향상 기술개발		
	1차 년도	300,000	통합관리 요구조건 분석 - 80,000
	2차 년도	600,000	시스템 정보체계 방안 정립 - 100,000
	3차 년도	2,200,000	통신/신호장비 시작품 - 500,000 구조건전성 모니터링 시작품 - 400,000 실시간 정보시스템 시작품 - 200,000 비상급전시스템 시작품 - 200,000
	4차 년도	1,000,000	이력관리 S/W - 200,000 방호시스템 시작품 - 300,000
	소계	4,100,000	-
세부과제3	조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안 연구		
	1차 년도	300,000	기본 운영 계획 검토 - 85,000 노선 계획 요구조건 분석 - 50,000
	2차 년도	200,000	수요예측 기법 검토 - 50,000
	3차 년도	700,000	노선계획 S/W - 200,000
	4차 년도	5,000,000	입체형 주행로 모듈 테스트베드(100m) - 3,000,000 평면형 주행로 모듈 테스트베드(100m) - 800,000
	소계	6,200,000	-

<표 108> 연구개발비 소요예산

(단위 : 천원)

비목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	구성비
인건비	내/외부 인건비		1,053,878	1,838,182	1,464,532	1,434,996	5,791,588	34.7%
직접비	연구장비재료비	연구기자재 및 시설비	0	0	0	0	0	0.0%
		시작품 제작비	0	0	3,200,000	4,300,000	7,500,000	44.9%
		재료비	0	0	0	0	0	0.0%
	연구활동비	여비	83,751	98,220	116,616	106,371	404,957	2.4%
		수용비 및 수수료	74,564	120,999	97,156	89,702	382,421	2.3%
		기술정보활동비	95,082	113,241	129,938	117,760	456,021	2.7%
	연구수당		158,082	275,727	219,680	215,249	868,738	5.2%
간접비			134,643	153,631	672,078	335,923	1,296,275	7.8%
합계			1,600,000	2,600,000	5,900,000	6,600,000	16,700,000	100.0%

7. 과제 제안요구서 및 평가기준

가. 과제 제안요구서 (RFP)

나. 평가기준 설정

7. 과제 제안요구서 및 평가기준

가. 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	조립식 모듈형 철도시스템 기술개발
1. 연구개발 목표	
	○ 대형 이벤트 개최, 재난·재해로 인한 일시적 교통수요 해결을 위해 임시적으로 설치하고 용도 종료 후 해체, 이전 재사용이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템(일명 레고형 철도) 기술개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 근래 들어 국제 스포츠 행사, 국제회의, 박람회 등 대규모 이벤트가 빈번히 개최되고 있는데, 이러한 행사 시 마다 집중되는 인파로 인한 교통문제가 고질적으로 발생하고 있음 - 국가적 행사 개최 시마다 교통문제 해결을 위해 막대한 재원을 투입해 교통인프라 건설을 추진하여 국가 및 지자체의 재정에 부담되고 있으며, 일부 시설은 이벤트 종료 후 통행수요 부족으로 사용성이 저하되는 등 많은 문제를 안고 있음 - 정부에서는 앞으로 지자체의 무분별한 국제 스포츠 행사 유치를 제한한다는 방침이나, 현재에도 6개 국제대회 지원에 약 6조원의 예산이 확정되어 있음 ○ 지구온난화와 기후변화에 따른 자연재해 발생 빈도가 증가하면서 도로, 철도, 교량 등의 침수 및 유실로 인하여 통행이 단절되는 상황이 매년 발생하고 있는 실정임 - 비록 짧은 구간의 통행로 단절에도 상당한 혼잡을 야기하고 복구에도 장시간이 소요되는 경우가 많음 됨 - 철도가 단절의 경우 운행재개 시 까지 이용자들이 큰 불편을 겪게 되며, 교량붕괴, 도로유실 등으로 인한 고립지역 발생 시 주민의 안전에 상당히 위협을 받게 됨 ○ 이러한 일시적이고 비반복적인 통행수요 해결 및 혼잡완화를 위해 임시로 설치하고 용도종료 후 해체, 재사용이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템의 기술 확보 필요 - 단거리의 일시적 수요를 위한 비용 효율적인 대안으로써, 영

구적 인프라 건설에 비해 저렴한 비용으로 철도(교통)시스템 구축이 가능하고 설치, 해체, 수송, 보관이 용이하며 재사용이 가능한 모듈식 철도인프라 시스템 구현

- 경전철 수준의 수송용량 확보가 가능하면서도 시스템 투입의 신속성, 비용 대비 효율성 제고를 위해 소형·경량의 조립식 모듈형 철도시스템 기술 확보



□ 기술동향

○ 최근 환경오염의 최소화, 폐자재 재활용, 일시적인 용도 또는 시공성 향상을 위한 조립식 모듈형 건물이 활성화되고 있는 추세임.

- 이러한 모듈러 건축 기술은 상업용·주거용 건축에서 시작하여 다양하게 방면으로 확산되어 그 시장규모가 성장하고 있는 추세임

○ 교통SOC부문에서 적용되고 있는 모듈러 방식은 주로 교량 구조물에 집중되어 있으며 시공기간 단축, 시공품질 향상을 주목적으로 활용되고 있음

- 이들 모듈러 구조물은 영구적으로 구축하는 프리캐스트 구조물로서 본 연구에서 개발하고자 하는 재사용이 가능한 교통시스템과 차이가 있음

○ 2차 세계대전 때부터 사용 중인 군사목적의 가설교량은 최근에 보다 기계화, 자동화 되어 가고 있음

- 탱크 등 중장비의 운송을 목적으로 매우 massive하며 특수목적을 위해 개발된 고가의 장비임

- 설치·해체의 신속성과 용이성, 다양한 지형조건에 구축 가능하도록 개발된 다양한 군용 가교의 기술은 조립식 모듈형 철

도시스템의 기술개발에 일부 차용 가능할 것임

○ 주로 현장에서 임시적 우회로 또는 접근로로 설치되는 가설 교량은 공사현장에 적합하게 교통의 흐름을 방해하지 않고 설치 가능하도록 개발되고 있음

- 이러한 가설공법은 단순하고 표준화된 부재를 연결하여 조립하는 방식으로 주로 교량에 적용되며 본 기술개발에서 제안하는 패키지화된 철도시스템과는 차이가 있지만 일부 기술의 벤치마킹이 가능함

3. 연구개발내용

□ 세부과제 1 : 조립식 모듈형 인프라, 운송수단 기술개발

○ 조립식 모듈형 철도시스템 인프라 기술개발

- 조립식 모듈형 입체형 인프라 기술개발

· 조립식 모듈형 입체형 인프라 요구조건 분석

※ 직선, 곡선, 분기 모듈 포함

· 입체-평면 Universal 연결부 기술개발

· 굴곡이 심한 지형 대응형 조립식 인프라 모듈 기술개발

· 연약지반 대응형 조립식 인프라 모듈 기술개발

※ 각 모듈의 개발에는 제작/시공/해체 기술 및 매뉴얼 개발 포함

- 조립식 모듈형 노반형 인프라 기술개발

· 조립식 모듈형 노반형 인프라 요구조건 분석

※ 직선, 곡선, 분기 모듈 포함

· 평탄 지형 대응형 조립식 인프라 기술개발

· 평면형 인프라 적용을 위한 급속 지반 개량 공법 기술개발

- 조립식 모듈형 인프라 기능모듈 기술개발

· 급전, 조명, 신호 기능 모듈 기술개발

- 조립식 모듈형 승강장(플랫폼) 및 운영센터 모듈 기술개발 (건축물)

· 승객 편의 및 안전을 고려한 플랫폼 모듈 기술개발

· 승객 편의를 고려한 실시간 정보제공(VMS 등) 모듈 기술개발

· 운영센터 모듈 기술개발

○ 조립식 모듈형 전용차량 핵심 기술개발

- 차량 설계 및 제작 기술개발

· 조립식 모듈형 전용차량 시스템 요구분석

· 차량의 모듈화 기술개발
※ 에어컨, 난방기, 차체, 탈/부착 기능 등
· 조립식 모듈형 전용차량 자동 연결 기술개발
· 조립식 주행로에서 차량 추종 기술개발
※ 유인운전/무인운전 전환 방식 적용
· 심미적 신뢰감을 고려한 차량 디자인 개발
· 시제차량 제작 (2량)
- 차량 운행을 위한 요소 기술개발
· 차량 에너지 공급 장치 기술개발

□ 세부과제 2 : 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 및 안전성 향상 기술개발

○ 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 기술개발
- 시스템 운영 기술개발
· 시스템 운영 요구조건 분석(경보 기준 등)
※ 교통약자를 고려한 지선(Off-line) 시스템 연구
· 승객 편의를 위한 실시간 정보제공 기술개발
· 차량-차량 간, 차량-운영센터 간 통신/신호/제어 장비 기술개발
· 차량운행 관리 기법 개발
· 수송, 보관 체계 구축
- 시스템 유지관리 기술개발
· 안전성 확보를 위한 실시간 구조건전성 모니터링 기술개발
· 실시간 유지관리 정보제공 기술개발
· 보관/수송 시 시스템 상태점검 프로세스 개발
· 시스템 재사용을 고려한 유지관리 기준 설계
· 모듈 이력관리 기술개발
※ DB관리 포함
○ 조립식 모듈형 철도시스템 안전성 향상 기술개발
· 환경조건 및 급격한 기후변화에 대응하기 위한 안전성 검증 기술개발
· 비상(사고)시 경보 및 임시대피 모듈 기술개발
· 비상 시 운영 매뉴얼 개발
· 비상 시 급전 장치 개발
※ 차량 구난, 승객 대피 매뉴얼 및
· 악천후 대응형 기능 모듈 기술개발
· 외부 충격(일반차량 충격 등)에 대한 방호 모듈 기술개발

□ 세부과제 3 : 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안

○ 조립식 모듈형 철도시스템 실용화 기반기술 개발

- 조립식 모듈형 철도시스템 계획 기법 개발
  · 노석 최적 대안, 모듈 형태, 운영센터 및 승하차를 고려한 노선계획 기법 및 시뮬레이션 기술개발
  · 임시 설치형 철도(교통)시스템의 수요예측 방법론 개발
  · 비즈니스 프로세스 모델 개발
- 시스템 운영을 위한 법/제도 개선안 마련
  · 인프라 시스템 설계/시공 관련 법/제도(안) 제시
  · 시스템 점용 용지 확보 방안 및 보상체계 검토
  · 차량시스템 승인 절차 검토
  · 활성화를 위한 지원 관련 법/제도(안) 제시

○ 시범운영을 통한 신뢰성 평가 및 검증

  · 테스트베드 구축
  · 통합운영관리체계 구축
  · 인터페이스 검증 및 시험운영
    ※ 인프라, 차량, 운영시스템 등

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립

○ 관련 기업, 공공부문 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축

- 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴
- 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

○ 관련분야 전문가 자문

- 각종 유사 시스템 및 적용 사례에 대한 조사
- 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위한 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진
- 연구개발의 성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴

○ 연구개발계획서에는 구체적인 연구방법론이 반드시 제시되어야 함

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모

○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고

○ 조립식이라는 특성상 각 모듈별로 설치·해체·수송·보관 단계에서 발생하는 성능저하(설계수명 단축) 효과를 반영하여 모듈의 상세설계 진행

□ 추진체계	○ 연구결과의 상용화를 위해 연구개발 초기부터 기술수요처 및 사업화 주체가 적극 동참토록 하여 연구개발 후 사업모델을 명확히 설정 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모 ○ 참여연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색 ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 조립식 모듈형 철도시스템 인프라 기술개발
- 조립식 인프라 요구조건 분석서
- 조립식 인프라 기본설계도
- 조립식 인프라 시스템 구성도
- 조립식 인프라 디자인 및 상세설계서
- 조립식 모듈형 철도시스템 운영 매뉴얼
- 조립식 인프라 시작품

○ 조립식 모듈형 전용차량 기술개발
- 조립식 모듈형 전용차량 요구조건 분석서
- 조립식 모듈형 전용차량 기본설계도
- 조립식 모듈형 전용차량 운영 계획 매뉴얼
- 조립식 모듈형 전용차량 디자인 및 상세설계서
- 조립식 모듈형 전용차량 시제차량 (2량)
- 전용차량 시험운영 보고서

○ 조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 기술개발
- 통합관리 시스템 계획(안)
- 실시간 모니터링 방안
- 시스템 정보체계 방안
- 모듈 이력관리 체계 및 매뉴얼
- 시스템 운영 매뉴얼

- 시스템 유지관리 매뉴얼
- 통합관리 시스템
- 통합관리 시스템 시험운영 보고서
- 통합관리 시스템 성능평가서

○ 조립식 모듈형 철도시스템 계획 기법 개발
- 조립식 모듈형 철도시스템 기본 운영 계획
- 조립식 모듈형 철도시스템 노선 계획 기법
- 시스템 노선계획 S/W 및 매뉴얼
- 조립식 모듈형 철도시스템 수요예측 기법
- 조립식 모듈형 철도시스템 계획 기법 평가보고서

○ 시스템 운영을 위한 법/제도 개선안 마련
- 시스템 설치 공간을 위한 점용 용지 확보 방안 및 보상 체계
- 비즈니스 모델 (안)
- 법/제도 개선(안)

6. 기대효과 및 파급효과

○ 막대한 재원을 투자해 영구적인 교통시설을 구축함으로써 해결하는 기존 방식에서 벗어나, 필요에 따라 일시적으로 활용할 수 있는 창조경제시대에 부합하는 교통시스템 기술

○ 교통SOC 사업비 절감을 통하여 장기간의 유지보수비용, 수요 부족으로 인한 재무적 부담 감소

○ 신속한 대응이 가능한 조립식 모듈형 인프라는 비상 시 응급용으로 정부의 역할을 더욱 원활히 수행할 수 있음

○ 조립식 모듈형 인프라는 이미 타 산업분야에서 높은 기술력을 선점하고 있는 바, 기존 개발되어 있는 높은 수준의 기술과의 융합을 통하여 타 산업분야의 활성화 등 시너지 효과를 기대할 수 있음

○ 조립식 모듈형 철도시스템은 저 비용으로 단기간에 설치, 해체 및 재사용이 가능한 비용효율적 기술개발로써, 대형행사 개최 시 일시적으로 발생하는 수요의 대응과 향후 개최되는 대형행사의 지속적인 활용으로 정부 및 지자체의 예산절감과 이용편의성 향상을 기대할 수 있음

○ 승용차 이용률이 높은 이벤트 행사 시 기존 대중교통과 연계를 통한 접근성 향상으로 수단전환 유도를 통한 개인승용차, 셔틀버스 운행으로 인한 대기오염 배출물질 발생 저감

○ 집중적인 관람객 수요 집중에 대응함으로써, 이용자들의 통행시간 절감, 혼잡 감소 가능

○ 재난·재해로 인한 고립상황 및 교통 불편함을 신속히 해소 가능

○ 임시적인 시스템으로 재사용이 가능하고 노반 공사 최소화를 통한 건설폐기물, 건설과정의 오염물질 발생 최소화

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2015.01 ~ 2018.01 (48개월)
- 1차년도 연구기간 : 2015.01 ~ 2015.01(12개월)
- 2차년도 연구기간 : 2015.01 ~ 2016.01(12개월)
- 3차년도 연구기간 : 2016.01 ~ 2017.01(12개월)
- 4차년도 연구기간 : 2017.01 ~ 2018.01(12개월)

○ 총 정부출연금 : 16,700백만원 이내
- 1차년도 정부출연금 : 1,600백만원
- 2차년도 정부출연금 : 2,600백만원
- 3차년도 정부출연금 : 5,900백만원
- 4차년도 정부출연금 : 6,600백만원

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 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

○ 연구신청자는 제안요청서에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발 계획서를 작성하되, 과제의 목표 달성에 필요하다고

판단되는 경우 연구내용을 충분한 관련근거를 제시하고, 수정하여 제안할 수 있음

○ 연구수행기관으로 선정 이후 필수 이행사항

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치, 가중치 및 개발된 기술·성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 성과점검기준표 작성 및 제출

※ 성과점검기준표는 향후 진도점검·관리 및 평가 등의 근거자료로 활용

- 특허 및 시장 동향 조사 실시

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행 실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 기 수행되었거나 현재 수행중인 공모과제 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함

○ 연구성과의 정량적·정성적 파급효과 제시

- 연구성과의 실용화·사업화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 및 산출 근거

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 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 있

음

○ 연구관리 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)

○ 연구를 통해 확보한 조립식 모듈형 철도시스템의 소유권은 타 R&D 과제와의 공동활용을 위해 국가소유 등으로 변경할 수 있음

나. 평가기준 설정

세부과제	주요성과물	성과지표
조립식 모듈형 인프라, 운송수단 기술개발	• 인프라 시스템 요구조건 분석서 • 입체형·노반형 인프라 모듈 기본설계서/상세설계서/시작품 • 입체형·노반형 인프라 시공 및 해체 매뉴얼 • Universal 체결부 설계서 및 시작품 • 조명·급전·신호·통신·정보제공 모듈 설계서 및 시작품 • 모듈식 철도 하중기반 지반조사 및 분석 지침 • 모듈형 철도 플랫폼, 역사, 운영센터 설계서 • 모듈형 차량 기본설계서 및 상세설계서 ※ 차체, 연결기, 주행 Guide, 승객편의장치 포함 • 시제차량 제작	- 최대 집중응력 50Mpa 이하 - 기준하중 재하 시 변위 5mm 이내의 모듈식 인프라 - 인프라 설치 속도 100m/일 이상 - 차량 최저 시격 1분 - 최대 4량 이상 연결 주행 가능 - 차량 설계속도 50km/h - 최급 구배 150퍼밀 이상 - 최소 곡선반경 200m 이하 - 승하차 시간 최소 45초 이내 가능한 플랫폼 설계 - 차량 운용시간 1회 충전으로 20km 이상주행 - 차량 연결·해방 소요시간 45초 이내 - 시스템 내구연한 20년, 재사용 가능횟수 80회 이상(연간 4회 사용 기준) - 시스템 설치 속도 300m/일 이상 - 사용일수 2000일 이상
		- 학술대회 발표 - 특허 - 국내 게재

조립식 모듈형 철도시스템 통합관리 및 안전성 향상 기술개발	• 모듈 수송장치 및 매뉴얼 • 모듈 보관장치 및 매뉴얼 • 성능 및 안전 검증 보고서 • 모듈형 철도 안전성 검증 보고서 • 실시간 모니터링 센서장치 시작품 및 S/W • 모듈 이력관리 및 상태점검 S/W 및 매뉴얼 • 인프라 안전검증 보고서 등	- 주행 시 동적 안정성 확보 (PRT의 안전기준 준용) - 원격 실시간 구조물 변위 측정 가능 - 차량 화재 등 비상상황 감지 후 3분 내 승객탈출 가능 - 500kw 이상의 비상 급전시스템 - 전국 12시간 이내/도로 일반수송 가능 여부
		- 국내 게재 - 학술대회 발표 - 특허 - 프로그램
조립식 모듈형 철도시스템 실용화 방안	• 모듈형 철도시스템 선형계획 S/W • 임시 교통시스템 경제성 분석 S/W • 시스템 통합관리 S/W • 충격방호 모듈 설계서 및 시작품 • 바닥판 열선장치 설계서 및 시작품 • 법/제도 개선(안) (보상체계 포함) • 테스트베드 • 시험운영 보고서	- 최소비용, 최소운행시간, 최소설치시간 기준 최적 노선대안 도출 가능 여부 - 오차범위 20% 이내의 임시시스템 수요예측 모형 - 최소 1500kg·㎡/s² 의 충격 흡수 가능한 방호 모듈 - 빙점이하 온도에서 결빙해소가 가능한 인프라 열선장치 - 복선기준 80m 이상의 테스트베드 - 500km 이상의 시험운영 달성
		- 국내 게재 - 학술대회 발표 - 특허 - 프로그램

참고문헌

참 고 문 헌

1. 기획재정부(2012. 07. 04), 보도참고자료 참조
2. 국토해양부(2011), 제3차 중기교통시설투자계획(안)
3. 건설교통부(2005), 도로교설계기준
4. 강원도(2012), 2018 평창 동계올림픽 특구종합계획(안)
5. 여수세계박람회조직위원회(2012), 2012 여수세계박람회 교통대책
6. 국토해양부(2010. 09. 02), 보도자료 참조
7. 국토해양부(2011), 국가통합교통체계효율화법
8. 윤용석(2008), 복공판과 주형이 일체화된 가설교량 최적설계
9. 박상현(2009), 복공거더 및 이를 이용한 가설 구조물 및 그 시공방법
11. 박상현(2007), 단면강성이 보강된 빔을 이용한 교량 설치구조 및 교량시공 방법
12. 노윤근, 박근화(2006), 프리스트레스를 도입한 교량거더와 낙교방지장치 및 다중지점 지지장치로 이루어진 가설교량 설치방법
13. 김기중(1999), 가설교 TRIAS 시스템
14. 강창구(2005), 상하부고정 프리스트레스 강재보의 제작방법
15. 강대열(2001), 조립식 강재보 ATOM 시스템
16. 윤순구, 윤인구(2006), 박스형 가설교량 BTB 시스템
17. 엄기영, 배재형, 최찬용(2011), 기존선에서 가설교량 시공에 따른 열차의 주행안정성 평가
18. 국토연구원(2012. 08), 도로정책 Brief, 런던 올림픽 도로교통 대책
19. 교통개발연구원(2001. 06), 2002년 월드컵 축구대회 대비 특별교통대책
20. 한국관광공사(2009~2012), Conventions AND Exhibitions in KOREA
21. 연합뉴스(2010. 09 .21), 보도자료 참조
22. 인천일보(2010. 12. 15), 보도자료 참조
23. 국가통계포털(KOSIS), http://www.kosis.kr
24. Brian K. Hornbeck(2009), Bridging Team Efforts Supporting Current & Future Forces

25. WFEL Limited(2011), The World Leader in Tactical Military Bridges-DSB
26. WFEL Limited(2011), The World Leader in Tactical Military Bridges-MGB
27. 국토교통부(2011), 대규모 행사 대비 교통처리대책 수립 제도 도입 방안 연구
28. 김학열 외(2012), 국제적 메가이벤트를 활용한 지역발전 전략, 도시정보
29. 한국MICE협회 홈페이지 내 통계자료 참조, http://www.micekorea.or.kr
30. 문화체육광광부 홈페이지 내 통계자료 참조, http://www.mcst.go.kr
31. FHWA(2007), Managing Travel for Planned Spacial Events Handbook; executive Summary
32. FHWA(2008), Planned Special Events-Economic Role and Congestion Effects
32. 한국개발연구원(2011), 2015 광주하계유니버시아드대회 체육시설 사업 간이 예비타당성조사 보고서
34. 2012여수세계박람회재단 홈페이지 내 통계자료 참조, http://www.expo2012.kr
35. 류종현(2012), 2018 평창동계올림픽 지원 등에 관한 특별법 시행령안 수립
36. 다문화공동발전협회 홈페이지 내 통계자료 참조, http://www.damunhwa.org
37. 김찬호, 김승희(2012), 일본 나가노 동계올림픽 개최의 효과와 시사점
38. 문화관광연구원(2012), 2012 런던 올림픽으로 본 2018 평창 동계올림픽의 과제
39. 건설교통부(2004), 건설교통재난대책편람
40. 강희조(2010), 통합적 재난안전관리체계 구축에 관한 연구
41. 강원도(2012), 강원도종합계획 (2012~2020)
42. 강원도(2011), 2030 강원도비전
43. 국토교통부(2007), 2006년 도로교통량통계연보
44. 한국은행(2006, 2009), 산업연관표
45. 경찰청(2008), 교통사고통계
46. 국토교통부(2011), 국가교통만 계획(2001~2019) 제2차 수정계획
47. 국토교통부(2009), 교통시설 투자평가지침 3차개정
48. 국토교통부(2011), 제4차 국토종합계획 수정계획

49. 권용석 외 3(2007), 버스운전기사의 직무만족도와 서비스 제공수준에 관한 실증적 연구
50. 김지현(2008), 교통약자를 위한 저상버스도입의 효과에 대한 연구
51. 도로교통안전관리공단(2009), 2007 도로교통 사고비용의 추계와 평가
52. 산업연구원(2008), 2018 평창동계올림픽 개최 타당성 조사보고서
53. 양준규 외 3(2011), 철도 물류 편익 산정 및 개선에 관한 연구
54. 이희성, 문대섭(2009), 이용자 연령별 지불의사 수준에 따른 산악철도 경제성 변화 연구
55. 장수은 외1(2007), (예비)타당성조사의 교통사고 감소편익 산정방안 개선 연구
56. 최영민 외1(2013), 나도 창조가 가능할까?, VE(Value Engineering)의 활용
57. 남장현(2011), 케이블카 방문객의 만족도 영향 요인 연구

부록

▣ 과제선정평가

▣ 착수보고 의견

▣ 중간보고 의견

▣ 워크샵 및 세부과제 우선순위 평가 결과

▣ 과제검토 회의 의견

▣ 기획자문 회의 의견

▣ 경제적 타당성 자문 의견

▣ 시장조사 설문

▣ 기술수요조사 설문

▣ 과제선정평가

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 선정평가	
구분	내용
일자	2013.04.10.
장소	국토교통과학기술진흥원 3층 2회의실
참석자	○ 국토교통부 ○ 국토교통과학기술진흥원 ○ 한국철도기술연구원 ○ 한국건설기술연구원
평가의견 및 답변	○ 철도운영을 전제로 개발요구사항을 분석하여 연구목표를 명확히 할 필요가 있음(보완) → 기획과정에서 기술동향 조사, 시장조사, 기술수요조사 및 특허조사를 통해 시스템 개발요구사항을 분석하여 본 사업의 연구목표를 명확히 제시하겠음 ○ 조립식 모듈형 철도시스템의 실용화를 위한 기존 법령, 규정, 기준 등의 검토 필요(보완) → 조립식 모듈형 철도시스템의 실용화를 위한 기존 법령, 규종, 기준 등에 검토하겠음 ○ 향후 개발품의 실용화를 위해 보고서에서 제시하고 있는 신뢰성 평가에 대한 세부적인 계획이 필요하며 더불어 개발품의 시험평가 및 인증방안을 구체적으로 제시 필요(보완) → 시스템의 시험평가, 인증방안, 시범구축을 통한 신뢰성 평가 계획을 수립하도록 하겠음 ○ 연구 성과의 경제성 확보를 위해 최소사용기간 검토와 대상지역 선정의 적절성 판단이 필요(보완) → 시스템의 최소사용기간은 상기의 시스템 개발요구사항에 반드시 포함되어야 할 내용이며, 기획보고서에 대상지역의 선정기준을 제시하도록 하겠음 ○ RFP부합성 여부에 대해서는 평가위원 9명 중 9명이 부합으로 판정

	○ 임시적 사용을 위한 조립식 모듈화 개념의 철도시스템은 매우 도전적이고 획기적인 제안입니다. 기획연구를 통해서 실용화의 가능성을 검증하는 것은 나름대로 의미가 있다고 생각합니다. 한시적으로 임시적으로 사용되는 시설물이므로 공용으로 사용되는 동안의 안전과 유지관리를 위한 새로운 설계기준과 인허가 등에 대한 검토가 필요함. 기획안에 테스트베드구축안도 제안되었으면 좋겠습니다.(부분보완) → 사용기간 동안의 안전과 유지관리를 위한 방안을 제시하도록 하겠음 → 설계와 인허가와 관련된 법령, 규정, 기준 등을 검토하여 개선사항을 도출하도록 하겠음 → 대상지역 검토를 통해 테스트베드 구축방안을 제시하도록 하겠음 ○ 관광 등 계절적/일시적 첨두수요 비중이 높은 교통수요지역, 재해 등 일시적인 상황의 수요에 대응할 수 있는 교통시스템으로 연구필요성이 높을 것으로 판단됨(부분보완) ○ 연구성과 활용을 위한 대상지역 및 사업 추가 검토 필요할 것으로 판단됨. 연구개발계획서에서 제시된 사업검토대상은 사용기간이 단기간으로 이동/조립/해제 비용이 이용기간 비용 대비 과다할 수 있음. 기획연구 진행시 경제성 확보를 위해 최소사용기간 검토와 대상지역 선정의 적절성 판단이 필요함(부분보완) → 시스템의 경제성 확보를 근거로 최소사용기간을 검토하고, 또한 대상지역 선정 기준을 제시하도록 하겠음 → 레고형 철도시스템의 점용용지 획득 문제는 매우 중요한 사안으로서 기획과정에서 상세히 검토하겠음 ○ 또한 해당지역을 운영을 위해 모듈을 조립하기 이전, 임대 등의 용지획득이 필요한데 용지획득에는 여러 현실적인 부분으로 획득에 상당한 시간이 필요함을 기획연구시 검토가 필요함(부분보완) ○ 철도운영을 위해서는 법적인허가가 필요함으로 법률

	적 부분의 검토도 함께 시행하여야 할 것으로 판단됨(부분보완) → 교통시설로서의 인허가 문제는 새로운 제도적 근거가 필요한 사항으로서, 현재의 한계점을 분석하고 본 과제에서 본격적으로 제도개선방안을 도출하도록 계획하겠음 ○ 조립식 모듈형 철도시스템의 구축은 매우 필요한 기술개발이나 사용할 분야의 선정이 우선되어야 할 것임(부분보완) ○ 축제 또는 응급상황(사고 등)등 어느 곳에 사용 할 것인지 우선 선정이 필요(부분보완) ○ 규모에 따른 차량선정을 먼저 정한 후 모듈의 규모,설치 및 운영시 인허가와 안전, 유지관리 기준이 검토되어야 함(부분보완) ○ 따라서 본 기획과제 검토 시 여러 가능 방안을 검토한 후 본 과제 수행시에는 기술적, 경제적으로 실현가능한 과제의 선정검토가 가능 하도록 검토제시 하는 것이 바람직함(부분보완) → 현재의 RFP상에는 대규모 이벤트 및 비상시 우회도록 구축 양면으로 활용하는 시스템을 기획하도록 제시되어 있음. 하나의 개발기술로서 양면으로 활용 가능한지, 각각의 목적달성을 위한 기술개발이 필요하다면 후보기술에 대해 무엇에 우선순위를 둘 것인지 분석하여 제시하고 이에 따른 본사업 최종 목표를 설정하도록 하겠음 ○ 철도운영을 전제로 한다면 버스 규모 이상의 수송능력이 요구될 것이나 고하중 구조물의 모듈식 구조에 대한 실현가능성이 적어 보이며, 반면에 경량화 단순화하고자 한다면 기존의 도로교통 수준을 벗어나지 못할 것으로 판단되어 철도 운영의 실효성을 달성하지 못할 것으로 판단됨.조립식 모듈형 철도시스템의 실용화를 위한 기존 법령, 규정, 기준 등의 개정 필요사항에 대한 연구도 수반되어야 할 것임.향후 개발품의 실용화를 위해 보고서에서 제시하고 있

	는 신뢰성 평가서에 대한 세부적인 계획이 필요하며 이와 더불어 개발품의 시험평가 및 인증방안이 구체적으로 제시되어야 할 것임(부분보완) → 수송능력은 차량의 규모(재차인원)를 포함하여 운행빈도, 수송속도, 승하차시간, 가감속도, 신호정지시간 등 다양한 요소로 결정됨. 모듈형이라는 장점을 극대화하여 수요에 대해 유연하게 적용가능한 시스템으로 기획하겠음 → 법제도, 규정 및 기준, 신뢰성 평가 방안, 실용화 방안을 주요내용으로 설정하여 기획하겠음 ○ 본 기획과제는 철도시스템의 조립 해체 재사용이 용이한 연구목표를 하고 있습니다. 그러나 해체 및 재사용이 가능한 철도시스템은GRT, 소형트램 또는 일반도로2차선으로 한정되고 있습니다. 따라서 경량전철분야로 한정하는 것이 바람직할 것으로 판단합니다.(보완불가) → 경량전철에는 PRT, GRT, 트램, AGT, 모노레일 등 다양한 시스템이 포함되므로, 보다 그 범위를 구체적으로 하기 위해 소형 경량의 차량으로 한정하였음 ○ 실용화 추진방안 구체적 제시사용목적 구체적 제시(부분보완) → 기획단계에서 시장조사를 통해 시스템 요구사항, 주목적 및 실용화 추진방안을 보다 명확하게 제시하겠음 ○ 개발요구사항을 명확히 하여 목표를 명확히 할 필요가 있다. 특히 시간당 최대 수송인원 먼저 고려하여야 한다.디젤철도가 아니고 전기철도로서 베터리 차량을 전제로 한다면 탈부착 교체하는 베터리를 충전하기 위한 이동용 충전장치가 선로의 양 종단에 반드시 있어야 하므로 기획단계 부터 검토가 필요하다. 기획단계부터 에너지 공급을 어떻게 할 것인지 검토되어야 하므로 참여연구진 및 기획자문위원회에

	이분야 전문가가 참여되어야 한다.(보완) → 기획단계에서 개발요구사항 및 승차인원, 차량규모, 이에 따른 배터리 사양 및 충전방식에 대해 검토하겠으며, 해당분야 전문가의 자문을 통해 보완하도록 하겠음 ※ 기획자문위원회 김백현 박사는 배터리 동력의 PRT 차량개발에 참여하고 있어 본 연구에서 자문활용 가능함 ○ 이벤트 대응용/응급복구용에 대한 명확한 연구범위의 선정이 필요. 이벤트 대응은 재사용, 급속복구는 영구적 구조물이어야 함. 기획을 통해 두 개의 연구과제나 혹은 한 개의 주제만 선택하는 것이 바람직함(부분보완) → 이벤트 대응 및 응급 우회도로 구축 모두 임시적 설치로 구상하고 있으며, 필요시 임시구조물이 지속적인 유지보수로 반영구적 구조물로 활용이 가능한지 검토하고 후보과제(목표)별 우선순위를 결정하여 본과제 제시하겠음 ○ 프리캐스트 공법과 재사용을 위한 교량 공법은 차이가 있으니 이 부분을 중점을 두어 수행할 것(부분보완) ○ 경제성 분석이 필요함(부분보완) → 본 연구는 재사용을 위한 시스템에 주안점을 두고 기획할 예정이며 단기적/장기적 관점에서의 경제성 분석을 통해 타당성 여부를 검토하겠음 ○ 외관에 대한 고려가 필요하며, 현재의 임시가설교량은 외관에 문제가 있으므로 개선이 필요함(부분보완) → 임시설치형 구조물으로서 이용자 친화적이고 신뢰감, 안정감을 주는 디자인의 필요성은 매우 공감되는 사안임. 그러나 기획단계에서 외형 디자인을 다루기에는 어려움이 있어, 본과제에서 최적의 디자인을 도출할 수 있도록 후보과제로 제시하도록 하겠음

	○ 현재의 설계기준을 그대로 따른다면 이벤트 대응용은 과다설계의 우려가 있으니 설계기준(안) 작성이 본 과제에서 필요함(부분보완) → 법제도, 규정 및 기준을 검토하고 레고형 철도를 위한 설계기준의 수립방안을 설정, 제시하도록 하겠음 ○ 미사용 시 보관방법에 대한 고려가 필요함- 기획 시에 테스트베드에 대한 구체적 계획과 예산을 마련할 것(부분보완) → 시스템 사양에 따라 미사용시 보관방안을 제시하겠음 → 테스트베드에 대한 구체적 계획과 예산을 제시하겠음 ○ 본 과제가 사업화되어 시행할 경우 적용현장의 조건이 다양하여 타당성이 없다고 본다.(부분보완) ○ 현장여건이 지형, 지질, 토질 지층구성이 다르고 환경조건도 달라 사전 제작품의 적용성이 부족하다(부분보완) ○ 사전제작에 따른 경제성이 없다.(제작비의 금리, 운송비용, 보관 및 유지비용 등)(부분보완) ○ 행사용의 경우 짧은 구간의 교량을 가설용으로 사용 후 철거하면 폐도가 되어 노반 조성공사비는 회수가 안됨(부분보완) ○ 국제 및 국내의 대형행사는 기획에서 행사착수까지 충분한 시간의 여유가 있어 각 행사마다 검토 및 설계 시공이 가능하다(부분보완) ○ 다만, 기존 운용선에서 폭우등으로 사고 발생시는 응급대응용으로는 필요할 것이다.(부분보완) → 다양한 지형조건에 유연하게 대처할 수 있는 방안을 검토하겠으며, 이에 따른 적용 조건을 제시하여 경제적 타당성이 확보가 가능한지 분석하도록 하겠음 ※ 경제적 타당성에는 할인율, 운송, 보관, 유지보수 비용을 포함하여 분석 예정 → 설치에 요구되는 최소시간 분석을 통해 응급용으로 활용 가능성을 제시하겠음

▣ 착수보고

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 착수보고	
구분	내용
일자	2013.05.07.
장소	국토교통과학기술진흥원 3층 2회의실
참석자	○ 국토교통부 ○ 국토교통과학기술진흥원 ○ 한국철도기술연구원 ○ 한국건설기술연구원
보완요청내용 및 보완답변	○ 실용화 사례가 없는 도전적 과제이므로 조립식 모듈형 시스템의 생태계 조성(설치-철거-보관 및 재활용)과 실용화가 가능한지에 대한 집중적인 검토가 필요함 → 본 기획과제는 임시적 사용을 전제로 교통시스템을 모듈화하여 설치-해체-이동-보관-재사용이 가능하도록 하는 것이 본 기술개발의 핵심으로서 이에 대해 중점적으로 검토하겠음 ○ 이를 위해 기존철도시스템을 활용하는 방안, 기존 도로를 점용하는 구조물 형태 등 다양한 방안을 비교 검토할 필요 → 실용화를 전제로 모듈형 조립식의 장점을 최적화할 수 있는 방향으로 시스템 요구사항을 설정하고 이에 따라 기존 인프라를 적극적으로 활용할 수 있는 다양한 방안을 검토하겠음 ○ 철골 구조물일 경우 내구성 문제, 보관문제 등에 대한 해결방안 제시 필요 → 임시설치형 시스템의 신뢰성 확보를 위한 운영 중 안전성(내구성) 모니터링 및 보관 시 품질저하 방지를 위한 상태 모니터링 방안에 대해 검토하겠음 ○ 한국 정서상 설치한 철도 인프라를 철거하는 경우 지역 주민들의 반발이 심할 것으로 예상되는데, 조립식 모듈형 시스템 개발이 실효성이 있는지 검토하여 결과 제시 필요

	→ 임시설치형 인프라인 모듈형 철도시스템은 신규 구간의 유발수요 발생 수준을 가늠할 수 있는 장치가 될 수 있으며, 일정 수준의 장기적 통행수요가 예측될 경우 영구적 교통시설을 제공해야 함이 바람직함. 다만 그 민원이 일부 소수의 이기적 요구에 인한 것이라면 합리적 행정절차에 근거해 사업이 진행되어야 할 것임. 이에 대한 내용을 검토하여 기회보고서에 반영하도록 하겠음

▣ 중간보고

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 중간보고	
구분	내용
일자	2013.09.05.
장소	한국철도기술연구원
참석자	○ 국토교통부 ○ 국토교통과학기술진흥원 ○ 한국철도기술연구원 ○ 한국건설기술연구원 ○ 2013년도 기획과제 연구책임자
중간보고 쟁점사항	○ '조립식 모듈형'이 왜 '철도시스템'이 되는지에 대한 논리 정립 - 이벤트와 같은 비일상적 통행수요는 통행량의 변화가 크게 발생함 - 따라서, 체결/해방이 자유로운 철도의 개념이 본 시스템에 가장 적합 ※ 수송용량은 승용차(5인)에서 경량전철(100인)까지 유연하게 대응 - 일반 차량 대비 철도형태로 운영 시 소요인력(운전자 등)이 크게 절감 - 임시적 구조물 상 운행 안전성 확보를 위해 철도의 Guided 운행이 적합 ※ 도로차량의 다양한 운전자의 행태를 고려 시 구조물 규모가 비대해짐 - 전기동력으로 인한 운영 중 CO2 저감, 건설폐기물이 없고 점용토지의 원상복구가 가능해 매우 환경친화적인 대안 ○ '조립식 모듈형 철도시스템'의 사용범위 및 활용방안을 구분해서 제시 - 유형별 또는 기능적 분류(ex., 행사용, 재난재해 시, 영구구조물 전환가능, 기존교통망 연계 가능 등)를 하여 핵심기술을 제시하고 이를 기술로드맵에 반영하여 제시 ○ 사업화 가능성 제고를 위한 경제성 검토 필요

	- 하나의 시범사업을 상정하여 경제성을 분석하고, 또한 임시도로 건설에 대해 비용적 대비 제시 ○ 기술로드맵 작성 필요 - 과거, 현재, 미래를 관통하는 진정한 의미의 '기술로드맵' 제시 - 하나의 연구단을 위한 기술묶음이 아닌 다양한 기술을 시간적으로 연계하여 제시하고, '모듈식 철도'라는 범위에 포함 가능한 다양한 기술을 기획으로 엮도록 해야 함 (ex., 열차사고 시 모듈식 건넘선, 임시 정차역 등) ○ 국토해양부 관련부서의 의견 수렴 필요 - 철도건설과, 광역철도과, 철도기술안전과 등 관련부서 인터뷰

▣ 워크샵 및 세부과제 우선순위 평가 결과

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발

기획연구VE 결과보고

2013. 08.

한국철도기술연구원

KICT 한국건설기술연구원

1 VE 과업명

• 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발을 위한 기획연구 VE

2 VE 팀 구성

구 분		소 속		분 야	직 급	성 명	비 고
VE팀	리더	자람기술(주)		VE 총괄	대표이사	최영민	CVS, 공학박사
	팀원	외부	(주)에이티맥스	시설물 유지관리	대표이사	강경구	공학박사
			브릿지테크놀러지(주)	교량가설	대표이사	김성재	-
			서울시립대학교	교통공학	교수	박동주	공학박사
			KISTI	정책연구	전문위원	박성욱	경제학박사
			상명대학교	토목공학	교수	박종섭	공학박사
			맥소프트(주)	기계설계	부장	유환동	-
			서울대학교	교통공학	교수	장수은	공학박사
			한국철도공사	경영연구	책임연구원	하오근	공학박사
		내부	한국철도기술연구원	교통·물류	선임연구원	박재현	공학박사
			한국철도기술연구원	미래수송시스템	책임연구원	사공명	공학박사
			한국건설기술연구원	구조공학	연구위원	송재준	공학박사
			한국건설기술연구원	구조공학	연구위원	이영호	공학박사
			한국건설기술연구원	구조공학	선임연구원	이상윤	공학박사
	진행	자람기술(주)		Facilitator	과장	황현철	-

3 VE 일정

구 분	세 부 일 정	비 고
2013.8.8(목)	1차 VE 워크숍(양평, 보보스콘션)	성능기준, 기능분석, 아이디어 도출/평가
2013.8.9(금)	2차 VE 워크숍(양평, 보보스콘션)	아이디어 채택 이행회의

시 간	8월 8일(목)	8월 9일(금)
09:30 ~ 11:00	기획연구내용 및 사전조사지 발표	아이디어 채택 이행회의
11:00 ~ 12:30	성능평가기준 수립	
12:30 ~ 13:30	점심식사	점심식사
13:30 ~ 14:30	성능평가기준 가중치 분석	해산
14:30 ~ 15:30	기능정의/FAST도 작성	
15:30 ~ 18:00	아이디어 창출	
18:00 ~ 19:30	아이디어 평가	

4 VE워크샵 형식

- 연구의 기획단계에서 개인이 아닌 팀(연구팀, 자문위원회 등)로서의 창의적 아이디어 개발, 체계적 의사결정을 위해 최신의 워크숍 기법인 VE(Value Engineering)를 적용
- VE 수행절차는 효과적 수행을 위해 SAVE(Society of American Value Engineer) International의 VE 작업계획(Job Plan)을 적용함. VE 작업계획은 준비단계, 분석단계, 이행단계의 3단계로 진행됨.(VE 작업계획 그림 참조)
- 그러나 본 VE 워크숍은 원안이 없는 기획단계의 연구방향성에 대한 아이디어를 도출하는 것이 목표이므로, VE 작업계획 중 준비단계와 분석단계에서 창의적 아이디어의 도출과 평가를 통한 연구대상 및 우선순위 도출에 목표를 두고 수행(VE 작업계획 그림 참조)
- 즉, VE 작업계획에서 일반적인 절차에 해당하는 아이디어에 대한 구체적인 검토는 수행하지 않았으며, 이후 발주처와의 연구 대상 아이디어가 선정되면 해당 아이디어에 대해서 연구팀에서 보다 구체적으로 아이디어 제안자와 함께 연구의 방향성 및 내용을 작성하는 것으로 절차를 진행
- 기능(Function)의 정의, 분석을 통한 본 사업의 연구범위의 정립을 수행하고, 기능분석도(FAST Diagram) 구성으로 자문위원들이 기능별 아이디어 창의를 위한 집중적 노력 유도
- 본 VE워크숍의 대상은 설계나 시공과 같이 시설물의 구체적인 건설이 아닌 연구 그 자체로서 연구개발을 위한 원안대비 비용은 그다지 중요하지 않으므로 성능중심의 가치를 평가하는 것에 집중
- VE 워크숍을 통한 Team Approach 효과 극대화

◆ SAVE International의 VE 작업계획



- 본 VE워크숍은 연구과제 도출을 위한 기획단계로서 전체 VE절차 중 표시된 일부만 적용함.

◈ 준비단계

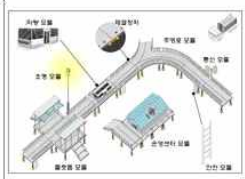
사전과업회의 (VE팀 선정 및 구성)	현장 오리엔테이션 미팅	자료 수집	품질모델(성능평가기준) 작성
VE리더 최영민 VE진행 황현철 VE팀원 외부 박종철 외부 민대홍 외부 김규선 내부 김정호 외부 배인환 내부 송재준 외부 장경구 내부 박정준 외부 장정환 내부 장재윤	– (연구과제의 도출이므로 현장 오리엔테이션은 생략함)		
• 최적의 VE팀 선정 • VE 검토 세부협의	• 효율적 VE 수행전략 수립 • 현장답사	• 자문회의 수행 • 기술제안서 취합	• 품질모델 • 세부가중치 분석

◈ 분석단계

기능분석	아이디어 창출	아이디어 평가	대안의 구체화
		– ("성능평가"와 상세평가로 대체)	– (연구과제의 도출이므로 구체화는 생략함)
• 기능정의, 분석 • FAST Diag. 완성	• 다양하고 창의적 발상 유도 • 브레인스토밍 실시	• 정량·정성적 개략 평가 • 가중치 적용	• 아이디어 상세 분석 • 아이디어 실현성 검토

◈ 분석단계

◈ 실행단계

성능평가	비용평가	제안서 작성(VECP)	실행단계
	– (연구과제의 도출이므로 비용평가는 생략함)	– (연구과제의 우선 순위 도출을 통한 본 보고서로 대체함)	
• 정량·정성적 상세 평가 • 가중치 적용	• 비용분석 수행 • 제안안 사업비분석	• 가치평가를 통한 최적의 VE대안 제안	• 연구제안 승인 • 연구수행 방법 결정

5 품질모델(성능평가기준) 작성

5.1 품질모델(성능평가기준) 작성

1) 성능평가항목 도출

• 무작위, 무평가 원칙에 의해 아래와 같이 조립식 모듈형 철도시스템 기술에 관한 전반적인 상세한 성능평가기준을 작성하고, 이를 VE팀원들의 합의에 의해 "2) 성능평가항목 분류"와 같이 정리함.

토목과 기계시스템의 연계성, 용도의 명확성, 경제성, 기술 수준, 친환경성, 사업 가능성, 사업의 지속성, 시스템의 실용성, 시스템의 활용성, 시공의 용이성, 재사용성, 이용자의 수용성, 수송 능력, 제작성, 접근성, 이용자의 안전성, 구조물의 안전성, 공공성, 공익사업성, 민간사업성, 지적재산권 확보, 시스템 운영능력, 시장성, 수요예측의 적정성, 모듈의 연결성, 차량 종류의 적정성, 차량의 디자인, 친환경성, 이용자의 지체시간, 차량의 통행시간, 자연 파괴의 최소화, 장애인의 접근성, 시스템의 호환성, 시스템의 범용성, 모듈의 패키지화, 모듈의 단순화, 모듈의 경량화, 사업예산 확보, 수익모델의 적정성, 사업계획의 타당성, 지반조건에 대한 다변성, 시공인력 최소화, 운영인력 최소화, 표준화, 사업자 존재유무, 사고시 대응, 에너지 효율성, 개발기술의 창의성, 적정 노선계획, 이용자의 호감성, 관련법규제의 적용성, 수출가능성, 경관성, 지자체의 관심, 지자체의 호응도, 기후조건에 따른 운영성, 지반침하에 대한 대응성, 이용자의 호응성, 모듈 재사용을 위한 강도, 내구성, 구조물의 사용성, 모듈의 보관성, 지역 주민의 만족, 모듈의 유지보수, 모듈의 가변성, 적용하중 규모, 공기단축, 토지의 수용성, 고용 창출, 정부 시책의 연계성, 자원의 재활용, 시공해체의 용이성, 업그레이드의 용이성, 기술혁신의 선도성, 기술료 확보, 구조적 변경 용이성, 시설 운영인력의 최소화, 시방기준의 표준화, 시공운영인력의 전문성, 무인운전, 시스템의 종합관리, 저소음시공, 계안된 시범사업의 적정성, 물류 수송률, 시공의 편리성, 가설부지의 적정성, CO2배출량 최소화, 운영의 지속가능성과 보조금, 횡하중의 저항성, 운영시 소음진동, 시공장비의 규모, 운행차량의 적정속도, 시공장비의 존재유무, 유지보수의 적정성, Barrier free, 정출금과 기업부담금 비율, 희망 민간사업자 유무, 사업대상의 적정성, 수요의 대응성, 안전평가 모니터링의 적정성, 초단기 가설, 현장타설 배제, 이벤트 주관의 관심도, 무독성, 중장비 사용 배제, 목표기술의 명확성, 기존구조물의 확장성, 기존구조물과의 연계성, 악천후시 주행성, 악천후시 주행안전성, 복원성, 적용재료의 내부식성, 메뉴얼의 도식화, 계절기후변화와 상관없는 모듈, 가설 전용장비 최소화, 영구 구조물로의 전용가능성, 모듈의 운송 및 보관, 타 운송 수단과의 상층이완성, 모듈의 신뢰성, 지형의 적합성, 신호통신시스템의 연계성, 정차시간의 최소화, 사용기간, 재활용 가능횟수, 사고발생시 대피의 적정성

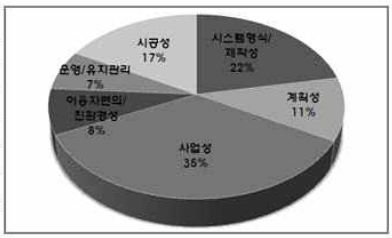
2) 성능평가항목 분류

성능평가항목 분류		성능속성 도출
시스템의 연계성(호환성, 업그레이드 용이 등), 모듈의 연결성, 적용하중 규모(차량 종류 등), 모듈의 표준화(패키지화, 단순화, 경량화, 가변성 등), 지형조건에 대한 대응성(지반 조건, 지반침하 등), 기존구조물의 확장성(연계성 등), 구조물의 안전성(사용성, 횡방향 저항 등)	➡	시스템형식/제작성
목표기술의 명확성(용도 등), 사업계획의 타당성(수요예측, 적정 노선, 토지수용, 정부시책, 시범사업, 사업대상지역 등), 관련법규제의 적용성, 영구 구조물로의 전용가능성, 타 운송 수단과의 상층이완성	➡	계획성
수익모델의 적정성(사업 지속성, 사업운영자, 수출, 물류수송 등), 이용자의 수용성(수송 능력, 운행속도 등), 지자체의 호응도(이벤트 주관기관 등), 고용 창출, 시스템의 실용성(활용성, 공익사업, 민간사업 등)	➡	사업성
이용자 만족도(통행시간, 장애인 접근, Barrier free, 안전성 등), 유형성(모듈, 차량, 이용자 호감 등), 환경피해 최소화(CO2배출량, 무독성, 소음진동, 복원성 등), 에너지 효율성(자원의 재활용 등), 경관성, 지역 주민의 만족	➡	이용자편의/친환경성
재사용성(모듈 운송, 보관, 내구성 등), 운영인력 최적화(전문성, 무인운전 등), 시스템의 통합관리(신호통신시스템의 연계성, 정차시간 최소화, 안전평가 모니터링 등), 수요에의 대응성, 비상시 대응(악천후시 주행성 등)	➡	운영/유지관리
시방기준의 표준화(메뉴얼의 도식화 등), 시공의 효율성(시공인력 최소화, 공기단축, 초단기 가설, 현장타설 배제 등), 시공해체의 용이성, 저소음시공, 시공장비의 효율성(규모, 존재유무, 중장비 사용 배제, 가설 전용장비 최소화 등)	➡	시공성

5.2 성능평가항목 가중치 분석

• AHP기법에 기초하여 VE팀원간 합의를 바탕으로 성능평가항목의 가중치를 결정함

평가항목		A	B	C	D	E	F		가중치
A	시스템형식/제작성	1.0	3.0	0.3	3.0	4.0	1.0	➡	22%
B	계획성		1.0	0.3	1.0	2.0	1.0	➡	11%
C	사업성			1.0	4.0	4.0	2.0	➡	35%
D	이용자편의/친환경성				1.0	1.0	0.5	➡	8%
E	운영/유지관리					1.0	0.3	➡	7%
F	시공성						1.0	➡	17%
λmax = 6.194, CI = 0.039, CR = 0.031 < 0.1 ➡ O.K									



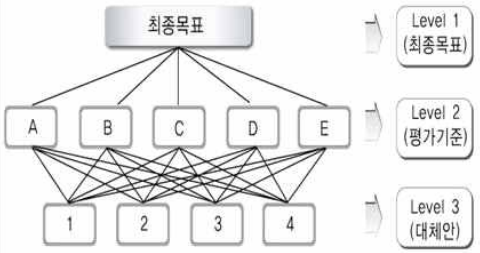
5.3 성능평가항목(최종)

• 세부성능속성을 명시함으로써 평가항목에 대한 구체적 이해를 제공하기 위해 다음과 같이 최종 성능평가기준을 적용함

평가항목	가중치 (%)	성능속성		비고
시스템형식 /제작성	22	P-01	시스템의 연계성(호환성, 업그레이드 용이 등)	
		P-02	모듈의 연결성	
		P-03	적용하중 규모(차량 종류 등)	
		P-04	모듈의 표준화(패키지화, 단순화, 경량화, 가변성 등)	
		P-05	지형조건에 대한 대응성(지반조건, 지반침하 등)	
		P-06	기존구조물의 확장성(연계성 등)	
		P-07	구조물의 안전성(사용성, 횡방향 저항 등)	
계획성	11	P-08	목표기술의 명확성(용도 등)	
		P-09	사업계획의 타당성(수요예측, 적정 노선, 토지수용, 정부시책, 시범사업, 사업대상지역 등)	
		P-10	관련법규제의 적용성	
		P-11	영구 구조물로의 전용가능성	
		P-12	타 운송 수단과의 상충이완성	
사업성	35	P-13	수익모델의 적정성(사업 지속성, 사업운영자, 수출, 물류수송 등)	
		P-14	이용자의 수용성(수송 능력, 운행속도 등)	
		P-15	지자체의 호응도(이벤트 주관기관 등)	
		P-16	고용 창출	
		P-17	시스템의 실용성(활용성, 공익사업, 민간사업 등)	
이용자편의 /친환경성	8	P-18	이용자 만족도(통행시간, 장애인 접근, Barrier free, 안전성 등)	
		P-19	유형성(모델, 차량, 이용자 호감 등)	
		P-20	환경피해 최소화(CO_2배출량, 무독성, 소음진동, 복원성 등)	
		P-21	에너지 효율성(자원의 재활용 등)	
		P-22	경관성	
		P-23	지역 주민의 만족	
운영 /유지관리	7	P-24	재사용성(모듈 운송, 보관, 내구성 등)	
		P-25	운영인력 최적화(전문성, 무인운전 등)	
		P-26	시스템의 통합관리(신호통신시스템의 연계성, 정차시간 최소화, 안전평가 모니터링 등)	
		P-27	수요에의 대응성	
		P-28	비상시 대응(악천후시 주행성 등)	
시공성	17	P-29	시방기준의 표준화(메뉴얼의 도식화 등)	
		P-30	시공의 효율성(시공인력 최소화, 공기단축, 초단기 가설, 현장타설 배제 등)	
		P-31	시공해체의 용이성	
		P-32	저소음시공	
		P-33	시공장비의 효율성(규모, 존재유무, 중장비 사용 배제, 가설 전용장비 최소화 등)	
합계	100	–		

◆ 가중치 산정방법 : 계층화 분석기법(Analytic Hierarchy Process: AHP)

- 의사결정 문제의 의사결정 요소들 간의 관계를 분석하여 계층 구조를 형성함 (이때 인자의 개수는 5~9개가 적당함)
- 각 계층내의 의사 결정 요소들의 쌍대비교(pairwise comparison)를 통하여 계층별로 쌍대비교 행렬을 구함
- 쌍대비교 행렬로부터 각 계층내의 의사결정 요소의 상대적 중요도를 평가(상대적인 중요성을 판단하게 되는데 이를 위하여 1에서 9까지의 숫자 이용)
- 일관성 정도를 파악(보통 일관성 비율의 값은 10% 이내로 이 지수 값이 0.1보다 크게 되면 그 판단은 무작위 한 것으로 간주되어 수정된 후 재평가)



– 계층분석의 적용절차

구 분	적 용 절 차
1단계	• 의사결정 문제의 의사결정 요소들간(최종목표, 평가기준, 대체안)의 관계를 계층구조화 하는 단계
2단계	• 각 계층내의 의사결정 요소들의 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통하여 계층별로 쌍대비교 행렬을 구함 • 특정 계층내에 있는 요소들의 중요도에 대한 의사 결정자의 선호도를 평가하는 단계 • 쌍대비교를 위해서 의미 척도를 사용하여 각 요소가 다른 요소에 대한 중요도를 수치로 표시하기 위해 구분
3단계	• 쌍대비교 행렬로부터 각 계층내의 의사결정 요소의 상대적 중요도를 평가하여 가중치를 구함 • 전문가 지식의 신뢰도에 대한 평가를 일관성 척도를 이용함 • 선택결정기준은 여러 가지 방법이 있지만 보편적으로 기하평균법이 널리 사용 • 미국 펜실베니아대학의 Thomas L. Saaty의한 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process : AHP,1970) • Saaty는 경험적으로 일관성비율이 10%이내이면 일관성이 있다고 판단하고, 10%이상이면 일관성이 없다고 판단하여 행렬을 재구성
4단계	• 각 계층별로 얻어진 요소들의 중요도를 결합하여 대안들 사이의 중요도를 계산 함 • 위에서 얻어진 요소들 사이의 중요도와 각 요소에 대한 대안들간의 중요도를 이용하여 대안들의 총 중요도를 계산

– 가중치 산정시 기존방법론의 문제점 및 AHP의 장점

구 분	기존 방법론의 문제점	AHP의 장점
정확도 문제	• 절대적인 평가 점수 체계는 평가에 있어서 객관성을 유지하는데 한계	• 쌍대비교 평가 및 성능속성 고유값 계산을 통한 일관성 확인 가능(CR, CI)
신뢰도 문제	• 기존 평가체계는 평가결과에 대한 신뢰성을 단지 전문가의 의견에만 의존	• 일관성지수를 이용한 신뢰도 검정(CI)
민감도 문제	• 기존 평가체계는 scale factor 및 평가 방법에 따라 왜곡가능성 존재	• 비교척도 재정립 및 쌍대비교, 선형대수의 적용
독립성 문제	• 평가에 있어서 각 요소에 대한 이해가 평가자마다 다를 수 있음	• 계층과정(hierarchy structure)을 통해 독립성 확보

6 기능분석

- 기능분석과 Team Approach를 통한 체계적 VE 수행으로 아이디어 창출 극대화 및 토론의 체계화
- 조립식 모듈형 철도시스템에 요구되는 기능에 대해 정의 및 분류를 수행하여 프로젝트의 특성을 파악하며 예상되는 문제의 본질 과악

6.1 기능정의 및 분류



1) 필요기능 정의

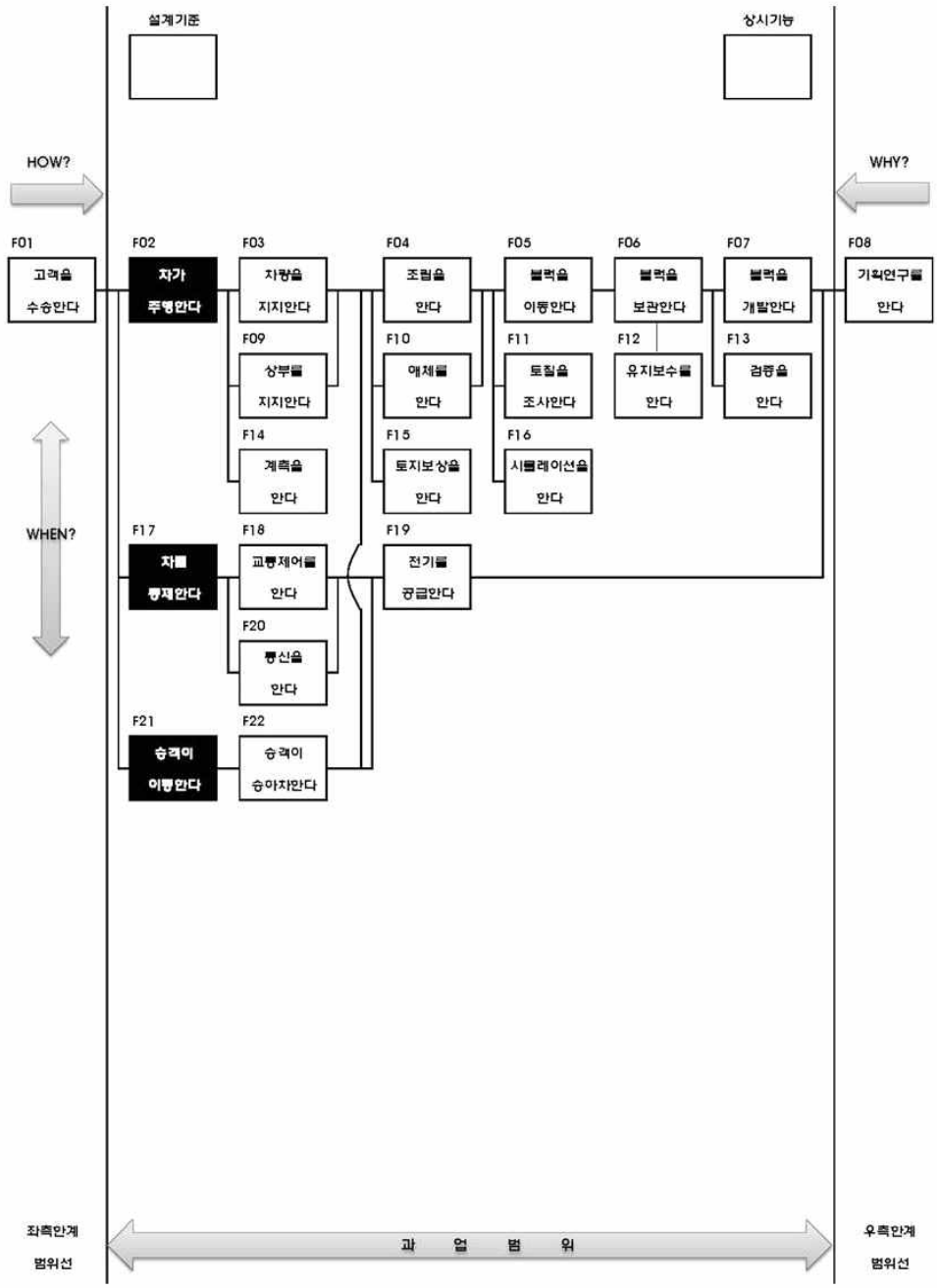
고객을 수송한다	해체를 한다
차량을 지지한다	검증을 한다
차가 주행한다	토지보상을 한다
블록을 보관한다	전기를 공급한다
조립을 한다	시뮬레이션을 한다
블록을 이동한다	차를 통제한다
블록을 개발한다	교통제어를 한다
상부를 지지한다	승객이 승하차한다
유지보수를 한다	통신을 한다
계측을 한다	승객이 이동한다
토질을 조사한다	

2) 기능분석

명 사	동 사	기능분류						명 사	동 사	기능분류					
		H	B	RS	O	AL	A			H	B	RS	O	AL	A
고객을	수송한다	■						유지보수를	한다			■			
차가	주행한다		■					검증을	한다			■			
차량을	지지하다			■				계측을	한다			■			
조립을	한다			■				토지보상을	한다			■			
블럭을	이동한다			■				시뮬레이션을	한다			■			
블럭을	보관한다			■				차를	통제한다		■				
블럭을	개발한다			■				교통제어를	한다			■			
기획연구를	한다						■	전기를	공급한다			■			
상부를	지지한다			■				통신을	한다			■			
해체를	한다			■				승객이	이동한다		■				
토질을	조사한다			■				승객이	승하차한다			■			

기능분류			
	• H : 최상위기능	• B : 기본기능	• RS : 필수부기능/동시발생가능
	• O : 프로젝트 목적	• AL : 상시기능	• A : 가정기능

6.2 기능분석계통도(FAST : Function Analysis System Technique) 작성



7 아이디어 창출/평가



기 능 명	차가 주행한다	차를 통제한다	승객이 이동한다	합계
아이디어 수(건)	38	11	11	60

7.1 차가 주행한다

대상명 : 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구
기능명 : 차가 주행한다

N0 : F02 외

NO.	아이디어명	평가기준						성능점수	등수	제안자
		A	B	C	D	E	F			
		22%	11%	35%	8%	7%	17%			
001	실사례(기존 특허, 연구 등)에 대한 선행 조사연구 추가	7	6	7	5	5	6	64.2	23	김성재
002	실용화 시기에 맞는 수요예측 연구 추가(연구기간을 고려하여)	5	8	7	5	6	5	61.0	40	김성재
003	성공사례와 실패사례에 따른 시사점 도출	7	6	7	5	5	6	64.2	23	박성욱
004	높이 조절이 가능한 교량형태의 조립식 주행로(직선, 곡선, 분기) 연구	8	5	5	5	6	7	60.7	41	박재현
005	시스템의 기능성 모듈(조명, 대피 등) 개발 연구	8	6	6	5	6	7	65.3	19	박재현
006	연결부의 통일화(표준화)	8	5	6	5	8	7	65.6	18	김성재
007	설계 프로세서의 개발(표준화를 기반으로 함)	8	5	6	5	6	8	65.9	17	김성재
008	횡하중을 대비한 앵커 급속시공 방법 개발	7	5	5	5	6	8	60.2	45	박재현
009	기존구조물을 이용한 캔틸레버식 주행로 개발	7	6	6	5	5	6	60.7	41	이영호
010	철거 가능한 파일시스템(기초시스템) 개발	7	6	8	5	7	8	72.5	5	이상윤
011	모듈의 재활용을 고려한 유지관리 기준 및 메뉴얼 연구	8	6	8	5	7	7	73.0	4	김성재
012	하중체계에 대한 연구	8	6	5	5	5	7	61.1	39	사공명
013	3차원화된 모듈 제작기법 연구	8	6	6	7	6	7	66.9	13	사공명
014	연약지반에 적용 가능한 노면 주행로 개발	8	6	5	6	6	7	62.6	32	이영호
015	주행 안전성 확보를 위한 시스템 실시간 구조 건전성 모니터링 기술 개발	7	5	5	5	9	6	58.9	47	강경구

NO.	아이디어명	평가기준						성능 점수	등수	제안자
		A	B	C	D	E	F			
		22%	11%	35%	8%	7%	17%			
016	유체를 이용한 하부 임시구조물 연구	6	5	5	5	4	8	56.6	56	박재현
017	모듈 경량화 소재 연구	8	6	7	5	6	8	70.5	7	유환동
018	다양한 형태의 모듈에 적합한 운반 및 설치 기술 연구 (자동화 가능하도록)	7	6	6	5	6	8	64.8	22	김성재
019	기존 차량 운행을 고려한 시스템 개발	7	7	6	7	5	6	63.4	29	장수은
020	차량 충돌에 대한 안전성 연구	7	6	6	7	6	6	63.0	30	김성재
021	접이식 교각이 일체형으로 구성된 교량 모듈 개발	8	6	7	5	6	8	70.5	7	유환동
022	조립식 철도 계획, 운영 계획시스템 개발(계획단계에서 적용 가능한)	6	6	7	6	8	7	66.6	14	하오근
023	모듈 시공 메뉴얼 개발(도식화된)	6	5	7	5	6	8	65.0	21	하오근
024	조립식 철도 인프라 설계기준 및 시방서 개발	7	7	6	5	6	7	64.2	23	사공명
025	최대 허용 생애주기비용을 고려한 시스템 개발	7	7	9	5	6	5	71.3	6	박동주
026	조립식 모듈 이력관리시스템 개발	6	6	6	5	8	8	64.0	27	박재현
027	안전시설 설계 및 시공기술 개발	7	5	5	7	6	7	60.1	46	박종섭
028	운영계획 및 시뮬레이션 시스템 개발(BIM기반)	5	7	6	5	7	6	58.8	50	박재현
029	목표 서비스 수준에 기반한 시스템 개발	8	8	8	8	6	5	73.5	3	장수은
030	날씨 변화에 따른 모듈러 시스템 안전성 검증기법 개발 (염해성 등을 고려)	7	6	7	6	7	6	66.4	15	김성재
031	날씨 변화에 따른 대응 모듈러 시스템 개발	6	5	6	8	8	6	61.9	35	박재현
032	모듈러 시스템 급속해체 기술 연구	7	6	7	5	5	9	69.3	11	사공명
033	이용 활성화를 위한 관련법 및 보상체계 연구	6	8	8	5	5	5	66.0	16	김성재
034	모듈 표준규격(크기, 종류, 무게 등) 정립 연구	8	6	8	5	7	8	74.7	2	하오근
035	실용화 프로세스 개발(수익모델, 사업화 모델 등)	7	8	10	5	5	6	76.9	1	김성재
036	경제성 판단을 위한 편익 정량화 연구	6	8	6	6	5	5	59.8	47	박동주
037	모듈의 생산 및 시공, 해체에 대한 CO_2 발생량 연구(기존 기술과 대비하여)	6	5	6	7	5	5	57.3	53	김성재
038	모듈의 생산 및 시공, 운영, 해체에 대한 CO_2 발생량, 미세먼지, 에너지효율을 포함한 연구	6	5	6	7	5	5	57.3	53	박재현

7.2 차를 통제한다

대상명 : 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구
기능명 : 차를 통제한다

NO : F17 외

NO.	아이디어명	평가기준						성능점수	등수	제안자
		A	B	C	D	E	F			
		22%	11%	35%	8%	7%	17%			
001	설치, 해체가 자유로운 신호체계 설비 개발(모듈화)	7	5	7	5	8	6	65.2	20	김성재
002	통합관리시스템 개발	5	5	6	5	9	5	56.3	57	송재준
003	사고시 차량 임시 대피시스템 및 경보시스템 개발	6	6	6	8	8	5	61.3	38	김성재
004	통제시스템의 정보보안 구축 연구	6	6	5	5	7	5	54.7	58	박성욱
005	가변속도 제어 및 교통상황 안내시스템 개발(일반 차량의 경우)	6	6	6	7	7	5	59.8	47	박동주
006	가변성, 대응성을 고려해서 소형이나 중소형으로 차량 적용	8	6	7	6	7	7	70.3	9	김성재
007	행사운영 특성을 고려하여 중대형차량 적용(입장, 퇴장 시간에 집중되므로)	4	5	6	6	5	5	52.1	60	하오근
008	모듈 운반의 특성을 고려하여 소형이나 중소형으로 차량 적용	8	6	7	6	7	7	70.3	9	유환등
009	시공시 차량 통제시스템의 개발(관련규정 등)	6	6	6	5	5	8	61.9	35	김성재
010	차량 운행 정보시스템 개발	5	6	6	7	8	5	58.3	51	박재현
011	비접촉 방식의 차량 추종 방식 연구	6	5	7	6	8	5	62.1	34	박재현

7.3 승객이 이동한다

대상명 : 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구
기능명 : 승객이 이동한다

NO : F21 외

NO.	아이디어명	평가기준						성능점수	등수	제안자
		A	B	C	D	E	F			
		22%	11%	35%	8%	7%	17%			
001	관광에 묘미를 살리는 무인자동차시스템으로 연구 추진	6	7	8	8	6	5	68.0	12	박성욱
002	사용 가능성이나 효율성을 고려한 에너지원 개발	6	6	7	5	7	5	61.7	37	박동주

NO.	아이디어명	평가기준						성능점수	등수	제안자
		A	B	C	D	E	F			
		22%	11%	35%	8%	7%	17%			
003	모듈러 차량 연결 운행기술 개발	5	6	6	7	7	5	57.6	52	박재현
004	승하차 시간을 최소화할 수 있는 차량 개발	6	6	7	9	6	5	64.2	23	이영호
005	배터리를 신속하게 교체할 수 있는 시스템 연구	6	6	7	6	7	5	62.5	33	박재현
006	승객의 승하차시 안전을 고려한 시스템 연구(스크린도어, 간격 등)	7	6	6	8	6	6	63.8	28	김성재
007	장애인을 고려한 지선 시스템 연구	6	5	6	8	6	6	60.5	44	박재현
008	수하물 처리를 고려한 차량 시스템 연구	6	6	6	8	7	5	60.6	43	박동주
009	플랫폼을 차량으로 활용한 시스템 연구	5	5	5	8	6	5	53.1	59	박재현
010	차량의 모듈화 기술 연구(에어콘, 난방기 모듈 등)	7	5	7	7	5	5	63.0	30	박재현
011	차량 문이 전면 개방되는 차량 개발	6	5	6	7	5	5	57.3	53	김성재

- 평가기준 : A:시스템형식/제작성 B:계획성 C:사업성 D:이용자편의/친환경성 E:운영/유지관리 F:시공성
- 평 가 : 중요한 항상 ← 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 → 중요한 감소
- 아이디어 창출 및 평가방법
  1. 집단 토론의 목적성과 집중성을 강화하기 위해 논의하고자 하는 기능에 대해서만 아이디어를 브레인스토밍 기법을 활용하여 순서없이 창출
  2. 순차적으로 기능을 바꿔가면서 1.항의 아이디어 창출을 수행
  3. 대상 기능에 대해 모든 아이디어가 창출되면, 각 아이디어에 대해 "성능평가기준"에 따라 10단계의 평가를 수행. 이때 현재 수행되는 통상적인 관련기술 수준을 "5"점으로 기준하고 이보다 개선되는 아이디어이면 6~10점을, 현재와 비슷한 수준이면 5점을, 현재의 수준보다 낮아지는 아이디어이면 1~4점을 부여하는 방식
  4. 모든 평가는 VE팀원의 합의에 의해 결정하되, 합의가 되지 않으면 투표를 통해 조정. 투표는 VE팀원 개개인의 최대한 자유로운 의사의 표현이 가능하도록 무기명으로 실시. 이를 위해 스마트폰을 이용한 투표시스템의 적용(그림 1 참조)
  5. 동일한 성능평가기준에 의해 모든 아이디어를 평가하였으므로 우선순위를 높은 성능점수를 획득한 아이디어부터 부여


가중치 산정
AHP기법 가중치 산정
A
B
C
D
E
가중치
확정 가중치
유지관리/미관성
에너지효율성
안전/편의성
계획성
구조안전/시공성
1.000
1.000
0.333
0.500
0.333
9.6%
10%
1.000
1.000
1.000
0.333
0.200
9.4%
9%
3.000
1.000
1.000
0.500
0.250
14.5%
14%
2.000
3.000
2.000
1.000
0.333
21.2%
21%
3.000
5.000
4.000
3.000
1.000
45.4%
46%
10.000
11.000
8.333
5.333
2.117
100.0%
100%
CR = 0.0563 < 0.1 (OK)
이전
저장
다음


무선통신


2점
4점
3점

그림 1. 모바일 투표 예

8 기능별 아이디어의 우선순위

순위	아이디어NO	아이디어명	성능점수	선택	비고
1	F02-035	실용화 프로세스 개발(수익모델, 사업화모델 등)	76.9	O	연구 아이템
2	F02-034	모듈 표준규격(크기, 종류, 무게 등) 정립 연구	74.7	O	세부과제연구내용 (요구조건)
3	F02-029	목표 서비스 수준에 기반한 시스템 개발	73.5	O	세부과제연구내용 (요구조건)
4	F02-011	모듈의 재활용을 고려한 유지관리 기준 및 메뉴얼 연구	73.0	O	연구 아이템
5	F02-010	철거 가능한 파일시스템(기초시스템) 개발	72.5	O	연구 아이템
6	F02-025	최대 허용 생애주기비용을 고려한 시스템 개발	71.3	O	연구 아이템
7	F02-017	모듈 경량화 소재 연구	70.5	△	적용 연구
7	F02-021	접이식 교각이 일체형으로 구성된 교량 모듈 개발	70.5	O	연구 아이템
9	F17-006	가변성, 대응성을 고려해서 소형이나 중소형으로 차량 적용	70.3	O	연구 아이템
9	F17-008	모듈 운반의 특성을 고려하여 소형이나 중소형으로 차량 적용	70.3	X	F17-006과 유사
11	F02-032	모듈러 시스템 급속해체 기술 연구	69.3	O	연구 아이템
12	F21-001	관광에 묘미를 살리는 무인자동차시스템으로 연구 추진	68.0	O	세부과제연구내용 (요구조건)
13	F02-013	3차원화된 모듈 제작기법 연구	66.9	O	연구 아이템
14	F02-022	조립식 철도 계획, 운영 계획시스템 개발(계획단계에서 적용 가능한)	66.6	O	연구 아이템
15	F02-030	날씨 변화에 따른 모듈러 시스템 안전성 검증기법 개발 (염해성 등을 고려)	66.4	O	세부과제 연구내용
16	F02-033	이용 활성화를 위한 관련법 및 보상체계 연구	66.0	O	세부과제 연구내용
17	F02-007	노선 설계 프로세서의 개발(표준화를 기반으로 함)	65.9	O	세부과제 연구내용
18	F02-006	연결부의 통일화(표준화) 개발	65.6	O	연구 아이템
19	F02-005	시스템의 기능성 모듈(조명, 대피 등) 개발 연구	65.3	O	연구 아이템

순위	아이디어NO	아이디어명	성능점수	선택	비고
20	F17-001	설치, 해체가 자유로운 신호체계 설비 개발(모듈화)	65.2	O	연구 아이템
21	F02-023	모듈 시공 메뉴얼 개발(도식화된)	65.0	O	세부과제 연구내용
22	F02-018	다양한 형태의 모듈에 적합한 운반 및 설치 기술 연구(자동화 가능하도록)	64.8	O	연구 아이템
23	F02-001	실사례(기존 특허, 연구 등)에 대한 선행조사 연구 추가	64.2	O	세부과제 연구내용
23	F02-003	성공사례와 실패사례에 따른 시사점 도출	64.2	O	세부과제 연구내용
23	F02-024	조립식 철도 인프라 설계기준 및 시방서 개발	64.2	O	연구 아이템 (법제도)
23	F21-004	승하차 시간을 최소화할 수 있는 차량 개발	64.2	O	세부과제연구내용 (요구조건)
27	F02-026	조립식 모듈 이력관리 시스템 개발	64.0	O	세부과제 연구내용
28	F21-006	승객의 승하차시 안전을 고려한 시스템 연구(스크린도어, 간격 등)	63.8	O	세부과제연구내용 (요구조건)
29	F02-019	기존 차량 운행을 고려한 시스템 개발	63.4	O	세부과제연구내용 (요구조건)
30	F02-020	차량 충돌에 대한 안전성 연구	63.0	O	연구 아이템
30	F21-010	차량의 모듈화 기술 연구(에어콘, 난방기 모듈 등)	63.0	O	세부과제연구내용 (요구조건)
32	F02-014	연약지반에 적용 가능한 노면 주행로 개발	62.6	O	연구 아이템
33	F21-005	배터리를 신속하게 교체할 수 있는 시스템 연구	62.5	O	세부과제 연구내용
34	F17-011	비접촉 방식의 차량 추종 방식 연구	62.1	O	세부과제연구내용 (적용연구)
35	F02-031	날씨 변화에 따른 대응 모듈러 시스템 개발	61.9	O	세부과제 연구내용
35	F17-009	시공시 차량 통제방안의 개발(관련규정 등)	61.9	O	세부과제연구내용 (법제도)
37	F21-002	사용 가능성이나 효율성을 고려한 에너지원 개발	61.7	O	세부과제연구내용 (요구조건)
38	F17-003	사고시 차량 임시대피 시스템 및 경보시스템 개발	61.3	O	세부과제 연구내용
39	F02-012	하중체계에 대한 연구	61.1	O	세부과제연구내용 (요구조건)
40	F02-002	실용화 시기에 맞는 수요예측 연구 추가(연구기간을 고려하여)	61.0	O	세부과제연구내용 (정책)
41	F02-004	높이 조절이 가능한 교량형태의 조립식 주행로(직선, 곡선, 분기) 연구	60.7	O	연구 아이템

순위	아이디어NO	아이디어명	성능점수	선택	비고
41	F02-009	기존구조물을 이용한 캔틸레버식 주행로 개발	60.7	O	연구 아이템
43	F21-008	수하물 처리를 고려한 차량시스템 연구	60.6	O	세부과제연구내용 (요구조건)
44	F21-007	장애인을 고려한 지선시스템 연구	60.5	O	세부과제연구내용 (요구조건)
45	F02-008	횡하중을 대비한 앵커 급속시공방법 개발	60.2	O	연구 아이템
46	F02-027	안전시설 설계 및 시공기술 개발	60.1	O	연구 아이템
47	F02-036	경제성 판단을 위한 편익 정량화 연구	59.8	O	세부과제연구내용 (정책)
47	F17-005	가변속도 제어 및 교통상황 안내시스템 개발(일반 차량의 경우)	59.8	O	세부과제연구내용 (적용연구)
49	F02-015	주행 안전성 확보를 위한 시스템 실시간 구조건전성 모니터링 기술 개발	58.9	O	연구 아이템
50	F02-028	운영계획 및 시뮬레이션 시스템 개발(BIM기반)	58.8	O	연구 아이템
51	F17-010	차량 운행 정보시스템 개발	58.3	O	세부과제연구내용 (적용연구)
52	F21-003	모듈러 차량 연결 운행기술 개발	57.6	O	연구 아이템
53	F02-037	모듈의 생산 및 시공, 해체에 대한 CO_2 발생량 연구(기존 기술과 대비하여)	57.3	O	세부과제연구내용 (정책)
53	F02-038	모듈의 생산 및 시공, 운영, 해체에 대한 CO_2 발생량, 미세먼지, 에너지효율을 포함한 연구	57.3	O	세부과제연구내용 (정책)
53	F21-011	차량문이 전면 개방되는 차량 개발	57.3	X	
56	F02-016	유체를 이용한 하부 임시구조물 연구	56.6	O	연구 아이템
57	F17-002	통합관리시스템 개발	56.3	O	연구 아이템 (테스트베드사업)
58	F17-004	통제시스템의 정보보안 구축 연구	54.7	O	세부과제 연구내용
59	F21-009	플랫폼을 차량으로 활용한 시스템 연구	53.1	X	
60	F17-007	행사운영 특성을 고려하여 중대형차량 적용(입장, 퇴장시간에 집중되므로)	52.1	X	

▣ 과제검토 회의 의견

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 과제검토 회의	
구분	내용
일자	2013.09.11.
장소	한국건설기술연구원 창의실
참석자	○ 한국철도기술연구원 ○ 한국건설기술연구원
회의내용	□ 응급복구 관련 - 응급복구의 정의: 우리의 목적은 재난재해에 관한 응급복구였으나 진흥원은 "철도본선"에 관한 응급복구임. - 현실적으로 "철도본선"을 응급복구로 정하고 과제에 포함시키는 것은 무리 - 우리는 이벤트 대응으로 주제를 정하고 집중/본 과제는 경전철, 경철도 대상이지 일반철도는 수용할 수 없음 - 향후, "철도본선" 응급복구는 별도의 과제로 진행할 아이템 - 이벤트 대응용, 일반 재해재난 지원용 -> 대응 "로드맵" 설정 필요 - 1. 대형 이벤트 대응형 조립식 모듈형 철도 인프라 기술개발 기획 2. 재해재난시 응급복구형 조립식 모듈형 철도 인프라 기술개발 기획(철도본선) □ 철도시스템 이란? - 왜 철도시스템인가? 설명 필요(차량이 연행됨, 고무차륜 경철도) □ 일반 재해재난 대응 - 응급시 신속하게 대응/활용할 수 있는 방안 모색 - 재해재난의 대응 바운더리 설정 필요(홍수/태풍/유지관리 미흡) □ 영구 구조물 전환 가능성?

	- 영구 구조물 전환 시 내진성능 검토 등이 필요하며 본 과업의 목표구조물은 임시구조물로 그에 맞는 하중성능만 필요, 영구구조물에서 예상되는 하중과는 상이함 - 과제성격과 상이하고 예산 및 승인절차가 복잡함, 필요시 대응모듈 개발 □ 기존 교통망과 연계 가능성? - 비율적, 고비용 - 기존 도로에 2층의 고가도로형태도 고려 필요 □ 경제성, 재무성 등 기타사항 - 경제성: 현재 시립대와 평창 목표로 진행 중 - 재무성: 국가 제작/민간 임대 형태로 재무성 보완 - 임시도로: 임시도로는 사용 후 복구 안됨, 가능성 없음 - 지역주민 반발: 기술적 문제 아님 □ 로드맵(미래기술 대응전략) - 런던올림픽의 조립식 주택/놀이시설(카니발 형식) 지원/TRM □ 과제의 타켓 밑그림을 정확히 제시할 필요 - 어디서 연계되고 어떻게 접근하는 동영상 등으로 밑그림을 제시할 필요가 있음 - 기존 제작 동영상 활용

▣ 기획자문 회의 의견

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 기획자문 회의	
구분	내용
일자	2013.10.28.
장소	서울대학교 교수회관 제 2회의실
참석자	박재현, 이재현(이상 KRRI), 송재준, 이영호, 이상윤, 황윤국, 박기태, 김용희(이상 KICT), 정원용((주)오케이컨설턴트), 김창남(닛시메카트로닉), 김천희(벡터스(주)), 차경렬(현대건설), 장수은(서울대학교), 안우영(공주대학교), 김성호(포스코플랜택), 임남형(충남대학교), 최영민(자람기술), 박형준, 도우석(이상 서울시립대학교)
자문내용	○ 연구 단계별 추진계획 - 현재 본 사업의 단계별 추진계획을 살펴보면, 1단계 인프라 기술개발 이후 2단계 차량 기술개발로 구성되어 있는데, 상부하중인 차량의 기술개발과 인프라의 기술개발이 동시에 진행되어야 한다고 판단됨. 단, 차량의 제원이 확정된다면 인프라 기술개발 이후 차량 기술개발이 진행되어도 무방함 ○ 조립식 모듈형 인프라 - 모듈의 결합체라는 임시적 인프라에 대하여 이용자들에게 불안함을 증대시킬 수 있으며, 단위 모듈간 체결부위에서 승차감이 저하될 수 있고 이로 인해 시스템 전체에 대한 신뢰성 저하로 이어질 수 있으므로 현실적으로 고려되어야 할 사항이 매우 많을 것임 - 이용자들의 안전과 직결되는 부분이므로 충분한 시험운행과 안전성 확보가 매우 중요한 요소임 ○ 조립식 모듈형 차량시스템 - 인프라 설계를 위한 차량시스템의 기술개발이 우선적으로 수행되어야 하며 인프라와 차량은 동시에 고려되어야 할 부분임 - 차량시스템의 경우 차량의 형태(궤도식, 고무차륜 등)에 따라 재원의 격차가 크므로 기획단계에서 확실한 차량의 형태나 제원을 확실하게 제시할 필요

	가 있음 - 차량시스템 승차인원의 경우 많으면 많을수록 좋은 것으로 판단됨 ○ 연구 단계별 추진계획 - 본 사업 연구비 구성을 살펴보면, RPF에서 제안하는 핵심연구기술에 비하여 연구비가 너무 낮게 편성되어 있다고 판단되며 핵심기술을 축약하여 제안하는 것이 적합하다고 판단됨 ○ 경제적 타당성 분석 - 경제적 타당성 분석 시 특정지역에 국한되어 있는(평창 동계올림픽) 설명보다는 일반화적인 방법론을 근거로 설명자료 및 논리성을 정리하는 것이 이해와 설득력이 높을 것임 ○ 연구 단계별 추진계획 - 현재 구성되어 있는 연구구성 및 추진계획은 이용자보다는 연구자, 사업자 중심으로 구성 된 측면이 강함. - 이는, 1단계에서 사용자에 대한 연구가 포함되어 있지 않으므로 실용화 측면에서 경직된 편성이 될 수 있으므로 1단계에서부터 실용화를 포함시켜 보다 기술을 실용화 할 수 있도록 진행되어야 할 필요성이 있음 ○ 경제적 타당성 분석 - 경제성 분석 시 미시행시를 이미 도로건설이 진행되는 것으로 선정하여 분석을 진행하였는데, 통과차량을 위한 도로건설에 셔틀버스의 운행을 돕는 것으로 셔틀버스 운행을 위한 도로건설은 존재하지 않으므로, 이에 따른 대안, 시나리오, 기준 설정 시 설득력 있는 논리가 뒷받침 되어야하며 도로건설 계획을 자세히 검토해 볼 필요성이 있음 - Life span을 고려한 장기적 경제성 분석 시 낮은 수요라고 하더라도 장기적인 도로로 인한 편익이 포

	함되어야 할 것임 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 기획연구의 경우 최종목적은 본 사업 시행인데, 현재 본 기획연구의 구성도는 높으나 R&D목표와 내용에 대한 이해도를 높이기 위한 노력이 필요함 - 기획연구의 내용도 중요하지만 명확한 목표와 하고자 하는 것이 무엇인가의 이해도와 설득력을 높일 필요성이 있으며, 연구의 완성도를 향상시키기 위해서는 충분한 설득논리가 필요하며 경제적 타당성은 그 중 중요하고 임팩트 있는 요소가 될 것임 ○ 조립식 모듈형 인프라 - 인프라를 구성하기 위해서는 상부하중이 결정되어야 하므로 차량시스템의 결정이 우선 시 되어야 하며, 차량시스템의 재원에 따라 인프라가 구성되어야 함 - 인프라의 설치 및 해체, 수송, 보관 등의 편리함을 고려하여 최대한 슬림하고 경량화 된 인프라 기술개발이 진행되어야 함 ○ 조립식 모듈형 차량시스템 - 차량시스템의 경우 인프라 구성에 중요한 변수로써 경량일수록 인프라 구성에 매우 유용할 것으로 판단됨. 하지만, 경제성, 승차인원을 고려하였을 때 본 기획연구에서 제안하고 있는 MRT는 매우 긍정적으로 판단되며 이러한 내용이 보고서 및 설명 자료에 첨부되어야 할 것임 ○ 경제적 타당성 분석 - 경제적 타당성 분석은 기획연구의 설득논리에 있어 가장 중요하고 설득력 있는 요소 중의 하나임 - 본 기획연구의 경제적 타당성 분석 내용 중 기존 도로의 경우 영구적인 구조물이며 레고형 철도는 해체되어 운영하는데, 이는 경제적 타당성 분석 시 비교대상이 상이(잔존가치 유무)하여 분석이 불가

	능하다고 판단되며 방법론에 대한 보완이 필요함 - 셔틀버스 운행을 미시행시로 근거하였는데 미시행시에 도로건설 비용이 산정되어 있는 것이 타당한자, 굳이 포함되어야 한다면 그 논리를 구축해야 할 것임 - 일반론적인 경제적 타당성 분석 외에 인력수송의 경제성, 인프라시설의 경제성 등을 충분히 고려하여 시스템의 다회성 사용가능함을 부각시키며 국내/외 시장규모를 확보할 수 있는 등의 효과를 설명하여 설득논리를 보완할 필요가 있음 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 이벤트라는 것은 일시적으로 발생하는 행사이며, 본 기획연구는 주목적이 이벤트로 발생하는 일시적인 수요 대응 방안임 - 이러한 특성을 고려하여 이벤트를 장소, 기간, 개최 횟수 등을 고려하여 세부적으로 구분하고 각 유형별 시스템 적용 방안을 정립할 필요가 있음 - 2012 여수 국제박람회의 경우 개최 장소가 바닷가 주변으로 구성되어 주차장 부지 확보가 불가능하여 차량진입을 통제하고 외곽지역에 대형주차장을 구비하여 운영하였는데 모든 대형이벤트에 차량진입을 통제하고 운영하지는 않을 것임 ○ 경제적 타당성 분석 - 미시행시의 도로건설비가 산정되어 있는데 셔틀버스 운영을 위하여 도로가 건설되는 점은 오류라고 판단되며, 도로건설비를 셔틀버스 운영을 위한 비용으로 편입하여 레고형 철도의 경제적 타당성을 분석하는 점은 재고가 필요함. 이는 경제적 타당성 확보를 위한 분석 비용의 과다 추정이라고 오해를 부를 수 있음 - 본 기획연구의 경제적 타당성 분석을 살펴보면, 상당히 Micro 분석 측면이 강한 것으로 느껴지는데, 일반적인 기획단계의 경제적 타당성 분석은 Macro 분석이므로 방법론에 대한 명확한 설명이 필요하다

	고 판단됨 - 기획단계에서 경제성 분석은 큰 영향이 없을 것으로 판단되며 결과보다는 명확한 방법론, 논리성 확보가 필요함 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 시스템 활용방안 중 응급 상황(재난/재해)시 일반차량이 인프라를 통과할 수 있다고 설명되어 있는데, 이렇게 된다면 별도의 차량시스템 기술개발이 필요한 것인지 의문임 - 기본적으로 철도시스템은 막대한 관제시스템이 구성되어야 하는데 일시적 공간과 시간에서 활용에 비하여 필요성 및 경제성이 결여된다고 판단됨 - 확실한 목적과 대상을 정립하여 기술개발이 진행되어야 하며 도로교통과 분리 된 기술개발이 필요함 - 고무차륜의 차량시스템으로 구성된 레고형 철도도 좋지만, 궤도방식의 차량시스템으로 구성되는 레고형 철도는 안전성 향상과 대용량 교통시스템 적용 방식에 있어 장점일 것임 ○ 경제적 타당성 분석 - 조립식 모듈형 철도시스템은 임시적이고 일시적으로 사용되는 시스템으로써 경제적 타당성 분석에 큰 어려움이 있다고 판단 됨 - 이에, 일시적인 이벤트인 평창 동계올림픽을 대상으로 분석을 진행하는 것은 합당하다고 판단되나 이는 경제적 타당성 분석의 분석 사례로 설명하는 것이 적합 - 평창 동계올림픽이라는 현실적인 대안을 대상으로 분석과 설명이 되면 평창에 초점이 맞추어져 경제적 타당성 분석 보다는 현실적이고 사업적인 토론이 진행될 것임 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 국내 시장의 활용방안도 적극 연구되어야 하지만 해외시장 진출을 위한 연구내용도 반드시 포함되어

	선진기술로 발전시킬 필요가 있음. 이는, 설득논리에 합당한 근거가 될 수 있음 - 현재 구성되어 있는 본 사업의 연구비 구성은 과소하다고 판단되며 본 기획연구의 기술은 안전과 직결되는 부분이 많아 안전성 검증 등의 안전성 확보가 필요함 - 본 시스템의 활용방안과 경제적 타당성을 부각시킨다면 좋은 성과물이 될 것이라고 판단되며 국외시장 진출 가능성도 상당히 긍정적이라 판단됨 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 본 기획연구의 목표가 불분명한 부분이 있으며 이에 대한 보완이 필요하다고 판단됨 - 평가위원 및 이용자들의 이해도 향상을 위한 발표자료 구성이 필요하며 본 시스템에 대한 명확한 기준이 결정되어야 함 ○ 조립식 모듈형 차량시스템 - 현재 상용화된 기술로 판단하였을 때 조립식 모듈형 차량시스템 기술개발은 원활하고 또 다른 기술개발 없이 차량시스템 제작이 가능함 - 기획연구에서 제안하고 있는 차량시스템의 제원은 합당하고 MRT에 대하여 상당히 긍정적임 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 본 기술개발은 일시적 수요처에서 임시 신규 교통량을 창출 가능하며, 공사 기간 중 교통망 확보 가능 등 활용적인 측면에서 상당히 긍정적인 기술개발임 - 다양한 수요처에 가능한 점도 긍정적이지만 이렇게 된다면 기술개발의 방향 설정이 힘들 것으로 판단되어 명확한 대상의 선정이 필요함 - 설치 및 해체, 회수 등이 용이하며 노선 선정 시 총거리가 최소화되어 유연하게 설치가 가능한 점은 긍정적임

	○ 조립식 모듈형 인프라 - 인프라 형태가 다양할 것으로 판단되며 기본적으로 기존 구조물 연결 방식(필요시 연결사용), 거더 구조물(튜브형), 노반 구조물(현재 사용 중인 복공판 등)이 구성되어야 함 - 인프라 형태는 노선선정에 따른 지형(구배, 터널, 하천, 평지 등)에 따라 유연하게 대응하여야 하며 유연한 대응을 위한 지형 유형별 구분에 따른 인프라 기술개발이 필요함 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 본 기술개발의 투자비에 비하여 현실적으로 실효성이 떨어지지 않을까 우려됨 - 2018 평창 동계올림픽에 적용하기에는 시간적으로 부족할 것으로 판단되며 이를 실현하기 위해서는 실용화를 기술개발과 동시에 진행하는 것이 필요함 - 악천후를 고려한 안전문제 대응방안도 고려되어야 하며 본 시스템을 구축하는데 실제로 부지 선정 등 변수가 있을 것으로 예상되어 실용화에 많은 시간이 소요될 것으로 판단됨 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 본 기획연구는 임시적인 시스템으로 일시적 수요에 대응 가능하고 설치 및 해체, 수송, 운반이 용이한 점에서 상당히 긍정적임 - 다양한 노선에 설치가 가능한 목표가 있는데 이를 실현하기 위해서는 노선 유형별 구분이 필요하며 이에 따른 대응방안(변형 모듈 적용 등) 방법론이 필요함 - 현재 본 기획연구의 구성도는 상당히 높으나 기존에 없는 새로운 시스템이라는 점에서 더욱더 이해가 용이한 설명자료가 필요함 ◎ 연구진 답변 내용 ○ 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 - 본 시스템은 다양한 노선에 설치가 가능하여 노선

	의 유연성을 확보할 수 있는 목표가 설정되어 있음. 이를 위한 기술적 해결방안을 보고서에 담았음 - 기획단계에서 큰 그림에서 개발기술의 필요성과 활용방안, R&D 방향을 제시하는 것으로서 아제 세세하게 시스템의 상세기준을 정하는 것은 연구범위에 벗어남 - 이용대상이 사람이기 때문에 안전을 적극 고려한 기술개발 필요성이 있으며 임시적이라는 시스템으로써 승객들의 승차감, 안전 등은 매우 어렵지만 중요한 부분으로 R&D에 반드시 반영되어야 함 - 본 기술개발은 레고블럭의 철학처럼 원하는 시설을 원하는 목적에 따라 Retrofit 할 수 있는 기술로서, 기본적으로 가이드 라인을 따라 주행하고 차량간 연결이 가능한 철도의 형태로 구성되어 있으며 활용측면에서 주행로를 이용하여 일반 자동차가 사용할 수 있다는 점을 설명하고 있음 ○ 연구 단계별 추진계획 - 본사업 연구비 구성을 살펴보면, 제안하고 있는 기술들 중 개발 중이거나 이미 기개발되어 상용화 된 기술이 많으며, 이러한 기술들을 개량하여 개발하는 적용기술개발 원칙으로 진행하게 된다면 연구비 예산 절감이 가능하리라 판단됨 - 1단계에서 인프라 기술개발이 진행되고 2단계에서 차량 기술개발이 진행되는 점은 인프라를 연구하기 위한 다른 요소기술들의 재원이 확정된다는 전제조건으로 구성한 것임 - 1단계 실용화 방안 구성에 대해서는 긍정적으로 판단되며 시스템 요구조건 분석 등의 내용이 동시에 고려되는 방안을 고려하겠음 ○ 조립식 모듈형 인프라 - 궤도기관차를 대상으로 조립식 모듈형 인프라로 구성한다는 것은 현실적으로 경제성이 나올 수 없으며, 이와 같은 경우 시스템의 유연한 설치가 어려워 기술 실현 불가능함

	- 다양한 지형에 설치가 가능하도록 지형 유형별 적용 모듈을 구분하여 노선의 유연성 확보를 실현할 수 있을 것임 - 인프라 모듈 간 체결 방안을 적극 검토하여 승객들의 승차감 향상에 노력할 것이며 이는 본 사업에 핵심적으로 연구되어야 할 부분임 - 인프라 기술개발에 있어 차량시스템의 상부하중 결정이 우선시 되어야 하며, 신속한 설치 및 해체, 수송, 보관 용이성 등을 고려하여 적합한 인프라 기술개발을 목표로 하고 있음 ○ 조립식 모듈형 차량시스템 - 조립식 모듈형 차량시스템의 결정은 인프라 기술개발에 직접적인 영향을 미치는 기술로 가장 우선시 되어 결정되는 부분임 - 인프라의 경량화를 위해서는 상부하중의 차량시스템 경량화가 필요하며 그러기 위해서는 합리적인 차량시스템의 재원(하중)이 결정되어야 함. 승차인원이 높으면 높을수록 차량중량은 무거워 지면 낮으면 낮을수록 가벼워짐. 승차인원은 차량 간 연결을 통하여 용량한계를 극복할 수 있으며 합리적인 차량 MRT로 결정한 것임 ○ 경제적 타당성 분석 - 평창 동계올림픽의 경우 개최 결정 초기에는 다양한 교통접근체계 구축을 계획하였으나 현재 대부분이 사업 예산 등의 문제로 취소되고 있는 실정임. 이에 레고형 철도를 구축하여 수요를 처리하는 방안으로 경제적 타당성 분석을 시행함 - 평창 동계올림픽 조직위에서 예상하고 있는 수요를 기준으로 현재의 구축되어진 도로는 수용이 불가능할 것이며 이에 따른 셔틀운영방안, 도로건설을 사업미시행시로 설정한 이유임 - 기존 도로에 셔틀버스를 운영하는 것이 기본적으로 경제성이 우수하나, 셔틀버스 운행을 위하여 도로건설을 대신하여 레고형 철도 도입은 경제성이 타

	당하다고 판단됨 - 분석 비용에 있어 도로건설비용, 토지보상비, 레고형 철도 운영비 등의 비용 산정, 도로의 잔존가치 등은 가정에 근거해서 분석하였으며, 보다 참고할 수 있는 근거나 데이터가 확보 되는대로 이를 반영할 계획임

▣ 경제적 타당성 분석 자문 의견

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획 경제적 타당성 분석 세미나 및 자문	
구분	내용
일자	2013.10.28.
장소	서울대학교 교수회관 제 2회의실
참석자	○ 한국철도기술연구원 (양근율, 이경철, 김경태, 유재균, 이광섭, 이상근, 박재현, 이재현) ○ 서울시립대학교 (박형준, 도우석) ○ 서면 자문 (서울대학교 장수은 교수, 한국교통대학교 이장호 교수)
세미나 및 자문내용	◎ 세미나 쟁점사항 ○ 경제성 분석 기준 항목별 타당성 - 경제성 분석 기준 설정 시 항목별로 타당성을 재검토할 필요가 있음 - 현재 셔틀버스의 경우 다양한 형태로 개발되어 상용화 되어 있는데 이벤트 개최 사례(여수국제박람회, F-1코리아그랑프리 등)를 검토하여 적합한 승차인원 산정 - 조립식 모듈형 철도시스템의 운영시간을 '2012 영국 런던 하계올림픽' 사례로 하여 기준을 산정하였는데, 2018 평창 동계올림픽과 개최 시기(계절)가 상이하므로 합당한 사례가 아니라고 판단되며 동시기의 사례나 조직위원회의 협조를 통하여 운행시간 산정을 위한 경기 스케줄이 필요할 것으로 판단됨 - 조립식 모듈형 차량시스템의 재원 산정 시 분석대상이 동계에 개최됨을 고려하여 기후에 따른 합당한 재원 산정이 필요함 - 위와 같이 셔틀버스 운행은 기후에 직접적인 영향(폭설로 인한 도로 결빙)이 클 것으로 사료되며, 이에 합당한 운행 기준 등의 산정이 필요함 - 본 분석은 일반적인 경제적 타당성 분석 방법론과 변형되는 부분이 존재하므로, 항목별 기준, 비용

	산정 시 합당하고 논리적인 근거가 필요하며 보고서 및 발표자료에 언급되어야 함 ○ 편익 분석 - 편익 항목에 차량운행비용의 경우 사업 시행시로 인한 총 차량운행비용에 대한 편익 항목으로 본 경제적 타당성 분석은 2018 평창 동계올림픽 관광수요를 수용한다는 가정 하에 셔틀버스 운행과 조립식 모듈형 철도시스템 운행 대안을 비교하는 것이므로 제외되어야 할 항목임 ○ 분석 기준 설정 - 사업미시행시와 사업시행시의 기준 설정에 대한 논리와 설명이 필요함 - 올림픽 등 대형행사 개최 시 행사 구간 내 차량 진입을 전명 통제하고 있으며 셔틀버스 운행 대안의 경우 확정된 사업이므로, 사업미시행시와 사업시행시의 기준 설정은 긍정적임 ○ 경제성 분석 방법론 - 일반적인 경제성 분석의 사업미시행시는 어떠한 사업도 진행하지 않고 현 상태를 두고 이에 대한 편익을 산출하는 것임 - 일반적인 경제성 분석 방법론을 벗어나 새로운 방법론을 찾기에는 수많은 변수와 위험성이 존재하기에 일반적인 경제성 분석 방법론으로 분석을 진행할 필요가 있음 - 이에 따라, 사업미시행시(Do nothing), 대안1(셔틀버스 운행), 대안2(조립식 모듈형 철도시스템 운행)으로 구분하여 경제적 타당성 분석을 진행하여야 함 ○ 비용 분석 - 경제적 타당성 분석 기준 산정 시 사업미시행시(셔틀버스 운행), 사업시행시(조립식 모듈형 철도시스템 운행)으로 해야 된다면, 경제적 타당성 분석을

	대신하여 비용 분석까지만 진행하고 이에 합당한 논리만 뒷받침 된다면 결과론적으로 경제적 타당성 분석과 차이가 없을 것으로 판단됨 ○ 공사비용 산정 - 조립식 모듈형 철도시스템의 경우 새로운 교통시스템이기에 유사한 사례를 근거로 하여 합당한 비용 산정과 논리 필요 ○ 경제성 분석 방법론 - 일반적인 경제적 타당성 분석 방법론을 이용하여 분석을 진행하여야 함 - 새로운 방법론에 대한 변수가 많아 부정적인 경제적 분석 방법론이라고 판단됨 ○ 비용 산정 - 셔틀버스의 경우 행사 개최 시 행사주관에서 대여를 하고 사용하고 있으며 조립식 모듈형 철도시스템의 토지구입비용 역시 대여 기준으로 비용을 산정할 필요가 있음 - 사회, 경제적 타당성 분석 관점에서는 구입하여 잔존가치를 산정하는 것이 바람직하나 일반적인 행사 개최 주관의 상식에서 벗어남. 이와 같이 기준 및 비용 설정 시 명확한 기준과 논리, 설명이 필요함 ○ 경제성 분석 방법론 - 일반적으로 경제적 타당성 분석의 결과는 B/C를 산출하는데, 본 연구의 경제적 타당성 분석은 NPV로 산정하는 것이 부정적임 - 이는 추후에 연구에 대한 설명 및 설득 논리에 부당한 결과를 초래할 수 있음 - 이에, B/C를 대신하여 NPV를 평가항목으로 설정한 설명과 합리적인 논리가 뒷받침 되어야 함 ○ 비용 산정 - 토지대여비용의 경우 알펜시아 리조트 주변의 공시지가에 합당한 금리를 적용하여 산정하면 타당

	한 논리를 형성할 수 있음 ○ 항목별 기준 산정 - 항목별 기준 산정 시 유사사례를 통하여 근거자료가 보완되어야 함 ◎ 연구진 답변 내용 ○ 경제성 분석 방법론 - 2018 평창 동계올림픽은 행사지 주변의 교통 통행을 제한하며 관광수요를 전량 셔틀버스 수송계획이 확정된 바, 사업미시행시를 셔틀버스 운행으로 설정하는 것은 합당하다고 판단됨 - 이에 따른 합리적인 논리와 부연 설명을 할 필요성이 있음 - 대안 3의 경우 대안 1, 2와 복합적인 운행을 고려할 것이며 단독운행은 제외시킬 것임 - B/C를 대신하여 NPV를 평가 항목으로 활용한 이유에 관한 설명자료 보완 필요 ○ 경제성 분석 기준 항목별 타당성 및 비용 산정 - 본 연구는 이벤트 개최 지역 운행을 기준으로 경제적 타당성 분석을 시행함에 따라 과거 개최되었던 유사 사례(2012 여수 국제박람회 등) 등의 자료를 충분히 참고하여 합리적인 기준 산정과 근거자료를 확보하여야 함 - 차량시스템의 경우 가장 근접한 사례로써 PRT 등이 있으며 재원 설정에 있어 참고자료로 활용하여 보완되어야 함 - 셔틀버스, 토지 등의 대여와 구입에 관한 설명자료 보완 필요 ○ 종합 - 본 연구의 경제적 타당성 분석은 일반적인 방법론에서 벗어나 새로운 방식의 경제적 타당성 분석 방법론으로써 가정, 분석 기준, 비용 등 명확하고 논리적인 근거자료 및 설명자료가 필요하며 이를 보완할 필요성이 있음

	◎ 서면 자문 내용 ○ 경제성 분석을 위한 사업미시행시 조건으로 셔틀버스 운행대안을 설정한 것은 적절하다고 판단됨 ○ 셔틀버스의 경우 좌석형 45인 탑승을 기준으로 하고 있으나, 입석이 많은 저상형 시내버스 형태로 운행되는 경우 분석결과가 달라질 수도 있음 - 대당 탑승인원도 늘어나고, 승하차 시간도 단축되므로 효과가 달라질 수 있으므로 이에 대한 추가분석 또는 좌석형 버스 운영에 대한 합리성을 추가로 기술할 필요가 있음 ○ 존별 통행발생량 산정 시 적용된 원단위에 대해서도 보고서에 함께 제시하는 것이 필요하며, 존간 통행분포와 관련해서는 결과물만 제시되었을 뿐 존간 배분비율에 대한 설명이 없으므로 이에 대한 보완 필요 ○ 레고형 철도의 life span을 40년으로 보고 평창동계올림픽 이후에는 연평균 이용횟수에 따른 편익을 산정한 것으로 되어 있는데, 연평균 이용횟수 등 평창동계올림픽 이후의 편익산정결과에 대한 내용은 제시되고 있지 않음 - 보고서 상의 제시된 편익은 평창동계올림픽 개최기간 동안의 편익만으로 판단되며, 그 이후의 편익에 대한 설명이 필요함 ○ 비록 많은 가정에 근거해 경제적 타당성 분석이 수행되었으나, 전반적으로 경제성 분석의 이론과 방법론을 충실히 반영한 연구로 사료됨. - 보고서에 제시된 많은 가정들은 실재하지 않는 새로운 시스템을 대상으로 전제된 불가피한 측면으로 이해됨 ○ 경제성 분석의 비용과 편익 추정 시 준거사업

	(reference project)의 설정이 매우 중요한데, 본 분석에서 구체적으로 드러나고 있지 않음 - 비록 현존하지 않는 시스템이라 할지라도 가장 유사한(tangible) 준거사업을 발굴하고, 이를 전제로 비용과 편익을 추정하여야 함. 다만 준거사업이 분석대상사업과 차이가 날 수 있으므로, 이러한 차이를 논하고 비용과 편익 추정 시 보정할 수 있음. - 그러나, 본 분석은 준거사업을 설정하지 않고 '강한 가정'에 기반해 내구연한(life span), 설계속도 등을 제시하고 있음 - 예컨대 내구연한을 합리적 근거 없이 40년으로 설정하고 있는데, 이는 결과적으로 도로 시스템과 버스 공급을 전제로 한 비교대안 대비 유리한 경제성 분석 결과로 귀결되었음. 40년간 유지보수비나 대체투자비는 고려되지 않아 이 같은 비대칭성은 더욱 확대되었음. - 설계속도 또한 30km/h로 제시하고 있는데, 버스의 설계속도를 25km/h로 가정함으로써 결과적으로 통행시간 절감편익을 높이는 쪽으로 귀결되었음. ○ 보고서에 제시된 내용으로 판단할 때, 모듈형 철도시스템과 가장 유사한 사례는 PRT로 판단되는 바, PRT를 준거사업으로 하여 비용과 편익을 추정하면 좋을 듯함. - PRT의 내구연한, 기초제원 등을 기준으로 모듈형 철도시스템에 부합하게 수정/보정할 수 있을 것임. - 버스 서비스의 경우, 현재 용평, 알펜시아 인근에 실재 운영 중인 버스의 기초제원을 조사하여 적용할 수 있음

▣ 시장조사자료(이벤트)

통계법 13조(비밀의 보호)에 의거 본 조사에서 개인의 비밀에 속하는 사항은 엄격히 보호됩니다.

ID

조립식 모듈형 철도시스템(레고철도) 기술수요조사(이벤트)

안녕하십니까?

한국철도기술연구원에서는 **"조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획"**의 일환으로 레고철도에 대한 기술 수요를 조사하고 있습니다. 귀하의 의견은 향후 국가 도로 교통망 운영에 중요한 자료로 활용될 것이므로 적극적인 협조 부탁드립니다. **조사를 통하여 얻어진 내용은 통계를 산출하는 목적으로만 활용되며, 개별적인 내용은 어떠한 경우에도 공개하지 않음을 약속드립니다.**

2013년 06월

한국철도기술연구원

조사책임: 융복합연구단 박재현 박사

융복합연구단 이재현 연구원

조사대행 : KDN(코리아데이타네트워크)

연구 1팀 : 강원묵 과장

☎ : 02-2183-9155

✉ : mmok@kdn21.co.kr

일반 현황

기관명		소속부서	
소재지			
성 명		직 위	
연락처		E-mail	
인터뷰 일시			

조립식 모듈형 철도시스템(레고철도) 개요

※ 다음의 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 설명을 잘 들으시고 설문에 응답해 주시기 바랍니다.

개요

○ **조립해제 및 재사용**이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템

☞ **임시적 교통시스템**으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 **노반토공 조성을 최소화**하고 짧은 기간에 **신속한 구축과 노선의 유연성 확보**

☞ 목적 달성 후 해체하여 다른 수요지에 **이전설치가 가능**한 교통시스템

☞ 단기간 행사에 따른 대대적 인프라 건설로 인한 **국가 재원 낭비 보완**

☞ 세계적인 기술선점 및 국외 신규 수요 창출



필요성

○ 지역행사 및 대형이벤트 개최 시 **단기간 집중적 통행수요**로 인한 **심각한 교통 혼잡**이 빈번히 발생

○ **비일상적 패턴의 집중 교통수요 대응**으로 인한 성공적인 이벤트 개최 기여

○ 국가적, 지역의 대표적 행사라는 명목으로 지원도로 등 대대적 교통 SOC 사업 추진

☞ 단기간의 행사에 **막대한 공공재원** 소요

☞ 종료 후 **수요부족**으로 인한 **운영악화**의 위험부담 내포

☞ 지자체 및 국가 재정 부담으로 작용

대대적 교통인프라 건설	조립식 모듈형 철도시스템
• 막대한 도로건설비용 • Event 종료 후 통행 수요 부족 등으로 인한 운영 악화 • 국가적 재원 낭비	• 간단하고 신속한 조립 및 해체 가능 • Event 종료 후 해체하여 다른 수요지에 이전 설치 및 운영 • 비용 대비 효과 상승

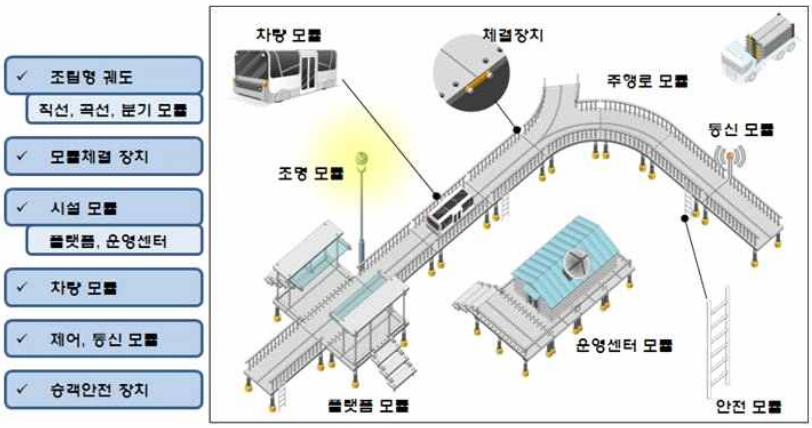
활용 방안

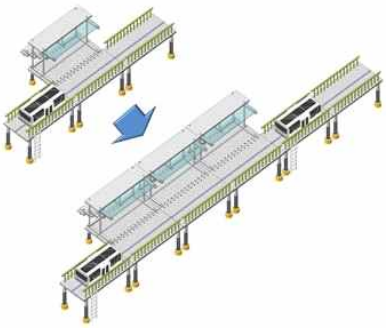
○ **국가적 행사** : 2018 평창 동계올림픽, 2014 인천 아시안게임, 2015 광주 하계 유니버시아드 대회 등

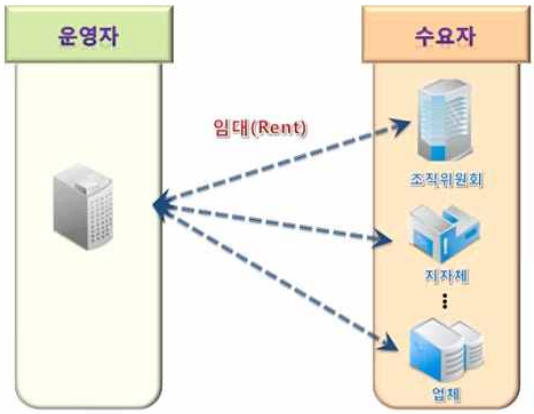
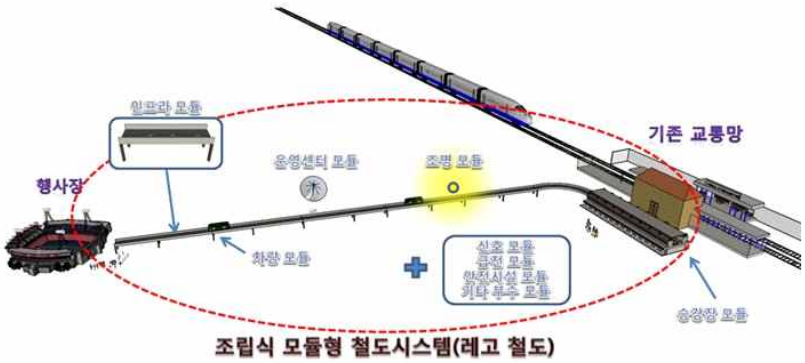
○ **지역 행사** : 박람회, 축제 등 각종 지역 행사로 인하여 **단기간에 수요 급증을 유발하는 행사**

○ **계절적 수요** : 행락객 증가로 인하여 **봄, 가을(산행), 여름(바다), 겨울(스키장)** 등 계절적으로 수요의 변동이 심하고 급증하는 지역



시스템 구상	○ **각각의 모듈**이 결합하여 하나의 **독립적 수단**으로 운영 가능한 시스템 ☞ 독립적인 모듈 단위로 **신속한 설치 및 해체** 가능 ☞ **예상 설치 기간** : 7일(3km 기준) ☞ **다양한 노선의 유연성 확보 가능**  ○ **기존 교통시설과 행사장을 연계**하기는 단거리 셔틀 또는 순환운영 ☞ 철도역, 버스터미널, 외부주차장 등 ☞ 짧은 시격으로 대기시간 최소화 지향 

시스템 구상	○ **노반토공 조성을 최소화**하기 위한 시스템 ☞ 다양한 지형에 노반공사를 최소화하여 신속하게 구축 가능한 구조    ○ **다양한 수요 변화**에 대응 가능 ☞ 사용 환경에 따라 다양한 모듈을 조합하여 구성(수용용량 조절 가능) ☞ 차량 간 연결운행을 통한 수송용량 조절 가능   ○ 기존 교통용량에서 추가적 용량을 창출하고 **기존 인프라와 호환**이 가능한 시스템 

<table>
<tr><td>시스템
구상</td><td>○ 시스템 운영 형태
☞ 별도의 운영자가 수요자에게 임대 운영
 
</td></tr>
<tr><td>시스템
설치(안)</td><td> 

조립식 모듈형 철도시스템(레고 철도)</td></tr>
<tr><td>기대
효과</td><td>○ 일시적 수요를 위해 장기간의 건설기간과 막대한 비용이 소요되는 교통 인프라의 대체시스템으로 활용 가능
○ 조립식 모듈형 철도시스템은 단기간을 목적으로 건설되고 수거되므로 추후 노선의 유지보수비 및 운영비에 대한 문제점 해소
○ 비일상적 교통상황이 예측될 시 신속하게 대응할 수 있으며, 자동차 이용자로부터 대중교통으로 수단전환을 유도하여 도로의 교통 혼잡을 완화시키고 통행자들의 이동성 및 안전성 보장
○ 장거리 교통시설과의 연계를 통하여 목적지까지 셔틀서비스를 제공함으로써 통행자들의 환승의 편리성 제고를 통한 성공적인 이벤트 개최 기여</td></tr>
</table>

조립식 모듈형 철도시스템(저고철도) 심층 인터뷰

문1. 귀 기관에서 주최하는 이벤트(행사) 현황은 어떻게 됩니까?

1) 이벤트 명	2) 이벤트 기간/주기	3) 이벤트 목적	4) 이벤트 구분	5) 관람객 특성	6) 동원 관람객[명]
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

2) 이벤트 기간 또는 주기 : 년 2회(4월, 10월) 15일간 / 매년 ○ 월 15일간 등

4) 이벤트 구분 : 아래와 같이 주관기관 및 행사내용을 서술하도록 함

내용 [예시]	비고
지자체 행사	지역 축제, 일반 행사, 체육행사 등
국제적 행사	2018년 평창동계올림픽 등
계절적인 요인	등산, 피서, 벚꽃 구경 등
그 외	

5) 관람객 특성 : 이벤트(행사) 개최시 방문하는 관람객 특성을 파악하고자 함

ex) 관람객 유형 가족, 연인, 행사관련자, 사업관련자 등 관람 목적과 관람객의 지리적 특성 (서울, 부산, 강원 등)을 파악

문2. 이벤트(행사) 개최로 인한 교통현황은 어떻게 됩니까?

1) 이벤트 명	2) 관람객 주 이용 도로	3) 교통체증 발생 지역	4) 교통체증 발생 이유	5) 대처방안	6) 대처방안 효과점수 [A,B,C,D,E]	7) 교통처리 대책 예산
1.	강원도 38국도 ○○○ 구간 등					
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

4) 교통체증 발생 이유 : 이벤트 기간 또는 고질적인 교통체증 구간에 대한 이유를 서술하도록 함

내용 [예시]	비고
도로용량 부족	
주차장시설 부족	일시적 수요 집중, 병목구간 발생, 불법 주정차로 인한 교통 혼잡 등
운영체계 미흡	안내, 신호 운영 미흡 등
대중교통 이용 부족	
그 외	

5) 대처방안 : 이벤트 기간 동안 교통체증이 발생하는 지역에 대한 대처방안

내용 [예시]	비고
도로 정비 사업	도로 신설, 포장 등 도로용량 증가
주차장시설 증가	임시주차장 설치 등
운영 기법 개선	신호체계, 가변차로제 운영, 우회도로 안내 등
규제	행사차량 외 일반차량 진입 통제, 차량 홀짝제 등
셔틀버스 운행	
대중교통 이용 유도	대중교통 이용 시 행사장 할인 등
그 외	

6) 대처방안 효과점수 : 대처방안에 대한 실효성을 등급으로 환산 (A, B, C, D, E)

7) 교통처리대책 예산 : 행사의 교통처리대책으로 사용되는 예산(셔틀 운행비용, 교통 안내원 인건비 등)

문3. 現 교통수요(운영)처리 방안의 문제점은 무엇입니까?

※ 운영처리 방안 문제점 예시

내용 [예시]	문제점
도로 정비 사업 예산 부족	도로 신설 및 확장, 포장 등
도로 정비 사업의 재정적인 부담감	
주차장 부지 확보의 어려움	
셔틀 버스의 한계	운행 시간, 수송능력, 정시성 부족 등
셔틀 버스 운영의 재정적인 부담감	
대중교통 이용의 어려움	수단간 연계성 부족(철도 및 터미널과 행사장 간 등)
그 외	

문4. 現 교통수요(운영)처리 방안의 개선점 및 바라는 점은 무엇입니까?

※ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 상세한 설명 후, 기술수요 인터뷰 진행하도록 함

문5. 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 첫 느낌이나 생각은 어떠하십니까?

매우 부정	다소 부정	보통	다소 긍정	매우 긍정	의견 없음
1	2	3	4	5	8

문5-1. 조립식 모듈형 철도시스템에 대해 부정적 또는 긍정적이면 그 이유는 무엇입니까?

'보통'이라고 응답하여도 대답을 유도할 수 있도록 함

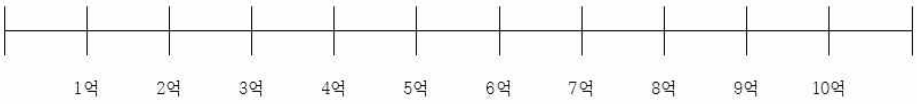
문6. 조립식 모듈형 철도시스템 설명을 들으시고 난 후 다음 제시된 각각의 항목에 대해 전반적으로 얼마나 동의하십니까?

구 분			전혀 그렇지 편이다	그렇지 않은 편이다	보통 이다	그런 편이다	매우 그렇다
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	1	2	3	4	5
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	1	2	3	4	5
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	1	2	3	4	5
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	1	2	3	4	5
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	1	2	3	4	5
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	1	2	3	4	5
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	1	2	3	4	5

[문6의 사업적 실용성에 대한 답변이 부정적인 응답자 대상]

문6-1 귀 행사장에 조립식 모듈형 철도시스템이 필요하지 않거나/ 운영에 도움이 되지 않는다고 생각하는 이유는 무엇입니까?

문7. 만약 귀 행사장에 조립식 모듈형 철도시스템을 적용한다면, 적절한 임대 비용은? (3km/1일 기준, 수송용량 47,000명/일)



문8. 만약 모듈형 철도시스템을 임대 하실 때 망설이게 하는 요소가 있다면 구체적으로 무엇이 있겠습니까?

예산, 승인 절차, 이벤트(행사)의 유치 가능성 등

문9. 조립식 모듈형 철도시스템의 차량의 승차인원은 어느 정도가 적당합니까? (1대 기준)

번호	내용	차량	차량중량 (톤/량)	차량중량	승차인원	운영비용	시스템 구축 난이도	운영 효율성
①	~ 5인승		0.7~1.0	낮음 ↓ 높음	낮음 ↓ 높음	낮음 ↓ 높음	낮음 ↓ 높음	높음 ↑ 낮음
②	~ 15인승		1.2~1.5					
③	~40인승		20~35					
④	~100인승		40~60					

※ 단, 조립식 모듈형 철도시스템의 수송용량은 차량의 시격, 차량 간 연결(1량 1편성→n량 1편성), 승하차 시간, 운행속도 등으로 조절 가능

※ 승차인원이 많을수록 차량 중량, 구축기간, 임대비용, 운행시간에 따른 차이를 설명해줘야 함

문9-1. 위에 선택하신 차량이 적절하다고 판단되는 이유는 무엇입니까?

문10. 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 종합적인 의견 및 기대사항에 말씀해주시기 바랍니다.

문10-1. 위에 제시된 조립식 모듈형 철도시스템 기술 이외에 임시적 교통시스템에 대한 기술적, 운영적에 대한 제안을 자세히 해주시기 바랍니다.

새로운 아이디어

▣ 시장조사자료(재난 · 재해)

통계법 13조(비밀의 보호)에 의거 본 조사에서 개인의 비밀에 속하는 사항은 엄격히 보호됩니다.

ID

조립식 모듈형 철도시스템(레고철도) 기술수요조사(재난·재해)

안녕하십니까?

한국철도기술연구원에서는 **"조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획"** 의 일환으로 레고철도에 대한 기술 수요를 조사하고 있습니다. 귀하의 의견은 향후 국가 도로 교통망 운영에 중요한 자료로 활용될 것이므로 적극적인 협조 부탁드립니다. **조사를 통하여 얻어진 내용은 통계를 산출하는 목적으로만 활용되며, 개별적인 내용은 어떠한 경우에도 공개하지 않음을 약속드립니다.**

2013년 06월

한국철도기술연구원

조사책임: 융복합연구단 박재현 박사

융복합연구단 이재현 연구원

조사대행 : KDN(코리아데이타네트워크)

연구 1팀 : 강원묵 과장

☎ : 02-2183-9155

✉ : mmok@kdn21.co.kr

일반 현황

기관명		소속부서	
소재지			
성 명		직 위	
연락처		E-mail	
인터뷰 일시			

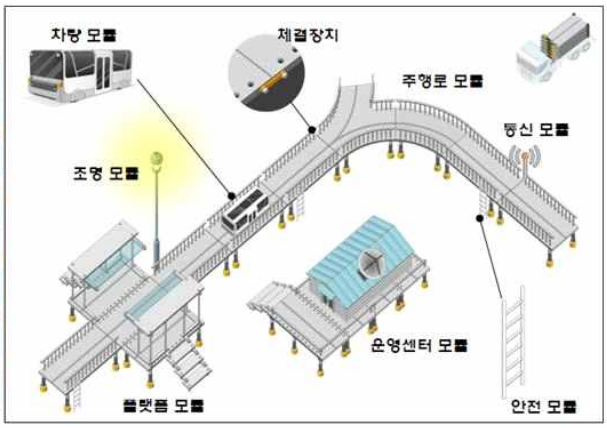
조립식 모듈형 철도시스템(레고철도) 개요

※ 다음의 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 설명을 잘 들으시고 설문에 응답해 주시기 바랍니다.

<table>
<tr><td>개요</td><td>
○ 조립해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템
☞ 임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보
☞ 목적 달성 후 해체하여 다른 수요지에 이전설치가 가능한 교통시스템
☞ 자연재해에 따른 재난·재해 시 긴급 복구를 위한 임시적 교통시스템 구축
☞ 세계적인 기술선점 및 국외 신규 수요 창출

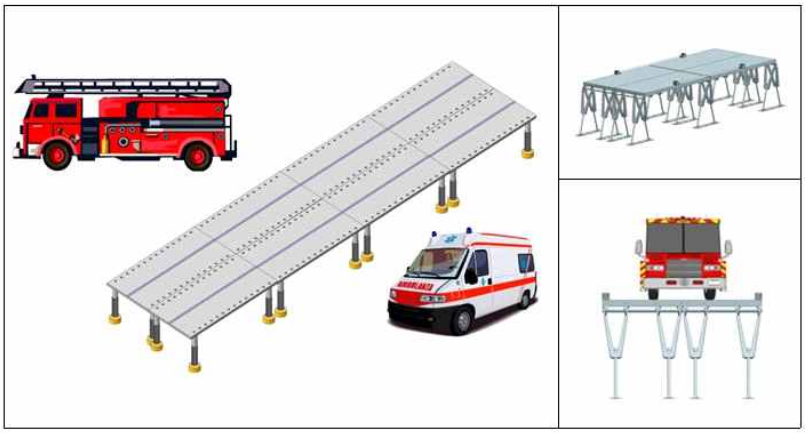

</td></tr>
<tr><td>필요성</td><td>
○ 기후변화에 따른 자연재해 발생 빈도 증가 추세
☞ 재난·재해로 인하여 매년 약 26만 건, 3천억 원의 재산피해 발생

○ 도로, 교량 파손으로 인한 Missing Link 발생 시 심각한 교통 혼잡과 불편 야기
☞ 정상 복구하기까지 상당한 시간 소요
☞ 복구까지 심각한 교통 혼잡과 이용자들의 불편 야기
</td></tr>
<tr><td>활용
방안</td><td>
○ 각종 재난·재해로 인한 교통단절 구간
☞ 자연재해(폭우, 폭설, 산사태 등)
☞ 사고, 화재 등으로 인하여 통행이 제한되는 구간
<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td>  </td>
<td>  </td>
<td>  </td>
</tr>
<tr>
<td>도로붕괴
(한계령, 2006)</td>
<td>도로통제
(외곽순환, 2010)</td>
<td>도로침수
(서울, 2011)</td>
<td>교량폐쇄
(여주, 2011)</td>
</tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>활용
방안</td><td>○ 응급상황 발생 시 임시 우회로로 활용
☞ 예측 불가능, 신속 대응이 관건
☞ 구간 단절로 인한 Missing Link 발생 시 임시적으로 연결
☞ 기존의 비상용 조립식 가교는 무거운 중량과 설치 난이도로 인하여 신속한 대응이 어려움
○ 해외 원조 사업
☞ 재난·재해 복구, 전후 복구 등 필요 시 국가적 ODA 사업으로 지원
☞ 모듈화, 경량화 된 조립식 모듈형 철도시스템을 해상수송 또는 공수하여 신속히 대응 가능
☞ 국가의 대외적 이미지 제고</td></tr>
<tr><td>시스템
구상</td><td>○ 각각의 모듈이 결합하여 하나의 독립적 수단으로 운영 가능한 시스템
☞ 독립적인 모듈 단위로 신속한 설치 및 해체 가능
☞ 다양한 노선의 유연성 확보 가능
✓ 조립형 궤도
직선, 곡선, 분기 모듈
✓ 모듈체결 장치
✓ 시설 모듈
플랫폼, 운영센터
✓ 차량 모듈
✓ 제어, 통신 모듈
✓ 승객안전 장치
 

○ 노반토공 조성을 최소화하기 위한 시스템
☞ 다양한 지형에 노반공사를 최소화하여 신속하게 구축 가능한 구조
 

 
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>시스템
구상</td>
<td>○ 필요 시 비상차량 및 구급차량 통과 가능
☞ 모듈 간 조합으로 통과 하중 극복
☞ 일반차량 및 비상차량 통과 가능
  </td>
</tr>
<tr>
<td>기대
효과</td>
<td>○ 재해 · 재난 등 응급 상황 발생시 ☞ 임시 우회로 확보, 신속한 접근로 확보 및 물자수송
○ 해외수요(대형 이벤트, 전쟁 · 재해 복구 등) 발생시 ☞ 국가적 원조 가능, 국가의 대외적 이미지 제고</td>
</tr>
</table>

조립식 모듈형 철도시스템(레고철도) 심층 인터뷰

문1. 귀 기관에서 처리하는 재해 및 재난에 대한 현황은 어떻게 됩니까?

1) 자연재해 및 재난으로 인한 도로유실 발생이 잦은 지역	2) 통행제한이 발생하는 이유	3) 통행제한이 발생하는 시기	4) 통행제한이 발생하는 주기 [1년 기준]
강원도 38국도 ○○○ 구간 등		6월 중순 등	년 2회 등

5) 통행제한 유형	6) 대처방안	7) 대처방안 효과점수	8) 원활한 통행이 복구되는 시간

2) 통행제한 발생 이유 : 자연재해 및 재난으로 인해 통행제한이 발생하는 대한 이유를 서술하도록 함

내용 [예시]	비고
폭우	
폭설	
태풍	
산사태	
잦은 도로 훼손	도로 보수공사로 인한 차량 흐름에 영향
잦은 사고	
그 외	

5) 통행제한 유형 : 자연재해 및 재난으로 인해 통행제한이 발생하는 유형

내용 [예시]	비고
통행불가	통행이 완전히 제한되는 경우
도로조건 악화	통행은 가능하되 서행 등 원활한 통행이 불가능한 경우
그 외	

6) 대처방안 : 통행제한이 발새한 지역에 대한 대처방안 유형

내용 [예시]	비고
자연 복구	복구될 때까지 기다림 등
신속한 복구 작업	통행제한 원인에 대한 신속한 대응
우회도로 안내	
시설의 대응능력 강화	시설적인 투자(예방)
그 외	

7) 대처방안 효과점수 : 대처방안에 대한 실효성을 등급으로 환산 (A, B, C, D, E)

문2. 재난, 재해로 인한 교통수요(운영)처리 방안의 문제점은 무엇입니까?

※ 운영처리 방안 문제점 예시

내용 [예시]	문제점
대응시간 부족	재난,재해로 인한 통행제한 발생 시 대응시간이 부족함
예산 부족	
인력 부족	
대처방안 없음	마땅한 대처방안이 없음
그 외	

문3. 재난재해로 인한 교통수요(운영)처리 방안의 개선점 및 바라는 점은 무엇입니까?

※ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 상세한 설명 후, 기술수요 인터뷰 진행하도록 함

문4. 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 첫 느낌이나 생각은 어떠하십니까?

매우 부정	다소 부정	보통	다소 긍정	매우 긍정	의견 없음
1	2	3	4	5	8

문4-1. 조립식 모듈형 철도시스템에 대해 부정적 또는 긍정적이면 그 이유는 무엇입니까?

'보통'이라고 응답하여도 대답을 유도할 수 있도록 함

문5. 조립식 모듈형 철도시스템 설명을 들으시고 난 후 다음 제시된 각각의 항목에 대해 전반적으로 얼마나 동의하십니까?

구 분			전혀 그렇지 편이다	그렇지 않은 편이다	보통 이다	그런 편이다	매우 그렇다
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증(도로유실) 대처방안에 비해 독특	1	2	3	4	5
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	1	2	3	4	5
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	1	2	3	4	5
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	1	2	3	4	5
	5)	우리 기관에 필요하고 유용한 기술이다	1	2	3	4	5
	6)	응급사항 발생시에 도움을 주는 기술이다	1	2	3	4	5

[문5의 사업적 실용성에 대한 답변이 부정적인 응답자 대상]

문5-1 귀 기관에 조립식 모듈형 철도시스템이 필요하지 않거나/ 운영에 도움이 되지 않는다고 생각하는 이유는 무엇입니까?

문6. 만약 귀 기관에 조립식 모듈형 철도시스템을 적용한다면, 재해, 재난으로 인한 통행 제한 또는 응급사항에 대처하기 위해 적절한 구축기간은?

_____ 시간
_____ 일

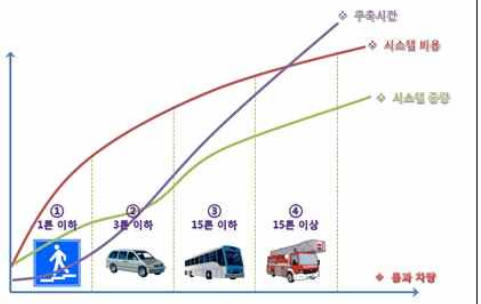
문7. 만약 귀 기관에 조립식 모듈형 철도시스템을 적용 또는 임대를 한다면, 예상되는 사용기간은?

_____ 일
_____ 주
_____ 개월

문8. 만약 모듈형 철도시스템을 적용 하실 때 망설이게 하는 요소가 있다면 구체적으로 무엇이 있겠습니까?

예산, 승인 절차, 모듈형 철도시스템 비치 장소 등

문9. 조립식 모듈형 철도시스템을 이용하여 통과 할 수 있는 차량 기준은?

번호	내용		
①	1ton 이하	보행	
②	3ton 이하	소형차, 중형차	
③	15ton 이하	화물차, 버스	
④	25ton 이하	소방차, 중장비 등	

※ 차량 무게가 클수록 구축기간 및 시스템 운영 비용이 높아짐을 설명해야 함

문9-1 위에 선택하신 차량 기준이 필요한 이유는 무엇입니까?

문10. 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 종합적인 의견 및 기대사항에 말씀해주시기 바랍니다.

문10-1. 위에 제시된 조립식 모듈형 철도시스템 기술 이외에 임시적 교통시스템에 대한 기술적, 운영적에 대한 제안을 자세히 해주시기 바랍니다.

새로운 아이디어

▣ 시장조사 분석보고서

조립식 모듈형 철도시스템 시장조사
- 보고서 -

2013. 9.

한국철도기술연구원

< 목 차 >

제1장. 조사 개요 ····· 1

1. 조사 배경 ····· 2
2. 조사의 필요성 ····· 3
3. 조사 대상 및 방법 ····· 4
4. 조사 항목 ····· 5
5. 조사 Process ····· 5

제2장. 조사 결과 ····· 6

1. 조사대상 기관의 현황 ····· 7

1.1 대규모 이벤트 (비정기적) ····· 7
1.2 지자체 이벤트 (정기적) ····· 10
1.3 계절적 수요 ····· 12
1.4 재난·재해 ····· 14
1.5 결론 및 요약 ····· 16

2. 조릭식 모듈형 철도시스템에 대한 기술 수요 ····· 18

1.1 대규모 이벤트 (비정기적) ····· 18
1.2 지자체 이벤트 (정기적) ····· 23
1.3 계절적 수요 ····· 28
1.4 재난·재해 ····· 33
1.5 결론 및 요약 ····· 38

제1장. 조사 개요

1 조사 배경

○ 우리나라의 국제적 위상이 격상되면서 스포츠 행사, 국제회의, 박람회 등 대형 이벤트의 국내 유치가 증가하고 있는 추세로 국가적 대형 이벤트는 국제적 위상을 높이고 지역경제발전에 이바지를 하고 있음

- 최근에 개최된 대형 이벤트로는 대구국제마라톤대회(2011), 여수세계박람회(2012), 영암 F-1코리안챔피언쉽(2010~2016) 등이 있으며, 가까운 장래에는 인천아시안게임(2014), 평창동계올림픽(2018) 등이 계획되어 있음

○ 하지만 이러한 행사 시 마다 집중되는 인파로 인해 교통문제가 고질적으로 발생하고 있음.

- 행사장 접근로의 심각한 정체
- 통행시간 및 환승대기 시간 증가,
- 참가자·관람객 및 인근 주민의 통행불편 야기
- 빈번한 지·정체 및 대형 셔틀버스 운행으로 인한 대기오염물질 배출 증가 등

○ 정부와 해당 지자체에서는 국가적 행사라는 명분으로 이러한 교통문제 해결을 위해 신규 도로/철도 건설, 기존 시설 정비 등 교통SOC 사업에 막대한 재원을 투입하고 있음

- 일부 사업은 지역의 숙원사업으로서 행사를 계기로 조기 착수되는 경우도 있으나, 많은 사업들이 장기적 계획과 무관하게 집중적으로 이루어져 사후에 과잉투자라는 평가를 받고 있는 실정임
- 한편, 이와 같이 일시적 수요를 위한 교통 SOC 건설은 용도 종료 후 통행수요 부족과 운영악화로 인한 재무적 위험부담을 안고 있음

○ 또한, 국가적 이벤트 외에도 지자체에서는 지방경제 활성화를 목적으로 다양한 지역축제를 개최하고 있고, 이에 따른 행사장 주변도 마찬가지로 교통문제를 야기하고 있음

○ 지구온난화와 기후변화에 따른 자연재해 발생 빈도가 증가하면서 도로와 철도의 침수 및 유실로 인하여 통행이 단절되는 상황이 빈번히 발생함

2 조사의 필요성

- 위와 같이 비일상적 패턴의 집중 통행수요 및 응급상황에 대응가능하고 노선의 유연성을 확보가 가능하도록 조립 및 철거가 간단한 조립식 모듈형 철도인프라 기술 확보의 필요성이 대두 되고 있음
  - 저렴한 비용으로 신속한 구축이 가능하고 목적 완료 후 해체 보관이 용이하며 재사용이 가능한 시스템
  - 노반토공 조성을 최소화 하고 노선의 유연성 확보
  - 자연재해에 따른 재난·재해 시 긴급복구를 위한 임시적 교통시스템 구축
  - 단기간 행사에 따른 대대적 인프라 건설로 인한 국가 재원 낭비 보완
  - 세계적인 기술선점 및 국외 신규 수요 창출

- 따라서, 임시적 교통시스템으로서 짧은 기간에 신속하게 구축할 수 있고, 목적을 달성한 후 해체하여 다른 수요지에 이전설치가 가능한 교통시스템을 기획하여 정부 및 지자체의 예산절감과 이용자의 이동편의성 향상에 기여할 수 있는 시스템의 개발이 필요함

- 하지만, 이런 교통시스템에는 막대한 정부예산과 인력 및 시간이 소요되므로 주요 정책 사업이므로 기술개발착수에 앞서, 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술 수요 및 예상되는 문제점 파악하고 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 전반적인 의견을 관련 전문가의 자문이 필요함

- 이에, 조립식 모듈형 철도시스템의 활용 및 기술적 수요가 예상되는 단체 및 기관을 컨택하여 전문가 인터뷰를 진행할 필요성이 있음

3 조사 대상 및 방법

○ 조사기간 : 2013년 6월 17일 ~ 7월 31일 (40일간)

○ 조사방법 : 구조화된 설문지를 통한 전문가 depth interview

○ 조사대상 : 조립식 모듈형 철도시스템의 기술수요가 예상되는 관련 기관

구분	관련 부처		비고
행사 (이벤트)	- 각 행사 조직위원회 - 관공서 및 지자체		
재난·재해	- 국립방재연구원 등 - 소방방재청 - 국토관리청 - 산림청		
계절적 수요	관공서	국립공원관리청	
	봄·가을	설악산 지리산	
	여름	대천해수욕장	
	겨울	대명 비발디파크	

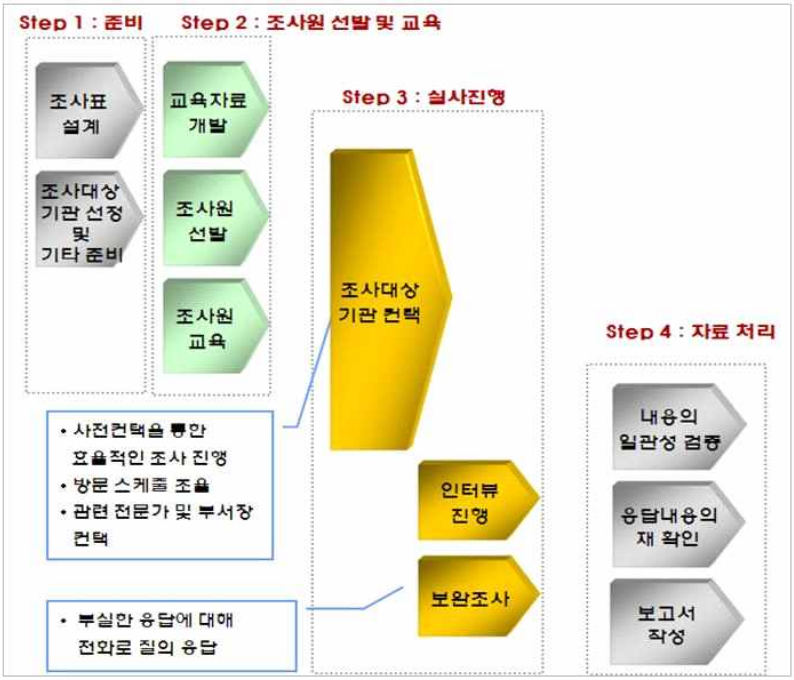
○ 조립식 모듈형 철도시스템의 기술수요가 예상되는 박람회, 국제행사, 지자체 등 이벤트로 인해 단기간 수요 급증이 예상되는 행사 주최기관과 재난·재해를 처리하는 정부부처 기관을 대상으로 기술 수요 조사를 진행함

○ 기술수요 조사는 (1) 재난·재해, (2) 계절적 수요, (3) 이벤트성 행사 등으로 3가지 유형으로 나뉘어 조사되었으며, 20여명의 전문가를 대상으로 depth interview를 진행함

4 조사 항목

구분	조사내용	비고
이벤트 및 재난·재해 현황	- 이벤트 목적, 주기, 동원관람객 등 - 재난·재해 현황 및 재난 발생 이유	
교통처리 현황	- 교통체증 발생이유, 지역, 대처방안 - 現(현) 교통수요 처리 방안의 문제점 및 개선방안	
조립식 모듈시스템 기술수요	- 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 느낌 - 조립식 모듈형 철도시스템 활용 및 기술 수요 여부 - 조립식 모듈형 철도시스템 기술평가 - 조립식 모듈형 철도시스템 임대 조건	
조립식 모듈시스템 운영방안	- 조립식 모듈형 철도시스템 운행 차량 조건 - 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 전반적인 의견	

5 조사 Process



제2장. 조사 결과

1 조사대상 기관의 현황

1.1 대규모 이벤트 (비정기적)

1) 특성

○ 국가지원으로 국제적 대형 이벤트를 진행하고 있거나, 할 예정인 4개 기관 물류
• 수송 담당자를 대상으로 인터뷰를 진행함
- 광주유니버시아드, F1 그랑프리, 2018 평창 동계올림픽, 2014 인천아시안 게임

○ 국가적 행사의 특성으로는
- 공통적으로 경제 활성화, 국가·지역 이미지 제고, 국가 브랜드 가치, SOC기반 구축 위해 이벤트를 개최하는 것으로 나타남
- 관람객 특성은 관련 스텝 및 선수, 그리고 응원단 등 운영요원도 상당수 차지하고 있으며, 해외관람객 및 국내 관람객도 다수 방문할 것으로 예상함
- 이벤트 기간은 올림픽 및 스포츠 경기는 약 16일, F1 그랑프리는 3일

국제적 행사	관람객 특성	동원 관람객	기간
■ 광주유니버시아드	대학생 (선수층) 응원단 및 학생등	경기당 1만명 37개 경기	15일
■ F1 그랑프리	국내 및 국외 관광객	3일간 16만명	3일
■ 2018 평창 동계올림픽	국내/국외 선수단 및 스텝, 기자단 관람객 등	외국인만 18만명 예상	16일
■ 2014 인천아시안 게임	전국적 관람객 외국인 관람객	14만명 예상 개막식 : 6.5천명 폐막식 : 5.5천명 관람객 : 2만명	16일

2) 교통 현황

○ 대규모 이벤트 개최 시 교통체증이 발생 할 것 같은 이유

- 많은 관광객 방문으로 인한 교통 혼잡이 야기됨
- 관련 스텝 및 선수단 이동경로 확보해야하는 어려움이 있음
- 개최지가 도심지역이라 경기장(행사장) 주변에는 출퇴근 시간에 일어나는 러시아워 존재함
- 인천아시안게임 지하철 준공 연기로 지하차도로 차량이 몰릴것으로 예상됨

○ 해결방안

국가 이벤트	교통체증 발생원인	교통체증 해결 방안
▪ 광주유니버시아드	- 인구밀집 지역 - 평상시 출퇴근 시간에 교통체증이 일어남	- 셔틀버스 시청과 협의해서 버스전용 차선 이용 - 차량이부제 도입실시 예정
▪ F1 그랑프리	도로 분산으로 문제 없음	- 안전 시설물 - 환승주차장 조성 - 교통 통제소 - 내부 순환버스(셔틀) - 넓은 주차장
▪ 2018 평창 동계올림픽	많은 관광객 방문 예상	- 우회도로, 국도 - 지방도로 이용연구중 - 주차장 확보 후 셔틀버스 운행 예정 - 일반차량 평창내 진입금지
▪ 2014 인천아시안 게임	- 지하철 준공 연기 - 지하도로 왕복 4차선 몰릴것으로 예상	- 환승 주차장 설치 - 셔틀버스 운행 - 시간 연장

3) 교통처리 운영에 대한 문제점

○ 국가이벤트 교통수요(운영)처리 방안에 대한 예상 문제점 및 바라는 점

국가 이벤트	예상되는 문제점	바라는 점
▪ 광주유니버시아드	- 개막식 및 폐막식에 사람이 몰린 것으로 예상됨	- 경기장 주변에 임시 주차장 추가 지원
▪ F1 그랑프리	- 경기장 주변의 분산이 잘 되어 있어서 특별한 교통문제 없음	없음
▪ 2018 평창 동계올림픽	- 성공적인 대회를 위해서 준비 하고 있는 단계임	진행단계 임
▪ 2014 인천아시안 게임	- 관중 수송 방법이 제한되어 있음 (지하철 개통 지연) (셔틀버스 운행도 한계가 예상)	조립식 모듈형 철도 시스템 도입을 원함

1.2 지자체 이벤트 (정기적)

1) 특성

○ 매년 정기적으로 지차체에서 지역 행사를 진행하고 있는 4개 기관 총 4명의 전문가를 대상으로 인터뷰를 진행함
- 무주 반딧불 축제, 함평나비 대축제, 화천 산천어 얼음축제, 고양 꽃 박람회

○ 지자체 주관의 지역행사의 특성으로는
- 공통적으로 지역홍보 및 지역의 경제발전을 위한 이벤트를 개최하고 있음
- 관람객 특성으로는 가족단위가 가장 많고, 평균 동원관람객은 평균 약 100만명
- 이벤트 기간은 평균 약 2주 정도로 진행 됨

지역행사	이벤트 목적
▪ 무주 반딧불 축제	환경보존, 녹색생명의 존엄성 전파
▪ 함평나비 대축제	친환경 농산물 홍보
▪ 화천 산천어 얼음축제	지역 경제 발전
▪ 고양 꽃 박람회	화훼무역 발전

2) 교통현황

○ 교통체증 발생하는 이유

- 일시적인 관람객, 관광객 등 집중으로 인한 주변 교통 마비
- 주차공간 협소하여 갓길주차 등 주변 도로 혼잡
- 대중교통보다 개인차량 이용한 교통량 증가
- 일시적인 기간에 동시다발적으로 몰림 (특히 주말기간)

○ **해결방안**

지역행사	교통체증 발생원인	교통체증 해결 방안
■ 무주 반딧불 축제	대부분 자가용 이용 사내 주차장 미비	- 셔틀버스 운행 - 2,000대 임시 주차공간
■ 함평나비 대축제	일시적인 기간에 몰림 (특히 주말기간)	- 학교 운동장 임대 (주차) - 셔틀버스 운행
■ 화천 산천어 얼음축제	축제기간 일시적으로 통행량 증가	- 교통정리 및 임시주차장 - 대중교통 이용 유도 - 셔틀버스, 시내버스 운행
■ 고양 꽃 박람회	관람객, 나들객이 주말에 몰림	- 임시주차장, 셔틀버스 운행 - 대중교통 이용시 관람객 입장권 할인

3) 교통처리 운영에 대한 문제점

○ **지역행사 교통수요(운영)처리 방안에 대한 문제점으로**

- 주차공간 부족
- 대중교통 보다 자가용 이용이 많음
- 차량 통제로 인한 민원
- 임시 주차장과 행사장과의 거리가 멀어 축제의 흥미가 낮아짐
- 일시적으로 몰리는 교통량
  (평일에는 수용 가능하지만, 주말에만 관람객이 급증하여 교통체증)
- 농공지 분양, 시설 들어와서, 주차장 확보 부족

○ **지역행사 교통수요(운영)처리 방안에 대해 바라는 점으로는**

- 주차공간 확보 (예산 증원)
- 대중교통 이용 활성화 등

1.3 계절적 수요

1) 특성

○ 계절적 수요가 예상되는 5개 기관 총 5명의 전문가를 대상으로 인터뷰를 진행함
- 국립공원 사무소, 지리산, 설악산, 대천해수욕장, 대명 비발디 파크

○ 계절적 수요가 예상되는 기관의 관람객 특성으로는

- 국립공원 (지리산, 설악산, 관리공단)
  주로 봄, 여름, 가을에 관광, 등산, 경치구경 목적으로 사람들이 옴
- 해수욕장 (대천)
  주로 여름철에 피서객, 동호회 사람들이 많이 옴
- 대명 비발디 파크 (스키, 수영, 레포츠, 골프 등)
  4계절 내내 운영되며, 가족, 연인, 동호회 등 다양한 구성단위임

2) 교통현황

○ 계절적 수요로 인한 교통 체증은 주로 대중교통보다는 개인차량을 이용하기 때문에 행사장 주변 마비 및 주차장 부족이 원인 임

- 대명 비발디 파크의 경우 주차시설 완비, 무료 셔틀버스 운행, 동서울터미널 직행 운행등 교통문제가 없는 것으로 조사됨 (기술수요 없음)
- 설악산 국립공원의 경우, 지자체에서 하계 특별교통대책을 시행함
  (교통량 모니터링, 교통민원 접수처리, 교통지도 단속 및 통제 실시)

계절적 수요 현황	비고
▪ 교통체증 발생 이유	- 탐방객, 관광객 등 집중 - 주차장 협소 - 대중교통보다 개인차량 이용
▪ 대처방안	- 셔틀버스 운행 - 임시주차장 조성 - 갓길주차

3) 교통처리 운영에 대한 문제점

○ 일시적인 수요급증으로 인한 교통수요(운영)처리 방안에 대한 문제점으로

- 집중되는 인원에 비해 운송수단의 수송능력 부족
- 대중교통 부재 (연계된 교통이 부족)
- 대중교통 보다 자가용 이용이 많음
- 주차장협소, 관람객 자연훼손등 환경 문제

○ 일시적인 수요급증으로 인한 교통수요(운영)처리 방안에 대해 바라는 점으로는 예산확보를 통한 진입로 확장 및 간선축의 연결임

1.4 재난·재해

1) 특성

○ 재난·재해는 5개 기관 총 7명의 전문가를 대상으로 인터뷰를 진행함
- 국토관리청, 국립방재연구원, 소방방재청, 산림청, 충북재난 안전 대책본부

○ 재난·재해로 인한 도로 유실 및 도로 통제는 주로 여름철에 집중되어 있는 것으로 조사되었으며, 우회도로 안내 및 도로통제 이외에는 대처방안이 없음
- 여름철, 폭우 및 태풍으로 인해 산간지역은 산사태 및 도로유실이 발생하고 도시지역은 하천 범람 등으로 인한 도로 유실 발생
- 특히 여름철 범람으로 인한 도로침수는 침수된 지역이 배수가 다 완료되기 전에는 도로 운행이 어려우며, 그에 따른 특별한 대처방안은 없는 것으로 나타남
- 응급복구에 걸리는 기간은 짧게는 몇 시간에서 많게는 수일이 소요되지만, 평균 하루면 통행재개가 가능함

재난 재해 현황	비고
▪ 재난·재해로 인한 도로유실 발생이 잦은 지역	산간지역, 뚝방, 하천 등
▪ 통행제한이 발생하는 이유	산사태, 범람 및 도로침수
▪ 통행제한이 주로 발생하는 시기	주로 여름철
▪ 통행제한 유형	도로 일부 통제 또는 전면통제
▪ 대처방안	우회도로로 안내, 통제
▪ 원활한 통행이 복구되는 기간	평균 하루

2) 교통처리 운영에 대한 문제점

○ 재난·재해로 인한 교통수요(운영)처리 방안에 대한 문제점으로

- 투입자원의 부족으로 도로단절 시간이 길어짐
  (토사물을 이용한 응급 복구이기 때문에 자원을 모으는데 시간이 걸림)
- 응급복구 후 통행재개로 2차 피해 발생이 우려됨
- 사전통행 제한이 아닌 1차 피해 후 통행제한이 걸리기 때문에 피해 확대
- 도로침수의 경우 특별한 대처방안이 없음
  (물살이 세거나, 침수폭이 넓을 경우, 자연복구를 기다려야 함)

○ 재난·재해로 인한 교통수요(운영)처리 방안에 대해 바라는 점

- 신속한 보고체계 및 빠른 대처로 피해확산 방지
- 예산확보를 통한 침수예방 및 도로유실 방지
- 잉여 자원을 미리 제작 후, 필요한 경우에 공동대응 방식으로 이용될 수 있도록 관리

1.5 결론 및 요약

1) 개최 목적 및 특성

○ 대규모 이벤트(비정기적)인 경우에는 국가이미지 향상 및 나라 홍보를 위한 국제적 이벤트가 진행되는 형식이며, 지자체 이벤트(정기적)는 지역홍보 및 지역의 경제발전을 위해 이벤트 주로 진행됨

○ 계절적 이벤트인 경우에는 계절에 따른 관광지 홍보 및 지속적인 수입을 위해 관람객을 유치하고, 재난·재해는 주로 여름철에 태풍 및 장마로 인해, 산사태나 침수 피해로 도로가 유실 됨

○ 이벤트성 행사는 평균 15일 정도 진행하고 있으며, 계절적 수요 행사는 행사장 특성에 따라 다르지만, 점점 계절적 특성에 관계없이 관람객이 지속적으로 행사장을 방문함

○ 관람객은 대규모 이벤트의 경우 주로 선수단 및 응원단, 지자체행사 및 계절수요 행사는 가족단위의 나들객임 (주말에 주로 밀집됨)

2) 교통 현황

○ 예상되는 교통처리 운영 문제점으로

- 대규모 이벤트의 경우 행사 기간에 운영 스텝의 이동이 가장 큰 문제이며, 경기장(행사장)이 도심지역에 위치해 있기 때문에 출·퇴근 시간 러시아워가 문제점으로 떠오름
- 지자체 이벤트는 대중교통 이용보다는 개인차량으로 방문하는 관람객들이 많아 사내 주차장이 마비되는 상황이 일어나고 있음
- 대체적으로 이벤트인 경우 많은 인원들이 한번에 밀집하여 행사장 주변의 주차공간이 협소하여 교통혼잡을 야기함

- 재난·재해는 주로 여름철에 산사태나 침수 등 산간지역이나 하천등에 많이 발생하고, 복구되는 기간은 평균적으로 하루임

○ 지자체의 지역행사는 행사장 주변의 주차공간이 협소하여 교통혼잡을 야기하지만, 국가적 이벤트에서는 주차시설에 대한 문제점은 상대적으로 낮은 것으로 나타남

○ 이와같은 교통체증의 해결방안으로

- 대규모 이벤트의 경우, 셔틀버스 운행이나 임시주차장 확보, 차량이부제등을 운영 할 예정으로 계속해서 해결방안을 모색하고 있는 중임
- 지자체 행사장의 경우도 마찬가지로 셔틀버스나, 임시주차장 확보에 주력하지만, 지자체 예산이 상대적으로 낮고, 일시적인 수요를 감당할 수 있는 주변 주차 시설이 마땅히 없음. 따라서, 대중교통 이용시 입장권 할인등을 운영함
- 자연재해는 딱히 대처방안이 있지 않으므로 추후에 신속한 보고체계 및 빠른 대처로 피해확산을 방지하고, 도로 일부 통제 또는 전면통제 후 우회도로 이용을 안내함

2 조릭식 모듈형 철도시스템에 대한 기술 수요

1.1 대규모 이벤트 (비정기적)

1) 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 의견

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견으로는 4명의 담당자 평점 4.0점 다소 긍정적임

- 인천 아시안 게임의 경우, 조립식 모듈형 철도시스템에 대해 매우 긍정적인 반응으로 보였지만, 평창 동계 올림픽의 경우, 검증되지 않는 단계에서의 시스템에 대해서는 보통의 의견을 나타냄

< 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견 >



매우 부정	다소 부정	보통	다소 긍정	매우 긍정	의견 없음
1	2	3	4	5	8

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견으로는 예산 및 설치의 안전성으로 인해 다소 부정적인 측면과 조립식에 대한 긍정적인 측면으로 나뉘어짐

부정적 의견

- 인구 밀집지역에서 활용하기에 설치 공간 확보가 어려워 보임
- 순환버스 대비 임대비용이 비싸다면 필요 없음
- 강원도가 산간지역이기 때문에 안전성에 대해 불안함

긍정적 의견

- 설치, 철거가 간단하고 재활용할 수 있다는 점
- 환경적인 측면에서 소음 및 공해가 발생하지 않는 점
- 인천아시안 게임의 경우, 관중 수송대책이 너무 제한적이다 보니 조립식 모듈형 시스템이 매우 긍정적으로 판단됨

2) 기술평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가로는 총점 3.4점으로 모듈형 철도 시스템 기술에 대해 다소 긍정으로 생각한고 있음

- 조립식 모듈형 철도시스템의 설치 및 철거 방식의 편리성에는 긍정적인 반면, 기술에 대한 신뢰성은 상대적으로 낮음, 이는 안전성에 대한 염려가 반영된 결과로 판단됨

< 조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가 >



조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	3.5 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	4.0 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	2.8 점
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	3.8 점
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	3.8 점
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	2.8 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	3.3 점
총점			3.4 점

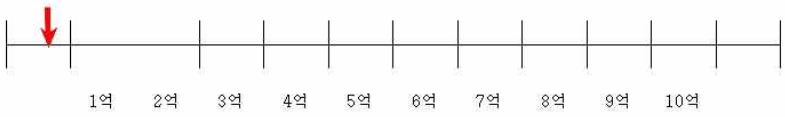
○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 사업적(실용성) 평가에 대해 부정적인 의견으로 기술에 대한 불확실성 주요 원인으로 나타남

- 활용하기 위한 조건이 까다로워 보임
- 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 안전 및 사업성이 검증 안됐기 때문
- 언제 시행될지 모르는 교통시스템을 예측하여 활용할 수 없음
  (계획된 일정하에 사업을 수행하는 중임)
- 경사진 지형에도 안전하게 사용 가능한지 의문임
- 경기장 내 주차시설이 있기 때문에 필요 없어 보임

3) 조립식 모듈형 철도시스템 운영 평가

(1) 임대 비용의 적정성

(3km/1일 기준, 수송용량 47,000명/일) [1일 기준]



○ 만약 조립식 모듈형 철도시스템을 임대할 경우 1일 임대비용으로는 평균 1억 미만으로 조사됨

- 2014 인천 아시안 게임에서 기간별, 수송인원별, 구간길이별로 금액을 산출해야 한다는 의견이 있었음

국가 이벤트	예상되는 가격	가격 책정 이유
■ 광주유니버시아드	1억	-
■ F1 그랑프리	7km 이내 3천만원	셔틀버스 운영비용보다 비싸면 안됨
■ 2018 평창 동계올림픽	1억 미만	내부 셔틀에 대한 생각을 하고 있음 (하루에 1억도 부담됨) 짜여진 예산대로 계획을 진행해야 함
■ 2014 인천아시안 게임	3,200만원	개·폐막식 때 약 2억 책정 (2일) 나머진 기간은 2천 3백만원 (14일) 수송인원 / 40명(차량) / 운행 횟수 고려

(2) 조립식 모듈형 철도시스템 임대의 방해 요인

○ 조립식 모듈형 철도시스템 임대의 방해 요인 또는 망설이는 요인으로는 운영비용이 가장 많이 나타남

- 예산대비 실효성을 모르겠음
- 스포츠 이벤트에는 필요가 없어 보임
- 셔틀버스 운영비 대비 싸거나, 비슷한 가격대야지 대여 가능
- 비용 문제가 가장 크다
- 폭설, 혹한에도 상용화 될 수 있는 검증된 기술 아직 없음

(3) 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 승차인원

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 차량 승차인원은 집중되는 관람객의 수요를 해소하고, 원활한 순환을 위해 15인승 ~ 40인승을 선호함

- 15인승 : 빠른 설치시간 및 순환을 고려했을 때
- 40인승 : 행사장 크기와 관람객 규모 대비 적당하다고 생각됨
  수송인원 및 규모 대비 신속한 설치가 가능할 것으로 생각됨

번호	내용	선택 빈도	차량	차량 중량 (톤/량)
①	~5인승	0		0.7~1.0
②	~15인승	2		1.2~1.5
③	~40인승	2		20~35
④	~100인승	0		40~60

4) 종합적 평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템운영에 대한 종합적인 의견으로는 조립식 모듈형 철도시스템 기술에 대한 실용성 및 안정성이 확보된다면 도입을 고려하겠다는 의사가 있음

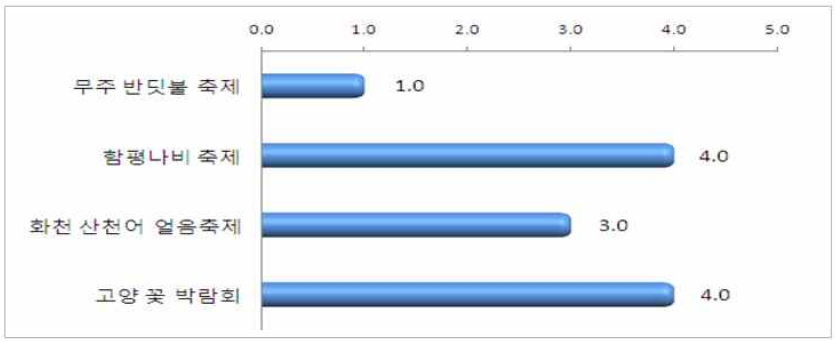
구분	내용
비용 최소화	▪ 대여가 아닌 고정식으로도 판매 검토 ▪ 비용이 순환버스보다 저렴해야 수요가 있을 것임
철도 시스템 기술의 실용성 확보	▪ 강원도 지역은 눈도 많이 오고, 혹한이기 때문에 환경적 요소가 고려가 된 기술력 도입이 필요함 ▪ 실용성이 보완되고. 기술이 도입되면 도입을 고려 ▪ 도심지의 경우 기존 시설 때문에 제약이 있을 것임
안전성의 확보	▪ 설치 및 철거부터 운영까지 안전성이 확보된 상태에서 설계 및 계획이 진행되어야 함 ▪ 지반이 약한 곳에서도 설치 가능한지 테스트 해야 함 ▪ 안전 및 검증 테스트하는데 2년 정도 소요한다면 2016년 이전에는 결정되면 도입 고려 (평창동계올림픽)

1.2 지자체 이벤트 (정기적)

1) 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 의견

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견으로는 4명의 담당자 평점 3.0점으로 보통 수준임
- 무주 반딧불 축제의 경우, 평점 1점으로 가장 부정적인 의견을 보이고 있음

< 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견 >



매우 부정	다소 부정	보통	다소 긍정	매우 긍정	의견 없음
1	2	3	4	5	8

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 의견으로는 크게 설치의 필요성을 느끼지 못하는 것으로 조사됨

부정적 의견

- 지역행사 같은 작은 이벤트에는 필요성이 없어 보임
- 역 및 터미널에서 행사장까지 거리가 짧기 때문에 시설적 투자는 원치 않음
- 주변 주차시설에 설치공간이 없음
- 국유지가 아닌 사유지이기 때문에 실현 불가능해 보인다.
- 셔틀버스보다 운영비용이 더 비싸면 운영할 필요성 없음

긍정적 의견

- 상용화가 되면 사람들이 몰릴 것으로 판단됨
- 홍보 효과가 있을 것으로 판단됨

※ 함평나비 대축제, 고양 꽃 박람회에서는 조립식 모듈형 철도시스템을 하나의 레저시스템으로 진행하는 것에 대한 의견을 내놓음

2) 기술평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가로는 총점 3.5점으로 모듈형 철도 시스템 기술에 대해 다소 긍정으로 생각한고 있음

- 조립식 모듈형 철도시스템이 관심을 끌만한 사업기술로는 인식을 하고 있지만, 사업적(실효성)에 대해서는 보통 수준임

< 조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가 >



조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	4.0 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	3.8 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	3.5 점
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	4.0 점
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	3.0 점
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	3.0 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	3.0 점
총점			3.5 점

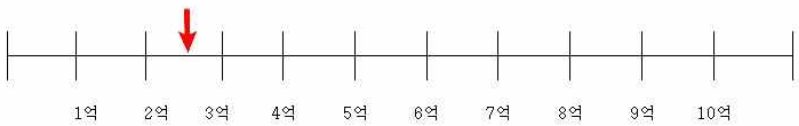
○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 사업적(실용성) 평가에 대해 부정적인 의견으로 설치에 대한 어려움과 주변환경적 요인 때문인 것으로 나타남

- 조립식 모듈형 철도시스템 승하창 주변이 더 복잡 해 질 것임
- 역 및 터미널과 행사장까지 거리가 가깝기 때문에 설치의 필요성을 못 느낌
- 기존의 주변 상권을 무시할 수 없음
- 도로 지나갈때 차가 지나갈 수 있도록 (고가형태) 제작을 원하고 있으며, 그에 따른 안전성이 확보되어야 함
- 국제적 행사장에는 맞으나 지역적 행사와는 맞지 않음
- 행사장과 임시주차장과 연계 무리가 있음 (주변이 도로라 설치,철거 힘듦)

3) 조립식 모듈형 철도시스템 운영 평가

(1) 적절한 임대 비용

(3km/1일 기준, 수송용량 47,000명/일) [1일 기준]



○ 만약 조립식 모듈형 철도시스템을 임대할 경우 1일 임대비용으로는 평균 2.5억으로 조사됨

지역 행사	예상되는 가격	가격 책정 이유
▪ 무주 반딧불 축제	8억	비싸보인다
▪ 함평나비 대축제	1억 이하	그 기간 동안 수익이 7, 8억밖에 안 되기 때문에 1억 미만
▪ 화천 산천어 얼음축제	1억	1억이 보기중에 가장 싼 금액이므로
▪ 고양 꽃 박람회	3,000만원	1억 이상이면 비싼 것 같음 전기로 움직이는 거면, 전기세도 고려해야함

(2) 조립식 모듈형 철도시스템 임대의 방해 요인

○ 조립식 모듈형 철도시스템 임대의 방해 요인 또는 망설이는 요인으로는 설치의 어려움 및 운영비용 때문으로 나타남

- 예산부족 및 지역축제의 한계성
- 투자비용 대비 이득이 많이 안 남을 것 같음 (사업성이 없어 보임)
- 조립식 모듈형 철도시스템의 안전성 및 효율성 문제
- 설치 공간 및 설치 거리 등 여건의 불일치 (도로변에 설치하기에는 위험)
- 설치 후 주변이 복잡해져서 교통체증 발생할 것 같음

(3) 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 승차인원

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 차량 승차인원은 가족단위가 많기 때문에 5인승을 선호하는 편임

- 무주 반딧불 축제의 경우 관광목적이면 5인승을 선호 (레저용)
  행사기간 사람의 수요를 감안해 100인승 선호 (수송 목적)
- 5인승 : 가족단위 차량으로 적합
- 40인승 : 단체손님이 많기 때문에 셔틀버스와 같은 크기가 적당하다고 생각함
- 100인승 : 계속 순환하면서 운행하는 것이 나을 것 같아서

번호	내용	선택 빈도	차량	차량 중량 (톤/량)
①	~5인승	3		0.7~1.0
②	~15인승	0		1.2~1.5
③	~40인승	1		20~35
④	~100인승	1		40~60

4) 종합적 평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템운영에 대한 종합적인 의견으로는 이미 운영비용에 대한 최소화 방안과, 조립식 모듈형 철도시스템을 수송목적이 아닌 관광목적으로의 레저화 방안 (이벤트 기간동안) 그리고 철도 시스템의 다양화 의견이 있었음

구분	내용
국가 이벤트에 적합	▪ 큰 이벤트에 맞춰 계획되고 설치되야함 ▪ 작은 지차체는 셔틀버스로도 커버가능 ▪ 행사장과의 거리가 가까운 곳보다 행사장이 크고 거리가 먼 곳이 유용
철도시스템의 레저화	▪ 관광 목적의 레저용으로 호수공원안에 설치 ▪ 산책로 형식으로 개발(소나무 위를 걷는형식 등)
비용 최소화	▪ 임시 주차장이 여러군데면 전부 설치하기에 비용이 부담 ▪ 설치, 철거 비용 및 전기세 등의 사용료 부분에 대한 부담
철도 시스템의 다양화	▪ 고가도로 형태의 설치를 통한 교통 분산 ▪ 하천(하상)에 이용하는 방법 고려 ▪ 물위에서의 사용도 고려
안전성의 확보	▪ 도로상의 문제점 보완 개선 ▪ 고가도로 형태로 설치 후 밑에는 차가 다닐수 있는 견고함 ▪ 기술에 대한 안전성 강구 ▪ 도로 통제 및 절차, 안전성 등 고려

1.3 계절적 수요

1) 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 의견

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견으로는 5명의 전문가 평점 3.0점으로 보통 수준임. (조립식 모듈형 철도시스템에 대해 큰 Merit를 느끼지 못함)

- 특히, 대천해수욕장의 경우, 평점 1점으로 가장 부정적인 의견을 보이고 있음

< 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견 >



매우 부정	다소 부정	보통	다소 긍정	매우 긍정	의견 없음
1	2	3	4	5	8

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 의견으로는 크게 설치 및 안전성 그리고 이미 연계된 교통시설로 인해 불필요성에 대한 의견이 가장 많았음

- 조립식이기 때문에 약해 보인다.
- 산악지형에서의 안전성문제
  (산악지형은 돌발 상황이 생길 수 있음 / 낙석, 돌풍, 산사태 등)
- 국유지가 아닌 사유지이기 때문에 실현 불가능해 보인다.
- 설치한 지역에 차량 몰리면 주차장 협소 및 일대 마비
- 이미 역과 연계가 잘 되어 있음 (셔틀버스, 버스 연장 운행)
- 대명비발디파크는 셔틀버스 및 직행버스, 주차시설 구비함

○ 기타 의견으로는
- 대명 비발디 파크 : 연중무휴이기 때문에 임대식이 아닌 고정식이 필요함
- 국립공원 관리공단 : 국립공원 지형 상 재난·재해시 사용은 어려워 보임
설치하기 위한 인력, 장비운반이 어려워 보임

2) 기술 평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가로는 총점 3.3점으로 모듈형 철도 시스템 기술에 대해 보통으로 생각하고 있음
- 조립식 모듈형 철도시스템이 관심을 끌만한 사업기술로는 인식을 하고 있지만, 사업적(실효성)에 대해서는 부정적인 의견이 더 많음

< 조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가 >



조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증 대처방안에 비해 독특하다	3.6 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	4.4 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	3.2 점
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	3.8 점
	5)	우리 행사장에 필요하고 유용한 기술이다	2.8 점
	6)	관람객 유치에 도움을 주는 기술이다	2.8 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	2.8 점
총점			3.3 점

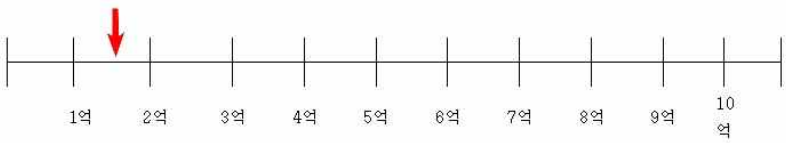
○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 사업적(실용성) 평가에 대해 부정적인 의견으로 설치에 대한 어려움 주요 원인으로 나타남

- 설치공간이 마땅치 않음 (사유지일 경우, 설치 불가)
- 모듈 철도시스템 승하차시 주변이 혼잡해짐
- 산악지형에는 도로 및 우회도로를 만들기 어려움
- 안전성에 대한 불안감 작용
- 이미 역과 연계되어 있으므로 설치에 대한 필요성을 못 느낌

3) 조립식 모듈형 철도시스템 운영 평가

(1) 적절한 임대 비용

(3km/1일 기준, 수송용량 47,000명/일) [1일 기준]



○ 만약 조립식 모듈형 철도시스템을 임대할 경우 1일 임대비용으로는 평균 1.6억으로 조사됨

- 1억을 적절하다는 의견이 3곳으로 가장 많았으며, 그 이외에는 2억이 1곳, 3억이 1곳 있었음

(2) 조립식 모듈형 철도시스템 임대의 방해 요인

○ 조립식 모듈형 철도시스템 임대의 방해 요인 또는 망설이는 요인으로는 설치의 어려움 및 운영비용, 수요의 불필요성이 주요 원인으로 꼽힘

- 주변 환경적 요소 (산림 훼손)
- 운영비용 및 예산 문제.
- 안전성에 대한 논의도 필요하다.
- 설치할 공간이 마땅치 않다.
- 이용객이 얼마 없을 것 같음
- 자체 셔틀버스가 있음

(3) 조립식 모듈형 철도시스템의 적정 승차인원

○ 조립식 모듈형 철도시스템의 차량 승차인원은 15인승과 40인승의 중간 인원이 적정하다고 판단됨

- 5인승 : 가족단위 차량으로 적합
- 15인승 : 진입로 특성상 5인승은 너무 작음
- 40인승 : 단체손님이 많기 때문에 셔틀버스와 같은 크기가 적당하다고 생각함
- 100인승 : 성수기 때의 입장객 수요 감안해야 함,
  다수의 인원을 동시에 수송하여 차량 대기시간을 최소화해야 함

번호	내용	선택 빈도	차량	차량 중량 (톤/량)
①	~5인승	1		0.7~1.0
②	~15인승	2		1.2~1.5
③	~40인승	1		20~35
④	~100인승	1		40~60

4) 종합적 평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템운영에 대한 종합적인 의견으로는 이미 전형화된 행사장이 아닌, 국가 이벤트나 단기간에 일시적 수요가 일어나는 행사장에 모듈형 철도시스템이 적합하다는 의견이 높고, 우회도로 보다는 도로위의 2중 설치를 통한 교통 분산 의견이 일부 있었음

구분	내용
국가 이벤트에 적합	▪ 국가 이벤트나 일시적 수요가 있는 곳에 적용해야 함 ▪ 모듈철도 설치에 따른 주변 환경변화에 신경 써야함 (산림훼손, 주변 상권 등)
산악지형보다는 안정된 지반위에 설치	▪ 우회도로 개념 보다 도로위에 설치해 이중도로를 통한 교통 분산 ▪ 산악지형은 지형상 안전성이 확보되야 함
고정식 필요	▪ 리조트는 계절에 상관없이 관람객이 몰리기 때문에 임시적이 아닌 고정식이 필요 ▪ 산행은 봄,여름,가을,겨울에 큰 영향없이 주말에 많이 몰림

1.4 재난·재해

1) 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 의견

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견으로는 7명의 전문가 평점 3.43점으로 다소 긍정적인 의견이 높음
- 국토관리청에서 조립식 모듈형 철도시스템에 다소 부정적인 의견을 보임

<조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기본적인 의견 >



매우 부정	다소 부정	보통	다소 긍정	매우 긍정	의견 없음
1	2	3 (3.43)	4	5	8

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 부정적인 의견으로는 크게 예산 및 안전성에 대한 의견이 가장 많았고, 긍정적인 의견으로는 신속성 및 수송의 편리함을 주로 꼽음

부정적 의견

- 모듈철도 개발 예산이면, 도로 확충 등 근본적인 문제 해결 가능
- 막대한 예산 문제
- 안전성 문제 (지반이 약하기 때문에 2차 붕귀 우려)
- 침수된 지역의 경우 설치 불가능할 것으로 판단하고 있음
- 실제로 언제 기술이 적용될지 불확실한 상황

긍정적 의견

- 기술적 측면에서 참신하고 좋아 보임
  (이벤트나 행사 등 관람객 편의를 위한 시설로 좋을 듯 함)
- 사전 제작으로 인한 신속성 확보 및 공동대응 가능 할 것으로 판단함
- 고립된 사람의 신속한 대피 및 지원이 가능할 것으로 판단함
- 수송의 편리함
- 산림청은 도로쪽은 복구가 빠르기 때문에 응급복구보단 수송관점으로 기술에 대해 긍정적으로 평가함

2) 기술 평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 기술평가로는 총점 3.6점으로 모듈형 철도 시스템 기술에 대해 긍정적인 것으로 나타남.

- 특히 설치 및 철거 방식(평점 4.0점)에 대해서 가장 긍정적으로 평가하는 것으로 나타남

< 조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가 >



조립식 모듈형 철도에 대한 기술평가			평점
기술적 (독창성)	1)	기존 교통체증(도로유실) 대처방안에 비해 독특	3.6 점
	2)	설치 및 철거 방식이 편리하다	4.0 점
	3)	기술에 대해 신뢰가 간다	3.6 점
사업적 (실효성)	4)	관심을 끌만한 사업기술이다	3.3 점
	5)	우리 기관에 필요하고 유용한 기술이다	3.4 점
	6)	응급사항 발생시에 도움을 주는 기술이다	3.7 점
	7)	행사홍보 또는 영업에 도움을 주는 기술이다	3.7 점
총점			3.6 점

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 사업적(실용성) 평가에 대해 부정적인 의견으로 설치에 대한 안전성 및 불확실성이 주요 원인으로 나타남
- 침수/범람지역 설치 불가능
- 우회도로 설치하려고할 경우 사유지일 경우
- 기존의 간이식 교량과 큰 차이를 못느끼겠음
- 하중을 견디지 못하고 내려 앉을 수 있음
- 야산지대 등 지반위에 설치 어려움
- 검증되지 않은 시스템이기 때문에

3) 조립식 모듈형 철도시스템 운영 평가

(1) 희망하는 구축 기간

○ 만약 조립식 모듈형 철도시스템을 적용할 경우, 재난·재해으로 인한 통행 제한 또는 응급사항을 대처하기 위한 구축기간으로 평균 24시간이내 구축되어야 한다는 의견이 가장 많았다. (산림청의 경우 2~3시간 이내라는 의견도 있었음)
- 산간지역에서의 도로유실의 경우, 일정 point 부분이 유실되기 때문에 노선 전체가 유실되는 경우는 거의 없음

- 짧은 지역이 유실되기 때문에 신속하게 복구를 해야 한다는 의견이 지배적임
(유실지역이 길어야 1km 미만이기 때문에 복구에 신속성을 요구함)

(2) 예상되는 사용 기간

○ 만약 조립식 모듈형 철도시스템의 희망한는 사용기간은 기관유형에 따라 의견을 달리함
- 산림청은 2~3일 임대를 희망
- 국립방재연구원 1주일 임대
- 소방방재청은 비용에 따라 임대기간을 달리 하겠다는 의견 임

(3) 조립식 모듈형 철도시스템 적용의 방해 요인

○ 조립식 모듈형 철도시스템 적용의 방해 요인 또는 망설이는 요인으로는 예산 및 효율성이 주요 원인으로 꼽힘

- 금액 대비 효율성 문제, 예산
- 안전성 문제 (지반이 약해서 내려 앉을 수 있음)
- 기존의 간이식 교량과의 성능면에서 좋은지 불 확실함
- 언제 사용할지 모호하기 때문에 장기간 렌탈 불가능

(4) 조립식 모듈형 철도시스템 통과 차량

○ 조립식 모듈형 철도시스템을 이용하여 통과할 수 있는 차량에 대해서는 원활한 복구를 위해서, 25ton 이하의 소방차 및 중장비 차량을 선호하는 것으로 나타남

- 3ton 이하 : 구축시간이 급격히 올라가기 때문 신속하게 구축하기 위해
- 15ton 이하 : 응급사항 대처보다는 차량통행을 위해 15ton을 선호
긴급구조 시 모듈형 철도시스템 구축시간이 없어 보임
- 25ton 이하 : 사람을 더 많이, 빨리 수송할 수 있을 것 같음
최종적으론 유실된 도로 복구 작업함
접근하기 어려운 곳도 중장비가 들어갈수 있어야 함

번호	빈도	내 용	
①	0	1ton 이하	보행
②	1	3ton 이하	소형차, 중형차
③	1	15ton 이하	화물차, 버스
④	3	25ton 이하	소방차, 중장비 등

※ 의견없음 2명

- 국토관리청 : 여러개 만들어 상황에 맞게 사용해야함
- 소방방재청 : 의견 없음

4) 종합적 평가

○ 조립식 모듈형 철도시스템운영에 대한 종합적인 의견으로는 안전성이 확보되면, 기술적 수요가 있을것으로 전문가들은 판단하고 있으며, 임대식이 아닌, 중앙부처의 관리를 통한 신속한 대처와 도로에만 국한하지 않는 시스템의 다양화를 요구함

구분	내용
철도시스템의 다양화	▪ 도로에만 국한시키지 않고, 철도, 해안 등 수송시스템에 접목시켰으면 함 ▪ 침수·범람 지역은 우회도로 마저 침수될 가능성이 높음 (부표형식의 철도 시스템 고려)
철도시스템의 사후처리	▪ 보관 후 2~3년 후 제 기능을 못할 수 있을 것 같음 ▪ 철거된 모듈 보관 장소를 잘 섭외하여 재활용 가능토록 함 ▪ 사용 후 각 모듈의 보관문제 해결이 중요
철도시스템의 운영기관	▪ 사전제작 후 중앙부처에서 전국단위로 관리 ▪ 꾸준한 수요가 없을 수도 있으므로 공동구매 추진
철도시스템의 안전성에 대한 불안	▪ 활용가능성이 많을 것 같지만 수요는 적을 듯 함 ▪ 기술적으로 안전성이 확보되어야 함 ▪ 안전성과 사업성이 뒷받침 된 후 설계

1.5 결론 및 요약

○ 조립식 모듈형 철도시스템운영에 대해 대규모 이벤트성 행사 및 재난·재해는 다소 '긍정'적인 반면, 지자체 행사 및 계절적 수요 행사는 '보통'의견이 높음

○ 조립식 모듈형 철도시스템운영에 대해 공통된 의견으로 지자체 및 계절성 이벤트보다는 대규모 국제적 이벤트에 더 활용성이 높다는 의견이 지배적임

- 지자체 및 계절성 이벤트는 매년 정기적 행사이기 때문에 교통 인프라를 설치 및 철거 방식보다는 고정식의 인프라 확충을 원하고 있으며, 예산 부족 및 설치 공간의 부족으로 인해 조립식 모듈형 철도시스템에 대해 다소 부정적임

○ 조립식 모듈형 철도시스템에 대한 문제점으로 안전성 및 설치 공간 확보 그리고 사업성(임대비용) 에 대한 의견이 주를 이룸

- 안전성 : 산악지형의 돌풍, 낙석, 지반 유실등을 고려한 설계가 필요함
  도로변 설치시 안전에 유의해야 함
- 설치 : 산악지형의 경우, 주변환경 훼손의 문제점 제기
  지자체 행사는 설치 공간이 마땅치 않음. (주차장 부족)
  모듈철도 승하차시 주변이 더 복잡할 것으로 판단함
- 사업성 : 셔틀버스 운행비용보다 모듈철도 임대비용이 더 저렴해야 함
  예산 대비 사업의 효과성이 확실치 않음

○ 기타 바라는 의견으로는

- 임대식이 아닌 고정식의 설치를 바람
- 레저형식의 관광 상품화
- 고가형식으로 제작되어 교통의 분산화
- 중앙부처 관리 방식으로 필요시 임대

▣ 기술수요조사 설문지

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서

□ 설문자 인적사항

성명		나이	만 세	전문분야	
소속기관명		소속기관 유형	산( ) 학( ) 연( ) 관( )		
부서명		직위			
소속기관 주소	(우편번호) □□□ - □□□ (주소)				
연락처	Tel : HP : Fax : E-mail :				

※ 제안하신 기술수요를 조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기획연구에 적극 반영할 것임을 약속드리오니, 한·학·연·관 관계자 여러번의 많은 성원과 적극적인 참여를 부탁드립니다.

※ 기술수요조사서에 제안하시는 의견의 개수 및 분량은 제한이 없으므로 필요하신만큼 복사하여 사용하셔도 무방합니다.

조립식 모듈형 철도시스템(레고철도) 개요

개요

○ **조립해체 및 재사용**이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템
- ☞ **임시적 교통시스템**으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 **노반토공 조성을 최소화**하고 짧은 기간에 **신속한 구축과 노선의 유연성 확보**
- ☞ 목적 달성 후 해체하여 다른 수요지에 **이전설치가 가능**한 교통시스템
- ☞ 단기간 행사에 따른 대대적 인프라 건설로 인한 **국가 재원 낭비 보완**
- ☞ 세계적인 기술선점 및 국외 신규 수요 창출



필요성

○ 지역행사 및 대형이벤트 개최 시 **단기간 집중적 통행수요**로 인한 **심각한 교통 혼잡**이 빈번히 발생

○ **비일상적 패턴의 집중 교통수요 대응**으로 인한 성공적인 이벤트 개최 기여

○ 국가적, 지역의 대표적 행사라는 명목으로 지원도로 등 대대적 교통 SOC 사업 추진
- ☞ 단기간의 행사에 **막대한 공공재원** 소요
- ☞ 종료 후 **수요부족**으로 인한 **운영악화**의 위험부담 내포
- ☞ 지자체 및 국가 재정 부담으로 작용

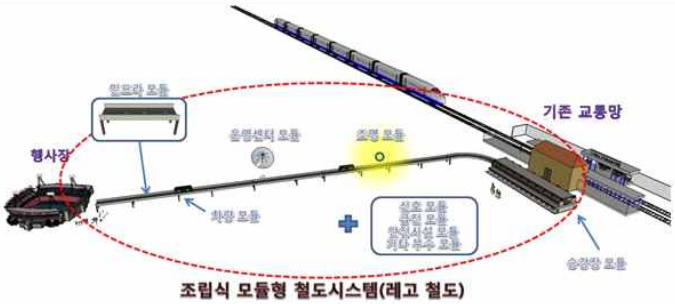
대대적 교통인프라 건설	조립식 모듈형 철도시스템
• 막대한 도로건설비용 • Event 종료 후 통행 수요 부족 등으로 인한 운영 악화 • 국가적 재원 낭비	• 간단하고 신속한 조립 및 해체 가능 • Event 종료 후 해체하여 다른 수요지에 이전 설치 및 운영 • 비용 대비 효과 상승

○ 기후변화에 따른 자연재해 발생 빈도 증가 추세
- ☞ 재난·재해로 인하여 매년 약 26만 건, 3천억 원의 재산피해 발생

○ 도로, 교량 파손으로 인한 Missing Link 발생 시 심각한 교통 혼잡과 불편 야기
- ☞ 정상 복구하기까지 상당한 시간 소요
- ☞ 복구까지 심각한 교통 혼잡과 이용자들의 불편 야기

<table>
<tr>
<td>활용
방안</td>
<td>
○ 국가적 행사 : 2018 평창 동계올림픽, 2014 인천 아시안게임, 2015 광주 하계 유니버시아드 대회 등
○ 지역 행사 : 박람회, 축제 등 각종 지역 행사로 인하여 단기간에 수요 급증을 유발하는 행사
○ 계절적 수요 : 행락객 증가로 인하여 봄, 가을(산행), 여름(바다), 겨울(스키장) 등 계절적으로 수요의 변동이 심하고 급증하는 지역

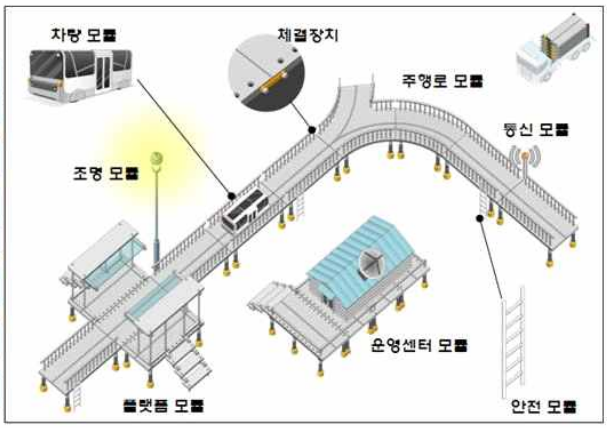

○ 각종 재난·재해로 인한 교통단절 구간
☞ 자연재해(폭우, 폭설, 산사태 등)
☞ 사고, 화재 등으로 인하여 통행이 제한되는 구간


<table>
<tr><td>도로붕괴
(한계령, 2006)</td><td>도로통제
(외곽순환, 2010)</td><td>도로침수
(서울, 2011)</td><td>교량폐쇄
(여주, 2011)</td></tr>
</table>
○ 응급상황 발생 시 임시 우회로로 활용
☞ 예측 불가능, 신속 대응이 관건
☞ 구간 단절로 인한 Missing Link 발생 시 임시적으로 연결
☞ 기존의 비상용 조립식 가교는 무거운 중량과 설치 난이도로 인하여 신속한 대응이 어려움
○ 해외 원조 사업
☞ 재난·재해 복구, 전후 복구 등 필요 시 국가적 ODA 사업으로 지원
☞ 모듈화, 경량화 된 조립식 모듈형 철도시스템을 해상수송 또는 공수하여 신속히 대응 가능
☞ 국가의 대외적 이미지 제고
</td>
</tr>
<tr>
<td>시스템
설치(안)</td>
<td>


조립식 모듈형 철도시스템(레고 철도)
</td>
</tr>
</table>

시스템 구상	○ **각각의 모듈**이 결합하여 하나의 **독립적 수단**으로 운영 가능한 시스템 ☞ 독립적인 모듈 단위로 **신속한 설치 및 해체** 가능 ☞ **예상 설치 기간** : 7일(3km 기준) ☞ **다양한 노선의 유연성 확보 가능**

- ✓ 조립형 궤도
  - 직선, 곡선, 분기 모듈
- ✓ 모듈체결 장치
- ✓ 시설 모듈
  - 플랫폼, 운영센터
- ✓ 차량 모듈
- ✓ 제어, 통신 모듈
- ✓ 승객안전 장치



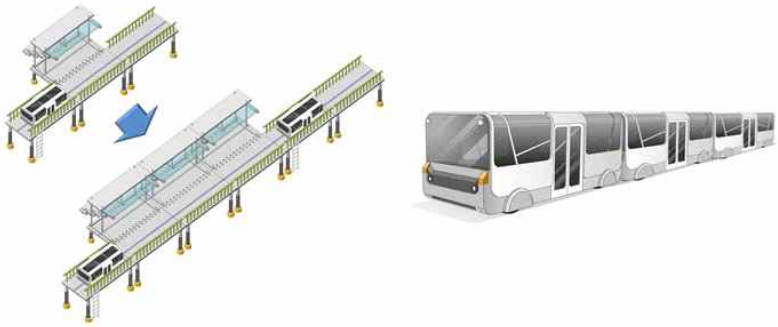
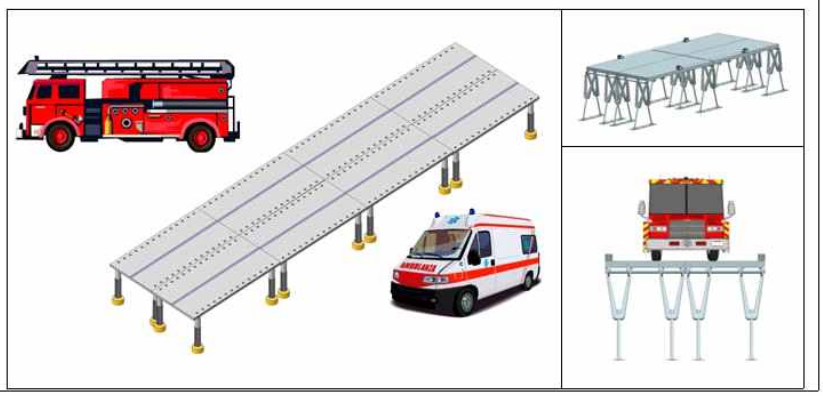
○ **기존 교통시설과 행사장을 연계**하기는 단거리 셔틀 또는 순환운영
☞ 철도역, 버스터미널, 외부주차장 등
☞ 짧은 시격으로 대기시간 최소화 지향

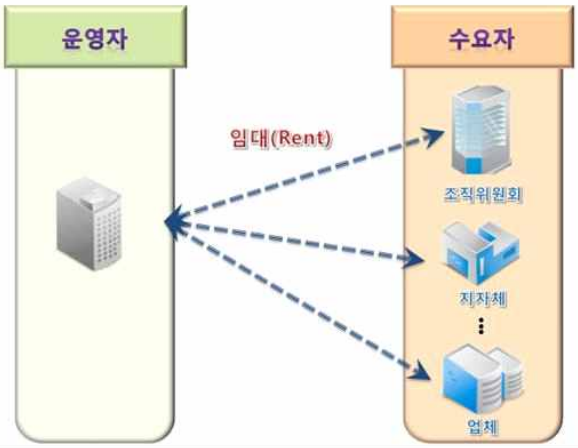
○ **노반토공 조성을 최소화**하기 위한 시스템
☞ 다양한 지형에 노반공사를 최소화하여 신속하게 구축 가능한 구조







시스템 구상	○ **다양한 수요 변화**에 대응 가능 ☞ 사용 환경에 따라 다양한 모듈을 조합하여 구성(수용용량 조절 가능) ☞ 차량 간 연결운행을 통한 수송용량 조절 가능  ○ 기존 교통용량에서 추가적 용량을 창출하고 **기존 인프라와 호환**이 가능한 시스템  ○ 필요 시 비상차량 및 구급차량 통과 가능 ☞ 모듈 간 조합으로 통과 하중 극복 ☞ 일반차량 및 비상차량 통과 가능 

<table>
<tr><td>시스템
구상</td><td>○ 시스템 운영 형태
☞ 별도의 운영자가 수요자에게 임대 운영
 
</td></tr>
<tr><td>기대
효과</td><td>○ 일시적 수요를 위해 장기간의 건설기간과 막대한 비용이 소요되는 교통 인프라의 대체시스템으로 활용 가능
○ 조립식 모듈형 철도시스템은 단기간을 목적으로 건설되고 수거되므로 추후 노선의 유지보수비 및 운영비에 대한 문제점 해소
○ 비일상적 교통상황이 예측될 시 신속하게 대응할 수 있으며, 자동차 이용자로부터 대중교통으로 수단전환을 유도하여 도로의 교통 혼잡을 완화시키고 통행자들의 이동성 및 안전성 보장
○ 장거리 교통시설과의 연계를 통하여 목적지까지 셔틀서비스를 제공함으로써 통행자들의 환승의 편리성 제고를 통한 성공적인 이벤트 개최 기여
○ 재해 · 재난 등 응급 상황 발생시 ☞ 임시 우회로 확보, 신속한 접근로 확보 및 물자수송
○ 해외수요(대형 이벤트, 전쟁 · 재해 복구 등) 발생시 ☞ 국가적 원조 가능, 국가의 대외적 이미지 제고</td></tr>
</table>

1. 연구개발과제명

☞ 제안하는 기술의 가장 핵심적인 내용을 표현하여야 합니다.

사업명	

2. 기술개발 분야

☞ 해당되는 분야에 체크(√) 부탁드립니다.

구분	분야	세부 내용	비고
1분과	인프라	- 구조물 설계, 구조해석(주행로) - 구조물 간 체결 - 차량 이탈 방지 기술, 긴급 대피 장치 등 안전장치 기술 - 안정성 강화기술(연약지반 강화, 앙카 기술)	
2분과	차량 시스템	- 차량 운영을 고려한 관련요소기술의 개발 - 차량 구성품 모듈화 기술 - 차량 운행 기술	
3분과	운영시스템	- 신호장치 기술 - 무인운전 시스템 - LTE 기반 통신장치 기술	
4분과	유지보수	- 운영 및 보관 중 실시간 모니터링 기술 - 모듈 단위 센싱 시스템 기술	
5분과	노선계획/설계	- 시공성 고려한 설계 - 철저한 시공계획에 의한 효율적 시공 - GIS 기반 노선 설계 - 비용 산정 기술	

3. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

☞ 제안하는 과제의 적합한 목표를 가능한 정량적으로 기술하시고, 해당 연구개발의 내용 및 범위를 고려한 기술적 정의를 작성하여 주시기 바랍니다.

목표	
기술적 정의	

4. 기술개발 필요성

☞ 제안하는 기술의 경제적·산업적 중요성 측면에서 국내 기술개발 효과 및 정부지원의 필요성, 민간부문과의 역할 분담을 체적으로 기술하여 주시기 바랍니다.

국내 기술개발 효과	
정부지원의 필요성	
민간부문과의 역할분담	

5. 연구개발 동향

☞ 제안하는 기술에 대한 국내·외의 연구개발 현황, 문제점 및 향후전망 등을 기술 개발 필요성(4번 문항)과 연계하여 구체적으로 기술하여 주시기 바랍니다.

연구개발 동향	[국내동향]
	[국외 동향]

6. 제안하는 기술의 시장동향 및 규모

☞ 제안하는 기술측면에서 조립식 모듈형 철도시스템과 관련한 국내·외 대표 프로젝트와 기술을 보유하고 있는 국가(기업 포함)를 구체적으로 작성하여 주시기 바랍니다. 또한 시장 동향 및 시장규모와 수출/입 효과에 대하여 정량적이고 구체적으로 기술하여 주시기 바랍니다.

조립식 모듈형 철도시스템 관련한 최근 대표 프로젝트	[국내동향]
	[국외 동향]
기술선진국 (기업 포함)	
시장동향 및 규모	
수출/입 효과	

7. 연구개발 내용

☞ 제안하는 연구의 목표를 달성하기 위하여, 연구개발의 내용에 연구개발 결과물(제품, 프로세스, 시스템, 핵심기술 등)에 대한 명확한 기술을 포함하여 기술하여 주시기 바랍니다.

연구개발내용	

8. 연구개발과제의 규모

☞ 예상되는 연구개발과제의 규모를 작성하여 주시기 바랍니다.

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부					
	민간(추정)					
	합계					
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		년
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		명

9. 연구개발과정에서 주체별 수행내용

☞ 해당사업의 성공적 추진을 위한 이해관계자의 역할을 작성해 주시기 바랍니다.

산업체	
대학	
연구소	
정부 및 공공단체	

10. 기대효과 또는 파급효과

☞ 제안해주신 연구개발과제를 통한 활용성, 경제적·기술적·정책적 파급효과 등을 작성하여 주시기 바랍니다.

기대효과 및 파급효과	

11. 기타건의사항

☞ 기타 연구수행을 위해 당부하실 의견이 있으시면 어느 주제와도 상관없이 기술하여 주시기 바랍니다.

건의사항	

▣ 기술수요조사 결과

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(1)

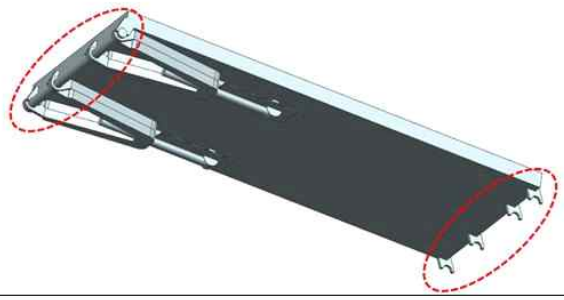
1. 연구개발과제명

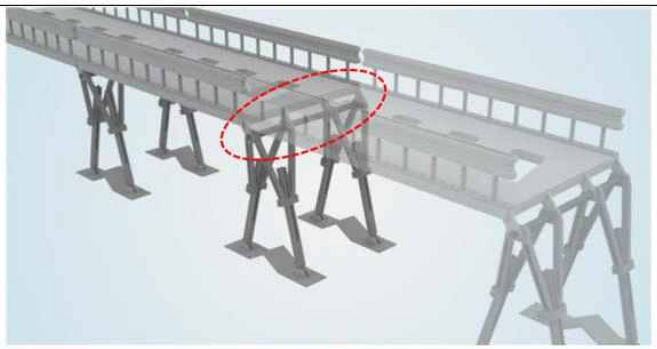
사업명	신속한 설치 및 해체를 위한 일체형 교량형태 인프라 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라/운영

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

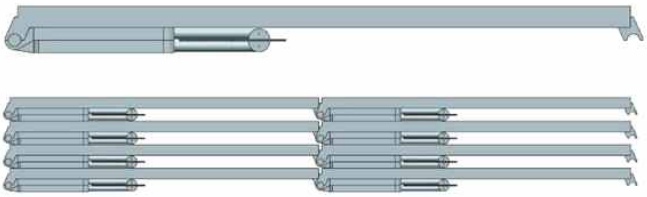
목표	신속한 설치·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물 기술개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 높이조절이 가능한 구조물 기술개발 - 높이조절 기술 확보 연구 - 하중에 따른 신뢰성 확보 기술 - 높이조절 허용하중 분석 기술  ○ 속성체결 장치 기술개발 - 체결부 신뢰성 확보 - 구조물 간 체결 장치 기술개발 

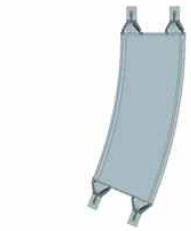


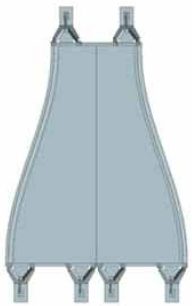
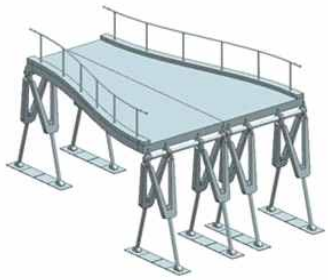
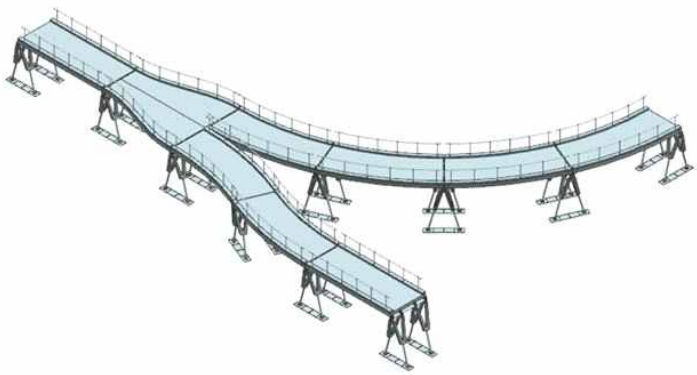
○ 접이식 교각을 활용한 일체형 교량형태 인프라 기술개발
- 접이식 교각을 활용하여 보관 및 적재, 이동 용이성 확보
- 상부구조와 하부구조의 일체형 기술개발
- 접이식 교각 기술개발





○ 다양한 노선에 대응할 수 있는 기능 모듈 교량형 기술개발
- 다양한 기능 모듈로 인한 노선의 유연성 확보
- 분기 모듈 기술개발
- 곡선 모듈 기술개발



○ 신속한 설치 및 해체를 위한 장비 기술개발

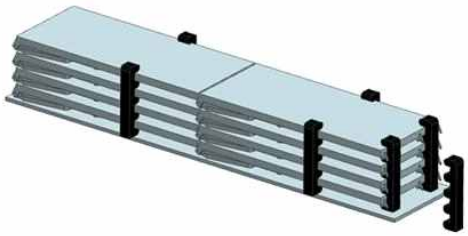
- 설치 및 해체 장비 기술 확보
  - · 구조물 Pick-up 기술개발
  - · 구조물 Pick-up 한계능력 분석
- 구조물 이동 장비 기술 확보
  - · 구조물 적재 기술개발
  - · 구조물 적재 한계능력 분석
  - · 구조물 신속 이동 기술개발




○ 적재 및 보관, 이동의 편의성을 위한 모듈 Packing 기술개발

- 구조물 Packing 기술개발



○ 시작품 제작

○ 신뢰성 평가

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	450	550	150	
	민간(추정)	0	200	200	0	
	합계	200	650	750	150	
총 연구비	정부합계	1,350		총 연구개발 기간		4년
	민간합계	400				
	총합계	1,750		연평균 소요인력		5명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(2)

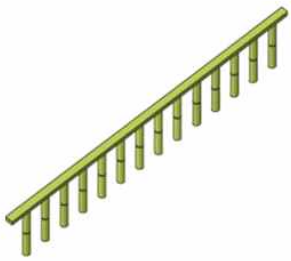
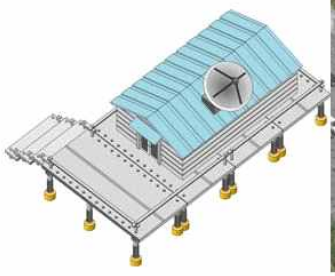
1. 연구개발과제명

사업명	기본 구조물에 탈부착이 가능한 기능모듈 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	시스템 운영을 위한 부수적인 기능을 모듈화하여 수요에 따른 유연한 대응
기술적 정의	- 시스템 운영을 위한 부수적인 기능(조명, 급전, 안전시설 등)을 기본 구조물에 탈부착 가능 - 수요에 따라 유연한 대응 가능

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 기능모듈 시스템 요구 분석 ○ 기능모듈-구조물 간 체결 기술개발 ○ 차량 탈피방지를 위한 안전모듈 기술개발  ○ 운영센터 모듈 기술개발  

	○ 기타시설(조명, 대피장치) 모듈 기술개발  ○ 시작품제작

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	400			
	민간(추정)	0	200			
	합계	200	600			
총 연구비	정부합계	600		총 연구개발 기간		2년
	민간합계	200				
	총합계	800		연평균 소요인력		2명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(3)

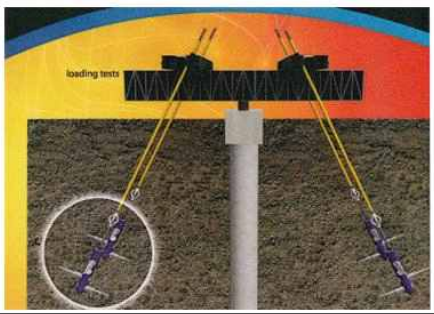
1. 연구개발과제명

사업명	모듈식 인프라의 구조적 안정성을 위한 앵커 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	모듈식 인프라의 구조적 안정성을 극대화하기 위한 앵커 기술개발
기술적 정의	- 인프라의 구조적 안정성이 부족한 구간에 앵커를 설치하는 기술로써 별도의 토공 없이 노반의 변형을 최소화 하여 신속하고 단순한 설치 및 제거 가능 - 구조물과 지반을 앵커로 연결하여 구조의 안정성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 인프라 구조적 시뮬레이션 분석 ○ 별도의 토공이 필요 없는 앵커 기술개발 ○ 구조물-앵커 체결 기술개발 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	400			
	민간(추정)	0	200			
	합계	200	600			
총 연구비	정부합계	600		총 연구개발 기간		2년
	민간합계	200				
	총합계	800		연평균 소요인력		2명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(4)

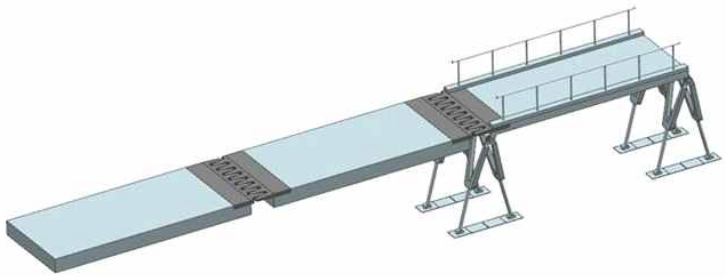
1. 연구개발과제명

사업명	모듈 간 호환체결을 위한 핑거조인트 기술
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	노선의 유연성 확보를 위하여 다양한 형태로 개발되는 모듈을 체결하기 위한 기술 개발
기술적 정의	- 다양한 형태의 모듈이 개발되어 모듈 간 체결부위가 상이할 수 있는 부분을 극복하기 위한 방안으로 핑거조인트를 이용하여 호환체결 가능 - 모듈의 체결부위에 핑거조인트 체결 기술을 결합하여 모듈 간 체결 가능

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 핑거조인트 구조물 설계 ○ 핑거조인트-핑거조인트 체결 기술개발 ○ 핑거조인트-구조물 체결 기술개발 ○ 선행 기술 분석 ○ 시작품 제작 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	100	250	100		
	민간(추정)	0	50	0		
	합계	100	300	100		
총 연구비	정부합계	450		총 연구개발 기간		3년
	민간합계	50				
	총합계	500		연평균 소요인력		2명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(5)

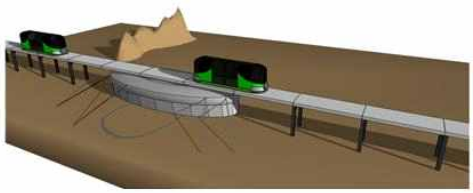
1. 연구개발과제명

사업명	연약지반부의 모듈형 인프라 급속시공을 위한 Balloon 타입 하부구조 기술
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	연약지반부에서 신속하게 조립, 해체가 가능하고 재사용이 가능한 모듈식 주행로 하부구조 개발
기술적 정의	- 풍선(Balloon)의 원리를 이용하여 내부에 유체(물, 공기 등)를 주입하여 지지하는 하부구조물로써 저렴하고 단순한 설치 및 제거가 가능 - 추가적으로 발생하는 연약지반 침하 시 유체를 주입하여 다시 도로나 선로의 높이를 조정함으로써 간편한 유지 보수가 가능 - 유체로 인한 구조물의 좌우 유동은 rigid한 casing, 와이어 또는 앵커 등을 적용하여 고정

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ Balloon 형태 하부구조물 설계 ○ 유체 주입장치 개발 ○ 장기침하, 부등침하에 따른 구조물 변위 측정 기술 개발 ○ 내부압력 조절 및 상판높이 유지 장치 개발 ○ 유동 억제를 위한 기술(케이싱, 와이어, 앵커 등) 기술 개발 ○ 모듈식 상판 고정 장치 기술 개발 ○ 장기적 침하에 대비한  ○ 동적 시뮬레이션 분석 ○ 시작품 제작

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	150	400	400	200	
	민간(추정)	0	100	100	0	
	합계	150	500	500	200	
총 연구비	정부합계	1,150		총 연구개발 기간		4년
	민간합계	200				
	총합계	1,350		연평균 소요인력		3명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(6)

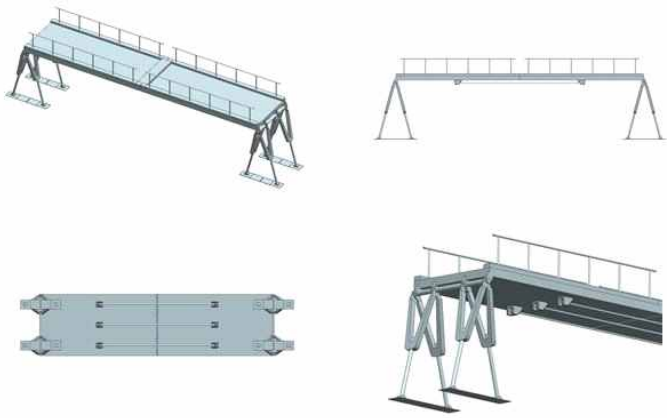
1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형 철도교 상부구조 장지간 기술 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	▪ 조립식 도로교의 개선이 아닌 세계 최초 조립식 모듈형 철도교의 상부구조 장지간 기술을 개발하여 상용화하는 것
기술적 정의	▪ 조립식 모듈형 철도교는 레고(Lego)와 같이 미리 공장제작된 일련의 부재들을 조합하여 전체 철도교 시스템을 구성하는 기술 ▪ 장지간 기술은 공장제작 될 상부구조를 하중 및 현장조건을 고려하고 최적화 시켜 최대한 길게 만드는 기술

3. 연구개발 내용

연구개발내용	▪ 핵심기술인 조립식 모듈형 철도교 상부구조의 최적화된 목표 장지간 기술의 개발 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	100	150	100		
	민간(추정)					
	합계					

구분					
총 연구비	정부합계	350		총 연구개발 기간	3년
	민간합계				
	총합계			연평균 소요인력	5명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(7)

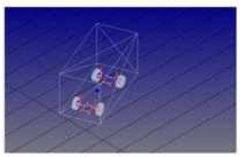
1. 연구개발과제명

사업명	급속시공 도로 기술의 조립식 구조물 개발 (Rubber_Plate)
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1차년도 : 급속 시공도로 인프라 구조물 기본시스템 설계 및 기반기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 기능별 설계 기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 조립식 모듈화 인프라 구조물 해석 및 시험 기술 확보 - 피로 시험 및 내구성 시험을 통한 최적 재질 도출  - 기계적 물성연구 및 현장 가공기술개발 - 주요 체결부 설계 및 신뢰성확보기술  - 비틀림, 굽힘, 충격, 동하중 조건을 고려한 구조물 물성개발  PRT 차량 구조물 동특성 상호작용해석

	○ 급속 시공도로 인프라 모듈화 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - 급속 시공도로 인프라 구조물 국내외 유사 선행기술 분석 - 대형 건설사와의 기술협력체계 구축 2차년도 : 급속 시공도로 인프라 구조물 proto type 시작품제작 1차 성능평가 및 시스템 안정화기술 개발 (차량/구조물/노반 상호 연계 시스템 해석 기술개발) ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 완성품 운행설계기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 시작품 기능 및 해석기술 확보  ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 구조물 실용화 운영기술 확보 연구  - 급속 시공도로 인프라 구조물 현장 시공 기술개발 - 급속 시공도로 인프라 구조물 다양한 운영조건을 고려한 운영 체계화 기술개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1000	1000			
	민간(추정)	500	500			
	합계	1500	1500			
총 연구비	정부합계	1000	1000	총 연구개발 기간	2 년	
	민간합계	500	500			
	총합계	1500	1500	연평균 소요인력	7 명	

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(8)

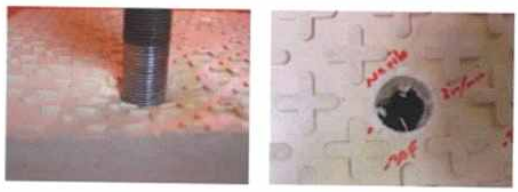
1. 연구개발과제명

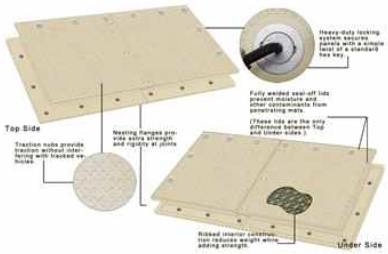
사업명	급속시공 도로 기술의 조립식 구조물 개발 (Modular_Plate)
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1차년도 : 급속 시공도로 인프라 구조물 기본시스템 설계 및 기반기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 기능별 설계 기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 조립식 모듈화 인프라 구조물 해석 및 시험 기술 확보 - 피로 시험 및 내구성 시험을 통한 최적 재질 도출  - 기계적 물성연구 및 현장 가공기술개발  ○ 급속 시공도로 인프라 모듈화 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - 급속 시공도로 인프라 구조물 국내외 유사 선행기술 분석 - 대형 건설사와의 기술협력체계 구축

	2차년도 : 급속 시공도로 인프라 구조물 proto type 시작품제작 1차 성능평가 및 시스템 안정화기술 개발 (차량/구조물/노반 상호 연계 시스템 해석 기술개발) ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 완성품 운행설계기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 시작품 기능 및 해석기술 확보  ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 구조물 실용화 운영기술 확보 연구   - 급속 시공도로 인프라 구조물 현장 시공 기술개발 - 급속 시공도로 인프라 구조물 다양한 운영조건을 고려한 운영 체계화 기술개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1000	1000			
	민간(추정)	500	500			
	합계	1500	1500			
총 연구비	정부합계	1000	1000	총 연구개발 기간	2 년	
	민간합계	500	500	연평균 소요인력	7 명	
	총합계	1500	1500			

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(9)

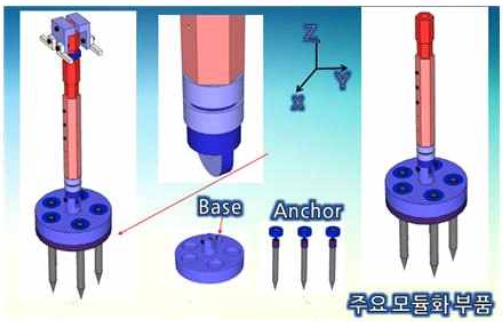
1. 연구개발과제명

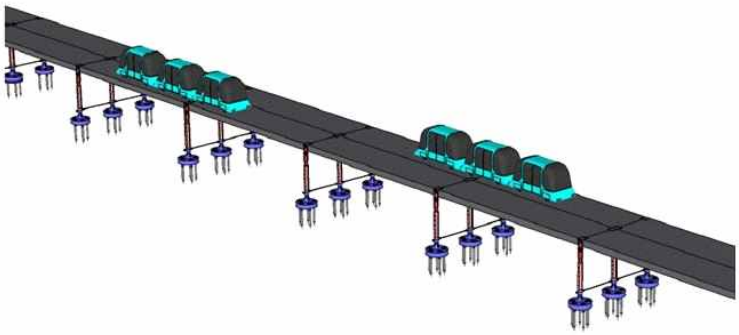
사업명	기구관절 형식의 조립식 구조물 개발 (Type 1)
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1차년도 : 급속 시공도로 인프라 구조물 기본시스템 설계 및 기반기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 기능별 설계 기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 조립식 모듈화 인프라 구조물 해석 및 시험 기술 확보 - 피로 시험 및 내구성 설계 ○ 급속 시공도로 인프라 모듈화 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - 급속 시공도로 인프라 구조물 국내외 유사 선행기술 분석 - 대형 건설사와의 기술협력체계 구축  2차년도 : 급속 시공도로 인프라 구조물 proto type 시작품제작 1차 성능평가 및 시스템 안정화기술 개발 (차량/구조물/노반 상호 연계 시스템 해석 기

	술개발)  ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 완성품 운행설계기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 시작품 기능 및 해석기술 확보 ○ 급속 시공도로 인프라 구조물 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - 급속 시공도로 인프라 구조물 현장 시공 기술개발 - 급속 시공도로 인프라 구조물 다양한 운영조건을 고려한 운영 체계화 기술개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1000	1000			
	민간(추정)	500	500			
	합계	1500	1500			
총 연구비	정부합계	1000	1000	총 연구개발 기간		2 년
	민간합계	500	500	연평균 소요인력		7 명
	총합계	1500	1500			

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(10)

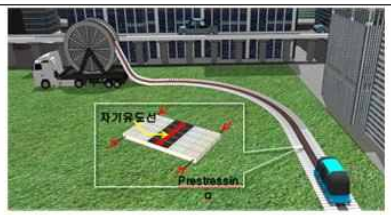
1. 연구개발과제명

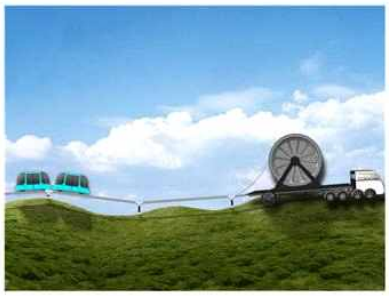
사업명	조립식 Roll plate 방식의 조립식 구조물 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	 1차년도 : Roll plate type 모듈화 인프라 구조물 기본시스템 설계 및 기반기술 확보 ○ Roll plate type 모듈화 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 기능별 설계 기술 확보 ○ Roll plate type 모듈화 인프라 구조물 조립식 모듈화 인프라 구조물 해석 기술 확보 - 조립식 모듈화 인프라 단품별 구조해석 - 접이식 운영조건을 고려한 동특성 해석 

	○ Roll plate type 모듈화 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - APM 조립식 모듈화 인프라 구조물 국내외 유사 선행기술 분석 · Self-Assembly Infra Structure Technology · Prefabricated Infra Structure Technology - 포스코 건설과 기술협력체계 구축 - 군 공병 구조물 건설 기술 분석  2차년도 : Roll plate type 모듈화 인프라 구조물모듈화 인프라 구조물 proto type 시작품제작 1차 성능평가 및 시스템 안정화기술 개발 (차량/구조물/노반 상호 연계 시스템 해석 기술개발) ○ Roll plate type 모듈화 인프라 구조물 모듈화 인프라 구조물 완성품 운행 설계기술 확보 ○ APM 조립식 모듈화 인프라 구조물 시작품 기능 및 해석기술 확보 ○ APM 조립식 모듈화 인프라 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - APM 조립식 모듈화 인프라 현장 시공 기술개발 - APM 조립식 모듈화 인프라 다양한 운영조건을 고려한 운영 체계화 기술개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	500			
	민간(추정)	100	100			
	합계	600	600			
총 연구비	정부합계	500	500	총 연구개발 기간		년
	민간합계	100	100			
	총합계	600	600	연평균 소요인력		명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(11)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 DSCT(Double Skinned Composite Tubular) 교각을 활용한 철도교량의 상·하부 구조 모듈러 실용화 기술 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	임시적 철도교량 설치 및 해체가 가능한 일괄 조립식 상부구조 및 DSCT 교각 시스템 개발로 설계 및 시공을 단기간(2일/1km당)에 완료할 수 있는 철도교량 상·하부 구조 모듈러 실용화 기술 개발
기술적 정의	철도인프라 건설의 공기 단축, 경제적 효과, 에너지 절약, CO_2 저감 및 교통 혼잡 최소화 등 녹색성장 정책에 부합되는 조립식 모듈형 철도교량 상·하부 구조 시스템 기술

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1. 조립식 모듈형 철도교량 상부 구조시스템 실용화 기술 개발 · 다방향 조립 모듈러 단순교 상부 구조시스템 기술 개발 · 부분교체 및 확장 모듈 기술 개발 · 조립식 모듈형 철도교량 상부 구조시스템 설계자동화 프로그램 개발 · 지간별 모듈러 상부 구조시스템 설계 및 시공지침 개발 2. 조립식 DSCT 교각을 적용한 철도교량 하부 구조시스템 기술 개발 · 교량 하부 구조 종·횡방향 경량모듈 기술 개발 · 교각 높이 조절 모듈 기술 개발 · 교각-코핑부 및 교각-기초부 연결 모듈 기술 개발 · 교좌받침 모듈 기술 개발 · 조립식 모듈형 철도교량 하부 구조시스템 설계자동화 프로그램 개발 · 모듈러 하부 구조시스템 설계 및 시공지침 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	민간(추정)	300	300	300	300	300
	합계	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
총 연구비	정부합계	6,000		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	1,500				
	총합계	7,500		연평균 소요인력		50 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(12)

1. 연구개발과제명

사업명	급속 설치, 해체 및 재사용이 가능한 미래형 조립식 교량시스템의 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	1. 급속시공이 가능하면서도 재사용이 가능한 요소기술도출 2. 모듈차량에 하중에 맞은 미래형 조립식 교량의 최적단면산정 3. 미래형 조립식 교량의 설치 및 해체 기술 개발 4. 미래형 조립식 교량의 시공성검증 5. 이동 적치가 용이한 사용성검증
기술적 정의	단기간내에 조립 및 설치가 가능하고 해체 후 재사용이 가능 교량 시스템

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1. 급속 시공에 따른 미래형 조립식 교량의 설계 및 시공 변수 산정 - 운반 및 보관 등에 따른 변수 산정 - 하부구조와의 연결성에 따른 변수산정 - 제작성, 조립 및 해체에 따른 변수 산정 2. 모듈차량에 하중에 맞은 미래형 조립식 교량의 최적단면산정 - 운반 및 보관 등이 용이 할 수 있는 최적단면의 산정 - 제작성 및 설계변수에 따른 단면의 최적화 및 표준단면제시 3. 미래형 조립식 교량의 설치 및 해체 기술 개발 및 검증 - 조립식 교량의 설치 및 해체가 용이할 수 있는 기술의 개발 4. 미래형 조립식 교량의 상세 해석 및 구조검증실험을 통한 성능 검증 - 최적화된 단면의 상세 해석 - 설계 및 해석한 단면에 대한 성능 검증 실험

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	100	100	100	500
	민간(추정)	100	50	50	50	100
	합계	300	150	150	150	600
총 연구비	정부합계	1000		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	350				
	총합계	1350		연평균 소요인력		20명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(13)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형 철도의 연결 시스템 및 신축이음부 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	구조물 간의 수직, 수평 체결 방식 개발 및 신축이음부의 개발
기술적 정의	• 조립식 모듈형 철도와 하부 기초와의 연결 시스템과 상부의 슬래브 간의 연결 시스템 개발에 관한 연구 • 모듈형 철도 시스템의 슬래브의 연결과 신축이음부의 기능을 수행할 수 있는 연결부의 개발

3. 연구개발 내용

연구개발내용	철도시스템의 모듈화를 위해서는 가장 핵심이 되는 것이 각 모듈의 연결이 될 것이다. 철도시스템의 연결 모듈이 강도는 사용성 측면에서 그리고, 시공성과 경제성 측면에서 강점을 가지는 연결부를 개발하는 것이 본 사업의 성공여부를 좌우하는 핵심 기술이 될 것으로 기대됩니다.

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
	민간(추정)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
	합계	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
총 연구비	정부합계	200,000		총 연구개발 기간		10년
	민간합계	50,000				
	총합계	250,000		연평균 소요인력		100명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(14)

1. 연구개발과제명

사업명	경량콘크리트 조립식 궤도 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	▶ 경량 콘크리트 조립식 궤도개발 1) 경량화 : 보통콘크리트에 비하여 중량 30% 감소(경량골재사용, 경량보강근 사용) 2) 전기적 성능 개선 : 신호전류의 교란방지
기술적 정의	- 경량골재와 FRP 보강근을 활용하여 기존대비 중량 30% 감소기술 - 절연체인 FRP 보강근을 적용하여 신호전류의 교란을 방지하는 등 전기적 특성을 개선

3. 연구개발 내용

연구개발내용	미작성

4. 연구개발과제의 규모(미작성)

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부					
	민간(추정)					
	합계					
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(15)

1. 연구개발과제명

사업명	철도용 모듈러교량 시스템 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	복선철로 1지간당 2시간 이내 급속시공이 가능한 지간장 30m 이하 철도용 모듈러교량 시스템 개발
기술적 정의	사전 제작 및 적치 후 현장 급속 조립/해체가 가능하고 반영구적 재활용이 가능한 철도용 모듈러강교량 시스템

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 철도용 강재 모듈러교량 시스템 개발 1) 철도용 모듈러교량 거더 개발 2) 철도용 모듈러교량 전용 도상-궤도 개발 3) 기존 시스템 및 모듈러 철도와의 연결 모듈 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	500	500	500	500
	민간(추정)	250	250	250	250	250
	합계	750	750	750	750	750
총 연구비	정부합계	2,500		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	1,250				
	총합계	3,750		연평균 소요인력		20명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(16)

1. 연구개발과제명

사업명	직접기초의 한계를 극복한 HoneyCell 기초 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표

○ 얕은 기초의 지지력을 증대시켜 상부하중을 효율적으로 지지 하도록 경제적이며 시공성이 뛰어난 새로운 개념의 얕은 기초 개발

☞ 대단지의 주거를 목적으로 한 건축물 시공 시 대부분 매트(mat)구조의 기초를 사용, 매트(mat)구조 기초의 경우 시멘트, 골재, 철근량 등에 해당되는 시공 및 자재비용이 적지 않게 투자 됨.

☞ 그물망 마이크로 기초의 경우 철근량 감소(철망사용), 공사 완료 후 산업폐기물 감소(공장 제작) 침하대비 지지력 증가 및 경제성을 향상시키기 위한 목표로 개발

☞ 현장 타설 기초의 경우 많은 인력과 시간이 소요되며, 시공 가설재에 의한 폐기물도 상당량이 발생하고 있는 실정

☞ 이 연구에서는 기존 아파트에서 주로 사용되고 있는 매트(mat)구조의 기초와 그물망 마이크로 기초를 비교하여 침하량 대비 지지력을 평가하고 그물망 마이크로 기초의 완성도를 다양한 조건의 실험 및 분석을 통하여 높이고 이를 이용하여 현장 시공에 적용성을 파악 하고자 함.

☞ 여러 형태의 그물망 마이크로 기초를 도입, 기능대비 시공비 단축 및 기초의 지지력 증대의 최적화를 목표로 함

○ 연약지반 및 연약한 매립지등에 적용 가능하여 지반의 지지력 증대 및 구조물의 침하량 감소에 따른 안정성 확보와 기초의 경제성 향상

○ HoneyCell 기초의 개발 목표치

개발항목(성능지표)	규격/단위	개발목표	객관적 측정방법
1. 응력저감율	%	50%이상	토압계
2. 지지력 증가율	%	time	하중계,침하계
3. 침하량	mm	500kN/m2/15mm	하중계, 침하계
4. 응력영향 심도	Die of Cell	4 Cell	층별침하계, 토압계
5. 아칭 정도	$N=\frac{\text{수평응력}}{\text{수직응력}}$	N=1.00이상	수직토압계, 수평토압계
신뢰성 인증방법	수요처 요구 공인성적서 등		

기술적 정의

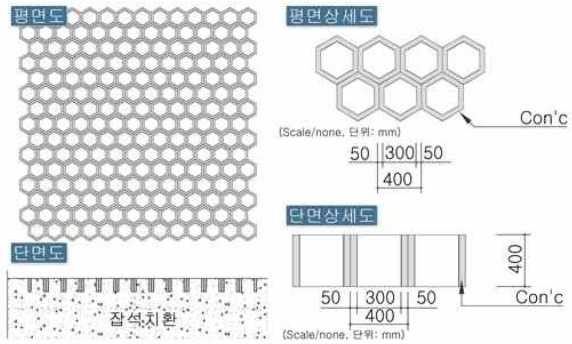
○ HoneyCell 기초의 정의

☞ 얕은 기초의 영향 범위를 축소하기 위해 속이 빈 육각형 통기초(마이크로기초) 적용

☞ 지지력이 매우 큰 깊은 기초의 거동 효과를 위해 속이 빈 육각형 통기초 깊이를 두께 대비 깊게 묻히게 하여 지지력 증대시킴

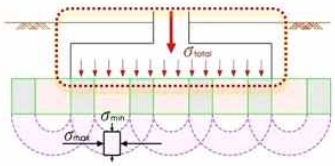
☞ 유도된 작은 영향범위를 강성이 매우 큰 값싼 쇄석으로 치환하여 침하량과 지지력

모두를 만족하는 HoneyCell 기초

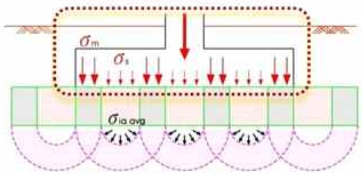


○ 허니셀(HoneyCell) 기초의 거동

☞ 본 공법은 독특한 형상비를 가지는 육각형의 중공블록(이하 '기초셀')에 의해서 단위 기초 셀에서 주응력 회전과 응력분산이 일어나서 응력감소(stress reduction)



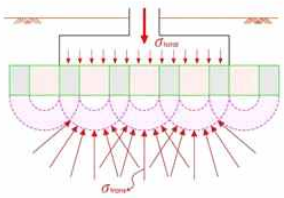
[그림] HoneyCell부분 응력상태>



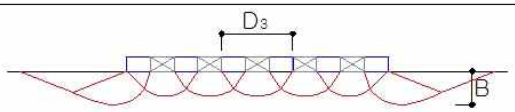
[그림] 아칭으로 둘러싸인 내부토사 응력상태>

하부 전달 응력 $\sigma_{trans} = \sigma_{\min} + \sigma_{ia.avg}$

☞ 단위기초셀의 응력분산은 기초셀이 군집되어도 짧은 심도에서 응력 집중의 결과를 일으켜 응력의 영향 심도 감소

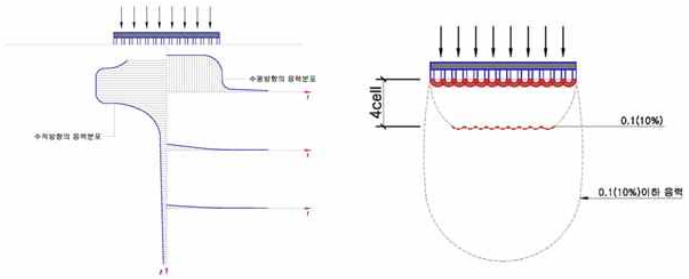


[그림] 허니셀(HoneyCell) 기초의 응력 방향성 개념도



[그림] 허니셀(HoneyCell)의 개별거동에 따른 응력 영향심도 축소

☞ 수직응력과 수평응력이 근사적으로 동일한 상태는 기초셀 하부 4배의 기초셀 심도 근처에서 급격히 상부하중의 10%로 감소



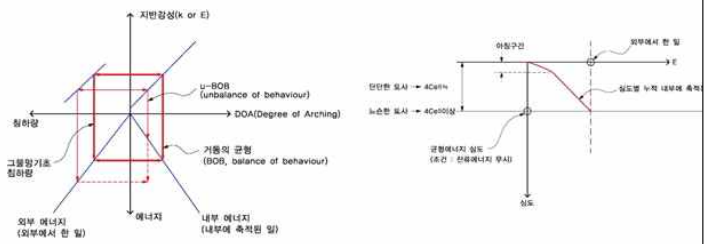
[그림] HoneyCell 기초하부 응력분포

☞ 본 공법은 보통의 일반기초 아칭효과에 의해 응력 분산과 집중으로 구속응력(confining stress)이 매우커서 지반의 강성이 증가되어 푸팅의 침하량이 일반 푸팅에 비해 매우 작음

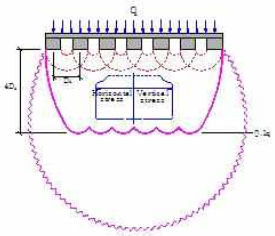
☞ 침하량이 작기 때문에 지반에 가해진 변형 에너지(strain energy)는 감소

☞ 반대로 구속응력이 매우 높아서 변형에너지 소산능력 극대화

☞ 변형에너지는 대부분 아칭영향 범위 내에서 발생되기 때문에 응력의 영향 범위 감소



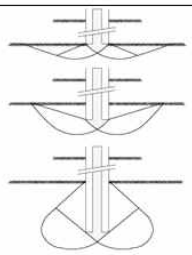
[그림] HoneyCell(허니셀) 하부 에너지 흐름도



[그림] HoneyCell 하부 응력 구근도

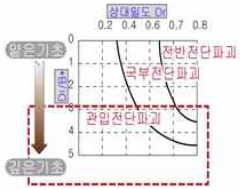
○ 공학적 원리 및 이론적 배경

☞ 일반적인 깊은 기초 거동은 근입 깊이에 따라 거동은 점진적으로 전환



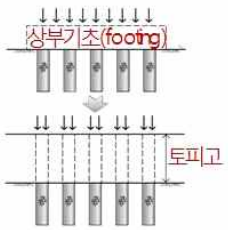
[그림] 깊이에 따른 지반거동

☞ 모래지반의 경우 근입깊이와 기초폭비에 따라 전단 파괴 모드(mode)가 변화됨



[그림] 깊이에 따른 전단 파괴

☞ 구조체가 지중에 일정거리로 이격되어 상부에서 하중이 가해지면 구조체사이의 토사 부분에 작용되는 하중은 토피하중으로 거동될 수 있음



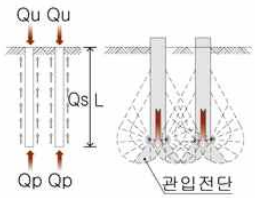
[그림] 토피고 하중 역할

☞ 얕은기초와 깊은기초는 별개의 기초보다는 점진적 관계성이 있음

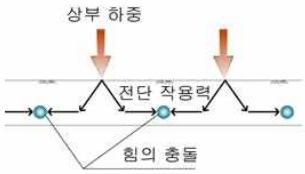
☞ HoneyCell 상부하중의 일부를 지지력을 높이는 토피하중으로 전환하면 깊은 기초와 유사 거동으로 지지력 극대화

○ HoneyCell 마이크로 기초 거동 시 전단 힘의 흐름 개념

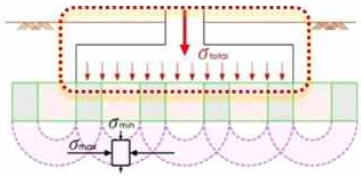
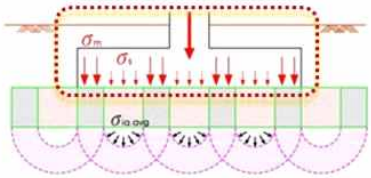
☞ 기초 거동 특성을 고려한 적정배치로 HoneyCell 기초의 상호간 뺏기효과(중첩효과) 가능

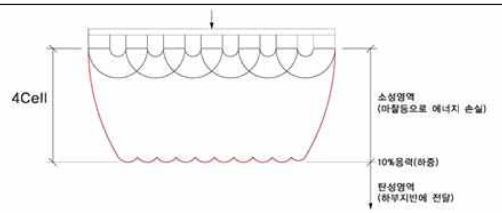


[그림] 적정배치로 인한 중첩효과>

	☞ 전단파괴 모드(mode)에 따른 전단력의 방향성을 상호고려하면 각각 저항체로써 작용  [그림] 전단력의 흐름 ☞ 중첩효과와 전단력 방향에 의한 파워벨트(power belt)형성으로 쐐기효과 형성 ☞ 특정한 간격(형상비)에서 파워벨트(Power Belt) 형성 ☞ 파워벨트(Power Belt)가 곧 아칭(Arching)이다

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 그물망 기초의 지지력 향상 및 응력 감소효과 확인 ☞ 아칭 부분의 응력 상태 <그물망 기초부분 응력 상태>  $\vec{\sigma}_{max} + \vec{\sigma}_{min} = \sigma_{min}$ $(\vec{\sigma}_{max} \Rightarrow \text{self-support})$ <아칭으로 둘러싸인 내부토사 응력상태>  $\sigma_{ia.avg} = (\frac{1+2K_0}{3})\sigma_s$ ☞ 아칭에 의해 상부 응력이 하부지반에 전달되는 응력 $\sigma_{rans(\text{하부전달응력})} = \sigma_{min} + \sigma_{ia.avg}$ ○ 그물망 기초의 심도별 에너지 특성 확인

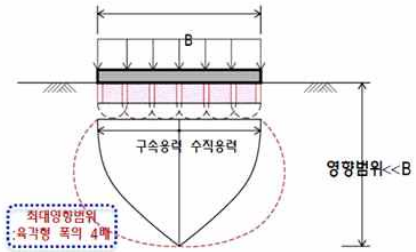


☞ 소성영역은 마찰등으로 에너지 손실되고 탄성영역은 10% 응력만 하부로 작용

연구개발내용

○ 그물망 기초의 하부 지반내 응력 분포 현황 확인

☞ 그물망 기초의 응력 분포도



○ 아칭에 의해 응력 회전발생으로 응력감소 및 Cell의 개별거동

☞ 개량 효과 극대화

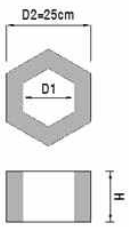
○ 중첩에 의한 구속응력으로 기초지반이 3축압축상태로 안정

☞ 지지력 극대화, 침하량 최소화

○ 그물망 기초의 셀 규격

(응력저감률)

구분	H/D_2 / D_1/D_2	0.2 H=5cm	0.5 H=12.5cm	0.6 H=15cm
1	0.6 D_1=15cm	0.55	0.525	0.5(optimum)
2	0.64 D_1=16cm	0.60	0.57	0.55
3	0.68 D_1=17cm	0.64	0.62	0.6
4	0.72 D_1=18cm	0.68	0.67	0.66
5	0.76 D_1=19cm	0.74	0.72	0.7
	target soil	better	better good	better ~ weak



☞ 기초가 설치되는 토질의 성질에 따른 규격 다양화

개발항목(성능지표)	규격/단위	개발목표	객관적 측정방법
1. 응력저감율	%	50%이상	토압계
2. 지지력 증가율	%	time	하중계,침하계
3. 침하량	mm	500kN/m2/15mm	하중계, 침하계
4. 응력영향 심도	Die of Cell	4 Cell	층별침하계, 토압계
5. 아칭 정도	$N=\frac{\text{수평응력}}{\text{수직응력}}$	N=1.00이상	수직토압계, 수평토압계
신뢰성 인증방법	수요처 요구 공인성적서 등		

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	300				
	민간(추정)	200				
	합계	500				
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		2 년
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(17)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형 철도 주행로 모듈 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	급속시공이 가능한 조립식 모듈형 철도 주행로 시스템 개발
기술적 정의	사전 제작 및 적치 후 현장 급속 조립/해체가 가능하고 반영구적 재활용이 가능한 조립식 주행로 모듈 시스템

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 조립식 모듈형 철도 상부구조 시스템 개발 1) 조립식 모듈형 프레임(교량 모듈, 철도 모듈) 개발 2) 조립식 모듈형 슬래브도상(바닥판 모듈) 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	500	500	500	500
	민간(추정)	100	100	100	100	100
	합계	600	600	600	600	600
총 연구비	정부합계	2,500		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	500				
	총합계	3,000		연평균 소요인력		20명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(18)

1. 연구개발과제명

사업명	외부 PSC 강선이 도입된 경량의 강재 교량의 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	◦ 기존 경전철교량의 자중대비 50%이상 감소된 교량 상부형식 개발 ◦ 말뚝기초를 제거하기 위한 최적의 지간장 도출 및 교량하부구조형식 개발
기술적 정의	◦ 외부 PSC 강선 도입으로 교량 상부 자중을 최소화하여 운반 및 거치에 용이하고, 공사비 절감을 도모함

3. 연구개발 내용

연구개발내용	◦ 자중이 현저하게 감소된 교량구조물 개발 ◦ 연약지반에서 말뚝기초를 최소화 시킬 수 있는 최적 지간장 도출 ◦ 외부 PSC 강선 도입으로 모듈 체결부의 안전성 확보

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	3,500	1,000억	500	
	민간(추정)	200	500	200	200	
	합계	700	4,000	1,200	700	
총 연구비	정부합계	5,500		총 연구개발 기간		4 년
	민간합계	1,100				
	총합계	6,600		연평균 소요인력		120 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(19)

1. 연구개발과제명

사업명	급속시공 및 해체가 용이한 Roll 형식 모듈러 주행로 시스템 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	Roll 형태로 적재, 급속시공 및 해체가 가능한 모듈형 철도 주행로 시스템 개발
기술적 정의	강재로 선제작된 Roll 형태의 주행로 모듈을 이용하여, 현장 급속시공 및 해체가 용이한 철도 주행로 건설 기술

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- Roll 형식 모듈러 주행로 시스템 개발 1) 단위 Roll 세그먼트 및 시스템 개발 2) 주행로 적용을 위한 상세 개발 3) Roll 형식 모듈러 주행로 가설 장비 및 기술 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	500	500	500	500
	민간(추정)	100	100	100	100	100
	합계	600	600	600	600	600
총 연구비	정부합계	2,500		총 연구개발 기간		5년
	민간합계	500				
	총합계	3,000		연평균 소요인력		20명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(20)

1. 연구개발과제명

사업명	경량전철 트램도입 활성화 방안
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	트램 주행로 도입 방안
기술적 정의	트램 노반 적용

3. 연구개발 내용

연구개발내용	트램 주행로(조립실 모듈형 철도시스템)설치

4. 연구개발과제의 규모(미작성)

(단위 : 백만원)

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>1차연도</th><th>2차연도</th><th>3차연도</th><th>4차연도</th><th>5차연도 이후</th></tr>
<tr><td rowspan="3">연차별
연구비</td><td>정부</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>합계</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비</td><td>정부합계</td><td></td><td></td><td colspan="2">총 연구개발
기간</td><td></td></tr>
<tr><td>민간합계</td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">연평균
소요인력</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td></td><td></td></tr>
</table>

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(21)

1. 연구개발과제명

사업명	신소재 경량 바닥판을 적용한 모듈형 철도시스템 구축
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	소형 철도차량을 위한 경량 바닥판 제작 및 시공기술 구축
기술적 정의	- 소형 철도차량을 대상으로 함 - 교량구조를 적용하지 않는 노반위 바닥판 제작 및 시공기술 - 신소재(FRP) 활용

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 소형 철도차량을 위한 초경량 FRP 바닥판 제작 기술 - FRP 바닥판 간 연결기술 - FRP 바닥판의 지반위 고정 및 평탄성 확보기술 - FRP 바닥판 곡선부 처리 기술

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부					
	민간(추정)					
	합계					
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		5년
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		20명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(22)

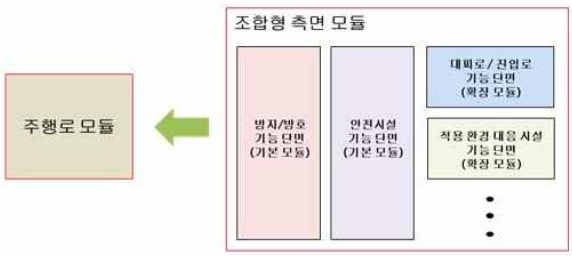
1. 연구개발과제명

사업명	안전 및 부대기능이 조합된 측면 모듈 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립 및 해체가 용이한 조합형 측면 모듈의 개발 및 상용화
기술적 정의	조립식 모듈 시스템에 적용될 조합형 측면 모듈은 차량 모듈의 탈선 방지 및 주행로 모듈 방호, 위험표시·배수·조명 등의 안전 기능을 갖추고, 대피로 및 진입로, 방음/방풍/방설 등의 부대 기능이 조합된 모듈로 주행로 모듈에 연결되어 조립 및 해체, 파손시 교체가 용이한 구조 모듈이다.

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 조합형 측면 모듈의 개념 및 구성 정립 - 차량 모듈 탈선 방지 - 주행로 모듈 방호 - 위험표시, 배수 및 조명 등의 안전시설 - 운행요원 및 승객의 대피로와 유지보수 및 점검 등의 진입로 확보 - 모듈 시스템 적용 환경의 대응 시설(방음, 방풍, 방설 등) 확보 ○ 조합형 측면 모듈의 기본 사양개발 - 방지/방호 기능 단면 (기본 모듈) - 안전시설 기능 단면 (기본 모듈) - 대피로/진입로 기능 단면 (확장 모듈) - 적용 환경 대응 시설 기능 단면 (확장 모듈)  조합형 측면 모듈 개념 ○ 주행로 모듈과 조합형 측면 모듈의 연결 상세 개발

	 연결 상세개념 ○ 조합형 측면 모듈의 길이 방향 연결 상세 개발 ○ 표준구간 조합형 측면 모듈 단면 설계 - 차량 모듈 운행 속도에 따른 횡방향 하중 산정 - 일반차량 및 비상차량 운행에 따른 횡방향 하중 산정 - 기본 모듈 단면 표준화 - 확장 모듈 단면 표준화 - 연결부 단면 표준화 ○ 표준구간 조합형 측면 모듈의 시제품 개발 및 성능 평가 - 조합형 측면 모듈 시제품 설계/제작 및 구조 성능 평가 - 조합형 측면 모듈 연결부 시제품 설계/제작 및 구조 성능 평가 - 모의 충돌 시험을 통한 거동분석 및 공용중 충돌피해 정도에 따른 모듈 교체 범위 설정 ○ 조합형 측면 모듈 상용품 개발 및 현장 적용성 평가 - 조합형 측면 모듈 실구조 시작품 설계/제작 - 현장 적용성 평가를 위한 조립/해체 - 조합형 측면 모듈 표준도서 작성 - 조합형 측면 모듈 조립/해체/유지관리 매뉴얼 작성

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	120	160	160	240	240
	민간(추정)	30	40	40	60	60
	합계	150	200	200	300	300
총 연구비	정부합계	920		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	230				
	총합계	1,150		연평균 소요인력		8 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(23)

1. 연구개발과제명

사업명	말뚝 지지형 조립식 철도 주행교(레일 및 바퀴 방식) 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	연약지반에 급속시공이 가능하며 콘크리트 주입 말뚝(Injection Concrete Pile)에 직접 지지되고 레일형 및 바퀴형 철도차량의 주행면을 제공하는 조립식 교량을 개발
기술적 정의	콘크리트 주입 말뚝과 교축직각방향(횡방향) 거더 그리고 교축방향(종방향) 침목 거더로 구성되는 Modular Railroad Bridge

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 급속시공 콘크리트 주입 말뚝 개발 ○ 말뚝과 횡방향 거더, 횡방향 거더와 종방향 침목거더와의 연결부 개발 ○ 레일방식 침목 거더 모듈 개발 (궤광 모듈 및 모듈간 연결부 포함) ○ 방퀴방식 침목 거더 모듈 개발(횡 가드레일 모듈 포함)

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	1,000	1,500	1,500	500
	민간(추정)	500	1,000	1,500	1,500	500
	합계	1,000	2,000	3,000	3,000	1,000
총 연구비	정부합계	5,000		총 연구개발 기간		5년
	민간합계	5,000				
	총합계	10,000		연평균 소요인력		30명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(24)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈러교량 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	현장 간편 조립 프리캐스트 모듈러 교량기술 개발
기술적 정의	- 프리캐스트 모듈러 상부구조 시스템 개발 상부구조용 모듈러 시스템 개발 및 표준화, 모듈 형상, 긴장재 최적 배치 및 다단계 긴장법, 연결부 최적형상, 연결부 보강 방안, 가로보 최적 구조 - 프리캐스트 모듈러 상부구조 제작 및 시공기술 개발 프리캐스트 모듈 공장제작 자동화 시스템, 프리캐스트 모듈 현장 간편 시공 기술 - 모듈러 하부구조 시스템 및 시공기술 개발 현장 대응형 모듈러 교각, 벽체 기초 복합 교대 모듈 및 시공기술, 교각 모듈 접합기술, 교각-기초 모듈 접합기술, 교각-코핑 모듈 접합기술

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 확장가능 40m, 50m, 60m 모듈러 교량 개발 현 단계의 기술수준의 한계에 따라 지간장 40m, 50m, 60m의 모듈러 거더로 국한함 - 신형식의 바닥판 및 거더 개발 현재 사용중인 거더의 접합방식이 모듈러 개념에 적절하지 않으므로 이를 개선하여 모듈러 개념에 맞는 신형식의 거더를 개발함 신형식 바닥판의 경우 최근 각광받고 있는 HPFRCC (High performance Fiber Reinforced Cementitious Composites)를 적용하여 거더와 접합함 - 생산 자동화, 시공법 개발 모듈러 교량은 표준화가 주된 관건으로 이에 대한 생산 자동화가 요구됨 모듈러 개념을 적용한 간편 시공 방법의 구축이 요구됨

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	123	565	703		
	민간(추정)	106	555	670		
	합계	229	1,120	1,373		
총 연구비	정부합계	1,391		총 연구개발 기간		3년
	민간합계	1,331				
	총합계	2,722		연평균 소요인력		20 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(25)

1. 연구개발과제명

사업명	복합재료(Composite Material) 모듈 개발을 위한 설계기술
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	복합재료 모듈의 생산, 실험의 최소화(50% 축소)를 위한 이방성재료 설계기술, 시뮬레이션기법의 개발
기술적 정의	○ 조립식 구조물의 안전성 및 시공성 향상을 위한 고강도, 고내구성 및 경량화를 위해 첨단신소재인 복합재료 활용이 필수적이며, 복합재료는 섬유의 적층구조라는 이방성 재료적 특성에 따라 설계 및 생산이 난이함 ○ 기존의 건설재료(콘크리트, 강재 등)에 비해 역학적 거동이 난이하므로 설계 및 검증실험이 많이 소요되는 특성을 가짐 ○ 설계 및 검증실험의 최소화를 위해 이방성 적층구조의 설계기술을 개발하고, 이를 위한 시뮬레이션 기법을 적용함으로써 설계 및 실험을 약 50% 가량 축소할 수 있으며, 따라서 연구개발 연수와 비용을 절감할 수 있음

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 기존의 통상적인 설계프로세스인 구조형상 설계와 동시에 이방성 복합재료 단면 layout을 설계하는 설계프로세스 개발(프로세스) ○ 단면의 layout과 구조형상의 최적화 설계가 가능하도록 하는 자동화 설계프로그램의 개발(시스템, 제품) ○ 실험전 모듈의 구조형상 및 단면의 layout에 따른 구조적 거동을 예측하기 위한 시뮬레이션 프로세스 개발(프로세스) ○ 실험전 모듈의 조합으로 완성된 구조시스템의 구조적 거동을 예측하기 위한 시뮬레이션 프로세스 개발(프로세스)

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	300	300	300	200
	민간(추정)	-	-	150	300	-
	합계	200	300	450	600	200
총 연구비	정부합계	1,300	-	총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	450	-			
	총합계	1,750	-	연평균 소요인력		10 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(26)

1. 연구개발과제명

사업명	지오그리드로 보강된 조립식 모듈형 기초공법 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	- 신속한 지반 안정화 및 기초공사를 목표로, 고가형식의 교각부, 평지의 철로 노반부 및 역사부 등에 대한 지지력을 쉽게 확보할 수 있게 하는 기초형성부
기술적 정의	- 연약(점토 N>2, 사질 N>4) 또는 보통 지반에서, 상부하중에 따라 지오그리드로 보강된 조립형 팽이말뚝 기초로 Mat 기초를 형성하고, 상단에 조립형 교각, 역사부 건축 모듈 등이 위치할 수 있도록 가변장치를 추가함.

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 모듈러 교각 또는 기초와 연계하여, 신속히 설치할 수 있도록 기초구조 조성방안 연구 - 조립식 통합관제센터, 정거장 등의 구조물에 대한 기초조성을 위한 방안 연구 - 상부구조 및 지반조건에 따른 신속 설치 및 해체가 가능한 구조 - 교각, 건축 모듈 등의 형태에 따라 일부 조정 설치가 가능한 장치를 포함한 기초구조

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	200	400	400	400
	민간(추정)	200 (현금 75)	200 (현금 75)	400 (현금 100)	400 (현금 100)	400 (현금 100)
	합계	400	400	800	800	800
총 연구비	정부합계	1600		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	1600				
	총합계	3200		연평균 소요인력		10 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(27)

1. 연구개발과제명

사업명	모듈러 차량 간 연결 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 차량시스템

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	수요의 유연한 대응을 위한 모듈러 차량 간 연결 기술개발
기술적 정의	- 차량 간 연결이 가능하여 수요에 따라 유연한 대응 가능 - 자동 차량 간 연결을 통한 신속한 연결 가능 - 차량 간 연결 시 차량통합제어 가능

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 차량 간 연결 기술개발 ○ 차량통합제어 기술개발 ○ 차량 간 결속 장치 기술개발 ○ 시작품 제작 ○ 운영 매뉴얼 개발 ○ 신뢰성 평가



4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	400	200		
	민간(추정)	0	200	150		
	합계	200	600	350		

총 연구비	정부합계	800		총 연구개발 기간	3년
	민간합계	350			
	총합계	1,150		연평균 소요인력	3명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(28)

1. 연구개발과제명

사업명	탈/부착식 모듈러 전용차량 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 차량시스템

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	다양한 기능을 겸비한 차량시스템 기술개발
기술적 정의	- 운행 환경에 따라 모듈형으로 조합 가능(히터, 에어컨, 벽체 탈/부착) - 행사 목적에 맞는 차량디자인을 선택하여 다양한 차량 디자인 구성 가능

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 탈/부착식 승객편의 장치 모듈 기술개발 - 승객편의 장치 요구분석 - 탈/부착식 모듈형 조합 기술개발 ○ 시작품 제작 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	400	200		
	민간(추정)	0	200	150		
	합계	200	600	350		
총 연구비	정부합계	800		총 연구개발 기간		3년
	민간합계	350				
	총합계	1,150		연평균 소요인력		3명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(29)

1. 연구개발과제명

사업명	모듈형 차량의 핏스탑(Pitstop) 배터리 교체시스템 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 차량

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	자동차 경주 시 Pitstop에서 신속하게 타이어교체를 하듯, 모듈러 차량의 정차시 자동으로 빠른시간 내에 배터리 교체를 위한 시스템 개발
기술적 정의	- 모듈형 시스템은 시공의 신속함과 운반, 보관의 용이성을 위해 시스템의 경박단소함이 중요하므로 차량시스템에서 복잡한 가선 없는 배터리 동력이 적합함 - 현재 무선급전 등 획기적인 기술개발이 이루어지고 있으나 모듈형 철도시스템의 특성을 고려하여 배터리 교체 방식이 적합하며, 정차 시간을 이용한 신속한 교체로 운행의 효율성 및 차량의 회전율 향상 - 자동화된 배터리 신속 교체 시스템으로 인력소요를 최대한 절감

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 모듈형 인프라와 차량과 호환 가능한 핏스탑 배터리 교체 시스템 설계 ○ 배터리 교체 제어장치 개발 ○ 시작품 제작 ○ 운영 매뉴얼 개발 ○ 신뢰성 평가 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	200			
	민간(추정)	50	100			
	합계	250	300			
총 연구비	정부합계	400		총 연구개발 기간	2년	
	민간합계	150				
	총합계	650		연평균 소요인력	2명	

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(30)

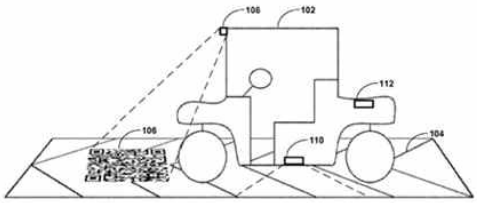
1. 연구개발과제명

사업명	모듈형 차량운행을 위한 조립형 추종장치(Guidance) 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 인프라/차량

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립식 모듈형 철도시스템 차량의 운행에 필요한 신속 조립 방식의 차량 Guide 및 이와 호환되는 차량 조향장치 개발
기술적 정의	- 모듈형 인프라에 쉽게 조립이 가능하고 모듈형 차량의 규모에 적합한 조립식의 차량Guide 시스템 - 모듈형 차량에 호환되어 Guide를 추종하여 차량을 조향하기 위한 조향시스템 - 인프라 비용 및 유지보수 소요 절감을 위해 센서(자기, 차선 이미지센싱) 및 디지털맵 기반의 신뢰도가 높고 비용효율적인 비접촉 방식으로 개발

3. 연구개발 내용

연구개발내용	○ 레고형 철도 차량의 추종운행을 위한 센서 개발 ○ 모듈식 철도시스템 노선 선형에 따른 디지털맵 생성 기술 개발 ○ 비접촉식으로 추종하며 분기기 통과를 위한 사전 운행경로 알고리즘 개발 ○ 모듈식 차량과 호환되는 조향장치 개발 ○ 추종경로 이탈방지를 위한 안전 장치 개발 ○ 시작품 제작 및 신뢰성 검증, 시험운행 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	300	300		
	민간(추정)	50	100	100		
	합계	250	400	400		
총 연구비	정부합계	800		총 연구개발 기간		3년
	민간합계	250				
	총합계	1,050		연평균 소요인력		3명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(31)

1. 연구개발과제명

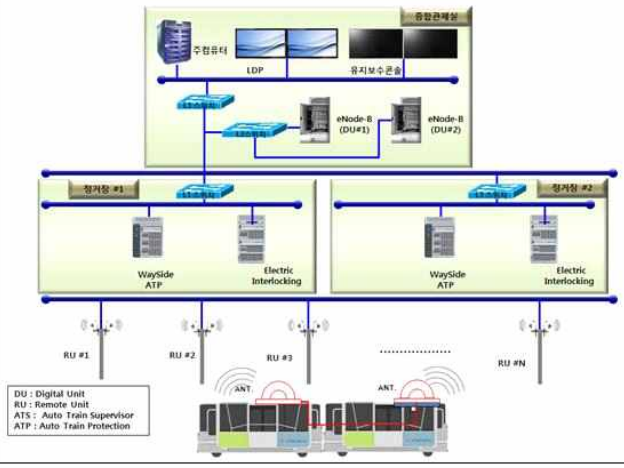
사업명	LTE 기반의 통신장치 기술을 활용한 효율적인 열차운영시스템
분야	조립식 모듈형 철도시스템 운영시스템

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	LTE 기반의 통신장치 기술을 활용하여 효율적이며 안전한 운영 지원
기술적 정의	세계 최고 수준의 LTE 기반 기술을 활용한 열차 통신시스템

3. 연구개발 내용

연구개발내용	LTE 기반의 열차무선통신 및 열차제어시스템 - 열차제어시스템 제작사 및 기술 개발 - 열차제어시스템 표준체계 구축 및 안전성 평가 - 열차제어시스템 차상 및 지상 인프라 구축 - 열차제어시스템 시험 및 평가 - 열차제어를 위한 주파수 간섭제어 및 성능 향상 등 최적화 시험



4. 연구개발과제의 규모(미작성)

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부					
	민간(추정)					
	합계					
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(32)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈용 자동유도 전동차량
분야	조립식 모듈형 철도시스템 차량시스템

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립식 모듈형 철도시스템에 적용가능한 자동유도 전동차량 개발
기술적 정의	- 조립식 모듈형 철도시스템에 적합한 운행 시스템 채택 및 개발 - 동력 시스템의 적용 방안 및 시제품 개발 - 조립식 모듈형 철도시스템에 맞는 전동차량 외관 디자인 및 시제품 개발

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1. 조립식 모듈형 철도시스템용 Auto Guided Vehicle 개발 - 조립식 모듈형 철도시스템에 적합한 시스템에 적응되는 AGV 제작 - 운행 관리 시스템 개발 2. 동력 시스템의 적용 방안 및 시제품 개발 - 조립식 모듈형 철도시스템에 적합한 리튬배터리 및 BMS 패키지 개발 - 배터리 탈부착이 용이한 제품 개발 3. 조립식 모듈형 철도시스템에 맞는 전동차량 외관 디자인 및 시제품 개발 - 실용적이며 미려한 제품 디자인 - 수송 효율이 높은 제품 개발, 공정 및 시스템 개발 4. 핵심기술 - 자동이송 시스템의 개발 및 적용 - 동력 공급원의 적용 및 배터리 탈부착 장치의 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부					
	민간(추정)	100	300	500	1000	
	합계					
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(33)

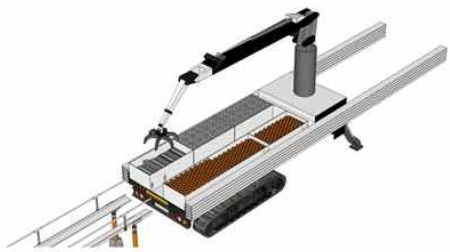
1. 연구개발과제명

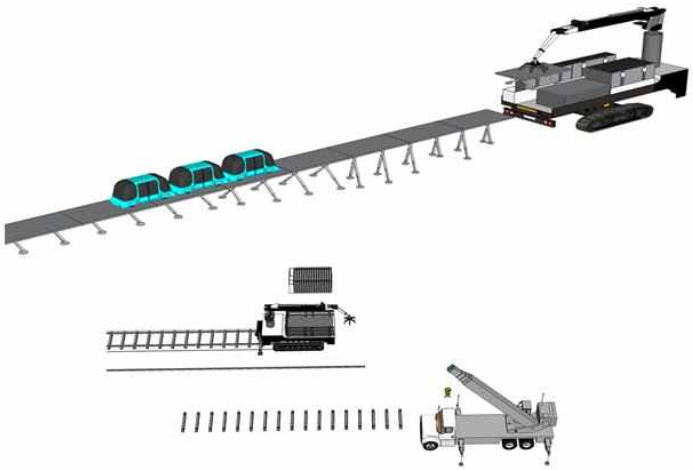
사업명	조립식 모듈형 구조물 현장 부설 전문차량기술개발 (Type 1)
분야	조립식 모듈형 철도시스템 차량시스템

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

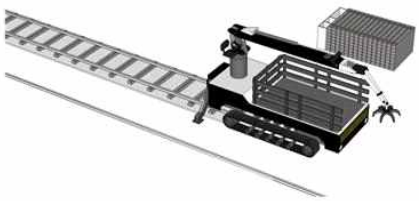
목표	조립·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1차년도 : 모듈형 인프라 구조물 시공차량 시스템 설계 및 기반기술 확보 ○ 모듈형 인프라 구조물 시공차량 설계 기술 확보 ○ 모듈형 인프라 구조물 시공차량 시험 기술 확보 - 피로 시험 및 내구성 설계 ○ 모듈형 인프라 구조물 시공차량 모듈화 실용화 운영기술 확보 연구 - 모듈형 인프라 구조물 시공차량 국내외 유사 선행기술 분석 - 대형 건설사와의 기술협력체계 구축  2차년도 : 모듈형 인프라 구조물 시공차량 시작품제작 1차 성능평가 및 시스템 안정화기술 개발 (차량/구조물/노반 상호 연계 시스템 해석 기술개발) ○ 모듈형 인프라 구조물 시공차량 완성품 운행설계기술 확보 ○ 모듈형 인프라 구조물 시공차량 시작품 기능 및 해석기술 확보



○ 모듈형 인프라 구조물 시공차량 실용화 운영기술 확보 연구
- 모듈형 인프라 구조물 현장 시공 기술개발
- 모듈형 인프라 구조물 시공차량다양한 운영조건을 고려한 운영 체계화 기술개발



4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1000	1000			
	민간(추정)	500	500			
	합계	1500	1500			
총 연구비	정부합계	1000	1000	총 연구개발 기간		2 년
	민간합계	500	500			
	총합계	1500	1500	연평균 소요인력		7 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(34)

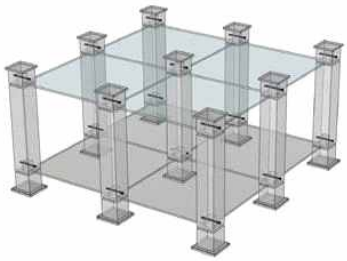
1. 연구개발과제명

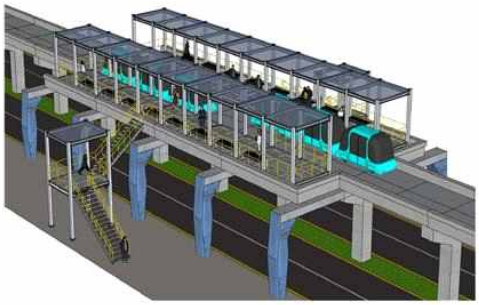
사업명	조립식 모듈형 역사 기술개발 (Type 1)
분야	조립식 모듈형 철도시스템 운영시스템

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립·해체 및 재사용이 가능한 조립식 모듈형 구조물개발
기술적 정의	임시적 교통시스템으로써 단기간 집중적 통행수요 발생에 대비하여 노반·토공 조성을 최소화하고 짧은 기간에 신속한 구축과 노선의 유연성 확보

3. 연구개발 내용

연구개발내용	1차년도 : 급속 역사 구조물 기본시스템 설계 및 기반기술 확보 ○ 급속 시공도로 역사 구조물 기능별 설계 기술 확보 ○ 급속 역사 모듈화 인프라 구조물 해석 및 시험 기술 확보 - 피로 시험 및 내구성 설계 ○ 급속 시공도로 역사 구조물 모듈화 실용화 운영기술 확보 연구 - 급속 역사 구조물 국내외 유사 선행기술 분석 - 대형 건설사와의 기술협력체계 구축  2차년도 : 급속 시공도로 역사 구조물 proto type 시작품제작 1차 성능평가 및 시스템 안정화기술 개발 (차량/구조물/노반 상호 연계 시스템 해석 기술개발) 

	○ 급속 시공도로 역사 구조물 모듈화 인프라 구조물 완성품 운행설계기술 확보 ○ 급속 역사 구조물 시작품 기능 및 해석기술 확보  ○ 급속 역사 인프라 구조물 실용화 운영기술 확보 연구 - 급속 역사 구조물 현장 시공 기술개발 - 급속 역사 구조물 다양한 운영조건을 고려한 운영 체계화 기술개발 

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1000	1000			
	민간(추정)	500	500			
	합계	1500	1500			
총 연구비	정부합계	1000	1000	총 연구개발 기간		2 년
	민간합계	500	500			
	총합계	1500	1500	연평균 소요인력		7 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(35)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형 철도시스템의 주행안전성 확보를 위한 모듈별 실시간 구조건전성모니터링기술
분야	조립식 모듈형 철도시스템 유지보수

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립식 모듈형 구조물의 구조안전성에 대한 실시간 파악을 통하여 무인운영에 따른 이용자 안전에 대한 신뢰도 확보
기술적 정의	□ 모듈 연결상세 구조계의 연속거동을 파악을 위한 센싱기술 □ 전체 구조계 거동 확인을 위한 모니터링 기술 □ 이용자 인명피해를 최소화하기 위한 위기대응 기술

3. 연구개발 내용

연구개발내용	□ 조립해체 시 유지관리를 위한 RFID기반의 구조물관리시스템 개발 - 해체 후 재조립이 용이하도록 RFID기반의 모듈형구조물의 효율적 관리시스템 개발 - 모듈형 구조물의 이력관리 DB 및 위치정보관리기술 개발 □ 조립식 모듈형 구조물의 건전성평가를 위한 원격센싱모듈 개발 - SAW(Surface Acoustic Wave)기반의 무전원/무선센서모듈 개발 - 원격신호수집이 가능한 능동형 SAW Reader 개발 □ 이상징후 감지를 위한 AMPS(Auto Modulate Pattern Detection)기반의 구조물 감시알고리듬 개발 - 상시진동 및 온도사이클 측정에 의한 이상징후 패턴감지기법 개발 - AMPS탑재형 센싱 모듈 및 신호처리시스템 개발 □ 위기관리 매뉴얼 및 상황전파시스템 개발 - 지진 등 이벤트 발생시 감지 후 위기대응매뉴얼 개발 - 무인운행시스템 내 위기상황전파시스템 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	2,000	2,000	3,000	1,000	
	민간(추정)	1,000	1,000	1,500	300	
	합계	3,000	3,000	4,500	1,300	
총 연구비	정부합계	8,000		총 연구개발 기간		4 년
	민간합계	3,800				
	총합계	11,800		연평균 소요인력		20 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(36)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형철도 시스템의 환경·경제성 전과정 통합평가 시스템 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 계획 및 운영

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립식 모듈형철도 시스템의 환경·경제성 진단 및 평가를 통해 환경훼손저감방안과 환경친화적 설계를 기반으로 하는 조립식 모듈형철도 시스템의 환경·경제성 전과정 관리시스템 개발 하고자 함
기술적 정의	조립식 모듈형철도 시스템에 대한 전과정 환경부하 및 경제성을 평가하여 정량화하고, 환경친화성 극대화를 통해 환경비용절감 및 경제성 확보 의사결정지원을 위한 환경·경제성 전과정 통합관리시스템 개발

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 조립식 모듈형 철도노선계획 친환경 설계 방법론 개발 - 조립식 모듈형 철도시스템의 환경성능 지표개발 - 조립식 모듈형 철도 인프라 및 운영 전과정 환경부하 진단 및 경제성 평가 - 조립식 모듈형 철도 인프라 전과정 관리 가이드라인 개발 - 조립식 모듈형 철도시스템 친환경성 인증방안 - 조립식 모듈형 철도시스템 환경성· 경제성 전과정 통합평가 및 시스템 개발 - 조립식 모듈형 철도 인프라 시공기술별 전과정(LCM)을 통한 개선방안 도출 - 조립식 모듈형 철도시스템 개선 및 대안노선 선정방안 제시

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1,000	1,000	1,000		
	민간(추정)					
	합계					
총 연구비	정부합계	3,000		총 연구개발 기간	3 년	
	민간합계					
	총합계	3,000		연평균 소요인력	15명	

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(37)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형 철도 건널목 및 교차로 연계 운영모듈 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 계획 및 운영

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립식 모듈형 철도시스템이 도로를 평면 교차할 경우 안전 확보를 위한 조립식 건널목 및 건널목과 교차로 연계 운영 방안 확보
기술적 정의	조립식 모듈형 철도시스템 철도차량과 교차 도로를 이용하는 도로차량 안전을 확보하는 “조립식 건널목 시설”을 개발하고 건널목 인접 신호교차로와 해당 시설의 연계 운영을 가능하게 하는 “조립식 운영 모듈” 개발

3. 연구개발 내용

연구개발내용	• 조립식 모듈형 건널목 차단장치 • 조립식 모듈형 현장 전력생산 장비 • 조립식 모듈형 현장 전력공급 장비 • 조립식 모듈형 안전표지 설치 지주 • 조립식 모듈형 노면표시 설치 방식 • 조립식 모듈형 건널목-교통신호 연계 운영 방법 • 조립식 모듈형 건널목 -교통신호 연계 운영 장치

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	500	500	500	500	-
	민간(추정)	50	50	50	50	-
	합계	550	550	550	550	-
총 연구비	정부합계	2000		총 연구개발 기간		4 년
	민간합계	200				
	총합계	2200		연평균 소요인력		30 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(38)

1. 연구개발과제명

사업명	조립식 모듈형 환승 역사 및 운영기술 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 계획 및 운영

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	조립식 모듈형 철도시스템 이동거리가 충분히 멀거나 또는 두 개 이상의 지역에서 이벤트 행사가 진행(예: 평창동계올림픽; 평창, 원주, 강릉) 되는 경우 필요할 시기에만 투입하여 환승역 등으로 운영이 가능한 조립식 모듈형 역사 및 운영 기술 개발
기술적 정의	필요에 따라 조립식 모듈형 철도시스템 철도차량 정차 및 환승이 가능한 조립식 모듈형 철도시스템 역사를 개발하고 해당 역사주변이 주요 이벤트 교통 결절점 역할을 하는 경우 역사 주변 교통관리에 필요한 '조립식 모듈형 역사주변 교통관리시스템' 및 '역사주변 운영기술' 개발

3. 연구개발 내용

연구개발내용	• 조립식 모듈형 환승역사 시설 개발 • 조립식 모듈형 임시주차 시설 개발 • 조립식 모듈형 환승역사 주변도로 관리시설 개발 • 조립식 모듈형 환승역사 중앙통제 관제시설 개발 • 조립식 모듈형 환승역사 운영기술 개발

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	1500	1500	1500	1500	-
	민간(추정)	200	200	200	200	-
	합계	1700	1700	1700	1700	-

총 연구비	정부합계	6000	총 연구개발 기간	4 년
	민간합계	800		
	총합계	6800	연평균 소요인력	50 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(39)

1. 연구개발과제명

사업명	모듈형 철도시스템 선형 최적화 시스템 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 계획 및 설계

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	제한된 리소스를 가지고 가장 최적의 선형을 선정하는 시스템 개발
기술적 정의	노선의 경제성 및 안전도를 우선으로 하는 선형 선정

3. 연구개발 내용

연구개발내용	선형 최적화 시스템

4. 연구개발과제의 규모(미작성)

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부					
	민간(추정)					
	합계					
총 연구비	정부합계			총 연구개발 기간		
	민간합계					
	총합계			연평균 소요인력		

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(40)

1. 연구개발과제명

사업명	하중-응답 상관성분석을 통한 광섬유센서 기반 모듈형 철도시스템의 정량적 상태평가 시스템 개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 유지보수

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	입력하중 측정오차율 5% 이내
기술적 정의	응답 뿐만 아니라 입력하중의 측정을 통하여 개발된 새로운 모듈형 철도시스템의 정량적 상태평가

3. 연구개발 내용

연구개발내용	광섬유센서 및 하중-응답 상관성 분석 기반의 모듈형 철도시스템의 정량적 상태평가 시스템 · 입력하중 측정 시스템 : 축중량 또는 윤중측정 시스템 · 응답 측정 시스템 : 모듈형 철도시스템 최적의 거동 측정 시스템 · 하중-응답 상관성 분석 모듈 : 하중-응답의 상관성 분석을 통한 구조물의 상태를 정량적으로 평가할 수 있는 평가 시스템

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	200	200	400	400
	민간(추정)	10	10	10	20	20
	합계	210	210	210	420	420
총 연구비	정부합계	1,400		총 연구개발 기간		5 년
	민간합계	70				
	총합계	1,470		연평균 소요인력		5 명

조립식 모듈형 철도시스템 기술개발 기술수요조사서(41)

1. 연구개발과제명

사업명	모듈별 이력관리 시스템 기술개발
분야	조립식 모듈형 철도시스템 계획

2. 연구개발과제의 목표 및 기술정의

목표	모듈별 이력관리를 통한 보관, 분배 기술 확보
기술적 정의	- 모듈별 이력관리를 통하여 재고관리, 수요관리, 상태품질평가 등 효율적인 운영이 가능 - 모듈 필요 시 필요수요모듈의 합리적인 분배 및 배출 가능

3. 연구개발 내용

연구개발내용	- 모듈별 이력관리 S/W 기술개발 - 모듈별 관리번호 설계 - 운영매뉴얼 설계 - 신뢰성 평가

4. 연구개발과제의 규모

(단위 : 백만원)

구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도 이후
연차별 연구비	정부	200	200			
	민간(추정)	0	100			
	합계	200	300			
총 연구비	정부합계	400		총 연구개발 기간	2 년	
	민간합계	100				
	총합계	500		연평균 소요인력	3 명	