Land Transport and Maritime R&D Report

건설교통연구기획사업

R&D/11연구기획-06-01

[Green-up 30] 지능형 친환경 교량 기획보고서

2012. 3. 13.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 한국철도기술연구원
현 대 건 설(주)
(주)날 리 지 웍 스

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "지능형 친환경 교량 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 03. 13

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 박영환
연 구 원 : 황윤국, 김성욱, 박기태
이영호, 채명진, 주기범
정우태, 이진형, 권민재
이보미
공동연구기관명 : 한국철도기술연구원
현대건설(주)
(주)날리지웍스
공동연구책임자 : 이희업, 김모세, 류형근

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>9개월</td><td>단 계 구 분</td><td>(1)/(1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">미래핵심기술</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">지능형 친환경 교량 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">박영환</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
인프라구조연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">국가 온실가스 감축목표 설정 등과 같은 ‘저탄소 녹색성장’이라는 국가 정책에 따라 도로상에서 발생하는 탄소배출량 감소, 탄소저감형 건설재료 등에 대한 연구 기획은 2010년말부터 현재까지 "탄소중립형 도로", "탄소저감형 건설재료" 등의 과제명으로 기획이 진행되고 있지만, 가장 중요한 SOC 구조물 유형중 하나인 교량구조물의 설계, 시공, 유지관리 단계에서 탄소를 저감하고자 하는 분야에 대한 체계화된 기획연구는 진행된 사례가 없으므로 교량의 생애주기를 거치는 과정에서 탄소 배출량을 최소화하기 위한 연구 분야를 발굴하는 기획이 필요하다.
본 기획과제는 탄소배출량 30% 이상 절감이 가능하도록 설계, 시공, 유지관리단계에서 필요한 요소기술을 보유한 교량을 개발하는 것을 목표로 기획을 진행하였다. 본 기획에서는 교량 급속시공분야, 신소재 교량 분야, 지능형 교량 분야, BIM 분야의 4개 중점추진분야를 설정하여 추진하였고, 기획 분석을 통하여 지능형 친환경 교량 기획에서는 아래와 같이 연구단 2개와 일반과제 1개를 제안하였다.</td></tr>
</table>

□ 콘크리트 교량 장수명화 연구단

○ 1세부과제 : 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 70.0억원 (정부출연금 53.0억원)

○ 2세부과제 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 38.5억원 (정부출연금 35.0억원)

○ 3세부과제 : 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 연구기간 : 2014년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 40.0억원 (정부출연금 29.0억원)

○ 4세부과제 : 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

○ 5세부과제 : 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

□ 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단

○ 1세부과제 : 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

○ 2세부과제 : 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

○ 3세부과제 : 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리용 통합플랫폼 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 63.0억원 (정부출연금 51.0억원)

□ 일반과제 : 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술

○ 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)

○ 연구예산 : 35.0억원 (정부출연금 29.0억원)

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	탄소저감형 교량, 지능형 교량, 초슬림 교량, 급속해체/교체, 3차원 설계/시공
	영 어	Low Carbon Bridge, Intelligent Bridge, Super Slim Bridge, Rapid Disassembling/Replacement, 3D Design/Construction

목 차

[국문 요약문] ····· 9

1장. 연구과제 개요 ····· 11
1절. 지능형 친환경 교량의 개요 ····· 11
1. 지능형 친환경 교량의 추진배경 ····· 11
2. 지능형 친환경 교량의 필요성 ····· 12

2장. 기술개발전략 수립 ····· 15
1절. 기획 필요성 ····· 15
1. 기획 배경 ····· 15
2. 기획 목적 및 추진방향 ····· 15
2절. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 22
1. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 22
2. 국내외 경제동향 및 분석 ····· 36
3. 국내외 기술개발 동향 및 분석 ····· 57
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석 ····· 103
3절. 기술 수요 및 예측 ····· 113
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 113
2. 기술예측조사 및 결과 ····· 127
4절. 기술개발 방향 설정 ····· 139
1. 분석결과 종합 ····· 139
2. 중점추진분야 설정 ····· 144
3. 중점추진분야별 기술발전단계 ····· 147
5절. 비전 및 목표 수립 ····· 161
1. 비전 및 목표 ····· 161
2. 기술개발에 따른 미래상 ····· 162
6절. 후보과제 도출 및 정의 ····· 164

1. 후보과제 도출 과정 ·····164
2. 최종 후보과제 도출 및 정의 ·····169

3장. 연구개발과제 추진체계 ·····171
1절. 기획대상과제 선정결과 ·····171
2절. 기획대상과제 조정결과 ·····172
3절. 연구개발과제 추진체계 ·····173
1. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 ·····173
2. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 ·····174
3. 일반과제 ·····174

4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과 ·····175
1절. 연구개발과제 주요내용 ·····175
1. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 ·····175
2. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 ·····177
3. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 ·····179
2절. 연구개발과제 활용방안 ·····180
1. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 ·····180
2. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 ·····182
3. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 ·····183
3절. 기대효과 ·····184
1. 지능형 친환경 교량 기획 기대효과 ·····184
2. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 기대효과 ·····184
3. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 기대효과 ·····187
4. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 기대효과 ·····189

5장. 연구개발과제 소요예산 ·····191
1절. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 소요예산 ·····191
2절. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 소요예산 ·····193
3절. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 기술 개발 소요예산 ··194

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드 ·····195

(별권1) 콘크리트 교량 장수명화 연구단 보고서
(별권2) 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 보고서
(별권3) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 보고서

요 약 문

우리나라 온실가스 배출량 중 건설분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지하고 있으며, 국가적인 차원에서 2020년까지 온실가스 배출전망치(2020년 BAU)의 30% 감축을 목표로 설정하고 있다. 따라서 국토해양 R&D 발전전략에서는 건설분야에서도 온실가스 감축목표를 동일하게 설정하고 있다. 현재 전 세계는 글로벌화, 녹색건설 증대 및 기술혁신의 요구가 대두되고 있으며, 향후 도심지 교통량의 증가, 70~80년대에 건설된 교량의 노후화 및 환경적인 요구, 최근 기후변화에 의한 자연재해의 증가에 따라 향후 공용 교량에 대한 신설 또는 교체 등에 대한 수요가 급속히 증가할 것으로 예측된다.

국가 온실가스 감축목표 설정 등과 같은 '저탄소 녹색성장'이라는 국가 정책에 따라 도로상에서 발생하는 탄소배출량 감소, 탄소저감형 건설재료 등에 대한 연구 기획은 2010년말부터 현재까지 "탄소중립형 도로", "탄소저감형 건설재료" 등의 과제명으로 기획이 진행되고 있지만, 가장 중요한 SOC 구조물 유형중 하나인 교량구조물의 설계, 시공, 유지관리 단계에서 탄소를 저감하고자 하는 분야에 대한 체계화된 기획연구는 진행된 사례가 없으므로 교량의 생애주기를 거치는 과정에서 탄소 배출량을 최소화하기 위한 연구분야를 발굴하는 기획이 필요하다.

본 기획과제는 탄소배출량 30% 이상 절감이 가능하도록 설계, 시공, 유지관리단계에서 필요한 요소기술을 보유한 교량을 개발하는 것을 목표로 기획을 진행하였다. 본 기획에서는 교량 급속시공분야, 신소재 교량 분야, 지능형 교량 분야, BIM 분야의 4개 중점추진분야를 설정하여 추진하였고, 기획 분석을 통하여 지능형 친환경 교량 기획에서는 아래와 같이 연구단 2개와 일반과제 1개를 제안하였다.

□ 콘크리트 교량 장수명화 연구단

- ㅇ 1세부과제 : 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발
  - 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
  - 연구예산 : 70.0억원 (정부출연금 53.0억원)
- ㅇ 2세부과제 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술
  - 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
  - 연구예산 : 38.5억원 (정부출연금 35.0억원)
- ㅇ 3세부과제 : 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 연구기간 : 2014년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 40.0억원 (정부출연금 29.0억원)

○ 4세부과제 : 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

○ 5세부과제 : 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

□ 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단

○ 1세부과제 : 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

○ 2세부과제 : 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 50.0억원 (정부출연금 40.0억원)

○ 3세부과제 : 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리용 통합플랫폼 기술 개발

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구예산 : 63.0억원 (정부출연금 51.0억원)

□ 일반과제 : 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술

○ 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)

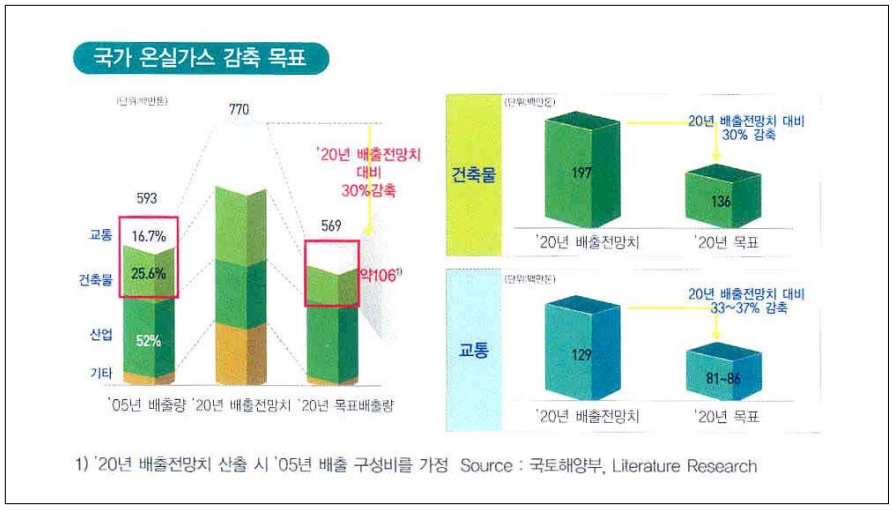
○ 연구예산 : 35.0억원 (정부출연금 29.0억원)

1장. 연구과제 개요

1절. 지능형 친환경 교량의 개요

1. 지능형 친환경 교량의 추진배경

- 국가 온실가스 감축목표 설정
  - 우리나라 온실가스 배출량 중 건설분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지, 2020년까지 온실가스 배출전망치(2020년 BAU)의 30% 감축목표 설정, 건설분야에서도 동일한 감축목표 설정(국토해양 R&D 발전전략)
- 기후변화 대응 및 기술혁신 요구증대
  - 현재 전 세계는 기술 발달의 가속, 경제규모의 거대화 및 지구온난화 방지를 위한 전 세계적 협력체계 구축 등으로 글로벌화가 심화되고 있으며, 이로 인해 건설분야에서도 글로벌화, 녹색건설 증대 및 기술혁신의 요구 대두
- 교량 신설 및 교체수요 증가 및 지능형 인프라구축 시대의 실현
  - 도심지 교통량의 증가, 70~80년대에 건설된 교량의 노후화 및 환경적인 요구, 최근 기후변화에 의한 자연재해의 증가에 따라 향후 공용 교량에 대한 신설 또는 교체 등에 대한 수요가 급속히 증가할 것으로 예측됨



[그림 1-1] 국가 온실가스 감축목표(국토해양부, Literature Research)

2. 지능형 친환경 교량의 필요성

- 녹색성장에 부흥하는 SOC 건설분야 기술개발 수요증가
  - 21세기 기후변화의 가속화 전망으로 화석에너지 절감 및 온실가스 배출량 감소에 대한 요구가 급속히 높아지고 있음
  - SOC 건설 분야에서도 국가의 녹색성장에 맞는 기술개발 수요가 증가하고 있음
  - 특히 교량의 신설, 교체시장의 증가로 인해 교량의 공기 단축 및 적용재료를 최소화함에 의한 탄소 배출량 최소화가 반드시 필요한 실정임
- 국내외 교량의 급속시공 기술 관심증대
  - 교량은 공공성이 가장 높으면서도 국민 생활과 밀접한 관련이 있는 시설물로서, 교량 붕괴 또는 파손시 신속한 응급복구와 교량 교체공사시 공사기간 단축은 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대와 직결됨
  - 이와 관련하여 급속시공 교량 관련 기술은 국내뿐만 아니라 국외에서도 활발한 연구개발이 이루어지고 있음
- 교량 설계수명 증가로 인한 신재료 활용 한 슬림/장수명화 교량 기술개발 필요성 증대
  - 세계 각국의 교량의 설계수명은 아래 표와 같으며 대체로 50~100년 사이로 인식하고 있으나 최근에는 이러한 설계수명을 100~200년 사이로 연장하려는 움직임이 있음
  - 우리나라의 경우 법인세법 시행규칙에 의하면 교량의 내용연수는 30~50년 사이이고 평균 40년으로 보고 있으나 교량 설계자들은 통상 50년을 교량 설계수명으로 인식하고 있음

[표 1-1] 우리나라 교량의 실제 사용수명

상부구조형식 / 도로구분	RC 슬래브교	RC T형교	강I형교	PSC I형교
고속국도	28.80	-	-	27.00
일반국도	22.73	30.77	32.97	21.11
특별.광역시도	25.84	-	-	28.29
군도	20.66	25.42	-	-

출처 : 시설안전기술공단, "도로교 공용수명 연장방안 연구", 2000. 12

  - 따라서 신소재를 통한 슬림/장수명화 교량을 개발한다면 건설재료의 사용량 및 순환 사이클을 그만큼 길게 하므로 교량분야에서 이산화탄소 배출량을 획기적으로 감축시킬 수 있음
- 계측 데이터의 효율적 활용을 통한 탄소저감 필요
  - 많은 센서 및 계측시스템 개발이 진행되고 있고, 주요 교량에 유지관리시스템이 구축되어 있으나, 단순히 데이터 경향 분석에 치중하고 있음

- 교량 지능화를 통하여 정확한 예산 및 수명을 예측하고, 현재 교량 상태를 정확히 파악함으로써, 수명 연장을 통한 탄소저감이 필요함

○ 교량건설 분야 설계, 시공, 유지관리기술 BIM으로의 패러다임 전환 필요

- 세계적으로 설계, 시공, 유지관리 전반의 BIM으로의 패러다임 전환을 진행하고 있으며, 이를 통한 설계, 시공, 유지관리 정보 통합기술이 요구됨

- BIM기술을 통한 설계단계에서의 비용 및 시간절감과 시공단계에서의 공기절감을 통해 온실가스를 줄일 수 있으며, 시설물에 사용되는 모든 부재에 대한 BIM기반 LCA(Life Cycle Assessment)정보를 활용한 온실가스 배출량 모니터링 관리기술을 통해 온실가스 10%저감을 이룰 수 있음

2장. 기술개발전략 수립

1절. 기획 필요성

1. 기획 배경

- 국가 온실가스 감축목표 설정 등과 같은 '저탄소 녹색성장'이라는 국가 정책의 필요성에 따라 2011년 한국건설교통기술평가원에서는 미래핵심기술(Green-up 30) 중 6개 과제 기획함
- 도로상에서 발생하는 탄소배출량 감소, 탄소저감형 건설재료 등에 대한 연구 기획은 2010년 말부터 현재까지 "탄소중립형 도로", "탄소저감형 건설재료" 등의 과제명으로 기획이 진행되고 있음
- 그러나 가장 중요한 SOC 구조물 유형중 하나인 교량구조물의 설계, 시공, 유지관리 단계에서 탄소를 저감하고자 하는 분야에 대한 체계화된 기획연구는 진행된 사례가 없음
- 따라서 교량의 생애주기를 거치는 과정에서 탄소 배출량을 최소화하기 위한 연구 분야를 발굴하는 기획이 필수적임

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획 목적

- 본 기획과제는 탄소배출량 30% 이상 절감이 가능하도록 설계, 시공, 유지관리단계에서 필요한 요소기술을 보유한 교량을 개발하는데 그 목적이 있음
  - 지능형 교량이란? - 교량 스스로 이상 유무를 판정하고, 판정된 결과에 따라 자동적으로 조치를 실시할 수 있는 미래형 교량부재기술 및 유지관리기술이 도입된 교량
  - 친환경 교량이란? - 친환경 신재료를 기반으로 한 교량부재기술, 시공기간 단축을 통하여 탄소배출량을 최소화하기 위한 급속해체/교체기술 및 BIM기술 등을 통하여 설계/시공된 교량



[그림 2-1] 지능형 친환경 교량 개념도

나. 추진방향

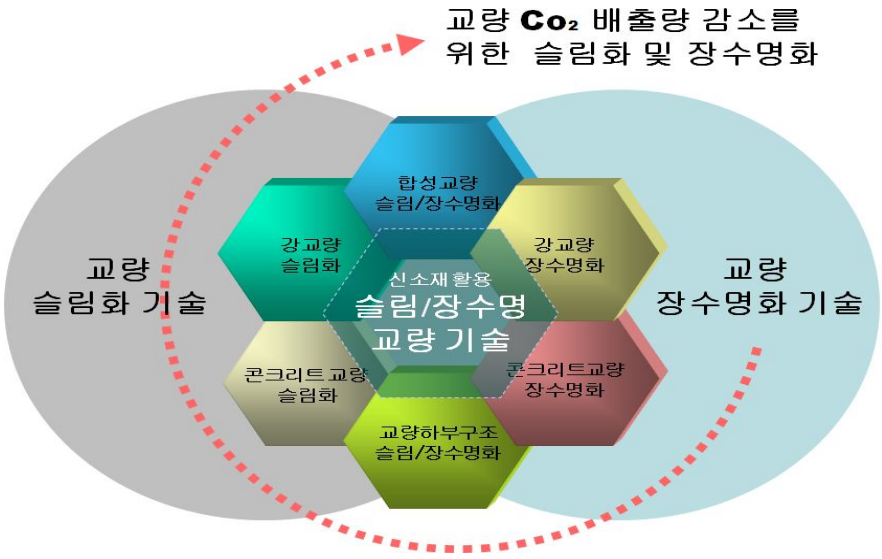
- 본 연구기획에서는 1) 설계단계: BIM 기반 설계기술, 2) 시공단계: 교량 급속해체 및 교체기술, 3) 유지관리단계: 지능형 교량 구현 기술, 4) 신개념 교량 분야: 신재료 기반 교량 설계/시공 기술 등의 분야로 구분하여 기획을 진행함
- "지능형 친환경 교량" 구현을 위한 기반 요소기술에 대한 중점 연구분야를 도출하고, 도출결과에 대한 근거 및 논리를 제시하고자 함
- 기획 과제의 대상 및 범위를 4개의 중점추진분야로 구분
- 교량 급속시공 분야
  - 교통차단 없는 급속교체기술, 급속시공 조립식교량 기술, 초간편 일괄급속시공기술, 친환경 급속해체기술의 4분야로 분류함



[그림 2-2] 급속시공 기술 범위

○ 신소재 교량 분야

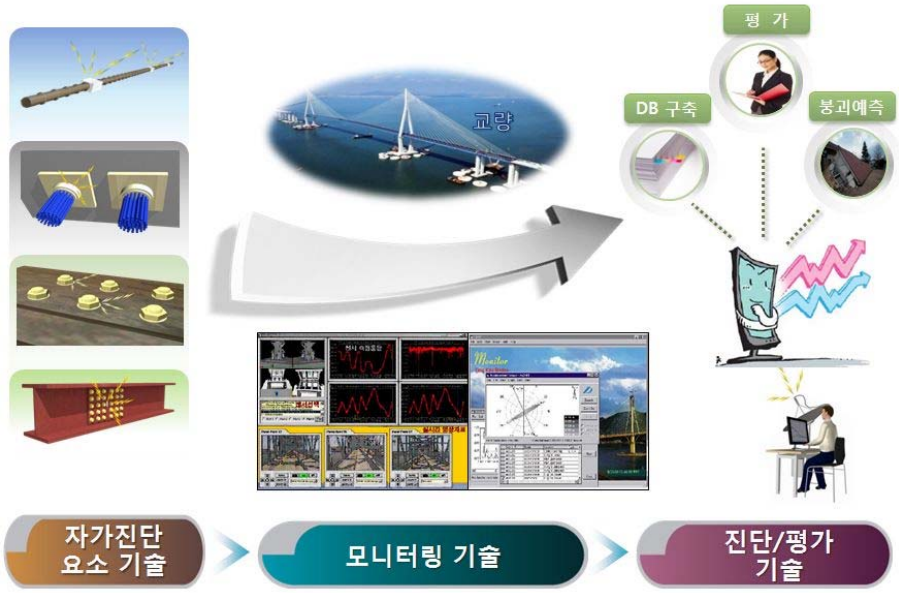
- 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화, 고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화, 합성구조 교량 슬림화/장수명화, 교량 하부구조 슬림화/장수명화의 4분야로 분류함



[그림 2-3] 신소재를 활용한 슬림/장수명 교량 기술 범위

○ 지능형 교량 분야

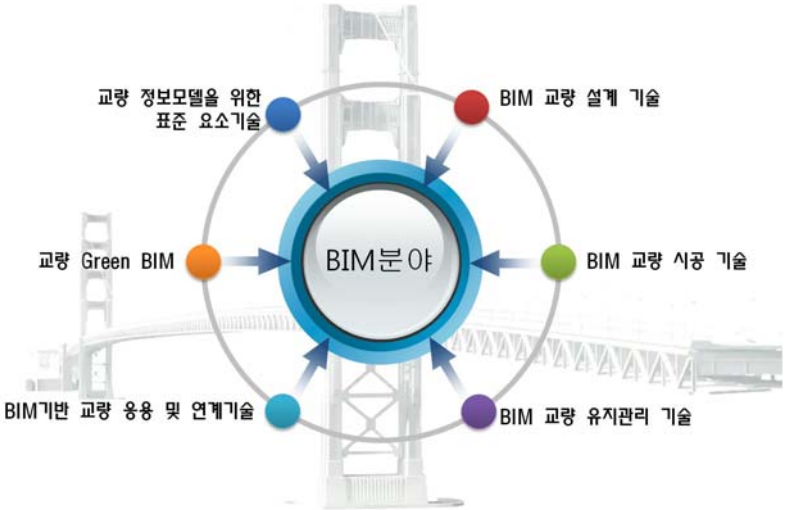
- 교량 상태 실시간 감지기술, 교량상태 실시간 진단 및 평가기술, 교량 유지관리자동화 기술(보수 등), 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술, 사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술의 5분야로 분류함



[그림 2-4] 지능형 교량 기술범위

○ BIM 분야

- BIM 교량 설계 기술, BIM 교량 시공 기술, BIM 교량 유지관리 기술, 교량 정보모델을 위한 표준 요소기술, BIM기반 교량 응용 및 연계기술, 그리고 교량 Green BIM의 6분야로 분류함



[그림 2-5] 지능형 친환경 교량 BIM 기술 범위

○ 지능형 친환경 교량의 기술분류 체계는 다음과 같이 정립

중점추진분야	중분류	소분류
부분 교체 및 급속 시공 분야 기술	1. 교통차단 없는 급속교체 기술	교량 교체 시스템
		바닥판 교체 기술
		거더 교체 기술
		부속장치 교체기술
		현장타설 급속 교체 시공 기술
		부분교체 대비 교량시스템 설계기술
		부분교체 신•구 구조물 연결기술
		부분교체용 소형 가설 장비 기술
	2. 급속시공 조립식 교량 기술	조립식 교량 시스템 기술
		조립식 하부구조 기술
		조립식 상부구조 기술
		프리캐스트 모듈화 기술
		소형차 전용 도로교 설계/시공 기술
		도심지 공사 급속시공 기술
		특수조건(도로, 철도, 협곡 등) 급속시공 기술
		재난 복구형 조립식 급속시공 기술
		급속시공용 가시설 기술
		무인 자동화 시공장비 기술
	3. 초간편 일괄 급속시공기술	일괄 급속시공 교량 시스템 기술
		상부구조 일괄시공 기술
		하부구조 일괄시공 기술
		일괄시공 가설 장비
		일괄시공 제작 장비
		도심지 및 특수조건 일괄시공 기술
		철도교 급속 일괄교체 기술
		일괄시공용 자동화 기술
	4. 친환경 급속 해체기술	해체 단계별 안전성 확보 기술
		지간별/교량형식별 해체기술
		저진동, 저소음, 무분진 친환경 해체기술
		IT활용 부분 해체용 정밀 해체장비 기술
		일괄해체 장비기술
신소재를 활용한 초슬림·장수명 교량기술	1. 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/ 장수명화 기술	산업부산물 품질 고도화 및 시멘트 대체 활용 기술
		친환경 구조용 경량 인공 골재 개발 및 활용 기술
		고성능 섬유보강 경량 콘크리트 제조 및 활용 기술
		고성능 콘크리트를 활용한 콘크리트 바닥판 슬림화 기술
		고성능 콘크리트를 활용한 PC 거더 슬림화 기술
		고내구성 포장 일체형 콘크리트 바닥판 기술
		고강도 철근 활용 기술
		철근 및 PS 강선 부식 방지 기술
		FRP 보강근 및 텐던을 활용한 장수명화 기술
		콘크리트 교량 장수명화 보수/보강 기술
		기하형상 변경을 통한 PC 거더 슬림화 기술
	2. 고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술	고강도 강재를 적용한 강바닥판 슬림화 기술
		고강도 강재를 적용한 하이브리드 거더 기술
		고강도 강재 용접부 피로성능 개선 기술
		프리스트레스트 강 거더 기술
		내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 상부구조시스템 기술
		피로성능이 개선된 차세대 강상판 기술
		고강도 내후성 강재 적용 기술
		강교량 장수명화 보수/보강 기술

중점추진분야	중분류	소분류
	3. 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술	강콘크리트 복합거더 시스템 기술
		고강도 섬유보강 콘크리트 및 강재 합성 바닥판 기술
		FRP 바닥판 활용 기술
		알루미늄 바닥판 활용 기술
	4. 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술	교각 슬림화 기술
		신재료를 활용한 교각 내구성 향상 기술
		상하부구조 일체식 교량 기술
		교량 부속장치 성능 고도화 기술
교량 지능화 기술	1. 교량상태 실시간 감지기술	근거리 · 원거리 무선네트워크기술
		교량 SHM(Structural Health Monitoring) 기술
		매립,부착을 통한 부재별 상태 감지 기술
		교량 전체 이상 거동 감지 기술
		실시간 데이터 전송 효율화 기술
		MEMS기반 임베디드 센서 기술
		계측신뢰성 분석기술
	2. 교량상태 실시간 진단 및 평가기술	교량 부재별 자가진단 기술
		교량 손상탐지 기술
		계측데이터 활용 기술
		실시간 교량 안전성 평가시스템 기술
		교량 잔존 수명 예측 기술
	3. 교량 유지관리자동화 기술 (보수 등)	교량 자동치유 및 보수기술
		교량 이력 관리 및 의사결정 기술
		교량 부속 시설 관리 기술
	4. 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술	교량 기반 고효율 에너지 수확기술
		교량 기반 에너지 변환 및 저장기술
		교량 기반 전력공급 및 전력 관리 최적화 기술
	5. 사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술	교량상 교통상황인지기술
		교량 노면 상황 인지 기술
		교량상 위험안내 디스플레이 기술
		교량용 WIM 기술
지능형 친환경 교량 BIM 기술	1. BIM 기반 교량 설계 기술	BIM 기반 교량 정보모델을 이용한 설계 지원 기술 개발
		BIM 기반의 3차원 모델을 활용한 교량 설계 오류 검증, 간섭체크 및 법규 분석 기술
		BIM 기반 설계도서 자동작성 기술
		BIM 기반 구조설계 기술
		Digital Mock-up 기술
	2. BIM 기반 교량 시공 기술	BIM 기반 시공 관리 기술
		BIM 기반 시공관리 시뮬레이션 기술
		증강현실기반 교량 시공법 최적화 시뮬레이션 기술
		교량의 부분교체 및 급속시공 여부를 검토할 수 있는 단계별 공법 및 장비운영 시뮬레이션 기술
		3차원기반 토목 가시설물 관리기술
	3. BIM 기반 교량 유지관리 기술	지능형 친환경 교량 생애주기 중 사용단계를 고려한 모델링 기술
		BIM 기반 Mobile Office System을 이용한 차세대 유지관리 시스템 기술
		3D모델 위치기반의 Smart Maintenance and Management 기술
		SOC BIM기반의 3차원 모델링 기술과 USN, RFID 등의 외부정보 수집장치를 연동한 지능형 교량 시설물 관리 기술

중점추진분야	중분류	소분류
	4. 교량 GREEN BIM	교량 형식별/공정별/구성부위별 CO2 배출량 산정 기술
		교량 구조물의 구성요소별/공법별/자재별 탄소배출량 DB 구축 기술
		LCA 및 BIM 연동에 의한 저탄소 교량 공법선정 기술
		교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술
		교량 BIM을 활용한 환경영향평가 기술
		탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술
	5. BIM 기반 교량 응용 및 연계 기술	3D BIM 데이터의 One Source - Multi Use 기술
		3차원 지형생성 및 노선계획 기술
		3차원 모델과 교량해석 시스템과의 연동 기술
		LCC 관리를 위한 교량정보모델의 지식기반 정보 운영관리기술
		BIM 기반의 LCC 분석(Total Costs during Life Cycle Analysis)을 통한 경제성 최적화 기술
		안정성, 공사비 정보 및 3D 객체 모델을 포함한 구조물 형식별 비교안 작성 기술
		BIM을 활용한 온라인 협업 기술
		BIM과 GIS, 지질정보와의 연계기술
		BIM과 센서와의 연계기술
	6. BIM 기반 교량 표준 요소 기술	교량의 BIM의 IFC 표준과의 연계 기술
		지식정보기반 교량 유지관리를 위한 시공 납품용 교량 BIM모델의 정보집합체 구성 기술
		교량시설 공종별 BIM 객체 표준화 기술
		교량 BIM 정보를 운영·관리할수 있는 표준 분류체계 기술
		공공기관의 교량건설사업 BIM 설계발주를 위한 교량정보모델 검증 및 평가 기술
		3차원 교량 정보모델 구축을 위한 교량구성요소 라이브러리 제작 기술

2절. 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

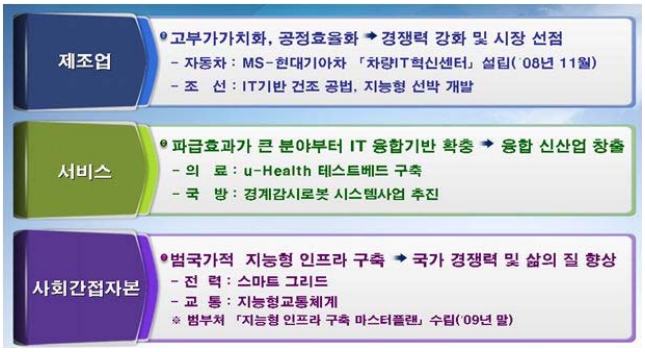
가. 국내 정책동향

(1) 과제 관련 부처별 계획 및 시사점

- 정부는 2009년 녹색성장 국가전략의 비전으로 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 세우고, 10대 정책방향으로 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색국토·교통의조성 등을 마련하였음
- 정부는 국가의 주요 정책목표 중 하나로 국민의 삶의 질 제고와 환경개선을 선정
- 이에 대한 추진정책 수단 및 방안의 하나인 “주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선”에서 교통혼잡비용 감축과 폐기물 감소를 추진하고 있음
- 국토해양부의 과제관련 계획
  - 국토해양부는 2007년 수립한 제4차 건설기술진흥기본계획을 2009년에 수정하여 “녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보”라는 비젼 하에 녹색성장 기반구축을 목표를 추가하였으며 이는 친환경 건설에 대한 국토해양부의 강력한 의지를 표현한 것으로 건설 분야에서 탄소배출량을 줄이려는 단초를 제공하고 있음
  - 국토해양부는 국토해양정책(2009.02)의 주요 정책추진 상황 중 하나로 대도시 교통난 완화를 선정한 바 있음
  - 국토해양부에서는 매년 정기적인 안전점검과 결과에 따라 노후교량의 개축과 보수를 시행하고 있으며, 1995년부터 2010년까지 노후교량 총1,040개교의 개축을 완료한바 있으며, 지속적으로 추진할 계획임
  - 국토해양부의 2010~2014(5년) 동안의 제 1차 건축정책기본계획의 일환으로 건축도시 산업의 고도화를 계획하고 있음(국토해양부, 2010)
    - 건설산업의 다양한 분야(구조·환경·설계·설비 등)의 상호호환성을 위한 국제표준의 BIM 기술의 개발, 빌딩정보모델링 활용 업무·기술·관리지침의 도입 및 전문가 대상 빌딩정보모델링 교육프로그램 개발 및 시행
    - 건축재료·부품의 규격, 특성, 기술적 성능, 공법, 적용사례 등 설계자료에 대한 데이터베이스 구축 및 웹 기반 정보공유시스템 개발 및 설계관련 컴퓨터 프로그램(CAD)과의 호환성 확보 방안 수립
  - 국토해양부는 국내 BIM 육성을 위해 10년 정책 로드맵을 발표하였으며, 녹색건축 도시구현을 위한 국제표준기반의 BIM시스템 기술개발을 추진하고 있음

○ 지식경제부의 과제관련 계획

- 건설 분야에 있어 매우 중요한 IT 융합 기술에 대한 개발 요구가 이어져 왔으며, 이는 U-City 사업 및 기타 국내 구축된 IT 인프라를 이용한 융합기술 개발에 대한 요구를 통해 지속되고 있음

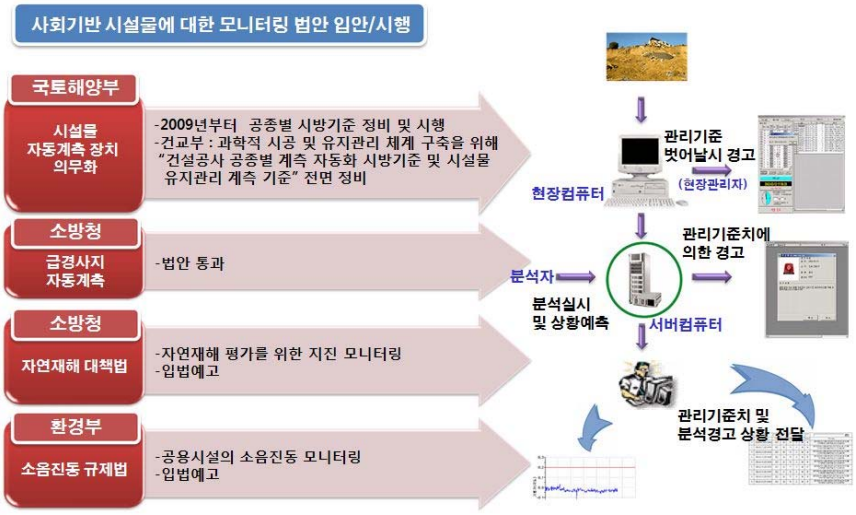


[그림 2-6] IT 융합 정책 방향

- 위의 그림에서와 같이 IT 융합 정책방향 중 사회간접자본에 대한 투자를 통해 범국가적 지능형 인프라구축을 통한 국가 경쟁력 및 삶의 질 향상을 추구하는 부분에 있어 본 과제를 통해 제안하는 기술은 다음과 같이 기여할 수 있음
  - 자연재해와 같은 극한 상황하에서 전국가적 차원의 재해대비/대응을 위한 정보 공유 및 HAZARD Map 구성과 같은 대응 전략 수립을 위한 기초 인프라 구축
  - 극한 상태에 놓인 사회간접자본 구조물의 사용성 및 건전성을 신속히 판단하여 이에 대한 최적의 대안을 제시함으로써 사회 비용 발생을 줄이고, 안전한 사회 환경을 조성함으로써 사회적 위기감을 극소화 시키는데 기여
- 지식경제부와 시멘트 산업계는 협약을 맺어 범지구적인 기후변화 대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소 사회구현을 위하여 2015년까지 이산화탄소 배출량을 2005년도 대비 5% 감축하기로 결의하여 시멘트 톤당 40kg의 CO2를 감축하기로 함

○ 2008년 12월 정보화 추진 위원회에서 발표한“국가정보화 기본계획”의 2대 엔진 중 하나인 “첨단 디지털 융합 인프라”는 사회간접자본 시설의 첨단화와 지능화를 위한 것으로 본 과제는 이와 맥락을 같이함

○ 국토해양부, 소방방재청, 환경부 등의 주요 국가기관에서는 시설물 자동계측장치 의무화, 자연재해대책법, 소음진동 규제법 등 사회기반시설물에 대한 모니터링 관련 입법이 통과되었거나 시행 준비중 상태임



[그림 2-7] SOC시설물 모니터링 법안 시행

○ 공공기관에서의 BIM 발주

- 공공기관에서 BIM을 적용하기 위한 공사발주가 2008년부터 차츰 증가하고 있는 추세이며 특히, 조달청에서는 2011년 1~2건의 대형공사에 BIM을 시범적용하고 2012년에는 3~4건으로 확대할 계획에 있음
- 조달청에서는 설계 및 시공뿐만 아니라 유지관리 단계에서도 BIM을 적용할 수 있도록 BIM 업무에 대한 기준을 제공하도록 하고 있으며, 따라서 향후 유지관리 분야에 까지 확대 적용이 가능한 BIM 기술개발이 필수적이라 할 수 있음

[표 2-1] BIM 공공발주 현황

발주처	사업명	연도
LH 공사	양주회천지구A-1BL 현상설계	2008
	인천검단지구 A28-1 BL 현상설계 지침 공고	2010
	송파위례지구 A2-4 BL 현상설계 공고	2010
국방부	000사업설계용역	2008
행정중심복합도시건설청	복합커뮤니 센터 3개소	2008
용인시	용인 시민체육공원 조성사업	2009
서울대학교	서울대학교 병원 지하복합 진료공간	2009
전력거래소	전력거래소 본사 사옥 지방 이전	2010
서울시	동대문 디자인 파크 플라자 & 파크 시공	2009
강릉시	강릉아트센터 건립 임대형 민간투자사업	2009
대구경북과학기술원	학위과정시설 임대형 민자사업	2010
조달청	디지털 방송콘텐츠 지원센터	2010

(2) 과제 관련 주요 법령, 정책 및 제도 전망 및 시사점 서술

○ 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)(2011년 1월 7일)

- 내용: 기후변화, 기상이변에 대한 선제적 방재능력강화와 관련하여 첨단 U방재시스템 구축, 기후변화에 대한 관측/감시체계 강화, 도시내 방재체제 강화 등의 내용을 주요골자로 하고 있음.

○ 건설산업기본법 제정

- 국토해양부는 국가건설산업시스템 구축, 즉 건설산업을 국가 차원에서 규율할 수 있는 체계를 정립하고 건설업계를 보호·육성하기 위하여 건설산업기본법을 제정하였음
- 건설산업기본법에는 건설공사 안전·환경 및 품질확보, 건설산업 국제화 및 해외진출 지원, 건설기술개발, 건설공사의 생산성 향상대책 등이 포함되어 있음
- 건설산업기본법 제6조의 규정에 의하여 "건설산업진흥기본계획"을 수립하여 중장기 건설산업정책의 기조와 건설산업발전을 위한 제도개선 방향을 제시하는 5년 단위의 국가기본계획을 설정함

○ 건설기술관리법 제정

- 건설부문의 기술을 발전시키고 이를 효율적으로 이용할 수 있게 하기 위해 제정된 법규로는 "건설기술관리법"과 이에 따른 시행령 및 시행규칙이 가장 주된 법규임
- 이 법의 제정 목적은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 이를 효율적으로 이용 관리하게 함으로써 건설 기술수준을 향상시키고 건설공사의 품질과 안전을 확보하여 공공복리의 증진과 국민경제의 발전을 이바지하는 것임
- 건설기술관리법에는 제3조에 "건설기술진흥기본계획"에 관한 사항이 규정되어 있으며, 이 외에도 건설기술에 관한 자료 및 정보의 보급과 확산을 위한 규정(제15조), 공동연구개발 및 전문기관의 설립에 대한 법적인 근거(제15조), 건설기술의 연구개발을 위한 투자(17조), 신기술의 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적인 기초(제18조), 그리고 해외기술의 도입에 관한 내용(제19조)등이 규정되어 있음
- "건설기술관리법"에는 건설기술의 연구개발을 위한 투자와 신기술의 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적인 기초가 규정되어 있어, 본 기획과제인 "신속교체 및 급속시공" 분야의 실용화에 기반 법령을 제공하고 있음

○ 건설기술진흥기본계획

- 건설기술관리법의 제3조와 동법 시행령 제5조의 규정에 따라 건설교통부 장관은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 그 성과를 효율적으로 이용하도록 하기 위하여 국가에서 추진하는 기술연구 개발사업의 5개년간의 방향을 설정하는 "건설기술진흥기본계획"을 수립하고 이에 따른 세부계획을 수립하여 중점 추진과제를 설정하게 됨
- 2009년 수정된 제4차 "건설기술진흥기본계획"에 녹색건설과 관련된 내용이 추가되어 건설 분야에서 탄소배출량을 줄이려는 친환경 건설과 관련된 근거를 마련함

o 재난 및 안전관리 기본법의 제정

- 행정안전부는 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 국가 및 지방자치단체의 재난관리체제를 확립하고, 재난의 예방 및 수습과 긴급구조 기타 재난관리에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 "재난 및 안전관리 기본법"을 제정하였음

- "재난 및 안전관리 기본법"은 재난관리와 재난의 수습이 원활히 수행될 수 있도록 규정하고 있어, 응급복구를 위한 손상 교량의 신속교체 기술 개발의 당위성을 나타내고 있음

o 안전관리기준 제정 고시(행안부 고시 제2010-18호, 2010년 3월 8일)

- 내용: 사고의 예방, 대비, 대응, 복구 등 안전관리를 위한 제반 활동을 수행하는데 필요한 기준과 원칙 제시

- 대상시설: 공공기관에서 관리하는 관련 모든 시설물

o 철강슬래그 및 석탄재 배출 사업자의 재활용 지침

- "자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률"에 의거 「철강슬래그 및 석탄재 배출 사업자의 재활용 지침(환경부, 지식경제부 고시)」에서 슬래그의 목표 재활용은 95%, 석탄재는 75%로 규정, 슬래그와 석탄재의 재활용 촉진을 의무화하고 있음

o 지진재해대책법 제정(2008년 3월 28일)

- 취지: 지진 피해가 우려되는 주요시설물에 지진가속도 계측 의무화를 통한 시설물 안전성 확인

- 대상시설: 중앙행정기관 및 지자체 청사, 국립대, 높이 200m 또는 50층 이상 공공건축물, 공항시설, 댐 및 저수지, 현수교 및 사장교, 저장시설, 고속철도, 원자력 이용시설 등

o 제2차 시설물 안전 및 유지관리 기본 계획 수립(2007년 12월 31일)

- 내용: 예방적 유지관리 체계 확립, 유비쿼터스 기술 활용 시설물 안전관리의 선진화 등에 대한 구체적 내용 명시

- 2011년 6월 현재 현재 제3차 기본 계획 수립 작업중

- 대상시설: 시특법 대상 1, 2종 시설물(도로, 철도, 항만, 댐, 교량, 터널, 건축물 등)

o 특수교량 통합관리 정책 방향

- 1세대 특수교량 모니터링: 90년대 초 남해대교와 진도대교에 처음 도입. 안정적인 계측자료를 확보하여 결과를 분석하는데 적지 않은 어려움이 있었음

- 2세대 특수교량 모니터링: 실시간 계측을 통해 교량거동을 분석하고 장기적인 유지관리를 목적으로 서해대교(2000년 준공), 영종대교(2000년 준공), 광안대교 (2003년 준공)등에 구축되어 운영 중에 있음

- 3세대 특수교량 모니터링: 한국시설안전공단을 중심으로 국내 특수교량 통합관리센터 운용을 위한 사업이 2009년부터 추진중에 있으며, 신개념 센싱기법 및 첨단 알고리즘 등에 대한 니즈 증대

- 대상시설: 국내 특수교량(사장교, 현수교, 아치교) 158개소, 연장 총 78.1km(2009년 12월 31일 현재)

○ 조달청(2010)의 BIM 발주 정책 계획

[표 2-2] BIM 발주 정책 계획

구분	연도	목표	대상 및 내용
단기계획	2010	BIM 시범발주 및 단계별 로드맵 마련	- 총공사비 500억원 이상 건축공사의 BIM 시범 발주 - BIM지침 개발(최소한의 BIM요구사항)
	2011	BIM 발주확대 및 발주 기준 마련	- 조달청 설계공모 운영규정 제정 - BIM지침 개발(구체적 수준 BIM 요구사항)
	2012	턴키 및 설계공모 공사 BIM 전면 적용	- 총공사비 500억원 이상 건축공사의 BIM 전면 적용 - BIM지침 개발(발주청 활용가능 수준 BIM 품질)
중기계획	2013 ~ 2015	4D(Cost) 설계시스템 구축 통한 예산절감	- 총공사비 500억원 이상 건축 공사
장기계획	2016~	시설사업 전체로 BIM 적용 확대한 업무혁신	- 시설사업 전체로 BIM 적용 확대하여 업무혁신

○ BIM 지침서 개발 및 배포

- 조달청(2010):'시설사업 BIM 적용 기본 지침서' 개발을 통해 시설사업의 공모단계 및 실시설계단계에 BIM기술을 적용하기 위한 최소의 요건을 정의하고, BIM 데이터를 시공 및 유지관리단계에도 사용할 수 있도록 BIM업무에 대한 기준을 제공함.
- 국토해양부(2010):'건축분야 BIM 적용가이드'개발을 통해 기관별 고유의 목적과 환경에 따라 자체적인 BIM 실무기존을 제작 할 수 있도록 기본 틀을 제공함으로써 기관전체 차원에서 BIM 도입을 위한 안내를 제공
- 부산청 (2009): 4대강사업에"공정과 연계한 3차원 시뮬레이션기법" 적용이 의무화되어 추진되고 있음.

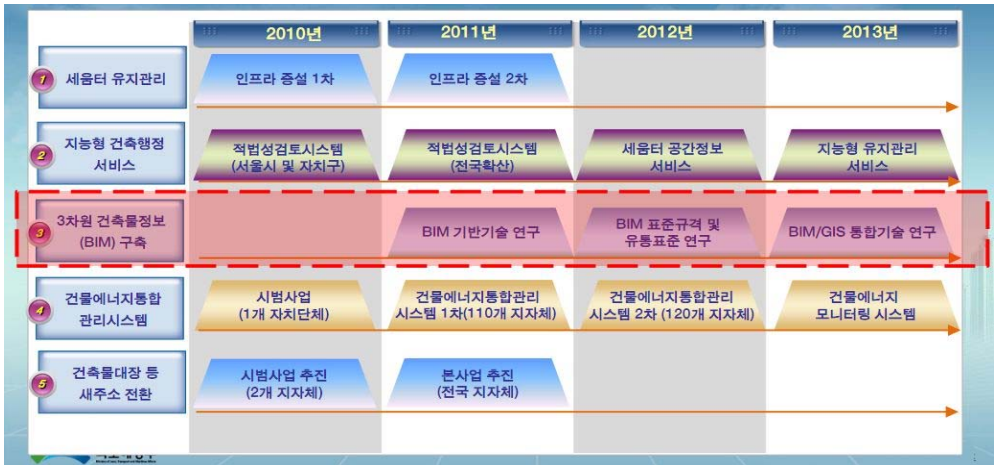
(3) 과제 관련 주요 R&D 정책

○ 국가 R&D는 과거와 같이 선진국 추격형이 아닌, 글로벌 경제를 선도하기 위한 창조형, 탈추격형 R&D 전략의 수립이 필요하며 World Best 기술의 선점을 중요시 하고 있음

○ 국토해양부 주요 R&D 정책

- 국토해양부에서는 2010년 9월에"국토해양 R&D 발전전략"을 수립하여 현재 추진중에 있으며 2010년초에 추진한 녹색로드맵 기획결과로부터 총 68개의 전략과제가 도출되어 이중 녹색 및 탄소배출량 저감과 관련하여 우선순위가 높다고 판단되는 30개 과제를 선정하여 Green-up 30을 제시하였음(지능형 친환경 교량 분야 포함)

- 국토해양부는 2005~2010년에 수행된 년부터 착수된 “차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발”에 연구비를 지원하여 고성능 강, 고성능 콘크리트에 대한 기초 원천기술 취득을 지원하였음
- 국토해양부는 신소재 및 고성능 재료 활용에 대응하기 위해 도로교설계기준을 수시로 개정하고 있으며, 교량부재의 슬림화를 위해 한계상태설계법 등을 적극적으로 반영한 설계기준을 마련하기 위해 이와 관련된 R&D를 준비하고 있음
- 국토해양부의 2010~2013년까지의 연구과제중 3차원 건축물정보 구축분야에서 BIM 기반기술 연구, BIM 표준규격 및 유통기술연구 및 BIM/GIS 통합기술연구를 포함하고 있음 (국토해양부 건축기획과, 2011)
- 국토해양부 국가정책위원회는 BIM 활성화를 위한 방안을 마련하기 위하여 BIM 정책로드맵과 표준지침을 도출하여 보급하는 한편, 데이터 표준규격 확보 및 동 규격을 활용한 라이브러리 구축을 위한 여건 조성과 관련 R&D를 통한 적극적 개발 추진력을 지원할 계획임
- 국토해양 R&D는 목적 · 수요자 · 성격 · 주체 측면에서 타 부처와 차이가 크며, 국토해양 R&D는 공공기술 위주의 시스템 R&D로서 정부의 역할이 상대적으로 중요하며 특히, 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민 삶의 질 향상 등 공공 부문의 역할이 지대하여 국가차원의 육성대책이 필요함



[그림 2-8] 국토해양부 BIM연구과제 단계별 추진 예정

○ 지식경제부 주요 R&D 정책

- 지식경제부에서는 2010년말에 100대 전략제품기술을 선정하였으며, 이중에“지능형 그린 구조물 관리”기술이 포함되어 있음
  - 이 내용은 교량과 같은 대형구조물의 사용환경 및 에너지소비 등 유지관리를 최적화하는 기술로써, 토목분야의 종합 구조물에 해당하는 교량구조물에 대한 내용도 이 분야와 관련 있음
- 지식경제부는 내진 및 구조물의 안전성을 획기적으로 향상시킬 수 있도록 초

고장력 철근과 교량용 강선 개발을 위해 2004년 9월부터 2010년 2월까지 66개월 동안 예산을 지원했으며, 이를 통해 세계 최초로 800 MPa급 철근과 세계 최고 강도인 2,200 MPa급 강선을 개발하고 이 분야에서 세계기술을 선도하는 계기를 마련함

- 국가과학기술위원회에서 심의된 2011년 정부연구개발투자 방향(안)에서 살펴보면, 미래 신성장 동력 핵심원천기술 개발에 대한 지원을 확대할 것을 시사하였으며, 이에 따라 건설 분야 중에서는 IT와 NT 등을 활용할 수 있는 분야에 지원을 확대하는 방안을 마련
- 대한민국의 U-Korea 기본 계획안은 첨단 IT 기술을 융합하여 사회기반시설물을 안전하게 관리하고자 하는데 그 목표가 있음
  - 무생물인 교량 구조물에 지능을 부여하기 위해서는 첨단 센싱 기술(하드웨어)이 접목되어야 하며, 이들로부터 계측된 데이터가 자동으로 처리되고 판단될 수 있는 알고리즘 정립(소프트웨어)이 필요함

나. 국외 정책동향

(1) 과제 관련 국가별 정책동향 및 시사점

(가) 미국

- 미국 오바마 정부에서는 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획을 수립하고, 향후 10년간 저탄소 산업에 1,500억 달러를 투자할 계획임
- 미국의 신뉴딜정책은 에너지효율을 높인 공공시설물의 건설, 새로운 도로 및 교량건설을 통한 인프라시설 구축에 조점을 맞추고 있음
- 건설 산업을 6대 국가전략산업중 하나로 지원하고 있으며, CMS, CERF, FIATECH와 같은 건설 IT 융합 사업을 진행, 유지관리/에너지 비용 50% 감소, 생산성 30% 향상, 공해 50% 감소 등의 국가 건설목표를 설정하여 추진함
- 미국의 GSA (General Services Administration)에서는 2006년 10월부터 모든 설계사들이 설계도면의 제출을 IFC기반의 BIM 모델로 제출할 것을 요구하고 있으며, 위스콘신주에서는 발주되는 총 공사비 500만 달러 이상인 프로젝트를 대상으로 BIM을 의무적으로 적용해야하는 “Guideline & Standard"를 발표함
- 미국 National BIM Standard (NBIMS) 제정: NIBS (National Institute of Building Science Project Committee)에서 국가표준인 NBIMS를 2007년 12월 제정한 이래로, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속화하고 있음
- 미국의 교량관련 정책은 미국 교통성(Department of Transportation) 산하 연방도로청(Federal Highway Administration)이 담당하고 있으며, 실무적인 연구기관은 Turner-Fairbank Highway Research Center에서 담당함

- 미국 연방도로청(FHWA)의 주요 정책은 안전성 향상, 교통혼잡 완화, 자동시공 극대화, 화물운송 효율 증대, 운송시설의 유기적 연결, 환경보호로 규정하고 있으며, 국내의 녹색성장 정책과 유사함

- SAFETEA-LU의 추진

  · FHWA의 SAFETEA-LU(safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act : A Legacy for Users)는 미국 SOC 분야의 최대 예산($2,440억)으로 도로, 도로안전 및 대중교통 분야에 반영함

- IBRC 프로그램

  · FHWA가 추진하고 있는 미국의 대표적인 교량 관련 프로그램인 IBRC(Innovative Bridge Research and Construction Program)는 1998년 제정된 교통형평법(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21)에 근거하여 교량의 건설 및 유지관리 비용과 시간을 줄이기 위한 6개년 사업이었는데 이 프로그램 종료 후에도 법 개정을 통하여 계속 추진되고 있음

  · Innovative Bridge Research and Construction(IBRC) 프로그램을 통해 교량 급속시공 기술, 신재료 등의 신기술 공법 적용 공사비를 지원하고 있음

- Highway for LIFE 프로그램

  · FHWA Highway for LIFE(Longer lasting, using Innovation, Fast construction, Efficient and safe highways and bridges) 프로그램은 미국 고속도로의 최대 현안인 노후화된 시설물과 증가하는 교통체증의 해결을 (150,000 교량의 1/4 노후, 40,000명/년 인명손실) 목표로 LIFE 라는 세부목표를 설정하여 기술개발, 시험시공, 적극적인 홍보와 지원 프로그램 개발, 기술교육, 관련 신기술의 상용화 그리고 관련 업계의 협력관계 구축 등의 활동을 수행하고 있음

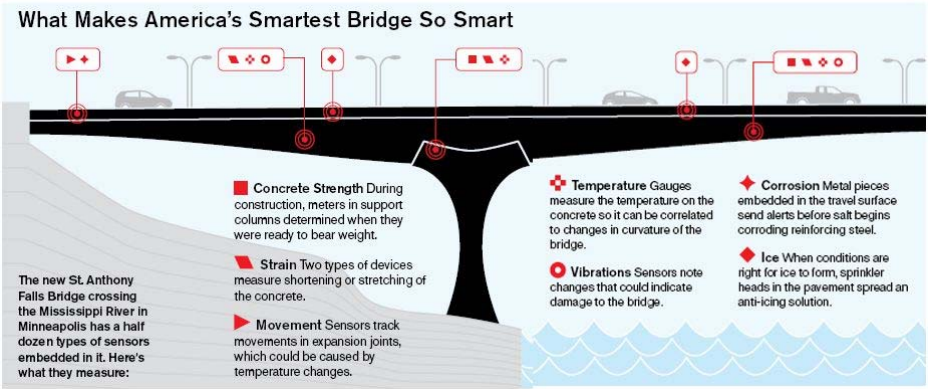
  · LIFE는 첨단신기술을 이용하여 첨단의 장수명 고속도로 구조물의 사회기반시설의 구축을 위해 고속도로 및 교량의 빠르고 효율적이며 안전한 시공을 실시하고, LIFE의 목표를 위해 안전성 개선, 교통정체 감소, 구조물의 품질향상을 세부 개선안으로 도출하였음

  · LIFE의 비젼 “Get in, Stay in, Get out, Stay out" 을 수립하고 공장부재를 활용한 급속시공 및 품질향상을 통한 장수명 최소 유지관리를 목적으로 함

- 구조물 분야에서는 “Prefabricated Bridge Elements and Systems" 프로그램을 운영하여 Prefabricated 부재의 활용을 적극 권장하여 FHWA 사업에 우선 검토함

  · FHWA에서는 SPMT를 이용한 교량의 이동과 가설을 적극지원

  · SPMT 매뉴얼, SPMT를 이용한 교량이동 가이드 마련



[그림 2-9] 신설된 미시시피강 교량

(나) 유럽연합

○ 유럽 통합 이전부터 EU를 중심으로 도로 등 교통시설에 대한 표준화 기술과 현장 응용기술을 다학적이고 다국적 연구진을 구성하여 체계적으로 수행하고 있는데, 교량의 경우 도로교통개발분야(Transport RTD Programme)에 포함되어 연구가 진행되고 있음

○ Strategic Energy Technology Plan (2008)

- 2020년까지 에너지 고효율 20% 제고, 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 사용
- 정책적 지원을 통해 조기에 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 지속가능한 건설, 바이오제품, 자원재활용, 재생가능 에너지 등을 선도시장을 선정

○ EU Transport의 비전 : Looking for Sustainable transfer

- 목표 : 시민과 물류의 빠르고 효율적이여 경제적 이동
- 교통분야에서의 CO2 발생은 EU 전체 발생량의 28%로 개선
- 국가 R&D 예산의 12%를 지속가능발전 분야에 투자(2002~2006, $17.5억)

○ 영국에서는 저탄소 지속가능 교통시스템 보고서를 통해, 온실가스 감축 및 기후변화에 대응하고 구조물의 장수명화를 도모하며, 환경 친화적인 구조물 건설을 추진하고 있음

○ 미래 세계건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해"사회기반시설 혁신전략"을 마련하여 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400억 유로 투자 계획을 수립함

○ BIM, IFC관련 정책

- 핀란드의 공공 부동산 관리(Senate Pro-perties)분야에 2007년 10월부터 BIM의 채택과 IFC 포맷으로 결과물 제출을 요구하고 있음
- 노르웨이에서는 IFC 기반의 Information Delivery Manual을 개발하여 활용하고 있으며, 2007년 1건을 시작으로 2008년 5건, 2009년 15건. 2010년 이후부터 모든 프로젝트에 BIM을 적용하는 "One, Five, Fiften, All" 계획을 발표함
- buildingSMART 독일 지부에서 2006년에 BIM/IFC User Guide 개발하여 BIM 프로그램

과 IFC 중립포맷을 사용하여 설계 전 과정에서 BIM 데이터를 교환하는 방법을 제공하고 있음

- 덴마크에서는 530만 유로 이상의 공공공사 분야에 2007년 1월부터 BIM의 채택과 IFC 포맷으로의 결과물 제출을 의무화하고 있음

(다) 일본

○ 일본은 동일본 대지진, 후쿠시마 원전사고 발생으로 당초 수립한 제4기 과학기술 기본계획(2011~2015)을 전면 재검토하고 있음.

- 이중에는 지능형 교량과 관련된 지진재해로부터의 부흥과 재생의 실현을 위한 분야도 포함되어 있음

○ 도심지 입체교차로 급속시공 사업

- 일본에서는 도시재생의 일환으로 교차로와 건널목을 입체화 시켜 정체를 해소하고 간접적인 경제효과와 지구환경 보전효과를 올리는 대책이 추진됨
- 국토교통성의 교통지체 대책사업의 추진으로 원활한 교통흐름 확보, 도시재생, 지역경제 활성화, 교통네트워크 구축 등 도시재생 사업의 일환으로 도시 교차로 입체화 급속시공에 관한 기술개발을 시행하고 있음
- '95~'96에 시공된 키타하나따 교차점 입체교차사업에 급속시공이 시범적용되어 약 2.5년이 소요되는 현장공기를 1년으로 단축하였음

○ 건설성 산하 JACIC는 건설산업에 IT 기술의 융합을 통하여 기존 기술 혁신 및 국제 경쟁력 강화 추진

(2) 과제 관련 국가별 주요 R&D 정책

(가) 미국

○ 미국에서는 IBRC(Innovative Bridge Research and Construction Program)에서 연간 약 157개의 프로젝트에 대하여 0.52억 달러의 연구비를 집행하고 있으며, 이는 교량의 보수, 보강, 교체, 그리고 신설 등과 관련한 연구를 포함하고 있음. 이 프로그램은 유지관리비용과 생애주기비용을 감소시키기 위하여 고성능 재료와 시공기법의 개발에 초점을 맞추고 있음

○ 미국내 교량의 급속시공 시 활용할 수 있는 대표적인 조직으로 ACTT (Accelerated Construction Technology Transfer) 가 있음

- AASHTO의 ACTT는 FHWA와 AASHTO의 Transportation Implementation Group(TIG) 협력체로 공사기간과 교통정체의 중요한 사항을 해결할 수 있는 협력체 구성하여 활동하고 있음
- 현재 미국의 50% 이상의 DOT가 ACTT 계획에 참여하고 있으며, ACTT는 2002년부터

2005년까지 21건의 워크샵을 개최한 실적이 있으며, 2006년에도 7건의 워크샵을 개최할 계획으로 있음

- ACTT의 워크샵은 1백만달러에서부터 2.5억달러의 예산을 갖는 프로젝트를 대상으로 실시되고 있으며, 30% 이상의 공기를 단축시키는 것을 목적으로 하고 있음

o 미국 연방도로청(FHWA)은 급속시공 및 신소재교량 관련 R&D를 수행함

- 미국 FHWA에서 수행한 프로젝트로 "Prefabricated Bridge Elements & Systems"가 있으며 연구개발과 함께 각 DOT 별로 활발한 적용을 선도하고 기술적인 개발 성과를 공유하려는 노력이 이루어지고 있음

- 미국 연방정부의 FHWA는 각 주 정부에서 고성능 재료, FRP 등 신소재를 교량에 활용하면 예산을 지원해주는 프로그램을 운용함으로써 신소재를 적용한 교량의 확대를 촉진하고 있으며, 교통연구위원회(TRB)의 연구개발프로그램인 NCHRP 등을 통해 연구비를 지원하고 있으며, ACI 전문위원회 등에서도 활발히 연구를 수행하고 있음

o 미국 NSF(National Science Foundation) 산하의 CMS는 IT 융합 가상 건설, 에너지 절감, 친환경, 지능형 건설 기술 개발 진행

o 미국을 비롯한 선진국의 경우 시설물 비파괴 검사 기술이 국가의 최첨단 기술의 하나로 분류되어 새로운 기술들이 중점 개발되고, 자국기술을 중심으로 국제표준을 통일시키기 위한 시험센터를 국가차원에서 육성하고 있음 (미국 Iowa State Univ. 의 NDE 센터, Johns Hopkins Univ의 Wwstinghouse를 비롯하여 일본과 유럽에 다수)

- 선진 각국은 비파괴검사 표준기반이 구축된 전문기관을 운영하고 있음(미국: ASNT, 캐나다: NRCan, 일본: JSNDI, 영국: BINDT 등)

o BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 미국의 주요 R&D 정책

- 미국 National BIM Standard (NBIMS) 제정: NIBS (National Institute of Building Science Project Committee)에서 국가표준인 NBIMS를 2007년 12월 제정한 이래로, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속화하고 있음

- 미국 OGC 활동: 미국 buildingSMART에서는 GIS분야의 국제표준화 컨소시움인 OGC (Open Geospatial Consortium)와 BIM 표준인 IFC의 연계 적용방안에 대한 연구를 수행하였음

(나) 일본

o 일본은 국토기술정책 종합연구소, 토목연구소, 건축연구소 등 정부 연구기관에서 국토건설과 관련된 연구를 주도적으로 수행하고 있음

- 일본 국토기술정책 종합연구소는 국토교통성 소속 연구소로, 주택 사회자본분야의 유일한 일본 내 연구기관으로 국토의 종합적 이용 활용에 관한 기술 및 정책연구를 담당하며, 교량 등 사회간접자본의 합리적인 유지관리 방안 및 교통난 해소를 위한 각종 정책과 해외시장 개척을 위한 국제표준에 부합하는 제도정비 등의 연구를 수행하고 있음

- 토목연구소는 국민생활 및 사회경제의 안정 등 공공의 이익에 부합되는 업무를 시행하고, 민간보다는 국가 중심의 시행이 필요한 분야에 대한 연구개발을 실시하는 것을 주 임무로 하여 입체교차로 공기단축기술을 민간기업과 공동으로 연구를 수행하고, 민간기업과 공동으로 급속시공 연구개발을 추진하였음(2002~2004)

o 일본의 급속시공 관련 기술은 이미 상당수 민간기업이 독자적인 기술을 보유하고 있는 상태로, 정부 기관에서는 이러한 공법의 장단점 분석을 통하여 입지여건에 가장 적합한 공법을 선정하는 연구를 실시하고 있음

o 일본 정부는 기술개발과 전략수립 등 제도에 주력하고 민간은 실질적 기술개발에 투자 국토교통성을 중심으로 공공사업 코스트 절감대책시행, 공사계획, 설계 및 발주 효율화, 규제완화 등을 추진

- 1988년부터 5년간 국가연구프로젝트인 "Technological Development of New Construction Material"을 추진하여 건설구조물에서 FRP 등의 활용에 대해 연구를 실시하였음

o BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 일본의 주요 R&D 정책

- 일본 SCADEC 프로젝트: 건설CALS 사업의 일환으로 2차원 CAD 데이터 교환표준을 제정하기 위한 프로젝트인 SCADEC(Standard Development for the CAD Data Exchange in the Japanese Construction Field)는 ISO STEP AP202의 서브셋이며, 도면 정보모델의 확장과 분야별 정보모델 개발을 위한 연구가 단계별로 구분되어 진행

(다) 유럽연합

o EU 제7차 Framework Program에서는 에너지, 기후변화를 포함한 환경 분야 등에 대한 내용이 포함되어 있음

o 유럽은 영국, 네덜란드, 스위스, 프랑스, 노르웨이 등 유럽 주요 국가들이 참여한 EUROCRETE 프로젝트를 통해 가혹 환경하에 놓인 구조물의 내구성 향상 등에 대한 연구를 수행했으며, CEB Task Group를 통해 다양한 연구가 수행되고 있음

o 독일 연방정부 차원에서 향후 10년간 추진할 연구개발 방향을 포함하고 있는 HTS-2020을 발표하였으며, 이중에는 지능형 교량과 관련된 나노기술, 광학기술, 정보통신기술 등이 포함되어 있음

- BASt(독일)는 독일연방고속도로와 연방국도의 건설 및 유지관리에 중요한 사항을 기술적-학술적 관점에서 연구를 수행하는 연방건설교통부의 부속기관으로 교량을 비롯한 토목구조물 및 도로의 건설과 유지관리 능력향상, 친환경적인 시공방법 등의 연구를 수행하고 있음

o BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 EU의 주요 R&D 정책

- EU(유럽공동체) COMBINE, COMBI 프로젝트: STEP을 이용하여 통합 건물 설계 시스템을 개발하기위해 수행된 프로젝트(최창근 등, 2006). EuroSTEP이나 STAND-INN 프로젝

트 등을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 동일 라이브러리의 생성 방안 등을 유럽 여러 나라가 참여하는 프로젝트 형식의 연구를 수행함

- 핀란드 buildingSMART: HUT-600 (Helsinki University of Technology Auitorium Hall 600)프로젝트를 통해 17개월 동안 설계와 시공을 동시에 진행하면서 IFC의 적용 여부를 시험함
- 노르웨이 buildingSMART: 빌딩 건설시 각 프로세스와 IFC 모델을 연결하는 방법 제시하고 있음
- 독일 buildingSMART: IFC를 사용하여 분야간 데이터 호환성을 확보를 통한 설계단계부터 시공단계를 거쳐 CAFM에 전달하기까지의 전 과정에서 생성된 정보의 통합 관리방안을 제시함

[표 2-3] 해외 주요 국가들의 지능형 친환경교량 관련기술개발 추진체계

분 야	미 국	일 본	EU
급속 시공 분야	· FHWA(미국 연방도로청)가 주관이 되어 AASHTO와 DOT가 연계되어 기술개발을 추진 · FHWA에서는 조립식 교량을, AASHTO 에서는 공기단축형 급속 시공을 주도적으로 연구 · 각 지방 DOT에서는 공기 단축형 입찰을 통하여 기술개발을 지원	· 국토교통성 산하 국토기술정책종합연구소가 각종 도로 및 교통 정책과 관련 연구를 수행하며, 토목연구소에서 기술적인 연구를 수행	· EU 각 국가별 추진
신소재 교량 분야	· 교통부 산하 FHWA가 주도하며, 교량연구개발의 경우 교통연구위원회(Transportation Research Board)에서 조정자 역할을 담당	· 국토교통성, 일본 토목연구소에서 추진	· EU 각 국가별 추진
지능형 교량 분야	· 연방정부 차원에서의 추진 및 각 주별 DOT를 통한 추진	· 국토교통성에서 추진	· EU 각 국가별로 추진
BIM 분야	· NIBS, CEC 등 정부 및 공공기관과 대학 연구소(IFC, XML연구)	· JACIC(일본건설정보종합센터) 등 공공기관과 대학 연구소(IFC-Bridge, STEP 연구)	· 유럽의 표준화 연구는 시스템 개발을 위한 Project 형식으로 수행(IFC, IFC-Infra, STEP 연구) · (핀란드)buildingSMART, Senate Properties, VTT 등 민간 전문가 단체, 정부기관, 대학 연구소 및 대형건설사(IFC, STEP 연구) · (노르웨이) buildingSMART, SINTEF building an infrastructure 등 민간 전문가단체 및 정부기관(IFC 연구) · (독일) 정부 및 대학연구소, 민간 단체(IFC, STEP, CityGML)연구

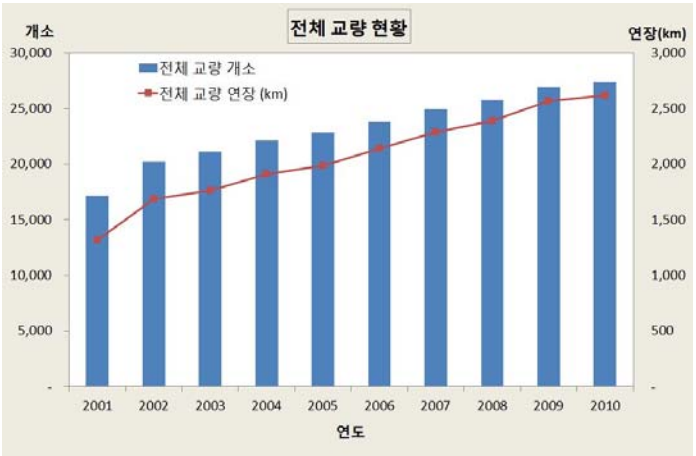
2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

(1) 분야별 국내 시장 규모 및 전망

(가) 교량 급속시공 분야

- 국내 도로교 신축시장은 매년 지속적으로 증가 추세임
  - 연평균 교량 개소수는 1,136개소(5.4%), 연장은 144km(8.2%) 증가함
  - 전체 교량 중, 급속시공이 필요할 것으로 예상되는 서울과 각 광역시 교량은 전체 도로교 연장대비 약 20%, 수도권인 경기도 소재 교량은 약 15% 이며, 대도시와 경기도 소재를 제외한 고속국도 비율은 약 27% 임(2011년 도로교량 및 터널현황조서, 국토해양부)
- 국내 도로교는 공용수명 30년 이상이 1,999개소, 성능개선이 필요한 DB-18 이하 교량이 6,692개소로 향후 노후화 및 성능개선에 따른 부분교체와 개축 수요가 꾸준히 증가할 것임
- 철도교는 전체 2,793개소, 총연장 356km로 도로교에 비해 절대적으로 적으나, 최근 고속철도, 도시철도 등의 확충으로 신규건설 수요가 많고 40년 이상 노후화된 교량이 전체의 약 40%에 달해 교체 수요가 많음



[그림 2-10] 도로교 시장현황 (국토해양부 2011 도로교량 및 터널현황)

[표 2-4] 행정구역별 교량 연장 현황(2011년 도로교량 및 터널현황, 국토해양부)

구분	총계	고속국도	일반국도				특별, 광역시도	국가지원지방도	지방도	시도	군도	구도
			소계	국토부관리		지자체관리						
				직접	위임							
계	2,618.4	1,057.8	616.4	478.7	49.4	88.4	258.9	92.6	197.8	176.0	196.8	22.1
서울특별시	144.4	12.9	12.3	-	-	12.3	118.1	-	-	-	-	1.1
부산광역시	92.7	23.9	2.6	0.4	-	2.1	59.9	1.3	-	-	0.8	4.3
대구광역시	56.5	30.1	2.0	1.5	-	0.5	18.8	0.9	-	-	1.5	3.3
인천광역시	82.6	64.5	0.9	0.8	-	0.1	12.5	1.3	-	-	2.4	1.0
광주광역시	40.1	7.2	4.7	-	-	4.7	21.7	1.0	-	-	-	5.5
대전광역시	46.8	22.6	2.3	-	-	2.3	17.7	-	-	-	-	4.2
울산광역시	40.5	9.6	13.3	9.6	-	3.7	10.2	0.1	-	-	4.5	2.7
경기도	391.1	170.5	86.6	64.4	3.5	18.6	-	25.6	29.4	68.7	10.3	-
강원도	283.9	105.0	96.8	85.8	6.4	4.5	-	8.6	22.6	15.0	35.9	-
충청북도	180.7	77.9	47.5	36.1	5.9	5.5	-	6.2	18.8	8.3	22.0	-
충청남도	264.4	147.4	57.8	47.0	7.4	3.3	-	7.3	22.2	12.5	17.2	-
전라북도	215.5	89.4	65.7	54.2	4.9	6.6	-	7.7	22.4	9.7	20.7	-
전라남도	174.5	54.8	67.3	56.1	6.9	4.2	-	3.6	19.8	7.0	22.0	-
경상북도	339.5	134.9	96.5	78.3	9.1	9.1	-	15.0	32.4	17.4	43.3	-
경상남도	255.3	106.9	60.2	44.5	5.1	10.6	-	13.9	25.3	33.5	15.5	-
제주도	9.9	-	-	-	-	-	-	0.2	5.1	4.1	0.6	-

[표 2-5] 공용연수별 철도 교량 현황(2010년도 철도업무편람)

구 분	10년미만	10~20년	20~30년	30~40년	40~50년	50년이상	계
개 소	773	297	382	235	213	893	2,793
연장(㎞)	207.069	51.242	28.244	14.636	9.340	45.469	356
개소수 구성비(%)	27.7	10.6	13.7	8.4	7.6	32.0	100

○ 급속시공분야는 급속교체기술, 조립식급속시공기술, 일괄급속시공기술, 해체기술로 분류하였으나 전체 교량시장을 크게 신설분야와 교체분야로 분류하게 되면, 신설교량 급속시공 시장은 전체 신설 교량시장의 약 27%, 급속교체 시장은 전체 교체 교량시장의 약 50% 라고 가정할 수 있음

- 전국 도로교 중 서울 및 각 광역시 소재 교량과 경기도 소재 교량(경기도 교량은 50% 만 도심지 교량으로 분류)을 합하면 전체 교량 연장 대비 약 27% 가 되며, 이 비율을 급속 신설교량시장으로 가정함

- 도로교 교체 시장은 특별광역시와 경기도 교량뿐 만 아니라, 고속국도 교량을 포함하여

시장 비율을 산정하여, 전체 교체 시장 중 약 50% 를 급속교체 시장으로 가정함

- 철도교는 도심지 구분이 없어, 신설 철도교의 급속시공 시장 비율은 도로교와 같이 27% 로 가정하고, 철도교의 교체는 모든 철도교가 철도 운행 정지 시간 중 현장공사를 진행하여야 하기 때문에 급속교체 시장은 모든 시장으로 설정함

o 신설교량 분야

- 국내 도로교는 2001년 이후 연평균 144km(8.2%) 씩 증가하고 있으나, 향후에는 이와 같은 급격한 증가는 나타나지 않을 것으로 판단되어져, 과거 10년간 연평균 증가율의 30% 만 신설하는 것으로 가정하고 신설 도로교 시장을 전망함

- 철도 프로젝트는 서울-춘천간 KTX 등 전국적인 KTX 서비스망 구축, 간선철도 고속화 사업 및 남북횡단철도 구축사업과 현재 40% 미만인 복선화율을 고려하면 향후 비약적인 증가가 예상되어지나, 보수적인 시장규모 산정을 위하여 최근 10년간의 연평균 증가율만 고려하여 시장규모를 전망함

- 도로교의 최근 10년간 연평균 증가율은 8.2%로 향후에는 이의 30% 인 2.5%가 매년 증가하고 이 중 27% 를 급속시공 시장으로 가정하면, 본 연구가 종료되는 2017년도에는 13.9km 정도의 교량이 급속시공으로 건설될 것으로 예상되어지며, 왕복 4차선(24.8m)를 기준으로 건설단가는 2007~2009년 고속도로 교량형식별 설계단가 평균치(2.4백만원/m2)로 산정함

- 철도교는 최근 10년간 연평균 증가율인 6.5%가 매년 증가하고 이 중 27% 가 급속시공으로 건설된다고 가정하면 2017년도에는 9.6km 정도의 철도교량이 급속시공으로 건설되어지며, 일반철도 지간장 40m PSC 박스교의 평균 건설단가(28백만원/m)를 기준으로 시장규모를 산출함

[표 2-6] 국내 신설교량 급속시공 시장전망

구분		2017	2018	2019	2020	2021	비고
도로교	신축연장(km)	13.9	14.2	14.6	15.0	15.3	
	공사비(억원)	8,259	8,470	8,678	8,902	9,113	
	연간증가율(%)		2.5	2.5	2.5	2.5	
철도교	신축연장(km)	9.6	10.3	10.9	11.6	12.4	
	공사비(억원)	2,688	2,884	3,052	3,248	3,472	
	연간증가율(%)		6.5	6.5	6.5	6.5	
계(억원)		10,947	11,354	11,730	12,150	12,585	

o 교체교량 분야

- 도로교 교체는 공용기간이 40년을 넘는 교량을 기준으로 매년 8.2% (2001~2010년 교량증가율)씩 증가하고 이 중 급속교체가 필요한 시장은 전체의 50% 로 가정하고, 산출방법은 신설 도로교에서의 방법과 동일함

- 도로교는 1990년대 이후에 건설된 연장 비율이 전체의 85%를 상회하고 있어, 도로교 교

체는 1990년대에 지어진 교량의 공용기간이 40년이 넘는 2030년대에 기하급수적으로 증가할 것으로 예상됨

- 철도교는 40년 이상 된 교량을 2017년부터 5년 내에 전부 교체하고 매년 5% 씩 증가할 것으로 가정한 후 교체비용을 산출하였으며, 산출방법은 실설 철도교에서의 방법과 동일함
- 연구가 끝나는 2017년의 도로교 및 철도교의 국내시장 규모를 검토한 결과, 신설교량 시장은 1.0조원, 교체교량 시장은 1.3조원을 상회하는 것으로 나타남

[표 2-7] 국내 교량 급속교체 시장전망

구분		2017	2018	2019	2020	2021	비고
도로교	신축연장(km)	17.8	19.3	20.9	22.6	24.4	
	공사비(억원)	10,624	11,487	12,439	13,451	14,552	
	연간증가율(%)		8.2	8.2	8.2	8.2	
철도교	신축연장(km)	9.92	10.42	10.94	11.48	12.06	
	공사비(억원)	2,778	2,918	3,063	3,214	3,377	
	연간증가율(%)		5.0	5.0	5.0	5.0	
계(억원)		13,402	14,405	15,502	16,665	17,929	

(나) 신소재 교량 분야

- 우리나라 도로교량총수는 2010년 말 현재 27,381개로 매년 1,000개 정도의 교량이 신설되고 있음
- 교량수주액은 2008년 기준으로 4조 9,000억(도로교 4조, 철도교 9,000억)이며, 이는 2000년에 비해 거의 100% 증가된 금액이며, 연평균 10% 성장되었음
- 이 같은 추세는 향후에도 당분간 지속될 것으로 예상되지만 많은 도로들이 신설되었던 점을 감안할 때 이 증가세는 둔화될 것으로 예측됨

[표 2-8] 국내 교량수주액

구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
교량수주액(억원)	24,919	25,582	28,819	35,143	32,056	43,271	35,394	39,751	48,865	-	-
교량수주액 연간 증가율(%)	1,1	2.7	12.7	21.9	-8.8	35.0	-18.2	12.3	22.9	-	-
교량총수(도로교)	16,117	17,150	20,219	21,117	21,906	22,871	23,805	24,923	25,792	26,920	27,381
교량증가수(도로교)	502	1,033	3,069	898	789	965	934	1,118	869	1,128	461

주) 통계청 발간 『건설업조사보고서』 참조 (도로교량과 철도교량 수주액 기준)
국토해양부 발간 『교량현황조서』 참조

o 우리나라 도로교량 수주액은 2008년 기준으로 4조원. 2000년부터 2008년까지 도로교 수주액은 연평균 7.8% 성장하였으나, 2009년 이후부터는 5% 성장하는 것으로 가정하면 국내 도로교량의 수주액은 아래 표와 같으며, 최근 급속히 팽창하는 철도교량을 포함하면 시장규모는 더욱 커질 것으로 예상됨

[표 2-9] 국내 예상 교량수주액

구분	2016	2017	2018	2019	2020	비고
도로교량 수주액 (억원)	59,139	62,096	65,201	68,461	71,884	※시장변동 요인기술
연간 증가율 (%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	

o 신소재가 적용될 교량시장을 전체 시장의 5 ~ 10% 라고 가정하면 2016년에는 3,000 ~ 6,000억원, 2020년에는 3,600 ~ 7,200억원 정도일 것으로 추정됨

※ 추정근거 : 미국의 경우 전체 교량용 강재의 10% 정도가 고성능 강재로 대체되어 사용된 것으로 파악되어 고성능 재료 사용량 최대 10%, 최소 5%로 가정함. (곽석환, 윤태양, 박찬희, "교량용 고성능강의 고속도로 교량 적용", 한국강구조학회지, 22(1), pp. 7-13, 2010)

(다) 지능형 교량 분야

o 건설 IT융합 국내시장은 2010년 약 36조원에서 2015년 73조원에 도달할 전망. 2010년 기준 2015년의 예상 시장규모를 환산하면, 연평균 증가율은 약 15.3%에 해당하며, 이를 기준으로 2020년의 시장규모는 약 148조원에 달할 수 있음 (한국건설기술연구원, 2007)

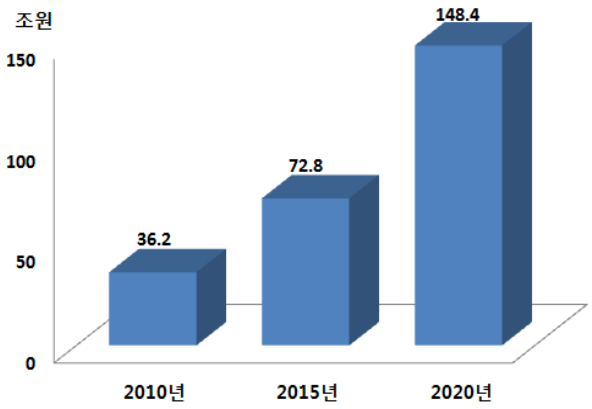
o 건설 IT 융합분야중 지능형 교량의 필수요건인 스마트센싱, RFID, USN, 광센서시스템 등 주요 분야의 비중을 전체 시장에서 약 5% 수준으로 가정할 때, 2010년 1.8조원에서 2015년에는 약 3.7조원에 이를 것으로 예상됨

o 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지절감 및 친환경 · 신소재 등 기존의 건설 산업과 IT기술의 결합을 통한 고부가가치 시장의 성장 전망

o 세종도시, 혁신도시 등 약 40개 지자체(50여개 지구)에서 첨단도시 건설을 활발하게 추진 중. 우리나라는 세계적으로 u-City를 선도하고 있으며 건설-IT융합시장은 향후 지속적인 성장 기대

o 건설-IT융합산업은 저비용고효율, 에너지절약, 설계/시공/유지관리 자동화, 지능화의 건설 IT응용 시장으로 발전

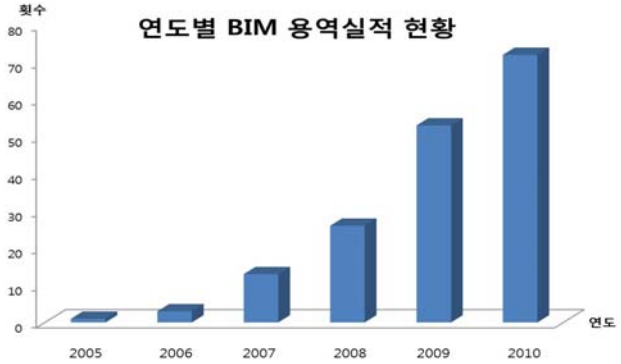
o 스마트 SOC의 신성장동력 산업 육성효과를 분석한 자료(SOC투자의 신조류, 스마트 SOC, SERI, 2009.03)에 따르면 스마트 교통부문은 2009년 기준으로 사회적 편익이 11.8조원, 신성장산업 육성효과 34.2조원, 고용유발계수 13.9로 대중화 시기는 3년 이내일 것으로 예상



[그림 2-11] 건설 IT융합산업 시장규모

(라) BIM 분야

- BIM이 알려지기 시작하면서부터 건설사, 설계사, 건설 IT 회사 등의 BIM 용역수행이 꾸준히 증가하고 있음
- 2005년에 1건을 시작으로 하여 국내에 BIM이 본격적으로 도입된 시점인 2008년 26건, 2010년에는 72건으로 2005년도 대비 720% 2008년도 대비 약 280% 상승하였음(그림 2-12 참조)
- 공공발주의 경우 2008년 3건 국방부 발주를 제외한 총금액 약 3,200억원, 2009년 4건 총금액 약 6,600억원, 2010년 5건 총금액 9,336억 원으로 해마다 상승하고 있음
- 2010년 BIM용역 실적 72건 대비 9,336억의 공공발주금액을 기준으로 프로젝트 증가 추이를 비교하면 2018년 BIM공공발주는 3,257건으로 총금액은422,324억으로 증가할 것으로 전망됨 (그림 2-13 참조)
- 교량 BIM은 설계단계 뿐만 아니라 시공 및 유지관리단계에 모두 활용되며, 노후교량 교체와 신설교량확충의 수요에 대비하여 BIM시장 또한 활성화 될 것으로 전망됨



[그림 2-12] 연도별 BIM 용역 실적 현황(* 출처 : 빌딩스마트코리아, 2011)



[그림 2-13] 한국과 미국의 BIM 프로젝트 증가 추이(이강 2011)

(2) 세부 시장별 현황 및 전망

(가) 교량 급속시공 분야

○ 급속교체기술 시장

- 2010년 12월 기준, 전체 도로 교량 대비 DB-18 등급 이하 교량이 24%, 공용연수 40년 이상 교량이 2,230개소로 전체의 8% 로 교량 성능개선과 개축 수요가 지속적으로 있을 것이며, 특히 공용연수 10년에서 20년인 교량이 전체의 37% 를 넘어, 향후 20년 후에는 급격한 교체 시장이 형성될 것으로 예상됨
- 개축 교량 중 약 50% 이상은 고속국도 및 도심지 교량으로 파악되어 교통정체 해소를 위한 급속교체 기술 개발이 필요하고 급속교체 시장 규모도 꾸준히 증가할 것임
- 철도교는 전체 교량 중 약 50% 가 공용연수 40년 이상 교량이 전체의 40% 이상으로 교체시장 수요가 풍부하고, 교체시 철도 운행에 지장을 주지 않아야 하기 때문에 철도교량 교체 시장은 100% 급속교체를 필요로 하는 시장으로 판단됨

○ 조립식 급속시공기술 시장

- 신설 도로교 전체 시장은 과거와 같이 급격한 증가는 발생하지 않을 것으로 예상되나, 급속시공을 필요로 하는 도심지 지역은 교통난 해소를 위하여 꾸준한 도로망 확충이 예상되며, 급속시공 공법 개발과 급속시공에 따른 인센티브 제공 등 제반 여건이 성숙되면 거의 대부분의 도심지 공사가 급속시공 시장이 될 것으로 예상됨
- 철도교는 고속철도, 도시철도 등의 확충과 일반철도의 복선화율이 40% 미만으로 신규 건설 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

○ 일괄급속시공기술 시장

- 일괄급속시공기술은 신설교량 및 교체교량 모두에 적용할 수 있는 공법으로, 적용 시장도 신설교량과 교체교량 시장 모두를 포함하고 있음
- 특히, 열차 운행에 지장을 주지 않기 위해서 KTX 교량을 포함한 모든 철도교가 대상 시장이 될 수 있으며, 하부에 철도나 도로가 교행하는 도로교의 신설 및 교체 교량이 주요 시장일 것으로 판단됨

○ 급속해체기술 시장

- 해체기술의 전체 시장은 현재 약 2조원 규모로 이 중 대부분은 건축물 해체이며 교량 해체 시장은 정확한 규모를 파악하기 어려우나, 교량 해체 시장은 교량 교체 시장과 동일한 비율로 성장할 것으로 추정할 수 있음
- 친환경 급속교량 해체의 원천 기술은 건축물 해체에도 적용할 수 있으므로 본 연구의 연구성과를 활용하면 건축물 해체 시장에도 진입할 수 있을 것으로 예상됨

(나) 신소재 교량 분야

○ 우리나라 교량총수는 2010년 말 현재 27,381개로 교량식별분포를 살펴보면 다음과 같음

- 전체 교량의 재료별 분포를 살펴보면 콘크리트교가 21,872개 (80.0%), 강교 4,003개 (14.6%), 강합성교 978개(3.6%)로 콘크리트교가 압도적 다수를 차지하고 있음

[표 2-10] 국내 교량형식별 분포 (2010. 12. 31 기준)

교량 구분	교 량 형 식					합계
콘크리트교 (21,872)	RC교	RC슬래브교	RC중공 슬래브교	RCT형교	RC상자형교	9,601
		8,455	233	779	134	
	PSC교	PSCI형교	PSC상 자형교	PSC슬래브교	PSC중공 슬래브교	5,889
		4,817	618	405	49	
	라멘교	6,382				6,382
강교 (4,003)	강상자형교	강판형교	강I형교		트러스교	4,003
	3,510	281	198		14	
강합성교 (978)	프리플렉스형교	978				978
기타 (528)	아치교	139				139
	사장교	24				24
	현수교	5				5
	목교	5				5
	엑스트라도즈드교	6				6
	기타	349				349
합 계 (27,381)						27,381

○ 콘크리트 교량 슬림/장수명화 시장

- 국내에서 콘크리트 교량의 비율을 80%에 이를 정도로 점유 비율이 압도적이며, 강합성 교량을 포함할 경우 90% 이상을 점유하는 것으로 파악되고 있음
- 콘크리트 교량에 대한 시장의 니즈는 주로 PSC 교량 분야이며 저비용, 장수명, 장지간 PSC 교량에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있는 상황이므로 향후에도 이 분야에서

많은 기술들이 개발될 것으로 예상함

- 그러나 PSC I형교 분야에서는 많은 기술들이 개발되어 치열한 경쟁 상태에 있기 때문에 기존 기술을 월등히 능가하는 새로운 기술이 개발되지 않으면 시장에서 도태될 가능성이 큼

o 강 교량 슬림/장수명화 시장

- 국내에서 강 교량의 비율을 약 15% 내외(일부 강합성교 포함)로 콘크리트 교량에 비해 열위에 있음
- 따라서 순수 강 교량분야에서 기술개발은 많지 않으며, 대부분 콘크리트와 합성을 전제로 한 강합성 분야에 대한 기술개발이 많은 것이 현실임

o 합성 교량 슬림/장수명화 시장

- 강합성 교량에 대한 니즈는 지속적으로 증가될 것으로 예상됨
- 강합성 교량은 콘크리트와 강재의 재료적 특성을 가장 잘 조합한 교량형식이고, 최근 고성능 콘크리트 및 고성능 강재의 개발이 활발히 이루어져 이들 두 고성능 재료를 조합한 초장지간, 초슬림 합성 교량이 활발히 개발될 것으로 전망됨

o 하부구조 슬림/장수명화 시장

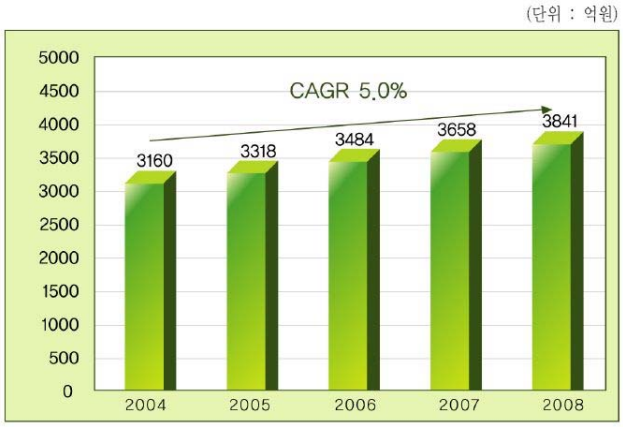
- 교량 하부구조에 대한 기술개발은 상부구조에 비해 많지 않으며, 현재까지 시장의 큰 관심을 받지 못하고 있음
- 일부 업체에서 프리캐스트콘크리트를 이용한 하부구조 급속시공 기술 등을 개발하고 이를 일부 실용화시킨 예가 있음
- 하부구조 슬림화 및 장수명화과 관련된 시장의 니즈는 현재까지 많지 않아 보이지만 전체 공사비에서 하부구조가 차지하는 비율이 적지 않다는 것으로 볼 때 머지않은 장래에 다양한 기술들이 개발될 것으로 예상함

(다) 지능형 교량 분야

o 교량 유지보수의 중요성이 증가되면서 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술 분야가 지능형교량 분야 중 가장 큰 시장을 보유하고 있는 것으로 판단되며, 이에 대한 수요 또한 증가하고 있는 상황이므로 앞으로도 많은 기술개발이 예상됨

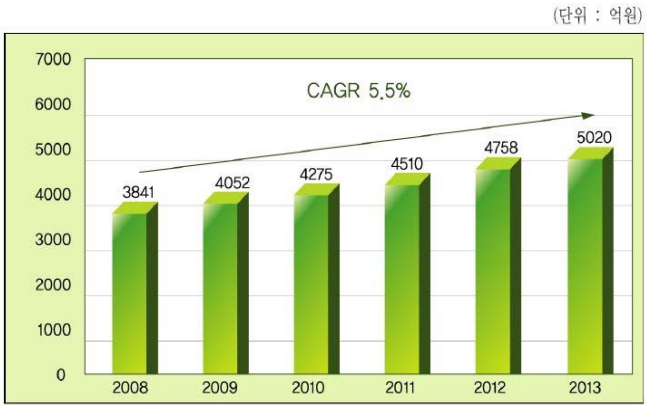
o 비파괴검사기술 시장

- 국내 비파괴검사 장비 판매회사, 제조회사, 전문검사업체 등을 포함하여 국내에 약 123개 회사가 있는 것으로 파악되며, 매출규모는 3,160억원 규모인 것으로 파악됨
- 수입에 의존하지 않고 자체적으로 장비제작 및 판매를 취급하는 곳은 전체 123개 중 23개에 불과한 것으로 조사됨
- 업계 전문가 인터뷰를 통한 연평균 성장률 추정 등을 통하여 2008년 국내 비파괴검사 시장 규모 및 검사방법별 비율을 추정한 결과는 다음 그림과 같음



[그림 2-14] 국내 비파괴검사 시장 규모

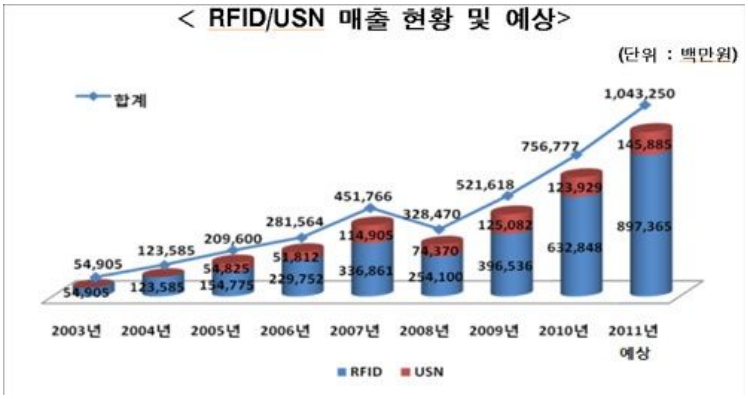
- 국내 관련 업계 전문가의 의견을 반영하면, 향후 비파괴검사 시장의 연평균 성장률은 5.5%로 전망되며, 이를 적용하여 향후 국내 시장 규모를 추정하면 다음 그림과 같음



[그림 2-15] 국내 비파괴 검사 시장 예측

○ RFID, USN 시장

- 건설 산업에서 IT가 차지하는 비중이 점차 확대되고 부가가치 제고 수단으로 IT 중요성 증가 (건설-IT융합 기획보고서, 2008)
- 건설구조물의 노후와 상시모니터링의 요구에 의해 무선센싱기술력 향상에 힘입어 유비쿼터스에 대한 관심 증가로 RFID, ZigBee 등의 국내시장규모는 향상
- UWB기술은 새로운 프로토콜 제정(IEEE802.15.4a)으로 태동기이며, 국내의 USN기술은 주로 RFID가 주도
- 국내 RFID 시장은 연평균 41.8%, USN 시장은 연평균 17.7% 성장세로 2010년 시장규모는 7천 500억원 가량 기록



[그림 2-16] 한국RFID/USN융합협회의 " RFID/USN관련 산업동향 " 보고서

- 건설 IT 융합 산업에서 구조물의 안전성 평가 기술은 2010년 한국건설협회에서 발간한 건설시장 환경변화와 전망에서 우리나라 건축구조물의 시장규모가 약 80조원 정도가 될 것으로 전망했으며, 일반적으로 구조물 건전도 모니터링 시스템은 총 건설비의 1~2% 내외로 설치되므로, 구조물 안전성 평가 기술의 시장규모는 8,000억~16,000억 정도의 규모로 예측됨

(라) BIM 분야

ㅇ BIM 교량 설계, 시공, 유지관리 기술 시장

- 정부는 4대강사업의 입찰안내서에 실시설계 적격자의 요건으로 공정과 연계한 3차원설계와 시뮬레이션 및 사업관리를 하도록 명시함으로써 BIM도입을 통한 BIM시장 활성화가 예상됨
- 조달청에서는 2012년부터 500억 원 이상 공공발주 프로젝트에 BIM 적용이 의무화할 예정이고, 한국도로공사 등의 3D설계지침 구성 등으로 토목분야 대표적 공종인 교량시공분야의 BIM 적용은 확대될 것으로 예상됨
- BIM을 적용한 건설사를 대상의 설문조사에 따르면, 2008년 간섭검토만이 거의 이용되었으나, 2010년대에는 간섭검토이외에 공정관리, 견적산출, 도면생성, 구조해석의 기능이 활발히 활용되고 있는 것으로 조사됨.
- BIM 비용 데이터를 자동으로 생성할 수 있으며, 생애주기 비용 산출에 있어 이해를 증진시키고, 프로젝트의 전체 프로세스 효율을 향상시킴
- 이러한 장점으로 인하여 시간 절약 및 경제적 효과를 보고 있음.

[표 2-11] BIM 적용을 통한 경제적 효과

프로젝트명	국가	예상비용	실제비용	절감비용	예상공기	실제공기	단축공기
Ocean City	U.S.A	17,000,000	16,739 ,300	260,700	-	-	-
Armory Community Center	U.S.A	3,355,660	2,355,660	1,000,000	-	-	-
Camino	U.S.A	94,500,000	93,300,000	1,200,000	42개월	36개월	6개월
올림픽수영장	중국	1,250,000	500,000	750,000	15개월 (엔지니어링)	7개월 (엔지니어링)	8개월
Roche	영국	50,000,000	42000000	8,000,000	100일 (도면화작업)	12일 (도면화작업)	88일

* 출처 : CIFE, 2007

- 교량의 경우 2009년 8월 기준으로, 1990년대 이후 지어진 구조물의 비중이 80% 이상임
- 세부적으로 검토하면 구조물 경과년수가 15년이 안 된 경우가 도로교량 54.1%, 철도교량 54.2% 등으로 이는 향후 중/장기적으로 교량에 대한 유지관리 수요가 더 빠르게 성장할 것으로 예측
- 현재로서는 2020년을 전후해서 1990년대, 2000년대에 급증한 교량 시설물의 유지관리 수요가 매우 빠른 속도로 증가 예상

ㅇ 교량 정보모델을 위한 표준 요소기술 시장

- 조달청(2010) 및 국토해양부(2010)에서 발간한 BIM 가이드라인에서 제출포맷을 IFC로 공고함에 따라 , 향후 대부분의 BIM 용역수행에 있어서 IFC 포맷 파일이 최종모델로 제출될 것으로 예상됨에 따라, IFC를 기반으로 하는 BIM표준의 지속적인 기반구축이 요구되며 이에따른 시장니즈가 발생할 것으로 예상
- 재료·부품의 규격, 특성, 기술적 성능, 공법, 적용사례 등 설계자료에 대한 데이터베이스 구축 및 웹 기반 정보공유시스템 개발 및 설계관련 컴퓨터 프로그램(CAD)과의 호환성 확보 방안 수립

ㅇ BIM기반 교량 응용 및 연계기술 시장

- 토목공사의 생애주기에서 단계별 업무에 따라 발생하는 설계전자도구의 문제, 시공 시 발생하는 문제, 토목공사 정보 시각화의 문제 등을 해결하기 위하여 앞으로 토목분야에서도 BIM 적용이 활성화 될 것으로 예상 됨
- 인천대교 및 두바이 교량 프로젝트 등에 3D 기반의 DMU(Digital Mock-up)가 적용된 부분적 BIM 설계를 시범적으로 도입하여 공종간섭 및 시공성 검증에 효과를 확인하고 있음

ㅇ 교량 Green BIM 시장

- 정부는 2012년 이후 녹색에너지 산업의 성장으로 인하여 본격적으로 확대되면서 국가 경쟁력을 가질 것으로 전망, 이제 녹색성장의 주요사업을 4대강 살리기 및 주변정비, 녹색

교통망 구축, 대체 수자원 확보 및 친환경 중소댐 건설을 제안하고 있으므로 이러한 사업에 대한 Green BIM 시장 확보가 가능함

(3) 국외 시장 규모 및 전망

(가) 교량 급속시공 분야

- 사회가 발전하고 인프라 시설이 증가하면서 도심지역에서는 새로운 교량 구조물의 시공이나 기존 구조물의 교체 등이 상당히 기술적으로 복잡할뿐 만 아니라 부가적인 환경문제, 민원문제와 서로 연결되어 있음
- 선진국에서는 우리보다 일찍 건설환경의 변화가 일어나서 이에 대처하기 위해서 다양한 형태의 신속교체 및 급속시공의 개발 및 적용이 이루어졌음
- 미국에서는 노후교량 개선을 위하여 2004년도에 $105억/년 (AASHTO, 2004)이 소요되었으며, 노후교량의 보수 및 개선을 위하여 $170억/년 규모의 예산이 지속적으로 요구되는 것으로 조사되고, 일본은 20년 후에는 전체 교량의 50% 이상의 교량이 공용연수 50년을 넘는 등 대부분의 선진국에서는 교량의 교체 및 유지보수 수요가 급속히 증가할 것으로 추정됨
- 외국의 경우 직접비 외에 눈에 보이지 않는 사회적 손실비용까지 고려하여 공사비를 산정하기 때문에 공사기간을 단축 할 수 있는 교량 신속교체기술 관련 시장은 지속적으로 성장할 것으로 보임
- 우리보다 건설기술이 떨어지는 개발도상국에서는 사회간접시설 확충에 국가예산을 많이 사용하고 있어 시장성이 우수함
- 개발도상국은 교량 교체 보다는 신설교량 시장이 증가할 것으로 예상되며 대도시 주변은 만성적인 교통정체가 일어나는 곳이 많아, 이러한 도시지역의 신규 건설 시장 진출을 위해서는 급속시공 기술 개발이 필요함

(나) 신소재 교량 분야

- 고성능 콘크리트, 고성능 강재, FRP 등을 활용한 국외 교량시장은 100~200억 달러에 이를 것으로 추산됨
- 전 세계적으로 교량의 설계수명을 늘려가는 추세이고, 고품질의 교량에 대한 요구가 높아지고 있기 때문에 향후 해외의 신소재를 활용한 교량시장의 규모는 비약적으로 증가될 것으로 예상함

(다) 지능형 교량 분야

- 전 산업에 활용되고 있는 RFID/USN 세계시장은 특히 유통, 물류분야의 성장에 힘입어 2008년 약103억 달러에서 2018년에는 1,275달러 정도에 이를 것으로 전망되며, 기기시장의 경우, 2008년 약60억 달러에서 2018년에는 약 429억 달러에 이를것으로 전망됨
- 한국건설산업연구원은 구조물 안전성 평가 기술의 세계시장규모를 4조 5천억$로 전망하고 있으며, 이에 따라 붕괴에 대한 구조물의 안전성 평가 시스템은 약 400억~600억$의 시장 규모를 가질 것으로 예상됨
- 서비스(소프트웨어 포함) 시장의 경우에는 2008년 약 43억 달러에서 2018년에는 846억 달러에 이를 것으로 전망되어 기기 시장보다 서비스 시장이 훨씬 더 커질 것으로 예측됨
- 올해 글로벌 RFID 미들웨어 시장은 작년보다 50% 이상 성장할 것이라는 전망도고 있으며, 시장조사기관인 VDC는 보고서를 통해 작년 미들웨어 시장 규모를 3,700만 달러 규모로 파악하고 있으며, 오는 2011년까지 매년 58% 이상씩 성장할 것으로 예측하고 있음
- SHM 비용은 센서, 케이블, 서버, s/w 비용으로 구성되어 있으며, 이중 케이블 비용이 전체 비용의 30% 가량 차지함
- 무선 센서를 적용할 경우 케이블 비용이 최소화 되며 무선 통신 모듈 비용이 추가 되지만 유선기반의 data logger가 필요하지 않으므로 총 설치비의 30% 정도 절감 됨
- 세계비파괴 장치/기기시장
  - 세계 비파괴검사 장치/기기 시장은 기존의 연평균 성장률인 6%를 유지하며, 향후 지속적인 성장을 이룰 것으로 보는 것이 합당함
  - 2008년 약 27.77억 달러 수준이던 시장은 6%의 연평균 성장률로 향후 5년 후인 2013년까지 성장하여 약 37.17억 달러 수준으로 성장할 것으로 예측됨
  - 더불어 비파괴검사 장치/기기를 활용하는 기술용역을 포함한 부가가치 생산액도 장치/기기 시장 성장과 비례적으로 성장하여 2013년에는 연간 150억 달러를 넘을 것으로 전망됨
- 세계 각국 및 기업들은 현재 기술개발의 로드맵을 설정하고 센서분야, 네트워크 분야, 시스템 분야에 관심을 가지고 있는데 향후 5년 후인 2014년부터는 지금과는 다른 교량 안전성, 건성성 평가 기술이 등장하여 향후 시장을 대체 할 것으로 예측됨
- 시장 진입은 기술 개발의 소요 시간과 기술적 해결 장애 및 시장 진입 후 신뢰성 기간 경과의 필요성으로 기술적으로 선점한 기업, 국가 이외에는 상당한 어려움이 있을 것으로 예상됨
- 현재 교량 IT 융합기술의 시장은 상당한 규모의 시장이 형성되어 있으며, 연 시장 성장율은 일반 건설, 토목 증가율보다 더 증가 하고 있음. 다만, 시장의 성숙도에 비해 현재 기술개발 수준은 미흡하여 시장의 요구에 맞는 기술 개발이 필요하며, 본 과제 종료후 극한 환경의 기반으로 한 IT융합 교량 시장은 초기단계 및 성장단계에 이를 것으로 예측됨

(라) BIM 분야

ㅇ 국외 시장 규모는 국내 시장 규모보다 약 10배 정도 차이를 보일 것으로 예측되며, 국내 BIM 시장 확대에 따라 2011년에는 그 차이가 다소 줄어들 것으로 전망됨

ㅇ 전체 CAD/CAM/CAE 중 토목설계자동화 규모는 약 10%를 차지함

[표 2-12] 국내외 시장규모 (출처: 캐드앤 그래픽스 2011년 2월호) (단위: 억원)

구 분	2010년 시장규모	2011년 예상 시장규모
세계 시장규모	39,800	47,400
국내 시장규모	4,781	5,820

(4) 국가별 시장 현황 및 전망

(가) 교량 급속시공 분야

ㅇ 미국

- 미국연방도로청(FHWA)에서는 공사 중 교통정체 손실비용의 절감을 목적으로 건설 공기 단축에 인센티브를 주는 교량급속시공(ABC) 프로그램을 적극 권장하여 급속시공 분야의 성공 가능성이 높은 잠재 시장임
- FHWA에서 미국토목학회에 의뢰한 미국 토목인프라 현황조사 보고서(2008)을 보면, 미국교량의 25%인 162천개소의 교량이 구조적인 문제와 기능적으로 노후화된 것으로 조사됨
- 노후교량 개선을 위하여 2004년도에 $105억/년 (AASHTO, 2004)이 소요되었으며, 노후교량의 보수 및 개선을 위하여 $170억/년 규모의 예산이 지속적으로 요구되는 것으로 조사됨
- AASHTO 예측으로 현재 모든 미국내 교량의 성능개선과 보수보강을 위해 $1,400억의 예산이 필요함(구조적 성능개선 $480억, 기능적 개선 $920억)
- 현 수준의 교량 노후도를 유지하기 위해서는, 50년간 총 $6,500억($130억/년)의 예산이 필요하며, 노후교량을 개선하기 위해서는 50년간 $8,500억($170억/년)의 예산이 필요한 것으로 조사됨

ㅇ 일본

- 일본의 전국 교통혼잡비용은 12조엔으로(9만엔/인) 정체로 인한 손실시간은 연간 약 38억시간으로 1인당 30시간으로 조사됨(일본 국토교통성, 2002)
- 이러한 교통혼잡비용을 줄이기 위하여, 정부에서는 공기 단축을 독려하고 이에 따른 인센티브 제도를 도입하고 있음

- 일본은 대부분의 도시고속도로와 철도가 대도시를 관통하는 고가도로 형태로 건설되고 있어 교통체증을 최소화할 수 있는 공법의 개발이 활발하며, 실제 다수의 적용 예가 있음
- 일본의 교량길이 15m 이상의 도로교는 약 15만개가 있으며, 이 중 공용연수가 50년을 넘은 교량은 전체의 약 8% 이며, 10년 후에는 26%, 20년 후에는 약 53%에 달하여(일본 국토교통성, 2010), 노후교량의 보수 및 교체 시장이 급성장 할 것으로 예상됨

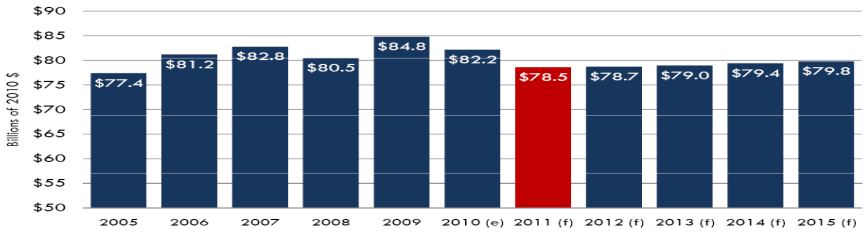
○ 개발도상국

- 개발도상국의 교량 건설 프로젝트는 우리나라 건설회사가 진출하기 쉽고 이미 상당수 진출해 있음
- 세계 재정위기 이후 각 개발도상국가 별 내수경기 부양책으로 인프라 구축 사업이 활발히 진행되고 있음
- 국내 건설사는 베트남 까마우섬 사업에 표준화 교량 1,012개소 사업, 탄손낫-빙러이 간선로로(13.6km) 사업을 착수하는 등 개발도상국 인프라 구축사업에 참여하고 있음

(나) 신소재 교량 분야

○ 미국

- 미국 전체 교량 600,000개중 상당수 교량들이 노후화된 것으로 알려져 있음
  - 2007년 미네소타 I-35번 고속도로 교량 붕괴 사고 이후 미국 토목학회에서 미국 전체 교량의 등급을 평가하여 C 등급을 부여했고, 이를 개선하기 위해 매년 170억 달러를 투자해야 되는 것으로 미국 연방도로청(FHWA)은 추산하고 있으나 실제로는 100억 달러 정도만 투자되고 있어 교량 노후화가 점점 진행되고 있는 상태임
- 미국의 신규 도로 및 교량 시장규모는 2011년 785억 달러이고 교량 시장은 20% 정도로 약 150억 달러이고 이중에서 고성능 재료 및 신소재와 관련된 교량 시장은 15억 달러 정도로 추정됨.



[그림 2-17] 미국의 연도별 도로-교량 시장(단위, 십억불)
출처 : Transportation Builder, November-December, 2010

- 미국 교량의 평균수명은 40~45년이고 교량바닥판은 20년으로 이를 연장시키기 위한 다

양한 노력들이 시도되고 있음

- 즉, 신설되는 교량에 고성능 재료를 적용하여 교량의 내구성을 향상시키고 수명을 연장하려는 것이 하나의 예임. 콘크리트 교량의 바닥판에 고성능 콘크리트를 적용하여 성능을 개선시키는데 소요되는 총 비용이 미국의 경우 800~1,000억 달러, 캐나다의 경우 80~100억 달러가 필요한 것으로 파악되고 있음

○ 캐나다

- 캐나다는 1990년대 중반부터 ISIS Canada라는 연구컨소시엄을 통해 FRP 등을 교량에 적용하는 연구를 최근까지 수행하고 있으며 많은 교량들이 시공되었으며, 향후에 더 많은 교량들이 가설되어 신소재를 활용한 교량시장이 더욱 확대될 것으로 예상됨

○ 일본

- 일본은 300 MPa급 고성능 콘크리트의 세계 최초의 개발, 고성능 강을 활용한 강교의 개발, FRP 텐던의 개발 및 이를 활용한 교량의 개발 등 교량 분야에서 신소재의 활용에 대한 세계 최고의 연구개발 실적으로 보유하고 있음
- 그러나 장기간에 걸친 경기 침체로 인해 신소재를 활용한 교량가설 실적의 크게 증가되지 않고 있으나 교량의 장수명화에 대한 요구가 높아 신소재를 활용한 교량 시장이 향후 크게 증가될 것으로 예상하고 있음

(다) 지능형 교량 분야

○ 미국

- 현재 미국에서 구조적으로 노후 시설물을 관리 유지하는데 매년 $200 Billion을 사용하며, 교량에 있어서 노후 교량을 교체하는 데 소용되는 비용이 매년 $10 Billion 정도에 이름
- 미국의 지능형 교량 구성기술중 하나인 WIM 시장 규모는 2015년에는 약 4,200억달러규모로 성장할 것이며, 이중 80% 이상이 민간부문에서 발생할 것으로 전망

○ 일본

- 노면결빙 시장의 경우, 세계 시장의 16%를 차지하고 있으며, 2011년 23억달러, 2013년 27억달러, 2015년에는 3,043백만달러로 연평균 7.1%의 성장률이 예상됨
- 일본 센서네트워크 분야별 2010년 시장규모는 방범 시큐리티, 교통분야, 재해대책 순서로 안전필수 시장의 확대가 예상됨

(라) BIM 분야

○ 미국

- 2008년 미국 맥그로힐사의 미국 건설업계의 BIM 활용도 조사에서 BIM 경험이 있다고 대답한 응답자가 48%로 전년도 대비 75% 증가한 것으로 볼 때 국외 BIM 시장은 국내보

다 급속도로 확대되고 있음

- BIM이 적용되는 토목공사의 약 70%가 교량공사임 (미국 맥그로힐(McGraw-Hill)사 조사 / 2008년)
- 2009년 "스마트마켓 리포트"에서 미국 전역의 건설산업 종사자를 대상으로 미국의 BIM 도입 현황을 조사한 바, 대부분 지역에서 BIM 도입 현황이 50%이상으로 높은 수준인 것으로 조사됨
- 또한 미국 및 유럽의 기업 내 프로젝트 BIM 적용 비율 추이를 분석한 결과 프로젝트에 BIM 적용 비율이 점차 높아짐으로써 BIM 도입이 활성화 될 것으로 예상됨.

o 싱가포르

- 싱가포르 건설청 주관으로 13개 정부기관이 연계 된 웹 기반 건설행정처리시스템 CORENET 도입
- CORNET의 e-Plan Check Systemd의 FORNAX는 상용 CAD 시스템에서 작성된 IFC 파일을 자동 법규 체크 기능을 제공하며, 그 결과를 웹을 통해 제공함

o 유럽

- 독일 IAI(건축정보표준화협회)의 building SMART를 통해 건설단계에서 생성된 건물 정보를 시공단계를 거쳐 CAFM에 전달하는 전 과정을 통합관리함
- IFC를 사용해 각 분야간 데이터 호환성을 확보하고 있음
- BIM 프로그램과 IFC 중립 포맷을 사용해 설계 전 과정에서 BIM 데이터를 교환할 수 있음

나. 산업구조 및 경쟁력

(1) 교량 급속시공 분야

o 우리나라는 국내뿐 만 아니라 해외 진출 경험도 풍부하고 일반교량 시공 기술뿐 만 아니라 현수교 사장교 등 특수교 분야에서도 세계 최고 수준의 기술력을 보유하고 있어, 급속시공 연구개발 결과물을 바로 현장에 적용할 수 있고 해외 시장 진출 가능성도 매우 높다고 할 수 있음

o 조립식 급속시공 분야는 삼표 등 전문 업체에서 다양한 부재 단위 공법을 개발하고 적용하여 선진국과 큰 격차가 없으나 교량 전체의 조립식 공법은 격차가 큰 편이고, 일괄급속시공 분야는 국내 독자 기술이 거의 없이 외국 기술의 단순 적용 단계임

o 교량 급속교체 분야는 교량 부속장치에 대해서는 일부 실용화 기술이 있으나, 교량의 본 구조물에 대한 급속교체 기술은 선진국 대비 50% 미만 수준인 것으로 추정됨

o 친환경 급속해체 기술은 건축물 해체에 일부 적용되고 있고 인영건설 등에서 무분진 무슬러지 친환경 해체기술을 보유하고 있어, 비교적 선진국에 근접한 기술 분야임

- 국내 교량 시장은 거의 100% 정부주도로 이루어지고 있어, 급속시공에 따른 사회간접비용 절감 효과를 정량적으로 제시하고 현장공기를 평가항목에 두거나 급속시공에 따른 인센티브를 제공하는 등 제도마련이 급속시공 기술 보급 및 시장 정착에 필요함
- 국내 시장 정착과 해외 시장 진출을 위해서 실험실에서의 실증 실험과 테스트베드에서의 실물에 대한 시공성과 안전성 검증을 통하여 시공성과 안전성이 담보된 세계 초일류 급속시공 기술 개발이 필요함

(2) 신소재 교량 분야

- 교량에 고성능 콘크리트, 고성능 강 및 FRP, 알루미늄과 같은 새로운 재료를 활용하여 슬림화 및 장수명화를 구현하는 기술은 전 세계적으로 1990년대 중후반부터 활발히 연구되고 있는 것으로 국내 기술 수준 전체적으로 80% 수준 정도로 기술격차는 약 3~5년 사이라고 파악됨
- 즉 고성능 콘크리트 제조기술, 고성능 강 제조기술, FRP 부재 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있지만 이들 재료의 활용기술은 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 다소 뒤떨어진다고 볼 수 있음
- 따라서 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술의 디테일에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 정교한 설계기준 등이 마련되어야 함
- 이 분야는 선진 각국에서 자국 교량의 고품질화 및 장수명화를 목표로 국가적인 차원에서 연구비를 지원하며 투자하는 분야이므로 국내에서 이 분야에 대해 기술개발을 등한시한다면 현재 3~5년의 기술격차가 크게 벌어질 가능성이 큼

(3) 지능형 교량 분야

- 건설 산업의 IT융합화로 新시장 발굴, 주력제품의 고부가가치화 및 기술경쟁력 강화가 이루어지고 있음
- 건설 분야는 공공시설물에 IT융합을 활발히 하는 추세이며, 건설시장에 IT 융합기술은 점점 확대되는 추세임
  - IT융합 센서가 공공시설물과의 인터페이스를 통해 공공시설물의 데이터를 수집하는 등의 IT응용 기술력은 초보적인 수준임
  - 건설 산업에 IT 융합기술을 응용하는 센서, 통신장치, 핵심부품 기술력 및 인프라가 부족하여 외국기업의 기술력을 도입하는 추세로 IT연계 주도권이 미약한 수준임을 알 수 있음
- 공공 시설물의 데이터 수집을 위한 주변 환경이 열악하여, 악천후 환경에서도 무보수로 동작하는 센싱 기술이 열악함
- 공공 시설물이 스스로 진단하는 솔루션은 아직 세계적으로도 초보적인 기술 수준임

- 건설 재료에 IT 융합 센서를 삽입하는 첨단 기술은 선진국도 연구 단계임

o 국내 기업으로는 한국유지관리, 카이센, 이제이테크 등 중소기업군에서 지능형 교량을 구성하는 요소기술에 대한 개발이 활발히 진행되고 있으나, 정책적 뒷받침 부족, 내구성 검증 미약, 신뢰성 확보를 위한 다양한 검증연구 부족 등으로 인하여 현장 적용이 미진한 실정임

- 탄소배출량 저감분야와의 연계가 미약하여 녹색건설 분야에 부적합하므로 이에 대한 보완연구가 필요한 실정임

o 국내는 국토해양부가 건설기술에 IT, NT 등 첨단기술을 융합하여 고부가 가치 기술을 개발하는 건설융합신기술 및 인프라 구축을 추진중이며, u-City에 관한 건설 지원법(국토해양부), u-life 21 기본계획(행정안전부) 및 에너지 절약 등급제(에너지관리공단)를 통하여 고품격 건설 IT 시장 활성화 추진.

o 국외의 경우, 미국의 Micron Optics, 일본의 Yogogawa, 스위스의 Omnisens 등 다양한 국가에서 광, 무선센서 분야 기술 획득 및 상용화를 목표로 하고 있으며, 우리나라도 건설단계에서 유지관리단계로 접어드는 시점에서 해당 분야 연구 활성화 및 세계 일류수준의 요소기술 개발의 필요성이 있음.

(4) BIM 분야

o 국내의 BIM활용 수준은 초기단계이며, 국방부, 토지주택공사, 행복청, 철도도시공단 등의 개별적인 3차원 설계발주 사례가 증가하고 있음. 이에 따라 SOC 분야에 BIM도입을 위한 기준, 표준 및 기술개발이 필요함

o 국회 국토해양위는 BIM 활성화 정책토론회(2010.09.11)를 열고 '03년 이후 완공사업24개를 기준으로 착공시 대비 사업비는 30%증가, 사업공사기간 장기화의 문제점을 개선하기 위한 방안으로 3차원설계 등 BIM기술도입을 검토함

o BIM을 도입하면 사업비 30%절감으로 국가 재정 집행 시 효율성이 증대되고, 투명한 생애주기 관리를 통해 건설 프로젝트의 사업기간을 현재수준 대비 25% 단축을 전망함에 따라 초기 지속적 투자가 필요함

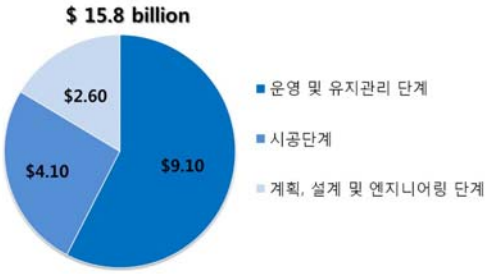
o 교량을 구성하는 모든 BIM 정보항목으로부터 설계, 시공, 유지관리 각 단계에 필요한 정보를 공유하고 활용하기 위해 교량 형식에 기반 한 IFC[1], IFD[2], IDM[3], MVD[4] 등의 요소기술 개발이 필수이며, 이를 활용하기 위한 응용 및 연계기술에 대한 국내 원천기술이 필요함

o 유럽의 경우에는 BIM 활용 효율화를 위하여 모델 작성의 표준화를 중시하며BIM Solution을 확장한 5Di Solution을 개발을 통해 설계단계부터 엔지니어링, 제조, 건설, 운영, 유지보수 단계까지 모든 단계에서 수준 높은 건설 프로세스 통합

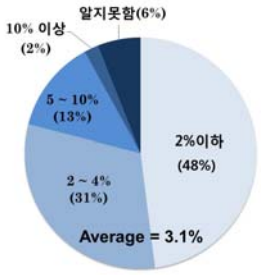
---

1) 건설산업의 응용소프트웨어 간 데이터의 공유 및 교환을 위한 국제 표준(IFC : Industry Foundation Classes)
2) ISO12006-3(Framework for Object-oriented Information Exchange)표준을 따르는 국제표준기술로서 건설분야 공통의 용어사전(Terminology Library) 혹은 온톨로지의 집합 (IFD : International Framework for Dictionaries)
3) IFC기반의 BIM을 대상으로 건설단계 및 분야별 정보 유통과 조달에 관한 요구정보 및 프로세스를 정의함으로써 IFC의 실무적용성을 높이기 위해 개발된 매뉴얼 (IDM : Information Delivery Manual)
4) 소프트웨어 벤더와 사용자에게 IFC 기반의 데이터교환 능력을 제공하기 위한 참조문서(MVD : Model View Definition)

- Autodesk사와 Bentley가 주도하는 BIM 소프트웨어 시장에서 TEKLA는 접합부 상세 표현에 중점을 두어 차별화. 또한, 경쟁사 프로그램과의 상호 호환성을 높였고, Allplan의 경우 설계에서 시공까지 동일사의 프로그램을 이용이 가능하며, IFC를 통하여 다른 소프트웨어와 호환성을 증진시킴
- 아래와 같이 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입 필요

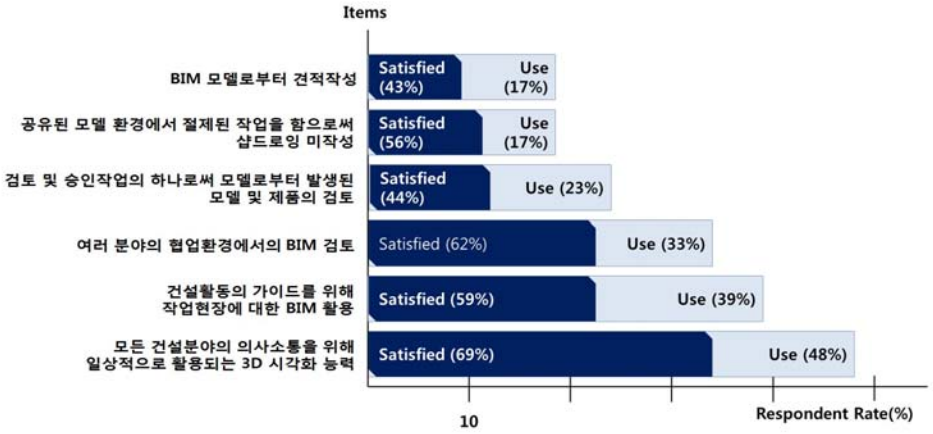


[그림 2-18] 건설생애주기간 상호운용성 미비로 인한 비용 손실액(NIST, 2007)



[그림 2-19] 비호환성으로 인한 경제적 손실비용(McGraw-Hill Construction, 2008)

- BIM의 도입을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 절감도 가능하게 함
- 교량에 대한 표준 데이터 모델의 개발은 현재 대학이나 국가 연구기관에서 진행 중에 있으며, 실무에 활용가능한 수준의 모델로 완성되고 있지는 않은 상황으로 실용화를 위한 표준 데이터 모델에 대한 연구개발이 필요함



[그림 2-20] BIM 활용에 의한 건설 프로젝트에서의 실효성

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

(1) 분석개요

- 본 지능형 친환경 교량 특허동향조사는 국가연구개발 기획단계에서 특허정보를 분석하여 우리나라 지능형 친환경 교량 기술 추이 및 수준을 객관적으로 파악하고자 함
- 급속시공기술, 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술, 교량 지능화 기술, 지능형 친환경 교량 BIM기술 및 중분류별로 특허를 추출 및 분석하여 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 분석함

(2) 분석목적

- 특허동향조사는 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

(3) 분석절차

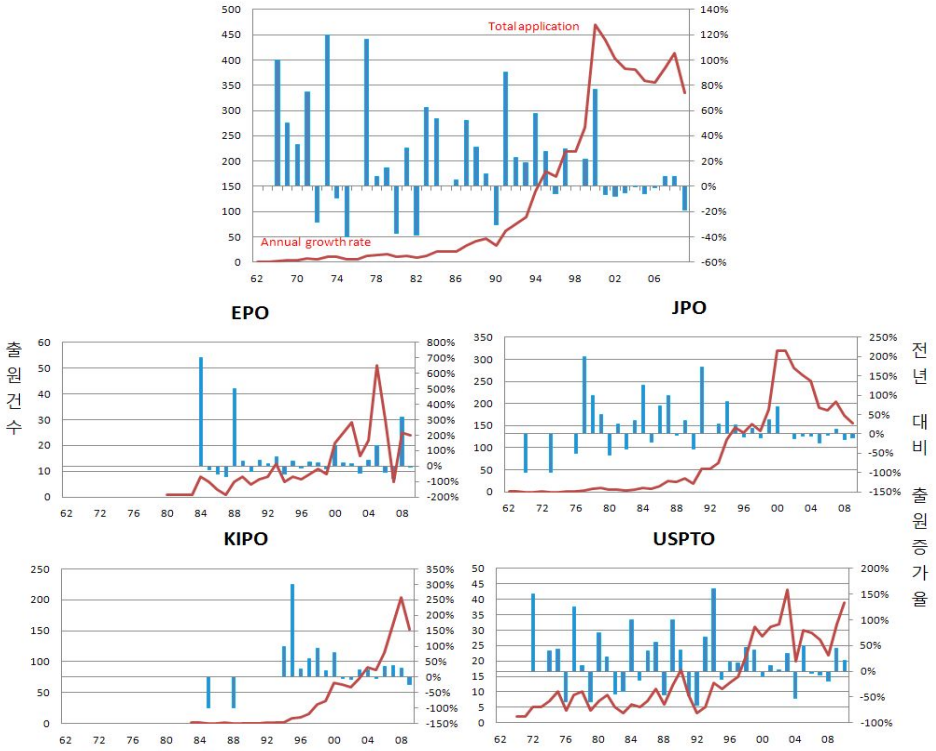
- 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름
- 고려사항
  - 건기평에서 제공한 지능형 친환경 교량 기술의 RFP를 숙지하여 도출한 키워드를 추출한 후에 관련 전문가의 검토를 받아 최종 키워드를 도출함
  - 본 보고서에 사용된 검색식[5]은 도출된 키워드와 해당국제분류(IPC)와 해당일본분류(FI, FTERM) 바탕으로 검색식을 작성함

(4) 국가별 landscape

- 일본특허출원은 90년대 초반부터 00년대까지 점차적으로 증가하는 추세를 보이다가, 00년 이후 급격하게 감소하는 추세를 보이고 있음.

5) 각 기술별 특허분석 검색식은 부록 참조

○ 한편, 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음. 이러한 경향은 2006년에 급격하게 증가하고 있는 우리나라의 특허출원 추세[6]에 기인한 것으로 판단됨



[그림 2-21] 전세계 및 각국의 연도별 출원동향

(5) 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

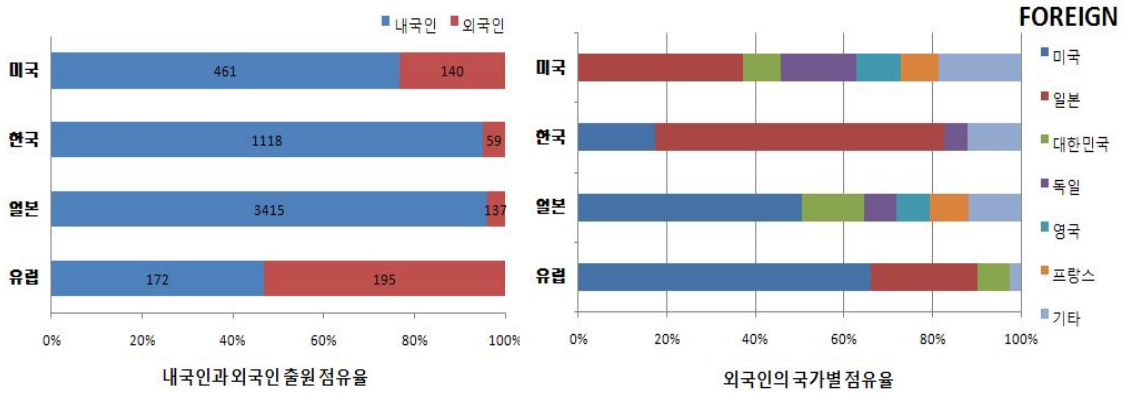
○ 지능형 친환경 교량기술에 있어서, 유럽을 제외한 미국, 한국, 일본에서는 내국인 출원인 비중이 외국인 보다 강세인 것으로 나타나 자국에서의 정책적 지원 및 내국인의 출원환경 또는 내국인의 출원 분위기가 잘 조성되어 있다고 판단됨

○ 특히, 일본은 미국, 한국에서 출원비중이 매우 높은 것으로 나타나며, 유럽에서도 호조적인 점유율을 기록하고 있는 것으로 나타나 일본이 지능형 친환경 교량 부문에 기술적 관심 및 지원이 활발하게 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

○ 일본과 유럽에서는 미국인의 출원비중이 과반 이상을 점유하는 것으로 나타나면서 미국이 일본 및 유럽시장에서 활발한 특허활동을 펼치고 있는 것으로 파악되는 반면, 미국과 한국에서는 일본인이 특허활동을 활발하게 하고 있는 것으로 파악됨

6) 한국의 경우, 건설분야는 IMF의 영향에서 벗어나면서 99년부터 빠른 회복세를 보이고 있으며, 99년 7월부터 시행된 실용신안선등록 제도의 영향으로 출원이 급격히 증가하고 있음

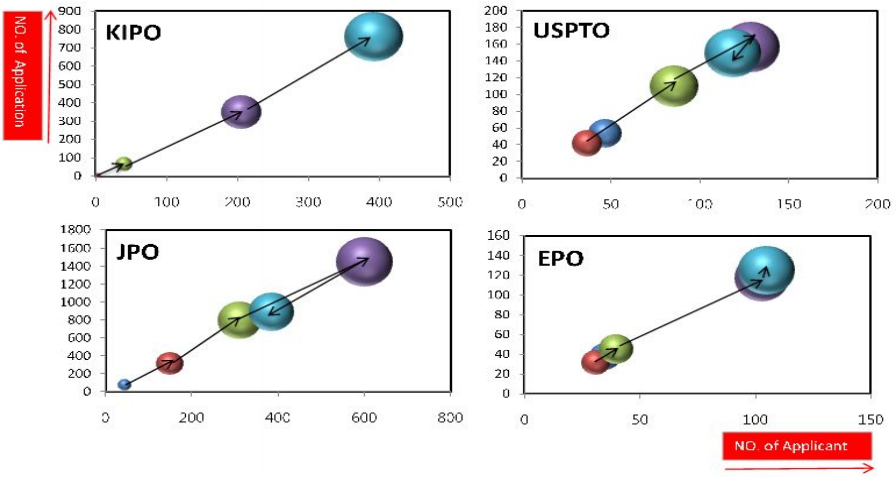
**건설교통부 : 건설교통 R&D 혁신로드맵(2006~2015)에 따라 건설 분야 R&D사업에 2015년까지 총 2조 9000억원을 지속적으로 확대 투자할 계획임



[그림 2-22] 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

(6) 기술시장 성장단계 파악(포트폴리오분석)

- 한국과 유럽은 지능형 친환경 교량기술에 있어서 현재 출원인과 출원건수가 동시에 증가하고 있는 성장기에 있는 것으로 나타나고 있음
- 미국은 최근 들어 출원인과 등록건수가 감소하고 있어 비교적 얼마 전까지 성장기를 보이다가 최근 들어 쇠퇴기에 접어든 것으로 타나나고 있음
- 일본은 교량에 있어서 최신기술을 비교적 다량 보유하고 있는 교량기술 선진국으로 평가되나, 최근 들어 일본 내에서 일본의 출원은 출원수 및 출원인 모두 급격하게 감소하고 있어 쇠퇴기에 접어든 것으로 판단됨

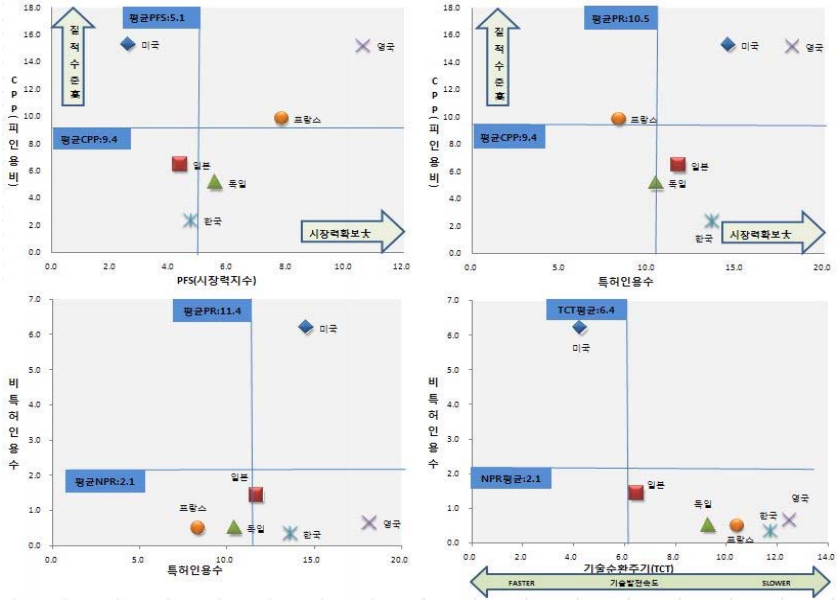


[그림 2-23] 포트폴리오분석을 통한 기술시장 성장 단계

(7) 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력 현황

- 영국과 프랑스 및 독일은 시장력 확보지수가 높게 나와 지능형 친환경 교량 부문에 있어서의 시장을 평균 이상으로 확보하고 있는 것으로 판단되며, 그 중 영국과 프랑스는 피인용비가 평균이상으로 기술의 질적 수준 또한 높은 것으로 나타남

- 미국은 피인용비가 평균이상으로 높게 나와 질적수준은 높은 반면에 시장력은 평균 이하로 나타남
- 한국은 시장력 및 질적수준이 평균미만으로 나타나 향후 특허활동을 활발히 할 수 있도록 정책적 보완 및 인식이 개선될 필요가 있는 것으로 판단됨
- 미국은 타국가들에 비하여 비특허문헌(논문) 인용수가 압도적으로 많은 것으로 나타나 기초기술에 대한 연구가 탄탄하게 이루어지고 있는 것으로 나타나는 반면 한국은 반대로 기초기술에 대한 경구가 절실히 필요한 것으로 분석됨
- 영국과 한국은 기술발전 속도가 타 국가들에 비하여 현저하게 느리게 진행되고 있는 것으로 나타나는 반면, 미국은 기술순환주기가 상대적으로 매우 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타남
- 미국과 영국은 특허인용수 및 피인용수가 매우 높게 나타나 지능형 친환경 교량기술 부문에 있어서 기술선도국인 것으로 파악됨



[그림 2-24] 미국특허로 살펴본 국가간 기술 경쟁력

- 반면 한국은 시장력확보지수는 평균 이상을 보이고 있으나, 피인용비가 가장 낮게 나타나 아직까지는 한국의 교량기술은 세계적 수준에 미치지 못하고 있는 것으로 평가됨
- 한국은 아직까지는 기술력에 있어 후발주자에 속하는 등 IP시장확보력도 평균에 그치고 있으며, 기술발전속도 역시 느리지만, 향후 지능형 친환경 교량 기술분야에 연구개발을 집중할 경우 충분히 선진국 대열에 합류할 수 있을 것으로 전망함

[표 2-13] 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력

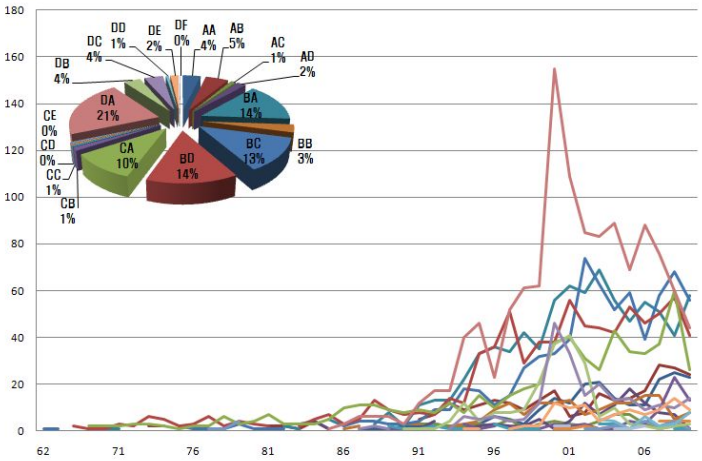
국적	기술력 (특허Quality)	IP시장 확보력	특허활동 위치	연구개발 방향	기술 발전속도
미국	높음 (리딩그룹)	낮음	Pioneer (성숙한 시장)	기초과학	빠름
일본	낮음 (후발그룹)	평균	중간	응용기술	평균
독일	낮음 (후발그룹)	평균	중간	응용기술	느림
영국	높음 (리딩그룹)	높음	Pioneer (성숙한 시장)	응용기술	느림
한국	낮음 (후발그룹)	평균	Pioneer (성숙한 시장)	응용기술	느림
프랑스	높음 (리딩그룹)	높음	Initiator (초기시장)	응용기술	느림

(8) 기술별 landscape

○ 기술별 연도별 특허동향[7)]

- 지능형 친환경 교량 기술은 BIM기반 교량 설계 기술 분야의 점유율이 가장 높게 나타났고, 신소재를 활용한 초슬림/장수명 교량 기술 분야의 각 분야도 높은 점유율을 보이고 있음
- 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술은 96년이후 급격하게 증가하고 이후 증감을 반복하고 있으나 전체적으로 증가하는 추세를 유지하고 있음
- 급속시공 조립식 교량 기술 분야 및 교량상태 실시간 진단 및 평가기술 분야는 낮은 점유율을 보이고 있지만 최근까지 점차적으로 증가하는 추세를 보이고 있음

7) AA : 교통차단없는 급속교체 기술 AB:급속시공 조립식 교량 기술 AC:초간편 일괄 급속시공기술 AD:친환경급속해체기술
BA : 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BB : 고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
BC : 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 BD :교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
CA : 교량상태 실시간 감지기술 CB : 교량상태 실시간 진단 및 평가기술 CC : 교량 유지관리자동화 기술(보수 등)
CD : 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 CE : 사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술
DA : BIM 기반 교량 설계 기술 DB : BIM 기반 교량 시공 기술 DC : BIM 기반 교량 유지관리 기술
DD : 교량 GREEN BIM DE : BIM 기반 교량 응용 및 연계 기술 DF : BIM 기반 교량 표준 요소 기술

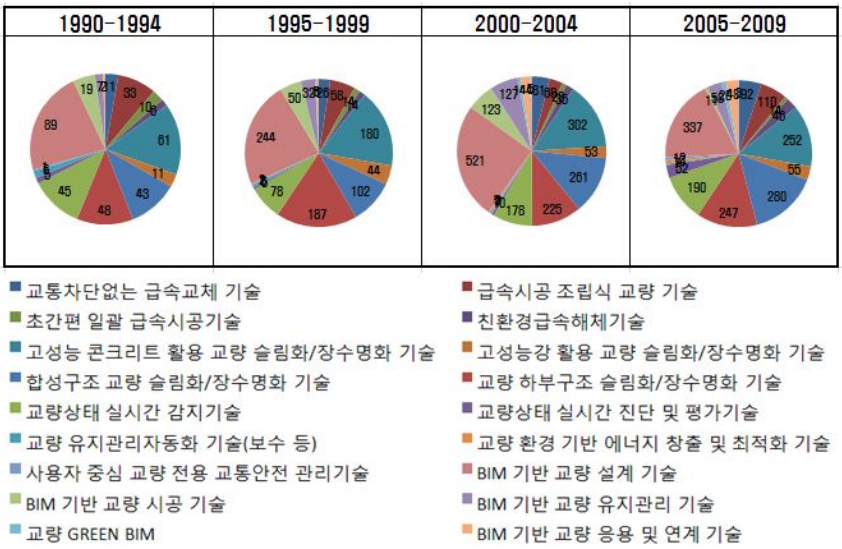


[그림 2-25] 전세계 기술별 연도별 동향

o 기술별 연도 구간별 특허동향

- BIM 기반 교량 설계 기술 분야는 최근까지도 가장 높은 점유율을 차지하고 있지만, 점유율이 최근으로 향할수록 감소하는 추세를 보임
- 급속시공 조립식 교량기술 분야와 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 분야[8]는 낮은 점유율을 보이고 있지만, 최근으로 향할수록 점유율이 높아지고 있음

8) 교량상태 실시간 진단 및 평가기술 분야 ISSUE :
국내 >> 로봇 개발 연구단(Bridge Inspection Robot Development Interface; BIRDI)
(전)건설교통부 첨단융합건설기술개발 사업의 일환으로 한양대학교 안산캠퍼스에 2005년에 설립
BIRDI는 교량점검의 신뢰성과 시간적 · 재정적 비용의 절감이 가능한 로봇 시스템의 개발을 통해 교량의 유지관리 자동화를 현장에 적용하고 이를 사업화하는 것을 목표로 추진되고 있다.
BIRDI의 연구주제는 크게, 교량의 유지를 위한 통합 시스템, 검사와 평가를 위한 말단기술, 첨단검사로봇 및 동작조절시스템으로 구분되며, 12개 기관(7개 대학, 2개 기관연구소, 3개 회사)으로 구성되어 있다.
[출처] 첨단을 넘어서…교량 유지관리 로봇 시스템 |작성자 jygsoul
- 첨단 굴절 로봇차, 탐사비행로봇, 벽면이동로봇, 첨단레일이송로봇
국외 >> North Carolina대학의 건설자동화와 로봇연구실에서 개발한 Robotic Bridge (4-자유도 로봇)



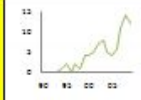
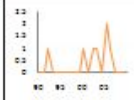
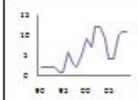
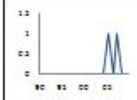
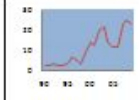
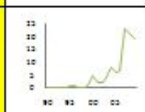
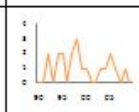
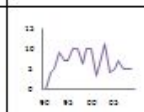
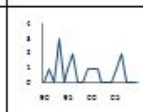
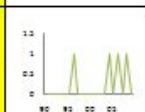
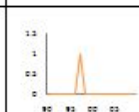
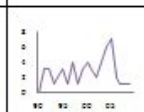
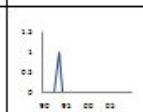
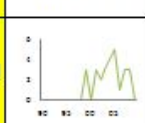
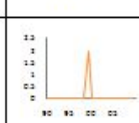
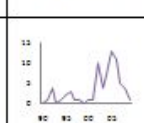
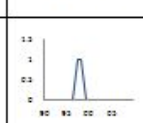
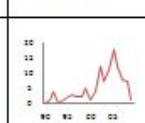
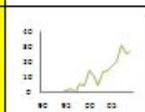
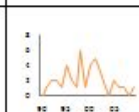
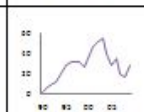
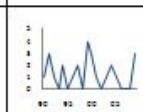
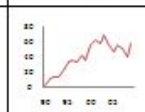
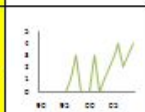
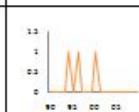
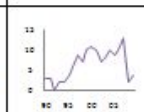
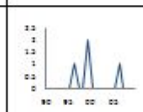
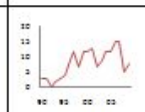
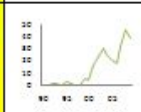
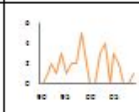
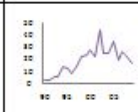
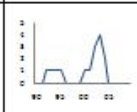
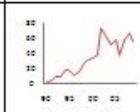
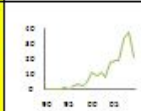
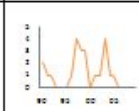
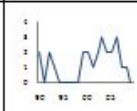
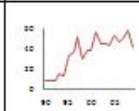
[그림 2-26] 세부기술의 연도구간별 집중도 추이

○ 세부기술 추세선을 통한 출원증가율 분석

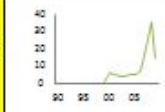
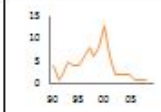
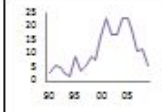
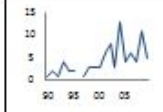
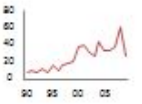
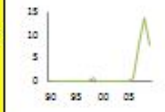
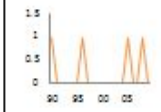
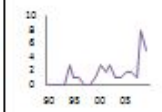
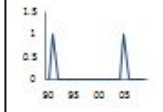
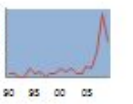
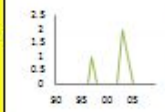
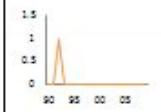
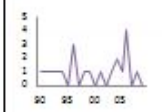
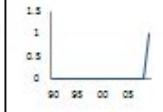
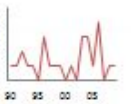
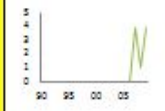
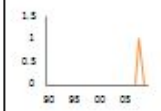
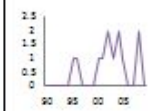
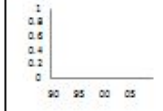
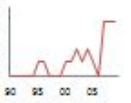
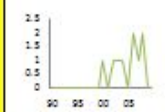
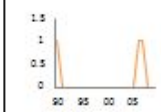
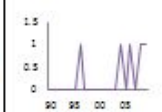
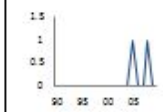
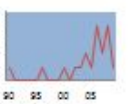
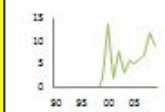
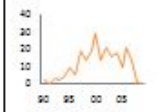
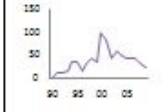
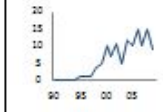
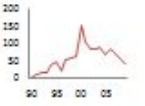
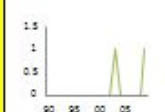
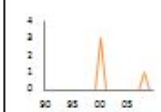
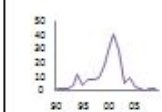
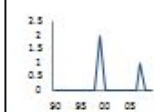
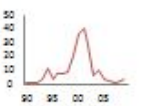
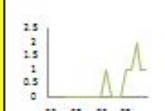
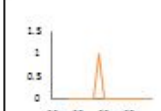
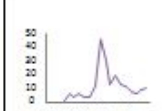
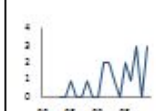
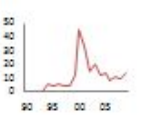
- 교통차단 없는 급속 교체 기술과 급속시공 조립식 교량 기술은 증가하는 추세를 보이고 있음
- 신소재를 활용[9]한 초슬림 장수명 교량 기술의 각 분야 기술은 90년대부터 00년까지 증가하는 추세[10]를 보이다가 그 이후로는 정체된 경향을 보이고 있음
- 교량 상태 실시간 지단 및 평가 기술 및 사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술은 05년이후 급격하게 증가했다가 최근에는 약간 주춤하는 추세를 보이고 있음
- BIM기반 교량 응용 및 연계 기술 관련해서는 증가와 감소를 반복하고 있지만 전체적으로는 점차 증가하는 추세를 보이고 있음

9) 교량에 신소재 활용 사례 : 건설교통 R&D사업으로 수행한 연구과제 (신속시공 경량 고내구성 복합소재 교량 바닥판 산업화 연구 ' (주)국민씨아이 대표 이성우 교수(국민대학교))에서 유리섬유 강화 복합소재로 만든 첨단 교량 바닥판 ' 델타데크 ' (제품명)을 세계 두 번째 독자 개발함 (US7,131,161B2)

10) 90년대 중반 미국, 영국에서 복합소재만으로 만든 교량을 건설하기 시작, 신소재 이용 건설 사업이 일시적으로 각광을 받음 (' 95세계 과학제 전망›⑤신소재 교량건설 성행 (연합뉴스 94.12.26)

		한국	미국	일본	유럽	전체
급속 시공기술	교통차단없는 급속교체 기술					
	급속시공 조립식 교량 기술					
	초간편 일괄 급속시공기술					
	친환경급속해체 기술					
신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술	고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술					
	고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술					
	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술					
	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술					

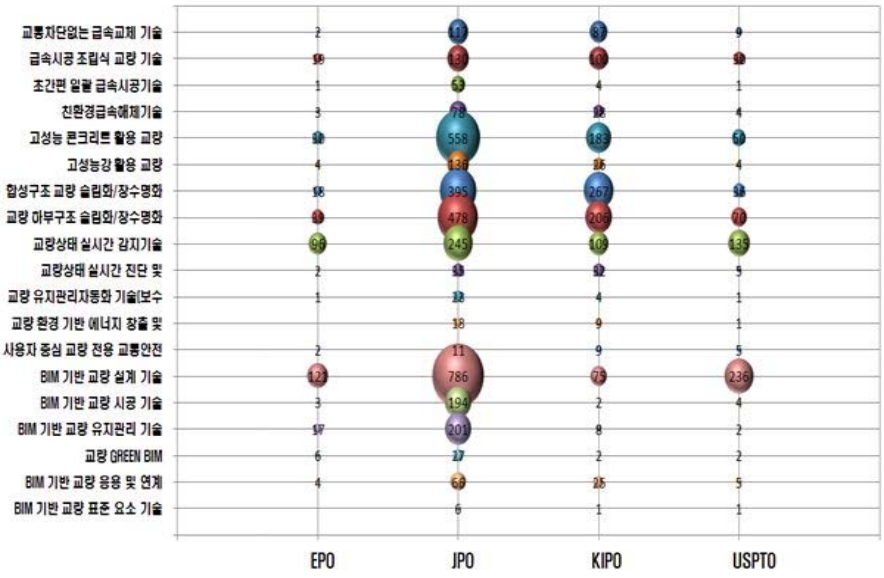
[그림 2-27] 급속시공기술 및 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 분야 추세선을 통한 출원증가율

		한국	미국	일본	유럽	전체
교량 지능화 기술	교량상태 실시간 감지기술					
	교량상태 실시간 진단 및 평가기술					
	교량 유지관리자동화 기술[보수등]					
	교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술					
	사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술					
지능형 친환경 교량 BIM기술	BIM 기반 교량 설계 기술					
	BIM 기반 교량 시공 기술					
	BIM 기반 교량 유지관리 기술					
	교량 GREEN BIM					
	BIM 기반 교량 융융 및 연계 기술					
	BIM 기반 교량 표준 요소 기술					

[그림 2-28] 교량 지능하 기술 및 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 추세선을 통한 출원 증가율

○ 시장별 세부기술 동향

- 교량 분야의 특허는 일본이 가장 많은 비율을 차지하고 다음으로 한국이 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났음
- 일본은 BIM기반 교량 설계기술분야에 대한 기술개발에 집중하고 있는 것으로 나타났고, 한국은 합성구조 교량 슬림화/장수명화 분야에 대한 기술개발에 집중하고 있는 것으로 나타났음
- 교량 지능화기술에서 교량 상태 실시간 감지기술을 제외한 분야에 대한 출원은 비교적 각국에서 출원이 많이 이루어지지 않는 것으로 나타나 공백분야인 것으로 나타났음
- 대부분의 기술분야에 대해 자국에만 거의 출원이 이루어져 있으므로 기술개발시 선두기업의 특허기술을 이용할 수 있음



[그림 2-29] 시장별 세부기술 동향

(9) 경쟁자 landscape

○ 주요 경쟁자 현황

- 한국에서 지능형 친환경 교량 분야에서 가장 많은 출원을 하는 출원인은 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY인 것으로 나타나 추후 본과제를 수행함에 있어서 기술적인 기초 기반이 갖추어져 있으므로 연구개발을 효율적으로 해나갈 수 있을 것으로 사료됨
- 또한, KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 최근 특허증가율이 16%로 나타나 최근까지도 연구활동을 활발하게 하고 있는 것으로 나타났음
- 한편, 한국에서, RES INST IND SCIENCE & TECH도 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY와 주력 기술분야가 동일하고, 최근 연구활동이 활발

한 것으로 나타났으므로 본과제 진행시 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

- 각국의 주요 경쟁자는 자국내에서만 주로 출원하고 있는 것으로 나타나 기술 개발시 각국의 주요 경쟁자의 기술을 이용할 수 있을 것으로 사료됨. 또한, 많은 주요 경쟁자는 BIM기반 교량 설계 기술 분야를 주력 기술분야로 하고 있는 것으로 나타났음

[표 2-14] 지능형 친환경 교량 분야의 주요 경쟁자 현황

	출원인	특허 건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY	57	16%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술[11]
	RES INST IND SCIENCE & TECH	33	37%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	NO YUN KEUN	29	11%	고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
	SAM HYUN P F CO LTD	17	6%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
미국	CADENCE DESIGN SYSTEMS INC	27	-100%	BIM기반 교량 설계기술
	ACME HIGHWAY PROD	9	0%	교량하부구조 슬림화 장수명화 기술
	ACME HIGHWAY PROD	7	0%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	WATSON BOWMAN ASSOCIATES	7	0%	교량하부구조 슬림화 장수명화 기술
일본	SEKISUI HOUSE KK	79	-100%	BIM기반 교량 설계기술
	MISAWA HOMES CO	75	-100%	BIM기반 교량 설계기술
	NIPPON KOKAN KK	65	-100%	고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
	KAJIMA CORP	65	-16%	고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
유럽	ARCHI CON DES INV S UK LTD	6	100%	BIM기반 교량 설계기술
	MAGEBA SA	4	-100%	교량하부구조 슬림화 장수명화 기술
	ICRETE LLC	4	0%	BIM기반 교량 설계기술
	MAURER FRIEDRICH SOEHNE	4	-100%	교량하부구조 슬림화 장수명화

11) 건설기술 연구원 세계 최초 장수명 교량개발 (2003.10.28 머니투데이(경제신문))
장수명 교량 바닥판, 교량 철근물량 저감기술, 콘크리트 충전 강관교량, 합성 교량 신공법 등

- 급속시공기술 분야에서도 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 한국의 주요 출원인에 포함되는 것으로 나타났음
- 각국의 주요 경쟁자는 급속시공 조립식 교량 기술 분야를 주력 기술분야로 하고 있는 것으로 나타났음. KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY의 주력 기술분야도 급속시공 조립식 교량 기술이고, 최근까지도 연구활동이 활발한 것으로 나타나 연구개발시 세계기술수준에 발맞추어 개발해 나갈 수 있을 것으로 사료됨

[표 2-15] 급속시공기술 분야 주요 경쟁자 현황

	출원인	특허 건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY	12	100%	급속시공 조립식 교량 기술
	RES INST IND SCIENCE & TECH	7	100%	급속시공 조립식 교량 기술
	NO YUN KEUN	6	0%	교통차단없는 급속 교체기술
	DAEWOO ENGINEERING & CONSTRUCTION CO. LTD	5	100%	급속시공 조립식 교량 기술
미국	BOUYGUES SA	3	0%	급속시공 조립식 교량 기술
	RONALD HUGH D	2	0%	교통차단없는 급속 교체기술
	HITACHI SHIPBUILDING ENG CO	2	0%	친환경급속해체기술
일본	KAJIMA CORP	13	0%	급속시공 조립식 교량 기술
	MITSUI CONSTR CO LTD	11	-100%	급속시공 조립식 교량 기술
	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	11	0%	교통차단없는 급속 교체기술
	SHIMIZU CONSTRUCTION CO LTD	9	0%	급속시공 조립식 교량 기술
유럽	BOUYGUES	3	0%	급속시공 조립식 교량 기술
	HITACHI SHIPBUILDING ENG CO	2	0%	친환경급속해체기술

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술분야에서도 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 한국의 주요 출원인에 포함되는 것으로 나타났음
- 각국의 주요 경쟁자의 주력 기술분야는 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 및 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술인 것으로 나타났음
- 주요 경쟁자의 기술 흐름에 맞추어 우리나라도 기술개발을 해나가야 할 필요가 있음

[표 2-16] 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 분야 주요 경쟁자 현황

	출원인	특허 건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY	34	-12%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	RES INST IND SCIENCE & TECH	26	32%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	NO YUN KEUN	23	14%	고성능 콘크리트 활용 슬림화/장수명화 기술
	SAM HYUN P F CO LTD	16	0%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
미국	ACME HIGHWAY PROD	9	0%	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
	WATSON BOWMAN ASSOCIATES	7	0%	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
	GROSSMAN; STANLEY J	6	0%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	DYCKERHOFF & WIDMANN AG	6	0%	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
일본	KAJIMA CORP	45	-16%	고성능 콘크리트 활용 슬림화/장수명화 기술
	NIPPON STEEL CORP	44	-100%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	NIPPON KOKAN KK	44	-100%	고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
	TOKAI RUBBER IND LTD	39	-100%	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
유럽	MAGEBA SA	4	-100%	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
	MAURER FRIEDRICH SOEHNE	4	0%	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
	ASAHI ENGINEERING	3	0%	고성능 콘크리트 활용 슬림화/장수명화 기술
	INTERCONSTEC CO LTD	3	0%	고성능 콘크리트 활용 슬림화/장수명화 기술

- 교량 지능화 기술의 각국의 주요 경쟁자는 교량상태 실시간 감지기술을 주력 기술분야로 하고 있는 것으로 나타났음
- 우리나라의 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 교량상태 실시간 감지기술에 주력하고 있는 것으로 나타나 해당 기술에 대한 기초기술을 가지고 있고, 최근까지도 연구활동을 활발하게 하여 해당기술에 대한 연구개발을 효과적으로 진행할 수 있을 것으로 사료됨

[표 2-17] 교량 지능화 기술 분야 주요 경쟁자 현황

	출원인	특허 건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY	9	100%	교량상태 실시간 감지기술
	KOREA CONSTRUCTION SAFETY CONS	7	0%	교량상태 실시간 진단 및 평가기술
	JINHAN BLDG 401 ILSIN DONG 108	6	100%	교량상태 실시간 감지기술
	KOREA EXPRESSWAY CORP	4	0%	교량상태 실시간 감지기술
미국	US NAVY	4	0%	교량상태 실시간 감지기술
	NASA	3	0%	교량상태 실시간 감지기술
	US ARMY	3	0%	교량상태 실시간 감지기술
	STRUCTURAL INTEGRITY MONITORIN	3	0%	교량상태 실시간 감지기술
일본	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	19	-100%	교량상태 실시간 감지기술
	RAILWAY TECHNICAL RES INST	17	100%	교량상태 실시간 진단 및 평가기술
	NIPPON KOKAN KK	9	0%	교량상태 실시간 감지기술
	HITACHI LTD	6	0%	교량상태 실시간 감지기술
유럽	STANFORD RES INST INT	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	PERKIN ELMER CORP	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	HYEUNG-YUN KIM	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	BAYER AG	2	0%	교량상태 실시간 감지기술

- 지능형 친환경 교량 BIM기술의 각국의 주요 경쟁자는 BIM기반 교량 설계 기술에 주력하고 있는 것으로 나타났음
- CADENCE DESIGN SYSTEMS INC는 미국뿐만 아니라 유럽에서도 주요 경쟁자에 포함되어, 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 기술 개발시 해당회사에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

[표 2-18] 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 각국별 주요 경쟁자 현황

	출원인	특허건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	HANGIL IT CO LTD	4	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HAN GIL TELECOM CO LTD	3	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	NIPPON STEEL CORP	3	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY	2	0%	BIM기반 교량 응용 및 연계 기술
미국	CADENCE DESIGN SYSTEMS INC	27	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	MOTOROLA INC	6	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HITACHI LTD	6	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	BOEING CO	5	0%	BIM기반 교량 설계 기술
일본	SEKISUI HOUSE KK	79	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	MISAWA HOMES CO	75	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	SHIMIZU CONSTRUCTION CO LTD	30	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HITACHI LTD	30	0%	BIM기반 교량 설계 기술
유럽	ARCHI CON DES INV S UK LTD	6	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	ICRETE LLC	4	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HITACHI LTD	4	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	CADENCE DESIGN SYSTEMS INC	3	0%	BIM기반 교량 설계 기술

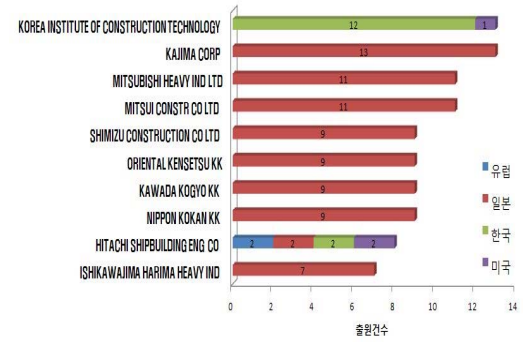
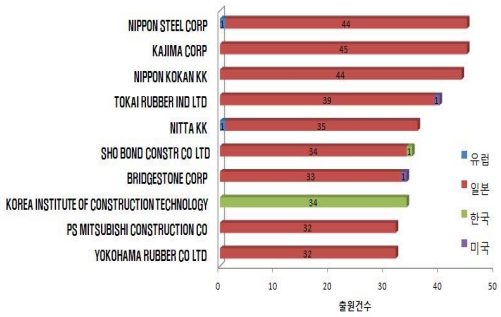
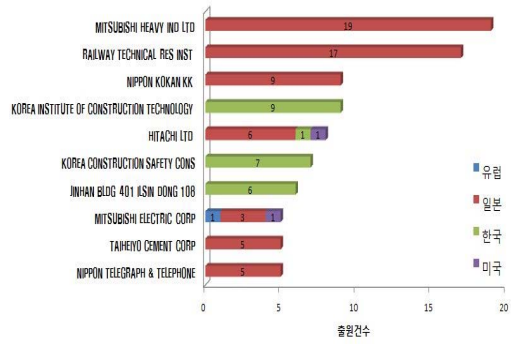
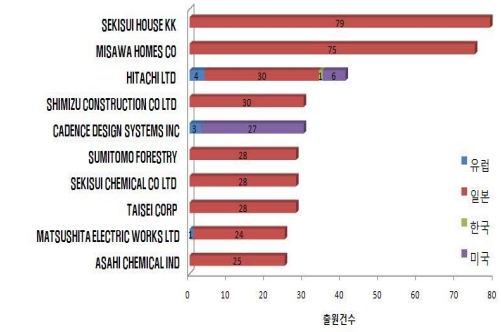
○ 기술별 주요 경쟁자 현황

- 급속시공 기술 분야에서 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 전세계적으로 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타났음
- 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될만한 요소는 비교적 적을 것으로 사료됨
- KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY은 지능형 친환경 교량 BIM 기술 분야를 제외한 모든 분야에서 주요 출원인에 포함되어, 향후 본과제 진행시 기술개

발을 효과적으로 할 수 있을 것임

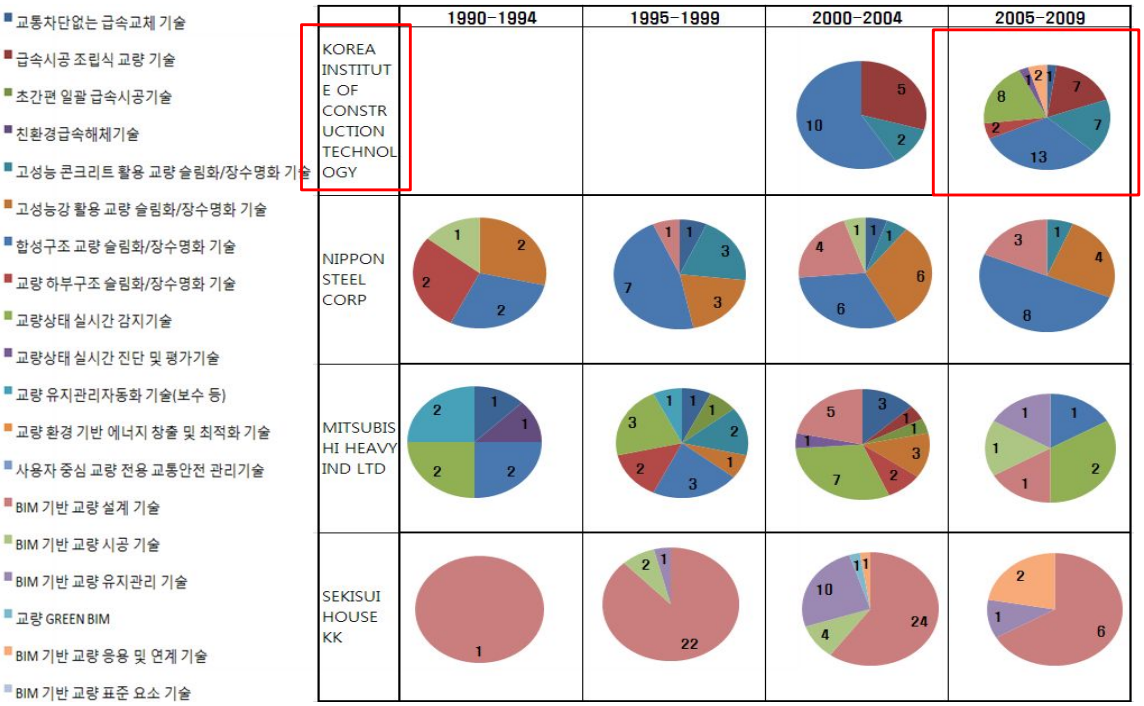
- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술과 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야는 1,2위의 주요 출원인이 다른 출원인에 비해 월등히 많은 출원을 하고 있으므로 기술개발시 해당 출원인에 대한 모니터링이 필요할 것임

[표 2-19] 기술별 전세계의 주요 경쟁자 현황

<table>
<tr><td>급속시공 기술</td><td>신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>교량 지능화 기술</td><td>지능형 친환경 교량 BIM기술</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

o 주요 출원인의 구간별 점유 증가율

- KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY은 한기술분야에만 편중되지 않고 최근 다양한 기술분야에 대한 출원을 활발하게 하고 있는 것으로 나타났음
- 최근까지도 출원을 많이 하고 있는 NIPPON STEEL CORP은 최근에 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술에 집중하고 있는 것으로 나타났음



[그림 2-30] 각 분류별 주요출원인의 구간별 집중도 추이

(10) 부상기술

- 아래의 부상기술 평가표는 최근 출원증가율, 점유율 증가율, 주요 출원인 점유율 증가율, 국가별 외국인 최근 출원증가율, 전문가의견을 종합적으로 평가하여 최근 부상기술을 도출함
- 급속시공기술(A)분야에서는 최근출원증가율이 급증하고, 전문가의 기술평가가 높게 나와 급속시공조립식 교량 기술 분야가 부상기술로 떠올랐고, 전문가의 기술평가가 높게 나와 친환경 급속 해체 기술 분야가 부상기술로 떠올랐음
- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술(B)분야에서는 전문가의 기술평가가 높게 나와 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술이 부상기술로 떠올랐음
- 교량지능화기술(C)분야에서는 주요 출원인 구간별 점유 증가율이 증가하고, 전문가 기술평가가 높게 나와 교량상태 실시간 감지기술이 부상기술로 떠올랐고, 출원증가율이 급증하고, 구간별 점유 증가율이 급증하며, 주요 출원인 구간별 점유율도 급증하고 전문가 기술평가도 높게 나와 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술이 부상기술로 떠올랐고, 출원증가율이 증가하고, 주요 출원인 구간별 점유 증가율이 증가하며 전문가의 기술평가가 높게 나와 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술이 부상기술로 떠올랐고, 출원증가율이 급증하고, 구간별 점유 증가율이 증가하고, 전문가의 기술평가가 높게 나와 사용자 중심 교량 전용 교통 안전 관리 기술이 부상기술로 떠올랐음
- 지능형 친환경 교량 BIM기술(D)분야에서는 전문가의 평가가 높게 나와 BIM기반 교량 설계 기술 분야와 BIM기반 교량 유지 관리 기술 분야가 부상기술로 떠올랐음

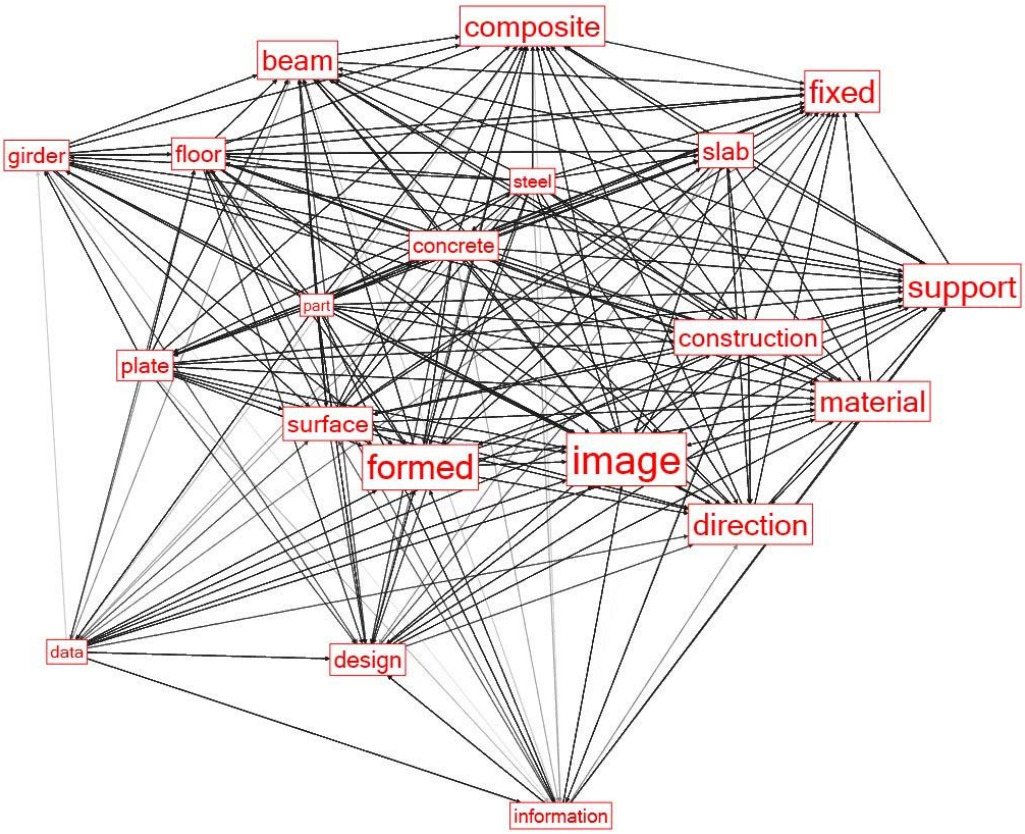
[표 2 - 20] 부상기술 평가표

평가 기준[12]			출원증가율 (최근5년간) <이전구간대비증가율>	구간별 점유증가율	주요출원인 구간별 점유증가율				국가별 외국인 출원증가율 (최근5년간) <이전구간대비증가율>					전문가의견	결론 (부상기술)	결론 (부상기술)
			30%	25%	20%				15%					50%		
기술분류			5 - Level	5 - Level	제1출원인	제2출원인	제3출원인	소계	미국	유럽	일본	한국	소계		(Z)[13]	점수
			(V)	(W)	(A)	(B)	(C)	(X)[14]	(D)	(E)	(F)	(G)	(Y)[15]			
지능형 친환경 교량	A	AA	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	○	○	●	◐	50
		AB	◕	◔	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	●	◐	66
		AC	○	○	○	○	◕	○	○	○	○	○	○	●	◐	50
		AD	◔	○	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	●	◐	52
	B	BA	○	○	○	○	◔	○	○	○	◕	○	○	●	◐	50
		BB	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	◐	50
		BC	○	○	◔	◔	○	◔	○	○	○	◕	○	●	◐	51
		BD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	◐	50
	C	CA	○	○	◐	◕	○	◐	○	○	○	◕	○	●	◐	54
		CB	●	●	●	◕	◕	●	○	◕	○	◕	◔	●	◕	96
		CC	○	○	○	○	○	○	○	◕	◕	○	◔	◔	○	6
		CD	◕	◔	◕	○	○	◐	○	○	○	○	○	●	◐	70
		CE	●	◕	○	◕	○	○	○	◕	○	○	○	◕	◐	66
	D	DA	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	◔	●	◐	51
		DB	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	○	○	●	◐	50
		DC	○	○	○	○	○	○	○	◕	◕	◕	◔	●	◐	51
		DD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	◐	50
		DE	○	◕	◕	●	●	●	○	○	○	◕	○	◔	◔	26
		DF	○	○	◕	○	○	○	○	○	○	○	○	●	◐	50

12)A:급속시공기술 B:신소재를 활용한 초슬림·장수명 교량 기술 C:교량 지능화 기술D:지능형 친환경 교량BIM기술
AA:교통차단없는 급속교체 기술 AB:급속시공 조립식 교량 기술 AC:초간편 일괄 급속시공기술 AD:친환경급속해체기술
BA:고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BB:고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BC:합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 BD:교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
CA:교량상태 실시간 감지기술 CB:교량상태 실시간 진단 및 평가기술 CC:교량 유지관리자동화 기술(보수 등)
CD:교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 CE:사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술
DA:BIM 기반 교량 설계 기술 DB:BIM 기반 교량 시공 기술 DC:BIM 기반 교량 유지관리 기술 DD:교량 GREEN BIM
DE:BIM 기반 교량 응용 및 연계 기술 DF:BIM 기반 교량 표준 요소 기술
13) (Z = V*0.3+W*0.25+X*0.2+Y*0.15+T*0.1)
14) (X = A*0.6+B*0.3+C*0.1)
15) (Y = D*0.5+E*0.2+F*0.2+G*0.1)

(11) co-word 분석

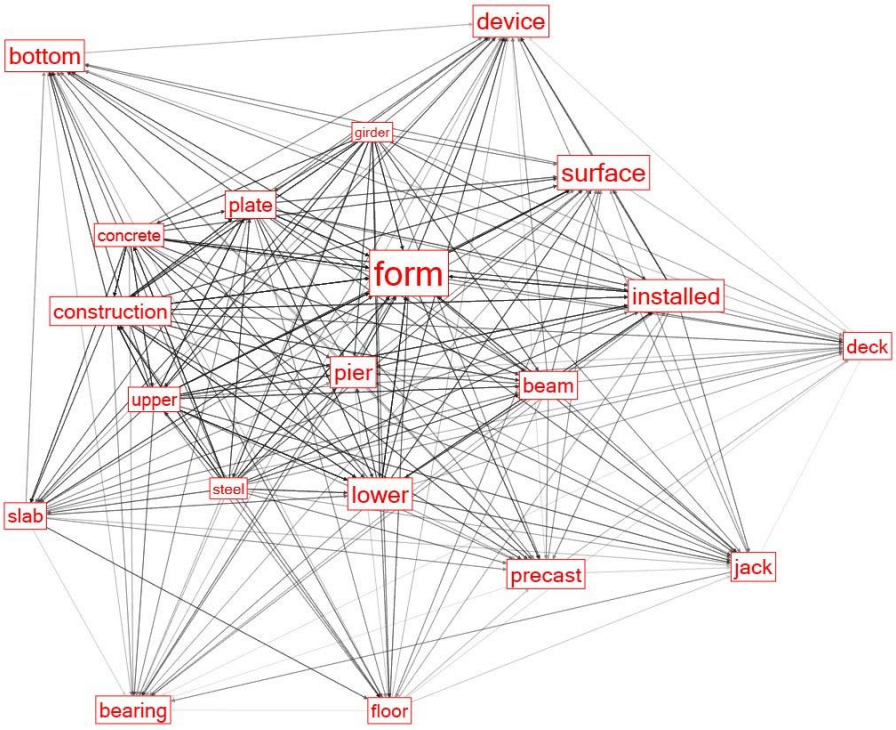
- co-word분석은 전체특허를 대상으로 빈도수가 높은 단어(상위 20개)를 추출한 후, 두 개의 단어가 동시에 나오는 특허의 개수를 카운팅하여 분석함
- 지능형 친환경 교량 기술에서는 composite, beam, image, form 등의 단어가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타났음. 특히 composite-slab가 빈번하게 나타나는 것으로 보아, 합성 바닥판에 대한 기술 개발이 활발한 것을 알 수 있음
- 또한, information-design, image, data 가 빈번하게 나타나 교량 정보를 통해 교량을 설계하는 기술에 대한 기술 개발이 활발하게 되고 있음을 알 수 있음



[그림 2-31] 지능형 친환경 교량 분야 전체 co-word 분석

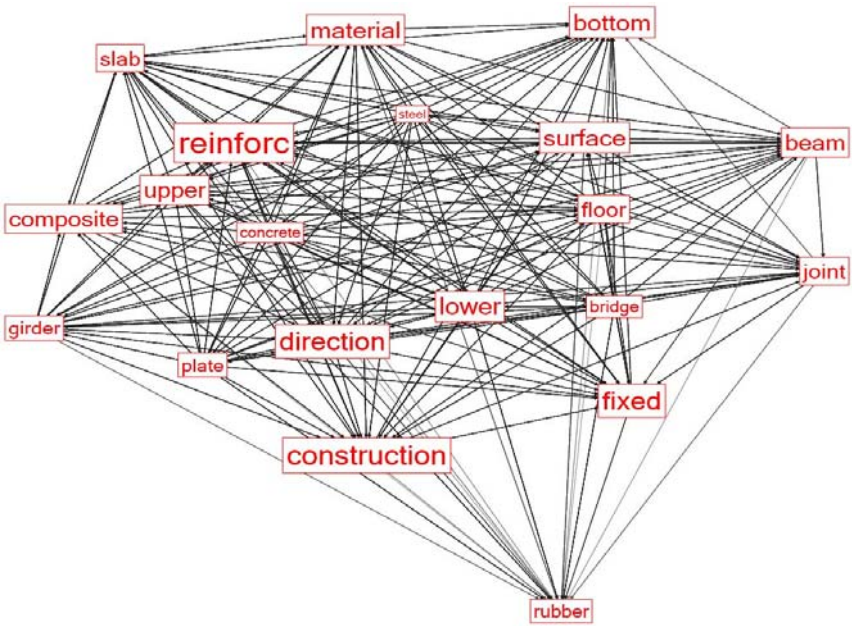
○ 분류별 co-word 분석

- 급속시공 기술 분야에는 form-upper의 출현이 높게 나와 상부구조를 만드는 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음
- 또한, precast-concrete, pier의 출현이 높게 나와 콘크리트 프리캐스트 및 교각 프리캐스트 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음
- 결과적으로 급속시공 기술 분야에서는 form, precast 단어와 연관성이 높은 기술 분야인 급속시공 조립식 교량 기술 분야에 대한 기술 개발이 활발하게 진행되고 있는 것으로 파악됨



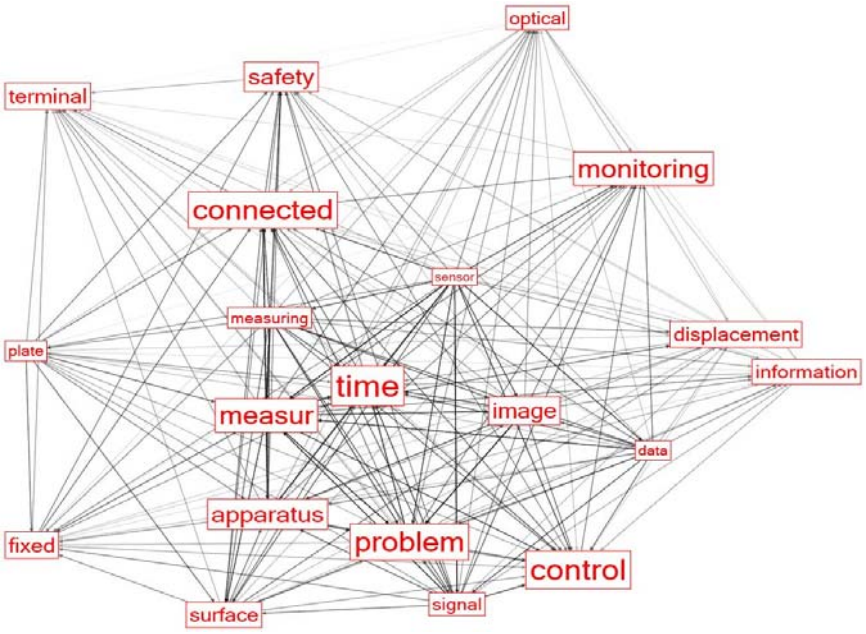
[그림 2-32] 급속시공 기술 분야 co-word 분석

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 분야는 reinforce, composite, construction이 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타나 이와 연관성이 높은 기술분야인 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 개발이 활발한 것을 알 수 있음
- 특히, reinforce는 대부분의 단어와 빈번하게 연관되어 출현하고 있는 것으로 보아 이 기술분야에서는 보강에 대한 기술개발이 집중적으로 이루어지고 있음을 알 수 있음



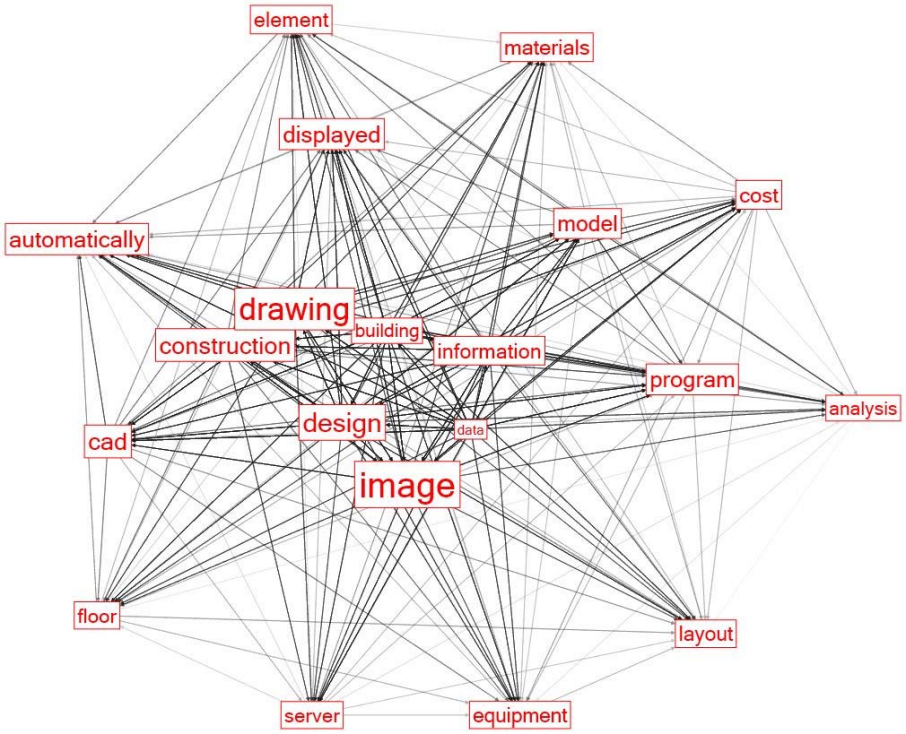
[그림 2-33] 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 분야 co-word 분석

- 교량 지능화 기술 분야는 time, control, measure, monitoring, connect, safety가 빈번하게 출현하여 교량상태를 실시간으로 감지하고 진단 및 평가하는 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있음
- 특히, sensor-data, signal과 연결되어, 센서의 데이터 이용과 센서 신호에 대한 기술개발이 활발하게 되고 있음을 알 수 있음



[그림 2-34] 교량 지능화 기술 분야 co-word 분석

- 지능형 친환경 교량 BIM 기술 분야는 image, drawing, automatically, design, cad가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 보아 BIM기반 교량 설계 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음



[그림 2-35] 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 co-word 분석

(12) 시사점

- 지능형 친환경 교량 기술의 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음
- 각 기술분야의 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될만한 요소는 비교적 적을 것이고, 기술 개발시 선두 기업의 기술을 이용할 수 있을 것임
- KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY은 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야의 대부분의 분야에서 전세계적으로 보았을 때 주요 출원인에 포함되어, 다양한 기술분야에 대한 기술력을 갖추고 있으므로 향후 본과제 진행시 기술개발을 효과적으로 할 수 있을 것임
- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술과 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야는 1,2위의 주요 출원인이 다른 출원인에 비해 월등히 많은 출원을 하고 있으므로 기술개발시 해당 출원인에 대한 모니터링이 필요할 것임
- 지능형 친환경 교량 기술 분야는 전체적인 동향에서 특허가 앞서는 것으로 나타나 기술 개발시 특허 기술을 참조할 필요가 있을 것으로 사료됨

o 최근 출원증가율, 점유율 증가율, 주요 출원인 점유율 증가율, 국가별 외국인 최근 출원증가율, 전문가의견을 종합적으로 평가함

분야	부상기술
급속시공분야	· 급속시공조립식 교량 기술 분야
신소재교량분야	· 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 분야
지능형 교량분야	· 교량상태 실시간 감지기술 · 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 · 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 · 사용자 중심 교량 전용 교통 안전 관리 기술 분야
BIM 분야	· BIM기반 교량 설계기술 · BIM기반 교량 유지 관리 기술 분야

나. 논문분석

(1) 분석개요

o 조사범위 : 1952년~2011년

o 논문검색 : 건기평 제공 Ladnmark 활용

o 조사항목 : 중점분야별 중분류 수준에서 조사하였으며, 국가별 논문수/연도별 논문수, 주요 연구기관 및 연구자 현황, 정성적 분석 결과 등을 기술하였음

(2) 분석목적

o 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

(3) 분석절차

o 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색(건기평 제공 Landmark 활용) 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

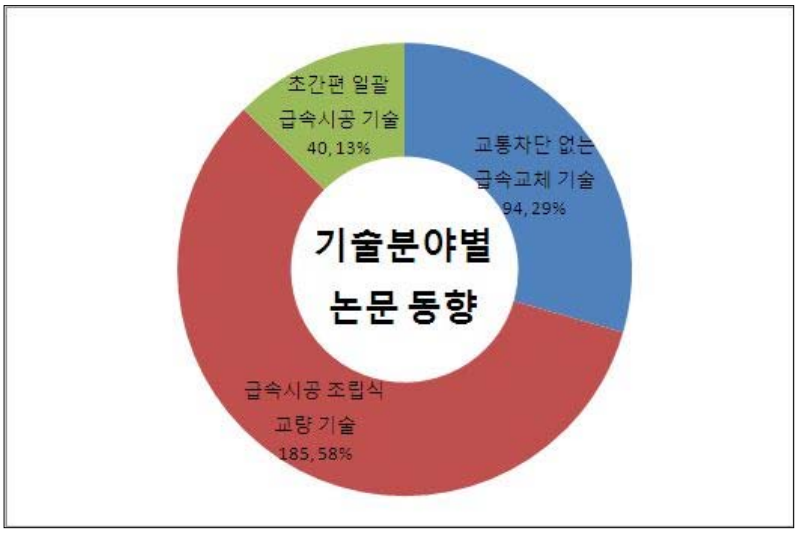
○ 논문 분석 키워드

분야명	중분류	검색 키워드	검색 논문 수 (1952년~2011년)	
급속시공	교통차단 없는 급속교체 기술	bridge & rapid & replacement	94	319
	급속시공 조립식 교량 기술	bridge & rapid & construction & module or modulus or precast or prefabricate or deck or girder or pier or substructure or superstructure	185	
	초간편 일괄 급속시공 기술	bridge & rapid & construction & total or together	40	
	친환경 급속 해체 기술	bridge & rapid & dismantle & technology	0	
신소재 교량	고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술	concrete & bridge & slim or slender or durability	1159	2204
	고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술	steel & bridge & slim or slender or durability	615	
	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술	bridge & composite & slim or slender or durability	396	
	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술	bridge & substructure & slim or slender or durability	34	
지능형 교량	교량상태 실시간 감지기술	bridge & real & time & sensing or monitoring	112	785
	교량상태 실시간 진단 및 평가기술	bridge & real & time & diagnosis or evaluation	310	
	교량 유지관리 자동화 기술	bridge & maintenance & automatic or automation	100	
	교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술	bridge & energy & harvesting	185	
	사용자 중심 교량 전용 교통 관제기술	bridge & intelligent & traffic & system	78	
BIM	BIM기반 교량 설계 기술	BIM & bridge & design	12	23
	BIM기반 교량 시공 기술	BIM & bridge & construction	7	
	BIM기반 교량 유지관리 기술	BIM & bridge & maintenance	1	
	BIM기반 교량 응용 및 연계 기술	BIM & bridge & application & system	3	
	BIM기반 교량 표준 요소 기술	BIM & standard & bridge	0	
	교량 Green BIM	bridge & green & BIM	0	

(4) 정량적 분석결과

(가) 교량 급속시공 분야

○ 전체 급속시공 기술 분야 논문 319건 중에서 급속시공 조립식 교량 기술 분야가 58%인 185건으로 가장 많음. 교통차단 없는 급속교체 기술과 초간편 일괄 급속시공 기술은 각각 94건(29%), 40건(13%) 있음. 친환경 급속 해체기술은 검색된 논문이 없음

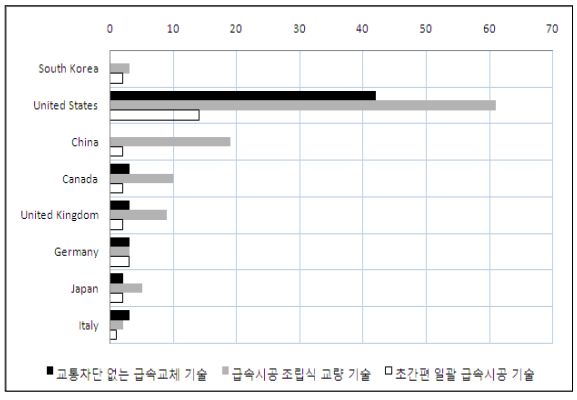


[그림 2-36] 기술분야별 논문 발표 현황

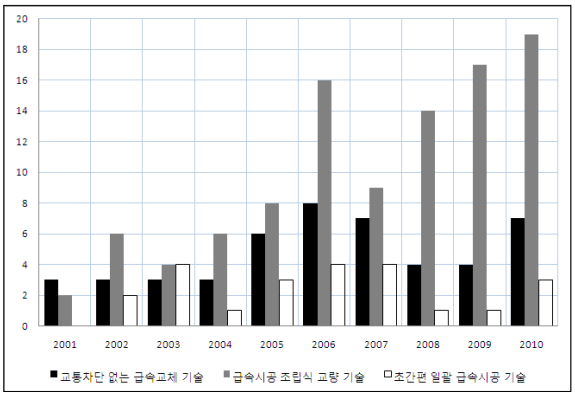
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 여덟 번째로 많음. 연도별 논문 수는 점차 증가하는 경향을 보임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

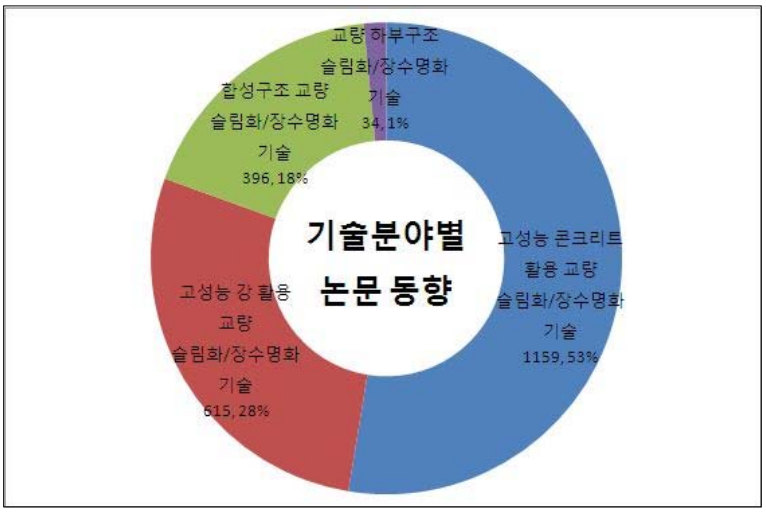
- 연구기관으로는 University of Nebraska-Lincoln(United States)(총 4건), 연구자로는

Tadros M.K.(University of Nebraska-Lincoln, United States)(총 5건)이 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음. 미국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 9개 기관 중 7개 기관으로 기재된 기관의 77.8%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
교통차단 없는 급속 교체 기술 분야	Federal Highway Administration(United States)	2	Bai Y. (University of Kansas, United States)	4
	University of California(United States)	2	Burkett W.R. (Texas Tech University, United States)	3
	University of Kansas(United States)	2	Dinitz Arthur M. (Transpo Industries Inc., United States)	2
	Alfred Benesch and Co.(United States) 외 103곳	1	Kim S.H. (University of Kansas, United States)	2
			Abbas H.H. (Auburn University, United States) 외 219인	1
급속시공 조립식 교량 기술 분야	University of Nebraska - Lincoln(United States)	4	Tadros M.K. (University of Nebraska - Lincoln, United States)	5
	Tongji University(China)	3	Lehman D.E. (University of Washington, United States)	4
	University of Washington(United States)	3	Roeder C.W. (University of Washington, United States)	4
	Wuhan University of Technology(China)	3	Chen S. (Colorado State Univ., United States)	3
	Colorado State Univ.(United States) 외 11곳	2	Li L. (Univ. of Tennessee - Knoxville, United States)	3
초간편 일괄 급속 시공 기술 분야	Texas Transportation Institute(United States)	2	Brunk J.C. (Texas Transportation Institute, United States)	2
	Alfred Benesch and Company(United States)	2	Middleton M.D. (Texas Transportation Institute, United States)	2
	Applied Research Associates(United States) 외 58곳	1	Abdalla H.A. (Alfred Benesch and Company, United States) 외 97인	1

(나) 신소재 교량 분야

o 신소재 교량 분야 논문 총 2204건 중에서 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야가 53%인 1159건으로 가장 많고, 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술이 34건으로 가장 낮은 비율인 1%를 차지함

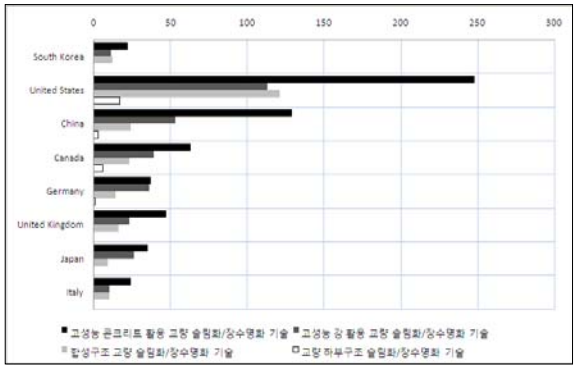


[그림 2-37] 기술분야별 논문 발표 현황

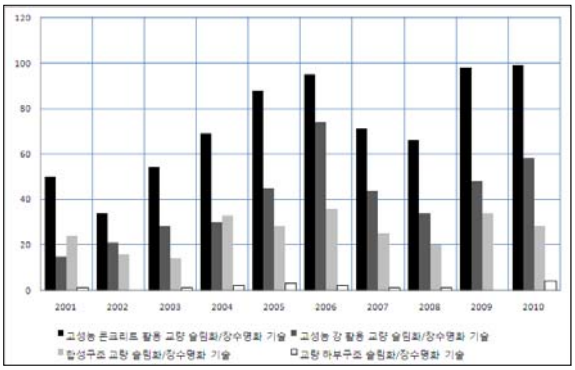
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 일곱 번째로 많음. 연도별 논문 수는 최근 몇 년부터 다시 증가하는 경향을 보임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

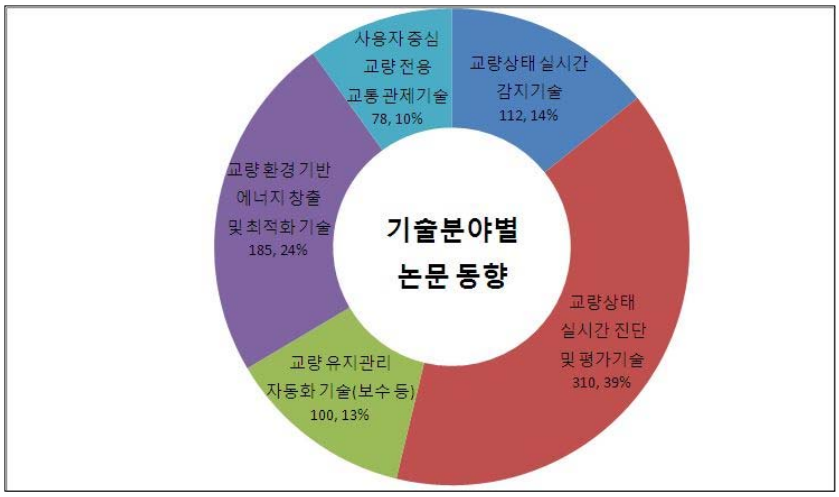
- 연구기관으로는 University of California(United States)(총 48건), 연구자로는 Karbhari V.M.(University of Alabama, United States)(총 45건)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음. 미국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 20개 기관 중 10개 기관으로 기재된 기관의 50%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화	University of California(United States)	15	Karbhari V.M. (University of Alabama, United States)	13
	Tongji University(China)	9	Miyamoto A. (Yamaguchi University, Japan)	8
	Zhejiang University(China)	9	Jin W.-L.	7

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
기술 분야			(Zhejiang University, China)	
	Chang'an University(China)	8	Kawamura K. (Yamaguchi University, Japan)	7
	Southeast University(China)	8	Pantelides C.P. (University of Utah, United States)	7
고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야	University of California(United States)	9	Karbhari V.M. (University of California, United States)	9
	Chalmers University of Technology(Sweden)	5	Sedlacek G. (Aachen University, Germany)	7
	Nagoya University(Japan)	4	Bakht B. (JMBT Structures Research Inc., Canada)	5
	Ontario Ministry of Transportation(Canada)	4	Itoh Y. (Nagoya University, Japan)	5
	Beijing Jiaotong University(China)	3	Lebet J.-P. (Swiss Fed. Institute of Technology, Switzerland)	5
합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 분야	University of California(United States)	24	Karbhari V.M. (University of Alabama, United States)	23
	University of Delaware(United States)	7	Lebet J.-P. (Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland)	8
	University of Michigan(United States)	7	Lesko J.J. (Virginia Tech, United States)	8
	University of Utah(United States)	6	Pantelides C.P. (University of Utah, United States)	8
	University of South Carolina(United States)	5	Cousins T.E. (Virginia Polytech. Institute, United States)	5
교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술 분야	Ontario Ministry of Transportation(Canada)	4	Schell H.C. (Ontario Ministry of Transportation, Canada)	5
	Florida Atlantic University(United States)	2	Breen J.E. (University of Texas at Austin, United States)	4
	Texas Dep of Transportation(United States)	2	Manning D.G. (Ontario Ministry of Transportation, Canada)	4
	ASCE(United States)	1	Billington S.L. (Cornell University, United States)	3
	C/o Peter Und Lachner(Germany)	1	Barnes R.W. (University of Texas at Austin, United States)	2

(다) 지능형 교량 분야

o 전체 기술분야 중에서 교량상태 실시간 진단 및 평가기술 분야가 지능형 분야 논문 785개중 39%인 310건으로 가장 많고, 사용자 중심 교량 전용 교통관제기술이 가장 낮은 비율을 차지하고 있었음(10%, 78건)

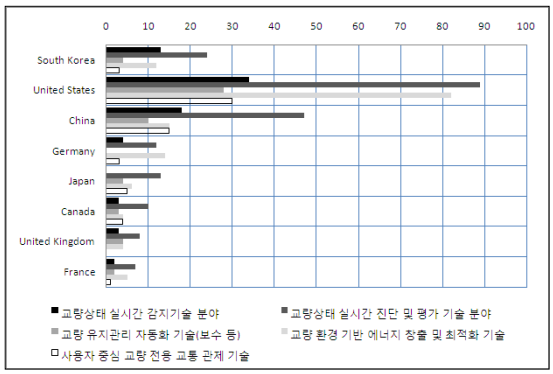


[그림 2-38] 기술분야별 논문 발표 현황

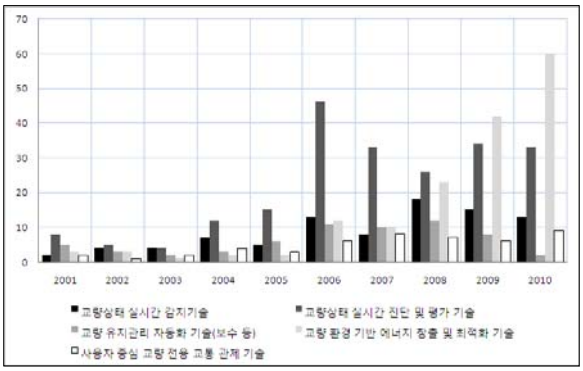
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 세 번째로 많음. 연도별 논문 수는 점차적으로 증가함

국가별 논문 수



연도별 논문 수



○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 연구기관으로는 University of California(United States)(총 12건), 연구자로는 Inman D.J.(Virginia Tech, United States)(총 10건)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음.
- 미국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 25개 기관 중 11개 기관으로 기재된 기관의 44%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

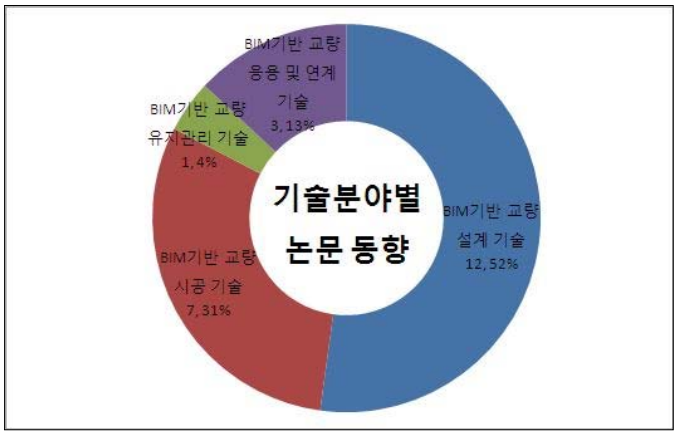
구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
교량상태 실시간 감지기술 분야	Missouri University of Science and Technology(United States)	4	Pozzi M. (University of Trento, Italy)	4
	University of Trento(Italy)	4	Zonta D. (University of Trento, Italy)	4

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
	Chongqing University(China)	3	Chen B. (Michigan Technological University, United States)	3
	Nanyangl University(Singapore)	3	Heo G. (Konyang University, South Korea)	3
	Analatom Inc. (United States) 외 16개 기관	2	Lee W. (KICT, South Korea)	3
교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 분야	University of California(United States)	7	Chen B. (Michigan Technological University, United States)	5
	Korea Advanced Institute of Science and Technology(South Korea)	5	Choquet C. (123 Certification Inc, Canada)	4
	Korea Ocean Research and Development Institute(South Korea)	4	Pan Q. (Drexel University Infrastructure Institute, United States)	4
	Structural Health Monitoring and Control Institute(China)	4	Yi J.-H. (Korea Ocean Research and Development Institute, South Korea)	4
	University of Trento(Italy)	4	Yun C.-B. (Korea Advanced Institute of Science and Technology, South Korea)	4
교량 유지관리 자동화 기술분야	ASCE(United States)	2	Bernold L.E. (North Carolina State University, United States)	4
	Beihua University(China)	2	Li J. (China Jiliang University, China)	3
	INIT GmbH(Germany)	2	Abdel-Qader I. (Western Michigan University, United States)	2
	Shanghai Jiaotong University(China)	2	Abudayyeh O. (Western Michigan University, United States)	2
	University of British Columbia(Canada)	2	Bremer L. (Leiter Bauliche Anlagen Schwebebahn, Germany)	2
교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 분야	Rensselaer Polytechnic Institute (United States)	7	Inman D.J. (Virginia Tech, United States)	10
	Omnitek Partners (United States)	5	Park G (Los Alamos National Laboratory, United States)	8
	University of California (United States)	5	Parsa L. (Rensselaer Polytechnic Institute, United States)	7
	Cornell University Laboratory for Intelligent Machine Systems (United States)	4	Dwari S. (Rensselaer Polytechnic Institute, United States)	6
	Engineering Institute, Los Alamos National Laboratory (United States)	4	Murray R. (Omnitek Partners, United States)	5

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
사용자 중심 교량 전용 교통 관제 기술 분야	Beijing Jiaotong University (China)	2	Ayoub A. (University of Houston, United States)	2
	Harbin Institute of Technology (China)	2	Dong Z. (University of Victoria, Canada)	2
	University of South Florida (United States)	2	Mehrani E. (University of South Florida, United States)	2
	University of Southern California (United States)	2	Wang X. (Tsinghua University, China)	2
	Advanced Bridge Engineering Systems (Austria) 외 89곳	1	Xue D. (University of Calgary, Canada)	2

(라) BIM 분야

○ BIM 전체 기술 분야(23건) 중에서 BIM기반 교량 설계 기술이 52%인 12건으로 가장 많고, BIM기반 교량 표준 요소 기술과 교량 Green BIM 기술에 대한 논문은 없음

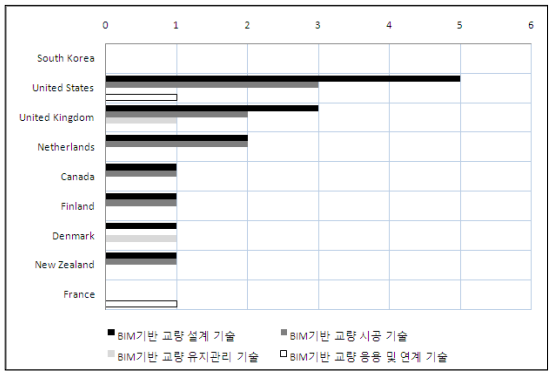


[그림 2-39] 기술분야별 논문 발표 현황

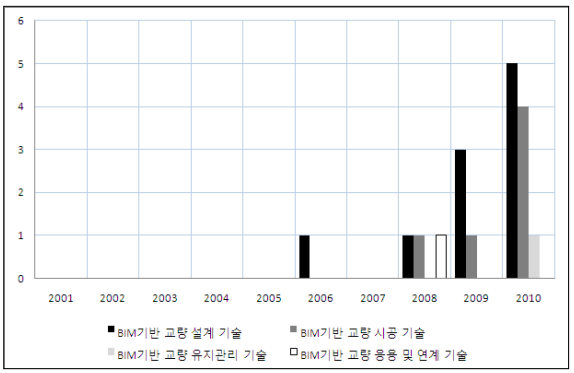
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 이 없음. 연도별 논문 수는 점차적으로 증가하기 시작하는 추세임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



o 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 연구기관으로는 **Stanford University(United States)**(총 4건), 연구자로는 **Ajam M.(Salford University, United Kingdom)**(총 2건)이 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음
- 미국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 9개 기관 중 5개 기관으로 기재된 기관의 55.6%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
BIM기반 교량 설계 기술 분야	Stanford University(United States)	2	Ajam M. (Salford University, United Kingdom) 외 29인	1
	CERL(United States) 외 13곳	1		
BIM기반 교량 시공 기술 분야	Stanford University(United States)	2	Ajam M (Salford University, United Kingdom).외 19인	1
	CERL(United States) 외 9곳	1		
BIM기반 교량 유지관리 기술 분야	Copenhagen School of Design and Technology(Denmark)	1	Harty J. (Copenhagen School of Design and Technology, Denmark)	1
	Scott Sutherland School of Architecture and Built Environment(United Kingdom)	1	Laing R. (Scott Sutherland School of Architecture and Built Environment, United Kingdom)	1
BIM기반 교량 응용 및 연계 기술 분야	Conservatoire National des Arts et M□tiers(France)	1	Yan, W.(Texas A and M University, United States) 외 5인	1
	Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas(France)	1		
	Texas A and M University(United States)	1		

(5) 정성적 분석결과

구 분	교량 급속시공 분야	신소재 교량 분야	지능형 교량 분야	BIM 분야
기술 전망	친환경 급속 해체 기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 저조하여 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 급속시공 조립식 교량 기술 분야는 충분한 논문이 확보된 것으로 판단됨.	교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 저조하여 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야는 충분한 논문이 확보된 것으로 판단됨.	사용자 중심 교량 전용 교통 관제기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 저조하여 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 분야는 충분한 논문이 확보된 것으로 판단됨.	BIM기반 교량 표준 요소 기술 분야, 교량 Green BIM 기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 없으므로 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 나머지 기술 분야들도 논문 수가 적으므로 활발한 연구가 필요할 것으로 판단됨.
기술 개발 필요 분야	- 친환경 급속 해체 기술 분야 - 초간편 일괄 급속시공 기술 분야 - 교통차단 없는 급속교체 기술 분야	- 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술 분야 - 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 분야 - 고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야	- 사용자 중심 교량 전용 교통 관제 기술 분야 - 교량 유지관리 자동화 기술 - 교량상태 실시간 감지 기술	- BIM 기반 교량 표준 요소 기술 분야 - 교량 Green BIM 분야 - BIM기반 교량 유지관리 기술 분야

(6) 시사점

- 전반적으로 지능형 친환경교량 파트의 논문 및 연구실적은 교량 관련 전체 논문 수 57775건 중 낮은 비율(급속시공분야: 0.55%, 신소재 교량 분야 3.81%, 지능형 교량 분야: 1.36%, BIM 분야: 0.04%)을 차지하는 것으로 조사되었으며, 각 분야별 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨
- 논문실적과 관련하여 세계 수준을 확보하기 위해서는 지능형 친환경교량 분야 중점 연구기관 및 연구자를 발굴 육성해야 하며, 지능형 친환경 교량 분야에 대한 국가적 차원의 적극적 지원 필요할 것으로 사료됨
- 지능형 친환경 교량 중점 분야 중 BIM 분야의 논문 실적이 가장 저조한 것으로 나타난 것으로 미루어볼 때 해당 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료됨
- 우리나라의 경우 전체 분야 중에서 지능형 교량 분야의 논문 실적이 가장 많았으며 신소재 교량 분야의 일부 분야에서도 논문 실적이 있었으나, 급속시공 분야와 BIM 분야의 경우 논문 수가 매우 적거나 없는 분야가 대부분인 점으로 보아 해당 분야들에 대한 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨

다. 기술경쟁력 분석

(1) 국내 기술동향

(가) 교량 급속시공 분야

- 국내에서 급속시공에 대한 본격적인 검토는 도로교 철근 콘크리트 바닥판 손상에 따른 교체 수요에 의해 시작된 프리캐스트 바닥판 연구로, 대우건설과 서울대학교가 공동으로 프리캐스트 콘크리트 바닥판 및 접합부 거동에 관한 연구를 시작하였고 이 연구결과를 토대로 도로공사 시험도로 상에 있는 삼승일교가 2002년 처음 시공되었음
- 바닥판에 대해서는 프리캐스트 콘크리트 바닥판 이외에 신소재인 복합섬유를 이용한 FRP 바닥판 및 FRP 합성 바닥판이 한국건설기술연구원에서 연구 개발되었고 다양한 시도가 활발하게 이루어지고 있음
- 교량 거더는 프리캐스트 거더의 운반문제로 처음에는 차량에 의한 운반을 하지 않아도 되게 현장 부근에서 거더를 제작한 후 거치하는 공법이 처음 개발되었으며, 이후 segbeam 공법과 같이 운반할 수 있는 크기로 공장에서 분할 제작하여 현장에서 조립하는 형태로 진행되고 있음
- 교량의 교각에 관한 급속시공 시스템의 개발은 이제 시작하는 추세에 있고 국내 건설여건이 과거 초기공사비 절감에서 품질향상과 공기단축으로 변화하면서 본격적인 적용이 예상됨. 특히, 도심지 구간의 공사가 대부분인 경전철 사업 등에서 활발하게 대안으로 논의되고 있음
- 교각의 코핑부는 부재 중량이 무겁고 상부하중을 직접 지지해야 하는 구조적 특성상 프리캐스트에 의한 급속시공이 어려운 부재임. 이로 인하여 풀 프리캐스트 공법보다는 하프 프리캐스트 공법을 이용한 급속시공 연구가 진행되고 있음
- 교량 교대는 거의 대부분 현장타설 콘크리트 교대를 이용하고 있으며, 최근에 기초와 벽체의 역할을 할 수 있는 합성형 강널말뚝 교대를 적용하여 공사기간을 40% 정도 단축시킨 사례가 있으나 본격적인 급속시공이라 하기에는 다소 부족함
- 교량 방호울타리는 강재인 경우 공장제품으로 현장에서 단순 조립하여 사용할 수 있는 제품이 다수 개발되어 있으나, 방호성능을 향상시키기 위하여 콘크리트를 사용하는 경우에는 현장타설 공법에 거의 의존하고 있음
- 2006년에 대우건설에서 프리캐스트 방호울타리에 대한 연구를 진행하였고 모듈러 교량 연구단에서 추가 연구를 진행하고 있으나 현장 적용사례는 없는 것으로 조사됨
- 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	신속 교체기술			
국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	주택공사	고층건물 해체기술	환경위해요인 최소화	친환경
	인영건설	건식 절단공법	분진과 슬러지를 발생시키지 않는 친환경 해체기술	친환경
	삼성중공업	운반장비	초대형 운반장비 기술	일괄교체
	현대중공업	운반장비	초대형 운반장비 기술	일괄교체
	리노이엔지	신축이음장치	교체가능	부분교체 가능
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설기술연구원	자동화 장비 개발(완료)	기성콘크리트 파일 공사용 장비 개발	

세부기술명	신설교량 급속시공 기술			
국내 업체 보유기술	업체	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	대우건설	프리캐스트 교각	강연선 긴장 조립식 교각	공기단축
		프리캐스트 바닥판	조립식 바닥판	공기단축
	GS건설	프리캐스트 교각	슬리브 활용 PCa 교각	공기단축
	인터컨스텍	IPC, SegBeam	프리캐스트 세그먼트 공법	공기단축
	휴먼브릿지	T형 PSC 거더	바닥판 - 거더 일체형	공기단축
	혜동브릿지	SB아치 교량	강거더에 아치콘크리트 보강 충전	장지간, 공기단축
	한맥기술	프리캐스트 거더	조립식 거더	공기단축
		반단면 프리캐스트 바닥판	반조립식 바닥판	공기단축
	장헌산업	반단면 프리캐스트 바닥판	반조립식 바닥판	공기단축
	삼표이앤씨	프리캐스트 거더	조립식 거더	공기단축
		강관 혼합형 강널말뚝 교대 기술	흙막이/물막이벽 역할, 기초파일 역할 동시 수행	공기단축
	도로공사	보강토 교대 설계기술	토압을 지지하는 날개벽에만 보강토를 활용	저비용, 공기단축
	코레일	곡선철도교 교체	곡선철도교 교체공법	공기단축
	동아에스텍	SB3~SB5 교량난간	강재 방호울타리	시공성 우수
	리노이엔지	신축이음장치	교체가능	부분교체 가능
국내 기관 연구개발	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설기술연구원	교량부재 프리캐스트화 공법 개발(완료)	프리캐스트 바닥판 FRP(합성) 바닥판 프리캐스트 교각 프리캐스트 거더	논문 30여건 특허 30여건 기술이전 4건
	포항산업과학연구원	교량부재 프리캐스트화 공법 개발(완료)	강바닥판 강거더	강교량 프리캐스트화 실현

(나) 신소재 교량 분야

- 최근 국내외의 교량기술개발 트렌드는 물량절감, 저비용 및 장수명 교량을 개발하는 것임. 특히 이산화탄소 배출량 축소가 전세계적인 이슈로 등장한 이후 교량분야에서도 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발 및 설계개념의 변화에 대해 논의가 되고 있는 시점임
- 교량분야에서 이산화탄소 배출량을 직접적으로 감소시키는 기술은 현재로서는 한계가 있어 콘크리트 및 강재 사용량을 절감시키는 방법을 통해 간접적으로 탄소 배출량을 감소시키는 방법을 취하고 있음
- 국내에서 개발된 교량들 중 많은 것들이 콘크리트 교량과 관련된 것들이 많으며, 특히 PSC I형교와 관련된 기술들이 많이 개발되고 있음
  - PSC I형교에 대한 기술개발 내용들은 다단계 긴장방법의 도입, 초기 긴장력 도입시 압축측 콘크리트에 발생하는 균열을 제어하기 위해 강형 또는 강봉의 배치, 유지관리시 추가 긴장력을 도입할 수 있는 방안, 교량바닥판 교체시 PSC I형에 발생될 수 있는 균열의 제어, 분절형 거더 도입을 통한 장지간 PSC I형 가설 등과 같은 분야에 대해 기술개발이 이루어지고 있음
  - 경량화를 통한 장지간 교량을 개발하기 위해 아주대학교 한만엽 교수는 개구부를 갖는 PSC I형을 개발하고 실용화를 위해 노력하고 있음.
- 강 교량의 비율을 약 15% 내외(일부 강합성교 포함)로 콘크리트 교량에 비해 열위에 있어 순수 강 교량분야에서 기술개발은 많지 않으며, 대부분 콘크리트와 합성을 전제로 한 강합성 분야에 대한 기술개발이 많은 것이 현실임
  - 순수 강 교량분야에서 개발되는 기술은 POSCO에서 개발한 교량용 고성능 강인 HSB의 활용기술이 주류를 이루고 있음
  - 강 교량에 대한 기술개발을 주도하는 기관은 포항산업과학연구원(RIST)이며 다양한 선행연구들을 통해 HSB를 이미 개발했고 설계기준에 반영하여 실용화되고 있는 상황임
- 교량 건설의 대표적인 재료인 콘크리트(시멘트) 및 강재는 재료 생산시 막대한 이산화탄소를 배출하기 때문에 시멘트 및 강재 사용량을 줄이면 줄이는 양만큼 이산화탄소를 배출을 억제하는 효과가 있음
- 신소재를 활용한 슬림/장수명화된 교량 개발과 관련된 기술적 이슈들은 다양하지만 크게 구분하면 재료거동, 부재거동, 내구특성, 기준관련 등으로 구분할 수 있음
- 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	강 교량 슬림/장수명화			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	포스코 현대제철 동국제강	초고장력 철근 및 케이블 강선	인장강도 800MPa급 초고장력 철근의 개발 및 인장강도 2200MPa급 케이블 강선 개발	초고성능 콘크리트 구조 및 사장교 현수교 등에 적용
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	포항산업 과학연구원	교량용 고성능 강인 HSB500, HSB600, HSB800 개발	인장강도가 500MPa, 600MPa, 800MPa인 교량용 고성능 강재의 개발 및 활용 기술	도로교설계기준에 반영, 인천대교 등에 적용함

세부기술명	콘크리트 교량 슬림/장수명화			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	대우건설	산업부산물 활용 친환경 콘크리트	플라이애쉬, 고로슬래그를 활용한 콘크리트 제조 및 활용 기술	시멘트 사용량 저감에 따른 이산화탄소 배출량 저감
	코오롱건설	나일론섬유보강 콘크리트	나일론 단섬유를 콘크리트에 혼입하여 내구성 및 인성 증대	구조물 수명연장 및 균열저항성 증진
	포스코건설	고로슬래그 다량 혼입 콘크리트	고로슬래그를 다량 혼입한 콘크리트 제조 및 적용 기술	산업부산물 활용
	인터컨스텍	다단계 긴장법에 의한 PSC I형교	다단계 긴장을 통해 PSC I형교를 최적화시켜 형고 및 공사비 절감	물량 절감 및 저비용 교량 건설에 기여
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설 기술연구원	고성능 콘크리트 제조 및 활용 기술	초고성능(UHPC) 콘크리트 제조 방법 개발 및 이를 이용한 교량 부재 개발	200MPa UHPC 제조기술 및 UHPC 보도 사장교 실용화
	한국건설 기술연구원	FRP 보강근 및 텐던	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발 및 적용 기술	GFRP 보강근이 적용된 교량바닥판 시공
	한양 대학교	NT 활용 경량 콘크리트	나노 폴리머 등을 이용한 고강도 콘크리트 및 폐기물을 활용한 경량 콘크리트 개발	인공 경량 골재 및 나노 폴리머 콘크리트

(다) 지능형 교량 분야

o 건설 산업은 국가 경제에 차지하는 비중이 매우 큰 반면, 부가가치 창출이 미흡한 전통적인 아날로그 산업으로 인식되어 그동안 기술투자와 IT융합이 미흡하였으나 최근 건설 기술의

설계·시공·유지관리 분야에서 뚜렷하게 IT, 로봇, 자동차, 통신 등 첨단 기술의 융·복합 기술 개발을 매우 적극적으로 추진하고 있는 상황임

- 건설 기술은 정부의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT 기술을 융합한 신성장 동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 생활 밀착형 건설 기술과 SOC형 건설 기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임
- 특히, SOC 지능화를 위해 최근 추진하는 대표적인 건설 IT 융합기술은 지능형 교통체계(ITS), 유비쿼터스 도시(u city), 저에너지 그린 빌딩, 차세대 공간정보(GIS) 기술 등으로 기존의 SOC 건설 기술을 고도화 및 지능화하는 기술 개발이 매우 중요한 과제로 등장하고 있음
- 유선기반에서 무선기반 모니터링으로 변환하는 추세임
  - 무선센서노드 + 센서(가속도 센서, 변형률 센서, 풍향 풍속 센서)
  - 현장 적응성, 안정성, 데이터 신뢰성 확보가 관건
- 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

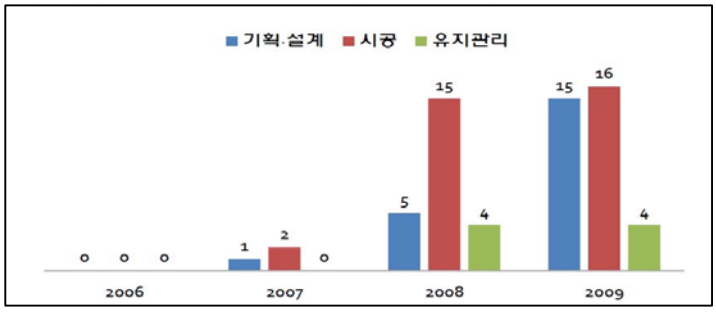
세부기술명	무선 센서 네트워크 기술			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	한백전자	USN, 임베디드, 안드로이드기술	Ubiquitous Sensor Networks	교량, 터널계측
	휴인스	IT융합, 임베디드, 안드로이드기술	Ubiquitous 솔루션 개발	재난재해관리 환경모니터링
	하이버스	USN 임베디드 기술	임베디드기반 설비시설 및 공정자동화기술	무선센서 기반 자동계측
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	건양 대학교	Wireless 스마트 센서 시스템	장대형 구조물의 무선계측시스템을 이용한 데이터 획득 및 분석 시스템 구현	SWMAS(Smart Wireless MEMS based Accelerometer System) 개발

세부기술명	광섬유센서 기반 교량상태 실시간 감지 및 진단 · 평가기술			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	카이센	광섬유센서 패키징 및 활용기술 (강연선 및 앵커헤드 센싱 기술)	센서 패키징 뿐만 아니라 건설관련 활용기술 개발	기존대비 내구성 및 신뢰성 향상
	아이세스	측정장비 및 센서 패키징기술	정적 광섬유센서 측정장비와 다양한 센서 패키징 개발	
	FBGtech	센서 패키징 기술	다양한 센서 패키징 기술	
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	전남대	스마트 케이블 개발	셀프 센싱이 되는 스마트 텐던 개발 및 다양한 적용 연구 수행	스마트 텐던
	건기원	처짐 측정기술 및 다양한 적용 실적 보유	광섬유 변형률 센서를 이용한 교량의 처짐 추정 알고리즘 개발 및 다양한 구조물의 test bed 적용	광섬유센서 기반 교량의 test bed
	철도연	터널 등 다양한 적용 실적 보유	광섬유센서를 이용한 철도교 및 터널 등 다양한 test bed 적용	광섬유센서 기반의 test bed

(라) BIM 분야

○ 국내에서 교량의 설계에 BIM을 적용한 사례는 찾아 볼 수 없으며 2008년 이후 청풍대교, 적금-영남 현수교, 세종시의 금강2교 및 최근의 이순신 대교 등의 특수교량을 대상으로 BIM을 적용하였으나 시공사의 연구 차원에서 부재의 간섭 검토나 공정 시뮬레이션 수준에 머무르고 있음

○ 건설IT 융합분과에서 발표한 자료에 의하면 지능형 건설기술은 선진국의 대비 67%, 건설-인프라 기술은 63%, 에너지 절감/친환경 거설 및 신소재 기술은 50%로 선진국 대비 국내의 기술수준은 낮은 것으로 나타났음.



[그림 2-40] 국내 BIM 연구 현황

○ 청풍대교, 제2돌산대교, 낙동강 감정보(이상 대림산업), 항만시설 공가 실시설계(현대건설), 호남고속철도(쌍용건설), 서울지하철 9호선(삼성물산) 등 대형 건설업체 위주로 도입 준비 단계임

- 국내 BIM 소프트웨어 개발사로 오토데스크코리아, 벤틀리시스템즈코리아, 베이시스소프트 및 한국가상현실, 버츄얼빌더스가 있음
  - 버츄얼빌더스는 국내 유일의 BIM 저작도구인 ArchiSpace, 3D GIS 플랫폼인 UrbanSpace를 개발하였으며, 순수 국내기술로 BIM-IFC 호환엔진인 Khan IFC Browser를 개발하였음(버츄얼빌더스, 2011).
  - 한국가상현실의 KOVI Archi, 오토데스크 제품인 Revit, 벤틀리시스템의 제품인 ArchiCAD의 경우, 2, 3차원 공간저작과 객체기반 및 수치기반 모델링을 지원하고 분석을 위한 공간 연결관계 정보를 부분적으로 지원함
  - 버츄얼빌더스의 ArchiSpace는 시뮬레이션 및 모니터링 기능, 독립뷰어제공, 다양한 형식의 가시화 기능 제공
  - 그 이외의 국내 업체는 디디알소프트로 BIM 기반 건설현장용 설계검토 및 협업도구인 XDSpace, 재난상환 3D 모델링 통제시스템인 DICOS, 도면작성관리시스템eVISO를 개발하였음(디디알소프트, 2011)
  - 2010년 롯데건설에서는 3D 입체 모델을 효과적으로 운영할 수 있는 온라인 협업시스템 'BIM-COPIMS'를 개발하여, 입찰, 수주 및 시공단계에서 현장과 본사, 협력업체 등 관련 참여주체들이 정보를 공유하고 활용할 수 있도록 하였음
- 국내외 3차원 설계정보 활용현황은 국외에 비해 도입단계에 머물러 있음
  - 주로 민간 및 건축부문을 중심으로 도입 및 적용성 검토를 위한 프로젝트가 추진되고 있으며, 관련 기술과 제도 기반이 마련되지 못한 관계로 적극적인 활용은 미흡한 상황임. 특히 토목공사 분야의 BIM적용은 건축분야와 달리 기초적 수준에 머물러 있음
- 소수의 사례지만 토목분야의 대형 국책사업에 3D, 4D 시뮬레이션 구성이 의무화된 사례 등은 토목분야 BIM 환경 구축에 고무적인 상황임
  - BIM공사관리 통합웹사이트 구축을 통한 현장 관리체계 마련 및 3차원 정보 모델 구축, 교량프로젝트에 BIM 일부 도입을 통한 공종간섭 확인 및 시공성 검증 효과 확인, 지하철 현장의 BIM도입을 통한 시공성 검토, 2D도면의 철근물량 검토 등을 수행함
- 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부 기술명	BIM기반 교량 설계 및 시공 기술			
국내 업체 보유기술	업체(국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	쌍용(한국)	BIM 공사관리 통합관리시스템	- 3차원 토공관리, 가상현실 안전관리, 장비 운영	가시적 공사관리
	지오엔티 (한국)	토목분야 4D CAD	- 토공시뮬레이션기능 등 독자적 BIM엔진 개발	BIM 솔루션 국산화
국내 기관 연구개발	기관(국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	
	성균관대학교 (한국)	4D + RFID 기반 Realtime Process 관리 체계 개발	- 4D CAD와 RFID 기술을 기반으로한 현장의 주요작업 진도관리체계 개발	안전관리 공정관리 진도관리
	성균관대학교 (한국)	RFID 기술을 이용한 건설물류 및 진도관리 통합체계	- RFID와 Ubiquitous 요소기술을 이용하여 건설 프로젝트의 물류 및 진도관리를 통합적으로 수행할 수 있는 정보체계 및 시스템 개발	자재관리 진도관리
	한양대학교 (한국)	유비쿼터스 기능을 활용한 차세대 건설현장관리시스템	- 유비쿼터스 기능을 활용하여 현장관리 시스템 개발 - 유비쿼터스 기능을 활용하여 효율적인 현장관리 방법 제시 - 유비쿼터스 기능으로 건설현장 정보 Database화	공정관리 안전관리
	중앙대학교 (한국)	Bridge Expert Station	- 교량의 전문가시스템 개발을 위한 아키텍쳐 구성 및 예제 지시	교량에 전문화된 BIM기술 연계
	경상대학교 (한국)	멀티미디어 기술을 연계한 건설관리 정보화용 4D시스템 개발	- 2003년 건설 핵심기술연구개발 사업으로 “ 멀티미디어 기술을 연계한 건설관리 정보화용 4D 시스템 개발” 과제를 통하여 각종 지형 표현의 시각화 표현 방법론과 기능구현을 위한 기반기술을 정립	실무 프로젝트 40여건 적용사례
	동명대 (한국)	LccSteb 교량유지관리시스템	- 철골교량 설계단계 최적 유지관리 기능 - 인터넷 환경의 중앙데이터베이스 구축	유지관리 데이터베이스 를 통한 정보관리

세부기술명	BIM 기반 표준 가이드라인			
국내 기관 연구개발	기관(국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	KICT	3차원 설계정보 작성·납품 공통기준	3차원 설계정보 작성, 납품, 제출 기준 제시	-
	국토해양부 건축기획과	건축분야 BIM적용 가이드	건축분야 업무, 기술, 관리 가이드 작성	공공기관 및 지자체 배포
	조달청	시설사업 BIM 적용 기본지침서	조달청 BIM관리치짐	조달청 내부지침
	가상건설연구단	BIM 적용설계 가이드라인 Ver 2.0	건축,토목분야 모델링 가이드 작성	소규모 파일럿 테스트 적용

(2) 국외 기술동향

(가) 교량 급속시공 분야

o 건설 분야 선진국에서는 우리보다 일찍 건설 환경 변화가 일어나서 그에 대처하기 위한 다양한 형태의 급속시공 및 조립식 교량 시스템의 개발 및 적용이 이루어지고 있으나, 아직 보

완이 필요한 설계항목이 많이 있고 설계 및 시공기준의 정비도 필요한 상황임

- 교통혼잡을 최소화할 수 있는 새로운 공법으로 사전제작 부재와 이를 사용하는 시스템이 실용화되고 있으며, 이러한 공법의 사용은 비용면에서도 효율적인 방법으로 평가되고 있음
- 공장제작 부재는 주로 프리스트레스트 콘크리트를 사용한 파일, I형 거더, 박스거더, U채널형 거더, 중공 또는 중실 바닥판, 그리고 강재를 사용한 I형 거더(빌트업 또는 롤빔)와 박스거더 등에서 부터 교량의 하부구조까지 적용 범위를 넓혀가고 있으며 교각, 벤트, 교대와 기초에도 사용되고 있음
- 최근 교량의 거의 모든 부분을 사전에 제작한 조립식 부재와 시스템으로 교체할 수 있으며 교통량이 적은 시간대에 교통혼잡을 최소화하면서 공사를 완료할 수 있음
- 일본에서는 높은 임금, 고령화로 인한 숙련된 노동자의 부족, 33톤의 중량 제한(부재 이동시 33톤이 넘어가면 특별 허가를 받아야 함), 작업 구간을 통과하는 차량의 교통혼잡 최소화, 공사기간 단축, 품질향상, 작업현장의 안전성 증대 등의 이유로 도심부의 교차로와 고속도로 등 많은 교량 구조물에서 조립식 공법을 이용한 교량건설 기술의 도입이 우선시 되고 있음
- 교량의 상부구조뿐만 아니라 하부구조도 프리캐스트 공법을 사용하고 있으며, 특히 신속시공을 위하여 기초까지도 조립식 공법을 사용한 기초-교각 일체형 공법을 개발하였다. 또한 지진의 피해가 심각한 일본은 내진성능에 상당한 검토가 수행되어, 상대적으로 연성확보를 위한 강재 사용이 많아 CFT나 SRC구조의 채용이 활발한 것이 특징임

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
교량교체기술	일본	60	60
신설교량 급속시공기술	미국	60	60

세부기술명	일괄 급속시공 기술			
국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	Matiere (프랑스)	UniBridge	표준 모듈제작	급속시공
	IOA (프랑스)	Modular Bridge	표준 모듈제작	급속시공
	ABS (미국)	Multi Cell Bridge	고내구성 교량	유지비용절감 급속시공
	NaBRO (미국)	Folded Plate Girder	용접최소화 모듈형 교량	급속시공
	마에다 (일본)	REED 공법	프리캐스트 교각	급속시공
	Exordermic (미국)	Exordermic	프리캐스트 강합성 바닥판	급속시공
국외 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	FHWA (미국)	교량 급속시공	조립식 교량	완전 조립식 교량
	PWRI (일본)	교차로 고가도로	고가도로 급속시공	**급속시공 공법**

세부기술명	교체 기술			
국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	Jean Muller International (미국)	채널 교량시스템	형하공간 확보 방호울타리 일체식 거더	급속교체
		상부구조 부분교체	콘크리트교를 판형교로 교체	교통차단 최소화
		상부구조 일괄교체	교량 전체 이동 가설	급속교체
		바닥판 교체	차선확보 후 교체공법	교통차단 없음
		부분교체 대비 교량설계 시공	박스교의 바닥판 부분교체 대비 기술	부분교체 원활

(나) 신소재 교량 분야

- 미국, 유럽, 일본, 캐나다 등의 교량들은 가설연도가 비교적 오래되어 많은 교량들이 노후화 되어 있고 개축되어야 할 교량들이 우리나라에 비해 상대적으로 많아 기존 노후 교량의 성능 평가에 관한 기술, 첨단 재료 등을 이용한 교량의 보강 기술, 교통 통제를 최소화시키는 보강 기술 등에 대한 기술개발에 많은 관심을 갖고 있음

- 콘크리트 교량 슬림/장수명화

  - 고성능 콘크리트(HPC)는 1980년대 중후반부터 미국을 중심으로 개발된 것으로 고강도, 시공 편의성, 조기 강도 발현, 내구성, 수화열, 고인성, 장수명 등 다양한 목적들을 만족시키는 콘크리트임

  - 고성능 콘크리트에 관한 최초의 국제 컨퍼런스가 1987년 노르웨이에서 개최되었으며, 개발 초기에는 북유럽을 중심으로 장지간 교량, 고층 빌딩 용으로 개발되다가 1990년대 들어와 전 세계 다양한 국가들에서 연구개발이 진행되었으며, 이후 미국에서 연구를 주도함

- 강 교량 슬림/장수명화

  - 고성능 강재(HPS)는 기존 강재에 비해 경제성과 내구성이 우수한 강재로 강도, 용접성, 내후성, 내피로성, 내후성, 가공성 등이 향상된 강재를 말하는 것으로 HPS의 개발은 미국 연방도로청(FHWA), 미국철강협회(AISI) 등에 의해 시작됨

  - 이는 1994년부터 시작된 10개년 사업인 CONMAT 프로그램의 일부로 1997년 HPS 70W가 ASTM에 규격화되었고, 100W도 제안되어 사용성 등이 검토되고 있는 상태임

  - 2004년 11월까지 약 217개 교량에 HPS가 적용된 것으로 알려져 있으며, 15% 정도의 비용 절감 효과가 있는 것으로 파악되고 있음

  - 한편 단면 내에 서로 다른 HPS 강재를 혼합하여 사용하는 하이브리드 강교의 경우 강재 사용량을 최적화시킬 수 있는 장점이 있음

- HDR Engineering사와 University of Nebraska-Lincoln에서는 HPS 70W 사용된 교량과 기존 50W 강재 적용 교량과의 설계 비교를 통한 경제성 분석을 수행한 결과, HPS 70W와 50W를 단면 내 혼용하면 경제적인 최적 단면을 얻을 수 있는 것으로 파악함
- 즉 연속교에서 부모멘트 구간에는 70W를 혼용하고 기타 정모멘트 구간에서는 50W를 쓰는 것이 최적 조건으로 비교 설계 결과 HPS 70W 적용시 모든 경간에서 경량화와 형고가 저감되었으며 단면 최적화 수행시 경제성을 확보할 수 있음

o 합성 교량 슬림/장수명화

- 일본은 파형 강판 PSC교, 합성트러스교, CFT강관 합성형 교량 등 다양한 하이브리드 합성 거더 교량의 설계 및 시공을 통해 다양한 형식의 교량에 대한 기술력 확보하고 있음

o 교량 하부구조 슬림/장수명화

- 미국을 중심으로 HPC를 이용한 급속 시공이 가능한 교량하부 구조 기술 개발이 활발히 연구되고 있음
- 유지관리 최소화를 위해 신축이음장치 및 받침이 없는 일체식 교량에 대한 기술개발이 미국, 일본 등을 중심으로 상당히 진전되었으며 실용화된 사례가 많음

기술명	기술수준			
	최고기술보유국	기술수준(%)		기술격차(개월)
		국외	국내	
콘크리트 교량 슬림/장수명화	프랑스, 미국	80	40	36
강 교량 슬림/장수명화	미국	80	60	24
합성 교량 슬림/장수명화	일본	80	40	36
교량 하부구조 슬림/장수명화	미국	60	20	60

(다) 지능형 교량 분야

o 해외의 경우 미국, 홍콩, 일본, 덴마크 등 많은 국가에서 지능형 교량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 대표적 연구로는 모니터링 기술, 안개저감 기술, 신재생에너지 기술 등이 있음

o 미국 미니애폴리스에 2007년 8월1일에 붕괴된 I-35W 미시시피강 교량을 대신하여 최첨단 기술인 기상 센서와 자동 제빙 측정기들로 무장된 새로운 교량이 설치됨

- 그 외에 콘크리트 강도를 측정하는 센서, 변형율을 측정하는 센서, 온도변화 등으로 인해 발생할 수 있는 익스팬션 조인트의 움직임, 온도 센서을 통한 교량의 온도변화, 교량의 진동, 부식, 그리고 제빙을 위한 측정 등이 교량에서 이루어짐

o 세계적 IT 기업인 IBM은 Smart Utility 사업 분야를 유망 신사업분야로 설정하여 투자를 시작했고 세계 최대 네트워킹장비 업체인 CISCO 역시 CUD(Connected Urban Development) 프로젝트를 통해 건설 사업과 연계를 집중하고 있음

o 미국 백텔(Bechtel) 건설은 u-컴퓨팅 기술과 건설 프로세스와 접목한 스마트 건설기술 개발

진행 중이며 세계적 IT 기업인 IBM은 Smart Utility 사업 분야를 유망 신사업분야로 설정하여 투자를 시작했고, 세계 최대 네트워킹장비 업체인 CISCO 역시 CUD (Connected Urban Development) 프로젝트를 통해 건설 사업과 연계를 집중하고 있음

- EU는 미래 세계건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해 "사회기반시설 혁신전략"을 마련 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400억유로 투자 계획을 수립함
- 도시 건설을 상품화하는 건설 IT 인프라 기술도 확산되면서, 도시의 설계/시공/운영 전반에 걸쳐 IT융합 기술이 폭넓게 활용되는 추세
- 지능형 교량 모니터링 기술

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
진동을 이용한 에너지 하베스팅	독일/미국	40%	5년 이상
미소열을 이용한 에너지 하베스팅	미국	30%	5년 이상
광섬유센서 기반 케이블 장력측정 기술	미국	60	24
광섬유센서 기반 교량의 처짐측정 기술	대만	50	24

세부기술명	광섬유센서기반 교량상태 실시간 감지 및 진단 · 평가기술			
국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	MOI (미국)	광섬유 측정장비 및 범용 센서	범용 측정장비 개발로 가장 큰 시장 보유	내구성 및 신뢰성 향상
	FiberSensing (유럽)	광섬유 측정장비 및 범용 센서	PXI기반의 광섬유센서 측정장비 개발. 기존 전기식 시스템과 연동가능	
	Smartech(스위스)	센서 개발 및 토목구조물의 활용기술 개발	Smart tape 등 토목구조물에 적합한 다양한 활용기술개발	
국외 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	HIT (중국)	FRP - FBG 등 다양한 연구개발 실적 보유	FRP에 광섬유센서를 매설하여 센싱이 되는 건설부재 개발 연구	FRP - FBG 센서 등
	CBER/NCU(대만)	교량 처짐측정용 벤딩센서 개발	교량의 처짐을 계측	벤딩센서
	NTT - AT(일본)	사장교 등 특수교량에 광섬유센서 적용	특수교량에 광섬유센서를 적용	교량용 계측시스템

(라) BIM 분야

- 미국 GSA는 설계납품시 BIM 포맷으로 납품하도록 의무화
- 유럽은 북유럽을 중심으로 체계적으로 BIM을 확산시켜가고 있음

- 국외 유사 시스템 연구 동향을 살펴보면 4D CAD시스템은 4D객체의 순수기능보다 건설통합시스템 위주로 개발하는 사례들이 많으며, 4D기능은 3D도면에 의한 물량산출 및 구조해석 통합 기능 등과의 연계에 중점을 두고 있음.
- 특히 공정관리의 실무적 활용성이 높은 진도정보의 시각화 기술은 매우 미흡한 수준으로 파악되고 있으며, 가상적 객체가 갖는 한계를 감소시킬 수 있는 Telepresence, 증강현실, 3D입체영상 관련 연동체계 및 BIM 연동시스템의 개발사례는 없음
- 국외의 상용화 시스템은 현재까지 Naviswork, Plant-4D, Project 4D, VPS, 4D Suite 등 건축시설용 4D객체 중심의 일부 상용화된 사례들이 있으나 건축시설 활용기능도 단순 시뮬레이션위주의 제한된 기능 활용단계이며 자연지형 조건의 토공을 다수 포함하는 토목시설 등에는 실무적 활용성을 갖는 방법론과 시스템이 개발된 사례가 없음
- 국외 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황
  - 건축분야와 달리 교량 시설물을 대상으로 BIM을 위한 표준 데이터 모델을 활용하는 실제 응용사례는 없다고 할 수 있음
  - 현재는 대부분 민간단체나 공공연구소, 대학연구소 등을 중심으로 기초기술을 다지고 있는 수준이고 할 수 있음

세부 기술명	정보저장, 교환 및 관리			
국외 기관 연구 개발	기관(국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	State University of New York, Buffalo (미국)	BIM을 활용한 교량 정보전달의 동향분석 (Shirole et al., 2009)	미국 공공기관에서 교량 정보모델을 활용한 정보전달 체계 구현을 위해 현 정보교환방법 분석	
	Geogia Institute of Technology (미국)	강구조/콘크리트 구조에 대한 IDM 제시 (LaNier et al., 2009)	건축물 중심의 강구조물/콘크리트 구조에 대한 정보전달 표준체계 제시(교량 구조물에 일부 적용 가능)	Information Delivery Manual

세부기술명	BIM 응용 및 연계 기술			
국외 업체 보유기술	업체(국가)	보유 기술	기술 특징	성과물 및 상용화
	AutoDesk (미국)	파라메트릭 기술	독립적인 매개변수를 이용하여 데이터를 처리함	협업을 통한 오류 최소화
	Bentley (미국)	데이터 호환성	데이터 속성 변화없이 편집 가능	협업을 통한 업무효율성 향상
	Nemetschek(독일)	3D 철근 배근 기술	2D 배근 작업을 통해서 3D 결과물 도출	설계변경에 따른 시간 단축
국외 기관 연구개발	기관(국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	두바이	두바이교량 프로젝트	3D 기반의 DMU(Digital Mock-up)가 적용된 부분적 BIM 설계 시범적 도입	공종간섭 및 시공성 검증에 효과 확인

4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

가. 분야별 인프라 및 역량 분석

(1) 급속시공

- 부분교체를 위한 IT기술 활용 정밀해체 장비, 무인 자동화 시공장비 및 일괄시공을 위한 장비 등 장비인프라 부족
- 국내에는 교량 상부구조를 일괄 시공할 수 있는 장비가 없어, 인천대교 및 고속전철에 사용하고 있는 일괄시공 장비를 외국에서 구매하여 사용하고 있는 실정임
- IT기술 활용 장비는 관련 업체와의 공동연구를 통하여 실용화할 수 있으며, 무인 자동화 시공장비와 일괄시공을 위한 초대형 장비 등은 공동연구에서 기본적인 설계를 완성하고 프로젝트별로 필요한 장비를 제작함

(2) 신소재

- 신소재를 활용한 교량기술 개발 인력은 대학, 연구소, 설계사 등 다양하게 분포되어 있어 대체로 연구 인력은 부족하지 않으나 알루미늄 활용 야, 나노 활용 분야 등은 연구 실적이 많지 않아 인력이 부족한 분야임
- 인력이 부족한 분야의 경우, 외국 전문가와의 공동 또는 협동연구를 통해 단시일 내에 기술을 습득하는 전략을 취할 필요가 있음
- 대학의 대형 실험 연구장비는 부족한 실정이므로 분산공유형 사업으로 마련된 실험장비들을 활용할 필요가 있으며, 대형 실험장비를 구축한 기관들과의 협업을 통해 이 문제를 해결할 수 있음

(3) 지능형 교량 분야

- 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술을 보유한 전문 인력은 각 연구소 및 대학에서 육성하고 있으나 이들이 연구하기위해 필요한 연구시설 및 설비와 기술구현에 필요한 기반 인프라는 부족한 상황이며 기술의 표준화 역시 아직 미흡한 단계임
- NDT 기술의 연구개발을 주관으로 하는 행정관련 전담부서가 없음에 따라 대형국책연구과제와 관련된 부분에서 특정목적의 NDT기술의 연구를 제한적으로 수행함
- NDT업체에서 기술의 연구개발에 투자되는 비용은 전체 매출액의 약 3%로 파악되고 있느나 특수한 목적의 NDT검사 장비 구입에 사용되고 실제 연구개발의 비용은 더 낮을 것으로 예상됨
- 지능형 교량에 맞는 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술 개발을 위해 이 분야 선진국인 일

본, 미국의 기관 및 전문가를 활용한 다양한 기술교류 및 정보 공유가 필요함

(4) BIM 분야

- 교량 정보모델의 개발 및 활용과 관련된 분야에 있어 국내뿐만 아니라 세계적으로도 관련 전문가 및 인프라가 많지 않음
- 토목분야 관련 업체/전문가들의 정서상 새로운 기술에 대한 수용의지가 비교적 낮음
- 토목분야의 발주를 대부분 공공기관이 맡고 있어, 정부나 공공기관의 정보모델의 활용의지가 높지 않은 한 전문업체들의 변화의지 역시 낮을 수밖에 없음
- 이러한 현상은 관련 전문가의 양성 환경을 열악하게 만드는 등 전체적으로 악순환이 이루어짐
- 세계적으로 교량의 데이터 모델과 관련한 연구는 아직 초기 수준임

나. 관련 기업 현황

[표 2-21] 기업-기술 현황 사례(급속시공 분야)

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
상부구조 급속시공	대우건설	프리캐스트 콘크리트 바닥판	80%	
		프리캐스트 방호울타리	70%	
	한맥기술	프리캐스트 콘크리트 거더	70%	
		반단면 프리캐스트 바닥판	60%	
	장헌산업	(반단면) 프리캐스트 바닥판	60%	
	삼표이엔시	프리캐스트 콘크리트 거더	80%	
	국민씨아이	복합소재 바닥판	80%	
	(주)리노이엔지	교체가능 신축이음장치	60%	
하부구조 급속시공	GS건설	모르타르 충진형 프리캐스트 교각	80%	
	대우건설	프리캐스트 하부구조	70%	
	삼성물산	프리캐스트 교각	70%	
일괄시공	삼성중공업 현대중공업	대형 구조물 이동장치	80%	
	코레일	곡선철도교 교체공법	80%	
부분교체	평화엔지니어링	응급복구용 모듈화 상부구조 시스템	60%	

[표 2-22] 기업-기술 현황 사례(신소재 교량 분야)

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
FRP 보강근 생산 기술	동원건설	한국건설기술연구원이 특허 보유한 FRP 보강근을 생산하는 기술	85%	
FRP 텐던	동원건설	FRP 텐던 생산 및 정착장치 기술	70%	
FRP 판 및 텐던	신성소재	FRP 판 및 텐던 생산 기술	90%	
UHPC 교량 설계	(주)DM	UHPC 교량의 설계 기술	60%	
UHPC 교량 시공	대림산업	UHPC 교량의 시공 기술	70%	
고성능 강	POSCO	교량용 고성능 강	80%	

[표 2-23] 기업-기술 현황 사례(지능형 교량 분야)

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
3G 통신기술	SKTelecom	USN 교량 SHM 관련 특허 1건 Dynamic sensor 장거리 통신 기술	80%	
Zigbee 통신 기술	TSC Systems	근거리 저전력 무선 네트워크 기술	75%	
Single Channel ADC		센서 데이터 디지털화 기술	50%	
Bluetooth 기반 u-node	한국유지관리	Bluetooth를 이용한 dynamic sensor 기술	80%	
무선 아날로그 센서	이노센싱	아날로그센서를 이용하여 A/D 변환 및 무선 데이터 송/수신	80%	
교량 센서 계측	EJ-Tech	유선 기반의 교량 실시간 계측 시스템	70%	

[표 2-24] 기업-기술 현황 사례(BIM 분야)

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
DMU, 시뮬레이션	대림산업	교량의 3D모델링을 통해 DMU을 수행 및 웹기반 5D 시스템 개발	10%	
BIM 공사관리 통합 웹사이트	쌍용건설	고속철도에 노선에 대해 3D 정보모델의 구축하고 공사 통합지원 및 관리	10%	
DMU, 시공성 검토	삼성물산	주요 가시설 및 정거장 모델링을 통한 시공성 검토 및 2D도면의 철근물량 검토	10%	
교량설계 프로그램	한길아이티	PSC BOX 3D, 구조 등에 관련된 BIM 소프트웨어 개발	25%	

다. 관련 연구소 현황

[표 2-25] 연구소 -기술 현황 사례

핵심과제명	관련 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
급속시공 분야	한국건설기술연구원	황윤국, 김병석 김형열, 송재준 이영호	FRP 교량 바닥판 기술 FRP-콘크리트 바닥판 기술 강-콘크리트 합성 바닥판 프리캐스트 콘크리트 바닥판 프리캐스트 교각
	포항산업과학연구원	윤태양	교체가능 교량용 강바닥판 프리캐스트 패널 바닥판 모듈러 강교량
	도로교통연구원	박영호	반일체식 교대
신재료교량 분야	한국건설기술연구원	김병석, 박영환 김성욱	신재료 활용, 고성능 콘크리트 활용
	포항산업과학연구원	윤태양	고성능 강재 활용 기술
	대우건설 기술연구소	김영진	고성능 콘크리트 활용 기술
	현대건설 기술연구소	서주원	하이브리드 교량 기술
	대림산업 기술연구소	김재홍	UHPC 교량 시공
	GS건설 기술연구소	박종원	하이브리드 교량 기술
	도로교통기술원	박영하	고강도 콘크리트 교량
지능형교량 분야	한국건설기술연구원	박기태, 채명진	광섬유센서 응용기술 교량 모니터링용 USN 응용기술 계측데이터 기반 교량상태 평가기술
	전자통신연구원	이미영	센서 데이터 처리용 미들웨어 기술
	전자부품연구원	송병훈	센서 데이터를 이용한 교량 계측 전략 기술
BIM 분야	한국건설기술연구원	김성식, 주기범	BIM작성·납품 공통기준 개발 초고층건축물을 위한 BIM 정보요구정의서 유지관리단계 BIM 모델 연구
	대림건설 기술연구소	정도영	BIM의 교량 시공단계 적용방안 연구
	한국건설산업연구원	김우영	BIM의 제도/정책 분석을 통한 활성화 방안 연구

라. 관련 대학 현황

[표 2-26] 대학 -기술 현황 사례

핵심과제	관련연구기관	대표 연구자	연구영역 및 연구방향
급속시공분야	서울산업대학교	조선규	경량 프리캐스트 바닥판 기술 개발
	단국대학교	정철헌	프리캐스트 바닥판 기술 개발
	연세대학교	정삼섬	고강도 경량 교량기초 기술
	중앙대학교	심창수, 정영수	프리캐스트 바닥판, 조립식 교각 강합성 바닥판 기술 개발
	한국해양대학교	경갑수	신속시공 강재부재 연결부 기술개발
	홍익대학교	윤순종	프리캐스트 PSC 교량 기술
	국민대학교	이성우	복합재료 바닥판
신재료교량분야	연세대학교	김상효	하이브리드 교량
	한양대학교	심종성	신재료 활용
	경기대학교	조재병	고강도 강재 이용
	동국대학교	이성철	고강도 강재 이용
	영남대학교	이재훈	고강도 콘크리트 이용
	전남대학교	김우	고강도 콘크리트 이용
	명지대학교	김철영	하이브리드 교량
	서울대학교	조재열	신재료 활용
	고려대학교	윤영수	신재료 활용
지능형교량분야	KAIST	윤정방	무선센서 기반 교량 모니터링 기술
	부경대학교	김정태	PZT센서 기반 교량 모니터링 기술
	성균관대학교	박승희	무선센서 기반 교량상태평가 기술
	강원대학교	정인범	센서네트워크이용 교량 계측
	한국산업기술대학교	이재명	교량용 변위측정 시스템
	군산대학교	김성호	무선 센서 기반 교량 원격 계측
BIM분야	연세대학교	이상호, 김형관	개방형 표준기반 교량모델, 시스템 개발 사장교 대상 BIM기반 온실가스 배출 산정
	성균관대학교	이광명	교량 시뮬레이션
	경상대학교	강인석	교량 시뮬레이션
	중앙대학교	심창수	토목분야 BIM 가이드
	부산대학교	문성우	BIM기술 활용 시설물유지관리 시스템

마. 연구 인력 인프라

(1) 급속시공분야

- 국내에 급속시공 관련 연구를 실질적으로 진행한 경험이 없어 전체적인 연구 인력의 능력이 외국에 비해 떨어지는 것으로 조사됨
- 하지만, 국내의 연구인력의 학술적 능력과 연구개발 능력은 세계 최고수준으로 집중적인 연구개발을 수행하게 되면 단기간에 외국 기술을 추월할 수 있을 것임

(2) 신소재 분야

- 국내에 신소재 교량 관련 연구를 수행하는 인력은 다수 있으나 전체적인 연구 인력의 능력이 외국에 비해 떨어지는 것으로 조사됨
- 국내의 연구인력의 학술적 능력과 연구개발 능력은 세계 최고수준으로 집중적인 연구개발을 수행하게 되면 단기간에 외국 기술을 추월할 수 있을 것임

(3) 지능형 교량 분야

- 교량의 설계, 해석분야의 석, 박사급 연구인력은 매우 많으나, 무선센서 및 계측기법에 특화된 건설분야 연구인력은 많지 않아 인력양성이 필요할 것으로 보임
- 정보통신 및 IT분야의 연구 인력과의 협업이 필요함
- 기업 부설 연구소의 활성화를 위해서는 각 시설물의 진단에 요구되는 장비, 설비의 제작, 설치 및 운영을 할수 있는 전문 연구 인력으로 양성이 필요함
- 광섬유센서와 관련해서는 다양한 분야의 전문가 및 관련 업체를 보유하고 있는 것으로 판단됨

(4) BIM 분야

- 정보모델 구현을 위한 교량 데이터 모델에 대한 연구 인력은 매우 취약한 상황임
- 실제 정보모델을 다루고 있는 현업이나 연구소에서도 건축물에 특화되어 있는 데이터 모델을 교량에 그대로 사용하는 경우가 대부분이며, 건축물에 포함되어 있지 않은 교량만의 특별한 구성요소에 대해서는 관련 소프트웨어가 지원하는 한도 내에서만 정보를 저장하고 공유하고 있음. 이러한 점은 이종 소프트웨어 간 상호운용성에 큰 걸림돌이 됨
- 따라서 전문 연구인력 확보를 위한 교육 및 투자는 필수적인 것으로 사료됨

바. 연구 기자재 인프라

(1) 급속시공 분야

- 국내에는 한국건설기술연구원의 구조실험동과 분산공유형 실험센터 등 우수한 실험장비를 보유하고 있어, 연구결과의 실증적 검증에 충분히 활용할 수 있음
- 실 시공을 위한 다양한 현장시공 장비는 국내개발이 되지 않은 상태로 연구를 통하여 개발할 예정임

(2) 신소재 분야

- 국내에서는 한국건설기술연구원, 철도기술연구원, 명지대학교, 현대건설, 대우건설, RIST 등이 대형 구조실험동을 보유하고 있어 신소재 교량과 관련된 실내 실험을 하기 위한 연구기자재 인프라는 충분한 것으로 판단됨
- 다만 비선형 정밀구조해석을 위한 소프트웨어 및 관련 인력은 부족한 것으로 판단됨

(3) 지능형 교량 분야

- 실시간 진단 및 평가기술을 보유한 전문 인력확보를 위해 각 연구소 및 대학에서 육성하고 있으나 이들이 연구하기위해 필요한 연구시설 및 설비와 기술구현에 필요한 기반 인프라는 부족한 상황임
- 지능형 부재 검사 시스템 구축에 필수적이라고 할 수 있는 통신 및 기반 인프라, 관련기술력은 충분한 것으로 파악됨
- 지능형교량의 계측을 위한 목적별 기자재 분류 및 성능 평가가 요구됨
- 광섬유센서 관련 연구인력은 원천기술 분야에도 일부 존재하나, 주로 활용기술 전문으로, 관련 분야의 원천기술을 위한 기자재 인프라는 상대적으로 부족한 상황임
- 교량상태의 실시간 진단 및 평가기술에 필요한 모니터링 시스템, 계측시스템 등에 대한 소프트웨어적인 연구 인프라는 잘 갖추어져 있나, 여기에 필요한 각종 센서 등 하드웨어적인 인프라는 대부분 수입에 의존하는 실정이어서 이 분야에 대한 인프라 확충이 필요한 실정임

(4) BIM 분야

- 데이터 모델링에 관한 기자재 인프라는 국내에는 전무한 실정임
- 국내에서도 이러한 인프라를 구성하기 위한 여러 시도가 있었으나, 기계분야의 모델링에서부터 모델링 방식이 표준화작업에도 관여한 선진국의 기술력을 따라가기에는 역부족임
- 그러나 국내에서 해당 기자재에 대한 활용도는 높은 편이며, 교량에 대한 데이터 모델을 개

발하는 데에도 직접적으로 활용할 수 있음

사. 해외 협력기관 인프라

- 정기적 학술대회를 통한 정보교환
- 해외 유사사례를 통한 문제점 및 개선점 보안
- 국내 각 대학은 외국대학과의 학문 교류 및 기술 공동 개발 등을 수행하고 있으며, 국내 관련 연구소등도 선진국등의 관련 연구기관과의 협력 구축이 비교적 잘되어 잇는 것으로 판단되나 특허 공유 ,기술 이전과 같은 협력분야에는 아직 미진한 사항임

아. 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

(1) 지능형교량분야

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

(2) 급속시공분야

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

(3) 신소재 분야

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

(4) BIM 분야

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

자. 시사점(연계방안, 활용방안 등)

(1) 급속시공 분야

- 급속시공에 따른 인센티브 제공 규정 등 제도 마련, test-bed 구축을 위하여 관·산·학·연 공동연구체제 구축
- 한국건설기술연구원, 분산형 공유 실험센터 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증 연구실시
- 교통정체 완화를 위한 교량 급속시공 및 급속교체와 국립공원 등 환경보전이 필요한 지역의 친환경 건설에 활용

(2) 신재료 교량 분야

- 일부 분야의 경우 전문 인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨
- 국내 연구진들로 기술개발이 어려운 분야에 대해서는 국제 공동연구 또는 위탁연구를 통해 선진 기술을 습득하는 전략을 취함
- 신재료를 교량에 적용하고자 할 때 보수적인 건설업계 특성으로 거부감이 예상되므로 해외 사례를 충분히 조사·검토하여 세미나 또는 기술강습회 등을 통해 일선 실무자와 관리주체들과 교감하고 그들의 환영 속에 조기에 신재료 교량이 국내에 정착될 수 있도록 노력해야 함

(3) 지능형 교량 분야

- 지능형 교량은 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 것으로 국내 각 대학 연구인력 및 국가연구소등의 연구 인력이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있는 실정으로 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 좀 더 확대될 필요성이 있음

o 교량상태의 실시간 진단 및 평가기술에 필요한 각종 센서 등 하드웨어적인 인프라는 수입에 의존하므로 국내 기술로 하드웨어적 인프라 확충이 가능하도록 국내기술 개발이 요구됨

(4) BIM 분야

o 정보의 상호운용성 확보를 위한 데이터 모델의 개발에 있어 기존의 기계분야나 건축분야를 벤치마킹할 필요가 있음

o 세계적으로 교량의 데이터 모델과 관련한 연구는 아직 초기단계이므로 현 시점에서의 해당 분야에 대한 정부, 공공기관 및 업계의 지원은 매우 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 기대됨

o 교량분야의 기획설계 단계부터 유지관리 단계까지 각 공종별 인력들의 BIM 교육이 필수적으로 요구됨

o 현재 엔지니어들의 BIM활용 및 교육수준이 매우 낮은 상황이며, 향후 엔지니어들의 BIM소프트웨어 기술습득을 통해 시공관리, 공정관리, 견적, 시뮬레이션 등의 업무에 BIM기술을 활용할 수 있는 능력 보유가 요구됨

3절. 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

가. 기술수요조사의 개요

(1) 개요

o 기술수요조사 수행결과를 요약하면 다음과 같음.

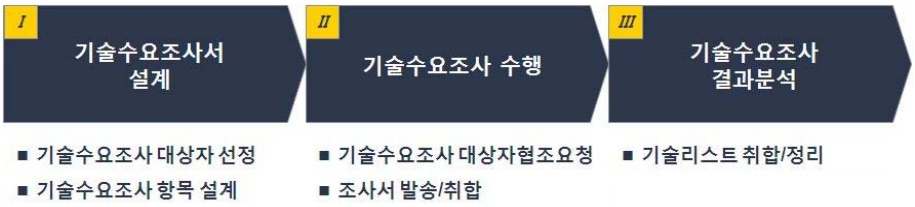
[표 2-27] 기술수요조사의 개요

구분	내 용
조사기간	- 11.07.08 ~ 11.07.20
조사대상	- 조사대상 기관: 참여연구진, 산(한길아이티, (주)카이센 등) · 학(연세대, 고려대, 명지대 등) · 연(ETRI, KETI 등) 주요 기관 등 - 응답현황 · 급속시공 분야: 21건 · 신소재 교량 분야: 26건 · 지능형 교량 분야: 29건 · BIM 분야: 48건
건수	- 총 101건
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사
조사항목	- 제안기술의 개요(중점추진분야분류, 연구수행기관, 기술개발단계), 연구개발목표 및 내용, 연구개발필요성, 제안기술관련 국내외 시장/기술/정책 동향

(2) 목적

- 기술수요조사의 목적은 미래에 국가 및 기업에서 필요성이 높을 것으로 예상되는 기술을 세부과제 또는 요소기술 수준에서 도출하는 것임
- 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 기획연구의 사전조사에 해당함

(3) 절차



[그림 2-41] 기술수요조사 절차

(4) 결과의 활용

- 향후 진행될 중점추진분야 선정 및 후보과제 선정에 활용되며, 중점추진분야별 유망기술 발굴의 pool로 활용

나. 기술수요조사 결과 분석

(1) 기술수요조사 결과 분류

- 전체 기술수요조사 결과를 연구진들에 의한 검토를 통해 중복되거나 통합, 분리가 가능한 기술을 정리하였으며, 그 결과는 다음과 같음.

No.	중점추진분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
1	급속 시공분야	ㅇ 급속시공 문제 해결을 위한 프리캐스트부재의 채결기술	ㅇ 프리캐스트 부재를 이용한 7일내 일괄 교량 시공방법 개발	ㅇ 연결 체결구 거동 분석 ㅇ 완성 교량 거동 분석 ㅇ 실규모 시험시공
2		ㅇ 현장공기 50% 단축 철도교량 급속시공 및 급속교체 기술	ㅇ 철도교량의 전면 통제 없이 즉시 교체가 가능한 부분교체 시스템 및 철도 비운행 시간에 완료할 있는 상부구조 일괄교체(시공) 기술 개발	ㅇ 손상부재 급속 해체 및 교체 기술 ㅇ 급속 부분교체를 위한 철도교량 시스템 개발 ㅇ 철도교 일괄시공(교체) 기술 ㅇ 경전철용 급속시공 공법 개발 ㅇ 철도교 급속시공 기술 활성화를 위한 법제도 정비

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
3		ㅇ 중량 20% 이상 감소 고강도 경량 콘크리트 부재 개발	ㅇ 기존 콘크리트 부재 대비 20% 이상 콘크리트 부재 개발	ㅇ 콘크리트 경량화 방안 수립 ㅇ 경량 콘크리트 고강도 기술 개발 ㅇ 경량 콘크리트 고성능화 기술 개발
4		ㅇ 전면교체 대비 50% 이상 탄소 배출량 감소와 교통통제 없는 부분교체 및 보강을 위한 Hybrid 교량 시스템 및 시공기법 개발	ㅇ 교통차단의 최소화, 신규 투입 재료의 최소화 및 산업폐기물의 최소화를 통한 탄소저감형 기술 개발	ㅇ 친환경 부분교체형 hybrid 구조시스템 개발 ㅇ 급속시공이 가능한 부분교체형 hybrid 구조시스템 연결부 상세 개발 ㅇ 교통차단을 최소화하며, 기존 구조시스템을 활용할 수 있는 부분교체용 급속시공 시스템 개발
5		ㅇ 현장공기 최소화를 통한 중소경간 철도교의 운행통제 없는 모듈형 일괄급속교체 및 급속시공 기술	ㅇ 탄소배출량 감축과 시공기간 단축이 가능한 중소경간 철도교의 급속교체 및 급속시공 기술	ㅇ 모듈형 철도교 상부구조 설계/제작 기술 ㅇ 모듈형 철도교 상부구조 시공기술 ㅇ 급속교체를 위한 가설장비 기술 ㅇ 실교량 시험시공
6		ㅇ 현장공기 1일 이내 모듈형 도로교 일괄급속교체 및 급속시공 기술	ㅇ 도심지 도로교의 개축시 공기단축을 통한 사회적 직·간접 비용 및 교통불편 최소화 친환경 교량공법 개발	ㅇ 도심지 모듈형 도로교 상부구조 설계/제작 기술 ㅇ 도심지 모듈형 도로교 상부구조 시공기술 ㅇ 급속교체 가설장비 기술 ㅇ 실교량 시험시공
7		ㅇ 급속시공을 위한 프로젝트별 의사결정체계 개발	ㅇ 프로젝트별 급속시공의 필요성을 검토할 수 있는 의사결정 도구 개발	ㅇ 급속시공을 고려한 생애주기비용 분석방법 개발 ㅇ 급속시공을 고려한 사회적 편익(B/C) 산정모델 개발
8		ㅇ 교량공사에 급속시공을 쉽게 적용할 수 있는 기준개발 및 제도정비	ㅇ 급속시공 적용 및 실용화를 위한 제도 개선 및 정비	ㅇ 계약관련법(공기단축시 인센티브 부여 방안 등) 개정(안) 작성 ㅇ 급속시공 실용화에 필요한 설계 및 시공기준 개정
9		ㅇ 급속시공을 위한 조립 및 분리가 용이한 교량 상부구조 및 기존대비 현장공기 50% 절감 급속시공 공법 개발	ㅇ 급속시공을 위한 조립 및 분리가 용이한 교량 상부구조 및 공법 개발	ㅇ 설계하중 및 목표요구성능에 따른 급속시공 교량시스템 결정 ㅇ 실규모 검증을 통한 목표요구성능 평가 ㅇ 신형식 교량 상부 구조 시스템 개발 ㅇ 상부거더 폐합형 및 바닥판 일체화 상부구조 개발
10		ㅇ 공기 50% 단축 친환경 급속해체기술	ㅇ 저소음, 저진동, 무분진 친환경 급속해체 기술 개발	ㅇ 저소음, 저진동 해체기술 개발 ㅇ 무분진 해체기술 개발 ㅇ 급속정밀 해체기술 개발
11		ㅇ 교통차단 최소화 교량 상부구조 개축시스템 기술	ㅇ 전면 교통차단없는 상부구조의 단계적 개축공법 개발	ㅇ 해체 및 교체 단계별 안전성 검토 ㅇ 단계적 교체가 용이한 교량 시스템 개발 ㅇ 신구부재간 연결부 안전성 검토
12		ㅇ 현장공기 1일 이내 모듈형 도로교 일괄급속교체 및 급속시공 기술	ㅇ 현장 공기단축을 통한 교통차단 및 이용자 불편 최소화 공법 개발	ㅇ 도심지내 일괄가설이 가능한 상부구조 시스템 개발 ㅇ 도심지내 일괄가설이 가능한 장비 개발
13		ㅇ 통행차단이 없는 도심지 교량 해체/가설을 위한 수직형 가교 시스템 개발	ㅇ 통행 차단이 없는 도심지 교량 해체/가설을 위한 수직형 가교 시스템의 개발 및 실용화	ㅇ 수직형 가교 시스템 개발 ㅇ 수직형 가교용 심지 교각 및 기초시스템 개발 ㅇ 수직형 가교를 이용한 교량 가설 공법 및 해체기술 개발 ㅇ 수직형 가교용 해체 장비 및 자동화 운용기술 개발

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
14		ㅇ 일괄해체 장비 기술	ㅇ 친환경 급속 해체장비 및 공법 개발	ㅇ 친환경 해체 장비 개발 ㅇ 급속해체 장비 개발 ㅇ 일괄해체를 위한 장비 개발
15		ㅇ 전면 교통차단 없는 단계적 바닥판 교체기술	ㅇ 통행 차단이 없는 바닥판 교체 기술 실용화	ㅇ 기존 바닥판 해체 기술 개발 ㅇ 단계적 가설을 위한 프리캐스트 바닥판 및 연결 시스템 개발 ㅇ 바닥판 교체시 가설하중 지지를 위한 임시지지 시스템 개발
16		ㅇ 급속시공을 고려한 구조시스템 기술	ㅇ 기존공법 대비 초기공사비 90% 미만 복합구조 형식의 급속시공 구조시스템 기술 개발	ㅇ 복합구조 형태의 신교량시스템 제안 ㅇ 연결부 급속 접합기술 개발 ㅇ 가변형 세그먼트 제작기술 개발 ㅇ 연속화 접합기술 개발
17		ㅇ 하부에 도로나 철도가 횡단하는 경우 교통차단 없는 일괄시공(교체) 공법 개발	ㅇ 구조물 하부여건에 구애받지 않는 일괄급속시공 공법 개발	ㅇ 상부구조 선조립 후 일괄시공 공법 ㅇ 하부구조 선조립 후 일괄시공 공법 ㅇ 일괄시공 장비기술
18		ㅇ 일괄시공을 위한 안전성 확보 가변형 가시설 구조 개발	ㅇ 교량 교체시 구조계 변환에 대비한 가시설 시스템 개발	ㅇ 일괄시공시 구조계 보상 가시설 개발 ㅇ 가시설 경량화 기술 ㅇ 부분 조립화 공법 적용을 위한 가시설 개발 ㅇ 일괄시공용 가시설 개발
19		ㅇ 모듈형 거더와 바닥판을 이용한 현장공기 50% 단축 상부구조시스템 개발	ㅇ 상부구조 가설공법 단순화를 통한 현장공기 50% 단축 상부구조시스템 개발	ㅇ 상부구조 표준화 시스템 개발 ㅇ 거더-바닥판 연결부 안전성 확보
20		ㅇ 교통차단 없는 단계적 상부구조 급속교체 기술	ㅇ 전면 교통차단 없는 단계적 상부구조 급속교체 공법 개발	ㅇ 단계적 바닥판 급속교체 공법 개발 ㅇ 단계적 거더 급속교체 공법 개발
21		ㅇ 교통차단 없는 단계적 부속장치 교체 기술	ㅇ 교량 부속장치의 공용중 급속교체	ㅇ 받침 급속교체 ㅇ 신축이음 급속교체 ㅇ 방호울타리 및 중앙분리대 급속교체
22		ㅇ 공용중 교량의 하부구조 교체 기술	ㅇ 공용 중 교량의 교각 급속교체	ㅇ 급속 임시교각 가설공법개발 ㅇ 공용 중 교각 상승공법 개발 ㅇ 공용 중 교각 교체공법 개발
23	신소재 분야	ㅇ 고성능 경량 콘크리트를 이용한 20% 이상 경량화된 고효율 강합성 바닥판 기술	ㅇ 고성능 경량콘크리트-강합성 바닥판 개발 및 실용화	ㅇ 고성능 경량 콘크리트, 강재, 연결재 등 기본재료의 역학적 특성 평가 ㅇ 강합성 바닥판 구조형상 최적화 및 모듈 설계/제작/성능 평가 ㅇ 설계모델 개발/설계기준 제시/시방서 작성/신기술 등록
24		ㅇ 교량 바닥판 수명 30% 연장을 위한 FRP 바닥판 기술	ㅇ 신설 또는 기존 교량 바닥판에 FRP 바닥판을 활용하여 내구성 및 수명 향상	ㅇ 고효율/저비용 FRP 바닥판 개발 및 성능파악/모니터링 ㅇ 콘크리트/강주형과의 합성기술 개발 및 정, 동적 특성 파악/개선 ㅇ FRP 바닥판용 합리적 포장기술 개발 ㅇ 설계안 마련/설계예제집 작성/공청회 및 기술 강습회 실시/실용화 및 기술이전
25		ㅇ 고성능 콘크리트를 활용한 20% 이상 슬림화된 콘크리트 바닥판 기술	ㅇ 고성능 콘크리트를 활용하여 바닥판 경량화를 통한 거더 및 하부구조의 물량 및 탄소 배출량 절감	ㅇ 고성능 콘크리트 교량 바닥판 구조 시스템 개발/구조형상 및 단면 최적화/성능검증 및 보완/내구성평가/현장 적용성 검증/경제성 및 친환경성 평가 ㅇ 설계·시공·유지관리지침 작성

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
26		ㅇ 항복강도 800 MPa급 초고강도 철근을 교량 부재에 활용하는 기술	ㅇ 고강도 철근 적용을 위해 각종 평가실험을 통해 설계기준 마련	ㅇ 고강도 철근의 역학적 특성/휨, 전단 및 압축 부재의 거동/피로성능/정착 및 부착 특성 ㅇ 사용성 평가/설계기준 제시/설계예제 작성
27		ㅇ 철근 부식 저항성이 30% 이상 향상된 철근 방식 기술	ㅇ 신설/기존 콘크리트 교량의 철근 부식을 방지하여 콘크리트 교량 수명 연장	ㅇ 철근 부식 방지를 위한 나노 재료 첨가 콘크리트 개발/저비용/고효율 유기 및 메탈 코팅제 개발/환경실험/부착특성 및 장단기 특성/부식 방지 기술 개선/실교량 적용 및 모니터링 ㅇ 고성능 콘크리트 피복두께 합리적 설정 ㅇ 실무 지침 작성/실용화 및 기술 이전
28		ㅇ 유지관리비 30% 절약이 가능한 무신축이음 교량 및 콘크리트 힌지 교량기술	ㅇ 무신축이음 교량 및 및 콘크리트 힌지 교량의 개발 및 실용화	ㅇ 고인성 섬유보강 콘크리트/바닥판 연결 슬래브/힌지 구조 개발 ㅇ 설계기준 및 시공지침 작성/실용화 및 신기술 등록
29		ㅇ 수명 및 유지관리 효율이 30% 이상 향상된 교량 부속장치 성능 고도화 기술	ㅇ 교량 부속장치의 재료 및 구조의 고성능화를 통해 공기단축/노무비 절감/유지보수 최소화/장수명화	ㅇ 장대교량용 신축이음 저소음 구조 개발/피로 내구성 평가/실용화 및 신기술 등록 ㅇ 대용량 탄성받침의 설계 및 제작 기술 개발/장비 구축/성능평가 ㅇ 고성능 지진격리장치의 개발/성능평가/실용화 및 신기술 등록
30		ㅇ 교량 바닥판 수명이 30% 이상 연장된 알루미늄 바닥판 기술	ㅇ 바닥판 경량화를 통한 하부구조 콘크리트의 물량 및 탄소 배출량 절감	ㅇ 알루미늄, 연결재 등 기본재료의 역학적 특성/구조형상 최적화/모듈 설계/성능평가 ㅇ 설계모델 개발/설계기준 제시/시방서 작성 및 신기술 등록 ㅇ 포장과의 전단부착성능 및 경계면 거동특성 규명/실험적, 해석적 평가
31		ㅇ 기존 교량 대비 30% 경량화된 유선형 프리스트레스트 U 거더 개발	ㅇ 동일지간 대비 30%의 거더 경량화를 통해 거더 길이의 장대화	ㅇ 최적 지간장을 고려한 거더 형상의 최적화 및 거더 단면 설계/성능평가/시공성향상 ㅇ 프리/포스트 텐션 제작 장비 및 공법 개발 ㅇ 경제성, 친환경성 평가/설계모델 개발 및 설계기준 제시/시방서 작성 및 신기술 등록
32		ㅇ 피로성능이 30% 이상 개선된 차세대 강상판 기술	ㅇ 피로성능 향상된 강상판 구조로 시스템의 단순화 및 용접부 최소화를 통해 제작비 및 강재물량 절감	ㅇ 기존 강상판 보강구조 시스템의 문제점 분석 ㅇ 내구성 및 피로성능이 향상된 차세대 강상판 구조시스템 개발/성능 평가 및 검증 ㅇ 설계지침서 작성 및 신기술 등록
33		ㅇ 내구성 및 피로성능이 30% 향상된 신개념 강교량 상부구조시스템 기술	ㅇ 강성 증대 합성구조시스템 개발 및 용접 최소화를 통한 내구성 및 피로성능 향상	ㅇ 고강도강 적용시 기존상부구조시스템에 나타나는 문제점 분석 ㅇ 강성이 증대된 신개념 강교량 및 합성교량 상부구조시스템 개발/해석 및 실험을 통한 검증 ㅇ 설계기준 제시

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
34		ㅇ 강재 물량 20% 절감을 위한 하이브리드 강 거더 기술	ㅇ 800 MPa 급 고강도 강재를 적용한 하이브리드 거더 설계기술의 개발 및 실용화	ㅇ 하이브리드 거더 설계의 기존 연구 분석/휨-모멘트 합성작용 영향평가 ㅇ 플랜지와 복부판의 강도 차이에 따른 하이브리드 거더 LRFD 설계기준 개발/설계지침서 작성
35		ㅇ 강재 물량 20% 절감을 위한 고강도 강재 적용 기술	ㅇ 고강도 강재의 효율 극대화를 위한 고강도 강재의 적용기술 개발 및 실용화	ㅇ 고강도 강재를 적용한 거더의 극한 휨강도 ㅇ 전단강도/휨-전단 상호 작용 평가기술 개발 ㅇ 설계기준 제시
36		ㅇ 기존 콘크리트 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술	ㅇ 정착장치가 없거나 최소화된 프리스트레스트 표면매립 FRP 보강공법 개발 및 실용화	ㅇ FRP 관련 기본재료의 역학적/계면특성 평가 ㅇ 상향 캠버 효과 검증/부착 및 정착장치의 정, 동적 실험, 해석적 평가 ㅇ FRP 긴장 및 매립을 위한 시공 시스템 개발/정착장치 시작품 제작 및 성능 평가 ㅇ 설계모델 개발/설계기준 제시/시방서 작성/신기술 등록
37		ㅇ 기존 강 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술	ㅇ 정착장치가 없거나 최소화된 FRP 판 프리스트레스 보강공법 개발 및 실용화	ㅇ FRP 관련 기본재료의 역학적/계면특성/전위차 부식 특성 규명 ㅇ FRP 긴장 및 부착을 위한 시공 시스템 개발 및 제작/성능 평가 ㅇ 설계모델 개발/설계기준 제시/시방서 작성/신기술 등록
38		ㅇ 미가공 폐기물을 이용한 콘크리트 바닥판 20% ㅇ 슬림화 및 경량화 기술	ㅇ 화력발전소 부산물을 활용한 바닥판의 경량화 및 구조 슬림화 기술 개발 및 실용화	ㅇ 콘크리트의 재료 요구성능 파악/고성능화, 경량화에 따른 문제점 파악/보수보강 재료 및 공법 제시 ㅇ 물리적/화학적/환경적 장기거동 특성 파악 ㅇ 기존 콘크리트 궤도 구조에 대한 고성능 경량콘크리트의 실험시제품 제작 및 시험시공
39		ㅇ 산업부산물 및 특수 섬유를 활용한 고성능 섬유보강 콘크리트 제조 및 활용 기술	ㅇ 초고강도 섬유보강 콘크리트의 개발을 통해 cable/주탑의 단면적 및 탄소 배출량 절감	ㅇ 시멘트 페이스트 내 초미립 혼화제 활용 적정 배합비 설정 기술/고점성 모르타르 및 콘크리트 배합시 내부 공극 제어기술 ㅇ 산업부산물 경량골재 확보/제조/처리기술 개발 ㅇ 섬유보강 고성능 콘크리트 구조성능 검증/경제성, 친환경성 평가/시공지침 및 시방서 작성
40		ㅇ 초고강도 콘크리트를 활용한 기존보다 30% 이상 슬림화된 경량 PC거더 개발	ㅇ 초고강도콘크리트의 높은 압축강도 특성과 인장저항능력을 활용한 초슬림 PC거더교 개발	ㅇ 초고강도콘크리트의 재료 성능 평가 및 분석/PC거더 단면 개발 ㅇ 프리스트레스 도입방법에 따른 거더의 거동 분석 ㅇ 정착부 거동분석 및 단면 보강방법 개발/정착장치 개발 ㅇ 시작품 제작 및 성능평가/시방서 작성 및 신기술 등록
41		ㅇ 기존보다 수명이 30% 향상된 고내구성 포장 콘크리트 바닥판 기술	ㅇ 첨단소재를 활용한 콘크리트 바닥판 개발	ㅇ 활용 가능한 첨단소재 및 기존 콘크리트 바닥판 문제점 도출/역학적 성능 검증

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
				ㅇ 첨단소재를 활용한 콘크리트 바닥판 배합개발/장기거동 특성 성능 검증 및 모델개발 ㅇ 시공성 향상, 생산체계 및 시공 기법 개발/설계, 시공, 유지관리, 시험법 작성
42		ㅇ 콘크리트 교량 부재 수명 30% 향상을 위한 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술	ㅇ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 성능향상 및 장수명화 기술 개발	ㅇ FRP 보강근 및 텐던의 내구성 시험/화학적 환경에 노출된 부착 및 정착성능/지속하중 및 반복하중 하에서의 부착 및 정착 성능 ㅇ 피로/지속하중을 받는 부재의 휨거동 실험/성능검증 및 품질시험법 제안 ㅇ 설계기준/시공기준/유지관리/설계 예제 및 표준도 작성/품질규격서 작성
43		ㅇ 기존 교각보다 20% 물량 절감을 위한 異種 재료를 활용한 교각 슬림화 기술	ㅇ 이종 형식 교각의 결합을 통해 교각의 슬림화 및 물량 절감	ㅇ 모멘트/단면크기 비를 최대화 시킬 수 있는 CFT+고성능 콘크리트 교각 형식 개발/단면을 슬림화한 교각 형식 개발/연결 기술 개발 ㅇ 종합적 성능 검증/경제성 분석/설계지침 개발
44		ㅇ 고성능 콘크리트를 영구 거푸집으로 활용하여 교량 내구성을 30% 향상시키는 기술	ㅇ 마모나 열화에 강한 고성능 콘크리트를 활용한 물량 최소화	ㅇ 대구경 프리캐스트 고성능 콘크리트 거푸집 개발/결합방법 개발/연결법 개발/합성 거동 규명/장기 내구성 검증 ㅇ 종합적 성능 검증/경제성 분석/설계지침 개발
45		ㅇ 중량이 20% 절감된 구조용 Green 경량골재 및 고강도 경량 콘크리트 개발	ㅇ 산업부산물을 원재료로 활용한 구조용 경량골재 개발	ㅇ 산업부산물 활용 구조용 Green 경량골재 제조 기술 ㅇ 고강도 경량 콘크리트 개발/역학적 특성 평가/단계별 실용화
46		ㅇ 기존보다 수명이 30% 향상된 고내구성 포장 일체형 콘크리트 바닥판 개발	ㅇ 교면 포장 일체형 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 재료로 교면 포장 공사비 절감	ㅇ 교면 포장 일체형 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 구성 재료 개선/제조 기술 개발/성능 평가시공 기술 개발
47		ㅇ 고강도 강판 복합단면을 이용한 20% 이상 강재 물량 절감을 위한 프리스트레스트 강거더 개발	ㅇ 프리스트레스를 도입하는 고강도강판-H형강 하이브리드 거더 개발 및 고성능화	ㅇ 고강도 강판 및 H형강 접합부 거동 특성 및 피로특성 평가 ㅇ 최적 단면 형성 방안 연구/편향부 및 정착부 상세 설계 연구/휨거동 평가 ㅇ High Prestressed Steel Girder (HiPS거더) 설계·제작 매뉴얼 작성/사용성 검증/신기술 등록 및 실용화
48		ㅇ 콘크리트로 충전된 강관을 이용한 20% 이상 단면이 효율화된 강-콘크리트 복합거더 기술	ㅇ 고성능 전단연결재를 갖는 콘크리트 충전 강관거더를 이용하여 급속시공/고성능화를 통한 공사비 절감	ㅇ 합성 연결재 개발/부착성능 및 계면 거동 특성/강관 단면비 설정 및 내부 합성연결재 배치 최적 설계/피로성능 평가 ㅇ 급속시공 및 사장교 적용을 위한 콘크리트 충전 강관거더 모듈화 공법 개발 ㅇ 경제성 및 수명주기비용 분석/설계·시공·품질관리 매뉴얼 작성/신기술 등록 및 실용화

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
49	지능형 친환경 분야	ㅇ 평탄구간 속도 120Km/h 이내, 총중량, Axle Group 오차 3% 이내의 슬림형 벤딩플레이트 WIM시스템 국산화	ㅇ 무정차 벤딩플레이트 방식의 고속 WIM 센서 개발 ㅇ 중량 측정 정확도 95% 이상의 신뢰도 기술 확보	ㅇ 슬림형 벤딩플레이트 WIM 센서 ㅇ 고강도 경량 벤딩플레이트 하우징 개발 ㅇ WIM 제어기 개발
50		ㅇ 스트레스 형광물질을 이용한 균열감지 0.1mm/스트레스 분해능 5Mpa이내 급 비쥬얼 방식의 교량 손상 탐지 기술	ㅇ 교량의 안전 진단을 위한 스트레스 비젼 센서를 이용한 검사 시스템 ㅇ 개발 (균열 감지폭 0.1mm 이내 / 분해능 5MPa 이내) ㅇ	ㅇ 스트레서 비젼 센서 개발 ㅇ 스트레스 감시 화상 센서 노드 시스템 설계 ㅇ 건축/대형구조물 안정성 평가시스템 알고리즘 ㅇ 스트레스 비젼센서 기반 구조물 건전도 평가 시스템 개발
51		ㅇ 무선통신기술의 100% 활용을 (or 적용성 극대화를) 위한 교량 부재별 계측분류체계 최적화기술	ㅇ 대상교량의 부재별 측정인자의 분석을 통해, 최적의 계측기법 및 계측장비를 적용할 수 있는 요소기술을 개발함	ㅇ 계측인자의 분류체계를 구축하고, 계측요소의 표준화를 통한 계측기준 마련 ㅇ 교량상태의 진단에 요구되는 정밀도 및 정확도를 확보할 수 있는 무선계측장비 평가 및 분석 ㅇ 대상부재별 무선센서 부착위치 및 부착방법을 최적화할 수 있는 Robustness 확보기법 개발
52		ㅇ 무선센서의 계측 정확성 향상 및 100% 수신율 확보를 위한 계측데이터 신뢰성 분석기술	ㅇ 각종 계측데이터의 무선송수신 성능을 분석함으로써, 교량의 상태를 정확하고 신뢰성있게 감지할 수 있는 기술 개발	ㅇ 거더, 보강재, 콘크리트 등 교량의 주요부재에 의한 무선신호 왜곡현상을 분석 ㅇ 대상계측인자의 특성분석 및 요구사항 반영을 통해 최적의 무선센서기술을 선정하는 기술 개발 ㅇ 무선 송수신거리의 최적화를 통한 네트워크 토폴로지 분석
53		ㅇ 교량의 진동에너지를 이용해 센서노드 사용전력을 100% 충당할 수 있는 압전소자 에너지 수확기술	ㅇ 교량의 진동 환경에 기반을 둔 에너지 창출을 통해 센서노드에 대한 자가발전 전력 확보와 기존 화석에너지에 의한 전력 소모량을 최소화하여 CO2 감축 및 친환경 지능형 교량 실현	ㅇ 교량 진동에너지 수확을 위한 압전소자 발전 시스템 조사, 분석 ㅇ 압전소자를 이용한 에너지 포집 시스템 개발 ㅇ 교량용 센서 노드의 전력 공급을 위한 최적화 설계 ㅇ 시제품 개발 및 성능평가 실험 ㅇ 자가발전 첨단센서 개발 및 활용기술 연구 ㅇ 실교량 적용을 통한 검증
54		ㅇ 20,000ue 측정범위를 가지는 광섬유센서 기반 외피 케이블 장력측정 기술	ㅇ 광섬유센서 기반 교량의 케이블 장력 측정 기술 개발 ㅇ 광섬유센서 기반 교량의 케이블 장력 모니터링 기술개발	ㅇ 강연선 외부에 부착하되 강연선과 일체거동이 가능하여 현장에서 취급 및 변형이 용이한 스마트 텐던을 개발 ㅇ 광섬유센서 멀티어레이 기반 경사 또는 벤딩센서를 이용한 교량 처짐 측정 기술개발
55		ㅇ 오차율 10% 미만의 철도교 축중량 측정장치 및 이를 이용한 교량의 실시간 상태평가 기술	ㅇ 철도교의 실시간 상태평가 기술	ㅇ 열차통과시 열차의 축하중을 동시에 측정하여 통과톤수 측정을 통한 레일의 효율적인 교체주기 산정뿐만 아니라, 교량 통행시 입력하중을 파악하여 하중-응답 상관성 분석을 통하여, 교량의 실시간 상태평가가 가능한 기술을 개발

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
56		ㅇ 교량의 상시 진동을 이용한 출력전력 30 micro watt 급 압전기반 에너지 하베스팅 모듈 개발	ㅇ 압전소자를 이용한 교량 모니터링 무선 센서 네트워크용 에너지 하베스팅 SoC 개발	ㅇ 압전 소자를 활용하여 교량의 진동에너지를 전기에너지로 변환시켜 주는 장치 개발 ㅇ 에너지 전달, 축적을 위한 고효율 에너지 하베스팅 인터페이스 회로 및 스마트 전력관리 IC 개발 ㅇ 교량 모니터링 센서 네트워크에 사용되는 저전력 송신기 개발
57		ㅇ 취약부분 대상 감지범위 1 m 이상 오인식률 5% 이내 스마트 센서 기반의 100% 국산화 교량 부재별 자가진단 기술	ㅇ 상시계측 기반 감지범위 1m 이상 오인식률 5% 이내의 교량 핵심 부재별 손상 자가진단기술 개발	ㅇ 셀프센싱기반 다중모드계측 기법을 통한 교량 부재별 손상검색기술 ㅇ 자가진단용 스마트 스킨 교량 부재 기술 ㅇ 지능형 볼트 접합부 강교량 부재 기술
58		ㅇ 볼트연결부 200m 이내, 볼트 장력 10%내외 감소 모니터링을 위한 강교량 볼트연결부 지능형 안전관리 기술	ㅇ 자가진단 또는 자가체결 기능을 가진 지능형 볼트의 강교에 대한 적용성과 내구성 및 경제성 분석을 통한 지능형 볼트의 적용 방안 확립 ㅇ 강교의 형식별 진동 특성 및 볼트 풀림 메커니즘 분석 그리고 볼트 풀림에 대한 정량화된 검출기술의 융합을 통한 최적의 스마트 안전관리 시스템 개발	ㅇ 실시간 자가 진단/자가 치유 볼트를 적용한 최적의 볼트연결부 안전관리 시스템 개발 ㅇ 스마트 연결시스템 및 관리 시스템에 대한 현장 검증실험
59		ㅇ 교량잔존수명 3년 이내 추정 오차율을 확보하기 위한 알고리즘 및 데이터 분석 기술	ㅇ 교량 잔존수명 예측 정확도 90% 이상 달성을 위한 계측데이터 분석 알고리즘 기술 및 활용 기술 개발	ㅇ 잔존수명 예측 알고리즘 개발 ㅇ 잔존수명 예측을 위한 교량 모니터링 시스템 개발 ㅇ Test Bede 구축
60		ㅇ 내구수명 10년 이상을 확보할 수 있는 첨단센서 기반 정밀도 10mm(교장 100m당) 미만의 교량 3차원 글로벌 거동 측정 기술 개발	ㅇ 광섬유센서 및 가속도계 센서 기반 교량 붕괴징후 여부 판단 기술 개발	ㅇ 광센서 기반 교량 붕괴 징후 여부 판단 기술 개발 ㅇ 가속도계 기반 전체 이상거동 감지를 위한 핸디메터 기술 ㅇ Test Bede 구축
61		ㅇ 건전성 (상태등급)을 시각적으로 표현할 수 있는 능동적 교량 상태 검지기술 개발	ㅇ 공공시설물의 건전성을 일반 이용자가 알 수 있도록 공개함으로써 투명한 시설물 유지관리 기법과 안전성 제고	ㅇ 교량의 건정성에 표출방안 기술개발 ㅇ 건정성 표출 항목 선정
62		ㅇ 감도 및 센싱범위 200% 향상과 CO2 배출량 20% 감축을 위한 자가센싱/자기치유 건설 재료 개발(수정 기술수요조사서 추가)	ㅇ 자가센싱 및 자기치유 능력을 가진 고성능 섬유보강 콘크리트 개발	ㅇ 강섬유 보강 콘크리트를 센서로 활용한 NDT 기술 개발 ㅇ 자가센싱 건설 재료의 구조성능 모니터링을 위한 임베디드 센서 기술 개발 ㅇ Geo - material을 이용한 자기치유 능력 보강방안 연구 ㅇ 탄산화물을 이용한 자기치유 능력 향상 방안 연구
63		ㅇ 머신비젼을 이용한 교량 포장 크랙 검측 및 10cm 이내 크랙 실링 자동화 기술	ㅇ 교량 포장의 상태를 파악하고 크랙 및 팟홀의 보수 자동화 로봇 개발	ㅇ 아스팔트 포장의 크랙 및 팟홀을 신속하게 보수하는 자동화 장비 ㅇ 포장 상태를 자동 파악, 보수 계획을 수립하고 자동 작업을 수행하는 교량 포장 크랙 및 팟홀 보수 자동화 기술 개발

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
64		ㅇ 인공지능 머신비젼을 이용한 강교량 (Steel bridge) 녹 (rust) 자동 검측 및 보수 자동화 장비 개발	ㅇ 교량 (주로 강교)의 도장 상태를 파악하고 부분 또는 전체 도색을 위한 자동화 장비 개발	ㅇ 제조 산업에서 사용되는 도장 로봇을 토목 현장 및 교량 보수용으로 개발 ㅇ 도장 상태를 자동 파악, 도장 계획을 수립하고 자동 도장 작업을 수행하는 교량 자동 도장 기술 개발
65		ㅇ 교량 부재 거동 100% 감시를 위한 핵심 부재별 이상상태 검출 기술 개발	ㅇ 누락된 모니터링 부재 계측 방안 마련 ㅇ 경제적/효율적 센싱 시스템 개발	ㅇ 누락된 교량 모니터링 부재의 합리적 분류 (붕괴 유발 부재, 볼트 접합 부위, PS 긴장재 현재 응력 계측 등) ㅇ 누락된 부재의 모니터링을 위한 센싱 시스템 개발 ㅇ 스마트 부재 개발 ㅇ Test-bed 구축을 통한 성능 검증
66		ㅇ 교량 진동 주파수를 활용한 고효율 압전발전형 에너지수확시스템 기술	ㅇ 도로를 주행하고 있는 차량의 충격하중을 전기에너지로 바꾸는 압전소자를 이용하여 전력을 생산하는 시스템 개발 및 공용성 확보 ㅇ 시간당 교통량이 500~1,000대의 트럭 또는 버스 주행환경에서 200~250kWh/km/lane의 발전효율을 목표로 함	ㅇ 압전 발전 효율 증대를 위한 새로운 고효율 압전 발전 재료 개발 ㅇ 도로 및 교량의 거동특성을 이용한 압전 발전 시스템 ㅇ 경제성분석을 통한 압전체 설치에 필요한 최적 교통량 결정과 설치구간에 관한 연구 및 성능평가 연구
67		ㅇ 빗길, 노면결빙 등 교량 미끄럼 사고를 저감하는 지능형 노면상황인지 기술 개발	ㅇ 노면상태를 적절히 파악할 수 있는 센싱방식을 검토하고, 각종 센서를 응용하는 다양한 테스트를 통해 노면결빙 정보를 보다 신뢰성있게 감지할 수 있는 방법을 연구 ㅇ 미끄럼 감지 센서 및 인지 알고리즘을 개발하여 USN 기반으로 상용화 시제품 개발	ㅇ 노면 매설용 전극단자 모듈 개발 ㅇ 노면 미끄럼 상황 인지 전용 제어기 개발
68		ㅇ 안개, 황사 등 교량 저시정 교통상황에서의 돌발 상황 광역인지 및 사고 저감기술	ㅇ 도로 교통상황 인지, 사고 감지, 도로 상황 인지, 교량 상황 인지를 통한 “교량상 교통 및 상황 인지기술”의 개발	ㅇ 저시정 상황에서의 교통흐름 향상, 통행속도 검지 정확도 향상기술 ㅇ 교량 저시정 상태에서의 돌발 상황 인지기술 ㅇ 사고 발생 위험 인자 평가 시스템 개발 ㅇ 개발기술 개념도
69		ㅇ 교량용 강수(호우주의보 발효시: 6시간 강우량이 30mm이상 예상되거나 12시간 강우량이 110mm이상 예상시)/ 폭염(폭염주의보 발효시: 일 최고기온이 33℃이상이고, 일최고열지수가 32℃이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상시 또는 아스팔트 노면 온도가 50℃이상일 시) 대비 지능화 대응 시스템 개발	ㅇ 여러 기후조건(강우·강설·폭염 등)에 적절히 대응하는 지능화 시스템으로 교통사고의 발생을 효과적으로 줄이고, 교량의 기후 변화에 따른 자동 유지보수 기능으로 교량의 수명을 연장	ㅇ 기후 감지 시스템 개발 ㅇ 기후 대응 시스템 개발
70		ㅇ 교통사고 발생시 난간 충돌 충격/추락 방지를 위한 지능형 자가 용량 조절형 에어백(i-SRS) 적용 방식 (시속 80km/h~120km/h, 승용차(0.8t)~트럭(2t))의 교통안전 기술	ㅇ 교량 난간용 에어백 감지 시스템 개발 ㅇ 교량 난간용 에어백 모듈 개발 ㅇ 도로용 강재 방호시설물과 성능 면에서의 효과 비교	ㅇ 교량 난간용 에어백 감지 시스템 개발 ㅇ 교량 난간용 에어백 모듈 개발 ㅇ 도로용 강재 방호시설물과 성능 면에서의 효과 비교

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
71		ㅇ FSM(Field Signature Method)을 이용한 100% 국산화 강교량 균열 및 부식 실시간 탐지 기술	ㅇ 부식 및 균열 등의 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가	ㅇ FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발 ㅇ FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 개발
72		ㅇ 에너지 절감 30% 이상의 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템 기술	ㅇ 에너지 하비스팅을 통해 소요전력의 30% 이상 획득 ㅇ ㅇ LED경관조명을 사용하여 기존 경관조명의 1/3의 에너지 소비전력 사용 ㅇ USN PAN당 128EA이상의 노드 동작 구현	ㅇ 에너지 하비스팅을 통한 신재생에너지 및 상용 에너지를 사용하여 하이브리드 발전 시스템 운영 제어 기술 ㅇ 경관용 조명의 시간대별, 환경별의 요소에 따른 디밍 제어를 통한 LED경관 조명의 에너지 소비 최적화 및 수명의 최적화 기술 ㅇ USN기반의 양방향 네트워크 통신을 통한 제어 / 장애 / 고장에 대한 모니터링 및 경보 시스템 개발
73		ㅇ 무선전송거리 500M 이내, 전지 교환주기 3년 이상의 지능형교량 관리 센서네트워크 기술	ㅇ 교량 환경 에너지 재생을 이용하며 기존 센서 노드의 전원 수명 보다 3배 오래 사용 가능한 저전력 에너지 소모형 simple MAC protocol 기술 개발 ㅇ 교량 적용을 위해 기존 802.15.4 PHY의 100m 보다 4배 증대된 전송거리 지원 센서 노드 개발	ㅇ 교량의 무선 환경을 고려한 신뢰성 있는 무선전송 MAC 기술 개발 ㅇ 교량 환경 에너지 재생을 이용한 저전력 에너지 소모형 simple MAC protocol 기술 개발 ㅇ 교량 환경 모니터링을 위한 다양한 센서 모듈 개발 ㅇ 교량 적용을 위한 장거리 전송지원 센서 노드 개발 ㅇ 무선 환경에서 신뢰성 있는 지능형 센서노드 개발 ㅇ 이종망 정합을 위한 다양한 유·무선 정합 게이트웨이 개발
74		ㅇ 99%이상의 데이터 전송 신뢰성을 갖는 무선 센서 네트워크 기반의 교량 모니터링 시스템 개발	ㅇ 유지 보수가 편리한 무선 센서 네트워크 기반의 교량 상태 데이터 감지/취득/실시간 전송 및 모니터링을 위한 실시간 Structural Health Monitoring 시스템 개발	ㅇ 교량 상태 감시를 위한 실시간 데이터 감지/취득을 위한 센싱 기술 ㅇ 취득된 데이터를 전송하기 위한 무선 네트워크 기술 ㅇ 진동 에너지를 활용한 에너지 하베스팅 기술 ㅇ 원격 감시/제어 기술
75		ㅇ USN 기반의 실시간 기상정보 시스템(AWS(Automatic Weather Station), WIS(Weather Information System)) 및 노면상태 모니터링 시스템 구축을 통해 교량을 주행하는 차량의 안전을 확보하고, 로드셀을 이용하여 교량에 주행중인 차량의 총량 감지, 속도로 인한 영향 분석하여 교량의 부하를 점검하는 모니터링 시스템 개발	ㅇ 교량내 교통 안전에 영향을 주는 요소들을 무선 네트워크를 활용하여 실시간으로 모니터링 및 상황표지판, 스마트 폰, 경보방송을 통해 정보를 제공하는 차량 안전 운행 지원 시스템 개발 ㅇ 설치된 무선 네트워크 망을 통해 교량에 주행중인 차량의 총량을 감지하여 교량의 부하를 모니터링하는 시스템 개발	ㅇ 교량내 차량 안전 운행 지원 시스템 개발 ㅇ 실시간 교량 주행 차량 총량 모니터링 기술 개발
76		ㅇ 교량내에서의 주변 교통상황 인지 기술	ㅇ BWIM 시스템을 이용한 교통상황 인지 기술 개발	ㅇ 주행차량에 대해 정차 없이 교량의 응답 신호를 이용하여 주행차량의 축중량 자동 판독, 교량의 중차량에 대한 활하중 정보수집 및 하중 히스토그램 분석 기술 개발
77		ㅇ 교량상에서의 차량의 안전을 위한 위험 인지 디스플레이 표시	ㅇ 첨단 유비쿼터스 기술을 교량 시설물 관리 분야	ㅇ 지능형 도로 및 교량 시설물 관리기술 개발

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
		기술	에 도입하고 이를 활용하여 교량 및 도로시설물 관리기술을 혁신 o USN 기술을 기반으로 교량시설물 상태정보 모니터링 기술을 개발하여 교량 시설물의 관리 혁신 및 안전성 확보	o 유비쿼터스 IT 기반 도로 교통망 시설물 관리기술 개발
78	BIM분야	o 교량유지관리 지능화를 위한 BIM 방식의 원격 통합 관제 기술	o BIM 데이터를 기반으로 한 3D HMI(Human Machine Interface) 서비스를 제공하는 교량 통합 관리 플랫폼	o BIM 데이터에 기반한 3D HMI 개발 o BIM 데이터를 수용할 수 있는 플랫폼 개발 o 교량 유지관리에 필요한 서비스 개발
79		o 교량 BIM 모델링의 유지보수 적용 기술	o BIM을 이용한 계측기연동을 통해 변위 및 변형률을 3D형상화함으로 o 써 구조물의 효과적인 유지관리 도모 및 교량의 사용성 확보	o 교량의 붕괴유발부재 등 주요 위치의 변형형상을 실시간으로 3D형상화 o 교좌받침 및 신축이음 장치의 변위형상을 3D BIM을 통해 확인 o 구조물 관리한계치 초과가능성을 정량적으로 파악하여 의사결정도구로 활용할 수 있는 시스템 개발 o 교량 주요부재의 건전성평가 정보 제공
80		o 모바일 기기를 이용한 BIM기반의교량 유지관리 시스템 구축 기술	o 모바일 스마트 탭에서 BIM을 이용한 유지관리 자료의 확인 및 관리가 가능하고, 위치기반 서비스와 연계하여 점검자의 편의 및 점검 정확성 향상	o 모바일기기에서 활용 가능한 웹기반 유지관리(점검, 계측) 시스템 개발 o LBS를 이용한 BIM 내 위치추적 시스템 개발
81		o 증강현실 및 BIM 기반의 가상 장비모델을 이용한 o 운영 시뮬레이션 기술	o 장비 고유의 스펙 및 주변 시설물과의 간섭 등을 면밀히 검토함으로써 시공중 발생 가능한 안전사고를 미연에 방지	o BIM기반 가상현장내 조작 및 운영 가능한 가상 장비모델 개발 o 증강현실 기법을 이용한 장비 운영 지원 시스템 개발
82		o BIM 기반의 교량 전 생애주기간 탄소배출량 예측 o 시뮬레이션 시스템 개발	o 교량의 기획단계부터 탄소배출량 예측시스템을 통해 최적의 친환경 Green 교량 계획 수립	o 교량 생애주기별 탄소배출량 DB와 BIM 연계 o BIM구축을 통한 탄소배출량 산정 시스템
83		o 교량 정보의 상호운용성 확보를 위한 표준 데이터 모델의 개발 기술	o 교량 전 생애주기를 지원하는 IFC 데이터 모델을 확장하여 전체 협업에 있어 정보 손실을 최소화	o 기존 IFC 데이터 교량 구조물을 지원하는 IFC 데이터 모델 확장 o 확장한 데이터 모델을 활용한 교량정보모델 구현
84		o 교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증 체계 구축 기술	o 체계화된 절차에 따른 교량정보모델의 품질 검증을 통해 생성모델의 신뢰도를 향상	o 요구조건의 충족성 검토방안 제시 o 모델의 품질검토 체계 구축
85		o 교량 프로젝트에서의 전문화된 정보제공을 위한 객체 라이브러리 제작 기술	o 교량의 구성요소를 체계적으로 분류하고 구성요소의 객체 라이브러리 구축을 통해 프로젝트에서 발생하는 다양한 요구사항을 지원	o 교량 구성요소 분류기준 정의를 통한 분류체계의 구축 o 교량 구성요소 3차원 형상기반 라이브러리 구축을 위한 형상군 정의 o 교량 구성요소의 속성 정의 및 구성요소들 간의 관계성 정의 o 교량의 구성요소의 3차원 형상기반 파트 라이브러리의 구축
86		o 3차원 지형을 이용한 토목설계 기술	o AutoCAD 환경에서 3차원의 모델을 설계자가 손쉽게 제작하고 노선결정의 의사결정과 설계에 반영할 수 있는 프로그램 및 라이브러리 제공	o 해외 환경에 맞추어 있는 기존 상용프로그램을 국내 발주처별 환경에 맞게 프로그램 개발 o 3차원 지형 모델 생성시의 문제점을 사전 조치하고 암층별 모델 구축, 노선 작성의 자동화

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
87		ㅇ 웹 기반 스마트 교량 모델정보 운영기술	ㅇ 웹 환경에서 실시간 사용자 인터랙션이 가능한 스마트 교량모델정보 뷰어개발	ㅇ 웹 환경에서 3D기반 모델정보를 운영하기 위한 교량 모델정보의 분리 및 병합기술 개발 ㅇ IFC 표준의 형상자원을 지원하는 웹 기반 형상 뷰어 개발
88		ㅇ 설계 효율성 증대를 위한 BIM 기반의 설계 지원 기술	ㅇ BIM 기반의 교량 정보 모델을 이용한 엔지니어링 효율성 30% 개선	ㅇ 파라메트릭 방식의 3D BIM 설계기술 고도화 ㅇ BIM Data Exchange 기술 연구 개발 ㅇ 3D BIM Data의 One Source Multi Use 기술 ㅇ 3D 객체 모델의 구조물 형식별 비교안 작성 기술
89		ㅇ 탄소 저감 분석을 위한 교량 구조물의 탄소배출량 데이터베이스 구축기술	ㅇ 탄소저감 목표 30%를 달성하기 위해 근거가 되는 교량의 형식별/구성요소별/자재별 탄소배출량 측정기준 마련	ㅇ 기존 탄소배출량 측정자료의 연계활용 ㅇ 교량의 형식별/구성요소별/자재별 탄소배출량 데이터베이스 구축 ㅇ BIM과 연계하기 위한 데이터베이스 연동 시스템 개발
90		ㅇ 탄소배출량과 연계한 Green BIM 시뮬레이션 기술 개발	ㅇ BIM기술을 활용한 탄소배출 시뮬레이션 기술 확보	ㅇ 탄소배출 데이터베이스와 연계기술개발 ㅇ BIM기술을 활용한 탄소배출량 시뮬레이션 기술 개발 ㅇ 환경영향 평가에 활용하기 위한 정책지원내용 연구
91		ㅇ 건설자재 생산업체 활용을 위한 교량 BIM 라이브러리 제작 기술	ㅇ 자재 생산업체에서 직접 활용할 수 있는 BIM라이브러리 제작 지침 개발	ㅇ 교량 형식별 공법/자재분류 ㅇ BIM 라이브러리 제작 지침 개발
92		ㅇ 시공단계에서의 교량 BIM 상호운영성 확보를 위한 형상관리 제어기술	ㅇ 각종 구조해석 결과가 변형형상으로 시각화되고 각종 장비관련 모의실험결과가 3D 형상으로 도출되어 안전에 대한 이해도를 높임	ㅇ 구조해석 모듈과 BIM과의 연계 ㅇ 구조해석 모듈과 장비 시뮬레이션의 연계
93		ㅇ 교량 유지관리 지능화를 위한 BIM 활용 기술	ㅇ 생애주기 동안 교량 구조부재 교체수명 예측 및 구조부재 교체시 신속하고 저비용으로 정확한 교체가 가능한 BIM 정보 모델 개발	ㅇ BIM 모델링을 이용한 교량 주요부재 실시간 건전성 평가 기술 개발 ㅇ BIM 모델링을 이용한 교량 부재 교체수명 예측 및 부분교체 기술 개발
94		ㅇ 설계 생산성 향상을 위한 ㅇ 3D 객체모델 기반의 설계예산서 작성 자동화 기술	ㅇ 3D 모델링 가이드에 따른 객체모델로부터 지능형 친환경 교량의 ㅇ 수량산출 및 설계예산서 작성이 자동적으로 이루어지는 3D 객체모델 기반 설계예산서 자동작성시스템 개발	ㅇ 구조물공 및 비구조물공에 대한 수량산출 알고리즘 개발 및 문서화 ㅇ 수량산출 자동화를 위한 3D 모델링 가이드 개발 ㅇ 총 생애주기의 각 사용단계별 3D 모델링 정보분류체계 연구 ㅇ 3D 모델기반 자동/연동 산출수량 정의 및 맵핑 알고리즘 개발 ㅇ 3D 모델기반 설계예산서 자동작성시스템 개발
95		ㅇ 시공단계의 생산성 향상을 위한 3D 객체모델 기반의 지능형 친환경 교량의 Smart Construction Management System 구축 기술	ㅇ 지능형 친환경 교량 현장업무 3D 모델기반의 차세대 시공/공정/원가 관리시스템 구축	ㅇ 벽지 현장 대상의 경제적 컴퓨터통신환경 시스템 구축 ㅇ Information Flow N/W 시스템 구축 ㅇ mobile device를 이용한 현장 설계도서/정보의 3D 객체모델 기반 조회/입력 시스템 구축 ㅇ GPS, LiDAR 기반의 As-is vs 3D 모델기반의 As-designed 비교분석에 의한 시공관리시스템 개발
96		ㅇ 3D 객체모델 기반의 지능형 친환경 교량의 ㅇ Smart Maintenance and Management System 구축 기술	ㅇ mobile office system 기반의 차세대 유지관리시스템 구축	ㅇ 지능형 친환경 교량 type 별 유지관리 대상부재 정보분류체계 구축 ㅇ 벽지 현장 대상의 경제적 컴퓨터 통신환경 시스템 구축 ㅇ 부재별 기여도를 고려한 교량

No.	중점추진 분야	제안기술명	연구개발목표	연구개발내용
				type 별 최적 점검 matrix 개발/DB화 o mobile office system 기반의 paperless 점검보고서 작성 시스템 구축 o 3D 객체모델 기반 총 생애주기 비용 실시간 산출시스템 구축 o 3D 객체모델 위치기반 BMS (Bridge Management Sys.) 구축
97		o BIM 교량 설계의 효율성 향상을 위한 설계협업 및 최적화 기술	o 설계주체들 간에 발생할 수 있는 설계오류를 최소화 하고 각종 협업 시뮬레이션을 통해 불필요한 작업을 최소화함으로써 CO2 절감 및 설계효율의 극대화 실현	o BIM기반 교량설계 협업지원 시스템 개발 o BIM기반 교량설계 지원요소 항목도출을 통한 지원시스템 개발 o 교량 BIM설계 협업 및 최적화 시스템 구축
98		o 교량 유지관리 첨단화/지능화를 위한 BIM 활용기술	o 실시간 모니터링 및 교량 변이시뮬레이션 등의 유지관리 정보를 BIM 모델과 연계를 통해 국가 교량 자산의 체계적 유지관리시스템을 구축하여 예산절감 및 실시간 현황파악이 가능하도록 함	o USN기술과 BIM 모델의 속성정보 연계기술 개발 o BIM 모델과 USN정보의 실시간 연계 시스템 개발 o BIM 기반 유지관리 모니터링 시스템 개발
99		o 교량설계 시 참여자들의 커뮤니케이션 문제 해결을 위한 참여 디자인 방식의 BIM기반 지능형 가상공간 기술	o BIM을 기반으로 구축된 디자인 안을 이용하는 다중 참여 형 가상공간 기술 개발	o BIM 정보를 가상공간에서 활용할 수 있는 정보로 전환하는 기술 o 지능형 NPC (Non - Play - ing Character)기술 o 다중 참여 형 지능형 가상공간 기술
100		o BIM과 PMIS 연계를 통한 4D 교량 시공관리 기술	o BIM 정보와 PMIS를 연계하여 실시간 공정관리, 진도관리, 노무관리, 자재관리, 장비관리 등 효율적 교량 공사관리를 위한 서비스 제공	o BIM 기반 4D 교량 시공현황 시뮬레이션 기술 개발 o 교량 PMIS 개발 및 PMIS 모듈화 기술 개발 o BIM 기반 교량 정보모델과 PMIS 연계 기술 개발 o BIM 기반 공사관리 정보 가시화 기술 개발 o 스마트폰 기반 4D/5D 교량 공사관리 시스템 개발
101		o 친환경 교량설계를 위한 설계 최적화 기술	o 친환경자재, 친환경 공법 등을 검토할 수 있고, 분석결과, 시뮬레이션 등을 활용하여 전체 교량 구조물의 통합된 최적설계 프로그램 구축 및 최적의 교량설계	o 교량의 최적설계 도출을 위한 초기단계 교량 BIM모델 개발 o BIM모델 기반 검토 및 분석이 가능하고 대안검토를 통해 최적설계를 판단할 수 있는 시스템 개발

2. 기술예측조사 및 결과

가. 기술예측조사

(1) 기술예측조사의 개요

(가) 개요

[표 2-28] 기술예측조사의 개요

구분	내 용
조사기간	1차 조사기간: 2011년 8월 11일(목) 개최 워크숍에서 실시
응답자수	1차: 총 29명(산: 11명(38%), 학: 6명(21%), 연: 12명(41%)) 2차: 29명 중 27명(응답률 93.1%)
조사항목	기술의 중요도, 기술적/사회경제적 실현시기, 기술획득방식. 정부개입의 필요성, 국내기술수준
조사방법	Mini-Delphi

(나) 목적

- 일반적으로 기술예측조사는 기술의 실현시기, 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 미래의 기술개발계획을 수립하기 위한 기초자료로 활용하는 데 목적을 두고 있음
- 전략프로젝트 및 중점과제에 대한 기술개발 전략을 수립하는데 있어서 필요한 기초자료를 제공하기 위해 중점과제 후보군에 대해 기술예측 및 기술수준 조사를 실시

(다) 결과의 활용

- 기술/사회적경제적 실현시기, 기술획득방식, 정부개입의 필요성 항목의 조사결과를 본 과제 연구기획에 연계시키는 분야에 활용
- 각 항목은 본 과제에서 수행할 중점연구분야 및 세부과제 선정, 연구개발계획의 수행일정 수립, 도출된 세부과제의 투자우선순위 선정에 적용될 수 있음
  - '기술적 실현시기'는 해당과제가 기술적으로 개발되는 시기를 의미하며, 해당과제에 대한 목표 달성연도 설정에 활용
  - '사회적 실현시기'는 사회·경제적으로 현장에 적용되는 시기를 가리키며, 해당과제의 실용화시기를 설정하는데 활용
- '기술적 실현시기'에 대한 세계 시기와 국내 시기와의 격차는 기술수준에 대한 격차로 해석할 수 있으며, 이는 해당과제에 대한 추진전략 설정에 활용
- '기술적 실현시기'와 '사회경제적 실현시기'와의 격차는 실용화 능력 혹은 사회적 수용성에

대한 대리지표로 활용할 수 있음

- ‘기술획득 방식’은 해당과제의 기술개발 추진전략 및 추진체제 설정 등에 활용
- ‘정부개입의 필요성’은 해당과제를 개발하는데 있어서 정부가 개입할 필요성 혹은 그 정도를 의미하며, 이는 투자 우선순위 설정에 활용

(라) 조사대상기술의 선정

- 기술예측과제명을 도출한 방법과 기준
  - 전체 연구진 및 전문가위원회의 브레인스토밍 및 기술수요조사결과로 도출된 기술리스트에 대하여 보완 작업 실시
  - 기술예측과제명은 목표 Spec.을 포함하도록 하고, 적용이 예상되는 제품이나 공법 등의 구체적인 대상을 기입하여 구체적으로 제시하도록 조정하며, 그 결과는 다음과 같음

No.	기술예측과제명(조정 결과)
1	비연결부 대비 프리캐스트 부재 연결부 급속체결 및 성능확보 기술
2	현장공기 50% 단축 철도교량 급속시공 및 급속교체 기술
3	중량 20% 이상 감소 고강도 경량 콘크리트 부재 개발
4	전면교체 대비 50% 이상 탄소배출량 감소와 교통통제 없는 부분교체 및 보강을 위한 Hybrid 교량 시스템 및 시공기법 개발
5	현장공기 최소화를 통한 중소경간 철도교의 운행통제 없는 모듈형 일괄 급속교체 및 급속시공 기술
6	현장공기 1일 이내 모듈형 도로교 일괄급속교체 및 급속시공 기술
7	급속시공을 위한 프로젝트별 의사결정체계 개발
8	교량공사에 급속시공을 쉽게 적용할 수 있는 기준개발 및 제도 정비
9	급속시공을 위한 조립 및 분리가 용이한 교량 상부구조 및 기존대비 현장공기 50% 절감 급속시공 공법 개발
10	공기 50% 단축 친환경 급속해체기술
11	교통차단 최소화 교량 상부구조 개축시스템 기술
12	현장공기 1일 이내 일괄가설이 가능한 상부구조 시스템 및 장비 개발
13	통행차단이 없는 도심지 교량 해체/가설을 위한 수직형 가교 시스템 개발
14	전면 교통차단 없는 단계적 바닥판 교체기술
15	기존공법 대비 초기공사비 90% 미만 복합구조 형식의 급속시공 구조시스템 기술
16	하부에 도로나 철도가 횡단하는 경우 교통차단 없는 일괄시공(교체) 공법 개발
17	일괄시공을 위한 안전성 확보 가변형 가시설 구조 개발
18	모듈형 거더와 바닥판을 이용한 현장공기 50% 단축 상부구조시스템 개발
19	교통차단 없는 단계적 상부구조 급속교체 기술
20	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체 기술
21	공용중 교량의 하부구조 교체 기술
22	그린 경량골재를 활용한 20% 이상 경량화된 구조용 경량콘크리트 및 강합성 바닥판 기술 개발
23	교량 바닥판 수명 30% 연장을 위한 FRP 바닥판 기술
24	고성능 콘크리트를 활용한 20% 이상 슬림화된 콘크리트 바닥판 기술
25	교량 상부구조의 항복강도 700 MPa급 고강도 철근 활용 기술
26	콘크리트교각의 항복강도 600MPa급 고강도철근 활용 기술
27	재료 물량 20% 절감을 위한 하부구조 성능기반 설계기술 개발
28	철근 부식 저항성이 30% 이상 향상된 철근 방식 기술
29	유지관리비 30% 절약이 가능한 무신축이음 교량 및 콘크리트 힌지 교량기술
30	수명 및 유지관리 효율이 30% 이상 향상된 교량 부속장치 성능 고도화 기술
31	교량 바닥판 수명이 30% 이상 연장된 알루미늄 바닥판 기술
32	기존 교량 대비 30% 경량화된 유선형 프리스트레스트 U 거더 개발
33	피로성능이 30% 이상 개선된 차세대 강상판 기술
34	(내구성 및 피로성능이 30% 향상된 신개념 강교량 상부구조시스템 기술)

No.	기술예측과제명(조정 결과)
35	강재 물량 20% 절감을 위한 하이브리드 강 거더 기술
36	강재 물량 20% 절감을 위한 고강도 강재 적용 기술
37	기존 콘크리트 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술
38	기존 강 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술
39	미가공 폐기물을 이용한 콘크리트 바닥판 20% 슬림화 및 경량화 기술
40	산업부산물 및 특수 섬유 활용한 탄소배출량 30% 이상 저감 섬유보강 콘크리트 제조 및 활용 기술, 제목수정
41	초고강도 콘크리트를 활용한 기존보다 30% 이상 슬림화된 경량 PC거더 개발
42	기존보다 수명이 30% 향상된 고내구성 포장 콘크리트 바닥판 기술 2-24와 중복
43	콘크리트 교량 부재 수명 30% 향상을 위한 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술
44	기존 교각보다 20% 물량 절감을 위한 異種 재료를 활용한 교각 슬림화 기술
45	고성능 콘크리트를 영구 거푸집으로 활용하여 교량 내구성을 30% 향상시키는 기술
46	고강도 강판 복합단면을 이용한 20% 이상 강재 물량 절감을 위한 프리스트레스트 강거더 개발
47	콘크리트로 충전된 강관을 이용한 20% 이상 단면이 효율화된 강-콘크리트 복합거더 기술
48	고성능 콘크리트를 활용한 강합성 거더 기술 개발
49	신소재를 활용한 사하중 저감형 하이브리드 강상판 기술
50	평탄구간 속도 120Km/h 이내, 총중량, Axle Group 오차 3% 이내의 슬림형 밴딩플레이트 WIM시스템 국산화 및 교량부하 모니터링 기술 개발
51	스트레스 형광물질을 이용한 균열감지 0.1mm/스트레스 분해능 5Mpa이내 급 비쥬얼 방식의 교량 손상 탐지 기술
52	교량의 상시 통행 하중을 이용한 센서노드 사용전력을 100% 충당할 수 있는 압전소자 에너지 수확기술
53	20,000ue 측정범위를 가지는 광섬유센서 기반 외피 케이블 장력측정 기술
54	오차율 10% 미만의 철도교 축중량 측정장치 및 이를 이용한 교량의 실시간 상태평가 기술
55	교량의 상시 진동을 이용한 출력전력 30 micro watt 급 압전 기반 Micro형 에너지 하베스팅 모듈 개발
56	취약부분 대상 감지범위 1 m 이상 오인식률 5% 이내 압전 센서 기반의 100% 국산화 교량부재별 자가진단 기술
57	볼트연결부 200m 이내, 볼트 장력 10%내외 감소 모니터링을 위한 강교량 볼트연결부 지능형 안전관리 기술
58	교량잔존수명 5년 이내 추정 오차율을 확보하기 위한 알고리즘 및 데이터 분석 기술
59	내구수명 10년 이상을 확보할 수 있는 첨단센서 기반 정밀도 10mm(교장 100m당) 확보기술 개발
60	해상도 2mm 이내 정확도를 갖춘 GPS 및 레이저 스캐닝 기반의 교량 거동 3D 계측 및 시각화(Visualization) 기술
61	오인식률 5% 이내 3 mm 이상 손상 검출 가능한 펄스 레이저 기반 비접촉 센싱을 이용하는 교량의 취약부재 국부 손상 자동화 검출 기술
62	건전성 (상태등급)을 능동적으로 표현할 수 있는 교량 상태 시각화 기술 개발
63	3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발
64	머신비젼을 이용한 교량 포장 크랙 검측 및 10cm 이내 크랙 실링 자동화 기술
65	인공지능 머신비젼을 이용한 강교량 (Steel bridge) 녹 (rust) 자동 검측 및 지능형 보수 자동화 장비 개발
66	조력 풍력 태양광을 활용한 500kw급 교량용 Macro형 에너지하베스팅 기술
67	빗길, 노면결빙 등 교량 미끄럼 사고를 저감하는 지능형 노면상황인지 정밀도 90%이상 확보 및 대응 기술 개발
68	모바일디바이스(Mobile device) 기반 안개, 황사 등 교량 저시적 교통상황 및 화재에서의 돌발 상황 광역인지 및 사고 저감기술
69	교통사고 발생시 난간 충돌 충격/추락 방지를 위한 지능형 자가 용량 조절형 에어백(i-SRS) 적용 방식(시속 80km/h~120km/h, 승용차(0.8t)~트럭(2t))의 교통안전 기술
70	FSM(Field Signature Method)을 이용한 100% 국산화 강교량 균열 및 부식 실시간 탐지 기술
71	에너지 절감 30% 이상의 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템 기술
72	무선전송거리 500M 이내, 전지교환주기 3년 이상의 지능형교량 관리 센서네트워크 기술
73	99%이상의 데이터 전송 신뢰성을 갖는 무선 센서 네트워크 기반의 교량 모니터링 시스템 개발
74	USN 기반의 실시간 교량용 기상정보 시스템(AWS(Automatic Weather Station), WIS(Weather Information System)) 개발
75	교량유지관리 지능화를 위한 BIM 방식의 원격 통합 관제 기술
76	교량내구성능 20%향상 및 유지관리비용 30%절감이 가능한 BIM기반의교량 유지관리 시스템 구축 기술
77	10% 공기단축 및 안전사고 방지를 위한 증강현실 및 BIM 기반의 가상 장비모델을 이용한 운영 시뮬레이션 기술
78	교량 전 생애주기 기간 탄소배출량 20%이상 절감을 위한 BIM기반 사전예측 시뮬레이션 시스템
79	교량 구조물 설계의 100% 상호 운용성 확보를 위한 표준데이터 모델 개발 기술
80	교량 정보모델의 무결점 품질인증을 위한 모델 검증체계 구축 기술
81	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술
82	BIM기반 3D 지형생성 및 공사비 최적 노선 결정 기술
83	클라우드 컴퓨팅 환경 하의 웹기반 교량 모델 정보 운영기술
84	시설물 자산관리를 위한 기존교량의 정보모델링 지원 기술
85	교량설계 효율성 10%증대를 위한 BIM기반 설계지원 기술 100% 국산화
86	BIM 기반 교량 형식별/공정별 CO2 배출량 산정 기술
87	BIM 기반 유지관리를 위한 클라우드 컴퓨팅 응용기술 100% 국산화
88	교량구조물 부재의 90%이상 탄소배출량 검증을 위한 데이터베이스 구축기술
89	탄소배출량 신뢰도 90%확보를 위한 그린BIM 시뮬레이션 기술개발
90	국내 건설자재 생산업체 50%이상 활용을 위한 교량 BIM 라이브러리 제작기술
91	시공단계에서의 교량 BIM 상호운영성 확보를 위한 형상관리 제어기술

No.	기술예측과제명(조정 결과)
92	교량 유지관리 업무효율성 50%향상을 위한 BIM기반 유지관리 통합 플랫폼 기술
93	2D설계환경대비 20%탄소저감을 위한 3D 객체모델 기반의 설계 자동화 기술
94	모바일 디바이스 기반 30%시공생산성 향상 및 탄소저감 Smart Construction Management System 구현기술
95	탄소배출량 20%이상의 3D 객체모델 기반 지능형 친환경 교량 Smart Maintenance and Management System 구축 기술
96	BIM 교량 설계의 효율성 30% 향상을 위한 설계협업 및 최적화 기술
97	교량설계 시 참여자들의 커뮤니케이션 문제 해결을 위한 참여 디자인 방식의 BIM기반 지능형 가상공간 기술
98	시공생산성 30% 향상을 위한 BIM과 PMIS 연계를 통한 4D 교량 시공관리 기술
99	증강현실 및 Telepresence 기술을 이용하여 친환경교량의 공법검증 효율을 30%향상시키는 BIM기반 시공관리 기술
100	친환경교량 시공시 공정 및 시공 효율 30% 향상을 위한 nD객체기반 시뮬레이션 기술

(2) Mini-Delphi 방법론

- 기술예측조사는 2차에 걸친 조사로 이루어짐
  - 예비조사에서는 전문가의 전공과 전문분야와 함께 설문의향을 조사해서 패널을 확정함
  - 확정된 패널을 대상으로 2-라운드 미니델파이 조사를 거쳐 기술예측조사를 완료함

[표 2-29] 1차 미니 델파이 조사 양식

번호	예측 기술명	실현시기				기술획득방식(V로 표기)				정부개입의 필요성 (1점:(낮음) ~5점(높음))
		기술적 실현		사회 경제적 실현		자체개발			기술도입및 국제 협력	
		세계	국내	세계	국내	민간 주도	정부 주도	정부 민간 공동		
1										
2										
3										
4										

- 실현시기는 하나의 시점(single point in time), 기간(time span), 또는 어느 시점까지(by)로 나타낼 수 있음
  - 본 조사에서는 실현시기를 각 예측기술이 기술적으로 개발되는 시기와 사회·경제적 목적으로 실제 적용되는 시기를 각각 국내와 세계로 구분하여 조사함
- 기술획득방식은 기술을 자체적으로 개발하느냐 또는 외부에서 도입하느냐를 선택토록 하는 항목임
- 정부개입의 필요성은 각 예측기술의 개발과 경쟁력 확보를 위해 정부가 개입할 필요성의 정도를 의미함

[표 2-30] 2차 미니 델파이 조사 양식

번호	예측 기술명	실현시기 (연도단위)																			
		기술적 실현										사회 경제적 실현									
		세계					국내					세계					국내				
		1차집계결과			1차 본인 응답	2차 본인 응답	1차집계결과			1차 본인 응답	2차 본인 응답	1차집계결과			1차 본인 응답	2차 본인 응답	1차집계결과			1차 본인 응답	2차 본인 응답
		Q_L	M	Q_u			Q_L	M	Q_u			Q_L	M	Q_u			Q_L	M	Q_u		
1																					
2																					
3																					
4																					

○ 2차 조사표에서는 예측과제에 대한 기술적 실현시기와 사회·경제적 실현시기에 대해서 응답의 양단 1/4를 제외한 중간의 1/2 값을 제시함

- 즉, 중간 1/2의 양단(QU-QL)을 응답의 폭(IQR)으로 하고, 중위수(M)를 실현시기의 대표치로 제시함
- 여기서 중위수(중앙값)는 응답자의 예측시기를 이른 시점부터 순서대로 나열했을 때 50%에 해당하는 응답자가 예측한 실현시기를 의미함
- 상사분위수(QU)는 응답자 중 75%, 하사분위수(QL)는 25%에 해당하는 응답자가 예측한 실현시기를 각각 나타냄

○ 본 조사에서는 1차 조사의 본인응답치도 함께 보여줌으로써 예측의 질을 제고하고자 함

- 델파이에서 반복조사를 실시하는 이유는 실현시기에 대해 전문가의 합의를 유도하기 위함임
- 즉 전문가에게 1차 조사의 실현시기의 범위(1차집계결과)를 보여주고 이를 바탕으로 새롭게 합의된 예측범위를 찾기 위한 것임

(3) 기술예측조사 결과

(가) 기술예측조사 통계

번호	예측기술명	실현시기 (연도단위)				기술획득방식				정부 지원의 필요성
		기술적 실현		사회 경제적 실현						
		세계	국내	세계	국내	민간	정부	공동	기술 도입	
1	비연결부 대비 프리캐스트 부재 연결부 급속체결 및 성능확보 기술	12	14	17	17	11.1%	0.0%	88.9%	0.0%	2.56
2	현장공기 50% 단축 철도교량 급속시공 및 급속교체 기술	15	17	17	18	0.0%	30.0%	70.0%	0.0%	4.30
3	중량 20% 이상 감소 고강도 경량 콘크리트 부재 개발	15	15	18	18	0.0%	15.4%	76.9%	7.7%	3.58

번호	예측기술명	실현시기 (연도단위)				기술획득방식				정부 지원의 필요성
		기술적 실현		사회 경제적 실현						
		세계	국내	세계	국내	민간	정부	공동	기술 도입	
4	전면교체 대비 50% 이상 탄소배출량 감소와 교통통제 없는 부분교체 및 보강을 위한 Hybrid 교량 시스템 및 시공기법 개발	16	17	20	20	0.0%	18.2%	81.8%	0.0%	3.64
5	현장공기 최소화를 통한 중소경간 철도교의 운행통제 없는 모듈형 일괄 급속교체 및 급속시공 기술	16	17	19	19	0.0%	18.2%	81.8%	0.0%	3.64
6	현장공기 1일 이내 모듈형 도로교 일괄급속교체 및 급속시공 기술	15	17	17	20	9.1%	9.1%	81.8%	0.0%	3.91
7	급속시공을 위한 프로젝트별 의사결정체계 개발	14	15	16	18	0.0%	72.7%	27.3%	0.0%	4.27
8	교량공사에 급속시공을 쉽게 적용할 수 있는 기준개발 및 제도 정비	16	17	17	18	0.0%	72.7%	27.3%	0.0%	4.36
9	급속시공을 위한 조립 및 분리가 용이한 교량 상부구조 및 기존대비 현장공기 50% 절감 급속시공 공법 개발	17	17	18	19	8.3%	0.0%	91.7%	0.0%	3.25
10	공기 50% 단축 친환경 급속해체기술	16	17	20	20	9.1%	9.1%	81.8%	0.0%	3.18
11	교통차단 최소화 교량 상부구조 개축시스템 기술	16	17	20	20	0.0%	20.0%	80.0%	0.0%	3.70
12	현장공기 1일 이내 일괄가설이 가능한 상부구조 시스템 및 장비 개발	15	17	17	18	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	3.45
13	통행차단이 없는 도심지 교량 해체/가설을 위한 수직형 가교 시스템 개발	16	17	20	20	0.0%	10.0%	90.0%	0.0%	3.30
14	전면 교통차단 없는 단계적 바닥판 교체기술	16	17	20	20	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	3.18
15	기존공법 대비 초기공사비 90% 미만 복합구조 형식의 급속시공 구조시스템 기술	16	17	20	20	10.0%	10.0%	80.0%	0.0%	3.10
16	하부에 도로나 철도가 횡단하는 경우 교통차단 없는 일괄시공(교체) 공법 개발	18	17	18	18	0.0%	9.1%	90.9%	0.0%	3.36
17	일괄시공을 위한 안전성 확보 가변형 가시설 구조 개발	16	17	18	18	10.0%	10.0%	80.0%	0.0%	2.90
18	모듈형 거더와 바닥판을 이용한 현장공기 50% 단축 상부구조시스템 개발	17	17	18	18	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	3.27
19	교통차단 없는 단계적 상부구조 급속교체 기술	16	18	18	19	0.0%	9.1%	90.9%	0.0%	3.45
20	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체 기술	16	17	18	18	9.1%	0.0%	90.9%	0.0%	3.09
21	공용중 교량의 하부구조 교체 기술	16	18	19	20	0.0%	18.2%	81.8%	0.0%	3.36
22	그린 경량골재를 활용한 20% 이상 경량화된 구조용 경량콘크리트 및 강합성 바닥판 기술 개발	15	17	17	20	10.0%	0.0%	90.0%	0.0%	3.10
23	교량 바닥판 수명 30% 연장을 위한 FRP 바닥판 기술	16	16	17	18	22.2%	22.2%	55.6%	0.0%	3.63
24	고성능 콘크리트를 활용한 20% 이상 슬림화된 콘크리트 바닥판 기술	14	15	16	18	0.0%	44.4%	55.6%	0.0%	3.89
25	교량 상부구조의 항복강도 700 MPa급 고강도 철근 활용 기술	15	15	17	18	11.1%	11.1%	77.8%	0.0%	3.78
26	콘크리트교각의 항복강도 600MPa급 고강도철근 활용 기술	15	15	17	17	11.1%	0.0%	88.9%	0.0%	3.56
27	재료 물량 20% 절감을 위한 하부구조 성능기반 설계기술 개발	16	18	19	21	0.0%	28.6%	71.4%	0.0%	4.50
28	철근 부식 저항성이 30% 이상 향상된 철근 방식 기술	15	16	18	18	25.0%	12.5%	62.5%	0.0%	3.25
29	유지관리비 30% 절약이 가능한 무신축이음 교량 및 콘크리트 힌지 교량기술	17	17	20	20	14.3%	28.6%	57.1%	0.0%	3.43
30	수명 및 유지관리 효율이 30% 이상 향상된 교량 부속장치 성능 고도화 기술	16	17	18	22	16.7%	16.7%	66.7%	0.0%	3.17

번호	예측기술명	실현시기 (연도단위)				기술획득방식				정부 지원의 필요성
		기술적 실현		사회 경제적 실현						
		세계	국내	세계	국내	민간	정부	공동	기술 도입	
31	교량 바닥판 수명이 30% 이상 연장된 알루미늄 바닥판 기술	18	18	20	22	16.7%	16.7%	66.7%	0.0%	3.00
32	기존 교량 대비 30% 경량화된 유선형 프리스트레스트 U 거더 개발	15	16	18	18	28.6%	0.0%	71.4%	0.0%	2.86
33	피로성능이 30% 이상 개선된 차세대 강상판 기술	19	20	20	20	37.5%	0.0%	62.5%	0.0%	2.75
34	(내구성 및 피로성능이 30% 향상된 신개념 강교량 상부구조시스템 기술)	18	19	20	20	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%	2.50
35	강재 물량 20% 절감을 위한 하이브리드 강 거더 기술	15	17	18	19	12.5%	12.5%	75.0%	0.0%	3.13
36	강재 물량 20% 절감을 위한 고강도 강재 적용 기술	15	15	16	18	22.2%	11.1%	66.7%	0.0%	3.11
37	기존 콘크리트 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술	16	16	18	18	22.2%	0.0%	77.8%	0.0%	3.33
38	기존 강 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술	18	16	20	19	22.2%	0.0%	77.8%	0.0%	3.13
39	미가공 폐기물을 이용한 콘크리트 바닥판 20% 슬림화 및 경량화 기술	17	17	20	20	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%	3.63
40	산업부산물 및 특수 섬유 활용한 탄소배출량 30% 이상 저감 섬유보강 콘크리트 제조 및 활용 기술, 제목수정	15	15	15	16	0.0%	12.5%	87.5%	0.0%	4.00
41	초고강도 콘크리트를 활용한 기존보다 30% 이상 슬림화된 경량 PC거더 개발	15	15	17	18	22.2%	11.1%	66.7%	0.0%	3.44
42	기존보다 수명이 30% 향상된 고내구성 포장 콘크리트 바닥판 기술	14	14	15	16	0.0%	28.6%	71.4%	0.0%	3.29
43	콘크리트 교량 부재 수명 30% 향상을 위한 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술	13	15	15	17	14.3%	14.3%	71.4%	0.0%	3.86
44	기존 교각보다 20% 물량 절감을 위한 異種 재료를 활용한 교각 슬림화 기술	17	17	20	20	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	3.00
45	고성능 콘크리트를 영구 거푸집으로 활용하여 교량 내구성을 30% 향상시키는 기술	15	16	16	18	12.5%	12.5%	75.0%	0.0%	3.00
46	고강도 강판 복합단면을 이용한 20% 이상 강재 물량 절감을 위한 프리스트레스트 강거더 개발	17	15	18	19	14.3%	0.0%	85.7%	0.0%	3.00
47	콘크리트로 충전된 강관을 이용한 20% 이상 단면이 효율화된 강-콘크리트 복합거더 기술	16	16	17	17	0.0%	14.3%	85.7%	0.0%	3.00
48	고성능 콘크리트를 활용한 강합성 거더 기술 개발	14	14	16	17	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	3.57
49	신소재를 활용한 사하중 저감형 하이브리드 강상판 기술	16	16	20	19	16.7%	0.0%	83.3%	0.0%	2.83
50	평탄구간 속도 120Km/h 이내, 총중량, Axle Group 오차 3% 이내의 슬림형 벤딩플레이트 WIM시스템 국산화 및 교량부하 모니터링 기술 개발	15	16	16	18	10.0%	10.0%	70.0%	10.0%	3.25
51	스트레스 형광물질을 이용한 균열감지 0.1mm/스트레스 분해능 5Mpa이내 급 비쥬얼 방식의 교량 손상 탐지 기술	16	18	19	20	25.0%	0.0%	75.0%	0.0%	3.71
52	교량의 상시 통행 하중을 이용한 센서노드 사용전력을 100% 충당할 수 있는 압전소자 에너지 수확기술	14	16	16	17	22.2%	11.1%	66.7%	0.0%	3.50
53	20,000ue 측정범위를 가지는 광섬유센서 기반 외피 케이블 장력측정 기술	15	16	17	17	12.5%	0.0%	87.5%	0.0%	3.13
54	오차율 10% 미만의 철도교 축중량 측정장치 및 이를 이용한 교량의 실시간 상태평가 기술	15	15	16	17	11.1%	22.2%	66.7%	0.0%	4.13
55	교량의 상시 진동을 이용한 출력전력 30 micro watt 급 압전 기반 Micro형 에너지 하베스팅 모듈 개발	15	15	18	18	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%	3.00
56	취약부분 대상 감지범위 1 m 이상 오인식률 5% 이내 압전 센서 기반의 100% 국산화 교량부재별 자가진단 기술	16	16	19	18	12.5%	12.5%	75.0%	0.0%	3.71
57	볼트연결부 200m 이내, 볼트 장력 10%내외 감소 모니터링을 위한 강교량 볼트연결부 지능형 안전관리 기술	16	15	18	18	37.5%	0.0%	62.5%	0.0%	3.14

번호	예측기술명	실현시기 (연도단위)				기술획득방식				정부 지원의 필요성
		기술적 실현		사회 경제적 실현						
		세계	국내	세계	국내	민간	정부	공동	기술 도입	
58	교량잔존수명 5년 이내 추정 오차율을 확보하기 위한 알고리즘 및 데이터 분석 기술	15	18	20	20	11.1%	33.3%	44.4%	11.1%	4.14
59	내구수명 10년 이상을 확보할 수 있는 첨단센서 기반 정밀도 10mm(교장 100m당) 확보기술 개발	16	17	18	19	20.0%	0.0%	60.0%	20.0%	3.00
60	해상도 2mm 이내 정확도를 갖춘 GPS 및 레이저 스캐닝 기반의 교량 거동 3D 계측 및 시각화(Visualization) 기술	16	16	17	19	20.0%	0.0%	70.0%	10.0%	3.50
61	오인식률 5% 이내 3 mm 이상 손상 검출 가능한 펄스 레이저 기반 비접촉 센싱을 이용하는 교량의 취약부재 국부 손상 자동화 검출 기술	16	16	17	19	20.0%	0.0%	70.0%	10.0%	3.50
62	건전성 (상태등급)을 능동적으로 표현할 수 있는 교량 상태 시각화 기술 개발	16	17	18	20	22.2%	11.1%	66.7%	0.0%	3.63
63	3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발	18	18	19	21	11.1%	11.1%	55.6%	22.2%	4.29
64	머신비젼을 이용한 교량 포장 크랙 검측 및 10cm 이내 크랙 실링 자동화 기술	17	16	18	17	11.1%	0.0%	77.8%	11.1%	3.57
65	인공지능 머신비젼을 이용한 강교량 (Steel bridge) 녹 (rust) 자동 검측 및 지능형 보수 자동화 장비 개발	17	17	18	19	22.2%	0.0%	66.7%	11.1%	3.86
66	조력 풍력 태양광을 활용한 500kw급 교량용 Macro형 에너지하베스팅 기술	16	17	19	21	18.2%	27.3%	36.4%	18.2%	4.00
67	빗길, 노면결빙 등 교량 미끄럼 사고를 저감하는 지능형 노면상황인지 정밀도 90%이상 확보 및 대응 기술 개발	15	15	16	17	12.5%	12.5%	75.0%	0.0%	3.75
68	모바일디바이스(Mobile device) 기반 안개, 황사 등 교량 저시적 교통상황 및 화재에서의 돌발 상황 광역인지 및 사고 저감기술	15	16	18	18	12.5%	25.0%	62.5%	0.0%	3.88
69	교통사고 발생시 난간 충돌 충격/추락 방지를 위한 지능형 자가 용량 조절형 에어백(i-SRS) 적용 방식(시속 80km/h~120km/h, 승용차(0.8t)~트럭(2t))의 교통안전 기술	16	17	17	19	14.3%	14.3%	71.4%	0.0%	3.29
70	FSM(Field Signature Method)을 이용한 100% 국산화 강교량 균열 및 부식 실시간 탐지 기술	16	18	20	19	14.3%	0.0%	85.7%	0.0%	3.43
71	에너지 절감 30% 이상의 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템 기술	15	16	15	16	37.5%	0.0%	62.5%	0.0%	2.88
72	무선전송거리 500M 이내, 전지교환주기 3년 이상의 지능형교량 관리 센서네트워크 기술	15	19	17	18	12.5%	0.0%	87.5%	0.0%	3.38
73	99%이상의 데이터 전송 신뢰성을 갖는 무선 센서 네트워크 기반의 교량 모니터링 시스템 개발	15	16	18	19	12.5%	0.0%	87.5%	0.0%	3.63
74	USN 기반의 실시간 교량용 기상정보 시스템(AWS(Automatic Weather Station), WIS(Weather Information System)) 개발	16	17	18	19	12.5%	12.5%	62.5%	12.5%	4.29
75	교량유지관리 지능화를 위한 BIM 방식의 원격 통합 관제 기술	15	15	17	17	7.7%	23.1%	46.2%	23.1%	4.00
76	교량내구성능 20%향상 및 유지관리비용 30%절감이 가능한 BIM기반의교량 유지관리 시스템 구축 기술	16	16	18	17	0.0%	21.4%	57.1%	21.4%	4.00
77	10% 공기단축 및 안전사고 방지를 위한 증강현실 및 BIM 기반의 가상 장비모델을 이용한 운영 시뮬레이션 기술	15	15	16	17	66.7%	0.0%	25.0%	8.3%	2.36
78	교량 전 생애주기 기간 탄소배출량 20%이상 절감을 위한 BIM기반 사전예측 시뮬레이션 시스템	15	15	17	17	23.1%	30.8%	30.8%	15.4%	3.64
79	교량 구조물 설계의 100% 상호 운용성 확보를 위한 표준데이터 모델 개발 기술	15	16	17	17	13.3%	20.0%	33.3%	33.3%	3.45
80	교량 정보모델의 무결점 품질인증을 위한 모델 검증체계 구축 기술	15	16	17	17	28.6%	21.4%	28.6%	21.4%	2.91
81	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술	15	15	16	16	53.8%	7.7%	15.4%	23.1%	2.27
82	BIM기반 3D 지형생성 및 공사비 최적 노선 결정 기술	15	15	16	17	60.0%	10.0%	20.0%	10.0%	2.40
83	클라우드 컴퓨팅 환경 하의 웹기반 교량 모델 정보 운영기술	15	17	16	17	58.3%	0.0%	25.0%	16.7%	2.18
84	시설물 자산관리를 위한 기존교량의 정보모델링 지원 기술	17	17	17	17	16.7%	41.7%	25.0%	16.7%	3.91

번호	예측기술명	실현시기 (연도단위)				기술획득방식				정부 지원의 필요성
		기술적 실현		사회 경제적 실현						
		세계	국내	세계	국내	민간	정부	공동	기술 도입	
85	교량설계 효율성 10%증대를 위한 BIM기반 설계지원 기술 100% 국산화	15	15	16	17	30.8%	23.1%	30.8%	15.4%	3.09
86	BIM 기반 교량 형식별/공정별 CO2 배출량 산정 기술	15	15	18	17	10.0%	40.0%	50.0%	0.0%	4.00
87	BIM 기반 유지관리를 위한 클라우드 컴퓨팅 응용기술 100% 국산화	17	17	18	18	80.0%	0.0%	20.0%	0.0%	2.80
88	교량구조물 부재의 90%이상 탄소배출량 검증을 위한 데이터베이스 구축기술	15	16	17	17	0.0%	42.9%	42.9%	14.3%	4.17
89	탄소배출량 신뢰도 90%확보를 위한 그린BIM 시뮬레이션 기술개발	16	16	17	18	15.4%	23.1%	46.2%	15.4%	3.55
90	국내 건설자재 생산업체 50%이상 활용을 위한 교량 BIM 라이브러리 제작기술	15	16	16	17	45.5%	9.1%	45.5%	0.0%	3.18
91	시공단계에서의 교량 BIM 상호운영성 확보를 위한 형상관리 제어기술	16	16	18	17	54.5%	0.0%	36.4%	9.1%	2.70
92	교량 유지관리 업무효율성 50%향상을 위한 BIM기반 유지관리 통합 플랫폼 기술	16	17	18	18	8.3%	25.0%	58.3%	8.3%	3.82
93	2D설계환경대비 20%탄소저감을 위한 3D 객체모델 기반의 설계 자동화 기술	15	15	18	17	18.2%	9.1%	63.6%	9.1%	3.40
94	모바일 디바이스 기반 30%시공생산성 향상 및 탄소저감 Smart Construction Management System 구현기술	15	15	17	17	45.5%	9.1%	36.4%	9.1%	3.10
95	탄소배출량 20%이상의 3D 객체모델 기반 지능형 친환경 교량 Smart Maintenance and Management System 구축 기술	17	17	18	17	36.4%	18.2%	36.4%	9.1%	3.30
96	BIM 교량 설계의 효율성 30% 향상을 위한 설계협업 및 최적화 기술	16	16	16	17	72.7%	9.1%	18.2%	0.0%	2.55
97	교량설계 시 참여자들의 커뮤니케이션 문제 해결을 위한 참여 디자인 방식의 BIM기반 지능형 가상공간 기술	15	16	16	16	45.5%	0.0%	54.5%	0.0%	3.00
98	시공생산성 30% 향상을 위한 BIM과 PMIS 연계를 통한 4D 교량 시공관리 기술	16	16	17	17	50.0%	10.0%	40.0%	0.0%	3.00
99	증강현실 및 Telepresence 기술을 이용하여 친환경교량의 공법검증 효율을 30%향상시키는 BIM기반 시공관리 기술	15	15	17	18	45.5%	0.0%	45.5%	9.1%	2.56
100	친환경교량 시공시 공정 및 시공 효율 30% 향상을 위한 nD객체기반 시뮬레이션 기술	15	15	17	18	60.0%	10.0%	30.0%	0.0%	3.11

(나) 기술적 실현시기

- 기술실현시기를 살펴보면 기술적 국내실현의 경우 전체 100개 과제 중 2017년에 실현될 것이라고 예측된 기술이 33개(33%)로 가장 많았음
- 기술적 해외실현의 경우 전체 100개 과제 중 2015년에 실현될 것이라고 예측된 기술이 41개(41%)로 가장 많았음

기술적 실현시기			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020년 이후
교량 급속시공 분야	국내	과제 수	0	0	1	2	0	16	2	0	0
		비중	0%	0%	4.8%	9.5%	0%	76.2%	9.5%	0%	0%
	해외	과제 수	1	0	1	4	12	2	1	0	0
		비중	4.8%	0%	4.8%	19%	57.1%	9.5%	4.8%	0%	0%
신소재 교량분야	국내	과제 수	0	0	2	8	8	6	2	1	1
		비중	0%	0%	7.1%	28.6%	28.6%	21.4%	7.1%	3.6%	3.6%
	해외	과제 수	0	1	3	10	6	4	3	1	0
		비중	0%	3.6%	10.7%	35.7%	21.4%	14.3%	10.7%	3.6%	0%
지능형 교량분야	국내	과제 수	0	0	0	4	10	6	4	1	0
		비중	0%	0%	0%	16%	40%	24%	16%	4%	0%
	해외	과제 수	0	0	1	10	11	2	1	0	0
		비중	0%	0%	4%	40%	44%	8%	4%	0%	0%
BIM분야	국내	과제 수	0	0	0	11	10	5	0	0	0
		비중	0%	0%	0%	42.3%	38.5%	19.2%	0%	0%	0%
	해외	과제 수	0	0	0	17	6	3	0	0	0
		비중	0%	0%	0%	65.4%	23.1%	11.5%	0%	0%	0%
총계	국내	과제 수	0	0	3	25	28	33	8	2	1
		비중	0%	0%	3%	25%	28%	33%	8%	2%	1%
	해외	과제 수	1	1	5	41	35	11	5	1	0
		비중	1%	1%	5%	41%	35%	11%	5%	1%	0%

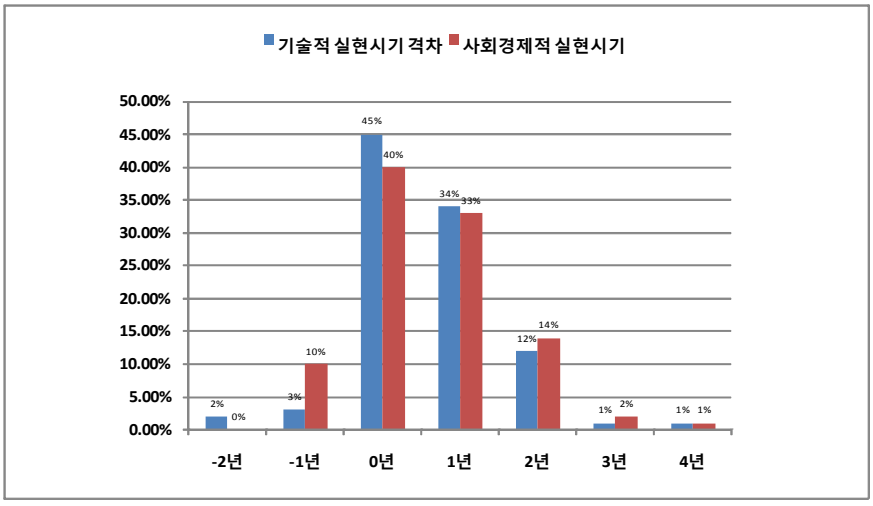
(다) 사회경제적 실현시기

- 사회·경제적 국내실현의 경우 전체 100개 과제 중 2017년, 2018에 실현될 것이라고 예측된 기술이 동일하게 29개(29.0%)로 가장 많았으며, 다음으로 2016년이 17개(17.0%) 로 비교적 다양한 응답분포를 보임
- 사회·경제적 해외실현의 경우 전체 100개 과제 중 2018년에 실현될 것이라고 예측된 기술이 29개(29%)로 가장 많았으며, 다음으로 2017년이 27개(27%) 로 많았음

사회경제적 실현시기			2015	2016	2017	2018	2019	2020년 이후
교량 급속시공 분야	국내	과제 수	0	0	1	9	3	8
		비중	0%	0%	4.8%	42.9%	14.3%	38.1%
	해외	과제 수	0	1	5	7	2	6
		비중	0%	4.8%	23.8%	33.3%	9.5%	28.6%
신소재 교량분야	국내	과제 수	0	2	4	9	4	9
		비중	0%	7.1%	14.3%	32.1%	14.3%	32.1%
	해외	과제 수	3	4	6	6	1	8
		비중	10.7%	14.3%	21.4%	21.4%	3.6%	28.6%
지능형 교량분야	국내	과제 수	0	1	5	6	8	5
		비중	0%	4%	20%	24%	32%	20%
	해외	과제 수	1	4	5	9	4	2
		비중	4%	16%	20%	36%	16%	8%
BIM분야	국내	과제 수	0	2	19	5	0	0
		비중	0%	7.7%	73.1%	19.2%	0%	0%
	해외	과제 수	0	8	11	7	0	0
		비중	0%	30.8%	42.3%	26.9%	0%	0%
총계	국내	과제 수	0	5	29	29	15	22
		비중	0%	5%	29%	29%	15%	22%
	해외	과제 수	4	17	27	29	7	16
		비중	4%	17%	27%	29%	7%	16%

(라) 실현시기 격차

○ 기술적 그리고 사회 · 경제적 실현시기에 있어서는 전체 100개 기술 중 0년의 격차를 보인 기술이 각각 45개(45%)와 40개(40%)로 가장 많았으며, 다음으로 1년의 격차를 보인 기술이 각각 34개(34%)와 33개(33%)로 나타남

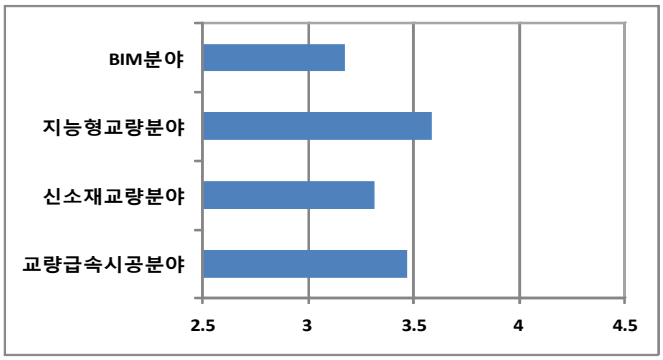


(마) 정부개입의 필요성

○ 정부개입의 필요성을 5점 척도로 측정한 결과, 평균이 3.38로 나타났으며, '지능형 교량 분야'의 경우 3.58로 정부개입의 필요성이 가장 높은 것으로 조사됨

○ 대부분은 전체평균에 가까운 정부개입의 필요성을 보이고 있음. 다만'BIM 분야'의 경우 3.17로서 조사된 분야 중 비교적 낮은 척도를 보이고 있으나, 교량분야 BIM기술은 도입단계로써 민간의 도입의지뿐만 아니라, 정부의 적극적인 지원이 필요한 것으로 조사됨

○ 정부개입의 필요성을 전략프로젝트별로 살펴보면,'지능형 교량 분야'이 3.38으로 가장 높으며,'교량 급속시공 분야'(3.47),'신소재교량 분야'(3.31),'BIM 분야' (3.17) 의 순으로 나타남



(바) 기술획득 방식

○ 기술획득방식에 있어서는 민간 또는 정부의 자체개발이 95.68%로 나타났고 외부도입 즉 '기술도입 및 국제협력'이 4.32%로 조사됨

- 정부·민간 공동의 경우, 가장 높게 나타난 전략프로젝트는'교량 급속시공 분야(80.66%)', '신소재 교량 분야'(74.71%) 등의 순임
- 민간 주도의 경우에는'BIM 분야'(36.40%),'지능형 교량 분야'(17.79%),'신소재 교량 분야'(13.77%) 등의 순으로 나타남
- 정부 주도의 경우에는'교량 급속시공 분야'(15.80%),'BIM 분야'(15.57%) 등의 순으로 나타남
- 기술도입 및 국제협력의 경우에는'BIM 분야'(11.03%),'지능형 교량 분야'(5.74%), '교량 급속시공 분야'(0.37%), 등의 순으로 나타남

전략프로젝트	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부민간공동	기술도입 및 국제협력
교량 급속시공 분야	3.18%	15.80%	80.66%	0.37%
신소재 교량 분야	13.77%	11.53%	74.71%	0%
지능형 교량 분야	17.79%	8.26%	68.21%	5.74%
BIM 분야	36.40%	15.57%	36.97%	11.03%
평균	18.47%	12.62%	64.59%	4.32%

4절. 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. STEEP 분석에 따른 시사점

(1) 사회문화적(Social) 시사점

- 다른 나라의 기술개발 동향에서도 급속시공을 장려하고 있으며, 급속시공이 가능하다면 건설비가 더 소요되더라도 그 공법을 채택하는 장려제도를 도입하고 있음
- 최근 국내외의 교량기술개발 트렌드는 물량절감, 저비용 및 장수명 교량을 개발하는 것임. 특히 이산화탄소 배출량 축소가 전세계적인 이슈로 등장한 이후 교량분야에서도 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발 및 설계개념의 변화에 대해 논의가 되고 있는 시점임
- IT기반 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트랜드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대할 것으로 전망됨
- 교량은 공공성이 가장 높은 시설물로서 국민 생활과 밀접한 관련이 있으므로 교량 붕괴 사고를 미연에 방지하는 모니터링, 자가진단, 평가 기술 등 교량의 지능화를 통해 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 기대할 수 있음

(2) 기술적(Technological) 시사점

- 이러한 여건에서는 약간의 기술진보 보다 더 효과적인 것이 급속시공으로 인해 얻는 부가효과이며 급속시공기술은 자동화를 수반하는 것이므로 장비개발 등에 있어서 IT 등 첨단기술의 접목으로 기술 및 산업의 시너지 효과를 가짐
- 교량분야에서 이산화탄소 배출량을 직접적으로 감소시키는 기술은 현재로서는 한계가 있어 콘크리트 및 강재 사용량을 절감시키거나 고성능 재료를 사용하는 방법을 통해 직 간접적으로 탄소 배출량을 감소시키는 방법을 취하고 있음
- 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 지능형 교량은 국내 각 대학 연구인력 및 국가 연구소등의 연구 인력이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있는 실정을 보았을 때 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 좀 더 확대될 필요성이 있음을 알 수 있음
- 건설-IT융합시장 규모가 빠르게 증가할 것으로 전망되며, BIM기술을 활용한 기반 및 응용연구가 증가하고 있는 추세임

(3) 경제적(Economic) 시사점

- 미래 20년~30년 후에는 개축대상 교량이 획기적으로 급증할 것이며, 주요 간선도로 상의 교량은 교통통제 없이 급속시공을 도모하는 것만이 공사 가능한 대안이 될 것임
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화 및 고내구성화를 지향하고 있음
- 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지절감 및 친환경·신소재 등 기존의 건설 산업과 IT기술의 결합을 통한 고부가가치 시장의 성장이 전망됨

(4) 환경적(Environmental) 시사점

- 급속시공은 건설기간이 길어짐으로 나타나는 탄소배출량을 조기개통으로 해소시키고, 사용중에 있어서 발생하는 유지관리로서의 부분교체 시에는 교통통제의 최소화를 통해 해결하는 것임
- 교통이 밀집한 지역의 교통정체 없는 건설 및 급속시공을 통한 조기개통의 탄소절감 효과는 막대한 것임
- 교량 건설의 대표적인 재료인 콘크리트(시멘트) 및 강재는 재료 생산시 막대한 이산화탄소를 배출하기 때문에 시멘트 및 강재 사용량을 줄여 이산화탄소 배출을 억제하려는 인식이 확산되고 있음
- 세계적으로 건설 기술은 각국의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT 기술을 융합한 신성장 동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 지능형, 친환경 에너지 절감을 위한 생활 밀착형 건설기술과 SOC형 건설기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임

(5) 정책적/법적(Political) 시사점

- 교량 안전관리와 관련된 다양한 법령은 제시되어 있으나, 교량 설계, 시공, 유지관리단계에서 탄소배출량을 최소화하기 위한 의무규정은 없는 것으로 조사됨. 따라서 이와 관련된 법규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨
- 신성장동력산업 중에서 IT 건설 부문에 대한 관심이 높고, 융합 기술의 개발 노력과 산업의 활성을 위한 제도적 및 경제적 지원 정책의 지속적 추진이 필요

나. SWOT 분석

	【 강 점(S) 】	【 약 점(W) 】
내부 환경 분석	ㆍ세계 최고 수준의 지능형 친환경교량 시공기술 확보 ㆍ교량 지능화 기술개발 실용화를 위한 인프라 기 확보 ㆍ국가의 녹색 성장/저탄소 정책을 통한 녹색기술 개발 의지 및 인식 확산 ㆍ세계적 수준의 고성능 건설재료 제조 기술의 확보 ㆍ신기술 제도를 통한 신형식 교량에 대한 정부의 지원 및 보호 ㆍ세계적 수준의 교량기술 및 IT 인력인프라 보유 ㆍ다양한 교량 분야 연구 추진을 통한 노하우 축적 ㆍ국토해양부 및 조달청 등 정부의 BIM분야 관심 증대 및 지원 확대 ㆍ국내 디지털 인프라의 세계 최고 수준 기술력 유지	ㆍ급속시공 실용화 관련 제도 미비 ㆍ주변 첨단기술과의 시스템화 미흡 ㆍ새로운 기술의 현장 적용 의지 부족 ㆍ녹색 건설에 대한 제도 및 기준 미비 ㆍ교량의 탄소배출량 평가 방법 부재 ㆍ고성능 재료에 대한 실용화 및 설계 기술 미흡 ㆍ고부가가치 창출형 교량 설계/유지관리 기술 부족 ㆍ지능형 교량 구현을 위한 소재/부품 관련 산업의 높은 해외 의존도 ㆍ지능형 교량 기술 구현에 필요한 기반 인프라 부족 ㆍIT 분야 소프트웨어 기술 취약 ㆍ교량 BIM관련 인프라 및 개발연구인력 부족 ㆍ교량 BIM의 실무활용도 저조 ㆍBIM관련 원천기술의 높은 해외의존도

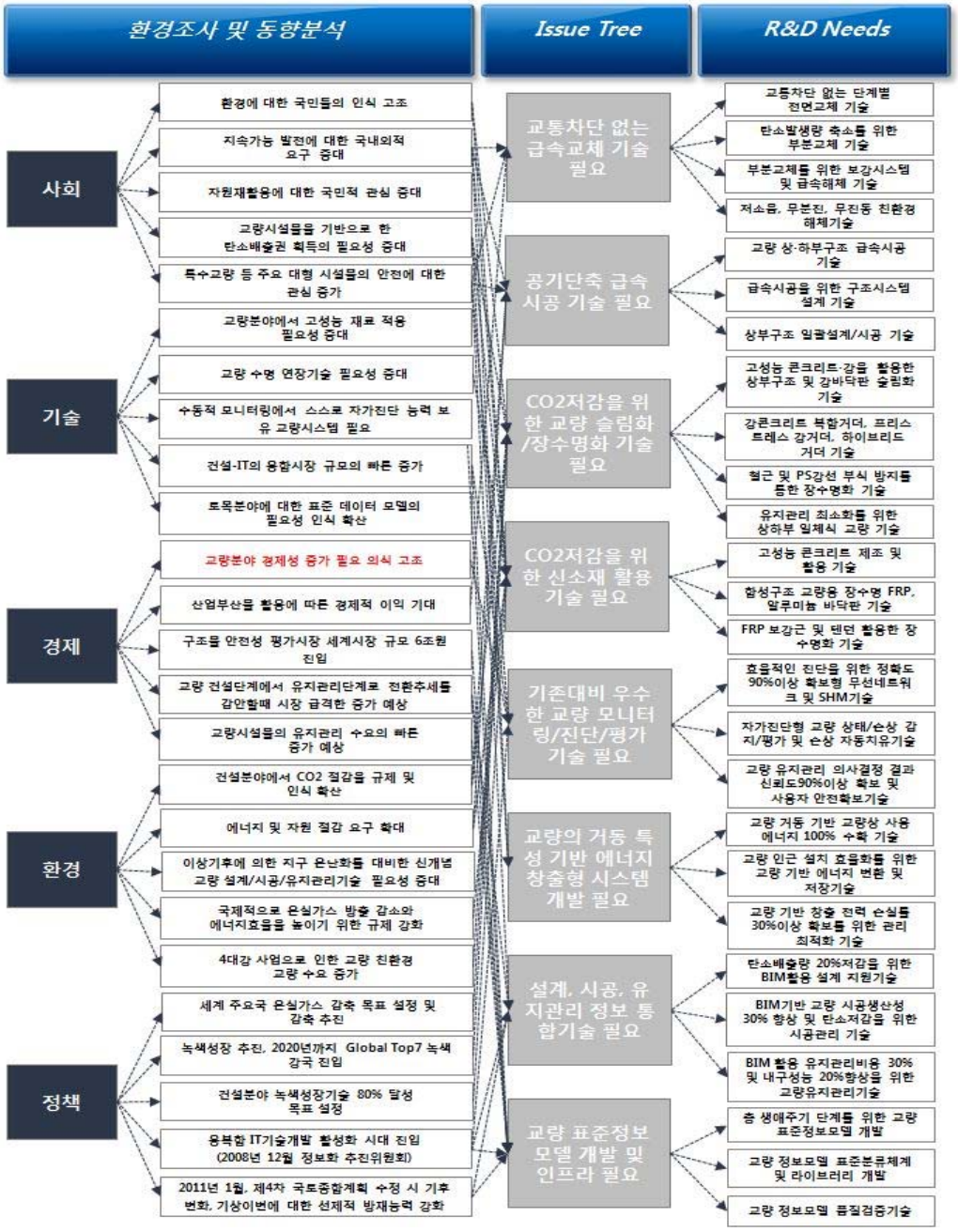
	【 기 회(O) 】	【 위 협(T) 】
외부 환경 분석	ㆍ노후교량의 교체 수요가 급증 예상 ㆍ친환경 녹색성장의 정책적, 사회적 욕구강함 ㆍ국내외 건설분야의 탄소저감 기술 니즈 확대 ㆍ친환경 건설 / 고성능 건설재료에 대한 관심 고조 및 정부의 R&D 투자 확대 ㆍ교량 설계수명에 대한 전 세계적 상향 추세 ㆍ이상기후에 따른 재난/재해 대응 수요증가 ㆍ건설시대에서 유지관리시대로의 전환 시기 ㆍ고부가가치형 건설-IT 융합에 대한 수요 급증 ㆍ최근 국제회의 IFC-Infra 노력시작 ㆍ세계 건설-IT 융합시장 규모가 빠르게 증가할 것으로 예상 ㆍ세계적으로 공공시설물의 자산관리에 대한 시장규모 증가 ㆍ해외 건설시장에서의 3D 설계 의무화와 BIM 기반 설계, 시공, 유지관리 기술 요구 ㆍ건설산업분야의 환경부하저감 및 CO2발생량 감축 요구증대	ㆍ선진국의 기술선점으로 시장참여 기회 박탈 ㆍSOC 관련 예산 감소 등 국내 기술 개발에 대한 투자의지가 낮음 ㆍ기술을 선점한 선진국에 기술이 종속될 가능성이 있음 ㆍ고성능 재료 활용시 비용 증가에 따른 교량 발주처 및 시공사의 거부감 ㆍ기술력은 선진국, 가격경쟁력은 중국 동남아가 우세 ㆍ기술후발국으로 기술브랜드 경쟁력 취약 ㆍ글로벌 시장의 침체와 불안정성 심화 ㆍ국제적 경기침체로 인한 공공건설시장 침체 및 기존 기술 적용의 한계 ㆍEU권 및 북미권의 BIM관련 표준기술 및 BIM시장 독점 위협 ㆍ글로벌 해외기업의 BIM 소프트웨어 시장 장악 ㆍ공사로 인한 교통 혼잡 관련 민원 증가

SO 전략	• 풍부한 시공경험을 기반으로 한 현장여건에 부합하는 급속시공 기술개발 • 연구개발 결과 및 실용화 인프라를 활용한 급속시공기술 조기 정착 • 친환경 급속시공을 통한 교통혼잡 민원 최소화 • 국가적 지원 아래 단기간 내에 저탄소 교량 핵심 기술 확보 • 고성능 재료를 활용한 세계적 수준의 친환경/장수명 교량 기술 개발 • 국내 교량의 법정 내용연수 및 설계수명 연장 • 녹색기반의 교량 분야 신성장 산업 육성 • 미래형 교량에 부합하는 건설 IT 융합 원천기술 확보 • 재난/재해 감응형 교량유지관리 기술 개발 • IFC - Bridge의 국제 표준주도 • 생애주기 기반 BIM - IT 융합기술 개발 • 지능형 친환경 교량의 차세대 자산관리 시스템 구축 • 정부주도형 BIM 활성화를 위한 친환경 건설 신기술 확보 • U - city, ITS 등 건설 IT 융합 시장 확대 및 글로벌화 • 세계 최고 수준 지능형 친환경 교량 기술개발을 통한 해외시장 진출 도모
WO 전략	• 시공기간 조기단축 기술개발을 위한 인센티브 제도 도입 • 자동화 기계화를 위한 IT 등 타 분야와의 공동연구 • 친환경 정책에 부응한 저비용 고효율 신기술 개발 • 현장적용 활성화를 위한 교통혼잡 민원 최소화 공법 개발 • 친환경/장수명 교량 건설 촉진을 위한 제도 마련 • 교량의 탄소배출량 평가 기준 마련 • 교량에서 고성능 재료 활용 촉진을 위한 설계기준 마련 • 2차 응용 소재/부품 기술에 집중투자 및 제품화 • IT 기술이 반영된 교량 유지관리시스템 설계기술 개발 • BIM 확산을 위한 제도적 지원 체계 마련 • BIM 교육 컨텐츠 개발 및 전문인력 확충 • BIM기반 공공시설물 자산관리 기술 자립화 • 교량 BIM S/W 개발로 국제 시장 20%이상 확보
ST 전략	• 해외 기술대비 취약분야 중점 개발 • 공사비 절감을 위한 자동화 기계화 시공기술 개발 • 고성능 재료를 활용한 교량에 대한 인식 확산을 위해 기술 강습회 등 실시 • 신기술 제도를 활용한 친환경/장수명 교량 기술에 대한 인센티브 부여 • 교량분야 건설 IT 특성화로 선진국 수준의 기술력 확보 • 교량분야 연구 노하우와 IT 기술과의 융합을 통한 시너지 효과 유발 • 교량 BIM 표준 확보를 통한 해외 기업의 독점 위협 해소 • 저탄소 녹색성장을 위한 CPLM 체계 수립 • 선진국 건설시장 진입을 위한 공공인프라 분야 BIM 활용 기술의 핵심 역량 강화 • 노하우 기반 브랜드 가치 향상 및 교량 지능화 분야 전문 인력 양성
WT 전략	• 관、산、학、연 협력 강화를 통한 기술개발 효과 증대 및 해외시장 개척 • 급속시공 원천기술 확보를 통한 선진국 과의 기술격차 완화 • 급속시공 인센티브 제도 도입을 위한 사회간접비용 정량화 추진 • 기존에 개발된 교량들과의 차별성 확보를 통한 틈새시장 공략 • 해외 연구자와의 공동연구를 통해 선진 기술 습득 및 효율적 연구 진행 • 고성능 재료를 활용한 교량 설계 기준 정립 및 실용화 확대 • 교량 유지관리를 위한 핵심소재부품의 단계적 국산화 추진 • 국내개발기술의 내수 활성화를 위한 정책적 지원 • BIM기반 친환경 교량 설계 - 시공 - 유지관리 기술 구축을 통한 환경부하 저감 및 CO2발생량 감축기술 확보 • 해외 기관과의 연구협력 체계 구축을 통한 정보 교류 및 기술개발 위험 최소화

다. Keyword 도출

- 기획대상 및 중점추진분야 기술에 관련하여 사회, 기술, 경제, 환경, 정책 등으로 분류하여 Keyword를 도출하였으며, 국내외 동향 및 환경분석, 기술수요조사 및 예측조사, 기술자문위원회 면담을 통해 1차 분류하였으며, 과제 연구진 및 총괄위원회 워크숍을 통해 최종 도출하였음
- 도출된 Keyword는 과제기획 및 중점분야 도출을 위한 주요배경으로 활용되며, 관련 Keyword가 연계되어 Issue Tree로 도출됨

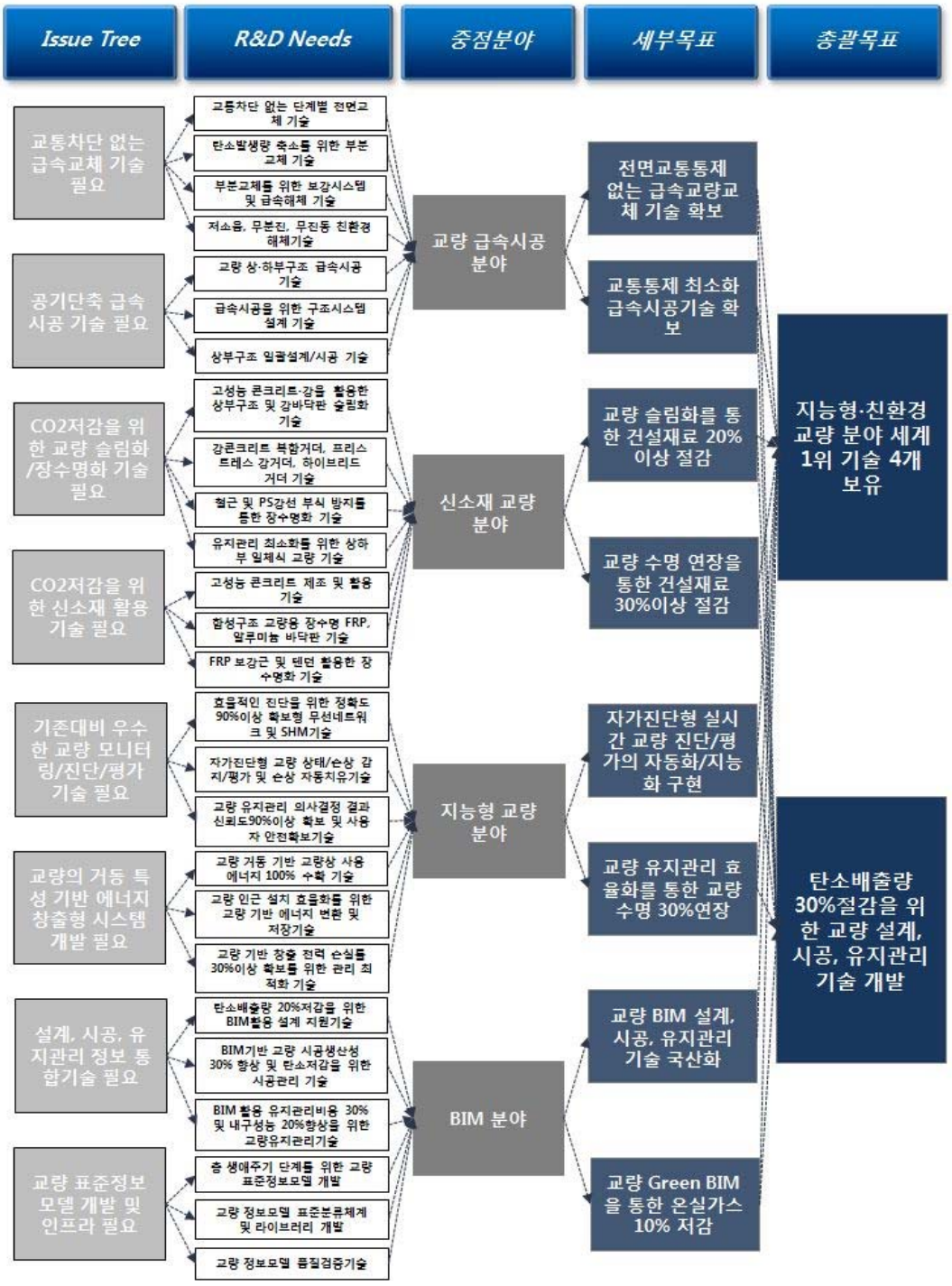
라. Issue Tree 작성



2. 중점추진분야 설정

가. 중점추진분야 설정

○ 중점추진분야는 총괄목표 달성 및 이슈트리를 통해 도출된 R&D Needs를 해결하기 위해 중점적으로 개발되어야 하는 기술분야를 정의하였음



나. 교량 급속시공 분야

배경	· 해외에서는 현장공기별 인센티브제를 도입, 교통통제 최소화 유도 · 정부는 교통혼잡비 대도시 교통난 완화를 주요정책으로 선정 (정책) · 정부의 녹색성장 기술개발 관련 건설산업의 탄소절감 30% 달성을 위한 급속시공교량기술 기여 · 향후 20년 내 개축대상교량이 전체의 50% 차지, 미국의 경우 15만교량의 1/4이 개축대상일 만큼 시장성 풍부 · 선진국의 경우 개축대상교량이 주요시장이며, 기타 국가에서는 신설교량이 시장이 되므로 기술개발 후 시장 성이 매우 좋음
목표	· 기존교량에 대해서는 전면 교통 통제가 없는 급속교량교체로서 단계적 급속시공 · 신설교량에 대해서는 교통통제 최소화 급속시공로서 상부공 기준 1일 이내 시공
주요 내용	· 공용중 교량 부속장치의 교체시 교통통제 없는 기술 적용 · 주요부재의 부분교체시 안전성 확보를 위한 보강시스템 기술 · 교통의 전면차단이 필요한 경우 교통차단 시간의 최소가 가능한 일괄시공 시스템 개발(철도교, 도로교 공통) · 상부구조, 하부구조로 구분되는 급속시공시스템 개발 · 급속시공이 필요한 가시설 및 자동화시공장비의 개발

다. 신소재 교량 분야

배경	· 탄소배출량 감소는 전 세계적이인 이슈로 건설분야도 예외가 아님. · 국토해양부는 제4차 건설기술진흥기본계획에 녹색성장을 지향하려는 국가적 정책 방향을 반영하였고, 이를 위해 2010년 Green Up 30 과제를 선정하였고 지능형친환경교량개발이 이들 과제에 포함되었으며, 이 내용 중에 신소재 등을 활용한 슬림/장수명 교량 개발이 포함되었음. · 향후 교량분야에서 탄소배출량을 줄이려는 기술개발이 국내외적으로 활발히 진행될 것으로 예상되는 바 이 분야에 대한 기술경쟁력을 확보하고 기술선점을 위해 연구개발이 필요함
목표	· 교량 슬림화를 통한 건설재료 20% 이상 절감 · 교량수명 30% 이상 연장을 통한 탄소배출량 저감
주요 내용	· 고성능 콘크리트를 활용한 상부구조 슬림화 기술 · 고성능 강을 활용한 강바닥판 슬림화 기술 · 강콘크리트 복합 거더 시스템 기술 · 합성구조 교량용 고성능 박판 콘크리트 바닥판 · 고강도 강을 활용한 하이브리드 거더 기술 · 프리스트레스트 강 거더 기술 · 철근 및 PS 강선 부식 방지를 통한 장수명화 기술 · 고강도 강재 용접부 피로성능 개선 기술 · 피로성능이 개선된 차세대 강 교량 기술 · 콘크리트 교량 보수/보강을 통한 장수명화 기술 · 강 교량 보수/보강을 통한 장수명화 기술 · 교각 장수명화 기술 · 유지관리 최소화를 위한 상하부 일체식 교량 · 성능 고도화를 통한 교량 부속장치 장수명화 기술 · 고성능 콘크리트 제조 및 활용 기술 · 합성구조 교량용 장수명 FRP 바닥판 기술 · 합성구조 교량용 장수명 알루미늄 바닥판 기술 · FRP 보강근 및 텐던 활용한 장수명화 기술 · 산업부산물 활용을 통한 탄소 배출량 저감 기술

라. 지능형 교량 분야

배경	· 지능형 교량의 기술분야별 논문 발표 현황 결과 교량상태 실시간 진단 및 평가기술 분야가 785개의 논문 중 39%인 310건으로 가장 많고, 사용장 중심 교량전용 교통관제기술이 가장 낮은 비율을 차지하고 있음 (10%,78건). · NDT 기술의 연구개발을 주관으로 하는 행정관련 전담부서가 없어 특정목적의 NDT기술의 연구를 제한적으로 수행하였으며, NDT업체에서 기술의 연구개발에 투자되는 비용은 전체 매출액의 약 3%로 파악되나 실제 연구개발 비용은 더 낮을 것으로 예상됨. · 건설분야에서 IT융합 기술에 대한 개발 요구가 U-City 사업 및 기타 국내 구축된 IT인프라를 이용한 융합기술개발에 대한 요구를 통해 지속되고 있음. · IT융합정책방향 중 사회간접자본에 대해 범국가적 지능형 인프라구축을 통한 국가 경쟁력 및 삶의 질 향상을 추구하고 있음. · 스마트 SOC 신성장동력 산업 육성효과를 분석한 자료에 따르면 스마트 교통부문은 2009년을 기준으로 사회적 편익이 11.8조원, 신성장 산업 육성효과 34.2조원, 고용유발계수는 13.9으로 대중화 시기는 3년 이내일 것으로 예상.
목표	· 자가진단형 실시간 교량 진단/평가의 자동화/지능화 구현 · 교량 유지관리 효율화를 통한 교량 수명 30%연장
주요 내용	· 효율적인 진단을 위한 정확도 90%이상 확보형 무선네트워크 및 SHM 기술 개발 · 자가진단형 교량 상태/손상 감지/평가 및 손상 자동치유기술 개발 · 교량 유지관리 의사결정 결과 신뢰도 90%이상 확보 기술 및 사용자 안전 확보 기술 개발 · 교량 거동 기반 교량상 사용 에너지 100% 수확 기술 및 에너지 변환·저장최적화 관리 기술 개발

마. BIM 분야

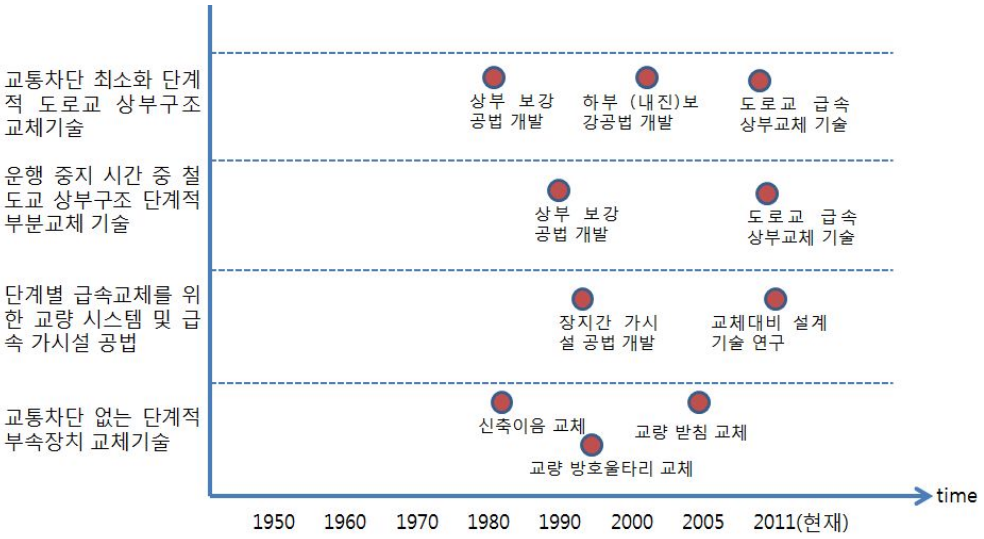
배경	· 건설-IT융합시장의 급격한 증가에 발맞춰 BIM기술을 활용한 응용연구가 활발히 진행되고 있으며, 설계, 시공, 유지관리 각 단계의 정보를 공유하고 건설패러다임을 혁신할 수 있는 BIM기술이 빠르게 진화하고 있음 · 국제적으로 BIM모델을 납품표준으로 채택하고 있으며, 국내 조달청의 BIM발주 정책발표와 국토해양부의 BIM육성을 위한 10년 정책로드맵을 통해 공공건축물을 중심으로 BIM적용 발주가 급격히 증가하고 있음 · 조달청의 2016년 까지 모든 공공시설물 BIM발주 발표를 통해 국내 BIM시장이 활성화될 것으로 전망되며, 1990년대, 2000년대에 급증한 교량시설물의 유지관리 수요가 빠르게 증가할 것으로 전망됨
목표	· 교량 BIM설계, 시공, 유지관리 패러다임 혁신기술개발 · 교량 Green BIM을 통한 온실가스 10% 저감
주요 내용	· 설계주체들 간의 의사결정지원 및 업무협의를 지원할 수 있는 BIM을 활용한 설계지원기술 및 설계오류 검토기술 · 교량 시공단계 공정관리, 물량산출, 시공성 체크 등을 BIM기반으로 자동 관리할 수 있는 시공관리 기술 · 시공효율 증대를 위한 다차원기반 교량 시공시뮬레이션 기술 · 유지관리비용절감 및 내구성 향상을 위한 교량 유지관리 기술 · 교량 설계, 시공, 유지관리단계에서의 BIM-IT 응용 및 연계기술 · 설계 주체들간의 설계효율성 향상을 위한 BIM기반 온라인 협업기술 · 친환경 교량 개발을 위한 BIM기반 환경부하저감기술, LCA 및 BIM연동 저탄소 교량 공법선정기술, 그리고 탄소배출량 시뮬레이션 기술 · 교량 표준정보모델을 개발하고, 교량 정보모델 표준분류체계 및 라이브러리 개발 및 교량 정보모델 품질검증기술 개발

3. 중점추진분야별 기술발전단계

가. 급속시공 분야의 기술발전단계

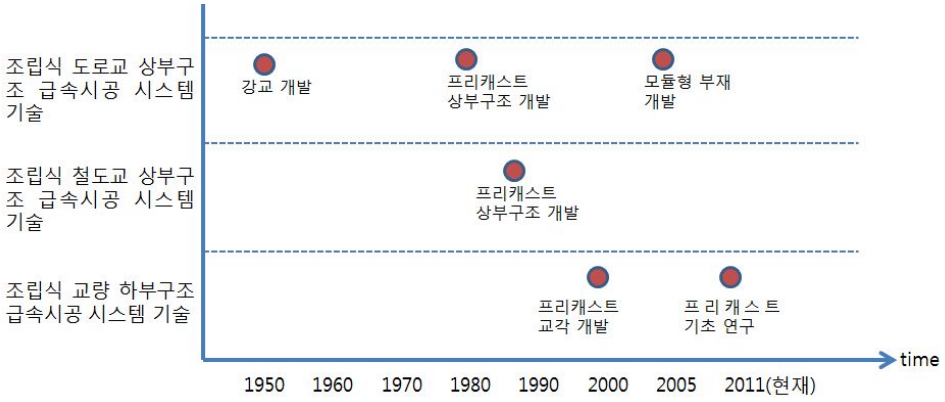
(1) 교통차단 없는 급속교체 기술

- **교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체기술**은 미국과 일본 유럽을 중심으로 다양한 형태의 도로교 상부구조에 대한 급속교체 기술이 발전되고 있으나, 국내에서는 교량 보수보강 공법이 다수 개발되어 있고 교체는 상하부 구조 완전 철거 후 재시공하는 수준으로 급속교체에 대한 기술은 미진한 상태에 머물러 있는 상황임
- **운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술**은 일본이 기술 선진국으로 많은 연구와 시공사례가 있음. 철도교는 철도를 중지하지 않고 교체를 완성하여야 하기 때문에 상부구조 전체를 외부에서 조립한 후 일괄교체하는 공법이 주로 이용되고 있으나 산간지역 등 중장비 반입이 어려운 경우에도 적용할 수 있는 단계적 부분교체 기술은 국내외에서 아직 개발되지 않은 상황임
- **단계별 급속교체를 위한 교량 시스템 및 급속 가시설 공법**은 장지간 급속 가시설 공법이 일부 개발되어 적용되고 있으나 교체를 대비한 교량 상부구조 설계기술은 기초 구상 단계로 연구가 진행된 사례는 없는 상황임
- **교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술**에서 특별한 교통차단 없이 교체가 용이한 교량 받침은 개발되어 시공되고 있으나, 기존 받침에 대한 교통차단없는 교체기술과 신축이음장치의 급속교체기술은 연구 단계에 있는 상황임



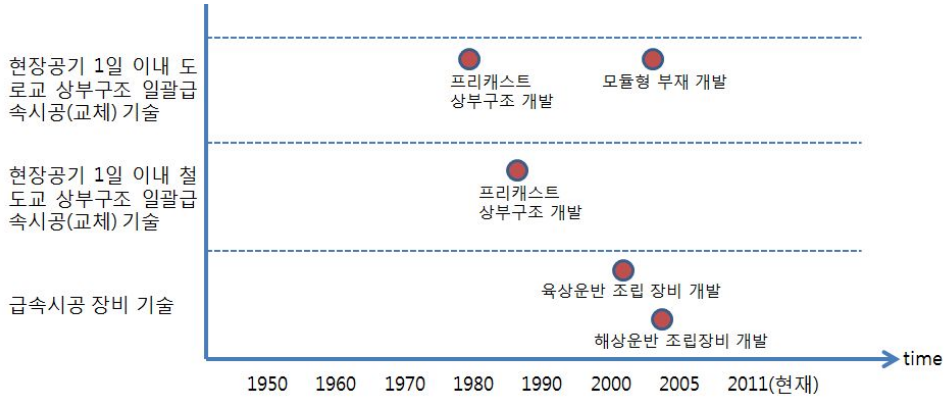
(2) 급속시공 조립식 교량 기술

- **조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술**은 거더 바닥판 등 단위 부재에 대한 공장 제작은 이루어지고 있으나 이를 유기적으로 통합하는 교량 시스템은 연구 단계에 있으며, 특히 장지간 교량에 대한 급속시공 시스템은 개발되어 있지 않은 상황임
- **조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술**도 도로교 상부구조와 같이 상부구조 단위 부재에 대한 급속제작 상태에 머물러 있으며 이를 유기적으로 통합하는 급속 교량 시스템은 연구 단계에 있는 상황임
- **조립식 교량 하부구조 급속시공 시스템 기술**은 교각 기둥부에 대한 다양한 급속시공 기술이 제안되어 있으나 교각 벤트에 대한 연구는 미진한 상태이며, 특히 하부 기초부에 대한 연구는 거의 진행되지 않고 있는 상황임



(3) 초간편 일괄 급속시공 기술

- **현장공기 1일 이내 도로교(철도교) 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술**은 프리캐스트 부재를 이용하거나 현장부근에서 현장타설하는 방식으로 선 제작한 후 거치하는 공법으로 국내에서 인천대교 접속구간과 호남고속철도 구간에 일부 시공된 사례가 있으나 거의 모든 기술을 해외에 의존하여 실시된 것으로 국내 기술은 초보수준에 머물러 있는 상황임
- **급속시공 장비기술**은 육상과 해상 구간에서의 장비로 구분할 수 있으며, 단위 부재에 대한 장비 제작 및 운용기술은 선진국 수준에 도달한 상태이나, 일괄시공을 위한 대형 장비 분야는 연구를 시도한 경험이 없는 상황임



(4) 친환경 급속 해체기술

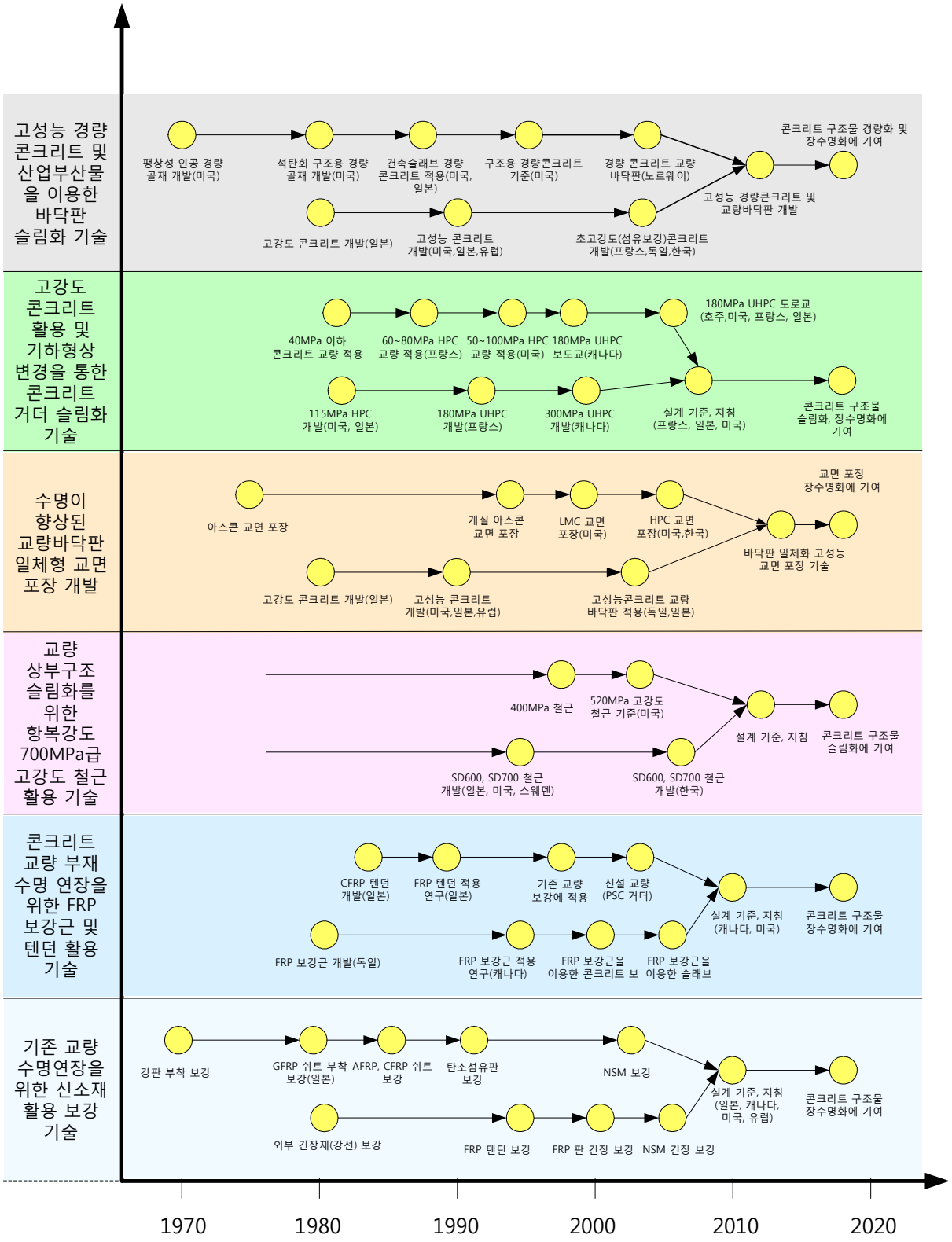
- **친환경 급속 해체 기술**은 분진과 소음을 많이 발생시키는 인력에 의한 해체기술에서 해체시간을 단축시킬 수 있는 다이아몬드 절단 공법 등 장비를 이용한 파쇄 공법으로 발전하였으며, 이 후 급속해체가 가능한 폭파해체기술과 분진을 거의 발생시키지 않는 건식해체기술로 발전하고 있으나, 완전한 무분진 저소음 친환경 급속해체기술은 개발되지 않고 있는 상황임.

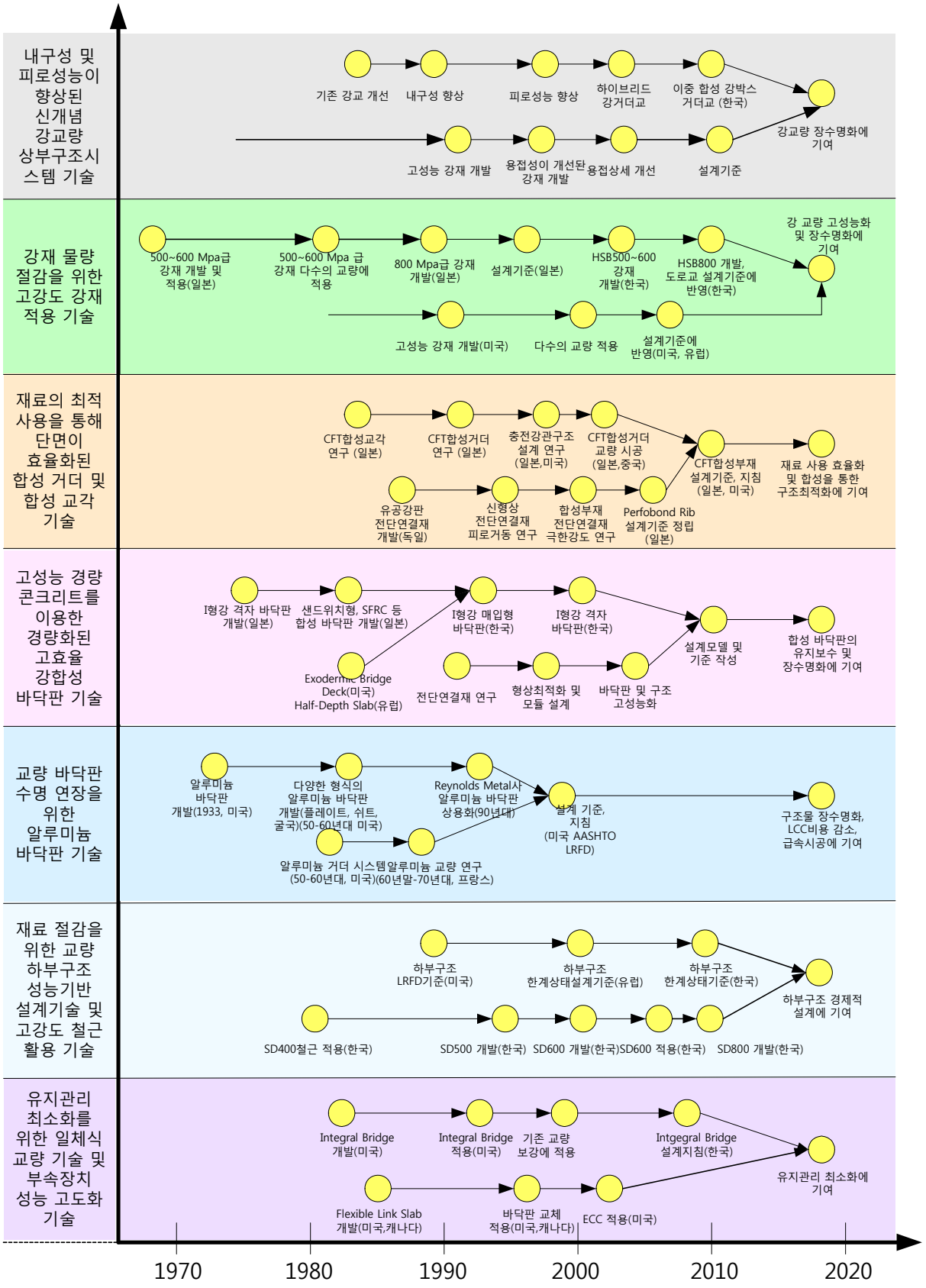


나. 신소재 교량 분야의 기술발전단계

- **고성능 경량 콘크리트 및 산업부산물을 이용한 바닥판 슬림화 기술**은 산업부산물을 이용한 고성능 경량 골재 등을 이용하여 교량 바닥판을 경량화시키는 기술로 국내외 기술개발 실적이 많지 않음
- **고강도 콘크리트 활용 및 기하형상 변경을 통한 콘크리트 거더 슬림화 기술**은 고강도 콘크리트 및 단면 형상 최적화 등을 통해 프리스트레스트 콘크리트 거더의 재료 물량을 감소하는 기술로 국내외에서 기술개발이 시작되는 단계임
- **수명이 향상된 교량바닥판 일체형 교면포장 개발**은 기존의 교면 포장과 달리 콘크리트 바닥판과 일체화된 포장체로서 콘크리트 기반 재료를 활용하므로 콘크리트 바닥판과 일체성 확보를 통해 두께 감소, 내구성 증가, 수밀성 증진 등을 통해 하중감소 및 장수명화를 이룰 수 있는 기술로 기술개발 실적인 많지 않음
- **교량상부구조 슬림화를 위한 항복강도 700 MPa급 고강도 철근 활용 기술**은 최근 국내에서 개발된 고강도 철근을 교량 상부구조에 적용하기 위한 연구로 국내외 기술개발 실적이 많지 않음

- **콘크리트 교량 부재 수명 연장을 위한 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술**은 철근 및 강선 대체재로서 부식되지 않은 재료인 FRP 보강근 및 텐던을 콘크리트 보, 바닥판, 기둥에 활용하기 위한 기술로 국외에서는 많은 연구가 진행되었으나 국내 연구실적은 극히 미미함
- **기존 교량 수명 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술**은 기존 노후화된 교량의 보강을 통해 기존 교량의 수명을 연장하는 기술로 FRP 등 신소재를 활용한 고효율 신속 보강기술을 개발하는 기술로 국내에서 일부 연구가 진행되었으나 아직까지 체계화 되지 않았으며 관련 기준 등이 마련되어 있지 않는 상황임
- **내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 강교량 상부구조시스템 기술**은 피로성능이 우수한 강교 상부구조시스템을 개발하는 기술로 국내 연구실적이 많지 않음
- **강재 물량 절감을 위한 고강도 강재 적용 기술**은 최근 국내에서 개발된 고강도 강재를 활용하기 위한 기술로 일부 국내 연구가 진행되었으나 물량 절감을 위한 심화 연구가 필요함
- **재료의 최적 사용을 통해 단면이 효율화된 합성 거더 및 합성 교각 기술**은 콘크리트와 강재 또는 콘크리트와 FRP 등 이종 재료를 합성하여 각 재료의 장점을 최대한 살린 합성구조 교량에 대한 기술로 국내외에서 다양한 기술들이 개발되었으나 기존 기술보다 효율화된 교량구조 등을 개발할 필요가 있음
- **고성능 경량 콘크리트를 이용한 경량화된 고효율 강합성 바닥판 기술**은 경량 콘크리트를 이용한 강합성 바닥판 기술로 경량화를 통해 바닥판 사하중을 경감시켜 강재 물량을 절감하고 내구성이 향상된 바닥판의 개발로 강합성교의 수명을 연장하는 기술로 국내 연구 실적이 많지 않음
- **교량 바닥판 수명 연장을 위한 알루미늄 바닥판 기술**은 알루미늄을 이용하여 교량바닥판을 개발하는 기술로 국외에서는 실용화되어 있으나 국내에서는 연구 실적이 전무한 상태임
- **재료절감을 위한 교량 하부구조 성능기반 설계기술 및 고강도 철근 활용 기술**은 교량 하부구조의 물량 절감 및 단면 효율화를 위해 설계효율화 기술 개발 및 고강도 철근을 활용하는 기술을 연구하는 것으로 국내 연구실적이 많지 않음
- **유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술**은 교량 사용중 유지관리가 가장 많이 발생하는 신축이음장치 및 교량받침을 생략시킨 일체식 교량의 개발 및 부속장치의 성능을 고도화 시키는 연구로 국내 연구 실적이 많지 않음

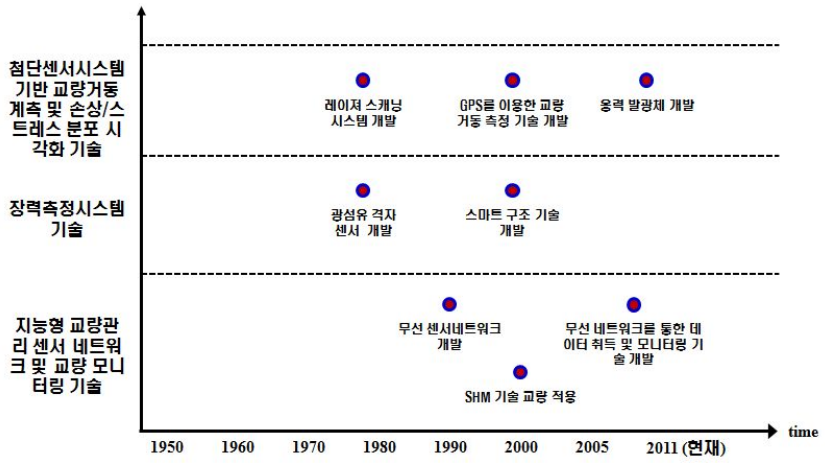

고성능 경량 콘크리트 및 산업부산물을 이용한 바닥판 슬림화 기술
팽창성 인공 경량 골재 개발(미국)
석탄회 구조용 경량 골재 개발(미국)
건축슬래브 경량 콘크리트 적용(미국, 일본)
구조용 경량콘크리트 기준(미국)
경량 콘크리트 교량 바닥판(노르웨이)
콘크리트 구조물 경량화 및 장수명화에 기여
고성능 경량콘크리트 및 교량바닥판 개발
고강도 콘크리트 개발(일본)
고성능 콘크리트 개발(미국,일본,유럽)
초고강도(섬유보강)콘크리트 개발(프랑스,독일,한국)
고강도 콘크리트 활용 및 기하형상 변경을 통한 콘크리트 거더 슬림화 기술
40MPa 이하 콘크리트 교량 적용
60~80MPa HPC 교량 적용(프랑스)
50~100MPa HPC 교량 적용(미국)
180MPa UHPC 보도교(캐나다)
180MPa UHPC 도로교 (호주,미국, 프랑스, 일본)
115MPa HPC 개발(미국, 일본)
180MPa UHPC 개발(프랑스)
300MPa UHPC 개발(캐나다)
설계 기준, 지침 (프랑스, 일본, 미국)
콘크리트 구조물 슬림화, 장수명화에 기여
수명이 향상된 교량바닥판 일체형 교면 포장 개발
아스콘 교면 포장
개질 아스콘 교면 포장
LMC 교면 포장(미국)
HPC 교면 포장(미국,한국)
교면 포장 장수명화에 기여
바닥판 일체화 고성능 교면 포장 기술
고강도 콘크리트 개발(일본)
고성능 콘크리트 개발(미국,일본,유럽)
고성능콘크리트 교량 바닥판 적용(독일,일본)
교량 상부구조 슬림화를 위한 항복강도 700MPa급 고강도 철근 활용 기술
400MPa 철근
520MPa 고강도 철근 기준(미국)
설계 기준, 지침
콘크리트 구조물 슬림화에 기여
SD600, SD700 철근 개발(일본, 미국, 스웨덴)
SD600, SD700 철근 개발(한국)
콘크리트 교량 부재 수명 연장을 위한 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술
CFRP 텐던 개발(일본)
FRP 텐던 적용 연구(일본)
기존 교량 보강에 적용
신설 교량 (PSC 거더)
설계 기준, 지침 (캐나다, 미국)
콘크리트 구조물 장수명화에 기여
FRP 보강근 개발(독일)
FRP 보강근 적용 연구(캐나다)
FRP 보강근을 이용한 콘크리트 보
FRP 보강근을 이용한 슬래브
기존 교량 수명연장을 위한 신소재 활용 보강 기술
강판 부착 보강
GFRP 쉬트 부착 보강(일본)
AFRP, CFRP 쉬트 보강
탄소섬유판 보강
NSM 보강
설계 기준, 지침 (일본, 캐나다, 미국, 유럽)
콘크리트 구조물 장수명화에 기여
외부 긴장재(강선) 보강
FRP 텐던 보강
FRP 판 긴장 보강
NSM 긴장 보강
1970
1980
1990
2000
2010
2020


내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 강교량 상부구조시스템 기술
기존 강교 개선
내구성 향상
피로성능 향상
하이브리드 강거더교
이중 합성 강박스 거더교 (한국)
강교량 장수명화에 기여
고성능 강재 개발
용접성이 개선된 강재 개발
용접상세 개선
설계기준
강재 물량 절감을 위한 고강도 강재 적용 기술
500~600 Mpa급 강재 개발 및 적용(일본)
500~600 Mpa 급 강재 다수의 교량에 적용
800 Mpa급 강재 개발(일본)
설계기준(일본)
HSB500~600 강재 개발(한국)
HSB800 개발, 도로교 설계기준에 반영(한국)
강 교량 고성능화 및 장수명화에 기여
고성능 강재 개발(미국)
다수의 교량 적용
설계기준에 반영(미국, 유럽)
재료의 최적 사용을 통해 단면이 효율화된 합성 거더 및 합성 교각 기술
CFT합성교각 연구 (일본)
CFT합성거더 연구 (일본)
충전강관구조 설계 연구 (일본,미국)
CFT합성거더 교량 시공 (일본,중국)
CFT합성부재 설계기준, 지침 (일본, 미국)
재료 사용 효율화 및 합성을 통한 구조최적화에 기여
유공강판 전단연결재 개발(독일)
신형상 전단연결재 피로거동 연구
합성부재 전단연결재 극한강도 연구
Perfobond Rib 설계기준 정립 (일본)
고성능 경량 콘크리트를 이용한 경량화된 고효율 강합성 바닥판 기술
I형강 격자 바닥판 개발(일본)
샌드위치형, SFRC 등 합성 바닥판 개발(일본)
I형강 매입형 바닥판(한국)
I형강 격자 바닥판(한국)
설계모델 및 기준 작성
합성 바닥판의 유지보수 및 장수명화에 기여
Exodermic Bridge Deck(미국)
Half-Depth Slab(유럽)
전단연결재 연구
형상최적화 및 모듈 설계
바닥판 및 구조 고성능화
교량 바닥판 수명 연장을 위한 알루미늄 바닥판 기술
알루미늄 바닥판 개발(1933, 미국)
다양한 형식의 알루미늄 바닥판 개발(플레이트, 쉬트, 굴국)(50-60년대 미국)
Reynolds Metal사 알루미늄 바닥판 상용화(90년대)
설계 기준, 지침 (미국 AASHTO LRFD)
구조물 장수명화, LCC비용 감소, 급속시공에 기여
알루미늄 거더 시스템(50-60년대, 미국)
알루미늄 교량 연구 (60년말-70년대, 프랑스)
재료 절감을 위한 교량 하부구조 성능기반 설계기술 및 고강도 철근 활용 기술
하부구조 LRFD기준(미국)
하부구조 한계상태설계기준(유럽)
하부구조 한계상태기준(한국)
하부구조 경제적 설계에 기여
SD400철근 적용(한국)
SD500 개발(한국)
SD600 개발(한국)
SD600 적용(한국)
SD800 개발(한국)
유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술
Integral Bridge 개발(미국)
Integral Bridge 적용(미국)
기존 교량 보강에 적용
Intgegral Bridge 설계지침(한국)
유지관리 최소화에 기여
Flexible Link Slab 개발(미국,캐나다)
바닥판 교체 적용(미국,캐나다)
ECC 적용(미국)
1970
1980
1990
2000
2010
2020

다. 지능형 교량 분야의 기술발전단계

(1) 교량상태 실시간 감지 기술

- **무선전송거리 500M 이내, 전지교환주기 3년, 신뢰도 99% 수준의 지능형 교량 관리 센서 네트워크 및 교량 모니터링 기술**은 현재 대분분이 유선으로 설치되어 있는 국내외 교량 모니터링 시스템을 무선으로 전환시키기 위한 연구개발이 이루어지고 있으며 무선 센서네트워크를 활용한 SHM (Structural Health Monitoring)이 실험중에 있으나, 국내외에서 99% 수준의 데이터 전송 신뢰성을 갖는 무선 센서네트워크 기반의 교량 모니터링 기술로는 개발되지 않은 상황임.
- **장력(케이블, 볼트 등) 10% 감소수준 모니터링을 위한 20,000 με 측정범위 확보형 장력측정시스템 기술**은 현재 국내외에서 다양한 형태의 장력측정기술이 있으나 신뢰성 있는 측정범위 확보형 장력측정시스템 기술은 아직 개발되지 않은 상황임.
- **내구수명 10년 이상, 해상도 2mm 이내 정확도를 갖춘 참단센서시스템(GPS, 레이져 스캐닝, 스트레스 형광물질 등) 기반 교량거동 3D 계측 및 Global/Local 손상/스트레스 분포 시각화(Visualization) 기술**은 현재 진동기반의 손상탐지 기법을 이용한 전역적 교량거동 측정기술이 있으나, 낮은 주파수 영역에서 활용되고 매우 큰 크기의 손상에서만 유효한 결과를 준다는 단점이 있음. 또한, 국외에서 스트레스 형광물질 개발이 이루어졌지만 이를 이용한 구조물 안전성 검사 기술 개발까지는 이르지 못한 상황임.

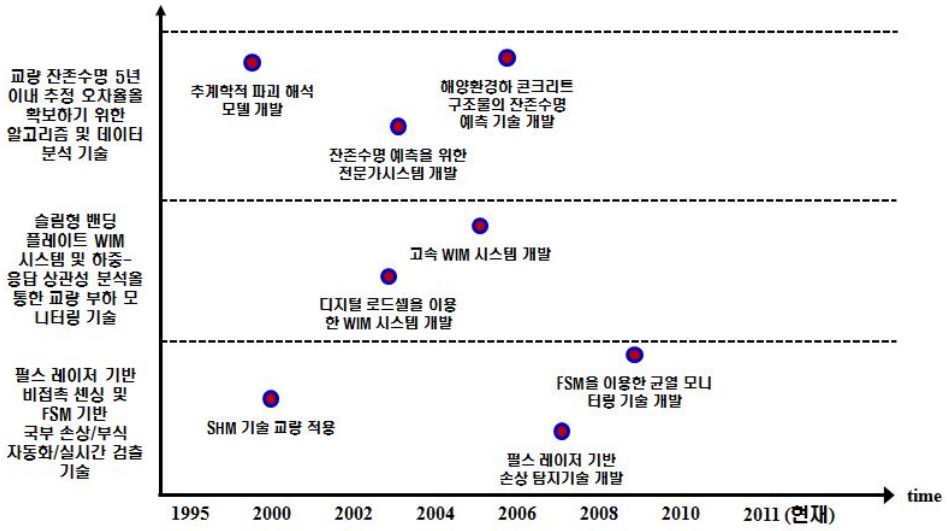


(2) 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술

- **오인식률 5% 이내 3mm 이상 손상 검출 가능한 펄스 레이저 기반 비접촉 센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 국부 손상/부식 자동화/실시간 검출 기술**은 현재 펄스레이저 기반의 국부 손상 탐지기법 및 FSM을 이용한 강구조물 균열 모니터링에 대한 연구는 국내외적으로 수행된바가 있으나 초정밀 자동화/실시간 손상 검출시스템 기술로는 개발되지 않은 상황임.

○ **평탄구간 속도 120km/h 이내, 오차율 10% 미만의 슬림형 벤팅플레이트 WIM 시스템 및 하중-응답 상관성 분석을 통한 교량부하 모니터링 기술**은 현재 국외에서 고속 WIM 시스템이 개발되어 국내에서 수입하여 적용하고 있어 국산화가 필요하고 제시한 성능을 갖는 고속 WIM 기술로는 개발되지 않은 상황이며, 차량의 하중에 따른 교량의 응답 측정을 통한 교량 상태평가 기술로는 국내외에서 아직 개발되지 않은 상황임.

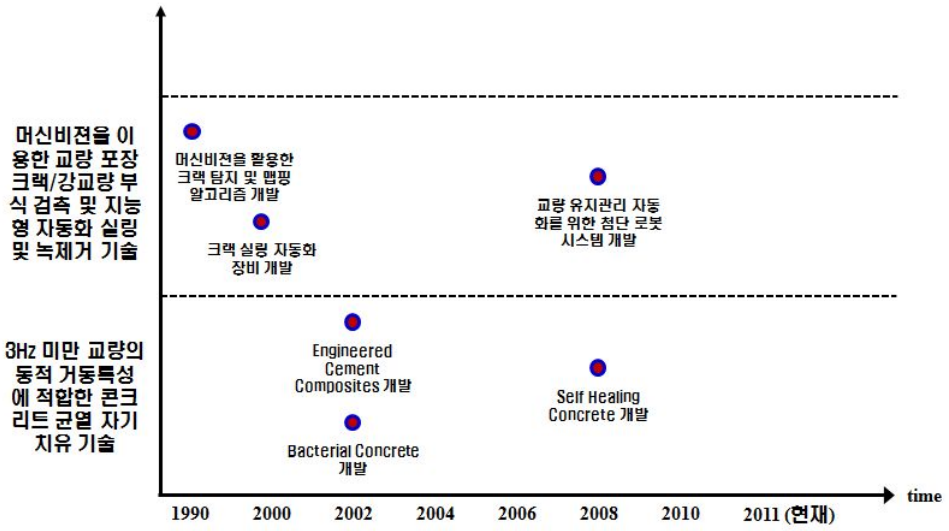
○ **교량 잔존수명 5년 이내 추정 오차율을 확보하기위한 알고리즘 및 데이터 분석 기술**은 현재 확률론적 잔존수명 추정모델에 기인한 연구가 다수 수행되고 있으나, 국내외에서 잔존수명 5년 이내 추정 기술로는 개발되지 않은 상황임.



(3) 교량 유지관리 자동화 기술(보수 등)

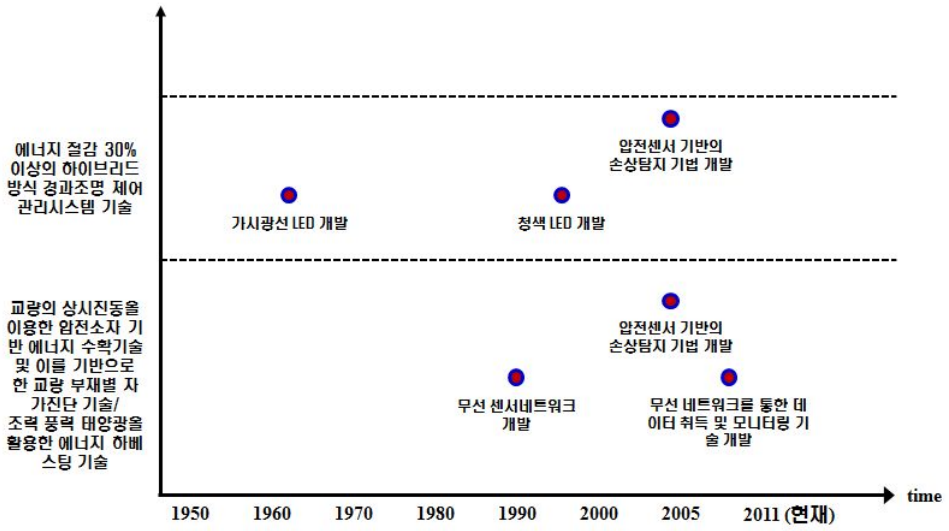
○ **3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술**은 국외에서 PVA fiber를 보강섬유로 사용한 Engineered Cement Composites (ECC), 박테리아를 활용한 자기치유 콘크리트 (Bacterial Concrete), 팽창성 광물재료를 활용한 Self Healing Concrete (SHC)의 개발이 이루어졌으나, 자기 치유 성능을 가지는 섬유보강 시멘트 복합재료의 개발은 이루어지지 않은 상황임.

○ **머신비젼을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링(10cm 이내) 및 녹제거 기술**은 머신비젼 기술을 이용한 크랙 인식 알고리즘 및 포장 크랙실러 장비에 대한 연구는 기존에 수행되어 왔지만 기술의 완성도 부족 등으로 인해 상용화 되지 못하고 있는 상황임.



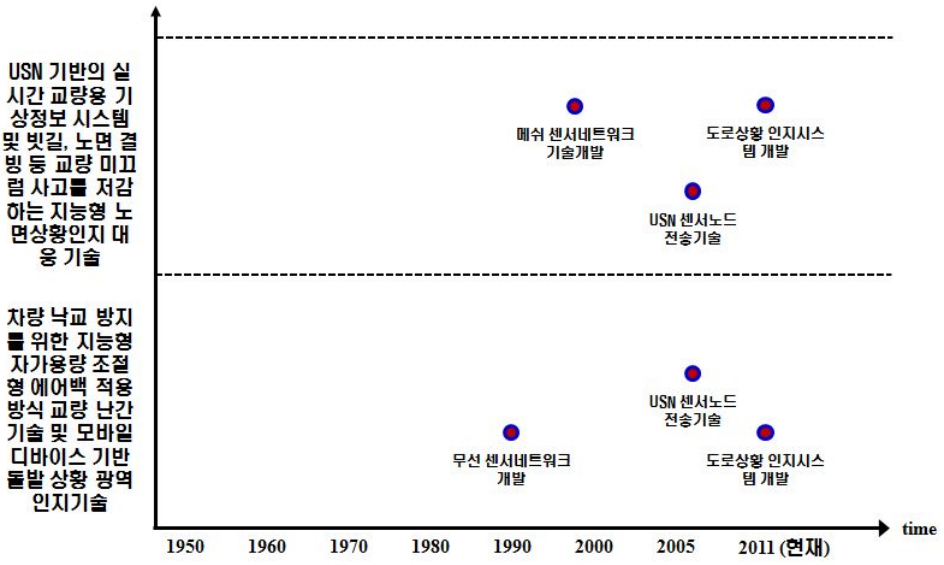
(4) 교량환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술

- **교량의 상시통행하중/상시진동을 이용한 출력전력 30micro watt급 압전소자 기반 에너지 수확기술 및 이를 기반으로 한 교량 부재별 자가진단 기술**은 현재 압전센서를 이용한 에너지 하베스팅 기술은 국내 뿐만 아니라 세계적으로도 초기 연구단계 이므로 지속적인 지원과 연구를 통해 세계 기술시장을 선점할 수 있는 상황임. 압전센서 기반의 손상 탐지 기법에 대한 연구는 국내외에서 다수 수행되었으나, 출력전력 30micro watt급 압전소자 기반 에너지 수확기술 및 이를 기반으로 한 교량 부재별 실시간 자가진단 기술로는 개발되지 않은 상황임.
- **조력 풍력 태양광을 활용한 500kw급 교량용 Macro형 에너지 하베스팅 기술**은 현재 국내외에서 조력 풍력 태양광을 이용한 에너지 하베스팅 기술은 상당히 많은 연구가 수행되고 있으나, 500kw급 교량용 Macro형 에너지 하베스팅 기술로는 개발되지 않은 상황임.
- **에너지 절감 30% 이상의 하이브리드 방식 경관조명 제어관리시스템 기술**은 현재 LED 등에 의한 하이브리드 방식의 경관조명 시스템은 존재하나, 경관조명 시스템에 에너지 하베스팅 기술을 접목 시킨 제어관리시스템 기술로는 발전되지 않은 상황임.



(5) 사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술

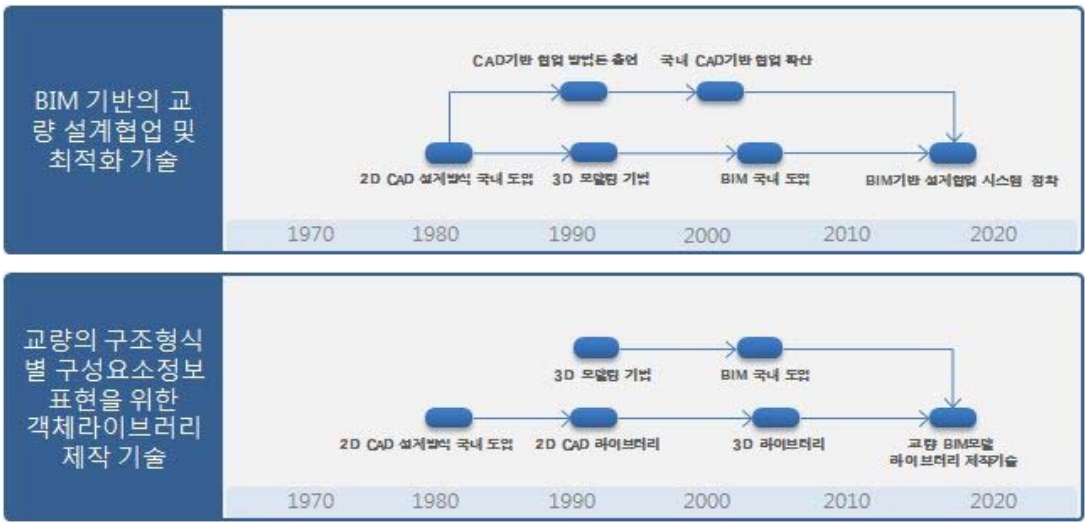
- **차량 낙교 방지를 위한 지능형 자가용량 조절형 에어백(i-SRS) 적용방식(시속 80KM/H ~ 120KM/H, 승용차(0.8t) ~ 트럭(2t)) 장착형 교량 난간기술 및 모바일 디바이스 기반 돌발상황 광역인지기술**은 현재 교량난간의 구조적 안전성에 관한 연구는 활발히 진행되어 왔지만 에어백을 적용한 난간 기술은 개발되지 않은 상황이며, 또한 국내외적으로 교량의 기상 및 교통상황 등의 교량안전 데이터 수집 및 전송 기술은 많은 연구가 수행되었으나, 무선 네트워크를 활용한 실시간 모니터링 및 상황전파를 통행 차량 안전운행 지원시스템 기술로는 개발되지 않은 상황임.
- **USN 기반의 실시간 교량용 기상정보 시스템 및 빗길, 노면 결빙 등 교량 미끄럼 사고를 저감하는 지능형 노면상황인지 정밀도 90% 이상 확보 및 대응 기술**은 현재 국내외적으로 노면의 결빙방지 시스템 기술 개발에 중점을 두고 있으며, 교량의 미끄럼 및 노면 결빙을 인지하고 운전자에게 실시간으로 전파하는 기술로는 개발되지 않은 상황임.



라. BIM 분야의 기술발전단계

(1) BIM 기반 교량 설계 기술

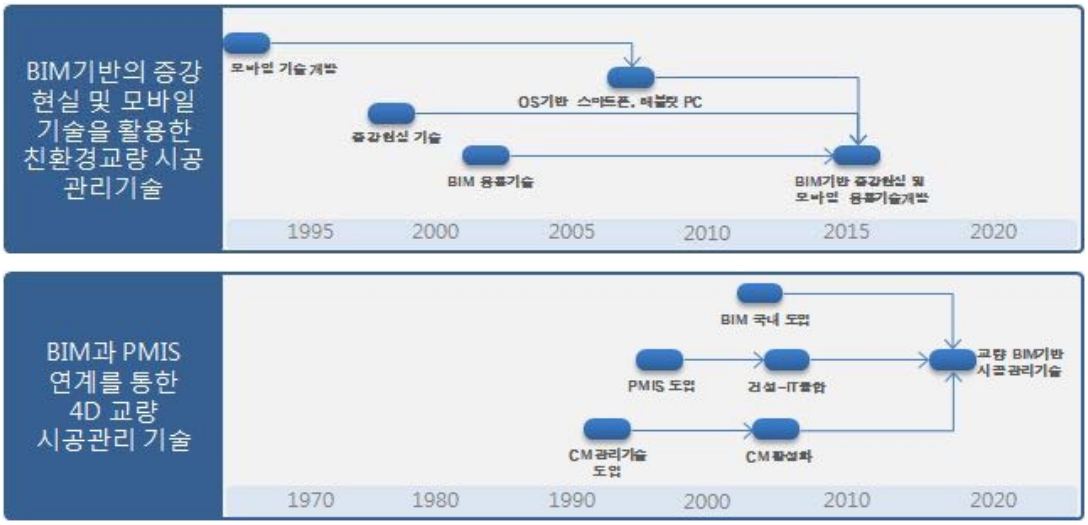
- **BIM기반의 교량 설계협업 및 최적화 기술**은 기존 2D기반의 협업 시스템이 개발되어 활용되고 있으나, BIM기술의 국내 도입 이후 설계 패러다임의 전환에 따른 설계협업시스템 및 체계의 개발이 이루어지지 않은 상황임
- **교량의 구조형식별 구성요소 정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술**은 기존 CAD 기반 제품 라이브러리제작이 이루어지고 있으나, BIM모델의 라이브러리는 제작되지 않고 있는 상황임, 특히 교량은 구조형식별 동일 활용부재가 상당부분 존재하므로 라이브러리 구축 시 생산성 증가를 기대 가능



(2) BIM 기반 교량 시공 기술

○ **BIM기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경교량 시공관리 기술**은 최근 모바일 기기의 스마트화에 따른 건설시공관리의 활용가능성이 대두되고 있으며, BIM을 활용한 증강현실과 같은 가상현실기술을 통해 교량 시공관리의 효율을 증대시킬 수 있음

○ **BIM과 PMIS연계를 통한 4D 교량 시공관리 기술**은 CM관리기술도입 이후 PMIS에 대한 계속적인 연구와 건설 IT융합이 건설산업의 이슈로서 시공관리의 상당한 발전이 있었으나, BIM의 도입으로 4D기반 시공관리로의 전환이 요구에 대하여 기존 PMIS와 BIM을 연계한 4D시공관리 기술은 아직까지 연구초기단계에 머무르고 있음



(3) BIM 기반 교량 유지관리기술

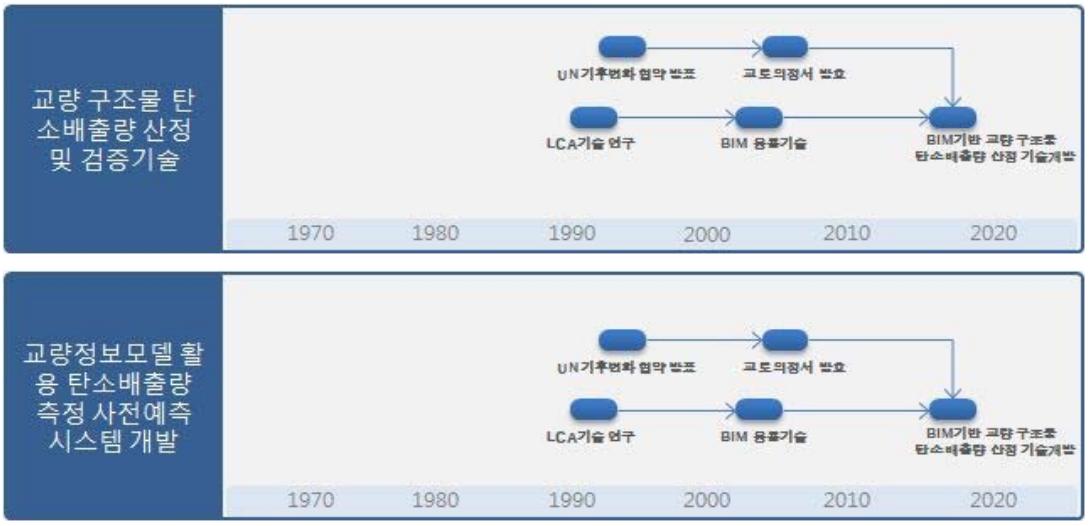
○ **교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술**은 기존 시설물유지관리 시스템과 CALS사업의 일환으로 개발된 통합시설물유지관리시스템이 개발되었으나, BIM의 도입으로 인한 BIM모델을 활용한 유지관리기술은 활용되지 않고 있는 상황임



(4) 교량 Green BIM 기술

○ **교량 구조물 탄소배출량 산정 및 검증기술**은 온실가스배출 규제에 대한 국제 협약 발효되었고 건설분야의 온실가스 감소에 대한 연구가 진행되고 있지만, BIM을 활용한 응용기술로써, Green BIM에 대한 연구가 국내에서는 미비한 실정임

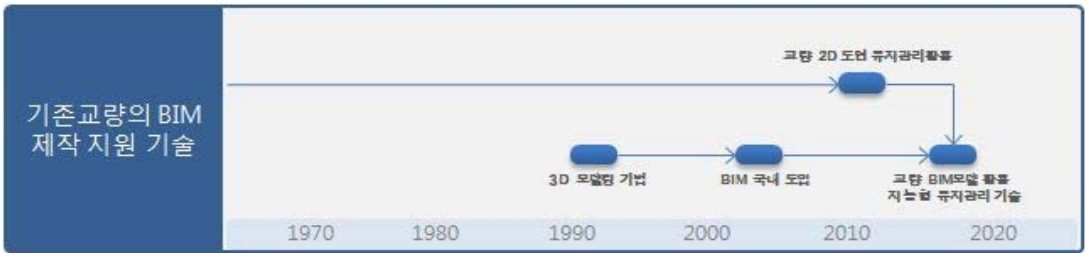
○ **교량 정보모델 활용 탄소배출량 측정 사전예측 시스템 개발기술**은 온실가스배출 규제에 대한 국제 협약 발효되었고 건설분야의 온실가스 감소에 대한 연구가 진행되고 있지만, BIM을 활용한 응용기술로써, Green BIM에 대한 연구가 국내에서는 미비한 실정임

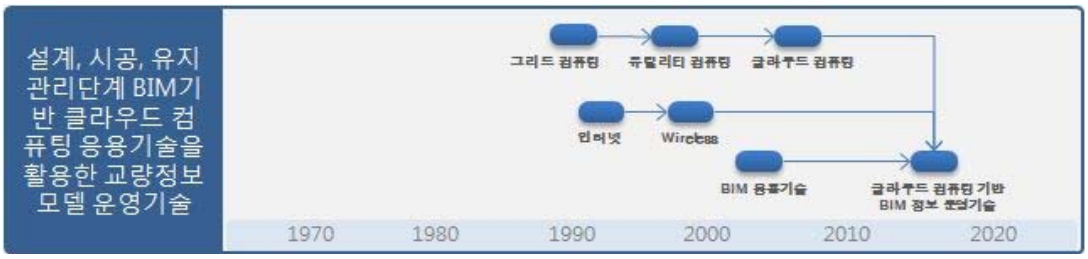


(5) BIM기반 교량 응용 및 연계기술

○ **설계, 시공, 유지관리단계 BIM기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보 모델 운영기술**은 현재 건설-IT 융합에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있으며, GPS, 네트워크, 무선인터넷 등의 기술발전과 함께, 클라우드 컴퓨팅 기술이 부상하고 있음. 정보의 공유 및 BIM기술의 효과적인 활용을 위해 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용한 BIM정보 운영기술의 개발이 필요한 실정임

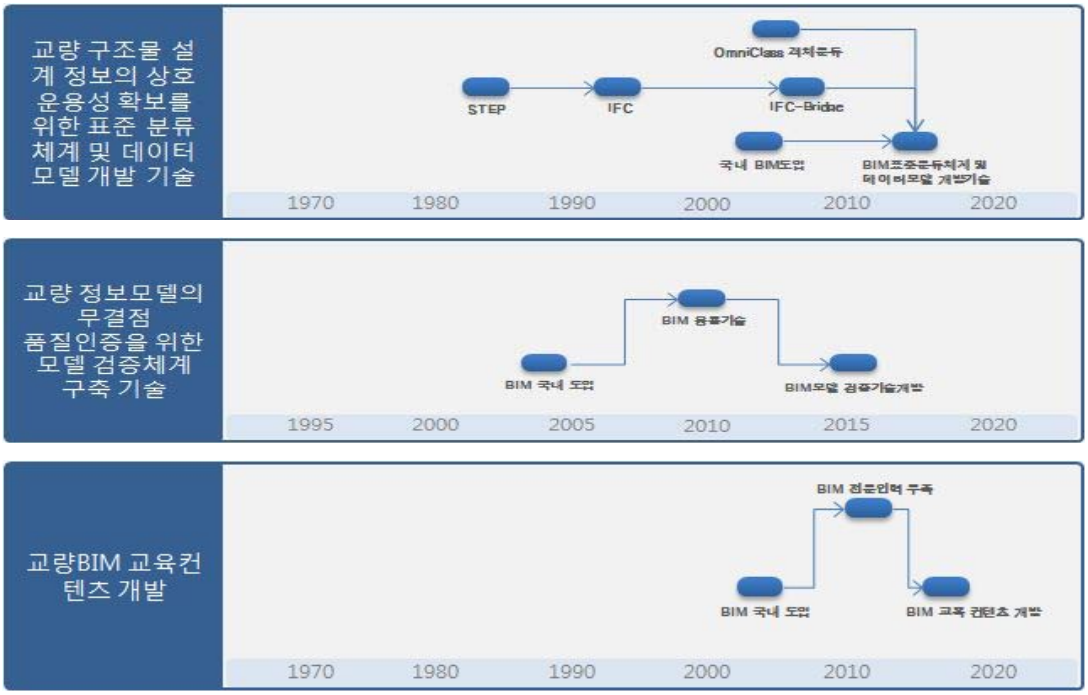
○ **기존 교량의 BIM 제작지원기술**은 기 구축되어있는 교량의 2D기반 교량관리가 이루어지고 있으나, BIM기반의 관리를 위해 기 구축된 교량의 BIM전환이 요구되고 있는 시점에 이를 효과적으로 제작할 수 있는 지원기술이 필요함





(6) BIM기반 교량 표준 요소기술

- **교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준분류체계 및 데이터 모델 개발 기술**은 객체분류기반의 OmniClass, STEP을 시작으로 IFC개발과 IFC-Bridge에 이르기까지 BIM표준에 대한 일련의 사업들이 진행되어 오고 있지만, 국내 활용을 위한 교량 구조물 BIM의 분류체계 및 데이터 모델 개발은 이루어지지 않은 상황임
- **교량 정보모델의 무결점 품질인증을 위한 모델 검증체계 구축**은 현재 BIM 도입 초기단계로써 BIM응용기술의 연구가 활발히 진행되고 있으나, BIM모델의 품질인증 및 모델 검증에 대한 체계적인 연구가 미비한 실정임
- **교량 BIM 교육 컨텐츠 개발**은 기존 2D CAD기반의 설계에서 BIM의 도입에 따른 건설 패러다임의 변화에 대하여 체계적인 교육이 수반되어야 함에도 불구하고, 교량설계, 시공, 유지관리 전 분야에서 BIM을 활용하는 엔지니어가 매우 부족하므로 효과적 BIM도입을 위한 교육 컨텐츠의 개발이 필수임



5절. 비전 및 목표 수립

1. 비전 및 목표

비 전 : 녹색성장 기반의 친환경 지속가능 고품격 교량의 세계 리더

총괄목표:

- 지능형 · 친환경 교량 분야 세계 1위 기술 4개 보유
- 탄소배출량 30% 절감을 위한 교량 설계, 시공, 유지관리 기술 개발
- 공용 수명 100년의 장수명 보장

전면교통통제 없는 급속교량교체 기술 확보	*교통통제 최소화 급속시공기술 확보*	*교량 슬림화를 통한 건설재료 20% 이상 절감*	*교량 수명 연장을 통한 건설재료 30% 이상 절감*	*자가진단형 실시간 교량 진단/평가의 자동화/지능화 구현*	*교량 유지관리 효율화를 통한 교량 수명 30% 연장*	*교량 BIM 설계,시공,유지관리 패러다임 혁신 기술 개발*	*교량 Green BIM을 통한 온실가스 10% 저감*

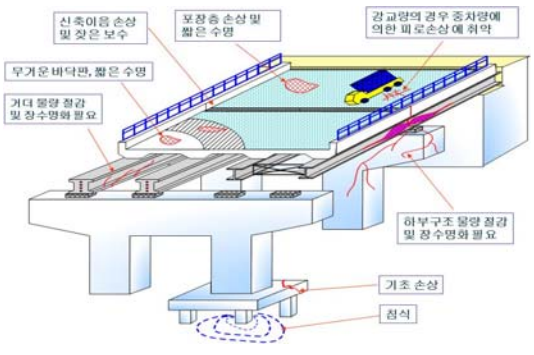
세부 목표	1단계	2단계	3단계
전면 교통통제 없는 급속교량 교체	● 친환경 해체기술 확보 ● 부분교체 안전성 기술 확보	● 지간별/교량형식별 친환경 해체기술 ● 부분교체 대비 교량시스템 설계기술	● 급속교량교체 기술 확산을 통한 교통차단 미실시 및 CO2 절감
교통통제 최소화 급속시공	● 조립식 교량 설계 기술 ● 급속시공용 가시설 기술 확보	● 조립식 교량 시공 기술 확보 ● 일괄시공 급속시공 기술 확보	● 급속시공 기술 확산을 통한 교통정체 최소화 및 CO2 절감
교량 슬림화를 통한 건설재료 20% 이상 절감	● 고성능 콘크리트 제조 및 활용 기반기술 구축 ● 고성능 강 활용 기반기술 구축	● 고성능 콘크리트를 활용한 재료절감형 콘크리트교량 기술 개발 ● 고성능 강을 활용한 재료절감형 강교량 기술 개발	● 콘크리트량이 20% 이상 절감된 슬림형 콘크리트 교량 실용화 ● 강재량이 20% 이상 절감된 슬림형 강교량 실용화
교량수명 30% 이상 연장을 통한 탄소배출량 저감	● 신설 콘크리트교량의 수명연장을 위한 기반 기반기술 구축 ● 신설 강교량의 수명연장을 위한 기반기술 구축 ● 기존 교량의 수명연장을 위한 기반기술 구축	● 신설 콘크리트교량의 장수명화를 위한 실용화 기술 개발 ● 신설 강교량의 장수명화를 위한 실용화 기술 개발 ● 기존 교량의 장수명화를 위한 실용화 기술 개발	● 수명이 30% 이상 연장된 신설 콘크리트교량의 실용화 ● 수명이 30% 이상 연장된 신설 강교량의 실용화 ● 기존 교량의 30% 수명연장 기술 실용화
자가진단형 실시간 교량 진단/평가의 자동화/지능화 구현	● 교량 SHM 기술 기반 교량 전체 이상거동 감지기술 개발 ● 계측데이터 기반 교량 손상 검출 정확도 90% 이상 확보	● 실시간 교량 안전성 평가 및 예측 기술 ● 교량 잔존수명 예측을 위한 이력관리 기술 개발 ● 교량 환경기반 에너지 창출 및 최적화 기술 개발 ● 사용자 중심의 교량 전용 안전관리 기술 개발	● 교량상태 및 예측시스템을 위한 자가진단형 교량 유지관리시스템 개발 ● 통합 유지관리를 통한 교량 장수명화 유도로 CO2 배출 저감 ● 지능화된 교량관리시스템 구현
교량 유지관리 효율화를 통한 교량 수명 30% 연장	● 자가치유형 교량 건설용 신소재 개발 ● 교량 자동 치유 및 보수 기술 개발	● 교량 이력관리 및 의사결정 기술 개발 ● 교량 부속시설 관리 지능화 기술 개발	● 교량 유지관리 자동화 및 첨단화를 통한 교량 수명 30% 연장 → 교량 유지관리 효율성 증대
교량 BIM 설계,시공,유지관리 패러다임 혁신 기술 개발	● 교량 설계, 시공, 유지관리를 위한 BIM 표준 정보모델 확보 ● 교량 BIM 융합기술 확보를 위한 건설-IT 융합 기술 도출	● 건설단계별 정보교환 체계 구축 ● BIM기반 지능형 시공 및 유지관리 기술 확보 ● 교량 요소기술별 BIM기반 솔루션 개발 및 평가	● 교량 BIM 설계, 시공, 유지관리 기술 국산화를 통한 교량건설 기술 확보 ● IT 융합 솔루션 실용화 및 상용화
교량 Green BIM을 통한 온실가스 10% 저감	● BIM 기반 교량 시설물 LCA 도출	● BIM기반 온실가스 모니터링 기술 개발	● BIM 시공 및 유지관리 기술 도입에 따른탄소배출량 저감

2. 기술개발에 따른 미래상

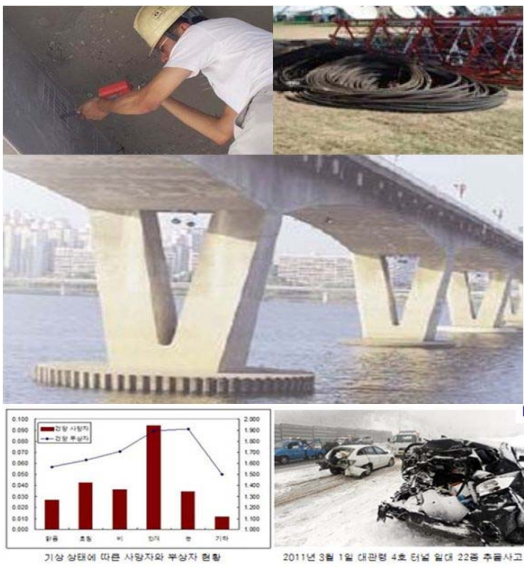
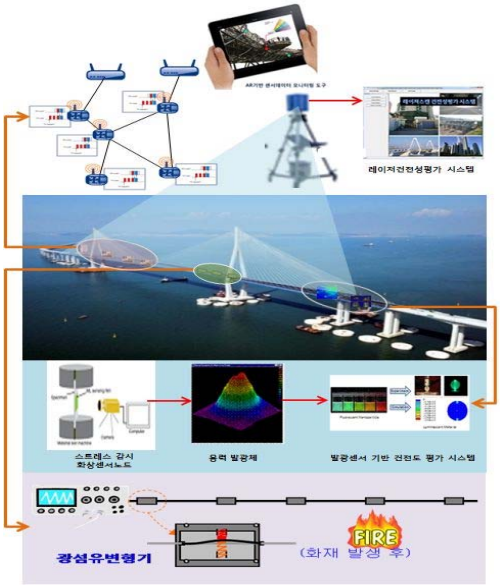
가. 급속시공 분야

AS - IS	TO - BE
	
■ 개념 현재 교량의 교체 및 신설은 현장타설 위주로 시공하고 있고, 일부 프리캐스트 부재를 활용하는 수준임. 또한, 교량 상부구조 일괄시공공법은 초보적인 연구도 진행되지 않고 있음	■ 개념 현장에서의 시공을 최소화하여 현장공기를 획기적으로 단축하고, 자동화 기계화 제작 및 시공을 통하여 구조물 내구성을 향상시킬 수 있음

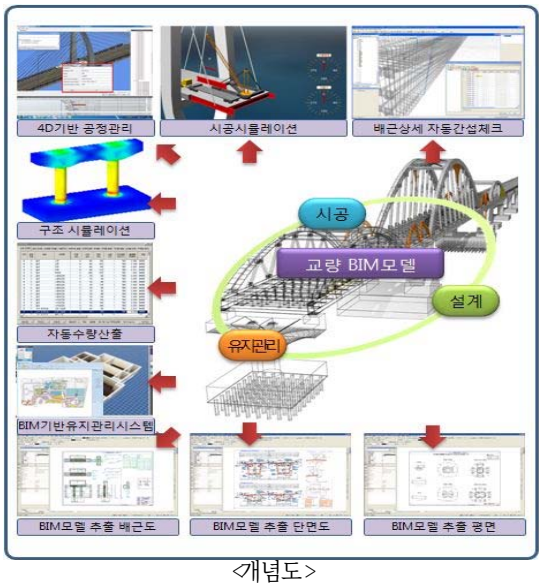
나. 신소재교량 분야

AS - IS	TO - BE
	
기존 교량은 사용수명이 50년을 넘지 못하고 건설재료 사용량도 많아 친환경적이지 못함	**고성능 재료 등을 활용하여 재료 절감 및 교량수명을 연장시키는 친환경/장수명 교량 실현**
■ 개념 기존 교량은 안전성과 초기 공사비에 초점을 맞추어 교량을 건설했고 설계수명은 50년이지만 교량바닥판, 부속장치 등의 수명은 아주 짧고 전반적인 교량의 수명은 50년을 넘지 못하는 상황임. 현행 교량설계 및 교량형식 선정에는 LCC 및 LCA 개념이 도입되어 있지 않아 새로운 재료를 적용하여 교량의 수명을 연장하는 기술이 실용화되는데 어려움이 있음	■ 개념 고성능 콘크리트, 강재 및 FRP 등과 같은 재료를 사용하여 신설 교량의 수명을 대폭 연장하고 기존 교량의 경우에는 고효율 보강기술을 적용하여 사용수명을 연장함으로써 건설재료를 절감시켜 친환경/장수명 교량을 구현함. 고성능 재료는 초기 공사비가 높아질 가능성이 있으므로 이들 교량이 적용되기 위해서는 LCC 및 LCA 개념에 입각한 교량 선정이 반드시 필요함

다. 지능형 교량 분야

AS - IS	TO - BE
	
■ 개념 현재, 교량의 유지관리는 인력에 의존하며 모니터링 또한 주로 유선센서를 이용하여 센서 한 개당 수백 미터의 전선이 쓰이는 등 경제성이 떨어지고 있음. 또한, 스스로 진단하는 솔루션도 아직 세계적으로 초보적인 수준임.	■ 개념 무선센서 네트워크, 3D 계측, Global/Local 모니터링 방식을 이용하여 교량상태를 실시간 감지하고 교량 유지관리 자동화 기술로 효율적인 보수가 이루어지며, 교량에서 소비되는 전력을 최소한으로 함.

라. BIM 분야

AS - IS	TO - BE
 <개념도>	 <개념도>
■ 개념 기존의 설계방법으로는 건설 제단계(기획 - 설계 - 시공 - 유지관리)에서는 정보 호완의 어려운 문제점을 내포하고 있으며, 전통적인 설계기술을 통해서는 설계정보의 재활용은 불가능하므로 신기술에 대한 패러다임 혁신이 필요	■ 개념 교량에 BIM 기술(이미지정보+속성정보)을 활용한 설계를 통해 도면 추출, 공정관리, 간섭검토, 각종 시뮬레이션, 수량산출 등을 One Stop으로 진행하며, 교량 구성부재의 탄소 사용량 분석을 통한 탄소저감 기술을 구현

6절. 후보과제 도출 및 정의

1. 후보과제 도출 과정



- 기존 또는 수행과제와의 중복성, CO2 저감효과, 과제의 명확성, R&D 필요성, 목표와의 부합성 등을 고려하여 후보과제 도출
- [1단계] Pool에 의한 50개의 제안과제를 소분류체계로 구성, 참여연구진 회의에 의해 Brainstorming 수행, 유사과제의 병합 및 과제 중복성 검토에 따른 중복과제 제외 등의 과정을 통하여 다음과 같이 후보과제 도출

대분류	중분류	소분류	1단계 보고서상 후보과제명	2단계 보고서 조정과제명
부분 교체 및 급속 시공 분야 기술	1. 교통차단 없는 급속 교체 기술	바닥판 교체 기술	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술	교통차단 최소화 도로교 상부구조 교체 기술(**과제명 변경**)
		거더 교체 기술		
		부분교체 신•구 구조물 연결기술	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 교체 기술(**과제명 변경**)
		부분교체 대비 교량시스템 설계기술	단계별 급속교체를 위한 교량 시스템 및 급속 가시설 공법	과제제외(**상부구조 교체 기술과 과제통합**)
		부분교체 대비 교량시스템 설계기술		
		부분교체용 소형 가설 장비 기술		
		교량교체 시스템		
		부속장치 교체기술	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	교통차단 없는 부속장치 교체기술(**과제명 변경**)
		현장타설 급속 교체 시공 기술		
	2. 급속 시공 조립식 교량 기술	조립식 교량 시스템 기술	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술
		조립식 상부구조 기술		
		급속시공용 가시설 기술		
		무인 자동화 시공장비 기술		
		프리캐스트 모듈화 기술		
		특수조건(도로, 철도, 협곡 등) 급속시공 기술	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술
		조립식 하부구조 기술	조립식 교량 하부구조 급속시공 시스템 기술	조립식 교량 하부구조 급속시공 시스템 기술
		도심지 공사 급속시공 기술		

대분류	중분류	소분류	1단계 보고서상 후보과제명	2단계 보고서 조정과제명
		소형차 전용 도로교 설계/시공 기술		
		재난 복구형 조립식 급속시공 기술		
	3. 초간편 일괄 급속시공 기술	일괄 급속시공 교량 시스템 기술	현장공기 1일 이내 도로교 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술**(과제통합 및 과제명 변경)**
		상부구조 일괄시공 기술		
		도심지 및 특수조건 일괄시공 기술		
		철도교 급속 일괄교체 기술	현장공기 1일 이내 철도교 일괄급속시공(교체) 기술	
		하부구조 일괄시공 기술		
		일괄시공 가설 장비	급속시공 장비 기술	
		일괄시공 제작 장비		
		일괄시공용 자동화 기술		
	4. 친환경 급속 해체기술	해체 단계별 안전성 확보 기술	친환경 급속해체기술	과제제외**(상부구조 교체 기술과 과제통합)**
		지간별/교량형식별 해체기술		
		저진동, 저소음, 무분진 친환경 해체기술		
		IT활용 부분 해체용 정밀 해체장비 기술		
		일괄해체 장비기술		
신소재를 활용한 초슬림·장수명 교량 기술	1. 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술	산업부산물 품질 고도화 및 시멘트 대체 활용 기술	고성능 경량 콘크리트 및 산업부산물을 이용한 콘크리트 바닥판 20% 슬림화 기술	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술**(과제명 변경 및 통합)**
		친환경 구조용 경량 인공 골재 개발 및 활용 기술		
		고성능 콘크리트를 활용한 콘크리트 바닥판 슬림화 기술		
		고내구성 포장 일체형 콘크리트 바닥판 기술	수명이 30% 향상된 교량 바닥판 일체형 교면포장 개발	
		고성능 섬유보강 경량 콘크리트 제조 및 활용 기술		
		고성능 콘크리트를 활용한 PC 거더 슬림화 기술	고강도 콘크리트 활용 및 기하형상 변경을 통한 콘크리트 거더 20% 슬림화 기술	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술**(과제통합)**
		고강도 철근 활용 기술	교량상부구조 슬림화를 위한 항복강도 700 MPa급 고강도 철근 활용 기술	
		기하형상 변경을 통한 PC 거더 슬림화 기술		
		철근 및 PS 강선 부식 방지 기술	콘크리트 교량 부재 수명 30% 향상을 위한 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술**(과제명 변경)**
		FRP 보강근 및 텐던을 활용한 장수명화 기술		
		콘크리트 교량 장수명화 보수/보강 기술	기존 교량 수명 30% 연장을 위한 신소재 활용 보강 기술	신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술**(과제명 변경)**
		강교량 장수명화 보수/보강 기술		
	2. 고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술	내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 상부구조시스템 기술	내구성 및 피로성능이 30% 향상된 신개념 강교량 상부구조시스템 기술	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술**(과제통합)**
		피로성능이 개선된 차세대 강상판 기술		
		고강도 강재를 적용한 강바닥판 슬림화 기술	강재 물량 20% 절감을 위한 고강도 강재 적용 기술	
		고강도 강재를 적용한 하이브리드 거더 기술		
		프리스트레스트 강 거더 기술		
		고강도 강재 용접부 피로성능 개선 기술		
		고강도 내후성 강재 적용 기술		
	3. 합성구조 교량 슬림	강콘크리트 복합거더 시스템 기술	재료의 최적 사용을 통해 단면이 20% 이상 효율화된 합성 거더 및 합성 교	재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술**(과제통**

대분류	중분류	소분류	1단계 보고서상 후보과제명	2단계 보고서 조정과제명
	화/장수명화 기술		각 기술	**합)**
		고강도 섬유보강 콘크리트 및 강재 합성 바닥판 기술	고성능 경량 콘크리트를 이용한 20% 이상 경량화된 고효율 강합성 바닥판 기술	
		FRP 바닥판 활용 기술	교량 바닥판 수명 30% 연장을 위한 알루미늄 바닥판 기술	**과제 제외**(FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술에 통합)
		알루미늄 바닥판 활용 기술		
	4. 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술	교각 슬림화 기술	재료 20% 절감을 위한 교량 하부구조 성능기반 설계기술 개발 및 항복강도 600 MPa급 고강도 철근 활용 기술	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술 **(과제명 조정)**
		신재료를 활용한 교각 내구성 향상 기술		
		상하부구조 일체식 교량 기술	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술
		교량 부속장치 성능 고도화 기술		
교량 지능화 기술	1. 교량 상태 실시간 감지기술	근거리 · 원거리 무선네트워크기술	무선전송거리 500M 이내, 전지교환주기 3년, 신뢰도 99% 수준의 지능형 교량 관리 센서네트워크 및 교량 모니터링 기술	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술**(과제명 조정)**
		매립,부착을 통한 부재별 상태 감지 기술	장력(케이블, 볼트 등) 10% 감소수준 모니터링을 위한 20,000ue 측정범위 확보형 장력측정시스템 기술	교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술**(과제 통합)**
		교량 전체 이상 거동 감지 기술	내구수명 10년 이상, 해상도 2mm 이내 정확도를 갖춘 첨단센서시스템(GPS, 레이져 스캐닝, 스트레스 형광물질 등) 기반 교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 손상/스트레스분포 시각화(Visualization) 기술	
		실시간 데이터 전송 효율화 기술		
		MEMS기반 임베디드 센서 기술		
		계측신뢰성 분석기술		
	2. 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술	교량 부재별 자가진단 기술		
		교량 손상탐지 기술	오인식률 5% 이내 3mm 이상 손상 검출 가능한 펄스 레이저 기반 비접촉 센싱 및 FSM(Field Signature Method) 기반 국부 손상/부식 자동화/실시간 검출기술	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술**(과제명 조정)**
		계측데이터 활용 기술		
		실시간 교량 안전성 평가시스템 기술	평탄구간 속도 120Km/h 이내, 오차율 10% 미만의 슬림형 벤딩플레이트 WIM시스템 및 하중-응답 상관성 분석을 통한 교량 부하 모니터링 기술	차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술**(과제명 조정)**
		교량 잔존 수명 예측 기술	교량잔존수명 5년 이내 추정 오차율을 확보하기 위한 알고리즘 및 데이터 분석 기술	**제외(사유: 기존 유사과제 존재)**
	3. 교량 유지관리 자동화 기술(보수 등)	교량 자동치유 및 보수기술	3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술**(과제 통합)**
			머신비젼을 이용한 교량	

대분류	중분류	소분류	1단계 보고서상 후보과제명	2단계 보고서 조정과제명
			포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링(10cm 이내) 및 녹제거 기술	
		교량 이력 관리 및 의사결정 기술		
		교량 부속 시설 관리 기술		
	4. 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술	교량 기반 고효율 에너지 수확기술	교량의 상시 통행 하중/상시진동을 이용한 출력전력 30micro watt급 압전소자 기반 에너지 수확기술 및 이를 기반으로 한 교량 부재별 자가진단 기술	에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술**(하단 "에너지 절감 30% 이상의 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템 기술"과 통합)**
			조력 풍력 태양광을 활용한 500kw급 교량용 Macro형 에너지하베스팅 기술	**제외(사유: 기존 유사과제 존재)**
		교량 기반 에너지 변환 및 저장기술		
		교량 기반 전력공급 및 전력 관리 최적화 기술	에너지 절감 30% 이상의 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템 기술	과제 통합**(상단 "에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술 " 참조)**
	5. 사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술	교량상 교통상황인지기술	차량 낙교 방지를 위한 지능형 자가 용량 조절형 에어백(i-SRS) 적용 방식(시속80km/h ~120km/h, 승용차(0.8t)~트럭(2t)) 장착형 교량 난간기술 및 모바일디바이스(Mobile device) 기반 돌발 상황 광역인지기술	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술**(과제통합)**
		교량 노면 상황 인지 기술	USN 기반의 실시간 교량용 기상정보 시스템 및 빗길, 노면결빙 등 교량 미끄럼 사고를 저감하는 지능형 노면상황인지 정밀도 90%이상 확보 및 대응 기술	
		교량상 위험안내 디스플레이 기술		
		교량용 WIM 기술		
지능형 친환경 교량 BIM 기술	1. BIM 기반 교량 설계 기술	BIM 기반 교량 정보모델을 이용한 설계 지원 기술 개발	BIM 기반의 교량 설계협업 및 최적화 기술	BIM 기반의 교량 설계협업 및 최적화 기술
		Digital Mock-up 기술		
		BIM 기반 구조설계 기술		
		BIM 기반 설계도서 자동작성 기술		
		BIM 기반의 3차원 모델을 활용한 교량 설계 오류 검증, 간섭체크 및 법규 분석 기술		
		3차원 지형생성 및 노선계획 기술		
		3차원 교량 정보모델 구축을 위한 교량구성요소 라이브러리 제작 기술	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술**(과제명 변경)**
	2. BIM 기반 교량 시공 기술	BIM 기반 시공 관리 기술	BIM기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경교량 시공관리기술	BIM기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경교량 시공관리기술 **(과제통합)**
		증강현실기반 교량 시공법 최적화 시뮬레이션 기술		
		BIM 기반 시공관리 시뮬레이션 기술		
		교량의 부분교체 및 급속시공 여부	BIM과 PMIS 연계를 통한	

대분류	중분류	소분류	1단계 보고서상 후보과제명	2단계 보고서 조정과제명
		를 검토할 수 있는 단계별 공법 및 장비운영 시뮬레이션 기술	4D 교량 시공관리 기술	
		3차원기반 토목 가시설물 관리기술		
	3. BIM 기반 교량 유지관리 기술	지능형 친환경 교량 생애주기 중 사용단계를 고려한 모델링 기술	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술
		BIM 기반 Mobile Office System을 이용한 차세대 유지관리 시스템 기술		
		3D모델 위치기반의 Smart Maintenance and Management 기술		
		SOC BIM기반의 3차원 모델링 기술과 USN, RFID 등의 외부정보 수집장치를 연동한 지능형 교량 시설물 관리 기술		
	4. 교량 GREEN BIM	교량 형식별/공정별/구성부위별 CO2 배출량 산정 기술	교량 구조물 탄소배출량 산정 및 검증기술	교량정보모델 활용 탄소배출량 측정 사전예측 시스템 개발(**과제통합**)
		교량 구조물의 구성요소별/공법별/자재별 탄소배출량 DB 구축 기술		
		교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술	교량정보모델 활용 탄소배출량 측정 사전예측 시스템 개발	
		LCA 및 BIM 연동에 의한 저탄소 교량 공법선정 기술		
		교량 BIM을 활용한 환경영향평가 기술		
		탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술		
	5. BIM 기반 교량 응용 및 연계 기술	3D BIM 데이터의 One Source - Multi Use 기술	설계, 시공, 유지관리단계 BIM기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량 정보모델 운영기술	설계, 시공, 유지관리단계 BIM기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량 정보모델 운영기술(**과제통합**)
		BIM을 활용한 온라인 협업 기술		
		BIM과 GIS, 지질정보와의 연계기술		
		BIM과 센서와의 연계기술		
		안정성, 공사비 정보 및 3D 객체 모델을 포함한 구조물 형식별 비교안 작성 기술		
		LCC 관리를 위한 교량정보모델의 지식기반 정보 운영관리기술	기존교량의 BIM 제작 지원 기술	
		BIM 기반의 LCC 분석(Total Costs during Life Cycle Analysis)을 통한 경제성 최적화 기술		
	6. BIM 기반 교량 표준 요소 기술	교량의 BIM의 IFC 표준과의 연계 기술	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술
		지식정보기반 교량 유지관리를 위한 시공 납품용 교량 BIM모델의 정보집합체 구성 기술		
		교량시설 공종별 BIM 객체 표준화 기술		
		교량 BIM 정보를 운영·관리할수 있는 표준 분류체계 기술		
		공공기관의 교량건설사업 BIM 설계 발주를 위한 교량정보모델 검증 및 평가 기술	교량 정보모델의 무결점 품질인증을 위한 모델 검증체계 구축 기술	교량 정보모델의 품질인증을 위한 모델 검증체계 구축 기술(**과제통합**)
			교량 BIM 교육 컨텐츠 개발	

2. 최종 후보과제 도출 및 정의

○ 최종 도출된 후보과제는 30개로 내용은 다음과 같음

연번	분야명	후보과제명	후보과제 정의
1	급속시공분야	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술	전면 교통차단 없이 부분 교통차단만으로 도로교 상부구조를 급속교체하는 기술
2		운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술	철도가 운행하지 않는 시간대 작업만으로 철도교의 상부구조를 급속교체하는 기술
3		교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	전면 교통차단 없이 교량받침 및 신축이음장치 등 부속장치를 급속교체하는 기술
4		조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술	대부분의 부재를 공장에서 제작한 후 현장에서는 단순 조립만으로 도로교 상부구조를 완성할 수 있는 급속시공 기술
5		조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술	대부분의 부재를 공장에서 제작한 후 현장에서는 단순 조립만으로 철도교 상부구조를 완성할 수 있는 급속시공 기술
6		조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 개발	기초를 포함한 모든 하부구조를 프리캐스트 공법으로 제작한 후, 현장에서는 단순조립만으로 급속시공하는 기술
7		현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	교량 상부구조 전체를 현장부근에서 조립한 후 현장거치기간을 1일 이내에 달성할 수 있는 초단기 급속시공기술
8	신소재교량분야	고성능 콘크리트 및 경량골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용하여 교량 바닥판을 경량화시키고 수명을 연장하는 기술
9		고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술	PCI 빔교 등 콘크리트 거더의 단면을 슬림화시켜 콘크리트 사용량을 줄이기 위한 목적으로 고성능/고강도 콘크리트의 활용하거나 기하형상을 변경하는 기술
10		FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	경량이고 부식되지 않는 FRP 및 알루미늄을 교량 부재에 활용하는 기술
11		신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술	기존 노후화된 콘크리트 및 강교량의 수명을 연장시키기 위해 교통 흐름을 방해하지 않으면서 비용-효율이 우수한 교량 보강기술
12		고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술	고강도 강재 및 고성능 강재를 강교량에 활용하는 기술 및 강교량의 피로성능 및 내구성을 향상시키는 기술
13		재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술	콘크리트와 강 등을 혼합 사용한 합성교량 구조 및 강합성 바닥판을 경량화시키고 효율화시키기 위한 기술
14		고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	교량 하부구조의 물량을 절감하기 위한 설계기술 및 고성능 재료 활용 기술
15		유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	유지관리 최소화를 구현할 수 있는 일체식 교량의 개발 및 교량부속장치의 성능을 극대화시키는 기술

연번	분야명	후보과제명	후보과제 정의
16	지능형 교량 분야	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술	교량 환경에 적합한 고신뢰성 지능형 무선 센서네트워크 및 웹서비스 혹은 스마트 폰 서비스를 통한 모니터링 기술
17		교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술	첨단센서를 이용한 3D 계측 및 Global/Lobal 모니터링 수행으로 전체적인 교량 거동 추이 분석과 동시에 교량의 붕괴 징후 여부를 판정할 수 있는 기술
18		비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술	초정밀 스마트 센싱 시스템 기반의 100% 국산화 국부손상 및 부식 자동화/실시간 검출 기술
19		차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술	교량 통과 차량 무게를 무정차 계측할 수 있는 벤딩플렝이트 방식의 중량 계측시스템 및 하중-응답 상관성 분석을 통한 교량의 실시간 상태평가 기술
20		교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술	강섬유 보강 콘크리트의 자가센싱 기술 및 자기치유 능력이 향상된 고성능 콘크리트 기술과 Vision 인식/로봇/토목 융합 교량 보수 자동화 기술
21		에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어 시스템 및 USN 전력공급 기술	교량 주변에 산재된 에너지 수확을 통한 센서 및 경관조명 시스템의 전력 공급 기술 및 전력의 효율적 활용을 위한 경관조명 제어관리 시스템 기술
22		교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술	교량 노면상태/교통상황 감지 및 운전자에게 경고/안내 또는 차량 충격/추락 방지시스템을 통한 사고저감기술
23	지능형친환경 교량 BIM 활용기술	BIM 기반의 교량 설계협업 및 최적화 기술	설계업무 참여자 간에 발생할 수 있는 설계오류를 최소화하고 각종 협업 시뮬레이션을 통해 불필요한 작업을 최소화함으로써 CO2절감과 설계효율의 극대화를 실현
24		교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체 라이브러리 제작 기술	교량구조물을 대상으로 BIM 설계를 위한 구성요소의 체계화 및 객체 라이브러리 구축을 통해 프로젝트에서 발생하는 다양한 요구사항을 지원
25		BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술	BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용하여 실시간 공정관리, 진도관리, 노무관리, 자재관리, 장비관리 및 안전관리 등 효율적 교량 공사관리를 실현
26		교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	BIM 기술과 USN 기술을 기반으로 교량구조물 상태 정보 모니터링 기술을 개발하여 관리 혁신 및 지능적 교량 상황관리 기술 확보가 가능한 통합 관리 플랫폼 개발
27		교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	교량의 전 생애주기 및 형식별 탄소배출량을 DB화하여, 기획단계시 탄소배출량 예측이 가능한 시스템을 구축
28		설계 시공 유지관리단계 BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술	BIM 기반의 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 설계, 시공, 유지관리 단계에서 지속적으로 활용할 수 있는 교량정보모델을 개발
29		교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술	교량 전 생애주기에서 단계별 정보 전달 시 정보손실을 최소화할 수 있는 데이터모델을 개발하고 속성을 정의할 수 있는 분류체계를 개발
30		교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술	교량정보모델의 필요 검증요소 조건과 이를 효과적으로 검토할 방안을 제시하여 발주자, 설계사, 시공사 및 유지관리 전문기관의 경제적 이득을 향상시키기 위한 핵심 기술을 개발하고 평가

3장. 연구개발과제 추진체계

1절. 기획대상과제 선정결과

○ 제2차 기획타당성 검토위원회에서 선정된 기획대상 과제는 10개로 다음과 같음

연번	과제명	비고
1	- 교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	-
2	- 현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	-
3	- 교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	-
4	- 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	-
5	- 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 개발	-
6	- 고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술 - 고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	과제 통합
7	- FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	-
8	- 유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	-
9	- 비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술 개발	-

2절. 기획대상과제 조정결과

연번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
1	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	10,000	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	실용화	3,850	통합하여 과제명 조정
2	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	14,000				
6	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술	5,300	고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	응용 실용화	7,000	통합하여 과제명 조정
	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	4,700				
7	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	4,200	콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	응용 실용화	5,000	과제명조정
8	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	4,250	교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	응용 실용화	4,000	급속시공분야와 통합하여 과제명 조정
			고성능 경량 콘크리트를 활용한 교량 바닥판 기술 개발	응용 실용화	5,000	신규추가 (우선순위 높은 후보과제)
9	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술 개발	4,950	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술 개발	응용 실용화	5,000	기존과제명 유지
5	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 개발	12,000	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 개발	응용 실용화	3,500	기존과제명 유지
			통합형 플랫폼 패키지 시스템 및 활용 기술 개발	응용 실용화	5,000	신규추가
3	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	6,500	스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발	실용화	6,300	과제명조정
4	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	7,700	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 시스템 개발	실용화	3,500	기존과제명 유지

3절. 연구개발과제 추진체계

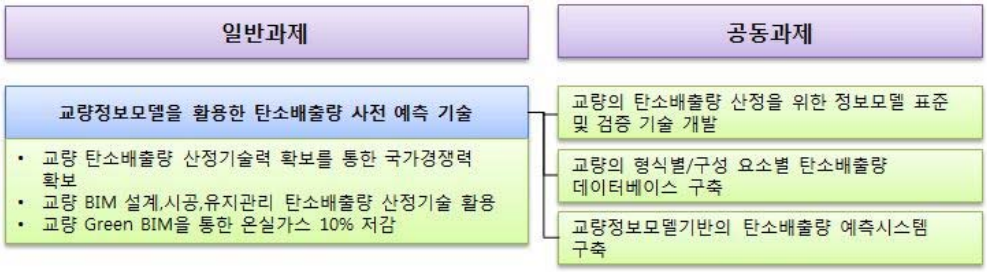
1. 콘크리트 교량 장수명화 연구단



2. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단



3. 일반과제



4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절. 연구개발과제 주요내용

1. 콘크리트 교량 장수명화 연구단

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	콘크리트 교량 장수명화 연구단	• 물량절감 및 장수명화를 통한 탄소 배출량 30% 절감 • 친환경 교량분야 세계 1위 기술 2개 보유	
1세부과제	고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	• 교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발 • 고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선 • 고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발 • 고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발	
1-1 (공동)	교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발	• 교량 부재별 성능 목표 및 경제성 등을 종합 고려한 목적물에 최적화한 콘크리트 배합 및 제조기술 개발	• 80MPa급 배합/제조 기준 • 100MPa급 배합/제조 기준 • 120MPa급 배합/제조 기준
1-2 (공동)	고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선	• 고성능 콘크리트, 600MPa급 고강도 철근, 2400MPa급 고강도 강연선을 교량 부재에 활용하기 위한 설계법 및 설계기준 개발 • 교각 및 기초의 성능기반 설계법 및 설계기준 개발	• 도로교설계기준 관련기준 제·개정
1-3 (공동)	고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발	• 고성능 콘크리트, 고강도 강연선 등을 활용한, 목표 지간장별 물량절감형 콘크리트 거더 개발 • 개발 거더별 기술매뉴얼(지침 및 설계예제) 작성	• 거더 형식 및 연결부 관련 특허 • 기술매뉴얼
1-4 (공동)	고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발	• 고강도 철근을 활용한 교각 설계/시공법 및 설계기준 개발 • 고강도 철근 적용 교각 설계예제 작성	• 성능기반 설계법 • 600MPa급 적용 고강도 철근 설계기준 • 기술매뉴얼
2세부과제	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	• 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 • 교통차단 없는 교량 부속장치 교체 기술	
2-1 (공동)	유지관리 최소화 일체식 교량 개발	• 일체식 교량 및 급속 교체를 위한 고성능 신축이음 및 받침 구조 개발	• 일체식 교량

			• 초고성능 콘크리트를 활용한 연결 구조 및 형식 개발 • 유지관리 최소화를 위한 장경간 일체식 교량 구조시스템 개발 • 장경간 일체식 교량의 설계 및 시공 기술 개발	
	2-2 (공동)	교통차단 없는 교량 부속장치 교체기술	• 교통차단 없는 교량 신축이음 급속 교체 기술 개발 • 교량 받침 급속 교체 기술 개발	• 신축이음 급속 교체기술 • 받침 급속교체 기술
3세부과제		교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	• 일괄시공을 위한 장비 개발 • 일괄시공을 위한 공법 개발	
	3-1 (공동)	일괄시공을 위한 장비 개발	• 교량 상부구조 이동 및 거치를 위한 장비의 국산화	• 이동장비 개발 • 가설장비 개발
	3-2 (공동)	일괄시공을 위한 공법 개발	• 일괄시공에 적합한 교량 시스템 및 시공공법 개발	• 일괄시공 교량 시스템 개발 • 일괄시공 현장 공법 개발
4세부과제		콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	• FRP 보강근 및 텐던 활용기술 • 상용화 제품 개발 및 적용기술 • 성능향상 및 장수명화 기술	
	4-1 (공동)	FRP 보강근 및 텐던 활용 기술 개발	• 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선을 대체하기 위해 구조적 성능 및 사용성 등에 있어서 우수한 성능을 갖는 FRP 보강근 및 텐던의 제조기술을 개발	• GFRP 보강근 • CFRP 텐던
	4-2 (공동)	상용화 제품 개발 및 적용기술	• FRP 보강근 및 텐던의 상용화 제품을 개발하고 이를 실용화하기 위한 적용기술 개발	• FRP 상용화 제품 재료 시험 지침 • FRP 상용화 제품 규격 및 재료물성
	4-3 (공동)	성능향상 및 장수명화 기술	• FRP 보강근 및 텐던을 활용하여 콘크리트 구조물의 성능을 향상시켜 장수명화 함	• FRP 보강 시스템 • FRP 상용화 제품 설계 및 시공 지침
5세부과제		고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발	• 고강도 경량골재 개발 및 콘크리트 배합 기술 • 고성능 경량 콘크리트 바닥판 설계 시공 기술	
	5-1 (공동)	고강도 경량골재 개발 및 콘크리트 배합 기술	• 일반콘크리트용 고강도 경량콘크리트 배합개발 • 저점도 고성능 경량콘크리트 배합개발 • 인장보강형 복합섬유 혼입 경량콘크리트 배합 개발	• 고강도 경량골재 • 고성능 콘크리트 배합
	5-2 (공동)	고성능 경량 콘크리트 바닥판 설계 시공 기술	• 고성능 경량콘크리트 역학적 특성 평가 • 고성능 경량콘크리트 바닥판 거동 특성 평가 • 고성능 경량콘크리트 바닥판 구조형식 개발	• 고성능 경량콘크리트 단독 활용 교량 바닥판 설계시공 기술 • 고성능 경량콘

				크리트+강합성 바닥판 설계시공기술 • 고성능 경량콘크리트 충전 강상자형 거더 제작 및 설계 시공기술

2. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	교량 자가진단치유 및 자동유지보수 기술	• 지능형 친환경 교량 유지관리 분야 세계 1위 기술 보유 • 탄소배출량 30% 절감을 위한 교량 유지관리 기술 개발	
1세부과제	비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술	• 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술 • 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술 • FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가	
1-1 (공동)	레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술	• Terrestiral 레이저 스캐닝 시스템과 같은 3차원 영상화 시스템을 이용하여 교량 시공단계의 부재별 관리 • 3차원 영상화를 통한 처짐, 진동 등의 사용성 평가 및 관리	• 교량 시공관리 시스템 • 사용성 평가 시스템
1-2 (공동)	비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술	• 비접촉 초음파 기법을 이용한 국부 손상 영상화를 통해 손상 위치 및 정량화 시스템 개발	• 교량 국부 손상 검출 자동화 시스템
1-3 (공동)	FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가	• FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발 • FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 개발	• FSM 기반 손상/부식 자동 검출기술
2세부과제	교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	• 강교량의 부식 자동 검측 및 자동 도색 기술 개발 • 동적거동을 받는 콘크리트 교량의 균열 치유 기술 개발	
2-1 (공동)	강교량의 부식 자동 검측 및 자동 도색 기술 개발	• 상용화 패키징 및 실용화 • 부식 인식 정밀도 99.9% 달성	• 자동 부식 및 도장 상태 측정 • 교량 자동 페인팅 시스템
2-2 (공동)	동적거동을 받는 콘크리트 교량의 균열 치유 기술 개발	• 기존 콘크리트 대비 균열 발생 70% 저감 • 동적하중을 받는 콘크리트 바닥판의 수명 50년 확보	• 균열치유 재료 • 균열치유 콘크리트
3세부과제	스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리	• 플랫폼형 스마트교량 관리요소기술 통합 제어 S/W 개발 • 데이터 프로세스 기반 교량 유지관	

		통합 플랫폼 기술 개발	리 의사결정지원기술 개발 • 데이터 기반 교량 보수보강 효과 산정 자동화 기술 개발	
	3-1 (공동)	BIM기반 교량 유지관리 정보모델 표준 개발	• 교량 유지관리 정보모델 정보요구정의 개발 • 교량 유지관리 정보모델 표준 개발 • 교량 유지관리 표준 서비스 및 프로세스 정립	• 교량 유지관리 정보모델 개발 정의서 • 교량 유지관리 정보모델 표준
	3-2 (공동)	BIM기반 교량 유지관리 전자매뉴얼 기술 개발	• 유지관리 전자매뉴얼 표준화 기술 • 전자매뉴얼 표준체계 구축 기술 • 교량정보모델을 활용한 현장 활용기술 • 교량유지관리용 시뮬레이터 개발	• BIM기반 전자매뉴얼 표준화 기술 • BIM기반 교량 유지관리 증강현실 및 가상객체 모바일 연동 플랫폼 • BIM기반 교량 유지관리 이력정보 4D 시뮬레이터
	3-3 (공동)	Active BIM기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술 개발	• 교량정보모델기반의 유지관리 의사결정 지원 기술 개발 • 교량정보모델 기반의 손상정보 표현 시각화 기술	• BIM기반 교량 손상평가 위험도 시각화 플랫폼 • BIM기반 유지관리 의사결정 최적화 플랫폼 • 교량 유지관리 계측정보 시각화 플랫폼
	3-4 (공동)	BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 개발	• BIM 기반 교량 통합관리 기술 개발 • BIM 기반의 통합플랫폼 구조 및 핵심 단위 기능 설계 및 구현 • BIM 기반 교량 유지관리 매니저 개발 • BIM 기반 교량 유지관리 서버-클라이언트 체계 개발	• BIM기반 교량 유지관리 서비스 제공 기술 • BIM기반 교량 유지관리 서버-클라이언트

3. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술

구분		과제명	주요내용	최종 성과물
일반과제		교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전 예측 기술	• 교량의 탄소배출량 산정 및 검증 기술 개발 • 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축 • 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	
	공동 1	교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준개발 및 검증 기술 개발	• 교량 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 기술 • 교량 형식별/구성부위별 및 시공/유지관리 단계 탄소배출량 산정기술 • 교량 구조물의 탄소배출량 산정 알고리즘 기술	• 탄소배출량 산정 알고리즘 • 탄소배출량 정보모델 표준
	공동 2	교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축	• 교량 구성부재의 탄소배출량 데이터베이스 구축 • 건설 장비의 탄소배출량 데이터베이스 구축 • 건설 원자재 탄소배출량 데이터베이스와의 연계 • 교량정보모델 라이브러리 데이터베이스 구축	• 교량구성부재/건설장비의 탄소배출량 데이터베이스 • 교량정보모델 라이브러리
	공동 3	교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	• 교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술 • 탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술	• 탄소배출량 시뮬레이터

2절. 연구개발과제 활용방안

1. 콘크리트 교량 장수명화 연구단

구분	과제명	최종 성과물	최종수요처	활용방안
연구단 총괄	콘크리트 교량 장수명화 연구단			
1세부과제	고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발			
1-1 (공동)	교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발	• 80MPa급 배합/제조 기준 • 100MPa급 배합/제조 기준 • 120MPa급 배합/제조 기준	• 시멘트 제조회사 • 시공사	• 시멘트 제조회사와 기술계약 체결
1-2 (공동)	고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선	• 도로교설계기준 관련기준 제·개정	• 발주청, 설계사, 시공사	• 설계기준에 반영
1-3 (공동)	고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발	• 거더 형식 및 연결부 관련 특허 • 기술매뉴얼	• 발주청, 설계사, 시공사	• 설계사 및 시공사와 기술계약 • 설계사, 시공사에 무상 배포
1-4 (공동)	고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발	• 성능기반 설계법 • 600MPa급 적용 고강도 철근 설계기준 • 기술매뉴얼	• 발주청, 설계사, 시공사	• 설계기준에 반영 • 기술매뉴얼은 무상 배포
2세부과제	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술			
2-1 (공동)	유지관리 최소화 일체식 교량 개발	• 일체식 교량	• 발주처 및 건설사	• 유지관리 최소화 기술 이전 및 일체식 교량 적용 유도
2-2 (공동)	교통차단 없는 교량 부속장치 교체기술	• 신축이음 급속교체기술 • 받침 급속교체 기술	• 신축이음장치 제조사, 건설사 및 관련 연구소 • 받침 제조사, 건설사 및 관련 연구소	• 생산기술 이전, • 신축이음 및 받침 상용 제품 인증 및 판매 유도
3세부과제	교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발			
3-1	일괄시공을 위한	• 이동장비 개발	• 장비 제작	• 시공업체와 기

	(공동)	장비 개발	• 가설장비 개발	업체	술계약
	3-2 (공동)	일괄시공을 위한 공법 개발	• 일괄시공 교량시스템 개발 • 일괄시공 현장공법 개발	• 교량 설계 업체	• 설계업체와 기술계약 • 시공업체와 기술계약
4세부과제		콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발			
	4-1 (공동)	FRP 보강근 및 텐던 활용기술	• GFRP 보강근 • CFRP 텐던	• FRP 제조사 및 건설사	• 생산기술 이전 및 FRP 판매 유도
	4-2 (공동)	상용화 제품 개발 및 적용기술	• FRP 상용화 제품 재료 시험 지침 • FRP 상용화 제품 규격 및 재료물성	• FRP 제조사, 건설사 및 관련 연구소	• 생산기술 이전 • FRP 상용 제품 인증 및 FRP 판매 유도
	4-3 (공동)	성능향상 및 장수명화 기술	• FRP 상용화 제품 설계 및 시공 지침	• FRP 제조사 및 건설사	• 생산기술 이전, 교량 바닥판 및 보강 기술 사업화
5세부과제		고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발			
	5-1 (공동)	고강도 경량골재 개발 및 콘크리트 배합 기술	• 고강도 경량골재 • 고성능 콘크리트 배합	• 골재 제조사 • 레미콘 또는 양회회사	• Pilot 생산설비와 기술력을 지닌 업체의 참여기업 활용 • 주관연구기관의 연구성과를 콘크리트 관련 참여기업 활용
	5-2 (공동)	고성능 경량 콘크리트 바닥판 설계 시공 기술	• 고성능 경량콘크리트 단독 활용 교량 바닥판 설계시공기술 • 고성능 경량콘크리트+강합성 바닥판 설계시공기술 • 고성능 경량콘크리트 충전 강상자형 거더 제작 및 설계시공기술	• 교량 발주처 • 교량 구조설계사 • 종합건설사 • 교량공사 전문 시공업체 • 교량 구조물 프리캐스트 제작업체 및 전문 시공사	• 교량의 개축 및 신설 공사 설계에 반영 • 종합건설사의 신규 사업 참여 제안(안)으로 활용 • 교체 공사시 전문시공사의 기술협약으로 진행 • 프리캐스트 구조부재 전문제작사 및 교량공사 전문업체에 기술지도 및 이전

2. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	교량 자가진단치유 및 자동유지보수 기술			
1세부과제	비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술			
1-1 (공동)	레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술	• 교량 시공관리 시스템 • 사용성 평가 시스템	• 설계사 • 건설사 • 비파괴 검사 업체 • 교량 관리 업체	• 설계사 및 건설사의 교량 시공 단계 관리 활용 기술 계약 • 비파괴 검사 업체 및 교량 관리 업체의 교량 사용성 평가 시스템 활용 기술 계약
1-2 (공동)	비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술	• 교량 국부 손상 검출 자동화 시스템	• 비파괴 검사 업체 • 교량 관리 업체	• 비파괴 검사 업체 및 교량 관리 업체의 교량 사용성 평가 시스템 활용 기술 계약
1-3 (공동)	FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가	• FSM 기반 손상/부식 자동검출기술	• 안전진단업체	• 안전진단업체 기술실시계약
2세부과제	교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발			
2-1 (공동)	강교량의 부식 자동 검측 및 자동 도색 기술 개발	• 자동 부식 및 도장 상태 측정 • 교량 자동 페인팅 시스템	• 교량 유지관리 및 상태 평가 용역사 • 교량 유지관리 및 시공 업체	• 도장 상태 평가의 객관성 증대를 위한 표준 방법으로 사업화 유도 • Steel 부재 도장 상태의 품질 관리를 통한 품질의 variability 절감을 위한 기계화 및 자동화
2-2 (공동)	동적거동을 받는 콘크리트 교량의 균열 치유 기술 개발	• 균열치유 재료 • 균열치유 콘크리트	• 혼화재료 제조 및 보수보강 업체 • 레미콘사, 건설사	• 혼화재료 제조 업체에 기술 이전 및 기술계약 또는 보수보강 시스템 개발을 통해 사업화 유도 • 레미콘사 및 건설사에 기술 이전을 통해 사업화 유도

3세부과제		스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발			
	3-1 (공동)	BIM기반 교량 유지관리 정보모델 표준 개발	• 교량 유지관리 표준 업무 프로세스 • 교량 유지관리 통합 플랫폼 개발 방법론	• 교량관리업체	• 교량관리업체와 협력하여 현업에서의 피드백과정을 거침
	3-2 (공동)	BIM기반 교량 유지관리 전자매뉴얼 기술 개발	• BIM기반 전자매뉴얼 표준화 기술 • BIM기반 교량 유지관리 증강현실 및 가상객체 모바일 연동 플랫폼 • BIM기반 교량 유지관리 이력정보 4D 시뮬레이터	• 건설사 • 유지관리업체	• 시작품 개발을 통한 상용화
	3-3 (공동)	Active BIM기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술 개발	• BIM기반 교량 손상평가 위험도 시각화 플랫폼 • BIM기반 유지관리 의사결정 최적화 플랫폼 • 교량 유지관리 계측정보 시각화 플랫폼	• 건설사 • 유지관리업체	• 시작품 개발을 통한 상용화
	3-4 (공동	BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 개발	• BIM기반 교량 유지관리 서비스 제공 기술 • BIM기반 교량 유지관리 서버-클라이언트	• 교량관리업체	• 교량관리에 있어 BIM플랫폼의 유용성 환기

3. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술

구분		과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
일반과제		교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술			
	공동 1	교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발	• 탄소배출량 산정 알고리즘 • 교량형식별/현장별 탄소배출량 산정기술	• 건설업체 • 설계업체	• 설계 및 건설사와의 기술계약
	공동 2	교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축	• 교량구성부재/건설장비의 탄소배출량 데이터베이스 • 교량정보모델 라이브러리	• 엔지니어링 업체	• 엔지니어링 업체의 설치활용 기술계약
	공동 3	교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	• 탄소배출량 시뮬레이터	• 정부 • 건설업체 • 엔지니어링 업체	• 제도화를 통한 시스템의 검증 제도 정착

3절. 기대효과

1. 지능형 친환경 교량 기획 기대효과

가. 사회·경제적 기대효과

- 지능형 친환경 교량 구현을 위한 주요 분야별 연구과제 도출(급속시공 분야, 신소재교량 분야, 지능형 교량 분야, BIM 설계/시공/유지관리 분야 등)
- 교량 생애주기(설계, 시공, 유지관리 등)에서 발생하는 탄소 및 에너지 30% 이상 절감을 위한 연구개발 추진 전략 제시

나. 기술적 기대효과

- 지능형 친환경 교량 관련 다양한 산업분야(설계, 시공, 유지관리, 계측, BIM 등)의 R&D사업 활성화 및 해당 분야의 세계적 수준 확보의 토대 마련
- 지능형 친환경교량 구현시 교량 생애주기상에서 에너지 및 CO2 저감을 통한 경제성 기여

2. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 기대효과

가. 세부과제 1 : 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

(1) 사회·경제적 기대효과

- 고성능 재료 및 활용 기술 선점에 따른 국내 건설업체의 해외시장 진출 견인차 역할 및 이로 인한 외화 획득 기대
- 교량 부재 슬림화에 따른 물량절감으로 CO2 발생량 저감 효과
- 고성능 재료 제조 관련 무기재료 산업과 철강 산업의 발전에 기여

(2) 기술적 기대효과

- 교량 상부구조 슬림화로 20% 물량 절감 및 교량 수명 50% 향상
- 교량 하부구조 성능기반 설계법 확립 및 고강도 철근 사용에 따른 교각 물량 10% 절감
- 무기재료 화학업체와의 협업을 통한 고성능 콘크리트의 국산화 및 원가 절감을 통해 경제성 확보

- 기존 신기술/신공법 보유 업체 및 관련 전문가 그룹을 상시 운영하여 자문을 구하고 개발 기술을 실무자가 손쉽게 이용할 수 있도록 설계/시공지침은 물론이고, 구체적인 설계 예제를 작성 배포하여 실용화를 촉진함

나. 세부과제 2 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

(1) 사회·경제적 기대효과

- 유지관리 최소화된 교량 적용으로 막대한 국가예산 절감 및 신축이음, 받침의 보수 교체에 따른 교통 통제 등 사회 간접비용 낭비 최소화
- 진보된 교량 구조물 제공으로 운전자의 쾌적한 주행 승차감 향상

(2) 기술적 기대효과

- 국내 일체식 교량기술 연구 그룹과 공동 연구를 통한 신축이음 및 받침 최소화 기술 개발
- 교량 전문시공회사의 참여를 적극 유도하여 실용적인 기술 개발 추진
- 무기재료 화학업체와 협업을 통한 인성을 갖춘 맞춤형 초고성능 콘크리트 국산화
- 해외 기존 일체식 교량 관련 전문가의 자문 및 협력을 통한 중간 단계 진입 전략 수립

다. 세부과제 3 : 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

(1) 사회·경제적 기대효과

- 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
- 현장작업 최소화로 환경보전 및 탄소발생량 저감
- 전체 교량 프리캐스트화 공법의 완성으로 교량 급속시공 분야 기술 선진국 진입 및 해외시장 확대
- 이동 및 가설 장비 국산화 및 원천기술 확보로 관련 산업 확대

(2) 기술적 기대효과

- 시공 경험이 있는 업체와의 공동연구를 통한 실용화 방안 및 시험시공 현장 확보
- 중량물 운반 설치 장비 및 기술을 보유하고 있는 중공업 업체와의 융복합 연구 추진

라. 세부과제 4 : 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

(1) 사회·경제적 기대효과

- 강재가 가지고 있지 않은 FRP의 재료적 이점(고강도, 고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 건설산업에 먼저 활용될 것으로 기대됨.
- FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 선진국과의 기술격차가 크지 않은바 저개발 국가로의 수출이 가능함

(2) 기술적 기대효과

- 고내구성 건설재료의 적용이 절실한 주요 해양 및 항만구조물, 인프라구조물, 건축물, 오폐수처리 시설 등 환경처리 구조물 등의 신규공사에 FRP 보강재를 본격적으로 적용할 수 있음
- 비자성 및 비전도성을 필요로 하는 병원시설물, 자기부상열차용 교량 등의 건설에 FRP 보강재가 활발히 사용될 것으로 판단됨
- FRP 텐던 및 정착시스템 등은 신설 구조물 이외에 노후 구조물의 보수 및 보강에 직접 활용이 가능함
- FRP 텐던 및 정착시스템 등은 사장교, 현수교와 같은 장대교량·특수교량의 건설시 핵심기술로서 활용이 가능함

마. 세부과제 5 : 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

(1) 사회·경제적 기대효과

- 연간 300만톤 폐기되는 석탄재를 골재로 활용하여 환경부하를 저감하고 고부가가치 건설재료로 활용하는데 일조
- 최근 산업부산물을 이용한 골재의 생산 설비투자의 효율적 가동의 활로를 마련하고 실질적인 탄소배출량 저감 산업 정상화의 모델 제시
- 기존 대비 교량의 상부구조 단면 20% 감소, 장경간화 등을 통하여 콘크리트 사용량을 30% 이상을 절감, 동 대비 탄소배출량 30% 저감 기여
- 고강도, 고내구성 확보에 따른 교량의 수명 향상으로 국가 SOC 시설물에 대한 투자 비용을 절감 국가 재정의 효율화에 기여

(2) 기술적 기대효과

- 경간장의 한계를 지닌 콘크리트 강상자형 교량, 사장교 등의 경간장을 연장함으로써 하부구조 공사비를 절감하는 등, 교량 설계 시공의 한계를 극복
- 경량콘크리트 기술을 중심으로 관련 기술분야에서 세계적 선도
- 고성능 경량콘크리트의 활용한 강합성 바닥판 기술의 개발을 통해 상부구조의 자중을 20% 이상을 감소, 이에 따른 하부구조의 슬림화
- 지금까지 기술 완성도가 낮은 고성능 경량콘크리트와 강재의 합성 구조분야의 기술 선점으로 다양한 응용 개발 핵심기술을 제공

3. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 기대효과

가. 세부과제 1 : 비접촉 센싱 및 FSM(Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동 검출 기술

(1) 사회·경제적 기대효과

- 교량 안정성 확보 및 인명 피해 예방을 통해 사회적 비용 절감
- 구조물 거동 이상을 초기에 모니터링함으로써 교량의 수명 증가 및 효율적인 유지관리비 집행에 따른 예산 절감 효과

(2) 기술적 기대효과

- 본 교량 점검시스템은 프로그램/통신/기계/토목 기술 분야가 종합된 건설/IT 융합 기술로써 교량뿐만 아니라 타 사회 가반 시설물의 안전 진단 및 평가 구축 기술로 활용이 가능
- 신뢰도 높은 고해상도 데이터 획득을 통한 교량 통합 계측 시스템의 고품질화, 고효율화 성과 달성
- 해외 계측 장비의 국산화에 따른 수입대체 효과 발생 및 초장대 교량 건설기술과 개발된 유지관리 시스템의 패키지화를 통한 기술 수출 기능

나. 세부과제 2 : 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발

(1) 사회·경제적 기대효과

- 콘크리트 구조물의 유지관리비용을 포함한 전주기적 비용의 절감효과 기대
- Steel Bridge의 생애주기 유지관리 비용 절감

(2) 기술적 기대효과

- 구조물에 발생하는 초기균열을 콘크리트 자기치유의 응급조치를 통해 보수·보강 시기의 지연 효과
- 보수·보강을 위한 접근의 어려움 및 불량한 시공여건에 놓인 구조물 부위의 유지관리 해결책
- 관련 기술의 선진화를 통해 콘크리트 해양 플랜트 및 방사능 유출 방지를 위한 원자력 구조물에 적용가능
- 불완전하고 주관적인 육안 부식 검사의 자동화를 통한 균일한 품질 관리

다. 세부과제 3 : 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발

(1) 사회·경제적 기대효과

- 교량은 공공성이 가증 높은 시설물로써 국민 생활과 밀접한 관련이 있으므로 교량 붕괴 사고를 미연에 방지하는 모니터링, 자가진단, 평가 기술 등 교량의 지능화를 통해 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 기대
- 교량 지능화 기술개발 실용화를 위한 인프라 확보 기대
- 녹색성장 정책과 맞물려 건설과 IT기술을 융합하여 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발로 고부가가치 시장의 성장 전망 기대
- 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환
- 기존 유지관리 기법의 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음

(2) 기술적 기대효과

- 토목분야에 대한 표준 데이터 모델 정립 가능
- 교량 유지관리를 지원하는 시스템으로 활용하여 향후 교량 정보관리 시스템 개발의 표준으로 활용
- 다양한 교량 및 시설물 관리시스템들의 연계를 위한 표준 정보모델로 활용
- 모바일 기반의 BIM 기술을 활용하기 때문에 실시간에 가까운 의사결정시스템 지원이 가능하게 되고 3차원 시각화를 통한 유지관리가 이루어지기 때문에 유지관리 비용 절감 및 교량의 내구성능을 향상 시킬 수 있음

- 모바일 증강현실 기법을 이용하여 보다 직관적이고 편리하게 활용됨으로써 업무의 활용성이 극대화 됨

4. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 기대효과

가. 사회·경제적 기대효과

- 녹색성장 정책과 맞물려 건설과 IT기술을 융합하여 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발로 고부가가치 시장의 성장
- 현재 탄소배출량 사전예측기술은 전 세계적으로 시장이 확대될 것으로 예상되며, BIM 설계, 시공, 유지관리 패러다임 전환으로 BIM기술을 활용한 부재별 탄소배출량 산정이 용이 할 것으로 판단됨
- 다양한 관련 전문가들을 활용하여 최신 요소기술을 접목함으로써 성공적인 연구개발이 가능할 것으로 판단됨

나. 기술적 기대효과

- 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소 저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설 기술 경쟁력을 확보할 수 있음
- 또한, 교량 이외에 도로, 항만, 철도 등 다양한 사회기반시설 분야에서도 같은 방법론을 적용할 수 있기 때문에, 본 연구 이후 다양한 후속연구가 진행될 수 있음
- 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환
- 탄소배출량의 사전예측을 위한 데이터베이스 구축은 매우 중요한 사항이며, 기 연구결과를 활용하여 LCA산정 및 데이터베이스를 용이하게 구축할 수 있을 것임
- 기존 탄소배출량 산정 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음

5장. 연구개발과제 소요예산

1절. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	4,060,000	1,042,000	4,060,000	1,042,000	4,060,000	1,042,000	4,060,000	1,042,000	4,060,000	1,042,000	20,300,000	5,210,000
1세부과제 : 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	5,300,000	1,700,000
1-1세세부 : 교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
1-2세세부 : 고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
1-3세세부 : 고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
1-4세세부 : 고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
2세부과제 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	700,000	70,000	700,000	70,000	700,000	70,000	700,000	70,000	700,000	70,000	3,500,000	350,000
2-1세세부 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발	350,000	35,000	350,000	35,000	350,000	35,000	350,000	35,000	350,000	35,000	1,750,000	175,000
2-2세세부 : 교통차단 없는 교량 부속장치 교체기술	350,001	35,000	350,001	35,000	350,001	35,000	350,001	35,000	350,001	35,000	1,750,005	175,000

3세부과제 : 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	700,000	232,000	700,000	232,000	700,000	232,000	700,000	232,000	700,000	232,000	3,500,000	1,160,000
3-1세세부 : 일괄시공을 위한 장비 개발	350,000	116,000	350,000	116,000	350,000	116,000	350,000	116,000	350,000	116,000	1,750,000	580,000
3-2세세부 : 일괄시공을 위한 공법 개발	350,000	116,000	350,000	116,000	350,000	116,000	350,000	116,000	350,000	116,000	1,750,000	580,000
4세부과제 : 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	4,000,000	1,000,000
4-1세세부 : FRP 보강근 및 텐던 개발기술	266,667	100,000	266,667	100,000	266,667	100,000	266,667	100,000	266,667	100,000	1,333,335	500,000
4-2세세부 : 상용화 제품 개발 및 적용기술	266,667	50,000	266,667	50,000	266,667	50,000	266,667	50,000	266,667	50,000	1,333,335	250,000
4-3세세부 : 성능향상 및 장수명화 기술	266,666	50,000	266,666	50,000	266,666	50,000	266,666	50,000	266,666	50,000	1,333,330	250,000
5세부과제 : 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	4,000,000	1,000,000
5-1세세부 : 고강도 경량골재 개발 및 콘크리트 배합 기술	437,037	100,000	437,037	100,000	437,037	100,000	437,037	100,000	437,037	100,000	2,185,185	500,000
5-2세세부 : 고성능 경량 콘크리트 바닥판 설계 시공 기술	362,963	100,000	362,963	100,000	362,963	100,000	362,963	100,000	362,963	100,000	1,814,815	500,000

2절. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,845,000	855,000	3,170,000	630,000	2,640,000	660,000	1,785,000	515,000	1,745,000	455,000	13,185,000	3,115,000
1세부과제 : 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술	1,245,000	255,000	1,230,000	270,000	790,000	210,000	410,000	90,000	470,000	30,000	4,145,000	855,000
1-1세세부 : 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술	345,833	85,000	358,750	90,000	230,417	70,000	119,583	30,000	146,875	10,000	1,201,458	285,000
1-2세세부 : 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술	345,833	85,000	358,750	90,000	230,417	70,000	119,583	30,000	146,875	10,000	1,201,458	285,000
1-3세세부 : FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가	553,333	85,000	512,500	90,000	329,167	70,000	170,833	30,000	176,250	10,000	1,742,083	285,000
2세부과제 : 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	1,600,000	400,000	840,000	160,000	750,000	250,000	375,000	125,000	375,000	125,000	3,940,000	1,060,000
2-1세세부 : 강교량의 부식 자동 검측 및 자동 도색 기술 개발	890,909	200,000	420,000	80,000	393,204	125,000	177,419	62,500	187,500	62,500	2,069,032	530,000
2-2세세부 : 동적거동을 받는 콘크리트 교량의 균열 치유 기술 개발	709,092	200,000	420,001	80,000	356,797	125,000	197,582	62,500	187,501	62,500	1,870,973	530,000
3세부과제 : 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발	1,000,000	200,000	1,100,000	200,000	1,100,000	200,000	1,000,000	300,000	900,000	300,000	5,100,000	1,200,000
3-1세세부 : BIM기반 교량 유지관리 정보모델 표준 개발	200,000	50,000	200,000	50,000	200,000	50,000	300,000	100,000	250,000	100,000	1,150,000	350,000
3-2세세부 : BIM 기반 교량 유지관리 전자매뉴얼 기술 개발	200,000	50,000	200,000	50,000	200,000	50,000	300,000	100,000	250,000	100,000	1,150,000	350,000
3-3세세부 : Active BIM 기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술 개발	350,000		400,000		400,000		250,000		250,000		1,650,000	-
3-4세세부 : BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 개발	250,000	100,000	300,000	100,000	300,000	100,000	150,000	100,000	150,000	100,000	1,150,000	500,000

3절. (일반과제) 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 기술 개발 소요예산

(단위 : 천원)

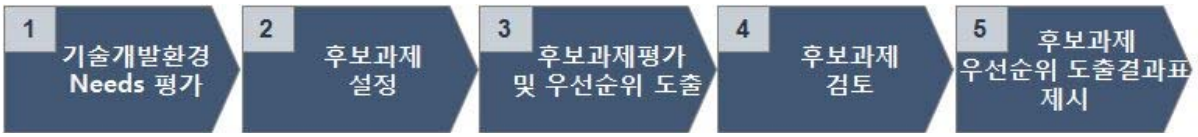
과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
일반과제 총괄	500,000	100,000	700,000	150,000	800,000	150,000	500,000	100,000	400,000	100,000	2,900,000	600,000
공동1 : 교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 개발 및 검증 기술 개발	180,000	-	255,000		285,000		180,000		150,000		1,050,000	-
공동2 : 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축	140,000	100,000	190,000	150,000	230,000	150,000	140,000	100,000	100,000	100,000	800,000	600,000
공동3 : 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	180,000	-	255,000		285,000		180,000		150,000		1,050,000	-

[첨부]

후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

1. 후보과제 우선순위 도출

○ 후보과제 우선순위는 QFD(Quality Function Deployment) 방법론을 이용하여 다음의 프로세스로 추진하였음



가. 기술개발환경 Needs 평가

(1) 기술개발환경 Needs 도출

○ 1단계 기술개발 방향설정시 수행한 STEEP분석, SWOT 분석에 대한 수정 보완 결과를 바탕으로 기획위원들 및 참여연구진들의 논의를 통하여 기술개발환경 Needs를 다음과 같이 총 13개 도출함

구분	기술개발환경 Needs	
기술측면	교량 고성능화 및 고품질화를 위한 고성능/신재료 활용 요구 증대	(고성능 및 신재료 활용도)
	교량 수명 연장에 대한 필요성 증대	(수명 연장 기여도)
	교량 급속 시공 및 교통 차단 최소화 기술에 대한 요구 증대	(공기 단축 기여도)
	교량 유지관리 수요 증가에 대한 기술 개발 필요성 증대	(효율적 유지관리 기여도)
	건설 분야에서 IT 및 NT와의 융복합화 기술에 대한 요구 증대	(융복합 기술 활용도)
산업 · 경제 측면	SOC 분야 예산 축소에 따른 비용절감형 기술에 대한 요구 증대	(예산 절감 기여도)
	산업부산물 활용 및 자원재활용에 대한 요구 증대	(산업부산물 및 자원재활용 활용도)
	새로운 시장 창출의 필요성 증대	(신시장 창출 기여도)
	교량 시공기술에 상응하는 설계기술의 육성필요	(설계시장 활성화 기여도)
정책 · 사회 측면	온실가스 감축에 대한 국내외적 요구 증대	(CO2 절감 기여도)
	녹색건설기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대	(정부정책 반영도)
	기술 경쟁 가속화에 따른 세계 일류 기술 개발 요구 증대	(세계일류, 세계최초기술 가능성)
	지속가능 발전에 대한 요구 증대	(미래 건설 기여도)

(2) 기술개발환경 Needs에 대한 평가항목 및 가중치 설정

- 기술개발환경 Needs에 대한 평가항목은 기획연구원들 및 참여연구진의 논의를 통하여 기술의 시급성, 정부지원 필요성, 기술개발성공가능성, 녹색정책기여도, R&D과제 추진필요성으로 설정함
- 평가항목에 대한 가중치 설정은 다음과 같음

구분	기술의 시급성	정부지원 필요성	기술개발 성공 가능성	경제적 파급효과	녹색정책 기여도	R&D과제 추진 필요성
가중치	4.0	3.7	4.3	4.0	4.0	4.4

(3) 기술개발환경 Needs 평가

- 도출된 13개의 기술개발환경 Need를 5개 평가항목에 따라 평가하여 가중치를 고려한 점수를 산정함
- 기술측면에서는 "교량수명 연장에 대한 필요성 증대 분야", 산업· 경제적 측면에서는 "산업부산물 활용 및 자원재활용에 대한 요구 증대", 정책·사회 측면에서는, "온실가스 감축에 대한 국내외적 요구 증대" 와 "녹색건설기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대" 등이 높은 순위로 나타났음.

구분		기술의 시급성	정부 지원 필요성	기술 개발 성공 가능성	경제적 파급 효과	녹색 정책 기여도	R&D 과제 추진 필요성	점수	순위
기술 측면	교량 고성능화 및 고품질화를 위한 고성능/신재료 활용 요구 증대	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1	98.9	7
	교량 수명 연장에 대한 필요성 증대	4.1	4.3	3.9	3.9	4.4	4.6	102.4	4
	교량 급속 시공 및 교통 차단 최소화 기술에 대한 요구 증대	3.7	3.9	4.3	4.0	3.7	3.9	95.5	11
	교량 유지관리 수요 증가에 대한 기술 개발 필요성 증대	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.3	101.3	5
	건설 분야에서 IT 및 NT와의 융복합화 기술에 대한 요구 증대	3.6	3.6	3.9	3.7	3.4	4.3	91.6	12

구분		기술의 시급성	정부 지원 필요성	기술 개발 성공 가능성	경제적 파급 효과	녹색 정책 기여도	R&D 과제 추진 필요성	점수	순위
산업·경제 측면	SOC 분야 예산 축소에 따른 비용절감형 기술에 대한 요구 증대	4.3	4.6	3.6	4.3	3.4	4.4	99.9	6
	산업부산물 활용 및 자원재활용에 대한 요구 증대	4.4	4.3	3.7	4.4	4.9	4.4	106.3	1
	새로운 시장 창출의 필요성 증대	3.9	4.3	3.6	4.6	3.4	4.3	97.6	9
	교량 시공기술에 상응하는 설계기술의 육성필요	3.6	3.6	3.7	4.0	3.1	3.7	88.5	13
정책·사회 측면	온실가스 감축에 대한 국내외적 요구 증대	4.7	4.3	3.6	3.9	4.9	4.1	103.3	3
	녹색건설기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대	4.3	4.7	3.6	3.7	5.0	4.4	104.4	2
	기술 경쟁 가속화에 따른 세계 일류 기술 개발 요구 증대	4.1	4.1	3.7	4.1	3.4	4.4	97.8	8
	지속가능 발전에 대한 요구 증대	3.7	4.3	4.0	3.9	3.9	4.1	97.1	10

나. 후보과제 설정

(1) 후보과제 설정 및 기술개발 단계설정

○ 30개의 후보과제에 대하여 기술의 단계를 기초·원천, 응용·개발, 상용화의 3단계로 구분하여 다음과 같이 제시함

연번	후보과제	단계설정		
		기초·원천	응용·개발	상용화
1	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술		○	
2	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술			○
3	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술		○	
4	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술			○
5	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술			○
6	조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 기술			○
7	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술		○	
8	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술		○	
9	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술		○	
10	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술		○	
11	신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술			○
12	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술			○
13	재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술		○	
14	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술		○	
15	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술		○	
16	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술		○	

연번	후보과제	단계설정		
		기초 · 원천	응용 · 개발	상용화
17	교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술			○
18	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술		○	
19	차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술			○
20	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술			○
21	에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술		○	
22	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술			○
23	BIM 기반의 교량 설계 협업 및 최적화 기술		○	
24	BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술			○
25	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술		○	
26	BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술		○	
27	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술		○	
28	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술		○	
29	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발			○
30	교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술		○	

- 30개의 과제는 국내 기술기반이 어느정도 갖추어진 상태로 기초·원천기술은 없는 것으로 구분됨
- 응용·개발기술은 상용화 이전단계로 18과제가 해당함
- 12개 기술은 기존기술의 개선, 성능향상, 일부 대체 기술로 상용화 대상으로 구분됨

(2) 후보과제별 기술수준 분석

o 후보과제별 기술수준 분석은 전문가 회의 및 내부 연구진 자체 분석 결과를 활용하여 작성

- 기술별 최고기술보유 국가는 대부분 일본, 미국, 유럽이 해당되며, 국내 기술수준은 BIM 분야 기술 등 몇몇 기술을 제외하고는 대부분 60%~80% 수준에 해당되며, 기술 개발 완료시 90% 이상의 수준으로 향상되는 것으로 분석됨

- BIM분야의 최고기술보유 국가는 대부분 미국으로 나타났으며 국내 기술수준은 31~56%로 다른분야에 비해 저조한 것으로 분석되었으며, 기술개발 완료시 80% 이상의 수준으로 향상되는 것으로 분석됨

연번	후보과제	기술수준 (%)		
		최고 기술보유 국가	최고기술 수준 대비 현재 기술수준	기술개발 완료 후 추정수준
1	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술	미국/일본	63%	93%
2	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술	일본	73%	94%
3	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	미국/일본	73%	96%
4	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술	미국/독일	71%	94%
5	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술	미국	73%	94%
6	조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 기술	미국	70%	93%
7	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	미국	60%	87%
8	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술	노르웨이,미국	60%	90%
9	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술	미국,일본	80%	90%
10	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	미국, 캐나다	70%	90%
11	신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술	캐나다,미국	70%	90%
12	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술	일본,미국	75%	90%
13	재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술	일본,유럽	70%	90%

연번	후보과제	기술수준 (%)		
		최고 기술보유 국가	최고기술 수준 대비 현재 기술수준	기술개발 완료 후 추정수준
14	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	유럽,미국	75%	95%
15	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	미국	50%	90%
16	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술	미국	80%	95%
17	교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술	미국	80%	95%
18	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술	미국/일본	80%	90%
19	차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술	미국/유럽	60%	90%
20	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술	미국	80%	90%
21	에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술	미국/일본	80%	95%
22	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술	미국	85%	95%
23	BIM 기반의 교량 설계 협업 및 최적화 기술	미국	54%	88%
24	BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술	미국	49%	84%
25	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	미국	56%	88%
26	BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술	미국	39%	79%
27	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술	EU	53%	90%
28	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술	EU	50%	87%
29	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	미국	38%	81%
30	교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술	EU, 싱가폴	31%	80%

(3) 후보과제별 기술개발 목표 및 최종성과물 설정

○ 30개의 후보과제별 기술개발 목표 및 최종성과물을 다음과 같이 제안함

연번	후보과제	기술개발목표	최종성과물
1	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술	• 전면 교통통제 없는 상부구조 교체기술 개발 • 기존 교체 공법 대비 현장공기 50% 단축 상부구조 교체기술 개발	• 단계적 시공을 위한 구조시스템 • 경제적 가교 시스템
2	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술	• 철도 운행중지 시간 내의 부재 교체 기술 • 철도교 교체 작업기간 중 철도 운행이 가능한 공법 개발	• 부분교체 가능 구조시스템 • 기존 철도궤도를 활용한 교체기술 • 주요부재 제거 후의 안정적 구조기능 유지 기술
3	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	• 교통차단 없는 교량받침 급속교체 기술 • 신축이음장치 교체 현장공기 50% 단축	• 상부구조 숭상 장치 • 교량부속 장치의 모듈화 개발
4	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술	• 장경간, 경량화 조립식 상부구조 시스템 개발 • 조립식 도로교 상부구조 급속시공 기술 개발	• 장지간 조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 • 프리캐스트화에 의한 현장 조립 시공 기술
5	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술	• 장경간, 경량화 조립식 철도교 상부구조 시스템 개발 • 조립식 철도교 상부구조 급속시공 기술 개발	• 장지간 조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 • 프리캐스트화에 의한 현장 조립 시공 기술
6	조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 기술	• 교각 현장공기 90% 단축 기술 개발 • 부재 공장제작비 90% 달성	• 완전조립식 교량 하부구조 시스템 • 기초와 하부구조의 연결기술 • 교각두부 가설공법
7	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	• 현장공정 1일 이내 일괄급속시공(교체) 교량 시스템 개발 • 일괄급속시공 신공법 및 장비 개발	• 일괄시공 교량 시스템 • 합성구조에 의한 경량화 기술 • 일괄급속시공 장비
8	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술	• 산업부산물 등을 이용하여 구조용 경량 골재를 개발 • 경량 골재를 활용한 고강도 경량 콘크리트를 개발 • 경량 콘크리트를 활용한 경량 교량바닥판 개발	• 고강도 콘크리트용 경량 골재 제품 • 경량 고강도 콘크리트 배합 방법 • 고강도 경량 콘크리트 바닥판 제품 • 관련 기준
9	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술	• 재료 물량이 20% 이상 절감되고 내구성이 50% 이상 향상된 콘크리트 거더 개발	• 고성능 콘크리트 거더 제품 • 설계 기준 및 시공 지침

연번	후보과제	기술개발목표	최종성과물
10	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	• FRP 보강근 및 FRP 복합재료를 활용한 교량 부재 개발 • 알루미늄을 활용한 교량 부재 개발	• FRP 보강근을 활용한 교량 바닥판 제품 및 관련 설계 및 시공 기준 • 알루미늄 교량 바닥판 및 관련 설계 및 시공 기준
11	신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술	• FRP 등 신재료를 활용하여 기존 노후 교량에 대한 고효율 급속 보강 기술의 개발	• 신재료를 활용한 고효율 보강 공법 • 관련 설계 및 시공 기준
12	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술	• 고성능 강재의 효율 극대화를 위한 고강도 강재 적용 기술의 개발 및 실용화 • 고성능 강재 활용 내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 상부구조시스템 개발 및 상용화	• 고성능 강재를 활용한 상부구조물 • 고성능 강재를 활요한 강바닥판 제품 • 관련 설계 및 시공 기술
13	재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술	• 고효율 강-콘크리트 합성 거더 시스템의 개발 • 고효율 강합성 바닥판 개발	• 저비용 고효율 강-콘크리트 합성 거더 • 고성능 강합성 바닥판 제품 • 관련 설계 및 시공 기술
14	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	• 경제적인 교량 하부구조를 건설할 수 있도록 하부구조의 성능기반 설계기술과 설계기준을 개발 • 항복강도 600 MPa 철근을 콘크리트 교각에 활용하는 기술의 개발	• 교량 하부구조의 성능기반 설계기준 • 고강도철근을 적용한 교량 하부구조의 설계 기술
15	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	• 유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술의 개발 • 교량 유지관리 절감 및 성능이 크게 향상된 교량 받침 및 신축이음 개발	• 고효율 일체식 교량 기술 • 설계 기술 및 시공 기술 • 고성능 교량 받침 및 신축이음 제품
16	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술	• 유지 보수가 편리한 무선센서네트워크 기반의 교량 상태 데이터 감지/취득/실시간 전송 및 모니터링을 위한 웹방식의 SHM(Structural Health Monitoring) 시스템 개발	• USN 기술을 활용한 교량 안전 모니터링 시스템
17	교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술	• GPS로부터 계측된 정적/동적 위치데이터와 레이져 스캐닝 기반의 계측데이터 및 스트레스 형광물질을 종합한 3차원 거동 분석 알고리즘 개발 및 이를 시각화한 전역적 구조물 모니터링 시스템 개발	• GPS 및 레이저 스캐닝 및 스트레스 형광물질 기반의 교량 거동 3D 계측 장비 • 3D 구조물 거동 평가 알고리즘 및 이를 시각화한 시스템
18	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술	• 교량 취약부재의 국부 손상 검출을 위한 펄스 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM 을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출기술 개발	• 펄스 레이저 및 FSM 기반의 교량 취약부재 실시간 손상 탐지 시스템

연번	후보과제	기술개발목표	최종성과물
19	차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술	• 교량상 도로 및 궤도의 효율적인 유지관리를 위한 차량 중량 측정 장치와 이를 이용한 교량의 실시간 상태평가 기술 개발	• 차량 중량 측정시스템 및 이를 기반으로 하는 교량의 정량적 상태평가 시스템
20	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술	• 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발 • 머신비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술 개발	• 교량 포장크랙 인식 및 수리 자동화 장비
21	에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술	• 압전 소자(Piezoelectric element)를 이용한 교량 모니터링 무선센서 네트워크용 에너지 하베스트(Energy harvest) SoC 개발 • 일반조명 1000lux이하의 자동 동작 구현 및 조도에 따른 에너지 경관 조명의 디밍으로 시간대별 밝기 조절을 통해 에너지소비량 30% 감소 • USN PAN당 128EA이상의 노드 동작 구현	• 교량의 상시 진동 특성을 고려한 압전 소자 기반 에너지 변환 장치의 설계 • 압전 소자 기반 에너지 전송/저장 장치 및 무선센서 송신모듈 설계 • 압전소자 기반 에너지 하베스팅 시스템 및 무선센서 송신모듈 통합 SoC 개발
22	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술	• 영상이나 레이져를 포함한 각종 센서를 응용하는 다양한 테스트를 통해 노면결빙 정보를 보다 신뢰성 있게 감지할 수 있는 방법을 연구 • 연구된 센서방식을 통해 프로토타입 제작 및 결빙방지장치와 USN 베이스 스테이션과 연동까지 고려된 상용화 시제품 개발 • 교량 난간용 에어백 감지 시스템 및 에어백 모듈 개발	• 교량 난간용 에어백 감지 시스템 • 결빙방지장치와 USN 베이스 스테이션과 연동까지 고려된 상용화 시제품
23	BIM 기반의 교량 설계 협업 및 최적화 기술	• 교량 설계 주체들 간의 설계정보 공유 및 설계데이터 조합을 지원하고 각종시뮬레이션을 가능하게 하는 의사결정 및 지원시스템 개발을 통해 설계업무 효율성을 증대시키는 최적화 기술개발	• BIM기반 교량 설계 협업지원 시스템 • 설계주체의 의사결정 지원도구 개발 • 교량 BIM모델 설계검증 및 성능평가 기술개발
24	BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술	• BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용하여 실시간 공정관리, 진도관리, 노무관리, 자재관리, 장비관리 및 안전관리 등 효율적 교량 공사관리를 위한 서비스 제공	• 스마트모바일기기 활용 공사관리 시스템 • 증강현실기반 공사관리 시스템

연번	후보과제	기술개발목표	최종성과물
25	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	• BIM 기술과 USN 기술을 기반으로 교량구조물 상태 정보 모니터링 기술을 개발하여 관리 혁신 및 지능적 교량 상황관리 기술 확보 및 최신 공간정보기술을 기반으로 하여 교량 상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있는 통합관리 플랫폼 개발	• BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 • BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 개발 • USN 기반 교량 상태정보 수집 및 BIM 연계기술 개발
26	BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술	• BIM 기반의 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 설계, 시공, 유지관리 단계에서 지능형 친환경 교량의 엔지니어링 생산성이 10% 향상	• 설계단계의 교량정보모델 운영기술 개발 • 구매조달단계의 교량정보모델 운영기술 개발 • 시공단계의 교량정보모델 운영기술 개발 • 클라우드 컴퓨팅 기반의 가상 운영시스템 구축
27	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술	• 교량 전 생애주기를 지원하는 IFC 데이터 모델을 확장하여 전체 협업에 있어 정보 손실을 최소화하고, 교량 구조물의 구성요소의 객체라이브러리 구축을 통해 설계단계부터 유지관리단계까지 다양한 요구사항 지원을 목표로 함	• 표준업무프로세스 정립 • 교량구조물의 요소별 표준분류체계 정립 • IFC를 기반으로 한 데이터 모델 개발 • 교량 설계 및 운용에 필요한 요소 분류 및 체계화 • IFC를 기반으로 한 라이브러리 구축
28	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술	• 교량구조물을 대상으로 하여 교량의 구성요소를 체계적으로 분류하고 구성요소의 객체 라이브러리 구축을 통해 프로젝트에서 발생하는 다양한 요구사항을 지원하는 것을 목표로 함	• 교량 구성요소 분류기준 정의를 통한 분류체계의 구축 • 3차원 형상기반 라이브러리 구축을 위한 형상군 정의 • 교량의 구성요소의 3차원 형상기반 파트 라이브러리의 구축
29	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	• 교량의 전 생애주기 및 형식별 탄소배출량을 DB화하여, 기획단계시 탄소배출량 예측이 가능한 시스템을 구축	• 교량 생애주기 및 형식별 탄소배출량 DB와 BIM의 연계 • BIM 구축을 통한 탄소배출량 산정 시스템
30	교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술	• IFC(Industry Foundation Classes) 기반 교량정보모델의 품질관리를 위한 모델 검증체계를 구축하는 것으로써 교량정보모델의 필요 검증요소 조건과 이를 효과적으로 검토할 방안을 제시하여 발주자, 설계사, 시공사 및 유지관리 전문기관의 경제적 이득을 향상시키기 위한 핵심 기술 개발 및 평가	• 표준데이터포맷 기반 정보추출 시스템 • 표준데이터모델 기반 모델 구현 시스템 • 모델검증절차 알고리즘

다. 후보과제 평가 및 우선순위 도출

- 후보과제 우선순위는 기술개발환경 니즈별로 총 47인의 전문가(급속시공분야 10인, 신소재 교량 분야 17인, 지능형교량 분야 13인, BIM분야 7인 등)의 평가로 진행하였음.
- 각 전문가가 5점 척도로 각 과제별로 평가결과의 평균치에 "3.1.3 기술개발 환경 Needs 평가"에서 제시된 기술개발환경 니즈별 가중치 점수를 곱한 값을 산정하였으며, 그 점수가 높은 과제가 우선순위가 높은 것으로 정의하였음.
- 급속시공분야 7개 후보과제에 대한 평가결과는 다음과 같으며, "운행중지 시간중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술"에 가장 높은 점수 부여되었음.

연번	급속시공분야 후보과제	점수	순위
1	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술	4759.9	5
2	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술	4902.0	1
3	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	4230.3	7
4	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술	4815.5	3
5	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술	4873.3	2
6	조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 기술	4733.7	6
7	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	4774.8	4

- 신소재 교량분야 8개 후보과제에 대한 평가결과는 다음과 같으며, "고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술"에 가장 높은 점수 부여되었음.

연번	후보과제	점수	순위
8	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술	4817.6	2
9	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술	4940.9	1
10	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	4633.8	5
11	신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술	4732.3	4
12	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술	4515.1	7
13	재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술	4813.9	3
14	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	4633.3	6
15	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	4489.6	8

○ 지능형 교량분야 7개 후보과제에 대한 평가결과는 다음과 같으며, "교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술"에 가장 높은 점수 부여되었음.

연번	후보과제	점수	순위
16	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술	4398.9	5
17	교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술	4396.3	6
18	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술	4730.2	4
19	차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술	4819.4	2
20	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술	5034.5	1
21	에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술	4760.7	3
22	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술	4292.9	7

○ BIM 분야 8개 후보과제에 대한 평가결과는 다음과 같으며, "BIM 기반의 교량 설계 협업 및 최적화 기술"에 가장 높은 점수 부여되었음.

연번	후보과제	점수	순위
23	BIM 기반의 교량 설계 협업 및 최적화 기술	5180.4	1
24	BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술	4809.1	3
25	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	4684.6	4
26	BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술	4274.4	7
27	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술	4398.0	5
28	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술	4353.3	6
29	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	4834.3	2
30	교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술	3932.9	8

라. 후보과제 검토

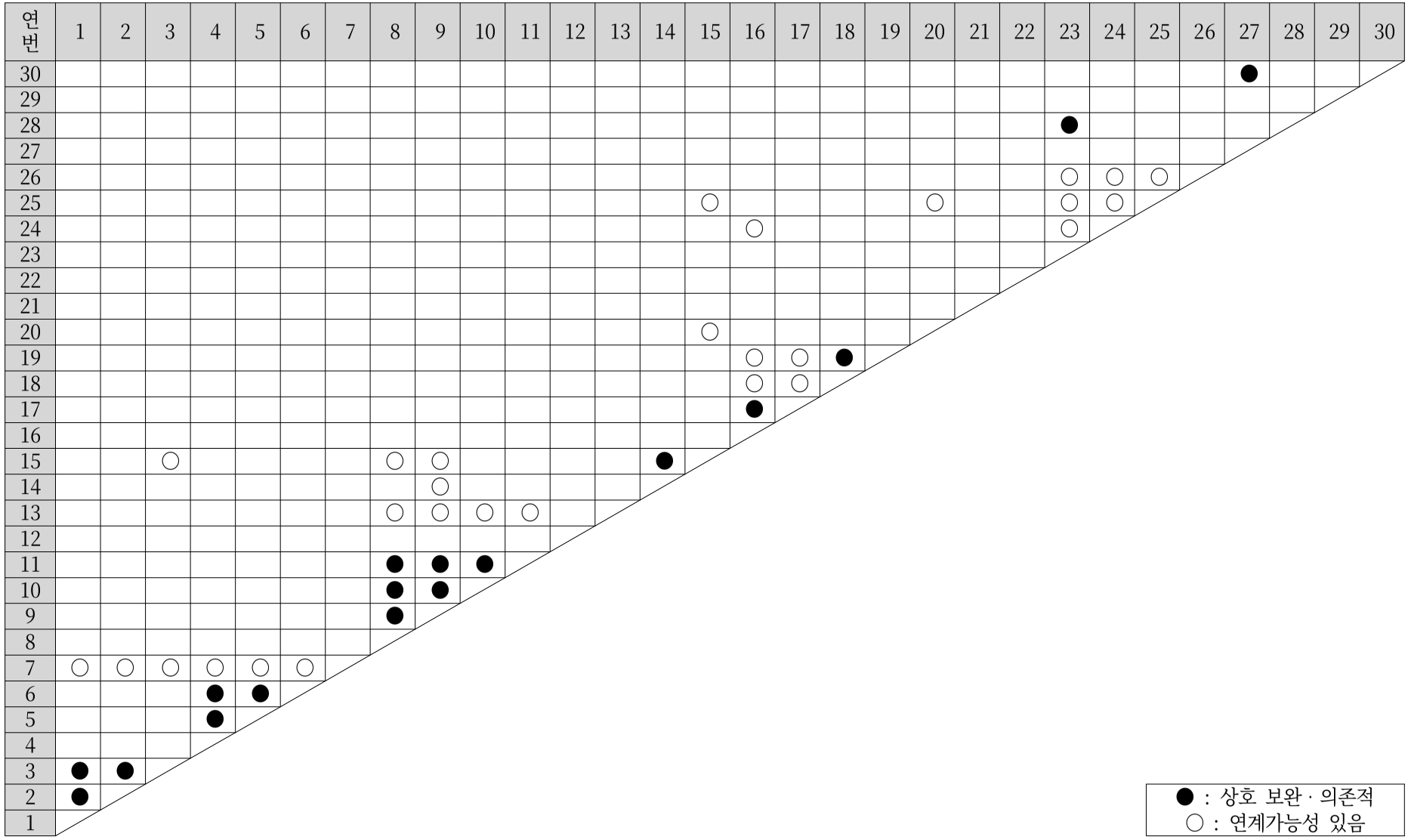
(1) 후보과제와 기술개발전략과의 부합성 검토

○ 전반적으로 주요 중점연구 분야별 성격에 적합한 기술개발목표와 부합하는 형상을 나타내고 있음. 또한 기술개발 목표중, 교량 수명 30% 이상 연장을 통한 탄소배출량 저감 분야가 가장 주요한 목표로 설정됨.

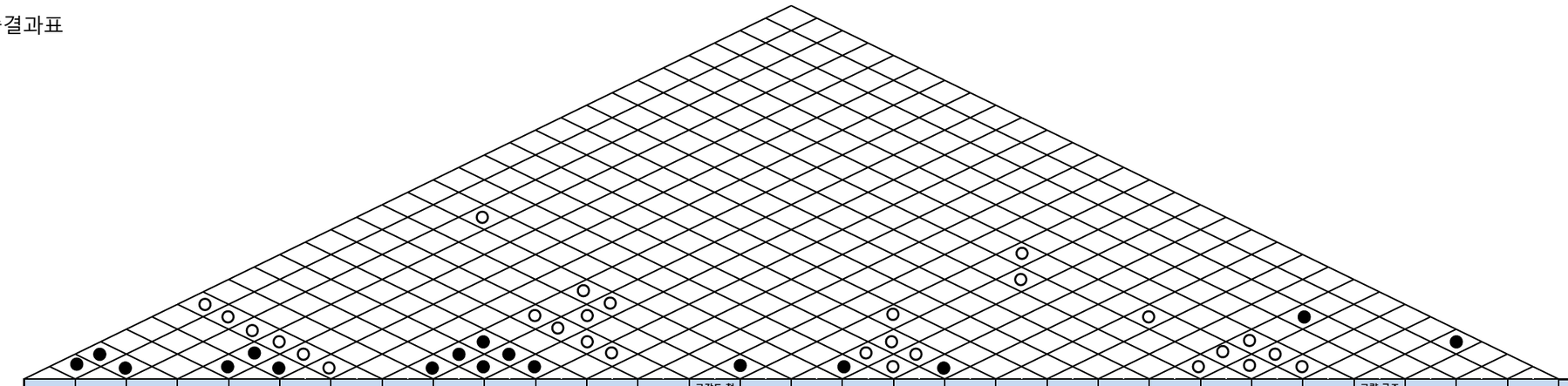
기술개발목표		과제번호																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	전면통제없는 급속교량교체	√	√	√	√		√	√																	√						
2	교통통제 최소화 급속시공	√	√	√	√	√	√	√																	√						
3	교량 슬림화를 통한 건설재료 20%이상 절감				√	√	√	√	√	√	√		√	√	√									√	√						
4	교량수명 30%이상 연장을 통한 탄소배출량 저감	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√				√	√	√		√	√	√				√	
5	자가진단형 실시간 교량 진단/평가의 자동화,지능화 구현																√	√	√	√	√	√			√	√	√	√			
6	교량 유지관리 효율화를 통한 교량 수명 30% 연장	√	√	√	√	√	√	√			√	√				√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√			
7	교량 BIM 설계, 시공, 유지관리 패러다임 혁신 기술개발	√	√		√	√	√	√										√						√	√	√	√	√	√	√	√
8	교량 Green bim을 통한 온실가스 10% 저감																							√	√	√	√			√	

(2) 후보과제간 연계성 검토

- 30개의 후보과제 중 상호 보완·의존적인 과제를 검토함
- 본 기획과제는 크게 급속시공 분야, 신소재교량 분야, 지능형 교량 분야, 교량 BIM 분야 등으로 구분되어 있으며, 각 분야별로 제시한 후보과제들 간에는 상호간 매우 연관성이 높은 것으로 파악되고 있음.
- 특히 급속시공분야의 1~3과제와 4~6과제, 신소재 교량 분야의 8~11과제와 14,15과제, 지능형 교량분야의 16,17과제와 18,19과제, BIM분야의 23,28과제와 27,30과제가 연관성이 매우 높은 것으로 나타났으며, 타 분야간에도 급속시공분야의 3과제와 신소재교량분야의 15과제, 지능형교량분야의 16과제와 BIM분야의 24과제 등 일부 연관성이 있는 과제가 존재하는 것으로 조사되었음.
- 급속시공 분야의 1~3 과제는 급속교체 기술로 교량 경간장 등 기존 상부구조 형식을 크게 변화시키지 않고 교통차단을 최소화 또는 교통차단을 실시하지 않는 공법개발을 목표로 하고 있으며, 4~5 과제는 신설교량의 급속시공 공법으로 교량의 장지간화를 통한 현장공기를 최대한 단축시키면서도 경제적인 공법 개발을 목표로 하고 있어, 서로 연구 방향이 다름. 또한, 6 과제는 하부구조 풀 프리캐스트 급속시공 공법으로 1~3 과제와의 중복성은 없음
- 각 과제들은 중점추진분야별로 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 분석되었으며, 이를 바탕으로 과제 추진체계를 설정하였음(4개 연구단).


연번
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
● : 상호 보완 · 의존적
○ : 연계가능성 있음

마. 후보과제 우선순위 도출결과표



			교통차단 최소화 단계적 도로 교 상부구조 교체 기술	운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술	교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술	조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술	조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술	조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템기술	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술	고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술	신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술	FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술	재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술	고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술	유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술	교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술	비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술	차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술	교량 손상 자동치유 및 머신비전 기반 유지관리기술	에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술	BIM 기반의 교량 설계 협업 및 최적화 기술	BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술	교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체 라이브러리 제작 기술	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발	교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술	기술개발환경 Needs 평가항목(5점 척도)						점수	순위
																																		기술의 시급성	정부지원 필요성	기술개발 성공 가능성	경제적 파급효과	녹색정책 기여도	R&D 과제 추진 필요성		
기술개발환경 Needs																																	4.0	3.7	4.3	4.0	4.0	4.4		
기술측면	(고성능 및 신재료 활용도)	교량 고성능화 및 고품질화를 위한 고성능/신재료 활용 요구 증대	3.8	4.0	3.2	4.2	4.2	4.0	4.6	4.6	4.7	4.7	4.5	4.3	3.9	4.5	3.7	2.9	2.9	3.5	3.5	4.3	2.9	3.1	2.4	1.8	1.6	1.6	1.6	2.4	2.8	1.4	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1	98.9	7
	(수명 연장 기여도)	교량 수명 연장에 대한 필요성 증대	3.6	3.8	3.2	3.4	3.4	3.2	3.4	4.5	4.5	4.4	4.1	3.9	4.1	4.1	4.0	3.6	4.0	4.2	4.4	4.2	3.1	2.7	3.4	3.2	4.0	3.2	3.2	2.8	2.6	2.4	4.1	4.3	3.9	3.9	4.4	4.6	102.4	4
	(공기 단축 기여도)	교량 급속 시공 및 교통 차단 최소화 기술에 대한 요구 증대	4.6	4.6	4.4	4.6	4.4	4.6	4.8	3.5	3.4	3.7	3.3	3.1	3.3	3.2	3.3	2.8	3.0	2.9	3.0	2.9	2.6	3.2	4.0	4.0	2.6	2.8	2.4	2.8	2.0	2.0	3.7	3.9	4.3	4.0	3.7	3.9	95.5	11
	(효율적 유지관리 기여도)	교량 유지관리 수요 증가에 대한 기술 개발 필요성 증대	4.0	3.8	3.8	3.6	3.6	3.4	3.6	3.5	3.4	3.3	4.1	3.3	3.6	3.4	4.6	4.3	4.4	4.4	4.6	4.5	3.8	3.3	3.6	3.8	4.4	4.2	4.2	4.0	3.6	3.2	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.3	101.3	5
	(융복합 기술 활용도)	건설 분야에서 IT 및 NT와의 융복합화 기술에 대한 요구 증대	3.0	2.8	2.6	2.8	3.0	2.8	2.6	2.9	2.9	3.5	3.3	2.9	3.1	2.8	3.3	4.5	3.7	3.7	3.5	3.9	3.8	3.6	4.8	5.0	4.6	4.8	4.6	4.6	4.6	4.6	3.6	3.6	3.9	3.7	3.4	4.3	91.6	12
산업·경제 측면	(예산 절감 기여도)	SOC 분야 예산 축소에 따른 비용절감형 기술에 대한 요구 증대	3.6	3.4	3.0	3.6	3.6	3.4	3.4	3.7	4.2	2.9	3.2	3.6	4.2	3.7	3.3	3.3	3.1	3.6	3.7	3.4	4.1	3.4	4.2	3.6	3.8	3.2	3.0	3.0	3.6	3.2	4.3	4.6	3.6	4.3	3.4	4.4	99.9	6
	(산업부산물 및 자원재활용 활용도)	산업부산물 활용 및 자원재활용에 대한 요구 증대	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.5	2.9	2.5	2.5	2.5	3.0	2.9	2.5	2.5	2.4	2.8	2.6	3.3	3.2	2.8	3.8	3.2	3.4	2.8	3.2	3.0	3.8	2.8	4.4	4.3	3.7	4.4	4.9	4.4	106.3	1
	(신시장 창출 기여도)	새로운 시장 창출의 필요성 증대	4.0	4.0	3.4	4.0	4.2	4.2	3.8	3.8	4.3	4.1	3.9	3.9	3.6	3.6	3.7	3.8	3.5	3.8	4.0	4.2	4.2	3.9	4.4	4.0	3.8	4.2	4.2	4.0	4.0	4.2	3.9	4.3	3.6	4.6	3.4	4.3	97.6	9
	(설계시장 활성화 기여도)	교량 시공기술에 상응하는 설계기술의 육성필요	3.6	3.8	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.8	3.9	3.5	3.6	4.1	3.7	3.5	2.5	3.4	2.8	3.3	3.5	3.2	3.3	4.6	3.4	3.4	3.0	3.4	3.4	3.2	3.2	3.6	3.6	3.7	4.0	3.1	3.7	88.5	13
정책·사회 측면	(CO2 절감 기여도)	온실가스 감축에 대한 국내외적 요구 증대	3.8	4.4	3.6	4.2	4.2	4.2	4.0	3.7	3.7	3.5	3.5	3.5	3.9	3.7	3.1	3.3	3.2	3.5	4.0	3.9	4.4	2.8	4.0	3.8	3.8	2.4	2.8	2.8	5.0	2.6	4.7	4.3	3.6	3.9	4.9	4.1	103.3	3
	(정부정책 반영도)	녹색건설기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대	3.8	4.2	3.6	4.2	4.2	4.0	4.0	3.8	3.6	3.6	3.4	3.5	3.8	3.5	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	4.0	4.5	3.6	4.2	4.0	3.8	3.4	3.8	3.6	5.0	2.8	4.3	4.7	3.6	3.7	5.0	4.4	104.4	2
	(세계일류, 세계최초기술 가능성)	기술 경쟁 가속화에 따른 세계 일류 기술 개발 요구 증대	3.8	4.0	3.0	3.8	4.0	3.8	3.8	3.9	4.3	4.1	3.9	3.9	4.1	3.9	3.5	3.6	3.7	4.2	4.1	4.3	4.0	3.9	4.8	4.6	4.2	4.0	4.4	4.0	4.6	3.8	4.1	4.1	3.7	4.1	3.4	4.4	97.8	8
	(미래 건설 기여도)	지속가능 발전에 대한 요구 증대	3.8	4.0	3.6	4.0	4.2	4.0	4.0	3.9	4.1	3.8	3.9	3.9	4.1	3.8	3.7	4.0	3.8	4.6	4.3	4.6	4.3	3.9	4.4	4.4	4.0	3.8	3.8	3.8	4.0	3.8	3.7	4.3	4.0	3.9	3.9	4.1	97.1	10
점수			**4759.9**	**4902.0**	**4230.3**	**4815.5**	**4873.3**	**4733.7**	**4774.8**	**4817.6**	**4940.9**	**4732.3**	**4633.8**	**4515.1**	**4813.9**	**4633.3**	**4489.6**	**4398.9**	**4396.3**	**4730.2**	**4819.4**	**5034.5**	**4760.7**	**4292.9**	**5180.4**	**4809.1**	**4684.6**	**4274.4**	**4398.0**	**4353.3**	**4834.3**	**3932.9**								
순위			**14**	**4**	**29**	**9**	**5**	**15**	**12**	**8**	**3**	**16**	**19**	**21**	**10**	**20**	**22**	**23**	**25**	**17**	**7**	**2**	**13**	**27**	**1**	**11**	**18**	**28**	**24**	**26**	**6**	**30**								

2. 과제추진 체계 및 후보과제 과제카드

가. 과제추진 체계도

- 본 2단계 기획에서는 최종으로 도출된 30개 후보과제에 기초하여 총 4개 연구단(교량 급속시공 및 급속교체연구단, 고성능재료 활용 저탄소/장수명 교량기술 연구단, 탄소저감형 지능화 교량 연구단, 교량 BIM기술 연구단)으로 제시하였음.
- 제시된 4개 연구단은 연구목표는 교량구조물에 대한 설계, 시공, 유지관리 프로세스상에서 탄소배출량을 최소화하고자 하는 목적은 동일하지만, 연구내용상 성격이 상이함.
- 2단계 검토위원회 결과 및 경쟁기획기관의 기획결과를 검토하여 3단계에서는 과제추진체계에 대하여 재보완 예정임.

(1) 교량 급속시공 및 급속교체 연구단

연구단	세부과제
교량 급속시공 및 급속교체 연구단 **연구단 목표: 신설교량의 현장시공 기간을 기존 대비 최소 50% 이상 단축시키고, 교통차단을 최소화 또는 교통차단 없이 기존 교량을 교체할 수 있는 기술 구현**	교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술(1) 운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술(2) 교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술(3) 조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술(4) 조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술(5) 조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 개발(6) 현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술(7)
테스트베드 구축 관련 **- 본 과업은 교량의 급속시공 및 급속교체를 실현하기 위한 것으로 연차별 성과품에 대한 테스트베드 구축 필요(3차년도 이후부터 예정)**	

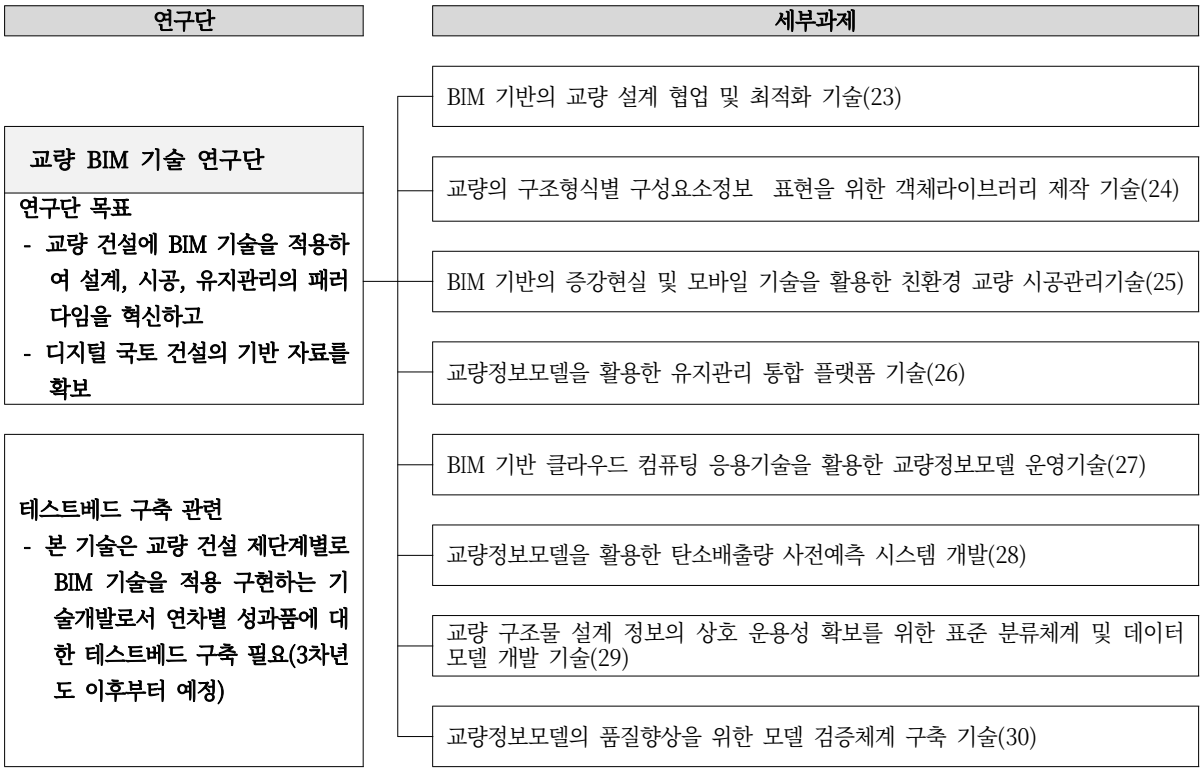
(2) 고성능 재료 활용 저탄소/장수명 교량 기술 연구단

연구단	세부과제
연구단명 : **고성능 재료 활용 저탄소/장수명 교량 기술 연구단** **연구단 목표: 교량 슬림화를 통한 건설재료 20% 이상 절감, 교량 수명 30% 이상 연장을 통한 탄소배출량 저감** **테스트베드 구축 관련** **- 본 과업은 저탄소/장수명 교량을 실현하기 위해 고성능 재료를 교량에 활용하는 기술을 개발하는 것으로 분야별 성과품에 대해 현장 적용을 위한 테스트베드 구축 필요(3차년도 이후부터 예정)**	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술(8) 고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술(9) FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술(10) 신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술(11) 고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술(12) 재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술(13) 고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술(14) 유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술(15)

(3) 탄소저감형 지능화 교량 연구단

연구단	세부과제
탄소저감형 지능화 교량 연구단 **연구단 목표: 교량 스스로 이상유무를 판정하고, 판정된 결과에 따라 자동적으로 조치를 취할 수 있는 미래형 교량 부재기술 및 유지관리 기술 구현** **테스트베드 구축 관련** **- 본 과업은 미래형 지능화된 교량을 구현하기 위한 것으로 연차별 성과품에 대한 테스트베드 구축 필요(3차년도 이후부터 예정)**	무선센서네트워크 기반의 웹방식 교량모니터링 지능화 기술 개발(16) 교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술 개발(17) 비접촉센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출기술 개발(18) 차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가기술 개발(19) 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 개발(20) 에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관조명 제어시스템 및 USN 전력공급 기술 개발(21) 교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감기술 개발(22)

(4) 교량 BIM 기술 연구단



나. 후보과제별 과제카드

(1) 교량 급속시공 및 급속교체 연구단

o 연구단 총괄 과제카드

<table>
<tr><td>1. 연구단명</td><td colspan="11">교량 급속시공 및 급속교체 연구단</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="11">○ 도심지 교통량의 증가, 70~80년대에 건설된 교량의 노후화 및 환경적인 요구, 최근 기후변화에 의한 자연재해의 증가에 따라 향후 공용 교량에 대한 신설 또는 교체 등에 대한 수요가 급속히 증가할 것으로 예측됨
○ 교량은 공공성이 가장 높으면서도 국민 생활과 밀접한 관련이 있는 시설물로서, 교량 붕괴 또는 파손시 신속한 응급복구와 교량 교체공사시 공사기간 단축은 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대와 직결되며, 교량의 신설, 교체시장의 증가로 인해 교량의 공기 단축 및 적용재료를 최소화함에 의한 탄소 배출량 최소화가 반드시 필요한 실정임</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="11">○ 교량의 조립식 급속시공 기술 및 교통차단 없는 단계적 급속교체 기술, 초급속 일괄시공 및 교체 기술 등의 개발을 통한 교량 건설에 따른 교통차단 및 교통정체 최소화와 저탄소 친환경 교량 건설 환경 구축</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="11">○ 기술개발 동향
○ 프리캐스트 바닥판, 강합성 바닥판 등 부재 단위의 급속시공 공법이 활발히 연구되고 있으나, 안전성이 확보되지 않은 상태에서 급속교체에 적용하기는 어려운 상황임
○ 교량 전체의 조립식 급속시공은 미국에서 일부 적용사례가 있으나 국내에서는 적용되고 있지 않음
○ 교량 상부구조의 급속교체 및 급속시공 또한 미국과 유럽 등 기술 선진국에서 적용사례가 있으나, 국내에서는 이를 실현할 장비가 없을 뿐 만 아니라 이와 관련된 연구도 진행되지 않고 있는 상황임
○ 국내 급속교체 및 급속시공 기술은 선진국 대비 50% 수준인 것으로 파악되고 있으나, 국내에 우수한 현장 숙련공 및 연구원이 포진하고 있기 때문에, 집중적인 지원과 연구가 수행될 경우, 단기간에 선진국 수준의 기술력을 확보하여 세계 기술 시장 진출이 가능

○ 산업/시장 동향
○ 국내 도로교는 2001년 이후 연평균 144km(8.2%) 씩 증가하고 있으나, 향후에는 이와 같은 급격한 증가는 나타나지 않을 것으로 판단되어져, 과거 10년간 연평균 증가율의 30% 만 신설하는 것으로 가정하고 신설 도로교 시장을 전망하고, 전국 도로교 중 서울 및 각 광역시 소재 교량과 경기도 소재 교량(경기도 교량은 50% 만 도심지 교량으로 분류)을 합하면 전체 교량 연장 대비 약 27% 가 되며, 이 비율을 급속 신설교량시장으로 가정함
○ 도로교의 최근 10년간 연평균 증가율은 8.2%로 향후에는 이의 30% 인 2.5%가 매년 증가하고 이 중 27% 를 급속시공 시장으로 가정하면, 본 연구가 종료되는 2017년도에는 13.9km 정도의 교량이 급속시공으로 건설될 것으로 예상되어지며, 왕복 4차선(24.8m)를 기준으로 건설단가는 2007~2009년 고속도로 교량형식별 설계단가 평균치(2.4백만원/m2)로 산정함
○ 도로교 교체는 공용기간이 40년을 넘는 교량을 기준으로 매년 8.2% (2001~2010년 교량증가율)씩 증가하고 이 중 급속교체가 필요한 시장은 전체의 50% 로 가정하고, 산출방법은 신설 도로교에서의 방법과 동일함
○ 철도 프로젝트는 서울 - 춘천간 KTX 등 전국적인 KTX 서비스망 구축, 간선철도 고속화 사업 및 남북횡단철도 구축사업과 현재 40% 미만인 복선화율을 고려하면 향후 비약적인 증가가 예상되어지나, 보수적인 시장규모 산정을 위하여 최근 10년간의 연평균 증가율만 고려하여 시장규모를 전망하고, 철도교는 도심지 구분이 없어, 신설 철도교의 급속시공 시장 비율은 도로교와 같이 27% 로 가정하고, 철도교의 교체는 모든 철도교가 철도 운행 정지 시간 중 현장공사를 진행하여야 하기 때문에 급속교체 시장은 모든 시장으로 설정함
○ 철도교는 최근 10년간 연평균 증가율인 6.5%가 매년 증가하고 이 중 27% 가 급속시공으로 건설된다고 가정하면 2017년도에는 9.6km 정도의 철도교량이 급속시공으로 건설되어지며, 일반철도 지간장 40m PSC 박스교의 평균 건설단가(28백만원/m)를 기준으로 시장규모를 산출함
○ 연구가 끝나는 2017년의 도로교 및 철도교의 국내시장 규모를 검토한 결과, 신설교량 시장은 1.0조원, 교체교량 시장은 1.3조원을 상회하는 것으로 나타남
○ 세계건설시장은 전체 4.5조달러(건설산업동향, 2008)이며, 이 중 도로철도분야 시장은 전체의 약 26%(ENR, 2006)인 1.2조달러로 추산됨. 교량 건설시장을 도로철도시장의 10%로 추정하고 급속시공이 필요한 시장을 국내시장과 동일하게 전체 교량의 27%로 추정하면, 세계 도로교 시장은 연간 300억달러(30조원) 으로 추산되며, 연간 성장률은 5%로 추정함(ENR, 2007)</td></tr>
<tr><td>시장규모</td><td>연도</td><td>적용</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td rowspan="4">(억원)</td><td></td><td>연도</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>13,402</td><td>14,405</td><td>15,502</td><td>16,665</td><td>17,929</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>300,000</td><td>315,000</td><td>330,750</td><td>347,288</td><td>364,652</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td><td>8</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>0.05</td><td>0.05</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="11">○ 기존에 다양하게 개발된 강교, 강합성, 프리캐스트 바닥판 및 거더 등 급속시공 및 교체에 활용할 수 있는 기존 기술의 고도화를 통한 각 공법간 기술 융합과 연구기간의 단축 유도
○ 국내에서는 일괄급속시공과 관련된 연구진행 사항은 없으며, 외국 기술을 이용한 단순 시공사례가 일부 있음. 현장적용을 위하여 시공 경험이 있는 실무진과 공동연구를 추진함
○ 공동연구, 연구원 파견교육 등을 통하여 선행 기술을 보유하고 있는 외국 시공업체 및 장비 제작업체의 기술 노하우 습득하여 단기간에 연구성과 달성
○ 중량물 이동과 가설 경험이 풍부한 중공업 분야와 공동연구를 통하여 독자적인 장비제작 기술 확보</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="11">○ 21세기 기후변화의 가속화 전망으로 화석에너지 절감 및 온실가스 배출량 감소에 대한 요구가 급속히 높아지고 있으며, SOC 건설 분야에서도 국가의 녹색성장에 맞는 기술개발 수요가 증가하고 있음
○ 특히 교량의 신설, 교체시장의 증가로 인해 교량의 공기 단축 및 적용재료를 최소화함에 의한 탄소 배출량 최소화가 반드시 필요한 실정임
○ 교량은 공공성이 가장 높으면서도 국민 생활과 밀접한 관련이 있는 시설물로서, 교량 붕괴 또는 파손시 신속한 응급복구와 교량 교체공사시 공사기간 단축은 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대와 직결되어 급속시공 교량 관련 기술은 국내뿐만 아니라 국외에서도 활발한 연구개발이 이루어지고 있음
○ 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 되며, 이러한 경우 교량 하부에 또 다른 도로나 철도가 횡단하는 경우가 많음
○ 이와 같이 현장 제약조건이 있고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 급속시공 및 급속교 공법 시스템의 개발과 적용이 필요함
○ 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어 들 전망이며, 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임
○ 사회변화에 대응하여 노동집약적인 기존 교량 건설방법에서 교통혼잡을 최소화하고, 작업장의 안전성을 확보할 수 있고, 환경영향을 최소화하며 시공성 향상 및 품질 향상이 가능한 급속시공 및 급속교체 기술 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="11">○ 교통차단 없는 급속교체 기술
- 교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술
- 운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술
- 교통차단 없는 단계적 부속장치 교체기술
○ 급속시공 조립식 교량 기술
- 조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술
- 조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술
- 조립식 교량 하부구조 급속시공 시스템 기술
○ 초간편 일괄급속시공기술
- 현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="11">○ 국내 도로교는 2020년을 넘어서게 되면 급속한 노후화가 진행될 뿐 만 아니라 국내 철도교는 이미 노후화 교량이 40%를 넘어선 상태로, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
○ 다수의 교량 건설사업은 전국적인 교통정체를 유발할 가능성이 매우 높으며 이로 인한 사회간접비용의 급격한 증대가 예상됨
○ 급속교체 및 교통정체 완화 공법은 기존 현장타설 공법 대비 초기 직접 공사비가 커서 국내 건설업계의 연구개발 메리트가 커지 않은 현실임. 하지만, 교통정체 완화에 따른 사회간접비용 절감효과를 고려하면 정부주도의 연구개발을 통해 전체적인 국가 예산 절감이 필요한 연구개발임
○ 정부지원을 통해 연구개발이 성공적으로 이루어졌을 경우 기술 수입대체효과를 통한 외화유출을 방지할 수 있으며 또한 향후 기술을 바탕으로 한 세계 시장 진출을 통해 외화를 벌어들일</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">수 있음.
○ 대상 시설물인 도로는 정부가 소유하고 있는 시설물이기 때문에 정부가 개발을 하고 직접 장비를 소유하고 시설물을 관리함으로서 투자 대비 효과 분석이나 사업화 대책에 대한 어려움을 줄일 수 있음</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 프리캐스트 공법 연구팀과의 공동연구를 통한 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 시공경험이 있는 업체 및 기술 선진국과의 공동 연구 또는 연구원 파견 교육을 통한 기술도입
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진
○ 프리캐스트 부재 연결 및 일괄급속시공을 위해 건설기계 분야와의 융복합기술 개발 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 도로교 급속시공 및 급속교체 시스템
○ 철도교 급속시공 및 급속교체 시스템
○ 교량 상부구조 일괄시공용 교량 시스템
○ 교량 상부구조 일괄시공 장비
○ 신기술 8건
○ 특허 14건
○ 국제논문 7건, 국내논문 22건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 도심지 노후 교량의 신설 및 교체 공사
○ 하부에 교차 도로 및 철도를 횡단하는 교량의 일괄시공 및 교체
○ 환경보전 지역에서의 친환경 교량 건설 공사
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 교량 건설시장 진출</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>3,500</td><td>7,000</td><td>9,800</td><td>9,800</td><td>4,900</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>3,500</td><td>7,000</td><td>9,800</td><td>9,800</td><td>4,900</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>7,000</td><td>14,000</td><td>19,600</td><td>19,600</td><td>9,800</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">35,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">35,000</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">140 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">70,000</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 장경간, 경량화 상부구조 급속시공 시스템 적용으로 교량 공사비 절감
○ 교통혼잡을 최소화, 작업장의 안전성을 확보, 환경영향을 최소화, 시공성 향상 및 품질 향상 가능
○ 장경간, 경량화 상부구조 급속시공 공법 기술 개발을 통한 교량 건설 분야 기술 선진국 진입
○ 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
○ 현장작업 최소화로 환경보전 및 탄소발생량 저감
○ 전체 교량 프리캐스트화 공법의 완성으로 교량 급속시공 분야 기술 선진국 진입 및 해외시장 확대</td></tr>
</table>

○ 후보과제별 과제카드

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="8">교통차단 최소화 단계적 도로교 상부구조 교체 기술(1번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="8">○ 노후화된 교량의 상부구조 교체를 위해서는 우회도로를 설치하여 기존 교량을 교체하여야 하나, 산악지대나 도심지에서는 교통량 우회를 위한 가교 설치가 곤란한 경우가 많음
○ 산악지대에 있는 교량의 교체를 위해서는 매우 먼 거리로 교통 우회를 시켜야 하며, 도심지 교량인 경우에는 극심한 주변 교통정체를 유발함
○ 우회 가교 건설 불가능하거나 교통정체 유발효과가 큰 지역에 교통정체를 최소화할 수 있는 공법의 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="8">○ 전면 교통차단을 실시하지 않고 현장공기를 줄여 교통정체를 최소화할 수 있는 단계적 상부구조 교체기술의 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="8">○ 전면 교통통제 없는 상부구조 교체 기술 개발(최대 교통차단 차선을 전체 차선의 50% 로 설정)
○ 기존 교체 공법 대비 현장공기 50% 단축 상부구조 교체 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="5">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="8">○ 교량 상부구조 급속시공 공법으로는 프리캐스트 바닥판, 강합성 바닥판 및 PC 거더 등이 있음
○ 이들 공법은 교량 교체에도 적용할 수 있는 공법이나 본 과제와 같이 단계적 부분교체에 직접 적용하기는 구조 안전성 또는 시공성 및 기존 교량과의 연결부 처리 등의 문제점이 해결되어 있지 않음
○ 국내 도로교의 급속교체 시장은 2017년 1조원을 상회하며 이 중 상부구조 건설비용을 전체의 50%로 산정하면 상부구조 급속교체시장은 약 5,000억원으로 추산됨
○ 교량 급속교체는 사업 특성상 연구개발 종료 후 단기간에 외국의 사업수주가 거의 불가능한 사업으로 세계 시장 동향은 제외함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5,000</td><td>5,500</td><td>6,000</td><td>6,500</td><td>7,000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="8">○ 상부구조 단계별 급속교체 기술은, 프리캐스트 바닥판, 프리캐스트 거더 등 부재 단위 프리캐스트 공법을 활용할 수 있음
○ 기존 교량의 상부구조 높이 및 거더 간격(차선 폭) 등에 가장 적합한 공법을 제시하고 이에 적합한 기존 공법을 적극적으로 활용함
○ 모듈러 교량 공법 연구개발에서 상부구조 공법을 적극 도입하여 교량교체에 응용함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="8">○ 국내 도로교는 공용수명 30년 이상된 교량이 약 2,000개소, 성능개선이 필요한 DB-18 이하 교량이 약 6,700개소로 현재의 교체 수요가 풍부함
○ 또한, 1990년대 이후에 건설된 도로교가 전체의 85%에 달해 향후 10년 이후부터는 교체수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예상할 수 있음
○ 교통량의 지속적인 증가 및 전국토의 도시화가 진행되고 있어 교량 교체에 따른 교통정체 완화 기술이 절대적으로 필요하게 되었으며, 본격적인 교량 교체 시기 전에 본 공법의 연구개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="8">○ 기존 교량 형식별 부분교체용 프리캐스트 바닥판 및 거더 개발
○ 상부구조 교체시 가설하중 지지를 위한 임시지지 시스템 개발
○ 단계적 교체시 교량 안전성 확보 기술
○ 신·구 부재간 연결 기술
○ Test Bed 시공 및 장기 모니터링</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="8">○ 국내 도로교는 2020년을 넘어서게 되면 급속한 노후화가 진행될 것이며, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
○ 다수의 교량 교체사업은 전국적인 교통정체를 유발할 가능성이 매우 높으며 이로 인한 사회간접비용의 급격한 증대가 예상됨
○ 급속교체 및 교통정체 완화 공법은 기존 현장타설 공법 대비 초기 직접 공사비가 커서 국내 건설업계의 연구개발 메리트가 커지 않은 현실임. 하지만, 교통정체 완화에 따른 사회간접비용 절감효과를 고려하면 정부주도의 연구개발을 통해 전체적인 국가 예산 절감이 필요한 연구개발임</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 부재 단위 급속시공 공법 연구팀과의 공동연구를 통한 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진
○ 교량 상부구조 급속교체 경험이 많은 유럽과 미국의 연구진과 국제 공동연구 추진
○ 단계별 교체에 필요한 건설기계 분야와의 융복합기술 개발 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 단계적 도로교 급속교체 기술
○ 신기술 1건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 도심지 노후 교량 상부구조의 단계적 급속 교체
○ 우회도로 건설이 어려운 교량 상부구조의 급속교체
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 교체 시장 진출</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>2,000</td><td>2,800</td><td>2,800</td><td>1,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">5,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">10,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 노후 교량 상부구조 단계적 급속교체를 통한 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
○ 전면 교통차단 없는 상부교체 공법 기술 개발을 통한 교량 교체 분야 기술 선진국 진입</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="8">운행 중지 시간 중 철도교 상부구조 단계적 부분교체 기술(2번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="8">○ 철도는 국가 산업의 기간산업으로 잠시라도 철도의 운행을 정지시킬 수 없음
○ 따라서 철도교 교체를 위해서는 우회 가교를 건설하고 시행하여야 하나, 철도교는 단순한 구조물 건설뿐 만 아니라 철도의 안전적인 운행을 위한 각종 설비 구축을 포함하여야 하고, 우회 교량 건설을 위해서는 교량 진입과 진출부의 선형확보를 위하여 교량 전후의 철도 선형 전체를 변경하여야 하기 때문에 가교 건설에 막대한 추가 비용을 필요로 할 뿐 만 아니라 철도의 안전 운행에도 영향을 미칠 수 있음
○ 또한, 산악지대 등 우회 가교의 건설 자체가 불가능한 지역도 다수 있어, 기존 철도교를 사용하면서 철도 운행을 하지 않는 짧은 시간에 상부구조를 교체할 수 있는 공법의 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="8">○ 철도 물류 및 인적 수송에 지장을 주지 않기 위한 철도를 운행하지 않는 야간 시간대 작업만으로 철도교 상부구조의 부분교체 및 단계적 전면교체를 할 수 있는 공법의 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="8">○ 철도운행을 지속하면서 야간 시간대 작업만으로 철도교 상부구조의 부분교체 및 전면교체를 실시
○ 철도교 교체 작업기간 중 철도 운행이 가능한 공법 개발(운행속도 90% 유지)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="8">○ 철도교 부분교체 또는 단계적 전면교체와 관련된 국내 연구는 아직 미진한 상태이며, 일부 개념들이 특허로 등록되어 있으나 시공안정성 및 현장 적용성은 검증되어 있지 않은 상태임
○ 철도교 상부구조 급속교체에는 도로교에 적용된 프리캐스트 바닥판, PC 거더 등을 일부 활용할 수 있음
○ 이들 공법은 교량 교체에도 적용할 수 있는 공법이나 본 과제와 같이 단계적 부분교체에 직접 적용하기는 구조 안전성 또는 시공성 및 기존 교량과의 연결부 처리 등의 문제점이 해결되어 있지 않음
○ 국내 철도교의 급속교체 시장은 2017년 2,700억원을 상회하며 이 중 상부구조 건설비용을 전체의 50%로 산정하면 상부구조 급속교체시장은 약 1,380억원으로 추산됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>1,380</td><td>1,450</td><td>1,530</td><td>1,600</td><td>1,680</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="8">○ 철도교 상부구조 단계별 급속교체 기술은, 프리캐스트 바닥판, 프리캐스트 거더 등 부재 단위 프리캐스트 공법을 활용할 수 있음
○ 기존 교량의 상부구조 높이 및 거더 간격(차선 폭) 등에 가장 적합한 공법을 제시하고 이에 적합한 기존 공법을 적극적으로 활용함
○ 모듈러 교량 공법 연구개발에서 상부구조 공법을 응용하여 철도교 상부구조 교체에 활용함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="8">○ 국내 철도교는 공용수명 40년 이상된 교량이 전체의 약 40% 를 이를 정도로 노후화된 교량이 많은 수를 점유하고 있으며, 이 중에서 공용연수 50년 이상된 교량이 전체의 약 32%에 이르고 있어 철도교 교체 수요는 매우 많은 실정임
○ 철도교 교체를 위하여 철도 운행을 중지할 수 없고, 임시 가교 건설을 위해서는 철도 선형 유지와 운행 안전성 확보를 위하여 막대한 추가 비용이 소요되므로, 철도 운행을 방해하지 않는 신공법의 개발이 절실함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="8">○ 기존 교량 형식별 부분교체용 철도교 상부구조 개발
○ 상부구조 부분 교체시 철도 임시 통행을 위한 임시지지 시스템 개발
○ 단계적 교체시 교량 안전성 확보 기술
○ 신·구 부재간 연결 기술
○ Test Bed 시공 및 장기 모니터링</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="8">○ 국내 철도교는 공용연수 40년 이상된 교량이 전체의 약 40% 로 철도의 안전운행에 지장을 초래할 가능성이 매우 높은 실정으로 이들 노후 교량의 신속한 교체가 요구되고 있음
○ 빠른 시일 내 철도교의 교체 수요가 급격히 증가될 것이 거의 확실한 현 시점에서, 민간자본에 의한 연구개발만으로는 전체적인 철도교 급속교체 공법 개발은 한계가 있으며, 정부주도로 단기간에 집중적인 지원을 통하여 신속한 연구개발 결과 도출이 필요함
○ 철도산업은 국가기간 산업으로 국가경제발전에 중추적인 역할을 담당하고 있으며, 이의 건설 및 관리 또한 국가 주도로 이루어지고 있음. 따라서 정부주도의 신속한 급속교체 공법의 개발을 통하여 국가 산업동맥의 지속적인 유지관리가 필요하며, 새로운 기술의 민간 기술이전을 통하여 국가예산절감 및 국제 경쟁력 향상에 일익을 담당할 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 부재 단위 급속시공 공법 연구팀과의 공동연구를 통한 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진
○ 교량 상부구조 급속교체 경험이 많은 유럽과 미국의 연구진과 국제 공동연구 추진
○ 단계별 교체에 필요한 건설기계 분야와의 융복합기술 개발 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 철도교 상부구조 단계적 급속교체 시스템 기술
○ 신기술 1건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 노후 철도교 상부구조의 단계적 급속 교체
○ 철도교 노후 상부구조의 부분 교체
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 교체 시장 진출</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>2,000</td><td>2,800</td><td>2,800</td><td>1,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">5,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">10,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 철도교 노후 상부구조의 부분교체를 통한 교체 비용 절감
○ 철도교 공용 중 단계적 급속교체를 통한 안정적인 철도물류 확보 및 이를 통한 사회간접비용 절감
○ 우회 가교 건설을 하지 않아 막대한 국가 예산 절감
○ 전면 교통차단 없는 상부교체 공법 기술 개발을 통한 교량 교체 분야 기술 선진국 진입</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">교통차단 없는 단계적 부속장치 교체 기술(3번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">○ 도로교는 교량받침, 신축이음장치 및 방호울타리 등의 부속장치가 설치되어 있음
○ 일반적으로 교량의 공용수명은 40년 이상으로 보고 있지만, 교량받침 및 신축이음장치의 공용수명은 이 보다 짧은 것으로 알려져 있음. 특히, 1990년대 이전에 지어진 교량 부속장치는 교량 공용 중 다수의 손상 발생으로 잦은 교체가 이루어지고 있음
○ 교량 부속장치 중 교량받침과 신축이음장치의 교체를 위해서는 일정기간 교통차단을 실시하여야 함으로, 주로 교통량이 적은 야간 시간대에 교체작업을 실시하고 있음. 하지만, 수도권 등 도심지 교량은 야간에도 많은 교통량이 있어 교통차단에 의한 주변 교통정체가 극심해질 수 있어, 교통차단을 실시하지 않고 부속장치를 교체할 수 있는 신공법의 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="7">○ 교통을 전혀 차단하지 않는 교량받침 급속교체 기술 개발
○ 전면 교통통제 없는 교량 신축이음장치 급속교체 기술 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">○ 교통차단 없는 교량받침 급속교체 기술(1경간 교체기간 1일 이내)
○ 신축이음장치 교체 현장공기 50% 단축(부분 교통통제)</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">○ 교량받침의 신속교체공법과 교체가 용이한 교량받침이 개발되어 일부 상용화되어 있으나, 기존의 다양한 형태의 교량받침에 대하여 모두 적용할 수 있는 공법 개발은 이루어지지 않고 있으며, 교량 상부의 교통 통제를 전혀 실시하지 않고 교량받침을 교체하는 공법은 제시되지 못하고 있음
○ 신축이음장치 교체 공법은 야간 시간을 이용하여 교체하는 방법을 채택하고 있으나, 주로 현장타설로 신축이음장치를 설치하기 때문에 현장공기가 길어지고 그에 따른 교통 불편을 야기하고 있음
○ 교량 부속장치의 교체시장은 명확한 통계가 제시된 바가 없고 교량 형식에 따라 부속장치 시공 비용이 크게 차이가 발생함으로, 여기서는 보수적으로 도로교 교체 시장의 1% 로 가정하고 시장규모를 추정하면, 국내 도로교 부속장치의 급속교체 시장은 2017년 약 1,060억원을 상회하는 것으로 추산됨
<table>
<tr><td rowspan="2">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>1,060</td><td>1,140</td><td>1,240</td><td>1,340</td><td>1,450</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">○ 기 개발된 교량받침 급속교체 공법을 적용할 수 있는 형식의 교량받침에 대해서는 기 개발된 공법을 적극적으로 활용하되, 공용 중 교체에 따른 교량 안전성 확보방안 구축
○ 신축이음장치는 기 개발된 신축이음장치를 최대한 활용하되 신축이음장치 부분교체 또는 단계별 교체를 위한 신축이음장치간 연결부 처리방안을 구축하고 교체 현장공기 단축을 위한 연결 콘크리트 프리캐스트화 도모</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○ 국내 도로교의 교량받침과 신축이음장치 등 교량 부속장치는 교량의 공용수명보다 공용기간이 일반적으로 짧아 교량 공용기간 중 최소 1회 이상 교체하고 있으며, 이로 인한 교통정체가 심해지고 있음
○ 국내 도로교는 공용수명 30년 이상된 교량이 약 2,000개소, 성능개선이 필요한 DB-18 이하 교량이 약 6,700개소로 노후 교량이 많고, 전체 교량수는 25,000개소를 넘어 지속적인 교량 부속장치 교체수요가 발생할 것임
○ 교통량의 지속적인 증가 및 전국토의 도시화가 진행되고 있어 교통정체 없는 교량 부속장치 교체 기술의 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ 교통차단 없는 교량받침 급속교체 기술 개발
○ 전면 교통차단 없는 교량 신축이음장치 프리캐스트화 급속교체 기술 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 교량받침과 신축이음장치는 국내 전문업체가 많은 연구개발을 통하여 개발하고 있으나, 이를 교량 교체 현장에 적용하는 공법에 대한 연구는 전문업체가 실시할 수 있는 규모의 연구개발이 아님
○ 특히, 과거에 시공된 다양한 형식의 교량 부속장치의 급속교체는 민간이 주도적으로 참여하기 곤란하고 교량 유지관리를 주도적으로 실시하고 있는 정부주도로 연구개발이 진행되어야 모든 부속장치 형식에 대한 적절한 급속교체 공법을 제시할 수 있음
○ 손상된 교량 부속장치가 교통통제 등의 문제로 적절한 교체가 이루어지지 않게 되면, 전체 교량 구조의 노후화가 보다 빨리 진행될 가능성이 높아지게 됨. 이를 방지하기 위해서는 정부주도로 단기간에 집중적인 지원을 통하여 신속한 연구개발 결과 도출이 필요함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ 기존 교량부속장치 전문 업체의 제품 및 공법을 최대한 활용하여 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">○ 교통차단 없는 교량 받침 교체 공법
○ 교통차단 최소화 교량 신축이음장치 교체 공법
○ 신기술 2건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 4건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">○ 도심지 교량 등 교통통제가 어려운 지역의 손상 교량받침 급속교체
○ 도로교 신축이음장치 단계별 급속교체
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 교체 시장 진출</td></tr>
<tr><td rowspan="7">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>700</td><td>1,000</td><td>700</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>300</td><td>700</td><td>1,000</td><td>700</td><td>300</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>1,400</td><td>2,000</td><td>1,400</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">3,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">○ 교통통제 없는 도로교 교량받침 급속교체로 물류비용 절감
○ 교통차단 최소화 신축이음장치 급속교체로 물류비용 절감
○ 교량 부속장치 시장 확대 및 신기술 선점으로 세계 시장 진출</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="8">조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템 기술(4번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="8">○ 산간지역, 국립공원 등의 지역을 도로가 횡단하는 경우, 조립식 상부구조 시스템을 사용하여 자연훼손을 최소화 하고자 함
○ 장경간 조립식 상부구조 시스템을 개발함으로써 하부구조의 수를 줄여 공사비의 절감이 가능하며, 자연과의 조화 등 도로, 교량의 경관미가 향상되어 국민편익이 증대됨
○ 또한, 재해, 재난으로 인한 교량 손상 시에도, 조립식 상부구조 시스템을 활용하여 단시간에 대체 교량건설이 가능하여 조속한 차량 통행 재개가 이루어 질수 있으며, 가교 공사비를 절감하고자 함</td></tr>
<tr><td colspan="8">○ 장경간 조립식 상부구조 시스템 기술의 개발
○ 공사기간 단축을 위한 조립식 상부구조 급속시공 기술의 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="8">○ 장경간, 경량화 조립식 상부구조 시스템 개발(경간장: 80m~100m, 경량화(기존 교량대비 30% 경량화)로 인한 가설장비의 소형화)
○ 조립식 도로교 상부구조 급속시공 기술 개발(현장 공사기간 50% 절감)</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="8">○ 조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템으로는 프리캐스트 바닥판, 강합성 바닥판 및 PC 거더 등이 있음
○ 이들 공법은 조립식 상부구조 시스템의 일부로 사용될 수 있으나 본 연구의 목표인 장경간, 경량화를 위하여 개선될 사항이 많이 있으며, 현장타설을 비롯한 현장 작업이 상당 부분 필요한 공법임
○ 또한 조립식 상부구조 시스템의 실용화를 위하여는 조립식 교량의 시장 확보와 관련 산업의 기술 발전이 이루어져야 됨
○ 국내 도로교의 급속시공 시장은 2017년 8,000억원을 상회하며 이 중 상부구조 건설비용을 전체의 50%로 산정하면 상부구조 급속시공시장은 약 4,100억원으로 추산됨
○ 세계건설시장은 전체 4.5조달러(건설산업동향, 2008)이며, 이 중 도로철도분야 시장은 전체의 약 26%(ENR, 2006)인 1.2조달러로 추산됨. 도로교 건설시장을 도로철도시장의 5%로 추정하고 급속시공이 필요한 시장을 국내시장과 동일하게 전체 교량의 27%로 추정하면, 세계 도로교 시장은 연간 150억달러(15조원) 으로 추산되며, 상부구조 급속시공 시장은 연간 7.5조원으로 추산할 수 있음. 연간 성장률은 5%로 추정함(ENR, 2007)
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5,000</td><td>5,500</td><td>6,000</td><td>6,500</td><td>7,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>75,000</td><td>78,700</td><td>82,600</td><td>86,800</td><td>91,100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="8">○ 프리캐스트 바닥판, 프리캐스트 거더 등 부재 단위 프리캐스트 공법을 일부 활용할 수 있음
○ 모듈러 교량 공법 연구개발에서 개발된 상부구조 공법을 활용하여 교량 급속시공에 응용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="8">○ 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 됨
○ 이와 같이 현장공간이 제한되고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 급속시공 공법과 조립식 교량 시스템의 개발과 적용이 필요함
○ 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어 들 전망이다. 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임
○ 사회변화에 대응하여 노동집약적인 기존 교량 건설방법에서 교통혼잡을 최소화하고, 작업장의 안전성을 확보할 수 있고, 환경영향을 최소화하며 시공성 향상 및 품질 향상이 가능한 조립식 상부구조 시스템으로 대체할 필요성이 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="8">○ 초경량, 모듈화 조립식 바닥판 시스템 기술 개발
○ 장경간 조립식 모듈화 거더 시스템 기술 개발
○ 조립식 도로교 상부구조 급속시공 기술 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 국내 도로교는 2020년을 넘어서게 되면 급속한 노후화가 진행될 것이며, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
○ 고령화사회에 대비하여 국내 교량산업의 패러다임 전환과 교량산업시스템의 재정비가 필요한 시점임
○ 자연재해/인위재해로 인한 교량 붕괴 또는 파손 시 신속한 응급복구와 교량 교체공사 시 공사기간의 단축으로 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 위하여 필요한 연구개발임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 모듈러 교량 연구팀과의 공동연구를 통한 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진
○ 조립식 교량 상부구조 개발 경험이 많은 유럽과 미국의 연구진과 국제 공동연구 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 장지간 조립식 도로교 상부구조 급속시공 시스템
○ 신기술 1건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 도심지 및 산간지역 교량 상부구조의 급속시공 및 교체
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 급속시공 시장 진출
○ 재해, 재난으로 인한 교량 응급복구</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>2,000</td><td>2,800</td><td>2,800</td><td>1,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">5,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">10,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 장경간, 경량화 상부구조 급속시공 시스템 적용으로 하부구조 공사비 절감
○ 교통혼잡을 최소화, 작업장의 안전성을 확보, 환경영향을 최소화, 시공성 향상 및 품질 향상 가능
○ 조립식 교량을 사용하여 노후 교량을 급속교체 함으로써 차량우회로 인한 사회간접비용 절감</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템 기술(5번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">○ 산간지역, 국립공원 등의 지역을 도로가 횡단하는 경우, 조립식 상부구조 시스템을 사용하여 자연훼손을 최소화 하고자 함
○ 장경간 조립식 상부구조 시스템을 개발함으로써 하부구조의 수를 줄여 공사비의 절감이 가능하며, 자연과의 조화 등 도로, 교량의 경관미가 향상되어 국민편익이 증대됨</td></tr>
<tr><td colspan="7">○ 장경간 조립식 상부구조 시스템 기술의 개발
○ 공사기간 단축을 위한 조립식 상부구조 급속시공 기술의 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">○ 장경간, 경량화 조립식 철도교 상부구조 시스템 개발(경간장: 80m~100m, 경량화(기존 교량 대비 30% 경량화)로 인한 가설장비의 소형화)
○ 조립식 철도교 상부구조 급속시공 기술 개발(현장 공사기간 50% 절감)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">○ 조립식 철도교 상부구조 급속시공 시스템으로는 프리캐스트 콘크리트 슬래브 및 PC 거더 등이 있음
○ 이들 공법은 조립식 상부구조 시스템의 일부로 사용될 수 있으나 본 연구의 목표인 장경간, 경량화를 위하여 개선될 사항이 많이 있으며, 현장타설을 비롯한 현장 작업이 상당 부분 필요한 공법임
○ 또한 조립식 상부구조 시스템의 실용화를 위하여는 조립식 교량의 시장 확보와 관련 산업의 기술 발전이 이루어져야 됨
○ 국내 철도교의 급속시공 시장은 2017년 2,600억원을 상회하며 이 중 상부구조 건설비용을 전체의 50%로 산정하면 상부구조 급속시공시장은 약 1,300억원으로 추산됨
○ 세계건설시장은 전체 4.5조달러(건설산업동향, 2008)이며, 이 중 도로철도분야 시장은 전체의 약 26%(ENR, 2006)인 1.2조달러로 추산됨. 철도교 건설시장을 도로철도시장의 5%로 추정하고 급속시공이 필요한 시장을 국내시장과 동일하게 전체 교량의 27%로 추정하면, 세계 철도교 시장은 연간 150억달러(15조원) 으로 추산되며, 상부구조 급속시공 시장은 연간 7.5조원으로 추산할 수 있음. 연간 성장률은 5%로 추정함(ENR, 2007)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5,000</td><td>5,500</td><td>6,000</td><td>6,500</td><td>7,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>75,000</td><td>78,700</td><td>82,600</td><td>86,800</td><td>91,100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">○ 프리캐스트 콘크리트 슬래브, 프리캐스트 거더 등 부재 단위 프리캐스트 공법을 일부 활용할 수 있음
○ 모듈러 교량 공법 연구개발에서 개발된 상부구조 공법을 활용하여 교량 급속시공에 응용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○ 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 됨
○ 이와 같이 현장공간이 제한되고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 급속시공 공법과 조립식 교량 시스템의 개발과 적용이 필요함
○ 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어 들 전망이다. 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임
○ 사회변화에 대응하여 노동집약적인 기존 교량 건설방법에서 교통혼잡을 최소화하고, 작업장의 안전성을 확보할 수 있고, 환경영향을 최소화하며 시공성 향상 및 품질 향상이 가능한 조립식 상부구조 시스템으로 대체할 필요성이 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ 초경량, 모듈화 조립식 바닥판 시스템 기술 개발
○ 장경간 조립식 모듈화 거더 시스템 기술 개발
○ 조립식 철도교 상부구조 급속시공 기술 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 국내 철도는 단선 구간의 복선화에 따른 수요 뿐 만 아니라 신규 노선 건설 수요도 많아, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
○ 고령화사회에 대비하여 국내 교량산업의 패러다임 전환과 교량산업시스템의 재정비가 필요한 시점임
○ 자연재해/인위재해로 인한 교량 붕괴 또는 파손 시 신속한 응급복구와 교량 교체공사 시 공사기간의 단축으로 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 위하여 필요한 연구개발임</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 모듈러 교량 연구팀과의 공동연구를 통한 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진
○ 조립식 교량 상부구조 개발 경험이 많은 유럽과 미국의 연구진과 국제 공동연구 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 장지간 조립식 철도구조 상부구조 급속시공 시스템
○ 신기술 1건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 도심지 및 산간지역 교량 상부구조의 급속시공 및 교체
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 급속시공 시장 진출
○ 재해, 재난으로 인한 교량 응급복구</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>2,000</td><td>2,800</td><td>2,800</td><td>1,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">5,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">10,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 장경간, 경량화 상부구조 급속시공 시스템 적용으로 하부구조 공사비 절감
○ 교통혼잡을 최소화, 작업장의 안전성을 확보, 환경영향을 최소화, 시공성 향상 및 품질 향상 가능
○ 장경간, 경량화 상부구조 급속시공 공법 기술 개발을 통한 철도교 분야 기술 선진국 진입</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">조립식 급속시공 교량 하부구조 시스템 개발(6번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="7">○ 교각은 교량공사에서 가장 큰 공기를 차지하고 있으며, 미국에서는 공기를 현장타설의 1/10수준으로 단축할 수 있는 프리캐스트화 기술이 개발 되었으나 국내에서는 운반, 가설상의 제약과 경제성 등으로 실용화가 지연되고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="7">○ 운반이 용이하며, 높이 조절이 가능하며, 다양한 현장조건에 대응이 가능한 완전 조립식 교각 공법 기술 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="7">○ 교각 현장공기 90% 단축(기초 공사기간 포함)
○ 부재 공장제작비 90%</td></tr>
<tr><td rowspan="6">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">○ 교각 프리캐스트 공법은 프리스트레싱을 이용하는 공법과 철근슬리브를 이용하는 공법이 있음
○ 이들 공법은 주로 교각의 기둥부만의 프리캐스트화 공법으로 교각공사에서 많은 현장공기가 소요되는 교각 기초와 코핑부에 대한 국내 연구는 미진한 상태임
○ 해외에서는 교각 전체를 프리캐스트 공법으로 제작하는 공법에 대한 연구 및 시공 사례가 다수 있음
○ 국내 도로교 및 철도교의 급속시공 시장은 2017년 1조원을 상회하며 이 중 하부구조 건설비용을 전체의 50%로 산정하면 하부구조 급속교체시장은 약 5,000억원으로 추산됨
○ 세계건설시장은 전체 4.5조달러(건설산업동향, 2008)이며, 이 중 도로철도분야 시장은 전체의 약 26%(ENR, 2006)인 1.2조달러로 추산됨. 도로교 및 철도교 건설시장을 도로철도 시장의 10%로 추정하고 급속시공이 필요한 시장을 국내시장과 동일하게 전체 교량의 27%로 추정하면, 세계교량시장은 연간 300억달러(30조원) 으로 추산되며, 하부구조 급속시공 시장은 연간 15조원으로 추산할 수 있음. 연간 성장률은 5%로 추정함(ENR, 2007)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5,000</td><td>5,500</td><td>6,000</td><td>6,500</td><td>7,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>150,000</td><td>157,500</td><td>165,300</td><td>173,600</td><td>182,300</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">○ 하부구조 중 교각 기둥부는 기존 프리캐스트 기둥 공법을 일부 활용할 수 있음
○ 교각 코핑은 미국의 프리캐스트 공법과 일본의 하프프리캐스트 공법 검토 후 보다 다양한 형식의 기둥에 적용할 수 있는 신공법을 개발함
○ 기초부는 실용화된 급속시공 공법이 실용화되어 있지 않아 독자 개발이 필요함
○ 교량 하부구조의 기존 급속시공 공법을 종합 검토 후 적절한 공법의 채용 및 변용을 통하여 연구기간 단축 및 최적의 연구결과 도출을 도모함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○ 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 됨
○ 이와 같이 현장공간이 제한되고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 급속시공공법과 조립식 교량 시스템의 개발과 적용이 필요함
○ 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어 들 전망이다. 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임
○ 사회변화에 대응하여 노동집약적인 기존 교량 건설방법에서 교통혼잡을 최소화하고, 작업장의 안전성을 확보할 수 있고, 환경영향을 최소화하며 시공성 향상 및 품질 향상이 가능한 조립식 하부구조 시스템으로 대체할 필요성이 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ 교각 높이 조절이 가능한 교각 구조 시스템 개발
○ 현장조건 대응형 조립식 코핑 및 코핑 - 교각 연결 기술
○ 현장작업 최소화 교각 - 기초 연결 기술 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 국내 도로교는 2020년을 넘어서게 되면 급속한 노후화가 진행될 뿐 만 아니라 국내 철도교는 이미 노후화 교량이 40%를 넘어선 상태로, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
○ 다수의 교량 건설사업은 전국적인 교통정체를 유발할 가능성이 매우 높으며 이로 인한 사회간접비용의 급격한 증대가 예상됨
○ 급속교체 및 교통정체 완화 공법은 기존 현장타설 공법 대비 초기 직접 공사비가 커서 국내 건설업계의 연구개발 메리트가 커지 않은 현실임. 하지만, 교통정체 완화에 따른 사회간접비용 절감효과를 고려하면 정부주도의 연구개발을 통해 전체적인 국가 예산 절감이 필요한 연구개발임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 교각 기둥 프리캐스트 공법 연구팀과의 공동연구를 통한 연구기간 단축 및 연구개발의 효율성 증대
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산、학、연 공동연구 추진
○ 교각 프리캐스트 공법 연구 및 시공 경험이 많은 미국의 연구진과 국제 공동연구 추진
○ 프리캐스트 부재 연결 및 시공을 위해 건설기계 분야와의 융복합기술 개발 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 완전 조립식 교량 하부구조 시스템
○ 신기술 1건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 도심지 노후 교량의 신설 및 교체 공사
○ 철도교 신설 및 교체 공사
○ 환경보전 지역에서의 친환경 교량 건설 공사
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 교량 급속시공 시장 진출</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>1,000</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>700</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>2,000</td><td>2,800</td><td>2,800</td><td>1,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">5,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">10,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
○ 현장타설 최소화로 환경보전 및 탄소발생량 저감
○ 전체 교량 프리캐스트화 공법의 완성으로 교량 급속시공 분야 기술 선진국 진입 및 해외시장 확대
○ ※연구개발과제의 성공적인 수행을 통한 활용성, 경제적 · 기술적 · 정책적 파급효과 등을 작성</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="8">현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술(7번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="8">○ 노후화된 교량의 상부구조 교체를 위해서는 우회도로를 설치하여 기존 교량을 교체하여야 하나, 산악지대나 도심지에서는 교통량 우회를 위한 가교 설치가 곤란한 경우가 많음. 또한, 산악지대에 있는 교량의 교체를 위해서는 매우 먼 거리로 교통 우회를 시켜야 하며, 도심지 교량인 경우에는 극심한 주변 교통정체를 유발함
○ 신설 교량 건설시 교량 하부에 도로나 철도가 횡단하는 경우 거푸집을 설치하고 장기간 하부 공간을 점유하게 되면 하부 교통을 방해하게 되어 공사기간 중 극심한 교통정체를 유발할 수 있음
○ 우회 가교 건설 불가능하거나 교통정체 유발효과가 큰 지역에 교통정체를 최소화할 수 있는 공법의 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td colspan="8">○ 교량의 신설 또는 교체시 주변 교통정체를 최소화하여 물류비용 등 사회간접비용의 절감이 가능한 공법 개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="8">○ 현장공기 1일 이내 일괄급속시공(교체) 교량 시스템 개발 및 실용화
○ 일괄급속시공 신공법 및 장비 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="8">○ 국내에서는 인천대교 호남고속철도 등에 외국기술을 도입하여 상부구조 일괄가설 공법을 적용한 사례가 있으나, 연구개발 및 실용화 사례는 조사되지 않았음
○ 해외에서는 미국을 중심으로 육상 및 해상 교량의 상부구조 일괄가설 공법에 대한 연구와 실제 적용사례가 있음
○ 국내 도로교 및 철도교의 급속신설교량과 급속교체 시장은 2017년 2.3조원을 상회하며 이중 현장공기를 최대한 줄 일 필요가 있는 시장을 전체의 10%로 가정하고 상부구조 건설비용을 전체의 50%로 산정하면 상부구조 일괄급속시공 시장은 약 1,100억원으로 추산됨
○ 일괄급속시공은 가설과 이동을 위한 장비의 현지 이동이 필요하기 때문에 현실적으로 세계 시장 진출이 어려운 분야로 세계시장 동향은 분석하지 않음
<table>
<tr><td rowspan="2">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>1,100</td><td>1,200</td><td>1,300</td><td>1,400</td><td>1,500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="8">○ 국내에서는 일괄급속시공과 관련된 연구진행 사항은 없으며, 외국 기술을 이용한 단순 시공사례가 일부 있음. 현장적용을 위하여 시공 경험이 있는 실무진과 공동연구를 추진함
○ 공동연구, 연구원 파견교육 등을 통하여 선행 기술을 보유하고 있는 외국 시공업체 및 장비 제작업체의 기술 노하우 습득하여 단기간에 연구성과 달성
○ 중량물 이동과 가설 경험이 풍부한 중공업 분야와 공동연구를 통하여 독자적인 장비제작 기술 확보</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="8">○ 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 되며, 이러한 경우 교량 하부에 또 다른 도로나 철도가 횡단하는 경우가 많음
○ 이와 같이 현장 제약조건이 있고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 일괄급속시공공법의 시스템의 개발과 적용이 필요함
○ 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어 들 전망이다. 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="8">○ 일괄급속시공 교량 시스템 설계 및 시공기술 개발
○ 일괄급속시공 교량 시스템 연결부 처리 기술 개발
○ 일괄급속시공 신공법 및 장비 실용화</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 일괄급속시공은 신설교량 및 교체교량 모두에 적용할 수 있는 공법으로 적용 시장도 모든 교량을 포함하고 있음
○ 도로교는 2020년을 넘어서게 되면 급속한 노후화가 진행될 뿐 만 아니라 국내 철도교는 이미 노후화 교량이 40%를 넘어선 상태로, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
○ 다수의 교량 건설사업은 전국적인 교통정체를 유발할 가능성이 매우 높으며 이로 인한 사회간접비용의 급격한 증대가 예상됨
○ 급속교체 및 교통정체 완화 공법은 기존 현장타설 공법 대비 초기 직접 공사비가 커서 국내 건설업계의 연구개발 메리트가 커지 않은 현실임. 하지만, 교통정체 완화에 따른 사회간접비용 절감효과를 고려하면 정부주도의 연구개발을 통해 전체적인 국가 예산 절감이 필요한 연구개발임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 시공 경험이 있는 업체와의 공동연구를 통한 실용화 방안 확보
○ 기술 선진국과의 공동 연구 또는 연구원 파견 교육을 통한 기술도입
○ 중량물 운반 설치 장비 및 기술을 보유하고 있는 중공업 업체와의 융복합 연구 추진
○ 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추진</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 일괄시공 교량 시스템
○ 일괄시공 장비
○ 신기술 1건
○ 특허 2건
○ 국제논문 1건, 국내논문 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 도심지 노후 교량의 신설 및 교체 공사
○ 철도교 신설 및 교체 공사
○ 환경보전 지역에서의 친환경 교량 건설 공사
○ 국내 시장 활성화 후 해외 개발도상국 교량 급속시공 시장 진출</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>700</td><td>1,300</td><td>1,800</td><td>2,100</td><td>1,100</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>700</td><td>1,300</td><td>1,800</td><td>2,100</td><td>1,100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,400</td><td>2,600</td><td>3,600</td><td>4,200</td><td>2,200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">7,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">7,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">14,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
○ 현장작업 최소화로 환경보전 및 탄소발생량 저감
○ 전체 교량 프리캐스트화 공법의 완성으로 교량 급속시공 분야 기술 선진국 진입 및 해외시장 확대</td></tr>
</table>

(2) 고성능 재료 활용 저탄소/장수명 교량 기술 연구단

○ 연구단 총괄 과제카드

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">고성능 재료 활용 저탄소/장수명 교량 기술 연구단</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 탄소배출량 감축을 위한 전 세계적인 노력에 따라 우리나라도 탄소배출량 감축을 위한 계획을 발표
○ 건설분야에서도 탄소배출량 감축을 위한 노력을 기울이고 있으며 이러한 노력의 일환으로 Green-up 30을 도출하였으며 이 중에 지능형친환경 교량이 대상에 포함되었음
○ 교량에서 탄소배출량을 저감시키기 위한 방법은 다양하지만 본 연구단에서는 건설재료 사용량을 줄이는 방법 및 교량의 수명을 연장시키는 방법에 초점을 맞추고 있음
○ 건설재료 사용량을 감축하면 건설재료 생산시 발생되는 이산화탄소량을 감축할 수 있으며, 교량의 사용 수명을 늘리면 건설재료 사용량을 줄이는 효과가 있으므로 탄소배출량 감축에 기여하는 것임</td></tr>
<tr><td colspan="12">○ 고성능 재료 등을 사용하여 시멘트 및 강재 사용량을 줄이는 기술을 개발함
○ 신설 교량의 내구성을 증진시켜 교량의 수명을 연장시킴
○ 기존 교량의 경우 효과적인 보강기술을 적용하여 사용수명을 연장시킴</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 교량 슬림화를 통한 건설재료 20% 이상 절감
○ 교량 수명 30% 이상 연장을 통한 탄소배출량 저감</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">기술개발 동향
○ 콘크리트 교량의 슬림/장수명화를 이루기 위한 방법으로는 다양한 것들이 있을 수 있지만 크게 두 가지로 구분할 수 있음
○ 하나는 기존 재료의 성능을 향상시킨 재료를 사용하는 것으로 이 범주에 포함되는 것이 경량골재의 개발 및 활용, 고성능 콘크리트의 활용, 철근 및 강선의 내부식성 향상 등이 있음. 다른 하나는 기존 건설재료가 아닌 새로운 재료를 활용하는 것으로 예를 들면 FRP 보강근 및 FRP 텐던을 활용하여 부식 문제를 근본적으로 해결하여 장수명화를 이루는 것임. 국외에서는 이들 분야 대한 기술개발이 활발하게 진행되고 있으나 국내에서는 현재까지는 미흡한 수준임
○ 강 교량의 슬림/장수명화를 이루기 위해 우선적으로 필요한 핵심기술이 고성능 강재의 개발이며 국내에서는 포스코를 중심으로 고성능 강재가 개발되고 있고 일부 실용화되었으나 활용 기술에 대해서는 많은 연구가 필요함
○ 선진국의 경우 우리보다 산업화가 빠르기 때문에 교량들의 노후화 정도가 심해 보강분야에 대한 수요가 크고 이에 대한 기술개발이 활발히 이루어지고 있음

산업/시장 동향
○ 국내에서 콘크리트 교량의 비율을 80%에 이를 정도로 점유 비율이 압도적이며, 강합성 교량을 포함할 경우 90% 이상을 점유하는 것으로 파악되고 있음
○ 국내에서 강 교량의 비율을 약 15% 내외(일부 강합성교 포함)로 콘크리트 교량에 비해 수적으로는 열위에 있으나 교량 면적에 있어서는 강합성 교량이 차지하는 비율이 커 강 교량의 수요는 무시할 수 없는 수준임
○ 1995년 성수대교 붕괴 이후 많은 교량들이 신설 또는 개축되어 우리나라 교량들은 선진국에 비해 비교적 상태가 양호하지만 머지 않은 장래에 다수의 교량들에 대해 보강해야 되는 시기가 도래되므로 노후 교량들의 보강기술에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상함</td></tr>
<tr><td colspan="13">
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>62,000</td><td>65,100</td><td>68,400</td><td>72,000</td><td>76,000</td><td>80,000</td><td>84,000</td><td>88,000</td><td>92,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>620,000</td><td>651,000</td><td>684,000</td><td>720,000</td><td>760,000</td><td>800,000</td><td>840,000</td><td>880,000</td><td>920,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>1.0</td><td>1.5</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>3.0</td><td>3.5</td><td>4.0</td><td>4.5</td><td>5.0</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>년</td><td>0.1</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.3</td><td>0.3</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 본 연구단에서 수행하고자 하는 연구내용은 기존 연구들과 완전히 독립적일 수 없고 일부 중복되는 부분이 있을 것으로 파악됨
○ 본 연구단에서는 새로룬 재료의 개발에 초점을 맞추는 것이 아니고 가능하면 기존에 개발된 재료들을 활용하는 것이므로 기존에 개발된 재료 및 기술에 대해 심층적인 분석이 필요함
○ 이를 통해 기존 기술로부터 취할 수 있는 부분은 과감히 차용하여 단기간 내에 실용성 있는 기술을 개발해야 함</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발</td><td colspan="12">○ 탄소배출량 감축은 선택이 아닌 필수적인 사항으로 교량 분야에서도 탄소배출량 감축을 위한 노력이 필요함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>필요성</td><td colspan="6">○ 교량에서 탄소배출량을 저감시키기 위한 실질적인 방법은 콘크리트 및 강재 사용량을 줄이는 방법이므로 이에 대한 기술 개발이 필요함
○ 교량의 수명을 연장시키면 건설재료 활용 기간을 늘려주므로 건설재료 생산시 발생되는 탄소배출량을 줄이는 효과가 있으므로 교량 장수명화에 대한 기술 개발이 필요함
○ 미국, 일본, 유럽 등 주요 국가에서도 이에 대한 기술 개발에 대해 박차를 가하고 있는 상황이므로 이들 국가들과 기술경쟁에서 우위에 서기 위해서는 이 분야에 대한 기술 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">○ 고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술
○ 고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술
○ FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술
○ 신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술
○ 고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술
○ 재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술
○ 고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술
○ 유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">○ 새로운 건설재료의 활용 기술을 개발하는 것은 많은 비용과 시간이 소요되고 기술 개발 난이도가 높아 민간 기업에서 자체 개발하는 것은 어려운 일임
○ 특히 산업부산물의 활용, 자원 재활용 등은 국가적인 시책과 일치하므로 국가에서 투자할 필요가 있음
○ 개발된 기술들이 현장에 적용되기 위해서는 국가 기준 및 표준으로 정립되어야 하므로 민간에서 투자하는 것은 곤란함
○ 본 연구단에서 개발하고자 하는 기술들은 고성능 건설재료를 활용한 탄소배출량 감축에 국한되지 않고 융복합 및 주변 산업들과의 연계를 통해 신 시장을 창출하며 동시에 대규모 고용 창출을 유발할 수 있는 다기능 산업으로 발전할 수 있으므로 정부 주도의 기술 개발 투자 및 확산이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ 본 연구는 산학연 컨소시엄 형태로 진행되어 기술을 확보하는 것이 바람직함
○ 민간 기업은 참여기업 형태로 연구개발에 참여하여 고성능 재료 개발에 대한 제조, 생산 및 현장 적용을 담당함
○ 공공연구기관은 주관 기관으로 연구 전체를 리딩하면서 참여 기업 및 대학과의 유기적으로 연구를 진행하며 대형 실험, 기준 및 지치 등을 개발하며 참여 기업과 협력 체계를 구축하여 Test - Bed에 적용하고 사업화를 추진함
○ 대학은 위탁 연구기관으로 핵심요소 기술인 재료 모델 및 구조모델 등을 개발함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">○ 기술 : 경량바닥판, 물량절감형 거더, 고효율 보강 기슬 등
○ 기준 : 지침, 설계 및 시공 기준
○ 특허 : 각 연구내용별 다수의 특허 출원 및 등록
○ 논문 및 홍보 : 국내외 학술지에 다수의 논문 제출, 홍보 및 공청회 개최 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">○ 본 연구에서 개발된 연구 성과들은 1차적으로 국내 교량 현장에 적용되고 이를 바탕으로 해외로의 기술이전 등을 추진함</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>5,300</td><td>6,800</td><td>7,300</td><td>7,500</td><td>7,700</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>850</td><td>900</td><td>1,050</td><td>1,150</td><td>1,150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>6,150</td><td>7,700</td><td>8,350</td><td>8,650</td><td>8,850</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">34,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">5,100</td><td colspan="3" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">39,700</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">135 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">○ 고성능 재료를 사용하여 건설재료의 물량을 절감함으로써 건설재료 생산시 발생되는 탄소배출량 감축에 기여
○ 바텀 애쉬와 같은 산업부산물을 활용함으로써 시멘트 사용량을 감축에 따른 탄소배출량 감축에 기여
○ 고성능 재료를 교량에 적용함으로써 교량의 내구성이 크게 증진되어 교량의 수명이 연장되므로 이를 통해 교량 건설에 소요되는 연평균 4조원 이상의 막대한 예산중 상당 부분을 절감할 수 있음
○ 이 분야에 대한 많은 기술 개발이 외국에서도 활발히 이루어지고 있는 바 국가적인 차원의 예산 지원 하에 기술 개발이 이루어지면 기술적 우위를 점할 수 있는 기회를 가질 수 있음
○ 녹색 기술 개발에 대한 국가적인 아젠다와 부합하고 이를 통해 새로운 시장을 창출할 수 있는 기회를 마련함</td></tr>
</table>

○ 후보과제별 과제카드

1. 과제명	고성능 콘크리트 및 경량 골재를 활용한 교량 바닥판 경량화 및 장수명화 기술(8번 과제)
2. 연구목적 및 배경	○ 기존 경량골재는 혈암, 점토 등, 자연 광물을 고온가열 팽창시켜 고 에너지/탄소배출량 높음. ○ 기존 경량콘크리트는 강도를 비롯한 역학적 특성이 미흡, 교량구조물에 적용하기 적합하지 않음. ○ 저에너지 저탄소 및 경제적인 교량건설을 위해 구조용 Green 경량콘크리트 기술 개발 필요 ○ 저에너지 저탄소 배출의 산업부산물로 구성된 구조용 Green 경량골재 개발로 건설재료 고도화 ○ 고강도 경량콘크리트 개발로 경제성이 확보된 Green 교량구조물의 활용 기술 실용화 ○ 첨단 콘크리트의 국제 경쟁 심화 조건에서 경량콘크리트 및 활용기술의 WBT 기술 기반 확보
3 연구개발목표	○ 산업부산물을 원재료로 활용한 구조용 경량골재의 성능개선과 이 골재를 한 40~80MPa급 고강도 경량콘크리트를 개발하고 이를 활용하여 교량바닥판의 중량을 20% 이상 슬림화 할 수 있는 구조기술을 개발하여 에너지 사용량 30% 절감 및 탄소 배출량 20% 절감이 가능한 건설기술 확보
4. 기술개발 및 산업/시장 동향	**기술개발 동향** ○ 현재는 구조용 경량골재는 팽창성 혈암과 점토를 가열한 경량골재가 주류를 이루고 있으며 이 골재는 주로 벽돌, 방음판 등 비구조재의 2차제품에 일부 활용하는 수준임. ○ 팽창성 혈암과 점토로 제조된 경량골재는 강도가 낮고 흡수성이 높아 콘크리트의 제조 시 역학적 물성이 부족하여 이 골재를 이용하여 콘크리트를 제조할 경우 콘크리트의 강도를 비롯한 역학적 물성이 낮아 구조용 콘크리트 활용기술의 연구개발이 활성화 되지 못하고 있는 실정 ○ 또한 팽창성 혈암과 고강도화가 어려우며 고 골재의 제조과정에 고에너지의 사용과 탄소배출량이 높은 단점을 지녀 경제성과 환경친화적인 건설재료의 확보가 어려운 단점을 지님. ○ 지금까지 산업부산물은 주로 콘크리트 결합재로 활용하는 기술이 개발되어 있으며, 이것은 주로 상대적으로 품질은 좋은 플라이애시, 고로슬래그 등이 주로 활용되었으며 바텀애시 및 제련슬래그 등, 저품질 산업부산물은 주로 폐기 처리함으로써 환경 부하를 가중시킴. ○ 2010년 한국남동발전(주)에서는 석탄재를 활용하여 인공경량골재를 생산하는 설비를 착공하여 2012년 준공 예정임. 여기서는 연간 14만톤 매립되는 석탄재를 인공경량골재로 생산하는 설비를 설치, 운영할 예정임. ○ 선일공업(주)에서는 2010년 바텀애시와 폐유리를 혼합하여 소성온도를 800℃ 범위에서 골재의 생산이 가능한 기술를 개발하여 저에너지 저탄소 기술을 확보하였으며 상용화 기술을 개발중 ○ 팽창성 혈암, 점토, Vermuculite 및 화산재를 이용한 인공경량골재는 유럽, 미국 등에서 저강도 콘크리트에 활용하고 있으나 국내의 수입가는 아직 높아 현장에 활용이 활발하지 못함. ○ 한중 합자회사인 한아기초소재(주)에서는 인공경량골재를 개발하여 DOLS란 상품명으로 상용화하였으나 현 단계에는 주로 건축물 비구조체 또는 경량 흡음 2차제품에 활용 중임. . ○ 건기연에서는 2003년 콘크리트의 구성재료를 수㎛ 단위의 재료를 활용하여 압축강도기준 200MPa 급 초고강도 콘크리트를 개발하여 초기 단계의 단위 프리캐스트 부재를 개발하여 2010년 실용화 단계이며 초고강도 및 초고성능 콘크리트 원천기술을 확보하고 있음. **산업/시장 동향** ○ 국내 건축공사 중 총 공사비의 25% 정도가 콘크리트 공사비, SOC 공사에서는 총 공사비의 15% 정도가 콘크리트 공사비, 2009년 현재 건설공사비 중 콘크리트 공사비는 대략 12조원. ○ 아래 표는 2005년부터 2009년까지 레미콘 출하량을 중심으로 한 콘크리트 총 출하량과 이중에서 고성능 콘크리트가 차지하는 정도를 분석한 자료임. 현재까지 고성능 콘크리트가 차지하는 비중은 낮지만 그 성장률은 급속히 증가하는 것을 알 수 있음. ○ 경량골재콘크리트의 경우 대부분 벽돌, 블록 및 기타 2차제품 또는 공장생산 건축용 프리캐스트 부재에 일부 활용되어 정확한 시장규모는 분석할 수 없으며, SOC 시설물 및 공동주택의 주 구조체 등과 같이 현장타설을 중심으로 한 구조용 콘크리트 시장은 아직 형성되지 못한 상황임. ○ 구조용 경량콘크리트의 기술이 확보될 경우 국내에서는 2016년에 2009년 고성능 콘크리트의 점유율 대비 1/2정도로 예측되는 바 800억원 정도, 이중에서 약 25%가 이 기술의 점유율로 200억원 시장이 형성될 것으로 판단됨. 선전기인 2020년 1,000억원 점유율 확보가 기대됨. 한편, 세계시장은 국내시장의 약 20배 정도로 추정되며 이중에서 기술 선점에 따라 약 10% 정도의 시장 점유가 가능할 것으로 판단됨.

[표] 콘크리트의 국내 시장규모

년도	연도별 레미콘 출하량	추정 연도별 고성능 콘크리트 량 (m^3)	소계 (억원)
2005년	137,172,226	823,033 (0.6%)	823
2006년	137,172,226	1,371,722 (0.8%)	1,370
2007년	132,213,903	1,322,139 (1.0%)	1,320
2008년	134,157,165	1,478,126(1.1%)	1,478
2009년	135,758,458	1,774,894(1.3%)	1,774

※ 국내시장규모 산정: 고성능 콘크리트 m^3당 100,000만원으로 산출

※ 년도별 출하량: 한국레미콘 공업협회 연도별 레미콘 출하량 자료

아래 예상 시장 점유율은 전체 콘크리트 중 고강도 경량 콘크리트의 시장 점유율을 나타냄. 세계시장은 해당 기술에 대한 이 기술의 시장 점유율을 나타냄

시장규모 (억원)	연도	적용 연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	국내	2016년	200	500	700	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,000
	세계	2016년	4,000	10,000	14,000	20,000	30,000	40,000	50,000	60,000	60,000
예상시장 점유율 (%)	연도	적용 연도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)	(+6)	(+7)	(+8)	(+9)
	국내	년	5.0	5.0	15	15	15	15	20	20	20
	세계	년	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0

5. 기존기술 활용방안

○ 석탄재를 활용하여 인공경량골재를 제조하는 기반 기술을 활용하되, 현재는 고강도 콘크리트에 적합한 물리적 특성이 충분하지 않기 때문에 개선 연구를 추가로 수행하여야 함.

○ 바텀애시와 폐유리를 혼합한 경량골재가 소성온도가 일반 소성경량골재보다 약 400℃ 낮아 기존 혈암 및 점토 소성골재보다 진보된 기술임. 실험실 수준의 성공 기술로서 양생 제조 기술을 확보하기 위한 추가 연구가 필요함. 또한 아직까지 물리적 성능에 대한 실험적 근거가 부족함.

○ 비구조체 및 흡음 2차제품으로 상용화된 기존 경량콘크리트의 개발 단계의 연구성과를 참조하되, 지금까지 연구개발 수행실적이 부족한 고강도 특성에 초점을 맞추어야 함.

○ 기존 기술을 이 연구과업에서 활용할 부분과 개선 기술 개발 방향은 다음과 같음.

○ 석탄재 원재료 경량골재 제조기술 : 고강도 고려한 물리적 성능 개선 부분 연구

○ 바텀애시와 폐유리 혼입 경량골재 제조기술 : 양생 제조 공정 개발 및 물리적 성능 개선

○ DOLS 인공경량골재 제조기술 : 소성온도 저감 및 국내 산업폐기물을 원재료로 활용하는 기술

○ 경량콘크리트 배합 기술 : 결합재 구성재료 기술 및 혼화제 특성 활용 기술 개선

6. 기술개발 필요성

○ 연간 840만톤의 화력발전 석탄재 발생, 이중 36%인 약 300만톤이 회처리장에 폐기, 회처리장 건설비와 이에 따른 환경부하 증가, 환경부하 저감과 산업폐기물의 재활용 필요(2010.4.7 이투뉴스)

○ 기 투자한 영흥화력의 연산 14만톤의 경량골재를 저에너지, 저탄소, 친환경 건설재료로 활용

○ 교량 바닥판의 경량화로 장경간 교량 기술의 세계 일류의 선도 기술 개발

○ 저급 산업부산물이 바텀애시를 100% 활용할 수 있는 기술 구축으로 사회비용의 절감

○ 콘크리트 재료는 향후 지속적으로 사용할 건설재료로서 경량골재의 성능 고도화 기술개발은 필수

7. 주요연구 개발내용

1. 산업부산물 활용 구조용 Green 경량골재 제조 기술
   - 고로, 제강, 동제련 슬래그 등, 각종 슬래그를 활용한 골재 제조 기술
   - 플라이애시, 바텀애시 등 석탄재를 활용한 인공경량골재의 성능 개선
   - 다종의 산업부산물 혼합 구조용 경량골재 최적화 및 양산 기술 개발
   - 구조용 Green 경량골재 형상 및 치수 다양화 기술 개발
2. 고강도 경량 콘크리트 개발
   - 일반 콘크리트용 구조용 Green 경량골재 혼입 콘크리트 배합 개발
   - 고압송용 저점도, 고강도 경량 콘크리트 배합 개발
   - 배합별 고강도 경량 콘크리트 제조 기술 개발
3. 고강도 경량 콘크리트의 역학적 특성 평가
   - 흡수 및 부착 특성 평가
   - 강도 및 역학적 거동 특성 평가
   - 내구 특성 평가
   - 고강도, 저점도 경량 콘크리트의 압송 성능 평가
4. 고강도 경량 콘크리트 개발 단계별 실용화

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">· 고강도 경량 콘크리트 제조 시방 및 시공 지침(안) 작성
· 교량 바닥판 Test - Bed 적용
⇒ 장경간 교량 바닥판 및 보강형 경량화 시범 적용
⇒ 프리캐스트 교량 구조부재 제작 및 적용
⇒ 압송 능력 및 적용성 평가</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 자원 재활용 정책 기조는 저급 콘크리트 국한되어 있음. 이를 선진형 고강도 콘크리트도 확대하기 위해서는 민간에서 현재의 제조 및 시공 지침 등의 기준을 제시하기 어려움.
○ 저에너지 및 저탄소 재료 활용할 수 있는 기반을 마련하고, 산업부산물의 재활용에 대한 적극적인 활용 정책과 이 과업의 목표가 정확히 일치함. 이에 따라 정부의 지원이 필요함.
○ 구조용 콘크리트의 경량화 기술 개발 지원 필요
○ 소극적인 탄소 발생 저감 건설재료의 개발에 국한되지 않고 혁신적인 첨단 구조물의 설계, 제작, 시공 기술의 확보와 범용적인 활용을 위해서는 고강도 경량콘크리트의 기준 제정이 필요함.
○ 이 기술개발은 건설 재료에 대한 단순 탄소 배출량 저감에 국한되지 않고 융복합 새로운 주변 산업의 신 시장을 창출하며 동시에 대규모 고용 창출을 유발할 수 있는 다기능 산업으로 발전할 수 있으므로 정부 주도의 기술 개발 투자 및 확산이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 산업부산물을 활용한 경량골재는 기 개발한 제조 원천기술에 대하여 기업이 참여기업 형태로 연구개발에 참여하여 경량골재 성능개선 기술과 양산화 기술을 개발
○ 정부출연연구기관이 주관기관으로 원 소재인 경량골재를 포함 고강도 콘크리트 배합기술과 특성평가, 활용 기술을 개발하고 활용과 관련된 지침을 개발함.
○ 대학에서는 위탁연구기관으로서 핵심요소 기술인 재료 모델 및 구조모델을 연구 개발
○ 종합건설사를 중심으로 공동연구기관을 구성, 교량바닥판을 비롯한 고강도 경량콘크리트 구조물 Test - Bed 추진 및 적용성을 평가하고, 최종 사업화 프로젝트를 추진함.
○ 이 과업은 현재 기초소재인 경량골재에 대한 기초 제품 기술이 어느 정도 갖추어진 상태이며 이를 콘크리트 재료로 활용할 수 있는 기술 개발과 경량콘크리트의 활용 기술이 필요함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 소재 제품 : 고강도 콘크리트용 경량골재, 경량 고강도 콘크리트
○ 관련 기준 : 재료 모델, 구조 해석 모델, 제작 및 시공 지침
○ 구조체 : 고강도 경량콘크리트 바닥판, 기타 응용 구조부재</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 기준 : 관련 지침은 발주처 및 설계사
○ 소재 : 소재회사 제품 상업화, 전문건설사 건설재료로 활용
○ 2차 제품 : 전문 제작사, 발주처, 건축주 등의 end user
○ 활용방안 : 소재는 각종 요구성능에 접합한 콘크리트 구성 재료로 활용, 기준은 구조물의 제작 및 설계 지침으로 활용하며, 활용분야는 우선 교량 바닥판이며 추가로 경량화된 콘크리트 구조부재에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>700</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>800</td><td>900</td><td>1,150</td><td>1,150</td><td>1,150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">650</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,150</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">17 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 산업폐기물 골재 활용 연간 50만톤, 골재 생산 대체 효과에 따른 발생되는 CO2 약 25만톤 감축
○ 교량 바닥판 신설, 개축 및 부분 교체 시 바닥판 20% 슬림화, 시멘트 사용량 감소에 따라 발생되는 CO2 약 36만톤 감축
· 2009년 시멘트 사용량 2,500만톤, 이중 교량바닥판 200만톤 사용
· 고강도 경량콘크리트 시멘트 절감률 20% : 200만톤 x 0.2 = 40만톤
· CO2 감축량 : 40만톤 x 0.9 ton/ton(1ton 시멘트 생산시 CO2 발생량) = 36만톤
○ 고강도 경량콘크리트 구조부재의 단면 20% 축소 가능, 이에 따른 시멘트, 골재 등 자원절약과 구조용 강재의 제조에 필요한 에너지 사용량 급감 기대
○ 콘크리트의 초고강도 압축 및 인장 특성으로 신개념의 콘크리트 구조부재 창출과 첨단 신소재 및 신재료를 활용한 건설 기술의 세계적 우위 점유
○ 인류 활용 공간 확대 부응과 동시에 시설물 슬림화로 지구 환경 Green화 첨단 건설재료 충족
○ 무기재료, 금속재료 및 제조공정 산업과 건설 설계, 시공 등 융복합 기술 개발 및 활용에 따른 기술 인력의 양산과 신규 일자리 창출 및 해외시장의 수출에 기여</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">고성능 재료 등을 활용한 콘크리트 거더 물량 절감 및 장수명화 기술(9번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 현재 국내에서는 2000년 이후 다양한 형식의 콘크리트 I형 거더가 개발되어 교량에 시공되고 있음
○ 고강도 강선 및 철근의 지속적인 개발과 함께 각종 혼화재의 등장으로 고강도 및 고성능 콘크리트 기술도 괄목할 정도로 발달하고 있는 추세임
○ 현재 압축강도 200MPa까지 개발되고 있으나 70MPa정도까지 공장에서 제작되는 프리캐스트 콘크리트 I형 거더에 일부 적용되고 있음
○ 고강도 콘크리트를 고강도 강선 및 철근과 조합하여 사용하면 매우 효율적인 교량 건설이 가능하나 현재까지 매우 제한적으로 적용되고 있는 실정임</td></tr>
<tr><td colspan="12">○ 교량 경간 길이별 최적 단면 및 기하형상을 도출하고 현장 맞춤형 고강도 콘크리트를 적용하여 상부구조 물량을 대폭 절감하고 품질을 향상시키고자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 상부구조 물량 20% 절감 및 내구성 50% 향상된 콘크리트 거더 교량 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="5">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 2005년부터 2010년까지 5년간 “고성능·다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술”과제(주관 : 대우건설)에서 120MPa 고강도 콘크리트를 개발하여 프리스트레스트 I형 거더에 적용하는 연구 시도
○ 한국건설기술연구원에서는 2006년 200MPa 초고강도 콘크리트를 자체 개발하고 사장교 등에 활용하는 연구를 수행 중임
○ 건축분야에서는 삼성물산이 시공한 초고층건물인 목동 트라팰리스에서 150MPa 고강도 콘크리트가 지하 기둥에 일부 소규모 적용
○ 프랑스에서는 200MPa의 초고강도 콘크리트를 1994년부터 개발하여 미국, 캐나다, 호주, 일본, 한국 등에 진출하여 일부 보도교, 도로교, 철도교 등에 시험 적용 실적이 있음
○ 일본에서는 1984년에 고강도 실리카퓸 콘크리트(100MPa급)를 개발하고 2000년에 섬유보강 초고강도 콘크리트(120MPa급), 2006년에 초고강도 콘크리트 SUQCEM(180MPa급)을 개발하고 구조물 적용하는 연구를 수행 중임
○ 미국 Federal Highway Administration(FHWA)에서는 2001년부터 차세대 콘크리트 기술로써 고강도 콘크리트에 대한 연구를 시작하여 고효율 프리스트레스트 π형거더를 개발함</td></tr>
<tr><td rowspan="4">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>500</td><td>700</td><td>1000</td><td>1200</td><td>1400</td><td>1600</td><td>1700</td><td>1800</td><td>2000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>5,000</td><td>6,000</td><td>6,000</td><td>6,000</td><td>7,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>5</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>년</td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 대우건설에서 주관한 고성능·다기능 콘크리트 개발 및 활용기술과 한국건설기술연구원에서 수행하고 있는 초고성능 콘크리트 교량 기술을 기본으로 하여 맞춤형 고강도 콘크리트를 적용하여 프리스트레스트 거더 교량이 효율적인 단면을 갖도록 최적 기하형상 추구</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 고강도 콘크리트를 고강도 강선 및 철근과 조합하여 사용하면 매우 효율적인 교량 건설이 가능하나 현재까지 매우 제한적으로 적용되고 있는 실정으로 급속히 발전하는 재료 기술을 활용한 경제적인 교량 건설이 시급함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="12">○ 맞춤형 고강도 콘크리트 활용 기술 개발
○ 교량 경간 길이별 최적 단면 및 기하형상 도출
○ 고강도 콘크리트 활용 및 최적 기하형상의 프리스트레스트 콘크리트 거더교의 설계 및 시공지침 연구</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="12">○ 고강도 콘크리트가 많은 기업 또는 대학 연구실 등에서 개발되고 있지만 실용화가 제한적인 것은 광범위한 해석 및 실험연구를 바탕으로 설계지침 및 시공방법이 제시되어야 함. 이를 위해 방대한 예산과 연구인력이 장기간 소요되고 있어 민간기업이 추진하기엔 역부족이므로 기술을 선도하는 정부의 역할이 매우 중요함
○ 한정된 국가예산으로 인해 국가 SOC 시설물에 대한 투자는 지속적으로 감축하고 있는 국가정책으로 인해 효율적인 교량 건설 기술 개발은 시급한 현안으로 대두될 전망임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="12">○ 무기재료 화학업체와 협업을 통한 맞춤형 고강도 콘크리트 국산화 및 설계 특성 값 도출
○ 국내 프리스트레스트 거더 신기술 개발 전문가 그룹과 협력을 통한 중간 단계 진입 전략 수립</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발
최종성과물 및
활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 특허 최적 기하형상 단면을 갖는 고강도 콘크리트 거더교 구조 및 시공방법 (2건이상)
○ 지침 고강도 콘크리트 거더교량 설계 및 시공 지침(1건이상)
○ 논문 고강도 콘크리트 거더 교량의 해석 및 실험, 거동(다수)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 건설 예산 감축을 시도하는 발주처 요구에 대응하여 신설 중장경간 교량 건설에 우선 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="7">11. 연구개발
과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>700</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>800</td><td>1,100</td><td>1,100</td><td>1,150</td><td>1,150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,700</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">600</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,300</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">18 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">○ 고강도 콘크리트를 적용하여 상부구조 물량 대폭 절감 및 품질 향상</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">FRP 및 알루미늄 등 신소재를 활용한 교량 장수명화 기술(10번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 콘크리트 구조물의 장대화 및 품질향상을 위해 콘크리트에 발생하는 인장응력을 상쇄할 목적으로 긴장력을 도입하고 있지만, 열악한 외부 환경에 노출된 강재 긴장재의 경우는 긴장력 감소로 내하력이 저하되어 구조물 안전성에 문제를 발생시킬 가능성 있음
○ FRP 재료는 전통적으로 건설분야에서 사용해온 강재에 비해 고강도, 저중량, 높은 강도/중량비, 내부식성, 절연성 및 낮은 열전도성, 설계 유연성, 고내구성(탄소섬유의 경우), 저유지관리, 라이프사이클 비용 감소 등 뛰어난 장점을 지니고 있음
○ 이러한 장점을 살려 강재 긴장재를 대체한다면 부식으로 인한 콘크리트 구조물의 노후화 방지, 수명연장 등이 가능해져서 보수·보강비 및 장수명화에 따른 인프라시설의 경쟁력 강화를 꾀할 수 있음
○ FRP 재료는 기존 강재 긴장재와 재료가 다르고 역학적 특성 역시 다르므로 다양한 재료시험 및 부재실험이 필요하며, 이를 토대로 콘크리트 구조물에 적용하기 위한 적용기술 및 설계방법 등이 연구·검토될 필요가 있음
○ 또한, 고강도 FRP의 성능을 충분히 발현할 수 있는 정착기술이 필요하며 FRP에 긴장력을 도입할 수 있는 긴장 시스템 개발이 필요함
○ 본 기술은 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선을 대체하기 위해 구조적 성능 및 사용성 등에 있어서 우수한 성능을 갖는 FRP 보강근 및 텐던의 설계 및 제조기술을 개발하고, 이를 활용하여 콘크리트 구조물의 경제성을 향상시키고, 내구수명을 향상시키는 데 목적이 있음</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 기존 FRP 보강근 및 텐던 내구성 장기성능 검증
○ FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술 개발
○ FRP 보강근 및 텐던의 산업규격 및 품질 규격 제안
○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 우리보다 산업화가 빠른 선진국들은 콘크리트 구조물에 사용되는 강재의 부식과 같은 문제를 해결하기 위해 FRP (Fiber Reinforced Polymer) 복합재료를 이용한 철근 대체재의 개발에 관심을 가졌음. FRP 복합재료의 장점을 활용하여 철근 대체재를 개발하고 이를 사용한다면 부식 문제를 근본적으로 해결할 수 있어 콘크리트 구조물의 고품질화, 고내구성화, 장수명화를 달성할 수 있음. 그러나 국내에서는 이 분야에 대한 기술개발 및 기술투자가 거의 이루어지지 않아 선진국과의 기술격차가 점점 커지고 있는 실정임. 선진국의 경우 FRP 보강재에 대해 1990년대 중후반부터 기술개발이 활발히 진행하여 왔고 2000년 이후부터는 그 적용사례가 증가하고 있으며, FRP가 21세기의 주요 건설재료로 자리 매김할 것으로 확신하고 있음.
○ 국외기술동향
• 2000년대 : 구조물 및 프리스트레싱용 텐던을 사장재로 적용하기 위한 연구 진행
• 2000년~2003년 : 시험법 개발 및 교량 바닥판 적용(FRP 보강근)
• 2007년 : 기술현황 보고서 발간
• 세계 최고 CFRP 사장재 시스템 : 2700 MPa (네덜란드 Nedri사)
○ 국내기술동향
• 2000년대 : 한국건설기술연구원 및 동원건설에서 FRP 보강근 및 FRP 텐던 연구 수행
• 2010년대 : 한국건설기술연구원 및 신성소재에서 FRP 케이블 시스템 기초연구 수행
• 국내 최고 CFRP 사장재 시스템 : 3000 MPa (건기연)
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>100</td><td>300</td><td>500</td><td>700</td><td>1000</td><td>1200</td><td>1300</td><td>1400</td><td>1500</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>3,000</td><td>5,000</td><td>6,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td><td>10,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>2</td><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>8</td><td>8</td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 선행된 FRP 보강근 및 텐던 연구결과를 활용하여 재료적 성능을 보완하고 콘크리트 구조물에 활용 가능하도록 시스템 개선
○ 현장에 적용함에 있어 새로운 장비를 개발하기 보다 기존 장비를 최대한 활용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트에 사용되는 전통적인 재료인 강재는 주변환경이 열악한 경우 부식, 피로 등의 손상을 받을 수 있음
○ 20세기 이후 교량 등 인프라 시설물들의 노후화로 보수, 보강, 개축이 증가하는 추세임
○ FRP는 부식저항성이 높고 내피로성능이 우수한 재료로 강재를 대체할 경우 유지관리비용을 절감하고 수명 연장이 가능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">○ 선행 연구자료 수집 및 분석
○ 개발 재료의 요구성능 설정
○ FRP 보강근 적용기술 개발
○ FRP 텐던 적용기술 개발
○ 콘크리트에 매립된 FRP 보강근 및 텐던의 내구성 시험
○ 화학적 환경에 노출된 FRP 보강근 및 텐던의 부착 및 정착성능
○ 지속하중 및 반복하중 하에서의 부착 및 정착 성능
○ 피로/지속하중을 받는 부재의 휨거동 실험
○ FRP 보강근 및 텐던의 성능검증 및 품질시험법 제안
○ FRP 보강근 및 텐던을 사용하는 구조물의 설계기준
○ FRP 보강근 및 텐던 제작 및 시공기준
○ FRP 보강근 및 텐던을 사용한 구조물의 유지관리
○ 콘크리트 구조물 설계 예제 및 표준도 작성
○ 상용화 생산된 FRP 보강근 및 텐던의 품질규격서 작성
○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">○ CO2는 지구온난화의 직접적 원인으로 이상기후 및 생태계 변이라는 인류 생존의 문제를 야기하고 있는데, 콘크리트에 의한 CO2 발생은 전 세계에서 인류가 발생시키는 CO2의 약 8%를 차지함.
○ 우리나라의 경우 교토의정서의 제2차 공약기간 (2013년 - 2017년) 동안 CO2 배출량 감소 의무국이 될 가능성이 매우 높고, 정부주도로 저탄소 녹색성장을 위해 노력하고 있음.
○ 교량 상부구조물의 자중을 감소시켜 CO2 발생량을 저감시키려는 노력이 늘고 있음.
○ 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
○ 고성능 건설재료인 FRP는 교량 장수명화가 가능하기 때문에 이러한 정부의 요구에 부응할 수 있고, 국가 R&D 정책을 통해 현장에 활용할 수 있도록 문제점 해결을 위한 지원이 필요함</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ 국내의 FRP 제조기술, 재료성능 및 실험시설은 국외와 비교할 경우 동등 이상의 수준으로 판단되나 현장적용, 기술이전 등의 활용면에서 미흡할 실정임
○ FRP를 설계에 반영하기 위해서는 설계기준, 시방서 등의 제정이 필요하며, 신재료 적용에 대한 거부감이 해소되어야 함
○ FRP 관련 설계지침 제정을 위해 관계기관과 협력하며, 기술개발 홍보를 통해 신재료에 대한 거부감을 해소할 예정임</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">○ FRP 보강근 및 텐던 개발기술
○ FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술
○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">○ 강재가 가지고 있지 않은 FRP의 재료적 이점(고강도, 고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 건설산업에 먼저 활용될 것으로 기대됨.
○ 고내구성 건설재료의 적용이 절실한 주요 해양 및 항만구조물, 인프라구조물, 건축물, 오폐수처리 시설 등 환경처리 구조물 등의 신규공사에 FRP 보강재를 본격적으로 적용할 수 있음.
○ 비자성 및 비전도성을 필요로 하는 병원시설물, 자기부상열차용 교량 등의 건설에 FRP 보강재가 활발히 사용될 것으로 판단됨.
○ FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 신설 구조물 이외에 노후 구조물의 보수 및 보강에 직접 활용이 가능함.
○ FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 사장교, 현수교와 같은 장대교량、특수교량의 건설시 핵심기술로서 활용이 가능함.
○ FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 선진국과의 기술격차가 크지 않은바 저개발 국가로의 수출이 가능함.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>800</td><td>800</td><td>800</td><td>800</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>4,200</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td>5,200</td><td>연도별
평균소요인력</td><td>17 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="5">○ 강재 부식문제를 해결함으로써 콘크리트 구조물의 장수명화 가능
○ 균열에 의한 부식문제 해결로 재료의 경제적 설계 가능
○ 선진국과 기술격차가 7년 이하이므로, 국가적인 차원의 지원 및 관련 기업의 협조하에서 이 분야의 연구개발을 진행한다면 5년 이내에 기술격차를 해소하고, 7년 이내에 비교우위를 선점할 수 있을 것으로 기대됨
○ FRP 긴장재를 개발하여 강재의 부식문제를 근본적으로 해결하면 콘크리트 구조물의 성능저하로 인한 유지관리비용의 지출과 이로 인해 발생하는 사회적인 사용자 비용의 발생을 차단하여 국가예산에 막대한 이익을 가져올 것으로 판단됨
○ 건설 관련 세계 시장규모는 연간 2조 4,000억 달러로서 여기에 사용되는 재료의 양이 엄청나기 때문에 새로운 건설재료의 개발은 관련산업의 활성화와 함께 동반 상승효과(synergy effect)를 기대할 수 있어서 국가산업 발전에도 이바지할 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">신소재를 활용한 기존 교량구조물 고효율 보강 기술(11번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 1990년대 이후 사회적 요구와 교량 안전성에 대한 중요성이 부각되며 신설 교량의 수가 급격히 증가되었으며, 2000년대 중반을 기점으로 서서히 감소하는 추세임.
○ 교량의 보강주기가 15~20년임을 감안할 때, 1990년대 이후 가설된 교량들의 보강 주기가 도래함에 따라 보강 수요의 본격적인 증가가 예상됨.
○ 또한 1995년 이후 가설된 교량의 96%가 DB-24로 설계된 교량이지만 2011년 현재까지도 전체 교량의 약 10%가 DB-13.5 이하로 설계된 교량으로 최근 물류량을 고려할 때, 이들 교량의 내하력을 향상시킬 수 있는 보강 기술의 마련이 필요함.
○ 강도 경량, 비부식 신소재 활용을 통한 보강 공정의 간략화, 공기단축, 노무비 절감, 추가 유지보수 최소화 및 교량의 장수명화 실현.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ FRP 등 신재료를 활용한 고효율 급속 보강 기술의 개발을 통한 기존 노후 교량의 수명 연장</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술개발 동향 :
○ 미국 I/UCRC(Industry-University Cooperative Research Center)의 RB2C(Repair of Bridges and Buildings with Composites)는 1998년부터 복합재료를 이용한 보강에 대한 연구를 수행하였으며,2009년에는 CICI(Center for the Integration of Composites into Infrastructure)를 설립하여 복합재료를 활용한 보강 기술 활성화와 경제적인 보강 기술 개발을 위한 연구를 수행중임.
○ AASHTO T-6에서는 LRFD 기반의 FRP 보강 설계기준을 작성하기 위한 연구를 수행중임(NCHRP project D10-73).
○ 1990년대 후반부터 콘크리트 구조물의 내진보강에서 시작한 FRP활용 보강기술은 주로 콘크리트 교량의 휨보강 및 전단보강 목적으로 진행되어 2000년대 중후반에 유럽과 북미, 일본, 중국에서 FRP 보강 지침이 발표되었음. 현재까지 대부분의 FRP 활용 보강기술은 콘크리트 표면에 FRP를 부착하는 기술이었으며, 최근 표면매립, 외부긴장 등의 기술이 제안되고 있음.
○ FRP 활용 강교 보강 기술 또한 1990년대 후반부터 진행되어 왔으며, 콘크리트 교량과 마찬가지로 아직까지는 강교 표면에 FRP를 부착하는 기술에 대한 개발이 진행되고 있음.

○ 산업/시장 동향 :
○ 2005년부터 5년간 도로 보수에 투자된 금액은 연평균 2조 3천억 규모로 이는 고속국도와 일반국도 건설에 투자된 연평균 투자액 5조원의 약 46%에 해당하는 예산임(2010년 국토해양통계연보).
○ 연평균 2조 3천억의 도로 보수비 중 약 20%에 해당하는 연평균 4,700억원이 구조물 보수에 투자되고 있으며, 이중 70%에 해당하는 연평균 3,000억원이 교량 보수에 투자되고 있음(국토해양부, 2005~2009년 “도로보수현황”참고).
○ 전체 도로 보수 비용과 구조물 보수 비용은 미국 서브프라임 모기지 사태가 발생했던 2007년을 제외하면 매년 유사한 수준으로 투자되고 있으나, 교량 보수비용은 2005년 2,100억원 규모에서 2009년에는 4,700억원 규모로 확대되었음. 교량 보수비용 중 신설 및 확장을 제외한 보수비용은 연평균 2천억원 규모이며, 연간 15~30%씩 증가하는 추세임.
○ 전체 교량 보수 비용중 연간 10%가 내하력 증가를 위한 보강에 사용된다고 하면 2017년 이후에는 연간 400여억원 규모의 보강 수요가 발생할 것으로 예상됨
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>500</td><td>600</td><td>800</td><td>1000</td><td>1300</td><td>1600</td><td>1900</td><td>2000</td><td>2500</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>4,000</td><td>4,200</td><td>4,300</td><td>4,400</td><td>4,600</td><td>4,750</td><td>4,900</td><td>5,000</td><td>5,200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>10</td><td>10</td><td>15</td><td>15</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>25</td><td>25</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>년</td><td>1.0</td><td>2.0</td><td>3.0</td><td>3.0</td><td>3.0</td><td>3.5</td><td>3.5</td><td>4.0</td><td>4.0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 국내 연구진에 의해 다음과 같은 기술을 확보하고 있으므로 선진 기술 돌파에 필요한 기반 기술로 활용 가능
○ 건교평 국가 R&D(1999~2003) “콘크리트교량의 보수·보강 재료 품질 기준 및 공법 평가기준 개발”
○ 한국건설기술연구원 (2002~2006) “노후교량의 성능향상 방안”
○ 건교평 국가 R&D(2003~2008) “FRP 복합재료 보강재 개발 및 이를 활용한 콘크리트 구조물 건설기술 개발”
○ 건교평 국가 R&D(2005~2008) “FRP 긴장재 및 정착장치의 개발과 활용을 위한 연구”
○ 건교평 국가 R&D(2009~2011) “사장교용 FRP 케이블 시스템 기초연구”</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">○ 교량 보강 기술은 주로 해외기술을 차용하거나 임시 대응적인 단발적 연구에 치중되어 있었기 때문에 교량 관리주체에서는 주로 보강보다 개축을 선호해 왔음.
○ 그러나 최근 물류량 증가로 인해 개축시 발생하는 사회적 비용에 대한 부담이 증가하고 녹색성장을 위한 환경 영향 최소화 중요성이 커짐에 따라 보강을 통한 교량 수명 연장 요구가 증가하는 추세임.
○ 한편 소재 기술의 발달로 전통적인 건설재료 이상의 성능을 나타내는 신소재가 지속적으로 개발되고 있으며, 정부와 민간에서는 미래의 쌀로 불리우는 신소재 개발을 지속적으로 추진중에 있음.
○ 소재 산업과 더불어 보강기술 개발 연구를 진행하면 기존 보강재료보다 내구성 및 역학적 성능이 우수한 신소재 활용 기술 개발에 시너지 효과를 얻을 수 있으며, 답보 상태에 있는 선진기술을 돌파하고 국내외 시장을 선점할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">○ 별도의 정착장치가 없거나 소규모 정착장치만을 갖는 강교 보강용 FRP 판 프리스트레스 보강공법 개발 및 실용화
○ 별도의 정착장치가 없거나 소규모 정착장치만을 갖는 콘크리트 보강용 프리스트레스트 표면매립 FRP 보강공법 개발 및 실용화
○ 급속시공이 가능한 FRP 텐던 활용 외부 프리스트레스 보강 공법 개발 및 실용화
○ FRP plate, FRP 텐던, 접착 수지 등 기본재료의 역학적 특성 평가
○ 부착용 수지와 도장 경계면, 도장과 강재면 거동 특성 규명
○ FRP와 강재의 전위차에 의한 부식 특성 규명
○ 부착 및 정착장치의 정적, 동적 거동에 대한 실험적, 해석적 평가
○ FRP 긴장 및 부착을 위한 시공 시스템 개발 및 제작
○ 정착장치 시작품 제작 및 성능 평가
○ 신소재로 보강된 강주형의 성능 향상 검증
○ 신소재 활용 강교 보강 설계모델 개발 및 설계기준 제시
○ 매립용 수지와 FRP, 콘크리트와 수지 경계면의 거동 특성 규명
○ 프리스트레싱에 의한 상향 캠버 효과 검증
○ 부착 및 정착장치의 정적, 동적 거동에 대한 실험적, 해석적 평가
○ FRP 긴장 및 매립을 위한 시공 시스템 개발 및 제작
○ 정착장치 시작품 제작 및 성능 평가
○ 신소재로 보강된 콘크리트 부재 성능 향상 효과 검증
○ 신소재 활용 프리스트레스 콘크리트 교량 보강 설계모델 개발 및 설계기준 제시
○ 시방서 작성 및 신기술 등록</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">○ 노후 교량의 안전성은 불특정 다수의 국민의 생명과 안전과 관련되는 문제임
○ 노후 교량에 적용되는 보강기술의 신뢰성은 교량의 안전성에 아주 중요함
○ 국가 자산인 교량의 안전성을 확보하고 수명을 연장시키는 기술의 개발이므로 정부에서 지원해야 됨</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ 교량의 보강기술 개발 사업의 목표를 달성하기 위해 가능한 산·학·연이 협력하여 단 기간 내에 취약기술을 확보하는 방안을 모색함.
○ 국내·외 전문가 활용
• 국내 교량의 조사·설계·시공·유지관리 분야의 전문가, 계측장비 전문가 및 복합소재 관련 전문가를 전문분야별로 기술 개발에 참여시키며 국내·외의 유수한 전문가를 수시로 초청하여 세미나를 개최함으로써 기술교류를 확대함
• 관련 전문가들로 구성된 자문위원회를 구성하여 연구수준을 향상시킴
○ 실증적 연구를 위해 교량관리주체와 긴밀히 협의함
• 개발된 보강기술의 성능을 파악하기 위해 실제 사용중인 교량에 적용시킴. 이를 위해 발주처 및 시공사 등과 긴밀한 공조체제를 구축함
○ 관련 전문 기관과의 긴밀한 협조체계 유지
• 본 연구의 최종 목표를 달성하기 위해 분야별 전문가 그룹에 필요한 연구 분야를 위탁하여 연구하게 함으로써 시너지 효과를 극대화시키면서 단기간 내에 선진국의 기술을 확보하는 체제로 연구를 진행함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">○ 공법 특허, 정착장치 및 긴장장치 시작품, 논문</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="5">○ 민간 기업 기술 이전</td></tr>
<tr><td>11. 연구개발</td><td>구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6">과제의 규모</td><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>700</td><td>800</td><td>900</td><td>900</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>800</td><td>900</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,800</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">4,300</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">○ 보강시간이 단축된 효율적인 보강기술의 개발로 교량 사용자들에게 편익을 제공하며, 사회적 손실비용을 최소화시킴.
○ 신뢰성 높고 안전성 높은 보강기술을 개발함으로써 개축 교량의 축소.
○ 사용 교량의 수명이 연장됨에 따라 국가적으로 많은 예산을 절감할 수 있음.
○ 복합소재 등을 이용한 보강기술을 적극 활용함으로써 관련 산업의 발전을 도모할 수 있으며, 이 분야의 국가 경쟁력을 제고시킬 수 있음.
○ 내하력 저하로 인한 교량 사고를 예방할 수 있게 됨.
○ 역사적 보존가치가 높은 구조물에 본 연구에서 개발된 기술을 적용할 수 있게 되어 문화적으로도 기여하게 됨.</td></tr>
</table>

1. 과제명	고성능 강재를 활용한 강교량 물량 절감 및 장수명화 기술(12번 과제)
2. 연구목적 및 배경	○ 지구온난화에 의한 이상기후 및 자원고갈로 인해 자원절약형 저탄소 기술 개발에 대한 관심 증가. ○ 교량건설에 필요한 자원의 절약 및 교량의 장수명화 요구 증대. ○ 고성능(고강도) 강재를 적용하여 강재물량을 절감하고, 최적설계를 통한 구조의 단순화로 교량 수명 연장의 필요성 증대
	○ 교량에 적용할 수 있는 강도 800 MPa 급 강재가 국내에서 개발됨 ○ 고성능 강재의 기계적 특성(응력-변형도 관계)이 기존 보통 강재와 크게 다름 ○ 고성능 강재를 적용한 교량의 건설을 위해 고강도 강재의 특성에 맞는 설계기술 및 설계기준이 필요함
3 연구개발목표	○ 고성능 강재의 효율 극대화를 위한 고강도 강재 적용기술 개발 및 실용화 ○ 성능 강재 활용 내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 상부구조시스템 개발 및 실용화 ○ 성능 강재 활용 차세대 강바닥판 설계기술 개발 및 실용화 ○ 성능강의 효율적 적용을 위한 복합/합성거더 설계기술 개발 및 실용화 ○ 량 상부구조 강재물량 20% 이상 절감 및 탄소 배출량 20% 이상 절감. ○ 상부구조의 단순화, 최적화를 통한 연결부 단순화로 최소화 및 교량 수명 30% 연장
4. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 국내 기술개발 동향 : ○ 최근 국내에서는 HSB(High performance Steel for Bridges) 고성능강이 개발되어 HSB500, HSB600 및 HSB800 강재가 KS D 3868에 교량구조용 압연강재로 2009년 등록되었으며, 이들 강재는 강도, 내후성, 인성, 용접성 등을 복합적으로 개선된 세계적 수준의 고품질 차세대 강재임. ○ 이 같은 추세를 감암하여 강구조설계기준-하중저항계수설계법(2010)에 HSB500 및 HSB600 강재가 포함되었음, ○ 2010년 개정된 도로교설계기준(2010)에는 항복강도가 690MPa인 HSB800 고성능강이 추가되었음. ○ 허용응력법을 적용하는 현 도로교설계기준(2010)의 강교 설계기준을 대체할 신뢰도이론에 근거한 한계상태설계법의 일종인 하중-저항계수설계법 도로교설계기준이 조만간 제정될 예정이고, 이 기준은 AASHTO LRFD 설계기준(2000)에 기초하고 있음. ○ 2010년 강구조설계기준과 현재 제정 중인 2011년 LRFD법에 근거한 도로교설계기준에는 고성능강을 탄성영역의 강도만을 이용하는 비조밀단면으로 설계하도록 규정하고 있음. 이로 인해 HSB800 강재의 특성을 효과적으로 이용할 수 없어 경제적인 설계가 불가능함. ○ 고성능강을 적용한 강재물량 절감을 위해서는 HSB800 강재의 특성을 반영한 신개념의 설계방법이 필수적임 ○ 국외 기술개발 동향 : ○ 미국의 경우 AISC(2010)와 AASHTO-LRFD(2010)에는 항복강도 485MPa급의 HPS485, HPS70, 항복강도 690MPa급의 HPS100를 적용할 수 있도록 사용강재에 포함하고 있음. 하지만, 연구부족으로 인하여 항복강도가 485MPa를 초과하는 강재는 조밀단면으로 설계할 수 없도록 규정하고 있기 때문에 고강도강의 적용에 큰 걸림돌이 되고 있음. ○ 유럽의 경우 Eurocode에서 항복강도 690MPa급 강재를 허용하고는 있음. 하지만 고강도강을 적용하는 경우 대부분 세장단면인 Class 4단면으로 분류되어 경제적 설계가 불가능함. ○ 일본 도로교시방서와 Honshu-Shikoku Bridge Spec.에는 항복강도 480-690MPa급 BHS700, HT70, HT80, HW550, HW685, HW885 등과 같은 다양한 고강도강을 강재 규정에 포함시켜 이들 강재를 부분적으로 적용할 수 있도록 하고 있음. 그러나 현재의 휨부재 설계 주요 규정은 고강도강에 대한 연구결과를 반영하여 결정된 것들이 아니고 항복강도 485MPa급 이하의 강재를 기준으로 하고 있어서 추가적 연구가 필요한 상태임. ○ 산업/시장 동향 : ○ 최근들어 강재가격의 상승과 맞물려 국내 신규 교량건설공사에 콘크리트교량에 비해 강교량이 차지하는 비율이 현격하게 감소하는 추세임. ○ 고성능강 적용을 위한 연구개발이 수행되면 강재 물량을 20% 이상 절감할 수 있어 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 판단됨. ○ 특히 현수교나 사장교와 같은 장대교량의 경우 자중 감소가 교량건설의 경제성에 매우 큰 영향을 미치고 있음. HSB800 급 강재의 적용기술이 개발되면 국내외 장대교량 건설시장에서 수요가 매우 클 것으로 예상됨. ○ 2011년 이후 해외 장대교량 시장은 47조원에 달할 것으로 추정되며, 전세계 지역별 장대교량 시장규모 비교는 아래의 표와 같음. [표. 1] 국내외 장대교량 시장 규모 추이(단위: 조원)

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">구분</td><td colspan="3">동북아</td><td rowspan="2">북미</td><td rowspan="2">유럽</td><td rowspan="2">동남아</td></tr>
<tr><td>한국</td><td>일본</td><td>중국</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시장규모</td><td>2001~2010년</td><td>4.4</td><td>1.0</td><td>9.5</td><td>2.0</td><td>2.7</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>2011년 이후</td><td>6.7</td><td>10</td><td>3.9</td><td>8.2</td><td>18.2</td><td>6.6</td></tr>
</table>
※출처: 장대교량 해외시장과 기술동향
<table>
<tr><td rowspan="4">시장규모
(억원)</td><td>연도</td><td>적용
연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>2,000</td><td>5,000</td><td>7,000</td><td>10,000</td><td>11,000</td><td>12,000</td><td>13,000</td><td>15,000</td><td>16,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>20,000</td><td>50,000</td><td>70,000</td><td>100,000</td><td>110,000</td><td>120,000</td><td>130,000</td><td>150,000</td><td>160,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장
점유율
(%)</td><td>연도</td><td>적용
연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>년</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술
활용방안</td><td>○ 강재의 기계적 특성이 강종 별로 상이함. 특히 HSB800급 강재의 경우 기존 강재와 큰 차이를 보이고 있어 기존 일반강재와 관련된 연구결과를 활용하는 데는 큰 제한이 있기 때문에 새로운 설계기술의 개발이 요구됨
○ HSB800 급 고성능강재를 적용한 부재의 강도평가 공식을 기존 하중-저항계수 설계 format에 적용할 수 있음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발
필요성</td><td>○ 지속가능한 발전을 위한 자원절약의 필요성이 요구되고 있으며 기후변화의 방지를 위한 저탄소 기술 개발의 필요성이 부각됨
○ 강재물량 절감을 위해서는 구조물의 슬림화 장수명화가 요구됨. 고성능 강재 적용 기술의 개발은 이 같은 요구를 충족시키기 위한 필수요소임</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구
개발내용</td><td>1. 고성능 강재의 효율 극대화를 위한 고강도 강재 적용 기초기술 개발 및 실용화
○ 휨강도의 합리적 평가를 위한 설계기술 개발
○ 전단강도의 합리적 평가를 위한 설계기술 개발
○ 휨-전단 상호작용 평가기술 개발
○ 보다 경제성 있는 휨부재의 설계에 필수적인 하이브리드거더 (플랜지와 복부판에 서로 다른 강재를 적용한 거더) 설계기술 개발

2. 고성능 강재 활용 내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 상부구조시스템 개발 및 실용화
○ 처짐 및 진동 제한을 위한 요구 휨강성을 확보할 수 있는 신개념 거더 시스템 개발 및 실용화
○ 피로성능 향상을 위한 상부구조시스템 및 연결부 최적화/단순화 기술개발

3. 고성능 강재 활용 차세대 강바닥판 설계기술 개발 및 실용화
○ 고성능 강재 적용 강바닥판의 휨강성 및 비틀림강성 증대를 위한 차세대 강바닥판 보강구조시스템 개발 개발된 강바닥판 보강구조시스템의 표준화를 통한 실용화

4. 고성능강의 효율적 적용을 위한 복합/합성 거더 및 상부구조 시스템 설계기술 개발 및 실용화
○ 차세대 강-콘크리트/FRP 합성 거더시스템의 개발 및 실용화
○ 고성능강의 효율 극대화를 위한 복합 상부구조시스템의 개발 및 실용화</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의
타당성</td><td>○ 기후·환경변화에 대비한 이산화탄소 배출량 감소, 자원절약 기술은 정부 주도로 개발하여 해외시장을 선점하고 국가경쟁력을 향상시켜야 함.
○ 교량은 매우 주요한 사회기반시설물이므로 정부예산 절감 차원에서 적극적이고 체계적인 정부지원이 요구됨
○ 신 재료 및 공법의 적용을 꺼리는 국내 건설분야의 인식 개선을 위해 정부가 주도해야 함.
○ 연구개발의 실용화를 위하여 Test Bed 후보지 선정 및 건설에 정부의 적극적인 지원과 협조가 요구됨.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td>○ 고성능강을 개발하는 기업과의 적극적인 협력을 통한 기술개발
○ 고성능 강재의 효율 극대화를 위한 고강도 강재 적용 기초기술 개발 및 실용화를 위한 연구는 주관기관과 대학/연구소에서 주로 수행.
○ 고성능 강재 활용 내구성 및 피로성능이 향상된 신개념 상부구조시스템 개발 및 실용화를 위한 연구는 주관기관과 대학/연구소/설계사의 공동연구로 수행.
○ 고성능 강재 활용 차세대 강바닥판 설계기술 개발 및 실용화 연구는 주관기관과 대학/연구소에서 주로 수행
○ 고성능강의 효율적 적용을 위한 복합/합성 거더 및 상부구조 시스템 설계기술 개발 및 실용화 연구는 주관기관과 대학/연구소/대학/연구소/설계사/시공사의 공동연구로 수행</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 기술이전 : 3건
○ 특허 : 등록 5건
○ 논문 : 국내 10건, 국외 5건
○ 설계기준반영: 3건
○ 설계지침서: 3건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 개발된 휨 및 전단강도 평가 설계식을 하중-저항계수 설계기준에 반영
○ 고성능 강재 활용 차세대 강바닥판 설계기술을 향후에 설계되는 장대교량에 반영
○ 그 밖에 본 연구에서 개발된 기술을 국내외 중/소지간의 교량설계에 적극 반영</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>700</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>800</td><td>1,100</td><td>1,150</td><td>1,150</td><td>1,150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,700</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">650</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,350</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 고성능 강재의 적용기술 개발을 통해 강재물량 20% 절감 및 상부구조시스템 건설비용 25% 절감
○ 상부구조시스템의 단순화/최적화를 통해 교량의 내구성 향상 및 수명 30% 증대
○ 차세대 강바닥판 보강구조 시스템 개발을 통해 교량의 피로성능 증대 및 제작비용 20% 절감
○ 차세대 강-콘크리트/FRP 합성구조 시스템 개발로 해외시장 진출이 가능함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">재료절감형 고효율 장수명 강-콘크리트 합성 거더 및 바닥판 기술(13번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 국내 전체 교량 개수의 약 70% 이상이 30m 이하의 단경간 교량으로 건설되었으며, 이 중에서 콘크리트 형식 교량이 단지간 교량 건설의 약 95% 이상을 차지하고 있음.
○ 콘크리트 형식 교량이 재료단가 측면에서 강교량에 비해 20% 이상 경쟁력을 확보하고 있으나, 초기 공사비, 교량수명과 연관되는 유지관리 비용, 공사기간 및 시공법, 미관 등의 환경친화성을 고려하면 향후 교량 확장 및 교체 측면에서는 강-콘크리트 또는 FRP-콘크리트 합성 부재가 유리한 측면이 있음.
○ 특히, 2000년도 이후 시공 완료된 교량의 경우 PSC-BEAM 교량의 전체 형식의 81.4%를 차지함으로써 특정 형식에 대한 집중도가 매우 높으며, 이러한 편중된 형식의 교량 설계 및 시공은 구조효율성을 저하시켜 교량 시공시 선택의 폭을 좁게 하여 결과적으로 비효율적인 교량을 설계할 가능성이 큼.
○ 콘크리트와 강재 또는 FRP/FRC 등의 구조 재료가 갖는 장점을 극대화할 수 있는 합성구조의 최적설계 기법, 공기단축을 위한 조립식 시공법 등의 연구개발을 통해 합성부재 단면의 저감, 구조 최적화, 건설 및 유지관리 비용 절감을 실현할 필요가 있음.
○ 본 연구개발의 목적은 교량의 시공 및 구조적 효율성을 증진시킬 수 있는 합성거더의 단면최적화 및 구조재료를 효율적으로 사용할 수 있는 합성부재 설계· 시공기을 개발하고 실용화를 목적으로 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 20% 이상의 단면절감을 통한 합성부재 단면 효율화
○ 콘크리트 충전 강관 거더 및 콘크리트 충전 FRP 거더 설계·시공 기술 개발 및 실용화
○ 고성능 경량 콘크리트를 이용한 경량화된 고효율 강합성 바닥판 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술개발 동향 :
○ 2000년대 이후 일본 고속철도에서 콘크리트 충전 강관 거더를 이용한 강합성 거더교가 시공되었으며, 소음 및 진동 측면에서 우수한 성능을 보이는 것으로 평가됨
○ 중국에서는 최근들어 콘크리트 충전 강관 부재를 이용한 다수의 도로교를 건설한바 있으며, 경간장 460m의 강아치교에 콘크리트 충전 강관 강합성 부재를 적용한 바 있음
○ 국내에서는 민간연구소 및 KICT에서 콘크리트 충전 강관 부재의 거더 적용을 위한 휨내력 평가 실험 및 관련 설계, 시공 기술을 연구한 바 있음
○ 국내의 경우 1990년대 후반부터 강-콘크리트 합성 바닥판에 대한 연구가 시작되었음. 그러나 아직 관련 설계 및 시공기준이 제정되지 않은 상태임. 2002년도부터 5년간 장수명 합리화 바닥판 개발/강-콘크리트 합성바닥판 개발 연구가 시행되어 일반 콘크리트를 적용한 강-콘크리트 합성 바닥판에 관한 기초연구가 이루어진 적이 있음
○ 북미의 경우 1930년도 후반부터 I형강 격자 합성 바닥판을 개발하기 시작하였으며 주로 사용하중이 경제성에 큰 영향을 미치는 현수교, 사장교 등과 같은 장경간 교량용으로 적용되었음
○ 유럽의 경우 1959년 완공된 프랑스의 Tancarville교에 로빈슨형 합성 바닥판이 최초로 적용됨. 그 이후에는 프랑스, 오스트리아, 스웨덴 등에서 로빈슨형 및 샌드위치형 합성바닥판을 개발하여 다수의 교량에 적용하고 있으며 합성바닥판의 설계법에 관한 연구도 상당히 우수함
○ 일본은 1960년대부터 건설성을 중심으로 I형강 격자 바닥판을 개발하기 시작함. 1973년 완공된 관문교에 처음으로 적용되었으며 현재까지 신설교량 및 노후된 바닥판 교체 등에 가설한 실적이 있음.

○ 산업/시장 동향 :
○ 기존 강-콘크리트 합성 부재에 비하여 제작 공정이 단순하고 구조재료의 효율적 사용을 통해 물량절감 및 단면축소가 가능하다는 점에서 기존 콘크리트 거더, 강거더 등에 대한 대체 수요가 증가하는 추세임
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>2,100</td><td>2,300</td><td>2,500</td><td>2,700</td><td>3,000</td><td>3,300</td><td>3,500</td><td>3,800</td><td>4,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>10,000</td><td>11,000</td><td>12,000</td><td>13,000</td><td>14,000</td><td>15,500</td><td>17,000</td><td>18,000</td><td>19,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>35</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>7</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 기존에 개발된 전단 합성 연결재 기술을 개량하여 성능 고도화 방안을 마련하고 합성단면의 내력향상 기술개발에 적용함
○ 기존의 콘크리트 충전 원형강관 거더 설계 및 시공 기술의 범위를 확대하여 다양한 단면 형상에 대한 휨거동을 규명하고, 단면축소를 고려한 구조 최적화 방안을 도출함
○ “강-콘크리트 합성바닥판 개발”, 2006, 한국건설기술연구원, 연구성과인 강합성 바닥판 개발 기술을 본 연구의 기초 기반 기술로 활용. 이 연구에서 개발한 일반 콘크리트와 전단연결재</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">(Head stud, Perfobond rib 등)의 정적, 피로성능 평가 기술과 설계 기술을 기초자료로 활용하여 본 연구에서 개발한 고성능 경량 콘크리트와 전단연결재의 합성거동 평가 기술 및 설계기준 마련</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○ 이종 재료의 장점을 극대화하고 물량 절감 및 단면저감을 실현할 수 있는 합성구조 활용 기술은 양질의 사회기반시설을 저렴한 비용으로 건설, 정비, 유지하는데 가장 효과적이고 근본적인 수단임.
○ 건설시장의 동향이 신규 건설에서 기존 교량의 정비 및 교체를 필요로 하는 방향으로 이동하고 있고, 탄소저감을 위한 재료 물량 최소화, 기능성 뿐만 아니라 미관을 고려한 설계, 공기단축을 통한 사회간접비용의 절감 등이 사용자의 요구사항임.
○ 이러한 사회적 요구를 감안하면 합성구조의 적용이 불가피하며 합성구조의 효율성을 높이기 위한 단면 저감·최적화 기술, 고강도 내부식성 강재 및 FRP 재료 등의 신재료의 효율적 활용, 공기 단축을 고려한 급속시공 기술의 개발 및 실용화 연구가 필요함.
○ 교량의 경우 바닥판은 차륜하중과 외부 환경영향에 직접 노출되어 다른 교량 부재에 비해 교체수명이 상대적으로 짧으며 따라서 교량 구조물의 유지관리 최소화 및 설계수명 연장을 위해서는 신개념 바닥판의 개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ 합성 거더 개발
· 강-콘크리트 합성 거더 개발
· 고효율 저비용 연결재 개발 및 최적화
· 경량콘크리트 활용 합성 거더 기술
· 고성능 또는 초고성능 콘크리트를 이용한 합성 거더 기술
○ 강합성 바닥판 개발
· 콘크리트 충전 강관 거더를 이용한 사장교 설계기술 개발
· 이방향 절곡 강판 활용 부분매입형 고성능 경량 콘크리트-강합성 바닥판 개발.
· 고성능 경량 콘크리트 활용 및 우레탄 폼 충전 강상형 교량 상부구조 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 기후·환경변화에 대비한 이산화탄소 배출량 감소, 자원절약 기술은 정부 주도로 개발하여 해외시장을 선점하고 국가경쟁력을 향상시켜야 함.
○ 현재 시방서 및 설계기준은 구조적 안전성, 사용성 및 내구성에 비중을 두고 있으나 환경 영향에 대한 개념이 구조물 설계에 포함될 수 있도록 제도적인 개선이 필요함.
○ 해외의존도를 줄이고 국내 실정에 맞는 독자적인 고성능 경량 콘크리트를 이용한 고효율 강합성 바닥판 기술 마련을 위해서 또한 기업단위의 산발적인 연구를 통합하기 위해서는 정부주도의 추진이 필요함.
○ 정부 차원의 법·제도 마련을 통해 신 재료 및 공법의 적용에 보수적인 국내 건설분야의 인식 개선을 이끌어나가야 함.
○ 연구개발의 실용화를 위하여 Test Bed 후보지 선정 및 건설에 정부의 적극적인 지원이 필요함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 산·학·연 협력을 통하여 각 연구주체의 연구 역량을 최대한 집중 활용하며, 각 주체별로 부재실험을 통한 실증연구, 실무 적용성을 고려한 설계법 개발, 요소기술 개발 등의 세부 연구 아이템을 수행하여 상호 피드백을 통한 인터페이스 전략을 취함.
○ 합성 부재에 대한 선행기술을 확보하고 있는 일본 및 중국의 민간기업 및 연구단체와의 공동연구 또는 전문가 객원연구원 활용을 통해 관련 기술을 습득함.
○ 신재료 활용 및 요구성능을 만족하는 신재료 개발을 위하여 재료분야 및 소재개발 분야와의 협동연구를 수행함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 특허 및 신기술 :
- 단면 최적화를 고려한 강-콘크리트 합성 부재 설계 및 시공기술
- 급속 시공을 고려한 프리캐스트 강-콘크리트 합성부재 설계 및 시공기술
○ 관련 기준, 논문, 특허 등 다수</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 사회 단체의 신규 교량건설 및 노후교량 개축에 활용하며, 특히 수해지역의 교량 긴급보수시 급속시공을 통한 교량 설치에 활용함.
○ 개발된 설계 기술 및 해석기술은 관련 설계기준에 반영하고 건설업체의 설계실무에 적용함.
○ 연구결과로 도출된 신기술은 민간업체로의 기술이전을 통해 실용화함과 동시에 정기적인 기술세미나, 성과홍보, 웹사이트를 통한 기술정보 제공 등의 각종 기술보급 활동을 통해 민간업체와 기술 공유를 실시함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td>연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td></td><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>900</td><td>1,100</td><td>1,150</td><td>1,150</td><td>1,150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,800</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">650</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,450</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">18 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">○ 합리적인 합성부재 설계 기준 적용 및 요소설계 기술의 합리화를 통하여 공기단축 및 사용재료의 감소를 실현할 수 있으며, 교량건설 및 유지관리 비용 절감이 가능함
○ 합성부재를 이용한 사장교 설계 기술 개발을 통해 우리나라 장대교량의 기술 발전 및 선진화에 기여함
○ 건설재료의 효율적 활용을 통해 시공성 및 경제성 향상, 안전성 및 내구성 증진이 가능하며, 국가 SOC시설물의 안전성 및 신뢰성을 향상시킴</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">고강도 철근과 고성능 콘크리트를 활용한 교량 하부구조 물량 절감 및 장수명화 기술(14번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 교량의 공사비는 하부구조(교각 및 기초 구조물)의 설계에 따라 크게 좌우되는데, 현 도로교설계기준에서 교각의 축방향 최소철근비를 1%로 하고 기초 구조물의 온도수축 최소철근량을 철근비 0.2% 또는 1,800 mm2/m로 규정하는 등 획일적으로 제한조건을 규정하는 사양기반 설계기준에 따라, 경우에 따라서는 철근이 과도하게 배치되어 경제성을 저해하는 요인이 되고 있음.
○ 철근량을 저감시키기 위해서는 구조물의 성능요구조건을 규정하고 이 조건의 만족 여부를 검증하는 성능기반 설계기법을 적용하여야 함.. 또한 2005년 도로교설계기준에서 교량에 적용하던 항복강도 400 MPa 철근보다 항복강도가 50% 높고, 2010년 도로교설계기준에서 허용한 항복강도 500 MPa 철근보다 20% 높은 항복강도 600 MPa 철근을 콘크리트 교각에 활용할 필요가 있음.
○ 교량 하부구조(교각 및 기초 구조물)이 보유하여야 할 성능요구조건을 규정하고 이 조건의 만족 여부를 검증하는 성능기반 설계기술을 개발하여 경제성을 향상시킨 하부구조의 설계와 시공이 가능하도록 하도록 하며, 항복강도 600 MPa 철근을 콘크리트 교각에 적용하는 데에 필요한 성능검증(내진성능실험 포함)을 수행하고 설계기준을 개발하는 것을 목적으로 함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 경제적인 교량 하부구조를 건설할 수 있도록 하부구조의 성능기반 설계기술과 설계기준을 개발하고, 항복강도 600 MPa 철근을 콘크리트 교각에 활용할 수 있도록 실험적 검증(내진성능실험 포함)을 수행하고 설계기준을 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술개발 동향 :
○ 2000년대 초반부터 구조물의 성능기반 설계개념이 제안되었고, 2000년대 중반부터 경제적이고 합리적인 콘크리트구조의 설계를 위해서는 성능기반설계 개념이 적용되어야 한다는 것이 구조설계분야 학계 및 사업계의 일치된 의견으로 자리 잡았음. 또한, 2007년부터 항복강도 600 MPa 철근의 적용성 연구가 시작되어, 고강도철근을 적용한 철근콘크리트 구조요소의 기본적 성능 검증 연구가 수행된 바, 건물이나 지하철 등 일반적인 철근콘크리트구조에 600 MPa 철근을 사용할 수 있도록 콘크리트구조설계기준의 개정작업이 진행되고 있음.
○ 그러나 그 연구결과로, 환경조건이 매우 까다롭고 하중 수준이 매우 높은 교량의 하부구조에 고강도철근을 적용하기 위해서는 더 많은 검증과 설계기법 개발이 필요하다는 것이 알려졌음.

○ 산업/시장 동향 :
○ 매우 큰 규모(세계 철근시장 120조원, 국내 철근시장 9조원)의 철근시장에서 외국의 철강사와 경쟁을 해야 하는 국내의 철강사는 기술개발을 통하여 600 MPa 급 고강도 철근을 개발하였으나, 이를 적용할 설계기준 개발에 드는 시간과 연구비용의 문제로 최근에서야 일반구조(건물, 지하철 등)에 적용이 가능하게 되었음. 이에 따라, 현재 국내 철강사의 선도그룹은 600 MPa 철근의 생산을 상용화할 준비를 하고 있지만, 교량에는 600 MPa 철근을 적용하지 못하는 것이 현 상황이며, 교량에 적용할 수 있는 연구수행을 기대하고 있는 실정임.
<table>
<tr><td rowspan="2">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>2,000</td><td>2,400</td><td>3,000</td><td>4,000</td><td>5,000</td><td>6,000</td><td>7,000</td><td>8,000</td><td>8,000</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>100,000</td><td>110,000</td><td>120,000</td><td>130,000</td><td>140,000</td><td>150,000</td><td>160,000</td><td>170,000</td><td>180,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>5</td><td>5</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>15</td><td>15</td><td>15</td><td>20</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>년</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 구조물의 성능요구조건을 규정하고 이 조건의 만족 여부를 검증하는 성능기반 설계의 기본 개념은 이미 알려져 있으나, 기초 개념을 구체화 하는 작업, 즉 교량 하부구조를 대상으로 구체적이고 실질적인 설계기법을 개발하여야 함.
○ 고강도철근의 적용 연구는 매우 방대한 범위로 이루어져야 하므로 매우 장기간 큰 규모의 연구비가 투입되어야 하지만, 일반 철근콘크리트구조(건물, 지하철 등)의 600 MPa 철근 적용을 위하여 고강도철근을 적용한 철근콘크리트 구조요소의 기본적 성능 검증 연구가 수행된 바 있으므로, 이 결과를 일부 이용하고 교량에 적용하는 데에 따른 문제점을 해결하는데 연구력을 집중하여야 할 것임.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 2007년도 경에 600 MPa 급 고강도 철근을 개발하였으나, 이를 적용할 설계기준 개발에 시간이 많이 소요되어 2012년에 들어서야 일반구조(건물, 지하철 등)에 적용이 가능하게 될 예정.
○ 교량의 하부구조에 600 MPa 철근을 적용한다면 매우 큰 경제적 장점을 얻을 수 있으므로, 더 늦기 전에 이를 가능하도록 연구 개발을 수행해야 할 시점임. 또한 현행 사양기반 설계기준에 따라 교량 하부구조에 철근이 과도하게 배치되어 경제성을 저해하는 요인이 되고 있는 현실에 비추어, 성능기반 설계기법의 적용을 위한 연구 개발을 수행해야 할 시점임.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="12">○ 교각의 강도 성능 실험 및 강도 평가와 설계기준 검증
○ 기초 구조물의 휨 최소철근량 및 온도수축 성능 검증</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">○ 교각의 장기거동 성능 검증
○ 교각의 성능기반 설계법 개발
○ 기초 구조물의 성능기반 설계법 개발
○ 항복강도 600 MPa 철근의 역학적 특성, 부착 성능 및 부착 특성 규명
○ 항복강도 600 MPa 철근 용 기계적 연결장치 성능 평가
○ 항복강도 600 MPa 철근을 적용한 교각의 단조증가하중에 대한 성능 실험 및 설계법 검증과 개발
○ 축방향 주철근으로 항복강도 600 MPa 철근을 적용한 교각의 내진성능 실험 및 설계법 검증과 개발
○ 항복강도 600 MPa 나선철근(코일철근)을 적용한 교각의 내진성능 실험 및 설계법 검증과 개발
○ 고강도 철근을 적용한 콘크리트 교각의 경제성 및 시공성 평가
○ 고성능 철근 적용 콘크리트 교각의 내진 설계모델 검증 및 설계기준 제시</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 교량은 대표적인 사회기반시설이고, 사회기반시설의 설계를 규정하는 설계기준에 관한 연구개발은 민간기업에서 추진할 수 있는 분야가 아니므로 정부 지원이 필수적임.
○ 또한 고강도 철근의 적용이 가능하도록 하는 연구 성과는 건설 산업뿐만 아니라 철강 산업의 발전에도 크게 기여할 수 있으므로 점부 차원에서의 연구지원이 꼭 필요</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 구조물의 성능요구조건의 규정 및 성능 검증 기법을 다룬 기본적인 성능기반 설계기준의 개발에 참여한 전문가와 2007년부터 수행되기 시작한 고강도철근의 적용 연구에 참여한 전문가를 중심으로 산·학·연의 공동 연구진을 구성하고, 기존의 실험 자료와 새로 수행될 실험 자료를 기반으로 실제 구조물의 거동에 기반한 설계기준 및 성능검증 기법을 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 교량 하부구조에 대한 성능 검증 기술
○ 교량 하부구조의 성능기반 설계기준
○ 고강도철근을 적용한 교량 하부구조의 설계 기술
○ 논문</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 교량 하부구조에 대한 성능 검증 기술, 성능기반 설계기준, 고강도철근을 적용한 교량 하부구조의 설계 기술은 교량 건설의 발주자인 정부와 공기업(한국도로공사 등), 그리고 민간 설계회사와 건설회사의 기술자가 최종수요자로서, 설계를 수행하거나 설계 감리 및 설계 감독 업무에 활용될 것임.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>600</td><td>800</td><td>900</td><td>900</td><td>900</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>700</td><td>900</td><td>1,000</td><td>1,150</td><td>1.150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,100</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">600</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">4,700</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 현행 사양기반 설계기준에 따라 교량 하부구조에 철근이 과도하게 배치되어 경제성을 저해하는 요인이 되고 있는 것이 현실이고 근래에 들어 고강도 철근이 개발된 바 있으나 교량 하부구조에 적용할 수 있는 고강도철근용 교량설계기준이 존재하지 않는 것이 현실이므로, 성능기반 설계기법 및 고강도철근 적용 하부구조설계기준의 개발은 경제적인 교량건설을 가능하게 할 것이며, 건설 산업뿐만 아니라 철강 산업의 발전에도 크게 기여할 수 있는 기술적·정책적 파급효과가 매우 크다.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 및 부속장치 성능 고도화 기술(15번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 교량에서는 온도 변화에 따른 구조물의 변위를 수용하고 원할한 차량 주행을 확보하기 위한 신축이음장치와 상부 하중을 하부 교각에 전달하기 위한 받침이 설치되어 있음
○ 신축이음은 차량 주행 시 진동으로 인해 운전자의 승차감을 저해하고 있음
○ 교량의 신축이음 및 받침의 수명은 10~15년 정도로 교량 수명보다 현저히 작음
○ 교량 유지보수 업무에서 신축이음 및 받침 등 부속장치는 약 60% 정도를 차지하고 있음
○ 교량 신축이음과 받침의 개수를 최소화하고 그 성능을 고도화하여 막대한 국가 예산을 절감하고 운전자의 승차감 개선, 보수 및 교체에 따른 사회 간접 비용을 절감하고 자 함</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 교량의 유지관리 50% 절감 및 100% 성능 향상된 교량 받침 및 신축이음 기술 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 단열 말뚝기초와 낮은 교대를 적용하여 신축이음과 받침을 두지 않고 상하부구조를 일체화한 Integral Bridge는 미국, 캐나다, 유럽 등에서 보편적으로 시공되고 있음
○ 국내에서는 1990년대 후반부터 한국도로공사 주도로 일체식 교량에 대한 연구 개발을 수행하여 많은 적용 실적을 가지고 있음
○ 한국도로공사에서는 2009년 일체식 교량 설계지침을 제정하여 일체식 교량 적용의 활성화를 도모하고 있음
○ 교량 받침을 배제한 콘크리트 힌지 연결은 1880년대부터 아치교 등에서 사용되어 왔으며 프랑스 Freyssinet Hinge가 최초로 1953년에 독일 프리스트레스트 교량에 적용되면서 유럽, 미국 등에서는 보편화된 기술임
○ ECC(Engineered Cementitious Composite) Link slab를 이용하여 신축이음을 제거한 Jointless Bridge 기술이 1998년 P.A. Zia 등에 의해 정립된 이후 미국과 일본에서 활발히 적용되고 있음
○ 국내에서는 낮은 교대를 적용한 일체식 교량을 제외하고 체계적인 연구가 수행되지 못하여 신축이음과 받침을 최소화하는 기술이 상대적으로 덜 발달하였음</td></tr>
<tr><td></td><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td></td><td>국내</td><td>2016년</td><td>200</td><td>400</td><td>600</td><td>800</td><td>1000</td><td>1200</td><td>1200</td><td>1200</td><td>1200</td></tr>
<tr><td></td><td>세계</td><td>2016년</td><td>6000</td><td>6000</td><td>6000</td><td>6000</td><td>10000</td><td>10000</td><td>10000</td><td>10000</td><td>10000</td></tr>
<tr><td></td><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td></td><td>국내</td><td>년</td><td>5</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td></tr>
<tr><td></td><td>세계</td><td>년</td><td></td><td></td><td>5</td><td>5</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 한국도로공사에서는 1999년에 수행된 일체식 교량에 관한 연구를 기본으로 하여 첨단 재료인 초고성능 콘크리트를 활용하여 신축이음 및 받침을 최소화하는 방안 추구</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 교량의 신축이음과 받침은 빈번한 손상과 짧은 수명으로 인해 과다한 유지보수가 발생하여 막대한 국가예산과 교통 장애에 의한 사회 간접비용의 낭비를 초래하고 있을 뿐만 아니라 쾌적한 운전에도 저해되므로 그 개수를 최소화할 수 있는 교량 구조시스템을 개발할 필요가 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="12">○ 초고성능 콘크리트 Link Slab의 설계 및 시공기술 개발
○ 초고성능 콘크리트 Hinge 구조 연구
○ 최소화된 장수명 고성능 신축이음 및 받침을 갖는 교량 구조 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="12">○ 교량의 유지관리에 있어서 민간 기업은 관심을 많이 가지고 있지 않고 있으며 유지관리 주체인 정부의 역할이 매우 중요함
○ 한정된 국가예산으로 인해 국가 SOC 시설물에 대한 투자는 지속적으로 감축하고 있는 국가정책으로 인해 유지관리 최소화를 위한 교량 기술 개발은 시급한 현안으로 대두될 전망임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="12">○ 국내 일체식 교량기술 연구 그룹과 공동 연구를 통한 신축이음 및 받침 최소화 기술 개발
○ 무기재료 화학업체와 협업을 통한 인성을 갖춘 맞춤형 초고성능 콘크리트 국산화
○ 해외 기존 Link Slab와 콘크리트 힌지 관련 전문가의 자문 및 협력을 통한 중간 단계 진입 전략 수립</td></tr>
<tr><td>10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="10">○ 특허 초고성능 콘크리트 Link Slab 구조 및 시공방법 (1건이상)
○ 특허 초고성능 콘크리트 Hinge 구조 및 시공방법 연구 (1건이상)
○ 지침 초고성능 콘크리트 Link Slab 및 Hinge 교량의 설계 및 시공 지침(2건이상)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="5">○ 논문 - 초고성능 콘크리트 Link Slab 및 Hinge 교량의 해석 및 실험, 거동(다수)</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 유지관리 예산 감축을 시도하는 발주처 요구에 대응하여 신설 중소지간 교량 건설에 우선 적용
○ 신설 교량 뿐만 아니라 신축이음 및 받침의 교체가 필요한 기존 교량에 적용
○ 신설 교량 뿐만 아니라 신축이음 및 받침의 교체가 필요한 기존 교량에 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="7">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>700</td><td>800</td><td>900</td><td>900</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>550</td><td>800</td><td>900</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">3,800</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">450</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">4,250</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 유지관리 최소화된 교량 적용으로 막대한 국가예산 절감 및 신축이음, 받침의 보수 교체에 따른 교통 통제 등 사회 간접비용 낭비 최소화
○ 진보된 교량 구조물 제공으로 운전자의 쾌적한 주행 승차감 향상</td></tr>
</table>

(3) 지능형 교량 연구단

○ 연구단 총괄 과제카드

<table>
<tr><td>1. 연구단명</td><td colspan="12">지능형 교량 연구단</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 2007년 미국 미네소타 주 교량붕괴 후 다양한 교량 모니터링 기술에 대한 연구 개발이 추진되며, 고해상도의 3차원 구조물 거동 평가 시스템은 시각화되어 구조물의 건전성을 조기에 파악하여 대비할 수 있게 함.
○ 현재 교량에 사용되고 있는 검사 방법들은 사람이 직접 현장에 가서 국부적인 결함을 찾는 원시적인 방법들이며, 이러한 방법들은 많은 시간과 경비가 소요되며 또한 사람의 접근이 어려운 구조물에는 적용할 수 없음. 또한 주기적 점검 작업으로 인한 막대한 시간과 비용의 손실을 가져옴.
○ 한번 건설된 이후에는 추후의 유지보수가 따로 필요하지 않는 강건하고 질기고 또한 내구성이 우수한 구조물(Robust, Tough and Durable infrastructures)의 건설이 필요</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 무선센서네트워크, 첨단 센싱 기술, 자동화 유지관리기술, 교량 실시간 상태평가기술, 사고저감기술 등의 개발을 통한 미래형 교량시스템 구현</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술개발 동향
○ 저전력화, 에너지 하베스팅, 신뢰성 있는 데이터 전송, 센서와 융합 및 calibration 기술이 활발히 연구되고 있음.
○ 최근 구조물의 전역적인 건전성 평가를 위한 자동화된 상시계측관리법의 개발이 중요하게 부각됨.
○ 국내 비파괴검사기술 수준은 선진국 대비 45% 이하 수준으로 비파괴 안전진단 원천기술은 선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정. 특히, 검사 장비제작 및 응용기술 등의 핵심기술은 선진국에 비하여 크게 낙후되어 있음.
○ 교량 진동을 변환하여 사용하는 에너지 하베스팅 기술은 개념 정립단계로써, 국외뿐만 아니라 국내에서도 아직까지 활발한 연구가 이루어지지 않았으므로 기술차이가 크지 않기 때문에, 지속적인 지원과 연구가 수행될 경우, 세계 기술 시장 선점이 가능

○ 산업/시장 동향
○ 국내에서도 성수대교 붕괴 이후, 각종센서를 부착하여 교량의 상태를 감시하기 위한 안전감시 시스템이 다수 도입되었으나, 전기저항식 위주의 기존 계측시스템은 내구성 및 측정 응답의 신뢰성이 미비하여 IT와 융합한 대안 기술들이 연구 개발중에 있음.
○ 2008년 약 27.77억 달러 수준이던 비파괴검사 장치/기기 시장은 6%의 연평균 성장률을 유지하여 향후 2013년 약 37.17억 달러 수준의 시장으로 성장할 것으로 예측됨.
○ 세계적으로 건설IT 융합시장은 2010년 7,025억달러에서 2015년 10,322억달러로 증가 예상이고, 세계최대시장은 유럽지역으로 전세계 시장규모의 32% 정도, 북미권시장 규모는 약30% 정도 차지하고 있음. 국내 건설산업은 국내 단일산업으로는 가장 큰 비중이며, 세계시장의 2.3% 규모이고, 건설IT 시장은 2010년 36.2조원에서 2015년72.8조원에 도달할 전망임(IT 융합R&D 발전전략, 2010.8).
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>14,796</td><td>15,527</td><td>16,295</td><td>17,101</td><td>17,946</td><td>18,834</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>647,280</td><td>685,307</td><td>725,569</td><td>768,196</td><td>813,328</td><td>861,111</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>0.05</td><td>0.05</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.5</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 기존에 다양하게 개발된 USN 기술의 고도화를 통한 교량의 안전관련 기술과 융합을 유도
○ 기존에 개발된 GPS 및 레이져 기반의 3D 좌표 기술 및 형광물질 등을 활용
○ 기존 수행된 압전센서를 이용한 임피던스 및 유도초음파 기반의 구조물 건전성 평가 기법 및 펄스레이저 기술을 활용하여 교량 취약부재의 국부 손상 자동화 검출 기술에 적용시키며 그 정확도와 감지 민감도를 증가시켜 초정밀 손상 검출 시스템으로 발전시킴.
○ 장기간 운영하면서 축적된 저속 WIM의 데이터 보정기술을 고속 WIM에서 활용할 수 있도록 기술공유협약을 체결
○ 기존의 포장 크랙실러 장비의 개발은 R&D 수준에서 성공적이었으나 기술의 완성도 부족으로 상용화 되지 한 기술을 활용하여 크랙 인식 속도 증대 및 크랙 수리 속도 증대 확보</td></tr>
</table>

	○ 세계적으로는 MIT 및 기타 대학 연구소에서 에너지 하베스팅 관련 기술을 연구 중이므로 세계 유수학회에 참석하여 기존 기술을 확보하고 그 설계 기술을 바탕으로 연구 수행
6. 기술개발 필요성	○ 최근 기후 변화에 따른 자연재해 등으로 인해 교량의 안전에 대한 국민의 관심이 고조되고 있음. ○ 교량의 손상을 감지하는 스마트센서 관련 운영기술이 필요하며 이 분야의 스마트 SOC 기술을 확보하고 글로벌 시장에서의 경쟁력을 확보를 위한 지원이 필요함. ○ 노후화된 교량의 사용성 및 건전성을 신속히 판단하여 이에 대한 최적의 대안을 제시함으로써 사회 비용 발생의 최소화 및 사회적 위기감을 해소할 수 있음. ○ 노후화된 교량의 취약부재에서 발생하는 균열 및 부식 등의 다양한 유형의 손상들에 대해 발생초기의 미세결함 진단이 가능한 저비용 고감도 기술이 필히 요구됨. ○ 도로 및 레일의 유지관리를 위한 차량 중량의 측정뿐만 아니라 교량의 실시간 상태평가 시스템으로도 활용이 가능한 장점이 있음. ○ 전 세계적으로 CO2 저감을 위한 노력들이 이루어지고 있는 현실에서, 본 연구를 통한 자기치유 섬유보강 시멘트 복합재료의 개발시 교량 구조물 뿐만 아니라 사회기반시설물의 수명을 반영구적으로 장기화하여 시멘트 사용량을 장기적인 관점에서 획기적으로 줄일 것으로 판단됨
7. 주요연구 개발내용	○ 무선센서네트워크 기반의 웹 방식 교량 모니터링 지능화 기술 교량 상태 감시를 위한 실시간 데이터 감지/취득을 위한 센싱 기술 취득된 데이터를 전송하기 위한 무선 네트워크 기술 원격 감시/제어 기술 정보 공유 네트워크 및 모니터링을 위한 IT 인프라 구축 ○ 교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술 GPS 기반 정적 / 동적 위치 계측 시스템 및 거동 평가 알고리즘 기술 GPS, 레이저 스캐닝 및 스트레스 형광체 통합 모듈 및 시스템 기술 거동평가 결과의 시각화 및 의사결정 프로그램 기술 ○ 비접촉 센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동 검출 기술 Self sensing / SLS 기반 2단계 다중스케일 손상감지기술 다기능 유비쿼터스 NDT 센서노드 기술 FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 기술 ○ 차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가 기술 영상인식 시스템: 조명 및 번호판 변화를 고려한 인식기술 광섬유센서 기반의 열차의 누적통과톤수 측정 디바이스 기술 차량 중량 측정과 교량의 응답 측정을 통한 교량의 실시간 상태평가 기술 ○ 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 머신 비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 ○ 에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관 조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술 하이브리드 발전 시스템 운영 제어 기술 LED경관 조명의 에너지 소비 최적화 및 수명의 최적화 기술 중앙 제어를 위한 사용자 중심의 GUI개발 및 웹서비스 기반 원격 관리 기술 ○ 교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감 기술 200m급 광역 카메라 및 레이더기반 교량 저시정(안개, 황사, 화재 등) 교통 돌발 상황 광역 인지 및 사고 저감 기술 보급형 리니어 메쉬 센서기반의 지능형 노면상황 90% 인지 기술 차량의 추락을 방지하기 위한 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템 기술
8. 정부지원의 타당성	○ 육로와의 접근성이 떨어지는 대형 교량에서 안전도에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 함. ○ 정부 정책 주요 로드맵인 U-City 구현과 사회 기반시설물인 교량 계측분야에서 유비쿼터스 환경구축과의 연계성 확보. ○ 본 연구 개발을 통하여 기존 노후화된 교량 및 신축 교량의 초정밀 손상탐지를 통해 교량의 효율적인 유지관리가 가능하며 교량의 급작스런 붕괴를 미연에 방지함으로써 큰 인명피해를 막을 수 있음. ○ 정부지원을 통해 연구개발이 성공적으로 이루어졌을 경우 수입대체효과를 통한 외화유출을 방지할 수 있으며 또한 향후 기술을 바탕으로 한 차량 측정시스템 수출을 통해 외화를 벌어들일 수 있음. ○ 대상 시설물인 도로는 정부가 소유하고 있는 시설물이기 때문에 정부가 개발을 하고 직접 장비를 소유하고 시설물을 관리함으로서 투자 대비 효과 분석이나 사업화 대책에 대한 어려움을 줄일 수 있음 ○ 국내의 경우 교량 테스트베드 구축 환경이 외국에 비하여 좋은 편이므로, 실제 교량에 대한 적용성 평가에 훨씬 유리하여 지속적 연구 개발을 수행할 경우, 최첨단 USN 기술과 결합하여

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">관련 시장을 선점할 수 있음</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ IT와 융합 : USN 기술과 교량안전기술 연동 및 웹 기반 서비스 기술
○ 국내 교량 관리 시스템과 연동을 위해 교량 관리 주체와의 협의 통한 시범 구축 협조를 도모하고자 함.
○ SI 전문가 등과의 공동연구를 통한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발
○ 전위차법을 이용한 구조물 모니터링 시스템 개발 연구를 수행한 기관과의 공동연구를 통해 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘과 모니터링 시스템과의 연계 기술 개발
○ 광섬유센서 뿐만 아니라, 철도 환경을 충분히 이해하고 있는 유관기관의 기밀한 연구공조가 반드시 필요할 것으로 판단됨.
○ IT, 로봇, 건설 분야 등 다양한 분야가 함께 적용되는 융합기술로서 접근하여 개발 진행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ USN 기술을 활용한 교량 안전 모니터링 시스템
○ GPS 및 레이저 스캐닝 및 스트레스 형광물질 기반의 교량 거동 3D 계측장비
○ 펄스 레이저 및 FSM 기반의 교량 취약부재 실시간 손상 탐지 시스템
○ 차량 중량 측정시스템 및 이를 기반으로 하는 교량의 정량적 상태평가 시스템
○ 교량 포장의 크랙을 자동으로 인식하고 수리하는 자동화 장비
○ 자기치유형 섬유보강 시멘트 복합재료관련 원천기술의 개발 및 국제특허 획득
○ 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템
○ 교량 난간용 에어백 감지 시스템
○ 결빙방지장치와 USN 베이스 스테이션과 연동시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 교량 안전에 관한 전 세계적인 관심으로 본 기술이 개발되면 우선적으로 국내 장대교량에 설치하여 안전도의 진단/점검을 통한 기능 검증 후 중국 등 안전에 다소 미진한 국가에 우선 수출
○ 높은 수준의 구조물 건전성을 요구하는 교량 관리 시스템은 물론 거동 평가를 필요로 하는 플랜트, 원전 등의 사회기반 시설물에 폭넓게 적용.
○ 국내 유지관리 회사 및 건설 회사에 의해 기존 노후화된 교량 및 신축 교량에 해당 시스템을 시공 및 설치하게 될 것임.
○ USN 전력공급기술은 교량 안전 관리 관련 회사와 연결하여 상용 제품과 연결 될 수 있도록 기업과 긴밀한 연구 관계정립을 통해 활용될 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>6,050</td><td>7,100</td><td>8,200</td><td>7,400</td><td>3,900</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>2,700</td><td>3,250</td><td>3,750</td><td>3,350</td><td>1,350</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>8,750</td><td>10,350</td><td>11,950</td><td>10,750</td><td>5,250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">32,650</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">14,400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">124 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">47,050</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 전기전자, IT, 재료, 토목 분야가 융합되어 있는 Smart 기술로서 개발이 완료될 경우 구조물 부재 산업에 까지 영향을 미칠 것으로 예상됨.
○ 태풍, 지진 등의 자연재해 발생 이후 사회기반시설물의 건전성을 신속하게 확인 가능하고, 스마트 모니터링/건전도 평가관련 기술의 확보 및 효율적인 통합관리 시스템 구축 가능함.
○ 해외 계측 장비의 국산화에 따른 수입대체효과 발생 및 초장대 교량 건설기술과 개발된 유지관리 시스템의 패키지 화를 통한 기술 수출 가능
○ 본 기술의 개발을 통해서 다양한 유형의 손상들에 대해 발생 초기의 미세결함 진단이 가능한 저비용 고감도 NDT 기술 개발로 구조물의 미세결함 초정밀 진단 기술을 선도할 수 있으며 첨단 센서의 사용성 확대로 첨단 센서 기술을 선도할 수 있음.
○ 센서, 제어기 기술을 모두 국산화에 성공함으로써 국내업체가 해외업체와의 기술경쟁관계에서 동등하고 가격경쟁에서 유리하게 되어 전체적인 경쟁력에서 유리한 위치 확보
○ 자가 발전 무선 센서 모듈 개발로 전지 교체로 인한 센서 유지관리비용 대폭 감소
○ 지능형 노면상황 인지 기술 개발 및 적용을 통해 노면 결빙 등의 노면 상황으로 인한 교통사고율을 낮출 수 있음</td></tr>
</table>

○ 후보과제별 과제카드

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">무선센서네트워크 기반의 웹 방식 교량 모니터링 지능화 기술(16번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 2007년 미국 미네소타 주 교량붕괴 후 다양한 교량 모니터링 기술에 대한 연구 개발이 추진됨.
○ 특히 거동분석, 3D 모델링을 위하여 센서 기반의 무선 네트워크를 통한 실시간 데이터 취득, 모니터링이 미네소타 대학을 중심으로 활발히 연구되고 있음.
○ IT 기술과의 융합(실시간 데이터 수집, 분석, 웹 기반 모니터링 기술)을 통해 교량의 안전성 확보를 위한 사전 점검/진단 시스템을 개발하고자 함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 유지 보수가 편리한 무선센서네트워크 기반의 교량 상태 데이터 감지/취득/실시간 전송 및 모니터링을 위한 웹방식의 SHM(Structural Health Monitoring) 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술개발 동향
○ 국내외 교량 모니터링시스템 대부분이 유선으로 설치되어 있으며 무선으로 전환을 위한 연구개발이 이루어지고 있음.
○ 미국은 이동성과 내재성, 유럽은 내재성에, 일본은 네트워크 신뢰성에 관심을 가지고 연구 중임.
○ 금문교를 필두로 영국, 미국등지에서 무선센서네트워크를 활용한 SHM이 실험 중임.
○ 저전력화, 에너지 하베스팅, 신뢰성 있는 데이터 전송, 센서와 융합 및 calibration 기술이 활발히 연구되고 있음.
○ 교량의 안전에 영향을 주는 요소에 대한 연구 및 이를 뒷받침하는 센서 개발이 활발하게 진행되고 있음.
○ 무선통신기술과 반도체기술이 발달함에 따라 최근에는 구조물의 안전진단을 위하여 구조물과 센서를 일체형으로 제작하여 구조물의 각 부분의 이상 상태를 검출할 수 있도록 하는 스마트 구조 기술(smart structure technology)이 도입되어 활발히 연구 중임.

○ 산업/시장 동향
○ 국내에서도 성수대교 붕괴 이후, 각종센서를 부착하여 교량의 상태를 감시하기 위한 안전감시 시스템이 다수 도입되었으나, 전기저항식 위주의 기존 계측시스템은 내구성 및 측정 응답의 신뢰성이 미비하여 IT와 융합한 대안 기술들이 연구 개발중에 있음.
○ 현재 운용 중에 있는 상시 모니터링시스템의 높은 초기 설치비용과 유지관리비용은 교량 안전관리 시스템의 보급을 어렵게 만드는 가장 큰 요소로 저비용 모니터링시스템에 대한 필요성이 전 세계적으로 요구되고 있음(무선 데이터 통신(Wireless Data Communication)이 가능한 MEMS 센서 시스템 연구).
○ 국내 교량 유지관리 모니터링은 90년대 초 사회기반시설에 대한 유지관리 중요성이 부각되면서 남해대교와 진도대교에 1세대 계측시스템이 처음으로 도입되었으나 안정적인 계측자료를 확보하여 결과를 분석하는데 적지 않은 어려움으로 인해 실시간 계측을 통해 교량거동을 분석하고 장기적인 유지관리를 목적으로 하는 2세대 계측시스템이 현재 서해 대교(2000년 준공), 영종대교(2000년 준공), 광안대교 (2003년 준공)등에 구축되어 운영 중이나 발전된 교량의 해석·설계기법, 시공기술에 비하여 계측과 관련한 연구와 평가기법이 상대적으로 뒤떨어지고, 장기적인 계측결과의 분석과 활용사례도 많지 않은 것이 현실임.
○ 인천대교, 남해대교 등의 대형교량들은 시공 시점부터 완공까지의 기간 동안 다수 지점에 대해 무선센서를 이용하여 동적 진동 데이터를 수집하여 진동 데이터와 구조물에 대한 연관 관계 도출을 연구하고 있으나, 무선 기술의 안정성 및 경제성이 확보되지 않아 현재 시공이나 대규모 실제 적용 보다는 연구 개발 중심으로 진행 중임.
○ 세계적으로 건설IT 융합시장은 2010년 7,025억달러에서 2015년 10,322억달러로 증가 예상이고, 세계최대시장은 유럽지역으로 전세계 시장규모의 32% 정도, 북미권시장 규모는 약30% 정도 차지하고 있음. 국내 건설산업은 국내 단일산업으로는 가장 큰 비중이며, 세계시장의 2.3% 규모이고, 건설IT 시장은 2010년 36.2조원에서 2015년72.8조원에 도달할 전망임(IT 융합R&D 발전전략, 2010.8).</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td>국내</td><td>2017년</td><td>14,796</td><td>15,527</td><td>16,295</td><td>17,101</td><td>17,946</td><td>18,834</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td>세계</td><td>2017년</td><td>647,280</td><td>685,307</td><td>725,569</td><td>768,196</td><td>813,328</td><td>861,111</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td>국내</td><td>2017년</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td>세계</td><td>2017년</td><td>0.05</td><td>0.05</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.5</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술</td><td colspan="12">○ 기존에 다양하게 개발된 USN 기술의 고도화를 통한 교량의 안전관련 기술과 융합을 유도</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="6">○ 최근 기후 변화에 따른 자연재해 등으로 인해 교량의 안전에 대한 국민의 관심이 고조되고 있음.
○ 교량의 손상을 감지하는 스마트센서 관련 운영기술이 필요하며 이 분야의 스마트 SOC 기술을 확보하고 글로벌 시장에서의 경쟁력을 확보를 위한 지원이 필요함.
○ 노후화된 교량의 사용성 및 건전성을 신속히 판단하여 이에 대한 최적의 대안을 제시함으로써 사회 비용 발생의 최소화 및 사회적 위기감을 해소할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">○ 교량 상태 감시를 위한 실시간 데이터 감지/취득을 위한 센싱 기술
특히 주야간, 동하절기 교량 수축과 팽창도 측정을 위한 고 정밀 센서 설치 및 데이터 분석을 통한 안전도 예측 기술
교량에 다수의 센서를 최적 분포시키는 기술
샘플링 주기 조절을 통한 분석의 정확도 향상기술
센서 노드의 저전력화 기술
○ 취득된 데이터를 전송하기 위한 무선 네트워크 기술
Ad - hoc 기술
이기종 네트워크 지원 라우터 혹은 AP
○ 정보 공유 네트워크 및 모니터링을 위한 IT 인프라 구축
○ 웹 혹은 스마트 폰을 활용한 교량 실시간 상태 모니터링 기술
○ 진동 에너지를 활용한 에너지 하베스팅 기술
○ 원격 감시/제어 기술
재해요소 파악 및 안전에 영향을 주는 인자들에 대한 지속적인 감시와 분석, 대책, 대응 기술 개발
○ 중앙통합 관제시스템 구축</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">○ 미국에서는 2007년 미네소타 35W 교량 붕괴로 인해 미네소타 대학에서 3차원 모델링 및 교량 거동 분석을 위한 수많은 센서가 활용되고 있음.
○ 육로와의 접근성이 떨어지는 대형 교량에서 안전도에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ IT와 융합 : USN 기술과 교량안전기술 연동 및 웹 기반 서비스 기술
○ 교량 수축 및 팽창 측정 : 미네소타 대학과 기술교류
○ 신뢰성 있는 데이터 수집 방안 : 버클리 대학과 기술교류
○ 원격 감시/제어 및 진단을 위한 통합 관제시스템 : 자체 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="5">○ 제품 : USN 기술을 활용한 교량 안전 모니터링 시스템
○ 교량 수축 팽창도 데이터 분석을 통한 안전도 예측기술
○ 교량 센서 최적 분포 기술
○ 진동에너지를 활용한 에너지 하베스팅 기술
○ 원격 감시/제어/진단을 위한 모니터링 기술</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="5">○ 교량 안전에 관한 전 세계적인 관심으로 본 기술이 개발되면 우선적으로 국내 장대교량에 설치하여 안전도의 진단/점검을 통한 기능 검증 후 중국 등 안전에 다소 미진한 국가에 우선 수출</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,000</td><td>1,500</td><td>2,000</td><td>1,500</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>750</td><td>1,000</td><td>750</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,500</td><td>2,250</td><td>3,000</td><td>2,250</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">6,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">3,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">9,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">12 명</td></tr>
</table>

12. 기대효과 및 파급효과	○ 전기전자, IT, 재료, 토목 분야가 융합되어 있는 Smart 기술로서 개발이 완료될 경우 구조물 부재 산업에 까지 영향을 미칠 것으로 예상됨. ○ 태풍, 지진 등의 자연재해 발생 이후 사회기반시설물의 건전성을 신속하게 확인 가능하고, 스마트 모니터링/건전도 평가관련 기술의 확보 및 효율적인 통합관리 시스템 구축 가능함. ○ 스마트폰/모바일 디바이스와 증강현실 기반의 센서유지관리 하드웨어/소프트웨어 개발 활성화 ○ 교량관리에 IT기술을 접목함으로써 노동력을 절감할 수 있으며 취득된 계측 데이터를 관리자가 분석하여 조치를 취하던 수동적인 유지관리를 벗어나 지능화되고 자동화된 관리시스템을 구축할 수 있음. ○ 원격 모니터링을 이용한 안전관리 시스템의 인력, 설비 사용 효율을 증가시켜 전반적인 교량 안전관리의 작업 효율화를 통한 서비스 고급화 가능 ○ 첨단 IT기술과의 융합을 통한 장기적인 교량의 사용 패턴 효율화와 사용자의 신뢰 확보 등을 달성하여 서비스 및 제품의 사용성을 극대화 하며, 건설과 RFID/USN 산업의 활성화에도 기여함 ○ 실시간 안전 진단기술 기반에 따른 교량 및 기반시설 관련 안정성 향상 및 사회적 손실비용 저감 ○ 교량을 포함한 사회기반 시설물의 대형 사고에 대한 불안감을 해소하고 신뢰성을 확보함.

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">교량 거동 3D 계측 및 Global/Local 실시간 모니터링 기술(17번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 인공위성을 이용한 위치결정시스템인 GPS는 mm단위의 정밀도로 정적, 동적 위치관측이 가능한 시스템으로 현재 여러분야에 활용되고 있으며 특히 교량과 같이 안전이 무엇보다 요구되는 사회기반 시설물의 3차원적인 동적 거동을 기록하고 감시하는데 있어 GPS가 주목받고 있고 이를 실용화하기 위한 연구가 활발함.
○ 최근 레이져를 이용하여 물체의 3차원 좌표정보를 원격으로 획득하는 레이져 스캐닝 시스템이 개발되고 있으며 이러한 시스템은 구조물의 안정성 및 사용성 평가를 위한 기초자료인 변위 및 변형형상의 계측에 사용될 수 있음.
○ 현재 발광체를 이용한 구조물의 스트레스 검사 기술은 일본이 기술적 선도를 하고 있으나, 스트레스 형광체에 대한 물질 개발에만 성공하였을 뿐 아직 이를 이용한 구조물 안전성검사 시스템 개발까지는 이르지 못한 시점이므로, 응력 발광체의 새로운 물질 개발과 이를 이용한 구조물평가 시스템 개발의 기술 선점에 있어 매우 중요한 시기임.
○ 이러한 GPS, 레이져 스캐닝 및 스트레스 형광물질을 상호 보완하여 종합적인 시각화 시스템으로 구현할 경우 고해상도의 교량 거동 시스템으로 발전될 것으로 기대됨.
○ 고해상도의 3차원 구조물 거동 평가 시스템은 시각화되어 사용자로 하여금 구조물의 건전성을 조기에 파악 하여 대비할 수 있게 함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ GPS로부터 계측된 정적/동적 위치데이터와 레이져 스캐닝 기반의 계측데이터 및 스트레스 형광물질을 종합한 3차원 거동 분석 알고리즘 개발 및 이를 시각화한 전역적 구조물 모니터링 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="8">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술개발 동향
○ 최근 구조물의 전역적인 건전성 평가를 위한 자동화된 상시계측관리법의 개발이 중요하게 부각됨.
○ 현재 이는 주로 진동기반의 손상탐지 기법으로 이뤄지고 있으며 실제로 구조물에 스트레인게이지, LVDT, 가속도계 등의 각종 센서를 설치하여 변형률, 처짐, 진동 등을 측정, 구조물의 안전을 감시하는 기법이 널리 사용 되고 있음.
○ 또한 구조물의 변위를 측정하는데 무선기술과 MEMS 기술을 융합한 기술이 개발되고 있으며, 최근 무선 MEMS 자이로스코프 기술을 이용, 3 축의 움직임을 측정함으로써 기울기와 각도 모션을 감지하여 구조물의 변위를 측정하고 있음.
○ 스트레스 형광물질을 이용한 Print Screen 방식의 새로운 구조물평가 시스템 개발이 시도되고 있음.
○ 이러한 기술들로부터 계측된 다양한 결과 값을 종합하여 하나의 결과로 도출 하는 기술의 개발도 중요시 되고 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="12">○ 산업/시장 동향
○ 2008년 약 27.77억 달러 수준이던 비파괴검사 장치/기기 시장은 6%의 연평균 성장률을 유지하여 향후 2013년 약 37.17억 달러 수준의 시장으로 성장할 것으로 예측됨.
○ 더불어 비파괴검사 장치/기기를 활용하는 기술용역을 포함한 부가가치 생산액도 장치/기기 시장 성장과 비례적으로 성장하여 2013년에는 연간 150억 달러를 넘을 것으로 전망됨.(특허청, KAIST DNC)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>6,100</td><td>6,400</td><td>6,750</td><td>7,130</td><td>7,520</td><td>7,950</td><td>8,400</td><td>8,830</td><td>9,300</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>227,200</td><td>241,000</td><td>255,000</td><td>270,000</td><td>287,000</td><td>304,000</td><td>322,000</td><td>342,000</td><td>363,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>20</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>년</td><td>2</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>40</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 기존에 개발된 GPS 및 레이져 기반의 3D 좌표 기술 및 형광물질 등을 활용</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 현재 전역적 거동 평가는 주로 진동기반의 손상탐지 기법으로 이뤄지고 있음.
○ 이는 제한된 수의 가속도계의 배치만으로 한 번에 구조물 전역의 건전성을 감시 할 수 있고 이미 상용화된 다양한 분석 장비와 잘 정립된 신호처리 기술을 활용할 수 있다는 장점을 가지기 때문에 실제 구조물에 널리 적용되고 있음 .
○ 하지만 주로 3차이하의 저차 모드와 같이 낮은 주파수 영역에서 활용되고 매우 큰 크기의 손상에서만 유효한 결과를 준다는 단점이 있음.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="6">○ 또한 이에 적용된 알고리즘의 효율성은 해석적 모델, 실험 데이터 등에 크게 의존한다는 사실과 함께 대부분의 알고리즘이 선형 모델을 가정 하므로 균열의 비선형성을 고려할 수 없다는 단점이 있음.
○ 측정센서의 위치와 그 개수에 대한 선택도 제한적이며, 계측된 모달 특성치의 변화가 환경의 영향을 크게 받는다는 단점이 있음.
○ 건축/대형 구조물 분야에 있어서의 기존 손상 진단시스템에는 균열 게이지나 광섬유 등을 이용한 것이 있지만 이러한 측정은 점이나 선 등의 구역 제한이 있기 때문에 전체를 측정하려면 여러 개의 센서가 필요함.
○ 또한 실제로 균열이 발생되면 센서가 단선되어 검지 불능 상태가 되어 균열 발생이나 진전 모습을 모니터링 하는 것이 곤란함.
○ 이에 이를 극복 및 보완할 수 있는 객관적이고 적용에 제약이 적으며, 높은 정확도와 신뢰도를 가지는 사용자 친화적인 Global/Local 모니터링 시스템의 개발이 필요함.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="6">○ GPS 기반 정적 / 동적 위치 계측 시스템 및 거동 평가 알고리즘 개발
○ 레이져 스캐닝 기반 변위 및 변형 계측 시스템 및 구조물 거동 평가 알고리즘 개발
○ 구조물 스트레스 진단을 위한 표면도포용 형광물질 및 스트레스 형광체 기반 건전도 평가 기법 개발 개발
○ GPS, 레이저 스캐닝 및 스트레스 형광체 통합 모듈 및 시스템 개발.
○ GPS, 레이저 스캐닝 및 스트레스 형광체로부터 추출된 데이터의 통합 및 종합 거동평가 알고리즘 개발.
○ 거동평가 결과의 시각화 및 의사결정 프로그램 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">○ 정부 정책 주요 로드맵인 U-City 구현과 사회 기반시설물인 교량 계측분야에서 유비쿼터스 환경구축과의 연계성 확보.
○ 정부 R&D 지원정책상 건설기술 융합강조에 따른 토목 계측 분야에 USN 환경 기술개발에 따른 정부 R&D 정책에 부합함.
○ 선진국의 경우 시설물 비파괴 검사 기술이 국가의 최첨단 기술의 하나로 분류되어 새로운 기술들이 중점 개발되고, 자국기술을 중심으로 국제표준을 통일 시키기 위한 시험센터를 국가차원에서 육성하고 있으며 비파괴검사 표준기반이 구축된 전문기관을 운영하고 있음(미국: ASNT, 캐나다: NRCan, 일본: JSNDI, 영국: BINDT 등).
○ 국내에서는 “시설물 안전관리에 관한 특별법”이 제정됐고, 한국시설안전기술공단(KISTEC)이 창설되면서 사회 기간 시설물의 유지관리에 관심을 갖기 시작함. 또한, 국토해양부에서는 Structural Health Monitoring (SHM) 기술발전을 위해 다양한 지원 정책을 시행중임.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ 해외 선진 연구기관의 자문 및 요소기술 벤치 마킹.
○ 국내 GPS, 레이져스캐닝, 스트레스 형과물질 및 시각화 전문가와의 자문 회의 개최
○ 국내 교량 관리 시스템과 연동을 위해 교량 관리 주체와의 협의 통한 시범 구축 협조를 도모하고자 함.
○ 성공적인 연구개발 사업을 통해 국내외 학회논문 발표 및 정부 유관기관을 상대로 한 홍보를 통해 연구 개발성과물의 우수성을 알리고자 함.
○ 법 제도분석을 통해 실용적인 과제 성과물 도출을 위해 관련 유관기관과의 업무 협조 체계를 구축하여 필요한 사항에 대해 정책 건의 등을 수행함.
○ Test Bed 에의 적용을 통한 교량 거동평가 종합 솔류션 평가 및 업그레이드</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">○ 세부 요소 기술 연구 개발 성과를 해외 SCI급 학술지에 발표.
○ 세부 요소 기술개발에 따른 특허 확보를 통한 산업재산권 확보
○ GPS 및 레이저 스캐닝 및 스트레스 형광물질 기반의 교량 거동 3D 계측 장비
○ 3D 구조물 거동 평가 알고리즘 및 이를 시각화한 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">○ 높은 수준의 구조물 건전성을 요구하는 교량 관리 시스템은 물론 거동 평가를 필요로 하는 플랜트, 원전 등의 사회기반 시설물에 폭넓게 적용.
○ 본 기술의 개발 성과는 국내 최고 기술 수준순 개발 및 세계 선도 기술 수준으로 목표 설정 하여 해외 교량에도 적용 가능.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,000</td><td>1,500</td><td>2,000</td><td>1,500</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>500</td><td>750</td><td>1,000</td><td>750</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td colspan="2">합 계</td><td>1,500</td><td>2,250</td><td>3,000</td><td>2,250</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">6,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">3,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">9,000</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">12 명</td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및
파급효과</td><td colspan="7">○ 본 교량 점검시스템은 프로그램/통신/기계/토목 기술 분야가 종합된 건설/IT융합 기술로서 교량뿐만 아니라 타 사회 기반 시설물의 안전 진단 및 평가 구축기술로 활용이 가능.
○ 신뢰성 있는 고해상도의 데이터 획득을 통한 교량 통합 계측 시스템의 고품질, 효율화 성과 달성
○ 교량 안정성 확보 및 인명피해 예방을 통한 사회적 비용 절감
○ 구조물의 거동이상을 초기에 모니터링 함으로써 교량의 수명증가 및 효율적인 유지관리비 집행에 따른 예산 절감 효과 발생
○ 해외 계측 장비의 국산화에 따른 수입대체효과 발생 및 초장대 교량 건설기술과 개발된 유지관리 시스템의 패키지 화를 통한 기술 수출 가능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">비접촉 센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동 검출 기술(18번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 최근 교량의 건설이 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 교량은 환경적인 요인에 의해 부식 및 균열이 발생하고 이는 수명을 단축시키는 원인이 됨. 따라서 교량의 안전관리 및 수명연장을 위한 유지관리 분야에 대한 관심이 집중되고 있음.
○ 현재 사용되고 있는 검사 방법들은 사람이 직접 현장에 가서 국부적인 결함을 찾는 원시적인 방법들이며, 이러한 방법들은 많은 시간과 경비가 소요되며 또한 사람의 접근이 어려운 구조물에는 적용할 수 없음. 또한 주기적 점검 작업으로 인한 막대한 시간과 비용의 손실을 가져옴.
○ 초기에 결함을 발견함으로써 갑작스런 붕괴사고를 방지하고 관련 보수 보강 작업을 수행하여 비용을 절감할 수 있는 실시간 모니터링 시스템 개발에 대한 요구가 증대되고 있음.
○ 본 연구는 기존 교량 및 신축 교량의 국부 손상에 의한 붕괴를 사전에 예방하고 또한 효율적인 유지관리 및 보수를 위한 펄스 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM (Field Signature Method) 기반 교량 취약부재 국부 손상 자동화 검출 기술을 개발하고자 함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 교량 취약부재의 국부 손상 검출을 위한 펄스 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM 을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출기술 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 기술/개발 동향
○ 국내 비파괴검사기술 수준은 선진국 대비 45% 이하 수준으로 비파괴 안전진단 원천기술은 선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정. 특히, 검사 장비제작 및 응용기술 등의 핵심기술은 선진국에 비하여 크게 낙후되어 있음.
○ 국내 비파괴검사 장비 판매회사, 제조회사, 전문 검사업체 등을 포함하여 국내에 약 123개의 회사가 있는 것으로 파악되며 매출규모는 3,160억원 규모인 것으로 파악됨. 2004년 NDT 관련 업체종사자수는 4,414명으로, 노동집약적 기술에 크게 의존하여 매출규모 대비 1인당 생산성은 매우 낮은 수준임.
○ 국내 비파괴검사 시장은 2008년 기준 약 3,841억원 규모이며, 연평균 약 5.0% 수준으로 성장해 온 것으로 추정되며 향후 비파괴 검사가 산업전반의 제품 및 설비 등의 안전 및 신뢰성 성능시험에 활용될 수 있는 비파괴검사 시장은 크게 성장할 것으로 예상됨. 비파괴검사 방법별로는 방사선이 약 1,931억 원 규모로 약 50% 를 차지하고 있으며, 초음파가 810억 원 수준으로 21%, 자기방법이 573억 원으로 15%, 침투가 356억 원으로 9%, 그 외 와전류, 누설, 기타가 171억 원, 5%를 나타냄.
○ 국내 비파괴검사 관련업체는 이전 받은 초기 기술로 저가입찰 중심의 경쟁을 함으로써 3D 업종으로 분류될 정도로 매우 영세한 실정임. 그러므로 국내 비파괴검사 업체들의 기술개발 투자가 매우 취약하여 서비스 시장이 본격적으로 개방되면, 외국 기술 및 용역회사의 시장 잠식이 우려되고 있는 상황임. 따라서 국제경쟁력을 갖춘 비파괴검사 기술의 개발 및 관련 산업의 건전한 육성이 절실하게 요구됨.

○ 산업/시장 동향
○ 세계 비파괴검사 분야의 시장은 크게 장치/기기 시장과 용역 시장으로 나눌 수 있으며 비파괴검사의 장치/기기 시장은 2008년 27.77억 달러 수준으로 추정되며, 연간 6%의 성장률을 보인 것으로 나타남.
○ 지금까지 비파괴검사는 미국, 일본 등 선진국 시장에서 주로 활용되었지만, 지난 10년간 아시아 및 동유럽의 급격한 경제성장은 다양한 산업 활동을 증가시켜 인도, 대만, 싱가포르 등의 시장뿐 아니라 폴란드, 루마니아, 우크라이나 등의 국가에서도 비파괴검사 시장의 범위가 확대되고 있음.
○ 교량의 균열 및 부식 실시간 모니터링에 대한 요구가 증가하면서 지속적으로 비파괴검사 장비 및 방법 등에 대한 기술개발 투자가 예상되며 이는 비파괴검사 시장의 성장을 촉진하는 요인으로 작용할 것임.
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026</td><td>2027</td><td>2028</td><td>2029</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2020 년</td><td>6,100</td><td>6,400</td><td>6,750</td><td>7,130</td><td>7,520</td><td>7,950</td><td>8,400</td><td>8,830</td><td>9,300</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2020 년</td><td>227,200</td><td>241,000</td><td>255,000</td><td>270,000</td><td>287,000</td><td>304,000</td><td>322,000</td><td>342,000</td><td>363,000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2020 년</td><td>10</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td><td>60</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

		세계	2020년	3	5	10	20	25	30	35	40	40

5. 기존기술 활용방안	○ 기존 수행된 압전센서를 이용한 임피던스 및 유도초음파 기반의 구조물 건전성 평가 기법 및 펄스레이저 기술을 활용하여 교량 취약부재의 국부 손상 자동화 검출 기술에 적용시키며 그 정확도와 감지 민감도를 증가시켜 초정밀 손상 검출 시스템으로 발전시킴. ○ 현재 수행중인 전위차법을 이용한 강구조물의 균열 모니터링 시스템 기술 및 플랜트진단 및 관리시스템 기술의 연구결과들을 활용함을 물론 향후 협력 방안을 모색할 필요가 있음.	
6. 기술개발 필요성	○ 비파괴 검사 기술은 기계, 항공, 조선, 건설 등의 산업 전반에 걸쳐 활용이 매우 높은 첨단기술임. 특히, 원자력 발전소와 같은 국가 핵심 시설물의 경우, 전력공급의 중추적 역할을 담당할 뿐 아니라, 지진과 같은 비상사태직후 엄청난 중대사고로 직결되므로, 무결점 구조물 운용이 필수적임. ○ 노후화된 교량의 취약부재에서 발생하는 균열 및 부식 등의 다양한 유형의 손상들에 대해 발생초기의 미세결함 진단이 가능한 저비용 고감도 기술이 필히 요구됨.	
7. 주요연구 개발내용	○ Self sensing / SLS 기반 2단계 다중스케일 손상감지기술 개발 교량이 노후화됨에 따라, 교량의 취약부재에서 피로균열, 부식, 볼트풀림, 좌굴 등의 다양한 유형의 손상이 발생하는데, 발생초기의 미세결함진단이 가능한 저비용 고감도 기술이 요구됨. 이에, 본 연구에서는 펄스레이저를 이용한 비접촉 손상 검출 기술을 개발하고자 함. ○ 다기능 유비쿼터스 NDT 센서노드 개발 기존의 비파괴 점검방식은 고정형 단일 스케일 측정 시스템으로 주로 오프라인 형식으로 진행되어 왔으나 자동화된 손상 검출 기술에 이용할 수 없음. 이에 본 연구는 유비쿼터스 센서 노드 시스템을 개발하여 비접촉 센싱 및 상시 온라인 모니터링을 이용하여 자동화딘 손상 검출 시스템을 개발하고자 함. ○ 스마트 원격 NDT 시스템 보완 및 실용화 스마트 NDT 시스템으로 실제 교량에서 취약부재의 파손을 사전에 극미세 결함 단계에서부터 온라인 진단할 수 있는 시제품으로 개발되어 실용화되어야 함. ○ FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 ○ FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 개발 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘과 모니터링 시스템과의 연계 FSM을 이용한 구조물 실시간 모니터링 시스템의 100% 국산화	
8. 정부지원의 타당성	○ 본 연구 개발을 통하여 기존 노후화된 교량 및 신축 교량의 초정밀 손상탐지를 통해 교량의 효율적인 유지관리가 가능하며 교량의 급작스런 붕괴를 미연에 방지함으로써 큰 인명피해를 막을 수 있음. 또한 구조물 유지관리 산업 및 교량 NDT 기술의 국내 성장 및 세계적인 우위를 점할 수 있음. 이를 위해서는 정부의 연구비 지원 및 구조물 유지관리의 표준화 및 관련 정책 수립 등 정부의 전폭적인 지원이 필요함.	
9. 기술확보 전략	○ 초정밀 비접촉 손상 탐지 기법을 개발하기 위하여 기존 압전센서 및 펄스레이저 기반의 손상탐지 기법을 연구한 카이스트 및 미국의 Los Alamos National Laboratory 및 Virginia Tech와 국내외 공동 연구를 진행하며 또한 산학연 협력을 통한 실제 Test Bed 구축 및 실제 적용성 평가를 실시할 예정이며 전자부품연구원의 IT 기술과의 융복합을 통하여 실시간 손상 탐지 시스템을 완성할 예정임. ○ SI 전문가 등과의 공동연구를 통한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발 ○ 전위차법을 이용한 구조물 모니터링 시스템 개발 연구를 수행한 기관과의 공동연구를 통해 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘과 모니터링 시스템과의 연계 기술 개발 ○ 민간사업자 등과의 협력을 통한 FSM을 이용한 구조물 실시간 모니터링 시스템의 100% 국산화	
10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	○ 신기술 : 펄스 레이저 및 FSM 기반의 교량 취약부재 실시간 손상 탐지 시스템 ○ 관력 특허 : 4건 ○ 관련 논문 : 4건(SCI 급 2건, 국내 2건)
	활용방안	○ 국내 유지관리 회사 및 건설 회사에 의해 기존 노후화된 교량 및 신축 교량에 해당 시스템을 시공 및 설치하게 될 것이며 이를 활용하여 교량의 급작스런 붕괴를 미연에 방지하고 효율적인 유지관리 및 보수시기를 결정하여 보다 안전한 교량 시스템을 구축할 수 있음.

11. 연구개발	구분	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도

<table>
<tr><td rowspan="6">과제의 규모</td><td rowspan="2">연차별
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>700</td><td>700</td><td>700</td><td>900</td><td>900</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>850</td><td>850</td><td>850</td><td>1,150</td><td>1,150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,000</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">950</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">4,950</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">25 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및
파급효과</td><td colspan="7">○ 본 기술의 개발을 통해서 다양한 유형의 손상들에 대해 발생 초기의 미세결함 진단이 가능한 저비용 고감도 NDT 기술 개발로 구조물의 미세결함 초정밀 진단 기술을 선도할 수 있으며 첨단 센서의 사용성 확대로 첨단 센서 기술을 선도할 수 있음. 또한 경제적으로 교량 유지관리 해외 시장 개척 및 수출을 증대할 수 있으며 비용대비 신뢰성이 보장되는 손상탐지 기술로 기존 고가의 NDT 장비를 대체하여 수입의존을 해소함으로써 국가의 외화낭비를 방지할 수 있음. 또한 국가적인 차원에서 교량의 사용성 및 안전성을 확보함으로써 국가신임도를 높여 산업경쟁력을 강화할 수 있으며 기타 사회불안요인으로 인한 안전사고 예방차원에서 막대한 국고의 낭비를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 인명 손실 등의 인재를 방지할 수 있음.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">차량/열차 중량 고정확도 측정 장치 기반 교량 실시간 상태평가 기술(19번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 도로파손의 보수비용으로 2011년에 집행된 예산이 653억 원이며, 2016년에는 1030억 원으로 증가할 것이라는 분석이 나오고 있음. 도로파손은 보수비용뿐만이 아닌 사고로 이어질 수 있는 사안이어서 그 피해규모는 더 크다고 볼 수 있으며, 이러한 도로파손은 일반 도로뿐만 아니라 교량에서도 큰 영향을 미치고 있음.
○ 교량파손의 원인으로는 설계요인, 시공요인, 외적요인, 유지보수요인이 있으며 이중에서 외적요인에 해당하는 차량의 증가 및 대형화는 교량의 안정성을 위협하는 주요원인이 됨. 수치적인 예를 들면, 축하 중이 11톤인 과적차량의 승용차 환산대수는 무려 10만대에 달할 정도로 과적이 교량에 주는 영향은 매우 큼.
○ 이러한 과적차량을 사전단속 할 수 있는 시스템으로 현재 고속 WIM(Weigh In Motion)이 설치되어 운영되고 있으나, 현재 국내에 설치된 고속 WIM의 경우 센서(Piezo & Quartz) 및 제어기를 모두 수입에 의존하고 있음.
○ 철도의 경우 현재까지 레일의 교체주기 산정은 열차의 운행실적을 기초로 대략적인 누적통과톤수에 의하여 산정되며 과학적이고 체계적인 관리는 이루어지지 못하고 있는 실정이며, 철도교의 장기모니터링 시스템도 교량의 동적 응답만을 측정하여 데이터의 경향분석 수준으로 운영되고 있어 철도교량의 정량적인 상태평가가 이루어지지 못하고 있는 실정임.
○ 본 연구에서는 교량상 차량 및 열차의 중량을 정확하게 측정할 수 있는 장치 및 이를 기반으로 하는 교량 실시간 상태평가 기술을 개발하기 위함임.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 교량상 도로 및 궤도의 효율적인 유지관리를 위한 차량 중량 측정 장치와 이를 이용한 교량의 실시간 상태평가 기술을 개발하는 것임.</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ WIM 시스템은 속도를 기준으로 최하 16km/h 이상을 고속 WIM으로, 최고 30km/h 이하를 저속WIM으로 분류할 수 있는데, 저속 WIM의 경우 축 무게를 기준으로 5% 이하의 오차율을 확보하고 장비에 대한 국산화가 이루어져 있으나 고속 WIM의 경우는 대부분의 기술을 해외시장에 의존하고 있고 정확성 측정을 위한 기준도 마련되지 않은 상황임.
○ 국내에서의 고속 WIM은 5년 전부터 도입되기 시작하였고 현재의 수준은 핵심 기술을 수입하여 시범적인 설치운영을 하고 있는 단계이며, 고속WIM 시스템의 국산화를 위해서 필요한 제어기, 센서(벤딩플레이트 등) 기술개발은 반드시 해결해야 할 과제임.
○ 현재까지 열차의 누적통과톤수 측정시스템은 독일 Sensor Line사의 마이크로 벤딩 광섬유센서를 이용한 레일패드 형식의 축중량 측정 시스템이 존재하나, 마이크로 벤딩 광섬유센서는 절대값 측정이 불가능하고 응답이 비선형적이기 때문에 설치시마다 차량운행에 의한 신호 보정작업이 반드시 필요한 번거로움이 있으며 설치를 위하여 체결구의 해체 및 레일을 잭킹하여야 하는 설치상의 어려움도 존재 함.
○ 뿐만 아니라 고무재질이고 레일과 침목사이에 설치되기 때문에 열차통과에 의한 피로하중에 의하여 장기적인 센서 수명 및 신뢰성 측면에서 적지 않은 문제점을 내포하고 있음.
○ 레일의 과학적이고 체계적인 유지관리를 위하여 열차 누적통과톤수 자동화 측정시스템 도입이 필요하므로 열차의 주행 안전성 및 승차감을 확보하기 위한 정확한 누적통과톤수를 산정하여 레일의 교체주기를 체계적으로 관리할 수 있는 누적통과톤수 측정시스템을 구축하여 운용되어야 함.
○ 전 세계적으로 ITS의 시장은 규모 및 투자에서 빠른 속도로 발전하고 있음.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5"></td><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>93</td><td>99</td><td>105</td><td>135</td><td>120</td><td>150</td><td>162</td><td>207</td><td>210</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>1767</td><td>1881</td><td>1995</td><td>2565</td><td>2280</td><td>2850</td><td>3078</td><td>3933</td><td>3990</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>30%</td><td>31.5 %</td><td>33.1 %</td><td>36.5%</td><td>38.3%</td><td>42.1%</td><td>46.3%</td><td>50.9%</td><td>56.1%</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>0.5%</td><td>0.6%</td><td>0.8%</td><td>1.1%</td><td>1.5%</td><td>2.1%</td><td>2.5%</td><td>3.5%</td><td>4.5%</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 고속 WIM의 기술만으로 현재 개통한 모든 도로를 만족시키기 어려운 상황에서는 저속 WIM과의 시스템 연계를 위한 프로토콜 및 네트워크 설계</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">○ 장기간 운영하면서 축적된 저속 WIM의 데이터 보정기술을 고속 WIM에서 활용할 수 있도록 기술공유협약을 체결
○ 기개발된 bare FBG를 활용하여 궤도의 축중량을 효율적으로 측정하기 위한 패키징 기술을 개발</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○ 저속 WIM으로 인한 TG에서의 정체현상이 발생하기 시작하였고, 교량구간의 경우에는 차량정체 현상이 더욱 가속화될 것이므로 고속 WIM의 연구개발이 필요함.
○ 철도 선로의 유지관리에 있어서 최우선 목표는 열차의 주행 안정성을 확보하기 위해서는 현재의 선로상태를 정확히 진단할 수 있어야 하며 이를 지속적으로 관찰하여 항상 선로의 상태를 정확하게 판단할 수 있도록 하여야 함. 이는 최적 시기의 철도 레일 및 기타 구조물의 보수보강을 위한 근거 자료로 활용하여 철도 운영에 있어 효율성과 경제성을 극대화 시킬 수 있을 뿐만 아니라 만일에 발생될 수 있는 대형사고로 인하여 야기되는 인명 및 재신피해를 사전에 예방할 수 있을 것으로 판단됨.
○ 도로 및 레일의 유지관리를 위한 차량 중량의 측정뿐만 아니라 교량의 실시간 상태평가 시스템으로도 활용이 가능한 장점이 있음.
○ 개발도상국의 교통 인프라가 빠른 속도로 진행되고 있는 상황에서 원천 기반기술의 확보를 통해 대외경쟁력을 확보할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ WIM 제어기: 원시정보가공, 에러보정, 중량산출 알고리즘 개발
○ WIM 센서: 차량인식기술, 데이터 검증 및 보안, 센서 내구성확보
○ 영상인식 시스템: 조명 및 번호판 변화를 고려한 인식기술
○ VMS: 통신프로토콜 설계, 신호동기화를 통한 안정적인 시스템 운영
○ 시스템 통합운영 단말: 과적판단 및 이력검색 기능, 센터와의 안정적인 정보연계
○ 광섬유센서 기반의 열차의 누적통과톤수 측정 디바이스 개발
○ 차량 중량 측정과 교량의 응답 측정을 통한 교량의 실시간 상태평가 기술 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 본 과제에서 연구하는 기술은 원천기술로써 100명 미만의 중소형 기업에서 본업의 생산 활동을 수행하며 국제수준의 기술개발에 투자하는 것은 기업의 사활을 걸어야 하는 위험을 동반함.
○ WIM 사업은 대기업이 뛰어들기에는 수지타산이 맞질 않는 사업 분야이므로 중소기업에서 사업을 진행할 수밖에 없으며 사업에 필요한 기술을 전량 해외에서 공급받으므로 이 구조를 타파하기위해서는 정부의 지원이 필요함.
○ 교량구조물은 일반적으로 공공시설물로 관련 요소기술의 개발과 더불어 시스템 검증과 현장적용을 위한 법제화 추진을 위하여 정부주도하에 이루어지는 것이 바람직함.
○ 정부지원을 통해 연구개발이 성공적으로 이루어졌을 경우 수입대체효과를 통한 외화유출을 방지할 수 있으며 또한 향후 기술을 바탕으로 한 차량 측정시스템 수출을 통해 외화를 벌어들일 수 있음.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 센서 연구는 국내의 대학 및 연구기관을 중심으로 공동연구 형식으로 진행
○ 기존 저속 WIM을 개발하면서 축적된 한국도로전산의 연구진을 활용하여 고속 WIM에서 사용가능한 센서를 연구 개발
○ 제어기의 경우에는 기존에 저속 WIM 및 AVC 제어기를 개발한 경험이 있는 업체와 대학을 연계하여 연구를 진행
○ 광섬유센서 뿐만 아니라, 철도 환경을 충분히 이해하고 있는 유관기관의 기밀한 연구공조가 반드시 필요할 것으로 판단됨.
○ 대학은 핵심 알고리즘 및 보드 연구개발을 담당하며, 연구기관 및 관련업체는 프로세스 및 시스템 통합 쪽의 연구개발을 진행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 차량 중량 측정시스템 및 이를 기반으로 하는 교량의 정량적 상태평가 시스템
○ SW: 5식
○ 특허: 3건, 논문: 5건, 실용신안: 2건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 고속 WIM의 수요는 한국도로전산을 통해 “지능형 친환경 교량”설치 시 설치를 진행할 수 있도록 할 것임.
○ 추가적인 수요처의 확장을 위해 현재 저속 WIM이 설치된 장소 중 고속 WIM의 환경에 맞는 지역을 선정하여 관련 기관에 기술설명회를 진행하여 설치를 유도하도록 노력함.
○ 레일의 정량적 교체주기 산정을 위한 축중량 측정시스템으로 활용
○ 철도교의 입력하중 측정을 통한 정량적 철도교의 상태평가 시스템으로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="4">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>350</td><td>400</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

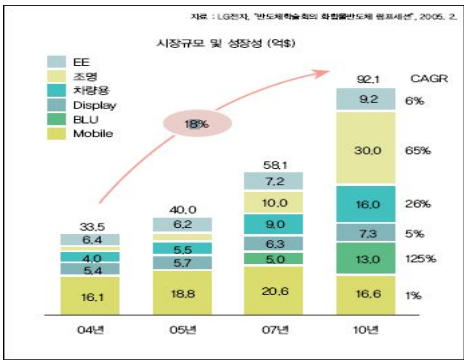
<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td>2,250</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td>700</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td>2,950</td><td>연도별
평균소요인력</td><td>10 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="5">○ FBG 광섬유센서 또는 USN 기반 차량 중량 측정시스템의 도입으로 정밀도가 뛰어나며 장기적인 내구성이 뛰어난 시스템 도입 가능
○ 절대값 측정이 가능하여 설치시마다 별도의 차량주행에 따른 신호 보정 과정이 불필요
○ 차량 중량측정에 따른 유지보수 시기 결정 및 중량측정시스템 기반의 교량 상태평가 시스템을 통하여 교량의 안정성을 보장
○ 고속 WIM에 사용되는 센서를 개발함으로써 현재 저속 WIM에서 수입하는 센서의 국산화가 가능할 것으로 기대
○ 센서, 제어기 기술을 모두 국산화에 성공함으로써 국내업체가 해외업체와의 기술경쟁관계에서 동등하고 가격경쟁에서 유리하게 되어 전체적인 경쟁력에서 유리한 위치 확보</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술(20번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 1950 - 60년대에 콘크리트로 만들어진 사회 기반 시설물의 노후화로 인하여 많은 사회기반 시설물의 손상사례가 보고됨
○ 심한 경우 구조물의 붕괴로 인한 많은 물질적, 인적 그리고 시간적인 손실을 유발
○ 우리나라의 경우, 1970년대에 급속한 산업화에 따라 대부분의 사회 기반 시설물이 건설되었고, 30년 이상이 지난 지금 그 시설물의 노후화가 매우 심화되고 있는 실정
○ 구조물이나 시설물에 손상이나 파손이 발생할 경우 그 문제를 해결하기 위한 유지 보수가 매우 어렵고 또한 많은 추가 비용이 필요
○ 한번 건설된 이후에는 추후의 유지보수가 따로 필요하지 않는 강건하고 질기고 또한 내구성이 우수한 구조물(Robust, Tough and Durable infrastructures)의 건설이 필요
○ 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술을 통해 상기 문제점 들을 해결하고 공사비의 절감과 추후 유지 관리가 필요 없는 강건하고 질기고 내구성이 우수한 지능형 교량 구조물 건설 도모</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발
○ 머신비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 건설분야 기술인력 부족, 유지관리 분야의 시장 확대는 국내외에 공통적으로 관찰되는 현상임
○ 신속하고 정확한 상태 측정, 평가와 보수작업에 대한 니즈는 2000년 초부터 지속적으로 증가되어오고 있으며 교량 포장 크랙 수리는 교량 유지관리의 큰 분야로 확대되고 있음

<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2015</td><td>2016</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2014년</td><td>5</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>13</td><td>16</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2014년</td><td>400</td><td>420</td><td>430</td><td>440</td><td>460</td><td>475</td><td>490</td><td>500</td><td>520</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2014년</td><td>5</td><td>5</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>3</td><td>5</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 머신 비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술
기존의 포장 크랙실러 장비의 개발은 R&D 수준에서 성공적이었으나 기술의 완성도 부족으로 상용화 되지 한 기술을 활용하여 크랙 인식 속도 증대 및 크랙 수리 속도 증대 확보
machine 비젼 기술에서 크랙 인식 알고리즘은 기존에 많은 연구가 되어왔던 부분으로 기존 알고리즘을 활용하여 정밀도 높은 크랙 인식 알고리즘 개발
○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술
현재 국내의 경우, 섬유보강 시멘트 복합재료의 자기치유 효과에 대한 연구가 세종대학교에서 동경대학교와의 공동연구로 수행 중</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 전 세계적으로 CO2 저감을 위한 노력들이 이루어지고 있는 현실에서, 본 연구를 통한 자기치유 섬유보강 시멘트 복합재료의 개발시 교량 구조물 뿐만 아니라 사회기반시설물의 수명을 반영구적으로 장기화하여 시멘트 사용량을 장기적인 관점에서 획기적으로 줄일 것으로 판단됨
○ 크고 작은 다수의 교량을 운용해야 하는 지자체 및 국토해양부등의 경우 인력 부족, 비용 부족 등 어려움
○ 효율적이고 신속한 상태 파악에 대한 높은 시장의 요구
○ 안전하고 균일한 수준의 작업 수준 확보</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="12">○ 머신 비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술
machine vision을 이용한 크랙 상태 자동 인식 알고리즘 개발
image processing 기술을 이용한 디지털 이미지의 광량 상태에 따른 왜곡 현상 보정 기술
상태 평가 등급 산정 인공지능 알고리즘 기술
크랙 수리 자동화를 위한 지능형 로봇 기술
크랙 위치 정밀 파악 및 이동형 크랙 수리 장비
PMS와 연계한 포장 상태 정보 DB 및 관리 및 운영 시스템
○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술
처짐 경화 현상을 보이는 연성적인 고유동성 섬유보강 시멘트 복합재료의 개발
섬유보강 시멘트 복합재료의 자기치유능력에 대한 평가
자기 치유 메카니즘에 대한 연구</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">자기치유형 고유동성 섬유보강 시멘트 복합재료의 성능 평가</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 도로 포장용 크랙실러의 경우 기존에 정부지원으로 일부 개발 하였으나 상용화에 충분히 이르지 못한 상태에서 과제가 종료가 되었으며 개발된 기술이 충분히 활용되지 못하였음
○ 개발 비용이 많이 들고 고도의 기술력의 투자가 필요하기 때문에 민간기업이 연구개발에 투자를 하여 수익을 내기까지 기간이 오래 걸리기 때문에 투자를 꺼려하고 있음
○ 대상 시설물인 도로는 정부가 소유하고 있는 시설물이기 때문에 정부가 개발을 하고 직접 장비를 소유하고 시설물을 관리함으로서 투자 대비 효과 분석이나 사업화 대책에 대한 어려움을 줄일 수 있음
○ 제안된 자기치유형 섬유보강 시멘트 복합재료의 경우 장기적인 관점에서 총 비용이 상당히 감소함에도 불구하고 초기비용이 현재 사용되는 건설재료와 비교하여 고가인 사실을 고려하여 볼 때 정부차원의 지원이 필요함</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 머신 비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술
image processing 알고리즘, machine vision 알고리즘 등의 경우 국내외 공동 연구를 통하여 국외 기술을 도입 활용
크랙 수리 로봇 개발을 위하여 국내의 자동화 생산 기술을 활용하여 포장 크랙 수리용 로봇으로 개발
IT, 로봇, 건설 분야 등 다양한 분야가 함께 적용되는 융합기술로서 접근하여 개발 진행
○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술
선진 해외 대학의 연구기관과의 적극적인 공동연구와 섬유보강 시멘트 복합재료의 경험이 풍부한 국내 대학의 공동연구를 통하여 원천기술의 개발이 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 교량 포장의 크랙을 자동으로 인식하고 수리하는 자동화 장비
○ 자기치유형 섬유보강 시멘트 복합재료관련 원천기술의 개발 및 국제 특허획득</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 머신 비전을 이용한 교량 포장 크랙/강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 실링 및 녹제거 기술
교량 포장 자동 수리 로봇은 교량 관리 주체가 직접 소유하여 유지관리 업무를 진행할 수도 있으며, 관리 용역 사에 임대하여 업무를 수행하도록 할 수도 있으며, 또는 위탁 관리 업체가 소유하여 여러 지역에 걸쳐 다수의 교량을 관리 할 수 있음
장비의 해외 수출 및 국제 특허 확보를 통한 수익 증대
○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술
지능형 교량의 상판에 적용
기타 누수의 위험이 있는 지중구조물 및 부유식 해양 구조물에 적용가능</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,500</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>500</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>2,500</td><td>2,500</td><td>2,500</td><td>2,500</td><td>1,500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">7,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">4,500</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">12,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">35 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 기술적 측면
○ 처짐 - 경화 섬유보강 시멘트 복합재료의 개발로 구조물 균열 저항성 증대
○ 균열폭의 제어를 통해 누수의 방지 및 내구성 증대
○ 자기 치유 메카니즘의 심도 깊은 이해
○ 첨단 콘크리트 기술과 이와 관련한 연구 인력의 육성에 기여
○ 일반 구조물의 자기 치유화를 위한 초기 연구자료의 제공</td></tr>
</table>

	IT 기술, 지능형 건설 로봇 기술, 시설물 유지관리 기술의 융복합 기술의 결실로서 국가 주도형의 R&D ○ 사업 추진에 장점이 있는 국내 상황에 적절한 사업이며 국제적으로 성공 사례로 인식 될 것으로 예상 ○ 사회·경제적인 측면 ○ 유지보수 및 관리가 필요없는 교량구조물 또는 사회기반시설의 건설로 장기적인 관점에서의 비용절감 효과 ○ 장기적으로 시멘트 사용량을 줄임으로써 이산화탄소 생산량의 절감효과 ○ 국가적인 차원에서 사회기반시설의 사용성 안전성을 확보함으로써, 국가신임도를 높여 산업경쟁력을 강화 ○ 지중구조물의 누수 및 지진시의 저항성을 증대시키고, 구조물의 내구성을 증진함으로써 사회간접자본의 수명 연장에 따른 경제성 제고. ○ 다른 중요 사회 시설물 등에 적용 가능한 자기치유 섬유보강 콘크리트의 개발에 대한 중요 연구 자료로서의 활용 ○ 신규 시공에서 유지관리로의 건설시장의 체질 변화에 따른 새로운 성장 동력 창출

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">에너지 절감형 하이브리드 방식 교량 경관 조명 제어시스템 및 USN 전력공급기술(21번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 기존의 경관 조명 시스템은 상시전원을 통해서 동작을 하고 있으며, 주변 상황을 인지하여 조명을 켜는 제어 기능이 없는 상황이다. 이와 관련하여 효율적인 전원 절약을 획득하면서 능동적인 제어기능을 할 수 있는 경관 조명 제어관리 시스템의 개발이 시급한 실정임
○ 여러 기업들의 컨소시엄인 EnOcean Alliance에서는 국제전기위원회에 에너지 하베스팅 장치의 국제 표준 모델을 제안했고 그림 1과 같이 배터리가 없는 무선 센서를 하나의 건물에 1만개를 설치하는 대형 프로젝트를 수행 중임
○ IDTechEX는 저소비 전력형의 표준에 대해 USN 보고서(2009~2019)를 발표했으며, Zigbee alliance 역시 2009년 7월 USN 소비전력의 한계성을 뛰어넘고자 에너지 하베스팅 장치에 대한 표준 초안을 발표하면서 차세대 에너지 하베스팅 기술 개발에 노력 중임
○ 고효율 에너지 하비스팅 기술을 적용하여 기존 경관조명 시스템과 교량 감시 센서 모듈의 전력 공급 기술을 개발하고, 이의 효율적인 이용을 위해 시간대별, 밝기 및 에너지 저장능력에 따라 능동적인 동작 및 제어를 위한 경관 조명 제어관리 시스템을 개발 하는 것이 목적임</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 압전 소자(Piezoelectric element)를 이용한 교량 모니터링 무선 센서 네트워크용 에너지 하베스트(Energy harvest) SoC 개발
○ 일반조명 1000lux이하의 자동 동작 구현 및 조도에 따른 에너지 경관 조명의 디밍으로 시간대별 밝기 조절을 통해 에너지소비량 30% 감소
○ USN PAN당 128EA이상의 노드 동작 구현</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 교량 진동을 변환하여 사용하는 에너지 하베스팅 기술은 개념 정립단계로써, 국외뿐만 아니라 국내에서도 아직까지 활발한 연구가 이루어지지 않았으므로 기술차이가 크지 않기 때문에, 지속적인 지원과 연구가 수행될 경우, 세계 기술 시장 선점이 가능


○ LG전자의 2005년도의 보고서에 따르면 LED조명 시장은 2010에는 전체 LED시장의 30%를 차지 할 것으로 예측하고 있음
○ USN에서 Zigbee 제품을 이용한 센서 네트워크가 차지하는 시장규모는 다음 표와 같음
(단위 : 억원)
<table>
<tr><td rowspan="2">구 분</td><td colspan="2">센서 네트워크 모듈 시장</td><td colspan="2">지능형 홈/빌딩 서비스</td><td rowspan="2">비고</td></tr>
<tr><td>2006년</td><td>2008년</td><td>2006년</td><td>2008년</td></tr>
<tr><td>세계시장 규모</td><td>15,460</td><td>28,000</td><td>20,500</td><td>31,000</td><td></td></tr>
<tr><td>국내시장 규모</td><td>387</td><td>2,300</td><td>512</td><td>3,500</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">산출근거 : 산업자원부 , 산업기술재단
(차세대 센서 및 센서네트워크 기술로드맵)</td></tr>
</table>
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2016년</td><td>500</td><td>600</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,300</td><td>1,600</td><td>1,900</td><td>2,000</td><td>2,100</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>40,000</td><td>42,000</td><td>43,000</td><td>44,000</td><td>46,000</td><td>47500</td><td>49,000</td><td>50,000</td><td>52,000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>년</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

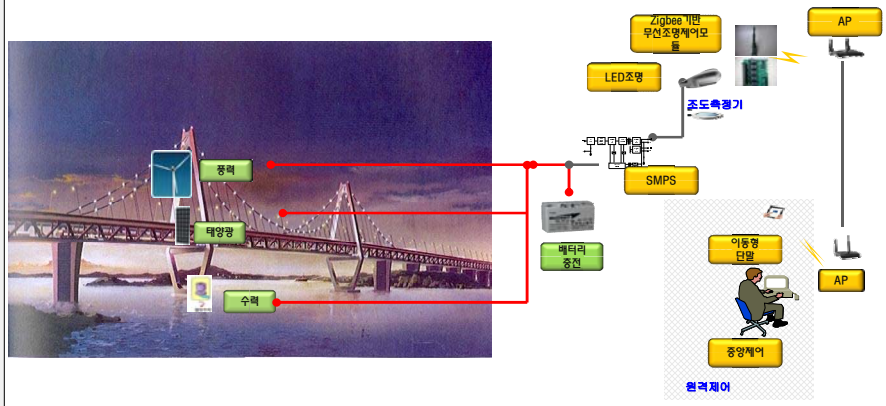
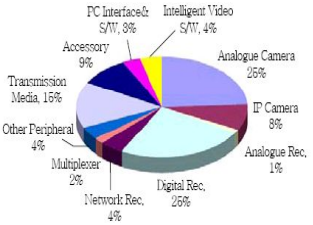
<table>
<tr><td></td><td></td><td>세계</td><td>년</td><td>3</td><td>4</td><td>6</td><td>9</td><td>13</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="11">○ 에너지 효율형 경관조명 제어장치관련 국가연구개발사업은 현재 없는 상황이며, 민간에서 단순히 태양전지를 이용한 충전 기능정도 개발하여 사용하고있는 실정임
○ 경관조명 주위의 상황을 인지하는 센서네트워크기술을 활용하여 디밍제어에 활용 가능함
○ 세계적으로는 MIT 및 기타 대학 연구소에서 에너지 하베스팅 관련 기술을 연구 중이므로 세계 유수학회에 참석하여 기존 기술을 확보하고 그 설계 기술을 바탕으로 연구 수행</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="11">○ 기존에 경관조명시스템은 상시전원을 사용하여 에너지 낭비가 많은 시스템으로서, 에너지 절약의 차원에서 이를 30% 정도 절약할 수 있는 하이브리드 방식의 경관조명제어 관리 시스템 개발이 필요함
○ 에너지 하베스팅 기술은 국내 뿐만 아니라 세계적으로도 연구 초기 단계이므로 본 과제를 통해 경우 원천특허 보유가 가능하리라 봄
○ 이를 통해 기술이전 및 기업화를 이루고, USN 관련 시장 및 그린에너지 시장까지 아울러 선점 가능함</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="11">○ 에너지 하비스팅을 통한 신재생에너지 및 상용 에너지를 사용하여 하이브리드 발전 시스템 운영 제어 기술
○ 경관용 조명의 시간대별, 환경별의 요소에 따른 디밍 제어를 통한 LED경관 조명의 에너지 소비 최적화 및 수명의 최적화 기술
○ USN기반의 양방향 네트워크 통신을 통한 제어 / 장애 / 고장에 대한 모니터링 및 경보 시스템 개발
○ AP를 통한 통신망 확장 기술
○ 중앙 제어를 위한 사용자 중심의 GUI개발 및 웹서비스 기반 원격 관리 기능


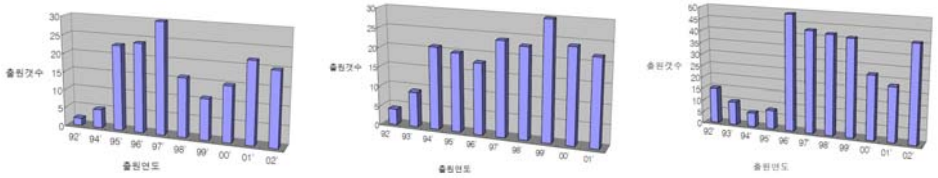
그림.1 시스템 구성도
○ 압전 소자를 활용하여 교량의 진동에너지를 전기에너지로 변환시켜 주는 장치 개발
○ 에너지 전달, 축적을 위한 고효율 에너지 하베스팅 인터페이스 회로(Energy harvesting interface circuit) 및 스마트 전력관리IC(Smart Power Management IC; Smart PMIC) 개발
○ 교량 모니터링 센서 네트워크에 사용되는 저전력 송신기 개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="11">○ 경관조명은 교량에 적용되는 시설물 중에 하나로서, 경관조명에 사용되는 에너지 효율등 관련 기술과 개발에 정부의 투자가 시급함
○ 국내의 경우 교량 테스트베드 구축 환경이 외국에 비하여 좋은 편이므로, 실제 교량에 대한 적용성 평가에 훨씬 유리하여 지속적 연구 개발을 수행할 경우, 최첨단 USN 기술과 결합하여 관련 시장을 선점할 수 있음</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="11">○ 에너지 하비스팅 기술 개발
○ ZigBee기반의 저전력 소모형 센서네트워크 기술 개발
○ LED조명제어를 위한 디밍 및 모니터링 기술 개발
○ 에너지 중앙관제 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="9">○ 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템, 교량 안전 진단 모니터링 통합 응용 플랫폼 개발 관련 특허 10건, 논문 10건
○ 교량의 상시 진동 특성을 고려한 압전 소자 기반 에너지 변환 장치의 설계
○ 압전 소자 기반 에너지 전송/저장 장치 및 무선센서 송신모듈 설계
○ 압전소자 기반 에너지 하베스팅 시스템 및 무선센서 송신모듈 통합 SoC 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="9">○ 하이브리드 방식 경관조명제어 관리 시스템은 신규로 제작되는 지능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">형 교량에 적용될 뿐만 아니라 기존의 교량에도 적용하여 30% 이상의 에너지 절감 효과를 가져 올 수 있는 경관조명 제어 관리 장치로 활용될 수 있음
○ USN 전력공급기술은 교량 안전 관리 관련 회사와 연결하여 상용 제품과 연결 될 수 있도록 기업과 긴밀한 연구 관계정립을 통해 활용될 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="8">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td><td>550</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">250</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,750</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 신규로 제작되는 지능형 교량에 적용하여 에너지 절감형 경관조명제어 관리시스템으로 사용될 수 있음
○ 기존에 교량에서 사용 중인 경관조명 관리 시스템도 하이브리드 기반 에너지 절약형 경관조명 제어 관리 시스템으로 교체하여 에너지 관리 효율성 향상
○ 경관조명 관리 시스템이 없는 기존 교량의 경우에도 교량 관리 예산을 고려하여 저비용의 경관조명제어 관리 시스템을 설치하여 운영 가능함
○ 자가 발전 무선 센서 모듈 개발로 전지 교체로 인한 센서 유지관리비용 대폭 감소</td></tr>
</table>

1. 과제명	교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 및 사고저감 기술(22번 과제)
2. 연구목적 및 배경	○ 교량상 교통/노면 상황은 교통사고 발생과 밀접한 관련이 있어 동절기와 같이 온도가 영하로 떨어지는 날씨에는 눈 또는 비로 인하여 결빙 현상이 자주 발생할 때 차량의 미끄럼에 의하여 크고 작은 교통사고가 빈번히 발생하고, 매년 도로결빙으로 인한 차량 지체 및 교통 통제 등의 장애로 많은 경제적 손실 발생. 특히 동절기 교통사고의 주원인이 노면결빙으로 인한 교통사고라는 점에서 노면결빙상태를 사전에 감지하여 즉각적인 조치를 취하고, 운전자에게는 주의와 경각심을 주어 인명사고를 사전에 예방하는 시스템의 구축은 매우 중요함
	○ 200m급 광역 카메라 및 레이더기반 교량 저시정(안개, 황사, 화재 등) 교통 돌발 상황 광역 인지 및 사고 저감 기술 개발 ○ 보급형 리니어 메쉬 센서기반의 지능형 노면상황 90% 인지 기술 개발 ○ 교통사고 발생 시 난간 충돌로 인한 차량의 추락을 방지하기 위한 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템 개발
3 연구개발목표	○ 50m 이내 안개, 황사로 인한 저시정 교량 교통상황을 95%이상 검지 정확도 및 상황인지 시스템 핵심 기술 개발 ○ 영상이나 레이져를 포함한 각종 센서를 응용하는 다양한 테스트를 통해 노면결빙 정보를 보다 신뢰성 있게 감지할 수 있는 방법을 연구 ○ 연구된 센서방식을 통해 프로토 타입 제작 및 결빙방지장치와 USN 베이스 스테이션과 연동까지 고려된 상용화 시제품 개발 ○ 교량 난간용 에어백 감지 시스템 및 에어백 모듈 개발
4. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 200m급 광역 카메라 및 레이더기반 교량 저시정(안개, 황사, 화재 등) 교통 돌발 상황 광역 인지 및 사고 저감 기술 개발 ○ 시장조사 기관인 JP Freeman의 2009년 보고서에 따르면 세계 영상보안 시장은 연간 8.7%의 성장률을 보이고 있으며, 2008년 5885억 달러, 2009년 70.85억 달러, 2010년 85.14억 달러, 그리고 2013년에는 102.20억 달러 규모에 이를 것으로 예측되고 있다. 세계 시장의 지역별 규모는 미주 48%, 유럽 20%, 아시아 17%, 중남미 6% 등의 분포  ○ 세계 영상보안 시장의 구성비 (전자통신동향분석(ETRI), 지능형 영상보안기술현황 및 동향, 2009. 8) ○ 해외 주요 영상보안 시스템 업체로는 미국의 Pelco, Johnson Control, 유럽의 Baxall, Philips, Dallmeier, IDS, Teleste, 일본의 후지쯔, CBC 등이 대표적, 대다수 업체들은 네트워크 기반의 영상보안 시스템을 개발, 출시하면서 수요시장의 동향에 신속히 대응하고 있음 ○ 보급형 리니어 메쉬 센서기반의 지능형 노면상황 90% 인지 기술 개발 ○ 현재 개발되어 운영 중인 결빙방지 시스템은 에너지의 과다소비, 환경문제, 내구성 문제, 한정된 적용지역 등의 문제점을 가지고 있어 효율적인 에너지 소비, Green 환경 추구, 차량 및 노면, 시설물의 높은 내구성을 통한 편리한 유지보수, 다양한 환경에서의 편리한 시공 등을 만족하는 기술이 필요함 ○ 삼성전자 본사, LG전자 본사 등 대기업 본사내 노면에는 열선을 이용한 결빙방지 시스템을 도입해 결빙 및 폭설 시 가동해 시스템을 운용 중이며 국내 결빙방지시스템은 라온전자, 두리시스템 등에서 융설액 분사 시스템을 이용한 결빙방지 시스템 구축을 주도하고 있음 ○ 결빙방지 시장은 초기에 열선을 이용한 결빙방지 시스템이 시장을 형성하였으나 에너지 효율이 낮아 융설액을 분사하는 방식의 시스템이 점차 확대되고 있음 ○ 일본의 경우 열선을 이용한 결빙방지 시스템이 교량구간, 입체연결로, 음지구간 을 중심으로 설치 시공되고 있으며, 국내는 교량 및 터널 진입, 진출로에 융설액을 분사하는 방식의 시스템이 설치 시공되고 있음 ○ 미국 미네소타州 교통부는 2002년 11월부터 워싱턴市 지역 4개 교량에 결빙방지시스템을 설치해 운영. 이 시스템은 센서를 이용해 노면표면 조건을 측정, 결빙이 예상될 경우 관계당국에 자동으로 통보하고, 담당자는 교량에 설치된 분사기구를 이용해 원격으로 결빙방지 약품을 뿌릴 수 있음 ○ 「유비쿼터스 혁명이 시작됐다](3)스마트웨이」 (전자신문)에 소개된 ‘지능형 노면(Smart Way)’ 이 지능형 노면도로의 기능 중 도로결빙방지시스템이 포함되어 있으며, 노면 도로표면에 장착된 특수 센서가 눈을 감지하여 액상염화 칼슘을 자동으로 살포하여 도로 결빙을 방지하고 실제로 일본, 북미, 북유럽 등 선진국에서는 도로결빙방지기능을 갖춘 지능형 도로망 구축이 확대되고 있는 추세임

○ 교통사고 발생 시 난간 충돌로 인한 차량의 추락을 방지하기 위한 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템 개발

○ 주요 국가별 에어백 특허 출원 현황



한국 미국 일본

· 한국: 90년대 초반에는 주로 도어나 센터필러에 내장한 에어백이 주류를 이루나 2000년 이후 커튼에어백 및 ITS형식 에어백이 출원

· 미국: 2000년 이후의 특허출원 감소는 기술선점을 위한 출원대신 기술의 내실을 기하기 위함을 의미

· 일본: 1996년 이후 급격한 출원증가 추세를 보임

- 현재 에어백은 대부분 차량용으로 개발되고 있음
- SRS에어백, 디파워드 에어백, 스마트 에어백, 어드밴스드 에어백이 있음
- i-SRS에어백: 혼다에서 개발한 에어백 시스템으로 에어백의 용량을 연속 변화시켜 승무원에게 높은 보호 성능과 저충격성을 가진 연속 용량 변화 타입임
- 2010년 10월 스카프에 에어백을 내장하여 보이지 않는 헬맷이 개발된 바 있음

시장규모 (억원)	연도	적용 연도	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	국내	2017년	1,309	1,374	1,443	1,515	1,591	1,671	1,755	1,843	1,935
	세계	2017년	26,180	27,489	28,863	30,306	31,821	33,412	35,083	36,837	38,679
예상시장 점유율 (%)	연도	적용 연도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)	(+6)	(+7)	(+8)	(+9)
	국내	2018년	3	13	23	33	43	53	63	73	83
	세계	2018년	1	11	21	31	41	51	61	71	81

5. 기존기술 활용방안

○ 교량난간의 구조적 안정성에 관한연구 : 한국도로공사 도로연구소

○ I-SRS 에어백 기술 활용: I-SRS 에어백은 에어백의 용량을 연속 변화시켜 승무원에게 높은 보호 성능과 저충격성을 가진 연속 용량 변화 타입의 에어백임.

6. 기술개발 필요성

○ 서해대교의 짙은 안개로 인한 대형 참사나 최근 인천 대교에서 고장차량으로 인한 대규모 사상자 발생사고 등은 초기에 상류부 교통정보에 대한 정확하고 신속한 서비스 제공기술 부족으로 초래된 것으로서, 기존 교통 기술의 한계를 극복할 수 있는 첨단 ITS기반 교통정보 수집 및 제공기술 개발에 대한 요구는 증가하고 있으나, 그에 따른 연구개발 지원은 미흡하며, 실제 서비스 수준 및 구현 정도는 거의 전무함

○ 도로용 방호시설물은 차량이 방호시설물과 충돌 할 경우 차량의 에너지를 방호시설물이 흡수하여 차량의 충격을 줄이고 추락을 방지하게 됨

○ 하지만, 방호시설물과 충돌 시 충격량이 커 2차 피해가 발생할 우려가 큼

○ 에어백 방식을 적용한 지능형 난간을 이용할 시 충돌 시간이 길어지면 차량에 가해지는 충격이 줄어들어 2차 피해와 동시에 방호시설물에 가해지는 충격 또한 급속히 감소하여 방호시설물의 파손 또한 방지할 수 있음

7. 주요연구 개발내용

○ 200m급 광역 카메라 및 레이더기반 교량 저시정(안개, 황사, 화재 등) 교통 돌발 상황 광역 인지 및 사고 저감 기술 개발

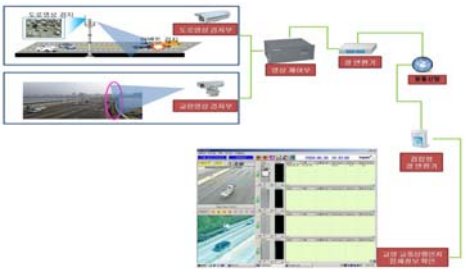
○ 메가 픽셀 카메라, 도로기준 10m 이상 위치, 4차로 이상의 도로영상

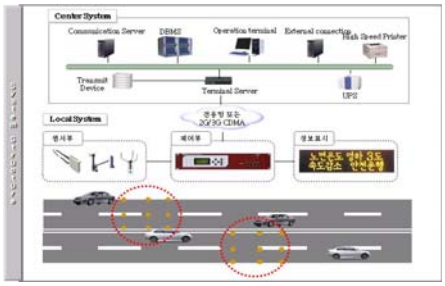
○ 메가픽셀 카메라, 도로기준 10m 이상 위치, 교량 외각 영상 취득,

○ 원격 및 로컬 검지 영역 설정, 이벤트 자동검지, 이벤트 수동 설정

○ 교량영상 PT 제어, 자동전원장치, 써지보호기, 함체 환경감시 장비

○ 로컬에서 센터로의 광통신 변환, 영상 및 상태정보 전송, 교통량 검지

<table>
<tr><td></td><td>


○ 보급형 리니어 메쉬 센서기반의 지능형 노면상황 90% 인지 기술 개발
○ 노면 매설용 전극단자 모듈 개발
○ 노면매설용 전극단자 개발 및 전극 양단자간 매설 방법 연구
○ 전극단자 배선 파손, 결손 체크 방법 연구
○ 노면결빙 전용 제어기 개발
○ 노면 매설용 전극단자로부터 획득된 저항 값 측정모듈 개발
○ 대기용 온도 값과 매설용 온도 값을 획득, 기준 노면결빙데이터 형성
○ 저항 센서 값과 측정된 기준데이터와의 연산을 위한 메인보드 설계
○ 전극단자 옥외 실험 및 데이터 분석
○ 온도, 습도, 전기저항 측정 및 데이터 분석
○ 내구성 실험
○ 소비전력량 측정
○ 데이터 무선 전송 성능 실험
○ 센서 소형화 및 목업 설계
○ 실제 도로 설치 및 옥외 성능 실험


○ 교통사고 발생 시 난간 충돌로 인한 차량의 추락을 방지하기 위한 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템 개발
○ 교량 난간용 에어백 감지 시스템 개발
○ 차량 충돌 반응시간 0.1초의 차량 충돌 감지 센서 개발
○ 교량 난간용 에어백 모듈 개발
○ 시속 80km/h~120km/h로 달리는 승용차(0.8t)~트럭(2t)용 에어백 모듈 개발
○ 도로용 강재 방호시설물과 성능 면에서의 효과 비교
○ 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 승용차, 트럭의 충돌해석 수행 후 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템의 성능 검증</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td>○ 영상보안 기술은 2008년 미국 정부가 중 점 투자할 4대 기술분야 중의 하나였으며, 높은 시장 잠재력과 성장이 예측되는 분야
○ 국내에서도 교량 위 교통 상황 흐름에 대한 모니터링 차원에서 영상보안 기술의 적용확대를 추진하고 있음
○ 2005년 건설교통부 터널 내 포장설계 시공 지침 2. 터널내 포장단면 설계 중 2.6 터널 입출구부의 결빙보완대책 항에 터널의 입출구에 결빙위험으로 교통사고 발생 확률이 높기 때문에 제설 및 융설 시스템 등의 결빙보완 대책 검토를 명시.
※ 출처 : 국회도서관 : 건설교통부 발행 터널내 포장설계 지침 2005년
○ 정부, ‘폭설 대응’ 매뉴얼 개선… 스노멜터 도입(서울경제 2010년 1월 8일) 기사본문 정부는 최근 전국을 강타한 폭설에 따른 국민 불편 해소를 위해 스노멜터 도입 등 대설 대응 매뉴얼 제도 를 개선하기로 함. 대응 매뉴얼은 교통취약 구간 재점검, 도심 터널 주변과 오르막. 내리막길 에 대한 제설 매뉴얼을 다시 만들고, 중장기적으로 스노멜터와 스노히팅코일시스템, 자동염수분사장치 등의 결빙해소 시스템을 확대 도입할 예정임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td>○ 교통사고 발생 시 난간 충돌로 인한 차량의 추락을 방지하기 위한 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템 개발
○ 에어백에 관련해 전문지식을 지닌 자동차 공학과 연구진과의 공동연구 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">○ 건설 분야의 교량용 난간 시스템과 자동차 공학 분야의 에어백시스템을 적용하여 융복합기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 특허(총 2건) : 교량 난간용 에어백 감지 시스템(1건), 결빙방지장치와 USN 베이스 스테이션과 연동까지 고려된 상용화 시제품 개발(1건)
○ 논문 : 8건</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 본 연구는 결과적으로 교량상 저시정 교통/노면 상황 인지 시스템을 실제 교량에 적용하는 것을 목표로 함
○ 개발된 난간과 기존 난간과의 차량 충돌 시뮬레이션을 통해 성능을 검증 하도록 함</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>1,400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">7,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 200m급 광역 카메라 및 레이더기반 교량 저시정(안개, 황사, 화재 등) 교통 돌발 상황 광역 인지 및 사고 저감 기술 및 보급형 리니어 메쉬 센서기반의 지능형 노면상황 90% 인지 기술 개발
○ 지능형 노면상황 인지 기술 개발 및 적용을 통해 노면 결빙 등의 노면 상황으로 인한 교통사고율을 낮출 수 있음
○ 교통사고 발생 시 난간 충돌로 인한 차량의 추락을 방지하기 위한 에어백 방식을 적용한 지능형 교량 난간 시스템 개발
○ 경제적 파급효과
○ 에어백 기술이 적용된 교량용 난간의 개발은 교량용 난간 기술 분야를 활성화시켜, 이를 통해 도로안전시설 시장의 확대가 예상됨
○ 기술적 파급효과
○ 조사 결과 국내외에서 에어백을 적용한 교량용 난간 기술은 아직 개발된 바 없으므로, 우리나라 교량용 난간 기술의 발전과 더불어 선진화를 도울 것으로 기대됨</td></tr>
</table>

(4) 교량 BIM 기술 연구단

o 연구단 총괄 과제카드

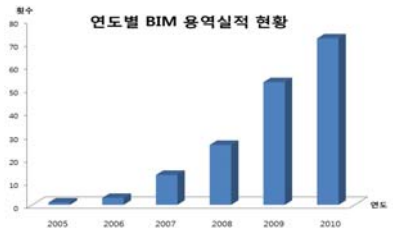
<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>교량 BIM 기술 연구단</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td>○ 교량의 설계, 시공, 유지관리단계 전반에 걸쳐 각 단계별로 수행조직들 간의 정보공유의 어려움, 각 단계의 업무수행 절차에 따른 정보공유의 어려움으로 프로젝트의 효율성이 저하되고 있음
○ 전 세계적으로 선진국을 중심으로 설계, 시공, 유지관리기술의 패러다임이 건설전반에 걸쳐 건설 생산과정에서 발생하는 모든 정보의 통합이 가능한 BIM 기술로 전환되고 있음</td></tr>
<tr><td>○ 교량을 대상으로 BIM 기반 설계/시공/유지관리 기술 및 운영환경을 개발함으로써 BIM 정보를 발주자, 설계자, 시공사, 엔지니어링사간 공유교환할 수 있는 최적의 통합체계를 마련하여 공사기간 및 공정을 최적화하고 공기단축을 실현할 수 있는 친환경 핵심 실용화 기술</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td>○ 교량의 설계단계 업무 주체들 간의 효율성을 극대화하고, 설계업무의 시간과 비용을 줄이기 위해 IFC기반 교량 라이브러리 제작기술을 개발하고, 설계주체들 간의 협업을 위한 BIM기반 설계협업 시스템을 개발
○ 교량시공 및 유지관리단계 공사기간을 단축하고, 공사비절감과 효과적인 안전관리를 수행하기 위해 교량 공사관리에 BIM기반 원가관리, 공정관리, 각종 시공 및 유지관리를 위한 시뮬레이션, BIM기반 PMIS 및 BIM기반 유지관리 기술을 개발</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>○ 정책 동향
○ 국토해양부 및 조달청의 BIM 가이드가 작성되고 입찰시의 절차와 기준에 대한 가이드라인들이 준비되면서 효과적인 BIM 기반의 발주 체계가 마련되고 있음
○ 조달청의 단기~ 장기 BIM 발주 계획에 따라 향후, 건설 프로젝트에서의 BIM 발주는 필수요소가 될 것으로 전망됨
○ 토목구조물을 대상으로 BIM 발주에 대한 정책 및 가이드라인의 개발도 이루어질 것으로 예상되며, 따라서 성과품의 납품이나 정보의 공유, 관리 등에 있어 표준 데이터 모델의 필요성은 더욱 증가할 것으로 보임.

○ 산업/시장 동향
○ 정부는 4대강사업의 입찰안내서에 실시설계 적격자의 요건으로 공정과 연계한 3차원설계와 시뮬레이션 및 사업관리를 하도록 명시함으로써 BIM도입을 통한 BIM시장 활성화가 예상됨
○ 조달청에서는 2012년부터 500억 원 이상 공공발주 프로젝트에 BIM 적용이 의무화할 예정이고, 한국도로공사 등의 3D설계지침 구성 등으로 토목분야 대표적 공종인 교량시공 분야의 BIM 적용은 확대될 것으로 예상됨
○ BIM을 적용한 건설사를 대상의 설문조사에 따르면, 2008년 간섭검토만이 거의 이용되었으나, 2010년대에는 간섭검토이외에 공정관리, 견적산출, 도면생성, 구조해석의 기능이 활발히 활용되고 있는 것으로 조사됨.
○ BIM 비용 데이터를 자동으로 생성할 수 있으며, 생애주기 비용 산출에 있어 이해를 증진시키고, 프로젝트의 전체 프로세스 효율을 향상시킴
○ 이러한 장점으로 인하여 시간 절약 및 경제적 효과를 보고 있음.
[표] BIM 적용을 통한 경제적 효과 * 출처 : CIFE, 2007
<table>
<tr><th>프로젝트명</th><th>국가</th><th>예상비용</th><th>실제비용</th><th>절감비용</th><th>예상공기</th><th>실제공기</th><th>단축공기</th></tr>
<tr><td>Ocean City</td><td>U.S.A</td><td>17,000,000</td><td>16,739 ,300</td><td>260,700</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Armory Community Center</td><td>U.S.A</td><td>3,355,660</td><td>2,355,660</td><td>1,000,000</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Camino</td><td>U.S.A</td><td>94,500,000</td><td>93,300,000</td><td>1,200,000</td><td>42개월</td><td>36개월</td><td>6개월</td></tr>
<tr><td>올림픽수영장</td><td>중국</td><td>1,250,000</td><td>500,000</td><td>750,000</td><td>15개월
(엔지니어링)</td><td>7개월
(엔지니어링)</td><td>8개월</td></tr>
<tr><td>Roche</td><td>영국</td><td>50,000,000£</td><td>42000000£</td><td>8,000,000£</td><td>100일
(도면화작업)</td><td>12일
(도면화작업)</td><td>88일</td></tr>
</table>
○ 교량의 경우 2009년 8월 기준으로, 1990년대 이후 지어진 구조물의 비중이 80% 이상임
○ 세부적으로 검토하면 구조물 경과년수가 15년이 안 된 경우가 도로교량 54.1%, 철도교량 54.2% 등으로 이는 향후 중/장기적으로 교량에 대한 유지관리 수요가 더 빠르게 성장할 것으로 예측
○ 현재로서는 2020년을 전후해서 1990년대, 2000년대에 급증한 교량 시설물의 유지관리 수요가 매우 빠른 속도로 증가 예상
<table>
<tr><td>시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="7"></td><td rowspan="2"></td><td>국내</td><td>2016년</td><td>358</td><td>508</td><td>676</td><td>850</td><td>1,015</td><td>1,190</td><td>1,329</td><td>1,499</td><td>1,643</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2016년</td><td>3,500</td><td>6,000</td><td>7,500</td><td>9,000</td><td>12,000</td><td>13,500</td><td>15,000</td><td>16,500</td><td>18,900</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>(+1)</td><td>(+2)</td><td>(+3)</td><td>(+4)</td><td>(+5)</td><td>(+6)</td><td>(+7)</td><td>(+8)</td><td>(+9)</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>30</td><td>34</td><td>37</td><td>40</td><td>48</td><td>57</td><td>69</td><td>75</td><td>90</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>2</td><td>4</td><td>7</td><td>10</td><td>12</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="10">○ 교량설계를 위하여 최적화된 BIM 정보가 운용될 수 있도록 기존의 BIM모듈을 활용하여 특화된 기술 개발
○ 국내현실 및 향후 유지관리를 고려하여 외산 BIM기술 보다는 국산 BIM기술을 기반으로 기술개발
○ 최근 부상하고 있는 스마트 모바일기술을 BIM기술과 융합하여 효율성을 증대하고 업무프로세스를 분석하여 최적화된 시스템 구축
○ 전 세계적인 표준으로 활용되고 있는 IFC 및 STEP 데이터 포맷을 기반으로 이를 확장하여 교량 표준 정보체계 구성
○ 기존의 Scripting Language를 활용하여 수치기반 라이브러리(Parametric Library)를 구축
○ 타 산업분야에서 연구 진행된 내용을 바탕으로 토목시설물중 교량구조물의 탄소배출요소를 조사하고 이를 교량 BIM 기술과 연계하여 예측 가능한 시스템을 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">6. 기술개발 필요성</td><td colspan="10">○ 현재 IT기술을 주축으로 통신 및 네트워크기술, 보안기술의 발달로 인해 온라인을 활용한 가상의 협업공간을 구성하고 활용할 수 있는 인프라가 구축됨
○ 조달청 및 국토해양부의 BIM적용 지침이 제공되고 BIM기술 도입을 위한 연구개발이 활발히 이루어지고 있음
○ BIM은 설계, 시공, 관리 등 기획설계에서 유지관리 단계까지 건설의 전 생애주기 동안 생산되는 정보를 효율적으로 관리, 통합하여 다양한 분야에 활용할 수 있는 통합도구 및 플랫폼임
○ 이러한 기술을 CO2 환산 기술과의 접목을 통해 각 생애주기 단계별 CO2 발생량을 예측하고 이를 조절할 수 있는 기반 기술이 될 수 있음</td></tr>
<tr><td colspan="2">7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="10">○ BIM기반 교량설계 협업 및 최적화 기술 개발
○ BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술
○ 교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술
○ BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술
○ 교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술
○ 교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술
○ 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발
○ 교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="10">○ BIM 분야는 세계적인 수준의 IT산업을 건설 산업과 융합하는 것으로, 건설의 생산성 향상은 물론, 해외 기술 경쟁력 제고에도 중요한 역할을 할 것임. 이러한, 건설 IT 분야는 미국을 포함한 해외 선진국에서도 제도적인 뒷받침이나 연구 R&D 투자를 통해 정부가 앞장서서 지원하고 장려하는 분야임.
○ 국내 건설기술의 해외진출이 활발히 이루어지고 있으나, 세계적 건설패러다임의 주축인 BIM 기술에 대한 경쟁력이 부족함
○ 해외 발주자의 BIM설계 및 시공을 요구하고 있으며, BIM관리 기술을 적용한 시공프로세스를 요구하고 있는 추세임
○ BIM은 효율적 건설업무 수행과 시공기간, 의사결정의 단축으로 건설산업의 생산성을 도모하며 녹색성장을 실현할 수 있는 핵심기술요소로서 교량구조물 설계, 시공, 유지관리에서의 BIM 기술 적용 활성화를 위한 정부차원의 연구 및 정책 지원이 필요함
○ 또한 국가기간시설의 정보화를 촉진함으로써 정확한 국토정보 파악 및 정책의사결정 지원을 가능하게 하며, 최종적으로 구축되는 전국가적인 시설물 정보는 전략적/안보적으로도 중요한 의의를 지님</td></tr>
<tr><td colspan="2">9. 기술확보 전략</td><td colspan="10">○ BIM은 각 주체들의 BIM기술 도입을 위한 의지가 필요하며, 각 업무주체들 간의 정확한 업무프로세스정의를 통해 기존2D설계방식과의 차별성을 확보
○ 건축분야에서 개발된 BIM기술을 분석하여 응용기술을 바탕으로 교량에 최적화된 기술개발
○ 미국, 유럽등의 해외 선진 BIM기술에 대하여 공유, 벤치마킹 및 차별화 기술력 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="9">○ 기술 : BIM기반 설계기술, 시공기술, 유지관리기술, 표준, 응용기술
○ 기준 : 지침, 설계 및 시공 기준
○ 특허 : 각 연구내용별 다수의 특허 출원 및 등록
○ 논문 및 홍보 : 국내외 학술지에 다수의 논문 제출, 홍보 및 공청회 개최 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="9">○ 테스트베드를 통해 국내 교량건설 프로젝트에서 검증을 통한 상용시스템 구축 기술로 활용하여 설계업체 및 시공업체의 기술이전을 목적으로 함</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="8">○ 또한 IFC를 바탕으로 라이브러리 및 표준을 통해 국가표준으로서 BIM확산의 기반을 조성</td></tr>
<tr><td rowspan="5">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td><td>6차년도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>6,500</td><td>9,000</td><td>9,500</td><td>9,400</td><td>6,800</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>1,800</td><td>2,350</td><td>2,400</td><td>1,900</td><td>1,500</td><td>400</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>8,300</td><td>11,350</td><td>11,900</td><td>11,300</td><td>8,300</td><td>2,200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="3">43,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">6 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="3">10,350</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="3">53,350</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">○ BIM의 설계협업에 대한 각 협업시스템별 정보요구정의서(IDM/MVD)의 개발을 통해 기존 2D 기반의 설계프로세스에서 BIM설계 프로세스로의 패러다임에 대한 변화를 가시적으로 제공함으로써, 설계업무의 효율을 극대화하고 업무프로세스에 맞는 최적의 시스템을 개발 할 수 있음
○ 설계업무 주체들간의 실시간 정보공유 및 시뮬레이션 그리고 BIM모델 검증 및 성능평가를 수행함으로써, 설계업무외의 불필요한 시간과 노력을 줄일 수 있으며, 최종적으로, 정확한 업무프로세스로 인한 시간과 리소스를 줄임으로써 CO2를 절감할 수 있음
○ 3차원 BIM을 공사 중 및 유지관리 단계에 까지 활용하면서, 이를 현장에서 스마트 모바일기기를 이용하고, 증강현실 기법을 이용하여 보다 직관적이고 편리하게 활용할 수 있음
○ 표준분류체계에 기반을 둔 제품정보 라이브러리는 교량구조물의 생애주기 단계별 필요한 정보를 쉽게 공유 및 사용 할 수 있음.술 개발에 대한 국가적인 아젠다와 부합하고 이를 통해 새로운 시장을 창출할 수 있는 기회를 마련함
○ 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소 저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설 기술 경쟁력을 확보할 수 있음</td></tr>
</table>

○ 후보과제별 과제카드

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">BIM 기반의 교량 설계협업 및 최적화 기술(23번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ 기존 2D기반 설계방식은 설계, 시공, 유지관리 단계별 설계정보가 공유되지 못하고 있으며, 이는 설계변경 시 공기지연, 공사비 증가 등의 문제점이 발생되고 있음
○ 건설 전반에 걸쳐 비정형화, 초고층화, 스마트 등이 화두가 되면서 기획, 설계, 시공, 유지관리 기술의 통합 및 패러다임이 변화되고 있음
○ 이러한 패러다임의 변화에 건설 생산과정에서 발생하는 모든 정보의 통합이 가능한 BIM기술이 주축이 되고 있음
○ BIM설계방식과 기존의 설계방식과의 업무프로세스 및 협업방식이 현격한 차이로 인하여 중복업무 수행, 설계효율저하, 설계 주체들 간의 즉각적인 설계정보 갱신의 어려움에 대한 문제점이 대두되고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="12">○ 교량 설계 주체들 간의 설계정보공유 및 설계데이터 조합을 지원하고 각종시뮬레이션을 가능하게 하는 의사결정 및 지원시스템 개발을 통해 설계업무 효율성을 증대시키는 최적화 기술개발</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 설계업무 주체들의 협업을 위한 각종 활동을 지원함으로써 설계주체들 간에 발생할 수 있는 설계오류를 최소화하고 각종 협업 시뮬레이션을 통해 불필요한 작업을 최소화함으로써 CO2절감과 설계효율의 극대화를 실현하고자 함</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ BIM이 알려지기 시작하면서부터 건설사, 설계사, 건설 IT 회사 등의 BIM 용역수행이 꾸준히 증가하고 있음
○ 2005년에 1건을 시작으로 하여 국내에 BIM이 본격적으로 도입된 시점인 2008년 26건, 2010년에는 72건으로 2005년도 대비 720% 2008년도 대비 약 280% 상승하였음(그림 1참조)
○ 공공발주의 경우 2008년 3건 국방부 발주를 제외한 총금액 약 3,200억원, 2009년 4건 총금액 약 6,600억원, 2010년 5건 총금액 9,336억 원으로 해마다 상승하고 있음
○ 2010년 BIM용역 실적 72건 대비 9,336억의 공공발주금액을 기준으로 프로젝트 증가 추이를 비교하면 2018년 BIM공공발주는 3,257건으로 총금액은422,324억으로 증가할 것으로 전망됨(그림 2참조)
○ 교량 BIM은 설계단계 뿐만 아니라 시공 및 유지관리단계에 모두 활용되며, 노후교량 교체와 신설교량확충의 수요에 대비하여 BIM시장 또한 활성화 될 것으로 전망됨


[그림1] 연도별 BIM 용역 실적 현황


[그림 2] 한국과 미국의 BIM 프로젝트 증가 추이
○ 조달청 및 국토해양부의 BIM 활용을 위한 지침서를 제공함으로써 BIM 시장의 활성화를 기대할 수 있음
○ 조달청의 BIM 도입에 대한 단기 및 중 · 장기 추진계획을 발표하여 향후 공공공사 부분 BIM적용발주를 명시함
○ 가상건설연구단에서 BIM기술을 활용하여 설계업무에 적용하기 위한 연구들이 수행되었으나, 각 설계 및 엔지니어링 주체들 간의 BIM기반 협업을 위한 의사결정지원에 대한 연구가 이루어지지 않았음
<table><tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr><tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td></tr><tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>400</td><td>420</td><td>430</td><td>440</td><td>460</td><td>475</td><td>490</td><td>500</td><td>520</td></tr><tr><td>예상시장</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">점유율
(%)</td><td>국내</td><td>2015년</td><td>7</td><td>9</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>4</td><td>8</td><td>12</td><td>15</td><td>18</td><td>20</td><td>22</td><td>25</td><td>30</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 설계 주체 전문가의 업무프로세스에 대한 정확한 분석이 필요하며, 기존 2D방식의 업무프로세스를 BIM설계방식으로 전환하였을 때 변화되는 업무프로세스를 도출함으로써 최적 지원도구를 개발 할 수 있음</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 현재 IT기술을 주축으로 통신 및 네트워크기술, 보안기술의 발달로 인해 온라인을 활용한 가상의 협업공간을 구성하고 활용할 수 있는 인프라가 구축됨
○ 조달청 및 국토해양부의 BIM적용 지침이 제공되고 BIM기술 도입을 위한 연구개발이 활발히 이루어지고 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="12">○ 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 가상의 협업공간을 제공함으로써, 설계주체간의 정보교환에 대한 업무효율을 극대화 할 수 있는 BIM기반 교량설계 협업지원 시스템 개발
○ 가상의 협업공간에서 실시간 설계정보 조합 및 시뮬레이션을 통한 설계주체의 의사결정을 지원하는 지원도구 개발
○ 교량 BIM설계 협업을 통해 설계된 BIM모델의 검증 및 성능평가를 위한 교량 BIM모델 설계검증 및 성능평가 기술개발</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="12">○ 국내 건설기술의 해외진출이 활발히 이루어지고 있으나, 세계적 건설패러다임의 주축인 BIM기술에 대한 경쟁력이 부족함
○ 해외 발주자의 BIM설계 및 시공을 요구하고 있으며, BIM관리 기술을 적용한 시공프로세스를 요구하고 있는 추세임
○ BIM기반 협업기술은 설계 산업 전반의 역량을 강화하는 것으로써 설계 주체 개별적인 도입노력뿐만 아니라 정부차원의 기반조성에 대한 환경조성이 필수임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="12">○ 본 기술은 각 협업주체들의 BIM기술 도입을 위한 의지가 필요하며, 각 협업주체들 간의 정확한 업무프로세스정의를 통해 기존2D설계방식과의 차별성을 확보하고 IDM/MVD기술을 활용하여 전문가들 업무분석을 통한 프로세스 맵의 도출을 통한 협업시스템 설계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="10">○ 설계업무 주체들 간의 정보요구정의서(IDM/MVD)
○ BIM기반 교량 설계 협업 지원 시스템
○ 설계정보 조합 및 시뮬레이션을 통한 설계주체간의 의사결정지원도구
○ 교량 BIM모델의 검증 및 성능평가 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="10">○ 정확한 설계업무 프로세스정의를 통한 정보요구정의서(IDM/MVD)는 설계협업 지원 시스템, 의사결정지원도구, 그리고 성능평가 시스템을 개발하는데 기초자료로 활용
○ 개발된 지원도구 및 시스템은 설계업무 수행시 즉시 활용할 수 있으며, 테스트베드구축을 통한 활용검증을 통해 상용화 할 수 있을 것임</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td colspan="2">1차연도</td><td colspan="2">2차연도</td><td colspan="2">3차연도</td><td colspan="2">4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">800</td><td colspan="2">1,200</td><td colspan="2">1,500</td><td colspan="2">1,300</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td colspan="2">300</td><td colspan="2">400</td><td colspan="2">400</td><td colspan="2">300</td><td>300</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td colspan="2">1,100</td><td colspan="2">1,600</td><td colspan="2">1,900</td><td colspan="2">1,600</td><td>1,300</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="4">5,800</td><td colspan="2">총 연구기간</td><td colspan="3">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="4">1,700</td><td colspan="2" rowspan="2">연도별 평균 소요인력</td><td colspan="3" rowspan="2">30 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="4">7,500</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="12">○ BIM의 설계협업에 대한 각 협업시스템별 정보요구정의서(IDM/MVD)의 개발을 통해 기존 2D기반의 설계프로세스에서 BIM설계 프로세스로의 패러다임에 대한 변화를 가시적으로 제공함으로써, 설계업무의 효율을 극대화하고 업무프로세스에 맞는 최적의 시스템을 개발 할 수 있음
○ 설계업무 주체들간의 실시간 정보공유 및 시뮬레이션 그리고 BIM모델 검증 및 성능평가를 수행함으로써, 설계업무외의 불필요한 시간과 노력을 줄일 수 있으며, 최종적으로, 정확한 업무프로세스로 인한 시간과 리소스를 줄임으로써 CO2를 절감할 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용한 친환경 교량 시공관리기술(24번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ BIM은 프로젝트내의 다수 관련자가 보다 효율적이고 적극적으로 정보를 이용할 수 있을 때, 그 효과가 극대화될 수 있음.
○ 국내 IT 산업 중 특히 모바일기기 관련 기술은 이미 국제적으로 최고수준이며, 이를 BIM 기술과 접목시 BIM의 활용성 극대화 뿐 만 아니라, 국제적인 경쟁력의 BIM 기술을 갖추게 됨</td></tr>
<tr><td colspan="12">○ 모바일 스마트 탭에서 BIM을 이용하여 공사 관련 자료를 관리함으로써 시공관리 능력 향상
○ 증강현실 기법을 이용함으로써 사용자가 보다 직관적으로 대상 시설물의 상태 및 정보를 확인할 수 있음</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ BIM 기반의 증강현실 및 모바일 기술을 활용하여 실시간 공정관리, 진도관리, 노무관리, 자재관리, 장비관리 및 안전관리 등 효율적 교량 공사관리를 위한 서비스 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="8">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 최근 개발된 모바일 기기 공사관리 지원 시스템은 텍스트 위주이거나, 모바일 기기 내에 자료를 직접 저장하는 방식으로 그 효율성이 떨어짐
○ 최근 적용된 장비검토 관련 기술은 주로 장비의 위치나 간섭 등을 확인할 수 있는 수준으로, 장비의 capacity 및 다양한 계측장비와의 연계 검토, 증강현실 기법을 이용한 실제 시공 중 활용 필요
○ 대형 시공사별로 현장 내 모바일 스마트 기기를 이용한 공사관리에 대한 관심 및 사례가 증가하고 있고, 발주처에서도 곧 이러한 기술이 확산될 것으로 예상
○ 2012년부터 조달청 발주 주요 공공시설물(건축)에 BIM 도입, 토목분야로 확산되면 BIM에 의한 유지관리 시스템 본격 도입 예상
○ 급속시공이나 교체시공이 증가함에 따라 보다 정밀한 장비운영 계획 수립이 요구되며, 안전 및 비용절감을 위해 시공사에서 관련 기술에 대한 필요가 증가할 것으로 예상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>400</td><td>420</td><td>430</td><td>440</td><td>460</td><td>475</td><td>490</td><td>500</td><td>520</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>7</td><td>9</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>4</td><td>8</td><td>12</td><td>15</td><td>18</td><td>20</td><td>22</td><td>25</td><td>30</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 온라인 기반의 BIM을 활용하는 기술은 4대강 사업 등에서 이미 다양하게 시도되어 왔음
○ 이를 모바일기반에서 사용하기 위해서는 보다 BIM을 경량화 시킬 수 있는 기술이 필요함
○ 이를 위해 기존 온라인 기반 BIM 뷰어 기술과 LOD(Level of Detail) 조정 기술 및 기존 모바일 서비스가 이뤄지고 있는 증강현실 기법의 융합이 필요</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="12">○ 모바일 기기(스마트폰 및 스마트 패드)의 사용은 이미 많은 분야에서 보편화되어 있으며, 건설산업에서도 모바일 기기를 활용한 각종 정보의 조회 및 작성이 시도되고 있음
○ 그러나 기존의 시도가 주로 텍스트 위주로 이루어지기 때문에, 정보를 보다 효과적으로 이용하는데는 어려움이 있음
○ BIM을 모바일 기기에서 그 고유의 서비스 기능을 이용하여 활용할 경우 효용성을 극대화 할 수 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="12">○ BIM을 온라인에서 활용하고, 스마트 모바일 폰과 패드에서 무선으로 BIM기반의 공사관리를 수행할 수 있는 시스템의 개발
○ 증강현실기법을 통해 실제 현장에서 스마트 모바일 기기를 이용하여 공사 중 완공 시설물을</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="8">확인할 수 있고, 각 부재의 정보를 바로 확인할 수 있는 시스템</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="8">○ 국내 건설물량이 급격히 감소하고 있는 가운데, 해외 프로젝트의 수주 역량 강화가 가장 중요한 사항으로 떠오르고 있음
○ BIM 분야는 세계적인 수준의 IT산업을 건설산업과 융합하는 것으로, 건설의 생산성 향상은 물론, 해외 기술 경쟁력 제고에도 중요한 역할을 할 것임
○ 또한, 건설 IT 분야는 미국을 포함한 해외 선진국에서도 제도적인 뒷받침이나 연구 R&D 투자를 통해 정부가 앞장서서 지원하고 장려하는 분야임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="8">○ 본 기술은 각 산업분야별 융복합 기술개발이 필요한 분야로, 기존 BIM을 이용한 공사관리 시스템 분야와 모바일을 이용한 증강현실 및 위치기반 서비스 기술을 보유한 전문업체 및 연구기관이 협업을 통해 구현해야 함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="6">○ BIM 을 통해 온라인 및 모바일 기기에서 공정, 진도, 안전관리를 수행하고, 준공 후 유지관리용으로 활용할 수 있는 시스템 개발
○ 시스템 개발에 따른 소프트웨어 등록 및 특허</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">○ 건설시공 중에 관련자들이 활용하는 시스템이기 때문에 발주처, 시공사, 감리단 등이 공사중에 1차적으로 활용
○ 준공 후에는 구축된 3차원 정보모델 및 BIM 시스템을 활용하여 발주처 및 유지관리 전문기관, 보수보강 업체 등에서 교량의 유지관리 용도로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td><td>6차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,200</td><td>1,300</td><td>1,200</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>300</td><td>400</td><td>400</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="3">6,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">6 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="3">1,900</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="3">8,400</td><td>연도별 평균 소요인력</td><td colspan="2">22 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">○ 3차원 BIM을 공사 중 및 유지관리 단계에 까지 활용하면서, 이를 현장에서 스마트 모바일기기를 이용하고, 증강현실 기법을 이용하여 보다 직관적이고 편리하게 활용할 수 있음
○ 모바일 기반의 BIM 기술을 활용하기 때문에 실시간에 가까운 의사결정시스템 지원이 가능하게 되고 3차원 시각화를 통한 공사관리가 이루어지기 때문에 공기단축 및 공사비 절감에 큰 효과가 나타남
○ 기존 공사관리 및 유지관리 기법의 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음.
○ 스마트 모바일 기기 관련 기술과 IT 융합분야 기술에도 많은 발전이 있을 것으로 전망</td></tr>
</table>

1. 과제명	교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술(25번 과제)
2. 연구목적 및 배경	○ 국내의 교량의 수는 급격하게 높아지고 있는 반면에 이를 체계적이고 효과적으로 관리하기 위한 기술은 아직까지 초보적인 수준인 현실 ○ IT기술의 급속한 발전은 공학설계 및 유지관리 분야에도 지대한 영향을 미치고 있으며 도면의 제작의 전산화를 주된 목표로 하던 CAD(Computer Aided Design)기술은 점차 유지관리, 서비스 등으로 영역을 확대하고 있는 실정 ○ CAD관련 기술은 비약적으로 발전하는데 비하여 교량을 유지관리에 이를 활용하는 수준은 2차원 도면 제작의 전산화단계 정도에 머무르고 있으며 일부 3차원 가시화 기술이 유지관리에 부분적으로 사용되고 있음 ○ 2차원의 단편적 정보제공에 국한되었던 도시공간 관리 시스템을 실제 3차원 공간 데이터를 기반으로 3차원 인터페이스로 구축하여 공간 경영, 시설물 관리, 자원 관리 등의 서비스를 제공하여 확장 활용이 가능함 ○ 단순히 교량의 형태정도를 가시화하는 수준에서 진일보하여 교량의 효율적이고 체계적인 관리를 위하여 필요시 되는 유관한 정보의 가시화 및 관리를 통합적으로 수행하는 기술의 개발이 요구되고 있음 ○ 지방자치단체를 중심으로 구축되는 UIS(Urban Information System)사업을 활성화하고, 지능형 국토정보체계를 실현할 수 있는 센서 및 공간정보 기반 시설물 통합관리 연구에 대한 필요성이 제기됨
	○ 실시간 모니터링 및 교량 변이시뮬레이션 등의 유지관리 정보를 BIM 모델과 연계를 통해 국가교량 자산의 체계적 유지관리시스템을 구축하여 예산절감 및 실시간 현황 파악
3 연구개발목표	○ BIM 기술과 USN 기술을 기반으로 교량구조물 상태 정보 모니터링 기술을 개발하여 관리 혁신 및 지능적 교량 상황관리 기술 확보 ○ 최신 공간정보기술을 기반으로 하여 교량 상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있는 통합관리 플랫폼 개발
4. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 국내외 기술동향 ○ 교량의 운영단계에서 교량의 안전도 및 시설물 상태를 모니터링하는 연구로는 미국, 홍콩, 일본, 덴마크 등 많은 국가에서 비슷한 내용의 연구가 활발히 진행되고 있음. 덴마크에 위치한 케이블교량인 Great Belt교는 많은 센서를 통해 교량의 전반적인 거동을 계측하는 우리나라의 시스템과 다르게 특정 항목(앵커블럭/교량베어링/버퍼 변위, 콘크리트 구조물의 부식, 교각의 경사 등)을 선정하여 집중적인 모니터링을 진행 ○ 2007년 미네소타의 35W 교량이 붕괴됨에 따라 최근 미네소타 대학의 연구자들은 해당 교량의 정보와 관련된 3차원 모델을 개발하였고, 이를 활용하여 교량 교체가 이루어지는 동안 교량의 거동을 분석하기 위해 수백여 개의 센서를 활용하여 데이터를 분석하도록 함 ○ 국내의 BMS(Bridge Management System) 개발사례로는, 한국건설기술연구원에서 수행한 “교량관리 전산화(1990)”와 “교량관리체계개선(건설교통부,1996)”은 일반 국도상 교량에 대한 정보관리와 보수, 개축 우선순위 결정업무를 체계화하기위한 연구로 국내 BMS 연구의 효시라 할 수 있음 ○ 국내에는 ISB Pole(Intelligent Safety Bridge Pole) 시스템과 같은 교량 안전 데이터 수집 시스템 및 IFDS(지능형 안개인식 및 저감시스템)와 같은 교량 유지보수, 안전관리 시스템 등의 연구사례가 존재  [지능형 안전교량 모델 사례] ○ 건설기술핵심개발사업중점연구단의 하나인 교량설계핵심기술단은 교량해석 및 설계 선진화를 목표로 총 5개 연구부에 걸친 교량해석 및 설계기술을 연구 중. 이 중 교량 LCC 및 구조물 피로 해석분야와 3D 교량설계기술 등을 개발 중. 특히 교량설계정보 운용을 위한 ISO/STEP 기반의 3차원 형상정보에 관한 연구는 STEP AP203 스키마를 바탕으로 교량 구조해석정보와 연계하는 모델을 연구함은 물론, 대표적 구조형식에 따른 교량 데이터베이스를 구축 중 ○ 국내의 경우 서해대교, 영종대교, 광안대교, 인천대교와 같은 대형 교량들에서는 체계적인 유지관리와 안전성 평가를 위하여 전산화된 유지관리시스템 및 계측시스템이 구축되어 운영 중. 이와 같은 실시간 구조안전감시(Structural Health Monitoring: SHM) 시스템은 기존의 인력

에 의한 현장 분석 방식을 센서를 통한 실시간 계측방식으로 전환함으로써 점검자의 주관적 판단을 최소화하고 과학적 판단이 가능하도록 하는 것을 목표로 함

○ 현재 국내에 발표된 교량설계 및 운영과 관련한 데이터 모델 연구는 3차원 형상의 그래픽 정보에 단순 의존하는 수준에 그치고 있으며, 기존 CAD 시스템과 데이터베이스 연동에 의한 보조적 수단으로 활용되고 있는 수준에 머물고 있음. 또한, 교량 운영단계에서 제기되는 시설물 안전, 유지/보수, 기상/재해 대응 등의 목적별 시스템이 대다수 개별적으로 운영되고 있는 한계를 나타냄

○ 설계기술 측면에서는 지난 10여 년간 국내의 설계 엔지니어링 기술이 사장교 및 현수교의 완전 자립화가 가능한 수준에 이르기는 했지만, 해외 경쟁력을 갖기에는 아직 미흡한 수준. 대체적으로 장대교량의 종합기술수준은 최고기술보유국 100을 기준으로 할 때 우리나라는 76.4 정도로 평가됨. 주경간의 장대화 추이만으로 추정할 때는, 2012년 완성 예정인 광양대교는 1,545m로서 국내기술 수준은 세계최고 수준의 50% 정도에 불과한 것으로 사료됨

○ 국내외 산업/시장동향

○ 세계 건설시장 규모는 2006년 기준 약 4조 6,000억 달러로 추정되며, 2011년까지 연간 4.6%의 성장을 기록할 것으로 전망되고 있으며 WTO 및 정부조달협정 가입 증가로 건설시장 개방이 확대되면서 해외 건설시장 규모도 계속 증가할 것으로 전망됨

○ 국내 건설산업은 세계시장과 국가경제에 미치는 영향은 크지만 부가가치 창출이 미흡한 산업분야로 그 위상이 낮게 인식되고 있으며, 풍부한 기술인력을 보유하고 있음에도 불구하고 오랜 관행과 내재된 불합리성에 의해 그 진가를 인정받지 못하는 실정임

○ 건설산업 전통적인 아날로그 산업으로 R&D 투자가 미흡한 분야로 국내 건설기업의 R&D 투자 현황을 살펴보면 2002~2005년의 매출액 대비 연구개발 비용이 평균 1.7%대로 나타났으며, 이는 현대자동차의 3%나 삼성전자의 8.3%에 비해 크게 낮은 수준으로 분석됨

○ 또한 시공 기술은 뛰어나지만 첨단 건설 설계기술이 미약한 상태로 국내 건설업체의 기획능력은 선진국 대비 59%, 설계능력은 63% 수준으로 전체 건설 수준은 선진국대비 67% 수준에 불과하며 설계 및 엔지니어링 수준은 선진국의 65% 에 불과하고, 3D CAD, VR 등의 가상 건설기술은 특히 취약한 편으로 지능형 건설 기술, 건설 IT 인프라 기술, 에너지 절감 및 친환경 · 신소재 기술은 선진국의 50~67% 수준에 불과

○ 해외의 경우 다양한 분야에서 건설과 IT 기술을 융합하는 연구들이 시도되고 있는데 세계 6위 건설업체인 벡텔사는 플랜트 공사에 ‘3D 가상건설’ 기술을 활용하여 건설 안전성을 개선하고 비용을 절감하고 있으며, 디지털 건설의 선두 기업인 YIT는 BIM을 활용하여 기존 건설과정의 비효율성과 설계 오류 등의 문제를 해결하고 있음

○ 건설 IT 융합산업은 전통적인 건설산업에 첨단 IT기술을 선택적으로 융합하여 노동집약적인 산업에서 기술집약적인 산업으로 부가가치를 높이는 스마트 건설산업이며 범위로는 첫째, u - City/u - Space/Smart 빌딩 등 도시 및 시설물 지능화를 포함한다. 둘째, 건설 프로세서 및 인프라 고도화를 통한 건설 프로세스 효율화/자동화, 가상 건설/지능형 건설장비/건설물류 최적화 등이다. 셋째, 에너지 절감/친환경 건설과 신소재 및 센서 기술 등이 포함됨

○ BIM(Building Information Model)은 IFC(Industrial Foundation Classes)와 같은 국제적인 정보표준체계로서 최근 미국의 건축가협회, 건설회사, 소프트웨어업체 등의 다양한 관련 기관 및 업체들이 수년간의 공동연구와 시범사업을 통하여 BIM을 표준 건설정보체계로 공표한 바 있음

○ 국내에서도 BIM에 대한 높은 관심에도 불구하고 이에 대한 구체적인 요구는 나타나고 있지 않으며 새로운 표준과 이에 맞는 업무관계를 정립함에 있어 어려움을 겪고 있으나 향후 건설IT 분야에서 새로운 패러다임으로 자리매김할 것으로 예상되며 직/간접적인 파급효과도 클 것으로 전망됨

○ 국내 USN 기반의 시장은 2006년 1.8억 달러 수준에서 2010년 20.9억 달러로 고도 성장 할 것으로 전망. 향후 USN 보급의 확산으로 유비쿼터스와 텔레매틱스/RTLS 인프라와 기술이 융합된 신규 서비스 창출과 이들 인프라와 연계된 다양한 산업의 동반 상승효과를 유도할 것으로 전망

세계 건설IT 시장 전망(단위: 억 달러)

자료: 해외건설협회 2007. 12; ETRI 건설IT융합 TFT 2008. 4

구분	2009	2010	2011	2012	2013	평균증가율
시장규모	50,270	52,610	55,060	57,620	60,310	4.66%
건설IT시장	2,530	2,640	2,777	2,890	3,048	5.5%

○ 국내에서 주경간 200m 이상의 장대교량은 2000년 이전까지는 10년에 1, 2개 밖에 건설되지 않았으나 2000년대 들어 서해대교, 영종대교, 광안대교의 성공적 준공을 바탕으로 장대교량 시장이 활성화되고 있음. 국내에서 장대교량의 시장규모는 1990년대에 8천여 억 원 규모에 불과하였으나 2000년대에는 4조 5천여 억 원 규모가 되었으며 2010년대에는 최대 주경간 1,545m인 광양대교를 포함하여 현재 사업비를 추정할 수 있는 실적만 고려하더라도 6.7조 원에 이를 것으로 전망

○ 해외 시장에서 가장 큰 규모를 차지하는 지역은 동북아(중국, 일본)와 유럽이며, 북미와 동남아 지역도 일정 규모의 시장을 형성하고 있음. 특히 2011년 이후 해외 장대교량 시장은 47조 원에 달할 것으로 추정

구 분		동 북 아			북미	유럽	동남아
		한국	일본	중국			
시장 규모	2001~2010년	4.4조 원	1.0조 원	9.5조 원	2.0조 원	2.7조 원	1.3조 원
	2011년 이후	6.7조 원	10.0조 원	3.9조 원	8.2조 원	18.2조 원	6.6조 원

미래 건설 패러다임의 전환
자료: 한국정보산업연합회, 기관지「FKII Digital 365 여름호(2008. 6)

기존 건설	미래 건설
아날로그 건설	디지털 건설
생산자 중심의 제한된 시장 구조	소비자 중심의 뉴 비즈니스 창출
환경오염, 에너지 문제	자급자족의 친환경 건설
정보 접근의 시간적 공간적 제약	언제 어디서나 정보 접근 용이
대중의 편의를 위한 서비스 위주	대중 및 사회적 약자의 불편 해소 서비스 포함
IT 활용 건설	IT 융합 건설

시장규모 (억원)	**연도**	적용 연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	국내	2015년	5	6	8	10	13	16	19	20	21
	세계	2016년	400	420	430	440	460	475	490	500	520
예상시장 점유율 (%)	**연도**	적용 연도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)	(+6)	(+7)	(+8)	(+9)
	국내	2015년									
	세계	2016년									

5. 기존기술 활용방안

- ○ 기존 BIM기술 활용방안
- ○ 건축설계, 건축구조를 위한 상용 BIM기술은 교량관리에 필요한 정보 이상의 정보를 운용하기 때문에 효과적인 관리업무의 수행을 위하여 적합하지 않음
- ○ 교량설계를 위하여 최적화된 BIM 정보가 운용될 수 있도록 기존의 BIM모듈을 활용하여 특화된 기술 개발
- ○ 국내현실 및 향후 유지관리를 고려하여 외산 BIM기술 보다는 국산 BIM기술을 기반으로 기술개발
- ○ 기존 USN기술 활용방안
- ○ 기 개발된 USN기술을 활용하여 교량 관리에 적합한 형태의 기술로 개발
- ○ BIM과 통합적으로 활용될 수 있도록 USN으로 부터 전달되는 정보를 BIM을 기반으로 관리될 수 있도록 함
- ○ 최근 U-City 사업분야에서 도시의 통합적, 지능적 관리를 위하여 개발이 진행되고 있는 도시통합운영플랫폼과의 연계, 혹은 관련 기술의 활용이 가능할 것으로 판단됨

6. 기술개발 필요성

- ○ 기술적 측면
- ○ 토목분야 BIM 기술 적용을 현실화하고 확산시키기 위해 건설분야의 비영리 국제조직인 IAI가 정의한 개방형 BIM 국제표준 포맷인 IFC 포맷을 활용하여 건설분야에서의 데이터 교환 모델로 활용하고 있으나 토목 분야에의 적용은 데이터 분류체계 등의 상이함으로 인해 어려운 현실임
- ○ 시설물 유지관리 관점에서는 교량의 점검, 보수, 보강, 교체 등이 포함되며, 교량의 개수가 증가하고 이에 따라 교량 관리자의 수가 늘어날수록 전체 교량에 대해 종합적이고 일관된 유지관리를 수행하는 것이 매우 어려워지고 있는 것이 현실
- ○ 현재 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 시설물의 라이프사이클(설계-구축-운용) 전반에 걸친 표준화, 지능화, 통합화를 위하여 건설 프로세스에 IT기술을 적극적으로 활용하고 있음
- ○ 기술집약적 고부가가치 기술 개발을 통해 장대교량 부문 및 교량 분야에 있어 미래의 돌파구를 마련할 필요가 있으며 특히 고강도의 신소재 개발, 최적 안전율 도출을 위한 신뢰성기반 설계기술 개발, 내풍 최적 단면의 개발, 부재 최적화 설계기술 개발, 최소의 총생애주기비용이 가능한 내구성 설계 등 해외 경쟁력을갖는 원천·선도 기술의 개발이 중요
- ○ 건설IT 분야의 핵심 개념으로 BIM이 대두되고 있으며 BIM과 첨단 IT기술을 활용하면 시설물의 기획, 설계, 구축, 운용관리를 지능화할 수 있으며 이를 기반으로 하여 다양한 서비스 제공이 가능함
- ○ BIM과 타 기술(3D 시뮬레이션, 유비쿼터스 컴퓨팅 기술 등)과의 결합을 통하여 효율적인 공사관리 및 시설물관리가 가능하며 이는 현재 활발히 진행되고 있는 u-City 구축에도 적용 가능함
- ○ 경제적 측면
- ○ 건설산업은 기술/소재/서비스/인력이 종합된 복합산업이며 국내 산업 중 가장 큰 비중을 차지

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">하고 있음 (105조원, GDP 대비 15.4%, 2007년)
○ 국내 건설IT 시장 규모는 2012년에 약 52조원 정도로 예상되며 U-City 도시 건설지원법 발효에 따라 건설 IT 융복합 시장이 더욱 성장할 것으로 예상됨
○ 다양하고 복잡해지는 시설물들의 구축과 관리에 인력중심의 기존 건설프로세스가 적용됨으로써 공사기간의 장기화, 빈번한 설계변경, 자재조달 및 관리의 어려움 등으로 막대한 시간 및 비용 손실이 발생하고 있음</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 연구
1) 교량 유지관리 통합플랫폼 요구사항 및 최신 기술 분석
2) 교량 유지관리 통합플랫폼 개발방법론 설정
3) 교량 유지관리 표준 프로세스 정립
○ BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 개발
1) BIM 기반의 통합플랫폼 구조 및 핵심 단위 기능 설계 및 구현
2) BIM 기반 교량 유지관리 메니저 개발 BIM기반 교량 형상 정보 및 교량 유지관리 정보를 구축하고 이를 편집할 수 있는 기술
3) BIM 기반 교량 유지관리 서버-클라이언트 체계 개발 BIM을 기반으로 교량의 유지관리 정보를 조회, 저장, 서비스하는 기술
○ USN 기반 교량 상태정보 수집 및 BIM 연계기술 개발
1) 교량 상황관리를 위한 온톨로지 기반 상황인식 기술 개발
2) USN 정보 서비스를 위한 서버 기술 개발 USN으로 부터 제공되는 정보를 저장하고 서비스하는 기술
3) USN 정보의 BIM 기반 통합 가시화 기술 개발 USN으로 부터 제공되는 정보를 실시간으로 BIM을 기반으로 조회하는 기술
4) USN 정보의 BIM 기반 저작 및 관리 기술 개발 USN의 위치 및 관련 정보를 BIM을 기반으로 저작 및 편집하는 기술
5) 테스트베드 구축을 통한 교량 유지관리 통합플랫폼 적용성 및 성능 검증</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 본 사업은 건설교통부 ‘제3차 국가지리정보체계 기본계획‘의 국가기간시설물 관리기술로 제시된 USN 기술과 정보통신부 ‘u-IT839 정책’의 유비쿼터스 기반 기술을 활용하는 사업임과 동시에 정부 각 부처와 업무 연관성이 있음
○ 본 사업은 기존 아날로그식 시설물관리를 지양하고 지능형 교량구조물 관리체계에 적합한 USN기술과 BIM 기반 기술을 테스트하고 적용한다는 점에서 기존 사업과 차이점을 가지며 교량구조물의 관리 소홀로 인한 인명 및 재산 피해를 미연에 방지할 수 있다는 공공안전의 측면을 고려할 때 정부차원의 연구 및 정책 지원이 필수적임</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 기술 연계방안
○ BIM 데이터 3차원 가시화, USN 센서 정보 가시화 및 운영 기술, 교량 설계 정보화 기술(SoC BIM), 교량 시설물 유지관리 기술분야와의 다각적인 학술적/기술적 교류가 이루어져야 할 것으로 사료되며, 이를 위해 국내 건설/토목분야 유관 R&D 프로젝트와 민간사업을 적극 연계하는 방안 추진
○ 교량 유지관리 통합플랫폼은 다양한 기술의 융복합을 통하여 구현 가능하므로 다양한 관련 전문가들의 참여가 필수적이며 이를 위하여 산·학·연 협력을 바탕으로 한 의견 수렴, 기술개발, 적용성 검증을 추진할 예정</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ USN 기반 교량 상태정보 수집 기술
○ BIM 기반 교량 정보 분석 및 연계 기술
○ 온톨로지 기반 교량 상황인식 및 대처 기술
○ 교량 유지관리 서비스 제공 기술
○ 교량 유지관리 표준 업무 프로세스
○ 특허 및 논문 발표</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 교량 유지관리를 지원하는 시스템으로 활용하며 향후 교량 정보관리 시스템 개발의 표준으로 활용
○ 교량구조물 관리기관의 관리업무 수행 및 대민 서비스 제공을 기반 요소기술로 활용
○ 다양한 교량 및 시설물 관리시스템들의 연계를 위한 표준 정보모델로 활용
○ 소프트웨어개발업체, 교량구조물 센서개발 업체, 교량구조물 자재 개발업체 등에 제공하여 제품 개발에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td>연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>900</td><td>1,200</td><td>1,100</td><td>1,100</td><td>900</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6"></td><td colspan="2"></td><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="3">합 계</td><td>1,100</td><td>1,500</td><td>1,400</td><td>1,400</td><td>1,100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,200</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,300</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,500</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="7">○ 기술적 측면
○ 태풍, 지진 등의 자연재해 발생 이후, 사회기반 시설물의 건전성을 신속하게 확인 가능
○ 스마트 모니터링/건전도 평가관련 기술의 확보 및 효율적인 통합관리 시스템 구축 가능
○ 구조물에 다량의 센서 부착이 가능하여 구조물의 거동 및 손상 정도에 대한 다양한 정보 획득으로 인한 효과적인 구조물 안전관리에 기여
○ 경제·산업적 측면
○ 독립적으로 운영되어 온 대형시설물 안전정보 관리시스템의 연계를 위한 표준안을 제시하고 상호운용을 위한 연계모듈 및 S/W 개발을 통해 최소비용으로 기간 시설물 유지관리 정보를 구축/관리할 수 있는 방안 제공
○ 사회적 측면
○ 공공건축물 등에 대한 안전도 확보를 통해 보다 쾌적한 삶을 제공할 수 있는 첨단 선진 사회 지향형 융합 기술로 제공
○ 사회기반 시설물의 대형 사고에 대한 불안감을 해소하고 신뢰성 확보
○ 미래 건설 산업의 변화에 대처하는 첨단 기술과 연구인력 확보 가능</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>BIM 기반 클라우드 컴퓨팅 응용기술을 활용한 교량정보모델 운영기술(26번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td>○ 모바일 관련 연구들은 기존의 2D 기반 Web 시스템의 모바일화 또는 일부기능을 모바일기기와 연동하는 것을 주요 영역으로 하고 있으며, 이는 모바일기기의 제한된 성능으로 복잡한 구조의 3차원 도면 정보를 원활하게 구동하는 것이 어려움에 처해 있다.
○ 따라서 BIM을 기반으로 한 교량 정보 모델의 3D 구동을 위해 반드시 필요한 클라우드 컴퓨팅 기술을 검토하고, 이를 활용한 시스템 구축 계획을 수립하여 모바일 기기를 통해 BIM 정보 기반의 교량 정보 모델을 운영하고자 한다
○ 클라우드 컴퓨팅기반 온라인 가상공간에서 교량정보 모델을 운영함으로써 설계효율성 향상 및 시공주체별 엔지니어의 시공성 증대 그리고 설계, 시공, 유지관리 단계에 발생된 교량정보의 통합관리를 가능하게 하고자 한다.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td>○ 본 연구는 BIM 기반의 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 설계, 시공, 유지관리 단계에서 지능형 친환경 교량의 엔지니어링 생산성이 10% 향상되는 것을 목표로 한다.</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>1. 클라우드 컴퓨팅의 주요 기술
○ 클라우드 컴퓨팅 기반 서비스를 제공하기 위해서는 하드웨어 장비 인프라가 갖춰져 있는 데이터 센터 구축이 선행되어야 하며, 주문형 서비스, 동적 자원할당, 데이터 동기화, 서비스 과금 체계 등 클라우드의 특징을 충족하기 위한 다양한 기술 솔루션이 요구된다.
○ 클라우드 컴퓨팅의 주요 기술 개념 및 요소 기술은 다음과 같다.
<table>
<tr><td>주요기술</td><td>개념 및 의미</td><td>요소기술</td></tr>
<tr><td>가상화 기술</td><td>.가상 하드웨어 인프라를 구축해 물리적인 하드웨어의 한계를 넘어선 시스템 운영
.한 대의 전산자원을 한 대처럼 운영하거나 그 반대로 운영하는 기술</td><td>Resource Pool, Hypervisor, 가상I/O, Partition Monility</td></tr>
<tr><td>대규모 분산처리</td><td>대규모 서버 환경(수천노드 이상)에서 대용량 데이터를 분산처리 하는 기술</td><td>분산처리기술</td></tr>
<tr><td>오픈 인터페이스</td><td>.인터넷을 통해 서비스를 이용하고 서비스간 정보 공유를 지원하는 인터페이스기술
.클라우드 기반 SaaS, PaaS에서 기존 서비스에 대한 확장 및 기능 변경에 적용 가능</td><td>SOA, Open API, Web Service 등</td></tr>
<tr><td>서비스 프로비저닝</td><td>.서비스 제공업체가 실시간으로 자원 제공
.서비스 신청부터 자원 제공까지의 업무 자동화, 클라우드의 경제성과 유연성 증가</td><td>자원 제공 기술</td></tr>
<tr><td>자원유틸리티</td><td>전산자원에 대한 사용량 수집을 통해 과금체계를 정립하기 위한 기술</td><td>사용량측정, 과금, 사용자 계정관리 등</td></tr>
<tr><td>SLA(서비스 수준관리)</td><td>외부컴퓨팅 자원을 활용하는 클라우드 서비스의 특성 상 서비스 수준이라는 계량화된 형태의 품질관리 기술이 요구됨</td><td>서비스 수준관리 시스템</td></tr>
<tr><td>보안 및 개인정보관리</td><td>민감한 보안 정보를 외부 컴퓨팅 자원에 안전하게 보관하기 위한 기술</td><td>방화벽, 침입방지기술, 접근권한 관리 기술</td></tr>
<tr><td>다중공유모델</td><td>.하나의 정보자원 인스턴스를 여러 사용자 그룹이 분리된 형태로 사용하는 모델
.SaaS를 제공하는데 필수 요소로 꼽힘</td><td></td></tr>
</table>
2. 클라우드 컴퓨팅의 제공 서비스별 구분
○ 클라우드 컴퓨팅은 제공되는 컴퓨팅 자원 종류에 따라서 다음과 같이 분류할 수 있다</td></tr>
</table>

구분	특징	서비스예시
SaaS	.S/W나 어플리케이션을 서비스형태로 제공 .기존S/W처럼 라이센스 구매 후 단말에 설치하는 것이 아니라 웹을 통해 임대하는 방식	Google Apps, Apple MobileMe, Nokia Files on Ovi, MS Dynamic CRM Online 등
PaaS	.어플리케이션 제작에 필요한 개발환경, SDK 등 플랫폼 자체를 서비스형태로 제공 .비싼 장비와 개발 툴을 구매하지 않고도 쉽게 어플리케이션 개발이 가능	Google App Engine, Windows Azure, force.com, Facebook F8, Bungee Labs 등
IaaS	.서버,스토리지,CPU,메모리 등 각종 컴퓨팅 기반 요소를 서비스 형태로 제공 .자체 인프라에 투자하기 어려운 중소 업체가 주 고객	Amazon EC2 & S3, GoGrid Joyent, AT&T 등

3. 클라우드 컴퓨팅 산업 및 시장의 동향

○ 2009년 586억 달러 규모를 형성한 클라우드 서비스 시장은 2014년까지 20.5%의 복합연평균 성장률을 기록하며 1,488억 달러 규모로 급성장할 전망이다. 광고, 전자상거래, 지불, 인적자원, 공급관리, 요구관리, 재무/회계/관리, 운영 등 비즈니스 프로세스 서비스 시장이 2009년 클라우드 서비스 시장의 87%를 차지하였고 이 중 광고가 전체 시장의 약 50%인 290억 달러 규모를 형성하였다. 또한 2009년 58억 달러 규모로 전체 시장의 9.9% 차지한 어플리케이션 시장은 2014년 207억 규모를 형성하며 전체 시장의 13.9%를 점유할 전망이다.(IDC,2010)

시장규모 (억원)	**연도**	적용 연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	국내	2016 년	43,824	52,588	63,106	75,727	90,872	109,047	130,856	157,028	188,433
	세계	2016 년	3,089,664	3,707,597	4,449,116	5,338,939	6,406,727	7,688,073	9,228,687	11,070,825	13,284,990
예상시장 점유율 (%)	**연도**	적용 연도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)	(+6)	(+7)	(+8)	(+9)
	국내	2016 년	20	25	30	40	50	60	70	75	80
	세계	2016 년	10	15	20	25	30	40	50	60	70

5. 기존기술 활용방안

○ 아이폰 전용 BIM 모델 뷰어로 Exporter를 사용하여 *.gbm 파일을 생성하고 웹서버를 이용하여 업로드 후 활용 가능한 goBIM 어플이 있다. 아이폰을 이용한 Rhino 3DM 파일 뷰어, 웹사이트나 이메일로 파일 첨부하여 확인이 가능한 iRhino 3D 어플이 있다. 또한 건축 토목 분야의 실무자들을 위한 전기공, 목공, 배관공 등에 필요한 자동 계산 기능을 가진 Architect's Formulator 어플도 존재한다.

○ 이와 같이 실무에 직접적으로 영향을 주는 부분에서 활용이 가능한 모바일 기술이 존재하며, 이밖에도 활용시 실무자들의 편의성을 제공하는 다양한 어플이 존재한다.

6. 기술개발 필요성

○ 건설 프로젝트 생애주기동안 발생하는 BIM 데이터 정보를 활용하여 BIM 모델을 구축하고, Smart Phone, Pad 등을 통하여 클라우드 컴퓨팅 기술이 가능하도록 함으로써 건설 생산성을 극대화할 수 있다.

7. 주요연구 개발내용

○ 클라우드 컴퓨팅 기술의 요구사항 분석 및 설계
. 클라우드 컴퓨팅 기술의 요구사항 분석
. 교량정보모델의 BIM 데이터 분석
. 정보모델 운영기술의 아키텍처 및 인터페이스 설계

○ 설계단계의 교량정보모델 운영기술 개발
. 설계단계 교량정보모델의 운영 프로세스 분석
. 설계단계 교량정보모델 운영 어플리케이션 개발
. 설계단계 어플리케이션의 현장 적용 및 시스템 개선

○ 구매조달단계의 교량정보모델 운영기술 개발
. 구매조달단계 교량정보모델의 운영 프로세스 분석
. 구매조달단계 교량정보모델 운영 어플리케이션 개발
. 구매조달단계 어플리케이션의 현장 적용 및 시스템 개선

○ 시공단계의 교량정보모델 운영기술 개발

<table>
<tr><td></td><td>. 시공단계 교량정보모델의 운영 프로세스 분석
. 시공단계 교량정보모델 운영 어플리케이션 개발
. 시공단계 어플리케이션의 현장 적용 및 시스템 개선
○ 클라우드 컴퓨팅 기반의 가상 운영시스템 구축 및 상용화
. 클라우드 컴퓨팅 기반의 가상 운영시스템 개발
. 가상 운영시스템의 Test - Bed 수행 및 시스템 개선
. 가상 운영시스템의 상용화</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td>○ 글로벌 외국기업의 국내시장 잠식 위협 및 클라우드 컴퓨팅 핵심기술에 대한 외국의 의존도가 심화되고 있기 때문에 클라우드 컴퓨팅 기반의 교량정보모델 운영기술을 개발이 필요하며, 본 연구에서 개발된 기술은 정부의 클라우드 컴퓨팅 관련 표준 수립에 적극 활용할 수 있다.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td>○ 본 연구는 클라우드 컴퓨팅 관련 분야에서 선행연구를 통해 기존 자료를 구축하고 있는 국제적인 기관과의 공동연구 또는 전문가 자문을 추진함
○ 산학연 협력을 통해서 연구개발이 완료된 후에는 민간 기업이 적극 활용할 수 있도록 개발함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td>○ 클라우드 컴퓨팅 기반의 가상운영 시스템
. 시스템 개발 및 특허 등록</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td>○ 가상운영시스템의 최종 수요자는 설계사, 시공사, 발주처, 감리사 등이며, 이를 고려하여 설계, 구매조달, 시공단계별로 BIM 모델 교량을 클라우드 컴퓨팅 환경에서 실시간으로 활용할 수 있다.</td></tr>
<tr><td>11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">
<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th>1차연도</th><th>2차연도</th><th>3차연도</th><th>4차연도</th><th>5차연도</th></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>800</td><td>900</td><td>900</td><td>600</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>950</td><td>1,100</td><td>1,000</td><td>700</td></tr>
</table>
<table>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>3,700</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td>650</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td>4,350</td><td>연도별 평균소요인력</td><td>15 명</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td>○ 클라우드 컴퓨팅은 글로벌 경기침체 이후 비용절감 요구 속에 범세계적으로 전 산업계에 확산이 예상된다.
○ 모바일화, 개인화, 개방화 등 IT 산업 추세에 맞춰 다양한 신규 클라우드 서비스들이 대거 등장할 전망으로 3G 이동통신, 무선랜 등 무선 통신 인프라의 보급과 스마트폰, 태블릿 PC 등의 확산으로 사용자의 인터넷 환경이 급속히 확대되어 언제 어디서나 자신이 원하는 방식으로 자유롭게 콘텐츠를 즐기고자 하는 사용자가 증가할 것이고, 서비스 사업자의 독자 플랫폼으로 발생하는 상호호환성 문제를 해결하기 위한 개방형 기술 적용과 표준화에 대한 요구가 증가될 것으로 전망된다.
1. 경제적 효과
○ 클라우드 서비스는 사용한 만큼만 지불하기 때문에 HW구입 및 유지비용을 크게 줄일 수 있고 물리적인 HW의 감소로 전력 소비량을 줄여 그린 SW에도 기여할 수 있다. 사용빈도가 높지 않은 S/W경우 패키지 S/W구입에 소요되었던 관련 예산을 크게 절감할 수 있다. 또한 클라우드 컴퓨팅은 S/W설치 및 업데이트가 필요 없어, 매우 간편하기 때문에 기존에 못하던 기회비용을 감소시킬 수 있다.
2. 기술적 효과
○ 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용시 3D모델은 서버에서 동작하고, 모바일 기기에서는 단순한 화면만 보여주기 때문에 보다 원활한 3D 모델의 시뮬레이션이 가능하다. 따라서 이를 활용하는 사용자는 원하는 교량의 3D 도면을 시뮬레이션하게 되는 BIM 모델을 구축하게 된다. 이러한 웹 기반으로 연계된 모바일기기를 통해 BIM 정보 기반의 관리가 가능하도록 함으로써 유비쿼터스 건설 환경에서의 생산성을 극대화 할 수 있을 것이다. 또한 우수한 정보관리 능력의 향상으로 모든 클라우드 상에 존재하게 되어, 정보의 자산화가 이루어짐에 따라 정보 공유에 의한 중복업무 감소, 부서 간 협업 효율성 증진 등이 가능할 것으로 예상된다.
3. 활용적 효과
○ 클라우드 컴퓨팅에서는 가상화된 모든 정보가 파일 형태로 저장되기 때문에 서버에 결함이 생기더라도 정상화가 빠르며 데이터 복구 불능 상황이 발생하더라도 백업 시스템에 저장된 데이터를 사용하면 업무 재개에 걸리는 시간이 기존 하드 디스크의 내용을 복구하고 새로운 시스템을 설치하는 방식에 비해 획기적으로 단축된다. 따라서 사용자의 편의를 고려한 사용성이 향상될 것으로 기대된다.</td></tr>
</table>

1. 과제명	교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위한 표준 분류체계 및 데이터 모델 개발 기술(27번 과제)
2. 연구목적 및 배경	○ 교량점검자료는 교량유지관리에서 현재 교량 상태를 평가하거나 미래 교량상태 예측을 위한 기본자료로서 그 신뢰성 정도가 유지관리 전체 과정의 신뢰도를 좌우하는 중요한 자료 ○ 교량점검자마다 경험, 판단력, 점검수준이 다르므로 일관성이 있는 점검결과를 얻는 것이 매우 어려움 ○ 교량유지관리에 관한 다양한 기법이 활발히 연구되고 있는 외국의 경우 교량점검자의 점검 결과에 통계적 혹은 수학적인 기법들을 적용하여 점검결과의 신뢰성을 향상시키는 방법들이 연구, 적용되고 있음 ○ 국내에서는 아직 이러한 기법들을 실제 적용되지 않고 있지만 표준화된 분류체계 및 데이터 모델이 없기 때문에 국가적인 차원에서 통합적인 BMS(Bridge Management System)의 구축과 운영에 한계가 있음
	○ 교량구조물 설계, 시공, 운영관리와 관련된 다양한 참여자 및 시스템 간의 상호운용성 확보를 위한 선행 요건인 교량구조물의 표준 분류체계 정립 및 Open BIM인 IFC를 기반으로 한 표준 데이터 모델 개발과 이를 활용한 교량구조물 생애주기 단계별 업무 프로세스 표준화를 목적으로 함
3 연구개발목표	○ 교량 전 생애주기를 지원하는 IFC 데이터 모델을 확장하여 전체 협업에 있어 정보 손실을 최소화하고, 교량 구조물의 구성요소의 객체라이브러리 구축을 통해 설계단계부터 유지관리단계까지 다양한 요구사항 지원을 목표로 함 ○ BIM 교량 표준 요소기술 ○ 교량 구조물 설계 정보의 상호 운용성 확보를 위하여 IFC에 기반을 둔 표준 요소 기술 개발 ○ 교량 구조물에 관계된 정보에 대한 표준화된 분류체계를 확립하고 이를 전산화된 데이터로 모델화 ○ BIM 라이브러리 제작기술 ○ 표준 데이터 모델을 기반으로 교량 구조물의 구성요소들의 객체라이브러리 구축 ○ 설계 단계부터 유지관리단계까지 필요시 되는 라이브러리를 체계화하고 이를 구축
4. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 국내외 기술개발 동향 ○ 한국도로공사가 개발한 “교량 유지관리 시스템(1997)”에서는 데이터베이스의 구축과 우선순위 결정방안을 고속국도의 특성과 한국도로공사의 업무 특성에 적합하도록 개발되었음 ○ IFC(Industry Foundation Classes)는 국내는 물론 전세계적인 표준으로 도입되고 있는 BIM(Building Information Modeling)의 표준 포맷으로 이용되고 있음 ○ 국내는 물론 국외에서도 정부차원의 BMS(Bridge Management System)을 개발하여 운용하고 있으며 이를 위하여 BMS에 맞는 데이터베이스를 설계하여 활용하고 있음 ○ 미국 상무성(Department of Commerce) 산하 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 CIC(Computer Integrated Construction) Group은 ISO STEP의 정의, 효과 등을 정의. NIST의 CIC 기술현황 및 건설정보화 분야로는 토목시설공사의 각종 표준화 규정과 STEP 및 CIC의 도면정보 표준화 기준 작성을 위한 ISO TC/184/SC4 위원회를 조직하여 운영 중 ○ ITI(Information Technology Institute)는 영국 Salford 대학 내에 1986년 설립되었으며, CIC 및 건설 IT 관련 교육과정과 각종 관련연구를 수행. 지능적 공사정보에 의한 건설공사 모델링 연구 프로젝트(Construction Modelling and Methodologies for Intelligent information inTegration - COMMIT)와 통합건설프로젝트의 문서정보관리를 위한 업무프로세스연구 프로젝트(Technology and Processes for Integrated Construction Project Documentation Production and Management - CONDOR) 등 다수의 건설 IT 관련 연구들을 수행 중이며, 영국내 IT 관련기관들과의 네트워크를 운영 ○ CIMsteel(Computer - Integrated Manufacturing for constructional steelwork) 프로젝트는 유럽의 25개국에서 기술개발 및 연구망으로 구축해놓은 EUREKA(A Europe - wide Network for Industrial R&D, http://www.eureka.be)에서 수행하는 연구과제들 중의 하나로서, 1985년에 시작되어 현재 제 3단계의 작업이 진행되고 있으며, 유럽의 8개국 42개 이상의 기관이 참여하고 있는 강구조물 건설분야의 대규모 프로젝트임. 초기 단계에는 Logical Product Model(LPM)의 개발에서 시작되었으나, 현 단계의 주요 연구 분야는 제품모형화(product modelling)과 자료교환(data exchange)에 역점을 두고 있음. CIMsteel의 통합 표준(CIMsteel Integration Standards - CIS)을 개발하고 있으며, CIS에 관한 상세한 정보를 제공하고 있음. 또한 ISO 10303(STEP)의 관련 표준인 AP230 Building Structural Frame: Steelwork에 관한 상세정보를 제공하며, CIS와 ISO 10303 - 230의 관계와 향후 진행방향을 제시함 ○ 프랑스의 건설산업분야 연구기관인 CSTB(Centre Scientifique et Technique du Batiment)은 주요 연구분야로서 모델링, 통합 플랫폼(Integrated Platforms), VR, STEP과 호환 가능한 지능 시스템(STEP Compliant Intelligent Systems) 등의 연구를 진행 중이며, 특히 CALS 표준인 SGML, STEP, EDI 등과 호환이 가능한 시스템 개발에 역점을 두고 있으며, 향후 건설 IT분야의 시스템 개발에서 CALS 표준과의 연계를 중점적으로 추진 중 ○ 산업/시장 동향

○ 2007년 말 기준으로 전국 교량은 전년대비 1,118개가 증가하여 24,923개(연장 2,289km)가 되었으며, 터널은 132개가 증가하여 1,064개소(연장 754km)인 것으로 조사되었음(국토해양부, 2008)

○ 1987년에는 12,181개, 1997년에는 14,939개인 교량 개수는 작년 말에 24,923개로 조사되어 불과 10년 만에 약 10,000개, 67%의 증가율을 나타내었음(국토해양부, 2008)

○ 유지관리 행위에는 교량의 점검, 보수, 보강, 교체 등이 포함되며, 교량의 개수가 증가하고 이에 따라 교량 관리자의 수가 늘어날수록 전체 교량에 대해 종합적이고 일관된 유지관리를 수행하는 것이 매우 어려워지고 있는 현실

○ 세계 건설시장 규모는 2012년 6조 달러로 추산되며 연평균 4.5% 수준의 지속적인 성장세를 보여 2020년 12.7조 달러 수준에 다다를 것으로 전망. 이 중 BIM 적용이 가능한 건설IT 융합분야는 2012년 2,890억 달러, 2013년 3,048억 달러에 이를 것으로 예상됨 (ETRI, 건설IT 융합기술개발전략, 2008)

○ 건설시장의 글로벌화 추세에 따라 설계/시공 자동화, 친환경 건설이 활성화되고 있으며 이를 위한 BIM 기술 개발 및 적용이 활발히 진행 중임

○ 국내 공공 건설시장의 규모는 갈수록 커질 것으로 예상되며 3차원 설계 및 시공관리와 친환경 요소를 강조하는 추세에 따라 BIM 기반으로 공공발주를 하고 있음

○ 조달청은 2010년부터 Total Service 제도를 공공시설 분야에 적용하여 BIM 시장형성 및 확장을 유도하고 있음

[세계 건설 IT 융합시장 수요 전망]

(단위: 억 달러, %)

구분	2011	2012	2013	CAGR
세계 건설 시장 규모	55,060	57,620	60,310	4.66%
건설 IT 융합시장	2,770	2,890	3,048	5.5%
예상시장 점유율	13%	16%	20%	43%

※ 출처 : 해외건설협회 2007.12, 건교신문 2008.4, ETRI 건설-IT융합 TFT 2008.4

시장규모 (억원)	**연도**	적용 연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	국내	2015년	50	80	130	180	230	300	350	400	450
	세계	2016년	4,000	4,200	4,300	4,400	4,600	4,800	5,000	5,200	5,400
예상시장 점유율 (%)	**연도**	적용 연도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)	(+6)	(+7)	(+8)	(+9)
	국내	2015년	10	30	50	80	100	100	100	100	100
	세계	2016년	1	5	7	9	10	15	20	25	30

5. 기존기술 활용방안

○ 기존 표준 데이터모델 기술 활용

○ 전 세계적인 표준으로 활용되고 있는 IFC 및 STEP 데이터 포맷을 기반으로 이를 확장하여 교량 표준 정보체계 구성

○ 기존 라이브러리 저작 언어 활용

○ 기존의 Scripting Language를 활용하여 수치기반 라이브러리(Parametric Library)를 구축

6. 기술개발 필요성

○ BMS의 효율적인 구축 및 운용 위한 표준 데이터모델

○ 늘어나는 교량 관리를 위하여 표준화된 데이터를 통하여 BMS을 구축하면 상호 정보운영을 효율적으로 개선함으로써 교량관리를 위한 비용 및 노력을 절감 할 수 있음

7. 주요연구 개발내용

○ BIM 교량 표준 요소기술

○ 교량구조물 생애주기를 고려한 단계별 표준업무프로세스 정립

○ 표준업무프로세스에 따른 교량구조물의 요소별 표준분류체계 정립 교량의 형상정보, 수명, 이력 등의 정보를 조사 및 분석하여 이를 분류 및 체계화

○ IFC를 기반으로 표준 전산 데이터 모델 개발 체계화된 관련 정보를 IFC를 기반으로 한 데이터 모델 개발

○ BIM 라이브러리 제작기술

○ 교량 설계 및 운용에 필요한 요소 분류 및 체계화 생애주기를 통한 교량 설계 및 운용에 필요에 한 요소를 분석하여 체계적으로 분류

○ IFC를 기반으로 한 라이브러리 구축 분류된 요소를 IFC를 기반으로 라이브러리로 구축

8. 정부지원의 타당성

○ BIM은 효율적 건설업무 수행과 시공기간, 의사결정의 단축으로 건설산업의 생산성을 도모하며 녹색성장을 실현할 수 있는 핵심기술요소로서 교량구조물 설계, 시공, 유지관리에서의 BIM 기술 적용 활성화를 위한 정부차원의 연구 및 정책 지원이 필요함

○ 또한 국가기간시설의 정보화를 촉진함으로써 정확한 국토정보 파악 및 정책의사결정 지원을 가능하게 하며, 최종적으로 구축되는 전국가적인 시설물 정보는 전략적/안보적으로도 중요한 의의를 지님

9. 기술확보 전략

○ 기존 BIM 관련 연구의 경우 국내의 다양한 참여자들의 업무 특성과 각종 기준을 고려하지 않

<table>
<tr><td></td><td colspan="8">고 있어 실무 적용상 문제점이 예상되며 이를 해결하기 위하여 산·학·연 협력을 바탕으로 한 의견 수렴, 기술개발, 적용성 검증을 추진할 예정</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="6">○ IFC 기반 교량구조물 생애주기 단계별 표준업무 지침서
○ 교량구조물 요소별 표준분류 체계도
○ IFC 기반 교량구조물 데이터 모델
○ IFC 기반 교량구조물 요소별 객체 라이브러리 제작 기술
○ 특허 및 논문 발표</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="6">○ 교량구조물 생애주기 단계별 참여자들의 업무 프로세스 개선 및 업무 생산성 향상
○ 표준 정보모델 및 업무프로세스 적용을 통한 교량구조물 품질 향상
○ 교량구조물 관리기관의 관리업무 수행 및 대민 서비스 제공을 기반 요소기술로 활용
○ 다양한 교량 및 시설물 관리시스템들의 연계를 위한 표준 정보모델로 활용
○ 소프트웨어개발업체, 교량구조물 센서개발 업체, 교량구조물 자재 개발업체 등에 제공하여 제품 개발에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td><td>6차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>800</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,000</td><td>1,300</td><td>1,300</td><td>1,200</td><td>1,200</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="3">5,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">6 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="3">1,400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="3">7,000</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="12">교량의 구조형식별 구성요소정보 표현을 위한 객체라이브러리 제작 기술(28번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="12">○ BIM 기술 도입에 따라 건설 프로젝트와 관련된 정보의 생산, 교환, 저장, 표현, 의사소통 등 정보관리의 방법이 여러가지 면에서 큰 변화를 가져옴.
○ 생애주기 전반을 통합하는 BIM이 되기 위해서는 프로젝트 초기 단계에 설계와 시공의 협업에 의한 최상의 의사결정이 이루어 져야하며 이를 위하여 라이브러리 구축은 필수라고 할 수 있음.
○ 건설 부품 정보를 설계자가 활용 할 수 있고 유지관리단계까지 손실 없이 전달하면 BIM의 효용가치는 극대화 될 것임.</td></tr>
<tr><td colspan="12">○ 교량 프로젝트에서의 다양한 요구사항에 따른 교량 구성요소의 표준화된 정보를 효과적으로 제공하고 공유하는 것을 목적으로 함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="12">○ 교량구조물을 대상으로 하여 교량의 구성요소를 체계적으로 분류하고 구성요소의 객체 라이브러리 구축을 통해 프로젝트에서 발생하는 다양한 요구사항을 지원하는 것을 목표로 함.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="12">○ 분류체계 구축 동향
○ 현재, 객체기반 건설정보 분류체계는 빌딩스마트 국제연맹의 IFD, 일본의 JCCS, 독일의 GAEB 분류체계 등이 있으며, 국외를 중심으로 개발이 추진되고 있음. 반면, 국내 건설정보 분류체계 실무 활용이 미흡한 실정임. 건설정보 분류체계가 건설업계에서 자체적으로 개발 및 활용하는 기존의 분류체계를 대체하기 어렵고, 법적인 구속력이 미약하며, 실무적으로 활용하기에는 미흡한 측면을 들 수 있음. 특히, 기관별, 자체별 분류체계 활용에 따른 내역 체계의 표준화 미비로 인해 수량 및 공종 내역 등 연계 및 작성하는데 많은 어려움을 겪고 있음.
○ 라이브러리 구축 동향
○ 건설산업에서는 빌딩스마트협회를 중심으로 BIM 객체를 위한 기본적인 라이브러리를 제작하고 있음.구조, MEP 분야에서 각 분야별 라이브러리 구축이 활발히 진행되고 있으며, 건설자재 정보를 위한 건설자재라이브러리 시스템도 구축되고 있음. 그러나, 각 기관별, 소프트웨어별로 다른 시스템을 구축하여 공유하기에 한계가 있음.
○ 국내 BIM 설계 시장 동향
○ BIM이 알려지기 시작하면서부터 건설사, 설계사, 건설 IT 회사 등의 BIM 용역수행이 꾸준히 증가하고 있음. 2005년에 1건을 시작으로 하여 국내에 BIM이 본격적으로 도입된 시점인 2008년 26건, 2010년에는 72건으로 2005년도 대비 720% 2008년도 대비 약 280% 상승하였음. 공공발주의 경우 2008년 3건 국방부 발주를 제외한 총금액 약 3,200억원, 2009년 4건 총금액 약 6,600억원, 2010년 5건 총금액 9,336억원으로 해마다 상승하고 있음. 또한, 현재의 BIM이 건설시장에서 차지하는 비율은 약 5%로 라이브러리의 효용성 검증을 통해 BIM의 사장 점유율이 점차 상승할 것으로 예상됨.
○ 라이브러리 구축 시장 동향
○ 유럽에서 BIM에 대한 투자 중요성 우선순위 중 3차원 라이브러리의 개발에 대한 투자의 중요성이 31%를 차지할 정도로 중요성이 부각되고 있음. 국내의 경우, 2008년 BIM 라이브러리를 구축하여 프로젝트를 수행한 회사가 1개(14%) 업체에 불과했으나, 2010년에는 15개(58%) 회사로 급증하였음.</td></tr>
<tr><td colspan="12">
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (천억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>111</td><td>121</td><td>131</td><td>141</td><td>152</td><td>162</td><td>174</td><td>186</td><td>200</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>3814</td><td>4004</td><td>4177</td><td>4344</td><td>4522</td><td>4698</td><td>4881</td><td>5052</td><td>5229</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>4</td><td>4.5</td><td>4.9</td><td>5.2</td><td>5.6</td><td>5.9</td><td>6.6</td><td>7.1</td><td>7.3</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>6</td><td>6.2</td><td>6.5</td><td>6.7</td><td>7.1</td><td>7.1</td><td>7.3</td><td>7.5</td><td>7.5</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="12">○ 기존 국내외 건설분류체계를 적용한 교량구성요소에 적합한 분류체계 개발.
○ 건설분야에서 활용되는 표주정보모델인 IFC 모델 활용 또는 확장.
○ PLIB Part 42의 파트라이브러리 구축 방법 활용.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발</td><td colspan="12">○ 교량프로젝트 수행 시 필요한 구성요소들에 대한 형상 및 속성정보를 재성성하는 반복적인 작</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>필요성</td><td colspan="3">업으로 많은 인력 및 시간이 소요됨. 이로 인한 경제적 손실이 따름.
○ 표준화되지 않은 서로 다른 시스템에서의 라이브러리 생성으로 교량 프로젝트에 참여하는 여러 참여자 간의 의사소통이 원활하지 않으며, 필요한 정보의 공유시 누락 발생으로 많은 손실을 야기함.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="3">○ 교량 구성요소 분류기준 정의를 통한 분류체계의 구축
○ 기존 분류체계의 조사 분석 및 활용을 통한 교량 구조물을 위한 표준분류체계 제시.
○ 교량 구성요소 3차원 형상기반 라이브러리 구축을 위한 형상군 정의.
○ 교량 구성요소의 속성 정의 및 구성요소들 간의 관계성 정의.
○ 교량을 구성하는 요소들의 유사형상을 도출하여 파라메트릭 기법을 이용한 형상군을 정의하고, 각 요소들관의 관계성 정의.
○ 교량의 구성요소의 3차원 형상기반 파트 라이브러리의 구축.
○ 국제표준기반의 정보모델을 활용한 교량구성요소의 3차원 형상기반의 라이브러리 DB 구축.</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="3">○ 각기관별, 소프트웨어별로 사용되는 서로 다른 시스템을 정부차원에서 통합 및 표준화하여 다양한 라이브러리들을 개발하고 이를 보급하여 서로 다른 시스템으로 인해 발생하는 정보의 공유 및 교환 문제를 극복할 필요가 있음.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="3">○ buildingSMART에서는 빌딩구조물을 위한 BIM 객체라이브러리를 구축하고 있으며, 이러한 기관들과의 협력을 통한 기술력 확보가 가능함.
○ 건설분야에서 사용되는 여러 소프트웨어에서 제공하는 라이브러리를 참조 및 활용한 기술의 공유.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 . 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td colspan="2">○ 기술
교량구조물의 분류체계(시스템)
교량구조물의 구성요소 표현을 위한 데이터 구조
교량 구성요소 라이브러리 DB 및 DB 관리 시스템
○ 특허 및 논문</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td colspan="2">○ 교량 구조물의 구성요소 분류체계의 정립은 건설정보분류체계에서 시설물 요소분류체계에 해당되며, 보다 세분화된 건설정보분류체계의 표준화에 활용될 수 있음..
○ 교량구조물을 위한 국제표준기반의 데이터 모델은 데이터의 상호운용성확보를 위한 국가 및 국제 표준화를 위한 표준안으로 활용 가능.
○ 라이브러리 데이터베이스 구축을 통해, 해당 구성요소에 대한 이력관리가 가능해 지며, 교량의 생애주기 단계별 필요한 정보를 쉽게 공유 및 사용 할 수 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>500</td><td>800</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>800</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>700</td><td>1,100</td><td>1,300</td><td>1,200</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,100</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4.5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,200</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">5,300</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="3">○ 교량구조물의 구성요소 분류체계의 정립은 건설정보분류체계에서 시설물 요소분류체계에 해당되며, 보다 세분화된 건설정보분류체계의 표준화에 활용될 수 있음.
○ 3차원 제품정보 라이브러리는 반복적인 부분제품 모델의 반복생성에 있어 업무의 효율성을 제고시킴.
○ 표준분류체계에 기반을 둔 제품정보 라이브러리는 교량구조물의 생애주기 단계별 필요한 정보를 쉽게 공유 및 사용 할 수 있음.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="13">교량정보모델을 활용한 탄소배출량 사전예측 시스템 개발(29번 과제)</td></tr>
<tr><td>2. 연구목적 및 배경</td><td colspan="13">○ 탄소배출량을 측정하고, 이를 최적화 관리하기 위한 시도는 이미 여러 산업분야에서 시도 되고 있음
○ 건설분야도 예외는 아니며, 특히 탄소배출량이 상대적으로 많은 토목분야에서도 교량은 그 구조형식이나 현장여건에 따라서 많은 편차를 보임
○ 따라서 교량구성요소 및 전 생애주기별 탄소배출량을 DB화하고 이를 바탕으로 계획단계에서부터 사전예측이 가능한 시스템을 개발할 필요가 있음
○ 교량의 기획단계에서 부터 탄소배출량 예측시스템을 통해 최적의 친환경 GREEN 교량 계획을 수립</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td colspan="13">○ 교량의 전 생애주기 및 형식별 탄소배출량을 DB화하여, 기획단계시 탄소배출량 예측이 가능한 시스템을 구축</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="13">○ 기존에는 건설분야의 탄소저감 방안으로는 주로 건축물의 사용 중 에너지 효율 최적화나, 신재료 개발에 따른 시멘트량 절감 등이 대부분이었음
○ 설계, 시공단계를 포함한 전 단계에서의 탄소 발생량을 합리적으로 예측하고, 평가할 수 있는 시스템이 마련되어야 함
○ 국내 시공 물량 감소에 따른 전반적인 건설 경기 침체의 분위기 속에 건설기술 경쟁력 확보차원에서 탄소저감 기술에 대한 다양한 검토가 시공사 차원에서 이루어지고 있음
○ 2008년부터 2012년 시행하는 ‘제 4차 건설기술 진흥 기본계획’에는 녹색강국을 실현하는 선진 기술 확보를 건설 산업 비전으로 설정하고 있으며, 녹색성장 기반구축을 주요 목표로 정하고, 이를 위한 핵심전략으로 탄소저감형 건설 산업을 위한 기반 구축과 R&D에 역점을 두고 있으나, 토목분야에서는 아직 그 성과가 거의 없음
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>400</td><td>420</td><td>430</td><td>440</td><td>460</td><td>475</td><td>490</td><td>500</td><td>520</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2015년</td><td>7</td><td>9</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>20</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2015년</td><td>4</td><td>8</td><td>12</td><td>15</td><td>18</td><td>20</td><td>22</td><td>25</td><td>30</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td colspan="13">○ 토목분야에서의 탄소배출량 산정에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았음
○ 타 산업분야에서 연구 진행된 내용을 바탕으로 토목시설물중 교량구조물의 탄소배출요소를 조사하고 이를 교량 BIM 기술과 연계하여 예측 가능한 시스템을 개발</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td colspan="13">○ 우리나라는 OECD 국가 중 온실가스 배출량이 6위, 배출량 증가율이 1위를 기록하고 있으며, 최근 3년간 유가, 석탄가격이 2배 이상 오르는 등 국제 에너지가격이 초강세를 보임
○ 삼성경제연구소에 따르면 우리나라의 녹색경쟁력지수는 OECD 국가 중 최하위이나, 세계는 녹색경쟁 (Green Race)을 하고 있으며, 이러한 시대적 흐름에 앞서나가지 않고서는 선진국에 진입할 수 없음
○ 일본의 에너지 효율은 우리의 3배로 1,2차 오일쇼크를 겪으며 산업구조와 에너지 소비구조를 바꾸고자 노력한 결과임
○ 정부는 2012년 이후 녹색에너지 산업의 성장을 통해 국가 경쟁력을 가질 것으로 전망하고 있고, 녹색성장의 주요사업으로 4대강 살리기 및 주변정비, 녹색 교통망 구축, 대체 수자원 확보 및 친환경 중소댐 건설 등을 제안하고 있음
○ 대한건설정책연구원이 최근 발표한 ‘세계 각국의 녹색도시 개발 현황 분석 및 녹색건설성장을 위한 대응방향 연구’에 따르면, 국내 온실가스 배출량은 396백만t CO2(2000년 기준)이며 이중 건설부문에서 발생한 직접적인 탄소배출량은 6.4백만t CO2인 것으로 조사됨
○ 건설부문별 탄소배출량의 구성을 보면, 건축시설부문이 217만3천t의 CO2의 탄소를 배출했고, 토목시설부문이 421만4천t CO2의 탄소를 배출해 건축시설부문보다 약 2배의 배출량을 보임
○ 이는 건설부문의 총산출 중 건축시설이 60%정도를 차지하는 것을 고려할 때 토목부문의 배출원단위가 건축부문에 비해 2배 이상이 되는 것임
○ 각 세부부문 중 가장 영향이 큰 건설부문은 토목시설 중 도로시설부문으로 113만5천t CO2의 탄소배출이 발생
○ BIM은 설계, 시공, 관리 등 기획설계에서 유지관리 단계까지 건설의 전 생애주기 동안 생산되는 정보를 효율적으로 관리, 통합하여 다양한 분야에 활용할 수 있는 통합도구 및 플랫폼임
○ 이러한 기술을 CO2 환산 기술과의 접목을 통해 각 생애주기 단계별 CO2 발생량을 예측하고 이를 조절할 수 있는 기반 기술이 될 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>7. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ 교량 생애주기 및 형식별 탄소배출량 DB와 BIM의 연계
○ BIM 구축을 통한 탄소배출량 산정 시스템</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 국내 건설물량이 급격히 감소하고 있는 가운데, 해외 프로젝트의 수주 역량 강화가 가장 중요한 사항으로 떠오르고 있음
○ 탄소배출량의 예측 및 관리는 각국이 협약을 통해 전 산업분야에서 관심을 갖고 연구하는 사안으로, 토목시설물에 대한 사전 예측 및 관리시스템을 개발할 경우, 해외 건설시장 진출시 큰 경쟁 무기가 될 것임
○ 또한, BIM 분야는 세계적인 수준의 IT산업을 건설 산업과 융합하는 것으로, 건설의 생산성 향상은 물론, 해외 기술 경쟁력 제고에도 중요한 역할을 할 것임. 이러한, 건설 IT 분야는 미국을 포함한 해외 선진국에서도 제도적인 뒷받침이나 연구 R&D 투자를 통해 정부가 앞장서서 지원하고 장려하는 분야임.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 탄소배출량 예측 및 산정에 대해서는 건설 분야에서는 아직 그 연구가 거의 전무한 실정으로, 화공 분야 등 각 산업분야에 대해 기 연구진행중인 성과를 적극 활용해야 할 것임
○ 또한, 이러한 데이터를 교량 계획시 활용하기 위해서는 교량 BIM을 바탕으로 한 DB 관리가 이루어 져야 하며, 관련 시스템 개발 분야도 참여하는 다학제간 기술 융복합이 필요함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 교량의 전 생애주기 및 형식별 탄소배출량을 정량화하고 이를 온라인 DB화
○ 교량 BIM 라이브러리를 구축하고 이를 탄소배출량 DB와 연계함으로써, 계획단계에서부터 탄소배출량을 예측하고, 최적의 Green 교량을 선정할 수 있는 시스템의 구축
○ 시스템 개발에 따른 소프트웨어 등록 및 특허</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 교량계획에 참여하는 발주처 및 시공사와 설계사. 교량 구성요소 개발 업체 등에서 교량 정보모델을 이용하여 탄소배출량을 사전에 예측할 수 있도록 하여 교량의 전 생애주기동안 발생되는 탄소량을 최소화함으로서 교량 분야의 녹색 성장에 이바지하도록 함</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,200</td><td>2,000</td><td>1,800</td><td>1,500</td><td></td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">6,500</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,200</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">0</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 토목분야는 건설산업중에서 가장 많은 탄소배출량을 발생시키는 것으로 기 연구에서 보고되었음
○ 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소 저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설 기술 경쟁력을 확보할 수 있음
○ 또한, 교량 이외에 도로, 항만, 철도 등 다양한 사회기반시설 분야에서도 같은 방법론을 적용할 수 있기 때문에, 본 연구 이후 다양한 후속연구가 진행될 수 있음</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계 구축 기술(30번 과제)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2. 연구목적 및 배경</td><td>○ 교량정보모델은 교량의 전 생애주기 동안 생산되는 정보를 손실없이 정확하게 공유하는 것이 목표로, 이는 정보모델의 고품질을 전제로 함. 특히 정부발주 공공공사의 BIM(Building Information Modeling)활용 의무화로 인해 납품받은 성과물에 대한 신뢰도 검토는 필수요소라고 할 수 있음.</td></tr>
<tr><td>○ 체계화된 절차에 따른 교량정보모델의 품질검증을 통해 생성모델의 신뢰도를 향상시키는 것을 목적으로 함.</td></tr>
<tr><td>3 연구개발목표</td><td>○ 본 연구과제의 목표는 IFC(Industry Foundation Classes)기반 교량정보모델의 품질관리를 위한 모델 검증체계를 구축하는 것임.
○ 이를 위하여, 교량정보모델의 필요 검증요소 조건과 이를 효과적으로 검토할 방안을 제시하여 발주자, 설계사, 시공사 및 유지관리 전문기관의 경제적 이득을 향상시키기 위한 핵심 기술을 개발하고 평가하고자 함.</td></tr>
<tr><td>4. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>○ 실질적인 정보모델 활용사례가 아직은 건축물의 부대토목에 불과한 토목분야에 비해 건축분야 건물정보모델링인 BIM은 2000년대 들어 지속적인 연구개발과 실무 적용노력에 힘입어 많은 가시적 성과를 이루었음. 따라서 BIM의 품질 신뢰도 향상을 위한 노력도 같이 수반되어 왔음.
○ 국외에서는 미국 GSA의 BIM Guide Series(2007)나 NIST의 General Building Information Handover Guide(2007), 핀란드의 BIM Requirement(2007), 덴마크의 CAD Manual(2008) 등 국가주도의 BIM 지침을 작성하여 배포하고 있음. 또한 이들 국가들은 성과물을 납품하는데 있어 IFC를 표준 데이터 포맷으로 활용하여 정모모델의 요구조건들을 자동으로 신속하게 검토하는 시스템을 마련하여 효율적으로 사용하고 있음.
○ 소프트웨어를 활용한 성과물 모델의 자동 품질검증은 표준데이터모델인 IFC를 기반으로, 레벨이나 간섭 등에 관한 형상조건이나 사용자 입력을 통한 기준, 법규 등과 관련한 논리조건 등의 검토가 이루어짐.
○ 한편 국내에서는 국토해양부에서 발간한 건축분야 BIM 적용가이드(2010)와 조달청의 시설사업 BIM적용 기본지침서(2010)에서 건축분야 중심 BIM 적용 방법에 대한 대략적인 지침서를 제시하고 있지만, 구체적인 구성요소가 포함해야할 조건이나 속성에 관한 정의 등 구체적인 검증에 대한 체계는 세워져 있지 않은 상황임.
○ 상기 언급한 내용들은 건축물에 대한 기준 또는 품질관리 방법을 제시한 것들로 토목분야 교량 구조물에 대한 내용은 포함하고 있지 않음.
○ 정보모델에 대한 품질검증은 정부정책에 의존하는 것이 아니라 정확한 모델 공유를 위한 필수 선행조건이라고 할 수 있어 품질검증에 대한 시장은 BIM시장에 직접적인 영향을 받는다고 할 수 있음.
○ 산업연구원(2008)에 따르면, 건설IT융합 부분(BIM)의 시장규모는 세계적으로 2010년 약 2,640억 달러,국내의 경우에는 59억 달러 정도로 추산되며, 전체 건설비용 대비 비율이 지속적으로 증가할 것으로 예상됨(표1).
○ 현재 전체 건설시장에서 건설IT융합분야가 차지하는 비중은 약 5%내외이나, 점차 확대될 것으로 보이며, 이에 따라 품질관리 관련 사업영역도 매년 확장될 것으로 예상됨(표2).
<table>
<tr><td rowspan="3">시장규모 (천억원)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>111</td><td>121</td><td>131</td><td>141</td><td>152</td><td>162</td><td>174</td><td>186</td><td>200</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>3814</td><td>4004</td><td>4177</td><td>4344</td><td>4522</td><td>4698</td><td>4881</td><td>5052</td><td>5229</td></tr>
<tr><td rowspan="3">예상시장 점유율 (%)</td><td>연도</td><td>적용 연도</td><td>2018</td><td>2019</td><td>2020</td><td>2021</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026</td></tr>
<tr><td>국내</td><td>2017년</td><td>4</td><td>4.5</td><td>4.9</td><td>5.2</td><td>5.6</td><td>5.9</td><td>6.6</td><td>7.1</td><td>7.3</td></tr>
<tr><td>세계</td><td>2017년</td><td>6</td><td>6.2</td><td>6.5</td><td>6.7</td><td>7.1</td><td>7.1</td><td>7.3</td><td>7.5</td><td>7.5</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. 기존기술 활용방안</td><td>○ 교량정보모델의 품질향상을 위한 모델 검증체계는 특정 소프트웨어로의 종속을 피하고, 일관된 방식을 유지하기 위하여 표준 중립파일 포맷을 기반으로 구성되어야 함.
○ IFC는 사실상 건축분야 표준데이터모델로 활용되고 있지만, 교량이 포함하고 있는 구성요소에 그대로 적용하기에는 정확한 의미정보의 저장이 불가능함.
○ 교량의 데이터모델에 관한 연구는 아직 세계적으로 초기단계에 머무르고 있는 실정이긴 하나, 국내 연구진의 수준은 세계적 수준임.</td></tr>
<tr><td>6. 기술개발 필요성</td><td>○ NIST(2007)의 보고서에 따르면, 미국 건설생애주기 간 상호운용성(interoperability) 미비로 인한 연간 비용 손실액이 16조에 이름. 이는 생성된 정보의 체계적 공유방안 미비와 저수준 정보모델에 기인한 것으로, 이는 표준데이터모델에 기반한 교량정보모델 구현과 검증을 통해 극복 가능함.
○ 현재 교량의 정보모델 구현과 관련한 사항은 세계적으로 초기 연구수준이며, IFC 제정기관 buildingSMART를 중심으로 토목분야 표준데이터모델 생성을 위한 초기 연구가 진행 중에 있음.</td></tr>
<tr><td>7. 주요연구</td><td>○ IFC기반 교량데이터모델의 정의 및 생성</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>개발내용</td><td colspan="7">IFC 모델 중 교량데이터모델에 활용 가능한 자원 식별
교량구성요소 분류체계에 따른 필요 속성의 정의
객체 연결관계를 고려한 교량데이터모델의 생성
○ 교량정보모델링의 요구조건 정의
교량의 형상조건(형상레벨, 간섭 등), 논리조건(기준, 법규), 데이터요건(객체성, 속성유무) 등을 고려한 교량정보모델의 품질확보를 위한 요구조건의 정의
○ IFC기반 교량정보모델 검증체계 구성
표준데이터포맷 기반 정보추출 인터페이스
표준데이터모델 기반 모델 구현 인터페이스
모델검증절차 알고리즘</td></tr>
<tr><td>8. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○ 발주자가 주로 국가기관인 경우가 대부분인 토목분야의 경우, 정부기관의 요구사항은 정보모델생성의 결정적인 인자로 작용함.
○ 따라서 이미 경제적, 기술적인 효용가치가 입증된 정보모델 기술의 적극적인 도입을 위해서는 국가주도의 전략수립과 고품질 유지를 위한 체계구축이 시급함.</td></tr>
<tr><td>9. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 교량정보모델 구축을 위한 표준데이터모델과 관련한 국내 연구수준은 세계적임.
○ 따라서 건축분야 표준데이터모델인 IFC 제정기관인 buildingSMART와의 협력도 원활히 진행될 수 있으며, 이에 따른 공동연구도 진행 가능함.
○ 특히, 이와 관련한 세계적 협의회를 구성하여 국제적으로 다양한 의견 수렴이 가능하며, 이에 따라 세계 기술 수준을 선도해 나아갈 수 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 교량에 적용 가능한 표준데이터모델 스키마
○ 교량정보모델 검증체계 모듈
○ 국내외 논문</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 교량정보모델 품질검증체계의 최종 수요자는 발주자라고 할 수 있지만, 정보모델을 활용하는 전 생애주기 업무 관련 업체 모두 품질검증체계의 수요자라고 할 수 있음.
○ 따라서 발주자 중심의 품질검증체계를 기반으로 각 업무별 특성에 맞는 특화된 체계의 변형도 필요할 것으로 보임.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">11. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>1,300</td><td>1,300</td></tr>
<tr><td>민간(추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>1,200</td><td>1,200</td><td>1,200</td><td>1,500</td><td>1,500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">5,600</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,600</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">18명</td></tr>
<tr><td>12. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 현재 국내외적으로 건설분야에서 정보모델의 활용은 기하급수적으로 늘어나고 있으며, 이에 따른 전문업체도 급격히 증가하고 있음. 이러한 상황 속에서 생산되는 정보모델의 품질관리는 필수불가결한 요소라고 할 수 있음.
○ 이러한 고품질의 정보모델을 기반으로 했을 때 건설 프로젝트의 수행은 최소화된 정보손실에 따른 ROI(Return On Investment) 상승 및 이에 따른 경제적 이득과 정보모델을 활용한 응용기술 분야의 정확도 향상에 직접적으로 기여할 것으로 보임.</td></tr>
</table>

건설교통연구기획사업

Land Transport and Maritime R&D Report

R&D/11연구기획-06-01

[Green-up 30] (별권 1)콘크리트 교량 장수명화 연구단 기획보고서

2012. 3. 13.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 한국철도기술연구원
현 대 건 설(주)
(주)날 리 지 웍 스

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "지능형 친환경 교량 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 03. 13.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 박영환
연 구 원 : 황윤국, 김성욱, 박기태
이영호, 채명진, 주기범
정우태, 이진형, 권민재
이보미
공동연구기관명 : 한국철도기술연구원
현대건설(주)
(주)날리지웍스
공동연구책임자 : 이희업, 김모세, 류형근

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>9개월</td><td>단 계 구 분</td><td>(1)/(1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">미래핵심기술</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">지능형 친환경 교량 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">박영환</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
인프라구조연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">- 도로상에서 발생하는 탄소배출량 감소, 탄소저감형 건설재료 등에 대한 연구 기획은 2010년말부터 현재까지 "탄소중립형 도로", "탄소저감형 건설재료" 등의 과제명으로 기획이 진행되고 있으나, 가장 중요한 SOC 구조물 유형중 하나인 교량구조물의 설계, 시공, 유지관리 단계에서 탄소를 저감하고자 하는 분야에 대한 체계화된 기획연구는 진행된 사례가 없음
- 따라서 교량의 생애주기를 거치는 과정에서 탄소 배출량을 최소화하기 위한 연구 분야를 발굴하는 기획이 필수적임
- 본 연구기획에서는 설계단계, 시공단계, 유지관리단계, 신개념 교량 분야의 분야로 구분하여 기획을 진행하여 "지능형 친환경 교량" 구현을 위한 기반 요소기술에 대하여 중점 연구분야 및 후보과제를 도출함
- 지능형 친환경 교량 기획은 총 연구단 2개와 일반과제 1개로 구성되며, 본 보고서는 콘크리트 교량 장수명화 연구단을 중심으로 총 5개의 세부과제를 제안함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">지능형 친환경 교량, 저탄소, 초슬림, 장수명, 고성능 재료</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Intelligent Green Bridge, low-carbon, super slim, long life, high-performance materials</td></tr>
</table>

목 차

[국문 요약문] ····· 9

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 17
1절. 기술의 정의 ····· 17
1. 친환경·장수명 교량 기술의 정의 ····· 17
2. 친환경·장수명 교량 기술의 범위 ····· 18
2절. 필요성 ····· 19
1. 정책적 필요성 ····· 19
2. 경제·사회적 필요성 ····· 22

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 25
1절. 국내외 정책동향 ····· 25
1. 국내 정책 동향 ····· 25
2. 국외 정책 동향 ····· 30
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 35
1. 국내 시장 규모 및 전망 ····· 35
2. 국외 시장 규모 및 전망 ····· 43
3절. 기술동향분석 ····· 50
1. 국내외 기술개발 동향 ····· 50
2. 특허분석 ····· 67
3. 논문분석 ····· 85
4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 96
1. 인프라 및 역량 분석 ····· 96
2. 관련 기업 현황 ····· 99
3. 시사점 ····· 104

5절. 종합분석 ·····105

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ·····119
1절. 비전 및 목표 ·····119
1. 비전 및 총괄 목표 ·····119
2. 단계별 목표 ·····120
3. 설정근거 ·····120
2절. 기술개발에 따른 미래상 ·····124
1. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발 ·····124
2. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술 124
3. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발 ·····125
4. 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발 ···125
5. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발 ·126
3절. 연구개발과제 구성 ·····127
1. 과제 도출 과정 ·····127
2. 과제 구성 ·····128
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ·····129
1. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발 ·····129
2. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술 135
3. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발 ·····139
4. 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발 ···142
5. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발 ·148
5절. 세부과제간 연계 관계 ·····155
6절. 연구추진체계 제안 ·····156
1. 연구추진체계 ·····156
2. 추진전략 ·····158

4장. 사전타당성 검토 ·····159
1절. 사전타당성 분석의 개요 ·····159
1. 분석의 틀 ·····159
2절. 기술적 타당성 ·····160

1. 기술개발 계획의 적절성 ····160
2. 기술수준 및 성공가능성 ····170
3. 기존 사업과의 중복성 ····172
3절. 정책적 타당성 ····173
1. 국가전략적 중요성 ····173
2. 상위계획과의 부합성 ····174
3. 사업추진의지와 관련 기관협조체계 ····175
4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안 ····176
4절. 경제적 타당성 ····178
1. 경제성 분석 ····178
2. 과학기술적 및 사회적 파급효과 ····182
5절. 종합평가 및 결론 ····183
1. 기술적 타당성 분석 ····183
2. 정책적 타당성 분석 ····184
3. 경제적 타당성 분석 ····184

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····185
1절. 연구일정에 따른 인력계획 ····185
1. 연차별 투입연구인력 ····185
2. 상세 투입연구인력 ····186
2절. 소요예산 산정 ····189
1. 산정개요 ····189
2. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 소요예산 ····189

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 ····197
1절. 과제 제안요구서(RFP) ····197
1. 연구단 제안요구서(RFP) ····197
2. 세부과제 제안요구서(RFP) ····202
2절. 평가기준 설정 ····214
1. 평가항목 ····214
2. 가점 및 감점 기준 ····216

요 약 문

1. 기술의 정의 및 필요성

□ 친환경 · 장수명 교량 기술의 정의

친환경·장수명 교량 기술의 정의

교량의 계획, 설계, 시공, 유지관리 및 해체 등 교량의 전주기에서 발생되는 직·간접적 CO2 발생량을 저감하기 위한 교량의 장수명화 기술

□ 필요성

■ **CO_2 배출량 증가 및 지구온난화에 대한 문제점 인식**
- 국가 정책 동향에 부응하기 위해 교량 분야에서도 이산화탄소 감축 기술에 대한 수요가 증가될 것이고, 이에 대한 기술개발이 필요함

■ **저탄소 녹색성장에 부합하는 장수명화, 저비용, 재활용 기술 부각**
- 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설분야에서 탄소배출량 저감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량분야에서도 탄소배출량 저감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구됨

2. 국내외 동향 및 환경분석

■ **국내외 정책동향**
- 탄소배출량 저감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구됨
- 국토해양부는 녹색기술을 2020년까지 선진국의 90% 수준으로 향상시킨다는 목표 설정
- 최근 국내에서 신재료 또는 고성능 건설재료에 대한 관심이 고조되어 이들 재료가 활발히 현장에서 적용될 수 있도록 R&D가 실시되어야 함
- 건설 선진국들은 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량 저감을 목표로 정책적 지원을 실시하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들은 교량 부재에 성능이 우수한 재료를

적용하여 고품질화, 고내구성화 및 장수명화를 지향

■ **국내외 시장현황 및 전망**

- 도로교 신축, 부분교체 및 개축 수요 꾸준히 증가하며, 전체 교체교량 시장 중 급속교체 50%, 급속시공 27%, 신소재 적용 교량 5~10%로 예상됨
- 고강도 경량콘크리트를 강-콘크리트 합성의 교량 바닥판 제작 재료로 활용할 경우 바닥판의 성능과 내구수명을 급진적으로 향상시킬 수 있으며 저탄소/저에너지 사용 기술로 시장의 확대는 어렵지 않을 것으로 판단됨

■ **기술동향분석**

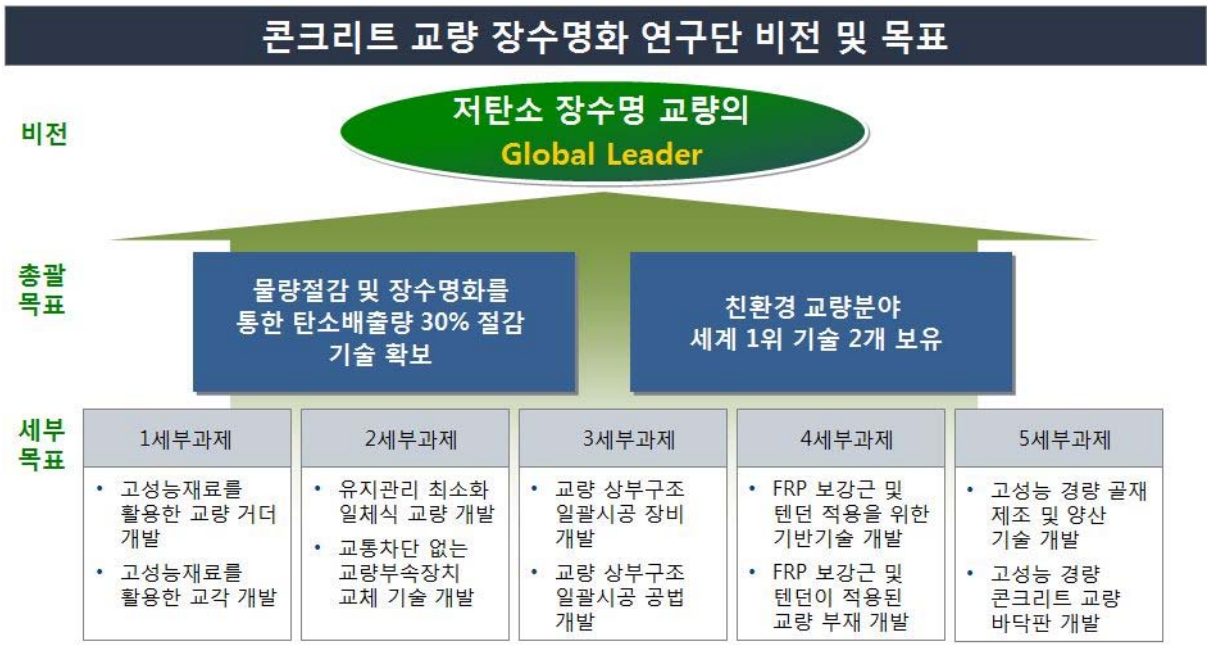
- 친환경 교량 기술분야의 전세계적인 특허경향은 06년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있고, 이러한 경향은 1990년대 중반이후 우리나라의 출원이 급격하게 증가하고 있는 추세에 기인한 것임
- 일본 및 미국 국적의 출원인은 세계 시장 진입에 적극적이며, 한국특허와 유럽특허는 친환경 교량 기술이 성장기에 있는 것으로 나타났음
- 친환경 교량 기술관련 논문 및 연구실적은 교량 관련 전체 논문 중 낮은 비율로 조사되었고, 세계수준의 연구기관/연구자 육성 및 친환경 교량분야의 국가적 지원 필요

■ **연구개발 인프라분석**

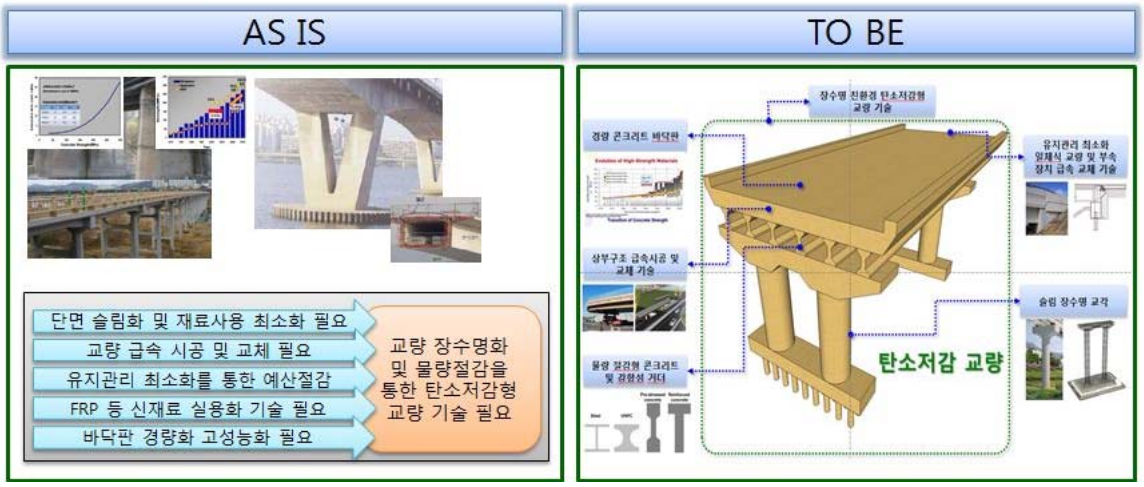
- 연구 인프라 수준은 전반적으로 국제기술협력, 기술이전 부분에서 매우 부족하지만, 산학연 공동연구기반이 선진국 대비 동등 수준임

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

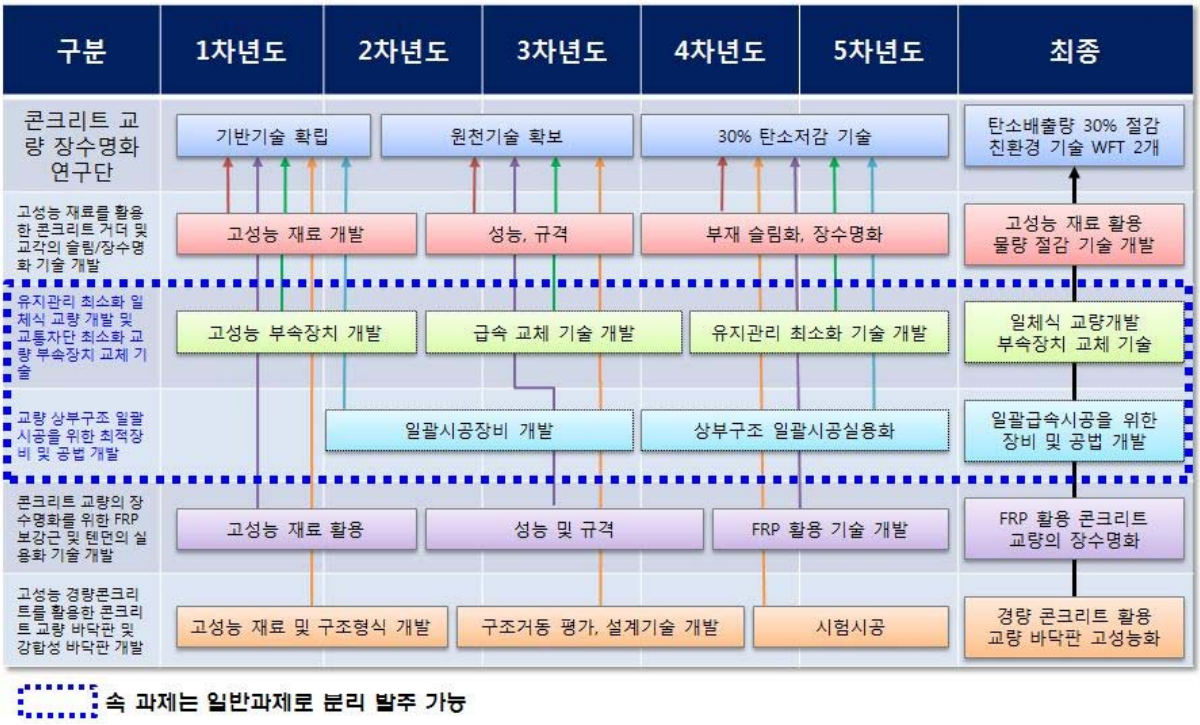
□ 비전 및 목표



□ 기술개발에 따른 미래상



□ 연구개발과제 구성



□ 세부과제별 주요내용

구 분	세부과제명	주요내용	최종 성과물	기대효과(활용)
연구단 총괄	**콘크리트 교량 장수명화 연구단**	○ **교량의 전주기에 발생되는 직간접 탄소발생량 저감 기술 개발**	○ **탄소배출량 30% 절감** ○ **친환경 WFT 2개 보유**	○ **저탄소, 친환경적인 국가 정책 목표에 부응** ○ **기존의 교량 건설보다 친환경적이면서 지속가능한 교량 건설 가능**
1세부 과제	고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	○ 고성능 재료 활용 기술 개발 ○ 교량 상부구조 물량 20% 절감 및 내구성 50% 향상 ○ 교량 하부구조 물량 10% 절감	○ 고성능 콘크리트 제조기술 ○ 성능 기반 하부구조 설계기준 ○ 고강도 철근 설계기준	○ 교량 상부구조 슬림화로 20% 물량 절감 및 교량 수명 50% 향상 ○ 교량 하부구조 성능기반 설계법 확립 및 고강도 철근 사용에 따른 교각 물량 10% 절감
2세부 과제	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	○ 유지관리 50% 절감 및 교통 차단 없이 부속장치 교체 가능한 교량 기술 개발	○ 일체식 교량 개발 ○ 신축이음, 받침 급속교체 공법 및 지침	○ 신축이음, 받침의 보수 교체에 따른 교통 통제 등 사회 간접비용 낭비 최소화
3세부 과제	교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적 장비 및 공법 개발	○ 현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술 개발	○ 일괄 시공장비 개발 ○ 일괄 시공지침	○ 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
4세부 과제	콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화	○ FRP 보강근 및 텐던 활용기술 개발 ○ FRP 활용한 콘크리트 구조물 설계 지침	○ 콘크리트 구조물의 성능저하로 인한 유지관리비용의 지출과 이로 인해 발생하는 사회적인 사용자 비용 절감
5세부 과제	고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발	○ 교량 바닥판의 경량화에 따른 장경간화 및 경제성 20% 향상 ○ 단면 및 자중 감소를 통한 탄소 배출량 30% 절감	○ 경량 콘크리트 개발 ○ 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조기술 및 바닥판 설계/시공 기술	○ 기존 대비 교량의 상부구조 단면 20% 감소, 장경간화 등을 통하여 콘크리트 사용량을 30% 이상을 절감, 동 대비 탄소배출량 30% 저감 기여

□ 세부과제별 TRM(요소기술 및 성과물 중심)

■ 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발



■ 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술(일반과제 분리 가능)



■ 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발(일반과제 분리가능)

세부과제	교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발				
구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
목표	교량 상부구조 일괄급속시공을 위한 장비 및 공법 개발				
단계별 목표	일괄시공장비 개발			상부구조 일괄시공실용화	
단계별 목표 성과물	일괄시공장비			상부구조 일괄시공지침	
일괄시공을 위한 장비 개발	이동장비 및 가설장비 개발 → 시험시공 교량 상부구조 이동 및 거치를 위한 장비 국산화 → 시험시공				
일괄시공을 위한 공법 개발	상부구조 일괄시공 시스템 개발			상부구조 일괄시공 공법 개발	

■ 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

세부과제	콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발				
구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
목표	FRP를 활용한 콘크리트 구조물의 성능향상 및 장수명화				
단계별 목표	고성능 재료 활용		성능 및 규격	FRP 활용 기술 개발	
단계별 목표 성과물	FRP 활용기술		제품 / 적용기술	설계지침	
FRP 보강근 및 텐던 활용기술	FRP 보강근 활용기술 → 재료 시험 지침 FRP 텐던 활용기술 → 재료 시험 지침				
상용화 제품 개발 및 적용기술	FRP 보강근 성능 보완 → 규격 및 물성 FRP 텐던 성능 보완 → 규격 및 물성				
성능향상 및 장수명화 기술	FRP 활용 콘크리트 교량 성능향상 기술 → 콘크리트 교량 현장 적용 설계 및 시공 지침 → 실용화 기술 보완				

■ **고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발**



4. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

□ 인력투입계획

(단위 : 명)

세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
1세부	12	12	12	12	12	60
2세부	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	42
3세부	-	10.2	10.2	10.2	10.2	51
4세부	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	51
5세부	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	54
총계	41.4	51.6	51.6	51.6	51.6	247.8

□ 소요예산 산정

(단위 : 백만원)

과제명	1차		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1세부 과제	1,060	340	1,060	340	1,060	340	1,060	340	1,060	340	5,300	1,700
2세부 과제	700	70	700	70	700	70	700	70	700	70	3,500	350
3세부 과제			710	290	710	290	710	290	710	290	2,840	1,160
4세부 과제	800	200	800	200	800	200	800	200	800	200	4,000	1,000
5세부 과제	800	200	800	200	800	200	800	200	800	200	4,000	1,000
합계	3,360	810	4,070	1,100	4,070	1,100	4,070	1,100	4,070	1,100	19,640	5,210

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

1. “친환경·장수명 교량 기술”의 정의

- 교량은 도로 및 철도의 핵심시설로 교량에 문제가 발생하면 심각한 안전문제 및 교통문제를 유발시킴
- 국내외적으로 환경문제가 이슈화되면서 탄소배출량 저감에 대한 관심이 고조되고 있으며 교량분야도 예외 아님
- 교량에서 탄소배출량을 감소시키기 위해서는 교량의 계획, 설계, 시공, 유지관리 및 해체로 대별되는 모든 단계에서 아래 그림과 같은 고려가 필요함



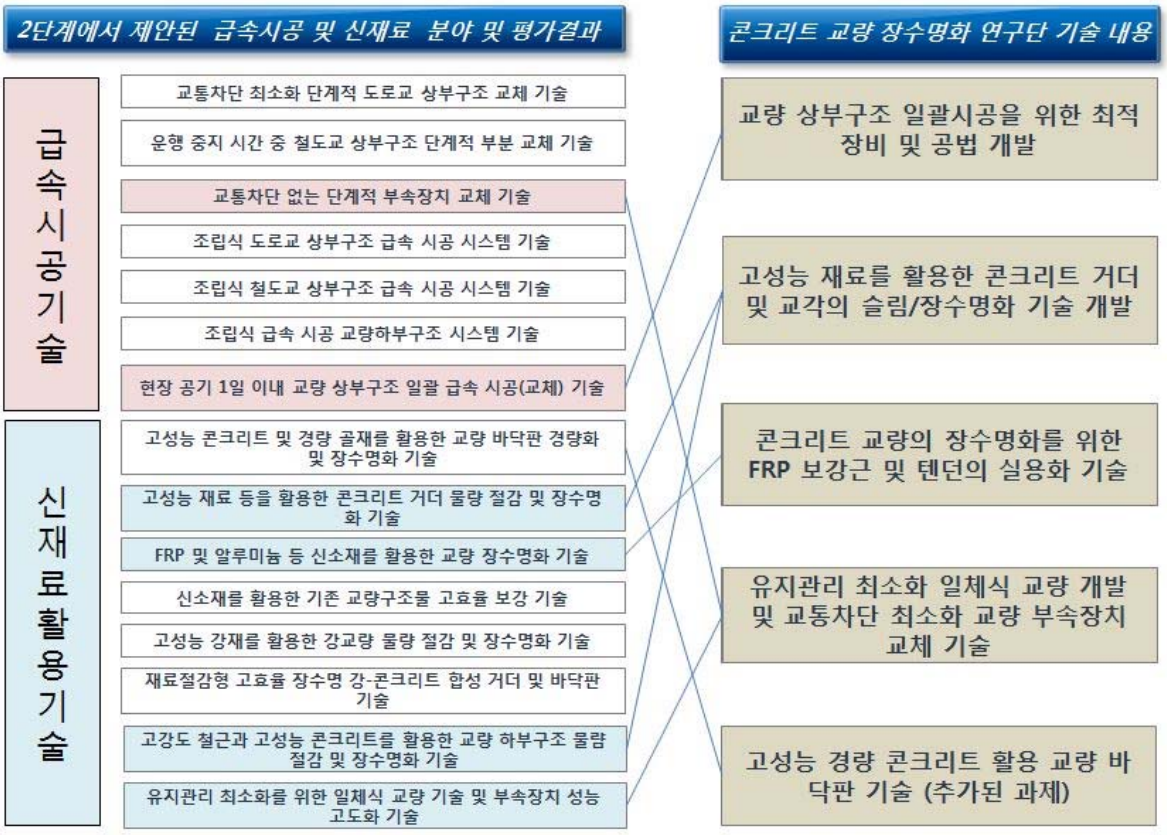
[그림 1-1] 친환경 장수명 교량 기술 개념

친환경·장수명 교량 기술의 정의

교량의 계획, 설계, 시공, 유지관리 및 해체 등 교량의 전주기에서 발생되는 직·간접적 CO2 발생량을 저감하기 위한 교량의 장수명화 기술

2. 본 연구단의 친환경·장수명 교량 기술의 범위

- 탄소배출량 30% 이상 저감이 가능하도록 설계, 시공, 유지관리단계에서 필요한 요소기술 개발
- 교량의 일부 손상 시 교통차단 최소화 공법과 즉시 교체가 가능한 부분교체 교량시스템 개발을 통한 교량 수명연장 및 현장시공기간을 1일 이내에 완료할 수 있는 교량 상부구조 일괄교체(시공) 실용화 기술
- 교량 신·개축 시 공기단축을 통한 교통 차단 최소화로 사회 직·간접 비용 및 국민 불편을 저감할 수 있는 교량 급속시공 실용화 기술
- 기존 콘크리트와 강의 성능을 고도화시킨 고성능 콘크리트 및 고성능 강뿐 아니라 FRP와 같은 새로운 재료들을 활용하여 교량 부재를 슬림화시켜 재료를 절감시키는 기술
- 장수명/저유지관리 교량기술 개발을 통해 교량 건설재료의 효용성 및 교량 사용성을 극대화시킴으로써 탄소배출량을 저감시키는 기술
- 본 연구단에서는 연구하고자 하는 탄소저감 기술은 본 기획사업 1, 2단계 평가결과를 반영하여 급속시공 기술과 신재료를 활용한 콘크리트 교량 기술로 범위를 한정하며 "콘크리트 교량 장수명화 연구단"에서 다루는 기술범위는 아래 그림과 같음



[그림 1-2] 본 연구단의 기술의 범위

2절. 필요성

1. 정책적 필요성

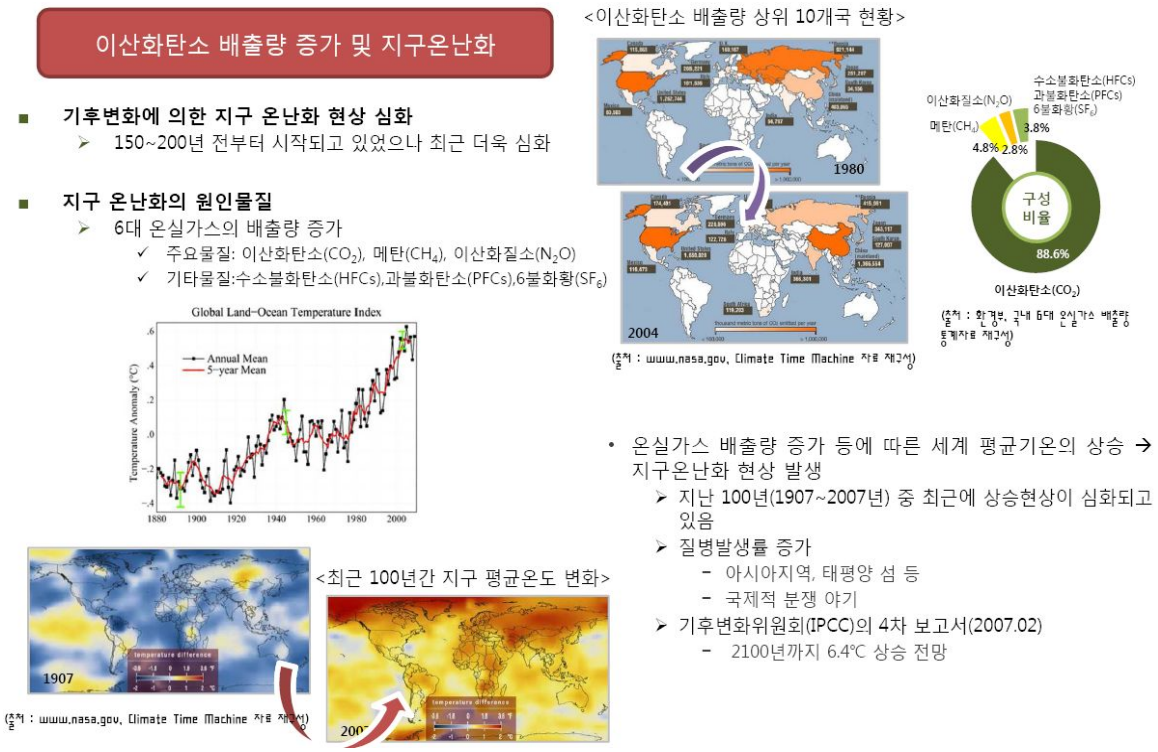
가. CO_2 배출량 감축에 대한 국가적 정책 필요

- 기후행동변화연구소(http://www.climateaction.re.kr/)가 유럽위원회 공동연구센터와 네덜란드 환경영향평가청이 보고서 '지구 이산화탄소 배출의 장기 경향'을 공동으로 발간하였음
- 이 보고서 분석 결과 지난 20년간 우리나라의 온실가스 배출량은 136% 증가해 증가속도가 중국(256%)과 인도(179%)에 이어 세계에서 세 번째로 빠른 것으로 나타남
- 2008년 세계 9위에서 2009년 8위로 올라섰던 우리나라 이산화탄소 배출량은, 2010년에는 한 단계 더 상승해 세계 7위로 조사됨
- 2010년 우리나라 1인당 이산화탄소 배출량은 12.3t으로 1990년 5.9t에 비해 두 배 이상(109%) 증가한 양으로서 독일(10t), 일본(9.2t), 영국(8.1t), 프랑스(5.9t)보다 2~7t 정도 많음
- 이는 2009년 자료와 비교할 경우, 우리나라와 대다수 선진국들의 에너지 효율 격차는 해마다 커지고 있음을 보여줌
- 현재의 증가 추세가 지속되면, 빠르면 2017년, 늦어도 2020년경에는 미국의 1인당 배출량을 추월할 것으로 예상되어 이산화탄소 배출량 감축에 대한 국가적 정책이 요구되고 있는 상황임

[표 1-2] 주요 국가들의 지난 20년간 이산화탄소 배출량

국가	1990년 (10억t)	2009년 (10억t)	2010년 (10억t)	2010년 국가 순위	1990년 대비 (%)	2009년 대비 (%)
미국	4.99	5.04	5.25	2	5.2	4.2
EU-27	4.35	3.94	4.05	-	-6.9	2.8
러시아	2.44	1.67	1.75	4	-28.3	4.8
일본	1.16	1.09	1.16	5	0.0	6.4
독일	1.02	0.79	0.83	6	-18.6	5.1
캐나다	0.45	0.52	0.54	8	20.0	3.8
영국	0.59	0.48	0.50	9	-15.3	4.2
한국	0.25	0.54	0.59	7	136.0	9.3
중국	2.51	8.10	8.94	1	256.2	10.4
인도	0.66	1.69	1.84	3	178.8	8.9

기후변화행동연구소(자료: European Commission's Joint Research Centre & Netherlands Environmental Assessment Agency, 2011)



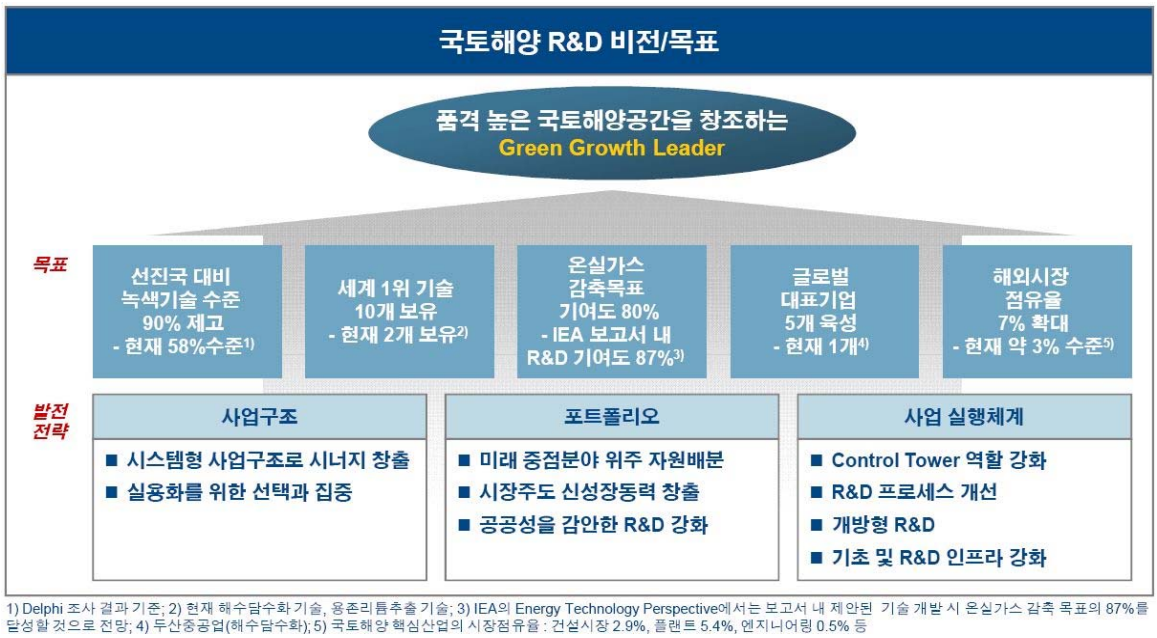
[그림 1-3] 이산화탄소 배출량 증가 및 지구온난화
(김상범, 녹색 인프라 발전 방향, 동국대학교 사회환경시스템 공학과, 2010. 12. 2)

나. CO_2 배출량 감축을 위한 정책 및 기술수요 증가 예상

- 국토해양부는 이와 같은 문제점을 인식하고 2008년 제4차 "건설기술진흥기본계획(2008~2012)"을 수립함
- 또한 2009년 수정하여 "녹색강국을 실현하는 선진 건설기술의 확보"를 새로운 비전으로 설정하고 녹색건설에 대한 정책 의지를 표명한 바 있음
- 국토해양부는 녹색건설 분야의 기술개발을 실행하기 위해 다음 Green-up 30 과제를 발굴하였으며, 본 기획연구사업인 "지능형친환경교량(Intelligent Green Bridge)" 사업도 포함되어 있음
- 한편 국토해양부는 국토해양 연구개발사업의 비전 및 목표를 2010년 6월에 발표하였는데 선진국 대비 58% 수준인 녹색기술을 2020년까지 90% 수준으로 향상시킬 계획임
- 이와 같은 국가 정책 동향에 부응하기 위해 교량 분야에서도 이산화탄소 감축 기술에 대한 수요가 증가될 것이고, 이에 대한 기술개발이 필요함



[그림 1-4] 국토해양 미래유망기술 : Green-up 30
(한국건설교통기술평가원, 국토해양 미래유망기술(안) : Green-up 30, 2010. 7. 9)



1) Delphi 조사 결과 기준; 2) 현재 해수담수화 기술, 용존리튬추출 기술; 3) IEA의 Energy Technology Perspective에서는 보고서 내 제안된 기술 개발 시 온실가스 감축 목표의 87%를 달성할 것으로 전망; 4) 두산중공업(해수담수화); 5) 국토해양 핵심산업의 시장점유율 : 건설시장 2.9%, 플랜트 5.4%, 엔지니어링 0.5% 등

[그림 1-5] 국토해양 R&D 비전 및 목표
(한국건설교통기술평가원, 국토해양 R&D 발전전략(안), 2010. 6. 23)

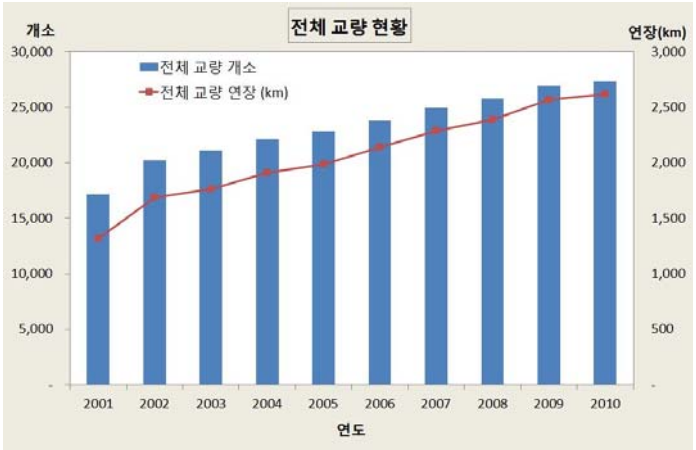
2. 경제·사회적 필요성

가. 교량 손상에 따른 사회경제적 비용 증가

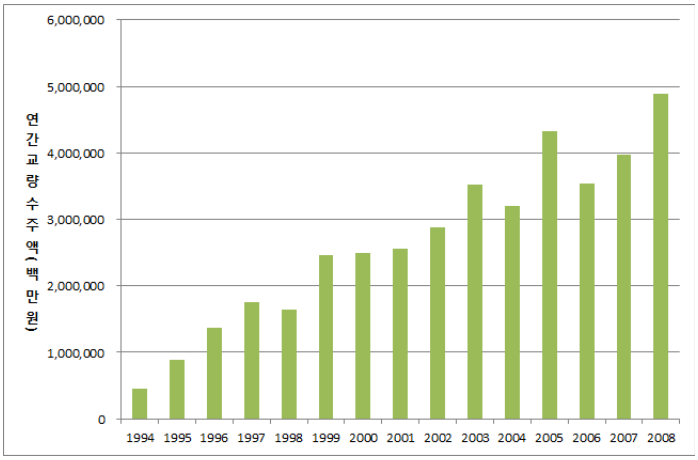
- 교량은 도로망의 핵심시설로 교량에 문제가 발생하면 막대한 사회경제적 손실비용이 발생함
- 일례로 1994년 10월 21일 한강 교량인 성수대교의 붕괴에 따른 사회경제적 비용(교량재건설+사용자비용)이 1994년 기준으로 연간 3,800억원에 이르는 것으로 파악되었음 (한국건설기술연구원, 내부 자료)
- 최근에는 교통량이 더욱 증가되어 사용자비용이 크게 증가되었으므로 교량 붕괴 또는 교량 폐쇄에 따른 사회경제적 비용이 대단히 커짐

나. 교량 수명 연장을 통한 비용 절감효과

- 우리나라 도로교 총수는 2010년 말 기준으로 27,381개로 매년 1,000개 정도의 교량이 건설되고 있으며, 교량수주액은 2008년 기준으로 도로교의 경우 4조원에 달함
- 우리나라 도로교량 27,381개를 모두 개축하는데 소요되는 비용은 약 50조원이고 교량의 설계수명을 50년으로 가정할 때 1년당 1조원의 교량사용 비용이 지불되고 있음
- 따라서 교량의 수명을 1년 연장시키면 연간 1조원의 비용 절감효과가 있음
- 즉 교량의 수명을 연장시키면 수명연장에 따른 교량건설 비용의 절감이 기대됨
- 또한 콘크리트 및 강재의 사용량이 절감되어 자원 절약과 이들 재료 생산시 발생되는 많은 양의 이산화탄소 배출을 감축하는 부가적 효과가 있음
- 따라서 대도시 교통난 완화 및 교통혼잡비용 감축을 위해 도심지 교량의 교체 및 신설공사시 공사기간 단축, 교통통제 기간 단축, 교통통제 손실 비용 감축이 가능한 교량건설 공법 개발의 필요성이 증대되고 있음



[그림 1-6] 연도별 교량수 변화



[그림 1-7] 연도별 교량수주액 변화

다. 국가 정책과 부합된 교량 장수명화 기술 필요

- 현재 국내교량 중 10년 이상 30년 미만된 교량이 전체 교량의 50%를 차지하고 있으며 앞으로 이들 교량의 노후화로 인한 교량 개축 수요는 급격히 증가할 것으로 예상됨
- 또한 국가주요정책인 저탄소 녹색성장에 부합하기 위하여 교통통제를 최소화 할 수 있는 교량개축 및 급속시공 기술의 개발이 필요한 시점임
- 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설분야에서 탄소배출량 저감을 위한 내용들을 제도화하고 있음
- 따라서 교량분야에서도 탄소배출량 저감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구되는 상황임
- "자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률"에 의거 향후 산업부산물의 재활용 비율 증가가 예상됨
- 특히 시멘트를 대체함으로써 탄소배출량 감축 효과가 있기 때문에 이를 활용한 기술개발이 지속적으로 이루어질 것이고, 이를 적용한 교량부재의 개발 또한 촉진될 것으로 예상함
- 다만 법인세법 시행규칙에 고시된 교량의 현행 내용연수 30~50년을 늘릴 필요가 있다고 봄
- 이를 통해 교량의 장수명화에 대한 기술 개발을 촉진시킬 수 있다고 판단함

라. 저탄소(친환경) 장수명 교량에 대한 수요 증대

- 저탄소(친환경) 장수명 교량에 대한 수요는 향후 크게 증가될 것으로 예상되며 이에 부응하기 위한 기술적 해결 사항으로는 재료 절감기술, 고성능 재료의 개발 및 활용 등임
- 이는 기존의 설계방법을 보다 정교하게 적용해야 될 뿐 아니라 재료 간 하이브리드, 신재료의 적용 등이 시도되는 등 기존에 시도되지 않았던 내용들이 개발되어야 함
- 다양한 실내 검증실험을 통해 이론적 타당성을 검증하고 최종적으로 현장 적용 실험을 통해 실증적으로 검증되어야 함

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책 동향

가. 녹색성장 정부 전략

- 대통령 직속 녹색성장위원회 출범 : 2009. 2. 26
- 저탄소 녹색성장 기본법 제정 : 2010. 1. 13
- 저탄소 녹색성장 기본법 시행령 제정 : 2010. 4. 13
- 정부는 2009년 녹색성장 국가 전략의 비전으로 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 세움
- 이에 따른 10대 정책 방향으로 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색 국토·교통의 조성 등을 마련함
- 정부는 국가의 주요 정책목표 중 하나로 국민의 삶의 질 제고와 환경개선을 선정함
- 이에 대한 추진정책 수단 및 방안의 하나인 “주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태 효율성 개선”에서 교통혼잡비용 감축과 폐기물 감소를 추진하고 있음



[그림 2-1] 우리나라 녹색성장 3대 국가 전략 및 10대 정책방향 (녹색성장 위원회)

- 국가 중장기 온실가스 감축목표 설정 및 관리, 탄소정보공개 확대, 국가온실가스 관리시스템 구축하고, 2009년 국가 중장기 온실가스 감축목표 설정 이후 부문별 비용의 효율적인 감축 전략을 추진 중임

나. 국토해양부의 녹색성장 관련 계획

(1) 건설기술진흥기본계획의 수정

- 국토해양부는 2007년 수립한 제4차 건설기술진흥기본계획(2008~2012)을 2009년에 수정함
- 따라서 "녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보"라는 비전 하에 녹색성장 기반구축을 목표를 추가함
- 이는 친환경 건설에 대한 국토해양부의 강력한 의지를 표현한 것으로 건설 분야에서 탄소배출량을 줄이려는 단초를 제공하고 있음

(2) 국토해양부 녹색성장 추진계획

- 2010년 이후부터 국토해양부는 녹색성장 조기 가시화를 위해 교통 SOC 투자 전환, 에너지 절감형 교통·물류 구축 및 녹색 건축·도시기반 조성 등 사업을 추진하고 있음
- 이에 따라 향후 녹색건설에 대한 투자가 확대될 것으로 예상함

다. 과제 관련 주요 법령, 정책 및 제도 전망 및 시사점

(1) 건설산업기본법 제정

- 국토해양부는 국가건설산업시스템 구축, 즉 건설산업을 국가 차원에서 규율할 수 있는 체계를 정립하고 건설업계를 보호·육성하기 위하여 건설산업기본법을 제정하였음
- 건설산업기본법에는 건설공사 안전·환경 및 품질확보, 건설산업 국제화 및 해외진출 지원, 건설기술개발, 건설공사의 생산성 향상대책 등이 포함되어 있음
- 건설산업기본법 제6조의 규정에 의하여 "건설산업진흥기본계획"을 수립하여 중장기 건설산업정책의 기조와 건설산업발전을 위한 제도개선 방향을 제시하는 5년 단위의 국가기본계획을 설정함

(2) 건설기술관리법 제정

- 건설부문의 기술을 발전시키고 이를 효율적으로 이용할 수 있게 하기 위해 제정된 법규로는 "건설기술관리법"과 이에 따른 시행령 및 시행규칙이 가장 주된 법규임
- 이 법의 제정 목적은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 이를 효율적으로 이용 관리하게 함으로써 건설 기술수준을 향상시키고 건설공사의 품질과 안전을 확보하여 공공복리의 증진과 국민경제의 발전을 이바지하는 것임
- 건설기술관리법에는 제3조에 "건설기술진흥기본계획"에 관한 사항이 규정되어 있음
- 이 외에도 건설기술에 관한 자료 및 정보의 보급과 확산을 위한 규정(제15조), 공동연구 개발 및 전문기관의 설립에 대한 법적인 근거(제15조), 건설기술의 연구개발을 위한 투자(17

조), 신기술의 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적인 기초(제18조), 그리고 해외기술의 도입에 관한 내용(제19조)등이 규정되어 있음

- "건설기술관리법"에는 건설기술의 연구개발을 위한 투자와 신기술의 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적인 기초가 규정되어 있음
- 이는 본 기획과제인 "신속교체 및 급속시공" 분야의 실용화에 기반 법령을 제공하고 있음

(3) 건설기술진흥기본계획

- 건설기술관리법의 제3조와 동법 시행령 제5조의 규정에 따라 건설교통부 장관은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 그 성과를 효율적으로 이용하도록 하기 위하여 다음을 시행함
- 국가에서 추진하는 기술연구 개발사업의 5개년간의 방향을 설정하는 "건설기술진흥기본계획"을 수립하고 이에 따른 세부계획을 수립하여 중점 추진과제를 설정하게 됨
- 2009년 수정된 제4차 "건설기술진흥기본계획"에 녹색건설과 관련된 내용이 추가되어 건설분야에서 탄소배출량을 줄이려는 친환경 건설과 관련된 근거를 마련함

(4) 재난 및 안전관리 기본법의 제정

- 행정안전부는 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 국가 및 지방자치단체의 재난관리체제를 확립함
- 또한 재난의 예방 및 수습과 긴급구조 기타 재난관리에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 "재난 및 안전관리 기본법"을 제정하였음
- "재난 및 안전관리 기본법"은 재난관리와 재난의 수습이 원활히 수행될 수 있도록 규정하고 있어, 응급복구를 위한 손상 교량의 신속교체 기술 개발의 당위성을 나타내고 있음

(5) 안전관리기준 제정 고시(행안부 고시 제2010-18호, 2010년 3월 8일)

- 내용 : 사고의 예방, 대비, 대응, 복구 등 안전관리를 위한 제반 활동을 수행하는데 필요한 기준과 원칙 제시
- 대상시설 : 공공기관에서 관리하는 관련 모든 시설물

(6) 철강슬래그 및 석탄재 배출 사업자의 재활용 지침

- "자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률"에 의거 「철강슬래그 및 석탄재 배출 사업자의 재활용 지침(환경부, 지식경제부 고시)」에서 슬래그의 목표 재활용은 95%, 석탄재는 75%로 규정, 슬래그와 석탄재의 재활용 촉진을 의무화하고 있음

(7) 유·무형자산 감가상각 회계처리지침 개정(안) (기획재정부 2010)

- 일반 유형자산의 내용연수는 경제적 효익의 감소를 고려하여 중앙관서의 장이 합리적인 내용연수를 정하는 것을 원칙으로 함

- 일반 유형자산인 건물·구축물은 내용연수를 합리적으로 정하기 어려운 경우에는 기준내용연수(20년 제시)를 적용할 수 있음
- 중앙관서의 장은 자산별 관리상태 및 특수성을 감안하여 중앙관서의 장이 기준내용연수를 일정 범위(±25%) 내에서 조정하여 적용할 수 있음

(8) 지방공기업법 시행규칙(행정안전부령 제220호 2011.05.27.)

- 건축물 등의 내용연수표(제19조 제1항 제1호 관련)에 따르면 교량의 내용연수는 40년임

(9) 시사점

- 건설 분야에 신기술을 적용하여 생산성 향상에 대한 법률적인 기초는 제시되어 있음
- 반면 급속시공에 따른 인센티브 제공 등 건설사의 동기 부여에 대한 규정은 없는 것으로 조사됨
- 따라서 본 기획연구로부터 사업이 추진된다면 관련 법 규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨
- 국외 사례를 보면 현장 공기별 인센티브 제도를 도입하여 교통정체를 최소화하기 위한 다양한 공법이 도입되고 있음
- 이에 따라 관련 규정이 준비되면 국내에서도 급속시공과 급속교체의 현장적용이 대폭 증가할 것으로 전망됨
- 고성능 재료 또는 신소재를 교량에 활용하는 것과 관련된 직접적인 관련 법령은 없음
- 이는 법령으로 규제할 수 없는 성질의 것이기 때문이라 판단됨
- "자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률"에 의거 향후 산업부산물의 재활용 비율 증가가 예상됨
- 특히 시멘트를 대체함으로써 탄소배출량 감축 효과가 있기 때문에 이를 활용한 기술개발이 지속적으로 이루어질 것이고, 이를 적용한 교량부재의 개발 또한 촉진될 것으로 예상함
- 지방공기업법 시행규칙에 고시된 교량의 현행 내용연수 40년을 늘릴 필요가 있다고 봄
- 이를 통해 교량의 장수명화에 대한 기술 개발을 촉진시킬 수 있다고 판단됨

라. 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

(1) 국토해양 R&D 전략

- 국토해양부는 2010년 6월 국토해양 연구개발사업의 비전 및 목표를 발표하였음
- 여기서 "품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"라는 비전과 선진국 대비 58% 수준인 녹색기술을 2020년까지 90% 수준으로 향상시킨다는 목표를 설정함

- 이를 구체화시키기 위해 Green-UP 30 과제를 발굴하였으며, 본 기획연구사업인 “지능형친환경교량(Intelligent Green Bridge)" 사업도 이에 포함되어 있음
- 국토해양부는 2005~2010년에 수행된 “차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발”에 연구비를 지원하여 고성능 강, 고성능 콘크리트에 대한 기초 원천기술 취득을 지원하였음
- 국토해양부는 신소재 및 고성능 재료 활용에 대응하기 위해 도로교설계기준을 수시로 개정하고 있음
- 또한 교량부재의 슬림화를 위해 한계상태설계법 등을 적극적으로 반영한 설계기준을 마련하기 위해 이와 관련된 R&D를 준비하고 있음
- 국토해양 R&D는 목적·수요자·성격·주체 측면에서 타 부처와 차이가 크며, 국토해양 R&D는 공공기술 위주의 시스템 R&D로서 정부의 역할이 상대적으로 중요함
- 특히, 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민 삶의 질 향상 등 공공 부문의 역할이 지대하여 국가 차원의 육성 대책이 필요함

(2) 지식경제부 주요 R&D 정책

- 지식경제부에서는 2010년 말에 100대 전략제품 기술을 선정하였으며, 이중에 “지능형 그린 구조물 관리”기술이 포함되어 있음
- 이 내용은 교량과 같은 대형구조물의 사용환경 및 에너지소비 등 유지관리를 최적화하는 기술로써, 토목분야의 종합 구조물에 해당하는 교량구조물에 대한 내용도 이 분야와 관련 있음
- 지식경제부는 내진 및 구조물의 안전성을 획기적인 향상이 가능하도록 초고장력 철근과 교량용 강선 개발을 위해 2004년 9월부터 2010년 2월까지 66개월 동안 예산을 지원하였음
- 이를 통해 세계 최초로 800 MPa급 철근과 세계 최고 강도인 2,200 MPa급 강선을 개발하고 이 분야에서 세계기술을 선도하는 계기를 마련함

(3) 시사점

- 국민의 삶의 질 향상을 위해서는 살기 좋은 국토환경 조성, 편리한 교통물류 서비스를 제공하는 것을 목표로 하기 때문에 교통흐름을 원활히 하면서 시공할 수 있는 기술의 개발이 필요함
- 기술 선진국을 단순 답습하는 수준에서 세계를 선도할 수 있는 최고기술을 개발할 수 있는 R&D로 이전하고 있고, 탄소배출량 감소 등 녹색성장을 위한 연구개발을 중요시 하고 있음
- 이를 통해 해당 분야에 대한 국가 R&D 정책이 진행되고 있는 것으로 판단됨
- 최근 국내에서 신재료 또는 고성능 건설재료에 대한 관심이 고조되어 이 분야에 대한 몇 건의 R&D 투자가 이루어져 고성능 강재 등 현장에 적용할 수 있는 제품이 개발되었음
- 그러나 이들 재료가 활발히 현장에서 적용되지 못하고 있는 것은 활용 연구 미비, 경제성 문

제, 설계기준 미비 등의 원인들이 있으므로 이러한 문제점들을 해결하기 위한 R&D가 실시되어야 함

- 이를 통해 이 분야에서 세계 최고 수준의 기술을 확보하면 우리나라의 건설경쟁력을 한 단계 도약시키는 계기를 마련할 수 있을 것임

2. 국외 정책 동향

가. 미국의 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

- 미국 오바마 정부에서는 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획을 수립하고, 향후 10년간 저탄소 산업에 1,500억 달러를 투자할 계획임
- 미국의 신뉴딜 정책은 에너지 효율을 높인 공공시설물의 건설, 새로운 도로 및 교량건설을 통한 인프라시설 구축에 초점을 맞추고 있음
- 건설산업을 6대 국가전략산업중 하나로 지원하고 있으며, CMS, CERF, FIATECH와 같은 건설 IT 융합 사업을 진행, 유지관리/에너지 비용 50% 감소, 생산성 30% 향상, 공해 50% 감소 등의 국가 건설목표를 설정하여 추진함
- 미국의 교량 정책은 교통성(Department of Transportation) 산하 연방도로청(Federal Highway Administration)이 담당하고 있으며, 실무적인 연구기관은 Turner-Fairbank Highway Research Center에서 담당함
- 미국 연방도로청(FHWA)의 주요 정책은 안전성 향상, 교통혼잡 완화, 자동시공 극대화, 화물운송 효율 증대, 운송시설의 유기적 연결, 환경보호로 규정하고 있으며, 국내의 녹색성장 정책과 유사함
- SAFETEA-LU의 추진
  - FHWA의 SAFETEA-LU(Safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act : A Legacy for Users)는 미국 SOC 분야의 최대 예산($2,440억)으로 도로, 도로안전 및 대중교통 분야에 반영함
- IBRC 프로그램
  - FHWA가 추진한 미국의 대표적인 교량 관련 프로그램에는 IBRC (Innovative Bridge Research and Construction Program)이 있음
  - IBRC는 1998년 제정된 교통형평법(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21)에 근거하여 교량의 건설 및 유지관리 비용과 시간을 줄이기 위한 6개년 사업이었음
  - 이 프로그램 종료 후에도 법 개정을 통하여 관련 사업이 계속 추진되고 있음
  - Innovative Bridge Research and Construction(IBRC) 프로그램을 통해 교량 급속시공 기

술, 신재료 등의 신기술 공법 적용 공사비를 지원하고 있음

- Highway for LIFE 프로그램
  - FHWA의 Highway for LIFE(Longer lasting, using Innovation, Fast construction, Efficient and safe highways and bridges) 프로그램은 미국 도로의 최대 현안인 노후화된 시설물과 증가하는 교통체증의 해결을 궁극적인 목표로 함
  - 또한 LIFE 라는 세부목표를 설정하고 “공사 중 및 공사 후 안전성 향상”, “공사로 인한 교통혼잡 완화”, “도로인프라시설의 품질향상”을 꾀함
  - 위 목표 달성을 위해 기술개발, 시험시공, 적극적인 홍보와 지원 프로그램 개발, 기술교육, 관련 신기술의 상용화 그리고 관련 업계의 협력관계 구축 등의 활동을 수행하고 있음
  - LIFE는 첨단신기술을 이용하여 첨단의 장수명 고속도로 구조물의 사회기반시설의 구축을 위해 고속도로 및 교량의 빠르고 효율적이며 안전한 시공을 실시함
  - 또한 LIFE의 목표를 위해 안전성 개선, 교통정체 감소, 구조물의 품질향상을 세부 개선안으로 도출하였음
  - LIFE의 비전 “Get in, Stay in, Get out, Stay out" 을 수립하고 공장부재를 활용한 급속시공 및 품질향상을 통한 장수명 최소 유지관리를 목적으로 함
- 구조물 분야에서는 “Prefabricated Bridge Elements and Systems" 프로그램을 운영하여 Prefabricated 부재의 활용을 적극 권장하여 FHWA 사업에 우선 검토함

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- 미국은 IBRC(Innovative Bridge Research and Construction Program)에서 연간 약 157개의 프로젝트에 대하여 0.52억 달러의 연구비를 집행하고 있음
- 이 프로그램은 교량의 보수, 보강, 교체, 그리고 신설 등과 관련한 연구를 포함하고 있음
- 또한 유지관리비용과 생애주기비용을 감소시키기 위하여 고성능 재료와 시공기법의 개발에 초점을 맞추고 있음
- 미국에서 교량의 급속시공과 관련된 대표적인 조직으로 ACTT(Accelerated Construction Technology Transfer)가 있음. ACTT는 FHWA와 AASHTO의 Transportation Implementation Group(TIG) 협력체로 공사기간과 교통정체의 중요한 사항을 해결할 수 있는 협력체 구성하여 활동하고 있음
- 현재 미국의 50% 이상의 DOT가 ACTT 계획에 참여하고 있으며, ACTT는 2002년부터 2005년까지 21건의 워크샵을 개최한 실적이 있으며, 2006년에도 7건의 워크샵을 개최할 계획으로 있음
- 미국 연방도로청(FHWA)은 급속시공 및 신소재교량 관련 R&D를 수행함
- 미국 FHWA에서 수행한 프로젝트로 “Prefabricated Bridge Elements & Systems"가 있으며 연구개발과 함께 각 DOT 별로 활발한 적용을 선도하고 기술적인 개발 성과를 공유하려는 노력이 이루어지고 있음

- 미국 연방정부의 FHWA는 각 주 정부에서 고성능 재료, FRP 등 신소재를 교량에 활용하면 예산을 지원해주는 프로그램을 운용함으로써 신소재를 적용한 교량의 확대를 촉진하고 있음
- 또한 교통연구위원회(TRB)의 연구개발프로그램인 NCHRP 등을 통해 연구비를 지원하고 있으며, ACI 전문위원회 등에서도 활발히 연구를 수행하고 있음

나. 유럽의 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

- 유럽 통합 이전부터 EU를 중심으로 도로 등 교통시설에 대한 표준화 기술과 현장 응용기술 분야의 다학적·다국적 연구진을 구성하여 체계적인 연구가 수행되고 있음
- 교량의 경우 도로교통개발분야(Transport RTD Programme)에 포함되어 연구가 진행되고 있음
- Strategic Energy Technology Plan (2008)
  - 2020년까지 에너지 고효율 20% 제고, 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 사용
  - 정책적 지원을 통해 조기에 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 지속가능한 건설, 바이오제품, 자원재활용, 재생가능 에너지 등을 선도시장으로 선정
  - EU Transport의 비전 : Looking for Sustainable transfer
  - 목표 : 시민과 물류의 빠르고 효율적이여 경제적 이동
  - 교통분야에서의 CO2 발생은 EU 전체 발생량의 28%로 개선
  - 국가 R&D 예산의 12%를 지속가능발전 분야에 투자(2002~2006, $17.5억)
- 영국에서는 저탄소 지속가능 교통시스템 보고서를 통해, 온실가스 감축 및 기후변화에 대응하고 구조물의 장수명화를 도모하며, 환경 친화적인 구조물 건설을 추진하고 있음
- 미래 세계건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해 “사회기반시설 혁신전략”을 마련함
- 이에 따라 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400억 유로 투자 계획을 수립함

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- EU 제7차 Framework Program에서는 에너지, 기후변화를 포함한 환경 분야 등에 대한 내용이 포함되어 있음
- 유럽은 영국, 네덜란드, 스위스, 프랑스, 노르웨이 등 유럽 주요 국가들이 참여한 EUROCRETE 프로젝트를 통해 가혹 환경 하에 놓인 구조물의 내구성 향상 등에 대한 연구를 수행함
- 또한 CEB Task Group를 통해 다양한 연구가 수행되고 있음

- 독일 연방정부 차원에서 향후 10년간 추진할 연구개발 방향을 포함하고 있는 HTS-2020을 발표하였고, 이중에는 지능형 교량과 관련된 나노기술, 광학기술, 정보통신기술 등이 포함됨
- BASt(독일)는 독일연방고속도로와 연방국도의 건설 및 유지관리에 중요한 사항을 기술적-학술적 관점에서 연구를 수행하는 연방건설교통부의 부속기관임
- 위 기관에서는 교량을 비롯한 토목 구조물 및 도로의 건설과 유지관리 능력향상, 친환경적인 시공방법 등의 연구를 수행하고 있음

다. 일본의 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

- 일본은 동일본 대지진, 후쿠시마 원전사고 발생으로 당초 수립한 제4기 과학기술 기본계획(2011~2015)을 전면 재검토하고 있음
- 이 계획에는 지능형 교량과 관련된 지진재해로부터의 부흥과 재생의 실현을 위한 분야도 포함되어 있음
- 일본에서는 도시 재생의 일환으로 교차로와 건널목을 입체화시켜 정체를 해소하고 간접적인 경제효과와 지구환경 보전효과를 올리는 대책이 추진됨
- 국토교통성의 교통지체 대책사업의 추진으로 원활한 교통흐름 확보, 도시재생, 지역경제 활성화, 교통네트워크 구축 등 도시재생 사업의 일환으로 도시 교차로 입체화 급속시공에 관한 기술개발을 시행하고 있음

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- 일본은 국토기술정책 종합연구소, 토목연구소, 건축연구소 등 정부 연구기관에서 국토건설과 관련된 연구를 주도적으로 수행하고 있음
- 일본 국토기술정책 종합연구소는 국토교통성 소속 연구소로, 주택 사회자본분야의 유일한 일본 내 연구기관으로 국토의 종합적 이용 활용에 관한 기술 및 정책연구를 담당함
- 또한 교량 등 사회간접자본의 합리적인 유지관리 방안 및 교통난 해소를 위한 각종 정책과 해외시장 개척을 위한 국제표준에 부합하는 제도정비 등의 연구를 수행하고 있음
- 토목연구소를 중심으로 교량 등 인프라시설물에 대한 연구를 진행하고 있음
- “안전·안심한 사회의 실현”, “그린이노베이션에 의한 지속가능한 사회의 실현”, “사회자본의 유지관리·장수명화” 등을 목표로 설정하고 이에 대한 연구를 진행하고 있음
- 일본 정부는 기술개발과 전략수립 등 제도에 주력하고 민간은 실질적 기술개발에 투자 국토교통성을 중심으로 공공사업 코스트 절감대책시행, 공사계획, 설계 및 발주 효율화, 규제완화 등을 추진
- 일본의 급속시공 관련 기술은 이미 상당수 민간기업이 독자적인 기술을 보유하고 있는 상태

임

- 따라서 정부 기관에서는 이러한 공법의 장단점 분석을 통하여 입지여건에 가장 적합한 공법을 선정하는 연구를 실시하고 있음
- 1988년부터 5년간 국가연구프로젝트인 "Technological Development of New Construction Material"을 추진하여 건설구조물에서 FRP 등의 활용에 대해 연구를 실시하였음

라. 국가별 정책관련 시사점

- 건설 선진국들에서는 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량의 저감을 목표로 정책적 지원을 실시하고 있음
- 이를 통하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진하고 있음
- 급속시공은 초기 공사비는 다소 증가될 수 있지만, 교통정체를 최소화하여 사회간접비용 감소 및 시민편익을 향상시킬 수 있음
- 따라서 선진 각 국에서는 적극적으로 도입하고 있으며 시공사례도 지속적으로 증가하고 있음
- 교량의 저탄소 친환경 급속시공기술은 선진 외국에서는 정부 차원으로 추진하고 있는 과제로, 공사로 인한 교통정체가 극심한 우리나라에서도 조속한 기술개발을 통한 기술선점이 필요함
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화 및 고내구성를 지향하고 있음
- 이들 재료를 사용하면 초기 공사비는 증가되지만 교량수명이 연장되고 유지관리비용이 절약되므로 생애주기비용 측면에서 보면 오히려 유리함
- 따라서 시간이 갈수록 위 재료를 사용한 교량을 건설하는 사례가 증가되고 있으며, 생애주기평가 개념을 이용한 평가기법의 도입에도 적극적임
- 우리나라에서도 신재료를 교량구조물에 적용하기 위해서는 이러한 생애주기 개념에 입각한 교량 프로젝트 평가기법이 적극적으로 도입되어야 할 것으로 판단됨

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장 규모 및 전망

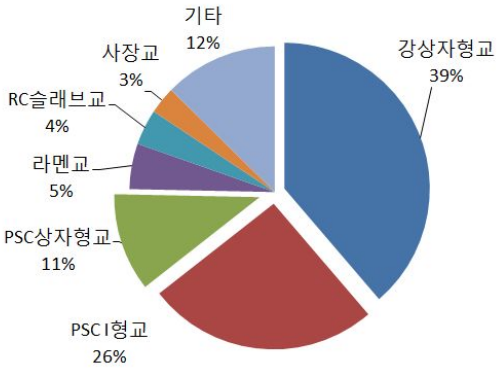
가. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 우리나라 전체 교량 27,381개로 재료별 분포를 살펴보면 콘크리트교가 21,872개 (80.0%), 강교 4,003개(14.6%), 강합성교 978개(3.6%)로 콘크리트교가 압도적 다수를 차지하고 있음

[표 2-1] 국내 교량형식별 분포 (2010. 12. 31 기준)

<table>
<tr><th>교량 구분</th><th colspan="5">교 량 형 식</th><th>합계</th></tr>
<tr><td rowspan="4">콘크리트교
(21,872)</td><td rowspan="2">RC교</td><td>RC슬래브교</td><td>RC중공
슬래브교</td><td>RCT형교</td><td>RC상자형교</td><td rowspan="2">9,601</td></tr>
<tr><td>8,455</td><td>233</td><td>779</td><td>134</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PSC교</td><td>PSCI형교</td><td>PSC상자형교</td><td>PSC슬래브교</td><td>PSC중공
슬래브교</td><td rowspan="2">5,889</td></tr>
<tr><td>4,817</td><td>618</td><td>405</td><td>49</td></tr>
<tr><td>라멘교</td><td>6,382</td><td colspan="3"></td><td>6,382</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강교
(4,003)</td><td>강상자형교</td><td>강판형교</td><td colspan="2">강I형교</td><td>트러스교</td><td rowspan="2">4,003</td></tr>
<tr><td>3,510</td><td>281</td><td colspan="2">198</td><td>14</td></tr>
<tr><td>강합성교
(978)</td><td>프리플렉스형교</td><td colspan="4">978</td><td>978</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기타
(528)</td><td>아치교</td><td colspan="4">139</td><td>139</td></tr>
<tr><td>사장교</td><td colspan="4">24</td><td>24</td></tr>
<tr><td>현수교</td><td colspan="4">5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>목교</td><td colspan="4">5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>엑스트라도즈드교</td><td colspan="4">6</td><td>6</td></tr>
<tr><td>기타</td><td colspan="4">349</td><td>349</td></tr>
<tr><td>합 계
(27,381)</td><td colspan="5"></td><td>27,381</td></tr>
</table>

- 한편 공용중인 전체 교량 중 공용연수 10년 이하인 교량의 면적은 전체의 74%임
- 이중 콘크리트 교량과 강교량의 가설 면적은 각각 48%와 42%이며, 강상자형교(39%), PSC I 형교(26%), PSC 상자형교(11%) 순으로 가설되었음

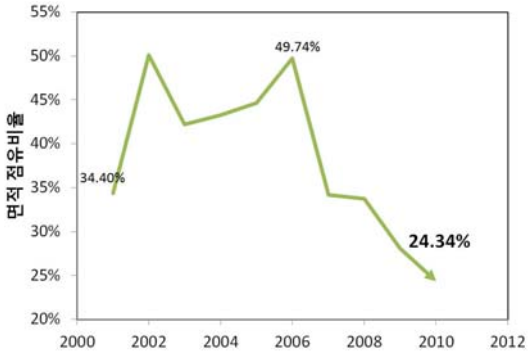


[그림 2-2] 교량형식별 가설면적 비율(최근 10년)

○ 최근 강재 수요 증가에 따른 가격 급등에 따라 최근 5년간 강상자형교의 가설면적은 급격히 감소하는 추세이며, 콘크리트 교량 특히 PSC I형교의 수요가 급격히 증가하는 추세임



[그림 2-3] 원자재 생산자 물가지수이(통계청)



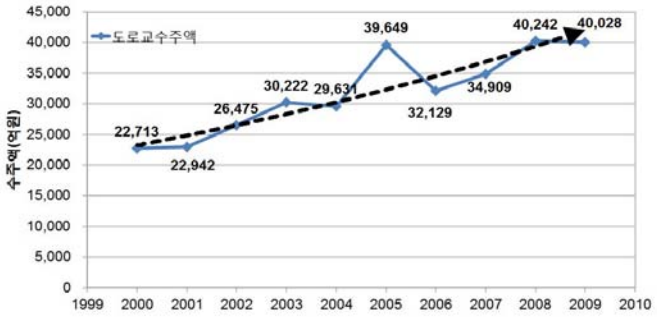
[그림 2-4] 강상자형교 가설면적 점유율 변화

○ 한편 국내 연간 교량 수주액은 2000년 이후 연평균 9.4% 성장하고 있으며, 2009년 기준 약 4조 9천억(도로교 4조, 철도교 9000억) 규모임. 이중 도로교량 수주액은 연평균 7.4% 성장하는 추세임

[표 2-2] 국내 교량수주액

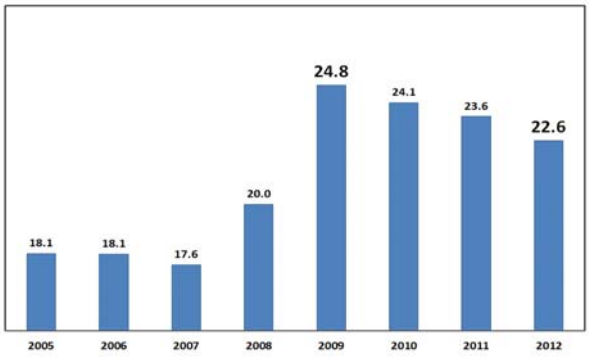
구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
교량수주액(억원)	24,919	25,582	28,819	35,143	32,056	43,271	35,394	39,751	54,513	48,865	-
교량수주액 연간 증가율(%)	1.1	2.7	12.7	21.9	-8.8	35.0	-18.2	12.3	37.1	-10.4	-
교량총수(도로교)	16,117	17,150	20,219	21,117	21,906	22,871	23,805	24,923	25,792	26,920	27,381
교량증가수(도로교)	502	1,033	3,069	898	789	965	934	1,118	869	1,128	461

주) 통계청 발간 『건설업조사보고서』 참조 (도로교량과 철도교량 수주액 기준)
국토해양부 발간 『교량현황조서』 참조



[그림 2-5] 연간 도로교 수주액 추이

- 국가 SOC 분야 예산의 점진적 안정화와 이미 많은 도로 신설이 완료된 것으로 고려할 때, 교량 수주액 증가 추세는 둔화될 것으로 예상됨
- 생산자 물가지수(2011년말 현재 4.3%) 등을 고려할 때, 향후 도로교량 수주액은 연평균 5% 이내로 성장할 것으로 예측되며 이 경우 국내 도로교 수주액 규모는 아래 표와 같음



[그림 2-6] 연도별 SOC 투자예산 변화

- 연구 종료 즉시 연구 성과가 시장의 5~10%를 점유하는 것으로 가정하면 2020년 시장규모는 3,400 ~ 6,800억원 정도일 것으로 추정됨

※ 추정근거 : 미국의 경우 전체 교량용 강재의 10% 정도가 고성능 강재로 대체되어 사용된 것으로 파악되어 고성능 재료 사용량 최대 10%, 최소 5%로 가정함 (곽석환, 윤태양, 박찬희, "교량용 고성능강의 고속도로 교량 적용", 한국강구조학회지, 22(1), pp. 7-13, 2010)

[표 2-3] 국내 예상 시장규모

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
도로교량 수주액 (억원)	68,462	71,885	75,479	79,253	83,216	87,377	91,746	96,333	101,149	106,207	
연간 증가율(%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
예상시장 점유율(%)	5	5	8	8	10	10	12	12	15	15	

나. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

○ 국내 도로교가 증가함에 따라 부속장치의 시장도 매년 지속적으로 증가 추세임

- 연평균 교량 개소수는 1,136개소(5.4%), 연장은 144km(8.2%)씩 증가
- 전국 도로교량 중 공용수명 30년 이상이 2,410개소, 성능개선이 필요한 DB-18 이하 교량이 6,627개소로 향후 노후화 및 성능개선에 따른 보수와 부분교체 수요가 꾸준히 증가할 것으로 판단됨
- 현재 일반국도 교량은 6,248개소인데 부속장치인 신축이음장치는 7,970개소, 받침은 119,382개소로 파악되어 교량 당 신축이음장치는 1.3개, 받침은 19.1개를 나타내고 있음
- 전국 도로교의 부속장치 개소를 추정하면 신축이음장치는 36,000여개, 받침은 530,000로 파악되고 있고 연평균적으로 신축이음장치는 약 1,400개, 받침은 약 21,000개씩 증가하고 있음
- 한편 교량의 전체 보수업무 중 신축이음장치는 14.85%, 받침은 9.55%를 차지하고 있어 신축이음장치와 받침이 전체 보수비율의 24.4%를 차지하고 있음
- 평균 교체 주기는 신축이음장치 12년, 받침 14.1년으로 파악되고 있는데 연평균 교체 수요는 신축이음장치 3,000개, 받침 37,000개씩 발생하고 있음
- 따라서 신축이음장치는 연평균적으로 4,400개, 받침은 58,000개씩 신설되거나 교체될 것으로 추정되고 있음

○ 최근 5년간(2005년~2009년) 구조물 보수비 집행실적을 살펴보면, 교량 보수비의 경우 평균 증가율은 16%임. 2010년 이후로 교량 보수비의 증가율을 10%로 가정하고, 보수비 중 교량 부속장치 비율을 25%로 가정하면 국내 시장 전망은 다음과 같음

[표 2-4] 국내 시장규모 전망

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
도로교량 수주액 (억원)	68,462	71,885	75,479	79,253	83,216	87,377	91,746	96,333	101,149	106,207	
연간 증가율(%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
교량보수비(억원)	7,707	8,478	9,326	10,258	11,284	12,412	13,654	15,019	16,521	18,173	10%
예상 시장 규모 (억원)	1,927	2,119	2,331	2,565	2,821	3,103	3,413	3,755	4,130	4,543	25%
예상시장 점유율(%)	25	25	25	25	30	30	30	30	35	35	

다. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 교량 상부구조 일괄급속시공 시장은 노후교량의 교체사업과 도심지 등 교통정체가 심한 지역의 신설교량 사업이 주 시장이 될 것임
- 국내 도로교는 매년 지속적으로 증가 추세이며, 향후 노후화 및 성능개선에 따른 개축 수요가 꾸준히 증가할 것임
- 철도교는 전체 2,793개소, 총연장 356km로 도로교에 비해 절대적으로 적지만, 최근 고속철도, 도시철도 등의 확충으로 신규건설 수요가 많음
- 이에 따라 최근 10년간 연 평균 6.5%씩 증가하고 있으며, 40년 이상 노후화된 교량이 전체의 약 40%에 달해 교체 수요가 많음
- 일괄 급속시공을 가장 필요로 하는 교량은 하부에 도로나 철도가 지나는 횡단교량으로, 교량유지관리시스템(BMS, 2011)을 보면 국도상 교량 5,595개소 중 횡단교량은 1,278개소로 약 23%를 차지하고 있음

[표 2-5] 공용연수별 도로교 현황(국토해양부 2010 도로교량 및 터널현황)

구 분	10년미만	10~20년	20~30년	30~40년	40년이상	계
개 소	11,431	10,246	3,474	1,485	682	27,318
연장(㎞)	1,312.7	946.2	242.9	79.6	35.7	2,617.1
연장 구성비(%)	50.1	36.2	9.3	3.0	1.4	100

[표 2-6] 공용연수별 철도 교량 현황(‘09.12.31)

구 분	10년미만	10~20년	20~30년	30~40년	40~50년	50년이상	계
개 소	773	297	382	235	213	893	2,793
연장(㎞)	207.069	51.242	28.244	14.636	9.340	45.469	356
개소수 구성비(%)	27.7	10.6	13.7	8.4	7.6	32.0	100

- 신설교량 분야
  - 국내 도로교는 2001년 이후 연평균 144km(8.2%) 씩 증가하고 있으나, 향후에는 이와 같은 급격한 증가는 나타나지 않을 것으로 판단되어짐
  - 따라서 과거 10년간 연평균 증가율의 30%(연평균 증가율 2.5%) 만 신설하는 것으로 가정하고 신설 도로교 시장을 전망함
  - 철도 프로젝트는 서울-춘천간 KTX 등 전국적인 KTX 서비스망 구축, 간선철도 고속화 사업 및 남북횡단철도 구축사업과 현재 40% 미만인 복선화율을 고려하면 향후 비약적인 증가가 예상되어짐

- 하지만 보수적인 시장규모 산정을 위하여 최근 10년간의 연평균 증가율 6.5%만 고려하여 시장규모를 전망함
- 일괄 급속시공을 필요로 하는 교량은 횡단교량만으로 한정하고, 횡단교량의 건설 비율은 국도상 교량의 횡단교량 비율인 23%로 가정함
- 도로교는 왕복 4차선(24.8m)를 기준으로 건설단가는 2007~2009년 고속도로 교량형식별 설계단가 평균치(2.4백만원/m^2)를 기준으로 시장규모를 산출함
- 또한 철도교는 일반철도 지간장 40m PSC 박스교의 평균 건설단가(28백만원/m)를 기준으로 시장규모를 산출함

[표 2-7] 국내 신설교량 일괄급속시공 시장전망

구분		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
도로교	신축연장(km)	12.2	12.5	12.8	13.1	13.5	13.8	14.1	14.5	14.8	15.2	
	공사비(억원)	7,385	7,569	7,759	7,953	8,151	8,355	8,564	8,778	8,998	9,223	
	연간증가율(%)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
철도교	신축연장(km)	10.9	11.6	12.4	13.2	14.0	14.9	15.9	16.9	18.0	19.2	
	공사비(억원)	3,059	3,258	3,470	3,695	3,935	4,191	4,464	4,754	5,063	5,392	
	연간증가율(%)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	
계(억원)		10,444	10,827	11,228	11,648	12,087	12,546	13,028	13,532	14,060	14,614	
예상시장 점유율(%)		23	23	23	23	23	25	25	25	30	30	

○ 교체교량 분야

- 도로교 교체는 공용기간이 40년을 넘는 교량을 기준으로 매년 8.2% (2001~2010년 평균 증가율)씩 증가하는 것으로, 산출방법은 신설 도로교에서의 방법과 동일함
- 도로교는 1990년대 이후에 건설된 연장 비율이 전체의 85%를 상회하고 있어, 도로교 교체는 1990년대에 지어진 교량의 공용기간이 40년이 넘는 2030년대에 기하급수적으로 증가할 것으로 예상됨
- 철도교는 50년 이상 된 교량을 2013년부터 5년 내에 전부 교체하고 매년 5% 씩 증가할 것으로 가정 후 교체비용을 산출하였으며, 산출방법은 신설 철도교에서의 방법과 동일함
- 교체교량 시장 중 일괄급속시공이 필요한 교량은 신설교량과 같이 23%로 가정함

[표 2-8] 국내 교량 일괄급속교체 시장전망

구분		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
도로교	신축연장(km)	16.7	18.1	19.6	21.2	22.9	24.8	26.9	29.1	31.4	34.0	
	공사비(억원)	9,932	10,747	11,628	12,582	13,613	14,730	15,937	17,244	18,658	20,188	
	연간증가율(%)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
철도교	신축연장(km)	3.2	3.4	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7	5.0	
	공사비(억원)	907	953	1,000	1,050	1,103	1,158	1,216	1,277	1,341	1,408	
	연간증가율(%)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	
계(억원)		10,840	11,700	12,628	13,632	14,716	15,888	17,153	18,521	19,999	21,596	
예상시장 점유율(%)		23	23	23	23	23	25	25	25	30	30	

- 국내 일괄급속시공 시장은 2020년 2.1조원에서 2029년에는 3.6조원 이상이 될 것으로 전망됨

라. 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 우리나라 교량총수는 2010년 말 현재 27,381개이며, 교량식별분포는 콘크리트교가 21,872개(80.0%), 강교 4,003개(14.6%), 강합성교 978개(3.6%)로 콘크리트교가 압도적 다수를 차지하고 있음
- 우리나라 도로교량 수주액은 2008년 기준으로 4조원이며, 2000년부터 2008년까지 도로교 수주액은 연평균 7.8% 성장하였음
- 그러나, 2009년 이후부터는 5% 성장하는 것으로 가정하면 국내 도로교량의 수주액은 아래 표와 같으며, 최근 급속히 팽창하는 철도교량을 포함하면 시장규모는 더욱 커질 것으로 예상됨
- 최근 5년간(2005년~2009년) 구조물 보수비 집행실적을 살펴보면, 교량 보수비의 경우 평균 증가율은 16%임
- 2010년 이후로 교량 보수비의 증가율을 10%로 가정하면 국내 교량 보수비는 다음과 같음.

[표 2-9] 국내 예상 교량수주액 및 교량보수비

구분	2013	2018	2023	2030	비고
도로교량 수주액(억원)	51,051	65,156	83,157	117,010	
연간 증가율(%)	5.0	5.0	5.0	5.0	
교량보수비(억원)	3,955	6,369	10,257	19,988	
연간 증가율(%)	10.0	10.0	10.0	10.0	

- FRP와 같은 신소재가 적용될 교량시장을 전체 시장의 5 ~ 10% 라고 가정하면 2020년에는 3,200 ~ 6,500억원, 2029년에는 6,200 ~ 12,400억원 정도일 것으로 추정됨

[표 2-10] 국내 시장규모 전망(신설)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
도로교량 수주액(억원)	68,462	71,885	75,479	79,253	83,216	87,377	91,746	96,333	101,149	106,207	※시장변동 요인기술
연간 증가율(%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
예상 시장 규모(억원)	3,423	3,594	3,774	3,963	4,161	4,369	4,587	4,817	5,057	5,310	최소 5%
	6,846	7,189	7,548	7,925	8,322	8,738	9,175	9,633	10,115	10,621	최대 10%
예상시장 점유율(%)	5	5	10	10	15	15	20	20	25	25	

[표 2-11] 국내 시장규모 전망(보수)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
교량 보수비 (억원)	7,707	8,478	9,326	10,258	11,284	12,412	13,654	15,019	16,521	18,173	※시장변동 요인기술
연간 증가율(%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
예상 시장 규모 (억원)	385	424	466	513	564	621	683	751	826	909	최소 5%
	771	848	933	1,026	1,128	1,241	1,365	1,502	1,652	1,817	최대 10%
예상시장 점유율(%)	5	5	10	10	15	15	20	20	25	25	

마. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 국내 건축공사 중 총 공사비의 25%, SOC 시설물 공사에서는 총 공사비의 15% 정도가 콘크리트 공사비로써, 2009년 현재 건설공사비 중 콘크리트 공사비는 대략 12조원임
- 아래 표는 2005년부터 2009년까지 레미콘 출하량을 중심으로 한 콘크리트 총 출하량과 이중에서 고성능 콘크리트가 차지하는 정도를 분석한 자료임
- 현재까지 고성능 콘크리트가 차지하는 비중은 낮지만 그 성장률은 급속히 증가하는 것을 알 수 있음

[표 2-12] 콘크리트의 국내 시장규모

년도	연도별 레미콘 출하량	추정 연도별 고성능 콘크리트 량 (m3)	소계 (억원)
2005년	137,172,226	823,033 (0.6%)	823
2006년	137,172,226	1,371,722 (0.8%)	1,370
2007년	132,213,903	1,322,139 (1.0%)	1,320
2008년	134,157,165	1,478,126(1.1%)	1,478
2009년	135,758,458	1,774,894(1.3%)	1,774

※ 국내시장규모 산정: 고성능 콘크리트 m^3당 100,000만원으로 산출
※ 년도별 출하량: 한국레미콘 공업협회 연도별 레미콘 출하량 자료

- 경량골재콘크리트의 경우 대부분 벽돌, 블록 및 기타 2차제품 또는 공장생산 건축용 프리캐스트 부재에 일부 활용되어 정확한 시장규모는 분석할 수 없음
- 또한 SOC 시설물 및 공동주택의 주 구조체 등과 같이 현장타설을 중심으로 한 구조용 콘크리트 시장은 아직 형성되지 못한 상황임
- 구조용 경량콘크리트의 기술이 확보될 경우 국내에서는 2011년 현재 고성능 콘크리트 소요량의 약 5% 정도인 100억원대를 형성하고 있음
- 이렇게 국내에서 경량콘크리트 시장의 형성이 어려운 이유는 외국에 비해 높은 인공경량골재 단가, 상대적으로 낮은 콘크리트의 가격 때문에 경량콘크리트의 경제성 확보가 어렵기 때문인 것으로 판단됨
- 국내에서 저가의 인공경량골재가 상용화되는 시기는 2013년으로 예상됨

- 남동화력발전(주)는 2011년 발전연료 부산물인 석탄회를 원소재로 하는 인공경량골재의생산 공장을 준공하고 연간 14만톤 규모의 인공경량골재를 생산하는 설비를 구축, 현재 시험생산과 품질 안정화 작업을 수행중임
- 따라서 본격적인 양산은 2013년에 이루어질 것으로 전망됨(2010.9.14 건설경제신문)
- 시장규모의 전망

아래 시장 규모는 연구개발로 구조용 경량콘크리트가 활성화될 것을 전제로 국내 시장 규모를 예상한 것임

[표 2-13] 국내 시장규모 전망

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
공사비 (억원)	537	645	774	929	1,115	1,337	1,605	1,926	2,311	2,773	
연간 증가율(%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
예상시장 점유율(%)	5	5	10	15	20	20	20	25	25	30	

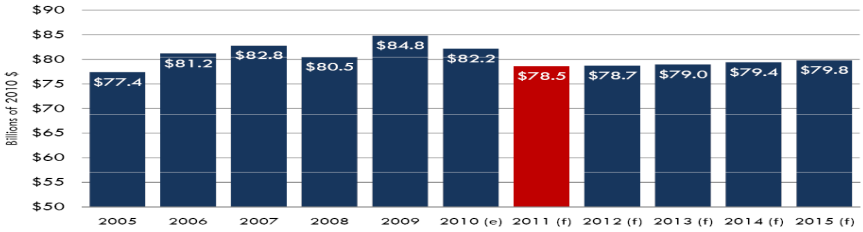
- 국내 도로교는 공용수명 30년 이상이 1,999개소, 성능개선이 필요한 DB-18 이하 교량이 6,692개소로 향후 노후화 및 성능개선에 따른 부분교체와 개축 수요가 꾸준히 증가할 것임
- 이중에서 하부구조의 내하력의 증가없이 교량 상부구조의 개축을 위해서는 자중이 기존 콘크리트보다 작은 경량콘크리트를 적용하는 방안을 고려할 만함
- 상부구조의 형식에 따라 적용범위를 고려하여야 하겠지만 전면 및 부분 개축 대상인 약 8,500여개 교량 중 20%인 1,700여개의 교량 바닥판은 경량콘크리트로 적용하는 것이 구조적, 경제적으로 유리할 수 있음

2. 국외 시장 규모 및 전망

가. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 미국
  - 미국 전체 교량 600,000개중 상당수 교량들이 노후화된 것으로 알려져 있음
    - 2007년 미네소타 I-35번 고속도로 교량 붕괴 사고 이후 미국 토목학회에서 미국 전체 교량의 등급을 평가하여 C 등급을 부여하였음
    - 이를 개선하기 위해 매년 170억 달러를 투자해야 되는 것으로 미국 연방도로청(FHWA)은 추산하고 있음
    - 하지만 실제로는 100억 달러 정도만 투자되고 있어 교량 노후화가 점점 진행되고 있는 상태임
  - 미국의 신규 도로 및 교량 시장규모는 2011년 785억 달러이고 교량 시장은 20% 정도

로 약 150억 달러이고 이중에서 고성능 재료 및 신소재와 관련된 교량 시장은 15억 달러 정도로 추정됨



[그림 2-7] 미국의 연도별 도로-교량 시장(단위, 십억불)
출처 : Transportation Builder, November-December, 2010

- 미국 교량의 평균수명은 40~45년이고 교량바닥판은 20년으로 이를 연장시키기 위한 다양한 노력들이 시도되고 있음
  - 즉, 신설되는 교량에 고성능 재료를 적용하여 교량의 내구성을 향상시키고 수명을 연장하려는 것이 하나의 예임
  - 콘크리트 교량의 바닥판에 고성능 콘크리트를 적용하여 성능을 개선시키는데 소요되는 총 비용이 미국의 경우 800~1,000억 달러, 캐나다의 경우 80~100억 달러가 필요한 것으로 파악되고 있음

○ 일본

- 일본은 300 MPa급 고성능 콘크리트의 세계 최초의 개발, 고성능 강을 활용한 강교의 개발, FRP 텐던의 개발 등 교량 분야에서 신소재의 활용에 대한 세계 최고의 연구개발 실적으로 보유하고 있음
- 그러나 장기간에 걸친 경기 침체로 인해 신소재를 활용한 교량가설 실적의 크게 증가되지 않고 있으나 교량의 장수명화에 대한 요구가 높아 신소재를 활용한 교량 시장이 향후 크게 증가될 것으로 예상하고 있음

[표 2-14] 해외 시장규모 전망

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
공사비(억원)	37,630	38,759	39,921	41,119	42,353	43,623	44,932	46,280	47,668	49,098	
연간 증가율(%)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

나. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

○ 미국연방도로청(FHWA)에서는 공사 중 교통정체 손실비용의 절감을 목적으로 건설 공기 단축에 인센티브를 주는 교량급속시공(ABC) 프로그램을 적극 권장함

- 미국 토목인프라 현황조사 보고서(2008)에 따르면, 미국교량의 25%인 162천개소의 교량이 구조적인 문제와 기능적으로 노후화된 것으로 조사됨
- 일본 전국 교통혼잡비용은 12조엔으로(9만엔/인) 정체로 인한 손실시간은 연간 약 38억시간으로 1인당 30시간으로 조사됨(일본 국토교통성, 2002)
- 이러한 교통혼잡비용을 줄이기 위하여, 정부에서는 공기 단축을 독려하고 이에 따른 인센티브 제도를 도입하고 있음
- 미국, 일본에서도 국내에서와 마찬가지로 교량의 신축 및 교체 수요가 꾸준하며 이에 따라 교량 부속장치인 신축이음장치 및 받침의 신규 설치 및 교체 수요가 매우 많을 것으로 판단됨
- 국내 기준을 바탕으로 하여 해외 신축이음장치는 연평균적으로 20,000여개, 받침은 2,000,000여개씩 신설되거나 교체될 것으로 추정되고 있음

[표 2-15] 국내 시장규모 전망

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
국내 시장 규모 예상(억원)	1,927	2,119	2,331	2,565	2,821	3,103	3,413	3,755	4,130	4,543	
국외 시장 규모 예상(억원)	7,707	8,478	9,326	10,258	11,284	12,412	13,654	15,019	16,521	18,173	국내 4배수준

다. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 미국
  - 노후교량 개선을 위하여 2004년도에 $105억/년 (AASHTO, 2004)이 소요되었고, 노후교량의 보수 및 개선을 위하여 $170억/년 규모의 예산이 지속적으로 요구되는 것으로 조사됨
  - AASHTO 예측으로 현재 모든 미국내 교량의 성능개선과 보수보강을 위해 $1,400억의 예산이 필요함(구조적 성능개선 $480억, 기능적 개선 $920억)
  - 현 수준의 교량 노후도를 유지하기 위해, 50년간 총 $6,500억($130억/년)의 예산이 필요하며, 노후교량을 개선하기 위해서는 50년간 $8,500억($170억/년)의 예산이 필요한 것으로 조사됨

- 일본
  - 일본의 전국 교통혼잡비용은 12조엔으로(9만엔/인) 정체로 인한 손실시간은 연간 약 38억시간으로 1인당 30시간으로 조사됨(일본 국토교통성, 2002)
  - 이러한 교통혼잡비용을 줄이기 위하여, 정부에서는 공기 단축을 독려하고 이에 따른 인센티브 제도를 도입하고 있음
  - 일본은 대부분의 도시고속도로와 철도가 대도시를 관통하는 고가도로 형태로 건설되고

있어 교통체증을 최소화할 수 있는 공법의 개발이 활발하며, 실제 다수의 적용 예가 있음

- 일본의 교량길이 15m 이상의 도로교는 약 15만개가 있으며, 이 중 공용연수가 50년을 넘은 교량은 전체의 약 8% 이며, 10년 후에는 26%, 20년 후에는 약 53%에 달함(일본 국토교통성, 2010)
- 이에 따라 노후교량의 보수 및 교체 시장이 급성장 할 것으로 예상됨

○ 개발도상국

- 개발도상국의 교량 건설 프로젝트는 우리나라 건설회사가 진출하기 쉽고 이미 상당수 진출해 있음
- 세계 재정위기 이후 각 개발도상국가 별 내수경기 부양책으로 인프라 구축 사업이 활발히 진행되고 있음
- 국내 건설사는 베트남 까마우섬 사업에 표준화 교량 1,012개소 사업, 탄손낫-빙러이 간선로로(13.6km) 사업을 착수하는 등 개발도상국 인프라 구축사업에 참여하고 있음

○ 해외시장 규모

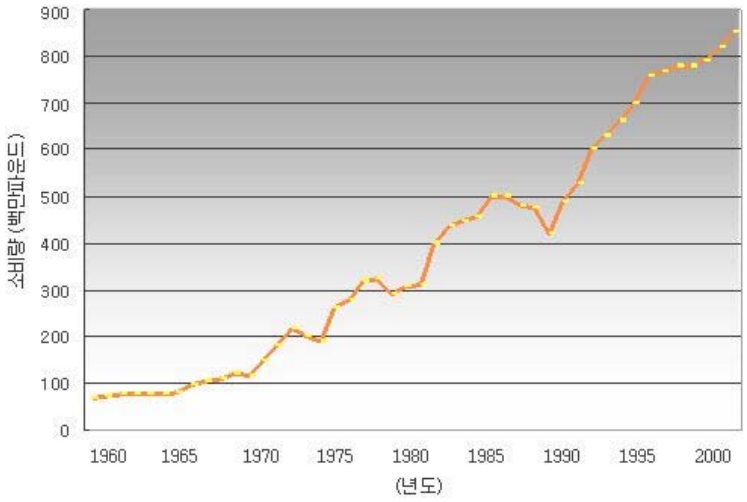
- 2007년 기준 세계건설 시장 총 규모는 4조 5천억 달러(Asia Construct, Euro-construct, and National statistics)이며, 연 평균 5% 성장세가 지속될 것으로 전망되고(Global Insight) 있음
- 해외 건설시장 중 국제입찰로 진행하여 외국 국적 기업에 의해 계약하는 형태인 해외건설시장 규모는 세계 건설시장의 10% 수준으로 추산하고 있음(세계건설시장 동향 및 2008년 해외건설 수주전망, 건설산업동향, 2008)
- 이에 따라 2013년 세계 건설시장 총 규모는 6조 3천억 달러로 추산됨
- 최근 5년간 해외 도로·철도 수주액은 총 해외건설 수주액 대비 5.13%로, 이를 적용하면 전체 해외건설시장 중 도로·철도 시장은 323억 달러임
- 이중 교량공사를 5%로, 일괄급속시공이 필요한 교량을 23%로 가정하면, 해외에서 수주가능한 일괄급속시공 시장규모는 3.7억 달러임(≒3,700억원)

[표 2-16] 해외 일괄급속시공 시장 규모

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
공사비 (억원)	5,206	5,467	5,740	6,027	6,328	6,645	6,977	7,326	7,692	8,077	
연간 증가율(%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

라. 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 고성능 콘크리트, 고성능 강재, FRP 등을 활용한 국외 교량시장은 100~200억 달러에 이를 것으로 추산됨
- 전 세계적으로 교량의 설계수명을 늘려가는 추세이고, 고품질의 교량에 대한 요구가 높아져, 향후 해외의 신소재를 활용한 교량시장의 규모는 비약적으로 증가될 것으로 예상함



[그림 2-8] 건설분야 복합소재 매출성장 추이(미국 CFA발표자료)

- CFRP 텐던 분야는 현재 강선에 비해 재료 단가가 약 3배에 달하지만 생산량 증가와 함께 급격히 재료 단가가 감소하고 있음
- CFRP 텐던의 원재료인 탄소섬유 시장은 2008년 약 35,000톤~50,000톤 규모로 연구 종료 시점에서는 약 두 배 이상 성장할 것으로 예측되며, 건설분야에서의 활용도 크게 증가할 것으로 예측됨(www.zoltek.com, www.netcomposites.com)

- 미국
  - Business Communication Co.Inc사의 새로운 연구에 따르면, 섬유강화프리스틱시장은 연평균 3%대로 성장하여 2007년까지 26억파운드(약 118만톤)이상의 시장으로 성장을 것으로 예상된다고 함

- 캐나다
  - 캐나다는 1990년대 중반부터 ISIS Canada라는 연구컨소시엄을 통해 FRP 등을 교량에 적용하는 연구를 최근까지 수행하고 있음
  - 이 연구컨소시엄을 통해 많은 교량들이 시공되었으며, 향후에 더 많은 교량들이 가설되어 신소재를 활용한 교량시장이 더욱 확대될 것으로 예상됨

o 일본 및 중국

- 일본은 FRP 보강근 및 텐던의 개발 및 이를 활용한 교량개발 분야에서 세계 최고의 연구개발 실적을 보유하고 있음
- 그러나 장기간에 걸친 경기 침체로 인해 신소재를 활용한 교량가설 실적의 크게 증가되지 않고 있음
- 하지만 교량의 장수명화에 대한 요구가 높아 신소재를 활용한 교량 시장이 향후 크게 증가될 것으로 예상하고 있음
- 일본 강화플래스틱협회는 주택착공 및 공공투자의 부진으로 일본 섬유강화수지(FRP) 시장이 축소됨에 따라 중국 협회와 연계를 강화함으로써 일본기업들의 중국시장 진출을 적극 지원하고 있음
- 양국 협회는 2008년 <FRP 협회의 우호교류 추진 각서>를 서로 교환하는 등 FRP 시장 확대를 위해 긴밀한 연계를 도모하고 있음
- 중국의 FRP 시장은 세계최고 수준으로 2010년 1-7월 출하실적이 269억 위안으로 전년 동기대비 33% 증가함
- 특히, 수출이 24억 위안으로 26%, 유리섬유 출하량이 149만톤으로 24% 대폭 확대됐음(출처 : http://cmri.co.kr/news/view/67525)

[표 2-17] 해외 FRP 시장 규모 전망

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
공사비(억원)	64,508	66,443	68,437	70,490	72,604	74,782	77,026	79,337	81,717	84,168	
연간 증가율(%)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

마. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

o 미국

- 미국은 1920년대 인공경량골재로 유조선(셀마)를 건조하는데 사용하면서 인공경량골재를 대량 생산하기 시작하였음
- 이후 고층 건물을 중심으로 경량콘크리트의 사용이 1970년대 전후로 활발히 진행되면서 연간 약 20mills. USD 정도의 인공경량콘크리트를 활용
- 노스웨스턴 대학의 Shah 교수의 "High Performance Concretes and Application"에 따르면 1990년대 중반 36MPa급의 고강도 경량콘크리트를 활용하여 교량 20여 개를 건설하였고 바닥판 공사비는 약 50mills. USD로 추정됨
- 미국의 경우 고층 건축물에 고강도 경량콘크리트의 적용이 현재도 종종 적용되고 있으나 공사비 규모와 수량은 많지 않은 것으로 파악됨

○ 일본

- 일본의 경우 1960년대 후반부터 경량콘크리트를 구조용 건설재료로 활용하기 시작하였음
- 현재 약 20여 개의 고층 건축물에 경량콘크리트를 구조용 부재에 활용하였으며, 적용된 공사비는 약 100억엔 규모로 추정됨 (콘크리트 공학 1991년 학술지)
- 최근 일본은 27MPa 이상의 고강도 경량콘크리트의 유동성을 향상시켜 압송에 의한 공법을 주로 적용하고 있음
- 또한 10~40층 규모의 건물에 철골조인 SRC 구조와 구조용 데크플레이트의 채움 콘크리트로 경량콘크리트를 활용하는 경향이 높음

○ 유럽(EU)

- 유럽의 경우 노르웨이를 중심으로 1990년에 본격적으로 고강도 경량콘크리트가 적용되었음
- 대표적인 경량 콘크리트 구조물로는 노르웨이 Nordhordland bridge로서 사장교 형식의 교량의 바닥판을 55MPa급의 고강도 경량콘크리트를 적용
- 이 교량은 바닥판에 약 10,000㎥의 고강도 경량콘크리트가 적용되었으며, 이 고강도 경량콘크리트는 토목구조물에 적용된 고강도 경량콘크리트 중 현존 최고의 강도를 나타냄
- 최근 해양 플랫폼의 건설에 굵은 골재의 일부를 인공 경량골재로 대체하여 Troll GBS 구조물의 기초에 80MPa급의 고강도 콘크리트를 적용하고 있음
- 이것을 단위용적중량이 약 22~23kN/㎥로서 경량콘크리트로 분류하기는 어려우나 기존 콘크리트보다는 경량화 된 콘크리트를 적용함
- 유럽의 경우 향후 경량콘크리트 활용도는 높을 것으로 예상하고 있으며 시장규모는 연간 약 1,000억 유로 정도를 규모로 성장할 것으로 예상됨

○ 고강도 경량콘크리트 세계 시장규모 예측

- 고강도 경량콘크리트의 세계 시장규모는 기존 건축물 또는 토목구조물의 기존 시장 대체 및 해양 구조물 등 신규 시장을 개척을 예상하면 아래 표와 같이 시장규모를 예측할 수 있음

[표 2-18] 해외 고강도 경량콘크리트 시장 규모 전망

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	비고
공사비 (억원)	3,583	4,300	5,160	6,192	7,430	8,916	10,699	12,839	15,407	18,488	교량 및 해양구조물
연간 증가율(%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	

3절. 기술동향분석

1. 국내외 기술개발 동향

가. 국내 기술동향

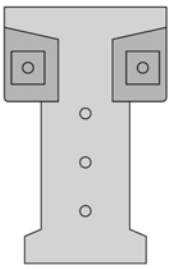
(1) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 최근 국내외의 교량기술개발 트렌드는 물량절감, 저비용 및 장수명 교량 개발임
  - 특히 이산화탄소 배출량 축소가 전세계적인 이슈로 등장한 이후 교량분야에서도 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발 및 설계개념의 변화에 대해 논의가 되고 있음
- 강 및 콘크리트 등의 재료절감으로 이산화탄소 배출량 저감
  - 교량분야에서 이산화탄소 배출량을 직접적으로 감소시키는 기술은 현재로서는 한계가 있어 콘크리트 및 강재 사용량을 절감시키는 방법을 통해 간접적으로 탄소 배출량을 감소시키는 방법을 취하고 있음
  - 교량 건설의 대표적인 재료인 콘크리트(시멘트) 및 강재는 재료 생산시 막대한 이산화탄소를 배출하기 때문에 시멘트 및 강재 사용량을 줄이면 줄이는 양만큼 이산화탄소를 배출을 억제하는 효과가 있음
- 국내의 콘크리트 교량 중, PSC I형교와 관련된 기술들이 많이 개발되고 있음
  - PSC I형교에 대한 기술개발 내용들은 다단계 긴장방법의 도입, 초기 긴장력 도입시 압축측 콘크리트에 발생하는 균열을 제어하기 위해 강형 또는 강봉의 배치, 유지관리시 추가 긴장력을 도입할 수 있는 방안, 교량바닥판 교체시 PSC I형에 발생될 수 있는 균열의 제어, 분절형 거더 도입을 통한 장지간 PSC I형 가설 등과 같은 분야에 대해 기술개발이 이루어지고 있음
  - 경량화를 통한 장지간 교량을 개발하기 위해 아주대학교 한만엽 교수는 개구부를 갖는 PSC I형을 개발하고 실용화를 위해 노력하고 있음.
- 슬림화 및 장수명화와 관련된 기술적 이슈
  - 고강도 철근 및 고강도 콘크리트를 활용한 슬림/장수명화된 교량 개발과 관련된 기술적 이슈들은 다양하지만 크게 구분하면 재료거동, 부재거동, 내구특성, 기준관련 등으로 구분할 수 있음

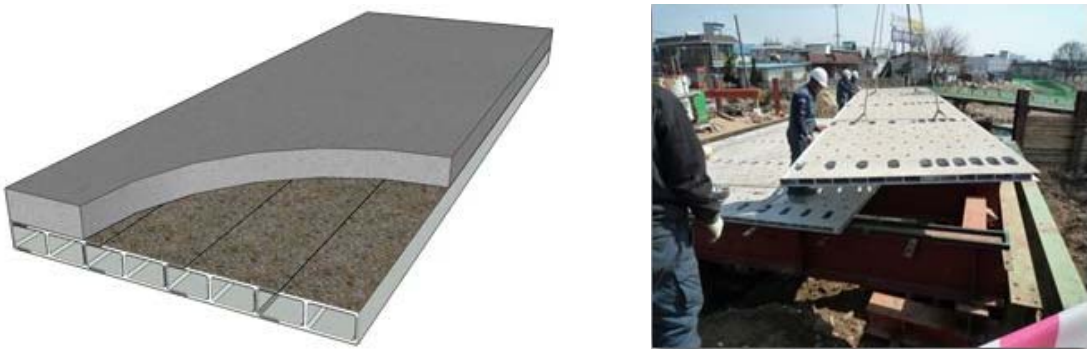
○ 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	콘크리트 교량 슬림/장수명화			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	대우건설	산업부산물 활용 친환경 콘크리트	플라이애쉬, 고로슬래그를 활용한 콘크리트 제조 및 활용 기술	시멘트 사용량 저감에 따른 이산화탄소 배출량 저감
	코오롱건설	나일론섬유보강 콘크리트	나일론 단섬유를 콘크리트에 혼입하여 내구성 및 인성 증대	구조물 수명연장 및 균열저항성 증진
	포스코건설	고로슬래그 다량 혼입 콘크리트	고로슬래그를 다량 혼입한 콘크리트 제조 및 적용 기술	산업부산물 활용
	인터컨스텍	다단계 긴장법에 의한 PSC I형교	다단계 긴장을 통해 PSC I형교를 최적화시켜 형고 및 공사비 절감	물량 절감 및 저비용 교량 건설에 기여
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설기술연구원 한국건설기술연구원	장수명 교량 바닥판 기술	고내구성 재료인 FRP를 활용한 교량 바닥판을 개발하여 바닥판을 경량화 및 장수명화	교량 바닥판 수명 증대
		고성능 콘크리트 제조 및 활용 기술	초고성능(UHPC) 콘크리트 제조 방법 개발 및 이를 이용한 교량 부재 개발	200MPa UHPC 제조기술 및 UHPC 보도 사장교 실용화
		FRP 보강근 및 텐던	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발 및 적용 기술	GFRP 보강근이 적용된 교량바닥판 시공
	한양 대학교	NT 활용 경량 콘크리트	나노 폴리머 등을 이용한 고강도 콘크리트 및 폐기물을 활용한 경량 콘크리트 개발	인공 경량 골재 및 나노 폴리머 콘크리트





[그림 2-9] IPC 거더 (인터컨스텍)



(a) 단면 형상 개념도 (b) 시공 전공 (FRP 패널 거치)

[그림 2-10] FRP-콘크리트 합성 바닥판 (한국건설기술연구원)

(2) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

- 국내에서는 1990년대 후반부터 한국도로공사 주도로 일체식 교량에 대한 연구 개발을 수행하여 많은 적용 실적을 가지고 있음
  - 대전-통영간 고속도로(평촌1교), 동홍천 IC 육교 등 다수 시공 실적이 있음
  - 한국도로공사에서는 2009년 일체식 교량 설계지침을 제정하여 일체식 교량 적용의 활성화를 도모하고 있음
  - 국내에서는 낮은 교대를 적용한 일체식 교량을 제외하고 체계적인 연구가 수행되지 못하여 신축이음과 받침을 최소화하는 기술이 상대적으로 덜 발달하였음
- 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	신속 교체기술			
국내 업체 보유기술	**업체**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	내경엔지니어링	다경간 일체식 RC 슬래브 교량	중소지간 슬래브 교량	받침 제거
	지승건설	일체식 교량	프리플렉스빔 적용	받침 및 신축이음 제거
	리노이엔지	신축이음장치	교체가능	부분교체 가능
국내 기관 연구개발	**기관**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	한국도로공사	일체식 교량 및 설계지침 개발(완료)	짧은 교대 적용	

(3) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

○ 교량 상부구조 일괄급속시공을 위한 장비는 아직 국내에서 개발되지 않고 대부분 외국에서 도입함

- 중공업 업체 등에서 중량물 이동을 위한 SPMT(Self Propelled Modular Transporter)를 사용하고 있음
- 교량 상부구조 일괄급속시공은 인천대교, 호남고속전철 등에 적용한 사례가 있으나 육상부 운반과 거치에 사용된 대부분의 장비를 외국에서 도입하였음
- 또한 장비 운용도 외국 기술진에 의해 이루어져 국내 기술로 시공되었다고 보기 어려운 실정임
- 국내에서는 교량 상부구조 일괄급속시공을 위한 전용 장비는 아직 개발되지 않고 있으나 중공업 등에서 사용하고 있는 SPMT를 응용하면 단기간에 전용 장비 개발이 가능할 것으로 판단됨

○ 상부구조 일괄급속시공용 구조물 제작 속도를 빠르게 하고 품질을 향상시킬 수 있는 각 부재 단위 제작 공법은 교량 거더, 바닥판 등의 프리캐스트 공법이 있음

- 이 프리캐스트 거더 공법은 다양한 형태로 연구가 진행되어 많은 시공실적을 보유하고 있으나, 프리캐스트 바닥판은 비교적 적용 사례가 적은 편임
- 육상부 교량 중에서 비교적 작은 규모의 교량에 대하여 상부구조를 교량 옆 가설장에서 제작한 후 유압잭을 이용하여 수평이동 시켜 일괄교체한 사례도 있음



[그림 2-11] 대형 운반 장비



[그림 2-12] 호남고속전철 교량 상부구조 일괄시공 전경



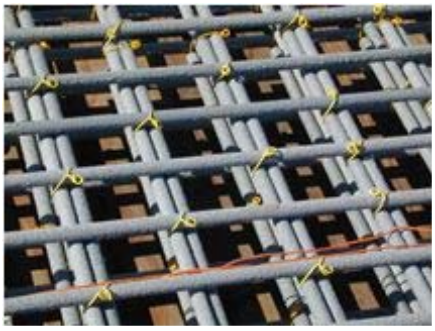
[그림 2-13] 인천대교 상부구조 일괄시공 전경

○ 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	상부구조 일괄급속시공(교체) 기술			
국내 업체 보유기술	**업체**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	주택공사	고층건물 해체기술	환경위해요인 최소화	친환경 해체
	인영건설	건식 절단공법	분진과 슬러지를 발생시키지 않는 친환경 해체기술	친환경 해체
	삼성중공업	운반장비 제작기술	초대형 운반장비 기술	일괄교체
	현대중공업	운반장비 제작기술	초대형 운반장비 기술	일괄교체
	코레일	곡선철도교 교체	곡선철도교 교체공법	공기단축
	대우건설	프리캐스트 바닥판	조립식 바닥판	공기단축
	인터컨스텍	IPC, SegBeam	프리캐스트 세그먼트 공법	공기단축
	휴먼브릿지	T형 PSC 거더	바닥판-거더 일체형	공기단축
	혜동브릿지	SB아치 교량	강거더에 아치콘크리트 보강 충전	장지간, 공기단축
국내 기관 연구개발	**기관**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	한국건설기술 연구원	교량부재 프리캐스트화 공법 개발(완료)	프리캐스트 바닥판 FRP(합성) 바닥판 프리캐스트 거더	논문 30여건 특허 30여건 기술이전 4건

(4) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 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, 국책연구기관 등이 주체가 되어 복합재료를 이용한 교량바닥시스템, 해상파일 개발연구가 진행되었으며, 일부에서는 시공까지 진행되었음



[그림 2-14] GFRP 교량 바닥판 시공



[그림 2-15] CFRP 보강

- 한국건설기술연구원에서 수행한 FRP 보강재 관련 연구는 세계적 수준 이상임
  - 2000년부터 FRP 보강재관련 연구를 시작하여 2011년까지 진행하였음.
  - 특히, GFRP 보강근, CFRP 텐던 및 케이블의 성능 및 정착기술은 세계적 수준 이상을 확보함.
  - FRP 텐던과 함께 FRP 텐던 정착 기술 분야에서 모노 스트랜드 수준의 정착 장치는 세계적 수준에 근접해 있으며, 장기 내구성능 측면에서도 세계적 수준의 정착 장치 기술을 보유하고 있음



[그림 2-16] CFRP 텐던 및 정착장치

- FRP 보강재 관련 기술은 이미 세계적 수준이지만, 섬유 원사생산과 같은 핵심기술에 대한 기술 자립이 필요함

○ FRP 보강재는 대부분 수입되며, 수입 및 제조 단가가 높아 현장적용 및 연구단계에서 어려움이 있으나 이 분야에 대한 관심이 커지고 있는 상태임

- 초장대교량 건설, 자기부상열차 건설 등에 대한 관심이 고조되고 있는데 이들 구조물에는 경량이면서 비자성인 FRP 보강재가 필요하므로 국내 기술경쟁력의 확보 등을 위해 FRP 보강재에 대한 기술개발이 요구되고 있음
- 국내의 FRP 보강재관련 기술은 건설 분야에 응용하기 위한 연구 및 기술개발 실적이 극히 저조하므로 장래에 세계 건설시장 진입은 물론이고, 콘크리트 구조물의 수명연장, 고품질화 달성을 위해 이 분야에 대한 기술개발이 절실히 요구됨

○ 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	FRP 보강근 및 텐던 활용한 콘크리트 교량 실용화 기술			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	한국건설기술연구원	FRP 보강근 및 텐던 제조기술	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발기술	부착성능이 향상된 내부식성, 내피로성 FRP 보강재 생산
	동원건설	FRP 인발성형 제품 제조기술	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발기술	내부식성, 내피로성 FRP 선재 생산
	신성소재	FRP 보강재 제조기술	고성능 고효율 CFRP 케이블의 개발기술	내부식성, 내피로성 FRP 선재 생산
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설기술연구원	FRP 보강근 및 텐던	고성능 고효율 GFRP 보강근 및 CFRP 텐던의 개발 및 적용 기술	GFRP 보강근이 적용된 교량바닥판 시공

(5) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

(가) 경량골재 및 경량콘크리트

○ 구조용 경량골재는 팽창성 혈암과 점토를 가열한 경량골재가 주류를 이루고 있으며 이 골재는 주로 벽돌, 방음판 등 비구조재의 2차제품에 일부 활용하는 수준임

- 팽창성 혈암과 점토로 제조된 경량골재는 강도가 낮고 흡수성이 높아 콘크리트의 제조시 역학적 물성이 부족함
- 따라서 이 골재를 이용하여 콘크리트를 제조할 경우 콘크리트의 강도를 비롯한 역학적 물성이 낮아 구조용 콘크리트 활용기술의 연구개발이 활성화 되지 못하고 있는 실정

- 2010년 한국남동발전(주)에서는 석탄재를 활용하여 인공경량골재를 생산하는 설비를 착공하여 2012년 준공 예정이며, 여기서는 연간 14만톤 매립되는 석탄재를 인공경량골재로 생산하는 설비를 설치, 운영할 예정임
- 한중 합자회사인 한아기초소재(주)에서는 인공경량골재를 개발하여 DOLS란 상품명으로 상용화하였으나 현 단계에는 주로 건축물 비구조체 또는 경량 흡음 2차제품에 활용 중

○ 지금까지 산업부산물은 주로 콘크리트 결합재로 활용하는 기술이 개발되어 있음

- 주로 상대적으로 품질은 좋은 플라이애시, 고로슬래그 등이 주로 활용됨
- 바텀애시 및 제련슬래그 등, 저품질 산업부산물은 주로 폐기 처리함으로써 환경 부하를 가중시킴
- 선일공업(주)에서는 2010년 바텀애시와 폐유리를 혼합하여 소성온도를 800℃ 범위에서 골재의 생산이 가능한 기술를 개발하여 저에너지 저탄소 기술을 확보하였으며 상용화 기술을 개발 중임

○ 건기연에서는 2003년 콘크리트의 구성재료를 수㎛ 단위의 재료를 활용하여 압축강도기준 200MPa 급 초고강도 콘크리트를 개발함

- 초기 단계의 단위 프리캐스트 부재를 개발하여 2010년 실용화 단계이며 초고강도 및 초고성능 콘크리트 원천기술을 확보하고 있음.



[그림 2-17] 석탄재 경량골재



[그림 2-18] 경량골재 콘크리트

○ 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	경량골재 및 경량콘트리트 기술			
국내 업체 보유 기술	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국남동발전(주)	석탄재 활용 인공경량골재 생산 기술	석탄재+준설토 혼합 경량골재 생산 기술 영흥화력발전소에 14만톤 생산 설비 건설중	시험생산 및 품질향상 기술 개발 중
	선일공업(주)	저 소성온도 경량골재 제조 기술	석탄재+폐유리 혼입 소성온도 800℃ 저탄고 인공경량골재 제조 기술	원천기술 확보, 상용화 기술 개발 중
	한아기초소재(주)	혈암 및 점토 혼합의 인공경량골재 기술	DOLS 상용 제품화 비구조체 경량 흡음제품 출시, 구조재료용 콘크리트 경량골재 생산 판매	비구조체 상용화, 구조용 골재 강도 향상 기술 개발 중
국내 기관	한국건설	고유동 고강도	슬럼프 플로 600mm 이상의 고강도	원천 배합 및

연구개발	기술연구원	경량콘크리트 제조 기술	경량콘크리트 제조 기술 고인장용 섬유혼입 경량콘크리트 제조 기술	제조기술 보유
	한양대학교	구조용 고강도 경량콘크리트	고강도 경량콘크리트 배합 기술 고유동 초고강도 콘크리트 제조 기술	고층 주택건물 바닥 슬래브 경량콘크리트 적용
	건국대학교	인공경량골재 활용 기술	혈암+점토 인공경량골재 활용 흡음구조체 개발 인공경량골재 콘크리트 활용 비구조체 제품 개발	건축물의 비구조체 적용

(나) 강-콘크리트 합성 바닥판

- 국내의 강-콘크리트 합성 바닥판에 관한 연구는 건설선진국에 비해 늦은 1990년대 후반부터 시작됨
  - 1997년 경남대학교에서 하부강판과 콘크리트로 구성된 로빈슨형 합성 바닥판에 스터드의 배치간격과 위치가 바닥판의 성능에 미치는 영향에 대한 해석 및 실험 연구를 진행하여 합성 바닥판의 전단연결재 설계를 위한 기초연구를 수행
  - 그 후 1999년 ㈜현대건설과 중앙대학교에서 I형강 매입형 콘크리트 바닥판에 대해서 실험연구를 수행하였음
  - I형강에 천공하는 구멍의 형상이나 용접 방법 등이 I형강과 콘크리트의 합성 작용에 미치는 영향과 구조적 거동 및 성능에 미치는 영향에 대한 연구를 수행
  - 2000년에는 한국철도공사와 한국철도기술연구원에서 경전철용 교량에 I형강 격자 바닥판의 적용을 위한 최적 바닥판 형상과 적용성에 대한 연구를 수행
  - 2002년에는 장수명 합리화 바닥판 개발/강-콘크리트 합성 바닥판에 대한 연구가 한국건설기술연구원을 중심으로 2006년까지 5년 동안 수행
  - 주요 연구내용은 전단연결재인 Head stud와 Perfobond, 강-콘크리트 합성 바닥판의 피로거동 및 피로설계, 경제성 분석과 캔틸레버부 바닥판의 시공성 고도화 방안에 대한 연구를 수행
  - 국내의 경우 형강매입형(39.1%), 데크플레이트형(21.8%), 기타(17.4%), 전단연결재(17.4%), 로빈슨형(4.3%)순으로 강-콘크리트 합성 바닥판에 관한 연구를 수행
  - 2009년 고려대학교는 고성능 강재 적용 강-콘크리트 합성 바닥판 개발을 위한 기초연구를 수행하였으며, 관련 특허 실적을 보유하고 있음
- 현재 우리나라에서는 강-콘크리트 합성 바닥판에 대한 설계 및 시공 기준이 아직 제정되지 않았으며, 기존의 수행된 연구들도 아직 초보적인 수준인 것으로 판단됨
- 특히, 본 연구에서 목표로 하고 있는 고성능 콘크리트 및 고성능 경량콘크리트를 적용한 강-콘크리트 합성 교량 바닥판에 대한 연구 실적은 매우 미흡함
- 국내 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	신속 교체기술			
	기관	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
국내 기관 연구개발	고려대학교	고성능 강재 적용 강-콘크리트 합성 바닥판 개발	고성능 강재 수요창출을 위한 강-콘크리트 합성 바닥판 구조기술 개발	
	경남대학교	로빈슨형 합성 바닥판의 전단연결재 개발(완료)	전단연결재인 스터드의 배치간격과 위치에 따른 성능 분석	
	중앙대학교	I형강 매입형 콘크리트 바닥판(완료)	I형강과 콘크리트의 합성 거동 평가 기술	
	한국철도기술연구원	경량전철용 I형강 격자바닥판 기술(완료)	최적 바닥판 형상 및 적용성 평가	
	한국건설기술연구원	강-콘크리트 합성 바닥판 개발(완료)	강-콘크리트 합성 바닥판 피로거동 및 피로설계 기법 개발 및 경제성 분석 전단연결재의 피로성능 평가 기술 캔틸레버부 바닥판의 시공성 고도화 방안 제시 하부 절곡강판과 T형강을 사용한 합성 바닥판 개발	

나. 국외 기술동향

(1) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 미국, 유럽, 일본, 캐나다 등의 교량들은 가설연도가 비교적 오래되어 많은 교량들이 노후화되어 있고 개축되어야 할 교량들이 우리나라에 비해 상대적으로 많음
- 따라서 기존 노후 교량의 성능 평가에 관한 기술, 첨단 재료 등을 이용한 교량의 보강 기술, 교통 통제를 최소화시키는 보강 기술 등에 대한 기술개발에 많은 관심을 갖고 있음
- 콘크리트 교량 슬림/장수명화
  - 고성능 콘크리트(HPC)는 1980년대 중후반부터 미국을 중심으로 개발된 것으로 고강도, 시공 편의성, 조기 강도 발현, 내구성, 수화열, 고인성, 장수명 등 다양한 목적들을 만족시키는 콘크리트임
  - 고성능 콘크리트에 관한 최초의 국제 컨퍼런스가 1987년 노르웨이에서 개최되었음
  - 개발 초기에는 북유럽을 중심으로 장지간 교량, 고층 빌딩용으로 개발되다가 1990년대 들어와 전 세계 다양한 국가들에서 연구개발이 진행되었으며, 이후 미국에서 연구를 주도함



[그림 2-19] Raftsundet Bridge (HPC 적용 주경간장 298m, 노르웨이, 1998년 완공)



[그림 2-20] Jackway Park Bridge (UHPC 적용, 미국 아이오와주, 2009년 완공)

○ 교량 하부구조 슬림/장수명화

- 미국을 중심으로 HPC를 이용한 급속 시공이 가능한 교량하부 구조 기술 개발이 활발히 연구되고 있음
- 유지관리 최소화를 위해 신축이음장치 및 받침이 없는 일체식 교량에 대한 기술개발이 미국, 일본 등을 중심으로 상당히 진전되었으며 실용화된 사례가 많음

기술명	기술수준			
	최고기술보유국	기술수준(%)		기술격차(개월)
		국외	국내	
콘크리트 교량 슬림/장수명화	프랑스, 미국	80	40	36
교량 하부구조 슬림/장수명화	미국	60	20	60

(2) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

- 단열 말뚝기초와 낮은 교대를 적용하여 신축이음과 받침을 두지 않고 상하부구조를 일체화한 Integral Bridge는 미국, 캐나다, 유럽 등에서 보편적으로 시공되고 있음
- 교량 받침을 배제한 콘크리트 힌지 연결은 1880년대부터 아치교 등에서 사용되어 왔으며 프랑스 Freyssinet Hinge가 최초로 1953년에 독일 프리스트레스트 교량에 적용되면서 유럽, 미국 등에서는 보편화된 기술임
- ECC(Engineered Cementitious Composite) Link slab를 이용하여 신축이음을 제거한 Jointless Bridge 기술이 1998년 P.A. Zia 등에 의해 정립된 이후 미국과 일본에서 활발히 적용되고 있음

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
일체식 교량기술	미국	60	60
부속장치 급속 교체기술	일본	60	60

(3) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 건설 선진국에서는 우리보다 일찍 건설 환경 변화가 일어나, 그에 대처하기 위한 다양한 형태의 일괄급속시공을 위한 장비 및 공법의 개발 및 적용이 이루어지고 있음
- 또한 교량 전체 또는 교량 상부공을 일괄가설하여 공사기간을 획기적으로 단축시키고 있음
- 공사기간의 단축을 통하여 교통정체가 심한 지역의 교량 교체를 1일 이내에 완성하여 교량 교체에 의한 교통정체를 최소화하고 있음
- 미국 유럽 등 건설 선진국에서 사용하는 일괄시공 공법은, Driving, Lifting, Pushing or Pulling, Skidding or Sliding, Pivoting 등 5가지 방법 중 하나 이상을 사용하여 실시하고 있음
  - Driving 방법의 장점은 교량을 최종 위치와 무관한 장소에서 제작할 수 있는 것임
  - 이 방법은 SPMT(Self-Propelled Modular Transporters)를 이용하여 교량을 제작 장소에서 최종 위치로 이동시킴
  - 또한 부재 및 지반의 높이 차이는 특수 지지 장치를 이용하면 쉽게 조정할 수 있고, 이동시간은 상대적으로 짧게 할 수 있음
  - Lifting 방법은 유압잭이나 크레인을 사용하여 수직으로 교량을 이동시키는 방법임
  - 이 방법은 대부분 장소와는 무관하며 높이 차이는 쉽게 조절되지만 상부의 와이어로프와 크레인의 Outrigger를 고려하여야 하고, 상대적으로 신속하지만 크레인의 용량이 제한요인이 될 수 있음

- 유압잭을 사용하여 교량을 제작 위치로부터 최종 위치까지 밀거나 당기는 것은 평평하고 잘 다져진 지반을 필요로 하고, 직선의 이동으로 제한되며, 밀거나 당기는 작업 중에 발생하는 어떠한 높이 차이도 보정할 수 없음
- 따라서 이 방법은 SPMT를 사용하여 이동하였을 때와 비교하면 많은 시간을 소요함
- 특별히 준비된 선로를 따라 진행되는 Skidding은 잘 다져진 지반과 직선의 이동만으로 제한되며, 작은 높이 차이는 교량의 형태를 변경함으로써 극복할 수 있으나, 이 방법도 SPMT로 이동시킬 때와 비교해 보았을 때 많은 시간이 소요됨
- Pivoting은 고속도로, 철도 혹은 강을 따라 나란히 건설되는 교량에서 사용되는 공법으로, 수직 축을 중심으로 교량을 최종 위치로 회전시키는 공법임

o 일괄시공을 위한 장비는 네덜란드의 Mommoet 사가 최고 기술을 보유하고 있으며, 상부구조 일괄시공은 미국과 유럽에서 많은 시공경험을 보유하고 있는 것으로 조사되었음





[그림 2-21] SPMT를 이용한 교량구조물 이동 전경



[그림 2-22] 크레인에 의한 거치 전경



[그림 2-23] Skidding에 의한 교량 시공 전경

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
일괄시공 장비기술	네덜란드	40	60
일괄시공 공법	미국	40	60

세부기술명	상부구조 일괄 급속시공(교체) 기술			
국외 업체 보유기술	**업체(국가)**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	Mammoet (네덜란드)	운반장비	교량 상부구조 운반	일괄급속시공
	SCHEUERLE (독일)	운반장비	교량 상부구조 운반	일괄급속시공
	O&G Industries (미국)	급속시공 공법	상부구조 일괄시공 기술	일괄급속시공
	Tidewater(미국)	급속시공 공법	상부구조 일괄시공 기술	일괄급속시공
	Jean Muller (미국)	급속시공 공법	상부구조 일괄시공 기술	일괄급속시공
	Sarens (미국)	급속시공 공법	상부구조 일괄시공 기술	일괄급속시공
국외 기관 연구개발	**기관(국가)**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	FHWA(미국)	교량 급속시공	상부구조 일괄시공 기술	일괄급속시공
	PWRI(일본)	교차로 고가도로	고가도로 급속시공	급속시공 공법

(4) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- FRP 복합재료를 건설분야에 활용하기 위해 노력하고 있는 국가들은 미국, 일본, 영국, 프랑스, 캐나다 등임
- 주요 연구개발 분야는 교량 FRP 주부재, FRP 보강근, FRP 텐던, FRP 격자 등임



[그림 2-24] 다양한 FRP 제품(출처:ISIS)

- FRP 텐던은 대부분 일본에서 생산되고 있는 상황임
  - 일본에서는 이미 1980년대 후반에 PS 강재 긴장재를 FRP로 대체하기 위한 연구를 시작하였음
  - 1988년 일본 건설성은 건설분야에서 신재료를 활용하기 위한 5년 기간의 국가연구프로젝트(National Research Project)를 추진하여 프리스트레스트 콘크리트교에 FRP 긴장재를

활용하는 기술이 개발되었음

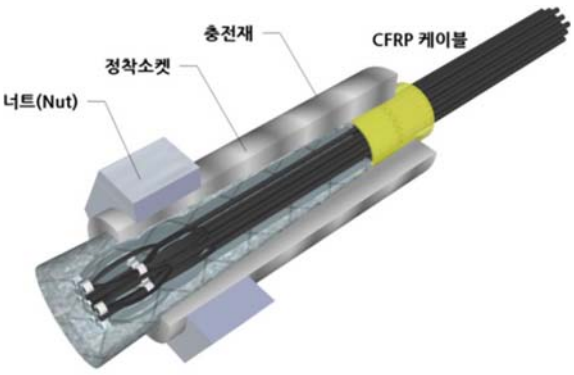
- 이 기술이 일부 교량들에 적용되었지만 경제 불황으로 큰 진전이 없었음
- 2004년부터는 일본 토목학회를 중심으로 FRP를 교량분야에 활용하기 위해 활발히 노력하고 있으며, 이중 상당 부분이 FRP 긴장재를 적용하는 분야임

o 미국에서는 1995년 8월 착수된 10년 기간의 사업인 CONMAT (Construction Materials and System Program)를 통해 FRP가 건설분야에 많이 활용되었음

- 이후 FHWA의 다양한 예산지원으로 많은 교량에 FRP가 적용되었음
- 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
- 또한, 2006년에 "State of the Art Report on Fiber Reinforced Platic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures"라는 FRP 보강재에 대한 최신 기술동향서를 발간하였음
- FRP 텐던과 관련된 것으로는 2004년에 발간된 "Prestressing Concrete Structures with FRP Tendons"라는 설계 매뉴얼이 있음



[그림 2-25] GFRP 배근(Cruz Creek교)



[그림 2-26] FRP 케이블 시스템 개요

o 캐나다는 복합소재를 활용한 노후교량의 성능향상을 위한 다양한 연구가 현재까지도 진행되고 있으며, 많은 연구성과를 축적한 것으로 알려져 있음

- 1995년부터 정부, 업계, 학계로 구성된 ISIS Canada (Canadian Network of Centres of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures)를 중심으로 수행
- 콘크리트 구조물에 적용하는 FRP 보강근 및 긴장재를 개발하기 위해 산·학·연 간의 긴밀한 협력체계를 구축하여 연구성과를 현장에 적용하는 등 이 분야에서 가장 앞서가는 연구를 수행하고 있음

기술명	기술수준			
	최고기술보유국	기술수준(%)		기술격차(개월)
		국외	국내	
FRP 보강근 제작 기술	미국, 캐나다	80	60	36
CFRP 텐던 제작 기술	일본	80	60	36
FRP 보강재 활용 기술	미국, 캐나다, 일본	80	40	48

(5) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

(가) 경량골재 및 경량콘크리트

- 인공경량골재의 개발은 1920년대 미국에서 화산재의 잠재 반응성을 활용하여 혼합물을 제조, 이를 소성하여 골재 내 공극이 분포된 인공경량골재를 제조하여 유조선의 구조체로 활용한 것이 효시가 됨
  - 1968년 미국 Chicago에 소재한 Lake Point Tower가 연약지반에 71층 건물로 건축되면서 콘크리트의 자중을 감소시키기 위하여 경량콘크리트(단위중량 : 1,730kgf/㎥, 압축강도 : 20~22MPa)를 활용하면서 구조용 경량콘크리트가 활성화됨
  - 1990년대 들어서면서 구조물 건설 시 구조부재의 프리캐스트화, 장경간화 및 고강도화되면서 콘크리트 부재의 경량화의 필요성이 대두되면서 기술개발이 급속히 진행됨
- 일본의 경우도 경량콘크리트 분야의 기술 발전은 유사하며 지금까지 주로 건축물의 자중을 경감하기 위한 슬래브 구조부재에 적용하는 것이 주류를 이룸
  - 일본의 경우 단위용적중량은 18.5~19.0kN/㎥, 압축강도 24~27MPa 정도의 경량콘크리트가 주류 건축물의 슬래브 구조부재에 적용되는 것이 주류를 이룸
- 1993년 노르웨이 Nordhordland Bridge에서 368m의 사장교 구간을 압축강도 55MPa급의 고강도 경량콘크리틀 활용하여 바닥판 및 보강형 일체형의 구조부재를 제작 교량을 건설하였음
  - 이 교량의 경우 실 구조물에서 적용된 경량콘크리트 중에서 강도가 가장 높은 것으로 기록되고 있으며 건축물의 단순 슬래브 구조 요서를 넘어선 고강도 구조부재라는 것에 의미가 높음
- 경량콘크리트 기술 발전의 또 다른 한 축은 시공기술의 성능향상을 위하여 인공경량콘크리트의 압송 가능한 배합과 제조 기술의 개발임
  - 인공경량골재 콘크리트에 압송을 가하면 인공경량골재의 흡수율이 높아져 콘크리트의 유동성이 감소되는 현상이 나타날 수 있음
  - 최근에 이러한 흡수율 증가 현상을 해결하는 연구개발이 진행되고 있음
- 최근 해양구조물의 대형화에 따라 해양 플랫폼을 비롯한 구조체의 경량화가 효율적 시공의 관건이 되고 있음
- 노르웨이를 비롯한 유럽에서는 구조체의 단면을 경감하기 위하여 80MPa급의 초고강도 경량콘크리트의 개발이 진행 중임



[그림 2-27] Nordhordland br. (고강도 경량콘크리트 55MPa 활용, Norway)



[그림 2-28] Oil Platform (고강도 경량콘크리트, Noeway)

(나) 강-콘크리트 합성 바닥판

- 국외의 경우에는 강-콘크리트 합성 바닥판의 개발은 현수교 및 사장교와 같은 장경간 교량의 사용을 위한 교량용 바닥판으로 시작되었음
  - 특히 이러한 장경간 교량에서는 고정하중이 교량의 경제성에 큰 영향을 미치므로 바닥판의 중량을 감소시키는 것이 가장 중요함
  - 따라서 미국에서 최초로 I형강과 직각방향으로 철근을 조합한 강 패널을 콘크리트에 매입하는 I형강 격자 바닥판이 개발되었음
- 최근에는 소수주형교의 가설이 활성화되면서 바닥판의 경량화가 필수적이며 좀 더 높은 하중저항성능과 피로내구성을 갖는 합성 바닥판에 관한 연구가 진행 중이며, 주로 미국과 유럽, 일본에서 합성 바닥판이 개발되었음
- 국가별 합성 바닥판의 개발 및 적용실적은 다음과 같음
  - 1939년 가설된 미국의 Bronx-Whiteston교에 114mm 높이의 I형강을 사용한 합성 바닥판이 최초로 적용되었음
  - 그 이후에는 Mackinac-Strai교 (1957년)와 Verrazano-Narrow교 (1964년) 등에 유사한 합성 바닥판이 가설된 실적이 있음
  - 유럽에서는 10mm 두께의 강판에다가 스터드를 설치하고 종방형으로 철근을 배치한 후 콘크리트를 합성시킨 합성 바닥판이 처음으로 프랑스의 Tancarville교 (1959년)에 적용되었음
  - 또한 프랑스 및 오스트리아, 스웨덴 등에서는 로빈슨형을 변형한 파형을 갖는 데크 플레이트형 합성 바닥판과 상부와 하부의 이중 강판 사이에 콘크리트를 충전하는 샌드위치형 합성 바닥판 등이 개발되어 적용되고 있으며, 설계법에 대한 연구도 상당한 진척을 이루고 있음
  - 일본에서는 1965년부터 건설성을 중심으로 I형강 격자 바닥판의 개발이 시작됨
  - 1973년 완공된 관문(關門)교와 1977년 완공된 평호(平戶)대교에 처음으로 적용되었으

며, 현재까지 신설 교량과 노후된 바닥판의 교체 등에 적용된 실적이 있음

- 합성 바닥판으로는 I형강 격자 바닥판이 가장 많은 적용 실적을 가지고 있으며, I형강 격자 바닥판 이외에도 로빈슨형 바닥판이 수도고속도로공단에서 1980년 완공한 수도고속도로 9호선 등에 적용되었음
- 또한 최근 주형 구조의 소수주형화에 따른 바닥판 지간의 장대화와 현장시공의 간소화에 따라 I형강 격자 바닥판과 로빈슨형 바닥판을 기반으로 하는 다양한 형식의 새로운 합성 바닥판이 개발 및 현장 적용되고 있음
- 대표적인 형식인 샌드위치형 합성 바닥판은 1971년 일본 토목학회 관서지부 학술강연회와 IABSE 등에서 처음 소개되었으며 북해도를 횡단하는 타키시카교 등의 실제 교량에 적용되었음
- 최근 미국의 Exordermic Inc.에서는 역 T형강을 콘크리트에 매립한 형태의 강-콘크리트 합성 바닥판인 Exordermic Deck을 개발하였음
- 이는 기존의 일반콘크리트 바닥판에 비해 자중이 30~50% 가볍고, 프리캐스트로 제작되어 급속시공이 가능하다는 장점을 지니고 있음
- 또한 최근 콘크리트 분야의 복합재료 기술에 대한 연구개발이 진행되면서 고강도 경량콘크리트와 복합섬유의 결합에 따라 강-콘크리트의 다차원 합성구조의 개발에 대한 연구가 태동되고 있음

2. 특허분석

가. 분석 개요

- 본 친환경 교량 특허동향조사는 국가연구개발 기획단계에서 특허정보를 분석하여 우리나라 친환경 교량 기술 추이 및 수준을 객관적으로 파악하고자 함
- 급속시공기술, 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 및 중분류별로 특허를 추출 및 분석하여 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 분석함

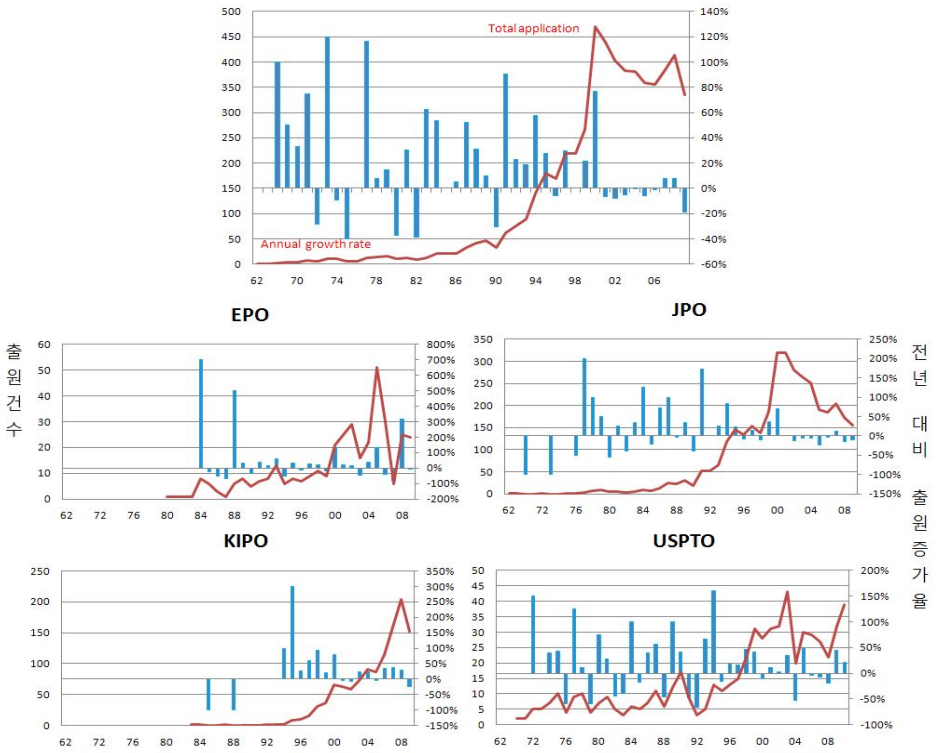
나. 분석 목적 및 절차

- 특허동향조사는 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함
- 이를 통해 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임
- 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

다. 국가별 동향

(1) 일반 동향

- 일본특허출원은 90년대 초반부터 00년대까지 점차적으로 증가하는 추세를 보이다가, 00년 이후 급격하게 감소하는 추세를 보이고 있음.
- 한편, 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음(.제거)
- 이러한 경향은 2006년에 급격하게 증가하고 있는 우리나라의 특허출원 추세[1]에 기인한 것으로 판단됨



[그림 2-29] 전세계 및 각국의 연도별 출원동향

(2) 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

- 지능형 친환경 교량기술에 있어서, 유럽을 제외한 미국, 한국, 일본에서는 내국인 출원인 비중이 외국인 보다 강세인 것으로 나타남
  - 따라서 자국에서의 정책적 지원 및 내국인의 출원환경 또는 내국인의 출원 분위기가 잘

1) 한국의 경우, 건설분야는 IMF의 영향에서 벗어나면서 99년부터 빠른 회복세를 보이고 있으며, 99년 7월부터 시행된 실용신안선등록 제도의 영향으로 출원이 급격히 증가하고 있음

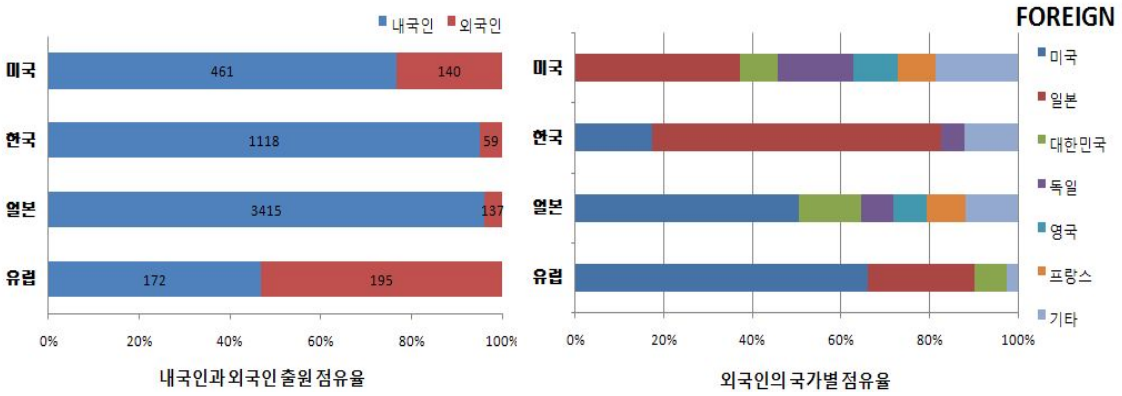
**건설교통부 : 건설교통 R&D 혁신로드맵(2006~2015)에 따라 건설 분야 R&D사업에 2015년까지 총 2조 9000억원을 지속적으로 확대 투자할 계획임

조성되어 있다고 판단됨

- 특히, 일본은 미국, 한국에서 출원비중이 매우 높은 것으로 나타나며, 유럽에서도 호조적인 점유율을 기록하고 있는 것으로 나타남
- 이에 따라 일본이 지능형 친환경 교량 부문에 기술적 관심 및 지원이 활발하게 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

o 일본과 유럽에서는 미국인의 출원비중이 과반 이상을 점유하는 것으로 나타나면서 미국이 일본 및 유럽시장에서 활발한 특허활동을 펼치고 있는 것으로 파악됨

o 반면에 미국과 한국에서는 일본인이 특허활동을 활발하게 하고 있는 것으로 파악됨



[그림 2-30] 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

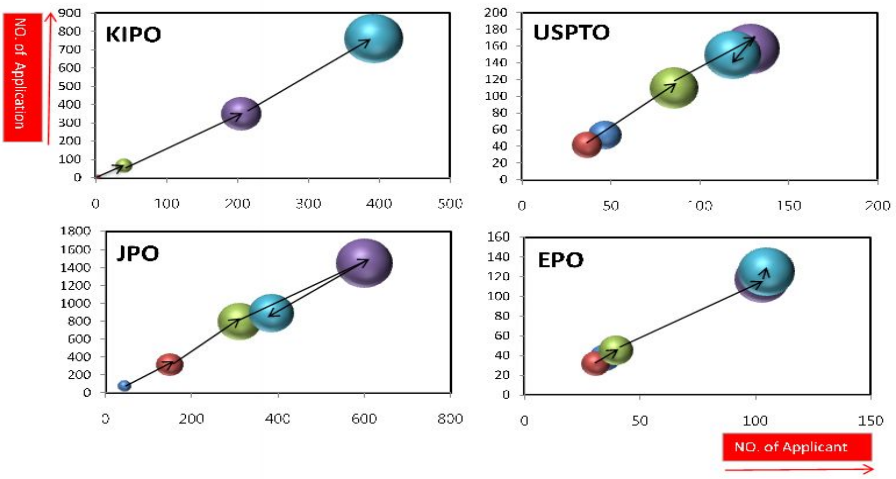
(3) 기술시장 성장단계 파악(포트폴리오분석)

o 한국과 유럽은 지능형 친환경 교량기술에 있어서 현재 출원인과 출원건수가 동시에 증가하고 있는 성장기에 있는 것으로 나타나고 있음

o 미국은 최근 들어 출원인과 등록건수가 감소하고 있어 비교적 얼마 전까지 성장기를 보이다가 최근 들어 쇠퇴기에 접어든 것으로 타나나고 있음

o 일본은 교량에 있어서 최신기술을 비교적 다량 보유하고 있는 교량기술 선진국으로 평가됨

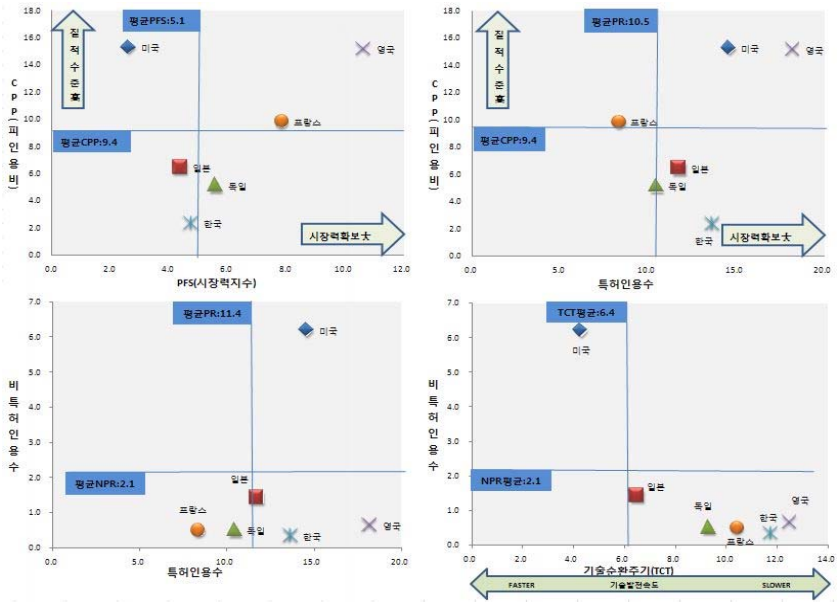
o 하지만 최근 들어 일본 내에서 일본의 출원은 출원수 및 출원인 모두 급격하게 감소하고 있어 쇠퇴기에 접어든 것으로 판단됨



[그림 2-31] 포트폴리오분석을 통한 기술시장 성장 단계

(4) 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력 현황

- 영국과 프랑스 및 독일은 시장력 확보지수가 높게 나와 지능형 친환경 교량 부문에 있어서의 시장을 평균 이상으로 확보하고 있는 것으로 판단됨
  - 그 중 영국과 프랑스는 피인용비가 평균이상으로 기술의 질적 수준 또한 높은 것으로 나타남
  - 미국은 피인용비가 평균이상으로 높게 나와 질적수준은 높은 반면에 시장력은 평균 이하로 나타남
  - 한국은 시장력 및 질적수준이 평균미만으로 나타나 향후 특허활동을 활발히 할 수 있도록 정책적 보완 및 인식이 개선될 필요가 있는 것으로 판단됨
- 미국은 타국가들에 비하여 비특허문헌(논문) 인용수가 압도적으로 많은 것으로 나타나 기초기술에 대한 연구가 탄탄하게 이루어지고 있는 것으로 나타남
  - 반면 한국은 기초기술에 대한 경구가 절실히 필요한 것으로 분석됨
- 영국과 한국은 기술발전 속도가 타 국가들에 비하여 현저하게 느리게 진행되고 있는 것으로 나타남
  - 반면 미국은 기술순환주기가 상대적으로 매우 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타남
- 미국과 영국은 특허인용수 및 피인용수가 매우 높게 나타나 지능형 친환경 교량기술 부문에 있어서 기술선도국인 것으로 파악됨



[그림 2-32] 미국특허로 살펴본 국가간 기술 경쟁력

○ 반면 한국은 시장력확보지수는 평균 이상을 보이고 있으나, 피인용비가 가장 낮게 나타나 아직 한국의 교량기술은 세계적 수준에 미치지 못하고 있는 것으로 평가됨

- 한국은 아직까지는 기술력에 있어 후발주자에 속하는 등 IP시장확보력도 평균에 그치고 있으며, 기술발전속도 역시 느림
- 하지만 향후 지능형 친환경 교량 기술분야에 연구개발을 집중할 경우 충분히 선진국 대열에 합류할 수 있을 것으로 전망함

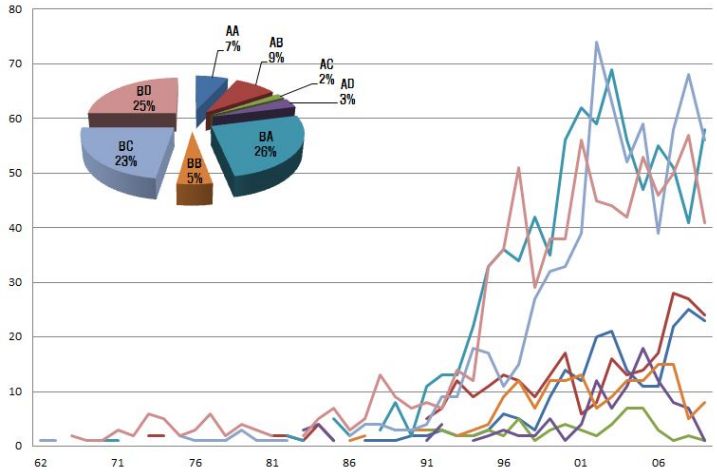
[표 2-19] 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력

국적	기술력 (특허Quality)	IP시장 확보력	특허활동 위치	연구개발 방향	기술 발전속도
미국	높음 (리딩그룹)	낮음	Pioneer (성숙한 시장)	기초과학	빠름
일본	낮음 (후발그룹)	평균	중간	응용기술	평균
독일	낮음 (후발그룹)	평균	중간	응용기술	느림
영국	높음 (리딩그룹)	높음	Pioneer (성숙한 시장)	응용기술	느림
한국	낮음 (후발그룹)	평균	Pioneer (성숙한 시장)	응용기술	느림
프랑스	높음 (리딩그룹)	높음	Initiator (초기시장)	응용기술	느림

라. 기술별 동향

(1) 연도별 특허동향[2)]

- 친환경 교량 기술은 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술, 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술, 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 분야의 점유율이 가장 높게 나타났음
- 위 3개 기술은 96년이후 급격하게 증가하고 이후 증감을 반복하고 있으나 전체적으로 증가하는 추세를 유지하고 있음

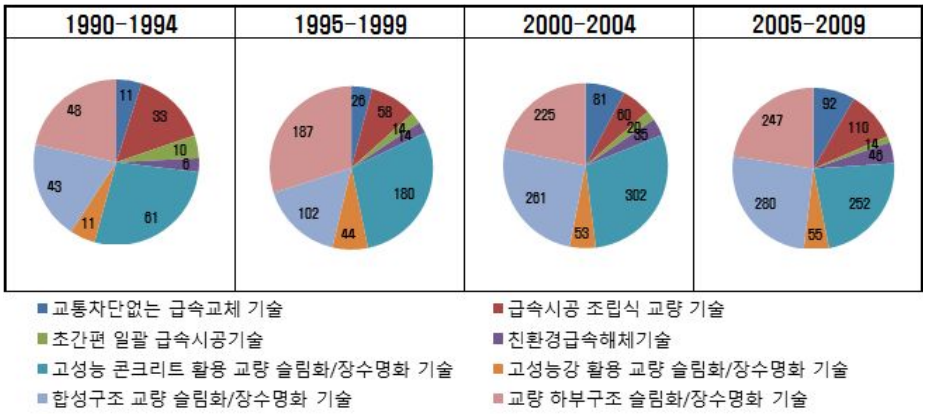


[그림 2-33] 전세계 기술별 연도별 동향

(2) 연도 구간별 특허동향

- 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술, 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술, 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술은 최근까지 높은 점유율을 유지하고 있음
- 급속시공 조립식 교량기술 분야는 낮은 점유율을 보이고 있지만, 최근으로 향할수록 점유율이 높아지고 있음

2)AA:교통차단없는 급속교체 기술 AB:급속시공 조립식 교량 기술 AC:초간편 일괄 급속시공기술 AD:친환경급속해체기술 BA:고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BB:고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BC:합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 BD:교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술



[그림 2-34] 세부기술의 연도구간별 집중도 추이

(3) 세부기술 추세선을 통한 출원증가율 분석

- 교통차단 없는 급속 교체 기술과 급속시공 조립식 교량 기술은 증가하는 추세를 보이고 있음
- 신소재를 활용[3]한 초슬림 장수명 교량 기술의 각 분야 기술은 90년대부터 00년까지 증가하는 추세[4]를 보이다가 그 이후로는 정체된 경향을 보이고 있음

3) 교량에 신소재 활용 사례 : 건설교통 R&D사업으로 수행한 연구과제 (신속시공 경량 고내구성 복합소재 교량 바닥판 산업화 연구 ' (주)국민씨아이 대표 이성우 교수(국민대학교))에서 유리섬유 강화 복합소재로 만든 첨단 교량 바닥판 ' 델타데크 ' (제품명)을 세계 두 번째 독자 개발함 (US7,131,161B2)

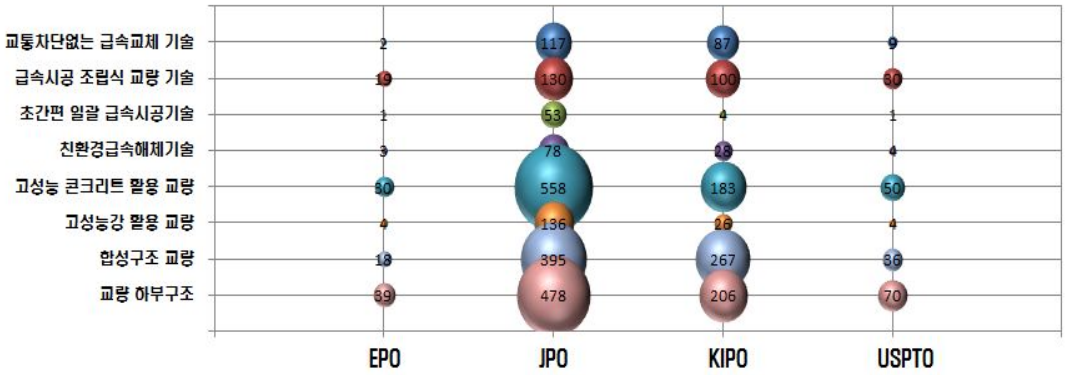
4) 90년대 중반 미국, 영국에서 복합소재만으로 만든 교량을 건설하기 시작, 신소재 이용 건설 사업이 일시적으로 각광을 받음 (' 95세계 과학제 전망×⑤신소재 교량건설 성행 (연합뉴스 94.12.26)



[그림 2-35] 추세선을 통한 출원증가율

(4) 시장별 세부기술 동향

- 교량 분야의 특허는 일본이 가장 많은 비율을 차지하고 다음으로 한국이 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타남
- 일본은 고성능 콘크리트 활용 기술분야에 대한 기술개발에 집중하고 있는 것으로 나타났고, 한국은 합성구조 교량 슬림화/장수명화 분야에 대한 기술개발에 집중하고 있는 것으로 나타남
- 대부분의 기술분야에 대해 자국에만 거의 출원이 이루어져 있으므로 기술개발시 선두기업의 특허기술을 이용할 수 있음



[그림 2-36] 시장별 세부기술 동향

마. 경쟁자 동향

(1) 주요 경쟁자 현황

- 한국에서 친환경 교량 분야에서 가장 많은 출원을 하는 출원인은 한국건설기술연구원인 것으로 나타남
- 따라서 추후 본과제를 수행함에 있어서 기술적인 기초 기반이 갖추어져 있으므로 연구개발을 효율적으로 해나갈 수 있을 것으로 사료됨
- 또한, 한국건설기술연구원은 최근 특허증가율이 16%로 나타나 최근까지도 연구활동을 활발하게 하고 있는 것으로 나타났음
- 한편, 한국에서 RIST도 한국건설기술연구원과 주력 기술분야가 동일하고, 최근 연구활동이 활발한 것으로 나타났으므로 본과제 진행시 모니터링이 필요할 것으로 사료됨
- 각국의 주요 경쟁자는 자국내에서만 주로 출원하고 있는 것으로 나타나 기술 개발시 각국의 주요 경쟁자의 기술을 이용할 수 있을 것으로 사료됨
- 또한, 많은 주요 경쟁자는 BIM기반 교량 설계 기술 분야를 주력 기술분야로 하고 있는 것으로 나타났음

[표 2-20] 친환경 교량 분야의 주요 경쟁자 현황

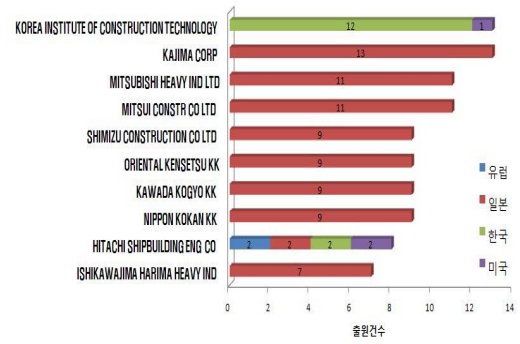
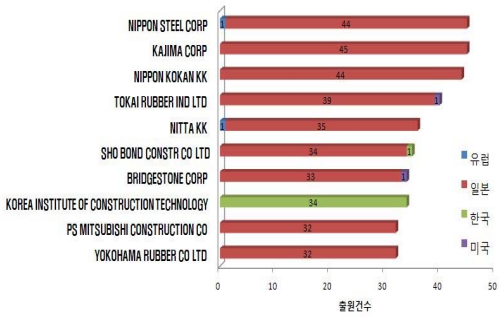
	출원인	특허 건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY	57	16%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술[5]
	RIST	33	37%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	NO YUN KEUN	29	11%	고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
	SAM HYUN P F CO LTD	17	6%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
미국	ACME HIGHWAY PROD	9	0%	교량하부구조 슬림화 장수명화 기술
	ACME HIGHWAY PROD	7	0%	합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술
	WATSON BOWMAN ASSOCIATES	7	0%	교량하부구조 슬림화 장수명화 기술
일본	NIPPON KOKAN KK	65	-100%	고성능 강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
	KAJIMA CORP	65	-16%	고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술
유럽	MAGEBA SA	4	-100%	교량하부구조 슬림화 장수명화 기술
	MAURER FRIEDRICH SOEHNE	4	-100%	교량하부구조 슬림화 장수명화

(2) 기술별 주요 경쟁자 현황

- 급속시공 기술 분야에서 한국건설기술연구원은 전세계적으로 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타났음
- 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될만한 요소는 비교적 적을 것으로 사료됨
- 한국건설기술연구원은 친환경 교량기술 분야에서 주요 출원인에 포함되어, 향후 본과제 진행시 기술개발을 효과적으로 할 수 있을 것임
- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술은 주요 출원인이 다른 출원인에 비해 월등히 많은 출원을 하고 있으므로 기술개발시 해당 출원인에 대한 모니터링이 필요할 것임

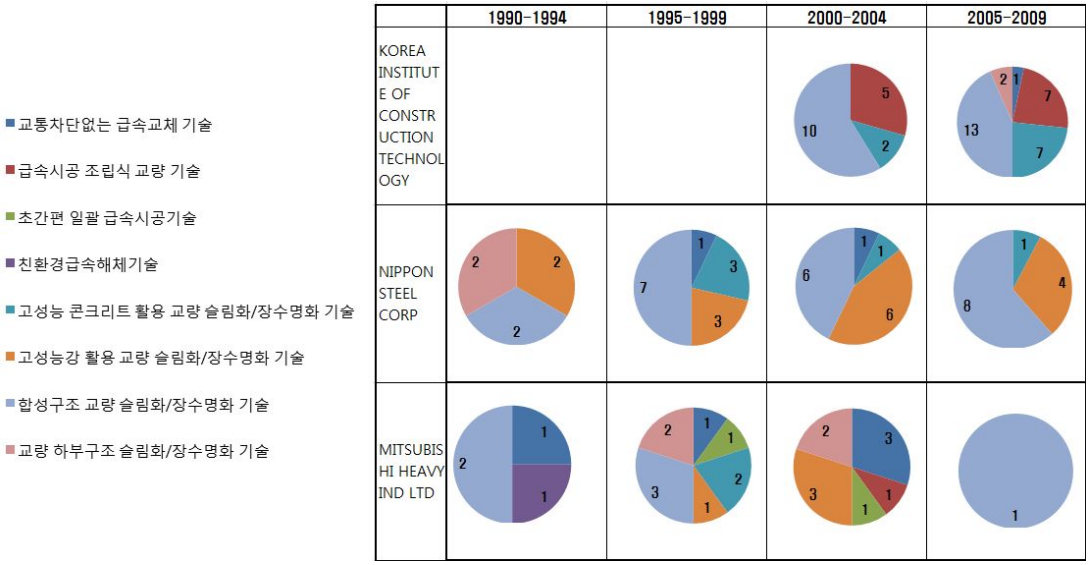
5) 건설기술 연구원 세계 최초 장수명 교량개발 (2003.10.28 머니투데이(경제신문))
장수명 교량 바닥판, 교량 철근물량 저감기술, 콘크리트 충전 강관교량, 합성 교량 신공법 등

[표 2-21] 기술별 전세계의 주요 경쟁자 현황

급속시공 기술	신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술
	

(3) 주요 출원인의 구간별 점유 증가율

- 한국건설기술연구원은 한기술분야에만 편중되지 않고 최근 다양한 기술분야에 대한 출원을 활발하게 하고 있는 것으로 나타났음
- 최근까지도 출원을 많이 하고 있는 NIPPON STEEL CORP은 최근에 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술에 집중하고 있는 것으로 나타났음



[그림 2-37] 각 분류별 주요출원인의 구간별 집중도 추이

바. 부상기술

- 아래의 부상기술 평가표는 최근 출원증가율, 점유율 증가율, 주요 출원인 점유율 증가율, 국가별 외국인 최근 출원증가율, 전문가의견을 종합적으로 평가하여 최근 부상기술을 도출함
- 급속시공기술(A)분야에서는 최근출원증가율이 급증하고, 전문가의 기술평가가 높게 나와 급

속시공조립식 교량 기술 분야가 부상기술로 떠올랐고, 전문가의 기술평가가 높게 나와 친환경 급속 해체 기술 분야가 부상기술로 떠올랐음

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술(B)분야에서는 전문가의 기술평가가 높게 나와 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술이 부상기술로 떠올랐음

[표 2-22] 부상기술 평가표

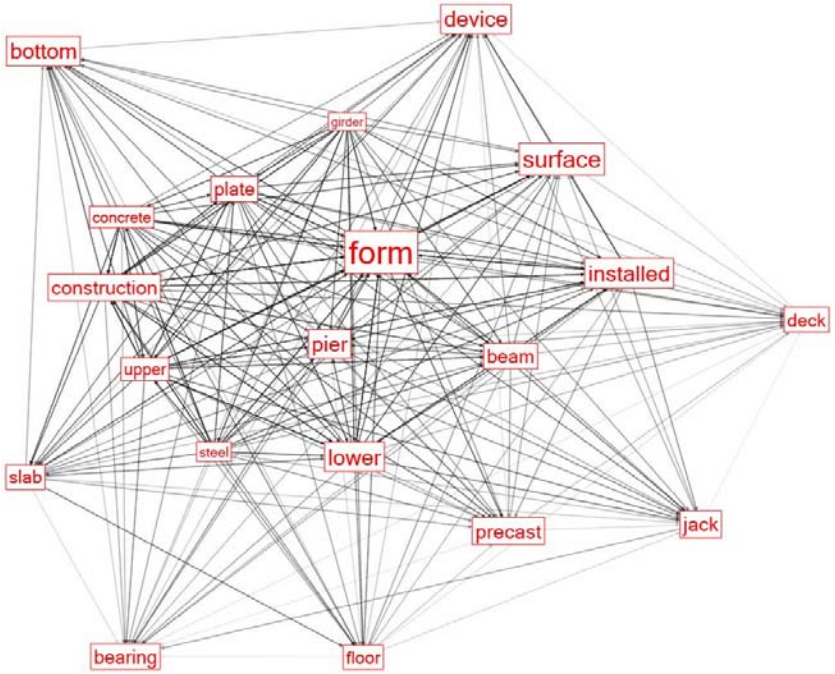
평가 기준[6]			출원 증가율 (최근 5년간) <이전 구간대비 증가율>	구간별 점유 증가율	주요출원인 구간별 점유증가율				국가별 외국인 출원증가율 (최근5년간) <이전구간대비증가율>					전문가 의견	결론 (부상 기술)	결론 (부상 기술)
			30%	25%	20%				15%					50%		
기술분류			5 - Level	5 - Level	제1출원인	제2출원인	제3출원인	소계	미국	유럽	일본	한국	소계		(Z)[7]	점수
			(V)	(W)	(A)	(B)	(C)	(X)[8]	(D)	(E)	(F)	(G)	(Y)[9]			
지능형 친환경 교량	A	AA	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	○	○	●	◐	50
		AB	◕	◔	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	●	◐	66
		AC	○	○	○	○	◕	○	○	○	○	○	○	●	◐	50
		AD	◔	○	○	○	○	○	○	○	○	◕	○	●	◐	52
	B	BA	○	○	○	○	◔	○	○	○	◕	○	○	●	◐	50
		BB	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	◐	50
		BC	○	○	◔	◔	○	◔	○	○	○	◕	○	●	◐	51
		BD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	◐	50

사. Co-word 분석

- 급속시공 기술 분야에는 form-upper의 출현이 높게 나와 상부구조를 만드는 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음
- 또한 precast-concrete, pier의 출현이 높게 나와 콘크리트 프리캐스트 및 교각 프리캐스트 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음
- 결과적으로 급속시공 기술 분야에서는 form, precast 단어와 연관성이 높은 기술 분야인 급속시공 조립식 교량 기술 분야에 대한 기술 개발이 활발하게 진행되고 있는 것으로 파악됨

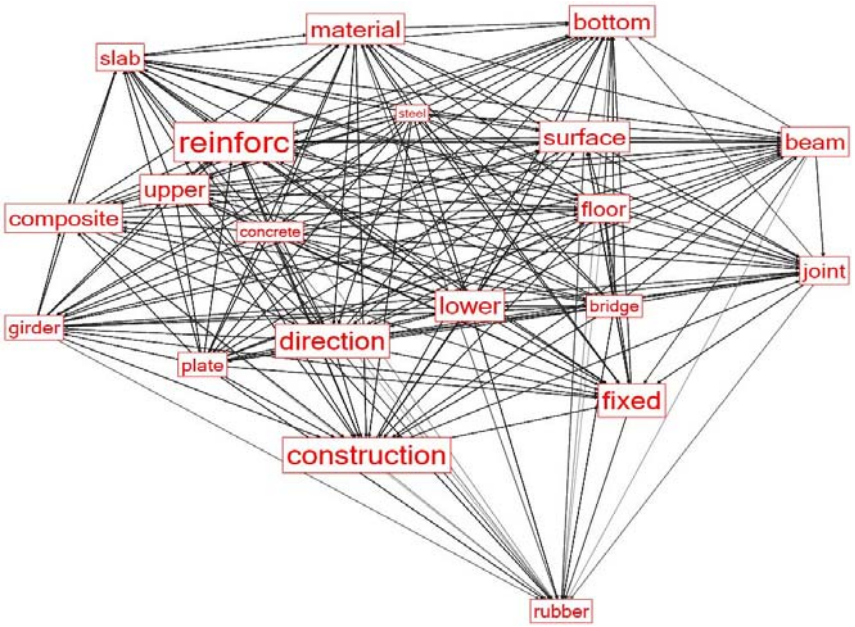
---

6)A:급속시공기술 B:신소재를 활용한 초슬림·장수명 교량 기술 C:교량 지능화 기술D:지능형 친환경 교량BIM기술
AA:교통차단없는 급속교체 기술 AB:급속시공 조립식 교량 기술 AC:초간편 일괄 급속시공기술 AD:친환경급속해체기술
BA:고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BB:고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BC:합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 BD:교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
CA:교량상태 실시간 감지기술 CB:교량상태 실시간 진단 및 평가기술 CC:교량 유지관리자동화 기술(보수 등)
CD:교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 CE:사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술
DA:BIM 기반 교량 설계 기술 DB:BIM 기반 교량 시공 기술 DC:BIM 기반 교량 유지관리 기술 DD:교량 GREEN BIMDE:BIM 기반 교량 응용 및 연계 기술 DF:BIM 기반 교량 표준 요소 기술
7) (Z = V*0.3+W*0.25+X*0.2+Y*0.15+T*0.1)
8) (X = A*0.6+B*0.3+C*0.1)
9) (Y = D*0.5+E*0.2+F*0.2+G*0.1)



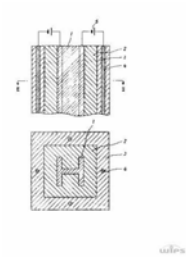
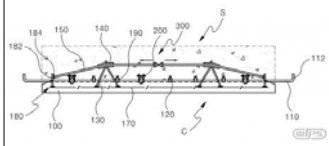
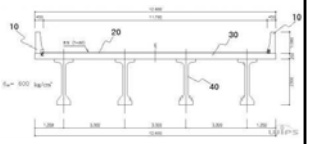
[그림 2-38] 급속시공 기술 분야 co-word 분석

- 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 분야는 reinforce, composite, construction이 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타남
- 따라서 이와 연관성이 높은 기술분야인 합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 개발이 활발한 것을 알 수 있음
- 특히, reinforce는 대부분의 단어와 빈번하게 연관되어 출현하고 있는 것으로 보아 이 기술분야에서는 보강에 대한 기술개발이 집중적으로 이루어지고 있음을 알 수 있음

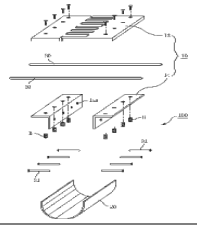
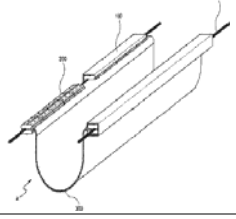
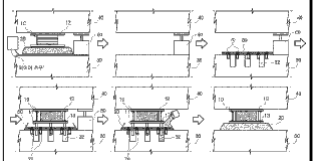


[그림 2-39] 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술 분야 co-word 분석

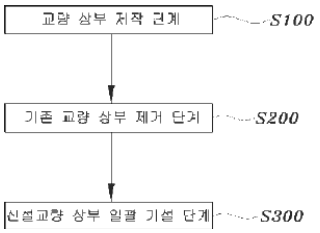
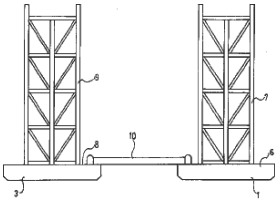
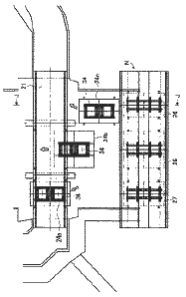
아. 선행기술분석

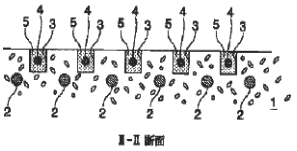
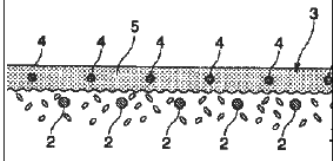
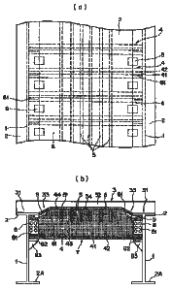
<table>
<tr><td rowspan="4">제안기술</td><td>분 야</td><td colspan="3">지능형 친환경 교량</td></tr>
<tr><td>후보과제</td><td colspan="3">고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발</td></tr>
<tr><td>과제차별화방안</td><td colspan="3">◎ 50-100MPa급 고성능콘크리트와 500MPa 이상의 고강도 철근을 활용하여 교량의 상부구조 및 하부구조를 슬림화하여 물량을 절감하고 고내구성 재료의 사용하는 기술 개발을 목표로 하여 차별화</td></tr>
<tr><td>연구내용(안)</td><td colspan="3">A : 50-100MPa급 고성능콘크리트와 500MPa 이상의 고강도 철근을 활용하여 교량의 상부구조 및 하부구조를 슬림화 기술
B : 고내구성 재료를 사용하여 교량에 적용하는 기술</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">유 사 선 행 특 허</td></tr>
<tr><td>출원번호</td><td>JP1987-218448</td><td>KR2010-0105086</td><td>KR2000-0054318</td></tr>
<tr><td>출 원 일</td><td>1987.08.31</td><td>2010.10.27</td><td>2000.09.15</td></tr>
<tr><td>출 원 인</td><td>SEKISUI CHEMICAL CO LTD</td><td>홍석희</td><td>동아건설산업 주식회사</td></tr>
<tr><td>등록(공개)번호</td><td>JP1062537A</td><td>KR1045929B1</td><td>KR20020021550A</td></tr>
<tr><td>대표도면</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>요 약</td><td>내구성과 내부식성을 갖는 콘크리트 구조물</td><td>프리캐스트 콘크리트 패널 상면 내부에 길이방향으로 주철근을 배근하되, 그 상면은 프리캐스트 콘크리트 패널 상면과 일치되게 노출시킴</td><td>고강도 콘크리트(설계압축강도 600~700kg/cm2)를 적용한 피에스시 빔(PSC BEAM)교량의 설계와 제작방법 및 작업성과 내구성이 확보된 피에스시 빔(PSC BEAM)용 고강도 콘크리트의 제조방법</td></tr>
<tr><td>구성요소
(성능지표)</td><td>b : 철근이 콘크리트 내부에 배치되고 콘크리트를 전도성 콘크리트가 둘러싸서 내구성과 내부식성을 갖는 콘크리트 구조물</td><td>b' : 콘크리트 패널 상면 내부에 길이방향으로 주철근을 배근하되, 그 상면은 프리캐스트 콘크리트 패널 상면과 일치되게 노출시킴으로써 추후 현장타설시 주철근에 중첩배근될 배력철근과 결속할 수 있도록 하여 경량화를 할 수 있음</td><td>b : 3종시멘트 470~550kg/m 3 , 물 169kg/m 3 , 잔골재 586~627kg/m 3 , 최대치수 20mm의 굵은골재 1062~1088kg/m3 , 공기연행제는 시멘트량의 0.002%, 고유동화제는 시멘트량의 1.5%의 혼합비율로 배합하여 슬림화할 수 있는 피에스시 빔 교량용 고강도 콘크리트의 구조물의 설계 제조방법</td></tr>
<tr><td>구성요소
비교(: 유사)</td><td>B b</td><td>B b'</td><td>B b</td></tr>
<tr><td>유사도분석</td><td colspan="3">본 제안기술의 구성요소 B는 선행기술 JP1987-218448와 및 KR2010-0105086 , KR2000-0054318와 유사함</td></tr>
<tr><td>대응전략</td><td colspan="3">① 상기 주요선행특허들은 본 제안기술B와 유사한 점이 있음
② 그러나, 본 제안기술 A에 관하여는 구체적으로 개시하고 있지 아니하므로 본 연구과제가 50-100MPa급 고성능콘크리트와 500MPa 이상의 고강도 철근을 활용하여 교량의 상부구조 및 하부구조를 슬림화 기술에 집중할 필요가 있을 것으로 사료됨</td></tr>
</table>

제안기술	분 야	지능형 친환경 교량
	후보과제	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술
	과제차별화방안	◎ 교량 신축이음 및 받침 등 부속장치 개수를 최소화하고 그 성능을 고도화하여 유지관리 업무 축소하는 기술 개발을 목표로 하여 차별화 ◎ 노후화된 부속장치 교체 시 교통차단이 필요 없는 공법 및 구조 기술개발을 목표로 하여 차별화
	연구내용(안)	A : 부속장치 개수의 최소화 및 성능 고도화 B : 부속장치 교체시 교통차단이 필요없는 공법 및 구조

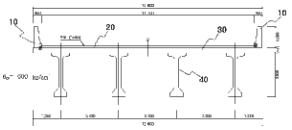
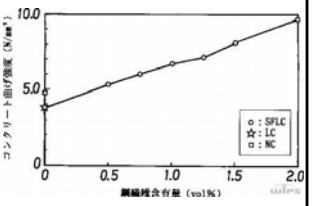
	유 사 선 행 특 허		
출원번호	KR2008 - 0106268	KR2008 - 0075685	KR2009 - 0051845
출 원 일	2008.10.29	2008.08.01	2009.06.11
출 원 인	SHON Hong Chang	NIMBUSIND CO KR	YEKYUNG CO LTD
등록(공개)번호	KR1048422B1	KR861480B1	KR938429B1
대표도면			
요 약	보수시 손상 부위만 교체할 수 있도록 하는 신축이음장치임	신축이음장치용 탈착이 용이한 배수시트 교체장치임	교좌장치를 장비를 이용하여 교체함
구성요소 (성능지표)	b :이음틈새를 폐쇄하며, 상호 대향되어 결합되는 한 쌍의 베이스플레이트와 상기 베이스플레이트의 하부에 위치하며 상기 베이스플레이트를 지지하는 보조플레이트를 포함하여 구성되는 앵글과; 보조플레이트를 연결하고, 일부가 신축 가능하게 하부 방향으로 구부러진 물받이수단; 및 상기 앵글과 상기 물받이수단 사이에 배치되고, 상기 앵글을 관통하여 상기 구조물에 삽입되며, 외면에 합성수지 재질의 피복이 덮여 있는 하나 또는 둘 이상의 앵커; 가 포함	b :사각형상으로 일정한 폭과 길이를 갖는 상부판과, 상기 상부판의 일측단부로부터 하향으로 직각으로 일체로 절곡되면서 사각형상으로 일정한 폭과 길이를 갖는 측면판과; 상기 측면판으로부터 수평방향으로 직각으로 일체로 절곡되면서 사각형상으로 일정한 폭과 길이를 갖는 하부판과, 상기 하부판의 일측으로부터 소정의 높이로 상향으로 돌출 형성되는 하부걸림판과, 상기 하부걸림판으로부터 일정한 간격 이격된 상태로 상부판의 일측으로부터 소정의 높이로 하향으로 돌출되는 상부걸림판과, 상기 상부판과 측면판 및 하부판의 내부에 일정한 크기로 형성되는 공간으로 이루어진 안내채널과; 상기 안내채널의 공간에 삽입되며, 사각형상으로 일정한 폭과 길이 및 두께를 갖는 상부슬라이딩판과, 상기 상부슬라이딩판의 일측단부로부터 하향으로 일체로 연결되는 접속부와, 상기 접속부로부터 하향으로 일체로 연결되며 사각형상으로 일정한 폭과 길이 및 두께를 갖는 하부슬라이딩판과, 상기 상부슬라이딩판과 접속부 및 하부슬라이딩판의 내부에 일정한 크기로 형성되는 사각형홈과 공간으로 이루어진 슬라이딩블록과; 상기 슬라이딩블록의 사각형홈과 공간에 삽입되며, 고무재질로 이루어진 배수시트와; 롤러체인과; 상기 슬라이딩블록의 사각형홈과 공간 내에서 체결볼트와 결합볼트에 의해서 고정된 상기 배수시트와 롤러체인에 의하여 일체결합되어 거동되는 슬라이딩블록을 롤러체인에 의하여 견인 및 삽입할 수 있도록 이루어진 롤러체인으로 구성	b :와이어 쏘우를 이용하여 교각으로부터 코핑을 떼어내어 교각의 상면을 편평하게 하는 절단단계;교좌장치를 교량의 상판으로부터 분리하는 해체단계;교각의 상면에 복수의 셋트 앵커를 설치하고, 철근을 배근하는 보강단계;교각에 교좌장치의 앵커볼트에 대응된 수만큼의 앵커볼트홀을 형성하고, 교각과 교량의 상판 사이에 교좌장치를 설치하는 조립단계;교각의 상면 중, 교좌장치의 앵커볼트 둘레에 거푸집을 형성하고, 상기 거푸집에 몰타르를 타설하는 타설단계:를 포함
구성요소 비교(: 유사)	B b	B b	B b
유사도분석	본 제안기술의 구성요소 B는 선행기술 KR2008 - 0106268와 및 KR2008 - 0075685 , KR2009 - 0051845와 유사함		
대응전략	① 상기 주요선행특허들은 본 제안기술B와 유사한 점이 있음 ② 그러나, 본 제안기술 A에 관하여는 구체적으로 개시하고 있지 아니하므로 **본 연구과제가 부속장치의 개수의 최소화 및 성능의 고도화 기술에 집중할 필요가 있을 것으로 사료됨**		

제안기술	분 야	지능형 친환경 교량
	후보과제	교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발
	과제차별화방안	◎ 교량상부구조 전체를 현장부근에서 조립한 후 현장거치기간을 1일 이내에 달성할 수 있는 초단기 급속시공기술 개발을 목표로 하여 차별화
	연구내용(안)	A : 일괄시공이 가능한 교량 시스템 및 공법 개발 B : 교량 상부구조 이동장비 개발(국산화) C : 교량 상부구조 거치장비 개발(국산화)

	유 사 선 행 특 허		
출원번호	KR2004 - 0096933	KR1996 - 0039526	JP2006 - 153976
출 원 일	2004.11.24	1996.09.12	2006.06.01
출 원 인	BANG JIN HAWN	HYUNDAI CONSTRUCTION CO LTD	MITSUBISHI HEAVY IND BRIDGE &
등록(공개)번호	KR2006058199A	KR197856B1	JP2007321474A
대표도면			
요 약	신교량상부 구조물을 미리 제작한 후 구교량상부 구조물을 제거하고, 구교량 하부 구조물 위에 신교량상부 구조물을 안치시켜 일괄 가설함	전방운송벤트와 후방운송벤트와 제1,2타이프레임을 구비하여 교량 상부 구조물을 육상에서 조립한 후 바지의 운송밴트에 선적하여 교량 가설위치로 이송하여 가설함	대선을 순차적으로 배치하여 구교량구조물을 첫 번째 대선에 놓고, 신교량구조물을 두 번째 대선에 놓아서, 교체함
구성요소(성능지표)	a :교량의 상부에 위치되는 강형재와 상판으로 이루어지는 교량 상부를 교량에 설치하기 전에 미리 제작하는 교량 상부 제작단계(S100);와, 교체하고자 하는 노후된 교량 상부를 해체하는 기존 교량 상부 제거단계(S200);와, 기존의 하부교량 위에 상기 제작된 교량 상부를 안치시켜 가설하는 교량 상부 일괄 가설단계(S300);를 포함	b' :전방에 소정의 폭간격을 두고 평행하게 배치되는 제1전방바지(1) 및 제2전방바지(2)와 상기 한쌍의 전방바지(1, 2)와 소정의 길이간격을 두고 역시 평행하게 한쌍의 후방바지(3, 4)로 배치되는 제1후방바지(3) 및 제2후방바지(4)로 이루어지는 바지선부(5)와, 상기 제1전방바지(1) 및 제2전방바지(2)의 중간 갑판상(6)에 배치되어서 상기 전방바지(1,2)들 상호간을 견고하게 결합하면서 세워지는 전방운송벤트(7)와, 상기 제1후방바지(3) 및 제2후방바지(4)의 중간 갑판상(8)에 배치되어서 상기 후방바지(3, 4)들 상호간을 견고하게 결합하면서 세워지는 후방운송벤트(9)와, 상기 제1전방바지(1)와 제1후방바지(3) 상호간을 견고하게 연결하는 제1타이프레임(10)과, 상기 제2전방바지(2)와 제2후방바지(4) 상호간을 견고하게 연결하는 제2타이프레임(11)으로 구성	b' :기설 교량 21의 옆에 제1의 대선 24a,24b,24c을 배치하는 공정과, 그 옆이고, 기설 교량 21이란 반대측에 제2의 대선 26,27,28을 배치하는 공정과,제2의 대선 26,27,28상에서 신교량 N의 자릿수를 땅조판하는 공정과,기설 교량 21의 교각간의 수상에 제1의 대선 24a,24b,24c을 이동시킨 공정과, 제1의 대선 24a,24b,24c상에,절단한 기설 교량 21의 자릿수를 지지시킨 공정과,제1의 대선 24a,24b,24c을 가교 장소로부터 떨어진 장소에 이동시킨 공정과,제2의 대선 26,27,28을 이동시키고, 제2의 대선 26,27,28상에 지지받는 신교량 N의 자릿수를 기설 교량 21이 있던 위치에 배치하는 공정과,신교량 N을 설치하는 공정과,을 포함
구성요소 비교(: 유사)	A a	B b'	B b'
유사도분석	본 제안기술의 구성요소 A는 선행기술 KR2004 - 0096933와 유사하고, 본 제안기술의 구성요소 B는 선행기술 KR1996 - 0039526 , JP2006 - 153976와 유사함		
대응전략	① 상기 주요선행특허들은 본 제안기술A,B와 유사한 점이 있음 ② 그러나, 본 제안기술 B 및 C에 관하여는 구체적으로 개시하고 있지 아니하므로 **본 연구과제가 육지에서의 교량 건설을 일괄로 하는 교량 상부구조 이동 및 거치 장비 국산화 기술에 집중할 필요가 있을 것으로 사료됨**		

제안기술	분 야	지능형 친환경 교량		
	후보과제	콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발		
	과제차별화방안	◎ 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선을 대체하기 위해 구조적 성능 및 사용성 등에 있어서 우수한 성능을 갖는 FRP 보강근 및 텐던의 설계 및 제조기술을 개발하고, 이를 활용하여 콘크리트 구조물의 경제성을 향상시키고, 내구수명을 향상시켜서 차별화함		
	연구내용(안)	A : FRP 보강근 및 텐던 개발기술 B : FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술		
	유 사 선 행 특 허			
출원번호	JP2003 - 176633		JP2001 - 375939	JP1997 - 004104
출 원 일	2003.06.27		2001.12.10	1997.01.13
출 원 인	RYOWA SANSHI KK		MITSUBISHI KAGAKU KK	MITSUBISHI HEAVY IND LTD
등록(공개)번호	JP03877145B2		JP2003176508A	JP10195824A
대표도면				
요 약	철근이 노출되지 않도록 홈을 콘크리트 표면에 형성하고, 탄성률이 100~1000GPa의 섬유로 이루어지는 FRP의 보강근을 홈에 배치한후 홈에 수지 몰타르를 타설하여 고강도화 및 피로 내구성을 향상시킬 수 있는 콘크리트 구조물		철근이 노출되지 않도록 콘크리트 표면을 깍고 깍인 부분에 FRP 보강근을 배치한 후 수지 몰타르를 타설하여 고강도화 및 피로 내구성을 향상시킬 수 있는 콘크리트 구조물	상판 하부와 강제의 거더에 FRP 보강 부재를 설치하여 교량의 피로 수명을 연장할 수 있음
구성요소(성능지표)	b : 콘크리트 구조물의 FRP 보강 공법은 , 철근이 노출하지 않는 깊이로 철근(2)에 따른 삭구(3)를 콘크리트(1)표면에 형성하고, 탄성률이 100~1000GPa의 섬유로 이루어지는 섬유 강화 플라스틱제의 보강근을 추가 보강근(4)으로서 삭구(3)에 배치한 후, 삭구(3)에 수지 모르타르(5)를 타설함		b : 콘크리트 구조물의 FRP 보강 공법은 철근(2)이 노출하지 않는 깊이로 콘크리트(1)의 표층부를 갈고, 탄성률이 100~1000GPa의 섬유로 이루어지는 섬유 강화 플라스틱제 보강근을 추가 보강근(4)으로 갈은 부분에 배치한 후, 수지 모르타르(5)를 타설하고 콘크리트(1)의 표층부를 복원함	b : 강제 주행 1과 , 강제 주행 1의 상단부에 형성된 강제 주행상 플랜지 2와 , 강제 주행상 플랜지 2를 이용하여 강제 주행 1 위에 설치된 상판3을 갖추고, 상판3의 아래에 상판3, 강제 주행 1 및 강제 주행상 플랜지 2에 각각 접합하는 FRP제 보강 부재 7을 구비함
구성요소 비교(: 유사)	B b		B b	B b
유사도분석	본 제안기술의 구성요소 B는 선행기술 JP2003 - 176633와 및 JP2001 - 375939 , JP1997 - 004104와 유사함			
대응전략	① 상기 주요선행특허들은 본 제안기술B와 유사한 점이 있음 ② 그러나, 본 제안기술 A에 관하여는 구체적으로 개시하고 있지 아니하므로 **본 연구과제가 FRP 보강근 및 텐던 자체를 개발하는 것에 집중할 필요가 있을 것으로 사료됨**			

제안기술	분 야	지능형 친환경 교량
	후보과제	고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발
	과제차별화방안	◎ 저탄소 산업부산물을 활용한 구조용 Green 경량골재를 이용하여 고성능 경량 콘크리트 제조기술을 개발하고, 고성능 경량 콘크리트 단독 또는 강재와의 합성 기술을 개발하여 교량 바닥판의 저에너지 녹색 기술을 완성하여 차별화
	연구내용(안)	A : 저탄소 산업부산물을 활용한 구조용 Green 경량골재를 이용하여 고성능 경량 콘크리트 제조기술을 개발 B : 고성능 경량 콘크리트 단독 또는 강재와의 합성 기술을 개발하여 교량 바닥판에 적용하는 기술 개발

	유 사 선 행 특 허		
출원번호	KR2007-0095381	KR2000-0054318	JP2000-307836
출 원 일	2007.09.19	2000.09.15	2000.10.06
출 원 인	KOREA EXPRESSWAY CORP	DONG AH CONSTRUCTION IND CO LTD	NIPPON MESARAITO KOGYO KK
등록(공개)번호	KR875240B1	KR2002021550A	JP2002121060A
대표도면			
요 약	시멘트, 플라이애시 및 고로슬래그 미분말의 3성분으로 구성된 3성분계 결합재를 가지고 21~40MPa의 설계기준강도로 배합설계하는 포장 일체형 교량 슬래브용 콘크리트 조성물	3종시멘트 470~550kg/m 3 , 물 169kg/m 3 , 잔골재 586~627kg/m 3 , 최대치수 20mm의 굵은골재 1062~1088kg/m3 , 공기연행제는 시멘트량의 0.002%, 고유동화제는 시멘트량의 1.5%의 혼합비율로 배합하여 슬림화할 수 있는 피에스시 빔 교량용 고강도 콘크리트의 구조물의 설계 제조방법	경량골재인 조골재로 된 단위 용적 질량이 2.1kg/m3 이하인 경량 콘크리트
구성요소(성능지표)	a : 시멘트, 플라이애시 및 고로슬래그 미분말의 3성분계 결합재로 배합설계된 포장 일체형 교량 슬래브용 고성능 콘크리트 조성물로 교량 슬래브를 시공하되 별도의 교면 포장을 실시하지 않음	b' : 지간길이 30m 내지 40m의 범위에 해당하는 피에스시 빔(PSC BEAM)교량의 제작방법의 작업성과 내구성이 확보된 피에스시 빔용 고강도 콘크리트의 설계압축강도 600~700kg/cm2 배합설계를 하기 위해 고강도 콘크리트 제조방법에 있어서, 3종시멘트 470~550kg/m3, 물 169kg/m3, 잔골재 586~627kg/m3, 최대치수 20mm의 굵은골재 1062~1088kg/m3, 공기연행제는 시멘트량의 0.002%, 고유동화제는 시멘트량의 1.5%의 혼합비율로 배합	a : 강 섬유와 시멘트와 세골재와 조골재로 이루어지고, 단위 용적 질량이 2.1kg/m3 이하인 경량 콘크리트로 이루어지는 교량 상판용 콘크리트
구성요소 비교(: 유사)	A a	B b'	A a
유사도분석	본 제안기술의 구성요소 A 및 B는 선행기술 KR2007-0095381와 및 KR2000-0054318 , JP2000-307836와 유사함		
대응전략	① 상기 주요선행특허들은 본 제안기술A 또는 B와 유사한 점이 있음 ② 그러나, 본 제안기술 B에서 **고성능 경량 콘크리트와 강재와의 합성기술을 이용해서 교량 바닥판에 적용하는 것**에 관하여는 구체적으로 개시하고 있지 아니하므로 **본 연구과제가 해당 기술에 집중할 필요가 있을 것으로 사료됨**		

3. 논문분석

가. 분석개요

- 조사범위 : 1960년~2012년
- 논문검색 : 건기평 제공 Landmark 활용
- 조사항목 : 중점분야별 중분류 수준에서 조사하였으며, 국가별 논문수/연도별 논문수, 주요 연구기관 및 연구자 현황, 정성적 분석 결과 등을 기술하였음

나. 분석목적

- 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

다. 분석절차

- 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색(건기평 제공 Landmark 활용) 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름
- 논문 분석 키워드

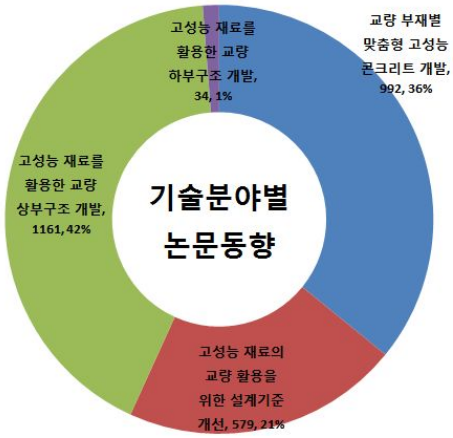
분야명	중분류	검색 키워드	검색 논문 수 (1960년~2012년)	
고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발	concrete & bridge & “high performance” or “high strength”	992	2766
	고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선	concrete or reinforcement & bridge & design & “high performance” or “high strength”	579	
	고성능 재료를 활용한 교량 거더 개발	concrete & bridge & slim or slender or durability	1161	
	고성능 재료를 활용한 교각 개발	bridge & substructure & slim or slender or durability	34	
유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	유지관리 최소화 일체식 교량 기술	Integral bridge	119	136
	교통차단 없는 교량 부속장치 교체기술	bridge & joint & replacement	8	
		bridge & bearing & replacement	9	
교량 상부구조	일괄급속시공 장비 기술	(SPMT or crane or barge or	96	131

분야명	중분류	검색 키워드	검색 논문 수 (1960년~2012년)	
일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발		Moves) & construction & bridge & large		
	일괄급속시공 공법	construction & method & bridge & large & rapid	35	
유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	FRP 보강근 및 텐던 개발기술	frp reinforcement	1779	2414
	FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술	frp reinforcement & application OR frp system	362	
	FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화	frp reinforment & bridge & concrete	273	
고성능 경량콘크리트를 활용한 교량 바닥판 기술	고성능 경량콘크리트 기술	high performance & light weight concrete & technology	5	150
	경량콘크리트 교량 바닥판 기술	light weight concrete & bridge deck & technology	0	
	경량콘크리트 슬래브 기술	light weight concrete & slab & technology	4	
	강-콘크리트 합성 교량 바닥판 및 슬래브 기술	steel & concrete & composite & bridge deck or slab	69	
	특수 교량 바닥판 기술	cable stayed bridge or suspension bridge & bridge deck & technology	72	

라. 정량적 분석결과

(1) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 고성능 재료 활용 교량 분야 논문 총 2766건 중에서 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야가 42%인 1161건으로 많고, 교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발 분야도 36%를 차지함
- 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술이 34건으로 매우 낮은 비율인 3%를 차지함

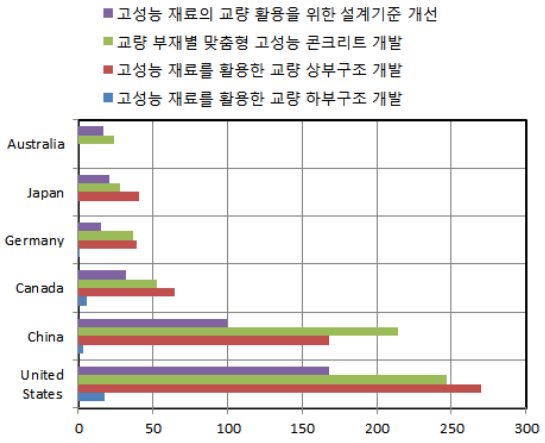


[그림 2-40] 기술분야별 논문 발표 현황

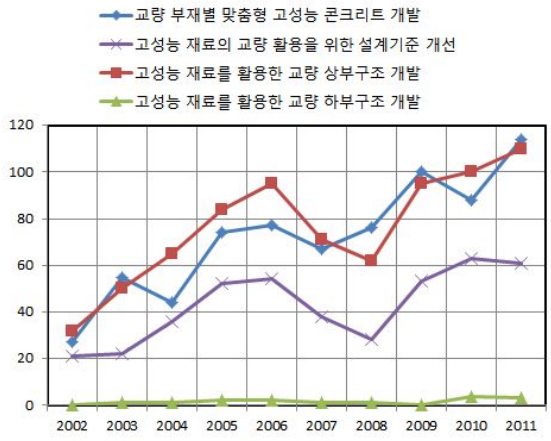
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 일곱 번째로 많음
- 연도별 논문 수는 최근 몇 년 사이 다시 증가하는 경향을 보임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



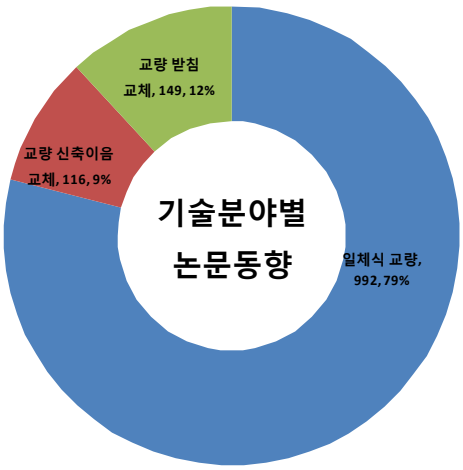
○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 연구기관으로는 Tsinghua University(China)(총29건), Tongji University(China)(총17건), 연구자로는 Karbhari V.M.(University of Alabama, United States)(총13건)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음
- 중국의 경우 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야 중 논문 수 최다 기관뿐 아니라 상위 10개 기관 중 5개 기관으로 기재된 기관의 50%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발	Tsinghua University(China)	18	Tadros M.K. (University of Nebraska - Lincoln, United States)	10
	Beijing Jiaotong University(China)	15	Mo Y.L. (University of Houston, United States)	8
	Chang'an University(China)	15	Sun W. (Southeast University, China)	8
	Central South University(China)	14	Zhang Y. (Shijiazhuang Tiedao University, China)	8
	Southeast University(China)	12	Myers J.J. (University of Missouri - Rolla, United States)	7
고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선	Tsinghua University (China)	11	Tadros M.K. (University of Nebraska - Lincoln, United States)	8
	Chang'an University (China)	7	Mirmiran A. (Florida International University, United States)	7
	Harbin Institute of Technology (China)	7	Liu J. (Virginia Tech., United States)	6
	Lehigh University (United states)	7	Nie J. (Tsinghua University, China)	6
	Tongji University (China)	7	Rizkalla S. (North Carolina State University, United states)	6
고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발	Tongji University(China)	17	Karbhari V.M. (University of Alabama, United States)	13
	University of California(United States)	15	Miyamoto A. (Yamaguchi University, Japan)	8
	Zhejiang University(China)	11	Jin W. - L. (Zhejiang University, China)	8
	Chang'an University(China)	10	Breen J.E. (University of Texas at Austin, United States)	8
	Southeast University(China)	8	Radic J. (Ekonerg Institute, Croatia)	8
고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발	Ontario Ministry of Transportation(Canada)	4	Schell H.C. (Ontario Ministry of Transportation, Canada)	5
	Florida Atlantic University(United States)	4	Breen J.E. (University of Texas at Austin, United States)	4
	Texas Dep of Transportation(United States)	2	Hartt W.H (Florida Atlantic University, United States)	4
	ASCE(United States)	1	Manning D.G. (Ontario Ministry of Transportation, Canada)	4
	C/o Peter Und Lachner(Germany)	1	Billington S.L. (Cornell University, United States)	3

(2) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

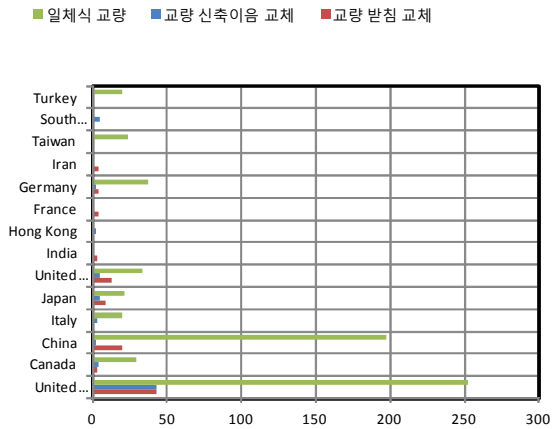
- 전체 부속장치 기술 분야 논문 1,257건 중에서 일체식 교량 기술 분야가 79%인 992건으로 가장 많음
- 교량 신축이음장치 및 받침 교체 기술은 각각 116건(9%), 149건(12%) 있음.



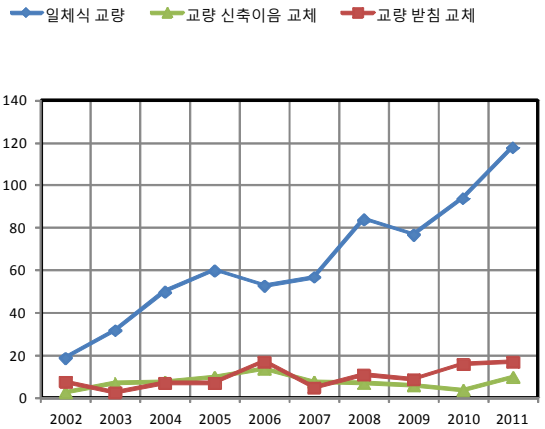
[그림 2-41] 기술분야별 논문 발표 현황

- 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)
  - 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 중국의 경우 논문 수가 두 번 번째로 많음
  - 연도별 논문 수는 점차 증가하는 경향을 보임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



- 주요 연구기관 및 연구자 현황
  - 연구기관으로는 Southeast University(China)(총 20건), 연구자로는 Dicleli M.(Middle

East Technical University, United States)(총 21건)이 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음

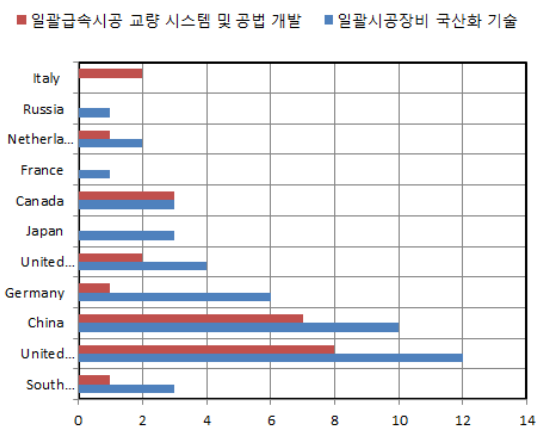
- 중국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 9개 기관 중 4개 기관으로 매우 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
유지관리 최소화 교량 기술	Southeast University (China)	20	Dicleli M. (Middle East Technical University, Turkey)	21
	Tongji University (China)	16	Erhan S. (Middle East Technical University, Turkey)	9
	Southwest Jiatong University (China)	11	Burdette E.G. (University of Tennessee, United States)	8
	Central South University (China)	9	Wang H. (Southeast University, China)	8
	Pennsylvania State University (United States)	9	Zhang J. (Zhejiang University, China)	8

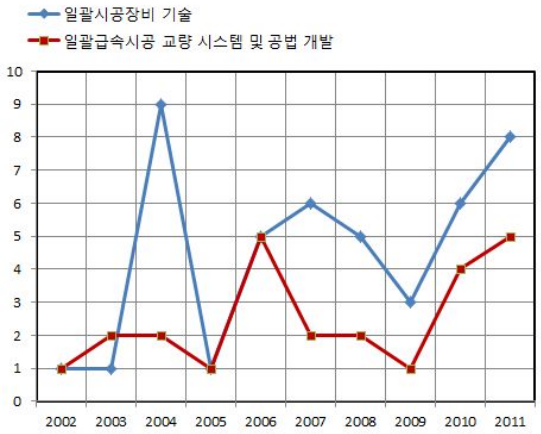
(3) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 전체 교량 상부구조 일괄급속시공 기술 분야 논문 131건 중에서 공법관련 논문이 35건(27%), 장비관련 논문은 96건(73%)으로 조사되었음
- 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)
  - 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 7번째로 많음
  - 연도별 논문 수는 2004년에 최고를 기록하고 이후 특별한 경향을 보이고 있지는 않음

국가별 논문 수



연도별 논문 수



○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

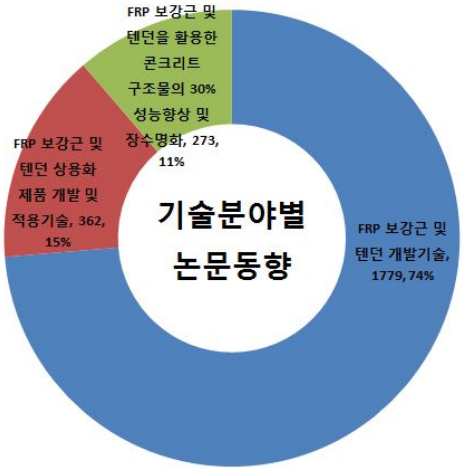
- 연구기관으로는 University of California, Southwest Jiaotong University 등 7개 기관이 각 2건씩의 논문실적을 보유하고 있으며, 나머지 기관은 각 1건씩의 논문실적이 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
일괄시공장비	University of California(USA)	2	Bernold L.E(North Carolina Univ., USA)	3
	Southwest Jiaotong University (China)	2	Moon S.(North Carolina Univ., USA)	2
	Honshu - Shikoku Bridge Authority (Japan) 외 91곳	1	Asahi Kazuho(Honshu - Shikoku Bridge, Japan)	1
일괄시공공법	ASCE(USA)	2	Feng M.Q.(Univ. of Padova, Italy)	2
	University of Padova (Italy)	2	Tang H.(Southwest Jiaotong Univ., China)	2
	University of Michigan (USA) 외 30곳	1	Stow A.J.(DERA, UK)	1

(4) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

○ FRP 보강재 활용 기술 분야 총 2,414건 중에서 FRP 보강재 개발관련 기술이 74%인 1,779건으로 가장 많고, FRP 적용기술, 콘크리트 교량 활용기술 순으로 나타남

○ FRP 보강재 개발관련 논문이 대다수를 차지하며, FRP 적용기술 및 콘크리트 교량 활용관련 논문이 상대적으로 적음

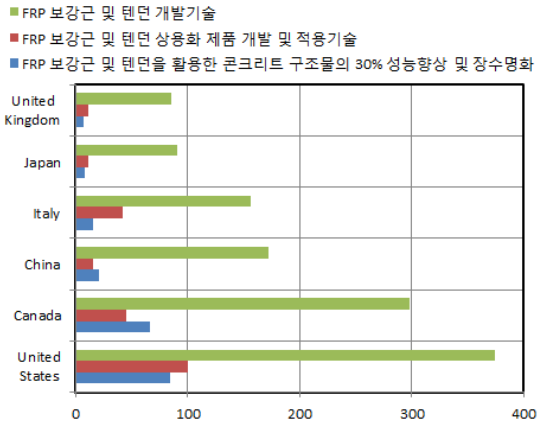


[그림 2-42] 중분류별 논문 발표 현황

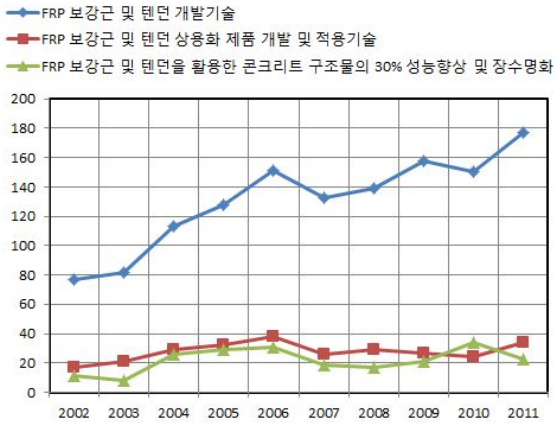
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수는 FRP 콘크리트 교량 활용기술 분야를 제외하면 거의 없음
- 연도별 논문 수는 FRP 보강재 개발분야에서 뚜렷한 증가경향을 보이며, 나머지 분야도 증가 추세임.

국가별 논문 수



연도별 논문 수



○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

- FRP 보강재 기술과 관련하여 연구기관은 Queen's University(Canada) 및 University of Sherbrooke(Canada), 연구자로는 Benmokrane B.(Univ. of Sherbrooke, Canada)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음
- 연구기관 및 연구자 모두 캐나다에서 높은 비율을 차지하고 있음
- FRP 보강재 시스템 및 콘크리트 교량 활용분야의 경우에서는 캐나다뿐만 아니라 미국에서도 논문 건수가 많이 조사됨

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
FRP 보강근 및 텐던 개발기술	Queen's University(Canada)	37	Benmokrane B. (Univ. of Sherbrooke, Canada)	76
	University of Sherbrooke(Canada)	36	Nanni A. (UniversityofMiami,UnitedStates)	56
	University of Manitoba(Canada)	24	El - Salakawy E. (Univ. of Manitoba, Canada)	35
	University of Missouri - Rolla(United States)	21	Mirmiran A. (Florida International University, UnitedStates)	29
	University of Lecce(Italy)	19	Karbhari V.M. (University of California, United States)	23
FRP 보강근	University of California(United States)	9	Karbhari V.M. (University of California, United	13

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술			States)	
	Queen's University(Canada)	8	Mirmiran A. (North Carolina State Univ., United States)	13
	University of Sherbrooke(Canada)	7	Nanni A. (UniversityofMiami,UnitedStates)	13
	North Carolina State University(United States)	6	Alkhrdaji T. (Kansas State University, United States)	8
	Georgia Institute of Technology(United States)	5	Benmokrane B. (Univ. of Sherbrooke, Canada)	7
FRP보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30%성능 향상 및 장수명화	University of Sherbrooke(Canada)	13	Benmokrane B.(Univ. of Sherbrooke, Canada)	30
	University of Manitoba(Canada)	9	El - Salakawy E.(Univ. of Manitoba, Canada)	22
	University of California(United States)	8	Karbhari V.M.(University of California, United States)	12
	Queen's University(Canada)	7	Mirmiran A.(North Carolina State Univ., United States)	10
	University of Missouri - Rolla(United States)	5	El - Ragaby A.(Univ. of Manitoba, Canada)	9

(5) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 고성능 경량 콘크리트 활용 교량 바닥판 기술 분야 논문 297건 중에서 경량 콘크리트 슬래브가 51%인 151건으로 가장 많음
- 경량 콘크리트 교량 바닥판 기술과 강-콘크리트 합성 교량 바닥판 기술, 고성능 경량 콘크리트 기술, 특수 교량 바닥판 기술은 각각 63건(21%), 38건(13%), 15건(5%), 30건(10%) 있음.

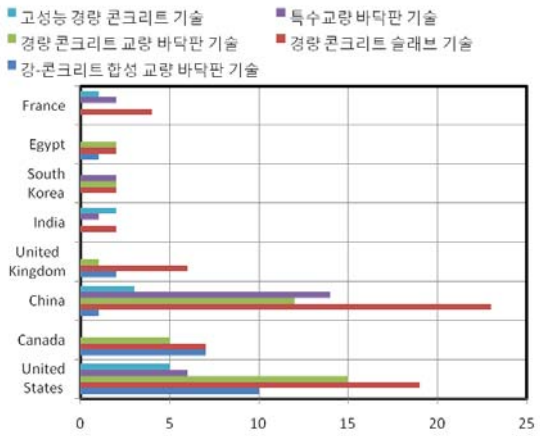


[그림 2-43] 기술분야별 논문 발표 현황

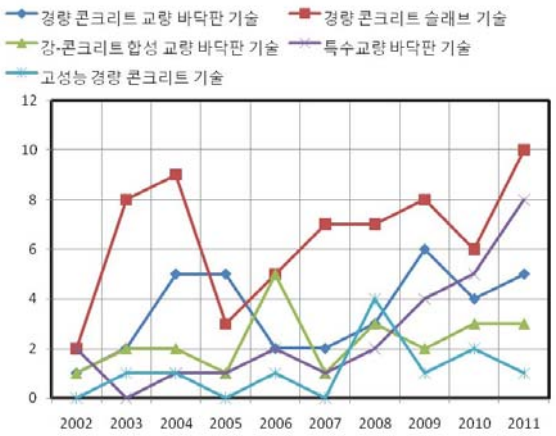
○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 중국의 논문 수가 가장 많고, 그 다음으로는 미국이 많음
- 우리나라의 경우 논문 수가 여섯 번째로 많음
- 연도별 논문 수는 점차 증가하는 경향을 보임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 연구기관으로는 한국건설기술연구원(한국)(총 8건), 연구자로는 정연주(한국건설기술연구원, 한국)(총 5건)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음
- 강-콘크리트 합성 바닥판 기술의 경우 국내 기술 수준이 상당히 높은 편이며, 이는 2002년도부터 2006년까지 수행된 장수명 합리화 바닥판 개발/강-콘크리트 합성 바닥판 과제에 대한 연구의 결과로 판단됨

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
고성능 경량콘크리트 기술	한국건설기술연구원(한국) 외 4곳	1	송훈 (한국건설기술연구원, 한국)	1
경량콘크리트 슬래브 기술	North China University of Technology(China)	1	Zhang Y. (North China University of Technology, China)	1
	Hunan University(China) 외 2곳	1	He P.W. (Hunan University, China)	1
강-콘크리트 합성 바닥판 기술	한국해양대학교(한국)	1	경갑수 (한국해양대학교, 한국)	1
	연세대학교(한국)	2	안진희 (연세대학교, 한국)	2

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
	한국건설기술연구원(한국)	5	정연주 (한국건설기술연구원, 한국)	5
	Southeast University(China)	1	Zhang X. (Southeast University, China)	1
	University of Illinois at Chicago(United States)	1	Issa M.A. (University of Illinois at Chicago, United States)	1
	Osaka Institute of Technology(Japan) 외 47곳	2	Sonoda K. (Osaka Institute of Technology, Japan)	2
특수 교량 바닥판 기술	Wuhan University(China)	1	Qu W. (Wuhan University, China)	1
	Aristotle University(Greece)	1	Papadopoulos P.G. (Aristotle University, Greece)	1
	Universidad de Sevilla(Spain)	1	Galvin P. (Universidad de Sevilla, Spain)	1
	고려대학교(한국)	1	조재영 (고려대학교, 한국)	1
	한국건설기술연구원(한국) 외 56곳	2	조근희 (한국건설기술연구원, 한국)	2

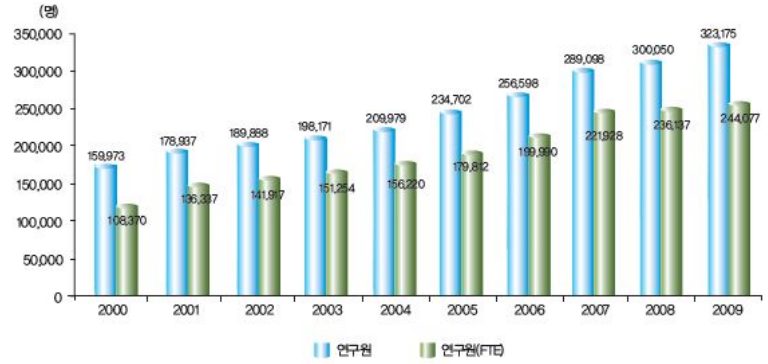
4절. 연구개발 인프라 분석

1. 인프라 및 역량 분석

가. 과학 기술 인력 인프라

○ 2009년 우리나라 총 연구원 수는 전년대비 23,125명(7.7%) 증가한 323,175명

- 연구보조원이 포함된 연구개발인력은 30,596명(7.0%) 증가한 466,824명
- 연구참여비율을 고려한 실질 연구 참여인력은 244,077명으로 세계 7위권이며, 연구개발 인력 수는 309,063명



[그림 2-44] 우리나라 연구원 수 추이

*출처 : 교육과학기술부, 2010 연구개발활동조사보고서

○ 2009년 우리나라 연구원 중 공학 분야 전공자는 전체의 67.4%인 217,911명

- 다음으로 이학 분야 전공자 41,687명(12.9%), 사회과학 분야 전공자 21,265명(6.6%), 의약보건학 분야 전공자 17,227명(5.3%) 순

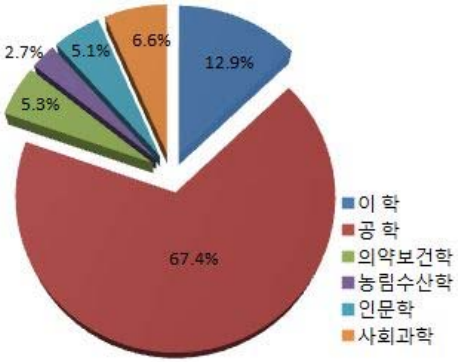
○ 연구수행 주체별로 살펴보면, 기업체 공학 분야 전공자 비중이 82.9%로 가장 높게 나타남

- 공공연구기관의 공학 분야 전공자 비중은 50.9%, 대학은 35.1%

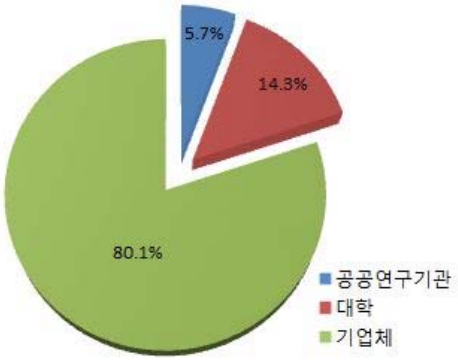
[표 2-23] 우리나라 주체별 전공별 연구원 현황(2009년) (단위:명,%)

구 분		공공연구기관		대 학		기업체		전 체	
		연구원	비 중	연구원	비 중	연구원	비 중	연구원	비 중
과학기술 분 야	이 학	4,373	18.0	13,346	15.1	23,968	11.4	41,687	12.9
	공 학	12,371	50.9	31,099	35.1	174,441	82.9	217,911	67.4
	의약보건학	1,541	6.3	13,805	15.6	1,881	0.9	17,227	5.3
	농림수산학	2,419	9.9	4,005	4.5	2,289	1.1	8,713	2.7
	소 계	20,704	85.1	62,255	70.3	202,579	96.3	285,538	88.4
인문사회 분 야	인문학	542	2.2	11,048	12.5	4,782	2.3	16,372	5.1
	사회과학	3,072	12.6	15,251	17.2	2,942	1.4	21,265	6.6
	소 계	3,614	14.9	26,299	29.7	7,724	3.7	37,637	11.6

*출처 : 교육과학기술부, 2010 연구개발활동조사보고서



[그림 2-45] 전공별 연구원 현황



[그림 2-46] 주체별 연구원 현황(공학분야)

나. 지능형 친환경 교량기술 인력 인프라

- 국내에 지능형 친환경 교량 관련 연구를 수행하는 인력은 다수 있으나 전체적인 연구 인력의 능력이 외국에 비해 떨어지는 것으로 조사됨
- 국내의 연구인력의 학술적 능력과 연구개발 능력은 세계 최고수준으로 집중적인 연구개발을 수행하게 되면 단기간에 외국 기술을 추월할 수 있을 것임
- 교량의 설계, 해석분야의 석, 박사급 연구인력은 매우 많으나, 특화된 건설분야 연구인력(무선센서 및 계측기법 등)은 많지 않아 인력양성이 필요할 것으로 보임
- 기술 융합적인 측면에서 정보통신 및 IT분야의 연구 인력과의 협업이 필요함
- 기업 부설 연구소의 활성화를 위해서는 각 시설물의 진단에 요구되는 장비, 설비의 제작, 설치 및 운영을 할 수 있는 전문 연구 인력으로 양성이 필요함
- 따라서 전문 연구인력 확보를 위한 교육 및 투자는 필수적인 것으로 사료됨

다. 연구 기자재 인프라

- 국내에서는 한국건설기술연구원, 철도기술연구원, 명지대학교, 현대건설, 대우건설, RIST 등이 대형 구조실험동을 보유하고 있어 지능형 친환경 교량과 관련된 연구결과의 실증적 검증을 하기 위한 연구기자재 인프라는 충분한 것으로 판단됨
- 다만 비선형 정밀구조해석을 위한 소프트웨어 및 관련 인력은 부족하며 실 시공을 위한 다양한 현장시공 장비는 국내개발이 되지 않은 상태로 연구를 통하여 개발할 예정임

라. 해외 협력기관 인프라

- 정기적 학술대회를 통한 정보교환
- 해외 유사사례를 통한 문제점 및 개선점 보안

- 국내 각 대학은 외국대학과의 학문 교류 및 기술 공동 개발 등을 수행
- 국내 관련 연구소등도 선진국 등의 관련 연구기관과의 협력 구축이 비교적 잘되어 있는 것으로 판단됨
- 그러나 특허 공유 ,기술 이전과 같은 협력분야에는 아직 미진한 사항임

[표 2-24] 해외협력기관 현황

국가명	해외기관	중점연구분야
미국	FHWA Federal Highway Administration	구조연구분야, 강구조 관련분야, FRP 관련분야, 콘크리트 관련분야
	NIST National Institute of Standards and Technology	제조 공학(Manufacturing Engineering) 연구소, 화학(Chemical Science and Technology) 연구소, 재료(Material science and Engineering) 연구소, 전자전기공학(Electronics and Electrical Engineering) 연구소, 물리학(Physics) 연구소, 건축 및 소방(Building and Fire Research) 연구소, 정보기술(Information Technology) 연구소
캐나다	ISIS Canada	복합재료 활용 기술 개발, 광섬유센서 활용 기술 개발, 개발 기술을 이용한 시공, 유지관리, 계측기법 제공, 설계 매뉴얼 제정, 전문 연구자 훈련 및 육성
영국	TRL Transport Research Laboratory	Infrastructure 분야(Pavement (Road, Airfield), Bridge Engineering, Ground Engineering), Transportation 분야(ITS, Traffic Management, Aviation), Safety 분야(Transportation Network, Vehicle Safety), Environment 분야
독일	FHRI Federal Highway Research Institute	도로건설과 유지관리 능력 향상, 교량 등 토목 구조물의 건설과 유지관리 능력 향상, 도로 안전성, 이용 효율 개선, 환경파괴를 감소시키는 환경 친화적인 건설방법 개발
스위스	EMPA Eidgenossische Materialprufungs und Forschungsanstalt, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research	콘크리트/건설 화학분야, 재료/구조 강도분야, 건축 물리분야, 도로공학/포장 분야, 목재분야
일본	PWRI Public Works Research Institute	관련기술의 고도화 및 명확한 성과를 조기에 얻을 수 있는 과제, 사회적 요소의 변화 등에 의해 긴급하게 대응할 필요가 있는 과제

2. 관련 기업 현황

가. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

□ 민간기업 기술보유 현황

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
HPC교량 설계/시공	인터컨스텍	HPC 적용 세그빔기술 등	80%	
UHPC 교량 설계	디엠엔지니어링	UHPC 교량의 설계 기술	85%	
UHPC 교량 시공	대림산업	UHPC 교량의 시공 기술	90%	
고성능 강	POSCO	교량용 고성능 강	90%	

□ 대학 및 연구소 기술보유 현황

관련 대학 및 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
한국건설기술연구원	김병석, 박영환, 김성욱	신재료 활용, 고성능 콘크리트 활용
포항산업과학연구원	윤태양	고성능 강재 활용 기술
대우건설 기술연구소	김영진	고성능 콘크리트 활용 기술
현대건설 기술연구소	김광수, 서주원	하이브리드 교량 기술
대림산업 기술연구소	김재홍	UHPC 교량 시공
GS건설 기술연구소	박종원	하이브리드 교량 기술
도로교통기술원	박영하	고강도 콘크리트 교량
연세대학교	김상효	하이브리드 교량
한양대학교	심종성	신재료 활용
경기대학교	조재병	고강도 강재 이용
동국대학교	이성철	고강도 강재 이용
영남대학교	이재훈	고강도 콘크리트 이용
전남대학교	김우	고강도 콘크리트 이용
명지대학교	김철영	하이브리드 교량
서울대학교	조재열	신재료 활용
고려대학교	윤영수	신재료 활용

□ 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

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

나. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

□ 민간기업 기술보유 현황

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
유지관리 최소화 교량 기술	내경엔지니어링	신기술	80%	
	지승건설		80%	
	(주)리노이엔지	교체가능 신축이음장치	60%	

□ 대학 및 연구소 기술보유 현황

관련 대학 및 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
한국도로공사	박영호	교대 배면 지반 거동

□ 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

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

다. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

□ 민간기업 기술보유 현황

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
일괄급속시공 장비기술	현대중공업	중량물 운반장비	50%	
	삼성중공업	중량물 운반장비	50%	
일괄급속시공 공법	코레일	곡선 철도교 급속교체	60%	
	현대건설	해상 교량 일괄시공	60%	
	동부건설	육상 교량 일괄시공	60%	
	인영건설	친환경 해체 기술	80%	

□ 대학 및 연구소 기술보유 현황

관련 대학 및 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
한국건설기술연구원	황윤국, 김형열 송재준, 이영호	급속시공용 프리캐스트 교량 부재 개발
서울산업대학교	조선규	경량 프리캐스트 바닥판 기술 개발

□ 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

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

라. 크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

□ 민간기업 기술보유 현황

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
FRP 보강근 생산 기술	동원건설	한국건설기술연구원이 특허 보유한 FRP 보강근을 생산하는 기술	85%	
FRP 텐던	동원건설	FRP 텐던 생산 및 정착장치 기술	70%	
FRP 판 및 텐던	신성소재	FRP 판 및 텐던 생산 기술	90%	

□ 대학 및 연구소 기술보유 현황

관련 대학 및 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
한국건설기술연구원	김병석, 박영환	FRP 활용
한양대학교	심종성	신재료 활용
명지대학교	김철영	하이브리드 교량
서울대학교	조재열	신재료 활용
고려대학교	윤영수	신재료 활용

□ 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

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

마. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

□ 민간기업 기술보유 현황

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
인공경량골재	한국남동발전(주)	석탄재 활용 인공경량골재 생산 기술	50%	
	선일공업(주)	저 소성온도 경량골재 제조 기술	80%	
	한아기초소재(주)	혈암 및 점토 소성 인공경량골재	90%	
경량콘크리트 시공기술	현대건설	건축물 경량콘크리트 시공 기술	60%	
	삼성물산	고강도 경량콘크리트 SOC 구조물 건설기술	40%	
	GS건설	고강도 경량콘크리트 건축물 적용 기술	60%	

□ 대학 및 연구소 기술보유 현황

관련 대학 및 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
건국대학교	서치호	• 흡음기능 경량콘크리트 비구조체 • 보통 강도 구조용 경량콘크리트 제조
고려대학교	윤영수	• 고효율 역 T형강-콘크리트 합성 바닥판 기술 • 절곡강판-콘크리트 합성 바닥판
한국건설기술연구원	김성욱, 정연주	• 복합섬유 혼입 고강도 경량콘크리트 제조 기술 • 강-콘크리트 합성 바닥판 기술 • 캔틸레버부 바닥판 기술 • 유공판재형 전단연결재를 갖는 강-콘크리트 합성 바닥판 기술
중앙대학교	심창수, 정영수	• I형강 합성바닥판 기술
서울산업대학교	김성훈	• 역T형강-콘크리트 합성 바닥판
한국철도기술공사	이기승	• 경량전철용 I형강 격자바닥판 기술
성균관대학교	김태협, 박준명	• PSC 거더용 강-콘크리트 합성 바닥판
연세대학교	안진희	• 절곡강판 적용 강-콘크리트 합성 바닥판

□ 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

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

3. 시사점

- 공기단축에 따른 인센티브 제공 규정 등 제도 마련, test-bed 구축을 위하여 관·산·학·연 공동연구체제 구축하고 한국건설기술연구원, 분산형 공유 실험센터 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증 연구실시
- 교통정체 완화 및 국립공원 등 환경보전이 필요한 지역의 친환경 건설에 활용
- 일부 분야의 경우 전문 인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨
- 국내 연구진들로 기술개발이 어려운 분야는 국제 공동연구 또는 위탁연구를 통해 선진 기술을 습득하는 전략을 취함
- 새로운 기술을 교량에 적용하고자 할 때 보수적인 건설업계 특성을 감안하여 세미나 또는 기술 강습회 등을 통해 일선 실무자 및 관리주체들과 교감하여 조기에 신재료 교량이 국내에 정착될 수 있도록 노력해야 함
- 지능형 친환경 교량은 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 것으로 국내 각 대학 및 국가 연구소등의 연구 인력들이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있음
- 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 필요함

5절. 종합분석

가. 국내외 정책 동향 및 환경분석 시사점

(1) 국내

○ 탄소배출량 저감 제도화 추진

- 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설 분야에서 탄소배출량 절감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량분야에서도 탄소배출량 절감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구되는 상황임
- 국토해양부는 국토해양 연구개발사업에 있어 "품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"라는 비전을 수립했고, 녹색기술을 2020년까지 선진국의 90% 수준으로 향상시킨다는 목표 등을 설정하고 있음
- 이를 구체화시키기 위해 Green-up 30 과제를 발굴, 기획 중에 있으며 본 기획연구사업인 “지능형친환경교량(Intelligent Green Bridge)" 사업도 포함되어 있음
- 한편 신소재 및 고성능 재료 활용에 대응하기 위해 도로교설계기준을 수시로 개정하고 있으며, 교량부재의 슬림화를 위해 한계상태설계법 등을 적극적으로 반영한 설계기준을 마련하기 위해 이와 관련된 R&D를 준비하고 있음

○ 국민의 삶의 질 향상을 위해서는 살기 좋은 국토환경 조성, 편리한 교통물류 서비스를 제공하는 것을 목표로 하는 기술 개발 및 R&D 정책 필요

- 기술 선진국을 단순 답습하는 수준에서 세계를 선도할 수 있는 최고기술을 개발할 수 있는 R&D로 이전하고 있고, 탄소배출량 감소 등 녹색성장을 위한 연구개발을 중요시 하고 있어, 해당 분야에 대한 국가 R&D 정책이 진행되고 있는 것으로 판단됨
- 최근 국내에서 신재료 또는 고성능 건설재료에 대한 관심이 고조되어 이 분야에 대한 몇 건의 R&D 투자가 이루어져 고성능 강재 등 현장에 적용할 수 있는 제품이 개발되었음
- 그러나 이들 재료가 활발히 현장에서 적용되지 못하고 있는 것은 활용 연구 미비, 경제성 문제, 설계기준 미비 등의 원인들이 있으므로 이러한 문제점들을 해결하기 위한 R&D가 실시되어야 함
- 이를 통해 이 분야에서 세계 최고 수준의 기술을 확보하면 우리나라의 건설경쟁력을 한 단계 도약시키는 계기를 마련할 수 있을 것임

(2) 국외

○ 건설 선진국들은 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량의 저감을 목표로 정책적 지원을 실시

- 이를 통하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진하고 있음

o 교량의 저탄소 친환경 급속 시공 및 교체기술 등은 선진 외국에서는 정부 차원으로 추진하고 있는 과제임

- 공사로 인한 교통정체가 극심한 우리나라에서도 조속한 기술개발을 통한 기술선점이 필요함

o 건설 강국인 미국, 유럽, 일본에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화, 고내구성화 및 장수명화를 지향하고 있음

- 이들 재료를 사용하면 초기 공사비는 증가되지만 교량수명 연장, 유지관리비용 절약 등 생애주기비용 측면에서 오히려 유리함

- 때문에 시간이 갈수록 이들 교량을 건설하는 사례가 증가되고 있으며, 생애주기평가 개념을 이용한 평가기법의 도입에도 적극적임

- 우리나라에서도 고내구성 신재료 등을 교량에 적용하기 위해서는 이러한 생애주기 개념에 입각한 교량 프로젝트 평가기법이 적극적으로 도입되어야 할 것으로 판단됨

나. 국내외 시장동향 분석 시사점

(1) 국내

(가) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

o 국내 도로교에서 콘크리트 교량의 비율이 80%에 이를 정도로 점유율이 압도적이며, 강합성 교량을 포함할 경우 90% 이상을 점유하는 것으로 파악되고 있음

- 콘크리트 교량에 대한 시장의 니즈는 주로 PSC 교량 분야이며 저비용, 장수명, 장지간 PSC 교량에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있는 상황이므로 향후에도 이 분야에서 많은 기술들이 개발될 것으로 예상함

- 그러나 PSC I형교 분야에서는 많은 기술들이 개발되어 치열한 경쟁 상태에 있기 때문에 기존 기술을 월등히 능가하는 새로운 기술이 개발되지 않으면 시장에서 도태될 가능성이 큼

o 교량 하부구조에 대한 기술개발은 상부구조에 비해 많지 않으며, 현재까지 시장의 큰 관심을 받지 못하고 있음

- 일부 업체에서 프리캐스트 콘크리트를 이용한 하부구조 급속시공 기술 등을 개발하고 이를 일부 실용화시킨 예가 있음

- 하부구조 슬림화 및 장수명화과 관련된 시장의 니즈는 현재까지 많지 않아 보이지만 전체 공사비에서 하부구조가 차지하는 비율이 낮지 않은 점에서 착안할 때 머지않은 장래에 관련 기술의 니즈가 폭발할 것으로 예상됨

(나) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

- 국내 도로교는 2001년 이후 1,136개소(5.4%)씩 증가하고 있고 노후 된 국도상 도로교의 신축이음 교체 주기로 수요 시장을 전망하며 연 평균적으로 신축이음장치는 4,400개, 받침은 58,000개씩 신설되거나 교체될 것으로 추정됨
- 교량 부속장치인 신축이음과 받침의 신규 설치 및 교체로 인한 예산 소요가 큰 것으로 추정됨
- 교량 부속장치의 최소화 및 교통 차단 없는 신속한 교체 공법의 개발을 통해 막대한 국가예산을 절감하고 해외시장에서 교량 건설 경쟁력을 확보해야 할 것으로 판단됨

(다) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 교량 상부구조 일괄급속시공 시장은 노후교량의 교체사업과 도심지 등 교통정체가 심한 지역의 신설교량 사업이 주 시장이 될 것임
- 국내 도로교는 매년 지속적으로 증가 추세이며, 향후 노후화 및 성능개선에 따른 개축 수요가 꾸준히 증가할 것임
- 철도교는 전체 2,793개소, 총연장 356km로 도로교에 비해 절대적으로 적으나 최근 고속철도, 도시철도 등의 확충으로 신규건설 수요가 많아 최근 10년간 연 평균 6.5%씩 증가하고 있음
- 또한 40년 이상 노후화된 교량이 전체의 약 40%에 달해 교체 수요가 많음
- 국내 노후 교량의 지속적인 증가로 인하여 교량 상부구조 일괄급속시공 시장은 노후교량 교체 시장이 신설교량 시장보다 더 커질 것으로 예상됨
- 국내 일괄급속시공 시장은 2020년 2.1조원에서 2029년에는 3.6조원 이상이 될 것으로 전망됨

(라) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 우리나라 교량총수는 2010년 말 현재 27,381개이며, 교량식별분포는 콘크리트교가 21,872개(80.0%), 강교 4,003개(14.6%), 강합성교 978개(3.6%)로 콘크리트교가 압도적 다수를 차지하고 있음
- 우리나라 도로교량 수주액은 2008년 기준으로 4조원이며, 2000년부터 2008년까지 도로교 수주액은 연평균 7.8% 성장하였음
- 그러나, 2009년 이후부터는 5% 성장하는 것으로 가정하면 국내 도로교량의 수주액은 아래 표와 같으며, 최근 급속히 팽창하는 철도교량을 포함하면 시장규모는 더욱 커질 것으로 예상됨
- 최근 5년간(2005년~2009년) 구조물 보수비 집행실적을 살펴보면, 교량 보수비의 경우 평균

증가율은 16%임

- FRP와 같은 신소재가 적용될 교량시장을 전체 시장의 5 ~ 10% 라고 가정하면 2020년에는 3,200 ~ 6,500억원, 2029년에는 6,200 ~ 12,400억원 정도일 것으로 추정됨

(마) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 고강도 경량콘크리트를 재료 기술을 활용한 국내시장은 현황은 아직 활성화 되어 있지 않음
- 그 이유는 인공경량골재의 제조 비용이 높은 편이며 구조용 부재에 적용하기에는 경량콘크리트의 강도 수준이 낮은 것이 주요 원인임
- 따라서 원재료를 저탄소의 산업부산물을 활용하여 원가 부담을 줄이고 동시에 경량골재의 공극 분포와 흡수율 등의 성능을 향상시키는 것이 시장을 확대할 수 있는 관건이 될 것으로 판단됨
- 수요 측면에서 고강도 경량콘크리트는 교량을 비롯한 구조물의 전체 공사비를 줄일 수 있고 적용 범위가 매우 넓은 건설재료로 확인됨
- 따라서 저비용 생산비와 고효율 적용 기술을 개발할 경우 기존 콘크리트 시장의 상당한 부분을 점유할 가능성이 매우 높은 재료임
- 또한 고강도 경량콘크리트를 강-콘크리트 합성의 교량 바닥판 제작 재료로 활용할 경우 바닥판의 성능과 내구수명을 급진적으로 향상시킬 수 있음
- 저탄소/저에너지 사용 기술로 시장의 확대는 어렵지 않을 것으로 판단됨

(2) 국외

(가) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 고성능 콘크리트 등을 활용한 국외 교량시장은 100~200억 달러로 추산됨
- 전 세계적으로 교량의 설계수명을 늘려가는 추세임
- 고품질의 교량에 대한 요구가 높아지고 있기 때문에 향후 해외의 고성능 재료를 활용한 교량시장의 규모는 비약적으로 증가될 것으로 예상함

(나) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

- 미국, 일본에서도 국내에서와 마찬가지로 교량의 신축 및 교체 수요가 꾸준하여 부속장치인 신축이음장치 및 받침도 수요가 매우 증가하고 있음
- 이에 따라 유지관리 최소화를 위하여 부속장치의 성능을 높이거나 일체식 교량과 같이 신축

이음과 받침을 제거하는 구조형식에 대한 연구에 많은 투자를 하고 있음

(다) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 노후교량 보수 및 교체 시장은 급성장 할 것으로 판단됨
  - 미국에서는 노후교량 개선을 위하여 2004년도에 $105억/년 (AASHTO, 2004)이 소요됨
  - 노후교량의 보수 및 개선을 위하여 $170억/년 규모의 예산이 지속적으로 요구되는 것으로 조사됨
  - 일본은 20년 후에는 전체 교량의 50% 이상의 교량이 공용연수 50년을 넘는 등 대부분의 선진국에서는 교량의 교체 및 유지보수 수요가 급속히 증가할 것으로 추정됨
  - 일본의 교량길이 15m 이상의 도로교는 약 15만개가 있으며, 이 중 공용연수가 50년을 넘은 교량은 전체의 약 8% 이며, 10년 후에는 26%, 20년 후에는 약 53%에 달하여(일본 국토교통성, 2010), 노후교량의 보수 및 교체 시장이 급성장 할 것으로 예상됨
- 해외 건설시장 중 국제입찰로 진행하여 외국 국적 기업에 의해 계약하는 형태인 해외건설시장 규모는 세계 건설시장의 10% 수준(세계건설시장 동향 및 2008년 해외건설 수주전망, 건설산업동향, 2008)
- 2030년에는 국내업체가 수주할 수 있는 교량 일괄급속시공 시장은 총 8,480억원이 될 것으로 추산됨

(라) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 고성능 콘크리트, 고성능 강재, FRP 등을 활용한 국외 교량시장은 100~200억 달러에 이를 것으로 추산됨
- 전 세계적으로 교량의 설계수명을 늘려가는 추세이며 고품질의 교량에 대한 요구가 높아지고 있으며 따라서 향후 해외의 신소재를 활용한 교량시장의 규모는 비약적으로 증가될 것으로 예상함
- 미국 및 캐나다의 FRP 시장은 연간 평균 3%대로 성장 중이며, 향후에 더 많은 교량들이 가설되어 신소재를 활용한 교량시장이 더욱 확대될 것으로 예상됨
- 일본 및 중국은 상호 기술교류를 통해 FRP 시장 확대를 위해 긴밀한 연계를 도모하고 있음

(마) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 고강도 경량콘크리트의 국외시장은 새로운 국면을 맞이함
- 교량의 상부구조에서 가장 자중도가 높은 바닥판을 경량화함으로써 교량 건설비용의 절감을 이미 노르웨이 Nordhordland 교량에서 경험하였으며 이로 인해 케이블 교량과 장경간 콘크

리트 교량에서 수요는 매우 높음

- 한편, SOC 구조물에서 교량에 적용된 것을 계기로 해양 플랫폼의 GBS 구조물을 비롯한 수중교량, 항만 등 부유 구조체에 대한 적용 시장의 확대는 매우 용이할 것으로 판단됨
- 따라서 고강도 경량콘크리트 기술의 선점은 응용 구조물 시장의 선점으로 이어질 전망임.

다. 국내외 기술개발 동향 분석 시사점

(1) 기술동향 분석 시사점

(가) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

- 교량에 고성능 콘크리트와 같은 새로운 재료를 활용하여 슬림화 및 장수명화를 구현하는 기술은 세계적으로 1990년대 중후반부터 활발히 연구되고 있음
  - 국내 기술 수준 전체적으로 80% 수준 정도이고 기술격차는 약 3~5년 정도로 파악됨
  - 고성능 콘크리트 제조기술, 고성능 강 제조기술, FRP 부재 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있지만 이들 재료의 활용기술은 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 다소 뒤떨어진다고 볼 수 있음
  - 따라서 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 정교한 설계기준 등이 마련되어야 함
- 이 분야는 선진 각국에서 자국 교량의 고품질화 및 장수명화를 목표로 국가적인 차원에서 연구비를 지원하며 투자하는 분야임
- 국내에서 이 분야에 대해 기술개발을 등한시한다면 현재 3~5년인 기술 격차가 조만간 더 크게 벌어질 가능성이 높음

(나) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

- 단열 말뚝기초와 낮은 교대를 적용하여 신축이음과 받침을 두지 않고 상하부구조를 일체화한 Integral Bridge는 미국, 캐나다, 유럽 등에서 보편적으로 시공되고 있음
- 국내에서는 1990년대 후반부터 한국도로공사 주도로 일체식 교량에 대한 연구 개발을 수행하여 많은 적용 실적을 가지고 있음
- 한국도로공사에서는 2009년 일체식 교량 설계지침을 제정하여 일체식 교량 적용의 활성화를 도모하고 있음
- 교량 받침을 배제한 콘크리트 힌지 연결은 1880년대부터 아치교 등에서 사용되어 왔으며 프랑스 Freyssinet Hinge가 최초로 1953년에 독일 프리스트레스트 교량에 적용되면서 유럽, 미국 등에서는 보편화된 기술임

- 국내에서는 낮은 교대를 적용한 일체식 교량을 제외하고 체계적인 연구가 수행되지 못하여 신축이음과 받침을 최소화하는 기술이 상대적으로 덜 발달하였음

(다) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 교량 일괄시공을 위한 장비는 유럽을 중심으로 기술개발이 이루어지고 있으며 장비를 활용한 일괄급속시공 공법은 미국 FHWA가 주도가 되어 다양한 건설회사가 참여하고 있음
- 국내에서는 교량 상부구조 일괄급속시공을 위한 전용 장비는 개발되지 않았으나 중공업 등에서 사용하고 있는 SPMT를 응용하면 단기간에 전용 장비 개발이 가능할 것으로 판단됨
- 국내에서는 외국 기술을 도입하여 교량 일괄시공을 실시한 사례가 있으나 대부분의 기술을 외국에서 도입한 실정이며 외국에서는 미국, 네덜란드 등 일부 국가에서만 실시하고 있는 기술로 건설산업을 고부가가치 산업으로 연계시키기 위하여 독자적인 기술개발이 조속히 필요함

(라) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- 교량에 고성능 콘크리트, 고성능 강 및 FRP, 알루미늄과 같은 새로운 재료를 활용하여 슬림화 및 장수명화를 구현하는 기술은 전 세계적으로 1990년대 중후반부터 활발히 연구되고 있음
- 국내 기술 수준 전체적으로 80% 수준 정도로 기술격차는 약 3~5년 사이라고 파악됨
- 즉 고성능 콘크리트 제조기술, 고성능 강 제조기술, FRP 부재 생산기술 등은 외국과 동등 수준에 이르렀다고 볼 수 있으나 이들 재료의 활용기술은 미국, 일본, 유럽, 캐나다 등에 비해 다소 뒤떨어진다고 볼 수 있음
- 따라서 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술의 디테일에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 정교한 설계기준 등이 마련되어야 함
- 선진 각국에서 자국 교량의 고품질화 및 장수명화를 목표로 국가적인 차원에서 연구비를 지원하며 투자하는 분야이므로 국내에서 이 분야에 대해 기술개발을 등한시한다면 현재 3~5년의 기술격차가 크게 벌어질 가능성이 큼

(마) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 혈암 및 점토를 원재료로 활용하는 인공경량골재 경량콘크리트 기술은 어느 정도 완성되어 있으나 석탄재와 같은 산업부산물을 활용하는 인공경량골재 콘크리트 기술은 거의 연구개발이 되지 못함
- 최근 저탄소, 저에너지 활용의 고강도 인공경량골재의 연구개발 기술 수준은 급속히 발전되고 있으나 활용에 대한 연구개발이 전혀 진행되지 못하여 재료개발이 실효성이 낮음
- 저비용 고효율의 경량콘크리트의 기술의 확립과 이를 단독 또는 강-경량콘크리트 합성 교량 바닥판의 기술 개발이 완성되면 활용도는 매우 높을 것으로 전망됨

o 상대적으로 자중이 무거운 콘크리트 구조체를 대체할 경우 적용범위는 매우 넓혀질 것으로 판단됨

(2) 특허분석 결과

o 친환경 교량 기술의 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음

o 각 기술분야의 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될만한 요소는 비교적 적을 것이고, 기술개발시 선두 기업의 기술을 이용할 수 있을 것임

o 한국건설기술연구원은 친환경 교량기술 분야의 대부분의 분야에서 전세계적으로 보았을 때 주요 출원인에 포함되어, 다양한 기술분야에 대한 기술력을 갖추고 있으므로 향후 본 과제 진행시 기술개발을 효과적으로 할 수 있을 것임

o 신소재를 활용한 초슬림 장수명 교량 기술은 1,2위의 주요 출원인이 다른 출원인에 비해 월등히 많은 출원을 하고 있으므로 기술개발시 해당 출원인에 대한 모니터링이 필요할 것임

o 친환경 교량 기술 분야는 전체적인 동향에서 특허가 앞서는 것으로 나타나 기술개발시 특허기술을 참조할 필요가 있을 것으로 사료됨

o 최근 출원증가율, 점유율 증가율, 주요 출원인 점유율 증가율, 국가별 외국인 최근 출원증가율, 전문가의견을 종합적으로 평가함

(3) 논문분석 결과

(가) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

o 고성능 재료 활용 교량 분야 논문 총 2,766건 중에서 고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 분야가 42%인 1,161건으로 많음

o 교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발 분야도 36%를 차지하고 있으며, 교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술이 34건으로 매우 낮은 비율인 3%를 차지함

o 우리나라 역시 하부구조 슬림화/장수명화 기술분야에서는 논문 실적이 매우 저조하며, 고성능 콘크리트 활용 상부구조 기술에 대한 논문 실적이 주를 이루고 있음

(나) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

o 전반적으로 신축이음 및 받침 교체에 대한 연구는 매우 저조한 편으로 분석됨

o 이는 교체공법이 학술적인 측면보다는 시공 공정 개선 측면으로 접근하여 연구 개발을 소홀히 한 결과라고 판단됨

- 신축이음 및 받침을 교통 차단 없이 신속히 교체하기 위한 구조 및 연결부 형식에 대한 체계적인 연구가 필요하다고 판단됨
- 일체식 교량에 대한 연구는 다소 많은 실적이 검색되었지만 주로 짧은 교대 및 뒤채움 지반의 거동에 대한 연구에 초점이 맞추어져 있음
- 장경간 교량 및 다양한 상부 구조를 적용하기 위한 유연한 연결구조에 대한 연구가 필요할 것으로 사료됨

(다) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

- 교량 상부구조 일괄시공과 관련된 논문은 전체 131건이고 최근 10년에는 80건에 불과하여 매년 8건 정도의 논문밖에 발표되지 않는 것으로 조사됨
- 이는 본 과제가 학술적 주제가 아닌 실용화를 목적으로 하여 장비와 공법개발에 주안점을 두었기 때문인 것으로 판단됨
- 국내 논문은 총 4건에 불과하여 본 과제와 관련된 연구가 거의 진행되지 않은 것으로 판단할 수 있으며, 각 분야별 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨

(라) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

- FRP 보강재 활용 기술 분야 총 2,414건 중에서 FRP 보강재 개발관련 기술이 74%인 1,779건으로 가장 많고, FRP 적용기술, 콘크리트 교량 활용기술 순으로 나타남
- 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수는 FRP 콘크리트 교량 활용기술 분야를 제외하면 거의 없음
- 연도별 논문 수는 FRP 보강재 개발 분야에서 뚜렷한 증가경향을 보이며, 나머지 분야도 증가 추세임
- FRP 보강재 기술과 관련하여 연구기관은 Queen's University(Canada) 및 University of Sherbrooke(Canada), 연구자로는 Benmokrane B.(Univ. of Sherbrooke, Canada)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음
- 연구기관 및 연구자 모두 캐나다에서 높은 비율을 차지하고 있음
- FRP 보강재 시스템 및 콘크리트 교량 활용분야의 경우에서는 캐나다뿐만 아니라 미국에서도 논문 건수가 많이 조사됨

(마) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

- 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발 분야의 논문 146건 중 고성능 경량콘크리트-강합성 바닥판 기술 분야의 논문(0%)은 국·내외에서 전혀 없는 것으로 조사됨

- 경량화된 바닥판의 적용이 필요한 구조(예를 들어, 소수주형교 등)에 적용할 경우 그 효율성을 극대화할 수 있기 때문에 관련 연구가 반드시 필요할 것으로 사료됨
- 논문실적과 관련하여 세계 수준을 확보하기 위해서는 고성능 경량콘크리트 활용 강합성 바닥판에 대한 중점 연구기관 및 연구자를 발굴 육성해야 하며, 관련 분야에 대한 국가적 차원의 적극적 지원 필요할 것으로 사료됨
- 일반콘크리트를 활용한 강-콘크리트 합성 바닥판에 대한 연구는 국내의 다수의 대학 및 연구기관에서 이미 진행된바 있으며, 관련 분야의 논문 실적도 상당히 우수하다고 판단됨
- 경량콘크리트를 적용한 교량 바닥판 및 슬래브에 관한 연구는 총 4건, 고성능 경량콘크리트 기술은 총 5건으로 관련 분야의 논문 실적이 상당히 미미함
- 따라서 본 과제를 통하여 고성능 경량콘크리트 개발 기술 및 고성능 경량콘크리트 활용 강합성 바닥판의 세계 선도기술을 확보할 수 있을 것으로 판단됨
- 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발에 국가적 차원에서 적극적인 지원이 필요할 것으로 사료됨

라. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석

- 공기단축에 따른 인센티브 제공 규정 등 제도 마련, test-bed 구축을 위하여 관·산·학·연 공동연구체제 구축
- 한국건설기술연구원, 분산형 공유 실험센터 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증 연구실시
- 교통정체 완화 및 국립공원 등 환경보전이 필요한 지역의 친환경 건설에 활용
- 일부 분야의 경우 전문 인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨
- 국내 연구진들로 기술개발이 어려운 분야에 대해서는 국제 공동연구 또는 위탁연구를 통해 선진 기술을 습득하는 전략을 취함
- 새로운 기술을 교량에 적용하고자 할 때 보수적인 건설업계 특성을 감안하여 세미나 또는 기술 강습회 등을 통해 일선 실무자 및 관리주체들과 교감하여 조기에 신재료 교량이 국내에 정착될 수 있도록 노력해야 함
- 지능형 친환경 교량은 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 것으로 국내 각 대학 연구인력 및 국가 연구소등의 연구 인력이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있는 실정으로 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 좀 더 확대될 필요성이 있음

마. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

(1) STEEP 분석에 따른 시사점

○ 사회문화적(Social) 시사점

- 다른 나라의 기술개발 동향에서도 급속시공을 장려하고 있으며, 급속시공이 가능하다면 건설비가 더 소요되더라도 그 공법을 채택하는 장려제도를 도입하고 있음
- 최근 국내외의 교량기술개발 트렌드는 물량절감, 저비용 및 장수명 교량을 개발하는 것임
- 특히 이산화탄소 배출량 축소가 전세계적인 이슈로 등장한 이후 교량분야에서도 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발 및 설계개념의 변화에 대해 논의가 되고 있는 시점임
- IT기반 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트랜드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대할 것으로 전망됨
- 교량은 공공성이 가장 높은 시설물로서 국민 생활과 밀접한 관련이 있으므로 교량 붕괴사고를 미연에 방지하는 모니터링, 자가진단, 평가 기술 등 교량의 지능화를 통해 국가경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 기대할 수 있음

○ 기술적(Technological) 시사점

- 이러한 여건에서는 약간의 기술진보 보다 더 효과적인 것이 급속시공으로 인해 얻는 부가효과이며 급속시공기술은 자동화를 수반하는 것이므로 장비개발 등에 있어서 IT 등 첨단기술의 접목으로 기술 및 산업의 시너지 효과를 가짐
- 교량분야에서 이산화탄소 배출량을 직접적으로 감소시키는 기술은 현재로서는 한계가 있어 콘크리트 및 강재 사용량을 절감시키거나 고성능 재료를 사용하는 방법을 통해 직간접적으로 탄소 배출량을 감소시키는 방법을 취하고 있음
- 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 지능형 교량은 국내 각 대학 연구인력 및 국가 연구소 등의 연구 인력이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있는 실정을 보았을 때 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 좀 더 확대될 필요성이 있음을 알 수 있음
- 건설-IT융합시장 규모가 빠르게 증가할 것으로 전망되며, BIM기술을 활용한 기반 및 응용연구가 증가하고 있는 추세임

○ 경제적(Economic) 시사점

- 미래 20년~30년 후에는 개축대상 교량이 획기적으로 급증할 것이며, 주요 간선도로 상의 교량은 교통통제 없이 급속시공을 도모하는 것만이 공사 가능한 대안이 될 것임
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화 및 고내구성화를 지향하고 있음

- 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지절감 및 친환경·신소재 등 기존의 건설 산업과 IT 기술의 결합을 통한 고부가가치 시장의 성장이 전망됨

○ 환경적(Environmental) 시사점

- 급속시공은 건설기간이 길어짐으로 나타나는 탄소배출량을 조기개통으로 해소시키고, 사용 중에 있어서 발생하는 유지관리로서의 부분교체 시에는 교통통제의 최소화를 통해 해결하는 것임
- 교통이 밀집한 지역의 교통정체 없는 건설 및 급속시공을 통한 조기개통의 탄소절감 효과는 막대한 것임
- 교량 건설의 대표적인 재료인 콘크리트(시멘트) 및 강재는 재료 생산시 막대한 이산화탄소를 배출하기 때문에 시멘트 및 강재 사용량을 줄여 이산화탄소 배출을 억제하려는 인식이 확산되고 있음
- 세계적으로 건설 기술은 각국의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT 기술을 융합한 신성장동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 지능형, 친환경 에너지 절감을 위한 생활 밀착형 건설 기술과 SOC형 건설기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임

○ 정책적/법적(Political) 시사점

- 교량 안전관리와 관련된 다양한 법령은 제시되어 있으나, 교량 설계, 시공, 유지관리 단계에서 탄소배출량을 최소화하기 위한 의무규정은 없는 것으로 조사됨
- 따라서 이와 관련된 법 규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨
- 신성장동력산업 중에서 IT 건설 부문에 대한 관심이 높고, 융합 기술의 개발 노력과 산업의 활성을 위한 제도적 및 경제적 지원 정책의 지속적 추진이 필요

(2) SWOT 분석

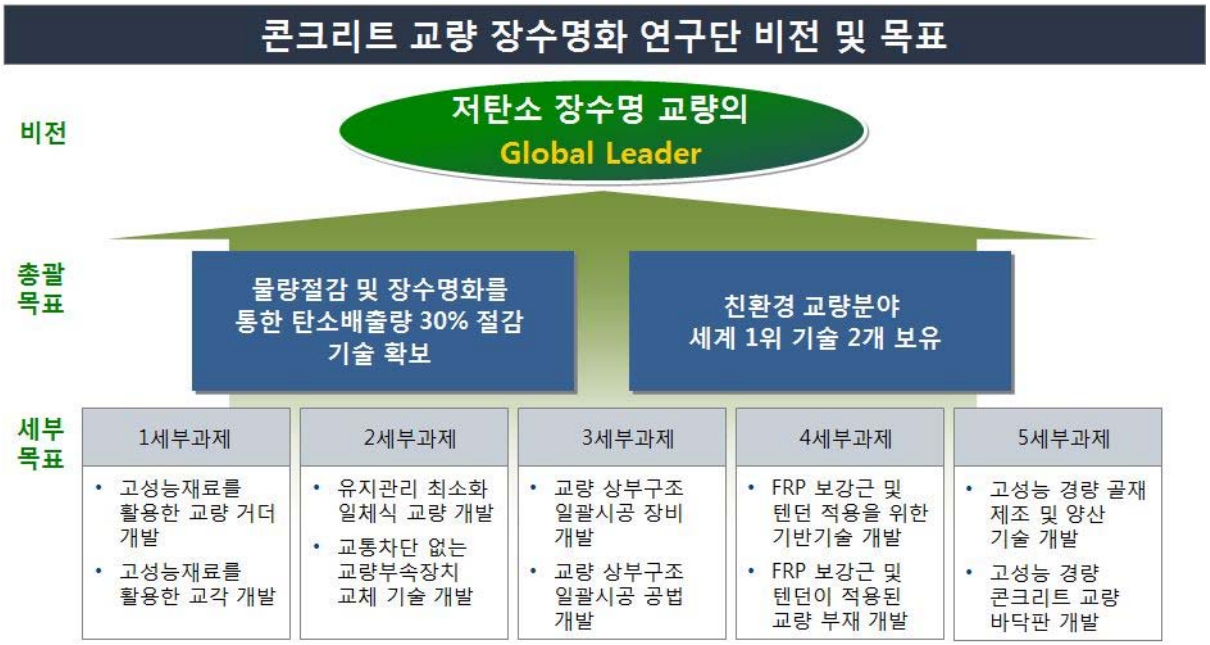
	【 강 점(S) 】	【 약 점(W) 】
내부 환경 분석	‧세계 최고 수준의 지능형 친환경교량 시공기술 확보 ‧교량 지능화 기술개발 실용화를 위한 인프라 기 확보 ‧국가의 녹색 성장/저탄소 정책을 통한 녹색기술 개발 의지 및 인식 확산 ‧세계적 수준의 고성능 건설재료 제조 기술의 확보 ‧신기술 제도를 통한 신형식 교량에 대한 정부의 지원 및 보호 ‧세계적 수준의 교량기술 및 IT 인력인프라 보유 ‧다양한 교량 분야 연구 추진을 통한 노하우 축적	‧급속시공 실용화 관련 제도 미비 ‧주변 첨단기술과의 시스템화 미흡 ‧새로운 기술의 현장 적용 의지 부족 ‧녹색 건설에 대한 제도 및 기준 미비 ‧교량의 탄소배출량 평가 방법 부재 ‧고성능 재료에 대한 실용화 및 설계 기술 미흡 ‧고부가가치 창출형 교량 설계/유지관리 기술 부족 ‧지능형 교량 구현을 위한 소재/부품 관련 산업의 높은 해외 의존도

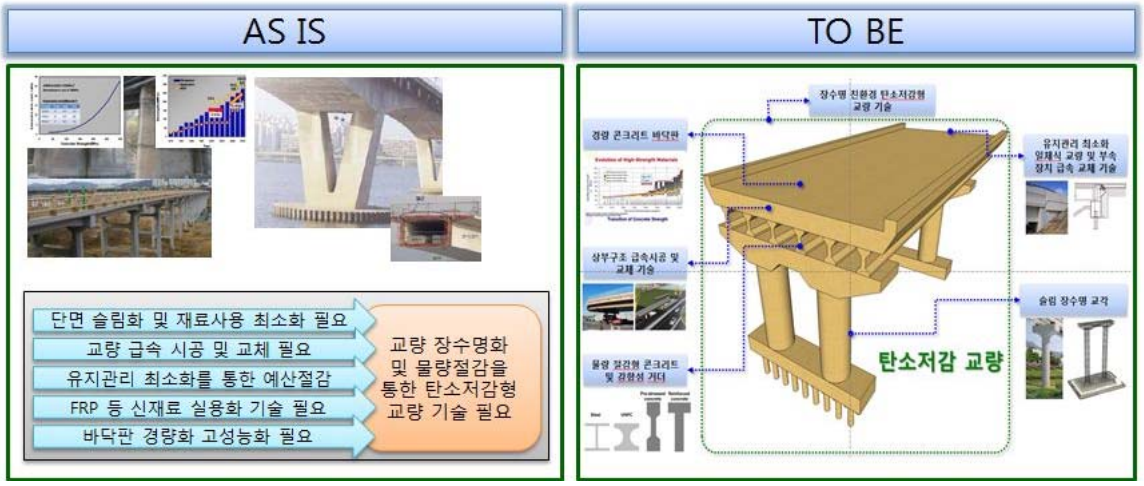
	【 기 회(O) 】	【 위 험(T) 】
외부 환경 분석	‧노후교량의 교체 수요가 급증 예상 ‧친환경 녹색성장의 정책적, 사회적 욕구 강함 ‧국내외 건설분야의 탄소저감 기술 니즈 확대 ‧친환경 건설 / 고성능 건설재료에 대한 관심 고조 및 정부의 R&D 투자 확대 ‧교량 설계수명에 대한 전 세계적 상향 추세 ‧이상기후에 따른 재난/재해 대응 수요증가 ‧건설시대에서 유지관리시대로의 전환 시기 ‧건설산업분야의 환경부하저감 및 CO2발생량 감축 요구증대	‧선진국의 기술선점으로 시장참여 기회 박탈 ‧국내 기술 개발에 대한 투자의지가 낮음(SOC 관련 예산 감소) ‧기술을 선점한 선진국에 기술이 종속될 가능성이 있음 ‧고성능 재료 활용시 비용 증가에 따른 교량 발주처 및 시공사의 거부감 ‧기술력은 선진국, 가격경쟁력은 중국 동남아가 우세 ‧기술후발국으로 기술브랜드 경쟁력 취약 ‧글로벌 시장의 침체와 불안정성 심화 ‧국제적 경기침체로 인한 공공건설시장 침체 및 기존 기술 적용의 한계 ‧공사로 인한 교통혼잡 민원 증가

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

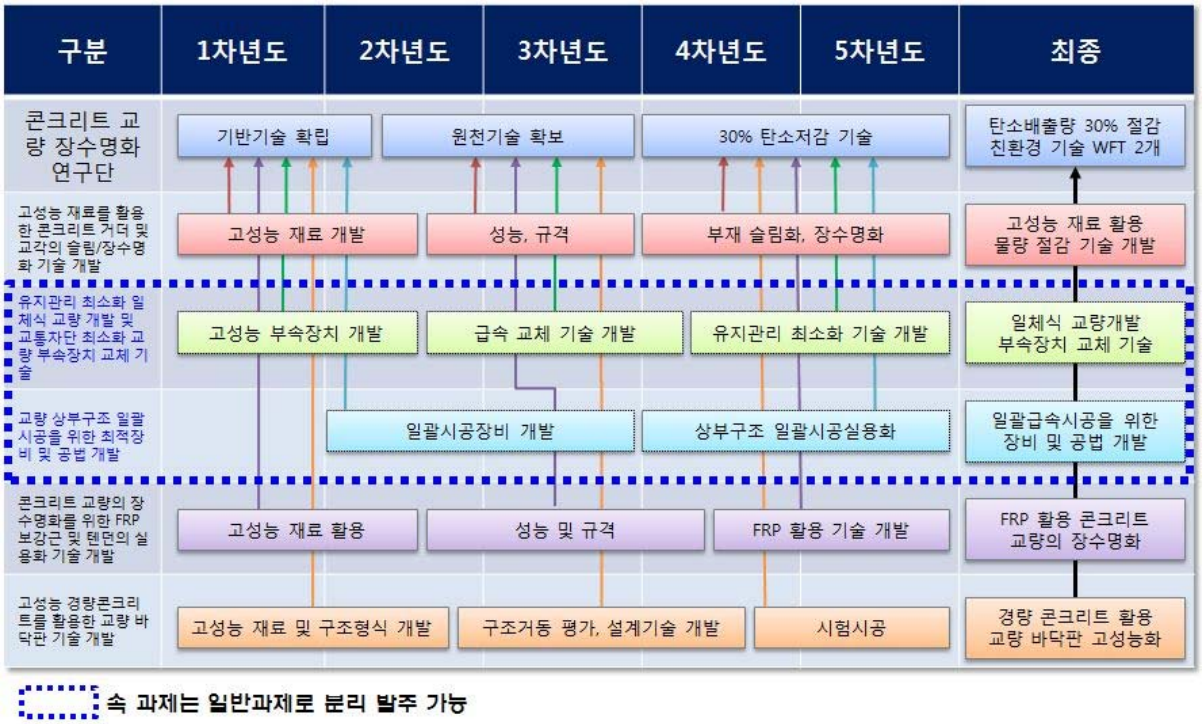
1절. 비전 및 목표

1. 비전 및 총괄 목표





2. 단계별 목표



3. 설정근거

□ 비전 및 목표 설정 근거

○ 연구단 비젼 및 목표 설정 근거

비전	저탄소 장수명 교량의 세계 리더
총괄 목표	- 친환경 교량 분야 세계 1위 기술 2개 보유 - 교량에서 탄소배출량 30% 절감을 위한 실용 기술 확보
설정 근거	- 국내외적으로 각 분야에서 저탄소, 친환경 산업에 대한 관심이 고조되고 있는 상황임 - 우리 정부도 2009년 1월 국가과학기술위원회 및 미래기획위원회가 주관하여 “녹색기술 연구개발 종합대책(안)”을 마련하여 저탄소 녹색성장을 견인할 범부처 차원의 녹색기술 연구개발을 추진하여 녹색기술 수준을 2020년 선진국 대비 90% 수준으로 향상시키려는 목표를 제시함 - 이와 같은 국가적 정책 목표에 부응하고, 기후변화 및 환경문제를 염려하는 시대에 기존의 교량 건설보다 친환경적이면서 지속가능한 교량 건설이 가능하도록 비전과 목표를 설정함 - 이에 대한 최종(안)으로서 “저탄소 장수명 교량의 세계적 리더”를 총괄 비전으로 설정하고, 총괄 비전을 달성시킬 중점추진 분야에서도 총괄 비전에 부합하는 각각의 비전을 제시토록 함과 동시에 기술구현의 구체적 성과로서 각 부문별 세계일류기술을 2개 이상 달성할 계획임

	- 한편 정부는 건설산업이 차지하는 탄소배출량을 약 43.2%로 분석하였으며, 녹색성장 정책은 모든 산업에서 탄소배출량을 30% 절감하겠다는 목표를 설정하고 있으므로 건설산업의 단위기술에서도 이 이상의 탄소배출 절감을 목표로 설정하는 것이 타당함

○ 세부과제별 목표 및 설정 근거

1세부 : 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	
세부 목표	· 고성능 콘크리트 및 고강도 철근/강연선 활용 고효율 교량 거더 개발 · 고강도 콘크리트 및 고강도 철근의 교각 활용기술 개발 · 교량 거더 물량 20% 절감 및 내구성 50% 향상 · 교각 물량 10% 절감
설정 근거	- 국내외에서 주요 건설 자재인 콘크리트와 강재의 고성능화에 대한 연구가 활발히 진행되어 현재 재료 기술 자체로는 국내외에 큰 차이가 없으나, 이를 교량에 활용하여 현장에 적용하는 성과는 국내에서 특히 부족한 상황임 - 가장 큰 원인은 고성능 재료의 사용에 따른 공사비 상승과 관련 기준의 미비라고 볼 수 있으며, 최근의 세계적인 경제난에 비추어 당분간 가격 경쟁력을 갖추지 못한 설계는 채택되기 어려울 것으로 예상됨 - 이에 기존보다 성능은 향상시키면서도 단가는 크게 오르지 않고, 또한 이 고성능 재료의 효율을 극대화한 교량 구조를 개발함으로써 교량 공사비를 기존보다 낮추는 방향으로 연구 목표를 설정하였으며, 부수적으로 고성능 재료의 사용에 따른 교량의 내구수명의 향상을 꾀하고자 하였음 - 즉, 교량의 각 부재의 특성에 맞는 고성능 재료를 개발하되 단가 상승을 최대한 줄이고 최적의 부재 형상과 단면 상세를 개발, 적용함으로써 재료 사용량을 최소화하여 부재를 슬림화함은 물론 공사비도 10%(하부구조) ~ 20%(상부구조) 정도 절감할 수 있으며, 고내구성 재료의 사용에 따른 부재의 수명도 50% 이상 향상시킬 수 있음

2세부 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	
세부 목표	유지관리 50% 절감 및 교통 차단 없이 부속장치 교체 가능한 교량 기술 개발
설정 근거	- 교량에서는 온도 변화에 따른 구조물의 변위를 수용하고 원할한 차량 주행을 확보하기 위한 신축이음장치와 상부 하중을 하부 교각에 전달하기 위한 받침이 설치되어 있음 - 신축이음은 차량 주행 시 진동으로 인해 운전자의 승차감을 저해하고 있

	음 - 교량의 신축이음 및 받침의 수명은 10~15년 정도로 교량 수명보다 현저히 작음 - 교량 유지보수 업무에서 신축이음 및 받침 등 부속장치는 약 60% 정도를 차지하고 있음 - 교량 신축이음과 받침의 개수를 최소화하고 그 성능을 고도화하여 막대한 국가 예산을 절감하고 운전자의 승차감 개선, 보수 및 교체에 따른 사회간접 비용을 절감하고 자 함

3세부 : 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	
세부 목표	현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공(교체) 기술 개발
설정 근거	- 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 되며, 이러한 경우 교량 하부에 또 다른 도로나 철도가 횡단하는 경우가 많음 - 이와 같이 현장 제약조건이 있고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 일괄급속시공공법의 시스템의 개발과 적용이 필요함 - 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어들 전망이다. 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임

4세부 : 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	
세부 목표	· FRP 보강근 및 텐던 활용기술개발 · FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술 · FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화
설정 근거	- 교량에 FRP 보강근 및 텐던과 같은 새로운 재료를 활용하여 슬림화 및 장수명화를 구현하는 기술은 전 세계적으로 1990년대 중후반부터 활발히 연구되고 있는 것으로 고성능재료의 제조 및 생산 기술은 외국과 동등하나 활용기술이 선진국에 비해 뒤떨어지므로 국내 기술 수준은 전체적으로 80% 정도로 기술격차는 약 3~5년 사이라고 파악됨 - 따라서 이 분야에서 선진 기술을 뛰어넘기 위해서는 활용기술에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져야 하고, 정교한 설계기준 등이 마련되어야 함 - 이 분야는 선진 각국에서 자국 교량의 고품질화 및 장수명화를 목표로 국가적인 차원에서 연구비를 지원하며 투자하는 분야이므로 국내에서 이 분야에 대해 기술개발을 등한시한다면 현재 3~5년의 기술격차가 크게 벌어질 가능성이 큼 - 국내의 경우 “ 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 ” 에 의거 향후 산

	업부산물의 재활용 비율 증가가 예상되며, 특히 이를 활용한 고성능 재료를 사용하여 콘크리트 및 강을 대체함으로써 탄소배출량 감축 효과가 있으며, 기술개발이 지속적으로 이루어져 교량 슬림화를 통해 건설재료 20%가 절감되고 고성능 재료를 사용하여 교량수명이 30% 연장될 것으로 예상할 수 있음 - 세부 목표 달성을 위해 기반기술 구축단계, 실용화 기술개발 단계, 세부목표 달성 단계(건설재료 20% 이상 및 교량 수명 30% 이상)인 총 3단계로 진행함

5세부 : 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발	
세부 목표	· 산업부산물 활용 고성능 경량콘크리트 분야 WBT 완성 · 교량 바닥판의 경량화에 따른 장경간화 및 경제성 20% 향상 · 단면 및 자중 감소를 통한 탄소 배출량 30% 절감
설정 근거	- 기존 구조용 경량콘크리트에서는 대부분 혈암 또는 팽창성 점토를 원재료로 사용한 인공경량골재를 사용한 콘크리트임. 국내에는 혈암이나 팽창성 점토가 풍부하지 않으며 인공경량골재를 제조하기 위해서는 채굴에 따른 에너지와 환경 훼손이 불가피함. - 매년 매립 폐기되는 석탄회는 300만톤 정도에 이르는데 아직까지 폐기되는 석탄회의 재활용은 약 20% 이내에 머뭄. 이 연구에서는 폐기되는 산업부산물인 석탄회로 제조된 인공경량골재를 활용하여 세계 최고 수준의 고성능 경량콘크리트 제조 기술을 완성하고자 함. - 교량의 구조물에서 콘크리트 바닥판의 자중은 거더 및 교각 등 상하부구조 부재 단면 크기에 결정적 영향을 미치고, 이것은 경간장이 긴 교량일수록 영향도는 높아짐. 따라서 교량의 경제인 건설을 위해서는 바닥판의 중량을 저감시키는 것이 매우 중요하며 가장 좋은 대안은 경량콘크리트 단독 또는 강-경량콘크리트 합성 바닥판을 적용하는 것임. - 경량콘크리트 바닥판 및 경량합성 바닥판의 활용 기술 개발에 따라 상부구조 단면 20% 절감과 하부구조 단면 10% 절감에 따라 기존 콘크리트 활용 교량 대비 총 30% 정도의 탄소 배출량의 절감이 가능함.

2절. 기술개발에 따른 미래상

1. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

AS-IS	TO-BE
	
■ 개념 철근콘크리트는 열화에 약하고, 철근 부식에 따라 교량 수명이 짧아지므로 보수나 교체주기가 짧아서 교통 체증의 원인이 되거나 국가예산의 낭비 요인이 될 수 있음. 또한 콘크리트 교량의 경우 부재가 두꺼워서 미관 측면에서 불리하여 경관이 중요한 교량에서는 강교의 채택이 많으나 이 경우 공사비가 고가이고, 지속적인 도장 등에 따른 유지관리비용이 많이 드는 문제가 있음	■ 개념 내구성이 뛰어난 고성능 콘크리트를 개발, 적용함으로써 교량 부재의 장수명화를 꾀할 수 있으며 유지관리비용도 크지 않음. 또한 고성능 재료 특성에 따라 부재의 슬림화가 가능해져서 미관이 크게 개선되며, 사용재료의 감소에 따라 중량이 줄어들면서 전체적으로 건설에 필요한 이산화탄소 발생량이 크게 줄어드는 효과를 거둘 수 있음

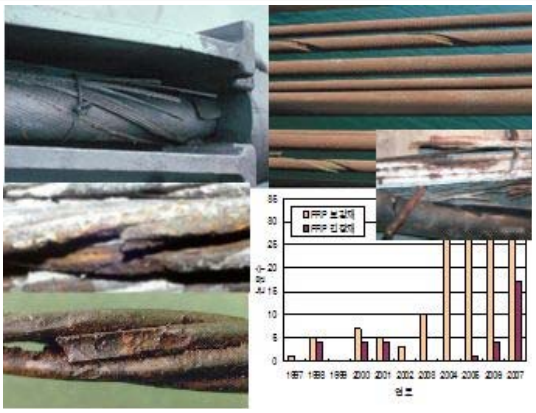
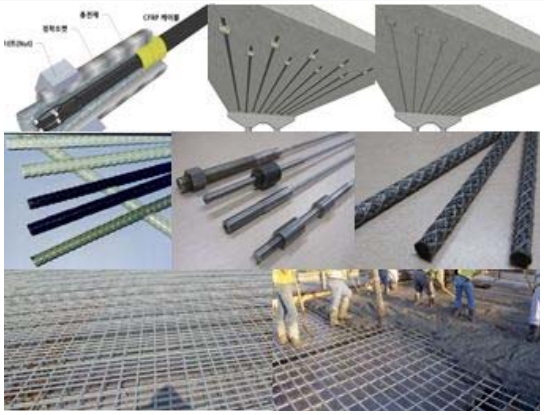
2. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

AS-IS	TO-BE
	
■ 개념 현재 교량 부속장치는 손상이 빈번하고 수명이 짧아 유지관리 업무 중 상당한 부분을 차지하고 있어 막대한 예산을 낭비하고 있음	■ 개념 교량 신축이음과 받침의 개수를 최소화하고 그 성능을 고도화하여 막대한 국가 예산을 절감하고 운전자의 승차감 개선, 보수 및 교체에 따른 사회 간접 비용을 절감함

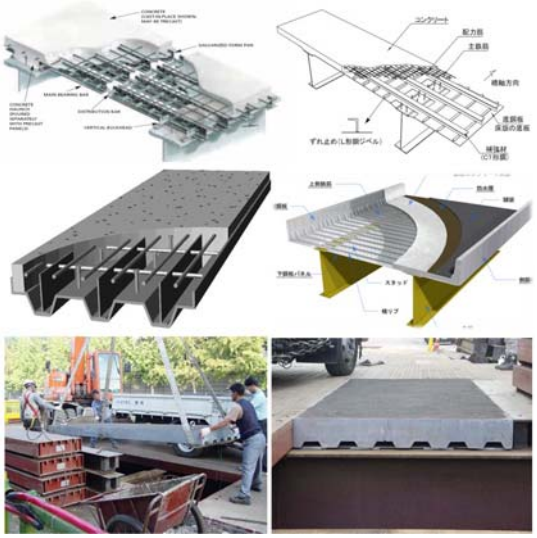
3. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

AS - IS	TO - BE
	
■ 개념 현재 교량의 교체 및 신설은 현장타설 위주로 시공하고 있고, 일부 프리캐스트 부재를 활용하는 수준임. 또한, 교량 상부구조 일괄시공공법은 초보적인 연구도 진행되지 않고 있음	■ 개념 현장에서의 시공을 최소화하여 현장공기를 획기적으로 단축하고, 자동화 기계화 제작 및 시공을 통하여 구조물 내구성을 향상시킬 수 있음

4. 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

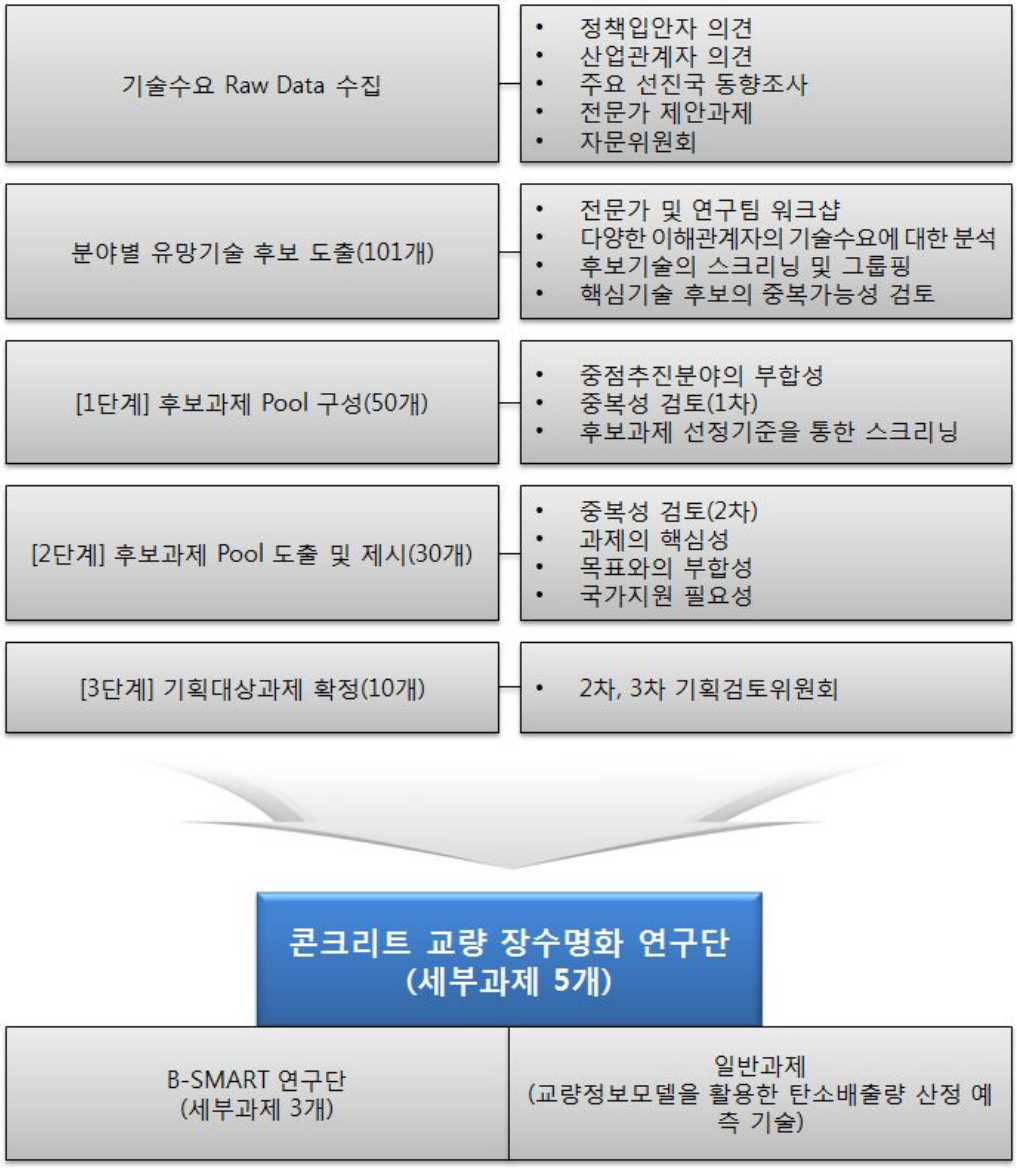
AS - IS	TO - BE
	
■ 개념 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선은 열악한 외부환경에 노출될 경우 강재의 부식으로 인해 내하력이 저하되어 구조물 안정성에 문제 발생 가능성이 있으며, 잦은 보수보강과 내구수명 단축으로 경제성 문제가 부각됨	■ 개념 고성능 FRP 재료를 사용하여 교량 바닥판 등 콘크리트 구조물의 수명을 대폭 연장하고, 기존 교량에 고효율 보강기술을 적용하여 사용수명을 연장함으로써 장수명 교량을 구현함. 고성능 FRP 재료는 초기 공사비가 높아질 가능성이 있으므로 이들 교량이 적용되기 위해서는 LCC 및 LCA 개념에 입각한 교량 선정이 반드시 필요함

5. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

AS - IS	TO - BE
	
■ 개념 현재 교량 바닥판은 보통 강도의 철근콘크리트 구조가 대부분이며 이로 인해 경간장의 제한과 내구수명이 20년 정도로 짧음. 또한 강-콘크리트 합성 기술은 일반콘크리트를 적용하여 피로설계기준을 제안한 정도의 수준임. 고성능 콘크리트 및 구조용 경량콘크리트를 적용한 교량 바닥판 공법은 국내에서 초보적인 연구도 진행되지 않고 있음	■ 개념 고성능 경량콘크리트를 교량 바닥판에 적용할 경우 교량의 경간장과 내구수명을 획기적으로 증가시킬 수 있어 교량 건설비의 경제성을 향상시킬 수 있음. 강-경량콘크리트 합성 바닥판을 적용할 경우 기존 대비 200%의 하중저항성능 향상과 40%의 중량감소가 가능하고, 철근배근 작업성 향상, 강판의 영구거푸집 활용 등 다양한 장점을 가지고 있음. 특히 소수 주형교 및 콘크리트 박스거더 및 장지간 사장교와 현수교에 적용할 경우 효율성을 극대화할 수 있음

3절. 연구개발과제 구성

1. 과제 도출 과정



- 2차 기획검토위원회 결과를 반영하여 급속시공분야와 신소재분야를 통합하여 콘크리트 교량 장수명화 연구단을 구성함
- 콘크리트 교량 장수명화 연구단 세부과제 중 “고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발”은 2차 기획검토위원회 결과 제외되었음
- 그러나 다음과 같은 사유로 콘크리트 교량 장수명화 연구단 세부과제로 추가함
  - 기후·환경변화에 대비한 이산화탄소 배출량 감소, 자원절약 기술은 정부 주도로 개발하여 해외시장을 선점하고 국가경쟁력을 향상시켜야 함.

- 고성능 경량콘크리트 기술은 건설산업 분야에서 광범위하게 적용할 수 있는 플랫폼 기술로서 개발도 중용하지만 현장에 활용하기 위해서는 설계 및 제조 시방 등의 기준이 필요한 과업임
- 해외의존도를 줄이고 국내 실정에 맞는 독자적인 고성능 경량콘크리트를 이용한 고효율 강합성 바닥판 기술 마련을 위해서, 또한 개별 단위의 산발적인 연구를 통합하기 위해서는 정부주도의 관련 연구 추진이 필요함
- 본 과제는 지능형 친환경 교량기획의 후보과제로써, 30개의 후보과제 중 8위, 신소재분야에서 2위로 우선순위를 평가받은 우수한 과제임

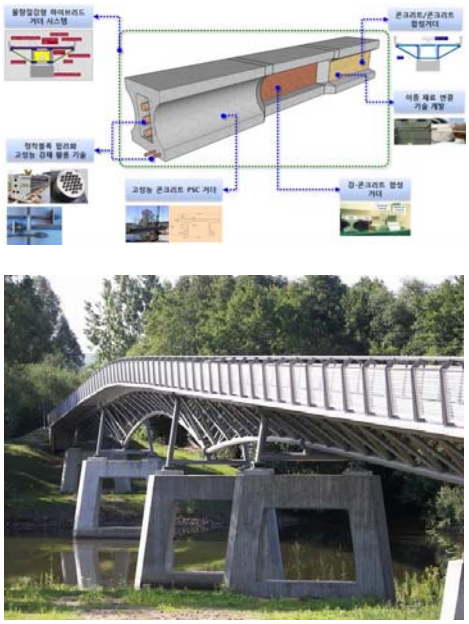
2. 과제 구성



4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

가. 연구개발 목표

<table>
<tr><td>세부과제의 개념</td><td>o 고강도 콘크리트, 고강도 철근/강연선 등 고성능 재료를 교량 구조물에 적용하기 위한 기반 기술을 개발하고, 이를 활용한 교량 부재를 개발함으로써 교량 구조물을 슬림화하고 수명을 연장하고자 함</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>세부과제의 범위</td><td>o 고성능 재료의 교량 부재 적용을 위한 기반 기술 개발 (재료별 설계 특성치 결정, 해석 및 설계법 개발, 기준제·개정 등)
o 고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 시스템 개발
o 고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 시스템 개발
o 개발 구조 시스템에 대한 기술 매뉴얼 (각종 지침 및 설계 예제) 작성
o 개발 구조 시스템에 대한 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td>기술개발 목표</td><td colspan="2">o 고성능 콘크리트 및 고강도 철근/강연선을 활용한 고효율 상부구조 시스템의 개발을 통해 상부구조 물량 20% 절감 및 내구성 50% 향상
o 하부구조의 성능기반 설계기술 및 설계기준 개발, 항복강도 600MPa급 철근의 콘크리트 교각 활용 기술 개발을 통한 하부구조 물량 10% 절감</td></tr>
</table>

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

o 2,000년 이후 국내에서는 다양한 종류의 콘크리트 거더 형식이 개발되어 교량건설에 적용되고 있으나, 대부분 전통 재료인 콘크리트와 철근, PS강연선을 사용하여 기존의 PSC 합성거더(일면 PSC Beam)에 대해 공법 또는 구조상세 등에 변화를 주어 시장 경쟁력을 향상시키기 위하여 개발된 것임. 하지만 이들은 기존 교량과 동일한 재료를 사용하여 유사한 형상을 제작하기 때문에 성능이나 가격 경쟁력을 획기적으로 향상시키는 데에는 태생적인 한계를 안고 있음

o 현재 고강도 콘크리트는 압축강도 200MPa까지 개발되어 있으며, 설계강도가 70MPa인 경우

에는 I-형 거더가 개발되어서 일부 현장에 적용되고 있는 수준임. 철근의 경우에도 항복강도가 800MPa급까지 개발되어 있으나 현행 설계기준에서는 500MPa급까지 사용할 수 있도록 하고 있음. PS 강연선의 경우에는 인장강도 2400MPa까지 개발되고 있으나 아직까지 이를 적용할 수 있는 설계기준이 정비되어 있지 않아서 실무 적용은 이루어지지 않고 있는 상태임

- 일반적으로 콘크리트 교량이 강교에 비해 가격 경쟁력을 갖는 구간은 지간장이 100m 이하인 교량이라 할 수 있으며, 이는 콘크리트가 갖는 강도 대비 고중량이 가장 큰 원인이고 또한 열화 등에 따른 구조물의 공용수명 단축도 경쟁력 저하도 생애주기측면(LCC, Life-Cycle Cost)에서 문제가 되고 있음
- 따라서 현재 개발된 고강도 재료들을 조합하여 슬림한 콘크리트 부재를 개발하면 기존 콘크리트의 한계를 극복할 수 있으며, 가격 측면에서도 경쟁력을 갖출 수 있음. 또한 기존에 비해 사용 재료의 물량을 축소할 수 있으며 조직이 치밀한 고성능 콘크리트의 사용으로 내구성이 향상되어서 구조물의 수명도 늘릴 수 있음. 슬림한 콘크리트 교량의 건설이 가능해짐에 따라서 얻어지는 미관의 향상은 부수적인 효과임
- 한편, 2007년도 경에 600MPa급 고강도 철근을 개발하였으나, 이를 적용할 설계기준 개발에 시간이 많이 소요되어 2012년도에 일반구조(건물, 지하철 등)에 적용이 가능할 것으로 예상되고 있는데, 교량의 하부구조에 600MPa 철근을 적용한다면 큰 경제적인 이점을 얻을 수 있으므로, 이에 대한 연구 개발이 시급함
- 따라서 항복강도 600MPa급 철근을 교각에 적용하는 데에 필요한 성능검증(내진성능실험 포함)을 수행하고 설계기준을 개정하여 경제성을 제고하는 하부구조의 설계와 시공이 가능하도록 하는 것이 중요함
- 또한 현행 사양기반 설계기준에 따라 교량 하부구조에 철근이 과도하게 배치되어 경제성을 저해하는 요인이 되고 있는 현실에 비추어, 성능기반 설계기법의 적용을 위한 연구 개발을 수행해야 할 시점임
- 이와 같이 고성능 재료를 활용하여 교량 부재를 슬림화함으로써 상부구조의 물량을 20% 절감하고 수명도 50% 정도 향상시킬 수 있으며, 고강도 철근의 사용 및 합리적인 설계기준 개정으로 교각의 물량도 10% 이상 절감할 수 있을 것으로 기대됨

(2) 정부지원 필요성

- 많은 기업과 대학 연구실 등에서 자체적으로 고강도 콘크리트에 대한 개발이 진행되고 있지만 개별적으로 연구가 진행됨으로써 설계기준/지침 및 시방서 등을 제시할 만한 데이터의 축적이 이루어지지 못하고 있는 실정임. 설계기준 및 시방서는 고강도 콘크리트의 실용화를 위한 필요조건이라 할 수 있는데, 공공의 성격이 강한 기준의 개발을 민간기업이 맡는 것은 타당하지 않으며, 기업의 목적에도 맞지 않으므로 정부의 지원 하에 이루어져야 하는 사항이라 판단됨
- 또한 건설재료의 물량을 축소하여 국가예산을 절감하고, 구조물의 수명을 연장하여 유지관

리비용을 줄이는 것은 건설 수주 물량 측면에서 민간기업의 이익에 반하므로 민간자본이 투자될 가능성이 낮은 분야이나 공공의 이익을 위해서는 필요한 사안이므로 정부의 지원 하에 이루어지는 것이 중요함

- 이외에도 연구개발의 실용화를 위하여 테스트 베드 후보지 선정 및 건설에 정부의 적극적인 지원이 필요함

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

- 고성능 콘크리트를 활용한 교량 개발 관련 기 수행 과제는 설계강도가 180MPa인 초고성능 콘크리트(UHPC)를 교량에 활용하기 위한 최초의 연구과제라는 것에 가장 큰 의미를 부여할 수 있으며, 경제성 등의 문제로 실용화에 이르지 못하였음
- 본 연구는 경제성의 확보를 위하여 부재의 목표 성능에 최적화된 고강도 콘크리트 배합기술을 개발, 활용하여 제작비용을 최소화하고 고효율 신형식 구조를 개발하여 가격 경쟁력을 확보할 예정이므로 기존 과제와 중복성이 없다고 판단됨
- 또한 고강도철근 개발과 관련된 연구는 700MPa급의 고강도 고부착 철근 자체의 개발이 목적이며, 부착성능을 향상시키기 위해 수행된 연구로서 본 연구와는 중복성이 전혀 없으며, 다만 이 연구를 통해 얻어지는 성과물인 고성능 철근을 본 연구과제에서 활용하는 방안을 검토할 필요는 있는 것으로 판단됨

과제명	유사과제명	활용 · 고도화 · 차별화방안		
고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	부처명: 건설교통부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: 초고성능 시멘트 복합재료(UHPC)를 활용한 교량 거더 개발	활용		좌는 국내 최초로 교량에 180MPa급 UHPC 관련 연구라는 의미가 크며, 경제성 문제로 실용화되지 못했음. 따라서 경제성 문제를 극복하기 위해 부재 특성에 최적화한 고강도 콘크리트를 개발, 활용하여 시장 경쟁력을 확보함으로써 실용화를 달성하고자 함
		고도화		
		차별화	●	
	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: 고성능 다기능 콘크리트의 개발 및 활용 기술	활용		좌의 연구에서 개발된 콘크리트 배합기술을 이용하되 제조 단가를 감소하기 위한 재료의 국산화 및 저가 재료로의 대체 기술을 개발하고 또한 재료 사용의 효율을 극대화할 수 있는 구조형식을 개발하여 경제성을 확보함으로써 실용화가 가능하도록 할 계획임
		고도화		
		차별화	●	
	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: 고강도 고부착 철근 개발	활용		좌는 고강도철근인 SD700의 활용을 촉진하기 위해 부착성능이 개선된 마디형상을 개발하는 연구로서 본 기획에서 제시하는 연구와 내용이 중복되지 않음. 다만 좌의 과제에서 개발된 성과를 본 연구를 추진함에 있어서 참고 또는 활용할 수 있을 것으로 판단됨
		고도화		
		차별화	●	

라. 연구개발 주요내용

<table>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="2">고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="5">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발</td><td>ㅇ 교량 부재별 성능 목표 및 경제성 등을 종합 고려한 목적물에 최적화한 콘크리트 배합 및 제조기술 개발</td></tr>
<tr><td>고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선</td><td>ㅇ 고성능 콘크리트, 600MPa급 고강도 철근, 2400MPa급 고강도 강연선을 교량 부재에 활용하기 위한 설계법 및 설계기준 개발
ㅇ 교각 및 기초의 성능기반 설계법 및 설계기준 개발</td></tr>
<tr><td>고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발</td><td>ㅇ 고성능 콘크리트, 고강도 강연선 등을 활용한, 목표 지간장별 물량절감형 콘크리트 거더 개발
ㅇ 개발 거더별 기술매뉴얼(지침 및 설계예제) 작성</td></tr>
<tr><td>고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발</td><td>ㅇ 고강도 철근을 활용한 교각 설계/시공법 및 설계기준 개발
ㅇ 고강도 철근 적용 교각 설계예제 작성</td></tr>
<tr><td>기술적
위험요인</td><td colspan="2">기존 연구가 실용화되지 못한 가장 큰 이유는 고가의 재료 사용에 따른 경제성 문제이며, 다음으로 신재료/신공법에 대한 기존 사용자의 막연한 거부감이라고 할 수 있음</td></tr>
<tr><td>연구개발
추진전략</td><td colspan="2">ㅇ 무기재료 화학업체와의 협업을 통한 고성능 콘크리트의 국산화 및 원가 절감을 통해 경제성 확보 예정
ㅇ 연구개발 단계마다 경제성 평가 실시 과정을 두어 가격 경쟁력 모니터링
ㅇ 기존 신기술/신공법 보유 업체 및 관련 전문가 그룹을 상시 운영하여 자문을 구하고 개발 기술을 실무자가 손쉽게 이용할 수 있도록 설계/시공지침은 물론이고, 구체적인 설계 예제를 작성 배포하여 실용화를 촉진함</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">ㅇ 교량 상부구조 슬림화로 20% 물량 절감 및 교량 수명 50% 향상
ㅇ 교량 하부구조 성능기반 설계법 확립 및 고강도 철근 사용에 따른 교각 물량 10% 절감
ㅇ 고성능 재료 및 활용 기술 선점에 따른 국내 건설업체의 해외시장 진출 견인차 역할 및 이로 인한 외화 획득 기대
ㅇ 교량 부재 슬림화에 따른 물량절감으로 CO2 발생량 저감 효과
ㅇ 고성능 재료 제조 관련 무기재료 산업과 철강 산업의 발전에 기여</td></tr>
</table>

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	학술적 성과	국내학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	33	분야별 연구성과
		SCI급 게재 논문건수	SCI급 논문 게재 여부	건	2	고성능 콘크리트 활용 관련 1건, 고강도 철근 활용 관련 1건
	지식재산권 보유 등	특허출원건수	특허출원 여부	건	6	재료기술 2건 부재 개발 2건 연결부 2건
		특허등록건수	특허등록 여부	건	6	재료기술 2건 부재 개발 2건 연결부 2건
	고성능 콘크리트 제조기술	배합/제조 기준 건수	목표 성능별 고성능 콘크리트 배합/제조 기준 작성 여부	건	3	설계강도 80MPa, 100MPa, 120MPa 각 1건
	성능 기반 하부구조 설계기준	설계기준 제 · 개정	기준 제 · 개정 여부	건	1	성능기반 설계법 1건
	고성능 재료 활용 교량 설계/시공 지침	지침 작성	지침 작성 여부	건	2	교량 상부구조 1건 교량 하부구조 1건
	600MPa급 고강도 철근 설계기준	설계기준 제 · 개정	기준 제 · 개정 여부	건	1	600MPa 고강도 철근 관련 1건

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	논문 게재 35건	국내논문 6	국내논문 6	국내논문 8	국내논문 8 SCI 논문 1	국내논문 5 SCI 논문 1
	특허출원 6건 특허등록 6건	특허출원 2	특허출원 2	특허출원 2 특허등록 2	특허등록 2	특허등록 2
	고성능 콘크리트 배합/제조 기준 3건	1	2			
	성능기반 하부구조 설계기준 제정 1건			1		
	고성능 재료 활용 교량 기술매뉴얼 2건					2
	600MPa급 고강도 철근 설계기준 1건			1		

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발	교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발	80MPa급 배합/제조 기준	시멘트 제조회사 시공사	시멘트 제조회사와 기술계약 체결
		100MPa급 배합/제조 기준		
		120MPa급 배합/제조 기준		
	고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선	도로교설계기준 관련기준 제 · 개정	발주청, 설계사, 시공사	설계기준에 반영
	고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 개발	거더 형식 및 연결부 관련 특허	발주청, 설계사, 시공사	설계사 및 시공사와 기술계약
		기술매뉴얼		설계사, 시공사에 무상 배포
	고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 개발	성능기반 설계법	발주청, 설계사, 시공사	설계기준에 반영 기술매뉴얼은 무상 배포
		600MPa급 적용 고강도 철근 설계기준		
		기술매뉴얼		

2. 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

가. 연구개발 목표

<table>
<tr><td>세부과제의 개념</td><td>o 교량 신축이음과 받침의 개수를 최소화하고 그 성능을 고도화하여 막대한 국가 예산을 절감하고 운전자의 승차감 개선, 보수 및 교체에 따른 사회 간접 비용을 절감</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>세부과제의 범위</td><td>o 일체식 교량 및 급속 교체를 위한 고성능 신축이음 및 받침 구조 개발
o 초고성능 콘크리트를 활용한 연결 구조 및 형식 개발
o 유지관리 최소화를 위한 장경간 일체식 교량 구조시스템 개발
o 장경간 일체식 교량의 설계 및 시공기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 목표</td><td colspan="2">유지관리 50% 절감 및 교통 차단 없이 부속장치 교체 가능한 교량 기술 개발</td></tr>
</table>

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- o 교량에는 온도 변화에 따른 구조물의 변위를 수용하고 원활한 차량 주행을 확보하기 위한 신축이음장치와 상부 하중을 하부 교각에 전달하기 위한 받침이 설치되어 있으며 이러한 교량 부속장치는 교량 유지보수 업무의 약 60% 정도를 차지하고 있음
- o 교량의 신축이음 및 받침의 수명은 10~15년 정도로 교량 수명보다 현저히 작으며신축이음은 차량 주행 시 진동으로 인해 운전자의 승차감을 저해하고 있음
- o 교량 신축이음과 받침의 개수를 최소화하고 그 성능을 고도화하여 운전자의 승차감 개선,

보수 및 교체에 따른 사회간접비용과 막대한 국가 예산을 절감하고 자 함

(2) 정부지원 필요성

- o 교량의 유지관리에 있어서 민간 기업의 관심을 많이 가지지 않고 있으며 유지관리 주체인 정부의 역할이 매우 중요함
- o 한정된 국가예산으로 인해 국가 SOC 시설물에 대한 투자는 지속적으로 감축하고 있는 국가 정책으로 인해 유지관리 최소화를 위한 교량 기술 개발은 시급한 현안으로 대두될 전망임

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

- o 한국도로공사에서는 1999년에 수행된 일체식 교량에 관한 연구를 기본으로 하여 첨단 재료인 초고성능 콘크리트를 활용하여 신축이음 및 받침을 최소화하는 방안 추구

과제명	유사과제명	활용 · 고도화 · 차별화방안		
유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	기관명 : 한국도로공사 과제명: 무조인트교량 실용화 연구	활용		PSC Beam교 이외의 상부구조 형식에 대한 일체식 교량 기술 개발
		고도화		
		차별화	●	

라. 연구개발 주요내용

세부과제명	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	
구성기술	기술명	내용
	o 유지관리 최소화 일체식 교량 개발	o 일체식 교량 및 급속 교체를 위한 고성능 신축이음 및 받침 구조 개발 o 초고성능 콘크리트를 활용한 연결 구조 및 형식 개발 o 유지관리 최소화를 위한 장경간 일체식 교량 구조시스템 개발 o 장경간 일체식 교량의 설계 및 시공기술 개발
	o 교통차단 없는 교량 부속장치 교체기	o 교통차단 없는 교량 신축이음 급속 교체

	술	기술 개발 ㅇ 교량 받침 급속 교체 기술 개발
기술적 위험요인	ㅇ 한정된 국가예산으로 인해 국가 SOC 시설물에 대한 투자는 지속적으로 감축하고 있는 국가 정책으로 인해 유지관리 최소화를 위한 교량에 대한 발주기관의 관심 고조 전망 ㅇ 교량의 유지관리에 있어서 민간 기업은 관심을 많이 가지고 있지 않아 유지관리 최소화 교량 연구에 대한 민간기업 참여가 소극적으로 판단됨 ㅇ 민간기업과의 협동 연구 곤란에 따른 실용적인 기술 개발 전략 구축 필요	
연구개발 추진전략	ㅇ 국내 일체식 교량기술 연구 그룹과 공동 연구를 통한 신축이음 및 받침 최소화 기술 개발 ㅇ 교량 전문시공회사의 참여를 적극 유도하여 실용적인 기술 개발 추진 ㅇ 무기재료 화학업체와 협업을 통한 인성을 갖춘 맞춤형 초고성능 콘크리트 국산화 ㅇ 해외 기존 일체식 교량 관련 전문가의 자문 및 협력을 통한 중간 단계 진입 전략 수립	
기대효과 및 파급효과	ㅇ 유지관리 최소화된 교량 적용으로 막대한 국가예산 절감 및 신축이음, 받침의 보수 교체에 따른 교통 통제 등 사회 간접비용 낭비 최소화 ㅇ 진보된 교량 구조물 제공으로 운전자의 쾌적한 주행 승차감 향상	

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	학술적 성과	국내학술지 게재 논문건수	국내외 학술지 게재 여부	건	19	일체식 교량 거동 관련 10건 부속장치 교체관련 9건
	지식재산권 보유 등	특허출원건수	특허출원 여부	건	1	일체식 교량 시공기술 1건
		특허등록건수	특허등록 여부	건	1	일체식 교량 시공기술 1건
	일체식 교량 개발	일체식 교량 설계 시작품	일체식 교량 설계 시작품 여부	건	1	일체식 교량 설계 시작품 1건
	신축이음 급속교체공법 지침	지침 제작	지침 제작 여부	건	1	신축이음 급속 교체 지침 1건
	받침 급속교체 지침	지침 작성	지침 작성 여부	건	1	받침 급속교체 지침 1건

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	논문 게재 19건		국내논문 4	국내논문 7	국내논문 5	국내논문 3
	특허출원 1건 특허등록 1건		특허출원 1		특허등록 1	
	일체식 교량 설계 시작품 1건			1		
	신축이음 급속교체공법 지침 1건					1
	받침 급속교체 지침 1건				1	

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술	유지관리 최소화 일체식 교량 개발	일체식 교량	발주처 및 건설사	유지관리 최소화 기술 이전 및 일체식 교량 적용 유도
	교통차단 없는 교량 부속장치 교체기술	신축이음 급속교체기술	신축이음장치 제조사, 건설사 및 관련 연구소	생산기술 이전, 신축이음 및 받침 상용 제품 인증 및 판매 유도
		받침 급속교체 기술	받침 제조사, 건설사 및 관련 연구소	

3. 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

가. 연구개발 목표

<table>
<tr><td>세부과제의 개념</td><td>o 교량 상부구조 시공에 있어서 현장 작업을 최소화하여 현장공기를 1일 이내에 달성할 수 있는 시공 장비 및 공법의 개발</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>세부과제의 범위</td><td>o 교량 상부구조 일괄시공 이동 및 거치 장비 국산화
o 교량 상부구조 일괄시공이 가능한 교량 시스템 및 공법 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발 목표</td><td colspan="2">현장공기 1일 이내 교량 상부구조 일괄급속시공 장비 국산화 및 공법 개발</td></tr>
</table>

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 신규 교량 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 되며, 이러한 경우 교량 하부에 또 다른 도로나 철도가 횡단하는 경우가 많음
- 이와 같이 현장 제약조건이 있고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 일괄 급속시공공법의 시스템의 개발과 적용이 필요함
- 우리나라는 이미 2000년에 고령화 사회로 진입하였으며 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임

(2) 정부지원 필요성

- 일괄급속시공은 신설교량 및 교체교량 모두에 적용할 수 있는 공법으로 적용 시장도 모든 교량을 포함하고 있음
- 도로교는 2020년을 넘어서게 되면 급속한 노후화가 진행될 뿐 만 아니라 국내 철도교는 이미 노후화 교량이 40%를 넘어선 상태로, 이들 수요를 대처하기 위해서는 선 연구개발이 필요함
- 다수의 교량 건설사업은 전국적인 교통정체를 유발할 가능성이 매우 높으며 이로 인한 사회간접비용의 급격한 증대가 예상됨
- 급속교체 및 교통정체 완화 공법은 기존 현장타설 공법 대비 초기 직접 공사비가 커서 국내 건설업계의 연구개발 메리트가 크지 않은 것이 현실임. 하지만, 교통정체 완화에 따른 사회간접비용 절감효과를 고려하면 정부주도의 연구개발을 통해 전체적인 국가 예산 절감이 필요한 연구개발임

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

- 교량 급속시공 관련 국내 주요연구는, 교량 부재의 프리캐스트화 및 모듈화와 관련된 연구가 대부분이고, 상부구조 일괄시공과 관련된 연구는 수행된 사례가 없는 것으로 조사됨

라. 연구개발 주요내용

<table>
<tr><th>세부과제명</th><th colspan="2">교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발</th></tr>
<tr><td rowspan="3">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>o 일괄시공을 위한 장비 개발</td><td>o 교량 상부구조 이동 및 거치를 위한 장비의 국산화</td></tr>
<tr><td>o 일괄시공을 위한 공법 개발</td><td>o 일괄시공에 적합한 교량 시스템 및 시공공법 개발</td></tr>
<tr><td>기술적
위험요인</td><td colspan="2">o 교량 상부구조의 이동 및 가설을 위한 중량물의 정밀제어 기술 확보가 우선 선결과제이며, 기술 선진국의 벤치마킹이 필요함
o 대규모 장비 개발이 필수적이라 참여기업의 많은 자금 투자를 필요로 함
o 교량 상부구조 전체를 대상으로 하기 때문에 시험시공 대상 교량 선정이 어려울 수 있음</td></tr>
<tr><td>연구개발
추진전략</td><td colspan="2">o 시공 경험이 있는 업체와의 공동연구를 통한 실용화 방안 및 시험시공 현장 확보
o 기술 선진국과의 공동 연구 또는 연구원 파견 교육을 통한 기술도입
o 중량물 운반 설치 장비 및 기술을 보유하고 있는 중공업 업체와의 융복합 연구 추진
o 요소기술, 적용기술 개발 및 실용화를 위한 산·학·연 공동연구 추친</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">o 기대효과
- 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
- 현장작업 최소화로 환경보전 및 탄소발생량 저감
- 이동 및 가설 장비 국산화 및 원천기술 확보로 관련 산업 확대
o 파급효과
- 전체 교량 프리캐스트화 공법의 완성으로 교량 급속시공 분야 기술 선진국 진입 및 해외시장 확대</td></tr>
</table>

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	학술적 성과	국내학술지 개제 논문건수	국내외 학술지 개제여부	건	18	이동/가설장비 관련 10건, 가설공법관련 8건
		SCI급 개제 논문건수	SCI급 논문 개제 여부	건	1	가설공법관련 1건
	지식재산권 보유 등	특허출원건수	특허출원여부	건	3	장비2건, 공법 1건
		특허등록건수	특허등록여부	건	3	장비2건, 공법 1건
		국제특허 등록	국제특허등록여부	건	2	장비 2건
	일괄시공 장비 개발	시작품 개발	시작품 제작여부	건	2	이동장비 1건 가설장비 1건
	일괄시공 지침	지침 제작	지침 제작여부	건	1	일괄급속시공 지침 1건

사. 연차별 성과목표

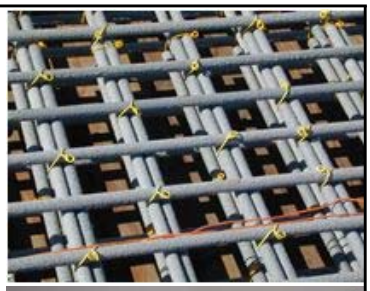
과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	특허출원 3 특허등록 3	출원 2건	출원 2건	출원 1건 등록 2건	등록 2건	등록 1건
	논문 19건		국내논문 5건	국내논문 6건	국내논문 7건	SCI급논문 1건
	장비 개발			시작품 1	시작품 1	
	지침 개발				지침 1	

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발	장비개발	이동장비 개발	장비 제작업체	시공업체와 기술계약
		가설장비 개발	장비 제작업체	
	공법개발	일괄시공 교량시스템 개발	교량 설계업체	설계업체와 기술계약
		일괄시공 현장공법 개발	교량 시공업체	시공업체와 기술계약

4. 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	ㅇ 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선을 대체하기 위해 구조적 성능 및 사용성 등에 있어서 우수한 성능을 갖는 FRP 보강근 및 텐던의 설계 및 제조기술을 개발하고, 이를 활용하여 콘크리트 구조물의 경제성을 향상시키고, 내구수명을 향상시키는 기술	
세부과제의 범위	ㅇ FRP 보강근 및 텐던 개발기술 ㅇ FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술 ㅇ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화	 
기술개발 목표	FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화	

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

ㅇ 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트에 사용되는 전통적인 재료인 강재는 주변환경이

열악한 경우 부식, 피로 등의 손상을 받을 수 있으며 20세기 이후 교량 등 인프라 시설물들의 노후화로 보수, 보강, 개축이 증가하는 추세임

- FRP는 부식저항성이 높고 내피로성능이 우수한 재료로 강재를 대체할 경우 유지관리비용을 절감하고 수명 연장이 가능
- 국내의 FRP 제조기술, 재료성능 및 실험시설은 국외와 비교할 경우 동등 이상의 수준으로 판단되나 현장적용, 기술이전 등의 활용면에서 미흡할 실정임
- FRP를 설계에 반영하기 위해서는 설계기준, 시방서 등의 제정이 필요하며, 신재료 적용에 대한 거부감이 해소되어야 함
- FRP 관련 설계지침 제정을 위해 관계기관과 협력하며, 기술개발 홍보를 통해 신재료에 대한 거부감을 해소 필요

(2) 정부지원 필요성

- CO2는 지구온난화의 직접적 원인으로 이상기후 및 생태계 변이라는 인류 생존의 문제를 야기하고 있는데, 콘크리트에 의한 CO2 발생은 전 세계에서 인류가 발생시키는 CO2의 약 8%를 차지함
- 우리나라의 경우 교토의정서의 제2차 공약기간 (2013년-2017년) 동안 CO2 배출량 감소 의무국이 될 가능성이 매우 높고, 정부주도로 저탄소 녹색성장을 위해 노력하고 있음
- 교량 상부구조물의 자중을 감소시켜 CO2 발생량을 저감시키려는 노력이 늘고 있음
- 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
- 고성능 건설재료인 FRP는 교량 장수명화가 가능하기 때문에 이러한 정부의 요구에 부응할 수 있고, 국가 R&D 정책을 통해 현장에 활용할 수 있도록 문제점 해결을 위한 지원이 필요함
- 노후 교량의 안전성은 불특정 다수의 국민의 생명과 안전과 관련되는 문제이며, 노후 교량에 적용되는 보강기술의 신뢰성은 교량의 안전성에 아주 중요함
- 국가 자산인 교량의 안전성을 확보하고 수명을 연장시키는 기술의 개발이므로 정부에서 지원해야 됨

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

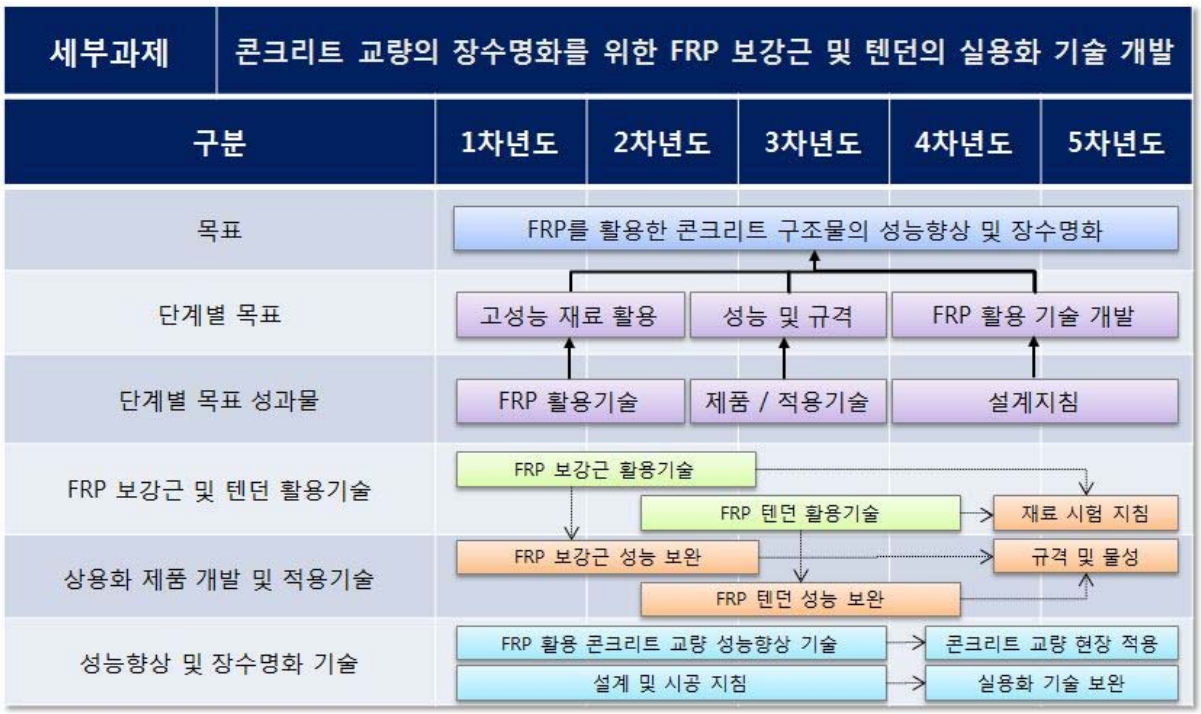
- 기존 연구와의 중복성을 검토하기 위해 NTIS 및 NDSL을 활용, 유사기술을 조사하였으며 기존 과제와는 차별화되는 것으로 분석되었음
- 유사과제에 대하여 활용, 고도화 및 차별화 방안을 검토함
- 도출된 유사과제와의 연계방안을 활용, 고도화, 차별화로 나누어 검토함

과제명	유사과제명	활용 · 고도화 · 차별화방안		
콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: ET 신기술 경량 골재를 이용한 고강도 경량 프리캐스트 바닥판 및 시공시스템 개발	활용	●	ET 신기술 경량골재 과제는 PET병을 활용한 경량 골재를 활용한 PC 바닥판 기술로 본 연구의 일부분에 해당됨. 본 연구는 이와 같은 선행 연구를 참조하여 다른 산업부산물 및 경량 골재에 대해 연구할 예정이며, 최단 시일 내에 실용화가 가능한 분야에 대해 연구할 예정임. 즉, 본 기술은 바텀 애시 등을 이용하여 경량 인공 골재를 개발하고 PC 바닥판 뿐 아니라 가장 많이 사용되는 RC 바닥판에 활용하는 기술을 개발함으로써 실용성 높은 연구성과를 도출하고자 함
		고도화		
		차별화		
	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: NT를 이용한 고성능 콘크리트 및 경량 콘크리트의 개발	활용	●	NT를 이용한 고성능 콘크리트 과제는 나노 물질을 이용하여 나노 콘크리트 및 나노 폴리머 콘크리트를 개발하려는 선도적, 미래지향형 과제로 실용화까지는 많은 시간이 요구되지만 본 연구진행시 이 연구성과를 참고하여 시행착오를 최소화할 계획임
		고도화		
		차별화		
	부처명: 건설교통부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: 초고성능 시멘트 복합재료(UHPC)를 활용한 교량 거더 개발	활용		유사과제를 통해 초고성능(압축강도 180 MPa 이상) 콘크리트를 활용하여 RC 및 PC 거더를 개발하는 선도적 연구로 실험실 내에서만 수행되었고 경제성 문제로 실용화되지 못했음. 본 연구에서는 경제성 문제를 극복하기 위해 초고성능보다는 120 MPa 이하의 고강도 콘크리트를 사용하여 실용화가 가능한 연구가 되도록 하여 기존 연구와의 차별성을 확보할 계획임
		고도화		
		차별화	●	
	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업과제명: FRP 긴장재 및 정착장치의 개발과 활용을 위한 연구	활용	●	유사과제를 통해 FRP 긴장재 및 정착장치가 개발되었으나 교량부재에의 적용에 대해서는 연구되지 않았음.
		고도화		
		차별화		

라. 연구개발 주요내용

<table>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="2">콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="4">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>o FRP 보강근 및 텐던 활용기술</td><td>o 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선을 대체하기 위해 구조적 성능 및 사용성 등에 있어서 우수한 성능을 갖는 FRP 보강근 및 텐던의 활용기술 개발</td></tr>
<tr><td>o FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술</td><td>o 기존 연구개발된 FRP 보강근 및 텐던을 보완하여 상용화 제품을 개발하고 이를 실용화하기 위한 적용기술 개발</td></tr>
<tr><td>o FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화</td><td>o FRP 보강근 및 텐던을 활용하여 콘크리트 구조물의 성능을 향상시켜 장수명화 함</td></tr>
<tr><td>기술적
위험요인</td><td colspan="2">o 대상 콘크리트 구조물에 적합한 요구성능을 갖는 FRP 보강근 및 텐던 필요
o 기존 장비와의 호환 등 시공 및 시스템 관련 개선 필요
o FRP 보강근 및 텐던의 생산비용이 고가이므로 콘크리트 구조물 적용시 생애주기를 고려한 경제성 분석이 필요
o FRP 보강근 및 텐던을 활용하기 위해서는 설계기준 등의 제정이 필요하며 다수의 시공실적이 필요</td></tr>
<tr><td>연구개발
추진전략</td><td colspan="2">o 국내의 FRP 제조기술, 재료성능 및 실험시설은 국외와 비교할 경우 동등 이상의 수준으로 판단되나 현장적용, 기술이전 등의 활용면에서 미흡할 실정임
o FRP를 설계에 반영하기 위해서는 설계기준, 시방서 등의 제정이 필요하며, 신재료 적용에 대한 거부감이 해소되어야 함
o FRP 관련 설계지침 제정을 위해 관계기관과 협력하며, 기술개발 홍보를 통해 신재료에 대한 거부감을 해소할 예정임</td></tr>
<tr><td>기대효과 및
파급효과</td><td colspan="2">o 강재가 가지고 있지 않은 FRP의 재료적 이점(고강도, 고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 건설산업에 먼저 활용될 것으로 기대됨.
o 고내구성 건설재료의 적용이 절실한 주요 해양 및 항만구조물, 인프라구조물, 건축물, 오폐수처리 시설 등 환경처리 구조물 등의 신규공사에 FRP 보강재를 본격적으로 적용할 수 있음
o 비자성 및 비전도성을 필요로 하는 병원시설물, 자기부상열차용 교량 등의 건설에 FRP 보강재가 활발히 사용될 것으로 판단됨
o FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 신설 구조물 이외에 노후 구조물의 보수 및 보강에 직접 활용이 가능함
o FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 사장교, 현수교와 같은 장대교량ㆍ특수교량의 건설시 핵심기술로서 활용이 가능함
o FRP 긴장재 및 정착시스템 등은 선진국과의 기술격차가 크지 않은바 저개발 국가로의 수출이 가능함</td></tr>
</table>

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	학술적 성과	국내외학술지 개제 논문건수	국내외 학술제 게재여부	건	25	재료성능관련 8건 시험관련 8건 성능실험관련 9건
	지식재산권 보유 등	특허출원건수	특허출원 여부	건	2	제조기술 1건 장치 1건
		특허등록건수	특허등록 여부	건	2	제조기술 1건 장치 1건
	FRP 보강근 활용기술	FRP 보강근(시작품)	FRP 보강근 제작 여부	건	1	FRP 보강근 1건
	FRP 텐던 활용 기술	FRP 텐던(시작품)	FRP 텐던 제작 여부	건	1	FRP 텐던 1건
	FRP 상용화 제품 재료 시험 지침	지침 작성	지침 작성 여부	건	1	재료 시험 지침 1건
	FRP 상용화 제품 규격 및 재료물성 지침	지침 작성	지침 작성 여부	건	1	FRP 규격 및 물성 지침 1건
	FRP 상용화 제품 설계 및 시공 지침	지침 작성	지침 작성 여부	건	1	설계시공 지침 1건

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	논문 게재 25건		국내외논문 5	국내외논문 8	국내외논문 10	국내외논문 2
	특허출원 1건 특허등록 1건		특허출원 2			특허등록 2
	FRP 보강근 활용기술			1		
	FRP 텐던 활용기술			1		
	FRP 상용화 제품 재료 시험 지침				1	
	FRP 상용화 제품 규격 및 재료물성 지침				1	
	FRP 상용화 제품 설계 및 시공 지침					1

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발	FRP 보강근 및 텐던 활용 기술	GFRP 보강근	FRP 제조사 및 건설사	생산기술 이전 및 FRP 판매 유도
		CFRP 텐던	FRP 제조사 및 건설사	
	FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술	FRP 상용화 제품 재료 시험 지침	FRP 제조사, 건설사 및 관련 연구소	생산기술 이전, FRP 상용 제품 인증 및 FRP 판매 유도
		FRP 상용화 제품 규격 및 재료물성	FRP 제조사, 건설사 및 관련 연구소	
	FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화	FRP 상용화 제품 설계 및 시공 지침	FRP 제조사 및 건설사	생산기술 이전, 교량 바닥판 및 보강 기술 사업화

5. 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

가. 연구개발 목표

<table>
<tr><td>세부과제의
개념</td><td>o 저탄소 산업부산물을 활용한 구조용 Green 경량골재를 이용하여 고성능 경량콘크리트 제조기술을 개발하고, 고성능 경량콘크리트 단독 또는 강재와의 합성 기술을 개발하여 교량 바닥판의 저에너지 녹색 기술을 완성</td><td rowspan="2">

</td></tr>
<tr><td>세부과제의
범위</td><td>o 산업부산물 활용 구조용 Green 경량 인공골재 제조 기술 개발
o 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조 기술 개발
o 고성능 경량콘크리트 활용 교량 바닥판 설계 및 시공 기술 개발
o 고성능 경량콘크리트와 강재를 합성한 교량 바닥판 구조형식 개발
o 고성능 경량콘크리트 적용 강합성 바닥판 구조거동 평가 및 설계기술 개발
o 고성능 경량콘크리트 적용 강합성 바닥판 제작 및 시공 고도화 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="2">o 밀도 1.0~1.8, 흡수율 5% 이내, 강도 기존 대비 1~2배, 제조비용 기존 대비 2/3~1/2 범위의 고기능성의 경제적인 인공경량골재 제조 기술 확보
o 압축강도 30~70MPa 범위의 고강도, 슬럼프 플로 600mm 이상의 고유동 특성을 지닌 고성능 경량콘크리트 제조 기술 개발
o 고성능 경량콘크리트의 역학적 및 구조적 특성평가로 구조설계기준(안) 마련
o 고성능 경량콘크리트 단독 RC형 교량 바닥판 개발, 시험 적용
o 전단연결재를 갖는 고성능 경량콘크리트-역T형강 부분합성 중공바닥판 개발
o 이방향 절곡 강판 활용 부분매입형 고성능 경량콘크리트-강합성 바닥판 개발</td></tr>
</table>

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

o 지속 가능한 발전을 위한 자원절약의 필요성이 증대되고, 지구온난화와 이상기후로 인한 저탄소 기술 개발의 필요성이 부각됨. 교량을 비롯한 SOC 구조물과 고층 건물 등의 건설에서 자원절약 및 탄소배출량 저감을 위해서는 기존 콘크리트의 경량화가 필수 요소임

o 지금까지 경량콘크리트 기술은 건축물의 비구조체 또는 슬래브와 같은 경구조체에 활용하는 정도임. 국내에서 연간 135백만㎥의 콘크리트 사용량 중 80% 이상이 구조부재용 콘크리트임

을 감안하면 콘크리트 구조물 전체의 슬림화와 경량화를 위해서 구조용 고성능 경량콘크리트 핵심 기술의 개발은 반드시 필요한 연구개발 영역임

- 교량의 경우 바닥판은 차륜하중과 외부 환경영향에 직접 노출되어 다른 교량 부재에 비해 교체수명이 상대적으로 짧으며, 따라서 교량 구조물의 유지관리 최소화 및 설계수명 연장을 위해서는 신개념 바닥판의 개발이 필요함
- 고효율 강합성 바닥판 기술의 개발을 통해 불필요한 인장부 콘크리트의 단면 감소에 따른 자중감소 뿐만 아니라 시멘트 및 골재, 혼화재료 등의 사용량을 감소시켜, 건설 산업의 지속가능한 발전을 도모할 수 있음

(2) 정부지원 필요성

- 기후·환경변화에 대비한 이산화탄소 배출량 감소, 자원절약 기술은 정부 주도로 개발하여 해외시장을 선점하고 국가경쟁력을 향상시켜야 함
- 석탄재 폐기에 따른 회처리장 건설과 유지관리 비용이 연간 100억원 가량을 소모하는 등 국가차원의 손실이 발행하는 것을 유용한 건설재료로 활용하는 연구개발에 정부의 지원이 절실하며 이 연구개발을 통해 관련 분야 세계 선도 기술을 확보할 수 있는 기회 제공에 정부지원은 필수적임
- 고성능 경량콘크리트 기술은 건설산업 분야에서 광범위하게 적용할 수 있는 플랫폼 기술로서 개발도 중용하지만 현장에 활용하기 위해서는 설계 및 제조 시방 등의 기준이 필요한 과업임. 보편 타당한 기준을 설정하기 위해서 기업의 단독 개발이 아닌 정부의 R&D 지원을 통한 연구개발이 필요함
- 해외의존도를 줄이고 국내 실정에 맞는 독자적인 고성능 경량콘크리트를 이용한 고효율 강합성 바닥판 기술 마련을 위해서, 또한 개별 단위의 산발적인 연구를 통합하기 위해서는 정부주도의 관련 연구 추진이 필요함
- 팩키지화된 신재료 및 신공법의 개발은 단기 영업이익을 산출하기 보다는 장기적인 연구개발이 필요하며 국제적인 기술우위를 점유하기 위해서는 체계적인 연구개발이 필요하여 연구개발 사업 수행은 당연히 정부지원이 필요함

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

- 고성능 경량골재콘크리트에 대한 연구개발은 2006년~2010년까지 고성능 다기능 콘크리트 연구단의 세세부 과제의 일환으로 수행된 바 있음. 이 연구에서는 기개발된 팽창성 혈암을 주원료로 하는 인공경량골재를 활용하여 일반 강도 수준인 40Mpa 이하의 배합을 개발함
- 또한 하수슬러지를 이용항 친환경 인공경량골재를 개발한 바 있으나 원재료의 가공공정의 어려움과 안정적인 재료 공급에 난점이 있어서 실용화에 어려움 있음. 한편으로는 기존 일반 강도 수준의 경량콘크리트의 활용 지침에 대한 일반적인 연구가 수행되었음

- 따라서, 본 연구에서 수행하고자 하는 Green 인공경량골재는 산업부산물인 석탄재를 주원료로 하고 여기에 첨가재료와 제조공정의 효율을 높여 경량골재의 강도를 높이고 흡수율을 매우 낮춘 획기적인 경량골재를 활용하는 기술을 개발함
- 한편, 본 연구에서는 기존 기술에서 건축물의 슬래브에 일부 적용이 가능한 경량콘크리트가 아닌 교량의 바닥판에 적용하는 고강도/고유동의 고도화 기술개발을 개발하고 구조부재의 거동 특성을 규명하여 하중범위가 확대된 구조물에 적용이 가능한 경량콘크리트 기술을 개발하게 되어 연구개발과 적용범위에서 차별성이 확실함
- 강-콘크리트 합성 바닥판 기술은 2002~2006년까지 한국건설기술연구원에서 Bridge 200사업의 일환으로 수행된 장수명 합리화 바닥판 개발/강-콘크리트 합성 바닥판"과제를 통해 높은 수준의 기술력을 확보하였음
- 본 연구에서는 기존 연구에서 사용한 일반 콘크리트를 고성능 경량콘크리트로 대체한 강-콘크리트 합성 바닥판을 개발함으로써 위 연구결과를 보다 심화시켜 한층 높은 수준의 기술력을 확보하고자 하며, 기존 연구와의 차별성을 확보하고자 함
- 위 연구에서 개발된 강-콘크리트 합성 바닥판은 교축 직각방향의 부착성능은 우수하나 제동하중이나 가속하중이 작용할 때 문제시되는 교축 방향의 부착성능은 상대적으로 부족한 현실임. 본 연구에서는 기존 연구에서 제안된 바닥판 시스템의 교축 방향 미끄러짐을 방지할 수 있는 구조 시스템을 개발하고자 함
- 위 연구에서 개발한 일반 콘크리트와 전달연결재(head stud, pefobond rib 등)의 정적, 피로성능 평가 기술과 설계 기술을 기초자료로 활용하여 본 연구에서 개발한 고성능 경량콘크리트를 적용한 강-콘크리트 합성 바닥판의 전단연결재 합성거동 평가 기술 및 설계기존을 마련하고자 함

<table>
<tr><th>과제명</th><th>유사과제명</th><th colspan="3">활용 · 고도화 · 차별화방안</th></tr>
<tr><td rowspan="2">고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발</td><td rowspan="3">부처명: 과학기술부
사업명: Bridge 200
과제명: 장수명 합리화 바닥판 개발: 강-콘크리트 합성 바닥판</td><td>활용</td><td>●</td><td rowspan="3">기존 연구에서 개발된 강-콘크리트 계면의 정적, 피로성능 평가 기술 및 설계기술을 기초자료로 활용
기존 연구에서 고려되지 않은 교축 직각방향의 미끄러짐에 대한 성능향상 바닥판 구조 시스템 개발
기존 연구에서 개발되지 않은 고성능 경량콘크리트 적용 강합성 바닥판 기술 개발 및 기술의 고성능 화</td></tr>
<tr><td>고도화</td><td></td></tr>
<tr><td>차별화</td><td>●</td></tr>
<tr><td rowspan="3">부처명: 국토해양부
사업명: 건설기술혁신사업
과제명: 고성능 다기능 콘크리트 연구단</td><td>활용</td><td></td><td rowspan="3">경량골재의 원재료로서 석탄재를 포함하는 산업부산물을 주로 사용
고강도/고유동 경량콘크리트의 개발과 개발된 콘크리트를 활용하여 교량 바닥판을 비롯한 구조재료로 활용
경량골재의 양산 체재를 구축하고 골재의 공급이 원활한 상용화를 최종 목표로 설정함.</td></tr>
<tr><td>고도화</td><td></td></tr>
<tr><td>차별화</td><td>●</td></tr>
</table>

라. 연구개발 주요내용

<table>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="2">고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="6">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>o 산업부산물 활용 경량골재 제조 및 양산 기술</td><td>o 석탄재 활용 Green 경량골재 제조 기술 개발
o 다종의 산업부산물 혼합 구조용 경량골재 제조 기술 개발
o 구조용 Green 경량골재 양산화 기술 개발</td></tr>
<tr><td>o 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조 기술</td><td>o 일반콘크리트용 고강도 경량콘크리트 배합개발
o 저점도 고성능 경량콘크리트 배합개발
o 인장보강형 복합섬유 혼입 경량콘크리트 배합 개발</td></tr>
<tr><td>o 고성능 경량콘크리트의 교량 바닥판 활용 기술</td><td>o 고성능 경량콘크리트 역학적 특성 평가
o 고성능 경량콘크리트 바닥판 거동 특성 평가
o 고성능 경량콘크리트 바닥판 구조형식 개발</td></tr>
<tr><td>o 고성능 경량콘크리트 - 역T형강 부분합성 중공바닥판 개발</td><td>o 고성능 경량콘크리트와 전단연결재의 구조거동 특성 평가
o 고성능 경량콘크리트-역T형강 부분합성 중공바닥판 설계기술 개발.
o 고성능 경량콘크리트-역T형강 부분합성 중공바닥판 시공기술 개발</td></tr>
<tr><td>o 강판 부분매입형 고성능 경량콘크리트 - 강합성 바닥판 개발</td><td>o 고성능 경량콘크리트-이방향 절곡강판 합성체 구조거동 평가
o 고성능 경량콘크리트-이방향 절곡강판 합성바닥판 설계기술 개발.
o 고성능 경량콘크리트-이방향 절곡강판 합성바닥판 시공기술 개발</td></tr>
<tr><td>o 고성능 경량콘크리트 충전 강상자형 합성 거더 개발</td><td>o 충전용 고성능 경량콘크리트 배합 최적화
o 고성능 경량콘크리트와 전단연결부, U형 리브 요소의 구조거동 평가 및 설계기술 개발.
o 고성능 경량콘크리트 충전 강상자형 합성 거더 형상 설계 및 제작 기술 개발</td></tr>
<tr><td>기술적 위험요인</td><td colspan="2">o 석탄재 인공경량골재의 다량 양산에 따른 품질 한계 있을 수 있음.
o 인공경량골재의 품질 확보를 위해서 추가공정 적용에 따른 단가 상승 허용
o 고성능 경량콘크리트의 인장 및 인성 향상을 위해서는 섬유 활용 예상
o 강합성 구조체의 구조거동에 대한 상세 검증 필요
o 개발된 고효율 강합성 바닥판의 실용화를 위해서는 체계적인 설계과정과 다수의 시공실적이 필요시 됨
o 고성능 경량콘크리트 적용 강합성 바닥판의 초기 공사비와 LCC를 고려한 종합적인 경제성 비교가 필요</td></tr>
<tr><td>연구개발 추진전략</td><td colspan="2">o 석탄재 인공경량골재의 최근 양산 설비를 갖춘 기업의 연구참여
o 다종의 산업부산물 활용할 경량골재 개발 경험의 소재 기업 연구참여
o 최근 콘크리트의 초고성능화 경험 있는 전문연구기관에서 연구개발 주도
o 고성능 경량콘크리트와 강재를 합성한 구조형식에서는 부분 상세에 대한 적용성을 세밀한 실험을 통해 검증
o 합성구조형식의 경우 최적화를 통한 초기 공사비 경제성 확보에 주력
o 전문 구조설계사의 연구참여로 개발된 기술의 적용을 구체화
o 기존 설계된 공사 또는 신규공사에 신기술의 설계 반영 및 시공을 통한 Test-bed의 실현, 실용성 검증
o 가상 또는 실공사 pilot 설계를 통한 종합적이고 구체적인 경제성 평가</td></tr>
</table>

기대효과 및 파급효과	ㅇ 연간 300만톤 폐기되는 석탄재를 골재로 활용하여 환경부하를 저감하고 고부가가치 건설재료로 활용하는데 일조 ㅇ 최근 산업부산물을 이용한 골재의 생산 설비투자의 효율적 가동의 활로를 마련하고 실질적인 탄소배출량 저감 산업 정상화의 모델 제시 ㅇ 기존 대비 교량의 상부구조 단면 20% 감소, 장경간화 등을 통하여 콘크리트 사용량을 30% 이상을 절감, 동 대비 탄소배출량 30% 저감 기여 ㅇ 경간장의 한계를 지닌 콘크리트 강상자형 교량, 사장교 등의 경간장을 연장함으로써 하부구조 공사비를 절감하는 등, 교량 설계 시공의 한계를 극복 ㅇ 고강도, 고내구성 확보에 따른 교량의 수명 향상으로 국가 SOC 시설물에 대한 투자 비용을 절감 국가 재정의 효율화에 기여 ㅇ 경량콘크리트 기술을 중심으로 관련 기술분야에서 세계적 선도 ㅇ 고성능 경량콘크리트의 활용한 강합성 바닥판 기술의 개발을 통해 상부구조의 자중을 20% 이상을 감소, 이에 따른 하부구조의 슬림화 ㅇ 지금까지 기술 완성도가 낮은 고성능 경량콘크리트와 강재의 합성 구조분야의 기술 선점으로 다양한 응용 개발 핵심기술을 제공

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성	학술적 성과	국내학술지 개제 논문건수	국내외 학술지 게재여부	건	20	재료특성 5건 구조성능관련 7건 피로성능 관련 8건
		SCI급 게재 논문건수	SCI급 논문 게재 여부	건	5	재료거동 2건 구조성능관련 2건 피로성능 관련 1건

바닥판 개발	지적재산권	특허출원건수	특허출원여부	건	5	재료 2건 장치 1건 제조기술 2건
		특허등록건수	특허등록여부	건	3	재료 1건 장치 1건 제조기술 1건
	Green 경량골재 생산 설비	산업부산물 활용 경량골재 생산설비	생산설비 설치 (개선 포함)	건	2	석탄재 설비 1건 다종 복합 설비 1건
	Green 경량골재	경량골재 시제품	시제품 유무	건	2	석탄재 골재 1건 다종 복합 골재 1건
	고성능 경량콘크리트	고성능 경량골재 콘크리트 제조	배합설계, 시제품	건	2	등급별 2건
	바닥판 설계 및 시공지침	지침작성	지침작성여부	건	1	시공지침 1건
	합성바닥판 개발	합성바닥판(시작품)	합성바닥판 제작 여부	건	6	합성바닥판 6건
	인력배출	분야별 인력양성 배출 실적	학위별/전공분야별 인력 배출 수	인	6	박사 2인, 석사 4인
	현장적용	바닥판 현장적용	현장적용 (시험적용 포함)	건	2	경량콘크리트바닥판 1건, 합성바닥판 2건

사. 연차별 성과목표

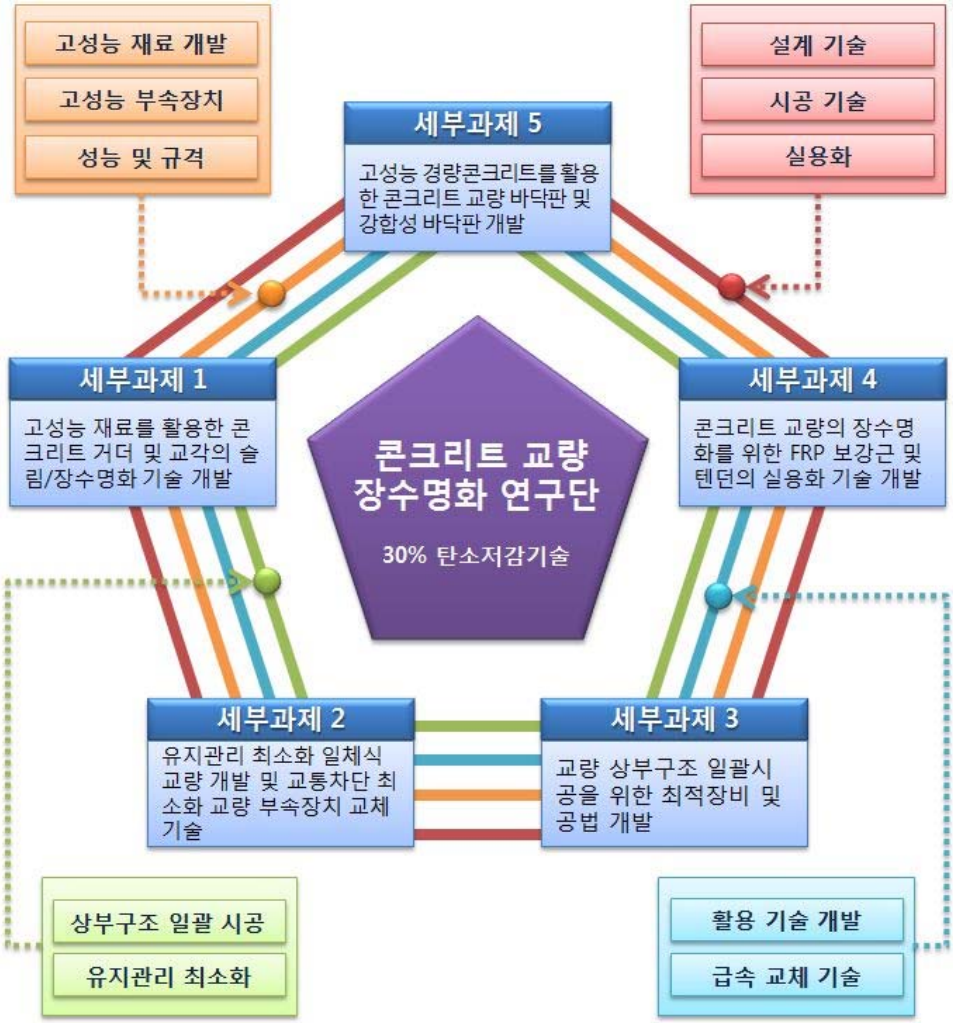
과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발	논문게재	국내논문 게재 1	국내논문 게재 5 SCI논문 게재 1	국내논문 게재 7 SCI논문 게재1	국내논문 게재 4 SCI논문 게재2	국내논문 게재 3 SCI논문 게재1
	지적재산권(특허)	특허출원1	특허출원1	특허출원2 특허등록1	특허출원1 특허등록 1	특허등록1
	시제품		Green 경량골재 시제품1	고성능 경량콘크리트 시제품1	고성능 경량콘크리트 - 강합성 바닥판 시작품1	
	Green 경량골재 생산 설비		생산설비 2건			
	경량콘크리트(합성) 바닥판 시험시공				시험시공1	시험시공1
	인력 배출		석사 1인	박사1 석사1인	박사 석사2인	

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발	Green 인공경량골재	고강도 경량골재	골재 제조사	Pilot 생산설비와 기술력을 지닌 업체의 참여기업 활용
	고성능 경량콘크리트 배합 및 제조기술	고성능 콘크리트 배합	레미콘 또는 양회회사	주관연구기관의 연구성과를 콘크리트 관련 참여기업 활용
	고성능 경량콘크리트 바닥판 설계기술	고성능 경량콘크리트 바닥판 설계 및 예제	교량 발주처, 교량 구조설계사	교량의 개축 및 신설 공사 설계에 반영
		고성능 경량콘크리트+강합성 바닥판 설계 및 예제		
		고성능 경량콘크리트 충전 강상자형 거더 설계 및 예제		
	고성능 경량콘크리트 바닥판 시공기술	고성능 경량콘크리트 단독 활용 교량 바닥판 시공기술	종합건설사, 교량공사 전문 시공업체	종합건설사의 신규 사업 참여 제안(안)으로 활용, 교체 공사시 전문시공사의 기술협약으로 진행
		고성능 경량콘크리트+강합성 바닥판 시공기술		
		고성능 경량콘크리트 충전 강상자형 거더 제작 및 시공기술	교량 구조물 프리캐스트 제작 업체 및 전문 시공사	프리캐스트 구조부재 전문제작사 및 교량공사 전문업체에 기술지도 및 이전, 교량 전문

5절. 세부과제간 연계 관계

- 1세부, 4세부, 5세부는 고성능 재료를 활용하여 물량절감을 통해 탄소발생을 저감시키고, 성능향상으로 수명을 연장시키는 기술로 각 세부과제의 성과물은 연구단 목표와 부합되며 세부과제간도 연계됨
- 2세부 및 3세부는 급속교체 및 일괄시공으로 재료절감 및 공기단축을 통해 탄소발생을 줄이고, 유지관리를 최소화하여 경제성을 향상시키는 기술임
- 1세부, 4세부, 5세부의 성과물은 활용 기술 개발을 통해 2세부 및 3세부에 적용 가능하므로 친환경 교량 연구단 모든 세부과제는 연계됨

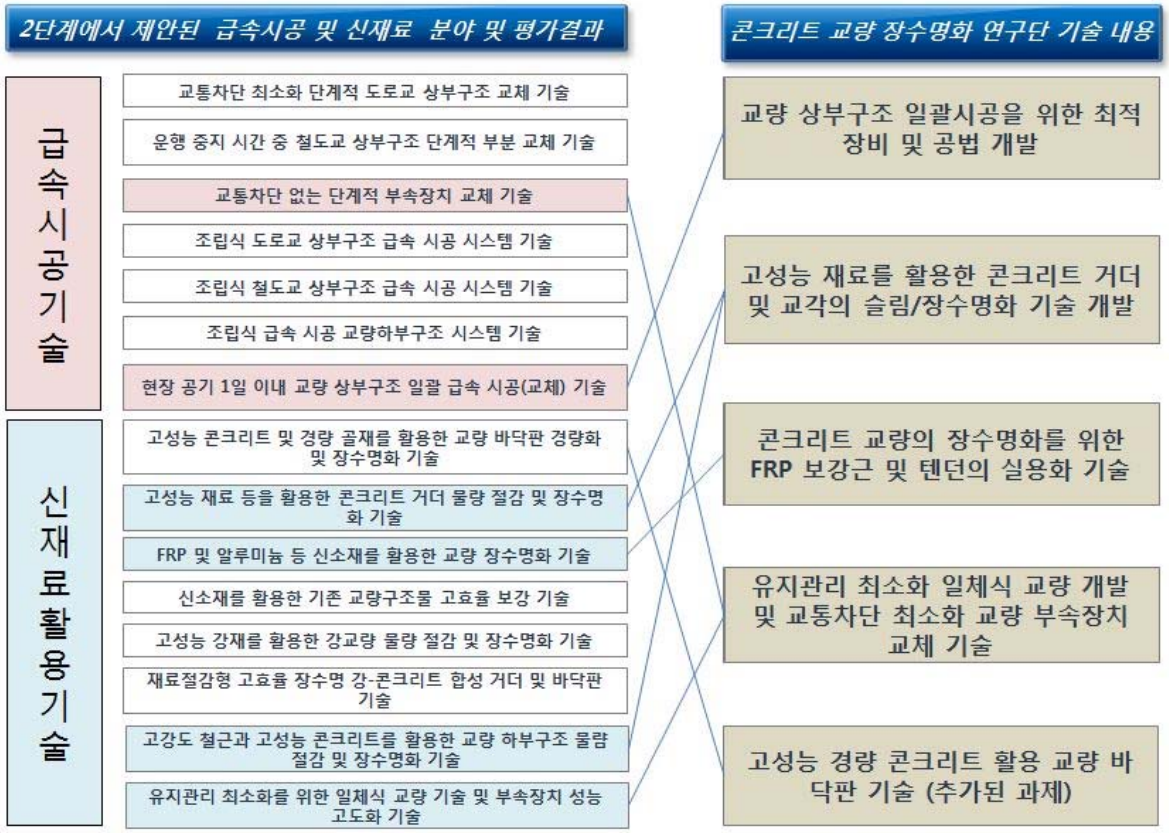


6절. 연구추진체계 제안

1. 연구추진체계

가. 연구사업 규모

- 2단계 검토위원회에서 선정된 급속시공기술 분야 2개, 신재료 활용기술 3개 및 추가된 1개 과제를 포함한 총 6개의 과제에 대해 자체 조정을 통해 5개의 세부과제에 대해 연구를 실시할 예정임
- 연구수행 형태(추진체계)는 건설교통기술평가원에서 제시한 기준에 의거 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단함



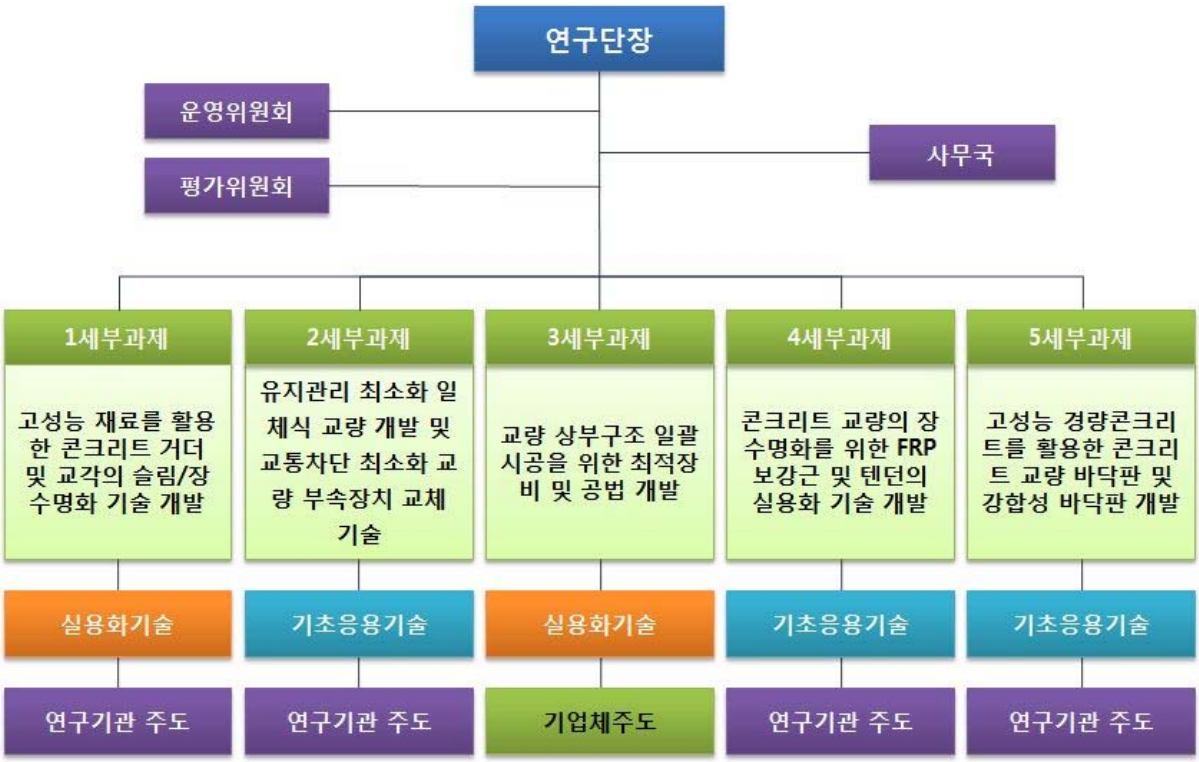
[그림 3-1] 본 연구단 기술범위

[표 3-1] 건설교통기술평가원의 연구수행 형태 구분 기준

사업단	기술별 총괄시스템의 개발과 연구개발결과의 시범 적용(Test Bed)을 포함하는 과제로서 정부출연금 300억원 이상, 5년 이상의 연구기간이 소요
연구단	단위·요소기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제로서 정부출연금 50억원 이상, 3~5년의 연구기간이 소요
일반과제	단위·요소기술을 개발하는 과제 또는 정책과제로서 정부출연금 50억원 이내로서, 3년 이내 연구기간이 소요

나. 연구추진체계

- "콘크리트 교량 장수명화 연구단"은 기초·원천기술, 실용화 기술, 관리정책의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산학연관 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자가 필요함
- 전체 연구조직은 산학연이 연계되어 상호보안 및 지원이 이루어지도록 구성함
- 연구단의 총괄 운영, 지원 및 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영을 위한 운영위원회외 과제 평가를 위한 평가위원회를 연구단에 구성함
- 기초응용 성격의 기술은 설계이론의 정립, 실험 등의 기술정립이 필요하므로 연구기관 또는 대학에서 주도하도록 추진함
- 실용화 기술은 현장 적용 기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진함
- 과제 수행 중에 테스트베드 등의 구축이 필요하므로 이를 위한 공공기관 및 기업체의 참여가 필요함
- 연구추진시 주관, 협동, 위탁기관 및 참여기업은 실용적인 성과물을 개발하고 이를 현장에 활용할 수 있도록 연구추진체계를 구성해야 함
- 연구계획시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표를 제안·유도하고 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과모니터링을 실시하여 단기간 내에 실증적인 연구가 되도록 함
- 성과물의 실용화를 위해 기술실시 대상 기업을 명확히 결정하고, 대상 기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립



[그림 3-2] 본 연구단 추진체계

2. 추진전략

구분	위험 요인	추진 전략 (대응 방안)
국내외 법, 제도적 요인	신재료 또는 고성능 재료는 재료비가 고가이므로 이들 재료를 교량에 사용할 경우 초기 건설비용이 사용되므로 생애주기비용(Life Cycle Cost) 개념을 도입한 교량 평가가 이루어져야 하며, 이에 대한 법적, 제도적 보완이 요구됨	LCC 기반 평가 확산을 위해 학회 등과 연계하여 설계기준을 변경하고 및 공청회 등을 통한 공감대 형성
재원 조달 가능성	정부 정책 변경에 따른 R&D 예산 축소, 건설업 환경 악화에 따른 민간기업 참여 저조 및 참여 기업 부담금 축소 가능성	정부의 R&D 예산 축소 및 민간기업 참여 축소 시에는 연구내용을 선택, 집중하여 주어진 연구예산 및 기간 내에 실용화가 가능하도록 연구내용 및 범위 등을 재조정함
실용화 추진	연구종료 후 실용화 추진시 연구비가 더 이상 없어 경미한 보완조차 불가능한 경우가 발생함	연구사업 종료후 실용화를 추진하는 것보다 연구사업 내에 실용화를 추진하고, 실용화 추진시 예상되는 모든 문제점들에 대해 연구사업 내에 발굴, 검증하는 무결점 시스템을 도입함
권리 확보 계획	연구진행 도중에 특허권을 취득하고자 할 때 선행기술로 인해 특허 취득이 곤란한 경우가 발생함	연구진행 전 브레인스토밍 등을 통해 연구 아이디어를 도출하고 가능한 빨리 특허를 출원하여 권리를 보호 받도록 노력함
해당 분야 전문가 및 기관 참여	해당 분야에 대한 연구실적 등이 없는 전무가 및 기관이 참여하지 않으면 주어진 단 기간 내에 실용화가 가능한 연구성과를 도출하기 곤란함	선정평가시 해당 분야 전무가 및 기관이 선정될 수 있도록 공정한 평가 진행

4장. 사전타당성 검토

1절. 사전타당성 분석의 개요

1. 분석의 틀

○ 본 사업단 추진의 타당성을 기술적/정책적/경제적 측면에서 검토함

- 기술적/정책적/경제적타당성 조사 항목은 KDI 및 KISTEP의 대형R&D사업의 예비타당성 조사 보고서의 조사항목을 기준으로 설정되었음

[표 4-1] 사전타당성 분석의 틀

대분류	중분류	소분류	세분류
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	사업목표와 내용의 구체성	사업목표의 구체성
			사업내용의 논리성 및 적절성
		사업추진전략의 적절성	사업추진 전략의 구체성 및 도출근거
			사업추진체계의 적절성
			성과평가 및 관리체계의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성	연구개발계획의 완성도
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석	보유기술수준 및 기술개발의 기대수준
			기술개발 역량 및 잠재력
		기술개발의 성공가능성	기술적 위험요인
			기술개발 성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성 검토	기존사업과의 중복성 검토 절차 및 내용의 적절성
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성	산업정책적/국토개발정책적 중요성
			사회문화적 기여도와 중요성
			정부지원의 타당성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성	상위유관계획과의 부합성
	사업추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석	본과제와 관련한 국토해양부의 관련 사업추진의지
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인 및 대응방안 분석	사업추진상의 위험요인
			사업추진상의 위험요인에 대한 대응방안
경제적 타당성	경제성 분석	예산의 적정성 분석	예산규모의 적절성
			예산계획 수립체계 및 과정의 적절성
			과제별 예산작성 및 배분의 합리성
		경제성 분석 (비용-편익분석)	경제성 분석방법(비용-편익 분석)
			경제성 분석결과
	과학기술 및 사회적 파급효과	과학기술적 파급효과	
		사회적 파급효과	

2절. 기술적 타당성

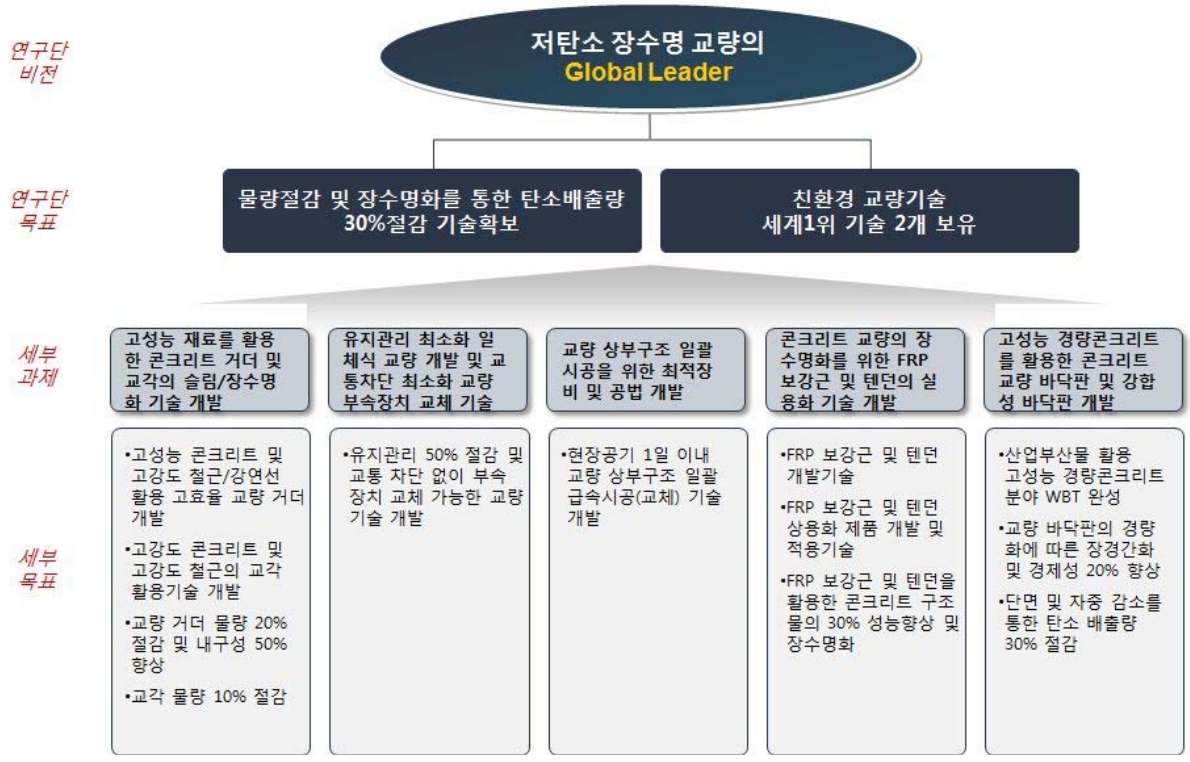
1. 기술개발 계획의 적절성

가. 사업목표와 내용의 구체성

(1) 사업목표의 구체성

○ 본 연구단의 비전 및 목표를 구체적으로 제시함

- 본 연구단 명은 '콘크리트 교량 장수명화 연구단'으로 '저탄소 장수명 교량의 Global Leader'를 비전으로 제시함
- 연구단의 총괄 목표는 '물량절감 및 장수명화를 통한 탄소배출량 30% 절감 기술확보', '친환경 교량분야 세계 1위 기술 2개 보유'로 구체성을 가지고 있음
- 사업의 목표달성을 위해 5개의 세부과제를 제시하고 있고, 이에 대한 세부목표를 구체적으로 제시함
- 연구단 및 세부과제 목표의 측정방법은 연구 추진단계에서 보다 구체화 될 수 있을 것으로 판단됨



[그림 4-1] 연구단 비전 및 목표

○ 본 연구단의 목표에 따라 세부과제의 목표를 단계별로 제시함

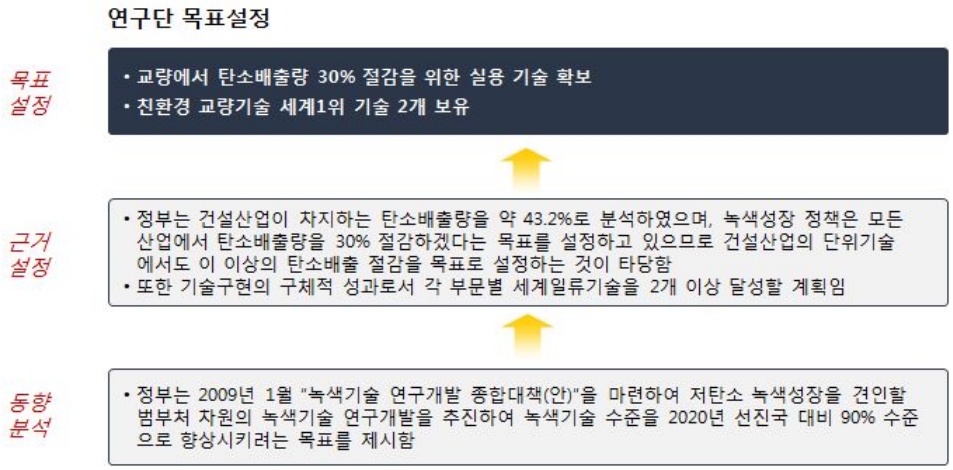
- 본 연구단의 목표를 단계별로 구분하여 제시하고, 연구단 목표를 이루기 위한 세부과제의 목표를 단계별로 구분하여 구체적으로 제시하였으며, 연차별로 도출되는 성과물에 대해 파악이 가능하도록 성과목표와 성과지표를 타당하도록 제시한 것으로 분석됨
- 각 세부과제의 단계별 목표는 연구단의 단계별 목표를 이루기 위해 적절하게 설정 되었다고 판단됨
- 2, 3세부과제의 경우 일반과제로 분리 발주 가능하도록 하여 확보예산에 대해 유연성 있게 대처함



[그림 4-2] 연구단 단계별 목표

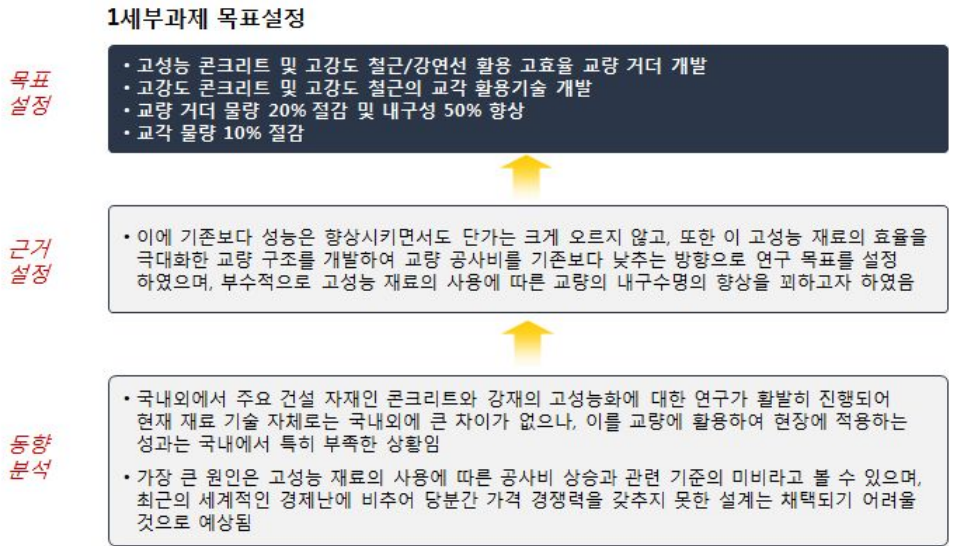
○ 연구단의 목표 및 세부과제의 목표를 설정한 근거를 타당하게 제시함

- 세부목표는 정책/경제/기술 동향 분석 및 논문/특허 분석, 인프라 분석을 통해 도출된 시사점에 기초하고 있으며, 그 과정에서 이슈트리라는 논리적 구조 모형을 사용하여, 목표 설정 체계 및 근거가 논리적이고 타당성이 있는 것으로 분석됨
- '녹색기술 연구개발 종합대책'목표인 녹색기술수준 2020년 선진국대비 90%수준 향상에 따라 본연구단에서는 구체적인 목표로서 탄소배출량저감 및 세계1위 기술 2개를 목표로 설정함



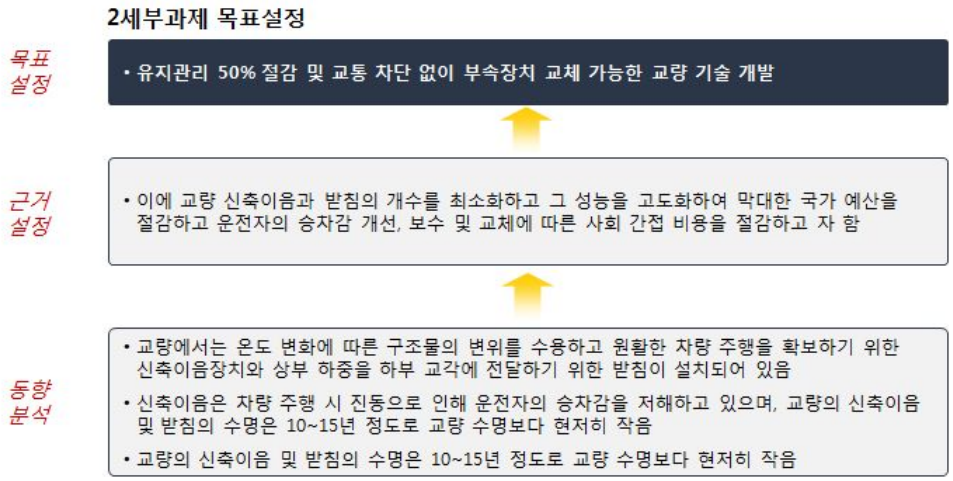
[그림 4-3] 연구단 목표설정근거

- 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발의 목표 설정 근거는 다음과 같음



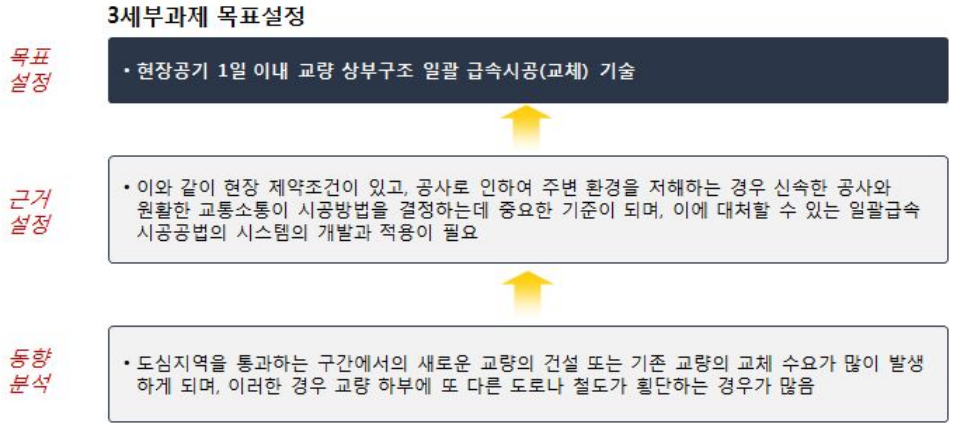
[그림 4-4] 1세부과제 목표설정근거

- 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술의 목표 설정 근거는 다음과 같음



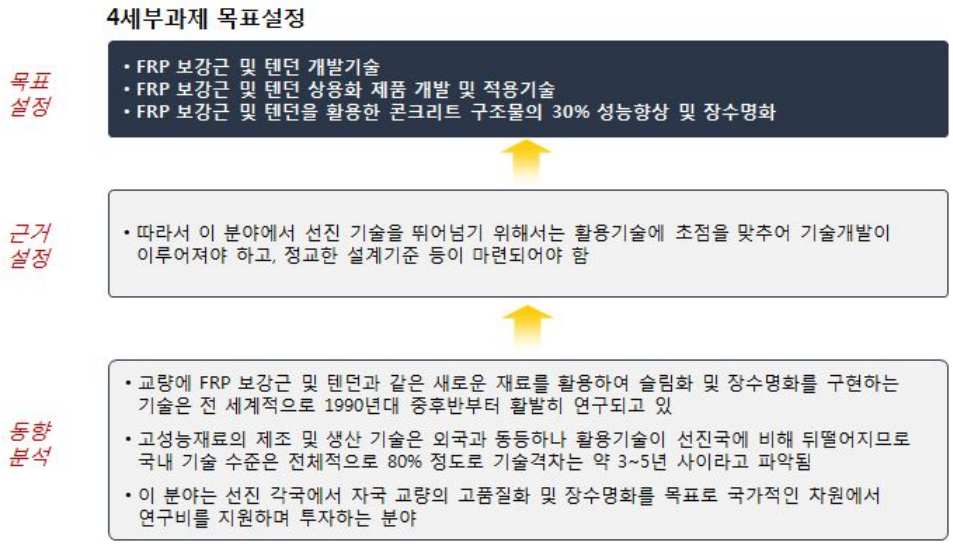
[그림 4-5] 2세부과제 목표설정근거

- 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발의 목표설정 근거는 다음과 같음



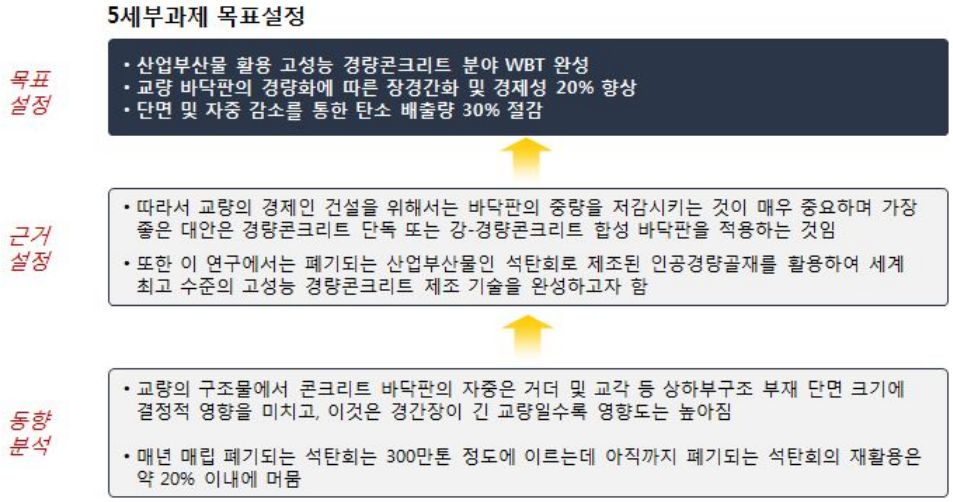
[그림 4-6] 3세부과제 목표설정근거

- 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발의 목표설정 근거는 다음과 같음



[그림 4-7] 4세부과제 목표설정근거

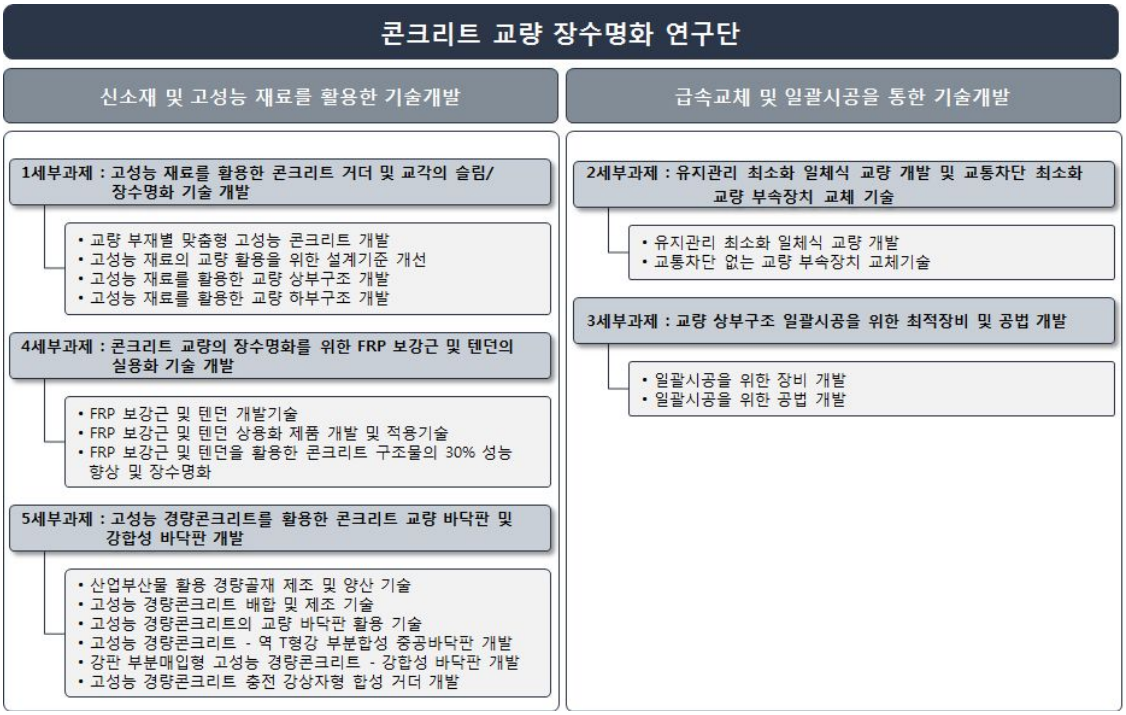
- 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발의 목표설정 근거는 다음과 같음



[그림 4-8] 5세부과제 목표설정근거

o 5개의 세부과제는 콘크리트 교량 장수명화 연구단의 목표 달성을 위해 적절하게 구성되었음

- 1세부과제, 3세부과제, 4세부과제는 고성능 재료를 활용한 물량절감을 통해 탄소저감을 향상시키고, 성능향상으로 수명연장 시키는 기술로 구성됨
- 2세부과제, 3세부과제는 급속교체 및 일괄시공으로 공기단축을 통해 탄소발생을 저감시키고 경제성을 향상시키는 기술로 구성됨
- 각 세부과제는 세부과제를 구성하는 기술을 명확히 제시하고 각 구성기술별 내용을 구체적으로 기술함

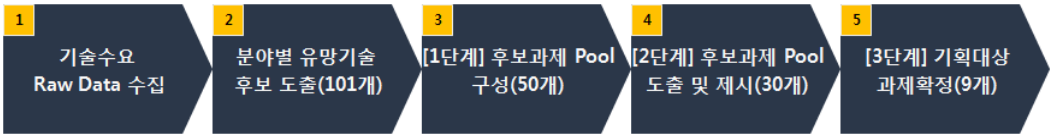


[그림 4-9] 연구단의 구성

(2) 사업내용의 논리성 및 적절성

○ 연구개발과제의 도출 프로세스를 제시함으로써 본 연구단 세부과제 도출의 적절성을 제시함

- 2차 기획검토위원회 결과를 반영, 급속시공 분야와 신소재분야를 통합하여 콘크리트 교량 장수명화 연구단을 구성함
- 2차 기획검토위원회 결과 제외되었던 5세부과제 '고성능 경량 콘크리트를 활용한 교량 바닥판 기술개발'의 추가선정 근거를 제시함
  - 고성능 경량콘크리트 기술은 건설산업 분야에서 광범위하게 적용할 수 있는 플랫폼 기술로서 개발도 중용하지만 현장에 활용하기 위해서는 설계 및 제조 ,시방 등의 기준이 필요한 과업임
  - 해외의존도를 줄이고 국내 실정에 맞는 독자적인 고성능 경량콘크리트를 이용한 고효율 강합성 바닥판 기술 마련을 위해서, 또한 개별 단위의 산발적인 연구를 통합하기 위해서는 정부주도의 관련 연구 추진이 필요함
  - 본 과제는 지능형 친환경 교량기획의 후보과제로써, 30개의 후보과제 중 8위, 신소재 분야에서 2위로 우선순위를 평가받은 우수한 과제임

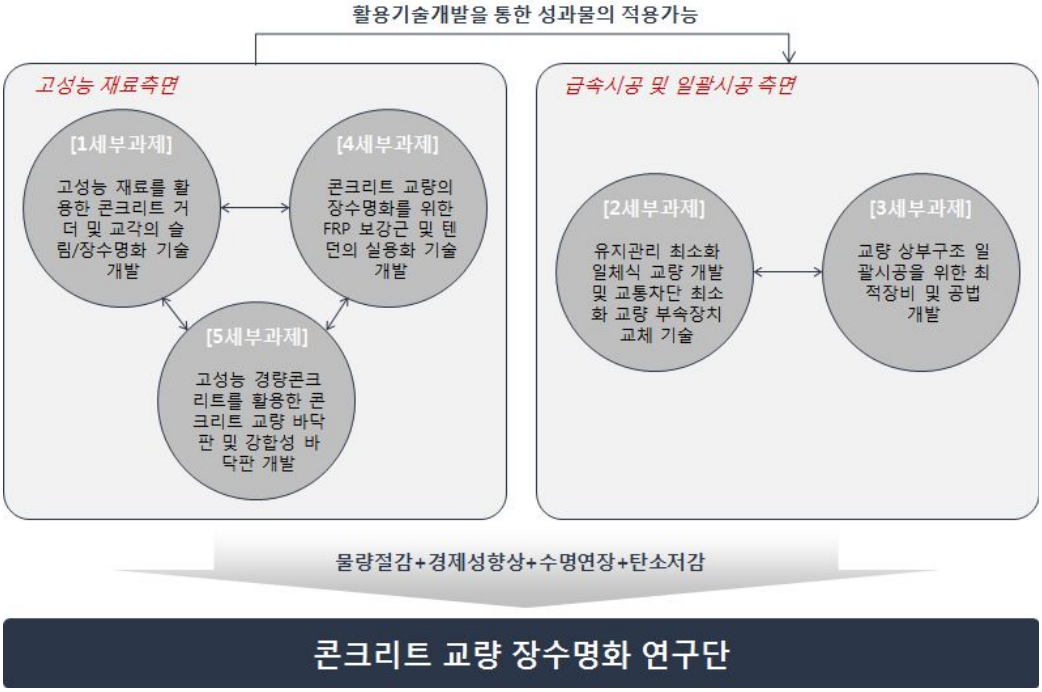


[그림 4-10] 연구개발과제 도출 프로세스

o 각 세부과제를 도출하기 위하여 국내외 경제/기술 동향, 인프라분석, 선행사업 분석을 실시하였고, 비전 및 목표 달성을 위한 연구개발 과제들로 구성되어있음

o 세부과제의 개념 및 범위가 구체적으로 서술되었으며 각 세부과제간의 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음

- 1세부과제, 4세부과제, 5세부과제는 고성능 재료 측면의 기술개발을 목적으로 함
- 2세부과제, 3세부과제는 급속시공 및 일괄시공 측면의 기술개발을 목적으로 함
- 1세부과제, 4세부과제, 5세부과제의 성과물은 활용기술개발을 통해 2세부과제 및 3세부과제에 적용이 가능함



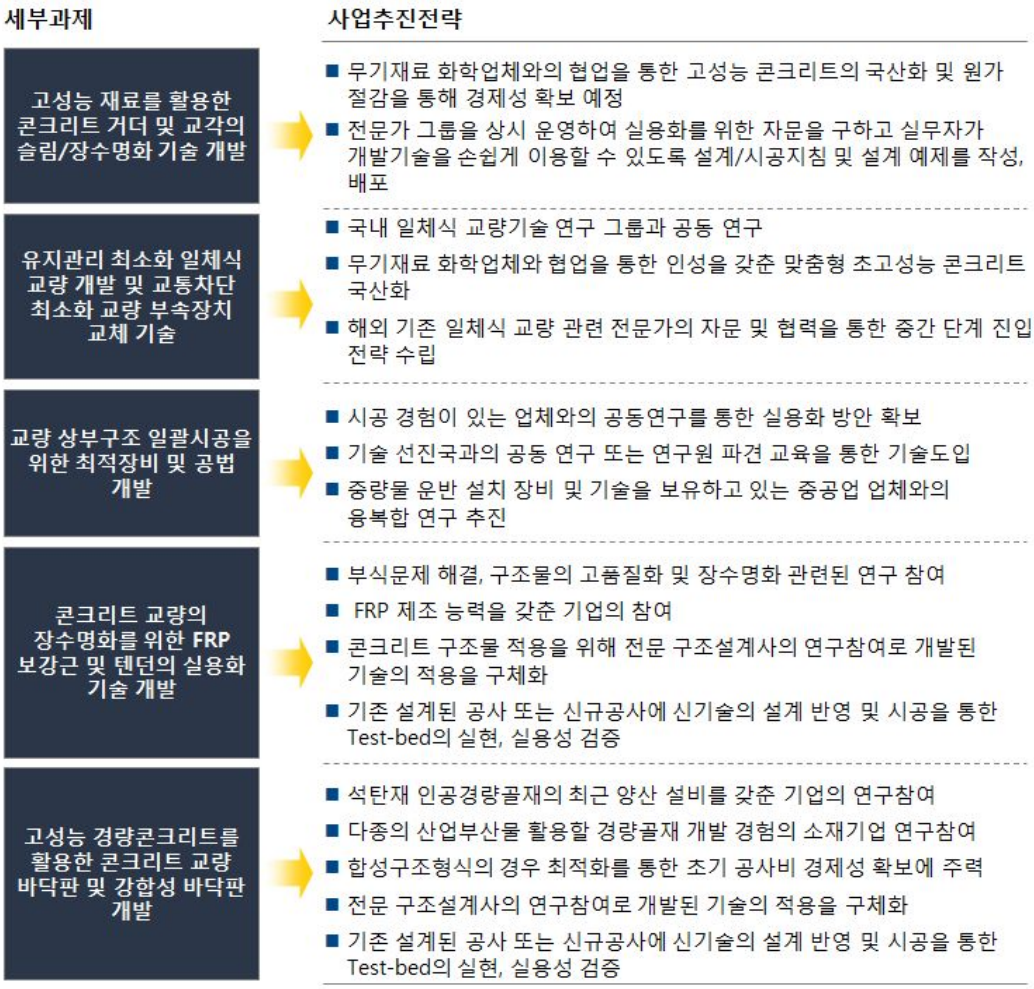
[그림 4-11] 세부과제 연계관계

나. 사업추진전략의 적절성

(1) 사업추진 전략의 구체성 및 도출근거

o STEEP분석에 따른 시사점 및 SWOT분석을 통해 세부과제별 사업추진전략을 도출하고 이를 상세히 서술함

o STEEP분석 및 SWOT분석은 세부과제 수준에서 이루어 졌으나, 연구 추진 단계에서는 보다 구체화 된 분석이 필요할 것으로 판단되며 이에 따른 전략도출 프로세스를 명확히 할 필요가 있음



[그림 4-12] 세부과제별 추진전략

(2) 사업추진체계의 적절성

○ 본 사업은 지능형친환경교량 기획 2단계 검토위원회에서 선정된 급속시공기술분야 2개, 신재료 활용기술분야 3개 과제와 추가된 1개 과제의 조정을 통해 총 5개과제로 이루어진 사업으로 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨

- 본 사업의 연구비(정부출연금 기준)는 약 196.4억원으로 건설교통기술평가원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분[10]에 만족함

○ 연구단 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술함

- 본 사업은 기초응용단계, 실용화 기술, 관리정책 등 다양한 연구의 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산학연관 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자가 필요함

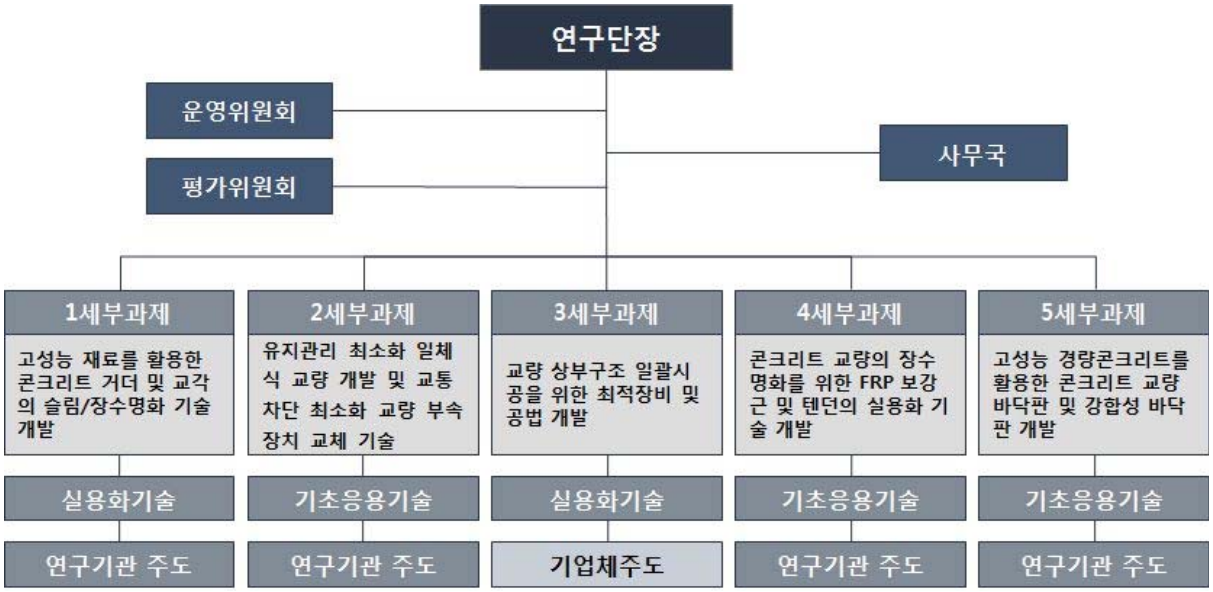
- 연구단의 총괄 운영, 지원 및 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영을 위한 운영위원회와 과제 평가를 위한 평가위원회를 연구단에 구성함

- 기초응용 성격의 기술은 설계이론의 정립, 실험 등의 기술정립이 필요하므로 연구기관

10) 연구단 규모 : 50억원 이상~300억원 미만

또는 대학에서 주도하도록 추진함

- 실용화 기술은 현장 적용 기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진함
- 과제 수행 중에 테스트베드 등의 구축이 필요하므로 이를 위한 공공기관 및 기업체의 참여가 필요함



[그림 4-13] 사업추진체계의 구성

(3) 성과 평가 및 관리체계의 적절성

- 본 연구단의 달성 여부를 평가하기 위한 성과지표 및 측정방법을 세부과제 수준으로 나누어 제시함
- 각 세부과제에서는 학술적 성과와 지식재산권을 공통지표로 설정하고 각 세부과제의 특성에 맞는 지표를 설정하여 세부목표에 부합하도록 지표를 설정하고 이에 따른 설정 근거를 제시하였음
  - 1세부과제는 학술적 성과, 지식재산권, 고성능 콘크리트 배합 및 제조 건수, 선은기반 하부구조 설계기준, 고성능 재료활용 교량의 설계 및 시공지침, 600MPa급 고강도 철근 설계기준으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함
  - 2세부과제는 학술적 성과, 지식재산권, 일체식 교량설계 시작품, 신축이음 급속교체 공법 및 받침 급속교체 지침작성으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함
  - 3세부과제는 학술적성과, 지식재산권, 일괄시공 장비 시작품개발, 일괄시공 지침작성으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함
  - 4세부과제는 학술적성과, 지식재산권, FRP 보강근 및 텐던 시작품개발, FRP 상용화 제품

재료 시험 및 규격, 재료물성 지침작성, FRP 보강 시스템제작, FRP 상용화 제품설계 및 시공지침 작성으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함

- 5세부과제는 학술적성과, 지식재산권, Green 경량골재 생산설비 및 시제품, 고성능 경량 콘크리트 및 합성바닥판 시제품 제작, 바닥판 설계 및 시공지침, 바닥판 현장적용 건수 등으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함

o 기대되는 성과의 활용도와 활용계획이 적절하게 설정되어 있어, 향후 본 연구단의 성과물들이 기술을 필요로 하는 현장 및 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

o 추후 이 연구단을 추진하는 주체가 성공적인 사업목표달성을 위해 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함

다. 기술개발로드맵의 우수성

(1) 연구개발계획의 완성도

o 본 연구단의 기술개발 로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 연도별로 성과물이 구체적으로 제시되어 있어, 연구개발계획의 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨

o 기술개발 로드맵은 세부과제의 목표-세부과제의 단계별 목표-세부과제의 단계별 목표성과물-각 구성기술의 목표성과물로 이어져 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨

o 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세부과제의 성과목표를 토대로 작성되어있음

o 본 연구단의 기술개발 로드맵은 국내외 동향 및 환경분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으므로, 기술적/경제적 측면의 분석결과를 반영한 것으로 판단됨



[그림 4-14] 연구단 기술개발 로드맵

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량분석

(1) 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

○ 콘크리트 교량 장수명화 연구단 관련분야의 선진국 대비 국내 기술수준을 파악하기 위해 특허/논문 분석 및 기술동향 분석을 수행하였고, 이를 기초자료로 활용하여 국내 전문가를 대상으로 기술수준조사를 수행함

- 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 관련기술의 수준은 최고 기술 보유국 대비 80~90% 수준으로 세부과제 중 가장 높은 기술수준을 보이나, 활용기술은

다소 떨어지는 것으로 나타남

- 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 관련기술의 수준은 최고기술 보유국 대비 60~80% 수준을 보임
- 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 관련기술의 수준은 최고기술 보유국 대비 50~80% 수준을 보이며 대부분의 기술을 외국에서 도입하는 실정으로 나타남
- 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 관련기술의 수준은 최고기술 보유국 대비 70~90% 수준이나 활용기술은 다소 떨어지는 것으로 나타남
- 고성능 경량콘크리트를 활용한 교량 바닥판 기술 관련기술의 수준은 최고기술 보유국 대비 40~90% 수준으로 각 구성기술별로 큰 편차를 보임

(2) 기술개발 역량 및 잠재력

○ 기술개발을 위한 전문인력 보유 정도, 기술 구축정도, 연구 시설 및 설비, 기술 투자지원 등에 대하여 국내와 선진국과의 인프라 수준을 비교 분석하였음

- 각 세부과제관련 전문 인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하다고 판단됨
- 콘크리트 교량 장수명화 기술은 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 것으로 국내 각 대학 및 국가 연구소 등의 연구 인력들이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있음
- 공기단축에 따른 인센티브 제공 규정 등의 제도 마련, test-bed 구축을 위하여 관·산·학·연 공동연구체제 구축하고 한국건설기술연구원, 분산형 공유 실험센터 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증 연구가 실시되어야 할 것으로 판단됨

나. 기술개발의 성공가능성

(1) 기술적 위험요인

○ 본 사업의 성공적인 수행을 위해 새로 발생할 수 있는 기술적 위험요인에 대해 세부과제별로 서술하였음

- 기존 연구가 실용화되지 못한 가장 큰 이유는 고가의 재료 사용에 따른 경제성 문제로 분석됨
- 교량의 유지관리 측면에서 민간기업의 관심도가 낮아 민간기업의 참여도가 낮을 것으로 분석됨
- 교량의 상부 도는 하부구조 전체를 대상으로 하는 과제의 경우 시험시공 대상 교량 선정이 어려울 것으로 분석됨
- 개발한 기술을 활용하기위해 관련 설계기준 등의 제정이 필요하며 다수의 시공실적이 필요함

(2) 기술개발 성공가능성

○ 추후 기술수준 및 역량대비 기술개발 성공가능성과 시장창출 및 진입 등 시장 경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 논의가 필요함

3. 기존 사업과의 중복성

가. 기존 사업과의 중복성 검토

(1) 기존 사업과의 중복성 검토 절차 및 내용의 적절성

○ 본 연구단에서 추진하는 과제는 3단계의 기획과정을 거쳐 추진하였으며, 기획과정과 2차례의 평가위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하여 기존연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화한 것으로 분석됨

- 본 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
- 각 단계별로 전문가 워크샵을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 착수보고 및 2차례의 평가위원회 검토 시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음
- 중복성 검토는 세부과제별로 기존과제 연구성과 활용을 통한 시간단축 및 시행착오 최소화를 위한 활용화 방안, 기존과제 연구성과의 성능 및 수준향상을 통한 성과의 고도화 방안, 과제 대상의 차별화 및 구체화를 통한 기존과제와의 차별화 방안으로 구분하여 분석함



[그림 4-15] 세부과제별 중복성 검토

3절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

가. 국가전략적 중요성

(1) 산업정책적/국토개발정책적 중요성

○ 본 보고서에서는 콘크리트 교량 장수명화 연구단에서 추진하고자 하는 과제의 산업정책적/국토개발정책적 중요성을 다음과 같이 설명하고 있음

- 온실가스 배출량을 줄이기 위한 국가적 정책 요구 증대에 따라 이를 뒷받침 하기위한 친환경 기술개발의 중요성이 부각되고 있음
- 교량 분야에서도 탄소 배출량 저감을 위해 건설재료의 절감, 건설재료 라이프사이클 연장, 급속시공 등의 기술개발이 요구되는 상황임
- 교량의 설계, 시공, 유지관리 단계에서 탄소배출량을 최소화하기 위한 규정은 없기 때문에 이와 관련된 법 규정 및 제도 마련을 위한 기반기술 개발이 중요함
  - 교량의 급속시공 기술개발은 교량 건설기간동안 나타나는 탄소배출량을 교량조기개통으로 최소화 시킬 수 있음
  - 교량의 신소재 기술개발은 기존 교량의 주 재료인 콘크리트 및 강재 사용량을 절감시켜 재료의 생산, 시공 과정에서 발생하는 탄소 발생량을 최소화 시킬 수 있음
- 탄소배출량 저감 측면 외에 본 연구단을 통한 기술개발은 교량 수명연장 및 공기단축을 통한 사회비용 절감효과 측면에서 국가적으로 중요하게 부각되고 있음
- 국내에 관련기술에 대한 개발이 이루어지고 있으나 현장에서 적용되지 못하고 있는 것은 활용연구의 미비, 경제성 문제, 설계기준 부재 등의 원인들이 있으므로 이를 해결하기 위한 R&D가 중요하게 부각되고 있음

○ 탄소배출량 저감을 위한 정부의 정책지원 및 사회비용 절감 측면에서 본 연구단의 산업, 국토개발 정책적 중요성은 타당하게 서술되어 있다고 판단됨

(2) 사회문화적 기여도와 중요성

○ 본 연구단의 추진으로 다음과 같은 사회문화적 기여를 예상할 수 있음

- 교량 신소재 개발인한 교량 수명 연장으로 교량 건설비용 및 유지관리비용 절감에 기여
- 급속시공 기술개발을 통한 대도시 교통난 완화 및 교통 혼잡비용 감축효과에 기여
- 친환경 교량 기술개발을 통해 탄소배출 저감 및 관련기술의 글로벌 경쟁력 강화에 기여

- 콘크리트 교량 장수명화 기술개발의 결과물들의 교량 외 SOC 구조물 적용을 통한 관련 기술 파급효과

(3) 정부지원의 타당성

○ 본 연구단을 구성하는 세부과제별로 정부지원의 타당성을 서술하고 있으며, 내용은 다음과 같음

- 교량의 탄소배출 저감 및 신소재 활용기술개발을 통한 관련기준 개발은 공공적 성격이 강함
  - 관련연구에 대한 기업 및 대학에서의 개별적 진행으로 설계기준/지침 및 시방서 등을 제시하기위한 데이터의 축적이 이루어지지 못함
  - 설계기준 및 시방서는 관련 기술의 실용화를 위한 필요조건으로 이는 정부차원에서 지원하는 것이 마땅하다고 판단됨
- 연구개발의 실용화를 위한 테스트베드 후보지 선정 및 건설에 정부의 적극적인 지원이 필요함
- 급속교체 및 교통정체 완화공법은 기존 현장타설 공법 대비 초기 직접공사비가 커져 국내 건설업계의 연구개발 메리트가 작으나, 이를 통한 사회간접비용 절감효과를 고려한다면 정부주도 하에 연구개발을 통해 진행되어야 할 것으로 판단됨
- 건설분야에서 탄소배출량 저감이라는 측면에서 본 연구과제는 국가 R&D형태로 수행되어야 함
- 본 연구단의 과제들은 단기 영업이익을 산출하기보다는 장기적인 연구개발이 필요하며, 국제적인 기술우위를 점유하기 위해서는 정부지원하에 체계적인 연구개발이 필요함

○ 개별 진행되는 연구의 통합, 사회간접비용 절감, 건설분야 탄소배출량 저감 및 장기적인 연구개발의 필요 측면에서 본 연구단에 대한 정부의 지원은 타당하다고 판단됨

2. 상위계획과의 부합성

가. 정책적 일관성

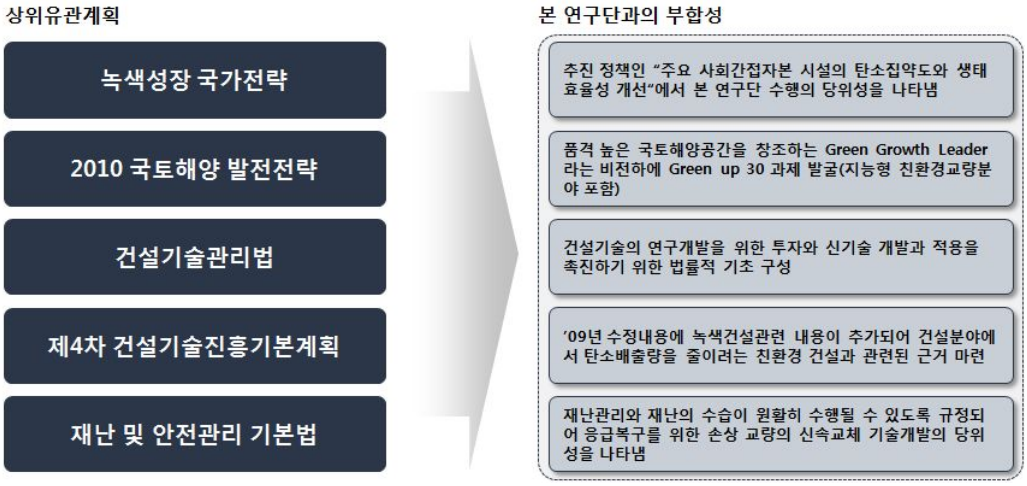
(1) 상위유관계획과의 부합성

○ 국내 정책 동향 분석에서 본 연구단과 관계된 국가 상위계획을 제시하고 관련내용을 기술함

- 녹색성장 국가전략의 추진정책중 하나인 "주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선"은 본 연구단을 통해 이루고자하는 교량에서 탄소배출량 저감의 상위개념임
- '10년 국토해양 발전전략을 통한 Green up 30 과제 중 지능형 친환경 교량분야가 포함됨
- 건설기술관리법에서는 건설기술의 연구개발을 위한 투자와 신기술 개발과 적용을 촉진

하기 위한 법률적 기초를 구성하고 있음

- '09년 수정된 제4차 건설기술진흥기본계획에서는 "녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보"라는 비전하에 녹색성장 기반구축을 목표로 추가하여 본 연구단을 통한 친환경 건설기술 확보에 대한 당위성을 나타냄
- 재난 및 안전관리 기본법 에서는 응급복구를 위한 손상교량의 신속교체 기술개발의 당위성을 나타냄



[그림 4-16] 상위유관계획과의 부합성

3. 사업추진의지와 관련 기관협조체계

가. 정책적 추진의지

(1) 본 과제와 관련한 국토해양부의 관련 사업추진의지

- 본 사업은 실질적으로 국토해양부의 Green up 30의 과제 중 "Intelligent Green Bridge"의 일부로 국토해양부 R&D 수요와 정확하게 일치하여 부처의 사업추진의지는 매우 높다고 판단됨
- 본 사업의 비전은 저탄소 장수명 교량의 Global Leader로 국토해양부의 R&D 비전인 "품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"를 실현하기 위한 교량부문의 연구개발로서 그 필요성이 인정됨
- 국토해양부는 R&D를 통한 기대효과로 사회적 비용절감효과와 녹색산업 성장을 예상하고 있으며, 본사업의 추진으로 교량부문 사회적 비용절감효과 및 교량부문 녹색산업 성장이 예상됨



[그림 4-17] 국토해양부 R&D비전과 연구단 비전의 관계도

4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안

가. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

(1) 사업추진상의 위험요인

○ 사업 추진상의 위험요인으로 국내외·제도적 요인, 재원조달 가능성, 실용화 추진, 권리확보 및 해당분야 전문가 및 기관 참여 부분으로 구분하여 기술함

- 고가의 신재료, 고성능 재료 사용시 초기 건설비용이 높아짐에 따라 생애주기비용 개념을 도입한 교량 평가가 이루어져야 하며, 이에 대한 법적, 제도적 보완이 요구됨
- 정부정책 변경에 따른 R&D 예산축소, 건설업 경기 악화에 따른 민간기업 참여 저조 등의 가능성이 있음
- 연구종료 후 실용화 추진 시 연구비 부족으로 인해 진행이 불가한 경우가 생길 수 있음
- 연구진행 중 특허권을 취득시 선행기술로 인해 취득이 불가한 경우가 발생할 수 있음
- 해당 분야에 대한 경험이 없는 전문가 및 기관이 참여시 주어진 단기간 내에 실용화가 가능한 연구성과를 도출하기 곤란함

(2) 사업추진상의 위험요인에 대한 대응방안

○ 각 위험요인에 대한 대응방안을 서술함



[그림 4-18] 사업추진상의 위험요인에 대한 대응방안

4절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 예산의 적정성 분석

(1) 예산규모의 적정성 분석

- 유사사업 등과의 비교 등을 활용한 총 사업비 규모의 적정성, 세부 사업/과제별 사업비의 적정성을 분석
  - 국토해양부에서 시행하는 유사사업(교량 관련 연구단)의 연구비를 비교분석한 결과 세부과제당 연구비가 49.7억원으로 세부과제수 대비 사업비 규모가 적정한 것으로 판단됨

[표 4-2] 유사사업 비교표

연구단명	연구비	연구기간	세부과제수	세부과제당 연구비
교량설계 핵심기술연구단	176.3억원	5년	3개	58.8억원
장수명 친환경 도로포장 연구단	173.5억원	5년	2개	86.8억원
콘크리트 교량 장수명화 연구단	**248.5억원**	**5년**	**5개**	**49.7억원**

(2) 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

- 세부과제별 기획위원회를 구성하여 예산을 산출함
- 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정
- 인건비는 '2011년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성
- 각 구성기술별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함
  - 이때 정부출연금 및 기업부담금의 배분비율은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표1 중앙행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준'을 작성기준으로 활용
- 항목별 예산은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용

(3) 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

- 각 세부과제의 구성기술별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함
- 각 세부과제의 공동과제별 인건비, 직·간접비를 연차별로 구분하여 제시함
- 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 감안하여 산정함
- 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함

나. 경제성 분석(비용-편익 분석)

(1) 경제성 분석 방법

- 분석방법 : 비용-편익 분석(Benefit/Cost Analysis)
  - B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 편익규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음
- 분석대상
  - 본 연구단을 구성하고 있는 5개 세부과제를 추진하는 데에 소요되는 비용과 이로부터 발생하는 편익을 고려하여 분석함
- 편익(Benefit)범위
  - 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함
  - 본 연구단의 연구기간을 2012년~2016년으로 가정하고, 실용화 기간을 3~4년으로 볼 때 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2020년 이후라 볼 수 있음
    - 각 세부과제별로 2020년~2029년(10년간) 시장을 예측하여 반영하였음
  - Benefit = 추가창출 시장규모(현재가치) × 시장점유율 × 기술개발성공률 × 부가가치 비중 × R&D 기여도 × 기술 기여도
- 편익(Benefit) 산출을 위한 요소
  - R&D에 의한 부가가치의 증대를 환산하기 위하여, 추가창출시장규모, 부가가치비중, 시장점유율, 기술기여도, 기술개발성공률, R&D기여도, 할인율 고려함
    - 추가창출시장규모 : 기술개발과제 추진을 통한 연구결과물이 파급되는 산업의 시장규모
    - 시장 점유율 : 해당 산업의 관련 국내 시장에서의 점유비율
    - 기술개발성공률 : 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에 의하면 정부연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 30% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함

- 부가가치 비중 : 부가가치 비중은 한국은행의 2009년 산업연관표를 기준으로 건설업종의 40.1%를 적용함
- R&D 기여도 : 본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중[11]
- 기술기여도 : 제품/공법에서 기술이 차지하는 비중[12]
- 할인율 : 할인율은 10년만기 국고채금리인 4.3%와 KDI 일반지침(2007년) 상의 5.5% 중 KDI 일반지침(2007년) 5.5%를 적용함

○ 비용(Cost)의 설정

- 1~5세부과제의 향후 5년간 예산(안)으로 정부출연금과 민간참여금의 합한 금액의 현재가치('12년 기준)로 산정함

(2) 경제성 분석 결과

○ 세부과제별로 적용 시장을 구분하여 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 산정하고, 이를 취합하여 연구단 전체 B/C ratio를 산정함

○ 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석 결과는 B/C ratio가 1.43으로 나타나, 본 사업의 경제성 측면에서 긍정적으로 판단됨

- 연도별 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 및 R&D 예산을 고려한 금액 및 B/C ratio 산출식의 산정 결과는 다음과 같음
  - 편익(302.49억원) = 시장규모의 '12년 현재가치(92,274억원)×시장점유율 × 기술개발 성공률(30%) × 부가가치 비중(40.1%) × R&D기여도(10.9%) × 기술기여도(25%)
  - 비용(211.3억원) = 연도별 소요 예산의 '12년 현재가치
  - 편익/비용 = 1.43

11) KISTEP에서 작성된 "09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구"의 R&D사업의 효과분석 사례에서는 R&D기여도를 10.9% 혹은 30.6%로 적용하였음. 본 분석에서는 10.9% 적용함

12) 기술가치 평가과정에서 기술기여도 적용방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있음. 전문가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업가치 구성요소를 기술자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법은 일반적으로 33%나 25%를 적용함. 본 분석에서는 25%적용함

[표 4-3] 콘크리트 교량 장수명화 연구단 B/C분석 결과

(단위:억원)

구분	Benefit			Cost
	국내			연구비
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration	
2012	-	-	-	-
2013	-	-	-	41.70
2014	-	-	-	51.70
2015	-	-	-	51.70
2016	-	-	-	51.70
2017	-	-	-	51.70
2018	-	-	-	-
2019	-	-	-	-
2020	99,827	9%	9,208	-
2021	105,213	9%	9,739	-
2022	110,921	12%	13,033	-
2023	116,978	12%	13,830	-
2024	123,405	14%	16,973	-
2025	130,230	14%	18,541	-
2026	137,485	16%	22,008	-
2027	145,202	16%	23,408	-
2028	153,416	20%	30,355	-
2029	162,171	20%	32,326	-
NPV(‘12년 기준)	-	-	92,274	211.30
B/C	-	-	-	1.43

2. 과학기술적 및 사회적 파급효과

가. 과학기술적 파급효과 분석

(1) 지적 재산권 및 학술적 성과 및 환경 개선 효과

- 각 세부과제별 성과목표에 도달 할 경우 논문 63건 이상, 특허출원 17건 이상, 특허등록 17건 이상, 시작품 15건 이상 및 관련지침 9건 이상의 과학기술적 성과가 기대됨

나. 사회적 파급효과 분석

- 연구단 성과들에 대한 활용을 통한 사회비용 감소, 탄소저감 및 관련산업 활용 등의 파급효과가 매우 큼
  - 고성능 재료 및 활용 기술 선점에 따른 국내 건설업체의 해외시장 진출 견인차 역할 및 이로 인한 외화 획득 기대
  - 교량 급속시공으로 교통정체 완화 및 이를 통한 사회간접비용 절감
  - 강재가 가지고 있지 않은 FRP의 재료적 이점(고강도, 고내구성, 경량, 비자성, 비전도성 등)을 필요로 하는 건설산업에 활용가능
  - 기존 대비 교량의 상부구조 단면 20% 감소, 장경간화 등을 통하여 콘크리트 사용량을 30% 이상을 절감, 동 대비 탄소배출량 30% 저감 기여
  - 고강도, 고내구성 확보에 따른 교량의 수명 향상으로 국가 SOC 시설물에 대한 투자 비용을 절감 국가 재정의 효율화에 기여
  - 추후 사업성과를 활용한 실용화에서의 비용절감, 기술도입 대체, 사업화까지의 기간, 사업화와 이에 수반하는 경제효과 등의 구체적인 시나리오에 대한 논의가 필요함

5절. 종합평가 및 결론

1. 기술적 타당성 분석

○ 기술적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 기술개발 계획의 적절성, 2. 기술수준 및 성공가능성, 3. 기존사업과의 중복성 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- 기술개발 계획의 경우 사업 목표와 내용이 구체적이고 사업추진전략이 적절하게 도출되었으며, 기술개발로드맵이 완성도 있게 작성되었음
  - 연구단의 비전 및 목표를 구체적으로 제시하고 설정근거를 타당하게 제시하였으며, 연구개발과제의 도출 프로세스와 세부과제의 개념, 범위, 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음
  - 본 사업은 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단되며 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술하였으나, 추후 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함
  - 기술개발로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 상세히 작성되었고 세부과제에서 구성기술간 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨
- 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음
  - 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력 등을 동향분석 및 기술수준조사를 통해 수행하였으며 국내와 선진국 수준을 비교분석함
  - 본 사업 수행 중 나타날 수 있는 기술적 위험요인에 대해 세부과제별로 서술하였으나 추후 기술개발 성공가능성 및 시장 경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 구체적인 논의가 필요할 것으로 판단됨
- 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별 유사과제에 대해 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함

2. 정책적 타당성 분석

○ 정책적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성, 2. 사업추진의지 및 위험요인이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성의 경우 산업정책적/국토개발정책적 중요성, 정부지원 타당성 및 관련 국가 상위계획에 대해 타당하게 서술하였음
  - 탄소배출량 저감을 위한 정부의 정책지원 및 사회비용 절감 측면에서 본 연구단의 산업, 국토개발 정책적 중요성은 타당하게 서술되어 있다고 판단됨
  - 개별 진행되는 연구의 통합, 사회간접비용 절감, 건설분야 탄소배출량 저감 및 장기적인 연구개발의 필요 측면에서 본 연구단에 대한 정부의 지원은 타당하다고 판단됨
  - 국내 정책 동향 분석에서 본 연구단과 관계된 국가 상위계획을 제시하고 관련내용을 기술함
- 사업추진의지 및 위험요인의 경우 본 사업과 관련한 국토해양부의 관련사업 추진의지에 대해 기술하고 사업추진상의 위험요인과 이에 따른 대응방안에 대해 기술하였음
  - 본 사업은 국토해양부 Green up 30과제의 일부로 국토해양부의 R&D를 통한 사회적 비용절감효과 및 녹색성장 기대효과에 부합한다고 판단됨
  - 사업 추진상의 위험요인으로 국내외·제도적 요인, 재원조달 가능성, 실용화 추진, 권리확보 및 해당분야 전문가 및 기관 참여 부분으로 구분하여 기술하고 이에 대한 대응 방안에 대해 서술함

3. 경제적 타당성 분석

○ 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 경제성 2. 과학기술적 파급효과 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- 경제성 분석의 경우 비용-편익 분석(Benefit/Cost Analysis)을 통해 본 사업의 경제적 측면을 긍정적으로 판단함
  - 본 사업의 B/C ratio는 1.43이며, B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 혜택규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음
- 과학적 파급효과의 경우 논문, 특허, 시작품, 관련지침 외에 사회비용 감소, 탄소저감 및 관련산업 파급효과가 클 것으로 판단됨
- 연구비의 경우 국토해양부에서 시행하는 유사사업의 연구비와 비교할 때 적정한 것으로 판단되며, 세부적인 인력 활용 및 연구비 사용에 대해서는 연구 추진 단계에서 보다 구체화 될 수 있을 것으로 판단됨

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력계획

1. 연차별 투입연구인력

연구단소요인력 (단위 : 명)

세부과제		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
총괄		41.4	51.6	51.6	51.6	51.6	247.8
1세부	1구성기술	3	3	3	3	3	15
	2구성기술	3	3	3	3	3	15
	3구성기술	3	3	3	3	3	15
	4구성기술	3	3	3	3	3	15
	계	12	12	12	12	12	60
2세부	1구성기술	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	21
	2구성기술	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	21
	계	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	42
3세부	1구성기술	-	5.1	5.1	5.1	5.1	20.4
	2구성기술	-	5.1	5.1	5.1	5.1	20.4
	계	-	10.2	10.2	10.2	10.2	40.8
4세부	1구성기술	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	17
	2구성기술	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	17
	3구성기술	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	17
	계	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	51
5세부	1구성기술	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	29.5
	2구성기술	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	24.5
	계	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	54

2. 상세 투입연구인력

가. 총 투입연구인력

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	5.1	6.3	6.3	6.3	6.3	30.3	
연구원	10.8	12.8	12.8	12.8	12.8	62	
연구보조원	12.5	15.5	15.5	15.5	15.5	74.5	
보조원	13	17	17	17	17	81	
합계	41.4	51.6	51.6	51.6	51.6	247.8	

나. 세부과제 투입연구인력

(1) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	2	2	2	2	2	10	
	연구원	4	4	4	4	4	20	
	연구보조원	4	4	4	4	4	20	
	보조원	2	2	2	2	2	10	
	합계	12	12	12	12	12	60	
1구성기술	책임연구원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	합계	3	3	3	3	3	15	
2구성기술	책임연구원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	합계	3	3	3	3	3	15	
3구성기술	책임연구원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	합계	3	3	3	3	3	15	
4구성기술	책임연구원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	
	합계	3	3	3	3	3	15	

(2) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2	
	연구원	2	2	2	2	2	10	
	연구보조원	2	2	2	2	2	10	
	보조원	4	4	4	4	4	20	
	합계	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	42	
1구성기술	책임연구원	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	2	2	2	2	2	10	
	합계	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	21	
2구성기술	책임연구원	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	2	2	2	2	2	10	
	합계	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	21	

(3) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원		1.2	1.2	1.2	1.2	4.8	
	연구원		2	2	2	2	8	
	연구보조원		3	3	3	3	12	
	보조원		4	4	4	4	16	
	합계		10.2	10.2	10.2	10.2	40.8	
1구성기술	책임연구원		0.6	0.6	0.6	0.6	2.4	
	연구원		1	1	1	1	4	
	연구보조원		1.5	1.5	1.5	1.5	6	
	보조원		2	2	2	2	8	
	합계		5.1	5.1	5.1	5.1	20.4	
2구성기술	책임연구원		0.6	0.6	0.6	0.6	2.4	
	연구원		1	1	1	1	4	
	연구보조원		1.5	1.5	1.5	1.5	6	
	보조원		2	2	2	2	8	
	합계		5.1	5.1	5.1	5.1	20.4	

(4) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	
	연구원	3	3	3	3	3	15	
	연구보조원	3	3	3	3	3	15	
	보조원	3	3	3	3	3	15	
	합계	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	51	
1구성기술	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	17	
2구성기술	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	17	
3구성기술	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	1	1	1	1	1	5	
	보조원	1	1	1	1	1	5	
	합계	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	17	

(5) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성바닥판 개발

분류		총 개발인력(명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5	
	연구원	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	9	
	연구보조원	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	17.5	
	보조원	4	4	4	4	4	20	
	합계	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	54	
1구성기술	책임연구원	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	4.5	
	연구원	1	1	1	1	1	5	
	연구보조원	2	2	2	2	2	10	
	보조원	2	2	2	2	2	10	
	합계	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	29.5	
2구성기술	책임연구원	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	3	
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4	
	연구보조원	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5	
	보조원	2	2	2	2	2	10	
	합계	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	24.5	

2절. 소요예산 산정

1. 산정개요

- 세부과제별 기획위원회를 구성하여 예산을 산출함
- 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정
- 인건비는 '2011년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성
- 각 구성기술별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함
- 민간예산 산정이 어려울 시 전체예산의 25%로 가정

2. 콘크리트 교량 장수명화 연구단 소요예산

가. 총괄 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,360,000	810,000	4,070,000	1,100,000	4,070,000	1,100,000	4,070,000	1,100,000	4,070,000	1,100,000	19,640,000	5,210,000
1세부 과제	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	1,060,000	340,000	5,300,000	1,700,000
1구성 기술	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
2구성 기술	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
3구성 기술	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
4구성 기술	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	265,000	85,000	1,325,000	425,000
2세부 과제	700,000	70,000	700,000	70,000	700,000	70,000	700,000	70,000	700,000	70,000	3,500,000	350,000
1구성 기술	350,000	35,000	350,000	35,000	350,000	35,000	350,000	35,000	350,000	35,000	1,750,000	175,000

2구성 기술	350,001	35,000	350,001	35,000	350,001	35,000	350,001	35,000	350,001	35,000	1,750,005	175,000
3세부 과제	-	-	710,000	290,000	710,000	290,000	710,000	290,000	710,000	290,000	2,840,000	1,160,000
1구성 기술			355,000	145,000	355,000	145,000	355,000	145,000	355,000	145,000	1,420,000	580,000
2구성 기술			355,000	145,000	355,000	145,000	355,000	145,000	355,000	145,000	1,420,000	580,000
4세부 과제	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	4,000,000	1,000,000
1구성 기술	266,667	100,000	266,667	100,000	266,667	100,000	266,667	100,000	266,667	100,000	1,333,335	500,000
2구성 기술	266,667	50,000	266,667	50,000	266,667	50,000	266,667	50,000	266,667	50,000	1,333,335	250,000
3구성 기술	266,666	50,000	266,666	50,000	266,666	50,000	266,666	50,000	266,666	50,000	1,333,330	250,000
5세부 과제	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	800,000	200,000	4,000,000	1,000,000
1구성 기술	437,037	100,000	437,037	100,000	437,037	100,000	437,037	100,000	437,037	100,000	2,185,185	500,000
2구성 기술	362,963	100,000	362,963	100,000	362,963	100,000	362,963	100,000	362,963	100,000	1,814,815	500,000

나. 예산 항목별 소요예산

(1) 연구단 총괄

(단위 : 천원)

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가(연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임 연구원	67,289	343,172	423,918	423,918	423,918	423,918	2,038,844	8.2%
	연구원	51,596	557,236	660,428	660,428	660,428	660,428	3,198,948	12.9%
	연구 보조원	34,490	431,125	534,595	534,595	534,595	534,595	2,569,505	10.3%
	보조원	25,869	336,297	439,773	439,773	439,773	439,773	2,095,389	8.4%
소계			1,667,830	2,058,714	2,058,714	2,058,714	2,058,714	9,902,686	39.8%
직접비	연구장비/ 재료비		580,000	830,000	830,000	830,000	830,000	3,900,000	15.7%
	연구활동비		784,212	872,252	872,252	872,252	872,252	4,273,220	17.2%
	연구수당		333,565	411,741	411,741	411,741	411,741	1,980,529	8.0%
소계			1,697,777	2,113,993	2,113,993	2,113,993	2,113,993	10,153,749	40.9%
간접비			804,393	997,293	997,293	997,293	997,293	4,793,565	19.3%
합계			4,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	5,170,000	24,850,000	100.0%

(2) 세부과제별 소요예산

(가) 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가(연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임 연구원	67,289	134,578	134,578	134,578	134,578	134,578	672,890	9.6%
	연구원	51,596	206,384	206,384	206,384	206,384	206,384	1,031,920	14.7%
	연구 보조원	34,490	137,960	137,960	137,960	137,960	137,960	689,800	9.9%
	보조원	25,869	51,738	51,738	51,738	51,738	51,738	258,690	3.7%
소계			530,660	530,660	530,660	530,660	530,660	2,653,300	37.9%
직접비	연구장비/ 재료비		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	1,000,000	14.3%
	연구활동비		293,148	293,148	293,148	293,148	293,148	1,465,740	20.9%
	연구수당		106,132	106,132	106,132	106,132	106,132	530,660	7.6%
소계			599,280	599,280	599,280	599,280	599,280	2,996,400	42.8%
간접비			270,060	270,060	270,060	270,060	270,060	1,350,300	19.3%
합계			1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000	7,000,000	100.0%

(나) 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가(연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	67,289	26,915	26,915	26,915	26,915	26,915	134,575	3.5%
	연구원	51,596	103,192	103,192	103,192	103,192	103,192	515,960	13.4%
	연구보조원	34,490	68,980	68,980	68,980	68,980	68,980	344,900	9.0%
	보조원	25,869	103,476	103,476	103,476	103,476	103,476	517,380	13.4%
소계			302,563	302,563	302,563	302,563	302,563	1,512,815	39.3%
직접비	연구장비/재료비		80,000	80,000	80,000	80,000	80,000	400,000	10.4%
	연구활동비		178,392	178,392	178,392	178,392	178,392	891,960	23.2%
	연구수당		60,512	60,512	60,512	60,512	60,512	302,560	7.9%
소계			318,904	318,904	318,904	318,904	318,904	1,594,520	41.4%
간접비			148,533	148,533	148,533	148,533	148,533	742,665	19.3%
합계			770,000	770,000	770,000	770,000	770,000	3,850,000	100.0%

(다) 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가(연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	67,289	-	80,746	80,746	80,746	80,746	322,984	8.1%
	연구원	51,596	-	103,192	103,192	103,192	103,192	412,768	10.3%
	연구보조원	34,490	-	103,470	103,470	103,470	103,470	413,880	10.3%
	보조원	25,869	-	103,476	103,476	103,476	103,476	413,904	10.3%
소계			-	390,884	390,884	390,884	390,884	1,563,536	39.1%
직접비	연구장비/재료비		-	250,000	250,000	250,000	250,000	1,000,000	25.0%
	연구활동비		-	88,040	88,040	88,040	88,040	352,160	8.8%
	연구수당		-	78,176	78,176	78,176	78,176	312,704	7.8%
소계			-	416,216	416,216	416,216	416,216	1,664,864	41.6%
간접비			-	192,900	192,900	192,900	192,900	771,600	19.3%
합계			-	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	4,000,000	100.0%

(라) 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가(연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	67,289	80,746	80,746	80,746	80,746	80,746	403,730	8.1%
	연구원	51,596	154,788	154,788	154,788	154,788	154,788	773,940	15.5%
	연구보조원	34,490	103,470	103,470	103,470	103,470	103,470	517,350	10.3%
	보조원	25,869	77,607	77,607	77,607	77,607	77,607	388,035	7.8%
소계			416,611	416,611	416,611	416,611	416,611	2,083,055	41.7%
직접비	연구장비/재료비		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	500,000	10.0%
	연구활동비		207,167	207,167	207,167	207,167	207,167	1,035,835	20.7%
	연구수당		83,322	83,322	83,322	83,322	83,322	416,610	8.3%
소계			390,489	390,489	390,489	390,489	390,489	1,952,445	39.0%
간접비			192,900	192,900	192,900	192,900	192,900	964,500	19.3%
합계			1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	5,000,000	100.0%

(마) 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성바닥판 개발

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가(연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임연구원	67,289	100,933	100,933	100,933	100,933	100,933	504,665	10.1%
	연구원	51,596	92,872	92,872	92,872	92,872	92,872	464,360	9.3%
	연구보조원	34,490	120,715	120,715	120,715	120,715	120,715	603,575	12.1%
	보조원	25,869	103,476	103,476	103,476	103,476	103,476	517,380	10.3%
소계			417,996	417,996	417,996	417,996	417,996	2,089,980	41.8%
직접비	연구장비/재료비		200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	1,000,000	20.0%
	연구활동비		105,505	105,505	105,505	105,505	105,505	527,525	10.6%
	연구수당		83,599	83,599	83,599	83,599	83,599	417,995	8.4%
소계			389,104	389,104	389,104	389,104	389,104	1,945,520	38.9%
간접비			192,900	192,900	192,900	192,900	192,900	964,500	19.3%
합계			1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	5,000,000	100.0%

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 제안요구서(RFP)

연구단명	콘크리트 교량 장수명화 연구단
1. 연구개발 목표	
	○ 물량 절감 및 장수명화를 통한 교량에서 탄소배출량 30% 절감을 위한 실용 기술 확보 ○ 친환경 교량 분야 세계 1위 기술 2개 보유
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설 분야에서 탄소배출량 절감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량분야에서도 탄소배출량 절감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구되는 상황임 - 국토해양부는 국토해양 연구개발사업에 있어 "품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"라는 비전을 수립했고, 녹색기술을 2020년까지 선진국의 90% 수준으로 향상시킨다는 목표 등을 설정하고 있음 - 이를 구체화시키기 위해 Green-up 30 과제를 발굴, 기획 중에 있으며 본 기획연구사업인 “ 지능형친환경교량(Intelligent Green Bridge)" 사업도 포함되어 있음 - 한편 신소재 및 고성능 재료 활용에 대응하기 위해 도로교설계기준을 수시로 개정하고 있으며, 교량부재의 슬림화를 위해 한계상태설계법 등을 적극적으로 반영한 설계기준을 마련하기 위해 이와 관련된 R&D를 준비하고 있음 - 국민의 삶의 질 향상을 위해서는 살기 좋은 국토환경 조성, 편리한 교통물류 서비스를 제공하는 것을 목표로 하기 때문에 교통흐름을 원활히 하면서 시공할 수 있는 기술의 개발이 필요함 - 기술 선진국을 단순 답습하는 수준에서 세계를 선도할 수 있는 최고기술을 개발할 수 있는 R&D로 이전하고 있고, 탄소배출량 감소 등 녹색성장을 위한 연구개발을 중요시 하고 있어, 해당 분야에 대한 국가 R&D 정책이 진행되고 있는 것으로 판단됨 - 최근 국내에서 신재료 또는 고성능 건설재료에 대한 관심이 고조되어 이 분야에 대한 몇 건의 R&D 투자가 이루어져 고성능 강재 등 현장에 적용할 수 있는 제품이 개발되었음 - 그러나 이들 재료가 활발히 현장에서 적용되지 못하고 있는 것은 활용 연구 미비, 경제성 문제, 설계기준 미비 등의 원인들이 있으므로 이러한 문제점들을 해결하기 위한 R&D가 실시되어야 함 - 이를 통해 이 분야에서 세계 최고 수준의 기술을 확보하면 우리나라의 건설경쟁력을 한 단계 도약시키는 계기를 마련할 수 있을 것임 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 건설 선진국들에서는 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량의 저감을 목표로 정책적 지원을 실시하고 있으며 이를 통하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진하고 있음 - 교량의 저탄소 친환경 급속 시공 및 교체기술 등은 선진 외국에서는 정부 차원으

로 추진하고 있는 과제로, 공사로 인한 교통정체가 극심한 우리나라에서도 조속한 기술개발을 통한 기술선점이 필요함

- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화, 고내구성화 및 장수명화를 지향하고 있음
- 이들 재료를 사용하면 초기 공사비는 증가되지만 교량수명이 연장되고 유지관리 비용이 절약되므로 생애주기비용 측면에서 보면 오히려 유리하기 때문에 시간이 갈수록 이들 교량을 건설하는 사례가 증가되고 있으며, 생애주기평가 개념을 이용한 평가기법의 도입에도 적극적임
- 따라서 우리나라에서도 고내구성 신재료 등을 교량에 적용하기 위해서는 이러한 생애주기 개념에 입각한 교량 프로젝트 평가기법이 적극적으로 도입되어야 할 것으로 판단됨

□ 기술동향

○ 1세부과제

- 국내에서 콘크리트 압축강도 180MPa급의 초고성능 콘크리트는 개발이 완료된 상태이나, 경제성 등의 문제로 일반 교량에 적용되지 않고 있는 실정이나 콘크리트 교량의 고품질화, 장수명화를 위해 100MPa 이하에 대한 니즈가 있는 것으로 파악됨. 또한 철근도 인장강도 600MPa급까지 개발되었으나 관련 기준의 미비로 실용화되지 않고 있어 이에 대한 대책이 필요한 시점임
- 프랑스, 일본, 독일 등에서도 고성능 콘크리트를 교량에 활용하기 위한 연구를 지속하고 있으며 실용화를 위해 정부 차원의 연구개발을 지원하고 있으며, 사용 사례가 증가하고 있음

○ 2세부과제

- 단열 말뚝기초와 낮은 교대를 적용하여 신축이음과 받침을 두지 않고 상하부구조를 일체화한 Integral Bridge는 미국, 캐나다, 유럽 등에서 보편적으로 시공되고 있음
- 국내에서는 1990년대 후반부터 한국도로공사 주도로 일체식 교량에 대한 연구 개발을 수행하여 많은 적용 실적을 가지고 있음
- 한국도로공사에서는 2009년 일체식 교량 설계지침을 제정하여 일체식 교량 적용의 활성화를 도모하고 있음
- 교량 받침을 배제한 콘크리트 힌지 연결은 1880년대부터 아치교 등에서 사용되어 왔으며 프랑스 Freyssinet Hinge가 최초로 1953년에 독일 프리스트레스트 교량에 적용되면서 유럽, 미국 등에서는 보편화된 기술임
- ECC(Engineered Cementitious Composite) Link slab를 이용하여 신축이음을 제거한 Jointless Bridge 기술이 1998년 P.A. Zia 등에 의해 정립된 이후 미국과 일본에서 활발히 적용되고 있음
- 국내에서는 낮은 교대를 적용한 일체식 교량을 제외하고 체계적인 연구가 수행되지 못하여 신축이음과 받침을 최소화하는 기술이 상대적으로 덜 발달하였음

○ 3세부과제

- 국내에서는 외국장비와 기술을 도입하여 인천대교와 호남고속전철 등 일부구간에 적용한 사례는 있으나, 본격적인 연구개발이 이루어진 바는 없음
- 유럽과 미국을 중심으로 육상 및 해상 교량의 상부구조 일괄가설뿐 만 아니라, 교각을 포함한 교량 전체에 대한 일괄가설공법도 적용되고 있음

○ 4세부과제

- 교량에 고성능 콘크리트, 고성능 강 및 FRP와 같은 새로운 재료를 활용하여 슬림화 및 장수명화를 구현하는 기술은 전 세계적으로 1990년대 중후반부터 활발히 연구되고 있는 것으로 국내 기술 수준 전체적으로 80% 수준 정도로 기술격차는 약 10년 정도라고 파악됨
- FRP 부재 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, 정교한 설계기준 등이 마련되어야 함
- 이 분야는 선진 각국에서 자국 교량의 고품질화 및 장수명화를 목표로 국가적인 차원에서 연구비를 지원하며 투자하는 분야이므로 국내에서 이 분야에 대해 기술개발을 등한시한다면 현재 10년의 기술격차가 크게 벌어질 가능성이 큼

○ 5세부과제

- 혈암 및 점토를 원재료로 활용하는 인공경량골재 경량콘크리트 기술은 어느 정도 완성되어 있으나 석탄재와 같은 산업부산물을 활용하는 인공경량골재 콘크리트 기술은 거의 연구개발이 되지 못함
- 최근 저탄소, 저에너지 활용의 고강도 인공경량골재의 연구개발 기술 수준은 급속히 발전되고 있으나 활용에 대한 연구개발이 전혀 진행되지 못하여 재료개발이 실효성이 낮음
- 저비용 고효율의 경량콘크리트의 기술의 확립과 이를 단독 또는 강-경량콘크리트 합성 교량 바닥판의 기술 개발이 완성되면 활용도는 매우 높을 것으로 전망됨
- 상대적으로 자중이 무거운 콘크리트 구조체를 대체할 경우 적용범위는 매우 넓혀질 것으로 판단됨

3. 연구개발내용

1세부과제 : 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발

○ 교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발
- 교량 부재별 성능 목표 및 경제성 등을 종합 고려한 목적물에 최적화한 100MPa 이하 콘크리트 배합 및 제조기술 개발

○ 고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선
- 고성능 콘크리트, 600MPa급 고강도 철근, 2400MPa급 고강도 강연선을 교량 부재에 활용하기 위한 설계법 및 설계기준 개발
- 교각 성능기반 설계법 및 설계기준 개발

○ 고성능 재료를 활용한 콘크리트 교량 거더 개발
- 고성능 콘크리트, 고강도 강연선 등을 활용한, 목표 지간장별 물량절감형 콘크리트 거더 개발
- 개발 거더별 기술매뉴얼(지침 및 설계예제) 작성

○ 고성능 재료를 활용한 교각 개발
- 고강도 철근을 활용한 교각 설계/시공법 및 설계기준 개발
- 고강도 철근 적용 교각 설계예제 작성

2세부과제 : 유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술

○ 유지관리 최소화 일체식 교량 개발
- 일체식 교량 및 급속 교체를 위한 고성능 신축이음 및 받침 구조 개발
- 초고성능 콘크리트를 활용한 연결 구조 및 형식 개발
- 유지관리 최소화를 위한 장경간 일체식 교량 구조시스템 개발
- 장경간 일체식 교량의 설계 및 시공기술 개발

○ 교통차단 없는 교량 부속장치 교체기술
- 교통차단 없는 교량 신축이음 급속 교체 기술 개발
- 교량 받침 급속 교체 기술 개발

3세부과제 : 교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발

○ 일괄시공을 위한 장비 개발
- 교량 상부구조 이동 및 거치를 위한 장비의 국산화

○ 일괄시공을 위한 공법 개발
- 일괄시공에 적합한 교량 시스템 및 시공공법 개발

4세부과제 : 콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발

○ FRP 보강근 및 텐던의 단기 및 장기성능 검증 및 경제성 확보 기술 개발
- 기존 철근 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 구조물에서 사용하는 철근 및 강연선을 대체하기 위해 구조적 성능 및 사용성 등에 있어서 우수한 성능을 갖는

FRP 보강근 및 텐던의 성능 검증 및 경제성을 확보하기 위한 기술 개발

○ 신설 콘크리트 구조물에 FRP 보강근 및 텐던 활용 기술
- 신설 콘크리트 구조물에 FRP 보강근 및 텐던을 적용하기 위한 기술 개발

○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 기존 콘크리트 콘크리트 구조물의 성능향상 및 장수명화
- FRP 보강근 및 텐던을 활용하여 기존 노후화된 콘크리트 구조물의 성능을 향상시켜 구조물을 장수명화시킴

5세부과제 : 고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성 바닥판 개발

○ 산업부산물 활용 경량골재 제조 및 양산 기술
- 석탄재 활용 Green 경량골재 제조 기술 개발
- 다종의 산업부산물 혼합 구조용 경량골재 제조 기술 개발
- 구조용 Green 경량골재 양산화 기술 개발

○ 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조 기술
- 일반콘크리트용 고강도 경량콘크리트 배합개발
- 저점도 고성능 경량콘크리트 배합개발
- 인장보강형 복합섬유 혼입 경량콘크리트 배합 개발

○ 고성능 경량콘크리트의 교량 바닥판 활용 기술
- 고성능 경량콘크리트 역학적 특성 평가
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 거동 특성 평가
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 구조형식 개발

○ 고성능 경량콘크리트를 활용한 강합성 교량 바닥판 개발
- 고성능 경량콘크리트 강합성 바닥판 구조거동 평가
- 고성능 경량콘크리트 강합성 바닥판 설계기술 개발.
- 고성능 경량콘크리트 강합성 바닥판 시공기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ LCC 기반 평가 확산을 위해 학회 등과 연계하여 설계기준을 변경하고 및 공청회 등을 통한 공감대 형성

○ 정부의 R&D 예산 축소 및 민간기업 참여 축소 시에는 연구내용을 선택, 집중하여 주어진 연구예산 및 기간 내에 실용화가 가능하도록 연구내용 및 범위 등을 재조정함

○ 연구사업 종료후 실용화를 추진하는 것보다 연구사업 내에 실용화를 추진하고, 실용화 추진시 예상되는 모든 문제점들에 대해 연구사업 내에 발굴, 검증하는 무결점 시스템을 도입함

○ 연구진행 전 브레인스토밍 등을 통해 연구 아이디어를 도출하고 가능한 빨리 특허를 출원하여 권리를 보호 받도록 노력함

○ 선정평가시 해당 분야 전무가 및 기관이 선정될 수 있도록 공정한 평가 진행

□ 추진체계

○ 본 연구단은 기초·원천기술, 실용화 기술, 관리정책의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산학연관 간의 유연한 조직체계 및 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자가 필요함

○ 전체 연구조직은 산학연이 연계되어 상호보안 및 지원이 이루어지도록 구성함

○ 연구단의 총괄 운영, 지원 및 홍보를 위한 사무국을 구성하고 연구단 운영을 위한 운영위원회와 과제 평가를 위한 평가위원회를 연구단에 구성함

○ 기초응용 성격의 기술은 설계이론의 정립, 실험 등의 기술정립이 필요하므로 연구기관 또는 대학에서 주도하도록 추진함

○ 실용화 기술은 현장 적용 기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진함

○ 과제 수행 중에 테스트베드 등의 구축이 필요하므로 이를 위한 공공기관 및 기업체

의 참여가 필요함

○ 연구추진시 주관, 협동, 위탁기관 및 참여기업은 실용적인 성과물을 개발하고 이를 현장에 활용할 수 있도록 연구추진체계를 구성해야 함

○ 연구계획시부터 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표를 제안 · 유도하고 연구 진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하고 주기적인 성과모니터링을 실시하여 단기간 내에 실증적인 연구가 되도록 함

○ 연구계획서에는 실용화를 위한 구체적 방안으로 현장적용, 기술실시계약(기술이전) 및 제도개선·지침 개발 등을 포함해야 함

○ 성과물의 실용화를 위해 기술실시 대상 기업을 명확히 결정하고, 대상 기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

□ 1세부과제
- ○ 고성능 콘크리트 제조기술
- ○ 성능 기반 하부구조 설계기준
- ○ 고성능 재료활용 교량 설계/시공 지침
- ○ 600MPa급 고강도 철근 설계기준

□ 2세부과제
- ○ 일체식 교량 개발
- ○ 신축이음 급속교체 공법 지침
- ○ 받침 급속교체 지침

□ 3세부과제
- ○ 일괄 시공장비 개발
- ○ 일괄 시공지침

□ 4세부과제
- ○ FRP 보강근 및 텐던 활용 기술 개발
- ○ FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 및 적용 기술 개발
- ○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물 설계 지침

□ 5세부과제
- ○ Green 인공경량골재
- ○ 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조기슬
- ○ 고성능 경량콘크리트 바닥판 설계 시공 기술

6. 연구기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2013. 1 ~ 2017. 12(5년)
- – 당해년도 연구기간 : 2013. 1 ~ 2013. 12(12개월)

○ 추정 총연구비 : 248.5억원(정부출연금 197억원 이내)
- – 당해년도 정부출연금 : 33.6억원 이내

7. 기 타

○ 본 과제는 물량절감 및 장수명화를 통해 탄소배출량을 절감시키는 기술을 확보해야 함

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성

○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성

○ 기업참여시 기업부담금은 “건설교통기술개발사업운영규정” 에 따르며 추가부담 가능

2. 세부과제 제안요구서(RFP)

세부과제명	고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 고성능 콘크리트 및 고강도 철근/강연선을 활용한 고효율 상부구조 시스템의 개발을 통해 상부구조 물량 20% 절감 및 내구성 50% 향상 ○ 하부구조의 성능기반 설계기술 및 설계기준 개발, 항복강도 600MPa급 철근의 콘크리트 교각 활용 기술 개발을 통한 하부구조 물량 10% 절감
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 최근 국내에서 개발된 고강도 철근, 고강도 강연선을 고성능 콘크리트 관련 설계기준의 미정비로 실용화에 한계를 겪고 있음. 하지만 기존 재료의 한계를 극복하여 물량을 축소하고 수명을 연장함으로써 자원을 절약하고 국가예산을 절감하기 위해서는 고성능 재료의 교량 부재 활용 기술 개발이 필요함 ○ 국외에서도 자원 고갈 및 환경 문제는 동일하게 적용되며, 수주 경쟁에서도 저가 설계가 필수적이므로 고성능 재료의 활용을 통한 저비용, 장수명 구조 부재 설계/시공 기술에 대한 기술을 선점하여 국내 건설업체의 해외시장 진출을 견인하기 위해서도 관련 기술의 개발이 시급함
□ 기술동향	○ 국내에서 콘크리트 압축강도 180MPa급의 초고성능 콘크리트는 개발이 완료된 상태이나, 경제성 등의 문제로 일반 교량에 적용되지 않고 있는 실정이나 콘크리트 교량의 고품질화, 장수명화를 위해 100MPa 이하에 대한 니즈가 있는 것으로 파악됨. 또한 철근도 인장강도 600MPa급까지 개발되었으나 관련 기준의 미비로 실용화되지 않고 있어 이에 대한 대책이 필요한 시점임 ○ 프랑스, 일본, 독일 등에서도 고성능 콘크리트를 교량에 활용하기 위한 연구를 지속하고 있으며 실용화를 위해 정부 차원의 연구개발을 지원하고 있으며, 사용사례가 증가하고 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 교량 부재별 맞춤형 고성능 콘크리트 개발 - 교량 부재별 성능 목표 및 경제성 등을 종합 고려한 목적물에 최적화한 100MPa 이하 콘크리트 배합 및 제조기술 개발 ○ 고성능 재료의 교량 활용을 위한 설계기준 개선 - 고성능 콘크리트, 600MPa급 고강도 철근, 2400MPa급 고강도 강연선을 교량 부재에 활용하기 위한 설계법 및 설계기준 개발 - 교각 성능기반 설계법 및 설계기준 개발 ○ 고성능 재료를 활용한 콘크리트 교량 거더 개발 - 고성능 콘크리트, 고강도 강연선 등을 활용한, 목표 지간장별 물량절감형 콘크리트 거더 개발 - 개발 거더별 기술매뉴얼(지침 및 설계예제) 작성 ○ 고성능 재료를 활용한 교각 개발 - 고강도 철근을 활용한 교각 설계/시공법 및 설계기준 개발 - 고강도 철근 적용 교각 설계예제 작성
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 무기재료 화학업체와의 협업을 통한 고성능 콘크리트의 국산화 및 원가 절감을 통해 경제성 확보 예정 ○ 전문가 그룹을 상시 운영하여 실용화를 위한 자문을 구하고 실무자가 개발기술을 손쉽게 이용할 수 있도록 설계/시공지침 및 설계 예제를 작성, 배포
□ 추진체계	○ 공공성이 강한 기술을 개발하므로 정부출연연구기관을 중심으로 하여 관련 기술을 보유한 민간업체를 참여기업으로 하고 전문지식을 갖춘 대학교를 공동/

	위탁기관으로 한 산학연 연구체계로 수행 ○ 국토부, 도로공사 등 발주청과의 긴밀한 공조체제를 유지하여 개발 기술이 현장에 즉각 적용될 수 있도록 하며, 개발기술의 현장 적용성 평가를 위한 테스트 베드의 구축을 위해 노력함
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<관련 연구의 연차별 성과물> ○ (1)차년도 - 80MPa급 콘크리트 배합/제조 기준 ○ (2)차년도 - 100MPa급 콘크리트 배합/제조 기준 - 도로설계기준 관련 제·개정 ○ (3)차년도 - 고성능 재료를 활용한 교량 하부구조 설계기준 - 600MPa급 고강도 철근 설계기준 ○ (4), (5)차년도 - 고성능 재료를 활용한 교량 상부구조 기술매뉴얼 - 고성능 재료를 활용한 교량 설계/시공 지침
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년 ○월) ○ 연구비 예산 : 70억원(정부출연금 : 53억원 이내)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능

세부과제명	유지관리 최소화 일체식 교량 개발 및 교통차단 최소화 교량 부속장치 교체 기술
1. 연구개발 목표	
	○ 유지관리 50% 절감 및 교통 차단 없이 부속장치 교체 가능한 교량 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 교량의 신축이음과 받침은 빈번한 손상과 짧은 수명으로 인해 과다한 유지보수가 발생하여 막대한 국가예산과 교통 장애에 의한 사회 간접비용의 낭비를 초래하고 있을 뿐만 아니라 쾌적한 운전에도 저해되므로 그 개수를 최소화할 수 있는 교량 구조시스템을 개발할 필요가 있음
□ 기술동향	○ 단열 말뚝기초와 낮은 교대를 적용하여 신축이음과 받침을 두지 않고 상하부구조를 일체화한 Integral Bridge는 미국, 캐나다, 유럽 등에서 보편적으로 시공되고 있음 ○ 국내에서는 1990년대 후반부터 한국도로공사 주도로 일체식 교량에 대한 연구개발을 수행하여 많은 적용 실적을 가지고 있음 ○ 한국도로공사에서는 2009년 일체식 교량 설계지침을 제정하여 일체식 교량 적용의 활성화를 도모하고 있음 ○ 교량 받침을 배제한 콘크리트 힌지 연결은 1880년대부터 아치교 등에서 사용되어 왔으며 프랑스 Freyssinet Hinge가 최초로 1953년에 독일 프리스트레스트 교량에 적용되면서 유럽, 미국 등에서는 보편화된 기술임 ○ ECC(Engineered Cementitious Composite) Link slab를 이용하여 신축이음을 제거한 Jointless Bridge 기술이 1998년 P.A. Zia 등에 의해 정립된 이후 미국과 일본에서 활발히 적용되고 있음 ○ 국내에서는 낮은 교대를 적용한 일체식 교량을 제외하고 체계적인 연구가 수행되지 못 하여 신축이음과 받침을 최소화하는 기술이 상대적으로 덜 발달하였음
3. 연구개발 내용	
	○ 유지관리 최소화를 위한 일체식 교량 기술 개발 - 일체식 교량 및 급속 교체를 위한 고성능 신축이음 및 받침 구조 개발 - 초고성능 콘크리트를 활용한 연결 구조 및 형식 개발 - 유지관리 최소화를 위한 장경간 일체식 교량 구조시스템 개발 - 장경간 일체식 교량의 설계 및 시공기술 개발 ○ 교통 차단 없는 교량 부속장치 교체 기술 개발 - 교통차단 없는 교량 신축이음 급속 교체 기술 개발 - 교량 받침 급속 교체 기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내 일체식 교량기술 연구 그룹과 공동 연구를 통한 신축이음 및 받침 최소화 기술 개발 ○ 무기재료 화학업체와 협업을 통한 인성을 갖춘 맞춤형 초고성능 콘크리트 국산화 ○ 해외 기존 일체식 교량 관련 전문가의 자문 및 협력을 통한 중간 단계 진입 전략 수립
□ 추진체계	○ 구조공학, 지반공학, 도로공학 등 산학연 융복합 연구 체계 구축 ○ 민간기업 참여 적극 유도, 실용화 기술 개발
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<관련 연구의 연차별 성과물> ○ (1)~(3)차년도 - 유지관리 최소화 일체식 교량 설계 - 일체식 교량 설계 시작품

	○ (4)차년도 - 교량 받침 급속교체 공법 및 지침 ○ (5)차년도 - 교량 신축이음 급속교체 공법 및 지침
6. 연구기간 및 지원예 산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년) ○ 연구비 예산 : 38.5억원(정부출연금 : 35억원 이내)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능 ○ 일반과제로 분리 가능

세부과제명	교량 상부구조 일괄시공을 위한 최적장비 및 공법 개발
1. 연구개발 목표	현장공기 1일 이내 일괄급속시공(교체) ○ 교량 상부구조 일괄시공 장비 개발 ○ 교량 상부구조 일괄급속시공 교량 시스템 및 공법 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 사회가 발전하고 인프라시설이 증가하면서 특히 도심지역을 통과하는 구간에서의 새로운 교량의 건설 또는 기존 교량의 교체 수요가 많이 발생하게 되며, 이러한 경우 교량 하부에 또 다른 도로나 철도가 횡단하는 경우가 많음 - 이와 같이 현장 제약조건이 있고, 공사로 인하여 주변 환경을 저해하는 경우 신속한 공사와 원활한 교통소통이 시공방법을 결정하는데 중요한 기준이 되며, 이에 대처할 수 있는 일괄급속시공공법의 시스템의 개발과 적용이 필요함 - 우리나라는 이미 2000년에 고령화사회로 들어섰으며 곧 고령사회로 접어 들 전망이다. 이미 건설현장에서는 건설인력이 고령화 되어 숙련공의 확보가 어려워지고 있는 상황으로, 부재의 공장제작과 조립식 공법을 활용한 급속시공, 건설장비의 기계화 등은 앞으로 적극적으로 개발되어야 할 기술임 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 교량 상부구조 일괄시공은 미국과 유럽 일부 국가에서만 상용화 되어 있고 기술장벽이 높은 기술로, 독자적인 기술개발을 통한 기술 선도국이 될 수 있으며 이를 통한 세계 시장 진출이 용이해짐
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 국내에서는 외국장비와 기술을 도입하여 인천대교와 호남고속전철 등 일부구간에 적용한 사례는 있으나, 본격적인 연구개발이 이루어진 바는 없음 ○ 국외기술동향 - 유럽과 미국을 중심으로 육상 및 해상 교량의 상부구조 일괄가설뿐 만 아니라, 교각을 포함한 교량 전체에 대한 일괄가설공법도 적용되고 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 교량 상부구조 일괄시공 장비 개발 - 이동장비 개발 - 가설장비 개발 ○ 교량 상부구조 일괄시공 실용화 기술 개발 - 교량 상부구조 일괄급속시공 시스템 개발 - 교량 상부구조 일괄급속시공 공법 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 시공 경험이 있는 업체와의 공동연구를 통한 실용화 방안 확보 ○ 기술 선진국과의 공동 연구 또는 연구원 파견 교육을 통한 기술도입 ○ 중량물 운반 설치 장비 및 기술을 보유하고 있는 중공업 업체와의 융복합 연구 추진
□ 추진체계	○ 본 연구는 산학연 컨소시엄 형태로 진행되어 기술을 확보하는 것이 바람직함 ○ 주관기관은 연구전체를 리딩하면서 공동연구기관과의 유기적인 협력을 통한 실용화에 주력함 ○ 중장비업체는 공동연구기관으로, 설계·건설업체는 참여기업으로 참여하여, 중장비업체는 장비개발, 설계·건설업체는 현장적용을 담당함 ○ 대학 및 연구기관은 위탁 또는 공동연구기관으로 첨단 요소기술 개발을 담당함
5. 최종성과물	
□ 주요	<관련 연구의 연차별 성과물>

최종성과물	○ (1)차년도 - 중량물 이동 장비 컨셉 도출 - 일괄시공을 위한 상부구조 컨셉 도출 및 구조계산 - 중량물 이동 장비 상세설계 및 설계도면 작성 - 중량물 가설 장비 컨셉 도출 - 일괄시공을 위한 상부구조 상세설계 ○ (2)차년도 - 중량물 이동 장비 시작품 제작 - 중량물 가설 장비 상세설계 및 설계도면 작성 - 상부구조 일괄시공 공법 개발 ○ (3)차년도 - 중량물 가설 장비 시작품 제작 - 상부구조 일괄시공 지침 개발 ○ (4)차년도 - 시험시공
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2014년 1월 ~2017년 12월(4년 0월) ○ 연구비 예산 : 40억원(정부출연금 : 29억원 이내)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능 ○ 일반과제로 분리 가능

세부과제명	콘크리트 교량의 장수명화를 위한 FRP 보강근 및 텐던의 실용화 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 기존 FRP 보강근 및 텐던 내구성 장기성능 검증 ○ FRP 보강근 및 텐던 상용화 제품 개발 및 적용기술 개발 ○ FRP 보강근 및 텐던의 산업규격 및 품질 규격 제안 ○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 20세기 이후 교량 등 인프라 시설물들의 노후화로 보수, 보강, 개축이 증가하는 추세임 - FRP는 부식저항성이 높고 내피로성능이 우수한 재료로 강재를 대체할 경우 유지관리비용을 절감하고 수명 연장이 가능 - 국내의 FRP 제조기술, 재료성능 및 실험시설은 국외와 비교할 경우 동등 이상의 수준으로 판단되나 현장적용, 기술이전 등의 활용 면에서 미흡한 실정임 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 고성능 콘크리트, 고성능 강재, FRP 등을 활용한 국외 교량시장은 100~200억 달러에 이를 것으로 추산됨 - 전 세계적으로 교량의 설계수명을 늘려가는 추세이고, 고품질의 교량에 대한 요구가 높아지고 있기 때문에 향후 해외의 신소재를 활용한 교량시장의 규모는 비약적으로 증가될 것으로 예상함
□ 기술동향	○ 교량에 고성능 콘크리트, 고성능 강 및 FRP와 같은 새로운 재료를 활용하여 슬림화 및 장수명화를 구현하는 기술은 전 세계적으로 1990년대 중후반부터 활발히 연구되고 있는 것으로 국내 기술 수준 전체적으로 80% 수준 정도로 기술격차는 약 10년 정도라고 파악됨 ○ FRP 부재 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, 정교한 설계기준 등이 마련되어야 함 ○ 이 분야는 선진 각국에서 자국 교량의 고품질화 및 장수명화를 목표로 국가적인 차원에서 연구비를 지원하며 투자하는 분야이므로 국내에서 이 분야에 대해 기술개발을 등한시한다면 현재 10년의 기술격차가 크게 벌어질 가능성이 큼 ○ 국내에서는 한국건설기술연구원을 주축으로 기술개발이 진행되었으며, 보강근 및 텐던 제조업체로는 동원건설, 신성소재 등이 있음 ○ 국외에서는 신설 및 기존 콘크리트 구조물에 광범위하게 사용되고 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 선행 연구자료 수집 및 분석 ○ FRP 보강근 및 텐던의 단기 성능시험 및 시험법 개발 ○ FRP 보강근 및 텐던의 장기(피로, 크리프 등) 성능시험 및 시험법 개발 ○ FRP 보강근 및 텐던의 정부착 시험 및 시험법 개발 ○ FRP 보강근 및 텐던을 사용한 콘크리트 교량 부재의 성능 시험 ○ FRP 보강근 및 텐던을 사용하는 콘크리트 구조물의 설계기준 ○ FRP 보강근 및 텐던을 활용한 콘크리트 구조물의 30% 성능향상 및 장수명화
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 부식문제 해결, 구조물의 고품질화 및 장수명화 관련된 연구 참여 ○ FRP 제조 능력을 갖춘 기업의 참여 ○ FRP관련 연구를 다수 수행한 경험이 있는 전문연구기관에서 연구개발 주도 ○ 콘크리트 구조물 적용을 위해 전문 구조설계사의 연구참여로 개발된 기술의 적용을 구체화

	○ 기존 설계된 공사 또는 신규공사에 신기술의 설계 반영 및 시공을 통한 Test-bed의 실현, 실용성 검증 ○ 사전 면밀한 경제성 분석으로 실용화의 가능성 극대화 ○ 기술보급을 위한 교육, 민간기업에 기술이전 및 성과확산을 위한 홍보 활동 노력
□ 추진체계	○ 연구기관 : 전문연구기관에서 연구개발 주관 수행, 핵심소재 개발, 성능 검증, 설계 및 시공 지침 개발 ○ 대학연구소 : 적용기술에 대한 이론 및 성능 평가 ○ 기업 및 전문업체 : FRP 보강재 및 텐던 제작 및 시공기술 ○ 설계사 : 교량 바닥판 및 보강 적용을 위해 상세 설계 및 경제성 분석
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<관련 연구의 연차별 성과물> ○ (1)~(3)차년도 - FRP 보강근 및 텐던 성능 보완 - FRP 보강근 및 텐던 장/단기 재료 물성 - FRP 상용화 제품 재료 시험 지침 - FRP 적용기술 개발 ○ (4)차년도 - FRP 상용화 제품 규격 - FRP 보강 시스템 ○ (5)차년도 - FRP 상용화 제품 설계 및 시공 지침 - 콘크리트 교량 활용 설계 예제집 및 품질 규격 - 시험시공
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년 ○월) ○ 연구비 예산 : 50억원(정부출연금 : 40억원 이내)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능

세부과제명	고성능 경량콘크리트를 활용한 콘크리트 교량 바닥판 및 강합성바닥판 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 산업부산물을 활용한 인공경량골재의 상용화 기술 확보 ○ 고성능 경량콘크리트 재료의 World Best 기술 완성 ○ 고성능 경량콘크리트를 활용한 교량 바닥판의 장경간화 및 경제성 향상 ○ 교량 바닥판의 단면 및 자중 감소를 통한 탄소 배출량 30% 절감 ○ 고성능 경량콘크리트와 강재 합성 신기술 선점 ○ 고효율 경량콘크리트+강재 합성 교량 바닥판 및 부재 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 연간 300만톤 규모의 석탄재의 폐기 처분에 따른 환경부하 증가와 경제적인 손실 연간 240억 규모에 이르고 탄소배출량 총량 규제 따른 사회적 부담증가 - 지금까지 인공경량골재의 경우 원재료의 조달과 고가의 생산비로 인해 활성화 되지 못하고 있으며, 이로 인해 특수한 경우를 제외하고 경량콘크리트의 활용도가 매우 저조함 - 최근 석탄재를 활용한 인공경량골재 양산 설비를 건설 중에 있으나 골재의 품질을 제대로 확보하지 못하고 있어 품질개선을 위한 구체적인 연구개발이 필요함 - 교량구조물을 비롯한 SOC시설물과 고층건축물에서 구조용 경량콘크리트를 활용할 경우 기술적, 경제적 효과가 높은 것은 알려져 있으나 핵심기술의 미개발로 현안 문제점을 극복하지 못하고 있어서 적극적인 연구개발로 극복해야할 과제임 - 최근 콘크리트 및 강재의 성능이 향상되면서 각각의 재료 특성을 충분히 활용할 수 있는 합성구조의 연구개발 필요성은 인지하지만 원천기술과 핵심기술의 확보가 아직 미진함 - 기존 콘크리트 및 강재 단독으로 구조물이 형식이 획기적인 변화를 모색하기 어려우며 대안으로 경량콘크리트 및 합성구조체의 개발 필요성이 절실함 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 콘크리트가 점차 고강도 및 초고강도화 되고 있으며 세계 시장에서 치열한 기술경쟁을 벌이고 있음. 새로운 건설시장의 진출과 특화된 교량기술 선점하기 위해서 신소재인 고성능 경량콘크리트 핵심기술 및 실용화 기술 개발이 시급함 - 최근 유럽을 중심으로 고강도 경량콘크리트를 활용한 교량 구조물과 고층 건축물 시범사업이 진행된 바 있으며, 외국 연구개발 기관 기업에서 기술 선점을 위한 노력이 가속화됨 - 2011년 이후 해외 장대교량 시장은 47조원에 달할 것으로 추정되며, 국제 교량시장의 국내 기업의 수주율을 높이기 위해서는 신재료를 활용한 교량 기술이 고동화가 절실함. 세계 지역별 장대교량 시장규모 비교는 아래의 표와 같음
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 구조용 경량골재는 팽창성 혈암과 점토를 가열한 경량골재가 주류를 이루고 있으며 이 골재는 주로 벽돌, 방음판 등 비구조재의 2차제품에 일부 활용하는 수준임 - 기존 인공경량골재는 강도가 낮고 흡수성이 높아 콘크리트의 강도를 비롯한 역학적 물성이 낮아 구조용 콘크리트로 활용하는 연구개발이 활성화 되지 못함 - 2010년 화력발전회사에서 석탄재를 활용하여 인공경량골재를 생산하는 설비를 착공하여 2012년 준공 예정임. 여기서는 연간 14만톤 매립되는 석탄재를 인공경량골재로 생산하는 설비를 설치, 운영할 예정임 - 중소기업에서 2010년 바텀애시와 폐유리를 혼합하여 소성온도를 800℃ 범위에서 골재의 생산이 가능한 기술를 개발하여 저에너지 저탄소 기술을 확보한 바 있으나 상용화를 위한 후속 연구개발이 필요함 - 소재회사에서 인공경량골재를 개발하여 DOLS란 상품명으로 상용화하였으나 현 단계에는 주로 건축물 비구조체 또는 경량 흡음 2차제품에 활용 중 - 출연연구기관에서 2003년 콘크리트의 구성재료를 수㎛ 단위의 재료를 활용하여 압축강도기준 200MPa급 초고강도 콘크리트를 개발하고 실용화 단계에 있으며

이 기술은 경량콘크리트의 고성능화 기술 개발에 활용 가능함

- 국내의 강-콘크리트 합성 바닥판에 관한 연구는 건설선진국에 비해 늦은 1990년대 후반부터 시작되었고, 합성바닥판의 전단연결재, I형강 매입형 콘크리트 바닥판에 대한 실험연구를 수행한 바 있음
- 출연연구기관에서 I형강 격자 바닥판, 장수명 강-콘크리트 합성바닥판 연구 등에서 합성바닥판의 피로거동 및 피로설계, 경제성 분석과 캔틸레버부 바닥판의 시공성 고도화 방안을 연구한 바 있음
- 현재까지 국내에는 강-콘크리트 합성 바닥판에 대한 설계 및 시공 기준이 아직 제정되지 않았으며, 고성능 경량콘크리트를 적용한 강-콘크리트 합성 교량 바닥판에 대한 연구 실적은 전무한 실정임

○ 국외기술동향

- 1968년 미국 Chicago에 소재한 Lake Point Tower가 연약지반에 71층 건물에 단위중량 1,730kgf/㎥, 압축강도 20~22MPa의 경량콘크리트를 활용하면서 구조용 경량콘크리트의 활용이 활성화됨
- 1990년대 구조부재의 프리캐스트화, 장경간화 및 고강도화 되면서 콘크리트 부재의 경량화의 필요성이 대두되면서 구조용 경량콘크리트 기술개발이 급속히 진행됨
- 일본의 경우 단위용적중량은 18.5~19.0kN/㎥, 압축강도 24~27MPa의 경량콘크리트가 주류 건축물의 슬래브 구조부재에 적용되고 있음
- 1993년 노르웨이 Nordhordland Bridge에서 368m의 사장교 구간을 압축강도 55MPa급의 고강도 경량콘크리틀 활용하여 바닥판 및 보강형 일체형의 구조부재를 제작 교량을 건설하였음. 여기에 사용된 경량콘크리트가 지금까지 가장 높은 강도를 나타내고 있음
- 최근 유럽에서는 경량콘크리트의 압송 기술개발에 따라 인공경량골재의 흡수율을 관리하는 기술이 개발되고 있으며, 일부 구조물에 압송공법을 적용하고 있음
- 또한 해양구조물 개발이 가속화되면서 해양 플랫폼을 비롯한 구조체의 경량화가 효율적 시공의 관건이 되고 있음. 노르웨이를 비롯한 유럽에서는 구조체의 단면을 경감하기 위하여 80MPa급의 초고강도 경량콘크리트의 개발이 진행 중임
- 미국에서 1939년 가설된 Bronx-Whiteston교에 I형강을 사용한 합성 바닥판이 최초로 적용되었고 Mackinac-Strai교 (1957년)와 Verrazano-Narrow교 (1964년) 등에 유사한 합성 바닥판이 가설된 바 있음
- 미국의 Exordermic Inc.에서는 역 T형강을 콘크리트에 매립한 형태의 강-콘크리트 합성 바닥판인 Exordermic Deck을 개발하였으며, 이는 기존의 일반콘크리트 바닥판에 비해 자중이 30~50% 가볍고, 프리캐스트로 제작되어 급속시공이 가능하다는 장점을 지니고 있음
- 유럽의 경우 강판과 콘크리트를 스터드로 합성시킨 합성 바닥판이 처음으로 프랑스의 Tancarville교 (1959년)에 적용되었음
- 프랑스 및 오스트리아, 스웨덴 등에서는 로빈슨형을 변형한 파형을 갖는 데크플레이트형 합성 바닥판과 상부와 하부의 이중 강판 사이에 콘크리트를 충전하는 샌드위치형 합성 바닥판 등이 개발되어 적용된 바 있음
- 일본에서는 I형강 격자 바닥판이 가장 적용 실적이 많으며 로빈슨형 바닥판이 수도고속도로공단에서 1980년 완공한 수도고속도로 9호선 등에 적용된 바 있음
- 미국의 Exordermic Inc.에서는 역 T형강을 콘크리트에 매립한 형태의 강-콘크리트 합성 바닥판인 Exordermic Deck을 개발하였으며, 이는 기존의 일반콘크리트 바닥판에 비해 자중이 30~50% 가볍고, 프리캐스트로 제작되어 급속시공이 가능하다는 장점을 지니고 있음
- 그러나 고성능 경량콘크리트와 강합성 교량부재가 개발된 사례는 없으며 경량콘크리트가 고강도화 될 경우, 합성구조체의 중량 최소화하며 구조적 성능을 극대화할 수 있어 효율성은 매우 높을 것으로 예측됨

3. 연구개발 내용	

○ 산업부산물 활용 구조용 Green 경량인공골재 제조 기술 개발

- 석탄재 활용 인공경량골재 개발
- 다종의 산업부산물 혼합 구조용 경량골재 개발
- 구조용 Green 경량골재 형상 및 치수 최적화

○ 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조기술 개발
- 배합별 고성능 경량콘크리트 제조기술 개발
- 고성능 경량콘크리트 역학적 특성 평가
- 고성능 경량콘크리트 내구적 특성 평가

○ 고성능 경량콘크리트 활용 교량 바닥판 설계 및 시공 기술 개발
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 성능 검증 및 평가
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 설계 기술
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 시공 기술

○ 고성능 경량콘크리트를 활용한 강합성 교량 바닥판 개발
- 고성능 경량콘크리트 강합성 바닥판 성능 검증 및 평가
- 고성능 경량콘크리트 강합성 바닥판 설계 기술 개발.
- 고성능 경량콘크리트 강합성 바닥판 시공 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 석탄재 인공경량골재의 최근 양산 설비를 갖춘 기업의 연구참여
○ 다종의 산업부산물 활용할 경량골재 개발 경험의 소재기업 연구참여
○ 최근 콘크리트의 초고성능화 경험있는 전문연구기관에서 연구개발 주도
○ 고성능 경량콘크리트와 강재를 합성한 구조형식에서는 부분 상세에 대한 적용성을 세밀한 실험을 통해 검증
○ 합성구조형식의 경우 최적화를 통한 초기 공사비 경제성 확보에 주력
○ 전문 구조설계사의 연구참여로 개발된 기술의 적용을 구체화
○ 기존 설계된 공사 또는 신규공사에 신기술의 설계 반영 및 시공을 통한 Test - bed의 실현, 실용성 검증
○ 사전 면밀한 경제성 분석으로 실용화의 가능성 극대화

□ 추진체계

○ 연구기관 : 전문연구기관에서 연구개발 주관 수행, 핵심소재 개발, 설계 및 시공 지침 개발
○ 대학연구소 : 구조요소 개발 및 구조성능 평가
○ 기업 : 인공경량골재 생산 및 품질향상 기술 개발
○ 설계사 : 교량 바닥판 및 구조부재 형상 및 상세 설계, 경제성 분석
○ 전문업체 : 부재 제작, 시공 기술 개발

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ <관련 연구의 연차별 성과물>
○ (1)차년도
- 고강도 경량골재 PROTO - TYPE
- 고성능 경량콘크리트, 강합성 교량 바닥판 형상 설계 초안

○ (2)차년도
- 강도 수준별 고성능 경량콘크리트 배합 및 제조 시작품
- 고성능 경량콘크리트, 강합성 교량 바닥판 형상 설계 상세(안)

○ (3)차년도
- 고성능 Green 경량골재 생산 설비 및 시제품
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 구조거동 모델, 해석법
- 고성능 경량콘크리트, 강합성 교량 바닥판 구조거동 모델, 해석법

○ (4)차년도
- 고성능 경량콘크리트 바닥판 시작품 및 구조설계 지침

	- 고성능 경량콘크리트, 강합성 교량 바닥판 시작품 및 구조설계 지침 - 고성능 경량콘크리트 바닥판 현장 시험적용 - 고성능 경량콘크리트, 강합성 교량 바닥판 현장 시험적용 ○ (5)차년도 - 고성능 경량콘크리트 기술 이전 - 고성능 경량콘크리트 교량 바닥판 기술 이전 - 고성능 경량콘크리트, 강합성 교량 바닥판 기술 이전 - Test - bed 적용 - 고성능 경량콘크리트 및 교량 바닥판 제작 및 시공 지침
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월(5년) ○ 연구비 예산 : 50억원(정부출연금 : 40억원 이내)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능

2절. 평가기준 설정

- 국내외적으로 저탄소 친환경 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 상황에서 국토해양부는 국토해양 연구개발사업에 있어 "품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"라는 비전을 수립했고, 녹색기술을 2020년까지 선진국의 90% 수준으로 향상시킨다는 목표 등을 설정하고 있음
- 이를 구체화시키기 위해 Green-up 30 과제를 발굴, 기획 중에 있으며 본 기획연구사업인 “지능형친환경교량(Intelligent Green Bridge)" 사업도 포함되어 있음
- 이러한 배경에서 본 과제는 교량에서 탄소저감을 위한 실용 및 기초응용 기술의 개발과 추진을 통해 우리나라 녹색기술의 선진화를 추구하고 있으며 이 분야에서 일류화를 지향하고 있음
- 이와 같은 목표를 달성하기 위해 수행되는 본 연구사업의 선정평가시에는 다양한 항목들이 고려되어 주어진 연구기간 내에 목표를 달성할 수 있도록 함

1. 평가항목

평가 항목	세부 항목
연구개발의 필요성 (10점)	연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성 (5점)
	국토해양 R&D정책과 연구내용과의 장기적 연계성 (5점)
연구개발의 목표 및 내용 (30점)	최종·연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성, 명확성, 창의성 (10점)
	성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성 (10점)
	RFP와의 적합성 (5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성 (5점)
연구개발추진전략·체계 및 연구수행 방법 (20점)	추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성 (10점)
	연구수행방법의 적합성 (10점)
연구성과 활용 가능성 (20점)	활용방안의 적절성 및 구체성 (10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등) (10점)
연구수행 능력 (10점)	연구책임자의 연구수행·관리능력 및 관련분야 연구경험 (5점)
	참여연구인력의 적정성 및 전문성 (5점)
연구시설 확보 및 연구개발비 계상의 합리성 (10점)	연구장비·시설 확보 및 활용의 적합성 (5점)
	연구개발비 계상·집행 및 개발기간의 합리성 (5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

[표 6 - 1] 선정 평가표

평 가 항 목		점수(○표시)				
		아주 우수	우수	보통	미흡	불량
가) 연구개발의 필요성(10)	①연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성	5	4	3	2	1
	②국토해양 R&D정책과 연구내용과의 장기적 연계성	5	4	3	2	1
나) 연구개발의 목표 및 내용(30)	①최종·연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성, 명확성, 창의성	10	8	6	4	2
	②성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성	10	8	6	4	2
	③RFP와의 적합성 ※자유공모과제의 경우 “연구개발내용의 완성도 및 실현가능성”평가항목의 배점을 10점 기준으로 변경(동 평가항목 삭제)	5	4	3	2	1
	④연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5	4	3	2	1
다) 연구개발추진전략·체계 및 연구수행 방법(20)	①추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성	10	8	6	4	2
	②연구수행방법의 적합성	10	8	6	4	2
라) 연구성과 활용 가능성(20)	①활용방안의 적절성 및 구체성	10	8	6	4	2
	②개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)	10	8	6	4	2
마) 연구수행 능력(10)	①연구책임자의 연구수행·관리능력 및 관련분야 연구경험	5	4	3	2	1
	②참여연구인력의 적정성 및 전문성	5	4	3	2	1
바) 연구시설 확보 및 연구개발비 계상의 합리성 (10)	①연구장비·시설 확보 및 활용의 적합성	5	4	3	2	1
	②연구개발비 계상·집행 및 개발기간의 합리성	5	4	3	2	1
평 가 점 수		점				

2. 가점 및 감점 기준

[표 6-2] 가점 및 감점 기준표

가감점 구분	내 용
연구수행 형태에 따른 가점	○ 대기업이 주관연구기관으로서 - 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점 - 중소기업이 참여하는 경우 : 2점 ○ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점 ○ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점
총 연구비에 대한 연구신청기관의 연구비 부담비율에 따른 가점	○ 총 연구비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여 (단, 경쟁응모인 경우에 한함) - 신청기관 중 연구비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점 - 그 외 기관은 최대 연구비(현금) 부담비율을 기준으로 연구비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여 · 부여가점 = $1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 현금 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 현금 부담비율}}$
연구개발과제의 최종평가결과 등에 따른 가·감점	○ 연구개발과제의 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가시 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 2점 가점 ○ 연구개발과제의 최종평가결과 최하위등급(상대평가시 최하위 10%, 절대평가시 만점의 60% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종 평가 후(연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 2점 감점 ○ 연구개발과제의 최종평가결과 하위등급(상대평가시 차하위 20%, 절대평가시 만점의 70% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정 평가점수의 1점 감점
추적평가결과에 따른 가감점	○ 종전에 수행한 연구개발과제의 추적평가결과에 따라 다음의 기준을 적용하여 가감점 부여 - 추적평가 결과 만점의 90% 이상인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 추적평가 후 3년간 가점 2점 - 추적평가 결과 만점의 80% 이상 90% 미만인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 추적평가 후 3년간 가점 1점
기 타	○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15이상)실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 가점 1점 ○ 연구개발과제 선정 후 협약포기경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 3년간 3점 감점 ○ 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 5년간 3점 감점 ○ 기술 혹은 연구개발 아이템 제안자의 제안의견이 채택된 경우, 1년 내에 해당 연구자가 연구책임자로 신규과제 신청 시 가점 2점 ○ 최근 2년 이내에 국토해양부장관으로부터 녹색인증 및 확인을 받은 실적이 있는 연구자 및 연구기관이 관련녹색기술로 신규과제 신청 시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 보안과제를 수행한 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 0.5점

건설교통연구기획사업

Land Transport and Maritime R&D Report

R&D/11연구기획-06-01

[Green-up 30] (별권 2) 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 기획보고서

2012. 3. 13.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 한국철도기술연구원
현 대 건 설(주)
(주)날 리 지 웍 스

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "지능형 친환경 교량 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 03. 13.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 박영환
연 구 원 : 황윤국, 김성욱, 박기태
이영호, 채명진, 주기범
정우태, 이진형, 권민재
이보미
공동연구기관명 : 한국철도기술연구원
현대건설(주)
(주)날리지웍스
공동연구책임자 : 이희업, 김모세, 류형근

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고
유번호</td><td></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>9개월</td><td>단 계 구
분</td><td>(해당단계)/
(총 단 계)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과
제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">미래핵심기술</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">지능형 친환경 교량 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책
임 자</td><td rowspan="2">박영환</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관
명 및
소 속 부
서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
인프라구조연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공
동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁
연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">- 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 (B-SMART 연구단)은 친환경 교량 유지관리 기술 개발의 일환으로 교량의 손상을 자동으로 감지하고 손상의 확대를 제어하고 자동으로 치유 및 보수하는 기술과 이를 운영하는 총괄적인 시스템을 개발하는 것을 목표로 함
- 교량의 손상을 감지하고 자동으로 치유하는 기술은 비접촉식 센서, 머신비젼 등을 이용한 방식과 재료적인 측면의 자기 치유 기술 등이 있음
- 본 연구는 유지관리 단계에서 유지관리의 자동화와 효율화를 통하여 생애주기비용을 절감하고 시설물의 수명을 연장함에 있음
- 본 기획연구는 3개의 세부과제로 구정되어 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인
어
(각 5개
이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">지능형 친환경 교량, 저탄소, 머신비젼, 자가치유, 자동보수, 유지관리 플랫폼</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Intelligent bridge, machine vision, self-healing, self-repairing, bridge management platform</td></tr>
</table>

목 차

[국문 요약문] ····· 9

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 17
1절. 기술의 정의 ····· 17
1. 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단의 정의 ····· 17
2절. 필요성 ····· 20
1. 정책적 필요성 ····· 20
2. 경제적 필요성 ····· 21
3. 기술적 필요성 ····· 23

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 25
1절. 국내외 정책동향 ····· 25
1. 국내 정책 동향 ····· 25
2. 국외 정책 동향 ····· 32
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 41
1. 국내 시장 규모 및 전망 ····· 41
2. 국외 시장 규모 및 전망 ····· 52
3절. 기술동향분석 ····· 58
1. 국내외 기술개발 동향 ····· 58
2. 특허분석 ····· 73
3. 논문분석 ····· 82
4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 92
1. 인프라 및 역량 분석 ····· 92
2. 관련 기업 현황 ····· 92
3. 시사점 ····· 95
5절. 종합분석 ····· 96

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ·····107
1절. 비전 및 목표 ·····107
1. 비전 및 총괄 목표 ·····107
2. 단계별 목표 ·····107
3. 설정근거 ·····108
2절. 기술개발에 따른 미래상 ·····112
3절. 연구개발과제 구성 ·····115
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ·····117
1. 비접촉 센싱 및 FSM(Field Signature Method)기반 손상/부식 자동검출 기술 117
2. 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술개발 ·····123
3. 교량 정보모델 기반 유지관리 통합 플랫폼 기술 ·····131
5절. 세부과제간 연계관계 ·····141
6절. 연구추진체계 제안 ·····142
1. 연구추진체계 ·····142
2. 추진전략 ·····144

4장. 사전타당성 검토 ·····145
1절. 사전타당성 분석의 개요 ·····145
1. 분석의 틀 ·····145
2절. 기술적 타당성 ·····146
1. 기술개발 계획의 적절성 ·····146
2. 기술수준 및 성공가능성 ·····155
3. 기존 사업과의 중복성 ·····157
3절. 정책적 타당성 ·····158
1. 국가전략적 중요성 ·····158
2. 상위계획과의 부합성 ·····160
3. 사업추진의지와 관련 기관협조체계 ·····161
4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안 ·····162
4절. 경제적 타당성 ·····163
1. 경제성 분석 ·····163

2. 과학기술 및 사회적 파급효과 ·····167
5절. 종합평가 및 결론 ·····168
1. 기술적 타당성 분석 ·····168
2. 정책적 타당성 분석 ·····169
3. 경제적 타당성 분석 ·····169

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ·····171
1절. 연구일정에 따른 인력계획 ·····171
1. 상세 투입연구인력 ·····171
2절. 소요예산 산정 ·····174
1. 산정개요 ·····174

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 ·····181
1절. 과제 제안요구서(RFP) ·····181
1. 연구단 제안요구서(RFP) ·····181
2. 세부과제 제안요구서(RFP) ·····185
2절. 평가기준 설정 ·····195
1. 평가항목 ·····195
2. 가점 및 감점 기준 ·····198
3. 연구개발 가능성 평가 ·····201

요 약 문

1. 기술의 정의 및 필요성

□ 교량 자가진단치유 및 자동유지보수 교량 기술의 정의

자가진단 자동보수 교량 기술의 정의

교량의 상태를 자동으로 파악하고 재료의 특성에 맞는 자동 보수 자동 수리 기술을 적용하여 관리자의 직접적인 관여를 최소화함으로서 관리 효율성을 높이기 위한 기술

□ 필요성

■ **CO_2 배출량 증가 및 지구온난화에 대한 문제점 인식**
- 국가 정책 동향에 부응하기 위해 교량 분야에서도 이산화탄소 감축 기술에 대한 수요가 증가될 것이고, 이에 대한 기술개발이 필요함

■ **저탄소 녹색성장에 부합하는 장수명화, 저비용, 재활용 기술 부각**
- 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설분야에서 탄소배출량 저감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량분야에서도 탄소배출량 저감을 위해 건설 프로세스의 자동화, 효율화 및 교량 장수명화를 통한 교량시설물 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구됨

2. 국내외 동향 및 환경분석

■ **국내외 정책동향**
- 시설물의 노후화와 개발중심의 사회에서 기존 시설의 유지관리 위주로의 변화에 따른 유지관리 기술 개발 필요성이 증가하고 있으며 교량 시설의 경우 구조물의 대형화와 다양한 환경의 영향을 많이 받기 때문에 지속적인 유지관리 기술 및 수명 연장을 위한 녹색 기술이 필요함
- 국토해양부는 녹색기술을 2020년까지 선진국의 90% 수준으로 향상시킨다는 목표 설정
- 최근 국내에서 건설 자동화 및 기술 융합에 대한 요구가 크게 늘고 있어, 이들 기술이 현장에서 적용될 수 있도록 R&D가 실시되어야 함
- 건설 선진국들은 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량 저감을 목표로 정책적 지원을

실시하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진

- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들의 경우 기술인력 부족으로 자동화 장비기술을 활용한 시공 및 보수/보강 기술을 통하여 생산성을 향상시키고 품질향상을 높이고 있음

■ **국내외 시장현황 및 전망**

- 국내 건설업의 유지관리 분야의 수요는 2007년 231,730억원이고 전년도 대비 27.3% 증가하였으며 선진국이 되어감에 따라서 신규 시공은 줄어들고 기존 시설의 유지관리의 비중이 커짐에 따라서 꾸준히 증가할 것으로 예상됨
- 융합기술, 자동화 기술 등을 이용한 유지관리에 소요되는 비용을 최소화 하고 보수/보강 업무를 최소화 하는 시장의 확대는 향후 저탄소/저에너지 사용에도 기여를 하기 때문에 미래 경쟁력 기술로 시장의 확대는 어렵지 않을 것으로 판단됨

■ **기술동향분석**

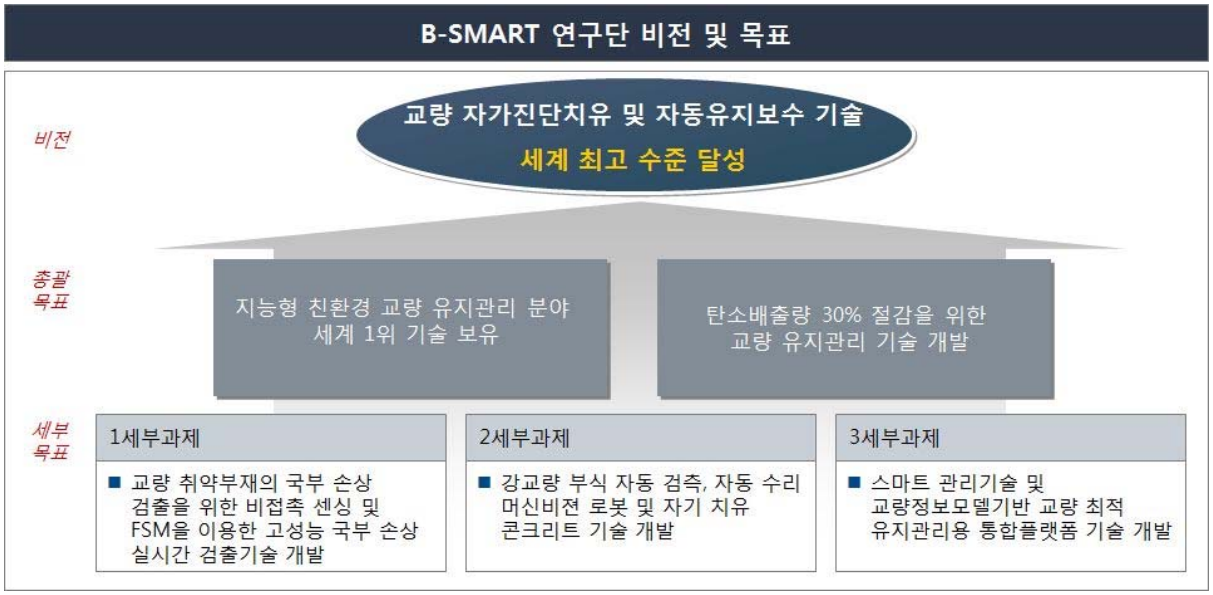
- 지능형 친환경 교량 기술분야의 국제적인 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하여 꾸준한 증가세를 보이고 있음
- 일본의 특허경향은 90년대 초반부터 2000년대 까지 점차적으로 증가하는 추세를 보이다가, 2000년이후 감소하는 추세를 보이고 있음
- 한국과 유럽은 지능형 친환경 교량기술에 있어서 현재 출원인과 출원건수가 동시에 증가하고 있는 성장기에 있는 것으로 나타나고 있음
- 이러한 경향은 1990년대 중반이후 우리나라의 출원이 급격하게 증가하고 있는 추세에 기인한 것임
- 미국은 최근 들어 출원인과 등록건수가 감소하고 있어 비교적 얼마 전까지 성장기를 보이다가 최근 들어 쇠퇴기에 접어든 것으로 타나나고 있음
- 일본 및 미국 국적의 출원인은 세계 시장 진입에 적극적이며, 한국특허와 유럽특허는 친환경 교량 기술이 성장기에 있는 것으로 나타났음
- 친환경 교량 기술관련 논문 및 연구실적은 교량 관련 전체 논문 중 낮은 비율로 조사되었고, 세계수준의 연구기관/연구자 육성 및 친환경 교량분야의 국가적 지원 필요

■ **연구개발 인프라분석**

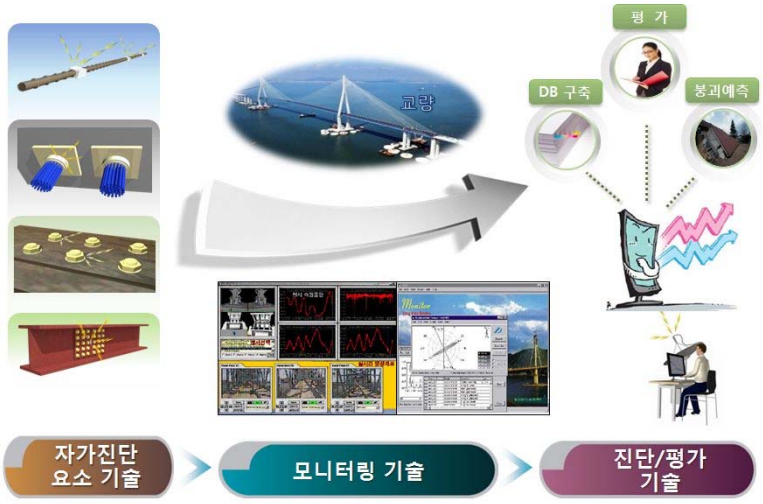
- 연구 인프라 수준은 전반적으로 국제기술협력, 기술이전 부분에서 매우 부족하지만, 산학연 공동연구기반이 선진국 대비 동등 수준임

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

□ 비전 및 목표

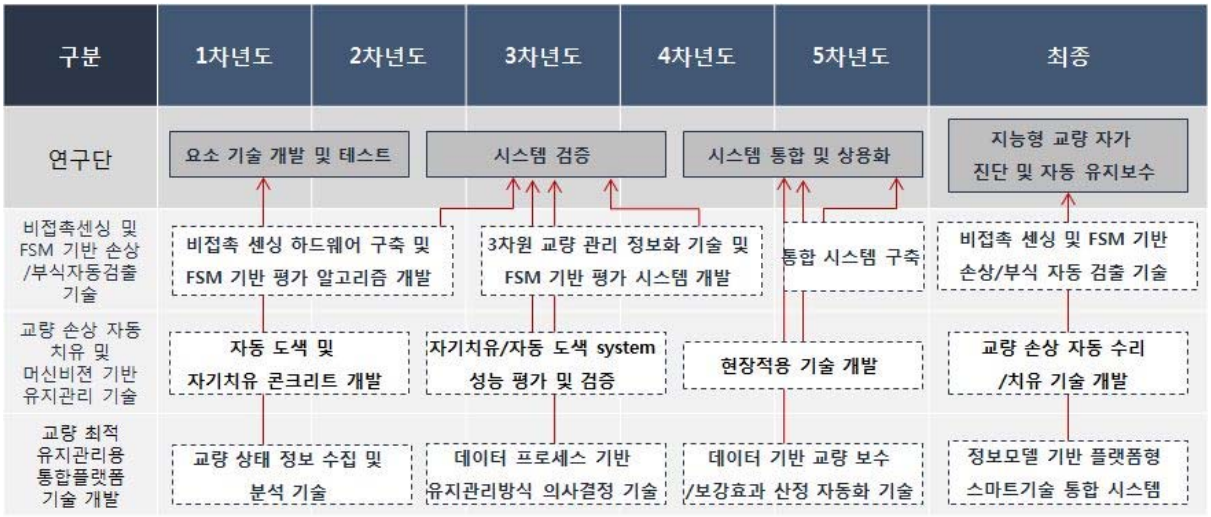


□ 기술개발에 따른 미래상



지능형 교량 기술

□ 연구개발과제 구성

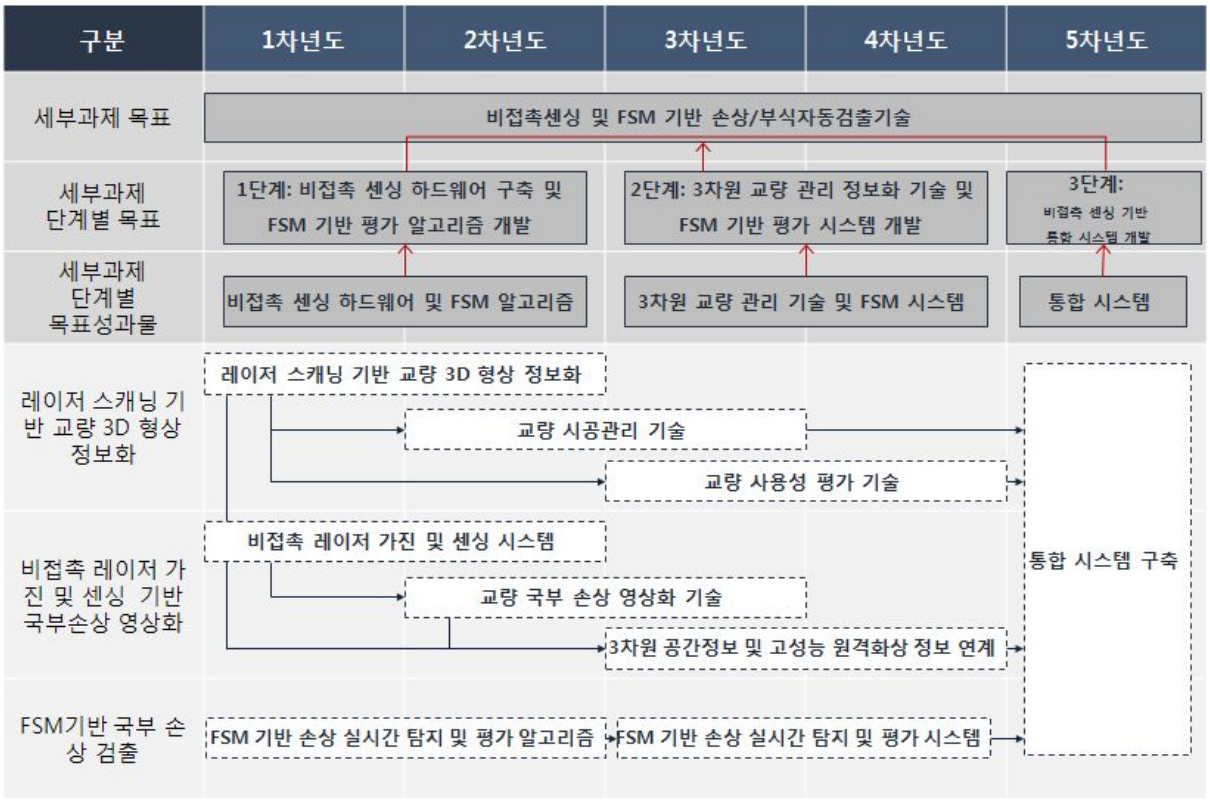


□ 세부과제별 주요내용

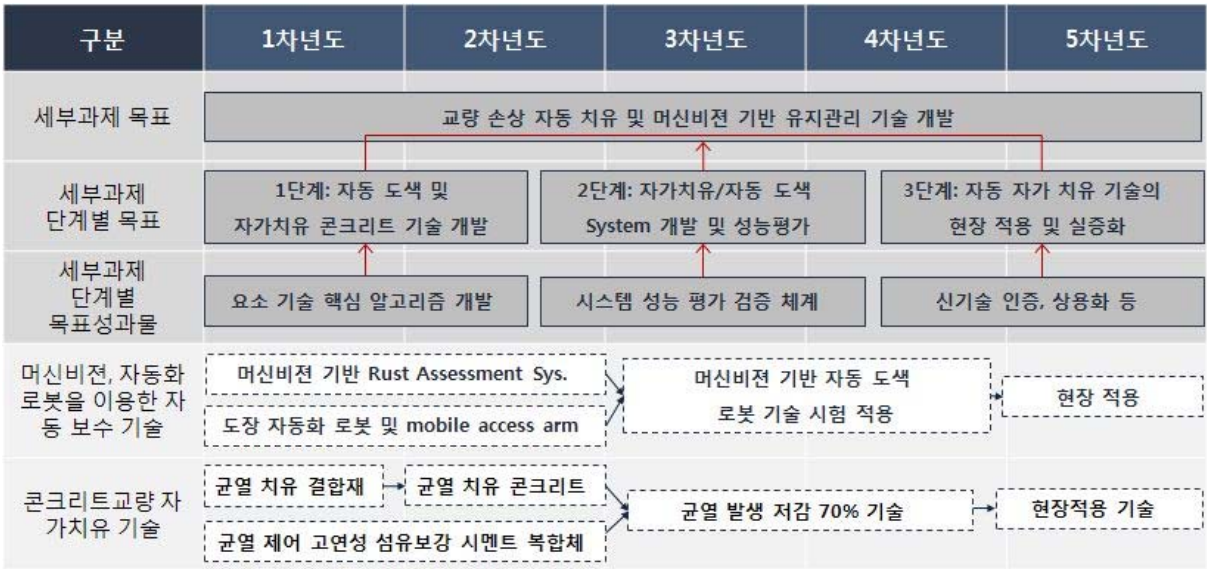
구 분	세부과제명	주요내용	최종 성과물	기대효과(활용)
연구단 총괄	**교량 자가진단 치유 및 자동유지보수 기술**	○ **교량의 상태를 파악하고 국부적 손상에 대하여 자기치유 및 자동보수를 통하여 관리의 효율화를 이루는 융합 기술 및 통합 관리 시스템 개발**	○ **비접촉식 센서 및 FSM 기반 손상 자동 검출 시스템** ○ **균열 및 부식 자동 수리 시스템** ○ **통합 교량 유지관리 플랫폼 시스템**	○ **저탄소, 친환경적인 국가 정책 목표에 부응** ○ **보수/보강 자동화를 통한 친환경적 지속가능한 녹색 건설 유지관리**
1세부 과제	비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출기술	○ 비접촉 레이저 가진 및 센싱을 이용한 교량 3D 형상 정보화 및 국부손상 영상화 기술 ○ FSM을 이용한 구조물 손산 실시간 탐지 및 평가	○ 교량 시공관리 및 국부손상 검출 자동화 시스템 ○ FSM 기반 손상/부식 자동검출기술	○ 손상 오인식률 5% 이내 크기 3mm 이하의 손상 자동 걸출 기술을 통한 국부 모니터링 시스템 정밀도 향상
2세부 과제	교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	○ 강교량의 부식 자동 파악 및 자동화 로봇을 이용 손상 부위 자동 보수 ○ 콘크리트 교량의 균열을 자동 치유할 수 있는 콘크리트를 개발	○ 콘크리트교량 및 강교량의 균열 및 부식 및 페인트 박피 자가 치유 및 자동 수리 시스템	○ 보수 작업 최소화를 통한 교통 통제 등 사회 간접비용 낭비 최소화
3세부 과제	스마트관리기술 및 정보모델기반 교량 최적 유지관리용 통합플랫폼 개발	○ 데이터 프로세스 및 Active BIM 기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술 개발 ○ 데이터 기반 교량 보수/보강 효과 산정 자동화 기술 개발 ○ BIM기반 교량 유지관리 정보모델 표준 기술 개발 ○ 교량 스마트 관리기술 및 BIM 기반 유지관리 통합플랫폼 개발	○ 의사결정용 구축 DB/데이터 프로세스 알고리즘/BIM기반 유지관리 의사결정 최적화 플랫폼 ○ BIM기반 교량 유지관리 증강현실 및 가상객체 모바일 연동 플랫폼 ○ 교량 유지관리 정보모델 표준	○ 교량 유지관리의 요소기술이 하나의 통합된 플랫폼에 융합함으로서 관리 시너지 효과 극대화 ○ 교량 유지관리를 지원하는 시스템으로 활용하여 향후 교량 정보관리 시스템 개발의 표준으로 활용

□ 세부과제별 TRM

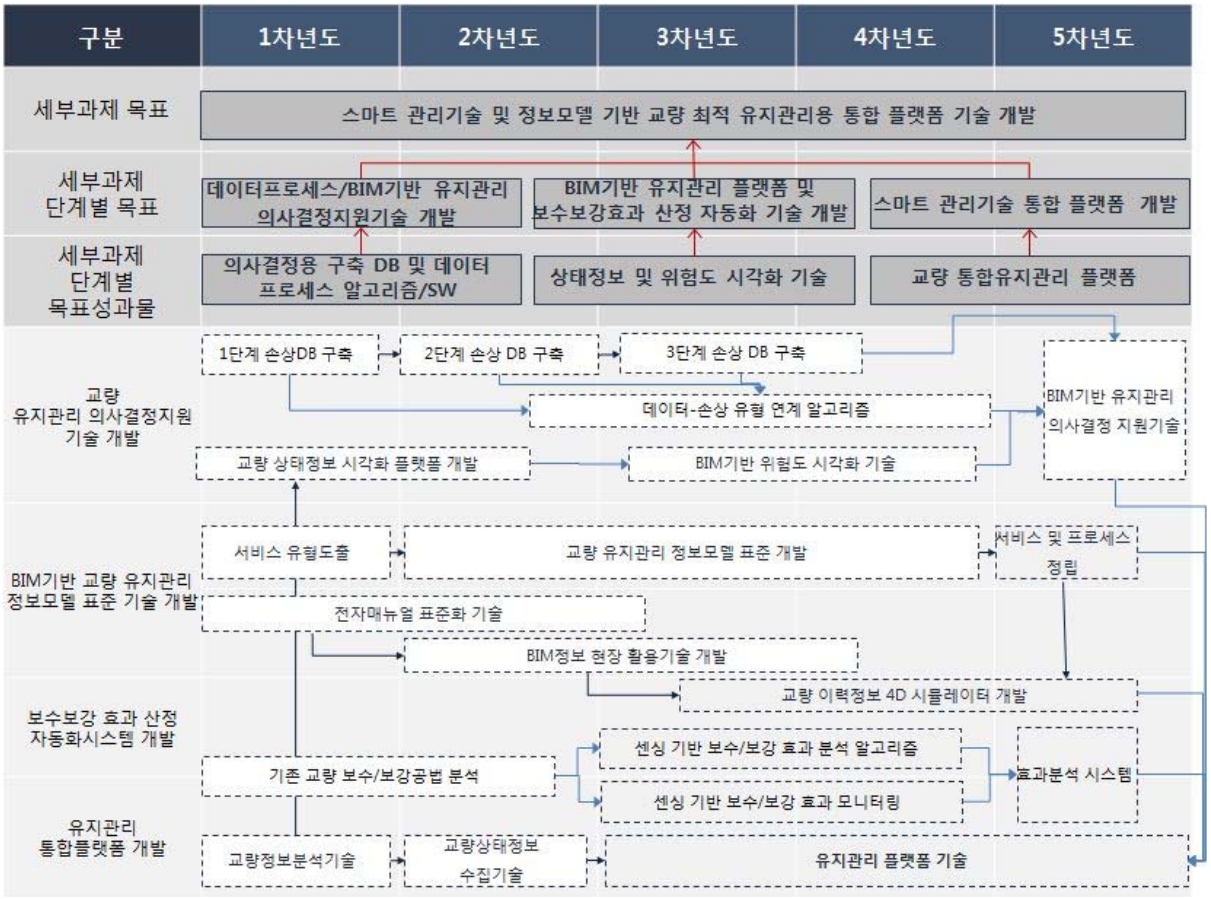
■ 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술 개발



■ 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발



■ 스마트관리기술 및 BIM기반 교량 최적 유지관리용 통합 플랫폼 개발



4. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

□ 인력투입계획

(단위 : 명)

세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
1세부	4.5	6	6	6	4	26.5
2세부	4.4	4.9	5.15	4.65	3.9	23
3세부	6.8	7.8	7.8	6.1	6.1	34.6
총계	15.7	18.7	18.95	16.75	14	84.1

□ 소요예산 산정

(단위 : 백만원)

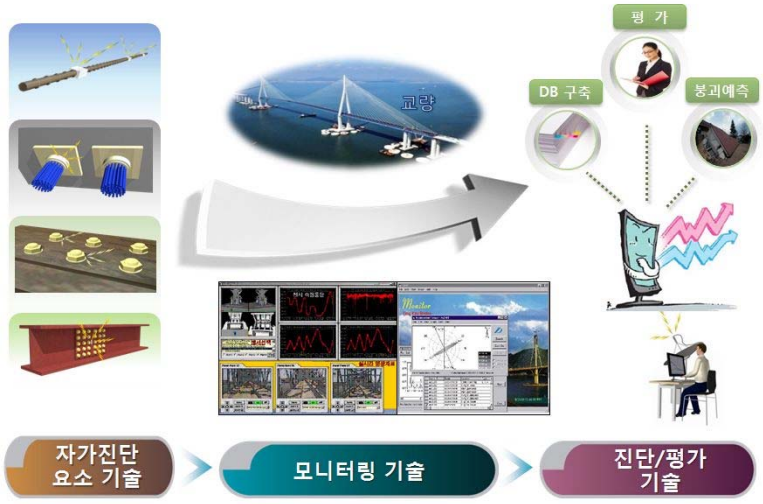
과제명	1차		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
1세부 과제	1,245	255	1,230	270	790	210	410	90	470	30	4,145	855
2세부 과제	1600	400	840	160	750	250	375	125	375	125	3,940	1,060
3세부 과제	1,000	200	1,100	200	1,100	200	1,000	300	900	300	5,100	1,200
합계	3,845	855	3,170	630	2,640	660	1,785	515	1,745	455	13,185	3,115

1장. 기술의 정의 및 필요성

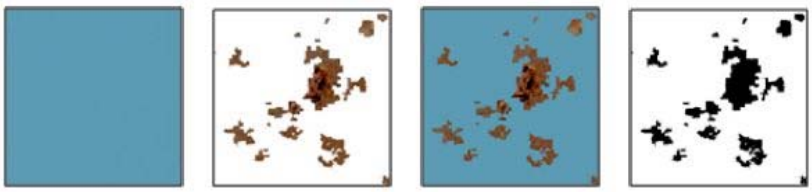
1절. 기술의 정의

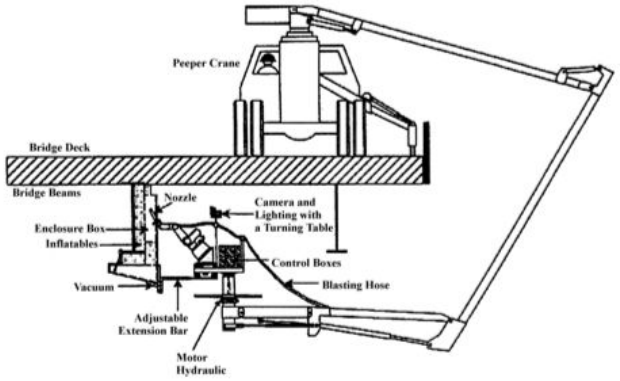
1. “교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 (B-SMART(Bridge-Smart MAintenance fRee Technology)연구단”의 정의

기술의 개념	교량 자가진단치유 및 자동유지보수 연구단 (B-SMART 연구단)은 친환경 교량 유지관리 기술개발의 일환으로 교량의 손상을 자동으로 감지하고 손상의 확대를 제어하고 자동으로 치유 및 보수하는 기술과 이를 운영하는 총괄적인 시스템을 개발하는 것을 목표로 함 교량의 손상을 감지하고 자동으로 치유하는 기술은 비접촉식 센서, 머신비젼 등을 이용한 방식과 재료적인 측면의 자기 치유 기술 등이 있음 비접촉식 센서와 FSM기술을 활용하여 교량의 손상을 자동으로 감지하는 기술 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발로서 강교량의 페인트 부식 및 녹을 머신비젼을 이용하여 자동으로 파악하고 녹 제거 및 도색 자동화 로봇 장비 개발하는 기술 콘크리트 교량의 내구성 및 수명 저하의 주요 원인이 되는 균열을 자동 치유할 수 있는 콘크리트 및 실용화 기술 개발 강섬유 보강 콘크리트의 전기 전도율을 이용한 자가센싱 기술 개발 및 탄산화물을 이용한 자기치유 능력이 향상된 고성능 콘크리트 개발 - 처짐 경화 현상을 보이는 연성적인 고유동성 섬유보강 시멘트 복합재료의 개발 - 섬유보강 시멘트 복합재료의 자기치유능력에 대한 평가 - 자기 치유 메카니즘에 대한 연구 - 자기치유형 고유동성 섬유보강 시멘트 복합재료의 성능 평가

<table>
<tr><td></td><td>

[그림 1-1] 지능형 교량 기술</td></tr>
<tr><td>기술의 범위</td><td>▪ 1세부과제 : 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술 개발
- FSM 기술로 교량 스스로 문제점을 진단하고 해결방안을 제시할 수 있도록 지능형 교량 구현
• 환경적응형 교량구조물 균열/부식/두께 감소의 손상 건전성 예측평가 기법 연구
• 교량구조물 운영 중 건전성 예측 평가 시스템 개발
• 교량구조물 운영 중 건전성 관리 시스템 개발

▪ 2세부과제 : 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발
- 머신비젼을 이용한 다양한 조명 상태에서 일관적인 정밀도를 같은 rust assessment 시스템 개발
- Robotic bridge rust removal and painting system 개발

[그림 1-2] Support vector machine기반의 rust assessment (Shen et al. 2011)</td></tr>
</table>



[그림 1-3] Robotic Bridge Paint Removal System 개념도 (Lorenc et al. 2000)

- 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술

• 균열 자기치유를 위한 결합재료 및 콘크리트 배합기술 확보
• 균열 폭 제어에 우수한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 개발
• 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 자기치유 성능평가 및 검증
• 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 현장 적용 및 실용화 기술 개발
• 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 제조, 시공 및 품질관리 지침

▪ 3세부과제 : 스마트관리기술 및 교량 정보모델기반 유지관리 통합플랫폼 개발

- 데이터 프로세스 기반 교량 유지관리 의사결정지원기술 개발

• 손상 시나리오 데이터베이스 구축 및 데이터 기반 유지관리 방식 의사결정 지원 알고리즘 개발
• Active BIM기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술 개발
• 데이터 기반 교량 보수/보강 효과 산정 자동화 기술 개발

- BIM 기반 플랫폼형 스마트교량 관리요소기술 통합제어시스템 개발

• BIM 기반 교량 유지관리 정보모델 표준 개발
• BIM기반 교량 유지관리 전자매뉴얼 기술 개발
• BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 개발

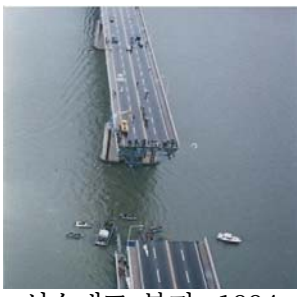
2절. 필요성

1. 정책적 필요성

가. 시설물의 노후화와 개발중심의 사회에서 기존 시설의 유지관리 위주로의 변화에 따른 유지관리 기술 개발 필요성이 증가하고 있으며 교량 시설의 경우 구조물의 대형화와 다양한 환경의 영향을 많이 받기 때문에 지속적인 유지관리 기술 및 수명 연장 기술이 필요함

- 사회기반시설로 분류되는 다양한 유형의 시설물중 교량시설물의 경우, 구조적 특성이 매우 복잡하고, 거동 형태가 다양하며, 지속적인 하중조건 변화와 구조부재의 열화로 인하여 점차적으로 기능 및 성능이 저하됨으로써 극단적으로는 인명과 재산권을 위협하는 대형 붕괴사고를 유발할 수 있음


<창선교 붕괴, 1993>


<성수대교 붕괴, 1994>


<소록교 붕괴, 2007>

[그림 1-4] 국내 교량 붕괴 사례

나. 정부는 저탄소 녹색성장을 위한 기술개발에 박차를 가하고 있으며 건설부분에서의 대응하기위하여, 본 과제에서는 교량의 유지관리 (계측 및 보수 등) 관련한 새로운 기술의 원활한 도입을 위한 관련 법규정 및 제도 마련을 위한 연구를 제안함

- 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설분야에서 탄소배출량 절감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량분야에서도 탄소배출량 절감을 위해 일상 점검 및 보수/보강 작업에서의 저탄소 고효율 기술이 필요함
- 국토해양부에서 녹색성장 기반 구축을 위한 제4차 건설기술진흥기본계획 수정계획에서는 녹색성장 기반 마련을 위한 건설기준을 정비하여 건설공사의 녹색기술력 평가와 녹색기술 적용 및 친환경 자재·공법 선정 유도하고 있음
- 건설 분야에 신기술을 적용하여 생산성 향상에 대한 법률적인 기초는 제시되어 있으나, 자동화 장비를 이용한 효율적인 유지관리 업무에 따른 인센티브 제공 등 건설사의 동기 부여에 대한 규정은 없는 것으로 조사됨
- 따라서 본 기획연구로부터 사업이 추진된다면 관련 법규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨

다. 교량 시설 자동 유지관리 기술은 큰 금액의 투자가 필요하며 정부의 연구개발 투자 필요성이 증대되고 있음

- 대도시 교통난을 완화하고 교통혼잡비용 감축을 위하여 도심지 교량의 교체 및 신설공사 시 공사기간 단축, 교통통제 기간 단축, 교통통제 손실 비용 감축이 가능한 교량건설 공법 개발의 필요성이 증대되고 있음
- 현재 국내교량 중 10년이상 30년미만 경과된 교량이 전체교량의 50%를 차지하고 있으며 앞으로 이들 교량의 노후화로 인한 교량 개축 수요는 급격히 증가할 것으로 예상되고, 효과적이고 효율적인 유지관리 기술 개발이 필요한 시점임
- 국외 사례를 보면 현장 공기별 인센티브 제도를 도입하여 교통정체를 최소화하기 위한 다양한 공법이 도입되고 있어, 관련 규정이 준비되면 국내에서도 지능형 자기진단 및 자동보수 현장 적용이 대폭 증가할 것으로 전망됨
- 이러한 자기진단 및 자동보수기술은 그 적용대상이 공공 시설물이고 이로 인한 편익은 이 시설물을 관리하는 주체 (정부 및 지방자치단체)이기 때문에 국가가 직접 연구개발에 투자를 하여 기술을 개발하는 것이 마땅함
- 자기진단 및 자동보수기술 분야에서 세계 최고 수준의 기술을 확보하면 우리나라의 건설경쟁력을 한 단계 도약시키는 계기를 마련할 수 있을 것임

라. 융합산업 활성화를 위한 정부의 제도적, 정책적 지원에 따른 지능형 교량 유지관리 체계 개발

- 고전적인 건설산업은 현대의 발전된 IT기술에 힘입어 새로운 기술도약의 시대로 들어서고 있으며 자동화 로봇기술과의 융합 또한 국내외에 확산되고 있음
- 신성장동력산업 중에서 IT 건설 부문에 대한 관심이 높기 때문에, 융합 산업의 활성을 위한 제도적 및 경제적 지원 정책의 지속적 추진이 필요
- 비접촉식 센서, 머신비전, 교량 유지관리 플랫폼 기술 등 융합기술을 활용한 지능형 교량 관리 시스템을 통하여 저탄소 녹색성장을 위한 교량 유지관리 기술 확보 가능

2. 경제적 필요성

가. 교량 유지관리 기술개발을 통한 사회비용 감소

- 교량의 잦은 보수·보강 및 교체 공사는 교통 체증 및 사고를 유발함으로써 국민 삶의 질을 저하시키고 물류비용을 증가시킴으로써 엄청난 사회적 비용의 지출을 요구하게 되며 국가예산을 낭비시키는 원인이 됨.
  - 전국 교통혼잡 비용은 2007년도 25.9조 원으로 1998년도 12.2조 원에 비해 2배 이상 증가되고 있음(국가통계포털, KOSIS, 2010).

- 자동차의 평균속도가 20km에서 40km로 증가 시 CO2의 감소량은 25%, 60km로 증가 시 40% 감소됨(한국도로공사 HiPass, 2009).

- 교량의 성능 향상 및 수명연장은 국민 삶의 질 향상은 물론 유지관리 비용 그리고 교통혼잡에 따른 사회적 비용 등의 국가예산을 획기적으로 절감시킬 수 있음.
- 국토의 효율적인 이용 및 지역 균형발전을 통한 국민 삶의 질을 높이기 위해 국가 기간 교통망이 지속적으로 확충되고 있으며 건설되는 교량의 수도 꾸준히 증가하고 있음.
- 2009년 말 현재 국내 도로교량 수는 26,920개로서 연평균 1,000개 이상의 교량이 신설되고 있으며(교량현황조서, 국토해양부, 2010), 신설 교량에 대한 사용 재료의 최소화 및 탄소배출량 억제 등의 친환경 건설은 시대적인 요구가 되고 있음.

나. IT기술의 발전과 교량 기술의 융합을 통한 시장 성장

- 세종도시, 혁신도시 등 약 40개 지자체(50여개 지구)에서 첨단도시 건설을 활발하게 추진 중일 뿐만 아니라, 우리나라는 세계적으로 u-City를 선도하고 있어 건설IT 융합시장은 향후 지속적인 성장이 기대됨
- 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지절감 및 친환경·신소재 등 기존의 건설 산업과 IT기술의 결합을 통한 고부가가치 시장의 성장이 전망됨
- 발전된 IT기술과 RT (Robot Technology) 기술의 융합과 건설기술의 융합을 통한 신기술의 지속적 개발과 이에 따른 시장 확대
- 전통적인 건설기술만으로는 더 이상의 기술 발전은 기대하기 어려우며 IT기술과의 융합을 통한 신기술 개발만이 21세기의 토목 기술로 기대되고 있음

다. 개발시대에서 안정화 시대로의 변화에 따른 유지관리 기술의 수요 증가

- 2010년 12월 기준, 전체 도로 교량 대비 DB-18 등급 이하 교량이 24%, 공용연수 40년 이상 교량이 2,230개소로 전체의 8% 로 교량 성능개선과 개축 수요가 지속적으로 있을 것이며, 특히 공용연수 10년에서 20년인 교량이 전체의 37% 를 넘어, 향후 20년 후에는 급격한 교체 시장이 형성될 것으로 예상됨
- 개축 교량 중 약 50% 이상은 고속국도 및 도심지 교량으로 파악되어 교통정체 해소를 위한 자동보수 교량 기술 개발이 필요하고 시장 규모도 꾸준히 증가할 것임
- 철도교는 전체 교량 중 약 50% 가 공용연수 40년 이상 교량이 전체의 40% 이상으로 보수보강 수요가 풍부하고, 보수시 철도 운행에 지장을 주지 않아야 하기 때문에 철도교량 유지관리 시장은 100% 자기진단 및 자동보수를 필요로 하는 시장으로 판단됨
- 신설 도로교 전체 시장은 과거와 같이 급격한 증가는 발생하지 않을 것으로 예상되나, 도심지의 경우 신속한 보수작업을 위하여 자동보수 기술이 필요함

3. 기술적 필요성

가. 건설업의 전문 인력 부족으로 인하여 교량 보수 및 관리 분야의 자동화 및 지능화 기술에 대한 수요 증대

- 지금까지 건설기술의 개발측면은 설계 및 시공기술의 개발에 역점을 두어왔으며, 기존 구조물의 유지관리에 대한 관심도가 상대적으로 낮아 설계 및 시공기술에 비해 낙후되어 있는 실정임
- 교량을 통과하는 차량의 대형화, 중량화 및 통행량의 증가로 인해 발생하는 하중효과는 과거보다 교량에 급격한 손상을 유발 시키는데, 대부분의 교량 구조물은 준공 단계부터 구조물의 유지관리에 대하여 관심을 기울이지 않으면 공용기간 중 균열이나 변형 등과 같은 손상이 발생하는 특성이 있음
- 전문화된 기술인력의 부족으로 인하여 정밀한 상태평가 및 그에 따른 효율적인 유지관리를 위하여 자동 계측, 자동 상태 평가, 가동 보수 등의 기술 개발에 대한 수요가 있으나 융합기술의 성숙도 부족 등으로 실용화가 쉽게 이루어지지 못하고 있으며 추가적인 연구와 투자가 필요한 실정임

나. 교량의 정기적 점검 및 상태 진단 등을 위한 유지관리시스템 기술

- 교량의 기능상 장애나 사고를 미연에 방지하기 위해서는 정기적인 점검을 통하여 현재의 상태를 파악하고 진단할 수 있는 적절한 유지관리시스템이 요구됨
- 교량의 유지관리 업무를 경제적으로 수행하기 위해 유지관리의 과학화와 체계화를 위하여 현재 발달하고 있는 컴퓨터, 측정·계측장비, 구조안전성평가기법, 보수·보강공법 등을 바탕으로 향후 하나의 의사결정과정에서 해결할 수 있는 합리적인 유지 관리체계의 도입 및 운영이 요구됨
- 정기 안전 점검의 효율화 및 상시화를 위한 비접촉 센서를 이용한 상태 계측, 머쉰비전을 이용한 상태 계측 등의 기술의 개발이 요구되고 있음
- 또한 콘크리트 재료의 최적화를 통한 소규모 크랙의 자동 치유 등을 통하여 유지관리에 소요되는 비용을 절감 시킬 수 있음

2장. 국내외 동향 및 환경분석

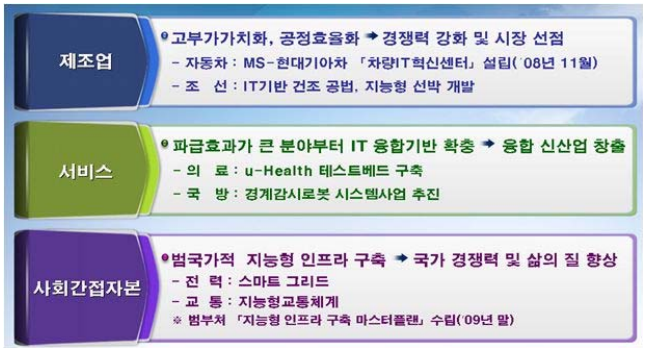
1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책 동향

가. 과제 관련 부처별 계획 및 시사점

- 정부는 2009년 녹색성장 국가전략의 비전으로 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 세우고, 10대 정책방향으로 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색국토·교통의조성 등을 마련하였음
- 정부는 국가의 주요 정책목표 중 하나로 국민의 삶의 질 제고와 환경개선을 선정하여, 이에 대한 추진정책 수단 및 방안의 하나인 "주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선"에서 교통혼잡비용 감축과 폐기물 감소를 추진하고 있음
- 국토해양부, 지식경제부 등에서 건설분야에서 탄소배출량 절감을 위한 내용들을 제도화하고 있는 바 교량의 유지관리 및 보수/보강에서도 탄소배출량 절감을 위해 건설재료의 절감, 교량 장수명화를 통한 건설재료 라이프사이클 연장에 대한 기술 개발이 요구되는 상황임
- 국토해양부의 과제관련 계획
  - 국토해양부는 2007년 수립한 제4차 건설기술진흥기본계획을 2009년에 수정하여 "녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보"라는 비젼 하에 녹색성장 기반구축을 목표를 추가하였으며 이는 친환경 건설에 대한 국토해양부의 강력한 의지를 표현한 것으로 건설 분야에서 탄소배출량을 줄이려는 단초를 제공하고 있음
  - 국토해양부는 국토해양정책(2009.02)의 주요 정책추진 상황 중 하나로 대도시 교통난 완화를 선정한 바 있음
  - 국토해양부에서는 매년 정기적인 안전점검과 결과에 따라 노후교량의 개축과 보수를 시행하고 있으며, 1995년부터 2010년까지 노후교량 총1,040개교의 개축을 완료한바 있으며, 지속적으로 추진할 계획임
  - 국토해양부의 2010~2014(5년) 동안의 제1차 건축정책기본계획의 일환으로 건축도시 산업의 고도화를 계획하고 있음(국토해양부, 2010)
  - 국토해양부는 국내 BIM 육성을 위해 10년 정책 로드맵을 발표하였으며, 녹색건축 도시구현을 위한 국제표준기반의 BIM시스템 기술개발을 추진
- 대도시 교통난을 완화하고 교통혼잡비용 감축을 위하여 도심지 교량의 교체 및 신설공사 시 공사기간 단축, 교통통제 기간 단축, 교통통제 손실 비용 감축이 가능한 교량건설 및 유지관리 기술 개발의 필요성이 증대되고 있음

- 현재 국내교량 중 10년이상 30년미만 경과된 교량이 전체교량의 50%를 차지하고 있으며 앞으로 이들 교량의 노후화로 인하여 기존교량의 수명증대를 위한 유지관리 기술 개발에 대한 수요가 증가하고 있음
- 효과적이고 효율적인 교량 손상 감지 및 보수 또는 자가 치유 기술의 도입이 시급함 현황임
- IT에 기반한 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트랜드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대할 것으로 전망되고 있기때문에 글로벌 경쟁에서 우위를 확보하기 위해서는 국가적 차원의 지원이 필요함
- IT기술을 융합한 극한 환경 구조물 관리 기술은 국가 중요 기간시설의 예상할 수 없는 재난이나 기후 변화에 대한 피해를 줄여 국가 예산 및 인명 피해를 줄이는 기술이므로 민간기업의 단기적 이익보다는 국가시설물의 관리, 국민의 재산 및 생명 보호 등 공공성이 강한 분야이고, 개발이 완료된 후에는 현재 운영 중인 다양한 SOC에 적용 가능하므로 국책 과제로 추진하는 것이 필요함
- 지식경제부의 과제관련 계획
  - 건설 분야에 있어 매우 중요한 IT 융합 기술에 대한 개발 요구가 이어져 왔으며, 이는 U-City 사업 및 기타 국내 구축된 IT 인프라를 이용한 융합기술 개발에 대한 요구를 통해 지속되고 있음



[그림 2-1] IT 융합 정책 방향

  - 2008년 12월 정보화 추진 위원회에서 발표한"국가정보화 기본계획"의 2대 엔진 중 하나인"첨단 디지털 융합 인프라"는 사회간접자본 시설의 첨단화와 지능화를 추진중에 있음
- 공공기관에서의 BIM발주
  - 공공기관에서 BIM을 적용하기 위한 공사발주가 2008년부터 차츰 증가하고 있는 추세이며 특히, 조달청에서는 2011년 1~2건의 대형공사에 BIM을 시범적용하고 2012년에는 3~4건으로 확대할 계획에 있음
  - 조달청에서는 건설단계 전반에 걸쳐 BIM 업무 수행에 필요한 기준을 제시하고 있으나, 세부내용은 설계와 시공 업무에 국한되어 있음. 향후 유지관리 업무에 BIM 확대적용을 위해서는 유지관리 분야 BIM 기술개발이 필수적임

나. 주요 법령, 정책 및 제도 전망 및 시사점

○ 건설산업기본법 제정

- 국토해양부는 국가건설산업시스템 구축, 즉 건설산업을 국가 차원에서 규율할 수 있는 체계를 정립하고 건설업계를 보호·육성하기 위하여 건설산업기본법을 제정하였음
- 건설산업기본법에는 건설공사 안전·환경 및 품질확보, 건설산업 국제화 및 해외진출 지원, 건설기술개발, 건설공사의 생산성 향상대책 등이 포함되어 있음
- 건설산업기본법 제6조의 규정에 의하여 "건설산업진흥기본계획"을 수립하여 중장기 건설산업정책의 기조와 건설산업발전을 위한 제도개선 방향을 제시하는 5년 단위의 국가기본계획을 설정함

○ 건설기술관리법 제정

- 건설부문의 기술을 발전시키고 이를 효율적으로 이용할 수 있게 하기 위해 제정된 법규로는 "건설기술관리법"과 이에 따른 시행령 및 시행규칙이 가장 주된 법규임
- 이 법의 제정 목적은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 이를 효율적으로 이용 관리하게 함으로써 건설 기술수준을 향상시키고 건설공사의 품질과 안전을 확보하여 공공복리의 증진과 국민경제의 발전을 이바지하는 것임
- 건설기술관리법에는 제3조에 "건설기술진흥기본계획"에 관한 사항이 규정되어 있으며, 이 외에도 건설기술에 관한 자료 및 정보의 보급과 확산을 위한 규정(제15조), 공동연구개발 및 전문기관의 설립에 대한 법적인 근거(제15조), 건설기술의 연구개발을 위한 투자(17조), 신기술의 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적인 기초(제18조), 그리고 해외기술의 도입에 관한 내용(제19조)등이 규정되어 있음
- "건설기술관리법"에는 건설기술의 연구개발을 위한 투자와 신기술의 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적인 기초가 규정되어 있어, 본 기획과제인 "자가치유 및 자동 보수" 분야의 실용화에 기반 법령을 제공하고 있음

○ 건설기술진흥기본계획

- 건설기술관리법의 제3조와 동법 시행령 제5조의 규정에 따라 건설교통부 장관은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 그 성과를 효율적으로 이용하도록 하기 위하여 국가에서 추진하는 기술연구 개발사업의 5개년간의 방향을 설정하는 "건설기술진흥기본계획"을 수립하고 이에 따른 세부계획을 수립하여 중점 추진과제를 설정하게 됨
- 2009년 수정된 제4차 "건설기술진흥기본계획"에 녹색건설과 관련된 내용이 추가되어 건설 분야에서 탄소배출량을 줄이려는 친환경 건설과 관련된 근거를 마련함

○ 재난 및 안전관리 기본법의 제정

- 행정안전부는 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 국가 및 지방자치단체의 재난관리체제를 확립하고, 재난의 예방 및 수습과 긴급구조 기타 재난관리에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 "재난 및 안전관리 기본법"을 제정하였음

- “재난 및 안전관리 기본법”은 재난관리와 재난의 수습이 원활히 수행될 수 있도록 규정하고 있으며, 더 나아가 교량의 사고를 예방하기 위한 예방적 유지관리의 일부로서 적극적인 상태 평가와 효율적인 보수 및 자동 치유 기술이 필요함

○ 안전관리기준 제정 고시(행안부 고시 제2010-18호, 2010년 3월 8일)

- 내용: 사고의 예방, 대비, 대응, 복구 등 안전관리를 위한 제반 활동을 수행하는데 필요한 기준과 원칙 제시

- 대상시설: 공공기관에서 관리하는 관련 모든 시설물

○ 지진재해대책법 제정(2008년 3월 28일)

- 취지: 지진 피해가 우려되는 주요시설물에 지진가속도 계측 의무화를 통한 시설물 안전성 확인

- 대상시설: 중앙행정기관 및 지자체 청사, 국립대, 높이 200m 또는 50층 이상 공공건축물, 공항시설, 댐 및 저수지, 현수교 및 사장교, 저장시설, 고속철도, 원자력 이용시설 등

○ 특수교량 통합관리 정책 방향

- 1세대 특수교량 모니터링: 90년대 초 남해대교와 진도대교에 처음 도입. 안정적인 계측자료를 확보하여 결과를 분석하는데 적지 않은 어려움이 있었음

- 2세대 특수교량 모니터링: 실시간 계측을 통해 교량거동을 분석하고 장기적인 유지관리를 목적으로 서해대교(2000년 준공), 영종대교(2000년 준공), 광안대교 (2003년 준공)등에 구축되어 운영 중에 있음

- 3세대 특수교량 모니터링: 한국시설안전공단을 중심으로 국내 특수교량 통합관리센터 운용을 위한 사업이 2009년부터 추진중에 있으며, 신개념 센싱기법 및 첨단 알고리즘 등에 대한 니즈 증대

- 대상시설: 국내 특수교량(사장교, 현수교, 아치교) 158개소, 연장 총 78.1km(2009년 12월 31일 현재)

○ 제2차 시설물 안전 및 유지관리 기본 계획 수립(2007년 12월 31일)

- 내용: 예방적 유지관리 체계 확립, 유비쿼터스 기술 활용 시설물 안전관리의 선진화 등에 대한 구체적 내용 명시
- 2011년 6월 현재 현재 제3차 기본 계획 수립 작업중
- 대상시설: 시특법 대상 1, 2종 시설물(도로, 철도, 항만, 댐, 교량, 터널, 건축물 등)

○ BIM 지침서 개발 및 배포

- 조달청(2010) : ‘시설사업 BIM 적용 기본 지침서’ 개발을 통해 공모 및 실시설계단계에 BIM을 적용하기 위한 최소 요건을 정의하고, BIM 데이터를 시공 및 유지관리단계에도 사용할 수 있도록 BIM업무에 대한 기준을 제공함

- 국토해양부(2010) : ‘건축분야 BIM 적용가이드’ 개발을 통해 기관별 고유의 목적과 환경에 따라 자체적인 BIM 실무기존을 제작 할 수 있도록 기본 틀을 제공함으로써 기관전체 차원에서 BIM 도입을 위한 안내를 제공함

- 부산청(2009) : 4대강사업에 “공정과 연계한 3차원 시뮬레이션기법” 적용이 의무화되어 추진되고 있음

○ 조달청(2010)의 BIM 발주 정책

[표 2-1] BIM 발주 정책 계획

구분	연도	목표	대상 및 내용
단기 계획	2010	BIM 시범발주 및 단계별 로드맵 마련	- 총공사비 500억원 이상 건축공사의 BIM 시범 발주 - BIM지침 개발(최소한의 BIM요구사항)
	2011	BIM 발주확대 및 발주기준 마련	- 조달청 설계공모 운영규정 제정 - BIM지침 개발(구체적 수준 BIM 요구사항)
	2012	턴키 및 설계공모 공사 BIM 전면 적용	- 총공사비 500억원 이상 건축공사의 BIM 전면 적용 - BIM지침 개발(발주청 활용가능 수준 BIM 품질)
중기 계획	2013 ~ 2015	4D(Cost) 설계시스템 구축 통한 예산절감	- 총공사비 500억원 이상 건축 공사
장기 계획	2016~	시설사업 전체로 BIM 적용 확대한 업무혁신	- 시설사업 전체로 BIM 적용 확대하여 업무혁신

○ 시사점

- 건설 분야에 신기술을 적용하여 생산성 향상에 대한 법률적인 기초는 제시되어 있으나, 자동화를 통한 자기치유 기술 등 등 건설사의 동기 부여에 대한 규정은 없는 것으로 조사됨

- 따라서 본 기획연구로부터 사업이 추진된다면 관련 법규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨

- 해외의 경우 유지보수를 위한 교통 통제로 인한 정체를 최소화하기 위한 인센티브를 도입하고 있어, 지능형 자기치유 기술을 활용할 경우 교통통제를 최소화 할 수 있어 현장적용이 대폭 증가할 것으로 전망됨

- 자기치유 및 자동화 보수 기술을 교량에 활용하는 것과 관련된 직접적인 관련 법령은 없으며 이는 법령으로 규제할 수 없는 성질의 것이기 때문이라 판단되나 적절한 인센티브 제도를 통하여 시민들의 교통 시설 이용에 불편이 없도록 해야함

- 다만 법인세법 시행규칙에 고시된 교량의 현행 내용연수 30~50년을 늘릴 필요가 있으며 이를 통해 교량의 장수명화에 대한 기술 개발을 촉진시킬 수 있다고 판단됨

- 교량 안전관리와 관련된 다양한 법령은 제시되어 있으나, 교량 설계, 시공, 유지관리단계에서 탄소배출량을 최소화하기 위한 의무규정은 없는 것으로 조사됨에 따라 본 기획연구로부터 사업이 추진된다면 관련 법규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨

- 신성장동력산업 중에서 IT 건설 부문에 대한 관심이 높고, 융합 기술의 개발 노력과 산업의 활성을 위한 제도적 및 경제적 지원 정책의 지속적 추진이 필요

- 전통적인 건설 시장을 주도하는 기업이 IT 기술과의 융합을 통해 고부가가치의 상품과 기술력을 갖추도록 체계적인 기술적, 정책적 지원시스템 마련이 필요

- 건설 시장에 적합한 IT 기술의 변화와 발전이 요구되며, 현재의 IT 제품군으로는 건설 시장에 미흡한 기술이 많아 건설 산업에서 요구하는 성능의 IT 기술 및 제품군에 대한 인프라가 충분하도록 투자 필요
- 국토해양부 및 조달청의 BIM 가이드가 작성되고 입찰시의 절차와 기준에 대한 가이드라인들이 준비되면서 효과적인 BIM 기반의 발주 체계가 마련되고 있음
- 조달청의 단기, 장기 BIM 발주 계획에 따라 향후, 건설 프로젝트에서의 BIM 발주는 필수요소가 될 것으로 전망되며, 관련 법령에 대해서는 현재까지 제정된바 없음
- 토목구조물을 대상으로 BIM 발주에 대한 정책 및 가이드라인의 개발도 이루어질 것으로 예상되며, 따라서 성과품의 납품이나 정보의 공유, 관리 등에 있어 표준 데이터 모델의 필요성은 더욱 증가할 것으로 보임

다. 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- 국가 R&D는 과거와 같이 선진국 추격형이 아닌, 글로벌 경제를 선도하기 위한 창조형, 탈추격형 R&D 전략의 수립이 필요하며 World Best 기술의 선점을 중요시 하고 있음
- 국가과학기술위원회에서 심의된 2011년 정부연구개발투자 방향(안)에서 살펴보면, 미래 신성장 동력 핵심원천기술 개발에 대한 지원을 확대할 것을 시사하였으며, 이에 따라 건설 분야 중에서는 IT와 NT 등을 활용할 수 있는 분야에 지원을 확대하는 방안을 마련
- 국토해양부 주요 R&D 정책
  - 국토해양 R&D는 목적 · 수요자 · 성격 · 주체 측면에서 타 부처와 차이가 크며, 국토해양 R&D는 공공기술 위주의 시스템 R&D로서 정부의 역할이 상대적으로 중요하며 특히, 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민 삶의 질 향상 등 공공 부문의 역할이 지대하여 국가차원의 육성대책이 필요함
  - 국토해양부에서는 2010년 9월에"국토해양 R&D 발전전략"을 수립하여 현재 추진중에 있으며 2010년초에 추진한 녹색로드맵 기획결과로부터 총 68개의 전략과제가 도출되어 이중 녹색 및 탄소배출량 저감과 관련하여 우선순위가 높다고 판단되는 30개 과제를 선정하여 Green-up 30을 제시하였음(지능형 친환경 교량 분야 포함)
  - 국토해양부는 2006~2008년에 수행된 "교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발"을에 연구비를 지원하여 로봇 이송, 열화상 카메라 등을 이용한 센싱기술 등을 개발하였으나 일부 요소 기술만이 개발되었으며 실용화를 위한 수준까지 연구가 진행되지 못하였음
  - 국토해양부의 2010년부터 2013년까지의 연구과제중 3차원 건축물정보 구축분야에서 BIM 기반기술 연구, BIM 표준규격 및 유통기술연구 및 BIM/GIS 통합기술연구를 포함하고 있음(국토해양부 건축기획과, 2011)
  - 국가정책위원회는 BIM 활성화 방안 마련을 위하여 BIM 정책로드맵과 표준지침을 도출하여 보급하고 데이터 표준규격 확보와 동 규격을 활용한 라이브러리 구축 여건 조성 및 관련 R&D를 통한 적극적 개발을 지원할 계획임

o 지식경제부 주요 R&D 정책

- 지식경제부에서는 2010년말에 100대 전략제품기술을 선정하였으며, 이중에"지능형 그린 구조물 관리"기술이 포함되어 있음
  - 이 내용은 교량과 같은 대형구조물의 사용환경 및 에너지소비 등 유지관리를 최적화하는 기술로써, 토목분야의 종합 구조물에 해당하는 교량구조물에 대한 내용도 이 분야와 관련 있음
- 지식경제부는 내진 및 구조물의 안전성을 획기적으로 향상시킬 수 있도록 초고장력 철근과 교량용 강선 개발을 위해 2004년 9월부터 2010년 2월까지 66개월 동안 예산을 지원했으며, 이를 통해 세계 최초로 800 MPa급 철근과 세계 최고 강도인 2,200 MPa급 강선을 개발하고 이 분야에서 세계기술을 선도하는 계기를 마련함

o 시사점

- 국민의 삶의 질 향상을 위해서는 살기 좋은 국토환경 조성, 편리한 교통물류 서비스를 제공하는 것을 목표로 하기 때문에 교통흐름을 원활히 하면서 시공할 수 있는 기술의 개발이 필요함
- 기술선진국을 단순 답습하는 수준에서 세계를 선도할 수 있는 최고기술을 개발할 수 있는 R&D로 이전하고 있고, 탄소배출량 감소 등 녹색성장을 위한 연구개발을 중요시 하고 있어, 해당 분야에 대한 국가 R&D 정책이 진행되고 있는 것으로 판단됨
- 대한민국의 U-Korea 기본 계획안은 첨단 IT 기술을 융합하여 사회기반시설물을 안전하게 관리하고자 하는데 그 목표가 있음
- 무생물인 교량 구조물에 지능을 부여하기 위해서는 첨단 센싱 기술(하드웨어)이 접목되어야 하며, 이들로부터 계측된 데이터가 자동으로 처리되고 판단될 수 있는 알고리즘 정립(소프트웨어)이 필요함
- 단순 토목구조물로 분류되던 교량구조물에 대한 지능화, 첨단화를 통한 교량유지관리 단계에서의 탄소배출량 저감 효과를 감안하여 해당 분야에 대한 국가 R&D 정책이 진행되고 있는 것으로 판단됨
- BIM 활용에 있어 가장 중요한 점은 여러 응용기술과 프로젝트 참여자간의 데이터의 상호호환성 확보 즉, 표준 요소기술의 개발이 중요하다고 할 수 있음
- 여러 벤더사들이 개방형 BIM 표준포맷을 지원하고 있으나, 정책적으로 강력한 요구가 없이는 여러 벤더사들의 정보호환성 향상을 위한 투자에 소극 적일 수밖에 없음
- 따라서, BIM의 표준요소 기술 개발을 위한 장기적인 R&D 정책은 정보의 호환성 확보를 위한 연구개발에 상승효과를 줄 수 있음

2. 국외 정책 동향

가. 미국의 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

- 미국 오바마 정부에서는 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획을 수립하고, 향후 10년간 저탄소 산업에 1,500억 달러를 투자할 계획임
- 미국의 신뉴딜정책은 에너지효율을 높인 공공시설물의 건설, 새로운 도로 및 교량건설을 통한 인프라시설 구축에 조점을 맞추고 있음
- 건설 산업을 6대 국가전략산업중 하나로 지원하고 있으며, CMS, CERF, FIATECH와 같은 건설 IT 융합 사업을 진행, 유지관리/에너지 비용 50% 감소, 생산성 30% 향상, 공해 50% 감소 등의 국가 건설목표를 설정하여 추진함
- 미국의 GSA (General Services Administration)에서는 2006년 10월부터 모든 설계사들이 설계도면의 제출을 IFC기반의 BIM 모델로 제출할 것을 요구하고 있으며, 위스콘신주에서는 발주되는 총 공사비 500만 달러 이상인 프로젝트를 대상으로 BIM을 의무적으로 적용해야하는 “Guideline & Standard"를 발표함
- 미국의 교량관련 정책은 미국 교통성(Department of Transportation) 산하 연방도로청(Federal Highway Administration)이 담당하고 있으며, 실무적인 연구기관은 Turner-Fairbank Highway Research Center에서 담당함
  - 미국 연방도로청(FHWA)의 주요 정책은 안전성 향상, 교통혼잡 완화, 자동시공 극대화, 화물운송 효율 증대, 운송시설의 유기적 연결, 환경보호로 규정하고 있으며, 국내의 녹색성장 정책과 유사함
  - SAFETEA-LU의 추진
    - FHWA의 SAFETEA-LU (safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act : A Legacy for Users)는 미국 SOC 분야의 최대 예산($2,440억)으로 도로, 도로안전 및 대중교통 분야에 반영함
  - IBRC 프로그램
    - FHWA가 추진하고 있는 미국의 대표적인 교량 관련 프로그램인 IBRC(Innovative Bridge Research and Construction Program)는 1998년 제정된 교통형평법(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21)에 근거하여 교량의 건설 및 유지관리 비용과 시간을 줄이기 위한 6개년 사업이었는데 이 프로그램 종료 후에도 법 개정을 통하여 계속 추진되고 있음
    - Innovative Bridge Research and Construction(IBRC) 프로그램을 통해 교량 급속시공 기술, 신재료 등의 신기술 공법 적용 공사비를 지원하고 있음

- Highway for LIFE 프로그램

  · FHWA Highway for LIFE(Longer lasting, using Innovation, Fast construction, Efficient and safe highways and bridges) 프로그램은 미국 고속도로의 최대 현안인 노후화된 시설물과 증가하는 교통체증의 해결을 (150,000 교량의 1/4 노후, 40,000명/년 인명손실) 목표로 LIFE 라는 세부목표를 설정하여 기술개발, 시험시공, 적극적인 홍보와 지원 프로그램 개발, 기술교육, 관련 신기술의 상용화 그리고 관련 업계의 협력관계 구축 등의 활동을 수행하고 있음

  · LIFE는 첨단신기술을 이용하여 첨단의 장수명 고속도로 구조물의 사회기반시설의 구축을 위해 고속도로 및 교량의 빠르고 효율적이며 안전한 시공을 실시하고, LIFE의 목표를 위해 안전성 개선, 교통정체 감소, 구조물의 품질향상을 세부 개선안으로 도출하였음

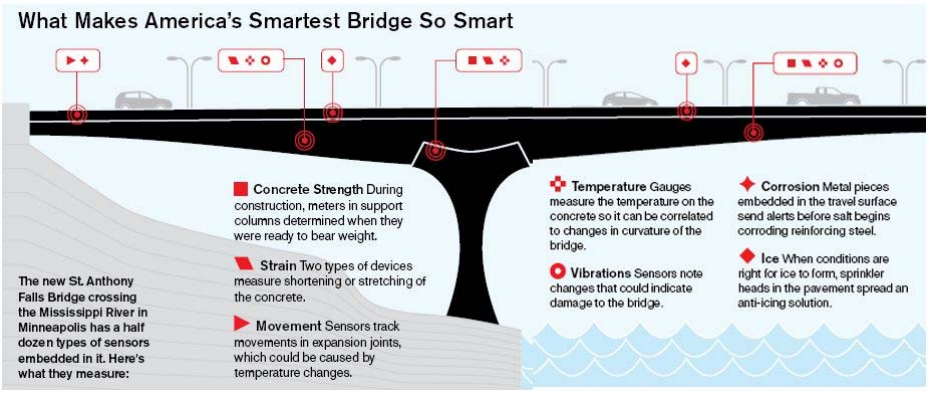
  · LIFE의 비젼 "Get in, Stay in, Get out, Stay out" 을 수립하고 공장부재를 활용한 급속시공 및 품질향상을 통한 장수명 최소 유지관리를 목적으로 함

- 구조물 분야에서는 "Prefabricated Bridge Elements and Systems" 프로그램을 운영하여 Prefabricated 부재의 활용을 적극 권장하여 FHWA 사업에 우선 검토함

  · FHWA에서는 SPMT를 이용한 교량의 이동과 가설을 적극지원

  · SPMT 매뉴얼, SPMT를 이용한 교량이동 가이드 마련

  ·



[그림 2-2] 신설된 미시시피강 교량

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

○ 미국내 교량의 시공 및 유지관리에 대한 대표적인 조직으로 ACTT (Accelerated Construction Technology Transfer)에서 교량 관리 관련 연구 수행

- AASHTO의 ACTT는 FHWA와 AASHTO의 Transportation Implementation Group(TIG) 협력체로 공사기간과 교통정체의 중요한 사항을 해결할 수 있는 협력체 구성하여 활동하고 있음

- 현재 미국의 50% 이상의 DOT가 ACTT 계획에 참여하고 있으며, ACTT는 2002년부터 2005년까지 21건의 워크샵을 개최한 실적이 있으며, 2006년에도 7건의 워크샵을 개최할 계획으로 있음
- ACTT의 워크샵은 1백만달러에서부터 2.5억달러의 예산을 갖는 프로젝트를 대상으로 실시되고 있으며, 30% 이상의 공기를 단축시키는 것을 목적으로 하고 있음

o 미국 연방도로청(FHWA)의 교량 관련 R&D 사업

- 미국 FHWA에서 수행한 프로젝트로 "Prefabricated Bridge Elements & Systems"가 있으며 연구개발과 함께 각 DOT 별로 활발한 적용을 선도하고 기술적인 개발 성과를 공유하려는 노력이 이루어지고 있음
- 미국 연방정부의 FHWA는 각 주 정부에서 고성능 재료, FRP 등 신소재를 교량에 활용하면 예산을 지원해주는 프로그램을 운용함으로써 신소재를 적용한 교량의 확대를 촉진하고 있으며, 교통연구위원회(TRB)의 연구개발프로그램인 NCHRP 등을 통해 연구비를 지원하고 있으며, ACI 전문위원회 등에서도 활발히 연구를 수행하고 있음

o BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 미국의 주요 R&D 정책

- 미국 National BIM Standard (NBIMS) 제정: NIBS (National Institute of Building Science Project Committee)에서 국가표준인 NBIMS를 2007년 12월 제정한 이래로, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속화하고 있음
- 미국 OGC 활동: 미국 buildingSMART에서는 GIS분야의 국제표준화 컨소시움인 OGC (Open Geospatial Consortium)와 BIM 표준인 IFC의 연계 적용방안에 대한 연구를 수행하였음

o 미국 NSF(National Science Foundation) 산하의 CMS는 IT 융합 가상 건설, 에너지 절감, 친환경, 지능형 건설 기술 개발 진행

o 미국 Indiana 주의 JTRP 센터는 1999년부터 지금까지 꾸준히 Optical sensor를 이용하여 강교량의 페인트 부식을 자동으로 파악하기 위한 노력을 진행해 오고 있음



트러스교의 부재 rust 수리를 위한 교통 통제

- 시설물 비파괴 검사 기술이 국가의 최첨단 기술의 하나로 분류되어 새로운 기술들이 중점 개발되고, 자국기술을 중심으로 국제표준을 통일시키기 위한 시험센터를 국가차원에서 육성하고 있음 (미국 Iowa State Univ. 의 NDE 센터, Johns Hopkins Univ의 Wwstinghouse를 비롯하여 일본과 유럽에 다수)
  - 선진 각국은 비파괴검사 표준기반이 구축된 전문기관을 운영하고 있음(미국: ASNT, 캐나다: NRCan, 일본: JSNDI, 영국: BINDT 등)

(3) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- 미국에서는 IBRC(Innovative Bridge Research and Construction Program)에서 연간 약 157개의 프로젝트에 대하여 0.52억 달러의 연구비를 집행하고 있으며, 이는 교량의 보수, 보강, 교체, 그리고 신설 등과 관련한 연구를 포함하고 있음. 이 프로그램은 유지관리비용과 생애주기비용을 감소시키기 위하여 고성능 재료와 시공기법의 개발에 초점을 맞추고 있음
- 미국 NSF(National Science Foundation) 산하의 CMS는 IT 융합 가상 건설, 에너지 절감, 친환경, 지능형 건설 기술 개발 진행
- 미국을 비롯한 선진국의 경우 시설물 비파괴 검사 기술이 국가의 최첨단 기술의 하나로 분류되어 새로운 기술들이 중점 개발되고, 자국기술을 중심으로 국제표준을 통일시키기 위한 시험센터를 국가차원에서 육성하고 있음 (미국 Iowa State Univ. 의 NDE 센터, Johns Hopkins Univ의 Westinghouse를 비롯하여 일본과 유럽에 다수)
  - 선진 각국은 비파괴검사 표준기반이 구축된 전문기관을 운영하고 있음(미국: ASNT, 캐나다: NRCan, 일본: JSNDI, 영국: BINDT 등)
- 미국의 경우 90년대 이후 신규 교량의 건설에서 기존 교량의 유지관리 기술 개발로 방향을 전환해 오고 있으며 자동화 기술 IT기술등을 접목한 융합기술에 지속적인 투자를 늘리고 있음

나. 유럽의 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

- 유럽 통합 이전부터 EU를 중심으로 도로 등 교통시설에 대한 표준화 기술과 현장 응용기술을 다학적이고 다국적 연구진을 구성하여 체계적으로 수행하고 있는데, 교량의 경우 도로교통개발분야(Transport RTD Programme)에 포함되어 연구가 진행되고 있음
- Strategic Energy Technology Plan (2008)
  - 2020년까지 에너지 고효율 20% 제고, 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 사용
  - 정책적 지원을 통해 조기에 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 지속가능한 건설, 바이오제품, 자원재활용, 재생가능 에너지 등을 선도시장을 선정
- EU Transport의 비전 : Looking for Sustainable transfer
  - 목표 : 시민과 물류의 빠르고 효율적이여 경제적 이동
  - 교통분야에서의 CO2 발생은 EU 전체 발생량의 28%로 개선
  - 국가 R&D 예산의 12%를 지속가능발전 분야에 투자(2002~2006, $17.5억)
- 영국에서는 저탄소 지속가능 교통시스템 보고서를 통해, 온실가스 감축 및 기후변화에 대응하고 구조물의 장수명화를 도모하며, 환경 친화적인 구조물 건설을 추진하고 있음
- 미래 세계건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해“사회기반시설 혁신전략”을 마련하여 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400억 유로 투자 계획을 수립함
- 북유럽의 핀란드 덴마크 등에서 BIM 수행을 위한 각종 지침 등을 발간하여 국제표준을 주도하고 있음
- 또한 호주는 시설물유지관리를 위해 BIM을 도입하여 자산관리를 위한 연구를 진행 중에 있음
- BIM, IFC관련 정책
  - 핀란드 재정부 산하 공공발주기관인 Senate Properties는 2007년 10월부터 발주사업의 성과품에 BIM 적용과 IFC 포맷 납품을 요구하고 있음
  - 노르웨이는 IDM(Information Delivery Manual)을 개발하여 2007년 1건을 시작으로 2008년 5건, 2009년 15건, 2010년 이후부터 모든 프로젝트에 BIM을 적용하는 "One, Five, Fifteen, All" 계획을 발표함
  - buildingSMART 독일 지부는 2007년에 BIM/IFC User Guide 개발하여 BIM 프로그램과 IFC 중립포맷을 사용하여 설계 전 과정에서 BIM 데이터를 교환하는 방법을 제공하고 있음
  - 덴마크는 530만 유로 이상의 공공 발주사업에 2007년 1월부터 BIM의 채택과 IFC 포맷의 성과품 제출을 의무화하고 있음

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- EU 제7차 Framework Program에서는 에너지, 기후변화를 포함한 환경 분야 등에 대한 내용이 포함되어 있음
- 유럽은 영국, 네덜란드, 스위스, 프랑스, 노르웨이 등 유럽 주요 국가들이 참여한 EUROCRETE 프로젝트를 통해 가혹 환경하에 놓인 구조물의 내구성 향상 등에 대한 연구를 수행했으며, CEB Task Group를 통해 다양한 연구가 수행되고 있음
- 독일 연방정부 차원에서 향후 10년간 추진할 연구개발 방향을 포함하고 있는 HTS-2020을 발표하였으며, 이중에는 지능형 교량과 관련된 나노기술, 광학기술, 정보통신기술 등이 포함되어 있음
  - BASt(독일)는 독일연방고속도로와 연방국도의 건설 및 유지관리에 중요한 사항을 기술적-학술적 관점에서 연구를 수행하는 연방건설교통부의 부속기관으로 교량을 비롯한 토목구조물 및 도로의 건설과 유지관리 능력향상, 친환경적인 시공방법 등의 연구를 수행하고 있음
- BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 EU의 주요 R&D 정책
  - EU(유럽공동체) COMBINE, COMBI 프로젝트: STEP을 이용하여 통합 건물 설계 시스템을 개발하기위해 수행된 프로젝트(최창근 등, 2006). EuroSTEP이나 STAND-INN 프로젝트 등을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 동일 라이브러리의 생성 방안 등을 유럽 여러 나라가 참여하는 프로젝트 형식의 연구를 수행함
  - 핀란드 buildingSMART: HUT-600 (Helsinki University of Technology Auitorium Hall 600)프로젝트를 통해 17개월 동안 설계와 시공을 동시에 진행하면서 IFC의 적용 여부를 시험함
  - 노르웨이 buildingSMART: 빌딩 건설시 각 프로세스와 IFC 모델을 연결하는 방법 제시하고 있음
  - 독일 buildingSMART: IFC를 사용하여 분야간 데이터 호환성을 확보를 통한 설계단계부터 시공단계를 거쳐 CAFM에 전달하기까지 생성된 정보의 통합 관리방안을 제시함

다. 일본의 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

- 일본은 동일본 대지진, 후쿠시마 원전사고 발생으로 당초 수립한 제4기 과학기술 기본계획(2011~2015)을 전면 재검토하고 있음.
  - 이중에는 지능형 교량과 관련된 지진재해로부터의 부흥과 재생의 실현을 위한 분야도 포함되어 있음
- 도심지 입체교차로 급속시공 사업
  - 일본에서는 도시재생의 일환으로 교차로와 건널목을 입체화 시켜 정체를 해소하고 간접적인 경제효과와 지구환경 보전효과를 올리는 대책이 추진됨
  - 국토교통성의 교통지체 대책사업의 추진으로 원활한 교통흐름 확보, 도시재생, 지역경제 활성화, 교통네트워크 구축 등 도시재생 사업의 일환으로 도시 교차로 입체화 급속시공에 관한 기술개발을 시행하고 있음
  - '95~'96에 시공된 키타하나따 교차점 입체교차사업에 급속시공이 시범적용되어 약 2.5년이 소요되는 현장공기를 1년으로 단축하였음
- 건설성 산하 JACIC는 건설산업에 IT 기술의 융합을 통하여 기존 기술 혁신 및 국제 경쟁력 강화 추진

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

- 일본은 국토기술정책 종합연구소, 토목연구소, 건축연구소 등 정부 연구기관에서 국토건설과 관련된 연구를 주도적으로 수행하고 있음
  - 일본 국토기술정책 종합연구소는 국토교통성 소속 연구소로, 주택 사회자본분야의 유일한 일본 내 연구기관으로 국토의 종합적 이용 활용에 관한 기술 및 정책연구를 담당하며, 교량 등 사회간접자본의 합리적인 유지관리 방안 및 교통난 해소를 위한 각종 정책과 해외시장 개척을 위한 국제표준에 부합하는 제도정비 등의 연구를 수행하고 있음
  - 토목연구소는 국민생활 및 사회경제의 안정 등 공공의 이익에 부합되는 업무를 시행하고, 민간보다는 국가 중심의 시행이 필요한 분야에 대한 연구개발을 실시하는 것을 주 임무로 하여 입체교차로 공기단축기술을 민간기업과 공동으로 연구를 수행하고, 민간기업과 공동으로 급속시공 연구개발을 추진하였음(2002~2004)
- 일본의 급속시공 관련 기술은 이미 상당수 민간기업이 독자적인 기술을 보유하고 있는 상태로, 정부 기관에서는 이러한 공법의 장단점 분석을 통하여 입지여건에 가장 적합한 공법을 선정하는 연구를 실시하고 있음
- 일본 국토교통성은 건설CALS/EC 사업 제3차 시행계획(2008년-2012년)에서 3D 데이터를 활용한 생산 시스템 도입 방안을 마련하고 이를 검토하는 시범사업을 추진할 것임을 발표함

- 일본은 고속도로의 계획, 설계, 시공, 유지관리 단계에서 발생되는 정보를 공유하기 위한 일본 표준으로 도로정보 표준모델(JHDM, Japan Highway Data Model)을 2005년 제정하여 지속적으로 확장 개발 중임
- 일본 정부는 기술개발과 전략수립 등 제도에 주력하고 민간은 실질적 기술개발에 투자 국토교통성을 중심으로 공공사업 코스트 절감대책시행, 공사계획, 설계 및 발주 효율화, 규제완화 등을 추진
  - 1988년부터 5년간 국가연구프로젝트인 "Technological Development of New Construction Material"을 추진하여 건설구조물에서 FRP 등의 활용에 대해 연구를 실시하였음

[표 2-2] 해외 주요 국가들의 지능형 친환경교량 관련기술개발 추진체계

분 야	미 국	일 본	EU
급속 시공분야	· FHWA(미국 연방도로청)가 주관이 되어 AASHTO와 DOT가 연계되어 기술개발을 추진 · FHWA에서는 조립식 교량을, AASHTO 에서는 공기단축형 급속시공을 주도적으로 연구 · 각 지방 DOT에서는 공기 단축형 입찰을 통하여 기술개발을 지원	· 국토교통성 산하 국토기술정책종합연구소가 각종 도로 및 교통 정책과 관련 연구를 수행하며, 토목연구소에서 기술적인 연구를 수행	· EU 각 국가별 추진
신소재 교량 분야	· 교통부 산하 FHWA가 주도하며, 교량연구개발의 경우 교통연구위원회(Transportation Research Board)에서 조정자 역할을 담당	· 국토교통성, 일본 토목연구소에서 추진	· EU 각 국가별 추진

라. 국가별 정책관련 시사점

- 건설 선진국들에서는 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량의 저감을 목표로 정책적 지원을 실시하고 있으며 이를 통하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진하고 있음
- 급속시공은 초기 공사비는 다소 증가될 수 있지만, 교통정체를 최소화하여 사회간접비용 감소 및 시민편익을 향상시킬 수 있어 선진 각 국에서는 적극적으로 도입하고 있으며 시공사례도 지속적으로 증가하고 있음
- 교량의 저탄소 친환경 급속시공기술은 선진외국에서는 정부차원으로 추진하고 있는 과제로, 공사로 인한 교통정체가 극심한 우리나라에서도 조속한 기술개발을 통한 기술선점이 필요함
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화 및 고내구성를 지향하고 있음
- 이들 재료를 사용하면 초기 공사비는 증가되지만 교량수명이 연장되고 유지관리비용이 절약되므로 생애주기비용 측면에서 보면 오히려 유리하기 때문에 시간이 갈수록 이들 교량을 건설하는 사례가 증가되고 있으며, 생애주기평가 개념을 이용한 평가기법의 도입에도 적극적임

- 따라서 우리나라에서도 신재료를 교량구조물에 적용하기 위해서는 이러한 생애주기개념에 입각한 교량 프로젝트 평가기법이 적극적으로 도입되어야 할 것으로 판단됨
- 국가별 지능형 교량분야 연구는 전 세계적으로 건설단계에서 유지관리단계로 전환되는 추세이며, 유지관리비의 비율이 점차 증가하고 있는 것을 감안할 때 유지관리단계에서의 탄소배출량 최소화 요소기술에 대한 개발이 필요하며, 그 결과를 현장에 적극 반영할 필요가 있을 것으로 사료됨
- 지능형 교량 분야는 교량의 신설을 위한 설계 및 시공기법도 중요하나, 노후될 교량을 상시적으로 정확하고 자동화된 방법으로 진단하고 보수·보강할 수 있는 지능형교량 기술개발이 필요하며, 교량의 유지 및 관리에 소요되는 비용을 최소화할 수 있는 방법론의 개발과 재생에너지를 활용한 비용절감 및 탄소감축도 요구됨
- 향후, 지능형 교량분야는 초장대교량의 해외수주가 증가하면서 초장대교량 기술경쟁력이 요구되고 있는 상황과 흡사하게, 지능형 교량의 연구성과를 바탕으로 이와 유사한 해외기술경쟁력 확보함으로써 기술력의 해외이전 및 부가가치를 창출할 수 있을 것임
- 세계적으로 건설 기술은 각국의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT 기술을 융합한 신성장 동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 지능형, 친환경 에너지 절감을 위한 생활 밀착형 건설기술과 SOC형 건설기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임
- 현재 국제적으로 건설사업의 성과품 납품 시 국제 IFC 포맷의 파일 제출을 필수 항목으로 지정하고 있는 추세이며, 각 국가별로 BIM의 도입을 위해 자국의 실정에 맞는 Guideline 및 Manual을 개발하고 있음
- BIM으로 발주하는 것은 기존의 체계와 차이가 있을 수 있으며, 이에 대한 구체적인 방안들을 마련할 필요가 있음

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장 규모 및 전망

가. 국내 SOC 시설물 유지관리 수요전망

○ 우리나라 SOC 시설물에 대한 유지관리 수요는 2000년대 들어 신규건설투자 대비 약 25%이상의 수준을 점하고 있음[1)]

- 우리 나라의 경우 현재 SOC 시설물의 재고는 약 1,800조원에 달하고 있으며, 신규건설투자는 2001년에 들어 약 73조원으로, 2003년에는 79조원, 2005년에는 81조원, 2007년에는 85조원의 신규건설 투자가 이루어질 것으로 전망됨
- 유지관리 수요는 2004년에는 21.1조원, 2005년에는 21.8조원, 2006년에는 22.4조원, 2007년에는 23.1조원 등 연평균 약 23조원의 투자가 이루어져야 하며, 이는 신규건설 투자의 약 26~27%에 해당되는 금액임

[표 2-3] 중기 시설물안전 및 유지관리 수요 (단위:억)

구분	2004	2005	2006	2007
건설투자수요(A)	790,370	811,960	841,760	849,850
유지관리수요(B)	211,490	217,830	224,620	231,730
비중(B/A)	26.8%	26.8%	26.7%	27.3%

○ 건설투자수요 및 유지관리수요의 2004년~2007년 연평균성장률(CAGR)은 각각 +2.44%, +3.09% 이며, 이를 바탕으로 2020년~2029년 수요를 전망하면 다음 표와 같음

[표 2-4] 중기 시설물안전 및 유지관리 수요 전망(2020년~2029년) (단위:억)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
건설투자수요(A)	1,163,841	1,192,333	1,221,522	1,251,427	1,282,063	1,313,449	1,345,604	1,378,546	1,412,294	1,446,868
유지관리수요(B)	344,336	354,988	365,969	377,290	388,961	400,993	413,397	426,185	439,369	452,960
비중(B/A)	29.6%	29.8%	30.0%	30.1%	30.3%	30.5%	30.7%	30.9%	31.1%	31.3%

1) 대한시설물유지관리협회(http://www.fma.or.kr)

○ 국내 시설물 유지관리수요에 비하여 실제 유지관리에 투자되는 비중은 2000년 신규건설대비 8% 수준임

- 시설물 자산가치 대비 유지관리 투자는 외국 1.0%의 1/3 수준인 0.3%정도로서, 이를 근거로 우리 나라의 유지관리 투자실태를 추산하면 신규건설의 약 8% 수준으로 신규건설 대비 유지관리 투자가 21.7%인 일본의 약 3분의1 수준임
- 이는 신규건설 대비 유지관리 투자가 57%가 넘는 이탈리아의 7분의 1수준에 불과하고 38%인 영국의 4분의 1수준, 26%인 독일의 3분의 1수준이며, EU국가 중 유지관리 투자 비율이 가장 낮은 프랑스와 비교하더라도 80%수준에 불과함

[표 2-5] 주요국 건설투자중 유지관리투자의 비중(2000년)

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%

○ 장기적으로 국내 건설투자는 양적인 투자수요의 증가보다는 질적인 향상을 위한 투자증가가 이루어 질 것이며, 노후화된 시설물에 대한 유지관리 수요가 점차 증가하는 추세임

나. 국내 교량 수주액 전망

○ 국내 연간 교량 수주액은 2000년 이후 연평균 9.4% 성장하고 있으며, 2009년 기준 약 4조 9천억(도로교 4조, 철도교 9000억) 규모임. 이중 도로교량 수주액은 연평균 7.4% 성장하는 추세임

[표 2-6] 국내 교량수주액

구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
교량수주액(억원)	24,919	25,582	28,819	35,143	32,056	43,271	35,394	39,751	54,513	48,865	-
교량수주액 연간 증가율(%)	1.1	2.7	12.7	21.9	-8.8	35.0	-18.2	12.3	37.1	-10.4	-
교량총수(도로교)	16,117	17,150	20,219	21,117	21,906	22,871	23,805	24,923	25,792	26,920	27,381
교량증가수 (도로교)	502	1,033	3,069	898	789	965	934	1,118	869	1,128	461

주) 통계청 발간 『건설업조사보고서』 참조 (도로교량과 철도교량 수주액 기준)
국토해양부 발간 『교량현황조서』 참조

○ 생산자 물가지수(2011년말 현재 4.3%) 등을 고려할 때, 향후 도로교량 수주액은 연평균 5% 이내로 성장할 것으로 예측되며, 철도교는 2009년 기준 도로교량 수주액의 22.5%로 가정하여 2020년~2029년 교량수주액을 전망함

[표 2-7] 국내 교량 수주액 예상규모 (억원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
도로교량 수주액	68,462	71,885	75,479	79,253	83,216	87,377	91,746	96,333	101,149	106,207
철도교량 수주액	12,575	13,203	13,863	14,557	15,285	16,049	16,851	17,694	18,578	19,507
교량 수주액	81,037	85,088	89,342	93,810	98,501	103,426	108,597	114,027	119,727	125,714

다. 교량부문 유지관리시장 전망

- 국내 SOC 시설물 유지관리 수요전망 및 국내 도로교량 수주액전망을 통해 교량부문 유지관리 시장을 전망함
  - 앞서 2020년~2029년 건설투자수요 대비 유지관리수요 비중은 29%~31%로 나타남
  - 2000년 건설투자 대비 유지관리비중은 8%이나, 시설물 유지관리비의 증가추세를 반영하여 2020년 이후 유지관리수요에 가깝게 투자가 이루어진다고 가정하고, 교량부문 유지관리시장을 전망함
  - 교량에서의 건설투자수요를 교량 수주액으로 가정하고 건설투자수요 대비 유지관리수요 비중을 통하여 교량 유지관리 시장을 전망함
  - 연구종료 시 연구성과가 2020년 시장의 5%에서 2029년 40%까지 점유할 것으로 가정함

[표 2-8] 국내 도로교량 수주액 예상규모 (억원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
교량 수주액(A)	81,037	85,088	89,342	93,810	98,501	103,426	108,597	114,027	119,727	125,714
교량 유지관리 시장(B)	23,976	25,333	26,767	28,282	29,884	31,576	33,363	35,252	37,248	39,356
비중(B/A)	29.6%	29.8%	30.0%	30.1%	30.3%	30.5%	30.7%	30.9%	31.1%	31.3%
점유율	5%	8%	10%	15%	20%	25%	30%	33%	37%	40%

라. 세부과제 관련시장 전망

(1) 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 분야 국내 시장 규모 및 전망

- 교량 유지보수의 중요성이 증가되면서 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술 분야가 지능형 교량 분야 중 가장 큰 시장을 보유하고 있는 것으로 판단되며, 이에 대한 수요 또한 증가하고 있는 상황이므로 앞으로도 많은 기술개발이 예상됨
- 건설 IT융합산업에서 구조물의 안전성 평가 기술은 2010년 한국건설협회에서 발간한 건설시장 환경변화와 전망에서 우리나라 건축구조물의 시장규모가 약 80조원 정도가 될 것으로 전망하였으며, 일반적으로 구조물 건전도 모니터링 시스템은 총 건설비의 1~2% 내외로 설치되므로, 구조물 안전성 평가 기술의 시장규모는 8,000억 정도의 규모로 예측됨

(2) 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술

- 콘크리트는 강재와 더불어 중요한 건설재료이나, 건설단계 및 사용 중에 외부요인에 의해 균열 등 손상이 발생하여 구조물 보수·보강 등 유지관리에 많은 국가예산을 사용하고 있음. 따라서 콘크리트 구조물 손상 발생 시 자가진단, 치유기술을 접복한다면 구조물의 수명이 획기적으로 연장되어 국가예산이 절약에 기여할 수 있을 것으로 분석됨.
- 교량 손상 자동 치유 기술은 교량 중에서도 동적하중을 받는 바닥판을 주로 대상으로 하고 있음. 교량 건설비용 중에서 바닥판이 차지하는 비율은 교량의 형식 및 크기 등에 따라 차이가 있으나, 10~20% 정도(평균 15%)로 분석됨. 이 중에서 손상 자동 치유 콘크리트 기술을 적용하는 교량 바닥판의 비율을 10% 정도로 예상되나, 향후에는 교량의 장수명화 기술 적용이 확대될 수 있으므로 그 적용 비율은 증가할 것임.
- 머신비젼, 자동화 로봇을 이용한 보수, 수리 장비
  - 건설 산업에서 IT가 차지하는 비중이 점차 확대되고 부가가치 제고 수단으로 IT 중요성 증가 (건설-IT융합 기획보고서, 2008)
  - 건설구조물의 노후와 상시모니터링의 요구에 의해 비젼 센서, infrared sensor등을 이용한 상태파악과 이를 이용한 데이터 분석 등의 국내시장규모는 향상하고 있음
  - 디지털 이미지를 이용한 영상 패턴 인식 기술은 현장에 응용하기 위한 충분한 수준으로 기술이 성숙해 있으며 국내의 디지털 기술이 향후 시장을 주도할 것으로 예상됨
  - 국내 자동화 장비를 이용한 부식 수리 및 도장 자동화 및 손상 자동 치유 기술의 시장 전망은 2017년 954 억원에서 2030년 1800억원의 규모로 성장 가능할 것으로 예상됨

[표 2-9] 국내 교량 손상 자동 치유 기술의 시장전망

구분	2017	2018	2019	2020	2025	2030	비고
공사비 (억 원)	954	978	1003	1028	1410	1800	
연간증가율(%)		2.5	2.5	2.5	2.5	5.0	

- 국내 도로교는 공용수명 30년 이상이 1,999개소, 성능개선이 필요한 DB-18 이하 교량이 6,692개소로 향후 노후화 및 성능개선에 따른 부분교체와 개축 수요가 꾸준히 증가할 것임
- 개축 교량 중 약 50% 이상은 고속국도 및 도심지 교량으로 파악되어 교통정체 해소를 위한 자동보수 교량 기술 개발이 필요하고 시장 규모도 꾸준히 증가할 것임
- 신설 도로교 전체 시장은 과거와 같이 급격한 증가는 발생하지 않을 것으로 예상되나, 도심지의 경우 신속한 보수작업을 위하여 자동보수 기술이 필요함

(3) 스마트관리기술 및 교량 정보모델 기반 유지관리 통합 플랫폼 기술

- 교량의 경우 구조물 안전성 평가시스템과 관련된 시장은 2011년 8,000억원 2012년 8,300억원 약 4%/년의 증가율을 보여 2015년에는 9,500억원 정도의 시장이 예상됨(건설시장 환경변화

와 전망, 한국건설협회, 2010)

- ㅇ 교량 유지관리를 위한 통합형 플랫폼과 데이터 표준화·운영기술과 관련된 시장을 약 5%로 가정하는 경우 약 500억원의 시장이 형성될 것으로 예상됨
- ㅇ 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 시장은 4~5천억원 규모의 매출을 보이며, 2009년을 기준으로 4.7% 성장률을 보이고 있음. 2011년 매출은 5.3천억원 규모로 예측됨
  - 각 분야별 매출 규모를 살펴보면, 리버스 분야(3차원 스캐닝, 스캐너, S/W(래피드폼, 지오매닉, 폴리웍스, 프리폼)가 급성장하고, 2D에서 3D캐드로 급전환중인 기계설계분야인 MDA 분야는 2009년 대비 1.7천억원 매출을 올리며 14.6% 성장세를 보임
  - 한편, 공공 및 민간건설 분야 물량감소로 어려움을 면치 못하는 AEC분야는 BIM 산업화를 대응하기 위한 다양한 움직임이 예상됨. 이는 BIM 사업 영역 확대 및 컨설팅, 용역서비스 증가, 저가형 범용 캐드를 대량 공급하는 등 드러나는 BIM 생태계 구조에 적응하는 양상으로 보임. 2009년 대비 성장률은 감소했으나, 정부주도 BIM 활성화에 따라, 앞으로 매출 규모는 2010년 이후 상당히 늘어날 전망

[표 2-10] 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출 현황

(단위 : 백만원, %)

분야	2009 매출	2010 매출	전년대비 성장률	2011 매출
MDA	149,337	171,166	14.6%	196,705
PDM	74,109	83,245	12.3%	97,023
CAE	64,370	64,547	0.3%	77,529
CAM	28,594	31,733	11.0%	44,279
AEC	117,702	102,491	-12.9%	113,909
리버스	2,750	4,000	45.5%	5,200
총계	436,864	457,185	4.7%	534,647

참고) CAD & Graphics 2011.2. p98

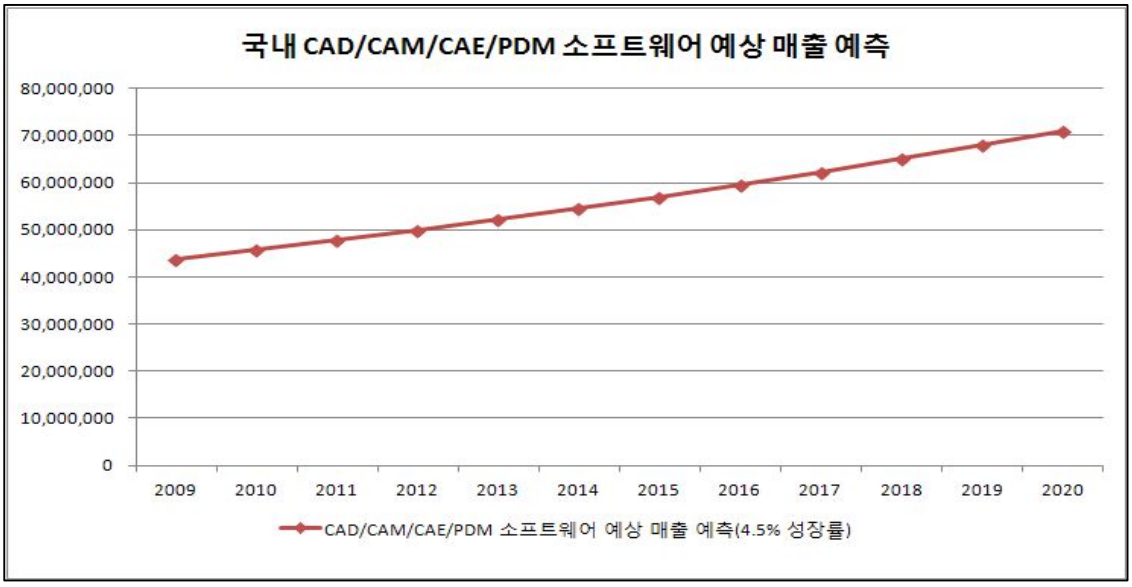
- ㅇ 미래 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출을 2010년 460,000(단위: 백만원) 기준 4.5%성장률을 고려하여 예상 매출을 예측하면 2015년 600,000(단위: 백만원), 2020년 700,000(단위: 백만원) 규모의 시장으로 예상됨

[표 2-11] 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출 예측

(단위 : 백만원, %)

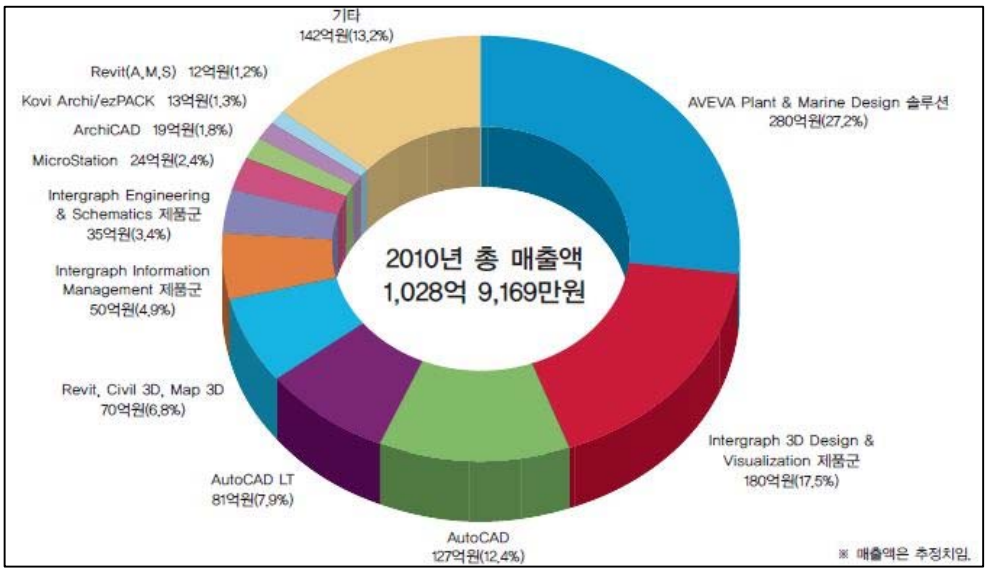
연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014
총계	436,864	457,185	477,758	499,257	521,724	545,201
연도	2015	2016	2017	2018	2019	2020
총계	569,735	595,373	622,165	650,163	679,420	709,994

참고) CAD & Graphics 2011.2. p98, 자료 가공



[그림 2-3] 국내 CAD 분야 소프트웨어 예상 매출

- CAD/CAM/CAE/PDM 시장 중 AEC(Architectural Engineering Construction) S/W 시장은 90% 이상을 특정 외산 S/W가 점유[2)]
- 국내 주요 AEC 분야 S/W별 세부 시장을 살펴보면 'AVEVA Plant & Marine Design 솔루션(27.2%), Intergraph 3D Design & Visuallzation 제품군(17.5%), AutoCad(12.4%), AutoCAD LT(7.9%), Revit, Civil 3D, Map 3D(6.8%)'등의 순으로 점유하고 있음]
- 특히, 오토데스크사의 제품군(AutoCad, AutoCAD LT, Revit,)이 대부분의 시장을 점유하며 ArchiCAD, Kovi Archi, ezPACK 솔루션도 전체 시장의 3%를 점유함



[그림 2-4] 주요 AEC 소프트웨어별 시장 점유율

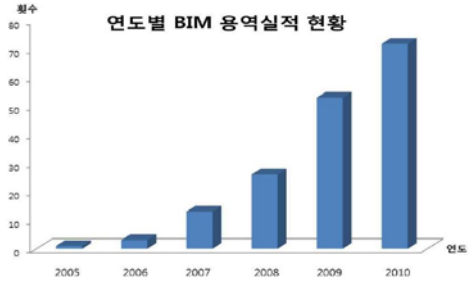
2) "건설IT 융합기술 개발전략", p.9, 2008. 7.18. ETRI

○ BIM이 알려지기 시작하면서부터 건설사, 설계사, 건설 IT 회사 등의 BIM 용역수행이 꾸준히 증가하고 있음

- 2005년에 1건을 시작으로 하여 국내에 BIM이 본격적으로 도입된 시점인 2008년 26건, 2010년에는 72건으로 2005년도 대비 720% 2008년도 대비 약 280% 상승하였음(그림 1 참조)
- 공공발주의 경우 2008년 3건 국방부 발주를 제외한 총금액 약 3,200억원, 2009년 4건 총금액 약 6,600억원, 2010년 5건 총금액 9,336억 원으로 해마다 상승하고 있음
- 2010년 BIM용역 실적 72건 대비 9,336억의 공공발주금액을 기준으로 프로젝트 증가 추이를 비교하면 2018년 BIM공공발주는 3,257건으로 총금액은 42조2,324억으로 증가할 것으로 전망됨(그림 2-11 참조)



[그림 2-5] 한국과 미국의 BIM 프로젝트 증가 추이(이강 2011)



[그림 2-6] 연도별 BIM 용역 실적 현황 (* 출처 : 빌딩스마트코리아, 2011)

- 정부는 4대강사업의 입찰안내서에 실시설계 적격자의 요건으로 공정과 연계한 3차원설계와 시뮬레이션 및 사업관리를 하도록 명시함으로써 BIM도입을 통한 BIM시장 활성화가 예상됨
- 조달청에서는 2012년부터 500억원 이상 공공발주 사업에 BIM 적용을 의무화할 예정이고, 한국도로공사 등의 3D설계지침 구성 등으로 토목분야 대표적 공종인 교량시공 분야의 BIM 적용은 확대될 것으로 예상됨
- BIM을 적용한 건설사를 대상의 설문조사에 따르면, 2008년 간섭검토만이 거의 이용되었으나, 2010년대에는 간섭검토이외에 공정관리, 견적산출, 도면생성, 구조해석의 기능이 활발히 활용되고 있는 것으로 조사됨
- 국내 USN 기반의 시장은 2006년 1.8억 달러 수준에서 2010년 20.9억 달러로 고도 성장할 것으로 전망. 향후 USN 보급의 확산으로 유비쿼터스와 텔레매틱스/RTLS 인프라와 기술이 융합된 신규 서비스 창출과 이들 인프라와 연계된 다양한 산업의 동반 상승효과를 유도할 것으로 전망
- 한국전력거래소는 향후 평가기준을 개발, 시공사 선정 과정에서 BIM 활용능력을 평가요소로 산입하며, BEMS, FMS 도입 추진 및 발주처 자체 인프라 구축 및 사용자 교육을 통해 유지관리 시 BIM을 활용할 계획이라고 밝힘
- 시설물 유지관리 시장은 향후 건설경기 변화뿐만 아니라 그 동안 축적되어온 시설물의 보유량 및 관련제도 변화에 큰 영향을 줄 것으로 예상되며, 시설물 보유량 측면에서 볼

때 향후 시설물 유지관리 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상됨

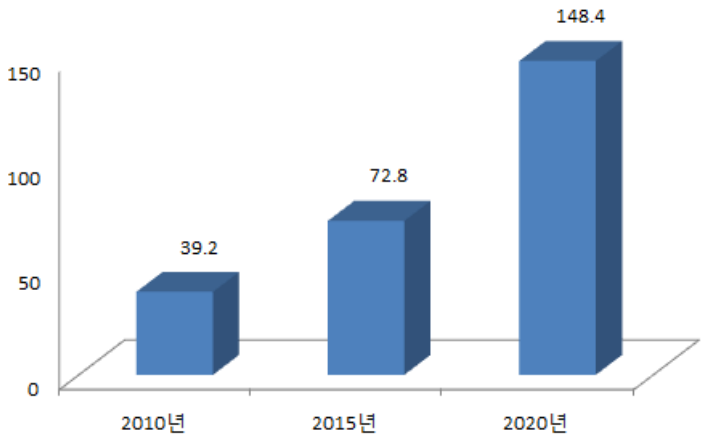
- 교량의 경우 2009년 8월 기준으로, 1990년대 이후 지어진 구조물의 비중이 80% 이상이며, 세부적으로 검토하면 구조물 경과년수가 15년이 안 된 경우가 도로교량 54.1%, 철도교량 54.2% 등으로 이는 향후 중/장기적으로 교량에 대한 유지관리 수요가 더 빠르게 성장할 것으로 예측됨
- 우리나라현재로서는 2020년을 전후해서 1990년대, 2000년대에 급증한 교량 시설물의 유지관리 수요가 매우 빠른 속도로 증가 예상됨

마. 기타과제 관련시장 전망

(1) 건설 IT 융합시장

○ 건설 IT융합 국내시장은 2010년 약 36조원에서 2015년 73조원에 도달할 전망.

- 2010년 기준 2015년의 예상 시장규모를 환산하면, 연평균 증가율은 약 15.3%에 해당하며, 이를 기준으로 2020년의 시장규모는 약 148조원에 달할 수 있음 (한국건설기술연구원, 2007)
- 세종도시, 혁신도시 등 약 40개 지자체(50여개 지구)에서 첨단도시 건설을 활발하게 추진중일 뿐만 아니라, 우리나라는 세계적으로 u-City를 선도하고 있으며 건설-IT융합시장은 향후 지속적인 성장 기대
- 건설-IT융합산업은 저비용고효율, 에너지절약, 설계/시공/유지관리 자동화, 지능화의 건설 IT응용 시장으로 발전



[그림 2-7] 건설 IT융합산업 시장규모

○ 건설 IT융합분야 중 지능형 교량의 필수요건인 FSM, 스마트센싱, RFID, USN, 광센서시스템 등 주요 분야의 비중을 전체 시장에서 약 5% 수준으로 가정할 때, 2010년 1.8조원에서 2015년에는 약 3.7조원에 이를 것으로 예상됨

- 지능형 건설, 건설 IT인프라, 에너지절감 및 친환경·신소재 등 기존의 건설 산업과 IT기술의 결합을 통한 고부가가치 시장의 성장이 전망됨
- 국내외 건설 산업은 신기술과 신개념 및 사용자 편의성의 혁신을 통해 고부가가치, 첨단IT를 중심으로 하는 새로운 산업으로 전환, 시장 규모를 확대 중
  - 건설 산업이 친환경과 에너지 효율화, 지능화 등의 추세를 보이며 IT 기술 활용 범위가 확대
  - 향후 건설IT융합 시장은 생산성 향상과 유지관리 및 에너지 절감, 기후변화협약에 대응, 친환경 기술 등에 대한 수요 증가와 함께 거대 시장으로 확대될 전망
  - 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지 절감 및 친환경, 신소재 등 건설IT융합 시장을 통한 고부가가치 시장을 중심으로 가속적 성장이 기대
- IT 산업은 우리나라의 국가경쟁력 제고를 위한 전략 산업으로, IT 기술 융합을 통해 새로운 고부가가치 시장 창출에 대한 기대가 높음
  - IT와 건설 산업의 융합을 통해 신규로 창출되는 시장은 2015년 약 60조 원으로 증가할 것으로 전망

[표 2-12] 우리나라의 IT+건설 융합 시장 규모 전망

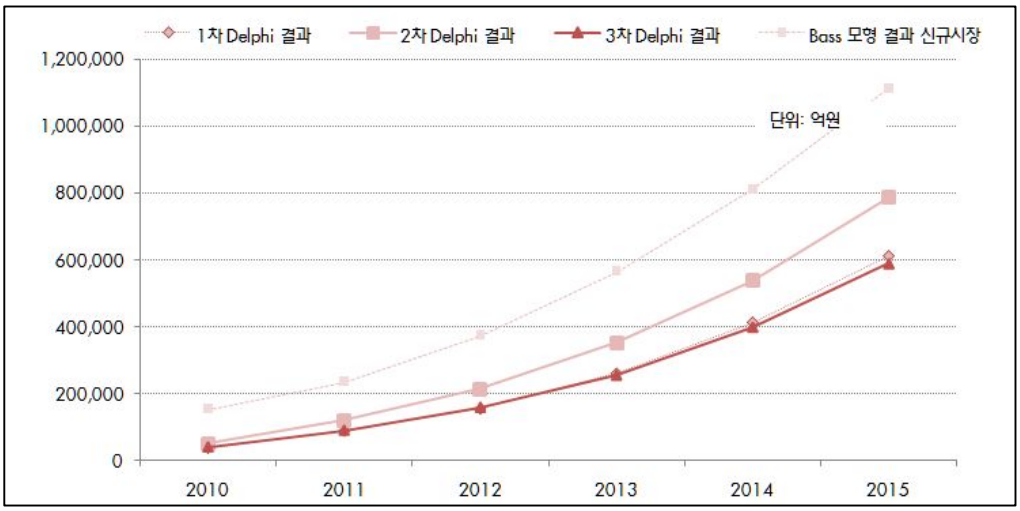
(단위 : 억 달러)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건축자재 시장	7,414	18,699	34,639	61,609	101,837	160,526
건축시장	25,691	63,990	111,383	187,213	295,394	429,824
- 건설설비 부문	6,399	25,671	45,021	75,444	118,070	175,012
- 건설시공 부문	16,292	38,319	66,363	111,769	177,324	254,812
건물 에너지 제어 및 관리 시장	65	142	235	347	488	681
u-city 시장	1,137	1,537	2,021	2,525	3,194	4,073
계	34,307	84,368	148,278	251,694	400,913	595,104

* 기존 건설 시장 외에 IT 융합을 통해 신규로 창출될 시장의 규모임
* 자료 : 조충호, "건설-IT융합 시장 전망", 건설-IT 융합 기술시장 전망 세미나, 2010. 3. 3.[3)]

- 한편, 건설IT융합지원센터 시장예측[4)]을 위한 3차에 걸친 Delphi[5)] 및 Bass 모형[6)] 조사 결과 건설-IT 융합 시장 규모는 건축자재, 건설설비, 건설시공, 건물 에너지 제어 및 관리, u-city 분야의 IT융합을 통해 생성되는 신규 시장의 규모가 상한선으로 설정한 Bass 모형이 가장 높은 전망치가 추정되었으며, 그 다음으로 2차 Delphi, 1차 Delphi, 3차 Delphi 순이었음
  - 시장 규모에 대한 최종 3차 Delphi 전망을 살펴보면, 2012년 16여 조원, 2013년 26조 6천여억 원, 2014년 40조여 원, 2015년 59조 1천여억 원의 규모로 성장할 전망임

3) 10대 산업별 IT융합 현황 리포트 시리즈. IT융합 산업 동향과 개발 전략-건설. IT+건설 융합산업. BIR
4) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과
5) 마이크로소프트 윈도 응용 프로그램을 위한 통합 개발 환경
6) 상품의 과거 매출 실적을 기초로 하여 한 제품군의 미래 매출을 예측하는 모형



[그림 2-8] 건설IT융합을 통한 신규 시장의 성장 전망치 비교

[표 2-13] 건설IT 융합 시장 규모 전망 종합

(단위 : 억원)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1차 Delphi 결과	40,120	91,318	156,765	262,203	413,947	611,332
2차 Delphi 결과	51,224	120,621	215,205	353,760	539,182	787,516
3차 Delphi 결과	40,502	90,857	159,785	256,136	400,109	590,695
Bass 모형적용 결과	154,159	236,611	373,768	565,629	812,197	1,113,468

* 참고) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과. 고려대학교 조충호 교수

ㅇ 각 부문별 전망치를 비교하여 최종 3차 Delphi 결과를 종합[7], 건설IT융합을 고려한 건설시장의 규모 전망치를 대장 특히 건상 부분별로 비교해보면, 건축시설설비 부문의 시장 규모가 가장 크게 증가될 것으로 전망되었으며, 그 다음으로 건설시공 부문, 건축자재 시장 부문임

[표 2-14] 건설IT 융합 시장 규모 전망 종합

단위: 억원

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건축자재 시장	5,656	13,676	27,269	46,175	73,956	113,539
건축시장	28,381	69,890	124,170	200,282	314,771	463,588
- 건설설비 부문	15,847	39,794	71,622	118,561	185,552	274,736
- 건설시공 부문	12,534	30,097	52,548	81,721	129,219	188,852
건물 에너지 제어 및 관리 시장	69	164	294	459	685	996
u-city 시장	6,395	7,127	8,052	9,221	10,698	12,572
계	40,502	90,857	159,785	256,136	400,109	590,695

* 참고) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과, 고려대학교 조충호 교수

7) 전통적인 건설시장 규모를 Lower Bound로 하여 장기예측과 잠재수요의 크기 등에 대한 설명력이 높은 정량적인 시장조사 방법론인 확산 모형-Bass(Upper Bound)와 Bandwagon effect를 줄이고, 전문가들의 피드백을 통해 의견을 수렴하는 정성적인 방법인 델파이법(규모 조정)을 혼용하여 시장규모 예측

o 전체 건설 및 건설IT융합 시장에서 창출되는 건설IT융합 시장의 점유율 비교

- 각 부문별로 IT융합을 통하여 창출되는 신규 시장의 전체 시장 대비 점유율을 비교하여 보면, 건설 설비 부문과 시공 부문을 합하였을 경우 건축시장에서 IT융합 시장의 점유율이 가장 높을 것으로 전망되며, 다음으로 건물 에너지 제어 및 관리시장, 건축자재 시장 순임[8)]

[표 2-15] IT융합을 통하여 창출되는 신규 시장의 전통적 건설시장에 대한 점유율 비교

단위: %

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건축자재 시장	1.7%	3.6%	6.1%	8.8%	11.8%	15.0%
건축시장	2.8%	6.4%	10.2%	14.1%	18.2%	21.1%
- 건설설비 부문	1.6%	3.5%	5.5%	7.9%	10.6%	13.4%
- 건설시공 부문	1.2%	2.7%	4.1%	5.6%	7.7%	9.6%
건물 에너지 제어 및 관리 시장	2.2%	4.7%	7.6%	10.6%	13.9%	17.6%

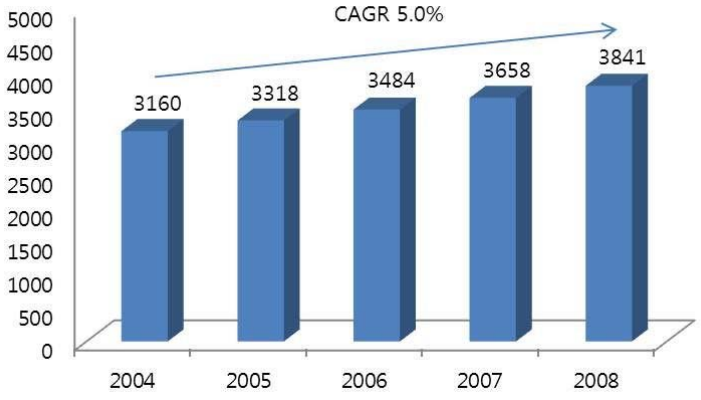
* 참고) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과, 고려대학교 조충호 교수

(2) 비파괴검사기술 시장

o 국내 비파괴검사 장비 판매회사, 제조회사, 전문검사업체 등을 포함하여 국내에 약 123개 회사가 있는 것으로 파악되며, 매출규모는 3,160억원 규모인 것으로 파악됨

- 수입에 의존하지 않고 자체적으로 장비제작 및 판매를 취급하는 곳은 전체 123개중 23개에 불과한 것으로 조사됨

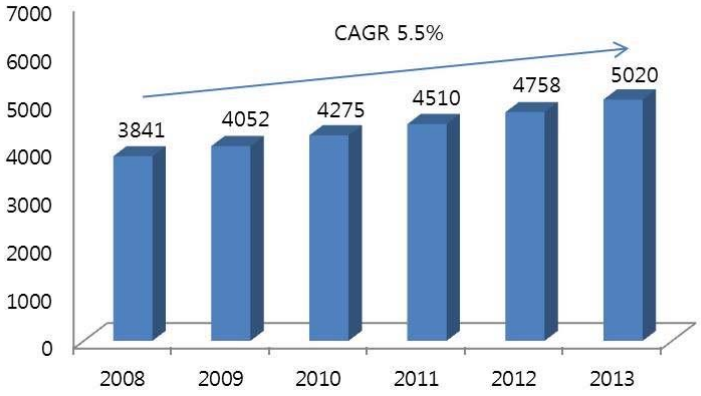
- 업계 전문가 인터뷰를 통한 연평균 성장률 추정 등을 통하여 2008년 국내 비파괴검사 시장 규모 및 검사방법별 비율을 추정한 결과는 다음 그림과 같음



[그림 2-9] 국내 비파괴검사 시장 규모

- 국내 관련 업계 전문가의 의견을 반영하면, 향후 비파괴검사 시장의 연평균 성장률은 5.5%로 전망되며, 이를 적용하여 향후 국내 시장 규모를 추정하면 다음 그림과 같음

8) u-city시장의 경우 그 자체가 IT로 인하여 창출되는 신규 시장이므로, 점유율 비교에서 제외



[그림 2-10] 국내 비파괴검사 시장 규모 예측

2. 국외 시장 규모 및 전망

가. 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 분야 해외 시장 규모 및 전망

- 한국건설산업연구원은 구조물 안전성 평가 기술의 세계시장규모를 4조 5천억 달러로 전망하고 있으며, 이에 따라 붕괴에 대한 구조물의 안전성 평가 시스템은 약 400억~600억 달러의 시장 규모를 가질 것으로 예상됨
- 한국건설산업연구원은 구조물 안전성 평가 기술의 세계시장규모를 4조 5천억 달러로 전망하고 있으며, 이에 따라 붕괴에 대한 구조물의 안전성 평가 시스템은 약 400억~600억 달러의 시장 규모를 가질 것으로 예상됨
- 서비스(소프트웨어 포함) 시장의 경우에는 2008년 약 43억 달러에서 2018년에는 846억 달러에 이를 것으로 전망되어 기기 시장보다 서비스 시장이 훨씬 더 커질 것으로 예측됨
- 세계비파괴 장치/기기시장
  - 세계 비파괴검사 장치/기기 시장은 기존의 연평균 성장률인 6%를 유지하며, 향후 지속적인 성장을 이룰 것으로 보는 것이 합당함
  - 2008년 약 27.77억 달러 수준이던 시장은 6%의 연평균 성장률로 향후 5년 후인 2013년까지 성장하여 약 37.17억 달러 수준으로 성장할 것으로 예측됨
  - 더불어 비파괴검사 장치/기기를 활용하는 기술용역을 포함한 부가가치 생산액도 장치/기기 시장 성장과 비례적으로 성장하여 2013년에는 연간 150억 달러를 넘을 것으로 전망됨
- 세계 각국 및 기업들은 현재 기술개발의 로드맵을 설정하고 센서분야, 네트워크 분야, 시스템 분야에 관심을 가지고 있는데 향후 5년 후인 2014년부터는 지금과는 다름 교량 안전성, 건전성 평가 기술이 등장하여 향후 시장을 대체 할 것으로 예측됨
- 시장 진입은 기술 개발의 소요 시간과 기술적 해결 장애 및 시장 진입 후 신뢰성 기간 경과의 필요성으로 기술적으로 선점한 기업, 국가 이외에는 상당한 어려움이 있을 것으로 예상됨

o 현재 교량 IT융합기술의 시장은 상당한 규모의 시장이 형성되어 있으며, 연 시장 성장률은 일반 건설, 토목 증가율보다 더 증가하고 있음. 다만, 시장의 성숙도에 비해 현재 기술개발 수준은 미흡하여 시장의 요구에 맞는 기술 개발이 필요하며, 본 과제 종료 후 극한 환경의 기반으로 한 IT융합교량 시장은 초기단계 및 성장단계에 이를 것으로 예측됨

o 미국

- 현재 미국에서 구조적으로 노후 시설물을 관리 유지하는데 매년 $200 Billion을 사용하며, 교량에 있어서 노후 교량을 교체하는 데 소요되는 비용이 매년 $10 Billion 정도에 이름
- 미국의 지능형 교량 구성 기술 중 하나인 WIM 시장규모는 2015년에는 약 4,200억 달러 규모로 성장할 것이며, 이중 80% 이상이 민간부문에서 발생할 것으로 전망

o 일본

- 노면결빙 시장의 경우, 세계 시장의 16%를 차지하고 있으며, 2011년 23억 달러, 2013년 27얼 달러, 2015년에는 3,043백만 달러로 연평균 7.1%의 성장률이 예상됨
- 일본 센서네트워크 분야별 2010년 시장규모는 방범 시큐리티, 교통분야, 재해대책 순서로 안전필수 시장의 확대가 예상됨

나. 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술

o 세계적으로 신규 교량건설 위주의 시장에서 개축·교체·보강 등 유지관리 교량 시장으로 이동하고 있으며, 미국, 일본, 유럽 등에서 교체가 필요한 노후화 교량이 50% 이상 차지하고 있음. 교량 손상 자동 치유 기술은 신설 교량뿐만 아니라 노후화 교량의 개축·교체·보강에 적용될 수 있음.

- 미국 내 전체교량은 585,000개이며 공용연수가 오래되어 보수·보강이 필요한 교량은 약 38%인 221,000개로 추정하고 있음. 캘리포니아주에는 준공된 지 36년 이상 노후화된 교량이 66% 정도를 차지함.
- 일본교량건설협회에 등록된 교량 21,807개 중에서 준공 된지 20년 이상 경과된 교량은 11,261개로 보수·보강이 필요한 교량이 50% 이상을 차지함.
- 그 외 선진국에서도 미국, 일본과 마찬가지로 신축되는 교량보다는 유지관리가 필요한 교량이 많고, 개발도상국에서도 준공되어 점차 성능이 저하됨으로써 보수·보강이 필요로 하는 교량이 꾸준히 증가하므로 전 세계적으로 교량의 보수·보강·개축 등 유지관리 시장은 교량 시장에서 큰 비중을 차지할 것임.

o 미국

- 미국연방도로청(FHWA)에서는 공사 중 교통정체 손실비용의 절감을 목적으로 건설 공기 단축에 인센티브를 주는 교량급속시공(ABC) 프로그램을 적극 권장하여 급속시공 분야의 성공 가능성이 높은 잠재 시장임
- FHWA에서 미국토목학회에 의뢰한 미국 토목인프라 현황조사 보고서(2008)을 보면, 미국 교량의 25%인 162천개소의 교량이 구조적인 문제와 기능적으로 노후화된 것으로 조사됨

- 노후교량 개선을 위하여 2004년도에 $105억/년 (AASHTO, 2004)이 소요되었으며, 노후교량의 보수 및 개선을 위하여 $170억/년 규모의 예산이 지속적으로 요구되는 것으로 조사됨
- AASHTO 예측으로 현재 모든 미국내 교량의 성능개선과 보수보강을 위해 $1,400억의 예산이 필요함(구조적 성능개선 $480억, 기능적 개선 $920억)
- 현 수준의 교량 노후도를 유지하기 위해서는, 50년간 총 $6,500억($130억/년)의 예산이 필요하며, 노후교량을 개선하기 위해서는 50년간 $8,500억($170억/년)의 예산이 필요한 것으로 조사됨

○ 일본

- 일본의 전국 교통혼잡비용은 12조엔으로(9만엔/인) 정체로 인한 손실시간은 연간 약 38억시간으로 1인당 30시간으로 조사됨(일본 국토교통성, 2002)
- 이러한 교통혼잡비용을 줄이기 위하여, 정부에서는 공기 단축을 독려하고 이에 따른 인센티브 제도를 도입하고 있음
- 일본은 대부분의 도시고속도로와 철도가 대도시를 관통하는 고가도로 형태로 건설되고 있어 교통체증을 최소화할 수 있는 공법의 개발이 활발하며, 실제 다수의 적용 예가 있음
- 일본의 교량길이 15m 이상의 도로교는 약 15만개가 있으며, 이 중 공용연수가 50년을 넘은 교량은 전체의 약 8% 이며, 10년 후에는 26%, 20년 후에는 약 53%에 달하여(일본 국토교통성, 2010), 노후교량의 보수 및 교체 시장이 급성장 할 것으로 예상됨

○ 개발도상국

- 개발도상국의 교량 건설 프로젝트는 우리나라 건설회사가 진출하기 쉽고 이미 상당수 진출해 있음
- 세계 재정위기 이후 각 개발도상국가 별 내수경기 부양책으로 인프라 구축 사업이 활발히 진행되고 있음
- 국내 건설사는 베트남 까마우섬 사업에 표준화 교량 1,012개소 사업, 탄손낫-빙러이 간선로로(13.6km) 사업을 착수하는 등 개발도상국 인프라 구축사업에 참여하고 있음

구분	2013	2018	2023	2030	비고
공사비 또는 매출액(억원)	10	13	17	25.5	유지관리 시장 확대
년간 증가율 (%)		130%	130%	150%	

○ 한국건설산업연구원은 구조물 안전성 평가 기술의 세계시장규모를 4조 5천억$로 전망하고 있으며, 이에 따라 붕괴에 대한 구조물의 안전성 평가 시스템은 약 400억~600억$의 시장규모를 가질 것으로 예상됨

○ 서비스(소프트웨어 포함) 시장의 경우에는 2008년 약 43억 달러에서 2018년에는 846억 달러에 이를 것으로 전망되어 기기 시장보다 서비스 시장이 훨씬 더 커질 것으로 예측됨

- Optical sensor를 이용한 교량 상태 계측 및 자동화된 보수 장비는 인력구조가 열악한 후진국에서 더욱 사용이 광범위 하게 활용 될 것으로 예상됨
- 후진국의 경우 낮은 임금으로 인하여 자동화 장비에 대한 모티브가 적으로 것으로 오해되지만, 실제로는 낮은 교육 수준과 숙련된 기술인력의 공급이 어려워 자동 장비를 사용함으로서 높은 작업 생산성, 일관된 작업 품질을 확보 할 수 있음
- 세계비파괴 장치/기기시장
  - 세계 비파괴검사 장치/기기 시장은 기존의 연평균 성장률인 6%를 유지하며, 향후 지속적인 성장을 이룰 것으로 보는 것이 합당함
- 2008년 약 27.77억 달러 수준이던 시장은 6%의 연평균 성장률로 향후 5년 후인 2013년까지 성장하여 약 37.17억 달러 수준으로 성장할 것으로 예측됨
- 더불어 비파괴검사 장치/기기를 활용하는 기술용역을 포함한 부가가치 생산액도 장치/기기 시장 성장과 비례적으로 성장하여 2013년에는 연간 150억 달러를 넘을 것으로 전망됨
- 세계 각국 및 기업들은 현재 기술개발의 로드맵을 설정하고 센서분야, 네트워크 분야, 시스템 분야에 관심을 가지고 있는데 향후 5년 후인 2014년부터는 지금과는 다른 교량 안전성, 건성성 평가 기술이 등장하여 향후 시장을 대체 할 것으로 예측됨
- 시장 진입은 기술 개발의 소요 시간과 기술적 해결 장애 및 시장 진입 후 신뢰성 기간 경과의 필요성으로 기술적으로 선점한 기업, 국가 이외에는 상당한 어려움이 있을 것으로 예상됨
- 현재 교량 IT 융합기술의 시장은 상당한 규모의 시장이 형성되어 있으며, 연 시장 성장율은 일반 건설, 토목 증가율보다 더 증가 하고 있음. 다만, 시장의 성숙도에 비해 현재 기술개발 수준은 미흡하여 시장의 요구에 맞는 기술 개발이 필요하며, 본 과제 종료후 극한 환경의 기반으로 한 IT융합 교량 시장은 초기단계 및 성장단계에 이를 것으로 예측됨

다. 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술

- 세계적으로 건설 IT 융합 시장은 2010년 7,025억 달러에서 2015년 10,322억 달러로 증가 예상이고, 세계 최대 시장은 유럽지역으로 전 세계시장 규모의 32% 정도, 북미권 시장 규모는 약 30% 정도 차지하고 있음. 국내 건설 산업은 국내 단일 산업으로는 가장 큰 비중이며, 세계 시장의 2.3% 규모이며, 건설 IT 시장은 2010년 36.2조원에서 2015년 72.8조원에 도달할 전망(IT 융합 R&D 발전 전략, 2010.8)
- 우리나라는 2010년 현재 건설IT 분야 세계시장 점유율의 0.21% 수준에 그치고 있으며 BSIM S/W를 포함한 AEC(Architectural Engineering Construction) S/W 시장의 90% 이상을 특정 외산 S/W가 장악
- 건설IT 인프라 기술(4D CAD/BIM/GIS) 수준은 선진국 대비 63% 수준, 저에너지/친환경 건설 및 신소재 개발은 40% 수준으로 미흡. 이 중 건설IT 인프라 기술의 실현시기는 전세계적인 추세로 볼 때 2010년, 시장보급시기는 2013년으로 전망되어 선진국과의 기술격차를 단기간에 해소할 방안의 도출이 절실

시장 \ 년도		(2011년) 현재년도	(2016년) 개발 종료후 1년	(2018년) 개발 종료후 3년
전체 세계 건설 시장 규모		52,610	75,477	80,157
건축,대형 시설물 유지관리 분야	세계 시장	2,192	2,644	2,904
	산출근거	○ 출처: 해외건설협회 2007. 12. , 건교신문 2008. 4. ○ 출처: 대한건설협회 2010년도 건설경제 주요통계(4/4) ○ 세계건설시장규모는 세계경제 연평균경제성장률 6.20% 적용 산출 ○ 한국건설시장규모는 한국은행 연평균경제성장률전망치 4.23% 적용산출		
건설 IT 융합	세계 시장	2,640	3,606	4,013
	산출근거	○ 국외: ETRI 건설에서 제공하는 "IT 융합 TFT" [2008.4] 자료를 바탕으로 건설-IT 부문 시장동향 및 규모는 2012년에 $60,310억으로 예상되며, 이 중에서 건설IT 시장은 $2,890억에 이를 것으로 예상됨		

년도	(2009년) 2년 전	(2010년) 1년 전	(2011년) 현재년도
수출 규모	N/A	N/A	N/A
수입 규모	220억원	1,500억원	1조6천억원
산출근거	○ Building Smart 협회 자료를 바탕으로 작성, 수출 실적은 추정 불가.		

- 조립 및 제조와 관련된 모든 산업 분야와 연계된 CAD시장은 그 범위가 매우 광범위하며 기술개발 증가로 끊임없이 성장 및 확대, 매출 증가로 이어지고 있음
- 세계 모든 주요 산업과 연계되는 CAD시장은 경기침체에 영향을 받으나, 툴의 판매량 증가는 꾸준히 늘어나는 추세를 보임(2007년 52억 달러, 2008년 60억 달러, 20~15% 증가)

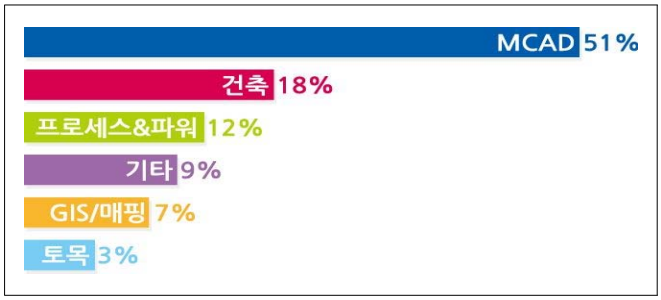
[표 2-16] 세계 CAD시장 매출 현황

(단위 : 100만 달러)

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
4,362	5,235	6,025	6,609	7,072	7,567	8,210

출처 : JPR, CAD&Graphics. 2008.11

- 조사에 따르면 전체 시장은 2009년 66억달러에서 2012년 82억달러임. 분야별 점유는 MCAD(51%), 건축(18%)등의 순으로 시장 점유율을 보임. 특히 건축 및 토목분야는 전체 CAD시장의 21%를 점유함



[그림 2-11] 세계 CAD/CAM/CAE/PDM시장 구성률

출처: JPR, CAD&Graphics. 2008.11

- 한편, 세계 CAD시장을 2013년부터 연평균 성장률 10%로 가정하여 매출 규모를 예측하면 2015년 110억 달러, 2020년 176억달러로 전망됨

o 또한, 2015년 이후 세계경제 경기 상승으로 CAD서비스(패키지, SI, 서비스 등) 수요물량 증대로 인한 매출증가라는 시나리오를 선정하고, 자체회귀를 통한 곡선 추정방법으로 매출 규모를 예측하면 2015년 113억달러, 2020년 255억달러로 전망됨

[표 2-17] 세계 CAD시장 매출 예측

(단위 : 100만 달러)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9,031	9,934	10,928	12,020	13,222	14,545	15,999	17,599

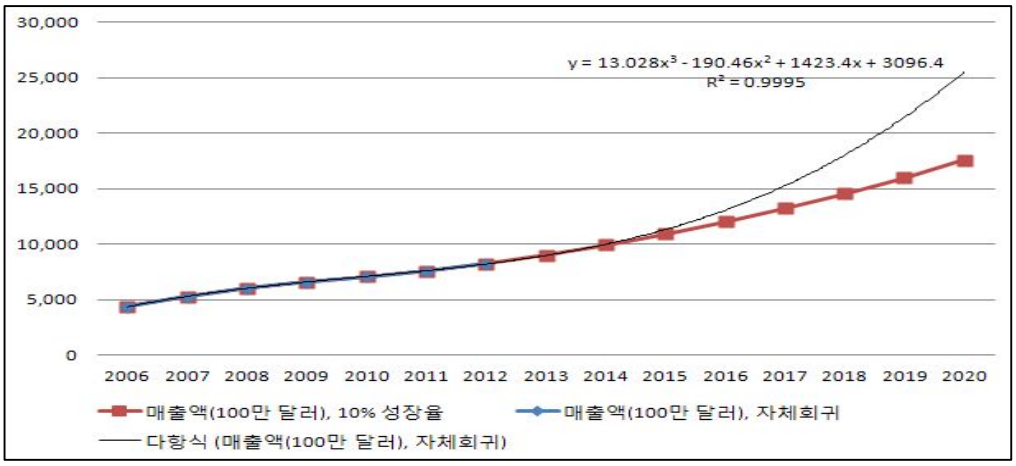
참고: 2006~2012년 자료 가공

(단위 : 100만 달러)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8,964	9,977	11,312	13,048	15,263	18,035	21,443	25,563

자체 회귀 : (R2=0.9995), 13.028x3 - 190.46x2 + 1423.4x + 3096.4

참고: JPR, CAD&Graphics. 2008.11, 2006~2012년 자료 가공



[그림 2-12] 세계 CAD 분야 시장예측 추이

3절. 기술동향분석

1. 국내외 기술개발 동향

가. 국내 기술동향

(1) 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술

- 건설 산업은 국가 경제에 차지하는 비중이 매우 큰 반면, 부가가치 창출이 미흡한 전통적인 아날로그 산업으로 인식되어 그동안 기술투자와 IT융합이 미흡하였으나 최근 건설 기술의 설계·시공·유지관리 분야에서 뚜렷하게 IT, 로봇, 자동차, 통신 등 첨단 기술의 융·복합 기술 개발을 매우 적극적으로 추진하고 있는 상황임
- 건설 기술은 정부의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT기술을 융합한 신성장 동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 생활 밀착형 건설 기술과 SOC형 건설 기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임
- 특히, SOC 지능화를 위해 최근 추진하는 대표적인 건설 IT융합기술은 지능형 교통체계(ITS), 유비쿼터스(u-City), 저에너지 그린 빌딩, 차세대 공간정보(GIS) 기술 등으로 기존의 SOC 건설 기술을 고도화 및 지능화하는 기술 개발이 매우 중요한 과제로 등장하고 있음
- 유선기반에서 무선기반 모니터링으로 변환하는 추세임
  - 무선세서노드 + 센서(가속도 센서, 변형률 센서, 풍향 풍속 센서)
  - 현장 적응성, 안정성, 데이터 신뢰성 확보가 관건

세부기술명	무선 센서 네트워크 기술			
국내 업체 보유기술	**업 체**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	한백전자	USN, 임베디드, 안드로이드기술	Ubiquitous Sensor networks	교량, 터널계측
	휴인스	IT융합, 임베디드, 안드로이드기술	Ubiquitous 솔루션 개발	재난재해관리 환경모니터링
	하이버스	USN 임베디드 기술	임베디드기반 설비시설 및 공정자동화 기술	무선센서 기반 자동계측
국내 기관 연구개발	**기 관**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	건양대	Wireless 스마트 센서 시스템	장대형 구조물의 무선계측시스템을 이용한 데이터 획득 및 분석 시스템 구현	SWMAS(Smart Wireless MEMS based Accelerometer System) 개발
	성균관대	임베디드 임피던스/초음파 센서 개발 및 USN 모듈 개발	셀프 센싱 기반 구조물 손상 자가진단 기술 및 원격제어 시스템 구현	무선 임피던스/초음파 센서노드

세부기술명	광섬유센서 기반 교량상태 실시간 감지 및 진단·평가기술			
국내 업체 보유기술	**업 체**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	카이센	광섬유센서 패키징 및 활용기술(강연선 및 앵커헤드 센싱 기술)	센서 패키징 뿐만 아니라 건설관련 활용기술 개발	기존대비 내구성 및 신뢰성 향상
	아이세스	측정장비 및 센서 패키징기술	정적 광섬유센서 측정장비와 다양한 센서 패키징 개발	
	FBGtech	센서 패키징 기술	다양한 센서 패키징 기술	
국내 기관 연구개발	**기 관**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	전남대	스마트 케이블 개발	셀프 센싱이 되는 스마트 텐던 개발 및 다양한 적용 연구 수행	스마트 텐던
	건기원	처짐 측정기술 및 다양한 적용 실적 보유	광섬유 변형률 센서를 이용한 교량의 처짐 추정 알고리즘 개발 및 다양한 구조물의 test bed 적용	광섬유센서 기반 교량의 test bed
	철도연	터널 등 다양한 적용 실적 보유	광섬유센서를 이용한 철도교 및 터널 등 다양한 test bed 적용	광섬유센서 기반의 test bed

(2) 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술

- 국내에서 최근 건설되는 교량의 설계수명은 100년 정도이나, 실제 공용수명은 30~50년 정도로 조사되고 있음. 특히 피로하중과 제설제의 영향을 받고 있는 교량 바닥판의 수명은 10~15년 정도로 상당히 짧음.
- 한국건설기술연구원에서 교량의 내구성 수명을 200년 이상 확보하는 기술을 개발하고 있음. 초고성능 콘크리트 및 FRP 등 신재료·신소재를 활용한 다양한 바닥판을 개발하여 현장적용 단계에 있음. 그리고 플라이애시, 고로슬래그 및 팽창재를 사용하여 콘크리트의 내구성 향상 기술을 개발하고 있으며, 이는 균열 치유 콘크리트의 요소기술로 활용될 수 있음. 또한 한국건설교통기술평가원의 건설기술혁신사업의 일환으로 "차세대 시설물용 신재료 활용 기술 개발"에서 고인성 섬유보강 시멘트 복합체 (DFRCC: Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites)를 개발하여 동적하중을 받는 교량에 시범적용 실적이 있음.
- 세종대학교에서 일본 동경대학과 공동으로 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 기술을 활용하여 균열제어가 가능한 콘크리트 기술을 개발하고 있음.
- 경북대학교에서 2008년부터 한국학술진흥재단의 기초연구과제사업 일환으로 친환경 콘크리트를 위한 가시광선 반응형 나노 광촉매와 박테리아를 이용한 고정화 기술 개발을 하고 있음. 이를 통해 미생물의 생체 광물형 형성 작용을 이용한 자기 치유 콘크리트를 개발하고 있으나, 아직은 초보단계라 할 수 있음.
- 연세대학교에서 건설교통 R&D 정책·인프라 사업 "성능중심의 건설기준 표준화 연구단"에서 광물질 결합재를 사용한 콘크리트에 균열 치유의 효과를 향상시키기 위해 전기 화학적 전착 기법을 적용한 인공균열 치유기법 (artificial crack healing)을 검토한 바 있음.

o 그 외에 보수 및 방수재료·공법에서 포졸란 반응 물질 및 탄산칼슘 생성 물질 등을 혼입한 재료를 사용하고 있으나, 단순히 강도 및 내구성을 향상시키기 위해서고 균열 치유를 목적으로 하고 있지 않음

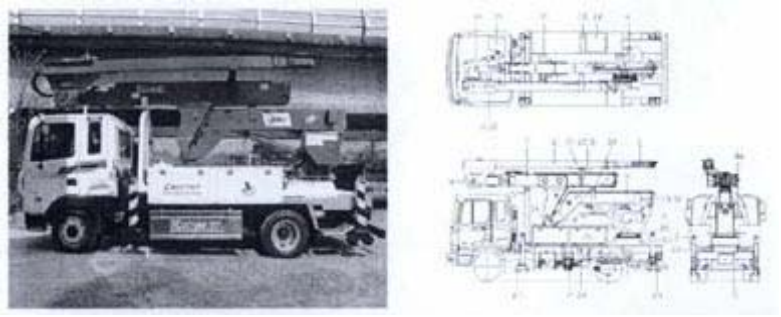
o 이와 같이 국내에서 자기 치유 콘크리트는 초보단계라 할 수 있으나, 자기 치유 재료 및 섬유 보강 시멘트 복합체의 요소기술을 보유하고 있으므로 동적하중을 받는 교량용 자기 치유 콘크리트 기술을 충분히 개발할 수 있을 것임

세부기술명	교량 손상 자동 치유 기술			
국내 업체 보유기술	**업체**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	원하종합 건설	보수용 섬유복합모르타르 및 시공기술	고연성과 다수균열의 특성을 가진 섬유복합 모르타르	장기적으로 보수성능 유지 및 보강효과
	대우건설	나노실리카 및 산업부산물을 이용한 콘크리트	10nm 이하의 나노실리카와 광물질 혼화재 70% 이상 사용한 콘크리트 제조 기술	수화열 저감 및 강도 35MPa 이상
	트라이포드	매립지 지하 구조물용 성능 향상 기술	Si/Al 복합 무기염 및 다환형 올리고머 축하물을 혼합하여 액상형태의 혼화제	콘크리트의 수축저감, 내염해성 향상
국내 기관 연구개발	**기관**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	한국건설기술연구원	콘크리트 교량의 내구성 향상 기술 개발	광물질 혼화재 및 팽창재 이용 고내구성 콘크리트, 고인성 섬유보강 시멘트 복합체 개발	200년 수명 초고성능 콘크리트
	세종대	균열제어 섬유보강 시멘트 복합재료 개발	섬유보강 시멘트 복합재료의 자기치유 효과 평가	균열제어 섬유보강 시멘트 복합재료
	경북대	박테리아를 이용한 자기 치유 콘크리트 개발	미생물의 생체광물 형성 작용을 이용한 자기 치유 콘크리트 개발	박테리아 이용 기술

o 국내의 경우 2008년도 국토해양부의 “교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발”에서 교량 계측 및 장비를 개발 하고자 하였으나 현장 적용이 가능항 수준의 장비 개발이나 상용화가 이루어지지 못함



[그림 2-13] 교량 하부 점검을 위한 접근 방식 (자료: 국토해양부 2008[9])



[그림 2-14] 굴절 로봇 장착 차량 (자료: 국토해양부 2008[10])

- 디지털 카메라를 이용하여 교량의 표면을 계측하는 시스템을 개발하려는 시도가 있었으나 완성되지 않았음



[그림 2-15] 디지털 카메라 (자료: 국토해양부 2008[11])

- 건설 산업은 국가 경제에 차지하는 비중이 매우 큰 반면, 부가가치 창출이 미흡한 전통적인 아날로그 산업으로 인식되어 그동안 기술투자와 IT융합이 미흡하였으나 최근 건설 기술의 설계·시공·유지관리 분야에서 뚜렷하게 IT, 로봇, 자동차, 통신 등 첨단 기술의 융·복합 기술 개발을 매우 적극적으로 추진하고 있는 상황임

9) 국토해양부 (2008) "교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발"
10) 국토해양부 (2008) "교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발"
11) 국토해양부 (2008) "교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발"

- 건설 기술은 정부의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT 기술을 융합한 신성장 동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 생활 밀착형 건설 기술과 SOC형 건설 기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임
- 특히, SOC 지능화를 위해 최근 추진하는 대표적인 건설 IT 융합기술은 지능형 교통체계(ITS), 유비쿼터스 도시(u city), 저에너지 그린 빌딩, 차세대 공간정보(GIS) 기술 등으로 기존의 SOC 건설 기술을 고도화 및 지능화하는 기술 개발이 매우 중요한 과제로 등장하고 있음

나. 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술

- 센서 네트워크를 위한 이종의 다양한 자원은 미들웨어를 통해 다양한 응용에 공유되어 왔으며, 센서 네트워크 분야의 여러 표준화가 진행되고 있으나, 다양한 종류의 센서 수용 등이 어려워 센서 데이터의 활용이 낮아 최근 보완이 추진되고 있음.
- 실질적인 센서/센서 네트워크/플랫폼이 가지는 이질성/연계에 대한 부분은 미흡
- 행정복합도시건설청 행복도시의 U-City 구현, 행복도시 건축물 3차원 정보도입을 위한 한국형 3D CAD 지침 제작 및 시범 적용에 대해 연구하고 있음.
- 건설사에서의 BIM 도구 활용 현황에서 현재는 초기 설계 단계부터 적용되지는 못하고, 2차원 설계 이후의 설계 및 시공성 검토에 주로 BIM 기술이 활용되고 있음.
- 호남고속철도 BIM지침: 철도시설물 설계 및 유지관리의 첨단 정보를 위해 3D 작성 지침 등을 만들어 적용함.
- 최근 수요가 늘고 있는 고부가가치 건설 엔지니어링 및 지능형 건물 등의 분야에서 BIM 기술 적용 확산
- 국내개발 사례는 3차원 IFC 가시기술 관련업체가 3차원캐드 및 가시화 관련으로 개발을 하고 있으나 국내에서도 아직 표준이 정립되지 않은 상태임
- 최근 건설분야에서는 PMIS와 KMS를 통해 건설단계에서 파생되는 데이터와 지식들을 관리함과 동시에 건설프로젝트의 전반적인 운영을 위해 요구되는 각종 치침서 및 공법, 행정절차 등의 정보를 추가로 제공할 수 있도록 전자매뉴얼 기술의 적용 가능성을 검토하고 있음
- 기존의 건설분야 전자매뉴얼 관련 연구는 전자매뉴얼 특수성 연구나 시안 작성수준으로 구성되어 실제 건설분야 전자매뉴얼 시스템 개발 사례는 미흡한 실정임
- Macro Engineering과 철도청에서는 철도차량의 데이터 관리 및 유지관리를 위한 전자매뉴얼을 구축하였으나, 공사 시설물을 직접적 적용대상으로 구성된 사례는 없음
- 증강현실기술은 최근 GIS 및 위성 영상을 활용한 지도 서비스의 전 세계적 확대와 함께 GPS, 그래픽 처리능력을 갖춘 스마트폰 적용 등 관련연구사례가 증가하고 있음. 따라서 게임, 교육, 의료 및 제조분야뿐만 아니라 도시 지하시설물 관리와 건설현장에서 부재의 위치나 도면 분석 등 건설 분야에서 활용성 될 것으로 기대됨
- 기존 4D CAD 시뮬레이션 기술은 설계 및 시공단계위주로 공정관리와 비용, 자원 및 리스크 정보와의 연계를 통한 비용관리, 자원관리, 리스크 관리 등의 5D/6D, nD CAD로 발전되고 있음

- 또한 기존의 4D 시뮬레이션에 활용된 3D 모델이 단순한 3D 형상모델에서 다양한 정보가 포함된 BIM기반 3D 모델로 점차 변화되고 있는 추세이며, 센서, 스마트폰 등 다양한 IT 기술 융합과 관련된 연구들이 진행되고 있음
- 국내 BIM 소프트웨어 개발사로 오토데스크코리아, 벤틀리시스템즈코리아, 베이시스소프트 및 한국가상현실, 버츄얼빌더스가 있음
  - 버츄얼빌더스는 국내 유일의 BIM 저작도구인 ArchiSpace, 3D GIS 플랫폼인 UrbanSpace를 개발하였으며, 순수 국내기술로 BIM-IFC 호환엔진인 Khan IFC Browser를 개발하였음
  - 한국가상현실의 KOVI Archi, 오토데스크 제품인 Revit, 벤틀리시스템의 제품인 ArchiCAD의 경우, 2, 3차원 공간저작과 객체기반 및 수치기반 모델링을 지원하고 분석을 위한 공간 연결관계 정보를 부분적으로 지원함
  - 버츄얼빌더스의 ArchiSpace는 시뮬레이션 및 모니터링 기능, 독립뷰어제공, 다양한 형식의 가시화 기능 제공
  - 그 이외의 국내 업체는 디디알소프트로 BIM 기반 건설현장용 설계검토 및 협업도구인 XDSpace, 재난상환 3D 모델링 통제시스템인 DICOS, 도면 작성관리시스템eVISO를 개발하였음
- 국내외 3차원 설계정보 활용현황은 국외에 비해 도입단계에 머물러 있음
  - 주로 민간 및 건축부문을 중심으로 도입 및 적용성 검토를 위한 프로젝트가 추진되고 있으며, 토목공사 분야의 BIM적용은 건축 분야와 달리 기초적 수준에 머물러 있음
  - 관련 기술과 제도 기반이 마련되지 못한 관계로 적극적인 활용은 미흡한 상황임
- 소수의 사례지만 토목분야의 대형 국책사업에 3D, 4D 시뮬레이션 구성이 의무화된 사례 등은 토목분야 BIM 환경 구축에 고무적인 상황임
  - BIM 공사관리 통합웹사이트 구축을 통한 현장 관리체계 마련 및 3D 정보 모델 구축, 교량프로젝트에 BIM 일부 도입을 통한 공종간섭 확인 및 시공성 검증 효과 확인, 지하철 현장의 BIM도입을 통한 시공성 검토, 2D 도면의 철근물량 검토 등이 수행된 바 있음

기관명	기술동향 및 수준
한국전자통신연구원	- USN 미들웨어 기술(COSMOS)을 개발함으로써 다양한 이종의 USN 인프라를 다양한 응용이 공유할 수 있는 기반 기술 개발 - 최근, USN기술 성과 확산을 목표로 센서/센서네트워크 표준 연동을 위해, 국내에서는 USN포럼과 TTA에 참여하고 있으며, 국외에는 ITU-T와 ISO/IEC WG7, 그리고 OGC 등의 국제 표준에 참여중임
TTA	- 한국전자통신연구원과 국내 센서네트워크 업체들의 미들웨어 기술 개발 경험을 기반으로 USN 메타데이터 모델(TTAK.KO-06.0168R1)로 제정되었으며, 식별체계를 전제로 하여 식별체계 기반 해당 자원 정보를 제공하는 검색 서비스 구조(TTAS.KO-06.0165) 표준이 제정되었음
(주)한국공간정보통신	- IntraMap3D 등의 솔류선개발 - 3차원 공간정보의 구축 및 관리, 공간연산, 공간분석등의 기능제공
EGIS	- 2차원형태의 GIS 공간 DATA를 기반으로 3차원 공간 DATA를 자동으로 생성 기술 개발 - 주제도 별 관리 및 3차원 기반 위상학적 분석이 가능한 DESKTOP용 3D GIS Engine 개발
디디알소프트	- 3차원 객체 캐드 기반의 제품생산 - 건설통합솔류션 및 시설물관리 분야
(주) 두올테크	- ArchiCAD기반 3D용역 - 3D 시공계획 시뮬레이션 용역 - ArchiCAD GDL기반 응용프로그램 개발
㈜프로랭승 (한국)	- 문서 위주의 방대한 기술 자료들을 디지털 전자문서 체계로 구축가능하고 상호 대화(Interactive)와 멀티미디어 지원을 통해 적재적소에 필요한 정보를 정확하고 이해하기 쉽게 제공하는 전자 기술지원
㈜에스제이인포텍(한국)	- 모바일기반의 전자매뉴얼 구성으로 시공간적인 제약을 벗어난 협업가능 - 독립적인 운영성과 호환성을 제공하고 멀티미디어 정보의 유연성 확보
매크로엔지니어링(주)	- 인터넷 기반으로 시스템의 설치, 이용, 관리 및 업데이트가 용이하고 표준체계에 따른 정보축적으로 공유 및 재활용이 가능
LATIS (한국)	- CHM, Web Help, Java Help, Adobe AIR Help, Flash, IETM 등 다양한 형태의 전자매뉴얼 구성 - 사용자의 편의성 위한 Context Sensitive Help 기능 제공
더블유공간정보기술(한국)	- 현장내에서 즉각적인 공사검증이 가능한 모바일 기반의 증강현실 구조물 관리 기능
쌍용 (한국)	- 3차원 토공관리, 가상현실 안전관리, 장비 운영
지오엔티 (한국)	- 토공시뮬레이션기능 등 독자적 BIM엔진 개발

다. 국외 기술동향

(1) 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술

- 해외의 경우 미국, 홍콩, 일본, 덴마크 등 많은 국가에서 지능형 교량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 대표적 연구로는 모니터링 기술, 안개저감 기술, 신재생에너지 기술 등이 있음
- 미국 미니애폴리스에 2007년 8월 1일에 붕괴된 I-35W 미시시피강 교량을 대신하여 최첨단 기술인 기상 센서와 자동 제빙 측정기들로 무장된 새로운 교량이 설치됨
- 그 외에 콘크리트 강도를 측정하는 센서, 변형률을 측정하는 센서, 온도변화 등으로 인해 발생할 수 있는 익스펜션 조인트의 움직임, 온도센서를 통한 교량의 온도변화, 교량의 진동, 부식, 그리고 제빙을 위한 측정 등이 교량에서 이루어짐
- 미국 백텔(Bechtel) 건설은 u-컴퓨팅 기술과 건설 프로세스와 접목한 스마트 건설기술 개발 진행 중이며 세계적 IT 기업인 IBM은 Smart Utility 사업 분야를 유망 신사업분야로 설정하여 투자를 시작했고 세계 최대 네트워킹장비 업체인 CISCO 역시 CUD(Connected Urban Development) 프로젝트를 통해 건설 사업과 연계를 집중하고 있음
- EU는 미래 세계건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해 "사회기반시설 혁신전략"을 마련 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년 까지 2,400억 유로 투자 계획을 수립함
- 도시 건설을 상품화하는 건설 IT 인프라 기술도 확산되면서, 도시의 설계/시공/운영 전반에 걸쳐 IT융합 기술이 폭넓게 활용되는 추세

- 지능형 교량 모니터링 기술

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
진동을 이용한 에너지 하베스팅	독일/미국	40	5년 이상
미소열을 이용한 에너지 하베스팅	미국	30	5년 이상
광섬유센서 기반 케이블 장력측정 기술	미국	60	24
광섬유센서 기반 교량의 처짐측정 기술	대만	50	24

세부기술명	무선 센서 네트워크 기술			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	MOI (미국)	광섬유 측정장비 및 범용 센서	범용 측정장비 개발로 가장 큰 시장 보유	내구성 및 신뢰성 향상
	Fiber Sensing	광섬유 측정장비 및 범용 센서	PXI기반의 광섬유센서 측정장비 개발. 기존 전기식	

	(유럽)		시스템과 연동가능	
	Smartech(스위스)	센서 개발 및 토목구조물의 활용기술 개발	Smart tape 등 토목구조물에 적합한 다양한 활용기술개발	
국외 기관 연구개발	**기관 (국가)**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	HIT (중국)	FRP - FBG 등 다양한 연구개발 실적 보유	FRP에 광섬유센서를 매설하여 센싱이 되는 건설부재 개발 연구	FRP - FBG 센서 등
	CBER/NCU (대만)	교량 처짐측정용 벤딩센서 개발	교량의 처짐을 계측	벤딩센서
	NTT - AT (일본)	사장교 등 특수교량에 광섬유센서 적용	특수교량에 광섬유센서를 적용	교량용 계측시스템

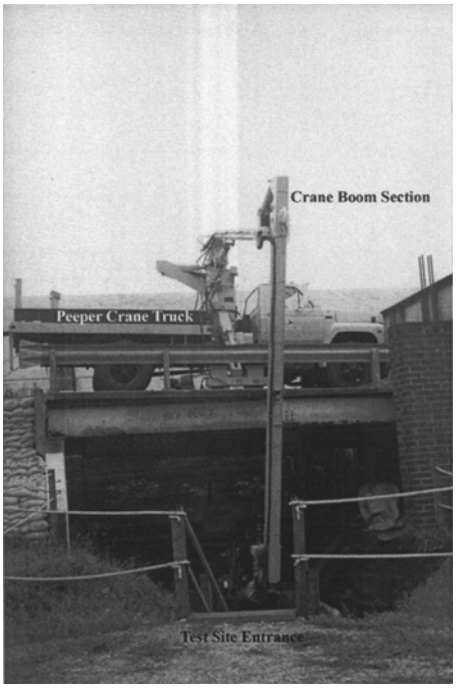
(2) 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술

- 매사추세츠 대학교와 피츠버그 대학교의 연구원들은 고분자 매트릭스 내의 나노입자들이 균열 부위로 이동하는 것을 발견해 자가치유 물질을 제작. 그러나 이 물질은 열을 가하거나 압력을 가했을 때만 스스로를 복구하는 것이 단점임.
- 자기치유 연구는 2001년 미국 University of Illinois의 Scott White 교수가 마이크로캡슐을 이용한 폴리머 재료의 균열 자기치유 연구를 Nature지에 발표하면서 많은 관심을 갖기 시작하였음. 이후 NASA에서도 나노 재료들을 이용한 균열 자기 치료연구가 본격적으로 진행되었으며, 현재는 많은 액수의 연구비가 투입되어 활발한 연구가 진행 중에 있음(예: University of Illinois에서 2007년 개발한 플라스틱에 미세 균열이 생겼을 때 스스로를 치유할 수 있는 폴리머 물질 등)
- RILEM에서는 시멘트계 재료의 자기치유를 대상으로 한 연구위원회(TC SHC : Self-healing phenomena in cement-based materials)가 2006년도에 설치되었으며, 2007년에는 네덜란드에서 제1회 국제자기치유재료회의(ICSHM : International Conference on Self-Healing Materials)가 개최되어 전 세계적으로 자기치유 재료에 대한 많은 관심을 일으키게 되었으며, 계속하여 정기적으로 국제회의가 개최되고 있음.
- 네덜란드 Delf 공대를 중심으로 박테리아를 이용하여 콘크리트의 자가 치유 기술을 개발하고 있음. 알칼리 환경에서 생존할 수 있는 박테리아 포자를 발견하여 이를 활용하여 유해폐기물을 저장하는 지하구조물과 같은 시설물에 적용하고자 기술을 개발하고 있음.
- 구조물에 손상이 발생하였을 경우 부재 내에 포함되어 있는 Shape Memory Alloy (SMA)와 같은 Smart 재료가 손상을 자동으로 보강하는 기술은 미국 Virginia Tech을 중심으로 최근 활발하게 이루어지고 있음.
- 일본에서는 일본콘크리트학회(JCI)를 중심으로 자기치유 콘크리트 위원회를 2007년부터 설치하여 자기치유 콘크리트의 국내외 기술개발 현황, 메카니즘 및 성능검증 등에 대해 검토한 다음 학회에서 의견을 교환하고 있으며, Tokyo대, Tohoku대, Kanazawa대 등 대학 및 Shimizu건설, Kajima 건설, Nittetsu 시멘트, Taiheiyo 시멘트 등 민간연구소에서 활발히 연구가 진행되고 있음.

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
교량 손상 자동 치유 기술	일본	65	60
머신 비젼 기반 유지관리 기술	미국	50	65

세부기술명	교량 손상 자동 치유 기술			
국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	Nittetsu 시멘트 (일본)	팽창재 활용 균열치유 재료	다양한 팽창재 종류 및 혼입률 선정 가능	시멘트계 재료에 효과적
	Taiheiyo 시멘트 (일본)	포졸란 혼화재 활용 균열치유 재료	포졸란 혼화재 활용한 균열 치유 콘크리트 배합 제시	장기시험을 통해 효과검증
국외 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	동경대 (일본)	균열 치유 콘크리트	팽창재계 균열치유 재료 개발	터널배면 방수공 적용
	동북대 (일본)	손상 치유 콘크리트	마이크로 캡슐형 스마트 콘크리트 개발	수화열 저감 및 보수·보강
	Delf공대 (네덜란드)	균열 치유 콘크리트	박테리아 활용 균열 치유 재료 개발	균열치유용 박테리아 포자
	미시간대 (미국)	균열 치유 콘크리트	균열제어 섬유보강 시멘트 복합체	보수·보강

- 건설 분야 선진국에서는 우리보다 일찍 건설 환경 변화가 일어나서 그에 대처하기 위한 다양한 형태의 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술의 개발 및 적용이 이루어지고 있으나, 아직 보완이 필요한 상황임
- 미국의 캔사스대학 연구팀은 교량 하부의 페인트 자동화 로봇을 개발함



[그림 2-16] 교량 하부 painting을 위한 접근 이동형 접근 장치 (Bai 2007[12])

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
교량 Rust Assessment 기술	미국	60	60
Automated Painting 기술	일본	60	60

세부기술명	Rust Assessment 및 painting 기술			
국외 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	캔사스대학 (미국)	교량 페인팅 로봇	페인팅 프로세스	프로세스 최적화
	퍼듀대학 (미국)	부식 수준 평가	Optical sensor를 이용한 객체 인식	부식 수준 자동 평가

- 해외의 경우 미국, 홍콩, 일본, 덴마크 등 많은 국가에서 지능형 교량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 대표적 연구로는 모니터링 기술, 안개저감 기술, 신재생에너지 기술 등이 있음
- 미국 미니애폴리스에 2007년 8월1일에 붕괴된 I-35W 미시시피강 교량을 대신하여 최첨단 기술인 기상 센서와 자동 제빙 측정기들로 무장된 새로운 교량이 설치됨

12) Bai, Yong (2007) "Intelligent Painting Process Planner for Robotic Bridge Painting", J. of Construction Engineering and Management, 133 (4) pp. 335~342

- 그 외에 콘크리트 강도를 측정하는 센서, 변형율을 측정하는 센서, 온도변화 등으로 인해 발생할 수 있는 익스팬션 조인트의 움직임, 온도 센서을 통한 교량의 온도변화, 교량의 진동, 부식, 그리고 제빙을 위한 측정 등이 교량에서 이루어짐

o 세계적 IT 기업인 IBM은 Smart Utility 사업 분야를 유망 신사업분야로 설정하여 투자를 시작했고 세계 최대 네트워킹장비 업체인 CISCO 역시 CUD(Connected Urban Development) 프로젝트를 통해 건설 사업과 연계를 집중하고 있음

o 미국 백텔(Bechtel) 건설은 u-컴퓨팅 기술과 건설 프로세스와 접목한 스마트 건설기술 개발 진행 중이며 세계적 IT 기업인 IBM은 Smart Utility 사업 분야를 유망 신사업분야로 설정하여 투자를 시작했고, 세계 최대 네트워킹장비 업체인 CISCO 역시 CUD (Connected Urban Development) 프로젝트를 통해 건설 사업과 연계를 집중하고 있음

o EU는 미래 세계건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해 "사회기반시설 혁신전략"을 마련 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신자재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400억유로 투자 계획을 수립함

o 도시 건설을 상품화하는 건설 IT 인프라 기술도 확산되면서, 도시의 설계/시공/운영 전반에 걸쳐 IT융합 기술이 폭넓게 활용되는 추세

o 지능형 교량 모니터링 기술

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
진동을 이용한 에너지 하베스팅	독일/미국	40%	5년 이상
미소열을 이용한 에너지 하베스팅	미국	30%	5년 이상
광섬유센서 기반 케이블 장력측정 기술	미국	60	24
광섬유센서 기반 교량의 처짐측정 기술	대만	50	24

o 국외 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

세부기술명	광섬유센서기반 교량상태 실시간 감지 및 진단 · 평가기술			
국외 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	MOI (미국)	광섬유 측정장비 및 범용 센서	범용 측정장비 개발로 가장 큰 시장 보유	내구성 및 신뢰성 향상
	FiberSensing (유럽)	광섬유 측정장비 및 범용 센서	PXI기반의 광섬유센서 측정장비 개발. 기존 전기식 시스템과 연동가능	
	Smartech (스위스)	센서 개발 및 토목구조물의 활용기술 개발	Smart tape 등 토목구조물에 적합한 다양한 활용기술개발	
국외 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	HIT (중국)	FRP - FBG 등 다양한 연구개발 실적 보유	FRP에 광섬유센서를 매설하여 센싱이 되는 건설부재 개발 연구	FRP - FBG 센서 등
	CBER/NCU(대만)	교량 처짐측정용 벤딩센서 개발	교량의 처짐을 계측	벤딩센서
	NTT - AT (일본)	사장교 등 특수교량에 광섬유센서 적용	특수교량에 광섬유센서를 적용	교량용 계측시스템

라. 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적유지관리 통합 플랫폼 기술

- OGC(Open Geospatial Consortium)의 Sensor Web Enablement는 GIS 관점에서 웹 서비스 아키텍쳐를 기반으로 센서와 센서 데이터를 이용할 수 있는 다양한 웹 서비스와 이러한 서비스를 통해 센서와 센서 데이터를 이용할 수 있는 데이터 모델 및 스키마를 제공함으로써, 이를 기반으로 상위의 서비스를 구현할 수 있도록 함.
- SSN-XG(Semantic Sensor Network Incubator Group)은 W3C 활동으로 2009년 3월부터 1년간 한시적으로 관련 연구가 수행되었으며, 현재 호주의 연방과학원(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO), 미국의 Wright State Univ., OGC가 멤버로 활동중임. 특히, OGC의 SWE와 센서/센서네트워크 온톨로지와의 연계기술 개발을 목표로 관련 연구를 수행중임.
- MS의 SensorMap은 자체 Virtual Earth와 센서 정보를 연계하는 SensorMap 플랫폼을 개발하고, 세계 주요 대학 및 연구소와 이를 활용한 다양한 연구 주제를 추진하고 있음. 현재, 시범 프로젝트의 수행 관점으로 센서 네트워크의 개인화 분야 등에 대해서도 주요한 이슈로 고려되고 있음. SensorMap의 활용을 위해서는 센서 데이터와 센서 네트워크 인터페이스의 표준화에 대한 이슈가 전제되어야 하며, 아직까지는 해소 방안으로 SensorMap 플랫폼이 SWE와 같은 웹서비스 표준 아키텍쳐와의 연계 필요성이 대두되고 있는 수준임.
- 미국 GSA(General Service Administration: 미국 조달청)는 2003년에 PBS(Public Building Service: 공공시설국)의 OCA(Office of Chief Architecture: 건축부)가 제정한 국가 3D-4D-BIM 프로그램을 운영하고 있음.
- 싱가포르 (CORENET e-Plan Checker): CORENET(Construction and Real Estate NETwork) 시스템은 싱가포르 건설청의 주관으로 건설과 IT분야를 연계하기 위해 13개 정부 기관이 연계된 웹 기반의 건설 행정처리 시스템으로, 상용 CAD 시스템에서 작성된 모델을 IFC 파일로 저장한 후에 e-Plan Check System의 FORNAX를 통해 자동 법규체크가 되고, 결과가 웹을 통해 제공되고 있음.
- 교량의 운영단계에서 교량의 안전도 및 시설물 상태를 모니터링하는 연구로는 미국, 홍콩, 일본, 덴마크 등 많은 국가에서 비슷한 내용의 연구가 활발히 진행되고 있음
  - 덴마크에 위치한 케이블교량인 Great Belt교는 많은 센서를 통해 교량의 전반적인 거동을 계측하는 우리나라의 시스템과 다르게 특정 항목(앵커블럭/교량베어링/버퍼 변위, 콘크리트 구조물의 부식, 교각의 경사 등)을 선정하여 집중적인 모니터링을 진행하고 있음
  - 2007년 미네소타의 35W 교량이 붕괴됨에 따라 최근 미네소타 대학의 연구자들은 해당 교량의 정보와 관련된 3차원 모델을 개발하였고, 이를 활용하여 교량 교체가 이루어지는 동안 교량의 거동을 분석하기 위해 수백여 개의 센서를 활용하여 데이터를 분석하고 있음
- 미국 McGraw-Hill 社의 보고서(2008)에 의하면 토목공사의 약 70%가 교량공사로 보고된 사례를 보면 토목분야에서 교량공사가 BIM을 적용하기에 적절한 구조물임을 알 수 있음

- 유럽은 북유럽을 중심으로 체계적으로 BIM을 확산시켜가고 있음
  - 국외 유사 시스템 연구 동향을 살펴보면 4D CAD시스템은 4D객체의 순수기능보다 건설 통합시스템 위주로 개발하는 사례들이 많으며, 4D기능은 3D도면에 의한 물량산출 및 구조해석 통합 기능 등과의 연계에 중점을 두고 있음
  - 특히 공정관리의 실무적 활용성이 높은 진도정보의 시각화 기술은 매우 미흡한 수준으로 파악되고 있으며, 가상적 객체가 갖는 한계를 감소시킬 수 있는 Telepresence, 증강현실, 3D입체영상 관련 연동체계 및 BIM 연동 시스템의 개발사례는 없음
- 영국에서는 철도시스템의 유지관리 문서체계를 위해 XML(eXtensible Markup Language)을 제안하고 있으며, 이는 철도차량 제작체계, 기계 및 군수품의 유지관리를 위한 정비매뉴얼로 광범위하게 활용하고 있음
- Macro Engineering과 철도청에서는 철도차량의 데이터 관리 및 유지관리를 위한 전자매뉴얼을 구축하였으나, 공사 시설물을 직접적 적용대상으로 구성된 사례는 없음
- 최근 고성능 단말기 및 카메라, 무선통신, GPS 등의 기능을 갖춘 스마트폰이 등장하면서 증강현실 기술이 실용화되어 가고 있음
- 2008년 이후 가게의 위치나 평판 등을 제공해 주는 “Wikitude”, “Layar”, “Sekai Camera” 등의 스마트폰기반 증강현실 프로그램이 잇따라 개발되고 있음
- 시장조사업체 Juniper Research는 증강현실 시장이 2010년 200만달러 미만에서 2014년 7.3억 달러 이상으로 성장할 것으로 예측함
- 현재까지 Naviswork, Plant-4D, Project 4D, VPS, 4D Suite 등 해외 시스템의 경우 건축시설용 4D객체 중심의 일부 상용화된 사례들이 있으나, 이는 단순 시뮬레이션위주의 구성되어 있어 자연지형 조건의 토공을 다수 포함하는 토목시설 등에는 실무적 활용성을 갖는 방법론과 시스템이 개발된 사례가 미흡한 실정임
- 국외 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황
  - 건축분야와 달리 교량 시설물을 대상으로 BIM을 위한 표준 데이터 모델을 활용하는 실제 응용사례는 없다고 할 수 있음
  - 현재는 대부분 민간단체나 공공연구소, 대학연구소 등을 중심으로 기초 기술을 다지고 있는 수준이고 할 수 있음

세부기술명	광섬유센서기반 교량상태 실시간 감지 및 진단·평가기술			
국외 업체 보유기술	**업체 (국가)**	**보유 기술**	**기술 특징**	**기술적용 효과**
	DOCSOFT (미국)	*Maintenance Operational Checks (MOCs) Complex Tasks *Fault Isolation Procedures(FIPs)	구성요소의 정비작동검사를 통해 결함 및 오류를 검토하여 원인 및 위치를 판별함	
	CDG (미국)	*Data Renaissance Suite™ (DRS) *Wiring Illuminator Web™ applications	군사시스템과 같이 엄격한 유지보수요구사항을 충족할 수 있도록 다양한 정보를 지원함	
	Wikitude (호주)	Wikitude	모바일 증강현실 소프트웨어로써 모바일 카메라를 통해 가상객체 기반으로 지도, 구조물 위치, 정보 목록을 제공함	
	Layar (네덜란드)	Layar	증강현실 브라우저로써 각종 스마트폰에 적용되어 3D, 애니메이션 등 다양한 형태의 정보를 제공함	
	Commonpoint (미국)	Project 4D	- CAD/3D 일정정보 지원 - 4D 링크 기능, 이력정보 및 일정정보 Viewer - Snapshot 및 4D 모델 공유 기능	
	D-studio (네덜란드)	4D Suite	- 외부 CAD 파일(Design CAD, AutoCAD)의 import 가능 - 외부 일정정보(MS project, Primavera)의 import 가능 - 각 외부정보에 대해 MS SQL Database를 가짐	
	AutoDesk (미국)	파라메트릭 기술	독립적인 매개변수를 이용하여 데이터를 처리함	협업을 통한 오류 최소화
	Bentley (미국)	데이터 호환성	데이터 속성 변화없이 편집 가능	협업을 통한 업무효율성 향상
	Nemetschek (독일)	3D 철근 배근 기술	2D 배근 작업을 통해서 3D 결과물 도출	설계변경에 따른 시간 단축
국외 기관 연구개발	**기관 (국가)**	**연구개발 실적**	**연구개발 내용**	**성과물 및 상용화**
	미국국방성 DoD (미국)	전자매뉴얼 구현을 위한 표준 제정	- 정보간 상호 연계 특징 규정 (MIL-PRF-87268A), 정보구성을 위한 계측정 구조의 데이터베이스 (MIL-PRF-87269A), - 품질 보증 표준 (MIL-Q-87270), - 웹과의 상호 운용성 및 전자문서 포맷 포준 변화 (MIL-HDBK-511)	
	VTT Technical Research Centre (핀란드)	건설현장의 모바일 증강현실 구성 위한 소프트웨어 아키텍처 제시	건설현장에 4D 및 BIM 정보 등을 활용하여 모바일기반의 증강현실기술을 적용하기 위한 기초적인 구축 방안을 제시함	
	State University of New York, Buffalo (미국)	BIM을 활용한 교량 정보전달의 동향분석 (Shirole et al., 2009)	미국 공공기관에서 교량 정보모델을 활용한 정보전달 체계 구현을 위해 현 정보교환방법 분석	
	Geogia Institute of Technology (미국)	강구조/콘크리트 구조에 대한 IDM 제시 (LaNier et al., 2009)	건축물 중심의 강구조물/콘크리트 구조에 대한 정보전달 표준체계 제시(교량 구조물에 일부 적용 가능)	Information Delivery Manual
	두바이	두바이교량 프로젝트	3D 기반의 DMU(Digital Mock-up)가 적용된 부분적 BIM 설계 시범적 도입	공종간섭 및 시공성 검증에 효과 확인

2. 특허분석

가. 분석 개요

- 본 지능형 친환경 교량 특허동향조사는 국가연구개발 기획단계에서 특허정보를 분석하여 우리나라 지능형 친환경 교량 기술 추이 및 수준을 객관적으로 파악하고자 함

나. 분석 목적

- 특허동향조사는 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

다. 분석 절차

- 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름
- 고려사항
  - 건기평에서 제공한 지능형 친환경 교량 기술의 RFP를 숙지하여 도출한 키워드를 추출한 후에 관련 전문가의 검토를 받아 최종 키워드를 도출함
  - 본 보고서에 사용된 검색식[13]은 도출된 키워드와 해당국제분류(IPC)와 해당일본분류(FI, FTERM) 바탕으로 검색식을 작성함

(1) 국가별 landscape

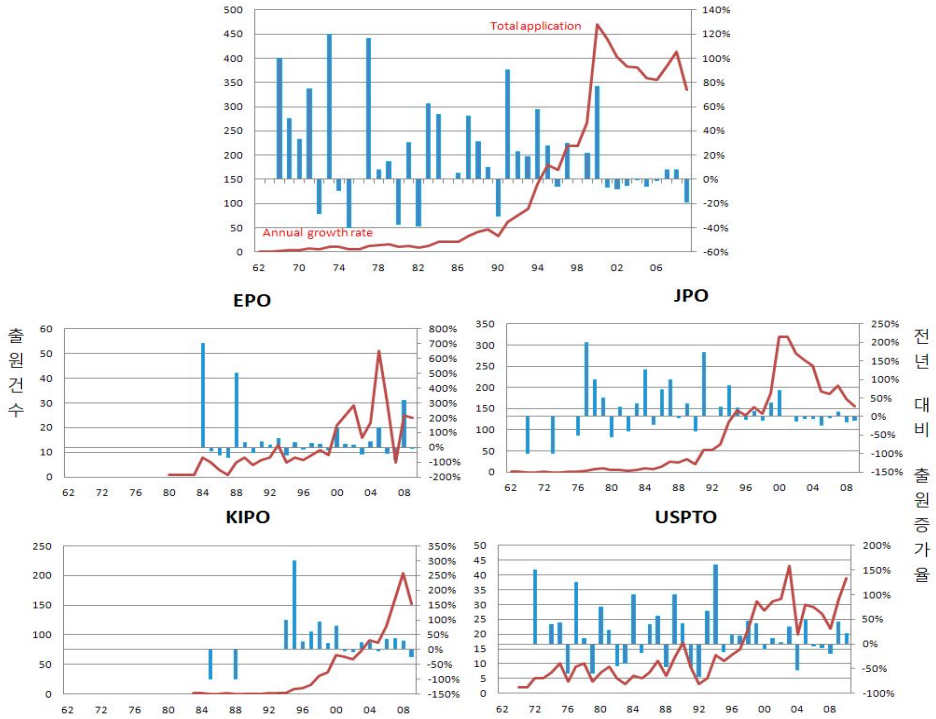
- 일본특허출원은 90년대 초반부터 00년대까지 점차적으로 증가하는 추세를 보이다가, 00년 이후 급격하게 감소하는 추세를 보이고 있음.
- 한편, 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음. 이러한 경향은 2006년에 급격하게 증가하고 있는 우리나라의 특허출원 추세[14]에 기인한 것으로 판단됨

---

13) 각 기술별 특허분석 검색식은 부록 참조

14)한국의 경우, 건설분야는 IMF의 영향에서 벗어나면서 99년부터 빠른 회복세를 보이고 있으며, 99년 7월부터 시행된 실용신안선등록 제도의 영향으로 출원이 급격히 증가하고 있음

**건설교통부 : 건설교통 R&D 혁신로드맵(2006~2015)에 따라 건설 분야 R&D사업에 2015년까지 총 2조 9000억원을 지속적으로 확대 투자할 계획임

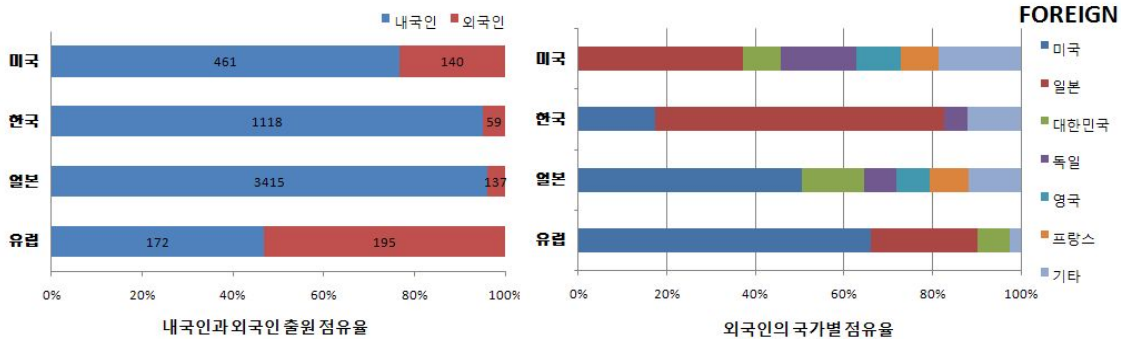


[그림 2-17] 전세계 및 각국의 연도별 출원동향

(2) 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

○ 지능형 친환경 교량기술에 있어서, 유럽을 제외한 미국, 한국, 일본에서는 내국인 출원인 비중이 외국인 보다 강세인 것으로 나타나 자국에서의 정책적 지원 및 내국인의 출원환경 또는 내국인의 출원 분위기가 잘 조성되어 있다고 판단됨

○ 특히, 일본은 미국, 한국에서 출원비중이 매우 높은 것으로 나타나며, 유럽에서도 호조적인 점유율을 기록하고 있는 것으로 나타나 일본이 지능형 친환경 교량 부문에 기술적 관심 및 지원이 활발하게 이뤄지고 있는 것으로 판단됨

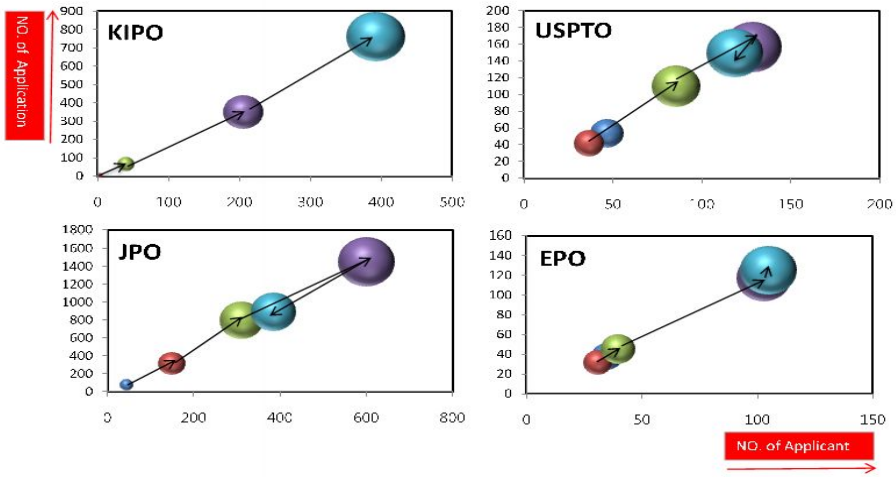


[그림 2-18] 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

○ 일본과 유럽에서는 미국인의 출원비중이 과반 이상을 점유하는 것으로 나타나면서 미국이 일본 및 유럽시장에서 활발한 특허활동을 펼치고 있는 것으로 파악되는 반면, 미국과 한국에서는 일본인이 특허활동을 활발하게 하고 있는 것으로 파악됨

(3) 기술시장 성장단계 파악(포트폴리오분석)

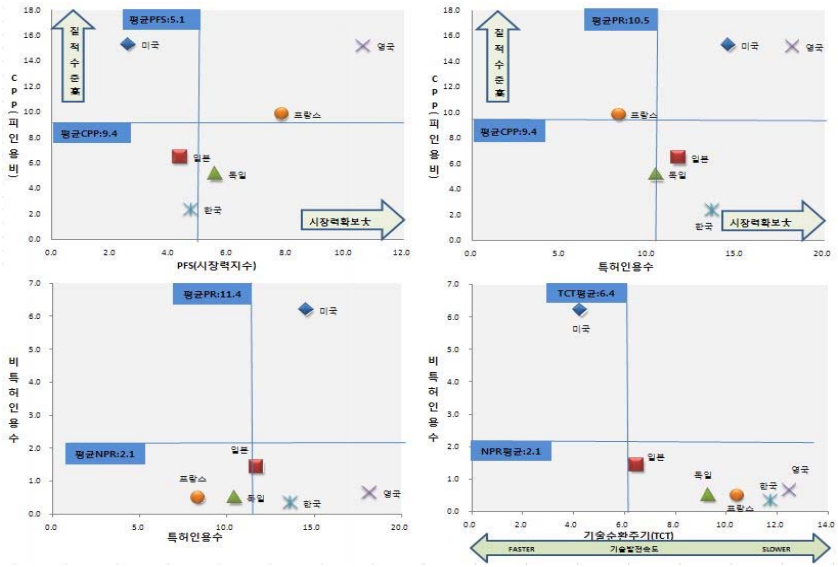
- 한국과 유럽은 지능형 친환경 교량기술에 있어서 현재 출원인과 출원건수가 동시에 증가하고 있는 성장기에 있는 것으로 나타나고 있음
- 미국은 최근 들어 출원인과 등록건수가 감소하고 있어 비교적 얼마 전까지 성장기를 보이다가 최근 들어 쇠퇴기에 접어든 것으로 타나나고 있음
- 일본은 교량에 있어서 최신기술을 비교적 다량 보유하고 있는 교량기술 선진국으로 평가되나, 최근 들어 일본 내에서 일본의 출원은 출원수 및 출원인 모두 급격하게 감소하고 있어 쇠퇴기에 접어든 것으로 판단됨



[그림 2-19] 포트폴리오분석을 통한 기술시장 성장 단계

(4) 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력 현황

- 영국과 프랑스 및 독일은 시장력 확보지수가 높게 나와 지능형 친환경 교량 부문에 있어서의 시장을 평균 이상으로 확보하고 있는 것으로 판단되며, 그 중 영국과 프랑스는 피인용비가 평균이상으로 기술의 질적 수준 또한 높은 것으로 나타남
- 미국은 피인용비가 평균이상으로 높게 나와 질적수준은 높은 반면에 시장력은 평균 이하로 나타남
- 한국은 시장력 및 질적수준이 평균미만으로 나타나 향후 특허활동을 활발히 할 수 있도록 정책적 보완 및 인식이 개선될 필요가 있는 것으로 판단됨
- 미국은 타국가들에 비하여 비특허문헌(논문) 인용수가 압도적으로 많은 것으로 나타나 기초기술에 대한 연구가 탄탄하게 이루어지고 있는 것으로 나타나는 반면 한국은 반대로 기초기술에 대한 경구가 절실히 필요한 것으로 분석됨
- 영국과 한국은 기술발전 속도가 타 국가들에 비하여 현저하게 느리게 진행되고 있는 것으로 나타나는 반면, 미국은 기술순환주기가 상대적으로 매우 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타남
- 미국과 영국은 특허인용수 및 피인용수가 매우 높게 나타나 지능형 친환경 교량기술 부문에 있어서 기술선도국인 것으로 파악됨



[그림 2-20] 미국특허로 살펴본 국가간 기술 경쟁력

- 반면 한국은 시장력확보지수는 평균 이상을 보이고 있으나, 피인용비가 가장 낮게 나타나 아직까지는 한국의 교량기술은 세계적 수준에 미치지 못하고 있는 것으로 평가됨
- 한국은 아직까지는 기술력에 있어 후발주자에 속하는 등 IP시장확보력도 평균에 그치고 있으며, 기술발전속도 역시 느리지만, 향후 지능형 친환경 교량 기술분야에 연구개발을 집중할 경우 충분히 선진국 대열에 합류할 수 있을 것으로 전망함

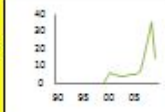
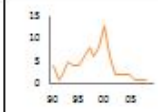
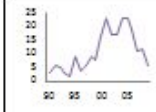
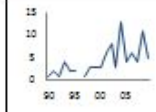
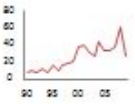
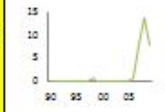
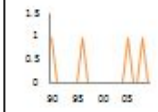
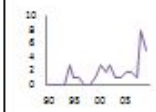
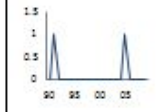
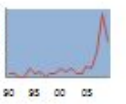
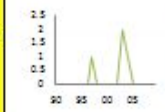
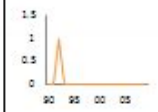
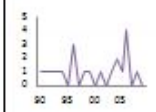
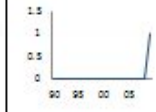
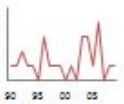
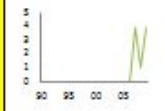
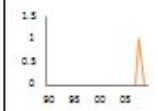
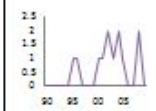
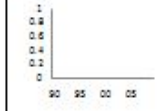
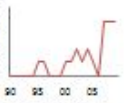
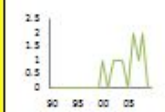
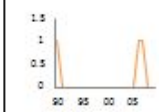
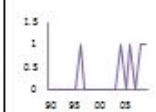
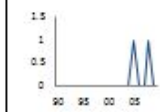
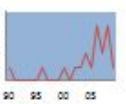
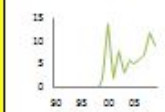
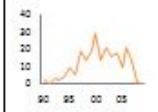
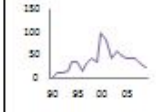
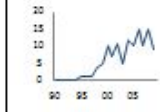
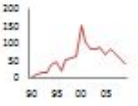
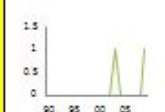
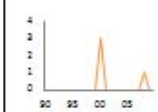
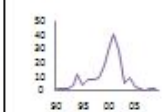
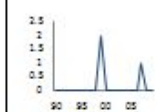
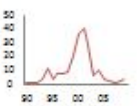
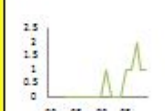
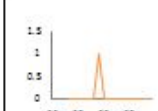
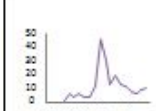
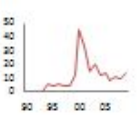
[표 2-18] 미국특허로 살펴본 국가간 기술경쟁력

국적	기술력 (특허Quality)	IP시장 확보력	특허활동 위치	연구개발 방향	기술 발전속도
미국	높음(리딩그룹)	낮음	Pioneer(성숙한 시장)	기초과학	빠름
일본	낮음(후발그룹)	평균	중간	응용기술	평균
독일	낮음(후발그룹)	평균	중간	응용기술	느림
영국	높음(리딩그룹)	높음	Pioneer(성숙한 시장)	응용기술	느림
한국	낮음(후발그룹)	평균	Pioneer(성숙한 시장)	응용기술	느림
프랑스	높음(리딩그룹)	높음	Initiator(초기시장)	응용기술	느림

(5) 기술별 landscape

- 기술별 연도별 특허동향[15]
  - 지능형 친환경 교량 기술은 BIM기반 교량 설계 기술 분야의 점유율이 가장 높게 나타났고, 신소재를 활용한 초슬림/장수명 교량 기술 분야의 각 분야도 높은 점유율을 보이고 있음

15)AA:교통차단없는 급속교체 기술 AB:급속시공 조립식 교량 기술 AC:초간편 일괄 급속시공기술 AD:친환경급속해체기술
BA:고성능 콘크리트 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BB:고성능강 활용 교량 슬림화/장수명화 기술 BC:합성구조 교량 슬림화/장수명화 기술 BD:교량 하부구조 슬림화/장수명화 기술
CA:교량상태 실시간 감지기술 CB:교량상태 실시간 진단 및 평가기술 CC:교량 유지관리자동화 기술(보수 등)
CD:교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 CE:사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술
DA:BIM 기반 교량 설계 기술 DB:BIM 기반 교량 시공 기술 DC:BIM 기반 교량 유지관리 기술 DD:교량 GREEN BIM
DE:BIM 기반 교량 응용 및 연계 기술 DF:BIM 기반 교량 표준 요소 기술

		한국	미국	일본	유럽	전체
교량 지능화 기술	교량상태 실시간 감지기술					
	교량상태 실시간 진단 및 평가기술					
	교량 유지관리자동화 기술[보수등]					
	교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술					
	사용자 중심 교량 전용 교통안전 관리기술					
지능형 친환경 교량 BIM기술	BIM 기반 교량 설계 기술					
	BIM 기반 교량 시공 기술					
	BIM 기반 교량 유지관리 기술					
	교량 GREEN BIM					
	BIM 기반 교량 융융 및 연계 기술					
	BIM 기반 교량 표준 요소 기술					

[그림 2-21] 교량 지능화 기술 및 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 추세선을 통한 출원 증가율

o 시장별 세부기술 동향

- 교량 분야의 특허는 일본이 가장 많은 비율을 차지하고 다음으로 한국이 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났음
- 교량 지능화기술에서 교량 상태 실시간 감지기술을 제외한 분야에 대한 출원은 비교적 각국에서 출원이 많이 이루어지지 않는 것으로 나타나 공백분야인 것으로 나타났음
- 대부분의 기술분야에 대해 자국에만 거의 출원이 이루어져 있으므로 기술개발시 선두기업의 특허기술을 이용할 수 있음

(6) 경쟁자 landscape

o 주요 경쟁자 현황

- 한국에서 지능형 친환경 교량 분야에서 가장 많은 출원을 하는 출원인은 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY인 것으로 나타나 추후 본과제를 수행함에 있어서 기술적인 기초 기반이 갖추어져 있으므로 연구개발을 효율적으로 해나갈 수 있을 것으로 사료됨
- 또한, KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 최근 특허증가율이 16%로 나타나 최근까지도 연구활동을 활발하게 하고 있는 것으로 나타났음
- 한편, 한국에서, RES INST IND SCIENCE & TECH도 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY와 주력 기술분야가 동일하고, 최근 연구활동이 활발한 것으로 나타났으므로 본과제 진행시 모니터링이 필요할 것으로 사료됨
- 각국의 주요 경쟁자는 자국내에서만 주로 출원하고 있는 것으로 나타나 기술 개발시 각국의 주요 경쟁자의 기술을 이용할 수 있을 것으로 사료됨. 또한, 많은 주요 경쟁자는 BIM기반 교량 설계 기술 분야를 주력 기술분야로 하고 있는 것으로 나타났음
- 교량 지능화 기술의 각국의 주요 경쟁자는 교량상태 실시간 감지기술을 주력 기술분야로 하고 있는 것으로 나타났음
- 우리나라의 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 교량상태 실시간 감지기술에 주력하고 있는 것으로 나타나 해당 기술에 대한 기초기술을 가지고 있고, 최근까지도 연구활동을 활발하게 하여 해당기술에 대한 연구개발을 효과적으로 진행할 수 있을 것으로 사료됨
- 지능형 친환경 교량 BIM기술의 각국의 주요 경쟁자는 BIM기반 교량 설계 기술에 주력하고 있는 것으로 나타났음
- CADENCE DESIGN SYSTEMS INC는 미국뿐만 아니라 유럽에서도 주요 경쟁자에 포함되어, 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 기술 개발시 해당회사에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

[표 2-19] 교량 지능화 기술 분야 주요 경쟁자 현황

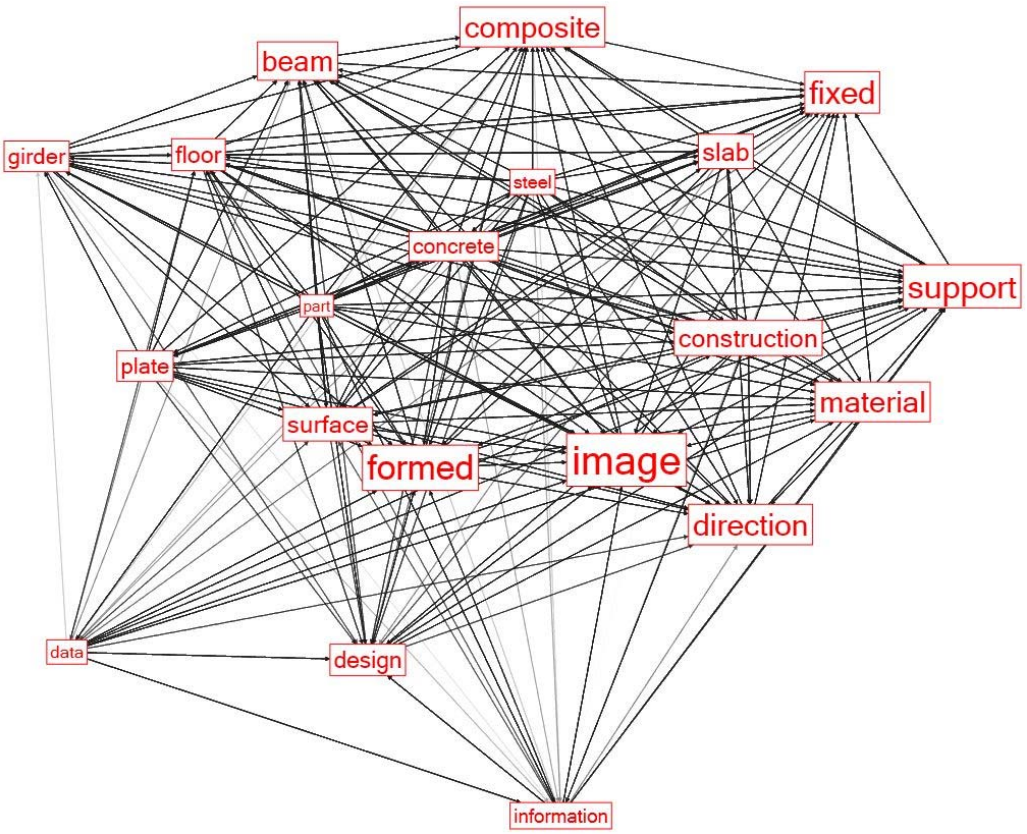
	출원인	특허 건수	특허증가율 (최근5년)	주력 기술분야
한국	KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY	9	100%	교량상태 실시간 감지기술
	KOREA CONSTRUCTION SAFETY CONS	7	0%	교량상태 실시간 진단 및 평가기술
	JINHAN BLDG 401 ILSIN DONG 108	6	100%	교량상태 실시간 감지기술
	KOREA EXPRESSWAY CORP	4	0%	교량상태 실시간 감지기술
	HANGIL IT CO LTD	4	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HAN GIL TELECOM CO LTD	3	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	NIPPON STEEL CORP	3	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY	2	0%	BIM기반 교량 응용 및 연계 기술
미국	US NAVY	4	0%	교량상태 실시간 감지기술
	NASA	3	0%	교량상태 실시간 감지기술
	US ARMY	3	0%	교량상태 실시간 감지기술
	STRUCTURAL INTEGRITY MONITORIN	3	0%	교량상태 실시간 감지기술
	CADENCE DESIGN SYSTEMS INC	27	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	MOTOROLA INC	6	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HITACHI LTD	6	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	BOEING CO	5	0%	BIM기반 교량 설계 기술
일본	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	19	-100%	교량상태 실시간 감지기술
	RAILWAY TECHNICAL RES INST	17	100%	교량상태 실시간 진단 및 평가기술
	NIPPON KOKAN KK	9	0%	교량상태 실시간 감지기술
	HITACHI LTD	6	0%	교량상태 실시간 감지기술
	SEKISUI HOUSE KK	79	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	MISAWA HOMES CO	75	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	SHIMIZU CONSTRUCTION CO LTD	30	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HITACHI LTD	30	0%	BIM기반 교량 설계 기술
유럽	STANFORD RES INST INT	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	PERKIN ELMER CORP	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	HYEUNG-YUN KIM	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	BAYER AG	2	0%	교량상태 실시간 감지기술
	ARCHI CON DES INV S UK LTD	6	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	ICRETE LLC	4	0%	BIM기반 교량 설계 기술
	HITACHI LTD	4	-100%	BIM기반 교량 설계 기술
	CADENCE DESIGN SYSTEMS INC	3	0%	BIM기반 교량 설계 기술

○ 기술별 주요 경쟁자 현황

- 급속시공 기술 분야에서 KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY는 전세계적으로 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타났음
- 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될만한 요소는 비교적 적을 것으로 사료됨
- KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY은 교량 지능화 분야에서 주요 출원인에 포함되어, 향후 본과제 진행시 기술개발을 효과적으로 할 수 있을 것임

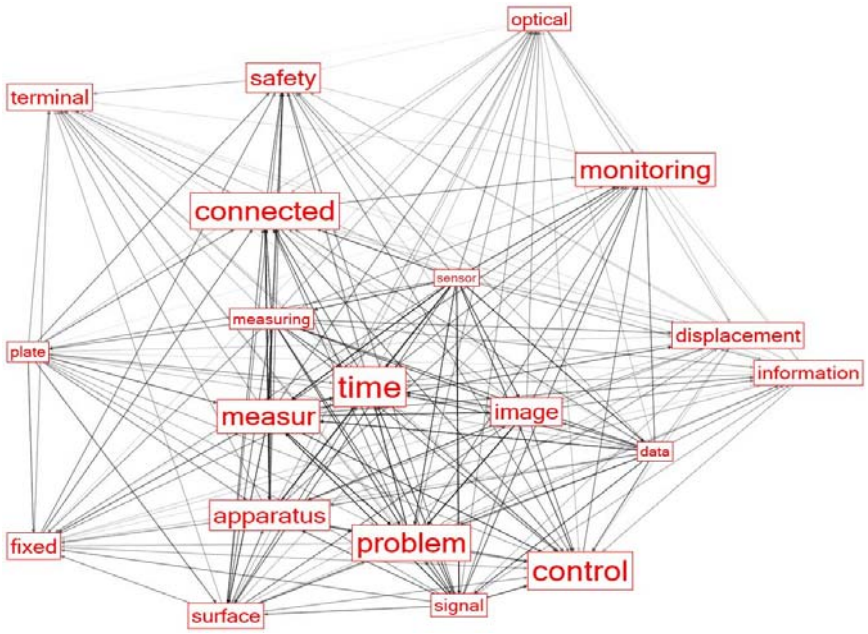
(7) co-word 분석

- co-word분석은 전체특허를 대상으로 빈도수가 높은 단어(상위 20개)를 추출한 후, 두 개의 단어가 동시에 나오는 특허의 개수를 카운팅하여 분석함
- 지능형 친환경 교량 기술에서는 composite, beam, image, form 등의 단어가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 나타났음. 특히 composite-slab가 빈번하게 나타나는 것으로 보아, 합성 바닥판에 대한 기술 개발이 활발한 것을 알 수 있음
- 또한, information-design, image, data 가 빈번하게 나타나 교량 정보를 통해 교량을 설계하는 기술에 대한 기술 개발이 활발하게 되고 있음을 알 수 있음



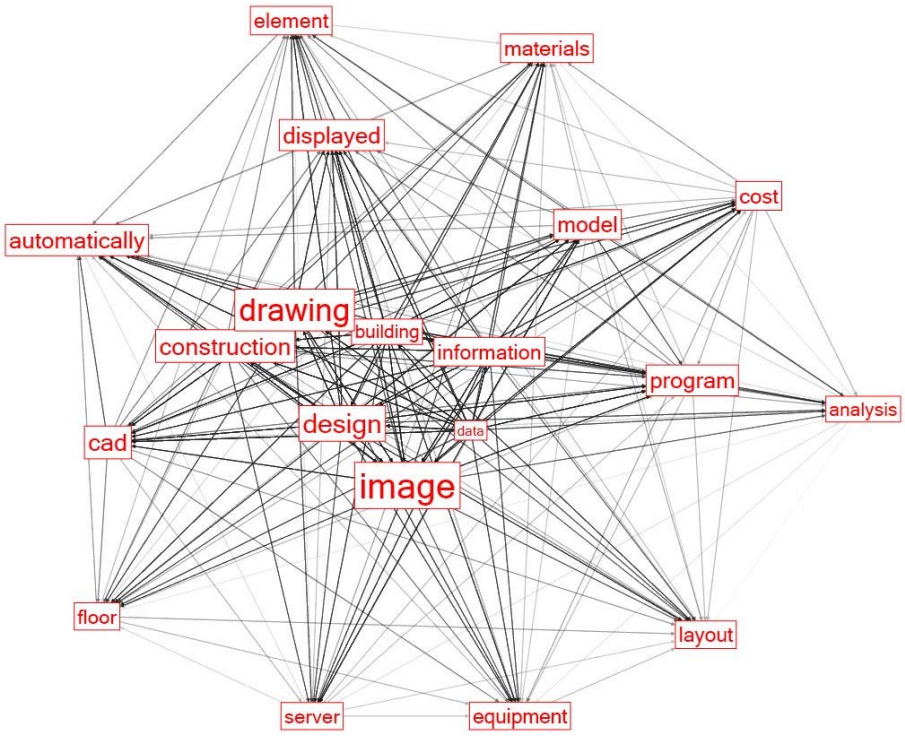
[그림 2-22] 지능형 친환경 교량 분야 전체 co-word 분석

- 분류별 co-word 분석
  - 교량 지능화 기술 분야는 time, control, measure, monitoring, connect, safety가 빈번하게 출현하여 교량상태를 실시간으로 감지하고 진단 및 평가하는 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있음
  - 특히, sensor-data, signal과 연결되어, 센서의 데이터 이용과 센서 신호에 대한 기술개발이 활발하게 되고 있음을 알 수 있음



[그림 2-23] 교량 지능화 기술 분야 co-word 분석

- 지능형 친환경 교량 BIM 기술 분야는 image, drawing, automatically, design, cad가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 보아 BIM기반 교량 설계 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음



[그림 2-24] 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 co-word 분석

(8) 시사점

- 지능형 친환경 교량 기술의 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음
- 각 기술분야의 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될만한 요소는 비교적 적을 것이고, 기술 개발시 선두 기업의 기술을 이용할 수 있을 것임
- KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY은 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야의 대부분의 분야에서 전세계적으로 보았을 때 주요 출원인에 포함되어, 다양한 기술분야에 대한 기술력을 갖추고 있으므로 향후 본과제 진행시 기술개발을 효과적으로 할 수 있을 것임
- 지능형 친환경 교량 기술 분야는 전체적인 동향에서 특허가 앞서는 것으로 나타나 기술 개발시 특허 기술을 참조할 필요가 있을 것으로 사료됨
- 최근 출원증가율, 점유율 증가율, 주요 출원인 점유율 증가율, 국가별 외국인 최근 출원증가율, 전문가의견을 종합적으로 평가함

분야	부상기술
지능형 교량분야	- 교량상태 실시간 감지기술 - 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 - 교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술 - 사용자 중심 교량 전용 교통 안전 관리 기술 분야
BIM 분야	- BIM기반 교량 설계기술 - BIM기반 교량 유지 관리 기술 분야

3. 논문분석

가. 분석개요

- 조사범위 : 1952년~2011년
- 논문검색 : 건기평 제공 Ladnmark 활용
- 조사항목 : 중점분야별 중분류 수준에서 조사하였으며, 국가별 논문수/연도별 논문수, 주요 연구기관 및 연구자 현황, 정성적 분석 결과 등을 기술하였음

나. 분석목적

- 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

다. 분석절차

- 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색(건기평 제공 Landmark 활용) 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

- 논문 분석 키워드

분야명	중분류	검색 키워드	검색 논문 수 (1952년~2011년)	
균열 치유 콘크리트	자기 치유 재료	self healing material or autogenous healing material or self repairing material or activated healing material	1,660	1911
	자기 치유 콘크리트 배합 및 제조 기술	self healing concrete or self healing concrete & mix or self healing concrete & manufacturing	164	
	자기 치유 콘크리트 성능 평가 및 검증 기술	Performance of self healing concrete & test method of self healing concrete and investigation	42	
	자기 치유 콘크리트의 현장적용 및 실용화	self healing concrete & field or self healing concrete & application	45	
지능형 교량	교량상태 실시간 감지기술	bridge & real & time & sensing or monitoring	112	785
	교량상태 실시간 진단 및 평가기술	bridge & real & time & diagnosis or evaluation	310	
	교량 유지관리 자동화 기술	bridge & maintenance & automatic or automation	100	
	교량 환경 기반 에너지 창출 및 최적화 기술	bridge & energy & harvesting	185	
	사용자 중심 교량 전용 교통 관제기술	bridge & intelligent & traffic & system	78	
교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	부식 검측	rust & detection or assessment & machine vision	53	258
	자동 교량 페인팅	bridge & painting & automated or robotics or robot	205	

○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 관련 논문 수가 매우 적음. 연도별 논문 수는 점차 증가하는 경향을 보임

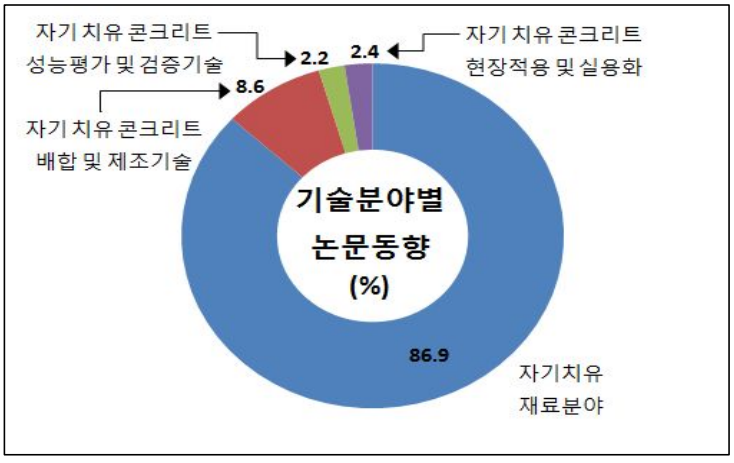
○ 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 연구기관으로는 Purdue University (총 4건), 연구자로는 L.M. Chang, P. Chen (Taiwan National University) (총 5건)이 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음. 미국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 9개 기관 중 7개 기관으로 기재된 기관의 77.8%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
부식 검측	NIST (United States)	5	Chang, L. (Purdue Univ. United States)	5
	University of North Carolina	4	Abderlazig, Y. University of Florida (United States)	5
			Chen, P. (Taiwan National Univ., Taiwan)	2
자동 교량 페인팅			Bai, Y. (University of Kansas, United States)	5
			Bernold, L. . University of California (United States)	4

라. 정량적 분석

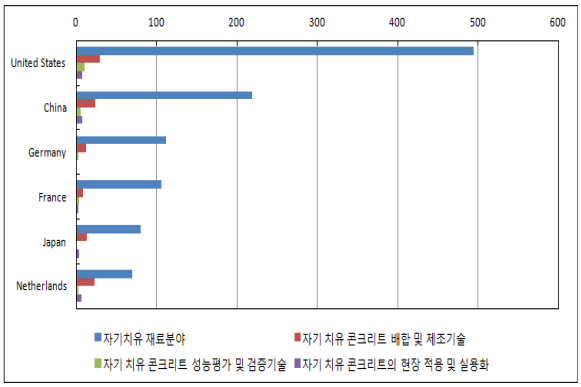
○ 전체 급속시공 기술 분야 논문 1,911건 중에서 자기 치유 재료 분야가 86.9%인 1,660건으로 가장 많았고, 그 다음으로 자기 치유 콘크리트 배합 및 제조기술 분야가 8.6%인 164건 순이었음. 자기 치유 콘크리트의 성능 평가 및 검증 기술, 현장적용 및 실용화 기술은 각각 42건(2.2%), 45건(2.4건) 있음.



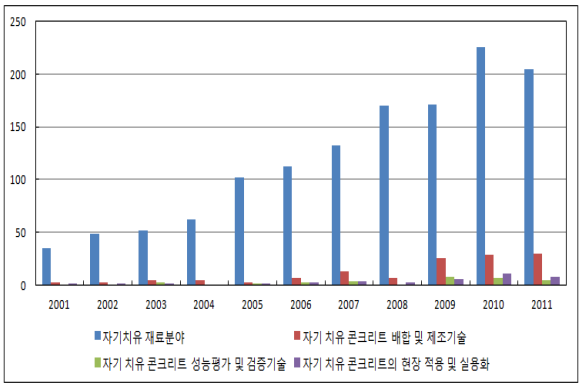
[그림 2-25] 균열 자기 치유 콘크리트의 논문 현황

- 균열 치유 콘크리트 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 많지 않음. 연도별 논문 수는 점차 증가하는 경향을 보임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



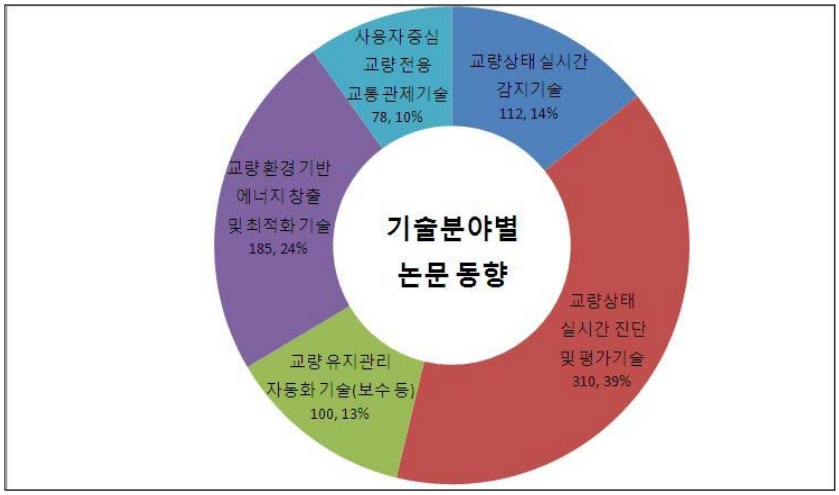
o 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 균열치유 콘크리트분야 연구기관으로는 Delf 공대(네덜란드가)(총 64건), 연구자로는 White S.R. (University of Illionis, United States)(총 56건)이 가장 많은 논문실적을 보유하고 있으며, 자가치유 콘크리트 분야에서 Jonkers H.M. (Delft University of Technology, Netherlands)와 Li V.C. (University of Michigan, United States)(총 11건)이 가장 많은 실적을 보유하고 있음. 전체 대상 기술 분야 중 미국과 네널란드가 상위에 차지하는 기관이 많았고, 중국도 다수 차지하고 있음.

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
자기치유 재료분야	Delft University of Technology(Netherlands))	38	White S.R. (University of Illinois, United States)	56
	University of Illinois (United States)	28	Sottos N.R. (TUniversity of Illinois, United States)	53
	University of Bristol(United Kingdom)	27	Bond I.P. (University of Bristol, United Kingdom)	24
	University of California(United States)	24	Tormala P. (Tampere University of Technology, Finland)	23
	Duke University(United States)	16	Moore J.S. (University of Illinois at Urbana-Champaign, United States)	21
자기 치유 콘크리트 배합 및 제조 기술	Delft University of Technology(Netherlands)	20	Jonkers H.M. (Delft University of Technology, Netherlands)	8
	Wuhan University of Technology(China)	6	Schlangen E. (Delft University of Technology, Netherlands)	8
	Ghent University(Belgium)	5	Li V.C. (University of Michigan, United States)	7
	Tongji University(China)	5	De Belie N. (Ghent University, Belgium)	6
	University of Michigan(United States)	4	Sahmaran M. (Gaziantep University, Turkey)	6
자기 치유	University of Michigan(United	3	Li V.C.	4

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
콘크리트 성능 평가 및 검증 기술	States)		(University of Michigan, United States)	
	Delft University of Technology(Netherlands)	2	Dry C. (University of Illinois, United States)	3
	Gaziantep University(Turkey)	2	Sahmaran M. (University of Michigan, United States)	3
	Institute of Construction Materials(Germany)	2	Loukili A. (Lafarge Research Centr, France)	2
	Tongji University(China)	2	Pijaudier-Cabot G. (ERT RandDO, France)	2
자기 치유 콘크리트의 현장적용 및 실용화	Delft University of Technology(Netherlands)	4	Yang Z. (Montana State University, United States)	4
	Central South University (China)	3	He X. (Montana State University, United States)	3
	Shenzhen University(China)	3	Hollar J. (Montana State University, United States)	3
	Chongqing University(China)	2	Jonkers H.M. (Delft University of Technology, Netherlands)	3
	Institute of Industrial Science (Japan)	2	Shi X. (Montana State University, United States)	3

○ 전체 기술분야 중에서 교량상태 실시간 진단 및 평가기술 분야가 지능형 분야 논문 785개중 39%인 310건으로 가장 많고, 사용자 중심 교량 전용 교통관제기술이 가장 낮은 비율을 차지하고 있었음(10%, 78건)



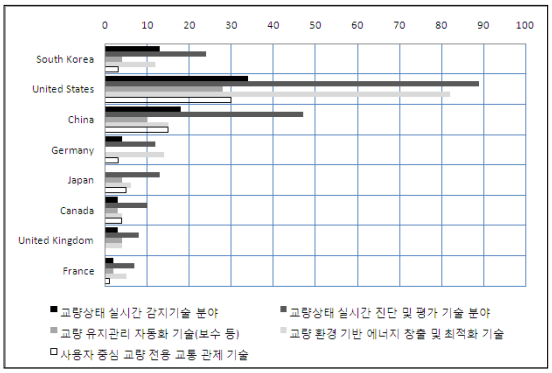
[그림 2-28] 기술분야별 논문 발표 현황

○ 국가별 논문 수/연도별 논문 수(최근 10년 기준)

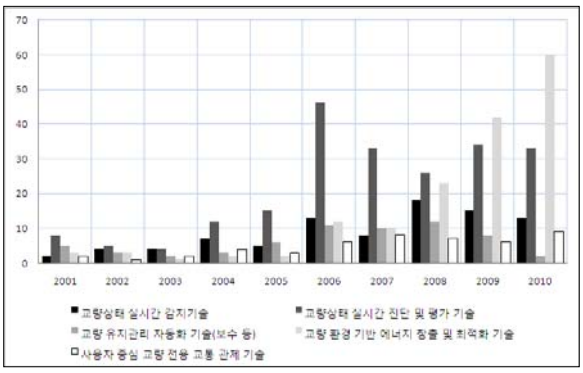
- 지능형 교량 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 수가 세 번째로 많음. 연도별 논문 수는 점차적으로 증가함

-

국가별 논문 수

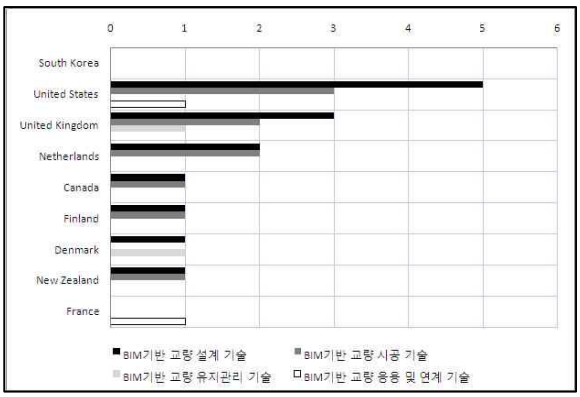


연도별 논문 수

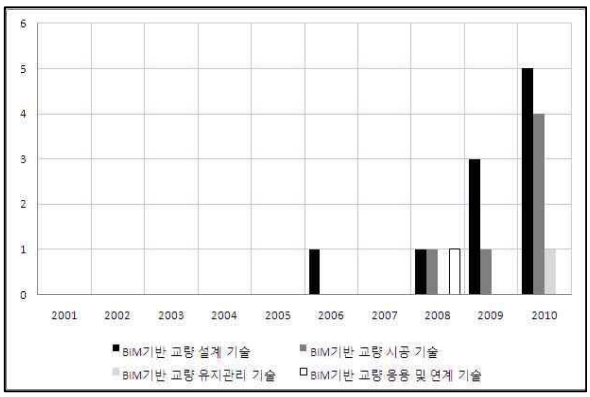


- BIM 전체 기술 분야(23건) 중에서 BIM기반 교량 설계 기술이 52%인 12건으로 가장 많고, BIM기반 교량 표준 요소 기술과 교량 Green BIM 기술에 대한 논문은 없음
- 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 이 없음. 연도별 논문 수는 점차적으로 증가하기 시작하는 추세임

국가별 논문 수



연도별 논문 수



o 주요 연구기관 및 연구자 현황

- 지능형 교량분야 연구기관으로는 University of California(United States)(총 12건), 연구자로는 Inman D.J.(Virginia Tech, United States)(총 10건)가 가장 많은 논문실적을 보유하고 있음.
- 미국의 경우 전체 대상 기술 분야 중 논문 건 수 상위 25개 기관 중 11개 기관으로 기재된 기관의 44%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
교량상태 실시간 감지기술분야	Missouri University of Science and Technology(United States)	4	Pozzi M. (University of Trento, Italy)	4
	University of Trento(Italy)	4	Zonta D. (University of Trento, Italy)	4
	Chongqing University(China)	3	Chen B. (Michigan Technological University, United States)	3

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
	Nanyangl University(Singapore)	3	Heo G. (Konyang University, South Korea)	3
	Analatom Inc. (United States) 외 16개 기관	2	Lee W. (KICT, South Korea)	3
교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 분야	University of California(United States)	7	Chen B. (Michigan Technological University, United States)	5
	Korea Advanced Institute of Science and Technology(South Korea)	5	Choquet C. (123 Certification Inc, Canada)	4
	Korea Ocean Research and Development Institute(South Korea)	4	Pan Q. (Drexel University Infrastructure Institute, United States)	4
	Structural Health Monitoring and Control Institute(China)	4	Yi J.-H. (Korea Ocean Research and Development Institute, South Korea)	4
	University of Trento(Italy)	4	Yun C.-B. (Korea Advanced Institute of Science and Technology, South Korea)	4
교량 유지관리 자동화 기술분야	ASCE(United States)	2	Bernold L.E. (North Carolina State University, United States)	4
	Beihua University(China)	2	Li J. (China Jiliang University, China)	3
	INIT GmbH(Germany)	2	Abdel-Qader I. (Western Michigan University, United States)	2
	Shanghai Jiaotong University(China)	2	Abudayyeh O. (Western Michigan University, United States)	2
	University of British Columbia(Canada)	2	Bremer L. (Leiter Bauliche Anlagen Schwebebahn, Germany)	2
교량 환경기반 에너지 창출 및 최적화 기술 분야	Rensselaer Polytechnic Institute (United States)	7	Inman D.J. (Virginia Tech, United States)	10
	Omnitek Partners (United States)	5	Park G (Los Alamos National Laboratory, United States)	8
	University of California (United States)	5	Parsa L. (Rensselaer Polytechnic Institute, United States)	7
	Cornell University Laboratory for Intelligent Machine Systems (United States)	4	Dwari S. (Rensselaer Polytechnic Institute, United States)	6
	Engineering Institute, Los Alamos National Laboratory	4	Murray R. (Omnitek Partners, United States)	5

구분	연구기관		연구자	
	기관명(국가)	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수
	(United States)			
사용자 중심 교량 전용 교통 관제 기술 분야	Beijing Jiaotong University (China)	2	Ayoub A. (University of Houston, United States)	2
	Harbin Institute of Technology (China)	2	Dong Z. (University of Victoria, Canada)	2
	University of South Florida (United States)	2	Mehrani E. (University of South Florida, United States)	2
	University of Southern California (United States)	2	Wang X. (Tsinghua University, China)	2
	Advanced Bridge Engineering Systems (Austria) 외 89곳	1	Xue D. (University of Calgary, Canada)	2
BIM기반 교량 유지관리 기술 분야	Copenhagen School of Design and Technology(Denmark)	1	Harty J. (Copenhagen School of Design and Technology, Denmark)	1
	Scott Sutherland School of Architecture and Built Environment(United Kingdom)	1	Laing R. (Scott Sutherland School of Architecture and Built Environment, United Kingdom)	1

마. 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적유지관리 통합플랫폼 기술 개발

○ 논문 분석 키워드

분야명	중분류	검색 키워드	검색 논문 수 (1952년~2011년)	
플랫폼형 통합제어프로그램 및 최적 유지관리용 의사결정시스템	플랫폼형 통합제어SW	platform, integration, program, software, bridge, operation	6	321(62)
	요소기술 모듈 패키징 기술	module, package, integration, standardization	6	
	데이터 프로세스 기술	monitoring, data, process, damage, detection, bridge (correlation)	58(6)	
	보수/보강효과 산정 자동화 기술	repair, strengthen, evaluation, sensing, data, bridge	4	
	유지관리 의사결정지원기술	maintenance, decision, making, bridge (database)	247(40)	

- 플랫폼형 통합제어프로그램 및 의사결정시스템 분야의 주요 핵심기술별 관련 논문은 총 321건으로써, 타 분야에 비하여 매우 적은 것으로 조사됨.
- 데이터 프로세스, 그리고 유지관리 의사결정지원기술에 대한 논문이 상대적으로 가장 많고, 플랫폼형 통합제어분야, 요소기술 모듈 패키징 분야, 보수/보강효과 산정 자동화 기술 등은 매우 논문발표 실적이 적은 것으로 나타났음.

- 플랫폼형 통합제어를 위한 다양한 데이터의 correlation, 그리고 의사결정지원기술에서 필요로 하는 관련 데이터베이스 활용에 대한 키워드를 추가하면, 321건에서 62건으로 대폭 감소하여, 본 연구에서 추진하고자 하는 분야는 아직 연구 초기단계로 판단됨.

○ 연도별 논문 수



[그림 2-29] 플랫폼형 통합 제어기술 분야 논문 현황

- 1992년부터 점차적으로 관련 분야에 대한 논문이 발표되면서, 급격하게 2000년도 이후부터 증가하는 경향을 보임. 2008년도에 급격하게 증가하는 경향이 있으나, 전반적으로 전체 논문수가 매우 적음.
- 점차 개별 요소기술이 아닌 통합, 플랫폼형 표준화 기술 등으로 발전함을 감안할 때, 해당 분야에 대한 연구 및 논문실적은 점차 증가할 것으로 판단됨.

○ 정성적 분석결과

구 분	지능형 교량 분야
기술전망	- 사용자 중심 교량 전용 교통 관제기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 저조하여 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 교량상태 실시간 진단 및 평가 기술 분야는 충분한 논문이 확보된 것으로 판단됨. - BIM기반 교량 표준 요소 기술 분야, 교량 Green BIM 기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 없으므로 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 나머지 기술 분야들도 논문 수가 적으므로 활발한 연구가 필요할 것으로 판단됨.
기술개발 필요분야	- 사용자 중심 교량 전용 교통 관제 기술 분야 - 교량 유지관리 자동화 기술 - 교량상태 실시간 감지 기술 - 플랫폼형 통합제어 기술 및 신뢰성 기반 의사결정 기술 - BIM 기반 교량 표준 요소 기술 분야 - 교량 Green BIM 분야 - BIM기반 교량 유지관리 기술 분야

o 시사점

- 전반적으로 지능형 친환경교량 파트의 논문 및 연구실적은 교량 관련 전체 논문 수 57775건 중 낮은 비율(급속시공분야: 0.55%, 신소재 교량 분야 3.81%, 지능형 교량 분야: 1.36%, BIM분야: 0.04%)을 차지하는 것으로 조사되었으며, 각 분야별 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨

- 논문실적과 관련하여 세계 수준을 확보하기 위해서는 지능형 친환경교량 분야 중점 연구기관 및 연구자를 발굴 육성해야 하며, 지능형 친환경 교량 분야에 대한 국가적 차원의 적극적 지원 필요할 것으로 사료됨

- 플랫폼형 스마트 교량 관리기술 통합에 대한 연구는 아직 전 세계적으로 초기단계이며, 특히 다양한 측면에서 도출된 데이터 상호연계를 통한 의사결정지원기술, 그리고 보수/보강 효과 산정기술 등에 대한 논문 역시 매우 낮은 것으로 조사되었음. 따라서 이러한 분야에 대한 연구를 활발히 진행하여 교량 스마트 관리기술에 대한 TOTAL SOLUTION 시스템 개발이 이루어진다면, 전 세계적으로 해당 분야에 대한 우위를 점할 수 있을 것으로 기대됨.

- BIM 분야의 논문 실적이 가장 저조한 것으로 나타난 것으로 미루어볼 때 해당 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료됨

- BIM 기술은 최신 기술에 해당하므로 논문 및 특허 검색이 다른 분야에 비하여 현저히 숫자가 적은 것으로 분석되고 있음. 2008년부터 국내 논문 및 특허 출원이 급격히 증가하고 있는 추세를 볼 때 BIM 연구 및 기술 개발이 집중적으로 이루어져야 할 분야로 판단됨

4절. 연구개발 인프라 분석

1. 인프라 및 역량 분석

- 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술을 보유한 전문 인력은 각 연구소 및 대학에서 육성하고 있으나 이들이 연구하기위해 필요한 연구시설 및 설비와 기술구현에 필요한 기반 인프라는 부족한 상황이며 기술의 표준화 역시 아직 미흡한 단계임
- NDT 기술의 연구개발을 주관으로 하는 행정관련 전담부서가 없음에 따라 대형국책연구과제와 관련된 부분에서 특정목적의 NDT기술의 연구를 제한적으로 수행함
- NDT업체에서 기술의 연구개발에 투자되는 비용은 전체 매출액의 약 3%로 파악되고 있느나 특수한 목적의 NDT검사 장비 구입에 사용되고 실제 연구개발의 비용은 더 낮을 것으로 예상됨
- 지능형 교량에 맞는 교량 상태 실시간 진단 및 평가기술 개발을 위해 이 분야 선진국인 일본, 미국의 기관 및 전문가를 활용한 다양한 기술교류 및 정보 공유가 필요함
- 교량 정보모델의 개발 및 활용과 관련된 분야에 있어 국내뿐만 아니라 세계적으로도 관련 전문가 및 인프라가 많지 않음

2. 관련 기업 현황

가. 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술

□ 민간기업 기술보유 현황

[표 2-20] 기업-기술 현황 사례(지능형 교량 및 BIM 분야)

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차
교량 손상 자동 치유 기술	원하종합건설	섬유복합 모르타르 및 시공기술	70%
	대우건설	나노실리카 및 산업부산물을 이용한 콘크리트	75%
	트라이포드	매립지 지하 구조물 성능 향상 기술	65%
3G 통신기술	SKTelecom	USN 교량 SHM 관련 특허 1건 Dynamic sensor 장거리 통신 기술	80%
Zigbee 통신 기술	TSC Systems	근거리 저전력 무선 네트워크 기술	75%
Single Channel ADC		센서 데이터 디지털화 기술	50%
Bluetooth 기반 u-node	한국유지관리	Bluetooth를 이용한 dynamic sensor 기술	80%
무선 아날로그 센서	이노센싱	아날로그센서를 이용하여 A/D 변환 및 무선 데이터 송/수신	80%

교량 센서 계측	EJ - Tech	유선 기반의 교량 실시간 계측 시스템	70%
DMU, 시뮬레이션	대림산업	교량의 3D모델링을 통해 DMU을 수행 및 웹기반 5D 시스템 개발	10%
BIM 공사관리 통합 웹사이트	쌍용건설	고속철도에 노선에 대해 3D 정보모델의 구축하고 공사 통합지원 및 관리	10%
DMU, 시공성 검토	삼성물산	주요 가시설 및 정거장 모델링을 통한 시공성 검토 및 2D도면의 철근물량 검토	10%
교량설계 프로그램	한길아이티	PSC BOX 3D, 구조 등에 관련된 BIM 소프트웨어 개발	25%

□ 대학 및 연구소 기술보유 현황

[표 2-21] 연구소 -기술 현황 사례

핵심과제명	관련 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
교량 손상 자동 치유 기술	한국건설기술연구원	고경택, 김성욱	고내구성 콘크리트, 고인성 섬유 보강 시멘트체
지능형 교량 분야	한국건설기술연구원	박기태, 채명진	광섬유센서 응용기술 교량 모니터링용 USN 응용기술 계측데이터 기반 교량상태 평가기술
	전자통신연구원	이미영	센서 데이터 처리용 미들웨어 기술
	전자부품연구원	송병훈	센서 데이터를 이용한 교량 계측 전략 기술
BIM 분야	한국건설기술연구원	김성식, 주기범	BIM작성 · 납품 공통기준 개발 초고층건축물을 위한 BIM 정보요구정의서 유지관리단계 BIM 모델 연구
	대림건설 기술연구소	정도영	BIM의 교량 시공단계 적용방안 연구
	한국건설산업연구원	김우영	BIM의 제도/정책 분석을 통한 활성화 방안 연구

[표 2-22] 대학 -기술 현황 사례

핵심과제	관련연구기관	대표연구자	연구영역 및 연구방향
교량 손상 자동 치유 기술	세종대	김동주, 이종재	균열제어 섬유보강 시멘트 복합재료
	경북대	김화중	박테리아 자가 치유 콘크리트
	대구대	강수태	균열치유 콘크리트의 성능 평가
지능형 교량 분야	KAIST	윤정방	무선센서 기반 교량 모니터링 기술
	부경대학교	김정태	PZT센서 기반 교량 모니터링 기술
	성균관대학교	박승희	무선센서 기반 교량상태평가 기술
	강원대학교	정인범	센서네트워크이용 교량 계측
	한국산업기술대학교	이재명	교량용 변위측정 시스템

	군산대학교	김성호	무선 센서 기반 교량 원격 계측
BIM 분야	연세대학교	이상호, 김형관	개방형 표준기반 교량모델, 시스템 개발 사장교 대상 BIM기반 온실가스 배출 산정
	성균관대학교	이광명	교량 시뮬레이션
	경상대학교	강인석	교량 시뮬레이션
	중앙대학교	심창수	토목분야 BIM 가이드
	부산대학교	문성우	BIM기술 활용 시설물유지관리 시스템

□ 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

- 교량의 설계, 해석분야의 석, 박사급 연구인력은 매우 많으나, 무선센서 및 계측기법에 특화된 건설분야 연구인력은 많지 않아 인력양성이 필요할 것으로 보임
- 정보통신 및 IT분야의 연구 인력과의 협업이 필요함
- 기업 부설 연구소의 활성화를 위해서는 각 시설물의 진단에 요구되는 장비, 설비의 제작, 설치 및 운영을 할수 있는 전문 연구 인력으로 양성이 필요함
- 광섬유센서와 관련해서는 다양한 분야의 전문가 및 관련 업체를 보유하고 있는 것으로 판단됨

인프라 항목		선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
교량 손상 자동 치유 기술	전문인력		O			
	기자재		O			
	산학연 공동연구기반		O			
	기술이전 및 거래	O				
	국제기술협력기반		O			
	업계현황	O				
지능형 교량 분야	전문인력	○				
	기자재		○			
	산학연 공동연구기반	○				
	기술이전 및 거래	○				
	국제기술협력기반	○				
	업계현황		○			
BIM 분야	전문인력	○				
	기자재		○			
	산학연 공동연구기반	○				
	기술이전 및 거래	○				
	국제기술협력기반	○				
	업계현황		○			

3. 시사점

- Test-bed 구축을 위하여 관·산·학·연 공동연구체제 구축
- 한국건설기술연구원, 분산형 공유 실험센터 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증 연구실시
- 국내 기술수준은 해외에 비하여 뒤쳐져 있으나 발전된 IT기술에 기반하고 RT(Robot Technology)기술을 활용하여 2~3년 내로 선진국 수준에 접근하며 과제 종료시점에는 선진국 수준을 역전 할 수 있을 것으로 예상됨
- 지능형 교량은 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 것으로 국내 각 대학 연구인력 및 국가연구소등의 연구 인력이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있는 실정으로 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 좀 더 확대될 필요성이 있음
- 교량상태의 실시간 진단 및 평가기술에 필요한 각종 센서 등 하드웨어적인 인프라는 수입에 의존하므로 국내 기술로 하드웨어적 인프라 확충이 가능하도록 국내기술 개발이 요구됨

5절. 종합분석

가. 국내외 정책 동향 및 환경분석 시사점

(1) 국내

- 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
- IT에 기반한 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트랜드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대할 것으로 전망됨
- 이미 많은 공공발주자들이 BIM의 필요성을 인식하고 있으며, 국토해양부의 건축정책기본계획에 따라 앞으로 공공발주에서의 BIM 적용은 가속화될 것으로 보이며, 이에 따른 교량의 표준 데이터 모델에 대한 필요성도 급격하게 증가할 것으로 예상됨
- 단순 토목구조물로 분류되던 교량구조물에 대한 지능화, 첨단화를 통한 교량유지관리 단계에서의 탄소배출량 저감 효과를 감안하여 해당 분야에 대한 국가 R&D 정책이 진행되고 있는 것으로 판단됨
- 국토해양부 및 조달청의 BIM 가이드가 작성되고 입찰시의 절차와 기준에 대한 가이드라인들이 준비되면서 효과적인 BIM 기반의 발주 체계가 마련되고 있음
- 조달청의 단기, 장기 BIM 발주 계획에 따라 향후, 건설 프로젝트에서의 BIM 발주는 필수요소가 될 것으로 전망됨
- 관련 법령에 대해서는 현재까지 제정된바 없음
- 토목구조물을 대상으로 BIM 발주에 대한 정책 및 가이드라인의 개발도 이루어질 것으로 예상되며, 따라서 성과품의 납품이나 정보의 공유, 관리 등에 있어 표준 데이터 모델의 필요성은 더욱 증가할 것으로 보임

(2) 국외

- 건설 선진국들에서는 교통정체 완화 및 건설 분야 탄소발생량의 저감을 목표로 정책적 지원을 실시하고 있으며 이를 통하여 글로벌 경쟁력 강화와 세계시장 선도를 추진하고 있음
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화 및 고내구성를 지향하고 있음
- 전 세계적으로 건설단계에서 유지관리단계로 전환되는 추세이며, 유지관리비의 비율이 점차 증가하고 있는 것을 감안할 때 유지관리단계에서의 탄소배출량 최소화 요소기술에

대한 개발이 필요하며, 그 결과를 현장에 적극 반영할 필요가 있을 것으로 사료됨

- 현재 국제적으로 건설산업의 결과물 납품 시 국제 IFC 포맷의 파일 제출을 필수 항목으로 지정하고 있는 추세이며, 각 국가별로 BIM의 도입을 위해 자국의 실정에 맞는 Guideline 및 Manual을 개발하고 있음
- 현재 국제적으로 건설사업 성과품 납품 시 국제 IFC 포맷의 파일 제출을 필수 항목으로 지정하고 있는 추세이며, 각 국가별로 BIM의 도입을 위해 자국의 실정에 맞는 Guideline 및 Manual을 개발하고 있음
- BIM으로 발주하는 것은 기존의 체계와 차이가 있을 수 있으며, 이에 대한 구체적인 방안들을 마련할 필요가 있음

나. 국내외 시장동향 분석 시사점

(1) 국내

(가) 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 분야 국내 시장 규모 및 전망

- 국내 건설 IT 융합 시장은 지속적인 증가 추세를 보이고 있으며 이와 부합하여 국내 노후화 교량의 안전진단에 대한 수요 또한 증가하고 있음. 현재 교량 안전 진단을 위한 비파괴 검사 국내 시장 규모는 미비한 상황으로써 비접촉센싱 및 FSM 기반의 건설 IT 융합 기술을 적용함으로써 시장 규모를 확대시키고 세계 시장 선도를 추진할 수 있음
- 국내 건축구조물 시장 규모에 비해 구조 안전성 평가 기술의 비중은 1~2% 정도로 매우 낮은 수준으로 수요에 대한 공급이 미흡한 실정이나 국내 비파괴 검사 시장은 지속적인 성장세에 있으며 비접촉 센싱 및 FSM 기반 기술의 개발을 통해 성장세를 가속화할 것으로 기대됨
- 우리나라는 세계적으로 u-City 분야를 선도하고 있으며 건설-IT 융합시장은 향후 지속적으로 성장세를 이어갈 것으로 전망되며 저비용 고효율, 에너지 절약, 설계/시공/유지관리 자동화, 지능화의 건설 IT 응용 시장으로 발전할 것으로 예측됨

(나) 교량 손상 자동 치유 및 머신 비젼 기반 유지관리 기술 개발

- 강교량의 경우 정기적인 부식 검측과 도장작업을 수행할 필요가 있으며, 머신비젼을 이용한 부식 수준 파악 및 분석과 이에 따른 부식의 자동 수리와 자동화 장비를 이용한 자동 도색에 대한 시장의 요구가 충분히 성숙되어 있음
- 머신비젼 기술을 이용한 Rust detection 및 analysis의 경우 미국에서 최근 활발하게 연구가 되어 상용화에 근접해 있으며 도장 자동화 로봇의 경우 국내의 선행 연구와 자동차 공장에서의 자동화 장비 운영으로 인한 충분한 노하우를 갖고 있어 교량에 적용하여 실용화 및 상용화에 근접한 기술로 사료됨
- 콘크리트 교량은 건설단계 및 사용 중에 외부요인에 의해 균열 등 손상이 발생하여 구조

물 보수·보강 등 유지관리에 많은 국가예산을 사용하고 있음. 따라서 손상 발생 시 자가진단, 치유기술을 접목한다면 교량의 수명이 획기적으로 연장되어 국가예산이 절약에 기여할 수 있음.

- 교량 손상 자동 치유 기술은 교량 중에서도 동적하중을 받는 바닥판을 주로 대상으로 하고 있음. 현재 국내에서 건설되는 교량의 수와 수주액 등을 고려하고 교량 건설 시장규모를 추정하였고, 바닥판 공사비가 교량의 공사비에 차지하는 비율을 10%로 가정하였으며, 여기에 손상 자동 치유 콘크리트의 기술 적용 비율을 2020년까지 10%, 그 이후에 15%로 가정한 다음 시장규모를 전망하였음.

(다) 스마트관리기술 및 정모보델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술

- 국토개발 및 건설투자로 기인된 국가주요 사회기반시설은 생애주기상 필연적으로 안전관리 및 유지관리를 요구하게 되며, 기존 시설물의 노후화를 억제함으로써 기능적, 사회적 수명을 연장하거나 성능개선을 통해 경제적 가치를 상승시키는 것으로써 새로운 기능과 부가가치를 창출할 수 있음.
- 신규건설투자 대비 유지관리 수요는 2000년대 들어서 약 25% 수준을 점유하고 있으나, 시설물 자산가치 대비 유지관리 투자는 외국 1.0%의 1/3 수준인 0.3%정도로서, 이를 근거로 우리 나라의 유지관리 투자실태를 추산하면 신규건설의 약 8% 수준으로 신규건설 대비 유지관리 투자가 57%가 넘는 이탈리아의 7분의 1수준에 불과하고 38%인 영국의 4분의 1수준, 26%인 독일의 3분의 1수준으로 유지관리 시장은 향후 빠르게 확장될 것이 명백함
- 조달청 등 공공기관의 BIM발주가 증가하는 추세에 있으며, 2018년 3천여건으로 증가가 예상됨
- BIM으로 설계, 시공, 유지관리의 패러다임이 전환되는 시점에 있으며, 그 증가세는 급격하게 늘어날 것으로 예상됨

(2) 국외

(가) 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 분야 국내 시장 규모 및 전망

- 세계 비파괴 검사 장치/기기 시장은 연평균 6%의 지속적인 성장세를 보이고 있으며, 또한 부가가치 생산액도 증가하는 추세임. 이에 따라 국가적인 차원에서의 기술 개발에 대한 투자가 증가하고 있으며, 세계 각국의 기업 및 연구 긴관들은 비파괴 장치/기기에 대한 관련 기술을 선점하고 있음.
- 미국, 일본 등의 교량 유지 관리 시장은 신설 교량에서부터 기존 노후화 교량에 이르기까지 다양한 형태로 정부 지원이 이루어지고 있음.
- 시장 진입은 기술 개발의 소요 시간과 기술적 해결 장애 및 시장 진입 후 신뢰성 기간 경과의 필요성으로 기술적으로 선점한 기업, 국가 이외에는 상당한 어려움이 있을 것으로 예상됨.

- 세계 시장 성숙도에 비해 현재 국내 기술 개발 수준은 미흡하여 시장의 요구에 맞는 기술 개발이 필요하며, 개발된 기술을 통해 IT 융합 교량 시장은 초기단계에서 성장단계에 이를 것으로 예측됨.

(나) 교량 손상 자동 치유 및 머신 비젼 기반 유지관리 기술 개발

- 교량 손상 자동 치유 기술은 신규 교량건설 시장과 노후화 교량의 개축·교체·보강 시장으로 구분하여 접근할 필요가 있음. 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서 교체가 필요한 노후화 교량이 50% 이상 차지하고 있으므로 선진국과 경쟁을 위해서는 노후화 교량에 초점을 맞추어 기술 개발이 필요하고, 중국 및 아시아, 아프리카 등의 해외건설 시장 진출을 위해서는 신설 교량 시장에 초점을 맞추어 기술 개발이 필요함.
- 미국의 경우 강교량의 부식 검측과 도장작업에 대하여 매우 신중한 접근을 통하여 긴밀한 관리를 수행하고 있으며, 머신비젼 기술을 이용한 Rust detection 및 analysis를 이용하여 객관적인 부식정도 파악에 많은 연구를 수행하고 있음
- 이러한 결과를 바탕으로 도장 자동화 로봇을 이용하여 자동 도장 로봇을 개발하여 실험실 수준으로 적용되었으며 실용화를 위한 수준으로 기술이 성숙되어 있음

(다) 스마트관리기술 및 정모보델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술

- 선진 국가에서는 이미 오래 전부터 기존시설을 철거하고 신규 건설함에 따른 경제적·사회적 비용을 감안하여, 어떻게 하면 기존시설물을 잘 유지관리하여 제 기능을 발휘하면서 오래 사용할 수 있을까에 경제적·기술적 초점을 맞추어 시행한 결과 현재는 신설공사에 투자하는 비용보다 기존 시설물의 안전 및 유지관리공사에 투자하는데 더욱 큰 비중을 차지하고 있음
- 시설물유지관리 기술은 신축 건설기술과 완전히 다른 별개의 새로운 기술분야로서 선진국에서는 적극적인 국가적 지원을 받아가며 육성되고 있으며, 유지관리기술의 정착도 및 수준이 그 나라 선진화정도의 척도가 됨
- 전세계적으로 건설 IT 시장이 증가하는 추세를 이어가고 있으며, 그 속에서 CAD시장이 주축을 이루고 있음

다. 국내외 기술개발 동향 분석 시사점

(1) 기술동향 분석 시사점

(가) 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 분야 국내 시장 규모 및 전망

- 구조 건전성 평가 기술이 접목된 지능형 교량에 대한 세계적인 연구 동향은 대부분 접촉형 센서 시스템에 기반하며, 이 시스템을 적용하여 건설 IT 융합화 사업을 확장하고 있는 실정임. 현재 우리나라는 건설 IT 융합 기술 수준이 상대적으로 낮으나 높은 수준의 관련

기반 기술을 보유하고 있으므로 지속적인 연구 개발을 통해 세계 시장을 선도할 수 있을 것으로 사료됨.

- 지능형 교량 기술 중 비접촉센싱 및 FSM 기반 구조 건전성 평가 기술은 미국, 유럽 등에서 장치/기기 및 알고리즘 등에 대해 연구가 활발하게 진행 중에 있으나 아직 실제 교량 구조물에 적용 사례가 드문 상황으로써 우리나라와 기술 격차가 크지 않아 독자 기술 선점이 가능함.
- 최근 국내 건설 기술은 정부의 녹색 성장 정책과 맞물려 건설과 IT 기술을 융합한 신성장 동력 기술에 집중하고 있어, SOC 지능화 및 고부가가치화 기술 개발에 대한 투자가 증가하고 있으며, 일환으로 유비쿼터스 사업에 대한 기술 개발이 활발. 이 중 지능형 교량을 위해 비접촉센싱 및 FSM 기반 기술이 효과적으로 적용 가능성이 높을 것으로 예상.

(나) 교량 손상 자동 치유 및 머신 비젼 기반 유지관리 기술 개발

- 강교량의 경우 정기적인 부식 검측과 도장작업을 수행할 필요가 있으며, 머신비젼을 이용한 부식 수준 파악 및 분석과 이에 따른 부식의 자동 수리와 자동화 장비를 이용한 자동 도색에 대한 시장의 요구가 충분히 성숙되어 있음
- 머신비젼 기술을 이용한 Rust detection 및 analysis의 경우 미국에서 최근 활발하게 연구가 되어 상용화에 근접해 있으며 도장 자동화 로봇의 경우 국내의 선행 연구와 자동차 공장에서의 자동화 장비 운영으로 인한 충분한 노하우를 갖고 있어 교량에 적용하여 실용화 및 상용화에 근접한 기술로 사료됨
- 콘크리트 자동 치유 기술은 미국, 네덜란드, 일본 등에서 활발하게 연구가 진행되어 손상 치유 재료가 어느 정도 개발되어 있고 현재 성능 검증 및 구조물에 적용 단계에 있음. 이에 반해 국내에서는 초보단계라 할 수 있으나, 관련 기술들은 선진국 수준을 보유하고 있으므로 기술투자가 이루지면 충분히 선진국 수준에 도달할 것으로 예상됨.
- 특히 동적하중을 받는 환경에서 콘크리트 손상 자동 치유 기술은 선진국에서도 기술 개발이 되어 있지 않으므로 집중적으로 기술개발 투자가 이루지면 세계적으로 독자 기술을 보유하여 해외시장에서 충분히 적용이 가능할 것임.

(다) 스마트관리기술 및 정모보델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술

- 성수대교 붕괴 이후, 각종센서를 부착하여 교량의 상태를 감시하기 위한 안전감시 시스템이 다수 도입되었으나, 운영을 위한 소프트웨어의 부족과 경험 미숙으로 운영의 효율성이 떨어지고 있음.
- 이를 극복하기 위한 연구노력이 최근 들어 이루어지고 있으나 대상 구조물과 목표가 한정되어 있는 환경에서 연구개발이 진행되어 타구조물로의 확대적용이 어려운 문제점을 안고 있음.
- 또한, 최근에는 내구성이 뛰어난 광섬유센서, 무선계측 시스템 등 다양한 하드웨어가 지속적으로 개발되고 있어 기존에 구축되어 있는 유지관리 시스템과의 호환성의 문제가 발생하고 있음

- 따라서 센서, 데이터 등 표준화, 모듈화 및 통합화 기술은 향후 개발될 기술에 대한 유연성, 현재 기술에 대한 효율성, 다양한 구조물에 대한 적용성을 증대시킬 수 있을 것임.
- 많은 공공발주기관이 BIM의 필요성을 인식하고 있어 국토해양부의 건축정책기본계획에 따라 공공발주에서의 BIM 적용은 가속화될 것으로 보이며, 교량에 대한 표준 데이터 모델의 필요성도 급격하게 증가할 것으로 예상됨
- 국토해양부는 국내 건설산업에 BIM을 정착시키기 위한 국가차원의 전략을 수립하고 구체적인 로드맵과 방향을 제시함으로써, 민간 업체들이 안정감 있게 BIM을 도입할 수 있는 환경을 제공해야 함
- 국내 토목공사의 BIM 적용은 여전히 소극적이므로 이를 개선하기 위해서는 BIM의 도입 효과가 큰 업무부터 순차적인 실무 적용이 필요하며, 이와 함께 BIM 기반 설계 및 시공을 위한 적정대가가 책정되어야 함

(2) 특허분석 결과

- 지능형 친환경 교량 기술의 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음

(3) 논문분석 결과

- 균열 치유 기술에 관한 논문은 미국, 네덜란드, 일본이 상위를 차지하고 있으며, 그 다음으로 중국이었는데, 중국은 최근 들어 논문 수가 급격히 증가하고 있음. 이는 중국의 경제성장과 더불어 R&D 투자의 증대 결과로 사료됨. 우리나라에서도 논문실적과 관련하여 세계 수준을 확보하기 위해서는 손상 자동 치유 콘크리트 분야 중점 연구기관 및 연구자를 발굴 육성해야 하며, 국가적 차원의 적극적 지원 필요할 것으로 사료됨.
- 전반적으로 지능형 친환경교량 파트의 논문 및 연구실적은 교량 관련 전체 논문 수 57775건 중 낮은 비율(급속시공분야: 0.55%, 신소재 교량 분야 3.81%, 지능형 교량 분야: 1.36%, BIM분야: 0.04%)을 차지하는 것으로 조사되었으며, 각 분야별 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨
-
- 논문실적과 관련하여 세계 수준을 확보하기 위해서는 지능형 친환경교량 분야 중점 연구기관 및 연구자를 발굴 육성해야 하며, 지능형 친환경 교량 분야에 대한 국가적 차원의 적극적 지원 필요할 것으로 사료됨
- BIM 분야의 논문 실적이 가장 저조한 것으로 나타난 것으로 미루어볼 때 해당 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료됨
- 우리나라의 경우 전체 분야 중에서 지능형 교량 분야의 논문 실적이 가장 많았으며 신소재 교량 분야의 일부 분야에서도 논문 실적이 있었으나, 급속시공 분야와 BIM 분야의 경우 논문수가 매우 적거나 없어 해당 분야들에 대한 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨

라. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석

- 급속시공에 따른 인센티브 제공 규정 등 제도 마련, test-bed 구축을 위하여 관·산·학·연 공동연구체제 구축
- 한국건설기술연구원, 분산형 공유 실험센터 등 실규모 검증이 가능한 기관 주도의 실증연구실시

마. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

(1) STEEP 분석에 따른 시사점

○ 사회문화적(Social) 시사점

- 다른 나라의 기술개발 동향에서도 급속시공을 장려하고 있으며, 급속시공이 가능하다면 건설비가 더 소요되더라도 그 공법을 채택하는 장려제도를 도입하고 있음
- 최근 국내외의 교량기술개발 트렌드는 물량절감, 저비용 및 장수명 교량을 개발하는 것임. 특히 이산화탄소 배출량 축소가 전세계적인 이슈로 등장한 이후 교량분야에서도 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발 및 설계개념의 변화에 대해 논의가 되고 있는 시점임
- IT기반 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트랜드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대할 것으로 전망됨
- 교량은 공공성이 가장 높은 시설물로서 국민 생활과 밀접한 관련이 있으므로 교량 붕괴사고를 미연에 방지하는 모니터링, 자가진단, 평가 기술 등 교량의 지능화를 통해 국가경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 기대할 수 있음
- 교육과학기술부에서 선정 발표한 100대 유망분야 중 건설·교통 분야에 BIM분야를 포함하고 있음
- 토목시설물의 탄소배출량이 건축시설물의 2배에 달하며, 토목시설물 중에서도 도로시설물이 가장 영향이 큼
- 초고층, 비정형 시설물의 증가에 따른 건설패러다임이 변화하고 있음

○ 기술적(Technological) 시사점

- 이러한 여건에서는 약간의 기술진보 보다 더 효과적인 것이 급속시공으로 인해 얻는 부가효과이며 급속시공기술은 자동화를 수반하는 것이므로 장비개발 등에 있어서 IT 등 첨단기술의 접목으로 기술 및 산업의 시너지 효과를 가짐
- 교량분야에서 이산화탄소 배출량을 직접적으로 감소시키는 기술은 현재로서는 한계가 있어 콘크리트 및 강재 사용량을 절감시키거나 고성능 재료를 사용하는 방법을 통해 직간접적으로 탄소 배출량을 감소시키는 방법을 취하고 있음

- 건설, 토목, IT 기술 분야가 융합된 지능형 교량은 국내 각 대학 연구인력 및 국가 연구소 등의 연구 인력이 해당 기술 분야에 연구 개발을 하고 있는 실정을 보았을 때 연구인력 인프라는 구축되었으나, 상호 관련분야에 대한 이해와 기술적 교류가 좀 더 확대될 필요성이 있음을 알 수 있음
- 건설-IT융합시장 규모가 빠르게 증가할 것으로 전망되며, BIM기술을 활용한 기반 및 응용연구가 증가하고 있는 추세임
- 토목분야에 대한 표준 데이터모델의 필요성 인신이 확산되고 있음

○ 경제적(Economic) 시사점

- 미래 20년~30년 후에는 개축대상 교량이 획기적으로 급증할 것이며, 주요 간선도로 상의 교량은 교통통제 없이 급속시공을 도모하는 것만이 공사 가능한 대안이 될 것임
- 건설 강국인 미국, 유럽, 일본 등 국가들에서는 교량 부재에 기존의 재료보다 성능이 우수한 재료를 적용하여 교량의 고품질화 및 고내구성화를 지향하고 있음
- 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지절감 및 친환경·신소재 등 기존의 건설 산업과 IT 기술의 결합을 통한 고부가가치 시장의 성장이 전망됨
- 설계, 시공, 유지관리 전반의 BIM으로의 패러다임 전환 준비
- 교량시설물 유지관리 수요가 빠르게 증가할 것으로 예상됨
- 세계적 추세와 유사하게 국내 BIM 발주가 급격한 증가를 보임

○ 환경적(Environmental) 시사점

- 급속시공은 건설기간이 길어짐으로 나타나는 탄소배출량을 조기개통으로 해소시키고, 사용 중에 있어서 발생하는 유지관리로서의 부분교체 시에는 교통통제의 최소화를 통해 해결하는 것임
- 교통이 밀집한 지역의 교통정체 없는 건설 및 급속시공을 통한 조기개통의 탄소절감 효과는 막대한 것임
- 교량 건설의 대표적인 재료인 콘크리트(시멘트) 및 강재는 재료 생산시 막대한 이산화탄소를 배출하기 때문에 시멘트 및 강재 사용량을 줄여 이산화탄소 배출을 억제하려는 인식이 확산되고 있음
- 세계적으로 건설 기술은 각국의 녹색성장 정책과 맞물려, 건설과 IT 기술을 융합한 신성장동력 기술에 집중하고 있으며, 특히 지능형, 친환경 에너지 절감을 위한 생활 밀착형 건설 기술과 SOC형 건설기술에 IT를 융합한 고부가가치의 SOC 기술로 변화하는 추세임
- 교량정보모델개발 및 활용분야의 전문가 및 인프라가 부족함
- 국제적으로 온실가스 방출감소와 에너지 효율성을 높이기 위한 규제가 강화되고 있음
- 4대강 사업으로 인한 친환경 교량의 수요가 증가할 것으로 전망

○ 정책적/법적(Political) 시사점

- 교량 안전관리와 관련된 다양한 법령은 제시되어 있으나, 교량 설계, 시공, 유지관리단계에서 탄소배출량을 최소화하기 위한 의무규정은 없는 것으로 조사됨. 따라서 이와 관련된 법 규정 및 제도 마련에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것으로 판단됨
- 신성장동력산업 중에서 IT 건설 부문에 대한 관심이 높고, 융합 기술의 개발 노력과 산업의 활성을 위한 제도적 및 경제적 지원 정책의 지속적 추진이 필요
- 국토해양부는 BIM육성을 위한 10년 정책 로드맵을 발표하였음
- 조달청은 2016년 까지 모든 공공발주를 BIM으로 발주한다는 단기, 중기, 장기 계획에 대한 정책을 발표하였음
- 국제적으로 IFC기반 BIM모델을 납품표준으로 채택하는 추세임

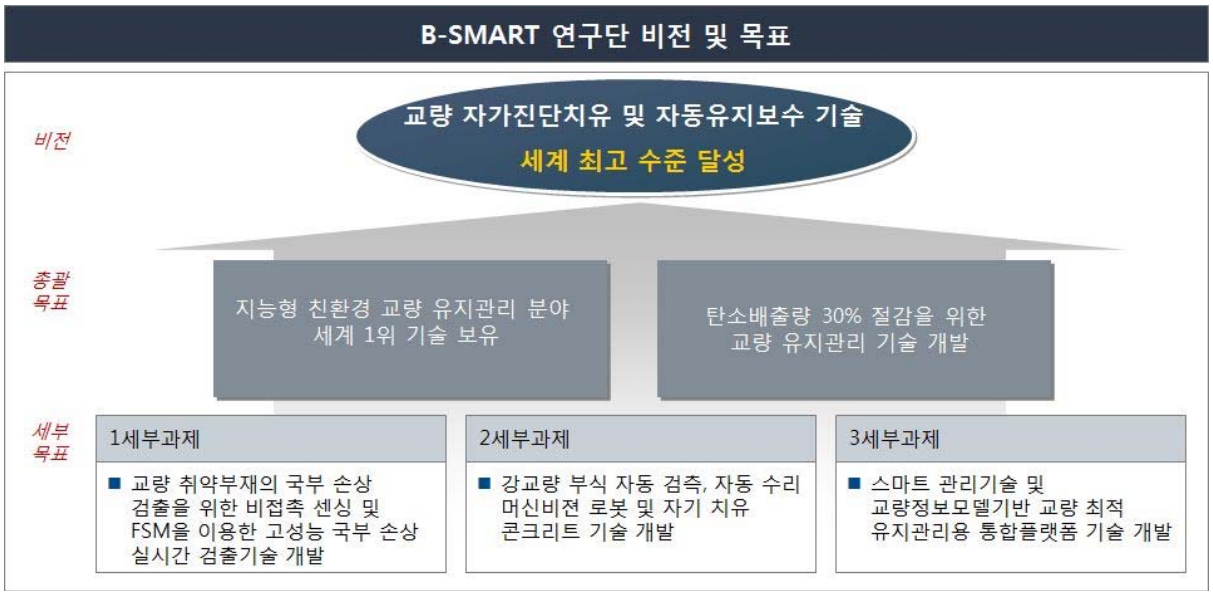
(2) SWOT 분석

	【 강 점(S) 】	【 약 점(W) 】
내부 환경 분석	·세계적 수준 IT 기술 및 자동화 장비 개발을 위한 잠재 기술 ·교량 지능화 기술개발 실용화를 위한 인프라 기 확보 ·국가의 녹색 성장/저탄소 정책을 통한 녹색 기술 개발 의지 및 인식 확산 ·세계적 수준의 고성능 건설재료 제조 기술의 확보 ·다양한 교량 분야 연구 추진을 통한 노하우 축적 ·국내 디지털 인프라의 세계 최고 수준 기술력 유지 ·국내 대형 건설업체를 중심으로 BIM시범적용 사례증가 ·BIM기반 교량 시공 시뮬레이션 기술력 확보 ·조달청 및 국토해양부를 중심으로 BIM적용을 위한 지침 마련 ·국내 디지털 인프라의 세계 최고 수준	·유지관리 자동화 장비 실용화 관련 제도 미비 ·주변 첨단기술과의 시스템화 미흡 ·새로운 기술의 현장 적용 의지 부족 ·녹색 건설에 대한 제도 및 기준 미비 ·교량 유지관리의 탄소배출량 평가 방법 부재 ·고성능 재료에 대한 실용화 및 설계 기술 미흡 ·고부가가치 창출형 교량 설계/유지관리 기술 부족 ·지능형 교량 구현을 위한 소재/부품 관련 산업의 높은 해외 의존도 ·IT 분야의 소프트웨어 기술 취약 ·교량을 포함한 토목분야 BIM 활용도 저조 ·건설-인프라 기술은 선진국 대비 63%수준에 머무름 ·교량 데이터 모델에 대한 연구 인력 취약 ·국내 데이터 모델링 기자재 인프라 전무 ·Virtual Construction 원천기술의 높은 해외 의존도
	【 기 회(O) 】	【 위 험(T) 】
외부 환경 분석	·노후교량의 교체 수요가 급증 예상 ·친환경 녹색성장의 정책적, 사회적 욕구강함 ·국내외 건설분야의 탄소저감 기술 니즈 확대 ·친환경 건설 / 고성능 건설재료에 대한 관심 고조 및 정부의 R&D 투자 확대 ·교량 설계수명에 대한 전 세계적 상향 추세 ·건설시대에서 유지관리시대로의 전환 시기 ·고부가가치형 건설-IT 융합에 대한 수요 급증 ·최근 국제회의 IFC-Infra 노력시작 ·세계 건설-IT 융합시장 규모가 빠르게 증가할 것으로 예상 ·세계적으로 공공시설물의 예방적 유지관리에 대한 시장규모 증가 ·건설산업분야의 환경부하저감 및 CO2발생량 감축 요구증대 ·조달청 BIM발주 중장기 계획 추진 ·미국, 일본 등 선진국의 3차원 CAD사용 의무화에 따른 Virtual Construction 활성화	·선진국의 기술선점으로 시장참여 기회 박탈 ·국내 기술 개발에 대한 투자의지가 낮음(SOC 관련 예산 감소) ·기술을 선점한 선진국에 기술이 종속될 가능성이 있음 ·고성능 재료 활용시 비용 증가에 따른 교량 발주처 및 시공사의 거부감 ·기술력은 선진국, 가격경쟁력은 중국 동남아가 우세 ·기술후발국으로 기술브랜드 경쟁력 취약 ·글로벌 시장의 침체와 불안정성 심화 ·국제적 경기침체로 인한 공공건설시장 침체 및 기존 기술 적용의 한계 ·토목분야 엔지니어의 BIM에 대한 관심부족 및 참여부족 ·도입초기단계에 따른 비효율성 ·글로벌 해외 기업의 소프트웨어 시장 장악 ·국제 표준의 느린 발전 속도

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 비전 및 총괄 목표



2. 단계별 목표

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	최종
연구단	요소 기술 개발 및 테스트		시스템 검증		시스템 통합 및 상용화	지능형 교량 자가 진단 및 자동 유지보수
비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술	비접촉 센싱 하드웨어 구축 및 FSM 기반 평가 알고리즘 개발		3차원 교량 관리 정보화 기술 및 FSM 기반 평가 시스템 개발		통합 시스템 구축	비접촉 센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술
교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술	자동 도색 및 자기치유 콘크리트 개발		자기치유/자동 도색 system 성능 평가 및 검증		현장적용 기술 개발	교량 손상 자동 수리/치유 기술 개발
교량 최적 유지관리용 통합플랫폼 기술 개발	교량 상태 정보 수집 및 분석 기술		데이터 프로세스 기반 유지관리방식 의사결정 기술		데이터 기반 교량 보수/보강효과 산정 자동화 기술	정보모델 기반 플랫폼형 스마트기술 통합 시스템

3. 설정근거

□ 비전 및 목표 설정 근거

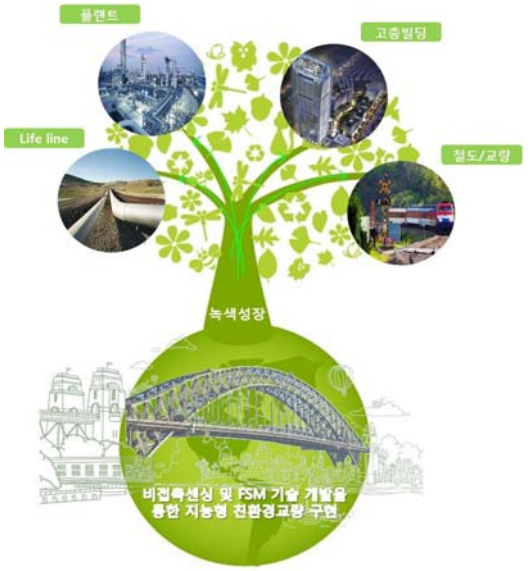
○ 총괄 비젼 및 목표 설정 근거

비전	· 교량 자가치유 및 자동보수 기술의 세계 최고 수준 달성
총괄목표	· 지능형 친환경 교량 유지관리 분야 세계 1위 기술 보유 · 탄소배출량 30% 절감을 위한 교량 유지관리 기술 개발

- 개발중심의 건설산업은 친환경과 배치되는 인식이 일반적이지만 국가 발전의 인프라를 제공하는 기반시설물이기 때문에 환경에 대한 임팩트를 최소한으로 유지하면서 지속가능한 녹색성장을 유지하는 전략적 접근이 필요함
- 지속가능한 녹색성장을 위한 적략으로는 신규 시설물의 개발부분과 유지관리 부분으로 분류할 수 있는데, 유지관리 부분의 성능 향상을 통하여 신규 건설을 최소화 하고 기존 시설의 최적화된 활용을 통하여 총체적인 탄소배출량을 감소시킬 수 있음
- 자가치유 및 자동 보수 등의 기술을 활용한 효율적인 교량 유지관리는 시설물의 내용연수를 증대시키며 궁극적으로 탄소배출량을 감소시키는 지속가능한 '친환경 녹색성장' 근간이 되는 기술임
- "교량 자가치유 및 자동보수 기술의 세계 최고 수준 달성"을 총괄 비젼으로 설정하고, 이 비젼을 달성시킬 중점추진 분야에서도 총괄 비젼에 부합하는 각각의 비젼을 제시토록 함과 동시에 기술구현의 구체적 성과로서 각 부문별 세계일류기술을 하나 이상씩 보유토록 하였음
- 교량 자가치유 및 자동보수 기술의 세계 최고 수준 달성을 총괄 목표로 정하게되며, 개발된 기술을 종합적으로 적용할 경우 기존 교량 대비 탄소배출량을 30%까지 절감시키는 것으로 최종 목표로 설정함
- 정부는 건설산업이 차지하는 탄소배출량을 약 43.2%로 분석하였으며, 녹색성장 정책은 전산업에 걸쳐 탄소배출량을 30% 절감하겠다는 목표를 설정하고 있으므로 건설산업의 단위기술에서도 이 이상의 탄소배출 절감을 목표로 설정하는 것이 타당함
- 환경문제에서 대두되는 탄소배출량은 3개의 중점 추진분야를 통하여 개발된 기술력을 바탕으로 자가치유 및 자동 보수 기술을 가능하게 하고 교량시설물의 수명 연장을 통하여 신규 공사를 최소화 하며, 생애주기관리기술에 의한 탄소배출 절감효과, 비파괴검사를 통한 최적의 안정성 확보 등 기존대비 30% 이상의 탄소배출 절감 효과를 가질 수 있을 것으로 분석됨

○ 1세부 : 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술

1세부목표	교량 취약부재의 국부 손상 검출을 위한 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출기술 개발 교량 유지관리 효율화를 통한 교량 수명 30% 연장



- 국가 중요 기간시설의 예상할 수 없는 재난이나 기후 변화에 대한 피해를 줄여 국가 예산 및 인명 피해를 줄이는 기술은 국가시설물의 관리, 국민의 재산 및 생명 보호 등 공공성이 강하고, 개발이 완료된 후에는 현재 운영 중인 다양한 SOC에 적용이 가능함
- 전 세계적으로 건설단계에서 유지관리단계로 전환되는 추세이며, 유지관리비의 비율이 점차 증가하고 있는 것을 감안할 때 유지관리 단계에서의 탄소배출량 최소화 요소기술에 대한 개발이 필요하며, 그 결과를 현장에 적극 반영할 필요가 있음.
- 교량 신설 관련 설계 및 시공기법 외에도 노후될 교량을 상시적으로 정확하고 자동화된 방법으로 진단하고 보수·보강할 수 있는 지능형 기술개발이 필요하며, 교량 유지관리 비용 최소화 방법론 개발과 재생에너지를 활용한 비용절감 및 탄소감축도 요구됨.
- 초장대교량의 해외수주가 증가하면서 초장대교량 기술경쟁력이 요구되고 있는 상황과 흡사하게, 향후 지능형 교량의 연구 성과를 바탕으로 이와 유사한 해외기술경쟁력을 확보함으로써 기술력의 해외이전 및 부가가치를 창출할 수 있음
- 세계 각국 및 기업들은 현재 기술개발의 로드맵을 설정하고 센서, 네트워크 , 시스템 분야에 관심을 가지고 있는데 향후 5년 후인 2016년부터는 지금과는 다른 교량 안정성, 건전성 평가 기술이 등장하여 향후 시장을 대체 할 것으로 예측되므로 이에 대응하는 교량 안정성 지능화/자동화 기술을 개발하여 교량 IT융합기술 시장을 선점할 필요가 있음
- 이와 같이, 교량 유지관리비의 비율이 증가하면서 지능화된 교량관리 시스템의 발전을 바탕으로 교량 유지관리시스템의 자동화 및 첨단화가 실현되어 교량 수명 30% 연장의 효과를 가져 올 것으로 예상함

○ 2세부 : 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발

2세부목표	· 콘크리트 교량의 균열 자가 치유 및 강교량의 부식 보수 기술 개발 · 교량 보수 자동화를 통한 건설 전문인력 투입 및 안전사고 발생 확률 50% 이상 감소

- 교량의 기능상 장애나 사고를 미연에 방지하기 위해서는 정기적인 점검을 통하여 현재의 상태를 파악하고 진단할 수 있는 적절한 유지관리시스템이 요구됨
- 교량의 유지관리 업무를 경제적으로 수행하기 위해 유지관리의 과학화와 체계화를 위하여 현재 발달하고 있는 컴퓨터, 측정·계측장비, 구조안전성평가기법, 보수·보강공법 등을 바탕으로 향후 하나의 의사결정과정에서 해결할 수 있는 합리적인 유지 관리체계의 도입 및 운영이 요구됨
- 강교량의 경우 부식문제 콘크리트교량의 경우 균열이 가장 빈번하게 발생하는 손상으로서 각각의 재료의 특성에 맞는 적절한 기술이 필요함



[그림 3-3] 트러스교의 부식

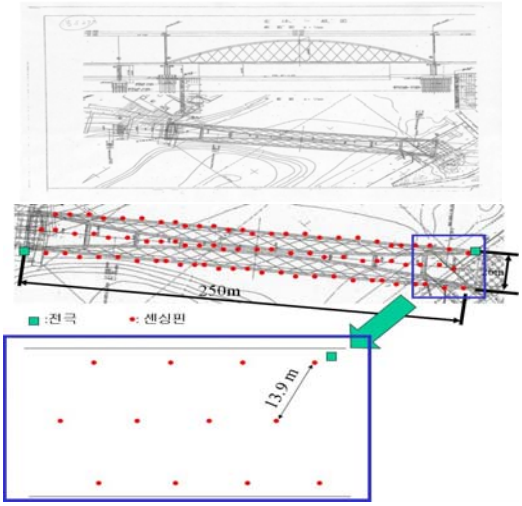
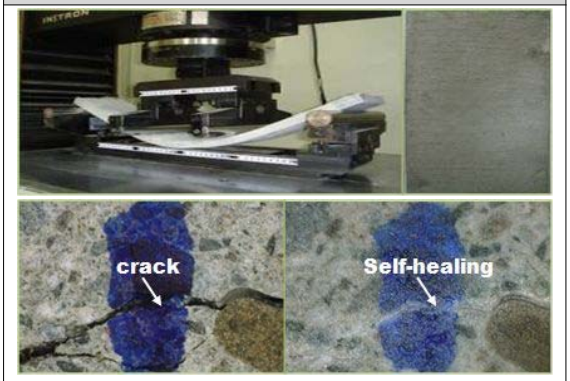
- 강교량의 부식 수리 및 콘크리트교량의 균열 수리 자동화를 통하여 교량 유지관리의 효율화를 이루고 안정선을 확보 함으로서 교량의 수명을 연장하고 궁극적으로 교량의 생이주기 비용을 절감함으로서 CO_2를 줄이는 녹색 성장에 도움이 되는 기술 개발이 필요함
- 자동화된 교량 수리를 통하여 작업 현장에 투입하는 인력의 수를 감소함으로서 안전사고 발생으로 인한 피해를 감소시킬 수 있어, 본 기술이 현장 적용이 될 경우 기존의 기술에 비하여 50% 정도의 현장 인력이 감소할 것으로 예상되는바, 현장에서의 안전사고 또한 50% 정도 감소할 것으로 예상됨

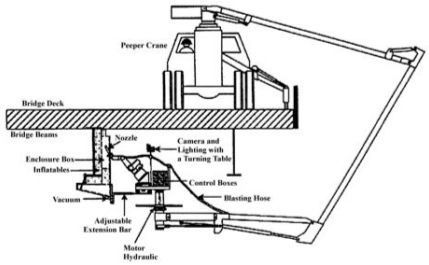
o 3세부 : 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적유지관리 통합 플랫폼 기술

3세부목표	· 교량 유지관리용 통합 플랫폼 및 교량 최적 유지관리용 의사결정지원시스템 개발을 통한 교량 수명 연장 · BIM기반 교량 유지관리 패러다임 혁신 기술 개발 · 교량 유지관리 지능화 및 관리 효율성 10% 증대

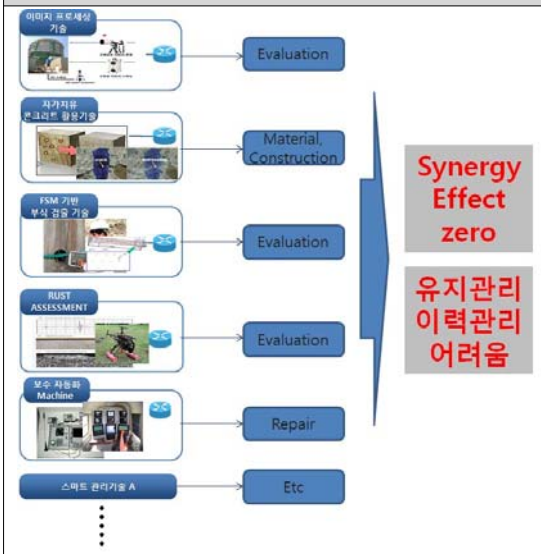
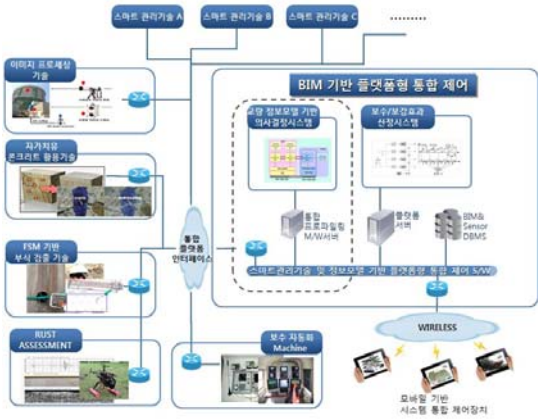
- 성수대교 붕괴 이후, 각종센서를 부착하여 교량의 상태를 감시하기 위한 안전감시 시스템이 다수 도입되었으나, 운영을 위한 소프트웨어의 부족과 경험 미숙으로 운영의 효율성이 떨어지고 있음
- 이를 극복하기 위한 연구노력이 최근 들어 이루어지고 있으나 대상 구조물과 목표가 한정되어 있는 환경에서 연구개발이 진행되어 타구조물로의 확대적용이 어려운 문제점을 안고 있음
- 세계적으로 설계, 시공, 유지관리 전반의 BIM으로의 패러다임 전환을 진행하고 있으며, 이를 통한 설계, 시공, 유지관리 정보 통합기술이 요구됨
- 기존 2D도면 기반의 유지관리 방식에서는 발생정보의 누락 및 관리의 어려움이 있는 반면, BIM방식의 유지관리는 객체기반의 3D모델과 정보의 결합을 통해 가시적이고 정보공유 및 활용이 용이한 방식으로 유지관리 방식이 전환되고 있음
- BIM정보모델을 활용하여 시설물 부재별 점검 및 수선주기를 관리할 수 있으며, 실시간 상태정보를 통한 적시 수선과 보수로 시설물 수명을 연장할 수 있을 것임
- BIM도입을 통해 건설 각 단계별 정보공유가 가능해지며, 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있음
- 국제적으로 IFC기반 BIM모델을 납품표준으로 채택하고 있으며, 국내 조달청을 비롯한 공공기관에서도 BIM으로의 발주방식을 채택하고 있음
- 또한, 최근에는 내구성이 뛰어난 광섬유센서, 무선계측 시스템 등 다양한 하드웨어가 지속적으로 개발되고 있어 기존에 구축되어 있는 유지관리 시스템과의 호환성의 문제가 발생하고 있음
- 따라서 센서, 데이터 등 표준화, 모듈화 및 통합화 기술은 향후 개발될 기술에 대한 유연성, 현재 기술에 대한 효율성, 다양한 구조물에 대한 적용성을 증대시킬 수 있을 것임
- FSM기술과 비접촉식 센서를 이용한 교량관리, 머신비젼과 자가치유 콘크리트를 이용한 자동교량 보수 기술들을 통합하여 관리함으로서 교량 유지관리 전반에 걸친 관리 효율성은 기존의 시너지 효과 없이 각각 관리되던 구성에서보다 10% 이상 관리 효율성이 증대될 것으로 예상됨

2절. 기술개발에 따른 미래상

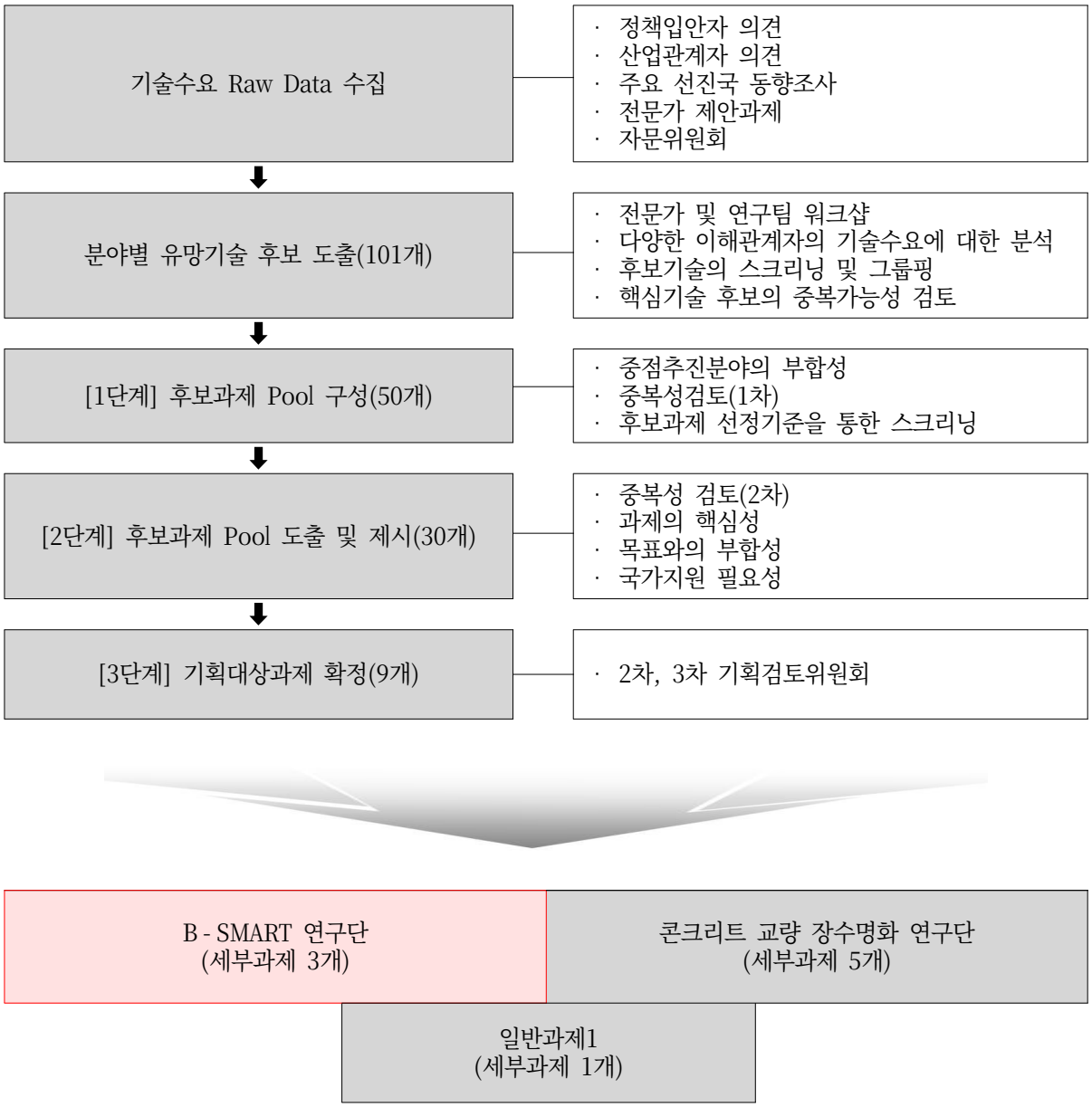
AS - IS	TO - BE
  ■ 개념 현재 교량의 균열 및 부식과 같은 손상의 안전점검검사 방식은 많은 시간과 경비가 소요되며 교량과 같은 대형 구조물에서 사람이 근접이 어려운 곳에는 진단이 어렵다. 또한 주기적 점검 작업으로 인한 막대한 시간과 비용의 손실이 발생하고 있으며 초기 결함을 조기에 인지하지 못함으로써 적절한 보수·보강 대책이 이루어지지 않아 보수·보강 비용의 증대를 초래한다.	 ■ 개념 FSM은 사람의 접근이 힘든 곳에서도 적용이 가능하며 구조물 전체를 모니터링 할 수 있다. 또한, 사무실에서 원격조정 함으로써 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 무엇보다 이 시스템은 눈에 보이지 않는 초미세 균열을 검출해 낼 수 있으며 탈부착센서를 이용하여 일시적으로 대상구조물의 건전성을 진단해 낼 수 있다는 장점이 있다.
AS - IS	**TO - BE**
 ■ 개념 현재 교량 바닥판은 피로하중, 동결융해 및 제설제 작용으로 공용수명이 20년 정도로 상당히 짧고, 잦은 보수·보강·교체 작업으로 교통체증에 따른 국민 삶의 질 저하, 사회적 비용 증대 및 국가예산이 증가함.	 ■ 개념 피로 하중, 동결융해 및 제설제 작용으로 교량에 발생하는 균열을 억제하고, 자동으로 치유함으로 교량 바닥판의 수명을 50년으로 획기적으로 증가시킬 수 있으므로 잦은 보수·보강·교체 작업에 따른 교통체증 해소 및 국가예산이 절감됨.

AS - IS	TO - BE
■ 개념 - 육간 검측을 통한 부식 파악으로 인한 부식 정도의 평가에 대한 일관성부족, 평가 정밀도 낮음  - 수작업 위주의 부분 rust 수리 및 도색 작업으로 인한 환경 오염 증가, 근로자 안전 문제 발생	 [그림 3 - 4] RC 항공기와 디지털 카메라  [그림 3 - 5] Robotic Bridge Paint Removal System 개념도 (Lorenc et al. 2000) ■ 개념 - RC 항공기에 부착된 GPS와 CCD 카메라를 이용하여 강교량 부식 부위를 자동으로 파악하고 반자동 로봇 장비를 이용하여 rust를 수리하는 장비를 개발함 - 정밀하고 일관된 수준의 상태평가와 높은 품질의 보수 작업이 가능하며, 환경오염물질 발생을 최소화 함

○ 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술

AS - IS	TO - BE
	
■ 개념 - 본 연구에서 개발되는 교량의 스마트 관리기술은 각 요소기술별로 개발된 별도의 시스템을 통하여 평가 및 보수/보강이 진행됨 - 교량에 대한 스마트 관리기술의 별도 분리 적용으로, 미래지향적 체계적인 통합관리기술 부재 - 개발 요소기술의 융합 인터페이스 부재로 시너지 효과 유발 불가능 - 단순 발생 손상 평가 및 보수적용 방식으로써, 다양한 측면에서 도출된 데이터 연계분석을 통한 정확한 손상 평가 및 유지관리 의사결정에 객관성 결여 - BIM기반 유지관리 통합 플랫폼개발을 위해서는 설계 및 시공단계에서 생성된 BIM 모델 정보간의 상호호환성 확보가 중요하며, 이를 위한 BIM 표준 체계가 요구되나, 현재까지 토목분야의 BIM 표준체계가 정립되지 않음	■ 개념 - 개별적으로 운용되는 스마트 교량 관리기술을 하나로 통합하고, 추가적으로 개발되는 요소기술에 대한 통합을 위한 별도의 모듈공간이 반영된 플랫폼형 통합제어시스템이 운용 - 각 요소기술로부터 도출되는 데이터의 상호연계성 분석 및 융합형 분석알고리즘을 통하여 정확한 손상 평가 및 보수/보강 등의 유지관리방식에 대한 의사결정지원시스템, 그리고 보수/보강시 효과 산정 자동화시스템 등이 통합형 플랫폼 시스템에 포함되어 활용 - 교량정보모델 활용 유지관리 통합 플랫폼 기술은 교량의 이력정보를 포괄하는 BIM 모델과 다양한 IT기술을 기반으로 교량구조물 이력 및 상태 정보를 효과적으로 관리 - 위험상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있는 유지관리 통합 플랫폼개발을 위한 기술로써, 유지관리 비용을 최소화하여 탄소 저감에 기여

3절. 연구개발과제 구성


기술수요 Raw Data 수집
· 정책입안자 의견
· 산업관계자 의견
· 주요 선진국 동향조사
· 전문가 제안과제
· 자문위원회
분야별 유망기술 후보 도출(101개)
· 전문가 및 연구팀 워크샵
· 다양한 이해관계자의 기술수요에 대한 분석
· 후보기술의 스크리닝 및 그룹핑
· 핵심기술 후보의 중복가능성 검토
[1단계] 후보과제 Pool 구성(50개)
· 중점추진분야의 부합성
· 중복성검토(1차)
· 후보과제 선정기준을 통한 스크리닝
[2단계] 후보과제 Pool 도출 및 제시(30개)
· 중복성 검토(2차)
· 과제의 핵심성
· 목표와의 부합성
· 국가지원 필요성
[3단계] 기획대상과제 확정(9개)
· 2차, 3차 기획검토위원회
B - SMART 연구단
(세부과제 3개)
콘크리트 교량 장수명화 연구단
(세부과제 5개)
일반과제1
(세부과제 1개)

구분		과제명
연구단 총괄		교량 자가진단치유 및 자동유지보수 기술
	1세부과제	비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술
	1 - 1	레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술
	1 - 2	비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술
	1 - 3	FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출 기술 개발 및 교량 취약부재의 국부 손사 검출
	2세부과제	교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발
	2 - 1	머신비젼, 자동화 로봇을 이용한 강교량의 자동 보수 기술
	2 - 2	동적거동을 받는 콘크리트 교량 균열 자가치유 기술
	3세부과제	스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적유지관리 통합 플랫폼 기술 개발
	3 - 1	데이터 프로세스 및 정보모델 기반 교량 유지관리 의사결정지원기술 개발
	3 - 2	데이터 기반 교량 보수보강 효과 산정 자동화 기술 개발
	3 - 3	BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 및 정보모델 표준 개발
	3 - 4	교량 스마트 관리기술 및 BIM 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 개발

4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 비접촉 센싱 및 FSM(Field Signature Method)기반 손상/부식 자동검출 기술

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	- 비접촉 센싱을 통하여 교량 구조물의 시공단계에서부터 시공 후 운용 중 안정성 및 사용성 평가를 위한 자료 획득 및 손상 자동화 검출을 위한 3차원 시각화 시스템 개발 - 초정밀 스마트 센싱 시스템 기반의 100% 국산화 국부손상 및 부식 자동화/실시간 검출
세부과제의 범위	- 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술 개발 - 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술 개발 - 3차원 공간정보와 고성능 원격 화상 정보를 연계한 첨단 교량유지관리 통합 시스템 개발 - FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발 - FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 개발
기술개발목표	- 해상도 2mm 이내의 정확도를 가지는 교량의 3차원 거동 분석 시스템 개발 - 손상 오인식률 5% 이내 크기 3mm 이하의 손상 검출이 가능한 손상 자동화 검출 기술 개발 - 교량 거동 시각화를 통한 교량 전역 및 국부 통합 모니터링 시스템 개발 - 교량 취약부재의 국부 손상 검출을 위한 펄스 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출기술 개발

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 국민의 안전욕구가 증대되고 산업경제가 고도화됨에 따라 공공의 안전성과 신뢰성 향상을 위한 비파괴 검사 기술의 중요성이 부각됨. 특히, 원자력, 중화학시설 및 교량 등 산업·공공시설의 안전예방과 신뢰성있는 관리 진단에 대한 국가적 수요와 사회적 관심이 증대됨
- 안전진단 및 사고 예방 등 공공의 안전과 품질향상을 보장하기 위해서는 비파괴 검사의 선진기술력 확보와 활용 촉진이 핵심임
- 국외 비파괴진단 관련 신기술의 개발과 출현 (테라헤르쯔 이용기술, Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, 전자코, 중성자 반사율 측정 장치 등)

- 구조물 건전성 평가를 위한 시스템 중 접근성이 떨어지는 구조물에 용이하게 적용이 가능한 비접촉식 기법이 주목받고 있음.
- 기존 교량의 노후화에 의한 교량 구조물의 안정성에 대한 효율적 평가 기법의 개발이 필요한 실정임. 특히, 교량의 취약부재에서 발생 가능한 피로균열, 부식, 볼트 이완, 좌굴 등의 다양한 형태의 손상들에 대해 발생초기의 극미세결함진단이 가능한 기술이 필히 요구됨. 또한 신축 교량의 초장대화 초경량화 등의 추세에 따라 시공단계에서부터 거동 분석을 통한 관리가 필요함. 특히 초경량 재료를 사용한 교량 및 초장대 교량 등은 운용 중 사용성에 대한 모니터링이 꾸준히 진행되어야 함.

(2) 정부지원 필요성

- 국내 비파괴 검사 기술 수준은 선진국 대비 45% 이하 수준으로, 선진국에서는 안전진단 분야의 시장규모와 산업적 활용이 증대함에 따라 첨단 비파괴 검사기술개발에 주력하고 있으나, 우리나라는 비파괴 안전진단 원천기술 및 장비의 선진국에 대한 기술의존도가 높고 관련 산업이 취약한 실정임.
- 우리나라는 1980년대에 기술이 이전되어 아직은 기술수준과 산업적 활용이 낮은 수준으로 비파괴검사기술 진흥을 위한 체계적인 관리·육성이 매우 필요함
- 미국, 일본, 유럽 등에서는 산업계와 학계를 중심으로 첨단 융합형 원천/응용기술 및 검사기법개발과 산업적 활용이 매우 활발함. 또한 미국, 유럽 등 선진국들은 NDT 개념에 입각한 R&D 계획·투자 및 전문 연구소를 설립하는 증 국가적 차원의 지원을 확대하고 있음. 특히, 검사 장비 제작 및 응용 기술 등의 핵심 기술은 선진국에 비해 크게 낙후되어 있으며 비파괴 검사 장비를 개발하거나 생산하는 기업이 거의 없어 비파괴 검사 기술을 이용한 검사장비의 90% 이상은 수입에 의존하고 있음. 주요 사회 기반 시설물의 비파괴 검사의 경우, 외국기업이 수행하는 비중이 높아짐에 따라 검사비용 및 검사결과에 대한 해외유출이 우려되는 실정임
- 각 국가별 전체 건설 시장 규모 대비 시설물 안전관리 분야 비중은 서유럽의 경우 약 34.9%, 미국 약 31.7%, 캐나나 약 58.6%, 일본 약 25.5%, 한국 약 17%로 건전 수요 증가에 따른 구조물 안전관리 분야의 잠재적인 시장규모는 매우 클 것으로 예상됨.
- 기존 노후화된 교량 및 신축 교량의 실시간 손상 감지를 통해 유지관리 비용을 크게 절감할 수 있으며 교량의 급작스런 붕괴를 미연에 방지함으로써 막대한 인명 재산 손실을 예방할 수 있음. 또한 구조물 유지관리 산업의 국내 성장 및 세계적인 우위를 점할 수 있음.

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

- 기존 유사 연구과제에서는 비접촉 시스템을 활용한 예가 없으며, 본 연구에서 개발된 비접촉 시스템을 개발 활용함으로써 교량 건전성 평가 시스템의 접근성 문제를 해결할 수 있음.
- 3차원 영상화 기반 전역적 모니터링 및 국부적 손상 검출을 병행하여 교량 통합 유지 관리 솔루션을 제시함

<table>
<tr><th>중점
분야</th><th>과제명</th><th>유사과제명</th><th colspan="3">활용 · 고도화 · 차별화방안</th></tr>
<tr><td rowspan="2">지능형
교량
분야</td><td rowspan="2">비접촉센싱
및 FSM(Field
Signature
Method)
기반
손상/부식
자동검출
기술</td><td>부처명: 국토해양부
사업명:
건설기술혁신사업
과제명: 교량의 건전성
평가를 위한 IT 기반
스마트 계측 및
모니터링 시스템의
개발</td><td>활용
고도화
차별화</td><td>

●</td><td>비접촉 시스템을 활용하여 접근성
문제를 해결하고, 3차원 고해상도
자료를 활용함으로써 거동 평가 및
손상 검출 고성능화</td></tr>
<tr><td>부처명: 국토해양부
사업명: 건설핵심기술
연구개발 사업
과제명: 도로시설물
안전 관리 네트워크
구축 기술 개발</td><td>활용
고도화
차별화</td><td>

●</td><td>전류를 흘려보내어 다수의 센서에서
측정된 전위차를 확인할 수 있도록
구성되며 그 전위차 변화량을 보고
균열의 발생 시점, 진전 길이 그리고
진전 방향 등을 진단 및 모니터링할
수 있는 기술 개발</td></tr>
</table>

라. 연구개발 주요내용

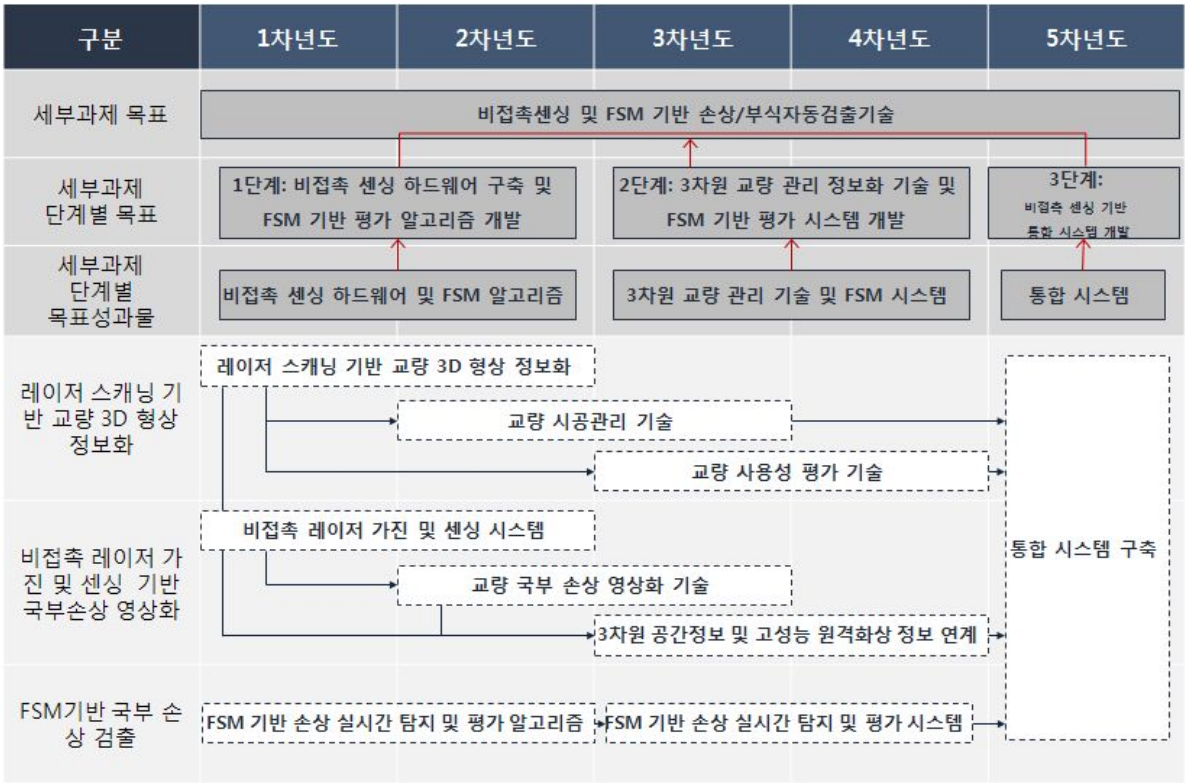
<table>
<tr><th>세부과제명</th><th colspan="2">비접촉 센싱 및 FSM(Field Signature Method) 기반 손상/부식 자동검출 기술</th></tr>
<tr><td rowspan="4">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>- 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술</td><td>- Terrestiral 레이저 스캐닝 시스템과 같은 3차원 영상화 시스템을 이용하여 교량 시공단계의 부재별 관리
- 3차원 영상화를 통한 처짐, 진동 등의 사용성 평가 및 관리</td></tr>
<tr><td>- 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술</td><td>- 비접촉 초음파 기법을 이용한 국부 손상 영상화를 통해 손상 위치 및 정량화 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>- FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출기술 개발 및 교량 취약부재의 국부 손상 검출</td><td>- FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발
- FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>기술적
위험요인</td><td colspan="2">- 토목 구조물은 상사율로 인해 실험실 단위 실험 결과를 현장 적용하기 어려우므로 개발된 시스템의 실효성을 검증하기 위한 test bed가 필히 구축되어야 함.</td></tr>
<tr><td>연구개발
추진전략</td><td colspan="2">- 해외 선진 연구기관의 자문 및 요소 기술 벤치마킹
- 국내 교량 관리 시스템과 연동을 위해 교량 관리 주체와의 협의 통한 시범 구축 협조
- 법 제도분석을 통해 실용적인 과제 성과물 도출을 위해 관련 유관기관과의 업무 협조 체계를 구축
- Test bed 적용을 통한 교량 거동 평가 종합 솔루션 평가 및 업그레이드</td></tr>
<tr><td>기술개발
성공가능성</td><td colspan="2">- 전체 시스템 개발 및 실 구조물 적용 기술 수준은 상대적으로 낮으나 관련 기반 기술 수준은 높아 기술 개발 성공 가능성이 매우 높음
- 현재 대부분 구조물 안전진단 시장은 접촉식 센싱 기술이 주를 이루고 있으나 본 기</td></tr>
</table>

	술 개발을 통해 고성능 비접촉식 센싱 시스템 시장을 개척할 수 있음 - 현재 국내 다수의 교량에서 교량 관리 시스템을 운영하고 있어 교량 관리 시스템 연동 및 test bed 구축에 있어 성공적으로 추진이 가능할 것으로 예상됨
기대효과 및 파급효과	- 본 교량 점검시스템은 프로그램/통신/기계/토목 기술 분야가 종합된 건설/IT 융합 기술로써 교량뿐만 아니라 타 사회 가반 시설물의 안전 진단 및 평가 구축 기술로 활용이 가능 - 신뢰도 높은 고해상도 데이터 획득을 통한 교량 통합 계측 시스템의 고품질화, 고효율화 성과 달성 - 교량 안정성 확보 및 인명 피해 예방을 통해 사회적 비용 절감 - 구조물 거동 이상을 초기에 모니터링함으로써 교량의 수명 증가 및 효율적인 유지관리비 집행에 따른 예산 절감 효과 - 해외 계측 장비의 국산화에 따른 수입대체 효과 발생 및 초장대 교량 건설기술과 개발된 유지관리 시스템의 패키지화를 통한 기술 수출 기능

마. 연구개발과제 TRM

ㅇ 1세부

- TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0 ~ 1)	목표치 설정근거
비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동검출 기술	학술적 성과	1	국내학술지 개제 논문 건수	국내외 학술지 개제 여부	건	20	1.0	레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 10건, 3차원 공간정보와 원격 화상 정보 기술 10건,
		2	SCI급 개제 논문 건수	SCI급 논문 개제 여부	건	5	1.0	레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 3건, 3차원 공간정보와 원격 화상 정보 기술 2건,
		3	국내외 학술회의 발표건수	국내외 학술회의 발표여부	건	16	0.5	비접촉 레이저 센싱 기술 10건, 교량의 국부손상 영상화 기술 6건,
	지식재산권 보유 등	4	특허출원 건수	특허출원 여부	건	6	1.0	첨단 교량 유지관리 시스켐 6건
		5	특허등록 건수	특허등록 여부	건	6	1.0	FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 기술 6건
		6	국제특허 등록 건수	국제특허 등록 여부	건	3	1.0	3D 형상 정보화를 이용한 시공관리 및 사용성 평가 기술 1건
		7	프로그램 등록 건수	프로그램 등록 여부	건			
	FSM 구조물 손상 실시간 탐지 시스템 시작품	8	시작품 제작	시작품 제작 여부	건	4	1	탐지 알고리즘 2건, 비접촉 레이저 센싱 시스템 1건, 3차원 공간정보 형상화 기술 1건
	FSM 기술의 현장 적용	9	현장 적용	현장적용 여부	건	1	1	현장적용 1건
	지침	10	지침 제작	지침 제작 여부	건	1	1	비접촉 센서 기반 관리 체계 지침서 1건
	기술개발 역량	11	산학연 협력 활동건수	산학연 협력 활동여부	건	2	1	산학연 공동연구 관련 회의 개최(1건)
	사회·경제적 파급효과 증대	12	연구개발 관련 홍보건수	연구개발 관련 홍보여부	건	2	1	기술개발 성과 홍보(2건)

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동 검출기술	국내학술지 논문 게재	국내 논문 2	국내 논문 4	국내 논문 4	국내 논문 4	국내 논문 6
	SCI급 논문 재제		SCI 논문 1		SCI 논문 2	SCI 논문 2
	특허출원 6 특허등록 6		특허출원 서 3	특허출원 서 3	특허등록 3	특허등록 3
	국제특허 등록			국제특허 1	국제특허 1	국제특허 1
	지침 제작					지침제작 1
	시작품 제작					시작품 제작 1
	산학연 협력	산학연 협력 1			산학연 협력 1	
	연구개발 홍보				연구개발 홍보 1	연구개발 홍보 1

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동검출 기술	레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술	교량 시공관리 시스템	설계사, 건설사	설계사 및 건설사의 교량 시공단계 관리 활용 기술 계약
		사용성 평가 시스템	비파괴 검사 업체, 교량 관리 업체	비파괴 검사 업체 및 교량 관리 업체의 교량 사용성 평가 시스템 활용 기술 계약
	비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부손상 영상화 기술	교량 국부 손상 검출 자동화 시스템	비파괴 검사 업체, 교량 관리 업체	비파괴 검사 업체 및 교량 관리 업체의 교량 국부 손상 검출 자동화 시스템 활용 기술 계약
	3차원 공간정보와 고성능 원격 화상 정보를 연계한 첨단 교량유지관리 통합 시스템	교량 유지 관리 통합 시스템	건설사, 비파괴 검사 업체	기술 이전 및 통합 시스템 시작품의 사업화
	FSM을 이용한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가	FSM 기반 손상/부식 자동검출기술	안전진단업체	안전진단업체 기술실시계약

2. 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술개발

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	▪ 강교량의 부식을 자동으로 파악하고 자동화 로봇을 이용하여 손상 부위를 자동으로 보수함으로 환경 오염물질의 배출을 최소화 ▪ 콘크리트 교량의 내구성 및 수명 저하의 원인이 되는 균열을 자동 치유할 수 있는 콘크리트를 개발하여 3Hz 미만 동적하중을 받는 교량상판 적용 및 실용화 기술을 개발함으로써 교량의 수명 연장 및 유지관리비용 저감에 기여
세부과제의 범위	▪ Optical Sensor를 이용한 automated rust assessment를 위한 센서를 탑재한 무선 조정 항공기 및 GPS 수신장치 개발 ▪ 다양한 light condition에 따른 rust assessment 알고리즘 개발 ▪ machine guided painting 장비 기술 개발 ▪ 교량 하수 접근을 위한 이동형 장비 및 페인팅 로봇 장비 개발 ▪ 균열 자기치유를 위한 결합재료 및 콘크리트 배합기술 확보 ▪ 균열 폭 제어에 우수한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 개발 ▪ 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 자기치유 성능평가 및 검증 ▪ 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 현장 적용 및 실용화 기술 개발 ▪ 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 제조, 시공 및 품질관리 지침
기술개발목표	▪ 강교량 부식 자동 파악 및 보수 로봇 장비 개발 - 상용화 패키징 및 실용화 - 부식 인식 정밀도 99.9% 달성 ▪ 3Hz 이하의 교량 동적 거동에 적합한 콘크리트 자기치유 기술 개발 - 기존 콘크리트 대비 균열 발생 70% 저감 - 동적하중을 받는 콘크리트 바닥판의 수명 50년 확보

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 현재 국내교량 중 10년 이상 30년 미만 경과된 교량이 전체교량의 50%를 차지하고 있으며 향후 교량의 노후화는 가속화될 것임. 이처럼 다양한 종류·규모의 교량을 운용해야 하는 국토해양부, 지자체 등에서 교량의 유지관리에 소요되는 인력 및 비용의 부담이 되고 있으며, 향후 복지예산 등의 증가로 SOC 투자비율의 감소로 인해 교량 등 유지관리의 예산부족은 더욱 가중될 것임.
- 교량의 잦은 보수·보강으로 인해 발생하는 교통 통제 및 사고의 최소화를 위해 효율적이고 신속한 교량의 점검 및 상황에 필요한 즉각적인 대응·대책이 필요함.
- 강교량의 경우 도장의 벗겨짐으로 인한 자재의 부식과 콘크리트 교량에서의 균열은 교량의 내구성 및 수명을 현격히 감퇴시킴

- 자동 도장 및 균열 자가 치유 기술을 통하여 교량의 내구성 및 수명을 증가시키며 신규 교량의 건설을 최소화 함으로서 CO2발생을 불이고 녹색 성장을 가능하게 함
- 머신 비젼을 이용한 강교량 rust detection 및 robot technology를 이용한 도장 로봇 기술은 각각의 기술이 따로 발전해 왔으며 기술의 성숙 단계에 이르러 상용화를 앞두고 있어, 시급하게 국내에도 연구가 수행되어 국제 경쟁력을 확보해야 함
- 균열 자가 치유 콘크리트는 일본, 유럽 등에서 다양한 기술이 개발되어 관심이 집중되고 있으나, 아직까지 실용화 단계에 이루지 못한 상황임. 국내에서 일부 연구되고 있으나, 아직까지 초보단계에 있음. 그러나 자가 치유 콘크리트 기술 개발에 필요한 요소기술들을 보유하고 있음
- 교량 손상 자동 치유 기술이 성공적으로 개발되어 현장에 적용될 경우, 그 파급효과는 상당히 클 것으로 예상되며, 해외 건설시장에서도 주도권을 확보할 수 있음

(2) 정부지원 필요성

- 교량의 유지관리 주체는 정부·지자체로서 국가예산과 직접적으로 관련되어 있으며, 교량의 노후화가 가속화되는 시점에서 유지관리비용을 대폭적으로 절감할 수 있는 기술개발에 대해 집중적으로 투자가 이루어져야 할 것임.
- 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술은 개발 비용이 많이 들고 고도의 기술력의 투자가 필요하기 때문에 민간기업에서 기술 개발 및 투자에 소극적일 수밖에 없으므로 정부주도형으로 연구개발을 수행하여, 그 결과물을 민간기업이 활용하도록 하는 것이 바람직함.
- 교량의 수명 연장은 국가예산 절감은 물론 국가의 중요 정책인 탄소배출량 저감에 크게 기여하므로 정부차원의 지원이 필요함.
- 향후 교량 유지관리 분야는 건설시장에서 주요 분야로 대두될 것이며, 특히 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술은 전 세계적으로 초창기에 있으므로 집중적인 정부지원으로 기술개발이 이루어질 경우에는 향후 세계적으로 관련분야에서 주도가 가능할 것임.

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

- 기존 연구에 미생물을 이용한 자기치유 콘크리트와는 달리 무기재료의 균열치유 결합재 개발하여 사용하고, 균열제어가 가능한 고연성 섬유보강 시멘트 복합체를 적용하므로 균열치유 소재 및 메카니즘에서 차이가 있음
- 특히, 교량의 동적거동 하에서 그 자기치유 효과를 확보하기 위한 자기 치유형 섬유보강 시멘트 복합재료는 동적 거동하에서 그 균열제어와 치유능력이 탁월할 것으로 기대됨
- 기존에 개발된 고인성 섬유보강 시멘트 복합체의 배합 및 제조기술에 대해서 일부 활용하여 균열제어와 자기치유가 가능한 콘크리트를 개발하고자 함
- 기존의 연구의 경우 rust detection algorithm이 상용화 수준으로 발전되지 않았으며 color map 이나 support vector를 이용한 인공지능 알고리즘을 이용하여 분석의 정확도를 높여야

실제 적용이 가능한 수준의 결과를 얻을 수 있음

- Robotic machine 기반의 painting system의 경우 미국에서 일부 개발되었으며 국내에서는 하부구조 접근을 위한 robotic arm이 개발되었으나 효과적으로 통합되어 실용화 되지 못함
- 본 연구에서는 이상의 최신기술을 활용하여 기존의 한계를 극복하고 실용화가 가능한 수준의 machine vision 기반의 강교량 녹제거 및 도장 로봇을 개발 하고함

중점분야	과제명	유사과제명	활용 · 고도화 · 차별화방안		
교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업 과제명: 차세대 시설물용 신재료 활용기술 개발	활용	●	- 고인성 섬유보강 시멘트 복합체의 배합 및 제조 기술을 활용하고, 구성재료에서 균열치유 결합재를 대체 사용하여 균열치유 성능의 고도화
			고도화	●	
			차별화		
	3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술	부처명: 한국학술진흥재단 사업명: 이공분야기초연구과제사업 과제명: 친환경 콘크리트를 위한 가시광선 반응형 나노 광촉매와 박테리아를 이용한 고정화 기술 개발	활용		- 자가 치유 방법에서 차별화가 있으며, 동적하중을 받는 교량부재에 적합하게 균열 제어 및 치유능력을 탁월한 고연성 섬유보강 시멘트 복합체 적용
			고도화		
			차별화	●	
	머신비젼 및 로봇기술을 이용한 강교량 부식 검측 및 보수 기술 개발	부처명: 국토해양부 사업명: 첨단융합기술개발사업 과제명: 교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇 시스템 개발	활용		- 기존연구는 업무 범위가 명확하지 않으며 콘크리트 교량의 크랙을 디지털 카메라를 이용하여 인식하고자 하였음 - Support vector machine 기반의 rust assessment 기술을 이용한 상태 평가 알고리즘 적용 - 지능형 painting process planner 기술을 이용하고 robotic bridge painting system을 이용한 자동화 기술을 이용한 기술의 고도화
			고도화		
			차별화	●	

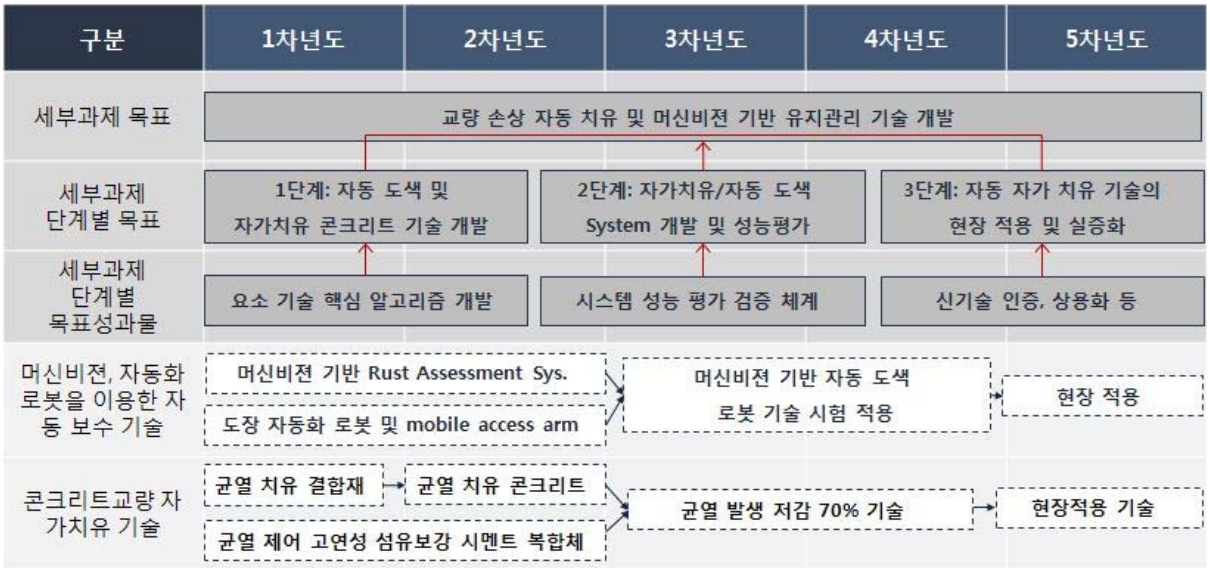
라. 연구개발 주요내용

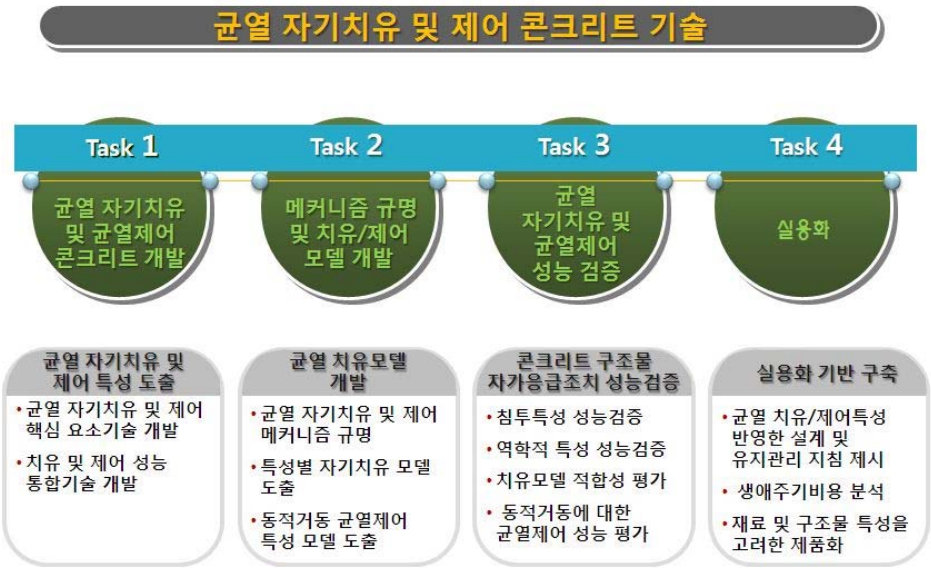
세부과제명	▪ 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	
구성기술	기술명	내용
	▪ 머신비젼, 자동화 로봇을 이용한 자동 보수 기술	▪ 굴절 로봇 장착 차량 개발 ▪ 머신비젼 기반의 페인팅 가이던스 시스템 개발 ▪ 반자동 페인팅 로봇 개발 ▪ 카메라 및 GPS 장착 무선 원격 조정 장비를 통한 상태 조사 장치 개발 ▪ Optical sensor, infrared sensor를 이용한 steel 재료의 부식 자동 계측 알고리즘 개발 ▪ 교량용 반자동 rust 수리 및 페인팅 장비 및 이동 장

		치 개발 ▪ 제품 상용화를 위한 패키징, 실용화 기술 개발 및 관리 지침 개발
	▪ 콘크리트 교량 자가치유 기술	▪ 자기 치유 핵심 요소기술 개발 ▪ 동적거동에 대응할 수 있는 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 개발 ▪ 균열 자가치유 콘크리트 기술개발 ▪ 메커니즘 규명 및 치유모델 개발 ▪ 균열치유 콘크리트의 현장 적용성 평가 ▪ 재료 및 구조물 특성을 고려한 실용화 제품 개발 ▪ 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 제조, 시공 및 품질관리 지침
기술적 위험요인	▪ Rust detection 알고리즘의 불완전성으로 인하여 균질한 품질수준의 상태 파악이 어려울 가능성이 있으며 지속적인 알고리즘의 업그레이드를 통하여 해결해야함 ▪ 자기치유 현상의 지속성에 대한 평가. 일회성의 자기치유기능을 가지는 경우가 대부분이라 지속적인 자기치유 성능의 확보가 중요. ▪ 단순 균열의 sealing 이 아닌 역학적 기능의 healing에 주안점 필요. 대부분 누수의 방지를 목적으로 하는 sealing 수준의 자기치유 기술이 현재 개발된 상태. 역학적 기능의 회복이 중요. ▪ 동적거동을 받는 교량 상판에서의 자기치유 기능 확보를 위해 균열 폭의 제어와 균열 가교응력의 확보가 주요점.	
연구개발 추진전략	▪ Rust detection 및 automated painting 관련 해외 선진 기관들과의 공동연구를 통한 선진기술의 파악 및 장단점 분석 ▪ 기존의 CCD 카메라를 이용한 image pattern recognition과는 대비되는 발전된 형태의 인식 알고리즘 개발 ▪ 자기치유 분야 해외 선진 기관들과의 공동연구를 통한 선진기술의 파악 및 장단점 분석 ▪ 기존 자기치유 접근 방법과 차별화되는 핵심 자기치유 기술의 개발로 국제 특허 및 세계시장성 확보 ▪ 역학적 기능의 회복을 위해 고성능 섬유보강 시멘트 복합체의 자기치유 기능 극대화를 추진	
기술개발 성공가능성	▪ 국내는 물론 국외에서도 교량의 노후화가 가속화되고 있는 상황에서 교량의 유지관리 시장은 계속적으로 증가할 것이며, 기술개발이 성공적으로 이루지 경우 활용성은 매우 높을 것임 ▪ 강교량의 도장 벗겨짐과 콘크리트교량의 균열은 가장 일반적으로 발생하는 교량 유지관리의 형태로서 활용도가 매우 높아 기술개발과 함께 상용화의 가능성이 매우 높음 ▪ 머신비젼을 이용한 rust detection은 미국의 경우 90년대 이후 활발하게 연구가 진행되고 있으며 일부 상용화가 되어 있어 IT기술이 발전되어있는 국내의 인력을 활용하여 빠르게 미국의 수준에 도달 할 수 있을 것으로 예상됨 ▪ 또한 교량 페인팅 시스템의 경우 기존 연구로부터의 축적된 기술과 부족했던 머신비젼 가이던스 시스템의 도움으로 성공적인 기술 개발이 가능할 것으로 예상됨 ▪ 교량 손상 자동 치유 기술개발에 필요한 균열제어 고연성 섬유보강 시멘트 복합체에 대한 기술을 한국건설기술연구원, 세종대 등에서 보유하고 있으므로 충분히 세계적인 기술수준의 기술을 개발할 수 있음	

	▪ 교량 손상 자동 치유 기술에서 해외 연구기관의 공동연구를 통해 중간진입 전략을 추구하는 동시에 차별화되는 핵심기술 기술개발로 국제특허를 확보하고, 철저한 실험검증과 정부·민간기업 등과의 유기적인 협력체계를 구축하여 요소기술별로 현적적용을 적극 추진함으로써 실용화를 위해 노력함
기대효과 및 파급효과	▪ 구조물에 발생하는 초기균열을 콘크리트 자기치유의 응급조치를 통해 보수·보강 시기의 지연 효과 ▪ 콘크리트 구조물의 유지관리비용을 포함한 전주기적 비용의 절감효과 기대 ▪ 보수 · 보강을 위한 접근의 어려움 및 불량한 시공여건에 놓인 구조물 부위의 유지관리 해결책 ▪ 관련 기술의 선진화를 통해 콘크리트 해양 플랜트 및 방사능 유출 방지를 위한 원자력 구조물에 적용가능 ▪ Steel Bridge의 생애주기 유지관리 비용 절감 ▪ 불완전하고 주관적인 육안 부식 검사의 자동화를 통한 균일한 품질 관리

마. 연구개발과제 TRM





바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표		성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
교량 손상 자동 치유 및 머신 비젼 기반 유지 관리 기술 개발	학술적 성과	1	국내학술지 개제 논문 건수	국내외 학술지 개제 여부	건	21	1.0	자가 치유 콘크리트 배합 기술 11건, 자가치유 콘크리트 성능 평가 기술 10건,
		2	SCI급 개제 논문 건수	SCI급 논문 개제 여부	건	4	1.0	자가 치유 콘크리트 배합 기술 2건, 자가치유 콘크리트 성능 평가 기술 2건,
		3	국내외 학술회의 발표건수	국내외 학술회의 발표여부	건	16	0.5	자가 치유 콘크리트 배합 기술 10건, 자가치유 콘크리트 성능 평가 기술 6건,
	지식재산권 보유 등	4	특허출원 건수	특허출원 여부	건	6	1.0	자가치유 콘크리트 4건
		5	특허등록 건수	특허등록 여부	건	4	1.0	자가치유 콘크리트 2건
		6	국제특허 등록 건수	국제특허 등록 여부	건	1	1.0	자가치유 콘크리트 1건
		7	프로그램 등록 건수	프로그램 등록 여부	건			

과제	성과목표	성과지표		측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
	자가치유콘크리트의 시작품	8	시작품 제작	시작품 제작 여부	건	4	1	자가치유 재료 2건, 자가치유 콘크리트 1건, 균열제어 고연성 섬뉴보강 시멘트 복합체 1건
	자기치유콘크리트의 현장적용	9	현장 적용	현장적용 여부	건	1	1	자기치유 콘크리트의 현장적용 1건
	지침	10	지침 제작	지침 제작 여부	건	1	1	자기치유 콘크리트 제조,시공지침 1건
	기술개발 역량	11	산학연 협력 활동건수	산학연 협력 활동여부	건	2	1	산학연 공동연구 관련 회의 개최(1건)
	사회·경제적 파급효과 증대	12	연구개발 관련 홍보건수	연구개발 관련 홍보여부	건	2	1	기술개발 성과 홍보(2건)

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
교량손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	국내학술지 논문 게재	국내 논문 2	국내 논문 4	국내 논문 4	국내 논문 5	국내 논문 6
	SCI급 논문 게재			SCI 논문 1	SCI 논문 1	SCI 논문 2
	국내외 학술회의 발표	발표 3	발표 3	발표 4	발표 3	발표 3
	특허출원 특허등록	출원 2	출원 2	출원2	등록 2	등록 2
	국제특허 등록					국제특허 1
	시작품 제작		시작품 1	시작품 2	시작품 1	
	현장적용					현장적용 1
	지침 작성					지침 1
	산학연 협력		산학연 협력 1		산학연 협력 1	
	연구개발 홍보				연구개발 홍보 1	연구개발 홍보 1

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발	머신비젼, 자동화 로봇을 이용한 자동 보수 기술	자동 부식 및 도장 상태 측정	교량 유지관리 및 상태 평가 용역사	도장 상태 평가의 객관성 증대를 위한 표준 방법으로 사업화 유도
		교량 자동 페인팅 시스템	교량 유지관리 및 시공 업체	Steel 부재 도장 상태의 품질 관리를 통한 품질의 variability절감을 위한 기계화 및 자동화
	콘크리트 교량 자가 치유 기술	균열치유 재료	혼화재료 제조 및 보수·보강 업체	혼화재료 제조업체에 기술 이전 및 기술계약 또는 보수·보강 시스템 개발을 통해 사업화 유도
		균열치유 콘크리트	레미콘사, 건설사	레미콘사 및 건설사에 기술 이전을 통해 사업화 유도

3. 교량 정보모델 기반 유지관리 통합 플랫폼 기술

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	▪ 교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술은 교량의 기획, 설계, 시공 정보를 포괄하는 BIM 모델과 다양한 IT기술을 기반으로 교량구조물 이력 및 상태 정보를 효과적으로 관리하고, 위험상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있는 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발 ▪ 교량 스마트 관리기술의 통합 운용 시스템을 위한 S/W 개발 및 향후 개발 예정 요소기술을 대비한 시스템 표준화 기술 개발 ▪ 개발되는 교량 스마트 관리기술로부터 도출되는 각종 데이터의 상호 연계성 분석 및 연구를 통하여 교량손상 평가 및 보수보강 효과 산정 자동화 알고리즘 개발
세부과제의 범위	▪ 요소기술 통합 제어를 위한 시스템 표준화 기술 ▪ 다양한 요소기술로부터 도출되는 데이터 연계성 분석 알고리즘 ▪ 데이터 프로세스 및 교량 정보모델을 기반으로 교량에 가장 적합한 의사결정지원을 위한 손상 시나리오 데이터베이스 구축 및 활용기술 ▪ 센싱기술 기반 교량 보수보강 효과 산정 자동화 기술 ▪ 유지관리정보의 운영 가시화 기술 ▪ BIM 기반 교량 유지관리 정보모델 표준 기술 ▪ BIM기반 교량 유지관리 전자매뉴얼 기술 ▪ BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 기술
기술개발목표	▪ BIM 기술을 활용하여 교량구조물 유지관리 기술혁신 및 지능적 상황관리 기술 확보 ▪ 교량의 3차원 형상정보(BIM)을 기반으로 하여 교량 상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있는 통합관리 플랫폼 개발 ▪ 데이터 프로세스 기반 교량 유지관리 의사결정지원을 위한 손상 시나리오 데이터베이스 구축 및 데이터베이스 활용 기술 개발 ▪ 데이터 기반 교량 보수보강 효과 산정 자동화 신뢰도 95% 이상 확보

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

(1) 연구개발 필요성

- 토목분야 BIM 표준부재 및 데이터연계의 어려움
- 교량 수의 증대 및 교량의 대형화, 복잡화에 따른 효율적인 유지관리 방안 수립을 위한 기술개발 필요
- 기존 유지관리 시스템의 2D형태의 관리에 따른 비효율성 발생 및 관리 효율화를 위한 시각화 기술 접목 필요
- 건설 IT융합기술로 BIM기술 활용 증대하고, 국내외 유지관리 시장의 지속적 증대

- 유지관리 대상 시설물은 증가하면서 관리 인원은 정체 상태이므로 효율적 유지관리 체계 도입 필요
- BIM 도입을 통한 건설비용 및 유지관리비용 절감 효과 증대
- 우리나라의 SOC시설은 1970년대 중반 이후부터 1990년대까지 교통시설을 중심으로 지속적으로 확충되어 도로, 도시철도, 항만시설 등이 많이 증가함. 댐, 수도 시설물을 제외한 대부분 1,2종 시설물의 50% 이상이 경과년수가 15년이 채 안되었으며, 이는 향후 중기적으로 시설물유지관리 수요가 더 빠르게 성장할 것을 예상됨.
- 중장기적으로도 시설물유지관리 시장은 양호한 성장세를 이어갈 것으로 예상. 향후 중요성이 점점 더 커지고 있는 시설물유지관리 시장에서 시설물유지관리업계가 발주자에게 믿음을 주고 시설물의 장수명화와 국가의 인명 및 재산보호에 기여하는 분야의 민간기업 등 시장이 확산될 전망
- 연구를 통하여 개발된 요소기술은 각 연구목표에 적합하도록 개발되기 때문에 타연구/분야/산업에서 이용하기 어려운 기술적 한계점이 있음. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 개발된 각 요소기술을 하나의 통합된 플랫폼 내에 위치할 수 있도록 모듈화하는 작업과 기술이 필요함.
- 따라서 사회기반시설에 대한 유지관리 수요가 빠르게 증가할 것으로 예상되는 현 시점에서 개별적으로 개발되어 운영되어 오던 구조물 유지관리기술을 표준화하고 이를 모듈화하여 용도에 따라 통합 또는 해체가 가능하게 하는 기술개발이 필요하며, 이의 운영기술을 발전시켜 시설물의 안전을 확보하기 위한 유지관리 기술의 향상을 도모할 필요가 있음.

(2) 정부지원 필요성

- 이명박 대통령이 주재한 9월 2일 대통령 직속 미래기획위원회(위원장 : 곽승준) 5차 회의(상암동, 누리꿈스퀘어)에서 국가 제1의 성장동력인 IT 산업에 대한 이명박 정부의 종합적인 미래비전과 실천전략이 제시됨.
- 건설 분야에 있어 매우 중요한 IT 융합 기술에 대한 개발 요구가 이어져 왔으며, 이는 U-City 사업 및 기타 국내 구축된 IT 인프라를 이용한 융합기술 개발에 대한 요구를 통해 지속되고 있음.
- 본 연구에서는 국가주요시설물인 교량을 대상으로 하여 교량 구조물의 효율적인 유지관리를 위한 각 요소기술을 모듈화하고 통합형 플랫폼을 구성하는 것이 본 연구의 목적임.
- 본 연구의 성공적 수행을 위해서는 모듈화를 위한 표준 체계, 데이터 활용성 제고를 위한 네트워킹 표준화 등 다양한 표준화 작업이 필요함.
- 국가주요시설물인 교량 구조물에 대한 정보 활용을 표준화하는 것이므로 이를 민간에서 주도하는 경우 다양한 접근방법에 의한 혼선이 야기될 수 있음. 이러한 내용은 정부 주도하에 탑다운(Top-down) 체계가 적절함.
- IT기술을 융합한 구조물 관리 기술은 국가 중요 기간시설의 예상할 수 없는 재난이나 기후변화에 대한 피해를 줄여 국가 예산 및 인명 피해를 줄이는 기술이므로 민간기업의 단기적

이익보다는 국가시설물의 관리, 국민의 재산 및 생명 보호 등 **공공성이 강한 분야**이고, 개발이 완료된 후에는 현재 운영 중인 다양한 SOC에 적용 가능하므로 국책 과제로 추진하는 것이 필요함.

- 우리나라는 1990년대 후반부터 모니터링 기술에 대한 니즈가 증대하고 연구가 일부 진행되었으나 이에 대한 운영 및 평가, 관리 등의 기술이 성숙되지 못한 상황(상용화 및 보급률 저조)이며, 대부분 고가의 외국 센싱 장비에 의존하고 있어(센서의 경우 약 70%가 외산임) 이로 인한 **국고 유출 및 기술적 종속이 상당함**. 또한 극한 환경에는 안정적으로 동작하지 않는 IT기술로 인해 실질적인 고부가가치 기술로서는 미흡하였음.
- 현 시점은 신성장 동력인 IT기술과 건설기술 융합화를 통해 노동집약적이던 전통적인 건설산업을 에너지절감 및 친환경의 녹색산업으로 전환시키기 위한 패러다임을 형성시켜야 하는 중요한 시기이므로 국가적 차원의 적극적 개입이 필요함. 이 분야의 관련 장비 및 운영 기술 개발 등을 통해 이 분야의 '**원천기술**'을 확보하고 이를 운영 중인 SOC에 적용하며 향후 장비 및 기술을 해외에 수출하는 '**시장 지향적**' 연구로 이끌기 위해 국가 주도형의 연구개발이 필요함.

(3) 기술적 측면의 필요성

(4) 연구개발 필요성

- 우리나라의 SOC시설은 1970년대 중반 이후부터 1990년대까지 교통시설을 중심으로 지속적으로 확충되어 도로, 도시철도, 항만시설 등이 많이 증가함. 댐, 수도 시설물을 제외한 대부분 1,2종 시설물의 50% 이상이 경과년수가 15년이 채 안되었으며, 이는 향후 중기적으로 시설물유지관리 수요가 더 빠르게 성장할 것을 예상됨.
- 중장기적으로도 시설물유지관리 시장은 양호한 성장세를 이어갈 것으로 예상. 향후 중요성이 점점 더 커지고 있는 시설물유지관리 시장에서 시설물유지관리업계가 발주자에게 믿음을 주고 시설물의 장수명화와 국가의 인명 및 재산보호에 기여하는 분야의 민간기업 등 시장이 확산될 전망
- 이에 1990년대 후반부터 모니터링 기술에 대한 니즈가 증대하고 연구가 일부 진행되었으나 이에 대한 운영 및 평가, 관리 등의 기술이 성숙되지 못한 상황(상용화 및 보급률 저조)이며, 대부분 고가의 외국 센싱 장비에 의존하고 있어(센서의 경우 약 70%가 외산임) 이로 인한 국고 유출 및 기술적 종속이 상당함
- 연구를 통하여 개발된 요소기술은 각 연구목표에 적합하도록 개발되기 때문에 타연구/분야/산업에서 이용하기 어려운 기술적 한계점이 있음. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 개발된 각 요소기술을 하나의 통합된 플랫폼 내에 위치할 수 있도록 모듈화하는 작업과 기술이 필요함.
- 따라서 사회기반시설에 대한 유지관리 수요가 빠르게 증가할 것으로 예상되는 현 시점에서 개별적으로 개발되어 운영되어 오던 구조물 유지관리기술을 표준화하고 이를 모듈화하여 용

도에 따라 통합 또는 해체가 가능하게 하는 기술개발이 필요하며, 이의 운영기술을 발전시켜 시설물의 안전을 확보하기 위한 유지관리 기술의 향상을 도모할 필요가 있음.

(5) 정부지원 필요성

- 조달청 및 공공기관에서의 BIM적용 사례 증가하므로 국가 자산인 교량의 유지관리와 관련된 기술 개발이므로 정부지원이 타당
- 이명박 대통령이 주재한 9월 2일 대통령 직속 미래기획위원회(위원장 : 곽승준) 5차 회의(상암동, 누리꿈스퀘어)에서 국가 제1의 성장동력인 IT 산업에 대한 이명박 정부의 종합적인 미래비전과 실천전략이 제시됨.
- 건설 분야에 있어 매우 중요한 IT 융합 기술에 대한 개발 요구가 이어져 왔으며, 이는 U-City 사업 및 기타 국내 구축된 IT 인프라를 이용한 융합기술 개발에 대한 요구를 통해 지속되고 있음.
- 본 연구에서는 국가주요시설물인 교량을 대상으로 하여 교량 구조물의 효율적인 유지관리를 위한 각 요소기술을 모듈화하고 통합형 플랫폼을 구성하는 것이 본 연구의 목적임.
- 본 연구의 성공적 수행을 위해서는 모듈화를 위한 표준 체계, 데이터 활용성 제고를 위한 네트워킹 표준화 등 다양한 표준화 작업이 필요함.
- 국가주요시설물인 교량 구조물에 대한 정보 활용을 표준화하는 것이므로 이를 민간에서 주도하는 경우 다양한 접근방법에 의한 혼선이 야기될 수 있음. 이러한 내용은 정부 주도하에 탑다운(Top-down) 체계가 적절함.
- 현 시점은 신성장 동력인 IT기술과 건설기술 융합화를 통해 노동집약적이던 전통적인 건설산업을 에너지절감 및 친환경의 녹색산업으로 전환시키기 위한 패러다임을 형성시켜야 하는 중요한 시기이므로 국가적 차원의 적극적 개입이 필요함. 이 분야의 관련 장비 및 운영 기술 개발 등을 통해 이 분야의 '**원천기술**'을 확보하고 이를 운영 중인 SOC에 적용하며 향후 장비 및 기술을 해외에 수출하는 '**시장 지향적**' 연구로 이끌기 위해 국가 주도형의 연구개발이 필요함.

다. 기존 연구와의 중복성 검토 및 연계방안

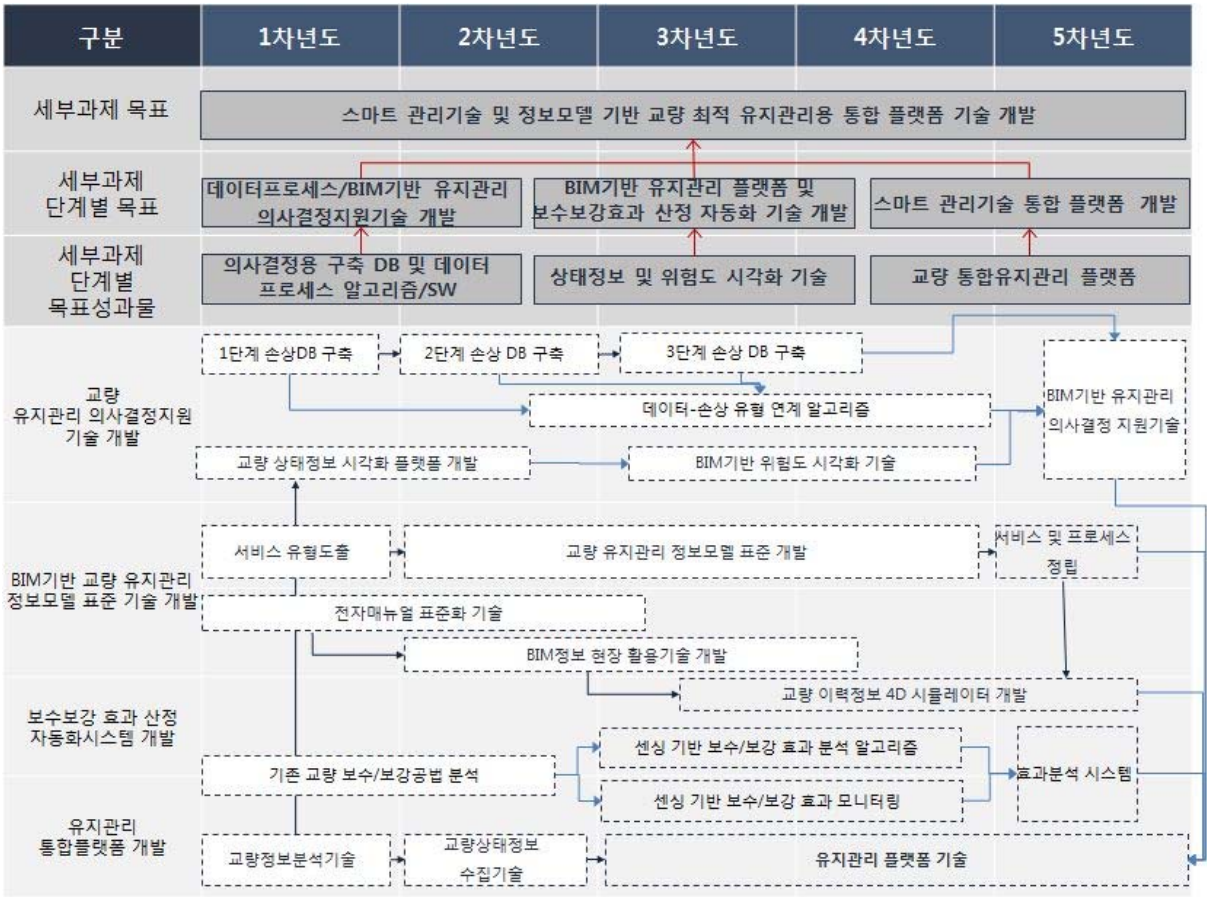
유사과제명	기타	중복성 검토 및 연계방안		
VR기반 토목시공시뮬레이션 체계개발	부처명: 국토해양부 사업명: 건설기술혁신사업	- 기존 연구는 일반적 시설물의 설계 및 시공단계 BIM활용체계 연구이며, 본 연구에서는 교량에 특화된 BIM기반의 유지관리 플랫폼을 개발하며, 기존 연구성과에서 4D기능 등은 유지관리단계의 시각화 4D 시뮬레이터 개발에 참조함	활용	
			고도화	●
			차별화	
지역특성화 사업 과제명: 재해예방을 위한 재해이력정보 실시간 전자매뉴얼시스템 구축 방안	부처명: 국토해양부 사업명: 지역특성화 사업	- 유사 연구를 통해 재해예방 전자매뉴얼개발방법론이 개발되었으나 BIM 기반 교량유지관리 단계 활용을 위한 전자매뉴얼시스템은 구축된 바 없음	활용	
			고도화	
			차별화	●
가상건설(VC)기법을 활용한 구조설계, 설비 및 견적자동화 시스템 개발	부처명:건설교통부 사업명:첨단융합건설기술개발	- 설계, 시공단계의 교량정보모델에 대한 연구가 진행되었으므로 설계/시공단계의 정보를 유지관리 단계로 확장 연계함	활용	●
			고도화	
			차별화	
도로교 콘크리트 상판의 잔존수명 예측을 위한 전문가시스템 개발에 관한 연구	부처명: 국토해양부 사업명: 산학연 공동연구	- 잔존수명예측에 대한 내용으로, 교량의 스마트 관리를 위한 손상평가 및 대책제시, 보수/보강효과산정기법 등의 연구를 수행하는 본 연구와는 상이함	활용	
			고도화	
			차별화	●
Web 기반 친환경 BIM객체 라이브러리 관리 시스템 개발	부처명:중소기업청 사업명:산학연협력기술개발	- 본 연구는 교량 전체 모델링 및 시각화 등의 BIM 개념이 아닌, 각 스마트 요소기술들을 하나로 융합하는 연구에 대한 내용이므로 유사과제와는 상이함(단, 유사과제 내용 분석을 통하여 필요시 라이브러리 관리에 대해서는 약간 반영 가능)	활용	
			고도화	
			차별화	●
가상건설(VC)기법을 활용한 구조설계, 설비 및 견적자동화 시스템 개발	부처명:건설교통부 사업명:첨단융합건설기술개발	- 본 연구는 교량 전체 모델링 및 시각화 등의 BIM 개념이 아닌, 각 스마트 요소기술들을 하나로 융합하는 연구에 대한 내용이므로 유사과제와는 상이함(단, 자동화시스템 알고리즘의 경우, 본 연구에서 추구하는 교량스마트관리 자동화기술에 활용될 수도 있으니, 분석후 반영 가능)	활용	
			고도화	
			차별화	●
3차원 건설정보기반의 의사결정지원시스템 개발	부처명:건설교통부 사업명:첨단융합건설기술개발	- 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)	활용	
			고도화	
			차별화	●

라. 연구개발 주요내용

<table>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="2">▪ 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="5">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>데이터 프로세스 및 정보모델 기반 교량 유지관리 의사결정 지원기술</td><td>▪ 손상시나리오 데이터베이스 구축 기술
▪ 계측데이터 기반 유지관리방식 의사결정지원 알고리즘 기술
▪ 교량정보모델 기반의 유지관리 의사결정 지원 기술
▪ 교량정보모델 기반의 손상정보 표현 시각화 기술
▪ 스마트관리기술로부터 도출되는 데이터간 상호 연계성 분석을 통한 정확한 손상유형 평가기술</td></tr>
<tr><td>교량 보수보강 효과 산정 자동화 기술</td><td>▪ 스마트 관리기술 데이터 기반 보수/보강효과 산정 기술
▪ 센싱기술을 이용한 보수/보강효과 산정기술
▪ 플랫폼형 통합 S/W 연계기술</td></tr>
<tr><td>BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 및 정보모델 표준 기술</td><td>▪ 교량 유지관리 정보모델 정보요구정의 및 표준 개발
▪ 교량 유지관리 통합플랫폼 개발방법론 설정
▪ 교량 유지관리 표준 서비스 및 프로세스 정립
▪ 유지관리 전자매뉴얼 표준화 및 전자매뉴얼 표준체계 구축 기술
▪ 교량유지관리용 시뮬레이터 개발</td></tr>
<tr><td>교량 스마트 관리기술 및 BIM 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 기술</td><td>▪ 요소기술 모듈화 및 표준화를 통한 플랫폼형 통합 제어 S/W 기술
▪ 비접촉 센싱 및 FSM 기술 등 개발 단위기술의 정보 노드화
▪ BIM 기반 교량 통합관리 기술
▪ BIM 기반의 통합플랫폼 구조 및 핵심 단위 기능 설계 및 구현
▪ BIM 기반 교량 유지관리 서버-클라이언트 체계 개발
▪ 설계/시공단계의 교량정보모델 연계 및 활용기술</td></tr>
<tr><td>기술적 위험요인</td><td colspan="2">▪ 정보모델을 기반으로 한 다양한 센싱 기술을 운용하는 시스템에 대한 통합 개념이며, 관련 모든 스마트 교량관리기술을 통합하기 위한 플랫폼형 시스템 개발이므로 이질적인 시스템에 대한 표준화 문제 발생
▪ 교량에 발생할 수 있는 손상 유형이 다양하므로 이에 대한 적합한 손상 진행 시나리오에 대한 데이터베이스 구축 기준 설정 어려움
▪ 교량 보수/보강공법이 매우 다양하여, 효과산정알고리즘이 매우 다양할 수 있으며, 센싱기술을 이용한 교량 보수/보강효과를 산정하는 것은 기존에 시도되지 않은 연구분야임.
▪ 기존 시스템의 폐쇄성으로 개발 기술의 접목을 위한 한계성 존재
▪ 관련분야의 첨단기술과의 시스템 연계 미흡
▪ 새로운 기술의 현장 적용 의지 부족
▪ 교량의 탄소배출량 평가 방법 부재
▪ 지능형 교량 구현을 위한 관련 산업의 높은 해외 의존
▪ 교량 BIM의 실무활용도 저조
▪ 교량 BIM관련 인프라 및 개발연구인력 부족
▪ BIM기반 유지관리 통합 플랫폼개발을 위해서는 설계 및 시공단계에서 생성된 BIM 모델 정보간의 상호호환성 확보가 중요하며, 이를 위한 BIM 표준 체계가 요구되나, 현재까지 토목분야의 BIM 표준체계가 정립되지 않음</td></tr>
<tr><td>연구개발 추진전략</td><td colspan="2">▪ 교량 스마트 관리기술에 초점을 맞추어 이질적 시스템에 대한 표준화 추진 및 최적의 경제성 확보 방향으로 연구 진행
▪ 기존 교량 발생 손상 유형에 대한 자료 및 이력데이터 확보 및 실내검증실험, 그리고 해석적 접근방법을 통한 다양한 손상진행-계측데이터 연계성 시나리오 데이터베이스 구축
▪ 교량 보수/보강공법중 가장 많이 활용되는 공법을 선정하여 이에 대한 센싱기술을 이용한 보수/보강 효과 산정 알고리즘 및 방법론 제시
▪ 다양한 센서 네트워크 접근들에 대한 표준적인 복합 개방형 관리 체계 구축
▪ 개발 성과품에 대한 다양한 시뮬레이션을 통해 개발 플랫폼의 활용성/확장성 확보</td></tr>
</table>

	▪ 기존 시스템 정밀 분석을 통한 플랫폼의 기초 대표성 최대한 확보 및 기존 시스템의 개선방향 도출 및 제시 ▪ BIM데이터 3차원 가시화 및 운용기술, 교량 설계 정보화 기술(SoC BIM), 교량 시설물 유지관리 기술 분야와의 다각적인 학술적/기술적 교류가 이루어져야 할 것으로 사료되며, 이를 위해 국내 건설/토목분야 유관 R&D프로젝트와 민간사업을 적극 연계하는 방안 추진 ▪ 교량 유지관리 통합플랫폼은 다양한 기술의 융복합을 통하여 구현 가능하므로 다양한 관련 전문가들의 참여가 필수적이며 이를 위하여 산·학·연 협력을 바탕으로 한 의견 수렴, 기술개발, 적용성 검증 추진
기술개발 성공가능성	▪ 신규건설투자 대비 유지관리 수요는 2000년대 들어서 약 25% 수준을 점유하여, 2003년 21조원, 2005년 22조원 등 2007년까지 연평균 약 20조원~23조원의 시장규모 형성하였고, 이는 신규건설 투자의 약 25% 수준에 달함. 따라서 시설물 유지관리에 대한 관심과 투자는 향후 빠르게 성장할 것으로 예상되므로 시장이 확대될 것으로 전망 ▪ 독립적인 교량관리 시스템의 운영상의 문제점, IT 융합을 통한 건설구조물의 스마트화, 다양한 센서 하드웨어의 출현 등 교량관리와 관련된 환경은 향후 유지관리에 대한 수요증가와 더불어 효율적 운영시스템과 정확한 예측평가에 집중될 것임 ▪ 세계를 선도하고 있는 IT 기술, 다양한 USN 미들웨어 기술, 유비쿼터스 사회건설을 위한 정부의 강력한 의지 등 본 과제의 목표를 달성하기 위한 주변환경은 상당히 긍정적임 ▪ 건설IT 융합의 대표적인 아이템으로 BIM으로의 패러다임 전환이 이루어지고 있으며, 각 기술에 대한 전문가들을 연구에 포함시켜 다각적인 교류를 통해 성공적인 연구수행을 도모할 수 있음 ▪ 2009년 8월을 기준으로, 1990년대 이후 지어진 구조물의 비중이 80%이상이므로 중/장기적인 교량 유지관리의 필요성이 요구되고 있으며, 테스트베드 활용을 통한 실질적인 유지관리 기술을 성공적으로 개발 할 수 있을 것임 ▪ 다양한 관련 전문가들을 활용하여 최신 요소기술을 접목함으로써 성공적인 연구개발이 가능할 것으로 판단됨
기대효과 및 파급효과	▪ 기대효과 - 교량은 공공성이 가증 높은 시설물로써 국민 생활과 밀접한 관련이 있으므로 교량 붕괴 사고를 미연에 방지하는 모니터링, 자가진단, 평가 기술 등 교량의 지능화를 통해 국가 경쟁력 강화 및 국민 편익 증대를 기대 - 교량 지능화 기술개발 실용화를 위한 인프라 확보 기대 - 토목분야에 대한 표준 데이터 모델 정립 가능 - 교량 유지관리를 지원하는 시스템으로 활용하여 향후 교량 정보관리 시스템 개발의 표준으로 활용 - 다양한 교량 및 시설물 관리시스템들의 연계를 위한 표준 정보모델로 활용 - 모바일 기반의 BIM 기술을 활용하기 때문에 실시간에 가까운 의사결정시스템 지원이 가능하게 되고 3차원 시각화를 통한 유지관리가 이루어지기 때문에 유지관리 비용 절감 및 교량의 내구성능을 향상 시킬 수 있음 - 모바일 증강현실 기법을 이용하여 보다 직관적이고 편리하게 활용됨으로써 업무의 활용성이 극대화 됨 ▪ 파급효과 - 녹색성장 정책과 맞물려 건설과 IT기술을 융합하여 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발로 고부가가치 시장의 성장 전망 기대 - 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환 - 기존 유지관리 기법의 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음

마. 연구개발과제 TRM



[그림 3-8] 연구개발과제 TRM

바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
스마트관리기술 및 교량정보 모델 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 개발	학술적 성과	국내학술지 개제 논문건수	국내외 학술지 개제여부	건	30	BIM기반 교량 유지관리 프로세스 연구 외 29건
		SCI급 개제 논문건수	SCI급 논문 개제 여부	건	5	BIM기반유지관리 통합 플랫폼 연구 외 4건
		국내학술회의대회 개제 논문건수	국내 학술회의대회 개제여부	건	25	교량정보 모델을 활용한 통합 플랫폼 기술 연구외 24건
		국외학술회의대회 개제 논문건수	국외 학술회의대회 개제여부	건	5	교량정보모델링 표준화 연구외 14건
	지식재산권 보유 등	특허출원건수	특허출원여부	건	7	BIM기반 교량 정보 분석 기술 외 6건
		특허등록건수	특허등록여부	건	7	BIM 기반의 교량 유지관리 서비스 제공 기술 외 6건
		국제특허 등록	국제특허등록여부	건	2	BIM 기반의 교량 유지관리 서비스 제공 기술 외 1건
	BIM기반 전자매뉴얼 표준화 개발	시작품 제작	시스템 제작여부	건	1	전자매뉴얼 1건
	BIM기반 교량 유지관리 증강현실 적용기술	시작품 제작	시스템 제작여부	건	1	교량의 증강현실 적용 시스템 1건
	BIM기반 교량유지관리 이력정보 4D 시뮬레이터 개발	시작품 제작	시스템 제작여부	건	1	이력정보 관리 시뮬레이터 1건
	BIM기반 교량 손상평가 위험도 시각화 기술개발	시작품 제작	시스템 제작여부	건	1	BIM 기반 교량상태정보 시각화 기술 1건
	BIM기반 유지관리 통합 플랫폼 개발	시작품 제작	시스템 제작여부	건	1	유지관리 통합 플랫폼 1건
	모바일 플랫폼 애플리케이션	시작품 제작	현장 적용 가능 여부	건	1	시작품 1건
	보수보강효과산정시스템	시작품 제작	현장적용 가능 여부	건	1	시작품 1건

사. 연차별 성과목표

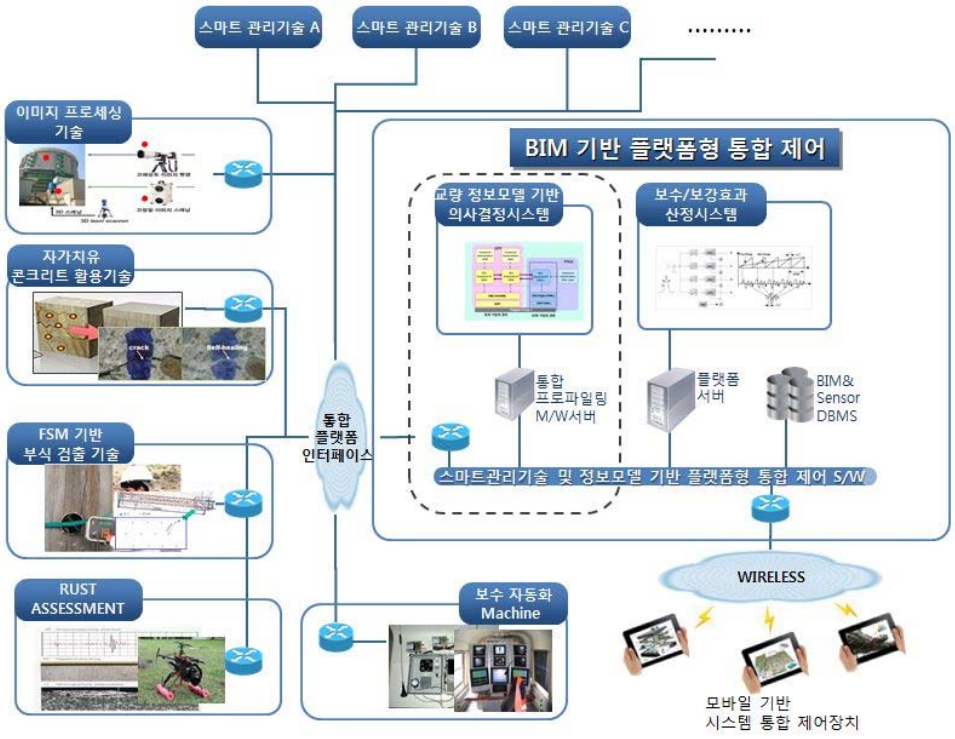
과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	학술지 논문 게재 35건	국내논문2	국내논문4	국내논문5 국제논문4	국내논문6 국제논문5	국내논문6 국제논문3
	학술회의 논문 게재 40건	국내논문4 국외논문 개제 2	국내논문 개제 3 국외논문 개제 2	국내논문 개제 3 국외논문 개제 2	국내논문 개제 3 국외논문 개제 2	국내논문 개제 3 국외논문 개제 2
	특허출원 특허등록 국제특허등록 16건	특허출원2	특허출원3 특허등록1	특허출원2 특허등록 1	특허등록 2 국제특허등록2	특허등록3
	시작품제작 7건	시작품 개발 1건	시작품 개발 2건	시작품 개발 1건	시작품 개발 2건	시작품 개발 1건

아. 기술수요처 및 사업화 방안

일반과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
교량정보모델을 활용한 유지관리 통합 플랫폼 기술	교량 유지관리 의사결정지원 기술	의사결정용 데이터베이스 구축 결과	관리주체, 건설사, 유지관리 업체	시작품 개발을 통한 상용화, 현장업무 중심의 프로세스 개발
		교량 손상평가 위험도 시각화 플랫폼		
		유지관리 의사결정 최적화 플랫폼		
		교량 유지관리 계측정보 시각화 플랫폼		
	보수/보강효과 산정 자동화 기술	보수/보강효과 산정 알고리즘	관리주체, 건설사, 유지관리업체	시작품 개발을 통한 상용화
		보수/보강효과 자동화 산정시스템		
	BIM기반 교량 유지관리 정보모델 표준 기술	교량 유지관리 정보모델 정보요구 정의서	교량관리업체	교량관리업체와 협력하여 현업에서의 피드백과정을 거침
		교량 유지관리 정보모델 표준	교량관리업체	
		BIM기반 전자매뉴얼 표준화 기술	건설사, 유지관리 업체	
		BIM기반 교량 유지관리 증강현실 및 가상객체 모바일 연동 플랫폼	건설사, 유지관리 업체	
		BIM기반 교량 유지관리 이력정보 4D 시뮬레이터	건설사, 유지관리 업체	
	스마트관리기술 및 BIM기반 유지관리 통합 플랫폼 기술	BIM기반 교량 유지관리 서비스 제공 기술	교량관리업체	교량관리에 있어 BIM플랫폼의 유용성 환기, 현장업무 중심의 프로세스 개발
		BIM기반 교량 유지관리 서버-클라이언트	교량관리업체	

5절. 세부과제간 연계관계

- 1세부의 비접촉식 센서와 3D 형상화 기술, 레이저 센싱 기술은 교량의 전체적인 구조적인 모양을 분석하여 통합관리 시스템을 구성
- 2세부는 강교량 부재의 부식과 도장 벗겨짐을 자동 보수하고, 콘크리트교량의 균열을 자가 치유함으로서 강교량과 콘크리트교량에 가장 빈번하게 나타나는 관리상의 문제점을 해결하기 위한 기술을 개발함
- 3세부는 플랫폼형 통합 제어를 통하여 유지관리 의사결정을 지원하며 보수/보강 효과에 따른 유지관리 전략/전술의 변화를 반영하여 예방적 유지관리 체계를 구축하는 것을 목표로 함



6절. 연구추진체계 제안

1. 연구추진체계

가. 연구사업 규모

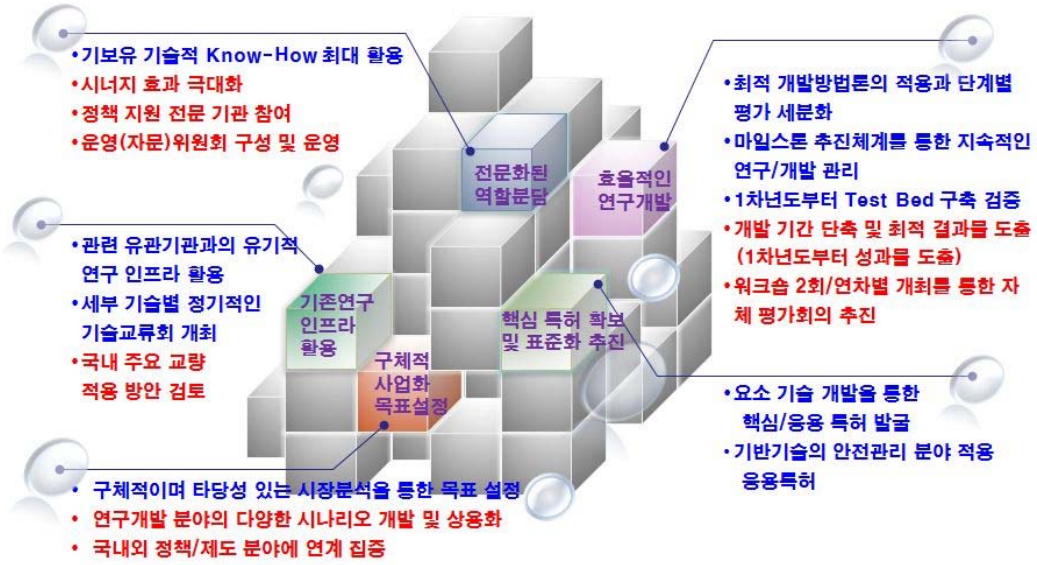
- 2단계 검토위원회에서 선정된 머신비젼을 이용한 교량 자동화 수리 기술, 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술, FSM을 이용한 비접촉식 센서를 이용한 자기치유 기술, 교량 관리 통합 플렛폼 기술 등을 통합하여 3개의 세부과제에 대해 연구를 실시할 예정임
- 연구수행 형태(추진체계)는 건설교통기술평가원에서 제시한 기준에 의거 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단함
-

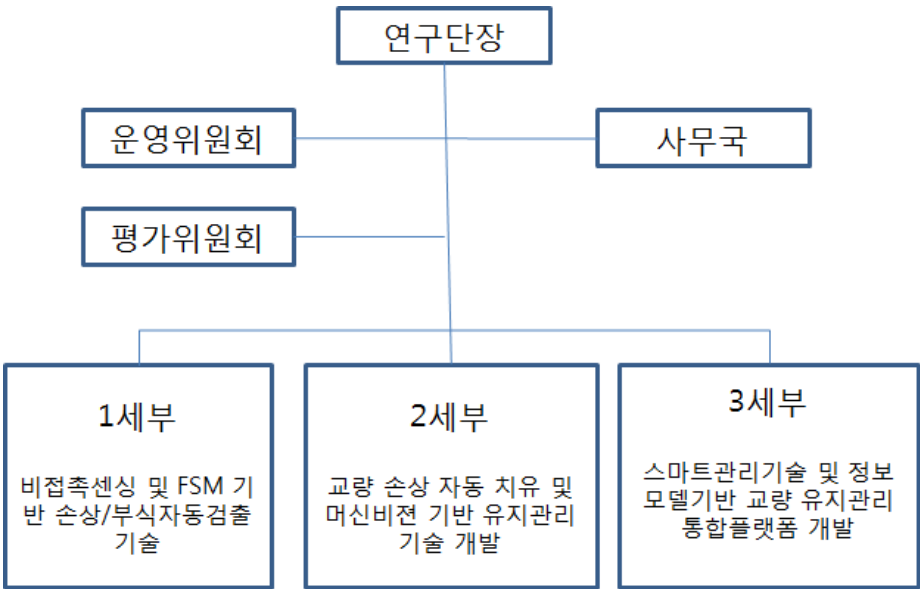
[표 3-4] 건설교통기술평가원의 연구수행 형태 구분 기준

사업단	기술별 총괄시스템의 개발과 연구개발결과의 시범 적용(Test Bed)을 포함하는 과제로서 정부출연금 300억원 이상, 5년 이상의 연구기간이 소요
연구단	단위·요소기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제로서 정부출연금 50억원 이상, 3~5년의 연구기간이 소요
일반과제	단위·요소기술을 개발하는 과제 또는 정책과제로서 정부출연금 50억원 이내로서, 3년 이내 연구기간이 소요

나. 연구추진체계

- 국내 유관기관과의 협의 하에 신설 교량 및 운용 중인 교량의 테스트베드 구축 및 국내 교량 관리 시스템과 연계함
- 연구개발 추진체계 도시는 다음과 같은 형태로 제시함


•기보유 기술적 Know-How 최대 활용
•시너지 효과 극대화
•정책 지원 전문 기관 참여
•운영(자문)위원회 구성 및 운영
•관련 유관기관과의 유기적 연구 인프라 활용
•세부 기술별 정기적인 기술교류회 개최
•국내 주요 교량 적용 방안 검토
• 구체적이며 타당성 있는 시장분석을 통한 목표 설정
• 연구개발 분야의 다양한 시나리오 개발 및 상용화
• 국내외 정책/제도 분야에 연계 집중
전문화된 역할분담
효율적인 연구개발
기존연구 인프라 활용
핵심 특허 확보 및 표준화 추진
구체적 사업화 목표설정
•최적 개발방법론의 적용과 단계별 평가 세분화
•마일스톤 추진체계를 통한 지속적인 연구/개발 관리
•1차년도부터 Test Bed 구축 검증
•개발 기간 단축 및 최적 결과를 도출 (1차년도부터 성과를 도출)
•워크숍 2회/연차별 개최를 통한 자체 평가회의 추진
•요소 기술 개발을 통한 핵심/응용 특허 발굴
•기반기술의 안전관리 분야 적용 응용특허


연구단장
운영위원회
사무국
평가위원회
1세부
비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술
2세부
교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발
3세부
스마트관리기술 및 정보 모델기반 교량 유지관리 통합플랫폼 개발

2. 추진전략

구분	위험요인	추진전략(대응방안)
재원 조달 가능성	▪ 정부 정책 변경에 따른 R&D 예산 축소, 건설업 환경 악화에 따른 민간기업 참여 저조 및 참여 기업 부담금 축소 가능성	▪ 정부의 R&D 예산 축소 및 민간기업 참여 축소 시에는 연구내용을 선택, 집중하여 주어진 연구예산 및 기간 내에 실용화가 가능하도록 연구내용 및 범위 등을 재조정함
사업의 장기화/연장 요인	▪ 요소기술 통합 및 의사결정지원시스템, 보수보강 효과 산정알고리즘의 경우, 새로운 기술이 개발되는 시점마다 시스템 업그레이드 필요	▪ 개발후 업그레이드가 가능하도록 시스템 표준화 및 호환상 확보에 중점을 두어 연구 진행
기술의 부정적 요인	▪ 자동화 기술에 대한 노동자의 반발로 인한 기술 개발에 대한 부정적 시각 ▪ 개별 요소기술별로 별도로 교량에 적용하는 경우가 더 효율적인 경우가 있어, 통합 플랫폼시스템에 대한 부정적 시각 우려	▪ 기술인력 부족으로 인한 품질 저하의 극복을 위한 자동화 필요 ▪ 통합플랫폼시스템은 교량 스마트 관리기술과 관련된 가능한 모든 기술들을 포괄하는 시스템으로 개발하며, 개별 요소기술 데이터에 대한 상호 연계성 확보 및 분석을 통하여 더욱 실무에 적용될 수 있는 우수한 분석 결과를 도출하는 방향으로 연구 진행
권리 확보 계획	▪ 통합연구에 대한 내용이므로 지적재산권 확보가 어려울 우려가 있음.	▪ 의사결정지원기술, 보수/보강효과 산정자동화 기술 등에 대한 지적재산권은 충분히 가능하며, 소프트웨어에 중점을 두어 지적재산권 확보
기타		

4장. 사전타당성 검토

1절. 사전타당성 분석의 개요

1. 분석의 틀

가. 본 사업단 추진의 타당성을 기술적/정책적/경제적 측면에서 검토함

(1) 기술적/정책적/경제적타당성 조사 항목은 KDI 및 KISTEP의 대형R&D사업의 예비타당성조사 보고서의 조사항목을 기준으로 설정되었음

[표 4-1] 사전타당성 분석의 틀

대분류	중분류	소분류	세분류
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	사업목표와 내용의 구체성	사업목표의 구체성
			사업내용의 논리성 및 적절성
		사업추진전략의 적절성	사업추진 전략의 구체성 및 도출근거
			사업추진체계의 적절성
			성과평가 및 관리체계의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성	연구개발계획의 완성도
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석	보유기술수준 및 기술개발의 기대수준
			기술개발 역량 및 잠재력
		기술개발의 성공가능성	기술적 위험요인
			기술개발 성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성 검토	기존사업과의 중복성 검토 절차 및 내용의 적절성
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성	산업정책적/국토개발정책적 중요성
			사회문화적 기여도와 중요성
			정부지원의 타당성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성	상위유관계획과의 부합성
	사업추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석	본과제와 관련한 국토해양부의 관련 사업추진의지
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인 및 대응방안 분석	사업추진상의 위험요인
			사업추진상의 위험요인에 대한 대응방안
경제적 타당성	경제성 분석	예산의 적정성 분석	예산규모의 적절성
			예산계획 수립체계 및 과정의 적절성
			과제별 예산작성 및 배분의 합리성
		경제성 분석 (비용-편익분석)	경제성 분석방법(비용-편익 분석)
			경제성 분석결과
	과학기술 및 사회적 파급효과	과학기술적 파급효과	
		사회적 파급효과	

2절. 기술적 타당성

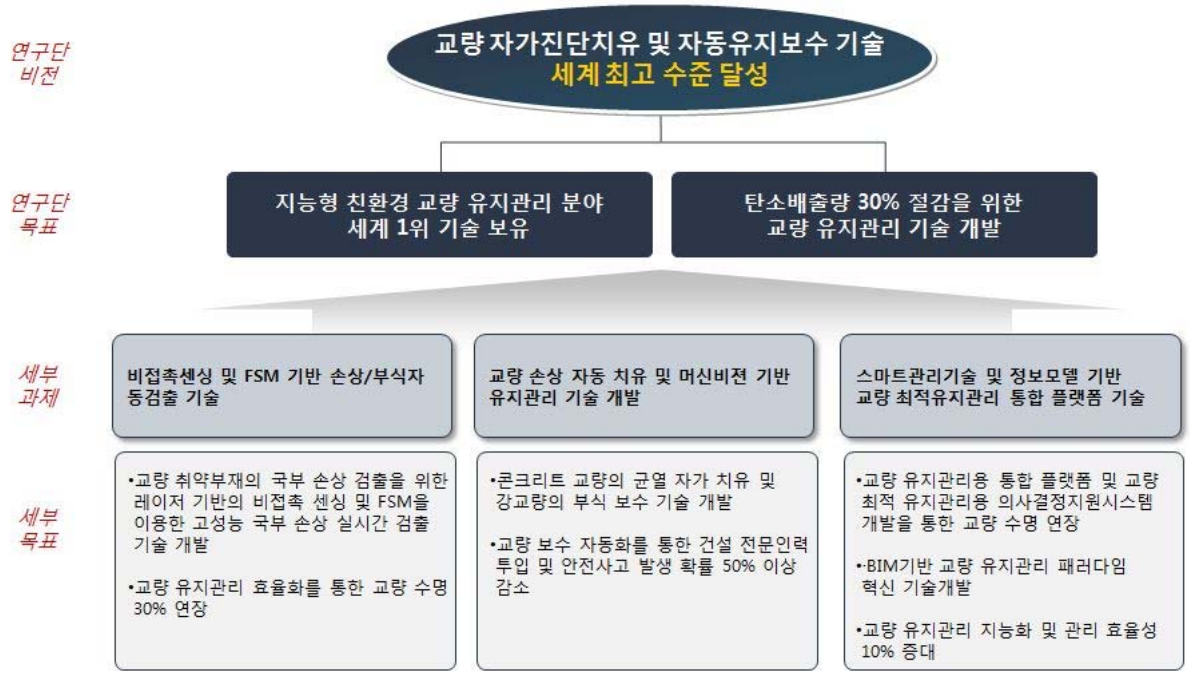
1. 기술개발 계획의 적절성

가. 사업목표와 내용의 구체성

(1) 사업목표의 구체성

(가) 본 연구단의 비전 및 목표를 구체적으로 제시함

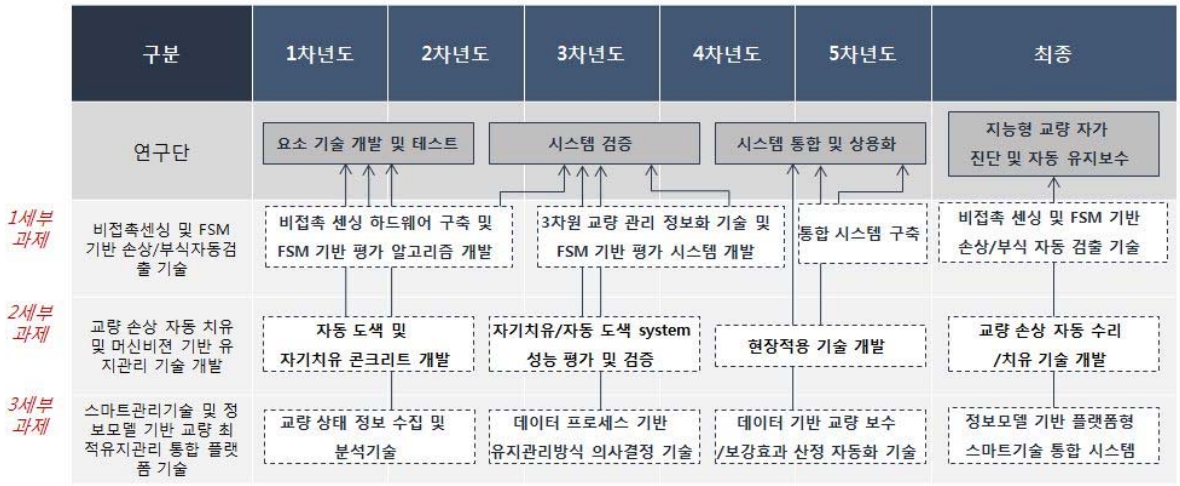
- 본 연구단 명은 '교량 자가진단 치유 및 자동유지보수 연구단(B-SMART 연구단)'으로 '교량 자가진단치유 및 자동유지보수 기술 세계 최고 수준 달성'를 비전으로 제시함
- 연구단의 총괄 목표는 '지능형 친환경 교량 유지관리 분야 세계 1위 기술 보유', ' 탄소배출량 30% 절감을 위한 교량 유지관리 기술 개발'로 구체성을 가지고 있음
- 사업의 목표달성을 위해 3개의 세부과제를 제시하고 있고, 이에 대한 세부목표를 구체적으로 제시함
- 연구단 및 세부과제 목표의 측정방법은 연구 추진단계에서 보다 구체화 될 수 있을 것으로 판단됨



[그림 4-1] 연구단 비전 및 목표

(나) 본 연구단의 목표에 따라 세부과제의 목표를 단계별로 제시함

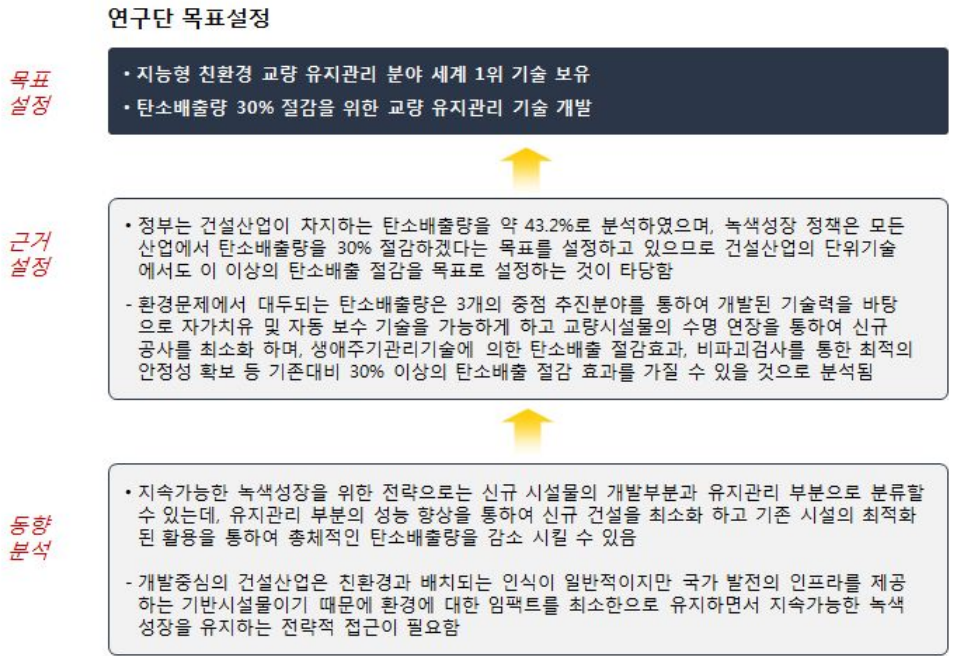
- 본 연구단의 목표를 단계별로 구분하여 제시하고, 연구단 목표를 이루기 위한 세부과제의 목표를 단계별로 구분하여 구체적으로 제시하였으며, 연차별로 도출되는 성과물에 대해 파악이 가능하도록 성과목표와 성과지표를 타당하도록 제시한 것으로 분석됨
- 각 세부과제의 단계별 목표는 연구단의 단계별 목표를 이루기 위해 적절하게 설정 되었다고 판단됨



[그림 4-2] 연구단 단계별 목표

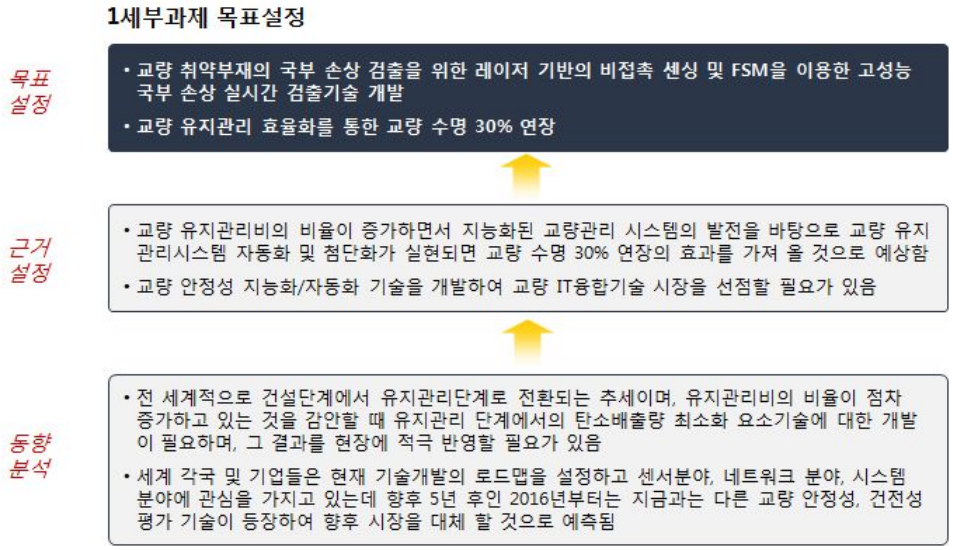
(다) 연구단의 목표 및 세부과제의 목표를 설정한 근거를 타당하게 제시함

- 세부목표는 정책/경제/기술 동향 분석 및 논문/특허 분석, 인프라 분석을 통해 도출된 시사점에 기초하고 있으며, 그 과정에서 이슈트리라는 논리적 구조 모형을 사용하여, 목표 설정 체계 및 근거가 논리적이고 타당성이 있는 것으로 분석됨
- '녹색기술 연구개발 종합대책'목표인 녹색기술수준 2020년 선진국대비 90%수준 향상에 따라 본연구단에서는 구체적인 목표로서 탄소배출량저감 및 세계1위 기술 보유를 목표로 설정함



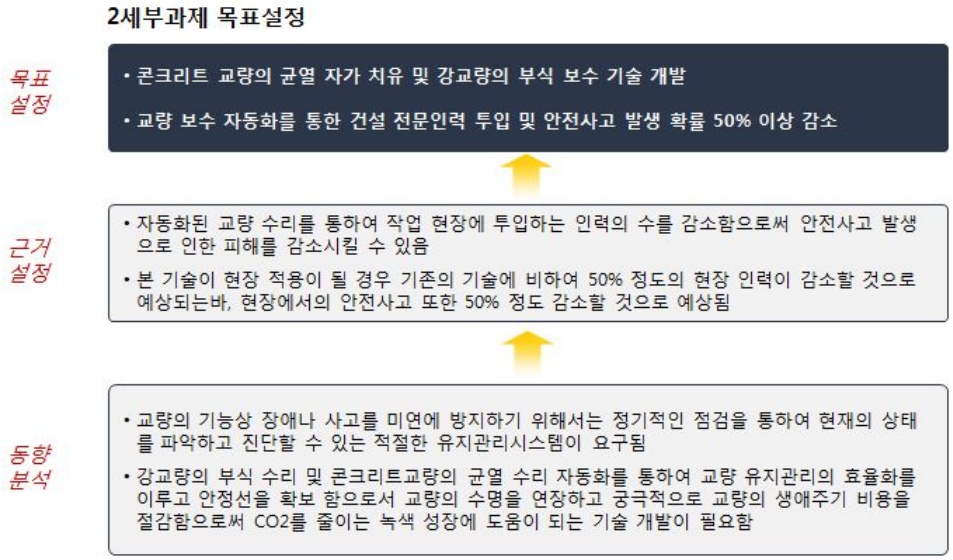
[그림 4-3] 연구단 목표설정근거

○ 비접촉센싱 및 FSM 기반 손상/부식자동검출 기술개발의 목표설정 근거는 다음과 같음



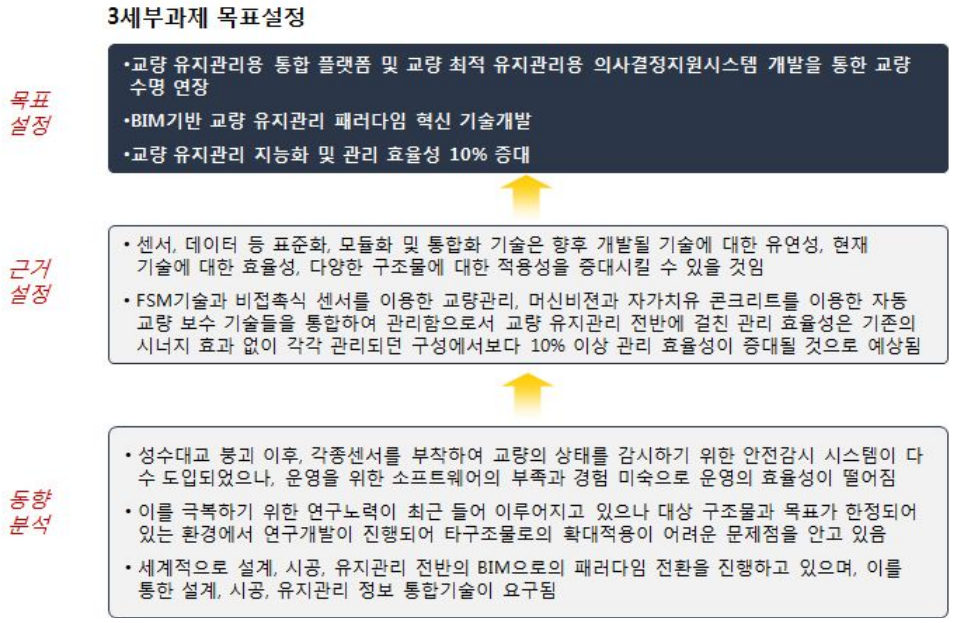
[그림 4-4] 1세부과제 목표설정근거

○ 교량 손상 자동 치유 및 머신비젼 기반 유지관리 기술 개발의 목표설정 근거는 다음과 같음



[그림 4-5] 2세부과제 목표설정근거

○ 스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적유지관리 통합 플랫폼 기술 개발의 목표설정 근거는 다음과 같음



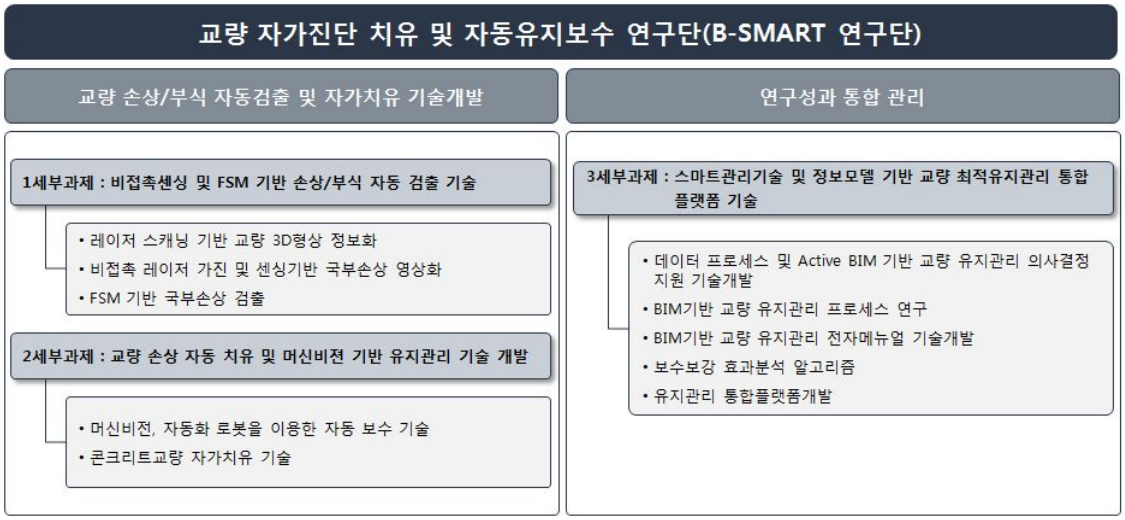
[그림 4-6] 3세부과제 목표설정근거

(라) 3개의 세부과제는 교량 자가진단 치유 및 자동유지보수 연구단(B-SMART 연구단)의 목표 달성을 위해 적절하게 구성되었음

○ 1세부과제, 2세부과제는 교량의 손상 및 부식을 자동으로 검출하고 이를 자동으로 치유하는 기술로 구성됨

○ 3세부과제는 1, 2세부과제의 성과를 통합 관리하는 플랫폼 기술로 구성됨

○ 각 세부과제는 세부과제를 구성하는 기술을 명확히 제시하고 각 구성기술별 내용을 구체적으로 기술함

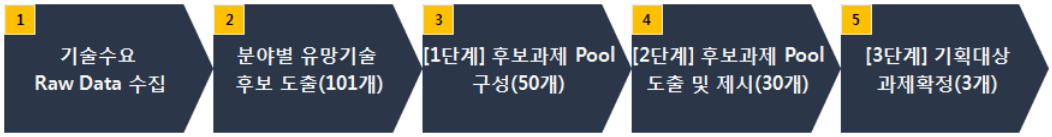


[그림 4-7] 연구단의 구성

(2) 사업내용의 논리성 및 적절성

(가) 연구개발과제의 도출 프로세스를 제시함으로써 본 연구단 세부과제 도출의 적절성을 제시함

○ 2차 기획검토위원회 결과를 반영, 지능형 교량 분야, BIM분야의 과제들로 교량 자기진단 치유 및 자동유지보수 연구단(B-SMART 연구단)을 구성함



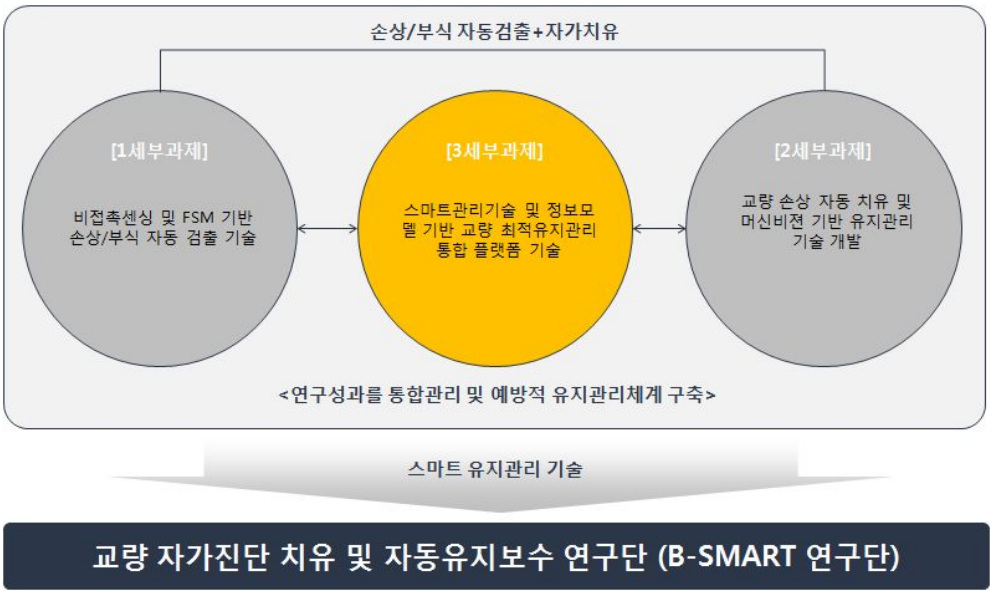
[그림 4-8] 연구개발과제 도출 프로세스

(나) 각 세부과제를 도출하기 위하여 국내외 경제/기술 동향, 인프라분석, 선행사업 분석을 실시하였고, 비전 및 목표 달성을 위한 연구개발 과제들로 구성되어있음

(다) 세부과제의 개념 및 범위가 구체적으로 서술되었으며 각 세부과제간의 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음

○ 1세부의 비접촉식 센서와 3D 형상화 기술, 레이저 센싱 기술은 교량의 전체적인 구조적인 모양을 분석하여 통합관리 시스템을 구성

- 2세부는 강교량 부재의 부식과 도장 벗겨짐을 자동 보수하고, 콘크리트교량의 균열을 자가치유함으로서 강교량과 콘크리트교량에 가장 빈번하게 나타나는 관리상의 문제점을 해결하기 위한 기술을 개발함
- 3세부는 플랫폼형 통합 제어를 통하여 유지관리 의사결정을 지원하며 보수/보강 효과에 따른 유지관리 전략/전술의 변화를 반영하여 예방적 유지관리 체계를 구축하는 것을 목표로 함



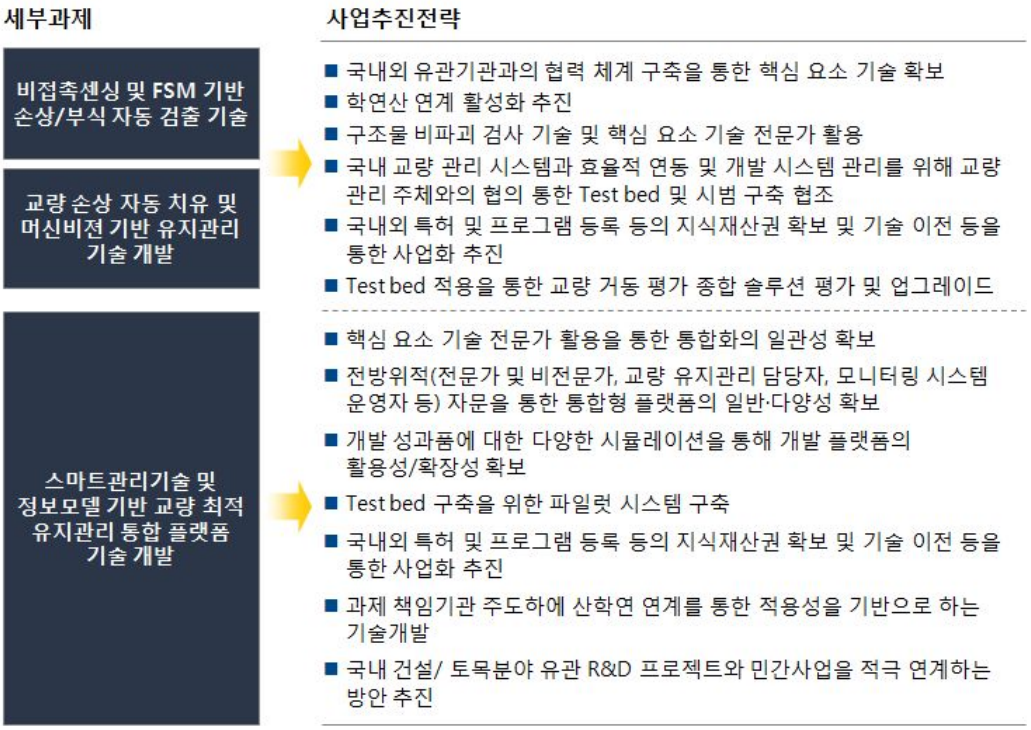
[그림 4-9] 세부과제 연계관계도

나. 사업추진전략의 적절성

(1) 사업추진 전략의 구체성 및 도출근거

(가) STEEP분석에 따른 시사점 및 SWOT분석을 통해 세부과제별 사업추진전략을 도출하고 이를 상세히 서술함

(나) STEEP분석 및 SWOT분석은 세부과제 수준에서 이루어 졌으나, 연구 추진 단계에서는 보다 구체화 된 분석이 필요할 것으로 판단되며 이에 따른 전략 도출 프로세스를 명확히 할 필요가 있음



[그림 4 - 10] 세부과제별 추진전략

(2) 사업추진체계의 적절성

(가) 본 사업은 지능형친환경교량 기획 2단계 검토위원회에서 선정된 지능형교량 분야 2개와 BIM분야 1개 과제, 총 3개과제로 이루어진 사업으로 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨

○ 본 사업의 연구비(정부출연금 기준)는 약 132억원으로 건설교통기술평가원의 연구수행 형태 구분 중 정부출연금 기준의 연구단 연구수행 형태구분[16]에 만족함

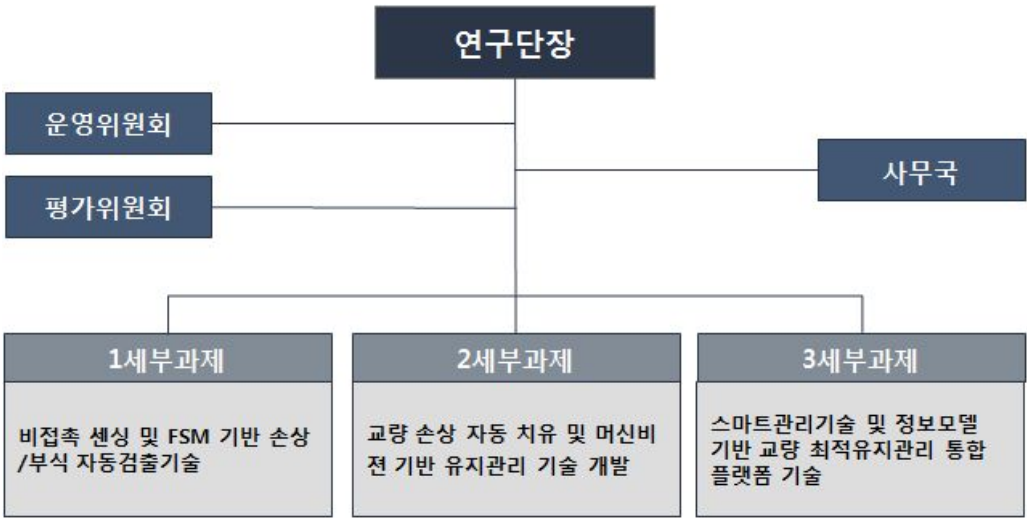
(나) 연구단 추진조직의 구성 및 운영에 대한 계획을 제안함

○ 국내 유관기관과의 협의 하에 신설 교량 및 운용 중인 교량의 테스트베드 구축 및 국내 교량 관리 시스템과 연계함

○ 관련 유관기관과의 유기적 연구 인프라를 활용하고, 세부 기술별 정기적인 기술 교류회를 계최함

○ 운영(자문)위원회를 구성하고 워크숍 2회/연차별 개최를 통한 자체 평가회의를 추진함

16) 연구단 규모 : 50억원 이상~300억원 미만



[그림 4-11] 사업추진체계의 구성

(3) 성과 평가 및 관리체계의 적절성

(가) 본 연구단의 달성 여부를 평가하기 위한 성과지표 및 측정방법을 세부과제 수준으로 나누어 제시함

(나) 각 세부과제에서는 학술적 성과와 지식재산권을 공통지표로 설정하고 각 세부과제의 특성에 맞는 지표를 설정하여 세부목표에 부합하도록 지표를 설정하고 이에 따른 설정 근거를 제시하였음

- 1세부과제는 학술적 성과, 지식재산권, 지침제작, FSM 구조물 손상 실시간 탐지 시스템시작품 제작 등으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함
- 2세부과제는 학술적 성과, 지식재산권, 자가치유 콘크리트의 시작품, 자가치유 콘크리트의 현장적용 건수, 홍보건수 등으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함
- 3세부과제는 학술적성과, 지식재산권, BIM기반 전자매뉴얼 표준화개발, 교량 유지관리 이력정보 4D시뮬레이터, 통합 플랫폼 및 모바일 플랫폼 애플리케이션 시작품 등으로 나누어 성과지표를 구분하고 측정방법 및 목표치, 목표치 설정근거를 제시함

(다) 기대되는 성과의 활용도와 활용계획이 적절하게 설정되어 있어, 향후 본 연구단의 성과물들이 기술을 필요로 하는 현장 및 수요처에서 적극적으로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

(라) 추후 이 연구단을 추진하는 주체가 성공적인 사업목표달성을 위해 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함

다. 기술개발로드맵의 우수성

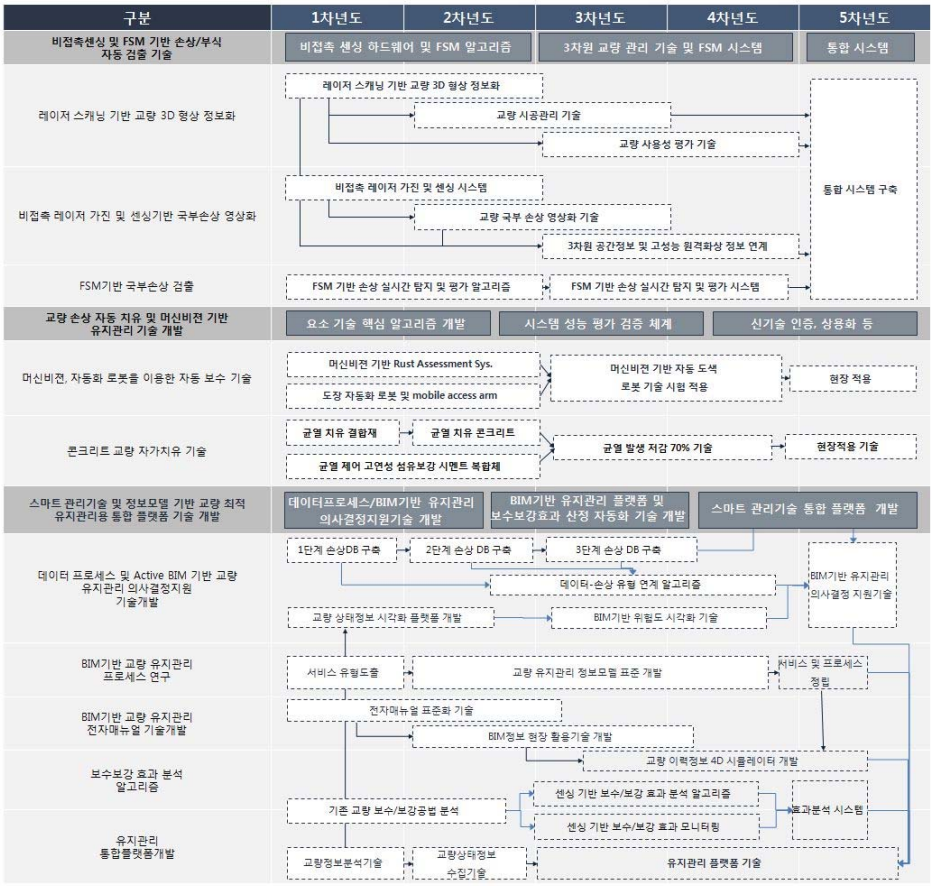
(1) 연구개발계획의 완성도

(가) 본 연구단의 기술개발 로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 연도별로 성과물이 구체적으로 제시되어 있어, 연구개발계획의 완성도 측면에서 적절한 것으로 판단됨

(나) 기술개발 로드맵은 세부과제의 목표-세부과제의 단계별 목표-세부과제의 단계별 목표성과물-각 구성기술의 목표성과물로 이어져 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨

(다) 구성기술 수준의 연도별 성과물은 단계별 세부목표 및 세부과제의 성과목표를 토대로 작성되어있음

(라) 본 연구단의 기술개발 로드맵은 국내외 동향 및 환경분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으므로, 기술적/경제적 측면의 분석결과를 반영한 것으로 판단됨



[그림 4-12] 연구단 기술개발 로드맵

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량분석

(1) 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

(가) 교량 자가진단 치유 및 자동유지보수 연구단(B-SMART 연구단) 관련분야의 선진국 대비 국내 기술수준을 파악하기 위해 특허/논문 분석 및 기술동향 분석을 수행하였고, 이를 기초자료로 활용하여 국내 전문가를 대상으로 기술수준조사를 수행함

- 교량 손상 자동치유 관련기술의 수준은 최고기술 보유국 대비 65~75% 수준으로 나타남
- 본 연구단 관련 기술인 #G 통신기술, Zigbee 통신기술, Bluetooth 기반U-node,무선 아날로그 센서, 교량 센서계측은 최고기술 보유국 대비 70~80% 수준을 보임
- 국내 기술수준은 해외에 비하려 전체적으로 뒤쳐져 있으나 발전된 IT기술에 기반하고 RT(Robot Technology)기술을 활용하여 2~3년 내로 선진국 수준에 근접할 것으로 예상됨

(2) 기술개발 역량 및 잠재력

(가) 기술개발을 위한 전문인력 보유 정도, 기술 구축정도, 연구 시설 및 설비, 기술투자지원 등에 대하여 국내와 선진국과의 인프라 수준을 비교 분석하였음

- 각 세부과제관련 전문 인력은 선진국 대비 부족하지만 대부분의 분야에서는 국내 연구진들로 기술개발이 가능하나 일부 분야에서는 해외 전문가 자문이 필요하다고 판단됨
- 교량의 설계, 해석분야의 석, 박사급 연구인력은 매우 많으나, 무선센서 및 계측기법에 특화된 건설분야 연구인력은 많지 않은 것으로 조사됨

나. 기술개발의 성공가능성

(1) 기술적 위험요인

(가) 본 사업의 성공적인 수행을 위해 새로 발생할 수 있는 기술적 위험요인에 대해 세부과제별로 서술하였음

- 토목 구조물은 상사율로 인해 실험실 단위 실험 결과를 현장 적용하기 어려우므로 개발된 시스템의 실효성을 검증하기 위한 test bed 구축이 필요함
- 자기치유 현상의 지속성에 대한 평가. 일회성의 자기치유기능을 가지는 경우가 대부분이라 지속적인 자기치유 성능의 확보가 중요함

- Rust detection 알고리즘의 불완전성으로 인하여 균질한 품질수준의 상태파악이 어려울 가능성이 있으며 지속적인 알고리즘의 업그레이드를 통하여 해결해야함
- 정보모델을 기반으로 한 다양한 센싱 기술을 운용하는 시스템에 대한 통합 개념이며, 관련 모든 스마트 교량관리기술을 통합하기 위한 플랫폼형 시스템 개발이므로 이질적인 시스템에 대한 표준화 문제 발생
- 교량에 발생할 수 있는 손상 유형이 다양하므로 이에 대한 적합한 손상 진행 시나리오에 대한 데이터베이스 구축 기준 설정 어려움
- BIM기반 유지관리 통합 플랫폼개발을 위해서는 설계 및 시공단계에서 생성된 BIM 모델 정보간의 상호호환성 확보가 중요하며, 이를 위한 BIM 표준 체계가 요구되나, 현재까지 토목분야의 BIM 표준체계가 정립되지 않음

(2) 기술개발 성공가능성

(가) 전체 시스템 개발 및 실 구조물 적용 기술 수준은 상대적으로 낮으나 관련 기반 기술 수준은 높아 기술 개발 성공 가능성이 매우 높음

(나) 머신비젼을 이용한 rust detection은 미국의 경우 90년대 이후 활발하게 연구가 진행되고 있으며 일부 상용화가 되어 있어 IT기술이 발전되어있는 국내의 인력을 활용하여 빠르게 미국의 수준에 도달 할 수 있을 것으로 예상됨

(다) 교량 페인팅 시스템의 경우 기존 연구로부터의 축적된 기술과 부족했던 머신비젼 가이던스 시스템의 도움으로 성공적인 기술 개발이 가능할 것으로 예상됨

(라) 세계를 선도하고 있는 IT 기술, 다양한 USN 미들웨어 기술, 유비쿼터스 사회 건설을 위한 정부의 강력한 의지 등 본 과제의 목표를 달성하기 위한 주변환경은 상당히 긍정적임

(마) 2009년 8월을 기준으로, 1990년대 이후 지어진 구조물의 비중이 80%이상이므로 중/장기적인 교량 유지관리의 필요성이 요구되고 있으며, 테스트베드 활용을 통한 실질적인 유지관리 기술을 성공적으로 개발 할 수 있을 것임

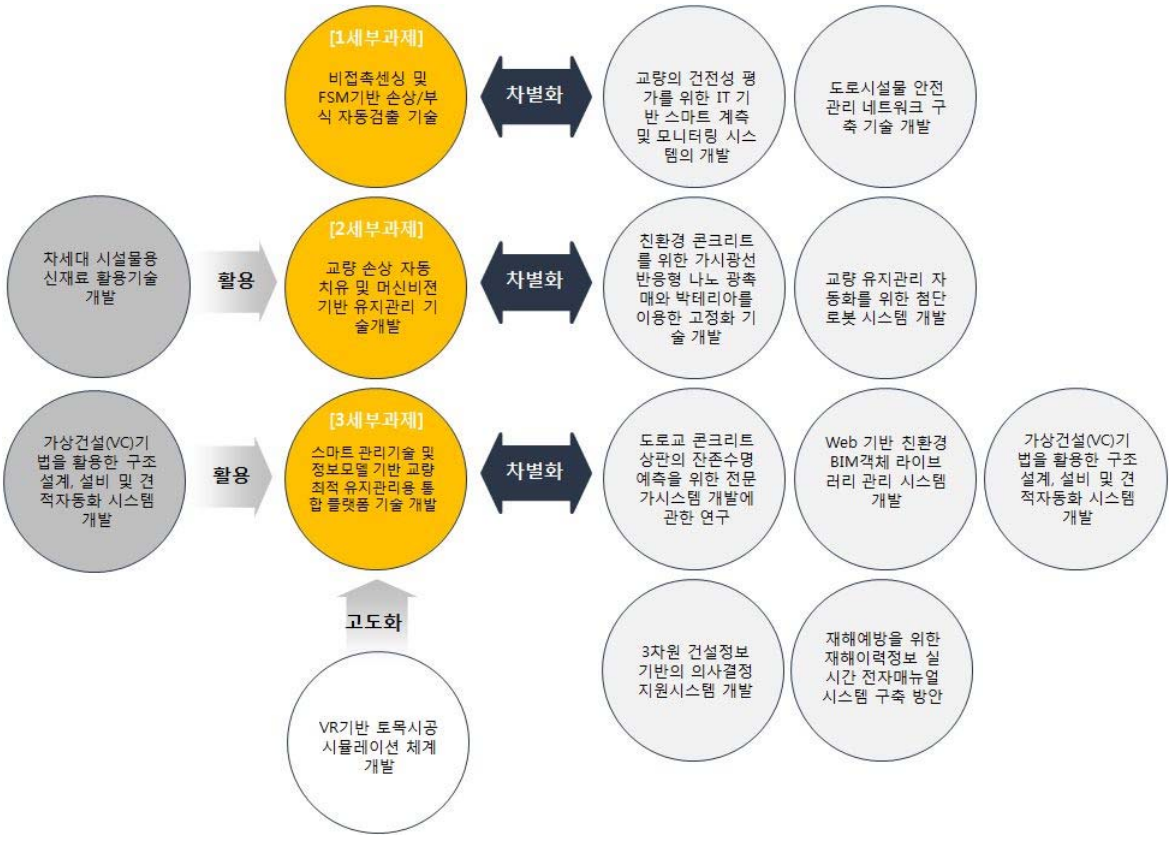
3. 기존 사업과의 중복성

가. 기존 사업과의 중복성 검토

(1) 기존 사업과의 중복성 검토 절차 및 내용의 적절성

(가) 본 연구단에서 추진하는 과제는 3단계의 기획과정을 거쳐 추진하였으며, 기획과정과 2차례의 평가위원회 검토를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하여 기존연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화한 것으로 분석됨

- 본 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝 하였음
- 각 단계별로 전문가 워크샵을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 착수보고 및 2차례의 평가위원회 검토시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음
- 중복성 검토는 세부과제별로 기존과제 연구성과 활용을 통한 시간단축 및 시행착오 최소화를 위한 활용화 방안, 기존과제 연구성과의 성능 및 수준향상을 통한 성과의 고도화 방안, 과제대상의 차별화 및 구체화를 통한 기존과제와의 차별화 방안으로 구분하여 분석함



[그림 4-13] 세부과제별 중복성 검토

3절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

가. 국가전략적 중요성

(1) 산업정책적/국토개발정책적 중요성

(가) 본 보고서 에서는 친환경 교량 연구단에서 추진하고자 하는 과제의 산업정책적/국토개발정책적 중요성을 다음과 같이 설명하고 있음

- 교량 손상에 따른 대규모 인명 피해 등 국가적 손실 방지를 위한 교량 유지관리분야 기술개발이 중요하게 부각되고 있음
- 정부의 건설분야 탄소배출량 저감을 위한 제도화 추진에 따라 교량 부문 자동화 장비 이용 유지관리 기술 및 관련 법규정, 제도마련 연구가 필요함
- 노후화 교량에 대한 개축 수요 증가로 효율적인 유지관리 기술개발이 필요한 시점으로 교량의 자가진단 및 자동보수 기술에 대한 정부 연구개발 투자가 필요함
- 본 연구단은 정부의 신성장동력산업 중 교량부문 IT 건설부문에 해당하는 사업으로 교량의 자기진단 및 자동보수기술분야에서 우리나라 건설 경쟁력을 한 단계 도약시키는 계기를 마련할 수 있음
- 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입이 필요함
- BIM의 도입을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 및 유지관리 비용절감도 가능하게 함

(나) 탄소배출량 저감을 위한 정부의 정책지원, 교량 유지관리 기술 수요증가 및 교량 IT 산업 측면에서 본 연구단의 산업, 국토개발 정책적 중요성은 타당하게 서술되어 있다고 판단됨

(2) 사회문화적 기여도와 중요성

(가) 본 연구단의 추진으로 다음과 같은 사회문화적 기여를 예상할 수 있음

- IT에 기반한 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트랜드로 자리잡고 있으며 앞으로 경제 및 사회적 영향이 지대할 것으로 예상되는 바 본 연구단에서 개발하고자하는 기술은 건설, 토목, IT기술이 융합된 것으로 교량부문 IT 융합기술 발전에 기여할 것으로 예상됨

- 아직 전 세계적으로 기술이 확립되지 않고 있는 상황에서 본 자가진단 및 치유기술개발이 성공적으로 수행될 경우 향후 콘크리트 첨단기술 분야에서 주도권을 확보할 것으로 예상됨

o 노후화 교량에 대한 개축, 교체, 보강 수요가 급증함에 따라 교량 자기진단 및 자동치유기술 개발을 통한 교량 유지관리비용 절감에 기여할 것으로 예상됨

o 친환경 교량 기술개발을 통해 탄소배출 저감 및 관련기술의 글로벌 경쟁력 강화에 기여

o 본 연구단에서 개발하고자 하는 교량 자기진단 및 자동치유기술은 교량의 손상 및 붕괴를 예방하여 대규모 인명피해 및 국가적 손실예방에 기여함

(3) 정부지원의 타당성

(가) 본 연구단을 구성하는 세부과제별로 정부지원의 타당성을 서술하고 있으며, 내용은 다음과 같음

o 본 연구단의 기술개발은 초기 개발비용이 크며, 실용화를 위한 정부의 지원이 필요한 사업임

o 본 사업은 민간기업의 단기적 이익보다는 국가시설물의 관리, 국민의 재산 및 생명보호 등 공공성이 강한 분야이고, 개발이 완료된 후에는 현재 운영중인 다양한 SOC에 적용 가능하기 때문에 정부 지원하에 체계적인 연구개발이 필요함

o 구조물 검사관련 기술은 선진국에 비해 크게 뒤져있으며, 대부분 고가의 외국 센싱장비에 의존하고 있어(센서의 경우 약 70%이상) 이로 인한 국고유출 및 기술적 종속이 상당함

o 신성장동력인 IT기술과 건설기술의 융합화를 통해 관련분야 원천기술을 확보하고 이를 운영 중인 SOC에 적용하여 향후 장비 및 기술을 해외에 수출하는 시장 지향적 연구로 이끌기 위해 국가주도형 연구개발이 필요함

o 교량 수의 증대 및 교량의 대형화, 복잡화에 따른 효율적인 유지관리 방안 수립을 위한 기술개발 필요함

(나) 초기개발비에 대한 부담, 사회간접비용 절감, 관련기술의 국가경쟁력 제고, 장기적인 연구개발의 필요 측면에서 본 연구단에 대한 정부의 지원은 타당하다고 판단됨

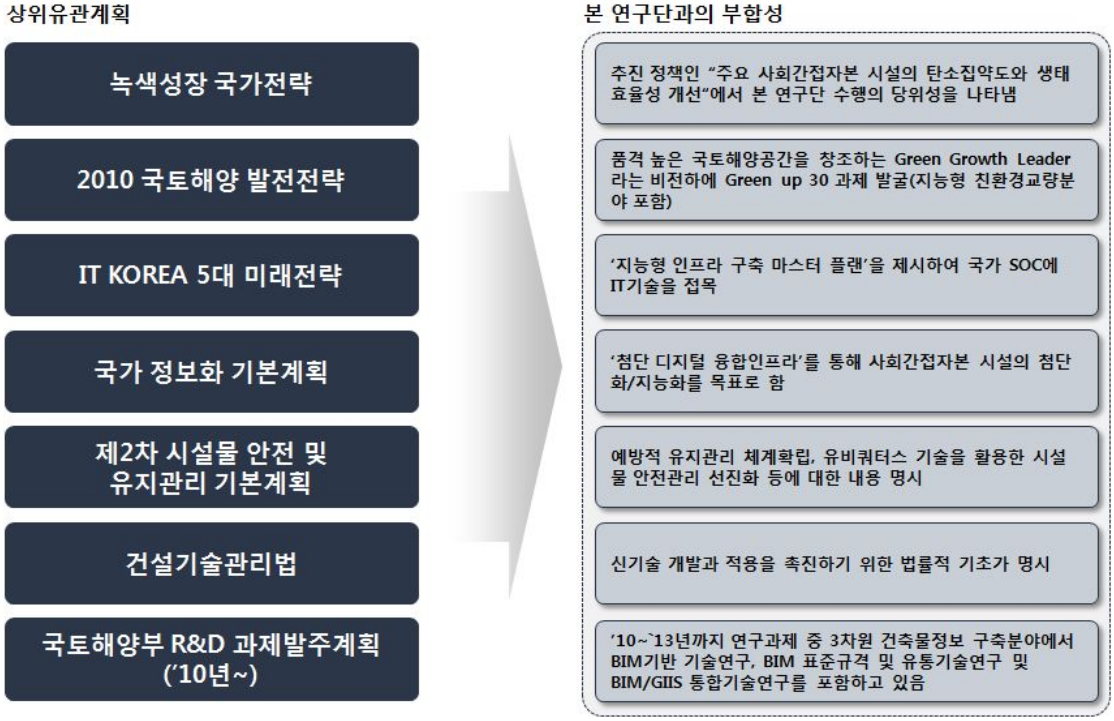
2. 상위계획과의 부합성

가. 정책적 일관성

(1) 상위유관계획과의 부합성

(가) 국내 정책 동향 분석에서 본 연구단과 관계된 국가 상위계획을 제시하고 관련 내용을 기술함

- 녹색성장 국가전략의 추진정책중 하나인"주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선"은 본 연구단을 통해 이루고자하는 교량에서 탄소배출량 저감의 상위개념임
- '10년 국토해양 발전전략을 통한 Green up 30 과제 중 지능형 친환경 교량분야가 포함됨
- IT KOREA 5대 미래전략에서는'지능형 인프라구축 마스터 플랜'을 통해 국가 SOC에 IT기술을 접목하는 것을 목표로 하고 있음
- 국가 정보화 기본계획에서는'첨단 디지털 융합 인프라'를 통해 사회간접자본 시설의 첨단화, 지능화를 목표로 함
- 제2차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획에서는 예방적 유지관리 체계확립, 유비쿼터스 기술을 활용한 시설물 안전관리 선진화 등에 대한 내용을 명시함
- 건설기술관리법에서는 건설기술의 연구개발을 위한 투자와 신기술 개발과 적용을 촉진하기 위한 법률적 기초를 구성하고 있음



[그림 4-14] 상위유관계획과의 부합성

3. 사업추진의지와 관련 기관협조체계

가. 정책적 추진의지

(1) 본 과제와 관련한 국토해양부의 관련 사업추진의지

(가) 본 사업은 실질적으로 국토해양부의 Green up 30의 과제 중 "Intelligent Green Bridge"의 일부로 국토해양부 R&D 수요와 정확하게 일치하여 부처의 사업추진의지는 매우 높다고 판단됨

(나) 본 사업은 국토해양부의 R&D 비전인 "품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"를 실현하기 위한 교량부문의 연구개발로서 그 필요성이 인정됨

(다) 국토해양부는 녹색, 융복합 분야 및 공공분야 R&D를 강화하고 있으며, 본사업의 추진은 이러한 국토해양부 R&D정책의 결과물임



[그림 4-15] 국토해양부 R&D비전과 연구단 비전의 관계도

4. 사업추진상의 위험요인과 대응방안

가. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

(1) 사업추진상의 위험요인

(가) 사업 추진상의 위험요인으로 사업의 장기화 및 연장, 기술의 부정적 요인, 권리확보계획, 실용화추진 등으로 구분하여 기술함

- 요소기술 통합 및 의사결정지원시스템, 보수보강 효과 산정알고리즘의 경우, 새로운 기술이 개발되는 시점마다 시스템 업그레이드가 요구됨
- 개별 요소기술별로 별도로 교량에 적용하는 경우가 더 효율적인 경우가 있어, 통합 플랫폼 시스템에 대한 부정적 시각 우려
- BIM데이터를 유지관리 단계 활용한 사례는 아직 없으며, 관련 연구가 진행 중이기 때문에 구체적인 유지관리단계 BIM적용 지침 및 제도적 요구항목이 없는 실정임
- 해당 분야에 대한 경험이 없는 전문가 및 기관이 참여시 주어진 단기간 내에 실용화가 가능한 연구 성과를 도출하기 곤란함

(2) 사업추진상의 위험요인에 대한 대응방안

(가) 각 위험요인에 대한 대응방안을 서술함

위험요인	대응방안
사업의 장기화/연장	■ 개발후 업그레이드가 가능하도록 시스템 표준화 및 호환상 확보에 중점을 두어 연구 진행
기술의 부정적 시각	■ 통합플랫폼시스템은 교량 스마트 관리기술과 관련된 가능한 모든 기술들을 포괄하는 시스템으로 개발 ■ 개별 요소기술 데이터에 대한 상호 연계성 확보 및 분석을 통하여 더욱 실무에 적용될 수 있는 우수한 분석 결과를 도출하는 방향으로 연구 진행
권리확보계획	■ 의사결정지원기술, 보수/보강효과 산정자동화 기술 등에 대한 지적재산권은 충분히 가능하며, 소프트웨어에 중점을 두어 지적재산권 확보
국내외 법, 제도적 요인	■ 유지관리단계 BIM을 활용하기 위해 요구되는 정보항목을 도출하고 설계 및 시공단계에 요구정보를 입력하도록 IPD(Integrated Project Delivery)방식의 프로젝트를 테스트베드 하는 것을 제안
재원조달 가능성	■ 정부의 R&D 예산 축소 및 민간기업 참여 축소 시에는 연구내용을 선택, 집중하여 주어진 연구예산 및 기간 내에 실용화가 가능하도록 연구내용 및 범위 등을 재조정
실용화 추진	■ 연구사업 종료후 실용화를 추진하는 것보다 연구사업 내에 실용화를 추진 ■ 실용화 추진시 예상되는 모든 문제점들에 대해 연구사업 내에 발굴, 검증하는 무결점 시스템을 도입
해당분야 전문가 및 기관 참여	■ 선정평가시 해당 분야 전무가 및 기관이 선정될 수 있도록 공정한 평가 진행

[그림 4-16] 사업추진상 위험요인에 대한 대응방안

4절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 예산의 적정성 분석

(1) 예산규모의 적정성 분석

(가) 유사사업 등과의 비교 등을 활용한 총 사업비 규모의 적정성, 세부 사업/과제별 사업비의 적정성을 분석

○ 국토해양부에서 시행하는 유사사업(교량 관련 연구단)의 연구비를 비교분석한 결과 세부과제당 연구비가 54.3억원으로 세부과제수 대비 사업비 규모가 적정한 것으로 판단됨

[표 4-2] 유사사업 비교표

연구단명	연구비	연구기간	세부과제수	세부과제당 연구비
교량설계 핵심기술연구단	176.3억원	5년	3개	58.8억원
장수명 친환경 도로포장 연구단	173.5억원	5년	2개	86.8억원
B-SMART 연구단	**163.0억원**	**5년**	**3개**	**54.3억원**

(2) 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

(가) 세부과제별 기획위원회를 구성하여 예산을 산출함

(나) 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정

(다) 인건비는 '2011년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성

(라) 각 구성기술별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함

○ 이때 정부출연금 및 기업부담금의 배분비율은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표1 중앙행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준'을 작성기준으로 활용

(마) 항목별 예산은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용

(3) 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

(가) 각 세부과제의 구성기술별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함

(나) 각 세부과제의 공동과제별 인건비, 직·간접비를 연차별로 구분하여 제시함

(다) 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 감안하여 산정함

(라) 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함

나. 경제성 분석(비용-편익 분석)

(1) 경제성 분석 방법

(가) 분석방법 : 비용-편익 분석(Benefit/Cost Analysis)

○ B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 편익규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음

(나) 분석대상

○ 본 연구단을 구성하고 있는 3개 세부과제를 추진하는 데에 소요되는 비용과 이로부터 발생하는 편익을 고려하여 분석함

(다) 편익(Benefit)범위

○ 본 연구단의 기술개발에 의한 편익은 미래 시장규모 추정이 가능한 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 증대이므로 시장접근법을 사용함

○ 본 연구단의 연구기간을 2012년~2016년으로 가정하고, 실용화 기간을 3~4년으로 볼 때 본 연구단의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2020년 이후라 볼 수 있음

- 각 세부과제별로 2020년~2029년(10년간) 시장을 예측하여 반영하였음

○ Benefit = 추가창출 시장규모(현재가치) × 시장점유율 × 기술개발성공률 × 부가가치 비중 × R&D 기여도 × 기술 기여도

(라) 편익(Benefit) 산출을 위한 요소

○ R&D에 의한 부가가치의 증대를 환산하기 위하여, 추가창출시장규모, 부가가치비중, 시장점유율, 기술기여도, 기술개발성공률, R&D기여도, 할인율 고려함

- 추가창출시장규모 : 기술개발과제 추진을 통한 연구결과물이 파급되는 산업의 시장 규모
- 시장 점유율 : 해당 산업의 관련 국내 시장에서의 점유비율
- 기술개발성공률 : 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에 의하면 정부 연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 30% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함
- 부가가치 비중 : 부가가치 비중은 한국은행의 2009년 산업연관표를 기준으로 건설업종의 40.1%를 적용함
- R&D 기여도 : 본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중[17]
- 기술기여도 : 제품/공법에서 기술이 차지하는 비중[18]
- 할인율 : 할인율은 10년만기 국고채금리인 4.3%와 KDI 일반지침(2007년) 상의 5.5% 중 KDI 일반지침(2007년) 5.5%를 적용함

(마) 비용(Cost)의 설정

○ 1~3세부과제의 향후 5년간 예산(안)으로 정부출연금과 민간참여금의 합한 금액의 '12년 현재가치로 산정함

(2) 경제성 분석 결과

(가) 세부과제별로 적용 시장을 구분하여 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 산정하고, 이를 취합하여 연구단 전체 B/C ratio를 산정함

(나) 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치와 R&D 예산을 고려한, 본 연구단의 경제성 분석 결과는 B/C ratio가 1.01로 나타나, 본 사업의 경제성 측면에서 긍정적으로 판단됨

17) KISTEP에서 작성된 "09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구"의 R&D사업의 효과분석 사례에서는 R&D기여도를 10.9% 혹은 30.6%로 적용하였음. 본 분석에서는 10.9% 적용함

18) 기술가치 평가과정에서 기술기여도 적용방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있음. 전문가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업가치 구성요소를 기술자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한바 있음. 기술기여도를 일률적으로 적용하는 방법은 일반적으로 33%나 25%를 적용함. 본 분석에서는 25%적용함

○ 연도별 시장재화에 대한 추가 창출 부가가치 및 R&D 예산을 고려한 금액 및 B/C ratio 산출식의 산정 결과는 다음과 같음

- 편익(144.60억원) = 시장규모의 '12년 현재가치(44,110억원)×시장점유율 × 기술개발성공률(30%) × 부가가치 비중(40.1%) × R&D기여도(10.9%) × 기술기여도(25%)
- 비용(142.19억원) = 연도별 소요 예산의 '12년 현재가치
- 편익/비용 = 1.01

[표 4-3] 교량 자가진단 치유 및 자동유지보수 연구단(B-SMART 연구단) B/C분석 결과

(단위:억원)

구분	Benefit			Cost
	국내			연구비
내용년수	시장전망	시장점유율	Market Penetration	
2012	-	-	-	-
2013	-	-	-	47.0
2014	-	-	-	38.0
2015	-	-	-	33.0
2016	-	-	-	23.0
2017	-	-	-	22.0
2018	-	-	-	-
2019	-	-	-	-
2020	23,976	10%	2,398	-
2021	25,333	15%	3,800	-
2022	26,767	20%	5,353	-
2023	28,282	25%	7,071	-
2024	29,884	30%	8,965	-
2025	31,576	32%	10,104	-
2026	33,363	34%	11,344	-
2027	35,252	36%	12,691	-
2028	37,248	38%	14,154	-
2029	39,356	40%	15,743	-
NPV('12년 기준)	-	-	44,110	142.19
B/C	-	-	-	1.01

2. 과학기술 및 사회적 파급효과

가. 과학기술적 파급효과 분석

(1) 지적 재산권 및 학술적 성과 및 환경 개선 효과

(가) 각 세부과제별 성과목표에 도달 할 경우 논문 115건 이상, 특허출원 19건 이상, 특허등록 23건 이상, 시작품 15건 이상 및 관련지침 2건 이상의 과학기술적 성과가 기대됨

나. 사회적 파급효과 분석

(1) 연구단 성과들에 대한 활용을 통한 사회비용 감소, 탄소저감 및 관련산업 활용 등의 파급효과가 매우 큼

(가) 콘크리트 구조물의 유지관리비용을 포함한 전주기적 비용의 절감효과 기대

(나) 보수·보강을 위한 접근의 어려움 및 불량한 시공여건에 놓인 구조물 부위의 유지관리 해결책

(다) 관련 기술의 선진화를 통해 콘크리트 해양 플랜트 및 방사능 유출 방지를 위한 원자력 구조물에 적용가능

(라) 각 요소기술의 모듈화를 통한 다양한 플랫폼 설계기술 개발로 국가 주요시설물 모니터링 시스템에 소요되는 비용 절감 및 맞춤형 설계

(마) 스마트폰/모바일 디바이스와 증강현실 기반의 센서유지관리 하드웨어/소프트웨어 개발 활성화 등 건설기술과 IT 기술의 융합을 통한 시너지 효과 창출

(바) 교량 안정성 확보 및 인명 피해 예방을 통해 사회적 비용 절감

(사) 해외 계측 장비의 국산화에 따른 수입대체 효과 발생 및 초장대 교량 건설 기술과 개발된 유지관리 시스템의 패키지화를 통한 기술 수출 기능

5절. 종합평가 및 결론

1. 기술적 타당성 분석

가. 기술적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 기술개발 계획의 적절성 2. 기술수준 및 성공가능성 3. 기존사업과의 중복성 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

(1) 기술개발 계획의 경우 사업 목표와 내용이 구체적이고 사업추진전략이 적절하게 도출되었으며, 기술개발로드맵이 완성도 있게 작성되었음

(가) 연구단의 비전 및 목표를 구체적으로 제시하였고 연구개발과제의 도출 프로세스 및 세부과제의 개념, 범위, 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음

(나) 본 사업은 연구단 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단되며, 추진조직의 구성에서 해외 자문 교수를 직접 명시하는 등 상세히 기술하였으나 추후 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함

(다) 기술개발로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 상세히 작성되었고 특히 세부과제에서 구성기술간 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨

(2) 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음

(가) 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력 등을 동향분석 및 기술수준조사를 통해 수행하였으나 추후 연구추진 단계에서는 세부과제 수준에서의 면밀한 검토가 필요할 것으로 판단됨

(나) 본 사업 수행 중 나타날 수 있는 기술적 위험요인에 대해 세부과제별로 서술하였으며 기술개발 성공가능성 및 시장 경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대해 서술하였음

(3) 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별 유사과제에 대해 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함

2. 정책적 타당성 분석

가. 정책적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성, 2. 사업추진의지 및 위험요인이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

(1) 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성의 경우 산업정책적/국토개발정책적 중요성, 정부지원 타당성 및 관련 국가 상위계획에 대해 타당하게 서술하였음

(가) 탄소배출량 저감을 위한 정부의 정책지원, 교량 유지관리 기술 수요증가 및 교량 IT 산업 측면에서 본 연구단의 산업, 국토개발적 중요성은 타당하게 서술되어 있음

(나) 초기개발비에 대한 부담, 사회간접비용 절감, 관련기술의 국가 경쟁력 제고, 장기적인 연구개발의 필요, 토목분야의 BIM 표준부재 및 데이터연계의 어려움 등의 측면에서 본 연구단에 대한 정부의 지원은 타당하다고 판단됨

(다) 국내 정책 동향 분석에서 본 연구단과 관계된 국가 상위계획을 제시하고 관련 내용을 기술함

(2) 사업추진의지 및 위험요인의 경우 본 사업과 관련한 국토해양부의 관련사업 추진 의지에 대해 기술하고 사업추진상의 위험요인과 이에 따른 대응방안에 대해 기술하였음

(가) 본 사업은 국토해양부 Green up 30과제의 일부로 국토해양부의 R&D를 통한 사회적 비용절감효과 및 녹색성장 기대효과에 부합한다고 판단됨

(나) 사업 추진상의 위험요인으로 사업의 장기화 및 연장, 기술의 부정적 요인, 권리 확보계획 등으로 구분하여 기술하고 이에 대한 대응 방안에 대해 서술함

3. 경제적 타당성분석

가. 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 경제성 2. 과학기술적 파급효과 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

(1) 경제성 분석의 경우 비용-편익 분석(Benefit/Cost Analysis)을 통해 본 사업의 경제적 측면을 긍정적으로 판단함

(가) 본 사업의 B/C ratio는 1.01이며, B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 편익 규모의 비율로 1보다 높으면 경제성이 높은 것으로 판단할 수 있음

(2) 과학적 파급효과의 경우 논문, 특허, 시작품, 관련지침 외에 사회비용 감소, 탄소 저감 및 관련산업 파급효과가 클 것으로 판단됨

(3) 연구비의 경우 국토해양부에서 시행하는 유사사업의 연구비와 비교할 때 적정한 것으로 판단되며 세부적인 인력 활용 및 연구비 사용에 대해서는 연구 추진 단계에서 보다 구체화 될 수 있을 것으로 판단됨

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력계획

연구단소요인력 (단위 : 명)

세부과제		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
총괄		15.7	18.7	18.95	16.75	14	84.1
1세부	1구성기술	1.25	1.75	1.75	1.75	1.25	7.75
	2구성기술	1.25	1.75	1.75	1.75	1.25	7.75
	3구성기술	2	2.5	2.5	2.5	1.5	11
	계	4.5	6	6	6	4	26.5
2세부	1구성기술	2.45	2.45	2.7	2.2	1.95	11.75
	2구성기술	1.95	2.45	2.45	2.45	1.95	11.25
	계	4.4	4.9	5.15	4.65	3.9	23
3세부	1구성기술	2.04	2.34	2.34	1.83	1.83	10.38
	2구성기술	1.36	1.56	1.56	1.22	1.22	6.92
	3구성기술	1.36	1.56	1.56	1.22	1.22	6.92
	4구성기술	2.04	2.34	2.34	1.83	1.83	10.38
	계	6.8	7.8	7.8	6.1	6.1	34.6

1. 상세 투입연구인력

가. 총 투입연구인력

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	2.2	2.2	2.2	2	2	10.6	
연구원	8	10	10	9	6.5	43.5	
연구보조원	2.5	2.5	2.75	2.25	2	12	
보조원	3	4	4	3.5	3.5	18	
합계	15.7	18.7	18.95	16.75	14	84.1	

나. 세부과제 투입연구인력

(1) 1세부

분류		총 개발인력(명)						비고	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계		
계	책임연구원	1	1	1	1	1	5		
	연구원	3.5	5	5	5	3	21.5		
	연구보조원	0	0	0	0	0	0		
	보조원	0	0	0	0	0	0		
	합계	4.5	6	6	6	4	26.5		
교량 3D 형상 정보화 기술	책임연구원	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.25		
	연구원	1	1.5	1.5	1.5	1	6.5		
	연구보조원						0		
	보조원						0		
	합계	1.25	1.75	1.75	1.75	1.25	7.75		
비접촉 국부 손상 영상화 기술	책임연구원	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.25		
	연구원	1	1.5	1.5	1.5	1	6.5		
	연구보조원						0		
	보조원						0		
	합계	1.25	1.75	1.75	1.75	1.25	7.75		
교량 정보모델 기반 유지관리 통합 플랫폼 기술	책임연구원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5		
	연구원	1.5	2	2	2	1	8.5		
	연구보조원						0		
	보조원						0		
	합계	2	2.5	2.5	2.5	1.5	11		

(2) 2세부

분류		총 개발인력(명)						비고	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계		
계	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2		
	연구원	2.5	3	3	2.5	2	13		
	연구보조원	0.5	0.5	0.75	0.75	0.5	3		
	보조원	1	1	1	1	1	5		
	합계	4.4	4.9	5.15	4.65	3.9	23		
머신비젼, 자동화 로봇을 이용한 자동 보수 기술	책임연구원	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1		
	연구원	1.5	1.5	1.5	1	1	6.5		
	연구보조원	0.25	0.25	0.5	0.5	0.25	1.75		
	보조원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5		
	합계	2.45	2.45	2.7	2.2	1.95	11.75		

콘크리트 교량 자가 치유 기술	책임연구원	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1		
	연구원	1	1.5	1.5	1.5	1	6.5		
	연구보조원	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.25		
	보조원	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5		
	합계	1.95	2.45	2.45	2.45	1.95	11.25		

(3) 3세부

분류		총 개발인력(명)						비고	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계		
계	책임연구원	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	3.6		
	연구원	2	2	2	1.5	1.5	9		
	연구보조원	2	2	2	1.5	1.5	9		
	보조원	2	3	3	2.5	2.5	13		
	합계	6.8	7.8	7.8	6.1	6.1	34.6		
정보모델 및 데이터 프로세스 기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술	책임연구원	0.24	0.24	0.24	0.18	0.18	1.08		
	연구원	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	2.7		
	연구보조원	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	2.7		
	보조원	0.6	0.9	0.9	0.75	0.75	3.9		
	합계	2.04	2.34	2.34	1.83	1.83	10.38		
데이터 기반 교량 보수보강효과 산정 자동화 기술	책임연구원	0.16	0.16	0.16	0.12	0.12	0.72		
	연구원	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	1.8		
	연구보조원	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	1.8		
	보조원	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	2.6		
	합계	1.36	1.56	1.56	1.22	1.22	6.92		
BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 및 정보모델 표준화 기술	책임연구원	0.16	0.16	0.16	0.12	0.12	0.72		
	연구원	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	1.8		
	연구보조원	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	1.8		
	보조원	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	2.6		
	합계	1.36	1.56	1.56	1.22	1.22	6.92		
스마트 관리기술 및 BIM 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 기술	책임연구원	0.24	0.24	0.24	0.18	0.18	1.08		
	연구원	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	2.7		
	연구보조원	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	2.7		
	보조원	0.6	0.9	0.9	0.75	0.75	3.9		
	합계	2.04	2.34	2.34	1.83	1.83	10.38		

2절. 소요예산 산정

1. 산정개요

가. 총괄 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,845,000	855,000	3,170,000	630,000	2,640,000	660,000	1,785,000	515,000	1,745,000	455,000	13,185,000	3,115,000
1세부과제	1,245,000	255,000	1,230,000	270,000	790,000	210,000	410,000	90,000	470,000	30,000	4,145,000	855,000
1구성기술	345,833	85,000	358,750	90,000	230,417	70,000	119,583	30,000	146,875	10,000	1,201,458	285,000
2구성기술	345,833	85,000	358,750	90,000	230,417	70,000	119,583	30,000	146,875	10,000	1,201,458	285,000
3구성기술	553,333	85,000	512,500	90,000	329,167	70,000	170,833	30,000	176,250	10,000	1,742,083	285,000
2세부과제	1,600,000	400,000	840,000	160,000	750,000	250,000	375,000	125,000	375,000	125,000	3,940,000	1,060,000
1구성기술	890,909	200,000	420,000	80,000	393,204	125,000	177,419	62,500	187,500	62,500	2,069,032	530,000
2구성기술	709,092	200,000	420,001	80,000	356,797	125,000	197,582	62,500	187,501	62,500	1,870,973	530,000
3세부과제	1,000,000	200,000	1,100,000	200,000	1,100,000	200,000	1,000,000	300,000	900,000	300,000	5,100,000	1,200,000
1구성기술	200,000	50,000	200,000	50,000	200,000	50,000	300,000	100,000	250,000	100,000	1,150,000	350,000
2구성기술	200,000	50,000	200,000	50,000	200,000	50,000	300,000	100,000	250,000	100,000	1,150,000	350,000
3구성기술	350,000		400,000		400,000		250,000		250,000		1,650,000	-
4구성기술	250,000	100,000	300,000	100,000	300,000	100,000	150,000	100,000	150,000	100,000	1,150,000	500,000

○ 1세부

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,445,000	755,000	2,770,000	530,000	2,240,000	560,000	1,185,000	315,000	1,245,000	255,000	10,885,000	2,415,000
1세부과제	1,245,000	255,000	1,230,000	270,000	790,000	210,000	410,000	90,000	470,000	30,000	4,145,000	855,000
교량 3D 형상 정보화 기술	345,833	85,000	358,750	90,000	230,417	70,000	119,583	30,000	146,875	10,000	1,201,458	285,000
비접촉 국부 손상 영상화 기술	345,833	85,000	358,750	90,000	230,417	70,000	119,583	30,000	146,875	10,000	1,201,458	285,000
FSM 기술	553,333	85,000	512,500	90,000	329,167	70,000	170,833	30,000	176,250	10,000	1,742,083	285,000

○ 2세부

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,445,000	755,000	2,770,000	530,000	2,240,000	560,000	1,185,000	315,000	1,245,000	255,000	10,885,000	2,415,000
2세부과제	1,600,000	400,000	840,000	160,000	750,000	250,000	375,000	125,000	375,000	125,000	3,940,000	1,060,000
머신비젼, 자동화 로봇을 이용한 자동 보수 기술	888,889	200,000	420,000	80,000	392,857	125,000	177,632	62,500	187,500	62,500	2,066,878	530,000
콘크리트 교량 자가 치유 기술	711,112	200,000	420,001	80,000	357,144	125,000	197,369	62,500	187,501	62,500	1,873,127	530,000

○ 3세부

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
연구단 총괄	3,445,000	755,000	2,770,000	530,000	2,240,000	560,000	1,185,000	315,000	1,245,000	255,000	10,885,000	2,415,000
3세부과제	1,000,000	200,000	1,100,000	200,000	1,100,000	200,000	1,000,000	300,000	900,000	300,000	5,100,000	1,200,000
정보모델 및 데이터 프로세스 기반 교량 유지관리의사결정지원 기술	200,000	50,000	200,000	50,000	200,000	50,000	300,000	100,000	250,000	100,000	1,150,000	350,000
데이터 기반 교량 보수보강효과 산정 자동화 기술	200,000	50,000	200,000	50,000	200,000	50,000	300,000	100,000	250,000	100,000	1,150,000	350,000
BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 및 정보모델 표준화 기술	350,000		400,000		400,000		250,000		250,000		1,650,000	-
스마트관리기술 및 BIM 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 기술	250,000	100,000	300,000	100,000	300,000	100,000	150,000	100,000	150,000	100,000	1,150,000	500,000

나. 산 항목별 소요예산

(1) 연구단 총괄

(단위 : 천원)

예산항목	세부항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율 /100	인원×참여율 /100	인원×참여율 /100	인원×참여율 /100	인원×참여율 /100		
인건비	책임 연구원	67,289	208,035	208,035	208,035	194,577	194,577	1,013,259	6.2%
	연구원	51,596	512,768	615,960	615,960	564,364	435,374	2,744,426	16.8%
	연구 보조원	34,490	86,225	86,225	94,847	177,602	168,980	613,879	3.8%
	보조원	25,869	77,607	103,476	103,476	90,541	90,541	465,641	2.9%
소계			884,635	1,013,696	1,022,318	1,027,084	889,472	4,837,205	30.0%
직접비	연구장비/ 재료비		1,580,000	1,240,000	1,040,000	540,000	440,000	4,840,000	29.7%
	연구활동비		1,240,259	698,996	485,100	250,151	415,285	3,089,791	19.0%
	연구수당		184,926	210,738	212,462	193,415	165,893	967,434	5.9%
소계			3,005,185	2,149,734	1,732,562	983,566	1,021,178	8,897,225	54.6%
간접비			810,180	636,570	540,120	289,350	289,350	2,565,570	15.7%
합계			4,700,000	3,800,000	3,300,000	2,300,000	2,200,000	16,300,000	100.0%

(2) 세부과제별 소요예산

○ 1세부

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임 연구원	67,289	67,289	67,289	67,289	67,289	67,289	336,445	6.7%
	연구원	51,596	180,586	257,980	257,980	257,980	154,788	1,109,314	22.2%
	연구 보조원	34,490	-	-	-	-	-	-	0.0%
	보조원	25,869	-	-	-	-	-	-	0.0%
소계			247,875	325,269	325,269	325,269	222,077	1,445,759	28.9%
직접비	연구장비/ 재료비		480,000	500,000	300,000	10,000	10,000	1,300,000	26.0%
	연구활동비		433,200	320,328	116,778	3,228	127,058	1,000,592	20.0%
	연구수당		49,575	65,053	65,053	65,053	44,415	289,149	5.8%
소계			962,775	885,381	481,831	78,281	181,473	2,589,741	51.8%
간접비			289,350	289,350	192,900	96,450	96,450	964,500	19.3%
합계			1,500,000	1,500,000	1,000,000	500,000	500,000	5,000,000	100.0%

○ 2세부

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원× 참여율/100	인원× 참여율/100	인원× 참여율/100	인원× 참여율/100	인원× 참여율/100		
인건비	책임 연구원	67,289	26,915	26,915	26,915	26,915	26,915	134,575	2.7%
	연구원	51,596	128,990	154,788	154,788	128,990	103,192	670,748	13.4%
	연구 보조원	34,490	17,245	17,245	25,867	25,867	17,245	103,469	2.1%
	보조원	25,869	25,869	25,869	25,869	25,869	25,869	129,345	2.6%
소계			199,019	224,817	233,439	207,641	173,221	1,038,137	20.8%
직접비	연구장비/ 재료비		800,000	400,000	400,000	80,000	80,000	1,760,000	35.2%
	연구활동비		575,378	137,320	126,974	74,381	115,685	1,029,738	20.6%
	연구수당		39,803	44,963	46,687	41,528	34,644	207,625	4.2%
소계			1,415,181	582,283	573,661	195,909	230,329	2,997,363	59.9%
간접비			385,800	192,900	192,900	96,450	96,450	964,500	19.3%
합계			2,000,000	1,000,000	1,000,000	500,000	500,000	5,000,000	100.0%

○ 3세부

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임 연구원	67,289	113,831	113,831	113,831	100,373	100,373	542,239	8.6%
	연구원	51,596	203,192	203,192	203,192	177,394	177,394	964,364	15.3%
	연구 보조원	34,490	68,980	68,980	68,980	151,735	151,735	510,410	8.1%
	보조원	25,869	51,738	77,607	77,607	64,672	64,672	336,296	5.3%
소계			277,741	303,610	303,610	234,174	234,174	1,353,309	37.4%
직접비	연구장비/ 재료비		300,000	340,000	340,000	450,000	350,000	1,780,000	28.3%
	연구활동비		131,681	141,348	141,348	72,542	72,542	559,461	16.8%
	연구수당		95,548	100,722	100,722	86,834	86,834	470,660	7.5%
소계			627,229	682,070	682,070	709,376	609,376	3,310,121	52.5%
간접비			135,030	154,320	154,320	96,450	96,450	636,570	10.1%
합계			1,200,000	1,300,000	1,300,000	1,300,000	1,200,000	6,300,000	100.0%

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 제안요구서(RFP)

연구단명	교량 자가진단치유 및 자동유지보수 기술개발
1. 연구개발 목표	
	○ 친환경 교량 유지관리 기술 개발의 일환으로 교량의 손상을 자동으로 감지하고 손상의 확대를 제어하고 자동으로 치유 및 보수하는 기술과 이를 운영하는 총괄적인 시스템을 개발하는 것을 목표로 함 ○ 비접촉식센서, FSM기술, 머신비젼, 자기치유 콘크리트 등을 포함하고 이를 활용한 최적 유지관리 의사결정 기술을 활용함
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 시설물의 노후화와 개발중심의 사회에서 기존 시설의 유지관리 위주로의 변화에 따른 유지관리 기술 개발 필요성이 증가하고 있으며 교량 시설의 경우 구조물의 대형화와 다양한 환경의 영향을 많이 받기 때문에 지속적인 유지관리 기술 및 수명 연장 기술이 필요함 ○ CO2절감과 지속가능한 성장은 국제적 이슈로서 관련 기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있으며, 기존 시설물의 효율적 관리를 통한 수명연장과 이를 위한 관련 기술로서 IT 융합기술과 자동화 기술의 응용이 적극적으로 이루어지고 있음 ○ 교량시설의 유지관리 기술로서 자가진단, 자가치유, 자동수리, 통합관리 등을 통하여 노후화되어가는 교량 시설을 최상의 상태로 유지하기 위한 융합기술을 기술을 활용하고 국제수준의 기술력을 확보함
□ 기술동향	○ 기술 개발 동향 - 국내 비파괴검사 기술 수준은 선진국 대비 45%이하 수준으로 기술의존도 높고 특히 장비 제작 및 데이터 분석 등의 핵심기술은 선진국에 비해 크게 낙후되어 있음 - 국내 비파괴검사 장비 판매회사, 제조회사, 전문 검사업체 등을 포함하여 국내에 약 123개의 NDT관련 업체가 있으며 매출규모는 3,160억원 규모로 파악되오 있으나, 1인당 생산성은 매우 낮은 수준임 - 콘크리트 교량과 강교량의 균열 및 부식의 파악과 이에 대한 즉각적인 수리 및 보수 요구가 증가하면서 지속적으로 비파괴검사 장비 및 방법 등에 대한 기술개발 투자가 예상되며 이는 비파괴검사 시장의 성장을 촉진하는 요인으로 작용할 것임

시장규모 (억원)	연도	적용 년도	2021	2022	2023	2024	2025
	국내	2020	6100	6400	6750	7130	7520
	세계	2020	227200	241000	255000	270000	287000
예상시장 점유율 (%)	연도	적용 년도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)
	국내	2020	10	30	35	40	45
	시계	2020	3	5	10	20	25

○ 국외기술동향

- 콘크리트의 자가치유 물질은 매사추세츠 대학교와 피츠버그 대학교의 고분자 매트릭스 내의 나노 입자들을 이용한 연구가 수행되었으며, 일리노이대학의 스콧화이트교수가 마이크로캡슐을 이용한 폴리머 재료의 균열 자기치유연구를 네이쳐지에 발표하기도 하였음
- 일본콘크리트학회를 중심으로 자기치유 콘크리트 위원회가 2007년부터 설치되어 운영되고 있으며, 메카니즘, 성능검증 등에 대한 연구를 동경대, 토호쿠대, 카나자와대 등 학계와, 시미즈건설, 가지마건설, 니테쯔 시멘트, 다이헤이요 시멘트 등의 연구소를 중심으로 많은 연구가 수행되어 있음
- 미국의 Purdue대의 경우 강교량의 부식상태 자동파악에 관한 연구를 1996년부터 현재까지 꾸준히 연구를 진행하고 있으며, 다양한 조명상태와 페인트의 색에 따른 부식 상태 자동 파악을 위한 머신 비젼 기술에 힘쓰고 있음
- 미국의 캔사스대학연구팀, 노스캐롤라이나 연구팀 등은 교량 하부 및 상부 강부재의 페인팅을 자동화하기 위한 이동형 장비개발에 대한 연구를 수행하고 있음
- Los Alamos 국립연구소, 샌디애고에 위치한 캘리포니아 대학 등에서는 무선센서노드를 이용한 구조물 손상 진단에 대한 연구를 진행 중이나 국부손상에 대한 연구로 국한되어 있으며, Virginia Tech에서는 초음파 기반 무선 센서 노드를 이용하여 융합형 데이터 분석기법에 대한 연구를 수행중
- 통합 관리의 기술로는 OGC(Open Geospatial Consortium)의 Sensor Web Enablement는 GIS 관점에서 웹 서비스 아키텍쳐를 기반으로 센서와 센서 데이터를 이용할 수 있는 다양한 웹 서비스와 이러한 서비스를 통해 센서와 센서 데이터를 이용할 수 있는 데이터 모델 및 스키마를 제공함으로써, 이를 기반으로 상위의 서비스를 구현할 수 있도록 하고 있음
- MS의 SensorMap은 자체 Virtual Earth와 센서 정보를 연계하는 SensorMap 플랫폼을 개발하고, 세계 주요 대학 및 연구소와 이를 활용한 다양한 연구 주제를 추진하고 있음. 현재, 시범 프로젝트의 수행 관점으로 센서 네트워크 및 시스템 통합화의 개인화 분야 등에 대해서도 주요한 이슈로 고려되고 있음. SensorMap의 활용을 위해서는 센서 데이터와 센서 네트워크 인터페이스의 표준화에 대한 이슈가 전제되어야 하며, 아직까지는 해소 방안으로 SensorMap 플랫폼이 SWE와 같은 웹서비스 표준 아키텍쳐와의 연계 필요성이 대두되고 있는 수준임

3. 연구개발내용	

1세부과제 : 비접촉 센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술 개발

◦ 해상도 2mm 이내의 정확도를 가지는 교량의 3차원 거동 분석 시스템 개발
◦ 손상 오인식률 (False alarm) 5% 이내 크기 3mm 이하의 손상 검출이 가능한 손상 자동화 검출 기술 개발
◦ 교량 거동 시각화를 통한 교량 전역 및 국부 통합 모니터링 시스템 개발
◦ 교량 취약부재의 국부 손상 검출을 위한 펄스 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출 기술 개발

2세부과제 : 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 개발

◦ 머신비전을 이용하여 강교량 부식을 자동으로 검측하고 및 지능형 로봇 기술을 이용하여 자동 녹제거 및 도장(페인팅) 기술 개발
◦ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발을 통해 균열 발생 70% 저감과 바닥판의 수명 50년 확보

3세부과제 : 스마트관리기술 및 정보모델 기반 최적 교량유지관리 통합 플랫폼 개발

◦ 요소기술 모듈화 및 표준화를 통한 정보모델 기반 유지관리 의사결정지원시스템 기술 개발
◦ 데이터 프로세스 기반 보수/보강효과 산정 자동화 기술 개발
◦ BIM 기반 교량 유지관리 프로세스 및 정보모델 표준화기술 개발
◦ BIM 기반 교량 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략
◦ 국내외 유관기관과의 협력 체계 구축을 통한 핵심 요소 기술 확보
◦ 학연산 연계 활성화 추진
◦ 교량 센싱, 모니터링, 상태평가, 보수/보강, 머신비젼, 콘크리트 재료, IT융합 등 다양한 요소기술의 전문가 활용
◦ 국내 교량 관리 시스템과 연동을 위해 교량 관리 주체와의 협의 통한 시범 구축 협조
◦ 국내외 특허 및 프로그램 등록 등의 지식재산권 확보 및 기술 이전 등을 통한 사업화 추진
◦ Test bed 적용을 통한 교량 거동 평가 종합 솔루션 평가 및 업그레이드

□ 추진체계
◦ 연차별 성과물 관리 및 타세부과제 개발상황 모니터링을 통한 체계적인 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 연구 체계 구축
◦ 국내외 시스템 구축 전문가, 교량 관리전문가 등을 활용한 체계적인 진행을 통하여 최종적으로 교량 현장에 적용할 수 있는 기술 개발
◦ 대학, 출연연, 기업 등이 참여하여 요소기술 개발, 테스트베드 운영을 통한 통합 시스템 검증, 상용화까지 연계되는 추진 체계 구성

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

□ 1세부과제
◦ 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술
◦ 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부 손상 영상화 기술
◦ 3차원 공간정보와 고성능 원격 화상 정보를 연계한 첨단 교량 유지관리 통합 시스템
◦ FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출 기술 개발 및 교량 취약부재의 국부 손상 검출

□ 2세부과제
◦ 머신비전을 이용한 강교량 부식 수준 자동 검측 알고리즘 및 h/w 기술

	○ 도장 (페인팅) 자동화를 위한 지능형 로봇 기술 ○ 균열 자기치유를 위한 결합재료 및 콘크리트 배합기술 ○ 균열 폭 제어에 우수한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 개발 ○ 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 제조, 시공 및 품질관리 지침 ○ 교량 통합관리 플랫폼과 연계를 위한 데이터 인터페이스 □ 3세부과제 ○ BIM 기반 교량 유지관리 정보모델 표준 ○ BIM기반 교량 유지관리 전자매뉴얼 기술 ○ 의사결정용 손상 시나리오 구축 DB 및 데이터 프로세스 알고리즘 ○ Active BIM기반 교량 유지관리 의사결정지원 기술 ○ 스마트관리기술 및 BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 ○ 센싱 기반 보수/보강효과 산정 알고리즘 및 시스템
6. 연구기간 및 소요예산	
	○ 총 연구기간 : 2012.6 ~ 2017.5 (5년) - 당해년도 연구기간 : 2012.6 ~ 2013.5 (12개월) ○ 추정 총연구비 : 163억원 (정부출연금 130 억원 수준) - 당해년도 정부출연금 : 38.4 억원 이내
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능

2. 세부과제 제안요구서(RFP)

세부과제명	비접촉 센싱 및 FSM 기반 손상/부식 자동 검출 기술 개발

1. 연구개발 목표

- ○ 해상도 2mm 이내 정확도의 교량 3차원 거동 분석 시스템 개발
- ○ 손상 오인식률 (False alarm) 5% 이내 크기 3mm 이하의 손상 검출이 가능한 손상 자동화 검출 기술 개발
- ○ 교량 거동 시각화를 통한 교량 전역/국부 통합 모니터링 시스템 개발
- ○ 교량 취약부재의 국부 손상 검출을 위한 펄스 레이저 기반의 비접촉 센싱 및 FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발의 필요성

- ○ 비파괴 검사 기술은 기계, 항공, 조선, 건설 등의 산업 전반에 걸쳐 활용이 매우 높은 첨단기술임
- ○ 현재 국내 비파괴 검사 기술 수준은 선진국에 비해 낙후되어 있는 실정으로 선진 기술 선점 및 해외 시장 확대를 위해 첨단 비파괴 검사 기술의 개발이 필히 요구됨
- ○ 노후화된 교량의 취약부재에서 발생하는 균열 및 부식 등의 다양한 유형의 손상들에 대해 발생초기의 미세결함 진단이 가능한 저비용 고감도 기술이 필히 요구됨

□ 기술동향

- ○ 기술/개발 동향
  - 국내 비파괴검사기술 수준은 선진국 대비 45% 이하 수준으로 비파괴 안전진단 원천기술은 선진국에 대한 기술의존도가 높은 실정.
  - 국내 비파괴검사 방법별 비중은 방사선이 약 50%를 차지하고 있으며, 초음파가 21%, 자기방법이 15%, 침투가 9%, 그 외 와전류, 누설, 기타가 5%를 나타냄.
  - 국내 비파괴 검사 관련업체는 이전 받은 초기 기술로 저가입찰 중심의 경쟁을 함으로써 3D 업종으로 분류될 정도로 매우 영세한 실정임.
- ○ 산업/시장 동향
  - 세계 비파괴검사 장치/기기 시장은 2008년 27.77억 달러 수준으로 추정되며, 연간 6%의 성장률을 보인 것으로 나타남.
  - 국내 비파괴검사 시장은 2008년 기준 약 3,841억원 규모이며, 연평균 약 5.0% 수준으로 성장해 온 것으로 추정됨.
  - 지금까지 비파괴검사는 미국, 일본 등 선진국 시장에서 주로 활용되었지만, 지난 10년간 아시아 및 동유럽의 급격한 경제성장은 다양한 산업 활동을 증가시켜 아시아 동유럽 여러 국가에서도 비파괴검사 시장의 범위가 확대되고 있음.

시장규모 (억원)	연도	적용 년도	2021	2022	2023	2024	2025
	국내	2020	6100	6400	6750	7130	7520
	세계	2020	227200	241000	255000	270000	287000
예상시장 점유율 (%)	연도	적용 년도	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)
	국내	2020	10	30	35	40	45
	시계	2020	3	5	10	20	25

3. 연구개발 내용	
	○ 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화를 활용하는 교량의 시공관리 및 사용성 평가 기술 - 레이저 스캐닝 기반 3차원 영상화 시스템을 이용하여 비접촉 교량 시공단계 관리 및 부재별 처짐 형상 등의 정량화 - 3차원 영상화를 통한 처짐, 진동 등의 운용 중 사용성 평가 및 관리 - 비접촉 전역적 모니터링을 통한 교량 거동 평가 ○ 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 교량의 국부 손상 영상화 기술 - 비접촉 레이저 초음파 시스템 구축 - 국부 손상 영상화 알고리즘 개발 - 손상 위치 추적, 유형별 분류 및 정량화 시스템 개발 ○ 3차원 공간정보와 고성능 원격 화상 정보를 연계한 첨단 교량 유지관리 통합 시스템 - 교량 거동 시각화를 위한 통합 시스템 개발 및 상용화 ○ FSM을 이용한 고성능 국부 손상 실시간 검출 기술 개발 및 교량 취약부재의 국부 손상 검출 - FSM기반 발생초기의 초미세 균열 검출, 균열 발생 시점, 진전 길이 및 진전 방향 등을 검출할 수 있는 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘 개발 - 조기 진단형 IT 솔루션, 측정 데이터 송수신 모듈, USN 기반 상태진단 기술 등을 통한 구조물 손상 실시간 탐지 및 평가 알고리즘과 모니터링 시스템과의 연계 - FSM을 이용한 구조물 실시간 모니터링 시스템의 100% 국산화
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외 유관기관과의 협력 체계 구축을 통한 핵심 요소 기술 확보 ○ 학연산 연계 활성화 추진 ○ 구조물 비파괴 검사 기술 및 핵심 요소 기술 전문가 활용 ○ 국내 교량 관리 시스템과 효율적 연동 및 개발 시스템 관리를 위해 교량 관리 주체와의 협의 통한 Test bed 및 시범 구축 협조 ○ 국내외 특허 및 프로그램 등록 등의 지식재산권 확보 및 기술 이전 등을 통한 사업화 추진
□ 추진체계	○ 연차별 성과물 관리 및 타세부과제 개발상황 모니터링을 통한 체계적인 비접촉 센싱 및 FSM 기반 관리 기술 구축 ○ 국내외 시스템 구축 전문가, 교량 관리전문가 등을 활용한 체계적인 진행을 통하여 최종적으로 교량 현장에 적용할 수 있는 기술 개발 ○ 국내외, 산학연 협의를 통한 수행 - 출연연, 대학, 기업 등의 협업을 통한 기술 개발 및 상용화 추진 - 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화 기술 - 비접촉 레이저 가진 및 센싱 기반 손상 검출 기술 - 3차원 공간정보 및 고성능 원격 화상 정보 연계 - FSM을 이용한 진단 및 관리시스템 기술 - FSM 진단 가시화 기술 개발
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<관련 연구의 연차별 성과물> ○ 1차년도 - 레이저 스캐닝 기반 교량 3D 형상 정보화 장비 및 알고리즘 개발 - 비접촉 레이저 가진 및 센싱 시스템 구축 - FSM 기반 실시간 손상 탐지 알고리즘 개발 ○ 2차년도

	- 교량 3D 형상 정보 기반 교량 시공관리 알고리즘 개발 - 비접촉 레이저 기반 교량 국부 손상 영상화 알고리즘 개발 - FSM 기반 실시간 손상 평가 알고리즘 개발 ○ 3차년도 - 교량 3D 형상 정보 기반 교량 사용성 평가 알고리즘 개발 - 교량 국부 손상 정량화 및 위치 추적 알고리즘 개발 ○ 4차년도 - 3차원 공간정보 및 고성능 원격화상 정보 연계 시스템 개발 - 교량 손상 실시간 탐지 및 평가 시스템 ○ 5차년도 - 비접촉 센싱 및 FSM 기반 교량 통합 관리 시스템 구축
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년) ○ 연구비 예산 : 50억원(정부출연금 : 40억원)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능

세부과제명	교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술
1. 연구개발 목표	
	○ 머신비전을 이용하여 강교량 부식을 자동으로 검측하고 및 지능형 로봇 기술을 이용하여 자동 녹제거 및 도장(페인팅) 기술 개발 ○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 개발을 통해 균열 발생 70% 저감과 바닥판의 수명 50년 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 다양한 종류·규모의 교량을 운용해야 하는 국토해양부, 지자체 등의 경우, 현재 노후화가 심화되고 있는 교량시장에서 유지관리에 소요되는 인력 및 비용의 부담이 되고 있으며, 향후 복지예산 등의 증가로 SOC 투자비율의 감소로 인해 교량 등 유지관리의 예산부족은 더욱 가중될 것임. ○ 교량의 잦은 보수·보강으로 인해 발생하는 교통 통제 및 사고의 최소화를 위해 효율적이고 신속한 교량의 점검 및 상황에 필요한 즉각적인 대응·대책이 필요함. ○ 크고 작은 다수의 교량을 운용해야 하는 지자체 및 국토해양부등의 경우 인력 부족, 비용 부족 등 어려움 ○ 안전하고 균일한 수준의 작업 수준 확보
□ 기술동향	- 우리나라의 경우, 1970년대에 급속한 산업화에 따라 대부분의 사회 기반 시설물이 건설되었고, 30년 이상이 지난 지금 그 시설물의 노후화가 매우 심화되고 있는 실정 - 현재 10년 이상 30년 미만 경과된 교량이 전체교량의 50%를 차지하고 있으며, 향후 교량의 노후화가 가속화될 것으로 예상됨 - 콘크리트의 자가치유 물질은 매사추세츠 대학교와 피츠버그 대학교의 고분자 매트릭스 내의 나노 입자들을 이용한 연구가 수행되었으며, 일리노이대학의 스콧화이트교수가 마이크로캡슐을 이용한 폴리머 재료의 균열 자기치유연구를 네이쳐지에 발표하기도 하였음 - 일본콘크리트학회를 중심으로 자기치유 콘크리트 위원회가 2007년부터 설치되어 운영되고 있으며, 메카니즘, 성능검증 등에 대한 연구를 동경대, 토호쿠대, 카나자와대 등 학계와, 시미즈건설, 가지마건설, 니테쯔 시멘트, 다이헤이요 시멘트 등의 연구소를 중심으로 많은 연구가 수행되어 있음 - 미국의 Purdue대의 경우 강교량의 부식상태 자동파악에 관한 연구를 1996년부터 현재까지 꾸준히 연구를 진행하고 있으며, 다양한 조명상태와 페인트의 색에 따른 부식 상태 자동 파악을 위한 머신 비젼 기술에 힘쓰고 있음 - 미국의 캔사스대학연구팀, 노스캐롤라이나 연구팀 등은 교량 하부 및 상부 강부재의 페인팅을 자동화하기 위한 이동형 장비개발에 대한 연구를 수행하고 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 머신 비전을 이용한 강교량 부식 검측 및 지능형 자동화 녹제거 및 도장 기술 - CCD camera 장비를 이용한 강교량 도장 및 부식 상태 자동 인식 알고리즘 개발 - image processing 기술을 이용한 디지털 이미지의 광량 상태에 따른 왜곡 현상 보정 기술 - 상태 평가 등급 산정 인공지능 알고리즘 기술 - 녹제거 및 도장 (페인팅) 자동화를 위한 지능형 로봇 기술 - 이동형 도장 자동화 및 녹제거 자동화 장비 - 교량 통합관리 플랫폼과 연계를 위한 데이터 인터페이스 ○ 3Hz 미만 교량의 동적거동특성에 적합한 콘크리트 균열 자기치유 기술 - 균열 자기치유를 위한 결합재료 및 콘크리트 배합기술 확보 - 균열 폭 제어에 우수한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체 개발 - 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 자기치유 성능평가 및 검증

	- 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 현장 적용 및 실용화 기술 개발 - 자기치유 섬유보강 시멘트 복합체의 제조, 시공 및 품질관리 지침
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외 유관기관과의 협력 체계 구축을 통한 핵심 요소 기술 확보 ○ 학연산 연계 활성화 추진 ○ 머신비젼 및 콘크리트 재료 핵심 요소 기술 전문가 활용 ○ 국내 교량 관리 시스템과 연동을 위해 교량 관리 주체와의 협의 통한 시범 구축 협조 ○ 국내외 특허 및 프로그램 등록 등의 지식재산권 확보 및 기술 이전 등을 통한 사업화 추진 ○ Test bed 적용을 통한 교량 거동 평가 종합 솔루션 평가 및 업그레이드 ○ 연차별 수행 단계 - 1~2차년도: 핵심기술 연구 및 개념 설계 - 3~4차년도: 프로토타입 현장 적용 및 검증 - 5차년도: 시스템 현장 적용 및 상용화
□ 추진체계	○ 연차별 성과물 관리 및 타세부과제 개발상황 모니터링을 통한 체계적인 교량 손상 자동치유 및 머신비젼 기반 유지관리기술 연구 체계 구축 ○ 국내외 시스템 구축 전문가, 교량 관리전문가 등을 활용한 체계적인 진행을 통하여 최종적으로 교량 현장에 적용할 수 있는 기술 개발 ○ 국내외, 산학연 협의를 통한 수행 - 출연연, 대학, 기업 등의 협업을 통한 기술 개발 및 상용화 추진
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<관련 연구의 연차별 성과물> ○ 1차년도 - 부식 자동 인식 장비 및 알고리즘 개발 - 콘크리트 균열치유 결합재 개발 ○ 2차년도 - Machine guided 반자동 도장 로봇 프로토타입 개발 - 균열폭 제어 고성능 섬유보강 시멘트 복합체, 균열치유 콘크리트 배합 기술 개발 ○ 3차년도 - 도장 로봇 접근성 향상을 위한 이동형 플랫폼 개발 - 균열치유 콘크리트의 평가 기술 개발 ○ 4차년도 - 머신비젼기반 부식 수리 및 도장 자동화 장비 현장 테스트 - 균열치유 콘크리트 적용 시스템 개발 ○ 5차년도 - 균열치유 콘크리트 및 도장 자동화 장비의 현장적용 기술 및 시공지침 개발
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년) ○ 연구비 예산 : 50억원(정부출연금 : 40억원)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성 ○ 연차별 지원예산을 제시된 총 정부출연금 범위내에서 편성 ○ 기업참여시 기업부담금은 “ 건설교통기술개발사업운영규정 ” 에 따르며 추가부담 가능

일반과제	스마트관리기술 및 정보모델 기반 교량 최적 유지관리 통합 플랫폼 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 교량 관리를 위한 표준화된 단위/통합 시각화 기술 개발 ○ 통합형 플랫폼을 통한 경제적 유지관리 기술 구현 ○ BIM 기술 기반으로 교량구조물 상태 정보 모니터링 기술을 개발하여 관리 혁신 및 지능적 교량 상황관리 기술 확보 ○ 교량의 3차원 형상정보(BIM)을 기반으로 하여 교량 상황을 지능적으로 판단하고 처리할 수 있는 통합관리 플랫폼 개발 ○ 데이터 프로세스 기반 교량 유지관리 의사결정지원을 위한 손상 시나리오 데이터베이스 구축 및 데이터베이스 활용 기술 개발 ○ 데이터 기반 교량 보수보강 효과 산정 자동화 신뢰도 95% 이상 확보
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 환경적 측면 - 공공기관에서 BIM을 적용하기 위한 공사발주가 2008년부터 차츰 증가하고 있는 추세이며 특히, 조달청에서는 2011년 1~2건의 대형공사에 BIM을 시범적운용하고 2012년에는 3~4건으로 확대할 계획에 있음 - 조달청에서는 건설단계 전반에 걸쳐 BIM 업무 수행에 필요한 기준을 제시하고 있으나, 세부내용은 설계와 시공 업무에 국한되어 있음. 향후 유지관리 업무에 BIM 확대적용을 위해서는 유지관리 분야 BIM 기술개발이 필수적임 - 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입이 필요함 - BIM 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 및 유지관리 비용절감도 가능하게 함 ○ 기술적 측면 - 현재 계측기와 관련된 하드웨어는 민간기업을 중심으로 국산화를 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있으나 구조물 평가와 관련된 연구는 연구개발되어야 할 사항이 다수 존재함 - 국내에서 구조물의 거동을 평가하고 관리하기 위한 연구개발이 일부 진행되었으나 개발된 요소기술은 각 연구목표에 적합하도록 개발되기 때문에 타연구/분야/산업에서 이용하기 어려운 기술적 한계점이 있음. - 이러한 한계를 극복하기 위해서는 개발된 각 요소기술을 하나의 통합된 플랫폼 내에 위치할 수 있도록 모듈화하는 작업과 기술이 필요함 - 요소기술의 모듈화를 통하여 각 요소기술의 표준적인 모델을 제시할 수 있으며 이러한 표준이 정립될 경우 각 모듈의 결합과 해체를 통해 다양한 형태의 통합형 플랫폼 창출이 가능하기 때문에 시스템 구축에 많은 비용을 절감할 수 있음 - BIM 국제표준으로 STEP과 IFC가 있으나 건축분야 중심으로 활용되고 있어 토목분야에서는 활용도가 낮으며 실무 적용사례가 없음. 또한, 설계 및 시공단계 위주의 적용 대부분이며, 유지관리 단계의 시스템 구축사례는 없음 - 설계 및 시공 단계에서 BIM 기반으로 축척된 정보를 유지관리 단계에 활용할 수 있는 시스템이 요구되고 있으나, 기존 유지관리 시스템을 활용하기에 데이터 연계가 어려움 - 기존 유지관리 시스템은 계측이력 및 도면정보 등 유지관리 정보를 외부 시스템의 제한적 접근을 통해 수치나 책자형태로 관리하거나, 구조물의 파손부위 등을 2D 도면상에 표기하여 관리하여 신속한 정보의 확인이 어려움 - 따라서 BIM 기반 설계 및 시공단계 정보와 그 외 유지관리 정보를 통합적으로 관리하기 위한 전자매뉴얼기반 표준화기술과 정보 가시화 기술이 요구되고 있음 - 이와 같은 기술요구는 BIM정보를 4D CAD, 증강현실, 모바일, USN등의 최신IT 기술과 연동함으로써 가시적인 유지관리가 가능하며, 이를 통해 혁신적인 유지관리 체계를 확립할 수 있음 - 교량 유지관리는 점검, 보수, 보강, 교체 등의 업무를 포함하며, 교량의 개수

가 증가하고 이에 따라 교량 관리자의 수가 늘어날수록 전체 교량에 대해 종합적이고 일관된 유지관리를 수행하는 것이 매우 어려워지고 있음

- 대형화 및 복잡화된 시설물의 체계적 유지관리를 위해서는 다양한 유지관리 데이터에 기초한 신뢰성 있는 정보를 제공하여 최적의 유지관리 방안을 수립할 수 있도록 지능화된 의사결정 지원체계가 요구되고 있음

○ 경제적 측면

- 건설산업은 기술/소재/서비스/인력이 종합된 복합산업이며 국내 산업 중 가장 큰 비중을 차지하고 있음 (105조원, GDP 대비 15.4%, 2007년)
- 국내 건설IT 시장 규모는 2012년에 약 52조원 정도로 예상되며 U-City 도시건설지원법 발효에 따라 건설 IT 융복합 시장이 더욱 성장할 것으로 예상됨
- 다양하고 복잡해지는 시설물들의 구축과 관리에 인력중심의 기존 건설프로세스가 적용됨으로써 공사기간의 장기화, 빈번한 설계변경, 자재조달 및 관리의 어려움 등으로 막대한 시간 및 비용 손실이 발생하고 있음

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내에서 교량의 설계에 BIM을 적용한 사례는 찾아 볼 수 없으며 2008년 이후 청풍대교, 적금-영남 현수교, 세종시의 금강2교 및 최근의 이순신대교 등의 특수교량을 대상으로 BIM을 적용하였으나 시공사의 연구 차원에서 부재의 간섭 검토나 공정 시뮬레이션 수준에 머무르고 있음
- 건설IT 융합분과에서 발표한 자료에 의하면 지능형 건설기술은 선진국의 대비 67%, 건설-인프라 기술은 63%, 에너지 절감/친환경 건설 및 신소재기술은 50%로 선진국 대비 국내의 기술수준은 낮은 것으로 나타남
- 청풍대교, 제2돌산대교, 낙동강 감정보(이상 대림산업), 항만시설 공가 실시설계(현대건설), 호남고속철도(쌍용건설), 서울지하철 9호선(삼성물산) 등 대형 건설업체 위주로 도입 준비 단계임
- 국내외 3차원 설계정보 활용현황은 국외에 비해 도입단계에 머물러 있음. 주로 민간 및 건축부문을 중심으로 도입 및 적용성 검토를 위한 프로젝트가 추진되고 있으며, 관련 기술과 제도 기반이 마련되지 못한 관계로 적극적인 활용은 미흡한 상황임. 특히 토목공사 분야의 BIM적용은 건축 분야와 달리 기초적 수준에 머물러 있음
- 소수의 사례지만 토목분야의 대형 국책사업에 3D, 4D 시뮬레이션 구성이 의무화된 사례 등은 토목분야 BIM 환경 구축에 고무적인 상황임. BIM공사관리 통합웹사이트 구축을 통한 현장 관리체계 마련 및 3차원 정보 모델 구축, 교량프로젝트에 BIM 일부 도입을 통한 공종간섭 확인 및 시공성 검증 효과 확인, 지하철 현장의 BIM도입을 통한 시공성 검토, 2D도면의 철근물량 검토 등을 수행함

○ 국외기술동향

- Virginia Tech.에서는 임피던스 및 유도 초음파 기반 무선 센서 노드를 개발하여 구조물에 적용성 시험을 수행 중이나 국부 손상 진단 기법에 국한되어 있고, 타방식 데이터를 기반으로 한 융합형 데이터 분석기법에 대한 연구가 진행중임
- Los Alamos Natl. Lab., Univ. of California at San Diego 등의 국외 연구 기관에서 무선 센서 노드를 이용한 구조물 손상 진단에 대한 연구를 진행 중이나 국부 손상 시스템에 국한되어 있음.
- 교량의 운영단계에서 교량의 안전도 및 시설물 상태를 모니터링하는 연구로는 미국, 홍콩, 일본, 덴마크 등 많은 국가에서 비슷한 내용의 연구가 활발히 진행되고 있음. 덴마크에 위치한 케이블교량인 Great Belt교는 많은 센서를 통해 교량의 전반적인 거동을 계측하는 우리나라의 시스템과 다르게 특정 항목(앵커블럭/교량베어링/버퍼 변위, 콘크리트 구조물의 부식, 교각의 경사 등)을 선정하여 집중적인 모니터링을 진행
- 미국 GSA는 설계납품시 BIM 포맷으로 납품하도록 의무화
- 유럽은 북유럽을 중심으로 체계적으로 BIM을 확산시켜가고 있음
- 국외 유사 시스템 연구 동향을 살펴보면 4D CAD시스템은 4D객체의 순수기능보다 건설통합시스템 위주로 개발하는 사례들이 많으며, 4D기능은 3D도면에 의한 물량산출 및 구조해석 통합 기능 등과의 연계에 중점을 두고 있음
- 특히 공정관리의 실무적 활용성이 높은 진도정보의 시각화 기술은 매우 미흡한 수준으로 파악되고 있으며, 가상적 객체가 갖는 한계를 감소시킬 수 있는 Telepresence, 증강현실, 3D입체영상 관련 연동체계 및 BIM 연동 시스템의

개발사례는 없음

- 국외의 상용화 시스템은 현재까지 Naviswork, Plant - 4D, Project 4D, VPS, 4D Suite 등 건축시설용 4D객체 중심의 일부 상용화된 사례들이 있으나 건축시설 활용기능도 단순 시뮬레이션위주의 제한된 기능 활용단계이며 자연지형 조건의 토공을 다수 포함하는 토목시설 등에는 실무적 활용성을 갖는 방법론과 시스템이 개발된 사례가 없음

3. 연구개발 내용

○ 유지관리방식 의사결정지원시스템 기술

1) 손상시나리오 데이터베이스 구축 기술
2) 계측데이터 기반 유지관리방식 의사결정지원 알고리즘 기술
3) 교량정보모델 기반의 유지관리 의사결정 지원 기술
4) 교량정보모델 기반의 손상정보 표현 시각화 기술
5) 스마트관리기술로부터 도출되는 데이터간 상호 연계성 분석을 통한 정확한 손상유형 평가기술

○ 보수/보강효과 산정 자동화 기술

1) 스마트 관리기술 데이터 기반 보수/보강효과 산정 기술
2) 센싱기술을 이용한 보수/보강효과 산정기술
3) 플랫폼형 통합 S/W 연계기술

○ BIM 기반 교량 유지관리 정보모델 표준 기술

1) 교량 유지관리 정보모델 정보요구정의 및 표준 개발
2) 교량 유지관리 통합플랫폼 개발방법론 설정
3) 교량 유지관리 표준 서비스 및 프로세스 정립
4) 유지관리 전자매뉴얼 표준화 및 전자매뉴얼 표준체계 구축 기술
5) 교량유지관리용 시뮬레이터 개발

○ 교량 스마트관리기술 및 BIM 기반 유지관리 통합 플랫폼 기술

1) 요소기술 모듈화 및 표준화를 통한 플랫폼형 통합 제어 S/W 기술
2) 비접촉 센싱 및 FSM 기술 등 개발 단위기술의 정보 노드화
3) BIM 기반 교량 통합관리 기술
4) BIM 기반의 통합플랫폼 구조 및 핵심 단위 기능 설계 및 구현
5) BIM 기반 교량 유지관리 서버 - 클라이언트 체계 개발
6) 설계/시공단계의 교량정보모델 연계 및 활용기술

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 국내외 교량 관리 시스템 현황 분석을 통한 문제점/개선점 도출

○ 핵심 요소 기술 전문가 활용을 통한 통합화의 일관성 확보

○ 전방위적(전문가 및 비전문가, 교량 유지관리 담당자, 모니터링 시스템 운영자 등) 자문을 통한 통합형 플랫폼의 일반 · 다양성 확보

○ 개발 성과품에 대한 다양한 시뮬레이션을 통해 개발 플랫폼의 활용성/확장성 확보

○ 기존 시스템 분석을 통한 플랫폼의 기초 대표성 최대한 확보 및 기존 시스템의 개선방향 도출 및 제시

○ Test bed 구축을 위한 파일럿 시스템 구축

○ 국내외 특허 및 프로그램 등록 등의 지식재산권 확보 및 기술 이전 등을 통한 사업화 추진

○ 과제 책임기관 주도하에 산학연 연계를 통한 적용성을 기반으로 하는 기술개발

○ 국내 건설/ 토목분야 유관 R&D 프로젝트와 민간사업을 적극 연계하는 방안 추진

- 교량설계를 위하여 최적화된 BIM 정보가 운용될 수 있도록 기존의 BIM모듈을 활용하여 특화된 기술 개발
- 국내현실 및 향후 유지관리를 고려하여 외산 BIM기술 보다는 국산 BIM기술을 기반으로 기술 개발

□ 추진체계	○ 요소기술을 중심으로 전문 위원회 구성 ○ 엔지니어링 및 SI 기업 참여를 통한 실용성 증대 ○ 국내외 전문가 초청 세미나 및 워크샵 개최 ○ 기존 관련 연구 및 사례 분석, 전문집단간 정보와 기술교류를 통해 정성·정량화된 분석 추진 ○ 연차별 성과물 관리 및 타세부과제 개발상황 모니터링을 통한 체계적인 플랫폼형 통합시스템 구축 추진 ○ 국내외 시스템 구축 전문가, 교량 관리전문가 등을 활용한 체계적인 진행을 통하여 최종적으로 교량 현장에 적용할 수 있는 플랫폼형 통합 제어 SW 개발
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	(1)차년도 - 의사결정용 교량 손상 데이터베이스 1차 구축 BIM 적용을 위한 교량 유지관리 업무프로세스 표준 기술 (2)차년도 - 의사결정용 교량 손상 데이터베이스 2차 구축 전자매뉴얼 기술 및 교량상태정보 시각화 기술 데이터프로세스 기반 교량 의사결정 알고리즘 기술 (3)차년도 - 의사결정용 교량 손상 데이터베이스 3차 구축 보수보강 효과자동 산정시스템 기술 교량 현장 활용기술 및 위험도 시각화 기술 (4)차년도 - BIM 기반 시뮬레이터 및 의사결정 지원시스템 기술 (5)차년도 - 교량정보모델 통합유지관리 플랫폼 기술
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월 (5년) ○ 연구비 예산 : 63억원(정부출연금 : 51억원)
7. 기 타	
□ 파급효과 및 활용방안	○ 교량은 공공성이 가증 높은 시설물로써 국민 생활과 밀접한 관련이 있으므로 교량 붕괴 사고를 미연에 방지하는 모니터링 등 교량의 최적 유지관리를 통한 국민 편익 증대 ○ 교량 지능화 기술개발 실용화를 위한 인프라 확보 ○ 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환 ○ 교량 유지관리를 지원하는 시스템으로 활용하며 향후 교량 정보관리 시스템 개발의 표준으로 활용 ○ 교량구조물 관리기관의 관리업무 수행 및 대민 서비스 제공을 기반 요소기술로 활용 ○ 다양한 교량 및 시설물 관리시스템들의 연계를 위한 표준 정보모델로 활용 ○ 소프트웨어개발업체, 교량구조물 센서개발 업체, 교량구조물 자재 개발업체 등에 제공하여 제품 개발에 활용

2절. 평가기준 설정

1. 평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

(1) 탄소저감이라는 시대적 요구에 부응하는 건설재료 기술개발의 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시.

(2) 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시.

나. 연구개발 내용

(1) 탄소저감형 건설재료 기술개발과 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함.

(2) 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가.

(3) '탄소저감 기술'에 대한 '저에너지 및 환경부하 저감형 건설재료', 'CO2 흡수, 전환형 건설재료', '에너지 절감형 고성능 첨단 건설재료' 및 '건설재료 CO2의 전생애주기 관리' 등과 같이 체계적인 과제구성여부 평가.

(4) 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

(1) 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.

(2) 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함.

(3) 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단

(4) 탄소저감형 건설재료 기술개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성

(5) 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부

(6) 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

(1) 기관선정의 우선순위는 탄소저감형 건설재료의 제품화에 따른 시장점유율 및 부가가치 확대, 세계최고 수준의 기술경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.

(2) 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부

(3) 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구제적 항목으로 제시 여부

(4) 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부

(5) 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

(1) 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.

(2) 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.

(3) 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1) (1안) 일반적인 기준

(2) 대기업이 주관연구기관으로서

(가) - 중소기업이 참여하지 않는 경우: 1점

(나) - 중소기업이 참여하는 경우: 2점

(3) 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점

(4) 중소기업이 주관연구기관인 경우: 2점

(5) (2안) 연구단 수정 기준

(6) 일반과제의 경우

(7) 중소기업이 주관연구기관인 경우: 2점

(8) 대기업이 주관연구기관인 경우: 1점

(9) 기업 이외의 기관이 주관연구기관이며

(가) 중소기업/참여기업이 1/2이상인 경우: 2점

(나) 중소기업이 과제에 참여한 경우: 1점

① (단, 참여기업은 과제를 직접 수행하는 기관으로서 위탁기관 및 단순 참여기업은 제외한다.)

(10) 연구단 과제의 경우

(11) 산,학,연이 모두 참여하며

(가) 세부 주관연구기관으로 산,학,연이 각각 구성된 경우: 2점

(나) 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우: 1점

(12) 산,학 또는 산,연으로 구성되며

(가) 중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우: 2점

(나) 중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우: 1점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

(1) 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)

(가) 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점

(나) 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

(1) 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

(1) 현재 개정 작업중에 있는「국토해양부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

(가) *『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련

마. 기타

(1) 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)

(2) 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점

(3) 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점

(4) 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

(5) 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

3. 연구개발 가능성 평가

평 가 항 목		점수(○표시)				
		아주 우수	우수	보통	미흡	불량
가) 연구개발의 필요성(10)	① 연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성	5	4	3	2	1
	② 국토해양 R&D정책과 연구내용과의 장기적 연계성	5	4	3	2	1
나) 연구개발의 목표 및 내용(30)	① 최종·연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성, 명확성, 창의성	10	8	6	4	2
	② 성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성	10	8	6	4	2
	③ RFP와의 적합성 ※ 자유공모과제의 경우 “ 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성 ” 평가항목의 배점을 10점 기준으로 변경(동 평가항목 삭제)	5	4	3	2	1
	④ 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5	4	3	2	1
다) 연구개발추진전략·체계 및 연구수행 방법(20)	① 추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성	10	8	6	4	2
	② 연구수행방법의 적합성	10	8	6	4	2
라) 연구성과 활용 가능성(10)	① 활용방안의 적절성 및 구체성	10	8	6	4	2
	② 개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)	10	8	6	4	2
마) 연구수행 능력(10)	① 연구책임자의 연구수행·관리능력 및 관련분야 연구경험	5	4	3	2	1
	② 참여연구인력의 적정성 및 전문성	5	4	3	2	1
바) 연구시설 확보 및 연구개발비 계상의 합리성(10)	① 연구장비·시설 확보 및 활용의 적합성	5	4	3	2	1
	② 연구개발비 계상·집행 및 개발기간의 합리성	5	4	3	2	1
평 가 점 수		점				

건설교통연구기획사업

R&D/11연구기획-06-01

[Green-up 30] (별권 3)교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 개발 기획보고서

2012. 3. 13.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 한국철도기술연구원
현 대 건 설(주)
(주)날 리 지 웍 스

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Land Transport and Maritime R&D Report

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "지능형 친환경 교량 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 03.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 박영환
연 구 원 : 황윤국, 김성욱, 박기태
이영호, 채명진, 주기범
정우태, 이진형, 권민재
이보미
공동연구기관명 : 한국철도기술연구원
현대건설(주)
(주)날리지웍스
공동연구책임자 : 이희업, 김모세, 류형근

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td colspan="2"></td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>9개월</td><td>단 계 구 분</td><td>(1)/(1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="5">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="5">미래핵심기술</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">지능형 친환경 교량 기획
(일반과제 : 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">박영환</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td colspan="2">정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 25명
내부 : 22명
외부 : 3명</td><td>총연구비</td><td colspan="2">정부 : 150,000천원
기업 : 천원
계 : 150,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
인프라구조연구실,
ICT융합연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="4">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :</td><td colspan="4">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">국제에너지기구인 IEA(International Energy Agency)에서는 국제 탄소배출량이 지속적으로 증가할 것으로 전망하고 있으며, 우리나라의 탄소배출량을 2007년 기준 4억 8천 870만톤으로 2006년에 이어 2007년에도 OECD내에서 6위, 전 세계에서 9위를 차지한다고 발표한바 있다.
국가 자산인 교량시설물 분야에서 탄소배출량 30% 감축 목표를 달성하기 위해서는 탄소배출을 사전에 차단할 수 있는 예측기술개발이 필요하며, 기존 자재, 장비 등 건설자원의 탄소배출량을 데이터베이스화 하는 기술 개발이 필요하다. 탄소배출 예측기술과 데이터베이스를 연계하여 교량 BIM 기반의 시뮬레이터 및 시스템을 활용하는 기술을 개발한다면 탄소배출량 30% 감축 및 녹색기술 선도라는 목표를 달성할 수 있을 것이다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="5">녹색기술, 교량정보모델, 탄소배출량, 건설자원, 탄소배출 산정기술</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="5">Green Technology, Bridge Information Model, CO2, Carbon Control, Construction Resource,</td></tr>
</table>

목 차

[요약문] ····· 7

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 9
1절. 기술의 정의 ····· 9
2절. 필요성 ····· 10

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 15
1절. 국내외 정책동향 ····· 15
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 23
3절. 기술동향분석 ····· 32
4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 44
5절. 종합분석 ····· 47

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 51
1절. 비전 및 목표 ····· 51
2절. 연구개발과제 구성 ····· 53
3절. 연구개발과제 주요내용 및 추진전략 ····· 54
1. 연구개발 목표 ····· 54
2. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성 ····· 55
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안 ····· 55
4. 연구개발 주요내용 ····· 56
5. 연구개발과제 TRM ····· 57
6. 최종성과물 및 성과지표 ····· 57
7. 연차별 성과목표 ····· 59
8. 기술수요처 및 실용화 방안 ····· 59
4절. 연구추진체계 제안 ····· 60

4장. 사전타당성 검토 ····· 63
1절. 사전타당성 분석의 개요 ····· 63
2절. 기술적 타당성 ····· 64
3절. 정책적 타당성 ····· 71
4절. 경제적 타당성 ····· 76
5절. 종합평가 및 결론 ····· 79

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 81
1절. 연구일정에 따른 인력계획 ····· 81
2절. 소요예산 산정 ····· 82

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 ····· 85
1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 85
2절. 평가기준 설정 ····· 88

요 약 문

● 연구의 필요성

- 국제에너지기구인 IEA(International Energy Agency)에서는 국제 탄소배출량 을 2008년 28.8Gt에서 2020년 34.5Gt, 2030년 40.2Gt로 계속 증가할 것으로 전망하고 있음. 또한 국제에너지 기구에서 우리나라의 탄소배출량을 2007년 기준 4억 8천 870만 톤으로 2006년에 이어 2007년에도 OECD내에서 6위, 전 세계에서 9위를 차지한다고 발표한바 있음.
- 우리나라 온실가스 배출량 중 건설분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지하고 있으며, 2020년까지 온실가스 배출전망치(2020년 BAU)의 30% 감축을 목표로 하는 국가 정책에 부응하기 위해 국토해양부에서도 동일한 감축목표 설정한바 있음(국토해양 R&D 발전전략)
- 21세기 기후변화의 가속화 전망으로 화석에너지 절감 및 온실가스 배출량 감소에 대한 요구가 급속히 높아지고 있으며, SOC 건설 분야에서도 국가의 녹색성장에 맞는 기술개발 수요가 증가하고 있는 추세임
- 현재 전 세계는 기술 발달의 가속, 경제규모의 거대화 및 지구온난화 방지를 위한 전 세계적 협력체계 구축 등으로 글로벌화가 심화되고 있으며, 이로 인해 건설분야에서도 글로벌화, 녹색건설 증대 및 기술혁신의 요구가 증대되고 있음
- 국토해양부에서 제시한 국토해양 2030 시나리오에서는 국토해양의 미래상을 결정지을 수 있는 핵심동인(Key Driver)은 기후변화대응, 기술혁신, 정부정책 공조 및 규제, 에너지믹스, 교통모드 전환, 녹색도시 모델 발전임
- 녹색기술을 실현할 수 있는 기술 중 하나로 건설기술과 IT기술의 융합은 전 세계적인 새로운 트렌드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대해지고 있음.
- 특히 BIM 기술을 활용한 탄소배출량 예측기술은 탄소배출량을 원천적으로 절감할 수 있는 기술로 인식되고 있음.
- 국토해양부는 국내 BIM 육성을 위해 10년 정책 로드맵을 발표하였으며, 녹색건축 도시구현을 위한 국제표준기반의 BIM시스템 기술개발을 추진하고 있음

● 연구 목표

- 목표 : 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 개발
- 개념 : 교량의 기획 및 설계단계 부터 탄소배출량을 예측하여 최적의 친환경 GREEN 교량을 건설하기 위한 기술로서 정확한 탄소배출량을 산정하기 위한 정보모델 표준 개발, 알고리즘 개발, 탄소배출량 산정기술 개발, 교량의 생애주기 및 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스화 등을 통해 교량 BIM 기반의 탄소배출량 예측 시뮬레이터 및 시스템을 개발

● 연구 내용

- 교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 개발 및 검증 기술 개발

  1) 교량 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 기술

  2) 교량 형식별/구성부위별 및 시공/유지관리 단계 탄소배출량 산정기술

  3) 교량 구조물의 탄소배출량 산정 알고리즘 기술

- 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축

  1) 교량 구성부재의 탄소배출량 데이터베이스 구축

  2) 건설 장비의 탄소배출량 데이터베이스 구축

  3) 건설 원자재 탄소배출량 데이터베이스와의 연계

  4) 교량정보모델 라이브러리 데이터베이스 구축

- 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축

  1) 교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술

  2) 탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술

● 연구 기간 및 비용

- 연구기간 : 2013년 1월 ~ 2017년 12월(5년)
- 연구비용 : 총 3,500백만원(정부출연금 : 2,900백만원, 민간부담금 : 600백만원)

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

기술의 개념	▪ 교량의 기획 및 설계단계 부터 탄소배출량을 예측하여 최적의 친환경 GREEN 교량을 건설하기 위한 탄소배출량 예측 기술 ▪ 교량 시공·유지관리단계의 탄소배출량을 최소화하기 위하여 탄소배출량을 예측할 수 있는 정보모델 표준 및 알고리즘을 개발하고, 교량의 전 생애주기 및 형식별/구성요소별 탄소배출량을 데이터베이스화 하고 이를 시뮬레이션하여, 교량의 탄소배출량 예측할 수 있는 기술
기술의 범위	▪ 교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 개발 및 검증 기술 개발 - 교량 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 기술 - 교량 형식별/구성부위별 및 시공/유지관리 단계 탄소배출량 산정기술 - 교량 구조물의 탄소배출량 산정 알고리즘 기술 ▪ 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 교량 구성부재의 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 건설 장비의 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 건설 원자재 탄소배출량 데이터베이스와의 연계 - 교량정보모델 라이브러리 데이터베이스 구축 ▪ 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축 - 교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술 - 탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술

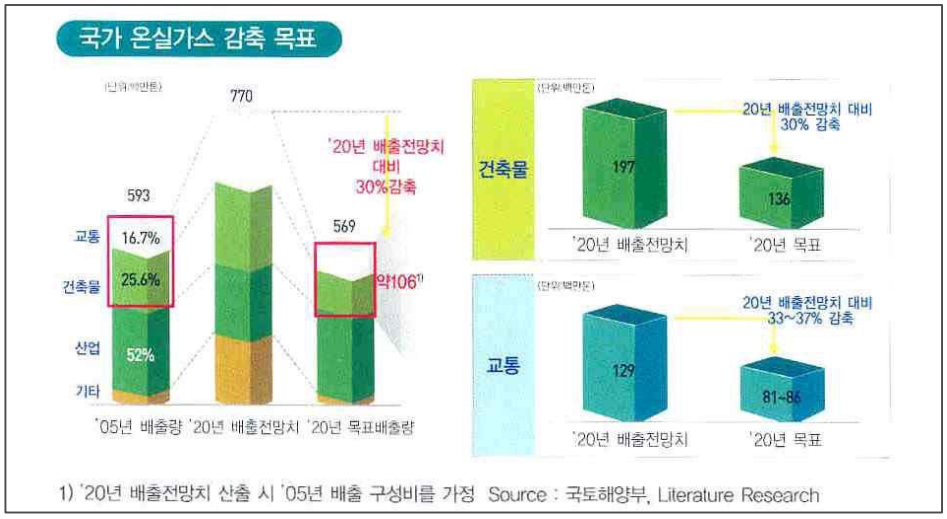
2절. 필요성

1. 연구개발 필요성

가. 연구개발 배경

(1) 국가 온실가스 감축목표 설정

- 국제 탄소배출량은 2008년 28.8Gt에서 2020년 34.5Gt, 2030년 40.2Gt로 계속 증가할 것으로 전망(IEA, World Energy Outlook)
- 우리나라의 CO_2 배출량은 2007년 기준 4억 8천 870만 톤으로 2006년에 이어 2007년에도 OECD내에서 6위, 전 세계에서 9위를 차지(IEA, World Energy Outlook)
- 우리나라 온실가스 배출량 중 건설분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지, 2020년까지 온실가스 배출전망치(2020년 BAU)의 30% 감축목표 설정, 건설분야에서도 동일한 감축목표 설정(국토해양 R&D 발전전략)



[그림 1-1] 국가 온실가스 감축목표(국토해양부, Literature Research)

(2) 녹색성장에 부흥하는 SOC 건설분야 기술개발 수요증가

- 21세기 기후변화의 가속화 전망으로 화석에너지 절감 및 온실가스 배출량 감소에 대한 요구가 급속히 높아지고 있음
- SOC 건설 분야에서도 국가의 녹색성장에 맞는 기술개발 수요가 증가하고 있음

(3) 기후변화 대응 및 기술혁신 요구증대

- 현재 전 세계는 기술 발달의 가속, 경제규모의 거대화 및 지구온난화 방지를 위한 전 세계적 협력체계 구축 등으로 글로벌화가 심화되고 있으며, 이로 인해 건설분야에서도 글로벌화, 녹색건설 증대 및 기술혁신의 요구 대두
- 국토해양부에서 제시한 국토해양 2030 시나리오에서는 국토해양의 미래상을 결정지을 수 있는 핵심동인(Key Driver)은 기후변화대응, 기술혁신, 정부정책 공조 및 규제, 에너지믹스, 교통모드 전환, 녹색도시 모델 발전임

(4) BIM의 필요성 증대

- IT기반의 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트렌드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대해 지고 있음.
- 이미 많은 공공발주자들이 BIM의 필요성을 인식하고 있으며, 국토해양부의 건축정책기본계획에 따라 앞으로 공공발주에서의 BIM 적용은 가속화 될 것임. 탄소저감 분야에서도 BIM 모델을 활용하여 탄소배출량을 예측이 가능하므로 이에 대한 기술 개발이 필요함

나. 연구개발의 필요성

(1) 정책·사회 측면

- 건설부문 온실가스 배출량 현황에 따른 정부의 녹색건설 기술관련 정책 강화
  - 온실가스 감축에 대한 국내외적 요구가 증대되고 있으며, 이를 실현하기 위한 녹색건설 기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대되고 있음
  - 지식경제부와 시멘트 산업계는 협약을 맺어 범지구적인 기후변화 대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소 사회구현을 위하여 2015년까지 이산화탄소 배출량을 2005년도 대비 5% 감축하기로 결의하여 시멘트 톤당 40kg의 CO2를 감축하기로 함
  - 대한건설정책연구원이 최근 발표한 '세계 각국의 녹색도시 개발 현황 분석 및 녹색건설 성장을 위한 대응방향 연구'에 따르면, 국내 온실가스 배출량은 396백만t CO2(2000년 기준)이며 이중 건설부문에서 발생한 직접적인 탄소배출량은 6.4백만t CO2인 것으로 조사됨
  - 건설부문별 탄소배출량의 구성을 보면, 건축시설부문이 217만3천t의 CO2의 탄소를 배출했고, 토목시설부문이 421만4천t CO2의 탄소를 배출해 건축시설부문보다 약 2배의 배출량을 보임
  - 이는 건설부문의 총산출 중 건축시설이 60%정도를 차지하는 것을 고려할 때 토목부문의 배출 원단위가 건축부문에 비해 2배 이상이 되는 것임
  - 각 세부부문 중 가장 영향이 큰 건설부문은 토목시설 중 도로시설부문으로 113만5천t

CO_2의 탄소배출이 발생

ㅇ 공공기관에서의 BIM 적용사례 증가 및 국토해양부의 BIM분야 육성에 대한 의지

- 공공기관에서 BIM을 적용하기 위한 공사발주가 2008년부터 차츰 증가하고 있는 추세이며 특히, 조달청에서는 2011년 1~2건의 대형공사에 BIM을 시범적운용하고 2012년에는 3~4건으로 확대할 계획에 있음
- 조달청에서는 건설단계 전반에 걸쳐 BIM 업무 수행에 필요한 기준을 제시하고 있으나, 세부내용은 설계와 시공 업무에 국한되어 있음. 향후 유지관리 업무에 BIM 확대적용을 위해서는 유지관리 분야 BIM 기술개발이 필수적임
- 국토해양부는 국내 BIM 육성을 위해 10년 정책 로드맵을 발표하였으며, 녹색건축 도시 구현을 위한 국제표준기반의 BIM시스템 기술개발을 추진하고 있음

(2) 산업·경제적 측면

ㅇ 국내 건설 IT시장규모의 증가

- 건설 산업은 기술/소재/서비스/인력이 종합된 복합 산업이며 국내 산업 중 가장 큰 비중을 차지하고 있음 (105조원, GDP 대비 15.4%, 2007년)
- 국내 건설IT 시장 규모는 2012년에 약 52조원 정도로 예상되며 U-City 도시 건설지원법 발효에 따라 건설IT 융복합 시장이 더욱 성장할 것으로 예상됨

ㅇ BIM 도입을 통한 건설 및 유지·운영관리 패러다임의 전환

- 다양하고 복잡해지는 시설물들의 구축과 관리에 인력중심의 기존 건설프로세스가 적용됨으로써 공사기간의 장기화, 빈번한 설계변경, 자재조달 및 관리의 어려움 등으로 막대한 시간 및 비용 손실이 발생하고 있음.
- 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입이 필요함
- BIM의 도입을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 및 유지관리 비용절감도 가능하게 함

(3) 기술적 측면

ㅇ BIM기반 탄소배출량 산정예측 기술 필요성

- 기후변화협약의 효율적 대응을 위한 건설부분의 온실가스 감축계획수립 및 이행을 위해서는 국내 건설분야의 온실가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요함
- 현재 건설부분의 온실가스 배출량 예측 및 평가를 위한 정량적인 접근방식에 대한 연구를 통해 건축물 전생애 이산화탄소 배출 평가프로그램을 롯데건설과 한양대학교 친환경건축연구센터에서 개발한 사례로 볼 때 탄소배출량 산정예측은 SOC 분야에서도

반드시 필요한 기술임

- 국토해양부는 정부차원에서 BIM기술을 적극 활용할 계획이기 때문에 탄소배출 산정예측기술과 BIM을 연계하여 녹색 건설사업에서 큰 역할을 할 것으로 기대하고 있음

○ BIM기반의 정보호환 및 축적을 통한 탄소배출량 예측기술 개발이 요구됨

- 토목분야 BIM 기술 적용을 현실화하고 확산시키기 위해 건설 분야의 비영리 국제조직인 IAI가 정의한 개방형 BIM 국제표준 포맷인 IFC 포맷을 활용하여 건설 분야에서의 데이터 교환 모델로 활용하고 있으나 토목 분야에의 적용은 데이터 분류체계 등의 상이함으로 인해 어려운 현실이며, 많은 연구들이 진행되고 있으나 대부분 설계 및 시공단계 위주로 구성되고 있음
- 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 예측을 위해서는 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 기술 개발이 우선되어야하며, 표준을 통해 정보 호환 및 축적이 가능함. 탄소배출량 예측을 위한 정보모델 표준이 개발되어 있지 않으므로 이에 기술 개발이 시급함

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책 동향

가. 과제 관련 부처별 계획 및 시사점

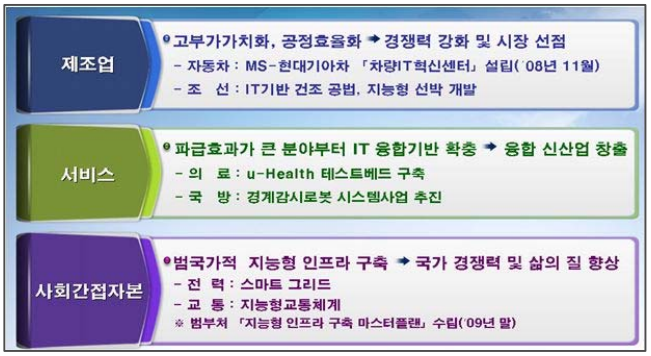
- 정부는 2009년, 녹색성장 국가전략의 비전으로 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 세우고, 10대 정책방향으로 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색국토·교통의 조성 등을 마련함
- 정부는 주요 정책목표로 국민의 삶의 질 제고와 환경개선을 선정하여, 이에 대한 추진정책 수단 및 방안으로 "주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선"에서 교통혼잡비용 감축과 폐기물 감소를 추진하고 있음

(1) 국토해양부의 과제관련 계획

- 국토해양부는 2007년 수립한 제4차 건설기술진흥기본계획(2008~2012)을 2009년에 수정하여 "녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보"라는 비전하에 녹색성장 기반구축 목표를 추가하였음.
  - 친환경 건설에 대한 국토해양부의 강력한 의지를 표현한 것으로 건설 분야에서 탄소배출량을 줄이려는 단초를 제공하고 있음
- 2010년 이후부터 국토해양부는 녹색성장 조기 가시화를 위해 교통 SOC 투자 전환, 에너지 절감형 교통·물류 구축 및 녹색 건축·도시기반 조성 등 사업을 추진하고 있으며, 향후 녹색건설에 대한 투자가 확대될 것으로 예상함

(2) 지식경제부의 과제관련 계획

- 건설 분야에 있어 매우 중요한 IT 융합 기술에 대한 개발 요구가 이어져 왔으며, 국내 구축된 IT 인프라를 이용한 융합기술 개발에 대한 요구를 통해 지속되고 있음



[그림 2-1] IT 융합 정책 방향

- 위의 그림에서와 같이 IT 융합 정책방향 중 사회간접자본에 대한 투자를 통해 범국가적 지능형 인프라구축을 통한 국가 경쟁력 및 삶의 질 향상을 추구하는 부분에 있어 본 과제를 통해 제안하는 기술은 다음과 같이 기여할 수 있음
- 지식경제부와 시멘트 산업계는 협약을 맺어 범지구적인 기후변화 대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소 사회구현을 위하여 2015년까지 이산화탄소 배출량을 2005년도 대비 5% 감축하기로 결의하여 시멘트 톤당 40kg의 CO2를 감축하기로 함

(3) 공공기관에서의 BIM 발주

- 공공기관에서 BIM을 적용하기 위한 공사발주가 2008년부터 차츰 증가하고 있는 추세이며 특히, 조달청에서는 2011년 1~2건의 대형공사에 BIM을 시범적용하고 2012년에는 3~4건으로 확대할 계획에 있음
- 조달청에서는 건설단계 전반에 걸쳐 BIM 업무 수행에 필요한 기준을 제시하고 있으나, 세부내용은 설계와 시공 업무에 국한되어 있음. 향후 유지관리 업무에 BIM 확대적용을 위해서는 유지관리 분야 BIM 기술개발이 필수적임

[표 2-1] 공공기관 토목분야 발주현황

	주요 용도	관련사업
한국토지주택공사	도면수량 등 성과품의 적정성 검토	- 행정중심복합도시 내 금강 4교
한국농어촌공사	3차원 공정관리 및 홍보	- 영산강 하구둑 구조개선사업 - 새만금 방수제 건설공사사업
한국수자원공사	3차원 공정관리 및 홍보	- 낙동강 살리기 - 영주댐, 보현산댐 - 대산임해산업지역 공업용수도 건설
한국철도시설공단	3차원 공정시뮬레이션	- 호남고속철도 - 수도권 고속철도
한국도로공사	3차원 주행 시뮬레이션	- 부산 외곽순환 고속도로 등
부산지방국토관리청	3차원 공정관리 및 홍보	- 낙동강 살리기

(4) 주요 시사점

- 많은 공공발주기관이 BIM의 필요성을 인식하고 있어 국토해양부의 건축정책기본계획에 따라 공공발주에서의 BIM 적용은 가속화될 것으로 보이며, 교량에 대한 BIM 발주도 진행될 것으로 예측됨. 교량 BIM 발주시 설계정보에 탄소배출량 속성을 추가하여 탄소배출량을 예측할 수 있는 근거 마련할 수 있음
- 국토해양부는 국내 건설산업에 BIM을 정착시키기 위한 국가차원의 전략을 수립하고 구체적인 로드맵과 방향을 제시함으로써, 민간 업체들이 안정감 있게 BIM을 도입할 수 있는 환경을 제공해야 함

나. 과제 관련 주요 법령, 정책 및 제도 전망 및 시사점

(1) 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)(2011년 1월 7일)

- 내용 : 기후변화, 기상이변에 대한 선제적 방재능력강화와 관련하여 첨단 U방재시스템 구축, 기후변화에 대한 관측/감시체계 강화, 도시내 방재체제 강화 등의 내용을 주요골자로 하고 있음

(2) 건설기술진흥기본계획

- 건설기술관리법의 제3조와 동법 시행령 제5조의 규정에 따라 건설교통부 장관은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 그 성과를 효율적으로 이용하도록 하기 위하여 국가에서 추진하는 기술연구 개발사업의 5개년간의 방향을 설정하는 "건설기술진흥기본계획"을 수립하고 이에 따른 세부계획을 수립하여 중점 추진과제를 설정하게 됨
- 2009년 수정된 제4차 "건설기술진흥기본계획"에 녹색건설과 관련된 내용이 추가되어 건설분야에서 탄소배출량을 줄이려는 친환경 건설과 관련된 근거를 마련함

(3) 조달청(2010)의 BIM 발주 정책 계획

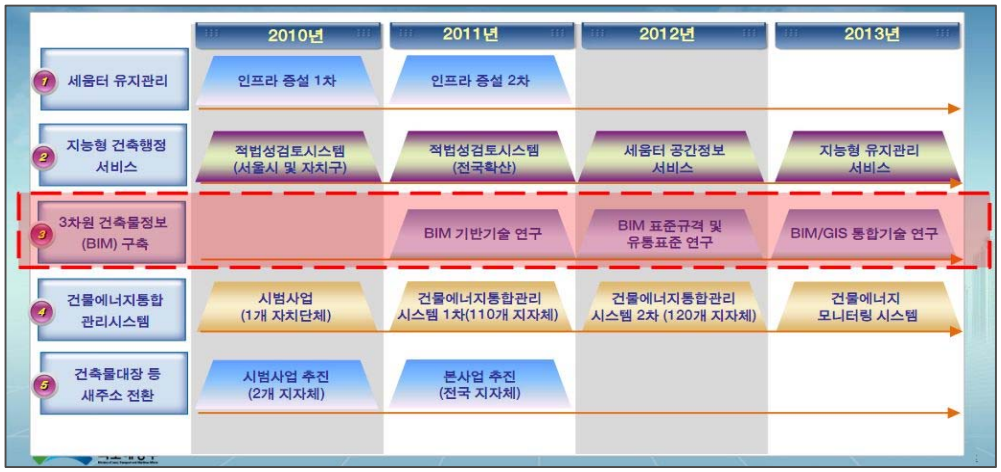
[표 2-2] BIM 발주 정책 계획

구분	연도	목표	대상 및 내용
단기계획	2010	BIM 시범발주 및 단계별 로드맵 마련	- 총공사비 500억원 이상 건축공사의 BIM 시범 발주 - BIM지침 개발(최소한의 BIM요구사항)
	2011	BIM 발주확대 및 발주기준 마련	- 조달청 설계공모 운영규정 제정 - BIM지침 개발(구체적 수준 BIM 요구사항)
	2012	턴키 및 설계공모 공사 BIM 전면 적용	- 총공사비 500억원 이상 건축공사의 BIM 전면 적용 - BIM지침 개발(발주청 활용가능 수준 BIM 품질)
중기계획	2013 ~ 2015	4D(Cost) 설계시스템 구축 통한 예산절감	- 총공사비 500억원 이상 건축 공사
장기계획	2016~	시설사업 전체로 BIM 적용 확대한 업무혁신	- 시설사업 전체로 BIM 적용 확대하여 업무혁신

다. 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

(1) 국토해양부 주요 R&D 정책

- 국토해양부에서는 2010년 9월에"국토해양 R&D 발전전략"을 수립하여 현재 추진 중에 있으며 2010년 초에 추진한 녹색로드맵 기획결과로부터 총 68개의 전략과제가 도출되어 이 중 녹색 및 탄소배출량 저감과 관련하여 우선순위가 높다고 판단되는 30개 과제를 선정하여 Green-up 30을 제시하였음(지능형 친환경 교량 분야 포함)
- 국토해양부의 2010~2013년까지의 연구과제중 3차원 건축물정보 구축분야에서 BIM 기반기술 연구, BIM 표준규격 및 유통기술연구 및 BIM/GIS 통합기술연구를 포함하고 있음(국토해양부 건축기획과, 2011)
- 국토해양부 국가정책위원회는 BIM 활성화를 위한 방안을 마련하기 위하여 BIM 정책로드맵과 표준지침을 도출하여 보급하는 한편, 데이터 표준규격 확보 및 동 규격을 활용한 라이브러리 구축을 위한 여건 조성과 관련 R&D를 통한 적극적 개발 추진력을 지원할 계획임
- 국토해양 R&D는 목적 · 수요자 · 성격 · 주체 측면에서 타 부처와 차이가 크며, 국토해양 R&D는 공공기술 위주의 시스템 R&D로서 정부의 역할이 상대적으로 중요하며 특히, 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민 삶의 질 향상 등 공공 부문의 역할이 지대하여 국가차원의 육성대책이 필요함



[그림2 - 2] 국토해양부 BIM연구과제 단계별 추진 계획(세움터 예시)

(2) 지식경제부 주요 R&D 정책

- 지식경제부에서는 2010년말에 100대 전략제품기술을 선정하였으며, 이중에"지능형 그린 구조물 관리"기술이 포함되어 있음
  - 이 내용은 교량과 같은 대형구조물의 사용환경 및 에너지소비 등 유지관리를 최적화하는 기술로써, 토목분야의 종합 구조물에 해당하는 교량구조물에 대한 내용도 이 분야와 관련 있음

(3) 국가과학기술위원회

○ 국가과학기술위원회에서 심의된 2011년 정부연구개발투자 방향(안)에서 살펴보면, 미래 신성장 동력 핵심원천기술 개발에 대한 지원을 확대할 것을 시사 하였으며, 이에 따라 건설 분야 중에서는 IT와 NT 등을 활용할 수 있는 분야에 지원을 확대하는 방안을 마련하고 있음

2. 국외 정책 동향

가. 국외 정책동향 및 시사점

(1) 과제 관련 정책동향 및 시사점

(가) 미국

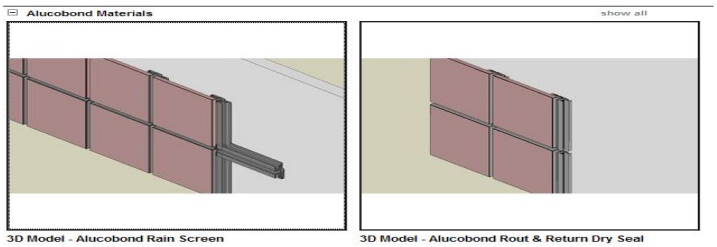
○ 미국 정부에서는 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획을 수립하고, 향후 10년간 저탄소 산업에 1,500억 달러를 투자할 계획임

○ 미국 GSA(General Services Administration)는 2006년 10월부터 설계도면을IFC기반의 BIM 모델로 제출할 것을 요구하고 있으며, 위스콘신주는 총 공사비 500만 달러 이상 사업을 대상으로 의무적으로 BIM을 적용해야하는 "Guideline & Standard"를 발표함

○ 미국 National BIM Standard(NBIMS) 제정: NIBS(National Institute of Building Science Project Committee)에서 국가표준인 NBIMS를 2007년 12월 제정한 이래로, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속화하고 있음

▪ National BIM Standard(NBIMS) 제정
  - 시설물의 생애주기 동안 정보를 생성하고 관리하기 위한 가이드

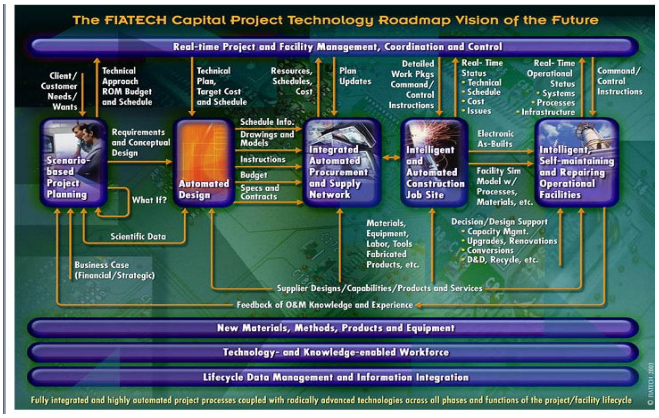
▪ McGraw-Hill 사에서는 Sweet BIM 보유·운영 서비스
  - 건설자재를 제조사별 BIM 정보를 제작 운영



[그림 2-3] Sweet BIM 예시

(출처 : products.construction.com/Manufacturer/)

▪ 미국의 경우 국립건설과학연구원(NIBS)를 통하여 BIM 도입을 위한 국가적 로드맵 및 전략을 수립하고 빌딩스마트(BuildingSmart), 피아텍(FIATech), 미국 건축가 협회(AIA)등을 통하여 BIM 기술을 개발 보급

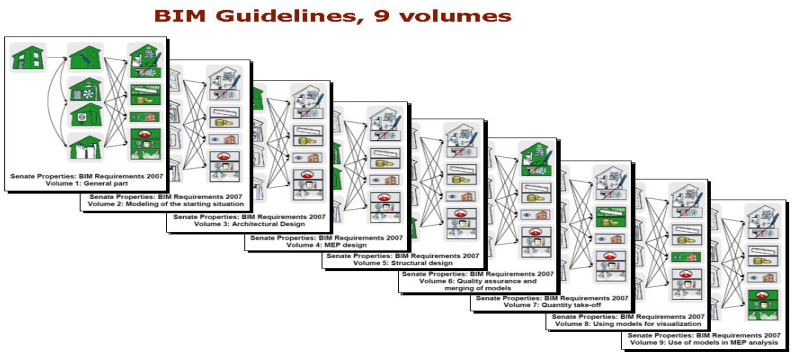
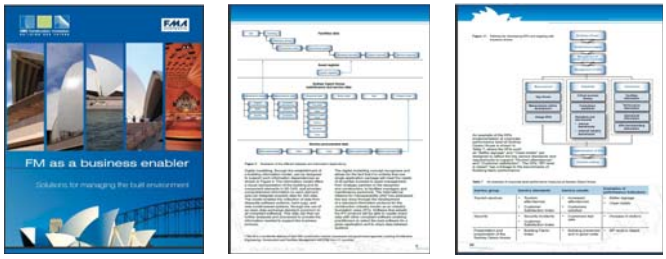


[그림 2-4] BIM 구현 로드맵

(출처 : www.automatedbuildings.com/news)

(나) 유럽 및 호주

- 북유럽의 핀란드, 덴마크 등에서 BIM 수행을 위한 각종 지침 등을 발간하여 국제 표준을 주도하고 있음.
- 또한 호주는 시설물유지관리를 위해 BIM을 도입하여 자산관리를 위한 연구를 진행 중에 있음

핀란드	▪ BIM Requirements 2007등 9권의 BIM지침 개발 - 건축설계분야에서 IFC 제출을 의무화 하는 등 개방형 BIM의 채택 (2007년)  [그림 2-5] 지침의 구성 (출처: Kiviniemi, A, BIM and IFC in Finland)
호주	▪ CRC(Cooperative Research Center)에서 시설물 유지관리를 위해 BIM 도입  [그림 2-6] 유지관리 지침 예시

○ BIM, IFC관련 정책

- 핀란드 재정부 산하 공공발주기관인 Senate Properties는 2007년 10월부터 발주사업의 성과품에 BIM 적용과 IFC 포맷 납품을 요구하고 있음
- 노르웨이는 IDM(Information Delivery Manual)을 개발하여 2007년 1건을 시작으로 2008년 5건, 2009년 15건, 2010년 이후부터 모든 프로젝트에 BIM을 적용하는 "One, Five, Fifteen, All" 계획을 발표함
- buildingSMART 독일 지부는 2007년에 BIM/IFC User Guide 개발하여 BIM 프로그램과 IFC 중립포맷을 사용하여 설계 전 과정에서 BIM 데이터를 교환하는 방법을 제공하고 있음
- 덴마크는 530만 유로 이상의 공공 발주사업에 2007년 1월부터 BIM의 채택과 IFC 포맷의 성과품 제출을 의무화하고 있음

(2) 과제 관련 주요 R&D 정책 및 시사점

(가) 미국

○ 미국 NSF(National Science Foundation) 산하의 CMS는 IT 융합 가상 건설, 에너지 절감, 친환경, 지능형 건설 기술 개발 진행

○ BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 미국의 주요 R&D 정책

- 미국 National BIM Standard (NBIMS) 제정: NIBS (National Institute of Building Science Project Committee)에서 국가표준인 NBIMS를 2007년 12월 제정한 이래로, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속화하고 있음
- 미국 OGC 활동: 미국 buildingSMART에서는 GIS분야의 국제표준화 컨소시움인 OGC (Open Geospatial Consortium)와 BIM 표준인 IFC의 연계 적용방안에 대한 연구를 수행하였음

(나) 일본

○ 일본은 고속도로의 계획, 설계, 시공, 유지관리 단계에서 발생되는 정보를 공유하기 위한 일본 표준으로 도로정보 표준모델(JHDM, Japan Highway Data Model)을 2005년 제정하여 지속적으로 확장 개발 중임

(다) 유럽연합

○ Strategic Energy Technology Plan (2008)

- 2020년까지 에너지 고효율 20% 제고, 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 사용
- 정책적 지원을 통해 조기에 글로벌 경쟁력 확보가 가능한 지속가능한 건설, 바이오제

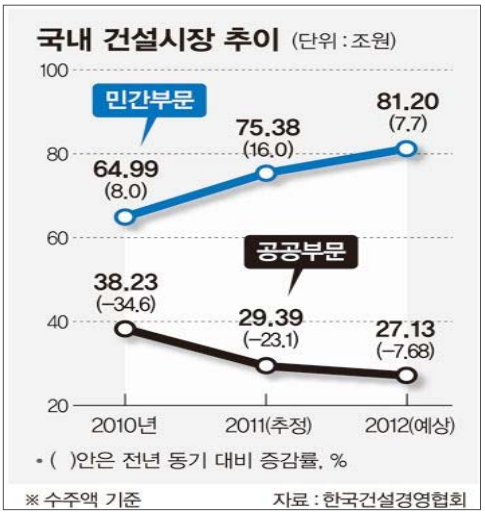
품, 자원재활용, 재생가능 에너지 등을 선도시장을 선정

- EU 제7차 Framework Program에서는 에너지, 기후변화를 포함한 환경 분야 등에 대한 내용이 포함되어 있음
- BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 EU의 주요 R&D 정책
  - EU(유럽공동체) COMBINE, COMBI 프로젝트: STEP을 이용하여 통합 건물 설계 시스템을 개발하기위해 수행된 프로젝트(최창근 등, 2006). EuroSTEP이나 STAND-INN 프로젝트 등을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 동일 라이브러리의 생성 방안 등을 유럽 여러 나라가 참여하는 프로젝트 형식의 연구를 수행함
  - 핀란드 buildingSMART: HUT-600 (Helsinki University of Technology Auitorium Hall 600)프로젝트를 통해 17개월 동안 설계와 시공을 동시에 진행하면서 IFC의 적용 여부를 시험함
  - 노르웨이 buildingSMART: 빌딩 건설시 각 프로세스와 IFC 모델을 연결하는 방법 제시하고 있음
  - 독일 buildingSMART: IFC를 사용하여 분야간 데이터 호환성을 확보를 통한 설계단계부터 시공단계를 거쳐 CAFM에 전달하기까지의 전 과정에서 생성된 정보의 통합 관리 방안을 제시함

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 건설 및 건설IT융합 시장

- ‘2012년 국내 건설시장은 주택시장 회복세에 힘입어 소폭 성장할 것으로 전망[1)]
- 자료에 따르면 2012년 국내 건설 수주액이 올해보다 3.4% 증가한 108조3000억원으로 예상[2)]



[그림 2-7] 국내 건설 시장 추이

- 공공부문 수주액은 4대강 사업 마무리와 사회간접자본(SOC) 예산 감소로 올해보다 7.68% 줄어든 27조1000억원, 민간 부문 수주액은 7.70% 늘어난 81조2000억원으로 예측
- 민간부문 회복세는 지방 분양시장 열기가 수도권으로 점차 확산할 것이라는 예상에 따른 것으로 올해보다 9.2% 증가한 37조3000억원으로 전망
- 공공부문은 평창 동계올림픽 개최를 위한 철도와 도로 등 인프라 공사 발주로 하락폭이 크지는 않을 것으로 관측

- 국내외 건설 산업은 신기술과 신개념 및 사용자 편의성의 혁신을 통해 고부가가치, 첨단IT를 중심으로 하는 새로운 산업으로 전환, 시장 규모를 확대 중
  - 건설 산업이 친환경과 에너지 효율화, 지능화 등의 추세를 보이며 IT기술 활용 범위가 확대
  - 향후 건설IT융합 시장은 생산성 향상과 유지관리 및 에너지 절감, 기후변화협약에 대응, 친환경 기술 등에 대한 수요 증가와 함께 거대 시장으로 확대될 전망
  - 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지 절감 및 친환경, 신소재 등 건설IT융합 시장을 통한 고부가가치 시장을 중심으로 가속적 성장이 기대

1) 한국경제. 2011.10.27. ‘내년 국내 건설시장 공공부문↑민간↓. 박한신 기자 hanshin@hankyung.com
2) 2011.7.20., 김선덕 한국건설경영협회 건설산업전략연구소장, '2012년 건설시장 환경변화와 대응 발표회'

○ IT 산업은 우리나라의 국가경쟁력 제고를 위한 전략 산업으로, IT 기술 융합을 통해 새로운 고부가가치 시장 창출에 대한 기대가 높음

- IT와 건설 산업의 융합을 통해 신규로 창출되는 시장은 2015년 약 60조 원으로 증가할 것으로 전망

[표 2-3] 우리나라의 IT+건설 융합 시장 규모 전망

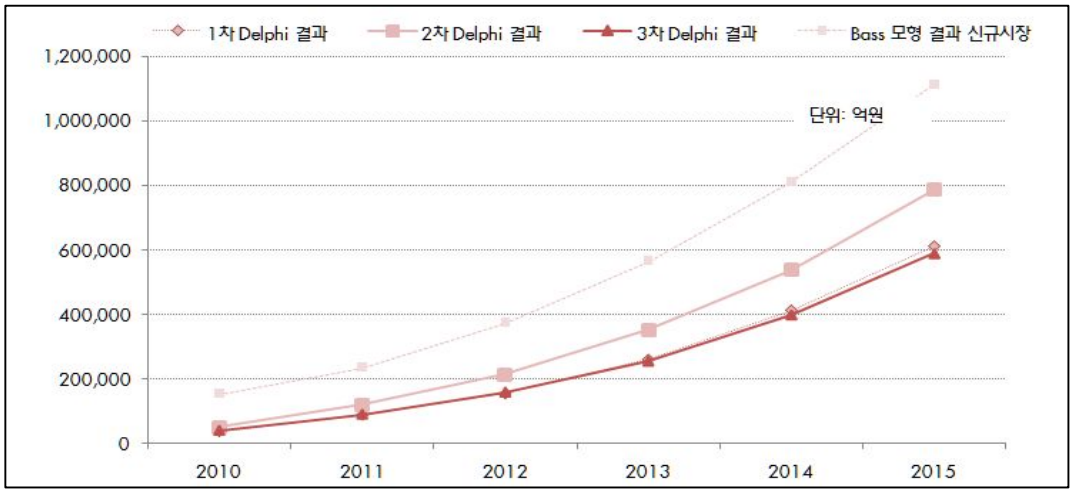
(단위 : 억 달러)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건축자재 시장	7,414	18,699	34,639	61,609	101,837	160,526
건축시장	25,691	63,990	111,383	187,213	295,394	429,824
- 건설설비 부문	6,399	25,671	45,021	75,444	118,070	175,012
- 건설시공 부문	16,292	38,319	66,363	111,769	177,324	254,812
건물 에너지 제어 및 관리 시장	65	142	235	347	488	681
u-city 시장	1,137	1,537	2,021	2,525	3,194	4,073
계	34,307	84,368	148,278	251,694	400,913	595,104

* 기존 건설 시장 외에 IT 융합을 통해 신규로 창출될 시장의 규모임
* 자료 : 조충호, "건설-IT융합 시장 전망", 건설-IT 융합 기술시장 전망 세미나, 2010. 3. 3.[3]

○ 한편, 건설IT융합지원센터 시장예측[4]을 위한 3차에 걸친 Delphi[5] 및 Bass 모형[6] 조사 결과 건설-IT 융합 시장 규모는 건축자재, 건설설비, 건설시공, 건물 에너지 제어 및 관리, u-city 분야의 IT융합을 통해 생성되는 신규 시장의 규모가 상한선으로 설정한 Bass 모형이 가장 높은 전망치가 추정되었으며, 그 다음으로 2차 Delphi, 1차 Delphi, 3차 Delphi 순이었음

- 시장 규모에 대한 최종 3차 Delphi 전망을 살펴보면, 2012년 16여 조원, 2013년 26조 6천여억 원, 2014년 40조여 원, 2015년 59조 1천여억 원의 규모로 성장할 전망임



[그림 2-8] 건설IT융합을 통한 신규 시장의 성장 전망치 비교

3) 10대 산업별 IT융합 현황 리포트 시리즈. IT융합 산업 동향과 개발 전략-건설. IT+건설 융합산업. BIR
4) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과
5) 마이크로소프트 윈도 응용 프로그램을 위한 통합 개발 환경
6) 상품의 과거 매출 실적을 기초로 하여 한 제품군의 미래 매출을 예측하는 모형

[표 2-4] 건설IT 융합 시장 규모 전망 종합

(단위 : 억원)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1차 Delphi 결과	40,120	91,318	156,765	262,203	413,947	611,332
2차 Delphi 결과	51,224	120,621	215,205	353,760	539,182	787,516
3차 Delphi 결과	40,502	90,857	159,785	256,136	400,109	590,695
Bass 모형적용 결과	154,159	236,611	373,768	565,629	812,197	1,113,468

* 참고) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과. 고려대학교 조충호 교수

- 각 부문별 전망치를 비교하여 최종 3차 Delphi 결과를 종합[7], 건설IT융합을 고려한 건설시장의 규모 전망치를 대장 특히 건상 부분별로 비교해보면, 건축시설설비 부문의 시장 규모가 가장 크게 증가될 것으로 전망되었으며, 그 다음으로 건설시공 부문, 건축자재 시장 부문임

[표 2-5] 건설IT 융합 시장 규모 전망 종합

단위: 억원

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건축자재 시장	5,656	13,676	27,269	46,175	73,956	113,539
건축시장	28,381	69,890	124,170	200,282	314,771	463,588
- 건설설비 부문	15,847	39,794	71,622	118,561	185,552	274,736
- 건설시공 부문	12,534	30,097	52,548	81,721	129,219	188,852
건물 에너지 제어 및 관리 시장	69	164	294	459	685	996
u-city 시장	6,395	7,127	8,052	9,221	10,698	12,572
계	40,502	90,857	159,785	256,136	400,109	590,695

* 참고) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과, 고려대학교 조충호 교수

- 전체 건설 및 건설IT융합 시장에서 창출되는 건설IT융합 시장의 점유율 비교
  - 각 부문별로 IT융합을 통하여 창출되는 신규 시장의 전체 시장 대비 점유율을 비교하여 보면, 건설 설비 부문과 시공 부문을 합하였을 경우 건축시장에서 IT융합 시장의 점유율이 가장 높을 것으로 전망되며, 다음으로 건물 에너지 제어 및 관리시장. 건축자재 시장 순임[8]

[표 2-6] IT융합을 통하여 창출되는 신규 시장의 전통적 건설시장에 대한 점유율 비교

단위: %

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건축자재 시장	1.7%	3.6%	6.1%	8.8%	11.8%	15.0%
건축시장	2.8%	6.4%	10.2%	14.1%	18.2%	21.1%
- 건설설비 부문	1.6%	3.5%	5.5%	7.9%	10.6%	13.4%
- 건설시공 부문	1.2%	2.7%	4.1%	5.6%	7.7%	9.6%
건물 에너지 제어 및 관리 시장	2.2%	4.7%	7.6%	10.6%	13.9%	17.6%

* 참고) 건설IT융합지원센터 1차년도 결과, 고려대학교 조충호 교수

7) 전통적인 건설시장 규모를 Lower Bound로 하여 장기예측과 잠재수요의 크기 등에 대한 설명력이 높은 정량적인 시장조사 방법론인 확산 모형-Bass(Upper Bound)와 Bandwagon effect를 줄이고, 전문가들의 피드백을 통해 의견을 수렴하는 정성적인 방법인 델파이법(규모 조정)을 혼용하여 시장규모 예측

8) u-city시장의 경우 그 자체가 IT로 인하여 창출되는 신규 시장이므로, 점유율 비교에서 제외

2. 세계 건설 및 건설IT융합 시장

- ‘Global Construction’에서는 세계 건설시장 규모를 2008년 기준 약 7.5조 달러에서 매년 평균 4.6% 성장을 이루며 2020년 12.7조 달러로 전망
- 자료에 따르면, 건설IT시장 규모는 2012년 기준 약0.3조 달러에 이를 것이며, 매년 4.77% 성장할 것으로 전망

[표 2-7] 세계건설시장 규모 및 전망

(단위 : 억 달러, %)

구분		2008년	2020년	연평균성장률
세계 건설시장		75,000	127,000	4.5
	선진국	42,000	57,000	2.6
	신흥국	33,000	70,000	6.5

* 자료 : Global Construction Perspectives & Oxford Economics, Global Construction 2020, 2009.11. 산업은행. 김정범 수석연구원. 해외 건설시장 현황

[표 2-8] 세계 건설IT융합 시장 규모

(단위 : 억 달러, %)

구분	2009	2010	2011	2012	2013	연평균성장률
세계 건설IT융합 시장 규모	2,530	2,640	2,770	2,890	3,048	4.77%

* 자료 : 전경련, ‘주요 선진국의 산업 IT 융합정책 비교분석 및 시사점’, 2009.12.30.

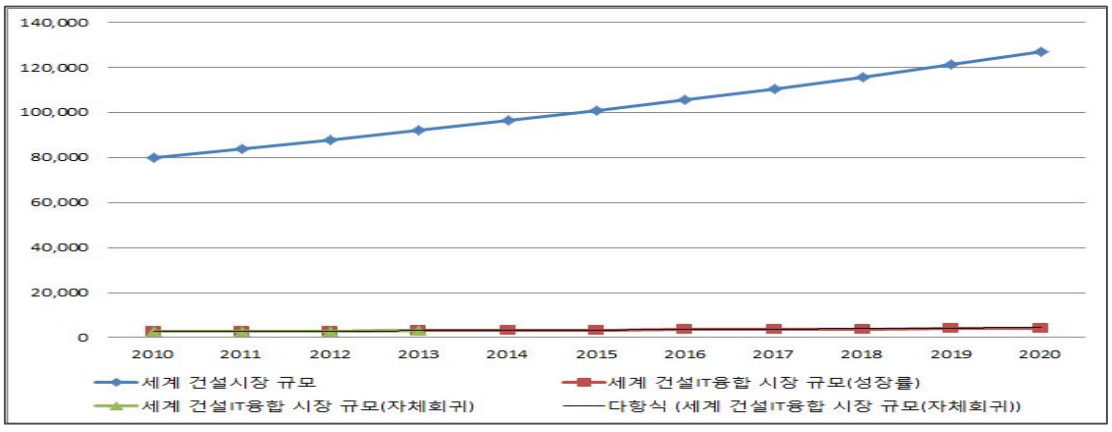
- 세계 건설 및 건설IT융합 시장을 각각의 성장률(4.5%, 4.77%)을 바탕으로 예측하면 2020년 12.7조, 0.41조 달러로 예상됨. 또한 자체 회귀방법으로 2020년까지 세계 건설IT융합시장을 예측하면 시장 규모는 0.45조 달러로 예상됨

[표 2-9] 세계 건설 및 건설IT융합 시장 규모 예측

(단위 : 억 달러)

구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
세계 건설시장 규모 (성장률 4.5%)	96,344	100,884	105,637	110,615	115,827	121,285	127,000
세계 건설IT융합시장 규모 (성장률 4.77%)	3,193	3,346	3,505	3,673	3,848	4,031	4,224
세계 건설IT융합 시장 규모(자체회귀)	3,208	3,384	3,575	3,779	3,998	4,230	4,476

* 건설IT융합시장 자체 회귀 : (R2=0.9987), 7x2+99.4x+2536



[그림 2-9] 세계 건설 및 건설IT융합 시장 추이

3. 국내 BIM 시장 현황 및 예측

ㅇ 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 시장은 4~5천억원 규모의 매출을 보이며, 2009년을 기준으로 4.7% 성장률을 보이고 있음. 2011년 매출은 5.3천억원 규모로 예측됨

- 각 분야별 매출 규모를 살펴보면, 리버스 분야(3차원 스캐닝, 스캐너, S/W(래피드폼, 지오매닉, 폴리웍스, 프리폼)가 급성장하고, 2D에서 3D캐드로 급전환중인 기계설계분야인 MDA 분야는 2009년 대비 1.7천억원 매출을 올리며 14.6% 성장세를 보임
- 한편, 공공 및 민간건설 분야 물량감소로 어려움을 면치 못하는 AEC분야는 BIM 산업화를 대응하기 위한 다양한 움직임이 예상됨. 이는 BIM 사업 영역 확대 및 컨설팅, 용역서비스 증가, 저가형 범용 캐드를 대량 공급하는 등 드러나는 BIM 생태계 구조에 적응하는 양상으로 보임. 2009년 대비 성장률은 감소했으나, 정부주도 BIM 활성화에 따라, 앞으로 매출 규모는 2010년 이후 상당히 늘어날 전망

[표 2-10] 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출 현황

(단위 : 백만원, %)

분야	2009 매출	2010 매출	전년대비 성장률	2011 매출
MDA	149,337	171,166	14.6%	196,705
PDM	74,109	83,245	12.3%	97,023
CAE	64,370	64,547	0.3%	77,529
CAM	28,594	31,733	11.0%	44,279
AEC	117,702	102,491	-12.9%	113,909
리버스	2,750	4,000	45.5%	5,200
총계	436,864	457,185	4.7%	534,647

참고) CAD & Graphics 2011.2. p98

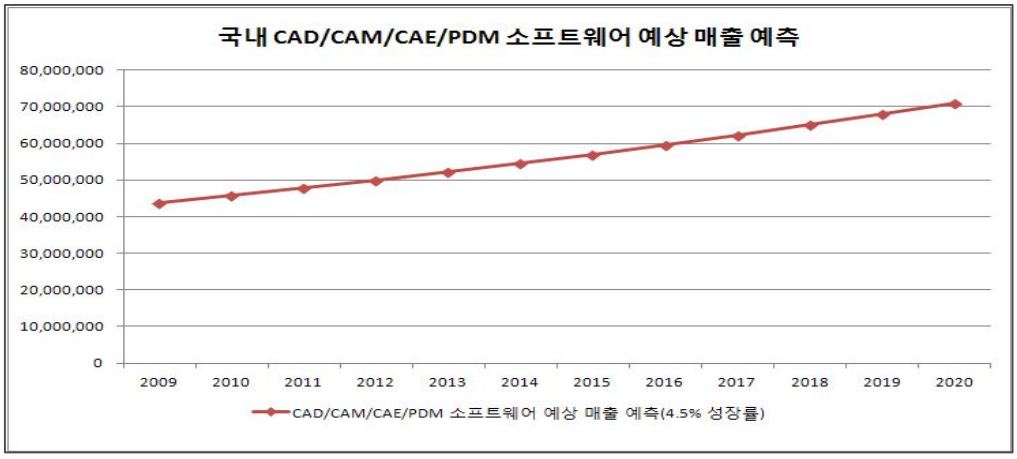
ㅇ 미래 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출을 2010년 460,000(단위: 백만원) 기준 4.5%성장률을 고려하여 예상 매출을 예측하면 2015년 600,000(단위: 백만원), 2020년 700,000(단위: 백만원) 규모의 시장으로 예상됨

[표 2-11] 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출 예측

(단위 : 백만원, %)

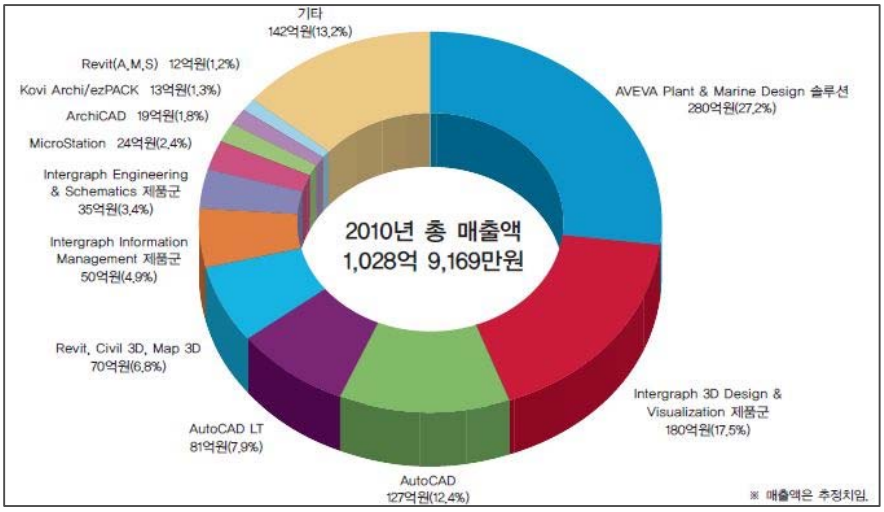
연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014
총계	436,864	457,185	477,758	499,257	521,724	545,201
연도	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
총계	569,735	595,373	622,165	650,163	679,420	709,994

참고) CAD & Graphics 2011.2. p98, 자료 가공



[그림 2-10] 국내 CAD 분야 소프트웨어 예상 매출

- CAD/CAM/CAE/PDM 시장 중 AEC(Architectural Engineering Construction) S/W 시장은 90% 이상을 특정 외산 S/W가 점유[9)]
- 국내 주요 AEC 분야 S/W별 세부 시장을 살펴보면 'AVEVA Plant & Marine Design 솔루션(27.2%), Intergraph 3D Design & Visuallzation 제품군(17.5%), AutoCad(12.4%), AutoCAD LT(7.9%), Revit, Civil 3D, Map 3D(6.8%)'등의 순으로 점유하고 있음]
- 특히, 오토데스크사의 제품군(AutoCad, AutoCAD LT, Revit,)이 대부분의 시장을 점유하며 ArchiCAD, Kovi Archi, ezPACK 솔루션도 전체 시장의 3%를 점유함



[그림 2-11] 주요 AEC 소프트웨어별 시장 점유율

○ BIM이 알려지기 시작하면서부터 건설사, 설계사, 건설 IT 회사 등의 BIM 용역수행이 꾸준히 증가하고 있음

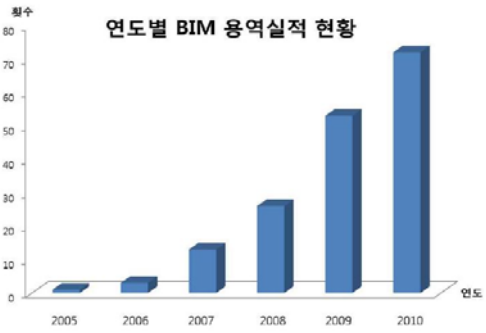
- 2005년에 1건을 시작으로 하여 국내에 BIM이 본격적으로 도입된 시점인 2008년 26건, 2010년에는 72건으로 2005년도 대비 720% 2008년도 대비 약 280% 상승하였음(그림 1 참조)

9) "건설IT 융합기술 개발전략", p.9, 2008. 7.18. ETRI

- 공공발주의 경우 2008년 3건 국방부 발주를 제외한 총금액 약 3,200억원, 2009년 4건 총금액 약 6,600억원, 2010년 5건 총금액 9,336억 원으로 해마다 상승하고 있음
- 2010년 BIM용역 실적 72건 대비 9,336억의 공공발주금액을 기준으로 프로젝트 증가 추이를 비교하면 2018년 BIM공공발주는 3,257건으로 총금액은 422,324억으로 증가할 것으로 전망됨(그림 2-11 참조)



[그림 2-12] 한국과 미국의 BIM 프로젝트 증가 추이(이강 2011)



[그림 2-13] 연도별 BIM 용역 실적 현황 (* 출처 : 빌딩스마트코리아, 2011)

- 정부는 4대강사업의 입찰안내서에 실시설계 적격자의 요건으로 공정과 연계한 3차원설계와 시뮬레이션 및 사업관리를 하도록 명시함으로써 BIM도입을 통한 BIM시장 활성화가 예상됨
- 조달청에서는 2012년부터 500억 원 이상 공공발주 사업에 BIM 적용이 의무화할 예정이고, 한국도로공사 등의 3D설계지침 구성 등으로 토목분야 대표적 공종인 교량시공분야의 BIM 적용은 확대될 것으로 예상됨
- BIM을 적용한 건설사를 대상의 설문조사에 따르면, 2008년 간섭검토만이 거의 이용되었으나, 2010년대에는 간섭검토이외에 공정관리, 견적산출, 도면생성, 구조해석의 기능이 활발히 활용되고 있는 것으로 조사됨.
- 한국전력 거래소는 향후 평가기준을 개발, 시공사 선정 과정에서 BIM 활용능력을 평가요소로 산입하며, BEMS, FMS 도입 추진 및 발주처 자체 인프라 구축 및 사용자 교육을 통해 유지관리 시 BIM을 활용할 계획이라고 밝힘
- 시설물 유지관리 시장은 향후 건설경기 변화뿐만 아니라 그 동안 축적되어온 시설물의 보유량 및 관련제도 변화에 큰 영향을 줄 것으로 예상되며, 시설물 보유량 측면에서 볼 때 향후 시설물 유지관리 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상됨
- 교량의 경우 2009년 8월 기준으로, 1990년대 이후 지어진 구조물의 비중이 80% 이상이며, 세부적으로 검토하면 구조물 경과년수가 15년이 안 된 경우가 도로교량 54.1%, 철도교량 54.2% 등으로 이는 향후 중/장기적으로 교량에 대한 유지관리 수요가 더 빠르게 성장할 것으로 예측됨
- 우리나라현재로서는 2020년을 전후해서 1990년대, 2000년대에 급증한 교량 시설물의 유지관리 수요가 매우 빠른 속도로 증가 예상됨

4. 세계 BIM 시장

- 조립 및 제조와 관련된 모든 산업 분야와 연계된 CAD시장은 그 범위가 매우 광범위하며 기술개발 증가로 끊임없이 성장 및 확대, 매출 증가로 이어지고 있음
- 세계 모든 주요 산업과 연계되는 CAD시장은 경기침체에 영향을 받으나, 툴의 판매량 증가는 꾸준히 늘어나는 추세를 보임(2007년 52억 달러, 2008년 60억 달러, 20~15% 증가)

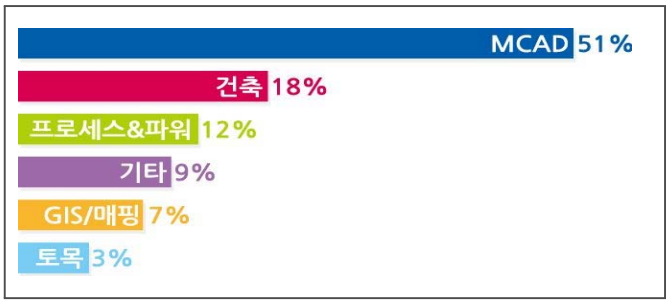
[표 2-12] 세계 CAD시장 매출 현황

(단위 : 100만 달러)

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
4,362	5,235	6,025	6,609	7,072	7,567	8,210

출처 : JPR, CAD&Graphics. 2008.11

- 조사에 따르면 전체 시장은 2009년 66억달러에서 2012년 82억달러임. 분야별 점유는 MCAD(51%), 건축(18%)등의 순으로 시장 점유율을 보임. 특히 건축 및 토목분야는 전체 CAD시장의 21%를 점유함



[그림 2-14] 세계 CAD/CAM/CAE/PDM시장 구성률

출처: JPR, CAD&Graphics. 2008.11

- 한편, 세계 CAD시장을 2013년부터 연평균 성장률 10%로 가정하여 매출 규모를 예측하면 2015년 110억 달러, 2020년 176억달러로 전망됨
- 또한, 2015년 이후 세계경제 경기 상승으로 CAD서비스(패키지, SI, 서비스 등) 수요물량 증대로 인한 매출증가라는 시나리오를 선정하고, 자체회귀를 통한 곡선 추정방법으로 매출 규모를 예측하면 2015년 113억달러, 2020년 255억달러로 전망됨

[표 2-13] 세계 CAD시장 매출 예측

(단위 : 100만 달러)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9,031	9,934	10,928	12,020	13,222	14,545	15,999	17,599

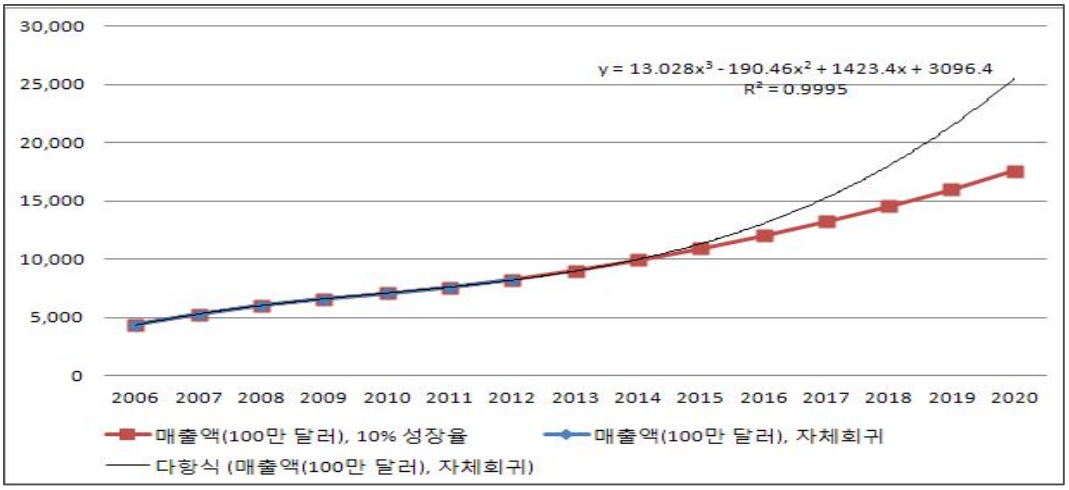
참고: 2006~2012년 자료 가공

(단위 : 100만 달러)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8,964	9,977	11,312	13,048	15,263	18,035	21,443	25,563

자체 회귀 : (R2=0.9995), 13.028x3 - 190.46x2 + 1423.4x + 3096.4

참고: JPR, CAD&Graphics. 2008.11, 2006~2012년 자료 가공



[그림 2-15] 세계 CAD 분야 시장예측 추이

○ 주요 시사점

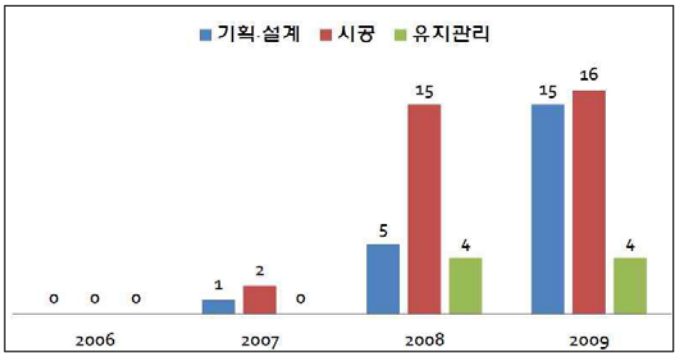
- 전체 CAD/CAM/CAE 중 토목설계자동화 규모는 약 10%를 차지함
- 건설구조물의 3D 모델링을 위한 BIM 소프트웨어 시장의 대부분을 Autodesk사의 "Revit", Graphisoft사의 "ArchiCAD" 및 "Bently"가 점유하고 있음
- BIM(Building Information Model)은 IFC(Industrial Foundation Classes)와 같은 국제적인 정보표준체계로서 최근 미국의 건축가협회, 건설회사, 소프트웨어업체 등의 다양한 관련 기관 및 업체들이 수년간의 공동연구와 시범사업을 통하여 BIM을 표준 건설정보체계로 공표한 바 있음
- 2008년 미국 맥그로힐사의 미국 건설업계의 BIM 활용도 조사에서 BIM 경험이 있다고 대답한 응답자가 48%로 전년도 대비 75% 증가한 것으로 볼때 국외 BIM 시장은 국내보다 급속도로 확대되고 있음
- BIM이 적용되는 토목공사의 약 70%가 교량공사임 (미국 맥그로힐(McGraw-Hill)사 조사 / 2008년)
- 2009년 "스마트마켓 리포트"에서 미국 전역의 건설산업 종사자를 대상으로 미국의 BIM 도입 현황을 조사한 바, 대부분 지역에서 BIM 도입 현황이 50%이상으로 높은 수준인 것으로 조사됨
- 또한 미국 및 유럽의 기업 내 프로젝트 BIM 적용 비율 추이를 분석한 결과 프로젝트에 BIM 적용 비율이 점차 높아짐으로써 BIM 도입이 활성화될 것으로 예상됨

3절. 기술동향분석

1. 국내 기술동향

가. 국내 기술동향 및 전망

- 최근 국내 건설 IT융합시장 규모가 빠르게 증가하고 있으며 특히 BIM기술을 활용한 기반 및 응용연구가 증가하고 있는 추세이나, 현재의 BIM기술은 설계, 시공단계 위주로 활용되고 있음
- 토목분야에서 BIM활용이 나타나고 있으나, 대부분 공정관리 및 시뮬레이션, 홍보 목적으로 활용하고 있음. 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 활용은 3차원 형상 및 공정관리 정보모델에 일부 속성을 추가하면 가능한 부분이 있음.
- 국내의 경우 서해대교, 영종대교, 광안대교, 인천대교와 같은 대형 교량들에서는 체계적인 유지관리와 안전성 평가를 위하여 전산화된 유지관리시스템 및 계측시스템이 구축되어 운영 중이며 이와 같은 실시간구조안전감시(Structural Health Monitoring: SHM) 시스템은 기존의 인력에 의한 현장 분석 방식을 센서를 통한 실시간 계측방식으로 전환함으로써 점검자의 주관적 판단을 최소화하고 과학적 판단이 가능하도록 하는 것을 목표로 함
  - 국내에서 교량의 설계에 BIM을 적용한 사례는 찾아 볼 수 없으며 2008년 이후 청풍대교, 적금-영남 현수교, 세종시의 금강2교 및 최근의 이순신대교 등의 특수교량을 대상으로 BIM을 적용하였으나 시공사의 연구 차원에서 부재의 간섭 검토나 공정 시뮬레이션 수준에 머무르고 있음
  - 건설IT 융합분과에서 발표한 자료에 의하면 지능형 건설기술은 선진국의 대비 67%, 건설-인프라 기술은 63%, 에너지 절감/친환경 건설 및 신소재기술은 50%로 선진국 대비 국내의 기술수준은 낮은 것으로 나타났음



[그림 2-16] 국내 BIM 연구 현황

  - 2010년 롯데건설에서는 3D 입체 모델을 효과적으로 운영할 수 있는 온라인 협업시스템 'BIM-COPIMS'를 개발하여, 입찰, 수주 및 시공단계에서 현장과 본사, 협력업체 등 관련

참여주체들이 정보를 공유하고 활용할 수 있도록 하였음

- 2010년 쌍용건설에서는 세계최초로 건설현장에 아바타를 활용한 '5D BIM' 기술을 기반으로 3D 동영상 속에서 현장을 점검하는 기술을 개발함. 이를 기반으로 호남고속철도 4-2구간(9.38km)에 활용됨.

나. 구성기술의 국내 기술동향 및 전망

- 국내의 BIM활용 수준은 초기단계이며, 국방부, 토지주택공사, 행복청, 철도도시공단 등의 개별적인 3차원 설계발주 사례가 증가하고 있음에 따라 SOC 분야에 BIM도입을 위한 기준, 표준 및 기술개발이 필요함
- 국회 국토해양위는 BIM 활성화 정책토론회(2010.09.11)를 열고 '03년 이후 완공사업24개를 기준으로 착공시 대비 사업비는 30%증가, 사업공사기간 장기화의 문제점을 개선하기 위한 방안으로 3차원설계 등 BIM기술도입을 검토함
- BIM을 도입하면 사업비 30%절감으로 국가 재정 집행 시 효율성이 증대되고, 투명한 생애주기 관리를 통해 건설 프로젝트의 사업기간을 현재수준 대비 25% 단축을 전망함에 따라 초기 지속적 투자가 필요함
- 교량을 구성하는 모든 BIM 정보항목으로부터 설계, 시공, 유지관리 각 단계에 필요한 정보를 공유하고 활용하기 위해 교량 형식에 기반 한 IFC[10], IFD[11], IDM[12], MVD[13] 등의 요소기술 개발이 필수이며, 이를 활용하기 위한 응용 및 연계기술에 대한 국내 원천기술이 필요함
- 국내 BIM 소프트웨어 개발사로 오토데스크코리아, 벤틀리시스템즈코리아, 베이시스소프트 및 한국가상현실, 버츄얼빌더스가 있음
  - 버츄얼빌더스는 국내 유일의 BIM 저작도구인 ArchiSpace, 3D GIS 플랫폼인 UrbanSpace를 개발하였으며, 순수 국내기술로 BIM-IFC 호환엔진인 Khan IFC Browser를 개발하였음(버츄얼빌더스, 2011)
  - 그 이외의 국내 업체는 디디알소프트로 BIM 기반 건설현장용 설계검토 및 협업도구인 XDSpace, 재난상환 3D 모델링 통제시스템인 DICOS, 도면 작성관리시스템eVISO를 개발하였음(디디알소프트, 2011)
- 국내외 3차원 설계정보 활용현황은 국외에 비해 도입단계에 머물러 있음. 주로 민간 및 건축부문을 중심으로 도입 및 적용성 검토를 위한 프로젝트가 추진되고 있으며, 관련 기술과 제도 기반이 마련되지 못한 관계로 적극적인 활용은 미흡한 상황임. 특히 토목공사 분야의 BIM적용은 건축 분야와 달리 기초적 수준에 머물러 있음

---

10) 건설산업의 응용소프트웨어 간 데이터의 공유 및 교환을 위한 국제 표준(IFC : Industry Foundation Classes)
11) ISO12006-3(Framework for Object-oriented Information Exchange)표준을 따르는 국제표준기술로서 건설분야 공통의 용어사전(Terminology Library) 혹은 온톨로지의 집합 (IFD : International Framework for Dictionaries)
12) IFC기반의 BIM을 대상으로 건설단계 및 분야별 정보 유통과 조달에 관한 요구정보 및 프로세스를 정의함으로써 IFC의 실무적용성을 높이기 위해 개발된 매뉴얼 (IDM : Information Delivery Manual)
13) 소프트웨어 벤더와 사용자에게 IFC 기반의 데이터교환 능력을 제공하기 위한 참조문서(MVD : Model View Definition)

다. 구성기술별로 국내 보유 기술 현황 및 연구개발 동향

(1) 국내 업체보유기술

[표 2-14] 국내업체 보유 기술

업체(국가)	보유 기술	기술 특징	적용 효과
㈜에스제이인포텍 (대한민국)	SGML기반의 Mobile Access기술 Class 5의 IETM엔진 Hy Time 엔진	모바일기반의 전자매뉴얼 구성으로 시공간적인 제약을 벗어난 협업가능 독립적인 운영성과 호환성을 제공하고 멀티미디어 정보의 유연성 확보	
매크로엔지니어링 (주)	인터넷 기반의 WEB형 전자매뉴얼 XML기반의 전자문서 표준 체계 수립 CALS 표준의 전자매뉴얼	인터넷 기반으로 시스템의 설치, 이용, 관리 및 업데이트가 용이하고 표준체계에 따른 정보축적으로 공유 및 재활용이 가능	
더블유공간정보기술(대한민국)	스마트폰기반의 증강현실	현장내에서 즉각적인 공사검증이 가능한 모바일 기반의 증강현실 구조물 관리 기능	
쌍용 (한국)	BIM 공사관리 통합관리시스템	3차원 토공관리, 가상현실 안전관리, 장비 운영	
지오엔티 (한국)	토목분야 4D CAD	토공시뮬레이션기능 등 독자적 BIM엔진 개발	

(2) 국내 기관 연구개발

[표 2-15] 국내 기관 연구개발 현황

기관(국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물
건설교통부(한국)	시설물 재해정보관리	재해 취약시설물에 관한 정보를 분류하고 문서 구조를 분석하여 XML기반 전자문서체계로 구성	
국토해양부(한국)	도시재생사업 전자매뉴얼	도시재생 사업 시 의사결정에 필요한 갈등사례 및 의사결정 거버넌스 정보를 서로 연계하여 제공하는 전자매뉴얼 구성	
중앙대학교 (한국)	Bridge Expert Station	- 교량의 전문가시스템 개발을 위한 아키텍쳐 구성 및 예제 지시	
경상대학교 (한국)	멀티미디어 기술을 연계한 건설관리 정보화용 4D시스템 개발	- 2003년 건설 핵심기술연구개발 사업으로 “멀티미디어 기술을 연계한 건설관리 정보화용 4D 시스템 개발” 과제를 통하여 각종 지형 표현의 시각화 표현 방법론과 기능구현을 위한 기반기술을 정립	
동명대 (한국)	LccSteb 교량유지관리시스템	- 철골교량 설계단계 최적 유지관리 기능 - 인터넷 환경의 중앙데이터베이스 구축	

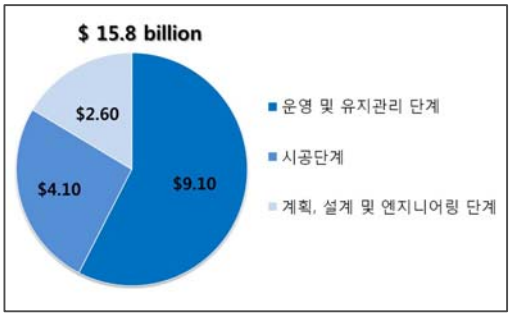
(3) 관련 국가연구개발사업 과제를 제시하여 과제 중복성을 검토함

- 탄소배출량 예측 사업은 선행 국가 연구개발 사업이 없음

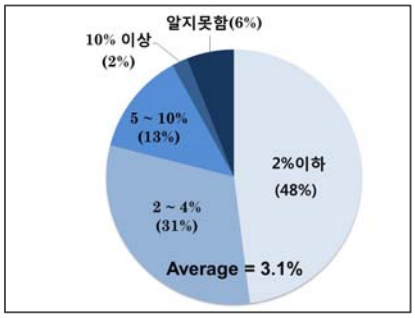
2. 국외 기술동향

가. 본 과제와 관련된 국외 기술동향 및 전망

- 유럽의 경우에는 BIM 활용 효율화를 위하여 모델 작성의 표준화를 중시하며, BIM Solution을 확장한 5Di Solution을 개발을 통해 설계단계부터 엔지니어링, 제조, 건설, 운영, 유지보수 단계까지 모든 단계에서 수준 높은 건설 프로세스 통합
- Autodesk사와 Bentley가 주도하는 BIM 소프트웨어 시장에서 TEKLA는 접합부 상세 표현에 중점을 두어 차별화. 또한, 경쟁사 프로그램과의 상호 호환성을 높였고, Allplan의 경우 설계에서 시공까지 동일사의 프로그램을 이용이 가능하며, IFC를 통하여 다른 소프트웨어와 호환성을 증진시킴
- 아래와 같이 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입 필요

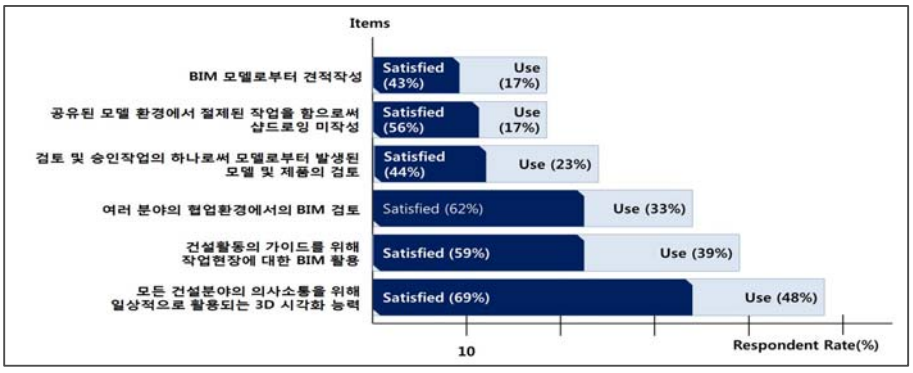


[그림 2-17] 건설생애주기간 상호운용성 미비로 인한 비용 손실액(NIST, 2007)



[그림 2-18] 비호환성으로 인한 경제적 손실비용(McGraw-Hill Construction, 2008)

- BIM의 도입을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 절감도 가능하게 함



[그림 2-19] BIM 활용에 의한 건설 프로젝트에서의 실효성

- 교량에 대한 표준 데이터 모델의 개발은 현재 대학이나 국가 연구기관에서 진행 중에 있으며, 실무에 활용가능한 수준의 모델로 완성되고 있지는 않은 상황으로 실용화를 위한 표준 데이터 모델에 대한 연구개발이 필요함

○ 미국 GSA는 설계납품시 BIM 포맷으로 납품하도록 의무화. McGraw-Hill 社의 보고서(2008)에 의하면 미국 토목공사의 약 70%가 교량공사로 보고된 사례를 보면 토목분야에서 교량공사가 BIM을 적용하기에 적절한 구조물임을 알 수 있음.

○ 유럽은 북유럽을 중심으로 체계적으로 BIM을 확산시켜가고 있음

- 국외 유사 시스템 연구 동향을 살펴보면 4D CAD시스템은 4D객체의 순수기능보다 건설통합시스템 위주로 개발하는 사례들이 많으며, 4D기능은 3D도면에 의한 물량산출 및 구조해석 통합 기능 등과의 연계에 중점을 두고 있음
- 특히 공정관리의 실무적 활용성이 높은 진도정보의 시각화 기술은 매우 미흡한 수준으로 파악되고 있으며, 가상적 객체가 갖는 한계를 감소시킬 수 있는 Telepresence, 증강현실, 3D입체영상 관련 연동체계 및 BIM 연동 시스템의 개발사례는 없음

나. 구성기술과 관련된 국외 기술동향 및 전망

(1) 국가별 구성 기술별 현황 및 전망

○ 현재까지 Naviswork, Plant-4D, Project 4D, VPS, 4D Suite 등 해외 시스템의 경우 건축시설용 4D객체 중심의 일부 상용화된 사례들이 있으나, 이는 단순 시뮬레이션위주의 구성되어 있어 자연지형 조건의 토공을 다수 포함하는 토목시설 등에는 실무적 활용성을 갖는 방법론과 시스템이 개발된 사례가 미흡한 실정임

○ 국외 주요기관 또는 업체 기술 보유 및 연구개발 진행 현황

- 건축분야와 달리 교량 시설물을 대상으로 BIM을 위한 표준 데이터 모델을 활용하는 실제 응용사례는 없다고 할 수 있음
- 현재는 대부분 민간단체나 공공연구소, 대학연구소 등을 중심으로 기초 기술을 다지고 있는 수준이고 할 수 있음

[표 2-16] 국외 BIM관련 기술 현황

기술명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(개월)
BIM기술	미국	80	24개월
전자매뉴얼 표준	미국	70	30개월
증강현실	독일	70	30개월
4D CAD	미국	90	12개월

다. 국가별 보유 기술 현황 및 연구개발 동향

○ 건축분야와 달리 교량 시설물을 대상으로 BIM을 위한 탄소배출량 적용 사례는 없다고 할 수 있음

○ 현재는 대부분 민간단체나 공공연구소, 대학연구소 등을 중심으로 기초기술을 다지고 있는 수준이고 할 수 있음

○ 교량정보모델 탄소배출량 예측기술 관련 국외업체 보유기술

[표 2-17] 국외 업체 보유기술 현황

업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
AutoDesk (미국)	파라메트릭 기술	독립적인 매개변수를 이용하여 데이터를 처리함	협업을 통한 오류 최소화
Bentley (미국)	데이터 호환성	데이터 속성 변화없이 편집 가능	협업을 통한 업무효율성 향상
Nemetschek (독일)	3D 철근 배근 기술	2D 배근 작업을 통해서 3D 결과물 도출	설계변경에 따른 시간 단축

3. 특허 분석

가. 특허분석 개요

(1) 분석 개요

○ 교량 지능화기술, 지능형 친환경 교량 BIM기술 및 중분류별로 특허를 추출 및 분석하여 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 분석함

(2) 분석 목적

○ 특허동향조사는 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구 개발 동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

나. 특허분석방법

(1) 특허분석 절차

○ 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

(2) 기술분야 분류 및 검색 키워드 선정

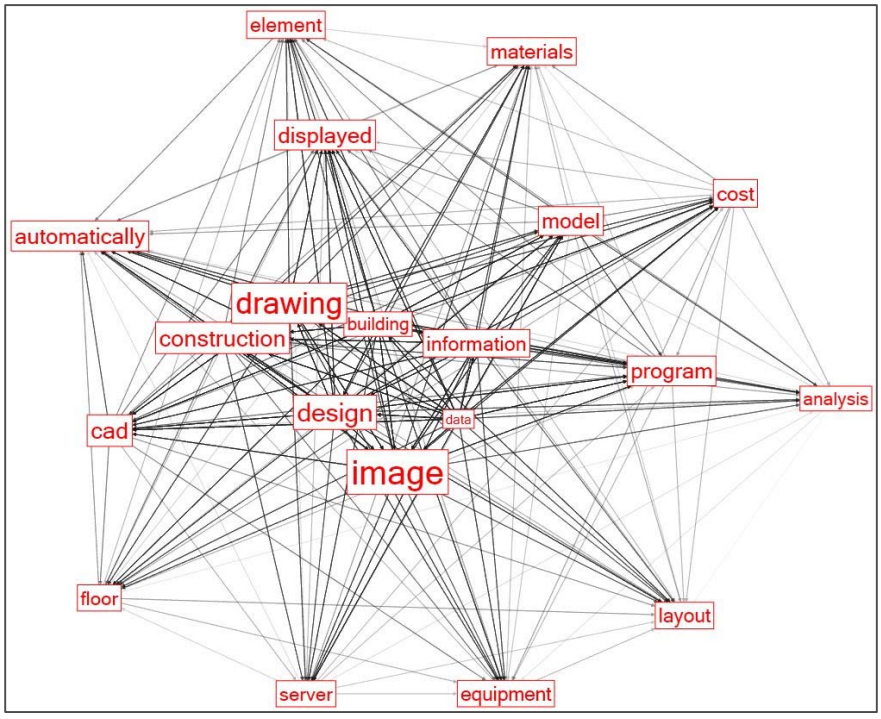
○ 건기평에서 제공한 지능형 친환경 교량 기술의 RFP를 숙지하여 도출한 키워드를 추출한 후에 관련 전문가의 검토를 받아 최종 키워드를 도출함

○ 본 보고서에 사용된 검색식은 도출된 키워드와 해당국제분류(IPC)와 해당일본분류(FI, FTERM) 바탕으로 검색식을 작성함

(3) Co-Word 분석

○ co-word분석은 전체특허를 대상으로 빈도수가 높은 단어(상위 20개)를 추출한 후, 두 개의 단어가 동시에 나오는 특허의 개수를 카운팅하여 분석함

- 지능형 친환경 교량 BIM 기술 분야는 image, drawing, automatically, design, cad가 빈번하게 출현하고 있는 것으로 보아 BIM기반 교량 설계 기술에 대한 개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있음

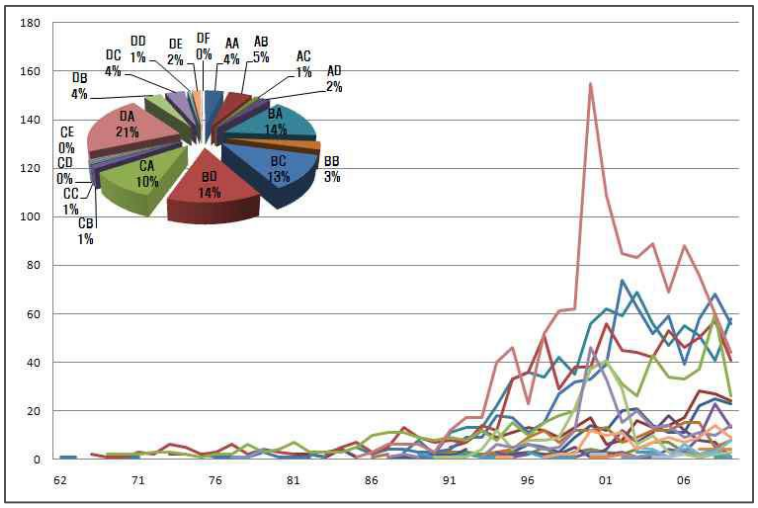


[그림 2-20] 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 co-word 분석

다. 국내외 특허 동향

○ 지능형 친환경 교량 기술은 BIM기반 교량 설계 기술 분야의 점유율이 가장 높게 나타남

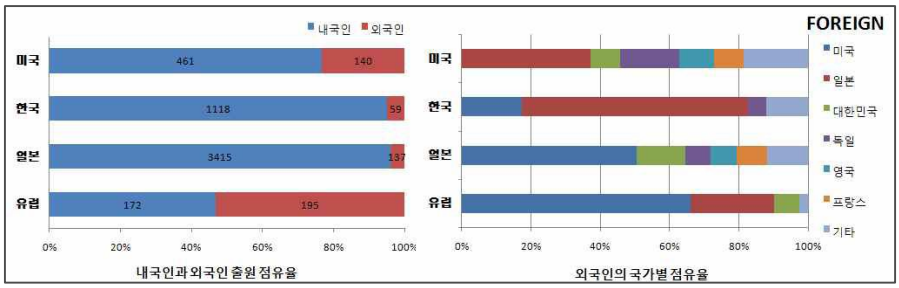
○ BIM기반 교량 설계 기술 분야는 최근까지도 가장 높은 점유율을 차지하고 있지만, 점유율이 최근으로 향할수록 감소하는 추세를 보임



[그림 2-21] 전세계 기술별 연도별 동향

라. 국내외 특허분석 결과

- 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음. 이러한 경향은 2006년에 급격하게 증가하고 있는 우리나라의 특허출원 추세에 기인한 것으로 판단됨
- 일본과 유럽에서는 미국인의 출원비중이 과반 이상을 점유하는 것으로 나타나면서 미국이 일본 및 유럽시장에서 활발한 특허활동을 펼치고 있는 것으로 파악되는 반면, 미국과 한국에서는 일본인이 특허활동을 활발하게 진행하고 있는 것으로 파악됨
- 한국과 유럽은 지능형 친환경 교량기술에 있어서 현재 출원인과 출원건수가 동시에 증가하고 있는 성장기에 있는 것으로 나타나고 있음
- 미국은 최근 들어 출원인과 등록건수가 감소하고 있어 비교적 얼마 전까지 성장기를 보이다가 최근 들어 쇠퇴기에 접어든 것으로 타나나고 있음
- 일본은 교량에 있어서 최신기술을 비교적 다량 보유하고 있는 교량기술선진국으로 평가되나, 최근 들어 일본 내에서 일본의 출원은 출원수 및 출원인 모두 급격하게 감소하고 있어 쇠퇴기에 접어든 것으로 판단됨



[그림 2-22] 주요 시장국 기술개발 활동 현황(내외국인)

마. 주요 경쟁업체 현황

(1) BIM 분야

- 지능형 친환경 교량 BIM기술의 각국의 주요 경쟁자는 BIM기반 교량 설계 기술에 주력하고 있는 것으로 나타났음
- CADENCE DESIGN SYSTEMS INC는 미국뿐만 아니라 유럽에서도 주요 경쟁자에 포함되어, 지능형 친환경 교량 BIM기술 분야 기술 개발시 해당회사에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

바. 특허 분석 결과 및 시사점

(1) 특허 분석을 통해 살펴본 국가 간 기술경쟁력 현황

- 영국과 프랑스 및 독일은 시장력 확보지수가 높게 나와 지능형 친환경 교량 부문에 있어서의 시장을 평균 이상으로 확보하고 있는 것으로 판단되며, 그 중 영국과 프랑스는 피인용비가 평균이상으로 기술의 질적 수준 또한 높은 것으로 나타남
- 미국은 피인용비가 평균이상으로 높게 나와 질적 수준은 높은 반면에 시장력은 평균 이하로 나타남
- 한국은 시장력 및 질적 수준이 평균미만으로 나타나 향후 특허활동을 활발히 할 수 있도록 정책적 보완 및 인식이 개선될 필요가 있는 것으로 판단됨
- 미국은 타국가들에 비하여 비특허문헌(논문) 인용수가 압도적으로 많은 것으로 나타나 기초기술에 대한 연구가 탄탄하게 이루어지고 있는 것으로 나타나는 반면 한국은 반대로 기초기술에 대한 경구가 절실히 필요한 것으로 분석됨
- 영국과 한국은 기술발전 속도가 타 국가들에 비하여 현저하게 느리게 진행되고 있는 것으로 나타나는 반면, 미국은 기술순환주기가 상대적으로 매우 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타남
- 미국과 영국은 특허 인용수 및 피인용수가 매우 높게 나타나 지능형 친환경 교량기술 부문에 있어서 기술선도국인 것으로 파악됨

[표 2-18] 국가별 관련기술 특허 현황

국적	기술력 (특허Quality)	IP시장 확보력	특허활동 위치	연구개발 방향	기술 발전속도
미국	높음 (리딩그룹)	낮음	Pioneer (성숙한 시장)	기초과학	빠름
일본	낮음 (후발그룹)	평균	중간	응용기술	평균
독일	낮음 (후발그룹)	평균	중간	응용기술	느림
영국	높음 (리딩그룹)	높음	Pioneer (성숙한 시장)	응용기술	느림
한국	낮음 (후발그룹)	평균	Pioneer (성숙한 시장)	응용기술	느림
프랑스	높음 (리딩그룹)	높음	Initiator (초기시장)	응용기술	느림

(2) 시사점

○ 지능형 친환경 교량 기술의 전체의 특허출원동향은 90년대 초반부터 급격하게 증가하기 시작하다가 90년대 후반부터 감소하기 시작하나, 2006년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있음

○ 각 기술분야의 대부분의 주요 경쟁자는 자국 출원에만 집중하고 있는 것으로 나타났으므로, 기술개발시 장벽이 될 만한 요소는 비교적 적을 것이고, 기술 개발 시 선두 기업의 기술을 이용할 수 있을 것임

4. 논문분석

가. 논문분석 개요

(1) 분석 개요

○ 중점분야별 중분류 수준에서 조사하였으며, 국가별 논문 수/연도별 논문 수, 주요 연구기관 및 연구자 현황, 정성적 분석 결과 등을 기술하였음

(2) 분석 목적

○ 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

나. 논문분석방법

(1) 분석 절차

○ 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색(건기평 제공 Landmark 활용) 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

(2) 분석 키워드

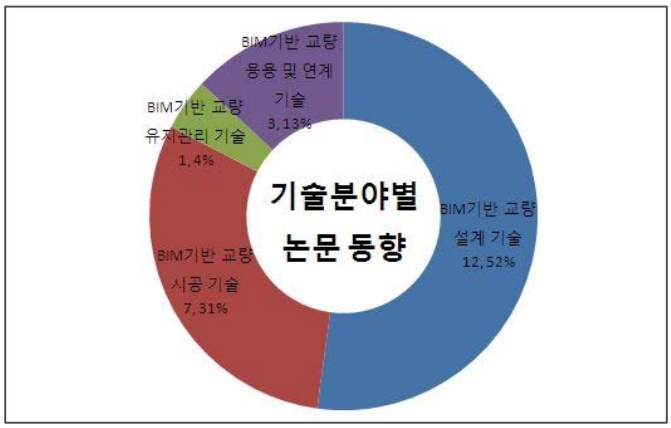
○ BIM기반 교량 설계 기술, BIM기반 교량 시공 기술, BIM기반 교량 유지관리 기술, BIM기반 교량 응용 및 연계 기술, BIM기반 교량 표준 요소 기술, 교량 Green BIM

○ BIM & bridge & design, BIM & bridge & construction, BIM & bridge & maintenance, BIM & bridge & application & system, BIM & standard & bridge, bridge & green & BIM

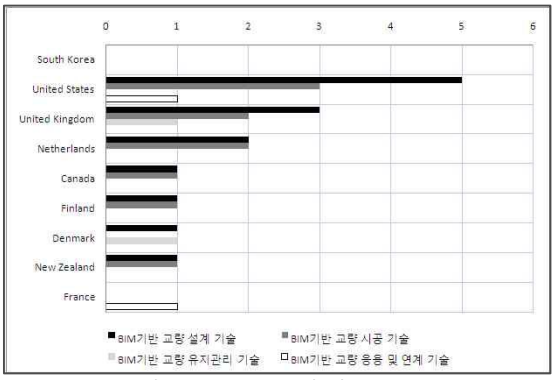
다. 국내외 논문 동향

○ BIM 전체 기술 분야(23건) 중에서 BIM기반 교량 설계 기술이 52%인 12건으로 가장 많고, BIM기반 교량 표준 요소 기술과 교량 Green BIM 기술에 대한 논문은 없음

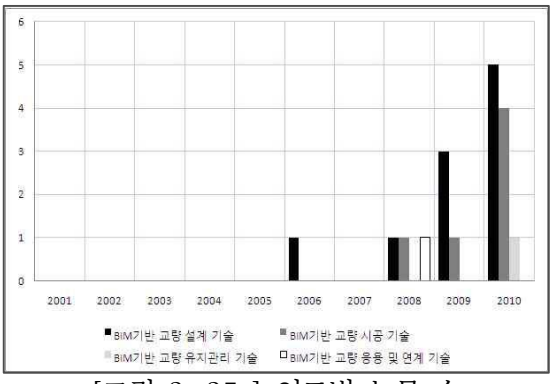
○ 해당 분야의 경우 미국의 논문 수가 가장 많고 우리나라의 경우 논문 이 없음. 연도별 논문 수는 점차적으로 증가하기 시작하는 추세임



[그림 2-23] 기술분야별 논문 발표 현황



[그림 2-24] 국가별 논문 수



[그림 2-25] 연도별 논문 수

라. 논문 분석 결과 및 시사점

(1) 논문 분석 결과

- BIM기반 교량 표준요소 기술 분야, 교량 Green BIM 기술 분야에 대한 논문이 가장 실적이 없으므로 본 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료되며, 나머지기술 분야들도 논문 수가 적으므로 활발한 연구가 필요할 것으로 판단됨.
- BIM 기반 교량표준 요소 기술 분야, 교량 Green BIM 분야, BIM기반 교량 유지관리 기술 분야에 대한 기술 개발이 필요한 것으로 사료됨

(2) 시사점

- 전반적으로 지능형 친환경교량 파트의 논문 및 연구실적은 교량 관련 전체 논문 수 57,775건 중 낮은 비율(지능형 교량 분야: 1.36%, BIM분야: 0.04%)을 차지하는 것으로 조사되었으며, 각 분야별 집중적 연구가 필요할 것으로 사료됨
- BIM 분야의 논문 실적이 가장 저조한 것으로 나타난 것으로 미루어볼 때 해당 분야에 대한 집중 연구가 필요할 것으로 사료됨.
- BIM 기술은 최신 기술에 해당하므로 논문 및 특허 검색이 다른 분야에 비하여 현저히 숫자가 적은 것으로 분석되고 있음. 2008년부터 국내 논문 및 특허 출원이 급격히 증가하고 있는 추세를 볼 때 BIM 연구 및 기술 개발이 집중적으로 이루어져야 할 분야로 판단됨.

4절. 연구개발 인프라 분석

1. 분야별 인프라 및 역량 분석

- 교량 정보모델의 개발 및 활용과 관련된 분야에 있어 국내뿐만 아니라 세계적으로도 관련 전문가 및 인프라가 많지 않음
- 토목분야 관련 업체/전문가들의 정서상 새로운 기술에 대한 수용의지가 비교적 낮음
- 토목분야의 발주를 대부분 공공기관이 맡고 있어, 정부나 공공기관의 정보모델의 활용의지가 높지 않은 한 전문업체들의 변화의지 역시 낮을 수밖에 없음
- 이러한 현상은 관련 전문가의 양성 환경을 열악하게 만드는 등 전체적으로 악순환이 이루어짐
- 세계적으로 교량의 데이터 모델과 관련한 연구는 아직 초기 수준임

2. 관련 기업 현황

[표 2-19] 기업-기술 현황 사례(BIM 분야)

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술 보유기관대비 기술격차	비고
DMU, 시뮬레이션	대림산업	교량의 3D모델링을 통해 DMU을 수행 및 웹기반 5D 시스템 개발	10%	
BIM 공사관리 통합 웹사이트	쌍용건설	고속철도에 노선에 대해 3D 정보모델의 구축하고 공사 통합지원 및 관리	10%	
DMU, 시공성 검토	삼성물산	주요 가시설 및 정거장 모델링을 통한 시공성 검토 및 2D도면의 철근물량 검토	10%	
교량설계 프로그램	한길아이티	PSC BOX 3D, 구조 등에 관련된 BIM 소프트웨어 개발	25%	

3. 관련 연구소 현황

[표 2-20] 연구소 -기술 현황 사례

핵심과제명	관련 연구기관	대표연구자	연구영역 및 방향
BIM 분야	한국건설기술연구원	김성식, 주기범	BIM작성·납품 공통기준 개발 초고층건축물을 위한 BIM 정보요구정의서 유지관리단계 BIM 모델 연구
	대림건설 기술연구소	정도영	BIM의 교량 시공단계 적용방안 연구
	한국건설산업연구원	김우영	BIM의 제도/정책 분석을 통한 활성화 방안 연구

4. 관련 대학 현황

[표 2-21] 대학 -기술 현황 사례

핵심과제	관련연구기관	대표 연구자	연구영역 및 연구방향
BIM분야	연세대학교	이상호, 김형관	개방형 표준기반 교량모델, 시스템 개발 사장교 대상 BIM기반 온실가스 배출 산정
	성균관대학교	이광명	교량 시뮬레이션
	경상대학교	강인석	교량 시뮬레이션
	중앙대학교	심창수	토목분야 BIM 가이드
	부산대학교	문성우	BIM기술 활용 시설물유지관리 시스템

가. 연구 인력 인프라

- 정보모델 구현을 위한 교량 데이터 모델에 대한 연구 인력은 매우 취약한 상황임
- 실제 정보모델을 다루고 있는 현업이나 연구소에서도 건축물에 특화되어 있는 데이터 모델을 교량에 그대로 사용하는 경우가 대부분이며, 건축물에 포함되어 있지 않은 교량만의 특별한 구성요소에 대해서는 관련 소프트웨어가 지원하는 한도 내에서만 정보를 저장하고 공유하고 있음. 이러한 점은 이종 소프트웨어 간 상호운용성에 큰 걸림돌이 됨
- 따라서 전문 연구인력 확보를 위한 교육 및 투자는 필수적인 것으로 사료됨

나. 연구 기자재 인프라

- 국내에서도 이러한 인프라를 구성하기 위한 여러 시도가 있었으나, 기계분야의 모델링에서부터 모델링 방식이 표준화작업에도 관여한 선진국의 기술력을 따라가기에는 역부족임
- 그러나 국내에서 해당 기자재에 대한 활용도는 높은 편이며, 교량에 대한 데이터 모델을 개발하는 데에도 직접적으로 활용할 수 있음

다. 해외 협력기관 인프라

- 정기적 학술대회를 통한 정보교환
- 해외 유사사례를 통한 문제점 및 개선점 보안
- 국내 각 대학은 외국대학과의 학문 교류 및 기술 공동 개발 등을 수행하고 있으며, 국내 관련 연구소등도 선진국등의 관련 연구기관과의 협력 구축이 비교적 잘되어 잇는 것으로 판단되나 특허 공유 ,기술 이전과 같은 협력분야에는 아직 미진한 사항임

라. 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

[표 2-22] 국내연구 인프라 수준 현황

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

5절. 종합분석

1. 정책/시장/기술/인프라 동향분석 시사점

가. 정책동향 분석의 시사점

(1) 국내

- 국토해양부 및 조달청의 BIM 가이드가 작성되고 입찰시의 절차와 기준에 대한 가이드라인들이 준비되면서 효과적인 BIM 기반의 발주 체계가 마련되고 있음
- 조달청의 단기, 장기 BIM 발주 계획에 따라 향후, 건설 프로젝트에서의 BIM 발주는 필수 요소가 될 것으로 전망됨
- 관련 법령에 대해서는 현재까지 제정된바 없음
- 토목구조물을 대상으로 BIM 발주에 대한 정책 및 가이드라인의 개발도 이루어질 것으로 예상되며, 따라서 성과품의 납품이나 정보의 공유, 관리 등에 있어 표준 데이터 모델의 필요성은 더욱 증가할 것으로 보임

(2) 국외

- 현재 국제적으로 건설사업 성과품 납품 시 국제 IFC 포맷의 파일 제출을 필수 항목으로 지정하고 있는 추세이며, 각 국가별로 BIM의 도입을 위해 자국의 실정에 맞는 Guideline 및 Manual을 개발하고 있음
- BIM으로 발주하는 것은 기존의 체계와 차이가 있을 수 있으며, 이에 대한 구체적인 방안들을 마련할 필요가 있음

나. 시장현황 및 전망 분석의 시사점

- 전세계적으로 건설 IT 시장이 증가하는 추세를 이어가고 있으며, 그 속에서 CAD시장이 주축을 이루고 있음
- 조달청 등 공공기관의 BIM발주가 증가하는 추세에 있으며, 2018년 3천여 건으로 증가가 예상됨
- 환경부하 평가기법으로 생애주기평가(LCA: Life Cycle Assessment)는 이미 전 산업분야에 걸쳐 환경평가수단으로 검토·적용되고 있으며, 정부의 BIM도입의지에 맞추어 BIM기반 탄소배출예측시장이 활성화 할 것으로 예상됨

다. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량분석

- 정보의 상호운용성 확보를 위한 데이터 모델의 개발에 있어 기존의 기계분야나 건축분야를 벤치마킹할 필요가 있음
- 세계적으로 교량의 데이터 모델과 관련한 연구는 아직 초기단계이므로 현 시점에서의 해당분야에 대한 정부, 공공기관 및 업계의 지원은 매우 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 기대됨
- 교량분야의 기획설계 단계부터 유지관리 단계까지 각 공종별 인력들의 BIM 교육이 필수적으로 요구됨
- 현재 엔지니어들의 BIM활용 및 교육수준이 매우 낮은 상황이며, 향후 엔지니어들의 BIM 소프트웨어 기술습득을 통해 시공관리, 공정관리, 견적, 시뮬레이션 등의 업무에 BIM기술을 활용할 수 있는 능력 보유가 요구됨

라. STEEP 분석에 따른 시사점

(1) 사회문화적(Social) 시사점

- 교육과학기술부에서 선정 발표한 100대 유망분야 중 건설·교통 분야에 BIM분야를 포함하고 있음
- 토목시설물의 탄소배출량이 건축시설물의 2배에 달하며, 토목시설물 중에서도 도로시설물이 가장 영향이 큼

(2) 기술적(Technological) 시사점

- 건설-IT융합시장 규모가 빠르게 증가할 것으로 전망되며, BIM기술을 활용한 기반 및 응용연구가 증가하고 있는 추세임
- 토목분야에 대한 표준 데이터모델의 필요성 인신이 확산되고 있음
- 교량 BIM 기술을 기반으로 탄소배출량 산정 정보모델 표준 및 알고리즘과 기존의 탄소배출량 데이터베이스를 연계하여 기술 개발을 시도할 경우 탄소배출량 산정 예측이 가능함

(3) 경제적(Economic) 시사점

- 설계, 시공, 유지관리 전반의 BIM으로의 패러다임 전환 준비
- 교량시설물 유지관리 수요가 빠르게 증가할 것으로 예상됨
- 교량의 생애주기동안 발생할 수 있는 탄소배출량을 산정에 예측하여 탄소배출을 차단함으로써, 사후 탄소배출 저감에 비해 효율적임

(4) 환경적(Environmental) 시사점

- 교량정보모델개발 및 활용분야의 전문가 및 인프라가 부족함
- 국제적으로 온실가스 방출감소와 에너지 효율성을 높이기 위한 규제가 강화되고 있음

(5) 정책적/법적(Political) 시사점

- 국토해양부는 BIM육성을 위한 10년 정책 로드맵을 발표하였음
- 조달청은 2016년 까지 모든 공공발주를 BIM으로 발주한다는 단기, 중기, 장기 계획에 대한 정책을 발표하였음

바. SWOT 분석에 따른 시사점

(1) SO 전략

- 정부주도형 BIM 활성화를 위한 친환경 건설 신기술 확보
- IFC-Bridge의 국제 표준주도
- 생애주기 기반 BIM-IT 융합기술 개발

(2) WO 전략

- BIM 확산을 위한 제도적 지원 체계 마련
- BIM 교육 컨텐츠 개발 및 전문인력 확충
- BIM기반 공공시설물 자산관리 기술 자립화
- 교량 BIM S/W 개발로 국제 시장 20%이상 확보

(3) ST 전략

- 교량 BIM 표준 확보를 통한 해외 기업의 독점 위협 해소
- 선진국 건설시장 진입을 위한 공공인프라 분야 BIM 활용 기술의 핵심 역량 강화

(4) WT 전략

- BIM기반 친환경 교량 설계-시공-유지관리 기술 구축을 통한 환경부하 저감 및 CO2발생량 감축기술 확보

2. 종합적 시사점

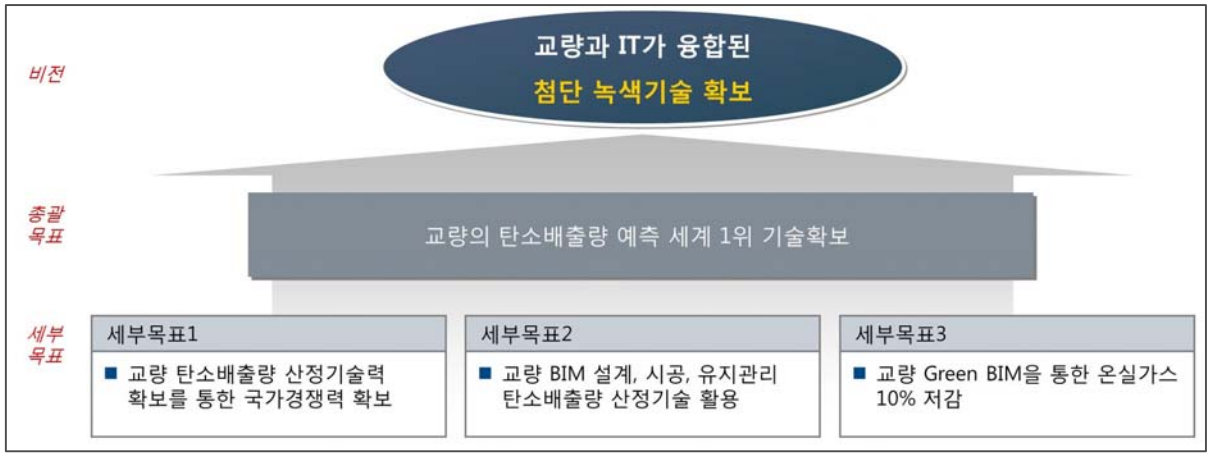
가. 국내외 동향 및 환경분석 종합분석결과

- 온실가스 감축에 대한 국내외적 요구가 증대되고 있으며, 이를 실현하기 위한 녹색건설기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대되고 있음
- 지식경제부와 시멘트 산업계는 협약을 맺어 범지구적인 기후변화 대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소 사회구현을 위하여 2015년까지 이산화탄소 배출량을 2005년도 대비 5% 감축하기로 결의하여 시멘트 톤당 40kg의 CO2를 감축하기로 함
- 대한건설정책연구원이 최근 발표한 '세계 각국의 녹색도시 개발 현황 분석 및 녹색건설성장을 위한 대응방향 연구'에 따르면, 국내 온실가스 배출량은 396백만t CO2(2000년 기준)이며 이중 건설부문에서 발생한 직접적인 탄소배출량은 6.4백만t CO2인 것으로 조사됨
- 기후변화협약의 효율적 대응을 위한 건설부분의 온실가스 감축계획수립 및 이행을 위해서는 국내 건설분야의 온실가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요함
- 국토해양부는 정부차원에서 BIM기술을 적극 활용할 계획이기 때문에 탄소배출 산정예측기술과 BIM을 연계하여 녹색 건설사업에서 큰 역할을 할 것으로 기대하고 있음
- 교량정보모델에 기반한 탄소 배출량 산정 예측을 위해서는 탄소배출량을 산정하기 위한 정보모델 표준 개발이 개발되어야 하며, 표준에 근거하여 데이터베이스와의 연계 등이 이루어 져야함

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

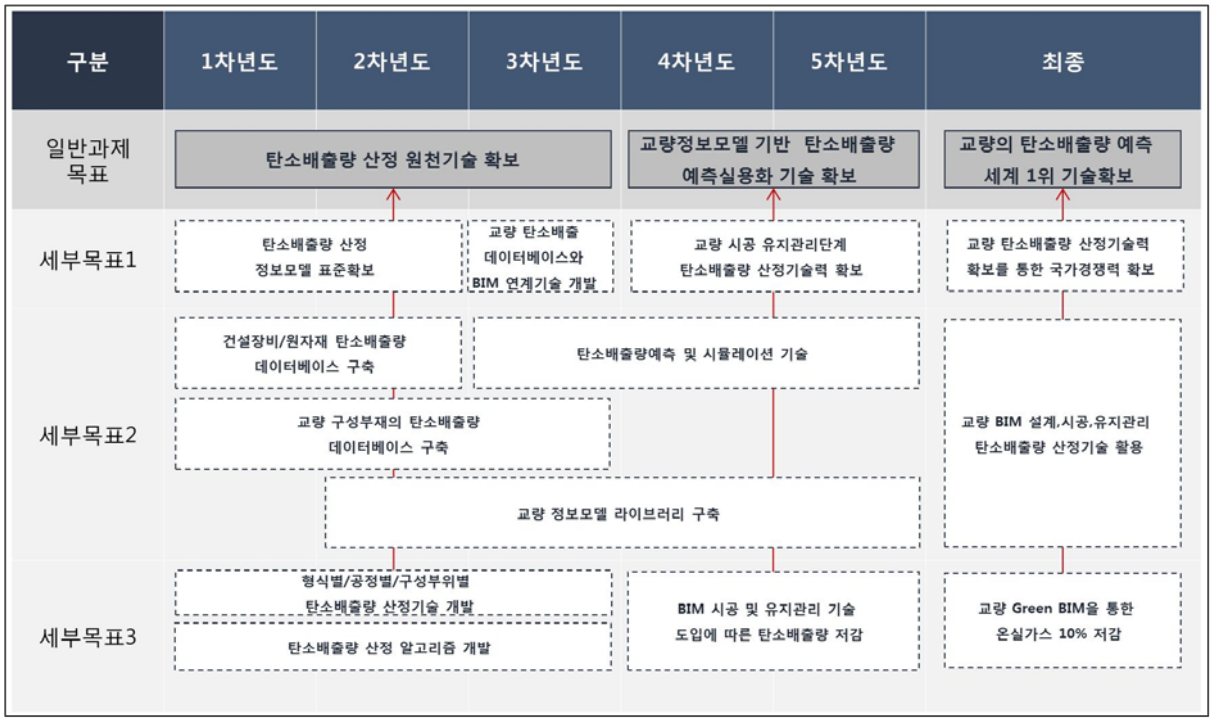
1절. 비전 및 목표

1. 비전 및 총괄 목표



[그림 3-1] 비전 및 총괄 목표

2. 단계별 목표



[그림 3-2] 단계별 목표

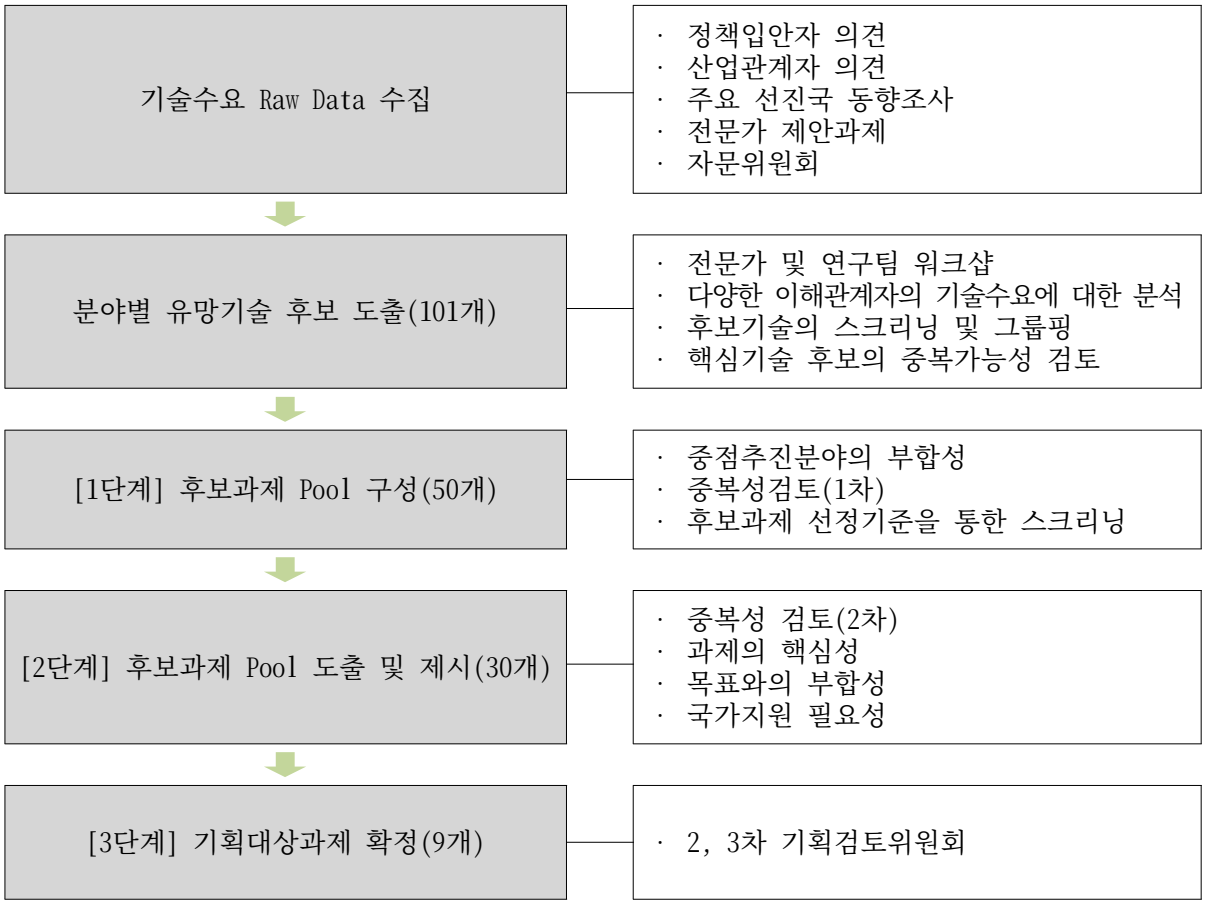
3. 설정근거

가. 비전 및 목표 설정 근거

세부목표	· 교량 탄소배출량 산정기술력 확보를 통한 국가경쟁력 확보 · 교량 BIM 설계,시공,유지관리 탄소배출량 산정기술 활용 · 교량 Green BIM을 통한 온실가스 10% 저감

- 세계적으로 설계, 시공, 유지관리 전반의 BIM으로의 패러다임 전환을 진행하고 있으며, 국토해양부의 BIM기술과 탄소배출량 산정예측기술의 융합을 주도하고 있음
- 전세계적으로 탄소배출량을 감축하기 위해 국가별 정책과 연구개발활동이 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 지식경제부 및 국토해양부를 중심으로 탄소배출량 감축을 위해 중장기 전략을 세워 추진하고 있음
- 토목시설물의 탄소배출량이 421만 4천tCO2으로 건축시설물의 2배에 달하며, 그 중 도로시설물이 27%를 차지하고 있는 것으로 조사되었으며, 도로시설물 중 교량이 큰 비중을 차지하고 있음
- 교량의 설계단계에서의 비용 및 시간절감과 시공단계에서의 공기절감을 통해 온실가스를 줄일 수 있으며, 시설물에 사용되는 모든 부재에 대한 BIM기반 LCA(Life Cycle Assessment)정보를 활용한 온실가스 배출량 모니터링 관리기술을 통해 온실가스 10% 저감을 이룰 수 있음
- 탄소배출량 산정 예측을 위한 교량정보모델 표준이 개발되면 타 용도의 정보모델 표준 개발로 확대될 수 있으며, 당 표준은 정보모델 표준 개발의 기반기술이 될 수 있음

2절. 연구개발과제 구성



친환경 교량 연구단 (세부과제 5개)	B-SMART 연구단 (세부과제 3개)

일반과제
(세부과제 1개-구성기술3개)

구분		과제명
일반과제		▪ 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술
	1-1	▪ 교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발
	1-2	▪ 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축
	1-3	▪ 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축

3절. 연구개발과제 주요내용 및 추진전략

1. 연구개발 목표

일반과제의 개념	▪ 교량의 기획 및 설계단계 부터 탄소배출량을 예측하여 최적의 친환경 GREEN 교량을 건설하기 위한 탄소배출량 예측 기술 ▪ 교량 시공、유지관리단계의 탄소배출량을 최소화하기 위하여 탄소배출량을 예측할 수 있는 정보모델 표준 및 알고리즘을 개발하고, 교량의 전 생애주기 및 형식별/구성요소별 탄소배출량을 데이터베이스화 하고 이를 시뮬레이션하여, 교량의 탄소배출량 예측할 수 있는 기술
일반과제의 범위	▪ 교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발 - 교량 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 기술 - 교량 형식별/구성부위별 및 시공/유지관리 단계 탄소배출량 산정기술 - 교량 구조물의 탄소배출량 산정 알고리즘 기술 ▪ 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 교량 구성부재의 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 건설 장비의 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 건설 원자재 탄소배출량 데이터베이스와의 연계 - 교량정보모델 라이브러리 데이터베이스 구축 ▪ 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축 - 교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM - DB 연계 시스템 기술 - 탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술
기술개발목표	▪ BIM 기술을 활용하여 교량구조물을 구성하는 부재 및 시공 현장의 탄소배출량을 설계단계에서 산정 예측하는 기술 확보

2. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

가. 정책·사회 측면

- 건설부문 온실가스 배출량 현황에 따른 정부의 녹색건설 기술관련 정책 강화
- 공공기관에서의 BIM 적용사례 증가 및 국토해양부의 BIM분야 육성에 대한 의지

나. 산업·경제적 측면

- 탄소배출량 규제에 대한 대응
- 탄소배출량 감소를 위한 투자에 대비한 건설산업에서의 탄소배출량 산정 예측기술 도입

다. 기술적 측면

- 교량분야 BIM기반 탄소배출량 산정예측 기술 필요성
- 세계 최초로 시도되는 기술개발로서 세계 최고기술, 세계 최초기술의 선도기술 개발임

라. 정부지원의 필요성

- 국내 건설물량이 급격히 감소하고 있는 가운데, 해외 프로젝트의 수주 역량 강화를 위한 BIM 기반의 탄소배출량 산정 예측기술 확보는 국가 경쟁력확보에 기여할 것임
- 탄소배출량의 예측 및 관리는 각국이 협약을 통해 전 산업분야에서 관심을 갖고 연구하는 사안으로, 토목시설물에 대한 산정 예측 및 관리시스템을 개발할 경우, 해외 건설시장 진출시 국내 기업의 정부 지원역할이 될 것임
- 탄소배출량 저감 정책은 범 국가적 차원의 장려 정책으로서 탄소배출량 산정 예측 기술 개발을 통한 탄소 배출의 원천 차단은 국가 지원이 반드시 필요한 기술임

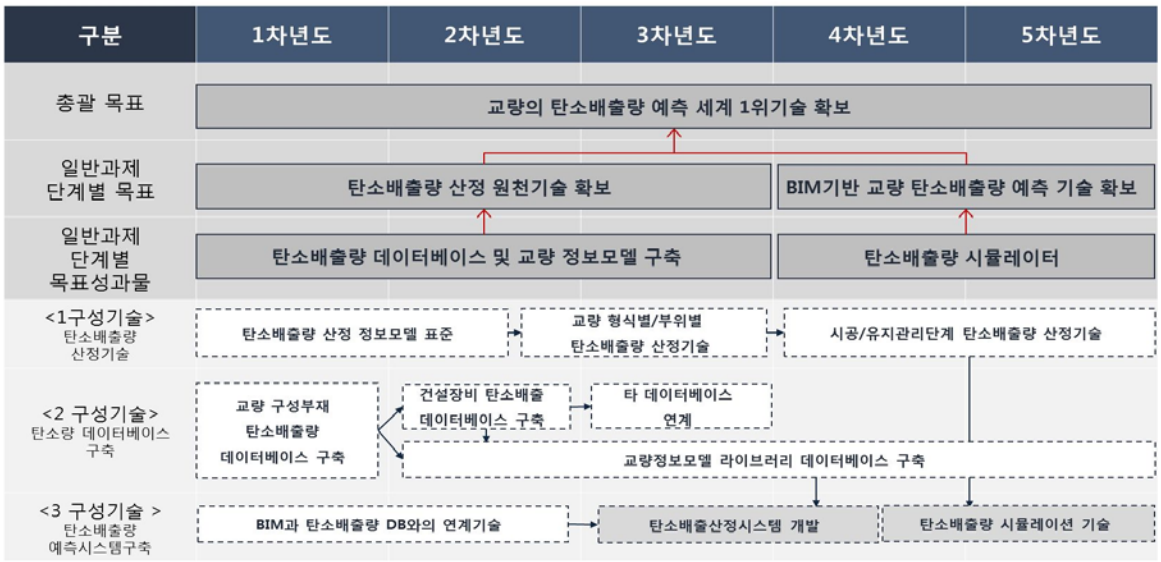
3. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- 교량 BIM 분야의 탄소배출량과 관련한 기존 연구 사례가 없음

4. 연구개발 주요내용

<table>
<tr><td>일반과제명</td><td colspan="2">교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="4">구성기술</td><td>기술명</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발</td><td>▪ 교량 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 기술
▪ 교량 형식별/구성부위별 및 시공/유지관리 단계 탄소배출량 산정기술
▪ 교량 구조물의 탄소배출량 산정 알고리즘 기술</td></tr>
<tr><td>교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축</td><td>▪ 교량 구성부재의 탄소배출량 데이터베이스 구축
▪ 건설 장비의 탄소배출량 데이터베이스 구축
▪ 건설 원자재 탄소배출량 데이터베이스와의 연계
▪ 교량정보모델 라이브러리 데이터베이스 구축</td></tr>
<tr><td>교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축</td><td>▪ 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술
▪ 탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술</td></tr>
<tr><td>기술적 위험요인</td><td colspan="2">▪ 교량의 탄소배출량 평가 방법 부재
▪ 관련분야의 첨단기술과의 시스템 연계 미흡
▪ 새로운 기술의 현장 적용 의지 부족
▪ 교량 BIM의 실무활용도 저조
▪ 교량 BIM관련 인프라 및 개발연구인력 부족</td></tr>
<tr><td>연구개발
추진전략</td><td colspan="2">▪ 탄소배출량 예측 및 산정에 대해서는 건설 분야에서는 아직 그 연구가 거의 전무한 실정으로, 화공 분야 등 각 산업분야에 대해 기 연구진행중인 성과를 적극 활용해야 할 것임
▪ 또한, 이러한 데이터를 교량 계획시 활용하기 위해서는 교량 BIM을 바탕으로 한 DB 관리가 이루어 져야 하며, 관련 시스템 개발 분야도 참여하는 다학제간 기술 융복합이 필요함
▪ 타 산업 분야(원자재)에서 기 구축된 탄소배출량 데이터베이스를 연계하기 위한 부처별/기관별 협조체계 구축
▪ 건축분야에서 시험적으로 진행된 탄소배출량 평가/관리프로그램의 활용 및 고도화
▪ 다양한 관련 전문가들의 참여가 필수적이며 이를 위하여 산 · 학 · 연 협력을 바탕으로 한 의견 수렴, 기술개발, 적용성 검증 추진</td></tr>
<tr><td>기술개발
성공가능성</td><td colspan="2">▪ 탄소배출량의 산정예측을 위한 데이터베이스 구축은 매우 중요한 사항이며, 기 연구결과를 활용하여 LCA산정 및 데이터베이스를 용이하게 구축할 수 있을 것임
▪ 현재 탄소배출량 산정예측기술은 전 세계적으로 시장이 확대될 것으로 예상되며, BIM 설계, 시공, 유지관리 패러다임 전환으로 BIM기술을 활용한 부재별 탄소배출량 산정이 용이 할 것으로 판단됨
▪ 다양한 관련 전문가들을 활용하여 최신 요소기술을 접목함으로써 성공적인 연구개발이 가능할 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>기대효과 및 파급효과</td><td colspan="2">▪ 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소 저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설 기술 경쟁력을 확보할 수 있음
▪ 또한, 교량 이외에 도로, 항만, 철도 등 다양한 사회기반시설 분야에서도 같은 방법론을 적용할 수 있기 때문에, 본 연구 이후 다양한 후속연구가 진행될 수 있음
▪ 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환
▪ 기존 탄소배출량 산정 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음</td></tr>
</table>

5. 연구개발과제 TRM



[그림 3-3] 연구개발과제 TRM

6. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술	학술적 성과	국내학술지 개제 논문건수	국내외 학술지 개제여부	건	16	BIM기반 탄소배출량 산정 알고리즘 외 15건
		SCI급 개제 논문건수	SCI급 논문 개제 여부	건	3	BIM기반 탄소배출량 산정기술 외 2
	지식재산권 보유 등	특허출원건수	특허출원여부	건	5	탄소배출량 산정 분석 기술 외 4건
		특허등록건수	특허등록여부	건	4	탄소배출량 산정 분석 기술 외 3건
		국제특허 등록	국제특허등록여부	건	2	탄소배출량 산정 분석 기술 외 1건
	교량정보모델 부재/장비/라이브러리 구축지침	지침	지침 제작여부	건	1	지침 1건
	교량구성부재/건설장비 탄소배출량 데이터베이스	데이터베이스 제작	데이터베이스 제작여부	식	1	데이터베이스 1식
	교량정보모델 라이브러리	라이브러리 제작	라이브러리 제작여부	식	1	라이브러리 1식
	탄소배출량 시뮤레이터	시작품 제작	시스템 제작여부	건	1	시뮬레이터 1건

(가) 정량적 성과목표

연차 (단계)	연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
1차년도 (1단계)	탄소배출량 산정예측 기반구축	국내외 학술지 논문게재 건수	(국내 학술지게재 논문건수×0.4)+(국외 학술지게재 논문건수×0.6)	3건	40%
		국내외 지적재산권 확보 건수	(특허 출원 및 등록건수×0.4)+(실용신안 출원 및 등록건수×0.3)+(프로그램 출원 및 등록건수×0.3)	1건	40%
		시작품 제작	시작품 제작 건수	1건	20%
	소 계				100%
2차년도 (2단계)	교량형식별 탄소배출량 산정기술 개발 및 데이터베이스 구축	국내외 학술지 논문게재 건수	(국내 학술지게재 논문건수×0.4)+(국외 학술지게재 논문건수×0.6)	3건	40%
		국내외 지적재산권 확보 건수	(특허 출원 및 등록건수×0.4)+(실용신안 출원 및 등록건수×0.3)+(프로그램 출원 및 등록건수×0.3)	2건	40%
		시작품 제작	시작품 제작 건수	1건	20%
	소 계				100%
3차년도 (3단계)	부위별 탄소배출량 산정기술 개발 및 타 데이터베이스 연계	국내외 학술지 논문게재 건수	(국내 학술지게재 논문건수×0.4)+(국외 학술지게재 논문건수×0.6)	4건	40%
		국내외 지적재산권 확보 건수	(특허 출원 및 등록건수×0.4)+(실용신안 출원 및 등록건수×0.3)+(프로그램 출원 및 등록건수×0.3)	2건	40%
		지침 및 데이터베이스	데이터베이스 구축지침 1건 및 데이터베이스 1식	2건	20%
	소 계				100%
4차년도 (4단계)	시공현장 탄소배출량 산정기술 개발 및 라이브러리 개발	국내외 학술지 논문게재 건수	(국내 학술지게재 논문건수×0.4)+(국외 학술지게재 논문건수×0.6)	5건	40%
		국내외 지적재산권 확보 건수	(특허 출원 및 등록건수×0.4)+(실용신안 출원 및 등록건수×0.3)+(프로그램 출원 및 등록건수×0.3)	2건	40%
		지침 및 라이브러리	교량정보모델 라이브러리 구축 지침 1건 및 라이브러리 1식	2건	20%
	소 계				100%
5차년도 (5단계)	교량정보모델 사전예측시스템 개발	국내외 학술지 논문게재 건수	(국내 학술지게재 논문건수×0.4)+(국외 학술지게재 논문건수×0.6)	4건	40%
		국내외 지적재산권 확보 건수	(특허 출원 및 등록건수×0.4)+(실용신안 출원 및 등록건수×0.3)+(프로그램 출원 및 등록건수×0.3)	2건	40%
		시작품 제작	시작품 제작 건수	1건	20%
	소 계				100%
	소 계				100%

7. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술	학술지 논문 게재 19건	국내논문게제3	국내논문 개제 3	국내논문 개제 4	국내논문 개제 3 국외논문 개제 2	국내논문 개제 3 국외논문 개제 1
	특허출원 특허등록 국제특허등록 11건	특허출원1	특허출원2 특허등록1	특허출원2 특허등록 1	특허등록 2 국제특허등록 1	국제특허등록 1
	시작품제작 2건		시작품 개발 1건			시작품 개발 1건
	지침			지침 1	지침 1	
	데이터베이스/ 라이브러리			데이터베이스 1	라이브러리 1	

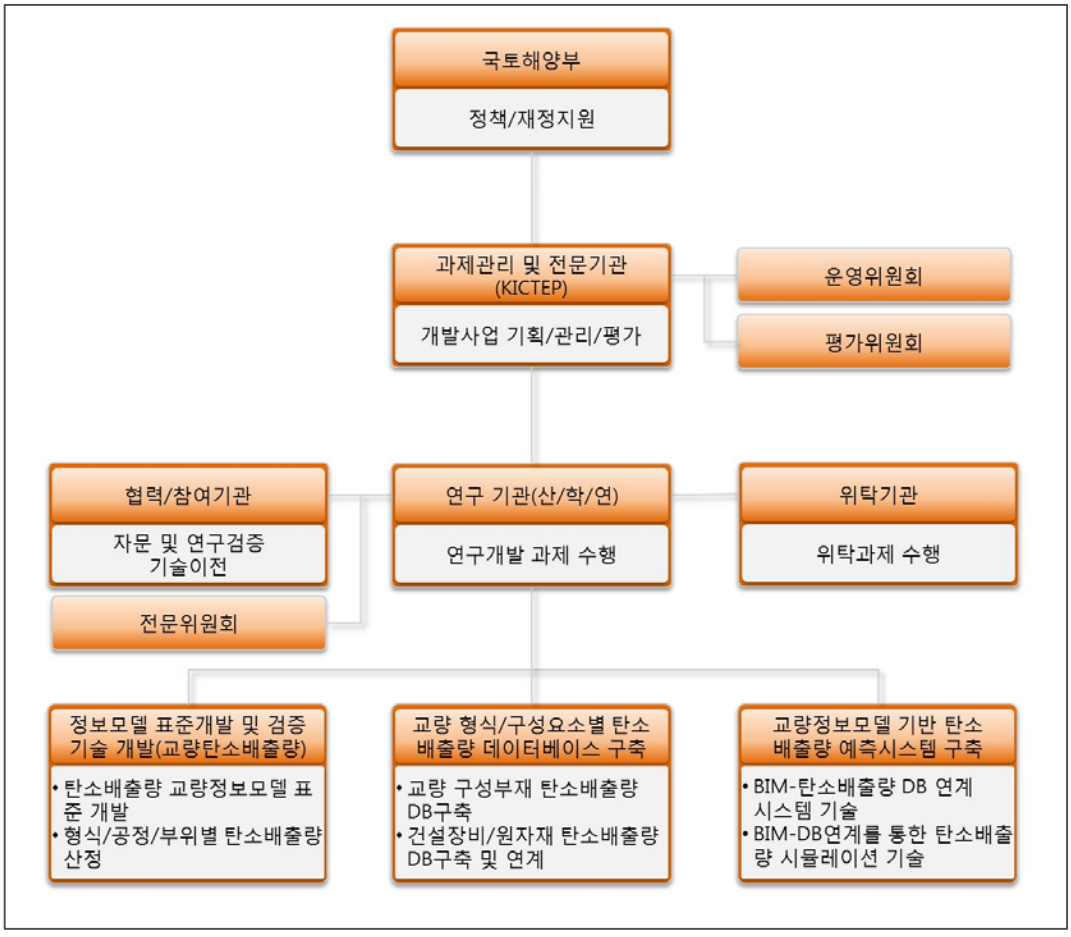
8. 기술수요처 및 실용화 방안

일반과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
교량정보모델을 활용한 탄소배출량 예측 기술	탄소배출량 산정기술	탄소배출량 산정 알고리즘	건설업체, 설계업체	설계 및 건설사와의 기술계약
		교량형식별/현장별 탄소배출량 산정기술	건설업체, 설계업체	
	탄소배출량 데이터베이스 구축	교량구성부재/건설장비의 탄소배출량 데이터베이스	엔지니어링 업체	엔지니어링 업체의 설치활용 기술계약
		교량정보모델 라이브러리	엔지니어링 업체	
	탄소배출량 예측시스템 구축	탄소배출량 시뮬레이터	정부, 건설업체, 엔지니어링업체	제도화를 통한 시스템의 검증 제도 정착

4절. 연구추진체계 제안

1. 연구추진체계

- 탄소배출량 산정예측기술 보유전문가 및 BIM요소기술을 중심으로 전문 위원회 구성
- 연구기관의 산학연의 구성으로 탄소배출량 산정예측 및 요소기술을 기반으로 하는 건설부분과 시스템 개발을 위한 IT기술 부문으로 구분
- 협력 및 참여기관으로 엔지니어링 및 SI 기업의 참여를 통한 자문 및 연구검증체계 구축하고, 연구성과의 기술이전 추진



[그림 3-4] 연구개발 추진체계

2. 추진전략

구분	위험 요인	추진 전략 (대응 방안)
국내외 법, 제도적 요인	토목분야 BIM모델을 활용하기 위해 데이터표준에 기반한 정보교환이 필수이며, 이에 대한 정부주도의 교량 BIM 표준이 마련되어야 함	교량의 탄소배출량 정보를 국제표준인 IFC - Bridge의 기본 프레임을 활용하도록 하여 향후 확장성을 확보함
재원 조달 가능성	정부 정책 변경에 따른 R&D 예산 축소, 건설업 환경 악화에 따른 민간기업 참여 저조 및 참여 기업 부담금 축소 가능성	정부의 R&D 예산 축소 및 민간기업 참여 축소 시에는 연구내용을 선택, 집중하여 주어진 연구예산 및 기간 내에 실용화가 가능하도록 연구내용 및 범위 등을 재조정함
실용화 추진	연구종료 후 실용화 추진시 연구비가 더 이상 없어 경미한 보완조차 불가능한 경우가 발생함	연구사업 종료후 실용화를 추진하는 것보다 연구사업 내에 실용화를 추진하고, 실용화 추진시 예상되는 모든 문제점들에 대해 연구사업 내에 발굴, 검증하는 무결점 시스템을 도입함
권리 확보 계획	연구진행 도중에 특허권을 취득하고자 할 때 선행기술로 인해 특허 취득이 곤란한 경우가 발생함	연구진행 전 브레인스토밍 등을 통해 연구 아이디어를 도출하고 가능한 빨리 특허를 출원하여 권리를 보호 받도록 노력함
해당 분야 전문가 및 기관 참여	해당 분야에 대한 연구실적 등이 있는 전무가 및 기관이 참여하지 않으면 주어진 단 기간 내에 실용화가 가능한 연구성과를 도출하기 곤란함	선정평가시 해당 분야 전무가 및 기관이 선정될 수 있도록 공정한 평가 진행

4장. 사전타당성 검토

1절. 사전타당성 분석의 개요

1. 분석의 틀

가. 본 과제추진의 타당성을 기술적/정책적/경제적 측면에서 검토함

- 기술적/정책적/경제적타당성 조사 항목은 KDI 및 KISTEP의 대형R&D사업의 예비타당성 조사 보고서의 조사항목을 기준으로 설정되었음

[표 4-1] 본 과제의 타당성 검토

대분류	중분류	소분류	세분류
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	과제목표와 내용의 구체성	과제목표의 구체성 분석
			과제내용의 논리성 및 적절성
		과제추진전략의 적절성	과제추진 전략의 구체성 및 도출근거
			과제추진체계 및 절차의 적절성
			성과평가 및 관리체계의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성	연구개발계획의 완성도
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석	보유기술수준 및 기술개발의 기대수준
			기술개발 역량 및 잠재력
		기술개발의 성공가능성	기술적 위험요인
			기술개발성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성	
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성	산업정책적 중요성
			정부지원의 타당성
			과제 추진의 시급성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성	상위유관계획과의 부합성
	과제추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석	본 과제와 관련한 국토해양부의 관련 사업추진의지
	과제추진상의 위험요인 및 대응방안	과제추진상의 위험요인 및 대응방안	과제추진상의 위험요인
			과제추진상의 위험요인에 대한 대응방안
경제적 타당성	경제성 분석	예산의 적정성	예산규모의 적정성분석
			예산계획 수립체계 및 과정의 적정성
			과제예산 작성 및 배분의 합리성
		경제성 분석	
	과학기술 및 사회적 파급효과	과학기술적 파급효과	
		사회적 파급효과 분석	

2절. 기술적 타당성

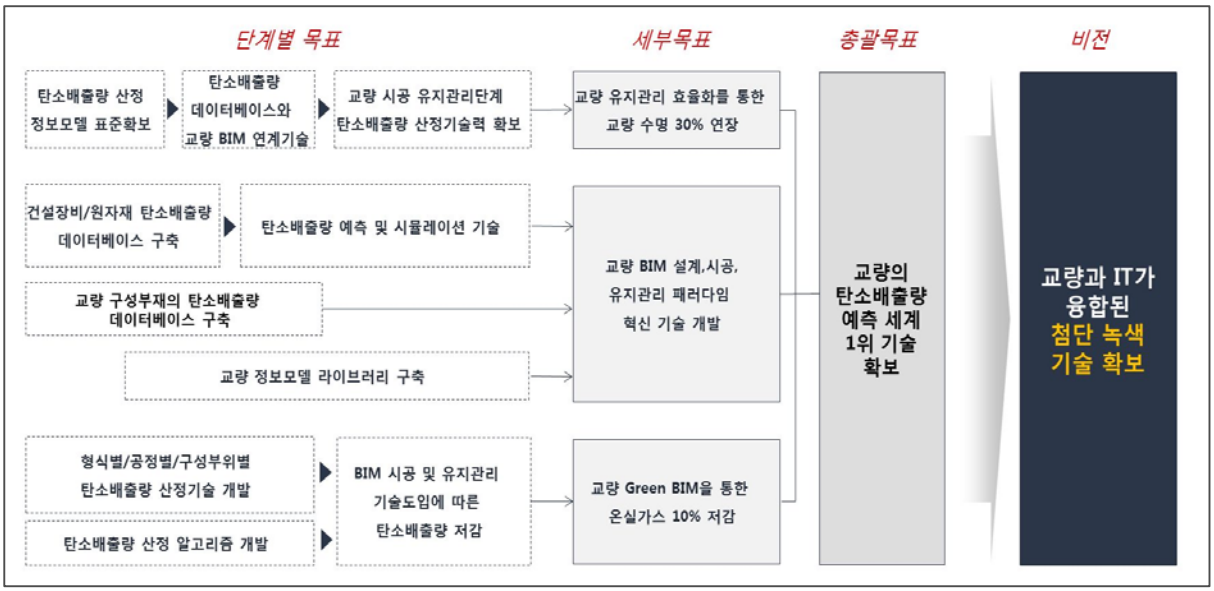
1. 기술개발 계획의 적절성

가. 과제목표와 내용의 적절성

(1) 과제목표의 구체성 분석

○ 과제의 비전 및 목표는 구체적이며 측정 가능하도록 설정되어 있음

- 교량 설계 시, 탄소배출량 예측기술의 BIM 적용사례가 전무하다는 것을 인식하고 과제의 목표를 “교량의 탄소배출량 예측 세계 1위 기술확보”로 설정하였음
  - 본 과제의 기술개발을 완료할 경우, 국내외 관련기술개발 사례가 없으므로 기술 선점을 통한 교량의 탄소배출량 예측 세계 1위 확보가 가능함
- 세부목표에 “교량 Green BIM을 통한 온실가스 10% 저감“을 포함
  - 본 과제의 개발 완료 이후, 본 과제 결과물의 적용된 교량 설계의 탄소배출량 시뮬레이션 결과물과 일반적인 교량 건설사례의 탄소배출량 시뮬레이션 결과를 비교하여 목표 달성 수준을 검증 가능함



[그림 4-1] 목표-비전 연계도

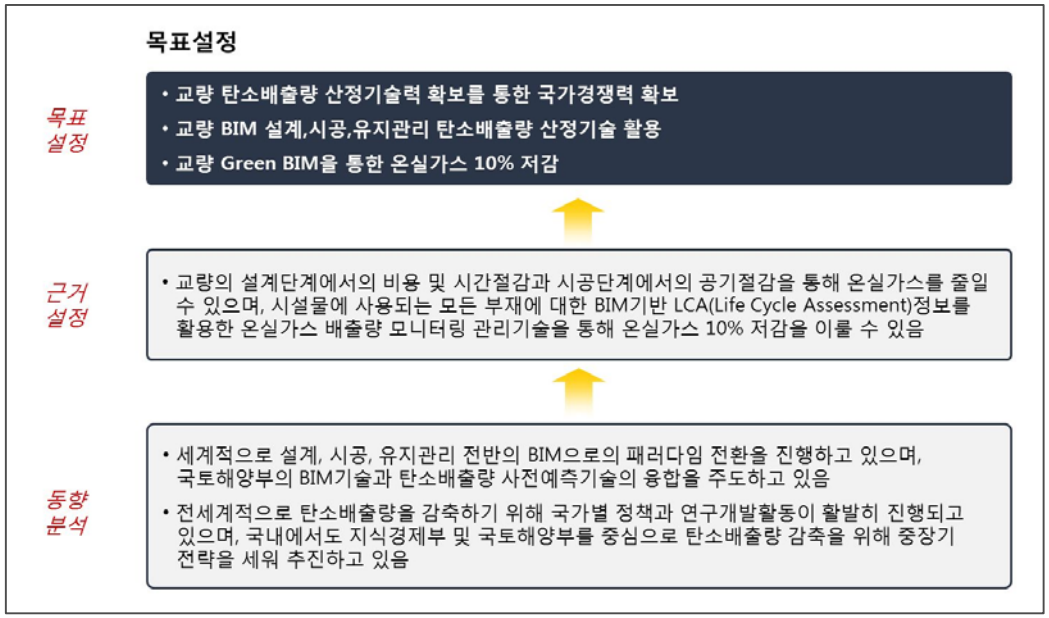
○ 과제의 목표는 연차별로 구분되어 설정되어 있으며, 세부목표는 구성기술의 개발완료에 따라 달성되도록 연계되어 있음

- 과제의 최종목표 달성을 위하여 “탄소배출량 산정 원천기술개발(1차년도~3차년도)”,

"교량정보모델기반 탄소배출량 예측실용화 기술 확보(4차년도~5차년도)"로 단계별 목표를 구성하여 이를 달성하고자 함

- 단계별 목표를 달성하기 위해 구성기술의 연계과계를 도식화 한 것은 논리적으로 타당성이 높다고 판단됨

○ 과제의 목표는 탄소저감에 대한 정책/사회적 수요, 높은 건설분야의 탄소발생 비중을 반영하여 설정되어 목표설정의 근거가 타당하다고 판단됨

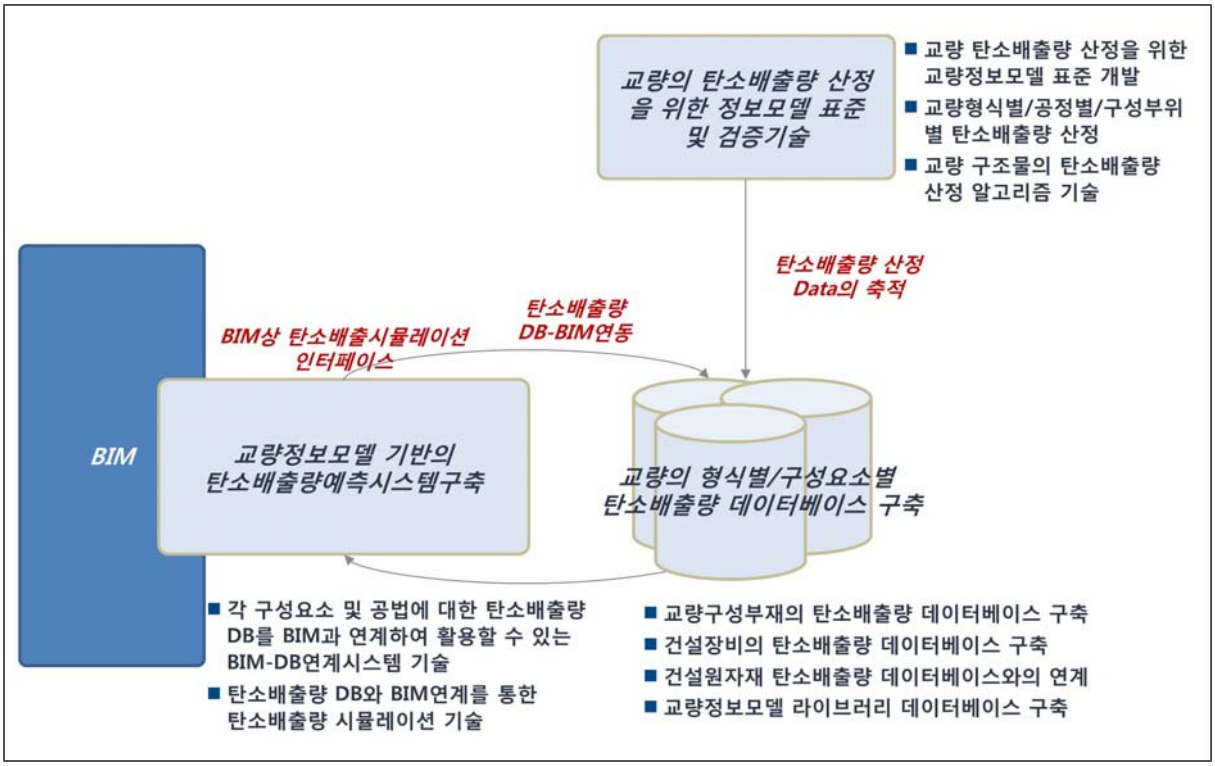


[그림 4-2] 목표설정근거

○ 과제 내 구성기술의 계층적 구성이 구체적으로 설정되어 있어 과제목표 달성을 위해 구성기술이 적절히 배치되어 있는 것으로 판단됨

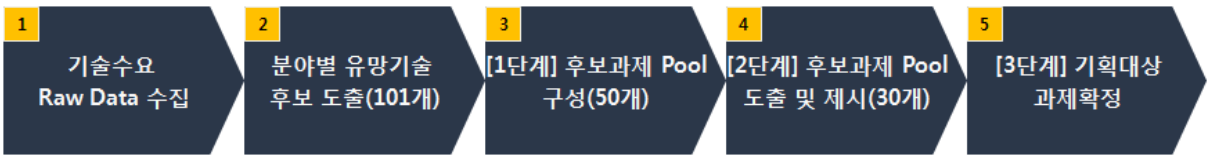
(2) 과제내용의 논리성 및 적절성

○ 과제의 구성기술은 탄소배출량 산정 및 검증, 이를 통한 DB구축, DB-BIM간 연동시스템 및 탄소배출량 시뮬레이션 인터페이스 구축으로 연계성을 가지고 있음



[그림 4-3] 과제의 구성

○ 과제 목표와 구성기술을 설정하는 데 있어 한국건설교통기술평가원의 단계별 검토위원회를 거치면서 절차에 있어 타당성을 확보하고 있음



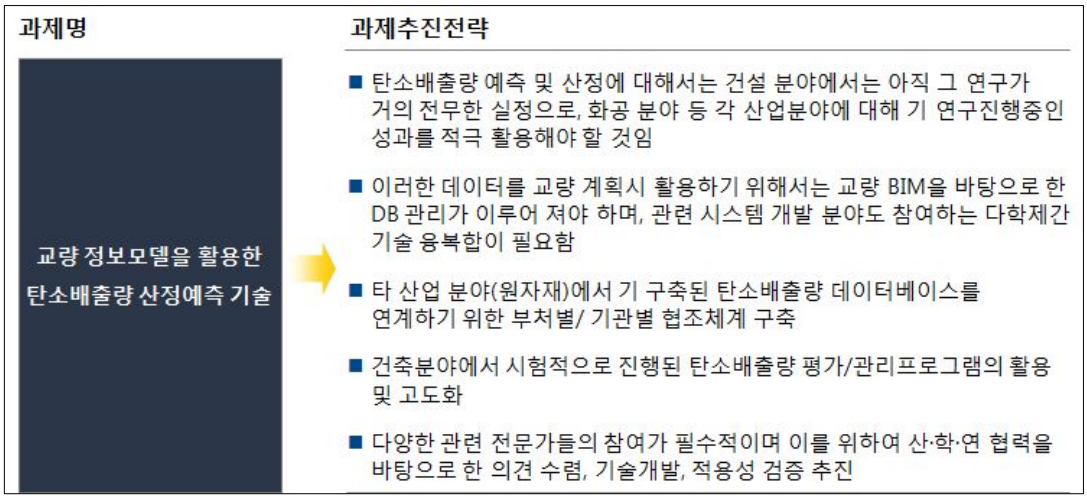
[그림 4-4] 연구개발과제 도출 프로세스

나. 과제추진전략의 적절성

(1) 과제추진 전략의 구체성 및 도출근거

○ STEEP분석에 따른 시사점 및 SWOT분석을 통해 세부과제별 과제추진 전략을 도출하고 이를 상세히 서술함

○ STEEP분석 및 SWOT분석은 세부과제 수준에서 이루어 졌으나, 연구 추진 단계에서는 보다 구체화 된 분석이 필요할 것으로 판단되며 이에 따른 전략도출 프로세스를 명확히 할 필요가 있음



[그림 4-5] 과제추진전략

(2) 과제추진체계 및 절차의 적절성

○ 본 과제은 지능형친환경교량 기획 2단계 검토위원회에서 선정된 BIM분야 1개 과제로 이루어져 일반과제 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단됨

○ 과제추진 시, 이해관계자가 고려된 추진체계를 설정하였음

- 과제추진과정에 참여할 이해당사자, 과제의 결과물을 활용할 이해당사자 등 이해관계자를 정의하고 이를 과제 추진체계에 반영하였음
  - 탄소배출량 산정예측기술 보유전문가 및 BIM요소기술을 중심으로 전문 위원회 구성
  - 연구기관의 산학연의 구성으로 탄소배출량 산정예측 및 요소기술을 기반으로 하는 건설부분과 시스템 개발을 위한 IT기술 부문으로 구분
  - 협력 및 참여기관으로 엔지니어링 및 SI 기업의 참여를 통한 자문 및 연구검증체계 구축하고, 연구성과의 기술이전 추진
- 국토해양부, KICTEP의 수요대응과 연구개발주체간의 원활한 커뮤니케이션과 업무협조를 목적으로 한 연구개발 추진체계를 구성하여 연구개발추진 시, 효율성을 높이고자 함
- 연구개발추진체계에는 연구개발과 관련된 이해관계자의 역할을 사전 정의하여 구체성이 높다고 판단됨

○ 연구개발 수행주체 선정 기준을 구체적으로 제시하고 있음

- 선정평가 시 선정기준을 연구개발목표, 연구개발내용, 추진전략 및 계획, 개발기술의 실용성 및 경제성, 연구책임자의 전문성으로 구분하여 선정기준별 세부항목과 배점을 설정하여 선정평가의 적절성을 높이고자 하였음

○ 관련 부처 및 유관기관의 협력이 필요한 경우 협력방안을 구체적으로 제시하고 있음

- 기술경쟁력분석을 통하여 과제관련 국내외 기술인프라 현황과 관련 연구개발과제 수행현황을 조사하였음
- 국내외 기술인프라 현황 및 연구개발 수행현황을 기반으로 과제와 관련하여 역량을

보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색하였음

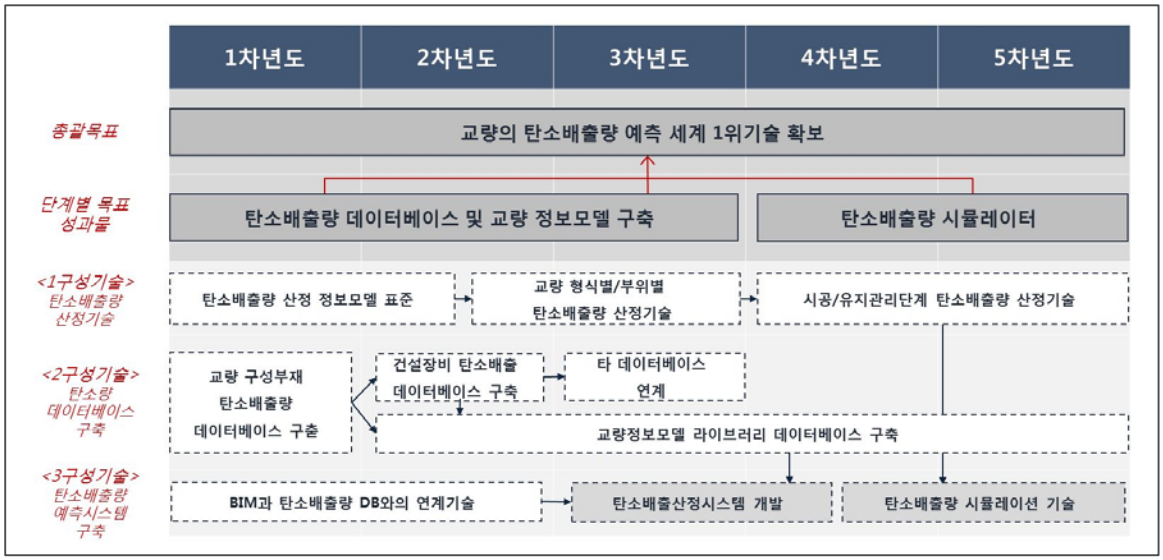
(3) 성과 평가 및 관리체계의 적절성

- 연구개발에 의해 산출되는 목표성과물별로 기술수요처를 설정하고 실용화방안을 제시하는 등 성과의 활용과 활용계획이 구체적으로 설정됨
  - 목표성과물별로 건설업체, 설계업체, 엔지니어링 업체, 정부 등 예상되는 수요처를 명시하고, 기술계약 및 정부검증제도 활용 등의 실용화 방안을 제시하였음
- 과제 추진결과 산출되는 성과물의 목표를 학술적 성과, 지식재산권 성과, 구성기술개발에 따른 산출물성과로 구분하여 설정하여 성과지표 및 목표가 균형을 이루고 있다고 판단됨
- 추후 이 과제를 추진하는 주체가 성공적인 과제목표달성을 위해 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함

다. 기술개발로드맵의 우수성

(1) 연구개발계획의 완성도

- 기술개발로드맵은 구성기술별로 개발이 추진될 요소기술을 명시하고 있으며, 요소기술간 선후관계 및 연계관계를 명시하고 있어 구체성이 높은 것으로 판단됨
- 본 과제의 기술개발 로드맵은 국내외 동향 및 환경분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으므로, 기술적/경제적 측면의 분석결과를 반영한 것으로 판단됨



[그림 4-6] 기술개발 로드맵

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량 분석

(1) 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

○ 기술선진국 대비 기술수준, 궁극기술 대비 기술수준, 세계최고기술 대비 기술수준 분석이 적절히 수행되었음

- 특허분석을 활용한 기술수준분석을 통하여 기술개발 우선순위를 분석하고 이를 후보과제 도출에 반영하였음
- 설문을 통한 최고기술보유국대비 기술수준, 기술격차 등을 조사하여 시사점을 도출하고 시사점을 후보과제 도출 시 반영하였음
  - 설문을 통한 기술수준조사의 경우, KICTEP을 비롯한 주요 R&D사업관리 전문기관의 기술수준조사서를 벤치마킹하여 각 기관의 장점을 취합하여 설계된 설문서를 사용하였음

(2) 기술개발 역량 및 잠재력

○ 기술역량 분석 결과를 과제기획에 반영하였음

- 기술분류체계를 기준으로 과제관련 기술의 기술수준을 정량적으로 조사 분석하였음
- 과제관련 기업, 연구기관, 대학의 연구개발 동향, 장비, 주요연구인력에 대한 조사를 수행하였음

나. 기술개발의 성공가능성

(1) 기술적 위험요인

○ 연구개발을 성공적으로 추진하는데 있어 영향을 줄수 있는 위험요인을 정의하고 있으며, 위험요인을 대응하기위한 추진전략을 수립함

- 연구개발 추진에의 위험요인을 신기술의 현장적용의지 부족, 교량 BIM의 실무활용도 저조, 교량 BIM관련 인프라 및 개발연구인력 부족 등으로 정의함
- 위험요인에 대한 대안으로 산·학·연 협력을 바탕으로 한 의견 수렴, 기술개발, 적용가능성 검증 추진, 산업 분야(원자재)에서 기 구축된 탄소배출량 데이터베이스를 연계하기 위한 부처별/ 기관별 협조체계 구축 등을 설정하였음

(2) 기술개발 성공 가능성

○ 본 과제의 기 수행된 연구결과 및 관련 전문가의 적극적 활용을 통해 기술개발 성공가능성을 높을 수 있음

- 탄소배출량의 산정예측을 위한 데이터베이스 구축은 매우 중요한 사항이며, 기 연구결과를 활용하여 LCA산정 및 데이터베이스를 용이하게 구축할 수 있을 것임
- 현재 탄소배출량 산정예측기술은 전 세계적으로 시장이 확대될 것으로 예상되며, BIM 설계, 시공, 유지관리 패러다임 전환으로 BIM기술을 활용한 부재별 탄소배출량 산정이 용이 할 것으로 판단됨
- 다양한 관련 전문가들을 활용하여 최신 요소기술을 접목함으로써 성공적인 연구개발일 가능할 것으로 판단됨

o 추후 기술수준 및 역량대비 기술개발 성공가능성과 시장창출 및 진입 등 시장 경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 논의가 필요함

o 과제목표 이외에 국제기술경쟁력 확보, 다양한 후속연구 유인 등의 부가적 기대효과가 예상됨

- 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설 기술 경쟁력을 확보할 수 있음
- 교량 이외에 도로, 항만, 철도 등 다양한 사회기반시설 분야에서도 같은 방법론을 적용할 수 있기 때문에, 본 연구 이후 다양한 후속연구가 진행될 수 있음
- 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환
- 기존 탄소배출량 산정 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음

3. 기존 사업과와의 중복성

가. 기존사업과의 중복성

- 교량 탄소배출량 예측기술의 BIM 적용 연구사례는 부재함

3절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

가. 국가전략적 중요성

(1) 산업정책적 중요성

ㅇ 건설부문 온실가스 배출량 현황에 따른 정부의 녹색건설 기술관련 정책 강화

- 우리나라 온실가스 배출량 중 건설분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지, 2020년까지 온실가스 배출전망치(2020년 BAU)의 30% 감축목표 설정, 건설분야에서도 동일한 감축목표 설정(국토해양 R&D 발전전략)
- 국토해양부에서 제시한 국토해양 2030 시나리오에서는 국토해양의 미래상을 결정지을 수 있는 핵심동인(Key Driver)은 기후변화대응, 기술혁신, 정부정책 공조 및 규제, 에너지 믹스, 교통모드 전환, 녹색도시 모델 발전임

ㅇ 공공기관에서의 BIM 적용사례 증가 및 국토해양부의 BIM분야 육성에 대한 의지

- 국토해양부는 BIM육성을 위한 10년 정책 로드맵을 발표하였음
- 조달청은 2016년 까지 모든 공공발주를 BIM으로 발주한다는 단기, 중기, 장기 계획에 대한 정책을 발표하였음
- 국제적으로 IFC기반 BIM모델을 납품표준으로 채택하는 추세임

ㅇ BIM 도입을 통한 건설 및 유지·운영관리 패러다임의 전환

- 다양하고 복잡해지는 시설물들의 구축과 관리에 인력중심의 기존 건설프로세스가 적용됨으로써 공사기간의 장기화, 빈번한 설계변경, 자재조달 및 관리의 어려움 등으로 막대한 시간 및 비용 손실이 발생하고 있음.
- 유럽의 경우에는 BIM 활용 효율화를 위하여 모델 작성의 표준화를 중시하며 BIM Solution을 확장한 5D Solution 개발을 통해 설계단계부터 엔지니어링, 제조, 건설, 운영, 유지보수 단계까지 모든 단계에서 수준 높은 건설 프로세스로 통합하고 있음
- 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입이 필요함
- BIM의 도입을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 및 유지관리 비용절감도 가능하게 함

(2) 정부 지원의 타당성

- 국내 건설물량이 급격히 감소하고 있는 가운데, 해외 프로젝트의 수주 역량 강화가 가장 중요한 사항으로 떠오르고 있음
- 탄소배출량의 예측 및 관리는 각국이 협약을 통해 전 산업분야에서 관심을 가지고 연구하는 사안으로, 토목시설물에 대한 산정 예측 및 관리시스템을 개발할 경우, 해외 건설시장 진출 시 큰 경쟁 무기가 될 것임
- BIM 분야는 세계적인 수준의 IT산업을 건설 산업과 융합하는 것으로, 건설의 생산성 향상은 물론, 해외 기술 경쟁력 제고에도 중요한 역할을 할 것임
- 건설 IT 분야는 미국을 포함한 해외 선진국에서도 제도적인 뒷받침이나 연구 R&D 투자를 통해 정부가 앞장서서 지원하고 장려하는 분야임

(3) 과제 추진의 시급성

- BIM기반 탄소배출량 산정예측 기술의 필요성이 높음
  - 기후변화협약의 효율적 대응을 위한 건설부분의 온실가스 감축계획수립 및 이행을 위해서는 국내 건설분야의 온실가스 발생량에 대한 실질적인 자료 확보가 반드시 필요함
  - 현재 건설부분의 온실가스 배출량 예측 및 평가를 위한 정량적인 접근방식에 대한 연구를 통해 건축물 전생애 이산화탄소 배출 평가프로그램이 파일럿 형태의 프로그램으로 개발된 바 있으며, 교량분야도 탄소배출량 산정을 위한 국가 시스템이 필요함
  - 국토해양부는 정부차원에서 BIM기술을 적극 활용할 계획이기 때문에 탄소배출 산정 예측기술과 BIM을 연계하여 녹색 건설사업에서 큰 역할을 할 것으로 기대하고 있음
- BIM 도입을 통한 건설 및 유지·운영관리 패러다임의 전환
  - 건설 생애주기에서 정보의 상호운용성 미비로 인해 높은 비용 손실액이 발생함에 따라 설계, 시공, 유지관리단계 정보공유가 가능한 BIM도입이 필요
  - BIM의 도입을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 정보 상호운용성의 확보는 건설 프로젝트 수행에 따른 업무 효율성이나 정확성 향상에 큰 역할을 할 뿐만 아니라, 건설비용 및 유지관리 비용절감도 가능하게 함
- BIM기반의 정보호환 및 축적을 통한 탄소배출량 예측기술 개발이 요구됨
  - 토목분야 BIM 기술 적용을 현실화하고 확산시키기 위해 건설 분야의 비영리 국제조직인 IAI가 정의한 개방형 BIM 국제표준 포맷인 IFC 포맷을 활용하여 건설 분야에서의 데이터 교환 모델로 활용하고 있으나 토목 분야에의 적용은 데이터 분류체계 등의 상이함으로 인해 어려운 현실이며, 많은 연구들이 진행되고 있으나 대부분 설계 및 시공단계 위주로 구성되고 있음
  - 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 예측을 위해서는 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 기술 개발이 우선되어야하며, 표준을 통해 정보 호환 및 축적이 가능함. 탄소배출량 예측을 위한 정보모델 표준이 개발되어 있지 않으므로 이에 기술 개발이 시급함

2. 상위계획과의 부합성

가. 정책적 일관성

(1) 상위 유관계획과의 부합성

○ (가) 본 과제는 국가차원, 국토해양부의 정책동향에 부합하는 과제임

녹색성장국가비전('09)	2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 세우고, 10대 정책방향으로 효율적 온실가스 감축과 녹색기술개발 및 성장동력화, 녹색국토·교통의 조성 등을 마련
제4차 건설기술진흥기본계획('08~12)	녹색강국을 실현하는 선진 건설기술 확보"라는 비전 하에 녹색성장 기반구축 목표를 추가하고 친환경 건설에 대한 국토해양부의 강력한 의지를 표현
국토해양부의 R&D 과제발주 계획('10~)	2010~2013년까지의 연구과제중 3차원 건축물정보 구축분야에서 BIM 기반 기술 연구, BIM 표준규격 및 유통기술연구 및 BIM/GIS 통합기술연구를 포함하고 있음(국토해양부 건축기획과, 2011) 국가정책위원회는 BIM 활성화를 위한 방안을 마련하기 위하여 BIM 정책로드맵과 표준지침을 도출하여 보급하는 한편, 데이터 표준규격 확보 및 동 규격을 활용한 라이브러리 구축을 위한 여건 조성과 관련 R&D를 통한 적극적 개발 추진력을 지원할 계획임

[그림 4-7]. 과제관련 주요 정책 동향

3. 과제추진의지와 관련 기관협조체계

가. 정책적 추진의지

(1) 본 과제와 관련한 국토해양부의 관련 과제추진의지

○ 본 과제는 실질적으로 국토해양부의 Green up 30의 과제 중 "Intelligent Green Bridge"의 일부로 국토해양부 R&D 수요와 정확하게 일치하여 부처의 과제추진의지는 매우 높다고 판단됨

○ 본 과제의 비전은 교량과 IT가 융합된 첨단 녹색기술 확보로 국토해양부의 R&D 비전인 " 품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader"를 실현하기 위한 교량부문의 연구개발로서 그 필요성이 인정됨

○ 국토해양부는 R&D를 통한 기대효과로 사회적 비용절감효과와 녹색산업 성장을 예상하고 있으며, 본과제의 추진으로 교량부문 사회적 비용절감효과 및 교량부문 녹색산업 성장이 예상됨



[그림 4-8] 국토해양부 R&D비전과 과제 비전의 관계도

4. 과제추진상의 위험요인과 대응방안

가. 과제추진상의 위험요인 및 대응방안

(1) 과제추진상의 위험요인

○ 과제 추진상의 위험요인으로 국내외·제도적 요인, 재원조달 가능성, 실용화 추진, 권리확보 및 해당분야 전문가 및 기관 참여 부분으로 구분하여 기술함

- 토목분야 BIM모델을 활용하기 위해 데이터표준에 기반한 정보교환이 필수 이며, 이에 대한 정부주도의 교량 BIM 표준이 마련되어야 함
- 정부정책 변경에 따른 R&D 예산축소, 건설업 경기 악화에 따른 민간기업 참여 저조 등의 가능성이 있음
- 연구종료 후 실용화 추진 시 연구비 부족으로 인해 진행이 불가한 경우가 생길 수 있음
- 연구진행 중 특허권을 취득시 선행기술로 인해 취득이 불가한 경우가 발생할 수 있음
- 해당 분야에 대한 경험이 없는 전문가 및 기관이 참여시 주어진 단기간 내에 실용화가 가능한 연구성과를 도출하기 곤란함

(2) 과제추진상의 위험요인에 대한 대응방안

○ 각 위험요인에 대한 대응방안을 서술함



[그림 4-9] 과제추진상의 위험요인에 대한 대응방안

4절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

가. 예산의 적정성 분석

(1) 예산규모의 적정성 분석

- 유사사업 등과의 비교 등을 활용한 총 사업비 규모의 적정성을 분석
  - 국토해양부에서 시행하는 유사사업(교량 관련 사업)의 연구비를 비교분석한 결과 본 과제의 연구비는 35.0억원으로 과제수 대비 사업비 규모가 적정한 것으로 판단됨

[표 4-2] 유사사업 비교표

구분	연구비	연구기간	과제수	과제당 연구비
교량설계 핵심기술연구단	176.3억원	5년	3개	58.8억원
본 과제	35.0억원	5년	1개	35.0억원

(2) 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

- 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 과제 연구비를 확정
- 인건비는 '2011년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성
- 각 구성기술별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함
  - 이때 정부출연금 및 기업부담금의 배분비율은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표1 중앙행정기관 및 참여기업의 연구개발비 출연·부담 기준'을 작성기준으로 활용
- 항목별 예산은 '국토해양부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용

(3) 과제예산 작성 및 배분의 합리성

- 과제의 구성기술별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함
- 과제의 공동과제별 인건비, 직·간접비를 연차별로 구분하여 제시함

- 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 감안하여 산정함
- 직접비는 연구장비, 재료비, 연구활동비, 연구수당으로 구분하여 산정함

나. 경제성 분석

- 본 과제의 경우 명확한 시장의 산정이 어려워 비용-편익 분석(Benefit/Cost Analysis) 분석이 어려울 것으로 판단됨
- 본과제인 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술과 관련된 연구 사례는 부재하고 처음 시도되는 기술이라 할 수 있어 과제의 시장 전망은 불가하다고 판단되지만, 관련 시장은 증가할 것으로 판단됨
- 본 보고서에 따르면 과제와 관련된 시장을 다음과 같이 기술하고 있음
  - 향후 건설IT융합 시장은 생산성 향상과 유지관리 및 에너지 절감, 기후변화협약에 대응, 친환경 기술 등에 대한 수요 증가와 함께 거대 시장으로 확대될 전망
  - 지능형 건설, 건설 IT 인프라, 에너지 절감 및 친환경, 신소재 등 건설IT융합 시장을 통한 고부가가치 시장을 중심으로 가속적 성장이 기대
  - IT와 건설 산업의 융합을 통해 신규로 창출되는 시장은 2015년 약 60조 원으로 증가할 것으로 전망
  - 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 시장은 4~5천억원 규모의 매출을 보이며, 2009년을 기준으로 4.7% 성장률을 보이고 있으며, 2011년 매출은 5.3천억원 규모로 예측됨
    - 미래 국내 CAD/CAM/CAE/PDM 소프트웨어 매출을 2010년 460,000(단위: 백만원) 기준 4.5%성장률을 고려하여 예상 매출을 예측하면 2015년 600,000(단위: 백만원), 2020년 700,000(단위: 백만원) 규모의 시장으로 예상됨
  - 2010년 BIM용역 실적 72건 대비 9,336억의 공공발주금액을 기준으로 프로젝트 증가 추이를 비교하면 2018년 BIM공공발주는 3,257건으로 총금액은 422,324억으로 증가할 것으로 전망됨
- 경제성 판단은 어렵지만 본 기술개발 성공 시 신기술 개발로 국내외 기술 선점 효과 및 관련분야 적용 등의 과학기술적, 사회적 파급효과가 클 것으로 판단됨

2. 과학기술 및 사회적 파급효과

가. 과학기술적 파급효과 분석

- 지적 재산권 및 학술적 성과 및 환경 개선 효과
  - 각 세부과제별 성과목표에 도달 할 경우 논문 72건 이상, 특허출원 5건 이상, 특허등록 6건 이상, 시작품 1건 이상 및 관련지침 2건 이상, 데이터베이스 및 라이브러리 제작

등의 과학기술적 성과가 기대됨

나. 사회적 파급효과 분석

- o 과제 성과들에 대한 활용을 통한 탄소저감 및 관련산업 활용 등의 파급효과가 매우 큼
  - 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소 저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설 기술 경쟁력을 확보할 수 있음
  - 교량 이외에 도로, 항만, 철도 등 다양한 사회기반시설 분야에서도 같은 방법론을 적용할 수 있기 때문에, 본 연구 이후 다양한 후속연구가 진행될 수 있음
  - 기존 탄소배출량 산정 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음

5절. 종합평가 및 결론

1. 기술적 타당성 분석

○ 기술적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 기술개발 계획의 적절성 2. 기술수준 및 성공가능성 3. 기존사업과의 중복성 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- 기술개발 계획의 경우 사업 목표와 내용이 구체적이고 과제추진전략이 적절하게 도출되었으며, 기술개발로드맵이 완성도 있게 작성되었음
  - 과제의 비전 및 목표를 구체적으로 제시하고 설정근거를 타당하게 제시하였으며, 연구개발과제의 도출 프로세스와 세부과제의 개념, 범위, 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음
  - 본 사업은 일반과제 형태로 추진하는 것이 타당하다고 판단되며 추진조직의 구성에 대해 상세하게 기술하였으나, 추후 성과관리체계의 효과적인 방안을 검토하는 것이 필요함
  - 기술개발로드맵은 과제의 구성기술 수준에서 상세히 작성되었고 구성기술간 선후관계가 명확하게 드러나도록 작성됨
- 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음
  - 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력 등을 동향분석 및 기술수준조사를 통해 수행하였으며 국내와 선진국 수준을 비교분석함
  - 연구개발을 성공적으로 추진하는데 있어 영향을 줄수 있는 위험요인을 정의하고 있으며, 위험요인을 대응하기위한 추진전략을 수립함
- 기존사업과의 중복성의 경우 교량 BIM분야의 탄소배출량 관련 기존 연구사례는 부재하였음

2. 정책적 타당성 분석

○ 정책적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 국가전략적 중요성, 2. 과제추진의지 및 위험요인이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- 국가전략적 중요성의 경우 산업정책적, 정부지원 타당성 및 과제추진의 시급성에 대해 타당하게 서술하였음
  - 탄소배출량 저감 및 BIM분야를 위한 정부의 정책의지 측면에서 본 과제의 산업정책적 중요성은 타당하게 서술되어 있다고 판단됨
  - 해외 프로젝트 수주역량 강화 및 건설 IT분야에 대한 연구 R&D 투자 측면에서 정부의 지원은 타당하다고 판단됨

· 기후변화협약의 효율적 대응 및 건설부문의 온실가스 감축계획수립 및 이행에 따라 본 과제는 조속히 추진되어야 할 것으로 판단됨

- 과제추진의지 및 위험요인의 경우 본 과제와 관련한 국토해양부의 관련사업 추진의지에 대해 기술하고 과제추진상의 위험요인과 이에 따른 대응방안에 대해 기술하였음

· 본 과제은 국토해양부 Green up 30과제의 일부로 국토해양부의 R&D를 통한 및 녹색성장 기대효과에 부합한다고 판단됨

· 과제 추진상의 위험요인으로 국내외·제도적 요인, 재원조달 가능성, 실용화 추진, 권리확보 및 해당분야 전문가 및 기관 참여 부분으로 구분하여 기술하고 이에 대한 대응 방안에 대해 서술함

3. 경제적 타당성분석

o 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 경제성 2. 과학기술적 파급효과 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- 연구비의 경우 국토해양부에서 시행하는 유사사업의 연구비와 비교할 때 적정한 것으로 판단되며, 세부적인 인력 활용 및 연구비 사용에 대해서는 연구 추진 단계에서 보다 구체화 될 수 있을 것으로 판단됨

- 경제성 분석의 경우 과제에 대한 명확한 시장의 선정이 어려워 비용-편익 분석(Benefit/Cost Analysis)이 어렵다고 판단되나, 본 기술개발 성공 시 신기술 개발로 국내외 기술 선점 효과 및 관련분야 적용 등의 과학기술적, 사회적 파급효과가 클 것으로 판단됨

- 과학적 파급효과인 논문, 특허, 시작품, 관련지침 외에 사회비용 감소, 탄소저감 및 관련산업 파급효과가 클 것으로 판단됨

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력계획

1. 연차별 투입 연구인력

일반과제 소요인력 (단위 : 명)

일반과제	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발	2.07	2.37	2.52	2.07	1.62	10.65
교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축	2.76	3.16	3.36	2.76	2.16	14.20
교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	2.07	2.37	2.52	2.07	1.62	10.65
합계	6.90	7.90	8.40	6.90	5.40	35.50

2. 상세 투입연구인력

분류		총 개발인력(77명)						비고
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
계	책임연구원	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	4.50	
	연구원	1.50	2.00	2.00	1.50	1.50	8.50	
	연구보조원	1.50	2.00	2.50	2.00	1.50	9.50	
	보조원	3.00	3.00	3.00	2.50	1.50	13.00	
	합계	6.90	7.90	8.40	6.90	5.40	35.50	
교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발	책임연구원	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	1.35	
	연구원	0.45	0.60	0.60	0.45	0.45	2.55	
	연구보조원	0.45	0.60	0.75	0.60	0.45	2.85	
	보조원	0.90	0.90	0.90	0.75	0.45	3.90	
	합계	2.07	2.37	2.52	2.07	1.62	10.65	
교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축	책임연구원	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	1.80	
	연구원	0.60	0.80	0.80	0.60	0.60	3.40	
	연구보조원	0.60	0.80	1.00	0.80	0.60	3.80	
	보조원	1.20	1.20	1.20	1.00	0.60	5.20	
	합계	2.76	3.16	3.36	2.76	2.16	14.20	
교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	책임연구원	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	1.35	
	연구원	0.45	0.60	0.60	0.45	0.45	2.55	
	연구보조원	0.45	0.60	0.75	0.60	0.45	2.85	
	보조원	0.90	0.90	0.90	0.75	0.45	3.90	
	합계	2.07	2.37	2.52	2.07	1.62	10.65	

2절. 소요예산 산정

1. 산정개요

- 세부과제별 기획위원회를 구성하여 예산을 산출함
- 최소 연구단위인 구성기술을 수행하는데 소요되는 적정비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 사업예산 규모를 확정
- 인건비는 '2011년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성
- 각 구성기술별 특성을 고려하여 민간기업의 참여가능성을 예측하고 이를 바탕으로 정부출연금과 기업부담금을 구분함

2. 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술 개발 과제 소요예산

가. 총괄 소요예산

(단위 : 천원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술 개발	500,000	100,000	700,000	150,000	800,000	150,000	500,000	100,000	400,000	100,000	2,900,000	600,000
교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발	180,000	-	255,000		285,000		180,000		150,000		1,050,000	-
교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축	140,000	100,000	190,000	150,000	230,000	150,000	140,000	100,000	100,000	100,000	800,000	600,000
교량정보모델 기반의 탄소배출량 예측시스템 구축	180,000	-	255,000		285,000		180,000		150,000		1,050,000	-

나. 예산 항목별 소요예산

(단위 : 천원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
			인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100	인원×참여율/100		
인건비	책임 연구원	67,289	60,560	60,560	60,560	60,560	60,560	302,800	8.7%
	연구원	51,596	77,394	103,192	103,192	77,394	77,394	438,566	12.5%
	연구 보조원	34,490	51,735	68,980	86,225	68,980	51,735	327,655	9.4%
	보조원	25,869	77,607	77,607	77,607	64,672	38,803	336,296	9.6%
소계			267,296	310,339	327,584	271,606	228,492	1,405,317	40.2%
직접비	연구장비/ 재료비		60,000	200,000	230,000	80,000	50,000	620,000	17.7%
	연구활동비		103,505	113,629	143,645	78,333	79,360	518,472	14.8%
	연구수당		53,459	62,067	65,516	54,321	45,698	281,061	8.0%
소계			216,964	375,696	439,161	212,654	175,058	1,419,533	40.6%
간접비			115,740	163,965	83,255	115,740	96,450	75,150	19.3%
합계			600,000	850,000	950,000	600,000	500,000	3,500,000	100.0%

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절. 과제 제안요구서(RFP)

일반과제	교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 교량의 설계단계 부터 탄소배출량을 예측하여 최적의 친환경 GREEN 교량을 건설하기 위한 탄소배출량 예측 기술 개발 - 교량 기획, 설계, 시공, 유지관리단계의 탄소배출량을 최소화하기 위하여 탄소배출량을 예측할 수 있는 정보모델 표준 및 알고리즘을 개발하고, 교량의 전 생애주기 및 형식별/구성요소별 탄소배출량을 데이터베이스화 하고 이를 시뮬레이션하여, 교량의 탄소배출량 예측할 수 있는 기술을 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 연구개발 배경 - 21세기 기후변화의 가속화 전망으로 화석에너지 절감 및 온실가스 배출량 감소에 대한 요구가 급속히 높아지고 있음 - SOC 건설 분야에서도 국가의 녹색성장에 맞는 기술개발 수요가 증가하고 있음 - 국제 탄소배출량은 2008년 28.8Gt에서 2020년 34.5Gt, 2030년 40.2Gt로 계속 증가할 것으로 전망(IEA, World Energy Outlook) - 우리나라의 CO2 배출량은 2007년 기준 4억 8천 870만톤으로 2006년에 이어 2007년에도 OECD내에서 6위, 전 세계에서 9위를 차지(IEA, World Energy Outlook) - 우리나라 온실가스 배출량 중 건설분야 비중은 42.3%로 높은 비중을 차지, 2020년까지 온실가스 배출전망치(2020년 BAU)의 30% 감축목표 설정, 건설분야에서도 동일한 감축목표 설정(국토해양 R&D 발전전략) - IT기반의 융합기술은 전 세계적으로 새로운 트렌드로 자리 잡고 있으며 이의 경제 및 사회적 영향이 지대해 지고 있음. - 이미 많은 공공발주자들이 BIM의 필요성을 인식하고 있으며, 국토해양부의 건축정책기본계획에 따라 앞으로 공공발주에서의 BIM 적용은 가속화 될 것임. 이에 따라 교량의 표준 데이터 모델에 대한 필요성이 급격히 증가하고 있음 - 탄소배출량 산정 예측을 위해 교량정보모델(교량 BIM) 활용이 가능한 수준으로 분석되고 있음 ○ 연구 필요성 - 온실가스 감축에 대한 국내외적 요구가 증대되고 있으며, 이를 실현하기 위한 녹색건설기술에 대한 정부 정책 강화 및 이에 대한 건설업계의 대응 필요성 증대되고 있음 - 대한건설정책연구원이 최근 발표한 ‘세계 각국의 녹색도시 개발 현황 분석 및 녹색건설성장을 위한 대응방향 연구’에 따르면, 국내 온실가스 배출량은 396백만t CO2(2000년 기준)이며 이중 건설부문에서 발생한 직접적인 탄소배출량은 6.4백만t CO2인 것으로 조사됨 - 건설부문별 탄소배출량의 구성을 보면, 건축시설부문이 217만3천t의 CO2의 탄소를 배출했고, 토목시설부문이 421만4천t CO2의 탄소를 배출해 건축시설부문보다 약 2배의 배출량을 보임 - 이는 건설부문의 총산출 중 건축시설이 60%정도를 차지하는 것을 고려할 때 토목부문의 배출 원단위가 건축부문에 비해 2배 이상이 되는 것임 - 각 세부부문 중 가장 영향이 큰 건설부문은 토목시설 중 도로시설부문으로 113만5천t CO2의 탄소배출이 발생

- 공공기관에서 BIM을 적용하기 위한 공사발주가 2008년부터 차츰 증가하고 있는 추세이며 특히, 조달청에서는 2011년 1~2건의 대형공사에 BIM을 시범 적운용하고 2012년에는 3~4건으로 확대할 계획에 있음
- 국토해양부는 국내 BIM 육성을 위해 10년 정책 로드맵을 발표하였으며, 녹색건축 도시구현을 위한 국제표준기반의 BIM시스템 기술개발을 추진하고 있음
- 교량의 탄소배출량을 예측하기 위한 기반으로 탄소배출량 산정 정보모델 표준 개발이 필요함
- 탄소배출량 저감 방안으로는 사전 조치가 사후조치 보다 효율적이므로 교량 설계/시공/유지관리 단계의 탄소배출량을 기존 데이터베이스와 연계하여 활용할 필요가 있음
- 원자재 탄소배출량 데이터베이스 이외에 건설분야에 한정되어 있는 자원·장비·자재 등에 대한 데이터베이스는 별도 구축이 필요하며, 교량정보모델에서 활용할 수 있는 라이브러리 구축도 병행 개발할 필요가 있음

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 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
- 정부는 국가의 주요 정책목표 중 하나로 국민의 삶의 질 제고와 환경개선을 선정하여, 이에 대한 추진정책 수단 및 방안의 하나인 “주요 사회간접자본 시설의 탄소집약도와 생태효율성 개선”에서 교통혼잡비용 감축과 폐기물 감소를 추진하고 있음
- 국토해양부에서는 2010년 9월에 “국토해양 R&D 발전전략”을 수립하여 현재 추진 중에 있으며 2010년 초에 추진한 녹색로드맵 기획결과로부터 총 68개의 전략과제가 도출되어 이중 녹색 및 탄소배출량 저감과 관련하여 우선순위가 높다고 판단되는 30개 과제를 선정하여 Green-up 30을 제시하였음(지능형 친환경 교량 분야 포함)
- 국토해양부의 2010~2013년까지의 연구과제중 3차원 건축물정보 구축분야에서 BIM 기반기술 연구, BIM 표준규격 및 유통기술연구 및 BIM/GIS 통합기술연구를 포함하고 있음(국토해양부 건축기획과, 2011)
- 국토해양부 국가정책위원회는 BIM 활성화를 위한 방안을 마련하기 위하여 BIM 정책로드맵과 표준지침을 도출하여 보급하는 한편, 데이터 표준규격 확보 및 동 규격을 활용한 라이브러리 구축을 위한 여건 조성과 관련 R&D를 통한 적극적 개발 추진력을 지원할 계획임

○ 국외기술동향

- 미국 정부에서는 미국 경제 살리기 및 고용창출을 위한 인프라사업 추진계획을 수립하고, 향후 10년간 저탄소 산업에 1,500억 달러를 투자할 계획임
- 미국의 GSA (General Services Administration)에서는 2006년 10월부터 모든 설계사들이 설계도면의 제출을 IFC기반의 BIM 모델로 제출할 것을 요구하고 있으며, 위스콘신주에서는 발주되는 총 공사비 500만 달러 이상인 프로젝트를 대상으로 BIM을 의무적으로 적용해야하는 “Guideline & Standard"를 발표함
- 미국 National BIM Standard (NBIMS) 제정: NIBS (National Institute of Building Science Project Committee)에서 국가표준인 NBIMS를 2007년 12월 제정한 이래로, 다양한 관련 기구 및 기관을 연합하여 BIM의 국가적인 적용을 가속화하고 있음
- 미국 NSF(National Science Foundation) 산하의 CMS는 IT 융합 가상 건설, 에너지 절감, 친환경, 지능형 건설 기술 개발 진행
- BIM을 위한 데이터 모델 활용을 위한 EU의 주요 R&D 정책
  · EU(유럽공동체) COMBINE, COMBI 프로젝트: STEP을 이용하여 통합 건물 설계 시스템을 개발하기위해 수행된 프로젝트(최창근 등, 2006). EuroSTEP이나 STAND-INN 프로젝트 등을 통해 표준 데이터 모델을 활용한 동일 라이브러리의 생성 방안 등을 유럽 여러 나라가 참여하는 프로젝트

	형식의 연구를 수행함 · 핀란드 buildingSMART: HUT-600 (Helsinki University of Technology Auitorium Hall 600)프로젝트를 통해 17개월 동안 설계와 시공을 동시에 진행하면서 IFC의 적용 여부를 시험함 · 노르웨이 buildingSMART: 빌딩 건설시 각 프로세스와 IFC 모델을 연결하는 방법 제시하고 있음 · 독일 buildingSMART: IFC를 사용하여 분야간 데이터 호환성을 확보를 통한 설계단계부터 시공단계를 거쳐 CAFM에 전달하기까지의 전 과정에서 생성된 정보의 통합 관리방안을 제시함
3. 연구개발 내용	
	○ 교량의 탄소배출량 산정을 위한 정보모델 표준 및 검증 기술 개발 - 교량 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 기술 - 교량 형식별/구성부위별 및 시공 및 유지관리 단계 탄소배출량 산정기술 - 교량 구조물의 탄소배출량 산정 알고리즘 기술 ○ 교량의 형식별/구성요소별 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 교량 구성부재의 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 건설 장비의 탄소배출량 데이터베이스 구축 - 건설 원자재 탄소배출량 데이터베이스와의 연계 - 교량정보모델 라이브러리 데이터베이스 구축 ○ 교량정보모델기반의 탄소배출량 예측시스템 구축 - 교량의 각 구성요소 및 공법에 대한 탄소배출량 DB를 BIM과 연계하여 활용할 수 있는 BIM-DB 연계 시스템 기술 - 탄소배출량 DB와 BIM의 연계를 통한 탄소배출량 시뮬레이션 기술
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 과제 책임기관 주도하에 산학연 연계를 통한 적용성을 기반으로 하는 기술개발 ○ 국내 건설/ 토목분야 유관 R&D 프로젝트와 민간사업을 적극 연계하는 방안 추진 - 교량설계를 위하여 최적화된 BIM 정보가 운용될 수 있도록 기존의 BIM모듈을 활용하여 특화된 기술 개발
□ 추진체계	○ 요소기술을 중심으로 전문 위원회 구성 ○ 건설기술 부문과 IT기술 부문으로 구분 ○ 엔지니어링 및 SI 기업 참여를 통한 실용성 증대 ○ 국내외 전문가 초청 세미나 및 워크샵 개최 ○ 기존 관련 연구 및 사례 분석, 전문집단간 정보와 기술교류를 통해 정성·정량화된 분석 추진
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 탄소배출량 산정을 위한 교량정보모델 표준 ○ 교량의 전 생애주기 및 형식별 탄소배출량 데이터베이스 ○ 교량의 정보모델 라이브러리 ○ 교량의 탄소배출량 시뮬레이터
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2013년 1월 ~2017년 12월 (5년) ○ 연구비 예산 : 35억원(정부출연금 : 29억원)

7. 기 타	
□ 파급효과 및 활용방안	○ 녹색성장 정책과 맞물려 건설과 IT기술을 융합하여 이산화탄소 배출량 및 에너지 사용량 축소를 위한 기술개발로 고부가가치 시장의 성장 ○ 설계, 시공, 유지관리 전반으로의 BIM패러다임 전환 ○ 교량계획단계에서의 탄소배출량 예측시스템의 개발은 본연의 목적인 건설분야 탄소 저감을 실현시킬 수 있으며, 본 기술을 이용하여 국제적인 건설기술 경쟁력을 확보할 수 있음 ○ 기존 탄소배출량 산정 패러다임을 바꾸게 되어, 전체적으로는 건설 산업의 수익성 증대를 가져올 뿐 아니라, 해외 기술 경쟁력을 향상 시킬 수 있음 ○ 또한, 교량 이외에 도로, 항만, 철도 등 다양한 사회기반시설 분야에서도 같은 방법론을 적용할 수 있으므로 본 연구 이후 다양한 후속연구가 진행될 수 있음

2절. 평가기준 설정

1. 평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

- o 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술개발의 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시.
- o 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 ‘건설교통 R&D 성과지표’에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시.

나. 연구개발 내용

- o 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정예측 기술 개발 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함.
- o 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가.
- o ‘교량정보모델 기반의 탄소배출량 산정예측 기술’에 대한 ‘탄소배출량 산정 정보모델 표준 및 알고리즘 개발’, ‘탄소배출량 데이터베이스 구축‘ ‘탄소배출량 시뮬레이터 개발’등과 같이 체계적인 과제구성여부 평가.
- o 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가

다. 추진전략 및 계획

- o 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.
- o 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함.
- o 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단
- o 교량정보모델을 활용한 탄소배출량 산정 예측 기술개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성
- o 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부

o 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

o 기관선정의 우선순위는 교량정보모델의 활용성에 기반한 제품의 시장점유율 및 부가가치 확대, 세계최고 수준의 기술경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.

o 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부

o 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구제적 항목으로 제시 여부

o 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부

o 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

o 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.

o 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.

o 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

o 대기업이 주관연구기관으로서

- 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점
- 중소기업이 참여하는 경우 : 2점

o 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점

o 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

o 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)

- 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점
- 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

o 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

o 현재 개정 작업중에 있는「국토해양부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

* 『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』 제7조 4항 1호 및 [별표 1의 3] 관련

마. 기타

o 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입여부)

o 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점

o 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점

o 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점

o 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정(' 09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점