

3cm

11  
연구기획  
-06-02

Green  
-up 30

지능형 친환경 교량 기술개발 기획보고서

2012

한국건설교통기술평가원  
국 토 해 양 부

4cm

# Land Transport and Maritime R&D Report

건설교통연구기획사업

R&D /  
11연구기획-06-02

## [Green-up 30] 지능형 친환경 교량 기술개발 기획보고서

2012. 8. 10.

주관연구기관 / 한국과학기술원  
공동연구기관 / 한국도로공사  
대우건설  
포항산업과학연구원  
(주)기술과가치

국 토 해 양 부  
한국건설교통기술평가원



# 제 출 문

국토해양부장관 (한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "지능형 친환경 교량 기획"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 8. 10.

주관연구기관명 : 한국과학기술원  
주관연구책임자 : 윤정방 교수  
연 구 원 : 이행기 교수  
연 구 원 : 손 훈 교수  
연 구 원 : 명 현 교수  
연 구 원 : 정형조 교수  
연 구 원 : 진승섭 박사과정  
연 구 원 : 박계환 석사과정

공동연구기관명 : (주)대우건설  
공동연구책임자 : 김영진 연구위원  
연 구 원 : 김인규 책임연구원  
연 구 원 : 박세진 선임연구원  
연 구 원 : 오현철 선임연구원  
연 구 원 : 마향욱 전임연구원

공동연구기관명 : (주)한국도로공사  
위탁연구책임자 : 박영하 수석연구원  
연 구 원 : 이원태 수석연구원  
연 구 원 : 이일근 선임연구원  
연 구 원 : 강상규 선임연구원

공동연구기관명 : (재)포항산업과학연구원  
공동연구책임자 : 성택룡 책임연구원  
연 구 원 : 김진국 책임연구원  
연 구 원 : 강수창 선임연구원

공동연구기관명 : (주)기술과가치  
위탁연구책임자 : 양현모 본부장  
연 구 원 : 김찬모 연구원  
연 구 원 : 김추린 연구원  
연 구 원 : 천명진 연구원

# 보고서 요약서

과제고유번호	11연구기획 -06-02	해 당 단 계 연구 기 간	2011.06.14. ~2012.03.13	단 계 구 분	(3단계)/ (3단계)
연구사업명		건설교통연구기획사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	지능형 친환경 교량 기획			
연구책임자	교수 윤정방	해당단계 참여 연구원수	총 : 23명 내부 : 7명 외부 : 16명	해당단계 연구비	정부 : 150,000천원 기업 : 천원 계 : 150,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 23명 내부 : 7명 외부 : 16명	총연구비	정부 : 150,000천원 기업 : 천원 계 : 150,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국과학기술원 건설 및 환경공학과		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
공동연구	연구기관명: 대우건설		연구책임자: 연구위원 김영진		
	연구기관명: 한국도로공사		연구책임자: 수석연구원 박영하		
	연구기관명: 포항산업과학연구원		연구책임자: 책임연구원 성택룡		
	연구기관명: (주)기술과가치		연구책임자: 본부장 양현모		
위탁연구	연구기관명:		연구책임자:		
요약				보고서면수	312
본 연구는 국내외 저탄소 녹색성장 요구 및 교량 노후화를 대비 위해 계획, 설계단계에서부터 교량의 장수명화 및 탄소 저감 방안을 위한 지능형 친환경 교량을 정의하였으며, 이를 위한 연구 목표 및 비전을 수립하고 이를 수행하기 위한 연구체계 및 연구 과제 R&D 기획을 수행하였다.					
색인어 (각 5개 이상)	한글	지능형, 친환경, 장수명화, 지속가능성, 저탄소			
	영어	Intelligent, Green, Longevity, Sustainability, Low-carbon			

# 목 차

[국문 요약문]

[영문 요약문]

<b>1장. 기술의 정의 및 필요성</b> .....	1
<b>1절. 기술의 정의</b> .....	1
1. “지능형친환경 교량”의 정의 .....	1
2. “지능형친환경 교량”의 기술 범위와 분류 .....	4
<b>2절. “지능형친환경 교량” 기획의 필요성</b> .....	7
1. 정책적 필요성 .....	7
2. 경제적 필요성 .....	7
3. 사회적 필요성 .....	8
4. 기술적 필요성 .....	8
<b>2장. 국내외 동향 및 환경분석</b> .....	10
<b>1절. 국내외 정책동향</b> .....	10
1. 국내 정책 동향 .....	10
2. 국외 정책 동향 .....	20
3. 시사점 .....	35
<b>2절. 국내외 시장현황 및 전망</b> .....	36
1. 국내 시장현황 및 전망 .....	36
2. 국외 시장현황 및 전망 .....	47
3. 시사점 .....	57
<b>3절. 기술동향분석</b> .....	59
1. 국내 기술동향 .....	59
2. 국외 기술동향 .....	74
3. 특허분석 .....	85
4. 논문분석 .....	94
<b>4절. 연구개발 인프라 분석</b> .....	105
1. 연구 인력 인프라 .....	105
2. 연구기자재 인프라 .....	107
3. 시사점 .....	108
<b>5절. 종합분석</b> .....	109

1. 정책 동향 소결 및 시사점 .....	109
2. 시장 동향 소결 및 시사점 .....	110
3. 기술 동향 소결 및 시사점 .....	111
4. 연구개발 인프라 분석 결과 .....	114
5. STEEP 분석 .....	115
6. SWOT 분석 .....	116
7. Keyword 도출 .....	117
8. 기술개발방향 설정 .....	117
<b>3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 .....</b>	<b>118</b>
<b>1절. 비전 및 목표설정 .....</b>	<b>118</b>
<b>2절. 기술개발에 따른 미래상 .....</b>	<b>119</b>
1. “지능형친환경 교량” 미래상 .....	119
2. 세부과제별 건설재료 미래상 .....	120
<b>3절. 연구개발과제 구성 .....</b>	<b>126</b>
1. 연구개발과제의 구성 .....	126
2. 연구단 기대효과 .....	128
3. 탄소배출량 저감을 위한 목표치 산정 .....	130
4. 탄소배출량 추정 및 분석 .....	132
5. 기존 대형 선행 연구와의 중복성 검토 .....	133
<b>4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 .....</b>	<b>134</b>
1. 1세부과제 개요 .....	134
2. 2세부과제 개요 .....	149
3. 3세부과제 개요 .....	166
<b>5절. 세부과제간 연계관계 .....</b>	<b>187</b>
<b>6절. 연구추진체계 제안 .....</b>	<b>190</b>
1. 연구단 추진조직 제안 .....	190
2. 연구단 추진전략 .....	191
3. 연구단 운영전략 .....	193
<b>4장. 사전타당성 검토 .....</b>	<b>195</b>
<b>1절. 정책적 타당성 .....</b>	<b>195</b>
1. 산정개요 .....	196
2. 상위계획과의 부합성 .....	198

3. 사업추진체계의 적절성 .....	201
4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안 .....	202
5. 정책적 타당성 소결 .....	205
<b>2절. 기술적 타당성 .....</b>	<b>206</b>
1. 기술개발 계획의 우수성 .....	207
2. 기술개발 계획의 중복성 검토 .....	209
3. 기술적 측면에서의 성공가능성 .....	211
4. 기술적 타당성 소결 .....	215
<b>3절. 경제적 타당성 .....</b>	<b>216</b>
1. 예산의 적절성 .....	217
2. 경제성 .....	218
3. 파급효과 .....	225
4. 경제적 타당성 소결 .....	226
<b>4절. 종합분석 .....</b>	<b>228</b>
1. AHP 개요 .....	228
2. 종합평가 결과 .....	230
<b>5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 .....</b>	<b>234</b>
<b>1절. 연구일정에 따른 인력투입계획 .....</b>	<b>234</b>
<b>2절. 소요예산 산정 .....</b>	<b>234</b>
<b>6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 .....</b>	<b>238</b>
<b>1절. 과제 제안요구서 (RFP) .....</b>	<b>238</b>
1. 연구단 RFP .....	238
2. 1세부과제 RFP .....	245
2. 2세부과제 RFP .....	258
2. 3세부과제 RFP .....	277
<b>2절. 평가기준설정 .....</b>	<b>296</b>
참고문헌 .....	<b>299</b>
<b>[부 록]</b>	

# 국 문 요약 문

## 1. 기술의 정의 및 필요성

### □ 지능형친환경교량의 정의

**다양한 첨단 기술들을 융·복합시킨 지능형 전략을 가지고**  
**교량 전 생애(설계/시공/공용/유지관리 및 보수보강)에 걸쳐 능동적으로 계획·관리함으로써**  
**30%의 탄소 저감과 100년의 공용수명을 보장하는 친환경 교량**

### □ 필요성

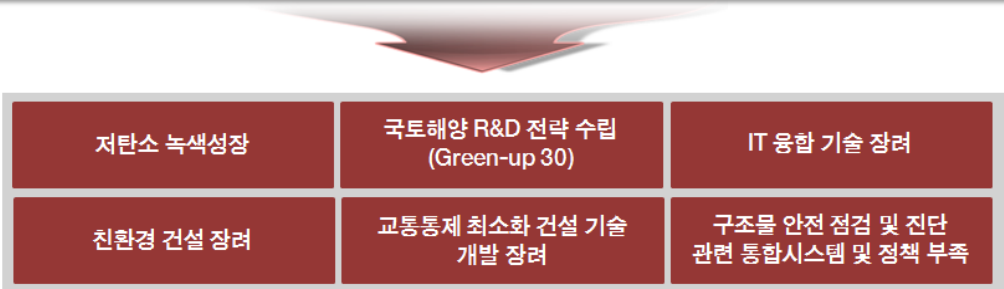
- **CO<sub>2</sub> 저감에 관한 국가 상위 정책과의 부합성**
  - 전 세계적인 탄소 저감, 친환경 건설, 교통통제 최소화 건설, 장수명화
- **교량 장수명화에 따른 설계 및 시공·유지관리 체계 개발 필요**
  - 고성능 강재/콘크리트, 친환경 건설재료를 활용한 설계 기술/기준의 시스템
- **노후화 교량의 급격한 증가에 대한 대안책 마련 시급**
  - 향후 10년 내에 급속한 교량 노후화에 따른 교량 신설/교체 시, 교통혼잡 비용(사회간접 손실비용)의 감소 요구
- **건설비(직접비)에 기반한 현 경제성 평가를 교량 생애주기 비용(LCC) 관점으로 확대 필요**
  - 교량 LCC를 위한 실질적인 시스템 개발 필요
- **환경적 측면에서 전생애주기 평가(LCA)를 포함하는 교량 관리체계 개선 필요**
  - 환경 오염 방지에 대한 건설 규제가 강화 됨에 따른 교량 전생애주기에 대한 LCA 분석 고려
  - 장수명화를 통한 자원/에너지/탄소 배출 저감
- **BIM을 2012년 대형 발주 프로젝트에 의무적 도입**
  - 조달청, 2012년 500억 이상 터키·설계공모 의무화

## 2. 국내외 동향 및 환경분석

### 정책동향분석

**세계적인 저탄소 녹색성장 정책 장려, 친환경 건설 장려, 장수명화/노후화 교량 관련 정책**

- 범정부 차원 친환경, IT 융합 기술 등 장려함
- 교량의 생애주기 기간 동안 탄소발생 최소화할 수 있는 친환경 교량 기술 개발의 필요성 대두
- 국내외 건설시장은 정책적, 사회적, 경제적으로 교통통제 최소화 건설 기술 개발을 통한 시민편의 중심 기술을 요구
- 기존 교량의 노후화에 따른 효율적이고 경제적인 유지관리/보수 보강 기법 개발을 요구
- 구조물 안전 점검 및 진단과 관련된 통합시스템 및 정책 부족



## 경제동향분석

### 교량 경제성 기준 변화, 노후교량 증가, 전생애주기적 비용, 장수명화를 통한 경제성

- 2012년부터 대형 공공 사업에 BIM 의무적 도입
- 현재 교량 건설시 초기 비용만을 고려하지만, 향후에는 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등을 고려될 것으로 판단됨
- 선진국에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시도가 이루어지고 있으며, 향후 국내에서도 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상됨
- 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두, 이에 대응하여 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가하고 있음
- 국내의 유지관리 시장(센서, NDT, 로봇) 규모는 점점 증가하고 있으나, 해외 의존도가 매우 높으며, 국외와의 기술 격차가 줄어들지 않는 실정임. 국제적 경쟁력 향상을 위한 관련 장비의 개발 및 국산화가 요구되며, 국외 시장을 선도할 수 있는 원천기술의 개발이 시급함

교량 경제성 기준 변화	BIM 의무적 도입	친환경 저탄소 장수명 교량 공급 급증
노후화 교량에 대한 대비	유지관리 시장 증대	해외 의존도 높은 관련 장비 개발 및 국산화

## 기술개발동향분석

### 교량 장수명화, 급속 부분교체, 건설 IT, 첨단 유지관리, LCCO<sub>2</sub> 관리

- 미국 유럽 등은 BIM 적용 확산(공공 건설의 경우, BIM 기반 성과급 납부 의무화), 국내는 BIM 활용에 대한 연구 시작 단계임
- 미국, 유럽 등 교량의 친환경/고강도 소재를 활용한 경제적/장수명/유지관리 최소화 기술 개발 중이며, 국내는 친환경 소재 개발/활용에 대한 기술 재조명받고 있음
- 미국을 중심으로 급속시공 기술에 의한 교량 건설이 활발히 이루어지고 있으나 적용범위는 신설교량 위주이며, 현장타설대비 경제성에 대한 경쟁력이 떨어짐. 노후화된 기존 교량에 대한 기술 개발이 시급함
- 국내외 현재 기술 수준은 단순한 모니터링 시스템 구축 및 데이터 계측을 통한 유지관리 수행 정도로 분석됨. 이후 보다 신뢰적이고 정확한 구조물의 상태 평가 및 유지관리 기술의 개발을 위해서 다학제간 연구가 요구됨

BIM 적용 확산에 따른 BIM 활용 기술 개발	친환경/고강도 소재를 활용한 교량 장수명화 기술 개발	전 세계적 노후화 교량 급증에 따른 유지관리 및 보수/보강
글로벌 스탠다드에 부합하는 친환경 장수명 교량	다 학제간 연구를 통한 기술 융·복합	LCC/LCA 관리 (LCCO <sub>2</sub> 관리)

### 3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### □ 비전 및 목표

VISION	녹색성장 기반의 고품격 국토해양 공간 창조를 위한 지능형 친환경 교량	
MISSION	미래 국토해양 분야의 녹색성장 견인 및 신성장 동력 창출에 기여	
R&D GOAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 생애주기에서 발생하는 탄소 30% 절감</li> <li>• 공용 수명 100년의 장수명 보장</li> <li>• 세계 최고 기술 5개</li> </ul>	
S T R A T E G Y	탄소 저감	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LCCO<sub>2</sub> 평가/관리 체계(LCA)를 통한 생애주기 탄소 정량화 및 저감방안</li> <li>• 친환경 저탄소 소재 활용 기술 개발을 통한 환경부하 최소화</li> <li>• 공기 단축 및 차량 정체 해소를 위한 교통 통제 최소화 기술 개발</li> </ul>
	장수명화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LCC/LCP 기반 교량 생애주기 관리 및 수명 연장</li> <li>• 교량 장수명화에 따른 생애주기 비용 증가의 효율적 관리 기술 개발</li> </ul>
	신성장 동력 창출	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노후화 및 국부손상에 대한 급속시공 기술 개발을 통한 노후화 교량 시장 선점</li> <li>• 교량 건설 Supply Chain을 고려한 전 생애주기 관리의 패러다임 개발</li> </ul>

#### □ 세부과제별 중점 목표

1세부과제	부분조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부분교체로 기존교량기술 대비수명증가 50%, 탄소저감 30%, 공기단축 50% 향상</li> <li>• 부분 조립이 가능한 연속화 기술 개발 (신설교량)</li> <li>• 노후 교량에 대한 경제적 대응기술개발 (주기적인 교체가 필요한 부분)</li> <li>• 교량 완전 교체 대비 유지관리비용 50% 저감</li> </ul>	
2세부과제	카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저탄소 소재활용 교량구조물의 탄소저감 30%</li> <li>• 교량구조물의 보강 및 장수명화를 통한 내구수명 100년 확보</li> <li>• 생애주기 연장 및 유지관리 최소화 교량기술 개발</li> </ul>	
3세부과제	예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생애주기 비용, 성능, 환경성 기반 차세대 교량 관리 기술 개발을 통한 효율적 국가 예산 관리 방안 제시 및 생애주기 관리 시스템의 정보화/표준화</li> <li>• 교량 생애주기 정보 교환 효율성 향상을 통한 유지관리 비용 20% 절감</li> <li>• 시공/공용/부분 교체 중 붕괴취약부 모니터링 기술 개발/국산화 및 급속시공 극대화를 위한 시공 모니터링 원천 기술 개발</li> <li>• 고성능/친환경 보수/보강/방식 기법을 통한 교량 노후화 및 손상 대응기술 개발</li> </ul>	

## □ 연구개발과제 구성

- 연구개발추진체계: 세부과제 (3EA), 세세부과제 (11EA)

구분	과제명
연구단 총괄	지능형 친환경 교량
1 세부과제	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술
1-1	부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술
1-2	설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술
1-3	친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술 (분리발주 가능)
2 세부과제	카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술
2-1	저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술
2-2	장수명 소재 융복합 프로액티브 저유지관리 교량 기술
2-3	고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술
2-4	콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술 개발
3 세부과제	예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술
3-1	생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술
3-2	붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술
3-3	저탄소 고성능 환경부하 지감형 보수·보강기술
3-4	친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술 (분리발주 가능)

## □ 세부과제별 주요내용

### 1 세부과제: 부분조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술

- 부분교체 및 급속시공 관련 기술개발을 통한 장수명화를 통하여 탄소 저감 및 교통 통제 최소화(공기단축)

- ✓ 비정형 및 부분교체와 조립이 가능한 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술
- ✓ 프리캐스트 세그먼트 교각의 경제성 확보를 통한 급속 시공 최적화
- ✓ 국부손상 대응 부분해체 기술 및 부속장치 급속교체 기술을 통한 교통 통제 최소화 및 경제성 향상



## 2 세부과제: 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술

- **친환경 고성능 소재 활용기술을 통한 탄소저감/장수명화/유지관리비용 절감**
  - ✓ 저탄소 고성능 소재 활용 무철근 PSC 구조 개발을 통한 탄소저감 및 공사비 감축
  - ✓ 장수명 소재 융복합 기술을 통한 제작비 및 유지관리 최소화로 친환경 비용절감 달성
  - ✓ 고에너지 흡수강적용 하이브리드 교각 내진성능 향상기술 개발을 통한 재료절감 및 수명연장
  - ✓ 콘크리트부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술개발



## 3 세부과제: 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술

- **교량 DB 고도화, 스마트 진단 및 성능평가, 저탄소 친환경 보수/보강 및 지능형 생애주기 유지관리 기술 구현**
  - ✓ 설계/시공 DB의 첨단화를 이용한 교량 전 생애주기 정보화 관리 패러다임 구현
  - ✓ 첨단 NDT 와 스마트 센싱을 통한 건전성 평가 및 핵심 붕괴 유발 부위 이상상태 감지를 통한 장수명화
  - ✓ 저탄소·고성능·고내구성 재료를 활용한 친환경 보수·보강·방식 기반 구축
  - ✓ 탄소배출량 산정 정보모델 구성 및 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템 구축

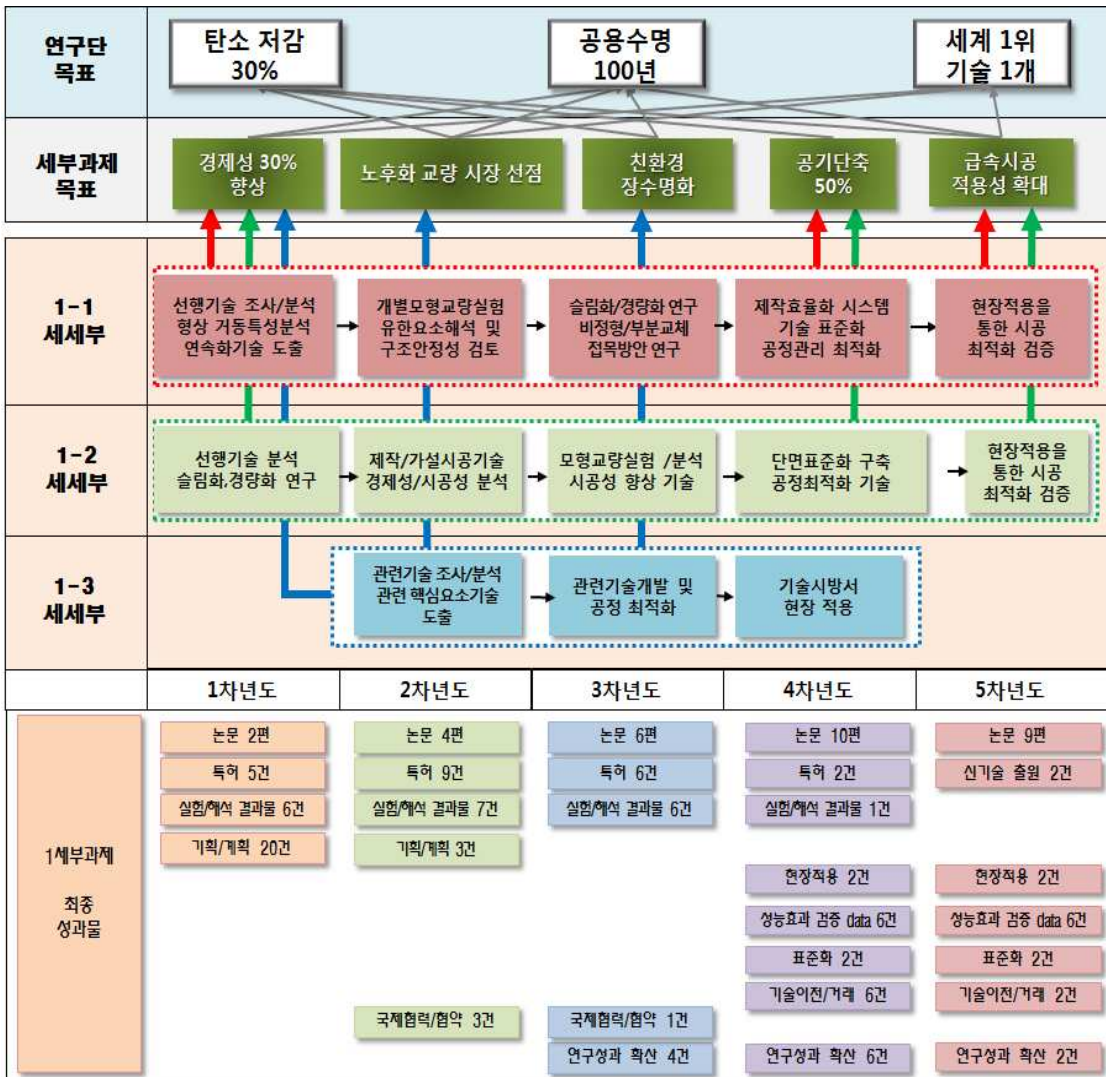


□ 연구개발과제 및 세부과제별 TRM

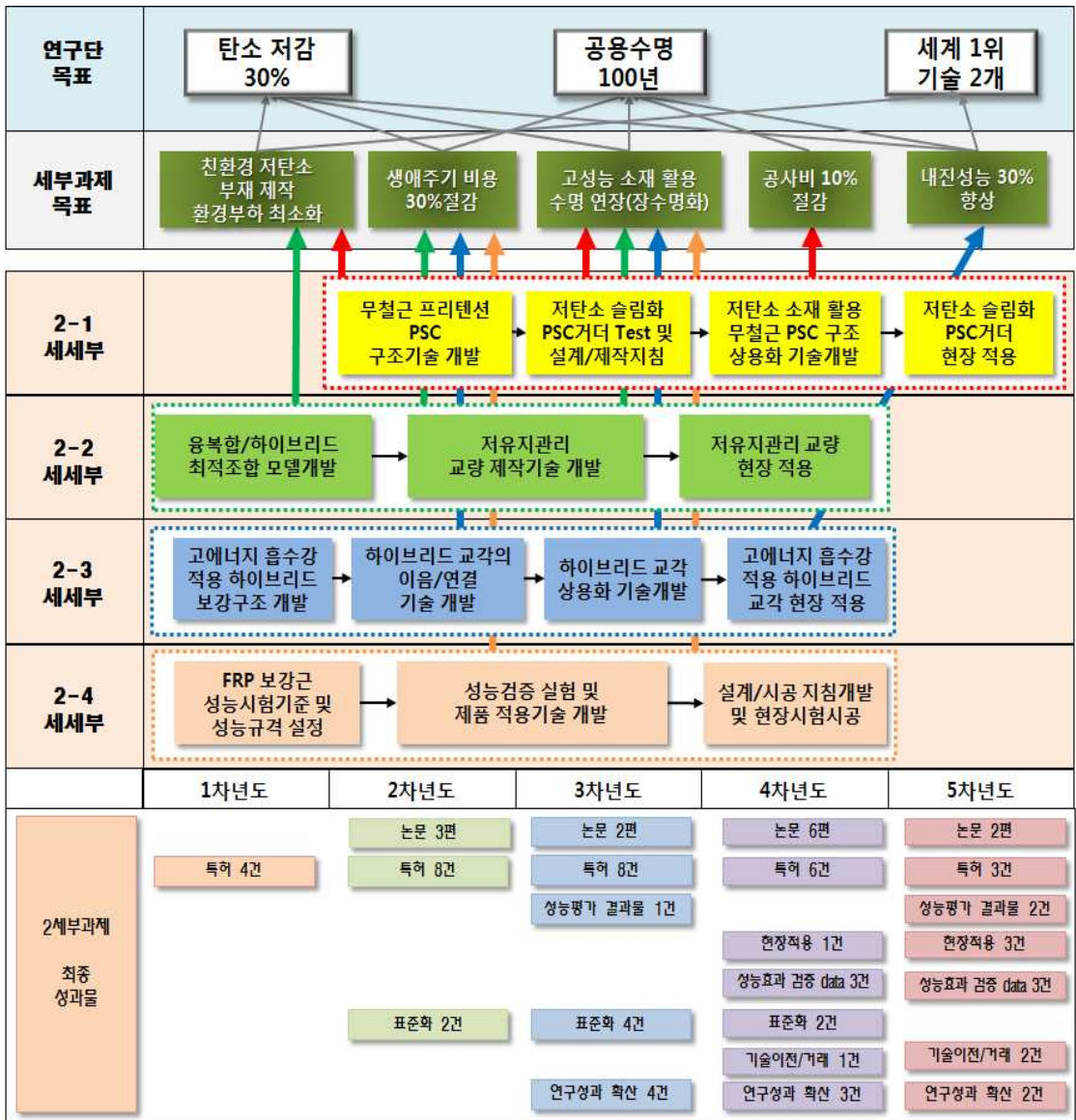
○ “지능형친환경 교량” 연구개발과제



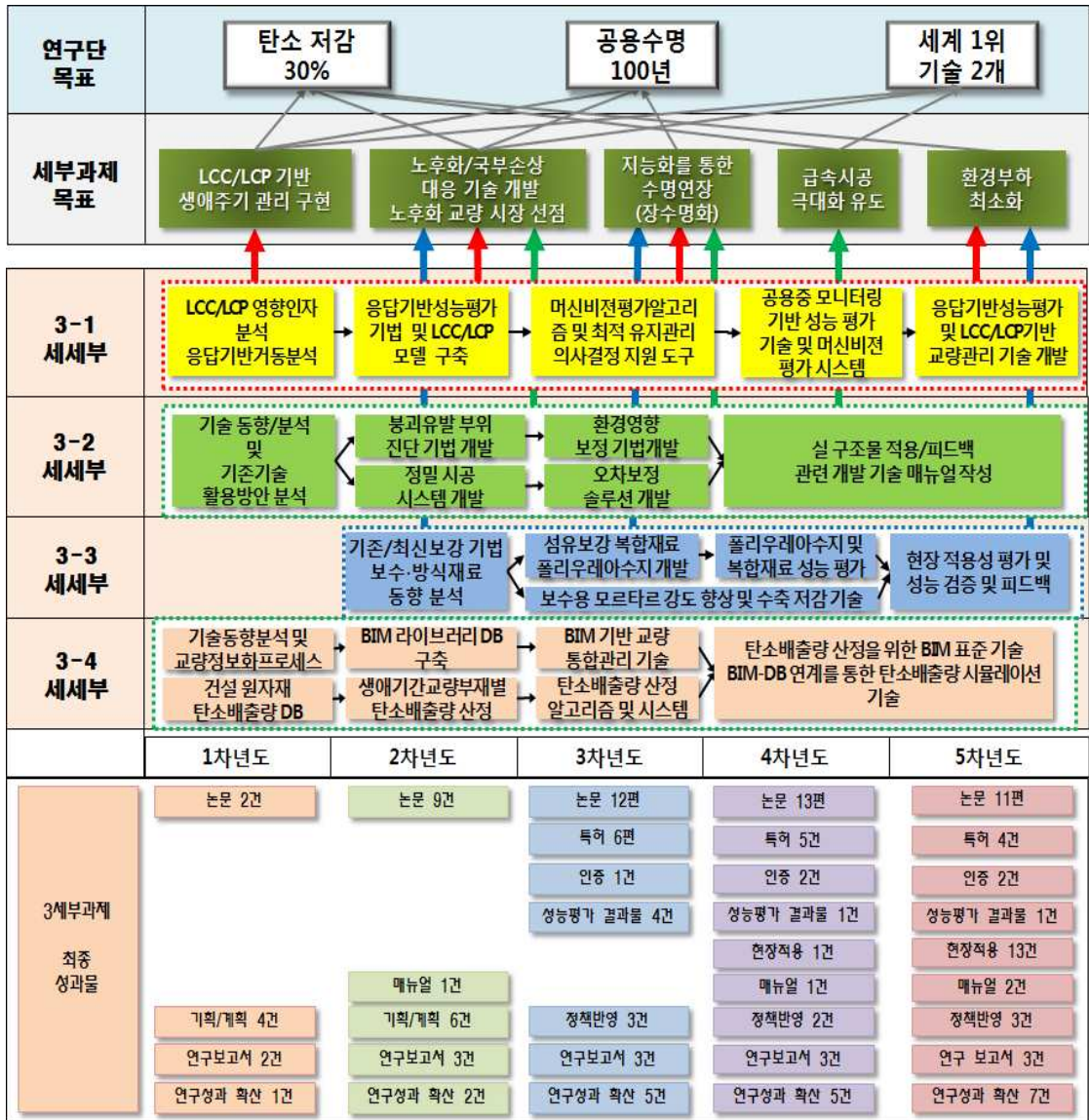
○ 1 세부과제: 부분조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술



○ 2 세부과제: 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술



○ 3 세부과제: 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술



## □ 기대효과 및 활용방안

기술적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 급속시공 기술의 적용성 확대</li> <li>● 향후 노후화교량 유지관리 시장 대응 기술</li> <li>● 구조물의 내구연한 증대 및 설계기준 보안을 위한 방안 도출</li> <li>● 100년 이상의 장수명 달성을 통한 CO<sub>2</sub> 30% 절감 기여</li> <li>● 장수명 소재의 기술적 융·복합/하이브리드 구조시스템 기술의 개발과 검증</li> <li>● 교량 전 생애주기를 고려한 3차원 BIM 기반 실시간 교량유지관리를 통한 생애주기 단계별 수행조직간 정보 공유로 교량 생애주기 관리 효율성 증대</li> <li>● 첨단선진기술의 연계/융합을 통한 연구개발 활성화 및 혁신적 NDT 검사/진단 기술개발 체계 구축</li> <li>● 친환경, 환경부하저감형 보수·보강재 핵심기술의 국산화</li> </ul>
정책적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 공기단축, 교통통제최소, 사용재료 최소 등으로 탄소 및 에너지 저감효과 큼</li> <li>● 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식인 PSC 거더교에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 녹색성장 건인의 교두보 마련</li> <li>● 도장/재도장에 따른 VOC발생 삭감 및 탄소배출량 30% 절감에 기여</li> <li>● 교량의 유지관리, 점검 및 보수 정책의 대폭적인 효율화 구현</li> <li>● 통합 관리시스템 개발로 건설기술의 전산화 및 정보화 유도</li> <li>● 비파괴검사기술진흥법에 부합하며, 나아가 전문화된 검사기술 기법을 확립, 비파괴 검사기술의 발전을 통해 국제 경쟁력 확보 가능</li> <li>● 정부의 저탄소·자원 순환형 사회 구축을 위한 환경정책에 부합하며, 산업폐기물로서 대부분 매립되고 있는 미가공 부산물인 바텀애쉬를 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> </ul>
경제적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 급속시공 효과 극대화와 설계 및 시공최적화로 인한 직/간접비 절감</li> <li>● 노후화교량의 부분적인 대응이 가능하므로 유지관리비용 최소화 유도</li> <li>● 최적의 사용성 확보를 바탕으로 구조물의 사용연한 증가</li> <li>● 연간 2조원의 교량시장 10% 점유(공사비 10% 절감)로 200 억원/년의 사회기반시설비용 절감</li> <li>● 교량의 생애주기 비용 기존 대비 30% 이상 감축으로 연간 약 2,000~3,000 억원 이상의 국가예산 절감</li> <li>● 신설 및 노후화 교각의 장수명화를 통해 교량 건설비용 절감 약 600~900 억원/년 절감 (연간 교각 시장규모의 30% 수준)</li> <li>● 효과적인 유지보수/보강을 통한 무리한 신설 교량 건설 지양으로 정부예산 절감</li> </ul>

## 4. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

### □ 인력투입계획

(단위 : 명)

세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
1세부	12	54	60	53	28	207
2세부	22	59	88	36	15	220
3세부	17	63	76	60	34	250
합 계	51	176	224	419	77	578

### □ 소요예산 산정

(단위 : 억원)

과제 명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합 계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부	4.28	1.43	17.99	6	21.4	7.46	15.6	6.54	15.4	3.46	74.67	24.89	99.56
2세부	3.60	1.30	21.78	7.60	21.30	7.50	17.12	6.10	4.60	1.60	68.40	24.10	92.50
3세부	4.15	1.39	18.57	6.2	25.34	8.45	17.82	5.94	10.03	3.34	75.91	25.32	101.23
합 계	12.03	4.12	58.34	19.80	68.04	23.41	50.54	18.58	30.03	8.40	218.98	74.31	293.29

## SUMMARY

### 1. Definition and needs for Research Project

#### □ Definition of Intelligent Green Bridge

- Intelligent Green Bridge (IGB) is the eco-friendly bridge to guarantee carbon Reduction of 30% and service life of 100 years.
- In order to reduce the carbon emission and prolong the service life, IGB has the intelligent strategies based on convergence of various state-of-art technologies and is managed by proactive planning and management over the life-cycle of a bridge (i.e., Design, Construction, Operation, and Maintenance)

#### □ Needs of Intelligent Green Bridge

- Compatibility with national policy for reduction of carbon
- Mandatory adoption of BIM to large construction projects
- Needs for development of bridge management system (Design, construction and maintenance) for longevity of the service life
- Preparation of solution to rapidly increasing deterioration of existing and new bridges
- Needs for extension of economic perspective from construction cycle to life cycle
- Needs for improvement of bridge management system in terms of environmental effect by including life cycle assessment

### 2. Domestic/International trend and Analysis

#### □ Political trend

- Eco-friendly and IT-convergence technologies are encouraged in the level of government
- Emerging needs for development of eco-friendly technologies in order to minimize carbon emission during life cycle of bridge
- Needs for the technologies considering public convenience
- Needs for efficient and economical maintenance technologies to maneuver the deterioration of the existing bridges.
- Deficiency of policy and integrated system for structural safety and diagnosis

## □ Economic trend

- Mandatory adoption of BIM since 2012
- It is required to consider the costs such as maintenance, carbon emission over life cycle
- International efforts are focusing on the development of long-term (or prolonged) bridge technologies due to rapid increase of maintenance cost
- In the level of government, the budgets for maintenance/retrofit/repair is increasing globally
- Although domestic market for maintenance is gradually increasing, the original technologies are highly depending on overseas country

## □ Technical trend

- Adoption of BIM is extended to mandatory for public construction in US and EU, while the level of development is at a stage of infancy
- Long-term and economic technologies based on higher performance and eco-friendly materials is developing in US and EU, related domestic research is focusing on the development and application of eco-friendly materials
- Construction of bridge by using rapid construction is active in US, its application is limited to new bridges. Their economics is not affordable to in-site construction
- International and domestic level of maintenance is limited to construction of maintenance systems and measurement of data from the response of bridges

### 3. Organization of R&D project and research strategies

#### □ Vision and research goals

<b>VISION</b>	Intelligent green bridge for creation of premium land and maritime region based on green growth	
<b>MISSION</b>	Contribute leading green growth and generating power of new growth to field of future land and maritime	
<b>R&amp;D GOAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30% reduction of carbon generated from bridge life cycle</li> <li>• Guarantee long-term life time about a hundred year</li> <li>• Five world best technologies</li> </ul>	
<b>STRATEGY</b>	<b>Carbon Reduction</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Life cycle carbon quantization and reduction using LCA</li> <li>• Minimize an environmental load by the development of green and low carbon material application technology</li> <li>• Development of traffic control minimization technology for compression of construction time and vehicle congestion reduction</li> </ul>
	<b>Longevity</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bridge Life-cycle management and life extension based on LCC/LCP</li> <li>• Development of efficient management technology for growth of life cycle cost due to bridge longevity</li> </ul>
	<b>New Growth Power</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preoccupancy of deterioration bridge market by development of fast construction technology for deterioration and local damage</li> <li>• Development of life cycle management bridge paradigm considering construction supply chain</li> </ul>

#### □ Research goals of sub-tracks

<b>Sub-Track 1: Intelligent Accelerated Bridge Construction for Partial Assembly and Replacement</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• With comparison with conventional technology, increase service life of 50%,</li> <li>• reduce carbon emission of 30%, reduce construction duration of 50% by partial replacement</li> <li>• Development of economic technology for deteriorated bridges</li> <li>• Reduce maintenance cost of 50% by partial replacement with comparison with complete one</li> </ul>
<b>Sub-Track 2: Green bridge technology using carbon-diet materials</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce carbon emission of 30% by using low-carbon materials</li> <li>• Guarantee service life of 100 years based on retrofit and longevity of bridge</li> <li>• Development of the longevity technology for extension of life cycle and minimization of maintenance cost</li> </ul>
<b>Sub-Track 3: Integrated intelligent-green bridge management technology for preventive maintenance management</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Improve bridge management system based on LCC/LCP/LCA/BIM to aid decision-making for management of bridge over life cycle</li> <li>• Reduce the maintenance cost of 20% by improvement of life cycle information exchange</li> <li>• Reasonable condition assessment and reaction to the collapse and local damage during construction, operation, partial replacement</li> <li>• Development of retrofit/repair technologies against deterioration and local damage by using high performance and eco-friendly method</li> </ul>

□ Organization of R&D

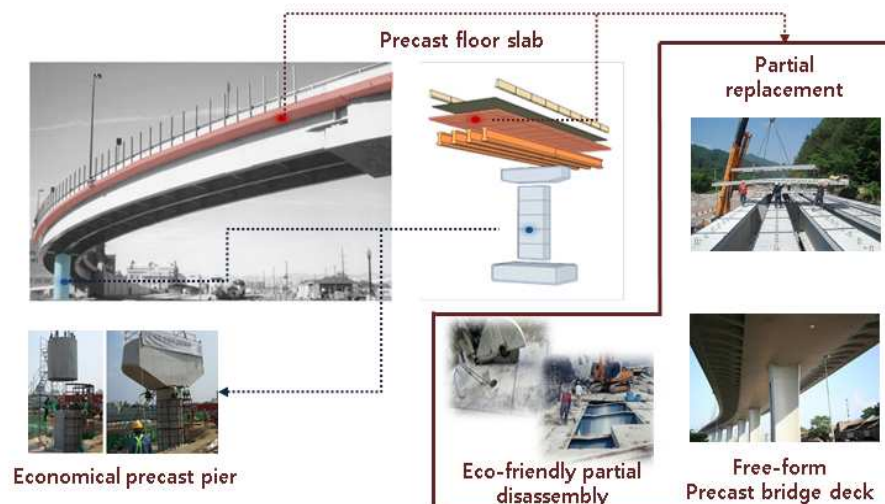
- Research center: Sub-tracks (3EA), unit-tracks (11EA)

구분	과제명
Research center	Intelligent green bridge
Sub-track 1	Intelligent Accelerated Bridge Construction for Partial Assembly and Replacement
1-1	Accelerated Bridge Deck Construction for Partial Replacement
1-2	Intelligent Design and Construction Technology for Accelerated Bridge Pier Construction
1-3	Eco-friendly Partial Demolition for Deteriorated Bridge Structures
Sub-track 2	Green bridge technology using carbon-diet materials
2-1	Rebar-free PSC system using low-carbon steel fiber
2-2	Proactive low maintenance bridge system using long life materials
2-3	Application technology of high energy absorption steel to hybrid pier system for enhancement of seismic performance
2-4	Development of the FRP rebar commercializing technology for concrete member's life prolongation
Sub-track 3	Integrated intelligent-green bridge management technology for preventive maintenance management
3-1	Next-generation bridge management system based on LCC/LC
3-2	Non-contact and wireless USN technology for collapse and construction monitoring
3-3	Eco-friendly retrofit and repair technology for low-carbon emission and high performance
3-4	Eco-friendly assesment of carbon emission and carbon reducing bridge management technology

□ Major Task of Sub-track 1

**Intelligent Accelerated Bridge Construction for Partial Assembly and Replacement**

- **Carbon reduction and minimization of traffic blocking by development of partial replacement and rapid construction**
  - ✓ Guarantee applicability of rapid construction by free-form precast concrete floor slab
  - ✓ Optimization of rapid construction by procurement of economical precast pier system
  - ✓ Minimization Traffic blocking by developing partially replacement

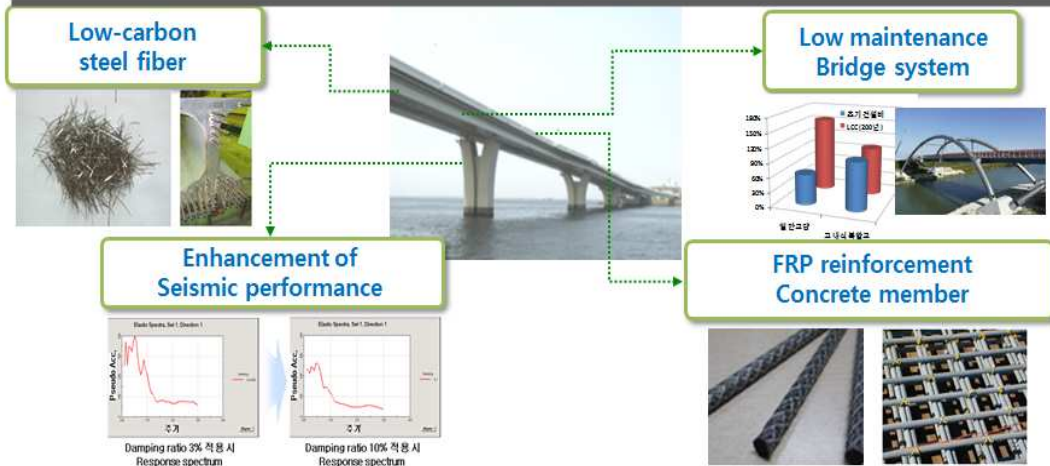


□ Major Task of Sub-track 2

**Green bridge technology using carbon-diet materials**

▪ **Carbon reduction/longevity/Maintenance cost reduction by Eco-friendly and high performance materials**

- ✓ Carbon reduction and construction cost reduction by development of rebar-free PSC system using low carbon-high performance materials
- ✓ Achievement of green technology cost reduction based on minimization of production and maintenance cost using fusion technology of long-term materials
- ✓ Material reduction and life prolongation based on development of hybrid pier seismic enhancement technology application on high energy absorption steel
- ✓ Concrete member's life prolongation based on FRP rebar

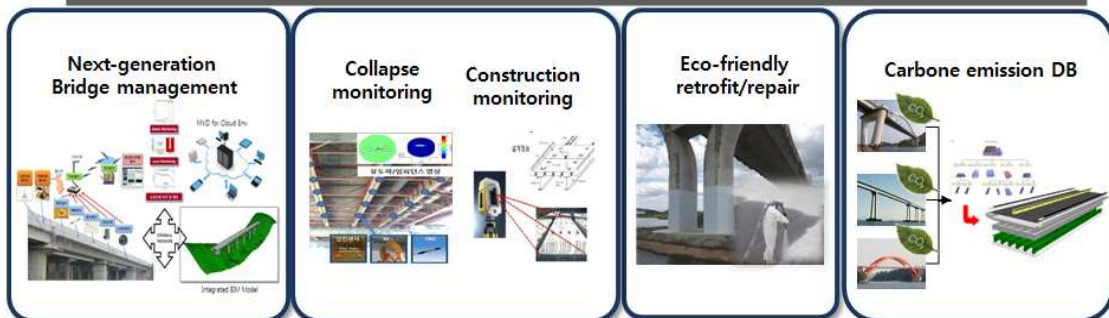


□ Major Task of Sub-track 3

**Integrated intelligent-green bridge management technology for preventive maintenance management**

▪ **Bridge DB advancement, smart diagnosis and performance evaluation, eco friendly retrofit/repair/reinforcement, and realization of intelligent life cycle maintenance technology**

- ✓ Realization of the bridge life cycle information management paradigm by using an advanced design/construction DB
- ✓ Service life prolongation based on damage assessment and unusual condition monitoring of collapsible regions using NDT and smart sensing technology
- ✓ Development of eco-friendly retrofit/repair/reinforcement method using low-carbon and high performance materials
- ✓ Carbon emission calculation model and development of its evaluation system at types/constituents



□ TRM

R&D Goals: Carbon reduction 30%, Service life of 100 year, new growth power						
		1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	3 <sup>rd</sup> year	4 <sup>th</sup> year	5 <sup>th</sup> year
I G B	Sub-track 1	Accelerated Bridge Deck Construction for Partial Replacement				
		Intelligent Design and Construction Technology for Accelerated Bridge Pier Construction				
		Eco-friendly Partial Demolition for Deteriorated Bridge Structures				
	Sub-track 2	Rebar-free PSC system using low-carbon steel fiber				
		Proactive low maintenance bridge system using long life materials				
		Application technology of high energy absorption steel to hybrid pier system for enhancement of seismic performance				
		Development of the FRP rebar commercializing technology for concrete member's life prolongation				
	Sub-track 3	Next-generation bridge management system based on LCC/LCP/LCA				
		Non-contact and wireless USN technology for collapse and construction monitoring				
		Eco-friendly retrofit and repair technology for low-carbon emission and high performance				
		Eco-friendly assessment of carbon emission and carbon reducing bridge management technology				

□ Expected effect and Application

Technical Expectation	<ul style="list-style-type: none"> <li>● To magnify application of rapid construction technology</li> <li>● Future countermeasure technology obsolescence bridge maintenance</li> <li>● Increasing the durability of structures and derive the design criteria for complementary measures</li> <li>● To achieve CO<sub>2</sub> reduction about 30% through long life more than 100 years</li> <li>● Development and validation of long life technically fusion&amp;hybrid complex structure technology to magnify management efficiency considering the life cycle bridge based on BIM, real-time and three-dimensional bridge maintenance and using step-by-step through the sharing inter organizational life-cycle information.</li> <li>● Through fusion and collaboration of advanced technology, Activating the research and Constructing the innovative NDT inspection/diagnosis system</li> <li>● To Localize the key technologies of friendly environment and mitigated environment load reinforcement</li> </ul>
Political Expectation	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Expanding the effect of carbon and energy saving, by shortening construction period and minimizing traffic control and material</li> <li>● To prepare the green growth, development of a low-carbon and slimming method of PSC bridge girder type occupying more than 30% of the market</li> <li>● Contribution to carbon emission about 30% by reducing VOC due to painting and repainting</li> <li>● Implementation of efficiency of maintenance policy and bridge inspection</li> <li>● Computerization and informatization of the construction technology by building integrated management system technology</li> <li>● In accordance with NDT PROMOTION ACT, establishing specialized inspection techniques and international competitiveness</li> <li>● To build low carbon, resource recycling-oriented society and environmental conservation consistent with environmental policy recycling bottom ash industrial waste landfill that is mostly raw as a byproduct of the fine aggregate to mortar aggregate</li> </ul>
Economical Expectation	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Saving direct/indirect cost by maximizing rapid construction and optimizing the design&amp;construction</li> <li>● To minimize maintenance costs allowing a partial response induction of deteriorating bridge</li> <li>● Increasing service life of structures, by ensuring optimal usability</li> <li>● Reducing 200 million/year infrastructure costs by sharing 10%, 2 trillion won per year market of bridge</li> <li>● Reducing national budget about 200~300 billion, cost reduction over 30% per year based on bridge life cycle</li> <li>● Minimizing bridge construction costs about 600~900 million/year , by extending life of new and aging pier</li> <li>● Through effective maintenance and reinforcement, Avoid excessive government budget</li> </ul>

#### 4. Plan of manpower and budget calculation

##### Plan of manpower

(Unit : count)

Sub-track	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	3 <sup>rd</sup> year	4 <sup>th</sup> year	5 <sup>th</sup> year	Total
Sub-track 1	<b>12</b>	<b>54</b>	<b>60</b>	<b>53</b>	<b>28</b>	<b>207</b>
Sub-track 2	<b>22</b>	<b>59</b>	<b>88</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>220</b>
Sub-track 3	<b>17</b>	<b>63</b>	<b>76</b>	<b>60</b>	<b>34</b>	<b>250</b>
Total	<b>51</b>	<b>176</b>	<b>224</b>	<b>419</b>	<b>77</b>	<b>578</b>

##### Budget calculation

(Unit : one hundred million)

Sub track	1 <sup>st</sup> year		2 <sup>nd</sup> year		3 <sup>rd</sup> year		4 <sup>th</sup> year		5 <sup>th</sup> year		Total		Sum
	Public	Private	Public	Private	Public	Private	Public	Private	Public	Private	Public	Private	
Sub track 1	4.28	1.43	17.99	6	21.4	7.46	15.6	6.54	15.4	3.46	74.67	24.89	99.56
Sub track 2	3.60	1.30	21.78	7.60	21.30	7.50	17.12	6.10	4.60	1.60	68.40	24.10	92.50
Sub track 3	4.15	1.39	18.57	6.2	25.34	8.45	17.82	5.94	10.03	3.34	75.91	25.32	101.23
Sum	12.03	4.12	58.34	19.80	68.04	23.41	50.54	18.58	30.03	8.40	218.98	74.31	293.29

# 1장. 기술의 정의 및 필요성

## 1절. 기술의 정의

### 1. “지능형친환경 교량”의 정의 및 대상 교량

#### □ 정의

- ‘지능형 친환경 교량’이라는 새로운 개념을 좀 더 명확하게 규정하기 위해, 먼저 ‘지능형’과 ‘친환경’이라는 단어에 대한 사전적 정의를 살펴본 후에 이를 기반으로 ‘지능형 친환경 교량’에 대한 구체적인 정의를 수립함
  - 지능(형): 외부환경을 예측/감지하여 합리적인 대응방안을 찾고 대처하는 능력 (감지 능력, 판단 능력, 예측 능력, 계획 능력, 적응형 대처능력, 자가충족 능력 등)
  - 친환경: 자연환경 보존과 천연자원 보전에 관련한 (저탄소, 에너지 절감, 폐기물 최소화, 자원재활용, 장수명화 등)
- ‘지능형 친환경 교량’은 탄소 저감 및 장수명화를 목표로 전 생애주기 (설계, 시공, 공용/유지관리, 교체)에 걸쳐 사전에 계획된 Scheme에 의해 철저하게 관리되는 지능형 교량 시스템임
- 즉, 최대 공용수명 및 친환경(탄소 저감) 수준을 미리 설정하고, 이에 따른 부재 결정, 점검 및 교체 계획 등이 사전 계획되어, 첨단/친환경 기술 및 신소재 활용을 통해 능동적으로 관리되는 지능형 교량 시스템을 의미함

#### 🌱 공고문 상의 기술정의

**자가진단, 부분조립 등이 용이하고, 첨단 신소재 (나노소재, 초고성능 재료 등)를 사용한 100년 수명의교량**

#### 🌱 ‘지능형 친환경 교량’에 대한 정의 구체화

**다양한 첨단 기술들을 융·복합시킨 지능형 전략을 가지고 교량 전 생애(설계/시공/공용/유지관리 및 보수보강)에 걸쳐 능동적으로 계획·관리함으로써 30%의 탄소 저감과 100년의 공용수명을 보장하는 친환경 교량**

[그림 1.1] 지능형친환경교량의 정의

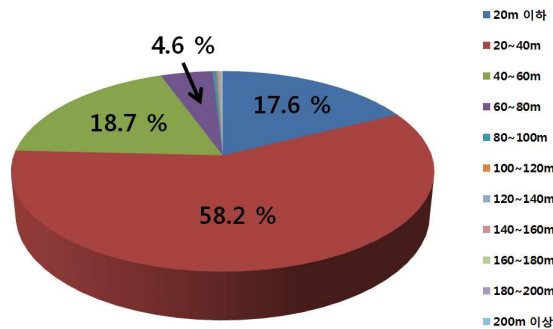
□ 대상 교량 경간장 (200 m 이내 일반 교량) 선정 및 근거

- “지능형친환경 교량” 기술의 대상 교량의 범위는 다음과 같이 규정함  
 “도로교설계기준에서 대상으로 하는 경간장 200 m이내의 신설 및 기존 교량”
- 국토해양부의 2011년도 도로교량 및 터널 현황 조서를 통해 최대 경간장<sup>1)</sup>에 따른 교량 분포에 대해 파악함. 활용된 자료는 고속국도, 일반국도, 특별·광역시도, 국가지원지방도, 지방도, 시·군·구도상의 도로 교량임

[표 1.1] 최대 경간장별 국내 도로 교량 현황

최대 경간장	20 m 이하	20~ 40 m	40~ 60 m	60~ 80 m	80~ 100 m	100~ 120 m	120~ 140 m	140~ 160 m	160~ 180 m	180~ 200 m	200 m 이상
교량수	4925	16253	5219	1296	92	42	62	11	19	6	20

- 교량 현황 분석 결과 최대 경간장이 80 m 이하의 교량이 전체 교량의 99%를 차지하고 있음. 따라서 200 m 이내의 일반 교량에 대한 기술개발은 기존 교량의 노후화 대응 측면에서 그 파급효과가 클 것으로 예상됨



[그림 1.2] 최대 경간장에 따른 교량 현황 분석

1) 최대경간장(지간장) : 한 경간에서 상부구조의 교각과 교각의 중심선간의 거리를 경간장으로 정의할 때, 교량의 경간장중에서 최대값(단위:m)

- 국토해양부의 2011도로교량 및 터널 현황 조서에 의하면 200 m 이상의 최대 경간장을 가지는 교량은 20개 여소임

[표 1.2] 최대 경간장 200 m 이상인 국내 도로 교량 현황

교량명	최대경간장 (m)	교량형식
서해대교	470.0	사장교
영종대교	300.0	현수교
인천대교	800.0	사장교
올림픽대교	300.0	사장교
광안대교	500.0	현수교
영흥대교	240.0	사장교
진도대교	344.0	사장교
돌산대교	280.0	사장교
남해대교	404.0	현수교
제2진도대교	344.0	사장교
소록대교	250.0	현수교
삼천포대교	230.0	사장교
마창대교	400.0	사장교
<b>초양대교</b>	<b>202.0</b>	<b>아치교</b>

- 200 m 이상의 교량이 대부분 사장교 및 현수교와 같은 장대교량이었으며, 이에 관한 연구는 이미 초장대교량 사업단에서 진행 중임. 현 도로교 시방서의 장경간 기준은 200 m이며, 본 기획의 대상 교량은 일반 교량임

## 2. “지능형친환경 교량” 기술범위와 분류

### □ “부분조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술” 기술

- 건설 산업은 CO<sub>2</sub> 배출이 큰 산업이므로 이에 대응가능한 시공성, 적용성, 경제성이 확보된 급속시공 기술 개발 필요
- 신설교량에 적용할 경우 바닥판의 지간별 일괄가설 급속시공 공법이 아닌 부분조립 급속시공공법이므로 우수한 시공성 확보 및 경제성 향상이 예상됨
- 노후교량 및 부천고가교와 같은 재해로 인한 기존 교량의 부분 교체 시 교량 바닥판은 많은 부분이 비정형성을 가지고 있음
- 실용화되고 있는 프리캐스트 공법의 대부분은 상부구조에 국한되고 있으나 공기의 반 이상을 차지하는 하부구조의 급속시공이 이루어지지 않으면 공기 단축의 효과가 크다고 볼 수 없기 때문에 효과적인 프리캐스트 하부구조의 개발이 시급함
- 모든 노후화교량에 대한 재건설은 예산상 불가능하므로 이에 대한 효과적인 기술인 노후교량에 대한 부분적 교체기술 확보 필요
- 전 세계적으로 노후화 손상교량에 경제성이 확보된 대응기술 확보가 큰 관심사이나 상대적으로 교체기술에 꼭 필요한 해체기술 개발은 상대적으로 저조하고 기존기술 활용

### 1 세부과제: 부분조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술

#### ▪ 부분교체 및 급속시공 관련 기술개발을 통한 장수명화를 통하여 탄소 저감 및 교통 통제 최소화(공기단축)

- ✓ 비정형 및 부분교체와 조립이 가능한 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술
- ✓ 프리캐스트 세그먼트 교각의 경제성 확보를 통한 급속 시공 최적화
- ✓ 국부손상 대응 부분해체 기술 및 부속장치 급속교체 기술을 통한 교통 통제 최소화 및 경제성 향상



[그림 1.3] 부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술

□ “카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술” 기술

- 경제성 위주의 교량공법 선정에 따른 PSC 거더교의 증가에 대응한 저탄소 공법 개발로 교량분야 녹색성장 견인가능
- 교량공사에서 철근작업을 최소화함으로써 현장 작업성 향상과 철근간섭에 의한 콘크리트 품질 균등 문제 해소 필요
- 우리나라에서도 최근 교량의 발주와 유지관리를 맡고 있는 정부나 지자체 등에서 기존 교량의 유지관리 업무와 비용에 대한 부담이 큰 이슈로 부각되고 있으므로, 교량 유지관리 업무와 비용절감에 효율적인 방안을 강구 필요
- 산악지역 등 도외지 공사의 경우 환경파괴 최소화 및 경관설계를 위해 슬림하고 미려한 교각기술개발이 요구됨
- 국내에 지어진 많은 교량들이 40~50년 정도로 예상되는 내구수명에 다다르면서 성능을 충분히 확보하며 슬림한 형태를 유지할 수 있는 보수 보강기술 개발이 요구됨

**2 세부과제: 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술**

■ **친환경 고성능 소재 활용기술을 통한 탄소저감/장수명화/유지관리비용 절감**

- ✓ 저탄소 고성능 소재 활용 무철근 PSC 구조 개발을 통한 탄소저감 및 공사비 감축
- ✓ 장수명 소재 융복합 기술을 통한 제작비 및 유지관리 최소화로 친환경 비용절감 달성
- ✓ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 내진성능 향상기술 개발을 통한 재료절감 및 수명연장
- ✓ 콘크리트부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술개발



[그림 1.4] 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술

□ “예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술” 기술

- 교량의 급격한 노후화에 따른 교량 교체/보수/보강 우선순위 결정체계 구축 시급
- 현재 교량의 국부적 노후화 및 기능저하에 대하여 부분적인 유지관리가 필요함에도 불구하고 비경제적으로 전면교체가 이루어지는 실정으므로, 구조물의 기능저하를 세그먼트별로 평가/진단하고 손상세그먼트만 부분교체 가능한 교량기술이 확보 필요
- 시공/공용 중 붕괴는 극심한 인적/경제적 손실을 초래하며 장수명화와 직접적인 연관이 있으므로, 이에 대한 상시적, 합리적, 능동적 대처 방안 마련 시급
- 조립식 교량 급속 시공이 보편화되기 위해서는 첨단 센싱 기술을 활용하여 off-site에서 사전 제작되는 프리캐스트 콘크리트 부재의 형상 관리 및 on-site에서의 정밀 시공 기술 개발을 통한 효율적인 교량 시공 시스템의 구축이 필요
- 기존 노후화 교량, 국부 손상 부위에 대한 친환경 고성능 보수/보강/방식

**3 세부과제: 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술**

▪ **교량 DB 고도화, 스마트 진단 및 성능평가, 저탄소 친환경 보수/보강 및 지능형 생애주기 유지관리 기술 구현**

- ✓ 설계/시공 DB의 첨단화를 이용한 교량 전 생애주기 정보화 관리 패러다임 구현
- ✓ 첨단 NDT 와 스마트 센싱을 통한 건전성 평가 및 핵심 붕괴 유발 부위 이상상태 감지를 통한 장수명화
- ✓ 저탄소·고성능·고내구성 재료를 활용한 친환경 보수·보강·방식 기반 구축
- ✓ 탄소배출량 산정 정보모델 구성 및 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템 구축

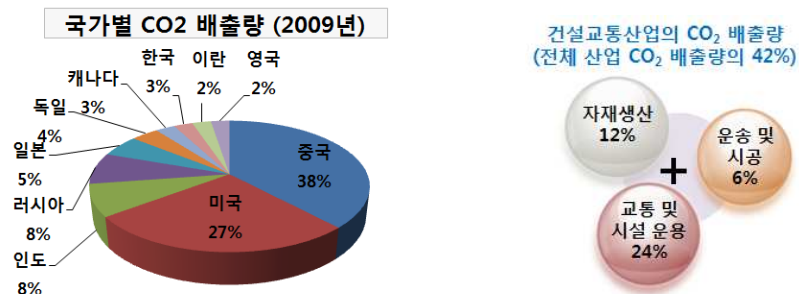


[그림 1.5] 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술

## 2절. “지능형친환경 교량” 기획의 필요성

### 1. 정책적 필요성

- 우리나라는 2009년 기준으로 세계 8위 (OECD 국가 중 6위)의 CO<sub>2</sub> 다 배출 국가이며, 교토의정서 2차 공약기간 (2013-2017년)에는 매년 3.7억 톤의 온실가스를 감축해야만 하는 의무국에 지정될 가능성이 높기 때문에 이를 대비한 CO<sub>2</sub> 감축 노력이 필요함
- CO<sub>2</sub> 감축 노력이 실질적인 성과로 이루어지기 위해서는 전체 산업 CO<sub>2</sub> 배출량의 40% 이상을 차지하는 건설교통 산업 분야에서 혁신적인 녹색기술이 많이 개발되고 널리 활용되어야 함
- 국토해양부 녹색성장 기반 구축을 위한 제4차 건설기술 진흥기본 계획에 의하면 녹색성장 기반 마련을 위하여 건설기준을 정비하고 건설공사의 녹색기술력 평가와 녹색기술 적용 및 친환경 자재 및 공법 선정 유도하고 있으며, 이에 대하여 친환경 건설 및 교통통제 최소화 건설 기술 개발을 장려함
- 정부는 미래 국토해양 분야의 녹색성장 견인 및 신성장동력 창출을 위해 30대 미래 핵심 기술 (Green-up 30)을 도출했으며, 이 중에 지능형 친환경 교량 사업이 포함됨



[그림 1.6] 국가별 CO<sub>2</sub> 배출량 및 건설 교통 산업의 CO<sub>2</sub> 배출량<sup>2)</sup>

### 2. 경제적 필요성

- 기존 및 신설 교량의 증가에 따라 교량 관리 수요가 늘어날 것으로 예상되며 이에 따른 교량 관리에 대한 인력 및 비용이 증가될 것으로 예상됨. 따라서 교량 생애주기의 효율적인 관리가 요구됨
- 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가하고 있음
- 따라서, 향후 교량 노후화와 유지관리비용 급증에 선제적으로 대응할 수

2) 기후변화행동연구소, <http://climateaction.tistory.com/731>

- 있도록 계획, 설계단계에서부터 교량의 장수명화 방안 모색 필요
- 국토해양 분야의 신성장동력 창출을 위해서는 명확한 목표시장 설정, 미래 수요에 알맞은 필수 핵심기술 개발 계획, 해외시장 개척을 포함한 체계적인 성과 활용방안 등을 제시해야만 함
- 필수 핵심기술의 국산화/자립화에 부합하는 최적 기술 선별을 통해 중복 투자를 최소화해야함
- 기술 적용에 따른 생산증대 효과, 고용 증진 효과, 세계적 선두 지위 확보 효과, 특허 등록에 따른 로열티 수익 효과 등을 기대할 수 있어야함

### 3. 사회적 필요성

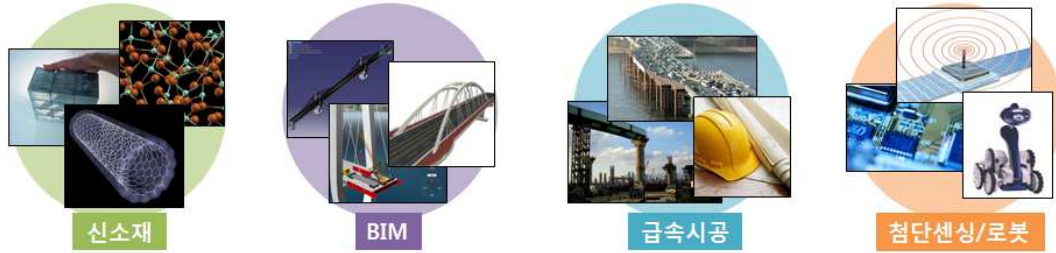
- 교량은 공공성이 높은 사회 기반 시설물로서, 공공 운영 중 안전성 확보와 교량 붕괴/파손 시의 신속한 응급 복구 또는 교량 교체 공사기간 단축은 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대와 직결됨
- 소득증가, 본격적인 주5일 근무제 실시, 승용차 등 차량대수 증가, 고속국도 지속 확충 등으로 앞으로도 고속국도 이용자는 해마다 증가할 것으로 예상됨. 교통혼잡비용의 소폭으로 지속 증가하고 있으나 그 규모면에서 GDP의 2.62%에 달할 정도이며, 교통 혼잡은 국가 경제활동에 큰 영향을 미치므로 교통 혼잡을 완화하기 위한 지속적인 노력이 요구됨
- 지능형 친환경 기술개발을 통한 효과적인 교량 안전성 확보 및 관련 기술의 세계적 선두 지위 확보가 필요함

### 4. 기술적 필요성

- 기존의 유지관리 시스템은 단순히 정보 보관 이상의 의미를 갖지 못하며, 유지관리 시 얻어지는 정보 및 이력을 체계적으로 관리하지 못하고 있음. 시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 따라 수집된 정보가 체계적으로 관리되지 못하는 실정이며 교량 생애주기 각 단계별 수행 조직들 간 정보공유의 어려움으로 교량 생애주기 관리의 효율성이 저하되고 있음
- SOC사업의 발주방식 다양화, VE평가 확대, 사업기간 단축 요구 등 국가차원에서 구조물 급속시공을 장려하고 그 범위도 확대하려는 추세이고 녹색기준, 녹색기여도 인센티브 등 녹색기여효과 인정기반 구축되고 있음
- 세계 각국은 정부 주도로 건설 분야에 IT기술을 융합하여 시너지 효과를 얻을 뿐만 아니라, 고부가가치의 신성장동력을 창출하기 위해 노력 중임
- 기존의 주관적인 방법으로 기록된 유지관리이력 작성방법에서 탈피하여

보다 체계적이고 객관적인 DB구축이 선행 요구됨

- 사회간접비용 절감 및 단면설계 및 시공관리 최적화를 통한 경제성이 향상된 교량기술 보급 필요
- 해외에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시도가 이루어지고 있으며, 국내에서도 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등이 동시에 고려된 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상



[그림 1.7] 교량의 지능화

## 2장. 국내외 동향 및 환경분석

### 1절. 국내외 정책동향

#### 1. 국내 정책 동향

##### 1.1 범정부 정책

###### □ 녹색 성장 관련 정책 및 동향

- 2009년 2월 『저탄소 녹색성장기본법』 정부안 확정, 2010년 4월 시행<sup>3)</sup>
  - 대통령직속 녹색성장위원회 공식 출범 (2009년 2월 16일)
  - 저탄소녹색성장기본법(안) 제9조: 국가의 저탄소 녹색성장을 위한 정책목표·추진전략·중점추진과제 등을 포함하는 국가전략을 수립·시행
- Global Green Growth Institute (GGGI)<sup>4)</sup>
  - 개도국의 저탄소, 지속가능 경제성장과 특히 "Green Growth"전략을 추진할 수 있도록 민간부문에서 협력하여 전문적인 정책연구 및 정책개발을 하는 역할을 수행
  - 2010년 6월에 설립되었으며, 2012년 우리나라가 주도하는 최초의 국제기구로 전환될 예정
  - 3가지 주요 사업영역과 핵심사업(안) (2010~2012)

[표 2.1] GGGI의 주요 사업영역

주요 사업영역	핵심사업 (안)
녹색성장 세계화	• 녹색성장 이론적 체계화 추진, 온실가스 배출량 분석에 대한 GGGI 분석 모델 개발
녹색성장 모델 글로벌 전파	• 글로벌 녹색성장 컨퍼런스 매년 개최 및 보고서 매년 발간
개도국 녹색성장 계획 수립 지원	• 5개국(에디오피아, 브라질, 인도네시아, 중국, 인도 등) 대상 녹색성장 마스터 플랜 수립 • 12년까지 10개국 확대 스마트 그리드, 전기자동차, 태양광 등 녹색성장 산업기술별 세부발전전략 수립

- 우리나라는 OECD국가로서 세계 8위<sup>5)</sup>(에너지부문 CO<sub>2</sub> 배출량 기준-09년 기준, IEA)의 온실가스 다배출국이나, 교토의정서상 38개 의무감축국에 미가입
  - 2008년까지 세계 9위였던 우리나라 이산화탄소 배출량이 2009년에는 한 단계 더 상승해 세계 8위를 기록함. 최근 미국 에너지 통계기관인 에너지정보청(EIA; Energy Information Agency)의 발표에 따르면, 2009년에 우리나라에서 배출된 이산화탄소량은 2008년에 비해 1.2% 늘어난 5억2,813만 톤이었으며, 이는 1990년에 비해 무려 118%가량 증가한 양임
  - 2009년 한국의 1인당 이산화탄소 배출량은 10.9 톤으로서, 1인당 국민소득

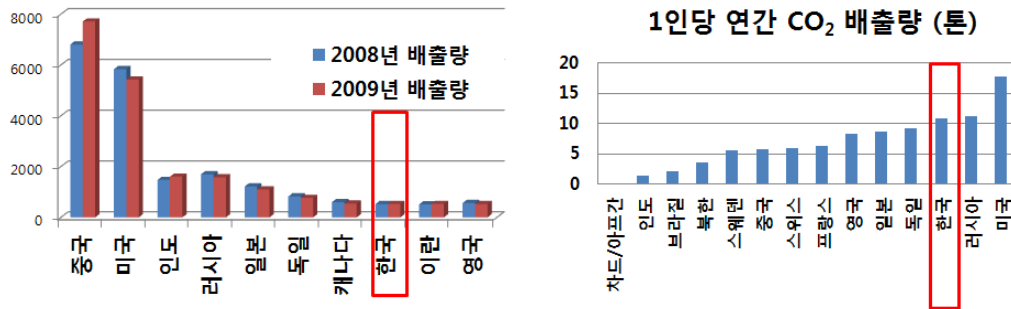
3) 녹색성장위원회, <http://www.greengrowth.go.kr/www/green/ls/is.cms>

4) <http://www.gggi.org/news>

[http://cafe.naver.com/idrf.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=14&](http://cafe.naver.com/idrf.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=14&)

5) 기후변화행동연구소, <http://climateaction.tistory.com/731>

이 2~3배나 높은 독일(9.3 톤), 일본(8.6 톤), 영국(8.4 톤)보다 훨씬 많은 것으로 파악됐으며, 이와 같은 결과는 우리나라의 에너지 효율이 대다수 선진국들에 비해 매우 낮다는 사실을 시사



[그림 2.1] 국가별 이산화탄소 배출량

- 교토 의정서 상 非의무감축국이나, 국제사회는 우리나라가 선진국 대열에 편입하거나 OECD 회원국으로서 중국, 인도 등과 차별화된 감축행동 요구. EU는 OECD국가 등 선진국에 대하여 2020년에 1990년 대비 25~0%, 개도국에 대하여 BAU 대비 15~30% 감축을 촉구

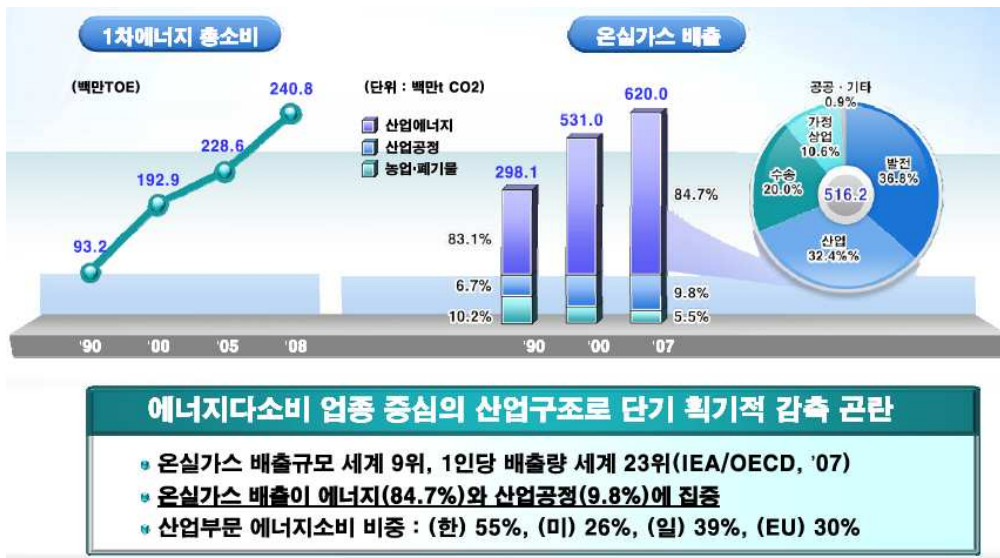
□ 국내 에너지관련 정책 동향6)

- 에너지이용합리화법 (현. 에너지법)에 따라 중장기계획 수립 및 추진 중
- 1992년 착수 이후 2010년까지 1조 1,785 억원 투자



[그림 2.2] 에너지이용합리화법에 따른 중장기 계획

6) 한국의 에너지기술개발사업 목표 및 방향, 한국에너지기술평가원(2011)



[그림 2.3] 국내 에너지 수급 동향

- 온실가스 처리기술, 에너지 효율향상, 신재생 에너지로 2015년 최종 에너지 소비 예상량의 5% 저감(1,130 만톤)을 목표로 하고 있으며, 각 중점 사업별 투자 및 지원방법은 아래 표에 정리함

[표 2.2] 중점 사업 내용

중점 사업	사업별 지원 방법
에너지 효율향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>화석연료 신재생에 이은 제 3의 에너지원으로 고유가시대 (11년 유가 200억불 전망)에 대비해 지원확대 필요</li> <li>국가 온실가스 감축 목표 달성에 38%이상 기여할 것으로 전망되는 가장 중요한 감축기술</li> </ul>
온실가스 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가온실가스 감축 목표를 달성하기 위해 범부처 역할분담에 따라 지원</li> </ul>
자원기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>지질자원연구원 고유사업(10년 660억) 역할분담을 통해 지원</li> </ul>

## □ 국토 및 도로 등 건설 관련 정책 현황

- 국토해양부는 **Green-up 30 (포스트 VC-10)<sup>7)</sup>**을 VC-10의 뒤를 이을 차세대 미래국토해양 기술을 결정하였으며, 개혁안의 타당성을 치밀하게 검증하기 위해 국토해양기술 부문의 4대 연구원(건설기술연구원, 교통연구원, 철도기술연구원, 해양연구원)의 원장과 철도학회장, 해양학회장, 수자원공사 연구소장, GS건설 기술본부장 등의 거물급 인사로 토론회 패널를 구성, 2014년경에 개발이 완료될 초고층빌딩, 초장대교량 등이 포함된 VC-10에 이어 향후 10년간 국토해양 R&D를 선도할 Green-up 30 (포스트 VC-10)을 선별하였음

7) <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201006211435378940521>, 건설경제(2010.06.21)

2020년  
비전

품격 높은 국토해양 공간을 창조하는  
Green Growth Leader

목표



[그림 2.4] 국토해양 R&D 발전방향

- **Green-up 30<sup>8)</sup>**은 미래 국토 해양 분야의 녹색 성장 견인, 신 성장 동력 창출을 위한 미래핵심 기술 개발을 목표로 하며, 건설 분야는 에너지 고효율·CO<sub>2</sub> 저감을 위한 6개 미래핵심 기술과 공공 및 성장 동력 창출을 위한 네트워크 기반 SOC시설물 관리기술, **지능형 친환경 교량(Intelligent Green Bridge)**, 첨단 수자원 관리 기술, 해저터널 기술, 해상 부유식 LNG플랜트(LNG-FPSO)기술, 차세대 국토해양 공간정보 기술 등의 총 12개 기술 개발을 목표로 함

30대 미래핵심기술  
(Green up-30)



분야	에너지 고효율·CO <sub>2</sub> 저감	공공 및 성장동력 창출
건설 (12)	탄소저감형 건설재료	네트워크 기반 SOC시설물 관리기술
	첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성기술	<b>지능형 친환경 교량(Intelligent Green Bridge)</b>
	순환형 도시자원 복합 플랜트	첨단수자원 관리 기술
	능동형 녹색빌딩(Active Green Building) 기술	해저터널 기술
	하이브리드 담수화플랜트 기술	해상부유식 LNG플랜트(LNG-FPSO)기술
	하천관리 선진화 기술	차세대 국토해양 공간정보 기술

[그림 2.5] 국토해양 30대 미래핵심 기술 (Green up 30)

- 국토해양부는 **제 4차 국토종합계획 수정계획 (2011~2020년)<sup>9)</sup>**을 2011년 1월 27일 국토기본법 제12조 제 4항에 의거하여 공고함 (대통령공고 제 224호)
  - 기후변화 대응 및 **저탄소 녹색성장을 위한 새로운 국토발전전략을 국토계획에 반영**. 녹색 시장을 신성장 동력으로 설정
  - 기후 변화에 대응하고 재해에 대비하여 **IT기술을 활용한 첨단 통합방재시스템을 구축, 예방적·통합적 안전관리 체계 구축**
  - 고속도로, 국도 등 도로간 상호연계를 강화하고 지역간 균등한 간선도로 서비스 제공을 위한 **도로시설 개량 및 확충 추진**, 국가 간선도로망의 **지능화 및 첨단화로 신속·안전하고 편리한 첨단 교통 서비스 제공**

8) 건설 미래핵심기술 12개 집중육성, Surveying & Mapping Magazine(2010.11.12)

9) 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020), 대한민국 정부(2011.1)

- 시설물의 재해 예방 능력과 복구 능력의 강화, 재해 복구시 시설물의 신속한 기능 회복과 개량을 위해 재해 복구체계 개선
  - 첨단교통체계(ITS) 구축과 스마트 하이웨이 건설(2018~2030년)로 교통혼잡 구간의 회피 및 교통안전성 제고 등 CO<sub>2</sub> 배출 최소화, 스마트 하이웨이의 개념도에 장수명, 첨단(지능형) 교량 관리에 대한 내용이 포함
- 국토해양부는 제 2차 도로정비기본계획 (2011~2020)<sup>10)</sup>을 통해 도로정책 및 간선도로 정비에 관한 도로정비기본계획을 수립하였으며, 이는 지방도 등 하위도로 계획 수립의 기본이 되고 있음. 국가 사회·경제 여건의 변화, 그리고 광역경제권역의 형성 등 국내·외 여건변화를 감안한 도로정비 기본계획의 체계적 검토 실시

[표 2.3] 국토해양부의 도로정비기본계획

구 분	도로정비기본계획 (1998~2011)	도로정비기본계획 수정계획(2006~2010)	제2차 도로정비 기본계획(2011~2020)	비고
도로망의 종합관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로계획 일원화</li> <li>· 교통안전</li> <li>· 도로정보체계</li> <li>· 도로운영</li> <li>· 교통운영</li> <li>· 도로조사 및 연구개발</li> <li>· ITS</li> <li>· 도로행정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환경친화적 도로건설방안</li> <li>· 도로교통안전</li> <li>· 지방도 정비계획 협의지침</li> <li>· 도로운영·관리</li> <li>· ITS 등 정보화</li> <li>· 도로관련 기술 연구개발</li> <li>· 도로행정</li> <li>· 도로이용자 만족도 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국토 간선도로망 조기 구축 및 네트워크 효율화</li> <li>· 인간·환경친화적인 도로 건설</li> <li>· 첨단 기술과 융복합 및 관리체계 선진화</li> <li>· 안정적인 재원확보 및 투자효율성 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 최근 수립된 부문별 계획 여건변화 및 21세기 도로정책 방향의 반영</li> </ul>

10) 제2차 도로정비기본계획 (2011~2020), 국토해양부(2011.6)

## 1.2 세부기술별 정책동향 및 전망

### 1.2.1 BIM 관련 정책 동향

- 지난 10여년간 국내의 교량 건설 분야에서 3D 설계 및 BIM 기술의 활용은 오히려 정책적으로 제한되어 온 실정임. 예를 들어, 3D 설계의 핵심인 3D 도면(정면, 측면, 평면이 상호 연관관계 있는 도면)이 단순 치장품으로 인식됨으로써 과당 경쟁으로 인한 불필요한 지출을 억제한다는 목적으로 건설 공사 입찰 기준에서 도면 등 시설물의 표현에서 3D가 금지되어 왔음
- 최근 “4대강 살리기” 건설공사 설계 중 부산청의 낙동강 살리기 6개 공구에 처음으로 3차원 공정시뮬레이션이 입찰안내서에 제시되었고 2010년 4월에는 조달청에서 2012년부터 500억 이상 모든 공공발주 프로젝트와 관련하여 의무적으로 BIM을 도입하기로 하는 등, BIM을 토목 건설 분야에 적용하려는 추세가 전개되고 있음



[그림 2.6] 조달청 BIM 정책관련11)

- 전력거래소 현상설계 프로젝트, 디지털 방송콘텐츠 신축공사 프로젝트 등을 비롯한 다양한 신규 프로젝트가 BIM을 기반으로 발주되고 있으며 삼성건설, 대림산업, 쌍용건설 등 대형 건설사들이 BIM의 테스트베드를 시작함

#### □ 한국내공사, 한국도로공사, 주택도시연구원

- 올해 초 한국내공사에서 공공주택의 BIM 가이드라인 작성 용역을 발주하였고 한국도로공사에서는 부산외곽고속도로 건설공사 설계를 BIM으로 검토하는 용역을 발주하는 등, 토목 건설 분야에서 BIM을 활용하려는 정책적 조치가 나타남
- 미래건설현장에 U-IT, 자재, 인력, 품질관리가 이뤄지고 3차원 BIM 등 건설사업관리시스템 구축을 위해 주택도시연구원(HURI)은 U-건설 중장기로드맵을 발표하였음

11) 국토일보 기사, 2010년 4월 19일

## □ 행정복합도시건설청

- 행복도시의 U-City 구현, 행복도시 건축물 3차원 정보도입을 위한 한국형 3D CAD 지침 제작 및 시범 적용에 대해 연구 중

## □ 호남고속철도 3D 지침

- 철도시설물 설계 및 유지관리의 첨단 정보를 위해 3D 작성 지침 등을 개발할 예정에 있음

## □ 조달청

- 청와대 경호처와 조달청이 발주하는 경호교육원 건물에 빌딩정보모델링 (BIM) 기반 설계방식이 도입되었음. 특히, 단순히 2차원 도면을 3차원으로 바꾸는 것에서 그치는 것이 아니라 설계와 시공, 관리 등 전 분야에 걸친 많은 변화를 불러 올 것으로 기대되고 있어 향후 도입 확대 여부가 주목됨

### 1.2.2 친환경 소재 활용 관련 정책 동향

#### □ 국가과학기술위원회의 저탄소 녹색성장 정책

- 정책적으로 폐기물 감소와 자원 재활용 추진
- 주요 사회간접자본 시설의 탄소 집약도와 생태효율성 개선
- 자원 순환형 인프라구축 : 폐기물 감소, 자원순환을 위한 사회간접자본 확충 및 법적 제도적 기반 마련

#### □ 국토해양부의 녹색성장 기반 구축을 위한 제4차 건설기술진흥기본계획 수정

- 녹색성장 기반 마련을 위한 건설기준 정비
  - 건설공사의 녹색기술력 평가와 녹색기술 적용 및 친환경 자재-공법 선정 유도
- 시설물별 녹색성장 성과평가 방법 및 기준 마련
  - 시설물 단위 자재생산, 시공과정을 포함한 전 생애에 걸친 온실가스 배출통계시스템 구축
  - 시설물 유형별, 공정별, 건설단계별 온실가스 배출 평가지표 개발 및 지침 마련
- 친환경 건설현장 실현
  - 건설현장 환경보전 및 복원대책 수립과 환경관리비 제도 개선
  - 건설폐기물 발생 억제 및 재활용 기술 개발
    - : 시설물별 생애주기에 대한 폐기물 발생조사, 분석과 폐기물 관리시스템화 설계단계에서 해체를 검토하도록 설계기준 개정
    - 폐기물 의무 재활용 및 폐기물의 고부가가치화 기술 개발
  - 녹색성장 지원 제도 마련
    - : 건설산업 전 생애에 수행단계별로 CO<sub>2</sub> 발생량 측정하도록 제도 구축
  - 안전성 외 환경, 사용성 등을 고려한 성능 지표 개발
    - : 친환경 시설 인증제도 및 인센티브 제공

- 국내 시멘트 생산량 연간 5,000 여만톤에 따른 CO<sub>2</sub> 연간 발생량은 4,000~5,000 만톤 수준이며, 조강 생산에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량은 연간 5,000 여만톤에 이르고 있음. 국가적 차원에서 이를 저감하기 위한 기술개발, 정책적 노력 등이 다양하게 검토 및 진행 중임
- 최근에 제정 작업 중에 있는 신도로교 설계기준(LRFD)에서는 기존의 교량 설계수명이 50년이던 것을 100년으로 상향한 안을 마련하였으며, 이는 2012년부터 실제 교량 설계에 반영될 예정임

### 1.2.3 부분 조립 및 급속 시공 기술 관련 정책 동향

- 국토해양부 녹색성장 기반 구축을 위한 제4차 건설기술진흥기본계획에 의하면 녹색성장 기반 마련을 위하여 건설기준을 정비하고 건설공사의 녹색기술력 평가와 녹색기술 적용 및 친환경 자재 및 공법 선정 유도하고 있으며, 이에 대하여 친환경 건설 및 교통통제 최소화 건설 기술 개발을 장려함
  - 전국 교통혼잡비용 감축 및 지속가능성 제고 (GDP 2.9%→1%이하)
  - 저탄소 녹색 성장형 교통정책은 교통 혼잡 완화 및 소통능력 제고에 따른 온실가스 저감, 통행 및 인프라 구축·운영상 에너지 절감 등의 목적으로 추진되며, 많은 해외사례를 통해 정책적 효과가 검증되고 있음

#### □ 국토해양부 R&D발전전략 중 미래 핵심 분야<sup>12)</sup>

- 글로벌 메가트렌드와 국토해양 영역별 변화를 기반으로 도출된 7대 주요 전망은 다음과 같으며, 본 기획과제의 부분조립이 가능한 교량 모듈화 및 급속시공 기술 역시 국제융합, 협조 및 각 분야의 유사 연구 경험을 활용할 수 있는 지능형 친환경 교량의 계획, 건설, 운영기술 시스템을 구축할 수 있는 기술개발 가능성 높음

기후변화 대응	온실가스 적극 감축과 기후변화에 따른 재해 대응 중요
기술 융복합	국토해양 분야와 IT, 에너지 분야 등과 기술 융복합 가속화
도시경쟁력 강화	글로벌 경쟁의 핵심으로 도시경쟁력 부각
SOC 관리	기존 SOC의 효율적 운영 및 친환경·안전성향상 중요
해양자원 확보	해양자원확보를 위한 과학기술 및 산업화 기반강화
극한지 탐사	극한지(남·북극, 심해저, 우주 등) 탐사 기술경쟁 심화
국토해양 공간관리	수 국토해양 공간의 효율적 모니터링을 통한 시스템적 관리 중요

[그림 2.7] 국토해양 7대 트렌드

- 국토해양부 R&D발전전략 중 미래핵심분야의 중점육성 및 공공/기초/원천 R&D지원강화를 위한 R&D인프라 육성 계획
  - 건설교통분야 11개 사업 중 건설기술혁신분야의 내용으로 지속 가능한 교량, 터널 및 재해/안전 대응 시설 구축기술, 지능형 설계 및 프로젝트 관리기술 개

12) 국토해양 R&D발전전략 팜플렛, 국토해양부

발 사업 등은 신설뿐만 아니라 교량의 효율적인 부분 교체 기술 개발로 인한 혁신적인 유지관리 기술확보가 가능한 본 중점과제의 목표와 부합됨

#### □ 공정혁신 성공 사례<sup>13)</sup>

- 국내외 대형프로젝트의 경우 공기 단축 방안이 시공사 선정의 주요 평가 기준으로 부상함에 따라 공정혁신 방안 필요성 강조
  - 1000 억원 공사를 시공해 1년 조기 준공하면 편익은 50억~100 억원으로 추정될 정도로 경제성 면에서 핵심은 공기단축임. 해외시장에서도 발주자가 기존 표준공기 개념을 파괴한 공기 단축 요구가 있는 실정이며, 플랜트의 경우 3개월 가량 공정을 단축하면 3~4%의 수익률을 향상시키는 효과가 있음
  - 건설사 입장에서 공기 단축은 공사원가 절감, 현금흐름 개선 등을 통한 수익성 개선의 효과가 있어 수주 경쟁력을 높이는데 도움이 되며, "선진국에서 활용되고 있는 공기 단축형 입찰방식(Cost- Plus-Time 또는 A+B 계약 방식)을 도입해 발주자와 사용자가 이익을 얻을 수 있도록 하고 건설사들이 공정관리 역량 제고와 신기술·공법 개발·적용을 유인해야 한다"고 지적

#### □ 교량 유지관리 관련 정책동향

- 2008년 국토해양부<sup>14)</sup>에서는 약 940억 원 규모의 교량 안전관리 계획을 발표함. 노후교량(17개교) 개축에 291억 원, 저 등급 교량(9개교) 성능개선에 30억 원, 통수단면 부족 교량(14개교) 개선에 161억 원, 일상점검 및 보수비용으로 458억 원을 투자함
- 시특법대상시설물 38,929개소 중 절밀안전진단대상은 4,110개소이며, 최근 3년간 안전점검 및 정밀안전진단의 수주규모는 연평균 688건임<sup>15)</sup>

[표 2.4] 시설물 유지관리업 계약실적 변화추이 (단위: 건당 백만원)

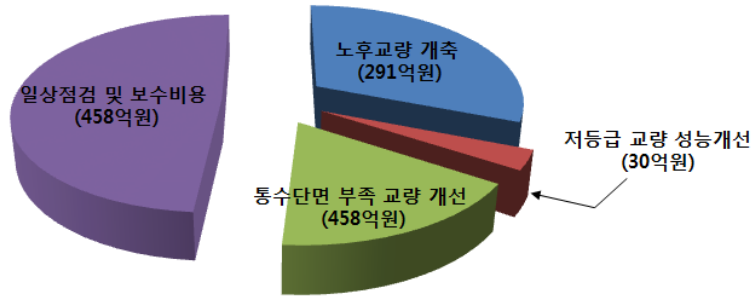
구분	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	연평균 증가율
건수	5,696	13,877	20,806	22,260	24,897	25,535	30,060	31.9%
증감율		143.6%	49.9%	7.0%	11.8%	2.6%	17.7%	
금액	377,519	774,074	1,013,506	1,134,412	1,268,104	1,329,885	1,488,203	25.7%
증감율		105.0%	30.9%	11.9%	11.8%	4.9%	11.9%	

자료: 대한전문건설협회 (2006), '2006년도 통계연보'

13) 건설기업의 경쟁력 제고를 위한 공정혁신 성공사례 분석과 시사점, 한국건설산업연구원(2011)

14) 철저한 교량관리로 교량 안전도 향상, 국토해양부 도로환경과 (2008.5.14)

15) 제2차 시설물안전유지관리기본계획, 건설교통부 안전기획팀 (2007.12)



[그림 2.8] 2008년도 국토해양부 교량 안전 관리 예산 (총 960억원)

- 현재 국가적으로 『시설물의 안전관리에 관한 특별법(법률 제 7515호, 2005. 5. 26. 공포·시행, 2009. 12. 29 일부 개정)』<sup>16)</sup>을 제정하여 시행하고 있으며, 현재 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』에 의거하여 지정·관리되는 1, 2종 시설물은 약 30,000여 개소 이상임
- 현재 안전 및 유지관리를 법령에 제시된 주기에 맞추기 위해 실시하거나, 안전에 심각한 문제가 발생해야만 안전점검·진단과 보수·보강 등을 실시하는 수준으로 실효성 있는 시설물 관리가 미흡
  - 시공단계에서는 LCC분석과 관련해 부분적으로 제도화가 되어 있으나, 유지관리단계에서는 생애비용 효율화를 위한 예방적 유지관리 제도가 없는 실정
  - 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 평가 표준화, 자산가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 통합 시스템이 구축되어야 하나 부분적인 요소기술만 개발된 실정
  - 향후 예방적 유지관리를 위해 필요한 요소기술, 제도마련 등의 마스터 플랜을 수립하고 추진하여 예방적 관리체계로의 전환 유도 필요

16) 시설물 안전관리에 관한 특별법령집, 국토해양부 (2010.09)

## 2. 국외 정책 동향

### 2.1 저탄소 관련 정책

#### □ 글로벌 정책 동향 및 주요국 감축목표<sup>17)</sup>

- 지구온난화 문제를 해결하기 위해 「교토의정서」를 중심으로 글로벌 차원의 온실가스 감축방안 마련·추진 중
- 97년 「교토의정서」는 90년 대비 2012년 평균 5.2%를 줄이기 위해 38개 의 무감축국의 감축목표('08~'12)를 각각 명시



[그림 2.9] 국가 간 기후변화협약 체결 경과

[표 2.5] 국가별 온실가스 감축 방안 및 목표

국가	주요내용
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020년까지 1990년대비 20% 감축</li> <li>• EU 기후변화 종합법(Directives) 발표( '09.4)</li> <li>• 배출권거래제(EU-ETS) 도입 및 시행 ( '05)</li> <li>• 자동차 온실가스 배출규제 도입(' 09)</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계최초로 기후변화 법안 도입, 감축목표 명시( '08.12)</li> <li>• 2020년까지 1990년 대비 34% 감축목표(' 09)</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10년간 신재생에너지 산업 1,500억달러 투자계획( '09.1)</li> <li>• 2020년까지 2005년 대비 17% 감축을 담은 “청정에너지·안보 법안 (Waxman-Markey)” ( '09.6, 하원통과)</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저탄소 사회구축을 위해 「Cool Earth 50」 발표 ( '07.5)</li> <li>• 저탄소혁명전략 등을 담은 미래개척전략(J Recovery plan)( '09.4)</li> <li>• 2020년까지 2005년 대비 15% 감축(' 09.6)</li> </ul>

- 2007년 12월 기후변화협약 제13차 당사국총회에서는 2009년 말까지 포스트 2012체제에 대한 협상을 완료한다는 합의가 이루어졌고 이를 계기로 기후변화체제에 대한 국제협상이 가속화되고 있음<sup>18)</sup>

17) 녹색성장위원회, <http://www.greengrowth.go.kr/www/policy/onsil/onsil.cms>

18) 기후변화의 국제적 논의 동향과 한국의 대응, 정성춘 대외경제정책연구원(2008.11.17)

- **중국 국가개발개혁위원회(NDRCC)**<sup>19)</sup>는 12차 5개년계획 기간 (2011년~2015년)이 종료하는 2015년까지 에너지 원단위(GDP당 에너지소비량)를 16% 감축하고 이산화탄소 배출량은 17% 줄인다는 목표를 확정함. 이는 중국이 국제사회에 약속한 2020년까지 탄소 집약도를 2005년에 견줘 40-45% 줄인다는 온실가스 감축목표 달성을 위한 첫 시험대의 성격이 짙음. 이번 계획은 중앙정부가 결정해 지방정부로 하달하는 하향식 방식이 아닌 지방정부가 세부 계획을 세우고 청사진을 마련하는 상향식 방식을 채택했다는 점에서 주목되며, 중국은 2020년 이후 수십 년간의 이산화탄소 감축을 위해 탄소포집저장기술(CCS)의 도입도 고려하고 있음

#### □ **온실가스 배출권 거래제도**<sup>20)</sup>

- CDM 등 교토의정서에 따른 배출권 거래제도 뿐만 아니라 EU, 미국, 호주, 노르웨이 등 대다수 선진국에서 국내 배출권 거래제를 주요 정책수단으로 추진하고 있음

#### □ **일본의 카본 마이너스 동경 10년 프로젝트**<sup>21)</sup>

- 일본의 문부과학성이 2005년을 기준으로 2020년까지 15%, 2050년까지 60~80%의 온실가스를 감축하겠다는 계획을 2009년 7월 발표한 이후, ‘카본 마이너스 동경 10년 프로젝트’를 2010년 3월에 발표하였음
- 2007년 동경의 CO<sub>2</sub> 배출현황은 2000년에 비해 도시 전체적으로 5.2%가 감소하였으며, 이 중 산업부문이 23.3% 감소, 업무부문 10.9% 증가, 가정부분 2.6% 증가, 운송부문 21.4% 감소 및 기타가 12.7% 감소된 것으로 나타났고, 설치되는 카본 마이너스 도시 추진본부에서는 2020년 CO<sub>2</sub> 배출량을 2000년 대비 25% 저감하기 위해 위에 분류된 산업부문, 업무부문, 가정부분, 운송부문 및 기타부문에서 총115개 사업부문을 선정하고 30,976억 ¥을 투입하여 개선한다는 목표를 제시하고 있음

19) 기후변화행동연구소, 2011년 8월 23일 기사, <http://climateaction.tistory.com/838>

20) 온실가스 배출권 거래제도: 국제 동향과 시사점, 김용건 한국환경·정책평가연구원(2008.11)

21) 2010년 건설기술 동향, KICT

[http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/attachement/tokyo-climate-change-strategy\\_summary\\_2007.6.1.pdf](http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/attachement/tokyo-climate-change-strategy_summary_2007.6.1.pdf)

**「Tokyo Climate Change Strategy」** — A Basic plan for “10-Year Project for a Carbon-Minus Tokyo”

**【Basic Recognition of Climate Change】**

- Climate change is the most serious environmental problem caused by human activity.
- Tokyo is facing climate change as a Clear and Present Crisis.
- The next decade determines the future of the earth.

**【The significance of Formulating Climate Change Measures】**

- Turn Tokyo's CO<sub>2</sub> Emissions downward without delay
- TMG advances pioneering strategies on behalf of the Japanese government unable to come up with effective and specific measures - TMG takes the lead in Japan's climate change mitigation measures
- Advance clear policy to excite public opinion and implement strategies.

**■ A Basic Policy for Climate Change Strategy**

Create a Mechanism Whereby to Bring Japan's Environmental Technologies Into Full Play to Achieve CO<sub>2</sub> Reductions  
Facilitate a shift to a low-energy and low-CO<sub>2</sub> society by making the most of the private sector's technologies

Create a Mechanism Whereby to Allow Large Businesses, Smaller Businesses and Households to Achieve CO<sub>2</sub> Reductions in Their Own Capacities and on Their Own Responsibility  
All parties endeavor to achieve CO<sub>2</sub> reductions in their own ways  
\* Create a mechanism that is mutually beneficial.

Carry Out Measures Strategically and Intensively During the Period of the First 3-4 Years as the Initial Period of a Shift to a Low-CO<sub>2</sub> Society  
Achieving the reduction target by 2020 requires a changeover in urban activities at an early date

Utilize Private and Public Funds and Tax Incentives, and Carry Out Necessary Investment Boldly  
Appropriate necessary expenses boldly to essential measures for a shift to a low-CO<sub>2</sub> society

**Five Initiatives and Main Activities**

**1. Promote Private Enterprises' Efforts to Achieve CO<sub>2</sub> Reductions**

- Introduce Cap & Trade System targeting large CO<sub>2</sub>-emitting business establishments
- Promote smaller businesses' energy conservation measures through the introduction of the Environmental Collateralized Bond Obligation (CBO) Program, etc.
- Call upon financial institutions to expand environmental investment and loan options and disclose information about investments

**2. Achieve CO<sub>2</sub> Reductions in Households in Earnest**

- Wage the "Campaign for Elimination of Incandescent Lamps" from households. Change from incandescent lamp to compact fluorescent lamp
- Spread photovoltaic power generation systems and high-efficiency water heaters and revitalize solar thermal market.

**3. Lay Down Rules for CO<sub>2</sub> Reductions in the Urban Development Process**

- Formulate the world-leading energy efficiency specification for the buildings and apply it to all city-owned buildings. — Full application of "Tokyo energy efficiency design specification 2007" would drastically reduce CO<sub>2</sub> emissions.
- Require large new buildings to have energy conservation performance
- Promote the effective utilization of energy and the use of renewable energies in local areas

**4. Accelerate the Effort to Reduce CO<sub>2</sub> from Vehicle Traffic**

- Formulate the rules for the use of fuel-efficient vehicles to facilitate the widespread diffusion of hybrid cars
- Implement a project to encourage the introduction of green vehicle fuel conducive to CO<sub>2</sub> reductions
- Create a mechanism of support for voluntary activities such as the Eco-Drive Campaign

**5. Create TMG's Own Mechanism to Support Activities in the Respective Sectors**

- Introduce the CO<sub>2</sub> Emission Trading System.
- Create a program to encourage and support smaller businesses' and households' energy-saving efforts
- Commence a study both in terms of tax reduction and taxation to introduce TMG's own energy conservation tax incentive (A study to be conducted by Tokyo Metropolitan Tax Research Council in the current fiscal year.)

**■ TMG's Pioneering Actions ■**

- Apply the Tokyo energy conservation design specifications 2007 fully to TMG facilities starting in the current fiscal year
- Formulate the guidelines for energy conservation and the introduction of renewable energies (a tentative name) in TMG facilities this summer
- Create the "National Network of Green Power Purchasing" in collaboration with local governments across the country
- Replace all vehicle traffic signals and pedestrian traffic signals in Tokyo with LED signals.
- Formulate measures designed to reduce CO<sub>2</sub> emissions produced in the procurement process of goods (including public work projects) ※Revision of "Global Warming Prevention TMG Plan"

Promotes "10-Year Project for a Carbon-Minus Tokyo"

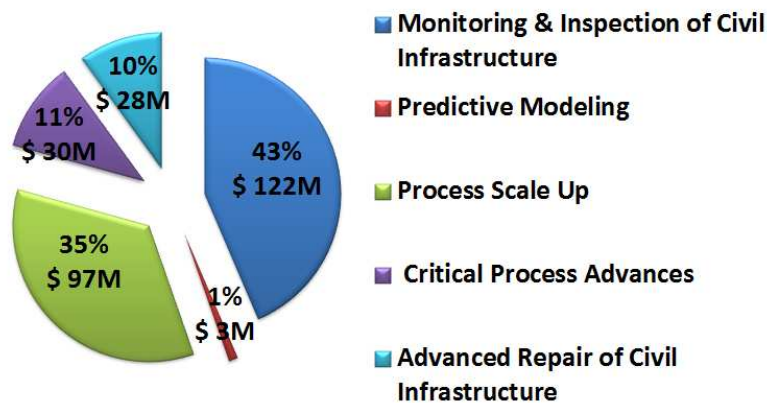
- Hold stakeholder meetings.
- Discuss a direction of a revision and try to revise the ordinance in 2008.
- Concretize "10-Year Project for a Carbon-Minus Tokyo". (from summer in 2007 to winter in 2007)
- Revise the Tokyo Environmental Master Plan. ( within 2007)

[그림 2.10] 카본 마이너스 동경 10년 프로젝트

## 2.2 핵심 기술혁신 프로그램

### □ 미국의 Technology Innovation Program (TIF)<sup>22)23)</sup>

- civil infrastructure와 관련된 총 17개의 연구가 진행
- 총 280 백만 달러의 연구비로 civil infrastructure와 manufacturing 분야에 대한 high-risk, high-reward 프로젝트를 수행



[그림 2.11] 2008~2010년 TIF연구자금 총계

22) www.nist.gov/tip

23) National Research Council, Advancing the Competitiveness and Efficiency of the U.S. Construction Industry, 2009

- 미국 학술원(National Academies) 산하 국가연구협의회(National Research Council)의 기반시설 및 건설 환경위원회 (Board on Infrastructure and the Constructed Environment, BICE)에서는 국립표준기술연구원(NIST)의 지원하에 1년여의 연구를 통해 2009년에 미국 건설 산업의 경쟁력 및 효율성 향상에 관한 보고서(Advancing the Competitiveness and Efficiency of the U.S. Construction Industry)를 발표함
- 이 보고서에서는 현재 미국 건설 산업이 일자리 창출(1,100 만명, 전체 노동 인력의 8%, 2007년 기준) 및 GDP에 차지하는 비중(6,110억불, GDP의 4.4%, 2008)이 큰 산업이지만, 30여년 동안 생산성(Productivity)은 지속적으로 감소하고 있으며, 효율성은 25~50%정도 낭비되고 있는 상황을 문제 제기함
- 향후 2~10년 내에 건설 산업이 생산성 및 효율성의 비약적인 개선이 가능할 수 있는 기회요인으로 다음과 같이 제시
  - BIM(Building Information Modeling)등 상호 운용성(Interoperability)을 가진 응용기술의 폭넓은 활용
  - 사람/프로세스/재료/장비/정보간 보다 효과적인 연계를 통한 현장 효율성 개선
  - 조립화/부품화/모듈화 등 조립기술 및 프로세스의 광범위한 사용
  - R&D 실증실험(Demonstration Installation)의 혁신적이고 폭넓은 사용
  - 혁신을 지원하고 효율성을 이끌어내기 위한 효과적인 성과측정방법의 활용

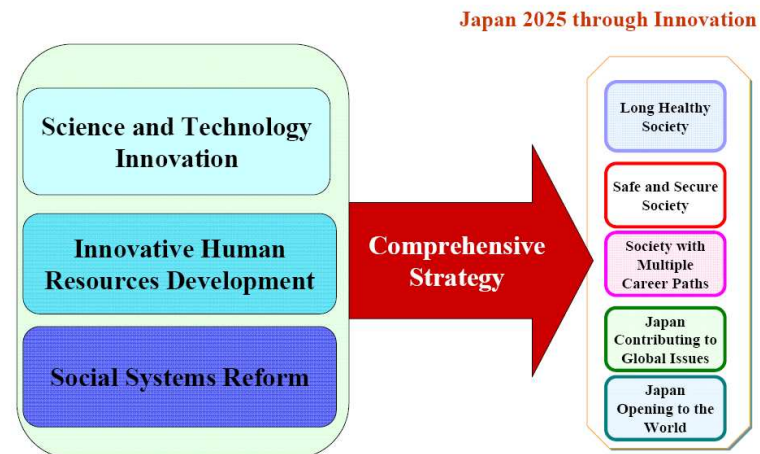
#### □ 일본의 Innovation 25<sup>24)</sup>

- 2007년 7월 1일, 일본 내각을 통해 전략 수립
- 3차 과학 기술 기본 계획을 바탕으로 2025년을 목표 장기 전략
- 5가지 목표 중, Safe and Secure Society가 본 기획과제의 목표와 가장 밀접하며, 아래와 같은 세부 내용을 포함
  - 사회 및 국민의 안전을 제공하기 위한 센싱 및 모니터링 분야
  - 장수명을 위한 고강도 재료 및 자가 치유 관련 기술 분야
  - 지능형 교통 시스템을 통한 교통 혼잡 및 차량 사고 감소를 통한 CO<sub>2</sub> 배출 및 유통 비용 저감

---

24) Science and Technology Policies in Japan, Asia Innovation in Spain (2007.10.10)

## Long Term Strategy “Innovation 25”



[그림 2.12] 일본의 Innovation 25

### □ EU의 기술혁신연구소(EIT)<sup>25)</sup>

- 유럽의 지속가능한 성장 및 경쟁력을 위해 2008년 3월 유럽연합의 연구기관으로 설립
- Strategic Innovation Agenda(SIA)는 총 6가지로 구성되어 있으며, 세부 내용은 아래와 동일
  - Human Life and Health
  - Human Learning and Learning Environments
  - Food for Future
  - Manufacturing by and for Creative Human Beings
  - Security and Safety
  - Mobility and Smart Cities

25) <http://eit.europa.eu/about/strategy.html>

## 2.3 세부기술별 정책동향 및 전망

### 2.3.1 BIM 관련 정책 동향

- 신규 프로젝트를 발주하는 발주자가 입찰 안내서에서 BIM의 적용을 의무화함에 따라 BIM 적용이 불가피한 것으로 나타나고 있음. 아래 표는 해외 사례에서의 BIM 적용 요구사항을 정리한 것임

[표 2.6] 정책적 BIM 적용 사례

구분	아부다비 프로젝트	카타르 프로젝트
BIM 발주 시 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM Execution Plan (입찰 시)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preliminary BIM Execution Plan (입찰 시)</li> <li>• BIM Execution Plan (낙찰 후 20일 이내)</li> </ul>
BIM Execution Plan의 포함 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM Execution Plan의 작성 및 BIM 관련 일반 지침</li> <li>• 세부 BIM 수행 분야별 수행 지침 (As-built 별 모델의 기능, 요구사항, 모델에서 제공해야하는 정보, 모델의 최소 활용처 등)</li> <li>• BIM 수행 조직 및 주요 관리자 (BIM Integrator의 책임 및 역할)</li> <li>• BIM 업무 수행 전 선행 작업 및 관련 지침 수립 지침</li> <li>• BIM 모델의 관리 방법</li> <li>• 시공 BIM Modeling 방법 (프로세스, LOD, 관리 방식 등)</li> <li>• BIM 업무의 Coordination, Integration 및 Conflicts 처리</li> <li>• BIM 품질 보증 (Quality Assurance)에 관한 지침</li> <li>• Clash Report 작성 방법</li> <li>• 최종 BIM 제출 방법 및 지침 (BIM 모델, Archive, 교육 교재)</li> <li>• 모델의 소유권</li> <li>• BIM 관련 Reporting 방식</li> <li>• 발주자 BIM 교육</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>[입찰 시]</li> <li>• 주요 BIM 수행 조직과 참여자 인적사항 및 경력</li> <li>• 사용할 소프트웨어 제안</li> <li>• 해외 BIM Execution Plan 사례에 준하는 프로세스, 수행 전략, 수행 방법 등 제시</li> <li>• BDC (BIM Document Center)의 구성, 운영 방법</li> <li>• 협력업체의 BIM 수행 범위에 대한 개요 (협력업체와의 계약 시 포함 사항 설명)</li> <li>[입찰 선정 시]</li> <li>• preliminary BIM Execution 내용</li> <li>• 디자인 BIM의 활용을 위한 전략 (LEED, 설계 변경 등 포함)</li> <li>• 시공 단계의 BIM 활용 전략 (디지털 제작, as-built, 4D 등 포함)</li> <li>• 파일의 제출 format 및 파일 교환 방식</li> <li>• 파일 교환을 위한 protocol</li> <li>• BIM 파일 서버의 설치 및 운영 전략</li> <li>• 모든 BIM 참여자의 인적 사항 및 경력 프로젝트 스케줄 (BIM 수행, 교육/워크샵 등 포함)</li> <li>• 협력업체 BIM 수행 의무에 관한 전체 문서 (계약서 등)</li> </ul>
제출 또는 활용 포맷	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 활용 포맷 : 시공자 지정 [준수사항]</li> <li>• NBIMS (National Building Information Model Standards)</li> <li>• 모든 소프트웨어는 IFC를 지원해야 함</li> <li>• IFC Exchange Requirement Document 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계 단계에서 활용된 BIM Tool의 포맷 (Digital Project) 또는 동등 수준의 BIM Tool의 포맷</li> <li>• 데이터 교환을 위한 데이터 교환 방법 제공 (일부 ifc, SDNF Format 추천)</li> <li>• 모든 2D 문서는 pdf 포맷으로 제출</li> </ul>
특이 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM Tool 또는 포맷 등의 규정 보다는 단계별로 BIM을 통해 수행되어야 할 업무 및 포함 정보에 대한 최소 기준 제시</li> <li>• BIM에 대한 수행 조직 및 관리 업무 강조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM을 활용한 업무 프로세스 제시 (모든 분야의 BIM 모델에 대한 coordination 및 검토 / 승인에 관한 프로세스의 준수 의무화)</li> <li>• BDC (BIM Document Center) 설치 및 운영의 의무화 [별도 가설 건물 건설, 각 실별 하드웨어 및 소프트웨어 구비 조건 제시, BDC의 구성 인력 및 수행 업무 범위 제시]</li> </ul>

## □ 미국

### 1) National Institute of Building Science (NIBS)

NIBS는 미국의 정부공공기관 중 가장 먼저 BIM에 관심을 가지고 연구, 개발을 해 온 기관으로서 여러 개의 세부 관련 부서에서 (예를 들면, Building SMART alliance, Facility Maintenance & Operations Committee, etc.) 지속적으로 건설 산업 전반에 걸쳐 BIM 연구를 하여 왔으며 최근 2010년 10월 "National BIM Standard-United States: Vol. 01"를 발간하여 전반적인 BIM의 소개와 Information Data Exchange 를 소개함. 차후 지속적으로 National BIM Standard Vol. 02 발간을 위하여 연구 개발 진행 중에 있음

### 2) U.S. General Services Administration (GSA)

GSA는 미국 중앙정부 건물의 신규건설, 보수, 유지 및 관리를 관장하는 기관으로서 2003년에 National 3D-4D-BIM Program을 자체 BIM 가이드라인과 발주처로서의 요구 규정을 정립함. 특히 2007년부터는 설계 단계에서 BIM 디자인 기술의 일부를 GSA의 프로젝트 수주시 요구 규정으로 지정, 약 35개 이상의 프로젝트에서 BIM design/construction을 파일럿 프로젝트로 진행 중에 있음

### 3) US Army Corps of Engineers (USACE)

USACE는 주로 미국정부(군관련)의 토목 프로젝트부터 건축 프로젝트까지에 대해 토탈 엔지니어링 서비스를 제공하고 발주하는 기관으로 GSA와 마찬가지로 일찍부터 BIM의 가치를 인지하고 정책과 방향을 수립하여 왔음. 특히 2006년도에 발간한 "Building Information Modeling (BIM) A Road Map for Implementation To Support MILCON Transformation and Civil Works Projects within the U.S. Army Corps of Engineers" (ERDC TR-06-10)은 USACE의 토목, 건축 프로젝트를 위한 BIM의 요구와 현주소 그리고 중장기 계획을 발표하였음

### 4) State of Wisconsin Department of Administration Division of State Facilities

Wisconsin주는 최초의 미국주정부기관으로서 주정부 건물 및 주립초중고대학교 건물 등의 건설을 관리하는데 BIM을 적극적으로 적용하고 있으며, 특히 2009년 6월에 주정부 차원의 BIM guidelines & standards를 발간하고 2009년 7월부터 발주하는 거의 모든 주정부 발주 프로젝트들에 (구체적으로 총 공사비 US \$5Million 이상의 모든 신규/보수공사, 총공사비 US \$2.5Million 신규공사 프로젝트) 대하여 BIM을 계약 조건으로 요구하기 시작함

**5) State of Ohio Department of Administration General Services**

오하이오주는 경우는 2010-2011년에 걸쳐 주정부 차원에서 BIM implementation을 연구하였고 최근에 State of Ohio BIM Protocol을 발간하여 주정부 발주와 관련된 프로젝트의 디자인, 건설 및 관리를 위한 BIM의 요구조건과 단·중장기 계획을 발표하였음

**6) Department of Transportation (DOT)**

2008년 Florida DOT, 2008년 Wisconsin DOT, 그리고 2011년 California DOT에서는 Autodesk사의 Civil 3D software를 공식 채택하여 주정부 발주의 Road and Highway design projects에서 중장기적으로 BIM의 실현을 준비하기 시작하였음

**2.3.2 친환경 소재 활용 관련 정책 동향**

- 저탄소 장수명 교량과 관련하여 미국, 유럽(영국)이 선진화 된 기술을 보유하고 있으며, 각 국가별로 아래와 같은 특징이 있음

[표 2.7] 국가별 저탄소 장수명 교량 관련 정책 동향

구분	기본 방향	활용 분야
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 오바마 정부의 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획 수립</li> <li>• 교량 건설시 유지보수가 용이한 장수명 교량 건설 계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대형 태양열 발전, 목질계 바이오에탄올, IGCC 등 연구기반 확충</li> <li>• 향후 10년간 청정에너지 산업에 1,500억 달러 투자</li> <li>• FHWA Highway for LIFE, FHWA R&amp;D on Highway Infrastructure, TRB SHRP2-R19A 등에서 장수명 교량 관련 연구 수행</li> </ul>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020년까지 에너지 효율 20%제고, 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 사용</li> <li>• EU Transport의 비전을 지속가능한 교통으로 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 R&amp;D 예산의 12%를 sustainable development분야에 투자 (2002~2006, 17.5 Billion)</li> </ul>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통분야에서의 녹색 비전 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실가스 감축 및 기후변화 대응</li> <li>• 기반시설물의 안전 및 장수명 확보</li> <li>• 교통 및 사회기반시설의 사용자와 비사용자의 삶의 질 향상</li> <li>• 도로, 교량을 이용하는 사람과 사용하지 않는 주변 사람 및 환경에의 영향을 최소화</li> </ul>

**□ 미국**

**1) 미국 오바마 정부의 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획 수립**

- 첨단에너지계획 (Advanced energy initiative)을 발표하여 대형 태양열 발전, 목질계 바이오에탄올, IGCC 등 연구기반 확충
- 향후 10년간 청정에너지 산업에 1,500억 달러 투자
  - 그린 에너지산업 시장 및 신규 일자리 500만개 창출
  - 신재생 에너지 설비 의무화 제도를 시행하고 전체 에너지 중 신재생에너지 비중을 2012년 10%, 2025년 25%까지 확대할 계획임
  - 그린카 활성화와 고효율 주택 (그린홈) 100만 가구 건설 사업 추진
- 미연방도로청(FHWA)에서 미국토목학회(ASCE)에 토목인프라 현황조사 보고서 (Infrastructure report card) 작성 의뢰

- 조사한 교량분야의 현황은 "C등급" (A~E등급)
- 미국 교량의 약25%는 구조적문제가 이거나 기능적으로 노후 되어 있음
- 미국내 교량 유지보수 현황은 수요 대비 공급이 부족함
  - 관리 예산 및 인력 부족
  - 개선을 위한 필요 추정 예산 \$170억/년 대비 수요 예산 \$105억/년

## 2) FHWA Highway for LIFE

- o FHWA Highway for LIFE 프로그램은 미국 고속도로의 최대 현안인 노후화된 시설물과 증가되는 교통체증의 해결을 (150,000 교량의 1/40이 노후화 됨, 매년 40,000명 인명손실이 있음) 목표로 LIFE라는 세부목표를 설정하여 기술 개발, 시험시공, 적극적인 홍보와 지원 프로그램 개발, 기술교육, 관련 신기술의 상용화 그리고 관련 업계의 협력관계의 구축하는 등의 활동을 수행
- o 첨단 신기술을 이용하여 첨단의 장수명 고속도로 구조물의 사회기반시설(SOC)의 구축을 위해 고속도로 및 교량의 빠르고 효율적이며 안전한 가설을 실시
  - "Longer lasting" / "Using Innovation"
  - / Fast construction / Efficient and safe highways and bridges
- o "Get in, Stay in, Get out, and Stay out" 비전 수립
  - 단기간 시공-보수 등의 공사를 실시하며 다시 공사하지 않도록 처음부터 잘 계획하고 우수 품질로 한다는 개념
  - 장수명 최소 유지관리
  - 공장 제작 부재의 활용
  - 공사의 품질 및 급속시공 등

## 3) FHWA R&D on Highway Infrastructure<sup>26)</sup>

- o 연구개발 목표
  - 안전하며, 친환경, 장수명, 재해예방이 가능하며 비용이 효율적인 구조
  - 국가의 기반구조시설의 효율적인 유지관리를 위한 최종사용자의 요구 해결
- o SAFETEA-LU 교량 기반시설 관련 연구개발 추진전략
  - 기존 구조물의 공용수명 연장 (장수명 구조 확보)
  - 구조물의 건설, 보수 보강, 교체 시
    - 공사로 인한 영향 최소화 (정체손실, 환경영향 등)
    - 개선된 구조물의 전반적 비용/효과 최적화
    - 미래의 변해가는 요구 성능에 대비한 구조물에서의 미래 변화(개선)할 여유 확보
  - 극한상황, 재난에 대비한 물류, 이동의 변화에 효율적인 대응
- o Transportation Research Board (TRB) 교량 기반시설 관련 연구개발 세부목표
  - 구조물의 장기 성능 (Long term infrastructure performance)
  - 내구성 구조 (Durable infrastructure)
  - 급속 시공 (Accelerated construction)
  - 친환경 구조 (Environmentally sensitive infrastructure)
  - 성능기반 기준 (Performance based specifications)
  - 정밀 구조물의 운영 관리 (Comprehensive & integrated infrastructure asset management)

---

26) Highways of the future :Strategic plan for highway infrastructure R&D (2008.07)

#### 4) TRB SHRP2 (Strategic Highway Research Project Phase 2)-R19A

- 개요 : 미국 Transportation Research Board (TRB)에서 수행중인 제2차 고속도로 전략프로그램으로서, 고속도로에서의 교통사고와 교통정체 저감을 목표로 하고 있음. 주요 분야는 Safety/ Renewal/ Reliability/ Capacity 등임
- R19A +100년 장수명 교량기술분야
  - 개요: 구조물의 수명, 성능을 저하하는 원인을 조사하고 분석하여, 원인에 대한 performance, protection, accessibility 를 개선하고, 원인 요소를 사전에 제거하여 구조물의 장수명 확보
  - +100년 Service design life를 확보할 수 있는 성능설계 방법 : 확률론을 도입한 설계방법 도출 및 +100년 장수명 교량의 성능, 내구성 평가 방법의 개발
  - 내구성이 우수한 재료와 열화모델 개발
  - 내구성 향상 구조상세의 개발
  - 기존 구조의 내구성 향상 방안 도출
  - 도장, 코팅 등 종합적인 개선책 개발 및 정립
  - 최소유지관리 (유지관리 용이) 교량 시스템의 개발
  - 유럽의 경쟁소재 교량의 durability design for long life 기술 발전
  - 경쟁소재의 Service life design 실시 (Europe)
  - 재료의 확률론적 성능저하(열화) 모델의 기반한 durability for service life 설계
    - 열화 메카니즘을 근거로 목표수명 내 구조물이 일상적인 유지관리 하에 충분한 안전도 확보
    - 열화발생의 원인을 제거하는 열화방지 설계 (원인제거 - 스테인레스강)
  - fib bulletin 34 "Model code for service life design" (European Commission), The International Federation for Structural Concrete (fib)
  - European 기준으로 준용하여 신뢰도 확보 (국내 거가대교 침매터널에 적용), Splash, submerged, 대기노출 zone 구분 (염화물 표면집중률, 확산률, 노화율)

#### □ 유럽

##### 1) 유럽연합 (EU)27)

- 2007년부터 2013년 까지 EU Research & Innovation policy 7th Framework Programme(FP7)을 수행하여 온실가스를 저감하고 청정에너지를 보급함
- Strategic Energy Technology Plan (2008.01)
  - 2020년까지 에너지 효율 20% 향상, 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 사용을 목표로 수행함
  - 정책적 지원을 통해 조기에 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 e헬스, 산업용섬유, 지속가능한 건설, 바이오제품, 자원재활용, 재생가능에너지 등 부문을 선도시장으로 선정
- EU Transport의 비전 Looking for sustainable transport
  - 효율적이며 경제적인 이동시스템 도입으로 물류효율 및 시민들의 이동성 개선

---

27) Research & Innovation - Building Europe's Future Looking beyond tomorrow (2006)  
Progress on EU Sustainable Development Strategy (ECORYS 2008)  
Communication from the commission to the council and the European Parliament  
: Progress report in the sustainable development strategy (2007)

- 을 목표로 수행함
- 도로이용 물량을 지속가능한 분야로 전환  
(현 44% 도로, 39% 해상이동, 철도 10%, 3% 내륙운하 개선)  
(승객 이동 81% 도로, 6% 철도, 8% 항공)
- 교통 분야에서의 CO<sub>2</sub> 발생은 EU 전체 발생량의 28%로 개선 필요
- 국가 R&D 예산의 12%를 sustainable development 분야에 투자 (2002~2006, 17.5 Billion)

## 2) 영국 - Highway Agency<sup>28)</sup>

- Toward a Sustainable Transport System 2007
- 2050년까지 화석연료 기반의 전력생산을 완전 종식시킨다는 그린 혁명 계획 발표
- 교통 분야에서의 녹색 비전: Toward sustainable transport system
- Supporting economic growth in a low carbon world (Department of transport)
- 2014년 목표로 5개의 세부 목표설정
  - Maximize competitiveness and productivity
  - 교통 분야에서의 정체와 도착시간에 대한 불확실성은 사회적 손실비용 유발
  - Address Climate Change, 기후변화 대응 및 온실가스 감축
  - Protect people's safety, security and health
  - Improve quality of life, 삶의 질 향상
  - Promote greater equality of opportunity
- 주요 안건
  - Climate change & growth를 함께 해결할 수 있는 정책
  - Planning for Uncertainty 미래의 불확실성을 반영
- Transport 분야의 6대 세부 목표
  - Support national economic competitiveness and growth, by delivering reliable and efficient transport networks
  - To reduce transport's emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases, with the desired outcome of tackling climate change  
: 온실가스 감축 및 기후변화 대응
  - To contribute to better safety, security and health and longer life-expectancy by reducing the risk of death, injury or illness arising from transport and by promoting travel modes that are beneficial to health: 안전, 보안, 장수명
  - To promote greater equality of opportunity for all citizens, with the desired outcome of achieving a fairer society
  - To improve quality of life for transport users and non-transport users, and to promote a healthy natural environment  
: 교통 및 사회기반시설의 사용자와 비사용자의 삶의 질 향상
  - 도로, 교량을 이용하는 사람과 사용하지 않는 주변 사람 및 환경에의 영향을 최소화

28) Evidence and Research Strategy - Dept. of Transport, London (2006)

Delivering a Sustainable Transport System: Main Report (2008)

Britain's Transport Infrastructure Motorways and Major Trunk Roads (2009)

### 2.3.3 부분 조립 및 급속 시공 기술 관련 정책 동향

#### □ 미국

- 연방도로 관리청 FHWA (Federal Highway Administration)의 Research, Development and Technology 부서 중 Infrastructure 부서에서 교량과 그 구조에 관련한 내용을 다룸

#### □ EU

- 노후화된 교량에 대한 보강 및 교체의 필요성을 인지하고 있으며 이에 대한 정책방향을 제시하려는 동향이 있음. 친환경적이고 사회에 공헌할 수 있는 경제적인 교통시스템을 정착하기 위한 정책을 펼치고 있음

[표 2.8] 국가별 교량의 보강 교체 동향

구분	기본 방향 및 활동분야
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>연방도로 관리청 (FHWA)은 다양한 환경 속에서 교량의 상태를 예측할 수 있는 프로그램을 개발</li> <li>FHWA Highway 는 미국 고속도로의 최대 현안인 노후화된 시설물과 증가되는</li> <li>교통체증의 해결을 위해 기술개발, 관련 신기술의 상용화 등의 활동을 수행</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>고속도로청에서는 주요 도로의 노후화된 교량에 대한 보강 및 교체의 필요성 및 정책방향 제시</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통부에서는 지속가능한 교통 즉, 친환경적이고 사회에 공헌할 수 있으며, 경제적인 교통시스템을 만드는 것을 정책으로 교통 인프라의 병목현상에 대응하여, 친환경방식으로 교통 인프라를 구축할 계획임</li> <li>입찰시 발주처가 명시한 것 보다 짧은 공기를 제시한 시공사를 채택</li> <li>바이에른 주는 조립식 공법을 사용한 급속시공이 가능하도록 정책적으로 지원</li> <li>도로공사에 따른 생산시간의 손실이 연간 약 10억 유로 정도가 된다고 추정하기 때문에 급속시공에 대한 특별 상여금을 지불하고 있으며, 조기 완공에 따른 최대 상여금 또는 완공 지연에 따른 최대 벌금은 공사비의 20%까지 부과</li> </ul>
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> <li>INFRASTRUCTURE CANADA는 2002년에 설립된 기관으로써 여러 가지 프로그램을 실행함으로써 Building Canada plan 의 중심적 역할을 하고 있음. Building Canada plan은 국가 인프라 개발 프로그램으로 2007~2014년 까지 330억을 투입하여 경제 성장 및 생산성의 향상, 국가 경쟁력의 향상, 효율적인 화물운송, 등을 목적으로 하고 있으며, 환경 친화적인 인프라를 구축하고자 함. 'Building Canada plan' 의 실행을 위해 할당된 fund 중 하나인 \$8.8 billion for the new Building Canada Fund (BCF)은 자연친화적, 경제적, 사회적 이익을 줄 수 있는 철도, 도로, 항만 교량 등을 건설하기 위함</li> </ul>
호주	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로교통국은 교량을 교통 네트워크의 핵심적인 연결고리 역할을 하는 것으로 인식하고 있음. 이에 교량 유지 관리는 장기적인 관점에서 계획되어야 한다고 생각하며 탄소배출 저감 및 환경적 충격을 줄이는 등 환경 문제도 동시에 고려하고 있음</li> </ul>
대만	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로 및 교량과 관련한 프로젝트 전 범위에 걸쳐서 편의성, 안전성, 편리함의 증진을 주안점으로 삼고 있으며, 환경친화성, 노후교량 보수 보강 등과 같은 방향으로 프로젝트를 추진하고 있음</li> </ul>

## □ 캐나다

- INFRASTRUCTURE CANADA는 2002년에 설립된 기관으로써 Building Canada plan 의 중심적 역할을 하고 있음. Building Canada plan은 국가 인프라 개발 프로그램으로 2007~2014년 까지 330억을 투입하여 경제 성장 및 생산성의 향상, 국가 경쟁력의 향상, 효율적인 화물운송, 등을 목적으로 하고 있으며, 환경 친화적인 인프라를 구축하고자 함

## □ 호주

- 도로교통국은 교량을 교통 네트워크의 핵심적인 연결고리 역할을 하는 것으로 인식하고 있음. 이에 교량 유지 관리는 장기적인 관점에서 계획되어야 한다고 생각하며 탄소배출 저감 및 환경적 충격을 줄이는 등 환경 문제도 동시에 고려하고 있음

## □ 대만

- 도로 및 교량과 관련한 프로젝트 전 범위에 걸쳐서 편의성, 안전성, 편리함의 증진을 주안점으로 삼고 있으며, 환경친화성, 노후교량 보수 보강 등과 같은 방향으로 프로젝트를 추진하고 있음

## 2.3.4 교량 유지관리 관련 정책동향

### □ 국가별 안전관리 정책의 주요 특징<sup>29)</sup>

- 시설물 안전관리 분야에서 미국, 일본, 유럽(영국, 덴마크)가 선진화 된 기술을 보유하고 있으며, 각 국가별로 아래와 같은 특징이 있음

[표 2.9] 국가별 안전관리 정책

구 분	기본 방향	활용 분야
미 국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 네트워크 개념 : 예산, 투자우선순위, 집행결과에 대한 효과분석 등을 안전관리 개념에 따라 수행</li> <li>• 프로젝트 개념 : 점검방법, 상태평가방법, 점검일정수립, 보수이력기록 등의 개념에 따라 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설물별 의사결정체계 도입</li> <li>• 정부 주도 하의 표준기술지침서 전자화</li> <li>• 정책수립 결정을 위한 다양한 보고서 작성 기능</li> <li>• 표준분류체계의 정립</li> </ul>
일 본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC Network의 일원화</li> <li>• 안전관리 비용절감에 중점</li> <li>• 이상 발생 시 신속한 대응을 지원할 수 있도록 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설사업 전체에 있어서 전자데이터 공유</li> <li>• 준공도서의 표준화 방안</li> </ul>
유 럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예산수립, 우선순위 선정, 투자효과분석 등 종합적 시스템으로 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인터넷 기반의 시설물 안전관리 개념 도입</li> </ul>

- 미국 교통성의 연방고속도로청의 발표에 의하면 교량 보수·보강 또는 교체에 필요한 예산은 1992년 기준으로 780억 달러에 이르며, 불량 교량 관리에만 연간 52억 달러가 필요한 것으로 파악됨<sup>30)</sup>
- 2010년 미국연방정부는 안전, 측정가능성, 유연성, 효율성의 교통 자본 법령을 제정하였으며 안전, 측정가능성, 유연성, 효율성의 교통 자본 법령을 제정함. 2006년부터 2009년까지였던 고속도로 연구 프로그램에 대한 예산을 2010년 12월까지로 연장하였으며, NIST(National Institute of Standards and Technology)는 약 88 백만불의 예산을 투입하여 향후 5년 동안 구조 건전도 모니터링을 위한 센서 개발 연구에 투입하기로 결정함<sup>31)</sup>

### □ 첨단기술을 도입한 건설 융합기술 연구 개발 사업<sup>32)</sup>

- 미국은 NSF(National Science Foundation) 산하에 CMS(Civil and Mechanical System)를 두어 건설기술과 관계된 NT, IT, ET 등의 첨단기술을 중점적으로 육성함
- 영국은 SEFP(Sixth EU Framework Programme)를 통하여 제반요소들의 기술간 융합을 장려하고, 타산업간 융합을 통한 신기술개발 및 기존의 기술의 혁신을 목표로 세부사업 추진 중

29) 도로시설물 안전관리 네트워크 운영시스템 시범구축, 국토연구원 도로정책연구센터 (2011.8)

30) 건설 기술 특허·논문 동향조사 도로·교량편, 한국건설교통기술평가원(2007)

31) KISTI 미리안 『글로벌동향브리핑』, 2010.06.14

32) 김문경 외, [특집기사]첨단기술과 건설기술의 융합을 통한 건설분야의 혁신방안, Vol.54 No.1, 2006

- 일본은 1985년부터 건설기술과 IT의 접목을 통한 기존 기술의 혁신 및 신 기술 창조를 목표로 JACIC(Japan Construction Information Center)사업을 추진하고 있음

[표 2.10] 해외의 대표적인 건설관련 융합기술개발 사업<sup>33)</sup>

국 명	사업	융합기술분야	주요참여기관	시작연도	종료연도
미 국	CMS	건설/6T	NSF	1997	계속
미국	CERF	건설/IT/NT/ET	ASCE	1989	계속
미국	FLATECH	건설/IT	다국적기업/대학	2002	계속
영국	SEFP	건설/6T	유럽의 공공 및 민간단체	2002	2006
일본	JACIC	건설/IT	일본 건설성	1985	계속
핀란드	VTT-CE	건설/IT/RT	VTT 연구소	2000	계속

33) 건설 기술 특허·논문 동향조사 도로·교량편, 한국건설교통기술평가원(2007)

### 3. 시사점

- 2012년부터 500억 이상의 모든 공공발주 프로젝트의 경우 BIM 도입을 의무화 하며, 범정부 차원 친환경, IT 융합 기술 등 장려함
- 국내외의 저탄소 녹색성장 요구에 부합하도록 교량의 생애주기 기간 내 동안 탄소발생을 최소화할 수 있는 친환경 교량 기술 개발의 필요성 대두
- 향후 교량 노후화와 유지관리비용 급증에 선제적으로 대응할 수 있도록 계획, 설계단계에서부터 교량의 장수명화 방안 모색 필요
- 국내외 건설시장은 정책적, 사회적, 경제적으로 친환경, 급속시공, 서민 편의 중심 기술을 요구
- 국외의 경우 노후화교량에 대한 문제점이 지속적으로 대두되고 있으나 예산상의 이유로 안정성이 확보되지 않은 다수의 교량이 공용중인 상태임. 국내의 경우에도 2020년을 정점으로 30년 이상 노후교량이 급격히 증가될 것으로 예상되며 이에 대응한 경제성을 확보한 교량 교체기술이 필요하며, 이와 더불어 신설교량 시공 시 용이한 부분교체가 가능한 급속시공 교량 기술을 개발하여 미래에 발생할 수 있는 문제점 해결 노력 필요
- 전 세계적 경제위기에 따른 신설 교량의 수요 감소와 기존 교량의 노후화는 효율적이고 경제적인 유지관리 기법 개발을 요구하고 있으며 저탄소 녹색 성장 기조에 따라 탄소 저감형 유지관리 기술에 대한 수요 증가하고 있음
- 현재의 유지관리 체계는 정기적 교량 검사를 기본으로 하며, 구조물의 심각한 이상 징후가 발견 되었을 때, 정밀 검사 및 진단을 수행하는 수동식 유지관리 체계를 가지고 있으므로, 향후 실시간 교량 건전성 기술을 바탕으로 손상을 감지하여 이를 미연에 보수·보강하는 유지관리 체계가 요구됨
- 국내의 경우 교량의 유지보수 관련 예산은 꾸준히 증가하고 있으나, 미국, 일본, 유럽 등의 선진국과 비교 시, 구조물 안전 점검 및 진단과 관련된 통합 시스템 및 관련 정책이 부족한 실정이며, 따라서 유지관리비용을 절감 및 사회기반 시설물의 효율적 관리를 위한 모니터링 기술이 필요함

## 2절. 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국내 시장현황 및 전망

#### 1.1 건설 관련 국내 시장 규모

##### □ 건설관련녹색뉴딜사업<sup>34)</sup>

- 2009년에는 타당성 검토 및 설계 위주로 진행되며, 2010~2011년에 전체 투자의 66.7% 해당 24.5조원이 집중 투자됨

[표 2.11] 국내 건설관련 녹색뉴딜 사업

구분	투자구분	투자합계	2009년	2010년	2011년	2012년
건설관련 녹색뉴딜 사업 (단위: 억원)	국비	292,393	28,220	84,804	104,369	75,000
	지방비	40,683	5,471	13,141	14,334	7,737
	민자	70,368	13,191	21,273	20,874	15,060
	소계	403,444	46,852	119,218	139,577	97,797

##### □ 30대 선도 사업도 2010년 이후 투자 증가<sup>35)</sup>

- 30대 선도 프로젝트에 대한 투자도 2010년부터는 더욱 증가하는데, 광역 선도 프로젝트의 경우, 7x9 국가 기간망/철도망, 공항/항만 등을 중심으로 투자가 활발히 이뤄질 전망
- 정부는 30대 선도 프로젝트에 대한 2010년 예산을 당초 국토부 요구액(1조9928 억원)보다 6% 늘어난 2조4081 억원을 편성해 국회에 제출

##### □ GDP내 건설투자 비중<sup>36)</sup>

- 국내 건설 산업은 국민생활 기반시설과 타 산업의 생산기반시설을 구축하며, 국민경제에 있어 중요한 위치를 차지하여 타 산업에 비해 시장 규모가 큼

[표 2.12] GDP내 건설투자 비중 (단위: 십억원, %)

년 도	GDP	건설투자		설비투자	
			비 중		비 중
' 05	865,240.9	155,365.4	18.0	79,566.2	9.2
' 06	908,743.8	160,823.2	17.7	83,846.9	9.2
' 07	975,013.0	170,917.4	17.5	89,992.8	9.2
' 08	1,026,451.8	185,005.6	18.0	97,431.1	9.5
' 09	1,065,036.8	194,626.9	18.2	96,261.6	9.0
' 10 <sup>P</sup>	1,172,803.4	199,926.1	17.0	116,7801.6	10.0

※ 자료 : 한국은행 『국민계정』(당해년가격, 원계열 자료)

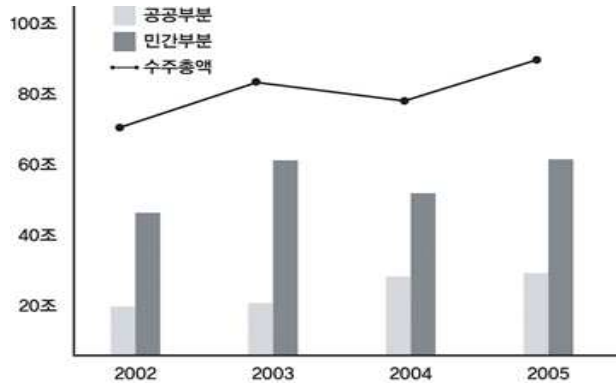
34) 향후국내외 건설시장 전망, 한국건설산업연구소(2009.12)

35) 향후국내외 건설시장 전망, 한국건설산업연구소(2009.12)

36) 2011년 1분기 건설통계, 대한건설협회 (2011.05.26)

□ 건설 시장 현황<sup>37)</sup>

- 국내 건설 수주 추세는 2005년 12월까지 높은 증가세를 보였으나, 2006년 상반기 동안 증가율이 급격히 둔화



[그림 2.13] 국내 건설시장 동향 (2002~2005년)

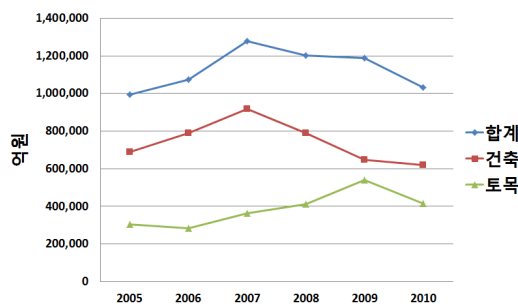
- 하지만, 아래 표에 나타난 바와 같이 2005년 기준으로 건설 산업에 대한 투자 금액은 약 118.2조원에 달하며, 최근 5년 동안 평균 약 4.12%의 투자성장률을 가지고 있어 향후 시장의 성장이 기대됨

[표 2.13] 건설투자동향 (단위: 조원)

구분	2001	2002	2003	2004	2005
합계	102.4	107.9	116.4	117.7	118.2
건축	53.8	61.8	68.9	70.3	69.6
주거용	28.2	31.4	34.3	35.9	37.3
비주거용	25.6	30.4	34.7	35.4	32.3
토목	48.7	46.1	47.5	47.4	48.5

□ 국내 건설 수주 시장 동향<sup>38)</sup>

- 국내 건설 수주 추세는 2006년 12월까지 높은 증가세를 보였으나, 2007년 상반기 동안 증가율이 급격히 둔화



[그림 2.14] 국내 건설 수 시장 동향 (수주액 기준)

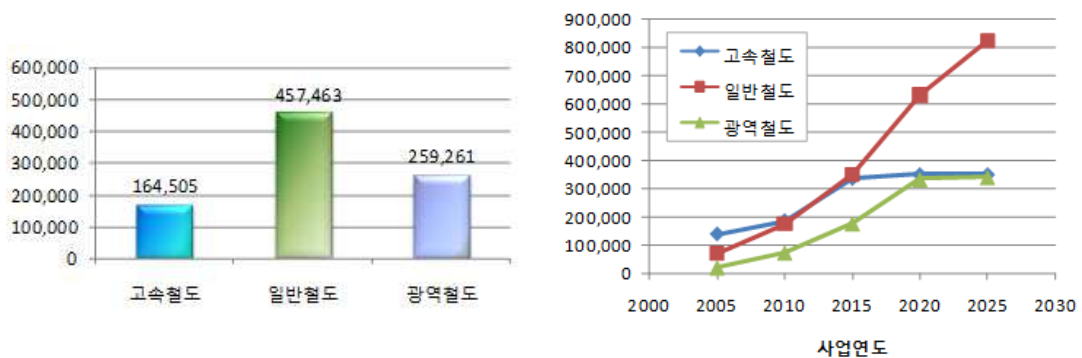
37) 2011년 1분기 건설통계, 대한건설협회 (2011.05.26)

38) 건설통계 핸드북, 대한건설협회 (2011.1/4분기)

- 공공공사가 2010년 하반기부터 이어진 감소세가 지속되고 있으며, 민간 공사도 중동정세 불안에 따른 유가상승으로 거시경기 둔화가 예상되는데다 주택경기도 아직까지 가시적인 회복세를 보여주지 못함에 따라 당분간 국내건설수주 부진현상이 지속될 것으로 예상
- 발주부문별로는 공공부문이 복선전철 노반시설공사 등 철도공사와 일부 지자체의 상·하수처리시설, 음식물자원화시설 등 기계·설치공사가 일부 발주되었으나 도로·교량 등 대부분 토목공종이 부진을 보임

□ **향후 국가 철도망 구축계획**<sup>39)</sup>

- 향후 철도교량관련 신규시장이 확대될 것으로 예상됨.



시설별 총사업비(2011~2020)

국가철도망 구축계획 시설별 누적 사업비

[그림 2.15] 향후 국가 철도망 구축 계획

39) 제2차 국가철도망 구축계획, 국토해양부(2011)

## 1.2 세부기술별 시장동향

### 1.2.1 BIM 관련 시장 현황 및 전망

#### □ 블루오션 시장

- BIM은 교량부문에서 국내 및 국외의 어디에서도 구축한 사례가 없는 시스템으로 “블루오션 시장”으로 평가받고 있음

#### □ 엔지니어링 시장 현황

- 국내 엔지니어링 시장은 아래 표와 같이 업체 수, 수주 건수 및 수주 금액 모두 지속적으로 증가
- 최근 복잡화 되는 건설 시장의 특성으로 향후 큰 성장 예측
- 엔지니어링 산업의 생산성 향상 및 기술력 증대를 위해 BIM 기술의 적용이 가속화 될 것으로 판단됨

[표 2.14] 건설 산업 엔지니어링 수주실적 현황<sup>40)</sup> (단위: 백만원)

년도	업체	국내		국외		합계	
		건수	금액	건수	금액	건수	금액
2000년	759	23,742	1,929,962	44	78,376	23,786	2,008,338
2001년	860	26,349	1,953,252	29	35,189	26,378	1,988,441
2002년	884	27,862	2,540,680	21	293,226	27,883	2,833,906
2003년	1,046	32,325	3,361,349	42	75,395	32,367	3,436,743
2004년	1,153	31,979	3,149,583	56	228,064	32,035	3,377,647

#### □ 3D CAD를 포함한 BIM 기술 수요 시장

- BIM 기술의 잠재적 시장으로 판단되는 CAD(507억원, 2005년 기준), 엔지니어링 (3조 3776억원, 2004년 기준) 및 건설 (48조 5천억원, 2005년 기준) 시장은 최근 5년간 지속적인 성장 실현
- 최근 복잡화·대형화 되고 있는 건설 산업 프로젝트의 특성상 수요가 증가할 것이라 예상됨

#### □ 향후 10년 이내에 건설 산업의 프로세스 전반이 BIM 기반으로 수행 기대됨

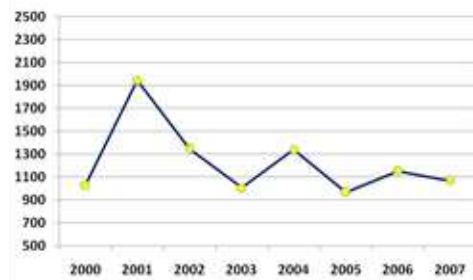
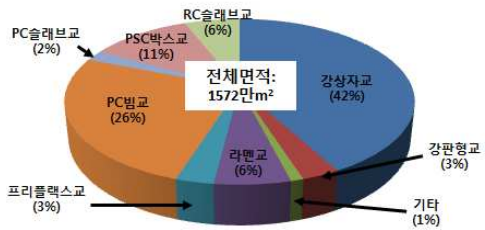
- 2차원에서 3차원으로 시장이 변화되는 2003년에서 2004년 사이 CAD 시장의 규모가 약 1.5배 성장

40) 통계청 2006년

## 1.2.2 친환경 소재 활용 관련 시장 현황 및 전망

### □ 교량형식을 통한 신소재 교량 시장 예상<sup>41)</sup>

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량기술의 목표 대상은 경간 200m 이하 모든 교량으로, 이에 대한 국내 시장 규모 및 전망을 파악하기 위해 2000년부터 2007년까지 준공된 도로교량들을 대상으로 분석함



국내 형식별 교량면적(2000~2007)

연도별 교량준공 개수

[그림 2.16] 국내 도로교량 현황 (2000~2007)

- 형식별 교량 전체 면적(2000년~2007년)을 조사한 결과 강교(강상자교 및 강관형교)는 전체 45%(707만m<sup>2</sup>)의 면적을 차지함. m<sup>2</sup>당 약 0.35톤/m<sup>2</sup>의 강재가 필요하다고 가정할 경우, 연간 평균 30 만톤의 강재가 사용됨.
- 2000년~2007년에 사용된 콘크리트 전체 양은 약 1,400 만톤으로 연간 약 175 만톤이 사용됨.
- 준공된 교량의 개수는 약간 저하되고 있으며, 2007년도는 약 1,100여개의 교량이 준공되는 등 일정 수준의 시장을 유지하고 있는 양상임
- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량기술은 궁극적으로 연간 30 만톤의 강재와 연간 175 만톤 정도의 콘크리트를 친환경 소재로 바꿈과 동시에 강재 및 콘크리트의 사용물량을 절감하여 경량화/슬림화/탄소배출절감을 구현하는 기술임

### □ 친환경 강교량용 고성능 강재의 시장 및 전망

- 일반 강재를 사용한 강교는 도장 및 주기적인 재도장을 시행해야하고 이로 인해 수질 및 환경오염 발생가능성이 높음. 친환경 강교량을 위해서는 도장/재도장을 필요로 하지 않는 내후성강 적용이 필수적임
- 국내 내후성강재는 현재 총 30여개 교량(일반 국도 20여개, 고속도로 13개)에 적용되었을 뿐 널리 사용되지 못함. 하지만, 해외 사례를 비추어 볼 때 향후 20% 이상 점유(연간 평균 6 만톤)가 가능할 것으로 예상됨(미국: 45%, 일본: 18%, 캐나다: 90% 등, 국외시장 참조)
- 또한 고강도 강재를 사용하여 중량이 20% 이상 절감된 초슬림 교량을 개

41) 도로교량 및 터널 현황조사, 국토해양부(2008)

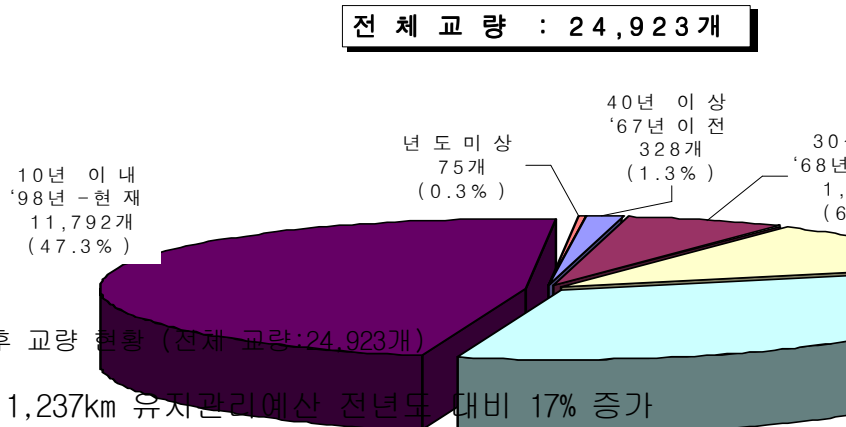
발할 경우, 연간 6 만톤의 강재를 절약할 수 있으며 이는 12만 6 천톤-CO<sub>2</sub>를 절감하는 효과와 동일함. 나무 한 그루당 1년에 5kg CO<sub>2</sub>를 흡수할 수 있다고 가정하였을 때, 이는 2천5백만 그루의 나무를 심은 효과와 동일함

**□ 친환경 강교량용 철강 슬래그 시장 및 전망**

- 국내 철강슬래그에는 고로슬래그와 제강슬래그가 있으며, 고로슬래그는 1,023 만톤 및 제강슬래그는 904 만톤이 재활용이 되고 있음(2008년)
- 주로 시멘트에 사용되는 고로(수재)슬래그는 2009년에 710 만톤이 발생하였으며 2014년에는 1,280 만톤/년이 발생될 예정으로 대량수요시장 창출 및 활성화가 필요함
- 기존 교량에 사용된 콘크리트를 슬래그 콘크리트로 50% 대체할 경우, 연간 70 만톤의 CO<sub>2</sub> 절감 효과를 기대할 수 있음. (175만 톤 × 50% × 0.8t-CO<sub>2</sub>/t-slag)
- PSC 박스교, PC 빔교 및 PC 슬래브교는 전체 교량 면적의 39%(613만m<sup>2</sup>)를 차지하고 있으며, 세계 최고강도 PT 강선과 슬래그 콘크리트를 적용하여 중량절감/경제성 개선/CO<sub>2</sub> 배출저감 효과를 기대할 수 있을 것임

**□ 국내 유지보수 교량 현황으로 본 장수명 교량 시장성**

- 신규 교량의 장수명화를 통해 이러한 노후교량의 수를 급감시키고, 노후 교량의 유지보수에 들어가는 비용을 절감하기 위해서는 교량 계획/설계 단계부터 수명연장



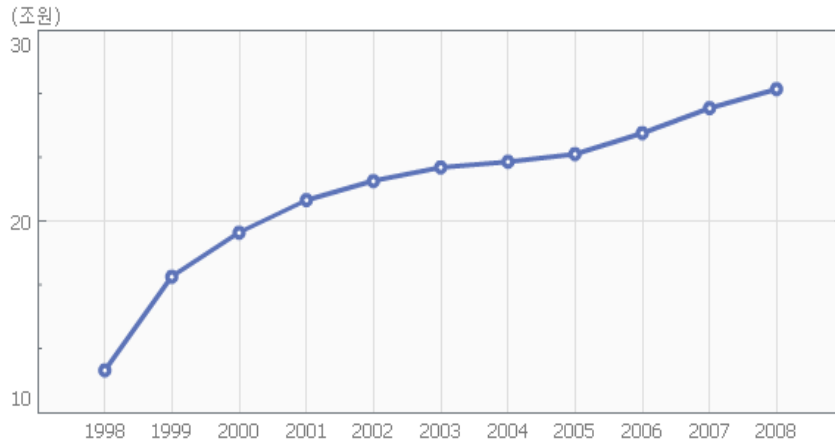
[그림 2.17] 국내 노후 교량 현황 (전체 교량:24,923개)

- 국토해양부 2009년도 국도 11,237km 유지관리예산 전년도 대비 17% 증가
- 추후, 노후교량의 증가에 따라 유지보수 비용이 기하급수적으로 증가될 것으로 예상되며, 향후 LCC 관점에서 유리한 장수명 교량에 대한 신규 수요가 급속히 늘어날 것으로 예상됨
- 기존 교량의 수명을 50년에서 100년으로 향상시키고 유지보수 비용을 전 생애 주기 관점에서 30% 이상 절감할 경우 연간 유지보수비 490억 이상 절감

### 1.2.3 부분 조립 및 급속 시공 관련 시장 현황 및 전망

#### □ 교통혼잡 완화를 위한 교량의 신설 및 유지관리<sup>42)</sup>

- 교통혼잡비용이 GDP의 2.62%에 달하고 아래의 표와 같이 지속적인 증가 추세에 있으므로 교통 혼잡 완화를 위해 교량의 신설 및 유지관리(부분손상 교체)등에 대해서 급속시공 기술 적용 필요성이 증대됨



[그림 2.18] 교통혼잡 비용 추이

- 건설프로젝트의 핵심 고려사항인 경제성의 기준변화(초기 시공경비에서 유지관리와 교체에 이르는 전생애주기적 비용으로 확대되고 교통유발경비 등의 간접손실비용이 고려 대상이 됨)와 대중의 편이성 및 환경적 문제가 제기되면서 추가적인 경비 지출에 대한 사회적 준비가 되어 가고 있음
- 개소당 약 2.25 억원의 손실이 발생하며, 연간 교체교량 개수를 50개로 가정하면 112.5 억원/일의 사회간접비용의 손실이 발생 (평균 우회로 길이를 20km, 유류비용을 150원/km, 평균 교통량을 15,000대, 그리고 사용자의 시간지연 비용 및 인적·물적 손실 비용 등 유류비용 외의 기타비용을 고려한 계수를 5.0으로 가정)

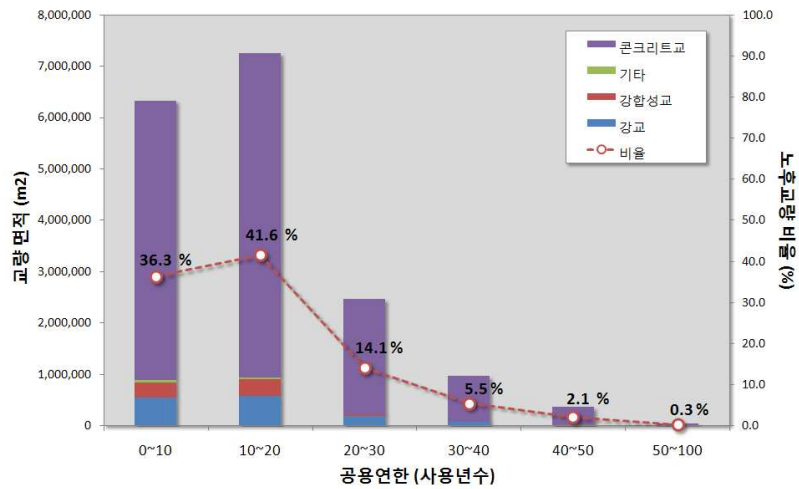
42) e나라지표, <http://www.index.go.kr/egams/index.jsp>

□ 2020년 이후 노후 교량 급증 예상<sup>43)</sup>

- 1,2종 시설물을 기준으로 90년대에 완공된 교량수가 전체 40%이상을 차지하므로 2020년 이후에는 준공 30년 이상 되는 교량의 급격한 증가가 예상됨
- 국내 유지관리교량 시장규모 1,000 억원/년으로 예상되며, 현재 공용수명 40년 이상인 교량이 328개소, 30년 이상이 1,522개소 등이며 앞으로 노후화된 교량의 개수가 점차 증가할 추세임

[표 2.15] 국내 1,2종 도로 교통 현황

준공연도	사용 연수	개소	비중(%)
1960년 이전	51년 이상	27	0.5
1961~1970년	41~50년	70	1.4
1971~1980년	31~40년	227	4.5
1981~1990년	21~30년	674	13.4
1991~2000년	10~20년	2,340	46.4
2001~2004년	10년 미만	1,702	33.8



[그림 2.19] 국내 도로교의 노후화율

43) 시설물 통계연보, 한국시설안전공단(2005)

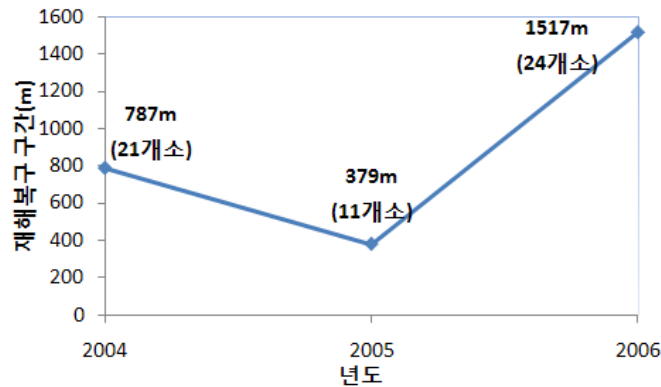
□ **교량 신속 교체 시장**<sup>44)</sup>

- 우리나라도 소득수준이 높아지면서 도심지역에서 공사 시 다소 직접 공사비가 비싸더라도 국민의 불편을 최소화할 수 있는 공법을 채택하는 경우(예: 청계천 복원공사 등)가 늘고 있으므로 교량 신속 교체 기술의 적용 대상 및 발전전망은 밝다고 판단됨
- 시장규모 예측은 기존 교량의 신속교체에 한정하여 기술한 것으로, 도심지 경전철 및 고가도로 등 급속시공을 요하는 신규 교량 수요를 감안하면 이 더 큰 시장규모가 예상됨

[표 2.16] 교량 신속교체관련 시장규모

구분		2015년	2020년	2025년
급속 교체	시장 규모	2850 억원	5250 억원	6000 억원
	개발 기술의 시장 점유율	30%	40%	50%
	개발 기술의 시장 점유 규모	855 억원	2100 억원	3000 억원

※ 교량 신속교체는 교량수명을 50년 기준으로 교체수요예측(교량현황조사서, 2009년도) + 응급복구 교량 신속교체 수요, 건당 평균공사비(평균 교폭 25m, 평균교장 50m의 PSC거더교 기준) 2,500백만원 소요



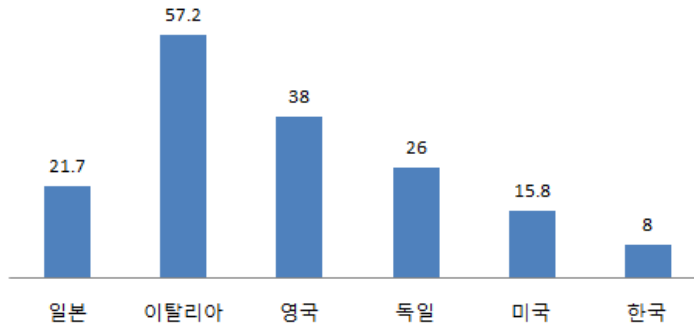
[그림 2.20] 국내 응급복구 시장규모

44) 2008 국토부 도로교량 및 터널현황, 2006 재해연보

### 1.2.4 교량 유지관리 관련 시장 현황 및 전망

#### □ 국내 유지관리 투자 비중<sup>45)</sup>

- 우리나라의 유지관리 투자는 신규건설 약 8% 수준으로 신규건설 대비 유지관리 투자가 21.7%인 일본의 약 1/3수준에 불과



[그림 2.21] 주요국 건설투자 중 유지관리 투자 비중

- 한국건설산업연구원에서 실시한 ‘향후 시설물 유지관리 시장 규모의 증가율 전망’ 조사에 따르면 교량을 포함한 시설물 유지관리 시장은 계속 커질 것이며 증가율 또한 커지고 있어 기하급수적인 시설물 유지관리 시장 규모의 급격한 성장이 예상됨

[표 2.17] 향후 시설물 유지관리 시장 규모의 증가율 전망

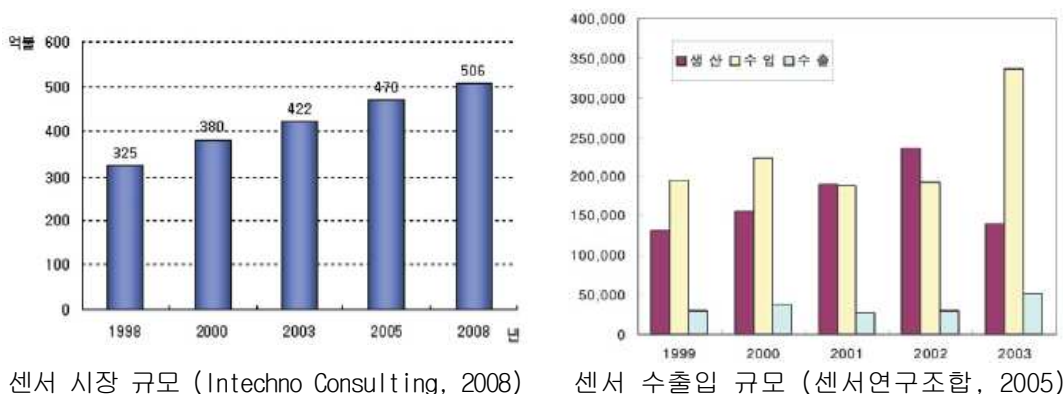
년도	06~10년	11~20년	21~30년	31~40년	41~50년	51~60년	61년~
연평균 증가율	7~10%	9~12%	12~15%	14~17%	12~15%	9~12%	6% 내외

주: 시설물 유지관리업 계약금액 기준 연평균 증가율 전망치

45) 한국건설산업연구원(2002)

## □ 안전관리 기술 및 첨단 센서 시장<sup>46)</sup>

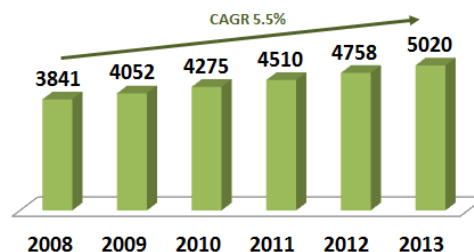
- 안전관리 기술과 더불어 국내 센서시장의 규모 또한 매년 20% 이상 증가되고 있는 추세이지만, 약 60~70% 정도를 외국으로부터 의존하고 있는 실정
- 교량의 안전진단을 위해 필요한 대부분의 센서 및 계측기기 개발에 선진국들이 선점함으로써 센서 및 계측 기기의 수입 의존율이 증가하게 되고 시설물 안전관리의 중요성을 고려하여 검증된 제품의 사용을 위하여 수입제품을 선정하는 사례가 반복되고 있는 실정
- 센서기술의 수입추세는 기술의 독점 및 국내와의 기술격차를 보다 벌어지게 하는 계기를 불러오게 되며, 기술 선점과 다양한 적용을 통한 검증된 기술우위로 국내 센서 개발 시제품과의 괴리를 양산



[그림 2.22] 국내 유지관리 관련 센서시장 규모

## □ 비파괴 검사 시장<sup>47)</sup>

- 국내 비파괴 검사(NDT) 장비 시장규모는 1998년에 2,500 만달러 시장을 형성하였으며, 건설 경기와 국내 경기가 회복되면서 비파괴검사 장비에 대한 수요가 매년 8.7% 성장세를 보이고 있음. 국내 NDT 장비 시장규모는 증가하고 있으며, 향후 2013년에는 연평균 5.5%로 성장하여 약 5,020 억원이 될 것으로 예측됨
- NDT 검사 장비 등의 국내 개발 수준은 낮은 편이며, 대부분의 장비는 외국에서 수입하여 사용하는 실정임



[그림 2.23] 국내 NDT 시장 규모 예측 (단위: 억원)

46) 안전관리 기술과 첨단 센서의 융합, 토목학회 특집기사(2008.06)

47) 2005년도 원자력 정책연구사업 비파괴 검사기술 진흥계획수립을 위한 연구, 과학기술부(2006)

## 2. 국외 시장현황 및 전망

### 2.1 건설 관련 국외 시장 규모

#### □ 탄소 시장<sup>48)</sup>

- 세계적으로 녹색건설시장의 붐이 일고 있으며, 그린빌딩과 신재생에너지 시장을 중심으로 시장이 형성되고 있음
  - 토목시설의 경우 몇몇 상품을 제외하고는 아직까지 신시장 혹은 신상품의 영역으로 집계되거나 발전되지 못한 상태임
- 녹색 건설시장은 내수보다는 세계적인 정책 수요 및 공동 대응전략에서 유도되는 새로운 시장으로 인식해야 함
  - 녹색 건설상품과 시장 자체가 아직 초기 성장단계에 있기 때문에 국내 건설 산업 및 기업에게 충분한 기회를 제공할 것임
- '08년 탄소시장의 규모는 US\$ 1,263억(152조원, 1,200원/\$1기준)으로 지난 '07년 US\$ 630억에서 2배 성장 [출처:녹색성장위원회]
  - EUA(European Unit Assignment) : 교토의정서에 따라 EU국가 내 사업장의 온실 가스 배출할당량 (Assigned Amounts) 단위로 현재 € 10~15의 가격대에서 거래

#### □ 해외시장 전망: 향후 전망<sup>49)</sup>

- 세계 건설시장 규모는 '09년 기준 약 8조 달러로 추정
  - 연평균 4.5% 성장하여 '20년 시장규모는 12.7조 달러로 예상
  - 세계총생산 비중 : '08년 13.4%(7.5조 달러) → '20년 14.6%(12.7조 달러)
- 해외 건설시장은 세계 건설시장의 6%인 5천억 달러
  - 건설시장 개방 확대로 세계 건설시장보다 높은 성장률을 보일 전망

[표 2.18] 세계 건설 시장 규모 및 전망 (단위: 십억달러, %)

구분	2008년	2020년	연평균성장률
세계 건설 시장	7,500	12,700	4.5
선진국	4,200	5,700	2.6
신흥국	3,300	7,000	6.5

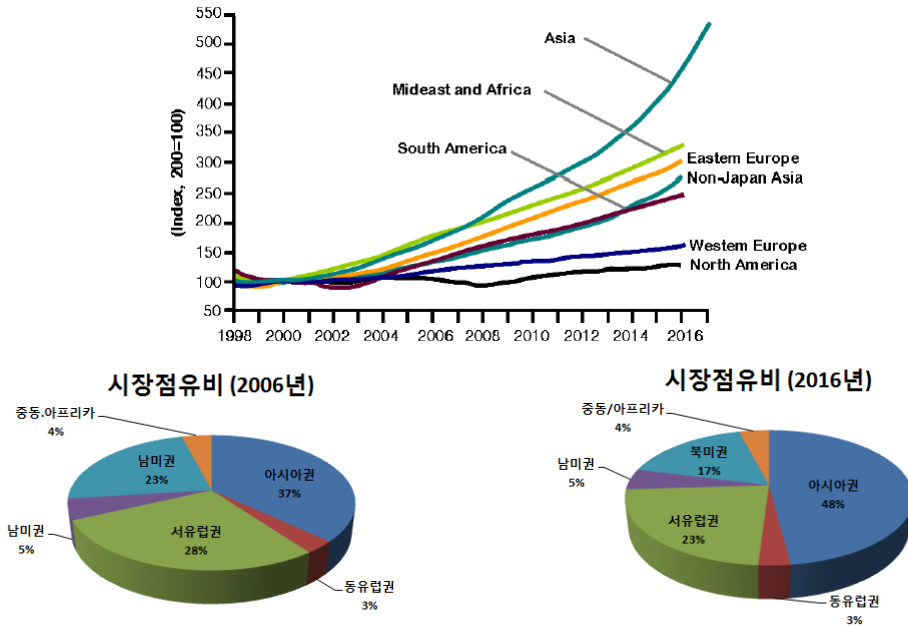
자료 : Global Construction Perspectives & Oxford Economics, Global Construction 2020, 2009.11

- 중국은 고성장 시장인 중동, 아시아, 아프리카 지역에서 매출 호조를 보이며, '09년에 미국을 추월, 세계 1위로 부상
  - 해외시장 점유율 : '07 7.3%(7위) → '08 11.1%(3위) → '09 13.2%(1위)
- 우리나라의 약진, 주력시장인 중동에서 가격경쟁력을 활용한 매출 증대를 통해 '07년과 '08년의 세계 13위에서 '09년 세계 9위로, '10년 세계 7위로 '09년 대비 2단계 상승
  - 세계시장 점유율: 2007년 2.6% → 2009년 4.3% 로 계속 상승 중
  - 중동 시장 점유율: 미국에 이어 점유율 2위(12.2%)를 기록

48) 세계 녹색건설시장 동향과 시사점, 한국건설산업연구원(2009.03)

49) 해외 건설시장 현황 및 국내 업계 수주동향, 한국산업은행(2011.01)

- 최근 2년간 일본은 주요 해외 건설국 중 가장 큰 매출감소를 기록
  - 우리나라와 중국의 해외건설 매출액이 2배 이상으로 증가한 것과는 달리 일본은 원가경쟁력 약화 및 소극적 수주 태도로 인한 수주 부진으로 동기간의 매출실적이 26.4% 감소



[그림 2.24] 세계 건설 시장 동향 및 2008년 해외건설 수주 전망

- 기술수준은 부분적으로 선진국에 비해 열위
  - 플랜트의 경우 엔지니어링 중 상세설계와 시공/관리 분야는 선진국과 대등하나, 엔지니어링의 원천기술 및 기본설계 분야와 기자재 분야는 선진국의 60% 내외 수준
  - 원천기술의 경우 선진국의 주요 업체들이 이미 입증된 기술을 보유하고 있어 국내 업체들의 진입이 어려움
  - 핵심기자재에 대한 국내 업체의 기술 부족, 해외 벤더 등록 미흡 등으로 소요량 대부분을 해외 조달에 의존
  - 토목과 건축의 경우에도 상세설계와 시공/관리 능력은 미국, 유럽, 일본 등 선진업체와 대등한 수준
- 가격 경쟁력 측면에서 플랜트 공사는 선진 업체보다 가격 경쟁력이 우수하나, 단순 토목 및 건축공사는 중국 등 후발업체에 가격 경쟁력 상실
- 국내 주요 건설업체는 해외 건설업체보다 수익성이 열위

[표 2.19] 국내외 주요 해외건설 업체의 영업이익률 (최근 5년 평균, 단위:%)

	선진기업	국내기업	차이
매출액영업이익률	10.3	6.3	4.0

자료 : 한국건설관리학회, 세계 선진기업과 비교분석을 통한 국내 건설기업 해외시장 진출전략의 시사점 도출, '10.11월

- 국내기업의 해외공사의 수익성은 국내공사보다는 양호하나, 경쟁심화로 향후 국내 기업의 해외공사 수익성 악화 예상

## 2.2 건설 관련 국외 시장 규모

### 2.2.1 BIM 관련 시장 현황 및 전망

#### □ 건설-IT 시장

- 세계 건설시장은 2012년에 6조 달러에 이를 것으로 전망되며 이 중 BIM을 비롯한 IT융합 부문은 2,890억 달러에 이를 것으로 전망됨. 국내의 건설-IT 시장은 2012년에 세계 건설시장의 18%(약 52조원) 정도가 확보될 것으로 전망

[표 2.20] 건설-IT 시장 규모 전망 (단위: 십억 달러)

구분	2008	2009	2010	2011	2012
건설-IT 부문	241	253	264	277	289

#### □ 엔지니어링 시장 현황

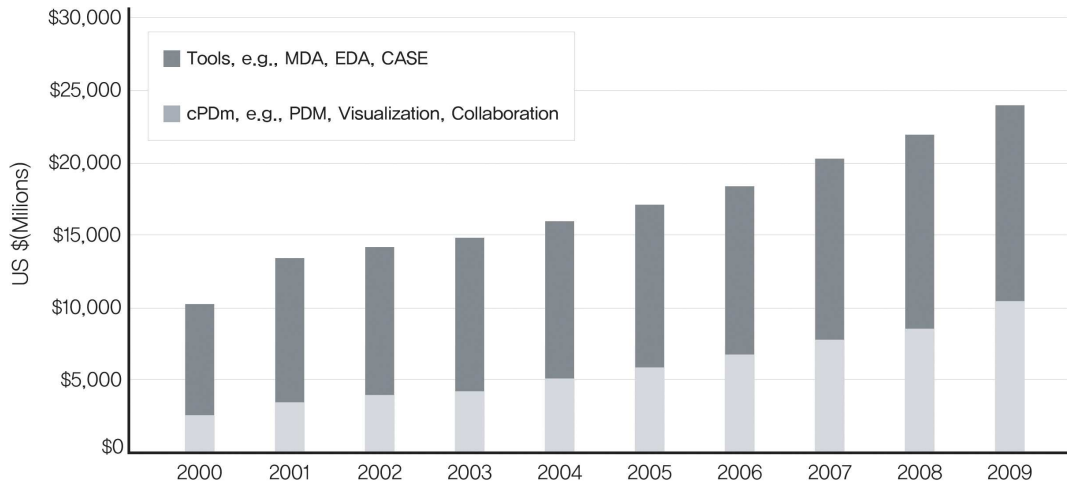
- YIT 사의 COVE(Cost & Value Engineering System)시스템
  - 핀란드의 최대 건설사인 YIT사는 지난 7년간 약 150 억원 정도를 투자하여 개발한 COVE를 현장에 적용 및 운영하고 ArchiCAD를 이용한 3D 모델(Helsinki University 프로젝트 모델링)로 물량산출 및 가상 시공계획을 함으로써 매출액(약 5조원) 대비 약 2%의 총 공사비를 절감하였고 향후 3년내 5%까지의 절감을 목표하고 있음
- 정보부재 및 혼란 방지
  - 1994년 영국의 Latham 보고서에 의하면 정보부재 및 혼란으로 인해 발생하는 중복작업, 재작업, 반복작업 등을 BIM을 통해 방지함으로써 약 30% 정도의 비용 절감 가능하다고 평가하고 있음

[표 2.21] 세계시장을 선도하는 주요 업체 (BIM 관련)

업체명(국적)	중점 분야	업체명(국적)	중점 분야
Graphisoft (헝가리)	CAD 소프트웨어 개발	Kajima Corp (일본)	지하공간개발 및 교량
Autodesk (미국)	CAD system 개발	AMEC plc (영국)	기반시설 건설 및 에너지 사업과 프로세스
DASSAULT (프랑스)	PLM Solution 개발	Bentley (미국)	공정 시뮬레이션 / 기반시설 소프트웨어
STEP Tools (미국)	표준정보모델(ISO10303) 기반 기술	Intergraph	공정 검토
MIDAS (한국)	구조해석 소프트웨어 개발 기술	Common Point	Project 4D
Xsteel (핀란드)	실시도면 작성 소프트웨어 개발 기술	Maxis (미국)	기획, 설계, 사업관리, 시공, 유지관리 등 공청 관리 프로그램
가지마건설 (일본)	설계 · 시공	VTT (핀란드)	4D CAD / Simulation
HOCHTIEF AG (독일)	대규모시설 및 초고층 건물	CSA (미국)	CAD / 4D CAD

## □ 설계 협업 시스템의 해외 시장 현황

- 설계 협업 솔루션 시장은 연평균 4% 내외의 성장세를 유지하며 2009년 139억 달러 시장 증대 전망
- PDM 시장은 연평균 15% 내외의 빠른 성장세를 기록하며 2009년 105억 달러 규모로 성장 전망



(CIMDATA, 2005)

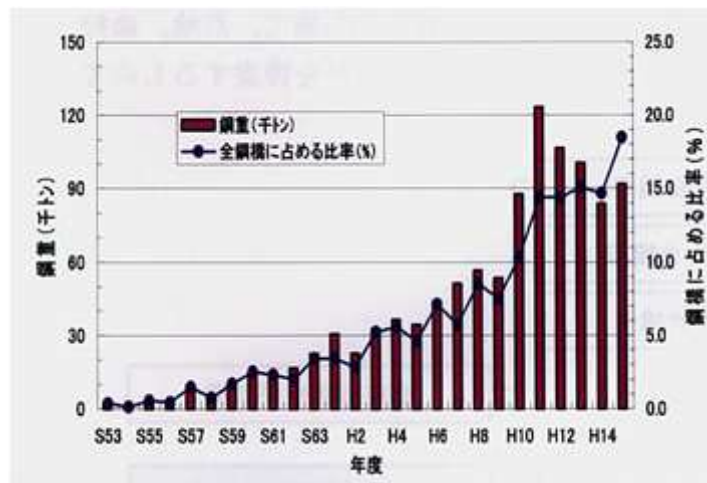
[그림 2.25] 세계 설계 협업 시스템 시장 규모 및 전망

- CIMData에서 발표한 자료에 따르면 아래와 같이 전망
  - 2004년 전 세계 설계 협업 시스템 시장 규모는 2003년 대비 8% 증가한 167억 달러이며, 이중 114억 달러(68%)는 솔루션에, 53억 달러(32%)는 PDM에 투자
  - PDM 시장은 2003년 대비 15% 증가하였으며, 전 세계 설계 협업 시스템 시장은 연평균 8% 수준으로 성장하여 2009년에는 250억 달러 규모가 될 것으로 전망
- 소프트웨어 시장은 2003년 19억 달러에서 2004년 22억 달러로 15.8% 성장
- 서비스 시장은 2003년 26억 달러에서 2004년 31억 달러로 19.2% 성장

## 2.2.2 친환경 소재 활용 관련 시장 현황 및 전망

### □ 친환경 소재(내후성강) 교량의 국외 시장 현황

- 미국: 신설 강교량의 45%이상에 내후성강(재도장이 생략으로 환경오염 및 유지보수비용을 최소화할 수 있음)을 적용하고 있으며, FHWA(미연방도로국)에서는 내후성강 적용을 장려 및 유도하는 추세임. 교량용 고성능 강재인 HPS(High Performance Steel)는 기본적으로 모두 내후성강이며, 2007년 10월 399개 교량에 적용된 바 있음
- 일본: 신설 강교량의 18% 이상을 내후성강이 점유하고 있으며, 연간 9만여톤이 발주됨(2003년 기준), 해안내후성강의 교량 적용 누계실적은 약 4만여톤임(2005년 기준)
- 영국 : 1972년 사용 시작, 고속도로에만 100 여개 이상 교량 사용 실적 있음
- 캐나다 : 신규 발주 강교량의 90% 점유
- 독일, 프랑스, 이태리, 스위스, 스페인, 핀란드, 네덜란드, 브라질, 아랍권 등에서 사용 중



[그림 2.26] 일본 내후성강교량 사용실적 (06년도)

### □ 고로슬래그 재활용 국외 동향

- 저탄소 소재 사용성 증대
- 일본: 2,430만 톤 고로 슬래그 재활용, 이 중 66%(1600만 톤) 시멘트로 활용
- 유럽: 2,720만 톤 고로 슬래그 재활용, 이 중 64%(1740만 톤) 시멘트로 활용
- 미국: 1,010만 톤 고로 슬래그 재활용, 이 중 30%(300만 톤) 시멘트로 활용
- 호주: 190만 톤 고로 슬래그 재활용, 이 중 37%(70만 톤) 시멘트로 활용
- 일본과 유럽은 시멘트 활용이 64~67% 인데 반해, 미국과 호주는 30~37%로 저조

## □ 해외 장수명 교량 시장현황

- 1964년에 건설된 영국의 최장 현수교 Forth Road 교량은 부식 등의 문제로 재시공이 요구되며, 새로 지어지는 교량의 요구 설계 수명은 200년임.
- 1883년에 지어진 미국의 Brooklyn 교량에는 128년이 지난 지금까지도 차량이 통행하고 있음. 장수명 및 유지보수 등을 염두하고 교량을 설계, 제작, 시공해야함을 보여주는 하나의 예임
- 프랑스의 Millau Viaduct의 설계수명은 120년으로 높은 내구성을 보장하기 위해 고성능 강재 및 콘크리트를 사용하였으며, 피로성능이 강화된 바닥판을 사용하였음
- 일본의 아카시 대교의 설계수명은 200년으로 부식을 방지하기 위해 다양한 타입의 코팅기술을 적용하였음
- 홍콩의 Stonecutters 교량의 경우 120년 설계수명을 보장하기 위해 Duplex steel 등의 고내식강을 적용하는 등 다양한 부식 방지 및 내식성 향상 기술을 도입하였음
- 향후 해외에서는 생애주기비용(Life Cycle Cost) 관점에서 유리한 장수명 교량에 대한 시장이 더욱더 확대될 것으로 예상됨



[그림 2.27] 영국의 Forth Road 교량 (철거 예정, 재시공 교량 설계수명 200년)

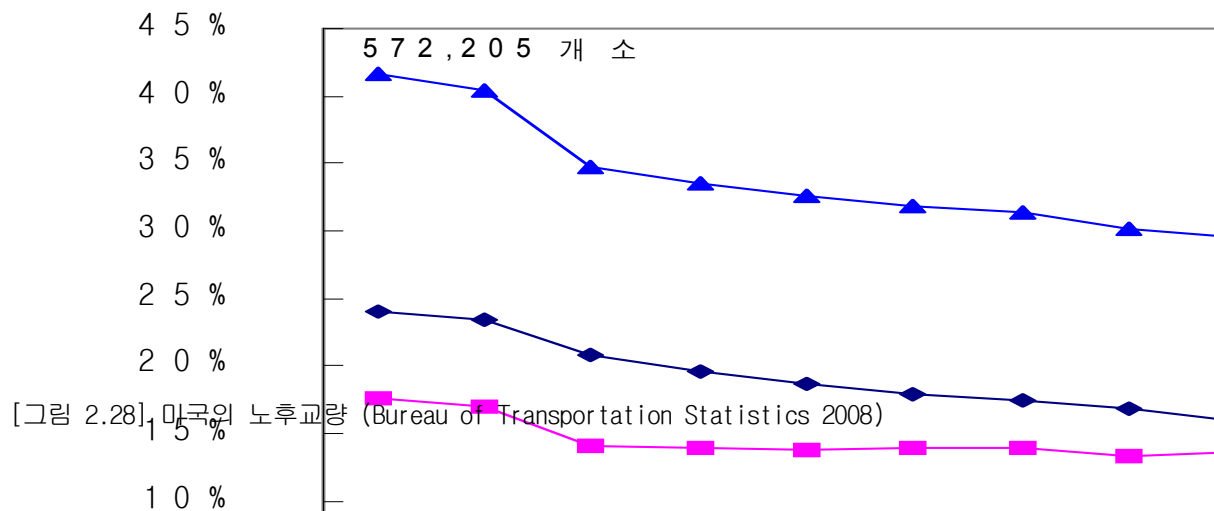
## □ 노후교량 증가에 따른 유지보수 비용 증가 - 친환경 장수명 교량의 필요성 대두

- 미연방도로청(FHWA)에서 미국토목학회(ASCE)에 토목인프라 현황조사 보고서 (Infrastructure report card)를 작성 의뢰한 결과, 미국 교량의 약25%는 구조적문제가 이거나 기능적으로 노후되어 있음. 총 600,905교량 중 72,686 (12.1%) 구조적으로 문제, 89,024(14.8%)는 기능적으로 노후됨(2008.12)
- AASHTO 노후교량의 개선을 위해 50년간 \$8500억 필요 (170억 달러/년)
- 기하급수적으로 증가하는 교량 유지보수 비용을 절감하고자 SHRP2 project: Bridges for Service Life beyond 100 Years 가 수행됨. 향후 신규 교량에는 유지보수 비용을 절감할 수 있는 장수명 교량이 보다 선호될 것으로 예상됨

### 2.2.3 부분 조립 및 급속 시공 관련 시장 현황 및 전망

#### □ 미국

- AASHTO에서 Accelerated Construction Technology Transfer(ACCTT) 프로그램을 만들어 주별로 대표적인 프로젝트를 소개하고 장려
- 주요 고속도로들이 1950년대부터 1970년대 사이에 주로 ‘20년 설계수명’으로 건설되었으나, 지금까지 원 설계 수명의 약 2배에 해당하는 30 ~ 40년동안 대규모 재건설 없이 이용하고 있음<sup>50)</sup>
  - 단일국가로는 세계 최대 건설시장으로 1950년대에 건설된 노후 도로. 교통 시설의 개량 공사에 앞으로 6년간 4000억 달러의 예산을 투입할 계획. 특히 50년 이상 되는 노후 교량의 수가 향후 15년 내에 미 전체 교량 60만 개중 80% 이상이 될 전망
  - 미국토목학회(The American Society of Civil Engineers)에서 2년 전 발표한 보고서에 의하면 2000년부터 2003년까지의 평가 기간에 미국 전역의 60만개에 달하는 교량 중 27% 이상이 구조적으로 결함이 있거나 기능적으로 노후화되어 있음
  - 교량의 결함들을 모두 보완하려면 20년간 매년 94억 달러가 소요될 것으로 추정



#### □ 일본

- 15년 이상 교량은 2006년 기준 약 140,000개소이며, 이중 6%는 시공된 지 50년 이상 노후화 교량으로 조사됨, 노후화 교량의 비중은 2016년에 20%, 2026년 47%로의 증가가 예상되며 따라서 상당한 예산이 투입되어야 한다. 이러한 예산상 문제를 극복하기 위해 교량의 구조적 위험요소를 사전 교체/ 보수/ 보강 등의 유지관리로 수명연장 노력

50) 2005년 미국토목학회 보고서

## 2.2.4 교량 유지관리 관련 시장 현황 및 전망

### □ 안전관리 기술 및 첨단 센서 시장<sup>51), 52)</sup>

- 전 세계적으로 20세기 후반 이후 한·중·일의 장대교량 기술이 발전하면서 장대교량의 수요는 급속히 증가할 것으로 전망됨. 완공된 교량의 개수와 길이가 크게 증가함에 따라 이를 유지관리 하기 위한 시장의 규모도 급속히 증가할 것으로 예상됨
- 많은 선진국의 경우 사회기반 구조물에 대한 실시간 모니터링 및 건전성 감시기법에 대한 필요성을 인식하여 많은 연구와 투자가 이루어지고 있고 각 국가별 전체 건설시장 규모 대비 시설물 안전관리 분야 비중을 비교해 볼 때 서유럽 15개국의 경우 약 34.9%(1997년 기준), 미국은 약 31.7%, 캐나다는 약 58.6%, 일본은 약 25.5%, 한국은 약 17% 정도로 분석되며 1인당 GDP 성장과 시설물 안전관리 부문의 비중관계를 추정해 볼 때, 건설수요 증가에 따른 시설물 안전관리 분야의 잠재적인 시장규모는 매우 클 것으로 예상됨
- 2001년 기준 국내 신규건설 대비 유지관리 투자의 비중은 57%가 넘는 이탈리아의 7분의 1수준, 38%인 영국의 4분의 1수준, 26%인 독일의 3분의 1수준이며, EU국가 중 유지관리 투자비율이 가장 낮은 프랑스와 비교하더라도 80%수준에 불과

[표 2.22] 주요국 건설투자 중 유지관리투자의 비중

국별	이탈리아	영국	독일	일본	미국	프랑스	한국	포르투갈
투자비율	57.2%	38.0%	26.0%	21.7%	15.8%	10.0%	8.0%	6.0%

출처: 한국건설산업연구원, 2001

### □ 건설-IT 융합 시장<sup>53)</sup>

- 세계 건설 IT 융합시장 규모는 2008년 2,410억 달러에서 2012년 2,890억 달러로 증가하였으며, 연평균 4.6%로 빠르게 증가할 것으로 예상. 국내 건설 IT 융합시장의 경우 2009년 59억 달러를 달성하였으며 2008년~2010년 동안 연평균 8.4%로 크게 성장할 것으로 전망됨. 그러나 국내 건설-IT 융합시장 규모는 2008년 세계시장의 2.1%에 불과하여 당해년 미국 41.8%, 영국 14.5%와 비교하여 상대적으로 낮은 수준인 것으로 나타남

51) 건설 기술 특허·논문 동향조사 도로·교량편, 한국건설교통기술평가원(2007,6)

52) 한국건설산업연구원(2001)

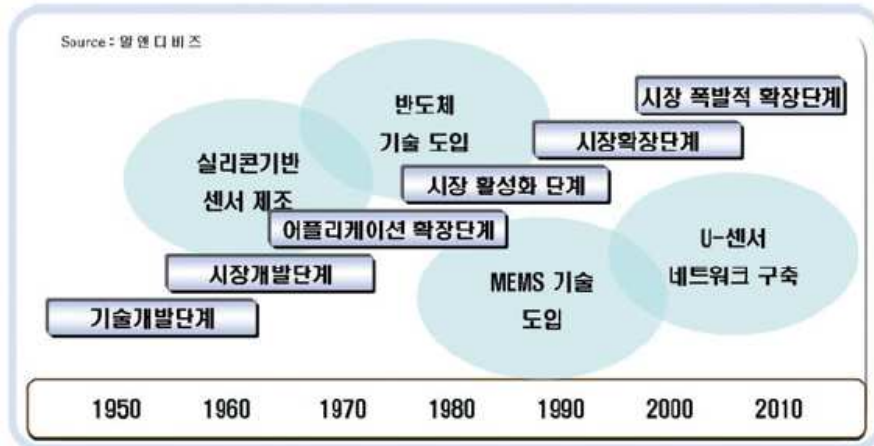
53) 건설-IT 융합분과 TFI (2008.4)

[표 2.23] 세계 건설-IT 융합시장 규모 변화추이 (단위: 억 달러, %)

	2008	2009	2010	2011	2012	연평균성장률
세계 (A)	2.410	2.530	2.640	2.770	2.890	4.6
국내 (B)	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	8.4
예상시장 점유율 (B/A)	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	3.5

출처: 건설-IT 융합분과 TFT, 2008.4

## □ 안전관리 기술 및 첨단 센서 시장<sup>54)</sup>



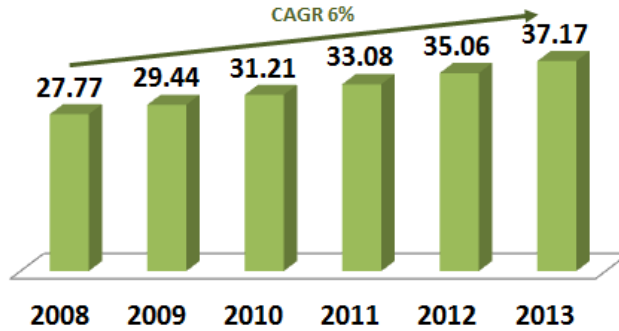
[그림 2.29] 센서 시장의 Life Cycle

- 안전관리 기술은 네트워크 컴퓨팅 기술 및 IT 기술과 접목되면서 괄목할만한 기술로 주목받게 되었으며, 시장의 크기 또한 급성장하고 있는 추세임. 따라서 센서 네트워크 기술은 USN 및 정보 네트워크를 구현하는 핵심요소로서 향후 그림 3. 과 같이 센서시장의 Life-Cycle에 따라 네트워크 산업이 활성화됨에 따라 센서시장도 폭발적인 성장을 보일 것으로 기대됨
- 광섬유센서
  - 세계 광 계측기기 시장은 전체시장의 70%를 미국, 독일, 영국, 일본 등의 선진국이 점유
  - 광 계측기기의 제작을 위해서는 다른 많은 분야의 첨단 부품들이 모여야만 가능하므로 단순한 기술이전에 의한 제작은 불가능하며, 고급 계측기기가 선진국에 의해 독식되는 주요 이유 중의 하나임
  - 국내의 반도체, 표시 장치 및 광통신 산업의 선진화와 연구차원의 고급계측기와 센서의 수요가 증가하고 있음에도 불구하고, 국내의 기술수준 미약으로 공급을 하지 못한 것으로 판단됨 (산업용 광계측 및 센서기기 시장동향 및 전망, 전자부품연구원, 2005)
- RFID/USN센서
  - RFID를 포함한 세계 USN 시장 규모는 2004년 113.6억 달러 규모에서 2007년 256.2억 달러를 넘어, 2010년 540.8억 달러 규모로 성장할 것으로 전망

54) 안전관리 기술과 첨단 센서의 융합, 토목학회 특집기사(2008.06)

- USN 시장은 초기에는 ID인식, 이력 관리 서비스가 중심이 되지만 점차 환경 정보센싱, 태그간 통신, 태그 제어의 기술 발전 단계에 따라 USN 시장으로 확대가 전망

□ 비파괴 검사 시장<sup>55)</sup>



[그림 2.30] 세계 NDT 시장 규모 예측 (단위: 억달러)

- 향후 세계 비파괴검사 장치/기기 시장은 기존의 성장률을 유지하며, 지속적으로 성장할 것으로 예측됨
- 세계 비파괴검사 장치/기기 시장은 기존의 연평균 성장률인 6%를 유지하며, 향후 지속적인 성장을 이룰 것으로 예상되며, 2008년 약 27.77억 달러 수준이던 시장은 6%의 연평균 성장률로 향후 5년 후인 2013년까지 성장하여 약 37.17억 달러 수준으로 성장할 것으로 예측됨
- 비파괴검사 장치/기기를 활용하는 기술용역을 포함한 부가가치 생산액도 장치/기기 시장 성장과 비례적으로 성장하여 2013년에는 연간 150억 달러를 넘을 것으로 전망됨

55) 2005년도 원자력 정책연구사업 비파괴 검사기술 진흥계획수립을 위한 연구, 과학기술부(2006)

### 3. 시사점

#### 3.1 시장환경

- 국내 건설-IT융합시장 규모는 현재 외국과 비교하여 상대적으로 낮은 수준인 것으로 나타났으나 향후 크게 성장할 것으로 전망
- 국내 도로교량시장에 사용되는 강재는 연간 평균 30만 톤, 콘크리트는 약 175만 톤에 달함. 또한 향후 10년간 약 88 조원의 국가철도망 시장이 생성될 것으로 보여 신규 교량시장이 확보될 것으로 예상됨. 향후, 이들 교량시장에서 요구되는 소재를 친환경 소재로 적용하고, 고성능 강재 및 콘크리트의 사용을 통해 경량화/슬림화를 추진함으로써 카본 다이어트를 달성할 필요가 있음
- 선진국에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시도가 이루어지고 있으며, 향후 국내에서도 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등이 동시에 고려된 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상됨
- 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 이에 대응하여 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가하고 있음
- 모든 노후화교량에 대한 재건설은 예산상 불가능하므로 이에 대한 효과적인 기술인 노후교량에 대한 부분적 교체기술 확보필요
- 국내 안전 및 유지관리 관련 시장 규모는 매년 20% 이상 증가되고 있는 추세이며, 향후 시설물 안전관리 분야의 잠재적인 시장규모는 매우 클 것으로 예상됨
- 해외 선진국의 경우 오래된 시설물이 많다는 점에서 어느 정도 차이는 날 수 있으나, 선진국의 사례를 통해 볼 때 향후 우리나라도 시설물의 양적 증대 및 공용연수 증가와 함께 점차 유지관리의 비중이 높아질 수밖에 없음
- 2010년 1500억 달러에 이를 것으로 예상되는 탄소배출권 거래 시장 규모 추세와 탄소배출권 거래제 도입 시, 국가적 경제손실 발생, 따라서 구조물 생애주기에서 발생하는 탄소에 대한 모니터링 및 감축을 통한 건설시장의 블루 오션 개척 가능

#### 3.2 산업구조 및 경쟁력

- 현재 교량건설시 초기 비용만을 고려하지만, 향후에는 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등을 고려하여 전 생애주기 관점에서 교량 형식이 결정될 것으로 판단됨
- 한국보다 산업화가 먼저 이루어진 선진국에서는 이미 친환경 장수명 교량에 대한 연구를 시작하고 있으며 국내에서는 아직 구체적으로 이루어지고 있지는 않은 실정임. 하지만, 국내의 우수한 건설기술력 및 세계최고수준의 소재 기술 등을 바탕으로 향후 5년 동안의 집중적인 연구를 수행할 경우, 친환경 장수명 기술 분야에서 세계를 선도할 수 있을 것으로 예상됨
- 경제성이 확보된 부분교체 유지관리 기술이 확보예상시점 2017년이므로

국내에서 노후화교량 문제가 정점에 이를 2020년에 대비가능

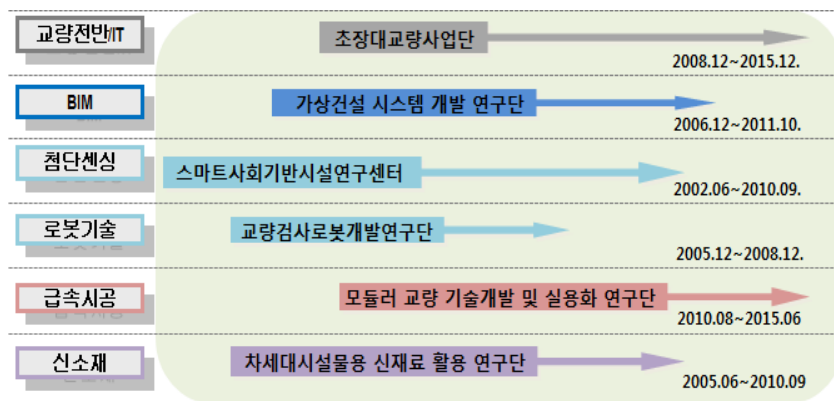
- 국외의 경우에도 기술 및 경제성이 확보된 기술 선점으로 노후화교량에 대한 보강/유지관리시장에서 경쟁력 확보 예상
- 시공 중심의 경쟁력으로는 더 이상 국제경쟁에서 생존하기 힘든 한계상황에 직면했으며, 강력한 국가기반 확보 및 시설물 안전관리 기술을 통해 국가기간시설물 및 사회간접기반시설물의 총괄적인 안전관리를 실현하고 저비용고효율의 차세대 건설 산업을 선도할 것으로 기대됨
- 국내의 유지관리 시장(센서, NDT, 로봇) 규모는 점점 증가하고 있으나, 해외 의존도가 매우 높으며, 국외와의 기술 격차가 줄어들지 않는 실정임. 국제적 경쟁력 향상을 위한 관련 장비의 개발 및 국산화가 요구되며, 국외 시장을 선도할 수 있는 원천기술의 개발이 시급함

### 3절. 기술동향분석

#### 1. 국내 기술동향

##### □ 선행 국가 R&D 연구 동향

- **초장대교량사업단**은 현재 국내에서 활성화되어 있는 장대교량 건설시장을 적극 활용하여, 핵심기술 역량을 확보함으로써 초장대교량 기술자립화를 이루고, 궁극적으로 국내 건설기술의 세계화를 추구하는 건설기술 개발을 목표로 연구를 진행 중임
- **가상건설 시스템 개발 연구단**은 건설프로젝트 생애주기 통합 의사결정 지원 시스템 개발을 목표로 하고 있으며, 구조설계, 설비설계, 견적 자동화 시스템을 구축하고, 시공 단계에서의 시뮬레이션 기술을 개발하여 시스템 모듈 간의 데이터 호환 및 표준화, 3D 설계 지침 작성 등을 통해 Construction Project Life-cycle Management 구축을 위해 연구를 수행중 임
- **스마트사회기반시설연구센터**는 스마트 센서와 스마트 재료, 모니터링, 제어 및 스마트 보강기술을 대형 사회기반구조물의 안전성 확보 및 사용성 증대를 위해 이상상태 감시시스템을 구축하는데 필요한 핵심기술을 연구 개발하였음
- **교량검사로봇개발연구단**은 교량의 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇시스템 개발을 목적으로 자동화 로봇 시스템을 위하여 머신 비전 시스템 등 첨단 센서 및 말단장치를 개발하고 첨단 이송기구 및 탐사로봇을 개발하였음
- **모듈러교량 기술개발 및 실용화 연구단**은 모듈러교량의 구성요소인 상부 및 하부구조 시스템 개발과 더불어 상용화를 위한 사업지원 기술개발 및 사업지원 기반구축을 연구 중임
- **차세대시설물용 신재료 활용 기술 연구단**은 고성능 건설 신재료 개발 및 이를 활용한 총 비용 절감형 사회기반시설의 상용화를 총괄 목표로 설정하고 BEST Infrastructure라는 비전 아래 건설재료별 신재료 및 활용기술 개발에 따라 세부과제를 구분하여 고성능강재, FRP/FRC, 신공간 창출용 신지반재료 등 3분야의 건설재료를 대상으로 기술개발을 추진함



[그림 2.31] 지능형 친환경 교량 관련 선행 국가 R&D 연구

## 1.1. BIM 관련 기술 동향

### □ 토목구조설계 시스템 기술

- 토목구조물에 대한 구조해석은 주로 범용 구조해석 프로그램을 이용해 수행되어 왔음. 과거에는 구조해석에 외국 프로그램이 주로 사용되어 왔으나, 현재 국내 구조공학 기술의 발전으로 국산 프로그램의 사용이 확산됨
- 3차원 GIS 기술과 관련하여 국토부에서는 매년 GIS 대회를 개최하여 국내 GIS 관련 기관, 전문가, 업계 등이 한자리에 모여 GIS의 활용을 극대화할 수 있는 방안을 모색 중임
- 국내의 GIS 분야는 연구소, 국가기관, 지자체, 관련 업체가 3차원 가상공간 구축 및 3D GIS 기술개발과 시스템 구축에 따른 활용에 대해 많은 관심을 갖고 있는 것으로 조사됨

[표 2.24] 토목구조 설계 시스템 관련 기술현황

	업체 및 기관	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술 (설계 및 해석기술)	MIDAT IT	MIDAS/Civil	• 교량 및 매스콘크리트 수화열 해석, 지하 구조물, 플랜트 구조물 등 토목 구조물 전반에 대한 설계 및 해석 지원	
	FEMsoft	PENTAGON-Bridge	• 3차원 유한요소 기술을 바탕으로 전문적인 교량해석	
	(주)한길아이티	AAbutPier	• 교각, 교대, 암거에 대한 설계 및 해석 프로그램	
	Grandsoft	GS-CurveIt	• 교각, 교대, 암거에 대한 설계 및 해석 프로그램	
국내 기관 연구개발 (3차원 GIS 기술)	업체 및 기관	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	(주)3GCORE	3D-TIME	• 3차원 가상공간을 구축할 수 있는 기술	
	(주)한국공간정보통신	IntraMap/3D	• 컴포넌트 개념의 3차원 시각화 기능과 다양한 분석기능을 가진 3차원 GIS엔진을 개발	
(주)GIS소프트	NeoMap 3D	• 3차원기반의 지형공간정보시스템 구축용 엔진으로, 3차원 공간분석, 위성영상 텍스트 매핑 등을 지원한		

### □ 상세설계 라이브러리 모듈 및 도면작성 기술

- BIM 시스템은 3D CAD 시스템이 기반기술임. 한국이 IT강국이기는 하지만, 국내 건설 분야의 CAD 시스템 시장은 2D CAD 시스템이 전체 시장의 97%를 점유하고 있어서 3D CAD시스템의 활용도가 매우 떨어지고 있으며, 관련 기술도 낙후되어 있는 실정임
- 국가 산업구조의 변화에 따라 발생되고 있는 건설현장 기피현상은 양질의 건설인력 부족을 유발하여 건설공사의 품질저하와 공기지연을 초래하며 이와 함께 인건비가 상승하고 있음. 이러한 문제를 해결할 수 있는 대안으로 3D CAD

시스템의 개발이 필요함

- BIM 기반 도면 관리 시스템과 관련된 국내의 동향은 대형설계사의 경우 BIM 적용 가능성 검토를 실시하고 적용에 대비하고 있으며, 한두 개의 중소기업 설계 사무소에서는 작은 규모의 프로젝트에 3D설계를 적용하여 프로젝트를 완료함

[표 2.25] 상세설계 라이브러리 모듈 및 도면작성 관련 기술현황

	업체 및 기관	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술 (상세 라이브러리 모듈)	Graphisoft	CAD 소프트웨어 개발	• 건축설계 전용 3차원 객체기반 CAD인 ArchiCAD 개발	
	Autodesk	CAD system 개발	• AutoCAD, Revit 등, 2차원 및 3차원 CAD System 개발	
	Xsteel	실시도면 작성 소프트웨어 기술	• 전체 골조부재는 물론 특히 접합부의 상세 도면 작성	
	Bentley	공정 시뮬레이션	• 생산성 향상을 위한 드로잉 기술 • 드로잉 기술 통합을 위한 디지털화	

#### □ 공법기반 견적 자동화 시스템

- 국내 견적프로세스는 2D 기반의 물량산출 또는 수작업에 의한 물량산출에 의존하고 있는 단계이며, 3D 모델로부터 곧바로 물량이 산출되고 그 물량이 해당내역과 직접 연계되는 자동화시스템에 대한 연구가 국내에서도 진행 중임

[표 2.26] 공법기반 견적 자동화 시스템 관련 기술현황

	업체 및 기관	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술 (공법기반 견적 자동화 시스템)	(주)두올테크	CAD 및 PMIS관련 개발	• 헝가리 그래피소프트 개발 3차원 객체기반 CAD인 ArchiCAD 및 이와 연계된 비용/일정관리 관리 시스템인 Virtual Construction 관련 기술 지원	
	성균관대		• Graphisoft사의 Virtual Construction 국내적용방안 연구 및 개발	
	(주)엘콘시스템	견적시스템	• 2D CAD 기반의 물량 산출 및 견적 시스템	
	(주)디디알소프트	AutoCAD Revit Series	• 3D 기반의 물량산출 시스템 개발	

#### □ 기획단계 시뮬레이션 BIM

- 기획 단계의 BIM이란 기획과 관련한 초기 데이터 및 프로젝트와 관련한 요구 사항을 초기 공간 계획에 반영할 수 있어야 함. 초반의 프로젝트 프로그램 모델 성격이 강한 기획 BIM은 설계, 시공, 유지관리를 거쳐 빌딩 모델(Building Model)로 발전해 가고 있음

[표 2.27] 기획단계 시뮬레이션 BIM 관련 기술현황

국내 업체 보유기술 (설계 및 해석기술)	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	(주)디디알 소프트	XDSpace	• CAD 기반 공간 DB 구축 기술, 5D 시각공정관리 기술, 조건별(공정/일정별) 3D 시뮬레이션	
	인텔리코리아	IntelliCAD	• IronCAD와 CADian을 번들화 시킨 캐디안을 개발 공급, 국내 유일하게 캐드엔진 수출, 오브젝트 ARX 언어 지원 등의 특징이 있음	
	버추얼빌더스	ArchiSpace UrbanSpace	• 건축 공간 정보 모델 설계, 자재 관리, 공간기반 커뮤니케이션 등 • GIS 응용 기술을 기반으로 3차원으로 모델링된 도시 규모의 영역에 대해 다양한 형식의 공간 정보를 자유롭게 조회하고 분석	
	범피어스	소프트웨어개발	• 협업 지원시스템, 프로젝트 관리 시스템, 자료관리 시스템, 회원제 웹사이트 개발 및 유지보수, 기타 웹 응용프로그램 개발	

### □ VR기반 공정별 위험도 예측 시각화

- 효과적이고 체계적인 리스크 관리 체계가 요구되고 있으며, 특히 최근 IT산업의 발전과 더불어 정보화 기법을 활용한 리스크관리시스템 연구가 활발히 진행되고 있음
- 대부분의 건설 현장에서는 계획 진도율을 이용한 진도관리가 이루어지고 있지만, 효율적인 대책 수립을 위한 기본 정보로 사용하기에는 부족함. 이와 같이 부족한 정보를 보완하기 위해서 정확한 진도율 산정방법에 관한 연구가 진행되고 있음
  - 김만장(2008)은 공동주택 개발 사업 관련 전문가에 대한 설문조사를 통해 사업의 평가 항목을 재설정하고, AHP기법을 통해 평가요소별 중요도를 산출함
  - 황지선(2003)은 초기 건설공사의 리스크를 식별하고, 퍼지이론을 이용한 리스크 분석방법을 제시하여 리스크 인자와 위험도와 중요도를 산정함으로서 공종별 리스크인자의 우선순위를 결정하였음
  - 이정석(2008)은 BTL중 사업 비중이 가장 높은 교육시설을 대상으로 단계별 리스크 인자들을 도출하여 리스크 분류체계를 작성 및 퍼지개념에 의한 언어적 변수로 나타내고, 퍼지 추론과 퍼지척도를 통해서 정량화하였음
  - 장명훈(2006)은 건설 산업에서 사용되는 공정관리 프로그램과 공정리스크 관리를 통합하기 위한 시스템을 개발하여 공종별 액티비티와 관련된 공정리스크를 연계하는 시스템에 관한 연구를 하였음
  - 진수명(2009)은 블로그(Blog)를 공정리스크 관리와 연계하여 웹상에서 공정리스크를 관리 할 수 있는 시스템을 개발하여 현장관리자가 공정리스크를 발생 전에 대비할 수 있게 하였음
  - 이복남(1999)은 투입 예산을 작업 진도율이나 작업량과 비교, 분석함으로써 진도율을 산정하는 방안을 제시하였다. 또한 사업 초기단계에서부터 공사진도율과 공사비를 비교, 분석하여 문제점에 대한 대책마련과 사업 예산과 공사 진행과의 연계성을 강조하였음

- 최윤기(1999)는 공사 활동 간의 서로 상이한 일정, 비용 정보의 통합을 위한 새로운 작업 분류체계를 제시했다. 또한, 분할된 각 단위작업별 공사 진도율 산정 모델을 제시 및 적용하여 기존의 진도율에 대한 보안 사항 및 실제적인 진도율 변동을 검증함
- 원동수(2000)는 EVMS (Earned Value Management System, 일정 비용 관리 시스템) 적용을 위한 최적 성과 측정 기준선을 고려한 진도율 산정 방안을 제시하였다. 또한, EVMS 적용을 위한 성과 측정 기준선 및 달성 공사비 등 명확하고 객관적인 진도율 산정 기준을 제시하였음
- 이상범(2002)은 EVMS 국내도입에도 불구하고, 대부분의 건설업체에서는 개별적으로 공정과 비용이 관리되는 문제점 제시하였다. 이에 EVMS구성 요소 중 EAC (Estimate at Completion : 최종 공사비) 예측에 대한 장/단점을 서술하여 기존의 산정방식을 벗어난 새로운 기준을 제시 및 구축하였음

## 1.2 친환경 소재 활용 관련 기술 동향

- 국내에서 수행된 고성능 소재 및 활용기술 개발 관련 연구프로젝트는 아래 표와 같으며, 강구조/강합성 구조 또는 콘크리트 구조 연구는 모두 소재, 성능평가 및 최적화 설계/구조시스템, 유지관리 기술 등으로 구분될 수 있음

### □ 강재 개발



[그림 2.32] 내후성 강재 적용 교량

- 최근 고성능 소재의 개발과 함께 신형식 구조개발이 활발히 이루어지짐
- 강재의 개발과 활용기술 관련해서는 포항산업과학연구원(RIST), 서영엔지니어링, 삼현피에프, 한국건설기술연구원(KICT) 등을 중심으로 연구를 수행하고 있으며, 최근에는 친환경이 관심이 커지면서 내후성 강교량 기술이 재조명을 받고 있음

[표 2.28] 강재 개발 관련 기술 현황

	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술 (강재 개발)	대림C&S	고성능 강교량 제작기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HSB500(W)/600(W)/800 강교량 제작기술</li> </ul>	사용 강재량 절감 내후성강 사용 도장 배제
	포항산업과학연구원	고성능 강재 및 고로슬래그 시멘트	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고성능 강재 및 활용기술 (HSB500(W)/600(W)/800(W), 2400MPa PC강연선 등)</li> <li>• 저탄소 강섬유 제조기술, 저시멘트 콘크리트 제조기술</li> </ul>	HSB500(W)/600(W)/800(W)
	KICT	탄소저감 건설재료	탄소저감형 건설재료 기획	
	한양대			
	송실대	고강도/고부착 철근	고강도 고부착 철근 개발	
	RIST	고성능 강재/콘크리트	차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발	
	현대제철	합성슬래브 내화거동	비대칭H형강 합성플로어 성능기반 내화거동 고도화 연구	
	비앤티엔지니어링	철근방식	용융도금 및 해수전착코팅에 의해 제작한 콘크리트 강화용 방식철근재료의 실용적 개발	

## □ 콘크리트 개발



[그림 2.33] 저시멘트 콘크리트 활용 예 (항만시설)

- 친환경, 다기능 콘크리트의 개발이 활발히 이루어지고 있으며 보수, 보강 기술 또한 중요한 연구 분야로 꾸준한 연구가 수행
- 한국콘크리트학회, 서울대, KAIST, 충남대 등 비교적 다양한 연구팀들에 의해 다양한 연구를 수행하고 있으며, 최근에는 친환경, 다기능 콘크리트의 개발과 함께 보수, 보강기술 또한 중요한 연구 분야로 관심을 받고 있음
- 최근 포항산업과학연구원에서는 대표적인 건설용 소재인 시멘트와 강섬유의 탄소절감을 위해 포스코의 고로슬래그를 적극 활용하는 저시멘트 콘크리트와 제작단계를 간소화한 저탄소 강섬유에 대한 기초연구를 수행중에 있음. 이러한 신소재들은 ‘탄소저감형 건설재료 연구단(2011년 한국건설교통기술평가원 기획)’을 통해 완성될 것으로 예상됨

[표 2.29] 콘크리트 개발 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술 (콘크리트 개발)	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	한국콘크리트학회	고성능 콘크리트 고교각	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 콘크리트 활용</li> <li>고교각 설계기술</li> </ul>	고성능 콘크리트 교각 설계지침
	한국건설기술연구 원	고성능 콘크리트 (UHPC, HPFRCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고강도 콘크리트 및 고인성 콘크리트 기술</li> </ul>	초고강도 콘크리트, 고인성 고내구성 콘크리트
	한국생활환경시험 연구원	콘크리트 균열부 자기 치유를 위한 실리콘화합물 코팅재	<ul style="list-style-type: none"> <li>콘크리트 균열 자기치유</li> <li>실리콘 화합물 코팅재 기술</li> </ul>	균열치유 코팅재
	KAIST	신섬유복합 모르타르 및 구조물 보수/보강	<ul style="list-style-type: none"> <li>고인성, 고내구성 신섬유복합 모르타르 및 이를 이용한 보수/보강기술</li> </ul>	고인성, 고내구성 신섬유복합 모르타르
	연세대	콘크리트 친환경처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>친환경 화학처리기술을 통한 콘 크리트 구조물의 환경오염 저감 에 관한 연구</li> </ul>	
	한국수자원공사	장기팽창 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>MgO를 혼입한 장기팽창성 콘크 리트의 현장 실용화</li> </ul>	
	캐어콘	캡슐혼화재	<ul style="list-style-type: none"> <li>수용성 고분자를 이용한 콘크리트 용 마이크로캡슐 혼화제의 개발</li> </ul>	

한국건설생활환경 시험연구원	Self healing coating재	• 콘크리트 구조물의 균열부 자기 치유를 위한 반응성 실리콘화합물 코팅재 개발 및 그 적용성 평가	
협성엔지니어링	내부중공 RC교각	• 내부구속중공 철근콘크리트 교각 실용화 연구	
대우건설	고강도/다기능 콘크리트	• 고성능 다기능 콘크리트 개발 및 활용기술	
경동기술공사	고분자 침투 콘크리트	• Microwave를 이용한 고분자 침투콘크리트 제조공정 개발	
한양대	경량콘크리트	• NT를 이용한 고성능 콘크리트 및 경량 콘크리트 개발	
중앙대	재생골재 (성능평가)	• 재생골재를 사용한 콘크리트 구조물의 평가시스템개발	
쌍용양회	초저발열 콘크리트	• 대형 매스콘크리트 구조물의 수화열 제어를 위한 초저발열콘크리트의 개발 및 수화열 제어 시공기술 개발	
한라건설	무세골재 콘크리트	• 무세골재 콘크리트의 제조와 건설자재 활용기술 개발	
충남대	섬유보강 콘크리트	• 에너지 절약형 고기능 섬유보강 콘크리트의 개발 및 설계, 시공 지침안 작성에 관한 연구	
동아건설	경량콘크리트	• 경량기포 콘크리트 재료 개발 연구	
동아건설	고내구성	• 고품질 시공을 위한 내구성 콘크리트의 개발	

## □ 장수명 설계 및 시공 기술

- 최근 개발되고 있는 친환경 소재(고성능, 고기능성)를 통합하여 구조물에 효과적으로 적용한다면 교량구조물의 설계, 시공, 공용단계에 있어 높은 수준의 탄소저감이 가능할 것으로 예상됨
- 교량의 장수명 설계/제작/시공기술 개발을 통해 교량의 설계수명을 100년 이상으로 늘인다면 유지관리에 따른 비용과 탄소배출을 최소화할 수 있을 것으로 예상됨

[표 2.30] 장수명 설계 및 시공기술 관련 기술 현황

	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술 (장수명 설계 및 시공기술)	삼현피에프	강상자-트러스 장경간 하이브리드 교량구조	• 고성능 강재를 효과적으로 활용할 수 있는 구조시스템 기술 개발 (강박스/트러스 하이브리드)	사용 강재량 및 부모멘트 감소 시공성 향상
	혜동브릿지	장경간 강합성 거더(SBarch)의 철도교	• 고성능 강재와 콘크리트의 합성구조에 아치형상을 도입한 장경간화 기술	교량 의화 슬림화 및 장경간화
	서영엔지니어링	차세대 이중합성 강박스거더 교량	• 고성능 강재와 콘크리트의 효과적인 연속교 합성구조기술	교량 의화 슬림화 및 장경간화
	포스코건설	강합성 프리캐스트 교각	• 강합성 프리캐스트 교각 설계 및 제작기술	교각 의화 슬림화 및 공사기간 단축

인터컨스텍	고강도 PC강연선 및 콘크리트 교량 거더 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>고강도 PC강연선과 콘크리트 활용 거더의 저형고, 슬림화 기술</li> </ul>	거더의 저형고 및 슬림화, 고내구성
한국도로공사	복합포장 시스템 및 폴리머 콘크리트 교면포장	<ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 폴리머 콘크리트를 이용한 교면포장 기술</li> </ul>	교량 바닥 및 포장의 내구성 향상
유신	장수명 교량설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>콘크리트 내구성을 고려한 교량 수명설계</li> </ul>	교량의 사용수명 설계
디엠엔지니어링	장수명 바닥판 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘못된 계산식교량 바닥판의 장수명 설계</li> </ul>	바닥판 수명연장
한국건축구조기술사회	BIM 표준상세	<ul style="list-style-type: none"> <li>BIM 기반 RC구조와 강구조 표준상세 연구 및 데이터베이스구축</li> </ul>	
KICT	강교량 최적설계/LCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>강교량의 최적설계와 경제적 유지관리를 위한 Life Cycle Cost 분석 기법 및 시스템 개발</li> </ul>	
동국대	최적화설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>하중-저항계수설계법에 의한 강교량 주부재의 최적화 설계 프로그램의 개발</li> </ul>	
한국도로공사	친환경 고내구성 포장	<ul style="list-style-type: none"> <li>장수명 친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발</li> </ul>	
KICT	탄소섬유판 보강공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 프리스트레스트 탄소섬유판에 의한 구조물 보강공법 개발</li> </ul>	
원광대	FRP+콘크리트 거더	<ul style="list-style-type: none"> <li>IT기반형 스마트 FRP+콘크리트 합성거더 개발</li> </ul>	

## □ FRP 보강근 기술

- 국내 건설시장에서 FRP 복합재료의 적용이 가장 활발하게 이루어지고 있는 분야는 기존 콘크리트 구조물의 보수·보강분야로서 1990년대 중반부터 많은 공법들이 개발되고 있음
- FRP 복합재료를 이용한 구조부재의 개발은 2001년, 2002년 대학교, 국책 연구기관 등이 주체가 되어 복합재료를 이용한 교량바닥시스템, 해상파일 개발연구가 진행되었으며, 일부에서는 시공까지 진행되었음

[표 2.31] FRP 보강근 관련 기술 현황

	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
국내 업체 보유기술 (FRP 보강근 기술)	한국건설기술연구원	FRP 보강근 및 텐던 제조기술	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발기술	부착성능 이향상된 내부식성, 내피로성 FRP 보강재 생산
	동원건설	FRP 인발성형 제품 제조기술	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발기술	내부식성, 내피로성 FRP 선재생산

	신성소재	FRP 보강재 제조기술	고성능 고효율 CFRP 케이블의 개발기술	내부식성 ,내피로 성 FRP 선재생산
--	------	-----------------	---------------------------	-------------------------------

### 1.3 부분 조립 및 급속 시공 관련기술 동향

- 2010년 화재 사고로 소실된 서울외곽순환고속도로 중동 나들 목 부근 부천 고가교 긴급 복구공사를 예정보다 1개월 앞당겨 완공, 개통.
  - 콘크리트 바닥판을 공장에서 제작하고 현장에서 조립하는 프리캐스트 공법을 적용해 기존의 철근 조립 및 콘크리트 타설 공법은 양생기간을 거쳐야 하기 때문에 공사시간이 오래 걸리는 문제를 해결하여 공기단축
- 국내에서는 현장작업을 최소화하기 위하여 프리캐스트 콘크리트 시공법에 대한 기술개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 주로 교량 상부구조의 실용화가 두드러짐

#### □ 제품교량

- 현장타설 RC 바닥판이 갖는 시공 상 어려움을 해결하고 신속시공을 목적으로 프리캐스트 콘크리트 바닥판이 개발되고 있으며, 프리캐스트 콘크리트 부재 및 복합재료를 응용한 조립식 바닥판 기술에 대한 연구가 진행되고 있음. 또한, PPC(Prefabricated Prestressed Concrete)공법, SPC(Spliced Prestressed Concrete)공법 등을 이용한 교량이 개발되어 교량현장에 적용됨

[표 2.32] 제품교량 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술 (제품 교량)	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용
	삼현피에프	강함성거더 설계·제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강함성거더(Preflex, Precom, 복합 박스거더, Bicon) 설계/제작/시공</li> <li>• 프리스트레스가 도입된 강함성구조로 60m이하 지간 도로교 최저형교</li> </ul>	합성교량
	스틸코리아	장경간 ATOM 가설교량 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장경간 ATOM 가설교량 설계/제작/시공</li> <li>• 강봉을 이용한 프리스트레스 도입 장경간 강재 가설 교량</li> </ul>	임시교량
	삼표이앤씨	강함성거더 (Preflex, Turn Over 거더) 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강함성거더(Preflex, Turn Over 거더) 설계/제작/시공</li> <li>• 프리스트레스가 도입된 강함성구조로 60m이하 지간 도로교 최저형교</li> </ul>	합성교량
	우경건설	CPI 강거더 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPI 강거더 설계/제작/시공</li> <li>• I형강의 고강도 강재접합에 의한 프리스트레스 도입</li> </ul>	합성교량
	비비엠코리아	CFT거더 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CFT거더 설계/제작/시공</li> <li>• 원형강관에 콘크리트 충전</li> </ul>	합성교량
	지아이에프	PCT거더 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PCT거더 설계/제작/시공</li> <li>• 프리스트레스가 도입된 콘크리트 하부플랜지와 강재 조합 복합트러스</li> </ul>	합성교량
	대우건설	PnP거더, CFT 아치 트러스 제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PnP거더, CFT 아치 트러스 제작/시공</li> <li>• 반두께 프리캐스트 바닥판 적용 다단계 프리스트레스 도입</li> <li>• CFT강관 모듈의 조합에 의한 아치형태의 트러스 구성</li> </ul>	합성교량
	인터컨스텍	IPC, SegBeam 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IPC, SegBeam 설계/제작/시공</li> <li>• 프리캐스트 세그먼트 조립 PSC 거더</li> </ul>	콘크리트 교량
	휴먼브릿지	T형 PSC 거더 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T형 PSC 거더 설계/제작/시공</li> <li>• 바닥판 일체형 PSC거더</li> </ul>	콘크리트 교량
	길교이앤씨	강함성 합성형 라멘교량 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강함성 합성형 라멘교량 설계/제작/시공</li> <li>• 프리스트레스가 도입된 강함성거더의 지점부 강결에 의한 라멘구조</li> </ul>	합성교량
해동브릿지	SB아치 교량 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SB아치 교량 설계/제작/시공</li> <li>• 박스와 I형태의 조합 강거더에 아치콘크리트 보강 충전</li> </ul>	강교량	
동양RPF	강함성거더 (RPF, TU거더) 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강함성거더(RPF, TU거더) 설계/제작/시공</li> <li>• 프리플렉션과 강연선 긴장에 의해 프리스트레스가 도입된 강함성거더</li> </ul>	합성교량	

## □ 조립식교각

- 급속시공이 가능한 교량 하부구조는 대우건설, 한국건설기술연구원, GS건설, 포스코 등 많은 연구기관 및 시공업체에 의해서 다양한 기술들이 개발되었으며 향후 한국도로공사 설계지침에 적용 예정임

[표 2.33] 조립식 교각 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술 (조립식 교각)	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용
	대우건설	프리캐스트 콘크리트 조립식 교각 설계/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프리캐스트 콘크리트 조립식 교각 설계/시공</li> <li>• 강연선 긴장에 의한 프리캐스트 세그먼트 접합 조립식 교각</li> </ul>	콘크리트 교각
	한국건설 기술연구원	프리캐스트 강함성 조립식 교각 설계/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프리캐스트 강함성 조립식 교각 설계/시공</li> <li>• 강관 기둥의 콘크리트 충전에 의한 합성 조립식 교각</li> </ul>	강함성 교각
	GS건설	프리캐스트 콘크리트 조립식 교각 설계/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프리캐스트 콘크리트 조립식 교각 설계/시공</li> <li>• 연결 볼트접합에 의한 콘크리트 조립식 교각</li> </ul>	콘크리트 교각
	포스코건설	프리캐스트 콘크리트 조립식 교각 설계/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프리캐스트 콘크리트 조립식 교각 설계/시공</li> <li>• 강봉 긴장에 의한 프리캐스트 세그먼트 접합 조립식 교각</li> </ul>	콘크리트 교각

## □ 복합교대

[표 2.34] 복합교대 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술 (복합 교대)	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용
	삼표이앤씨	강관 혼합형 강널말뚝 교대 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강관 혼합형 강널말뚝 교대 기술</li> <li>• 강널말뚝 강관 용접: 흙막이/물막이벽 역할, 기초파일 역할 동시 수행</li> </ul>	널말뚝 교대
	한국도로공사	보강토 교대 설계기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보강토 교대 설계 기술</li> <li>• 토압을 지지하는 날개벽에만 보강토를 활용</li> </ul>	보강토 교대

## □ 부대시설

[표 2.35] 부대시설 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술 (부대 시설)	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용
	동아에스텍	교량 방음판/방음터널 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦SB3-SB5 교량난간 설계/제작/시공</li> <li>◦교량 방음판/방음터널 설계/제작/시공</li> </ul>	난간/방음벽
	케이이앤씨	교량 난간 및 받침 설계/제작/시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦교량 난간 및 받침 설계/제작/시공</li> </ul>	난간/받침

## 1.4 교량 유지관리 관련 시장 현황 및 전망

### □ 건전성 진단 관련 기술

- 국내에서는 KAIST, 부경대학교에서 무선 센서를 활용한 토목 구조물의 모니터링에 관심을 가지고 있으며 연구를 수행하여 좋은 성과물을 여러 학회에 게재 또는 발표를 하고 있음
- 학계뿐만 아니라, 위드로봇(주), 스마트제어계측, 한국유지관리(주)에서 또한 구조물 모니터링을 위한 무선 센서를 연구, 판매하고 있음

[표 2.36] 스마트 센서 관련 기술 현황

국내 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	위드로봇(주)	무선 센서 플랫폼 제작 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량을 모니터링하기 위해 동기화된 방식으로 RF통신을 이용해 데이터를 취득</li> </ul>	실제 교량에 제품 적용
	스마트제어계측	소형 무선 센서 모듈 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>작은 크기의 무선 센서를 제작하여 휴대성을 높여, 현장 계측이 용이</li> <li>도로 및 교량의 진동을 일회성 측정시 용이</li> </ul>	판매 및 상용화
	(주)한국유지관리	무선 전송 모듈 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 유선센서를 활용하되, 데이터 전송을 무선으로 하기위한 모듈 제작</li> <li>기존유선센서를 사용하므로 추가적인 센서 개발이 필요없음</li> </ul>	판매 및 상용화
	(주)코아칩스	에너지 하베스팅	<ul style="list-style-type: none"> <li>복합 압전재료 개발 및 에너지 하베스팅 장치 개발</li> <li>무전원 센서 기술 보유</li> </ul>	판매 및 상용화
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 상용화
	한국과학기술원	무선 센서의 실 교량 적용	<ul style="list-style-type: none"> <li>제2진도대교에 실제 무선 센서를 설치하여 3년간의 안정성 테스트 및 적용성 확인</li> </ul>	저널 기재
	부경대학교	무선 센서를 활용한 글로벌 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>무선 센서에 가속도 센서, 압전센서를 활용하여 전반적 및 국부적인 손상 파악 기술 연구</li> </ul>	저널 기재
	한국과학기술원	에너지 하베스팅	<ul style="list-style-type: none"> <li>열·압전 기반의 에너지하베스팅 기술 연구 및 개발</li> </ul>	저널 기재

- KAIST는 한·미·일 공동연구를 통해 개발된 스마트 무선 센서를 제2진도대교에 설치하여 3년간 운영하여 장기간 성능 평가를 수행함
- 부경대학교에서는 모드해석 기법이 내장된 가속도기반 무선센서 노드를 개발하고, PSC 거더모형에 설치하고 기존 구조물 건전도 모니터링 시스템과의 성능비교를 통해 검증함
- 부경대학교에서는 무선센서노드를 이용하여 하이브리드 모니터링 기법을 연구하였으며, 강판형 철도교량의 전반적인 손상인 휨 강성저하와 국부 손상인 볼트풀림을 효과적으로 모니터링 기술 개발함
- 위드로봇(주)에서는 40개의 무선센서노드 개발하였으며, 해당기술을 인천대교에 시공 시 설치하여 제품의 성능을 검증함

- 스마트제어계측에서는 휴대용 무선 센서 모듈 제작하였으며, 해당 기술을 통해 도로 및 교량의 물리량 계측에 사용함
- 한국유지관리(주)에서는 데이터만을 무선으로 전송하는 시스템을 만들었다. 해당기술을 통해, 센서를 무선 데이터 로거에 연결하여 사용함
- 국내의 무선센서의 에너지 하베스팅 기술을 보유한 대표 업체로는 코어칩스가 있으며, 복합 압전재인 PZT 센서 기반의 에너지 하베스팅 기술을 보유하고 있음. KAIST은 열과 압전을 이용한 하베스팅 기술을 연구·개발하고 있음
- 국토해양부에서는 교량 검사를 위한 ‘교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발 (2005.12~2008.12)’ 프로젝트를 수행하였으며, 현재 발달하고 있는 컴퓨터, 측정 및 계측장비, 구조 안전성 평가기법, 보수 및 보강 등을 기반으로 작업의 안전성을 확보하고 화상 검측된 열화상 손상자료를 영상 처리 기법을 사용하여 유지관리 전 과정을 자동화 및 객관화 할 수 있는 새로운 교량 유지관리 시스템을 개발함

#### □ 교량 통합 유지관리 시스템

- 시설물의 정기적 또는 비정기적 안전 점검에 이외에도 시설물에 대한 효과적 유지관리를 위하여 시설물의 관리 주체는 설계도서, 시공관련 자료, 안전점검 및 정밀안전진단 자료 등에 의존해야 하는데 이를 위해서 시설물정보통합 관리시스템이 2003년 개발됨<sup>56)</sup>
- 국내 교량의 경우 국도 및 지방도 관리를 위해서 1985년 개발된 BMS는 이후 명칭을 KOBMS로 변경후 현재 건설 CALS.EC사업 군에 포함되어 건설기술연구원에 위탁 운영되고 있으며 건설 교통부가 관리하고 있어 점검, 진단, 유지보수, 하자보수 등의 업무를 수행하고 있음
- 고속도로 교량의 경우 한국도로공사에서 개발한 HBMS에 의해 기본적인 관리가 이루어지고 있으나 이와는 별개로 시설물의 관리 정보는 시설물정보통합 관리시스템에도 저장되고 있어 이중적인 DB 구조를 가지고 있음. 하지만, DB 구축후 10여년의 기간밖에 지나지 않아 시간이 필요함<sup>57)</sup>
- 현재 통용되고 있는 교량 유지관리 기법 또는 시스템은 현황 파악을 위한 DB수준의 시스템이 대부분으로 유지관리 공법 및 시기 결정등 주요 의사결정 지원기능을 제대로 갖추지 못한 상황이라서 차세대 유지관리를 구축하기 위해서는 교량 전 생애주기 걸쳐 축적된 자료를 바탕으로 의사결정을 할 필요가 있음<sup>58)</sup>

56) <http://fms.kistec.or.kr>

57) 건설관리, 2007

58) 건설관리, 2007

[표 2.37] 교량 통합 유지관리 시스템 관련 기술 현황

국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	한국도로공사	스마트 교량 내하력 평가기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통통제 없이교량안전성을 평가할 수 있는 최첨단 기술</li> <li>• 미국 노후교량 점검시장에 진출 (2011)</li> </ul>	판매 및 상용화
한국시설 안전공단	철도교량의 유지관리를 위한 LCC 분석시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철도교량의 생애주기동안 발생가능한 모든 비용항목을 분석하여 국내 실정에 적합한 합리적이고 실용적인 설계단계 경제성분석 의사결정 시스템 개발</li> <li>• 철도교량의 효율적인 유지관리 방안 및 DB 구축</li> </ul>	연구개발	
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	인하대학교	차량탑재 교량진단시스 템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이동차량탑재 데이터 수집기를 이용한 교량진단 모니터링 기법 개발</li> <li>• 첨단화 무선화 계측시스템 및 센서 네트워크를 이용한 미래지향적 교량 진단 시스템 개발</li> </ul>	저널기재
	한국과학기술원	국부손상감지 기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내장형센서를 사용한 교량 국부손상 감지기술 개발</li> <li>• 환경 및 사용하중에 영향을 최소화 하는 손상 진단 시스템 구축</li> </ul>	저널기재
	고려대학교	생애주기 교량관련 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생애주기 교량 관리 모델 개발 및 기존 관리모델 개선</li> <li>• 교량 생애주기 상태 및 성능 평가 모델 수립 및 데이터 구축</li> </ul>	저널기재

## 2. 국외 기술동향

### 2.1 BIM 관련 기술 동향

- BIM은 최근 5~10년 사이에 전 세계적으로 조명을 받으며 많은 관련 기술들이 개발되고 있으며 건설프로젝트 전반에 걸쳐 기술 개발이 추진되고 있고 일부는 상용화 단계에 있음

#### □ 설계/엔지니어링에서의 BIM 기술 (BIM 설계표준화와 데이터 호환성)

- 과거부터 사용되어온 여러 종류의 CAD 응용프로그램을 BIM Integration 이라는 개념과 취지에 맞게 기존의 CAD시스템 개발사들이 프로그램을 조정하여 상용화 단계에 있으며, 그와 동시에 AEC Industry전반에 걸쳐 BIM 설계 표준화에도 많은 진전이 이루어지고 있음
- USA National Institute of Sciences (NIBS)는 IFC (Industry Foundation Classes)에 기초하여 open BIM standards/data exchange 개발에 박차를 가하고 있으며, 또한 앞에서 언급한 여러 공공기관에서 역시 BIM 설계표준화 기준을 세워 관련 프로그램을 개발하고 있음

#### □ 건설시공에서의 BIM 기술

- 아직은 BIM 기술이 전체 건설시공 과정에 단계적, 체계적으로 적용되고 있지는 않지만, 많은 프로젝트에서 개별적으로 BIM을 적용하기 위하여 BIM을 이용한 시공기술을 개발하고 있음

#### □ 건설프로젝트 관리에서의 BIM 기술

- BIM의 기본적인 개념인 integration and data exchange를 건설관리 전반에 적용하고자 하는 많은 연구가 이루어지고 있으며 기존의 PM/CM 관련 프로그램과 BIM 프로그램간의 상호 integration을 통하여 몇몇 프로그램은 상용화 단계에 있음

#### □ 유지관리, 보수에서의 BIM 기술

- 건설프로젝트 관리와 마찬가지로 기본적인 개념연구는 이루어졌으나, 실제 기존의 Facility Management 기술과 어떻게 BIM 기술을 integration 시키고 data exchange를 이룰지에 대한 연구개발이 진행되고 있음

#### □ 친환경 건설 (Green Construction & Manufacturing)로서의 BIM 기술

- 가장 최근에 관심을 받고 있는 분야로서 여러 연구단체에서 어떻게 BIM이

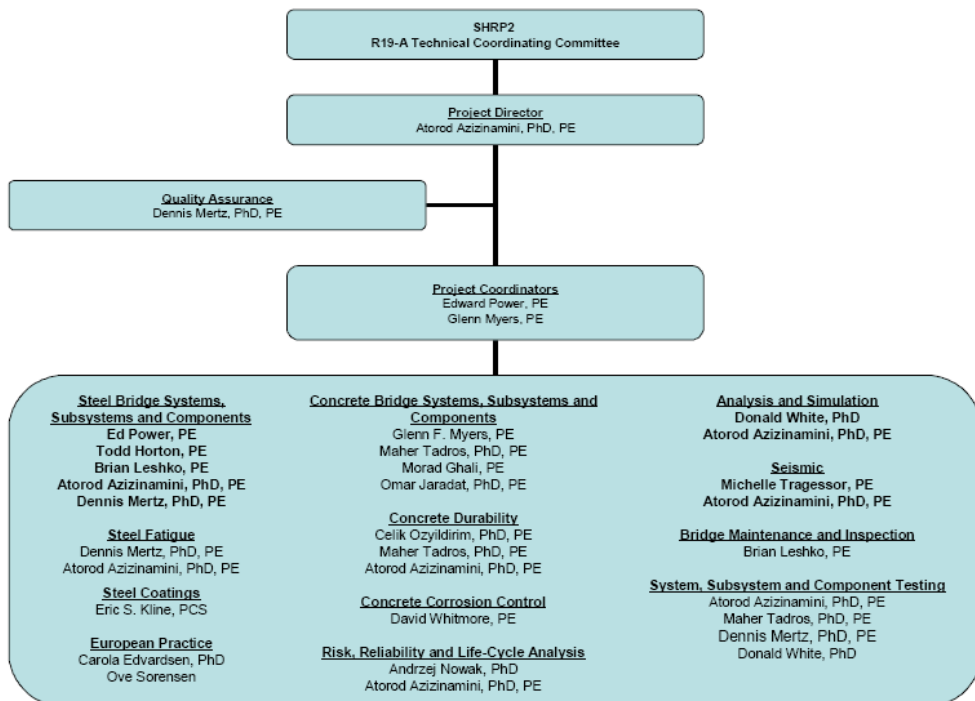
Green Construction 및 Lean Construction과 integration을 이루어 친환경 건설산업을 이룰 것인지에 대해 많은 연구개발이 진행 중임

- BIM 디자인/시공 시 3D Model에 의한 실제 에너지 시뮬레이션을 통해 에너지 비용절감 효과를 건설 계획에 반영하고, BIM을 이용하여 많은 건설 부재를 사전 제작화 시켜 시공 시 재료 절감 효과를 추구하는 등, 근본적으로 BIM을 통하여 virtual construction/engineering을 실현하여 친환경 건설을 구현하려는 연구들이 활발히 진행되고 있음

## 2.2 친환경 소재 활용 관련 기술 동향

### □ 미국

- 미국 교통연구위원회(TRB, Transportation Research Board)에서는 Safety(고속도로 안전성 향상), Renewal(노후 교량의 보수보강 및 수명연장), Reliability(교통사고 통제를 통한 교통체증 저감), Capacity(새 교통시스템의 계획 및 설계)의 4개의 분야에 대한 연구를 국가적인 차원에서 SHRP2(Strategic Highway Research Program) 연구프로그램으로 운영하고 있으며, 그 중 신규 또는 보수/보강되는 교량의 공용수명을 100년 이상으로 연장하는 프로젝트를 R19(2008.3~2012.2): “Bridge For Service Life Beyond 100 Years “를 통해 수행하고 있음. R19는 A와 B로 구성되어 있으며, R19A에서는 장수명과 관련되는 교량 시스템에 대한 기술을 R19B에서는 사용한계상태설계에 대한 연구를 수행하고 있음



[그림 2.34] R19A Innovative Systems, Subsystem and Components 구성체계

- 미국 펜실베니아 도로교통국에서는 100년 수명의 교량을 요구하고 있으며 이를 위해 설계, 시공, 조사(Inspection), 유지관리의 전 단계에 걸친 검토를 요구하고 있음. 교량 교체의 대표적인 사례로는 바닥판 연결부 누수, 부식, 피로 등을 들고 있음. 현재 미국의 도로교설계기준인 AASHTO LRFD에서는 사용수명에 대한 정확한 설계데이터를 제시하고 있지 못하고 있는 실정임



[그림 2.35] 미국 붕괴 사례 (Dellville Bridge)



[그림 2.36] 미국 100 사용수명 설계교량 예 (I-35W Bridge, Minneapolis)

□ EU

- 유럽연합 교통연구지식센터(Transport Research Knowledge Center)에서는 경제적이고 장수명이며 유지관리를 최소화할 수 있는 교량기술개발에 대한 연구(FUTURE Bridge)를 수행하였음. 이 연구에서는 장수명화와 제작 및 유지관리단계에서 에너지를 최소화하기 위해서는 부식에 대한 저항성이 높아야 하고 현장 제작과 운반이 용이하도록 경량화 구조를 이루어야 하며 나아가 고성능은 성능기반 설계와 제작, 소재가 뒤따라야 한다고 함. 이 연구에서는 신소재를 이용한 교량 구조물의 설계, 제작, 시공 및 소재기술을 포괄적으로 다루고 있음

[표 2.38] 국외 신소재 활용 친환경 장수명 교량 기술 현황

국외 업체 보유기술	업체(국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	Modjeski and Masters, Inc.(미국)	교량 100년 수명 사용성 한계상태 설계기술	AASHTO LRFD 설계기준 사용성 한계상태 설계법 보정 신 사용성 한계상태 설계법 개발	사용수명설계
	Rada Solutions International (미국)	바닥판의 건전성 평가기술	임팩트एको, 초음파 에코 등을 이용한 비파괴 바닥판 건전도 평가	바닥판 건전도 평가기술
	CLF Inc.(미국)	100년 사용수명 설계	사용수명과 설계수명(하중재현주기)을 구분한 설계기술	사용수명설계
	Maunsell Australia Pty Ltd.(호주)	교량 장수명 설계	콘크리트 내구성 설계기술, 중성화, 염해설계	내구성 설계기술
	COWI (덴마크)	교량 장수명 설계	사용수명과 설계수명(하중재현주기)을 구분한 설계기술	사용수명설계
국외 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	NaBro(미국)	HPS 활용 강교량 및 하이브리드 교량 설계	미국의 고성능 강재인 HPS를 활용함으로써 경제성을 극대화 할 수 있는 다양한 하이브리드 교량 시스템의 개발	HPS 하이브리드교량 Folded Plate 교량
	Nebraska Univ.(미국)	교량 100년 수명 기술 (Systems, Subsystems, Components)	신설, 기존 교량의 공용수명을 100년으로 연장 및 설계를 위한 기술	수명평가기술 사용수명설계
	fib(유럽연합)	교량 장수명 설계	콘크리트 내구성 설계기술, 중성화, 염해설계	내구성 설계기술

## 2.3 부분 조립 및 급속 시공 관련 기술 동향

### □ 미국

- 1996년 TRB, AASHTO, FHWA 등의 기관에 의하여 교통통제 최소화 및 시공 기간 단축 등을 목적으로 관심을 갖기 시작하였음
- 상부구조에 적용되는 급속시공 건설기술로는 프리캐스트 바닥판, partial-depth 프리캐스트 바닥판 패널, Exodermic 교량 바닥판 시스템, FRP 바닥판, 채널 콘크리트 단면 거더, 더블 T-거더 등이 있음
- 하부구조에서는 전체 교량공사기간의 60%~70%를 차지하는 하부구조공사 기간을 줄일 수 있도록 프리캐스트 부재가 적극적으로 활용되고 있음. 공장제작과 고성능 재료를 사용함으로써 내구성능과 아름다운 외관을 가진 구조물을 신속히 건설할 수 있는 장점 때문에 세그먼트 교각과 벤트로 이루어진 사전제작 하부구조시스템이 사용됨
- SPMTs(Self-Propelled Modular Transporters)를 이용한 상부일괄 가설 (워싱턴 주에 dLewis and Clark교) 및 전체조립식 교량 시스템(버지니아 주의 George P. Coleman교)도 적용 사례도 있음
- AL/DOT(앨라배마주 교통부, Alabama Department of Transportation)에서 관리하고 있는 고속도로 교량 중 상당수의 바닥판이 손상되었음을 확인하였으며, 앨라배마 주 정부는 이러한 노후 바닥판을 교체하는 막대한 비용과 교체 시 차량 통제로 인한 경제적 손실을 최소화하기 위하여 최소한의 차선만을 차단한 후에 가장 빠른 시공 단계로 신속히 교체될 필요성을 인지함
- AL/DOT(앨라배마주 교통부)는 오번대학교와 사전 기초 연구를 통하여 4가지 형식의 교체 바닥판 후보를 결정하였고, 2008년부터 이 후보 형식들에 대한 시험시공 및 성능 평가에 관한 연구과제를 수행하여 후보 4개의 바닥판 형식에 대하여 면밀히 검토한 후 각 형식들의 특징과 세부 사항 및 장단점을 결정하고 이를 실제 고속도로 교량 바닥판 교체 시공에 반영할 예정임
- 50년이 초과된 노후 교량을 교체하기 위한 교량 공사가 보스톤시의 I-93 고속도로 구간에서 수행될 예정이며 한개 교량 당 해체부터 통행재개까지 55시간내 완료를 목표로 프로젝트를 수행중임. 미국 내 많은 노후교량의 교체 프로젝트에 급속시공 공법을 적용하여 예산상 문제를 최소화 할 수 있도록 하였음

I-93 Bridge Replacement	Anticipated Construction Date	Status
Riverside Avenue (north)	June 3 – June 6, 2011	Completed on June 5, 2011
Salem Street eastbound (north)	June 10 – June 13, 2011	Completed on June 12, 2011
Salem Street westbound (north)	June 10 – June 13, 2011	Completed on June 12, 2011
Route 16 (north)	June 17 – June 20, 2011	Completed on June 19, 2011
Valley Street/Fellsway (north)	June 24 – June 27, 2011	Completed on June 26, 2011
Mystic River Center Span (north)	June 24 – June 27, 2011	Completed on June 26, 2011
Mystic River Back Span (north)	July 8- July 11, 2011	Completed on July 10, 2011
Webster Street (north)	July 8 – July 11, 2011	Completed on July 10, 2011
Salem Street westbound (south)	July 15 – July 18, 2011	Completed on July 17, 2011
Salem Street eastbound (south)	July 15 – July 18, 2011	Completed on July 17, 2011
Valley Street/Fellway (south)	July 22 – July 25, 2011	Completed on July 24, 2011
Mystic River Center Span (south)	July 22 – July 25, 2011	Completed on July 24, 2011
Webster Street (south)	July 29 – August 1, 2011	Completed on July 31, 2011
Mystic River Back Span (south)	July 29 – August 1, 2011	Completed on July 31, 2011
Riverside Avenue (south)	August 5 – August 8, 2011	Completed on August 7, 2011
Route 16 (south)	August 12 – August 15, 2011	Completed on August 14, 2011

[그림 2.37] 보스톤 노후교량 교체 PJ현황(2011.8.14)

## □ 일본

- 민간기업을 중심으로 조립식 교량에 관한 연구 및 시공사례가 증가하고 있으며, 토목연구소등 정부기관 연구소에서는 민간기업의 각 공법별 장·단점 분석을 통하여 입지여건에 가장 적합한 공법을 선정하는 연구를 실시하고 있음
- 교량의 상부구조뿐만 아니라 하부구조도 프리캐스트 공법을 사용하고 있으며, 특히 신속시공을 위하여 기초까지도 조립식 공법을 사용한 기초-교각 일체형 공법을 개발함
- 내진성능에 상당한 검토가 수행되어 상대적으로 연성확보를 위한 강재 사용이 많고 CFT나 SRC구조의 채용이 활발함
- 상부구조에 적용되는 조립식 건설기술로는 프리캐스트 RC바닥판, 프리캐스트 PC바닥판, 강·콘크리트 합성바닥판, FRP 바닥판 및 FRP·자콘크리트 합성바닥판 등이 있음. 하부구조의 시공에는 철골 콘크리트 복합구조 형식인 REED (Rational Earthquake Environment Durability) 공법과 100mm 두께의 프리캐스트 콘크리트 패널을 영구거푸집과 구조부재로 사용하여 교량 교각을 신속하게 시공하는 SPER(Sumitomo's precast form method for resisting earthquake and rapid construction) 공이 사용함
- 일괄가설 기술의 경우에는 일본토목연구소를 중심으로 급속시공을 목적으로 많은 연구가 진행되어 왔으며 자동차 전용 도로고가교의 급속시공법(코노이께건설), 입체교차 급속시공(OK-PASS 공법 : 카와다공업), 상하부 일체화공법에 의한 급속 입체 교차화 공법 (JFE 홀딩) 및 TRY 공법(쿠리모토건설) 등이 개발됨

## □ EU

- SPMTs를 이용한 가설과 같은 대형장비를 활용한 공법들이 시도되고 있음. 설계회사와 교량 제작업체를 중심으로 조립식공법과 조립식교량시스템을 개발하고 있으며 주로 거더와 바닥판 등 상부구조에 적용.
- 상부구조에는 Partial-depth 프리캐스트 바닥판, 거더와 합성한 partial-depth 콘크리트 바닥판(VFT거더), Poutre Dalle 시스템, Dalle Preflex 시스템, full-depth 프리캐스트 콘크리트 바닥판 패널 등의 기술이 사용됨. 하부구조에 대한 기술은 사례가 거의 없으며 일괄가설의 경우 Moving 시스템과 SPMTs(Self-Propelled Modular Transporters)가 많이 사용

## 2.4 교량 유지관리 관련 기술 동향

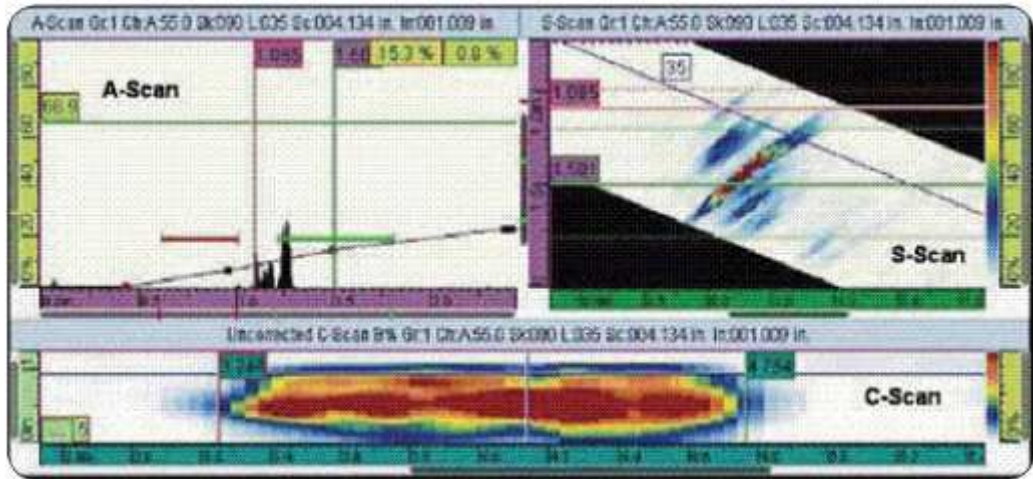
### □ 건전성 진단 관련 기술

- 일리노이주립대학교와 미시간대학교에서 주도적으로 무선 센서를 활용한 토목 구조물의 모니터링에 관심을 가지고 연구를 수행함. 일리노이주립대학교에서는 상용화된 센서인 Imote2 플랫폼을 활용하여 이에 맞는 하드웨어 및 소프트웨어를 개발, 이를 활용하여 실 구조물의 모니터링 및 손상 탐지에 관한 연구를 수행함
- 미시간대학교에서는 자체적으로 개발한 무선 센서를 통해 구조물의 물리량 측정 및 제어분야에도 활용. 가속도계 혹은 piezoelectric, sensor/actuator, piezoelectric patch등의 다양한 종류의 센서를 활용하여 구조물의 전역적, 국부적 손상을 파악하는 연구를 수행 중에 있으며, 최근에는 탄소나노튜브를 이용한 sensing skin 과 같이 신소재를 활용한 센서개발에 대한 연구를 진행 중에 있음
- 관련 국외 업체로는, 대표적으로 NATIONAL INSTRUMENTS와 MICRO STRAIN이 있으며 구조물 모니터링을 위한 무선 센서를 연구, 판매하고 있음
- NATIONAL INSTRUMENT에서는 무선으로 데이터 계측 및 처리를 위한 모듈을 판매하고 있다. 해당기술을 이용하여, 실시간 무선 데이터 취득이 가능하며 휴대성이 좋아 일회성 계측에 효율적임
- MICRO STRAIN에서는 다양한 센서의 소형 무선 모듈 및 사용을 위한 에너지 하베스터를 개발하였으며, 해당 기술을 이용하여, 에너지 공급이 필요 없는 무선 데이터 계측이 가능함
- 에너지 하베스팅에 관한 연구는 U.C Berkeley와 펜실베니아 대학, Virginia Polytechnic Institute에서 압전 기반의 에너지 하베스팅에 관한 연구를 수행 하고 있음

[표 2.39] 스마트 센서 관련 기술 현황

국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	NATIONAL INSTRUMENT (미국)	데이터 수집 하드웨어 및 소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 무선으로 데이터 취득 가능</li> <li>다양한 센서와의 호환성</li> </ul>	판매 및 상용화
MICRO STRAIN (미국)	무선 계측 센서 개발 및 에너지 하베스터 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 안정적인 데이터수집</li> <li>에너지 하베스터와 결합으로 외부전원이 필요없음</li> </ul>	판매 및 상용화	
국외기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	일리노이주립 대학교 (미국)	상용 무선 센서 플랫폼을 이용하여 구조물에 적용하기 위한 센서 하드웨어 및 소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화된 무선 센서를 활용하여 실제 토목구조물에 적용성 실험</li> <li>다양한 알고리즘을 센서에 내장하여 구조물의 실제 손상 추정연구</li> </ul>	저널 기재
	미시간대학교 (미국)	자제적인 무선 센서 하드웨어/소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>자체 개발된 센서를 활용하여 실제토목 구조물에 적용성 실험</li> <li>구조물의 제어 및 안전성 모니터링 분야에 적용성 실험</li> </ul>	저널 기재
	U.C. Berkeley (미국)	에너지 하베스팅 기술 및 장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>진동 기반 energy harvesting에 대한 이론적, 실험적 연구 진행</li> </ul>	저널 기재
	펜실베니아 주립대학 (미국)	효율적인 에너지하베스팅용 회로 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>energy harvesting 기술과 관련된 회로 측면에서 연구 진행</li> </ul>	저널 기재
	Virginia Polytechnic Institute (미국)	수 Watt급 에너지 하베스팅 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>압전 재료 및 장치들을 이용한 energy harvesting에 대한 연구를 주로 진행</li> </ul>	저널 기재

- 미국연방도로국(FHWA) 산하의 비파괴평가센터(NDEC)는 도로교의 점검을 개선시키기 위해 1998년도 설립되었음
- 강교에 대한 실험은 주로 피로 균열 감지 및 모니터링에 중점을 두고 균열의 위치, 형상 및 진행 상태를 알 수 있도록 개선, 현재까지 실험실에서 비파괴 평가기법을 평가했으며 향후에 교량 현장 점검을 수행할 예정임. 비파괴 평가기법은 균열 탐지 기법과 균열 모니터링 기법으로 나뉘며, 이 프로그램에서 평가되는 균열탐지 기법은 위상배열 초음파 검사 (PAUT, Phased Array Ultrasonic Testing) 시스템과 배열와전류센서 (ECAS, Eddy Current Array Sensors)임. 균열 모니터링 기법은 전기화학 적 피로 센서(EPS)와 음향방출 (Acoustic Emission) 시스템을 평가했음



[그림 2.38] PAUT 시스템 복합 스캔 형상

- NDEC에서는 콘크리트의 비파괴 평가를 위한 벤치마킹을 수행하고 있음. 본 사업은 콘크리트에서 부식 전파를 감지하기 위해 비파괴시험을 평가하는 것으로서 베를린 공대, 버몬트, 캘리포니아대 등 미국과 유럽의 부식 및 비파괴 전문가들로 위원회를 구성함. 평가를 위해 피복두께를 다르게 한 철근이 있는 교량 바닥판과 긴장재에 응력을 가하지 않은 박스 거더 플레이트 시편을 제작하였고, 평가 시에는 반자동 NDE 스캐너 시스템을 적용함



[그림 2.39] 반자동 스캐너 전경

### 3. 시사점

- 미국, 유럽 등 선진국에서는 이미 교량의 수명에 대한 많은 관심을 갖고 수명의 정량적인 평가방법과 이를 고려한 설계기법을 개발하였고 구조물에 적용하고 있음. 우리도 글로벌 스탠다드에 부합하는 교량의 장수명화 기술개발과 함께 세계 기술선도를 위한 친환경 신소재 활용기술개발이 함께 이루어져야 할 것으로 판단됨
- 미국을 중심으로 급속시공 기술에 의한 교량 건설이 활발히 이루어지고 있으나 적용범위는 신설교량 위주이며, 아직까지는 현장 타설 대비 경제성에 대한 경쟁력이 떨어지며, 향후 경제성이 확보되며 신설뿐만 아니라 노후화 교량에 대한 유지관리(교체)시장에 적용 가능한 기술확보가 필요함
- 유지관리와 관련된 센싱, 에너지 하베스팅, 점검 및 유지관리 로봇 기술은 초기에 대학 및 연구기관을 중심으로 진행되었으나, 현재 산·학·연 연계를 통한 실용화 연구가 진행 중임. 향후 유지관리 요소 기술 간의 융·복합을 통한 고부가가치를 창출할 수 있는 차별화된 기술 개발 역량 보유함
- 현재의 기술 수준은 단순한 모니터링 시스템 구축 및 데이터 계측을 통한 유지관리 수행 정도로 분석되며, 이후 보다 신뢰적이고 정확한 구조물의 상태 평가 및 유지관리 기술의 개발을 위해서 다 학제간 연구가 요구됨 (일례로 기존 유지관리 시스템을 바탕으로 LCC, LCA 분석 및 관리 기술을 BIM과 연계하여 교량통합 관리 시스템 개발)
- 가상현실을 기반으로 한 건설설계 자동화 분야는 건축분야에서 시작하여 발전되어 왔으며, 토목분야에서도 산업계, 학계, 연구소를 중심으로 활발하게 연구 진행됨
- 하나의 예로 국토해양부 건설기술혁신사업으로 수행되고 있는 「가상 건설 시스템 개발」 연구는 17개의 연구수행기관, 56개의 참여기업, 600여명의 연구원이 참여하여 연구역량을 향상시키며 사업 영역을 개척하고 있는 단계임
- 최근 개발된 고성능 소재로는 강재는 HSB500, HSB600, HSB800 등의 후판과 2400MPa PC강연선 등이 있으며, 이에 대한 활용기술은 이미 ‘차세대 시설물용 신재료활용기술 연구단’ 과 ‘초장대교량사업단 (제2핵심 고성능 전략소재 및 이용기술 개발’ 등의 연구 과제를 통해 교량 거더 적용 기술 등 일부 기술에 대해 개발을 완료하였거나 진행 중에 있음. 이러한 고성능 소재를 실제 친환경 장수명 교량에 직접 연계하여 교량 제품화 기술개발을 추진하기에 충분한 역량을 보유한 것으로 평가됨



[그림 2.40] 2400 MPa PC 강연선 황용기술 개발 (초장대교량 사업단 연구 중)

- 교량구조물의 유지관리를 최소화하고 내구성을 향상시키고자 하는 일환으로 내후성 강재가 개발되었으며, 일부 구조물에 적용된 사례가 있음. 국내에서는 포항산업과학연구원 등을 중심으로 HSB500W/HSB600W 등의 내후성 강재를 개발하였으며 이 강재의 부식성 평가 및 구조물 적용기술을 개발한 바 있음. 따라서, 향후 이를 더욱 발전시켜 탄소저감형 장수명교량으로 연계할 수 있는 역량을 가지고 있는 것으로 판단됨



[그림 2.41] HS500W/600W 내후성 강재 평가 및 적용 구조물 예

- 미국,일본 등을 중심으로 국내외 많은 업체 및 연구소 등에서 다양한 기술에 대한 교량 상하부 급속시공 기술 역량을 보유하고 있으며 현재에도 다양한 기술융합을 통한 급속시공 최적화 연구를 통한 시공성, 경제성 등의 업그레이드를 위한 노력을 기울이고 있음
- 스마트 사회기반 시설 연구센터, 초장대교량 사업단 등을 통해 구조물 전반에 관한 이상상태 모니터링 기술 및 제어 기술들이 연구 되었으며, 향후 개발될 교량 관련 실용기술 개발에 인프라 및 선행 요소 기술을 제공함

### 3. 특허분석

#### 3.1 특허분석 개요

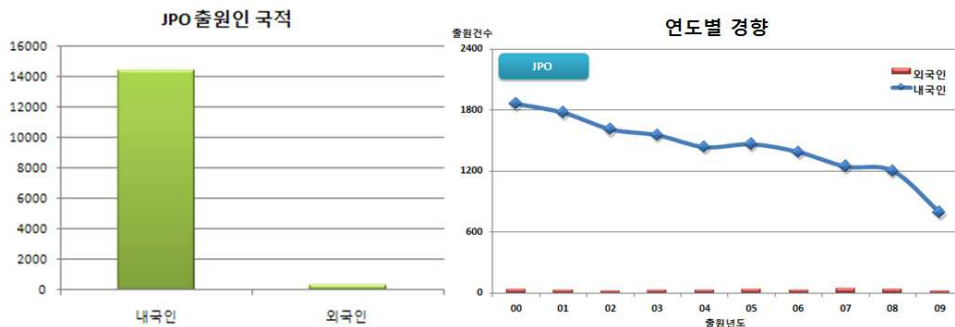
- 조사범위: 2000년부터 2011년까지 최근 12년간 출원공개 및 등록된 특허
  - 출원공개특허: 한국, 유럽 및 미국
  - 출원등록특허: 미국
- 특허검색: WINTELIIPS의 데이터베이스를 사용
- RFP 제안서, 과제 관련 자료 및 건설/토목 분야에서 사용되는 용어와 기획위원회가 제공한 키워드에 의해 도출된 **최종 키워드59)**를 바탕으로 작성된 검색식과 노이즈가 제거된 각국의 유효 특허를 검색 분석함

[표 2.40] 국가별 분석기간 및 특허건수

자료 구분	국 가	전체분석기간	데이터건수	
			전체건수	정량분석 대상 건수
특허	한국 (출원인 기준)	2000년 1월~2011년 7월	4416	4416
	미국 (출원인/등록인 기준)	2000년 1월~2011년 7월	8094	8094
	일본 (출원인 기준)	2000년 1월~2011년 7월	14992	0
	유럽 (출원인 기준)	2000년 1월~2011년 7월	1716	1716
합 계			34160	19168

※ 정량분석기간: 한국, 미국, 유럽 - 2000.1~2011.7(출원년도), 미국 - 2000.1~2011.7(등록년도)

- 일본 특허청(JPO)에 출원된 출원인의 국적에 대한 내외국인 분포와 연도별 경향을 살펴보면 다음과 같음



[그림 2.42] 일본 특허 출원인 국적 분포 및 연도별 경향

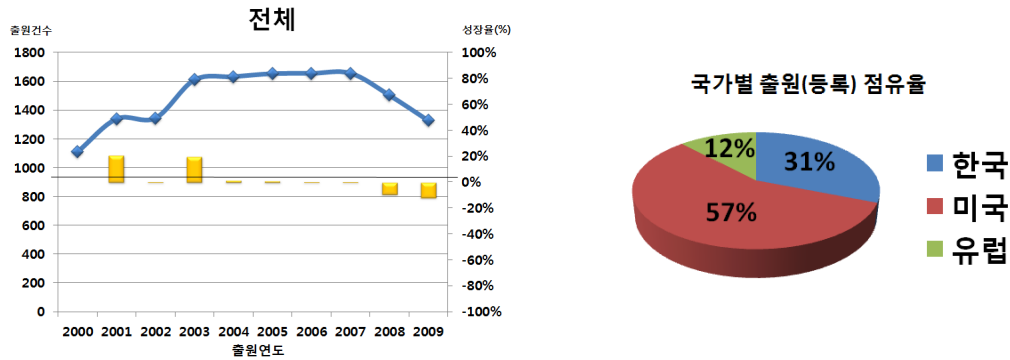
- 일본 특허청(JPO)에 대한 출원건수는 계속적으로 감소하고 있으며, 이는 일본 내국인 기업의 출원 건수 감소가 원인으로서는 일본 경제의 장기 불황 및 사회구조로 인한 건설부문의 장기적인 성장률의 감소세에 따른 것으로 보여짐60)
- 일본 특허청에 대한 특허는 내국인 출원(98%)이 과도하게 높은 점, 전반적인 일본 경제 장기 불황의 영향으로 인해 지속적인 출원 감소세가 이루어지는 점 등을 고려할 때, 기술에 대한 특허 경향 분석을 오도할 우려가

59) 각 중점분야별 도출된 검색식은 부록에 첨부되어 있음

60) 아시아 건설회의로 본 아시아 각국의 건설시장 동향, 국토연구원 발행 건설경제 2008년 겨울호, p86

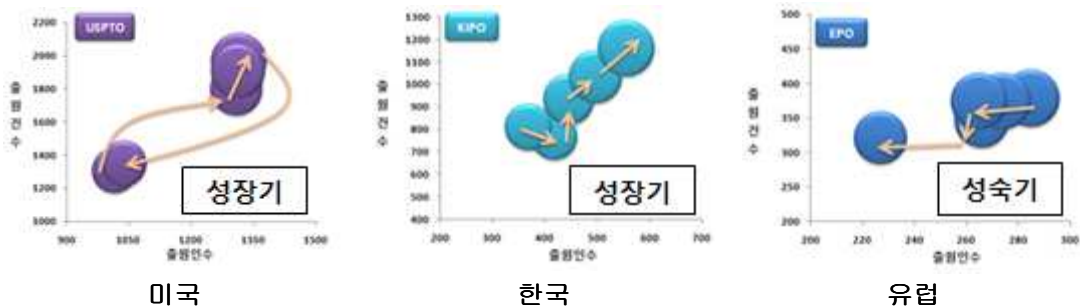
이므로 이후 분석에서 제외하였음

- 다만, 공백기술 및 새롭게 부상하는 세부 기술들을 파악하기 위한 버블그 래프에서는, 출원건수가 아닌 세부 기술 간의 출원 비율을 위주로 분석하 므로, 일본 특허청에 대한 출원을 분석에서 제외하지 않았음
- 중점 추진 분야 별, 국가 별 특허 분포는 아래와 같음



[그림 2.43] 특허 출원 경향 및 국가별 특허 점유율

- 출원부터 공개까지 약 1년 6개월이 소요되는 특허출원의 특성을 감안할 때, 유효한 데이터로 볼 수 있는 2000년부터 2009년까지의 출원/등록된 특허를 대상으로 분석을 진행하였음
- 분석 대상 국간들인 미국, 유럽, 한국의 전반적인 특허출원 경향은 2003년 까지 출원건수가 증가하다가 2003년부터 2007년까지는 큰 변동없이 유지 됨. 2008년과 2009년에는 특허출원 수가 상당히 감소하는 경향을 보이는데, 이는 각국 특허청별 특허출원 분포 및 연도별 출원 경향을 고려할 때, 주로 미국에서의 급격한 감소의 결과로 파악됨
- 미국에서 2008~2009년 사이에 출원 수가 급격하게 감소한 이유는 세계적인 경기 부진의 영향과 출원인의 사업전개 핵심이 되는 질 높은 특허 출원을 목표로 하는 전략이 강화되었기 때문으로 분석되고 있음<sup>61)</sup>
- 결론적으로, 최근 경제 위기와 같은 외부적인 일시적 요인 및 추후 서술 될 논문 발표 건수와의 상관관계(Correlation)를 고려하여 분석하면, “지능형 친환경 교량” 분야의 특허 출원 경향은 2000년대 초반의 높은 상승세와 중반 이후의 완만한 상승세로 요약할 수 있음



[그림 2.44] 기술 시장 성장 단계

61) 일본특허행정 보고서-2011, 이수완 특허청장-서울경제신문 2010.07

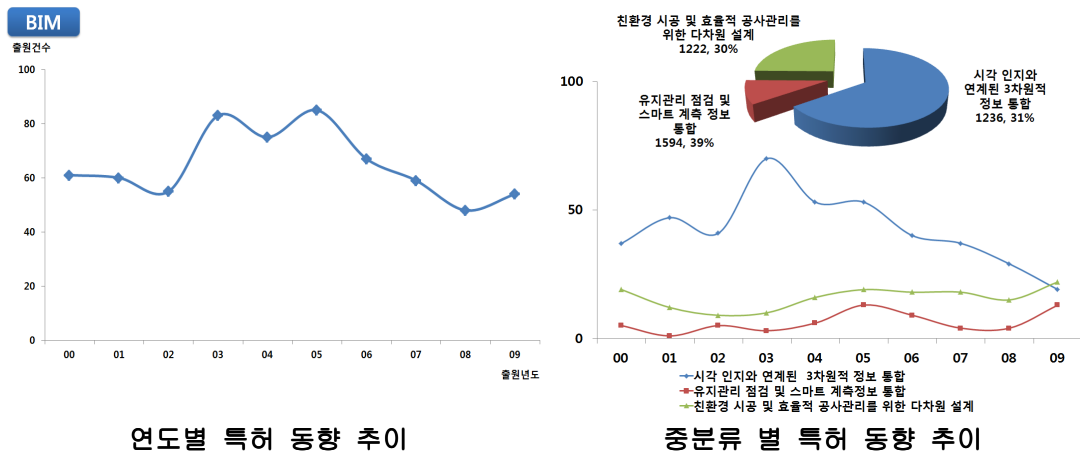
- 미국 시장의 경우, 2008~2009년의 갑작스러운 경제위기로 인한 감소세를 제외하면, 지속적으로 출원인과 출원 건수가 증가하여 ‘성장기’로 판단됨
- 한국 시장의 경우 미국 시장과 마찬가지로 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 ‘성장기’인 것으로 판단됨. 특히 최근의 세계적인 경기 침체에도 불구하고 계속적으로 출원인 수 및 출원 건수가 증가하고 있음
- 유럽 시장의 경우, 최근 2008~2009년의 경향을 포함하여 판단하여도, 출원건수는 일정하게 유지되거나 소폭 감소하는 것으로 보여 ‘성숙기’로 판단됨
- 결론적으로, 최근 세계적인 경제 위기를 고려하여 분석하면, ‘지능형 친환경 교량’의 기술시장 동향은 미국시장과 한국시장은 성장기, 유럽시장은 성숙기인 것으로 파악됨

### 3.2 세부기술별 특허동향

#### 3.2.1 BIM 관련 특허동향

##### □ 연도별 특허 출원/등록 추이

- 연도별 전체 출원 경향을 살펴보면, 2000년대 중반에 출원건수가 상승하였다가 다시 원래의 출원건수로 돌아간 후 그 상태를 유지하는 경향을 보이고 있으며, 이것은 2003년도에 IT 기업들의 3D 그래픽 기술에 대한 출원 증가가 원인인 것으로 분석됨



[그림 2.45] 연도별/중분류 별 특허 동향 추이

- 세부기술의 연도별 동향을 살펴보면 '시각 인지와 연계된 3차원적 정보 통합 기술'은 2003년에 출원 건수가 다소 증가하였으며, '유지관리 점검 및 스마트 계측 정보 통합 기술'은 2000년대를 전·후반기로 나누어 보면, 후반기에 출원건수가 100%가 넘는 증가를 보였음. ‘친환경 시공 및 효율적 공사 관리를 위한 다차원 설계 기술’의 경우에는 최근으로 볼수록 출원 점유율이 다소 높아지는 경향이 있음

## □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.46] 주요국가 시장별 출원/등록 경향

- 미국 시장에서의 '시각인지와 연계된 3차원적 정보 통합 기술'에 대한 전체 출원 건수 338건 중에서 미국 국적의 출원이 247건으로 73%를 차지하여 대다수가 미국 국적의 출원으로 분석됨. 해당 기술은 SW 기술 성격이 큰 분야로서 미국의 MICROSOFT를 포함한 IT 기업들의 영향으로 분석됨
- 세부기술인 '친환경 시공 및 효율적 공사 관리를 위한 다차원 설계'기술과 '유지관리 점검 및 스마트 계측정보 통합'기술의 경우는 BIM 관련 기술이 현재 선진국을 중심으로 관심을 갖는 기술이고 국내 시장의 경우도 최근에 관련 학회 및 기업을 중심으로 활발한 교류가 있는 것을 고려해 판단하면, 공백기술로서 유망한 기술로 분석됨

## □ 부상 기술 포트폴리오

- 세부기술의 시장별 특허 출원 경향으로 보면, '유지관리 점검 및 스마트 계측 정보 통합 기술' 및 '친환경 시공 및 효율적 공사 관리를 위한 다차원 설계 기술'의 경우 최근 한국과 미국 시장을 중심으로 새롭게 부상하는 경향이 있음
- 기간별 외국인 출원 증가율로 보면, '친환경 시공 및 효율적 공사 관리를 위한 다차원 설계기술'은 미국시장에서 최근 2007~2009년에 걸쳐 외국인 출원이 증가하고 있고, 유럽 시장에서도 최근 다소 증가 추세에 있는 것으로 보여 부상 기술의 가능성이 있음
- “BIM 기술을 이용한 3차원 교량 설계기술” 분야의 부상기술을 도출해 내기 위해, 특허 동향 분석 및 주요 시장 동향 분석 결과를 정량화하여 다음과 같은 특허 기술 포트폴리오를 도출함(특허 동향 70%, 주요 시장 동향 30%)

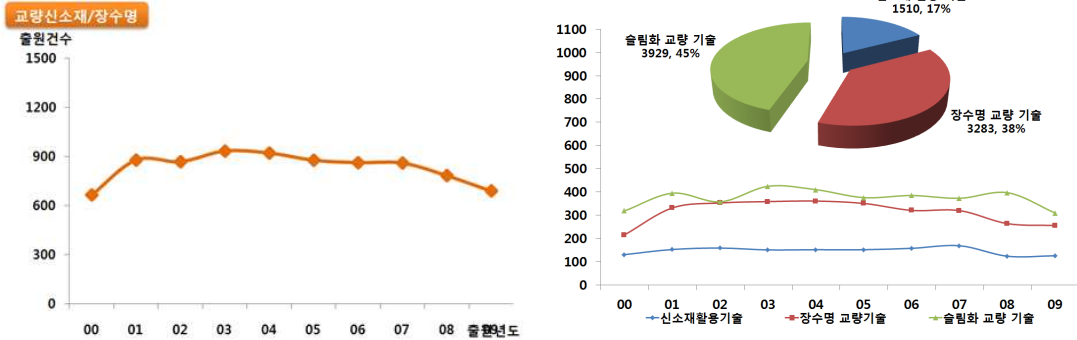
1순위	유지관리 점검 및 스마트 계측 정보 통합기술
2순위	친환경 시공 및 효율적 공사관리를 위한 다차원 설계 기술
3순위	시각 인지와 연계된 3차원적 정보 통합 기술

[그림 2.47] BIM 부상기술 포트폴리오

### 3.2.2 친환경 소재 활용 관련 특허동향

#### □ 연도별 특허 출원/등록 추이

- 2001년에 300건 정도의 큰 출원 건수 증가가 이루어졌고, 이후 계속해서 높은 출원 건수를 유지하고 있음



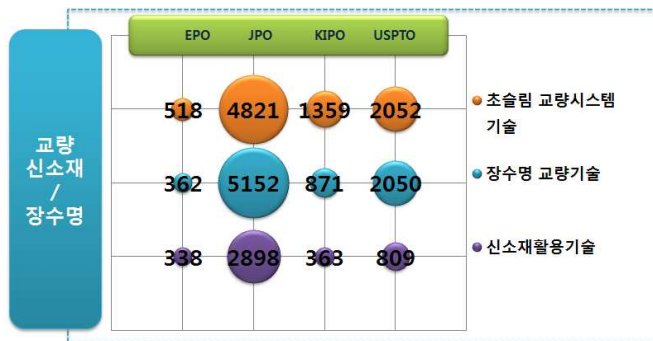
연도별 특허 동향 추이

중분류 별 특허 동향 추이

[그림 2.48] 연도별/중분류 별 특허 동향 추이

- 오랜 연구 및 실험을 필요로 하는 소재 기술 분야의 특성상, 출원 건수가 급격히 증가하지 않는 것으로 보이며, 높은 출원 건수가 유지되는 것으로 보아 해당 분야의 연구 및 기술 개발은 활발한 것으로 사료됨
- 2001년의 출원건수 증가는 장수명 교량기술과 초슬림 교량기술에 대한 출원수의 증가로 인한 것이며, 해당 세부기술의 출원건수가 일정하게 높은 비율을 유지하는 것으로 보아, 관심도가 계속 높게 유지되는 것으로 파악됨

#### □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.49] 주요국가 시장별 출원/등록 경향

- 일본 시장에 기술이 많이 출원되었으며, 일본 특허청의 출원 비율 분포에서 내국인 출원이 99%인 것을 고려하면, 일본 기업들이 해당 기술 분야에 높은 관심을 갖고 있는 것으로 분석됨
- 세부기술 간에 주요 시장별 출원 경향을 비교하면, 장수명 교량기술 분야가 다른 주요 국가들에 비해 국내 시장에서 다소 출원이 뒤떨어져 있는 것으로 보이며, 기술 개발 및 특허출원을 늘려야 할 것으로 파악됨

## □ 부상 기술 포트폴리오

- '신소재 활용기술'과 '초슬림 교량 시스템 기술'은 한국 시장에서 외국인 출원이 2008~2009년에 걸쳐서 외국인 출원이 증가하고 있는 것으로 파악되므로 한국 시장에서 부상 기술이 될 가능성이 일부 있는 것으로 파악됨
- 특히 동향 분석 및 주요 시장 동향 분석 결과를 정량화하여 다음과 같은 특허 기술 포트폴리오를 도출함(특허 동향 70%, 주요 시장 동향 30%)

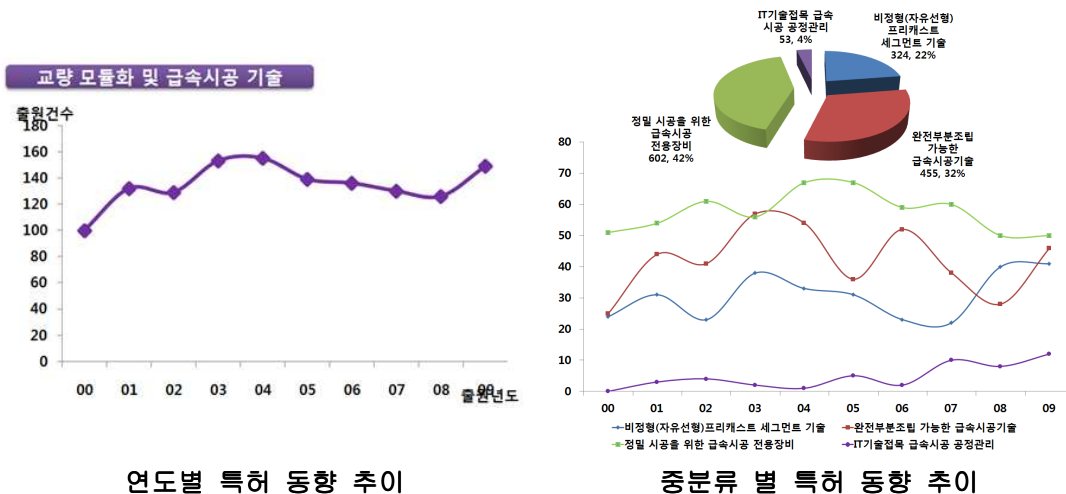
1순위	신소재 활용 기술
2순위	초슬림 교량 시스템 기술
3순위	장수명 교량 기술

[그림 2.50] 부상기술 포트폴리오

### 3.2.3 부분 조립 및 급속 시공 기술 관련 특허동향

#### □ 연도별 특허 출원/등록 추이

- 2000년부터 2003년까지 출원 건수가 증가한 후에 일정 출원 건수를 유지하는 경향을 보이다가 최근 다시 상승하는 경향을 보이고 있으며, 이는 최근 교량 교체 및 리모델링 등에 대한 관심도 증대 및 연구 개발의 집중으로 인한 결과로 보임

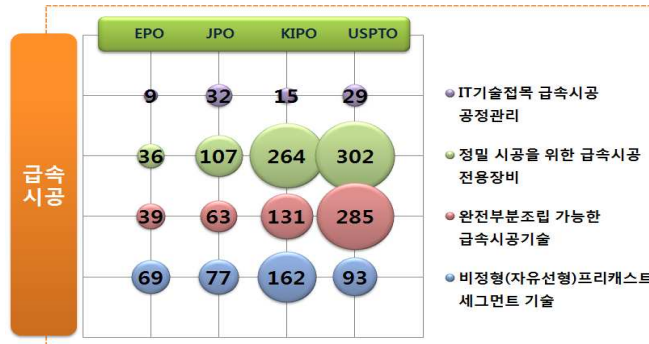


[그림 2.51] 연도별/중분류 별 특허 동향 추이

- 출원건수는 전반적으로 2002년~2004년 기간에 성장기를 맞이한 것으로 보이며 이후 비교적 일정한 수준의 출원건수를 유지하는 경향을 보이다가, 최근 '정밀 시공을 위한 급속 시공 전용장비 기술' 이외의 세부기술 모두 다소 증가하는 경향을 보이는 것으로 분석됨
- 특히 'IT 기술접목 급속시공 공정관리 기술'은 미세하나마 전체적으로 증가하는 경향을 보이고 있고, '비정형 프리캐스트 세그먼트 기술'의 경우 최근

2007년도부터 명확하게 성장 추세를 보이는 것으로 분석됨

### □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.52] 주요국가 시장별 출원/등록 경향

- 급속시공 기술의 세부기술인 'IT 기술 접목 급속 시공 공정관리 기술'은 전반적으로 주요시장에서 모두 출원 건수가 작으나, 연도별 출원건수 경향 및 구간별 세부기술 동향을 고려할 때 모두 증가 추세에 있는 것으로 보아 공백 기술로 보여지며 향후 발전 가능성이 높을 것으로 분석됨
- 또한, 완전부분조립이 가능한 급속시공 기술 분야는 선진국 시장의 출원 분포를 고려할 때, 우리나라의 연구 개발 및 출원을 늘려야 할 것으로 파악됨

### □ 부상 기술 포트폴리오

- 세부기술의 시장별 특허 출원 경향으로 보면, 급속시공 분야의 '비정형 프리캐스트 세그먼트 기술'의 경우 한국 시장에서 최근 출원이 크게 증가하고 있고, '완전부분조립 가능한 급속시공기술'은 미국 시장을 제외한 다른 시장 모두에서 최근 출원 건수의 증가 추세를 보이고 있어 부상 기술의 가능성이 있음
- 세부기술 특허출원 점유 증가율로 보면, 급속시공 분야의 'IT기술접목 급속시공 공정관리 기술'은 2006년~2008년 사이에 출원 건수가 약간 증가하고, 출원 점유율도 다소 상승하는 경향을 나타내며, 따라서 부상 기술의 여지가 있는 것으로 사료됨
- 특허 동향 분석 및 주요 시장 동향 분석 결과를 정량화하여 다음과 같은 특허 기술 포트폴리오를 도출함(특허 동향 70%, 주요 시장 동향 30%)

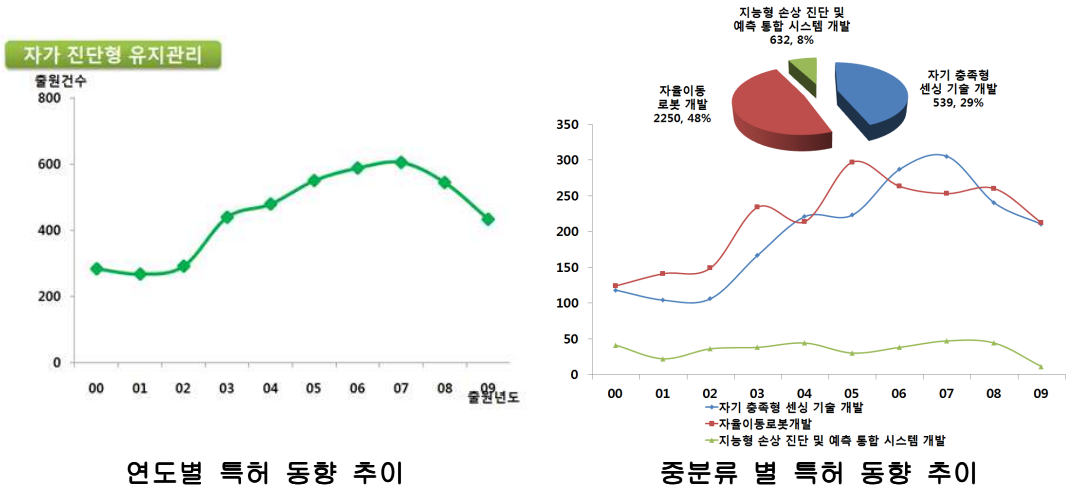
1순위	IT 기술 접목 급속시공 공정관리 기술
2순위	비정형 프리캐스트 세그먼트 기술
3순위	- 완전 부분 조립이 가능한 급속시공 기술 - 정밀 시공을 위한 급속시공 전용장비 기술

[그림 2.53] 부상기술 포트폴리오

### 3.2.4 교량 유지관리 관련 특허동향

#### □ 연도별 특허 출원/등록 추이

- 2002년 이후로 계속해서 출원건수의 증가가 이루어지고 있는 것으로 분석됨. 최근 2년간의 출원건수 감소는 경제 위기로 인한 일시적인 감소로 보임



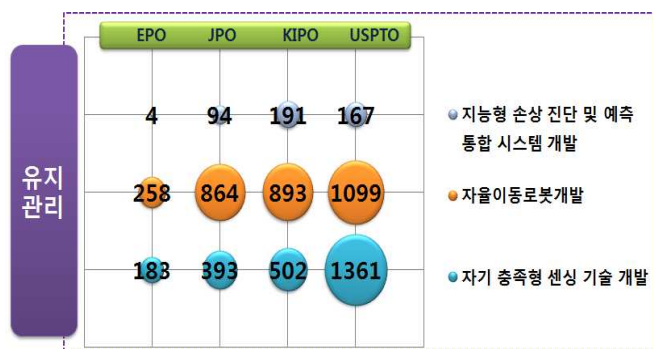
연도별 특허 동향 추이

중분류 별 특허 동향 추이

[그림 2.54] 연도별/중분류 별 특허 동향 추이

- '자기 충족형 센싱 기술' 및 '자율이동 로봇 기술'의 경우, 경기 침체로 인한 전 세계적인 출원 감소세를 보이는 2008~2009을 제외하면 2000년도부터 지속적인 출원 증가를 보이므로 성장기에 있는 것으로 파악됨
- '자기 충족형 센싱 기술'의 경우, 구간별 세부기술 동향을 살펴보면 계속되는 높은 점유 증가율 및 연도별 출원변화로 볼 때 성장기인 것으로 파악되며, '지능형 손상진단 및 예측 통합 시스템 기술'은 점유율은 감소하지만 출원건수가 유지되는 것으로 보아 관심은 계속되는 것으로 보임

#### □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.55] 주요국가 시장별 출원/등록 경향

- 각국 시장이 비슷한 출원 경향을 보이고 있으나, '자기 충족형 센싱기술' 분야는 미국 시장에서 주도적인 출원 경향을 보이고 있음
- 해당 기술 분야는, 친환경적인 기술 분야로 연도별, 구간별 출원 경향에서도 계속적인 출원 건수 증가 경향을 보인 기술로서 보다 확대될 여지가 있는 것으로 파악되고, 해당 분야에 대한 연구개발 및 출원의 확대가 필요함
- 또한, 다른 세부기술과 비교할 때 '지능형 손상진단 및 예측 통합 시스템'

템 기술’은 다른 주요 시장국들에 비해 한국 시장에서 제일 높은 출원건수를 기록하여 한국의 연구 및 개발이 활발한 것으로 보여지며 이 부분에 대한 주도권을 계속 가질 필요성이 있음

### □ 부상 기술 포트폴리오

- 세부기술 시장별 특허 출원 경향으로 보면, '자기 충족형 센싱 기술'은 최근 경기 침체를 감안하면 한국과 미국 시장 모두 증가 추세로 볼 여지가 있음
- 특허 동향 분석 및 주요 시장 동향 분석 결과를 정량화하여 다음과 같은 특허 기술 포트폴리오를 도출함(특허 동향 70%, 주요 시장 동향 30%)

1순위	<b>자기 충족형 센싱 기술</b>
2순위	<b>자율 이동 로봇 기술</b>
3순위	<b>지능형 손상 진단 및 예측 통합 시스템 기술</b>

[그림 2.56] 부상기술 포트폴리오

### 3.3 시사점

- 지능형 친환경 교량분야의 출원 경향을 살펴보면, 전체적인 출원건수가 유지 경향을 보이고 있으나, 일본의 경제침체로 인한 일본국내 출원건수의 감소 및 논문 발표 추이를 고려하면, 전체 출원은 점진적인 상승 추세로 분석되고, 특히 한국특허의 경우 최근의 경기침체에도 불구하고 계속적인 출원의 증가 경향이 두드러짐. 이는 건설 토목분야에서 세계 상위인 국내기업들이 특허확보에도 관심을 기울이고 있고, 또한 첨단 센싱 기반 자가진단 가능 지능형 교량 유지관리 기술과 관련된 전자, 전기 분야의 활발한 출원에 대한 관심 때문인 것으로 보임
- 출원 건수 경향 등을 이용하여 판단한 포트폴리오 분석과 핵심기술 분석 평가표를 이용한 정량적 부상 기술 도출을 비교해 보면, 공통적으로 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 설계 및 시공기술 분야의 ‘신소재활용 기술’, 부분교체 및 급속시공이 가능한 교량건설 기술 분야의 ‘완전부분조립 가능한 급속시공기술’, ‘IT기술접목 급속시공 공정관리 기술’ 및 첨단 센싱 기반 자가진단 가능 지능형 교량 유지관리 기술 분야의 ‘자기 충족형 센싱 기술’이 부상 기술로 판단됨
- 그 밖에, 공통적이지는 않으나 서로 다른 결과로서 부상 기술로 제시된 기술은 BIM 기반의 3차원 교량 설계/시공/유지관리 기술 분야의 ‘친환경 시공 및 효율적 공사 관리를 위한 다차원 설계기술’, ‘유지관리 점검 및 스마트 계측정보 통합기술’, 부분교체 및 급속시공이 가능한 교량건설 기술 분야의 ‘비정형 프리캐스트 세그먼트 기술’이었음

## 4. 논문분석

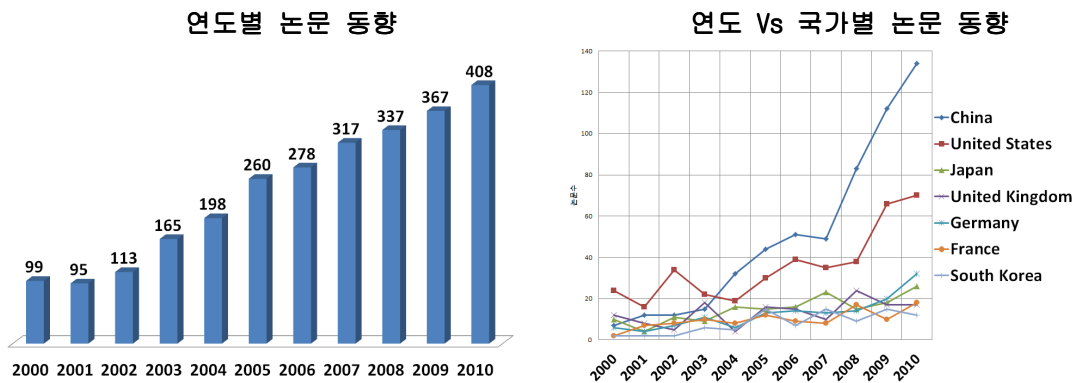
### 4.1 논문분석 개요

- 조사범위: 최근 11년간 발표된 국내외 저널 및 프로시딩 (2000년~2010년)
- 논문검색: Scopus
- 분석도구: LandScope
- 조사항목: 중점분야별 중분류 수준의 기술 키워드 조합<sup>62)</sup>
- 논문분석을 위하여 기술분야 별 관련 키워드를 검색·수집하고 수집된 데이터를 대상으로 노이즈를 제거하여 유효 논문 데이터를 추출하였음
- 국가, 연도 및 주요 키워드를 이용하여 관련 기술 및 연구개발 동향을 파악함

### 4.2 세부기술별 특허동향

#### 4.2.1 BIM 관련 특허동향

##### □ 연도별 특허 출원/등록 추이

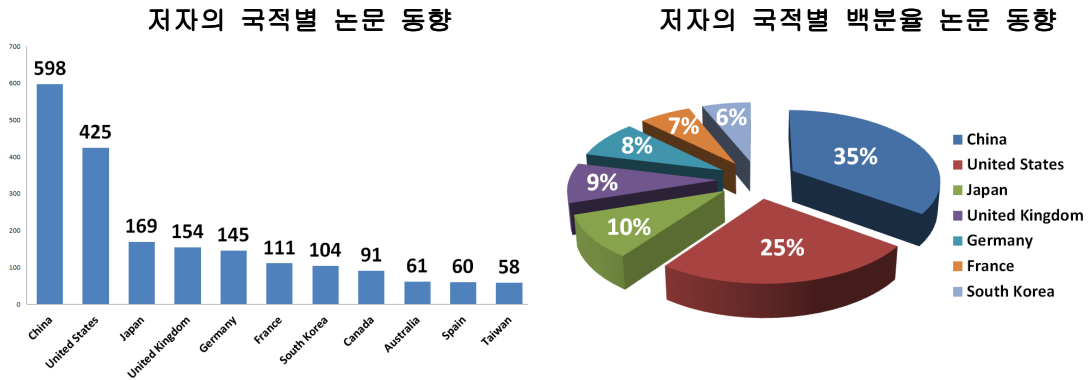


[그림 2.57] 연도별 논문 등재 추이

- BIM 분야의 논문 발표 실적은 2000년 이후 매년 평균 16% 정도 증가하는 경향을 보임
- 특히 2003년도에는 전년 대비 46% 정도의 증가(113편→165편)가 있었음
- 이 분야의 실적 최상위 그룹인 중국과 미국은 2007년 이후 연구가 활발하게 이루어지고 있음
- 한국의 경우에는 2005년도에 연평균 10여 편으로 증가한 후 커다란 변화 없이 완만한 게 실적이 증가하고 있는 것으로 사료됨

62) 각 중점분야별 도출된 검색식은 부록에 첨부되어 있음

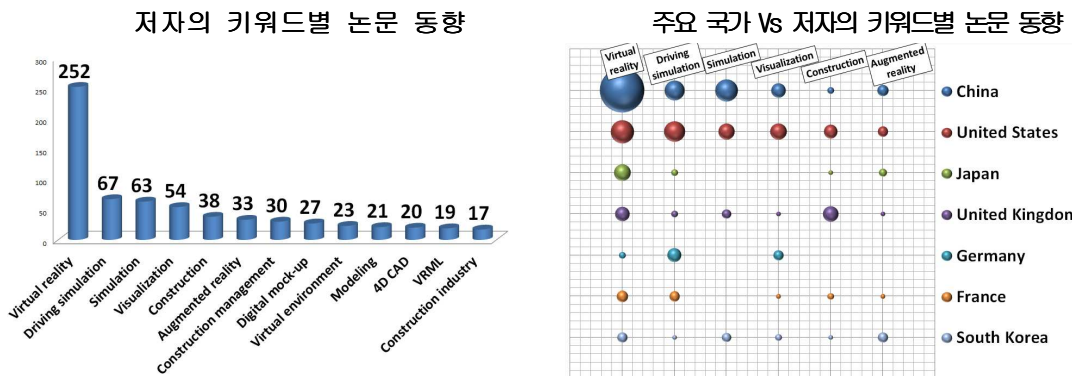
## □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.58] 저자 국적별 논문 동향

- 저자의 국적별 논문 동향을 살펴보면 중국, 미국, 일본, 영국, 독일, 프랑스, 한국 순으로 연구 참여 실적이 많음
- 최상위 그룹인 중국과 미국이 60%정도를 차지하고 있음
- 한국은 캐나다 보다 높은 상위 7번째를 점하고 있음

## □ 부상 기술 포트폴리오



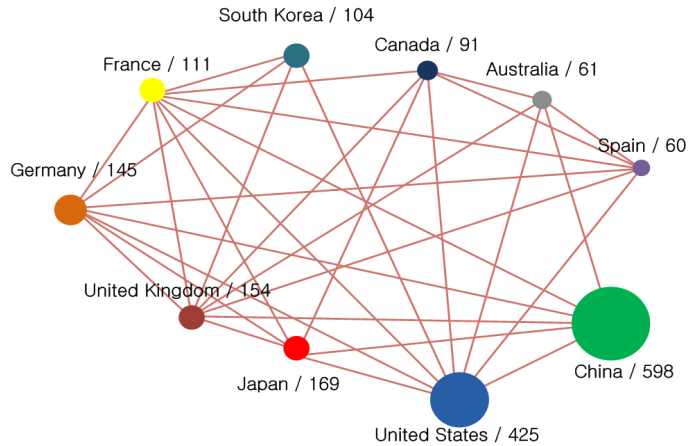
[그림 2.59] 저자의 키워드별 논문 현황

- 주요 키워드 중에서 가상현실(virtual reality), 주행시뮬레이션(driving simulation), 시각화(Visualization) 분야에 대한 연구 실적이 두드러져 보임
- 상기 키워드는 전기 전자 등 타영역에서 많은 관심을 받는 분야로서 BIM 분야의 기술발전을 위해서는 다학제간 융합이 필요함을 시사하고 있음
- 전반적으로 중국과 미국의 연구개발이 두드러져 보임
- 가상현실(virtual reality) 관련 연구는 급속한 기술발전을 꾀하고 있는 중국, 미국, 일본, 영국, 프랑스 등 선진국에서 많은 연구가 이루어지고 있음
- 주행시뮬레이션(driving simulation) 부문은 중국과 미국 이외에 독일에서 많

은 연구가 있으며, BIM 활용 시공(construction) 부문은 영국과 미국에서 많은 연구개발이 이루어지고 있음

- 한국의 경우에는 가상현실(virtual reality), 시뮬레이션(simulation), 증강 현실(augmented reality)에 상대적으로 실적이 많음

#### □ 국가 네트워크 분석 결과

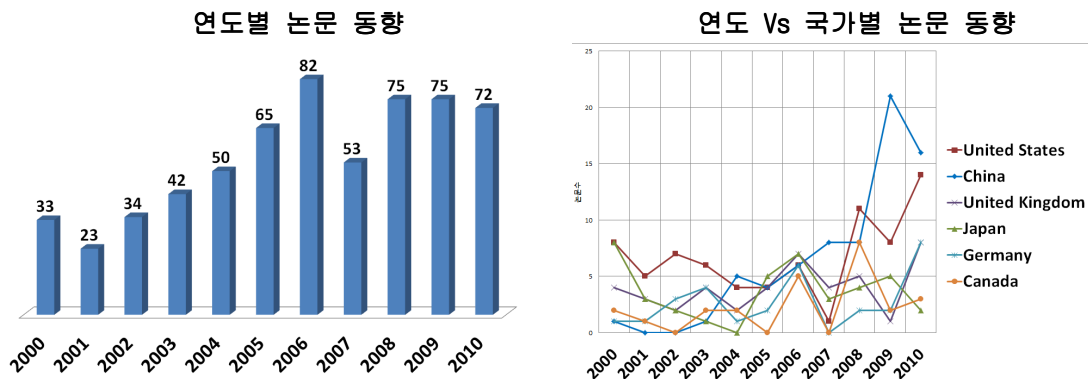


[그림 2.60] 국가 네트워크 분석

- 연구 실적 최상위 그룹인 중국은 미국, 일본, 영국, 독일, 프랑스, 호주 등 주요 선진국과 공동연구를 수행하고 있으며, 미국은 대부분의 나라와 공동 연구를 수행하고 있음
- 미국, 영국, 독일, 프랑스 등 기술 선진국들은 비교적 많은 국가와 공동으로 연구를 수행하고 있지만, 한국은 공동연구 국가가 미국, 영국, 독일, 프랑스로 다소 제한되어 있음

#### 4.2.2 친환경 소재 활용 관련 특허동향

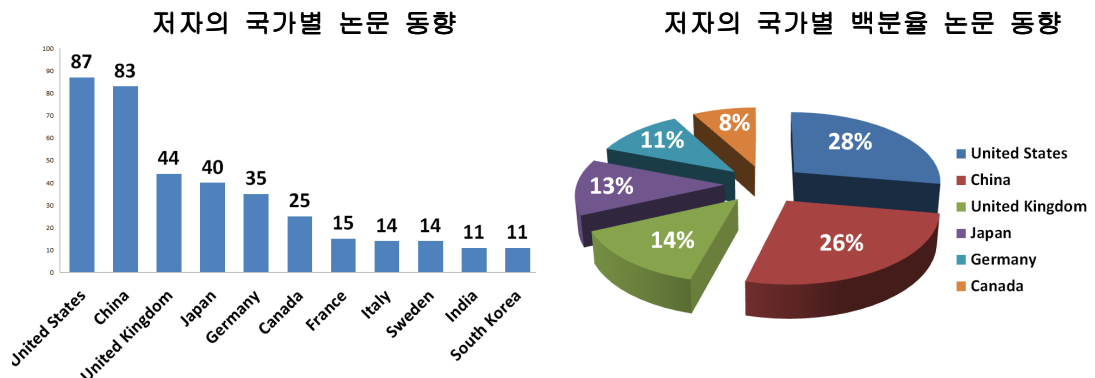
##### □ 연도별 특허 출원/등록 추이



[그림 2.61] 연도별 논문 등재 추이

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술과 관련된 논문으로는 총 651건이 검색되었으며, 연도별 논문동향을 살펴보면 2000년 이후 증가추세를 보이고 있음
- 특히, 2009년 이후에는 중국이 급성장하여 미국보다 더 많은 논문을 발표하였음

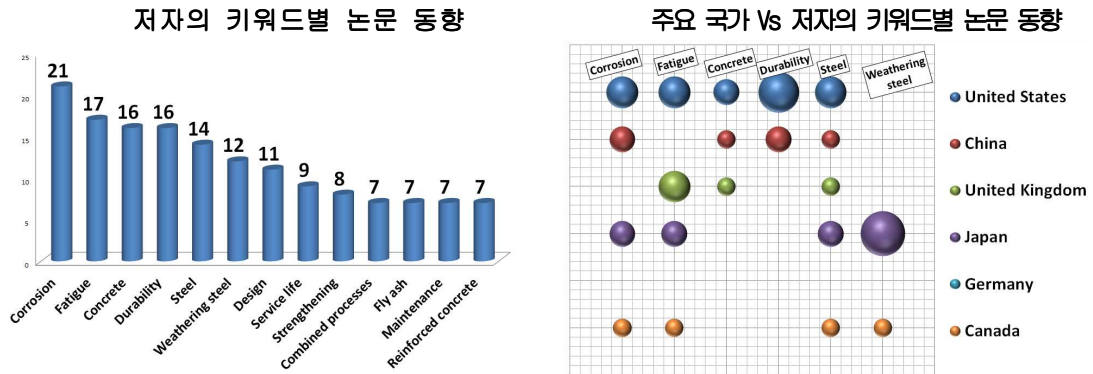
##### □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.62] 저자의 국적별 논문 동향

- 저자의 국적별로는 미국, 중국, 영국, 일본, 독일, 캐나다, 영국 순으로 연구 실적이 많음
- 최상위 그룹인 미국과 중국이 약 50%정도를 차지하고 있음
- 한국은 상위 11번째를 점하고 있어, 미국, 중국, 영국, 일본에 비해 상당히 뒤쳐져 있음

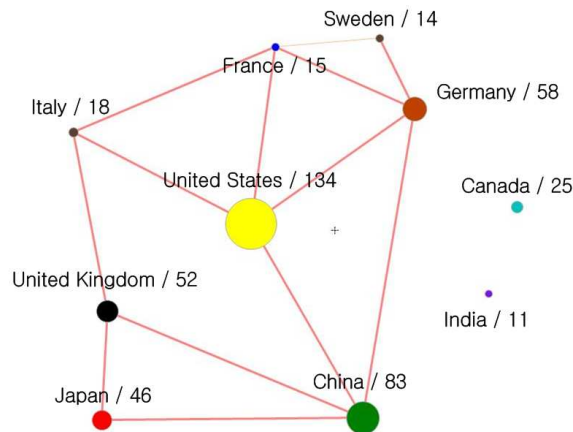
## □ 부상 기술 포트폴리오



[그림 2.63] 저자의 키워드별 논문 현황

- 주요 키워드를 살펴보면, 부식(corrosion), 피로(fatigue), 콘크리트, 내구성(durability), 강재, 내후성 강재(Weathering steel) 순으로 연구 실적이 많음
- 부식(corrosion) 관련 연구는 주로 미국, 중국, 일본을 중심으로 이루어지고 있으며, 피로(fatigue) 관련 연구는 미국, 영국, 일본을 중심으로 활발히 연구가 이루어지고 있음. 특히 내후성 강재(weathering steel)와 관련된 연구는 일본을 중심으로 연구가 활발히 이루어지고 있음
- 콘크리트 및 강재가 키워드에서 각각 3번째 및 5번째 순위임을 확인할 수 있고, 이로부터 소재 관련 연구가 친환경 및 장수명 교량 기술과 밀접한 관련이 있음이 유추됨

## □ 국가 네트워크 분석 결과

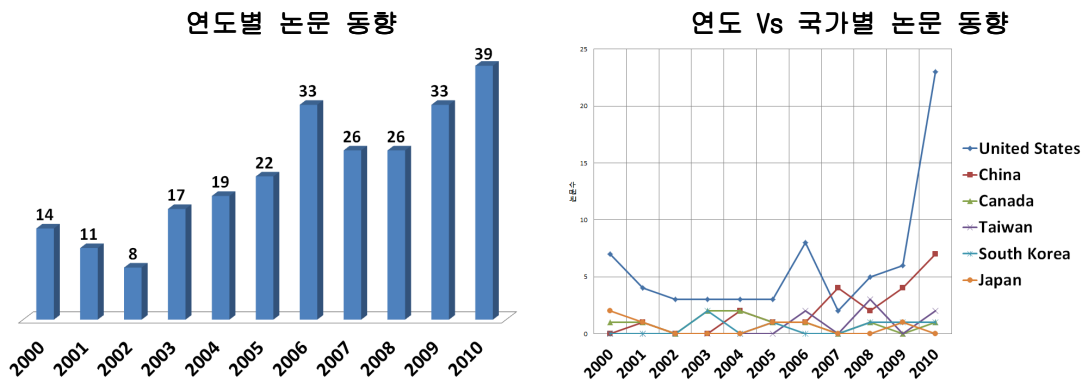


[그림 2.64] 국가 네트워크 분석

- 가장 많은 논문을 발표한 미국은 주로 프랑스, 이태리, 독일, 중국과 공동연구를 수행하고 있으며, 중국은 주로 미국, 일본, 영국, 독일과 공동연구를 수행하고 있음
- 한국은 논문발표수도 작을 뿐만 아니라 국제 공동연구에서도 미국, 중국, 일본 등에 상당히 뒤쳐져 있음

### 4.2.3 부분 조립 및 급속 시공 기술 관련 특허동향

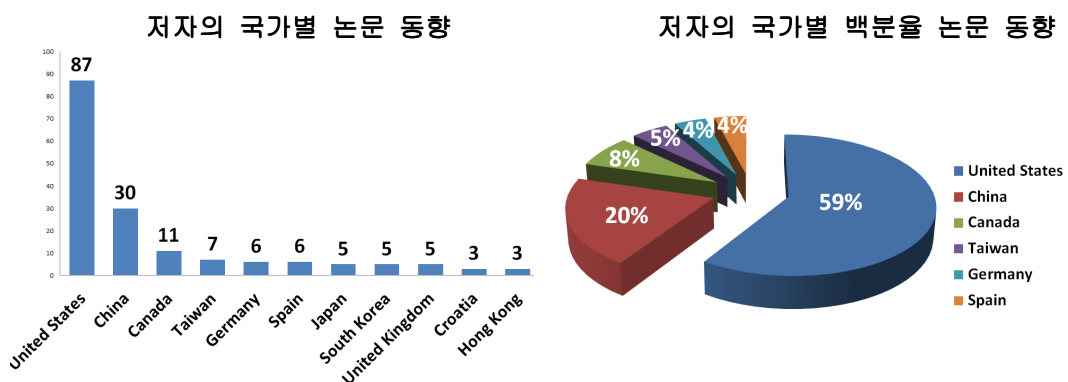
#### □ 연도별 특허 출원/등록 추이



[그림 2.65] 연도별 논문 등재 추이

- 부분 조립이 가능한 교량 모듈화 및 급속 시공기술 관련 논문 발표 실적은 2000년 이후 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 논문의 발표 실적 증가 추세를 볼 때 본 중점분야에 관한 연구가 활발히 증가하고 있음을 알 수 있음
- 한국의 경우 10년 동안 큰 변동 없이 최하위권에 속해 있으며, 최상위 그룹인 미국과 중국에 비해 연구 활동이 뒤떨어져 있음
- 미국은 작년을 기점으로 큰 폭으로 논문수가 증가하였으며, 중국의 연구 활동도 해마다 점진적으로 증가하고 있음

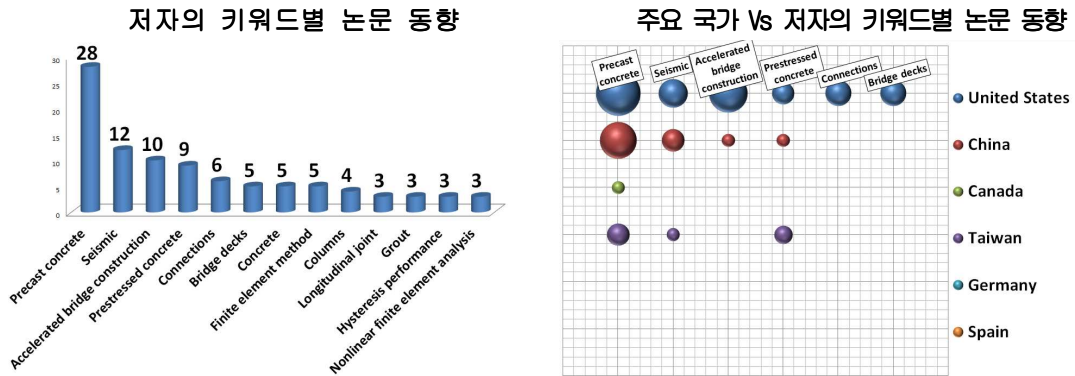
#### □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.66] 저자의 국적별 논문 동향

- 저자의 국적별로는 미국, 중국, 캐나다, 대만, 독일, 스페인, 한국 순으로 연구 참여 실적이 많으나 최상위그룹을 제외하고는 큰 의미가 없는 것으로 사료됨
- 최상위 그룹인 미국과 중국이 약 80%정도를 차지하고 있음
- 상대적으로 다른 국가들의 논문실적은 상대적으로 작음

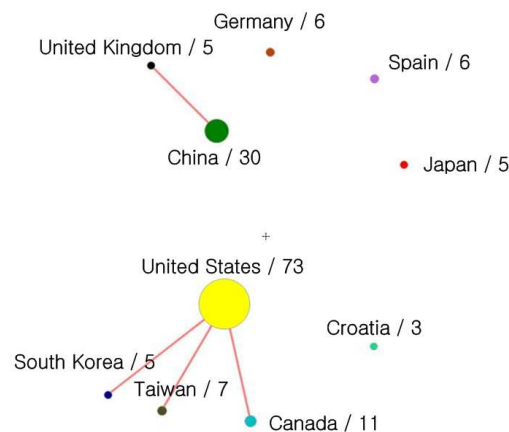
## □ 부상 기술 포트폴리오



[그림 2.67] 저자의 키워드별 논문 현황

- 전반적으로 캐나다와 미국의 연구개발이 두드러져 보임
- 주요 키워드 중 프리캐스트 콘크리트(Precast concrete) 분야에 대한 연구 실적은 상위 4개 국가에서 공통적으로 두드러져 보임
- 나머지 키워드를 보면, 지진(Seismic), 급속 교량 시공(Accelerated bridge construction), 프리스트레스트 콘크리트(Prestressed concrete), 연결부(Connections)의 순으로 연구 실적이 많음
- 급속 교량 시공(Accelerated bridge construction) 관련 연구는 주로 미국과 중국에서 연구되고 있음
- 부분조립이 가능한 교량 모듈화 및 급속시공기술에 관한 논문 실적은 상대적으로 적은 실정이며, 저자의 키워드와 검색 키워드가 상당부분 불일치한 결과를 보면 알 수 있듯이, 본 중점분야는 새로운 연구 분야로 부각될 수 있음

## □ 국가 네트워크 분석 결과

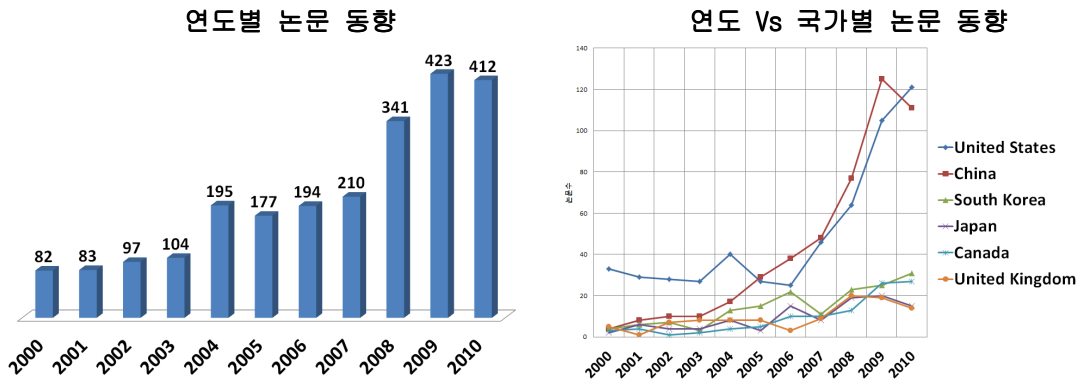


[그림 2.68] 국가 네트워크 분석

- 한국은 미국, 대만, 캐나다와 공동연구를 수행하고 있으며, 중국은 영국과 공동연구를 주로 수행하고 있음
- 연구 실적 최상위 그룹인 미국은 소수의 다른 국가와 공동연구를 수행하고 있음
- 전체적으로 유기적인 공동연구를 수행하지 않으며 다른 국가들에게는 미개척 연구 분야로 판단됨

#### 4.2.4 교량 유지관리 관련 특허동향

##### □ 연도별 특허 출원/등록 추이



[그림 2.69] 연도별 논문 등재 추이

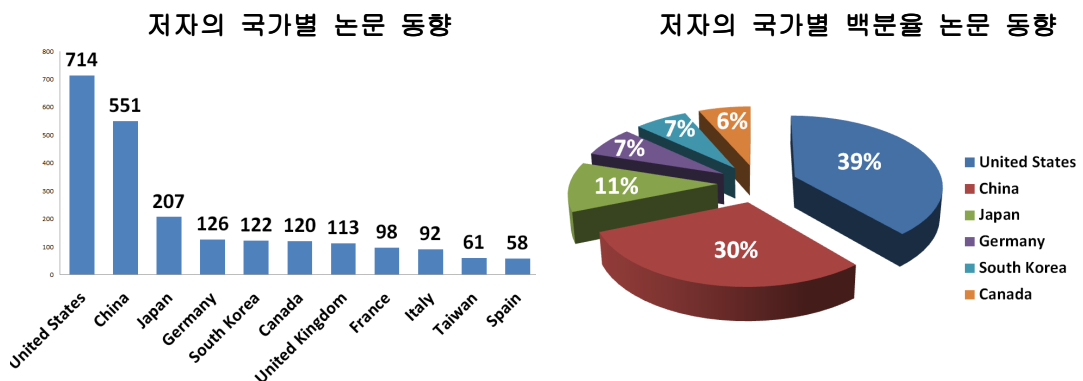
- 첨단센싱 및 로봇 기술을 활용한 자가진단형 유지관리 관련 논문 발표 실적은 2000년 이후 전체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 논문의 발표 실적의 증가 추세를 볼 때, 본 중점분야에 관한 연구가 활발히 증가하고 있음을 알 수 있음
- 각 구간 별로 논문의 발표 실적 평균은 아래의 표와 같음

[표 2.41] 논문 발표 실적 평균

구간 (년도)	2000~2005년	2004~2007년	2008~2010년
평균 논문 발표 실적	91.5	194	392
증가 비율 (2000~2005년 기준)	1	2.12	4.28

- 2000~2005년을 기준으로 각 구간별 (4년씩) 논문 발표 실적 평균을 비교하면, 그 증가 폭은 크게 증가되고 있음
- 한국의 경우 전체적으로 증가하는 추세이지만, 최상위 그룹인 중국과 미국에 비해 연구 활동이 뒤떨어져 있음

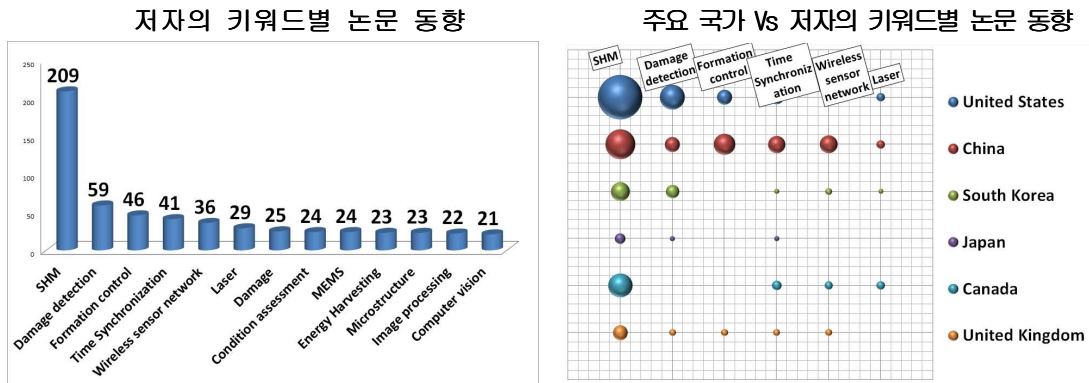
##### □ 주요국가 시장별 출원/등록 경향



[그림 2.70] 저자의 국적별 논문 동향

- 저자의 국적별로는 미국, 중국, 일본, 독일, 한국, 캐나다, 영국 순으로 연구 참여 실적이 많음
- 전체적으로는 최상위 그룹인 중국과 미국이 약 70%정도를 차지하고 있음
- 한국은 캐나다 보다 높은 상위 5번째를 점하고 있음

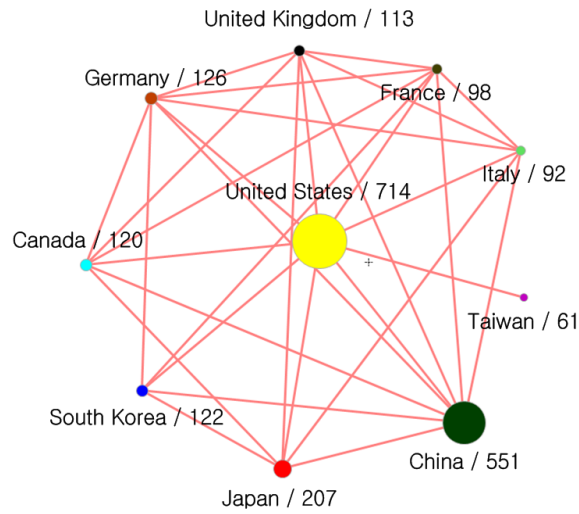
## □ 부상 기술 포트폴리오



[그림 2.71] 저자의 키워드별 논문 현황

- 전반적으로 중국과 미국의 연구개발이 두드러져 보임
- 주요 키워드 중 구조건전성모니터링(Structural Health Monitoring, 이하 SHM) 분야에 대한 연구 실적은 상위 6개 국가에 공통적으로 두드러져 보임
- SHM을 제외한 나머지 키워드를 보면, 무선센서(Time Synchronization + Wireless Sensor Network), 손상 감지(Damage Detection), 군집제어(Formation Control), 레이저 활용 기술(Laser)의 순으로 연구 실적이 많음
- 무선센서(Time Synchronization + Wireless Sensor Network) 관련 연구는 기존 모니터링 시스템의 고가 및 비효율성을 대체하기 위해 연구되고 있으며, 상위 6개 국가에서 공통적으로 연구가 이루어지고 있음
- 군집제어(Formation Control) 및 레이저 (Laser) 부문은 상대적으로 연구가 미흡한 실정이며, 새로운 연구 분야로 부각되고 있음을 알 수 있음

## □ 국가 네트워크 분석 결과



[그림 2.72] 국가 네트워크 분석

- 한국은 독일, 프랑스, 미국, 일본, 중국과 공동연구를 수행하고 있음
- 대만의 경우, 미국하고만 공동연구를 수행하고 있음
- 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아와 같은 유럽 국가들은 자체적으로 긴밀한 연구 네트워크가 형성되어 있음을 알 수 있으며, 북미 국가와 아시아 국가와 공동연구를 진행하고 있음
- 최상위 그룹인 미국은 다른 모든 국가와 공동연구를 수행하고 있는 것으로 보아, 미국이 본 중점분야의 허브 국가로써 유추할 수 있음

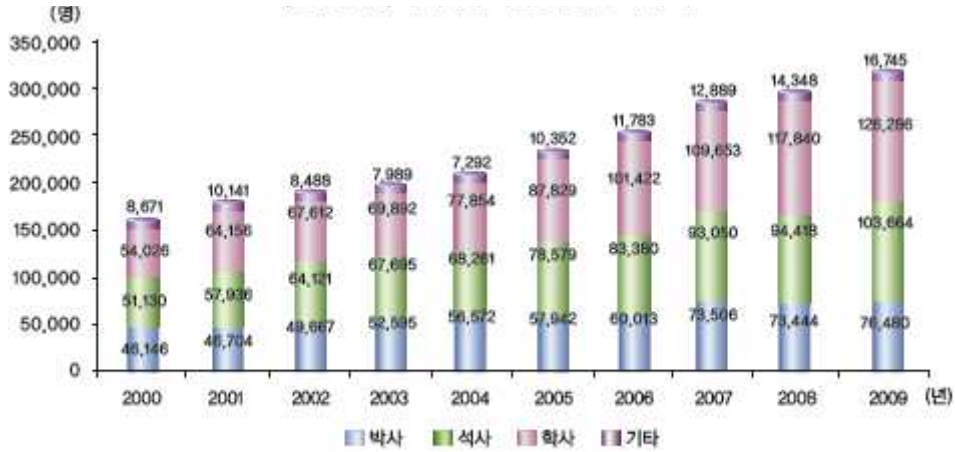
### 4.3 시사점

- BIM 분야의 논문 발표 실적은 2000년 이후 연평균 16% 정도 증가하는 경향을 보이지만, 한국의 경우에는 2005년도에 연평균 10여 편으로 증가한 후 커다란 변화없이 실적이 완만하게 증가하고 있음
- 주요 키워드 중 가상현실(virtual reality), 주행시뮬레이션(driving simulation), 시각화(Visualization) 분야에 대한 연구 실적이 두드러져 보이며, 상기 키워드는 전기 전자 등 타 영역에서 많은 관심을 받는 분야로서 BIM 분야 기술발전을 위해선 다 학제간 융합이 필요함을 시사함
- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술은 주로 미국, 중국, 영국, 일본 등에 의해 연구가 주도되고 있으며, 한국은 이 분야에서 상당히 뒤처져 있음
- 친환경 및 장수명 교량기술 분야에서는 교량용 강재, 콘크리트 등 소재 관련 연구가 주로 이루어지고 있으며, 이와 더불어 부식, 피로, 내구성 및 내후성 강재 등에 대한 연구가 수행되고 있음
- 이를 토대로, 교량의 친환경 및 장수명 교량기술을 확보하기 위해서는 강 교량의 부식/피로, 콘크리트의 내구성 향상, 내후성 강재 등의 고내식강 적용 등에 대한 연구가 수행되어야 함을 파악할 수 있음
- 비정형 급속시공 기술 및 부분조립 및 교체에 대한 급속시공 관련 논문은 상대적으로 적은 수가 검색되었으며, 이는 아직까지 관련기술에 대한 연구가 성숙단계가 아닌 초기단계이기 때문으로 사료됨
- 첨단센싱 및 로봇 기술을 활용한 자가진단형 유지관리 관련 논문 발표 실적은 2000년 이후 전체적으로 증가하는 추세이지만, 최상위 그룹인 중국과 미국에 비해 연구 활동이 뒤떨어져 있음
- 최상위 그룹인 미국은 다른 모든 국가와 공동연구를 수행하고 있으며 본 중점분야의 허브 국가로서 역할을 수행하고 있음

## 4절. 연구개발 인프라 분석

### 1. 연구 인력 인프라

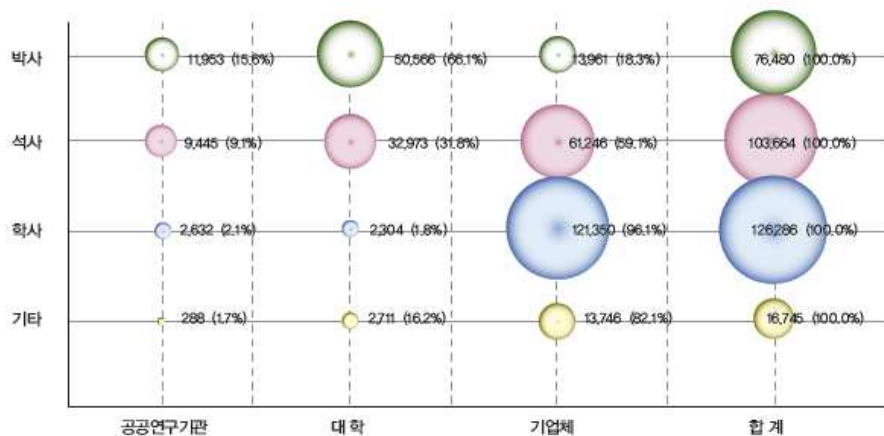
- [그림 2.73]은 우리나라의 학위별 연구원 수 추이를 나타내는 자료임



▶ 자료원 : 교육과학기술부, 연구개발활동조사보고서, 각 연도

[그림 2.73] 우리나라 학위별 연구원 수 추이

- 2009년 우리나라의 박사 연구원은 전년대비 4.1%(3,036명) 증가한 76,480명
  - 석사 연구원은 103,664명(32.1%), 학사 연구원은 126,286명(39.1%), 기타 연구원은 16,745명(5.2%)으로 나타남
  - 2000년 이후 박사 연구원의 연평균 증가율은 5.2%, 석사 연구원은 7.3%
- 전체 연구원 중 박사 연구원 비중은 전년대비 0.8% 포인트 하락한 23.7%
  - 석사 연구원 비중은 0.6% 포인트 상승한 32.1%, 학사 연구원 비중은 0.2% 포인트 하락한 39.1%임



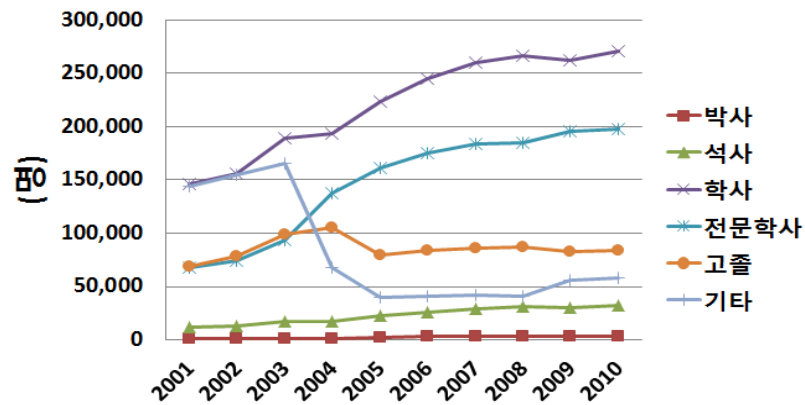
▶ 자료원 : 교육과학기술부, 2010 연구개발활동조사보고서

[그림 2.74] 우리나라 주체별·학위별 연구원 수 (2009년)

- 2009년 우리나라 박사 연구원의 66.1%인 50,566명이 대학에 집중
  - 대학(50,566명)과 공공연구기관(11,953명)에서는 연구원 중 박사 학위자가 가장 많으며, 다음으로 석사, 학사 학위자순으로 나타남
  - 반면, 기업체는 연구원 중 학사 학위자(121,350명)가 가장 많으며, 박사 학위자(13,961명)는 상대적으로 적음

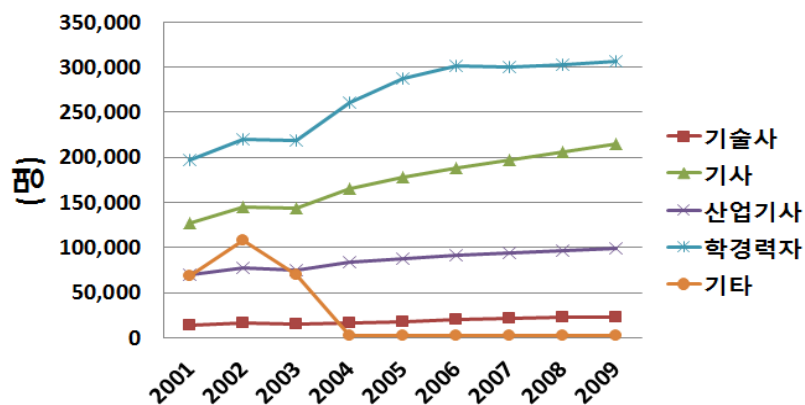
### □ 건설인력 인프라<sup>63)</sup>

- 토목, 건축, 기계 등과 같은 인프라에 대한 조사



[그림 2.75] 학위별 인력 동향

- 전체적으로 학사 및 전문학사에 대한 인력 공급이 전체 공급인력에서 큰 비중을 차지하고 있으며, 박사 및 석사에 대한 인력 공급 또한 꾸준히 증가하는 추세이며, 기술 자격에 대한 증가 또한 꾸준히 증가함



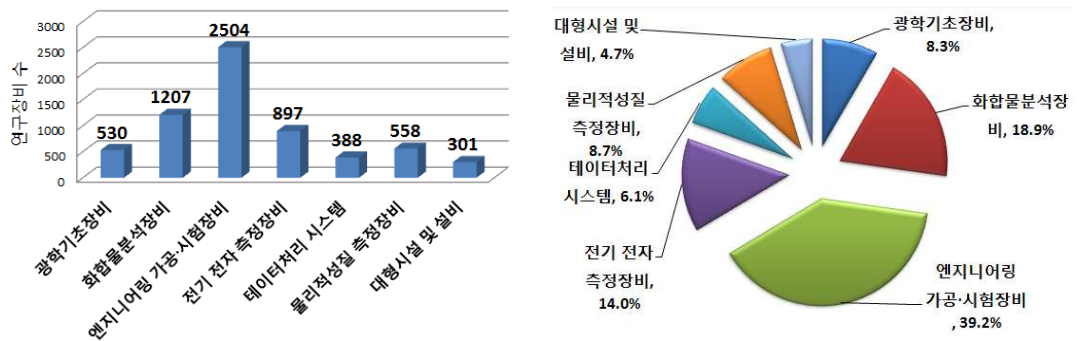
[그림 2.76] 기술 자격별 인력 동향

63) 학위별 기술자 통계현황 (2001~2010)], 한국건설기술인협회

## 2. 연구기자재 인프라

### □ 자재 인프라 현황<sup>64)</sup>

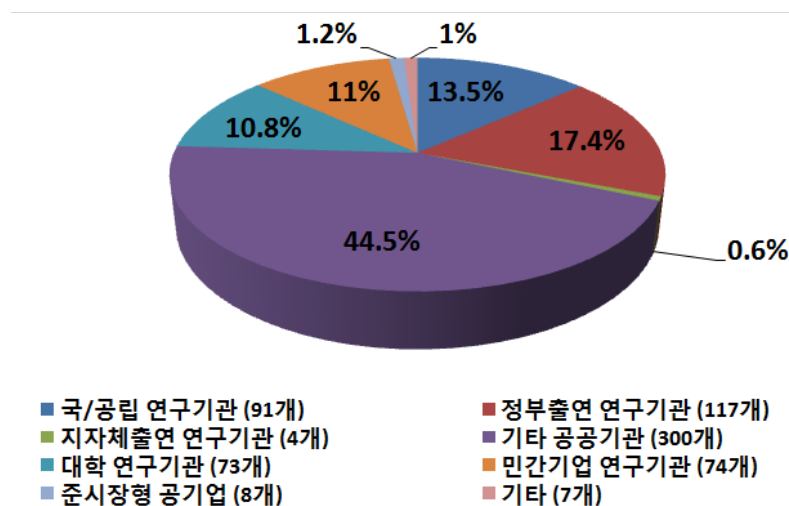
- 연구 기자재는 다양한 분야에서 사용될 수 있는 측면이 강하므로, 기술 분야별로 분류하기에는 한계가 있으며, 산업별로 용도에 따라 분류하였음. 엔지니어링 가공시험장비 (39.2%), 화학물 분석 장비(18.9%)가 가장 높게 나타남



[그림 2.77] 국내 관련 분야 연구 장비 현황

### □ 연구 실험시설 현황<sup>65), 66), 67)</sup>

- 국내 건설관련 연구 실험시설을 NFEC(국가연구시설장비진흥센터)를 통해, “건설”이라는 검색어를 통해, 대형, 중형, 소형 등의 실험시설을 파악함
- 총 674개의 건설 관련 연구 실험시설이 검색되었으며, 기관 구성은 [그림 2.74]와 같음



[그림 2.78] 국내 연구 실험 시설 현황

64) 2009 연구장비 공동이용 지원사업 지원현황, 중소기업청

65) 국가연구시설장비진흥센터, <http://nfec.ntis.go.kr/ntis?svcSid=main>

66) 차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구단, 토목학회 (2007.9)

67) 건설연구인프라운영원, <http://www.koced.net/>

- 아래는 주요 연구 센터 및 주요 기능을 정리하였음

[표 2.42] 국내 주요 연구 센터 및 주요 기능

연구 센터명	활용 목적	연구 센터명	활용 목적
<b>도로교통연구원(도로공사)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 51개시험실</li> <li>• 173종 437품목시험기등</li> <li>• 국내 교통환경 조건 하에서 건설된 실물 현장 도로시험 시설</li> </ul>	<b>첨단건설재료실험센터(계명대)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 신재료 및 고성능 재료 개발</li> <li>• 공유연구환경을 통한 혁신적인 연구 수행</li> </ul>
<b>포항산업과학연구원</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 신재료 및 고성능 재료 개발</li> <li>• 실규모 시험 검증이 가능한 다수의 실험 장비 보유</li> </ul>	<b>건설기술연구원</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다수의 건설 관련 연구 기자재 보유</li> <li>• 산학연간 공동 활용</li> </ul>
<b>대우건설기술연구원</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설산업의 기술경쟁력 향상</li> <li>• 사회기반시설의 신기술 개발</li> </ul>	<b>지진 방재 연구센터(부산대)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계적 수준의 지진연구소 설립</li> <li>• 지진자료 도서관 운영</li> <li>• 국제적 연구 협력 활성화</li> </ul>
<b>KAIST 스마트구조연구센터</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 센싱/재료 관련 장비 보유</li> <li>• 국내외 관련 전문가 그룹 네트워크</li> </ul>	<b>철도기술연구원</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 궤도/노반/구조 분야 관련 대형 연구 기자재 보유</li> <li>• 철도시설물 안전성 평가/대책 연구</li> </ul>

### 3. 시사점

- 건설 분야의 국내외 석·박사 연구 인력은 꾸준히 증가하는 추세이며, 대학 및 연구소 중심으로 인력 인프라가 형성되어 있어 관련 분야의 연구 역량은 충분하다고 사료됨
- 국내 관련 기업, 연구소, 대학 등의 연구 인력은 충분할 것으로 판단되나 다학제간 전문가 공동 연구 및 융합이 필요한 것으로 사료됨
- 국가 연구시설장비진흥센터(NFEC)를 통한 국내 건설 관련 연구실험은 총 674개의 연구 실험시설이 파악되었으며, 이를 활용한 연구시설 및 장비는 대부분 국내에서 활용가능한 것으로 사료됨

## 5절. 종합분석

### 1. 정책 동향 소결 및 시사점

- 국내외의 저탄소 녹색성장 요구에 부합하도록 교량의 생애주기 기간 동안의 탄소발생을 최소화할 수 있는 친환경 교량 기술 개발의 필요성 대두
- 향후 교량 노후화와 유지관리비용 급증에 선제적으로 대응할 수 있도록 계획, 설계단계에서부터 교량의 장수명화 방안 모색 필요
- 국내외 건설시장은 정책적, 사회적, 경제적으로 친환경, 급속시공, 서민편익 중심 기술을 요구
- 국외의 경우 노후화교량에 대한 문제점이 지속적으로 대두되고 있고 예산상의 이유로 안정성이 확보되지 않은 다수의 교량이 공용중인 상태임. 국내의 경우에도 2020년을 정점으로 30년 이상 노후교량이 급격히 증가될 것으로 예상되며 이에 대응한 경제성을 확보한 교량 교체기술이 필요하며 이와 더불어 신설교량 시공 시 용이한 부분교체가 가능한 급속시공 교량 기술을 개발하여 미래에 발생할 수 있는 문제점 해결 노력 필요
- 전 세계적 경제위기에 따른 신설 교량의 수요 감소와 기존 교량의 노후화는 효율적이고 경제적인 유지관리 기법 개발을 요구하고 있으며 저탄소 녹색 성장 기조에 따라 탄소 저감형 유지관리 기술에 대한 수요 증가하고 있음
- 현재의 유지관리 체계는 정기적 교량 검사를 기본으로 하며, 구조물의 심각한 이상 징후가 발견 되었을 때, 정밀 검사 및 진단을 수행하는 수동식 유지관리 체계를 가지고 있으므로, 향후 실시간 교량 건전성 기술을 통한 시기 적절한 손상을 감지하여 이를 미연에 보수/보강하는 유지관리 체계가 요구됨
- 국내의 경우 교량의 유지보수 관련 예산은 꾸준히 증가하고 있으나, 미국, 일본, 유럽 등의 선진국과 비교 시, 구조물 안전 점검 및 진단과 관련된 통합 시스템 및 관련 정책이 부족한 실정이며, 따라서 유지관리비용을 절감 및 사회기반 시설물의 효율적 관리를 위한 모니터링 기술이 필요됨

## 2. 시장 동향 소결 및 시사점

### 2.1 시장환경

- 국내 도로교량시장에 사용되는 강재는 연간 평균 30만톤, 콘크리트는 약 175 만톤에 달함. 또한 향후 10년간 약 88조원의 국가철도망 시장이 생성될 것으로 보여 신규 교량시장이 확보될 것으로 예상됨. 향후, 이들 교량시장에서 요구되는 소재를 친환경 소재로 적용하고, 고성능 강재 및 콘크리트의 사용을 통해 경량화/슬림화를 추진함으로써 카본 다이어트를 달성할 필요가 있음
- 선진국에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시도가 이루어지고 있으며, 향후 국내에서도 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등이 동시에 고려된 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상됨
- 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 이에 대응하여 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가하고 있음
- 모든 노후화교량에 대한 재건설은 예산상 불가능하므로 이에 대한 효과적인 기술인 노후교량에 대한 부분적 교체기술 확보필요
- 국내 안전 및 유지관리 관련 시장 규모는 매년 20% 이상 증가되고 있는 추세이며, 향후 시설물 안전관리 분야의 잠재적인 시장규모는 매우 클 것으로 예상됨
- 해외 선진국의 경우 오래된 시설물이 많다는 점에서 어느 정도 차이는 날 수 있으나, 선진국의 사례를 통해 볼 때 향후 우리나라도 시설물의 양적 증대 및 공용연수 증가와 함께 점차 유지관리의 비중이 높아질 수밖에 없음
- 2010년 1500억 달러에 이를 것으로 예상되는 탄소배출권 거래 시장 규모 추세와 탄소배출권 거래제 도입 시, 국가적 경제손실 발생, 따라서 구조물 생애주기에서 발생하는 탄소에 대한 모니터링 및 감축을 통한 건설시장의 블루 오션 개척 가능

### 2.2 산업구조 및 경쟁력

- 현재 교량건설시 초기 비용만을 고려하지만, 향후에는 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등을 고려하여 전 생애주기 관점에서 교량 형식이 결정될 것으로 판단됨
- 한국보다 산업화가 먼저 이루어진 선진국에서는 이미 친환경 장수명 교량에 대한 연구를 시작하고 있으며 국내에서는 아직 구체적으로 이루어지고 있지는 않은 실정임. 하지만, 국내의 우수한 건설기술력 및 세계최고수준

- 의 소재 기술 등을 바탕으로 향후 5년 동안의 집중적인 연구를 수행한다면, 친환경 장수명 기술 분야에서 세계를 선도할 수 있을 것으로 예상됨
- 경제성이 확보된 부분교체 유지관리 기술이 확보예상시점 2017년이므로 국내에서 노후화교량 문제가 정점에 이를 2020년에 대비가능
  - 국외의 경우에도 기술 및 경제성이 확보된 기술 선점으로 노후화교량에 대한 보강/유지관리시장에서 경쟁력 확보 예상
  - 시공 중심의 경쟁력으로는 더 이상 국제경쟁에서 생존하기 힘든 한계상황에 직면했으며, 강력한 국가기반 확보 및 시설물 안전관리 기술을 통해 국가기간시설물 및 사회간접기반시설물의 총괄적인 안전관리를 실현하고 저비용고효율의 차세대 건설 산업을 선도할 것으로 기대됨
  - 국내의 유지관리 시장(센서, NDT, 로봇) 규모는 점점 증가하고 있으나, 해외 의존도가 매우 높으며, 국외와의 기술 격차가 줄어들지 않는 실정임. 국제적 경쟁력 향상을 위한 관련 장비의 개발 및 국산화가 요구되며, 국외 시장을 선도할 수 있는 원천기술의 개발이 시급함

### 3. 기술 동향 소결 및 시사점

#### 3.1 특허분석

- 지능형 친환경 교량분야의 출원 경향을 살펴보면, 전체적인 출원건수가 유지 경향을 보이고 있으나, 일본의 경제침체로 인한 일본국내 출원건수의 감소 및 논문 발표 추이를 고려하면, 전체 출원은 점진적인 상승 추세로 분석되고, 특히 한국특허의 경우 최근의 경기침체에도 불구하고 계속적인 출원의 증가 경향이 두드러짐
- 이는 건설 토목분야에서 세계 상위인 국내기업들이 특허확보에도 관심을 기울이고 있고, 또한 첨단 센싱 기반 자가진단 가능 지능형 교량 유지관리 기술과 관련된 전자, 전기 분야의 활발한 출원에 대한 관심 때문인 것으로 보임

#### 3.2 논문분석

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술은 주로 미국, 중국, 영국, 일본 등에 의해 연구가 주도되고 있으며, 한국은 이 분야에서 상당히 뒤쳐져 있음
- 친환경 및 장수명 교량기술 분야에서는 교량용 강재 및 콘크리트 등 소재 관련 연구가 주로 이루어지고 있으며, 이와 더불어 부식, 피로, 내구성 및 내후성 강재 등에 대한 연구가 수행되고 있음

- 이를 토대로, 교량의 친환경 및 장수명 교량기술을 확보하기 위해서는 강 교량의 부식/피로, 콘크리트의 내구성 향상, 내후성 강재 등의 고내식강 적용 등에 대한 연구가 수행되어야 함을 파악할 수 있음
- 비정형 급속시공 기술 및 부분조립 및 교체에 대한 급속시공 관련 논문은 상대적으로 적은 수가 검색되었으며, 이는 아직까지 관련기술에 대한 연구가 성숙단계가 아닌 초기단계인 것으로 예측됨

### 3.3 논문 및 특허 연계성 분석

- 특허 및 논문을 연계하여 한국의 기술력을 파악하면, 미국을 중심으로 한 기술 선진국에 비해서 특허 기술력 및 특허 시장 확보력이 낮은 것으로 보이며, 응용기술 위주의 연구 개발 방향을 보이는 것으로 분석됨
- 특허 출원 경향과 논문 발표 경향을 연계하여 보면, 경기 침체 등의 외적 요인을 제외한 “지능형 친환경 교량” 분야의 특허 출원 경향은 2000년대 초반의 높은 상승과 중반 이후의 완만한 상승세를 보인다고 분석됨

### 3.4 기술 분석

- 미국, 유럽 등 선진국에서는 이미 교량의 수명에 대한 많은 관심을 갖고 수명의 정량적인 평가방법과 이를 고려한 설계기법을 개발하였고 구조물에 적용하고 있음. 우리도 글로벌 스탠다드에 부합하는 교량의 장수명화 기술개발과 함께 세계 기술선도를 위한 친환경 신소재 활용기술개발이 함께 이루어져야 할 것으로 판단됨
- 미국을 중심으로 급속시공 기술에 의한 교량 건설이 활발히 이루어지고 있으나 적용범위는 신설교량 위주이며, 아직까지는 현장타설대비 경제성에 대한 경쟁력이 떨어지며, 향후 경제성이 확보되며 신설뿐만 아니라 노후화 교량에 대한 유지관리(교체)시장에 적용가능한 기술확보가 필요함
- 유지관리와 관련된 센싱, 에너지 하베스팅, 점검 및 유지관리 로봇 기술은 초기에 대학 및 연구기관을 중심으로 진행되었으나, 현재 산·학·연 연계를 통한 실용화 연구가 진행 중임. 향후 유지관리 요소 기술 간의 융·복합을 통한 고부가가치를 창출할 수 있는 차별화된 기술 개발 역량 보유함
- 현재의 기술 수준은 단순한 모니터링 시스템 구축 및 데이터 계측을 통한 유지관리 수행 정도로 분석되며, 이후 보다 신뢰적이고 정확한 구조물의 상태 평가 및 유지관리 기술의 개발을 위해서 다학제간 연구가 요구됨 (일례로 기존 유지관리 시스템을 바탕으로 LCC, LCA 분석 및 관리 기술을 BIM과 연계하여 교량통합 관리 시스템 개발)

- 가상현실을 기반으로 한 건설설계 자동화 분야는 건축분야에서 시작하여 발전되어 왔으며, 토목분야에서도 산업계, 학계, 연구소를 중심으로 활발하게 연구 진행됨
- 하나의 예로 국토해양부 건설기술혁신사업으로 수행되고 있는 「가상 건설 시스템 개발」 연구는 17개의 연구수행기관, 56개의 참여기업, 600여명의 연구원이 참여하여 연구역량을 향상시키며 사업 영역을 개척하고 있는 단계임
- 따라서 「BIM을 활용한 3차원 교량 설계를 위한 연구」 연구역량 및 인프라는 충분하다고 보여짐
- 최근 개발된 고성능 소재로는 강재는 HSB500, HSB600, HSB800 등의 후판과 2400MPa PC강연선 등이 있으며, 이에 대한 활용기술은 이미 ‘차세대 시설물용 신재료활용기술 연구단’ 과 ‘초장대교량사업단 (제2핵심 고성능 전략소재 및 이용기술 개발’ 등의 연구과제를 통해 교량거더 적용기술 등 일부 기술에 대해 개발을 완료하였거나 진행 중에 있음. 이러한 고성능 소재를 실제 친환경 장수명 교량에 직접 연계하여 교량 제품화 기술 개발을 추진하기에 충분한 역량을 보유한 것으로 평가됨
- 교량구조물의 유지관리를 최소화하고 내구성을 향상시키고자 하는 일환으로 내후성 강재가 개발되었으며, 일부 구조물에 적용된 사례가 있음. 국내에서는 포항산업과학연구원 등을 중심으로 HSB500W/HSB600W 등의 내후성 강재를 개발하였으며 이 강재의 부식성 평가 및 구조물 적용기술을 개발한 바 있음. 따라서, 향후 이를 더욱 발전시켜 탄소저감형 장수명교량으로 연계할 수 있는 역량을 가지고 있는 것으로 판단됨
- 미국,일본 등을 중심으로 국내외 많은 업체 및 연구소 등에서 다양한 기술에 대한 교량 상하부 급속시공 기술 역량을 보유하고 있으며 현재에도 다양한 기술융합을 통한 급속시공 최적화 연구를 통한 시공성, 경제성 등의 업그레이드를 위한 노력을 기울이고 있음
- 스마트 사회기반 시설 연구센터, 초장대교량 사업단 등을 통해 구조물 전반에 관한 이상상태 모니터링 기술 및 제어 기술들이 연구 되었으며, 향후 개발될 교량 관련 실용기술 개발에 인프라 및 선행 요소 기술을 제공함

#### 4. 연구개발 인프라 분석 결과

- 건설 분야의 국내외 석·박사 연구 인력은 꾸준히 증가하는 추세이며, 대학 및 연구소 중심으로 인력 인프라가 형성되어 있어 관련 분야의 연구 역량은 충분하다고 사료됨
- 국내 관련 기업, 연구소, 대학 등의 연구 인력은 충분할 것으로 판단되나 다학제간 전문가 공동 연구 및 융합이 필요한 것으로 사료됨
- 국가 연구시설장비진흥센터(NFEC)를 통한 국내 건설 관련 연구실험은 총 674개의 연구 실험시설이 파악되었으며, 이를 활용한 연구시설 및 장비는 대부분 국내에서 활용가능한 것으로 사료됨

[표 2.43] 기술적 역량

중점분야	기술적 역량
<b>BIM</b>	- 미, 일, 유럽 등 선진국 BIM 시장 초기 상황 - 세계 최고의 정보화 인프라 - 건설 관련 기술자들의 IT 능력 수준이 타 국가 대비 다소 우월
<b>신소재</b>	- 고성능 소재 활용 교량 구조물 제품화 기술 개발 사례 다수 보유 - 고성능 소재 성능 평가 기술 및 시험 장비 보유 - 구조물 극한 거동 및 장기거동 해석 평가 기술 보유
<b>부분교체 급속시공</b>	- 상하부(바닥판-거더-코핑-교각-기초)완전조립식 급속시공 기술에 대한 연구실적 및 역량보유 - 급속시공 공법(프리캐스트 바닥판, 거더, 교각 등)에 대한 설계 및 현장적용 등 실용화 실적 보유
<b>자가진단 유지관리</b>	- 스마트 사회기반 시설 연구 센터, 초장대교량 사업단 등을 통해 구조물 전반에 관한 이상상태 모니터링 및 제어 요소 기술 선행 연구 - 전 생애주기에 필요한 핵심 요소 기술 역량 및 현장 적용 인프라 구축 - 활발한 국제 연구(진도대교, 한미 국제연구)를 통한 산·학·연 네트워크 역량 보유

## 5. STEEP 분석

- 국내외 동향 및 환경분석을 바탕으로 “지능형친환경 교량”의 경쟁력에 영향을 끼치는 인자로서 5종류의 거시적 환경요인(사회적/기술적/경제적/환경적/정치적 요인)을 분석하고 기술개발방향 설정에 활용함

Social	<b>저탄소 녹색성장 기조, 교량 노후화, 안전성 확보, 유지관리 필요</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 친환경 저탄소 사회에 대한 국민적 인식 고조</li> <li>• 노후화 교량에 대한 전 세계적인 이슈로 대두</li> <li>• 기존 및 신설 교량 증가에 따른 교량 관리 수요 증가 예상</li> </ul>
Technological	<b>탄소저감(전생애주기), 교량 장수명화, 급속 부분교체, 첨단 유지관리</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계, 시공, 유지관리의 전 생애주기 통합 관리 부재</li> <li>• 노후화 교량 증가에 따른 수명연장에 관한 연구 활발</li> <li>• 교량의 지능화 및 첨단화와 관련된 국내외 연구 활발</li> </ul>
Economic	<b>신규건설 부진, 노후교량 증가, 전생애주기적 비용, 장수명화 통한 경제성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 건설 시장 부진에 따른 해외 건설 시장 진출 필요</li> <li>• 노후교량의 기하급수적 증가에 따른 선제적 대응 기법 개발 필요</li> <li>• 장수명화에 따른 생애주기 비용 증가 대응책 필요</li> </ul>
Environmental	<b>지속가능 발전, 탄소발생 최소화 및 제어, 재활용 및 친환경 재료</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량의 생애주기 동안 탄소발생 최소화 및 제어 필요성 증대</li> <li>• 친환경 재료 및 재활용 등 환경부하 최소화 기술 수요 증가</li> <li>• 최근 기상이변에 따른 응급복구 기술 수요 증가</li> </ul>
Political/Legal	<b>저탄소 녹색성장 기본법, 친환경 건설 규정 확대</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 범국가적 탄소저감 요구에 부응 가능한 교량의 탄소저감 전략과 기술이 요구</li> <li>• 친환경 건설 및 교통통제 최소화 건설 기술 장려</li> <li>• 건설분야 예산 감소에 따른 효율적 유지관리 예산 활용 필요</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CO<sub>2</sub>저감에 관한 국가 상위 정책과의 부합성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 세계적인 탄소저감, 친환경 건설, 교통통제 최소화 건설, 장수명화</li> </ul> </li> <li>• <b>교량 장수명화에 따른 설계 및 시공·유지관리 체계 개발 필요</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능 강재/콘크리트, 친환경 건설재료를 활용한 설계 기술/기준의 시스템</li> </ul> </li> <li>• <b>노후화 교량의 급격한 증가에 대한 대안책 마련 시급</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 10년 내에 급속한 교량 노후화에 따른 교량 신설/교체 시, 교통혼잡 비용(사회간접 손실비용)의 감소 요구</li> </ul> </li> <li>• <b>건설비(직접비)에 기반한 현 경제성 평가를 교량 생애주기 비용(LCC) 관점으로 확대 필요</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 LCC를 위한 실질적인 시스템 개발 필요</li> </ul> </li> <li>• <b>환경적 측면에서 전생애주기 평가(LCA)를 포함하는 교량 관리체계 개선 필요</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 환경 오염 방지에 대한 건설 규제가 강화 됨에 따른 교량 전생애주기에 대한 LCA 분석 고려</li> <li>- 장수명화를 통한 자원/에너지/탄소배출 저감</li> </ul> </li> <li>• <b>BIM을 2012년 대형 발주 프로젝트에 의무적 도입</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조달청, 2012년 500억 이상 턴키·설계공모 의무화</li> </ul> </li> </ul>
--

[그림 2.79] STEEP 분석 결과

6. SWOT 분석<sup>68)</sup>

- 내부환경과 외부환경 요인을 분석하여 강점/약점/기회/위험 요인을 도출함. 이를 통해 기술개발 전략을 수립하는데 활용함

내부환경	강점 (S)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 분야 기술자들의 우수한 IT 능력 및 높은 정보화 의식</li> <li>• 주요 기술에 대한 선행 연구 및 활용 역량 보유 (친환경 재료, 급속시공, 건전성 모니터링 등)</li> </ul>
	약점 (W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탄소저감 및 장수명화 기반의 친환경 교량 구현을 위한 기술/경험 부족</li> <li>• 건설 분야에서 다학제간 산학연 공동연구 부족 (학술연구와 실용기술 간 거리)</li> </ul>
외부환경	기회 (O)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 주요 기술에 대한 시장이 성장 또는 형성 단계 (BIM, 교체/보강, 유지관리)</li> <li>• 관련 주요 기술에 대한 연구개발 및 활용 요구가 급증 (친환경, 장수명, 생애주기 관리)</li> </ul>
	위험 (T)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외 업체들의 주요 요소기술 선점 및 국내시장 진입 우려 (BIM, 센서 H/W, 기술 표준 등)</li> <li>• 국내 건설 시장 부진 및 이에 따른 관련 분야 연구개발 위축 우려</li> </ul>

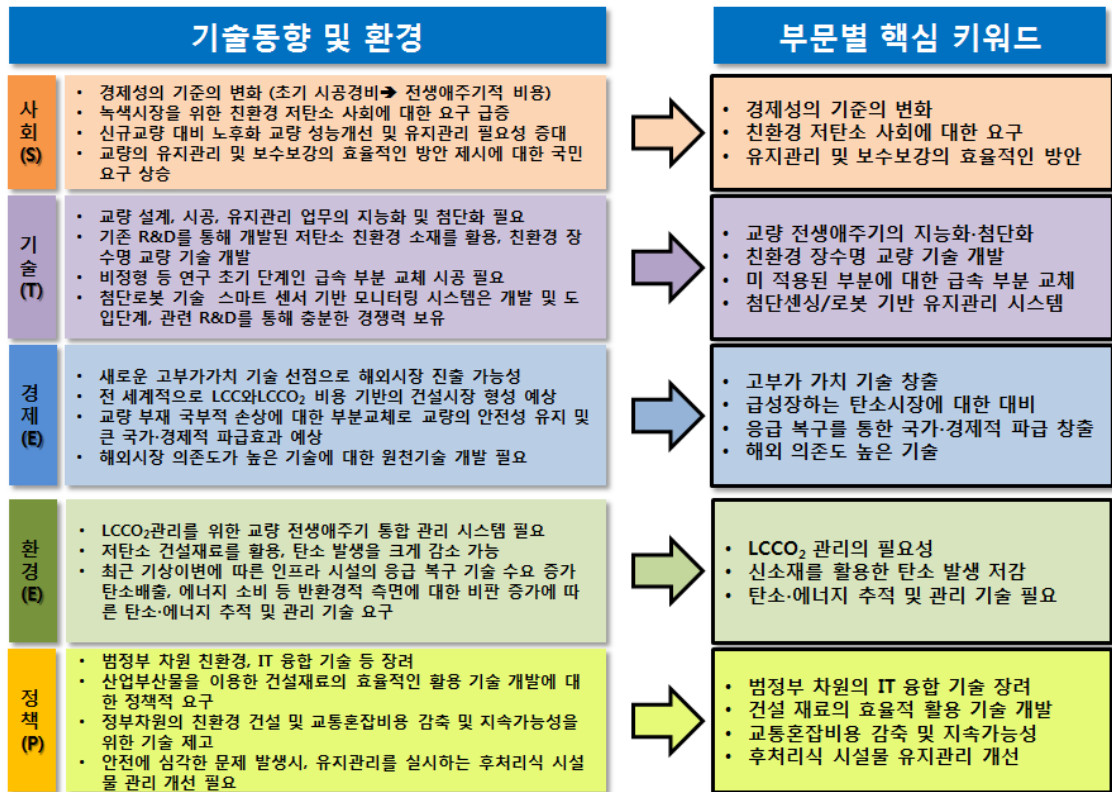
SWOT 매트릭스		외부 환경	
		기회 (O)	위험 (T)
내부환경	강점 (S)	<p><b>SO 전략 (시너지 창출 전략)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 Supply Chain의 전 과정을 포괄 → 전 생애주기 관리의 패러다임 개발</li> <li>• 선행 연구 및 보유 역량을 적극 활용 → 국내외 시장 확대 및 해외 시장 확보</li> </ul>	<p><b>ST 전략 (다각화 전략)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 관련 기술 및 건설 IT 인프라 보유 → 건설 IT 특성화 및 융합 기술 확보</li> <li>• 재료/시공/유지관리에 대한 연구 역량 보유 → 기하급수적인 교량 노후화 대응책 개발</li> </ul>
	약점 (W)	<p><b>WO 전략 (보완 전략)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 장수명화에 따른 생애주기 증가 → 효율적 생애주기 비용 관리 방안 필요</li> <li>• 개발 기술 실용화 저하 우려 → 기술 수요처의 Feedback 반영 필요</li> </ul>	<p><b>WT 전략 (현상유지 전략)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외 기술대비 취약분야 경쟁력 확보 → 국제 공동 연구 및 해외 전문가 적극 활용</li> <li>• 산·학·연 공동 연구 프로젝트 추진 → 기술개발 효과 증대 및 실용화 확대</li> </ul>

[그림 2.80] SWOT 분석 결과

68) SWOT 분석 요소의 중요 사항을 2가지로 정리하였으며, 자세한 SWOT 분석 결과는 부록에 정리하였음

## 7. Keyword 도출

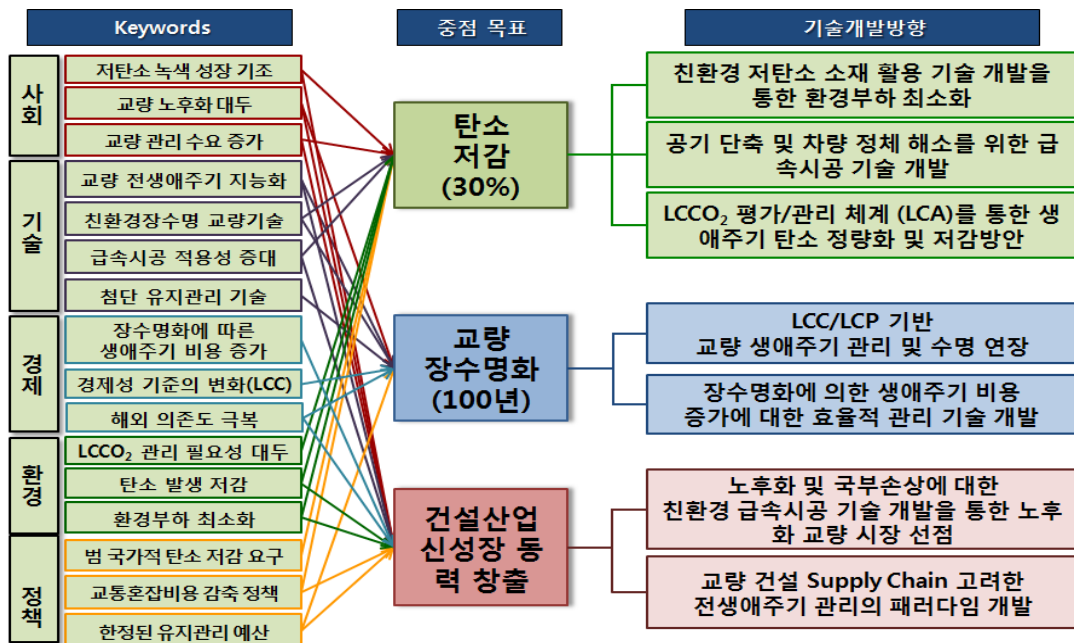
- 사회, 기술, 경제, 환경, 정책에 대해 아래와 같이 핵심 키워드를 도출함



[그림 2.81] Keyword 도출

## 8. 기술개발 방향 설정

- 동향조사 및 STEEP/SWOT 분석을 통해 Keyword/중점 목표를 도출하고 기술 개발방향 수립

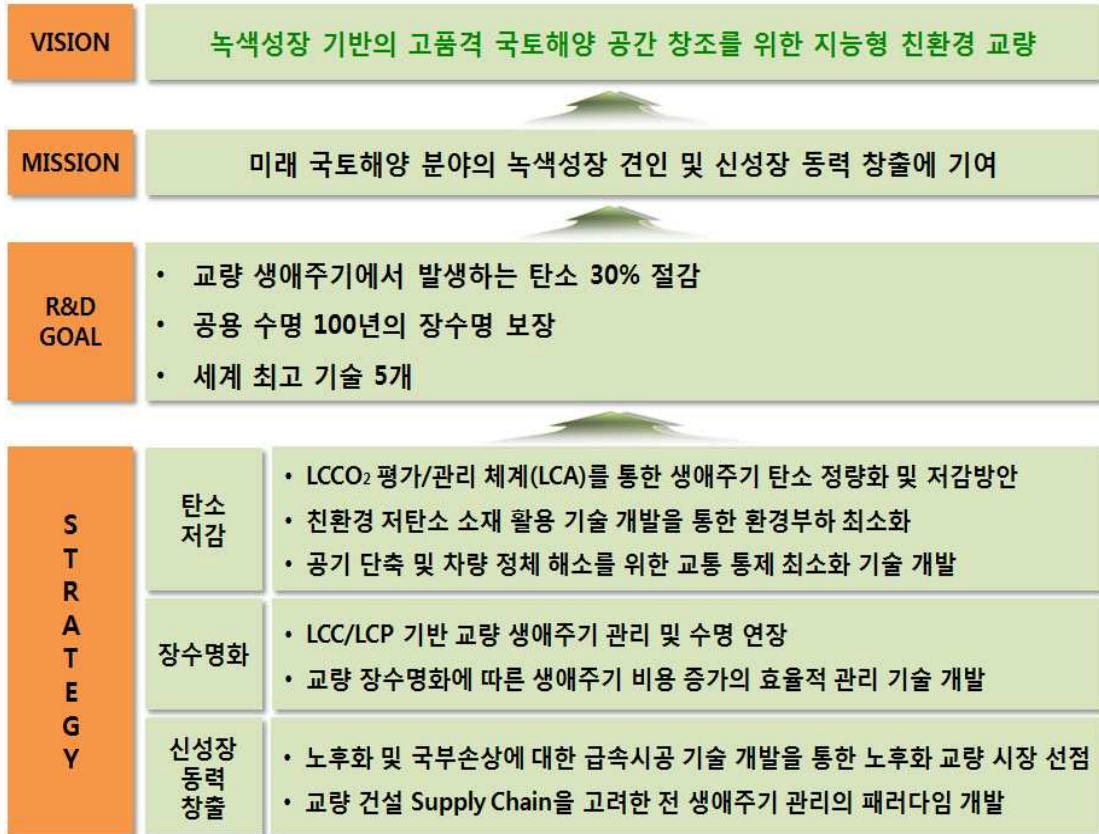


[그림 2.82] 기술개발 방향 설정

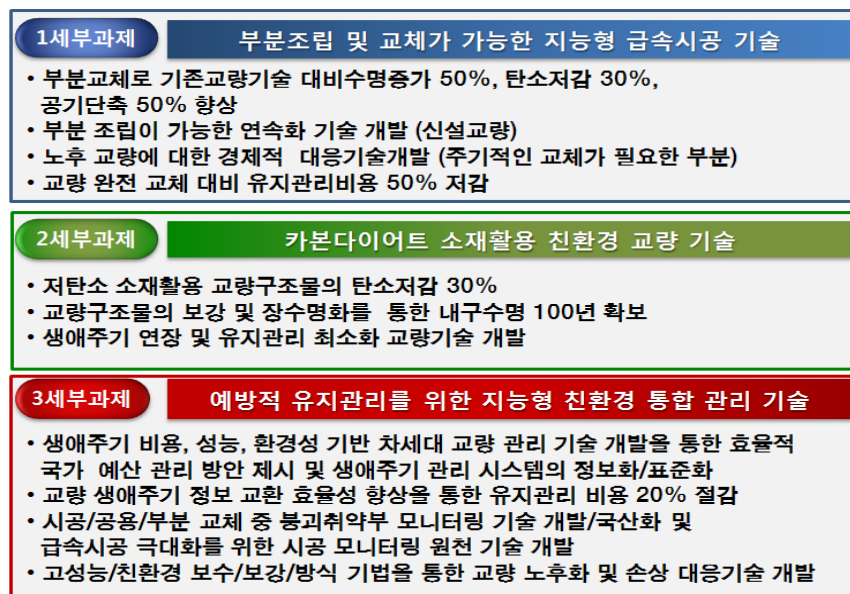
### 3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### 1절. 비전 및 목표

- 국내외 동향 조사 및 환경 분석, 기술수요·예측조사를 바탕으로 한 STEEP 분석 및 SWOT 분석을 수행하여 다음과 같이 비전 및 목표를 설정하였음



[그림 3.1] 통합 비전 및 목표



[그림 3.2] 중점분야별 세부목표

## 2절. 기술개발에 따른 미래상

### 1. “지능형친환경 교량” 미래상

- “지능형친환경 교량”은 CO<sub>2</sub> 저감 및 신설/기존 교량 장수명화를 위하여 노후교량 교체 및 부분 조립이 가능한 지능형 급속시공 기술, 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술, 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술의 개발로 이루어질 것으로 예상됨





[그림 3.3] “지능형 친환경 교량” 미래상

## 2. 세부과제별 미래상

### □ 부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술

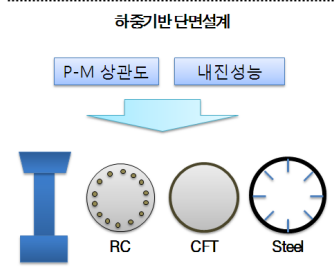
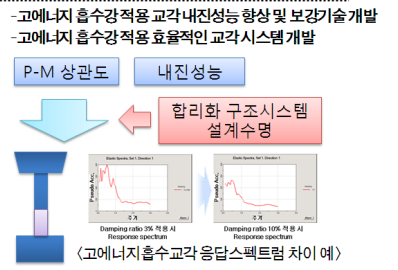
구분	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술	
<p>부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술</p>	<div style="text-align: center; background-color: #e91e63; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><b>AS-IS</b></div> <p><b>방향</b> 프리캐스트 바닥판 설계 및 시공기술개발</p> <p><b>목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공장제작으로 인한 고품질 제품 시공</li> <li>• 교량 하부구조의 급속시공에 의한 공기단축</li> </ul>  <p><b>요소 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 세그먼트간 PS강연선 연속화 기술</li> <li>• 거더-바닥판 간 합성기술</li> </ul>	<div style="text-align: center; background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><b>TO-BE</b></div> <p>모든 선형에 대응가능한 프리캐스트 바닥판 및 연속화 기술 부분교체에 의해 장수명화가 가능한 프리캐스트 바닥판 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 부분조립 가능 프리캐스트 세그먼트 연속화</li> <li>• 비정형 프리캐스트 바닥판 설계/시공</li> <li>• 고성능 재료를 활용한 단면 최적화</li> </ul>  <p><b>요소 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 부분조립이 가능한 세그먼트 연속화 기술</li> <li>• 비정형 프리캐스트 바닥판 설계/시공</li> <li>• 고성능 재료를 이용한 프리캐스트 바닥판</li> </ul>
	<p><b>전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 노후화에 의한 국부손상부위만 교체하여 구조적 안정성을 유지하는 경제적인 장수명화 기술이 요구됨</li> <li>• 신설 교량 시공 시 부분 연속화 기술 적용으로 시공 효율화</li> <li>• 적용성 확대가 가능한 비정형 프리캐스트 바닥판 기술개발 및 최적설계기술/시공기술을 확보하여 경제성 및 시공성 개선 및 향상을 도모함</li> </ul>	
<p>설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술</p>	<div style="text-align: center; background-color: #e91e63; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><b>AS-IS</b></div> <p><b>방향</b> 프리캐스트 교각 설계 및 시공기술 개발</p> <p><b>목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공장제작으로 인한 고품질 제품 시공</li> <li>• 교량 하부구조의 급속시공에 의한 공기단축</li> </ul>  <p><b>요소 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PS 강연선에 의한 구조물 일괄 연속화 기술</li> <li>• 프리캐스트 기조 및 교행부</li> </ul>	<div style="text-align: center; background-color: #003366; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><b>TO-BE</b></div> <p>경제성 및 시공성을 확보한 프리캐스트 교각 설계 및 시공기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RC 교각 대비 동등 이상의 경제성 확보</li> <li>• 시공성을 고려한 세그먼트 연속화 기술 개발</li> <li>• 최적화 단면 설계 기법 개발</li> </ul>  <p><b>요소 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 세그먼트 연속화 및 최적단면 설계 기술</li> <li>• 비정형 세그먼트 제작 기술</li> <li>• 변형 가능 거푸집 및 정밀 제작/시공 기술</li> </ul>
<p><b>전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 프리캐스트 교각 기술은 현장타설 교각 대비 공사비가 약 3% 이상 증가되는 경제성 문제, 세그먼트 적층, 정착 및 연속화 과정의 시공성 문제가 크게 대두</li> <li>• 단면 최적화 및 경량화(슬림화)를 통하여 경제성, 시공성을 향상</li> <li>• 변단면 제작 시스템을 활용한 미관 고려 하부구조 시공 가능</li> <li>• 공사기간 최적화를 위한 세그먼트 제작 효율화 기술 개발을 통하여 급속시공 하부구조 기술의 상용화 범위 확대에 기여 가능</li> </ul>		

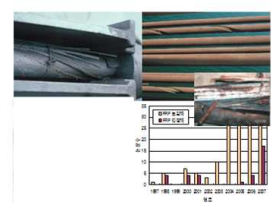
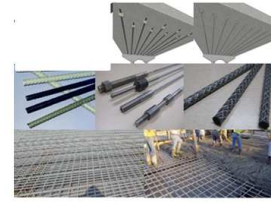
구분	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술	
친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술	<b>AS-IS</b>	<b>TO-BE</b>
	<b>방향</b> 가설벤트설치, 소음/분진방지시설 설치, 깨기, 절단, 운반 등에 의한 손상교량해제	부분적 손상부위에 대한 경제적인 최적화된 공정을 통한 환경친화적 급속해체 후 부분세그먼트 삽입에 적합하도록 해체
	<b>목표</b> •안정성 확보된 교량 해체	•가설벤트 등 부대장치 최소화 해체기술 •부분세그먼트 교체 대응 급속해체 기술 •부분해체에 적합한 장비활용 최적화
		
	<b>요소 기술</b> •구조물 분리장비, 인양, 철거	•교량 부분 해체 및 시공 시스템 •교량 부속장치 급속교체 시스템
<b>전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노후 또는 손상교량을 해체할 때 손상부위가 상대적으로 작으면 부분철거를 수행함</li> <li>• 전면철거와 부분철거 모두 동일한 절차에 의한 공정으로 인하여 비경제적임</li> <li>• 교통차단 최소화를 위한 신속이음 및 기타 교량 부속장치의 급속교체 기술 확보</li> <li>• 해당기술이 확보되면 급속시공이 가능하여 기존공법의 공기, 경제성, 환경문제 등을 해결</li> </ul>	

## □ 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술

구분	카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술	
저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술	<div style="text-align: center; background-color: #e91e63; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">AS-IS</div> <p><b>방향</b> 고강도 콘크리트 및 시스템 합리화를 이용한 콘크리트 교량기술</p> <p><b>목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 콘크리트 거더교량의 저형고/슬림화</li> <li>• 프리캐스트화를 통한 현장작업 축소</li> </ul> <p>고강도 콘크리트를 이용한 단면 슬림화 및 철근작업 등 현장작업 최소화화를 위한 프리캐스트</p>  <p>콘크리트 작용응력 저항형 프리스트레싱 기술을 이용한 거더 슬림화</p>  <p><b>요소 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 단면 최적화 기술</li> <li>• 효율적인 시공단계 기술</li> <li>• 고강도 소재 활용 기술</li> </ul> <p><b>전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 저탄소 소재를 최대한 사용할 수 있는 콘크리트 교량 거더 기술 개발</li> <li>• 효율적인 시공단계 도입을 통해 현장 공기를 단축시키고 소재, 제작, 시공단계에서의 탄소 저감 구현</li> <li>• 거더의 저형고 슬림화 구조 구현을 위한 고성능 소재의 적극적인 활용 및 최적 구조시스템 기술개발</li> </ul>	<div style="text-align: center; background-color: #004a99; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">TO-BE</div> <p>저탄소 및 고성능 소재 활용 콘크리트 교량기술</p> <p>• 저탄소 소재 활용 PSC 교량의 제작단계 탄소저감 30% • 몰량 저감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제로스멘트와 저탄소 강섬유를 활용한 균등품질 콘크리트 프리캐스트화 기술</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC 강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량 기술</li> </ul>  <p>〈저탄소 소재〉 〈무철근 프리텐션 구조예〉</p> <p>• 저탄소 소재 활용 프리캐스트 기술</p> <p>• 저탄소 강섬유 활용 무철근 프리텐션 기술</p> <p>• 고강도 고성능 소재 활용 거더 슬림화 기술</p> <p>• 현장 시공 단순화 구조 및 시공 기술</p>
	<div style="text-align: center; background-color: #e91e63; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">AS-IS</div> <p><b>방향</b> 일반환경: 일반 내후성강 적용 해안환경에 대한 장수명교량 적용없음</p> <p><b>목표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기공사비 대비 총 LCC 150% 이상</li> <li>• 설계수명 50년</li> </ul> <p>일반환경: 일반 내후성강 적용 해안/부식환경: 장수명교량 기술 없음</p>  <p>단일경도 내후성강 교량 적용</p>  <p>일반 내후성강 적용</p> <p><b>요소 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반 내후성강 교량 설계 기술</li> <li>• 일반 내후성강 교량 용접/제작 기술</li> <li>• 일반 내후성강의 교량 적용 설계/시공 지침</li> </ul> <p><b>전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량사업 전제조건인 경제성을 확보하면서 전략적 목표인 목표수명 100년 달성 및 탄소발생 30% 저감을 실현가능토록 함</li> <li>• 이를 위해 일반부식환경에서는 초기 공사비 10% 절감 하이브리드 내후성강 교량 기술개발(일반강교 대비 100년기준 30% 이상 LCC 절감 목표)</li> <li>• 해상/해안/다목적설치 부식환경 혹은 미관이 중요한 현장은 LCC 절감 30% 이상 절감이 가능한 구조용 스테인레스강 기술개발</li> </ul>	<div style="text-align: center; background-color: #004a99; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">TO-BE</div> <p>장수명 소재의 융복합 적용 프로젝트 유지관리절감형 교량모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 도장/재도장 생략 및 생애주기비용 30% 이상 절감</li> <li>• 100년 이상 장수명 구현 및 탄소발생 30% 이상 저감</li> </ul> <p>장수명 소재의 융복합 적용 모델 개발을 통한 장수명 유지관리절감 교량개발</p> <p>프로젝티브 유지관리절감 교량의 적용기반 구축</p>  <p>교량도 or 조랑도    교량도 or 조랑도    교량도 or 조랑도 조랑도    조랑도    조랑도 교량도    교량도    교량도 고성능내후성강 하이브리드: 공사비 9% 절감, Colorado</p>  <p>〈고내식성강/클래드강 복합적용 국외사례〉</p> <p>• 설계 및 환경조건별 최적 융복합/하이브리드 조합 모델 개발</p> <p>• 소재 융복합 교량의 구조성능 평가 및 설계/제작 지침 개발</p>

구분	카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술
----	-----------------------



고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"><b>AS-IS</b></div>	<div style="background-color: blue; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"><b>TO-BE</b></div>	
	<b>방향</b>	RC, CFT, Steel 교각기술 및 Steel/FRP를 이용한 보강기술	고에너지 흡수강을 이용한 하이브리드 교각기술 및 보강기술
	<b>목표</b>	• 설계강도 및 내진성능 확보 하중기반 단면설계 P-M 상관도    내진성능 	• 고성능 소재 적용 교각 슬림화 및 탄소저감 30% • 내진하중/극한상항 고려 내진성능/내구수명 30% 향상 -고에너지 흡수강 적용 교각 내진성능 향상 및 보강기술 개발 -고에너지 흡수강 적용 효율적인 교각 시스템 개발 P-M 상관도    내진성능  합리화 구조시스템 설계수명 <고에너지흡수교각 응답스펙트럼 차이 예>
	<b>요소 기술</b>	• 단면 설계 및 최적화 • 단일 단면 교량의 내진성능 확보 • 교각 보강 및 내진성능 향상	• 고에너지 흡수강 적용 교각의 하이브리드 보강구조 • 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 이음연결 기술 • 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 상용화 기술 개발
	<b>전략</b>	• 교각 시스템 내의 요구하중 수준을 고려 하이브리드 교각구조기술 개발 • 교각의 구조성능, 내진성능, 내구성을 고려한 설계수명 정량화 및 설계체계 구축 • 수명과 내진성능을 혁신적으로 개선할 수 있는 신소재 기술 활용	


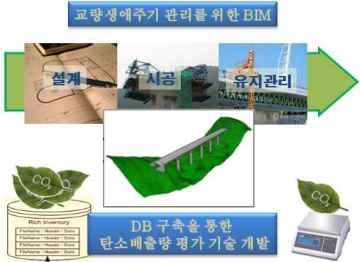
콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술 개발	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"><b>AS-IS</b></div>	<div style="background-color: blue; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"><b>TO-BE</b></div>	
	<b>방향</b>	철근을 이용한 교량 부재 구성	FRP 보강근을 적용한 교량 부재 기술
	<b>목표</b>	• 콘크리트 부재 하중저항능력 확보  <부식에 취약한 일반 철근 적용>	• 콘크리트 부재의 수명기존 철근부재 대비 30% 향상  <FRP 보강근을 적용한 교량 부재>
	<b>요소 기술</b>	• 일반 철근 적용 콘크리트 부재 설계 및 시공기술	• FRP 보강근의 경제성 평가 및 향상기술 개발 • FRP 보강근 적용 부재의 성능평가 및 검증 • 콘크리트 부재의 FRP 보강근 적용 기술 상용화
	<b>전략</b>	• FRP 보강근의 생애주기 경제성 평가 및 기존 시스템 대비 경제성 향상 방안 도출 • FRP 보강근 적용 부재의 시험평가 기준 및 성능검증 평가 실시 • 설계기준/시방 제/개정 및 기술적용 거부감 해소로 상용화 달성	

□ 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술

구분	예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술	
<p>생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</p>	<div style="text-align: center; background-color: red; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">AS-IS</div> <p><b>방향</b> 2D 도면과 기록에 의한 점검 이력 관리 교량정보관리 시스템</p> <p><b>목표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 단순 정보 보관의 인벤토리 관리</li> <li>• 예산산정 및 배정의 논리적 근거 미흡</li> </ul> </p>  <p><b>요소 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 기본자료, 점검 및 보수보강 현황 자료 축적/관리 기술</li> </ul> </p> <p><b>전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 교량의 성능감소 모델과 수명 예측 모델의 신뢰성 분석과 적용 가능성 검토</li> <li>• 유지보수/보강에 따른 비용 분석과 교량의 수명연장 및 성능 향상에 대한 정량적 분석</li> <li>• 연구 기간 중 개발된 기법을 실무자들의 의견을 반영하여 실무 적용상 문제점을 파악, 해결하여 본 개발 기술의 타당성을 확보, 통합적 시스템 모듈개발 및 실용화 방안을 마련</li> </ul> </p>	<div style="text-align: center; background-color: blue; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">TO-BE</div> <p>교량 개량 사업 우선순위 결정 활용 장기적인 관리 전략</p> <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 생애주기 정보 교환 효율성 향상</li> <li>• LCC/LCP기반 교량관리 기술</li> <li>• 최적유지관리 의사결정을 위한 정보 생성/제공</li> </ul> </p>  <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 생애주기 비용/성능 모델 및 평가 기술</li> <li>• 교량 입출력관계 기반 내하성능 평가법</li> <li>• LCC/LCP기반 최적의사결정 모듈 개발</li> </ul> </p>
	<div style="text-align: center; background-color: red; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">AS-IS</div> <p><b>방향</b> 교량 구조물 거동 모니터링 공장 정밀 제작</p> <p><b>목표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 육안 검사</li> <li>• 단순 데이터 계속 및 거동 평가</li> <li>• 공장 정밀 제작을 통한 시공 오차 최소화</li> </ul> </p>  <p><b>요소 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유선 기반 계측 시스템</li> <li>• 계측데이터를 이용한 교량 상태 계측 기법</li> </ul> </p> <p><b>전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 활발한 국제 공동 연구를 통한 선진국의 첨단 기술 적용 및 해외 전문가 자문을 통해 관련 기술 공유 및 연구 동향 파악</li> <li>• 상용화로 연계하기 위해서는 설계사 및 시공사를 포함하여 주요 공정에 따른 주요 고려사항을 논의하며, 연구소, 대학 등이 유기적인 협력 체계 구축</li> </ul> </p>	<div style="text-align: center; background-color: blue; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">TO-BE</div> <p>붕괴핵심부위 선별을 통한 초기 이상상태 검출 정밀 시공을 통한 시공 고품질화</p> <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사현장 사고 Zero화 유도</li> <li>• 붕괴유발부위 초기 이상상태 초기 진단</li> <li>• 시공현장 실시간 관리를 통한 시공 고품질화</li> </ul> </p>  <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공/교체 중 붕괴유발부위 모니터링 시스템 개발</li> <li>• 붕괴취약부위에 대한 국부 모니터링 기술 개발</li> <li>• 교량 주요 부재 제작에서의 형상 및 품질 관리 및 모듈 정밀 시공 시스템 개발</li> </ul> </p>

구분 **예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술**

	AS-IS	TO-BE
저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술	<b>방향</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공 방법이 번거로운 기존 보수/보강 기술의 개선</li> <li>• 친환경적인 재료와 재활용 재료를 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 기법 개발</li> <li>• 미가공 산업 부산물을 활용한 보수용 모르타르 기법 개발</li> <li>• 무용재형 방식기법 개발</li> </ul>
	<b>목표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 보수/보강 재료의 재료적 한계 극복</li> <li>• 탄소배출을 저감시킬 수 있는 방안 모색</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 친환경적인 보수·보강·방식 기술 구현</li> <li>• 보다 진보된 보수·보강·방식 기술 개발</li> </ul>
		
	<b>요소 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수직계 재료 사용 균열 보수</li> <li>• FRP sheet 사용 단면 보수</li> <li>• 보강섬유 배열 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무용재형 고내구성 방식재를 사용하여 인체와 환경에 무해한 친환경 고성능 방식 기법</li> <li>• 일반적인 분사식 섬유복합재료와 달리 하이브리드형 코어 시스템등을 도입, 앵커장치 기반 복합재료 기법</li> <li>• 미가공 부산물 활용 보수 모르타르 제조 기술</li> </ul>
<b>전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 단면 복구 보수용으로 사용되는 시멘트 및 폴리머 모르타르는 단가가 높아 경제적이지 못하며, 추가적인 탄소배출을 야기시킴</li> <li>• FRP 부착공법은 재료의 낮은 연성으로 인해 구조물의 취성파괴가 발생될 수 있음</li> <li>• 하이브리드형 코어 보수/보강기법을 통해 기존공법보다 뛰어난 보수/보강 효과</li> <li>• 산업 부산물을 사용함으로써 자원순환형 기술확립, 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> <li>• 기존 예복시 재료대비 초속경화로 공정기간을 단축시키고, 기계적, 화학적 성능이 우수한 무용재형 방식 기법을 도입시켜 가격경쟁력을 높임</li> </ul>		

	AS-IS	TO-BE
친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술	<b>방향</b> <p>설계/시공 단계의 BIM 활용 방안 개발</p>	<p>교량의 탄소배출량 산정 정보모델을 활용한 친환경 탄소저감 교량 관리</p>
	<b>목표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM을 활용한 대형 건설프로젝트의 경제적, 시간적 낭비 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>• 주요 교량 형식 별 주요부재 별 탄소배출량 DB 구축</li> <li>• 생애주기 교량 관리를 위한 탄소배출량 평가시스템 구축</li> </ul>
		
	<b>요소 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 상세설계 라이브러리 모듈 및 도면 작성 기술</li> <li>• 공법기반 건축 자동화 시스템</li> <li>• 기획단계 시뮬레이션 BIM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델</li> <li>• 탄소배출량 DB 및 평가시스템</li> <li>• 환경부하비용 산출 기술</li> </ul>
<b>전략</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 건축구조물을 중심으로 진행된 활용가능한 BIM 연구결과를 바탕으로 교량구조물에 대한 효과적인 접목 방안 모색</li> <li>• 아직까지 시도된 바 없는 교량부문에 대한 BIM의 성공적인 기술 개발 및 적용을 위해 시공사, 연구소, 대학 등의 협력을 활성화하여 기술의 타당성 및 실현성 확보</li> </ul>		

### 3절. 연구개발과제 구성

#### 1. 연구개발과제의 구성

- 건설교통기술평가원의 1, 2차에 걸친 기획타당성 검토 위원회 및 기획위원회 회의를 통하여 연구개발 과제를 구성함
- “지능형친환경 교량” 연구단은 “부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술”, “카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술”, “예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술 개발”의 3개 세부과제로 구분하여, 총 10개의 세부과제로 분류됨

[표 3.1] 연구개발 과제 구성

구분	과제명
연구단 총괄	지능형 친환경 교량
1 세부과제	부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술
1-1	부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술
1-2	설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술
1-3	친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술 (분리발주 가능)
2 세부과제	카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술
2-1	저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술
2-2	장수명 소재 응복합 프로액티브 저유지관리 교량 기술
2-3	고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술
2-4	콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술 개발
3 세부과제	예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술
3-1	생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술
3-2	붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술
3-3	저탄소 고성능 환경부하 저항형 보수·보강기술
3-4	친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술 (분리발주 가능)



[그림 3.4] 지능형친환경 교량 연구단 로드맵

## 2. 연구단 기대효과

### □ 기술적 기대효과

- 급속시공 기술의 적용성 확대
- 급속시공 기술의 시공성 향상기술 확보
- 향후 노후화교량 유지관리 시장 대응 기술
- 구조물의 시공, 사용 중 안전점검/유지관리의 일관된 평가시스템 구축
- 구조물의 내구연한 증대 및 설계기준 보안을 위한 방안 도출
- 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감
- 저탄소 및 고성능 소재의 타 PC구조물 적용을 통한 녹색성장 촉진
- 장수명 소재의 기술적 융·복합/하이브리드 구조시스템 기술의 개발과 검증
- 이종 강재간 융복합화에 대한 장기 내구성능 검증과 기술구현
- 100년 이상의 장수명 달성을 통한 CO<sub>2</sub> 30% 절감 기여
- 고에너지 흡수강 등 저탄소/고성능소재 활용 교각 설계/제작기술 확보
- 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강기술 확보
- 하이브리드 교각 및 보강기술 구현을 통해 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 내진성능/내구수명 30% 향상
- 교량 전 생애주기를 고려한 3차원 BIM 기반 실시간 교량유지관리를 통한 생애주기 단계별 수행조직간 정보 공유로 교량 생애주기 관리 효율성 증대
- 첨단선진기술의 연계/융합을 통한 연구개발 활성화 및 혁신적 NDT검사/진단 기술개발 체계 구축
- 친환경, 환경부하 저감형 보수·보강재 핵심기술의 국산화

### □ 정책적 기대효과

- 공기단축, 교통통제최소, 사용재료 최소 등으로 탄소 및 에너지 저감효과 큼
- 기계, 재료분야 손상규명/해석기술의 토목분야 적용으로 학제간 연관성 확대
- 통합 관리시스템 개발로 건설기술의 전산화 및 정보화 유도
- 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식인 PSC거더교에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 녹색성장 견인

의 교두보 마련

- 도장/재도장에 따른 VOC발생 삭감 및 탄소배출량 30% 절감에 기여
- 교량의 유지관리, 점검 및 보수 정책의 대폭적인 효율화 구현
- 100년 이상의 장수명 달성으로 공공시설물 관리정책 개선가능
- 교량구조물의 내진성능 향상과 내구수명 향상을 통해 지진 등에 따른 교량구조물의 붕괴우려 불식 및 국민 삶의 질 향상
- 토목, 항공, 기계, 광학 분야 등 다 학제적 융합 연구는 국가의 연구 개발 정책과 부합하며, 다 학제간 융합 연구 장려
- 비파괴검사기술진흥법에 부합하며, 나아가 전문화된 검사기술 기법을 확립, 비파괴 검사기술의 발전을 통해 국제 경쟁력 확보 가능
- 정부의 저탄소·자원 순환형 사회 구축을 위한 환경정책에 부합하며, 산업폐기물로서 대부분 매립되고 있는 미가공 부산물인 바텀애쉬를 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여

#### □ 경제적 기대효과

- 급속시공 효과 극대화와 설계 및 시공최적화로 인한 직/간접비 절감
- 노후화교량의 부분적인 대응이 가능하므로 유지관리비용 최소화 유도
- 효과적인 유지관리를 통한 사회간접자본 관련 재정 지출의 최소화
- 최적의 사용성 확보를 바탕으로 구조물의 사용연한 증가
- 연간 2조원의 교량시장 10% 점유(공사비 10% 절감)로 200억원/년의 사회기반시설비용 절감
- 일반교량 대비 초기 공사비 10% 절감
- 교량의 생애주기 비용 기존 대비 30% 이상 감축으로 연간 약 2,000~3,000 억원 이상의 국가예산 절감
- 시설물 유지관리/점검 및 보수 비용의 획기적 단축과 생략
- 신설 및 노후화 교각의 장수명화를 통해 교량 건설비용 절감 약 600~900 억원/년 절감 (연간 교각 시장규모의 30% 수준)
- 효과적인 유지보수/보강을 통한 무리한 신설 교량 건설 지양으로 정부예산 절감
- 원천기술개발로 지적재산권 확보가 가능하고, 시제품과 소프트웨어 상용화를 통하여 신성장 동력을 확보함

### 3. 탄소배출량 저감을 위한 목표치 산정

- 연구 개발 과제의 세세부 목표가 달성된다는 가정 하에 탄소 저감 효과 산정 근거를 공정 별로 아래와 같이 산출하였음

[표 3.2] 기존 대형 선형 연구와의 중복성 검토

주요 공정	세부공정	탄소 저감 효과	탄소 저감 효과 근거	
			세세부과제	산정 근거
재료생산	강재	10 %	2-2	슬림화를 통한 기존 대비 재료 물량 감소 효과
	콘크리트	30 %	2-1	저탄소 소재 (탄소저감 30%) 사용 효과 달성 시
		8~10 %	1-1	단면 최적화로 기존 대비 재료량 감소
제작/운송	재료운송	10 %	2-2	슬림화를 통한 기존 대비 재료 물량 감소에 따른 운송량 감소
		8~10 %	1-1, 1-2	기존 대비 재료 물량 감소에 따른 운송량 감소
	도장	100 %	2-2	내후성 강재활용에 따른 도장 감소 효과
현장시공	가설	20~30 %	1-1, 1-2 및 3-2	기존 대비 현장 타설 최소화 및 공기 단축
공용	재도장	100 %	2-2	내후성 강재활용에 따른 도장 감소 효과
해체시공	바닥판 철거	15~30 %	1-1 및 1-3	부분 해체 및 해체 최적화
합계		30 %	주요 공정별 탄소 저감 효과 및 지능형 유지관리시스템/보수보강 (세부과제 3)를 포함한 세세부과제의 기술개발에 따른 장수명화 효과 (수명 연장에 따른 해체 및 재건설 횟수 저감)	

- 기술개발에 따른 탄소저감량 추정을 보다 구체적으로 산출해보기 위해 ‘CO<sub>2</sub> 발생량을 고려한 강교량의 환경부하 (Yonezawa 등, 일본토목학회논문집, 2001)’의 자료를 활용하여, 5경간 강합성 거더교 (5@56m)를 대상으로 탄소 저감 효과를 아래와 같이 추정하였음<sup>69)</sup>
- 성공적인 기술개발을 통해 기존 교량의 공용수명이 2배가 된다는 조건 하에서 탄소저감량을 추정하였으며, 그 결과 [표 3.2]에서 볼 수 있듯이 교량 생애주기 탄소 저감은 기존 교량 탄소 발생량 대비 43 ~ 47%까지 저감이 가능한 것으로 추정됨

69) 자세한 산정 근거는 부록 B에 정리하였음

[표 3.3] 탄소 저감효과 분석 예시: 5경간 강합성 거더교

공정	CO <sub>2</sub> 발생량 (단위: KgC/m <sup>2</sup> )		CO <sub>2</sub> 저감량 (단위: KgC/m <sup>2</sup> )	공정별 감소율	기존 총량대비 감소율
	적용 전 (A)	적용 후 (B)			
재료생산	249.3	123.7	125.6	50.4 %	33.5 %
제작/운송	90.002	50.4	39.6	44.0 %	10.6 %
현장시공	66.1	35.6	30.4	46.1 %	8.1 %
공용	116.8	79.2	37.6	32.2 %	10.0 %
재활용	-146.8	-88.1	-58.7	40.0 %	-15.6 %
합계	375.4	200.8	174.6	46.5 %	46.5 %

\* CO<sub>2</sub> 발생량을 고려한 강교량의 환경부하(Yonezawa 등, 일본토목학회논문집, 2001)



[그림 3.5] 기술개발에 따른 탄소 감축량 추정 예시

- 탄소 추정에 사용된 논문은 실제 교량의 공정 별로 탄소 발생이 가능한 모든 경우를 고려하였기 때문에 약간 과다하게 탄소량이 추정된 것으로 사료되지만 추정된 탄소 저감율이 43 ~ 47%까지 가능한 것으로 파악되었으며, 이를 통해 본 연구단에서 설정한 탄소 저감 30%은 충분히 달성 가능한 목표로 판단됨
- 본 예제에서 볼 수 있듯이, 교량 장수명화를 통한 탄소 저감은 교량 해체 및 재건설 횟수를 현저하게 저감시킬 수 있기 때문에 탄소 저감량 목표 달성을 위한 가장 직접적이고 효과적인 대책임

#### 4. 탄소배출량 추정 및 분석

- EuP 등 국제 환경 규제동향 및 ISO/CD 14067 Carbon footprint of products 등 국제기준을 반영하고 미국 Webcor사, National Institute of Standard and Technology (NIST)등이 사용하고 있는 hybrid carbon footprint 기법 등을 벤치마킹하여 구체적인 탄소 배출량 측정 및 분석 방법을 확보할 수 있을 것으로 판단됨
- 건설재료 및 시공단계의 탄소발생량 데이터베이스는 국내외 선형 연구들 및 데이터베이스를 활용, 이를 바탕으로 탄소배출량 저감효과를 추정·분석할 수 있을 것으로 사료됨
- 탄소 절감효과를 정량적으로 평가하기 위해서는 세세부과제 별 기존 탄소 발생량을 추정하고, 이를 기준으로 탄소 저감목표 달성에 따른 탄소저감량 (KgC/m<sup>2</sup>)을 비교하여 탄소 절감 효과에 대한 정량적인 평가를 실시함
- 기획 보고서에서 구체적인 탄소배출량 추정 및 분석 방법을 제시하는 것에는 한계가 있음. 따라서 세세부과제 별 탄소 절감 효과에 대한 평가 및 추정량을 기준으로 DB를 구축하고 탄소 배출량 산정 정보 모델 구성 및 정량적인 평가 시스템 구축을 세세부과제 (3-4)의 연구내용에 포함 시켰음

## 5. 기존 대형 선행 연구와의 중복성 검토

- 제시된 4개 중점분야는 국내 연구개발 사업 추진 방향에 부합하며, 본 기획팀의 목적에 맞게 기존 연구를 활용하여 연계하고 유기적 결합을 통한 시너지 효과가 클 것으로 판단됨

[표 3.4] 기존 대형 선행 연구와의 중복성 검토

선행 관련 R&D 사업	연구 내용	유사 중점 분야	차별성
초장대교량 사업단	국내에서 활성화되어 있는 장대교량 건설시장을 적극 활용하여, 핵심기술 역량을 확보함으로써 초장대교량 기술자립화를 이루고, 궁극적으로 국내 건설기술의 세계화를 추구하는 건설기술 개발	지능형 친환경 교량 기획	-지간장 200 m 이내 신설 및 기존 교량을 대상 -급증하는 교량 노후화에 대응하기 위한 생애주기 관련 원천 및 실용화기술들로 장수명화 및 탄소 저감에 초점을 둠
가상건설 시스템 개발 연구단	건설프로젝트 생애주기 통합 의사결정 지원시스템 개발을 목표로 하고 있으며, 구조설계, 설비설계, 견적 자동화 시스템을 구축하고, 시공 단계에서의 시뮬레이션 기술을 개발하여 시스템 모듈간의 데이터 호환 및 표준화, 3D 설계 지침 작성 등을 통해 Construction Project Life-cycle Management 구축을 위해 연구를 수행 중	세부과제 3	-기존 연구과제는 설계 및 시공등 건설프로젝트 생애주기에 사용되는 BIM을 유지관리에 활용 가능한 DB를 개선에 활용하여, BIM 기반 전 생애주기 통합 관리 시스템으로 확장
차세대 시설물용 신재료 활용 연구단	고성능 건설 신재료 개발 및 이를 활용한 총 비용 절감형 사회기반시설의 상용화를 총괄 목표로 설정하고 BEST Infrastructure라는 비전 아래 건설재료별 신재료 및 활용기술 개발에 따라 세부과제를 구분하여 고성능강재, FRP/FRC, 신공간 창출용 신지반재료 등 3분야의 건설재료를 대상으로 기술개발	세부과제 2	친환경/고성능 신소재를 활용하여 장수명 및 탄소저감을 위한 설계/시공 기술 개발
모듈러 교량 기술 개발 및 실용화 연구단	모듈러교량의 구성요소인 상부 및 하부구조 시스템 개발과 더불어 상용화를 위한 사업지원 기술개발 및 사업지원 기반구축을 연구 중	세부과제 1	-지능형 과제는 부분 조립 개념이 포함되어 기존 지간별 일괄개설이 아닌 각 세그먼트를 부분적으로 조립시공 가능한 기술이므로 시공성/경제성 향상을 도모할수 있음 -비정형 프리캐스트 바닥판 및 하부구조 기술확보를 통하여 급속시공기술의 적용성 확보 및 미관이 고려된 하부구조의 시공구현 가능
스마트 사회기반 시설 연구센터	스마트 센서와 스마트 재료, 모니터링, 제어 및 스마트 보강기술을 대형 사회기반구조물의 안전성 확보 및 사용성 증대를 위해 이상상태 감시시스템을 구축하는데 필요한 핵심기술을 연구 개발	세부과제 3	-기존 연구과제의 유지관리 평가 기술은 공용 중인 교량에 대해 개발되었음. 이를 연계하여 교량 전 생애주기에 걸쳐 적용하는 선제적 교량 관리 기법을 개발하고자 함 -시공 및 교체 중 활용 가능한 센싱 기법을 개발하여, 급속시공의 극대화 원천 기술 개발

## 4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진 전략

### 1. 1세부과제 개요

#### 가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	부분조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술
세부과제의 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후교량 손상타입별 성능개선 기술 개발</li> <li>- 신설교량 및 노후화 교량 부분조립 연속화 기술 개발</li> <li>- 비정형 프리캐스트 바닥판 공법 개발 및 실용화</li> <li>- 프리캐스트 부재 제작 최적화 시스템 구축</li> <li>- BIM기반 공정시뮬레이션 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비정형단면 포함한 프리캐스트 교각 공법 개발 및 시공최적화 시스템</li> <li>- 변단면 가능 거푸집 시스템 개발</li> <li>- 시공성이 고려된 세그먼트 교각 이음부 연속화 기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 해체공법 분석</li> <li>- 부분조립 대응 가능한 해체기술 시스템 구축</li> <li>- 부분 해체 최적화 시뮬레이션</li> </ul> </li> </ul>
기술개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후화 교량의 경제적인 유지관리방법인 국부손상 부분 교체 기술 개발 및 실용화</li> <li>- 부분조립이 가능한 연속화기술을 활용한 신설바닥판 급속시공기술</li> <li>- 곡률 및 사각에 따른 거동특성을 반영한 프리캐스트 바닥판 공법 개발</li> <li>- 공기단축 50% 이상, 탄소저감 30%, 부분교체인 경우 전면교체대비 공사비 50% 저감</li> </ul> </li> <li>■ <b>설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RC 교각 대비 동등 이상의 경제성 확보하고 공기단축 50% 향상가능 프리캐스트 하부구조</li> <li>- 슬림화, 경량화가 가능한 단면설계 및 시공성을 고려한 이음부 연속화 공법 개발</li> <li>- 제작/시공 정밀 전용장비를 활용하여 경제성 20% 향상, 추가공기단축 10%</li> </ul> </li> <li>■ <b>친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경, 교통통제, 가 시설, 공정 최소화를 유도하여 CO<sub>2</sub> 30%, 공기단축 30%, 공사비 30% 절감</li> <li>- 경제성을 확보한 부분교체용 전용해체 장비 개발을 통한 공사비 10%추가 절감</li> <li>- BIM을 활용한 해체 시공시스템 구축을 통한 공기단축 5%추가절감</li> </ul> </li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존급속시공기술에 대한 기술업그레이드 및 시공성 향상</li> <li>- 급속시공 기술의 적용범위 확대에 의한 현장적용 증대 예상</li> <li>- 향후 노후화교량 유지관리 시장에 대응 가능한 최적화 기술</li> </ul> </li> <li>● <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기 단축, 교통통제 최소, 사용재료 최소 등으로 탄소 및 에너지 저감효과 큼</li> <li>- 향후 교량 노후화 문제에 선제적 대응 가능한 기술 확보</li> </ul> </li> <li>● <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 급속시공 효과 극대화 와 설계 및 시공최적화로 인한 직/간접비 절감</li> <li>- 노후화교량의 부분적인 대응이 가능하여 교체로 인한 공사비 최소화</li> </ul> </li> </ul>
주요성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부분교체 및 비정형선형 대응 가능한 프리캐스트 바닥판 연속화 기술</li> <li>- 현장적용 2건</li> <li>- 산업재산권 14건 (건설 신기술 1건 포함)</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 학술논문 16편(SCI급 7편 포함)</li> <li>■ <b>설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리캐스트 세그먼트 교각 최적화 설계/시공 기술</li> <li>- 현장적용 1건</li> <li>- 산업재산권 5건(건설신기술 1건 포함)</li> <li>- 학술논문 10편(SCI급 4편 포함)</li> </ul> </li> <li>■ <b>친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경 부분해체 시스템</li> <li>- 현장적용 1건</li> <li>- 산업재산권 5건</li> <li>- 학술논문 5편(SCI급 1편 포함)</li> </ul> </li> </ul>
--	---

## 나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

### □ 연구개발 필요성

- 건설 산업은 CO<sub>2</sub> 배출이 큰 산업이므로 이에 대응가능한 시공성, 적용성, 경제성이 확보된 급속시공 기술 개발 필요
- 곡률 및 사각을 갖는 비정형 교량 바닥판 및 바닥판간 이음부의 최적화된 공법을 개발하여 교량 급속시공 및 부분 교체 시 효율성 극대화 필요
- SOC사업의 발주방식 다양화, VE평가 확대, 사업기간 단축 요구 등 국가차원에서 구조물 급속시공을 장려하고 그 범위도 확대하려는 추세이고 녹색기준, 녹색기여도 인센티브 등 녹색기여효과 인정기반 구축되고 있음
- 실용화되고 있는 프리캐스트 공법의 대부분은 상부구조에 국한되고 있으나 공기의 반 이상을 차지하는 하부구조의 급속시공이 이루어지지 않으면 공기단축의 효과가 크다고 볼 수 없기 때문에 효과적인 프리캐스트 하부구조의 개발이 시급함
- 세그먼트 부재별 생애주기 관리가 가능하므로 탄소관리, 구조물 유지관리가 보다 더 체계적이고 용이하게 수행될 수 있음
- 선진국에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시도가 이루어지고 있으며, 향후 국내에서도 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등이 동시에 고려된 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상
- 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 이에 대응하여 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가
- 국내 안전 및 유지관리 관련 시장 규모는 매년 20% 이상 증가되고 있는 추세이며, 향후 시설물 안전관리 분야의 잠재적인 시장규모는 매우 클 것으로 예상
- 부분유지관리가 가능하므로 재료, 공사기간을 최소화하여 저탄소, 국민편익 실현 기술
- 전 세계적으로 노후화 손상교량에 경제성이 확보된 대응기술 확보가 큰 관심사이나 상대적으로 교체기술에 꼭 필요한 해체기술 개발은 상대적으로 저조하고 기존기술을 활용하는 실정

## □ 정부지원 필요성

- 노후교량 및 재난에 의한 교량 바닥판이 교체 시 부천고가교에서 알 수 있듯이 하루 물류손실비용이 18억/일로 조사되어 공기단축은 국가적으로 사회간접자본의 손실을 막을 수 있음
- 현재 국내에서의 급속시공 기술은 직선교 위주의 공법으로 다양한 적용성이 확보되지 않아 상대적으로 공법의 적용교량 수가 적기 때문에 기술 보급 활성화와 국가경쟁력 확보차원에서 정부주도의 정책지원이 필요함
- 공기단축기술은 전 세계적으로 건설업에서의 큰 관심사이며 국제적 추세에 대응하여 기술력 확보 필요하므로 국가차원의 지원 필수적
- 현재까지 여러 기관, 기업, 연구소 등에서 다양한 관련 기술을 개발하였으나 연구단계의 결과가 대부분이기 때문에 정부의 강력한 주도하에 시공성, 경제성이 확보된 기술개발 및 보급 장려 필요
- 정부의 저탄소 기조와 부합되며, 향후 범정부적으로 문제가 대두될 수 있는 교량 노후화에 대한 경제적 대비차원에서 기술 확보 시급
- 향후 시장 확대 분야에 부합되는 경제적 교량 장수명화 기술의 효율성을 극대화 시키는 기술이므로 시공분야와 같이 정책적으로 지원필요

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

(1) 부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술

유사 과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
모듈러 교량 기술 개발 및 실용화	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 현장조건에 대응할 수 있도록 단면, 폭, 길이방향으로 자유 확장되는 표준 모듈(상부/부대시설 모듈)들을 사전 제작</li> <li>- 표준 모듈 DB 및 시뮬레이션 프로그램을 이용한 모듈조합설계</li> <li>- 표준 모듈 유통망(Supply Chain)을 통한 공급체계</li> <li>- 모듈간 현장 간편조립을 통한 일체화 시공</li> </ul>	고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모듈러교량연구단 직선 상부구조 모듈화 기술 참고자료로 활용</li> <li>- 모듈러교량연구단에서 추진하지 않는 경제성 및 시공성이 고려된 비정형(곡선교 및 사교)에 대한 프리캐스트 바닥판 기술</li> <li>- 경제성 및 시공성에 대한 경쟁력을 확보할 수 있는 프리캐스트 상부구조물에 대한 기술상용화 범위 확대를 목표로</li> <li>- 스마트센서 및 BIM기술을 활용하여 특화된 제작/시공 장비 개발, 공기단축 및 시공효율화</li> <li>- BIM 및 스마트 센서 접목 변형가능 거푸집 시스템 및 세그먼트 제작 최적화 방안 도출</li> <li>- 모듈러연구단의 연구범위에 포함되지 않은 부분 조립 연속화 기술을 이용하여 시공성 및 경제성이 확보된 급속시공 바닥판 기술력 확보</li> </ul>
공기단축형 복합구조 시스템 건설기술 개발	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량용 hollow core 단면 슬래브 개발</li> </ul>	고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행기술의 다양한 형식 및 주요 핵심기술인 연결기술, 단면최적화 방안등의 분석 자료 활용</li> <li>- 교량의 다양한 선형에 대응가능한 곡률/사각을 가지는 비정형 프리캐스트 바닥판</li> <li>- 경제성, 시공성이 확보된 프리캐스트 바닥판간 연속화 및 거더와의 합성기술</li> <li>- 스마트센서 접목 정밀 시공장비 개발</li> <li>- BIM 및 스마트 센서 접목 변형가능 거푸집 시스템 및 세그먼트 제작 최적화 방안 도출</li> </ul>
모듈러 교량 기술 개발 및 실용화	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 현장조건에 대응할 수 있도록 단면, 폭, 길이방향으로 자유 확장되는 표준 모듈(상부/부대시설 모듈)들을 사전 제작</li> <li>- 표준 모듈 DB 및 시뮬레이션 프로그램을 이용한 모듈조합설계</li> <li>- 표준 모듈 유통망(Supply Chain)을 통한 공급체계</li> <li>- 모듈간 현장 간편조립을 통한 일체화 시공</li> </ul>	연계 가능	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모듈러교량통합정보시스템의 표준 부재/모듈에 대한 라이브러리 구축 및 이를 활용한 모듈 조합 설계 프로그램 및 시공 시뮬레이션 기술 등을 참고자료로 활용</li> <li>- 콘크리트 세그먼트 교각에 대한 최적단면설계/시공기술 개발</li> <li>- 스마트센서 및 BIM기술을 활용하여 특화된 제작/시공 장비 개발, 공기단축 및 시공효율화</li> <li>- 슬림화, 경량화 연구</li> <li>- 경제성, 시공성이 확보된 세그먼트간 연속화 및 정착장치 개발</li> </ul>

## (2) 설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술

유사 과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
모듈러 교량 기술 개발 및 실용화	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 현장조건에 대응할 수 있도록 단면, 폭, 길이방향으로 자유 확장되는 표준 모듈(상부/부대시설 모듈)들을 사전 제작</li> <li>- 표준 모듈 DB 및 시뮬레이션 프로그램을 이용한 모듈조합설계</li> <li>- 표준 모듈 유통망(Supply Chain)을 통한 공급체계</li> <li>- 모듈간 현장 간편조립을 통한 일체화 시공</li> </ul>	연계 가능	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모듈러교량통합정보시스템의 표준 부재/모듈에 대한 라이브러리 구축 및 이를 활용한 모듈 조합 설계 프로그램 및 시공 시뮬레이션 기술 등을 참고자료로 활용</li> <li>- 콘크리트 세그먼트 교각에 대한 최적단면설계/시공기술 개발</li> <li>- 스마트센서 및 BIM기술을 활용하여 특화된 제작/시공 장비 개발, 공기단축 및 시공효율화</li> <li>- 슬림화, 경량화 연구</li> <li>- 경제성, 시공성이 확보된 세그먼트간 연속화 및 정착장치 개발</li> </ul>
도시형 자기부상열차 시스템 실용화 사업	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단일 프리캐스트 세그먼트 SRC 교각</li> </ul>	고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SRC, 중공, 중실 등의 단면형식과 적용재료에 따른 시공성, 경제성 비교평가활용</li> <li>- 도로교 및 철도교 모두 대응가능한 콘크리트 세그먼트 교각에 대한 최적단면설계/시공기술 개발</li> <li>- 프리캐스트 교각 단면 최적화, 변단면 설계 및 시공</li> <li>- 경제성, 시공성이 확보된 세그먼트간 연속화 기술 및 기초부 고정 정착장치 개발</li> </ul>
공기단축형 복합구조 시스템 건설기술 개발	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량용 hollow core 단면 슬래브 개발</li> </ul>	고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행기술의 다양한 형식 및 주요 핵심기술인 연결기술, 단면최적화 방안등의 분석 자료 활용</li> <li>- 프리캐스트 교각 단면 최적화, 변단면 설계 및 시공</li> <li>- 경제성, 시공성이 확보된 세그먼트간 연속화 및 정착장치 개발</li> </ul>

## (3) 친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술

- 친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술에 관한 연구는 수행된 바 없음

## 라. 연구개발 주요 내용

### (1) 1-1 세세부과제: 부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술

<p><b>세세부과제 범위</b></p>	<p>부분교체가 가능한 프리캐스트 바닥판 및 연결기술 개발을 통하여 국부손상 및 노후화 교량에 대한 경제적 유지관리 기술 확보하고 비정형 프리캐스트 세그먼트 바닥판 기술개발 및 시공최적화 시스템 구축</p>
<p><b>기술개발 목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후화 교량의 경제적인 유지관리방법인 국부손상 부분 교체 기술 개발 및 실용화</li> <li>- 곡률 및 사각에 따른 거동특성을 반영한 프리캐스트 바닥판 공법 개발</li> <li>- 공기단축 50% 이상, 탄소저감 30%, 부분교체인 경우 전면교체대비 공사비 50% 저감</li> </ul>
<p><b>연차별 과제 연구 내용</b></p>	<p><b>1차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>부분교체용 프리캐스트 바닥판 공법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행 노후화 교량 대응 기술 분석</li> <li>- 고성능 재료 활용 방안 연구</li> <li>- 현행 급속시공 기술분석 및 신설교량 부분조립 시스템 도출</li> <li>- 연속화 기술 개발 및 요소실험/유한요소해석 검증</li> </ul> </li> <li>■ <b>비정형 프리캐스트 세그먼트 바닥판 공법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행유사기술 조사 및 분석</li> <li>- 곡선 및 사각을 가지는 비정형구조 거동특성연구</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>2차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>비정형 프리캐스트 세그먼트 바닥판 공법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 요소실험 및 유한요소해석 검증</li> </ul> </li> <li>■ <b>부분교체용 프리캐스트 바닥판 공법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적설계/시공기술, 모형교량실험</li> <li>- 유한요소해석을 통한 구조안정성 검증</li> <li>- 센서 접목기술 및 적용성 평가</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>3차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>비정형 프리캐스트 세그먼트 바닥판 공법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능재료를 활용한 단면 경량화/슬림화 향상기술</li> <li>- 경제성 확보 및 시공성 향상 기술</li> <li>- 모형교량 실험 및 유한요소해석에 의한 구조적 검증</li> </ul> </li> <li>■ <b>부분교체 가능한 비정형 프리캐스트 바닥판</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능재료 접목방안 연구</li> <li>- 모형실험/유한요소해석을 통한 구조안정성 검증</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>4차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>부분교체 가능한 비정형 프리캐스트 바닥판</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적화 표준단면 설정 및 BIM 기반 표준단면 라이브러리화</li> </ul> </li> <li>■ <b>공정관리 최적화 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM을 활용한 공기단축효율화</li> <li>- 단위세그먼트 및 장비 관리최적화 기술</li> <li>- 가변 거푸집 시스템/강재 재활용관리 최적화 기술</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>5차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>부분교체 가능한 비정형 프리캐스트 바닥판</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계 및 시공메뉴얼 작성</li> <li>- 기술 피드백 및 보완</li> </ul> </li> <li>■ <b>현장적용을 통한 시공최적화 검증</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성/시공성 분석 및 피드백</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기대효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내노후화 교량도 향후 10년 이내에 대규모 발생이 예상되며 이에 대응할 수 있는 독자적인 국산기술 확보가 필요함</li> <li>- 부분적 조립 연속화를 통한 기존 급속시공기술대비 시공성 향상 가능</li> <li>- 직선교 위주의 프리캐스트 바닥판은 적용성에 한계가 있을 수 있으며, 실제 도로선형도 많은 부분이 비정형이므로 적용성 확대 가능</li> </ul> </li> <li>• <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부계획과 부합되는 콘크리트 타설배제, 공기단축, 교통통제 최소화 등에 의한 탄소 및 에너지 저감 효과가 큼</li> </ul> </li> <li>• <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전면보수보강 대비 국부손상부위만을 대응하여 유지관리를 하므로 비용 최소화 유도 가능</li> </ul> </li> </ul>

	- 급속시공 효과 극대화로 인한 사회간접비용 절감 및 단면설계 및 시공관리 최적화를 통한 경제성이 향상된 교량기술 보급
<b>최종성과물</b>	- 부분교체 및 비정형선형 대응가능한 프리캐스트 바닥판 연속화 기술 - 현장적용 2건 - 산업재산권 14건 (건설 신기술 1건 포함) - 학술논문 16편(SCI급 7편 포함)
<b>활용방안</b>	♦ 국부적 손상에 대한 평가기술 개발을 통하여 부분적 보강범위를 설정하며 손상규모, 손상타입 등을 분석하여 상황에 맞는 최적의 프리캐스트 바닥판 부분교체 적용으로 시간적, 경제적 이익 발생 예상 ♦ 다양한 모든 형태의 교량에 적용 가능한 프리캐스트 바닥판공법 개발을 통해 여 모든 선형에 대한 기술적용

## (2) 1-2 세세부과제: 설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술

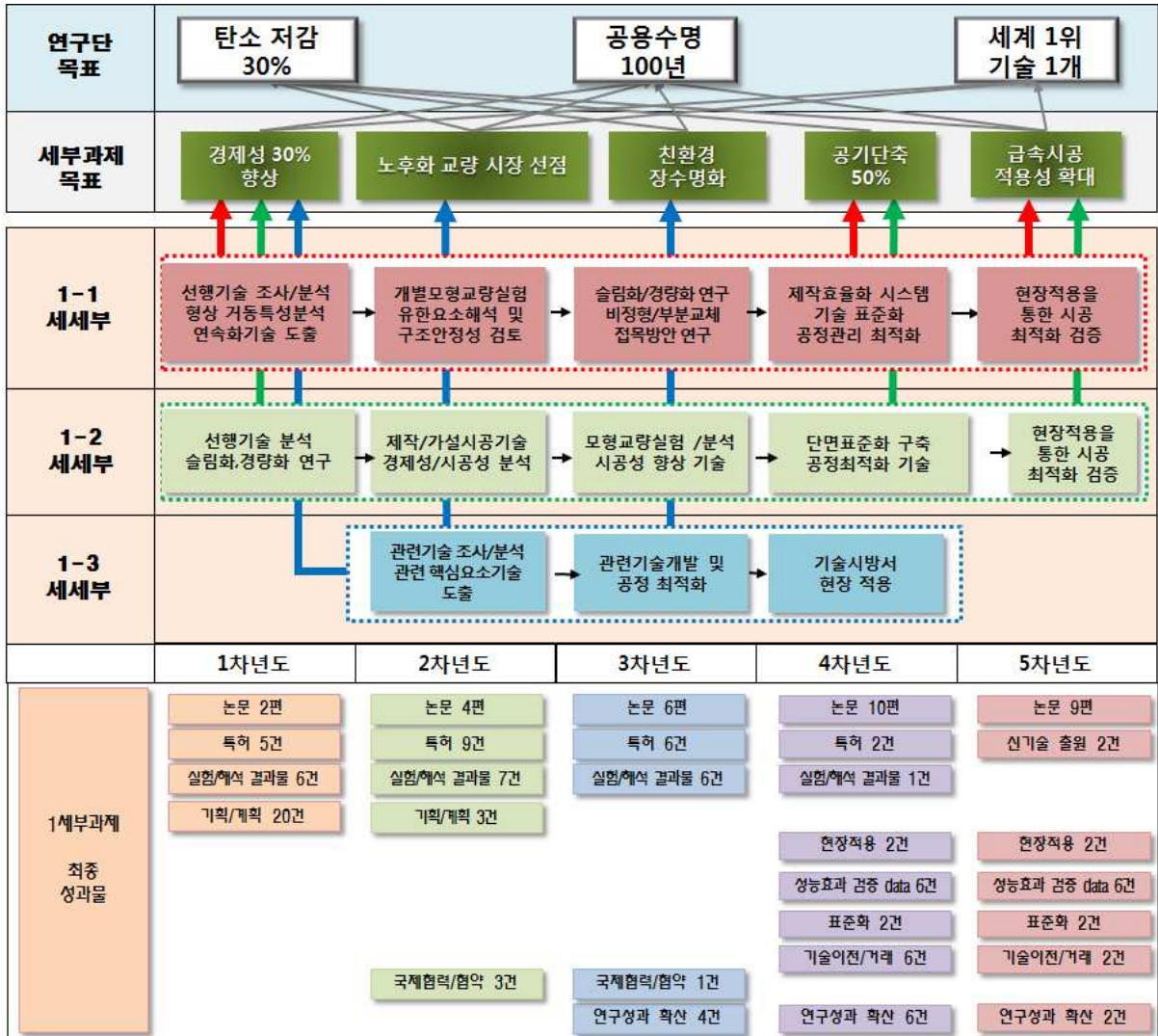
<b>세세부과제 범위</b>	<b>시공성, 경제성이 우수한 프리캐스트 세그먼트 교각의 설계/시공 최적화</b>	
<b>기술개발 목표</b>	- RC 교각 대비 동등 이상의 경제성 확보하고 공기단축 50% 향상가능 프리캐스트 하부구조 - 슬림화, 경량화가 가능한 단면설계 및 시공성을 고려한 이음부 연속화 공법 개발 - 제작/시공 정밀 전용장비를 활용하여 경제성 20% 향상, 추가공기단축 10%	
<b>연차별 과제 연구 내용</b>	<b>1차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 프리캐스트 세그먼트 교각               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 교량하부구조 설계법 및 시공성을 고려한 프리캐스트 세그먼트 이음부 기술 분석</li> <li>- 구조 연속화 기술개발, 요소실험/유한요소해석을 통한 구조안정성 검증</li> </ul> </li> <li>■ 세그먼트 제작 거푸집 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강재거푸집 설계제작 분석</li> <li>- 정밀/가변제작을 위한 BIM, 센싱점목 기술 도출</li> </ul> </li> </ul>
	<b>2차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 프리캐스트 세그먼트 교각               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성 및 시공성 향상 기술</li> <li>- 단면형상 및 고성능 재료를 활용한 경량화 및 슬림화 기술</li> <li>- 모형교량실험 및 유한요소해석을 통한 구조안정성 검증</li> </ul> </li> <li>■ 세그먼트 제작 거푸집 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 및 센서점목 가변/정밀 거푸집 제작기술</li> </ul> </li> <li>■ 수직구조물 정밀 인양/가설 전용장비 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기최적화 기술, 센서 점목 기술</li> </ul> </li> </ul>
	<b>3차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 프리캐스트 세그먼트 교각               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성 및 시공성 향상 기술</li> <li>- 단면형상 및 고성능 재료를 활용한 경량화 및 슬림화 기술</li> <li>- 모형교량실험 및 유한요소해석을 통한 구조안정성 검증</li> </ul> </li> <li>■ 수직구조물 정밀 인양/가설 전용장비 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기최적화 기술, 센서 점목 기술</li> </ul> </li> </ul>
	<b>4차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 프리캐스트 세그먼트 교각               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적단면 표준화 설계기술</li> <li>- 모형교량실험</li> <li>- BIM 기반 공기단축 및 장비운영 최적화 시스템 기술설계 및 시공 매뉴얼 작성</li> <li>- 세그먼트별 장기모니터링을 위한 센서링 기술</li> <li>- 현장적용을 통한 시공성 검증</li> </ul> </li> </ul>
	<b>5차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 현장적용을 통한 시공최적화 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성/시공성 분석 및 피드백</li> </ul> </li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술적 기대효과           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리캐스트 교각이 활발히 적용되고 있는 미국은 약진지역이며 한국은 중약진 지역이므로 국내실정에 맞는 기술개발 확보 및 실용화 가능</li> <li>- 기술력 확보를 통하여 세그먼트 부재별 생애주기 관리가 가능하므로 보다 더</li> </ul> </li> </ul>	

	<p>체계적인 관리 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부정책동향으로 녹색기술 적용을 장려하고 있으며 해당기술은 정부계획과 부합되는 콘크리트 타설 배제, 공기단축, 교통통제 최소화 등에 의한 탄소 및 에너지 저감 효과 증대</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 공사기간의 주요인자인 하부구조의 공기단축으로 간접비, 사회비용 등의 절감이 예상되며 효율적인 공법 개발을 통해 경제성 확보가능</li> </ul> </li> </ul>
<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리캐스트 세그먼트 교각 최적화 설계/시공 기술</li> <li>- 현장적용 1건</li> <li>- 산업재산권 5건(건설신기술 1건 포함)</li> <li>- 학술논문 10편(SCI급 4편 포함)</li> </ul>
<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ 경량화, 슬림화와 함께 시공이 용이한 새로운 개념의 연속화 기술을 개발하여 경제성은 기존 RC교각과 동등하고 공기단축효과는 기 개발된 프리캐스트 교각 대비 동등 이상의 기술력을 확보하여 상용화 실현</li> </ul>

### (3) 1-3 세세부과제: 친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술

<b>세세부과제 범위</b>	<b>국부손상 및 부분적 노후화 교량에 대한 경제적 부분철거 기술 개발</b>	
<b>기술개발 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경, 교통통제, 가시성, 공정최소화를 유도하여 CO<sub>2</sub> 30%, 공기단축 30%, 공사비 30% 절감</li> <li>- 경제성을 확보한 부분교체용 전용해체 장비 개발을 통한 공사비 10%추가 절감</li> <li>- BIM을 활용한 해체 시공시스템 구축을 통한 공기단축 5%추가절감</li> </ul>	
<b>연차별 과제 연내용</b>	<b>1차년도</b>	
	<b>2차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물별 해체기술 분석</li> <li>- 해체범위에 따른 공사기간 및 경제성분석</li> <li>- 부분적 손상평가 기술 및 상태에 따른 해체장비 분석, 최적화 해체 방안 도출</li> </ul>
	<b>3차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부분해체에 의한 구조물 영향평가 및 센서점목 기술</li> <li>- BIM기반 부분 해체를 위한 공정 최적화 시뮬레이션</li> <li>- 부분해체 구조 안정성 검증을 위한 실험 및 유한요소해석</li> <li>- 친환경 부분해체 전용장비 개발</li> </ul>
	<b>4차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해체 시공관리 시방서</li> <li>- 현장적용 및 시공성 검증</li> <li>- 시공성 및 공사비 비교 분석 및 피드백</li> </ul>
	<b>5차년도</b>	
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반화된 깨기, 절단, 운송 개념을 탈피하여 공사범위, 특성 등이 고려된 최적화 해체기술 및 장비 개발</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 문제점이 대두될 가능성이 있는 교량 노후화 및 손상 등에 대한 경제적 대비차원으로 볼 때 정부정책에 부합됨</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전면해체 대비 국부유지관리에 대응한 해체기술이므로 비용 최소화 유도 가능</li> </ul> </li> </ul>	
<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 친환경 부분철거 기술</li> <li>- 현장적용 1건</li> <li>- 산업재산권 5건</li> <li>- 학술논문 5편(SCI급 1편 포함)</li> </ul>	
<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ 경제성, 시공성 확보 가능한 교량의 부분유지관리기술에 적합한 해체기술 및 장비 개발을 하여 시공 및 해체 기술 패키지상품화하여 기술상용화 증대 예상</li> </ul>	

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

세세부과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
세세부과제 1-1: 부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	16 (7)	기술적 가치 인정 필요
	산업 재산권	특허출원/등록건수	특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서	건	14	기술선점을 통한 사업화 기반 확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표달성도	실험 및 해석검증	건	12	사업화 성능 만족도 검토 필요
	현장적용효과	현장적용건수	현장적용건수	건	2	실용화 목표 달성 기준설정
	공기단축 효과	공기단축 효과	기존공법 대비 공사기간 비교	%	50	목표달성 여부 판단
	비용절감효과	공사비 절감효과	경제성 분석	%	30	사업화 가능성 타진
					100	현장타설 대비 경제성 확보
	에너지 및 환경	환경개선효과	공기/재료절감에 의한 CO <sub>2</sub> 저감 산정	%	30	목표달성 여부 판단
	기획/계획수립	국내외 기술동향실적	기술동향 조사 실적 여부	건	10	기술동향 분석을 통한 선택/집중 연구분야 설정
	표준화	기준/지침/시방서화	설계/시공 지침 평가	건	2	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	국제협력 및 협약	국제공동 연구개발건수	국제공동 연구개발건수	건	2	해외선진기술 확보필요
	기술이전/거래	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	4	기술적용 기업 확보필요
연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	6	기술력 홍보 필요	
세세부과제 1-2: 설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	10 (4)	기술적 가치 인정 필요
	산업 재산권	특허출원/등록건수	특허출원확인서 특허등록증 신기술출원서	건	5	기술선점을 통한 사업화 기반 확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표달성도	실험 및 해석검증	건	6	사업화 성능 만족도 검토 필요
	현장적용효과	현장적용건수	현장적용건수	건	1	실용화 목표 달성 기준설정
	공기단축 효과	공기단축 효과	기존공법 대비 공사기간 비교	%	50	목표달성 여부 판단
	비용절감효과	공사비 절감효과	RC 대비 경제성 분석	%	100	사업화 가능성 타진
	에너지 및 환경	환경개선효과	공기/재료절감에 의한 CO <sub>2</sub> 저감 산정	%	30	목표달성 여부 판단
	기획/계획수립	국내외 기술동향실적	기술동향 조사 실적 여부	건	10	기술동향 분석을 통한 선택/집중 연구분야 설정
	표준화	기준/지침/시방서화	설계/시공 지침 평가	건	1	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	국제협력 및 협약	국제공동 연구개발건수	국제공동 연구개발건수	건	1	해외선진기술 확보필요

	기술이전/거래	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	2	기술적용 기업 확보필요
	연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	3	기술력 홍보 필요
<b>세세부과제 1-3: 손상 및 노후화 교량에 대한 친환경 부분해체 시스템</b>	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	5 (1)	기술적 가치 인정 필요
	산업 재산권	특허출원/등록건 수	특허출원확인서 특허등록증	건	5	기술선점을 통한 사업화 기반 확보
	기술성능 목표달성	제품성능 목표달성도	실험 및 해석검증	건	2	사업화 성능 만족도 검토 필요
	현장적용효과	현장적용건수	현장적용건수	건	1	실용화 목표 달성 기준설정
	공기단축 효과	공기단축 효과	기존공법 대비 공사기간 비교	%	20	목표달성 여부 판단
	비용절감효과	공사비 절감효과	경제성 분석	%	30	사업화 가능성 타진
	에너지 및 환경	환경개선효과	공기/재료절감에 의한CO <sub>2</sub> 저감 산정	%	30	목표달성 여부 판단
	기획/계획수립	국내외 기술동향실적	기술동향 조사 실적 여부	건	3	기술동향 분석을 통한 선택/집중 연구분야 설정
	표준화	기준/지침/시방서 화	설계/시공 지침 평가	건	1	사업화 환경기반을 위한 시방기준제시
	국제협력 및 협약	국제공동 연구개발건수	국제공동 연구개발건수	건	1	해외선진기술 확보필요
	기술이전/거래	기술이전건수	사업화를 위한 기술이전건수	건	2	기술적용 기업 확보필요
	연구성과 확산노력	연구개발 관련홍보	홍보건수	건	3	기술력 홍보 필요

## 사. 연차별 성과지표 검증방안

세세부과제	성과목표	검증 방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
세세부과제 1-1: 부분교체용 프리카스트 바닥판 급속시공 기술	학술적 성과 (논문 16건)	국내학술지 1건	국내학술지 2건	국내학술지 2건 SCI 1건	국내학술지 3건 SCI 2건	국내학술지 1건 SCI 4건
	산업 재산권 (14건)	출원증명서 4 확인	출원증명서 5 확인	출원증명서 3 확인	출원증명서 1 확인	신기술출원 1확인
	기술성능 목표달성 (실험/해석 12건)	실험 및 해석 결과물 제출 4	실험 및 해석 결과물 제출 4	실험 및 해석 결과물 제출 4		
	현장적용효과 (2건)				현장확인 1건	현장확인 1건
	공기단축 효과 (50%)				해당데이터 제시	해당데이터 제시
	비용절감효과 (30%)				해당데이터 제시	
	비용절감효과 (100%)					해당데이터 제시
	에너지 및 환경 (30%)				해당데이터 제시	해당데이터 제시
	기획/계획수립 (10건)	기술동향자 료조사 제시 10				
	표준화 (2건)				기술지침서 제시	기술지침서 제시
	국제협력 및 협약 (2건)		국제연구 협약문서 제시 2			
	기술이전/거래 (4건)				기술이전 협약서 제시 4	
	연구성과 확산노력 (6건)			연구홍보전 단 및 기사 제시 2	연구홍보전 단 및 기사 제시 3	연구홍보전 단 및 기사 제시
세세부과제 1-2: 설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술	학술적 성과 (논문 10건)	국내학술지 1건	국내학술지 1건	국내학술지 2건	국내학술지 1건 SCI 1건	국내학술지 1건 SCI 3건
	산업 재산권 (5건)	출원증명서 1 확인	출원증명서 1확인	출원증명서 1확인	출원증명서 1확인	신기술출원 서 1확인
	기술성능 목표달성 (실험/해석 6건)	실험 및 해석 결과물 제출 2	실험 및 해석 결과물 제출 2	실험 및 해석 결과물 제출 1	실험 및 해석 결과물 제출 1	
	현장적용효과 (1건)					현장확인 1
	공기단축 효과 (50%)					해당데이터 제시
	비용절감효과 (100%)					해당데이터 제시
	에너지 및 환경 (30%)					해당데이터 제시
	기획/계획수립 (10건)	기술동향자 료조사 제시 10				
	표준화 (1건)					기술지침서 제시
국제협력 및 협약 (1건)		국제연구협 약문서 제시				

	기술이전/거래 (2건)					기술이전 협약서 제시 2
	연구성과 확산노력 (3건)			연구홍보전 단 및 기사 2 제시		연구홍보전 단 및 기사 1 제시
<b>세세부과제 1-3: 친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술</b>	학술적 성과 (논문 5건)		국내학술지 1건	국내학술지 1건	국내학술지 2건 SCI 1건	
	산업 재산권 (5건)		출원증명서 3 확인	출원증명서 2확인		
	기술성능 목표달성 (실험/해석 2건)		실험 및 해석 결과물 제출 1	실험 및 해석 결과물 제출 1		
	현장적용효과 (1건)				현장확인 1건	
	공기단축 효과 (20%)				해당데이터 제시	
	비용절감효과 (30%)				해당데이터 제시	
	에너지 및 환경 (30%)				해당데이터 제시	
	기획/계획수립 (3건)		기술동향자 료조사 제시 3			
	표준화 (1건)				기술지침서 제시	
	국제협력 및 협약 (1건)			국제연구협 약문서 제시		
	기술이전/거래 (2건)				기술이전 협약서 제시 2	
	연구성과 확산노력 (3건)				연구홍보전 단 및 기사 제시 3	

○ 각 세세부과제별 연구성과 목표를 위한 구체적인 성과 검증은 아래와 같음

세세부 과제	성과목표	검증방안
1-1	효율적인 공정관리를 통한 탄소 30% 저감	탄소 배출의 주요인자인 콘크리트 사용량, 교통 차단시 교통정체, 장비 사용량 등을 기존기술대비 탄소 절감량을 산출하고, 이를 통해 탄소 절감 효과를 정량적으로 비교함
1-2	효율적인 공정관리를 통한 탄소 30% 저감	
1-3	교통통제 최소화를 통한 탄소 30% 저감	

## 아. 기술수요처 및 사업화 방안

공통과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
세세부과제 1-1: 부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술	비정형 프리캐스트 바닥판 설계/시공기술	전문건설업체 건설사 설계사	시공성, 공기단축, 경제성 실현
	부분교체 가능한 프리캐스트 바닥판 연속화 기술	전문건설업체 건설사 설계사	시공성, 공기단축, 경제성 실현
세세부과제 1-2: 설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술	프리캐스트 세그먼트 교각 최적화 설계/시공 기술	전문건설업체 건설사 설계사	시공성, 공기단축, 경제성 실현
세세부과제 1-3: 친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술	친환경 부분철거 기술	전문건설업체 건설사 설계사	시공성, 공기단축, 경제성 실현

- 각 세세부과제별 실용화를 위한 구체적인 연구계획은 아래와 같이 정리하였음

	요소기술	적용 연차	비고
[1-1]	RC바닥판과 연속화 가능한 프리캐스트 바닥판 이음기술	2차년	공법 개발 기술이므로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침) 및 기술 이전이 가능함
	곡선 및 사각을 가지는 바닥판간 이음부 공법 개발	3차년	
	부분조립이 가능한 프리캐스트 바닥판간 연결공법 개발	3차년	
	변형가능 거푸집 시스템 구축 및 재활용관리 최적화기술	4차년	
	BIM기반 공정관리 최적화 시뮬레이션 구축	5차년	
	표준 설계 지침서 및 전용시공지침서 제시	5차년	
[1-2]	시공성이 고려된 세그먼트 교각 이음부 연속화 기술 개발	2차년	공법 개발 기술이므로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침) 및 기술 이전이 가능함
	경량화/슬림화를 포함한 단면최적화 설계기술	3차년	
	경제성, 시공성이 확보된 프리캐스트 교각 시공시스템	4차년	
	스마트센싱 및 BIM 기반 변형 가능한 거푸집 시스템	5차년	
	BIM 기반 공정관리최적화 시스템	5차년	
	설계 및 시공지침서 발간	5차년	
[1-3]	교통차단최소화 및 공기단축 가능한 부분 급속해체 시스템	2차년	공법 개발 기술이므로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침) 및 기술 이전이 가능함
	해체 공정 시뮬레이션	2차년	
	해체 시공관리 지침안 제시	3차년	

## 2. 세부과제 개요

### 가. 연구개발 목표

<p>세부과제의 개념</p>	<p>카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술</p>
<p>세부과제의 범위</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고로슬래그시멘트와 저탄소 강섬유(기존대비 30%(탄소저감건설재료 참조필요) 탄소저감 가능한 강섬유)를 활용한 균등품질 콘크리트 프리캐스트화 기술</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량기술</li> </ul> </li> <li>■ <b>장수명 소재 융복합 프로액티브 유지관리 교량 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 소재의 융복합 적용모델 개발을 통한 장수명 유지관리절감 교량개발</li> <li>- 프로액티브 유지관리 절감 교량의 적용기반 구축</li> </ul> </li> <li>■ <b>고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각 내진성능 향상 및 보강기술 개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 효율적인 교각 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근의 경제성 평가 및 향상기술 개발</li> <li>- FRP 보강근 적용부재 성능평가 및 검증</li> <li>- 콘크리트 부재의 FRP보강근 적용기술 상용화</li> </ul> </li> </ul>
<p>기술개발목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저탄소 소재활용 PSC 교량구조시스템 개발: 제작중 CO<sub>2</sub> 30% 절감</li> <li>- 사용물량 저감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> </ul> </li> <li>■ <b>장수명 소재 융복합 프로액티브 유지관리 교량 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감형 교량모델 개발</li> <li>- 도장/재도장 생략 및 수명기간 생애주기비용 30%이상 절감</li> <li>- 100년 이상의 장수명 교량 구현 및 탄소발생 30%이상 저감</li> </ul> </li> <li>■ <b>고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능 소재 적용 슬림화 하이브리드 교각 시스템 개발 및 탄소저감 30%</li> <li>- 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강 기술 개발을 통한 내진성능 및 수명 30%이상 향상</li> </ul> </li> <li>■ <b>콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 적용 부재 상용화 기술개발</li> <li>- FRP 보강근을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화</li> </ul> </li> </ul>
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> <li>- 저탄소 및 고성능 소재의 타 PC구조물 적용을 통한 녹색성장 촉진</li> <li>- 장수명 소재의 기술적 융복합/하이브리드 구조시스템 기술의 개발과 검증</li> <li>- 이중 강재간 융복합화에 대한 장기 내구성능 검증과 기술구현</li> <li>- 100년 이상의 장수명 달성을 통한 CO<sub>2</sub> 30% 절감 기여</li> <li>- 고에너지 흡수강 등 저탄소/고성능 소재 활용 교각 설계/제작기술 확보</li> <li>- 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강기술 확보</li> <li>- 하이브리드 교각 및 보강기술 구현을 통해 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 내진성능/내구수명 30% 향상</li> </ul> </li> <li>● <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식인 PSC거더교에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 녹색성장 견인의 교두보 마련</li> <li>- 도장/재도장에 따른 VOC발생 삭감 및 탄소배출량 30% 절감에 기여</li> <li>- 교량의 유지관리, 점검 및 보수 정책의 대폭적인 효율화 구현</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100년 이상의 장수명 달성을 공공시설물 관리정책 개선가능</li> <li>- 교량구조물의 내진성능 향상과 내구수명 향상을 통해 지진 등에 따른 교량구조물의 붕괴우려 불식 및 국민 삶의 질 향상</li> </ul> <p>● <b>경제적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간 2조원의 교량시장 10% 점유(공사비 10% 절감)로 200억원/년의 사회기반시설비용 절감</li> <li>- 일반교량 대비 초기 공사비 10% 절감</li> <li>- 교량의 생애주기 비용 기존 대비 30% 이상 감축으로 연간 약 2,000~3,000 억원 이상 국가예산 절감</li> <li>- 시설물 유지관리/점검 및 보수 비용의 획기적 단축과 생략</li> <li>- 신설 및 노후화 교각의 장수명화를 통해 교량 건설비용 절감 약 600~900억원/년 절감 (연간 교각 시장규모의 30% 수준)</li> </ul>
<p>주요성과물</p>	<p>■ <b>저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고로슬래그시멘트와 저탄소 강섬유를 활용한 균등품질 콘크리트 설계 및 시공 지침</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량</li> <li>- 지적 재산권 10건, 학술 논문 5편 (SCI급 2편 포함)</li> </ul> <p>■ <b>장수명 소재 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감 교량 및 검증자료</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감 교량 및 검증자료</li> <li>- 프로액티브 유지관리 절감 교량의 적용기반 구축자료</li> <li>- 지적 재산권 6건, 학술 논문 3편 (SCI급 1편 포함)</li> </ul> <p>■ <b>고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 보강구조 및 이용기술</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각시스템 및 이용기술</li> <li>- 지적 재산권 8건, 학술 논문 5편 (SCI급 2편 포함)</li> </ul> <p>■ <b>콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 실용화를 위한 이용기술</li> <li>- 지적 재산권 5건, 학술 논문 5편 (SCI급 2편 포함)</li> </ul>

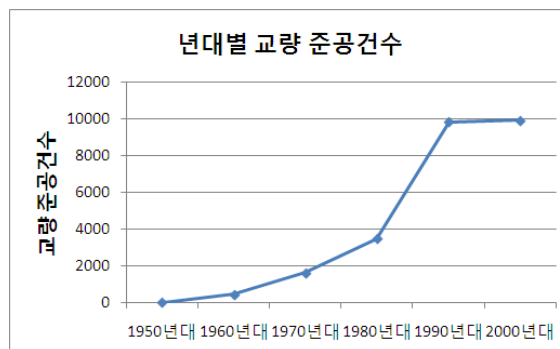
## 나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

### □ 연구개발 필요성

- 경제성 위주의 교량공법 선정에 따른 PSC 거더교의 증가에 대응한 저탄소 공법 개발로 교량분야 녹색성장 견인
- 교량공사에서 철근작업을 최소화함으로써 현장 작업성 향상과 철근 간섭에 의한 콘크리트 품질 균등 문제 해소 필요
- 우리나라에서도 최근 교량의 발주와 유지관리를 맡고 있는 정부나 지자체 등에서 기존 교량의 유지관리 업무와 비용에 대한 부담이 큰 이슈로 부각되고 있음
- 미국과 일본은 교량 유지관리 업무와 비용절감에 효율적인 방안을 강구하였으며 생애기간 동안 도장/재도장의 생략과 장수명화를 통한 탄소발생 저감 필요
- 장수명화에 따른 LCC 비용의 증가가 우려되므로 이의 해소를 위한

기술개발이 요구됨

- 급변하는 지구환경에 대응하여 내진성능이 보다 향상된 교각기술의 개발이 요구됨
- 산악지역 등 도외지 공사의 경우 환경파괴 최소화 및 경관설계를 위해 슬림하고 미려한 교각기술개발이 요구됨
- 국내에 지어진 많은 교량들이 40~50년 정도로 예상되는 내구수명에 다다르면서 성능을 충분히 확보하며 슬림한 형태를 유지할 수 있는 보수 보강기술 개발이 요구됨



[그림 3.6] 교량 준공 건수

#### □ 정부지원 필요성

- PSC 거더교는 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식으로 이에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 건설분야 녹색성장 견인의 교두보 마련
- 교량 구조물은 대표적인 사회기반시설물로 녹색 성장을 위해서는 정부차원에서 사회기반시설물의 탄소저감 및 장수명화에 노력을 기울여야함
- 기존 및 신규 교량의 LCC 30% 절감은 공공시설물을 건설, 유지해야 하는 정부가 가장 큰 수혜자임
- 국가 간 기후변화 협약 발효에 따라 교량구조물의 생애주기 탄소저감의 즉각적 추진 필요
- 기술의 상용화를 위해 필수적인 설계기준 및 시방서의 제/개정과 Test Bed 적용 등은 정부과제를 통할 때 효율성 및 당위성을 극대화하여 확보할 수 있음
- 1990년대 이후로 년 평균 1000여개의 신규 교량이 건설되고 있으며,

교각의 수는 최소 2000~3000기/년이 건설됨. 교각의 시장규모 또한 약 2000~3000억원/년임

- 신규교량 건설 시 교각의 성능과 수명을 기존대비 30% 증가시킬 경우 그에 따른 경제적 효과는 매년 수백억에 다다름
- 이 기술이 성공적으로 개발 되었을 때 실 교량구조물로 적용되기 위해서는 법제화 등 정부 정책의 지원이 요구됨

#### 다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

##### (1) 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
초고성능 시멘트 복합재료를 활용한 교량거더 개발	국토해양부	- 150MPa급 고성능 콘크리트 적용 PSC I형보 개발	연계가능	- 신소재 활용 연구 프로세스 벤치마킹
PS강선 및 강봉의 일체긴장시스템을 이용한 PSC 교량 구조 개발	국토해양부	- 모멘트 프리스트레스 도입에 의한 PSC거더 제품 개발	중복없음	- 구조형식 활용 및 개선
변단면 PC빔 연속화 방안에 대한 연구	국토해양부	- PC빔 연속화 구조상세 개발	중복없음	- 구조형식 활용 및 개선

##### (2) 장수명 소재 융복합 프로액티브 저유지관리 교량 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
차세대 시설물용 신소재 활용기술 개발	국토해양부	- SB500/HSB600/ HSB800 소재 및 활용 기술 - 고성능 내후성강 소재개발	중복없음 및 연계가능	- 선행과제에서는 고성능 내후성 소재개발만 이뤄져 있으며, 접합기술이나 다양한 소재융복합/하이브리드에 대한 기술은 검토된 바가 없으며, 관련 이용기술개발도 전혀 없음 - 선 제 적 ( 프 로 액 티 브 ) low-maintenance의 구현을 위해 일 반강/내후성강/스테인레스강/클래 드 등 융복합/하이브리드 거량 개발 및 성능검증을 통해, 도장/재도장을 생략하면서 100년 수명을 확보하고, LCC를 30% 이상 절감할 수 있도록 기술개발을 추진, 궁극적으로 탄소발생 30% 이상 저감을 구현할 수 있다는 점에서 차별화 됨

### (3) 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발	국토해양부	- HSB500/HSB600/ HSB800 소재 및 활용 기술 - FRP를 이용한 CFT 교각기술 개발	중복없음 및 연계가능	- HSB 고성능 강재의 구조물 적용 성능평가 방법 및 평가결과 활용 - 콘크리트 교각의 구속효과 및 보강효과 분석결과 활용 - 고에너지 흡수강을 이용하여 교각의 내진성능 및 수명을 향상 - 교각 구조물의 Life Cycle을 고려한 시스템 기술 개발 - 교각의 차량충돌 등의 극한상황을 고려한 기술개발

### (4) 콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발 및 적용 기술	한국건설기술연구원	- GFRP적용 보강근 기술 - CFRP적용 텐던 기술	중복없음 및 연계가능	- FRP보강근 제조/생산기술 활용가능 - 기본적인 CFRP 보강근의 콘크리트 부재 적용성 검토 연구로서, 응용 및 실용화단계까지 진입하지 못하였으므로 본 연구에서는 상용화 단계까지 개발하며 TestBed까지 수행

## 라. 연구개발 주요 내용

### (1) 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술

세세부과제 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고로슬래그시멘트와 저탄소 강섬유(기존대비 30%(탄소저감건설재료 참조필요) 탄소저감가능한 강섬유)를 활용한 균등품질 콘크리트 프리캐스트화 기술개발</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량기술개발</li> </ul>	
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 제작중 탄소배출 최소화 PSC거더 제품개발</li> <li>- 제작중 CO<sub>2</sub> 30% 절감</li> <li>- 사용물량 저감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> </ul>	
연차별 과제 연구 내용	1차년도	
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PSC거더 저탄소 배합도출 및 재료성능 검증</li> <li>- PSC거더용 인성/강도 확보 최적 저탄소 콘크리트 배합도출</li> <li>- 현장타설/프리캐스트 제작별 적정 콘크리트 배합 및 재료 성능검증</li> <li>■ 2400MPa 고강도 강연선 적용 무철근 프리텐션 PSC 구조기술 개발</li> <li>- 2400MPa 고강도 강연선 적용 프리텐션 기술개발</li> <li>- 무철근 PSC보의 구조성능 평가 (휨, 전단, 비틀림, 정착부)</li> <li>- 무철근 PSC구조 설계/제작지침안 도출</li> </ul>
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 저탄소 슬림화 PSC거더 Mock-up Test 및 설계/제작지침 개발</li> <li>- 실구조물 시공단계별 제작성 및 정/동적 성능평가</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량의 설계/제작지침 개발</li> </ul>
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 저탄소 소재 활용 무철근 PSC 구조 설계표준화 및 상용화 기술개발</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량의 시간별 표준화 및 설계예제 작성</li> <li>- 설계자동화 프로그램 개발</li> <li>- 2400MPa 고강도 강연선용 이동식 프리텐션 시스템 개발</li> <li>- 상세 개발: 정착부 및 강연선 배치 상세, 거푸집 상세 등</li> </ul>
	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 저탄소 슬림화 PSC거더 현장 적용</li> <li>- 현장적용성 평가 / 현장재하시험 / 장기거동 모니터링</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> <li>- 저탄소 및 고성능 소재의 타 PC구조물 적용을 통한 녹색성장 촉진</li> </ul> </li> <li>○ 정책적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식인 PSC거더교에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 녹색성장 견인의 교두보 마련</li> </ul> </li> <li>○ 경제적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간 2조원의 교량시장 10% 점유(공사비 10% 절감)로 200억원/년의 사회기반시설 비용 절감</li> </ul> </li> </ul>	
최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량시스템</li> <li>(1) 고로슬래그와 저탄소 강섬유를 활용한 균등품질 콘크리트 설계 및 시공 지침</li> <li>(2) 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량시스템 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조성능평가 자료</li> <li>- 구조계산서 및 설계도면 1식</li> <li>- 설계자동화 프로그램</li> <li>- Test Bed</li> </ul> </li> </ul>	
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기존 PSC거더교 시장을 '저탄소 슬림화 PSC거더' 로 대체 적용</li> <li>- 교량 전문업체를 통한 친환경 제품의 사업화</li> <li>◆ 저탄소 소재 활용 PSC구조의 타 PSC구조물 확대 적용</li> </ul>	

## (2) 장수명 소재 융복합 프로액티브 저유지관리 교량 기술

<p>세세부과제 범위</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 장수명 소재의 융복합 적용모델 개발을 통한 장수명 유지관리절감 교량개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장기내구성, 구조성능, 경제성, LCC 개선 등 검증</li> </ul> </li> <li>■ 프로액티브 유지관리 절감 교량의 적용기반 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계예제, 설계기준/시방기준, 현장 적용 수행</li> </ul> </li> </ul>
<p>기술개발 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감형 교량모델 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도장/재도장 생략 및 수명기간 생애주기비용 30%이상 절감</li> <li>- 100년 이상의 장수명 교량 구현 및 탄소발생 30%이상 저감</li> </ul> </li> </ul>
<p>연차별 과제 연구 내용</p>	<p>1차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고내식성소재 접합기술 개발 및 소재 융복합/하이브리드 조합분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 고내식성 소재안 접합기술 개발 및 소재안 선정 도출</li> <li>- 각 소재별 교량 적용성 및 적합성에 대한 소재레벨 평가</li> <li>- 장수명 소재의 최적 융복합/하이브리드 조합검토</li> </ul> </li> </ul>
	<p>2차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 설계 및 환경조건별 최적 융복합/하이브리드 조합 모델 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 가설조건 및 요구조건별 최적 대응가능 융복합/하이브리드 조합 모델 개발 및 교량 기본설계 (강종, 강도 등 하이브리드/복합, 배치 등)</li> <li>- 소재 융복합 접합부 (용접 및 볼트이음) 설계 및 제작 기술개발</li> <li>- 이종강재 융복합에 따른 내구성능 평가와 검증 (단기성능평가, 장기성능 착수)</li> </ul> </li> <li>■ 소재 융복합 교량의 구조성능 평가 및 설계/제작지침 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용접 및 볼트접합부 부재레벨 성능 실험검증</li> <li>- 융복합 교량모델의 좌굴성능 및 장기 구조성능 실험검증</li> <li>- 최적 융/복합 모델 교량 상세설계 및 예제개발</li> <li>- 프로액티브 저유지관리 교량 설계지침 및 시방지침 개발</li> </ul> </li> </ul>
	<p>3차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 소재 융복합 교량의 제도기반구축 및 상용화 기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 교량과의 비교설계 수행</li> <li>- 초기 경제성 및 생애주기 비용 평가</li> <li>- 프로액티브 저유지관리 교량관련 설계기준 및 시방서 제/개정 추진</li> </ul> </li> </ul>
	<p>4차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 소재 융복합 교량의 현장 적용             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 융복합 교량 제작 및 구조성능 모니터링</li> <li>- 현장 설계반영 및 현장적용 활동</li> </ul> </li> </ul>
	<p>5차년도</p>
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술적 기대효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 소재의 기술적 융복합/하이브리드 구조시스템 기술의 개발과 검증</li> <li>- 이종 강재간 융복합화에 대한 장기 내구성능 검증과 기술구현</li> <li>- 100년 이상의 장수명 달성을 통한 CO<sub>2</sub> 30% 절감 기여</li> </ul> </li> <li>○ 정책적 기대효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도장/재도장에 따른 VOC발생 삭감 및 탄소배출량 30% 절감에 기여</li> <li>- 교량의 유지관리, 점검 및 보수 정책의 대폭적인 효율화 구현</li> <li>- 100년이상의 장수명 달성으로 공공시설물 관리정책 개선가능</li> </ul> </li> <li>○ 경제적 기대효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반교량 대비 초기 공사비 10% 절감</li> <li>- 교량의 생애주기 비용 기존 대비 30% 이상 감축으로 연간 약 2,000~3,000억원 이상의 국가예산 절감</li> <li>- 시설물 유지관리/점검 및 보수 비용의 획기적 단축과 생략</li> </ul> </li> </ul>
<p>최종성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감 교량             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장기내구성, 구조성능, 경제성, LCC 개선 등 검증자료</li> </ul> </li> <li>■ 프로액티브 유지관리 절감 교량의 적용기반 자료             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준, 설계프로그램, 현장 적용 실적 등</li> </ul> </li> </ul>
<p>활용방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 일반 환경에서는 일반강+고성능 내후성강 융복합 교량적용으로 초기 공사비 10% 절감 및 LCC 30% 이상 절감</li> <li>◆ 해안/해상/제설제 등 염해지역 등에서는 스테인레스+일반강 등의 융/복합 교량을 적용하여 LCC 30% 이상 절감 유도</li> <li>◆ 설계 자동화 프로그램, 설계/제작지침과 예제집 등으로 설계자 및 제작사의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과 객관성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대</li> <li>◆ 제작사/설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한 연구기간 내 활용 유도</li> </ul>

### (3) 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술

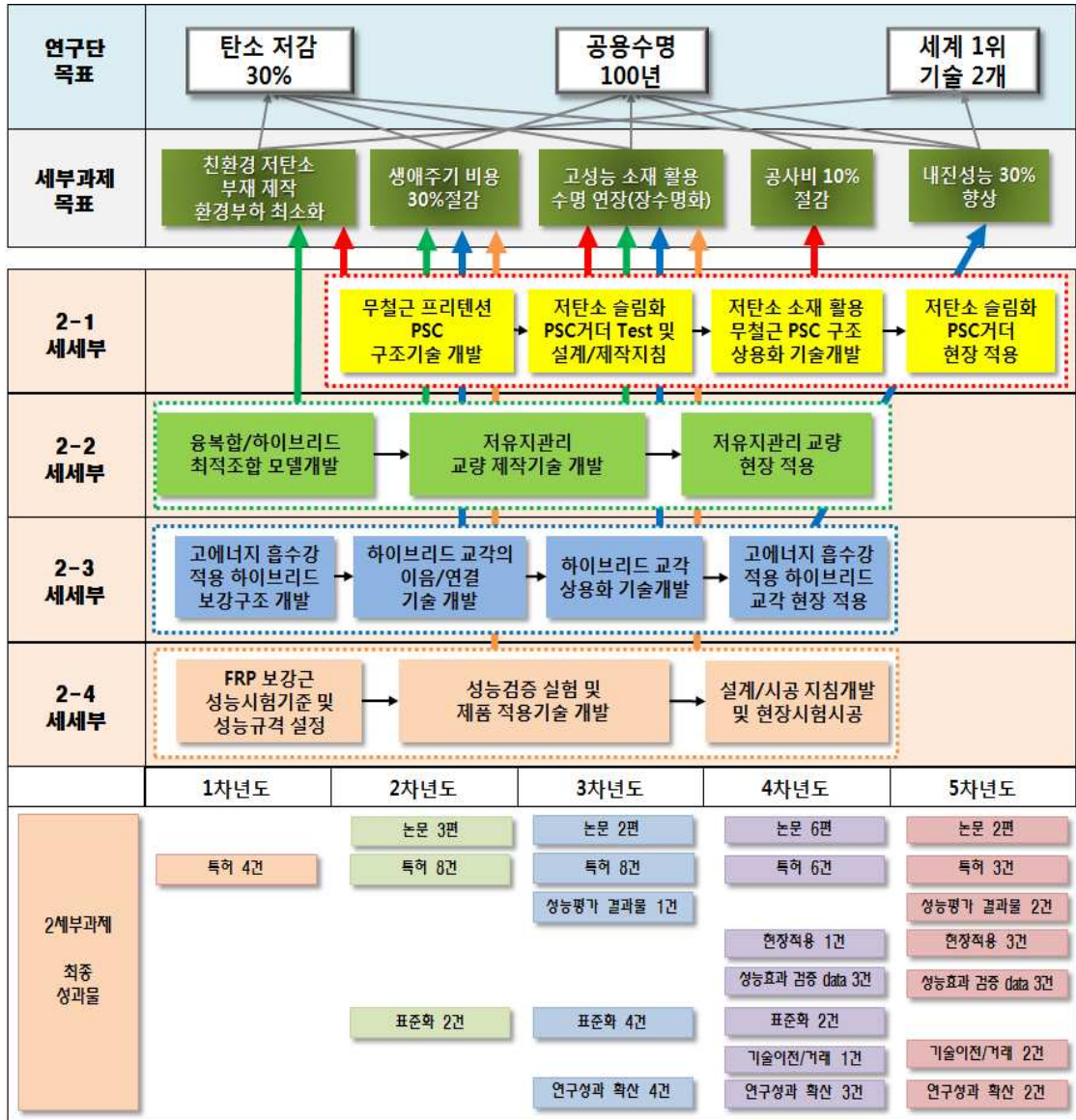
세세부과제 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각 내진성능 향상 및 보강기술 개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 효율적인 교각 시스템 개발</li> </ul>
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 하이브리드 저교각 보강 기술 개발을 통한 내진성능 및 수명 30% 이상 향상</li> <li>- 고성능 소재 적용 슬림화 하이브리드 교각 시스템 개발 및 탄소저감 30%</li> </ul>
연차별 과제 연구 내용	1차년도
	2차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 교량용 고에너지흡수강 및 접합기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량간 기반 교각구조물용 고에너지 흡수강 활용기술 도출</li> <li>- 고에너지흡수강용 접합기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 교각의 하이브리드 보강구조안 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- CFT 구조와 소재 종류에 따른 구속효과 및 내진성능 분석</li> <li>- 하이브리드 구조의 접합부 기술분석</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 구조안 도출</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각의 하이브리드 보강구조안 도출</li> </ul> </li> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 구조성능 평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 Double Skin CFT 기둥의 구조성능 평가</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각 보강에 따른 성능향상 평가</li> <li>- 하이브리드 교각의 장기거동 성능평가</li> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 기둥구조의 설계지침안 도출</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 기둥구조 내진보강 설계지침안 도출</li> </ul> </li> </ul>
	3차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 이음/연결기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드 교각의 기둥-기초, 기둥-코핑 연결상세 개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 교각구조의 설계/제작지침안 도출</li> </ul> </li> </ul>
	4차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 상용화 기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 교각 및 보강기술 설계/제작지침 개발</li> <li>- 기존 RC 교각과의 비교설계 및 경제성 분석</li> <li>- 설계자동화 프로그램 개발</li> <li>- 교각 형식별 설계예제 작성</li> </ul> </li> </ul>
	5차년도 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 현장 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용 (설계반영/설계변경/현장적용 등)</li> </ul> </li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 등 저탄소/고성능소재 활용 교각 설계/제작기술 확보</li> <li>- 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강기술 확보</li> <li>- 하이브리드 교각 및 보강기술 구현을 통해 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 내진성능/내구수명 30% 향상</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량구조물의 내진성능 향상과 내구수명 향상을 통해 지진 등에 따른 교량구조물의 붕괴우려 불식 및 국민 삶의 질 향상</li> <li>- 사회 기반 시설물 건설에서의 탄소배출량 30%이상 절감</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신설 및 노후화 교각의 장수명화를 통해 교량 건설비용 절감 약 600~900억원/년 절감 (년간 교각 시장규모의 30% 수준)</li> </ul> </li> </ul>
최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 보강구조 및 이용기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 보강상세 기술</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 성능평가자료</li> <li>- 하이브리드 교각 보강기술 설계/제작지침 및 설계자동화 프로그램</li> </ul> </li> <li>■ 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각시스템 및 이용기술</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각구조</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각시스템 설계/제작지침</li> <li>- 하이브리드 교각 설계자동화 프로그램</li> </ul>
<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 신규 건설되는 도로교와 철도교에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 보수보강이 요구되는 노후 도로교와 철도교 교각에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 새로운 교각시스템 및 보강구조에 대한 설계개념 및 설계기준에 대한 엔지니어 및 대학생 교육용 활용</li> <li>◆ 설계 자동화 프로그램, 설계/제작/시공 예제집 등을 개발하여 설계자의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과의 객관성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대 유도</li> <li>◆ 제작사/설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한 연구기간 내 활용 유도</li> </ul>

#### (4) 콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술

<b>세세부과제 범위</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 부재 경제성 향상 및 성능검증</li> <li>- FRP 보강근 부재 적용기술개발 및 상용화</li> </ul>
<b>기술개발 목표</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 적용부재 적용기술 개발 및 상용화</li> <li>- FRP 보강근 부재적용을 통해 일반 철근적용 부재대비 수명 30% 향상</li> </ul>
<b>연차별 과제 연구 내용</b>	<b>1차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행 연구자료 수집 및 분석</li> <li>- FRP 보강근의 단기 성능시험 및 시험지침 개발</li> </ul>
	<b>2차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근의 장기(피로, 크리프 등) 성능시험 및 시험지침 개발</li> <li>- FRP 보강근의 재료 경제성 향상 방안 도출</li> </ul>
	<b>3차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근을 사용한 콘크리트 교량 부재의 성능 시험</li> <li>- FRP 보강근 적용 부재 설계 및 시공지침 개발</li> <li>- FRP 보강근을 사용하는 콘크리트 구조물의 설계기준/시방 제/개정</li> </ul>
	<b>4차년도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 설계반영/시험시공 수행</li> <li>- FRP 보강근을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화 달성</li> </ul>
	<b>5차년도</b>	
<b>기대효과</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 활용 구조시스템 기술 확보</li> <li>- FRP 보강근의 구조물 적용 설계 및 시공지침 확보</li> </ul> </li> <li>• <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량구조물의 FRP 보강근 기술을 적용하여 사회 기반 시설물의 내구수명 30%이상 향상</li> </ul> </li> <li>• <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내구수명 30% 향상에 따라 교량 부재 교체주기 감소 및 건설비용 절감</li> </ul> </li> </ul>
<b>최종성과물</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ RP 보강근 적용 구조부재 상용화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조성능, LCC 경제성 검증자료, 시험/설계/시공지침</li> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준, 설계프로그램, 현장 Test Bed 실적</li> </ul> </li> </ul>
<b>활용방안</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP의 재료적 이점(고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 콘크리트 부재에 활용 추진</li> <li>◆ 비자성 및 비전도성을 필요로 하는 병원시설물, 자기부상열차용 교량 등의 건설에 FRP 보강재가 활발히 사용될 것으로 판단됨</li> <li>◆ FRP적용 시험/설계/제작지침과 예제집 등으로 설계자 및 제작사의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공기준의 명문화로 연구결과의 객관성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대 유도</li> <li>◆ 설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한 연구기간 내 활용 유도</li> </ul>

마. 연구개발과제 TRM



## 바. 최종성과물 및 성과지표

세세부과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
세세부과제 2-1: 지탄소 강성유 활용 무철근 PSC 교량 기술	지적재산권	특허출원/등록 건수	특허출원/등록 여부	건	10	원천기술 선정
	논문	학술지 게재 논문 건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	5 (2)	학술적 가치의 객관적 인증
	현장 구축 및 활용	현장 적용 실적	현장 실적 여부	건	2	실용화 가능성 타진
	기술성능 목표달성	최대 형고비	형고비 측정	-	1/20	품질만족도 제고
	비용절감 효과	공사비용 절감효과	단위면적당 공사비 확인	%	10	사업화 가능성 타진
	에너지 및 환경	CO <sub>2</sub> 절감효과	제작 중 CO <sub>2</sub> 발생량 산정	%	30	연구목표 달성여부 판단
	표준	지침/시방서	설계 및 시공 지침 확인	건	2	실용화 기반 확보
	기술이전	기술이전 건수	기술이전 계약서 확인	건	1	실시기업 확보
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련 홍보	연구개발 홍보 건수 확인	건	3	기술력 홍보
세세부과제 2-2: 장수명 소재 융복합 프로액티브 자유지관리 교량 기술	지적재산권	특허출원/등록 건수	특허출원/등록 여부	건	6	원천기술 선정
	논문	학술지 게재 논문 건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	3 (1)	학술적 가치의 객관적 인증
	현장 구축 및 활용	현장 적용 실적	현장 실적 여부	건	1	실용화 가능성 타진
	기술성능 목표달성	장수명화	보장 사용수명	년	100 년이 상	기존 50년대비 차별화
	비용절감 효과	LCC 평가	기존대비 절감율	%	30	초기+생애기간 비용평가
	에너지 및 환경	CO <sub>2</sub> 절감효과	공용기간중 CO <sub>2</sub> 발생량 산정(장수명포함)	%	30	연구목표 달성여부 판단
	표준	지침/시방서	설계 및 시공 지침 확인	건	2	실용화 기반 확보
	기술이전	기술이전 건수	기술이전 계약서 확인	건	1	실시기업 확보
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련 홍보	연구개발 홍보 건수 확인	건	2	기술력 홍보
세세부과제 2-3: 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술	지적재산권	특허출원/등록 건수	특허출원/등록 여부	건	8	원천기술 선정
	논문	학술지 게재 논문 건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	5 (2)	학술적 가치의 객관적 인증
	현장 구축 및 활용	현장 활용실적	현장 실적 여부	건	1	실용화 가능성 타진
	기술성능 목표달성	내진성능	보강을 통한 내진성능 향상	-	50% 이상	내구수명 향상
	에너지 및 환경	CO <sub>2</sub> 절감효과	제작 중 CO <sub>2</sub> 발생량 산정	%	30	연구목표 달성여부 판단
	표준	지침/시방서	설계 및 시공 지침 확인	건	2	실용화 기반 확보
	기술이전	기술이전 건수	기술이전 계약서 확인	건	1	실시기업 확보
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련 홍보	연구개발 홍보 건수 확인	건	2	기술력 홍보
세세부과제 2-4: 콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술개발	지적재산권	특허출원/등록 건수	특허출원/등록 여부	건	5	원천기술 선정
	논문	학술지 게재 논문 건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	건	5 (2)	학술적 가치의 객관적 인증

	기술성능 목표달성	내구수명	RC대비 내구수명	%	30% 이상	내구수명 향상
	표준	지침/시방서	설계 및 시공 지침 확인	건	2	실용화 기반 확보
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련 홍보	연구개발 홍보 건수 확인	건	2	기술력 홍보

## 사. 연차별 성과지표 검증방안

세세부과제	성과목표	검증 방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
세세부과제 2-1: 저탄소 강성유 활용 무철근 PSC 교량 기술	지적재산권 (10건)		특허출원 3건	특허출원 2건	특허등록1건 특허출원2건	특허등록 2건
	논문 (5건)			국내학술지 2건	국내학술지 1건 SCI 1건	SCI 1건
	현장 구축 및 활용(2건)					현장 구축 2건
	기술성능 목표달성 (형고비: 1/20)					현장적용시 성능평가
	비용절감 효과 (공사비 10%절감)					현장적용시 공사비비교
	에너지 및 환경 (CO <sub>2</sub> 30%절감)					현장적용시 CO <sub>2</sub> 배출량 산정
	표준 (2건)		설계지침 1건	시공지침 1건		
	기술이전 (1건)					기술이전 협약 1건
연구성과 확산 노력(3건)		연구홍보 기사 1건		연구홍보 기사 1건	연구홍보 기사 1건	
세세부과제 2-2: 장수명 소재 융복합 프로액티브 저유지관리 교량 기술	지적재산권 (6건)	특허출원 2건	특허출원 2건	특허등록 2건		
	논문 (3건)		국내학술지 1건	국내학술지 1건	SCI 1건	
	현장 구축 및 활용(1건)				현장 구축 1건	
	기술성능 목표달성 (수명: 100년이상)				현장적용시 성능평가	
	비용절감 효과 (LCC 30%절감)		설계예제 비교		현장적용시 LCC비교	
	에너지 및 환경 (CO <sub>2</sub> 30%절감)		설계예제 평가		현장적용시 CO <sub>2</sub> 배출량 산정	
	표준 (2건)		설계지침 1건	시공지침 1건		
	기술이전 (1건)				기술이전 협약 1건	
연구성과 확산 노력(2건)			연구홍보 기사 1건	연구홍보 기사 1건		
세세부과제 2-3: 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술	지적재산권 (8건)	특허출원 2건	특허출원 3건	특허등록1건 특허출원1건	특허등록 1건	
	논문 (5건)		국내학술지 2건	국내학술지 1건 SCI 1건	SCI 1건	
	현장 구축 및 활용 (1건)				현장 구축 1건	
	기술성능 목표달성 (내진성능50%향상)				실험/해석을 통한 내진성능 평가	
	에너지 및 환경 (CO <sub>2</sub> 30%절감)				현장적용시 CO <sub>2</sub> 배출량 산정	
	표준 (2건)		설계지침 1건	시공지침 1건		
	기술이전 (1건)				기술이전 협약 1건	
	연구성과 확산 노력(2건)		연구홍보 기사 1건		연구홍보 기사 1건	

<b>세세부과제 2-4: 콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술개발</b>	지적재산권 (5건)	특허출원 2건	특허출원 1건	특허등록1건	특허등록 1건	
	논문 (5건)		국내학술지 2건	국내학술지 1건 SCI 1건	SCI 1건	
	기술성능 목표달성 (내구수명30%향상)				RC대비 내구수명 30% 향상	
	표준 (2건)			설계지침 1건	시공지침 1건	
	연구성과 확산 노력 (2건)			연구홍보 기사 1건	연구홍보 기사 1건	

- 각 세세부과제별 연구성과 목표를 위한 구체적인 성과 검증은 아래와 같음

세세부 과제	성과목표	검증방안
2-1	탄소배출량 30% 절감	기존 교량 프로젝트에 대해 사례분석을 통해 소재, 제작, 운반, 시공단계에서의 탄소배출량을 도출한 후 '저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 구조' 로 변경 시공 시 소요되는 각 단계별 탄소배출량을 분석하여 성과 검증
	공사비 10% 절감	'저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 구조' 와 유사한 성능을 갖는 교량 거더와의 비교설계 및 경제성 분석을 통한 성과 검증
2-2	생애주기비용 30% 절감	기존 교량에 '장수명 소재 융복합 프로액티브 자유지관리 교량 기술' 을 적용 비교설계하고 생애주기비용 분석을 수행하여 성과 검증
	탄소발생 30% 절감	'장수명 소재 융복합 프로액티브 자유지관리 교량 기술' 을 적용하여 교량의 수명을 100년으로 연장할 때의 탄소배출량을 분석하여 기존 교량 대비 탄소배출량 비교 및 성과 검증
2-3	탄소배출량 30% 절감	기존 철근콘크리트 교각 구조물에 '고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술' 을 적용하여 설계 및 제작하여 슬림화 구조를 검증하고, 각각의 시공단계에서 발생하는 탄소배출량을 분석하여 성과 검증
	내진성능 및 수명 30% 향상	철근콘크리트 교각과 동등한 하중성능을 갖는 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 교각을 제작 내진성능 비교시험 및 이를 통한 수명평가를 수행하여 성과 검증
2-4	내구수명 30% 향상	RC 철근 구조대비 부재의 내구수명 평가를 통해 내구수명 검증

## 아. 기술수요처 및 사업화 방안

공동과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
세세부과제 2-1: 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술	저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강 연선 활용 무철근 프리텐션 콘 크리트 교량제품	교량제작 전문업체 건설사	기술이전을 통한 현장적용
세세부과제 2-2: 장수명 소재 융복합 프로젝티브 자유지관리 교량기술	장수명 소재 융복합 적용 유지 관리절감 교량 및 적용기반 자 료	교량제작 전문업체 건설사	- 설계 및 시방기준 제/개정 반영 - 현장 적용 - 기술이전
세세부과제 2-3: 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술	고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 구조 기술	하부구조 전문제작/보강업체 건설사	기술이전을 통한 현장적용
세세부과제 2-4: 콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술개발	콘크리트 부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술	발주처 건설사	- 설계 및 시방기준 제/개정 반영 - 현장적용

- 각 세세부과제별 실용화를 위한 구체적인 연구계획은 아래와 같이 정리하였음

	요소기술	적용 연차	비고
[2-1]	PSC 거더용 저탄소 소재 개발 및 재료성능 검증	2차년	공법 개발 기술이므로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침) 및 기술 이전이 가능함
	2400MPa 고강도 강연선 적용 무철근 프리텐션 PSC 구조 기술 개발	2차년	
	저탄소 슬림화 PSC거더 Mock-up Test 및 설계/제작지침 개발	3차년	
	저탄소 소재 활용 무철근 PSC 구조 설계표준화 및 상용화 기술개발	4차년	
	저탄소 슬림화 PSC거더 현장 적용	5차년	
[2-2]	고내식성소재 접합기술 개발 및 소재 융복합/하이브리드 조합분석	1차년	공법 개발 기술이므로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침) 및 기술 이전이 가능함
	설계 및 환경조건별 최적 융복합/하이브리드 조합 모델 개발	2차년	
	소재 융복합 교량의 구조성능 평가 및 설계/제작지침 개발	2차년	
	소재 융복합 교량의 설계표준화 및 상용화 기술 개발	3차년	
	소재 융복합 교량의 현장 적용	4차년	
[2-3]	교량용 고에너지흡수강 및 접합기술 개발	2차년	공법 개발 기술이므로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침) 및 기술 이전이 가능함
	고에너지 흡수강 적용 교각의 하이브리드 보강구조안 도출	2차년	
	고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 구조성능 평가	2차년	
	고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 이음/연결기술 개발	3차년	
	고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 상용화 기술개발	4차년	
	고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 현장 적용	5차년	
[2-4]	선행 연구자료 수집 및 분석	1차년	FRP 보강근 적용기술 개발에 관련 실용화 연구로 각 요소기술들은 패키지화되어 하나의 기술로 개발되어 시방서(지침)로 구성
	FRP 보강근의 단기 성능시험 및 시험법 개발	1차년	
	FRP 보강근의 장기 성능시험 및 시험법 개발	2차년	
	FRP 보강근의 정부착 시험 및 시험법 개발	2차년	
	FRP 보강근을 사용한 콘크리트 교량 부재의 성능평가	3차년	
	FRP 보강근을 사용하는 콘크리트 구조물의 설계기준	3차년	
	FRP 보강근을 활용한 콘크리트 부재 현장적용	4차년	

- 지능형 친환경 교량의 supply chain 상에 있는 기업들을 연구과제에 참여시켜 연구를 수행하고, 개발된 기술은 각 기술의 전문업체에 이전하여 사업화하도록 함

### 3. 3세부과제 개요

#### 가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	예방적 유지관리를 위한 지능형 교량 통합 관리 기술 개발
세부과제의 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지능형 생애주기 통합 관리를 위한 BIM 활용 BMS의 유지관리 데이터베이스 시스템 개선 및 IT계측결과-BMS 연계운영기술 개발</li> <li>- LCC/LCP기반 교량성능 평가기술 및 최적관리 의사결정기술</li> <li>- 공용중 모니터링 기반 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 붕괴유발 핵심 부위 진단을 위한 다물리량 무선 건전성 평가 기술</li> <li>- 붕괴취약부위 국부 진단 기술 개발</li> <li>- 주요 부재 형상 관리 기술 개발</li> <li>- 조립 시공 및 부분 교체시 모듈 정밀 시공 기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 기술</li> <li>- 산업부산물등을 활용한 보수용 모르타르 제조 기술</li> <li>- 무용제형 고내구성 방식기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 건설, 생애주기 관리 및 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 구성 및 DB 구축</li> <li>- 교량의 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템 구축 및 친환경 교량 관리 전략 수립 기술</li> </ul> </li> </ul>
기술개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생애주기 관리기법을 통한 생애주기 유지관리비용 20% 절감</li> <li>- 교량 생애주기 관리 시스템 고도화 및 실용화</li> <li>- IT 계측 및 응답 기반 교량 성능 평가 기술 개발</li> <li>- 교량 생애주기 성능 기반 최적 교량관리정책 지원 도구 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 현장 안전관리를 위한 무선 USN 기반 붕괴유발 부위 모니터링 시스템 개발</li> <li>- 첨단 비파괴검사 (NDT) 와 스마트 센싱 기술을 접목하여 붕괴취약부위에 대한 국부 모니터링 기술 개발</li> <li>- 주요 부재 제작에서의 형상 및 품질 관리 시스템 개발</li> <li>- 실시간 부재 위치 정보 모니터링 기반의 조립 시공 및 부분 교체시 모듈 정밀 시공 기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ <b>저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 기술 개발:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>수퍼섬유등을 사용하여 기존기술 대비 30% 재료 절감효과를 통한 친환경, 고성능기술</li> </ul> </li> <li>- 보수용 모르타르 제조 기술 확보:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>산업부산물을 가공한 친환경적인 기술 개발</li> </ul> </li> <li>- 무용제형 고내구성 방식기술 개발:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>유해 휘발성 유기화합물이 없는 친환경 방식기술 확보</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ <b>친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>- 주요 교량 형식 별 주요 부재 별 탄소배출량 DB 구축</li> <li>- 생애주기 교량 관리를 위한 탄소배출량 평가 시스템 구축</li> </ul> </li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 생애주기를 고려한 3차원 BIM 및 스마트 디바이스 활용을 통한 LCA/LCC/LCP 기반의 친환경적 신뢰도 있는 교량유지관리를 통한 생애주기 단계별 수행조직간 정보 공유로 교량 생애주기 관리 효율성 증대</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 대비하여 수집된 정보의 체계적으로 관리 방안 제시</li> <li>- 시공 중 재해가능성에 대한 합리적 예측, 예방 및 능동적 대처</li> <li>- 부재 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 확보하여 체계적이고 효율적인 시공 관리가 가능하며 건설 시장 자동화에 큰 기여 기대</li> <li>- 교량의 연결 이음부의 보수/보강을 위해 기존 보수/보강 재료로서의 단점 (이방성, 취성유도 등)을 극복하여 교량구조물의 재난·재해에 대한 구조적 안전성 확보에 기여</li> <li>- 산업부산물 활용 친환경 보수재 제조 원천기술 확보를 통한 자원 순환형 보수재료 기반구축</li> </ul> <p>● <b>정책적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신뢰성 있는 정보 기반 주요 시설물 관리 기술 확보로 유지관리 비용 20% 절감 및 안전도 확보</li> <li>- 비파괴검사 기술 향상을 추진하는 비파괴검사기술진흥법에 부합하며, 나아가 전문화된 검사기술 기법을 확립, 비파괴 검사기술의 발전을 통해 국제 경쟁력 확보 가능</li> <li>- 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 통한 조립식 교량 시스템의 효율화는 녹색기술의 적용을 장려하고 있는 국가 정책에 부합하며 자동화 시스템 실현을 통해 건설 현장의 안전사고율을 낮출 것으로 기대</li> <li>- 대형 사회기반시설물의 보호 및 유지에 필요한 보수·보강 재료 원천기술 확보</li> <li>- 친환경, 환경부하저감형 보수/보강 재료 핵심기술의 국산화를 통한 국제 경쟁력 확보 가능</li> </ul> <p>● <b>경제적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 설계/시공 단계의 정보 정의를 통해서 건설 프로젝트의 패러다임을 지능화/정보화로 전환하여 건설 기술의 생산성 증대</li> <li>- 건설분야의 예산 감소에 따라 효율적 유지관리 예산 배분 및 정보 공유 미비로 인한 낭비요인 제거</li> <li>- 최근 유비쿼터스 개념과 무선전송기술에 대한 관심 및 연구가 급속히 증가하고 있는 상황에서 진보된 본 무선전송시스템의 경우 시장 확장 및 선진화된 기술 발전 기대</li> <li>- 부재 형상 관리 기술 개발을 통해 부재 제작비를 최소화할 수 있으며 정밀 시공 기술 개발을 통한 시공 자동화로 인력비를 절감할 수 있을 것으로 기대</li> <li>- 고성능 보수·보강재 및 고내구성 방식재료 개발을 통해 국내 보수·보강·방식 시장 확대에 기여할 뿐만 아니라, 국외 보수·보강·방식 시장에서도 우위를 선점할 것으로 기대됨</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>주요성과물</b></p>	<p>■ <b>생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 형식별 생애주기 비용 및 성능 모델 및 평가 기술</li> <li>- 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 성능평가기법 개발</li> <li>- LCC/LCP기반 교량관리 의사결정최적화 도구</li> <li>- 지적 재산권 6건, 학술 논문 20편 (SCI급 10편 포함)</li> </ul> <p>■ <b>붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 USN 기반 시공/교체 중 상시 붕괴 모니터링시스템 개발</li> <li>- 시공/교체 중 안전관리를 위한 붕괴안전 지표 산정</li> <li>- 교량 건전성 평가를 위한 내장형 센서 노드</li> <li>- 이음부 손상 발생 매커니즘 분석 보고서</li> <li>- 세그먼트 이음부 국부 상시 모니터링 기술</li> <li>- 교량의 전체 및 국부 모니터링 통합 관리 솔루션</li> <li>- 부재 형상관리를 위한 레이저 스캐너 제어 시스템 및 형상 관리 기술</li> <li>- 부재 정밀 시공을 위한 카메라 기반 제어 시스템 및 정밀 시공 기술</li> <li>- 지적 재산권 5건, 학술 논문 17편 (SCI급 10편)</li> </ul> <p>■ <b>저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 기술 개발</li> <li>- 산업부산물등을 활용한 보수용 모르타르 제조기술 개발</li> <li>- 친환경 무용제형 고내구성 방식기술 개발</li> <li>- 개발 기술 관련 기준 및 지침 개발</li> <li>- 지적 재산권 4건, 학술 논문 10편 (SCI급 8편)</li> </ul>

■ **친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술**

- BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델
- 탄소배출량 DB 및 평가 시스템
- 환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침

**나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성**

**□ 연구개발 필요성**

- 교량 생애주기 각 단계별 수행조직들 간 정보공유의 어려움으로 교량 생애주기 관리의 효율성이 저하되고 있음
- 기존의 유지관리 시스템은 단순히 정보 보관 이상의 의미를 갖지 못하며, 유지관리 시 얻어지는 정보 및 이력을 체계적으로 관리하지 못하고 있음. 시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 따라 수집된 정보가 체계적으로 관리되지 못하는 실정임
- 기존 및 신설 교량의 증가에 따라 교량 관리 수요가 늘어날 것으로 예상되며 이에 따른 교량 관리에 대한 인력 및 비용이 증가될 것으로 예상됨
- 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 평가 표준화, 자산가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 통합 시스템이 구축되어야 하나 부분적인 요소기술만 개발된 실정
- 현재 교량의 국부적 노후화 및 기능저하에 대하여 부분적인 유지관리가 필요함에도 불구하고 비경제적으로 전면교체가 이루어지는 실정이므로, 구조물의 기능저하를 세그먼트별로 평가/진단하고 손상세그먼트만 부분교체 가능한 교량기술이 확보되면 노후교량에 대한 선제적, 경제적 대응이 가능할 것으로 판단됨
- 모듈화된 구조 시스템은 현장 타설과 달리 철근을 연속으로 배근하는 것이 불가능하므로, 구조 시스템을 일체화하기 위해서는 많은 이음연결부가 존재하며, 사전 긴장으로 연결된 두 개의 세그먼트 사이에 있는 모든 공극을 완전히 채움으로써 긴장력을 전단면에 걸쳐 골고루 분포 시켜야 함. 따라서 이음연결부는 세그먼트 구조 시스템에 있어 핵심 붕괴 유발 부재이며, 이에 대한 적합하고 신뢰성 높은 진단 기법 개발 및 현장 타설 구조물에 비해서 좀 더 엄밀한 사전 대책이 요구됨

## □ 정부지원 필요성

- 국토해양부의 제 4차 국토종합계획 수정계획 (2011~2020년)의 “IT 기술을 활용한 첨단 통재방재시스템 구축, 예방적 통합적 안전관리 체계 구축” 측면에서 정부 상위 정책에 부합함
- 추후 교량시설물의 유지관리를 담당하는 중앙 정부나 지방자치 단체이므로 정부의 지원이 타당함
- 본 연구에서 개발되는 기술들은 국가적 차원에서의 일괄적이고 통합된 적용과 검증이 필요하기 때문에 민간에서 국부적으로 주도하여 적용하기에는 적합지 않음
- 최근 탄소저감과 친환경 에너지 정책에 따라, 교량구조물에 대해서도 장수명화를 통한 친환경 교량 개발이 주요 정부 정책 방향이 되어가고 있기 때문에, 구조물의 붕괴 유발 부재에 대한 모니터링 기법 개발은 그 중요성 및 정부 지원의 필요성이 점차 강조되고 있음
- 교량 건설 강국과의 해외시장 경쟁에서 기술적 우위를 확보하는데 필요한 독창적이고 원천 기술을 보유할 수 있는 연구에 대한 정부 차원의 전략적 지원이 필요
- 

## 다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

### (1) 생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
국가 주요시설물 안전관리 네트워크 시범 구축 및 운영시스템 개발	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요시설물 상시 안전관리 시스템 시범 구축 및 평가기준 개발</li> <li>- 네트워크 통합 운영시스템 구축 및 운영기준 마련</li> <li>- 조기경보·신속대응 자동화 시스템 개발</li> </ul>	연계 가능	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 네트워크 통합 운영시스템 구축 및 운영</li> <li>- 계획치 시계열 Database 운영기술</li> </ul>
스마트 구조물의 생애주기 분석	교육과학기술부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물에 설치된 스마트 센서로부터 발생한 곁항을 검출한 데이터를 이용하여 신뢰성 해석을 통해 구조물의 상태등급을 산정하고 이로부터 구조물의 최적화된 유지관리 시나리오 모델을 개발하였음</li> </ul>	고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최소 유지관리 비용과 최대 교량 수명의 최대화 / 성능의 최대화라는 다목적 최적화 기법을 이용한 확률적 구조물의 유지관리 기법을 개발</li> <li>- 지속적인 교량 성능 예측 모델의 신뢰성 개선을 위한 유지관리 데이터 / 계획 데이터를 관리 시스템을 개발</li> </ul>
교량진단에 적합한 첨단센서 및GUI기반 통합평가시스템 개발	한국도로공사 도로교통연구원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량 통제 없이 교량의 내하력을 판정하는 기법 제안</li> <li>- 교량의 가속도 응답을 통한 동적 특성을 추출하고, 이를 기반으로 구조해석모델 개선, 개선된 모델로부터 처짐보정계수를 산정, 교량 내하력 판정</li> </ul>	고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행과제는 동적 가속도응답만을 사용하여 모델 개선을 실시함</li> <li>- 계획된 다양한 교량 데이터를 이용하여, 유한요소 모델 개선에 활용</li> <li>- 동/정적 데이터 융합을 활용하기 위해 적합한 역해석 기법 개발</li> </ul>

## (2) 붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
압전센서를 이용한 구조물의 이상상태 평가	교육과학 기술부	- 구조물 진단용 압전센서의 기술을 정립 - 신호처리 모듈을 개발하여 그 성능을 검증	연계 가능	기존 연구를 통해 압전센서를 토목구조물에 적용하기 위한 적용성을 평가하였으며, 이를 통해 검증된 압전 센서를 붕괴유발 부재의 모니터링을 위해 활용 예정
녹색 에너지 기반시설물을 위한 스마트 스캐닝 시스템 개발	교육과학 기술부	- 내장형 센서를 활용한 원격 신호 생성 - 레이저 스캐닝 시스템 구축	고도화	교량구조물의 경우 접근이 용이하지 않고 장거리에 걸쳐 결함검사가 이루어져야 하므로 최소한의 장비를 이용하여 효율적으로 점검할 수 있는 기법 개발에 집중함으로써 차별화 함
첨단센서 기반의 대형 건설현장 실시간 시공 관리기술 개발	국토해양부	- 첨단 센서를 이용한 대형건설 시공 관리 기술 - 3차원 모델링을 통한 통합관리시스템의 시각화, 공정시각화 - 건설현장 실시간 시공관리 기술	연계 가능	- 본 연구와 중복된 연구 내용이 없으나 이 과제에서 수행된 3D 시각화 시공관리 기술 활용 - 프리캐스트 자재의 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 새롭게 개발
멀티센서 공간 영상정보 통합처리기술 개발	정보통신부	- 멀티센서 융합기반 3차원 시설물 정보 생성 기술 - 멀티센서 융합기반 3차원 지형정보 생성기술 - 멀티센서 융합데이터 활용 서비스 기술	연계 가능	- 이 과제에서 개발된 멀티센서 융합 기반 3차원 시설물 정보 생성 기술 활용 - 단순 시설물 정보만을 얻는 것을 넘어 프리캐스트 정밀 시공을 위한 부재 위치 정보 생성 기술 개발 예정
모듈러교량 기술개발 및 실용화	국토해양부	- 강재 모듈러 상부구조 시스템 개발 - 모듈러 하부구조 시스템 개발 - 모듈러 교량 통합 정보화 시스템 개발 - 모듈러 교량 사업모델 개발	연계가능	- 이 과제에서 개발된 모듈별 정보 표준화 기법 및 3차원 설계라이브러리 / 시공시뮬레이션 기법 활용 - 사전제작 교량 부재의 형상 관리를 위한 형상 정의 및 제작 오차 설정

## (3) 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
콘크리트 구조물의 FRP 보수/보강을 위한 기초연구 시스템	교육과학 기술부	- 콘크리트 구조물의 보수/보강을 위한 구조물의 비선형 균열 해석	고도화	- 본 과제에서 개발된 기술은 FRP sheet 보수/보강 기법과 섬유보강 코팅재의 장점을 융합하여 새로운 하이브리드형 스마트 보강재 기술을 제안함
석탄회를 대량 활용한 환경부하저감형 콘크리트 제조기술 개발	산업자원부	- 산업 부산물인 플라이애쉬 및 바텀애쉬를 사용하여 환경부하를 저감시킬수 있는 콘크리트의 상용화 추진	연계가능	- 기존 기술은 콘크리트를 제조하는 단계에서 머물러 있으나, 본 과제에서 개발된 기술은 초속경 시멘트와 결합하여 단면복구용 콘크리트 보수기술을 제안함
사회기반시설 장수명화를 위한 고성능 방수·방식 요소기술 개발	국토해양부	- 용제형의 고내구성, 무황변, 수작업형 폴리우레아수지 개발 연구를 수행하였으며, 시제품 개발을 추진하였음	연계가능	- 기존 기술은 용제를 사용하여 고내구성, 다기능성 폴리우레아수지를 개발하였으나, 본 과제에서는 친환경적인 무용제형태의 폴리우레아수지를 사용하여 내구성 성능을 확보하고자 함

#### (4) 친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술

유사과제명	발주처 수행기관	내용 및 주요기술	구분	활용 및 차별화 방안
3차원 건설정보기반의 의사결정지원 시스템 개발	건설교통부	- 시공단계별 의사결정 지원 시스템 개발	중복 없음 및 연계가능	- 유사과제에서 의미하는 의사결정은 시공단계별 의사결정 지원시스템으로써, 개별 요소기술별 데이터 취득 및 융합형 데이터분석을 통한 손상 평가 및 보수/보강 등 유지관리방식에 대한 의사결정을 지원하는 알고리즘에 대한 연구를 수행하는 본 과제와는 상이함 (단, 의사결정지원시스템에 대한 데이터베이스 구성에 대해서는 검토후 반영 가능)

## 라. 연구개발 주요 내용

### (1) 3-1 세세부과제: 생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술

세세부과제 범위		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생애주기 성능 평가 및 비용 산정을 통한 지능형 교량 관리 기술 개발</li> <li>- 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술개발</li> <li>- 교량의 잔존수명예측을 위한 생애주기 내하성능예측 모델 및 모듈 개발</li> </ul>
기술개발 목표		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 생애주기 정보 교환의 효율성 향상을 통한 유지관리 비용 20% 절감</li> <li>- 최적의사결정지원이 가능한 LCC/LCP 모델 개발</li> <li>- 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술개발</li> <li>- 교량의 장기수명예측을 위한 성능평가 모델 및 모듈 개발</li> <li>- 생애주기 비용 및 성능 예측을 통한 최적 교량 관리 의사결정 모듈 개발</li> </ul>
연차별 과제 연구 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 생애주기 성능 모델 및 비용 모델 구축을 위한 영향인자 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량성능 및 관리 비용에 영향을 주는 영향 인자 및 열화모델 분석</li> </ul> </li> <li>■ 교통하중에 대한 교량 응답에 기반한 성능평가 시스템개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 구조계 응답을 고려한 내하성능의 분석을 위한 효율적인 하중재하 및 구조 응답 계측 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 보수/보강효과 정량화를 위한 생애주기 성능 및 비용 모델 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 교량 주요 부재별 열화 모델 및 보수/보강효과 정량화 모델 개발</li> </ul> </li> <li>■ 교통하중에 대한 교량 응답에 기반한 성능평가 시스템개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통하중에 따른 응답의 입출력관계에 기반 구조성능 평가기법 개발</li> </ul> </li> <li>■ 온도하중에 대한 교량 변위응답에 기반한 성능평가 시스템개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도하중과 구조변위응답에 대한 단기 모니터링을 위한 효율적 계측 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 교량의 잔존수명예측을 위한 생애주기 내하성능예측 모델 및 모듈 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 교량내하성능 평가 방법의 한계 분석 및 교량 내하성능 평가 모델 개발</li> <li>- 추계적 교량 상태/성능 예측 및 업데이트 기법 개발</li> </ul> </li> <li>■ 온도하중에 대한 교량 변위응답에 기반한 성능평가 시스템개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도하중/구조변위응답에 기반한 교량받침 및 상부구조 성능평가기법 개발</li> </ul> </li> <li>■ 교통하중에 대한 교량 진동응답에 기반한 성능평가 시스템개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동적하중에 대한 교량 구조물의 입출력관계 규명 시스템 개발</li> <li>- 진동입출력관계에 기반한 구조성능평가기법 개발</li> </ul> </li> </ul>
	4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 최적 유지관리조치를 위한 LCC 모델 의사결정 지원 시스템 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리조치 의사결정지원을 위한 유지관리비용 모델 및 모듈 개발</li> <li>- 계측기반 현장 유지관리관련 데이터와 기존 BMS와의 연계 방안 연구</li> </ul> </li> <li>■ 다중 교량응답 데이터의 융복합분석 기반 성능평가기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우선순위 산정을 위한 알고리즘을 개선</li> <li>- 상시 우선순위 결정 체계 구축 및 모듈 개발</li> </ul> </li> </ul>
	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 스마트 계측 및 환경 인자 불확실성을 고려한 생애주기 내하성능 평가 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 계측 결과를 이용한 교량 내하성능 평가 기술 개발</li> <li>- 환경 인자의 불확실성을 고려한 교량 미래 내하성능 예측 기술</li> </ul> </li> <li>■ 최적의사결정지원이 가능한 생애주기 성능 및 비용 전략 산출 시스템 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 의사결정 지원 시스템 구현 및 시험운영을 통한 검증</li> </ul> </li> </ul>
기대효과		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 생애주기를 고려한 LCC/LCP 기반의 신뢰도 있는 교량유지관리를 통한 생애주기 관리 효율성 증대</li> <li>- 교량 설계/시공 단계의 정보 정의를 통해서 건설 프로젝트의 패러다임을 지능화/정보화로 전환하여 건설 기술의 생산성 증대</li> </ul> </li> <li>○ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설물 정보의 체계적 관리 및 차세대 지능형교량관리 기반구축에 활용</li> <li>- 스마트 계측을 통해 구조계 응답을 고려한 교량 실제 내하성능 평가에 활용</li> </ul> </li> <li>○ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신뢰성 있는 정보 기반 주요 시설물 관리 기술 확보로 유지관리 비용 20% 절감 및 안전도 확보</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설분야의 예산 감소에 따라 효율적 유지관리 예산 배분 및 정보 공유 미비로 인한 낭비요인 제거</li> </ul> </li> </ul>
<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 성능평가기법 개발</li> <li>◆ 응답기반 스마트 계측 및 응답기반 내하성능 평가 기법을 활용한 교량 생애주기 성능 평가 및 예측 산정식 도출</li> <li>◆ 스마트 계측 및 LCC/LCP기반의 최적 교량 관리 의사결정 모듈 개발</li> </ul>
<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 생애주기 관리/통합하는 시스템 개발을 통한 교량 생애주기 관리 시스템 표준화 기여</li> <li>◆ 통합적인 유지관리 데이터/계측 데이터 관리 시스템을 기반으로 변화하는 환경 속의 교량성능 모델의 적극적인 신뢰성 향상</li> <li>◆ 스마트 계측을 통한 구조계 거동 파악 및 교량 내하성능 평가에 활용</li> <li>◆ 학제간 융합 연구를 통해 다양한 기술 교류를 수행함으로써 연구 영역 확장 가능</li> </ul>

(2) 3-2 세세부과제: 붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한  
비접촉 센싱 및 무선 USN 기술

<p>세세부과제 범위</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 붕괴유발 핵심 부위 진단을 위한 다물리량 무선 건전성 평가 기술</li> <li>- 붕괴취약부위 국부 진단 기술 개발</li> <li>- 주요 부재 형상 관리 기술 개발</li> <li>- 조립 시공 및 부분 교체 시 모듈 정밀 시공 기술 개발</li> </ul>
<p>기술개발 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 현장 안전관리를 위한 무선 USN 기반 붕괴유발 부위 모니터링 시스템 개발</li> <li>- 첨단 비파괴검사 (NDT) 와 스마트 센싱 기술을 접목하여 붕괴취약부위에 대한 국부 모니터링 기술 개발</li> <li>- 주요 교량 부재 제작에서의 형상 및 품질 관리 시스템 개발</li> <li>- 모듈 정밀 시공 및 교체시스템 개발</li> </ul>
<p>연 차 별 과 제 연 구 내 용</p>	<p>1차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>시공/공용 중 교량 구조형식별 붕괴 유형 및 원인별 사고사례 조사/분석</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 붕괴 위험 인자 및 붕괴 메커니즘 분석을 통한 붕괴유발 가능 부위 선정 및 모니터링 항목 도출</li> <li>- 유한 요소 모델 해석을 통한 시공/교체 시 구조 안전성 및 붕괴 메커니즘 분석</li> </ul> </li> <li>■ <b>붕괴유발 부위 진단 및 정밀 시공 관련 기술 사례 조사/분석</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 중 현장 모니터링 관련 기존 및 최신 기술 사례 분석</li> <li>- 비접촉식 전력 및 정보 송수신 관련 최신 기술 및 적용 사례 분석</li> <li>- 기존 정밀 형상관리, 시공 및 교체 사례 수집/분석</li> </ul> </li> <li>■ <b>기존 기술과의 연계방안 분석 및 실제 적용 기법 최종 확립</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부분 교체 시, 구조 안전성 진단의 정확성을 위한 다양한 물리량 구성안 도출</li> </ul> </li> </ul>
	<p>2차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>시공 중 붕괴 유발 부위 모니터링 시스템 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선정된 모니터링 항목에 대한 다물리량 계측이 가능한 무선 USN 개발</li> <li>- 수치해석을 통한 다물리량을 통한 구조안전성 평가 기법 검증</li> </ul> </li> <li>■ <b>비접촉식 전력 및 정보 송수신 내장형 센서노드 개발</b></li> <li>■ <b>세그먼트간 인장재 및 연결 이음부 손상별 국부 진단 기술 개발</b></li> <li>■ <b>형상관리 및 정밀 시공, 교체 시스템 개발</b></li> </ul>
	<p>3차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>요소기술 보완</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pilot test 규모의 구조물에 적용, 부분 교체 메커니즘에 따른 부분 교체 축소 실험 및 다물리량 기반 무선 USN 적용</li> <li>- 계측 데이터의 패턴분석을 통한 위험도 예측 알고리즘 개발</li> <li>- 시공 중 붕괴 위험도 예측 알고리즘 보완 및 GUI 개발</li> <li>- 환경영향 조사 및 보정 기법 개발</li> <li>- 형상관리 및 정밀 시공, 교체 시스템의 오차 보정 솔루션 개발</li> </ul> </li> </ul>
	<p>4차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>개발기술 현장 적용 (현장 구축)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 적용 시, 각 세그먼트별 형상관리, 정밀시공 기술 적용 및 피드백</li> <li>- 건전성 모니터링 기술 실 구조물 적용 및 피드백</li> </ul> </li> </ul>
	<p>5차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>개발기술 현장 적용 (현장 적용)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐교를 이용한 손상진단 시험 및 피드백</li> <li>- 실용화를 위한 관련 개발 기술 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> </ul>
<p>기대효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 중 재해가능성에 대한 합리적 예측, 예방 및 능동적 대처</li> <li>- 전력선 없이 내장형 센서의 구동이 가능한 독창적 시스템의 구축을 통한 신뢰성 있는 손상 진단</li> <li>- 부재 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 확보하여 체계적이고 효율적인 시공 관리가 가능하며 건설 시장 자동화에 큰 기여 기대</li> </ul> </li> <li>• <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 중 붕괴 예방을 통한 인적 피해 및 부실공사 등 부정적 이미지 개선</li> <li>- 비파괴검사 기술 향상을 추진하는 비파괴검사기술진흥법에 부합하며, 나아가 전문화된 검사기술 기법을 확립, 비파괴 검사기술의 발전을 통해 국제 경쟁력 확보 가능</li> <li>- 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 통한 조립식 교량 시스템의 효율화는 녹색기술의</li> </ul> </li> </ul>

	<p>적용을 장려하고 있는 국가 정책에 부합하며 자동화 시스템 실현을 통해 건설 현장의 안전사고율을 낮출 것으로 기대</p> <p>• <b>경제적 기대효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원천기술개발로 지적재산권 확보가 가능하고, 시제품과 소프트웨어 상용화를 통하여 신성장 동력을 확보함</li> <li>- 최근 유비쿼터스 개념과 무선전송기술에 대한 관심 및 연구가 급속히 증가하고 있는 상황에서 진보된 본 무선전송시스템의 경우 시장 확장 및 선진화된 기술 발전 기대</li> <li>- 부재 형상 관리 기술 개발을 통해 부재 제작비를 최소화할 수 있으며 정밀 시공 기술 개발을 통한 시공 자동화로 인력비를 절감할 수 있을 것으로 기대</li> </ul>
<p><b>최종성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 무선 USN 기반 시공/교체 중 상시 붕괴 모니터링시스템 개발</li> <li>◆ 시공/교체 중 안전관리를 위한 붕괴안전 지표 산정</li> <li>◆ 교량 건전성 평가를 위한 내장형 센서 노드</li> <li>◆ 이음부 손상 발생 매커니즘 분석 보고서</li> <li>◆ 세그먼트 이음부 국부 상시 모니터링 기술</li> <li>◆ 교량의 전체 및 국부 모니터링 통합 관리 솔루션</li> <li>◆ 부재 형상관리를 위한 레이저 스캐너 제어 시스템 및 형상 관리 기술</li> <li>◆ 부재 정밀 시공을 위한 카메라 기반 제어 시스템 및 정밀 시공 기술</li> <li>◆ 개발 기술을 활용을 위한 기준 및 지침</li> <li>◆ 테스트 베드 교량 구조물에 제안 기술 기법 시연</li> </ul>
<p><b>활용방안</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공 중 안전성 평가/감시 기술 개발을 통한 현장 사고 Zero화 유도</li> <li>◆ 구조물의 붕괴 유발 방지를 위한 시스템으로 활용</li> <li>◆ 시공사, 감리, 발주처의 검수 및 시공관리 기술 활용</li> <li>◆ 개발 기술 검증을 통한 건설 분야의 상품화 실현</li> </ul>

(3) 3-3 세세부과제: 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술

<p>세세부과제 범위</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료의 콘크리트 계면에서의 인발 및 인장전단 부착특성 파악</li> <li>- 산업부산물 치환율에 따른 보수용 시멘트계 보수 모르타르의 물리적 특성 (압축강도, 휨강도, 유동성 등) 파악 및 최적의 배합비 도출</li> <li>- 무용제형 고내구성 방식재 개발 및 강재표면에서의 인발부착성능 평가</li> </ul>
<p>기술개발 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 기술 개발</li> <li>- 미가공 산업부산물 활용한 보수 모르타르의 개발로 친환경적인 보수·보강 기술의 개발</li> <li>- 유해 휘발성 유기화합물이 없는 친환경 무용제형대의 고내구성 방식기술 개발</li> <li>- 기존 보수·보강·방식기술의 한계성을 극복함과 동시에 고성능, 환경친화성 등의 특성을 갖는 새로운 형태의 보수·보강·방식 기법의 개발</li> </ul>
<p>연차별 과제 연구 내용</p>	<p>1차년도</p>
	<p>2차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기존 및 최신 보강 기법 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 콘크리트 구조물 보강 재료의 제한점 분석 및 평가</li> <li>- 기존 콘크리트 구조물 보강 공법상의 제한점 분석 및 개선 방안 모색</li> </ul> </li> <li>■ 기존 및 최신 보수재료 동향 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 콘크리트 구조물 보수 재료의 재료적 한계점 분석</li> <li>- 기존 콘크리트 구조물 보수 재료의 요구 성능 파악 및 분석</li> </ul> </li> <li>■ 기존 및 최신 방식재료 동향 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 강재 구조물 방식 재료의 재료적 한계점 분석</li> <li>- 기존 강재 구조물 방식 재료의 요구 성능 파악 및 분석</li> </ul> </li> </ul>
	<p>3차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 제조기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 코어 제작기술 개발</li> <li>- 분사식 섬유보강 복합재료 제조를 위한 최적 섬유 혼입율 결정</li> <li>- FRP코어 매립을 위한 시공기법 개발 및 제안</li> <li>- FRP코어 재료적 특성에 따른 분사식 섬유보강 복합재료의 인장강도 거동 특성 파악</li> </ul> </li> <li>■ 산업부산물을 활용한 보수용 모르타르의 강도 향상 및 수축 저감 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업부산물 다량 치환 (30%이상)할 경우 강도 및 유동성 변화 특성 분석</li> <li>- 산업부산물 치환율에 따른 보수용 폴리머 및 시멘트계 보수 모르타르의 물리적 특성(압축강도, 휨강도, 유동성 등) 파악</li> </ul> </li> <li>■ 친환경성 무용제형 고내구성 방식재 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무용제형대의 고내구성 방식재 제조를 위한 Polyamine, Polyisocyanate, 첨가제 등의 배합 설계 수행</li> <li>- 방식재료의 내염해성, 내화학적, 내황변성 평가를 통한 성능 검증</li> </ul> </li> </ul>
	<p>4차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 부착성능 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 복합재료의 콘크리트의 계면에서의 인발부착 특성 파악</li> <li>- 하이브리드형 코어활용 분사식 복합재료의 콘크리트의 계면에서의 인장전단부착 특성 파악</li> <li>- 부착성능 향상을 위한 프라이머 성능검증</li> <li>- 유효 부착길이 산정 및 제안</li> </ul> </li> <li>■ 산업부산물을 활용한 보수용 모르타르의 강도 향상 및 수축 저감 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업부산물의 치환을 통한 최적의 배합비 도출</li> <li>- 균열발생, 부착성능 저하, 내구성 취약 등 개선을 위한 최적 혼화제 종류 및 첨가량 결정</li> <li>- 산업부산물 표면 포졸란 반응성질과 수축저감 효과 분석 (압축강도, 건조수축)</li> </ul> </li> </ul>

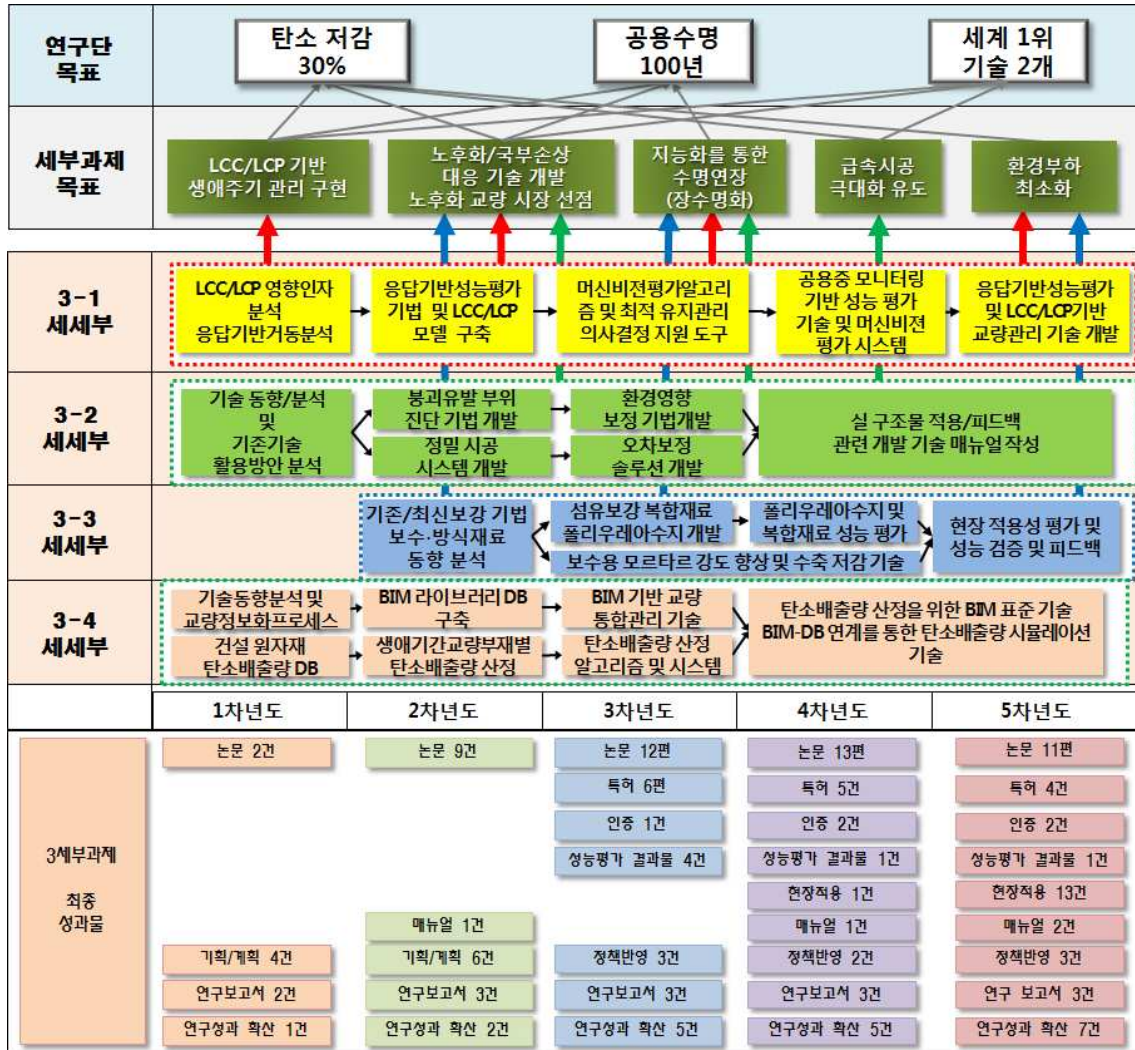
	<p>■ <b>친환경성 무용제형 고내구성 방식재의 강재 적용 후 성능 평가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고내구성 무용제형 방식재로 도포된 강재의 염해, 자외선, 화학물질 노출 후 외관 및 변색정도 관찰</li> <li>- 열화 환경에 노출 후 고내구성 방식재로 도포된 강재표면에서의 인발부착성능 평가</li> </ul>
5차년도	<p>■ <b>개발기술 현장 적용 (현장 적용)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 적용을 통한 보수·보강·방식 재료의 검증 및 피드백</li> <li>- 실용화 기술 정착을 위한 관련 기준 및 매뉴얼 작성</li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량의 연결 이음부의 보수/보강을 위해 기존 보수/보강 재료로서의 단점 (이방성, 취성유도 등)을 극복하여 교량구조물의 재난·재해에 대한 구조적 안전성 확보에 기여</li> <li>- 산업부산물 활용 친환경 보수재 제조 원천기술 확보를 통한 자원 순환형 보수재료 기반구축</li> <li>- 무용제형 고내구성 폴리우레아수지를 사용한 방식 기술을 통해 공정기간을 단축하고 탄소배출저감효과에 기여</li> </ul> </li> <li>○ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 사회기반시설물의 보호 및 유지에 필요한 보수·보강 재료 원천기술 확보</li> <li>- 친환경, 환경부하저감형 보수/보강 재료 핵심기술의 국산화를 통한 국제 경쟁력 확보 가능</li> </ul> </li> <li>○ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 독창적인 고성능 보수/보강재 개발을 통한 보수/보강 시장에 신기술 제공</li> <li>- 고성능 보수·보강재 및 고내구성 방식재료 개발을 통해 국내 보수·보강·방식 시장 확대에 기여할 뿐만 아니라, 국외 보수·보강·방식 시장에서도 우위를 선점할 것으로 기대됨</li> </ul> </li> </ul>
최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보수·보강·방식 기술 분석 보고서: 기존교량 보수·보강·방식 기술 분석자료</li> <li>- 기술 동향 분석 보고서: 최신 보수·보강·방식 재료의 개발 동향 분석자료</li> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 및 시공기술 개발</li> <li>- 산업부산물등을 활용한 보수용 모르타르 제조기술 개발</li> <li>- 친환경성 무용제형 고내구성 방식 기술 개발</li> <li>- 개발 기술 관련 기준 및 지침 개발</li> <li>- 지적 재산권(출원) 4건, 학술 논문 10편 (SCI급 8편)</li> </ul>
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 등의 주요 사회기반시설물의 효과적인 유지 보수·보강·방식 (진보된 대응기술)</li> <li>◆ 녹색빌딩, 지능형·친환경 교량 등 고성능, 친환경성이 중요시 되는 사회기반시설물의 보수·보강·방식 (친환경 보강·보수 기술)</li> <li>◆ 기존 보수·보강·방식재 적용이 어려운 교량 등의 대형 사회기반시설물의 보수·보강·방식 (한계극복 보수·보강·방식기술)</li> </ul>

(4) 3-4 세세부과제: 친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술

세세부과제 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 건설, 생애주기 관리 및 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 구성 및 DB 구축</li> <li>- 교량의 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템 구축 및 친환경 교량 관리 전략 수립 기술</li> </ul>
기술개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>- 주요 교량 형식 별 주요 부재 별 탄소배출량 DB 구축</li> <li>- 생애주기 교량 관리를 위한 탄소배출량 평가 시스템 구축</li> </ul>
연차별 과제 연 구 내 용	<p><b>1차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ BIM 활용 BMS의 유지관리 DB 시스템 개선방안 분석 및 정립                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 정보 전달 체계 (Information Delivery Manual, IDM) 및 모델 뷰어 (Model View Definition, MVD) 정의</li> </ul> </li> <li>■ 생애주기 탄소 발생량 예측 기법 (LCA) 개발 방향 설정                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 개축 및 성능개선 대상교량 선정 기준에 탄소발생량 추가 및 개선방향 설정</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>2차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ BIM 활용 BMS의 유지관리 DB 시스템을 위한 정보흐름 모델 분석 및 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보전달 요구사항(Exchange Requirement, ER) 분석 및 생애주기 단계별 ER 및 IDM 개발 유지관리 BIM 모델 생성 기술 개발</li> <li>- 유지관리 BIM 모델 생성 기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ 생애주기 탄소 발생량 관련 DB 구축                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 교량 형식 별 주요 부재 별 교량생애주기 탄소발생관련 데이터베이스 구축</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>3차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ BMS와 BIM의 정보체계 연동 기술 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 모니터링 시스템과 BIM 모델 정보체계 자동 연동 기술 개발</li> <li>- One Source Multi-User 기술 개발</li> </ul> </li> <li>■ 최적 교량 관리를 위한 탄소 배출량 산출 모델 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리조치 의사결정지원을 위한 유지관리 시 탄소 배출 비용 모델 개발</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>4차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 생애주기 탄소 발생량 예측 (LCA) 및 평가 기법 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소배출량 예측 기법, 평가지표 및 모듈 개발</li> </ul> </li> <li>■ LCC/LCA/LCP기반 최적의사결정 모듈 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우선순위 산정을 위한 알고리즘을 개선</li> <li>- 상시 우선순위 결정 체계 구축 및 모듈 개발</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>5차년도</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ BIM 활용 BMS의 유지관리 가이드라인 개발 및 보급                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 기반 유지관리 점검 매뉴얼 개발</li> </ul> </li> <li>■ 최적의사결정지원이 가능한 탄소 배출량 산출 시스템 구축                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소 배출 평가 시스템 구축</li> </ul> </li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 설계/시공 단계의 정보 정의를 통해서 건설 프로젝트의 패러다임을 지능화/정보화로 전환하여 건설 기술의 생산성 증대</li> </ul> </li> <li>○ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 대비하여 수집된 정보의 체계적으로 관리 방안 제시</li> <li>- 기존의 2차원 도면에 기반을 둔 시설물 유지 관리 기술의 한계를 3차원 BIM기술과 IT기술을 융합 및 LCA를 적용함으로써 구조물 전 생애주기에 기반을 둔 친환경적 시설물 유지 관리가 가능</li> </ul> </li> <li>○ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신뢰성 있는 정보 기반 주요 시설물 관리 기술 확보로 탄소 배출 비용 20% 절감 및 안전도 확보</li> </ul> </li> <li>○ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 정보 흐름의 효율화로 인한 비용 절감효과</li> <li>- 탄소 산출 평가 모델을 통한 친환경 비용 산출 및 탄소 배출 저감 효과</li> </ul> </li> </ul>
최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소배출량 DB 및 평가 시스템</li> <li>- 환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>활용방안</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>◆ 탄소배출량 DB 및 평가 시스템 구축으로 환경부하비용 산출 및 관리 지침으로 활용</li> </ul>

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

세세부과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
세세부과제 3-1: 생애주기 비용 및 성능 기반 차세대 교량관리 기술	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	편	20 (10)	기초 기술로 기술의 학술적 가치 평가 필요
	지적 재산권	특허출원건수	특허출원확인서	건	6	주요 개발 기술 및 소프트웨어 개발
	인증	인증 기술 개발 실적	공법 및 프로세스 인증건수	건	5	주요 개발 기술 인증 획득
	정책	정책 반영 건수	정책반영여부	건	8	실용화 기반확보를 위한 정책 반영
	지침/매뉴얼	지침 및 매뉴얼	지침/매뉴얼 개발 및 보급	건	1	개발 기술에 대한 활용지침안 필요
	현장적용 효과	현장적용효과	현장적용건수	개소	10	개발 기술의 현장 적용을 통한 적용성 평가
	연구 보고서	연차별 연구 보고서 작성	보고서 건수	건	5	연차별 연구보고서 작성
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련홍보	홍보 건수	건	3	기술력 홍보
산학연 강좌 건수		산학연 강좌 및 기술 세미나 개최	건	2	기술개발 역량 향상	
세세부과제 3-2: 붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비점축 센싱 및 무선 USN 기술	기획/계획 수립	교량 구조형식별 붕괴 사례 분석	붕괴 유형 및 원인 조사/분석	건	1	개발 기술 선정에 활용
		국내외 기술동향 분석	기술동향 조사 실적 여부	건	3	개발 기술 선정에 활용
	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부	편	17 (10)	기초 기술로 기술의 학술적 가치 평가 필요
	지적 재산권	특허출원건수	특허출원확인서	건	5	주요 개발 기술 및 소프트웨어 개발
	기술성능 목표달성	목표 달성도	실험 및 검증	건	3	실험/해석을 통한 목표 달성 평가
	지침/매뉴얼	지침 및 매뉴얼	지침/매뉴얼 개발 및 보급	건	3	개발 기술에 대한 활용지침안 필요
	현장적용 효과	현장적용효과	현장적용건수	개소	3	개발 기술의 현장 적용을 통한 적용성 평가
	연구 보고서	연차별 연구 보고서 작성	보고서 건수	건	5	연차별 연구보고서 작성
연구성과 확산 노력	연구개발 관련홍보	홍보 건수	건	3	기술력 홍보	
	산학연 강좌 건수	산학연 강좌 및 기술 세미나 개최	건	4	기술개발 역량 향상	
세세부과제 3-3: 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술	기획/계획 수립	국내외 기술동향 분석	기술동향 조사 실적 여부	건	3	개발 기술 선정에 활용
		손상 주요 인자 분석	손상인자 분석 실적 여부	건	3	
	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	편	10	기초 기술로 기술의 학술적 가치 평가
	지적 재산권	특허출원	특허출원확인서	건	4	기술보호
	기술성능 목표달성	목표 달성도	실험 및 검증	건	3	개발 기술의 성능 평가
	현장적용 효과	현장적용효과	현장적용건수	건	1	시험교량 2개소 구축
	연구 보고서	연차별 연구 보고서 작성	보고서 건수	건	4	연차별 연구보고서 작성
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련홍보	홍보 건수	건	3	기술력 홍보
산학연 강좌 건수		산학연 강좌 및 기술 세미나 개최	건	5	기술개발 역량 향상	

<b>세세부과제 3-4: 친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b>	학술적 성과	학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재여부 (SCI급 포함)	편	16 (8)	기초 기술로 기술의 학술적 가치 평가 필요
	지적 재산권	특허출원	특허출원확인서	건	3	기술보호
	인증	인증 기술 개발 실적	공법 및 프로세스 인증건수	건	4	주요 개발 기술 인증 획득
	정책	정책 반영 건수	정책반영여부	건	3	실용화 기반확보를 위한 정책 반영
	지침/매뉴얼	지침 및 매뉴얼	지침/매뉴얼 개발 및 보급	건	1	개발 기술에 대한 활용지침안 필요
	현장적용 효과	현장적용효과	현장적용건수	개소	4	개발 기술의 현장 적용성 평가
	연구 보고서	연차별 연구 보고서 작성	보고서 건수	건	5	연차별 연구보고서 작성
	연구성과 확산 노력	연구개발 관련홍보	홍보 건수	건	2	기술력 홍보
산학연 강좌 건수		산학연 강좌 및 기술 세미나 개최	건	2	기술개발 역량 향상	

사. 연차별 성과지표 검증방안

세세부과제	성과목표	검증 방법				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
세세부과제 3-1: 생애주기 비용 및 성능 기반 차세대 교량관리 기술	학술적 성과 (20 건)	국내학술지 2건	국내학술지 3건 SCI 2건	국내학술지 1건 SCI 3건	국내학술지 2건 SCI 3건	국내학술지 2건 SCI 2건
	지적 재산권 (6건)			특허 1건	특허 2건	특허 3건
	인증 (5건)			인증 1건	인증 2건	인증 2건
	정책 (8건)			정책반영 3건	정책반영 2건	정책반영 3건
	지침/매뉴얼 (1건)		매뉴얼 1건			
	현장적용 효과 (10건)					현장적용 10건
	연구 보고서 (5건)	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	최종 보고서 1건
	연구성과 확산 노력 (5건)		산학연 강좌 1건	기술 세미나 1건	연구홍보 전단 및 기사 2건	연구홍보 전단 및 기사 1건
세세부과제 3-2: 붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술	기획/계획 수립 (4건)	교량 붕괴 유형 및 원인 조사보고서 1건 기술동향 조사보고서 3건				
	학술적 성과 (17건)		국내학술지 1건 SCI 3건	국내학술지 2건 SCI 3건	국내학술지 2건 SCI 2건	국내학술지 2건 SCI 2건
	지적 재산권 (5건)			출원증명서 2건	출원증명서 2건	출원증명서 1건
	기술성능 목표달성 (3건)			실험 결과물 제출 3		
	지침/매뉴얼 (3건)				매뉴얼 1건	매뉴얼 2건
	현장적용 효과 (3건)				현장적용 1건	현장적용 2건
	연구 보고서 (5건)	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	최종 보고서 1건
	연구성과 확산 노력 (7건)	기술 세미나 1건	산학연 강좌 1건	기술 세미나 1건	연구홍보 전단 및 기사 1건	연구홍보 전단 및 기사 2건 산학연 강좌 1건
세세부과제 3-3: 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술	기획/계획수립 (6건)		기술동향 조사보고서 3건 손상인자 분석 보고서 3건			
	학술적 성과 (10건)			SCI 3건	국내학술지 1건 SCI 3건	국내학술지 1건 SCI 2건
	지적 재산권 (4건)			출원증명서 3건	출원증명서 1건	
	기술성능 목표달성 (3건)			실험 결과물 제출 1	실험 결과물 제출 1	실험 결과물 제출 1
	현장 적용 (1건)					현장 적용 1건 확인
	연구 보고서 (4건)		연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	최종 보고서 1건
	연구성과 확산 노력 (8건)			산학연 강좌 3건	기술 세미나 2건	연구홍보 전단 및 기사 3건

<b>세세부과제 3-4: 교량정보 모델을 활용한 탄소배출량 평가 기술</b>	학술적 성과 (16 건)	국내학술지 2건	국내학술지 2건 SCI 2건	국내학술지 2건 SCI 2건	국내학술지 2건 SCI 2건	국내학술지 2건 SCI 2건
	지적 재산권 (3건)			특허 1건	특허 1건	특허 1건
	인증 (4건)			인증 1건	인증 1건	인증 2건
	정책 (3건)			정책반영 1건	정책반영 1건	정책반영 1건
	지침/매뉴얼 (1건)		매뉴얼 1건			
	현장적용 효과 (4건)					현장적용 4건
	연구 보고서 (5건)	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	연차 보고서 1건	최종 보고서 1건
	연구성과 확산 노력 (4건)		산학연 강좌 1건	기술 세미나 1건	연구홍보 전단 및 기사 1건	연구홍보 전단 및 기사 1건

○ 각 세세부과제별 연구성과 목표를 위한 구체적인 성과 검증은 아래와 같음

세세부 과제	성과목표	검증방안
3-1	유지관리 비용 20%절감	LCC 및 LCP 분석을 통한 실제 비용 절감 사례와 최적 교량관리를 통한 장수명화의 결과를 환산한 비용 및 탄소부하 절감 효과를 이용하여 검증
	교량 성능평가기술	성능평가 모듈 특허 및 프로그램 등록 등으로 검증
	생애주기 내하성능예측 모델 및 모듈 개발	모듈 등록 및 잔존수명 예측 시스템 개발 여부로 검증
	최적의사결정 모듈 개발	모듈 등록 및 관련 시스템 개발 여부로 검증
3-2	다물리량 기반 무선 USN 요소 기술	시스템 개발 및 관련 하드웨어/소프트웨어 등 무선 USN 운용 기술 특허 등록으로 검증
	시공/교체 중 상시 붕괴 모니터링 기술	현장 적용을 통해 부분교체 시 평가 성능을 검증 후 논문 및 지적재산권 확보로 검증
	프리캐스트 부재 이음부 국부진단 기술	실험실 테스트 및 현장 적용을 통해 성능 평가 후, 논문 및 지적재산권 확보로 검증
	비접촉 전력 공급이 가능한 내장형 센서노드 기법	시스템 개발 및 관련 하드웨어/소프트웨어의 지적재산권 확보로 검증
	프리캐스트 부재 형상 관리 및 정밀시공 기술	시스템 개발 및 관련 하드웨어/소프트웨어의 지적재산권 확보로 검증
	FRP코어를 활용한 분사식 섬유 보강	5차년도 현장 적용을 통한 성능 평가
3-3	석탄회를 활용한 보수용 모르타르 기법	5차년도 현장 적용을 통한 현장 적용성 평가
	무용제형 폴리우레아수지 방식 기법	5차년도 열화환경 하 현장 적용을 통해 성능 평가
	교량 정보화	교량 정보화 DB 구축 여부로 검증
3-4	교량 부재 탄소배출 DB	교량 부재별 탄소 배출 DB 구축 여부로 검증
	탄소 배출 평가 시스템	시스템 구축 여부로 검증

## 아. 기술수요처 및 사업화 방안

공통과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
<b>세세부과제 3-1:</b> <b>생애주기 비용 및 성능 기반 차세대 교량관리 기술</b>	지능형 생애주기 성능 및 비용 모델 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>국도관리사무소, 지자체</li> <li>국토 해양부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신뢰성있는 정보에 기반한 주요 시설물 관리 기술 확보로 유지관리 비용 20% 절감</li> </ul>
	하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 성능평가기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>국도관리사무소, 지자체</li> <li>국토 해양부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량 성능 평가 시 하중/구조응답에 따른 계측 시스템 적용</li> </ul>
	LCC/LCP기반의 최적의사결정 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>국도관리사무소, 지자체</li> <li>국토 해양부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량의 유지관리 시 의사결정 지원</li> </ul>
<b>세세부과제 3-2:</b> <b>붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b>	시공/교체 중 붕괴유발 핵심 부위 진단을 위한 다물리량 무선 건전성 평가 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>교량 유지관리 부처</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
	프리캐스트 부재 이음부 국부 진단 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>비파괴검사 업체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
	비접촉 전력 공급이 가능한 내장형 센서노드 기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>교량 유지관리 사무소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
	프리캐스트 부재 형상 관리 및 정밀 시공 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>교량 유지관리 부처</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
<b>세세부과제 3-3:</b> <b>저탄소 고성능 환경부하 저항형 보수·보강기술</b>	슈퍼성유(아라미드, 탄소성유)등을 활용한 분사식 섬유보강 복합재료 기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>교량 시공 및 유지관리 관련 연구소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
	산업부산물을 활용한 보수용 모르타르 기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>교량 유지관리 사무소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
	친환경성 무용제형 고내구성 방식재 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설업체</li> <li>교량 유지관리 사무소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산학연 강좌 등 개발 기술 소개를 통한 기술 전파</li> <li>현장 적용을 통한 검증 및 지침/매뉴얼 작성</li> </ul>
<b>세세부과제 3-4:</b> <b>친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b>	BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델	<ul style="list-style-type: none"> <li>국도관리사무소, 지자체</li> <li>국토 해양부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량 성능 평가 시 BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용</li> </ul>
	탄소배출량 DB 및 평가 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>국도관리사무소, 지자체</li> <li>국토 해양부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량의 주요부재별 탄소배출량 산정 및 평가에 활용</li> </ul>

	환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국도관리사무소, 지자체</li> <li>• 국토 해양부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교량 설계/유지관리 시, 환경부하에 의한 생애주기 비용 산출에 활용</li> </ul>
--	----------------------	--	---

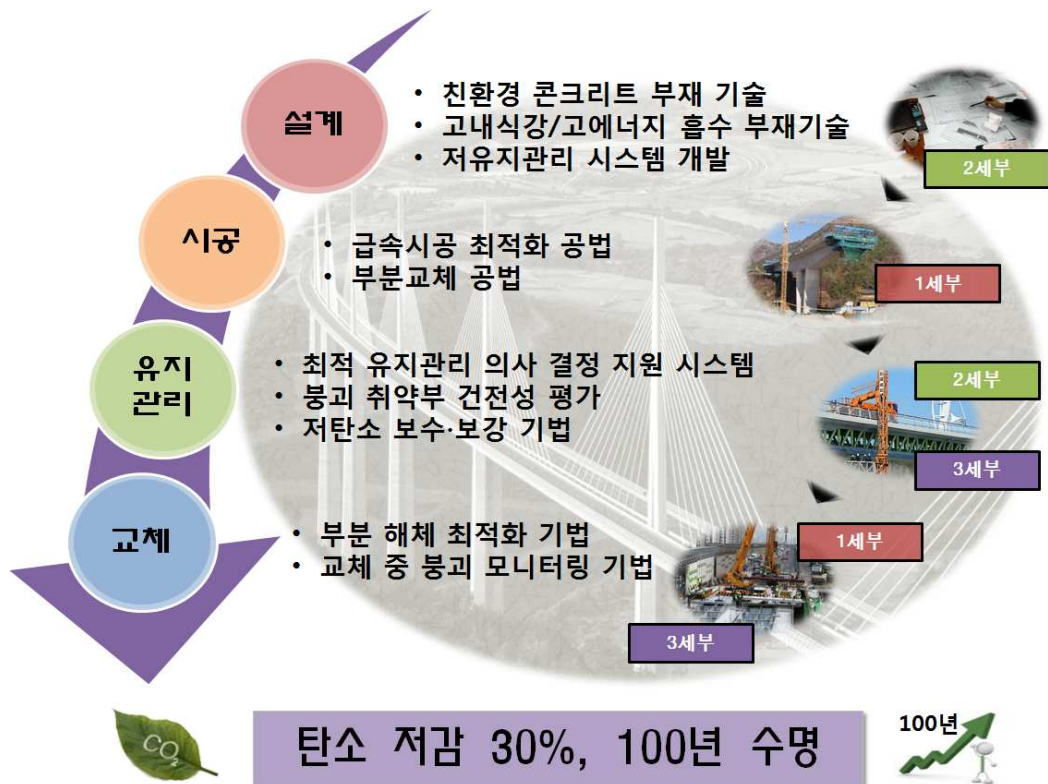
◦ 각 세세부과제별 실용화를 위한 구체적인 연구계획은 아래와 같이 정리하였음

	요소기술	적용 연차	비고
[3-1]	교량 입출력관계 기반 내하성능 평가법	4차년도	기존 내하성능 평가 절차 개선에 활용하고 현행 교량 정밀안전 진단 절차 개선안 개발에 반영
	지능형 생애주기 성능 및 비용 모델	4차년도	기존의 교량 관리 시스템의 고도화 및 개선에 활용할 수 있으며 기존 생애주기상태 모델을 생애주기 성능모델로 대체 또는 보완함으로써 실용화
	최적 정책 의사결정 지원 시스템 개발	5차년도	체계적 교량 관리 및 유지관리 예산 산출에 활용
[3-2]	다물리량 무선 USN 기술	4년차	무선 USN 운영 관련 하드웨어 및 소프트웨어의 특허 등록
	부분 교체 시 구조 안전성 평가 기술	5년차	부분 교체에 따른 구조 거동에 대한 적용 결과를 기술 세미나 및 논문을 통한 기술 전파 및 홍보
	붕괴취약부위 국부진단 기술	3~4년차	산학연 강좌를 통한 기술 전파 및 현장 적용을 통한 검증 및 지침/메뉴얼 작성
	비접촉 전력 공급이 가능한 내장형 센서노드 기법	3~4년차	산학연 강좌를 통한 기술 전파 및 현장 적용을 통한 검증 및 지침/메뉴얼 작성
	주요 부재 형상 관리 및 정밀시공 기술	4~5차년도	산학연 강좌를 통한 기술 전파 및 현장 적용을 통한 검증 및 지침/메뉴얼 작성
[3-3]	FRP코어를 활용한 분사식 섬유 보강	5차년도	현장적용을 통한 성능 평가 후 기술 이전
	산업부산물을 활용한 보수용 모르타르 기법	5차년도	현장 적용을 통한 성능 평가 후 시방안 제안
	무용제형 고내구성 방식 기법	5차년도	현장 적용을 통한 성능 평가 후 기술 이전
[3-4]	BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델	5차년도	생애주기 교량관리의 기본 자료로 활용
	탄소배출량 DB 및 평가 시스템	5차년도	온실가스 관리 정책의 기본 자료로서 활용 및 환경부하를 고려한 생애주기 교량관리의 기본 자료로 활용
	환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침	5차년도	교량 설계 시, 환경부하에 의한 생애주기 비용 산출에 활용

## 5절. 세부과제간 연계관계

### 1. 생애주기 관점 연계관계

- 각 세부과제는 교량 생애주기의 한 부분인 설계, 시공, 유지관리, 교체와 관련된 연구개발 주제들로 분류될 수 있으며, 교량 전 생애주기를 통해 연구단 최종 목표인 탄소 30% 절감 및 공용 수명 100년의 장수명 확보 달성이 가능함
- 교량 전 생애주기를 포괄할 수 있는 연구개발 과제를 구성 (그림3.8 참조)하였으며, 이를 통해 연구단 최종 목표 달성을 위한 세부과제간 생애주기 연계성을 확보하여 전략적 방향성을 제시함

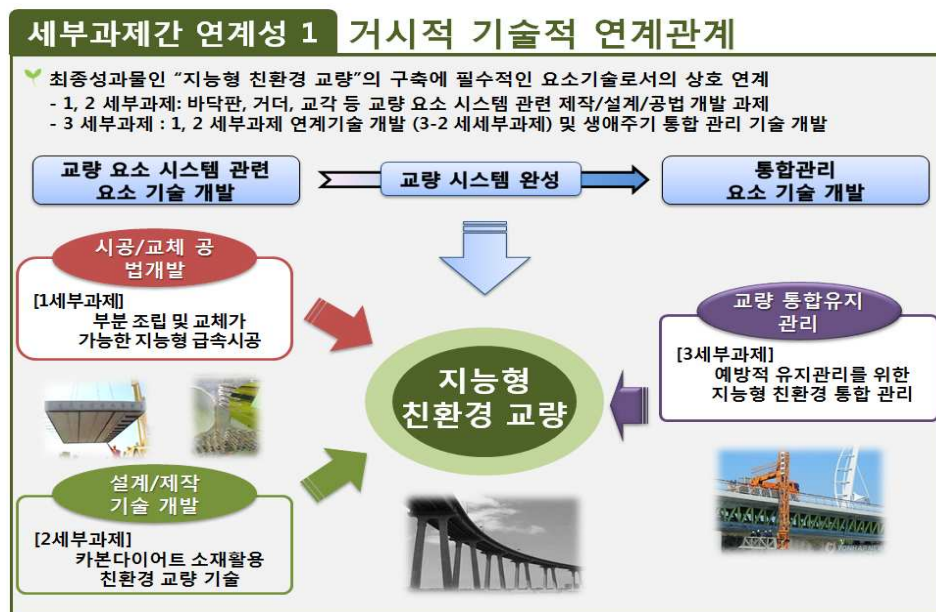


[그림 3.7] 생애주기 관점 연계관계

### 2. 기술적 연계관계

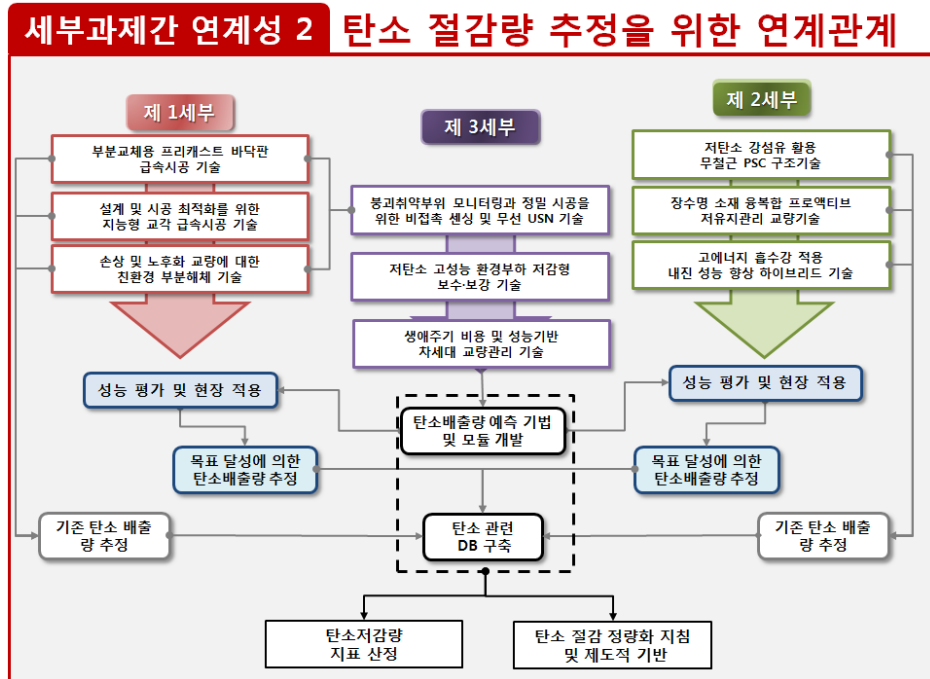
- 기존 연구개발 과제들에 대한 우월성과 실질적인 차별화를 위해, '혁신(Innovation)', '상호 상승적 통합(Synergetic Integration)', '상용화(Commercialization)' 및 '광범위한 영향력(Broader Impact)'을 달성할 수 있는 과제를 기획해야 한다는 기획 철학을 수립하였음

- 이러한 기획 철학에 의거하여, 주요 요소기술들을 분류하여 목표 달성에 시너지 효과가 있는 요소 기술간 연계함
- 1 세부과제는 모든 도로선형에 대응 가능한 프리캐스트 세그먼트 바닥판 및 단면최적화 및 정밀, 급속시공이 가능한 지능형 프리캐스트 세그먼트 교각 기술 개발을 통하여 급속시공 극대화 와 국부적인 손상 및 노후화 교량에 대응 가능한 부분교체기술을 개발하고자 함
- 2 세부과제는 PSC 거더교의 증가에 대응한 저탄소 공법 개발과 장수명 소재 융·복합을 통한 유지관리 최소화 교량 모델을 개발하고자 함. 이를 통해 기존 대비 사용 물량 감소 및 유지관리 최소화로 탄소저감 효과 및 장수명화를 극대화하고자 함
- 3 세부과제는 1세부와 2세부와 연계 가능한 정밀 시공 요소 기술 및 시공 중 붕괴 모니터링 시스템을 개발하고, 공용 중 붕괴핵심부위의 신뢰성 높은 국부 모니터링 기술을 개발하고자 함. 이를 통해 조기에 결함을 발견하고, 생애주기 탄소발생량, 비용 및 성능 예측을 통한 최적의사결정 모듈을 통해 환경·친화적인 새로운 형태의 보수/보강/방식 기법을 적용하고자 함
- 제 1, 2세부와 2세부와 연계 가능한 정밀 시공 요소 기술 및 시공 중 붕괴 모니터링 시스템을 개발하고, 공용 중 붕괴핵심부위의 신뢰성 높은 국부 모니터링 기술을 개발하고자 함. 이를 통해 조기에 결함을 발견하고, 생애주기 탄소발생량, 비용 및 성능 예측을 통한 최적의사결정 모듈을 통해 환경·친화적인 새로운 형태의 보수/보강/방식 기법을 적용하고자 함
- 제 1, 2세부와 2세부와 연계 가능한 정밀 시공 요소 기술 및 시공 중 붕괴 모니터링 시스템을 개발하고, 공용 중 붕괴핵심부위의 신뢰성 높은 국부 모니터링 기술을 개발하고자 함. 이를 통해 조기에 결함을 발견하고, 생애주기 탄소발생량, 비용 및 성능 예측을 통한 최적의사결정 모듈을 통해 환경·친화적인 새로운 형태의 보수/보강/방식 기법을 적용하고자 함



[그림 3.8] 거시적 관점의 세부과제간 연계관계

- 각 세부과제 별 탄소 배출량 추정을 통해, 생애주기 탄소 발생량 관련 DB를 구축하고, 구축된 DB를 기반으로 탄소 배출량 예측 기법 및 모듈을 통해 정량적인 탄소저감량 지표를 산정하고, 해당 지표를 기준으로 탄소 절감량 추정에 관한 지침 개발 및 제도적 기반 구축에 활용됨

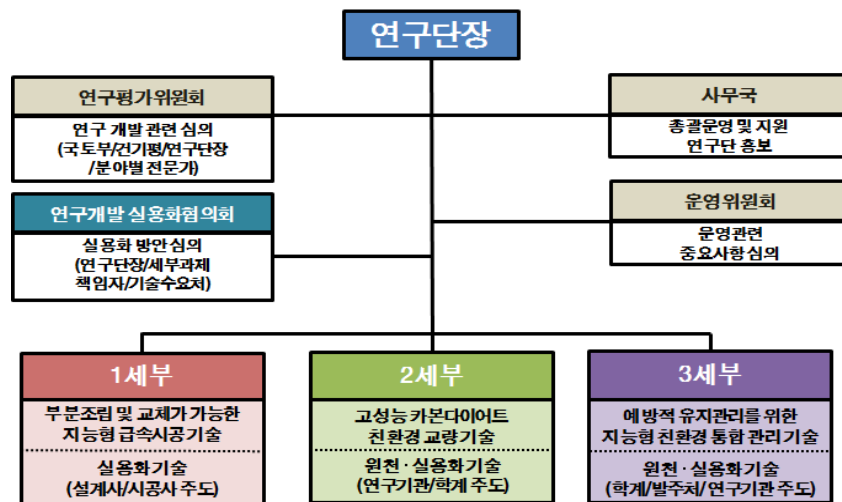


[그림 3.9] 탄소 절감량 추정을 위한 세부과제간 연계성

## 6절. 연구추진체계 제안

### 1. 연구단 추진조직 제안

- “지능형 친환경 교량 연구단”은 기초·원천, 실용화 기술의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산·학·연·관이 연계되어 상호 보안 및 지원이 이루어지도록 구성
- 연구단의 총괄운영 및 지원, 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영관련 중요사항 심의를 위한 운영위원회를 구성
- 과제의 객관적인 평가를 위해 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원, 연구단장 및 분야별 연구책임자들로 참여하도록 연구평가위원회 구성
- 개발 기술의 최종 보유 주체가 세부과제 기술의 최종 보유 주체가 되도록 연구 기관을 구성하고 핵심기술 개발단계부터 적극 참여하도록 유도
- 원천성격의 기술은 이론정립, 실험 등의 위주로 기술정립이 필요하므로 학교 또는 연구기관에서 주도하도록 추진
- 실용화 기술은 현장적용 가능 기술로 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진
- 기술 격차해소 및 개발 위험성 감소를 위하여 위험 요소를 분석해야 하고 필요에 따라서 해외 선진 기술을 보유한 국가와 협력을 추진
- 연구개발실용화협의회를 구성하여 세부과제에 기업을 협동 연구기관으로 적극 참여시켜 연구개발 성과의 상품화를 적극 유도하고 기술 수요처의 요구 사항 및 개선항목을 파악, 이를 실무에 반영 실용화 방안을 적극적으로 유도



[그림 3.10] 지능형 친환경 교량 연구단 조직 체계

## 2. 연구단 추진전략

### 가. 건설 Supply Chain 고려

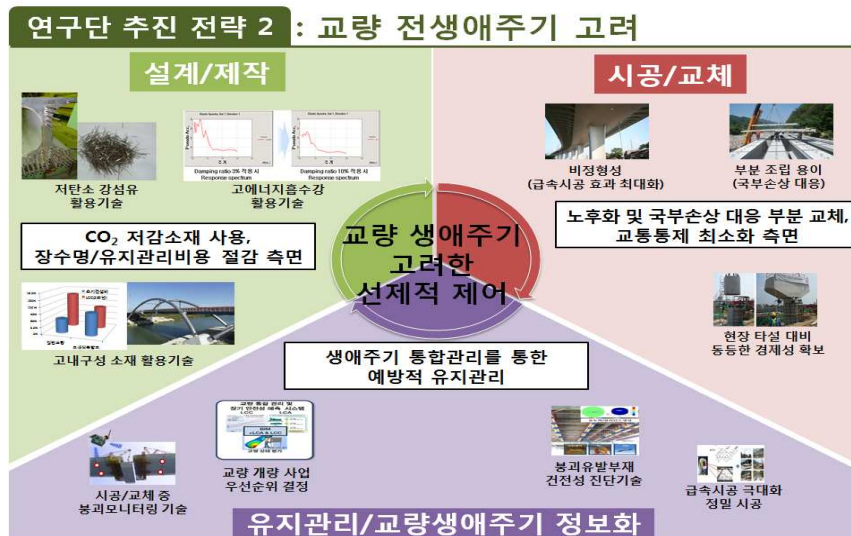
- 건설 Supply Chain (설계, 제작, 시공, 관리)을 고려하여 연구개발 과제 구성과 운영흐름 전반 기본적으로 요구되는 전략적 방향성을 제시하고 구체적인 실행방안을 도출 가능하도록 구성



[그림 3.11] 건설 Supply Chain 고려

### 나. 교량 생애주기 고려

- 교량은 설계, 시공, 유지관리 및 교체와 같은 생애주기를 가지는 대표적인 사회기반 시설물로서, 교량 생애주기 선제적 제어를 고려하여 세부과제 구성



[그림 3.12] 교량 생애주기 고려

### 다. 실용화 방안 고려

- 세부과제 연구기관 구성 시, 개발기술 최종 보유 주체로 연구기관 구성하고, 연구개발 실용화 협의회를 구성하여, 이를 통해 기술 수요처의 요구 및 개선 사항을 파악하고, 이를 개발 중인 연구과제에 반영함
- 연구개발 실용화 협의회는 연구단장, 세부과제 책임자, 기술수요처로 구성이 되며, 개발된 연구과제의 실용화 방안을 협의함



[그림 3.13] 실용화 방안 고려

### 3. 연구단 운영전략

#### 가. 성과위주의 연구추진 체계를 통한 연구주체의 책임감/연구열 고취

- 최종목표 달성에 필수적인 핵심요인들에 대해서 성공 여부를 측정하고 통합적인 성과관리를 위해 인력/예산 등 자원 투입부터 성과물 도출 과정, 산출물, 최종성과까지 이르는 연구단의 전반적인 활동에 걸친 성과지표(KPI)를 설정하고 이를 통해 성과 평가
- 연구단 운영에 있어 관성에 의한 연구진행을 방지하기 위해 중간 평가를 통해 실적이 미비할 경우, 제재 및 보충을 실시
  - 중간 평가는 연구단 자체 평가와 전문기관 평가로 두 번에 걸쳐 실시함. 연구단 자체 평가 후 전문기관에 의해 구성되는 평가위원회를 통해 연구단 운영 및 관리 평가
  - 연구단 자체 평가를 통해 차년도 연구계획 및 각 세부과제별 연구 성과를 평가하고, 자체적으로 작성된 평가 자료를 전문기관에 송부
  - 전문기관은 연구단 자체 평가 자료를 사전 검토를 하고, 전문기관 내에서 평가위원회를 구성하여 연구단 운영 및 관리 평가
- 연차별 성과목표 설정을 통해 계획 대비 목표 달성 정도를 파악하는 자료로 활용하고 연차 평가는 매년 1회 실시하는 것을 원칙으로 하나, 특수한 상황의 경우 1년에 2회 평가도 가능하도록 함용하고 미흡한 부분을 보완, 개선하는데 활용함
  - 최종평가의 절차는 중간 평가 절차와 동일하게 연구단 자체 평가 후, 평가 결과를 전문기관에 송부하여 사전 평가를 실시
  - 연구단 자체 평가를 통해 각 세부과제별 차년도 연구 성과 등을 통한 연구단 운영 및 관리를 평가하고, 자체적으로 작성된 평가 자료를 전문기관에 송부
  - 전문기관의 평가위원 선정과정에 피평가자의 의견을 반영할 수 있는 창구 마련 (공정한 평가를 위해 평가위원에서 배제되어야 할 위원들을 피평가자 추천 등)
  - 전문기관은 연구단 자체 평가 자료를 사전 검토를 하고, 전문기관 내에서 평가위원회를 구성하여 연구단 운영 및 관리를 정량적으로 평가하고 그 결과에 따라 과제조정 또는 책임자 교체 요구, 우수과제에 대한 혜택 부여

#### 나. 참여 연구진 간 유기적인 협력체계 구축

- 정기적 내부 기술 교류를 통한 상호 정보 교환 및 보완
- 과제 간 정기적 기술 교류를 통한 공감대, 일체감 조성 (정기 워크샵, 세미나 수행)

#### **다. 산·학·연 연계 전략**

- 산·학·연이 잘 융합할 수 있도록 유도할 수 있도록 역량 중심의 선발이 중요하며, 세부과제 추진주체 선정에 있어 각 과제의 특성에 맞는 인력 배치
- 산·학·연 각각의 특성에 맞는 독자적 연구 분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각각의 연구 성과를 유기적으로 통합하여 연구효율을 극대화
- 산업계 전문 인력의 적극적인 연구 참여 유도를 위한 인센티브 추진

#### **라. 목표달성 수준에 대한 평가를 통한 과제 관리 체계 구축**

- 세부과제 구성 및 진도 점검 등의 권한과 연구자간 네트워크 구축을 위하여 연구단장의 권한을 강화 하고, 연구단의 정기 및 특별회계감사 수행하여 예산 집행 및 배분의 적정성 등에 대한 검증절차 확립
- 과제별 예산 규모에 따른 과제별 성과를 고려한 예산 배정 및 과제 진행 기간 조정을 통한 우수한 과제 지원을 고려함

## 4장. 사전타당성 검토

### 1절. 정책적 타당성

#### □ 분석 목적

- 정책적 타당성 분석은 동 사업이 국가 전략적 측면에서 가지는 의미를 판단하고 국가에서 추진 중인 정책 및 R&D 상위 계획에 대한 부합성 여부를 분석함과 동시에 사업 추진체계의 일관성, 추진력 등을 종합적으로 조사·분석하는 것을 목적으로 함

#### □ 분석 방법 및 내용

- 정책적 타당성 분석은 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발체계의 적절성 등과 같은 3가지 분석항목으로 구분하여 분석하며, 이를 바탕으로 정책적 타당성 종합 분석 결과를 도출함
  - 위 3가지 분석항목은 아래와 같이 각각 2 ~ 3개의 세부 분석항목으로 구성되며, 세부 분석항목은 보다 세분화된 검토항목으로 구성

국가전략적 중요성	국가/부처 차원의 지원 필요성 및 타당성
	사업추진시기의 적절성
상위계획과의 부합성	국가차원의 계획과의 부합성
	부처 고유 업무 및 자체 계획과의 일관성
사업추진체계의 적절성	사업추진의지
	관련 기관 및 부처의 협조체계
사업추진상의 위험요인과 대응방안	기술적 위험요인 및 대응방안
	비용 및 기간상의 위험요인 및 대응방안
	사업 추진의 경영 위험요인 및 대응방안

- 본 연구에서는 “지능형 친환경 교량 기획연구” 결과를 기반으로 문헌조사 및 전문가 평가, 국내외 사례 분석 등 정성적 (Qualitative) 분석 중심으로 정책적 타당성을 검토함

## 1. 산정개요

### □ 국가/부처 차원의 지원 필요성 및 타당성

- 최근 전 세계적으로 지구온난화에 따른 기후변화 대응을 위해 온실가스 감축에 대한 중요성이 대두되고, 노후화 교량에 대한 문제점이 야기됨에 따라 탄소발생을 최소화하는 교량 기술 개발 필요성이 증대됨
  - 2005년 ‘교토의정서’ 발효에 의해 우리나라도 2013년 온실가스 감축 의무국으로 분류됨
  - 일본의 경우 2015년에는 6만개 교량이 건설 40년을 초과하는 것으로 나타났으며, 우리나라 또한 2020년을 정점으로 30년 이상의 노후 교량이 급격히 증가할 것으로 예상됨
- 특히, 국내외 건설시장에서는 정책적, 사회적, 경제적으로 친환경, 급속시공, 서민편익 중심의 기술 개발이 요구되는 등 기존 교량의 효율적이고 경제적인 유지관리 기법 개발이 요구됨
- 그러나, 건설기술연구개발사업의 경우 공공성과 공익성, 지역성과 일회성, 요소기술의 종합성, 기술개발 기간의 장기성 등 네 가지 특성으로 인해 민간 자본의 활용 가능성이 상대적으로 낮음

[표 4.1] 건설기술 특성

공공성과 공익성	- 건설공사는 공공사업, 즉 사업기반을 이루는 시설물을 구축하는 것이기 때문에 연구개발의 성과를 활용하여 공사기간이 단축되고 공사비가 절감되면 국고절약 뿐만 아니라 국민전체에 개발이익이 환원됨 - 한편, 건설은 국가의 공익 및 공공성을 보유하는 재화 및 서비스의 창출 행위이므로 건설기술의 발전은 공기단축 및 공사비절감을 통해 국가예산을 절약 할 수 있을 뿐 아니라 국가경제 전체에 파급되는 영향이 큼
지역성과 일회성	- 동일한 건설기술이라도 국가 또는 지역여건에 따라 응용이 가능하여 지역적 전통 기술의 확립과 이의 보전 및 개량에 주력해야 할 필요성이 있음 - 또한, 수요자의 요구에 따라 건설 활동이 이루어지기 때문에 규격화와 표준화에 어려움이 있어 연구추체간 기술교류와 연구개발 협조체계가 필요함
요소기술의 종합성	- 건설기술은 다양한 기술 분야를 망라한 종합기술로서 요소기술의 수준향상이 병행되어 종합시스템화가 이루어져야 함 - 이에 따라, 국가 주도하의 건설기술정보체계 구축 등을 통한 종합적인 계획 조정관리가 필요함
기술개발 기간의 장기성	- 설사 기술개발이 이루어졌다고 하더라도 이를 적용하기 위해서는 실험/실증 연구가 필요함 - 또한, 개발된 기술에 대한 시험시공까지 거쳐야하는 등 막대한 투자와 오랜 기간이 소요되며, 투자비 회수에도 장기간이 소요됨

- 이에 ‘지능형 친환경 기술개발’의 경우 정부 주도의 R&D 사업 추진을 통한 국가 차원의 지원이 필요하며, 이를 기반으로 민간이 활용할 수 있는 기반을 조성하는 것이 필요함
- 이외에 도로·교통 분야의 녹색기술 선점을 위해 국가간 경쟁이 가속화되고 친환경 저탄소 운영기술 개발을 위한 국가차원의 기술개발 투자가 확대됨에 따라 장기적인 측면에서 선진 기술에 대응하기 위하여

정부의 안정적인 지원이 필요함

- 美 연방고속도로청은 IBRC(Innovative Bridge Research and Construction)이라는 교량기술프로그램 추진을 통해 건설 및 유지관리 비용과 시간을 줄이기 위한 고성능 재료개발을 위한 프로그램을 추진(건설교통기술 특허논문 동향조사, 2007)

## □ 사업추진시기의 적절성

- 우리나라는 교토의정서에 의해 2012년부터 온실가스 감축 의무국으로 분류됨에도 불구하고 2009년 온실가스 배출량이 OECD 국가 중 8위를 기록하는 등 녹색원천기술 및 기술경쟁력 확보가 시급한 상황임
- 교량 시설에 있어서도 2020년을 정점으로 30년 이상의 노후 교량이 급증할 것으로 예상되는 등 향후 교량 시설물 유지 관리를 위한 비용 또한 지속적인 증가 추이를 보일 것으로 판단됨
  - 2010년 특정관리대상시설 조사 결과 전년대비 6.5% 증가한 것으로 조사되었으며, 증가 원인은 공동주택, 교량, 대형건축물 등이 일정기간(교량 10년 이상, 공동주택 15년 이상) 경과로 추가 지정되었기 때문인 것으로 분석됨
- 이에 기술개발 기간 및 시뮬레이션 기간 등을 종합적으로 고려할 경우 2012년에는 지능형 친환경 교량에 대한 기술개발이 필요할 것으로 판단됨
- 또한, 하루 교량지점별 교통량 및 성수대교 참사 등을 고려할 경우 첨단 교량 기술 확보는 시급할 것으로 예상됨
  - 서울지역의 교량지점별 교통량 조사 결과 하루 교통량은 약 200만대로 조사되었으며, 1994년 성수대교 붕괴로 50여명의 사상자가 발생한 것으로 나타남

### 일본 인프라 개선을 위한 50년 투자 계획

- 일본은 노후 인프라 개선을 위해 2010년 이후 50년간 190조엔을 투입할 계획
  - 2029년에는 전국의 교량 및 하천관리시설 등을 중심으로 투자를 계획 하고 있으며,
  - 2037년에는 유지관리비에 3.6조엔, 개선관리 비용에 4.4조엔, 재해복구 측면에서 5.6조엔을 투자할 계획
  - 그러나, 신규 건설시설 구축에는 투자를 하지 않을 것으로 발표

### 동남아시아 교량 시장 활성화

- 최근 동남아시아에서는 멀리 떨어진 섬이나 나라를 이어 왕래를 편리하게 하고 효율적인 물류체계를 완성하기 위해 해상 특수교량 발주가 지속적으로 추진될 계획 (머니투데이, 2010/10)
- 또한, 장기적으로 중동, 아프리카, 동남아시아 등 시장에서 인프라 관련 발주가 증가할 것으로 예상 (그로스밸류 성공주식투자)
- 극동건설은 베트남 교량-도로 공사에서 3,385만 달러를 수주 (베트남투자뉴스, 2012)

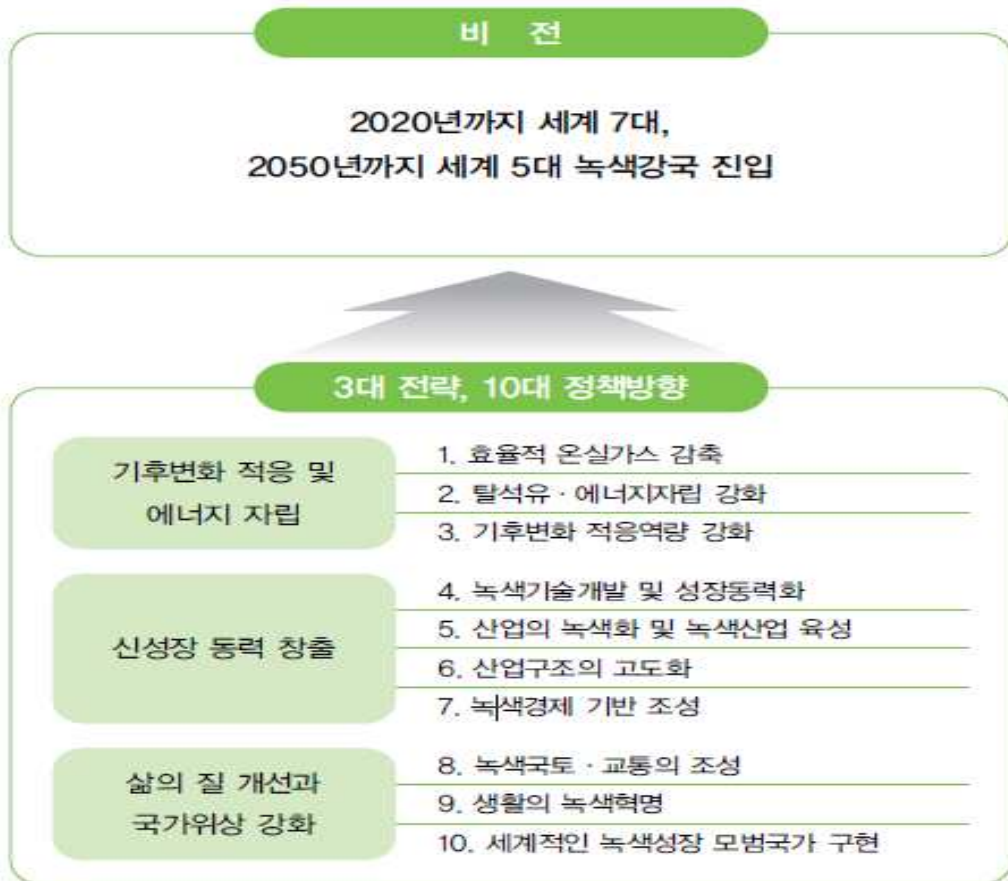
## 2. 상위계획과의 부합성

### □ 국가차원의 계획과의 부합성

- 국가 상위 계획과의 부합성을 검토하기 위해 ‘녹색성장 국가전략 및 5개년 계획’ 및 ‘국가 온실가스 감축 목표 설정’, ‘에너지이용합리화법에 따른 중장기계획 수립 및 추진’ 등 최근 이슈가 되는 주요 상위계획과의 부합성을 분석함

### [녹색성장 국가전략 및 5개년 계획]

- 정부는 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 위해 3대 전략과 10대 정책방향을 설정하는 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획을 수립함



[그림 4.1] 녹색성장 비전체계

- 동 계획에서는 특히 국민의 삶의 질 개선과 국가위상 강화를 위해 녹색 국토·교통의 조정을 정책방향으로 다음과 같은 3가지 사항을 확대하고자 함
  - ▶ 기술·시장변화를 반영한 능동적(Moving Target) 전략 수립을 통해 녹색기술개발 투자의 전략적 확대
    - 정부 R&D 투자 중 녹색 R&D 비중을 '08년 약 15%수준에서 '13년까지 20%수준으로 확대
    - 기초·원천연구와 응용개발에 대한 균형적 녹색기술연구개발 강화를 위한 "Green Tech Initiative" 추진
  - ▶ 녹색 신기술 실용화를 통한 녹색기술 이전 및 사업화 촉진
    - 녹색기술 R&D사업 성과관리 체계 강화, 녹색기술이전·사업화 촉진을 위한 맞춤형 패키지 지원 등 기반 강화
    - 녹색 신기술·신제품 인증제도 도입, 정책자금 지원, 인력 지원 등의 실용화를 위한 전략적 지원 체계 구축
  - ▶ 녹색기술 시험·인증·시스템 등 녹색기술·산업 인프라 구축
    - 'Green TCS(Testing, Certification, Standard) System 구축 프로그램(가칭)' 계획 수립
    - 세계적 수준의 녹색기술 정보체계 구축

#### [국가 온실가스 감축 목표 설정]

- EU 등을 중심으로 자동차에 대한 온실가스 배출허용규제가 확산됨에 따라 국가적으로 온실가스 감축을 위한 목표를 설정하는 계획을 수립함
- 특히, 본 계획에서는 비용효율적인 에너지효율개선 수단 도입, 대체 에너지 보급 확대 등을 통해 전기세 등 에너지비용 절약이 가능하고 무역수지를 개선하여 국민·기업의 경제적 이익 증대가 가능할 것으로 판단하여 고효율 설비 보급 등 수요관리를 강화함
  - 그러나, 온실가스 감축노력을 하지 않을 경우 직접적 경제 손실만 매년 GDP의 5% 감소, 국민건강 등 간접영향까지 고려할 경우 최대 GDP의 20% 감소(스턴보고서, 2006)

#### [에너지이용합리화법에 따른 중장기 계획 수립 및 추진]

- 본 계획은 에너지 신산업 활성화 및 안정적 에너지 확보를 위한 국가간 경쟁심화, 환경 친화적 에너지 소모 욕구 강화 등 대외적 환경 변화에 따라 에너지기술개발사업 추진을 통한 에너지 산업의 성장 동력화를 목적으로 추진됨

- 본 계획에서는 에너지 이용을 합리화하기 위해 산업 측면과 가정·상업 측면에서의 지원 계획과 정부의 지원 계획을 다음과 같이 수립함
  - 산업부문은 에너지다소비 업종의 신소재, 신공정 개발 등을 지원
  - 가정·상업 부문에서는 건물에너지 효율등급제를 단계적으로 모든 건물로 확대하고, 에너지제로·탄소중립 건물의 개발 및 보급을 확대할 계획
  - 정부는 경제계와 공동으로 녹색성장을 우리 경제의 새로운 성장 패러다임으로 설정하고, 신재생에너지에 대한 설비·R&D 투자 등 녹색기술, 그린에너지 산업에 대한 투자를 대폭 확대할 계획
- 그 결과, ‘지능형 친환경 교량 기술개발’은 탄소 배출 30% 절감과 급속시공으로 인한 사용자 비용 절감, 교량 운영 효율화 측면에서 앞에서 제시한 상위계획과 정책 목표 달성 관점에서 부합성이 높은 것으로 조사되었으며, 특히, 국가 에너지 절감 등을 위한 녹색기술 건설현장 적용이라는 측면에서 직·간접적으로 상위 계획 목표에 부합하는 것으로 분석됨

#### □ 부처 고유 업무 및 자체 계획과의 일관성

- 부처 고유 업무 영역 및 자체 계획과의 일관성을 분석하기 위해 최근 10년간 추진된 건설교통 분야의 R&D 전략 및 주요 기술개발 동향 등을 분석함
- 그 결과 2013년부터 향후 5년간 추진될 건설교통 R&D 중장기계획 수립에 있어 SOC 연구 분야의 중점 추진분야 중 하나인 ‘미래형 SOC’ 내 전력프로젝트로 ‘지능형 친환경 교량’이 선정됨으로써 향후 국토해양부의 기술개발 계획과 일관성이 높은 것으로 분석됨
- 이외에도 아래와 같이 건설교통기술 연구개발사업 중장기계획과 국토해양 R&D 발전전략(Green-up 30), 건설교통 R&D 분야 11개 사업 중 건설기술 혁신, 국토해양 2030 프로젝트 등에서 부처 고유 업무 및 자체 계획과 본 사업의 기술개발 내용 및 목표가 일관성을 지니는 것으로 조사됨

[표 4.2] 관련부처 주요 계획

주요 계획	주요내용
건설교통기술 연구개발사업 중장기계획 (‘13~’ 17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설교통기술 연구개발사업의 상위계획인 “국토해양R&amp;D 발전전략(2010.10)”을 구체적으로 뒷받침하는 Master Plan수립. 2013년부터 2017년까지의 건설교통기술분야 연구개발사업의 중장기계획임</li> <li>- 기존 중장기계획(‘08~’ 12)의 후속이며, 저탄소 녹색성장에 부합하는 Master Plan으로 수립함</li> </ul>

	- 본 중장기계획에서 SOC연구 사업분야의 미래형 SOC에 <b>“지능형 친환경 교량”</b> 이 반영되었으며, 향후 추진될 계획임
국토해양 R&D 발전전략 (Green-up 30)	- R&D 거버넌스·사업구조·프로세스·성과창출 등 4개 분야 12개 추진전략을 마련하여 국토해양 R&D의 종합적인 개선대책을 제시하였고, 미래 국토해양 분야의 녹색성장 견인, 신성장동력 창출을 위해 기술 트렌드분석, 전문가 심층 분석 등을 통해 국토해양 분야 미래핵심기술 "Green-up 30" 도출함 - 특히 교량 생애주기에서 발생하는 탄소 및 에너지 30% 이상 절감을 위해 <b>‘지능형 친환경 교량’</b> 에 대한 주요 기술내용과 기대효과를 제시함
건설교통 R&D 분야 11개 사업 중 건설기술 혁신	- 건설기술 전반의 혁신을 위한 기술개발 내용으로 차세대 지속가능한 도로 및 초장대교량 기술 개발, 친환경 첨단물 관리시스템 및 지능형 시설물관리 네트워크 기술 개발, 첨단재료 개발 및 IT기술을 접목한 프로세스 혁신 제시 - <b>고성능·고효율의 장수명 교량기술</b> 및 차세대 친환경 수자원기술 개발, 첨단건설재료 및 프로세스 개발, 재해·안전 대응기술 개발 언급
국토해양 2030 프로젝트	- 폭풍·해일 등으로 인한 항만과 배후도심권의 침수 피해를 예방하기 위해 2030년까지 총 1조1880여 억원을 투입해 <b>기존 시설물을 보강</b> 하고, 첨단기능의 방재시설을 설치 계획

### 3. 사업추진체계의 적절성

#### □ 사업추진의지

- ‘지능형 친환경 교량 기술개발’을 위한 사업추진의지를 분석하기 위해 관련 부처 및 기관의 기술개발 계획 및 동향을 분석한 결과,
- 국토해양부는 VC-10의 뒤를 이어 차세대 미래국토해양 기술을 결정하기 위해 국토해양 R&D를 선도할 Green-up 30를 선별하는 등 대내외 이슈 해결을 위한 기술개발 계획 추진 의지가 높은 것으로 조사됨
- 국외 및 민간의 사업 추진 의지를 살펴보면 교량 기술개발은 최근 침체되고 있는 건설 분야의 성장 동력 창출 측면에서 새로운 패러다임으로 자리매김할 수 있을 것으로 판단되어 관련 기관의 사업추진 의지는 높은 것으로 나타남
  - 최근 일본은 노후화된 교량으로 인해 발생 가능한 인명의 위험과, 사회적 손실, 대규모 보수나 교체로 인한 방대한 비용 발생 등을 막기 위해 노후 교량에 대한 정비 강화하기 위해 도로 교량의 예방안전 대책을 수립함
  - 주요 건설업체의 교량 기술개발 계획 관련 언론보도 자료를 중심으로 조사한 결과 대우건설 및 포스코 건설 등에서는 교량 바닥판 공법을 개발, 교량 설계관련 기술 개발, 장대교량 관련 연구를 진행 중인 것으로 조사됨

#### □ 관련 기관 및 부처의 협조체계

- ‘지능형 친환경 교량 기술개발’은 국내 기술개발 역량 및 전문 인력 분포 등을 고려할 경우 설계, 소재개발, 시공, 운영관리 측면에서 산·학·연·관의 연계를 통한 사업 추진이 중요함
- 본 사업은 기획과정의 연구진 구성에서부터 장기적인 관점에서 관련 기관 특성을 고려하여 역할 분담 및 연계 체계를 구축함으로써 지속적이고 효율적인 협조체계 구축이 가능할 것으로 판단되며,
- 향후 동 사업에서 추구하는 목표인 CO<sub>2</sub> 저감과 관련된 지식경제부 산하의 에너지관리공단, 에너지연구원 등과의 업무 협조가 이루어질 경우 관련 기관간 협조체계 구축을 통해 기술개발 과정에서 온실가스 감축을 위한 측면에서 높은 시너지 효과가 발생할 것으로 판단됨

#### 4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안

##### □ 기술적 위험요인 및 대응방안

- 기술적 위험요인은 동 사업 추진과정에서 발생 가능한 기술개발 중복성 및 성공가능성 등에 대한 위험요인 등을 의미함
- 동 사업의 경우 기술개발 과정에 있어 기존 기술을 연계·활용과 원천 기술 개발·확보 등 관련 기술에 대한 지식적 노하우 축적이 필요함
- 이를 위해선 각 세부과제에 대한 기술 확보 전략 수립 및 기존 기술 활용방안에 대한 구체적인 분석이 필요함
- 본 사업 기획에서는 이러한 점을 고려하여 각 세부과제의 연구카드 작성에 있어 이러한 문제에 대응하기 위해 세부과제 기획에서부터 연도별 기술개발 내용에 대한 구체적인 내용을 제시하는 것 뿐 아니라 타 관련 기술과의 연계성에 대한 구체적인 방안을 도식화함으로써 기술개발 과정에서 발생 가능한 위험요인에 대해 선제적 대응이 가능하도록 기획됨
- 특히, 각 세부과제에 대해 국내외 기술 활용방안을 구체적으로 제시함으로써 향후 기술개발 과정에서 발생될 기술적 위험요인을 사전에 대응하기 위한 세부 전략을 체계적으로 수립하고 있는 것으로 조사됨

[표 4.3] 세부과제별 국내외 기술 활용방안

세세부 과제명	국내외 기술 활용방안
1-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현 직선 형태의 PS강연선이 도입된 프리캐스트 바닥판의 연속화 기술을 응용하여 곡률 및 사각을 가지는 비정형 바닥판 기술 개발을 통하여 경제성/시공성 공법 개발</li> <li>• 비선형구간에서의 해외 프리캐스트 바닥판의 설계 및 시공사례를 검토/분석하여 내부강선 긴장재를 갖는 비정형 세그먼트공법과의 경제성 및 시공성 비교 가능</li> <li>• 기존 국내외 급속시공 바닥판 기술과 부분조립 연속화개념을 도입한 바닥판 급속시공 기술과의 시공성/경제성 비교 분석(신설/교체)</li> <li>• 기존 노후화 교량의 성능향상 기술 등을 분석하고 현재 적용하고 있는 보수/보강/교체 사례를 검토</li> <li>• 현재 숙련된 전문가에 의한 초기점검, 정기점검, 사고 점검, 정밀 점검, 특별 점검 등을 수행하며 이러한 결과를 토대로 결함 도출 및 예상비용 및 상태등급을 결정함 따라서 경험 많은 유지관리 전문가들의 노하우를 피드백하여 기술 개발 효율화</li> </ul>
1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 개발된 프리캐스트 교각기술에 대하여 구조적 검증 결과 및 실제 현장 적용의 사례와 시공단계 분석을 통하여 정착구, 연속화방법, 시공방법 등 개선사항을 도출하여 개발기술에 활용 가능</li> </ul>
1-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외 교량 해체PJ 분석 및 특징 검토를 통한 최적방안 도출</li> </ul>
2-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존에 개발된 고로시멘트 콘크리트, 고강도 철근 및 강연선 소재를 활용함과 동시에 소재 특성에 부합하는 구조형식 및 최적공법을 개발할 예정임</li> </ul>
2-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사선행과제에서는 고성능 내후성강 소재를 개발한 연구과제였음</li> <li>• 본 사업에서는 유사선행과제에서 개발된 강재를 활용하여, 일반 부식환경에서는 경제성 10% 향상을 목적으로 이종 강도간 하이브리드 최적 교량모델을 개발함으로써 교량 설계기술로 발전시키고자 함</li> <li>• 추가로, 해상/해안 등의 심각한 부식환경에서는 지속가능한 교량모델로 구조용 스테인레스 강재의 교량적용 기술을 포함하도록 함</li> </ul>
2-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구단에서는 FRP 소재를 이용한 교각 및 이를 이용한 교각 보강기술에 대한 연구를 수행한 바 있음</li> <li>• 공기단축형 복합구조시스템 건설기술개발 연구단에서는 외부에 강관을 두고 내부에 콘크리트를 채운 CFT에 대한 기존 연구를 기반으로 내부 콘크리트량의 절감을 위해 내부 구속효과를 구현할 수 있도록 단면 내부에 강관을 삽입한 구조에 대한 기초연구를 수행한 바 있음</li> <li>• 한국시설안전기술공단에서는 기존 교량의 보수보강 기술에 대한 연구를 2008년도 수행한 바 있음</li> <li>• 기존 내진성능 및 수명을 향상시킬 수 있는 기술을 성공적으로 개발할 수 있을 것임존의 연구 결과들을 기반으로 저탄소/고성능 소재를 적용하여 교각구조를 슬림화</li> </ul>
2-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FRP보강근 제조/생산기술 활용가능</li> <li>• 기본적인 GFPR 보강근의 콘크리트부재 적용성 검토 연구로서, 응용 및 실용화 단계까지 진입하지 못하였으므로 본 연구에서는 상용화 단계까지 개발하며 TestBed까지 수행</li> </ul>
3-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외 스마트계측 기술을 이용 구조계 응답으로부터 교량 성능평가에 활용</li> <li>• 기존의 교량의 성능감소 모델과 수명 예측 모델의 신뢰성 분석과 적용 가능성 검토</li> <li>• 내구성평가를 통한 유지관리 정책 및 관리방안 수립 활용</li> <li>• 건설분야 예산 절감 및 효율적 유지관리 예산 배분 활용</li> <li>• 시설물 정보의 체계적 관리 및 차세대 지능형교량관리 기반구축에 활용</li> </ul>
3-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조물의 정/동적 거동 분석을 통한 구조물 전체 및 붕괴유발부위의 건전성 진단 기법 연계 및 고도화 방안 분석</li> <li>• 첨단 비파괴 검사 기법기반의 국부 손상 진단 기법을 함께 적용하여 전체 구조물, 부재별 및 손상 종류에 맞는 상시 진단/모니터링 기술을 개발</li> <li>• 조립 교량 시공 시스템에서의 첨단 센서를 이용한 부재 형상 관리 및 정밀 시공 기술은 아직 국내에서 보고된 바가 없으며 전 세계적으로 아직 초기 수준임</li> </ul>

3-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분사식 섬유보강 코팅제로 보강한 콘크리트 구조물의 파괴거동에 대한 연구 결과를 바탕으로 최적의 분사식 섬유보강 코팅재의 섬유길이와 부피비를 도출함, 이를 통해 새로운 스프레이 분사법 제시 가능</li> <li>• 바텀애쉬 성능 향상 연구를 통해 콘크리트 구조물 보수용 모르타르 성능 저하문제로 제한되었던 바텀애쉬 치환율을 30%이상 다량 치환하여도 단면복구재로서의 성능을 만족시킬 수 있을 것으로 예상</li> <li>• 유해 휘발성 유기화합물이 없는 무용제형태의 폴리우레아수지를 활용하여 강재교량의 구조물은 해수, 태양광 및 염분 등에 의한 방식 환경으로부터 구조물을 보호할 수 있는 친환경 고내구성 방식 재료 및 기술 개발</li> </ul>
3-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM은 교량 유지관리에 필요한 정보들을 포함하고 있기 때문에 효과적인 유지관리를 위해서는 유지관리에 필요한 정보들을 분류 및 활용</li> <li>• 교량의 건설 및 유지관리에 필요한 탄소량의 산출로 교량 자산관리 시 환경부하 비용의 산정 및 이에 따른 유지관리 전략 수립에 활용</li> <li>• 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>• 탄소배출량 DB 및 평가 시스템 구축으로 환경부하비용 산출 및 관리 지침으로 활용</li> </ul>

#### □ 비용 및 기간상의 위험요인 및 대응방안

- 대형 프로젝트의 경우 사업계획 수립에 있어 당초 예산과 개발기간을 초과하는 현상과 계획된 시기에 예산 확보가 이루어지지 못함으로써 발생하는 위험요인이 존재함
- 특히, 동 사업의 경우 기 추진 중인 연구과제 추진 예산 등으로 인해 사업 추진 시점이 명확하게 규정되지 않고 일부 사업에 대한 선 추진 우려도 발생함
- 이에 본 사업 기획에서는 장비 구입 및 시스템 개발 분야에 있어 예산이 부족으로 지차체 및 민간 기관의 연구비 매칭 규모 조정이 중요함
- 본 기획에서는 이러한 문제에 대응하기 위해 동 사업 추진 과정에서 발생될 비용 및 기간상의 위험요인을 고려하여 연구비 산정에 있어 1차년도와 5차년도의 연구비를 낮게 산정하고 민간기관과의 기술개발 자금 매칭 금액을 기관의 기술개발 역량 등을 종합적으로 고려하여 매칭 금액을 실질적으로 활용 가능하도록 산정함으로써 기술개발 과정에서 발생될 비용 및 기간상의 위험요인을 최소화하고 있는 것으로 분석됨

#### □ 사업 추진의 경영 위험요인 및 대응방안

- 사업 추진의 경영 위험요인은 연구개발 과정에서 발생 가능한 운영·관리 측면에서의 위험요인을 의미하며, 동 사업의 경우 기관 특성을 고려한 연구개발로 인하여 성과시점에서 각 기관의 특화기술을 단순 조합하는 등의 문제가 발생할 가능성이 있음

- 이에, 세부과제 구성 및 진도점검 등의 권한과 연구자간 네트워크 구축을 위하여 연구단장의 권한을 강화하고, 예산 지원에 있어서도 효율적이며 효과적인 연구단 운영을 위한 자금지원이 필요하며, 연구책임자는 산·학·연이 잘 융합할 수 있도록 유도할 수 있도록 역량 중심의 선발이 중요함
- 본 기획 결과에서는 이러한 점을 고려하여 세부과제 추진주체 선정에 있어 각 과제의 특성에 맞도록 인력을 배치하고 경영상의 위험요인을 해결하기 위한 연구일정을 계획하는 등 연구단 추진에 따른 경영 위험요인 등을 종합적으로 고려한 기획이 이루어짐으로써 향후 효율적인 연구단 운영을 위한 추진 방안이 제시되어 있는 것으로 판단됨

## 5. 정책적 타당성 소결

- ‘지능형 친환경 교량 기술개발’ 사업의 정책적 타당성 분석 결과 동 사업은 2020년을 정점으로 30년 이상의 노후 교량이 급증할 것으로 예상되는 환경하에 국가 전략적 측면을 고려할 경우 사업 추진이 타당한 것으로 판단됨
- 또한, 동 사업은 2013년부터 2017년까지의 건설교통기술분야 연구개발사업의 중장기계획 측면에서 ‘미래형 SOC’ 중점분야 내 전력프로젝트로 선정되는 등 국가 상위계획과도 부합하는 것으로 나타남
- 이외에 기술개발 과정에서 발생 가능한 기술적 위험요인과 비용 및 기간상의 위험요인, 연구단 추진의 경영 위험요인 등을 극복하기 위한 대응방안이 연구 내용에 구체적으로 제시되는 등 위험요인에 대한 선제적 대응이 가능하도록 기획됨

## 2절. 기술적 타당성

### □ 분석 목적

- 기술적 타당성 분석은 R&D 사업 대상기술의 적정성 및 우수성, 기술 개발 역량 및 잠재력, 여타 기술개발사업과의 관계 및 연계방안 등을 종합적으로 조사·분석하는 것을 목적으로 함

### □ 분석 방법 및 내용

- 기술적 타당성 분석은 기술개발의 우수성, 성공가능성, 기존 사업과의 중복성 분석 등 3가지 분석항목으로 구성되며, 각 항목에 대한 분석을 토대로 종합 분석결과를 도출함
  - 위 3가지 분석항목은 아래와 같이 각각 2 ~ 3개의 세부 분석항목으로 구성되며, 세부 분석항목은 보다 세분화된 검토항목으로 구성

기술개발 계획의 우수성	연구 개발계획의 완성도 및 적절성
	기술로드맵의 완성도
기술개발계획의 중복성 검토 (타 과제와의 중복성 검토)	기존 R&D 사업과의 중복성 검토
	기획결과의 중복성 검토 결과
기술적 측면에서의 성공가능성	핵심기술 수준 및 기술격차
	국내 연구개발 기반 및 현황
	기술경쟁력(신규성/우위성)
	기술완성도(상용화 가능성)

- 본 연구에서는 “지능형 친환경 교량 기획연구” 결과를 기반으로 기술개발의 대상이 되는 개별 세부/세세부 기술에 대한 타당성 분석 보다는 전체 기술개발계획의 타당성 측면에서 정성적(Qualitative) 분석 중심으로 기술적 타당성 분석을 수행함

## 1. 기술개발 계획의 우수성

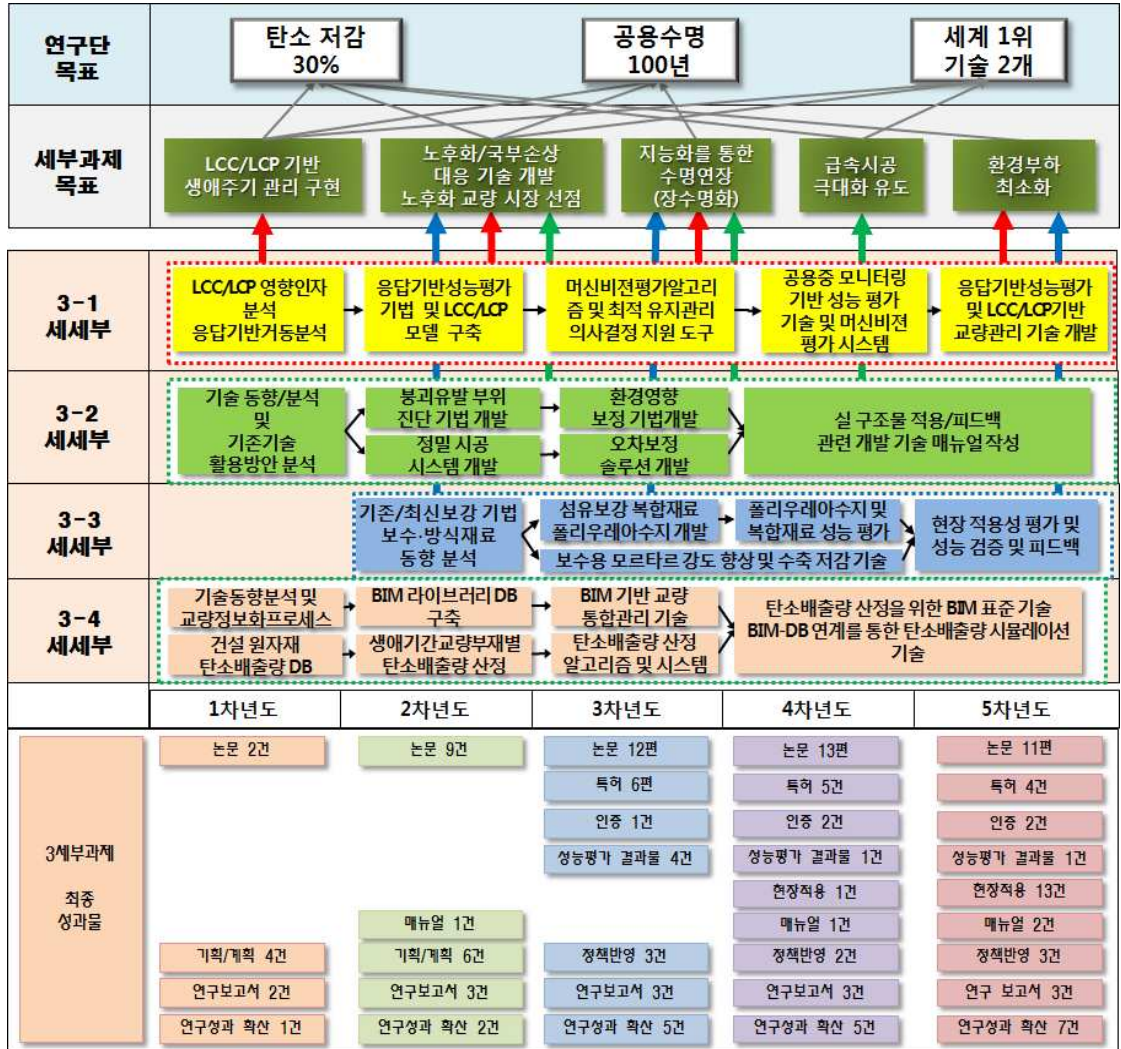
### □ 연구 개발계획의 완성도 및 적절성

- 본 연구는 KAIST, 한국도로공사, 대우건설, RIST 등 기관의 내부 연구진을 중심으로 기획위원회를 구성하고 각 분야의 관련 국내외 교수 및 연구원, 실무진 등을 중심으로 전문가 위원회를 구성하여 연구 개발 계획을 수립함
- 연구 진행은 20회에 걸쳐 기획위원회 운영을 통해 국내외 기술 및 정책 동향을 분석하고, 외부기관을 활용한 특허 분석을 실시함으로써 연구 비전과 목표, 세부과제를 선하였으며, 건설교통기술평가원에서 진행된 1·2차 검토위원회 심사 결과를 반영하여 최종 3개 세부과제와 총 10개 세세부과제를 도출함
  - 본 기획에서는 비전 및 목표 수립에 있어 기술개발 방향을 설정하고자 STEEP 분석 및 SWOT 분석을 실시하고 기술동향 및 환경분석 결과를 기반으로 Issue Tree를 작성하였으며, 이를 통해 기술개발 목표와 중점 추진분야, 주요 기술 개발 분야를 선정함
  - 또한, QFD를 활용하여 후보과제간 연계성 및 중요성을 고려하여 각 후보과제의 우선순위를 도출하고 기술개발 전략을 재수립함
- 또한, 각 세부과제 및 세세부과제별 구체적인 연구내용 및 성과물을 정리하기 위해 연구개발 목표, 기술개발 및 산업/시장 동향, 기존 기술 활용방안, 기술개발 필요성, 정부지원의 타당성, 주요 연구개발 내용, 기술 확보 전략, 기술개발 최종성과물 및 활용방안, 연구개발 과제 규모, 기대효과 및 파급효과 등을 구체적으로 작성함
- 이처럼 본 기획 연구를 통해 도출된 결과는 지능형 친환경 교량 기술 개발 측면에서 계획의 완성도가 높은 것으로 조사되었으며, 기술개발 전략 분석 결과 국내 기술 수준을 고려하여 적절한 연구개발 계획을 수립한 것으로 조사됨

### □ 기술로드맵의 완성도

- 기술개발 기획 결과의 완성도를 분석하기 핵심기술과 연구 목표와의 관계 및 시간적인 연구 활동 등 도식화한 기술개발 기술로드맵 작성 결과를 분석함
- 그 결과 본 기획에서는 아래 그림에서도 알 수 있듯이 세부과제별로 연구 개발과제 TRM을 세부과제 목표 및 본 연구단 목표와의 연계성

및 기술개발 시점을 체계적으로 작성하였을 뿐 아니라 각 연도별 최종성과물까지 제시함



- 특히, 세세부과제 기술개발 내용에 대해서는 국내외 선행 기술과의 연계성을 고려하여 향후 기술개발 결과물에 대한 구체적인 사항 뿐 아니라 유사 기술개발 국가의 연구내용 또한 한눈에 볼 수 있도록 제시함

## 2. 기술개발 계획의 중복성 검토

### □ 기존 R&D 사업과의 중복성 검토

- ‘지능형 친환경 교량 기술개발’ 내용과 기존 R&D 사업과의 중복성을 검토하기 위해 1차 기존 R&D 과제와 중복성<sup>70)</sup>을 검토하고 이중 추가 검토가 필요한 과제<sup>71)</sup>에 대해 2차 검토를 실시함

[표 4.4] 중복성 검토 과제 목록

검토 과제명	수행기간(년)
시공단계에서 건축물 CO <sub>2</sub> 배출량 평가 및 절감 기술개발(교육과학기술부)	2011-2015
<b>모듈러 교량 기술개발 및 실용화(국토해양부)</b>	<b>2010-2015</b>
녹색에너지 기반 시설물을 위한 스마트 스캐닝 시스템 개발(교육과학기술부)	2010-2015
건설업의 라이프사이클 단계별 BIM 적용 모델 개발에 관한 연구(교육과학기술부)	2010-2015
개방형 BIM 기반 저탄소 설계 및 거대 구조물 유지관리 건설 기술개발(교육과학기술부)	2010-2015
친환경 콘크리트 개발을 위한 미생물과 건축재료 간 상호작용 연구(교육과학기술부)	2010-2013
순환 자원을 이용한 탄소 저감형 건축 자재 실용화(국토해양부)	2010-2013
첨단 센서 기반의 대형 건설 현장 실시간 시공 관리 기술(국토해양부)	2009-2012
사장교 건전성 모니터링을 위한 첨단 무선 센서 기술 개발 및 국제 협동 연구 테스트베드 구축(교육과학기술부)	2009-2011
교량 진단에 적합한 첨단 센서 및 GUI 기반 통합 평가 시스템 개발(한국도로공사)	2009-2011
교차장치 및 신축이음 제거와 최소 유지관리하는 교대 일체식 교량의 설계 기술 개발(중소기업청)	2009-2010
<b>초장대 교량 사업단(국토해양부)</b>	<b>2008-2015</b>
<b>가상 건설 시스템 개발(국토해양부)</b>	<b>2006-2011</b>
국가 주요 시설물 안전 관리 네트워크 시범 구축 및 운영 시스템 개발(국토해양부)	2006-2011
도시형 자기부상 열차 하부 구조물 급속 시공 법 개발(국토해양부)	2006-2008
멀티 센서 공간 영상 정보 통합 처리 기술 개발(정보통신부)	2006-2007
차세대 시설물용 신재료 활용 기술 개발(국토해양부)	2005-2010
공기 단축형 복합 구조 시스템 건설 기술 개발(국토해양부)	2005-2010
<b>교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발(국토해양부)</b>	<b>2005-2008</b>
압전 센서를 이용한 구조물의 이상 상태 평가(교육과학기술부)	2004-2009
교량 설계 핵심 기술 연구(국토해양부)	2003-2008
장대 교량의 스마트 상시 모니터링 시스템 개발(교육과학기술부)	2002-2011
스마트 구조물의 생애 주기 분석(교육과학기술부)	2002-2011

- 그 결과 선행 R&D 과제는 교량 생애 주기의 한 부분인 설계/시공/유지 관리/교체와 관련된 주제들로 분류되어 개발되고 있었으나 교량 생애 주기 관련 요소 기술을 연계하여 선제적 교량 생애 주기 관리 개념의 대형 연구개발 프로젝트는 없는 것으로 조사됨
- 또한, 연구개발 결과의 실용화 측면에서 기존 R&D 과제와 차별되는 것으로 조사되었으며, 일부 과제에 대해서는 타 사업과 연계 추진 방

70) 2006년 이후 종료되거나 현재 추진 중인 과제 중 중대형 과제의 세부 과제 및 일반 과제 규모 단위

71) 초장대 교량 사업단, 가상 건설 시스템 개발 연구단, 모듈러 교량 기술개발 및 실용화 연구단, 스마트 사회 기반 시설 연구센터, 교량 검사 로봇 개발 연구단

안을 구체적으로 제시하고 있음

- 추가 검토가 필요한 과제를 대상으로 분석한 결과 초장대교량 사업단 대비 지간장 200m이내 일반교량을 대상으로 하며, 기술개발 목적이 교량 노후화에 대비한 장수명화와 유지관리 절감을 통한 탄소저감에 있다는데 차이점이 발생하였으며,
- 기존 BIM을 가상건설시스템 개발 연구단과 달리 유지관리에 활용하고, 관련 데이터를 LCC/LCP에 활용하는 측면에서 차별화 되며, 모듈러 교량 기술개발 및 실용화 연구단과는 급속시공/교체 극대화를 위한 비정형 프리캐스트 부재 및 국부 손상 대응 부분 교체가 가능한 바닥판 설계 시공 기술개발이라는 측면에서 차별화됨
- 이외에 스마트 사회기반시설연구센터, 교량검사로봇개발연구단은 연구결과를 활용하여 사업을 추진할 계획으로 중복성은 존재하지 않는 것으로 조사됨

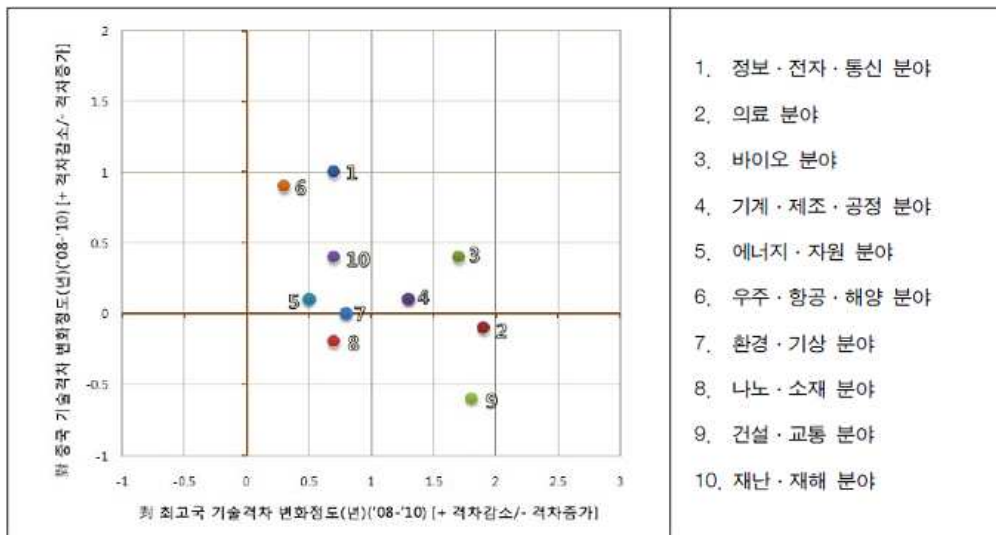
#### □ 기존 결과의 중복성 검토 결과

- 기존 R&D 과제와의 중복성 뿐 아니라 본 과제 기획 과정에서 구체적인 중복성 검토 및 차별화 방안 수립 여부를 분석한 결과 본 연구에서는 후보과제 도출 과정에서 선행 R&D 과제와의 중복성을 검토한 후 중복되는 과제는 기술개발 기획에서 제외할 뿐 아니라, 개발이 필요한 기술 분야에 대해서는 선행 R&D 과제별로 구체적인 연계방안 및 차별화 방안을 수립함
- 뿐만 아니라, 각 세세부과제 단위에서의 기존 기술 활용방안을 제시함으로써 기존 R&D 과제의 결과물을 효과적으로 활용할 수 있는 기반을 마련함

### 3. 기술적 측면에서의 성공가능성

#### □ 핵심기술 수준 및 기술격차

- 본 기획연구 분야의 핵심기술 수준 및 기술격차를 조사하기 위해 ‘2010년 기술수준평가 보고서’를 활용하여 동 분야의 기술수준 및 기술격차를 조사함
- 그 결과 건설교통 분야는 최고기술보유국인 EU(78.4%)와 비교하여 16.6% 낮은 61.8%로 나타났으며, 이는 국가 전체 평균인 60.2%와 비교하면 높은 것으로 조사됨
- 기술 최고국 대비 기술격차는 4.8년으로 우리나라 전 분야 기술격차 평균인 5.4년 대비 낮은 것으로 조사됨



[그림 4.2] 주요 기술 분야별 기술수준 및 기술격차 (2010년 기술수준평가 보고서)

- ‘08년과 기술수준 향상도를 분석한 결과 동 기간내 90개 중점과학기술 중 85개 기술수준이 향상된 것으로 조사되었으며, 특히 ‘생활안전 및 테러대응 기술(12.2%p ↑)’, ‘해양영토관리 및 이용기술(10.8%p ↑)’, ‘미래첨단 도시건설 기술(10.5%p ↑)’, ‘친환경 공정기술(10.0%p ↑)’ 등의 중점과학기술의 기술수준 향상이 큰 것으로 나타남

[표 4.5] 우리나라의 기술수준이 높은 중점과학기술 (10년)

순위	기술명	우리나라 기술수준(%)	분야
1	4. 통신방송 융합 기술	79.6	정보·전자·통신
2	3. 휴대인터넷 및 4세대 이동통신 기술	75.4	정보·전자·통신
3	5. 차세대 메모리반도체 기술	73.9	정보·전자·통신
4	1. 차세대 네트워크 기반 기술	73.6	정보·전자·통신
5	11. 정보보호 기술	71.5	정보·전자·통신
6	91. 융합 LED	71.0	융합
7	12. 차세대시스템 S/W 기술	70.4	정보·전자·통신
8	80. 초장대교량 건설 기술	70.4	건설·교통
9	54. 원자력 안전성 향상 기술	68.1	에너지·자원
10	70. 자원순환 및 폐기물 안전처리 기술	68.1	환경·기상

출처 : 2010년 기술수준평가 보고서

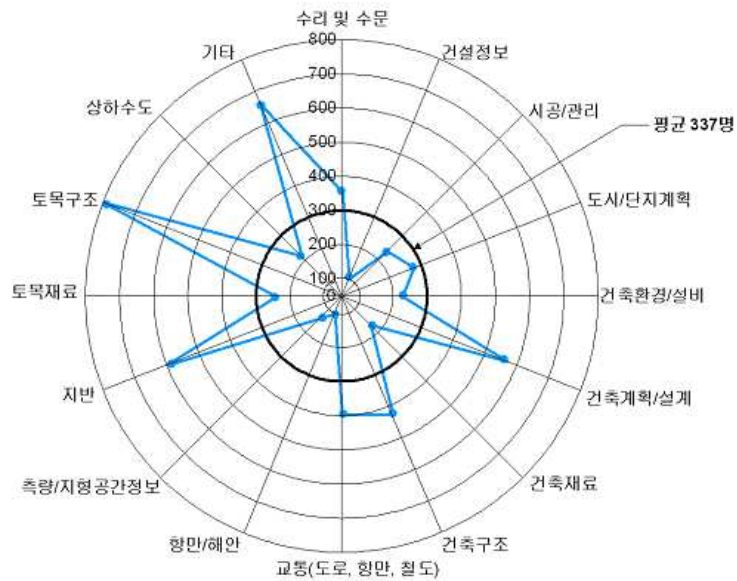
- 건설·교통 분야에서 특히 동 과제와 유사한 세부 중점과학기술분야 중 ‘초장대교량 건설 기술’ 과의 기술수준 및 기술격차를 조사한 결과 현재 최고기술 보유 국가는 미국(83.2%)으로 조사되었으며, 우리나라 기술수준은 70.4%로 조사됨
- 또한, 현재 최고기술 보유국과의 기술격차 년도는 4.2년으로 건설·교통 분야 평균인 4.8년과 비교하여 낮은 것으로 조사됨
- 중국과의 기술격차에서는 총 90개 기술 중 46개 기술이 중국과 기술격차가 단축된 반면 ‘건설기반 기술’ 은 1.7년의 기술격차 우위를 유지하고 있는 것으로 나타남
- 이외에, 본 보고서에서는 기술수준이 높게 나타난 건설·교통 및 환경·기상 분야 기술의 실용화 촉진을 위한 제도적 뒷받침 노력이 필요하다고 기술함

#### □ 국내 연구개발 기반 및 현황

- 국내 연구기반 현황을 분석하기 위해 건설·교통 분야의 전문 인력 수 및 인프라 현황을 조사함
- 그 결과 건설교통기술 연구개발 활동 종사자는 2008년 기준으로 순수건설교통 연구개발 인력이 9,041명이며, 연구개발과 타 업무를 병

행하는 인력이 7,748명으로 조사됨

- 또한, 연구 지원 인력 및 연구행정인력은 각각 1,688명, 1,296명으로 조사됨으로써 총 건설 분야의 연구개발 종사 인력은 16,789명으로 조사됨
- 그러나 동 분야내의 연구인력 비중을 살펴보면 토목구조 연구 인력이 가장 많은 것으로 조사되었으며, 토목 재료 분야의 연구 인력은 평균 대비 낮은 것으로 조사됨



[그림 4.3] 건설교통분야 연구인력 현황<sup>72)</sup>

- 인프라 측면에서는 국내 건설관련 연구 실험시설이 전국에 총 674개가 있는 것으로 조사되고 이중 44.5%는 공공기관으로 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 정부출연 연구기관(17.4%), 대학 연구기관(13.5%) 순으로 높게 나타남
- 또한, 교량 관련 해외 연구기관인 미국의 네브라스카 교량 연구단과 프랑스 토목연구소, 미국 연방 도로국, 캘리포니아 주도로국 등 주요 선진기관들과의 기술교류를 통한 기술개발이 가능할 것으로 판단됨
- 이처럼 국내 건설·교통 분야 중 연구인력 측면에서는 동 분야의 연구인력 규모가 높게 나타남으로써 기술개발 추진에 따른 기반이 조성으로 인한 기술개발 성공 가능성이 유사 분야와 비교하여 높은 것으로 판단됨

72) '건설인프라 구축을 위한 조사연구', 건설교통부·한국건설기술교통기술평가원(2007)

[표 4.6] 우리나라 산업별 연구원 수 추이<sup>73)</sup>

(단위 : 명)

산업	2006	2007	2008	2009	2010
기업 전체	173,904	185,633	197,023	210,303	226,168
농림수산업	135	92	114	128	156
광업		39	59	84	97
제조업	143,629	152,266	160,149	165,185	178,440
음식료품 및 담배	3,102	3,358	3,556	3,638	3,491
섬유, 의복 및 가죽제품	768	1,464	1,559	1,823	1,959
목재, 종이 인쇄	238	398	458	627	701
코르크, 석유, 핵연료, 화합물 및 화학제품, 고무 및 플라스틱 제품	17,443	17,936	18,881	19,988	21,621
코르크, 석유 정제품 및 핵연료	756	729	579	441	655
화합물 및 화학제품	14,235	14,500	15,362	16,728	17,630
화합물(의약품 제외)	10,219	10,197	10,505	11,865	12,510
의약품	4,016	4,303	4,857	4,863	5,120
고무 및 플라스틱 제품	2,452	2,707	2,940	2,819	3,336
비금속광물제품	1,087	1,299	1,292	1,438	1,595
제1차 금속제조업	1,363	1,617	2,000	2,164	2,137
금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)	1,729	2,036	3,006	3,799	3,773
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	75,283	75,979	76,139	75,304	83,803
의료, 정밀, 광학기기 및 시계	3,720	4,162	6,119	7,081	7,724
전기장비	6,013	6,087	5,607	7,100	7,285
기타 기계 및 장비	9,958	13,091	13,925	14,951	15,737
자동차 및 트레일러	18,125	19,597	20,930	20,890	22,191
기타 운송장비	4,127	4,684	4,906	5,546	5,373
가구 및 기타제조업	673	740	1,039	836	1,050
전기, 가스 및 수도사업	834	912	810	930	926
하수, 폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업	28	43	354	274	269
건설업	3,838	4,374	5,230	6,272	6,317
서비스업	25,440	27,907	30,307	37,430	39,963
전문, 과학 및 기술서비스	6,119	6,911	7,738	9,735	9,857
연구개발업	1,005	1,187	1,372	1,878	1,819

\* 2007년까지는 8차 한국산업분류코드, 2008년도부터는 9차 한국산업분류코드를 사용

\* 시계열 비교를 위해 9차 산업분류코드를 기준으로 이전년도 자료를 재산출하여 일부 자료의 경우 이전 보고서의 수치와 일치하지 않을 수도 있음

\* 8차와 9차 산업분류코드가 정확히 매칭이 되지 않는 경우 가장 유사하게 매칭을 시임

## □ 기술경쟁력

- 동 사업의 기술은 핵심기술 수준 및 기술격차에서 살펴 본 바와 같이 선진국 대비 4.2년의 기술격차를 보이고 있으나 본 기획 결과를 기반으로 교량의 생애주기 관련 요소기술을 연계하여 선제적 연구를

73) 2010년 연구 개발활동 조사보고서

추진할 경우 대형 연구 과제라는 측면과 World Best 기술을 목표로 한다는 측면에서 국내외에서 기존에 기술개발 사례가 없는 기술개발 측면에서 우위성을 보일 것으로 판단됨

- 또한, 급속시공과 탄소저감이라는 두 가지 연구목표를 달성할 경우 최근 이슈로 대두되고 있는 에너지 절감과 CO<sub>2</sub> 발생량 저감, 국민의 삶의 질 향상 등을 해결함으로써 대내외적으로 기술경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨
- 이외에도 지능형 친환경 교량 유지관리를 실현시킴으로써 향후 SOC사업 추진에 있어 새로운 기술개발 패러다임을 도입할 수 있을 것으로 예상됨

#### □ 기술경쟁력

- 본 기획연구는 모듈러 교량 기술개발 신소재 개발과 스마트 사회기반시설연구센터, 교량검사로봇개발 연구단 등의 연구결과물을 활용하여 연구개발 기간 단축은 물론 민간 건설 업체의 연구 참여를 통해 기술개발 결과물의 시장 적용이 가능할 것으로 판단됨
- 특히, 기술 결과물이 시공 또는 소재개발에 치우치지 않고 교량 생애주기 관련 요소 기술 간의 연계성을 통한 개발로 상용화 가능한 기술개발이 가능할 것으로 판단됨
- 이외에도 기술개발 전문성을 보유한 대학 및 연구기관과 현장 적용 노하우가 있는 민간기업과의 협력이 이루어질 경우 연구결과의 상용화가 더욱 효과적으로 추진될 가능성이 높을 것으로 판단됨

#### 4. 기술적 타당성 소결

- 본 기획 결과는 기술개발 기획에 있어 각 세부과제별 연구목적 및 배경, 연구개발 목표, 기술개발 및 산업시장 동향, 기존 기술 활용방안, 선행 연구와의 차별성 등이 구체적으로 제시되는 등 연구 개발 계획의 완성도 및 적절성이 우수한 것으로 조사되었으며,
- 기술로드맵 수립에 있어서도 연구단 목표, 세부과제 목표와 세세부과제 기술개발 내용간의 연계성, 최종성과물과의 연계성 등이 종합적으로 고려되어 세부과제별 TRM이 작성됨
- 타 과제와의 중복성에 있어서도 동 사업의 경우 교량 생애주기 관련 요소기술을 연계하여 선제적 교량 생애주기 관리 개념의 기술개발 기획이 이루어지는 등 타 과제와 차별화된 기술을 개발하는 것으로 조사됨

### 3절. 경제적 타당성

#### □ 분석 목적

- 경제성 타당성 분석은 본 사업의 경제성, 경제적 파급효과, 과학기술적 파급효과 등을 종합적으로 조사·분석하는 것을 목적으로 함

#### □ 분석 방법 및 내용

- 경제성 분석을 위해서는 사업 추진에 따른 편익, 그리고 편익 창출을 위해 투입된 사업비 및 운영비에 대한 구체적인 분석이 필요하며, 이는 세부적인 사업계획이 확정되고 해당 계획을 수행하기 위해 소요되는 비용과 그러한 계획이 성공적으로 종료되었을 때 얻을 수 있는 결과물이 가져오는 편익이 명확한 경우에 한하여 가능함
- “지능형 친환경 교량 기술”의 경우 공공시설 개선을 위한 기술개발사업이라는 특수성으로 인해 명확한 편익 추산에 한계가 발생함으로써 경제성 분석에 있어 몇 가지 가정을 설정하여 분석을 실시함
  - 비용 및 편익 산정을 위해 기본 가정을 수립하여 정량적인 데이터를 산출하였으며, 비용편익분석에 있어서도 특정 가정을 수립하여 이를 바탕으로 분석을 실시함

예산의 적절성	예산 산정 근거의 타당성
	예산 규모의 적절성
경제성	비용분석
	편익 추정
	비용-편익분석(B/C 분석)
파급효과	과학기술적 파급효과
	경제사회적 파급효과

- 경제사회적 파급효과 및 과학기술적 파급효과 분석은 기존의 관련 자료 및 전문가 의견을 수렴하여 발생 가능한 효과를 정성(Qualitative) 분석 위주로 제시함

## 1. 예산의 적절성

### □ 예산 산정근거의 타당성

- 본 사업의 예산 산정은 기획위원회를 통해 각 세세부과제별 최종 성과물의 특성 및 타 사업의 연구비 등을 종합적으로 고려하여 소요예산(안)을 확정하였으며, 이후 연구단 가용 예산을 고려하여 재조정 작업을 거쳐 최종 소요예산(안)을 확정함
- 이렇게 성과물에 따른 Bottom-up 방식의 예산 산정과 Top-down 방식의 예산 조정 작업을 통해 예산을 산정함으로써 향후 연구 추진과정에서 발생 가능한 연구비 운영 위험요인을 사전에 대응함
- 또한, 각 과제별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측함으로써 기술개발 주체에 따른 정부지원금 대비 민간부담금 규모를 산정함으로써 예산 산정이 현실성 있게 산정된 것으로 판단됨

### □ 예산 규모의 적절성

- 본 사업의 전체 소요 예산의 규모의 적절성을 분석하기 위하여 기획 연구단에서 산정한 총 소요예산인 293.29억원을 관련 유사 사업과 비교 분석을 실시함
- 비교 분석 대상을 동 기술개발과 유사한 목표를 추구하고, 관련 주무부처가 일치하여 자금 지원의 일관성을 평가할 수 있는 '모듈러교량 기술개발 및 실용화' 사업의 2010년, 2011년 소요예산을 선정하였으며, 분석에 있어 관련 기술 연계성은 본 보고서의 기술성 분석 내용을 고려하여 판단함
- 그 결과 '모듈러 교량 기술개발'의 사업비가 본격적으로 추진되는 2011년 정부지원금이 23.45 억원으로 조사되었으며, 이는 '지능형 친환경 교량 기술개발' 연구비 합계인 221.98 억원(5년 단위) 비중의 1/2 정도 수준인 것으로 조사됨
- 이는 '모듈러교량 기술개발 및 실용화' 사업의 경우 연구범위가 시공 측면으로 한정되어 있으며, 소재개발 및 유지관리 측면에서의 기술개발은 미흡하기 때문임
- 이에 본 분석에서는 '세부과제 1' 과 동 사업과의 비교를 실시한 결과 '지능형 친환경 교량 기술개발'의 경우 연간 정부지원금이 15.42 억원으로 유사 사업인 '모듈러교량 기술개발 및 실용화' 사업

대비 연간 8.03 억원 낮은 것으로 조사됨

- 또한, 과제별 예산 배분에 있어서도 최종 예상 성과물 및 연구개발 추진방법 등에 따라 연구 투입 인력 및 재료비, 연구 기간 등을 종합적으로 고려하여 연도별 투입 예산과 과제별 지원 규모가 적절하게 배분되어 있는 것으로 분석됨

[표 4.7] 지능형 친환경 교량 기술개발을 위한 소요예산(안)

(단위:억원)

	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계		총
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	합계
<b>연구단</b>	<b>12.03</b>	<b>4.12</b>	<b>58.34</b>	<b>19.80</b>	<b>68.04</b>	<b>23.41</b>	<b>50.54</b>	<b>18.58</b>	<b>30.03</b>	<b>8.40</b>	<b>218.98</b>	<b>74.31</b>	<b>293.29</b>
<b>1세부과제</b>	<b>4.28</b>	<b>1.43</b>	<b>17.99</b>	<b>6</b>	<b>21.4</b>	<b>7.46</b>	<b>15.6</b>	<b>6.54</b>	<b>15.4</b>	<b>3.46</b>	<b>74.67</b>	<b>24.89</b>	<b>99.56</b>
1-1 (세세부)	2.70	0.90	8.79	2.93	11.40	3.80	9.80	3.27	6.40	2.13	39.09	13.03	52.12
1-2 (세세부)	1.58	0.53	6.20	2.07	7.00	2.33	6.20	2.07	4.00	1.33	24.98	8.33	33.31
1-3 (세세부)	-	-	3.00	1.00	4.00	1.33	3.60	1.20	-	-	10.60	3.53	14.13
<b>2세부과제</b>	<b>3.60</b>	<b>1.30</b>	<b>21.78</b>	<b>7.60</b>	<b>21.30</b>	<b>7.50</b>	<b>17.12</b>	<b>6.10</b>	<b>4.60</b>	<b>1.60</b>	<b>68.40</b>	<b>24.10</b>	<b>92.50</b>
2-1 (세세부)	-	-	6.00	2.10	8.00	2.90	7.00	2.50	4.60	1.60	25.60	9.10	34.70
2-2 (세세부)	1.52	0.53	8.48	2.90	6.00	2.00	4.32	1.50	-	-	20.32	6.93	27.25
2-3 (세세부)	1.48	0.50	3.50	1.20	3.50	1.20	3.00	1.00	-	-	11.48	3.90	15.38
2-4 (세세부)	0.60	0.27	3.80	1.40	3.80	1.40	2.80	1.10	-	-	11.00	4.17	15.17
<b>3세부과제</b>	<b>4.15</b>	<b>1.39</b>	<b>18.57</b>	<b>6.2</b>	<b>25.34</b>	<b>8.45</b>	<b>17.82</b>	<b>5.94</b>	<b>10.03</b>	<b>3.34</b>	<b>75.91</b>	<b>25.32</b>	<b>101.23</b>
3-1 (세세부)	1.73	0.58	7.07	2.36	9.65	3.22	6.67	2.22	3.84	1.28	28.96	9.66	38.62
3-2 (세세부)	1.94	0.65	7.16	2.39	9.75	3.25	6.75	2.25	3.85	1.28	29.45	9.82	39.27
3-3 (세세부)	-	-	2.38	0.80	3.27	1.09	2.55	0.85	1.30	0.43	9.50	3.17	12.67
3-4 (세세부)	0.48	0.16	1.96	0.65	2.67	0.89	1.85	0.62	1.04	0.35	8.00	2.67	10.67

## 2. 경제성

### □ 분석 개요

- 사전타당성조사 대상 사업에 대한 경제성 평가는 사업에 소요되는 비용과 편익을 비교하여 해당 사업의 경제적 가치가 어느 정도인가를 사회적 관점 또는 국가 전체적인 관점에서 파악하는 것으로 비용 편익분석(Cost Benefit Analysis)이라고 불림
- 이에, 먼저 해당 사업에 소요되는 비용을 추정하고자 하며, 비용은

실제 지출된 비용 외에 외부비용까지 포함한 사회적 비용의 관점에서 비용을 추정하고자 함

- 이후 본 사업으로 인해 발생 가능한 편익을 추정하고자 하며, 편익의 추정결과는 경제적 타당성 분석 결과에 큰 영향을 미칠 수 있으므로, SOC사업 이라는 특수성을 고려하여 여러 가지 편익의 범위를 추정함
- 이렇게 추정된 비용과 편익을 이용하여 비용편익분석을 적용하여 경제성 분석을 실시하며, 비용편익분석의 대표적 방법인 순현재가치(NPV:Net Present Value), **편익/비용비율(benefit/cost ratio)**, 내부수익률(IRR:Internal Rate of Return)의 3가지 방법 중 편익/비용비율을 활용하여 본 사업의 경제성 여부를 판단함
  - 순현재가치(NPV:Net Present Value) : 순현재가치란 사업에 수반되어 사업의 최종년도까지 발생한 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인한 다음 총 편익의 현재가치에서 총 비용의 현재가치를 차감한 값으로 0보다 크면 경제성이 있으며, 0보다 작으면 경제성이 없다고 판단하며, 여러 개의 사업이 있을 때에는 그 값이 클수록 선호됨
  - **편익/비용비율(benefit/cost ratio)** : 현 시점으로 할인된 총 편익 대 총 비용의 비율로서, 장래에 발생할 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값을 의미하며, 편익/비용비율이 1보다 크면 경제성이 있다고 판단하며, 여러 개의 사업이 있을 때에는 편익/비용비율이 클수록 선호됨
  - 내부수익률(IRR:Internal Rate of Return) : 투자사업이 원만히 진행된다는 전제하에 기대되는 예상수익률로서 편익흐름의 현재가치의 합이 비용흐름의 현재가치의 합과 같아지는 할인율로 투자사업의 예상수익률을 의미하며, 내부수익률이 사회적 할인율<sup>74)</sup>보다 크면 경제성이 있다고 판단하며, 다수의 사업이 있는 경우에는 내부수익률이 클수록 선호됨

## □ 기본 가정

- 본 조사의 경제성 분석에 앞에 비용, 편익 추정을 위하여 대상기간 및 사회적 할인율을 다음과 같이 가정함
- 경제성 분석의 대상기간은 일반적으로 '지능형 친환경 교량 기술개발' 이후 개발된 기술을 활용하여 시공된 교량의 운영 가능한 기간을 의미하며, 본 조사에 있어서는 향후 지속적인 관련 분야 기술개발에 따라 본 사업이 미치는 범위를 100년으로 판단하여, 30년이 지난 노후 교량을 대

74) 할인율(discount rate)은 미래 가치를 현재가치로 환산하기 위해 사용되는 비율을 의미함

- 상으로 기술 적용 후 70년 동안만을 경제적 비용 산정 범위로 함
- 단, 시장규모에 따른 경제성 분석의 경우 본 사업 결과가 미치는 범위를 고려하여 기술개발 완료 후 10년 동안(2017년~2026년)만으로 설정함
- 또한, 개발기간 동안 발생하는 편익에 대하여 본 사업을 통해 개발되는 기술의 기여도가 미비하다고 판단하여 편익 산정기간에서 제외함
- 비용과 편익의 할인율은 3년 만기 국고금 할인율인 3.45%와 한국개발연구원에서 사회적 할인율로 제시한 6.5%를 비용과 편익 산정의 기준 값으로 설정함

## □ 비용 분석

### [비용분석 방법]

- 본 조사에 있어 비용 산출은 본 사업에서 개발하고자 하는 기술의 개발에 소요되는 비용으로, 기획연구를 통해 산정된 연구비 소요예산(안)만을 고려함
- 이 경우 연구비 소요예산(안)을 2012년 기준으로 할인율에 따라 현재가치화하여 산출함

### [비용분석 결과]

- 연구개발 비용 산정을 위해 먼저 본 기획연구를 통해 산정된 연구비 소요예산(안)을 조사한 결과 5년 동안 총 296.34억원의 비용이 산정됨
- 이에 2012년을 사업초기 년도로 하여 연차별 소요예산을 2012년 기준으로 3.45%와 6.50% 할인율을 적용하여 연구개발을 위한 소요비용을 산정함
- 그 결과 다음과 같이 ‘지능형 친환경 교량 기술개발’에 소요되는 총 비용은 할인율 3.45%인 경우 276.01억원, 할인율 6.5%인 경우는 260.00억원으로 산출됨

[표 4.8] 할인율에 따른 비용 산정 결과

(단위: 억원)

총 연구비	할인율	
	3.45%	6.50%
293.29	276.01	260.00

**□ 편익 추정**

- 본 국가연구개발사업은 SOC사업이라는 특수성과 수요자가 불특정 다수라는 특성으로 인해 정량적인 편익 산정에 한계가 있음
- 이에, 본 사업의 편익추정에 있어 다음과 같은 절차에 따라 일부 가정을 수립하여 편익을 추정함

**[1차 편익 추정 방법]**

- 본 조사의 경제성 분석은 연구개발 추진을 통해 연구목표인 공사비 10% 절감과 100년 수명의 교량 유지관리 기술 개발, 시공 일정 단축 등을 달성하는 것으로 이에 따른 기존 소요 비용을 산정함
- 단, 연구 목표 중 하나인 CO<sub>2</sub> 30% 절감은 최근 국내외 시장 상황에 따라 산정 비용 폭이 크고, 편익 산정 기준에 따라 변동성이 크기 때문에 정책적 타당성 측면에서 고려하고 편익분석에서는 제외함
- 마지막으로 본 연구의 경우 기술개발 결과를 기반으로 Test-bed를 실시하지 않는 점을 고려하여 최종 편익은 Licensing Executives Society에서 제시한 이익의 25%~33% rule의 기술기여도를 적용하여 산정함

**[1차 편익 추정 결과]**

- 편익 추정에 본 사업의 목표인 기대효과인 초기 공사비 10% 절감과 공기 단축 50%, 100년 주기 교량 건설 비용 등을 조사함 (1km 1개 교량 기준)

항목	절감비용 (단위: 백만원)	출처
공사비 절감 비용 (A)	4,900	- 현재 진행 중인 양화대교의 교체 비용을 고려하여 공사비용을 산정한 후 본 사업 목표인 공사비 10% 절감비용 적용
사용자 비용 절감 량	최소 (B)	- 대한토목학회에 등재된 '교량의 급속교체 공사기간에 따른 사용자 비용 산정' 결과를 기반으로 교량 교체에 따른 사용자 비용을 최소 3km와 최대 5km로 구분하고 본 사업 목적인 급속시공에 따른 사용자 비용 52% 절감량을 적용함
	최대 (C)	
연간 유지관리효과 (D) (할인율 3.45% 적용)	3,181	- 대한토목학회에 등재된 '교량유지관리체계에 수명주기비용 분석기법의 적용' 결과를 기반으로 사용자 비용을 제외한 경우 100년 기간 동안의 예방유지관리체계 도입에 따른 경제적 효과를 현재가치로 환산하고 교체 후 관리기간(약 70년)을 적용

- 그 결과, 다음 표와 같이 각 목표 달성에 따른 절감 비용이 2012년도 가격기준으로 할인율이 3.45%일 경우 최소 326.9억원, 최대 374.6억

원이 발생되었으며, 할인율이 6.50%일 경우는 최소 402.0 억원, 최대 449.7 억원으로 조사됨

(단위: 백만원)

		할인율 3.45%	할인율 6.50%
사용자 비용 절감량	최대	374,615	449,696
	최소	326,915	401,996

- 또한, 이를 기반으로 1개 교량 건설에 따른 편익을 기술기여도(이익 (매출액의 10%)의 25%~33%)를 고려하여 산정한 결과 다음과 같이 기여도 및 사용자 비용, 할인율에 따라 6가지 결과값으로 추정됨

(단위: 백만원)

		할인율 3.45%		할인율 6.50%	
기술기여도		25%	33%	25%	33%
사용자 비용	최대	9,365	12,487	11,242	14,990
	최소	8,173	10,897	10,050	13,400

### [2차 편익 추정 방법]

- 2차 편익은 본 기획연구에서 제시된 ‘교량 신속교체 관련 시장규모 및 시장점유율’ 등을 고려하여 기술개발 완료 후 10년 동안(2017년~2026년)의 편익을 산정함
  - 건설기술의 성숙도가 성장기임을 고려할 때 특허 수명 주기 및 기존 연구과제의 편익 산정 기간 등을 종합적으로 고려할 경우 기술개발 완료 후 편익 도출 기간을 10년으로 산정함
- 2차 편익 또한 본 연구가 기술개발 결과를 기반으로 Test-bed를 실시하지 않는 점을 고려하여 이익의 25%~33% rule의 기술기여도를 적용하여 산정함

### [2차 편익 추정 결과]

- 2차 편익은 시장규모 및 시장 점유율을 고려하여 기술개발 완료 후 10년 동안(2017년~2026년)의 편익을 조사함
- 그 결과 교량 급속교체 및 유지관리를 위한 2017년~2026년의 각 시장규모 및 시장점유율, 개발 기술의 시장점유 규모가 다음과 같이 산정됨
  - 친환경 소재 개발에 따른 경제적 편익은 교량 장수명화에 의한 유지관리 비용에 포함되어 산정하며, 신설교량 건설에 따른 경제성 분석은 편익 산정에서 제외함
  - 또한, 본 시장 규모는 시장 규모 상승률이 선형 증가한다고 가정하여 건설 IT 융합산업 시장 규모와 교량 급속교체 시장 규모 등의 자료를

활용하여 산정함(단 교량 급속교체 시장의 2026년 시장규모는 객관적인 증빙자료의 한계로 2025년과 동일하게 산정함)

(단위 : 억원, %)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	총합
교량 급속교체에 따른 경제적 효과											
시장 규모	3,810	4,290	,770	5,250	5,400	,550	5,700	5,850	6,000	6,000	52,620
시장 점유율	34	36	38	40	42	44	46	48	50	50	43
시장 점유규모 (A)	1,295	1,544	1,813	2,100	2,268	2,442	2,622	2,808	3,000	3,000	22,892
유지관리 및 친환경 소재 개발에 따른 건설 산업 경제적 효과											
시장 규모	69,342	74,487	79,632	84,776	89,921	95,066	100,211	105,355	110,500	115,645	924,935
시장 점유율	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
시장 점유규모 (B)	3,467	3,724	3,982	4,239	4,496	4,753	5,011	5,268	5,525	5,782	46,247
<b>종합 (A+B)</b>	<b>4,763</b>	<b>5,269</b>	<b>5,794</b>	<b>6,339</b>	<b>6,764</b>	<b>7,195</b>	<b>7,633</b>	<b>8,076</b>	<b>8,525</b>	<b>8,782</b>	<b>69,139</b>

- 건설기술 중 교량기술 예산 규모를 고려할 경우 2007년 건설교통기술 연구개발 활동조사 보고서 기준으로 15.38%를 차지하는 것을 고려할 경우 건설IT 융합산업 시장 규모 기준으로 본 사업을 통한 기술의 시장 점유율을 5%로 산정함
- o 도출된 결과를 2012년도 가격기준으로 할인율이 3.45%일 경우와 할인율이 6.50%일 경우로 세분화하여 분석한 결과 각각 34,670 억원, 26,613 억원의 편익이 추정됨
- o 또한, 이를 기반으로 기술기여도(이익(매출액의 10%)의 25~33%)를 고려하여 편익을 산정한 결과 다음과 같이 기여도 및 할인율에 따라 다음과 같은 결과값이 추정됨

(단위: 백만원)

		할인율 3.45%	할인율 6.50%
기술기여도	25%	86,700	66,500
	33%	115,600	88,700

## □ 비용-편익분석

### [1차 비용-편익 분석]

- o 앞에서 도출된 비용분석 결과와 편익 분석 결과를 이용해 비용편익 분석(B/C 비율)을 수행한 결과 전체 사업이 성공했을 경우 아래

<표>와 같은 결과가 도출됨

- 본 사업의 경우 세부과제간 연계성이 높은 특성으로 인해 세부과제 성공에 따른 편익 산출의 한계가 발생하여 과제별 성공에 따른 B/C 값을 산정하지 않음
- 그 결과, 본 기획결과가 성공하여 연구 목표를 달성하여 1개 교량에 개발된 기술을 적용할 경우 정부지원금 1 억원당 최소 0.296 억원에서 최대 0.577 억원의 경제적 효과가 발생할 것으로 판단됨
- 이는 최소 5개 이상의 교량에 본 연구 결과를 적용시킬 경우 경제적으로 타당하다고 볼 수 있음
- 그러나 2020년 국내외 시장 중 한강에 위치한 29개 교량 중 철교를 제외한 6개 교량이 30년 이상된 노후교량으로 교체, 보수 또는 유지관리 작업이 진행될 것으로 판단되며, 본 기술개발 결과를 한강에 위치한 교량에만 적용할 경우에도 1.77 ~ 3.46배의 경제적 효과가 발생할 것으로 판단됨

(단위: 편익/정부지원금 1억원당)

할인율		기술기여도 25%		기술기여도 33%	
		3.45%	6.50%	3.45%	6.50%
사용자 비용	최대	2.036	2.594	2.714	3.459
	최소	1.777	2.319	2.369	3.092

[2차 비용-편익 분석]

- 비용분석 결과와 2차 편익 분석 결과를 이용해 비용편익분석(B/C 비율)을 수행한 결과 전체 사업이 성공했을 경우 아래 <표>와 같은 결과가 도출됨
- 본 사업의 경우 세부과제간 연계성이 높은 특성으로 인해 세부과제 성공에 따른 편익 산출의 한계가 발생하여 과제별 성공에 따른 B/C 값을 산정하지 않음
- 그 결과, 본 기획결과가 성공하여 연구 목표를 달성하였을 경우 기술개발 완료 후 10년 동안(2017년~2026년)의 편익은 2.56 ~ 4.19배의 경제적 효과가 발생할 것으로 판단됨

(단위: 편익/정부지원금 1억원당)

기술기여도		할인율 3.45%	할인율 6.50%
		25%	3.140
	33%	4.187	3.412

### 3. 파급효과

#### □ 과학기술적 파급효과

- ‘지능형 친환경 교량 기술개발’ 가 현 기획된 목표로 추진될 경우 현재 선진국 대비 평균 70.4%인 초장대교량 건설 기술 분야와 함께 향후 지속적으로 건설·교통 분야의 기술수준을 향상시키고 중국과의 기술격차를 높일 수 있을 것으로 판단됨
- 또한, 특허 분석 결과에서 알 수 있듯이 동 분야의 경우 출원인과 출원건수가 모두 증가하는 성장기로 향후 지속적인 연구개발을 통해 특허 출원의 질 향상이 이루어지면 관련 분야의 특허 선점 효과를 이룰 수 있을 것으로 판단됨
- 세세부과제의 최종성과물 또한 학술적 성과와 지적재산권 성과, 인증, 정책 반영 뿐 아니라 연구성과 확산 노력을 위한 홍보도 강화함으로써 기술개발에 따른 과학기술적 파급효과는 높게 창출될 것으로 예상됨
- 이외에도 관련 분야 연구 인력의 양적 증가 외에 박사 및 석사 등의 전문인력 양성에도 기여할 것으로 판단되며, 대형 프로젝트 추진으로 인해 연구 성과에 노하우 축적에도 많은 도움이 될 것으로 판단됨

#### □ 사회경제적 파급효과

- 지능형 친환경 교량 기획연구의 경제사회적 파급효과 분석을 위해 연구개발 추진으로 인한 산업연관분석을 실시한 결과 다음과 같이 총 연구비 중 간접비를 제외한 총 연구비 기준으로 본 연구 수행을 통해 836.79 억원의 생산유발효과와 293.29 억원의 부가가치 유발효과, 462명의 취업유발효과가 발생할 것으로 예상됨

	총 연구비 (억원)	파급효과 종합		
		생산유발효과 (억원)	부가가치유발효과 (억원)	취업유발효과 (명)
연구단	293.29	836.79	293.29	462
1세부과제	99.56	284.06	99.56	157
1-1 (세세부)	52.12	148.71	52.12	82
1-2 (세세부)	33.31	95.04	33.31	53
1-3 (세세부)	14.13	40.31	14.13	22

2세부과제	92.50	263.91	92.50	145
2-1 (세세부)	34.70	99.00	34.70	55
2-2 (세세부)	27.25	77.75	27.25	42
2-3 (세세부)	15.38	43.88	15.38	24
2-4 (세세부)	15.17	43.28	15.17	24
3세부과제	101.23	288.82	101.23	160
3-1 (세세부)	38.62	110.19	38.62	61
3-2 (세세부)	39.27	112.04	39.27	62
3-3 (세세부)	12.67	36.15	12.67	20
3-4 (세세부)	10.67	30.44	10.67	17

- 이외에도 본 사업이 1개 교량 건설에 적용될 경우 180.40억원의 생산유발효과와 76.23억원의 부가가치 유발효과, 100명의 취업유발효과가 지속적으로 발생될 것으로 예상됨

	투입비 (억원)	파급효과 종합		
		생산유발효과 (억원)	부가가치유발효과 (억원)	취업유발효과 (명)
1개 교량 건설에 따른 효과	63.23	180.40	76.23	100

#### 4. 경제적 타당성 소결

- 지능형 친환경 교량 기획연구 소요예산의 경우 각 세세부과제의 연구비를 취합하는 과정에서 연구단 가용 예산 등을 종합적으로 고려하는 등 성과물에 따른 Bottom-up 방식의 예산 산정과 Top-down 방식의 예산 조정 작업을 통해 예산이 산정되었으며,
- 예산 규모에 있어서도 유사 연구과제인 ‘모듈러교량 기술개발 및 실용화’ 대비 연간 8.03 억원 적은 예산을 산정한 것으로 조사됨
- 비용-편익 분석을 통한 경제성 분석에서도 교량 1개 건설에 따른 경제성 분석 결과와 시장규모를 고려한 경제성 분석 결과 모두 본 기술개발이 성공할 경우 최소 1.777~4.187 배의 경제적 성과가 창출될 것으로 나타남
- 이외에 과학기술적 파급효과 측면에서 동 사업은 관련 기술개발 역

량 향상 뿐 아니라 관련 분야의 특허 선점 효과에도 기여할 것으로 판단되며, 경제사회적으로는 본 연구개발을 통해 836.79 억원의 생산유발효과와 293.29 억원의 부가가치 유발효과, 462명의 취업유발효과가 발생할 것으로 분석됨

## 4절. 종합 분석

### 1. AHP 개요<sup>75)</sup>

#### □ 다기준분석의 필요성

- 국가연구개발사업 사전타당성조사의 마지막 단계는 세부 평가항목별 타당성 분석결과를 종합하여, 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 및 파급효과 측면의 세 분야별로 사업추진의 타당성을 종합적으로 판단하는 것임
- 이를 위해서는 각각의 타당성 측면의 상대적 중요도를 결정해야 하는데, 이 과정에서는 다음과 같은 어려움이 발생함

#### ① 정량적 분석결과와 정성적 분석결과를 통합하는데 있어 어려움 발생

- 경제성 및 파급효과분석 중 경제성 분석은 비용편익분석이 이루어질 경우 그 결과가 B/C 비율, 순현재가치, 내부수익률 등 정량적으로 제시되는 반면, 파급효과 분석과 기술적, 정책적 타당성 분석에 포함되는 많은 평가항목 등은 계량화가 어려우므로 대부분 정성적 표현으로 제시됨
- 이에, 정량적 분석결과를 정성적 분석결과들과 종합하여 사업의 타당성을 어떻게 평가할 것인가는 쉽지 않은 문제임

#### ② 정량적 분석의 경우에도 서로 상이한 척도를 갖는 평가항목을 통합하는데 어려움 발생

- 예를 들어, 어떤 공공투자사업의 B/C비율이 1.0보다 작은 0.9이지만, 2,000명이라는 매력적인 고용창출효과를 갖는 경우, 어떠한 기준으로 사업시행 또는 사업미시행이라는 최종판단을 내려야 할 것인가의 문제가 발생함

#### ③ 평가의 일관성과 사업의 특수성을 동시에 반영해야 하는 어려움 발생

- 사전타당성조사의 대상이 되는 연구개발사업 중에는 국가전략 및 정책적 차원에서 경제성 분석 틀 안에서 계량화되지 않는 특수한 평가항목이 월등히 중요한 경우가 발생함

#### ④ 종합평가에 참여하는 여러 평가자들의 의견을 종합하여 최종적인 결론을 도출하는 어려움 발생

- 한 사람의 평가자가 종합평가를 내릴 경우에는 그 판단의 타당성 여부만이 문제가 됨
- 그러나, 여러 사람의 의견이 종합되어야 할 경우에는, 어떻게 해야 대표성을 가진 종합판단이 될 것인가, 특히 개별 연구진들이 해당사업의 시행여부에 대해 상반된 견해를 갖는 경우에는 어떻게 최종의사결정에 도달할 것인가 등의 문제가 발생함

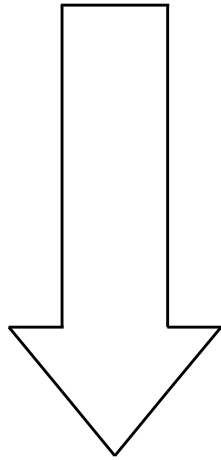
75) 본 사업의 종합평가를 위하여 예산편성 이전에 사업의 타당성, 사업계획의 충실성 등을 점검하는 사전타당성조사 총괄기관인 한국과학기술기획평가원에서 기존에 분석 방법으로 활용한 AHP 분석 방법을 본 사업에 맞도록 재구성하여 활용함

- 이러한 어려움을 극복하기 위하여 일반적으로 이용하는 방법이 다기준분석(multi-criteria analysis)기법임
  - 다기준분석이란, 다수의 속성들(multi-attributes)을 고려하여 다수의 목적들(multi-objectives)을 포함하는 의사결정을 최적화하는 기법으로, 대표적으로 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법이 알려져 있음
- 이에, 본 조사에서도 AHP를 이용하여 세부평가항목별 분석결과들을 종합평가함으로써 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 및 파급효과에 대한 각각의 사업타당성 여부를 최종적으로 판단함

## □ AHP 기법의 개요

- AHP 기법은 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며, 개별 평가기준에 대해 서로 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 지원하는 의사결정기법의 하나임
  - 1970년대 초 Thomas Saaty에 의해 개발된 이후 정성적, 다기준 의사결정에 널리 활용되고 있으며, 의사결정에 고려되는 평가요소들을 동질적인 집합으로 군집화하고, 다수의 수준으로 계층화한 후, 각 수준별로 분석·종합함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 과정을 지원함
- AHP 기법의 가장 큰 특징은 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 요소들의 상대적 중요도를 도출하는 데 있음
- 이 기법은 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분해하고 구조화한다는 점, 그리고 평가요소 사이의 상대적 중요도와 대안들의 선호도를 비율척도로 측정하여 정량적인 형태로 결과를 도출한다는 점에서 그 유용성을 인정받고 있음
- 간결한 적용절차에도 불구하고 척도선정, 가중치 산정절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법들을 활용한다는 점에서 이론적으로 높게 평가받고 있음.
- 이러한 장점 때문에, 1977년 Saaty에 의해 수행된 Sudan의 교통시스템 설계 문제를 비롯하여, 신기술선택의 문제, 병원서비스 시스템의 설계, 정치적 분쟁해결 문제 등 다양한 분야에서 활용되어 왔으며, 일반적으로 AHP 기법은 다음과 같은 절차를 거쳐 수행됨

[표 4-] AHP 기법 수행 절차



- ① 평가대상 사업의 개념화(conceptualizing)
- ② 평가기준과 계층구조 설정(structuring)
- ③ 평가기준 가중치 측정(weighting)
- ④ 대안간 선호도 측정(scoring)
- ⑤ 종합점수 산정(synthesizing)
- ⑥ 환류과정(feedback)
- ⑦ 종합판단 및 정책제언 도출(concluding)

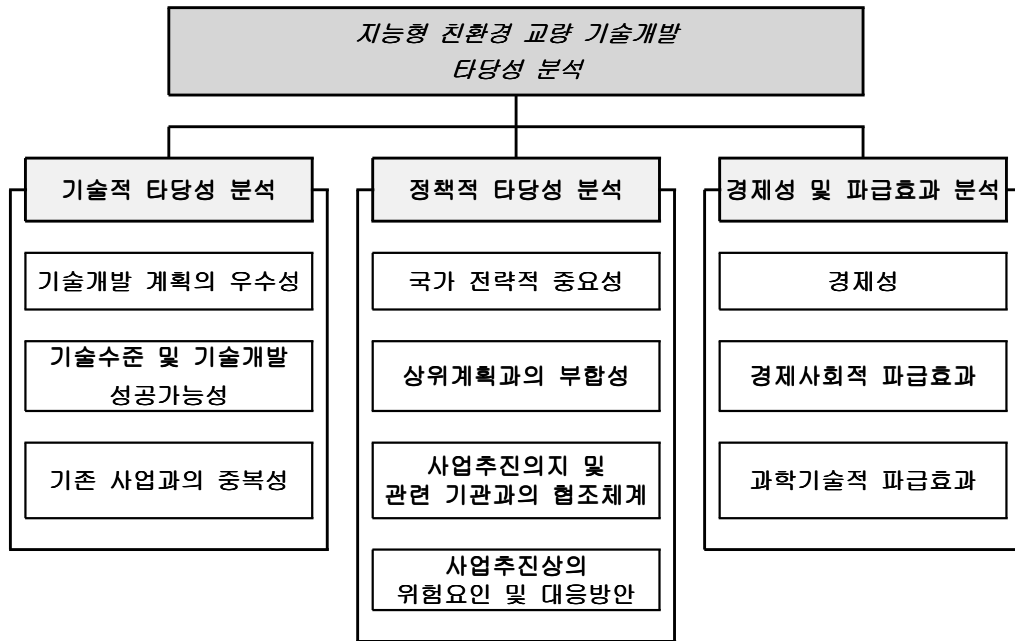
## 2. 종합평가 결과

### □ 조사대상 집단

- AHP 기법을 적용하는 과정에서 평가자의 선정은 평가 결과에 직접적인 영향을 미치게 되므로, 평가자는 다음과 같은 두 가지 조건을 충족하는 범위에서 신중하게 선정함
  - ① 평가자는 평가대상 사업에 대한 충분한 지식을 가진 해당분야 종사자이어야 함
    - 평가자는 평가대상 사업의 목표, 목표달성을 위한 요구사항, 사업의 구체적 내용, 관련분야에 대한 지식 등을 갖추고, 그 사업이 미치는 사회경제적, 정책적 파급효과를 예측할 수 있어야 함
  - ② 국가연구개발사업이라는 특성상 공공이익의 관점에서 사업을 평가할 수 있는 객관성을 지니고 있어야 함
- 따라서, 본 사전타당성조사의 종합분석 평가자를 위 두 사항을 충족시키는 '관련 분야 종사자'와 '전문가'를 중심으로 AHP 분석을 실시함
  - 관련 분야 종사자 : 산업체, 학교, 연구소, 공사 등 다양한 방면에서 토목 분야의 관련 지식을 갖춘 대상자를 선별함
  - 이중 설문 답변 내용 중 신뢰성이 없다고 판단되는 사람은 제외하고 대안간 선호도 및 종합점수를 산정함
  - 전문가 : 본 사업과 직접적인 이해관계가 없다고 판단되는 관련 분야 5년 이상 경력자를 대상으로 AHP 분석을 실시함

□ AHP 구조 및 평가항목

- 본 AHP 분석의 최종 목표는 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제성 및 파급효과를 종합하여 사업의 시행 여부에 대한 의사결정을 도출하기 위함이며, 동 사업의 타당성 평가를 위한 AHP 계층구조와 평가항목별 평가내용, 평가기준은 다음과 같음



평가항목	평가내용	평점기준	비고
<b>기술적 타당성 분석</b>			
기존사업과의 중복성	· 기존에 추진 중인 연구개발 사업과의 중복성 여부	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 중복성이 낮을수록 사업 시행 점수가 높음
기술개발계획의 우수성	· 사업의 목표, 내용, 성과의 구체성 · 사업목표와 세부목표, 연구내용의 적절성 · 추진 전략 및 체계의 적절성	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 완성도가 높을수록 사업 시행 점수가 높음
기술수준 및 기술개발 성공가능성	· 연구개발기반 · 기술수준	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 성공가능성이 높을수록 사업 시행 점수가 높음
<b>정책적 타당성 분석</b>			
국가전략적 중요성	· 국가전략적 측면에서 사업의 필요성	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 국가전략적으로 중요할수록 사업시행 점수가 높음
상위계획과의 부합성	· 상위계획 및 관련계획에의 반영여부 · 주무부처에서 추진하는 정책방향과의 일치여부	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 관련성이 높을수록 사업시행 점수가 높음
사업추진의지 및 관련기관과의 협조체계	· 조직 및 기관의 사업추진의지 · 관련 기관 및 부처의 협조 체계	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 사업추진 의지가 높고, 협조 체계가 좋을수록 사업시행 점수가 높음
사업추진상의 위험요인 및 대응방안	· 사업추진에 장애가 될 수 있는 위험요인과 이에 대한 대응방안	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 위험요인이 낮고, 대응방안이 구체적일수록 사업시행 점수가 높음

경제성 및 파급효과 분석			
경제성	· 비용편익분석	· B/C 비율, IRR, NPV	· B/C 비율이 높을수록 사업시행 점수가 높음
경제사회적 파급효과	· 산업적 파급효과(부가가치 증대, 새로운 산업 창출) · 수출증대 및 수입대체 효과 · 고용증대효과 · 사회적 비용 절감 · 국가위상제고/안전보장	· 유발계수 · 신규 일자리 창출건수 · 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 산업적 가치, 사회적 비용 절감효과, 기타 사회적 효과가 클수록 사업시행 점수가 높음
과학기술적 파급효과	· 과학기술경쟁력 향상 · 타 기술분야로의 파급효과 · 과학기술 인력양성	· 연구수행 과정에서 얻은 정보를 바탕으로 정성적으로 판단	· 기여도가 높고, 파급효과가 클수록 사업시행 점수가 높음

## □ 가중치 산정

- 대안과 평가항목의 가중치는 평가항목간 쌍대비교 질문에 대한 응답 결과로 결정되며, 쌍대비교에는 Saaty가 제안한 9점 척도를 채택함
- 그 결과 전체 가중치 중 ‘기술수준 및 기술개발 성공 가능성’ 이 가장 높게 나타났으며, 정책적 타당성 항목의 ‘기존 사업과의 중복성’ 이 가장 낮은 것으로 나타남
- 또한, 본 사업의 경우 경제적 타당성 측면 보다는 기술적 타당성 및 정책적 타당성 측면에서 상대적으로 사업 추진 필요성이 높은 것으로 분석됨

평가항목		종합	상대적 중요도 종합	가중치
기술적 타당성	기존 사업과의 중복성	0.098	<b>35.63</b>	0.035
	기술개발계획의 우수성	0.347		0.124
	기술수준 및 기술개발 성공 가능성	0.555		<b>0.198</b>
정책적 타당성	국가전략적 중요성	0.479	35.31	0.169
	상위계획과의 부합성	0.205		0.072
	추진의지 및 협조체계	0.165		0.058
	위험요인 및 대응방안	0.151		0.053
경제적 타당성	경제성	0.189	29.06	0.055
	경제사회적 파급효과	0.504		0.147
	과학기술적 파급효과	0.307		0.089
총 합		3.000	100.00	1.000

**□ 평가항목별 AHP 분석 결과**

- AHP조사 대상자들을 대상으로 모든 세부평가항목별로 '사업시행'과 '사업미시행'을 대안으로 하여 상대평가를 실시한 결과 아래 표와 같이 응답자 대부분이 동 사업 계획에 의한 사업 시행이 필요하다고 응답함
- 특히, 사업 시행 및 미시행 분석 결과 경제성 및 파급효과 측면에서 본 사업의 시행이 필요하다고 응답한 것은 향후 국내외 시장 수요를 고려할 경우 본 사업 추진이 시급하고 중요하기 때문인 것으로 분석됨
- 이는 본 사업의 경우 기술적 타당성 및 정책적 타당성 측면에서 공공 기술개발을 통한 안전한 사회 구현 뿐 아니라 향후 경제성 및 파급효과 측면에서도 본 사업 시행이 필요한 것을 의미함

구분	기술적 타당성		정책적 타당성		경제성 및 파급효과	
	시행	미시행	시행	미시행	시행	미시행
평점	0.8491	0.1509	0.8484	0.1516	0.8683	0.1317
평가자 수	45	3	64	3	45	3

## 5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

### 1절. 연구일정에 따른 인력계획

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
연구단 총계	51	176	224	149	77	578
1세부	12	54	60	53	28	108
1-1 세세부	8	27	30	26	17	70
1-2 세세부	4	19	19	17	11	29
1-3 세세부	-	8	11	10	-	207
2세부	22	59	88	36	15	220
2-1 세세부	-	16	26	10	15	67
2-2 세세부	10	23	18	10	-	61
2-3 세세부	6	10	22	8	-	46
2-4 세세부	6	10	22	8	-	46
3세부	17	63	76	60	34	250
3-1 세세부	8	29	30	27	15	109
3-2 세세부	5	17	22	16	9	69
3-3 세세부	-	7	9	7	4	27
3-4 세세부	4	10	15	10	6	45

### 2절. 소요예산 산정

#### 1. 산정개요

- 세부과제별 기획위원회를 구성, 기획위원에 의한 상향식 (Bottom up) 방법으로 예산을 산출함<sup>76)</sup>
- 최소 연구단위인 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정
- 각 과제별 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함

[표 5.1] 연구개발비 출연기준

구분	기업부담금 출연기준 (총 연구개발비 대비)
대기업	50% 이상
중소기업	25% 이상
2개 이상 기업 참여시, 중소기업 비율이 2/3 이상	25% 이상

76) 국토해양기술연구개발사업 연구비 관리 및 정산매뉴얼 (2011.11)

## 2. 연구비 총괄

### 가. 지능형친환경 교량 연구단 소요예산

(단위:억원)

	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		합 계		총 합계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
연구단	12.03	4.12	58.34	19.80	68.04	23.41	50.54	18.58	30.03	8.40	218.98	74.31	293.29
1세부과제	4.28	1.43	17.99	6	21.4	7.46	15.6	6.54	15.4	3.46	74.67	24.89	99.56
1-1 (세세부)	2.70	0.90	8.79	2.93	11.40	3.80	9.80	3.27	6.40	2.13	39.09	13.03	52.12
1-2 (세세부)	1.58	0.53	6.20	2.07	7.00	2.33	6.20	2.07	4.00	1.33	24.98	8.33	33.31
1-3 (세세부)	-	-	3.00	1.00	4.00	1.33	3.60	1.20	-	-	10.60	3.53	14.13
2세부과제	3.60	1.30	21.78	7.60	21.30	7.50	17.12	6.10	4.60	1.60	68.40	24.10	92.50
2-1 (세세부)	-	-	6.00	2.10	8.00	2.90	7.00	2.50	4.60	1.60	25.60	9.10	34.70
2-2 (세세부)	1.52	0.53	8.48	2.90	6.00	2.00	4.32	1.50	-	-	11.48	3.90	15.38
2-3 (세세부)	1.48	0.50	3.50	1.20	3.50	1.20	3.00	1.00	-	-	11.48	3.90	15.38
2-4 (세세부)	0.60	0.27	3.80	1.40	3.80	1.40	2.80	1.10	-	-	11.00	4.17	15.17
3세부과제	4.15	1.39	18.57	6.2	25.34	8.45	17.82	5.94	10.03	3.34	75.91	25.32	101.23
3-1 (세세부)	1.73	0.58	7.07	2.36	9.65	3.22	6.67	2.22	3.84	1.28	28.96	9.66	38.62
3-2 (세세부)	1.94	0.65	7.16	2.39	9.75	3.25	6.75	2.25	3.85	1.28	29.45	9.82	39.27
3-3 (세세부)	-	-	2.38	0.80	3.27	1.09	2.55	0.85	1.30	0.43	9.50	3.17	12.67
3-4 (세세부)	0.48	0.16	1.96	0.65	2.67	0.89	1.85	0.62	1.04	0.35	8.00	2.67	10.67

나. 예산항목별 소요예산

□ 연구단 총괄

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	539.32	2643.41	3114.1	2451.68	1106.51	9855.02	33.6	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	145.47	618.23	786.57	654.81	351.69	2556.76	8.7
		시작품 제작비	295.56	1455.34	1638.09	1349.73	573.26	5311.98	18.1
		재료비	207.75	1029.02	1211.6	937.81	417.81	3803.98	13
	연구 활동비	여비	72.05	319.62	396.72	323.35	165.14	1276.88	4.3
		수용비 및 수수료	32.78	152.35	188.55	146.43	72.45	592.56	2.0
		기술정보 활동비	55.79	266.28	325.08	248.65	118.79	1014.59	3.5
연구수당		45.11	223.79	278.21	205.9	97.08	850.1	2.9	
3) 간접비		221.19	1106	1306.06	993.67	440.24	4067.16	13.9	
합 계		1,615	7,814	9,245	7,312	3,343	29,329	100.0	

□ 1세부과제77)

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	171.30	719.70	895.80	784.20	415.80	2986.80	30	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	113.06	475.01	591.22	517.58	274.42	1971.29	19.8
		시작품 제작비	143.32	602.15	749.48	656.12	347.88	2498.95	25.1
		재료비	45.68	191.92	238.88	209.12	110.88	796.48	8
	연구 활동비	여비	44.54	187.13	232.90	203.90	108.10	776.57	7.8
		수용비 및 수수료	11.42	47.98	59.72	52.28	27.72	199.12	2
		기술정보 활동비	13.13	55.18	68.68	60.12	31.88	228.99	2.3
연구수당		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	
3) 간접비		28.55	119.95	149.30	130.70	69.30	497.80	5	
합 계		571	2,399	2,986	2,614	1,386	9,956	100.0	

77) 세세부과제 수준의 소요예산 산정은 부록에 정리

□ 2세부과제78)

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	176.40	1057.68	1036.80	835.92	223.20	3330.00	36	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
		시작품 제작비	117.37	702.10	682.56	549.18	143.84	2195.05	23.73
		재료비	73.50	440.70	432.00	348.30	93.00	1387.50	15
	연구 활동비	여비	7.36	44.07	43.20	34.83	9.30	138.76	1.5
		수용비 및 수수료	5.88	35.26	34.56	27.86	7.44	111.00	1.2
		기술정보 활동비	13.72	82.26	80.64	65.02	17.36	259.00	2.8
연구수당		13.95	85.28	89.28	73.12	22.32	283.95	3.07	
3) 간접비		81.84	490.65	480.96	387.77	103.54	1544.76	16.7	
합 계		490	2,938	2,880	2,322	620	9,250	100.0	

□ 3세부과제79)

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	191.62	866.03	1181.50	831.56	467.51	3538.22	35	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	32.41	143.22	195.35	137.23	77.27	585.47	6
		시작품 제작비	34.87	151.09	206.05	144.43	81.54	617.98	6
		재료비	88.57	396.40	540.72	380.39	213.93	1620.00	16
	연구 활동비	여비	20.15	88.42	120.62	84.62	47.74	361.55	4
		수용비 및 수수료	15.48	69.11	94.27	66.29	37.29	282.44	3
		기술정보 활동비	28.94	128.84	175.76	123.51	69.55	526.60	5
연구수당		31.16	138.51	188.93	132.78	74.76	566.15	6	
3) 간접비		110.80	495.40	675.80	475.20	267.40	2024.60	20	
합 계		554	2,477	3,379	2,376	1,337	10,123	100.0	

78) 세세부과제 수준의 소요예산 산정은 부록에 정리

79) 세세부과제 수준의 소요예산 산정은 부록에 정리

## 6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

### 1절. 과제 제안요구서 (RFP)

#### 1. 연구단 RFP

연구 과제명	지능형 친환경 교량
1. 연구개발목표	<p style="text-align: center;"><b>탄소 저감 30%, 공용수명 100년</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 모든 도로선형에 대응가능한 프리캐스트 세그먼트 바닥판 및 단면최적화</li> <li>▪ 부분조립 연속화 기술을 활용한 급속시공 바닥판 기술 개발</li> <li>▪ 정밀, 급속 시공이 가능한 지능형 프리캐스트 세그먼트 교각 기술 개발을 통하여 시공성, 경제성이 확보된 공기단축 기술 확보</li> <li>▪ 국부적인 손상 및 노후화 교량에 대응가능한 부분교체용 프리캐스트 바닥판 개발 및 부분철거 기술 확보를 통한 전면교체 대비 공사비 50%이상 절감 구현</li> <li>▪ 사용물량 저감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감 및 저탄소 소재활용 PSC 교량구조시스템 개발: 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감</li> <li>▪ 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감형 교량모델 개발을 통한 도장/재도장 생략 및 수명기간 생애주기비용 30%이상 절감</li> <li>▪ 고성능 소재 적용 슬림화 하이브리드 교각 시스템 개발 및 탄소저감 30%</li> <li>▪ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강 기술 개발을 통한 내진성능 및 수명 30%이상 향상</li> <li>▪ 교량 생애주기 정보 교환의 효율성 향상을 통한 유지관리 비용 20% 절감</li> <li>▪ 생애주기 탄소발생량, 비용 및 성능 예측을 통한 최적의사결정 모듈 개발</li> <li>▪ 건설 분야의 예산 감소에 따라 효율적 유지관리 예산 배분 및 정보 공유 미비로 인한 낭비요인 제거</li> <li>▪ 시공/교체 중 현장 안전관리를 위한 무선 USN 기반 붕괴유발 부위 모니터링 시스템 개발을 통한 시공 중 붕괴 방지</li> <li>▪ 첨단 비파괴검사 (NDT) 와 스마트 센싱 기술을 접목하여 붕괴취약부위에 대한 국부 모니터링 기술 개발</li> <li>▪ 교량 주요 부재 제작에서의 형상 및 품질 관리 시스템 개발을 통한 공기 단축 및 고품질화</li> <li>▪ 기존 보수·보강·방식기술의 한계성을 극복함과 동시에 고성능, 환경친화성 등의 특성을 갖는 새로운 형태의 보수·보강·방식 기법의 개발</li> <li>▪ 교량정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화를 확보함과 동시에 주요 교량 형식별/주요 부재별 탄소배출량 DB 및 탄소배출량 평가 시스템을 구축하여 친환경 생애주기 교량 관리 구현</li> </ul>
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 우리나라는 2009년 기준으로 세계 8위 (OECD 국가 중 6위)의 CO<sub>2</sub> 다배출 국가이며, 교토 의정서 2차 공약기간 (2013-2017년)에는 매년 3.7억 톤의 온실가스를 감축해야만 하는 의무국에 지정될 가능성이 높기 때문에 이를 대비한 CO<sub>2</sub> 감축 노력이 필요함</li> <li>▪ CO<sub>2</sub> 감축 노력이 실질적인 성과로 이루어지기 위해서는 전체 산업 CO<sub>2</sub> 배출량의 40% 이상을 차지하는 건설교통 산업 분야에서 혁신적인 녹색기술이 많이 개발되고 널리 활용되어야 함</li> <li>▪ 기존 및 신설 교량의 증가에 따라 교량 관리 수요가 늘어날 것으로 예상되며 이에 따른 교량 관리에 대한 인력 및 비용이 증가될 것으로 예상됨. 따라서 교량 생애주기의 효율적인 관리가 요구됨</li> <li>▪ 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 국가적으로 관련 분야에 대한 예산투입이 증가하고 있음 따라서, 향후 교량 노후화와 유지관리비용 급증에 선제적으로 대응할 수 있도록 계획, 설계단계에서부터 교량의 장수명화 방안 모색 필요</li> <li>▪ 교량은 공공성이 높은 사회 기반 시설물로서, 공공 운영 중 안전성 확보와 교량 붕괴/파손 시의 신속한 응급 복구 또는 교량 교체 공사기간 단축은 국가 경쟁력 강화 및 국민 편의 증대와 직결됨</li> <li>▪ 해외에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시</li> </ul>

<b>기술동향</b>	<p>도가 이루어지고 있으며, 국내에서도 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등이 동시에 고려된 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현재 국내에서의 급속시공 기술은 직선교 위주의 공법으로 다양한 적용성이 확보되지 않아 제한적인 현장적용이 이루어지고 있음</li> <li>▪ 현재 프리캐스트 세그먼트 교각은 여러형식으로 개발되고 있으나 RC교각 대비 경제성 및 시공성이 현저히 떨어지는 실정임</li> <li>▪ 부분순상에도 불구하고 경간당 바닥판 교체기술만 확보되어 있는 실정임</li> <li>▪ 부분교체에 대응한 부분해체기술 전문</li> <li>▪ 미국, 한국 등을 중심으로 초고강도 콘크리트와 프리텐션을 적용하여 철근배근생략이 가능한 교량구조의 개발과 기본성능시험을 수행한 바 있음. 그러나 국내 도로교통 여건상 프리텐션을 하는 교량구조의 개발에 한계가 있었으며, 현재로서는 UHPC의 상용화가 어려워 아직 상용화되지 못하고 있음</li> <li>▪ 고성능 내후성강 소재 개발은 완료되었으나, 이용기술개발은 이뤄지지 않음(접합기술, 설계기술 및 제품화 기술 등 미비). 각 고내식강재의 용·복합 및 조합적용 사례와 기술은 개발되지 않음</li> <li>▪ 일본은 교량 유지관리비 부담으로 인해 내후성강 교량 점유율 18% 이상으로 증가 추세(2003이후)</li> <li>▪ 미국 고성능 내후성강재인 HPS 개발 완료 및 교량적용 시작(2002), HPS강재 누계 적용 교량수는 400여개 돌파(2009)</li> <li>▪ 고성능 소재를 이용한 합성 및 하이브리드 교각기술은 강재를 활용할 경우 보다 안정적인 구조시스템을 구현할 수 있음에도 불구하고 요구되는 성능을 보유한 강재의 확보에 어려움이 있어 최근에는 FRP 위주의 연구와 현장적용이 이루어지고 있음</li> <li>▪ FRP 재료 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있지만 이들 재료의 활용기술 및 상용화는 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 크게 떨어진다고 볼 수 있음</li> <li>◆ 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 상태평가 표준화, 자산가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 교량관리시스템 구축관련 연구가 진행되고 있으나 2차원적 교량유지관리 기술로 인해 비효율적이고 부정확한 유지관리DB시스템의 한계성이 존재</li> <li>◆ 시공/교체 중 구조물 붕괴는 직접적으로 인적 피해/부실공사 이미지 등 부정적 사회적 인식 초래하므로 안전 및 붕괴에 관한 관리 시스템 개발이 필요함</li> <li>◆ 장기적으로 모듈화된 시스템으로 시공된 구조물의 손상으로 인한 부분 교체 혹은 이에 대한 대책을 수립하기 위해서는 현장 타설 구조물에 비해서 좀 더 엄밀한 사전 대책이 요구됨</li> <li>◆ 조립식 교량 급속 시공이 보편화되기 위해서는 첨단 센싱 기술을 활용하여 off-site에서 사전 제작되는 프리캐스트 콘크리트 부재의 형상 관리 및 on-site에서의 정밀 시공 기술 개발을 통한 효율적인 교량 시공 시스템의 구축이 필요함</li> <li>◆ 슈퍼섬유(아라미드,탄소섬유)등을 활용한 분사식 섬유보강 기술에 관한 연구를 통해 기존 보강재료 및 보강기술의 한계점들을 극복 가능함</li> <li>◆ 미가공 부산물등을 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> <li>◆ 교량 정보 모델의 부재로 차세대 관리 시스템 구축 및 교량 정보 활용에 문제가 있고, 친환경 교량 건설 및 관리를 위해서는 탄소배출량에 대한 분석이 필요하나 현재 탄소배출량 산출에 대한 가이드라인이나 시스템이 없음</li> </ul>
	<b>3. 연구개발 내용</b>

▪ **세부과제 2 : 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술**

- 연구개발 필요성
  - 경제성 위주의 교량공법 선정에 따른 PSC 거더교의 증가에 대응한 저탄소 공법 개발로 교량분야 녹색성장 견인가능
  - 교량 유지관리 업무와 효율적인 비용절감 방안으로 생애기간 동안 도장/재도장의 생략과 장수명화를 통한 탄소발생 저감이 필요할 뿐만 아니라 LCC비용 감소 기술개발이 요구됨
  - 교량의 50년 이상 내구수명에 도달하여도 충분한 내하성능을 확보하며 슬림한 형태를 유지할 수 있는 교각 시스템 및 보수/보강 기술개발이 요구됨
  - 철근부식 등을 예방하고, 콘크리트 부재의 장수명화를 위해, FRP보강근 기술개발이 필요
- 연구개발 내용
  - 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술
  - 장수명 소재 융복합 프로액티브 저유지관리 교량기술
  - 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술
  - 콘크리트부재 장수명화를 위한 FRP보강근 실용화 기술

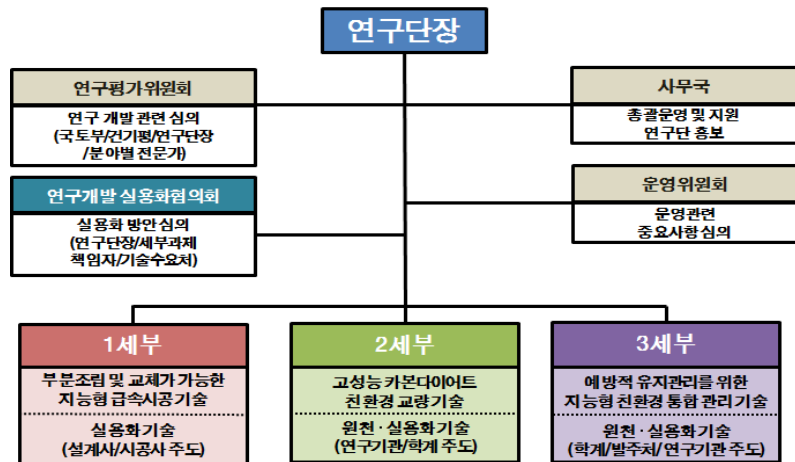
▪ **세부과제 3 : 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술**

- 연구개발 필요성
  - 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 상태평가 표준화, 자산가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 교량관리시스템 구축관련 연구가 진행되고 있으나 2차원적 교량유지관리 기술로 인해 비효율적이고 부정확한 유지관리데이터베이스시스템의 한계성이 존재
  - 시공/교체 중 구조물 붕괴는 직접적으로 인적 피해/부실공사 이미지 등 부정적 사회적 인식 초래하므로 안전 및 붕괴에 관한 관리 시스템 개발이 필요함
  - 조립식 교량 급속 시공이 보편화되기 위해서는 첨단 센싱 기술을 활용하여 off-site에서 사전 제작되는 프리캐스트 콘크리트 부재의 형상 관리 및 on-site에서의 정밀 시공 기술 개발을 통한 효율적인 교량 시공 시스템의 구축이 필요함
  - 미가공 부산물등을 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 탄소 저감등 친환경 보수/보강 기술 개발이 요구됨
- 연구개발 내용
  - 생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술
  - 붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술
  - 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술
  - 친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술

**4. 연구개발 추진방법**

**추진전략**

- “지능형 친환경 교량 연구단”은 기초·원천, 실용화 기술의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산, 학, 연, 관이 연계되어 상호 보안 및 지원이 이루어지도록 구성
- 연구단의 총괄운영 및 지원, 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영관련 중요사항 심의를 위한 운영위원회를 구성
- 과제의 객관적인 평가를 위해 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원, 연구단장 및 분야별 연구책임자들로 참여하도록 연구평가위원회 구성
- 개발 기술의 최종 보유 주체가 세부과제 기술의 최종 보유 주체가 되도록 연구 기관을 구성하고 핵심기술 개발단계부터 적극 참여하도록 유도
- 기술 격차 해소 및 개발 위험성 감소를 위하여 위험 요소를 분석해야 하고 필요에 따라 해외 선진 기술을 보유한 국가와 협력을 추진
- 연구개발실용화협의회를 구성하여 세부과제에 기업을 협동 연구기관으로 적극 참여시켜 연구개발 성과의 상품화를 적극 유도하고 기술수요처의 요구 사항 및 개선항목을 파악, 이를 실무에 반영 실용화 방안을 적극적으로 유도

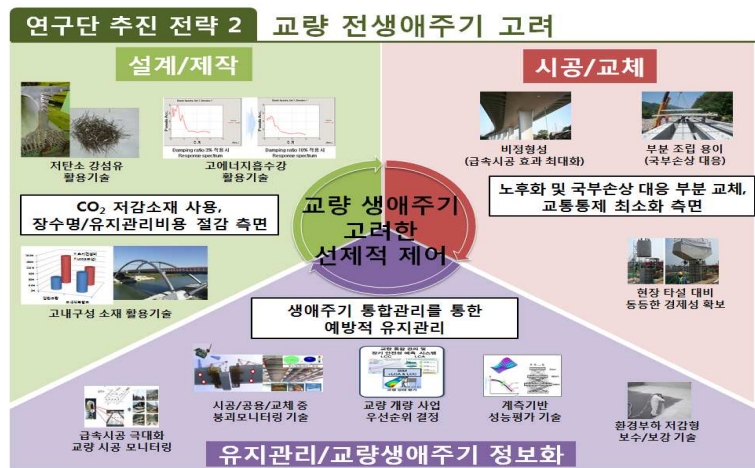


- 건설 Supply Chain (설계, 제작, 시공, 관리)을 고려하여 연구개발 과제 구성과 운영흐름 전반 기본적으로 요구되는 전략적 방향성을 제시하고 구체적인 실행방안을 도출 가능하도록 구성

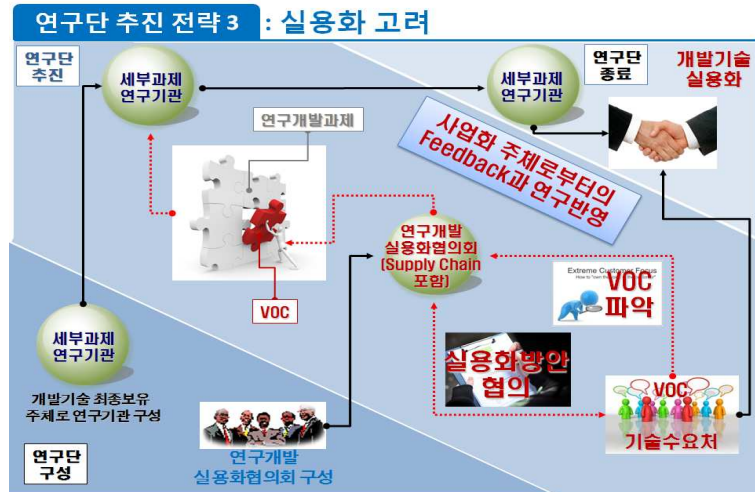


추진전략

- 교량은 설계, 시공, 유지관리 및 교체와 같은 생애주기를 가지는 대표적인 사회기반 시설물로서, 교량 생애주기 선제적 제어를 고려하여 세부과제 구성



- 세부과제 연구기관 구성 시, 개발기술 최종 보유 주체로 연구기관 구성하고, 연구개발 실용화 협의회를 구성하여, 이를 통해 기술 수요처의 요구 및 개선 사항을 파악하고, 이를 개발 중인 연구과제에 반영함



- 성과위주의 연구추진 체계를 통한 연구주체의 책임감/연구열 고취**
  - 최종목표 달성에 필수적인 핵심요인들에 대해서 성공 여부를 측정하고 통합적인 성과 관리를 위해 인력/예산 등 자원 투입부터 성과물 도출 과정, 산출물, 최종성과까지 이르는 연구단의 전반적인 활동에 걸친 성과지표(KPI)를 설정하고 이를 통해 평가 수행
  - 연구단 단계(중간)평가를 통한 인센티브제 및 패널티제 적극 활용
  - 연차별 성과목표 설정을 통해 계획 대비 목표 달성 정도를 파악하는 자료로 활용하고 평가는 매년 1회 실시하는 것을 원칙으로 하나, 특수한 상황의 경우 1년에 2회 평가도 가능하도록 함용하고 미흡한 부분을 보완, 개선하는데 활용함
- 참여 연구진 간 유기적인 협력체계 구축**
  - 정기적 내부 기술 교류를 통한 상호 정보 교환 및 보완
  - 과제 간 정기적 기술 교류를 통한 공감대, 일체감 조성 (정기 워크샵, 세미나 수행)
- 산/학/연 연계 전략**
  - 산·학·연이 잘 융합할 수 있도록 유도할 수 있도록 역량 중심의 선발이 중요하며, 세부과제 추진주체 선정에 있어 각 과제의 특성에 맞는 인력 배치
  - 산·학·연 각각의 특성에 맞는 독자적 연구 분야를 설정하고, 연구단을 중심으로 각각의 연구 성과를 유기적으로 통합하여 연구효율을 극대화
  - 산업계 전문 인력의 적극적인 연구 참여 유도를 위한 인센티브 추진
- 목표달성 수준에 대한 평가를 통한 과제 관리 체계 구축**
  - 세부과제 구성 및 진도 점검 등의 권한과 연구자간 네트워크 구축을 위하여 연구단장의 권한을 강화 하고, 연구단의 정기 및 특별회계감사 수행하여 예산 집행 및 배분의 적정성 등에 대한 검증절차 확립
  - 과제별 예산 규모에 따른 과제별 성과를 고려한 예산 배정 및 과제 진행 기간 조정을 통한 우수한 과제 지원을 고려함

운영전략

## 5. 최종 성과물

성과목표	연차별 성과지표					합계	비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도		
기획/계획 수립 (동향/분석 조사)	24	9	-	-	-	33	
국제협력 및 협약 논문 (SCI)	-	3	1	-	-	4	
지적 재산권 신기술 출원	6	23	27	28	21	105	
인증 정책	-	7	12	16	14	49	
기술성능 목표달성	11	18	19	13	7	68	
비용절감효과	-	-	-	-	2	2	
공기단축 효과	-	-	2	3	4	9	
CO <sub>2</sub> 절감 효과	-	-	4	3	4	11	
지침/메뉴얼	6	7	10	5	2	30	100%
현장적용	-	1	-	3	3	7	10~30%
기술이전	-	-	-	2	2	4	20~50%
연구성과 확산 노력	-	1	3	4	5	17	
	-	-	-	5	21	26	
	-	-	-	8	3	11	
	1	5	10	16	13	45	

## 주요 성과물



## 6. 연구기간 및 지원예산

- 총 연구기간: 5년
    - 1 세부과제: 3~5년
    - 2 세부과제: 4년
    - 3 세부과제: 4~5년
  - 연구비 예산: 총 293.29 억원(정부 : 218.98 억원, 민간 : 74.31억원)
    - 1 세부과제: 총 99.56 억원(정부 : 74.67 억원, 민간 : 24.89 억원)
    - 2 세부과제: 총 92.50 억원(정부 : 68.40억원, 민간 : 24.10억원)
    - 3 세부과제: 총 101.23 억원(정부 : 75.91 억원, 민간 : 25.32 억원)
- ※ 상기 예산은 정부예산 사정에 따라 조정 될 수 있음

## 7. 기타

- 성과목표(지표)별 달성 목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제 선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검, 관리 및 성과평가 등의 근거 자료로 활용됨
- 연구신청자는 RFP 및 사전기획연구에 제시된 연구개발 내용을 기준으로 연구개발계획서를 작성하되, 과제의 목적 달성에 반드시 필요한 경우, 연구 내용의 일부를 수정하여 제안할 수 있음

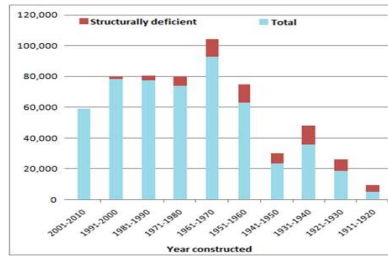
## 2. 1세부과제 RFP

연구 과제명	제 1세부 과제: 부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술
1. 연구개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 모든 도로선형에 대응가능한 프리캐스트 세그먼트 바닥판 및 단면최적화 및 정밀, 급속시공이 가능한 지능형 프리캐스트 세그먼트 교각 기술 개발을 통하여 시공성, 경제성이 확보된 공기단축 기술 확보</li> <li>▪ 부분조립 연속화 개념을 도입한 급속시공 바닥판 기술 확보(신설)</li> <li>▪ 국부적인 손상 및 노후화 교량에 대응가능한 부분교체용 프리캐스트 바닥판 개발 및 부분해체 기술 확보를 통한 전면교체 대비 공사비 50%이상 절감 구현(교체)</li> </ul>
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 곡률 및 사각을 갖는 비정형 교량 바닥판 및 바닥판간 이음부의 최적화된 공법을 개발하여 교량 급속시공 및 부분 교체 시 효율성 극대화 필요</li> <li>▪ 기존 급속시공 바닥판기술은 시간별 일괄가설 시공이므로 시공성 및 경제성 저하가 발생하며 이에 대응한 부분 조립 바닥판 연속화 기술확보 필요</li> <li>▪ 실용화되고 있는 프리캐스트 공법의 대부분은 상부구조에 국한되고 있으나 하부구조의 급속시공이 이루어지지 않으면 교량전체의 공기단축의 효과가 크다고 볼 수 없기 때문에 효과적인 프리캐스트 하부구조의 개발이 시급함</li> <li>▪ 전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 이에 대응하여 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가</li> </ul>
기술동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현재 국내에서의 급속시공 기술은 직선교 위주의 공법으로 다양한 적용성이 확보되지 않아 제한적인 현장적용이 이루어지고 있음</li> <li>▪ 현재 프리캐스트 세그먼트 교각은 여러 형식으로 개발되고 있으나 RC교각 대비 경제성 및 시공성이 현저히 떨어지는 실정임</li> <li>▪ 부분손상에도 불구하고 경간당 바닥판 교체기술만 확보되어 있는 실정임</li> <li>▪ 부분교체에 대응한 부분해체기술 전무</li> </ul>
3. 연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>세세부과제 1 : 부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 곡률 및 사각을 갖는 비정형 교량 바닥판 및 바닥판간 이음부의 최적화된 공법을 개발하여 교량 급속시공 시 효율성 극대화</li> <li>- 경제성이 확보된 노후화 및 손상교량 유지관리 기술 확보 필요</li> </ul> </li> <li>• 연구개발 내용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비정형 프리캐스트 바닥판 기술 개발</li> <li>- BIM 및 센서 접목을 통한 제작/시공 최적화</li> <li>- 공정관리 최적화 기술</li> <li>- 부분조립용 프리캐스트 바닥판 기술 개발 (신설교량)</li> <li>- 부분조립용 프리캐스트 바닥판 이음기술 개발 (교체교량)</li> <li>- 부분적 노후화/손상 감지 및 범위 설정 기술 개발</li> <li>- 공기단축 및 장비 운영 최적화 시스템 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>▪ <b>세세부과제 2 : 설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발 필요성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실용화되고 있는 프리캐스트 공법의 대부분은 상부구조에 국한되고 있으나 하부구조의 급속시공이 이루어지지 않으면 교량전체의 공기단축의 효과저하</li> </ul> </li> <li>• 연구개발 내용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리캐스트 세그먼트 교각 및 단면최적화 기술 개발</li> <li>- 변단면 제작 가능 거푸집 시스템 개발</li> <li>- 수직구조물 정밀 인양/가설 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>세세부과제 3 : 친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술</b></li> <li>• 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성이 확보된 노후화 및 손상교량 유지관리 기술 확보 필요</li> </ul> </li> <li>• 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해체범위에 따른 구조물 영향평가 기술 개발</li> <li>- 공기 단축, 교통 차단 최소화 가능 부분 급속 해체 기술 개발</li> <li>- 부분 급속 해체 전용 장비 개발</li> <li>- 공기단축 및 장비 운영 최적화가 가능한 해체 시공관리 시스템 기술 개발</li> <li>- 교량 부속장치 급속교체 기술</li> </ul> </li> </ul>
<b>4. 연구개발 추진방법</b>	
<b>추진전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 급속시공 교량에 관한 국내외의 기존 기술들을 종합적으로 검토하며, 기존 기술의 한계 및 개발기술의 향후 시장성 등의 분석을 통하여 최적기술 도출 및 기술효율 극대화를 위한 BIM 및 센서기술 접목 필요</li> <li>▪ 유사연구 수행경험이 풍부한 국내외 연구기관 및 업체와의 협력 관계를 추진하고 시공, BIM, 센서, 해체, 장비업체와의 공동연구를 통하여 활용성과 전문성을 확보하고 실용화 가능한 기술 구축</li> </ul>
<b>추진체계</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대학-연구소-산업체와의 공동 연구 체계 구축</li> <li>▪ 해외 기관과 협력 및 공동 연구 개발</li> </ul>
<b>5. 최종 성과물</b>	
<b>주요 성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 비정형 프리캐스트 바닥판 설계/시공기술 시방서</li> <li>▪ 부분교체 가능한 프리캐스트 바닥판 연속화 공법 시방서</li> <li>▪ 프리캐스트 세그먼트 교각 최적화 설계/시공 지침서</li> <li>▪ 친환경 부분 철거 기술 지침서</li> </ul>
<b>6. 연구기간 및 지원예산</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 총 연구기간: 3~5년</li> <li>▪ 연구비 예산: 총 9,956 백만 원(정부 : 7,467백만 원, 민간 : 2,489백만 원)</li> </ul>
<b>7. 기타</b>	

1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 1세부 - 1</b> <b>부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술</b>																																																		
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 노후화 교량의 경제적인 유지관리방법인 국부손상 부분 교체 기술 개발 및 실용화</li> <li>◆ 부분조립이 가능한 급속시공 바닥판 기술 개발 및 실용화</li> <li>◆ 곡률 및 사각에 따른 거동특성을 반영한 프리캐스트 바닥판 공법 개발</li> <li>◆ 공기단축 50% 이상, 탄소저감 30%, 부분교체인 경우 전면교체대비 공사비 50% 저감</li> </ul>																																																		
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 국내 유지관리교량 시장규모 1,000억원/년으로 예상되며, 현재 공용수명 4년 이상인 교량이 328개소, 3년 이상이 1,522개소 등이며 앞으로 노후화된 교량의 개수가 점차 증가할 추세임</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>[국내 1,2종 도로 교통 현황]</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>준공연도</th> <th>사용 연수</th> <th>개소</th> <th>비중(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>196년 이전</td> <td>51년 이상</td> <td>27</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>1961~1970년</td> <td>41~50년</td> <td>70</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>1971~1980년</td> <td>31~40년</td> <td>227</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>1981~1990년</td> <td>21~30년</td> <td>674</td> <td>13.4</td> </tr> <tr> <td>1991~2000년</td> <td>1~20년</td> <td>2,340</td> <td>46.4</td> </tr> <tr> <td>2001~2004년</td> <td>1년 미만</td> <td>1,720</td> <td>33.8</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 미국 주요 고속도로들이 1950년대부터 1970년대 사이에 주로 ‘20년 설계수명’으로 건설되었으나, 지금까지 원 설계 수명의 약 2배에 해당하는 30 ~ 40년 동안 대규모 재건설 없이 이용하고 있음</li> <li>◆ 미국은 단일국가로는 세계 최대 건설시장으로 1950년대에 건설된 노후 도로교통시설의 개량 공사에 앞으로 6년간 4억 달러의 예산을 투입할 계획. 특히, 50년 이상 되는 노후 교량의 수가 향후 15년 내에 미 전체 교량 6만 개중 8% 이상이 될 전망</li> <li>◆ 미국토목학회(The American Society of Civil Engineers)에서 2년 전 발표한 보고서에 의하면 미국 전역의 6만개에 달하는 교량 중 27% 이상이 구조적으로 결함이 있거나 기능적으로 노후화되어 있음</li> <li>◆ 교량의 결함들을 모두 보완하려면 2년간 매년 94억 달러가 소요될 것으로 추정</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Years Old</th> <th>Percent of Inventory</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>&lt;5</td><td>6%</td></tr> <tr><td>6-10</td><td>7%</td></tr> <tr><td>11-15</td><td>8%</td></tr> <tr><td>16-20</td><td>8%</td></tr> <tr><td>21-25</td><td>7%</td></tr> <tr><td>26-30</td><td>7%</td></tr> <tr><td>31-35</td><td>9%</td></tr> <tr><td>36-40</td><td>11%</td></tr> <tr><td>41-50</td><td>20%</td></tr> <tr><td>&gt;50</td><td>16%</td></tr> </tbody> </table> </div> <p style="text-align: center;">[미국 교량의 공용연수 통계] 출처: AASHTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교통혼잡비용이 GDP의 26.2%에 달하고 지속적인 증가 추세에 있으므로 교통 혼잡 완화를 위해 현재보다 더 적극적인 교량 급속시공 기술의 확대적용이 필요</li> </ul>	준공연도	사용 연수	개소	비중(%)	196년 이전	51년 이상	27	0.5	1961~1970년	41~50년	70	1.4	1971~1980년	31~40년	227	4.5	1981~1990년	21~30년	674	13.4	1991~2000년	1~20년	2,340	46.4	2001~2004년	1년 미만	1,720	33.8	Years Old	Percent of Inventory	<5	6%	6-10	7%	11-15	8%	16-20	8%	21-25	7%	26-30	7%	31-35	9%	36-40	11%	41-50	20%	>50	16%
준공연도	사용 연수	개소	비중(%)																																																
196년 이전	51년 이상	27	0.5																																																
1961~1970년	41~50년	70	1.4																																																
1971~1980년	31~40년	227	4.5																																																
1981~1990년	21~30년	674	13.4																																																
1991~2000년	1~20년	2,340	46.4																																																
2001~2004년	1년 미만	1,720	33.8																																																
Years Old	Percent of Inventory																																																		
<5	6%																																																		
6-10	7%																																																		
11-15	8%																																																		
16-20	8%																																																		
21-25	7%																																																		
26-30	7%																																																		
31-35	9%																																																		
36-40	11%																																																		
41-50	20%																																																		
>50	16%																																																		

	<div data-bbox="606 280 1204 560" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>[교통혼잡비용 증가 추이]</caption> <thead> <tr> <th>연도</th> <th>비용 (조원)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1998</td><td>11.5</td></tr> <tr><td>1999</td><td>17.5</td></tr> <tr><td>2000</td><td>19.5</td></tr> <tr><td>2001</td><td>21.5</td></tr> <tr><td>2002</td><td>22.5</td></tr> <tr><td>2003</td><td>23.5</td></tr> <tr><td>2004</td><td>24.0</td></tr> <tr><td>2005</td><td>24.5</td></tr> <tr><td>2006</td><td>25.5</td></tr> <tr><td>2007</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>2008</td><td>27.5</td></tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="758 571 1053 600">[교통혼잡비용 증가 추이]</p> <ul data-bbox="470 616 1348 840" style="list-style-type: none"> <li>직선교(R=800이상) 위주의 프리캐스트 바닥판은 곡선교 적용시 공장에서 제작된 세그먼트를 배치하며 그 외 곡선구간은 현장타설을 하는 등 혼합된 형태의 시공으로 본래 급속시공의 효과가 감소되고 있다. 특히 신설교량 뿐만 아니라 기존 교량의 교체 공사 시에는 기존 교량이 비정형성을 가지는 경우가 대부분 이므로 비정형 형태의 프리캐스트 바닥판 설계기술 및 시공기술 확보가 필요함</li> </ul> <div data-bbox="502 862 1300 1086" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="702 1097 1109 1131">[직선선형 위주의 프리캐스트 공법]</p> <ul data-bbox="470 1142 1348 1288" style="list-style-type: none"> <li>정부의 친환경건설 및 교통통제 최소화 기술개발 장려/유도 정책에 발맞추어 현재의 직선교 위주의 급속시공기술의 단점 및 적용성 한계 등을 개선/확장하여 보다 다양한 조건하에서도 효율적으로 신설 및 노후교량 부분교체시 공기단축을 구현할 수 있는 기술 확보 필요</li> </ul>	연도	비용 (조원)	1998	11.5	1999	17.5	2000	19.5	2001	21.5	2002	22.5	2003	23.5	2004	24.0	2005	24.5	2006	25.5	2007	26.5	2008	27.5
연도	비용 (조원)																								
1998	11.5																								
1999	17.5																								
2000	19.5																								
2001	21.5																								
2002	22.5																								
2003	23.5																								
2004	24.0																								
2005	24.5																								
2006	25.5																								
2007	26.5																								
2008	27.5																								
<p data-bbox="239 1377 383 1444"><b>4. 기존기술 활용방안</b></p>	<ul data-bbox="470 1288 1348 1534" style="list-style-type: none"> <li>기존 노후화 교량의 성능향상 기술 등을 분석하고 현재 적용하고 있는 보수/보강/교체 사례를 검토</li> <li>기존 일괄가설 급속시공 바닥판 기술 대비 경제성/시공성이 확보된 부분조립 급속시공 바닥판 시공기술 확보를 통한 기술보급 증대</li> <li>직선선형을 가지는 PS강연선이 도입된 프리캐스트 바닥판의 연속화 기술을 응용하여 곡률 및 사각을 가지는 비정형 바닥판 기술 개발 및 부분조립이 가능한 연속화 기술 확보를 통하여 경제성/시공성 공법 개발</li> </ul>																								
<p data-bbox="239 1736 383 1803"><b>5. 기술개발 필요성</b></p>	<ul data-bbox="470 1590 1348 1937" style="list-style-type: none"> <li>선진국에서는 유지보수 비용의 증가로 장수명 및 유지보수가 용이한 교량을 건설하려는 시도가 이루어지고 있으며, 향후 국내에서도 유지보수 비용, 폐기물 처리 비용, 탄소 배출 비용 등이 동시에 고려된 친환경 저탄소 장수명 교량의 공급이 급증할 것으로 예상</li> <li>기존급속시공 기술에서 대두되고 있는 경제성, 시공성 저하로 인하여 현장타설 대비 우월한 기술경쟁력을 확보하지 못함</li> <li>전 세계적으로 노후화 교량에 대한 대비가 큰 이슈로 대두되고 있으며, 이에 대응하여 국가적으로 관련분야에 대한 예산투입이 증가</li> <li>모든 노후화교량에 대한 재건설은 예산상 불가능하므로 이에 대한 효과적인 기술인 노후교량에 대한 부분적 교체기술 확보 필요</li> </ul>																								



[미국 손상/노후 교량 비율] 출처: FHWA

- ◆ 국내 안전 및 유지관리 관련 시장 규모는 매년 20% 이상 증가되고 있는 추세이며, 향후 시설물 안전관리 분야의 잠재적인 시장규모는 매우 클 것으로 예상
- ◆ 부분유지관리가 가능하므로 재료, 공사기간을 최소화하여 저탄소, 국민편익 실현 기술
- ◆ 노후교량 및 부천고가교와 같은 재해로 인한 기존 교량의 부분교체 시 교량 바닥판은 많은 부분이 비정형성을 가지고 있음
- ◆ 곡률 및 사각을 갖는 비정형 교량 바닥판 및 바닥판간 이음부의 최적화된 공법을 개발하여 교량 급속시공 및 부분 교체 시 효율성 극대화 필요
- ◆ 교량 설계 및 시공 시 모든 선형에 대하여 급속시공이 가능하여, 기존 비정형부분의 부분 현타적용 등의 혼합적용을 할 필요가 없으므로 급속시공 효과 극대화 예상



[사각, 곡선교 등 비정형 바닥판 예]

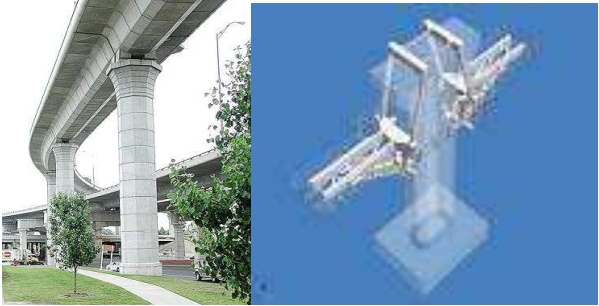
6. 주요연구 개발내용

- ◆ **국내외 세그먼트 부재이음부 연결기술 수집 /분석**
  - 선형 노후화 교량 보수보강 기술 분석
  - 선형 신/구 부재 연속화 기술 수집 및 분석
  - 노후화 교량의 부분 해체 기술 개발 및 부분탈락으로 인한 구조계 영향평가 기술
- ◆ **부분 조립 및 교체가 가능한 바닥판 연속화 기술 개발**
  - 부분조립 연속화 기술개발 (신설)
  - 부분조립 연속화 기술개발 (교체)
  - RC바닥판과 구조적 연속화 가능한 프리캐스트 바닥판 이음기술
  - 다양한 변수별 실험 및 요한요소해석을 통한 구조 안정성 검증
  - 기존 기술대비 경제성 비교/분석
  - 표준 설계 지침서 및 전용시공지침서 제시
- ◆ **비정형 프리캐스트 바닥판 공법 개발 및 실용화**
  - 곡선 및 사각을 가지는 바닥판간 이음부 공법 개발
  - 연속화가 용이한 프리캐스트 바닥판간 연결공법 개발
- ◆ **프리캐스트 부재 제작/시공 최적화 시스템 구축**
  - 경제성 향상을 위한 증기양생용 강제 거푸집 시스템 최적화
  - BIM, 스마트센싱을 활용한 프리캐스트 부재 형상 관리 기법 구축
  - 변형가능 거푸집 시스템 구축 및 재활용관리 최적화기술

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>고성능 재료를 활용한 설계/시공 최적화</b> - 재료활용을 통한 부재 경량화/슬림화</li> </ul>						
7.정부지원의 타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 정부의 저탄소 기조와 부합되며, 향후 범정부적으로 문제가 대두될 수 있는 교량 노후화에 대한 경제적 대비차원에서 기술 확보 시급</li> <li>◆ 노후교량 및 재난에 의한 교량 바닥판이 교체 시 부천고가교에서 알 수 있듯이 하루 물류손실비용이 18억/일로 조사되어 공기단축은 국가적으로 사회간접자본의 손실을 막을 수 있음</li> <li>◆ 현재 급속시공 기술은 직선교 위주의 공법으로 적용성에 한계가 있으며 이에 대한 기술보급 활성화와 국가경쟁력 확보차원에서 정부 주도의 정책지원이 필요</li> </ul>						
8.기술확보 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 토목분야 이외의 건설 장비 전문가와 유기적인 공동연구를 통한 장비개발</li> <li>◆ 설계사, 시공사 등 유기적 업무체계 구축을 통한 실질적 의견수렴 및 업무추진</li> <li>◆ 교량,BIM,센서 등 다양한 전문가들과 체계적인 협동 연구 진행</li> </ul>						
9.기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 부분교체가능 바닥판 세그먼트 이음기술 개발</li> <li>◆ 비정형 프리캐스트 바닥판 기술</li> <li>◆ 설계/시공 최적화 시스템</li> </ul>					
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 전면교체가 아닌 부분적 교체로 경제적으로 대응가능하여 향후 노후화 교량 교체시장 확보 가능</li> <li>◆ 경제성/시공성이 확보된 부분조립 연속화 기술확보를 통하여 기술적용성 증대 가능</li> <li>◆ 모든 선형에 대한 기술적용이 가능하므로 기존공법 대비 우월한 기술경쟁력으로 시장 적용성 확대 예상</li> <li>◆ 기술적 경쟁력뿐 아니라 최적화 설계 및 시공관리를 통한 경제성 향상으로 시장점유율 확대 예상</li> </ul>					
12.연구개발 과제의 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	270	879	1,140	980	640
		민간 (추정)	90	293	380	327	213
	합계		360	1,172	1,520	1,307	853
	총 연구비 (백만원)	정부	3,909			총 연구기간	5년
민간		1,303					
총 합계		5,212			연도별 평균소요 인력	21명	
13.기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 국내 노후화교량 유지관리 시장의 지속적 성장 추세로 볼 때 해당기술의 확보를 통한 기술 상용화</li> <li>- 신설시공인 경우 기존일괄가설개념이 아닌 부분조립개념이므로 기존 기술대비 우수한 시공성/경제성을 가진 기술확보가 가능하여 타기술 대비 기술경쟁력 높음</li> <li>- 국내 교량시장뿐만 아니라 해외 프로젝트에 차별화된 기술력으로 기술수출이 가능하며 이에 따른 국가경쟁력 향상에 기여 예상</li> </ul> </li> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외에서도 노후화교량 유지관리 비용이 큰문제로 대두되고 있으며, 모든 노후화교량에 바로 대응하지 못하고 있는 실정임. 본 기술 확보는 세계시장 진출뿐만 아니라 선두적 지위를 확보 가능</li> <li>- 국내노후화 교량도 향후 10년 이내에 대규모로 발생하므로 이에 대응할 수 있는 독자적인 국산기술 확보가 필요함</li> <li>- 여러세그먼트를 일괄적으로 연속화하는 기술대비 개별적인 부분조립이 가능한 바닥판 기술확보를 통한 기술적 업그레이드 가능</li> <li>- 직선교 위주의 프리캐스트 바닥판은 적용성에 한계가 있을 수 있으며, 실제 도로선형도 많은 부분이 비정형이므로 적용성 확대 가능</li> </ul> </li> </ul>						

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부의 저탄소 기조와 부합되며, 향후 범정부적으로 문제가 대두될 수 있는 교량 노후화에 대한 경제적 대비차원으로 볼 때 정부 정책에 부합됨</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전면보수보강 대비 국부손상부위만을 대응하여 유지관리를 하므로 비용 최소화 유도 가능량 유지관리/보수보강기술 등이 한 단계 업그레이드가 될 것으로 예상되며 연관 산업 활성화를 유도할 것으로 판단됨</li> <li>- 비정형부분의 부분 현타 적용 등의 혼합적용을 할 필요가 없으므로 급속시공 효과 극대화로 인한 사회간접비용 절감 및 단면설계 및 시공관리 최적화를 통한 경제성이 향상된 교량기술 보급</li> </ul> </li> </ul>
--	---

1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 1세부 - 2</b> <b>설계 및 시공 최적화를 위한 지능형 교각 급속시공 기술</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ RC 교각 대비 동등 이상의 경제성 확보한 프리캐스트 하부구조</li> <li>◆ 비정형 단면 및 중공 단면을 포함한 시공성을 고려한 세그먼트 이음부 연속화 공법 개발</li> <li>◆ 제작/시공 정밀 전용장비를 활용하여 경제성 20% 향상, 추가공기단축 10%</li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ '10년 12월말 기준 전국의 교량수는 27,381 개소로서 00'년 대비 11,264개소가 증가(70%)하였으며, 연장은 1,188km에서 2,618km로 1,430km(120%) 증가</li> <li>◆ 도로교량 증가의 주요 원인은 고속국도와 일반국도 등 간선도로 확충시 도로의 기능 및 환경친화적인 도로건설 등에 기인</li> <li>◆ 교통정체구간해소, 국토균형개발 촉진, 국가경쟁력 제고, 도로이용자들의 교통안전을 위해서는 도로부문 투자비용 확대 필요성 대두</li> <li>◆ 자연재해(수해, 지진)로 인한 응급복구교량 시장-연간 20~30여개소, 290 억원/년 시장규모</li> <li>◆ 프리캐스트 교각에 대한 많은 선행연구가 있으나 RC교각 대비 경제성이 떨어지며 연속화 과정 및 정착구 등에서의 시공성 문제가 발생하는 등에서 경쟁력 미확보</li> <li>◆ 공사기간에서 하부구조가 차지하는 비중이 크므로 혁신적인 공기단축을 구현하고 기술표준화를 위해서 기술 확보 필요</li> </ul>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 현재 개발된 프리캐스트 교각기술에 대하여 구조적 검증 결과 및 실제 현장적용의 사례와 시공단계 분석을 통하여 정착구, 연속화방법, 시공방법 등 개선사항을 도출하여 개발기술에 활용 가능</li> </ul> <div data-bbox="571 1218 1246 1473" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">[프리캐스트 세그먼트 PSC 교각 시공장면]</p>
5. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ SOC사업의 발주방식 다양화, VE평가 확대, 사업기간 단축 요구 등 국가차원에서 구조물 급속시공을 장려하고 그 범위도 확대하려는 추세이고 녹색기준, 녹색기여도 인센티브 등 녹색기여효과 인정기반 구축되고 있음</li> <li>◆ 실용화되고 있는 프리캐스트 공법의 대부분은 상부구조에 국한되고 있으나 공기의 반 이상을 차지하는 하부구조의 급속시공이 이루어지지 않으면 공기단축의 효과가 크다고 볼 수 없기 때문에 효과적인 프리캐스트 하부구조의 개발이 시급함</li> <li>◆ 세그먼트 부재별 생애주기 관리가 가능하므로 탄소관리, 구조물 유지관리가 보다 더 체계적이고 용이하게 수행될 수 있음</li> </ul>
6. 주요연구 개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>시공성/경제성을 확보한 교량 하부구조 연속화 기술 개발</b>  - RC교각, 기존 프리캐스트 공법 설계법 분석</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내외 교량 하부구조 세그먼트 이음부 특징 분석</li> <li>- 시공성이 고려된 세그먼트 교각 이음부 연속화 기술 개발</li> <li>- 단면형상 및 고성능 재료를 이용한 경량화, 슬림화 연구</li> <li>- 축소모형 실험, 실대형 실험 수행 등 구조 안정성 검증</li> <li>- 설계 및 시공지침서 발간</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ IT 기술 접목 정밀시공 및 시공관리 효율화 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내외 프리캐스트 교각 시공시스템 분석</li> <li>- BIM기반 공기단축 최적화 시공관리 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>◆ 변단면 거푸집 시스템 개발 및 최적화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리캐스트 공법 거푸집 설계/제작 사례 조사 및 분석</li> <li>- 스마트센싱 및 BIM 기반 변형 가능한 거푸집 장치 개발</li> <li>- BIM을 활용한 거푸집 시스템 최적화 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>[미관고려, 단면최적화 프리캐스트 교각/전용장비 개념도]</p> </div>				
<p><b>7. 정부지원의 타당성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 공기단축기술은 전세계적으로 건설업에서의 큰 관심사이며 국제적 추세에 대응하여 기술력 확보 필요하므로 국가차원의 지원 필수적</li> <li>◆ 현재까지 여러 기관, 기업, 연구소 등에서 다양한 관련 기술을 개발하였으나 연구단계의 결과가 대부분이기 때문에 정부의 강력한 주도하에 시공성, 경제성이 확보된 기술개발 및 보급 장려 필요</li> </ul>				
<p><b>8. 기술확보 전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기존 확보기술의 기술적, 경제적 특징 분석을 통한 개선사항 도출</li> <li>◆ 현장 실용화 관점에서 실제 교량 하부구조 시공사례 분석을 하여 시공성 향상 도모</li> <li>◆ 설계사, 시공사 등 유기적 업무체계 구축을 통한 실질적 의견수렴 및 업무추진</li> </ul>				
<p><b>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle;"><b>최종성과물</b></td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공성/경제성이 고려된 교량하부구조 연속화기술 개발</li> <li>◆ 정밀 부재제작 및 시공관리 최적화 시스템</li> <li>◆ 프리캐스트 교각 최적화 설계/시공 지침서</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>활용방안</b></td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 경량화, 슬림화와 함께 시공이 용이한 새로운 개념의 연속화 기술을 개발하여 경제성은 기존 RC교각과 동등하고 공기단축효과는 기 개발된 프리캐스트 교각 대비 동등 이상의 기술력을 확보하여 상품화 실현</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공성/경제성이 고려된 교량하부구조 연속화기술 개발</li> <li>◆ 정밀 부재제작 및 시공관리 최적화 시스템</li> <li>◆ 프리캐스트 교각 최적화 설계/시공 지침서</li> </ul>	<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 경량화, 슬림화와 함께 시공이 용이한 새로운 개념의 연속화 기술을 개발하여 경제성은 기존 RC교각과 동등하고 공기단축효과는 기 개발된 프리캐스트 교각 대비 동등 이상의 기술력을 확보하여 상품화 실현</li> </ul>
<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공성/경제성이 고려된 교량하부구조 연속화기술 개발</li> <li>◆ 정밀 부재제작 및 시공관리 최적화 시스템</li> <li>◆ 프리캐스트 교각 최적화 설계/시공 지침서</li> </ul>				
<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 경량화, 슬림화와 함께 시공이 용이한 새로운 개념의 연속화 기술을 개발하여 경제성은 기존 RC교각과 동등하고 공기단축효과는 기 개발된 프리캐스트 교각 대비 동등 이상의 기술력을 확보하여 상품화 실현</li> </ul>				

구분	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도			
	연차별 연구비 (백만원)	정부	158	620	700	620	400	민간 (추정)	53	207	233	207
합계		211	827	933	827	533						
총 연구비 (백만원)	정부	2,498		총 연구기간	5년							
	민간	833			연도별 평균소요 인력	14명						
	총 합계	3,331										

13.기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 프리캐스트 교각은 경제성 및 시공성에 문제가 있는 이유로 실용화단계에 도달하지 못한 실정이며, 비정형성 및 중공단면에 대한 적용성이 현저히 떨어지며 이러한 문제점을 해소한 해당기술은 향후 기술실용화 가능성을 확보하여 향후 범용적 활용 가능</li> </ul> </li> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프리캐스트 교각이 활발히 적용되고 있는 미국은 약진지역이며 한국은 중약진 지역이므로 국내실정에 맞는 기술개발 확보 및 실용화 가능</li> <li>- 기술력 확보를 통하여 세그먼트 부재별 생애주기 관리가 가능하므로 보다 더 체계적이고 용이한 관리가 가능</li> <li>- 미관이 고려된 변단면 프리캐스트 하부구조 시공가능</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부정책동향으로 녹색기술 적용을 장려하고 있으며 해당기술은 이러한 정부계획과 부합되는 콘크리트 타설 배제, 공기단축, 교통통제 최소화 등에 의한 탄소 및 에너지 저감 효과가 큼</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 공사기간의 주요인자인 하부구조의 공기단축으로 간접비, 사회비용 등의 절감이 예상되며 효율적인 공법 개발을 통해 경제성 확보 가능</li> </ul> </li> </ul>
----------------	--

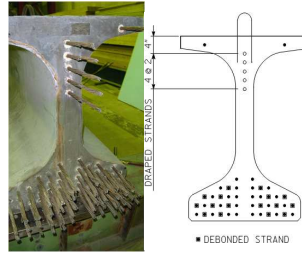
1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 1세부 - 3</b> <b>친환경 부분해체 시스템 및 급속 부속장치 교체기술</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 친환경, 교통통제, 가시성, 공정 최소화를 유도하고 국부손상에 최적화된 부분 해체공법 개발을 통하여 부분유지관리 기술 적용성 확대</li> <li>◆ 경제성을 확보한 부분해체시스템 구축</li> <li>◆ BIM을 활용한 해체 시공시스템 구축</li> <li>◆ 교량 부속장치 급속 교체 기술</li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 국내에서는 일반적으로 아래와 같은 공법을 사용하여 교량 철거하며 해외에서도 동일 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가장 기본적인 방법인 Core drill 공법으로 교량철거</li> <li>- 소음, 분진 등의 발생을 최소화하기 위하여 WHEEL SAW, DIAMOND WIRE SAW 공법을 주로 사용하여 교량 절단 철거하는 추세이나 장시간 소요되며 공사비 고가</li> <li>- 공기단축과 공사비 절감을 위한 CRUSHER 공법 사용</li> </ul> </li> <li>◆ 국내외 자연재해, 사고 및 노후화로 인한 교량 파손 증가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- AASHTO와 TRIP(도로 교통 문제 조사·평가 기관)은 2009년 1월, 미국에 있어서 상위 5건의 교통문제 및 해결을 표제로 하는 보고서를 공동으로 발표 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 노후화하는 교량/붕괴하는 포장 도로</li> <li>(2) 정체하는 도로/공공 교통 기관</li> <li>(3) 높은 수준의 교통사고</li> <li>(4) 교통 시스템을 압박하는 수요</li> <li>(5) 비용 상승</li> </ul> </li> <li>- 증가하는 여행수요와 미국의 노후교량과 함께 점점 더 많은 개수, 보수, 검사, 건설과정이 안전한 사용을 유지하는데 요구되고 있으며, 구조적 건전성과 사용자 안전을 보장하기 위해 교량관리 프로그램에 필수적인 요소(FHWA2007)</li> </ul> </li> </ul>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 국내외 교량 해체PJ 분석 및 특징 검토를 통한 최적방안 도출</li> </ul> <pre> graph TD     A[착공준비] --&gt; B[착공준비]     B --&gt; C[현장사무실개설]     B --&gt; D[대관업무]     C &lt;--&gt; D     C --&gt; E[착공준비]     E --&gt; F[공해방지시설 1. 방진망설치 2. 세뿔시설 또는 그에 준하는 설비]     F --&gt; G[위험물점검및정리]     G --&gt; H[기초절단및정리]     H --&gt; I[잔재처리]     I --&gt; J[철구조물절단]     J --&gt; K[잔재처리]     K --&gt; L[현장정리]     L --&gt; M[착공준비]     N[장비이송] --&gt; L     O[정비이송] --&gt; L   </pre>
5. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 전 세계적으로 노후화 손상교량에 경제성이 확보된 대응기술 확보가 큰 관심사이나 상대적으로 교체기술에 꼭 필요한 해체기술 개발은 상</li> </ul>

	<p>대적으로 저조하고 기존기술 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>그러나 기존기술은 대규모 또는 교량 전반에 걸친 해체기술을 대상으로 개발된 장비가 대부분이므로 부분적 교량교체 유지관리 기술에 적합하지 않고 비경제적일 수밖에 없음</li> <li>국부적 교량 유지관리를 위한 해체기술 개발을 통하여 경제성, 시공성, 환경친화성을 확보하여 기술적용범위 확대가능</li> <li>교량부속장치 교체에 따른 교통차단 최소화 필요 요구 증대</li> </ul>						
6. 주요연구 개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>기존 해체공법 분석</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>구조물별 해체공법 분석</li> <li>해체범위에 따른 공사기간 및 경제성 분석</li> <li>국내외 해체장비 분석 및 경제성 평가</li> <li>해체에 의한 구조물 영향평가</li> <li>구조적 연속화 기술 분석</li> </ul> </li> <li><b>부분조립 대응 가능한 해체기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>부분적 손상평가 기술 개발</li> <li>교통차단최소화 및 공기단축 가능한 부분 급속해체 기술 개발</li> <li>경제성, 친환경성을 확보한 부분 급속 해체 시스템 구축</li> </ul> </li> <li><b>부분 해체 최적화 시뮬레이션</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>공기 및 공사비 최적화가 가능한 해체 공정 시뮬레이션 기술</li> <li>해체 시공관리 지침안 제시</li> </ul> </li> <li><b>교량 부속장치 급속교체 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>신축이음 등 교량 부속장치 교체시 교통차단 최소화 시스템 구축</li> </ul> </li> </ul>						
7. 정부지원의 타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>향후 시장 확대 분야에 부합되는 경제적 교량 장수명화 기술의 효율성을 극대화 시키는 기술이므로 시공분야와 같이 정책적으로 지원필요</li> </ul>						
8. 기술확보 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>신설뿐만 아니라 교량 해체 및 안전진단 전문가와의 협업</li> <li>건설 장비 전문가와 유기적인 공동연구를 통한 장비개발</li> <li>시공최적화를 위한 다분야 전문가들과 체계적인 협동 연구 진행</li> </ul>						
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	<b>최종성과물</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>부분급속해체 시공기술 및 공정관리최적화 기술</li> <li>교량 부속장치 급속교체 기술</li> </ul>						
	<b>활용방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>경제성, 시공성 확보 가능한 교량의 부분유지관리기술에 적합한 해체기술 및 장비개발을 하여 시공 및 해체 기술 패키지 상품화하여 기술상용화 증대 예상</li> </ul>						
12. 연구개발 과제의 규모	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	-	300	400	360	-
		민간 (추정)	-	100	133	120	-
	합계		-	400	533	480	-
	총 연구비 (백만원)	정부	1,060		총 연구기간	3년	
민간		353		연도별 평균소요 인력		6명	
총 합계		1,413					
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>향후 국내 노후화교량 유지관리 시장의 지속적 성장 추세로 볼 때 해체-교체기술을 패키지화하여 상용화</li> </ul> </li> <li><b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>일반화된 깨기, 절단, 운송 개념을 탈피하여 공사범위, 특성 등이 고려된 최적화 해체기술 및 장비 개발</li> </ul> </li> </ul>						

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 문제점이 대두될 가능성이 있는 교량 노후화 및 손상 등에 대한 경제적 대비차원으로 볼 때 정부정책에 부합됨</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전면해체 대비 국부유지관리에 대응한 해체기술이므로 비용 최소화 유도 가능</li> </ul> </li> </ul>
--	--

### 3. 2세부과제 RFP

연구 과제명	제 2 세부 과제 : 카본다이어트 소재활용 친환경 교량 기술
<b>1. 연구개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저탄소 소재활용 PSC 교량구조시스템 개발: 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감</li> <li>- 사용물량 저감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> </ul> </li> <li>▪ 장수명 소재 융복합 프로액티브 유지관리 교량 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감형 교량모델 개발</li> <li>- 도장/재도장 생략 및 수명기간 생애주기비용 30%이상 절감</li> <li>- 100년 이상의 장수명 교량 구현 및 탄소발생 30%이상 저감</li> </ul> </li> <li>▪ 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능 소재 적용 슬림화 하이브리드 교각 시스템 개발 및 탄소저감 30%</li> <li>- 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강 기술 개발을 통한 내진성능 및 수명 30%이상 향상</li> </ul> </li> <li>▪ 콘브리트부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 부재 기술 상용화</li> <li>- 일반 철근 부재대비 수명 30%향상</li> </ul> </li> </ul>
<b>2. 연구개발 필요성 및 기술동향</b>	<p><b>연구개발의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경제성 위주의 교량공법 선정에 따른 PSC거더교의 증가에 대응한 저탄소 공법 개발로 교량분야 녹색성장 견인가능</li> <li>▪ 교량공사에서 철근작업을 최소화함으로써 현장 작업성 향상과 철근간섭에 의한 콘크리트 품질 균등 문제 해소 필요</li> <li>▪ 우리나라에서도 최근 교량의 발주와 유지관리를 맡고 있는 정부나 지자체 등에서 기존 교량의 유지관리 업무와 비용에 대한 부담이 큰 이슈로 부각되고 있음</li> <li>▪ 미국과 일본은 교량 유지관리 업무와 비용절감에 효율적인 방안을 강구하였으며 생애기간 동안 도장/재도장의 생략과 장수명화를 통한 탄소발생 저감 필요</li> <li>▪ 그러나 장수명화에 따른 LCC 비용의 증가가 우려되므로 이의 해소를 위한 기술개발이 요구됨</li> <li>▪ 급변하는 지구환경에 대응하여 내진성능이 보다 향상된 교각기술의 개발이 요구됨</li> <li>▪ 산악지역 등 도외지 공사의 경우 환경파괴 최소화 및 경관설계를 위해 슬림하고 미려한 교각기술개발이 요구됨</li> <li>▪ 국내에 지어진 많은 교량들이 40~50년 정도로 예상되는 내구수명에 다다르면서 성능을 충분히 확보하며 슬림한 형태를 유지할 수 있는 보수 보강기술 개발이 요구됨</li> </ul> <p><b>기술동향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 콘크리트 소재 분야에서는 폐기물 재활용 및 탄소배출량 감소를 위해 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 플라이 애쉬를 사용한 콘크리트의 초기강도 발현 및 고강도화 연구가 활발히 진행되고 있음</li> <li>▪ 강재 분야에서는 600MPa급 고강도 철근이 개발 완료되어 상용화 되었고 PC구조물에 적용 가능한 2400MPa급 초고강도 강연선 및 정착구 개발이 진행 중임</li> <li>▪ 미국, 한국 등을 중심으로 초고강도 콘크리트와 프리텐션을 적용하여 철근배근 생략이 가능한 교량구조의 개발과 기본성능시험을 수행한 바 있음. 그러나 국내 도로교통 여건상 프리텐션을 하는 교량구조의 개발에 한계가 있었으며, 현재로서는 UHPC의 상용화가 어려워 아직 상용화되지 못하고 있음</li> </ul>

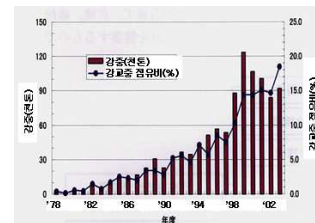


UHPC를 이용한 무철근 프리텐션 거더 개발 사례(미국)

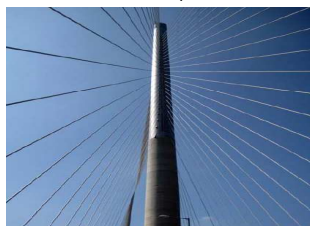
- PSC거더 구조분야에서는 단면최적화 및 다단계 긴장, 강선/강봉 일체긴장, 분절공법 등의 저형고/장경간화 기술 개발이 활발히 진행되고 있음
- 2010년 고성능 내후성강 개발 : 저온인성향상(0도 27/47J ▶ -5도 47J), 항복강도증가(335MPa ▶ 380MPa), 강재두께별 일정 항복강도 유지로 허용응력 상향(판두께에 따라 335, 345, 365MPa ▶ 전두께 공히 380MPa) 등의 특징점 확보가능
- 고성능 내후성강 소재 개발은 완료되었으나, 이용기술개발은 이뤄지지 않음(접합기술, 설계기술 및 제품화 기술 등 미비). 각 고내식강재의 융복합 및 조합 적용 사례와 기술은 개발되지 않음
- 일본 신개념 해안적용가능 고내후성 후판강재 개발 및 실제 교량적용(1997, Hokurikudou Bridge). 도쿄아쿠아라인과 도쿄공항에 클래드강 등 융복합소재 적용사례 있음
- 일본은 교량 유지관리비 부담으로 인해 내후성강 교량 점유율 18% 이상으로 증가 추세(2003이후)
- 미국 고성능 내후성강재인 HPS 개발 완료 및 교량적용 시작(2002), HPS강재 누계 적용 교량수는 400여개 돌파(2009)
- 세계적으로 Duplex Stainless Steel은 20여개의 주요 교량 적용실적(2011)



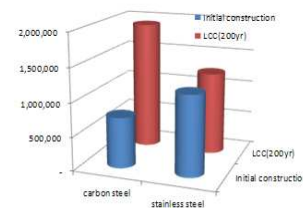
융합 클래드강 적용(도쿄아쿠아라인)



일본의 내후성강 사용실적

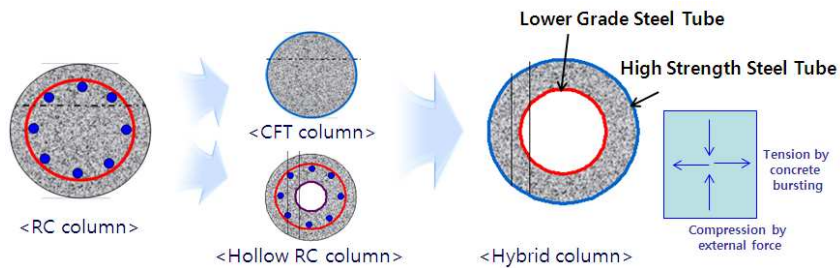


Duplex강 : Stonecutter Bridge



스테인레스교량 LCC검토사례(미국)

- 일본 등에서는 이미 교각의 내진성과 안전성을 향상시킬 수 있는 강-콘크리트 합성 교각기술에 대한 연구가 다수 이루어졌으며, 많은 교량이 최근에는 강합성 교각으로 시공되고 있음
- 국내에서는 최근 포스코 등을 중심으로 HSB800 고강도 강을 이용하여 압축부재의 효율적인 사용을 위한 하이브리드 단면기술에 대한 연구를 수행 중에 있음



하이브리드 압축부재 단면 예

- 고성능 소재를 이용한 합성 및 하이브리드 교각기술은 강재를 활용할 경우 보다 안정적인 구조시스템을 구현할 수 있음에도 불구하고 요구되는 성능을 보유한 강재의 확보에 어려움이 있어 최근에는 FRP 위주의 연구와 현장적용이 이루어지고 있음
- FRP 재료 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있지만 이들 재료의 활용기술은 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 크게 떨어진다고 볼 수 있음
- 따라서 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술의 디테일에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 적절한 설계기준 등이 마련되어야 함




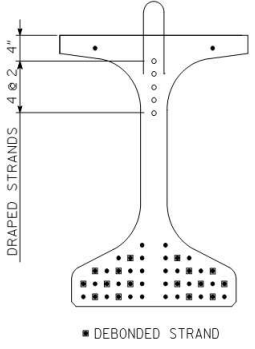
[FRP 보강근 및 바닥판 적용사례]

### 3. 연구개발 내용

- **세세부과제 1: 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술**
  - 연구개발 필요성
    - 경제성 위주의 교량공법 선정에 따른 PSC 거더교의 증가에 대응한 저탄소 공법 개발로 교량분야 녹색성장 견인가능
    - 교량공사에서 철근작업을 최소화함으로써 현장 작업성 향상과 철근간섭에 의한 콘크리트 품질 균등 문제 해소 필요
  - 연구개발 내용
    - PSC 거더 저탄소 소재 활용기술 개발
    - 2400MPa 고강도 강연선 적용 무철근 프리텐션 PSC 구조기술 개발
    - 저탄소 슬림화 PSC 거더 Mock-up Test 및 설계/제작지침 개발
    - 저탄소 소재 활용 무철근 PSC 구조 설계표준화 및 상용화 기술개발
    - 저탄소 슬림화 PSC 거더 현장 적용
- **세세부과제 2: 장수명 소재 융복합 프로액티브 저유지관리 교량 기술**
  - 연구개발 필요성
    - 최근 교량의 발주와 유지관리를 맡고 있는 정부나 지자체 등에서 기존 교량의 유지관리 업무와 비용에 대한 부담이 큰 이슈로 부각되고 있음
    - 미국과 일본은 교량 유지관리 비용절감에 효율적인 장수명 고내식성 소재를 활용한 교량기술을 개발하여 실구조물에 활발히 적용하고 있음(미국은 강교량에 대한 적용이 기본, 일본은 최근 강교량의 15~20% 점유)
    - 교량 유지관리 업무와 효율적인 비용절감 방안으로 생애기간 동안 도장/재도장의 생략과 장수명화를 통한 탄소발생 저감이 필요할 뿐만 아니라 LCC




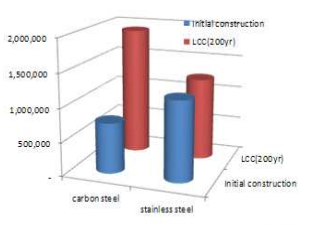
	<p>비용 감소 기술개발이 요구됨</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고내식성강재용 접합기술 개발</li> <li>- 융복합/하이브리드 조합 모델 개발 및 교량 기본설계</li> <li>- 소재 융복합 구조의 성능 평가 및 검증</li> <li>- 프로액티브 저유지관리 교량 적용기반구축 및 상용화 기술 개발</li> <li>- 프로액티브 저유지관리 교량의 현장 적용</li> </ul> </li> <li>▪ <b>세세부과제 3: 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술</b></li> <li>• 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 급변하는 지구환경에 대응하여 내진성능이 보다 향상된 교각기술의 개발이 요구됨</li> <li>- 산악지역 등 도외지 공사의 경우 환경파괴 최소화 및 경관설계를 위해 슬림하고 미려한 교각기술개발이 요구됨</li> <li>- 교량의 50년 이상 내구수명에 도달하여도 충분한 내하성능을 확보하며 슬림한 형태를 유지할 수 있는 교각의 보수/보강 기술개발이 요구됨</li> </ul> </li> <li>• 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량구조용 고에너지 흡수강 활용기술 도출 및 접합기술 개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각의 하이브리드 보강구조안 도출</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 구조성능 평가</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 이음/연결기술 개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 상용화 기술개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 현장 적용</li> </ul> </li> <li>▪ <b>세세부과제 4: 콘크리트부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술</b></li> <li>• 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- RP 재료 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있지만 이들 재료의 활용기술은 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 크게 떨어진다고 볼 수 있음</li> <li>- 따라서 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술의 디테일에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 적절한 설계기준 등이 마련되는 등 상용화 기술이 조속히 개발되어야 함</li> </ul> </li> <li>• 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근의 경제성 평가 및 향상 기술개발</li> <li>- FRP 보강근 적용부재 시제품제작, 성능평가 및 검증</li> <li>- 콘크리트부재의 FRP 보강근 기술 적용 상용화</li> <li>- FRP 보강근 부재 현장적용</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>4. 연구개발 추진방법</b></p>	<p><b>추진전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기술을 상용화로 연계하기 위해서는 시공기술에 있어서 전문제작 또는 시공사를 포함하고 설계기술의 개발을 위해 연구소, 대학, 설계사 등이 유기적으로 공동연구를 수행해야함. 나아가 설계자동화 등을 통해 원활한 적용확대가 이루어지도록 해야 함</li> <li>▪ 스테인레스강은 국내에서 교량 구조물에 적용된 사례가 없는 만큼 해당 강재 전문가와 구조 전문가가 공동으로 연구를 수행해야함</li> <li>▪ 고에너지 흡수강 등 저탄소/고성능 소재를 교각구조물에 효율적으로 적용하기 위해 강재 전문가와 구조물 전문가가 공동으로 연구를 수행해야함</li> <li>▪ 설계/제작 기술의 기반을 구축하기 위해 법제화 연구가 수행되어야 함</li> <li>▪ 설계 효율화와 상용화의 조기 달성을 위해서는 설계자동화 프로그램 등의 사용성 향상 기술개발이 요구됨</li> <li>▪ 국내 미흡한 연구를 국제적 수준으로 끌어올리기 위해 해외 상용화 제품의 벤</li> </ul>

	치마킹과 해외 전문가 자문 등이 요구됨
<b>추진체계</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구 개발부터 현장 일괄적용을 위해서 소재전문가를 포함한 설계사, 시공사, 연구소의 산-학-연 컨소시엄 구성 필요</li> </ul>
<b>5. 최종 성과물</b>	
<b>주요 성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고로슬래그 시멘트와 저탄소 강섬유를 활용한 균등품질 콘크리트 설계 및 시공 지침</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량시스템: (1) 구조성능평가 자료; (2) 구조계산서 및 설계도면 1식; (3) 설계자동화 프로그램; (4) 현장 적용</li> </ul> </li> <li>▪ 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감 교량 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장기내구성, 구조성능, 경제성, LCC 개선 등 검증자료</li> </ul> </li> <li>▪ 프로액티브 유지관리 절감 교량의 적용기반 자료 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준, 설계프로그램, 현장 Test Bed 실적 등</li> </ul> </li> <li>▪ 고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 보강구조 및 이용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 하이브리드 교각 보강상세 기술 및 성능평가자료</li> <li>: 하이브리드 교각 보강기술 설계/제작지침 및 설계자동화 프로그램</li> </ul> </li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각시스템 및 이용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 및 슬림화 코핑구조</li> <li>: 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각시스템 설계/제작지침 및 설계자동화 프로그램</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>▪ 콘크리트부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제성 확보 FRP 보강근 재료</li> <li>- FRP 보강근 적용 콘크리트 구조부재 상용화 및 이용기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 보강근 시험기준, LCC 평가자료, 구조성능 평가자료, 설계/시공지침</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>6. 연구기간 및 지원예산</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 총 연구기간 : 4 년</li> <li>▪ 연구비 예산 : 총 9,250백만원(정부 : 6,840백만원, 민간 : 2,410백만원)</li> </ul>
<b>7. 기타</b>	

1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 2세부 - 1</b> <b>저탄소 강섬유 활용 무철근 PSC 교량 기술개발</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 저탄소 소재 활용 PSC거더 제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감</li> <li>- 사용물량 저감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> </ul> </li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 콘크리트 소재 분야에서는 폐기물 재활용 및 탄소배출량 감소를 위해 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 플라이 애쉬를 사용한 콘크리트의 초기강도 발현 및 고강도화 연구가 활발히 진행되고 있음</li> <li>◆ 강재 분야에서는 600MPa급 고강도 철근이 개발 완료되어 상용화되었고 PC구조물에 적용 가능한 2400MPa급 초고강도 강연선 및 정착구 개발이 진행 중임</li> <li>◆ PSC거더 구조분야에서는 단면최적화 및 다단계 긴장, 강선/강봉 일체긴장, 분절공법 등의 저형고/장경간화 기술 개발이 활발히 진행되고 있음</li> <li>◆ 미국, 한국 등을 중심으로 초고강도 콘크리트와 프리텐션을 적용하여 철근배근생략이 가능한 교량구조의 개발과 기본성능시험을 수행한 바 있음. 그러나 국내 도로교통 여건상 프리텐션을 하는 교량구조의 개발에 한계가 있었으며, 현재로서는 초고성능 콘크리트 (UHPC)의 상용화가 어려워 아직 상용화되지 못하고 있음</li> </ul> <div style="text-align: center;">   </div> <p style="text-align: center;">[UHPC를 이용한 무철근 프리텐션 거더 개발 사례(미국)]</p>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 현재 개발중인 고로시멘트 콘크리트, 고강도 철근 및 강연선 소재를 활용함과 동시에 소재 특성에 부합하는 구조형식 및 최적공법을 개발해야함</li> <li>◆ BRIDGE200 연구과제 중 UHPC를 이용하여 무철근 프리텐션거더의 구조성능 연구한 결과를 참조하여 개선사항을 도출하고 상용화될 수 있는 기술을 개발해야함</li> </ul>
5. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ PSC거더교는 가장 저렴한 교량 형식으로 20~50m 지간까지 교량시장의 30% 이상을 점유하고 있음</li> <li>◆ 최근 교량시장의 저형고, 장경간화 추세에 따라 다단계 긴장 등 효율적인 프리스트레싱 공법에 대한 연구 및 60MPa 이상 고강도 콘크리트를 활용하여 60m까지 장경간화 시키는 연구가 수행되었음</li> <li>◆ PSC 거더교의 적용 확대는 콘크리트의 물량증가 및 고강도 발현을 위한 시멘트 사용량 증가로 공사 중 탄소배출량 증가를 초래함</li> <li>◆ 최근 개발되고 있는 산업부산물 소재 및 고성능 소재를 활용하여 물량 저감 및 탄소배출량 저감이 가능한 저탄소 슬림화 PSC 거더 연구 필요</li> </ul>
6. 주요연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ PSC거더 저탄소 소재 활용기술 개발</li> </ul>

<p><b>개발내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PSC거더용 인성/강도 확보 최적 저탄소 콘크리트 배합설계</li> <li>- 현장타설/프리캐스트 제작별 콘크리트 적정 재료 성능검증</li> <li>◆ <b>2400MPa 고강도 강연선 적용 무철근 프리텐션 PSC 구조기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2400MPa 고강도 강연선 적용 프리텐션 기술개발</li> <li>- 무철근 PSC보의 구조성능 평가 (휨, 전단, 비틀림, 정착부)</li> <li>- 무철근 PSC 구조 설계/제작지침안 도출</li> </ul> </li> <li>◆ <b>저탄소 슬림화 PSC거더 Mock-up Test 및 설계/제작지침 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실구조물 시공단계별 제작성 및 정/동적 성능평가</li> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량의 설계/제작지침 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>저탄소 소재 활용 무철근 PSC 구조 설계표준화 및 상용화 기술개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량의 기간별 표준화 및 설계예제 작성(경관설계 포함)</li> <li>- 설계자동화 프로그램 개발</li> <li>- 2400MPa 고강도 강연선용 이동식 프리텐션 시스템 개발</li> <li>- 상세 개발: 정착부 및 강연선 배치 상세, 거푸집 상세 등</li> </ul> </li> <li>◆ <b>저탄소 슬림화 PSC 거더 현장 적용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용성 평가 / 현장재하시험 / 장기거동 모니터링</li> </ul> </li> </ul>	
<p><b>7.정부지원의 타당성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ PSC 거더교는 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식으로 이에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 건설분야 녹색성장 견인의 교두보 마련</li> </ul>	
<p><b>8.기술확보 전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기술을 상용화로 연계하기 위해서는 시공기술에 있어서 전문제작 또는 시공사를 포함하고 설계기술의 개발을 위해 연구소, 대학, 설계사 등이 유기적으로 공동연구를 수행해야함. 나아가 설계자동화 등을 통해 원활한 적용확대가 이루어지도록 해야 함</li> <li>◆ 기술 검증을 위해 현장적용</li> <li>◆ 설계/제작지침을 포함한 상용화 기술개발로 연구 개발부터 현장 일괄적용을 위해서 소재전문가를 포함한 설계사, 시공사, 연구소의 산-학-연 컨소시엄 구성 필요</li> </ul>	
<p><b>9.기술개발 최종성과물 및 활용방안</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 고로슬래그 시멘트와 저탄소 강섬유를 활용한 균등 품질 콘크리트 설계 및 시공 지침</li> <li>◆ 저탄소 강섬유 및 2400MPa PC강연선 활용 무철근 프리텐션 콘크리트 교량시스템: <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 구조성능평가 자료</li> <li>(2) 구조계산서 및 설계도면 1식</li> <li>(3) 설계자동화 프로그램</li> <li>(4) 현장 적용</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>활용방안</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 저탄소 슬림화 PSC거더교는 도로교뿐만 아니라 철도 교에서 활발한 적용 예상</li> <li>◆ 설계도서 및 설계 자동화 프로그램 등 표준설계 개념을 도입하여 설계자의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과의 객관성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대 유도</li> <li>◆ 제작사/설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한</li> </ul>	

	연구기간 내 활용 유도						
	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
12. 연구개발 과제의 규모	연차별 연구비 (백만원)	정부	-	600	800	700	460
		민간 (추정)	-	210	290	250	160
	합계	-	810	1,090	950	620	
	총 연구비 (백만원)	정부	2,560		총 연구기간 연도별 평균소요 인력	4년	
		민간	910				
	총 합계	3,470			14 명		
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PSC 거더교는 가장 일반적으로 사용되는 교량 형식으로 저탄소 슬림화 구현을 통한 활용 확대 가능</li> </ul> </li> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 중 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 슬림화 구조 구현을 통한 공사비 10% 절감</li> <li>- 저탄소 및 고성능 소재의 타 PC구조물 적용을 통한 녹색성장 촉진</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 교량 시장의 30% 이상을 점유하는 대표적인 교량 형식인 PSC 거더교에 대한 정부차원의 저탄소 슬림화 공법 개발로 녹색성장 견인의 교두보 마련</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간 2조원의 교량시장 10% 점유(공사비 10% 절감)로 200억원/년의 사회기반시설비용 절감</li> </ul> </li> </ul>						

1. 과제명	<p>지능형 친환경 교량 연구단 - 2세부 - 2  <b>장수명 소재 융복합 적용 프로액티브 유지관리 절감형 교량 기술개발</b></p>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리 절감형 교량 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도장/재도장 생략 및 수명기간 생애주기비용 30%이상 절감</li> <li>- 100년 이상의 장수명 교량 구현 및 탄소발생 30%이상 저감</li> </ul> </li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 2010년 고성능 내후성강 개발 : 저온인성향상(0도 27/47J→5도 47J), 항복강도증가(335MPa→380MPa), 강재두께별 일정 항복강도 유지로 허용응력 상향(판두께에 따라 335, 345, 365MPa→전두께 공히 380MPa) 등의 특장점 확보가능</li> <li>◆ 강재소재 개발은 완료되었으나, 이용기술개발은 이뤄지지 않음(접합기술, 설계기술 및 제품화 기술 등 미비)</li> <li>◆ 일본 신개념 해안적용가능 고내후성 후판강재 개발 및 실제 교량적용 (1997, Hokurikudou Bridge)</li> <li>◆ 미국 고성능 내후성강재인 HPS 개발 완료 및 교량적용 시작(2002)</li> <li>◆ 일본 일반 내후성강 교량 점유율 18% 이상(2003)</li> <li>◆ 유럽 최초의 도로교용 스테인레스 강교량 건설(2006, Menorca Bridge, 스페인)</li> <li>◆ 미국의 고성능 내후성강재인 HPS-W강재 누계 적용 교량수는 400여개(2009)</li> <li>◆ 세계적으로 Duplex Stainless Steel은 20여개의 주요 교량 적용실적(2011)</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>[클래드강 적용(도쿄아쿠아라인)]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[일본의 내후성강 사용실적]</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>[Duplex강 : Stonecutter Bridge]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[스테인레스교량 LCC사례(미국)]</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 멕시코의 Progreso Pier 사례 : 스테인레스 철근 시공구간은 약 70년이 지나도록 건재하나, 같은 구간에 일반 철근 시공구간은 부식손실로 철거 → 스테인레스의 수명은 200년 이상으로써 내구성 고려 시 LCC 50% 이상 절감 가능</li> </ul>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 유사선행과제에서는 고성능 내후성강 소재를 개발한 연구과제였음</li> <li>◆ 본 사업에서는 유사선행과제에서 개발된 강재를 활용하여, 일반 부식환경에서는 경제성 10% 향상을 목적으로 이종 강도간 하이브리드 최적 교량모델을 개발함으로써 교량 설계기술로 발전시키고자 함</li> <li>◆ 추가로, 해상/해안 등의 심각한 부식환경에서는 지속가능형 교량모델로 구조용 스테인레스 강재의 교량적용 기술을 포함하도록 함</li> </ul>

<p><b>5. 기술개발 필요성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 한국에서는 1993년 내후성강을 적용하기 시작했으나, 초기 적용상의 기술적 미숙함으로 인해 기술자들 사이에 다소 부정적인 인식이 형성됨으로써, 2000년대 후반들어 내후성강 적용 전무</li> <li>◆ 그러나 국가 SOC의 LCC 절감과 장수명 교량의 구현, 그리고 탄소발생량 절감 달성을 위해 필요한 강구조분야의 궁극적 솔루션은 내후성강 등의 고내후/고내식 강재를 적용하는 것임</li> <li>◆ “지속가능형” 이란, LCC 절감 30% 이상 확보, 100년 수명의 교량구현, 탄소발생 30% 절감구현과 재활용성 확보가 가능하다는 것을 의미함</li> <li>◆ 구체적으로는 장수명화에 필수적인 유지관리 비용의 증가에 대비하여 유지관리 비용의 최소화 도모 필요</li> <li>◆ 탄소발생, 환경영향, 그리고 도장/재도장작업 문제 등을 근본적으로 개선함</li> <li>◆ 이를 위해 도장/재도장 최소화가 가능하도록 고성능 내후성강재 이중강도의 강종을 혼용하는 하이브리드 설계기술과 스테인레스강 적용기술, 내후성+스테인레스+콘크리트 등의 혼용 하이브리드 기술 등이 요구됨</li> <li>◆ 내후성강의 LCC 분석결과 100년기준 35%이상 절감가능하며, 하이브리드 모델개발시 초기 공사비 10% 절감으로 초기비용에서도 경쟁력 개선 효과 있음</li> </ul>
<p><b>6. 주요연구 개발내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>고내식성 강재용 접합기술 개발 및 소재 융복합/하이브리드 조합분석</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장수명 고내식성 소재(안) 도출/선정 (고성능 내후성강, 스테인레스강, 고내식강 등)</li> <li>- 고내식성 소재 접합기술 개발</li> <li>- 장수명 소재의 최적 융복합/하이브리드 조합검토</li> </ul> </li> <li>◆ <b>융복합/하이브리드 조합 모델 개발 및 교량 기본설계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 가설조건 및 요구조건별 최적 대응가능 융복합/하이브리드 조합 모델 개발 및 교량 기본설계</li> <li>- 이중강재 융복합에 따른 내구성능 평가와 검증</li> </ul> </li> <li>◆ <b>소재 융복합 구조성능 평가 및 검증</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 용접 및 볼트접합부 부재레벨 성능 실험검증</li> <li>- 융복합 교량모델의 좌굴성능 및 장기 구조성능 실험검증</li> </ul> </li> <li>◆ <b>프로액티브 저유지관리 교량 적용기반 구축 및 상용화 기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 교량과의 비교설계 수행 및 경제성 평가</li> <li>- 최적 융/복합 모델 교량 상세설계 및 예제개발</li> <li>- 프로액티브 저유지관리 교량 설계지침 및 시방지침 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>프로액티브 저유지관리 교량의 현장 적용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 설계반영 및 현장적용 활동</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>7. 정부지원의 타당성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 연평균 1,000여개의 교량이 시공되고 있으며, 이들 신규 교량의 LCC 30% 절감은 공공시설물을 건설, 유지해야 하는 정부가 가장 큰 수혜자임</li> <li>◆ 국가간 기후변화 협약 발효에 따라 교량구조물의 생애주기 탄소저감의 즉각적 추진 필요</li> <li>◆ 본 기술의 상용화를 위해 필수적인 설계기준 및 시방서의 제/개정과 Test Bed 적용 등은 정부과제를 통할 때 효율성 및 당위성을 최적으로 확보할 수 있음</li> </ul>
<p><b>8. 기술확보</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Duplex 등 스테인레스강은 국내에서 교량 구조물에 적용된 사례가 없는</li> </ul>

<p><b>전략</b></p>	<p>만큼 해당 강재 전문가와 구조 전문가가 공동으로 연구를 수행해야함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>기술을 상용화로 연계하기 위해서는 시공기술에 있어서 전문제작 또는 시공사를 포함하고 설계기술의 개발을 위해 연구소, 대학, 설계사 등이 유기적으로 공동연구를 수행해야함. 나아가 설계자동화 등을 통해 원활한 적용확대가 이루어지도록 해야 함</li> <li>설계/제작 기술의 기반을 구축하기 위해 법제화 연구가 수행되어야 함</li> <li>설계 효율화와 상용화의 조기 달성을 위해서는 설계자동화 프로그램 등의 사용성 향상 기술개발이 요구됨</li> <li>국내 미흡한 연구를 국제적 수준으로 끌어올리기 위해 해외 상용화 제품의 벤치마킹과 해외 전문가 자문 등이 요구됨</li> <li>기술의 검증을 위해 현장적용이 필요함</li> </ul>											
<p>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</p>	<p><b>최종성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장수명 소재의 융복합 적용 프로액티브 유지관리절감 교량 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장기내구성, 구조성능, 경제성, LCC 개선 등 검증자료</li> </ul> </li> <li>프로액티브 유지관리 절감 교량의 적용기반 자료 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준, 설계프로그램, 현장 Test Bed 실적 등</li> </ul> </li> </ul>										
<p><b>활용방안</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반적인 부식환경에서는 내후성강 하이브리드 교량을 적용하여 초기 공사비 10% 절감 및 LCC 30% 이상 절감</li> <li>해안/해상/제설제 과다지역 등에서는 스테인레스강 하이브리드 교량을 적용하여 LCC 30% 이상 절감 유도</li> <li>설계 자동화 프로그램, 설계/제작지침과 예제집 등으로 설계자 및 제작사의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과의 객관성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대 유도</li> <li>제작사/설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한 연구기간 내 활용 유도</li> </ul>											
<p>12. 연구개발 과제의 규모</p>	<p>구분</p>		<p>1차년도</p>	<p>2차년도</p>	<p>3차년도</p>	<p>4차년도</p>	<p>5차년도</p>					
<p>연차별 연구비 (백만원)</p>	<p>정부</p>	<p>152</p>		<p>848</p>		<p>600</p>		<p>432</p>		<p>-</p>		
	<p>민간 (추정)</p>	<p>53</p>		<p>290</p>		<p>200</p>		<p>150</p>		<p>-</p>		
<p>합계</p>			<p>205</p>		<p>1,138</p>		<p>800</p>		<p>582</p>		<p>-</p>	
<p>총 연구비 (백만원)</p>	<p>정부</p>	<p>2,032</p>				<p>총</p>	<p>4년</p>					
	<p>민간</p>	<p>693</p>				<p>연구기간</p>						
	<p>총 합계</p>	<p>2,725</p>				<p>연도별 평균소요 인력</p>	<p>13 명</p>					
<p>13. 기대효과 및 파급효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신규 건설되는 도로교/철도교에 적용 가능하며, 노후 교량의 보수/교체 등에도 적용 가능함</li> </ul> </li> <li><b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내후성강 및 스테인레스강의 하이브리드 구조시스템 개발기술 확보</li> <li>- 교량 수명 100년 달성 구현</li> </ul> </li> </ul>											

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량의 유지관리 및 보수 정책의 효율적 관리 가능</li> <li>- 사회 기반 시설물 건설에서의 탄소배출량 30%이상 절감</li> <li>- 100년 교량 수명으로 공공시설물 관리정책 개선</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내후성강 하이브리드 기술로 초기 공사비 10% 절감</li> <li>- 내후성강 및 스테인레스강 하이브리드 기술로 교량 LCC 30% 절감으로 연간 약 2~3,000 천억원의 국가예산 절감가능</li> <li>- 교량 유지관리 및 보수 비용의 획기적 절감</li> </ul> </li> </ul>
--	---

1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 2세부 - 3</b> <b>고에너지 흡수강 적용 내진성능 향상 하이브리드 기술개발</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>고에너지 흡수강을 적용하여 교각의 내진성능 향상 및 수명연장             <ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 소재 적용 슬림화 하이브리드 교각 시스템 개발 및 탄소저감 30%</li> <li>고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강 기술 개발을 통한 내진성능 및 수명 30%이상 향상</li> </ul> </li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 등에서는 이미 교각의 내진성능과 안전성을 향상하고 강-콘크리트 합성 교각기술에 대한 연구가 다수 이루어졌으며, 많은 교량이 최근에는 강합성 교각으로 지어지고 있음</li> <li>국내에서는 최근 포스코 등을 중심으로 HSB800 고강도 강을 이용하여 압축부재의 효율적인 사용을 위한 하이브리드 단면기술에 대한 연구를 수행 중에 있음</li> </ul> <div data-bbox="486 795 1324 1052" style="text-align: center;"> <p>&lt;RC column&gt;      &lt;CFT column&gt;      &lt;Hollow RC column&gt;      &lt;Hybrid column&gt;</p> <p>Lower Grade Steel Tube High Strength Steel Tube</p> <p>Tension by concrete bursting Compression by external force</p> </div> <p style="text-align: center;"><b>[하이브리드 압축부재 단면 예]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>고성능 소재를 이용한 합성 및 하이브리드 교각기술은 강재를 활용할 경우 보다 안정적인 구조시스템을 구현할 수 있음에도 불구하고 요구되는 성능을 보유한 강재의 확보에 어려움이 있어 최근에는 FRP 위주의 연구와 현장적용이 이루어지고 있음</li> <li>최근에 고에너지 흡수강, 방진강 등 강재의 특수 성능을 보다 향상시킨 소재가 개발되고 있다. 이러한 소재를 교각에 활용한다면 보다 안전하고 효율적인 교각의 설계/시공이 가능 활용할 것임</li> </ul> <div data-bbox="571 1406 1241 1639" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">[일본 고베지진 교각 붕괴사례]</p> <div data-bbox="582 1684 1232 1930" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">[Steel Jacketing 보강사례]</p>

	<p style="text-align: center;">Response Spectrum (El Centro Earthquake)</p> <p style="text-align: center;">[고에너지 흡수강 등 고성능강을 이용한 내진성능 평가에]</p>
<p>4. 기존기술 활용방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구단에서는 FRP 소재를 이용한 교각 및 이를 이용한 교각 보강기술에 대한 연구를 수행한 바 있음</li> <li>◆ 공기단축형 복합구조시스템 건설기술개발 연구단에서는 외부에 강관을 두고 내부에 콘크리트를 채운 CFT에 대한 기존 연구를 기반으로 내부 콘크리트량의 절감을 위해 내부 구속효과를 구현할 수 있도록 단면 내부에 강관을 삽입한 구조에 대한 기초연구를 수행한 바 있음</li> <li>◆ 한국시설안전기술공단에서는 기존 교량의 보수보강 기술에 대한 연구를 2008년도 수행한 바 있음</li> <li>◆ 기존의 연구 결과들을 기반으로 저탄소/고성능소재를 적용하여 교각구조를 슬림화하고 내진성능 및 수명을 향상시킬 수 있는 기술을 성공적으로 개발할 수 있을 것임</li> </ul>
<p>5. 기술개발 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 급변하는 지구환경에 대응하여 내진성능이 보다 향상된 교각기술의 개발이 요구됨</li> <li>◆ 산악지역 등 도외지 공사의 경우 환경파괴 최소화 및 경관설계를 위해 슬림하고 미려한 교각기술개발이 요구됨</li> <li>◆ 교량의 50년 이상 내구수명에 도달하여도 충분한 내하성능을 확보하며 슬림한 형태를 유지할 수 있는 교각의 보수/보강 기술개발이 요구됨</li> </ul>
<p>6. 주요연구 개발내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>교량용 고에너지흡수강 및 접합기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고망간 기반 교각구조물용 고에너지 흡수강 활용기술 도출</li> <li>- 고에너지흡수강용 접합기술 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>고에너지흡수강 교각의 하이브리드 보강구조안 도출</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CFT 구조와 소재 종류에 따른 구속효과 및 내진성능 분석</li> <li>- 하이브리드 구조의 접합부 기술분석</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 구조안 도출</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각의 하이브리드 보강구조안 도출</li> </ul> </li> <li>◆ <b>고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 구조성능 평가</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 Double Skin CFT 기둥의 구조성능 평가</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 교각 보강에 따른 성능향상 평가</li> <li>- 하이브리드 교각의 장기거동 성능평가</li> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 기둥구조의 설계지침안 도출</li> <li>- 고에너지 흡수강 적용 기둥구조 내진보강 설계지침안 도출</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각의 이음/연결기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드 교각의 기동-기초, 기동-코핑 연결상세 개발</li> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 교각구조의 설계/제작지침안 도출</li> </ul> </li> <li>◆ <b>고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 상용화 기술개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고에너지 흡수강 및 고강도강 적용 교각 및 보강기술 설계/제작지침 개발</li> <li>- 기존 RC 교각과의 비교설계(경관설계포함) 및 경제성 분석</li> <li>- 설계자동화 프로그램 개발</li> <li>- 교각 형식별 설계예제 작성</li> </ul> </li> <li>◆ <b>고에너지 흡수강 적용 하이브리드 교각 현장 적용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용 (설계반영/설계변경/현장적용 등)</li> </ul> </li> </ul>				
<p style="text-align: center;"><b>7. 정부지원의 타당성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 구조물은 대표적인 사회기반시설물로 녹색 성장을 위해서는 정부 차원에서 사회기반시설물의 탄소저감 및 장수명화에 노력을 기울여야함</li> <li>◆ 1990년대 이후로 년 평균 1000여개의 신규 교량이 건설되고 있으며, 교각의 수는 최소 2000~3000기/년간 건설됨. 교각의 시장규모 또한 약 2000~3000 억원/년임</li> <li>◆ 신규교량 건설 시 교각의 성능과 수명을 기존대비 30% 증가시킬 경우 그에 따른 경제적 효과는 매년 수백억에 다다름</li> <li>◆ 이 기술이 성공적으로 개발 되었을 때 실 교량구조물로 적용되기 위해서는 법제화 등 정부 정책의 지원이 요구됨</li> </ul>				
<p style="text-align: center;"><b>8. 기술확보 전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 고에너지 흡수강 등 저탄소/고성능 소재를 교각구조물에 효율적으로 적용하기 위해 강재 전문가와 구조물 전문가가 공동으로 연구를 수행해야함</li> <li>◆ 기술을 상용화로 연계하기 위해서는 시공기술에 있어서 전문제작 또는 시공사를 포함하고 설계기술의 개발을 위해 연구소, 대학, 설계사 등이 유기적으로 공동연구를 수행해야함. 나아가 설계자동화 등을 통해 원활한 적용확대가 이루어지도록 해야함</li> <li>◆ 저탄소/고성능 소재 이용 교각 설계/제작 기술의 법제화 연구가 수행되어야 함</li> <li>◆ 국내 미흡한 연구를 국제적 수준으로 끌어올리기 위해 해외 상용화 제품의 벤치마킹과 해외 전문가 자문 등이 요구됨</li> <li>◆ 나아가 기술의 검증을 위해 현장적용 및 국내외 학술발표가 이루어져야함</li> </ul>				
<p style="text-align: center;"><b>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle;"><b>최종성과물</b></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각시스템 및 이용기술</li> <li>◆ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강구조 및 이용기술</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>활용방안</b></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 신규 건설되는 도로교와 철도교에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 보수보강이 요구되는 노후 도로교와 철도교 교각에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 새로운 교각시스템 및 보강구조에 대한 설계개념 및 설계기준에 대한 엔지니어 및 대학생 교육용 활용</li> <li>◆ 설계 자동화 프로그램, 설계/제작/시공 예제집 등을 개발하여 설계자의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과의 객관</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각시스템 및 이용기술</li> <li>◆ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강구조 및 이용기술</li> </ul>	<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 신규 건설되는 도로교와 철도교에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 보수보강이 요구되는 노후 도로교와 철도교 교각에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 새로운 교각시스템 및 보강구조에 대한 설계개념 및 설계기준에 대한 엔지니어 및 대학생 교육용 활용</li> <li>◆ 설계 자동화 프로그램, 설계/제작/시공 예제집 등을 개발하여 설계자의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과의 객관</li> </ul>
<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각시스템 및 이용기술</li> <li>◆ 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강구조 및 이용기술</li> </ul>				
<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 신규 건설되는 도로교와 철도교에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 보수보강이 요구되는 노후 도로교와 철도교 교각에 효과적으로 적용될 수 있음</li> <li>◆ 새로운 교각시스템 및 보강구조에 대한 설계개념 및 설계기준에 대한 엔지니어 및 대학생 교육용 활용</li> <li>◆ 설계 자동화 프로그램, 설계/제작/시공 예제집 등을 개발하여 설계자의 용이한 연구결과 활용 유도</li> <li>◆ 설계/시공/유지관리 지침 명문화로 연구결과의 객관</li> </ul>				


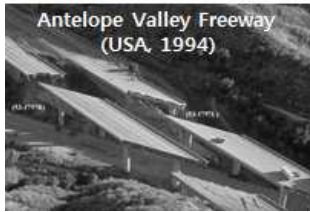
		성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대 유도 ◆ 제작사/설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한 연구기간 내 활용 유도					
12. 연구개발 과제의 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	148	350	350	300	-
		민간 (추정)	50	120	120	100	-
	합계		198	470	470	400	-
	총 연구비 (백만원)	정부	1,148		총 연구기간	4년	
민간		390					
총 합계		1,538		연도별 평균소요 인력	10 명		
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신규 또는 기존 노후화된 도로교/철도교의 건설 및 보강에 효과적으로 적용될 수 있음</li> </ul> </li> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저탄소/고성능 소재 활용 교각 설계/제작기술 확보</li> <li>- 고에너지 흡수강 하이브리드 교각 보강기술 확보</li> <li>- 하이브리드 교각 및 보강기술 구현을 통해 CO<sub>2</sub> 30% 절감 및 내진성능 /내구수명 30% 향상</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량구조물의 내진성능 향상과 내구수명 향상을 통해 지진 등에 따른 교량구조물의 붕괴우려 불식 및 국민 삶의 질 향상</li> <li>- 사회 기반 시설물 건설에서의 탄소배출량 30%이상 절감</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신설 및 노후화 교각의 장수명화를 통해 교량 건설비용 절감 약 600~900억원/년 절감 (년간 교각 시장규모의 30% 수준)</li> </ul> </li> </ul>						

1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 2세부 - 4</b> <b>콘크리트부재 장수명화를 위한 FRP 보강근 실용화 기술개발</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP 보강근의 콘크리트 부재 적용 실용화 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 적용부재 적용기술 개발 및 상용화</li> <li>- FRP 보강근 부재적용을 통해 일반 철근적용 부재대비 수명 30% 향상</li> </ul> </li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP 복합재료를 건설분야에 활용하기 위해 노력하고 있는 국가들은 미국, 일본, 영국, 프랑스, 캐나다 등임</li> <li>◆ 미국에서는 1995년 8월 착수된 10년 기간의 사업인 CONMAT (Construction Materials and System Program)를 통해 FRP가 건설분야에 많이 활용되었음 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이후 FHWA의 다양한 예산지원으로 많은 교량에 FRP가 적용되었음</li> <li>- ACI 400H 위원회(철근콘크리트리바연구위원회)는 “Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars” 라는 이름의 FRP 보강근에 대한 지침서를 2003년에 발간, 2006년에 개정판을 발간함</li> <li>- 또한, 2006년에 “State of the Art Report on Fiber Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures”라는 FRP 보강재에 대한 최신 기술동향서를 발간하였음</li> </ul> </li> <li>◆ 캐나다는 복합소재를 활용한 노후교량의 성능향상을 위한 다양한 연구가 현재까지도 진행되고 있으며, 많은 연구성과를 축적한 것으로 알려져 있음 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1995년부터 정부, 업계, 학계로 구성된 ISIS Canada (Canadian Network of Centres of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures)를 중심으로 수행</li> <li>- 콘크리트 구조물에 적용하는 FRP 보강근 및 긴장재를 개발하기 위해 산/학/연간의 긴밀한 협력체계를 구축하여 연구성과를 현장에 적용하는 등 이 분야에서 가장 앞서가는 연구를 수행하고 있음</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>[GFRP 교량 바닥판 시공]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[GFRP 배근(Cruz Creek교)]</p> </div> </div>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP보강근 제조/생산기술 활용가능</li> <li>◆ 기본적인 GFRP 보강근의 콘크리트부재 적용성 검토 연구로서, 응용 및 실용화단계까지 진입하지 못하였으므로 본 연구에서는 상용화 단계까지 개발하며 TestBed까지 수행</li> </ul>
5. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP 재료 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있지만 이들 재료의 활용기술은 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 크게 떨어진다고 볼 수 있음</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술의 디테일에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 적절한 설계기준 등이 마련되고 상용화가 달성되어야 함</li> <li>◆ 초장대교량 건설, 자기부상열차 건설 등에 대한 관심이 고조되고 있는데 이들 구조물에는 경량이면서 비자성인 FRP 보강근이 필요하므로 국내 기술경쟁력의 확보 등을 위해 FRP 보강근 부재에 대한 기술개발이 요구되고 있음</li> <li>◆ 장래에 세계 건설시장 진입은 물론이고, 콘크리트 구조물의 장수명화, 고품질화 달성을 위해 이 분야에 대한 기술개발이 절실히 요구됨</li> </ul>		
<p>6. 주요연구 개발내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>FRP 보강근의 장단기 시험방법 및 성능검증</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 비공간의 장/단기 성능시험법 개발</li> <li>- FRP 보강근 적용 콘크리트 부재의 성능검증</li> </ul> </li> <li>◆ <b>FRP 보강근의 콘크리트부재 적용 상용화 기술개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근의 경제성 향상방안 도출</li> <li>- LCC 경제성 분석 평가</li> <li>- FRP 보강근 적용 콘크리트부재 설계/시방기준 제/개정</li> <li>- FRP 보강근 적용 콘크리트부재 설계 및 제작 지침 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>FRP 보강근 적용 콘크리트부재 현장 적용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상현장 적용부재 설계도서 작성</li> <li>- 현장적용 (설계반영/설계변경/현장적용 등)</li> </ul> </li> </ul>		
<p>7. 정부지원의 타당성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량에 적용되는 재료를 감소시키고, 이를 통한 장수명화를 통해 탄소배출량을 저감시키는 것이 효과적임</li> <li>◆ 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설분야에서 탄소배출량 절감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량분야에서도 탄소배출량 절감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구되는 상황임</li> <li>◆ 고성능 건설재료인 FRP는 교량 장수명화가 가능하기 때문에 이러한 정부의 요구에 부응할 수 있고, 국가 R&amp;D 정책을 통해 현장에 활용할 수 있도록 문제점 해결을 위한 지원이 필요함</li> <li>◆ 국가 자산인 교량의 안전성을 확보하고 수명을 연장시키는 기술의 개발이므로 정부에서 지원해야 됨</li> </ul>		
<p>8. 기술확보 전략</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 국내의 FRP 제조기술, 재료성능 및 실험시설은 국외와 비교할 경우 동등 이상의 수준으로 판단되나 현장적용, 기술이전 등의 활용면에서 미흡할 실정임</li> <li>◆ FRP를 설계에 반영하기 위해서는 설계기준, 시방서 등의 제정이 필요하며, 신재료 적용에 대한 거부감이 해소되어야 함</li> <li>◆ FRP 관련 설계지침 제정을 위해 관계기관과 협력하며, 기술개발 홍보를 통해 신재료에 대한 거부감을 해소할 예정임</li> <li>◆ 기술의 검증을 위해 현장적용이 필요함</li> </ul>		
<p>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center; vertical-align: middle;">최종성과물</td> <td style="padding-left: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP 보강근 적용 구조부재 상용화 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조성능, LCC 경제성 검증자료, 시험/설계/시공 지침</li> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준,</li> </ul> </li> </ul> </td> </tr> </table>	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP 보강근 적용 구조부재 상용화 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조성능, LCC 경제성 검증자료, 시험/설계/시공 지침</li> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준,</li> </ul> </li> </ul>
최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ FRP 보강근 적용 구조부재 상용화 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조성능, LCC 경제성 검증자료, 시험/설계/시공 지침</li> <li>- 비교 설계예제, 설계기준/시방기준,</li> </ul> </li> </ul>		

	<b>활용방안</b>	설계프로그램, 현장 Test Bed 실적 ◆ FRP의 재료적 이점(고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 콘크리트부재에 활용 추진 ◆ 비자성 및 비전도성을 필요로 하는 병원시설물, 자기부상열차용 교량 등의 건설에 FRP 보강재가 활발히 사용될 것으로 판단됨 ◆ FRP적용 시험/설계/제작지침과 예제집 등으로 설계자 및 제작사의 용이한 연구결과 활용 유도 ◆ 설계/시공기준의 명문화로 연구결과의 객관성 및 신뢰도 확보를 통한 보급 확대 유도 ◆ 설계사/시공사의 연구 참여기관 구성을 통한 연구기간 내 활용 유도					
12. 연구개발 과제의 규모	<b>구분</b>		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별	정부	60	380	380	280	-
	연구비 (백만원)	민간 (추정)	27	140	140	110	-
		<b>합계</b>	87	520	520	390	-
	총 연구비 (백만원)	정부	1,100		총	4년	
	민간	417		연구기간			
	총 합계	1,517		연도별 평균소요 인력	13 명		
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP의 재료적 이점(고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 콘크리트부재에 활용 추진</li> <li>- 비자성 및 비전도성을 필요로 하는 병원시설물, 자기부상열차용 교량 등의 건설에 FRP 보강재가 활발히 사용될 것으로 판단됨</li> </ul> </li> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FRP 보강근 활용 구조시스템 기술 확보</li> <li>- FRP 보강근의 구조물 적용 설계 및 시공지침 확보</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량구조물의 FRP 보강근 기술을 적용하여 사회 기반 시설물의 내구수명 30%이상 향상</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내구수명 30% 향상에 따라 교량 부재 교체주기 감소 및 건설비용 절감</li> </ul> </li> </ul>						

#### 4. 3세부과제 RFP

<b>연구 과제명</b>	<b>제 3 세 부 과 제 : 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술</b>																		
<b>1. 연구개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 교량 생애주기 정보 교환의 효율성 향상을 통한 유지관리 비용 20% 절감</li> <li>▪ 생애주기 탄소발생량, 비용 및 성능 예측을 통한 최적의사결정 모듈 개발</li> <li>▪ 건설 분야의 예산 감소에 따라 효율적 유지관리 예산 배분 및 정보 공유 미비로 인한 낭비요인 제거</li> <li>▪ 시공/교체 중 현장 안전관리를 위한 무선 USN 기반 붕괴유발 부위 모니터링 시스템 개발을 통한 시공 중 붕괴 방지</li> <li>▪ 첨단 비파괴검사 (NDT) 와 스마트 센싱 기술을 접목하여 붕괴취약부위에 대한 국부 모니터링 기술 개발</li> <li>▪ 교량 주요 부재 제작에서의 형상 및 품질 관리 시스템 개발을 통한 공기 단축 및 고품질화</li> <li>▪ 기존 보수·보강·방식기술의 한계성을 극복함과 동시에 고성능, 환경친화성 등의 특성을 갖는 새로운 형태의 보수·보강·방식 기법의 개발</li> <li>▪ 탄소배출량 평가 산정 모델 및 탄소배출량 평가 시스템 구축을 통한 탄소저감 교량 관리 기술 개발</li> </ul>																		
<b>2. 연구개발 필요성 및 기술동향</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 현재 교량의 국부적 노후화 및 기능저하에 대하여 부분적인 유지관리가 필요함에도 불구하고 비경제적으로 전면교체가 이루어지는 실정으므로, 구조물의 기능저하를 세그먼트별로 평가/진단하고 손상세그먼트만 부분교체 가능한 교량기술이 확보되면 노후교량에 대한 선제적, 경제적 대응이 가능할 것으로 판단됨</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>[국내 노후 교량 현황 (전체 교량: 24,923개), 출처: 국토해양부(2008년)]</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>공용연한</th> <th>20년 이내</th> <th>20~30년</th> <th>30~40년</th> <th>40년 이상</th> <th>년도 미상</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>개소</td> <td>20,162</td> <td>2,836</td> <td>1,522</td> <td>328</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>비율 (%)</td> <td>80.9</td> <td>11.4</td> <td>6.1</td> <td>1.3</td> <td>0.3</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공/교체 중 구조물 붕괴는 직접적으로 인적 피해/부실공사 이미지 등 부정적 사회적 인식 초래하므로 안전 및 붕괴에 관한 관리 시스템 개발이 필요함</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>[시공 중 붕괴 사례]</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>[부분탈락 사고 사례]</b></p>  </div> </div> <p style="margin-top: 10px;"><b>연구개발의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 장기적으로 모듈화된 시스템으로 시공된 구조물의 손상으로 인한 부분 교체 혹은 이에 대한 대책을 수립하기 위해서는 현장 타설 구조물에 비해서 좀 더 엄밀한 사전 대책이 요구됨</li> <li>◆ 현재의 조립식 교량 시공 및 세그먼트 교체 시스템은 교량 부재의 현장 연결 작업과정에서 크레인 기사와 작업자들의 세심한 주의 및 긴밀한 협력이 필요하며 안전사고 위험도가 높음</li> <li>◆ 조립식 교량 급속 시공이 보편화되기 위해서는 첨단 센싱 기술을 활용하여 off-site에서 사전 제작되는 프리캐스트 콘크리트 부재의 형상 관리 및 on-site에서의 정밀 시공 기술 개발을 통한 효율적인 교량 시공 시스템의 구축이 필요함</li> <li>◆ 붕괴핵심유발부위인 세그먼트 간 이음부 접착면에 적용하여 휨 및 전단에 대한 부착강도 증진 및 균열 방지가 가능한 보수/보강 기술개발이 요구됨</li> <li>◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강 기술에 관한 연구를 통해 기존 보강재료 및 보강기술의 한계점들을 극복 가능함</li> </ul>	공용연한	20년 이내	20~30년	30~40년	40년 이상	년도 미상	개소	20,162	2,836	1,522	328	75	비율 (%)	80.9	11.4	6.1	1.3	0.3
공용연한	20년 이내	20~30년	30~40년	40년 이상	년도 미상														
개소	20,162	2,836	1,522	328	75														
비율 (%)	80.9	11.4	6.1	1.3	0.3														

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미가공 부산물등을 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> <li>• 염해, 화학적 침식, 자외선 등의 장기적인 외부 환경에 노출되어 있는 강재 구조물을 보호할 수 있는 고내구성 방식재 개발이 필요하며, 무용제 형태의 재료를 사용함으로써 환경유해 물질 배출을 억제에 기여</li> <li>• 미가공 부산물등을 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> <li>• 염해, 화학적 침식, 자외선 등의 장기적인 외부 환경에 노출되어 있는 강재 구조물을 보호할 수 있는 고내구성 방식재 개발이 필요하며, 무용제 형태의 재료를 사용함으로써 환경유해 물질 배출을 억제에 기여</li> <li>• 교량 정보 모델의 부재로 차세대 관리 시스템 구축 및 교량 정보 활용에 문제가 있음</li> <li>• 친환경 교량 건설 및 관리를 위해서는 탄소배출량에 대한 분석이 필요하나 현재 탄소배출량 산출에 대한 가이드라인이나 시스템이 없음</li> </ul>
<p><b>기술동향</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설CALS/EC 사업의 일환으로 2001년도 기본계획을 수립하여 2003년도에 개발을 완료하였으며 2004년도에 확산 및 기초자료 구축을 통하여 2004년도부터 국토관리사무소에서 운영 중이지만, 인벤토리 관리 정도의 수준으로 파악됨 (교량 기존 정보, 보수보강 조치 사항, 상태정보, 교량 현황 백서 등 통계자료로 활용)</li> <li>• 유럽은 BRIME (2001)이라는 연구 프로젝트를 통해 기존 BMS를 검토하고 통합적인 BMS를 제안함       <ul style="list-style-type: none"> <li>- 많은 국가 및 기관들이 현황 파악만을 위한 데이터베이스 수준을 넘어 유지관리를 위한 의사결정 지원도구로 활용하려고 함</li> <li>- 의사결정 지원도구의 핵심 요소인 건전도 평가, 생애주기비용분석, 열화 예측, 보수보강 대안 산출 등의 기능은 매우 부족함</li> </ul> </li> <li>• 교량의 일반적인 유지관리와 관련된 연구는 국내에서도 매우 지속적으로 다양하게 진행되어 왔으나 최근 들어서야 생애주기적 관점의 관리체계에 대한 본격적인 연구가 수행되어 왔으며, 자산관리체계에 대한 연구는 매우 드물게 간헐적으로 진행되어 왔음</li> <li>• 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 상태평가 표준화, 자산가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 교량관리시스템 구축관련 연구가 진행되고 있으나 2차원적 교량유지관리 기술로 인해 비효율적이고 부정확한 유지관리데이터베이스시스템의 한계성이 존재</li> <li>• 해외의 구조물 건전성 모니터링 기술 동향:       <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물의 전체적인 (Global) 동적 거동의 측정을 통한 구조물안전진단 기법의 실구조물 적용에 대한 연구들이 수행되고 있으며, 측정된 동적거동의 분석을 통해 구조물의 동적물성을 보다 정확히 추정하려는 연구가 진행되고 있음</li> <li>- 최근에는 Nonlinear Ultrasonics, Laser Ultrasonics, Guided Wave, Optical Techniques 등의 첨단 NDT 기법과 스마트 센싱 기술을 접목한 구조물 건전성 진단 기법들이 소개되고 있음</li> <li>- 미국, 유럽 등 선진국들은 NDT 개념에 입각한 R&amp;D 계획/투자 및 전문 연구소를 설립하는 등 국가적 차원의 지원을 확대하고 있음 (I/UCRP Program, NDE Center(미), 전문비파괴연구소(독), RCNDE(영) 등)</li> </ul> </li> <li>• 국내 구조물 건전성 모니터링 기술개발 수준은 선진국 대비 65% 이하 수준으로 선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정이며, 특히 센서 및 계측장비 등의 핵심기술은 선진국에 비하여 크게 낙후되어 있음</li> <li>• 해외 자재 형상 관리 및 정밀 시공 기술 개발 현황       <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자재 형상 관리 기술은 대학 (미국 Carnegie Mellon Univ., Texas Austin Univ.) 및 연구기관 (미국 국립 표준 기술원(NIST))을 중심으로 진행되고 있으며 현재 실용화 연구가 증가되고 있음</li> <li>- Carnegie Mellon 대학의 Akinci는 건설 현장에서 스마트 센서를 이용하여 능동적 품질 검사에 사용할 수 있는 시스템을 구조적으로 제안함</li> <li>- 미국 국립 표준 기술원은 레이저 스캐닝 기술이 시공 현장의 3차원 모델링 구현뿐만 아니라 자재 추적 및 자재 형상 관리 분야에서도 활용 가능성이 있음을 발표함</li> </ul> </li> <li>• 국내의 조립 교량 시공 시스템을 위한 정밀 시공 및 세그먼트 교체기술은 아직 연구 단계이며 실례는 아직 보고된 사례가 없음</li> <li>• 하이브리드형 분사식 섬유보강기술은 구조물 보강에 있어 핵심적인 기술이지만 기존 연구의 대부분은 탄소섬유 및 유리섬유시트를 이용한 복합체에</li> </ul>

	<p>한정됨</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 2009년부터 국내에서도 하이브리드형 보강재 연구에 착수하였으나 다양한 방법의 접근을 통한 연구가 필요</li> <li>◆ 산업폐기물을 이용한 시멘트계 보수재료 연구는 국외는 거의 전무하며, 국내에서는 기본연구 이루어졌지만 아직 현장적용까지는 추가연구가 요구되는 상황</li> <li>◆ 방식처리 기술은 시공성 및 유지관리 편의성으로 인해 유기코팅 도장공법이 가장 많이 이루어지고 있으며, 일본의 경우 (1997년 기준) 전체 방식관련 기술 중 58 %정도가 표면 도장기술이 적용되었으며, 미국의 경우에는 88 % 정도를 차지하였음</li> <li>◆ 방식 관련 기술은 해외의존도가 매우 높은 실정이며, 극한 부식 및 화학적 환경에 적용되는 제품은 거의 대부분 수입제품에 의존하고 있는 실정임</li> </ul>
<p><b>3. 연구개발 내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>세세부과제 1: 생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 상태평가 표준화, 자산가치평가 기술, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 교량관리시스템 구축관련 연구가 진행되고 있으나 2차원적 교량유지관리 기술로 인해 비효율적이고 부정확한 유지관리데이터베이스시스템의 한계성이 존재</li> </ul> </li> <li>● 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지능형 교량관리를 위한 생애주기 비용/성능 평가 기법 개발</li> <li>- 교량 생애주기 정보 교환의 효율성 향상을 통한 유지관리 비용 20% 절감</li> <li>- 최적의사결정지원이 가능한 LCC/LCP 모델 개발</li> <li>- 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술개발</li> <li>- 교량의 장기수명예측을 위한 성능평가 모델 및 모듈 개발</li> <li>- 생애주기 비용 및 성능 예측을 통한 최적 교량 관리 의사결정 모듈 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ <b>세세부과제 2: 붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 구조물 붕괴는 직접적으로 인적 피해/부실공사 이미지 등 부정적 사회적 인식 초래하므로 안전 및 붕괴에 관한 관리 시스템 개발이 필요함</li> <li>- 조립식 교량 급속 시공이 보편화되기 위해서는 첨단 센싱 기술을 활용하여 off-site에서 사전 제작되는 프리캐스트 콘크리트 부재의 형상 관리 및 on-site에서의 정밀 시공 기술 개발을 통한 효율적인 교량 시공 시스템의 구축이 필요함</li> </ul> </li> <li>● 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 붕괴유발 핵심 부위 진단을 위한 다물리량 무선 건전성 평가 기술</li> <li>- 프리캐스트 부재 이음부 국부 진단 기술 개발</li> <li>- 프리캐스트 부재 형상 관리 기술 개발</li> <li>- 조립 시공 및 부분 교체시 정밀 시공 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ <b>세세부과제 3: 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 기술에 관한 연구를 통해 기존 보강재료 및 보강기술의 한계점들을 극복 가능함</li> <li>- 미가공 부산물 및 무용제 형태의 저탄소/고성능 재료를 사용함으로써 경제성 확보 및 탄소 저감등 친환경 보수/보강 기술 개발이 요구됨</li> </ul> </li> <li>● 연구개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강재료 제조기술 개발</li> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강재 부착강도 테스트 수행</li> <li>- 미가공 부산물등을 활용한 모르타르 제조</li> <li>- 미가공 부산물등을 활용한 모르타르 강도 향상 및 수축 저감 기술 개발</li> <li>- 친환경성 무용제형 고내구성 방식재 개발</li> <li>- 친환경성 무용제형 고내구성 방식재의 강재 적용 후 성능 평가</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>세세부과제 4: 친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구개발 필요성           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 정보 모델의 부재로 차세대 관리 시스템 구축 및 교량 정보 활용에 문제가 있음.</li> <li>- 친환경 교량 건설 및 관리를 위해서는 탄소배출량에 대한 분석이 필요하나 현재 탄소배출량 산출에 대한 가이드라인이나 시스템이 없음</li> </ul> </li> <li>• 연구개발 내용           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 건설, 생애주기 관리 및 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 구성 및 DB 구축</li> <li>- 교량의 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템 구축 및 친환경 교량 관리 전략 수립 기술</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>4. 연구개발 추진방법</b>	
<b>추진전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 연구 기간 중 개발된 기법을 실무자들의 의견을 반영하여 실무 적용상 문제점을 파악, 해결하여 본 개발 기술의 타당성을 확보하고, 이를 위한 통합적 시스템 모듈개발 및 실용화 방안을 마련하고자 함</li> <li>▪ 기술을 상용화로 연계하기 위해서는 설계사 및 시공사를 포함하여 주요 공정에 따른 주요 고려사항을 논의하며, 연구소, 대학 등이 유기적인 협력 체계 구축</li> <li>▪ 활발한 국제 공동 연구를 통한 선진국의 첨단 기술 적용 및 해외 전문가 자문을 통해 관련 기술 공유 및 연구 동향 파악</li> </ul>
<b>추진체계</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ 관련 분야의 다양한 참여자를 구성하여, 문제점 판단 및 개선을 수행하기 위해 국내 산·학·연 전문 인력을 보유하고 공동연구 수행</li> </ul>
<b>5. 최종 성과물</b>	
<b>주요 성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 성능평가기법 개발</li> <li>- 응답기반 스마트 계측 및 응답기반 내하성능 평가 기법을 활용한 교량 생애주기 성능 평가 및 예측 산정식 도출</li> <li>- 스마트 계측 및 LCC/LCP기반의 최적 교량 관리 의사결정 모듈 개발</li> </ul> </li> <li>▪ <b>붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한 비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 USN 기반 시공/교체 중 상시 붕괴 모니터링 기술</li> <li>- 교량 건전성 평가를 위한 내장형 센서 노드</li> <li>- 세그먼트 이음부 국부 상시 모니터링 기술</li> <li>- 교량의 전체 및 국부 모니터링 통합 관리 솔루션</li> <li>- 부재 형상관리를 위한 레이저 스캐너 제어 시스템 및 형상 관리 기술</li> <li>- 부재 정밀 시공을 위한 카메라 기반 제어 시스템 및 정밀 시공 기술</li> </ul> </li> <li>▪ <b>저탄소 고성능 환경부하 저항형 보수·보강기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강재료 제조기술 개발</li> <li>- 산업부산물 활용 그린 보수 모르타르 제조 기술</li> <li>- 유해 휘발성 유기화합물이 없는 친환경 무용제형태의 초속경 고내구성 방식기술 개발</li> </ul> </li> <li>▪ <b>친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델</li> <li>- 탄소배출량 DB 및 평가 시스템</li> <li>- 환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침</li> </ul> </li> </ul>



6. 연구기간 및 지원예산	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 총 연구기간 : 4~5년</li> <li>▪ 연구비 예산 : 총 10,123백만 원(정부 : 7,591백만 원, 민간 : 2,532백만 원)</li> </ul>
7. 기타	

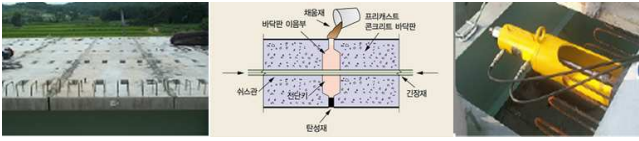
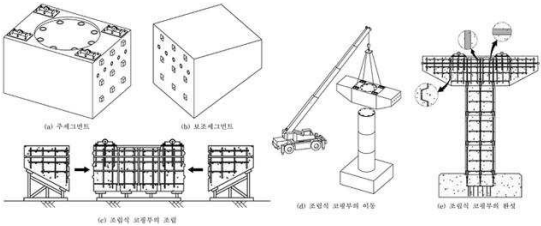
1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 3세부 - 1</b> <b>생애주기 비용 및 성능기반 차세대 교량관리 기술</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 생애주기 정보 교환의 효율성 향상을 통한 유지관리 비용 20% 절감</li> <li>◆ 최적의사결정지원이 가능한 LCC/LCP 모델 개발</li> <li>◆ 하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술 개발</li> <li>◆ 교량의 장기수명예측을 위한 성능평가 모델 및 모듈 개발</li> <li>◆ 생애주기 비용 및 성능 예측을 통한 최적 교량 관리 의사결정 모듈 개발</li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 2011년 도로 교량 및 터널 현황조서에 따르면 2010년 12월 기준으로 전국의 교량은 총 27,381개소이며, 기존 및 신설 교량의 증가에 따라 교량 관리 수요가 늘어날 것으로 예상되며 이에 따른 교량 관리에 대한 인력 및 비용이 증가될 것으로 예상됨</li> </ul> <div data-bbox="518 741 1262 1055" style="text-align: center;"> <p>[도로종류별 교량 건설연도 비율]</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 건설현황에서 알 수 있듯이 공용수명이 20~30년 이상인 노후 교량의 수가 조만간 급격히 증가할 것으로 예상됨. 따라서 합리적인 의사결정을 위해서 지금부터 자산 관리적 관점에서 장기적인 관리전략의 수립이 가능한 체계의 구축을 준비가 요구됨</li> <li>◆ 건설CALS/EC 사업의 일환으로 2001년도 기본계획을 수립하여 2003년도에 개발을 완료하였으며 2004년도에 확산 및 기초자료 구축을 통하여 2004년도부터 국도관리사무소에서 운영 중이지만, 인벤토리 관리 정도의 수준으로 파악됨 (교량 기존 정보, 보수보강 조치 사항, 상태정보, 교량 현황 백서 등 통계자료로 활용)</li> <li>◆ 유럽은 BRIME (2001)이라는 연구 프로젝트를 통해 기존 BMS를 검토하고 통합적인 BMS를 제안함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 많은 국가 및 기관들이 현황 파악만을 위한 데이터베이스 수준을 넘어 유지관리를 위한 의사결정 지원도구로 활용하려고 함</li> <li>- 의사결정 지원도구의 핵심 요소인 건전도 평가, 생애주기비용분석, 열화 예측, 보수보강 대안 산출 등의 기능은 매우 부족함</li> </ul> </li> <li>◆ 예방적 유지관리를 위해 유지관리 LCC 예측기술, 시설물의 상태평가 표준화, 예산계획 및 배정 등을 포함하는 교량관리시스템 구축 관련 연구가 진행되고 있으나 2차원적 교량유지관리 기술로 인해 비효율적이고 부정확한 유지관리데이터베이스시스템의 한계성이 존재</li> </ul>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기존의 다양한 스마트 계측 기술로부터 산출되는 하중/구조응답 입출력관계를 이용하여 교량의 내하성능 및 건전도 평가 기술에 활용</li> <li>◆ 교량의 장기수명예측을 위한 생애주기 내하성능예측 기술은 기존의 교량 상태 평가 기술에 최첨단 계측 및 분석 기술을 융합 활용</li> <li>◆ 생애주기 비용 및 계측기반 내하성능 예측 기술 기반의 최적 정책 의사 결정 지원 모듈 개발에 활용</li> </ul>

<p>5. 기술개발 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기존의 유지관리 시스템은 단순히 정보 보관 이상의 의미를 갖지 못하며, 유지관리 시 얻어지는 정보 및 이력을 체계적으로 관리/활용하지 못하고 있음</li> <li>◆ 시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 따라 수집된 정보가 체계적으로 관리가 요구되고 있음</li> <li>◆ 지능형 생애주기 통합관리를 위한 정보체계 및 모델의 정보전달매뉴얼 정의가 이루어져야 하는데 기존 교량의 설계, 유지관리/점검 기록을 포함한 정보모델 개발이 이루어져야 함</li> <li>◆ 교량 유지관리 시스템의 정확성과 신뢰성 향상은 불필요한 유지보수/보강을 지양하며, 교량의 안전도 확보를 유도한다. 결과적으로 효과적이고 효율적인 유지보수/보강을 통해 생애주기 비용을 줄이며, 나아가 교량 수명을 경제적으로 연장시킬 수 있음</li> </ul>
<p>6. 주요연구 개발내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술개발</b>  <b>&lt;교통하중에 대한 교량 변위응답에 기반한 성능평가 시스템개발&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통흐름 교란을 최소화하는 효율적인 하중재하 및 구조변위응답 계측 시스템 개발</li> <li>- 교통하중/변위응답의 입출력관계에 기반한 이용한 구조성능 평가기법 개발</li> </ul> <b>&lt;교통하중에 대한 교량 진동응답에 기반한 성능평가 시스템개발&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동적하중에 대한 교량 구조물의 입출력관계 규명 시스템 개발</li> <li>- 진동입출력관계에 기반한 구조성능평가기법 개발</li> </ul> <b>&lt;온도하중에 대한 교량 변위응답에 기반한 성능평가 시스템개발&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도하중과 구조변위응답에 대한 단기 모니터링을 위한 효율적 계측 시스템 개발</li> <li>- 온도하중/구조변위응답에 기반한 교량받침 및 상부구조 성능평가기법 개발</li> </ul> <b>&lt;다중 교량응답 데이터의 융복합분석 기반 성능평가기술 개발&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정적, 동적, 온도 응답 및 기타 응답 Data 의 융복합 분석기술 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>교량의 장기수명예측을 위한 생애주기 내하성능예측 모델 및 모듈 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 성능 영향 인자 및 환경에 따른 열화도 분석 모델 개발</li> <li>- 추계적 교량 상태/성능 예측 및 업데이트 기법 개발</li> <li>- 보수·보강효과 정량화 모델 및 상태/성능 변동 모델 개발</li> <li>- 생애주기 내하성능(LCP) 통합평가 및 잔존수명 예측 기술 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>생애주기비용 및 생애주기성능 기반 최적정책 의사결정 지원 모듈 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지관리 단계를 고려한 생애주기비용(LCC) 모델 및 모듈 개발</li> <li>- 정량적 LCC/LCP 통합 모델 기반의 교량관리 기술 개발</li> <li>- 최적 유지관리 시나리오 선정을 위한 최적화 기법 연구</li> <li>- 소요예산 분석 및 정책의사 결정 지원을 위한 교량관리 시나리오 분석 모듈 및 우선순위 산정 알고리즘 개발</li> </ul> </li> </ul>
<p>7. 정부지원의 타당성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 국토해양부의 제 4차 국토종합계획 수정계획 (2011~2020년)의 “IT 기술을 활용한 첨단 통재방재시스템 구축, 예방적 통합적 안전관리 체계 구축” 측면에서 정부 상위 정책에 부합한 연구임</li> <li>◆ 본 연구에서 개발된 기술의 사용 주체는 추후 교량시설물의 유지관리를 담당하는 중앙 정부나 지방자치 단체이므로 정부의 지원이 타당함</li> <li>◆ 본 연구에서 개발되는 기술들은 국가적 차원에서의 일괄적이고 통합된 적용과 검증이 필요하기 때문에 민간에서 국부적으로 주도하여 적용하기에는 적합지 않음</li> </ul>

<b>8. 기술 확보 전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>본 연구의 목적 달성을 위해 관련 분야의 다양한 참여자를 구성하여, 문제점 판단 및 개선을 수행하기 위해 국내 산·학·연 전문 인력을 보유하고 공동연구 수행</li> <li>연구 기간 중 개발된 기법을 실무자들의 의견을 반영하여 실무 적용상 문제점을 파악, 해결하여 본 개발 기술의 타당성을 확보하고, 이를 위한 통합적 시스템 모듈개발 및 실용화 방안을 마련하고자 함</li> </ul>						
<b>9. 기술 개발 최종성과물 및 활용방안</b>	<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하중/구조응답의 입출력관계에 기반한 교량 성능평가기술</li> <li>생애주기 교량 내하성능평가 및 잔존수명예측 모델 및 모듈</li> <li>스마트 계측 및 LCC/LCP기반의 최적 교량 관리 의사결정 모듈 개발</li> </ul>					
	<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량 생애주기 관리/통합하는 시스템 개발을 통한 교량 생애주기 관리 시스템 표준화 기여</li> <li>통합적인 유지관리 데이터/계측 데이터 관리 시스템을 기반으로 변화하는 환경 속의 교량성능 모델의 적극적인 신뢰성 향상</li> <li>학제간 융합 연구를 통해 다양한 기술 교류를 수행함으로써 연구 영역 확장 가능</li> </ul>					
<b>12. 연구개발 과제의 규모</b>	<b>구분</b>		<b>1차년도</b>	<b>2차년도</b>	<b>3차년도</b>	<b>4차년도</b>	<b>5차년도</b>
	<b>연차별 연구비 (백만원)</b>	정부	173	707	965	667	384
		민간 (추정)	58	236	322	222	128
	<b>합계</b>		231	943	1,287	889	512
	<b>총 연구비 (백만원)</b>	정부	2,896			<b>총</b>	<b>연구기간</b>
민간		966			<b>연도별</b>	<b>5년</b>	
<b>총 합계</b>		3,862			<b>연도별</b>	<b>평균소요</b>	
					<b>인력</b>	<b>21명</b>	
<b>13. 기대효과 및 파급효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>교량 생애주기를 고려한 LCC/LCP 기반의 신뢰도 있는 교량유지관리를 통한 생애주기 관리 효율성 증대</li> <li>교량 설계/시공 단계의 정보 정의를 통해서 건설 프로젝트의 패러다임을 지능화/정보화로 전환하여 건설 기술의 생산성 증대</li> </ul> </li> <li><b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 대비하여 수집된 정보의 체계적으로 관리 방안 제시</li> </ul> </li> <li><b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>신뢰성 있는 정보 기반 주요 시설물 관리 기술 확보로 유지관리 비용 20% 절감 및 안전도 확보</li> </ul> </li> <li><b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>건설 분야의 예산 감소에 따라 효율적 유지관리 예산 배분 및 정보 공유 미비로 인한 낭비요인 제거</li> </ul> </li> </ul>						

1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 3세부 - 2</b> <b>붕괴취약부위 모니터링과 정밀 시공을 위한</b> <b>비접촉 센싱 및 무선 USN 기술</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 세계 최초 기술 확보를 통한 핵심 기술 100% 국산화</li> <li>◆ 다물리량 무선 USN 기반 구조 안정성 예측/진단을 통한 시공/교체 시 사고 제로화</li> <li>◆ 붕괴취약부 초기 손상 상태 검출을 위한 비접촉 센싱 기반 내장형 시스템개발을 통한 기존 시스템 대비 유지관리 비용 30% 절감</li> <li>◆ 시공모니터링을 통한 공기단축 5%</li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 해외의 구조물 건전성 모니터링 기술 동향: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물의 전체적인 (Global) 동적 거동의 측정을 통한 구조물 안전진단 기법의 실구조물 적용에 대한 연구들이 수행되고 있으며, 측정된 동적거동의 분석을 통해 구조물의 동적물성을 보다 정확히 추정하려는 연구가 진행되고 있음</li> <li>- 최근에는 Nonlinear Ultrasonics, Laser Ultrasonics, Guided Wave, Optical Techniques 등의 첨단 NDT 기법과 스마트 센싱 기술을 접목한 구조물 건전성 진단 기법들이 소개되고 있음</li> <li>- 미국, 유럽 등 선진국들은 NDT 개념에 입각한 R&amp;D 계획/투자 및 전문 연구소를 설립하는 등 국가적 차원의 지원을 확대하고 있음 (I/UCRP Program, NDE Center(미), 전문비파괴연구소(독), RCNDE(영), NDE Group(프) 등)</li> </ul> </li> <li>◆ 국내 구조물 건전성 모니터링 기술개발 수준은 선진국 대비 65% 이하 수준으로 선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정이며, 특히 센서 및 계측장비 등의 핵심기술은 선진국에 비하여 크게 낙후되어 있음</li> <li>◆ 해외 자재 형상 관리 및 정밀 시공 기술 개발 현황 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자재 형상 관리 기술은 대학 (미국 Carnegie Mellon Univ., Texas Austin Univ.) 및 연구기관 (미국 국립 표준 기술원(NIST))을 중심으로 진행되고 있으며 현재 실용화 연구가 증가되고 있음</li> <li>- Carnegie Mellon 대학의 Akinci는 건설 현장에서 스마트 센서를 이용하여 능동적 품질 검사에 사용할 수 있는 시스템을 구조적으로 제안함</li> <li>- 미국 국립 표준 기술원은 레이저 스캐닝 기술이 시공 현장의 3차원 모델링 구현뿐만 아니라 자재 추적 및 자재 형상 관리 분야에서도 활용 가능성이 있음을 발표함</li> </ul> </li> <li>◆ 국내의 조립 교량 시공 시스템을 위한 정밀 시공 및 세그먼트 교체 기술은 아직 연구 단계이며 실례는 아직 보고된 사례가 없음</li> </ul>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 토목구조물에 적용된 선행 무선 USN 기술들을 분석하고, 이를 통해 다물리량 센서 네트워크 효율적인 운영 기법 고도화</li> <li>◆ 기존 구조물들의 구조 안전성에 활용되는 동/정적 물리량의 장/단점을 파악하여 구조 안전성 평가의 정확성을 높이기 위한 다물리량 조합 도출에 활용</li> <li>◆ 압전센서의 토목구조물 적용에 대한 선행연구로부터 검증된 압전 센서 기술을 적용한 붕괴유발 부재의 모니터링에의 활용</li> <li>◆ 스마트 스캐닝 시스템 개발에 대한 선행연구로부터 개발된 시스템을 활용하여 최소의 장비를 적용하여 대형 교량 구조물의 효율적인 모니터링이 가능한 시스템 개발</li> <li>◆ 첨단센서 기반의 실시간 시공 관리기술에 대한 선행연구를 통해 개발된 3D 시공관리 기술을 활용하여 프리캐스트 자재의 형상관리 및 정밀시공 기술 개발</li> <li>◆ 영상정보 통합처리기술 개발에 대한 선행연구에서 개발된 3차원 시설물 정보 생성기술을 활용하여 프리캐스트 정밀시공을 위한 부재위치 생성기술 개발</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 모듈러 교량 기술개발에 대한 선행연구로부터 개발된 모듈별 정보 표준화 및 시공 시뮬레이션 기법을 활용하여 사전제작 부재의 형상관리 기술 개발</li> </ul>																		
<p>5. 기술개발 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 현재 교량의 국부적 노후화 및 기능저하에 대하여 부분적인 유지관리가 필요함에도 불구하고 비경제적으로 전면교체가 이루어지는 실정으므로, 구조물의 기능저하를 세그먼트별로 평가/진단하고 손상세그먼트만 부분교체 가능한 교량기술이 확보되면 노후교량에 대한 선제적, 경제적 대응이 가능할 것으로 판단됨</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>[국내 노후 교량 현황 (전체 교량: 24,923개), 출처: 국토해양부(2008년)]</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>공용연한</th> <th>20년 이내</th> <th>20~30년</th> <th>30~40년</th> <th>40년 이상</th> <th>년도 미상</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>개소</td> <td>20,162</td> <td>2,836</td> <td>1,522</td> <td>328</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>비율 (%)</td> <td>80.9</td> <td>11.4</td> <td>6.1</td> <td>1.3</td> <td>0.3</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공/교체 중 구조물 붕괴는 직접적으로 인적 피해/부실공사 이미지 등 부정적 사회적 인식 초래하므로 안전 및 붕괴에 관한 관리 시스템 개발이 필요함</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>[시공 중 붕괴 사례]</b></p>  <p>신행주대교 붕괴사고 (한국, 1992)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>[부분탈락 사고 사례]</b></p>  <p>Antelope Valley Freeway (USA, 1994)</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 장기적으로 모듈화된 시스템으로 시공된 구조물의 손상으로 인한 부분 교체 혹은 이에 대한 대책을 수립하기 위해서는 현장 타설 구조물에 비해서 좀 더 엄밀한 사전 대책이 요구됨</li> <li>◆ 각 부재의 이음 연결부는 세그먼트 구조 시스템에 있어 핵심 취약 부위이며, 각 부재별 건전성 평가뿐만 아니라 부재간 이음부에 대한 적합하고 신뢰성 높은 진단 기법 개발이 요구됨</li> <li>◆ 현재의 조립식 교량 시공 및 세그먼트 교체 시스템은 교량 부재의 현장 연결 작업과정에서 크레인 기사와 작업자들의 세심한 주의 및 긴밀한 협력이 필요하며 안전사고 위험도가 높음</li> <li>◆ 조립식 교량 급속 시공이 보편화되기 위해서는 첨단 센싱 기술을 활용하여 off-site에서 사전 제작되는 프리캐스트 콘크리트 부재의 형상 관리 및 on-site에서의 정밀 시공 기술 개발을 통한 효율적인 교량 시공 시스템의 구축이 필요함</li> </ul>	공용연한	20년 이내	20~30년	30~40년	40년 이상	년도 미상	개소	20,162	2,836	1,522	328	75	비율 (%)	80.9	11.4	6.1	1.3	0.3
공용연한	20년 이내	20~30년	30~40년	40년 이상	년도 미상														
개소	20,162	2,836	1,522	328	75														
비율 (%)	80.9	11.4	6.1	1.3	0.3														
<p>6. 주요연구 개발내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>시공/교체 중 붕괴유발 핵심 부위 진단을 위한 다물리량 무선 건전성 평가 기술</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공/교체 중 교량 구조 형식별 붕괴 유형 분석 및 원인별 사고 사례 조사/분석</li> <li>- 유한 요소 모델 해석을 통한 시공/교체 시 구조 안전성 및 붕괴 메커니즘 분석</li> <li>- 붕괴유발가능 부위 선정 및 모니터링 항목 도출</li> <li>- 부분 교체 시, 구조 안전성 진단의 정확성을 위한 다양한 물리량 구성안 도출 및 계측 개발</li> <li>- 다양한 센서 시스템 기반 하이브리드 스마트 감시 기술 개발</li> <li>- 실 구조물 적용을 위한 외부 환경 요인 보상 기술 개발 (확률론적 접근 및 패턴인식을 통한 오보 최소화)</li> </ul> </li> </ul>																		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>붕괴취약부위 국부 진단 기술 개발</b>  <p><b>[female-to-female joint (상부구조: 바닥판간 이음부)]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비접촉식 전력 및 정보 송수신 내장형 센서노드 개발</li> <li>- 내장형 센서노드를 활용한 긴장재 및 연결 이음부의 국부 안전 진단 기술 개발</li> <li>- 세그먼트 접합부 채움재 상태 진단 기법 개발</li> </ul>  <p><b>[조립식 교각 (하부구조: 교각/교각, 교각/기초 이음부)]</b></p> </li> <li>◆ <b>주요 부재 형상 관리 기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 공정 시 형상 관리 제어 시스템(하드웨어 + 소프트웨어) 개발</li> <li>- 레이저 스캐너 기반의 영상처리 기술 개발: 설정된 표준화 모델과 레이저 스캐너로 측정된 실측 모델을 비교하여 제작 오차 계산 및 출하 여부 판정 기법 개발</li> <li>- 오차 보정을 위한 3차원 보정 솔루션 개발</li> </ul> </li> <li>◆ <b>조립 시공 및 부분 교체시 모듈 정밀 시공 기술 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탈 부착형 카메라를 활용한 영상 기반의 정밀 시공 시스템 개발</li> <li>- 실시간 부재 위치 정보 모니터링 기법 개발</li> <li>- 설계 도면과의 상호 비교를 통한 시공 및 교체 시 오차 산정과 이를 시공 및 교체 시에 활용할 수 있는 피드백 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>7. 정부지원의 타당성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 최근 탄소저감과 친환경 에너지 정책에 따라, 교량구조물에 대해서도 장수명화를 통한 친환경 교량 개발이 주요 정부 정책 방향이 되어가고 있기 때문에, 전체 구조물 및 주요 부재에 대한 상시 모니터링 기법 개발은 그 중요성 및 정부 지원의 필요성이 점차 강조되고 있음</li> <li>◆ 교육과학기술부의 『비파괴검사기술의 진흥법』에 관한 법률을 통해 NDT 기술 개발을 장려하고 있으며, 연구 초기 단계인 Optical NDT 기법 개발을 통해 원천 기술 확보 가능</li> <li>◆ 레이저 스캐너와 비전 시스템을 이용한 조립식 교량 시스템의 부재 형상 관리 및 정밀 시공 기술은 현재까지 개발 보고된 사례가 없어 원천 기술 확보가 정부 차원에서 필요함</li> <li>◆ 교량 건설 강국과의 해외시장 경쟁에서 기술적 우위를 확보하는데 필요한 독창적이고 원천 기술을 보유할 수 있는 연구에 대한 정부 차원의 전략적 지원이 필요</li> </ul>
<p><b>8. 기술확보 전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 기술을 상용화로 연계하기 위해서는 설계사 및 시공사를 포함하여 주요 공정에 따른 주요 고려사항을 논의하며, 연구소, 대학 등이 유기적인 협력 체계 구축</li> <li>◆ 활발한 국제 공동 연구를 통한 선진국의 첨단 기술 적용 및 해외 전문가 자문을 통해 관련 기술 공유 및 연구 동향 파악</li> </ul>

9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 무선 USN 기반 시공/교체 중 상시 붕괴 모니터링 시스템 개발</li> <li>◆ 시공/교체 중 안전관리를 위한 붕괴안전 지표 산정</li> <li>◆ 교량 건전성 평가를 위한 내장형 센서 노드</li> <li>◆ 세그먼트 이음부 국부 상시 모니터링 기술</li> <li>◆ 교량의 전체 및 국부 모니터링 통합 관리 솔루션</li> <li>◆ 부재 형상관리를 위한 레이저 스캐너 제어 시스템 및 형상 관리 기술</li> <li>◆ 부재 정밀 시공을 위한 카메라 기반 제어 시스템 및 정밀 시공 기술</li> <li>◆ 개발 기술을 활용을 위한 기준 및 지침</li> <li>◆ 교량 구조물에 제안 기술 기법 시연</li> </ul>					
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시공 중 안전성 평가/감시 기술 개발을 통한 현장 사고 Zero화 유도</li> <li>◆ 구조물의 붕괴 유발 방지를 위한 시스템으로 활용</li> <li>◆ 시공사, 감리, 발주처의 검수 및 시공관리 기술 활용</li> <li>◆ 개발 기술 검증을 통한 건설 분야의 상품화 실현</li> </ul>					
12. 연구개발 과제의 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	194	716	975	675	385
		민간 (추정)	65	239	325	225	128
	합계		259	955	1,300	900	513
	총 연구비 (백만원)	정부	2,945		총 연구기간	5년	
민간		982		연도별 평균소요 인력		14 명	
총 합계		3,927					
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 중 재해가능성에 대한 합리적 예측, 예방 및 능동적 대처</li> <li>- 전력선 없이 내장형 센서의 구동이 가능한 독창적 시스템의 구축을 통한 신뢰성 있는 손상 진단</li> <li>- 부재 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 확보하여 체계적이고 효율적인 시공 관리가 가능하며 건설 시장 자동화에 큰 기여 기대</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시공 중 붕괴 예방을 통한 인적 피해 및 부실공사 등 부정적 이미지 개선</li> <li>- 비파괴검사 기술 향상을 추진하는 비파괴검사기술진흥법에 부합하며, 나아가 전문화된 검사기술 기법을 확립, 비파괴 검사기술의 발전을 통해 국제 경쟁력 확보 가능</li> <li>- 형상 관리 및 정밀 시공 기술을 통한 조립식 교량 시스템의 효율화는 녹색기술의 적용을 장려하고 있는 국가 정책에 부합하며 자동화 시스템 실현을 통해 건설 현장의 안전사고율을 낮출 것으로 기대</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원천기술개발로 지적재산권 확보가 가능하고, 시제품과 소프트웨어 상용화를 통하여 신 성장 동력을 확보함</li> <li>- 최근 유비쿼터스 개념과 더불어 무선전송기술에 대한 관심 및 연구가 급속히 증가하고 있는 상황에서 보다 진보된 본 무선전송시스템의 경우 시장의 확장 및 선진화된 기술의 발전 기대</li> <li>- 부재 형상 관리 기술 개발을 통해 부재 제작비를 최소화할 수 있으며 정밀 시공 기술 개발을 통한 시공 자동화로 인력비를 절감할 수 있을 것으로 기대</li> </ul> </li> </ul>						

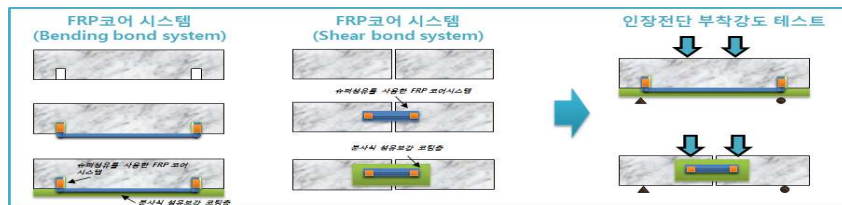
1. 과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 3세부 - 3</b> <b>저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강기술</b>
2. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강 복합재료 기술 개발</li> <li>◆ 미가공 산업부산물 활용한 보수 모르타르의 개발로 친환경적인 보수·보강 기술의 개발</li> <li>◆ 유해 휘발성 유기화합물이 없는 친환경 무용제형태의 고내구성 방식기술 개발</li> <li>◆ 기존 보수·보강·방식기술의 한계성을 극복함과 동시에 고성능, 환경친화성 등의 특성을 갖는 새로운 형태의 보수·보강·방식 기법의 개발</li> </ul>
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강기술은 구조물 보강에 있어 핵심적인 기술이지만 기존 연구의 대부분은 탄소섬유 및 유리섬유시트를 이용한 복합체에 한정됨</li> <li>◆ 2009년부터 국내에서도 하이브리드형 보강재 연구에 착수하였으나 다양한 방면의 접근을 통한 연구가 필요</li> <li>◆ 관련 기술을 국산화하기 위한 인프라 구축이 필요함</li> <li>◆ 산업폐기물을 이용한 시멘트계 보수재료 연구는 국외는 거의 전무하며, 국내에서는 기본연구 이루어졌지만 아직 현장적용까지는 추가연구가 요구되는 상황</li> <li>◆ 방식처리 기술은 시공성 및 유지관리 편의성으로 인해 유기코팅 도장공법이 가장 많이 이루어지고 있으며, 일본의 경우 (1997년 기준) 전체 방식관련 기술 중 58 %정도가 표면 도장기술이 적용되었으며, 미국의 경우에는 88 % 정도를 차지하였음</li> <li>◆ 방식 관련 기술은 해외의존도가 매우 높은 실정이며, 극한 부식 및 화학적 환경에 적용되는 제품은 거의 대부분 수입제품에 의존하고 있는 실정임</li> </ul>
4. 기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 분사식 섬유보강 코팅제로 보강한 콘크리트 구조물의 파괴거동에 대한 선행 연구 결과를 바탕으로 최적의 분사식 섬유보강 코팅재의 섬유길이와 부피비를 도출함, 본 과제에서 새로운 스프레이 분사법 모델 개발에 활용</li> <li>◆ 기존 산업부산물 치환 보수용 모르타르의 경우 다량 치환시 압축강도가 저해되는 문제점이 있으나 본 과제에서는 성능 향상 연구를 통해 산업부산물 치환율을 30%이상되는 단면복구재 개발</li> <li>◆ 기존의 용제형 폴리우레아수지 기술을 활용하여 유해 휘발성 유기화합물이 없는 무용제형태의 방식재를 개발, 강재교량의 구조물은 해수, 태양광 및 염분 등에 의한 방식 환경으로부터 구조물을 보호할 수 있는 친환경 고내구성 방식 재료 및 기술 개발</li> </ul>
5. 기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 부분교체공법의 붕괴핵심유발부위인 세그먼트 간 이음부 접착면에 적용하여 휨 및 전단에 대한 부착강도 증진 및 균열 방지가 가능한 보수/보강 기술개발이 요구됨</li> <li>◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강 기술에 관한 연구를 통해 기존 보강 재료 및 보강기술의 한계점들을 극복 가능함</li> <li>◆ 미가공 부산물을 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> <li>◆ 염해, 화학적 침식, 자외선 등의 장기적인 외부 환경에 노출되어 있는 강재 구조물을 보호할 수 있는 고내구성 방식재 개발이 필요하며, 무용제 형태의 재료를 사용함으로써 환경유해 물질 배출을 억제에 기여</li> </ul>
6. 주요연구 개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강재료 제조기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형구조물의 보강을 위한 하이브리드형 분사식 섬유보강재료의 기초기술 개발</li> <li>- 하이브리드형 분사식 섬유보강 코팅재의 보강섬유 종류 검토</li> <li>- 복합재료 매트릭스 재료 종류 검토를 통해 스마트 보강재를 구성하는 조합과 보강섬유 혼입율 등의 변수 설정</li> </ul> </li> </ul>

- 스마트 보강재의 균일한 두께 및 섬유 혼입을 유지할 위한 체계적인 보강재 제조 기법을 개발
- 인장강도, 탄성계수, 파단변형률, 파괴모드를 측정. 실험 결과를 통하여 하이브리드형 스마트 보강재의 거동 메커니즘을 규명하고 최적의 물성치를 나타내는 변수를 선정



◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강재 부착강도 테스트 수행

- 하이브리드형 앵커 시스템을 개발
- 파괴모드, 부착강도 향상정도, 파단 변형율의 변화 등을 분석 앵커 시스템의 부착거동 및 성능을 평가



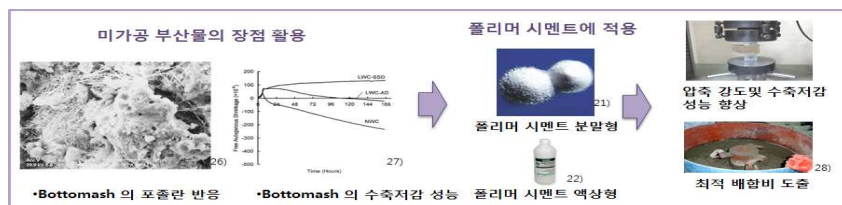
◆ 미가공 부산물을 활용한 모르타르 제조

- 기존 보수용 모르타르 및 미가공 부산물을 활용한 보수용 모르타르의 취약점을 분석
- 미가공 부산물을 다량 치환(30% 이상)될 시 발생하는 강도저하, 유동성 저하 등의 문제점을 해결하기 위한 연구를 수행



◆ 미가공 부산물을 활용한 모르타르 강도 향상 및 수축 저감 기술 개발

- 잔골재로서 미가공부산물을 치환할 시, 경제성 및 시공성을 고려한 최적의 배합비를 도출
- 기존 시멘트계 보수용 모르타르의 문제점으로 지적되어온 수축에 의한 균열 발생, 부착성능 저하, 내구성능 취약, 초속경 모르타르의 적용 시 짧은 작업시간 등을 개선하기 위하여 적절한 혼화제 종류 및 첨가량을 결정

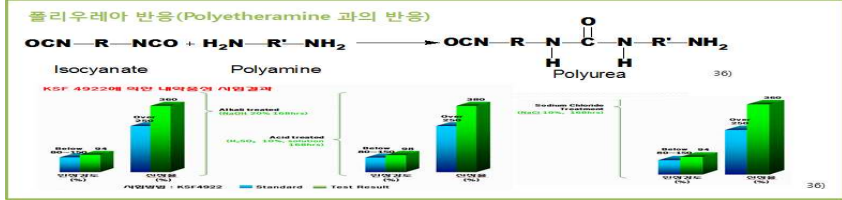


◆ 친환경성 무용제형 고내구성 방식재 개발

- 강교량 등의 구조물의 방식을 위한 무용제형 고내구성 방식재의 기초 기술 개발
- 무용제형대의 고내구성 방식재 제조를 위한 Polyamine, Polyisocyanate,

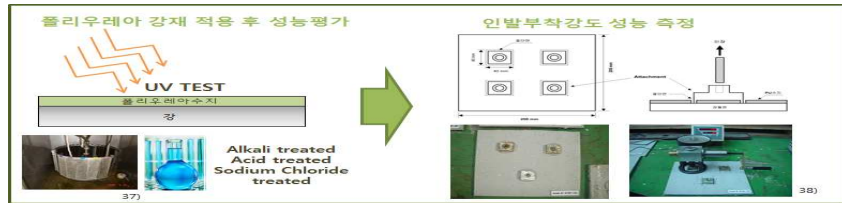
첨가제 등의 배합 설계 수행

- 강교량 구조물에서 요구하는 내염해성, 내화학적성, 내황변성 평가를 위해 KS F 4922 규격 등을 통한 방식재의 성능 검증



◆ **친환경성 무용제형 방식재의 강제 적용 후 성능 평가**

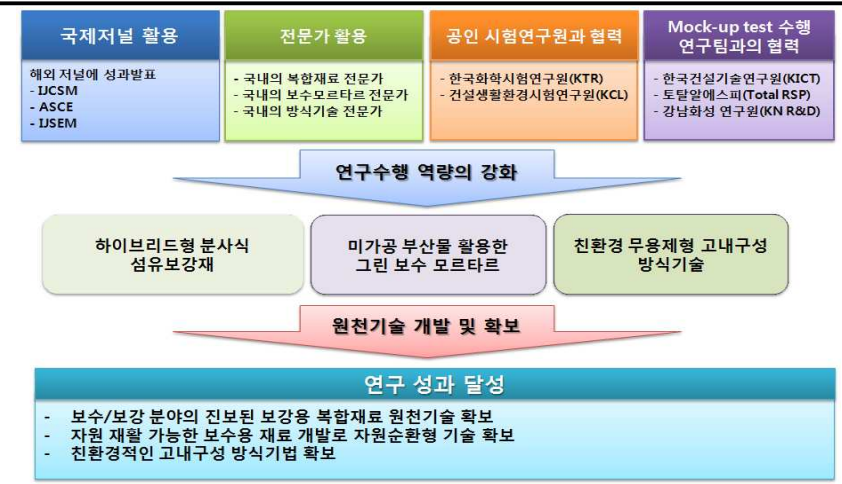
- 강교량의 구성 재료인 강재를 선정하여 무용제형 방식재로 도포된 시험체의 내구성 성능 평가 수행
- 염해, 자외선, 화학물질에 노출시킨 후 방식재료의 외관 및 변색정도 관찰
- 기존 KS F 4922 규격 등에 준하여 열화 환경에 노출된 시험체의 표면에서의 인발부착강도 성능을 검증



7. 정부지원의 타당성

- ◆ 하이브리드형 분사식 섬유보강 코팅기술은 구조물 보강에 있어 핵심적인 기술이지만 국내에서의 분사형 보강재 기술에 대한 연구는 미비한 실정임. 새롭게 개발된 분사식 섬유보강 코팅기술을 통해 기존 공법보다 친환경적이고, 재료사용을 줄일 수 있음
- ◆ 현재 정부에서 중점적으로 추진 중인 친환경 녹색성장 사업분야의 일환으로 기존 폴리머 시멘트계 및 초속경 시멘트 모르타르와 잔골재로서 석탄회를 다량 치환한 보수 모르타르 연구를 통해 미가공, 순환형 재료의 사용을 장려할 수 있음
- ◆ 환경부의 '대기환경보전법 시행령31)' 에 적합한 유기로 사용용 정부지원에서 장려하기 위해 유해 휘발성유기화합물(VOC)을 최소화할 수 있는 무용제형태의 방식재 개발 연구 지원이 필요함
- ◆ 무용제 폴리우레아를 활용한 초속경 고성능 방식기술을 사용하여 공정기간과 보수기간을 단축하여 탄소배출을 저감하고 사회비용발생을 최소화할 수 있음

8. 기술확보 전략



9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드형 분사식 섬유보강재료 제조기술 개발</li> <li>산업부산물 활용 그린 보수 모르타르 제조 기술</li> <li>유해 휘발성 유기화합물이 없는 친환경 무용제형태의 초속경 고내구성 방식기술 개발</li> </ul>					
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축구조물, 도로, 교량(콘크리트 또는 강재교량), 터널 등의 주요 사회기반시설물의 효과적인 유지 보수·보강·방식(진보된 대응기술)</li> <li>녹색빌딩, 지능형친환경 교량 등 고성능, 친환경성이 중요시 되는 사회기반시설물의 보수·보강·방식(친환경 보수·보강·방식 기술)</li> <li>기존 보수·보강재 적용이 어려운 대형 사회기반시설물의 보수·보강·방식(한계극복 보수·보강·방식 기술)</li> </ul>					
12. 연구개발 과제의 규모	구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	-	238	327	255	130
		민간 (추정)	-	80	109	85	43
	합계		-	318	436	340	173
	총 연구비 (백만원)	정부	950		총 연구기간	4년	
민간		317					
총 합계		1,267		연도별 평균소요 인력	6명		
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>건축구조물, 도로, 교량, 터널 등의 사회기반시설물의 보호를 위한 효과적인 유지·보수·보강·방식기술 및 비용에 대한 관심이 커지는 상황에서 독창적인 보수재·보강재·방식재 개발은 사회기반시설물들의 안전성 증대를 위한 새로운 대안이 될 것으로 기대</li> </ul> </li> <li><b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>친환경, 환경부하 저감형 보수·보강·방식재 핵심기술의 국산화</li> <li>자원순환형 보수재료 기반 구축</li> <li>대형 사회기반시설물의 보호 및 유지에 필요한 보수·보강·방식용 재료의 원천기술 확보</li> </ul> </li> <li><b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>본 연구는 사회기반시설물의 지능화·장수명화를 위한 첨단 보수·보강·방식 기술 개발을 목표로 하고, 현재 정부에서 중점적으로 추진 중인 친환경 녹색 성장 사업 분야의 일환임</li> </ul> </li> <li><b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>자원순환형 사회기반을 구축하고자 하는 추세변화에 따라 산업부산물의 이용에 대한 요구가 높아지는 상황에서, 화력발전소에서 배출되는 산업폐기물로서 대부분이 매립되고 있는 미가공 부산물인 바텀애쉬를 시멘트계 모르타르 보수재의 잔골재로 재활용함으로써 경제성 확보 및 환경 보존에 기여</li> <li>국내 현실에 적합한 보수·보강·방식 소재의 개발을 통해 관련 산업 시장의 활성화를 기대할 수 있음</li> <li>대형 사회기반시설물의 유지·관리에 필요한 보수·보강·방식 기술을 통하여 유지·관리 비용을 절감효과 기대</li> </ul> </li> </ul>						

1.과제명	<b>지능형 친환경 교량 연구단 - 3세부 - 4</b> <b>친환경 탄소배출량 평가 및 탄소저감 교량 관리 기술</b>
2.연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>◆ 주요 교량 형식별/주요부재별 탄소배출량 DB 구축</li> <li>◆ 생애주기 교량 관리를 위한 탄소배출량 평가 시스템 구축</li> </ul>
3.기술개발 및 산업/시장 동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 정부는 2009년 녹색성장 국가전략의 비전으로 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 세우고, 10대 정책방향으로 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색국토·교통의 조성 등을 마련하였음</li> <li>◆ '08년 탄소시장의 규모는 US\$ 1,263억(152조원, 1,200원/\$1기준)으로 지난 '07년 US\$ 630억에서 2배성장[출처:녹색성장위원회]</li> <li>◆ 교량의 일반적인 유지관리와 관련된 연구는 국내에서도 매우 지속적으로 다양하게 진행되어 왔으나 최근 들어서야 생애주기적 관점의 관리체계에 대한 본격적인 연구가 수행되어 왔음</li> <li>◆ BIM은 대부분 설계, 시공단계 위주로 활용되어 왔으며 최근 토목분야에서도 BIM활용 추세가 나타나고 있으나 공정관리 및 시뮬레이션 등의 목적으로 사용함.</li> <li>◆ BIM 기술의 잠재적 시장으로 판단되는 CAD(507억원, 2005년 기준), 엔지니어링(3조 3776억원, 2004년 기준) 및 건설(48조 5천억원, 2005년 기준) 시장은 최근 5년간 지속적인 성장을 실현했으며, 최근 복잡화·대형화 되고 있는 건설 산업 프로젝트의 특성상 수요가 증가할 것이라 예상됨. 또한, 현재 교량부문에 BIM활용은 국내 및 국외의 어디에서도 구축한 사례가 없는 시스템으로 “블루오션 시장”으로 평가받고 있음.</li> </ul>
4.기존기술 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ BIM은 교량 유지관리에 필요한 정보들을 포함하고 있기 때문에 효과적인 유지관리를 위해서는 유지관리에 필요한 정보들을 분류 및 활용</li> <li>◆ 교량의 건설 및 유지관리에 필요한 탄소량의 산출로 교량 자산관리 시 환경부하 비용의 산정 및 이에 따른 유지관리 전략 수립에 활용</li> <li>◆ 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>◆ 탄소배출량 DB 및 평가 시스템 구축으로 환경부하비용 산출 및 관리 지침으로 활용</li> </ul>
5.기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 온실가스 감축에 대한 사회적 요구의 목소리가 커지고 있는 가운데 CO2 배출량이 약 421만4천t에 달하는 토목시설분야의 CO2 배출량 감소는 필수적임</li> <li>◆ 특히 도로시설부분의 CO2 배출량이 113만5천t으로 가장 큰 것을 감안할 때, 교량의 탄소배출량 평가 및 탄소 저감을 가능하게 하는 관리 기술의 확립이 요구됨</li> <li>◆ 교량 정보 모델의 부재로 차세대 관리 시스템 구축 및 교량 정보 활용에 문제가 있고, 친환경 교량 건설 및 관리를 위해서는 탄소배출량에 대한 분석이 필요하나 현재 탄소배출량 산출에 대한 가이드라인이나 시스템이 없음</li> <li>◆ 기존 인력중심의 시설물 구축 및 관리는 현대 시설물들의 다양성 및 복잡성에 의해 공사기간의 장기화 및 관리의 어려움 등으로 막대한 시간적, 경제적 낭비를 가져옴. 이에 BIM을 도입을 통해 효과적인 교량 관리 기술을 확보할 수 있음</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ BIM 기반의 탄소배출량 산정 모델 및 교량의 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템을 구축함으로써, 교량의 생애주기 동안의 탄소배출량을 평가하고 이를 기반으로 한 친환경 교량 관리 전략 수립 기술 개발을 기대함.</li> </ul>		
<p><b>6. 주요연구 개발내용</b></p>	<div style="text-align: center;"> <p>[DB 구축을 통한 탄소배출량 평가 기술 개발]</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 건설, 생애주기 관리 및 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 구성 및 DB 구축       <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생애주기 탄소 발생량 관련 DB 구축</li> <li>- 최적 교량 관리를 위한 탄소 배출량 산출 모델 개발</li> </ul> </li> <li>◆ 교량의 주요 형식별/구성요소별 탄소 배출량 평가 시스템 구축 및 친환경 교량 관리 전략 수립 기술       <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생애주기 탄소 발생량 예측(LCA) 및 평가 기법 개발</li> <li>- 최적의사결정지원이 가능한 탄소 배출량 산출 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>◆ BIM활용 BMS의 유지관리 가이드라인 개발       <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM활용 BMS의 유지관리 DB 시스템을 위한 정보흐름 모델 분석 및 개발</li> <li>- BMS와 BIM 정보체계 연동 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>		
<p><b>7. 정부지원의 타당성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 우리나라의 CO2 배출량이 4억 8천 870만톤으로 (2007년 기준) OECD내에서 6위, 전 세계에서 9위를 차지하고 있으며, 온실가스 감축에 대한 국내외적 요구에 부응하기 위해 탄소저감에 대한 정부차원의 지원이 필요</li> <li>◆ 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발을 목표로 내세운 정부정책에 따라, 우리나라 전체 탄소배출량의 막대한 비중을 차지하고 있는 교량의 효과적인 탄소저감 관리 기술 확보는 필수적임</li> </ul>		
<p><b>8. 기술확보 전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 시도된 바 없는 교량부문에 대한 BIM의 성공적인 적용 및 기술 개발 및 적용을 위해 시공사, 연구소, 대학 등의 협력을 활성화하여 기술의 타당성 확보</li> <li>◆ 본 연구의 수행과정에 있어, 기존의 건축구조물을 중심으로 진행되었던 활용 가능한 BIM관련 연구결과를 효과적으로 점목 및 변형함으로써 교량부문 BIM 적용의 최적화</li> </ul>		
<p><b>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</b></p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>최종성과물</b></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델</li> <li>◆ 탄소배출량 DB 및 평가 시스템</li> <li>◆ 환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델</li> <li>◆ 탄소배출량 DB 및 평가 시스템</li> <li>◆ 환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침</li> </ul>
<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ BIM 모델 정보체계 및 성능평가기법을 활용한 교량 정보 모델</li> <li>◆ 탄소배출량 DB 및 평가 시스템</li> <li>◆ 환경부하비용 산출 기술 및 관리 지침</li> </ul>		

	<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 교량 정보 모델 표준화 개발로 교량 정보의 체계화 및 호환성 확보</li> <li>◆ 탄소배출량 DB 및 평가 시스템 구축으로 환경부하 비용 산출 및 관리 지침으로 활용</li> </ul>					
12. 연구개발 과제의 규모	<b>구분</b>	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부	48	196	267	185	104
		민간 (추정)	16	65	89	62	35
	<b>합계</b>		64	261	356	247	139
	총 연구비 (백만원)	정부	800		총 연구기간	5년	
민간		267		연도별 평균소요 인력		9명	
총 합계		1,067					
13. 기대효과 및 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>활용성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 설계/시공 단계의 정보 정의를 통해서 건설 프로젝트의 패러다임을 지능화/정보화로 전환하여 건설 기술의 생산성 증대</li> </ul> </li> <li>◦ <b>기술적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설물 수의 증가와 그에 관련된 정보의 양이 증가함에 대비하여 수집된 정보의 체계적으로 관리 방안 제시</li> <li>- 기존의 2차원 도면에 기반을 둔 시설물 유지 관리 기술의 한계를 3차원 BIM기술과 IT기술을 융합 및 LCA를 적용함으로써 구조물 전 생애주기에 기반을 둔 친환경적 시설물 유지 관리가 가능</li> </ul> </li> <li>◦ <b>정책적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신뢰성 있는 정보 기반 주요 관리 기술 확보로 탄소 배출 비용 20% 절감 및 안전도 확보</li> </ul> </li> <li>◦ <b>경제적 기대효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 정보 흐름의 효율화로 인한 비용 절감효과</li> <li>- 탄소 산출 평가 모델을 통한 친환경 비용 산출 및 탄소 배출 저감 효과</li> </ul> </li> </ul>						

## 2절. 평가기준 설정

- 최종목표 달성에 필수적인 핵심요인들에 대해서 성공 여부를 측정하고 통합적인 성과관리를 위해 인력/예산 등 자원 투입부터 성과물 도출 과정, 산출물, 최종성과까지 이르는 연구단의 전반적인 활동에 걸친 성과지표(KPI)를 설정
- 연차별 성과목표 설정을 통해 계획 대비 목표 달성 정도를 파악하는 자료로 활용하고 미흡한 부분을 보완, 개선하는데 활용함
- 평가는 매년 1회 실시하는 것을 원칙으로 하나, 특수한 상황의 경우 1년에 2회 평가도 가능하도록 함
- 자체 평가를 수행하여 추진일정 대비 목표치 달성이 미흡한 과제의 경우, 평가위원회를 구성하여 조치계획을 수립하고 조치하도록 함

### 1. 제 1세부과제

- 1세부과제 목표대비 달성률을 평가하기 위한 평가기준 표임

[표 6.1] 1세부과제 최종 평가 기준표 예시

구분	성과지표 (KPI)	단위	목표치	결과치	평가기준		
					상	중	하
자원 및 사업관리	예산 집행의 적절성	%	100				
	연구인력 투입의 적절성	%	100				
연구개발 활동	국내외 기술동향 조사실적	건	23				
기술수준	기술/제품성능 목표달성	건	20				
학술적 성과	학술지 게재 논문 건수	건	31				
상용화	현장적용 건수	건	4				
	특허 출원/등록건수	건	23				
	신기술 등록 건수	건	2				
	표준화 실적 (기준/지침/시방서화)	건	4				
	기술이전 건수	건	8				
효율향상	공기단축 효과	건	4				
		%	20				
	공사비 절감 효과	%	50				
		%	30				
		%	100				
에너지 및 환경 (CO <sub>2</sub> 30% 저감)	%	30					
연구성과 확산노력	홍보 건수	건	12				

※ 등급설정 기준 및 조치사항

등급 설정 기준	등급별 조치사항
상 : 80% 이상달성	-최우수
중 : 60%~80% 달성	-우수
하 : 60% 미만 달성	-미흡 ※ 연차별 해당 달성률의 '하' 등급을 받을 경우 차년도 달성목표에 누적 적용

2. 제 2세부과제

- 2세부과제 목표대비 달성률을 평가하기 위한 평가기준 표임

[표 6.2] 2세부과제 최종 평가 기준표 예시

구분	성과지표 (KPI)	단위	목표치	결과치	평가기준		
					상	중	하
자원 및 사업관리	예산 집행의 적절성	%	100				
	연구인력 투입의 적절성	%	100				
기술수준	최대 형고비 목표	-	1/20				
	내진 성능 목표달성	%	50 이상				
학술적 성과	학술지 게재 논문 건수	건	18				
상용화	현장적용 건수	건	4				
	특허 출원/등록건수	건	29				
	표준화 실적 (기준/지침/시방서화)	건	8				
	기술이전 건수	건	3				
효율향상	제작 중 CO <sub>2</sub> 절감 효과	%	30				
	공용 기간 중 CO <sub>2</sub> 절감 효과	%	30				
	단위면적당 공사비 절감	%	10				
	기존 대비 LCC 절감율	%	30				
	장수명화	년	100				
연구성과 확산노력	홍보 건수	건	9				

※ 등급설정 기준 및 조치사항

등급 설정 기준	등급별 조치사항
상 : 80% 이상달성	-최우수
중 : 60%~80% 달성	-우수
하 : 60% 미만 달성	-미흡 ※ 연차별 해당 달성률의 '하' 등급을 받을 경우 차년도 달성목표에 누적 적용

### 3. 제 3세부과제

- 3세부과제 목표대비 달성률을 평가하기 위한 최종평가기준 표임

[표 6.3] 3세부과제 평가 최종 평가 기준표 예시

구분	성과지표 (KPI)	단위	목표치	결과치	평가기준		
					상	중	하
자원 및 사업관리	예산 집행의 적절성	%	100				
	연구인력 투입의 적절성	%	100				
연구개발 활동	국내외 기술동향	건	6				
	기타 분석/조사실적	건	4				
기술수준	기술/제품성능 목표달성	건	6				
학술적 성과	학술지 게재 논문 건수	건	63				
상용화	현장적용 건수	건	18				
	특허 출원/등록건수	건	18				
	표준화 실적 (기준/지침/시방서화)	건	5				
	인증 기술 개발 실적	건	9				
연구성과 확산노력	홍보 건수	건	11				
	산학연 강좌 및 기술 세미나	건	13				

#### ※ 등급설정 기준 및 조치사항

등급 설정 기준	등급별 조치사항
상 : 80% 이상달성	-최우수
중 : 60%-80% 달성	-우수
하 : 60% 미만 달성	-미흡 ※ 연차별 해당 달성률의 '하' 등급을 받을 경우 차년도 달성목표에 누적 적용

## 참고 문헌

- 국토해양부, 2011, 도로교량 및 터널 현황 조사
- 녹색성장위원회, <http://www.greengrowth.go.kr/www/green/ls/is.cms>
- 글로벌녹색성장연구소, <http://www.gggi.org/news>
- [http://cafe.naver.com/idrf.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=14&](http://cafe.naver.com/idrf.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=14&)
- 한국에너지기술평가원, 2011, 한국의 에너지기술개발사업 목표 및 방향
- <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201006211435378940521>
- Surveying & Mapping Magazine, 2010.11, 건설 미래핵심기술 12개 집중육성
- 대한민국 정부, 2011.1, 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)
- 국토해양부, 2011.6, 제2차 도로정비기본계획 (2011~2020)
- 국토일보 기사, 2010.4, 조달청 BIM 정책관련
- 국토해양부, 2010.10, 국토해양 R&D발전전략 팸플릿
- 한국건설산업연구원, 2011, 건설기업의 경쟁력 제고를 위한 공정혁신 성공사례 분석과 시사점
- 국토해양부 도로환경, 2008.5, 철저한 교량관리로 교량 안전도 향상
- 건설교통부 안전기획팀, 2007.12, 제2차 시설물안전유지관리기본계획
- 국토해양부, 2010.09, 시설물 안전관리에 관한 특별법령집
- 녹색성장위원회, <http://www.greengrowth.go.kr/www/policy/onsil/onsil.cms>
- 대외경제정책연구, 2008.11, 기후변화의 국제적 논의 동향과 한국의 대응
- 기후변화행동연구소, 2011.8, <http://climateaction.tistory.com/838>
- 한국환경·정책평가연구원, 2008.11, 온실가스 배출권 거래제도: 국제 동향과 시사점
- KICT, 2010, 2010년 건설기술 동향
- NIST, [www.nist.gov/tip](http://www.nist.gov/tip)
- National Research Council, 2009, Advancing the Competitiveness and Efficiency of the U.S. Construction Industry
- Asia Innovation in Spain, 2007.10, Science and Technology Policies in Japan
- EIT, <http://eit.europa.eu/about/strategy.html>
- FHWA, 2008.7, Highways of the future :Strategic plan for highway infrastructure R&D
- ECORYS, 2008, Progress on EU Sustainable Development Strategy
- Dept. of Transport, London, 2006, Evidence and Research Strategy
- Research & Innovation - Building Europe's Future Looking beyond tomorrow (2006)
- Communication from the commission to the council and the European

Parliament : Progress report in the sustainable development strategy (2007)

- Delivering a Sustainable Transport System: Main Report (2008)
- Britain's Transport Infrastructure Motorways and Major Trunk Roads (2009)
- 국토연구원 도로정책연구센터, 2011.8, 도로시설물 안전관리 네트워크 운영시스템 시범구축
- 한국건설교통기술평가원, 2007, 건설 기술 특허·논문 동향조사 도로·교량편
- KISTI 미리안, 2010.6, 글로벌동향브리핑
- 대한토목학회, 2006, [특집기사] 첨단기술과 건설기술의 융합을 통한 건설분야의 혁신방안
- 한국건설산업연구소, 2009.12, 향후국내외 건설시장 전망
- 대한건설협회, 2011.5, 2011년 1분기 건설통계
- 대한건설협회, 2011, 건설통계 핸드북 (2011.1/4분기)
- 국토해양부, 2011, 제2차 국가철도망 구축계획
- 통계청, 2006, 건설 산업 엔지니어링 수주실적 현황
- 국토해양부, 2008, 도로교량 및 터널 현황조사
- e나라지표, <http://www.index.go.kr/egams/index.jsp>
- 한국시설안전공단, 2005, 시설물 통계연보
- 한국건설산업연구원, 2002, 국내유지관리 투자 비중
- 토목학회, 2008.6, [특집기사] 안전관리 기술과 첨단 센서의 융합
- 과학기술부, 2006, 2005년도 원자력 정책연구사업 비파괴 검사기술 진흥계획수립을 위한 연구
- 한국건설산업연구원, 2009.3, 세계 녹색건설시장 동향과 시사점
- 한국산업은행, 2011.1, 해외 건설시장 현황 및 국내 업계 수주동향
- 지식경제부, 2008.4, 건설- IT 융합분과 TFT
- 시설물정보관리 종합시스템(한국시설안전공단), <http://fms.kistec.or.kr>
- 건설경제 (국토연구원), 2008, 아시아 건설회의로 본 아시아 각국의 건설시장 동향
- 교육과학기술부, 연구개발활동조사보고서, 각 년도
- 한국건설기술인협회, 학위별 기술자 통계현황 (2001~2010)
- 중소기업청, 2010, 2009 연구장비 공동이용 지원사업 지원현황
- 국가연구시설장비진흥센터, <http://nfec.ntis.go.kr/ntis?svcSid=main>
- 토목학회, 2007.9, 차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구단
- 건설연구인프라운영원, <http://www.koced.net/>
- 건설교통기술평가원, 2011.11, 국토해양기술연구개발사업 연구비 관리 및 정산매뉴얼

# 부 록

부록 A	SWOT 분석
------	---------

<b>내부환경</b>	<b>강점 (S)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 관련 기술자들의 IT 능력 수준이 타 국가 대비 다소 우월하며, 국내 건설 정보화 의식 확산</li> <li>• 고성능 강재(HSB)와 고성능 콘크리트(UHPC, HPRCC), 친환경 소재(비정질 강섬유, 저시멘트 콘크리트) 등 친환경 건설재료의 활용기반 역량보유</li> <li>• 상하부(바닥판-거더-코빙-교각-기초)완전조립식 급속시공 기술에 대한 다수의 연구 및 실용화 실적 보유</li> <li>• 스마트 사회기반 시설 연구센터, 초장대교량 사업단 등을 통해 구조물 전반에 관한 이상상태 모니터링 제어 요소기술 선행 연구되었으며, 활발한 국제 연구를 통한 산·학·연 네트워크 역량 보유</li> </ul>
	<b>약점 (W)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설영역에서의 다분야 산학연 공동연구 부족하며, IT 선진국들의 기술표준에 중속</li> <li>• 교량 생애주기 CO2 평가와 관리기반, 교량 공용수명 설계를 위한 설계기법, 기술, 기준 등의 시스템 부재</li> <li>• 기개발 급속시공 기술의 경제성 저하 및 적용성 한계</li> <li>• 국내보다는 국외 기술 선호하는 경향 및 원천 기술(센서, 장비 등)의 높은 국외 의존도</li> <li>• 구조물 전 생애주기에 관한 유지관리를 비롯한 탄소-에너지 저감을 위한 통합관리 시스템 부재</li> </ul>
<b>외부환경</b>	<b>기회 (O)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미, 일, 유럽 등 선진국 BIM 시장 초기 상황이며, 국내 정부 및 공공기관, 대기업 등에서 BIM적용 요구 및 적극적 활용 추세</li> <li>• 빈번한 유지관리를 최소화 하고 장수명화할 수 있는 설계 및 시스템 개발 요구</li> <li>• 교량의 생애주기 전 단계별 탄소저감 전략과 기술개발에 대한 요구 증대</li> <li>• 국내외 노후교량의 증가에 따라 향후 교량의 교체,보수,보강시장이 비약적으로 성장 예상</li> <li>• 기존 급속시공 기술의 제한된 적용성을 개선함으로써 해당기술의 적용범위 확대</li> <li>• 원천 기술 개발 및 관련 장비 개발을 통한 해외 시장 개척 및 진출 가능성 증대</li> </ul>
	<b>위협 (T)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM의 핵심기술 및 요소기술에 대한 해외 업체들의 선점적 개발 상황이며, 풍부한 자금력을 기반으로 한 외국 업체들의 국내 시장 진입 우려</li> <li>• 기존 도로 교량 시장의 증가규모 정체와 그에 따른 국가 R&amp;D의 축소와 위축 위협</li> <li>• 교량의 경제적인 교체/보수/보강관련 확보기술 미비</li> <li>• 사업하나 실용화까지 많은 시간이 소요되며, 관련 성과물을 단시간 내에 얻기 어려움</li> </ul>

<b>SWOT 매트릭스</b>		<b>외부 환경</b>	
		<b>기회 (O)</b>	<b>위협 (T)</b>
<b>내부환경</b>	<b>강점 (S)</b>	<p style="text-align: center;"><b>SO 전략 (시너지 창출 전략)</b></p> <p style="text-align: center;">선행연구 및 보유역량활용한 연구개발을 통해 관련 시장 확대 및 국가 경쟁력 제고에 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 국내 정보화 인프라를 활용하여 건설 BIM 기술을 효과적으로 개발</li> <li>✓ 친환경 소재활용 저탄소 장수명 교량설계 및 시공기술의 개발</li> <li>✓ 급속시공 기술 역량을 활용한 미래지향적 고부가가치 교량 시스템 구축 전략</li> <li>✓ 활발한 국제연구를 통해 해외에 홍보, 국가 경쟁력 및 해외 시장 확보 향상에 기여</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ST 전략 (다각화 전략)</b></p> <p style="text-align: center;">선행연구의 고도화 및 활용분야 확대를 통한 시장 다각화 노력</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 건설 IT 능력으로 BIM을 신속하게 개발, 활용하여 해외업체에 대한 경쟁력 확보</li> <li>✓ 친환경 장수명 교량의 실용화 제품기술로 철도교 및 국외시장 등 신규 시장 창출</li> <li>✓ 경제성이 우수하며 효율적 장수명화가 가능한 급속시공기술을 개발하여 활용까지 증대</li> <li>✓ 선행 개발된 요소 기술 개발들을 이용하여 실용화 및 실증화를 목표로 장기 사업을 기획</li> </ul>
	<b>약점 (W)</b>	<p style="text-align: center;"><b>WO 전략 (보완 전략)</b></p> <p style="text-align: center;">관련분야 시장 점유 확대를 위한 원천기술 개발 노력 및 기존 관리 기준 보완</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외 IT 정책 방향에 따른 적극 투자 유도로 BIM기술표준의 해외중속 문제해결</li> <li>• 생애주기 탄소저감 평가 등 친환경 장수명 교량 원천기술 확보</li> <li>• 비정형 급속시공 상하부 교량 관련 원천 기술 확보</li> <li>• 파동적인 기존 유지관리 정책 개편 유도</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>WT 전략 (현상유지 전략)</b></p> <p style="text-align: center;">외국 기업으로부터 국내 시장 보호를 위해 관련 분야 핵심 주요 기술 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM의 핵심기술 개발에 대한 지속 투자로 해외 의존도 해소</li> <li>• 친환경 장수명 교량 해외 전문가 적극 활용 및 경쟁력 확보</li> <li>• 급속시공기술과 IT기술을 접목한 융합 기술 독자적 확보</li> <li>• 교량 통합 유지관리 시스템 개발을 위한 다 학제간 융합 연구 수행 및 관련 요소 기술 통합</li> </ul>

<b>부록 B</b>	<b>탄소 저감 효과 추정 예시</b>
-------------	-----------------------

- 5경간 강합성 거더교 (5@56m)에 대한 탄소발생량 추정된 데이터는 아래의 표와 같으며, 장수명화 효과를 비교하기 위해 교량 해체 후 재건설 되는 경우의 데이터를 산출하였음

주요공정	세부공정	교량 생애주기 발생량		공용수명 초과에 따른 교량 해체 후 재건설 <sup>80)</sup>	
		발생량	비율	발생량	비율
재료생산	강재	92.1	49.1%	184.2	49.1%
	콘크리트	32.6	17.4%	65.1473	17.4%
제작/운송	재료운송	5.7	3.0%	11.4	3.0%
	도장	2	1.1%	4	1.1%
	절단	1.9	1.0%	3.8	1.0%
	용접	0.7	0.4%	1.4	0.4%
	천공	0.2	0.1%	0.4	0.1%
	공장내운송	0.1	0.1%	0.2	0.1%
	반조	0.001	0.0%	0.002	0.0%
	거더운송	17.5	9.3%	35	9.3%
	교면공운송	16.9	9.0%	33.8	9.0%
현장시공	가설	16.7	8.9%	33.4	8.9%
	바닥판.지복	13.0	6.9%	26.0527	6.9%
	포장	3.3	1.8%	6.6	1.8%
공용 (유지관리, 해체)	재도장(2회)	3.1	1.7%	6.2	1.7%
	포장보수(2회)	14.1	7.5%	28.2	7.5%
	바닥판철거	22.6	12.0%	45.2	12.0%
	강거더철거	18.6	9.9%	37.2	9.9%
재활용	바닥판철근	-9	-4.8%	-18	-4.8%
	강거더	-64.4	-34.3%	-128.8	-34.3%
합계		187.7	100.0%	375.4	100.0%

- CO<sub>2</sub>의 대략 절반 정도는 건설자재 제조/생산 단계에서 배출되는 경향을 보임
- 장수명화에 따른 생애주기 증가에 따른 기존 교량의 해체 및 재건설이 필요 없어짐을 고려하여 초기 탄소 발생량의 할증률을 대략 20%라고 가정함
- 기술개발에 따른 탄소저감 효과를 아래와 같이 정리함

저감 효과	저감 근거	저감 효과
장수명화 (수명증가 2배)	장수명화 시 할증률/1 life cycle	20 %
급속시공 극대화	단면최적화를 통한 물량 감소	8 %
	급속시공을 통한 현장가설 최소화	20 %
	부분 해체 및 해체 최적화	15 %
저탄소 소재 활용	저탄소 소재 (탄소저감 30%) 사용 효과 달성 시	30 %
	내후성 강재활용에 따른 도장 감소 효과	100 %
슬림화	슬림화를 통한 기존 대비 재료 물량 감소 효과	10 %

<sup>80)</sup> 교량 해체 및 재건설이 된다는 측면을 고려, 교량 생애주기가 두 번 반복된다고 가정함

□ 장수명화 효과만 고려 시

주요공정	세부공정	공용수명 초과에 따른 교량 해체 후 재건설		탄소저감 효과 고려		감소율
		발생량	비율	발생량	비율	
재료생산	강재	184.2	49.1%	<b>110.5</b>	44.9%	40%
	콘크리트	65.1473	17.4%	<b>39.1</b>	15.9%	40%
제작/운송	재료운송	11.4	3.0%	<b>6.8</b>	2.8%	40%
	도장	4	1.1%	<b>2.4</b>	1.0%	40%
	절단	3.8	1.0%	<b>2.3</b>	0.9%	40%
	용접	1.4	0.4%	<b>0.8</b>	0.3%	40%
	천공	0.4	0.1%	<b>0.2</b>	0.1%	40%
	공장내운송	0.2	0.1%	<b>0.1</b>	0.0%	40%
	반조	0.002	0.0%	<b>0.001</b>	0.0%	40%
	거더운송	35	9.3%	<b>21.0</b>	8.5%	40%
	교면공운송	33.8	9.0%	<b>20.3</b>	8.2%	40%
현장시공	가설	33.4	8.9%	<b>20.0</b>	8.2%	40%
	바닥판, 지복	26.0527	6.9%	<b>15.6</b>	6.4%	40%
	포장	6.6	1.8%	<b>4.0</b>	1.6%	40%
공용 (유지관리, 해체)	재도장(2회)	6.2	1.7%	<b>7.4</b>	3.0%	-20%
	포장보수(2회)	28.2	7.5%	<b>33.8</b>	13.8%	-20%
	바닥판철거	45.2	12.0%	<b>27.1</b>	11.0%	40%
	강거더철거	37.2	9.9%	<b>22.3</b>	9.1%	40%
재활용	바닥판철근	-18	-4.8%	<b>-10.8</b>	-4.4%	40%
	강거더	-128.8	-34.3%	<b>-77.3</b>	-31.4%	40%
합계		<b>375.4</b>	<b>100.0%</b>	<b>245.9</b>	<b>100.0%</b>	<b>35%</b>

□ 장수명화 효과 + 급속시공 극대화 효과 + 저탄소 소재 활용 효과

주요공정	세부공정	공용수명 초과에 따른 교량 해체 후 재건설		탄소저감 효과 고려		감소율
		발생량	비율	발생량	비율	
재료생산	강재	184.2	49.1%	110.5	52.0%	40%
	콘크리트	<b>65.1473</b>	<b>17.4%</b>	<b>24.2</b>	<b>11.4%</b>	<b>63%</b>
제작/운송	재료운송	<b>11.4</b>	<b>3.0%</b>	<b>6.3</b>	<b>3.0%</b>	<b>45%</b>
	도장	<b>4</b>	<b>1.1%</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0%</b>	<b>100%</b>
	절단	3.8	1.0%	2.3	1.1%	40%
	용접	1.4	0.4%	0.8	0.4%	40%
	천공	0.4	0.1%	0.2	0.1%	40%
	공장내운송	0.2	0.1%	0.1	0.1%	40%
	반조	0.002	0.0%	0.001	0.0%	40%
	거더운송	35	9.3%	21.0	9.9%	40%
	교면공운송	33.8	9.0%	20.3	9.5%	40%
현장시공	가설	<b>33.4</b>	<b>8.9%</b>	<b>16.0</b>	<b>7.5%</b>	<b>52%</b>
	바닥판, 지복	26.0527	6.9%	15.6	7.4%	40%
	포장	6.6	1.8%	4.0	1.9%	40%
공용 (유지관리, 해체)	재도장(2회)	<b>6.2</b>	<b>1.7%</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0%</b>	<b>100%</b>
	포장보수(2회)	28.2	7.5%	33.8	15.9%	-20%
	바닥판철거	<b>45.2</b>	<b>12.0%</b>	<b>23.1</b>	<b>10.8%</b>	<b>49%</b>
	강거더철거	37.2	9.9%	22.3	10.5%	40%
재활용	바닥판철근	-18	-4.8%	-10.8	-5.1%	40%
	강거더	-128.8	-34.3%	-77.3	-36.4%	40%
합계		<b>375.4</b>	<b>100.0%</b>	<b>212.6</b>	<b>100.0%</b>	<b>43%</b>

공정	기존		탄소저감 효과 고려		공정별 감소량	감소량	기존 총량 대비 항목별 감소량
	발생량	비율	발생량	비율			
재료생산	249.3	66.4%	134.8	63.4%	46%	114.6	30.5%
제작/운송	90.002	24.0%	51.1	24.0%	43%	38.9	10.4%
현장시공	66.1	17.6%	35.6	16.8%	46%	30.4	8.1%
공용	116.8	31.1%	79.2	37.3%	32%	37.6	10.0%
재활용	-146.8	-39.1%	-88.1	-41.4%	40%	-58.7	-15.6%
합계	375.4	100.0%	212.6	100.0%	43%	162.8	43.4%

□ 장수명화 효과 + 급속시공 극대화 효과 + 저탄소 소재 활용 효과 + 슬림화

주요공정	세부공정	공용수명 초과에 따른 교량 해체 후 재건설		탄소저감 효과 고려		감소율
		발생량	비율	발생량	비율	
재료생산	강재	184.2	49.1%	99.5	49.5%	46%
	콘크리트	65.1473	17.4%	24.2	12.1%	63%
제작/운송	재료운송	11.4	3.0%	5.6	2.8%	51%
	도장	4	1.1%	0.0	0.0%	100%
	절단	3.8	1.0%	2.3	1.1%	40%
	용접	1.4	0.4%	0.8	0.4%	40%
	천공	0.4	0.1%	0.2	0.1%	40%
	공장내운송	0.2	0.1%	0.1	0.1%	40%
	반조	0.002	0.0%	0.001	0.0%	40%
	거더운송	35	9.3%	21.0	10.5%	40%
	교면공운송	33.8	9.0%	20.3	10.1%	40%
현장시공	가설	33.4	8.9%	16.0	8.0%	52%
	바닥판, 지복	26.0527	6.9%	15.6	7.8%	40%
	포장	6.6	1.8%	4.0	2.0%	40%
공용 (유지관리, 해체)	재도장(2회)	6.2	1.7%	0.0	0.0%	100%
	포장보수(2회)	28.2	7.5%	33.8	16.9%	-20%
	바닥판철거	45.2	12.0%	23.1	11.5%	49%
	강거더철거	37.2	9.9%	22.3	11.1%	40%
재활용	바닥판철근	-18	-4.8%	-10.8	-5.4%	40%
	강거더	-128.8	-34.3%	-77.3	-38.5%	40%
합계		375.4	100.0%	200.8	100.0%	47%

공정	기존		탄소저감 효과 고려		공정별 감소량	감소량	기존 총량 대비 항목별 감소량
	발생량	비율	발생량	비율			
재료생산	249.3	66.4%	123.7	61.6%	50.4%	125.6	33.5%
제작/운송	90.002	24.0%	50.4	25.1%	44.0%	39.6	10.6%
현장시공	66.1	17.6%	35.6	17.7%	46.1%	30.4	8.1%
공용	116.8	31.1%	79.2	39.4%	32.2%	37.6	10.0%
재활용	-146.8	-39.1%	-88.1	-43.9%	40.0%	-58.7	-15.6%
합계	375.4	100.0%	200.8	100.0%	46.5%	174.6	46.5%

<b>부록 C</b>	<b>세부과제별 소요예산안 산정</b>
-------------	-----------------------

□ 1 세부과제

[1-1 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	108.00	351.60	456.00	392.10	255.90	1587.90	30	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	71.28	232.06	300.96	258.79	168.89	1048.01	19.8
		시작품 제작비	90.36	294.17	381.52	328.06	214.10	1328.54	25.1
		재료비	28.80	93.76	121.60	104.56	68.24	423.44	8
	연구 활동비	여비	28.08	91.42	118.56	101.95	66.53	412.85	7.8
		수용비 및 수수료	7.20	23.44	30.40	26.14	17.06	105.86	2
		기술정보 활동비	8.28	26.96	34.96	30.06	19.62	121.74	2.3
	연구수당		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3) 간접비		18.00	58.60	76.00	65.35	42.65	264.65	5	
합 계		360	1,172	1,520	1,307	853	5,212	100	

[1-2 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	63.30	248.10	279.90	248.10	159.90	999.30	30	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	41.78	163.75	184.73	163.75	105.53	659.54	19.8
		시작품 제작비	52.96	207.58	234.18	207.58	133.78	836.08	25.1
		재료비	16.88	66.16	74.64	66.16	42.64	266.48	8
	연구 활동비	여비	16.46	64.51	72.77	64.51	41.57	259.82	7.8
		수용비 및 수수료	4.22	16.54	18.66	16.54	10.66	66.62	2
		기술정보 활동비	4.85	19.02	21.46	19.02	12.26	76.61	2.3
	연구수당		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3) 간접비		10.55	41.35	46.65	41.35	26.65	166.55	5	
합 계		211	827	933	827	533	3,331	100	

[1-3 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	-	120.00	159.90	144.00	-	423.90	30	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	-	79.20	105.53	95.04	-	279.77	19.8
		시작품 제작비	-	100.40	133.78	120.48	-	354.66	25.1
		재료비	-	32.00	42.64	38.40	-	113.04	8
	연구 활동비	여비	-	31.20	41.57	37.44	-	110.21	7.8
		수용비 및 수수료	-	8.00	10.66	9.60	-	28.26	2
		기술정보 활동비	-	9.20	12.26	11.04	-	32.50	2.3
	연구수당		-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0
3) 간접비		-	20.00	26.65	24.00	-	70.65	5	
합 계		-	400	533	480	-	<b>1,413</b>	<b>100</b>	

## □ 2 세부과제

### [2-1 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	-	291.60	392.40	342.00	223.20	1249.20	36.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
		시작품 제작비	-	187.92	252.88	220.40	143.84	805.04	23.2
		재료비	-	121.50	163.50	142.50	93.00	520.50	15.0
	연구 활동비	여비	-	12.15	16.35	14.25	9.30	52.05	1.5
		수용비 및 수수료	-	9.72	13.08	11.40	7.44	41.64	1.2
		기술정보 활동비	-	22.68	30.52	26.60	17.36	97.16	2.8
	연구수당		-	29.16	39.24	34.20	22.32	124.92	3.6
3) 간접비		-	135.27	182.03	158.65	103.54	579.49	16.7	
합 계		-	810	1,090	950	620	3,470	100.0	

### [2-2 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	73.80	409.68	288.00	209.52	-	981.00	36.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.0
		시작품 제작비	51.25	284.50	200.00	145.50	-	681.25	25.0
		재료비	30.75	170.70	120.00	87.30	-	408.75	15.0
	연구 활동비	여비	3.08	17.07	12.00	8.73	-	40.88	1.5
		수용비 및 수수료	2.46	13.66	9.60	6.98	-	32.70	1.2
		기술정보 활동비	5.74	31.86	22.40	16.30	-	76.30	2.8
	연구수당		3.69	20.48	14.40	10.48	-	49.05	1.8
3) 간접비		34.24	190.05	133.60	97.19	-	455.08	16.7	
합 계		205	1,138	800	582	-	2,725	100.0	

[2-3 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	71.28	169.20	169.20	144.00	-	553.68	36.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.0
		시작품 제작비	45.94	109.04	109.04	92.80	-	356.82	23.2
		재료비	29.70	70.50	70.50	60.00	-	230.70	15.0
	연구 활동비	여비	2.97	7.05	7.05	6.00	-	23.07	1.5
		수용비 및 수수료	2.38	5.64	5.64	4.80	-	18.46	1.2
		기술정보 활동비	5.54	13.16	13.16	11.20	-	43.06	2.8
	연구수당		7.13	16.92	16.92	14.40	-	55.37	3.6
3) 간접비		33.07	78.49	78.49	66.80	-	256.85	16.7	
합 계		198	470	470	400	-	1,538	100.0	

[2-4 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	31.32	187.20	187.20	140.40	-	546.12	36.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.0
		시작품 제작비	20.18	120.64	120.64	90.48	-	351.94	23.2
		재료비	13.05	78.00	78.00	58.50	-	227.55	15.0
	연구 활동비	여비	1.31	7.80	7.80	5.85	-	22.76	1.5
		수용비 및 수수료	1.04	6.24	6.24	4.68	-	18.20	1.2
		기술정보 활동비	2.44	14.56	14.56	10.92	-	42.48	2.8
	연구수당		3.13	18.72	18.72	14.04	-	54.61	3.6
3) 간접비		14.53	86.84	86.84	65.13	-	253.34	16.7	
합 계		87	520	520	390	-	1,517	100.0	

### □ 3 세부과제

#### [3-1 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	82.47	336.65	459.46	317.37	182.78	1378.73	35.7	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	12.71	51.87	70.79	48.90	28.16	212.41	5.5
		시작품 제작비	14.32	58.47	79.79	55.12	31.74	239.44	6.2
		재료비	34.88	142.39	194.34	134.24	77.31	583.16	15.1
	연구 활동비	여비	8.78	35.83	48.91	33.78	19.46	146.76	3.8
		수용비 및 수수료	6.24	25.46	34.75	24.00	13.82	104.27	2.7
		기술정보 활동비	12.47	50.92	69.50	48.01	27.65	208.55	5.4
	연구수당		12.94	52.81	72.07	49.78	28.67	216.27	5.6
3) 간접비		46.20	188.60	257.40	177.80	102.40	772.40	20.0	
합 계		231	943	1287	889	512	3,862	100.0	

#### [3-2 세세부과제]

(단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	85.47	315.15	429.00	297.00	169.29	1252.68	33.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	15.80	58.26	79.30	54.90	31.29	231.56	6.1
		시작품 제작비	17.35	63.99	87.10	60.30	34.37	254.33	6.7
		재료비	43.77	161.40	219.70	152.10	86.70	641.52	16.9
	연구 활동비	여비	9.32	34.38	46.80	32.40	18.47	136.66	3.6
		수용비 및 수수료	7.51	27.70	37.70	26.10	14.88	110.08	2.9
		기술정보 활동비	13.21	48.71	66.30	45.90	26.16	193.60	5.1
	연구수당		14.76	54.44	74.10	51.30	29.24	216.37	5.7
3) 간접비		51.80	191.00	260.00	180.00	102.60	759.20	20.0	
합 계		259	955	1,300	900	513	3,927	100.0	

[3-3 세세부과제]

단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	-	117.66	161.32	125.80	64.01	452.51	37.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	-	17.17	23.54	18.36	9.34	66.04	5.4
		시작품 제작비	-	15.58	21.36	16.66	8.48	59.93	4.9
		재료비	-	52.15	71.50	55.76	28.37	200.57	16.4
	연구 활동비	여비	-	9.86	13.52	10.54	5.36	37.91	3.1
		수용비 및 수수료	-	8.90	12.21	9.52	4.84	34.24	2.8
		기술정보 활동비	-	15.90	21.80	17.00	8.65	61.15	5.0
	연구수당	-	17.17	23.54	18.36	9.34	66.04	5.4	
3) 간접비		-	63.60	87.20	68.00	34.60	244.60	20.0	
합 계		-	318	436	340	173	1,267	100.0	

[3-4 세세부과제]

단위: 백만원)

비 목		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	구성비 (%)	
1) 인건비	내/외부 인건비	23.68	96.57	131.72	91.39	51.43	481.37	37.0	
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	3.90	15.92	21.72	15.07	8.48	79.36	6.1
		시작품 제작비	3.20	13.05	17.80	12.35	6.95	65.05	5.0
		재료비	9.92	40.46	55.18	38.29	21.55	201.66	15.5
	연구 활동비	여비	2.05	8.35	11.39	7.90	4.45	41.63	3.2
		수용비 및 수수료	1.73	7.05	9.61	6.67	3.75	35.13	2.7
		기술정보 활동비	3.26	13.31	18.16	12.60	7.09	66.35	5.1
	연구수당	3.46	14.09	19.22	13.34	7.51	70.25	5.4	
3) 간접비		12.80	52.20	71.20	49.40	27.80	260.20	20	
합 계		64	261	356	247	139	1,067	100.0	