

# 케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획 과제 최종보고서

2016 . 3

Infrastructure  
R&D Report

주관연구기관 / 한국도로공사  
공동연구기관 / 서울대학교  
공동연구기관 / (주)날리지웍스

국 토 교 통 부  
국토교통과학기술진흥원

## 제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획 연구"과제의 최종보고서(안)으로 제출합니다.

2016. 3.

주관연구기관명 : 한국도로공사

주관연구책임자 : 길 홍 배

연구원 : 안 상 섭

" : 전 경 수

" : 한 경 봉

" : 이 정 환

" : 박 종 칠

" : 조 준 상

" : 정 경 자

" : 남 문 석

" : 윤 완 석

공동연구기관명 : 서울대학교

공동연구책임자 : 이 해 성

연구원 : 김 호 경

" : 송 준 호

" : 조 재 열

" : 이 승 한

" : 박 진 욱

" : 김 세 진

" : 이 세 혁

공동연구기관명 : 날리지웍스

공동연구책임자 : 이 재 희

연구원 : 김 황 만

" : 손 창 수

" : 이 정 수

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2014.12.29.~ 2015.08.28	단 계 구 분	-
연구사업명	국토교통연구기획사업				
연구과제명	최 상 위 과 제 명	케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획			
	단위과제명	주관: 케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획 총괄			
		공동: 케이블교량 성능 최적화 기술 과제 기획			
		공동: 케이블교량 기술 수요조사 및 우선순위분석 기획			
연구책임자	길홍배	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 22명 내부 : 18명 외부 : 4명	총연구비	정부 : 100천원 기업 : 0천원 계 : 100천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	주관: 한국도로공사 공동: 서울대학교 공동: 날리지웍스(주)		참여기업명	-	
국제공동연구	-				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	493 Page
<p>○ 연구 목표: 케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획 (장경간 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발 기획)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 전략형 해외 진출 경쟁력 강화 기술 개발 기획</li> <li>- 재난재해 대비/대응 및 고부가가치 엔지니어링 미래 기술 개발 기획</li> <li>- 케이블교량 기술 통합관리 및 해외 고부가가치 시장 진출 확대 전략 수립 등</li> </ul> <p>○ 연구 내용 (본과제 추진 내용)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발</li> <li>- 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소 기술 개발 등</li> </ul> </li> <li>2. 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발</li> <li>- 자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발 등</li> </ul> </li> <li>3. 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발 등</li> </ol> <p>○ 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재해재난을 포함하는 케이블교량미래 기술 개발로 고부가가치 영역 전환</li> <li>- 저가의 중국, 동남아시아 선점의 일본, 전통 기술 강국인 유럽, 미국 등과의 경쟁에서 기술 우위 확보로 케이블교량 해외진출 확대 및 미래 성장 동력 창출 가능</li> </ul>					
색 인 어	케이블교량, 글로벌 경쟁력 강화, 전주기 통합 솔루션, 재난재난 대응 기술, 신뢰도기반 하부구조 엔지니어링 기술				

# 요 약 문

## 1 기획 과제 개요 및 연구 내용

### □ 과제 개요

- (사 업 명) 국토교통연구기획사업
- (연구과제명) 케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획  
(장경간 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발 기획)
- (연구기간/연구비) 2014.12.29. ~ 2015.08.28.(8개월) / 100백만원(정부)
- (주관연구기관) 한국도로공사 (길홍배 주관연구책임자)
- (공동연구기관) 서울대학교, 날리지웍스(주)

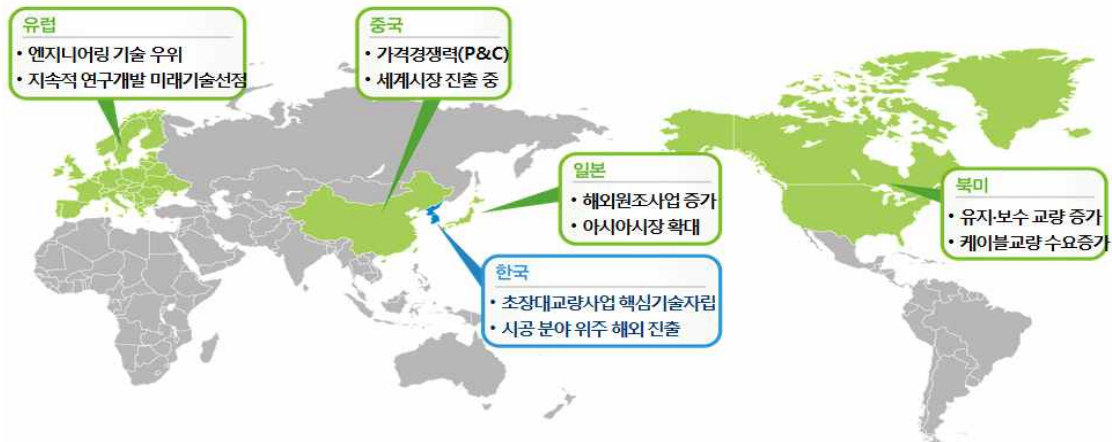
### □ 연구배경 및 필요성

- 장경간 케이블교량 핵심기술개발, 실용화, 현장 적용 및 자립화 달성
  - 설계, 재료, 시공 및 유지관리 핵심 요소기술 개발완료 및 다수의 국내·외 교량 (이순신대교, 울산대교, 제3보스포러스 및 차카오대교 등) 적용
  - 개별기술단위 실적, 글로벌적 관점의 경제성 및 경쟁력 확보는 아직 부족
- 국내 케이블교량 시장 정체 및 해외 진출 확대 필요
  - 국내시장 정체, 해외 케이블교량은 ‘25년 37조원 규모로 성장 예상
  - 중국 (저가), 일본 (동남아시아 시장 선점) 및 유럽, 미국 (기술력) 등과의 경쟁력 확보 필요
  - ODA 및 EDCF 등 대외원조형 케이블교량 사업 증가 (미얀마 우정의 다리 등), 국내 건설실적 활용 주도적 참여 필요
    - ※ VIP 베트남 순방 시 ‘단번-연착 도로건설사업’의 EDCF 지원에 관한 양해각서 체결(’13.9) 및 제13차 한-베트남 경제공동위(’14.9.), 유상 원조 도로 건설사업 성공적 추진 결의

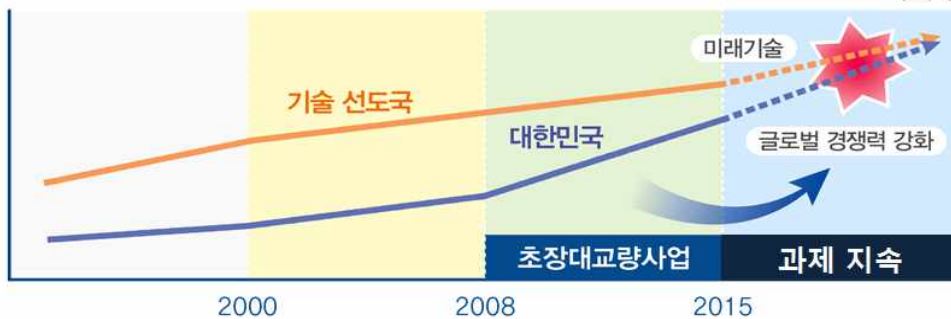
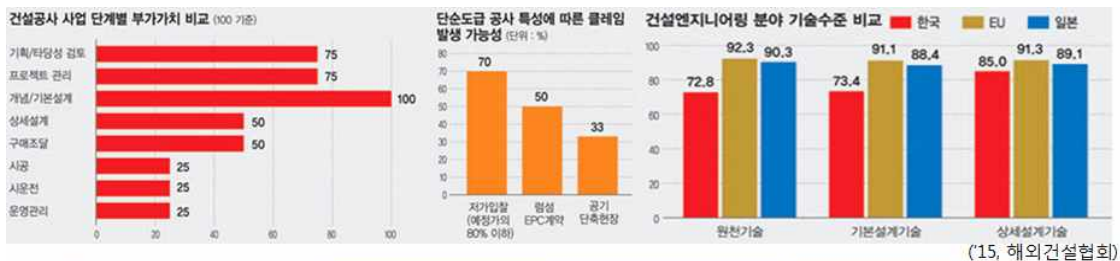
- 케이블교량 개발 기술의 실용화 확대를 위한 관리체계 구축 필요
  - 개발 기술 실용화 촉진으로 기술 사양화 방지, 관리시스템 구축
  - 케이블교량 연구성과 통합관리시스템 및 종합기술센터 구축/운영으로 해외 진출 실용화 지원 강화
  
- 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 해외시장 요구기술 확보 및 고부가가치 엔지니어링 기술 개발을 위한 기획과제 추진
  - 발주 시 설계, 시공, 유지관리를 모두 포함하는 패키지 엔지니어링 기술 요구
  - 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성확보가 가능한 신뢰도기반 기술 요구
  - 케이블교량은 기술집약형 초대형 프로젝트, 안전관리기술(재난/재해 등) 필수
  - 극한이벤트(극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등), 대심도 연약 지반 해상기초 등의 다양한 요구
  - 케이블교량의 재난/재해 등에 합리적이고 능동적인 대비 및 대응 시스템 구축 요구
  - 합리적 리스크 관리 및 설계-시공-평가-운용 등의 통합솔루션 제공을 통한 전주기적 고부가가치 기술 개발 필요
  - 케이블교량 해외 맞춤형 고도화 설계 및 특화 설계 엔지니어링 기술 확보
  - ODA, EDCF 및 AIIB 등 대외원조 활용 및 글로벌 선도 프로젝트용 설계, 시공, 평가, 운용 및 리스크 관리 등 케이블교량 분야 해외진출 촉진 필요
    - ※ ODA: Official Development Assistance, 정부 개발 원조
    - ※ EDCF: Economic Development Cooperation Fund, 대외 경제 협력 기금
    - ※ AIIB: Asian Infrastructure Investment Bank, 아시아 인프라 투자 은행
  
- 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화, 정부 정책과의 연계를 위한 기획과제 추진
  - 2016년 국토교통부 VIP 업무보고( '16.1, “해외건설추진계획”, VIP 관심 사항)
    - ※ 글로벌 기술경쟁력 확보를 위한 R&D 역량 집중 및 엔지니어링 시범사업 추진
    - ※ 해외진출 협력·지원체제 정비를 위한 대외경제협력기금(EDCF) 및 무상원조(ODA)와의 연계강화 및 패키지사업 진출 지원 확대
  - 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략(국과심 본회의, ' 14.7)
    - ※ 글로벌 시장 진출을 위한 세계 최고수준의 특수교량 첨단기술 개발
    - ※ 케이블교량 해외 진출 촉진을 위한 글로벌 경쟁력 및 안전강화 기술 개발

□ AS-IS & TO-BE

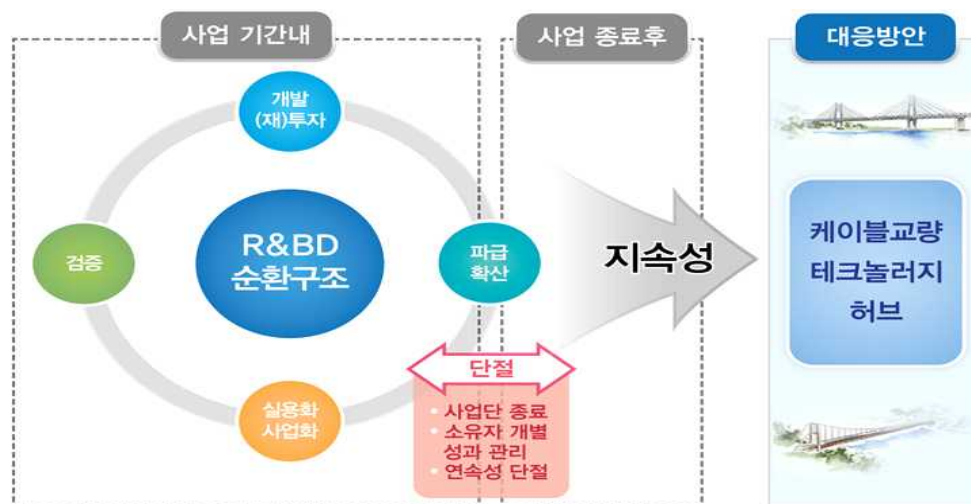
	AS-IS	TO-BE
<p>케이블교량 글로벌 경쟁력 및 안전 강화 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 케이블교량 시장 정체 및 해외 진출 확대 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내시장 정체, 해외 케이블교량 '25년 37조원 규모로 성장 예상</li> <li>- ODA&amp;EDCF 대외원조형 케이블 교량 사업 증가(미얀마 우정의 다리 등) 예상</li> <li>- 해외시장 진출은 고위험의 단순 EPC 위주의 수주가 대부분, 고부가가치 영역 확대 필요</li> </ul> </li> <li>* EPC(Engineering Procurement Construction)</li> <li>○ 해외시장 요구기술 확보 및 고부가가치 미래 기술 개발 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초장대교량사업단을 통해 케이블교량 핵심 기술 자립화 달성, 해외 시장 요구사항에 대한 기반은 마련</li> <li>* 신뢰도기반 설계기술 (도로교설계기준 한계상태설계법 케이블교량편 등), 재료(고성능 강선/강재, 콘크리트 등), 시공(케이블 가설 공법, 변단면 슬립폼 등) 및 유지관리 (영상/GNSS 기반 모니터링, 케이블 점검로봇 등) 개별 핵심기술 개발</li> <li>- 극한이벤트(극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등), 대심도 연약 지반 해상기초 등의 다양한 요구</li> <li>- 합리적 리스크관리 및 설계~시공~평가/운용 통합솔루션 제공을 통한 고부가가치화 요구</li> <li>- 신생 건설 강국 중국의 저가 진출, 일본의 대외 원조 사업을 이용한 동남아 시장 선점 및 기존의 기술 강국인 미국, 유럽 사이에서 글로벌 경쟁력 강화 요구</li> <li>- 케이블교량 개발 기술의 실용화 확대를 위한 관리체계 구축 요구</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 단계별 해외 진출 모델 개발로 고부가가치 영역 수주               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ODA, EDCF 등 대외원조 활용 케이블교량 패키지 기술 제안으로 해외 건설 수주 지원(베트남 등)</li> <li>* VIP 베트남 순방 시 '땀번-연착 도로건설사업'의 EDCF 지원에 관한 양해각서 체결('13.9) 및 제13차 한-베트남 경제공동위('14.9.)를 통해, 성공적 추진 결의</li> <li>- 글로벌 선도형 프로젝트 모델 제안으로 케이블교량 기술 경쟁력 입증 및 해외건설 브랜드화</li> <li>- PM, PPP, 투자형 사업 등 해외 건설 고부가가치 패키지 모델 제안</li> <li>* PM (Project Management), PPP (Public Private Partnership)</li> </ul> </li> <li>○ 케이블교량 미래기술 확보 및 건설 고효율화로 글로벌 경쟁력 강화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 글로벌 맞춤형 고도화 설계 ENG 기술 및 케이블교량 재난/재해 등에 합리적, 능동적 대비/대응 시스템 구축</li> <li>* 극한이벤트 (극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등) 대응 기술, 대심도 연약 지반 기초, 대형 해상 기초 설계 등</li> <li>- 신뢰도 설계와 연계된 계측데이터 및 빅데이터 기반 성능평가/운용관리 기술 개발로 케이블교량 미래 기술 확보</li> <li>- 고부가가치 케이블교량 전주기 엔지니어링 기술 확보 및 합리적 리스크 관리 가능</li> <li>* 전주기 엔지니어링(Life Cycle): 계획, 설계, 시공, 운용/성능평가 연계 패키지 제공 기술</li> <li>- 케이블교량 연구성과 통합관리시스템 및 종합기술센터 구축/운영으로 해외 진출 실용화 지원 확대/강화</li> </ul> </li> </ul>



- ◆ 시장 분석: 국내 시장 정체, 해외 시장 증가, 국내 업체 해외 시장 진출 확대
  - ◆ 기술 분석: 신뢰도 기반 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 패키지 제공 기술
- <동향분석 및 방향 설정>



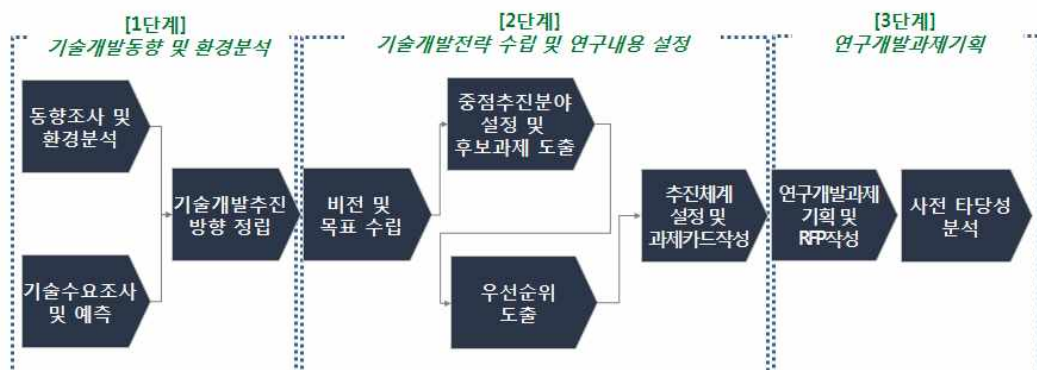
<케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 및 고부가가치 엔지니어링 기술 개발 지속 필요>



<케이블교량 개발 기술 통합관리 및 활용 지원 시스템 구축 필요>

## □ 연구목적 및 내용

- (연구목적) 케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획  
(케이블교량 글로벌 경쟁력 및 안전 강화 기술 개발 기획)
- (주요 연구내용) 단계별 기획연구 추진
  - (1단계) 동향 분석 및 기술수요조사 실시
    - 인프라 현황 및 정책/기술동향 조사
    - 기술트리 작성 및 기술수요조사
    - 기술 분석 및 추진방향 정립 등
  - (2단계) 기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정
    - 기술개발 전략수립
    - 후보과제 도출 및 대상과제 설정
    - 과제카드 작성 및 과제 구성체계 설정 등
  - (3단계) 연구개발과제 기획
    - 연구목표·범위 설정, 추진방안 및 활용방안 제시
    - 인력투입 및 소요예산 산정
    - 사전타당성 검토 및 RFP작성 등
  - 기획 연구 Total Framework
    - 기획 절차: 동향 및 환경분석, 전략수립 및 연구내용 설정, 과제기획
    - 연구 기관: 기획의 방법론 설정 및 기획의 컨텐츠 발굴
    - 전문가위원회: 추진 방향 및 후보 과제 검토



## □ 과제 추진체계

### ○ 기획과제 기관 구성 현황



### ○ 기획과제 전문가 구성 현황



## □ 비전

- 해외 케이블교량 시장 진출 확대 및 재난·재해 대비 안전 제고를 위한 고부가가치 핵심 엔지니어링 기술 확보
  - 케이블교량 재난/재해 대응 안전 강화 기술 개발
  - 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 고부가가치 엔지니어링 기술 및 개발 기술 적용 해외 맞춤형 실증 모델 개발
  - 케이블교량 기술 통합관리 및 해외 고부가가치 시장 진출 확대 전략 수립

## □ 목표 및 주요 내용

- 케이블교량 전주기 패키지 기술 및 통합 솔루션 개발
  - 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
  - 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소 기술 개발 등
- 케이블교량 신뢰도 기반 재난·재해 대응기술 개발
  - 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
  - 자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발 등
- 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
  - 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발 등
- 케이블교량 연구 성과 통합 관리 및 국내외 현장적용 시스템 구축/운영 등
  - 개발 기술 실용화 촉진으로 기술 사양화 방지
  - 케이블교량 연구성과 통합관리/해외적용 시스템 및 통합시범적용교량 관리 시스템 구축/운영 등
  - 케이블교량 개발 기술 (초장대교량사업단 포함) 해외 진출 지원 강화 등

비전

케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 통한 진출 확대

최종목표

해외진출을 위한 재난/재해 대비 및 고부가 엔지니어링 기술 개발

세부목표

케이블교량 전주기 패키지  
및 통합 솔루션 개발

- 신뢰도기반 비교설계 및 경쟁력 분석
- 케이블교량 전주기 패키지 엔지니어링 및 미래형 기술 개발
- 해외케이블교량 단계별 진출 모델 개발

재난/재해 포함 고부가가치  
엔지니어링 기술 개발

- 케이블교량 재난/재해 대응 기술 개발
- 케이블교량 재난/재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발
- 해외 특수지반 설계 및 하부구조 ENG 기술

케이블교량 개발기술 통합관리 및  
해외적용 시스템 구축

- 케이블교량 기술 통합 관리 및 국내외 실용화 확대 전략 수립

<본과제 비전 및 목표 설정>

### □ 본과제 추진 체계 및 연구 내용

- 국가정책 방향, 후보과제 우선순위 평가 및 사전타당성분석 등을 통해 연구단 규모로 3개 세부, 5개 세세부과제로 구성

해외진출을 위한 재난/재해 대비 및 고부가 엔지니어링 기술 개발



<본과제 연구 추진 체계>

<본과제 구성 및 연구 내용>

구분	과제명
1세 부과제	케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발
1-1	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
1-2	국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발
2세 부과제	케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발
2-1	인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
2-2	자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발
3세 부과제	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
3-1	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발

## □ 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발

- 개발기술 적용 해외 케이블교량 비교설계 및 경제성 분석
  - 글로벌 영역에서의 케이블교량 관련 국내 기술력 입증 을 위해서는 그간의 개발기술(설계, 재료, 시공, 유지관리 등)을 통합적용한 실제 해외 케이블교량 대상의 실증모델 개발 필요, 이를 위하여 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석 및 관련 프로젝트 모델 등을 제시
  - 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구를 만족할 수 있는 해외 케이블교량 사업 활용 설계, 시공, 유지관리 패키지 제공 기술 개발
  - 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반 활용
  - 케이블교량 관련 개발 기술 추적/관리/분석체계 통합 구축, 국내외 케이블교량 현장 적용, 실용화 및 성과 확산을 위한 지원 시스템 구축/운영 및 개발 기술을 활용한 글로벌 성과 확산 지원 체계 개발
  - 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 국내 실현을 통한 해외현장적용 실용화 확산 및 시범적용교량 통합관리센터(성과홍보/확산 등) 구축 및 운영 등
- 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 및 미래형 케이블교량 기술 개발 등
  - 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 메시나대교와 같은 장경간 케이블교량의 경쟁력 있는 모델 제시, 국내설계기술 고부가가치화, 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증/확대 방안 구축 및 고부가가치 기술을 적용한 경쟁력 확보 케이블교량 모델 개발
  - 국내 케이블교량 분야의 해외 기술 선도를 위한 신형식 및 2km+급 철도병용교 등을 포함하는 미래형 케이블교량 컨셉 설계 및 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 기술 개발
  - 국내 케이블교량은 BMS, WIM, 교통, 환경, 재난/재해 등의 관리영역이 분리. 상황 발생시 신속한 대처 및 콘트롤 타워 역할을 위한 통합안전 관리시스템 기술 부재. 케이블교량의 전주기 패키지 엔지니어링 기술은 안전관리 기술을 포함하는 형태. 케이블교량 전용의 통합안전관리 기술 개발
  - 선도형 해외 케이블교량 발굴, 설계, 홍보 및 전문가 양성/지속 방안 구축 및 경제성이 확보된 프로젝트 모델 개발/제안 등

- 패키지사업 해외진출 지원 확대(국토부 '16 업무보고, VIP 관심사항)

## ■ 국가 정책 연계

### ■ 국토교통부 '16 업무보고: 해외진출 촉진



### 다. 국토교통분야 해외진출 활성화

#### (1) 국토교통산업 글로벌 경쟁력 강화

##### □ 글로벌 기술경쟁력 확보

○ 경쟁력 있는 기술 확보에 R&D 역량을 집중하고, 기술력 중심의 건설공사, 엔지니어링 시범사업 추진

- 글로벌 기준에 따라 질적·정성적 평가 비중을 확대하여 기술력 우위를 확보한 업체를 선정하는 건설공사, 엔지니어링 시범사업 추진

##### □ 기획역량 강화

○ 세계은행(WB) 등과 협력하여 방글라데시 다카 등에 개도국 도시 개발-재정비 사업모델 제안('16.12) 등 해외기관과의 협업 강화

도시개발 수요가 높은 캄보디아, 스리랑카 등 신흥 개도국과 해외 도시개발 협력 MOU 체결('16.4) 후 협력사업 추진

- 인프라 개발수요가 높은 개도국에 마스터플랜 수립 지원을 강화하고, 진출 대상국 인프라 개발계획과 연계한 타당성조사 등 실시

#### (2) 해외진출 협력지원체계 구축

##### □ 해외진출 지원체계 정비

○ 해외진출 사업의 조직적·체계적 추진을 위하여 민간·공공기관·관계부처 간 정보공유 및 협업 확대

대외경제협력기금(EDCF) 및 무상원조(ODA)와의 연계강화를 위해 기재부 등 유관 부처와 「교통-인프라 협의체」 내실화

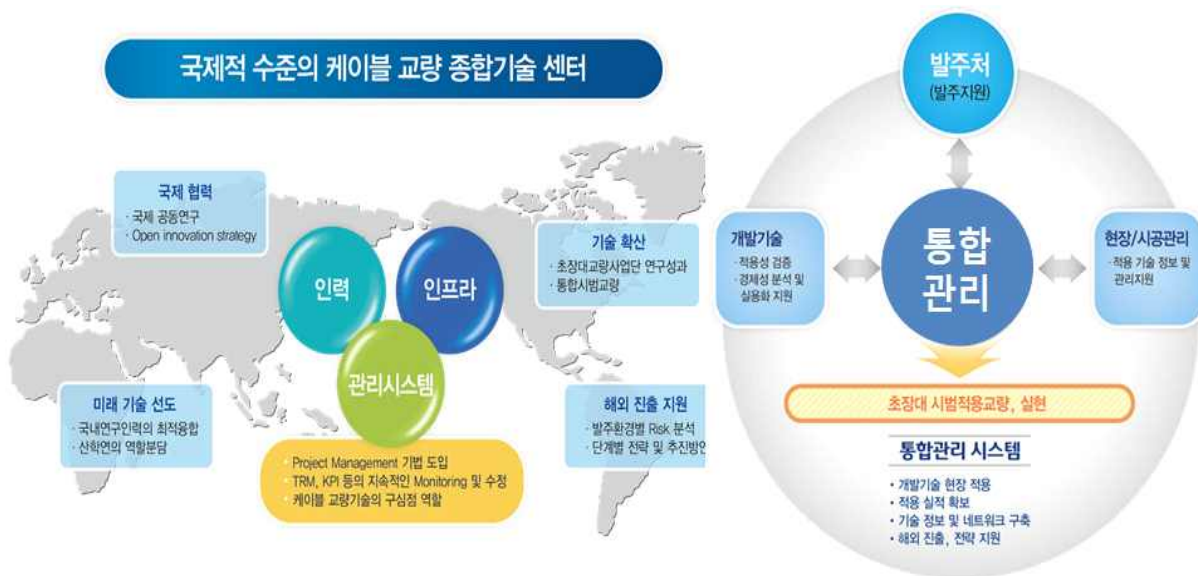
- 단순 건설뿐 아니라 건설과 운영을 결합하고, 우리기업의 강점 분야를 융복합한 패키지사업 진출

- 건설·도로·수자원·철도 등 각 분야와 연계한 합동 수주지원단 파견

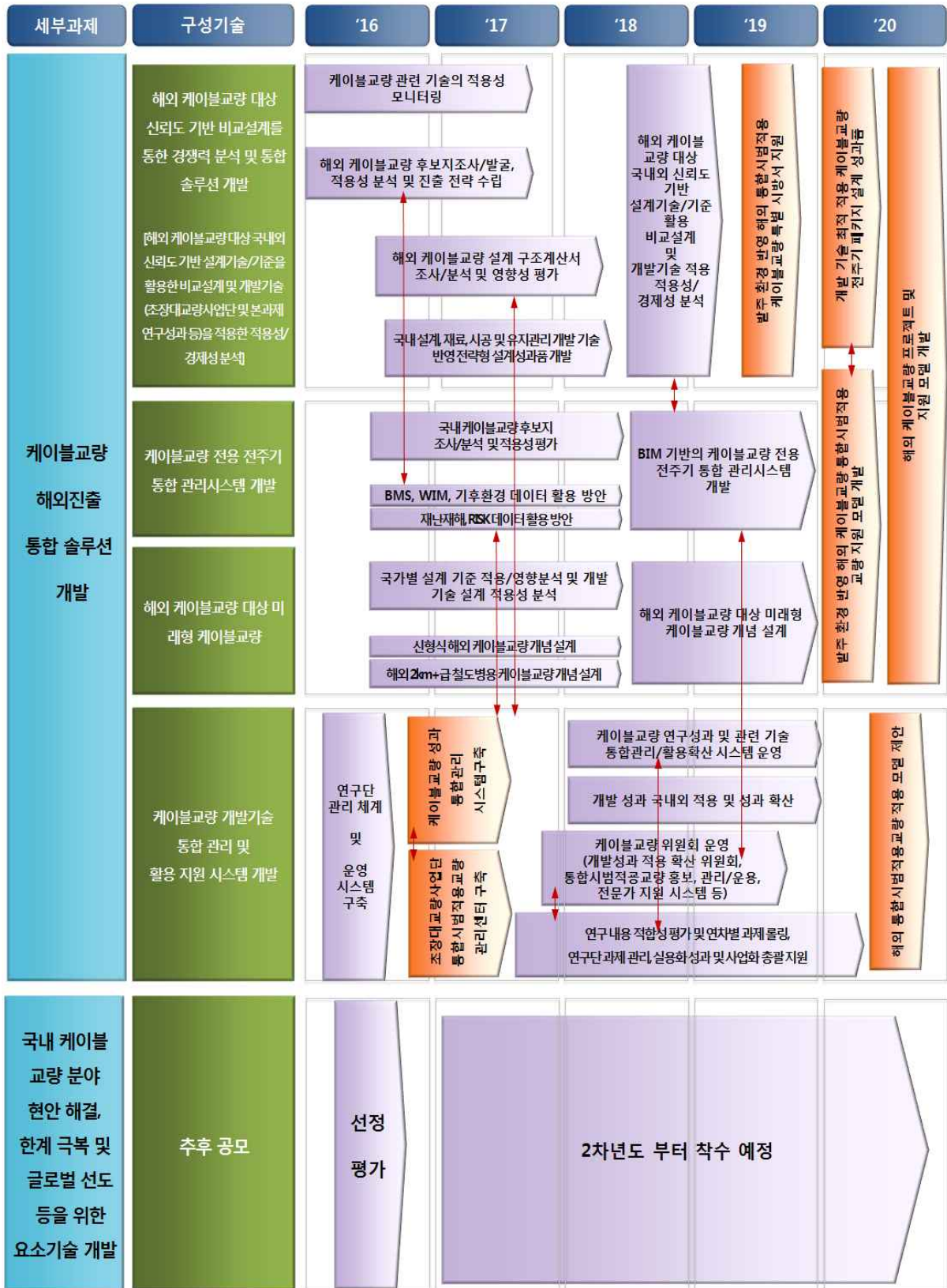
### <1세부 과제 구성 및 연구 내용>

구분	1세부 과제명 (케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발)
1세세부 과제	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발</li> <li>· 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석           <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상</li> <li>※ 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 : 도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교</li> </ul> </li> <li>· 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)           <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상</li> </ul> </li> <li>· BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발(BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등 활용)</li> <li>· 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 개발 등</li> </ul>
2세세부 과제	국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발 (민간의 창의적인 아이디어 발굴 및 지원)

○ 1세부과제 개념도



○ 1세부과제 TRM



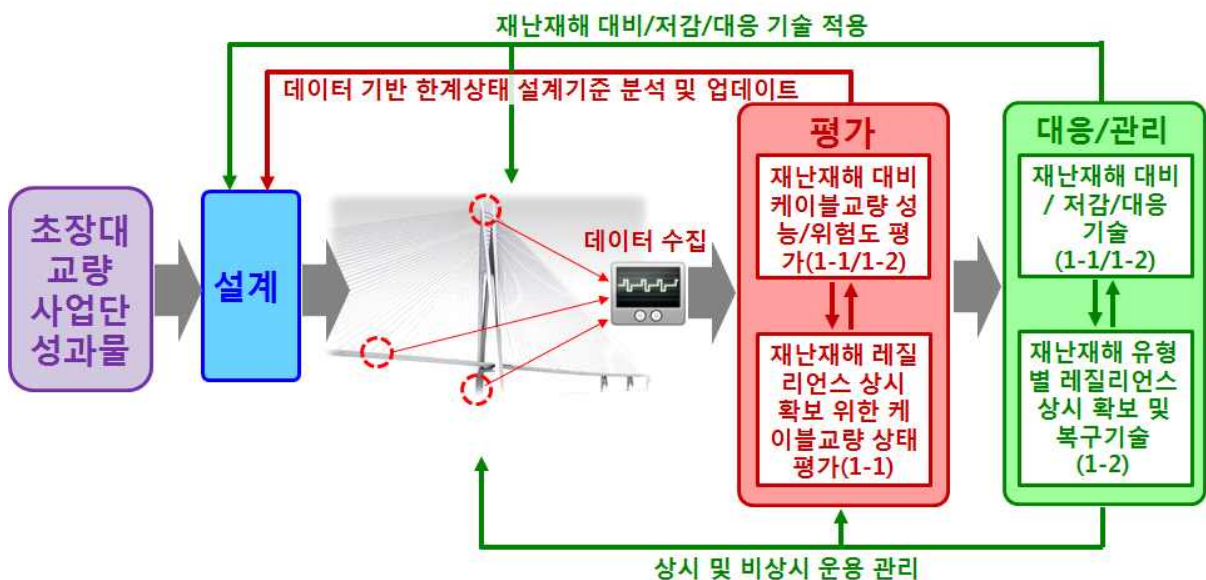
## □ 케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발

- 재난/재해에 대한 케이블교량 레질리언스 확보기술 및 계측데이터 활용 신뢰도 기반 성능평가 및 운용기법 개발
  - 재난/재해 대비 신뢰도기반 성능 및 위험도 평가 기술 개발
  - 케이블교량 재난/재해 대비/대응/저감 기술 개발
  - 빅데이터 활용 신뢰도기반 케이블교량 상태 평가 기술 개발
  - 재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발 등
- 실질적 고부가가치 창출을 위한 케이블교량 인프라 케어 기술 및 해외 맞춤형 패키지 엔지니어링 기술 개발
  - 계측데이터 확보, 평가, 계획, 설계, 가설, 성능평가 및 의사결정 기술 개발
  - 성능평가 등의 기술은 다시 설계기술에 피드백 되는 구조로 형성
- 계측데이터, 빅데이터, 평가, 설계 및 의사결정 기술간 긴밀한 협조체계 구축, 시범적용 교량을 통한 연구결과물의 적용성 및 우수성 검증
  - 1단계 : 기초자료 조사 및 분석, 이론 및 기법들의 개발
  - 2단계 : 실용화 및 운용 지침/가이드라인 개발 등
  - 3단계 : 시범적용 교량에 적용 및 검증
- 시범적용 교량 선정 및 계측 데이터 획득
  - 계측센서가 다수 설치되어 있고, 데이터를 적절 획득하고 있는 공용중 케이블교량으로 선정
  - 관계기관 협조요청(서해대교, 인천대교, 울산대교 및 이순신대교 등)
- 원천기술 및 실용화/상용화 기술 개발
  - 산학연 컨소시엄의 기술 융합 과제로 추진

<2세부 과제 구성 및 연구 내용>

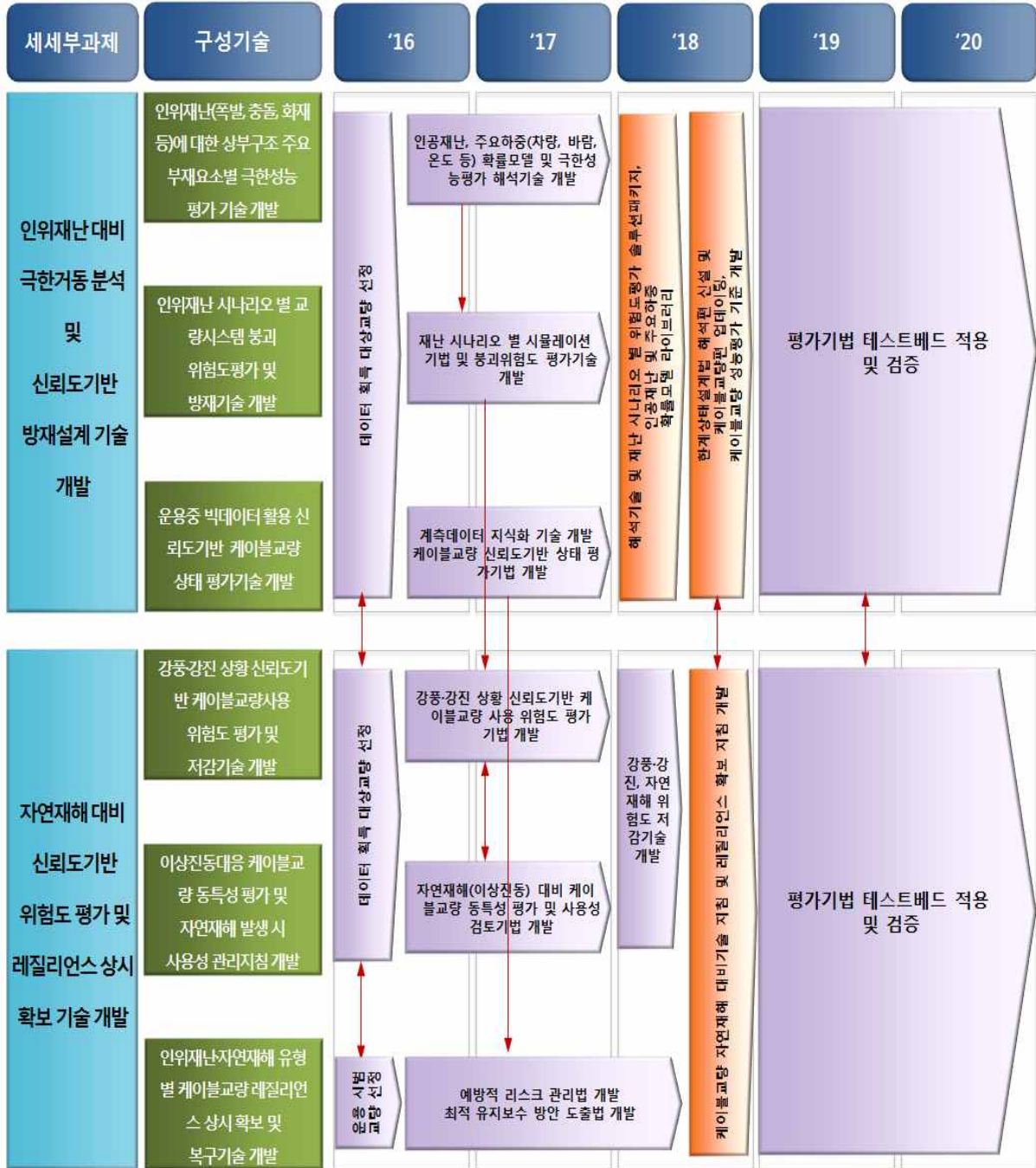
구분	2세부 과제명 (케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발)
1세세부과제	인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한성능 평가기술 개발</li> <li>· 인위재난 시나리오별 교량시스템 붕괴 위험도 평가 및 방재시스템 개발</li> <li>· 케이블교량 운용중 빅데이터(계측데이터) 활용 신뢰도 기반 상태평가 기술 개발(LRFR 등) 등</li> </ul>
2세세부과제	자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자연재해(강풍, 강진 등) 상황 신뢰도 기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감 기술 개발</li> <li>· 이상진동 대응 케이블교량 동특성 평가기술 및 자연재해 발생시 사용성 관리기술 개발</li> <li>· 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발 등</li> </ul>

○ 2세부과제 개념도



<위험도평가 기술은 다시 설계기술에 피드백되는 구조 형성>

○ 2세부과제 TRM



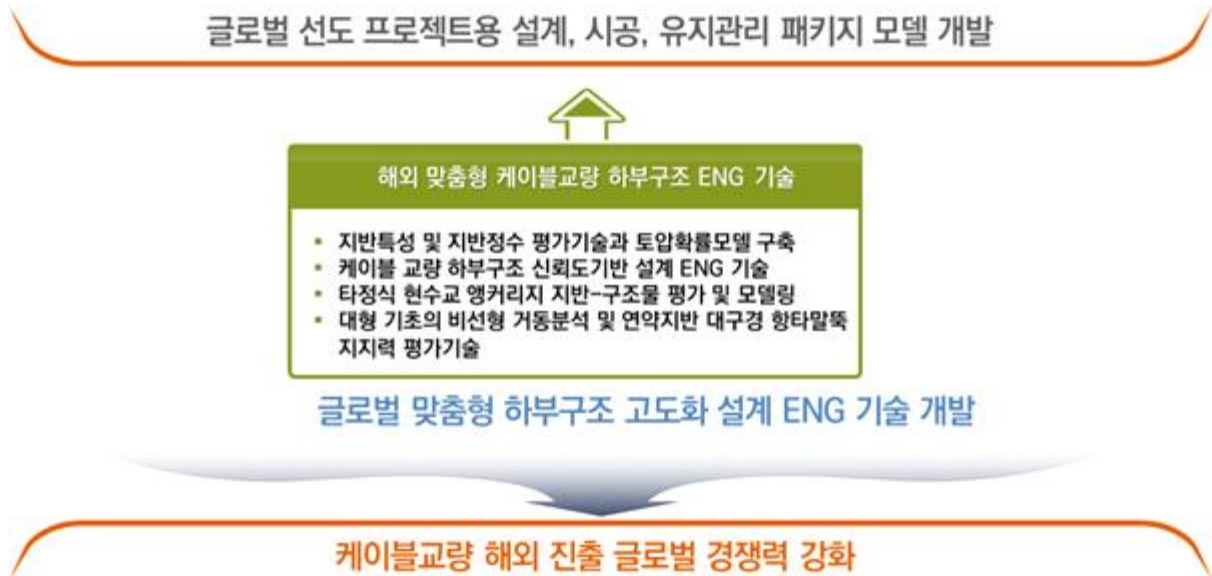
## □ 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발

- 선진국 설계기술 조사/분석을 기반으로 추격 및 선도가능 기술을 명확히 구분하여 목표 설정, 글로벌 경쟁력 강화 및 미래기술 개발
  - 초장대교량사업단의 연구 개발 성과 100% 활용
  - 각 기술별 충분한 이론적 토대를 바탕으로 세부적 업그레이드
- 실질적 고부가가치 창출을 위한 해외 맞춤형 엔지니어링 기술 개발
  - 해외 시장진출에 실질적으로 활용, 실용화 목표달성을 위하여 기업체 및 해외사업 경험이 풍부한 전문가 인적네트워크 구성 및 적극 참여 유도
- 상부구조에 비하여 상대적으로 취약하여 기술력 한계 및 공사비 과다 지출의 원인으로 지적되어 온 하부구조 및 해상기초 분야의 신뢰도기반 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 개발
  - 해외 시장진출의 경쟁력과 수익성 향상을 위하여 중동, 동남아, 남미 등 연약지반/강진지역에 대한 국내 애로기술 해소, 기술우위 확보 추진
  - 연약지반 대심도 대구경 항타말뚝 등 해외 현장 맞춤형 기술 개발
  - 케이블교량 기초 및 타정식 현수교 앵커리지에 대한 거동 평가, 신뢰도 기반 모델링 기술확보를 통한 최적 설계 기술 개발
  - 케이블교량 하부구조 신뢰도기반 ENG 기술
  - 초대형 기초구조의 비선형 및 연성거동 분석에 근거한 설계기술 자립화 및 고도화
  - 해외맞춤형 하부구조 해석/설계기술 글로벌 확장을 통한 경쟁력 확보
  - 최적화 및 비선형 일체화 해석기술 개발을 통한 선도형 핵심독자기술 확보
  - 환경조건 및 지역별 특수성의 영향을 고려한 맞춤형 최적 지반설계 패키지 기술의 확보

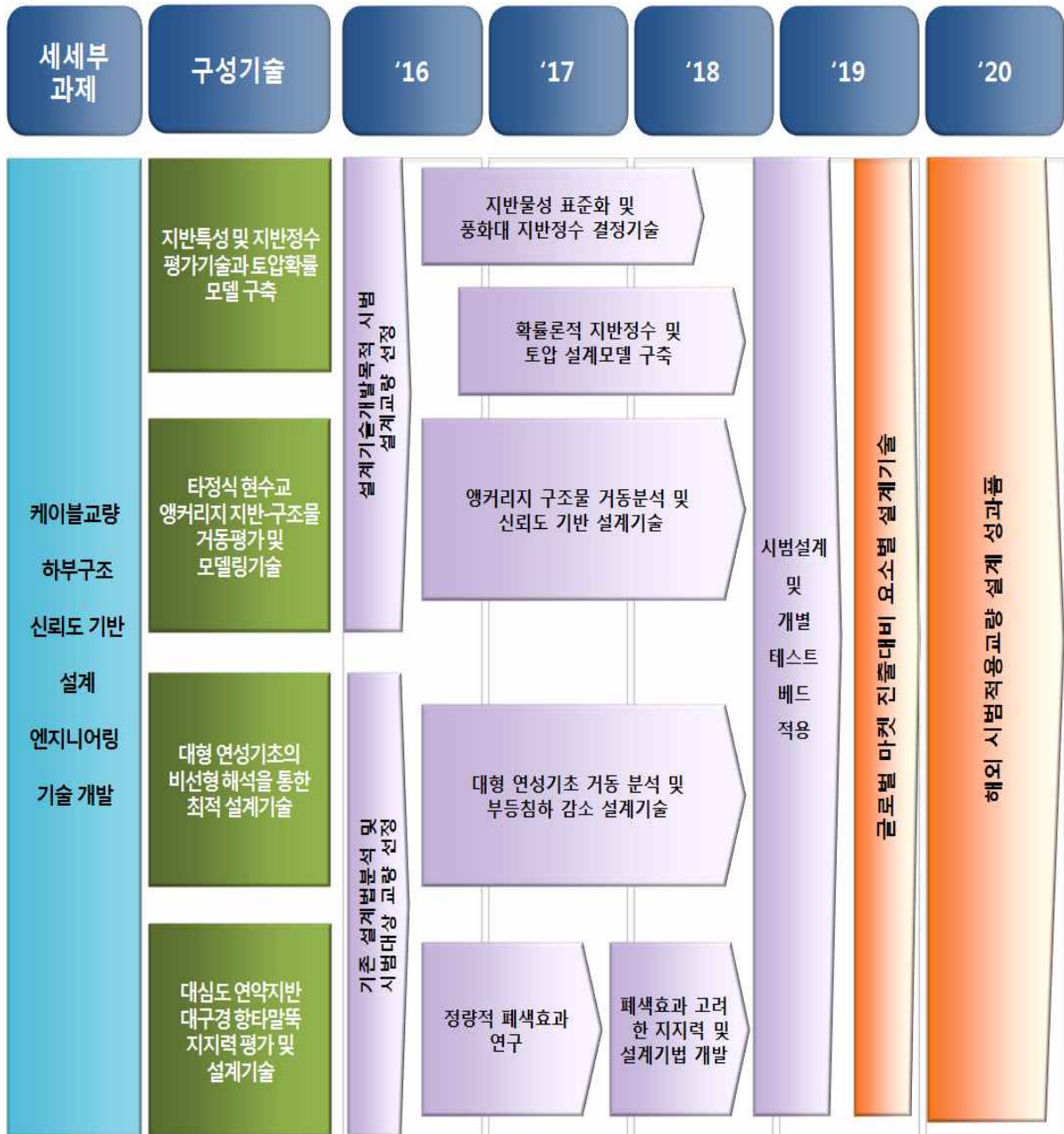
<2세부 과제 구성 및 연구 내용>

구분	3세부 과제명 (케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발)
1세세부과제	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 지반특성·지반정수 평가기술 및 토압확률모델 개발</li> <li>· 타정식 현수교 앵커리지 거동평가 및 설계기술 개발</li> <li>· 대형 연성기초의 비선형 거동을 고려한 설계기술 및 연약지반 · 대구경 항타말뚝 지지력 평가기술 개발</li> <li>· 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계기준 개발 등</li> </ul>

○ 2세부과제 개념도



○ 3세부과제 TRM

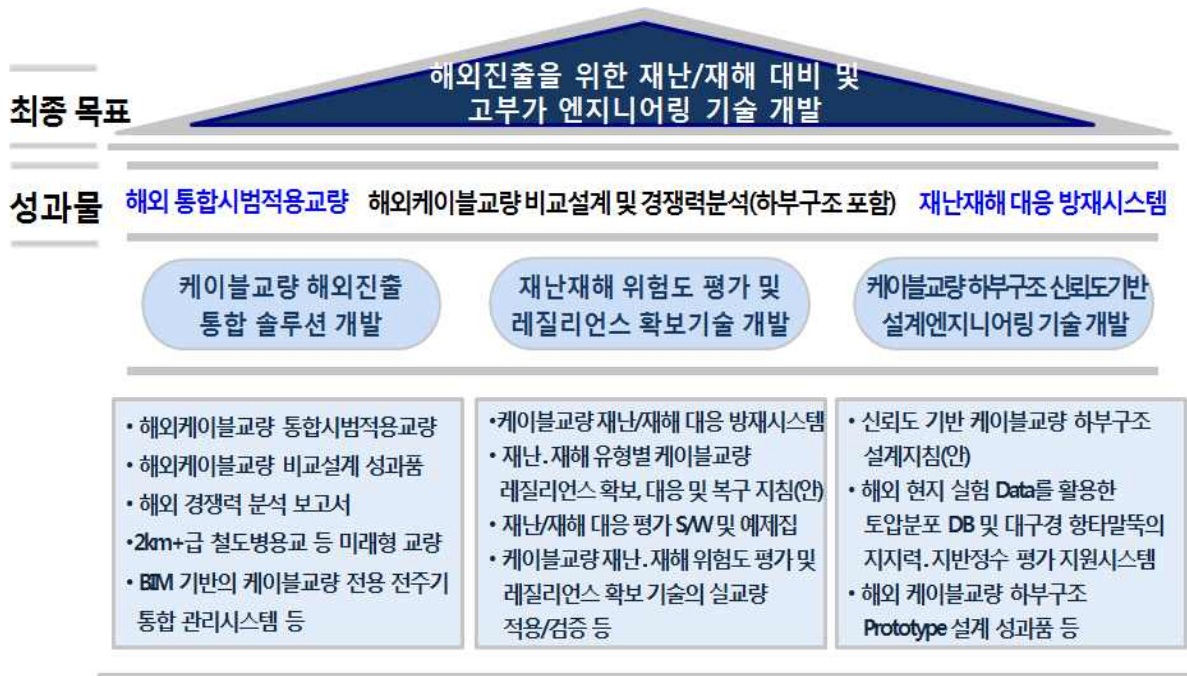


### 3

## 본과제 최종성과물 및 활용계획 (연구성과 및 기대효과)

### □ 최종 성과물

- 본연구 최종 목표에 부합하는 최종 성과물 설정

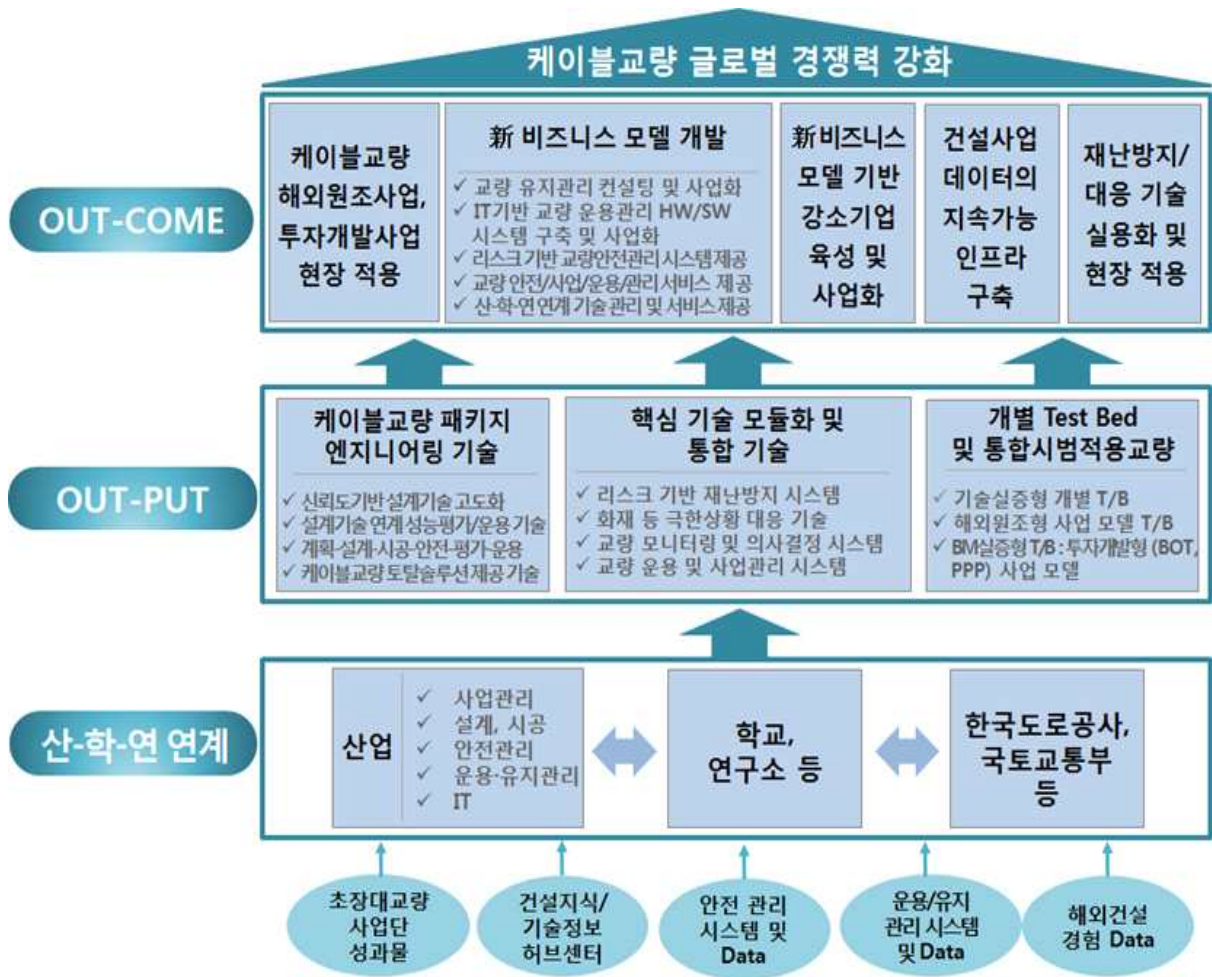


- 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술을 적용한 적용성·경제성 분석 대상 해외 케이블교량
  - 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
  - 적용성·경제성 분석 보고서
- 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국), Euro-Code(유럽) 등 적용 비교설계 성과품 등
- 국내 개발기술(초장대교량사업단, 본과제 연구성과 등)을 적용한 해외 케이블교량 기술 적용성, 확장성 및 경제성 분석 보고서

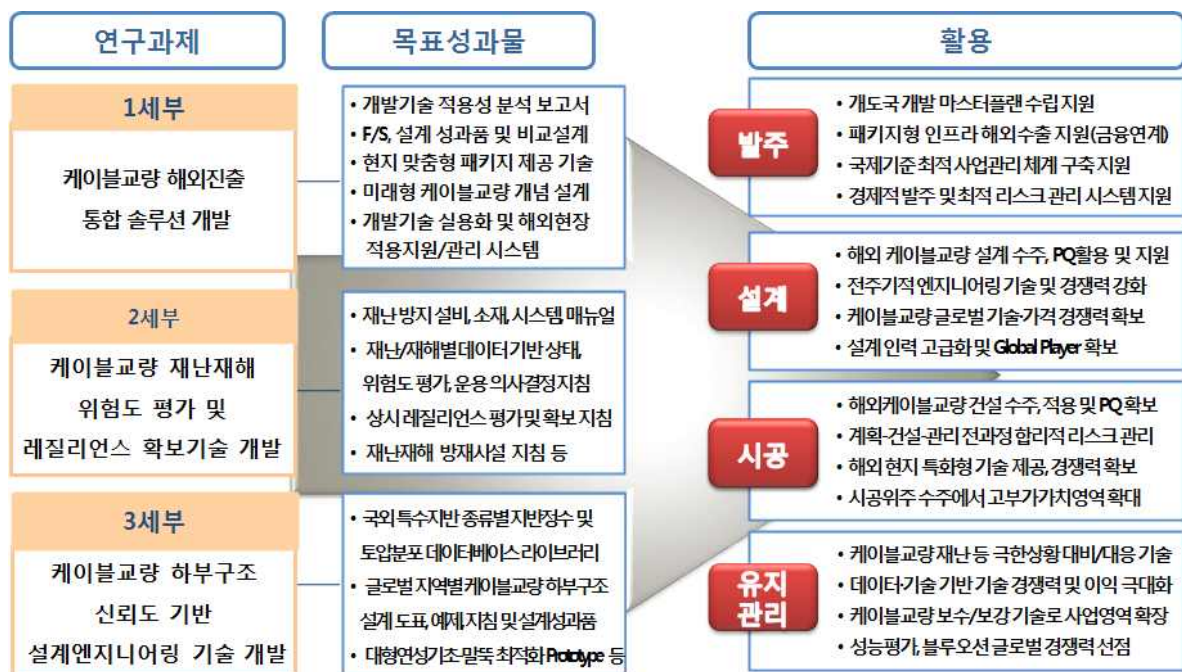
- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 및 개념설계
  - 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
  - 미래형 케이블교량 개념 설계안 등
- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량 선정 및 시스템 구축
  - 케이블교량 전주기 통합 관리시스템 구축 및 운영 매뉴얼 등
- 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템
- 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소 기술
- 케이블교량 상부구조 극한성능 평가 SW, 매뉴얼 및 예제집
- 인위재난 시나리오별 케이블교량 붕괴 위험도 평가 S/W, 매뉴얼, 및 예제집
- 케이블교량 재난·재해·테러 대응 방재시스템
  - 케이블교량 방재시설 설치 및 관리 지침(안)
  - 케이블 피복재 등 내화성능 강화재료
- 케이블교량 상태평가를 위한 운용중 빅데이터(계측데이터) 저장, 분석, 가시화 및 의사결정 시스템 SW
  - 케이블교량 상태평가, 주요 부재 수명예측, 부재별 보수·보강 의사결정 지원 등
- 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가 기준(LRFR)(안) 및 적용예제

- 케이블교량 자연재해 상황별 신뢰도 기반 사용 위험도 평가 S/W, 매뉴얼 및 예제집
- 케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성 식별, 상태평가 S/W 및 운용 관리지침(안)
- 재난·재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 인덱스 및 S/W
- 재난·재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보, 대응 및 복구 지침(안)
- 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보 기술의 실교량 적용 및 검증
  - 테스트베드 구축, 검증 및 결과보고서 등
    - ※ (1-1) 과제 수행에 필요한 자료, 기술 등 공유·활용
- 신뢰도 기반 케이블교량 하부구조 설계지침(안)
  - 지반정수 산정을 위한 토압 확률모델, 토압 산정 계수, 하부기초 저항계수 등 신뢰도 기반의 케이블교량 하부구조 한계상태 설계지침(안)(목표수준: 설계수명 200년, 신뢰도 지수  $\beta=3.5$  등)
  - 대심도 연약지반 부마찰력 적용 설계지침(안) 및 설계 예제
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 개정(안) 등
- 비선형 해석을 이용한 현수교 앵커리지, 대심도 연약지반 대구경 항타말뚝 및 대형 연성기초 Prototype 설계 성과품(해외 케이블교량의 대형 앵커리지 및 하부기초 대상)
  - 해외 케이블교량 하부구조 대상 신뢰도 기반 해외 설계기준 및 국내 기술 적용 Prototype 설계를 통한 적용성·경제성 분석보고서
  - 해외 강진지역에서 지반 부지효과를 고려한 지진가속도 평가 보고서 및 동적 설계 예제
  - 폐색효과를 고려한 대심도·대구경 항타말뚝의 지지력 산정·분석 보고서 및 설계 예제
  - 상부 및 하부기초 상하 접합부 설계절차 및 설계 예제 등

- 해외 현지 실험 Data를 활용한 토압분포 DB 및 대구경 항타말뚝의 지지력·지반정수 평가 지원시스템
  - 국내외 지반종류별 지반정수 및 토압분포 DB
  - 지지력 및 지반정수 평가 지원시스템(해외 특수지반 포함) 등
    - ※ (1-1) 과제 수행에 필요한 자료, 기술 등 공유·활용
  
- 산-학-연 구성으로 개발 성과의 국내외 현장적용, 실용화 및 사업화 실적 등



〈산-학-연 컨소시엄 구성으로 국내외 현장적용, 실용화 및 사업화 촉진〉



〈세부과제별 대표 개발 성과의 건설 영역 적극 활용 추진〉

## □ 수요처 및 활용 방안

- 해외 케이블교량을 대상으로 한 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계 성과품 및 경쟁력 분석 보고서
  - 해외 케이블교량 관련 대외원조(ODA, EDCF, ADB, AIIB) 사업 등에 국내 기술정보 제공, 현장적용 지원 및 수혜국의 발주자료로 활용
  - 해외 케이블교량 관련 PPP, BOT 사업 등 발굴·추진을 위한 기술정보 제공 및 국내 건설기업의 대상국 사업 비딩 자료로 활용
  - 글로벌 케이블교량 시장에서 국내 기술력 입증, 홍보 및 성과확산 지원을 위한 기초자료로 활용 등
  
- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량에 시스템 구축 및 운영 결과를 바탕으로 국내 케이블교량에 확대 적용을 위한 근거자료로 활용 등
  
- 케이블교량 재난·재해 대응 관련 지침(안) 및 기준(안)
  - 케이블교량 관리주체에 운용관리 기준으로 제공·활용
  - 케이블교량 재난·재해 대응 및 복구 설계를 위한 가이드라인 제공
  - 도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편 반영을 위한 근거자료로 활용 등
  
- 케이블교량 극한성능, 위험도, 레질리언스 등 평가를 위한 S/W, 매뉴얼 및 예제집
  - 개발기술(S/W 등) 실시, 이전 등을 통한 실용화 등
  
- 케이블교량 방재시스템
  - 개발기술(내화재료 등) 실시, 이전 등을 통한 실용화
  - 케이블교량 화재 위험도 등급에 따라 필요한 방재시스템 구축 및 운영 가이드라인 제공

- 신뢰도 기반 케이블교량 하부구조 설계지침(안)
  - 도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편 반영을 위한 근거자료로 활용 등
- 국내외 지반종류별 지반정수 및 토압분포 DB, 해외 특수지반 특성에 따른 지지력·지반정수 평가 지원시스템
  - 해외 케이블교량 사업 주체(발주처, 설계사, 시공사 등)에 지반정보, 지반 지지력 및 지반정수 평가결과 등 제공 등
- 수요처별 활용 방안은 다음과 같음.

수요처	활용방안
설계분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 케이블교량 사업 설계 수주 및 기술 지원, 해외 케이블교량 사업 참여에 필요한 PQ로 활용</li> <li>- 케이블교량 전주기적(설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 등) 기술 확보 해외 경쟁력 강화</li> <li>- 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시/국제 발표/홍보 등으로, 국내설계기술 국제 선진 기술 입증</li> <li>- 재난/재해 대비 케이블교량 전주기적(설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 등) 기술 확보 해외 경쟁력 강화</li> <li>- 재난/재해 대비 안전성/성능평가/사업관리 기술이 피드백, 업데이트된 설계기준을 통한 국제 선도형 케이블교량 설계</li> <li>- 한계상태설계법기반 설계기술 고도화를 바탕으로 한 케이블교량 및 지반 구조물 합리적 설계 기술 고도화</li> <li>- 글로벌 기술·가격 경쟁력 확보</li> <li>- 설계 인력 전문화 및 고급화</li> </ul>

수요처		활용방안
시공분야	사업 발주기관 (정부부처/ 공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개도국 개발 마스터플랜 수립을 지원한 후, 금융을 연계 제공하여 수주와 연결하는 패키지형 인프라 해외수출 추진</li> <li>- 국제기준이 반영된 최적 사업관리 체계를 바탕으로 한 경제적 발주 및 리스크 최소화</li> </ul>
	민간기업 (해외건설 프로젝트)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터·지식·기술 기반 케이블 사업관리 가이드라인을 통한 합리적 기술 경쟁력 및 이익 극대화</li> </ul>
유지관리분야	유지관리 기관 (정부부처 /지사체 /공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 재난/재해 대비 및 대응 기술 확보로 유지관리 리스크 최소화</li> <li>- 케이블교량 성능평가/운용관리 지침 작성 예제 및 가이드라인을 통한 효율적/경제적 교량 유지관리</li> <li>- 정량적 성능 평가로 효율적이고 합리적인 의사결정</li> <li>- 개발도상국 등 해외 케이블교량 건설 잠재국에 국내설계 엔지니어링 브랜치 설치 및 운영 지원, 기술 종속화로 지속적 성장 모델 제안 가능</li> <li>- 케이블교량 해외 건설 브랜드화 및 지속/선도 전략 모델 제안으로 건설분야 지속적 먹거리 창출 가능</li> </ul>
	민간기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 성능평가/운용관리 지침 작성 예제 및 가이드라인을 통한 업무 효율성 증진</li> <li>- 관련기술 특허로 인한 지적 재산권</li> <li>- 케이블교량 보수/보강 기술로 사업영역 확장</li> <li>- 성능평가라는 블루오션 글로벌 경쟁력 선점</li> </ul>

수요처	활용방안
연구인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계측을 통한 빅데이터 인프라 확보</li> <li>- 고급 연구인력 양성</li> <li>- 케이블 교량 데이터·지식·기술이 통합된 지속 가능한 연구 인프라 구축</li> <li>- 국제 공동 연구 및 지원을 통한 해외현장 적용 및 실용화 확산 모델/인력 지원방안 구축 (개도국 및 기술선진국 포함)</li> </ul>

## □ 국가 정책 및 주요 이슈와의 연계

- 국정과제
  - (10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원[창조경제]) 해외 건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련을 위해서는 R&D를 통한 케이블교량의 원천기술 확보와 투자개발형 사업 진출 확보 모델 개발 필요
- 경제혁신 3개년 계획
  - (37. 해외건설·플랜트 수출 고부가가치화, 39. EDCF를 통한 중소·중견기업 진출확대) 유럽, 남미 등의 장대케이블교량 진출을 확대하기 위해서는 전략적으로 육성과 R&D 지원이 지속적으로 필요하며, ODA 및 EDCF 자금을 활용한 해외 장대교량 건설 실적확보
- 창조경제
  - ([전략과제] 3. 신산업·신시장 개척을 위한 성장동력 창출) 해외건설의 신규 고부가가치 창출을 통한 성장 동력을 마련하기 위해서는 범용 기술이 아닌 케이블 교량과 같은 특수 고급 기술위주의 연구개발과 지원업체 진출 필요
- 법정계획
  - 「재난 및 안전관리 기본법」 근거, 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획 ( '13.2) 장대 케이블 교량은 태풍, 지진 등의 자연재해와 손상, 테러 등의 인적·사회적 재난에 노출되기 쉬운 주요 교통기반시설로 데이터 측정 및 평가를 통해 재해재난에 대한 대처수준 향상에 기여
- 미래성장동력
  - (11. 재난안전관리 스마트 시스템) 케이블 교량과 같은 장대교량의 재난안전관리는 공공복지를 위한 필수요소로 교량의 거동관련 데이터 측정 및 상태평가를 통해 장대교량의 운용 안전성 확보에 기여
- 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략 (국과심 본회의, ' 14.7)
  - 건설기술연구사업중 “설계 엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술 개발”, “재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설안전기술” 분야 연계 추진

- 제3차 시설물의 안전 및 유지관리기본계획 (국토해양부 고시, '12.12)
  - “4-1 융·복합형 진단 및 유지관리 핵심기술 개발“의 ICT 기반 시설물 첨단 진단기술 확보를 위해서는 계측기반의 저항, 상태, 성능 평가기술의 확보가 필수적임
- 2014년 해외건설 추진계획 (국토해양부, '14.4)
  - 해외건설 산업 수익성제고와 고부가가치 창출을 위해서는 해외 케이블 교량 건설에 특화된 맞춤형 R&D 추진필요
- 2016년 국토교통부 VIP 업무보고 (국토교통부, '16.1, VIP 관심 사항)
  - 국토교통 분야 해외진출 활성화 기반 마련
  - 글로벌 기술경쟁력 확보를 위한 R&D 역량 집중 및 엔지니어링 시범사업 추진
  - 해외 건설 사업 기획역량 강화를 위한 사업모델 및 타당성 조사 제안
  - 해외진출 협력·지원체제 정비를 위한 대외경제협력기금(EDCF) 및 무상원조(ODA)와의 연계강화 및 패키지사업 진출 지원 확대 계획
- 케이블교량 등 국가 주요 시설물에 대한 재난재해 대비/대응 기술 필요
  - 2015년, 서해대교 낙뢰로 인한 주케이블 화재 및 파손 발생
  - 케이블교량 재난 등 극한상황 대응, 재난방지 및 관리 시스템 등 안전성 확보 기술 개발 요구

### 서해대교 낙뢰로 인한 주케이블 화재 및 파손



- 케이블교량 재난 등 극한상황 대응 요구
- 재난방지 및 관리시스템 등 안전성 확보

## □ 기술적, 산업적 기대 효과

- 중국(저가진출), 일본(동남아시아 시장 선점) 및 유럽(기술경쟁력) 사이에서 고전하고 있는 국내 케이블교량 산업의 해외 진출 확대, 미래 성장 동력 창출
  - 초장대교량사업단을 통해 케이블교량 핵심기술의 국산화 및 자립화 달성
  - 해외 진출 확대를 위한 기반 마련, 본연구를 통한 글로벌 경쟁력 강화
- 공용중 케이블교량의 계측데이터를 분석하여 완공후의 구조시스템과 환경요인을 파악할 수 있으며, 이를 토대로 정량적인 성능평가 가능
  - 케이블교량 계측 데이터에 기반하고 사용수명을 구분한 설계하중 업데이트 및 개별 교량의 위치와 잔여수명을 고려한 평가하중 산정
  - 케이블교량 성능평가 메타 매뉴얼 개발 및 실용화
- 케이블교량의 한계상태설계법 기반의 정량적인 성능평가로 의사결정에 이바지함으로써 문제 발생 시 각종 경제적·사회적 손실 최소화
  - 계측신호기반 케이블교량 이상거동 감지기술을 이용한 운용관련 신속 의사결정
- 공용중인 케이블교량의 계측시스템 최적화 및 가이드라인 제공을 통한 유의미한 데이터 수집
- 계측자료 기반의 케이블교량 성능평가를 설계기준에 피드백 함으로써 경제적 케이블교량 설계로 비용절감 및 국제 케이블교량 프로젝트의 기술적 우위 선점
  - 케이블교량 사업 글로벌 경쟁력 강화를 위한 맞춤형 사업관리체계
  - 케이블교량 맞춤형 생애주기 O&M(Operation and Maintenance) 비용 데이터 수집 및 정보화
- 철도하중을 반영한 설계하중 확장을 토대로 해외 케이블교량 사업 진출에 필요한 핵심 설계기술의 자립화

- 자연재해에 대한 설계기술 개발과 인공재해별 목표 신뢰도 수준 결정 및 인공재해 대비 설계기술 개발을 통해 본격적인 글로벌 시장 진입 및 글로벌 플레이어로서의 위상 확립
- 대외원조 활용 및 글로벌 선도 프로젝트용 해외 맞춤형 고도화 설계 및 특화 설계 ENG 기술 확보를 통한 해외시장 진출 활성화, 고부가가치 미래 기술 개발
- 상부구조에 비하여 상대적으로 취약하여 그동안 기술력 한계 및 공사비 과다 지출의 원인으로 지적되어 온 하부구조 및 해상기초 분야의 신뢰도기반 설계 기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 개발
- 체계화된 케이블교량 하부구조의 신뢰도 기반의 설계 및 해석 기술 확보를 통한 설계기술의 국제화
- 케이블교량 주요부재의 보수보강과 가설구조물 설계에 대한 설계기술 및 설계지침을 작성하여 설계부터 유지관리 및 운용을 포함한 전주기적 케이블교량 설계기술 개발을 통한 글로벌 경쟁력 강화
- 케이블교량 해석기술 집대성 및 공유로 실무 엔지니어의 능력 극대화와 발주자의 다양한 요구조건에 대한 대처능력 향상으로 경제성 및 안전성에 있어서 글로벌 선두 수준으로의 향상

## □ 케이블교량분야 직접 편익 및 경제적 파급 효과

- 케이블교량 분야 연구개발사업을 통한 직접편익은 약 1조 2,500억원으로 추산 (2020년기준)
  - 매출편익 가치는 약 510억원임
  - 외화 및 기술유출 절감편익 가치는 약 3,600억원임
  - 물량절감 및 시공효율화 편익 가치는 약 3,500억원임
  - 수명 내구성 및 안전성 향상 편익 가치는 약 440억원임
  - 유지관리 시스템 구축 및 운영비용 절감편익 가치는 약 150억원임
  - 교량 이용객 시간비용 절감편익 가치는 약 3,200억원임
  - 지역 총생산 증대 편익 가치는 약 1,100억원임
  
- 케이블교량 분야 연구개발사업을 통한 생산유발효과 및 고용유발효과는 각각 약 2조 6,000억원, 약 15,300명인 것으로 분석됨 (2020년기준)
  - 케이블교량 산업 약 1조 2,500억원의 생산유발을 포함하여 전체 산업에 약 2조 6,000억원의 생산유발효과가 발생할 것으로 분석됨
  - 케이블교량 산업 약 10,300명 고용유발을 포함하여 전체 산업에서 약 15,300명의 고용유발효과가 발생할 것으로 분석됨

<경제적 파급효과 정리\*>

구분	항목	경제적 효과 가치(억원)
직접 편익	매출편익	508.7
	외화 및 기술유출 절감 편익	3,406.7
	물량절감 및 시공효율화 편익	3,681.7
	수명 내구성 및 안전성 향상 편익	437.7
	유지관리 시스템 구축 및 운영비용 절감 편익	142.1
	교량이용객 시간비용 절감 편익	3,241.7
	지역 총생산 증대 편익	1,019.4
	소계	12,438.0
산업 파급 효과	생산유발효과	26,483.6
	고용유발효과	15,382.0(명)
총 경제적 효과		38,921.6

※ 케이블교량 분야 개발 기술 경제적 파급효과 분석 보고서 참조  
[2015. 07., 초장대교량사업단(날리지웍스)]

# 목 차

제 출 문 .....	1
보고서 요약서 .....	2
요 약 문 .....	3
기획 과제 개요 및 연구 내용 .....	3
본과제 구성 및 추진 전략 (연구 수행 결과) .....	9
본과제 최종성과물 및 활용계획 (연구성과 및 기대효과) .....	22
1장. 개요 .....	42
1절. 기획 과제 정의 및 범위 .....	42
1. 기획 과제의 정의 및 필요성 .....	42
가. 기획 과제의 정의 .....	42
나. 과제 추진의 배경 및 필요성 .....	46
2. 기획 과제의 범위 .....	73
2절. 기술분류 및 내용 .....	75
1. 기술분류체계도 .....	75
2. 기술분류별 기술내용 .....	77
가. (대분류 1) 케이블교량 해외 경쟁력 강화 전략형 진출 모델 개발 분야 .....	77
나. (대분류 2) 한계상태 설계법 및 빅데이터 기반 성능평가 및 운용기법 분야 .....	80
다. (대분류 3) 글로벌 선도형 신뢰도기반 케이블교량 설계기술/기준 확장 분야 .....	82

<b>2장. 동향조사 및 환경분석</b> .....	<b>84</b>
<b>1절. 국내외 정책동향</b> .....	<b>84</b>
1. 국외 정책동향 .....	85
2. 국내 정책동향 .....	89
<b>2절. 국내외 시장현황 및 전망</b> .....	<b>92</b>
1. 국외 시장현황 및 전망 .....	92
2. 국내 시장현황 및 전망 .....	113
<b>3절. 국내외 기술동향</b> .....	<b>122</b>
1. 국내·외 케이블교량 기술 개발 동향 .....	122
2. 특허분석 .....	146
가. 특허 조사방법 .....	146
나. 특허 정량분석 .....	147
다. 국내외 핵심특허 .....	148
4. 논문분석 .....	160
가. 논문 조사방법 .....	160
나. 논문 정량분석 .....	161
다. 국내외 핵심논문 .....	162
<b>4절. 연구개발 인프라 분석</b> .....	<b>174</b>
1. 연구인력 인프라 .....	174
2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라 .....	182
3. 해외 협력기관 인프라 .....	184
<b>5절. 종합분석</b> .....	<b>186</b>
1. 국내외 정책동향분석 시사점 .....	186
2. 국내외 시장동향분석 시사점 .....	189
3. 국내외 기술동향분석 시사점 .....	192

4. 기존 개발 기술과의 차별화 방안 (초장대교량사업단과의 비교 위주로)	217
5. 종합 분석 및 제안	220
<b>3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사</b>	<b>224</b>
1절. 기술수요조사	224
2절. 기술수준 및 예측조사	229
<b>4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략</b>	<b>317</b>
1절. 비전 및 목표	317
1. 비전	317
2. 목표 및 방향 설정	317
3. 단계별 목표	320
4. 전체 과제 및 세부과제별 개념도	326
2절. 연구개발과제 구성	330
1. 후보과제 Pool 구성	330
2. 후보과제 우선순위 평가	334
3. 연구개발 추진과제	341
가. 전체 연구 추진 과제	341
나. 1세부 과제 (케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발)	342
다. 2세부 과제 (케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발)	343
라. 3세부 과제 (케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발)	344

3절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 (과제 카드 작성) .....	345
1. 1세부과제 .....	345
2. 2세부과제 .....	361
3. 3세부과제 .....	373
4. 본연구 최종 목표에 부합하는 최종 성과물 설정 .....	379
4절. 과제별·연차별 기술로드맵 .....	381
1. 총괄 로드맵 .....	381
2. 세부과제별 로드맵 .....	382
5절. 성과의 활용방안 .....	385
6절. 연구수행체계 제안 .....	393
5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정 .....	394
1절. 연구일정에 따른 인력계획 .....	394
1. 전체사업 인력투입계획 .....	394
가. 연차별 투입 연구인력 .....	394
나. 상세 투입연구인력 .....	394
2절. 소요예산 산정 .....	395
1. 전체사업 소요예산 .....	395
2. 세부과제별 소요예산 .....	396
6장. 사전타당성 검토 .....	404
1절. 정책적 타당성 .....	404
1. 상위계획 부합성 .....	404
2. 정부지원 타당성 .....	406

2절. 기술적 타당성 .....	407
1. 기술개발 계획의 적절성 .....	407
2. 기술수준 및 성공가능성 .....	408
3. 기존 사업과의 중복성 및 차별성 .....	409
3절. 경제적 타당성 .....	411
1. 대상시장의 규모 .....	411
2. 시장에서의 경쟁 가능성 .....	412
3. 경제적 파급 효과 .....	413
7장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 .....	416
1절. 과제 제안요구서(RFP) .....	416
2절. 선정평가 절차 및 기준 .....	479
1. 평가 절차 .....	479
2. 평가 항목 .....	479
3. 평가점수 산정 방법 .....	480
3절. 가점 및 감점 기준 .....	481
부록. 기획연구 추진경과 및 자문위원회 운영 .....	483

# 1장. 개요

## 1절. 기획 과제 정의 및 범위

### 1. 기획 과제의 정의 및 필요성

#### 가. 기획 과제의 정의

- 본 연구 과제에서는 신뢰도 기반 설계 및 성능 평가 적용이 필수적으로 요구되는 해외 케이블교량 시장에서, 초장대교량사업단을 통해 확보된 각종 기술과 국내 기업의 해외 진출 경험을 바탕으로, 실질적 고부가가치 창출을 위한 글로벌 경쟁력 강화 및 미래 기술 선점 방안을 기획 연구함.
  
- 케이블교량의 재해재난 대비/저감/대응 기술을 포함하는 전주기적 토탈솔루션 제공 가능한 고부가가치 엔지니어링 기술의 발굴 및 기획
  - 장경간 케이블교량 생애주기 운용 시장선도기술 확보를 위한 케이블교량의 신뢰도에 근거한 한계상태설계법 기반 성능평가 지침 및 운용기법 개발 기획
  - 신설 케이블교량 신뢰도 기반 설계기준의 글로벌 확장을 위한 세계 최고 수준의 기술 개발 기획
  - 케이블교량의 글로벌 경쟁력 강화를 위하여 해외 케이블교량에 적합한 극한 이벤트(극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등), 철도하중, 대심도 연약 지반 해상 기초 등의 글로벌 미래형 고부가가치 엔지니어링 설계 기술 개발 기획
  - 케이블교량의 재난/재해 등에 합리적이고 능동적인 대비 및 대응 시스템 구축을 위한 기술 개발 기획
  - 해외 시범교량을 대상으로 신뢰도 기반의 설계, 시공 관리, 성능 평가 및 운용 관리 등을 모두 포함하는 통합 패키지 성과품 검증 및 제공 방안 등 기획

○ 케이블교량 재난재해 레질리언스 확보기술 개발 통한 국가기간 인프라 안전 및 글로벌시장 선도기술력 확보 기획

- 한국 케이블교량 산업이 글로벌시장에서 기술자립단계를 넘어서서 기술선도 그룹으로 진입하기 위해서는 폭발, 비행체충돌, 화재 등의 인공재난과 강풍, 강진 등과 같은 자연재해에 효과적으로 대응하는 글로벌 프리미엄 기술 개발이 필수
- 특히, 최근 서해대교의 낙뢰로 인한 케이블 화재에서 볼 수 있듯이 재난/재해에 최적대응을 하기 위해서는 운용중 케이블교량의 구조물 상태를 계측 데이터에 기반하여 상시적으로 정확히 파악하고 있는 것이 매우 중요
- 공용중 케이블교량의 계측데이터 분석, 재난/재해요인 파악, 한계상태설계법 기반의 정량적인 성능평가(예: LRFR 등), 계측 데이터 기반의 구조물 상태 상시파악, 건전성 평가, 노후화 고려 잔존수명 예측 및 의사결정 기술 개발 등을 통한 구조물 신뢰도와 재난재해 레질리언스 상시 확보가 매우 중요
- 실제 계측 데이터에 기반한 재난/재해요인 및 극한상황 파악, 재난/재해별 위험도 평가, 대비, 대응, 복구하는 전주기적 엔지니어링(설계-시공-안전-관리) 기술 확보 필요, 특히 인공 재난의 경우 매우 큰 하중을 유발하므로 재료 및 부재의 극한상태 성능평가와 재난 시나리오별 시스템의 위험도평가 수행 필요
- 케이블교량의 경우 복잡한 풍진동 특성과 이에 대한 이해 부족으로 제2진도 대교의 병렬진동 및 사장재 진동, 이순신대교의 와류진동, 울산대교의 행어 진동 등과 같은 이상진동 발생, 이상진동 대응을 위한 케이블교량의 동특성 평가기술 필요. 또한 강풍 시 주행속도 관리 및 차량 전면통제에 대한 규정 미비, 케이블교량 사용성 관리지침 개발 필수
- 케이블교량의 재난/재해 위험도 평가, 대비, 대응, 복구기술 및 관련 지침 등을 개발하여, 국가 기간 인프라의 안전 확보와 사회적 비용을 절감하고, 최적의 전주기적 관리를 위한 의사결정체계를 확립하는 등의 첨단 기술력 확보를 통해 국제 케이블교량 프로젝트의 기술적 우위를 선점하고 글로벌 리더로서의 위상을 확립하는 것이 절실히 요구되며 이를 기획함.

○ 케이블교량 하부기초분야 글로벌 경쟁력 강화를 위한 신뢰도 기반 하부기초 엔지니어링 기술 및 해외 맞춤형 고도화 설계 기술 개발 기획

- 최근 국내 건설사들의 베트남이나 태국, 인도네시아와 같은 동남아시아 진출이 증가하고 있음. 동남아시아 건설 지역의 대부분은 대심도 연약지반층으로 형성. 국내 지반분야의 기술력은 지반의 불확실성을 고려한 하부구조

설계기술의 미비로 지나치게 보수적인 설계를 수행, 공사비의 상승을 초래하는 등 해외 선진국 대비 기술 및 가격 경쟁력을 확보하고 있지 못함.

- 기존 국내의 하부기초 설계는 지반-기초의 강성을 고려하지 않고 구조물의 변위를 과다하게 제한하는 강결합 방식으로 설계하여 비경제적 설계단면을 도출
- 지반의 물리적, 공학적 특성과약은 경제적이고 안전한 구조물 설계를 위한 필수적인 요소. 지반특성 및 환경을 고려한 특수 지반의 합리적 평가와 설계기술 개발이 시급히 필요함.
- 해외 시장 진출 확대와 경쟁력 강화를 위해서는 상부구조에 비하여 상대적으로 취약한 케이블교량 하부구조 분야의 신뢰도 기반 설계 기술, 앵커리지, 대형 연성기초, 비선형 지반- 구조물 해석 기술, 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가/설계 기술 및 연약·특수지반에 대한 지반 평가/해석 기술의 확보가 시급히 요구되며 이에 대한 기술을 기획함.

○ 글로벌 영역에서의 국내 기술력 입증을 위한 개발기술 적용 해외 케이블교량 맞춤형/선도형 실증 모델 개발 필요

- 최근, 케이블교량의 중요도 및 특성 반영, 발주시 합리적 RISK관리 및 계획-관리-설계- 시공-안전-운용 등 통합솔루션 제공 및 패키지 엔지니어링 기술 요구 증대, 해외진출 경쟁력 및 고부가 가치 영역 확대를 위한 패키지 및 통합솔루션 제공 엔지니어링기술 확보가 시급
- 이러한 요구에 대응하기 위해서는, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력을 입증하고 확대하는 방향으로 연구 개발이 이루어져야 하며, 그동안 개발된 연구 성과들을 통합적으로 적용하고, 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구를 만족할 수 있는 구체적이고 적용성이 입증된 실증 모델의 제시가 반드시 필요
- 국내 케이블교량 개발 기술들이 반영된 실증 모델은 실현가능한 해외 케이블교량을 대상으로, 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석, 프로젝트 모델 및 패키지 성과품 등의 제시가 필요
- 이와 더불어 국내 케이블교량 분야의 해외 기술 선도를 위해서는, 신형식 및 2km+급 철도병용교 등을 포함하는 미래형 케이블교량 컨셉 설계 및 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 기술 개발도 필요
- 또한, 현재 국내 케이블교량은 BMS, WIM, 교통, 환경, 재난/재해 등의 관리 영역이 분리. 상황 발생시 신속한 대처 및 콘트롤 타워 역할을 위한 통합안전 관리시스템 기술 부재. 케이블교량의 전주기 패키지 엔지니어링 기술은

안전관리 기술을 포함하 형태여야하고, 케이블교량 전용의 통합안전관리 기술 개발 또한 필요

- 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 해외진출 기반 마련 및 해외 케이블교량 사업(EPC, Turnkey 등) 참여 등에 필요한 PQ 만족 기회로 활용할 수 있는 방안의 구축이 필요, 경쟁력 입증 및 해외건설 브랜드화가 시급히 필요하여 이에 대한 기술 개발을 기획함.

○ 케이블교량 개발 기술의 실용화 확대를 위한 관리체계 구축 필요

- 개발기술 적용 확대를 위한 해외 케이블교량 기술분석/설계 지원/개발기술 적용/프로젝트 지원 시스템 부재
- 개발 기술 실용화 촉진으로 기술 사양화 방지, 관리시스템 구축 필요
- 케이블교량 연구성과 통합관리/국내외 현장적용 시스템 구축/운영으로 해외 진출 실용화 지원 강화가 필요하여 이에 대한 구축 방안을 기획함.

나. 과제 추진의 배경 및 필요성

□ 국내·외 케이블교량 시장 현황

○ 국내 케이블교량 시장 현황

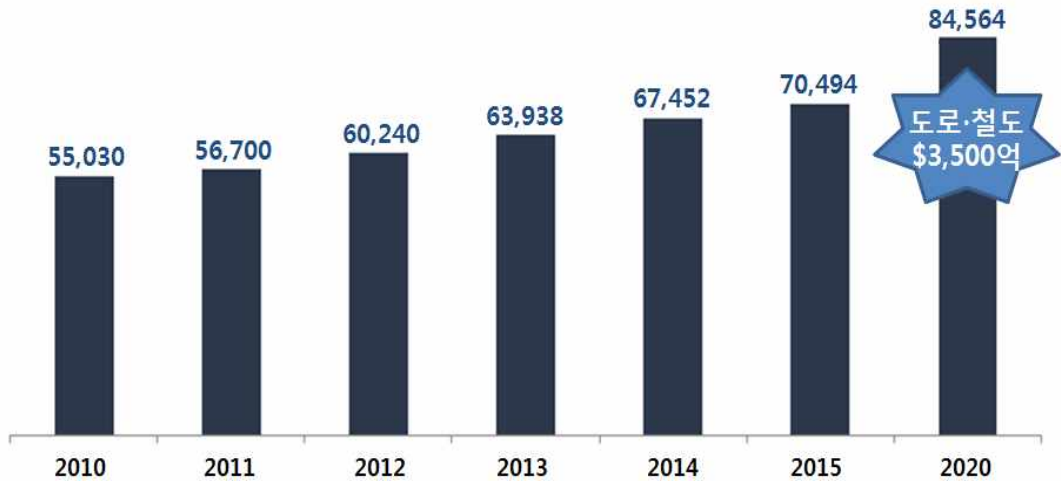
- 국내 장대교량 시장은 다른 건설 분야와 마찬가지로 성장단계를 지나 성숙 단계에 진입해 있으며 국도를 중심으로 많은 연륙·연도교 사업이 완공되었거나 시공 중에 있음.
- 앞으로의 케이블교량은 국도 상에 있는 기존 연륙·연도교와 연계한 섬연결 지방도 사업이 주로 추진될 전망이며 장대교량의 계획건수는 감소되겠지만, 장대교량의 시장규모는 현 상태를 유지할 전망이다.
- 이는 케이블교량의 기술발전으로 교량건설이 힘들던 지역에서 도전적으로 교량 건설이 추진되고, 개별 교량 길이가 지속적으로 늘어남에 따라 교량별 공사비가 늘어나기 때문임.
- 2014년 기준 국내 사장교는 4,046억원, 현수교는 2,143억원 규모로 국내 케이블교량 시장은 2014년 6,189억원에서 2025년 8,485억원 규모로 예상되나, 국내 케이블교량 시장은 국내 SOC 건설 축소로 인하여 정체될 것으로 예상됨.



<국내 케이블교량 주경간장별 준공/계획 건수 비중 변화>

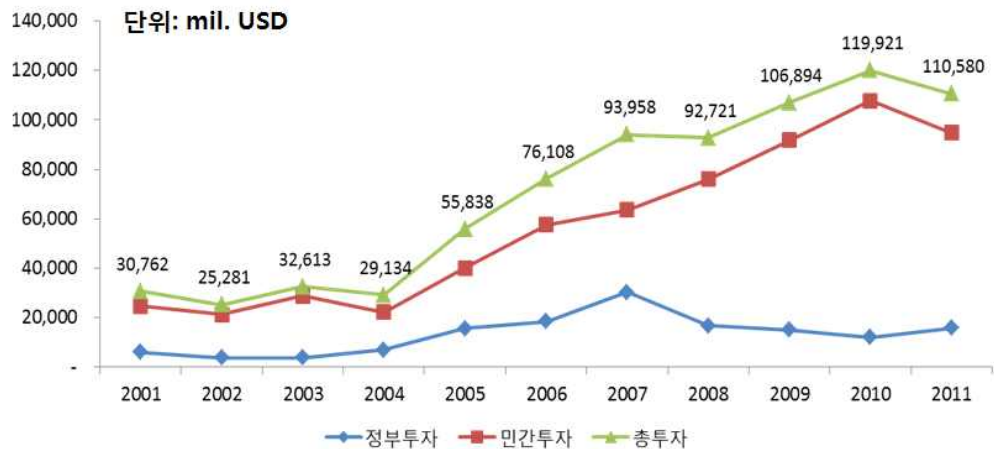
○ 해외 케이블교량 시장 현황

- 세계 건설 시장 지속 성장 2020년 약 \$85,000억으로 예상되며, 이중 도로 및 철도 분야는 중동, 아시아, 중남미 및 아프리카에서 대형 프로젝트 다수 추진되어 \$3,500억으로 예상됨



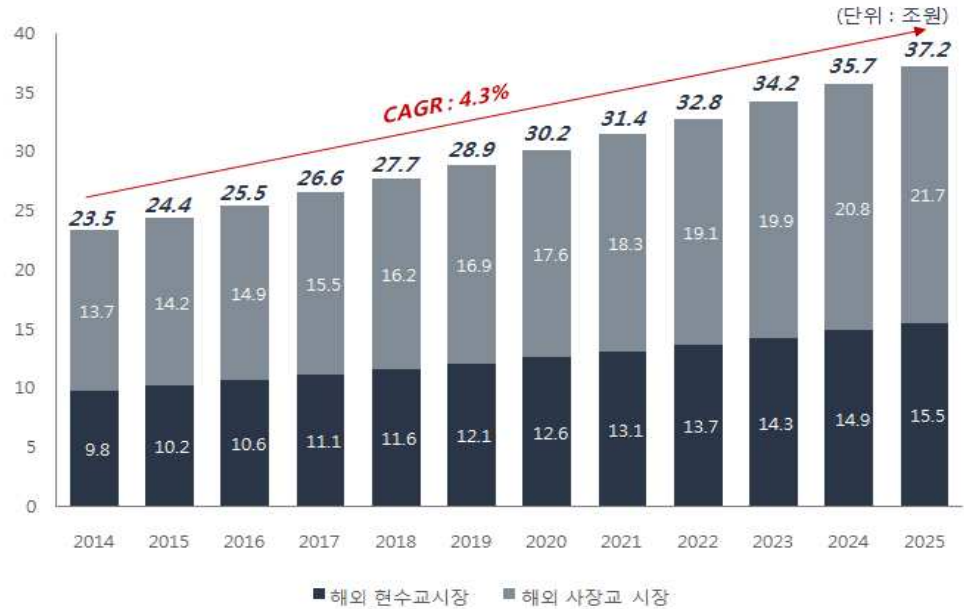
<해외 건설 시장 예측>

- 해외 건설시장 발주 특성은 전주기적 사업 및 리스크 관리의 중요성 부각되어 투자개발형(BOT, PPP) 사업 발주 급증하고 있으나 해외 선진 기업의 경우 사업 비중이 70% 내외가 될 정도로 투자개발형 사업 위주인데 비하여 국내 기업의 경우는 참여경험 및 수행역량의 부족으로 사업비중이 2% 내외에 불과함.



<투자개발형(BOT, PPP) 사업 발주 급증>

- 케이블교량 분야는, 2014년 기준 해외 사장교는 13.7조원, 현수교는 9.8조원 규모로 해외 케이블교량 시장은 2014년 23.5조원에서 2025년 37.2조원 규모로 예상됨.



<해외 케이블교량 시장 예측>

- 해외 케이블교량 시장은 2000년 이후 연평균 케이블교량 준공건수, 평균사업비를 고려하여 산정하되 해외 소비자 물가상승률4.3%(2004년~2013년, 10년간 평균)을 반영함.
- 해외 사장교 시장은 2014년 13조 7천억원, 2025년 21조 7천억원 규모 전망
  - ※ 2000년 이후 준공/계획 된 해외 사장교 평균 사업비는 1조 3,214억원임.
  - ※ 2000년~2014년 동안 해외 사장교의 연평균 준공건수는 10.3건임.
- 해외 현수교 시장은 2014년 9조 8천억원, 2025년 15조 5천억원 규모로 전망
  - ※ 2000년 이후 준공/계획 중인 해외 현수교 평균 사업비는 2조 3,630억원임.
  - ※ 2000년~2014년 동안 해외 현수교의 연평균 준공건수는 4.13건임.
- 해외 케이블교량 발주건수는 일정한 상승/하강 추세를 보이는 것은 아니며, 평균적으로 매년 사장교 10.3건, 현수교 4.13건 규모로 발주가 예상됨.
- 2000년 이후 2014년까지 15년간 해외 사장교 준공건수는 155건으로 연평균 10.3건의 사장교가 준공됨.

※ 해외 사장교 준공건수는 '09년, '10년, '14년 15건인 반면 '11년, '12년, '13년의 준공건수는 각각 10건, 11건, 11건으로 일정한 추세 보이지 않음.

※ 2015년 이후 계획된 해외 사장교는 49건 이상임.

※ 해외 사장교 준공건수는 '09년, '10년, '14년 15건인 반면 '11년, '12년, '13년의 준공건수는 각각 10건, 11건, 11건으로 일정한 추세 보이지 않음.

※ 2015년 이후 계획된 해외 사장교는 49건 이상임.

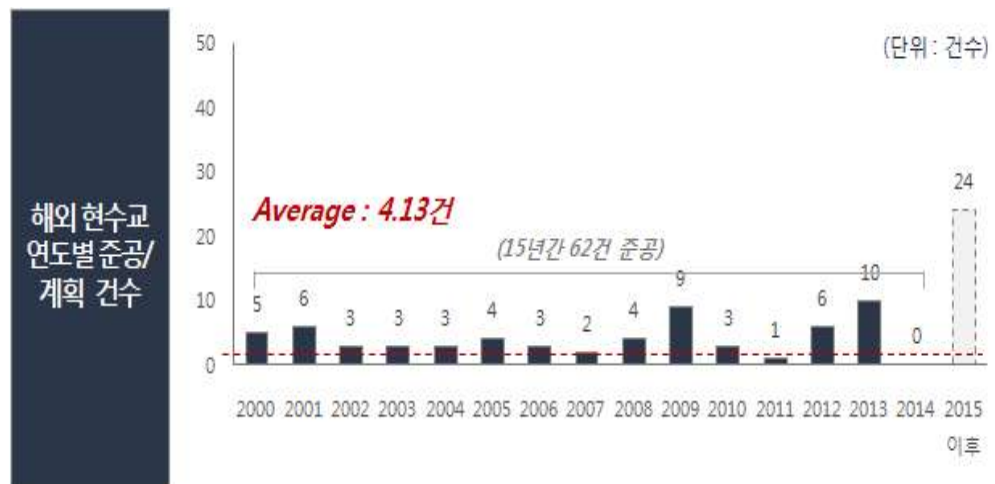


<해외 사장교 연도별 준공/계획 건수>

- 2000년 이후 2014년까지 15년간 해외 현수교 준공건수는 62건으로 연평균 4.13건의 현수교가 준공됨.

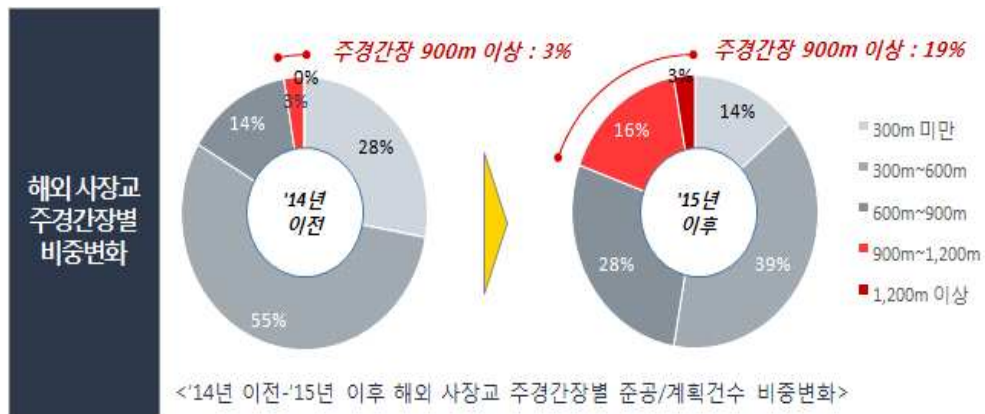
※ 국외 현수교 준공건수는 '09년과 '13년 각각 9건과 10건인 반면 '11년 준공건수는 1건, '14년 0건으로 일정한 추세를 보이지는 않음.

※ 2015년 이후 계획된 해외 현수교는 24건 이상임.



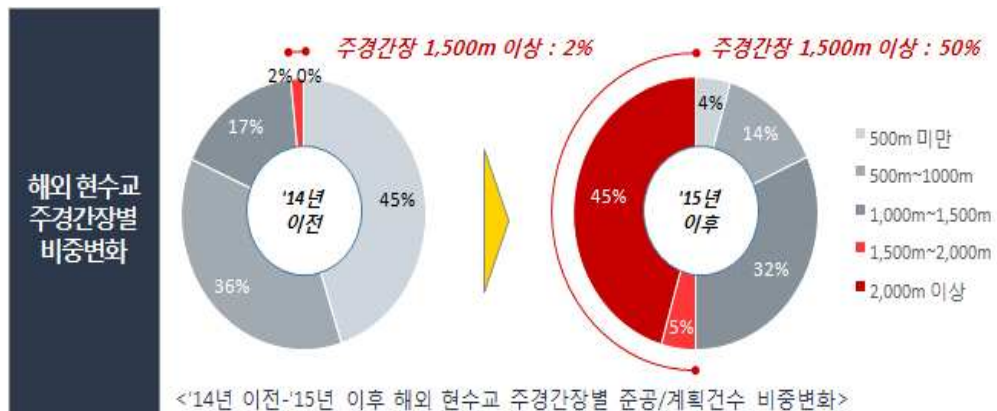
<해외 현수교 연도별 준공/계획 건수>

- 2014년 이전 준공된 해외 케이블교량과 '15년 이후 계획된 케이블교량의 주경간장 비중 검토결과, 케이블교량의 장경간화 추세임.
- 2014년 이전 준공된 해외 사장교 중 주경간장 900m이상인 교량은 3% 비중
  - ※ 2014년 이전 준공된 해외 사장교 중 주경간장 1,200m 이상 교량은 부재함.
- 2015년 이후 계획된 해외 사장교 중 주경간장 900m이상인 교량은 19% 비중
  - ※ 2015년 이후 계획된 해외 사장교 중 3%는 주경간장 1,200m 이상인 초장대교량으로 계획됨.



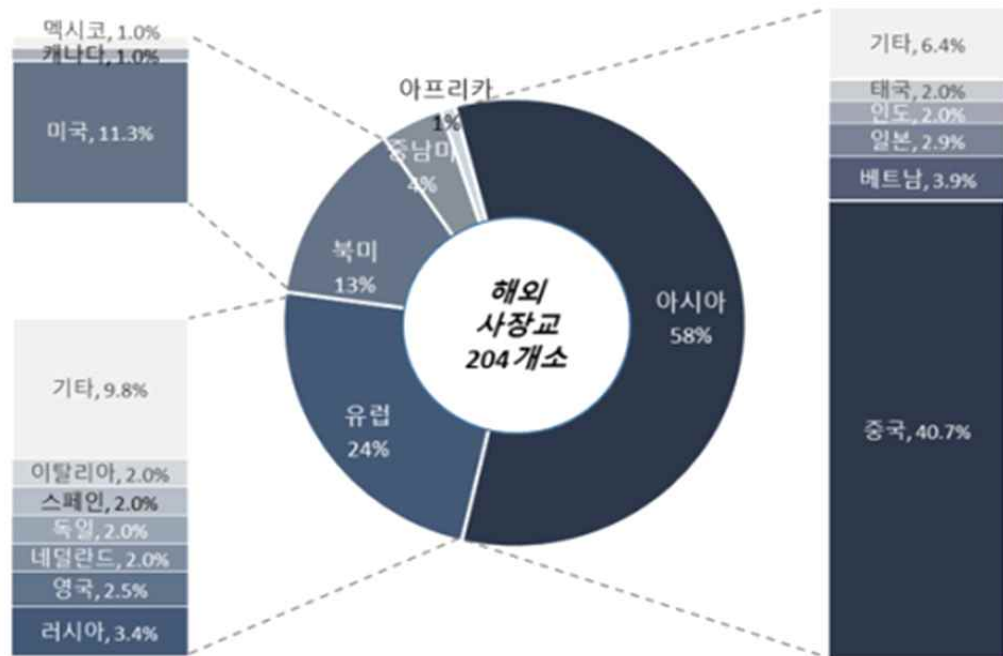
<해외 사장교 주경간장별 비중 변화>

- 2014년 이전 준공된 해외 현수교 중 주경간장 1,500m이상인 교량은 3% 비중
  - ※ 2014년 이전 준공된 해외 현수교 중 주경간장 2,000m 이상 교량은 부재함.
- 2015년 이후 계획된 해외 현수교 중 주경간장 1,500m이상인 교량은 58% 비중
  - ※ 2015년 이후 계획된 해외 현수교 중 약 45%는 주경간장 2,000m 이상인 초장대교량으로 계획됨.



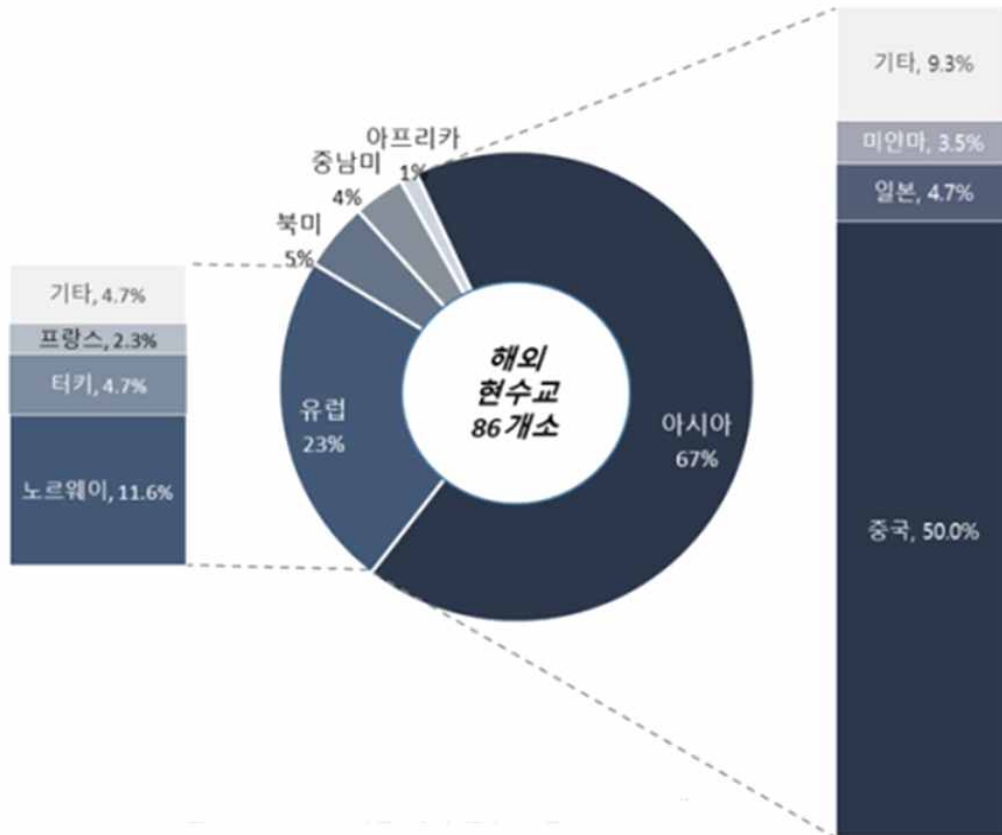
<해외 현수교 주경간장별 비중 변화>

- 2000년 이후 준공/계획된 해외 사장교 204건 중 아시아가 118개소(58%)로 가장 높은비중을 차지하고 있음.
- 2000년 이후 준공/계획된 권역별 해외 사장교분포는 아시아 118개소(58%), 유럽 48개소(24%), 북미 27개소(13%)임.
  - ※ 아시아는 중국 83개소(40.7%), 베트남 8개소(3.9%), 일본 6개소(2.9%), 인도 4개소(2%), 태국 4개소(2%) 분포를 보임
  - ※ 유럽은 러시아 7개소(3.4%), 영국 5개소(2.5%), 네덜란드, 독일, 스페인, 이탈리아가 각각 4개소(2%) 분포를 보임.
  - ※ 북미지역은 미국 23개소(11.3%), 캐나다, 멕시코가 각각 2개소(1% ) 분포를 보임.
- 2014년 이전 준공된 해외 현수교 중 주경간장 1,500m이상인 교량은 3% 비중



〈2000년 이후 준공/계획된 해외 사장교 권역별/국가별 비중〉

- 2000년 이후 준공/계획된 해외 현수교 86건 중 아시아가 58개소(67%)로 가장 높은 비중을 차지하고 있음.
- 2000년 이후 준공/계획된 권역별 해외 현수교 분포는 아시아 58개소(67%), 유럽 20개소(23%)임.
  - ※ 아시아는 중국 43개소(50%), 일본 4개소(4.7%), 미얀마 3개소(3.5%) 분포
  - ※ 유럽은 노르웨이 10개소(11.6%), 터키 4개소(4.7%), 프랑스 2개소(2.3%)



<2000년 이후 준공/계획된 해외 현수교 권역별/국가별 비중>

- 해외 기타지역(중동, 중남미, 아프리카, 서남아시아 등) 시장현황 및 전망

※ 중동지역은 UAE Dubai의 2020년 Expo와 카타르 Doha의 2022년 World cup 개최, GCC국가의 권역 내 경제원조로 장대교량 발주가 활발하게 이루어질 예정임.

※ Dubai 내의 8개소 Creek Bridge, 사업비가 70억불이 넘는 Qatar Doha의 Sharq Crossing, 사우디와 바레인간 Causeway의 확장공사와 철도신설, 바레인-카타르 와 카타르-UAE간의 Causeway, Oman의 Masirah Causeway, Kuwait의 Doha Link 등 많은 장대교가 계획단계 또는 발주단계에 있어 시장규모는 50조원 이상이 될 것으로 전망되고 있음.

※ 중남미 역시 파나마의 제4교, Biobio Bridge, 에콰도르의 Guayas 사장교, 콜롬비아의 Pumarejo 사장교 등 많은 교량의 발주가 예상되고 있으며, 시장규모는 10조원을 상회할 것으로 전망됨.

※ 서남아는 인도의 MTHL (Mumbai Trans Harbour Link)와 방글라데시의 Padma 교 등이 계획되고 있으며 시장규모는 10조원을 상회할 것으로 추정되고 있음.

○ 케이블교량 관련 산업 동향

- 각국의 기술자립화 추세 속에서 고도의 전문성을 요구하는 장경간 케이블교량은 여전히 시장전망이 우수하며 기술 집약 초대형 프로젝트로 발전하고 있어, 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있음. 특히 신뢰도기반의 케이블교량 전주기적 엔지니어링 시장 규모는 지속적으로 증대되고 있으며, 기술적 영역도 꾸준히 확대되고 있음.
- 유럽의 기술 선도업체들은 전세계를 대상으로 전략적 제휴 및 공격적 마케팅을 통해 새로운 시장을 창출하고 있음
- 현재 세계 10위까지의 교량설계회사 현황(ENR 발표자료)은 다음과 같으며, 케이블교량 엔지니어링 토탈솔루션 제공 기술의 확보를 위하여 관련 회사들의 인수 합병 등을 통하여 영역을 확장하고 있음.

<세계 10대 설계 엔지니어링 회사 순위 (2013년 기준)>

순위	회사	국가	지역	매출(USD, mil)
1	AECOM Technology Corp.	USA	L.A	91.0
2	The Louis Berger Group	USA	Morris town	70.6
3	Dar-Al-Handasah Consultants (Shaire& Partners)	Egypt	Cairo	53.7
4	COWI A/S	Denmark	Kogens Longby	37.8
5	Hatch Group	Canada	Mississauga	34.3
6	CH2M HILL	USA	Englewood	30.1
7	Halcrow Group Ltd.	U.K	London	23.2
8	Jacobs	USA	Pasadena	23.0
9	Ramboll Gruppen A/S	Denmark	Virum	22.6
10	Mott Macdonald Group Ltd	U.K	Croydon	22.5

- 해외 주요 설계사들의 전략 분석 및 대응 현황은 다음과 같음.
- AECOM Technology Corp. (미국)
  - ※ AECOM은 Transportation의 도로와 철도분야에서 세계 1위를 차지하고 있으며, 특히 아시아와 호주에서 강세를 보이고 있음.
  - ※ AECOM은 케이블교량 엔지니어링 토탈솔루션 제공의 취약부분을 보완하기 위해 영국의 Maunsell을 M&A함으로써 장대교량분야에도 진입하고 있으나, 장대교량분야는 덴마크의 COWI사와 영국의 Arup사에 비해 경쟁력이 떨어짐.
  - ※ AECOM은 홍콩, 인도, 말레이시아 등 현지화 정책으로 아시아의 장대교량사업에 커다란 관심을 가지고 있음.

- Dar-Al-Handasah Consultants (DAR, 이집트)

※ 중동에서 가장 경쟁력 있는 회사로 성장하고 있음.

※ DAR사는 도로 등 Transportation 분야에 강하지만, 장대교량 분야가 취약하여 최근에 미국의 Oakland Bay Bridge(현수교)를 설계한 미국의 T.Y.Lin을 인수·합병하였음.

- COWI A/S (덴마크)

※ COWI사는 세계교량분야에서 4위에 불과하지만, 현수교 등 초장대교량분야에서는 독보적인 선두주자임.

※ 최근에도 주경간장 3,300m(세계1위)의 이탈리아 Messina Bridge와 북유럽의 Great Belt East Bridge(세계3위), 터키의 Izmit Bay Bridge 등의 실시설계와 유럽과 아프리카를 잇는 Gibraltar Strait Crossing, 아프리카와 중동을 연결하는 지부티-예멘교와 사우디-이집트 연결교량, 독일-덴마크의 Fehmarn Belt Link와 카타르-바레인 Causeway, 카타르 Doha Bay Crossing과 칠레의 Chacao Channel Bridge 등의 Feasibility Study에 참여하였음.

※ 덴마크 정부의 전략적인 지원 아래, Euro Code와 AASHTO LRFD Specification의 바람과 지진 및 선박충돌 등 Extreme Event Load의 제·개정에도 관여하고 있음.

※ 최근에는 Concrete교량과 사장교의 보강을 위해 캐나다의 Buckland & Taylor사를, 보수·보강(Rehabilitation) 설계를 위해 영국의 Flint&Neil사를, 내진설계를 위해 미국의 Den. C. Gerwick(D.C.G)사를, 항만설계를 위해 미국의 Ocean Coastal Consult(OCC)사를 각각 합병(M&A)시켰음.

- Arup Group (영국, 홍콩)

※ Arup사는 주로 영국연방공화국을 활동무대로 하며, 장대교량은 홍콩본부에서 총괄하고 있고, 중국의 Sutong Bridge (세계 2위의 사장교)와 홍콩의 Stonecutters Bridge (세계 3위의 사장교), 덴마크의 Øresund Crossing의 설계와 부루네이의 Muara-Temburong Bridge의 PMC사업에 참여하고 있음.

- 기타

※ 이 외에도 해외장대교량 설계분야에서 경쟁사로는 미국의 IBT (International Bridge Technology), 일본의 Chodai, 독일의 LAP (Leonardt Andrä und Partner), 덴마크의 Ramboll Group A/S 등이 있음.

※ 미국의 IBT는 혁신적인 콘크리트교량설계에 강점을 가지고 있으나, 최근  
에 설립한 회사로 장대교량실적이 부족함.

※ 일본의 Chodai는 세계 2위의 Akashi 해협 교량을 설계한 일본을 대표하  
는 장대교량 설계회사이나 가격경쟁력(Consultancy Fee)이 떨어짐

※ 독일의 LAP사는 사장교 실적을 가장 많이 보유한 회사이나, 회사규모가  
작아 ICE(독립설계검토, Independent Check Engineering)에 주된 관심을  
가지고 있음

※ 덴마크의 Ramboll Group은 일반교량 실적은 많으나 현수교와 사장교 등  
특수교량의 실적이 부족함.

- 해외 유명 설계 회사들의 케이블교량 엔지니어링 분야 시장 진출 현황은 다  
음의 표와 같음.

주요 업체	해외 진출 현황
Mott Macdonald (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stone cutters Bridge(홍콩, 2004-2008)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultant: Arup+COWI, Design Concept: D&amp;W, Checking Engineering : Mott Macdonald</li> </ul> </li> <li>• Tsing Ma Bridge(홍콩, 1992-1997)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조설계: Tony Gee and Partners, Design: Mott Macdonald, ICE: F&amp;N</li> </ul> </li> <li>• Millennium Bridge(영국, 1996-2000)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조설계: Arup, ICE: Mott Macdonald</li> </ul> </li> <li>• Kayang Bridge(한국, 1995-2001)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultant: Mott Macdonald</li> </ul> </li> </ul>
Arup (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stonecutters Bridge(홍콩, 2004-2008)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조설계 수행</li> </ul> </li> <li>• Muara-Temburong Bridge(부루나이, 2013~)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PMC, 구조설계 수행</li> </ul> </li> <li>• Oresund Bridge               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조설계 수행</li> </ul> </li> </ul>
Halcrow (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stonecutters(홍콩, 2004-2008)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design(+D&amp;W+F&amp;N) 수행</li> </ul> </li> <li>• Dong Hai Bridge(상해, 2002-2005)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultant(+Shanghai urban) 수행</li> </ul> </li> <li>• Incheon Bridge(인천, 2005-2009)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조설계: Chdai+서영, ICE(+Arup) 수행</li> </ul> </li> <li>• Chong ming North Bridge               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계: COWI+Halcrow+ Shanghai Municipal Engineering</li> </ul> </li> </ul>
URS-Scott Wilson (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rama VII Bridge(방콕, 1999-2002)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조설계: Scott Wilson+B&amp;T, 디자인: Epsilon+Halcrow</li> </ul> </li> </ul>
COWI A/S (Denmark)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skarn Sundet Bridge(노르웨이 -1991)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계: Johs Holt A/S, ICE: COWI</li> </ul> </li> <li>• Busan-Geoje Bridge(부산 -2009)</li> </ul>

주요 업체	해외 진출 현황
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사장교·현수교 Great Belt East Bridge(덴마크)</li> <li>• Oresund Bridge(스웨덴-덴마크)</li> <li>• Little Belt Br.(덴마크) ForO Bridge(덴마크), Hoga Kustem Bridge(스웨덴)</li> <li>• Gibraltar Strait Br.(Spain-Morocco), Pont de Normandie(프), Stone Cutters Br.(홍콩), Chacao Channel Br.(칠레), Paranaiba Br.(브라질), Yongjong Grand Br.(대한민국), Nelsen Mandela Br.(남아공), Second Oricono Br.(베네주엘라), 파나마운하 2교, Sheich Zayed Br.(아랍에미레이트), Sutong Br.(중국), Nanjing Yangtze River Br.(중국), Messina Strait Br.(이태리), Sungai Johor Br.(말레이시아)</li> <li>- Fixed Link F/S</li> <li>• Subiya Causeway(쿠웨이트) • Limerik Southern Ring Road(아일랜드)</li> <li>• Sitra Bridge Replacement(바레인) • Qatar-Bahrain Causeway</li> <li>• Fehmarn Belt Fixed Link(독일-덴마크)</li> <li>• Southern Short cut Motorway(태국)</li> <li>- 콘크리트교량 내구성설계(Service Life of Concrete Structures in Bridge)</li> <li>• Sutong Br, • Nanjing Yangtze River Br.</li> <li>• Stone cutters Br. • Busan-Geoje Br.</li> <li>• Replacement of Sitra Br.(바레인) • Lusail Development</li> <li>• Great Belt East Br.(1991-1998)</li> <li>- 설계 COWI, 디자인 Dissing+Weitling</li> </ul>
WSP Group (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tsing Lung Bridge(홍콩, 2003-2008)</li> <li>- 설계: Brown Beach+Chodai+Maunsell, M&amp;E 설계: WSP Group</li> </ul>
Hyder Consulting Ltd (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bai Chay Br.(베트남 하롱, 주경간 453m 사장교)</li> <li>- 설계: Hyder+일본교량구조연구소+PCI</li> <li>• Chi Feng Br.(중국)</li> <li>- 설계</li> <li>• Malaysia-Singapore Second Crossing(1997)</li> <li>• North Middle Ring Road Br.(2010)</li> <li>• Sheikh Khalifan Bin Salman Causeway Br.(2003)</li> </ul>
Systra(France)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yamuna River Signature Br.(India)</li> </ul>
Parsons Transportation Group (USA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• New Tacoma Narrows Br.(2001-2007), 주경간 853m 현수교</li> <li>- 설계: HNTB+Parsons Transportation Group</li> <li>• Charles River Br.(Leonard P. Zakim, Bunker Hill Br.)(-2005), 주경간 227m 사장교</li> <li>- 설계: HNTB+Parsons Brinkerhoff</li> <li>• Saint Francisville Br.(John J. Auduon Br. 2006-2010), 주경간 482.5m 사장교</li> <li>- 설계: B&amp;T+Parsons Transportation Group</li> <li>• New Carquinez Br.(-2002), 현수교</li> <li>• Lion Gate Br. 성능개선설계, 현수교</li> </ul>
T.Y.Lin International (USA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cauyuanba Bridge(2003-2008, Chonging, 중국) Arch Bridge</li> <li>- 설계: Chonging Communication Research Institute+T.Y.Lin International</li> </ul>

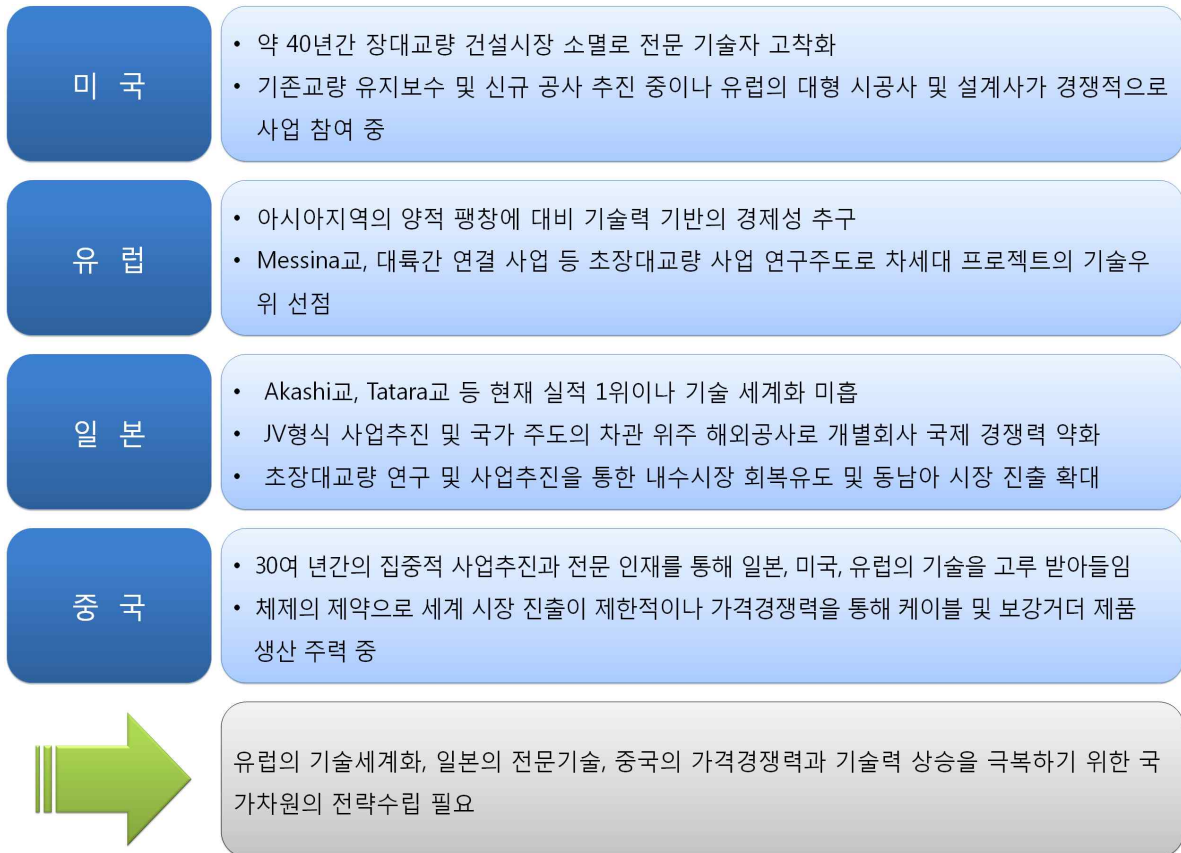
주요 업체	해외 진출 현황
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoover Dam Bypass-Colorado River Bridge(2005-2010) Arch Bridge - 설계: T.Y.Lin International, 시공설계: OPAC Consulting Engineers</li> <li>• Nanjing Second Yangtze River Br.(1997-2001), 사장교 - 설계: Highway Planning and Design Institute - ICE: T.Y.Lin International</li> <li>• San Francisco-Oakland Bay Bridge(Self-anchored Suspension Bridge) • 설계: T.Y.Lin International - Consulting: Weidlinger Associates</li> </ul>
Buckland & Taylor Ltd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rion-Antirion Br.(Harilaos Trikoupis Bridge)(1999-2004), 다경간사장교 (주경간 560m) L=286+3@560+286=2,252m - 설계: Ingerop - ICE: B&amp;T - Construction Engineering: Ingerop</li> <li>• Golden Ears Bridge(2006-2009), 다경간 사장교 L=121+3@242+121=968m - 설계: B&amp;T - 구조 Engineering: B&amp;T+LAP</li> <li>• Saint Francisville Br.(John J. Audubon Br.)(2006-2010), 미시시피강, 사장교(주경간483m) - 설계: B&amp;T+Parsons Transportation Group</li> <li>• General U.S Grant Bridge(2001-2006), 사장교(주경간 267m) - 설계: HNTB - Construction Engineering: B&amp;T</li> <li>• William Natcher Bridge( - 2002), 사장교, L=152+366+152=670m - 설계: Vijay Chandra - Construction Engineering: B&amp;T</li> <li>• New Carquinez(Alfred Zampa Memorial) Bridge(2000+2003), 현수교, L=147+728 +181=1,056m - 설계: OPAC Consulting Engineers - Construction Engineering: B&amp;T</li> </ul>
PCI Group (Japan) Funded by JICA, JIBIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Red River Bridge(Thanh Tri Br.), 베트남</li> <li>• BayChay Br.(베트남)</li> <li>• Rades-la Goulette Br.(Tunisia)</li> <li>• Suez Canal Br.(Mubarak Peace Br. 이집트)</li> <li>• Chroy Changwar Br.(Cambodia)</li> <li>• Guadal Canal Br.(Solomon Islands)</li> <li>• Ampera Bridge Rehabilitation(Indonesia)</li> <li>• Rama-IV Viaduct(Thailand)</li> <li>• Meghna Gumti Bridge(Bangladesh)</li> </ul>
Yachiyo Engineering (YEC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Second Penang Crossing F/S(2000-2001, Malaysia)</li> </ul>

- 케이블교량의 해외 시장 진출을 위하여 국내의 설계 업체들은 다음의 표와 같은 해외 케이블교량 사업에 적극 진출하고 있으나,
- 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.

〈국내 설계사 해외 케이블교량 사업 추진 현황〉

	사업명	국가	발주처	공사비
해외	Economic and social feasibility study, initial planning and cost estimating for causeway between Shanna and Masirah Island	Oman	Ministry of Transport and Communication (MOTC)	US\$ 52~65억
	Construction of Bridge Link Across Sungai Brunei from KG. Sg. Kebun to Jalan Residnecy	Brunei	MOD (Ministry of Development), Brunei Darussalam	
	Engineering Design and Tender Assistance and Construction Management Services for Proposed Construction of Pulau Muara Besar Bridge, Road and Utilities		Brunei Economic Development Board; BEDB	US\$ 30억
	Proposed Temburong Bridge Project - Independent Checking Engineer (Works Packages CC2, CC3 and CC4)		Public Works Department Ministry of Development Negara Brunei Darussalam	
	Padma Multipurpose Bridge Project	Bangladesh	BBA (Bangladesh Bridge Authority)	US\$ 29억
	3rd Bosphorus bridge (The North Marmara Motorway Project)	Turkey	MOT of Turkey	US\$ 25억
	Hung Ha Bridge Construction Project - Consulting Services for Detailed Design and Construction Supervision	Vietnam	Ministry of Transport; Vietnam	US\$ 11.7억
	Consultancy Services for Vamcong Main Bridge and Approach Bridge Construction Project (Detailed Design)	Vietnam	Cuu Lors Corporation for Investment, Development and project Management of Infrastructure	US\$ 1,339만
	Consultancy Services for Construction Supervision of the New Bridge Across River Nile at Jinja	Uganda	Uganda National Road Authority (UNRA)	US\$ 1.35억
Suspension bridge of the Lelu Island LNG Bridge in Pacific Northwest Project	Canada	Pacific Northwest LNG	-	

- 현재 케이블교량 건설 기술의 세계적인 추세는 기술 집약형의 초대형 프로젝트로 변화하고 있어 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며 특히 설계, 시공, 성능 평가 및 운용 관리를 모두 포함하는 전주기적 엔지니어링 토탈 솔루션 제공 등의 고부가가치 기술의 요구 및 확대가 예상됨. 또한, 발주시 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성 확보가 가능한 신뢰도 기반의 설계 및 운용 기술을 필수적으로 요구하고 있음.
- 현대 케이블교량의 설계와 시공 기술은 공용중의 실제 신뢰도 및 성능과 운용관련 의사결정까지도 고려하는 통합적, 생애주기적 솔루션을 제공하도록 요청받고 있으며, 설계중 해석방법론을 기반으로 한 공용중 교량의 성능 평가 및 운용기법이 개발되는 추세에 있음.
- 이에 반해 기존 국내에서 적용하고 있는 케이블교량의 성능평가방법은 결정론적 기법에 의존하고 있는 관계로 너무 보수적인 평가결과를 주고 있음. 이로 인해 기술자들 사이에서 결과에 대해 신뢰를 받지 못하고 있으며, 기술자들은 오히려 상태평가 결과에 의존하는 실정임. 공용중인 케이블교량의 운용에 관련된 다양한 의사결정은, 교량의 계획과 설계단계에서 목표로 잡은 구조물의 신뢰도를 공용중의 실제 조건 하에서 얼마나 발현하고 있는지에 대한 합리적 평가에 근거하여 이루어지는 것이 바람직함.
- 따라서, 설계시 사용한 신뢰도 해석 방법의 틀 안에서 하중, 구조물 저항, 노후화·열화 등에 관련된 다양한 불확실성을 체계적으로 분석하여 구조물의 공용중 실제 성능과 신뢰도를 평가하는 방법을 확립하는 것이 필수적임. 초장대교량 사업단이 개발하여 현재 설계기준 공인화 단계에 있는 케이블교량 한계상태설계법에 근거하여 설계되고 시공될 국내·외 케이블교량의 신뢰도 기반 공용중 성능평가와 운용기법 개발이 요구되는 상황임.
- 현재, 해외사업에 진출하려는 국내 설계사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음..

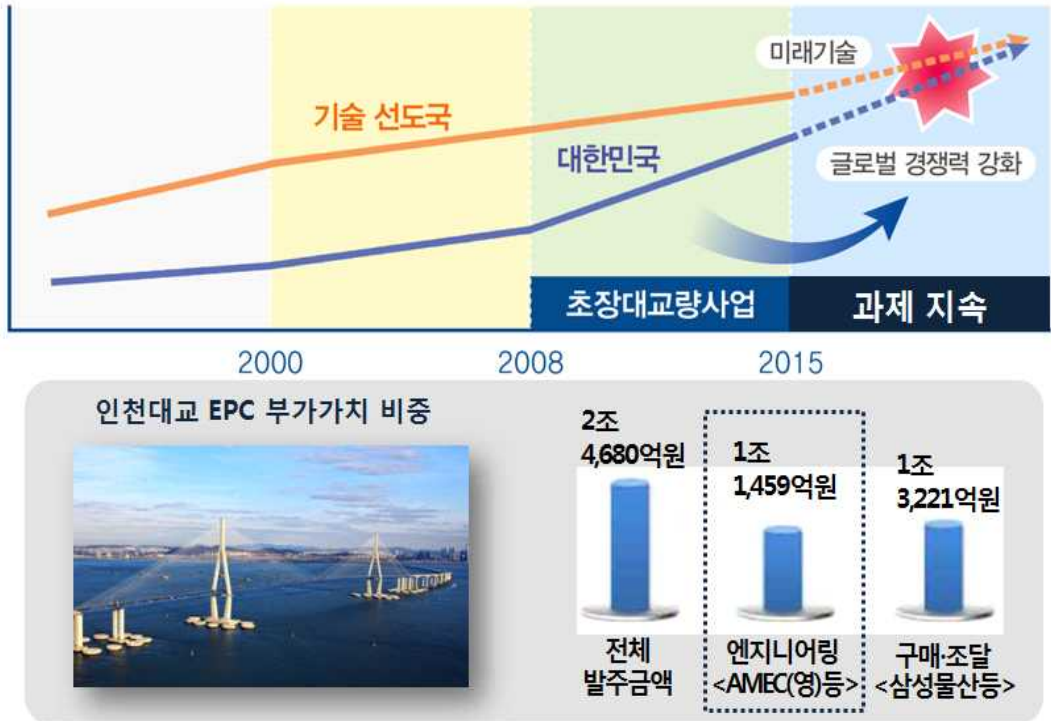


<국내외 케이블교량 산업 동향 분석>

□ 과제 추진의 중요성 및 필요성

- 케이블교량 건설은 설계, 재료, 시공 및 운영 관리를 모두 아우르는 첨단 종합 기술임. 국토교통부는 케이블교량 핵심기술 국산화 및 자립화를 목적으로 '08년부터 초장대교량사업단('08.12.~'15.12.)을 지원 중에 있음. 그동안 다양한 연구 성과를 성공적으로 도출하여 다수의 국내·외 교량에 현장 적용 및 해외 진출 기반 마련하였으나 개별 기술 단위의 실적이며 글로벌적인 관점에서의 경제성 및 경쟁력 확보는 아직 부족한 실정임.
- 초장대교량사업단은 그간의 연구개발을 통해 한계상태설계법에 의한 '신뢰도 기반 케이블교량 설계기준(안)' 개발(국토교통부 중앙건설기술심의위원회 심의 완료, '14.10.), 세계 최고수준의 케이블·강재 개발 및 현수교 케이블 시공공법·장비(AS, PPWS) 국산화 등의 성과를 거두었으며,
- 그 결과로 이순신대교, 울산대교 등 다수의 국내 교량에 연구성과를 적용하였거나 적용중에 있고, 국산화에 성공한 케이블 가설공법·장비를 연구 참여 기관이 수주에 성공한 터키 제3 보스포루스교, 칠레 차카오교량 등에 적용할 예정임.
- 현재 개별 연구결과를 종합적으로 적용하는 교량인 통합시범교량을 서울-세종간 한강횡단교량인 고덕대교(사장교)와 국도 5호선상의 한려대교(현수교)로 선정. 현재 통합시범적용 교량 시범설계 및 공사비 분석을 실시하고 있음.
- 그러나 초장대교량사업단의 통합시범적용교량 연구 분야의 최종 목표는 후보지의 선정 및 발주를 위한 기초 자료 제공 정도이기 때문에 실제 통합시범적용 교량의 건설 및 실현을 위한 연구 목표, 내용 및 연구비 등이 반영되어 있지 않음.
- 또한 초장대교량사업단 개발 기술을 통한 해외 진출은 일부 개별 기술 (케이블 가설 시공, 풍동 실험 등) 적용 실적이며 초장대교량사업단의 개발 기술들은 국산화 및 자립화에 목표를 두었기 때문에 실질적인 경제성 및 글로벌 경쟁력 확보는 아직 부족한 실정임. 개발 기술의 해외 진출을 위한 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 엔지니어링분야를 포함하는 국내 현장 적용 실적 확보가 필수적이며, 이를 위해서는 초장대교량사업단 연구 결과의 집약체인 통합시범적용교량의 실현이 매우 중요함.
- 이와 더불어 초장대교량사업단을 통해 개발된 기술에 대한 추적 관리와 분석으로 기술의 사양화를 막고, 관련 기관에 지속적인 정보를 제공하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해서는 초장대교량사업단을 통해 도출된 다양한 연구성과의 지속적 추적관리, 통합시범적용 교량을 통한 최적 성능구현 및 국내 기업의 해외 진출 지원을 위한 정보 제공 방안 등을 위한 추진전략 마련이 필요함.

- 국내 케이블교량 시장의 경우 다소 정체가 예상되나, 해외 케이블교량은 ‘25년 37조원 규모로 성장 예상되어 해외 진출 확대는 피할 수 없는 과제임.
  - 최근 장대교량사업은 교량설계기술의 발전, 고성능 재료와 첨단시공법의 개발로 강진과 태풍 등 극한환경으로 인해 교량건설이 어려웠던 지역에서 도 전적으로 케이블교량의 추진이 점차 많아지고 있는 추세이며, 기술적으로 국제 항로 준수와 극한환경 극복을 위해 교량의 주경간길이가 지속적으로 늘어나고 있음. 유럽의 케이블교량 건설 증대와 동남아시아, 중동, 중남미, 서남아시아, 러시아 등 신흥시장 활성화로 인하여 해외 케이블교량 시장은 지속적으로 성장할 것이 예상됨.
  - 국내 케이블교량 시장은 다른 건설 분야와 마찬가지로 성장단계를 지나 성숙단계에 진입해 있으며 국도를 중심으로 많은 연륙·연도교 사업이 완공되었거나 시공 중에 있음. 향후 국내 케이블교량의 시장의 경우는 다소의 정체가 예상됨.
  - 국내 케이블교량 시장의 경우 다소 정체가 예상되나, 해외 케이블교량은 ‘25년 37조원 규모로 성장 예상되어 해외 진출 확대는 피할 수 없는 과제임. 90년대까지 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국 중심으로 장경간 케이블교량 시장이 형성되었으나, 최근에는 Post BRICs 시대를 맞아 중국, 동남아, 중남미 신규시장이 활발히 형성되고 있어 기술과 가격 경쟁력 확보를 통해 해외시장 개척 가능.
  - 해외시장 진출에 있어서 국내건설산업의 해외 수주 비중이 증가하고는 있으나 해외 건설 시장 점유율은 7.8% (2013년 기준) 인데 비하여 고부가가치 영역인 설계 분야는 미국, 유럽 등 주요 해외건설 선진국들이 대부분 진출해있는 등, 국내 건설 업체의 해외 진출은 저부가가치 영역인 PC (Procurement and Construction) 마켓에 집중 되어 있어 많은 RISK를 갖고 있는 것으로 지적되고 있음.
  - 현재 국내 SOC 건설 예산 축소로 인해 국내 케이블교량 시장이 위축된 상황이며 이를 극복하기 위해서 해외 장대 케이블교량 건설 수주로의 방향 전환이 이루어지고 있음. 미국, 중국, 유럽 등의 업체와 경쟁이 치열한 해외 케이블교량 시장에서 글로벌 경쟁력 강화를 위해서는, 초장대교량사업단을 통해 개발된 기술에 대한 지속적인 관리와 분석으로 기술의 사양화를 막고, 국제적으로 일본과 같은 케이블교량 기술 해외 진출의 실패 사례 (케이블교량 기술 및 전문가 그룹 축소 및 부재 등)를 방지하기 위한 케이블교량사업 해외 진출 단계별 전략 수립이 필요함.



<글로벌 경쟁력 확보 및 고부가가치 미래기술 개발의 중요성 및 시급성>

- 최근 개도국 대상 대외원조 인프라개발 사업 확대, 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가, 국내 케이블교량 건설 실적을 활용한 설계, 재료, 시공 및 유지관리 기술 등의 글로벌 경쟁력 강화 필요.
  - 중국의 저가 해외 진출 확대 및 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장 선점으로 고전중인 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는, 국내 케이블교량 건설 PQ 실적 및 초장대교량사업단 개발, 적용기술을 활용 할 수 있는 시기(5년 이내) 내에 정부 지원의 집중적 연구 개발이 필요함.
  - 해당 지역에 대한 국내 기업의 수주경쟁력 제고를 위해서는 선도업체 대비 기술경쟁력과 중국 등 후발업체 대비 가격경쟁력 우위 확보를 위한 원가절감형 특화(고유) 기술의 적시 확보가 시급
  
- 케이블교량은 발주 시 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리를 모두 포함하는 전주기적 엔지니어링 토탈 솔루션제공 및 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성확보가 가능한 신뢰도기반 설계, 시공 및 운용기술을 필수적으로 요구.

- 케이블교량의 설계와 시공 기술은 공용중의 실제 신뢰도 및 성능과 운용관련 의사결정까지도 고려하는 통합적, 생애주기적 솔루션을 제공하도록 요청 받고 있으며, 설계 중 해석방법론을 기반으로 한 공용중 교량의 성능평가 및 운용기법이 개발·적용 되고 있음.
  - 케이블교량의 세계적인 추세는 기술집약형의 초대형 프로젝트로 변화하고 있어 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며 특히 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리를 모두 포함하는 전주기적 엔지니어링 토탈솔루션제공 등의 고부가가치 기술의 요구 및 확대가 예상됨.
  - 해외사업에 진출하려는 국내 설계사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.
  - 케이블교량의 경우 단일 Project가 수조에서 수십조 단위인 기술 집약 초대형 프로젝트로 발전하고 있어, 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며, 고부가가치 영역인 전주기적 엔지니어링 기술의 확보가 시급히 요구됨.
- 신생 건설강국 중국의 저가진출, 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장 선점 및 기존의 기술 강국인 유럽 사이에서 고전하고 있는 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력 강화를 위해서는 고부가가치 미래기술 및 단계별 진출 모델 개발을 위한 정부주도의 집중적 연구개발사업이 시급히 필요함.
- 초장대교량사업단을 통해 케이블교량 시장요구사항에 대한 기반은 마련, 이를 바탕으로 동 연구개발사업을 통해 World Best기술을 개발·확보한다면 4~5년 뒤에는 관련 시장에서 선도적 위치에 오를 것으로 예상, 관련 기술 개발성과의 지속적 관리, 분석, 실용화 및 해외 진출 지원 등의 전략 마련도 필요.



◆ 시장 동향: 국내 시장 정체, 해외 시장 증가, 국내 업체 해외 시장 진출 확대 필요

◆ 기술 동향: 신뢰도기반 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 토탈 솔루션 제공 필요

<국내·외 케이블교량 시장 및 기술 여건에 따른 글로벌 경쟁력 확보 필요성>

- 신뢰도 기반 설계 및 성능 평가 적용이 필수적으로 요구되는 해외 케이블교량 시장에서 초장대교량사업단을 통해 확보된 국내 기업의 해외 진출 경험을 바탕으로 실질적 고부가가치 창출을 위한 글로벌 경쟁력 강화 및 미래 기술 선점 방안을 마련하는 것이 매우 중요하며 이를 위해서는, 다음의 연구 과제들이 시급히 추진되어야 함.

1. 케이블교량의 전주기적 토탈솔루션을 제공 할 수 있는 고부가가치 엔지니어링 기술 (신뢰도 기반 설계 기준의 글로벌 확장 및 신뢰도 기반 설계와 연계된 시공, 성능 평가, 의사 결정, 운용 관리 방안 등)의 발굴 및 개발,
  - 국내 최초로 개발한 케이블교량 한계상태설계법(신뢰도 기반 케이블교량 설계기준(안))을 국내 뿐만 아니라 해외 케이블교량 시장에까지 확대 적용하기 위해서는 다양한 환경의 국가별 현장 적용성 확보 방안을 마련하는 것이 선행되어야 함.
  - 이를 위하여 신뢰도 기반의 케이블교량 설계 기준의 글로벌 경쟁력 확보 방안 및 고도화를 위한 설계 기준 아이템 발굴 필요. 또한 타 분야에 비해 상대적으로 국내 기술력이 부족한 대형 기초구조물의 설계 및 시공분야에 대한 추가 연구를 통해 현 설계기준(안)에 대한 고도화는 물론 비용절감을 위한 핵심기술 확보 노력 필요함.
  - 공용중인 케이블교량 설계시 목표한 수준의 성능발현을 유지하게 하기 위해서는, 신뢰도에 기반한 성능평가가 반드시 수반되어야 함. 공용중인 케이블교량의 지속가능한 성능발현을 위해서는 계측데이터를 기반으로 한 한계상태별 신뢰도(지수) 평가 및 의사결정 기법 등의 개발이 필요하고, 그 결과가 설계에 다시 피드백되어야 함.

2. 해외 케이블교량을 대상으로 신뢰도 기반의 설계, 시공 관리, 성능 평가 및 운용 관리 등을 모두 포함하는 통합 패키지 성과품 검증 및 제공 방안 마련되어야 하며, 개발결과를 통한 구체적인 연구성과 활용 방안으로 대외원조(ODA, EDCF 등) 사업과 연계된 케이블교량 패키지 프로젝트의 제안 및 미래 기술을 통합 적용할 수 있는 글로벌 선도형 케이블교량 프로젝트 모델 (투자개발형 사업 등 포함) 등의 사업에 적극 활용,
  - 기술 개발만으로는 검증에 한계가 있으므로 연구과제에서 개발된 기술을 실제 교량에 적용함으로써 개발 기술의 실용성, 사업성 등의 실제 현장 성능을 실증하여 국내 기술력을 해외 시장에서 인정받기 위한 전략적 도구 확보가 필요.
  - 개발된 각 요소기술 성능의 조화 및 효율을 종합적으로 검증할 수 있는 통합형 Test Bed 설계 성과품 및 타당성 분석 등의 제안이 필요하며, 각 기술들이 통합되어 국제 경력을 확보할 수 있는 수준이어야함.
  - 해외 시범적용 케이블교량 설계를 통하여 국내 설계사의 설계 경쟁력 및 국내 시공사 및 전문 건설업체의 경쟁력 확보가 필요함.
  - 케이블교량 전주기적 통합솔루션 제공 기술의 적용, 실증, 확장을 위한 통합 Test Bed 구축 및 맞춤형 해외 진출 모델 제안이 필수적으로 요구됨.
  
3. 초장대교량사업단 연구 성과의 지속적 추적관리 및 연구 결과의 집약체인 통합시범적용 교량의 국내 실현을 통한 현장 실적 확보 및 해외 진출 기술 지원 등의 추진 전략을 마련 할 수 있는 정부 차원의 지원 방안이 시급히 필요함.
  - 초장대교량사업단을 통해 개발된 기술에 대한 추적 관리와 분석으로 기술의 사양화를 막고, 관련 기관에 지속적인 정보를 제공하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해서는 초장대교량사업단을 통해 도출된 다양한 연구 성과의 지속적 추적 관리, 통합시범적용 교량을 통한 최적 성능 구현 및 국내 기업의 해외 진출 지원을 위한 인력, 정보 제공 방안 및 컨설팅 등을 위한 추진 전략 마련이 시급히 필요함.
  - 케이블교량 기술의 고도화와 함께 종합적 패키지 해외 진출을 위해서는 그동안 개발된 핵심 기술의 국내 현장 적용 실적 확보가 필수적이며, 초장대교량사업단 연구 결과의 집약체인 통합시범적용교량의 국내 추진 실현 및 성과 확산이 시급히 필요함.

□ 정부지원의 타당성 및 근거

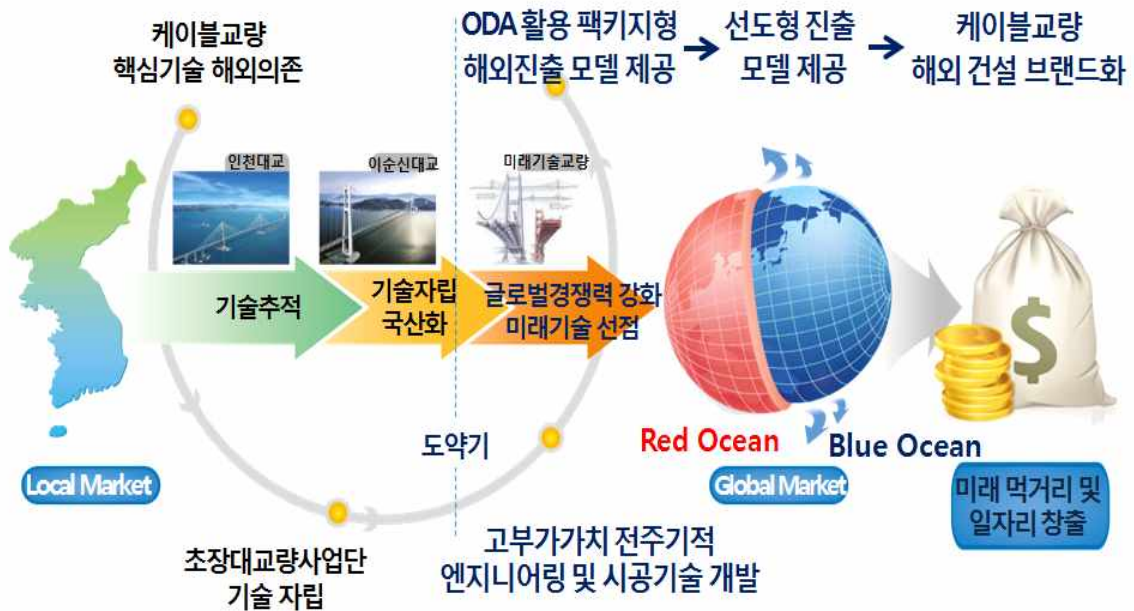
- 민간 독자 기술개발 한계, 개발기술 통합적용 및 해외진출 구체적 성과도출 어려움
  - 케이블교량 특성상 해외 발주시 최신/첨단/통합/최적 기술 반영 요구 증대
  - 발주시 요구기술을 민간회사가 독자적으로 개발하기 어려움, 기술 종속화 가속
  - 패키지 통합 기술의 경우 케이블교량 전분야의 전문연구인력 반드시 필요
  - 산업계를 비롯한 학계, 연구원, 발주기관(공기업 등) 연구 콘소시엄 필요
  - 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 및 해외진출 확대를 위한 “패키지 기술 개발”에 국가연구비 투입으로(민간부담금 포함) 민간영역의 RISK 요소 해결
  - 공공영역의 연구투자 및 콘소시엄 참여로 개발기술의 현장적용을 담보하고 개발기술의 사양을 방지, 구체적이고 실존적인 해외진출 성과 도출 가능
  
- 케이블교량 관련 기술은 공공 기술로서 민간 기업이 개발하고 유지하는데 한계를 갖고 있으며, 해외 기술과 직접적으로 경쟁을 해야 하는 케이블교량과 같은 특수 사회기반 시설의 경우에 연구개발을 촉진시키기 위한 정부의 지원이 필요함.
  
- 케이블교량 등 국가 주요 시설물에 대한 재난재해 대비/대응 기술 필요, 국가 시설물의 설계 및 관리를 전략적으로 추진 할 수 있는 정부 차원의 지원 필요
  
- 케이블교량은 지역, 사회, 문화 및 국가를 대표하는 건설 구조물임. 케이블교량 건설은 토목 분야 중 최고의 기술을 의미하며, 관련 기술의 확보는 국가 건설 능력을 상징하는 대표적인 건설 브랜드라 할 수 있음.
  
- 현 정부의 국정목표 및 국정과제 국정기조는 기존 ‘선진국 추격형 경제성장’에서 ‘세계시장 선도형 성장’으로의 패러다임 변화를 포함하고 있어 World Best 기술개발 및 해외진출 모델 개발을 목표로 하는 동 연구개발사업과 부합

- 국정목표1의 ‘창의와 혁신을 통한 과학기술 발전’ 전략을 통해 미래 선도 창의형 연구개발, 신산업 창출, 사업화 지원
  
- 동 연구개발사업은 국토교통부 “2013년도 해외건설 추진계획”의 중점 추진 과제인 “개발협력 등을 통한 수주저변 확대” 및 “고부가가치 산업화”에서 목표하는 정부 지원 방안과 부합함.
  - “개발협력 등을 통한 수주저변 확대”는 정부주도의 개발협력을 통한 한국형 인프라 해외 수요 창출 및 한국 해외건설 브랜드화가 목표임. 동 연구개발 사업에서 추진하고자하는 단계별 전략형 해외 진출 모델 개발 및 케이블교량 국가 건설 상징 브랜드화의 목표와 부합함.
  - “고부가가치 산업화”는 투자개발형 사업 진출 확대 및 해외건설 맞춤형 R&D 추진을 목표로함. 동 연구개발사업은 해외 건설시장 진출 실용화 및 고부가가치 신성장 수출 기술 개발이 목표이므로 정부 지원 방안과 부합함.
  
- 신생 건설강국 중국과 기존 건설대국 일본, 유럽 사이에서 고전하는 국내 케이블교량 산업의 경쟁력 확보가 시급하여 정부주도 R&D사업을 통해 집중적으로 개발이 필요함.
  - 해외 케이블교량을 대상으로 신뢰도기반의 설계, 시공관리, 성능평가 및 운용 관리 등을 모두 포함하는 통합 패키지 성과품 검증 및 제공 방안마련 필요
  - 연구개발사업에 참여기업의 특화 분야를 연계한 패키지형 기술을 개발하여 해외 시장에 진출할 수 있는 기회를 확대할 수 있기 때문에 기술 개발의 시너지 효과 극대화
  - 정부 지원을 통하여 건설경쟁력 확보를 위한 기술 개발 및 종합적 지원체계 구축이 가능하며, 케이블교량 사업 추진을 위한 유기적 집합체 구성이 가능함에 따라 건설업계의 시너지 효과 창출
  
- 개발 기술의 해외 진출을 위한 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 엔지니어링 분야를 포함하는 국내 현장 적용 실적 확보가 필요하며, 이를 위해 정부주도의 연구개발 사업이 필요함
  - 초장대교량사업단 연구 결과의 집약체인 통합시범적용 교량의 국내 실현을 통한 현장 실적 확보 및 해외 진출 기술 지원 등의 추진 전략을 마련 할 수 있는 정부 차원의 지원 방안이 시급히 필요

- 초장대사업단을 통해 개발된 기술에 대한 지속적인 관리와 분석으로 기술의 사양을 막고, 국제적으로 일본과 같은 케이블 교량 기술 해외 진출의 실패 사례 (케이블교량 기술 및 전문가 그룹 축소 및 부재 등)를 방지하기 위한 국가 단위의 정책적 지원 필요
  
- 케이블교량 관련 기술은 공공 기술로서 민간 기업이 개발하고 유지하는데 한계를 갖고 있으며, 해외 기술과 직접적으로 경쟁을 해야 하는 케이블교량과 같은 특수 사회기반 시설의 경우에 연구개발을 촉진시키기 위한 정부의 지원이 필요함.
  
- 케이블교량 패키지 기술(전주기 엔지니어링 기술) 분야 기술 추격 필요
  - 기술력 중심의 엔지니어링 수주능력 제고를 통한 해외 건설 수주의 고부가가치화, 기술 추격을 위한 연구개발 촉진, 정부의 지원 반드시 필요
  
- 케이블교량 설계기술이 일반 교량에 확대 적용 할 수 있는 기회를 제공할 뿐만 아니라, 국가 시설물의 설계 및 관리를 전략적으로 추진 할 수 있는 정부 차원의 지원이 필요함

□ 기대 효과 (경제적, 기술적, 정책적)

- 초장대교량 사업단 연구개발을 통해 시장요구사항 기반은 마련하였으며, 이를 바탕으로 동 연구개발을 통해 World Best기술을 개발·확보한다면 시장 경쟁에서 매우 우월적 지위 확보 가능
- 초장대교량 사업단 기술개발 성과물을 기반으로 이미 해외 케이블교량 시장에 진출하고 있는 가운데, 신뢰도 기반 설계기준 및 운용관리 통합 패키지 등의 현장검증이 완료되는 4~5년 뒤에는 관련 시장에서 선도적 위치에 오를 것으로 예상
- 정부 지원의 연구 사업을 통하여 해외 케이블교량 시장에서 초장대교량사업단을 통해 기 확보된 국내 기업의 해외 진출 경험을 바탕으로 실질적 고부가가치 창출을 위한 글로벌 경쟁력 강화 및 미래 기술 선점의 기술적 효과가 증대되어 이로 인한 미래 먹거리 및 일자리 창출 가능



<케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 통한 해외 건설 브랜드화>

- 국내 연구자 및 기술자의 케이블교량 한계상태별 설계이론 및 거동해석 역량 증진
- 계측자료 기반의 독보적 설계기준 확보로 국제 케이블교량 프로젝트의 기술적 우위 선점 가능
- 교량 전주기 통합 솔루션을 제공하는 설계기준 제공으로 국제적 기술 우위 확보

- 국내 연구자, 기술자, 관리자의 공용중 케이블교량 성능 평가 및 운용관련 의사 결정 역량 증진
- 국내 건설사의 해외 프로젝트 수행시 공용중 성능과 운용관련 의사결정 관련된 요구·문의사항에 대처할 수 있는 기술력과 근거자료 제공
- 성능기준 (극한한계상태, ULS ; 사용한계상태, SLS)을 고려하여 정량적 안정성 평가 및 기능 유지관리가 가능하므로 보수/보강비용 절감
- 해상 기상상황 및 해저 지반특성을 고려한 케이블교량 기초 및 앵커리지 거동을 명확히 규명함으로써 해상기초 장수명화는 물론 장경간 케이블교량 전체의 안정성 확보를 위한 기술 대안 제공
- 공용중 계측, 모니터링에 기반한 성능평가 기법 정립 및 기초구조물의 위험도에 따른 유지관리와 피해 대책공법 제공을 통해 기초 전도 및 교량붕괴 가능성 감소
- 노출환경에 따른 교량 하부구조의 공용중 구조물의 신뢰성기반 성능등급 평가 및 앵커리지 등 초대형 하부구조의 계측을 통한 공용중 하중 전이 메카니즘 규명 및 최적 설계기준 제공을 통한 비용절감, 공용중 지반구조물 및 저항체의 노후화 대책에 따른 비용절감 제시
- 지반구조물 불확실성을 고려하여 구조물 중요도에 따른 최적설계 적용으로 교량 하부구조 건설비 연간 약 3,000억 이상 절감, 정량적 위험관리(risk management)를 수행하여 재해/사고 대책 비용 최소화 및 해상 교량기초 건설비용 30% 절감을 통한 해외 수주 경쟁력 확보
- 상부구조물 설계기준과 지반구조물 설계개념의 일관성 확보로 설계생산성 증대 및 기준적용 유연성 확보
- 국내 건설사의 해외 프로젝트 수행시 난제 극복을 위한 기술적 근거자료 제공 및 다양한 국제적 환경 여건을 고려한 설계기술 역량 제고 가능
- 현 정부의 국정목표 및 국정과제기조는 “창의와 혁신을 통한 과학기술 발전” 전략을 통하여 기존 ‘선진국 추격형 경제성장’에서 ‘세계시장 선도형 성장’으로의 패러다임 변화를 포함하고 있어, 동 연구개발사업의 World Best 기술개발 목표와 부합하므로 미래 선도 창의형 연구개발, 신산업 창출 및 사업화 지원이 가능함.
- 동 연구개발사업은 해외 건설시장 진출 실용화 및 고부가가치 신성장 수출 기술 개발, 단계별 전략형 해외 진출 모델 개발 및 케이블교량 국가 건설 상징 브랜드화를 목표로 성과로 삼고 있어, 국토교통부 “해외건설 추진계획”의 중점 추진 정부 지원 방안과 부합하므로, 한국형 인프라 해외 수요 창출 및 한국 해외건설 브랜드화가 가능함.

□ 파급 효과 (직접적, 간접적)

- 세계적인 설계기술 추세에 부합한 GLOBAL 건설경쟁력 강화로 해외 수주 증대 및 고부가가치 소프트웨어 기술 확보로 건설 산업 구조 체질 개선
- 정부 지원의 연구 과제를 통하여 국제 전문가 네트워크 구축 가능
- 케이블교량의 설계, 시공, 유지관리 관련 설계사, 시공사, 연구소 및 학계의 다양한 전문가를 체계적이고 유기적으로 구성하고, 사업화를 위한 전문 기관과 전문가들에 대한 지원과 관리를 조직적, 체계적으로 뒷받침할 수 있는 운영 조직 확보
- 각 분야별 국제적인 전문가들과 네트워크를 구성하여 연구 목표, 성과 검증 및 합리적이고 객관적인 연구 성과 도출 가능
- 연구 과제에 참여하는 건설사, 설계사 등이 각자의 강점을 부각할 수 있는 특화된 분야에 집중하여 케이블교량의 기술 관련 원천 기술 확보 및 사업 영역 확대 가능.
- 건설 산업 전반에 걸쳐 파생기술의 적용이 가능하고, 시범적용형 접목기술을 통하여 현격한 기술 향상 기대
- 각 참여사의 특화 분야를 연계한 패키지 형 기술을 개발하여 해외 시장에 진출할 수 있는 기회를 확대할 수 있기 때문에 기술 개발의 시너지 효과 극대화.
- 정부 지원을 통하여 건설경쟁력 확보를 위한 기술 개발 및 종합적 지원체계 구축이 가능하며, 대형 케이블교량 사업 추진을 위한 유기적 집합체 구성이 가능함에 따라 건설 업계의 시너지 효과 창출

## 2. 기획 과제의 범위

- 대규모 연구비의 투자에 앞서 연구 목표의 기술적, 경제적, 정책적 타당성을 종합적으로 검토하고 목표성과물과 그 파급효과를 합리적으로 도출하며, 연구 과제의 운영 및 추진전략을 성공적으로 수립하기 위하여 기획 연구의 범위를 명확히 설정.
  
- 본 연구 과제에서는 신뢰도 기반 설계 및 성능 평가 적용이 필수적으로 요구되는 해외 케이블교량 시장에서, 초장대교량사업단을 통해 확보된 각종 기술과 국내 기업의 해외 진출 경험을 바탕으로, 실질적 고부가가치 창출을 위한 글로벌 경쟁력 강화 및 미래 기술 선점 방안을 기획함. 연구 범위는 다음과 같음.
  
- 케이블교량의 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보가 가능한 고부가가치 엔지니어링 기술의 발굴 및 기획
  - 장경간 케이블교량 생애주기 운용 시장선도기술 확보를 위한 케이블교량의 신뢰도에 근거한 한계상태설계법 기반 재난/재해 성능/위험도/상태 평가 지침 및 운용기법 개발 기획
  - 신설 케이블교량 신뢰도 기반 설계기준의 글로벌 확장을 위한 세계 최고 수준의 기술 개발 기획
  - 해외 시범교량을 대상으로 신뢰도 기반의 설계, 시공 관리, 성능 평가 및 운용 관리 등을 모두 포함하는 통합 패키지 성과품 검증 및 제공 방안 등 기획
  
- 케이블교량 해외 경쟁력 강화 및 전주기 패키지 기술 개발 기획
  - 해외 케이블교량 발주환경을 반영하여 국내 건설업체의 진출 지원을 위한 통합 솔루션 확보 및 제공 방안 마련 기획
  - 최근 케이블교량 발주시 계획~설계~시공~운용 등 전주기 영역의 패키지 엔지니어링 기술에 대한 요구가 증대 추세
  - 이러한 케이블교량 발주환경에 대응하기 위해서는 그간 기술자립을 위해 추

진한 다년간의 연구개발, 프로젝트 수행 등을 통해 축적된 국내 기술력을 경쟁기술과 비교·분석하여 우수성을 입증 할 수 있는 기술 개발 기획

- 또한, 그동안 확보된 단위 개발기술들을 통합 적용하고 실제 케이블교량을 대상으로 적용성, 경제성 등에 대한 검증을 통해, 해외 프로젝트 발굴·수주 지원을 위한 패키지화 기술 개발 기획

○ 해외 시장 요구기술 확보 및 실질적 고부가가치 창출을 위한 해외 맞춤형 고도화 설계 및 ENG 기술 발굴 및 기획

- 기술력이 취약하여 그동안 해외 진입장벽이 높았던 비결정론적 접근법을 통한 특수지반 평가, 해석 및 지반구조물 설계기술 기획
- 글로벌 해외 진출 맞춤형 대형 기초, 하부구조의 특화 ENG 기술 기획

○ 장대교량사업단 연구성과를 포함하여 기확보된 국내 초장대교량 건설기술에 대한 통합관리체계 구축 및 사업화 전략 수립 기획

- 초장대교량사업단 개발 기술을 포함한 케이블교량 건설 기술 통합 관리 체계 구축 기획
- 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 국내 실현 및 해외시장 진출을 위한 추진전략 수립 등 기획 등

## 2절. 기술분류 및 내용

### 1. 기술분류체계도

대분류		중분류		소분류	
1	케이블교량 해외진출 통합 솔루션 제공 기술	1-1	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션	1-1-1	해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석 기술
				1-1-2	해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 설계(개념설계 등) 기술
				1-1-3	BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 구축 기술 (BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등 활용)
				1-1-4	케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 구축 기술
		1-2	국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술	1-2-1	국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술

대분류		중분류		소분류	
2	케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발	2-1	인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발	2-1-1	인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한성능 평가기술
				2-1-2	인위재난 시나리오별 교량시스템 붕괴 위험도 평가 및 방재시스템
				2-1-3	케이블교량 운용중 빅데이터(계측데이터) 활용 신뢰도 기반 상태평가 기술
		2-2	자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발	2-2-1	자연재해(강풍, 강진 등) 상황 신뢰도 기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감 기술
				2-2-2	이상진동 대응 케이블교량 동특성 평가기술 및 자연재해 발생시 사용성 관리기술
				2-2-3	인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발
3	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발	3-1	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발	3-1-1	해외 지반특성·지반정수 평가기술 및 토압확률모델
				3-1-2	타정식 현수교 앵커리지 거동평가 및 설계기술
				3-1-3	대형 연성기초의 비선형 거동을 고려한 설계기술 및 연약지반 대구경 향타말뚝 지지력 평가기술
				3-1-4	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계기준

<기술분류 체계도>

## 2. 기술분류별 기술내용

### 가. (대분류 1) 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발 분야

#### □ 기술개념 및 목표

- 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
  - 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
  - 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석
  - 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)
  - BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발(BMS, WIM, 기후 환경, 재난·재해, RISK 데이터 등 활용)
  - 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 개발 등
  
- 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발 등

중분류		기술내용
1-1	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 건설 시장에서의 글로벌 경쟁력 강화를 위한 유지관리 및 운영을 포함한 전 주기적 케이블교량 설계기술 개발</li> <li>- 개도국 대상 유·무상 대외원조 인프라개발 사업이 확대, 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가에 따른 단계별 해외 진출 지원 및 사업 모델 개발</li> <li>- 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반 활용, 해외의 일반 케이블교량 사업(EPC, Turnkey 등) 참여에 필요한 PQ 만족을 위한 기회 활용 방안 구축</li> <li>- 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키징화 요구를 만족할 수 있는 대외원조 활용 설계, 시공, 유지관리 패키지 및 프로젝트 모델 개발</li> <li>- 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시를 통한 국내설계기술 고부가가치화</li> <li>- 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증/확대 방안 구축 및 경쟁력 확보된 케이블교량 모델 개발</li> <li>- 선도형 해외 케이블교량 발굴, 설계, 홍보 및 전문가 양성/지속 방안 구축 및 경제성이 확보된 투자 모델 개발/제안</li> <li>- 초장대교량사업단을 통해 장경간 케이블교량 핵심기술 개발, 실용화, 현장 적용 및 기술 자립화 달성, 해외 케이블교량 시장요구사항에 대한 기술 제공 등의 기반은 마련</li> <li>- 케이블교량 관련 연구 성과 및 케이블교량 건설 기술 추적/관리/분석체계 통합 구축 및 국내외 현장 적용/실용화 확산 지원</li> <li>- 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 실현을 통한 최적 성능 구현/활용 확산, 시범적용교량 통합관리센터 구축(홍보, 성과확산 포함)</li> <li>- 케이블교량 관련 기술에 대한 종합기술센터 구축/운영, 개발성과위원회 및 교육활동 포함</li> <li>- 케이블교량 해외 진출 단계별 전략 도출, 실행 방안 수립, 연구 과제 관리, 성과 확산 및 사업화 총괄 지원</li> </ul>

<(대분류 1) 케이블교량 해외 경쟁력 강화 전략형 진출 모델 개발 분야 중분류 기술내용>

중분류		소분류		기술내용
1-1	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발	1-1-1	해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 관련 기술의 적용성 모니터링</li> <li>- 해외 케이블교량 후보지조사/발굴, 적용성 분석 및 진출 전략 수립</li> <li>- 해외 케이블교량 설계 구조계산서 조사/분석 및 영향성 평가</li> <li>- 국내 설계, 재료, 시공 및 유지관리 개발 기술 반영 전략형 설계성과품 개발</li> <li>- 해외 케이블교량 설계 구조계산서 조사/분석</li> <li>- 전주기적 통합 기술을 반영한 해외 진출 맞춤형 케이블교량 패키지 모델 개발</li> <li>- 발주 환경 반영 해외 통합시범적용 케이블교량 특별 시방서 지원</li> <li>- 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 : 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교 등</li> </ul>
		1-1-2	해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 후보지 조사 및 분석</li> <li>- 개발 기술 모니터링, 연계성 및 적용성 평가</li> <li>- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 후보지 발굴 및 해외 특화형 개념 설계</li> <li>- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 설계 지원 방안 구축</li> </ul>
		1-1-3	BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (BMS, WIM, 기후환경, 재난재해, RISK 데이터 등 활용 전주기 통합 관리 시스템</li> </ul>
		1-1-4	케이블교량 연구성과 통합관리시스템 구축/운영 방안 케이블교량 종합기술센터(개발성과위원회 및 교육활동 포함) 및 통합시범적용교량 관리 시스템 구축/운영 연구단 성과 확산 및 해외 진출 총괄 지원 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 개발 기술 통합관리시스템 구축 및 운영</li> <li>- 초장대교량사업단 연구성과(일반 케이블교량 건설기술 포함) 추적/관리/분석 시스템 개발 및 국내외 현장적용 및 실용화 확산</li> <li>- 초장대교량사업단 통합 시범적용교량 관리 구축 및 운영</li> <li>- 초장대교량 사업단 통합시범적용 교량 추진 및 관리센터 구축/운영을 통한 성과확산 및 국내외 현장 적용 시스템 개발</li> </ul>

<(대분류 1) 케이블교량 해외 경쟁력 강화 전략형 진출 모델 개발 분야 소분류 기술내용>

나. (대분류 2) 케이블교량 재난재해 위험도평가 및 레질리언스 확보기술 개발 분야

□ 기술개념 및 목표

- 케이블교량 재난재해 레질리언스 확보기술 개발 통한 국가기간 인프라 안전 및 글로벌시장 선도기술력 확보
- 케이블교량 부재 및 시스템의 극한상태 성능평가에 기반한 인공재난 대비 목표 신뢰도 달성
- 주요 자연재해별 위험도평가, 설계, 재해저감, 관리, 운용 등 케이블교량 사업 전주기적 방재기술 확보
- 운용중 수집된 빅데이터 활용 신뢰도기반 구조 상태평가 통한 케이블교량 재난재해 레질리언스 확보 및 관리-운용-복구 의사결정체계 구축

중분류		기술내용
1-1	인공재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도기반 방재설계 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폭발, 충격대비 설계 등 국내 시장 및 환경과 다른 국외 케이블교량 사업 진출에 필요한 핵심 설계기술의 자립화</li> <li>- 케이블교량은 많은 해석요소와 복잡한 거동 메커니즘을 갖고 있는 첨단기술의 복합체로서, 신뢰도에 기반한 고도화된 해석기술을 갖추는 것은 글로벌 선도형 경쟁력 확보에 있어 필수적</li> <li>- 글로벌 시장 진출을 위한 핵심기술인 신뢰도기반 케이블교량 설계기술 연구</li> <li>- 초장대교량 사업단을 통해 연구되어 있는 해석기술을 체계적으로 정립하여 글로벌 선도 수준으로 기술 향상</li> <li>- 케이블교량 신뢰도기반 상태평가 기술 개발 및 실용화</li> </ul>
1-2	자연재해 대비 신뢰도기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 자연재해 대비 위험도 평가 및 저감기술 연구</li> <li>- 신뢰도기반으로 설계된 케이블교량의 효율적 관리를 위해 계측데이터 기반 케이블교량 위험도성능 평가기술 개발 및 평가절차 표준화 방안 연구</li> <li>- 이상진동대응 케이블교량 동특성 평가 기술 및 사용성 관리지침 개발</li> <li>- 케이블교량 재난/재해 복구 기술 연구</li> </ul>

<(대분류 2) 케이블교량 재난재해 위험도평가 및 레질리언스 확보기술 개발 분야 중분류 기술내용>

중분류		소분류		기술내용
1-1	인공재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도기반 방재설계 기술 개발	1-1-1	인공재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 부재요소별 극한성능평가 기술 개발	- 케이블교량의 복잡한 거동 메커니즘을 고려한 고도화된 해석기술 개발 - 인위재난 하중 모델링 기술 및 해석 기반 부재요소별 극한성능평가 기술 개발
		1-1-2	재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 기술 개발	- 인위재난 시나리오 별 붕괴위험도평가 기술 개발 - 인위재난 시나리오별 대응 케이블교량 방재설계 기술 개발
		1-1-3	운영중 빅데이터 활용 신뢰도기반 케이블교량 상태 평가기술 개발(LRFR 등)	- 운영중 빅데이터, 시나리오 기반 케이블교량 상태평가 기술 개발 - 신뢰도기반 케이블교량 성능평가 기술 개발
1-2	자연재해 대비 신뢰도기반 위험도 평가 및 저감기술 개발	1-2-1	강풍·강진 상황 신뢰도기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감기술 개발(ICT 융합 등)	- 강풍, 강진 상황 시 케이블교량의 신뢰도기반 사용 위험도 평가기술 개발 - 강풍, 강진 상황 시 케이블교량의 위험도 저감기술 개발
		1-2-2	이상진동대응 케이블교량 동특성 평가 및 사용성 관리지침 개발	- 케이블교량 이상진동 대응 최적데이터 획득 및 동특성 평가 - 케이블교량 이상진동대응 운영 관리 기술 개발
		1-2-3	재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발	- 재난재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 디지털 시스템 개발 - 재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보 및 피해 복수 기술 개발

<(대분류 2) 케이블교량 재난재해 위험도평가 및 레질리언스 확보기술 개발 분야 소분류 기술내용>

다. (대분류 3) 글로벌 맞춤형 고도화 설계 및 ENG 기술 개발 분야

□ 기술 개념 및 목표

- 한계상태설계법 적용이 세계적 추세인 해외 케이블교량 시장에서 국내 기업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 핵심기술의 국산화에 중점을 두고 추진되어온 현 초장대교량사업단의 연구성과를 바탕으로 설계, 성능 최적화 및 고도화를 통한 국제적 적용성 확보
- 글로벌 프로젝트 요소기술 분석 및 설계기준 적용성 확장, 해외 특수지반 물성 평가 및 해석기술, 취약지반 기초 안정화 설계, 초대형 하부구조의 경제적 최적설계 등 개발
- 해외 케이블교량 통합 솔루션 개발, 세계 최고 수준의 설계 기술 개발 및 초장대교량 사업단을 통해 개발된 경제적 설계 기술 집대성

중분류		기술내용
3-1	글로벌 맞춤형 케이블교량 하부구조 엔지니어링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지반물성 및 토압분포에 대한 평가 및 확률론적 모델구축</li> <li>- 글로벌 표준에 대응하는 신뢰도기반 케이블교량 하부구조물 설계기준</li> <li>- 타정식 현수교 앵커리지 지반-구조물 거동 평가 및 설계기술</li> <li>- 대형 연성기초의 비선형 거동 분석 및 기초 최적화 설계기술</li> <li>- 연약지반 대심도 대구경 항타말뚝 지지력 평가 기술 및 설계기술 확보</li> </ul>

<(대분류 3) 글로벌 맞춤형 케이블교량 하부구조 엔지니어링 기술 개발 분야 중분류 기술내용>

중분류		소분류		기술내용
3-1	글로벌 맞춤형 케이블교량 하부구조 엔지니어링 기술 개발	3-1-1	지반특성 및 지반정수 평가기술, 토압확률모델 개발	- 지반물성 및 암반특성의 설계정수 결정 및 풍화대 지반정수 결정기법 개발 - 확률론적 토압분포모델 및 설계기술 개발
		3-1-2	케이블교량 하부구조 신뢰도기반 설계기준 보완	- 케이블교량 하부구조 설계 Integration 기술 개발 - 하부구조 목표신뢰도 평가 및 글로벌 표준 대응 신뢰도기반 설계기술 개발
		3-1-3	현수교 타정식 앵커리지 거동평가 및 설계기술 개발	- 모형시험을 통한 타정식 현수교 앵커리지 거동분석 및 파괴메커니즘 분석 - 계측 및 역해석을 통한 앵커리지 모델링 기술 개발
		3-1-4	대형 연성기초의 비선형 거동 설계기술 개발 및 연약지반 대구경 향타말뚝 지지력 평가기술 개발	- 대형 연성기초의 비선형 거동 분석 및 상태 평가 프로세스 개발 - 하부암반 특성에 적합한 사용성 기반의 대 형 연성기초 침하거동(부등침하감소) 설계기 술 개발 - 대심도 토사지반에 설치된 대구경 향타말뚝 의 폐색효과 정량화

<(대분류 3) 글로벌 맞춤형 케이블교량 하부구조 엔지니어링 기술 개발 분야 소분류 기술내용>

## 2장. 동향조사 및 환경분석

### 1절. 국내외 정책동향

#### □ 국가 정책 연계

##### ○ 국정과제

- (10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원[창조경제]) 해외건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련을 위해서는 R&D를 통한 케이블교량의 원천기술 확보와 투자개발형 사업 진출 확보 모델 개발 필요

##### ○ 경제혁신 3개년 계획

- (37. 해외건설·플랜트 수출 고부가가치화, 39. EDCF를 통한 중소·중견기업 진출확대) 유럽, 남미 등의 장대케이블교량 진출을 확대하기 위해서는 전략적으로 육성과 R&D 지원이 지속적으로 필요하며, ODA 및 EDCF 자금을 활용한 해외 장대교량 건설 실적확보

##### ○ 창조경제

- ([전략과제] 3. 신산업·신시장 개척을 위한 성장동력 창출) 해외건설의 신규 고부가가치 창출을 통한 성장 동력을 마련하기 위해서는 범용 기술이 아닌 케이블 교량과 같은 특수 고급 기술위주의 연구개발과 지원업체 진출 필요

##### ○ 법정계획

- («재난 및 안전관리 기본법» 근거, 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획('13.2)) 장대 케이블 교량은 태풍, 지진 등의 자연재해와 손상, 테러 등의 인적·사회적 재난에 노출되기 쉬운 주요 교통기반시설로 데이터 측정 및 평가를 통해 재해재난에 대한 대처수준 향상에 기여

##### ○ 미래성장동력

- (11. 재난안전관리 스마트 시스템) 케이블 교량과 같은 장대교량의 재난안전관리는 공공복지를 위한 필수요소로 교량의 거동관련 데이터 측정 및 상태평가를 통해 장대교량의 운용 안전성 확보에 기여

□ 기타

- 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략 (국과심 본회의, '14.7)
  - 건설기술연구사업중 “설계 엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술 개발”, “재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설안전기술” 분야 연계 추진
- 제3차 시설물의 안전 및 유지관리기본계획 (국토해양부 고시, '12.12)
  - “4-1 융·복합형 진단 및 유지관리 핵심기술 개발 “의 ICT 기반 시설물 첨단 진단기술 확보를 위해서는 계측기반의 저항, 상태, 성능 평가기술의 확보가 필수적임
- 2014년 해외건설 추진계획 (국토해양부, '14.4)
  - 해외건설 산업 수익성제고와 고부부가치 창출을 위해서는 해외 케이블 교량 건설에 특화된 맞춤형 R&D 추진필요

## 1. 국외 정책동향

### 가. 미국

- 미래재해위험 감소를 위한 6대 정책 방향에 대한 국가과학기술위원회 (NSTC) 산하 재해저감위원회(SDR, Subcommittee on Disaster Reduction) 의 “재난 및 안전관리기술개발 종합계획(2007)” 제출
- 6대 정책방향 : 1) 자연 및 인적재난 기술의 테러예방 활용, 2) 재해정보 수립과 예측역량강화, 3) 위험평가모델개발 및 의사결정 지원시스템 연계, 4) Hazard 연구의 신속한 현업화, 5) 저감기술 활동 및 인센티브 증대, 6) 위협의사소통 역량, 공공경보시스템 기법 강화
- 오바마 정부에서는 Map-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century)을 발표하고, SOC 시설물의 안전/유지/재난 관리를 위하여 성능개념의 프로그램을 추진
- 방재분야를 강화하기 위하여 연방정부 내 국가비상사태 관련 기관으로서 국토안보부(DHS, Department of Homeland Security)와 자연재난 담당기구인 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency : FEMA) 운영

- 연방정부 : 즉각적인 대응자로, 재난 예산의 후원자로서 재난안전관리의 최고 책임기관의 역할수행
- 국가대응체계(National Response Framework, NRF), 국가사고관리체계(National Incident Management System : NIMS), 연방대응계획(Federal Response Plan; FRP), 국가대응계획(National Response Plan; NRP), 국가 중요사태(Incident of National Significance; INS) 등에 대한 계획을 수립하여 추진 중
- 2007년 8월에 성립된 미국 경쟁력 법(The America COMPETES Act은 혁신적인 창출을 담당하는 기관의 하나인 NIST에 대한 예산 증액과 NIST 소장이 3개년 계획서를 위원회에 제출(실질적인 미국의 계측분석기술 관련 정책 방침)
- 2010년 3월 제출된 3개년 계획(2011~2013 년도)에는 ① 계측과학표준분야에 미국이 국제적인 리더로서의 지위를 확보하는 것, ② 중요성이 높은 국가적인 문제 5대처에 중점을 두는 것, ③협력 체제를 펼치는 것으로 혁신을 가속시키는 것
- 이 프로그램은 특히 6개 분야(에너지/환경 기후 변화/IT·사이버 보안/바이오 의료/제조업/인프라)를 설정
- 한편, 다른 부처(NIH, DOD, NASA 등)에서도 특정 분야의 측정 분석 기술에 관한 연구개발의 실시와 편당을 추진하고, 상무성(DOC) 산하의 국립기술평가연구소(NIST)(예산 : 약 10억 달러 [FY2010])가 담당

#### 나. EU

- 유럽 각국 차원 긴급관리체계 통일화뿐만 아니라, EU 차원에서 복수국간 제휴와 IT를 활용해 방재대책 근대화(EU 정보사회 프로젝트(INSPIRE, Infrastructure for Spatial Information) : 공간, 지리정보, 상호운용성 확보를 위한 인프라 구축)
- 영국은 2009년 5월 NMO는 전략보고서 “국가 계측 시스템(NMS 전략 2010-2014” 을 발표해, 표준계측 분야의 경쟁력·우위성 향상을 향한 정부의 투자전략을 제시
- 독일은 연방교육연구부(BMBF)을 중심으로 추진하는 ‘첨단기술전략’ 을 책정하고 있으며, 17의 ‘중점 분야’ 를 설정하고 고급 기술에 관한 7분야를 ‘주요 기술’ 이라고 평가하고 있으며, 계측 분석기술은 이러한 ‘중점 분

야’와 ‘핵심 기술’로 포함되진 않지만 ‘핵심 기술’에 대해 행동 계획에서 포함하여 추진

- EU는 미국 NIST에 해당하는 같은 계량·계측에 특화된 정책 담당기관은 존재하지 않으며, 연구 개발을 실시하고 있는 주요 기관은 유럽 국가 계량 표준 연구소 협회(EURAMET)(2007년 출범 예산 : 약 2 억 유로 [FY2008])
  - MERA 실시 프로그램(iMERA26), 2005~2008년)에서 유럽에서 R&D 협력 체제·구조의 고안과 그 기반이 되는 로드맵을 책정. 현재 이 iMERA에서 책정된 유럽의 계측분석기술에 관한 연구개발은 유럽계량연구프로그램(EMRP27))에 의해 실시
  - 대규모 과학 기술 R&D 프로그램인 제7차 유럽연구 개발체제 프로그램(FP728), 2007~2013년 총 예산 : 505억 유로) 중에도 특정분야 계측분석 기술 관련 연구개발이 포함
  - 사회기반 시설물의 헬스모니터링 및 관련 분야 투자 계획인 EU 7th Framework Program(2007-2013) 추진
- 미래 세계 건설시장에 경쟁우위를 확보하기 위해 “사회기반시설 혁신전략”을 마련하고 IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 신소재 신기술개발 계획을 수립하였고 2030년까지 2,400유로로 투자계획을 수립
  - 영국은 건설산업의 경쟁력 강화를 위해 ICT, 유지관리, 건설자재, 구조, 전기 등 8개 분야에 R&D를 집중 투자
  - 핀란드 YIT는 “3D 가상건설” 기술인 BIM29)을 활용하여 기존 2D 설계에 따른 비효율성과 재시공 문제를 해결

#### 다. 일본

- 재해 및 재난관리 관련법의 경우 지진, 화재, 인위적 사고 등에 대비한 재해 대책기본법, 무력공격이나 대규모 테러 등의 무력공격사태대처법, 재난발생 시 국가 및 지방자치단체 통합대응을 규정한 국민보호법(2004) 등 운영
  - 1995년 고베지진을 계기로 “건축물의 내진개수 촉진에 관한 법률”을 공포하여 내진 설계 기준을 강화
  - 풍수해대책으로 2001년 “토사재해 방지대책 추진에 관한 법률” 제정 시행 하천홍수예보시스템 확충을 위한 수방법(2001) 개정 시행

- “지리공간정보활용 추진 기본법(2007년 8월)” 제정을 통한 GIS사업의 체계적 추진
- “일본방재백서(2010)” 에서 과학기술연구, 국토보전, 재해복구 등 방재관련 대책 및 예산 수립 (과학기술연구 약 77억 엔, 재해예방 약 2,165억 엔, 국토보전 약 6,464억 엔, 재해복구 약 2,193억 엔 등)
- 일본 재난관리정보시스템의 경우 중앙정부 운영 “방재정보시스템”, 기상청 “기상자료 종합처리시스템” 및 “지진활동 종합감시시스템”, 국토교통성 “홍수예경보시스템”, “토사재해발생 감시시스템”, 문부과학성 “방사능 정보시스템” 소방청 “긴급지원 정보시스템” 과 “위험물정보 등 정보지원시스템”, 지자체별 “종합방재정보시스템 “ 등 운영
- 대규모 재해 시 총리대신관저, 중앙성청 및 전국의 방재기관 상호의 통신확보를 위한 정부전용 인공위성 방재무선통신망 (DPRC NetWork, Disaster Prevention Radio Communication NetWork) 운용
- 일본방재예산 중 재난예방, 국토보전분야 등 79%, 재난복구분야 20%로 예방중심의 재난관리예산 집행

## 2. 국내 정책동향

□ 박근혜정부 국정과제 (2013. 05.), 추진전략 1. 창조경제 중 10번 “교통체계 해운 선진화 및 건설 원전산업 해외진출 지원” 과제

### ○ 교통체계 및 해운·물류 선진화

- 과제 개요

※ 간선·대중교통체계 개선, 물류·해양·교통 신산업 육성 등으로 교통체계, 해운·물류 산업 선진화

- 주요 추진계획

※ 교통체계 선진화

· 철도병목구간 개선, 혼잡권역 고속도로망 확충, 대도시권 광역 철도망 구축(광역철도 지원체계 개편) 및 도시 혼잡도로 지원 확대

· 전국 대중교통망 연계·통합 계획 수립, 고속도로 통행료 합리화, 교통수요 관리 강화 및 도시교통체계 개선

※ 해운·물류 선진화

· 해운보증, 제3자 물류(화주 및 물류기업 직접 연결) 등 해운·물류산업 지원 추진, 국적크루즈 육성 및 다기능 해양·항만클러스터 조성

· 선박관리산업 육성, 선박배출 온실가스 저감 및 평형수 처리 설비를 위한 R&D 추진

### ○ 해외건설 플랜트 및 원전산업 진출 지원

- 과제 개요

※ 해외건설 강화를 통한 신성장동력 및 일자리 창출을 위해 건설산업의 성장을 촉진하고 원전 수출 활성화

- 주요 추진계획

※ 해외건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련

· 해외건설 추진체계 강화, 고부가가치 투자개발형 사업 진출 확대 및 R&D를 통한 원천기술 확보

· 아프리카·중남미 등 진출 확대, 대출·보증 및 전문인력 양성 확대 등 중소

## 기업 해외진출 강화

### ※ 국제 경쟁력 강화를 위한 국내 건설제도 선진화

- 가격과 공사능력을 종합적으로 고려한 입찰 제도(예: 종합 평가방식 등) 도입 검토 및 주요 공기업 시범사업 추진
- 건설 기능인 등급제 도입 등 처우 개선

### ※ 원전 플랜트 수주 확대

- 국가별 맞춤형 수출전략을 수립하여 범부처적 수주활동을 강화하고, 수출 금융기관의 대출여력 확대 등 원전금융 활성화 방안 강구
- 미자립 원전기술 국산화와 전문인력 적기 확보를 추진하고, 중소기업의 기자재, 서비스·기술시장 진출 역량 확대

□ 경제혁신 3개년 계획, 세부 실행과제 (2014. 0.3) 중 해외진출 촉진 39번 “EDCF를 통한 중소·중견기업 해외진출 확대” 과제

### ○ EDCF 차관조건 등 중소기업 해외진출을 다각적으로 지원

#### - EDCF의 중소·중견기업 우선지원 대상사업 선정

- ※ 중소·중견기업이 경쟁력을 지닌 분야, 사업규모 등을 고려하여 중소·중견기업 우선지원 대상사업을 매년 선정
- ※ 중소·중견기업 우선지원 대상사업에 대한 차관조건을 대폭 우대하여 수원국의 협력 유도
- ※ EDCF 지원사업의 시행기관 선정은 수원국이 직접 수행하고 있어 중소·중견기업의 참여 확대를 위해서는 수원국의 협조 유도 필요

#### - 대기업과 중소·중견기업 컨소시엄 활성화

- ※ 대기업이 중소·중견기업과 컨소시엄을 구성, 사업에 참여하는 경우, 중소·중견기업 참여 금액에 대해 무이자 등 우대금리 적용
- ※ 현 대기업-중소기업 하청구조에서 벗어나, 중소·중견기업의 해외사업 Track Record 제고 및 해외 발주사업 수주기회 확대

#### - 개도국 현지법인에 대한 EDCF 대출 신설

- ※ 외국법인(대한민국국민이 50% 초과 출자)이 ODA 적격 사업을 추진하는 경우 사업소요자금·운영자금에 대한 EDCF 대출 신설

※ 적격사업 - 상·하수도, 지방전력망, 기후변화 대응 등 개도국의 개발에 미치는 효과는 크나, 낮은 사업성, 정치적 위험 등으로 상업금융기관의 지원을 받기 어려운 사업

※ 특히, 우리 중소·중견기업이 출자한 외국법인에 대해서는 지원 금리 대폭 인하

□ 창조경제 실현계획(안) 창조경제 생태계 조성방안 (2013. 06), 창조경제 실현 전략 중 3번 “신산업·신시장 개척을 위한 성장동력 창출” 과제

○ 미래 유망 신산업 발굴·육성을 통한 신시장 개척

- 장기적인 미래예측을 통해 유망 신산업 및 비즈니스 분야를 계속적으로 발굴하고, 선도적으로 핵심기술 개발 추진

○ 과학기술과 ICT를 활용하여 ①주력산업(기계/제조, 부품/소재 등), ②전통산업(농업·해양수산, 전통시장, 서비스업 등), ③국토·산업인프라(교통, 물류/유통, 정보인프라 등)의 생산성 및 경쟁력 향상

- (사회문제 해결 프로젝트) 환경, 복지, 안전 등 국민이 필요로 하는 생활밀착형 기술개발을 통해 사회문제를 해결하고, 신규서비스 창출

□ 법정계획 「재난 및 안전관리 기본법」 근거, 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획(2013. 02)

○ 추진 전략

- 맞춤형 기술개발로 재난피해 저감

- 선제적 기술개발로 신종재난 대비

- 생활밀착형 기술개발로 국민안전 확보

- 기술개발 역량강화로 재난관리 효율화

- 재난안전기술 활용기반 구축

○ 장대 케이블 교량은 태풍, 지진 등의 자연재해와 손상, 테러 등의 인적·사회적 재난에 노출되기 쉬운 주요 교통기반시설로 데이터 측정 및 평가를 통해 재해재난에 대한 대처수준 향상에 기여

## 2절. 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국외 시장현황 및 전망

- 국외 케이블교량 시장규모는 국외 소비자 물가상승률 4.3%( '04년~' 13년)<sup>1)</sup>를 고려할 때 '14년 23.5조원에서 ' 25년 37.2조원으로 성장할 것으로 전망됨
- 국외 현수교 시장은 '14년 9조 8천억원에서 ' 25년 15조 5천억원으로 성장할 것으로 전망됨
  - 국외 현수교 시장은 '00~' 14년간 국외 연평균 현수교 프로젝트가 향후에도 동일한 수준으로 유지될 것이라는 가정을 통해 도출함
- 국외 사장교 시장은 '14년 13조 7천억원에서 ' 25년 21조 7천억원으로 성장할 것으로 전망됨
  - 국외 사장교 시장은 '00~' 14년간 국외 연평균 사장교 프로젝트가 향후에도 동일한 수준으로 유지될 것이라는 가정을 통해 도출함



<국외 케이블교량시장 전망('14년~'25년)>

- 유럽에서는 '81년부터 ' 10년까지 스웨덴, 노르웨이, 프랑스, 그리스, 독일, 영국 등이 주요 케이블교량 시장을 형성
  - 영국, 프랑스, 독일 등 서유럽에서는 PPP(Public-Private Partnerships) 방식의 프로젝트 추진이 확산됨에 따라 Hochtief(독), Balfour Beatty(영), Bilfinger Berger(독) 등의 업체들이 적극적으로 참여함

1) World Economic Outlook Database, IMF, 2014.10.

- 최근 케이블교량 사업이 활발히 이루어지고 있는 한국, 중국, 동남아 및 중남미 등 국외시장으로 활발히 진출하여 기술적으로 인정받고 있음
- 향후에도 독창적인 설계기술과 세계 최장대 교량인 Messina교 등 도전적인 프로젝트의 발주로 인하여 세계 최고 수준의 기술력을 유지할 것으로 전망됨

< 유럽 주요업체 국외진출 현황 >

주요 업체	국외 케이블교량 진출 현황	비 고
Arup (영국)	인천대교(2008)	-
	Stonecutters교(중국, 2004)	-
COWI (덴마크)	영종대교(2000)	설계 검토
	서해대교(2000)	시공 감리
	마창대교(2008)	설계 감리
	거가대교(2010)	기본 및 실시설계
	Stonecutters교(중국, 2004)	-
	Sutong교(중국, 2008)	-
	Hoegakusten교(스웨덴, 1997)	설계 검토
LAP (독일)	Messina교(이탈리아, 2012)	-
	목포대교(2003)	-
	북항대교(2004)	-
	거금대교(2007)	-
	세풍대교(2014)	-
	Stonecutters교(중국, 2000)	-
	Rosario-Victoria Crossing (아르헨티나, 2002)	-
	Panama Channel(파나마, 2004)	-
Vinci (프랑스)	Orinoco River교(베네수엘라, 2006)	-
	거가대교(2010)	-
	Rion-Antirion교(그리스, 2004)	-

- 북미 시장은 1900년대 초반에 건설되었던 노후 교량들을 대체하는 케이블교량 사업이 위주인 것이 주요 특징임
- ‘60년대까지 활발하였던 케이블교량 건설을 통해 원천기술 및 시공기술을 보유하고 있으며, 최근 유지관리에 집중된 노하우를 보유하고 있음
- 지난 30년 동안 케이블교량 사업이 거의 없어 기술개발이 정체되었지만 자체적인 기술력이 있으며, 최근 케이블교량의 발주 건수가 증가하고 있어 기술적으로 재도약이 가능함

- 케이블교량 관련 국외프로젝트에 다수 참여한 경험이 있으며, 케이블교량 설계에 대한 전문업체를 보유하고 있음
- 최근 건설경험이 부족해 컨설팅 및 감리분야에 대해서는 외국기술에 의존하는 추세임

□ 일본 케이블교량 기술은 ‘90년대 세계 최고 기술력을 확보하였으나 기업의 기술력으로 이어지지 못하고 설계기준 및 문서(documentation) 국제화에 실패하여 국외진출 사례는 저조한 편임

- 최근 들어 자국 내 사업 급감으로 국외사업에 진출하려고 적극적으로 노력
- 일본업체들은 주로 동남아시아에 진출하였고 최근에는 국내 시장에도 많이 진출
- 일본 정부에서 지원하는 국외 차관사업을 통해, 설계 및 시공뿐만 아니라 케이블 등 주요 건설자재 공급까지 일본업체에서 수행하는 방법으로 국외 시장에 진출함

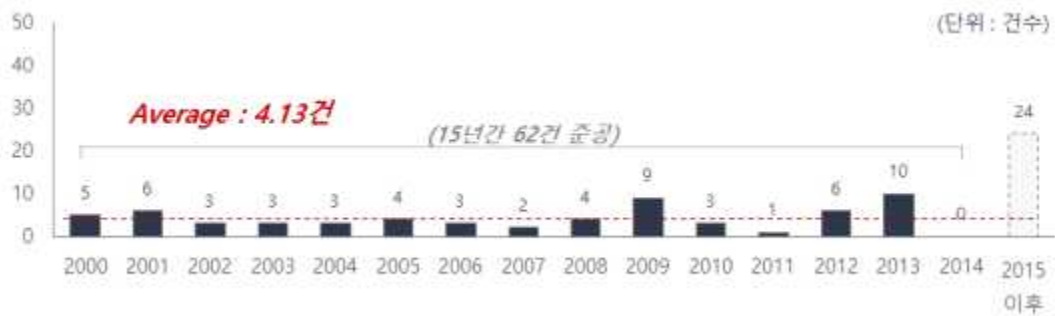
<일본 주요 업체들의 국외시장 진출 현황>

업 체	케이블교량 사업	비 고
Chodai (일본)	영종대교(2000)	-
	광안대교(2000)	-
	영흥대교(2001)	-
	Suez Canal교(이집트, 2001)	차관사업
	Binh교(베트남, 2005)	차관사업
	Can Tho교(베트남, 2008)	차관사업
	Sutong교(중국, 2008)	-
IHI (일본)	Carquinez교(미국, 2000)	미국회사와 Joint Venture 형성
	Irtys River교(러시아, 2002)	일본 차관사업
	Semipalatinsk교(카자흐스탄, 2000)	일본 차관사업
Obayashi(일본)	Rama VII교(태국, 2002)	-
NSE(일본)	광안대교(2000)	케이블 가설 전문

- 중국은 교통인프라 개발계획으로 '88년 이후 고속도로 증가로 교량 건설이 급속히 확대됨
  - '05년 기준으로 고속도로 교량이 336,600개(14,700km)로 1988년 대비 두 배로 증가하였으며, 매년 만 개 이상의 고속도로 교량이 건설되고 있어 케이블 교량을 포함한 교량의 주요시장으로 부상
  - '20년 완성을 목표로 한 '7918 국가도로망 계획' 에 따라 지속적인 투자 확대 전망
    - 교통인프라 건설의 재원은 지방정부조달(43.1%), 자국 내 대출(38.2%), 자동차 구매세(10.3%), 외국자본(1.3%) 등으로 구성
- 동남아는 국외 차관도입을 통해 대규모 프로젝트를 추진 중에 있으며, 자국 업체의 육성을 위하여 현지업체와 협력 파트너 체제를 구축하는 방식으로 진행함
  - 동남아 국가들의 경제력 향상에 따라 케이블교량 시장규모가 증대할 것으로 예상되며, '00년대 들어서면서 일본의 국외차관 사업을 통해 일본 업체들의 동남아 진출이 활발한 상태임
  - 동남아 국가는 자국 업체의 육성을 위하여 자국 프로젝트 진행시에는 현지업체와의 협력 파트너 체제를 구축하는 방식으로 진행하며, 이에 따라 현지업체가 기술력은 낮은 편이라도 긴밀한 협조체계가 요망됨

(1) 국외 현수교 시장동향

- 2000년 이후 2014년까지 15년간 국외 현수교 준공건수는 62건으로 연평균 4.13건의 현수교가 준공되었음<sup>2)</sup>
- 국외 현수교 준공건수는 2009년과 2013년 각각 9건과 10건인 반면 2011년 준공건수는 1건, 2014년 0건으로 일정한 추세를 보이지는 않음
- 2015년 이후 추진 또는 건설 중인 국외 현수교 준공건수는 24건 이상으로 확인됨



<국외 현수교 준공건수('00년 이후)>

<준공/계획된 국외 현수교 현황('00년 이후)>

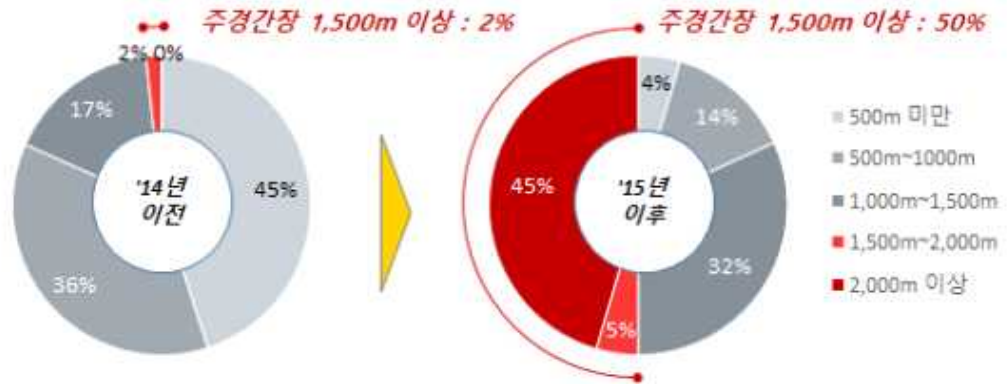
교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
stord bridge	현수교	노르웨이	2000	677
egongyan bridge	현수교	중국	2000	600
chavanon viaduct	현수교	프랑스	2000	300
Storda Bridge	현수교	노르웨이	2000	677
EgongyanBridge	현수교	중국	2000	600
Yichang Xiling Bridge	현수교	중국	2001	960
Bømla Bridge	현수교	노르웨이	2001	577
zhongxian yangtze river bridge	현수교	중국	2001	560
xixi bridge	현수교	중국	2001	338
Santa Fe Suspension Bridge	현수교	아르헨티나	2001	148
Luojiache River Bridge	현수교	중국	2001	268
Irtys River Bridge(Semipalatinsk)	현수교	카자흐스탄	2002	750
Shwelaung Bridge	현수교	미얀마	2002	-
Kutai Kertanegara Suspension Bridge	현수교	인도네시아	2002	270
Alfred Zampa Memorial(New Carquinez)	현수교	미국	2003	728
beipanjiang river 2003 bridge	현수교	중국	2003	388
Azhihe River Bridge	현수교	중국	2003	283
second wanxian bridge	현수교	중국	2004	580

2) '초장대사업단 케이블교량 DB', '초장대교량 사업단 핵심기술 실용화 모델 개발', '위키피디아 케이블교량', 'Structurae' 최신자료를 기반으로 주경간장 100m 이상의 도로/철도 현수교를 대상으로 함

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
hongguang bridge	현수교	중국	2004	380
Myittha Bridge	현수교	미얀마	2004	183
Runyang	현수교	중국	2005	1,490
lancangjiang bridge	현수교	중국	2005	380
jiaolongba bridge	현수교	중국	2005	345
Nan Cha Bridge	현수교	중국	2005	1,490
pingseng bridge(자정식)	현수교	중국	2006	350
feda fjord bridge	현수교	노르웨이	2006	331
sanchaji bridge	현수교	중국	2006	328
Yangluo bridge	현수교	중국	2007	1,280
The New Tacoma Bridge	현수교	미국	2007	853
Huangpu bridge	현수교	중국	2008	1,108
Hangzhou Jiangdong Bridge	현수교	중국	2008	260
toyoshima bridge	현수교	일본	2008	540
Great Loire River Bridge	현수교	프랑스	2008	200
Xihoumen	현수교	중국	2009	1,650
Balinghe bridge	현수교	중국	2009	1,088
Si Du River	현수교	중국	2009	900
beipanjiang river 2009 bridge	현수교	중국	2009	888
yuzui yangtze bridge	현수교	중국	2009	616
Thuận Phước Bridge	현수교	베트남	2009	405
tuti island bridge	현수교	수단	2009	210
Siduhe River Bridge	현수교	중국	2009	900
keshu suspension bridge	현수교	대만	2009	0
ganzhou bridge	현수교	중국	2010	408
leinli bridge	현수교	미얀마	2010	305
Jiaozhou Bay Bridge	현수교	중국	2010	160
president guillermo billinghurst bridge	현수교	페루	2011	320
Taizhou Yangtze River bridge	현수교	중국	2012	1,080
Aizhai	현수교	중국	2012	1,176
NanJing 4th Yangtze	현수교	중국	2012	1,418
Metro West - Liffey Valley Bridge	현수교	아일랜드	2012	400
liujiaxia	현수교	중국	2012	538
shuangyong bridge	현수교	중국	2012	430
Maanshan bridge	현수교	중국	2013	1,080
Lishui river bridge	현수교	중국	2013	854
Nanxi	현수교	중국	2013	820
Hardanger	현수교	노르웨이	2013	1,310
san francisco-oakland bay bridge(east)	현수교	미국	2013	385
qincaobei bridge	현수교	중국	2013	788
dalsfjord bridge	현수교	노르웨이	2013	523
taohuayu yellow river bridge	현수교	중국	2013	406
Autobahnbrücke A26 über die Donau in Linz	현수교	오스트리아	2013	305
Dalsfjordbrua	현수교	노르웨이	2013	523
longjiang river bridge	현수교	중국	2015	1,196
yingwuzhou bridge	현수교	중국	2015	850

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
puli bridge	현수교	중국	2015	340
dimuhe river bridge	현수교	중국	2015	538
Third Bosphorus Bridge	현수교	터키	2015	1,275
longmen bridge(guangxi)	현수교	중국	2016	1,160
cuntan bridge	현수교	중국	2016	880
Messina bridge	현수교	이탈리아	2017	3,300
Halogaland	현수교	노르웨이	2017	1,145
Izmit Bay Crossing	현수교	터키	2017	1,550
yabuz sultan selim bridge(third bosphorus bridge)	현수교	터키	2018	1,408
Chacao	현수교	칠레	2019	1,100
Yemen-Djibouti	현수교	예멘	2020	2,700
Sunda strait bridge	현수교	인도네시아	2020	3,300
Gibraltar Strait	현수교	스페인	2025	5,000
sognebrua	현수교	노르웨이	2025	3,700
Putrajaya Monorail Suspension Bridge	현수교	말레이시아	건설중	240
Tsing Lung교	현수교	홍콩	계획중	1,418
kitan strait bridge	현수교	일본	계획중	2,100
hoyo strait bridge	현수교	일본	계획중	3,000
Tsugaru strait bridge	현수교	일본	계획중	4,000
Saguenay River Bridge	현수교	캐나다	계획중	400
stor fjord bridge	현수교	노르웨이	계획중	2,300
Çanakkale Suspension Bridge	현수교	터키	계획중	2,023

- '14년 이전 준공된 국외 현수교 중 주경간장 1,500m이상인 교량은 3%의 비중을 차지함
- '14년 이전 준공된 국외 현수교 중 주경간장 2,000m 이상 교량은 부재함
- '15년 이후 계획된 국외 현수교 중 주경간장 1,500m이상인 교량은 58%의 비중을 차지함
- '15년 이후 계획된 국외 현수교 중 약 45%는 주경간장 2,000m 이상인 초장대교량으로 계획됨

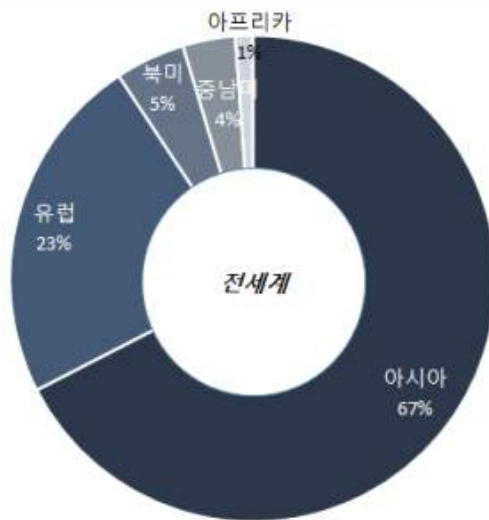


<'14년 이전-'15년 이후 국외 현수교 주경간장별 준공/계획건수 비중변화>

- '00년 이후 준공/계획된 국외 현수교를 권역별로 구분하면 아시아 지역이 58개소로 67%, 유럽이 20개소로 23%의 비중을 차지함

<준공/계획된 국외 현수교 권역별 현황('00년 이후)>

구분	아시아	유럽	북미	중남미	아프리카
준공/계획중인 현수교(개소)	58	20	4	3	1

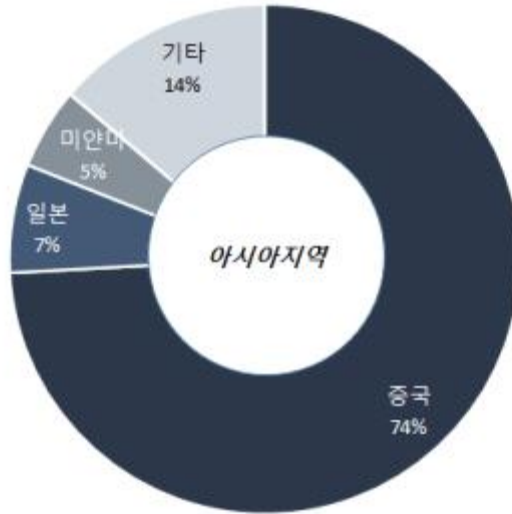


<국의 현수교 권역별 비중>

- '00년 이후 준공/계획된 아시아지역 현수교를 국가별로 구분하면 중국이 43개소로 74%, 이어 일본과 미얀마가 각각 4개소, 3개소로 7%, 5% 비중을 차지함

<준공/계획된 아시아지역 현수교 국가별 현황('00년 이후)>

구분	중국	일본	미얀마	기타
준공/계획중인 현수교(개소)	43	4	3	8

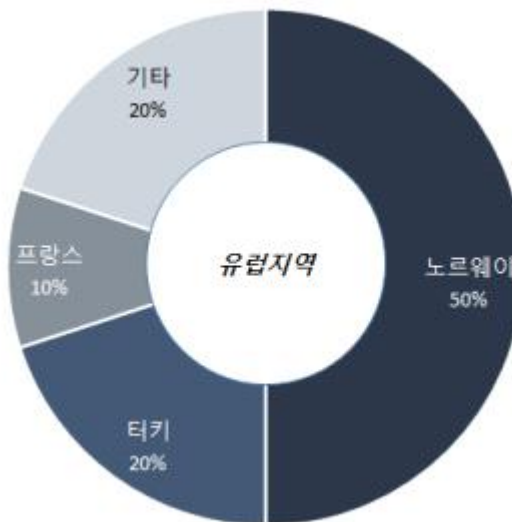


<아시아지역 현수교 국가별 비중>

- '00년 이후 준공/계획된 유럽지역 현수교를 국가별로 구분하면 노르웨이가 10개소로 50%, 이어 터키와 프랑스가 각각 4개소, 2개소로 20%, 10% 비중을 차지함

<준공/계획된 유럽지역 현수교 국가별 현황('00년 이후)>

구분	노르웨이	터키	프랑스	기타
준공/계획중인 현수교(개소)	10	4	2	4



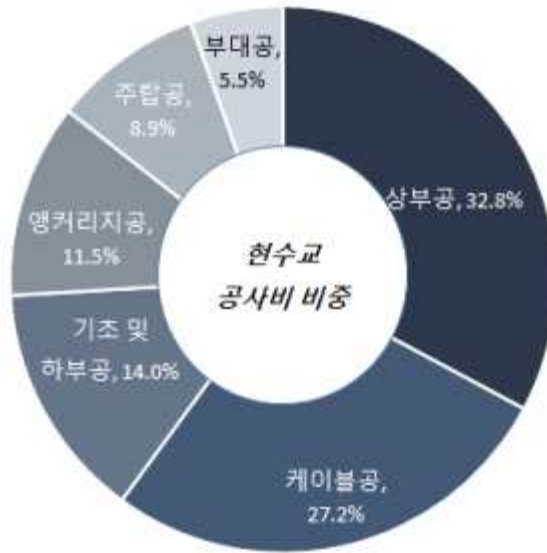
<유럽지역 현수교 국가별 비중>

- 국외 현수교 시장규모는 ‘14년 9.8조원, ’ 25년 15.5조원 규모로 전망됨
  - ‘00년 이후 준공/계획 중인 현수교 중 사업비 확인이 가능한 30개 프로젝트의 평균 사업비는 2조 3,630억원임
  - ‘00년 이후 준공된 현수교의 연 평균 준공건수는 4.13건이며, ’ 14년 이후에도 평균적으로 4.13건의 현수교가 준공된다고 가정하면, 연평균 현수교 프로젝트 발주건수는 4.13건으로 추정됨
  - 연평균 국외 현수교 프로젝트 발주건수 4.13건에 현수교 프로젝트 당 평균 사업비 2조 3,630억원을 곱하면 ‘14년 현수교 시장규모는 9조 7,671억 원 수준으로 추정됨
  - 평균 사업비는 소비자 물가상승률에 따라 매년 4.3% 상승한다고 가정하면, 국외 현수교 시장규모는 ‘14년 9조 7,671억원에서 ’ 25년에는 15조 5,201억원 규모로 전망됨

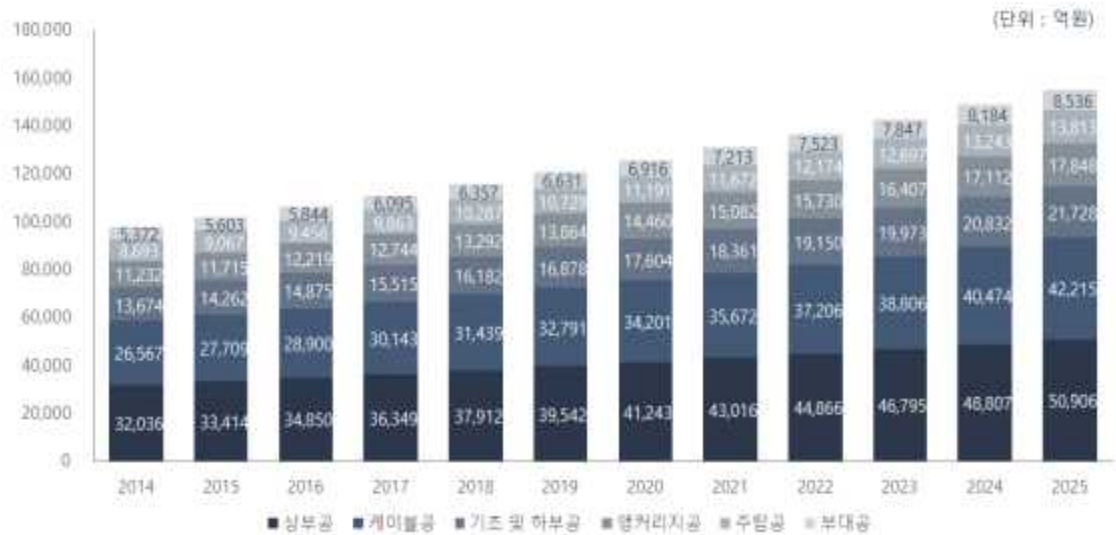


<국외 현수교시장 전망('14년~'25년)>

- 현수교 공사비 구성을 기준으로 한 국외 현수교 세부 공종별 시장규모는 ‘14년 기준 상부공 3조2천억원, 케이블공 2조7천억원, 기초 및 하부공 1조4천억원, 앵커리지공 1조 1천억원, 주탑공 9천억원 수준으로 추정됨
  - 현수교 공사비 구성 기준은 타정식 현수교를 기준으로 적금-영남, 여수산단 3공구 공사비를 기준으로 산정함



<현수교 공사비 비중>



<국외 현수교 공종별 시장전망('14년~'25년)>

(2) 국외 사장교 시장동향

- '00년 이후 2014년까지 15년간 국외 사장교 준공건수는 155건으로 연평균 10.3건의 사장교가 준공되었음<sup>3)</sup>
- '09년, '10년, '14년 국외 사장교 준공건수는 15건인 반면 '11년, '12년, '13년의 준공건수는 각각 10건, 11건, 11건으로 일정한 추세를 보이지는 않음
- '15년 이후 추진 또는 건설 중인 국외 사장교 준공건수는 49건 이상으로 확인됨

3) '초장대사업단 케이블교량 DB', '초장대교량 사업단 핵심기술 실용화 모델 개발', '위키피디아 케이블교량', 'Structurae' 최신자료를 기반으로 주경간장 100m 이상의 도로/철도 사장교를 대상으로 함



<국외 사장교 준공건수(‘00년 이후)>

<준공/계획된 국외 사장교 현황(‘00년 이후)>

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
Oresund bridge	사장교	덴마크	2000	490
3rdWuhanbridge	사장교	중국	2000	618
Uddevalla bridge	사장교	스웨덴	2000	414
Surgut bridge	사장교	러시아	2000	408
Wadi Leban bridge	사장교	사우디	2000	405
Wuhu Yangtze River Bridge	사장교	중국	2000	314
wuhan baishazhou yangtze river bridge	사장교	중국	2000	618
Krishnarajapuram Bridge	사장교	인도	2000	106
my thuan bridge	사장교	베트남	2000	350
Qingzhou Minjiang bridge	사장교	중국	2001	605
2nd Jiangsu Nanjing Yangtze bridge	사장교	중국	2001	628
Wuhan Junshan Yangtze bridge	사장교	중국	2001	460
Dafosi bridge	사장교	중국	2001	450
Suez Canal bridge	사장교	이집트	2001	404
franjo tudjman bridge	사장교	크로아티아	2001	304
Puente de Juan Pablo Duarte	사장교	도미니카공화국	2001	180
Jingzhou Yangtze River bridge	사장교	중국	2002	500
Ehuang bridge	사장교	중국	2002	480
Rijeka Dubrovacka Bridge	사장교	크로아티아	2002	305
Rama VIII Bridge	사장교	태국	2002	300
rosario-victoria crossing	사장교	아르헨티나	2002	330
east fork white river bridge(quadripod)	사장교	미국	2002	142
Taoyaomen bridge	사장교	중국	2003	580
bill emerson memorial bridge	사장교	미국	2003	351
eilandbrug	사장교	네덜란드	2003	150
Leonard P. Zakim Bunker Hill Memorial Bridge(Charles River Bridge)	사장교	미국	2003	227
Paranaiba River Bridge	사장교	브라질	2003	350
Prince Claus Bridge(Papendorpse Bridge)	사장교	네덜란드	2003	150
Seri Wawasan Bridge	사장교	말레이시아	2003	169
Sidney Lanier Bridge	사장교	미국	2003	381
Millau Viaduct bridge	사장교	프랑스	2004	342

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
Yamuna bridge	사장교	인도	2004	260
Rion-Antirion Bridge	사장교	그리스	2004	560
centennial bridge, panama	사장교	파나마	2004	420
de citer	사장교	네덜란드	2004	149
de harp	사장교	네덜란드	2004	143
3rd Nanjing Yangtze bridge	사장교	중국	2005	648
Anqing Yangtze bridge	사장교	중국	2005	510
Arthur Ravenel Jr. bridge	사장교	미국	2005	471
Donghai bridge	사장교	중국	2005	420
North Runyang bridge	사장교	중국	2005	406
binh bridge	사장교	베트남	2005	250
fengjie yangtze bridge	사장교	중국	2005	460
Yahagigawa Bridge	사장교	일본	2005	235
2nd Orinoco bridge	사장교	베네수엘라	2006	300
Zhanjiang Bay bridge	사장교	중국	2006	480
Megami bridge	사장교	일본	2006	480
Bai Chay bridge	사장교	베트남	2006	435
Berliner Brücke	사장교	독일	2006	171
Bhumibol 1 Bridge(industrial ring road bridge)	사장교	태국	2006	326
bhumibol 2 Bridge(industrial ring road bridge)	사장교	태국	2006	398
escaleritas viaduct	사장교	스페인	2006	100
general u.s. grant bridge	사장교	미국	2006	267
karoon river bridge	사장교	이란	2006	300
Wadi Abdoun Bridge	사장교	요르단	2006	132
Rittoh Bridge(kobe)	사장교	일본	2006	160
Rittoh Bridge(nagoya)	사장교	일본	2006	170
Kanchanaphisek bridge	사장교	태국	2007	500
Zhivopisny bridge	사장교	러시아	2007	410
SecondStrelasund(Stralsund)LinkBridge	사장교	독일	2007	198
Hizen-takashima bridge	사장교	일본	2007	400
zhangjiang bay bridge	사장교	중국	2007	480
chi feng bridge	사장교	중국	2007	-
Shenzhen Western Corridor Bridge	사장교	중국	2007	210
Veterans' Glass City Skyway	사장교	미국	2007	187
Ziegelgrabenbrücke	사장교	독일	2007	198
Second Neva River Bridge	사장교	러시아	2007	382
Sutong bridge	사장교	중국	2008	1,088
Hangzhou Bay bridge	사장교	중국	2008	448
Qatar-Bahrain Friendship bridge	사장교	카타르	2008	400
huangpu bridge(northern)	사장교	중국	2008	383
yibin bridge	사장교	중국	2008	430
arbizelai viaduct	사장교	스페인	2008	140
jerusalem light rail bridge	사장교	이스라엘	2008	360
megyeri bridge	사장교	헝가리	2008	300
Octávio Frias de Oliveira Bridge	사장교	브라질	2008	-
Po Viaduct(Ponte strallato sul Po )	사장교	이탈리아	2008	194
Sanhao Bridge	사장교	중국	2008	270

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
Stonecutters bridge	사장교	중국	2009	1,018
Shanghai Yangtze River bridge	사장교	중국	2009	730
Jintang bridge	사장교	중국	2009	620
Tianxingzhou bridge	사장교	중국	2009	504
Fuling Shibangou bridge	사장교	중국	2009	450
Suramadu bridge(Surabaya-Madura Bridge )	사장교	인도네시아	2009	818
phu my bridge	사장교	베트남	2009	380
ohioriverbridge	사장교	미국	2009	-
reem island infra package-2b	사장교	아랍에미레 이트	2009	-
guanyinyan bridge	사장교	중국	2009	436
changshou bridge	사장교	중국	2009	460
Cesare Cantù Bridge(Ponte Cesare Cantù)	사장교	이탈리아	2009	110
cuu long bridge	사장교	베트남	2009	550
murom oka river bridge	사장교	러시아	2009	231
River Suir Bridge	사장교	아일랜드	2009	230
Hubei Edong Yangtze River Highway Bridge	사장교	중국	2010	926
Jingyue Bridge	사장교	중국	2010	816
Minpu bridge	사장교	중국	2010	708
Can Tho bridge	사장교	베트남	2010	550
Liaoh bridge	사장교	중국	2010	436
Greenville bridge	사장교	미국	2010	420
New Taipei bridge	사장교	대만	2010	400
samuel beckett bridge	사장교	아일랜드	2010	123
crusell bridge	사장교	핀란드	2010	143
Wroclaw Ring Road	사장교	폴란드	2010	256
zhengzhou yellow river bridge	사장교	중국	2010	168
zhongxian huyu Expressway bridge	사장교	중국	2010	460
chambal bridge	사장교	인도	2010	350
Puente Atirantado sobre el Río Cuarto	사장교	아르헨티나	2010	110
Smaalenene bru	사장교	노르웨이	2010	142
Ningbo Yongjiang bridge	사장교	중국	2011	464
John James Audubon bridge	사장교	미국	2011	482
Sungai Johor bridge (Jambatan Sungai Johor)	사장교	말레이시아	2011	500
Charles W. Dean Bridge	사장교	미국	2011	460
indian river inlet bridge	사장교	미국	2011	247
deh cho bridge	사장교	캐나다	2011	190
christopher s. bond bridge	사장교	미국	2011	168
erqi yangtze river bridge	사장교	중국	2011	616
qingshuipu bridge(twin)	사장교	중국	2011	468
Pont Eric-Tabarly	사장교	프랑스	2011	143
Russky Island bridge	사장교	러시아	2012	1,104
Zolotoy Rog bridge	사장교	러시아	2012	737
Baluarte bridge	사장교	멕시코	2012	520
Port Mann bridge	사장교	캐나다	2012	470
narrow water bridge	사장교	영국	2012	500
lange Wapperbrug	사장교	벨기에	2012	202
huai'an bridge	사장교	중국	2012	416

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
huangyi bridge	사장교	중국	2012	520
xiangshan port bridge	사장교	중국	2012	688
favazzina viaduct(viadotto sul favazzina)	사장교	이탈리아	2012	197
margaret hunt hill bridge	사장교	미국	2012	365
Xiamen Zhangzhou bridge	사장교	중국	2013	722
Langqi Min River bridge	사장교	중국	2013	680
Jia-Shao bridge	사장교	중국	2013	428
chelas-barreiro bridge	사장교	포르투갈	2013	540
jiujiang fuyin expressway bridge	사장교	중국	2013	818
hejiang bridge	사장교	중국	2013	420
dongshuimen bridge	사장교	중국	2013	430
hanjiatuo bridge	사장교	중국	2013	432
liuchonghe bridge	사장교	중국	2013	438
dingshan bridge	사장교	중국	2013	464
huanggang bridge	사장교	중국	2013	567
Al Mahaba cause way bridge	사장교	카타르	2014	400
new mississippi river bridge	사장교	미국	2014	610
Nguyen Van Troi-Tran Thi Ly Bridge	사장교	베트남	2014	230
sultan abdul halim muadzam shah bridge(penang second bridge)	사장교	말레이시아	2014	250
jiangshun xi river bridge	사장교	중국	2014	700
new yalu river bridge	사장교	중국	2014	636
second tongling bridge	사장교	중국	2014	630
yongchuan bridge	사장교	중국	2014	608
qingshuiyu railway bridge	사장교	중국	2014	468
nissibi euphrates bridge	사장교	터키	2014	400
stan musial veterans memorial bridge	사장교	미국	2014	457
danzhou yangpu bridge	사장교	중국	2014	460
second jiaojiang bridge	사장교	중국	2014	480
anqing railway bridge	사장교	중국	2014	580
adige viaduct	사장교	이탈리아	2014	310
Peljesac bridge	사장교	크로아티아	2015	568
La Pepa bridge	사장교	스페인	2015	540
Caruthers bridge	사장교	미국	2015	240
new wear bridge	사장교	영국	2015	240
jiayu bridge	사장교	중국	2015	920
second fengdu bridge	사장교	중국	2015	680
zongjianhe bridge	사장교	중국	2015	400
quanzhou bay bridge	사장교	중국	2015	400
Hong Kong-Zhuhai-Macau Bridge	사장교	중국	2016	460
forth replacement crossing(new forth bridge)	사장교	영국	2016	650
gerald desmond bridge	사장교	미국	2016	-
beipanjiang 2016 bridge	사장교	중국	2016	720
queensferry crossing	사장교	영국	2016	650
wangdong bridge	사장교	중국	2016	638
third bridge over panama canal	사장교	파나마	2016	530
yamen bridge	사장교	중국	2017	338
mersey gateway	사장교	영국	2017	300

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
humen rail-road bridge	사장교	중국	2017	980
Wuhan Qingshan Yangtze River Bridge	사장교	중국	2017	938
baiyang bridge	사장교	중국	2017	900
chizhou bridge	사장교	중국	2017	828
yachihe bridge	사장교	중국	2017	800
dunkou bridge	사장교	중국	2017	760
vam cong bridge	사장교	베트남	2017	450
chenggui railway yachihe bridge	사장교	중국	2017	436
pingtan haixia rail-road bridge	사장교	중국	2018	532
hutong bridge	사장교	중국	2018	1,092
wuhu second yangtze bridge	사장교	중국	2018	806
yijichan bridge	사장교	일본	2018	588
Tappan Zee Bridge	사장교	미국	2018	-
downtown bridge	사장교	미국	2020	-
east end bridge	사장교	미국	2020	-
qiongzhou strait bridge	사장교	중국	2020	1,056
fehnam belt bridge	사장교	독일/덴마크	2021	724
Okavango River Bridge	사장교	보츠와나	계획중	200
cape fear skyway	사장교	미국	계획중	-
saudi egypt causeway	사장교	사우디	계획중	-
mumbai trans harbour link	사장교	인도	계획중	-
bering strait bridge	사장교	러시아/미국	계획중	-
Gravina Island Bridge	사장교	미국	계획중	-
verige bridge	사장교	몬테네그로	계획중	450
kvarken bridge	사장교	스웨덴/핀란드	계획중	-
haihe bridge	사장교	중국	계획중	310
Barranca El Cañon Bridge	사장교	멕시코	계획중	166
new zaporizhia dnepr bridge	사장교	우크라이나	계획중	260
Ponte das Antas	사장교	브라질	계획중	-
Puente de San José de Las Longueras	사장교	스페인	계획중	-
yinghu bridge	사장교	중국	계획중	-
ying bin bridge	사장교	중국	공사중	1,800

- ‘14년 이전 준공된 국외 사장교 중 주경간장 900m이상인 교량은 3%의 비중을 차지함
- ‘14년 이전 준공된 국외 사장교 중 주경간장 1,200m 이상 교량은 부재함
- ‘15년 이후 계획된 국외 사장교 중 주경간장 900m이상인 교량은 19%의 비중을 차지함
- ‘15년 이후 계획된 국외 사장교 중 3%는 주경간장 1,200m 이상인 초장대교량으로 계획됨

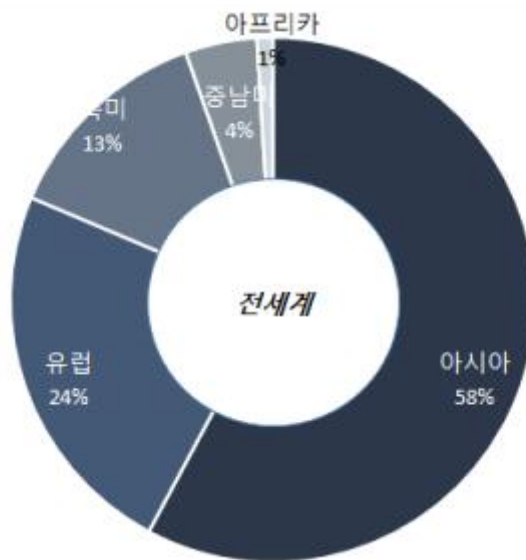


<4년 이전-'15년 이후 국외 사장교 주경간장별 준공/계획건수 비중변화>

- '00년 이후 준공/계획된 국외 사장교를 권역별로 구분하면 아시아 지역이 118개소로 58%, 유럽이 48개소로 24%, 북미가 27개소로 13%의 비중을 차지함

<준공/계획된 국외 현수교 권역별 현황('00년 이후)>

구분	아시아	유럽	북미	중남미	아프리카
준공/계획중인 국외 사장교(개소)	118	48	27	9	2

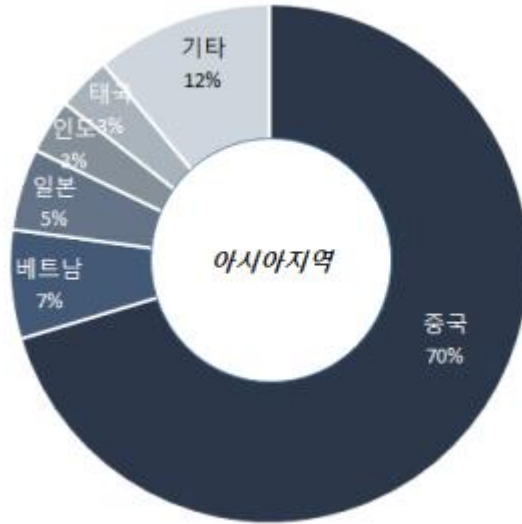


<국외 사장교 권역별 비중>

- '00년 이후 준공/계획된 아시아지역 사장교를 국가별로 구분하면 중국이 83개소로 70%비중을 차지하는 데 이어 베트남, 일본, 인도, 태국이 각각 8개소, 6개소, 4개소, 4개소로 7%, 5%, 3%, 3% 비중을 차지함

<준공/계획된 아시아지역 사장교 국가별 현황('00년 이후)>

구분	중국	베트남	일본	인도	태국	기타
준공/계획중인 사장교(개소)	83	8	6	4	4	13



<아시아지역 사장교 국가별 비중>

- '00년 이후 준공/계획된 유럽지역 사장교를 국가별로 구분하면 러시아가 7개소로 15%의 비중을 차지하는 데에 이어 영국이 5개소로 11%비중, 네덜란드, 독일, 스페인, 이탈리아가 각각 4개소로 8% 비중을 차지함

<준공/계획된 유럽지역 사장교 국가별 현황('00년 이후)>

구분	러시아	영국	네덜란드	독일	스페인	이탈리아	기타
준공/계획중인 사장교(개소)	7	5	4	4	4	4	20

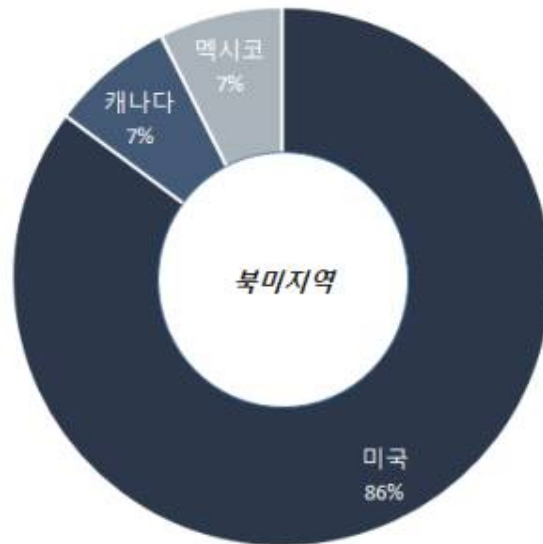


<유럽지역 사장교 국가별비중>

- '00년 이후 준공/계획된 북미지역 사장교를 국가별로 구분하면 미국이 23개소로 85%비중을 차지하는 데에 이어 캐나다와 멕시코가 각각 2개소로 7% 비중을 차지함

<준공/계획된 북미지역 사장교 국가별 현황('00년 이후)>

구분	미국	캐나다	멕시코
준공/계획중인 사장교(개소)	23	2	2



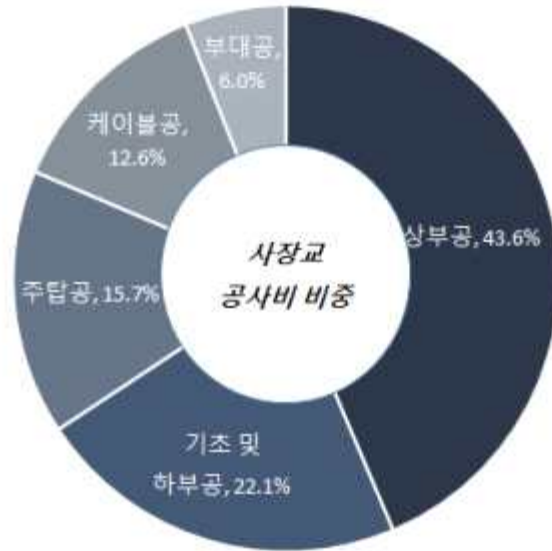
<북미지역 사장교 국가별 비중>

- 국외 사장교 시장규모는 2014년 13.7조원, 2025년 21.7조원 규모로 전망됨
  - '00년 이후 준공/계획 중인 사장교 중 사업비 확인이 가능한 64개 프로젝트의 평균 사업비는 1조 3,214억원임
  - '00년 이후 준공된 사장교의 연 평균 준공건수는 10.3건이며, '15년 이후에도 10.3건의 사장교가 준공된다고 가정하면, 연평균 사장교 프로젝트 발주건수는 10.3건으로 추정됨
  - 연평균 국외 사장교 프로젝트 발주건수 10.3건에 사장교 프로젝트 당 평균 사업비 1조 3,214억원을 곱하여 연평균 사장교 시장규모를 추정하면 '14년 기준 약 13조 6,545억원 수준으로 추정됨
  - 평균 사업비는 소비자 물가상승률에 따라 매년 4.3% 상승한다고 가정하면, 국외 사장교 시장규모는 '14년 13조 6,545억원에서 '25년에는 21조 6,971억원 규모로 전망됨



<국외 사장교시장 전망('14년~'25년)>

- 사장교 공사비 구성을 기준으로 한 국외 사장교 세부 공종별 시장규모는 '14년 기준 상부공 6조원, 기초 및 하부공 3조원, 주탑공 2조 1천억원, 케이블공 1조 7천억원 수준으로 추정됨
  - 사장교 공사비 구성 기준은 제2 진도대교, 영흥대교, 둘산-화태교, 북향대교, 여수산단 1공구교, 남창대교, 제2둘산대교, 광로 7호선교의 공사비 구성 평균치를 기준으로 산정함



<사장교 공사비 비중>



<국외 사장교 공종별 시장전망('14년~'25년)>

## 2. 국내 시장현황 및 전망

- 국내 케이블교량 시장규모는 ‘14년 6,189억원에서 ’ 25년 8,485억원으로 전망됨
- 국내 현수교 시장은 ‘14년 2,143억원에서 ’ 25년 2,939억원으로 전망됨
  - 국내 현수교 시장은 ‘00~’ 14년간 국내 연평균 현수교 프로젝트가 향후에도 동일한 수준으로 유지될 것이라는 가정을 통해 도출함
- 국내 사장교 시장은 ‘14년 4,046억원에서 ’ 25년 5,547억원으로 전망됨
  - 국내 사장교 시장은 ‘00~2014년간 국내 연평균 사장교 프로젝트가 향후에도 동일한 수준으로 유지될 것이라는 가정을 통해 도출함



<국내 케이블교량시장 전망(‘14년~’25년)>

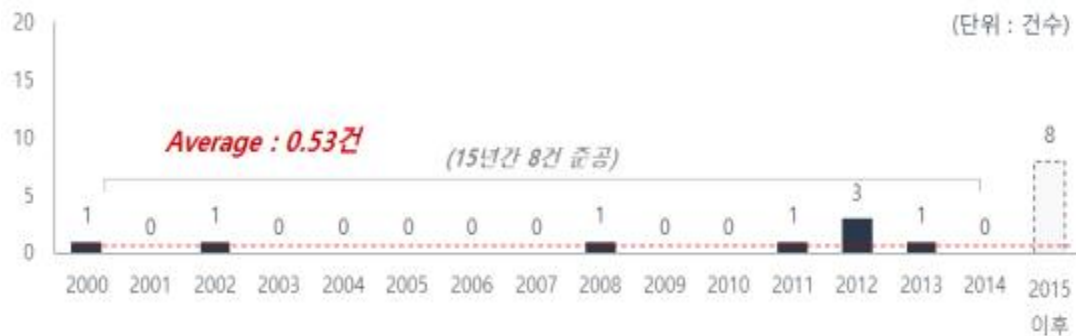
- 케이블교량 사업에 필요한 설계, 감리, 시공기술을 100% 확보하지 못하여 대형 케이블교량 사업에는 대부분 국외업체가 참여함
- 국내 전문 설계사의 의견에 따르면, 국내 설계기술은 국외와 비교하여 그 격차가 2~4년 정도로 판단됨
- 대형 프로젝트에 대한 국내 설계사의 경험이 부족하여 과다 설계의 경향이 있으며 특히, 가설엔지니어링 분야에서 취약한 것으로 나타남
- 시공은 대부분 국내 건설업체에서 단독으로 수행 가능하나 케이블교량용 특수 건설자재에 대해서는 국산화가 되어 있지 않아 외국산 자재를 수입하는 실정임

국내 케이블교량 사업의 국외업체 참여 현황

프로젝트	설계, 감리	시 공	프로젝트	설계, 감리	시 공
서해대교	T. Y. Lin(미), COWI(덴)	대림산업	거가대교	Vinci(프), COWI(덴)	대우건설
영종대교	Chodai(일), COWI(덴)	삼성건설	인천대교	Arup(영), Chodai(일)	삼성건설
광안대교	Chodai(일)	동아, 삼환기업	북항대교	LAP(독)	현대산업개발
금빛대교	LAP(독)	현대건설	목포대교	LAP(독)	GS건설
마창대교	LAP(독), COWI(덴)	현대건설, Bouygues(프)			

(1) 국내 현수교 시장동향

- '00년 이후 2014년까지 15년간 국내 현수교 준공건수는 8건으로 연평균 0.53건의 현수교가 준공되었음<sup>4)</sup>
- 국내 현수교 준공건수는 '12년에 3건, '00년, '02년, '08년, '11년, '13년에 각각 1건, 그 외에는 준공건수가 0건으로 일정한 추세를 보이지는 않음
- '15년 이후 추진 또는 건설 중인 국내 현수교 준공건수는 8건 이상으로 확인됨



<국내 현수교 준공건수('00년 이후)>

4) '초장대사업단 케이블교량 DB', '초장대교량 사업단 핵심기술 실용화 모델 개발', '위키피디아 케이블교량', 'Structurae' 최신자료를 기반으로 주경간장 100m 이상의 도로/철도 현수교를 대상으로 함

<준공/계획된 국내 현수교 현황('00년 이후)>

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
영종대교	현수교	한국	2000	300
광안대교	현수교	한국	2002	500
소록대교(거금도 연륙교)	현수교	한국	2008	250
고산대교	현수교	한국	2011	170
이순신대교	현수교	한국	2012	1,545
적금대교(적금-영남)	현수교	한국	2012	850
화양대교(화양-조발)	현수교	한국	2012	600
단등교	현수교	한국	2013	400
월항대교(월호도-개도)	현수교	한국	2015	500
울산대교	현수교	한국	2015	1,150
제2남해대교	현수교	한국	2016	890
새천년대교	현수교	한국	2018	650
포항외곽순환도로교량	현수교	한국	2021	-
약산-생일	현수교	한국	계획중	-
금당-연흥	현수교	한국	계획중	-
한려대교(여수-남해)	현수교	한국	계획중	-

□ '14년 이전 준공된 국내 현수교 중 주경간장 1,000m 이상인 교량은 13%의 비중을 차지함

□ '15년 이후 계획된 국내 현수교 중 주경간장 1,000m 이상인 교량은 25%의 비중을 차지함

○ 계획된 국내 현수교는 모두 500m 이상으로 계획되었음



<'14년 이전-'15년 이후 국내 현수교 주경간장별 준공/계획건수 비중변화>

- 국내 현수교 시장규모는 ‘14년 2,143억원, ’ 25년 2,939천억원 규모로 전망됨
  - ‘00년 이후 준공/계획 중인 국내 현수교 중 사업비 확인이 가능한 11개 프로젝트의 평균 사업비는 4,019억원임
  - ‘00년 이후 준공된 국내 현수교의 연 평균 준공건수는 0.53건이며, ’ 15년 이후에도 0.53건의 현수교가 준공된다고 가정하면, 연평균 현수교 프로젝트 발주건수는 0.53건으로 추정됨
  - 연평균 국내 현수교 프로젝트 발주건수 0.53건에 현수교 프로젝트 당 평균 사업비 4,019억원을 곱하면 ‘14년 현수교 시장규모는 2,143억원 수준으로 추정됨
  - 평균 사업비는 소비자 물가상승률에 따라 매년 2.9% 상승한다고 가정하면, 국내 현수교 시장규모는 ‘14년 2,143억원에서 ’ 25년에는 2,939억원으로 전망됨
- 최근 10년간 국내 소비자 물가상승률은 2.9%임



<국내 현수교시장 전망(‘14년~’25년)>

- 현수교 공사비 구성을 기준으로 한 국내 현수교 세부 공종별 시장규모는 ‘14년 기준 상부공 703억원, 케이블공 583억원, 기초 및 하부공 300억원, 앵커리지공 246억원, 주탑공 191억원 수준으로 추정됨
- 현수교 공사비 구성 기준은 타정식 현수교를 기준으로 적금-영남, 여수산단 3공구 공사비를 기준으로 산정함



<국내 현수교 공종별 시장전망('14년~'25년)>

(2) 국내 사장교 시장동향

- '00년 이후 ' 14년까지 15년간 국내 사장교 준공건수는 62건으로 연평균 2.5건의 사장교가 준공되었음<sup>5)</sup>
- 국내 사장교 준공건수는 '14년에 11건, ' 13년에 1건, '12년 5건, ' 10년에 6건 등으로 일정한 추세를 보이지는 않음
- '15년 이후 추진 또는 건설 중인 국내 사장교 준공건수는 18건 이상으로 확인됨



<국내 사장교 준공건수('00년 이후)>

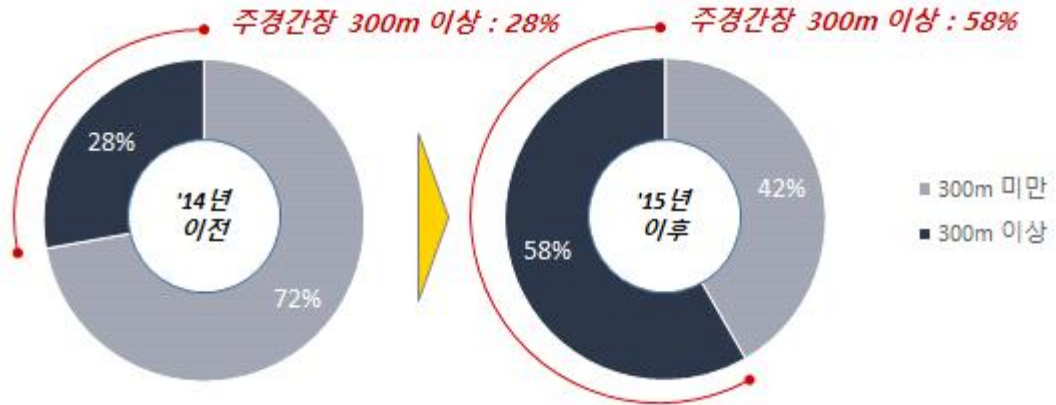
5) '초장대사업단 케이블교량 DB', '초장대교량 사업단 핵심기술 실용화 모델 개발', '위키피디아 케이블교량', 'Structurae' 최신자료를 기반으로 주경간장 100m 이상의 도로/철도 사장교를 대상으로 함

<준공/계획된 국내 사장교 현황('00년 이후)>

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
서해대교	사장교	한국	2001	470
영흥대교	사장교	한국	2001	240
삼천포대교	사장교	한국	2003	230
어등대교	사장교	한국	2005	105
제2진도대교	사장교	한국	2006	344
남창대교	사장교	한국	2008	150
마창대교	사장교	한국	2008	400
황길고가교	사장교	한국	2008	115
광로7호선(운남대교)	사장교	한국	2009	153
동강대교	사장교	한국	2009	100
인천대교	사장교	한국	2009	800
송도3교	사장교	한국	2009	100
거가대교(2주탑)	사장교	한국	2010	475
거가대교(3주탑)	사장교	한국	2010	230
금호강교(와룡대교)	사장교	한국	2010	164
제2돌산대교(우두-중화) / 거북선대교	사장교	한국	2010	230
청풍대교	사장교	한국	2010	327
한빛대교	사장교	한국	2010	120
고하죽교(목포대교)	사장교	한국	2011	500
금강2교	사장교	한국	2011	200
화명대교(초전-화명)	사장교	한국	2011	270
거금연도교(금빛대교)	사장교	한국	2012	480
경남혁신신도시	사장교	한국	2012	200
미호대교	사장교	한국	2012	145
초지대교(백석대교)	사장교	한국	2012	205
신완도대교	사장교	한국	2012	200
묘도대교(여수-묘도)	사장교	한국	2013	430
부산신항	사장교	한국	2014	120
북항대교	사장교	한국	2014	540

교량명	형식	국가	준공연도	주경간장(m)
세풍대교	사장교	한국	2014	220
교동연육교	사장교	한국	2014	165
사랑대교	사장교	한국	2014	280
보령-태안(2공구)	사장교	한국	2014	240
하의신의 연도교	사장교	한국	2014	290
동서도 연도교	사장교	한국	2014	240
낙동강교	사장교	한국	2014	150
평택대교	사장교	한국	2014	160
지도대교	사장교	한국	2014	-
교리수상	사장교	한국	2015	150
동이1교(적성-전곡)	사장교	한국	2015	408
월드컵대교(제2성산대교)	사장교	한국	2015	250
화포교(한림-생림)	사장교	한국	2015	260
금강4교	사장교	한국	2015	250
제2여수교	사장교	한국	2015	140
영광대교	사장교	한국	2015	320
돌산-화태(한돌대교)	사장교	한국	2016	500
안좌-자라	사장교	한국	2016	510
신지고금 연도교	사장교	한국	2017	220
청해대교	사장교	한국	2017	220
새천년대교(압해-암태)	사장교	한국	2018	510
칠산대교	사장교	한국	2019	320
부창대교	사장교	한국	계획중	-
개도대교(제도-개도)	사장교	한국	계획중	170
도초-대야	사장교	한국	계획중	-
생일-평일	사장교	한국	계획중	-
조발대교(조발-둔병)	사장교	한국	계획중	360

- '14년 이전 준공된 국내 사장교 중 주경간장 300m이상인 교량은 28%의 비중을 차지하며 '15년 이후 계획된 국내 사장교 중 주경간장 300m이상인 교량은 58%의 비중을 차지함



<'14년 이전-'15년 이후 국내 사장교 주경간장별 준공/계획건수 비중변화>

- 국내 사장교 시장규모는 '14년 4천억원, ' 25년 5천5백억원 규모로 전망됨
  - '00년 이후 준공/계획 중인 국내 사장교 중 사업비 확인이 가능한 29개 프로젝트의 평균 사업비는 1,597억원임
  - '00년 이후 준공된 국내 사장교의 연평균 준공건수는 2.53건이며, ' 14년 이후에도 2.53건의 사장교가 준공된다고 가정하면, 연평균 사장교 프로젝트 발주건수는 2.53건으로 추정됨
  - 연평균 국내 사장교 프로젝트 발주건수 2.53건에 국내 사장교 프로젝트 당 평균 사업비 1,597억원을 곱하면 '14년 국내 사장교 시장규모는 4천억원 수준으로 추정됨
  - 평균 사업비는 소비자 물가상승률에 따라 매년 2.9% 상승한다고 가정하면, 국내 사장교 시장규모는 '14년 4,046억원에서 ' 25년에는 5,547억원으로 상승할 것으로 전망됨
- 최근 10년간 국내 소비자 물가상승률은 2.9%임



<국내 사장교시장 전망('14년~'25년)>

- 사장교 공사비 구성을 기준으로 한 국내 사장교 세부 공종별 시장규모는 '14년 기준 상부공 1,764억원, 기초 및 하부공 894억원, 주탑공 635억원, 케이블공 510억원 수준으로 추정됨
- 사장교 공사비 구성 기준은 제2 진도대교, 영흥대교, 돌산-화태교, 북항대교, 여수산단 1공구교, 남창대교, 제2돌산대교, 광로 7호선교의 공사비 구성 평균치를 기준으로 산정함



<국내 사장교 공종별 시장전망('14년~'25년)>

### 3절. 국내외 기술동향

#### 1. 국내·외 케이블교량 기술 개발 동향

□ 국내·외 케이블교량 기술 개발 동향

○ 초장대교량사업단

- 건설기술연구사업의 일환으로 추진되고 있는 초장대교량사업단은 장경간 케이블교량의 설계, 재료, 시공 및 유지관리 분야 핵심기술의 국산화 및 자립화를 목적으로 추진되고 있는 VC-10 사업단 중 하나임.

- 사업 현황 및 핵심 주요 기술

※ 초장대교량: 주경간장 기준 사장교 1,000m 이상, 현수교 2,000m 이상인 교량

※ 기 간: 2008. 12 ~ 2015. 12. (7년간)

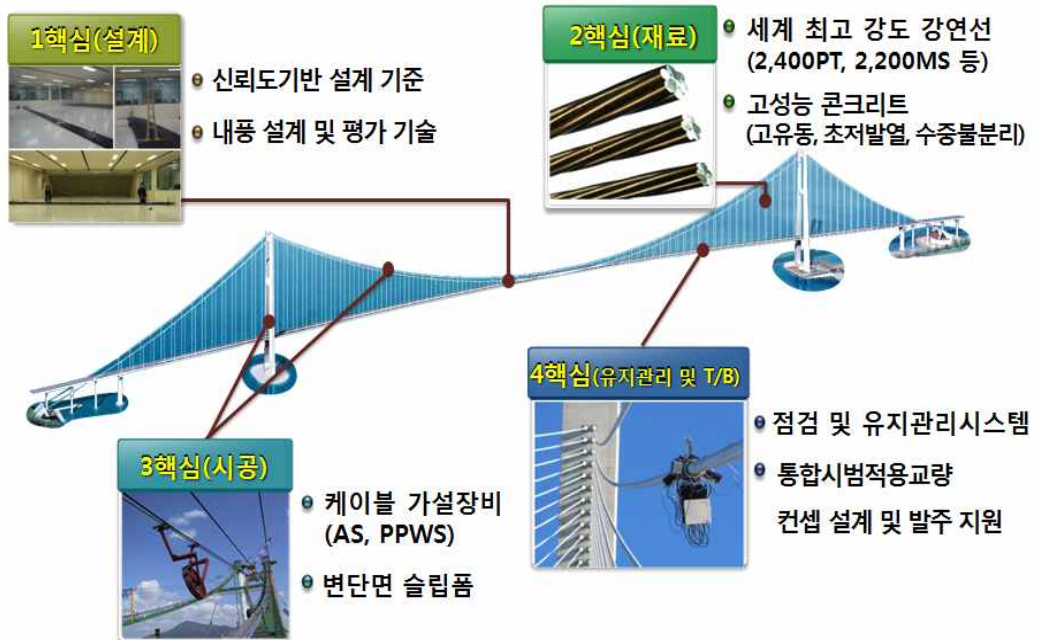
※ 사 업 비: 1,054억원 (정부 : 606억원, 민간 : 448억원)

<초장대교량사업단 과제 구성 및 핵심 개발 기술>

과 제 명	과제 내용 및 진행 현황	참여 기관
핵심1 (설계)	핵심 엔지니어링 기술개발[2개 과제 진행 중] · 전체 : 7, 완료 : 5	· 주관기관 : 서울대
핵심2 (재료)	고성능 전략소재 및 이송기술 개발[과제 종료] · 전체 : 8, 완료 : 8	· 주관기관 : POSCO
핵심3 (시공)	고효율 시공기술 개발[2개 과제 진행 중] · 전체 : 6, 완료 : 4	· 주관기관 : 건기연
핵심4 (Test Bed 및 유지관리)	유지관리 및 Test Bed 사업지원[1개 과제 진행 중] · 전체 : 4, 완료 : 1	· 주관기관 : 도로공사



<초장대교량사업단 연구 목표 및 내용>

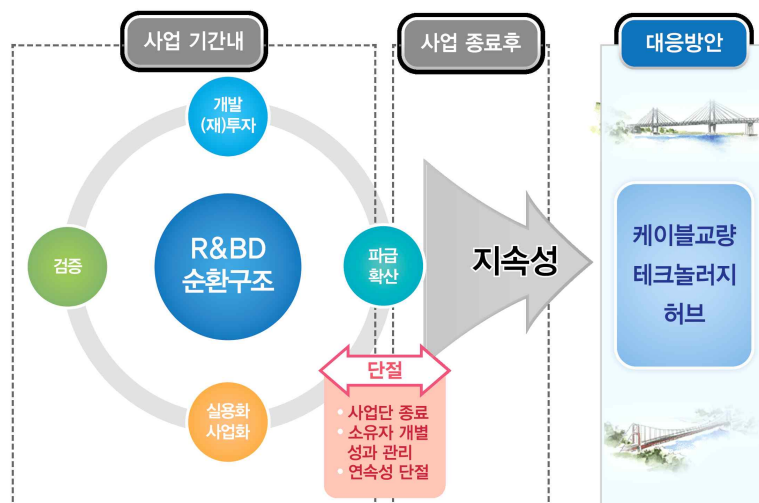


<초장대교량사업단 핵심 개발 기술>

- 개별 개발 기술 현장 적용 현황

※ 초장대교량사업단은 그간의 연구개발을 통해 한계상태설계법에 의한 ‘신뢰도 기반 케이블교량 설계기준(안)’ 개발(국토교통부 중앙건설기술심의위원회 심의 완료, '14.10.), 세계 최고수준의 케이블강재 개발 및 현수교 케이블 시공공법·장비(AS, PPWS) 국산화 등의 성과를 거두었으며,

- ※ 그 결과로 이순신대교, 울산대교 등 다수의 국내 교량에 연구성과를 적용하였거나 적용중에 있고, 국산화에 성공한 케이블 가설공법·장비를 연구 참여기관이 수주에 성공한 터키 제3 보스포러스교, 칠레 차카오교량 등에 적용할 예정임.
- ※ 현재 개별 연구결과를 종합적으로 적용하는 교량인 통합시범교량을 통합 시범적용 교량 시범설계 및 공사비 분석을 실시하고 있음.
- ※ 그러나 초장대교량사업단의 통합시범적용교량 연구 분야의 최종 목표는 후보지의 선정 및 발주를 위한 기초 자료 제공 정도이기 때문에 실제 통합시범적용 교량의 건설 및 실현을 위한 연구 목표, 내용 및 연구비 등이 반영되어 있지 않음.
- ※ 또한 초장대교량사업단 개발 기술을 통한 해외 진출은 일부 개별 기술(케이블 가설 시공, 풍동 실험 등) 적용 실적이며 초장대교량사업단의 개발 기술들은 국산화 및 자립화에 목표를 두었기 때문에 실질적인 경제성 및 글로벌 경쟁력 확보는 아직 부족한 실정임. 개발 기술의 해외 진출을 위한 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 엔지니어링분야를 포함하는 국내 현장 적용 실적 확보가 필수적이며, 이를 위해서는 초장대교량사업단 연구 결과의 집약체인 통합시범적용교량의 실현이 매우 중요함.
- ※ 이와 더불어 초장대교량사업단을 통해 개발된 기술에 대한 추적 관리와 분석으로 기술의 사양화를 막고, 관련 기관에 지속적인 정보를 제공하는 것이 매우 중요하며, 이를 위해서는 초장대교량사업단을 통해 도출된 다양한 연구성과의 지속적 추적관리, 통합시범적용 교량을 통한 최적 성능 구현 및 국내 기업의 해외 진출 지원을 위한 정보 제공 방안 등을 위한 추진전략 마련이 필요함.



<초장대교량사업단 이후 성과관리 및 기술허브의 필요성 및 역할>

## 국제적 수준의 케이블 교량 종합기술 센터



<초장대교량사업단 성과 통합 관리, 국제 기술 정보 제공 및 운영 방안>



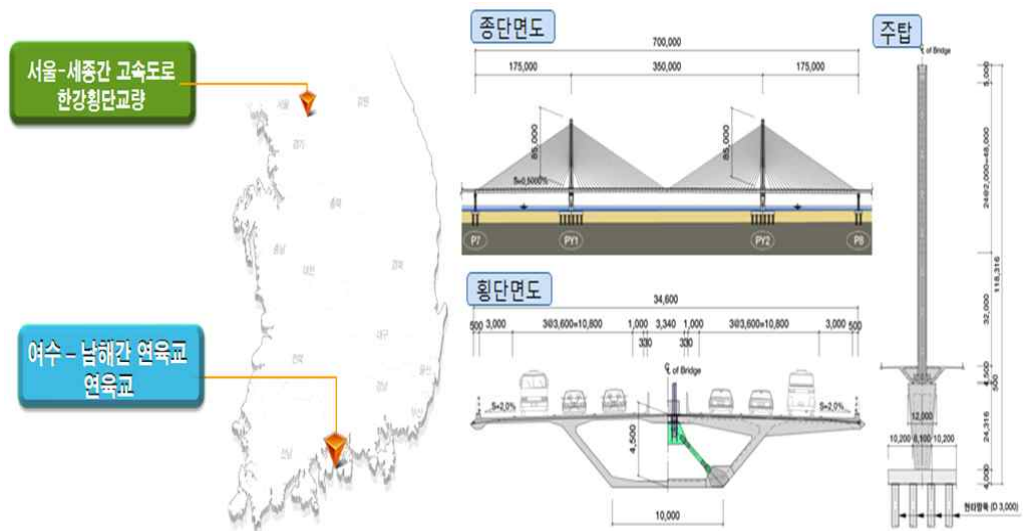
<초장대교량사업단 통합시범적용교량 관리 센터의 역할 및 요구>

※ 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 및 개별 개발 기술 현장 적용 현황은 다음과 같음.

### 현장적용 실적확보, 실용화 촉진 및 기술자립

고덕 대교	한려 대교	방 침
 <p>노선 : 서울-세종간 고속도로 교량 형식 : 사장교 (주경간 350m) 공사비 : 1,058억원</p>	 <p>노선 : 국도 5호선 (여수-남해) 교량 형식 : 현수교 (주경간 2,800m) 공사비 : 19,829억원</p>	 <p>2014. 2</p>

<통합시범적용교량을 통한 케이블교량 핵심기술 국산화 및 자립 적용>



<통합시범적용교량 후보지선정 및 한강횡단교량(서울-세종간) 시범설계>

〈초장대교량사업단 개별 기술 개발 및 현장 적용 현황〉

구분	개발기술명	개요	기술현황		경제성	인증 및 적용현황
			기존	개선		
1핵심 (설계)	장경간 케이블교량용 설계지침	장경간 케이블 교량의 합리적, 경제적 설계 기술	강도 및 허용응력설계법	장경간 케이블 교량용 신뢰도 기반 설계 지침	공사비 10~15% 절감	Prototype 설계 (거마, 한려대교)
	도로교설계기준(한계상태 설계법)-케이블교량편	장경간 케이블 교량의 합리적, 경제적 설계 기술 개발 및 기준 고시	강도 및 허용응력설계법	장경간 케이블 교량용 신뢰도 기반 설계 지침	효율적 설계 및 공사비 절감효과	국토교통부 기준 고시(15.02.06)
	능동형 난류 발생 장치	자연풍 실험사 가능 풍동 실험 장치	적용 교량 없음	세계 최초 내풍단면 검토용 첨단 풍동실험	경제적 내풍단면 선정 가능	화양-적금 (2공구) 실시설계
	케이블교량 내풍 안정성 평가기술	내풍 안정성 시험기술	해외 실험 위주 기술 의존	고등 풍동 실험 기법 확보 및 평가기술 개선	해외 풍동 실험 비용 절감 가능	베트남 밤콤포교량, 브루나이 템부롱교량
	내풍설계 및 풍동 해석용 전산유동장 프로그램(CFD)	내풍단면 설계 및 평가를 위한 전산해석 프로그램	해외 상용 프로그램 의존 (RM,COWI등)	자체 개발 내풍단면 설계 및 풍동해석 프로그램	풍동 해석 기술 자립, 로열티 절감	브루나이 템부롱교량 적용
	ISB 교통관리시스템	지능형 차량 감지, 교통안전 정보 제공	루프코일, 영상감지기 등	TMR 마그네틱 ITS 센서	설치 및 운영비 60% 절감	안양시 평촌 시민로 적용
2핵심 (재료)	인장강도 2,400MPa PSC강연선 및 PT시스템	강연선 및 PT시스템	1,860MPa 급	2,400MPa 급	공사비 15%절감	태인2교 적용 (KS D 7002)
	인장강도 2,200MPa 사장교용 강연선 및 정착시스템	강연선 및 정착시스템 (Multi 스트랜드)	1,860MPa 급	2,200MPa 급	공사비 10%절감	태인2교 적용
	고강도 강재 (HSB800L/W)	800MPa급 고인성,내후성 강재	780MPa급 -40℃	800MPa급 -40℃	재료비 16% 공사비 10% 절감	제천 하소천교 창영JCT교 (KS D 3868)
			760MPa급 내후성	800MPa급 내후성		(KS D 3868)
	고내구성 도료	고내구성 중방식도료	B10수명 15년	B10 수명 20년	LCC기준 20%절감	하천실험센터 시험시공
	고주탑용 고압송 콘크리트	고압송용 콘크리트 혼화제	높이 300m이상	높이 400m이상	재료비 8%절감	새천년대교 적용 예정
	앵커리지용 초저발열 콘크리트	초저발열 결합제	미소수화열 40 cal/g 이하	미소수화열 35 cal/g 이하	재료비 14%절감	새천년대교 적용
	수중불분리성 콘크리트	수중불분리 혼화제	수중슬럼프 플로우 550mm	수중슬럼프 플로우 600mm	재료비 9%절감	새천년대교 적용
	박층포장 및 이용기술	초박층 포장	두께 : 80mm 수명 : 15년 내외	두께 : 40mm이하 수명 : 20년 내외	LCC기준 20%절감	한국도로공사 홍천지사 폐도 시험적용
케이블 성능인증 시스템	피로·파단 및 수밀성 시험장비	해외의존 (미국, 프랑스)	피로/인장 : 1.8천톤/3천톤 수밀성 : 1.5천톤	시험비용 20%절감	Kolas 인증완료 구죽대교 적용	

3핵심 (시공)	현수교 케이블 가설공법(AS)	케이블 가설 장비(AS)	장비/기술 해외의존	장비제작 및 시공기술 자립	공사비 57%절감	이순신대교, 단등교,적금대교 적용
	현수교 케이블 및 가설공법(PPWS)	케이블 가설장비 (PPWS)	1,770MPa/ 시공 해외의존	1,960,2,100MPa/ 시공기술 자립	공사비 35%절감	울산대교 적용
	콘크리트 고주탑 가설장비 및 공법개발	변단면 Slip Form	장비/기술 해외의존	장비제작 및 시공기술 자립	공사비 22%절감	공개시험시공 완료
	해저지반 조사장비	대수심 해저작저형 지반 조사장비 및 분석시스템 개발	장비 해외의존, 바지선 이용 연안 시추(가능수심 : 30m 이하)	조사장비 개발로 기술 자립, 착저식 해저지반 조사장비 개발 (가능수심 : 100m, 조사심도 : 50m)	해외장비 임대 대비 75%의 비용절감	해상검증 완료
	대형 해상기초 지지력 예측기술	대형 해상기초 LRFD 설계법 및 프로그램 개발	허용용력설계법	신뢰도 기반 LRFD 설계법	기존대비 약 10% 공사비 절감	도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편 반영
	해상기초 침하량 예측기법	대형해상기초 침하량의 정확한 예측 기법 개발	단일말뚝이나 무리말뚝의 단순 침하량 해석법만 실시	말뚝간 상호작용을 고려한 침하량 해석	공사비의 약 5%절감 예상, 축소모형말뚝 시험비 약 65%절감 예상	도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편 반영
	고유압 복동식 양방향제하시험법	고유압 복동식 양방향제하시 험 장치 및 기법 개발	단동식 유압 사용	2,000ton 복동식 실린더, 10,000ton 이상의 시험 가능	장치 및 시험비 약 25% 절감 예상	마산메트로시티(2, 000ton) 적용
	내진보강형 복합기초 공법	지반가속도 0.5g에 대응 가능한 기초 지진격리시스 템 개발	국내: 기존 사례 없음 국외: 그리스 리온- 안티리온 교량 적용	계강슬래그를 활용한 기초 지진격리시스템	케이슨기초 채석층 조성 재료비 37% 절감	-
	해상연약지반 벽강관말뚝 주탑기초 시공기술 개발	벽강관말뚝 기초공법 고내력 전단 연결부 개발 및 시공가이드 작성	단일계수형 벽강관말뚝 적용 일반 구조물	고내력 전단연결부 적용 벽강관말뚝 주탑기초 공법	현장타설말뚝 대비 공사비 10~20% 절감	영도대교 부지 시범적용
	대형기초 굴착공 거칠기 측정장치 개발	현장타설말뚝 에 적용 가능한 굴착공 거칠기 측정장치(1.5~3. 0m) 개발	현장에서 직접 측정 가능한 장비 없음	다양한 직경(1.5~3.0m) 의 현장타설말뚝 현장 측정 가능	암반 근입 현타말뚝 주면마찰력 정확한 평가 (10% 이상 향상)	-
4핵심 (유지 관리)	케이블 영상기반 진동 감지 기술	케이블 모니터링 기법	계측센서 (레이저 가속도계 등)	영상장치 (카메라 등)	실시간 모니터링	거가대교
	GNSS기반 케이블교량 모니터링 시스템	GNSS기반 모니터링 기술	HW/ SW 해외의존	기술자립 및 최고수준 오차 제거기술 확보	구축비용 40% 절감	광안대교
	케이블 점검용 이동로봇	비파괴점검 로봇개발	비파괴 장비/ 점검기술 해외의존	이동로봇을 이용한 비파괴 점검시스템	점검시간 50%단축	인천대교, 영종대교
	BMS 기반 통합운영시스템	3D 기반 교량 관리시스템	2차원 도면기반 점검	3차원 모델기반 점검	구축비용 20% 절감	서해대교



<이순신대교 개발 기술 적용>



<울산대교 개발 기술 적용>



<b>Project Name</b>	3 <sup>rd</sup> Bosphorus Bridge
<b>Employer</b>	iÇTAŞ + ASTALDI
<b>Project Classification</b>	BOT Project
<b>Design</b>	T-Engineering (SWISS)
<b>Construction</b>	HYUNDAI Co. + SK Co. (EPC)
<b>Carries</b>	Road + Rail (4+2+4)



〈터키 제 3 보스포러스교량 개발 기술 적용〉



<b>Project Name</b>	Chacao Channel Bridge
<b>Design</b>	Systra & Aas-Jakobsen
<b>Construction</b>	OAS + HYUNDAI Co.
<b>Components</b>	2 Spans and 3 Towers



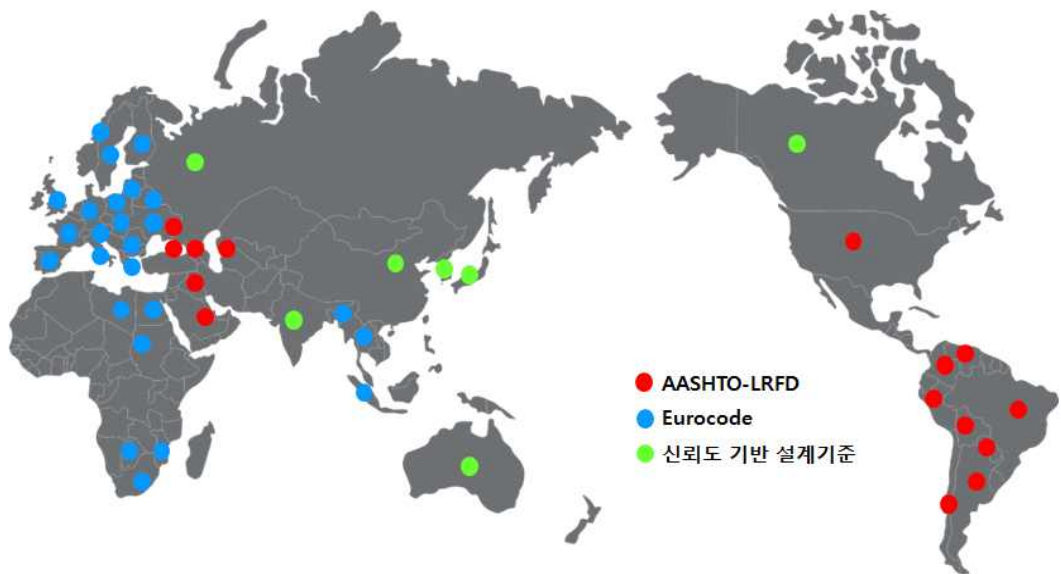
〈칠레 차카오교량 개발 기술 적용〉

○ 케이블교량 기술 개발 동향

- 현재 케이블교량 건설 기술의 세계적인 추세는 기술 집약형의 초대형 프로젝트로 변화하고 있어 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며 특히 설계, 시공, 성능 평가 및 운용 관리를 모두 포함하는 전주기적 엔지니어링 토탈 솔루션 제공 등의 고부가가치 기술의 요구 및 확대가 예상된다. 또한, 발주시 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성 확보가 가능한 신뢰도 기반의 설계 및 운용 기술을 필수적으로 요구하고 있음.
- 현대 케이블교량의 설계와 시공 기술은 공용중의 실제 신뢰도 및 성능과 운용관련 의사결정까지도 고려하는 통합적, 생애주기적 솔루션을 제공하도록 요청받고 있으며, 설계중 해석방법론을 기반으로 한 공용중 교량의 성능평가 및 운용기법이 개발되는 추세에 있음.
- 이에 반해 기존 국내에서 적용하고 있는 케이블교량의 성능평가방법은 결정론적 기법에 의존하고 있는 관계로 너무 보수적인 평가결과를 주고 있음. 이로 인해 기술자들 사이에서 결과에 대해 신뢰를 받지 못하고 있으며, 기술자들은 오히려 상태평가 결과에 의존하는 실정임. 공용중인 케이블교량의 운용에 관련된 다양한 의사결정은, 교량의 계획과 설계단계에서 목표로 잡은 구조물의 신뢰도를 공용중의 실제 조건 하에서 얼마나 발현하고 있는지에 대한 합리적 평가에 근거하여 이루어지는 것이 바람직함.
- 따라서, 설계시 사용한 신뢰도 해석 방법의 틀 안에서 하중, 구조물 저항, 노후화·열화 등에 관련된 다양한 불확실성을 체계적으로 분석하여 구조물의 공용중 실제 성능과 신뢰도를 평가하는 방법을 확립하는 것이 필수적임. 초장대교량 사업단이 개발하여 현재 설계기준 공인화 단계에 있는 케이블교량 한계상태설계법에 근거하여 설계되고 시공될 국내·외 케이블교량의 신뢰도 기반 공용중 성능평가와 운용기법 개발이 요구되는 상황임.
- 현재, 해외사업에 진출하려는 국내 설계사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.

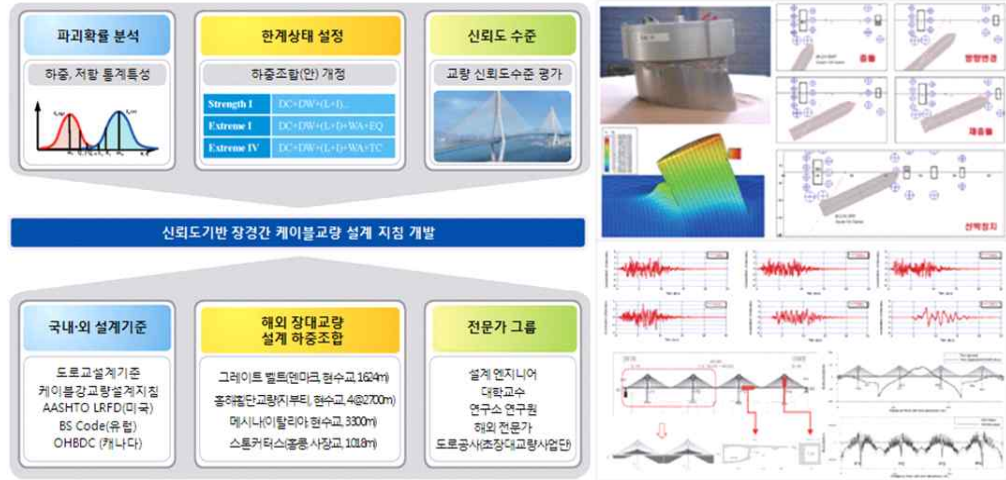
- 신뢰도기반 설계 기술

- ※ 미국의 경우, 한계상태설계법에 기반한 교량의 설계기준이 1994년 AASHTO에 의해 공식 채택되었고, 이후 동일한 신뢰도해석 이론을 토대로 한 교량 성능평가 및 운용 의사결정 방법론이 개발되어 2001년에 공식 채택되어 사용되고 있음.
- ※ 미국, 유럽, 일본을 중심으로 신뢰도기반 교량설계기준의 개념이 정립되어 실행기준으로 개발되고 있으며, 교량평가에 대해서도 신뢰도기반개념의 적용이 이들 국가들의 지침과 ISO와 같은 국제기준들에서 점차 확산되고 있음.

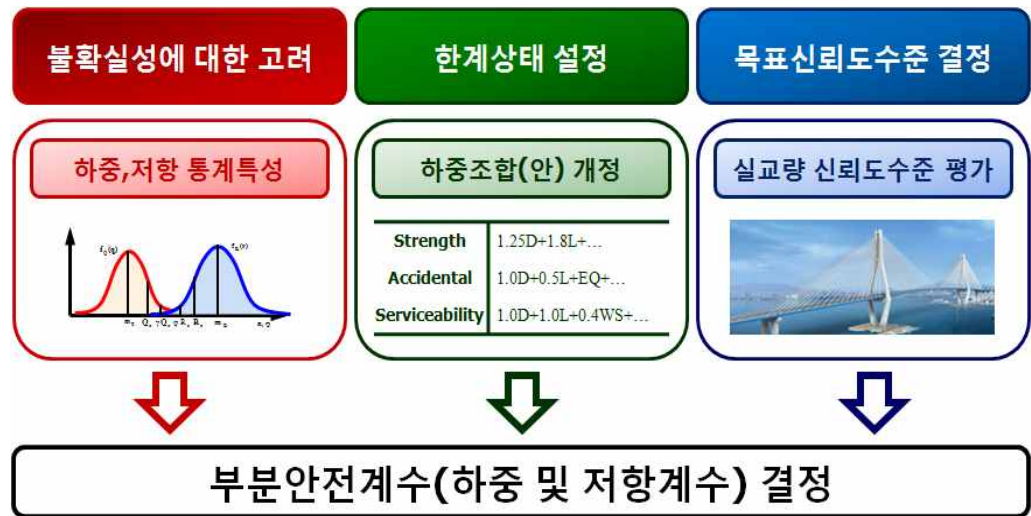


<신뢰도기반 설계 기준의 국제 표준화>

- ※ 국내의 경우 초장대교량사업단의 연구 결과로 한계상태설계법에 기반한 케이블교량 설계기준을 2009년부터 개발·검증하고 공인화를 활발히 추진하여, 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편으로 발간될 예정이며 국내 교량설계기술을 한 차원 높일 뿐만 아니라 향후 국제적 선도 기준으로서 발돋움하게 될 것으로 기대됨. 이는 케이블교량 신뢰도기반 설계의 국제선도수준의 이론적 토대와 방법론을 마련하였다는 것을 의미함.
- ※ 초장대교량사업단에서는 한계상태설계법에 기반한 케이블교량 설계기준의 제시 뿐만 아니라 이를 이용한 구체적인 설계 성과품도 도출하였음. 주경간 2,800m의 한려대교 (현수교)와 주경간 1,200m의 거마대교 (사장교)의 Prototype 설계를 완료함으로써, 기술의 검증 및 실용화를 이루었음.



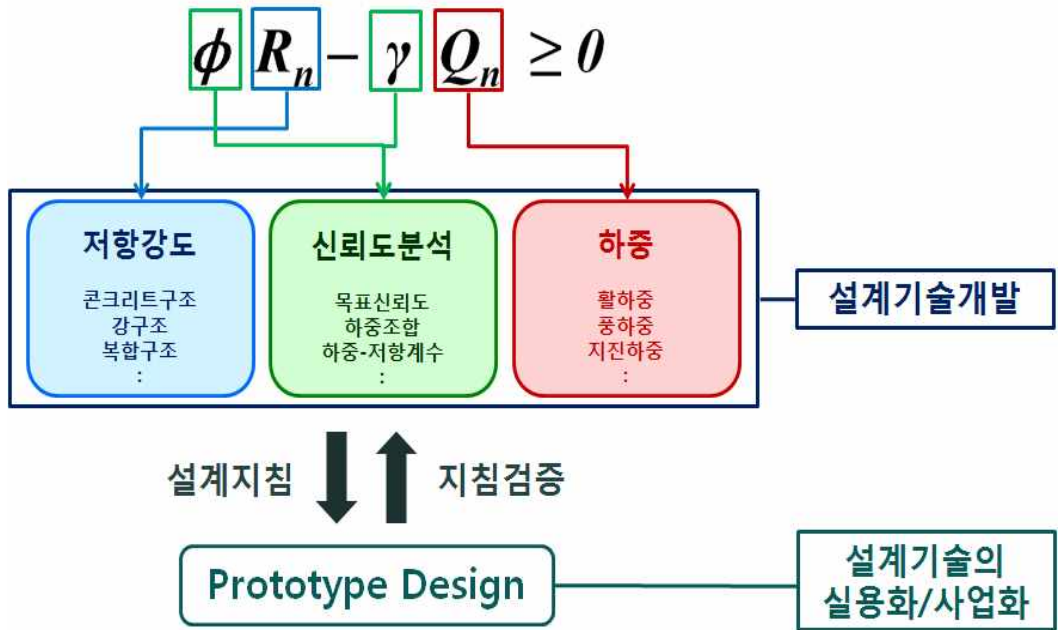
<신뢰도기반 케이블교량 설계기준(한계상태설계법) 개발>



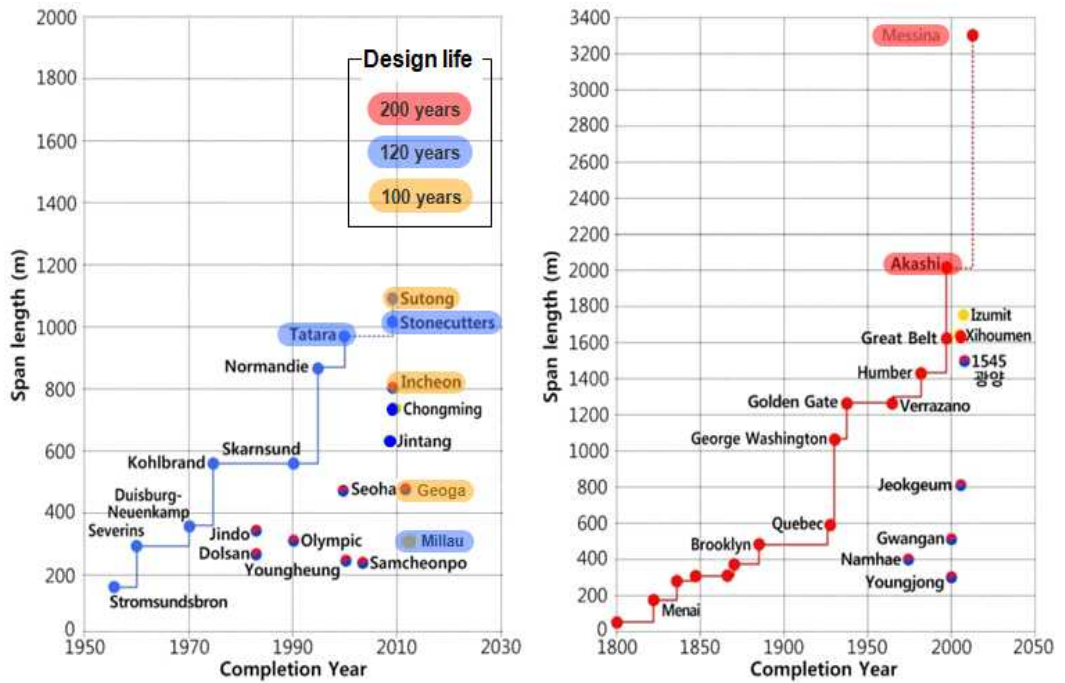
<케이블교량설계기준(한계상태설계법) 개요>

	도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편	도로교설계기준 (한계상태설계법)	AASHTO LRFD	Eurocode
적용 대상	일반 케이블교량 장경간 케이블교량	일반교량	일반교량	건물, 교량
설계 수명	100~200년	100년	75년	50~100년
목표 신뢰도	- 일반부재 $\beta_T = 3.7 \sim 4.0$ (극한한계상태 I) $\beta_T = 3.1 \sim 3.4$ (극한한계상태 III) - 케이블부재 $\beta_T = 5.2 \sim 6.0$ (사장교케이블 및 행어) $\beta_T = 6.4 \sim 7.0$ (현수교 주케이블)	$\beta_T = 3.72$	$\beta_T = 3.5$	$\beta_T = 3.8$
하중 계수	- 고정하중 : 1.35; 1.15 - 활하중 : 1.8 - 풍하중 : 1.9	- 고정하중 : 1.50; 1.25 - 활하중 : 1.8 - 풍하중 : 1.4	- 고정하중 : 1.50; 1.25 - 활하중 : 1.75 - 풍하중 : 1.4	- 고정하중 : 1.35; 1.15 - 활하중 : 1.35 - 풍하중 : 1.5
기타	중요도, 설계사용수명 등에 따라 목표신뢰도 차등 적용			

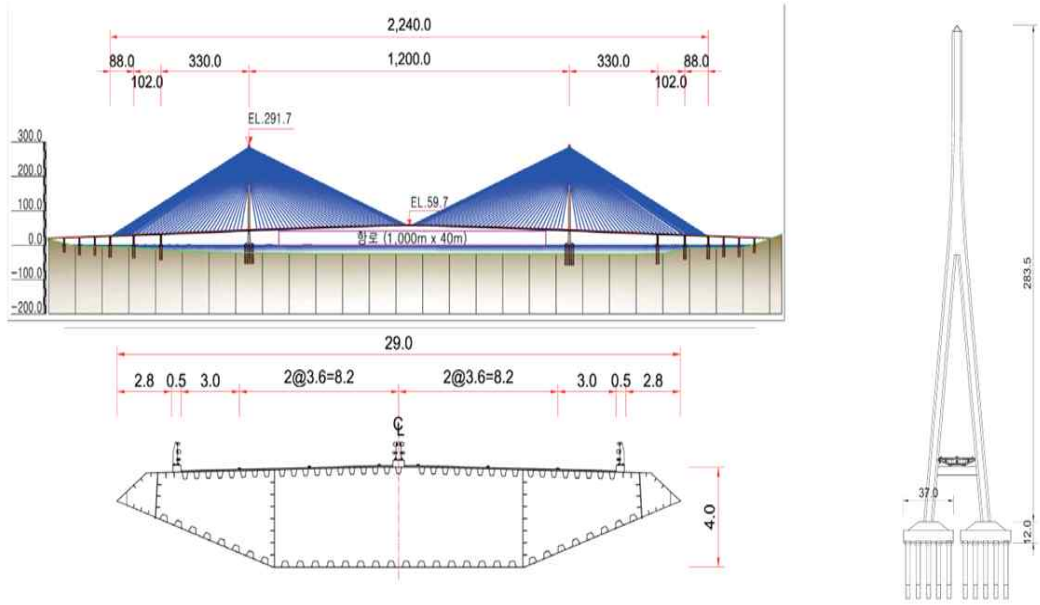
<외국 기준과의 특징 비교>



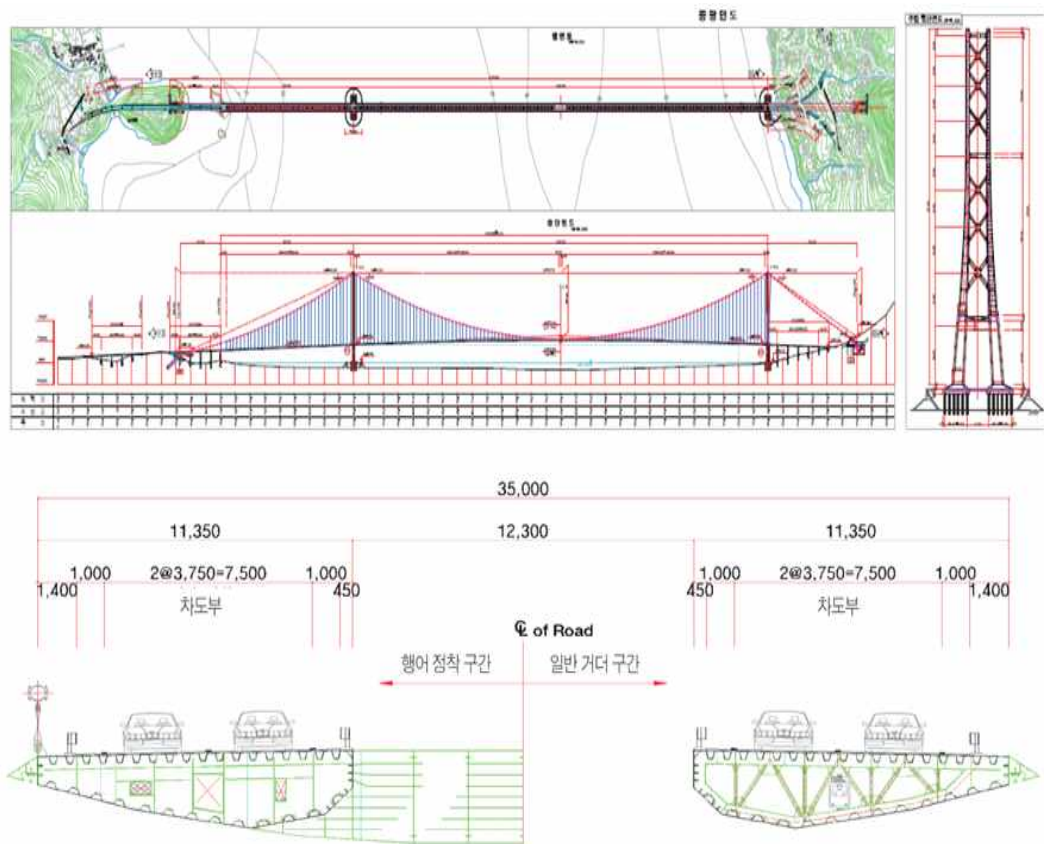
<케이블교량설계기준(한계상태설계법) 특징>



<케이블교량의 설계 수명 증가 추세 및 설계 기준 반영>





<신뢰도기반 설계기준에 의한 주경간 1,200m 사장교 Prototype Design>



<신뢰도기반 설계기준에 의한 주경간 2,800m 현수교 Prototype Design>

- 신뢰도기반 설계 기술과 연계된 성능 평가 및 운용 기술

※ 케이블교량의 운용 관리 시스템은 초정밀 계측, 현수교 케이블 상태 비파괴진단, 재난대응시스템 구축, 위험 예측 및 의사결정 지원 기능제공 등의 방향으로 발전하고 있음.

초정밀 계측	케이블교량 점검	재난관리	내구성 향상
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 최근 GNSS 형상변위 측정시스템 적용이 확대</li> <li>- 케이블교량 장기형상변화, 지진/강풍/선박충돌시 거동변화 확인 가능</li> <li>- 정확도 5mm, 실시간 10-20mm</li> <li>■ 현수교 주케이블 비파괴 검사는 AE기법이 유일</li> <li>- 소선파단시 소리에너지를 측정하여 단선수량/위치를 파악</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 행어의 손상/열화진단을 비파괴시스템으로는 IHI Southwest Technology Magnetostriuctive 센서가 있음</li> <li>■ 사장교 케이블 점검은 인력에 의해 수행됨</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 미국은 국가차원 중앙집중식 시설물 안전관리 정보체계 구축</li> <li>■ 미국은 지자체의 재난관리 승인 프로그램을 운영하고 지역사회 재난대응 능력 제고</li> <li>■ 유럽은 인터넷 기반 안전관리시스템 구축</li> <li>■ 일본은 안전관리 CALS/EG 체계를 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 미국, 일본, 유럽 등에서는 교량 손상정도를 파악하고 거동을 예측하는 유지관리시스템을 개발 중</li> <li>- 예방차원보다 사후관리차원의 모니터링 위주 연구임</li> <li>■ 중국은 장기유지관리 관점에서 구조물 내구성/안전성 확보를 위해 SHMS를 적극 적용</li> <li>■ 유럽 케이블교량 유지관리시스템(BMS)은 위험도 기반 점검매뉴얼, 예측모델 및 의사결정시스템, 그래픽 방식 손상 입력 방식의 시스템으로 변화</li> </ul>

<케이블교량의 운용 관리 기술 현황>

※ 미국은 국가차원 중앙집중식 시설물 안전관리 정보체계 구축, 지자체의 재난관리 승인 프로그램을 운영하고 지역사회 재난대응 능력 제고하고 있음. 그리고, 미국 교량의 경제적이고 합리적인 개·보수를 위해 미연방도로국(FHWA)은 교량의 성능, 내구성, 안전성 체제를 혁신할 목적으로 범국제적 공동연구를 수행하고 각국의 성과를 반영하여 국제표준을 구축하기 위한 프로그램 (LTBP, Long -Term Bridge Performance)을 진행 중에 있음. 특히 LTBP의 일환으로 진행되고 있는 IBS(International Bridge Study)는 특정교량을 대상으로 미국, 일본, 유럽 각국의 대표그룹이 참여하여 각국의 방법대로 계측, 분석, 예측 및 설계 피드백 제안서를 작성하고 그룹별 연구 결과를 공유하는 국제 교량 연구 프로그램임.

International Guidelines for the Application of Technology to Bridges

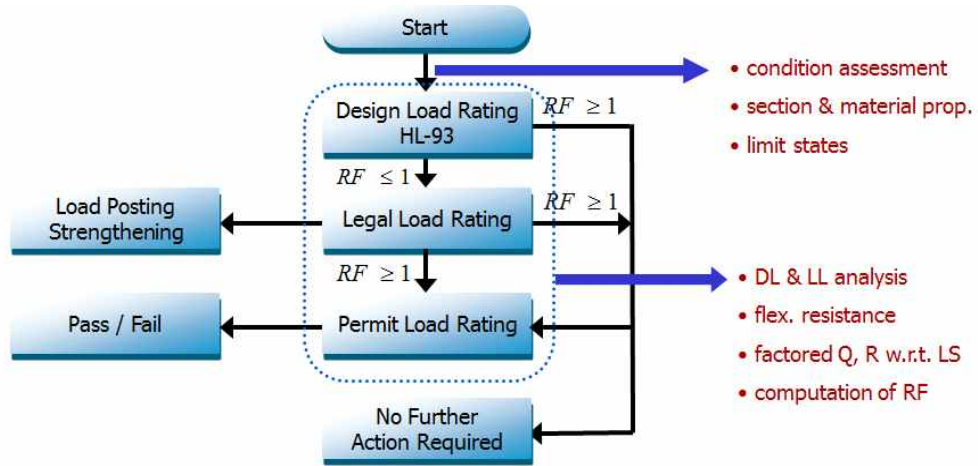
FHWA Long-Term Bridge Performance Program

A General Guide to Structural Testing for Infrastructure Owners

January 2011

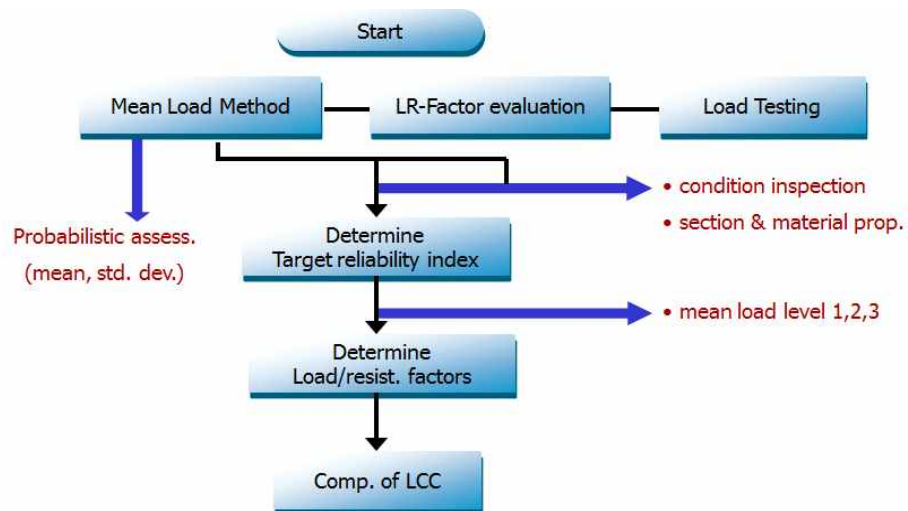
<미연방도로국(FHWA)의 LTBP 프로그램>

※ 미국의 ASSHTO LRFR에서는 교량의 평가에 확률론적 성능평가기법의 개념을 도입하고 있으며, 목표신뢰지수  $\beta$ 에 따라 inventory rating( $\beta=3.5$ )과 operating rating( $\beta=2.5$ )에 각각 다르게 적용하고 있으며, 저항산정에 고려되는 계수에 상태계수와 시스템계수라는 것을 추가로 고려하도록 하고 있음. 여기서 상태계수는 상태평가등급에 따라 다르게 조정하고 있으며, 시스템계수는 교량형식과 교량의 거동특성을 반영하여 조정하도록 하고 있는 계수임.



<AASHTO LRFR에 의한 교량 성능 평가 절차>

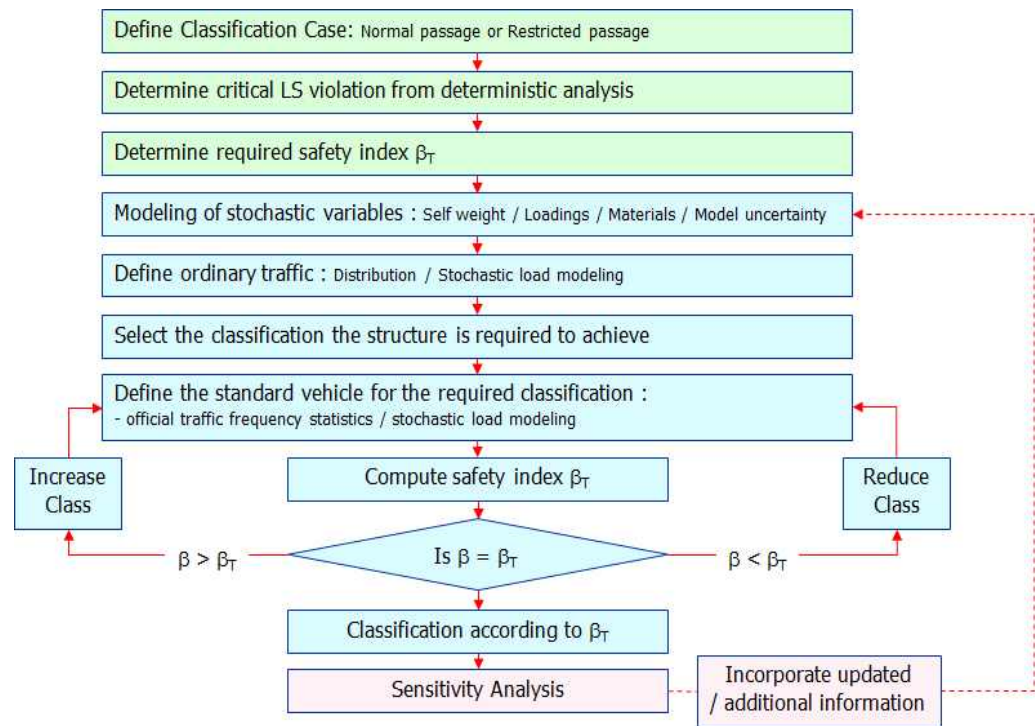
※ 캐나다의 교량설계기준 CHBDC에 포함된 교량평가기준 관련부분에서는 ASSHTO LRFR과 유사하게 목표신뢰지수에 따른 하중계수를 제시하고 있으나, ASSHTO LRFR과 같은 하나의 목표신뢰지수에 한정하지 않고 일정 범위의 목표신뢰지수에 따른 고정하중과 활하중에 대한 하중계수들을 다양하게 표로 제시하고 있다. 즉 평가자가 교량의 평가에 대한 목표신뢰지수를 설정하도록 하고 있음. 캐나다 CHBDC에서는 평균하중법(Mean Load Method)과 같은 간편 평가법을 별도로 제시하고 있음.



<캐나다 교량 성능 평가 기준 절차>

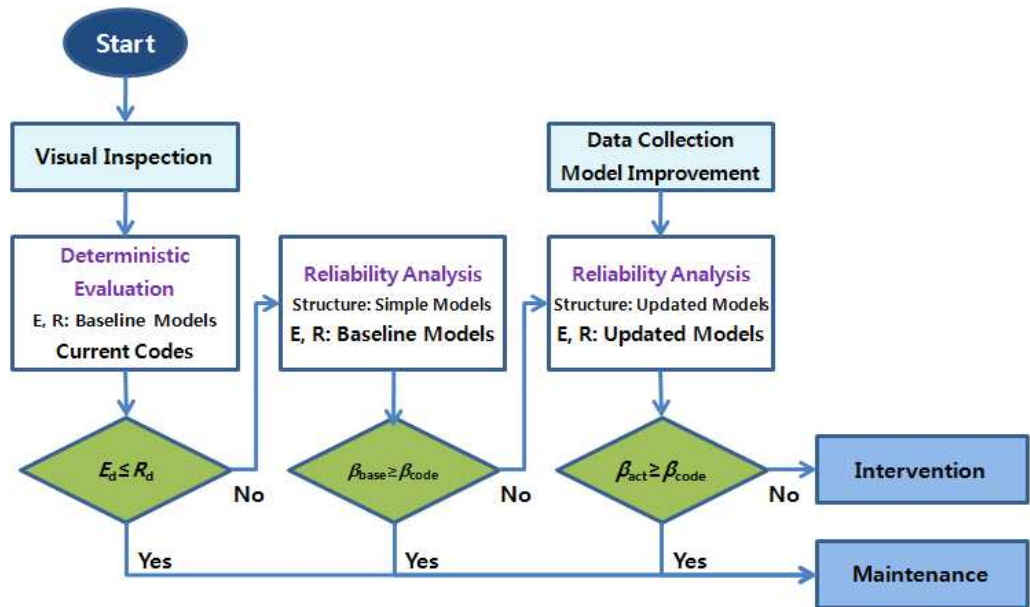
※ 유럽은 인터넷 기반 안전관리시스템 구축을 목표로하나, 유로코드에서는 명확하게 구분이 되어 있지는 않음. JCSS, BD, BA 등 유럽에서 제시되고 있는 다양한 구조물 평가기준에 성능기반 평가기준의 개념이 포함되어 있음. 다만 그것을 현장에 적극적으로 사용하는 국가는 아직 한정되어 있음.

※ 덴마크 도로국에서는 세계 각국에서 적용하고 있는 부분 확률론적 신뢰도 기반 교량 평가의 개념을 넘어서 완전 확률론적 신뢰도 기반 교량 평가 기법을 개발하여 지침을 만들고 현장에 적용하고 있음. 이 지침에서는 교량의 안전성에 대한 목표 신뢰지수를 직접 평가를 하고, 해당 교량을 통과할 수 있는 중차량의 한계를 설정하여 공시하는 형식을 취하고 있음. 따라서 이 지침은 현재 세계에서 가장 앞서 가고 있는 교량 평가 기법으로 판단되지만, 실무자들이 목표 신뢰도지수를 계산하는 것이 아주 어려운 작업이기 때문에 아주 전문적인 지식을 가지고 있는 기술자만이 적용할 수 있다는 단점을 가지고 있음.

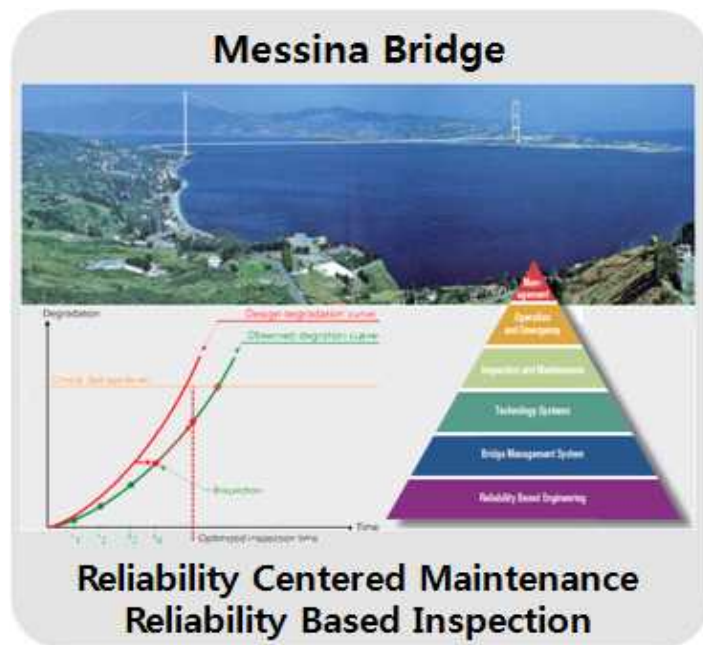


<덴마크 도로국 적용 교량 평가 절차>

※ ISO 13822에서도 공용중인 구조물의 평가법에 대한 국제표준을 제정하였으며, 여기에서도 성능기반 평가기법을 기본으로 하고 있음. 또한 ISO 16311에서도 ISO 13822를 기초로 성능평가 국제표준을 현재 제정 중에 있음.



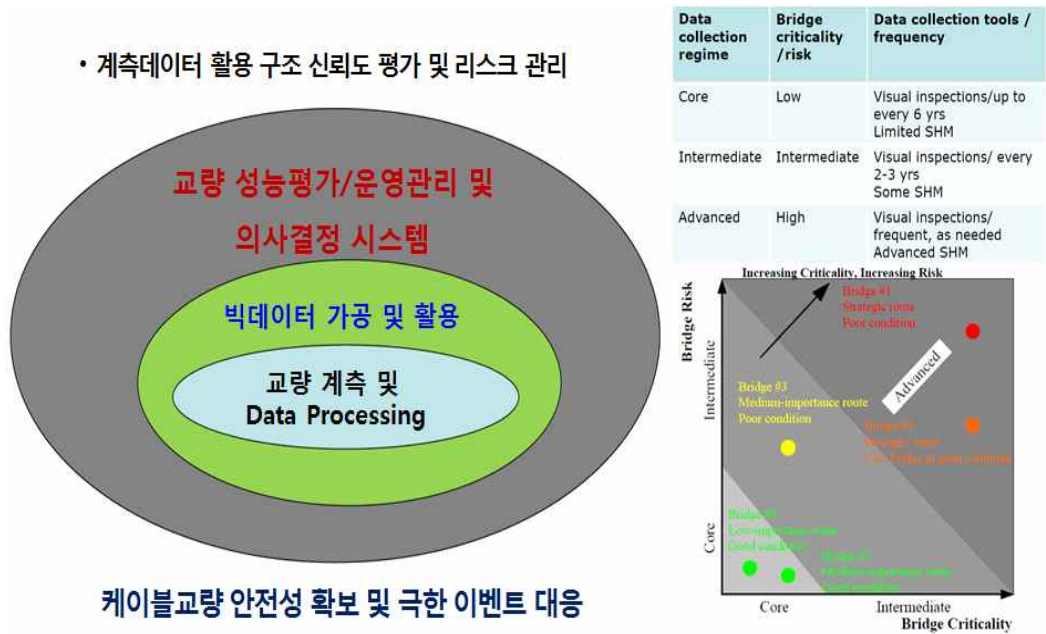
<교량의 신뢰도기반 성능 평가 기법>



<메시나대교의 신뢰도기반 교량의 성능 평가 기법 적용>

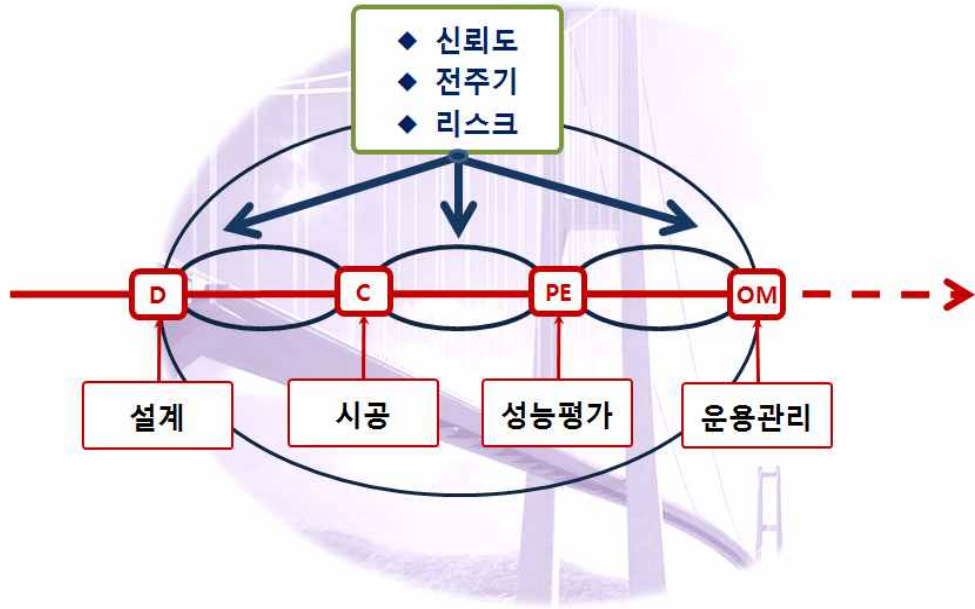
※ 이에 반해 기존 국내에서 적용하고 있는 케이블교량의 성능평가방법은 결정론적 기법에 의존하고 있는 관계로 너무 보수적인 평가결과를 주고 있음. 이로 인해 기술자들 사이에서 결과에 대해 신뢰를 받지 못하고 있으며, 기술자들은 오히려 상태평가 결과에 의존하는 실정임. 공용중인 케이블교량의 운용에 관련된 다양한 의사결정은, 교량의 계획과 설계단계에서 목표로 잡은 구조물의 신뢰도를 공용중의 실제 조건 하에서 얼마나 발현하고 있는지에 대한 합리적 평가에 근거하여 이루어지는 것이 바람직함.

※ 따라서 설계시 사용한 신뢰도 해석 방법의 틀 안에서 하중, 구조물 저항, 노후화·열화 등에 관련된 다양한 불확실성을 체계적으로 분석하여 구조물의 공용중 실제 성능과 신뢰도를 평가하는 방법을 확립하는 것이 필수적이다. 초장대교량 사업단이 개발하여 현재 설계기준 공인화 단계에 있는 케이블교량 한계상태설계법에 근거하여 설계되고 시공될 국내·외 케이블교량의 신뢰도 기반 공용중 성능평가와 운용기법 개발이 요구되는 상황임.



<케이블교량 안전성 확보 및 극한 이벤트 대응>

※ 현재 해외사업에 진출하려는 국내 설계사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.



<신뢰도기반 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 통합패키지 제공 기술>

□ 국외 지반공학 분야에서의 신뢰도기반 설계 기술 수준

- 첫 사례는 덴마크 지반공학회 (Danish Geotechnical Institute) Brinch Hansen에 의해 부분안전계수 개념이 제안되어 설계기준에 적용된 것 (Hansen, 1966).
- 유럽 연합 위원회(Commission of European Communities, CEC)는 건설 및 토목구조물의 설계에 있어서 구조공학 및 지반공학분야에 대한 체계적이고 합리적인 기술 기준을 제정하려는 노력을 기울여 하중, 토질정수, 설계 공식 및 시공오차 등에 대한 부분안전계수 개념을 도입함.
- 또한 유럽 건설설계 표준위원회는 국제표준화기구(ISO)의 부속 기술위원회인 TC 250(European Committee for Standardization)에 유로코드를 제정하면서 기초구조물의 설계와 관련된 EuroCode 1. “Basic of Design and Actions on Structures“, EuroCode 7. “Geotechnical Design“, EuroCode 8. “Design of structures for Earthquake Resistance“을 포함하여, 요구 안전을 확보를 위한 부분안전계수법을 도입.
- 미국과 캐나다를 중심으로 한 북미 선진국에서는 유로코드와 달리 LRFD설계법이 개발되었으며, 미국의 경우 연방도로국의 교량 설계기준(AASHTO, 2010), 빌딩과 구조물에 대한 국립표준설계기준(ANSI)에 적용되었고, 캐나다에서는 캐나다 고속도로 교량설계기준(Canadian Highway Bridge Design Code, CHBDC)(MOT, 1992) 및 Canadian Foundation Engineering Manual(CGS, 1992) 등의 설계기준에 적용되고 있음.

- 호주의 AUSTRROADS 교량설계기준(AUSTRROADS bidge design code, 1992)은 깊은 기초의 시공에 관한 저항계수를 제시하고 있으며, 호주 표준(Australian Standard 2159)(SAA, 1995)에서는 지반의 특성 및 시험법, 타입조건 등에 관한 적절한 저항계수 선정 방법을 제시.

□ 케이블교량 기초-지반구조물의 설계기술 고도화

- 국외에서는 토사와 암반의 중간성질을 지니는 풍화대 지반에 대해서 Intermediate Geo-material(IGM) 으로 분류하고(O' Neill 등, 1996), cohesive IGM 과 cohesionless IGM으로 나누어 이에 대한 상세 지지력 산정 기준을 마련하고 있음.
- Messina Bridge 등 해외 케이블교량 시공 계획에 따르면 연육, 연도교는 물론, 해협교 형태도 나타나고 있으며, 풍화대, 연약 암반층 구간에 적합한 Mega foundation 등의 새로운 기초시스템 개발을 시도하고 있음. 또한, 두꺼운 연약층에 시공되는 말뚝기초는 대구경, 대심도화 되는 추세로서 대구경 말뚝의 폐색효과 및 장기 침하성능을 고려하는 합리적인 설계기법을 적용하는 추세임.
- 해외 진출을 위해서는 과도하게 엄격한 허용침하량 기준의 설계가 아닌, 구조물의 사용성(Serviceability)에 기반을 둔 효율적이고 경제적인 설계 기술 개발의 중요성이 대두되고, (부등)침하 및 접지압 예측 등에 대한 설계기술의 개선과 확보가 필요함.
- 케이블교량의 대표적인 초대형 하부구조인 앵커리지는 일본, 중국 그리고 유럽에서 계획된 장경간 현수교의 앵커리지 시공에 대한 공학적 거동 분석 위해 해석적 연구가 수행되고 있으며, 암반지반 안정해석 및 앵커리지 지지 능력에 대한 수치해석 연구에 기반한 앵커리지의 안정성 해석이 주를 이루고 있음.
- 해외 강진지역 내진설계는 기초구조물 및 지반의 소성변형 등의 영향을 고려하면서도 구조물의 내진성능 목표수준에 적합하도록 설계함으로써 경제적 내진설계를 유도하고 있음. 해외 케이블교량 시공 시 단층대 및 강진지역의 경우 액상화 등에 의한 지반변형이 발생하여 기초구조물의 과도한 변형을 유발될 수 있으므로, 지반변형에 의한 구조물의 안정성 여부를 판단하여 지반보강 여부를 결정하는 고도화된 해석 기술개발이 필요함.
- 교량구조물의 지반부에 발생할 수 있는 불안정 요인 중 구조물의 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 세굴현상을 들 수 있음. 이러한 세굴 현상의 경우, 서해대교 및 인천대교 등의 교량 모니터링에 대한 연구에서 다수 수행된 바 있음.

- 대형 교대 구조물의 모니터링의 경우 유선으로 모니터링 시스템을 구성할 경우 cable 연결이 복잡해지고, 센서를 전기저항식으로 사용할 경우 선 연결으로 인한 데이터 교란이 발생할 수 있는 문제점들이 발생하기 때문에 무선 모니터링 시스템에 대한 연구가 활발해 이루어지고 있는 실정.

□ 국내 지반공학 분야에서의 신뢰도기반 한계상태 설계 기술 수준

- 국내의 경우 한계상태설계법에 대한 체계적인 연구의 미비로 아직 허용응력설계법이 일반적이며 구조물의 저항력을 결정하고 안전성을 비교함에 있어 주로 경험과 판단에 근거한 전체안전율을 사용하고 있는 실정.
- LRFD 설계법은 1996년 도로교 표준시방서의 부록편에 수록되어 국내에 처음 소개되었으나, 이에 관한 국내의 연구 기반이 미흡하여 그동안 건설관련시방서 및 설계기준은 허용응력설계법을 고수함. 현재 2015년 도로교 설계 기준에서 한계상태 설계법을 일부 다루고 있음.
- 국내 지반공학분야에서의 연구는 신뢰성 해석에 기초한 말뚝기초의 설계를 중심으로 이루어져 왔으며(Yoon & O'Neill, 1997; 박재현 등, 2008; Lee 등, 2009; Kwak 등, 2010), 비선형 구조물에 대한 추계학적 신뢰성 해석, 신뢰도에 근거한 말뚝의 항태제어 및 지지력 평가연구, 지반-구조물이 동적 상호작용 해석에 확률론적 방법을 적용한 연구 등이 이루어지고 있음.
- 2005년 건설교통부 국가 R&D 사업의 일환으로 “LRFD 기초구조물 설계를 위한 저항계수 결정 연구” 과제가 3년간 수행되었으며, 토목구조물의 기초로 범용화되어 있는 타입강관말뚝, 현장타설말뚝, 직접확대기초를 대상으로 기초구조물의 신뢰성분석을 실시하고 국내 지반특성과 실무특성을 반영한 기초의 저항계수가 산정됨(한국건설기술연구원, 2008)

□ 케이블교량 기초-지반구조물의 설계기술 고도화

- 국내 지반은 비교적 얇은 심도에서 암반층이 나타나는 특성을 보이고 있기 때문에 현장타설말뚝, 앵커리지 등 대형기초의 안정성 확보를 위해 국내에서는 대부분 풍화암 또는 연암에 기초 선단을 위치시킴. 풍화토와 풍화암으로 구성된 풍화대는 선단지지력 또는 주변마찰력이 발현되는 주요 지지층의 역할을 수행하므로, 풍화대 지층의 심도와 그 두께를 결정하는 것은 매우 중요함.
- 경질풍화토에 대한 분류 기준 부재로 인하여 현장타설말뚝의 설계 시 암반층에 선단이 근입된 경우 경질풍화토를 포함한 풍화토 전체의 주변마찰력을 무시하고 보수적으로 설계하는 것이 일반적이므로 장경간 케이블 교량

을 지지하는 지반의 지지력을 보다 정확하고 합리적으로 설정하기 위해서는 경질 풍화토를 포함하여 토사 및 암반 분류 기준이 표준적으로 정립되어야 하며, 이를 토대로 지지력 평가가 필요함.

- Mega foundation에 대한 국내 설계는 지반의 불확실성 및 시공품질의 편차를 고려하여 보수적인 설계가 이루어지고 있는 상황으로서 대규모 구조물 계획에 따라 열악한 지반조건에 적용할 수 있는 기초설계에 대한 연구 필요 → 기존의 암반근입설계가 아닌 주면마찰력을 합리적으로 고려한 설계가 요구되며, 이에 따라 장기 침하거동과 공용중 지지거동 확보를 위한 사용성 기반 설계기법 개발이 시급함.
- 최근 국내 및 해외에서 시공되는 교량의 대형화로 인해 사용되는 말뚝기초 역시 대구경, 대심도화 되는 추세이지만 폐색효과를 고려하는 합리적인 설계기법은 전무한 실정임. 대구경 말뚝의 폐색효과는 말뚝의 직경이 커질수록 그 효과가 현저히 줄어들며, 효과 발현을 위한 관입 깊이 또한 깊어지게 되어, 대구경 항타말뚝을 사용할 경우, 선단 개방형 말뚝 기초의 폐색효과 거동 메커니즘에 대한 정확한 이해와 선단 지지력 감소효과 및 최적 관입 깊이에 대한 이해가 매우 중요함.
- 또한, 대구경, 대심도 항타말뚝은 토사 특성 및 설계법의 종류에 따라 지지력 계산값의 편차가 심하며, 특히 대심도 퇴적층의 장기침하 영향을 고려하여 부마찰력 및 침하량을 산정하는 기법이 정립되어 있지 않음. 그러므로, 대심도 토사지반 항타말뚝의 장기 지지력 및 침하량 산정기법의 개발이 매우 시급함.
- 국내 토목구조물 설계에서는 경제성보다는 안정성에 중점을 둔 설계가 이뤄짐으로써 강결합이 대부분 적용되고 있음. 이러한 강결합 방식의 적용은 구조물의 변위량을 과다하게 제한하여 비경제적인 설계가 될 수 있음. 상부구조의 강성을 고려하지 않고 설계하중에 대한 하부기초의 거동을 상부구조와 분리하여 해석하거나 기초-지반 상호작용을 고려하지 않은 해석을 수행할 경우 전체구조물의 거동을 정확히 예측하지 못하고 비경제적인 설계(단면산정 및 부재력 검토)를 도출함.
- 앵커리지 구조체와 주변 암반의 안정성 검토는 구조설계를 위한 중요한 과제임에도 불구하고 현장 지반의 암반특성에 따른 잠재 활동파괴면에 대한 정확한 예측이 어려움. 암반지반에 설치한 지보재에 대한 연구는 국내 다수의 연구자들에 의해 진행 되었으나 설계 및 해석적 연구실적은 미미한 실정임. 대부분 앵커리지에 대한 안정성 검토는 단순 한계평형해석과 일본의 혼슈시코쿠 연락공단 설계지침을 그대로 차용하여 적용하는 수준으로서 매우 과다한 설계를 도출하고 있는 실정임.

- 국내 케이블교량 대형 교대에 대한 합리적 설계기술 미비로 인해 보수적  
지반 물성 및 토압 적용, 허용응력설계에 기반한 외적 안정성 평가에 머무  
르고 있음. 따라서, 계측기반으로 한 합리적인 하중 조합 결정 및 하중 불  
확실성 평가와 재하시험 자료를 바탕으로 한 지반-교대구조물의 거동평가  
를 바탕으로 한 신뢰도기반 설계기술 확보가 시급함.
  
- 해외 강진지역 내진설계는 기초구조물 및 지반의 소성변형 등의 영향을 고  
려하면서도 구조물의 내진성능 목표수준에 적합하도록 설계함으로써 경제  
적 내진설계를 유도하고 있음. 국내의 경우 보수적 지반가속도 가정 및 의  
사정적 해석에 기초한 과다설계를 유도하고 있는 실정임.

## 2. 특허분석

### 가. 특허 조사방법

#### □ 분석 목적

- 특허조사는 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거 부터 현재까지의 기술동향, 주요 주체별 특허동향을 파악하여 동 연구기획 의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

#### □ 분석절차

- 동 기획에서는 검색대상 기술을 분류하고 조사기간 및 검색범위 설정, 기술 키워드 선정 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

특허분석 절차	세부내용
1 검색대상 기술의 분류	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기획연구진 및 전문가 자문위원회 논의를 통해 검색 대상 기술을 대분류, 소분류로 분류</li> </ul>
2 조사 기간 및 검색범위 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 특허조사 기간 및 특허청 구분에 따른 검색범위 설정</li> <li>■ 특허검색 프로그램 설정(위즈도메인사의 <b>Focust</b>)</li> </ul>
3 기술키워드 선정 및 검색식 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술분야별 전문가 자문을 통해 기술키워드 선정, 키워드에 따른 검색식 설정</li> <li>■ 국제특허분류기준(IPC)에 따라 코드 분류</li> </ul>
4 검색결과 정리 및 노이즈 제거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 해당 기술분야의 특허검색 결과정리</li> <li>■ 기술분야별 전문가 자문을 통한 노이즈 제거</li> </ul>
5 검색결과 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 해당 기술분야의 특허검색 결과정리</li> <li>■ 연도별, 기술분야별, 국가별, 주요출원기관 현황 등 정량분석 수행</li> </ul>

<특허분석 프로세스>

□ 분석범위

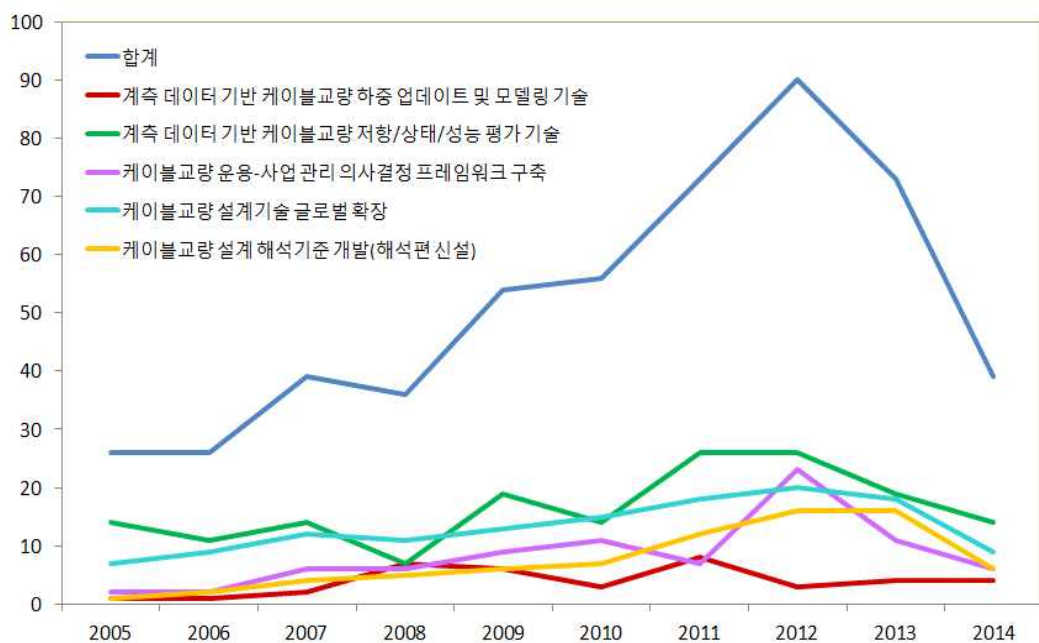
- 특허검색은 6개 대분류, 3개 소분류를 기준으로 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 및 PCT에서 2005년 이후 공개, 등록된 특허를 대상으로 함
- 검색은 위즈도메인사의 Focust를 활용하였으며, 검색식 작성시 기술분야별로 특허청에서 제공하는 국제특허분류(IPC) 프로그램을 통해 section을 구분하여 1차적으로 노이즈를 제거함

나. 특허 정량분석

(1) 전체동향

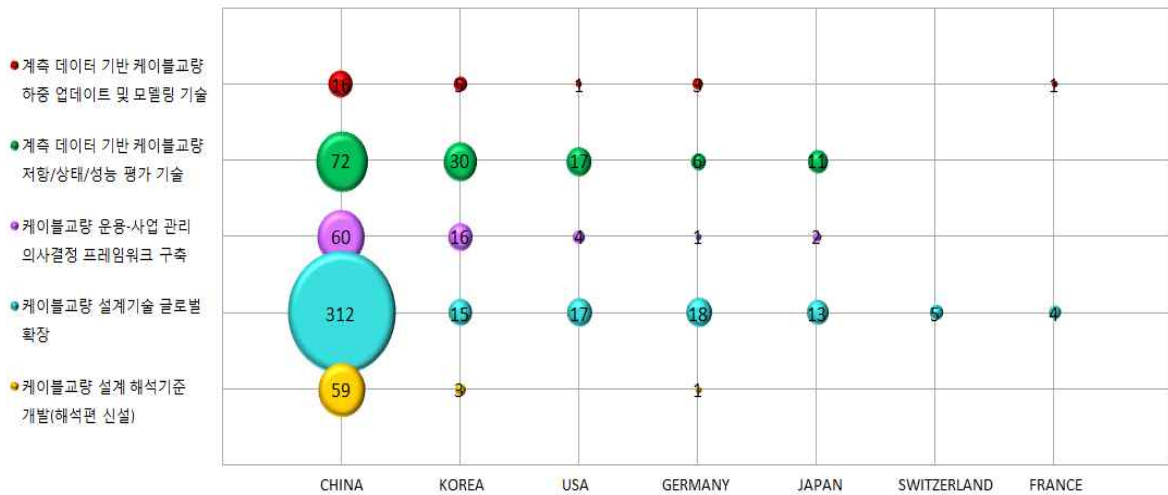
□ 연도-기술분야별 특허출원등록 현황

- 특허 검색 결과 총 719개의 특허가 검색되었고, 그중 계측 데이터기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 3.6%, 계측 데이터기반 케이블교량 저항/상태/성능/평가 기술 19.5%, 케이블교량 운용·사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 11.7%, 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 56.3%, 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 8.9%로 구성되어 있음
- '05년부터 지속적으로 특허출원수가 매년 증가하여 '12년에 90개의 특허가 출원되었음. '12년도 이후에는 출원수가 감소하는 경향을 보였으며, '13년도에 큰 감소율을 보임



□ 국가-기술분야별 특허출원등록 현황

- 검색된 719개의 특허는 중국 72.2%, 한국 9.6%, 미국 5.40%, 독일 4.0%, 일본 3.6%, 스위스 0.7%, 프랑스 0.7%, 이탈리아 0.7%, 네덜란드 0.4%, 캐나다 0.3%, 대만 0.3%, 그리고 기타지역 2%로 구성됨
- 중국이 특허의 대부분을 출원하였으며 특히 케이블교량 설계기준 글로벌 확장 관련 특허와 케이블교량 설계해석기준 개발관련 특허는 다른 나라들 보다 압도적으로 많음

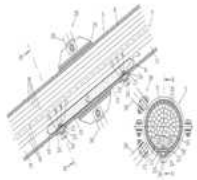
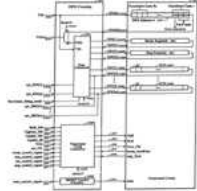
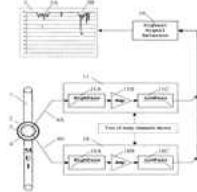
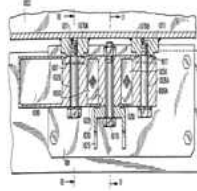



다. 국내의 핵심특허

□ 주요 출원기관 현황

순위	중국		대한민국	
	특허권자	건수	특허권자	건수
1	SOUTHEAST UNIVERSITY	17	한국건설기술연구원	10
2	TONGJI UNIVERSITY	10	유니슨이테크 주식회사	3
3	CHANG'AN UNIVERSITY	9		
4	QINGDAO TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	7		
5	CCCC Second Highway Engineering Co., Ltd.	5		

□ 주요 피인용 특허 정보

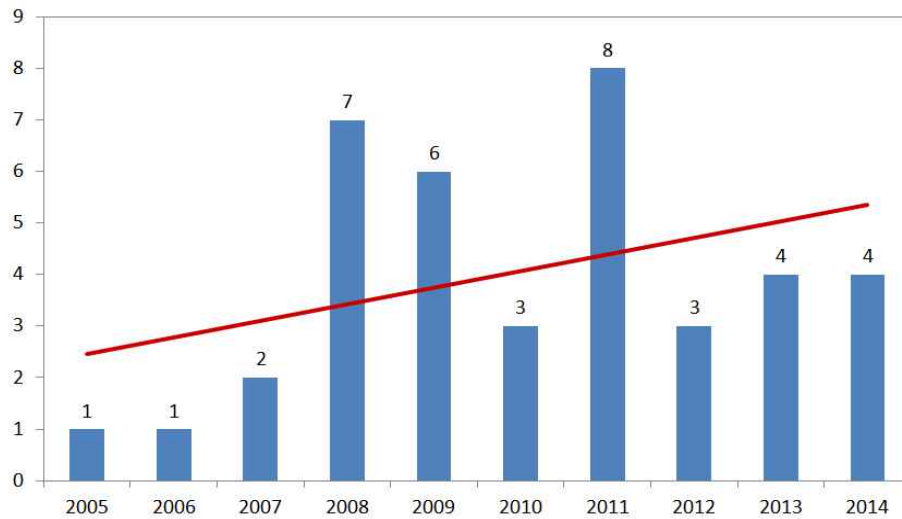
등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US12/102858	Tension member for structures and method for manufacturing the same	DYWIDAG SYSTEMS INTERNATIONAL GMBH	2008	3	
US11/603085	Method and apparatus for diagnosing failures in an integrated circuit using design-for-debug (DFD) techniques	SYNTEST TECHNOLOGIES INC	2006	36	
JP2006235973	Autonomous remaining useful life estimation	TAISEI CORP	2007	14	
US11/271685	Load cells for use in high precision load measuring system	AIS GROUP INC	2005	10	
US12/226910	Methods and apparatus to combine data from multiple source to characterize communication systems	ADAPTIVE SPECTRUM AND SIGNAL ALIGNMENT INC AT&T INTELLECTUAL PTY LLP	2007	16	

(1) 세부기술별 동향

(가) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야 관련 특허동향

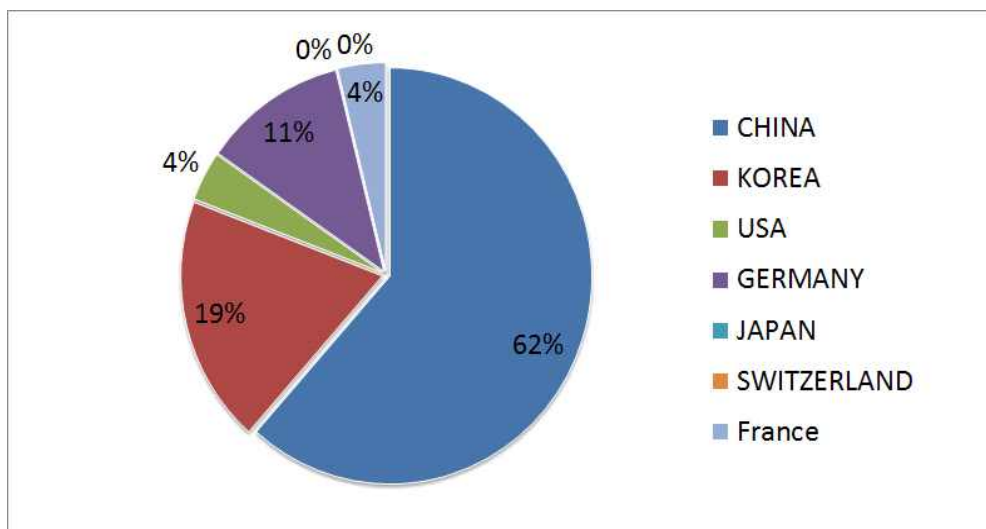
□ 연도별 출원등록 현황

○ '05년도부터 '11년도까지 꾸준히 특허수가 증가하는 추세를 보이고 그 이후로는 정체된 추세를 보임



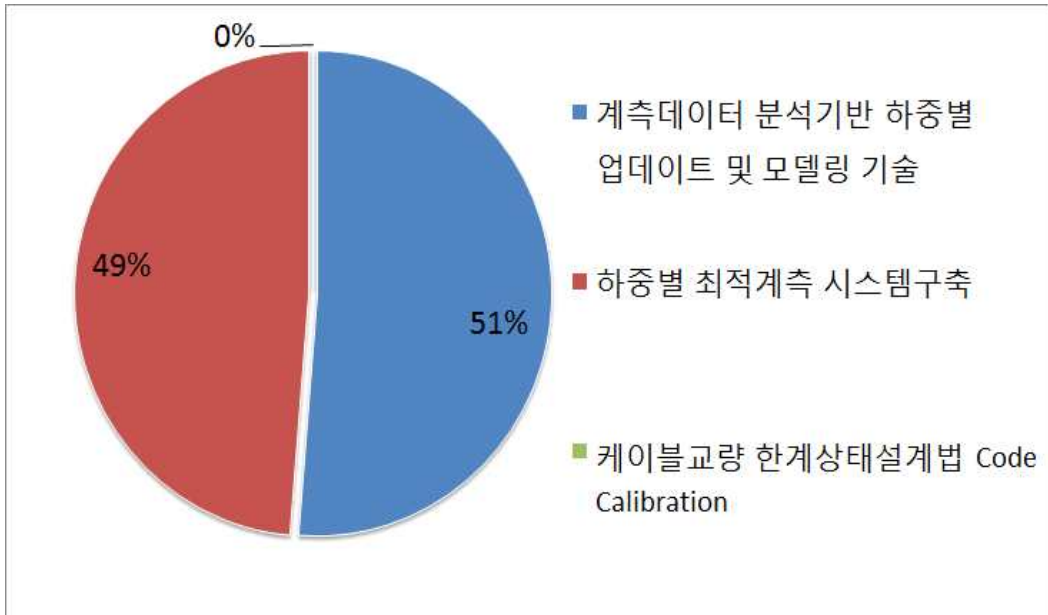
□ 국가별 출원등록 현황

○ 국가별 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야 국가별 특허비율은 중국 62%, 한국 19%, 4%, 독일 11%, 프랑스 4%로 구성됨



□ 기술별 출원등록 현황

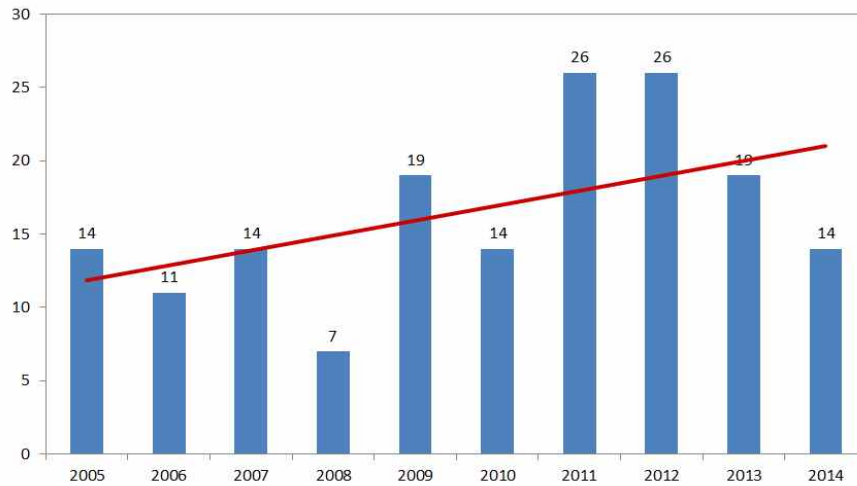
- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야는 계측 데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술 관련 특허가 51%, 하중별 최적계측 시스템구축 관련 특허가 49%로 구성됨. 케이블교량 한계상태 설계법 Code Calibration 관련 특허는 검색된 바가 없음
- 하중별 업데이트 및 모델링 기술 관련 특허수는 '05년도 이후에 꾸준히 증가하다가 '11년도부터 급격히 감소하는 경향을 보임
- 하중별 최적계측 시스템구축 관련 특허수는 '08년도에 최고점을 기록하고 이후로는 감소하는 추세를 보임



(나) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야 관련특허 동향

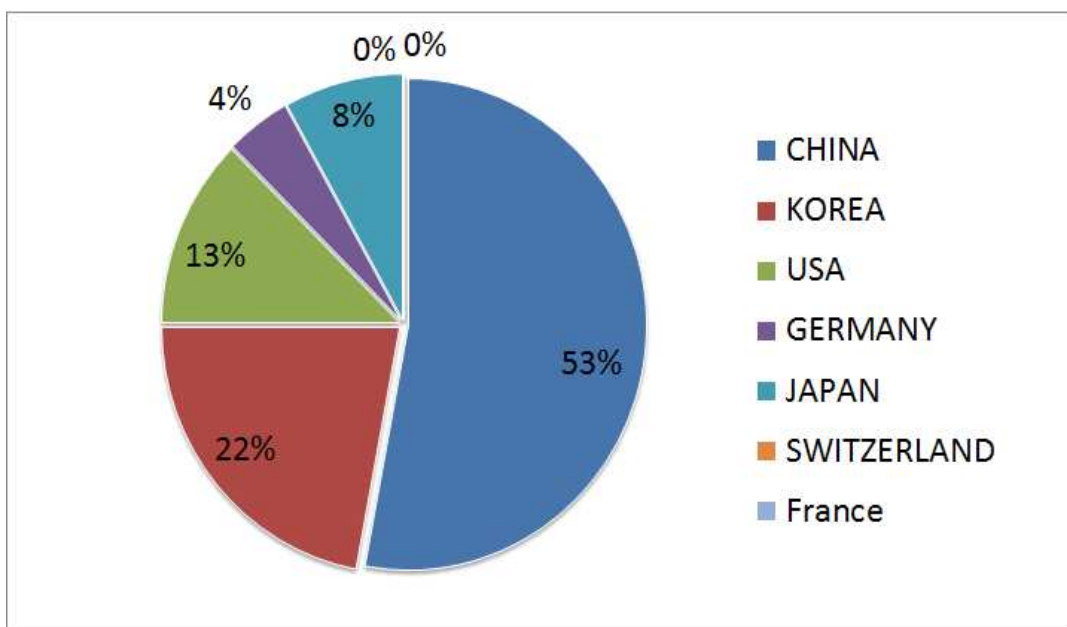
□ 연도별 출원등록 현황

○ '05년도부터 꾸준히 증가하는 추세를 보임. '11년도 이후로는 감소하는 경향을 나타내고 있음



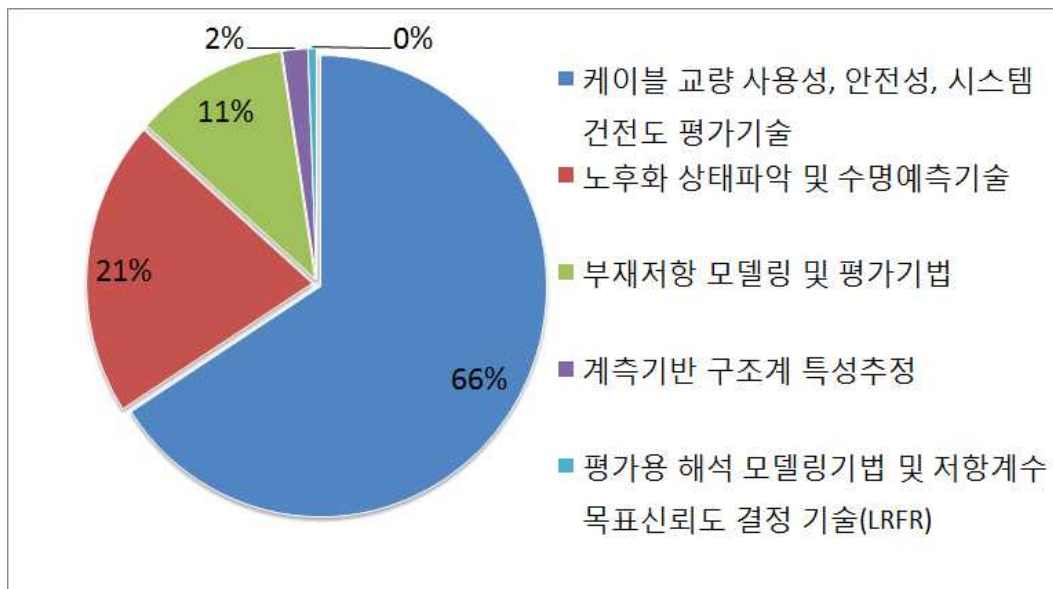
□ 국가별 출원등록 현황

○ 국가별 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야 국가별 특허비율은 중국 53%, 한국 22%, 미국 13%, 독일 4%, 일본 8%로 구성됨



□ 기술별 출원등록 현황

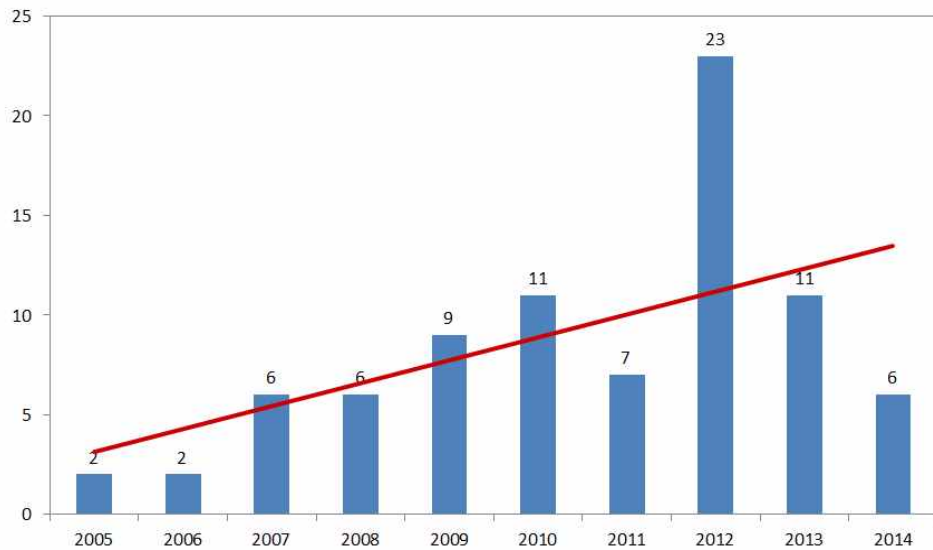
- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야는 케이블교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술 관련 특허가 66%, 노후화 상태파악 및 수명예측기술 관련 특허가 21%, 부재저항모델링 및 평가기법 관련 특허가 11%, 계측기반 구조계 특성추정 관련 특허가 2%로 구성됨. 평가용 해석모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR) 관련 특허는 검색된 바가 없음
- 케이블교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술 관련 특허수는 '05년부터 일정하게 유지되다가 '12년도부터 감소하는 경향을 보임
- 노후화 상태파악 및 수명예측기술 관련 특허수는 '05년도에부터 꾸준히 증가하는 경향을 보이다가 '14년도에 크게 감소함
- 부배저항 모델링 및 평가기법 관련 특허수는 지속적으로 증가하는 경향을 보임
- 계측기반 구조계 특성추정 관련 특허수는 점점 감소하는 추세를 보임



(다) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야 관련특허동향

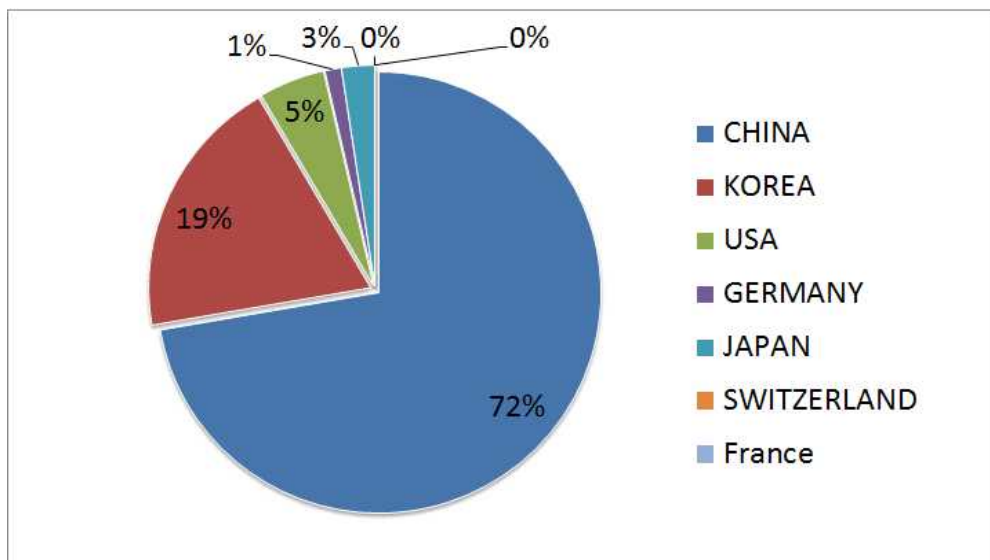
□ 연도별 출원등록 현황

- '05년도부터 꾸준히 증가하는 추세를 보임. '12년도 이후로 크게 감소하는 경향을 보임



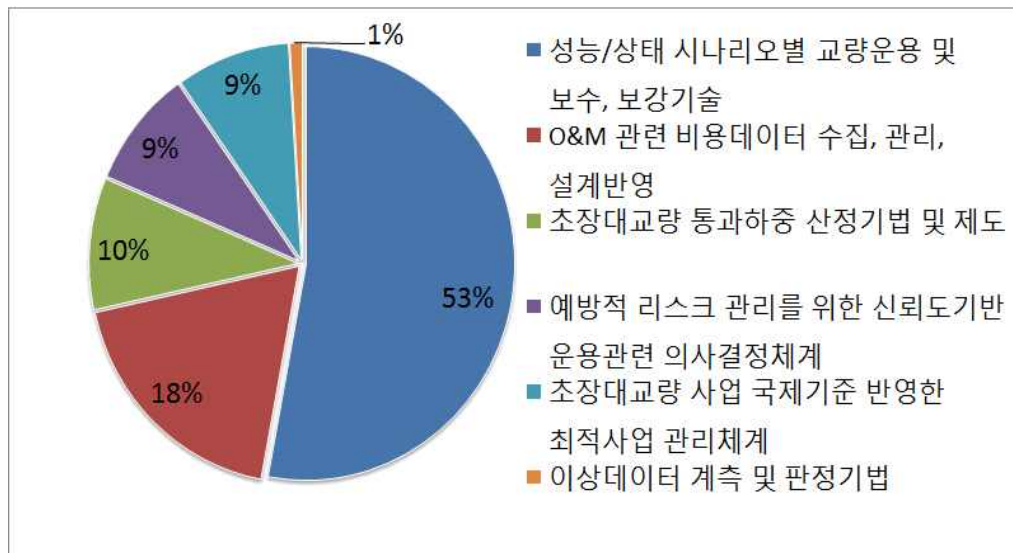
□ 국가별 출원등록 현황

- 국가별 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야 국가별 특허비율은 중국 72%, 한국 19%, 미국 5%, 독일 1%, 일본 3%로 구성됨



□ 기술별 출원등록 현황

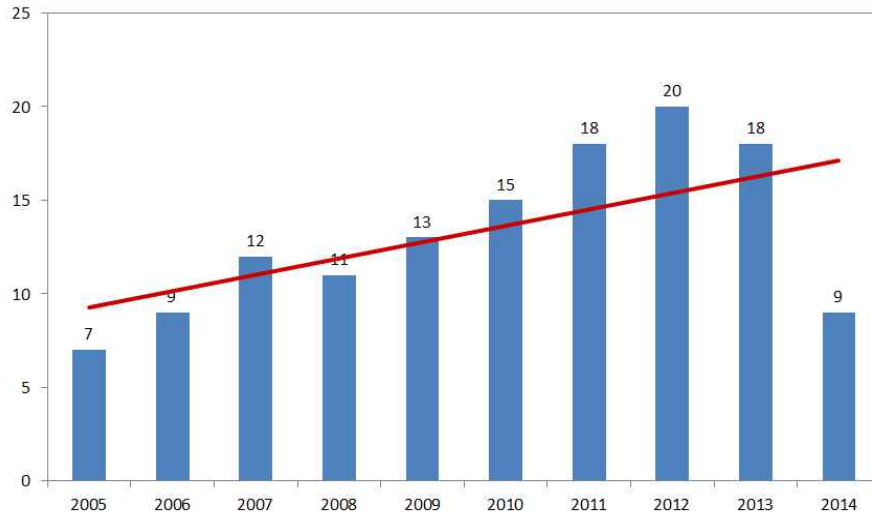
- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야는 성능/상태 시나리오 별 교량운용 및 보수, 보강기술 53%, O&M 관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영 18%, 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도 10%, 예방적 리스크 관리를 위한 신뢰도기반 9%, 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계 9%, 이상데이터 계측 및 판정기법 1% 구성됨.
- 성능/상태 시나리오 별 교량운용 및 보수, 보강기술 관련 특허수는 '05년도부터 꾸준히 증가하는 경향을 보이며 '12년도부터 급격히 감소함
- O&M 관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영 관련 특허수는 점점 증가하는 추세를 보임
- 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도 관련 특허수는 점점 증가하는 추세를 보이다가 '12년도부터 급격히 감소함
- 예방적 리스크 관리를 위한 신뢰도기반 관련 특허수는 조금씩 증가하는 추세를 보임
- 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계 관련 특허는 일정한 추세를 보임



(라) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 관련특허동향

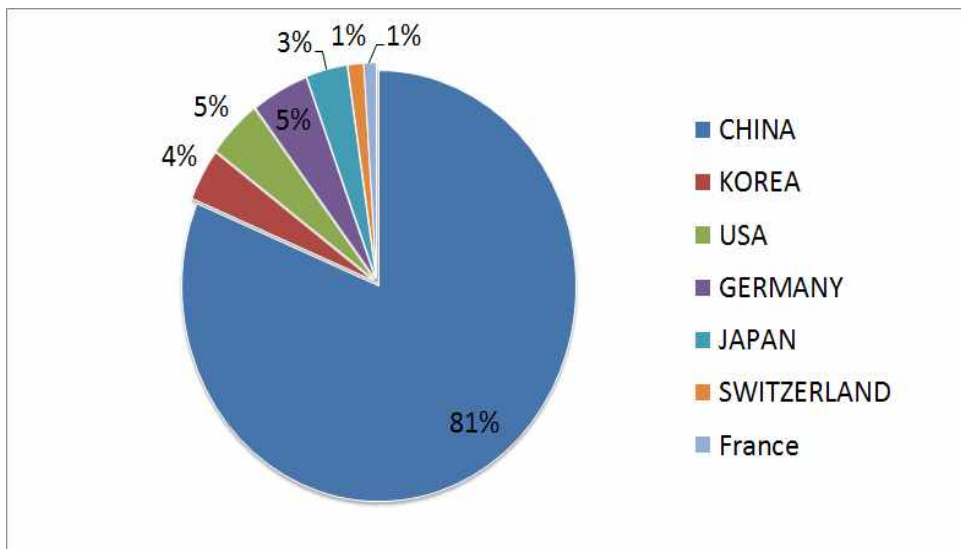
□ 연도별 출원등록 현황

- '05년도부터 꾸준히 증가하는 추세를 보임. '12년도 이후로 감소하는 경향을 보임



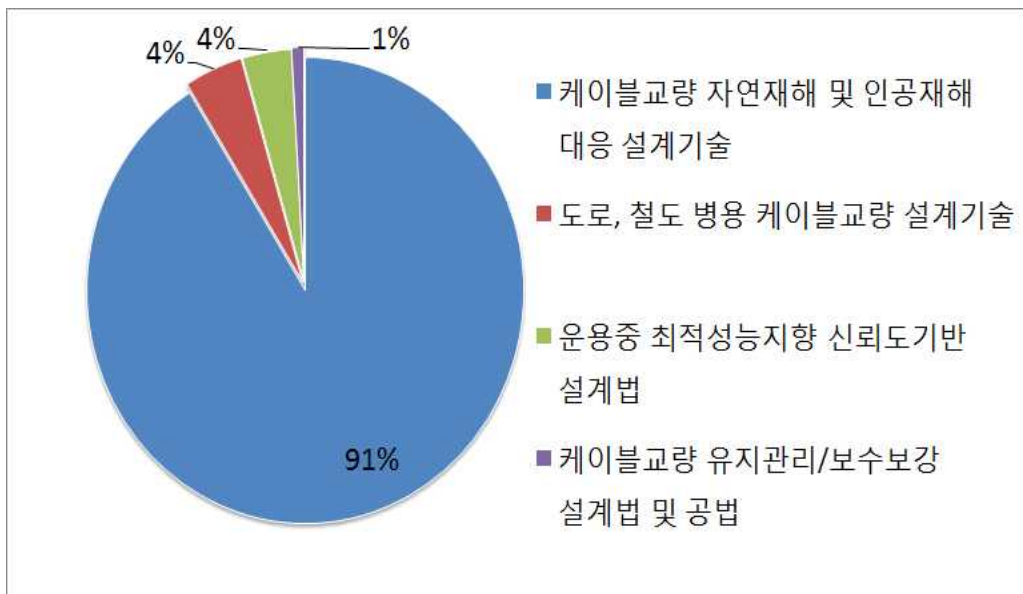
□ 국가별 출원등록 현황

- 국가별 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야 국가별 특허비율은 중국 81%, 한국 4%, 미국 5%, 독일 5%, 일본 3%, 스위스 1%, 프랑스 1%로 구성됨



□ 기술별 출원등록 현황

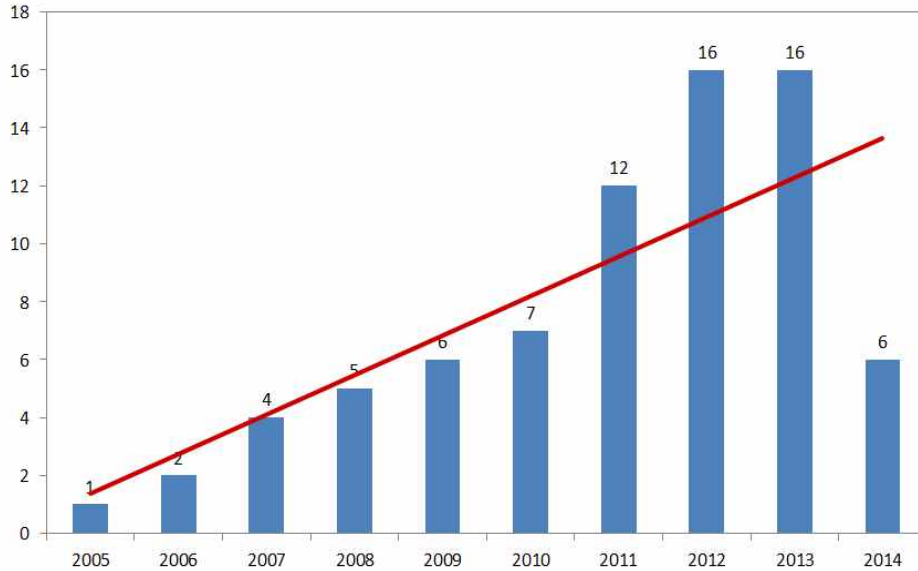
- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야는 케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술 73%, 도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술 12%, 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법 12%, 운용 중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법 3%로 구성됨
- 케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술 관련 특허수는 '05년도부터 꾸준히 증가하는 경향을 보이며 '12년도부터 급격히 감소함
- 도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술 관련 특허수는 일정한 추세를 보임
- 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법 관련 특허수는 점점 증가하는 추세를 보임
- 운용 중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법 관련 특허수는 일정한 추세를 보임



(마) 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야 관련특허동향

□ 연도별 출원등록 현황

- '05년도부터 꾸준히 증가하는 추세를 보임. '13년도 이후로 감소하는 경향을 보임



□ 국가별 출원등록 현황

- 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야의 국가별 특허비율은 중국 94%, 한국 5%, 독일 1% 로 구성됨

1% 0% 0% 0% 0%

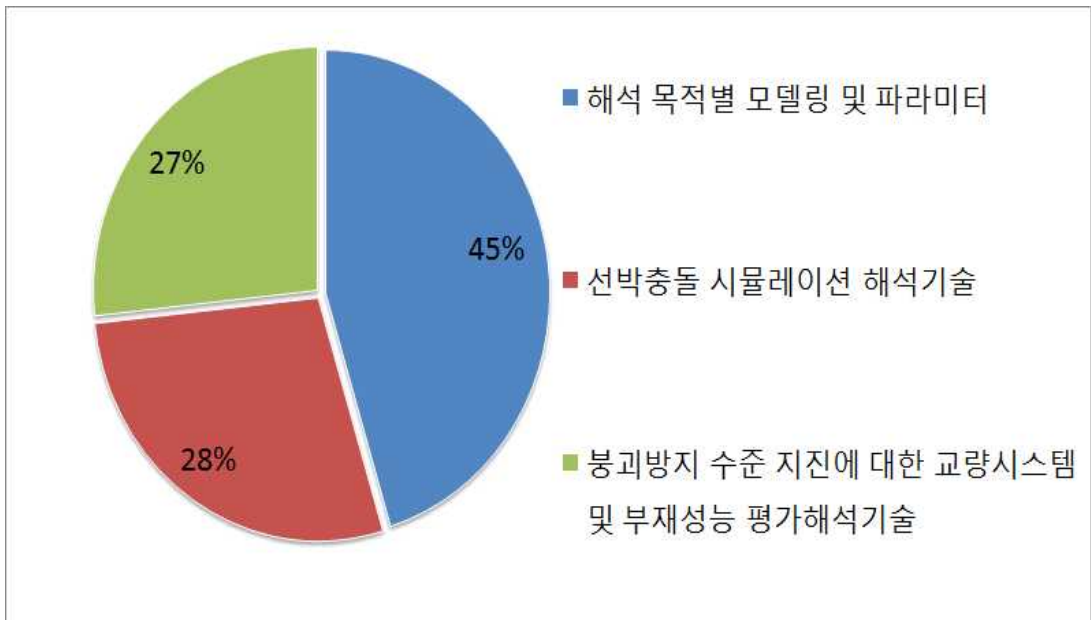
5%

94%

CHINA  
KOREA  
USA  
GERMANY  
JAPAN  
SWITZERLAND  
FRANCE

□ 기술별 출원등록 현황

- 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야는 해석 목적별 모델링 및 파라미터 45%, 선박충돌 시뮬레이션 해석기술 28%, 붕괴방지 수준 지진에 대한 해석기술 27%로 구성됨
- 해석 목적별 모델링 및 파라미터 관련 특허수는 '05년도부터 꾸준히 증가하는 경향을 보이며 '13년도부터 급격히 감소함
- 선박충돌 시뮬레이션 해석기술 관련 특허수는 꾸준히 증가하는 추세를 보임
- 붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술 관련 특허수는 '05년도부터 증가하는 추세를 보이다 '11년도부터 감소하는 추세를 나타냄



## 4. 논문분석

### 가. 논문 조사방법

#### □ 분석 목적

- 논문조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향, 주요 주체별 논문동향을 파악하여 본 연구 기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

#### □ 분석절차

- 동 기획에서는 검색대상 기술을 분류하고 조사기간 및 검색범위 설정, 기술 키워드 선정 및 검색식 설정, 논문 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

논문분석 절차	세부내용
1 검색대상 기술의 분류	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기획연구진 및 전문가 자문위원회 논의를 통해 검색 대상 기술을 대분류, 소분류로 분류 (특허분석 대상과 동일하게 설정)</li> </ul>
2 조사 기간 및 검색범위 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 논문조사 기간 및 검색범위 설정</li> <li>■ 논문검색 프로그램 설정(Thomson innovation)</li> </ul>
3 기술키워드 선정 및 검색식 작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술분야별 전문가 자문을 통해 기술키워드 선정, 키워드에 따른 검색식 설정</li> </ul>
4 검색결과 정리 및 노이즈 제거	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 해당 기술분야의 논문검색 결과정리</li> <li>■ 기술분야별 전문가 자문을 통한 노이즈 제거</li> </ul>
5 검색결과 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 해당 기술분야의 논문검색 결과정리</li> <li>■ 연도별, 기술분야별, 국가별, 주요연구기관 현황 등 정량분석 수행</li> </ul>

<논문분석 프로세스>

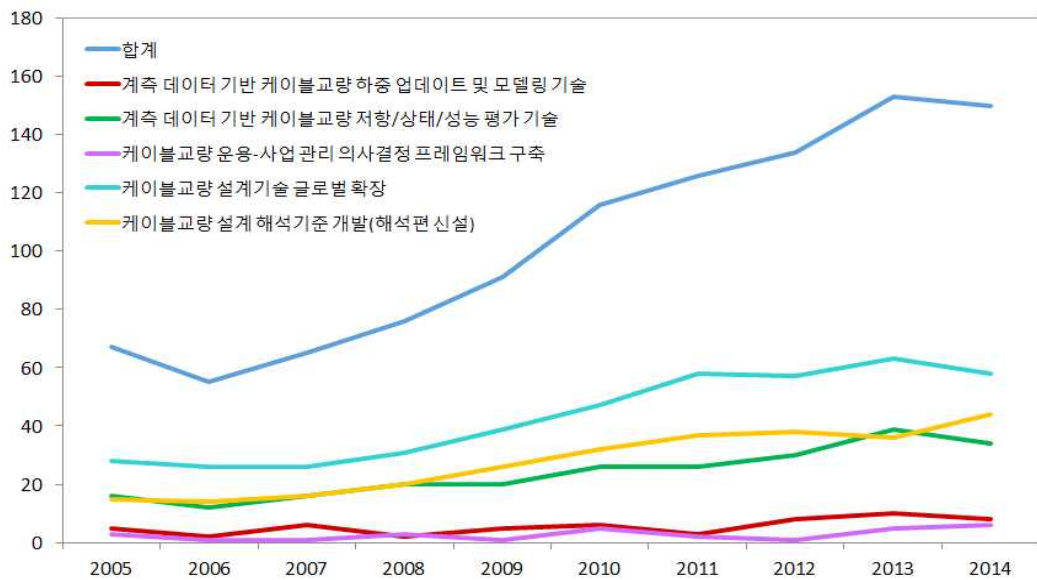
#### □ 분석범위

- 논문검색은 6개 대분류, 3개 소분류를 기준으로 2005년 이후 발표된 논문을 대상으로 함
- 검색은 Thomson innovation 프로그램을 활용함(web of science)

## 나. 논문 정량분석

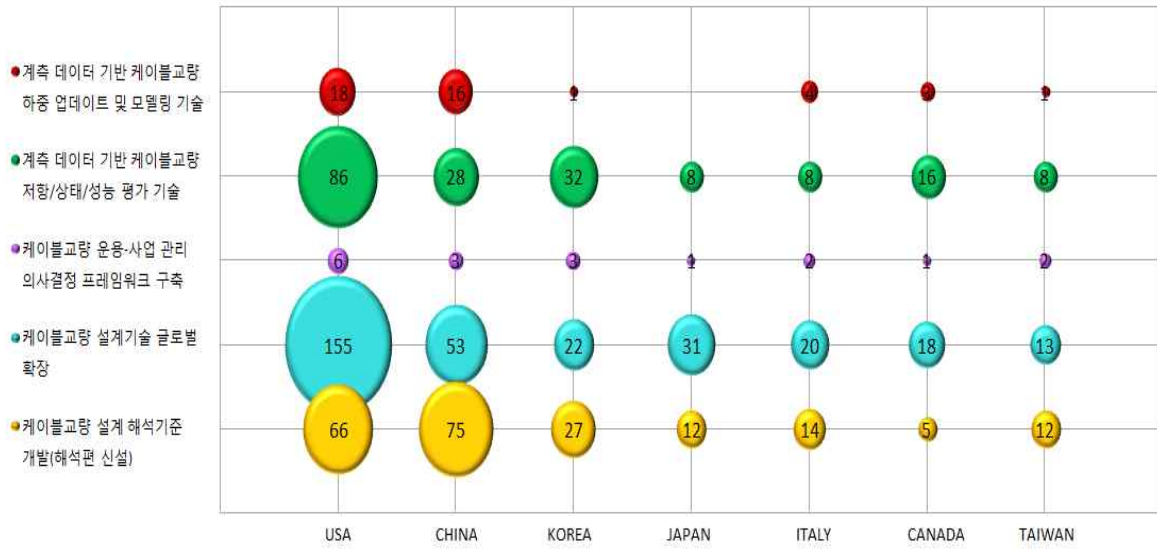
### □ 연도-기술분야별 논문발표 현황

- 논문 검색 결과 총 1040개의 특허가 검색되었고, 그중 계측 데이터기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 5.5%, 계측 데이터기반 케이블교량 저항/상태/성능/평가 기술 23.6%, 케이블교량 운용·사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 2.1%, 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 41.9%, 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 26.9%로 구성되어 있음
- '05년부터 지속적으로 논문발표수가 매년 증가함.



### □ 국가-기술분야별 논문발표 현황

- 검색된 1040개의 논문 중 미국 31.8%, 중국 16.8%, 한국 8.2%, 일본 5.0%, 이탈리아 4.6%, 캐나다 4.1%, 대만 3.5%, 터키 3.1%, 영국 2.8%, 인도 2.4% 등으로 구성



다. 국내의 핵심 논문

□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
SOUTHEAST UNIVERSITY	14	KIM, TH (SAMSUNG CONSTRUCT & TRADING CORP, KOREA)	11	ENGINEERING STRUCTURES	97
TEXAS A&M UNIVERSITY	12	MITOULIS, SA (Aristotle Univ Thessaloniki, GREECE)	7	JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING	39
SUNGKYUNKWAN UNIVERISY	6	WANG, H (SOUTHEAST UNIVERSITY, CHINA)	5	STRUCTURE AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING	9
TONGJI UNIVERSITY	5	FAN, W (TONGJI UNIVERSITY, CHINA)	4	JOURNAL OF WIND ENGINEERING AND INDUSTRIAL AERODYNAMICS	3
SAMSUNG CONSTRUCT & TRADING CORP	4	CUSSON, D (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, CANADA)	3	JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES	3

□ 주요 피인용 논문 정보

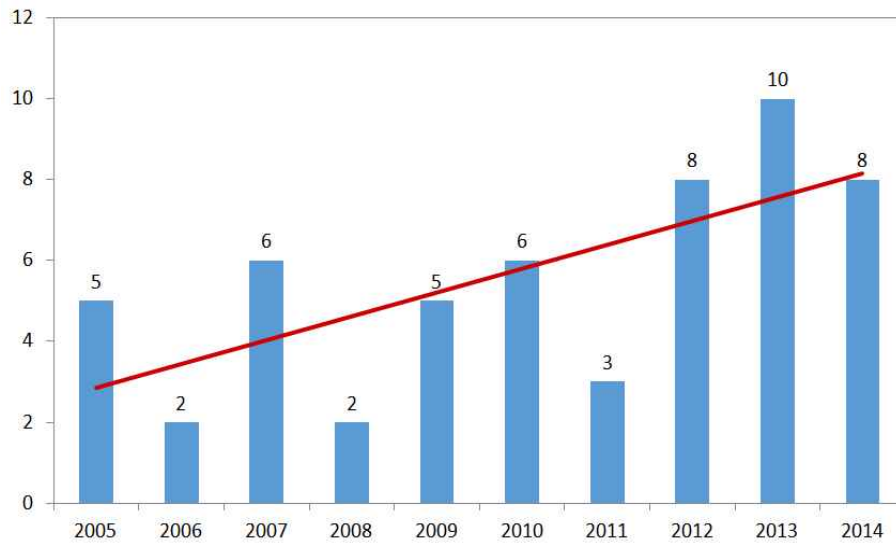
분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	Technology developments in structural health monitoring of large-scale bridges	ENGINEERING STRUCTURES	Ko, JM, Ni, YQ	2005	203
2	Influence of uncertain boundary conditions and model structure on flood inundation predictions	ADVANCES IN WATER RESOURCES	Pappenberger, F   Matgen, P   Beven, KJ   Henry, JB   Pfister, L   Fraipont de, P	2006	105
3	Energy foundations and other thermo-active ground structures	GEOTECHNIQUE	Brandl, H	2006	99
4	Correlating modal properties with temperature using long-term monitoring data and support vector machine technique	ENGINEERING STRUCTURES	Y.Q. Ni, X.G. Hua, K.Q. Fan, J.M. Ko	2005	81
5	A state-of-knowledge review of the influence of strong-motion duration on structural damage	ENGINEERING STRUCTURES	Hancock, J   Bommer, JJ	2006	41

(1) 세부기술별 동향

(가) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야 관련

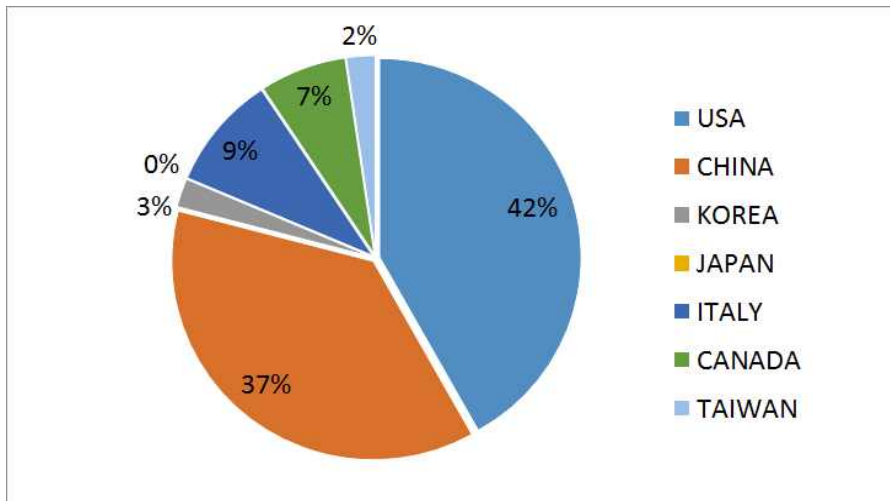
□ 연도별 논문발표 현황

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야 관련 논문발표의 경우, 2013년에 최대 발표 현황을 보였으며 전체 기간 동안 증가하는 추세를 보임.



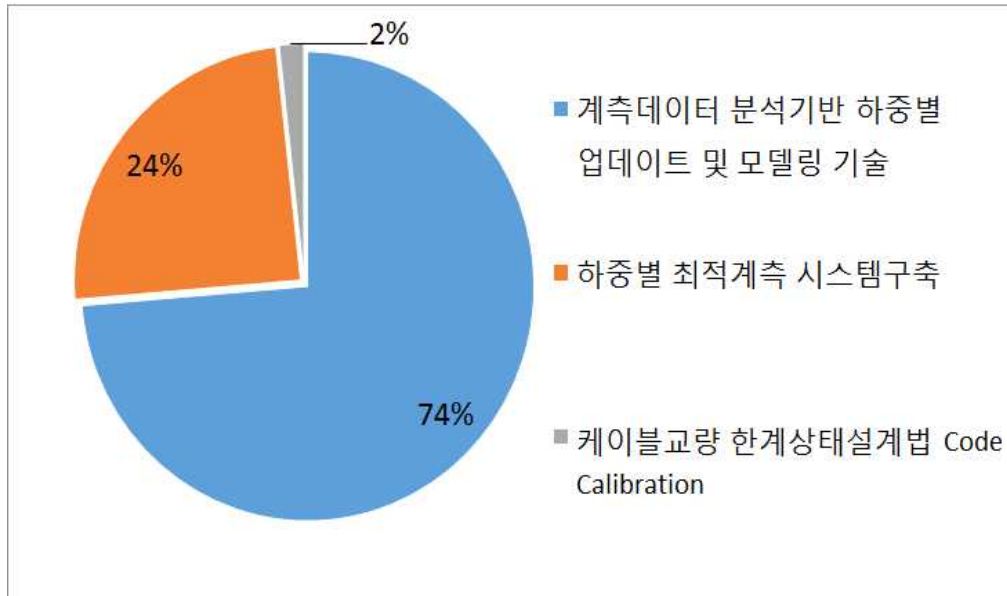
□ 국가별 논문발표 현황

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야의 국가별 논문비율은 미국 42%, 중국 37%, 한국 3%, 이탈리아 9%, 캐나다 7%, 대만 2%로 구성됨



□ 기술분야별 논문발표 현황

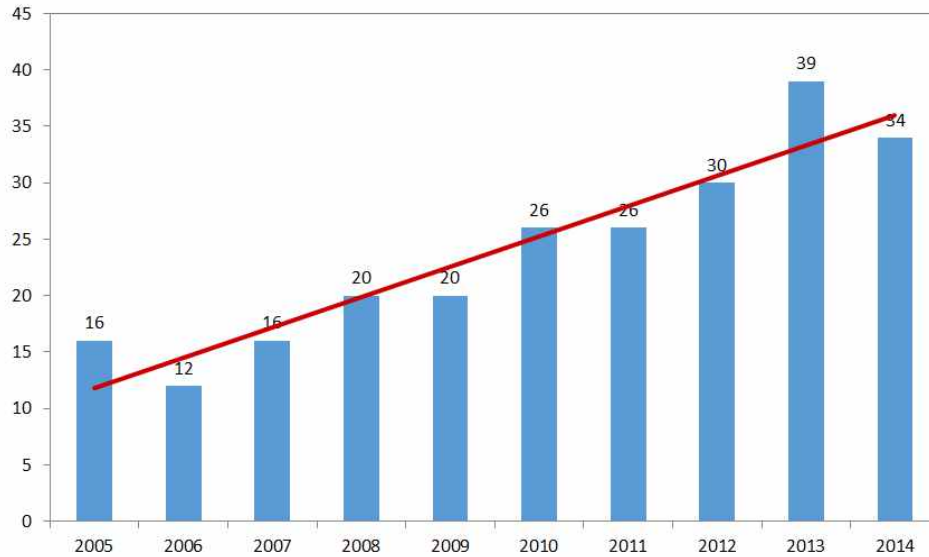
- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술 분야는 계측 데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 관련 논문이 74%, 하중별 최적계측 시스템구축 관련 논문이 24%, 케이블교량 한계상태설계법 Code Calibration 관련 논문이 2%로 구성됨



(나) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야

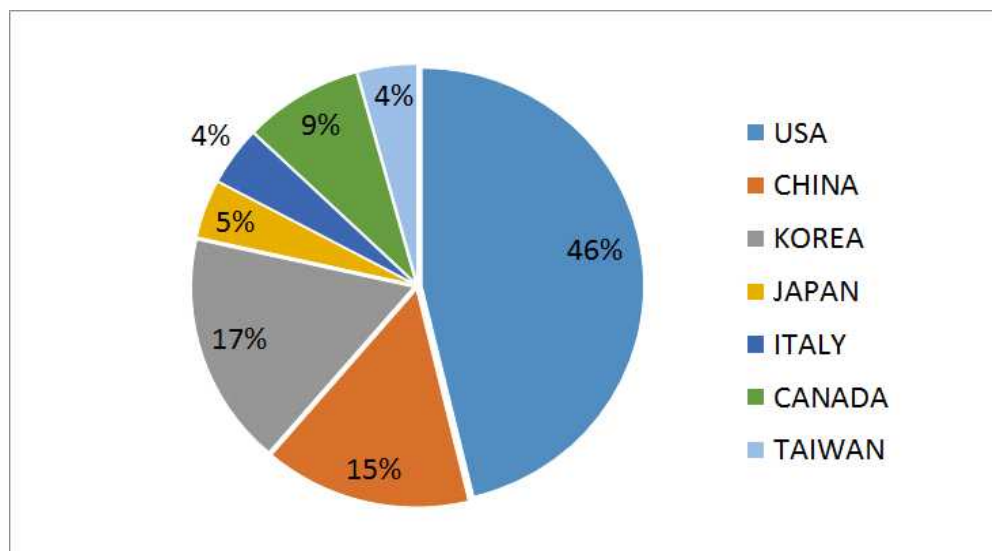
□ 연도별 논문발표 현황

- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야 논문발표의 경우, 2013년에 최대 발표 현황을 보였으며 전체 기간 동안 증가하는 추세를 보임.



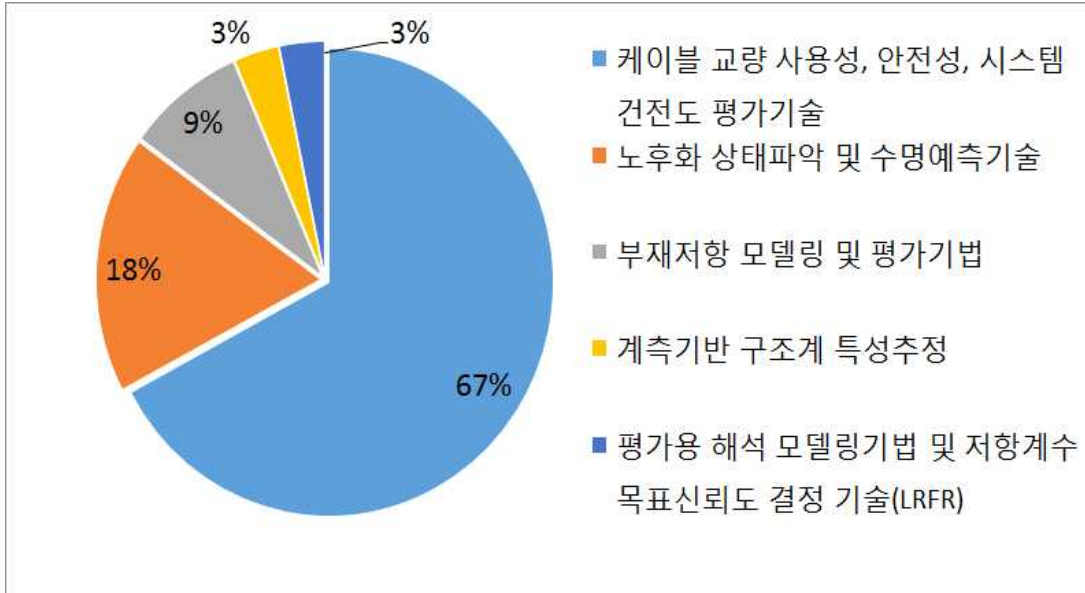
□ 국가별 논문발표 현황

- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야의 국가별 논문비율은 미국 46%, 중국 15%, 한국 17%, 일본 5%, 이탈리아 4%, 캐나다 9%, 대만 4%로 구성됨



□ 기술분야별 논문발표 현황

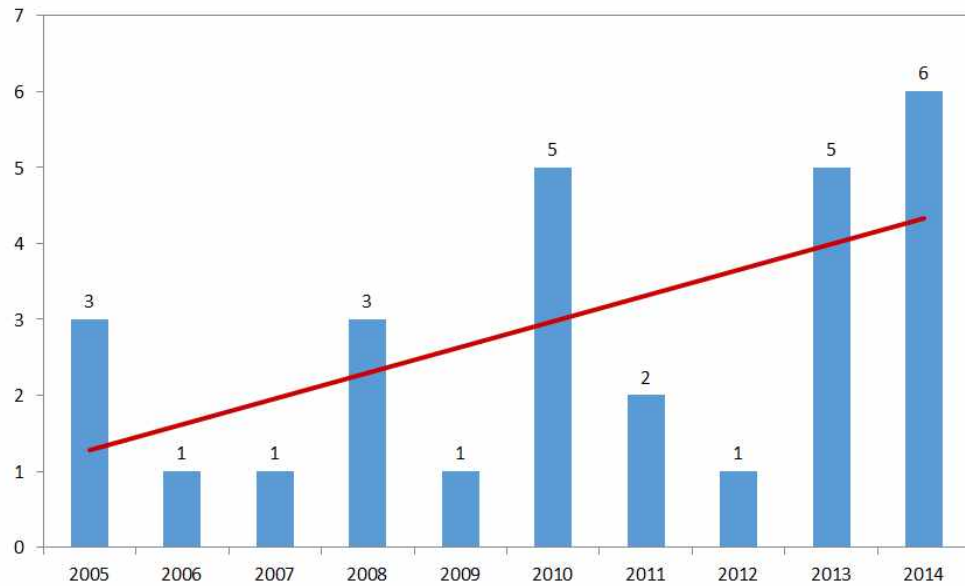
- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술 분야는 케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술 관련 논문이 67%, 노후화 상태 파악 및 수명예측기술 관련 논문이 18%, 부재저항 모델링 및 평가기법 관련 논문이 9%, 계측기반 구조계 특성추정 관련 논문이 3%, 평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR) 3%로 구성됨



(다) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야

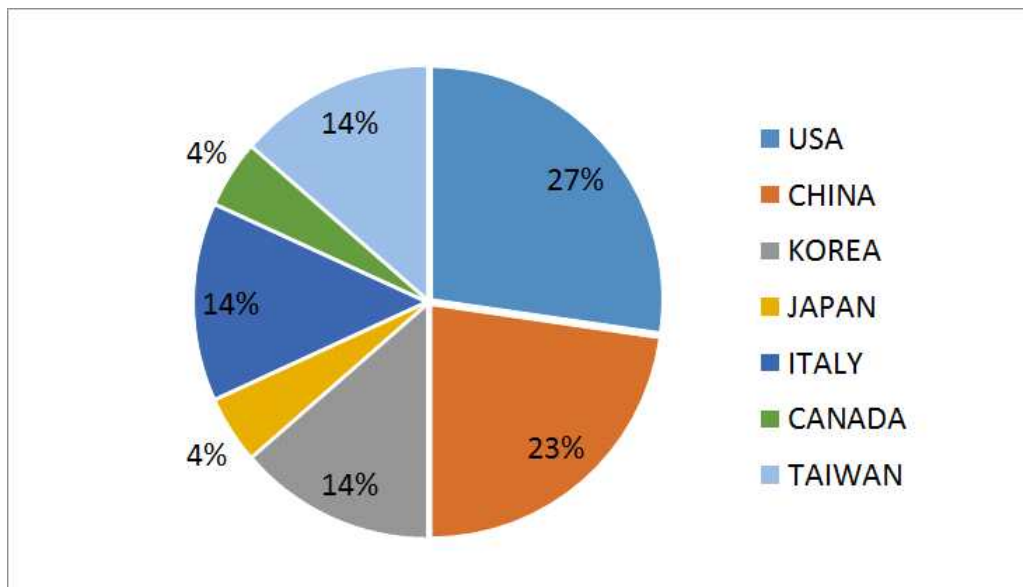
□ 연도별 논문발표 현황

○ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야 논문발표의 경우, 2014년에 최대 등록 현황을 보였으며 전체 기간 동안 증가하는 추세를 보임.



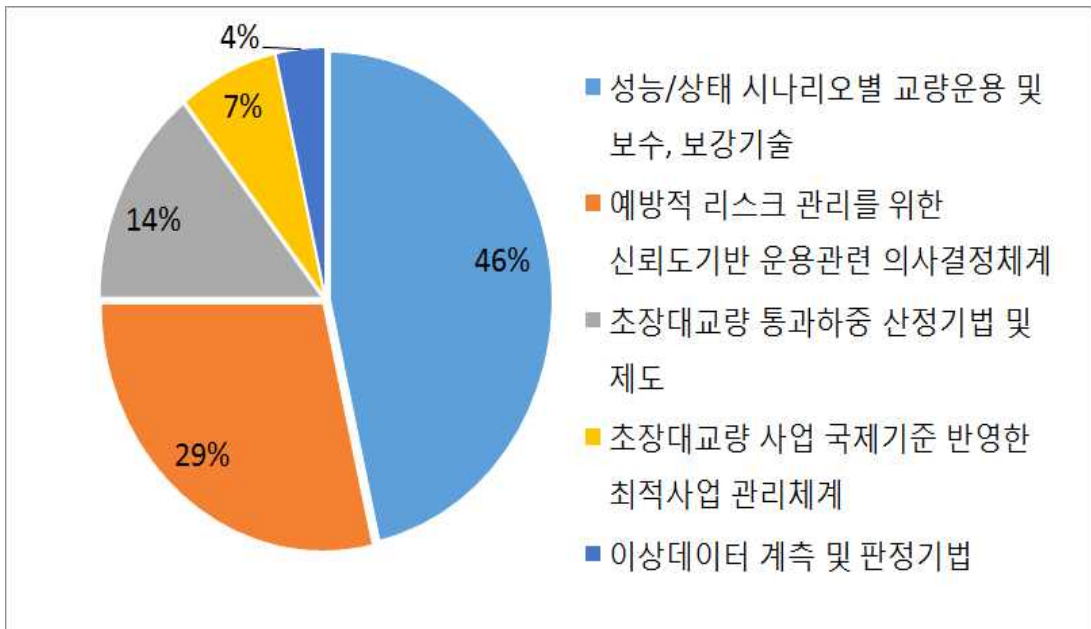
□ 국가별 논문발표 현황

○ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야의 국가별 논문 비율은 미국 27%, 중국 12%, 한국 14%, 일본 4%, 이탈리아 14%, 캐나다 4%, 대만 14%로 구성됨



□ 기술분야별 논문발표 현황

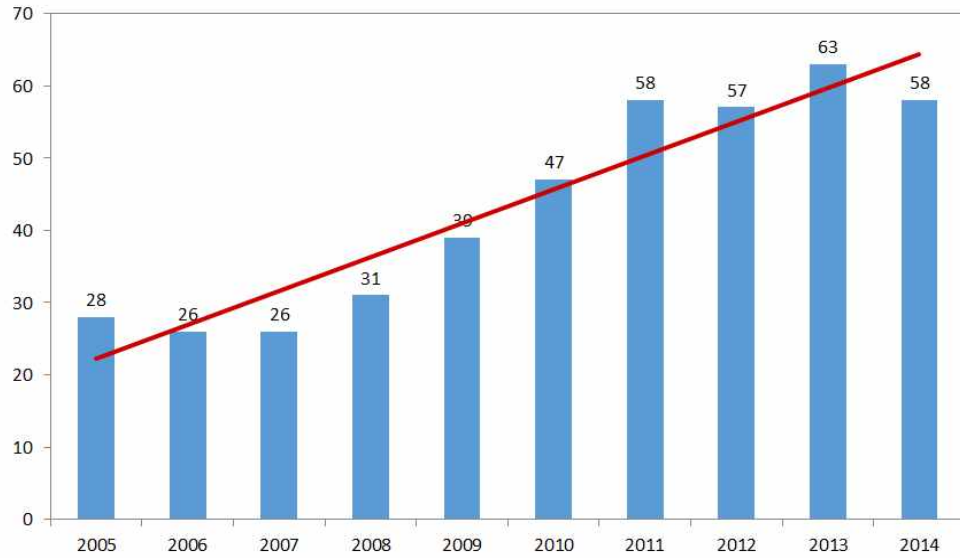
- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야는 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술 관련 논문이 46%, 예방적 리스크 관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계 관련 논문이 29%, 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도 관련 논문이 14%, 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계 관련 논문이 7%, 이상데이터 계측 및 판정기법 관련 논문이 4%로 구성됨



(라) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야

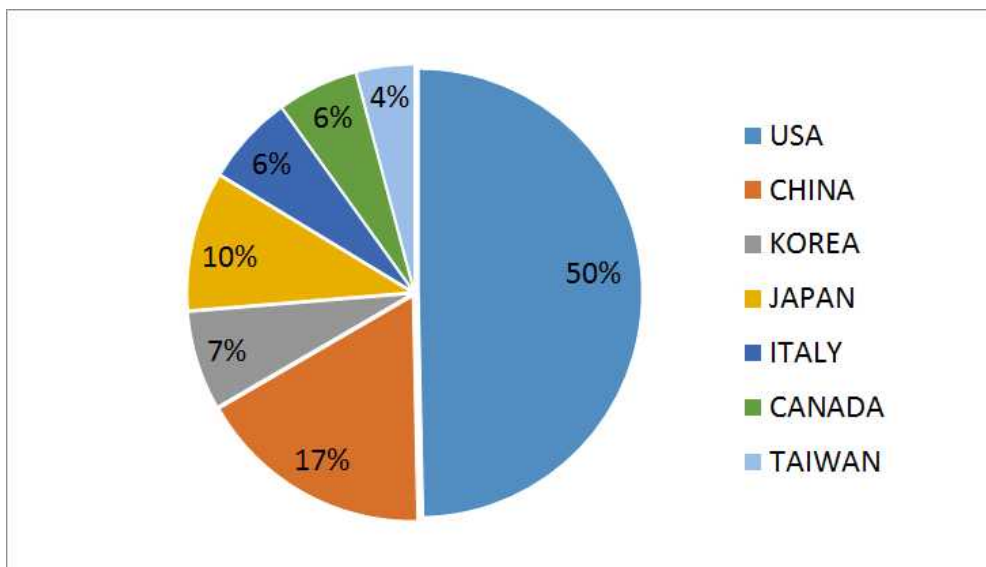
□ 연도별 논문발표 현황

○ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 논문발표의 경우, 2013년에 최대 발표 현황을 보였으며 전체 기간 동안 증가하는 추세를 보임.



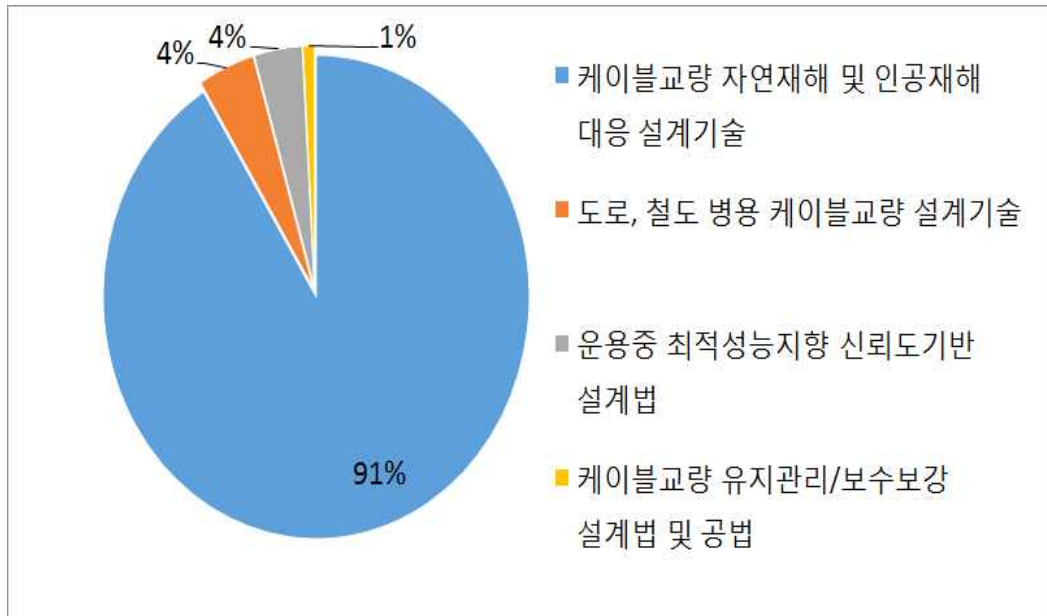
□ 국가별 논문발표 현황

○ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야의 국가별 논문비율은 미국 50%, 중국 17%, 한국 7%, 일본 10%, 이탈리아 6%, 캐나다 6%, 대만 4%로 구성됨



□ 기술분야별 논문발표 현황

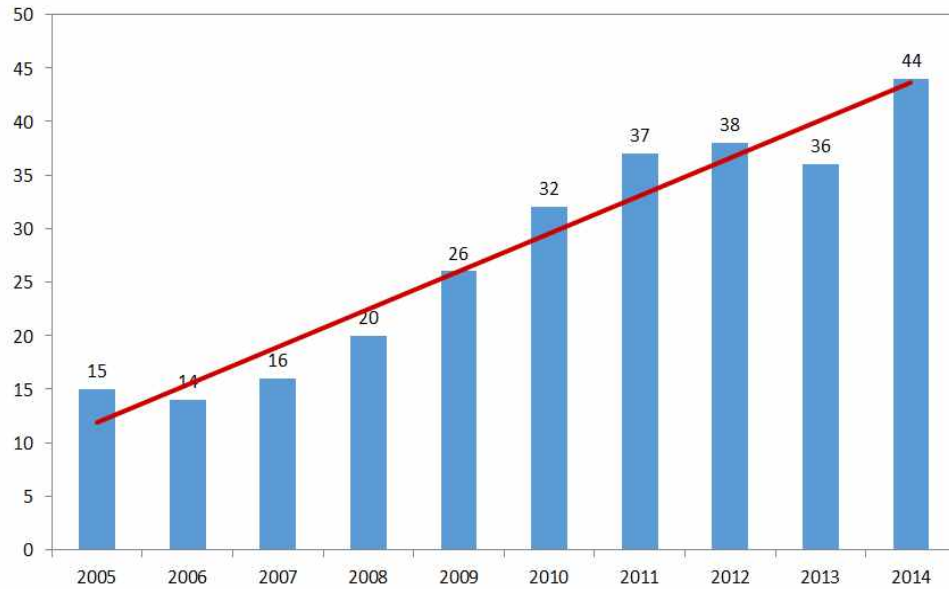
- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야는 케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술 관련 논문이 91%, 도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술 관련 논문이 4%, 운용 중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법 관련 논문이 4%, 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법 1%로 구성됨



(마) 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야

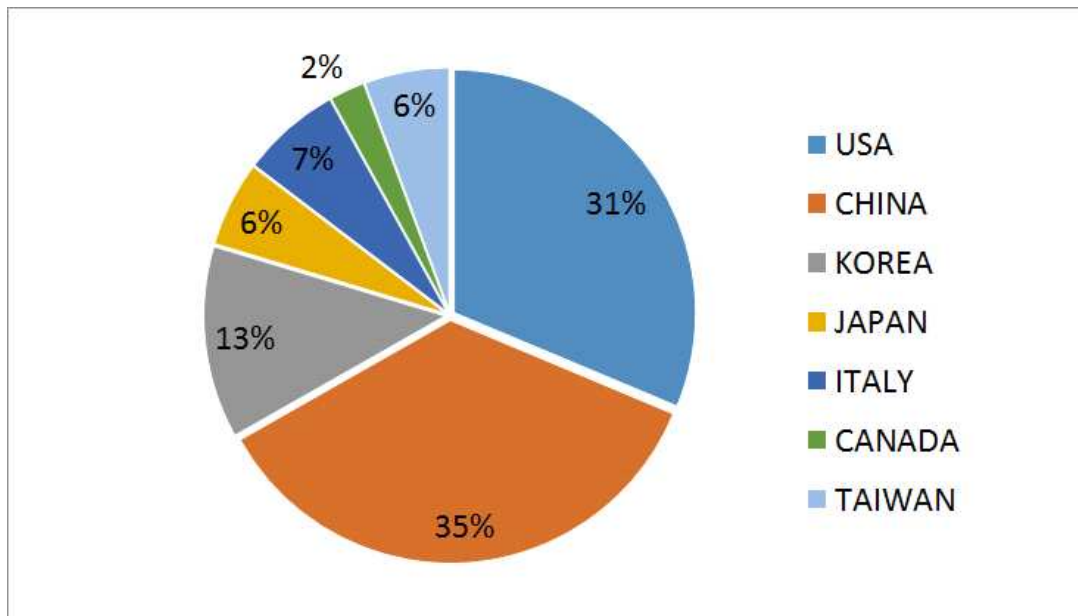
□ 연도별 논문발표 현황

○ 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야 논문발표의 경우, 2014년에 최대 발표 현황을 보였으며 전체 기간 동안 증가하는 추세를 보임.



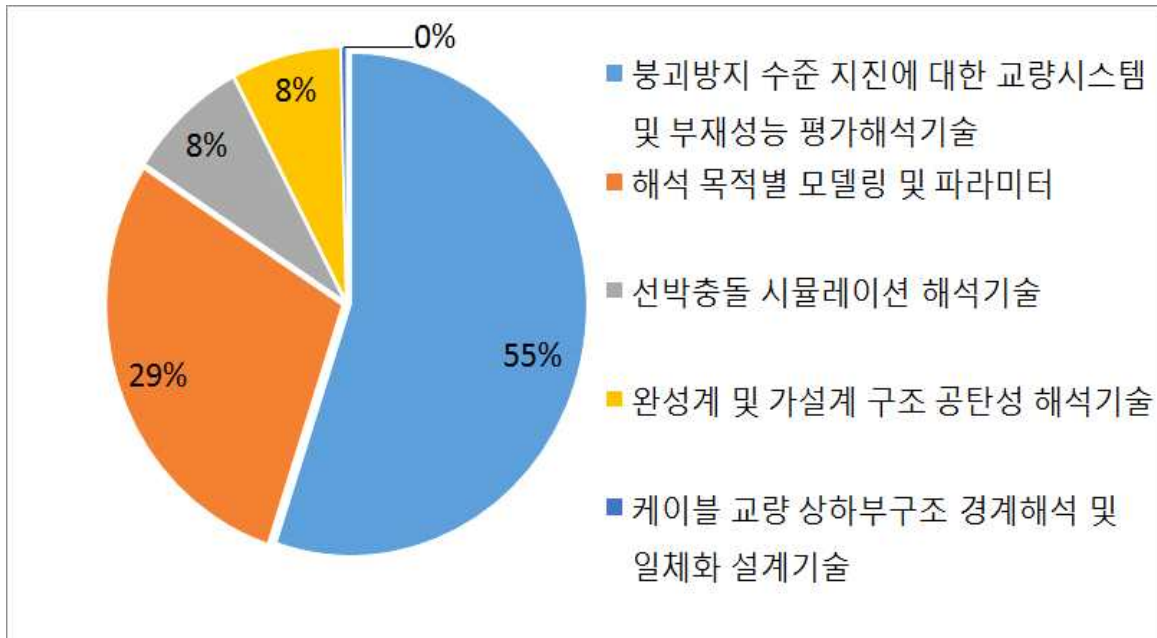
□ 국가별 논문발표 현황

○ 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야의 국가별 논문비율은 미국 31%, 중국 35%, 한국 13%, 일본 6%, 이탈리아 7%, 캐나다 2%, 대만 6%로 구성됨



□ 기술분야별 논문발표 현황

- 케이블교량 설계 해석기준 개발(해석편 신설) 분야는 붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술 관련 논문이 55%, 해석 목적별 모델링 및 파라미터 관련 논문이 29%, 선박충돌 시뮬레이션 해석기술 관련 논문이 4%, 완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술 1%로 구성됨



## 4절. 연구개발 인프라 분석

### 1. 연구인력 인프라

#### 가. 세부기술별 국내 전문가 현황

글로벌 스탠다드에 부합하는 설계철학의 정립 및 설계제안 기술

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
설계기준	강원호	동아대학교	도로교설계기준	AASHTO/혼슈 -시코쿠 연락교 공단 등	
	고현무	서울대학교			
	권영봉	영남대학교			
	김문영	성균관대학교			
	김병석	한국건설기술 연구원			
	김성일	철도기술연구원			
	김승익	세종대학교			
	김우	전남대학교			
	박선규	명지대학교			
	박영석	명지대학교			
	배두병	국민대학교			
	백인열	가천대학교			
	서정인	우석대학교			
	신동구	명지대학교			
	신수봉	인하대학교			
	신현목	성균관대학교			
	심종성	한양대학교			
	이원제	LoadTest Korea			
	이해성	서울대학교			
	정명섭	충북대학교			
정철현	단국대학교				
홍기증	국민대학교				
황원석	인하대학교				
황의승	경희대학교				
황훈희	도로교통협회				
내풍설계	권순덕	전북대학교	장대교량의 내풍설계	AASHTO/혼슈 -시코쿠 연락교 공단	
	김남식	부산대학교			
	김윤식	TE Solution			

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
	김종암	서울대학교		등	
	김호경	서울대학교			
	김희덕	경일대학교			
	이학은	고려대학교			
	최해천	서울대학교			
내진설계 및 해석	김익현	울산대학교	성능기반 내진설계법 제시	AASHTO/혼슈-시코쿠 연락교 공단 등	
	김재관	서울대학교	내진설계 및 해석법 제시		
	신현목	성균관대학교	내진성능평가를 위한 RCAHEST 개발		
	이재훈	영남대학교	철근콘크리트 교각의 성능중심 내진설계법 제시		
	정영수	중앙대학교	철근콘크리트 교각의 성능중심 내진설계법 제시		
	조양희	인천대학교	내진설계 및 해석법 제시		
	하동호	건국대학교	내진설계 및 해석법 제시		
콘크리트 내구성평가기술	김기현	서울대학교	내구성 평가 개발	COWI	
	김지상	서경대학교	신뢰성해석기법		
	장승엽	철도기술연구원	한계상태 모델정립 방법 개발		
	조재열	서울대학교	내구성 평가 개발		
	차수원	울산대학교	염소이온 확산모델링을 통한 내구수명 예측 기법 개발		
상부구조-하부구조/지반의 접합부 설계기술	정문경	한국건설기술연구원	초장대교량 기초/하부구조 기술	Woodward Clyde	
	송명준	현대건설			
	곽기석	한국건설기술연구원			
	김명모	서울대학교			
	박성완	단국대학교			
	김명학	인제대학교			
	최용규	경성대학교			
조천환	삼성물산				
하부구조 설계기준	정충기	서울대학교	도로교설계기준 한계상태설계법 기준 (일반교량 및 케이블교량)	COWI, HSBA, FHWA 등	
	임종석	목포대학교			
	김병일	명지대학교			
	박재현	한국건설기술연구원			
	조성민	한국도로공사			
	정상섭	연세대학교			
장경간 케이블교량 설계기술 글로벌확장 및 고도화	정영훈	경희대학교	대구경 말뚝기초 및 강진지역 내진설계, 상하부구조 접합부 설계	Ove Arup, Fugro 등	
	김성열	동아대학교			
	박두희	한양대학교			
	허정원	전남대학교			
	김동욱	인천대학교			
	이종섭	고려대학교			
	한진태	한국건설기술연구원			

□ 위험도기반 핵심 요소기술 개발 및 검증기술

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
선박충돌 대응 교량설계	이성로	목포 대학교	위험도 배분 및 충돌해석	COWI	
	박진호	(주)유신	충돌 보호공 설계		
	홍석주	(주)서영 엔지니어링			
	조호현	철도기술연구원	선박충돌 해석		
	이만섭	COWI Korea	선박충돌 대응 교량설계		
	양중호	삼성물산			
	안상섭	한국도로공사			
강진대응 설계기술	이재훈	영남대학교	강진대응 설계기술	AASHTO/혼슈-시코쿠 연락교공단 등	
	정영수	중앙대학교			
	조양희	인천대학교			
	하동호	건국대학교			

□ 테스트베드 구현을 위한 기술 개발 및 검증 기술

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술 보유기관	비고
시스템 생애주기 성능 및 신뢰도 확보 기술	고현무	교량설계핵심 기술연구단	신뢰도기반 설계기법	AASHTO/HSBA	
현수교 구조시스템	이명재	(주)유신	장대교량 관련 기술개발 및 다수의 장대교량 설계실적	COWI/CHODAI	
사장교 구조시스템	서석구	(주)서영 엔지니어링	설계지침과 연계한 장경간 사장교 Prototype design	COWI/CHODAI	
테스트베드 구현	김우중	DM	테스트베드 구현	COWI/HSBA	
	박찬민	한국도로공사			
	변형균	BNSE			
	조경식	DM			

□ 미래형 구조시스템 개발

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
다경간 현수교	최동호	한양대학교	-	HSBA	
사장-현수 복합교량	최동호	한양대학교	-	HITACHI	
사장교, 현수교 설계기술	유동호	엔비코	사장교, 현수교 설계기술	HSBA	

□ 랜드마크적 가치창출을 위한 계획 및 개념설계기술

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
조명디자인	고기영	(주)비즈로	교량 및 구조물의 경관조명 시각디자인	Dissing+Weitling	
미래형 초장대교량 계획기술	고현무	교량설계 핵심 기술연구단	미학적 설계	Dissing+Weitling	
컨셉디자인	김남희	서울대학교	구조물의 미학적 설계	Dissing+Weitling	
컨셉디자인	신승수	(주)디지오즈건축사사무소	교량설계 청파지구 경관설계 도시마스터플랜	Dissing+Weitling	
컨셉디자인	임윤묵	연세대학교	교량 및 구조공학	Dissing+Weitling	

□ 풍동실험 및 내풍설계기술

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
풍동실험	이학은	고려대	단면 및 전교 모형 실험	BMT (영국) Force Technology (덴마크) RWDI (캐나다) Mel 컨설파트 (호주)	
	권순덕	전북대	단면 및 전교 모형 실험		
	김희덕	경일대	단면 및 전교 모형 실험		
	김윤석	TE Solution	단면 및 전교 모형 실험		
	김영민	(주)대우건설	단면 및 전교 모형 실험		
CFD	이승수	충북대	2D 및 3D CFD	COWI (덴마크)	
	김종암	서울대	2D 및 3D CFD		

□ 장경간 케이블교량 통합운영시스템

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
장경간 케이블교량 효율적 유지관리체계	서해대교 관리소	한국도로공사	서해대교 유지관리	본주사국연락교 고속도로(주)	
	신공항하이웨이	신공항하이웨이	영종대교 유지관리		
	김규선 이상철	한국시설안전 기술공단	특수교 유지관리 매뉴얼		
	김성곤	서울산업대학교	서해대교, 영종대교 유지관리 기본체계 구축		
U-재난관리시스템 설계기술	도로처	한국도로공사	재난·도로관리 통합정보시스템	본주사국연락교 고속도로(주)	
차세대 구조건전성모니터링시스템(SHMS) 알고리즘 개발	배인환	신공항하이웨이	영종대교 계측시스템 운영 및 데이터 분석	Hong Kong SAR(중국), Los Alamos (미국)	
	특수교량 유지관리 센터	한국도로공사	서해대교 계측시스템 구축 및 데이터 분석		
	이정석	한국시설안전 기술공단	인터넷기반 구조건전도 모니터링 시스템 개발		
	손훈	KAIST	무선계측용 압전센서 개발		
사용자중심 확장형 계측시스템 개발	김규선	한국시설안전기술 공단	국도상 특수교량 계측시스템 통합	Fururtec	
교량관리시스템(BMS) 기반 통합운영시스템 개발	서해대교 관리소, 특수교량 유지관리 센터	한국도로공사	서해대교 교량관리시스템 구축 및 운영, 통합관리시스템 구축	Storebelt	
	하강희	신공항하이웨이	영종대교 교량관리시스템 운영		

□ 차세대 모니터링 기술

세부기술	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고 기술보유기관	비고
GNSS기반 케이블교량 모니터링 및 주케이블 평가 기술	배인환	신공항 하이웨이	영종대교 GPS 시스템 구축 및 운영	Trimble, Leica	
	김원	이제이텍	인천대교, 서해대교 GPS 형상관리 시스템 구축		
사장재 케이블 영상기반 진동 감지 기술	김남식	부산대학교	영상처리기법을 이용한 다중변위응답 측정	University of Southern California(미국), 유레툴(일본)	
	김병화	경남대학교	카메라를 이용한 구조물의 동특성 추출		

□ 연구 인력 인프라

- 핵심설계분야인 신뢰도기반 설계, 개념설계, 내풍설계, 극한사건 대응설계 기술의 국내주요 연구인력 인프라는 다음과 같음.

핵심기술		국내 연구진(수행가능)	국외 선도 기관 및 연구진
신뢰도기반 설계 기준		교량핵심기술연구단/서울대학교	미국: AASHTO(LRFD) 유럽: CEN(Eurocode)
개념설계		(주)유신 서영엔지니어링 평화엔지니어링 DM	COWI(덴마크) LAP(독일) Ove Arup(영국) Maunsel(영국) TY Lin(미국)
내풍설계	내풍단면	이상기후연구단 내풍연구단 TE Solution	COWI, IBIDAS: DVMFLOW 활용 TDV: RM(현재 국내 설계사 활용)
	풍동실험	대형풍동실험실(전북대) 풍동실험실(대우건설) TE Solution	덴마크: DMI 일본: PWRI, 동경대학교 캐나다: Ontario University
극한사건	선박충돌	지오센트리퓨지 실험시설/ 서울대학교	Delft 공대(네덜란드) UC Davis, RPI(미국)
	대형지진	지진공학회/서울대학교	Geodynamique&Structure (프랑스, Rion Antirion교)

- 그 외에 국내 토목분야의 공공연구기관 및 대학에서 박사급 3,200여명을 포함한 8,000여명의 연구인력 확보하고 있으며 민간업체에서도 5,000여명의 자체적인 연구원을 보유하고 있어 연구개발을 위한 인력은 충분할 것으로 예상

구 분	공공연구기관			대학			민간업체	
	연구원		공학분야 비율(%)	연구원		공학분야 비율(%)	연구원	공학분야 비율(%)
	박사급	석사급		박사급	석사급			
2005년	226명	148명	4.7	2,903명	1,485명	14.4	5,636명	4.4
2004년	210명	134명	5.0	2,851명	1,236명	13.9	4,740명	4.2
2003년	546명		6.8	3,866명		13.9	4,433명	4.3

□ 산업기술인력 인프라

○ 토목인력 현황

- 국내 토목기술자는 18만명에 달하며 이 중 22% 해당하는 4만명의 사람들이 특급기술자로 분류되나 국제인증 기술자는 150여명에 불과
- 특급 기술자가 많이 분포하고 있어 국내 건설산업은 성숙기로 판단되나 해외 사업 진출을 위해서는 국제 인증 기술자 양성 필요

○ 장대교량 경험 인력 및 업체

- 현재 전체 토목 기술자 중 1%에 해당하는 1,800여명의 기술자가 장대교량의 설계 및 시공경험이 있으며 이 중 45%에 해당하는 사람들은 특급기술자임.
- 장대교량 분야는 건설산업 중에서 특급기술자들이 많이 요구되는 분야로서 향후에도 장대교량 전문 특급 기술자 양성 필요
- 국내에 장대교량의 설계경험이 있는 설계사는 3~5여개 정도가 있으며 시공경험이 있는 대형 시공사도 5개 정도 보유

인력구분	토목 기술자 현황					국제인증 기술자
	특급	고급	중급	초급	계	
기술 자격자	특급	고급	중급	초급	계	APEC civil eng.: 46명
	24,193명	6,590명	9,245명	39,770명	79,798명	
학력 경력자	특급	고급	중급	초급	계	Structure eng.:10명 P.E: 100명
	16,104명	7,850명	9,671명	58,456명	92,081명	
계	40,297명	14,440명	18,916명	98,226명	171,879명	156명

구분	인력현황(장대교량 유경험자)				
	특급	고급	중급	초급	계
설계사	181명	194명	27명	79명	481명
시공사	646명	220명	177명	316명	1,359명

## 2. 실험장비 및 관련 기자재 인프라

### □ 연구 기자재 인프라

- 피로시험기, 액츄에이터, UTM, 풍동실험실, 진동대 등 장대교량 연구에 필요한 주요 기자재 국내 보유
- 초장대교량에서 중요한 케이블과 관련된 시험장비들은 보유하지 못하여 이는 외국에 의존해야 하는 실정
- 최근 외국에서 중요 건설자재들에 대한 인증을 강화하여 자국 제품에 대한 보호막으로 활용하고 있는바 국내 생산 제품과 더불어 시험장비와 국제 시험기관 인증을 확보

연구 기자재	용량	수량
피로 시험기	최대용량 25 ~ 200톤 장비	4대
정적 액츄에이터	최대용량 10 ~ 350톤 장비	28대
동적 액츄에이터	최대용량 10 ~ 350톤 장비	26대
UTM	최대용량 100 ~ 1,000톤 장비	10여대
풍동실험실	최대풍속 30m/s	7개
구조용 진동대	최대용량 0.5 ~ 60톤	11대
원심모형실험시설	회전반경 3.0m, 최대 용량 120g-tons 4자유도	3대
조파수조	3D, 최대 규모 69×37×4.5	11대

실험시설명	시설개요	소재지
하이브리드 구조 실험시설	건축물, 장대 교량 등 구조모형을 컴퓨터와 연결시켜 구조 해석	명지대 (용인캠퍼스)
지오센트리퓨지 실험시설	지반구조물의 모형을 고속으로 회전시켜 실제 지반의 응력상태 재현/ 진동대 및 4축 로봇의 도입으로 다양한 실험	KAIST
다지점 가진 대용량 지진모사 실험시설	건축물, 장대교량 등 구조모형을 설치하여 내진안전성 실험/ 3지점 연동으로 대형구조물의 진동대 실험가능	부산대 (양산캠퍼스)
첨단 건설재료 특성/성능 실험시설	콘크리트, 강재 및 신소재 등의 재료적 성질 정밀분석, 실험재료 파괴, 화학성분 분석/ 7개의 세분화된 실험실에 45여종의 실험장비를 구비하여 다양한 실험 가능	계명대
대형 장대구조물 풍동 실험시설	초고층건물, 장대교량 등 구조모형을 설치하여 내풍안전성 실험/폭 10m로 장대교량 등에 대한 실험이 가능	전북대
해양환경 시뮬레이션 실험시설	방파제 또는 부두 등 모형을 활용하여 구조물 건설에 따른 해안 파동현상 실험/ 3차원: 국내 최대/2차원: 국제 매머드급 규모	전남대 (여수캠퍼스)
분산공유형 전산시스템 구축 등	분산 설치된 실험시설을 정보통신망으로 공유시키는 전산시스템 구축 등	서울대

□ 지반분야 기자재 인프라

- 시공장비의 경우, 천공장비, 해상크레인, 준설선 등이 필요하며 대부분의 경우, 국내에서 보유하고 있는 것으로 조사됨
- 지반물성 평가 및 토압 관련 시험장비의 경우 삼축시험기, 직접전단 시험기, 공진주 시험기, 말뚝 모형시험기 외 기본적인 지반 정수를 파악하는 실내 시험에 필요한 주요 기자재 보유함.

장비/재료명	용도	국내 보유 여부
RCD Rig	대구경 현장타설말뚝 시공	보유
E/D 장비	대구경 현장타설말뚝 시공	보유
12,000마력 준설선	해상 굴착	보유
S.E.P BARGE	해상 PILE 항타 및 CUTTING	보유
3000톤급 해상크레인	우물통 이동 및 설치	보유
직경 3.0m RCD 장비	기초 시공	보유
60톤급 유압 회전식 굴착장비	해저지반 굴착	보유
해상 배치 플랜트	콘크리트 생산	보유

### 3. 해외 협력기관 인프라

#### □ 해외 협력기관 인프라

- 국내 장대교량 관련 연구기관은 다양한 해외기관과 연구협력 관계를 구축하여 필요시 공동연구를 수행할 수 있는 기반 구축
- 최근에는 단순한 기술교류 뿐만 아니라 연구과제에 직접 참여하여 공동으로 기술개발을 수행하는 사례도 증가하고 있음.

기관	기관특징	참여내용
NABRO(미)	미국 네브라스카 교량 연구단	국토부 국책과제 참여
LCPC(프)	프랑스 토목연구소	기술교류
FHWA(미)	미국 연방 도로국	기술교류
CALTRAN(미))	캘리포니아 주도로국	기술교류
BLWTL(캐)	캐나다 서온타리오대 풍동실험실	국토부 국책과제 참여
Honshu-Shikoku Express way Co.(일)	혼슈공단 장대교량 연구소	기술교류
Univ. of Milano(이)	Messina교 풍동실험	기술교류
CTL(미)	케이블 성인인증 기관	기술교류
IABSE(미)	국제교량구조공학연합회	기술홍보
IABMAS(미)	국제 교량관리 및 안전연합회	기술홍보

#### □ 지반분야 해외 협력기관 인프라

- 국내 해상기초 관련 연구기관은 정부출연기관인 한국건설기술연구원, 한국해양과학기술원 등을 중심으로 조사, 설계, 컨설팅, 해석 등 분야의 다양한 해외기관과 연구협력 관계를 구축하여 필요시 공동연구를 수행할 수 있는 기반 구축함.
- 한국건설기술연구원은 미국, 영국, 호주, 노르웨이, 네덜란드 등 연구기관과, 한국해양과학기술원은 덴마크, 네덜란드, 호주 등의 연구기관과 연구과제에 직접 참여하여 공동으로 기술개발을 수행하는 사례도 증가하고 있음.

세부기술 내용	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
해저지반 물성 평가 및 건설팅	네덜란드 FUGRO	-	75%
대형 해상기초 지지력/침하 예측기술	호주 UWA 대학(Randolph교수) 호주 시드니대학 (Poulos 교수) 호주 Coffey 사 미국 Ove Arap사 미국 STS사	서울대 연세대 현대건설	70%
대형 해상기초 신뢰도 기반 설계 기술	AASHTO(미국) NSU(싱가폴) 일본 HKUST(홍콩) CEN(유럽)	한국건설기술연구원 서울대 전남대 교량설계핵심기술연구단	60%
비용절감형 지지력 평가 및 시공상태 확인기술	Fugro(호주) Loadtest(미국)	경성대 한국양방향재하시험협회 백경지앤씨	80%
내진보강형 복합기초 기술	U of California(미국) 그리스 Cowi(덴마크)	서울대 현대 Kaist	70%

## 5절. 종합분석

### 1. 국내외 정책동향분석 시사점

#### □ 국가 정책 연계

##### ○ 국정과제

- (10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원[창조경제]) 해외건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련을 위해서는 R&D를 통한 케이블교량의 원천기술 확보와 투자개발형 사업 진출 확보 모델 개발 필요

##### ○ 경제혁신 3개년 계획

- (37. 해외건설·플랜트 수출 고부가가치화, 39. EDCF를 통한 중소·중견기업 진출확대) 유럽, 남미 등의 장대케이블교량 진출을 확대하기 위해서는 전략적으로 육성과 R&D 지원이 지속적으로 필요하며, ODA 및 EDCF 자금을 활용한 해외 장대교량 건설 실적확보

##### ○ 창조경제

- ([전략과제] 3. 신산업·신시장 개척을 위한 성장동력 창출) 해외건설의 신규 고부가가치 창출을 통한 성장 동력을 마련하기 위해서는 범용 기술이 아닌 케이블 교량과 같은 특수 고급 기술위주의 연구개발과 지원업체 진출 필요

##### ○ 법정계획

- («재난 및 안전관리 기본법» 근거, 2차 재난 및 안전관리기술개발 종합계획(‘13.2)) 장대 케이블 교량은 태풍, 지진 등의 자연재해와 손상, 테러 등의 인적·사회적 재난에 노출되기 쉬운 주요 교통기반시설로 데이터 측정 및 평가를 통해 재해재난에 대한 대처수준 향상에 기여

##### ○ 미래성장동력

- (11. 재난안전관리 스마트 시스템) 케이블 교량과 같은 장대교량의 재난안전관리는 공공복지를 위한 필수요소로 교량의 거동관련 데이터 측정 및 상태평가를 통해 장대교량의 운용 안전성 확보에 기여

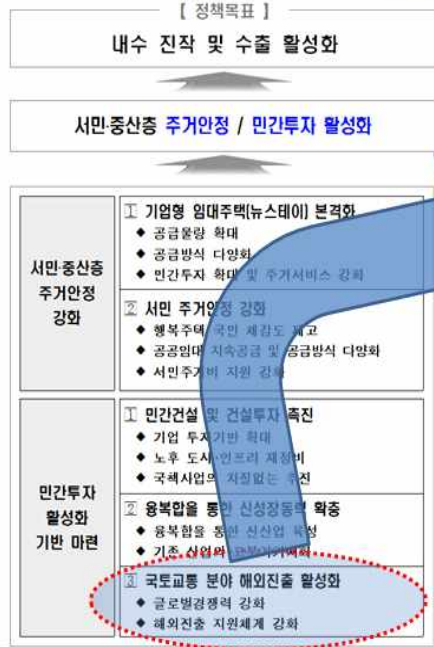
□ 기타

- 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략 (국과심 본회의, '14.7)
  - 건설기술연구사업중 “설계 엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술 개발”, “재난·재해 대비 시설물 유지관리 및 건설안전기술” 분야 연계 추진
- 제3차 시설물의 안전 및 유지관리기본계획 (국토해양부 고시, '12.12)
  - “4-1 융·복합형 진단 및 유지관리 핵심기술 개발”의 ICT 기반 시설물 첨단 진단기술 확보를 위해서는 계측기반의 저항, 상태, 성능 평가기술의 확보가 필수적임
- 2014년 해외건설 추진계획 (국토해양부, '14.4)
  - 해외건설 산업 수익성제고와 고부부가치 창출을 위해서는 해외 케이블 교량 건설에 특화된 맞춤형 R&D 추진필요
- 2016년 국토교통부 VIP 업무보고 (국토교통부, '16.1, VIP 관심 사항)
  - 국토교통 분야 해외진출 활성화 기반 마련
  - 글로벌 기술경쟁력 확보를 위한 R&D 역량 집중 및 엔지니어링 시범사업 추진
  - 해외 건설 사업 기획역량 강화를 위한 사업모델 및 타당성 조사 제안
  - 해외진출 협력·지원체제 정비를 위한 대외경제협력기금(EDCF) 및 무상원조(ODA)와의 연계강화 및 패키지사업 진출 지원 확대 계획

□ 금융연계 패키지사업 해외진출 지원 확대(국토부 '16 업무보고, VIP 관심사항)

## ■ 국가 정책 연계

### ■ 국토교통부 '16 업무보고: 해외진출 촉진



#### 다. 국토교통분야 해외진출 활성화

##### (1) 국토교통산업 글로벌 경쟁력 강화

###### □ 글로벌 기술경쟁력 확보

○ 경쟁력 있는 기술 확보에 R&D 역량을 집중하고, 기술력 중심의 건설공사·엔지니어링 시범사업 추진

- 글로벌 기준에 따라 질적·정성적 평가 비중을 확대하여 기술력 우위를 확보한 업체를 선정하는 건설공사·엔지니어링 시범사업 추진

###### □ 기획역량 강화

○ 세계은행(WB) 등과 협력하여 발라타데시 다카 등 개도국 도시개발·재정비 사업모델 제안('16.12) 등 해외기관과의 협업 강화

- 도시개발 수요가 높은 캄보디아, 스리랑카 등 신흥 개도국과 해외 도시개발 협력 MOU 체결('16.4) 후 협력사업 추진

- 인프라 개발수요가 높은 개도국에 마스터플랜 수립 지원을 강화하고, 진출 대상국 인프라 개발계획과 연계한 타당성조사 등 실시

##### (2) 해외진출 협력지원체계 구축

###### □ 해외진출 지원체계 정비

○ 해외진출 사업의 조직적·체계적 추진을 위하여 민간-공공기관-관계부처 간 정보공유 및 협업 확대

- 대외경제협력기금(EDCF) 및 무상원조(ODA)와의 연계강화를 위해 기재부 등 유관 부처와 「교통-인프라 협의체」 내실화

- 단순 건설뿐 아니라 건설과 운영을 결합하고, 우리기업의 강점 분야를 융복합한 패키지사업 진출

- 건설·도로·수자원·철도 등 각 분야와 연계한 합동 수주지원단 파견

<해외진출 패키지 사업 지원 확대>

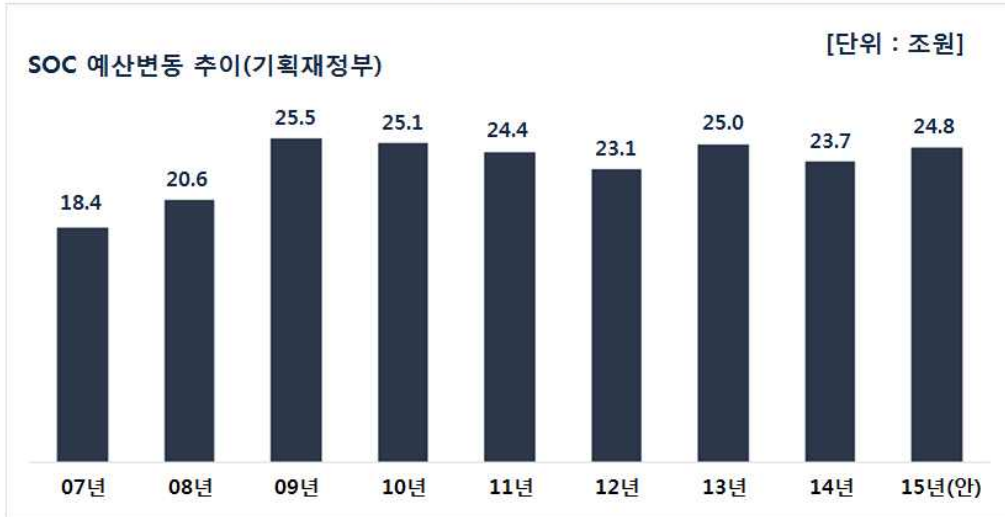
## 2. 국내외 시장동향분석 시사점

- 최근 장대교량사업은 교량설계기술의 발전, 고성능 재료와 첨단시공법의 개발로 강진과 태풍 등 극한환경으로 인해 교량건설이 어려웠던 지역에서 도 전적으로 케이블교량의 추진이 점차 많아지고 있는 추세이며, 기술적으로 국제 항로 준수와 극한환경 극복을 위해 교량의 주경간길이가 지속적으로 늘어나고 있음. 유럽의 케이블교량 건설 증대와 동남아시아, 중동, 중남미, 서남아시아, 러시아 등 신흥시장 활성화로 인하여 해외 케이블교량 시장은 지속적으로 성장할 것이 예상됨.
- 국내 케이블교량 시장은 다른 건설 분야와 마찬가지로 성장단계를 지나 성숙단계에 진입해 있으며 국도를 중심으로 많은 연륙·연도교 사업이 완공되었거나 시공 중에 있음. 향후 국내 케이블교량의 시장의 경우는 다소의 정체가 예상됨.
- 2014년 기준 해외 사장교는 13.7조원, 현수교는 9.8조원 규모로 해외 케이블교량 시장은 2014년 23.5조원에서 2025년 37.2조원 규모로 예상됨.
- 2최근 개도국 대상 대외원조 인프라개발 사업 확대, 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가, 국내 케이블교량 건설 실적을 활용한 설계, 재료, 시공 및 유지관리 기술 등의 글로벌 경쟁력 강화 필요.
- 해외 케이블교량시장은 국내 시장에 비해 무한시장이라 할 수 있으므로 케이블교량 건설 분야의 해외진출은 피할 수 없는 과제임. 90년대까지 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국 중심으로 장경간 케이블교량 시장이 형성되었으나, 최근에는 Post BRICs 시대를 맞아 중국, 동남아, 중남미 신규시장이 활발히 형성되고 있어 기술과 가격 경쟁력 확보를 통해 해외시장 개척 가능. 케이블교량의 경우 단일 Project가 수조에서 수십조 단위인 기술 집약 초대형 프로젝트로 발전하고 있어, 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며, 고부가가치 영역인 전주기적 엔지니어링 기술의 확보가 시급히 요구됨.

## ■ 시장 동향

### ▪ 국내

- 공공부문 SOC 투자 축소, 국내 건설시장 침체 지속
- 2009년 이후 신규 SOC 투자 감소추세 전환 (절대액 기준)

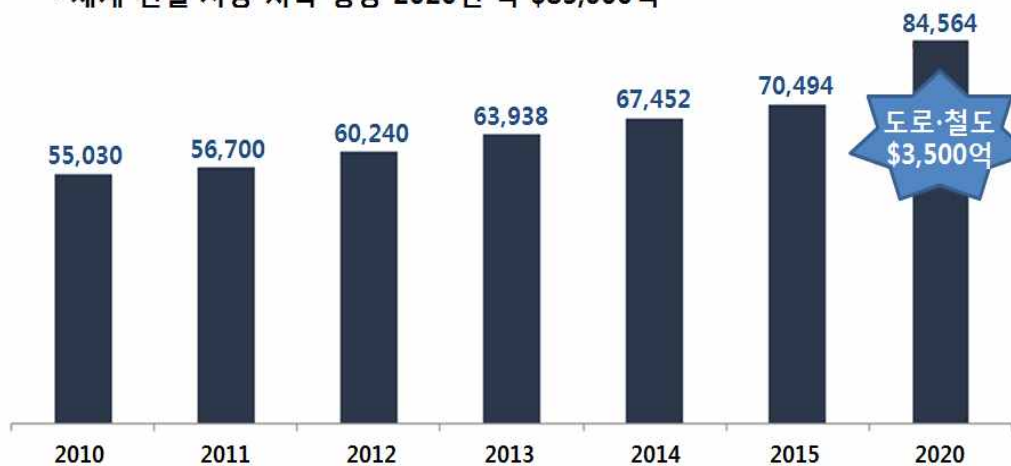


<국내 시장 동향 분석 : 공공부문 SOC 투자 축소>

## ■ 시장 동향

### ▪ 해외

- 세계 건설 시장 지속 성장 2020년 약 \$85,000억



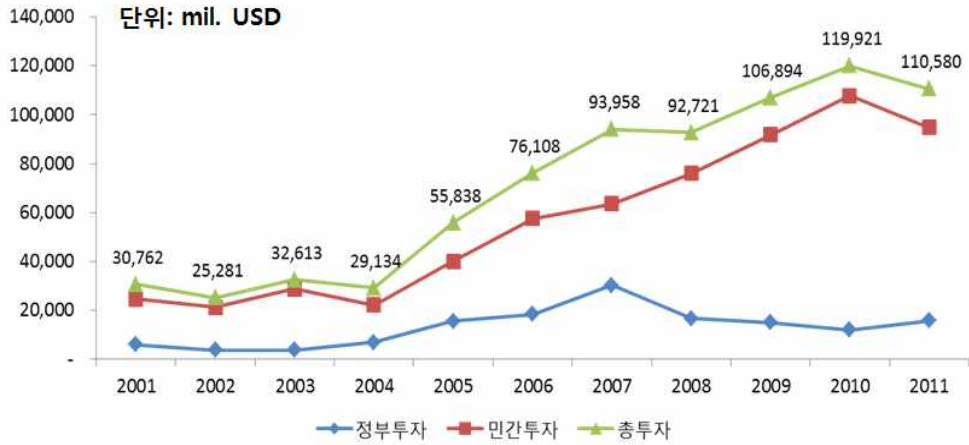
- 도로 및 철도 : 중동, 아시아, 중남미 및 아프리카, 대형 프로젝트 다수 추진

<국외 시장 동향 분석 : 세계 건설 시장 지속 성장>

## ■ 시장 동향

### ▪ 투자개발형(BOT, PPP) 사업 발주 급증

- 전주기적 사업 및 리스크 관리 중요성 부각
- 선진 기업 : 투자개발형 사업 위주 (사업비중: 70% 내외)
- 국내 기업 : 참여경험 및 수행역량 부족 (사업비중: 2% 내외)



<투자개발형 사업 발주 급증>

### 3. 국내외 기술동향분석 시사점

- 건설분야의 해외 시장 진출에 있어서 국내 건설 산업의 해외 수주 비중이 증가하고는 있으나 해외 건설 시장 점유율은 점유율은 7.8% (2013년 기준) 인데 비하여 고부가가치 영역인 설계 분야는 미국, 유럽 등 주요 해외건설 선진국들이 대부분 진출해있는 등, 국내 건설 업체의 해외 진출은 저부가가치 영역인 PC (Procurement and Construction) 마켓에 집중 되어 있어 많은 RISK를 갖고 있는 것으로 지적되고 있음.
- 해외 케이블교량시장은 국내 시장에 비해 무한시장이라 할 수 있으므로 케이블교량 건설 분야의 해외진출은 피할 수 없는 과제임. 90년대까지 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국 중심으로 장경간 케이블교량 시장이 형성되었으나, 최근에는 Post BRICs 시대를 맞아 중국, 동남아, 중남미 신규시장이 활발히 형성되고 있어 기술과 가격 경쟁력 확보를 통해 해외시장 개척 가능.
- 케이블교량의 경우 단일 Project가 수조에서 수십조 단위인 기술 집약 초대형 프로젝트로 발전하고 있어, 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며, 고부가가치 영역인 전주기적 엔지니어링 및 시공 기술의 확보가 시급히 요구됨.
- 해외사업에 진출하려는 국내 설계사 및 시공사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.
- 유럽의 기술 선도업체들은 전세계를 대상으로 전략적 제휴 및 공격적 마케팅을 통해 새로운 시장을 창출하고 있으며, 케이블교량 엔지니어링 토탈솔루션 제공 기술의 확보를 위하여 관련 회사들의 인수 합병 등을 통하여 영역을 확장하고 있음.
- 개도국 대상 유무상 대외원조 인프라개발 사업이 확대되는 경향. 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가. 국내 설계, 시공 및 유지관리사의 참여 및 주도를 통한 국내 장대교량 기술의 해외진출 기반 활용 필요
- 신생 건설강국 중국과 기존 건설대국 일본, 유럽 사이에서 고전하는 국내 케이블교량 산업의 경쟁력 확보가 시급하여 정부주도 R&D사업을 통해 집중적으로 개발이 필요함.

□ 현대 케이블교량의 설계와 시공 기술은 공용중의 실제 신뢰도 및 성능과 운용관련 의사결정까지도 고려하는 통합적, 생애주기적 솔루션을 제공하도록 요청받고 있으며, 설계 중 해석방법론을 기반으로 한 공용중 교량의 성능평가 및 운용기법이 개발·적용 되고 있음. 해외사업에 진출하려는 국내 설계사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.

□ 케이블교량 관련 기술의 수준은 크게 초장대교량사업 전, 후로 비교 가능하며 초장대교량 R&D 이전의 기술 수준 비교는 다음과 같음.

0 기술전무, 1 기술의존, 2 기술자립, 3 기술선도

분류	소분류	R&D 前 (2008)			
		국외 기술수준	국내 기술수준	분석	R&D 대상
설계	케이블교량 설계기준	· 해외 기술 선진국 신뢰도기반 한계상태설계법 · 미국(AASHTO LRFD) : 한계상태설계법, 설계수명 75년 · 유럽(EUROCODE) : 한계상태설계법, 설계수명 120년	3 · 허용응력(강구조) 및 강도설계법(콘크리트 적용) · 신뢰도기반 한계상태설계 기준 및 설계수명 없음	1 · 신뢰도기반 한계상태설계기준 글로벌 표준화 및 확대 · 기술 확보 시급 ▶ 기술자립 필요	◎
	극한사건 대응 (선박 충돌, 강진 등)	· 확률기초 신뢰도기반 설계 기술 보유 · 충돌방지공, 강진 설계기술 보유 · 유럽, 미국, 캐나다 (COWI사, ARRUP사 등)	3 · 보유 기술 없음 · 인천대교 충돌방지시설의 경우, 덴마크 COWI사 수행	1 · 신뢰도기반 한계상태설계법 확대 추세 · 기술 확보 시급 ▶ 기술자립 필요	◎
	구조해석 및 설계 프로그램	· FEM 해석 프로그램 · 유럽, RM, TANGO, IBDAS 프로그램 등 개발, 상용화	3 · FEM 해석 프로그램 · MIDAS 해석 프로그램 ((주)마이다스) 개발, 상용화	2 · 민간기업에서 활발히 개발 및 상용화 중 · R&D 추진대상에서 제외 ▶ 민간주도 필요	X

분류	소분류	R&D 前 (2008)			
		국외 기술수준	국내 기술수준	분석	R&D 대상
	내풍 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내풍단면 및 안정화시스템 : 현수교 주경간장 3.3km(계획중), 사장교 주경간장 1.1km</li> <li>· 내풍설계 : 보유</li> <li>· 일본, 호주, 프랑스, 캐나다 등 (호주 Monash대, 일본 동경대 IHI, 프랑스 CSTB, 캐나다 몬트리오대 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내풍단면 및 안정화시스템 : 현수교 주경간장 1.5km, 사장교 주경간장 0.8km</li> <li>· 내풍설계 : 초기 적용단계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 장경간 케이블교량 핵심 설계 기술</li> <li>· 주경간장 증가 추세, 내풍설계 확보 시급</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	◎
	내풍 안정화 해석/풍동 실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 상용 내풍 설계/해석 프로그램 보유</li> <li>· 고등 풍동실험 기법 보유</li> <li>· 유럽(덴마크 코비 DM-FLOW, RM-flow 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 단계 프로그램 개발</li> <li>· 케이블교량의 경우, 해외 실험 의존 - 인천대교(호주 Monash대, 이순신대교(일본 동경대 IHI))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내풍 설계용 해석 프로그램 개발 시급</li> <li>· 3차원 전교모형실험 및 고등풍동 실험기법 확보 시급</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	◎
재료	강선/강연선	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Φ5mm 1,960MPa급 소선</li> <li>· Φ7mm 1,770MPa급 소선</li> <li>· 2,260MPa급 강연선</li> <li>· NSC사, 일본</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Φ5mm 1,860MPa급</li> <li>· Φ7mm 1,770MPa급</li> <li>· 2,160MPa급 강연선</li> <li>· 포스코, 고려제강</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제강 제작 기술 확보</li> <li>· 제품화 가능성 높음</li> <li>· 세계 선도 기술 필요</li> </ul> <p>▶ 기술선도 필요</p>	◎
	강재	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 800MPa급</li> <li>· 미국, 일본 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 600MPa급</li> <li>· 포스코</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제강 제작 기술 확보</li> <li>· 제품화 가능성 높음</li> <li>· 세계 선도 기술 필요</li> </ul> <p>▶ 기술선도 필요</p>	◎
	케이블 교량용 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저발열 50cal/g 이하, 고압송(400m 일괄압송, 굵은골재 25mm), 수중불분리 콘크리트(플로우 500mm) 확보</li> <li>· 프랑스, 캐나다, 일본 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저발열 40cal/g 이하, 고압송(320m 분할압송(건축), 굵은골재 20mm), 수중불분리 콘크리트(플로우 300mm) 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량용 고성능 콘크리트 기술 고도화 중</li> <li>· 상용화 가능성 높음</li> </ul> <p>▶ 기술선도 필요</p>	◎

분류	소분류	R&D 前 (2008)			
		국외 기술수준	국내 기술수준	분석	R&D 대상
	박층 포장	· 두께 12mm(이탈리아 Messina교 설계 반영) · 미국, 캐나다, 중국, 이탈리아 등	3 · 두께 50mm(이순신대교 예정) · 에폭시 아스팔트, 중국 제품 사용 예정	2 · 케이블교량 주경간장 증가→자중, 경제성 증가 · 자중 감소, 경제성 확보 필요 <b>▶ 기술선도 필요</b>	◎
	성능인증	· PTI(미), CIP(프랑스), FIB(유럽) 등 국제 성능인증 기준 보유 · CTL(미), TUM(독), CARS(중) 등 케이블 성능인증 실험 기관 다수	3 · 일부 국내 인증, 대부분 해외시험 · 한국건설기술연구원, RIST 등	0 · 케이블 성능시험 해외 의존도 높음 · 국제 수준 성능인증 시스템 구축 시급 <b>▶ 기술자립 필요</b>	◎
	FRP 케이블	· Φ5mm 2,700MPa (DYWIDAG사) · Φ6mm 2,400MPa (FREYSSINET사)	3 · PC 강선용 FRP 연구 개발 중 · 한국건설기술연구원	0 · 세계적으로 기술 안정성 부족 · 단기 실용화가 아닌 장기 개발이 필요한 미래 기술 <b>▶ 추후개발 필요</b>	X
시공	사장교 케이블 가설	· MS 및 PWS 공법 적용 · 해외 다수 교량 적용 * MS : Multi Strand, PWS : Parallel Wire Strand	3 · MS 및 PWS 공법 적용 · 서해대교, 거가대교, 인천대교 등 적용	2 · 가설 엔지니어링 국내 기술로 수행 · 민간 영역에서 기술 개발 지속 가능 <b>▶ 민간주도 필요</b>	X
	현수교 케이블 가설	· AS 케이블 가설공법 보유 - 일본 (IHI, NSE), 노르웨이(HMR), 미국 · PPWS 케이블 가설공법 보유 - 일본, 미국, 영국, 중국	3 · 국내 가설장비 없음 · 해외 기술 의존 - 영종대교, 광안대교 등 해외(일본) 장비 대여	0 · 케이블 가설장비 해외 의존도 높음 · 기술 개발 시급 <b>▶ 기술자립 필요</b>	◎

분류	소분류	R&D 前 (2008)			
		국외 기술수준	국내 기술수준	분석	R&D 대상
		* AS : Air Spinning * PPWS : Prefabricated Parallel Wire Strand			
	보강거더 가설	· 보강거더 가설 형상 관리 · 시공단계해석 · 해외 다수 교량 적용	3 · 보강거더 가설 형상 관리 · 시공단계해석 · 거가대교, 인천대교 등	2 · 보강거더 가설 엔지니어링 기술 확보 · R&D 추진대상에서 제외 <b>▶ 민간주도 필요</b>	X
	콘크리트 고주탑 가설	· ACF 시스템 실적 다수 * ACF : Auto-Climbing Form · Slip Form 가설장비, 공법 보유 - 오스트리아 GBG사 전세계 시장 선점	3 · ACF 시스템 실적 다수 · Slip Form 장비/기술 : 해외 의존 - 서해대교, 이순신대교 등	0 · ACF 설계/제작/운영 기업 없으나, 현장별 제작 운영 가능 · 변단면 Slip Form은 기술 확보 시급 <b>▶ 기술자립 필요</b>	◎
	강재 고주탑 가설	· 공장 제작, 가설 공법 기술 보유 · 미국(금문교), 일본(아카시대교) 등	3 · 공장 제작 기술 보유 · 강재 고주탑 가설 경험 없음	1 · 국내 일부 시공(저주탑) · 가설공법은 민간영역 개발 가능 기술 <b>▶ 민간주도 필요</b>	X
	해상 기초 및 지반 탐사	· 대수심 기초 및 앵커리지(중력식, 터널식등) 설계/시공 기술 보유 · 무인탐사선 지반 시추 조사 기술 보유, 수심 100m 이상, PROD(호주), MEBO(독일)	3 · 대수심 기초, 터널식 앵커리지 등 설계/시공 기술 해외 의존 · 정착 바지선을 이용한 연안 시추 조사(가능수심 : 50m 이하), 고비용	0 · 신뢰도기반 기초/앵커리지 설계 기술 확보 시급 · 무인 착저형 지반 조사 장비 개발 시급 <b>▶ 기술자립 필요</b>	◎

분류	소분류	R&D 前 (2008)					
		국외 기술수준		국내 기술수준	분석	R&D 대상	
유지 관리	케이블 점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>케이블 무인보수시스템 개발, 독일 ATIS Cable Robot</li> <li>마그네틱 센서를 활용한 케이블 비파괴 점검</li> </ul>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>케이블 무인점검시스템 없음</li> <li>점검자에 의한 케이블 외관 검사</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇 및 비파괴 장비 활용 케이블 무인점검 시스템 개발 시급</li> <li>국내 IT 기술 활용 실용화 및 기술 선도 가능</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	◎
	케이블 진동 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 센서(레이저, EM)를 활용한 케이블 모니터링</li> <li>단측점, 고정식, 접속식</li> </ul>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>가속도계 및 육안에 의한 케이블 모니터링</li> <li>단측점, 고정식, 접속식</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>케이블교량 전체 안전성 확보, 케이블 장력 측정 중요</li> <li>영상장치, IT 활용 실용화 및 기술 선도 가능</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	◎
	GNSS 기반 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>GNSS 도입 성숙단계, Humber교(영국), Sutong(중국) 등</li> <li>GNSS 데이터 처리 및 분석 - 20Hz, 변위 등</li> <li>* GNSS(Global Navigation Satellite System)</li> </ul>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>GNSS 도입 초기단계</li> <li>데이터 처리용 미들웨어(TIM, Spider) 해외 의존</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>GNSS 데이터 처리기술 해외 의존</li> <li>국내 IT 기술 활용 실용화 및 기술 선도 가능</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	◎
	케이블교량 통합운영 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가차원 유지관리, 재난 대응 방안 구축</li> <li>일부 통합운영시스템 구축, 연계</li> <li>2차원 도면기반 점검정보 관리</li> </ul>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>교량별 유지관리 매뉴얼 작성</li> <li>교량관리, 계측, 재난 시스템 개별 구축</li> <li>2차원 도면기반 점검정보 관리</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>케이블교량 SHMS(구조 건전도 모니터링 시스템) 구축 세계적 추세</li> <li>교통, 재난, 모니터링, 점검 시스템 통합 운영기술 개발 시급</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	◎

□ 초장대교량 R&D 이후의 기술 수준 및 개발 기술의 적용 및 효과 비교는 다음 표와 같음.

① 기술전무, ① 기술의존, ② 기술자립, ③ 기술선도

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
설계	케이블 교량 설계 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 기술선진국은 연구 개발을 통해 한계상태설계법 지속 발전 중</li> <li>- 분야별 위원회 구성/운영 최신기술 기준화 확대 중</li> <li>- 특히, 기초구조물 한계 상태 설계를 위한 데이터 수집, 기준반영 확대 중</li> <li>· 철도/도로 병행 케이블교량의 수요 증가로 철도/도로 병행교 설계 기술개발 지속 중</li> <li>- 터키 제3보스포러스교 등</li> <li>· 케이블교량 구조-기초-지반 연계 해석기술 연구개발 중</li> <li>· 미국(AASHTO LRFD), 유럽(EUROCODE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설계기준</li> <li>- 신뢰도기반 한계상태설계법을 적용한 케이블 교량 전용 설계기준 개발</li> <li>- 확률, 데이터 기반 한계상태, 하중조합, 하중계수, 저항계수 등 개발</li> <li>- 설계수명 : 200년</li> <li>- 신뢰도지수 : <math>\beta=4.0</math> 등</li> <li>· 현수교 주경간장 3.0km (여수-남해지역 교량), 사장교 주경간장 1.5km (거마대교) Prototype 설계 성과품 개발 완료</li> </ul> <p>▶ 기술자립 달성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국토교통부 중앙건설기술심의회 통과('14.12.)</li> <li>· 「도로교설계기준(한계상태설계법)」 개정, "케이블교량편" 신설(국토교통부 고시 제2015-58호, '15.01.)</li> <li>- '15.01.01. 이후에 시행하는 모든 설계용역에 대해 적용</li> <li>· 1.2km 사장교(거마대교), 2.8km 현수교(여수-남해지역) Prototype(시범) 설계</li> <li>· 기존 설계법 대비 공사비 5~10% 절감 가능(개발 재료 적용시 10~15% 절감)</li> <li>* Prototype Design을 통한 경제성 평가 결과, 거마대교 4.1%, 여수-남해 지역교 9.7%의 공사비 절감효과 도출</li> </ul>
	극한사건 대응 (선박 충돌, 강진 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 극한이벤트 대응 설계기술 지속 연구개발 중</li> <li>- 극지, 쓰나미, 화재, 폭발, 테러 등 재해/재난 대응</li> <li>· 유럽, 미국 등 (COWI사, ARRUP사 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설계기준</li> <li>- 한계상태기반 충돌방지공 설계 등 극한사건 대응 기술 개발</li> </ul> <p>▶ 기술자립 달성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ②</li> </ul>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
	내풍 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내풍 단면 설계 및 안정화 시스템 지속 발전 중</li> <li>- 러시아 러스키교 : 사장교 주경간 1104m 완공, 프랑스 CSTB 풍동 실험</li> <li>· 일본, 호주, 프랑스, 캐나다 등 (호주 Monash대, 일본 동경대 IHI, 프랑스 CSTB, 캐나다 몬트리오대 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량</li> <li>· 내풍구조시스템</li> <li>· 기술자립 및 실용화</li> <li>- 내풍 단면, 풍동 안정화 시스템 및 내풍 설계 : 현수교 주경간장 3.0km (여수-남해지역 교량) 사장교 주경간장 1.5km (거마대교) 전교모형 풍동실험 실시</li> </ul> <p>▶ 기술자립 달성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 여수 화양~적금 2공구 실시설계</li> <li>· 용역(내풍안정성 평가 및 실험) 수행('11.12.)</li> <li>· 베트남 밤콩교 및 브루나이 텀브롱교 풍동실험 용역 수행('14.03.)</li> <li>· 정확한 내풍 성능평가가 가능하여 경제적 단면 제시</li> <li>· 신형식 내풍 안정화시스템 개발을 통한 시공안전성 확보</li> <li>· 내풍해석 해외 상용 프로그램 대체로 기술료 절감 가능</li> </ul>
	내풍 안정화 해석/풍동 실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 상용 내풍 설계/해석 프로그램 발전 지속 중</li> <li>- RM-flow 등</li> <li>· 고등 풍동 실험 기술 유지 중</li> <li>- 능동난류발생장치 : 일본 오사카 대학, 미국 NTIS, 이탈리아 밀라노 공대 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내풍단면 설계전용 2D 해석 프로그램 및 3D기반 내풍 성능해석 프로그램 개발</li> <li>- 확장형 E-WINDS 개발</li> <li>· 풍동 실험/평가 기술 확보</li> <li>- 고등 풍동실험기법 보유 : 능동난류발생장치, 강제 가진 장치 및 감압페인트 기법 등</li> </ul> <p>▶ 기술자립 달성</p>	
재료	강선/강연선	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초장대교량사업단 개발 제품과 유사 성능의 제품 보유 중</li> <li>- 강선 : 2,060MPa(φ5.0mm), 1860MPa(φ7.0mm), NSC, 고베 제강 일본</li> <li>- 강연선 : 2,160MPa(φ15.7mm),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 세계 최고 강도 및 성능의 강선/강연선 개발</li> <li>- 강선 : 2,100MPa(φ5.4mm), 1,900MPa(φ7.0mm)</li> <li>- 강연선 : 2,200MPa(φ15.7mm), 2,400MPa(φ15.2mm)</li> </ul> <p>▶ 기술선도 달성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2013년 국가연구개발사업 우수성과 100선 선정</li> <li>· 「도로교설계기준」 HSB800L 반영 ('10.09.), 「도로교표준시방서」 HSB800L/HSB800W 반영('13.02.)</li> <li>· 1,900MPa(φ7.0mm) PPWS 시스템 울산대교</li> </ul>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
		<ul style="list-style-type: none"> <li>2,350MPa(φ15.2mm), NSC, 고베제강 일본</li> <li>· 중국의 경우, 초장대교량사업단 개발 제품과 동일 성능의 제품 개발 중</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>적용('13.11.), 2,200MPa(φ15.7mm) 및 2,400MPa (φ15.2mm) 강연선 태인2교 적용('14.06.)</li> <li>· HSB800L/HSB800W 제천 소하천교</li> </ul>
	강재	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초장대교량사업단 개발 제품과 유사 성능의 제품 보유 중</li> <li>- 고강도강재 : 인장강도 760MPa강재(미국), 인장 강도 780MPa강재(일본)</li> <li>· 중국의 경우, 초장대사업단 개발 제품과 동일 성능 제품 개발 중</li> </ul>	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>세계 최고 강도 및 고인성의 강재 개발</li> <li>- 인장강도 800MPa 고인성 강재(HSB800L), 인장강도 800MPa 내후성 강재 (HSB800W) 및 용접재료 개발</li> </ul> <p>▶ 기술선도 달성</p>	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>적용('11.10.)</li> <li>· 세계 최고 수준의 고강도 케이블 확보로 해외 시장 선도 가능</li> <li>· 고강도 케이블 적용으로 공사비 절감 가능</li> <li>· 2,400MPa(φ15.2mm) PT케이블 시스템 및 HSB800L/HSB800W 강재 고속도로 신규 설계 반영 ('13.6., '14.03.)</li> <li>- PT 설계적용 7개 교량(당진~천안, 함양~울산 고속도로) 및 HSB800L 함양~울산간 고속도로 창녕 JCT교 적용('14.03.)</li> <li>* 연장 375m ILM교 적용시 공사비 27% 절감(2.5억원) 및 강연선 32% 감소</li> </ul>
	케이블 교량용 콘크리트	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 초장대교량사업단 개발 제품과 유사 성능의 제품 보유 중</li> <li>- 수직 일괄타설높이 : 400m 이상</li> <li>- 굽은골재 최대치수 : 25mm 이상</li> <li>- 수중 슬럼프 플로우 : 600mm</li> <li>- 미소수화열 : 35cal/g 이하</li> </ul>	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량용 고성능 콘크리트/배합설계기술 확보</li> <li>- 수직 일괄타설높이 : 400m 이상</li> <li>- 굽은골재 최대치수 : 25mm 이상(혼화제 : Polytec HPT)</li> <li>- 수중 슬럼프 플로우 : 600mm(혼화제 : High Water Con)</li> <li>- 미소수화열 :</li> </ul>	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량용 고성능 콘크리트 새천년대교 적용</li> <li>· 고주탑용 고압송 콘크리트 개발로 인한 재료비 약 8% 절감</li> <li>* 기존 단가(거가대교) : 59,9296원/m<sup>3</sup>, 개발 단가 : 48,515원/m<sup>3</sup></li> <li>· 수중 불분리성 콘크리트 개발로 인한 재료비 약</li> </ul>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도균열발생 저감률 : 50%</li> <li>- 일본, 덴마크, 독일 등</li> </ul>	35cal/g 이하 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도균열발생 저감률 : 50%</li> </ul> <b>▶ 기술선도 달성</b>	9% 절감 * 기존 단가(새천년대교) : 56,806원/m <sup>3</sup> , 개발 단가 : 50,434원/m <sup>3</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 앵커리지용 초저발열 콘크리트 개발로 인한 재료비 약 14% 절감 및 1회 타설 블록크기 2배 증가로 인한 공사기간 단축 가능</li> </ul> * 기존 단가(이순신대교) : 68,128원/m <sup>3</sup> , 개발 단가 : 49,540원/m <sup>3</sup> * Mock-up Test(새천년대교) 1회 타설 높이 : 4m(기존 콘크리트 : 2m 이하)
	박층 포장	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 초장대교량사업단 개발 제품과 유사 성능의 제품 보유 중</li> <li>- 박층 교면포장 : 포장두께 12mm, 이탈리아 메시나대교 예정</li> </ul> <b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 박층 교면포장 개발</li> <li>- 포장두께 : 12mm, 40mm 이하 2종 개발</li> <li>- 공용수명 : 20년 이상</li> </ul> <b>▶ 기술선도 달성</b>	<b>3</b>
	성능 인증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 초장대교량사업단 시험 장비와 유사 성능의 장비 보유 중</li> <li>- 피로/파단 시험장비 : 미국(CTL) 1,500톤 피로시험기/4,000톤 인장시험기</li> <li>- 수밀성 시험장비 : 프랑스 프리시네(FIB기준)</li> </ul> <b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고성능 강선/강연선/케이블 반영 시험규격 개발</li> <li>- 케이블 성능인증시스템 구축</li> <li>- 피로/파단 시험장비 : 1,800톤 피로시험기(세계 최고)/3,000톤 인장 시험기 확보</li> <li>- 수밀성 시험장비 : FIB기준 대응가능 케이블 축하중 1,500톤 규모(세계 최고 수준) 수밀성 시험기 확보</li> </ul> <b>▶ 기술선도 달성</b>	<b>3</b>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
시공	현수교 케이블 가설	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 현수교 AS 가설공법 기술 유지 중</li> <li>- 장비 : 일본(2), 영국(1), 가설속도 : 4m/sec</li> <li>· 현수교 PPWS 가설 공법 기술 유지 및 초장대교량사업단 적용 기술과 유사한 성능 적용</li> <li>- 중국 샤오멘교 1,860MPa PPWS 적용</li> <li>- 일본(1), 중국(3), 미국(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 현수교 AS(Air Spinning) 가설 장비 및 케이블 형상 관리 시스템 개발</li> <li>- 가설속도 : 6m/sec</li> <li>- 케이블 형상관리 기술 확보</li> <li>· 현수교 PPWS (Prefabricated Parallel Wire Strand) 가설 장비 및 케이블 형상 관리 시스템 개발</li> <li>- 1,960MPa, 2,100MPa급 PPWS(세계최초 적용)</li> </ul> <p style="text-align: center;">▶ 기술선도 달성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· AS 공법 이순신대교('11.10.), 적금대교('13.05.), 단등교('14.02.) 적용</li> <li>· PPWS 공법 울산대교 적용('13.12.)</li> <li>· PPWS 공법 터키 제3 보스포러스교 적용 중('15.04. ~)</li> <li>· PPWS 공법 칠레 차카오교량 적용 예정('18.)</li> <li>· 해외에 의존하는 케이블 가설장비 및 공법 자립화</li> <li>· 장비 국산화로 인한 수입대체효과 및 기술료 절감</li> <li>· AS 장비 국산화로 인한 케이블 장비/기술료 약 57% 절감 예상</li> <li>* 외산장비 대여 : 약 160억원, 개발 장비 : 약 68억원(이순신대교 적용, 원가계산)</li> <li>· PPWS장비 국산화로 인한 케이블 장비/기술료 약 35% 절감 예상</li> <li>* 외산장비 대여 : 약 20억원, 개발 장비 : 약 13억원 (울산대교, 원가계산)</li> </ul>
	콘크리트 고주탑 가설	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 변단면 Slip Form 가설 기술 유지 및 시장 선도 중</li> <li>- 슬립폼 장비 보유 : 스웨덴 AHLGREN 오스트리아 GBG, 일본 NKK, KOUSHA</li> <li>- 현재 오스트리아</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 독창적인 콘크리트 고주탑 가설 장비(변단면 Slip Form) 개발 및 보유</li> <li>- GPS 등 첨단 IT기술을 활용한 시공정밀도 및 형상관리 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mock-up Test 및 공개시연회 완료</li> <li>· 변단면 슬립폼 장비 신기술지정(신기술 제776호), 개발자 (한국건설기술연구원, 청진건설, 금호산업(주))</li> <li>· 장비 국산화로 인한</li> </ul>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
		GBG사는 해외 시장 대부분 점유 중 - 시공속도 : 1.4m/day	- GFRP를 활용한 슬립폼 장비 경량화 - 슬립업 시기 결정을 위한 초음파 이용 강도 측정 기술 개발 - 시공속도 : 1.7m/day <b>▶ 기술자립 달성</b>	수입대체효과 및 기술료 절감 · 주탑 시공기간 단축 : 기존대비 약 20% 향상 * 시공속도(이순신대교 h=270m) : GBG사 (1.4m/day), 개발기술 (1.7m/day) · 주탑 공사비 약 22% 절감 가능 * 공사비(이순신대교 h=270m) : GBG사(약 212억원), 개발기술(약 165억원)
	해상 기초 및 지반 탐사	· 무인탐사선 지반 시추 조사 기술 유지 및 시장 선도 중 - 해저지반 조사장비 보유 : 네덜란드 ROSON, 호주 PROD, 독일 MEBO - 대응수심 : 100m - 조사심도 : 260m	<b>3</b> · 대수심 해저 착저형 지반조사장비 및 분석시스템 개발 및 보유 - 대응수심 : 100m - 조사심도 : 50m - SPT장치, 샘플링 및 암반 코어링 기술 <b>▶ 기술자립 달성</b>	<b>2</b> · Mock-up Test 및 공개시연회 완료 · 교량 등 해상 기초설계를 위한 해저지반 조사 장비 및 기술 국산화 · 장비 국산화로 인한 수입대체효과 및 기술료 절감 · 해외 장비 임대와 비교 시 약 75%의 비용절감 효과 * 수심 50m 이상 조사 기준 : 해외장비 임대 약 20억원, 개발기술 약 5억원
유지 관리	케이블 점검	· 케이블 점검 및 보수용 무인 로봇 개발 지속 발전 중 - 독일 ATIS Cable Robot, 케이블 점검과 동시에 보수 작업용으로 성능 확대 개발 중	<b>3</b> · 비파괴점검 장비를 탑재한 케이블 및 행어 점검로봇 시스템 개발 - 600m급 사장교 케이블, 200m급 현수교 행어 케이블 점검로봇 - 최대 0.18m/s 속도	<b>2</b> · 인천대교(사장교) 사장 케이블 비파괴 점검 현장 적용 · 영종대교(현수교) 행어 케이블 비파괴 점검 현장 적용 · 점검업무의 자동화, 원격화로 시간적·경제적 비용 절감

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
			<ul style="list-style-type: none"> <li>이동 (최대 45kg 장착)</li> <li>- NDT(영상/마그네틱) 모듈 탑재 통합 인터페이스 개발</li> <li>- 사장재/행어 비파괴 점검</li> </ul> <p>▶ 기술자립 달성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 점검용 이동로봇을 통한 케이블 점검시간 약 50% 단축</li> <li>* 인천대교 및 영종대교 현장 점검 보고서 결과</li> </ul>
	케이블 진동 모니터링 터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초장대교량사업단 개발 기술과 유사 수준의 영상기반 진동 감지 및 케이블 장력 계측 시스템 개발 및 시험 적용 지속 중</li> <li>- 일본, 이탈리아, 포르투갈 등</li> </ul> <p>3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사장재 케이블 영상기반 진동 감지 기술을 활용한 차세대 교량 모니터링 시스템 개발</li> <li>- 디지털 영상장비를 이용한 진동 모니터링 및 장력계측</li> <li>- 다측점, 가동식(Pan/Tilt/Zoom), 비접촉식</li> </ul> <p>▶ 기술선도 달성</p> <p>3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 거가대교 현장 적용 완료</li> <li>· 첨단정보기술(IT) 융합을 통한 케이블교량 모니터링 시장 기술 확보 및 국산화</li> <li>· 다측점, 가동식, 비접촉식, 모니터링을 통한 케이블장력 측정시간 및 비용절감</li> <li>* 기존 계측 시스템 : 4.2억원, 개발 시스템 : 2.5억원 (거가대교 비용계산서)</li> </ul>
	GNSS 기반 모니터링 터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초장대교량사업단 개발 기술과 유사 수준의 GPS 기반 모니터링 시스템 개발 및 현장적용 지속 중</li> <li>- 홍콩 칭마교, 중국 수통교 등</li> </ul> <p>3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· GNSS 도입 성숙단계, Humber교 (영국), Sutong(중국)</li> <li>· GNSS 데이터 처리 및 분석 - 20Hz, 변위 등</li> </ul> <p>▶ 기술선도 달성</p> <p>3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 광안대교 현장 적용 완료</li> <li>· 말레이시아 제2 페낭대교 적용('15.05. ~ '16.01.)</li> <li>· 베트남 밤콩교량 적용 예정('16. ~ '17.)</li> <li>· 중소기업 최초 개발기술로 독자 해외사업 수주</li> <li>· 유지관리분야 패키지 해외수주</li> <li>· 계측프로그램 관리 및 개발비용 최소화</li> </ul>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	R&D 개발기술 적용 및 효과
				<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 기술자립을 통해 기존 대비 공사비 40% 절감 가능</li> <li>* 이순신대교 원가계산(외국 장비 및 기술료 : 약 160억원, 장비 국산화 및 기술자립 : 약 68억원)</li> </ul>
	케이블 교량 통합 운영 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초장대교량사업단 개발 기술과 유사 수준의 3D 통합운영 시스템 개발 및 현장적용 지속 중</li> <li>- 중국 수통교, 그리스 리온안토리온 교량 등</li> </ul>	<p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량의 유지관리에 요구되는 매뉴얼 및 통합운영시스템 개발</li> <li>- 유지관리 통합매뉴얼 수립</li> <li>- 저비용 통합운영시스템 구축</li> <li>- 3차원 모델 기반 점검시스템, 3D BMS Web 및 앱 운영 환경 구축</li> </ul> <p>▶ 기술선도 달성</p>	<p>③</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 3차원 기반 통합교량관리시스템 서해대교 시범 적용(14.)</li> <li>· 케이블교량 유지관리 기술 및 체계 확립</li> <li>· 통합운영시스템 구축 및 유지관리 비용 약 20% 절감에 따른 시장 경쟁력 확보 가능</li> <li>* 기존 서해대교 구축 비용 비교</li> </ul>

□ 초장대교량 R&D 이후의 부과되고 있는 케이블교량 신기술 현황 및 수준은 다음 표와 같음.

① 기술전무, ① 기술의존, ② 기술자립, ③ 기술선도

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	
<b>성능 평가 · 운용 관리 (R&amp;D 이후 신영역)</b>	신뢰도기반 설계와 연계된 케이블교량 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량의 경우 신뢰도에 기초한 한계상태 설계법 적용 세계적 추세</li> <li>· 한계상태설계법 기반 케이블교량 성능평가 기법 필요성 대두</li> <li>· 신뢰도 설계법 기반 사용성, 안전성, 수명 예측 및 목표 신뢰도 평가기법 연구개발 중</li> <li>· 실제 계획/운영 중 케이블 교량의 성능평가 기법 도입 추진 중               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이탈리아 메시나교 COWI사 유지관리기법으로 적용 예정, 홍콩 스톤커터교 유지관리 도입 추진</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신뢰도기반 한계상태설계법 의무 도입(15.01.부터 모든 교량 적용)에 따른 유지관리 연계 연구 추진 및 시작 중               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국도로공사 도로교통 연구원 "일반 교량 LRFR 기법 개발" 연구 중</li> <li>- 한국시설안전공단 "교량 성능 평가기법 개발" 연구 중</li> </ul> </li> <li>· 현재까지는 초기 연구단계이며, 미래 기술 확보를 위해 시급히 연구개발 필요</li> </ul> <p style="text-align: center;">▶ 기술자립 필요</p>	①
	데이터 및 신뢰도 기반의 케이블교량 운용 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신뢰도기반 설계-평가와 연계된 케이블교량 통합 운용관리 기술 개발 필요성 대두</li> <li>· 계측데이터(빅데이터 등) 및 신뢰도 기반 안전/운용 관리 기술 연구개발 중</li> <li>· 예방적 리스크 관리를 위한 신뢰도기반 운용 의사결정 프레임 구축 기술 개발 중               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이탈리아 메시나교, 홍콩 스톤커터교 도입 추진 중</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 계측 데이터를 활용한 케이블교량의 안전성 및 재해/재난 대응 등의 과학적 운용관리 기법 도입 시급</li> <li>· 미래 기술 확보를 위해 시급히 연구 개발 필요</li> </ul> <p style="text-align: center;">▶ 기술자립 필요</p>	①

분류	소분류	R&D 後 (2015)			
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)		
	빅데이터 기반 케이블교량 전주기적 인프라케어 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공용중 케이블교량의 계측시스템 최적화 및 가이드라인 제공을 통한 유용한 데이터 수집 및 정보지식화 기술 개발 필요성 대두</li> <li>· 케이블교량 사업의 경제성 확보를 위한 전주기적 인프라 케어기술 구현 통한 국제 케이블교량 프로젝트의 기술적 우위 선점 노력 중</li> <li>- 이탈리아 메시나교, 홍콩 스톤커터교 도입 추진 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공용중인 케이블교량에서 계측데이터가 수집되고 있으나, 데이터를 바탕으로한 의사결정을 체계적으로 도출하기 위한 연구와 실제적용은 미흡</li> <li>· 케이블교량 관리 사업의 경우 조달체계, 발생가능 리스크 유형, 유지관리 체계 등이 타 사업과 상이하여 국제기준을 반영한 맞춤형 사업관리 전략 수립이 중요</li> </ul> <p style="text-align: right;">▶ 기술자립 필요</p>	3	0
고부가가치 엔지니어링 분야	신뢰도기반 설계기준의 글로벌 확장	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전세계적으로 교량설계기술의 발전, 고성능 재료와 첨단시공법의 개발로 강진과 태풍 등 극한환경에 대해 도전적인 케이블교량 사업이 늘어나는 추세임</li> <li>· 장경간 철도·도로 병용 케이블교량 설계기술 개발</li> <li>· 강진, 쓰나미 등의 자연 재해와 화재, 폭발 등의 인공 재해 대응 설계기술 개발 지속 중</li> <li>- 이탈리아 메시나교, 터키 제 3보스포러스교 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 건설 업체의 해외 건설 시장 점유율은 7.8% 이며, 주로 저부가가치 영역인 시공 분야에 집중</li> <li>· 고부가가치 설계 엔지니어링 분야의 해외진출 전환 필요</li> <li>· 초장대교량사업단을 통하여 케이블교량 전용의 한계상태 설계법 개발, 설계엔지니어링 분야 해외진출 기반은 마련</li> <li>· 해외 케이블교량에 특화된 설계 기술 개발 필요</li> <li>- 철도병용, 자연/인공재해 대비설계, 대심도 연약 지반 기초 및 앵커리지 설계 기술 등</li> </ul> <p style="text-align: right;">▶ 기술자립 필요</p>	3	0

분류	소분류	R&D 後 (2015)	
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)
	케이블교량 재난/재해 대응 시스템	· 케이블교량 재난/재해 대응을 위한 통합 시스템 구축	<p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량 재난/재해 대응 시스템 부분적 구축 및 운용 중</li> <li>· 최근 서해대교 낙뢰 등 자연 재해 및 재난 분야에서 미고려 분야 지속적 대응 기술 개발 필요</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>
	케이블교량 주케이블(현수 교 주케이블, 사장교 사장케이블) 파괴메커니즘 및 공용중 상태평가 기준/기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 케이블교량 주케이블 점검 기준, 육안검사 위주</li> <li>· 일본, 혼슈-시코쿠 공단, 한신고속도로 주식회사 기준</li> <li>- 육안점검을 통한 외부점검 실시 후 이상발생시 추가 점검 등</li> </ul>	<p>0</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량 주케이블 점검 기준은 육안검사 위주</li> <li>- 교량점검요령 ('08.12, 한국시설안전공단), 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 ('10.12, 한국시설안전공단)</li> <li>- 주케이블 보호관이 설치되어 있는 경우는 보호관의 상태만 평가</li> <li>· 케이블교량 주케이블의 실물 실험등을 통한 파괴메커니즘 규명 필요</li> <li>· 파괴메커니즘을 바탕으로 주케이블 상태평가 기준 및 기법 개발 필요</li> <li>· 새로운/기존 비파괴 검사 기법 활용 기술 개발 필요</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	
	낙뢰 및 화재 대응 주케이블 고내화성 방청 재료 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사장케이블 방청 방식</li> <li>- 그라우팅 방법, 비코팅 케이블의 방식 처리용, 시멘트 모르타르를 HEPE 튜브안에 주입, 신뢰성이 떨어지며, 케이블이 긴 경우 시공이 어려움, 과거 사장교 많이 사용</li> <li>- 비 그라우팅 방법, 긴장재 자체를 각각 도금하고, 채움제(그리스, 액폭시, 타르, 왁스 등) 이용 방식 처리, 긴장재 방식작업 공장에서 수행, 현장가설 용이하고 신뢰성 높음, 최근 사장교 주로 사용 (PTI(Post Tensioning Institute 2001, 4th Ed.) 규정은 비 그리우팅 방법 권장)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 사장교의 경우 PII 권장 규정에 따라 비 그라우팅 방법 주로 사용</li> <li>· 최근 서해대교 낙뢰로 인한 사장케이블 화재 발생, 케이블 단선 등 피해</li> <li>· 낙뢰나 화재시 케이블 단선 방지 등 피해 최소화 기술 개발 필요</li> <li>· 케이블 방청을 위한 재료를 고내화성재료로 대체, 화재 등 피해 최소화 가능</li> <li>· 고내화성 케이블 방청재료 세계적으로 전무</li> <li>· 실제 피해사례를 바탕으로 미래 기술 선도 가능 영역</li> </ul> <p style="text-align: center;">▶ 미래기술 선도 필요</p>	0
사업 모델 (R&D 이후 신영역)	케이블교량 계획/설계/재료/시공/평가/운영 전주기 패키지 제공 엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 케이블교량의 중요도 및 특성을 반영하여, 발주시 합리적 리스크관리 및 설계-시공-평가/운영 등 통합솔루션 제공 요구 증대</li> <li>· 해외 대형 건설사들은 케이블교량의 계획/자금/설계/재료/시공/평가/운영을 모두 아우르는 통합 패키지 제공으로 사업영역 확대, 수주 증대 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 기업의 해외진출은 고위험 단순 시공 위주의 수주가 대부분</li> <li>· 케이블교량의 경우 국내 시장이 둔화될 예정</li> <li>· 해외진출 경쟁력 및 고부가가치 영역 확대를 위한 패키지 및 통합솔루션 제공 엔지니어링기술 확보 시급</li> </ul> <p style="text-align: center;">▶ 기술자립 필요</p>	0

분류	소분류	R&D 後 (2015)		
		국외 기술수준	국내 기술수준 (R&D 개발기술)	
	케이블교량 패키지 모델 개발 (개발 기술 활용, 대외원조 케이블교량 현장 적용)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일본, JAICA 등을 통한 해외 원조 사업으로 동남아 건설 시장 잠식 중</li> <li>· 중국, 해외 지원 사업을 통한 동남아, 아프리카등 해외 건설 시장 진출 확대 교두보 역할 증대 중</li> <li>· 저개발국가에서 일본, 중국 등 케이블 교량 분야 건설 선점을 통한 자국 건설 진출 영역 확대 노력 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개도국 대항 유·무상 대외원조 인프라개발 사업이 확대되는 경향</li> <li>· 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가</li> <li>· 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반 활용 필요</li> <li>· 해외의 일반 케이블교량 사업 (EPC, Turnkey 등) 참여에 필요한 PQ 만족을 위한 기회로 활용 필요</li> <li>· 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구</li> <li>· 대외원조 활용 설계, 시공, 유지관리 패키지 및 사업 모델 개발</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	0
	글로벌 선도형 케이블교량 프로젝트 모델	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유럽의 기술 선도업체들은 전세계를 대상으로 전략적 제휴 및 공격적 마케팅을 통해 새로운 케이블교량 시장 창출 중</li> <li>· 고부가가치 영역을 지속적으로 창출하고 있으며, 특히, 설계 분야는 미국, 유럽 등 주요 해외건설 선진국들이 대부분 점유</li> <li>· 덴마크 COWI 사 등은 메시나대교(이탈리아)와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시, 선진 설계기술 홍보 및 적용성 증대 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경제성, 시공성 등의 경쟁력 확보를 통한 민간 투자형 사업 개발 확대 요구</li> <li>· 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 확대 필요</li> <li>· 경쟁력 확보된 케이블교량 모델 제시, 경제성이 확보된 투자 모델 제안 필요</li> <li>· 선도형 해외 케이블교량 발굴, 설계, 홍보 및 전문가 양성/지속 방안 마련 필요</li> </ul> <p>▶ 기술자립 필요</p>	

□ 초장대교량 R&D 전/후의 케이블교량 기술 수준 및 추가 연구 분야에 대한 요약은 다음과 같음.

① 기술전무, ① 기술의존, ② 기술자립, ③ 기술선도

분류	소분류	R&D 前 (2008)			R&D 後 (2015)	
		국외 기술수준	국내 기술수준	R&D 대상	국외 기술수준	국내 기술수준
설계	케이블교량 설계기준	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	극한사건 대응 (선박 충돌, 강진 등)	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	구조해석 및 설계프로그램	③ 기술선도	② 기술자립	X	-	-
	내풍 설계	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	내풍 안정화 해석/풍동 실험	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	소계	15	6		12	8
재료	강선/강연선	③ 기술선도	② 기술자립	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	강재	③ 기술선도	② 기술자립	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	케이블교량용 콘크리트	③ 기술선도	② 기술자립	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	박층 포장	③ 기술선도	② 기술자립	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	성능인증	③ 기술선도	① 기술전무	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	FRP 케이블	③ 기술선도	① 기술전무	X	-	-
	소계	18	8		15	15
시공	사장교 케이블 가설	③ 기술선도	② 기술자립	X	-	-
	현수교 케이블 가설	③ 기술선도	① 기술전무	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	보강거더 가설	③ 기술선도	② 기술자립	X	-	-
	콘크리트 고주탑 가설	③ 기술선도	① 기술전무	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	강재 고주탑 가설	③ 기술선도	① 기술의존	X	-	-
	해상 기초 및 지반 탐사	③ 기술선도	① 기술전무	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	소계	18	5		9	7
유지 관리	케이블 점검	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	② 기술자립
	케이블 진동 모니터링	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	GNSS 기반 모니터링	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	케이블교량 통합운영 시스템	③ 기술선도	① 기술의존	◎	③ 기술선도	③ 기술선도
	소계	12	4		12	11

분류	소분류	R&D 前 (2008)			R&D 後 (2015)	
		국외 기술수준	국내 기술수준	R&D 대상	국외 기술수준	국내 기술수준
계		63	23		48	41
성능 평가 및 운영 관리  (R&D 이후 신영역)	신뢰도기반 설계와 연계된 케이블교량 성능평가	-	-	X	3 기술선도	0 기술전무
	데이터 및 신뢰도 기반의 케이블교량 안전/운영 관리	-	-	X	3 기술선도	0 기술전무
	빅데이터 기반 케이블교량 전주기적 인프라케어 기술	-		X	3 기술선도	0 기술전무
케이블 교량  고부가 가치 엔지니 어링 기술  (R&D 이후 신영역)	신뢰도기반 설계기준의 글로벌 확장	-	-	X	3 기술선도	0 기술전무
	케이블교량 재난/재해 대응 시스템	-		X	3 기술선도	0 기술전무
	케이블교량 주케이블(현수교 주케이블, 사장교 사장케이블) 파괴메커니즘 및 공용중 상태평가 기준/기법	-	-	X	0 기술전무	0 기술전무
	낙뢰 및 화재 대응 주케이블 고내화성 방청 재료 개발	-	-	X	0 기술전무	0 기술전무
사업  모델  (R&D 이후 신영역)	케이블교량 계획/설계/재료/시공/평가/운영 전주기 패키지 제공 엔지니어링	-	-	X	3 기술선도	0 기술전무
	대외원조 연계 케이블교량 패키지 모델 개발	-	-	X	3 기술선도	0 기술전무
	글로벌 선도형 케이블교량 프로젝트 모델 개발	-	-	X	3 기술선도	0 기술전무

□ 국내외 기술 동향 종합 분석

○ 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술 분야

- 최근 해외 케이블교량 발주시 계획, 설계, 시공, 안전 및 운영관리 등 전 영역을 모두 포함하는 패키지 엔지니어링 기술 제공 요구
- 이에 따라, 해외 기술선진국들은 케이블교량 통합 솔루션 제공을 위한 기술력 확보에 매진 중에 있으며, 지속적인 기술개발과 함께 관련 기업의 인수합병 등을 통해 시장영역을 확장중
- 덴마크 COWI의 경우, 이탈리아 메시나대교를 대상으로 계획, 설계, 시공 및 유지관리를 연계하는 설계성과품 등을 지속적으로 제시하고 있으며, 홍콩 스톤커터교에 대해서도 설계와 유지관리를 연계하여 LRFR을 도입하는 등 최신 기술을 적용한 새로운 케이블교량 모델 제시 및 기술력 홍보중
- 일본은 JICA 등을 통한 해외 원조사업을 지속적으로 확대하고 있으며, 최근에는 미얀마 양곤시 Thaketa 연결교량에 40억엔, 베트남 북남고속도로 건설 프로젝트에 8억 4,739만달러 및 방글라데시 MRT 프로젝트(교량, 전철)에 7억 9,282만달러를 지원하는 등 해외 원조사업을 통해 자국의 기술을 패키지 형태로 이식하고, 장기적으로는 수혜국의 건설시장을 잠식하기 위해 노력중
- 우리나라의 경우, 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술의 원천인 기본설계기술 분야(계획, 개념설계 등)의 기술수준이 해외 최고기술 기술보유국 대비 약 80% 수준

○ BIM 기반 케이블교량 전용 전주기 통합 관리기술 분야

- 덴마크(COWI), 영국(ARUP) 등 해외 기술선진국의 경우 다수의 장경간 케이블교량 건설실적을 바탕으로 공정 및 RISK 관리에 대한 노하우를 보유하고
- 미국(Autodesk, Bentley), 영국(Allplan) 등은 BIM 기반의 RISK 관리기술을 보유하고 있으며, 건설 전 과정으로 확대 적용중
- 국내 케이블교량의 경우, BMS, WIM, 교통상황, 기후환경, 재난·재해, RISK 등에 대한 관리영역이 분리되어 있어 이상상황 발생시 통합적 대처가 불가능한 상황

○ 케이블교량 상태평가 기술 분야

- 미국의 경우, NCHRP Report 534(Guidelines for inspection and strength

evaluation of suspension bridge parallel wire cables, 2004)와 FHWA Report(Primer for the inspection and strength evaluation of suspension bridge cables, 2012)에서 현수교 케이블의 조사 및 강도 평가기법에 대해 제시하고 있으며, DOT & FHWA Manual(Bridge inspector's reference manual, 2012)을 통해 케이블교량의 조사 및 점검 방법 정립

- 일본은 JICA 협력사업 등을 통해 케이블교량 상태평가 Manual (Bridge inspection manual for suspension bridge, 2014)을 발간하여 상태조사에 활용 중
- 우리나라의 경우, 케이블 부재에 대해 외관조사만을 수행할 뿐 케이블 부재 내부의 부식, 단선 등의 정확한 상태를 파악하기 위한 평가방법 및 관리기준 등 부재

#### ○ 계측데이터 및 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가 기술 분야

- 일본, 미국 등은 케이블교량 설계시 가정된 여러가지 변수(장력, 풍속 등)의 변화를 추적하거나, 초기·장기 거동 계측치를 토대로 운용중 발생가능한 성능저하 예측기법(예 : 특수교 건전성 평가기법) 개발을 위한 기초자료로 계측데이터를 활용중
- 중국의 경우, 자국 내 건설·운용 중인 다수의 케이블교량을 적극 활용하여 케이블교량의 성능평가 기술 개발을 적극적으로 유도하고 있으며, 10년 이상 장기 운영중에 있는 칭마대교의 경우 데이터 마이닝 등 계측데이터 분석 기술 개발을 위한 테스트베드로 적극 활용중
- 국내의 경우, 일반교량에 대한 상태평가 기술(LRFR 등) 확보를 위한 연구만 일부 수행중

#### ○ 케이블교량 인위재난 및 자연재해 대응기술 분야

- 낙뢰·화재로 인해 서해대교 케이블 단선 사고(2015)에서 알 수 있듯이, 화재 등 인위재난으로 인한 케이블교량 주부재의 손상 및 파손은 전체 교량시스템의 붕괴 가능성 유발
- 국내의 경우, 원자력발전소와 같은 특수구조물을 제외하고는 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 하중 및 부재요소별 극한성능 평가기준 부재
- 또한, 화재 등 인위재난에 대처할 수 있는 케이블교량 전용 방재시설(설비, 재료 등) 설치 및 관리 지침 부재

- 국내에서도 강풍 등으로 인해 케이블교량의 이상진동 사례(이순신대교, 2015)가 발생하고 있으나, 동특성을 포함한 원인분석 및 이상진동 발생시 사용성 유지를 위한 관리지침이 없는 실정

○ 재난·재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구 기술 분야

- 최근 해외 케이블교량 발주환경을 보면, 계획 및 개념설계 과정에서부터 교량의 구조적인 안전성 확보 뿐만 아니라 발생가능한 재해·재난 대응기술을 함께 제시하도록 요구
- 국내의 경우, 케이블교량의 재난·재해 대비 레질리언스 상시 확보, 계측데이터·IT 기술 등을 활용한 신속하고 정확한 의사결정 및 기능 복구 등을 기술은 미확립 단계

○ 신뢰도 기반 지반 설계기술 분야

- 유럽은 유럽연합위원회(Commission of European Communities) 에서 개발된 Euro-code에 의거하여 하중, 토질정수, 설계공식 및 시공오차에 대한 부분 안전계수 개념 등을 적용중
- 미국, 캐나다 등을 중심으로 한 북미 기술선진국에서도 지반구조물에 대한 LRFD 설계법을 적용중

※ 미국 : 연방도로국 교량설계기준(AASHTO-LRFD, 2010)

※ 캐나다 : 캐나다 고속도로 교량설계기준(Canadian Highway Bridge Design Code, 1992) 및 기초 설계 매뉴얼(Canadian Foundation Engineering Manual, 1992)

- 반면, 국내의 경우 지반분야는 여전히 허용응력설계법을 적용하고 있어, 케이블교량 전체 공사비의 상승으로 인한 가격경쟁력 저하 및 해외 시장 진출 저해요인으로 작용

○ 신지반 지지력 평가기술 분야

- 해외에서는 토사와 암반의 중간성질을 지니는 풍화대 지반에 대해서 Intermediate Geo-material(IGM) 으로 분류하고(O' Neill 등, 1996), cohesive IGM 과 cohesionless IGM으로 나누어 이에 대한 상세 지지력 산정기준 마련
- 그러나 우리나라의 경우 경질풍화토에 대한 분류기준 부재로 기초 설계

시 경질풍화토를 포함한 풍화토 전체의 주변마찰력을 무시하는 등 보수적으로 설계하는 것이 일반적이며, 이로 인해 케이블교량 하부구조물의 과다설계 및 기초공사비 상승 초래

○ 신뢰도 기반 대형 연성기초 및 앵커리지 설계기술 분야

- 해외의 경우, 풍화대 및 연약 암반층 구간에 적합한 초대형 연성기초 및 신개념 앵커리지 등 신형식 하부구조 개발을 시도하고 있으며, 메시나대교 등의 설계에 적극 반영중
- 대표적인 초대형 하부구조인 앵커리지의 경우, 일본, 중국 및 유럽 등을 중심으로 계획되어 있는 장경간 현수교를 대상으로 앵커리지의 공학적 거동분석을 위한 해석적 연구 수행중
- 국내에서 수행되는 앵커리지의 안정성 검토는 단순 한계평형해석과 1970년대에 발간된 일본의 ‘혼슈시코쿠 연락공단 설계지침’을 그대로 차용하여 적용하는 수준으로, 매우 과다한 설계결과를 도출하고 있는 실정
- - 케이블교량 하부구조의 경제적 설계를 위해서는 지반의 암반특성에 따른 잠재 활동파괴면에 대한 정확한 예측 및 앵커리지 구조체와 주변 암반의 안정성 검토 기술 확보가 필요

○ 폐색효과를 고려한 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가 기술 분야

- 해외의 경우, 교량의 대형화로 인해 적용되는 말뚝기초 역시 대구경·대심도화 되는 추세이며, 기술선진국을 중심으로 대구경 말뚝의 폐색효과 및 토사지반의 장기 침하성능을 고려하는 합리적인 설계기법을 적용중
- - 반면, 우리나라는 폐색효과를 고려한 대구경 말뚝의 거동 메커니즘을 고려하는 설계기준이 없어, 연약지반 말뚝기초의 과다설계 및 기초공사비 상승요인으로 작용
- - 특히, 현재 계획되어 있는 동남아 지역의 케이블교량은 대부분 대심도 연약지반에 위치하고 있어 국내 건설기업의 수주경쟁력 확보를 위해서는, 대구경 말뚝의 폐색효과, 토사지반 장기 침하성능을 고려한 설계기법 및 마찰력 고려한 지지력 산정기법의 적용이 반드시 필요

#### 4. 기존 개발 기술과의 차별화 방안(초장대교량사업단과의 비교 위주로)

- 현재 추진중인 초장대교량사업단은 케이블교량의 설계, 재료, 시공 및 유지관리분야 기술자립에 시급한 핵심기술 확보가 목적이며,
  
- 신규과제는 초장대교량사업단 연구결과를 바탕으로 맞춤형 해외진출 사업모델, 해외 맞춤형 하부구조 설계 기술 개발 및 재난재해 대비/저감/대응 기술 개발 등 추가 연구개발을 통한 글로벌 경쟁력 확보가 목적임
  
- 초장대교량사업단(케이블교량 1단계 연구 사업)은 신뢰도기반 설계기술, 재료(강선/강재, 콘크리트 등), 시공(케이블 가설공법, 변단면 슬립폼 등) 및 유지관리(영상/GNSS기반 모니터링, 케이블 점검로봇 등) 기술 개발 등 기술자립을 위한 핵심기술 확보가 목적이었으나,
  
- 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발의 신규과제(케이블교량 2단계 연구 사업)는 해외 맞춤형 설계 엔지니어링 기술 및 재난재해 대비 설계 기술 개발(극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등 극한 상황, 해외 대심도 연약지반, 해외 대형 연성 기초 등), 해외진출 사업 모델 개발 (대외원조 연계 패키지 모델 및 글로벌 선도형 프로젝트 모델 등) 등 해외진출 경쟁력 강화를 위한 기술력 확보가 목적이므로 뚜렷한 연구 목표의 차이가 있음
  
- 케이블교량 1단계와 2단계 연구 사업의 목표에는 위와 같이 명확한 차이가 있으나 중복성 시비를 없애고 보다 확실한 차별성을 도모하기 위하여, 초장대교량 2단계 연구개발사업 추진 필요성 및 연구 내용의 차별화 방향을 다음과 같이 설정
  
- 국내 케이블교량 시장 정체 및 해외 진출 확대 필요
  - 국내시장은 정체, 해외 케이블교량은 ‘25년 37조원 규모로 성장 예상
  - ODA&EDCF 대외원조형 케이블교량 사업 증가(미얀마 우정의 다리 등) 예상
  - 국내 건설실적 활용 주도적 참여 필요
  
- ※ VIP 베트남 순방 시 ‘판번-연짜 도로건설사업’의 EDCF 지원에 관한 양해 각서 체결(\*13.9) 및 제13차 한-베트남 경제공동위(\*14.9.), 유상 원조 도로 건설사업 성공적 추진 결의

○ 해외시장 요구기술 확보 및 고부가가치 미래 기술 개발 필요

- 극한이벤트(극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등), 철도하중, 대심도 연약 지반 해상기초 등의 다양한 요구
- 케이블교량 재해재난 대비/저감/대응 기술을 포함한 합리적 리스크관리 및 설계-시공-평가/운용 통합솔루션 제공을 통한 고부가가치화
- 케이블교량의 재난/재해 등에 합리적이고 능동적인 대비 및 대응 시스템 구축 요구
- 차별화 방안 설정
  - 핵심기술 자립화 달성(1단계), 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발(2단계)
  - 신뢰도기반 고부가가치 전주기적 패키지 엔지니어링 기술 개발
    - ※ 전주기 엔지니어링(Life Cycle): 계획, 설계, 시공, 유지관리 연계 패키지 제공기술
  - 케이블교량 해외 맞춤형 고도화 설계 및 특화 설계 엔지니어링 기술 개발
  - ODA, EDCF 및 AIIB 등 대외원조 활용 및 글로벌 선도 프로젝트용 설계, 시공, 평가, 운용관리 패키지 모델 개발
    - ※ ODA: Official Development Assistance, 정부 개발 원조
    - ※ EDCF: Economic Development Cooperation Fund, 대외 경제 협력 기금
    - ※ AIIB: Asian Infrastructure Investment Bank, 아시아 인프라 투자 은행

□ 2단계 케이블교량 연구 사업의 기대 효과 (1단계와 비교)

○ 전주기 엔지니어링 미래 기술 개발로 케이블교량 건설 고 효율화

- 고위험 단순 EPC 위주 수주 → PM, PPP 등 고부가가치 영역 확대

※ EPC (Engineering Procurement Construction), PM (Project Management), PPP(Public Private Partnership)

○ 케이블교량 기술력 확보로 해외진출 확대 및 미래 성장 동력 창출

- 중국(저가), 일본(동남아시아 시장 선점), 유럽, 미국(기술력) 등과의 경쟁력 확보

○ 초장대교량사업단과의 주요 개발 기술 비교

구 분		초장대교량사업단	케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발 (안)
연구목표		· 케이블교량 설계, 재료, 시공 및 유지 관리 핵심기술 개발 및 자립화	· 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 해외진출 패키지 모델 및 재해재난 대응 기술 개발
주요 연구 내용	설계	· 신뢰도기반 설계기술 및 지침 개발 * 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편, 케이블교량 풍동 안정성 평가 및 내풍 설계 기술 개발 등	· 케이블교량 해외 맞춤형 설계 기술 및 재해재난 대비 엔지니어링 기술 * 극한이벤트(쓰나미, 극지, 재난, 재해, 화재/폭발/테러 등) 대응 기술 * 철도하중, 연약지반 기초, 대형 해상 기초 설계 등
	재료	· 케이블교량용 고성능 재료/소재 개발 * 고강도 강선/강재 및 콘크리트 개발 등	-
	시공/기초	· 현수교 가설장비(AS, PPWS), 고주탑 시공용 변단면 슬립폼, 해저지반 조사 장비 등 시공기술 개발	-
	유지 관리	· IT기반 케이블교량 계측 및 진단시스템 개발 * 영상/GNSS 기반 모니터링, 케이블 점검로봇 및 확장형 계측시스템 개발 등	-
	재난 재해 안전성 확보	-	· 케이블교량 재난재해 대비/저감/대응 기술 개발 · 재난재해 위험도 저감 기술 개발 (소재, 시설, 융합 등)
	운용/평가	-	· 계측데이터 기반 성능평가 기술 개발 (재난재해 등 포함) · 신뢰도기반 사용성, 안전성, 수명 예측 및 목표 신뢰도 평가기법 개발
	고부가 가치 패키지 기술	-	· 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
	Test Bed	-	· 개발 기술 반영 해외 통합 시범 적용 교량 설계 성과품 개발 (케이블교량 개발 기술 통합 패키지)

## 5. 종합 분석 및 제안

- 케이블교량 건설은 설계, 재료, 시공 및 운영 관리를 모두 아우르는 첨단 종합 기술임. 국토교통부는 케이블교량 핵심기술 국산화 및 자립화를 목적으로 '08년부터 초장대교량사업단('08.12.~'15.12.)을 지원 중에 있음. 그간 연구개발을 통해 다양한 연구 성과 [신뢰도 기반 케이블교량 설계기준 개발, 세계 최고수준의 케이블-강재개발 및 현수교 케이블 시공공법·장비(AS, PPWS) 국산화 등]를 성공적으로 도출하였으며, 다수의 국내·외 교량(이순신대교, 울산대교, 터키 제 3 보스포러스교 및 칠레 차카오교량 등)에 연구성과를 적용하는 등 케이블교량 관련 기초 기반 기술이 확보 되었다고 할 수 있음.
  
- 그러나 초장대교량사업단 연구성과의 현장적용 및 해외진출은 개별 기술 단위의 실적이며 글로벌적인 관점에서의 경제성 및 경쟁력 확보는 아직 부족한 실정임. 또한 해외시장 진출에 있어서 국내건설산업의 해외 수주 비중이 증가하고는 있으나 해외 건설 7.8% (2013년 기준) 인데 비하여 고부가가치 영역인 설계 분야는 미국, 유럽 등 주요 해외건설 선진국들이 대부분 진출해 있는 등, 국내 건설 업체의 해외 진출은 저부가가치 영역인 EPC (Engineering, Procurement and Construction) 마켓에 집중 되어 있어 많은 RISK를 갖고 있는 것으로 지적되고 있음.
  
- 케이블교량의 세계적인 추세는 기술집약형의 초대형 프로젝트로 변화하고 있어 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며 특히 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리를 모두 포함하는 전주기적 엔지니어링 토탈솔루션제공 등의 고부가가치 기술의 요구 및 확대가 예상됨. 또한 발주시 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성확보가 가능한 신뢰도기반의 설계 및 운용기술을 필수적으로 요구하고 있음.
  
- 이와 더불어, 중요 시설물인 케이블교량의 재난 및 재해로 인한 손상 및 안전성 저하는 국민의 안전에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 이로 인한 막대한 경제적 손실이 동시에 발생함. 이처럼 예기치 못한 재난 및 재해에 대비할 수 있는 적절하고 합리적인 대비 기술의 개발 및 대응 시스템의 구축도 동시에 요구됨.



◆ 시장 분석: 국내 시장 정체, 해외 시장 증가, 국내 업체 해외 시장 진출 확대

◆ 기술 분석: 신뢰도 기반 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 패키지 제공 기술

<케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 확보를 위한 분석 및 전략>

## ■ 과제 SWOT 분석



<과제 SWOT 분석>

<과제 AS-IS TO-BE>

	AS-IS	TO-BE
<p>장경간 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 케이블교량 시장 정체 및 해외 진출 확대 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내시장 정체, 해외 케이블교량 '25년 37조원 규모로 성장 예상</li> <li>- ODA&amp;EDCF 대외원조형 케이블 교량 사업 증가(미얀마 우정의 다리 등) 예상</li> <li>- 해외시장 진출은 고위험의 단순 EPC 위주의 수주가 대부분, 고부가가치 영역 확대 필요</li> </ul> </li> <li>* EPC(Engineering Procurement Construction)</li> <li>○ 해외시장 요구기술 확보 및 고부가가치 미래 기술 개발 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초장대교량사업단을 통해 케이블교량 핵심 기술 자립화 달성, 해외 시장 요구사항에 대한 기반은 마련</li> <li>* 신뢰도기반 설계기술 (도로교설계기준 한계상태설계법 케이블교량편 등), 재료(고성능 강선/강재, 콘크리트 등), 시공(케이블 가설 공법, 변단면 슬립폼 등) 및 유지관리 (영상/GNSS 기반 모니터링, 케이블 점검로봇 등) 개별 핵심기술 개발</li> <li>- 극한이벤트(극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등), 대심도 연약 지반 해상기초 등의 다양한 요구</li> <li>- 합리적 리스크관리 및 설계~시공~평가/운용 통합솔루션 제공을 통한 고부가가치화 요구</li> <li>- 신생 건설 강국 중국의 저가 진출, 일본의 대외 원조 사업을 이용한 동남아 시장 선점 및 기존의 기술 강국인 미국, 유럽 사이에서 글로벌 경쟁력 강화 요구</li> <li>- 케이블교량 개발 기술의 실용화 확대를 위한 관리체계 구축 요구</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 단계별 해외 진출 모델 개발로 고부가가치 영역 수주               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ODA, EDCF 등 대외원조 활용 케이블 교량 패키지 모델 제안으로 해외 건설 수주 지원(베트남 등)</li> <li>* VIP 베트남 순방 시 '탄번-연짜 도로건설사업'의 EDCF 지원에 관한 양해각서 체결('13.9) 및 제13차 한-베트남 경제공동위('14.9.)를 통해, 성공적 추진 결의</li> <li>- 글로벌 선도형 프로젝트 모델 제안으로 케이블교량 기술 경쟁력 입증 및 해외건설 브랜드화</li> <li>- PM, PPP, 투자형 사업 등 해외 건설 고부가가치 사업 모델 제안</li> <li>* PM (Project Management), PPP (Public Private Partnership)</li> </ul> </li> <li>○ 케이블교량 미래기술 확보 및 건설 고효율화로 글로벌 경쟁력 강화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 글로벌 맞춤형 고도화 설계 ENG 기술 및 케이블교량 재난/재해 등에 합리적, 능동적 대비/대응 시스템 구축</li> <li>* 극한이벤트 (극지, 화재, 폭발, 충돌, 재해 등) 대응 기술, 대심도 연약 지반 기초, 대형 해상 기초 설계 등</li> <li>- 신뢰도 설계와 연계된 계측데이터 및 빅데이터 기반 성능평가/운용관리 기술 개발로 케이블교량 미래 기술 확보</li> <li>- 고부가가치 케이블교량 전주기 엔지니어링 기술 확보 및 합리적 리스크 관리 가능</li> <li>* 전주기 엔지니어링(Life Cycle): 계획, 설계, 시공, 운용/성능평가 연계 패키지 제공 기술</li> <li>- 케이블교량 연구성과 통합관리시스템 및 종합기술센터 구축/운영으로 해외 진출 실용화 지원 확대/강화</li> </ul> </li> </ul>

□ 신뢰도기반 설계 및 성능 평가 적용이 필수적으로 요구되는 해외 케이블교량 시장에서 실질적 고부가가치 창출을 위한 글로벌 경쟁력 강화 및 미래 기술 선점을 위해서는,

1. 케이블교량의 전주기적 토탈솔루션을 제공 할 수 있는 고부가가치 엔지니어링 기술 (신뢰도 기반 설계 기준의 글로벌 확장 및 신뢰도 기반 설계와 연계된 시공, 성능 평가, 의사 결정, 운용 관리 방안 등) 발굴 및 개발,
2. 케이블교량 재난/재해에 대한 대비/저감/대응 기술 및 케이블교량 해외 맞춤형 고도화 설계 엔지니어링 기술 개발,
3. 글로벌 영역에서의 케이블교량 관련 국내 기술력 입증을 위한, 그간의 개발기술(설계, 재료, 시공, 유지관리 등)을 통합적용한 실제 해외 케이블교량 대상의 실증모델(해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석 및 관련 프로젝트 모델 등이 제시) 개발,
4. 해외시범교량을 대상으로 신뢰도기반의 설계, 시공관리, 성능평가 및 운용관리 등을 모두 포함하는 통합 패키지 성과품 검증 및 제공 방안을 마련하고,
5. 초장대교량사업단 연구 성과의 지속적 추적관리, 연구 결과의 집약체인 통합시범적용 교량의 국내 실현을 통한 현장 실적 확보 및 해외 진출 기술 지원 등의 추진 전략을 마련 할 수 있는 정부 차원의 지원 방안이 시급히 필요함.

□ 본 기획 과제에서는 초장대교량사업단을 통해 기 확보된 케이블교량 건설 기술 및 해외 진출 경험을 활용하여, 국제 시장의 요구 사항을 만족할 수 있는 국내 케이블교량 건설 분야의 글로벌 경쟁력 강화 방안을 제시하고자 함.

## 3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사

### 1절. 기술수요조사

#### 1. 개요

##### 가. 기술수요조사의 목적

- ‘케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획’ 연구의 기술수요조사는 케이블교량의 전주기적 엔지니어링 글로벌 경쟁력 강화를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템 도출을 목적으로 함
- 산·학·연 전문가를 대상으로 케이블교량의 전주기적 엔지니어링 기술경쟁력 강화를 위해 기술개발이 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함
- 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨
  - 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하여, 기술분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술분야는 기술개발 니즈가 높은 기술분야로 볼 수 있음
  - 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술분야는 기술개발 니즈가 없는 기술분야로 볼 수 있음

##### 나. 기술수요조사의 절차

- 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과 분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진함
- 기술수요조사 설계단계에서는 기술수요조사서 항목을 결정하고 기술수요조사 대상자를 설정함
- 기술수요조사 수행단계에서는 기술수요조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
- 기술수요조사 결과분석단계에선 기술분류체계와 회신된 기술아이템을 매칭하고, 응답현황 및 기술분류체계별 기술수요를 분석함

- 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 기술분류체계, 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 후보과제로 구성하여 향후 중점분야 선정 및 수행과제 선정에 활용함



<기술수요조사 프로세스>

다. 기술수요조사 발송 및 응답개요

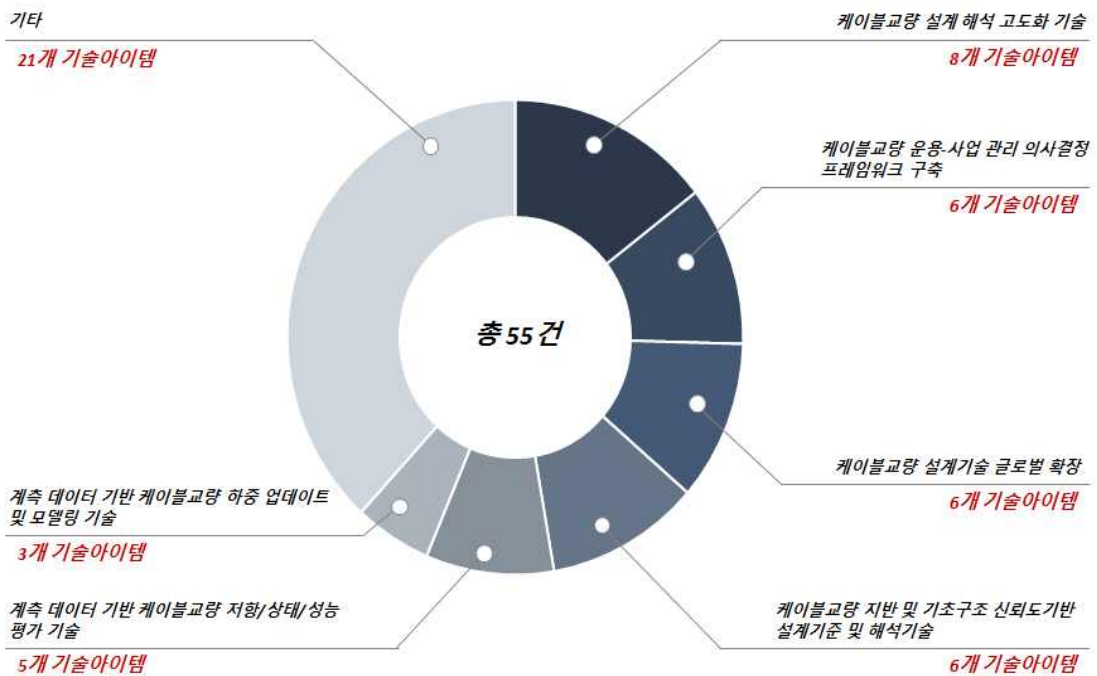
- 기술수요조사는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가를 대상으로 E-mail을 통해 조사함

<기술수요조사 발송 및 응답개요>

구분	내용
조사기간	2015년 3월 12일 ~ 4월 3일(4주간)
조사대상	내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	이메일을 통한 설문조사

## 2. 기술수요조사 분석결과

- 제안받은 기술아이템은 총 55건이며, 6개 기술분야별로 구분할 경우 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야에서 가장 많은 8건의 기술아이템을 제안받음
- 기술분야별로 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야 8건, 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축분야 6건, 케이블교량 설계기술 글로벌 확장분야 6건, 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술분야 6건, 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야 5건, 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야 3건의 기술아이템을 제안받음
- 6개 기술분야 외 제안받은 기술은 총 21건으로 향후 후보과제 pool 설정시 연구진 논의를 통해 타 기술분야로 편입, 조정함



<기술분야별 기술수요조사 회신결과>

**<기술분야별 기술아이템>**

기술분야	기술아이템
계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술	계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술
	하중별 최적계측 시스템구축
	케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration
계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술	계측기반 구조계 특성추정
	부재저항 모델링 및 평가기법
	케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술
	평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)
	노후화 상태파악 및 수명예측기술
케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축	이상데이터 계측 및 판정기법
	성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술
	초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도
	예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계
	초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계
	O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영
케이블교량 설계기술 글로벌 확장	도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술
	케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술
	케이블교량 가설구조물 설계기술
	케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법
	운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법
	대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술
케이블교량 설계 해석 고도화 기술	해석 목적별 모델링 및 파라미터
	초기 평형상태 개념 및 구현 기술
	완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술
	붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술
	선박충돌 시뮬레이션 해석기술
	힘-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술
	케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술
	초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술
케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술	지반물성 및 토압 확률모델 구축
	Mega foundation의 신뢰도 기반 설계 기술
	특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술
	초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술
	케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술
	강진지역 신뢰도기반 설계기술

기술분야	기술아이템
기타	케이블교량 점검 및 보수로봇 개발 및 운용
	케이블 교량 국부손상 진단기법 개발
	지열에너지를 이용한 겨울철 교량도로상면에 형성되는 블랙아이스 방지 및 여름철 열섬 저감 기술개발
	교량가설기술, 유지관리기술 및 외부환경하중에 대한 합리적인 확률적정량적 분석
	콘크리트 사장교 Precast화 기술
	대구경현장타설말뚝의 굴착공벽면 거칠기 측정 및 주면마찰력 산정기술
	원심모형실험을 활용한 초장대교량의 재해 시 성능 평가
	기계학습 알고리즘(Machine Learning Algorithm)을 사용한 확률적 이상데이터 판정기법 개발
	케이블교량 유지관리설비 설계기준
	미래지향적 모니터링시스템 개발
	계측데이터 활용을 위한 통합 Test-bed 구축 및 운영
	케이블교량 운용-사업관리 의사결정 프레임워크
	상시진동 계측데이터 기반 교량의 성능평가 기법
	교량 통과 차량에 대한 고정밀도 정보 기반의 교량 운영관리시스템
	지압판과 썬기 및 충격흡수장치로 구성된 케이블구조의 장수명화
	현수교 주케이블 비파괴 진단장비
	강재 고주파 가설공법 및 정밀도 관리시스템 개발
	초장대(케이블)교량 유지관리 비용모델(Operation & Maintenance Cost Model) 개발
	케이블교량 시공중 재해위험도 평가
	케이블 damper 및 deviator 설계기술
케이블교량 시스템 및 부재의 멀티스케일 멀티피직스 해석기술	

## 2절. 기술수준 및 예측조사

### 1. 개요

#### 가. 기술수준/예측조사의 목적

- ‘케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획’ 연구의 기술수준/예측조사는 관련 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 과제우선 순위 평가를 위한 기초자료로 활용을 목적으로 함
- 산·학·연 전문가를 대상으로 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 관련 기술의 실현시기, 기술수준, TRL단계, 중요도 등을 조사함
- 기술수준/예측조사는 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술의 기술혁신 동향을 예측하여 이를 토대로 효과적인 R&D계획을 수립하고 합리적인 의사결정 방안을 마련하기 위한 조사임
  - 연구개발 사업 계획과 전략 수립에 활용하기 위한 적합한 자료와 다양한 예측방법을 사용하여 미래의 기술변화에 관한 필요한 정보를 수집함
  - 현재 기술의 수준을 살펴봄으로써 기술변화를 예측하고, 이를 기반으로 기술개발의 방향과 목표를 설정함

#### 나. 기술수준/예측조사의 절차

- 기술수준/예측조사는 기술수준/예측조사 설계, 기술수준/예측조사 수행, 기술수준/예측조사 결과분석, 기술수준/예측조사 결과 활용 순으로 추진함
- 기술수준/예측조사 설계단계에서는 기술수준/예측조사서 항목을 결정하고 기술수준/예측조사 대상자를 설정함
  - 조사항목은 기술수준/예측조사를 수행한 선행연구의 기술수준/예측조사항목을 검토하여 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 구성함
  - 세부 기술분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적/사회경제적 기술실현시기, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선시행방안 등을 조사항목으로 설정함
- 기술수준/예측조사 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함

- 기술수준/예측조사는 2Round에 걸친 Mini-델파이 방법을 활용함
  - 응답자별로 본인의 1Round 응답결과와 전체 조사대상자 응답 통계자료를 함께 제공하여 조사항목별로 전문가의 합의를 유도함
  - 2Round 응답결과 중 양 극단값을 평가한 조사자의 응답결과를 배제한 값의 평균치를 최종 결과값으로 설정함
- 기술수준/예측조사 결과분석단계에선 기술분류체계별 조사결과를 분석하고, 기술수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도의 포트폴리오 분석을 통해 기술개발 추진전략을 설정함
- 기술수준/예측조사 결과활용단계에서는 분석결과를 기반으로 한 사업추진방향 설정, 후보과제 우선순위 도출, TRM작성 등에 활용함

기술수준/예측조사 절차	세부내용
<b>1</b> 기술수준/예측조사 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준/예측조사 항목 설정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술적/사회경제적 실현시기, 기술수준, 기술격차/추세, TRL단계, 기술기반 성숙도, 최고기술보유국/기관, 기술획득방식, 정부우선 시행방안</li> </ul> </li> <li>■ 기술수준/예측조사 평가대상자 선정기술수요조사 대상자 선정</li> </ul>
<b>2</b> 기술수준/예측조사 수행	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준/예측조사 대상자 메일발송 및 회수(2차 미니델파이)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차조사 이후, 조사결과의 중위값 및 조사자별 조사값을 제시하여 2차조사 수행</li> </ul> </li> </ul>
<b>3</b> 기술수준/예측조사 결과분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술수준/예측조사 결과분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사항목 1차분석</li> <li>- 조사항목 포트폴리오 분석 : 기술수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석을 통한 기술개발 우선 영역 및 기술분야 도출</li> </ul> </li> </ul>
<b>4</b> 기술수준/예측조사 결과활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 후보과제 우선순위 도출 및 TRM작성시 활용</li> </ul>

<기술수준/예측조사 프로세스>

다. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

- 기술예측/수준조사는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

〈기술수준/예측조사 발송 및 응답개요〉

구분	내용
조사기간	- 1차 조사기간 : 2015년 3월 12일 ~ 3월 31일(3주간) - 2차 조사기간 : 2015년 4월 2일 ~ 4월 7일(1주간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

라. 기술수준/예측조사 항목 설정

(1) 기술 실현시기

- ‘기술적 실현시기’는 해당기술의 기술적인 문제가 해결되어 기술이 적용된 최초의 시작품 등이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점(Single Point Time)임
- ‘사회경제적 실현시기’는 해당기술의 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점(Single Point Time)임

(2) 국내 기술수준 및 기술격차

- ‘국내 기술수준’은 ‘15년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준임
- 기술수준의 평가 기준은 다음과 같음

**<기술수준/예측조사의 기술수준 평가 기준>**

기술수준	설명
100%	- 독보적 세계 최고
81% ~ 99%	- 기술 분야를 선도
61% ~ 80%	- 선진기술의 모방개량이 가능
41% ~ 60%	- 선진기술의 도입적용이 가능
1% ~ 40%	- 연구개발능력이 취약
0%	- 우리나라에서 관련 연구가 전혀 진행되고 있지 않음

- ‘기술격차’ 는 국내 기술수준이 세계최고기술에 도달하기까지 소요되는 시간 (단위:년)임
- ‘기술격차추세’ 는 세계 최고기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점 척도로 평가함
- 기술격차추세의 평가 기준은 다음과 같음

**<기술수준/예측조사의 기술격차추세 평가 기준>**

구분	설명
5	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 확대 중”
4	- 최고기술과 기술격차가 “확대 중”
3	- 최고기술과 기술격차가 “유지되고 있음”
2	- 최고기술과 기술격차가 “축소 중”
1	- 최고기술과 기술격차가 “빠르게 축소 중”

(3) 기술성숙도(TRL)

- ‘기술성숙도(TRL)’ 는 해당기술의 국내외 기술성숙도를 나타내는 지표임
- 기술성숙도(TRL)의 평가 기준은 다음과 같음

**<>기술수준/예측조사의 기술성숙도(TRL) 평가 기준>**

기술성숙도 단계	설명
1단계	- 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계
2단계	- 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계
3단계	- 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계
4단계	- 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계
5단계	- 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
6단계	- 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
7단계	- 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이뤄지는 단계
8단계	- 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계
9단계	- 사업화가 완료된 단계

(4) 최고기술 보유국

- ‘최고기술보유기관’은 ‘15년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가임

(5) 기술기반 성숙도

- ‘기술기반 성숙도’는 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
- 기술기반 성숙도의 평가 기준은 다음과 같음

**<기술수준/예측조사의 기술기반 성숙도 평가 기준>**

구분	설명
5	- 세계선도 연구인력 및 장비 등 확보
4	- 최고기술보유국과 동등한 수준
3	- 최고기술보유국보다 낮지만 자체연구개발 수행가능 인력 장비 확보
2	- 국내 관련 연구인력, 장비가 매우적어 해외협력연구가 필요한 수준
1	- 국내 관련 연구인력, 장비 인프라 전무

(6) 기술적 중요도

- ‘기술 핵심성’은 해당기술이 ‘케이블교량 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
- 기술 핵심성의 평가 기준은 다음과 같음

〈기술수준/예측조사의 기술 핵심성 평가 기준〉

구분	설명
5	- 해당기술이 ‘케이블교량 관련 기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 높음
4	- 해당기술이 ‘케이블교량 관련 기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 높음
3	- 해당기술이 ‘케이블교량 관련 기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 보통임
2	- 해당기술이 ‘케이블교량 관련 기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 낮음
1	- 해당기술이 ‘케이블교량 관련 기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 낮음

- ‘시급성’은 해당 기술이 적정 수준을 구현해야 하는 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함
- 시급성의 평가 기준은 다음과 같음

〈기술수준/예측조사의 시급성 평가 기준〉

구분	설명
5	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 매우 시급함
4	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급함
3	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급한 정도가 보통임
2	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급하지 않음
1	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 전혀 시급하지 않음

□ ‘과학기술적 파급효과’ 는 해당 기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향력을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 과학기술적 파급효과의 평가 기준은 다음과 같음

〈기술수준/예측조사의 과학기술적 파급효과 평가 기준〉

구분	설명
5	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 높음
4	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 높음
3	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 보통임
2	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 낮음
1	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 낮음

(7) 기술획득방식

□ ‘기술획득방식’ 은 해당 기술의 기술개발을 위해 적합한 연구 주체를 나타냄

○ 기술획득방식은 아래 4개 항목 중 하나를 선택하여 조사함

〈기술수준/예측조사의 기술획득방식 조사 항목〉

구분	설명
자체 개발	민간 - 기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 것이 바람직함
	정부 - 기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하고 기초 단계 연구개발이 필요하여 정부출연연구소 또는 기관을 중심으로 정부가 주도하는 것이 바람직함
	공동 - 정부와 민간이 매칭펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발을 추진하는 것이 바람직함
기술도입 및 국제공동연구	- 국내 개발 역량이 미흡하거나 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감할 수 있어 독자적 개발보다는 국제공동개발 또는 해외 기술을 도입하는 것이 바람직함

(8) 정부우선시행방안

- ‘정부우선시행방안’은 해당 기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 정책을 의미함
- 정부우선시행방안은 아래 5개 항목의 중요도 비중을 조사함

〈기술수준/예측조사의 정부우선시행방안 조사 항목〉

구분	설명
인력양성	- 해당기술에 인력이 절실히 부족하여 인력양성을 위한 정책적 지원 필요
협력교류 활성화	- 기술의 성격상 다학제적 연구 또는 산학연 및 국제공동연구가 필요하며 협력교류 활성화를 위한 정책적 지원 필요
인프라구축	- 기술 개발을 위해 설비투자 등의 인프라구축이 필요
연구비확대	- 기술 개발을 위해 연구개발비 확대 및 신규 투자가 필요
제도개선	- 규제 완화/정책 수립/법규 제정/표준화 지원 등 연구개발을 촉진하기 위한 제도의 수립 또는 개선이 필요

## 2. 기술수준/예측조사 분석결과

### 가. 국내·외 기술 실현시기

#### (1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

최고기술보유국의 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술은 국내보다 3년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨

○ 해외는 '17년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨

- 해외는 '16, '17년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음

○ 국내는 '20년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨

- 국내는 '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음

○ 해외는 '19년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨

- 해외는 '18, '19년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

○ 국내는 '22년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨

- 국내는 '20, '22년 이상에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술적 실현 이후 사회경제적 실현까지 국내외 모두 0~2년이 소요될 것으로 전망됨

○ 국내외 모두의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~2년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 실현시기 빈도>

<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 실현시기>

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술	계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	17	20	18	22
	하중별 최적계측 시스템구축	16	20	18	20
	케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration	17	20	19	22

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 최고기술보유국의 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술은 국내보다 3년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨

○ 해외는 '18년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨

- 해외는 '16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음

○ 국내는 '22년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨

- 국내는 '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음

○ 해외는 '20년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨

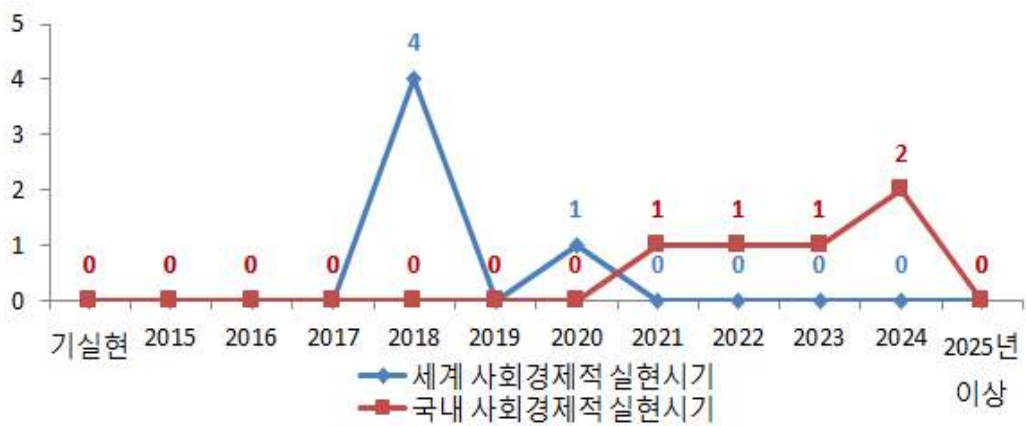
- 해외는 '18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

○ 국내는 '24년까지 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨

- 국내는 '21, '22, '23, '24년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지 국외 2년, 국내 0~4년이 소요될 것으로 전망됨

○ 국외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 2년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~4년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 실현시기 빈도>

<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 실현시기>

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술	계측기반 구조계 특성추정	16	20	18	21
	부재저항 모델링 및 평가기법	16	20	18	23
	케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술	17	20	18	24
	평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)	16	20	18	22
	노후화 상태파악 및 수명예측기술	18	22	20	24

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

□ 최고기술보유국의 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축은 국내보다 3년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨

○ 해외는 '17년까지 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨

- 해외는 '16, '17년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음

○ 국내는 '20년까지 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨

- 국내는 '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음

○ 해외는 '20년까지 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨

- 해외는 '18, '19년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

○ 국내는 '24년까지 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨

- 국내는 '22년 이상에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지 국내외 모두 2년이 소요될 것으로 전망됨

○ 국내외 모두의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 2년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술의 실현시기 빈도>

<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 기술의 실현시기>

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축	이상데이터 계측 및 판정기법	17	20	20	22
	성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술	16	20	18	22
	초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도	17	20	19	21
	예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계	17	20	19	24
	초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계	16	20	18	22
	O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영	16	20	18	22

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

- 최고기술보유국의 케이블교량 설계기술 글로벌 확장은 국내보다 4년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
  
- 해외는 '16년까지 케이블교량 설계기술 글로벌 확장이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 해외는 '16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 국내는 '20년까지 케이블교량 설계기술 글로벌 확장이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 국내는 '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 해외는 '18년까지 케이블교량 설계기술 글로벌 확장이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 해외는 '16, '18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 국내는 '21년까지 케이블교량 설계기술 글로벌 확장이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 국내는 '20, '21년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지 국외 0~2년, 국내 0~1년이 소요될 것으로 전망됨
  
- 국외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~2년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~1년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술의 실현시기 빈도>

<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술실현시기>

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
케이블교량 설계기술 글로벌 확장	도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술	16	20	17	21
	케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술	16	20	18	20
	케이블교량 가설구조물 설계기술	15	19	16	20
	케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법	16	20	18	21
	운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법	16	20	18	21
	대심도 토사지반 대구경 향타말뚝 설계기술	16	20	16	21

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

- 최고기술보유국의 케이블교량 설계 해석 고도화 기술은 국내보다 2~4년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
  
- 해외는 '16년까지 케이블교량 설계 해석 고도화 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 해외는 '16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '20년까지 케이블교량 설계 해석 고도화 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 국내는 '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 해외는 '18년까지 케이블교량 설계 해석 고도화 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 해외는 '16, '18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '21년까지 케이블교량 설계 해석 고도화 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 국내는 '20, '21년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지 국외 0~2년, 국내 0~1년이 소요될 것으로 전망됨
  
- 국외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~2년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~1년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



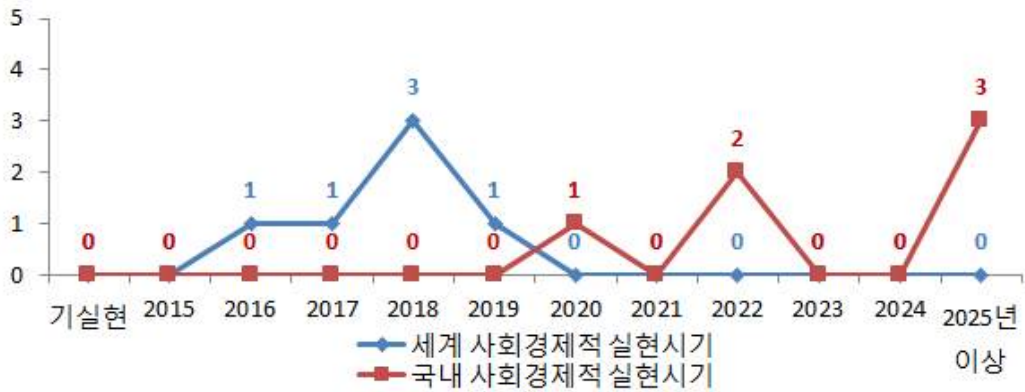
<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술의 실현시기 빈도>

<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 실현시기>

중분류	기술분류체계 소분류	기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
		세계	국내	세계	국내
케이블교량 설계 해석 고도화 기술	해석 목적별 모델링 및 파라미터	16	18	17	20
	초기 평형상태 개념 및 구현 기술	16	18	17	20
	완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술	16	20	17	21
	붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술	16	18	17	21
	선박충돌 시뮬레이션 해석기술	16	20	17	21
	힘-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술	16	18	17	21
	케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술	16	20	16	20
	초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술	16	20	17	22

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 최고기술보유국의 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술은 국내보다 2~4년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
  
- 해외는 '18년까지 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 해외는 '16, '17, '18년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 국내는 '25년 이상까지 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 국내는 '20, '22년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 해외는 '19년까지 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 해외는 '18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 국내는 '25년 이상까지 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
  - 국내는 '22, '25년 이상에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
  
- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지 국외 0~2년, 국내 2~3년이 소요될 것으로 전망됨
  
- 국외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~2년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 2~3년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 실현시기 빈도>

<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 실현시기>

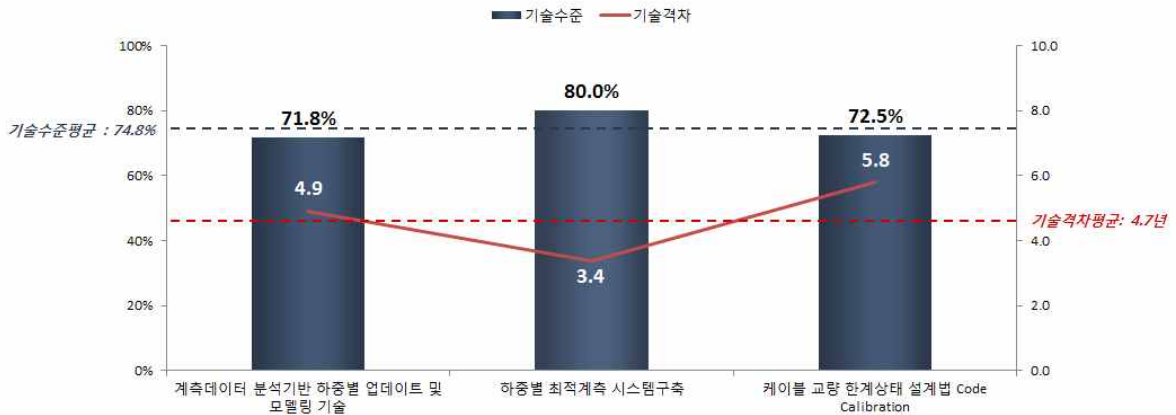
기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술	지반물성 및 토압 확률모델 구축	16	20	16	20
	Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술	18	22	18	25
	특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술	18	20	18	22
	초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술	17	25	18	25
	케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술	17	22	19	25
	강진지역 신뢰도기반 설계기술	16	20	17	22

나. 기술수준 및 기술격차

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 평균 기술수준은 74.8%, 기술격차는 4.7년임

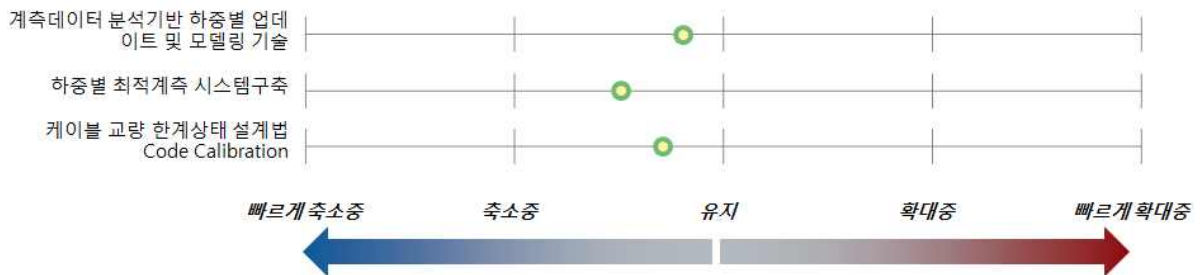
- 하중별 최적계측 시스템구축(80.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술(71.8%), 케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration(72.5%)의 기술수준은 상대적으로 낮음
- 하중별 최적계측 시스템구축(3.4년)의 기술격차가 가장 적으며, 케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration(5.8년)의 기술격차가 상대적으로 큼
- 



<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술수준 및 기술격차>

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

- 계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술, 하중별 최적계측 시스템구축, 케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration이 축소 추세임



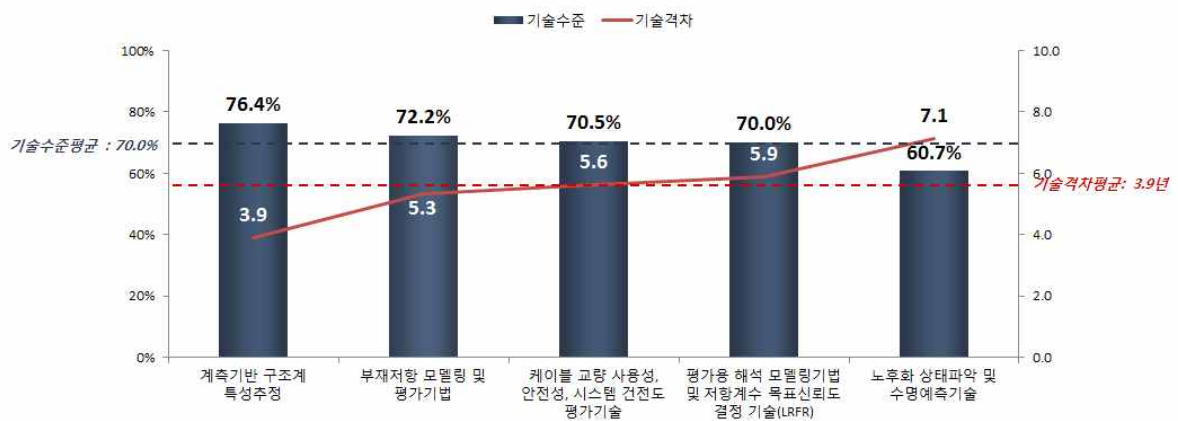
<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술격차추세>

(2). 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 평균 기술수준은 70.0%, 기술격차는 3.9년임

○ 계측기반 구조계 특성추정(76.4%), 부재저항 모델링 및 평가기법(72.2%)의 기술수준은 상대적으로 높고, 노후화 상태파악 및 수명예측기술(60.7%)의 기술수준은 상대적으로 낮음

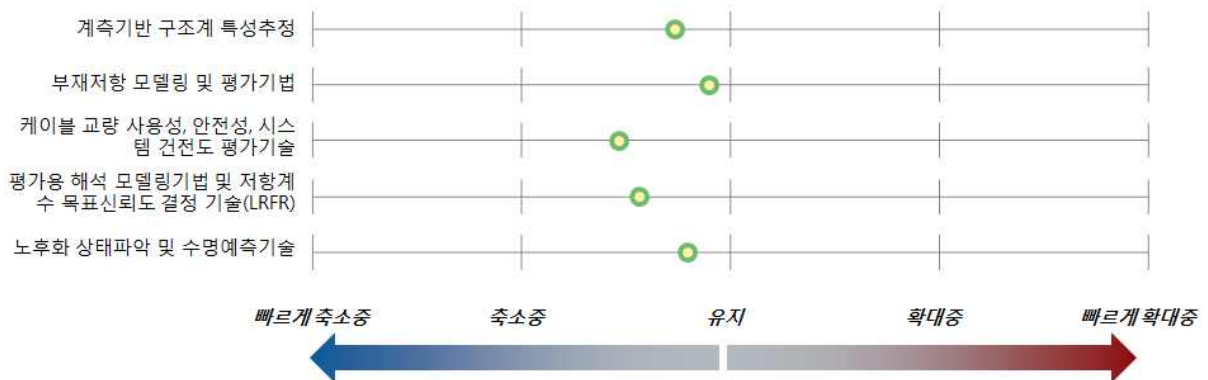
○ 계측기반 구조계 특성추정(3.9년)의 기술격차가 가장 적으며, 노후화 상태파악 및 수명예측기술(7.1년)의 기술격차가 상대적으로 큼



<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술수준 및 기술격차>

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

○ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 모든 세부기술이 축소 추세이며, 케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술이 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소중임

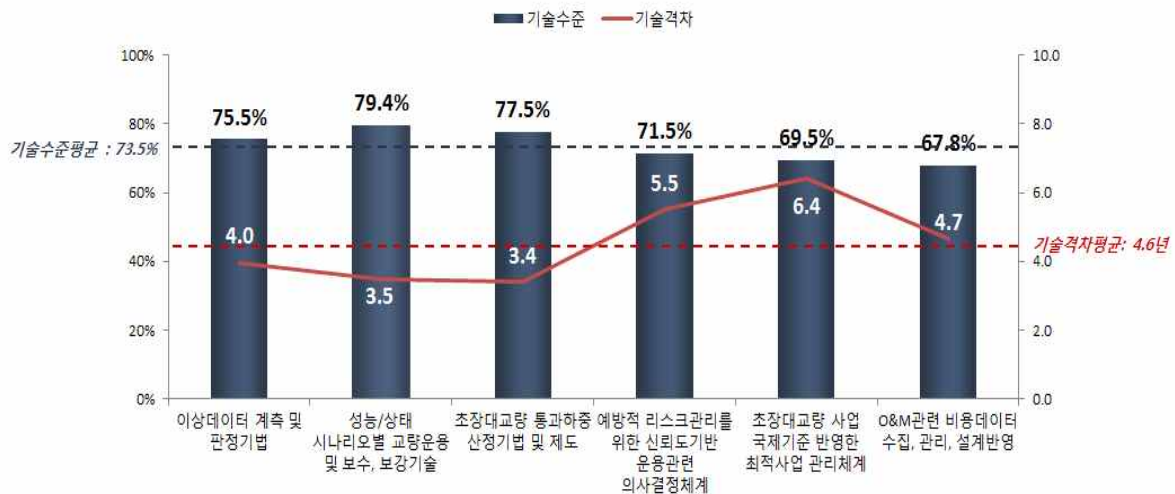


<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술격차추세>

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 평균 기술수준은 73.5%, 기술격차는 4.6년임

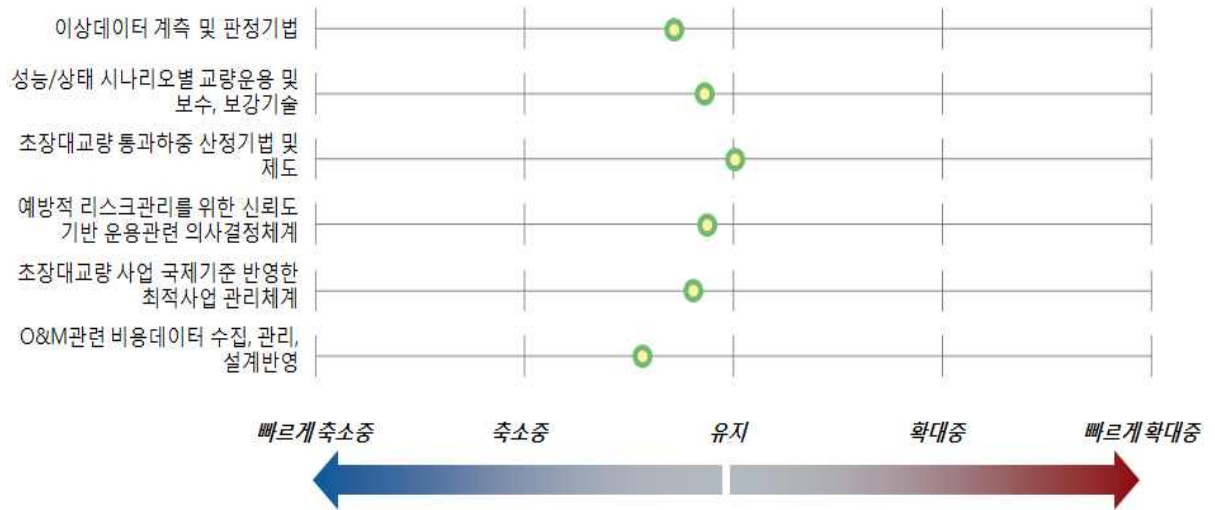
- 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술(79.4%), 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도(77.5%)의 기술수준은 상대적으로 높고, 노후화 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계(69.5%), O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영(67.8%)의 기술수준은 상대적으로 낮음
- 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도(3.4년)의 기술격차가 가장 적으며, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영(6.4년)의 기술격차가 상대적으로 큼



<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술수준 및 기술격차>

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술격차추세는 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도를 제외하고 전반적으로 축소 추세임

- 이상데이터 계측 및 판정기법, 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술, 예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계, 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영의 기술격차추세는 축소 추세임
- 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도의 기술격차는 유지 중인 것으로 나타남



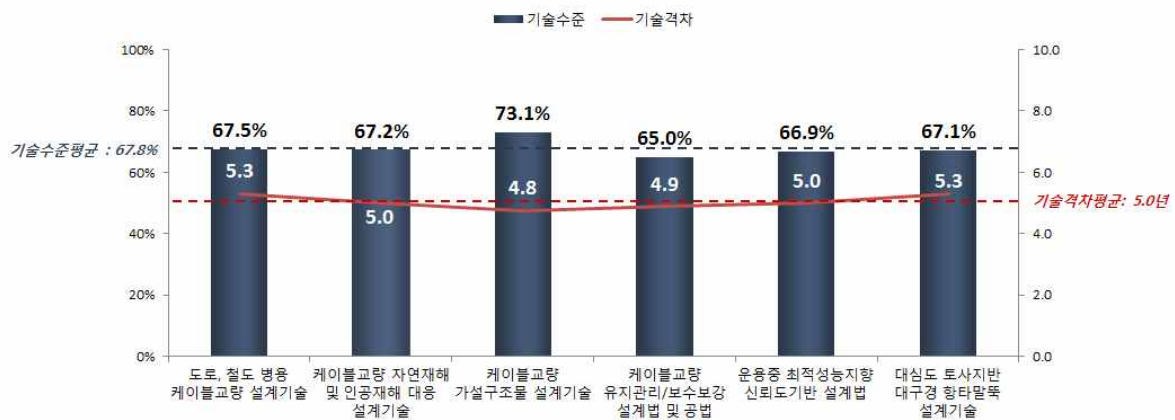
〈케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술격차추세〉

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 평균 기술수준은 67.8%, 기술격차는 5.0년

○ 케이블교량 가설구조물 설계기술(73.1%)의 기술수준은 상대적으로 높고, 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법(65.0%), 운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법(66.9%)의 기술수준은 상대적으로 낮음

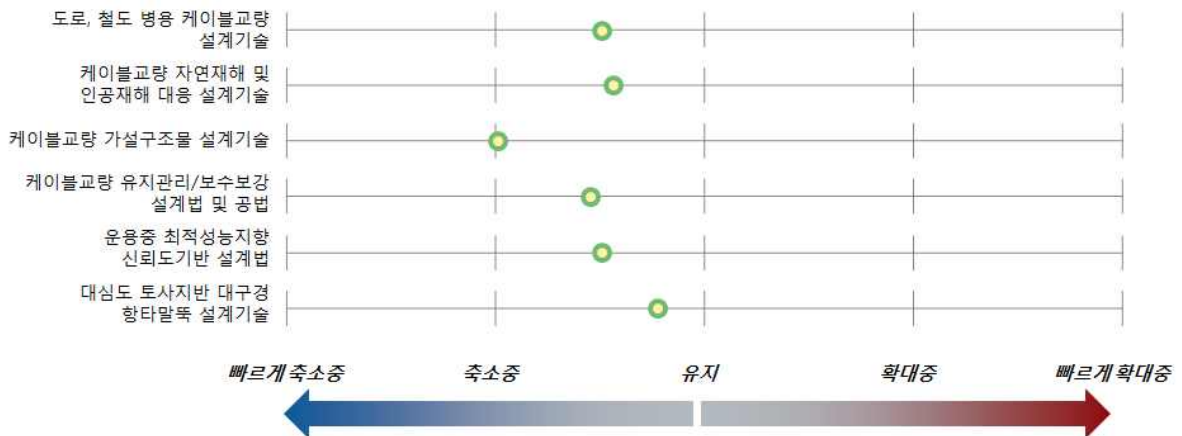
○ 케이블교량 가설구조물 설계기술(4.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 대심도 토사지반 대구경 향타말뚝 설계기술(5.3년), 대심도 토사지반 대구경 향타말뚝 설계기술(5.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼



<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술수준 및 기술격차>

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

○ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 모든 세부기술이 축소 추세이며, 대심도 토사지반 대구경 향타말뚝 설계기술이 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소중임

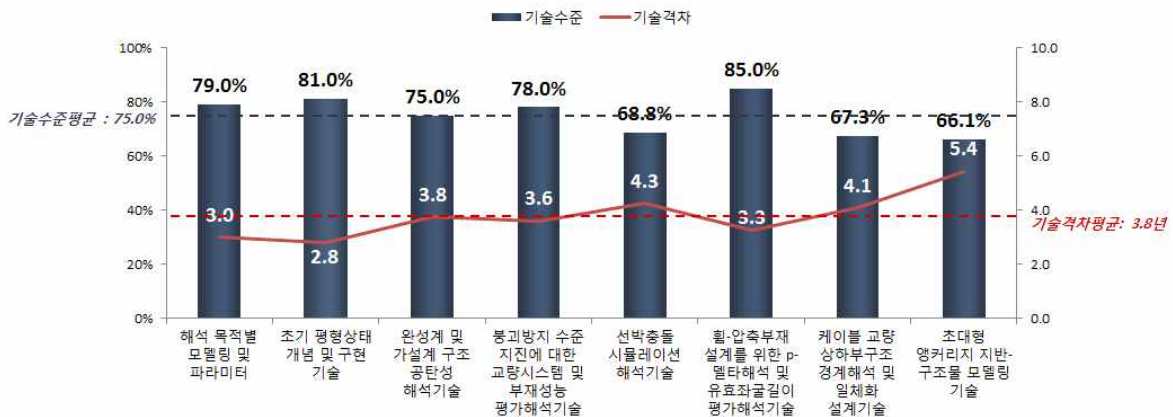


<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술격차추세>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 평균 기술수준은 75.0%, 기술격차는 3.8년임

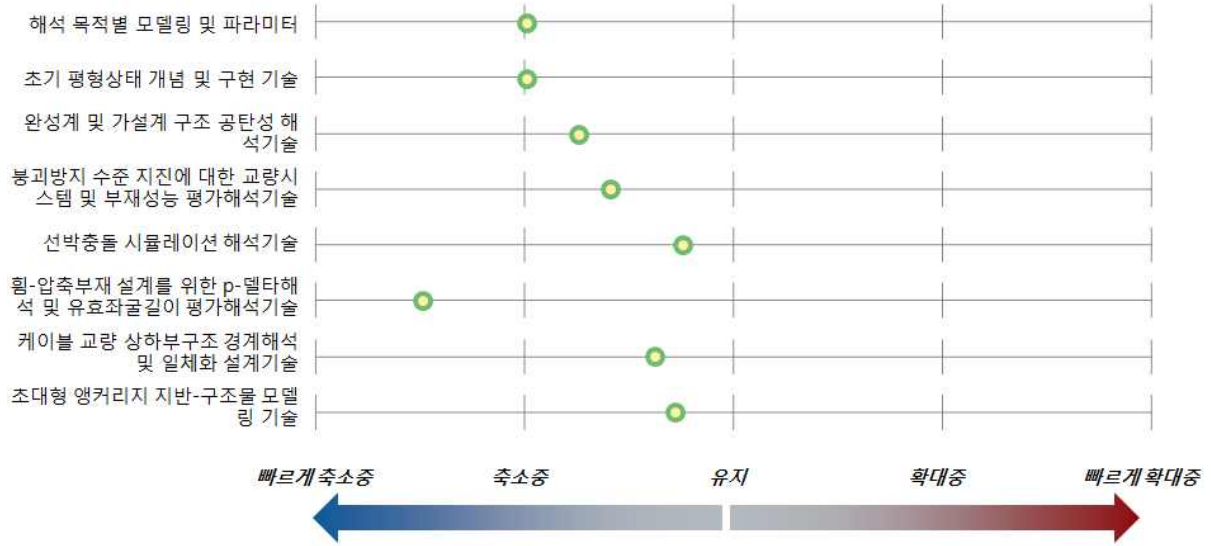
- 초기 평형상태 개념 및 구현 기술(81.0%), 휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술(85.0%), 초기 평형상태 개념 및 구현 기술(81.0%)의 기술수준은 상대적으로 높음
- 선박충돌 시뮬레이션 해석기술(68.8%), 휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술(67.3%), 초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술(66.1%)의 기술수준은 상대적으로 낮음
- 초기 평형상태 개념 및 구현 기술(2.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술(5.4년)의 기술격차가 상대적으로 큼



<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술수준 및 기술격차>

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 모든 세부기술이 축소 추세이며, 휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술이 상대적으로 빠른 속도로 축소중임

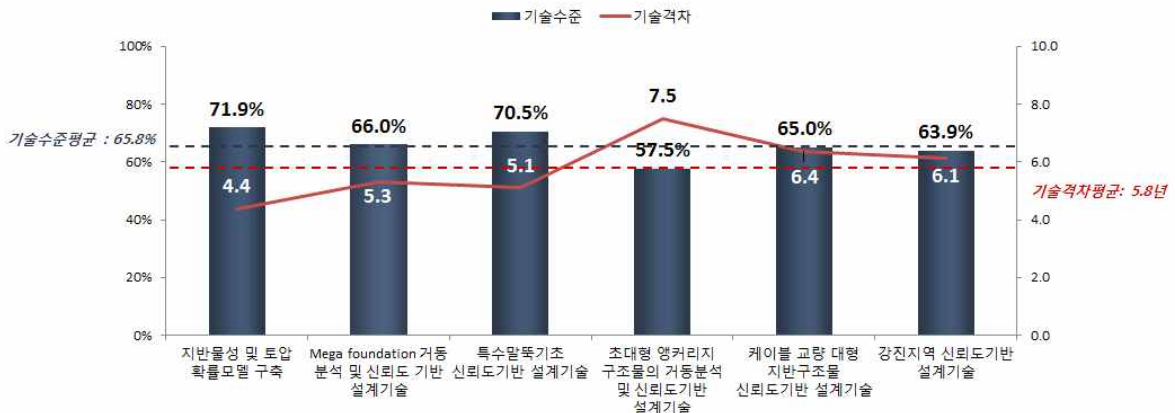


〈케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술적차추세〉

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 평균 기술수준은 65.8%, 기술격차는 5.8년임

- 지반물성 및 토압 확률모델 구축(71.9%), 특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술(70.5%)의 기술수준은 상대적으로 높고, 초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술(57.5%)의 기술수준은 상대적으로 낮음
- 지반물성 및 토압 확률모델 구축(4.4년)의 기술격차가 가장 적으며, 초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술(7.5년)의 기술격차가 상대적으로 큼

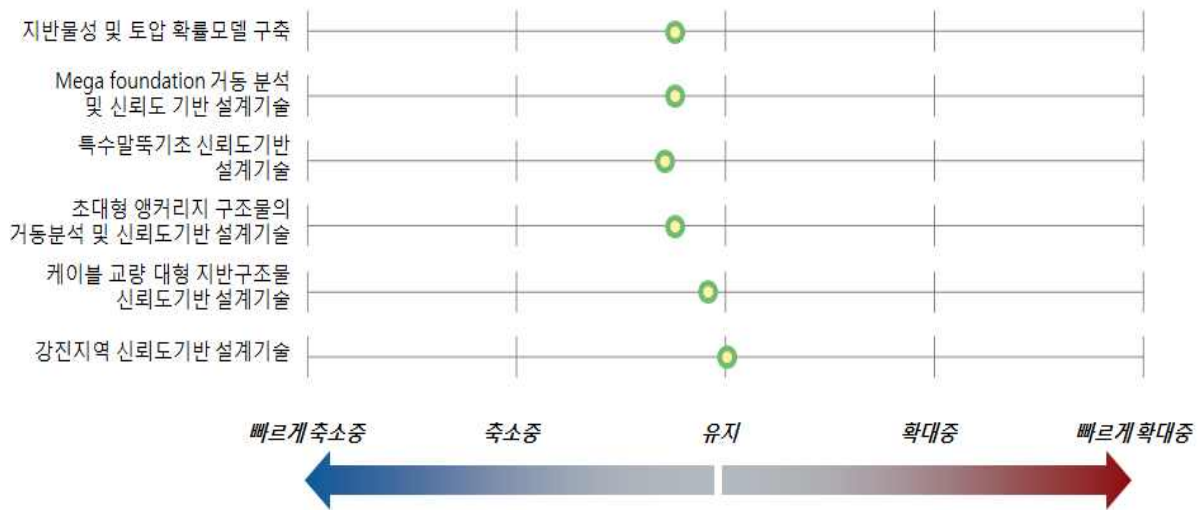


〈케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술수준 및 기술격차〉

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술격차 추세는 소폭 축소하거나 유지중임

○ 강진지역 신뢰도기반 설계기술을 제외한 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 모든 세부기술의 기술격차추세가 축소 추세임

○ 강진지역 신뢰도기반 설계기술의 기술격차는 유지중인 것으로 나타남



<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술격차추세>

다. 기술성숙도(TRL)

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 하중별 최적계측 시스템구축 분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술, 케이블교량 한계상태 설계법 Code Calibration 분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 하중별 최적계측 시스템구축 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술, 케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration 분야임

		★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계								
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술					★ 5.6				● 7.7	
하중별 최적계측 시스템구축					★ 6.5				● 8.2	
케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration					★ 5.6				● 7.7	
	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9	
	기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실용실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실용실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계	

<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술성숙도>

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음

- 국내는 계측기반 구조계 특성추정 분야의 TRL수준이 높아 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 노후화 상태파악 및 수명예측기술 분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 노후화 상태파악 및 수명예측기술 분야의 TRL수준이 낮아 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 부재저항 모델링 및 평가기법 분야가 낮아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 부재저항 모델링 및 평가기법 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 노후화 상태파악 및 수명예측기술 분야임

★ 국내 TRL 단계   ● 국외 TRL 단계

기술 분야	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
계측기반 구조계 특성추정					★ 5.5		● 7.4		
부재저항 모델링 및 평가기법					★ 5.3		● 7.1		
케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술					★ 5.1		● 7.3		
평가용 해석 모델링기법 및 저항 계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)					★ 5.0		● 7.3		
노후화 상태파악 및 수명예측기술				★ 4.5			● 7.5		

TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 시기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

〈계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술성숙도〉

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내는 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술 분야의 TRL수준이 높아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영 분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

- 국내·외 모두 예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계 분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계 분야임

★ 국내 TRL 단계   ● 국외 TRL 단계

분야	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
이상데이터 계속 및 판정기법					★ 5.5			● 7.5	
성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술					★ 6.0			● 7.6	
초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도					★ 5.6			● 7.6	
예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계				★ 4.8				● 7.3	
초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계				★ 5.2				● 7.8	
O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영				★ 5.2				● 7.8	

TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

〈케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술성숙도〉

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 케이블교량 가설구조물 설계기술 분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법 분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 케이블교량 가설구조물 설계기술 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 케이블교량 가설구조물 설계기술 분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계

도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술				★ 5.2			● 8.3	
케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술				★ 5.3			● 7.7	
케이블교량 가설구조물 설계기술					★ 6.3		● 8.4	
케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법				★ 5.2			● 7.8	
운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법				★ 4.8			● 7.5	
대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술				★ 5.3			● 8.0	

TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술성속도>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야의 최고기술보유국 기술성속도(TRL)는 제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있으며, 국내 기술성속도(TRL)는 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 초기 평형상태 개념 및 구현 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 초기 평형상태 개념 및 구현 기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술, 선박충돌 시뮬레이션 해석기술 분야임

★ 국내 TRL 단계   ● 국외 TRL 단계

해석 목적별 모델링 및 파라미터						★ 7.0	● 8.3	
초기 평형상태 개념 및 구현 기술						★ 7.4	● 8.5	
완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술				★ 5.8			● 8.0	
붕괴방지 수준 지진에 대한 교량 시스템 및 부재성능 평가해석기술						★ 6.4	● 8.3	
선박충돌 시뮬레이션 해석기술				★ 5.3			● 7.7	
원-압축부재 설계를 위한 p-델타 해석 및 유효좌굴길이평가해석기술						★ 6.8	● 8.0	
케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 열처화 설계기술				★ 5.6			● 7.7	
초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술				★ 5.2			● 7.6	

TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

〈케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술성숙도〉

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야의 최고 기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내는 지반물성 및 토압 확률모델 구축 분야의 TRL수준이 높아 확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술 분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 강진지역 신뢰도기반 설계기술 분야의 TRL수준이 낮아 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술 분야가 낮아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 지반물성 및 토압 확률모델 구축 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 강진지역 신뢰도기반 설계기술 분야임

★ 국내 TRL 단계   ● 국외 TRL 단계

기술 분야	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
지반물성 및 토압 확률모델 구축					★ 5.6		● 7.6		
Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술					★ 5.4		● 7.5		
특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술					★ 5.3		● 7.8		
조대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술				★ 4.8			● 7.3		
케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술					★ 5.2		● 7.6		
강진지역 신뢰도기반 설계기술				★ 4.6			● 7.7		

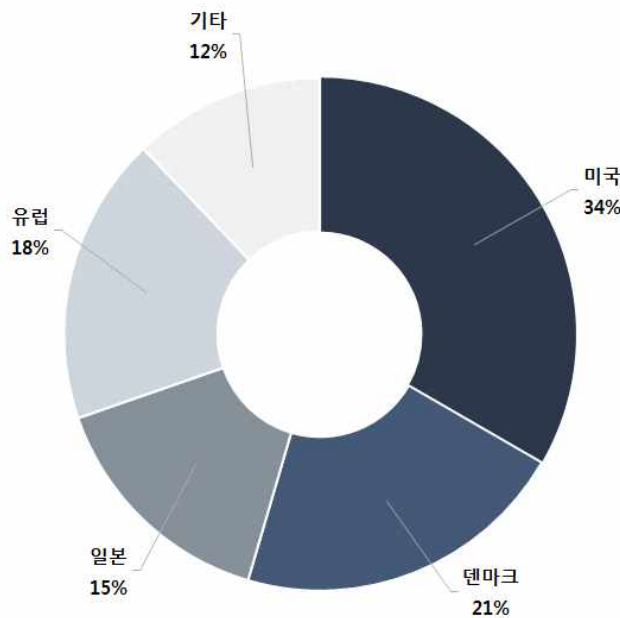
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

〈케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술성숙도〉

라. 최고기술보유국

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 최고기술 보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 미국 34%, 덴마크 21%, 유럽 18%, 일본 15%, 기타 12%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



〈계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 최고기술보유국 비중〉

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 홍콩

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 모든 소분류 기술이 미국이 높은 것으로 나타남
- 계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술은 미국, 덴마크, 일본, 유럽이 동일한 비중을 차지하였으며, 하중별 최적계측 시스템구축은 미국 덴마크가 동일한 비중을 차지함

〈계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 최고기술보유국 조사결과〉

소분류	최고기술보유국(비중)				
	미국	덴마크	일본	유럽	기타
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	21%	21%	21%	21%	14%
하중별 최적계측 시스템구축	25%	25%	17%	17%	17%
케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration	71%	14%	0%	14%	0%

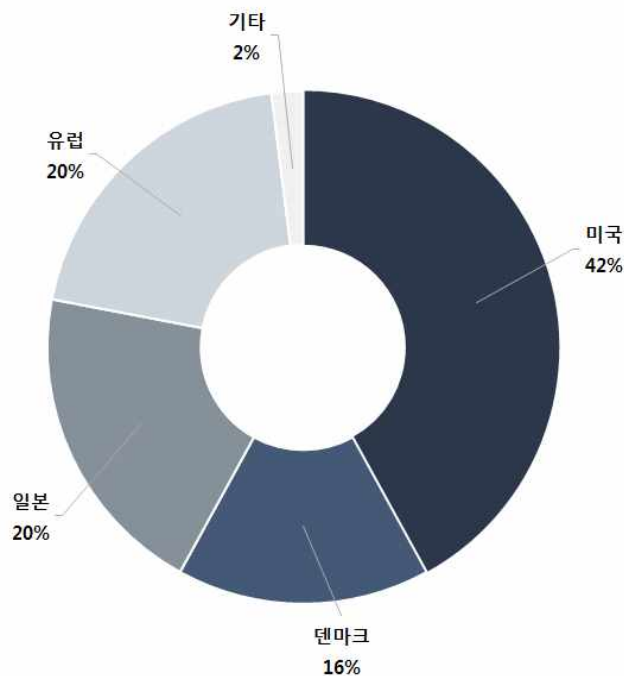
\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 홍콩

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 미국 42%, 일본 20%, 유럽 20%, 덴마크 16%, 기타 2%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



〈계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 최고기술보유국 비중〉

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 홍콩

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 모든 소분류 기술이 미국이 높은 것으로 나타남

○ 계측기반 구조계 특성추정은 미국, 일본이 동일한 비중을 차지하였으며, 부재저항 모델링 및 평가기법은 미국 일본, 유럽이 동일한 비중을 차지함

**<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 최고기술보유국 조사결과>**

소분류	최고기술보유국(비중)				
	미국	덴마크	일본	유럽	기타
계측기반 구조계 특성추정	33%	11%	33%	22%	0%
부재저항 모델링 및 평가기법	29%	14%	29%	29%	0%
케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술	36%	18%	18%	18%	9%
평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)	56%	22%	11%	11%	0%
노후화 상태과약 및 수명예측기술	50%	14%	14%	21%	0%

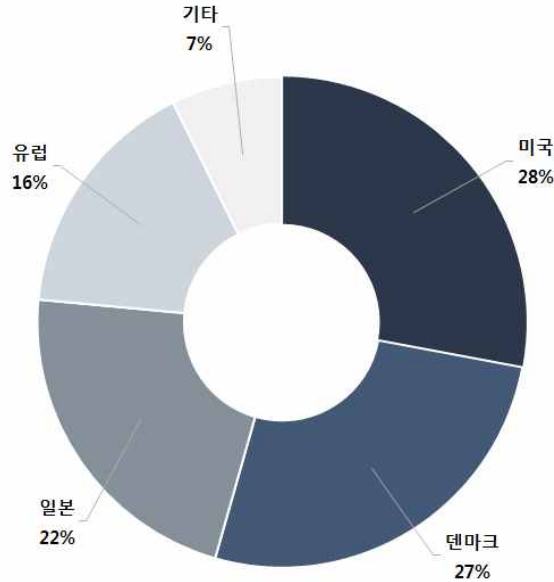
\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 홍콩

**(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축**

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 미국 28%, 덴마크 27%, 일본 22%, 유럽 16%, 기타 7%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



〈케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 최고기술보유국 비중〉

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 한국, 캐나다, 호주

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야 소분류기술 대부분이 미국이 높은 것으로 나타남
- 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도, 예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계, 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영은 미국이 높게 나타남
- 이상데이터 계측 및 판정기법은 덴마크가 높게 나타났으며, 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술은 일본이 높은 것으로 나타남

〈케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 최고기술보유국 조사결과〉

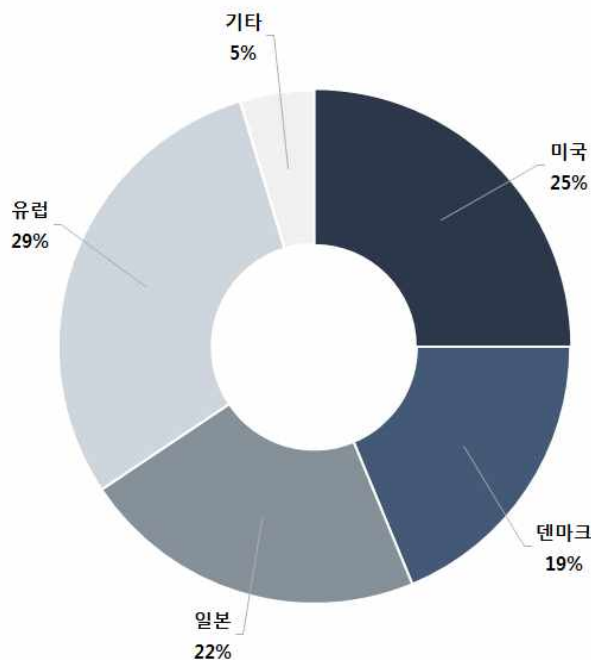
소분류	최고기술보유국(비중)				
	미국	덴마크	일본	유럽	기타
이상데이터 계측 및 판정기법	20%	40%	20%	10%	10%
성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술	15%	23%	31%	23%	8%
초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도	30%	30%	20%	20%	0%
예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계	27%	20%	13%	20%	20%
초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계	40%	30%	20%	10%	0%
O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영	40%	20%	30%	10%	0%

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 한국, 캐나다, 호주

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 최고기술보유국을 조사한 결과 유럽이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 유럽 29%, 미국 25%, 일본 22%, 덴마크 19%, 기타 5%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 최고기술보유국 비중>

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 중국

- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 소분류기술은 기술에 따라 국가별 차이가 있는 것으로 나타남
- 도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술, 케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술, 운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법은 미국이 높은 것으로 나타남
- 도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술, 케이블교량 가설구조물 설계기술, 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법은 유럽이 높은 것으로 나타남

- 케이블교량 가설구조물 설계기술, 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법, 대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술은 일본이 높은 것으로 나타남

〈케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 최고기술보유국 조사결과〉

소분류	최고기술보유국(비중)				
	미국	덴마크	일본	유럽	기타
도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술	33%	25%	8%	33%	0%
케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술	50%	25%	0%	25%	0%
케이블교량 가설구조물 설계기술	10%	20%	30%	30%	10%
케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법	11%	11%	33%	33%	11%
운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법	33%	22%	11%	22%	11%
대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술	19%	13%	38%	31%	0%

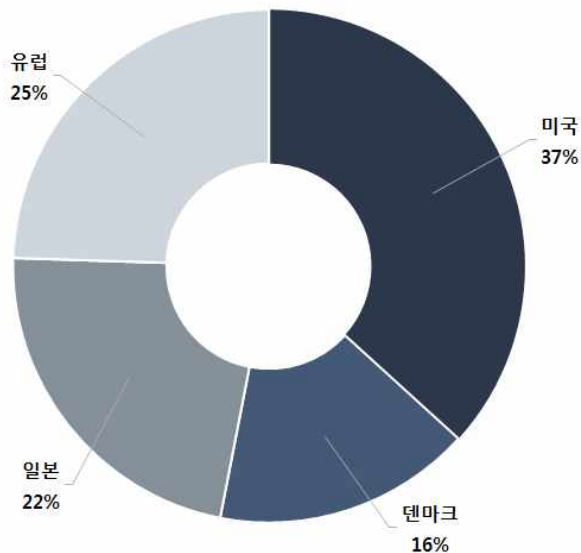
\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

\*\* 기타 : 중국

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

- 미국 37%, 유럽 25%, 일본 22%, 덴마크 16%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



〈케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 최고기술보유국 비중〉

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야 소분류기술 대부분이 미국이 높은 것으로 나타남

- 해석 목적별 모델링 및 파라미터, 초기 평형상태 개념 및 구현 기술, 붕괴 방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술, 선박충돌 시물레이션 해석기술, 휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술은 미국이 높게 나타남
- 선박충돌 시물레이션 해석기술은 미국, 덴마크, 유럽이 동일하게 높은 것으로 나타남
- 완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술은 유럽이 높게 나타났으며, 케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술은 덴마크가 높고, 초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술은 일본이 높은 것으로 나타남

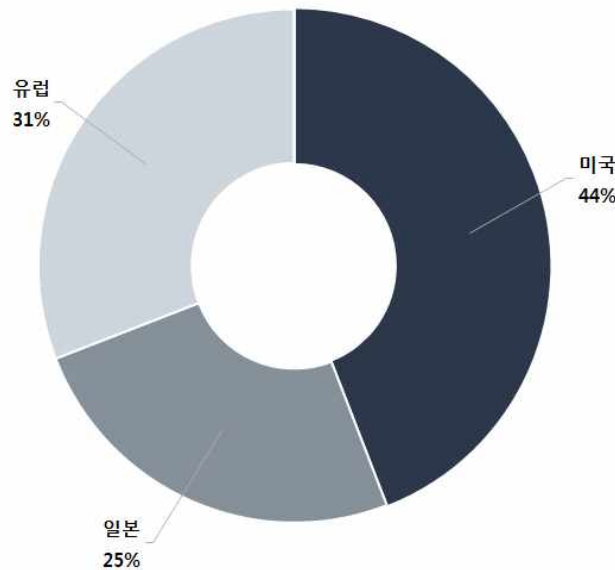
〈케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 최고기술보유국 조사결과〉

소분류	최고기술보유국(비중)				
	미국	덴마크	일본	유럽	기타
해석 목적별 모델링 및 파라미터	75%	0%	0%	25%	0%
초기 평형상태 개념 및 구현 기술	67%	0%	0%	33%	0%
완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술	33%	0%	0%	67%	0%
붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술	67%	0%	0%	33%	0%
선박충돌 시물레이션 해석기술	33%	33%	0%	33%	0%
휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술	40%	20%	20%	20%	0%
케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술	36%	45%	9%	9%	0%
초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술	18%	6%	53%	24%	0%

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 최고기술 보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남
- 미국 44%, 유럽 31%, 일본 25%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



〈케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 최고기술보유국 비중〉

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 대부분이 미국이 높은 것으로 나타남
- 지반물성 및 토압 확률모델 구축, 케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술, 강진지역 신뢰도기반 설계기술은 미국이 높게 나타남
- Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술은 유럽이 높게 나타났으며, 특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술, 초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술은 일본이 높은 것으로 나타남

〈케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 최고기술보유국 조사결과〉

소분류	최고기술보유국(비중)				
	미국	덴마크	일본	유럽	기타
지반물성 및 토압 확률모델 구축	60%	0%	0%	40%	0%
Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술	36%	0%	0%	64%	0%
특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술	36%	0%	45%	18%	0%
초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술	23%	0%	46%	31%	0%
케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술	50%	0%	33%	17%	0%
강진지역 신뢰도기반 설계기술	64%	0%	18%	18%	0%

\* 유럽은 덴마크를 제외한 유럽국가 총합

마. 기술기반(인프라) 성숙도

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

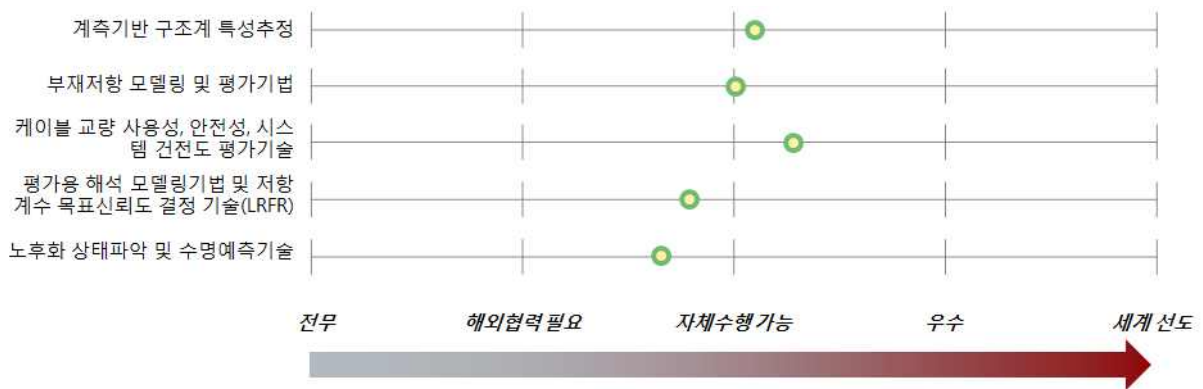
- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술기반(인프라) 성숙도는 전반적으로 자체연구개발 수행이 가능한 수준에 있음
- 계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술, 케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남
- 하중별 최적계측 시스템구축은 인프라성숙도가 상대적으로 우수하여 국내 인프라를 활용하여 자체연구수행이 가능한 것으로 나타남



〈계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술기반 성숙도〉

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

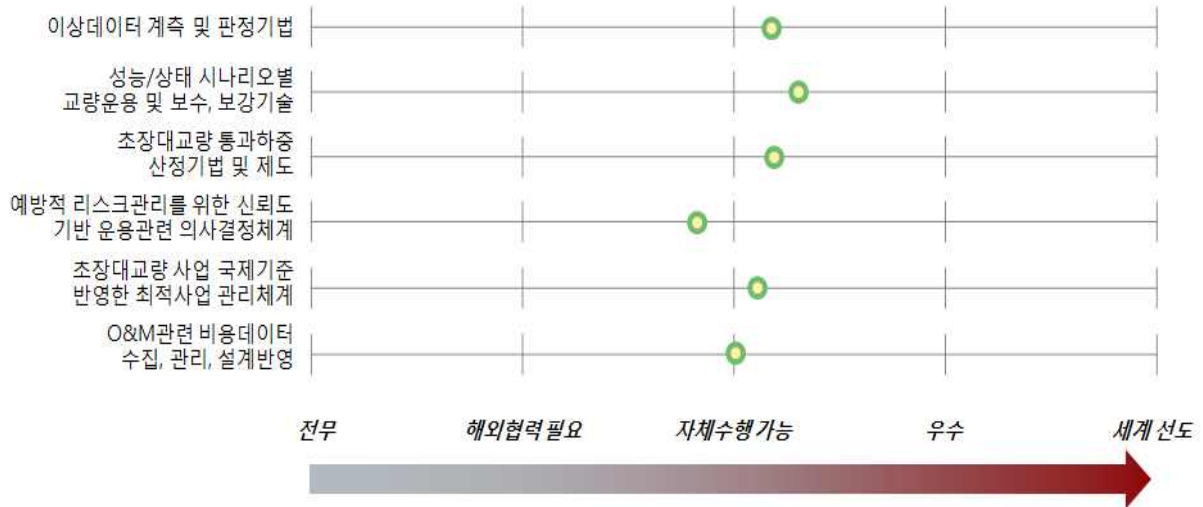
- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술기반(인프라) 성숙도는 전반적으로 노후화 상태파악 및 수명예측기술, 해석 모델링 기술은 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 자체 연구개발 수행이 가능함
- 평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR), 노후화 상태파악 및 수명예측기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남
- 케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술은 인프라성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 나타남



<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술기반 성숙도>

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술기반(인프라) 성숙도는 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계는 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 자체 연구개발 수행이 가능함
- 예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계는 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남
- 이상데이터 계측 및 판정기법, 성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술, 초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도, 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영은 인프라성숙도가 상대적으로 우수한 편이며, 국내 인프라를 활용하여 자체연구수행이 가능한 것으로 나타남



<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술기반 성숙도>

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

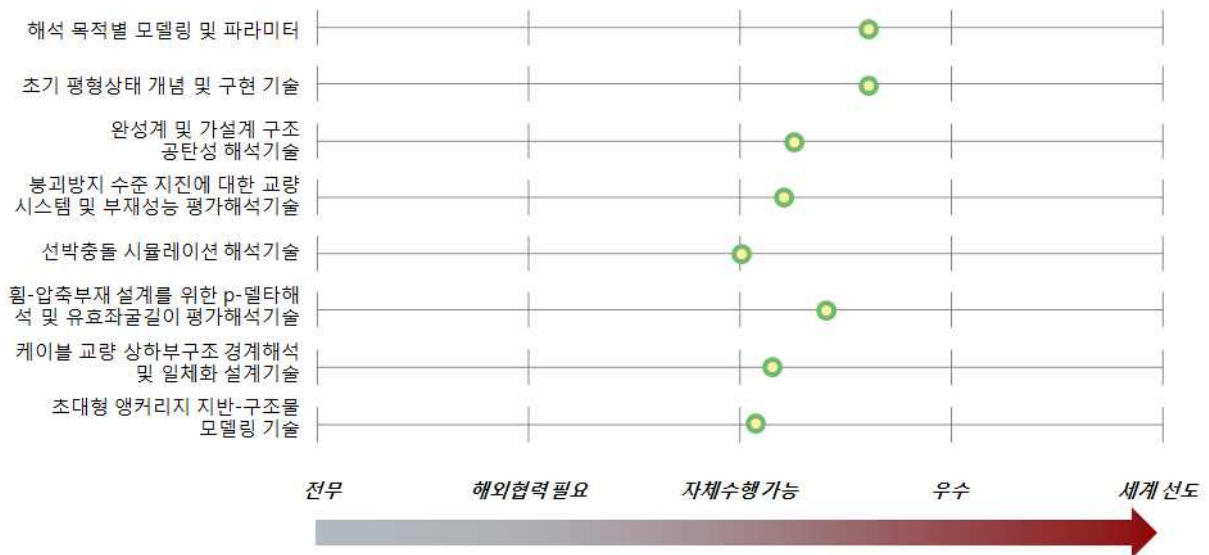
- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술기반(인프라) 성숙도는 병용 케이블교량 설계기술, 유지관리/보수보강설계법은 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 자체 연구개발 수행이 가능함
- 케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술은 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남
- 도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술, 케이블교량 가설구조물 설계기술, 운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법, 대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술은 인프라성숙도가 상대적으로 우수하여 국내 인프라를 활용하여 자체연구수행이 가능한 것으로 나타남
- 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법은 자체수행가능 수준에 근접하여 일부 연구는 해외협력이 필요할 수도 있는 것으로 나타남



<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술기반 성숙도>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술기반(인프라) 성숙도는 자체 연구 개발 수행이 가능함
- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야의 모든 기술은 국내 인프라를 활용하여 자체연구수행이 가능한 것으로 나타남
- 해석 목적별 모델링 및 파라미터, 초기 평형상태 개념 및 구현 기술의 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 나타남



<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술기반 성숙도>

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술기반 (인프라) 성숙도는 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능하지만 일부 연구가 해외협력이 필요할 수 있는 것으로 나타남
- 지반물성 및 토압 확률모델 구축, 특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술, 강진 지역 신뢰도기반 설계기술은 국내 인프라를 활용하여 자체연구수행이 가능한 것으로 나타남
- Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술, 초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술, 케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술은 자체수행이 가능하며 일부 연구는 해외협력이 필요할 수도 있는 것으로 나타남

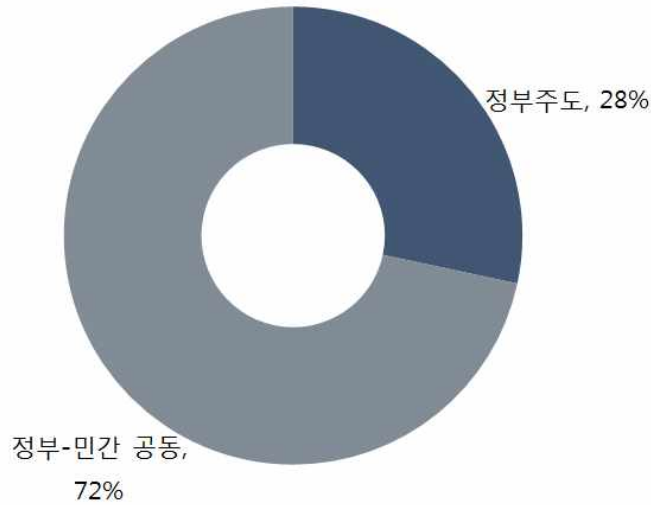


<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술기반 성숙도>

바. 기술획득 방식

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(72%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요하며, 그 중 하중별 최적계측 시스템구축은 정부-민간 공동의 중요성이 80%이상으로 나타남



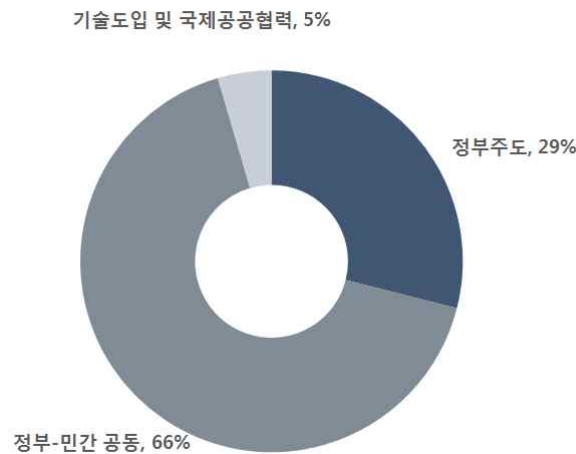
〈계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술획득 방식 비중〉

〈계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술획득 방식 조사결과〉

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	0%	33%	67%	0%
하중별 최적계측 시스템구축	0%	15%	85%	0%
케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration	0%	36%	64%	0%

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(66%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요하며, 그 중 부재저항 모델링 및 평가기법은 정부-민간 공동의 중요성이 70%이상으로 나타남



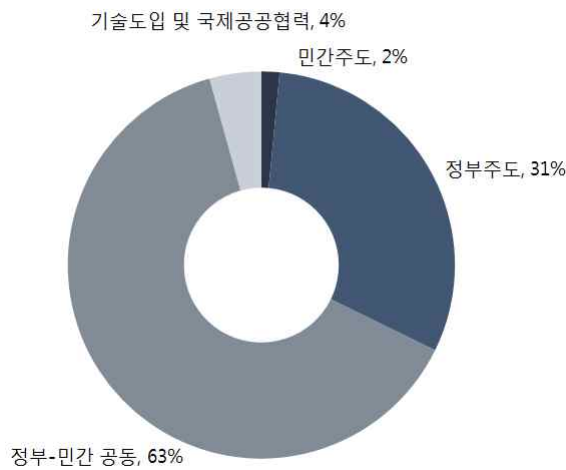
<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술획득 방식 비중>

<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술획득 방식 조사결과>

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
계측기반 구조계 특성추정	0%	23%	69%	8%
부재저항 모델링 및 평가기법	0%	30%	70%	0%
케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건진도 평가기술	0%	25%	67%	8%
평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)	0%	40%	60%	0%
노후화 상태과약 및 수명예측기술	0%	27%	67%	7%

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(63%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 모든 하위기술들은 정부-민간 공동 기술획득이 중요하며, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영은 정부주도와 정부-민간 공동이 동일한 것으로 나타남



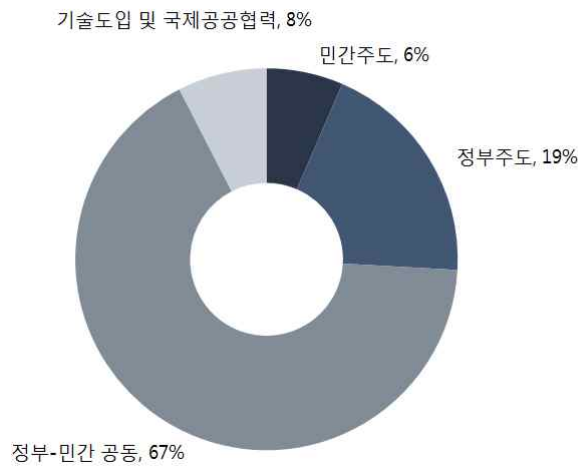
<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술획득 방식 비중>

<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술획득 방식 조사결과>

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
이상데이터 계측 및 판정기법	0%	27%	73%	0%
성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술	0%	17%	83%	0%
초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도	0%	31%	62%	8%
예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계	0%	29%	71%	0%
초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계	9%	36%	45%	9%
O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영	0%	45%	45%	9%

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(67%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장은 정부-민간 공동 기술획득이 중요하며, 그 중 케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법은 정부-민간 공동의 중요성이 80%이상으로 나타남



<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술획득 방식 비중>

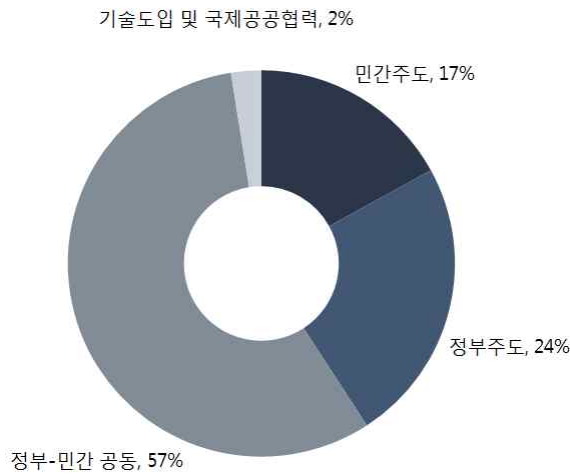
<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술획득 방식 조사결과>

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술	8%	17%	67%	8%
케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술	0%	40%	50%	10%
케이블교량 가설구조물 설계기술	20%	20%	60%	0%
케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법	0%	18%	82%	0%
운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법	0%	11%	78%	11%
대심도 토사지반 대구경 향타말뚝 설계기술	11%	11%	63%	16%

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(57%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

○ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요하며, 그 중 붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술, 선박충돌 시뮬레이션 해석기술, 휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술, 케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술, 초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술은 정부-민간 공동의 중요성이 60%이상으로 나타남



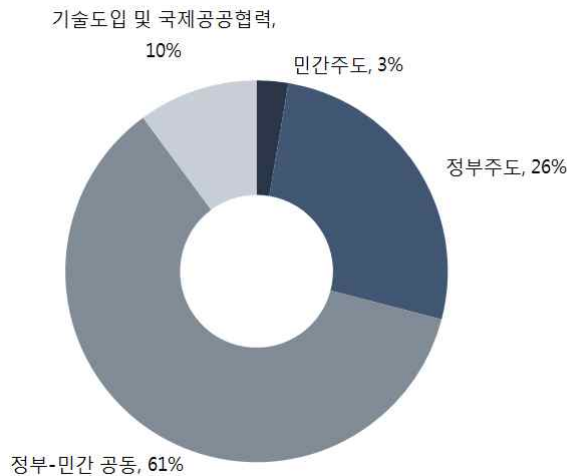
<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술획득 방식 비중>

<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술획득 방식 조사결과>

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
해석 목적별 모델링 및 파라미터	43%	14%	43%	0%
초기 평형상태 개념 및 구현 기술	43%	14%	43%	0%
완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술	14%	29%	43%	14%
붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술	0%	33%	67%	0%
선박충돌 시뮬레이션 해석기술	0%	33%	67%	0%
휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술	17%	17%	67%	0%
케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술	13%	27%	60%	0%
초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술	6%	24%	65%	6%

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(57%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술, 특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술, 초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술, 케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요한 것으로 나타남
- 지반물성 및 토압 확률모델 구축, 강진지역 신뢰도기반 설계기술은 정부주도 기술획득이 중요한 것으로 나타남



<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술획득 방식 비중>

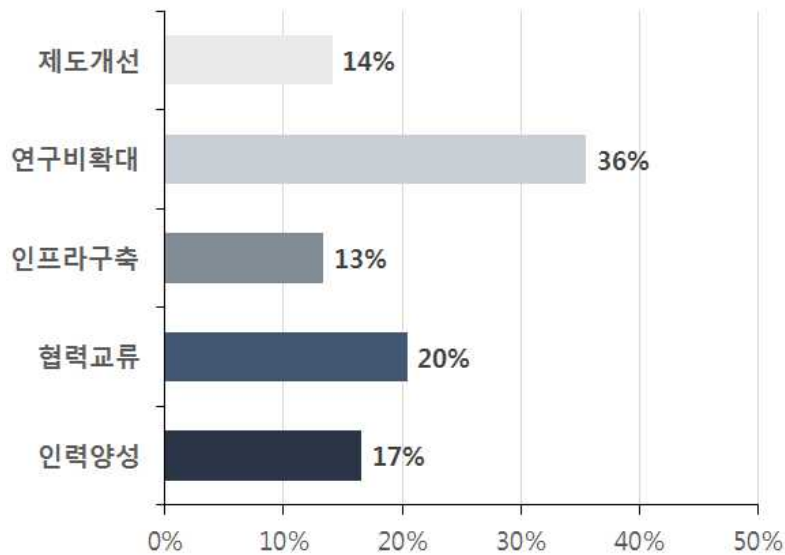
<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술획득 방식 조사결과>

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
지반물성 및 토압 확률모델 구축	0%	60%	40%	0%
Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술	0%	23%	62%	15%
특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술	8%	0%	92%	0%
초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술	0%	15%	69%	15%
케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술	8%	15%	69%	8%
강진지역 신뢰도기반 설계기술	0%	44%	33%	22%

사. 정부우선 시행방안

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야 하위기술 모두가 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남



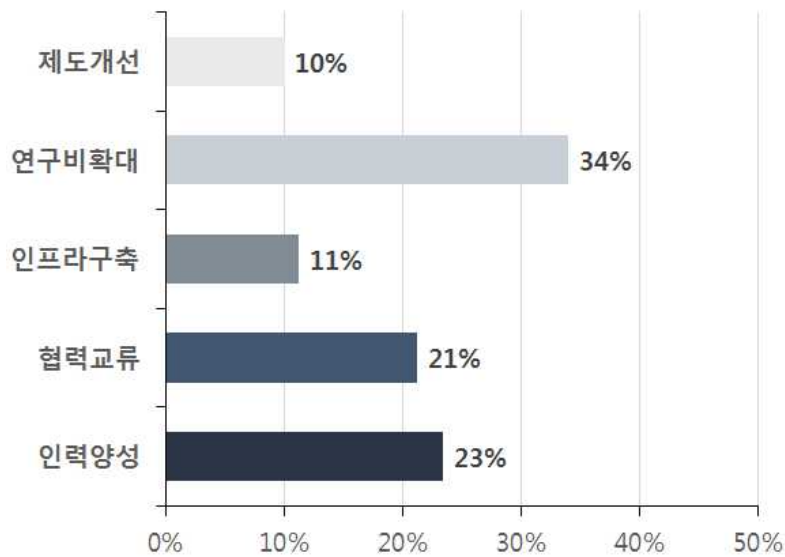
<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 정부우선 시행방안 비중>

<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 정부우선 시행방안 조사결과>

소분류	정부 우선 시행방안				제도개선
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	26%	13%	17%	35%	9%
하중별 최적계측 시스템구축	14%	18%	23%	32%	14%
케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration	10%	30%	0%	40%	20%

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야 하위기술 대부분이 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남
- 노후화 상태파악 및 수명예측기술 기술은 협력교류활성화가 가장 시급한 것으로 나타남



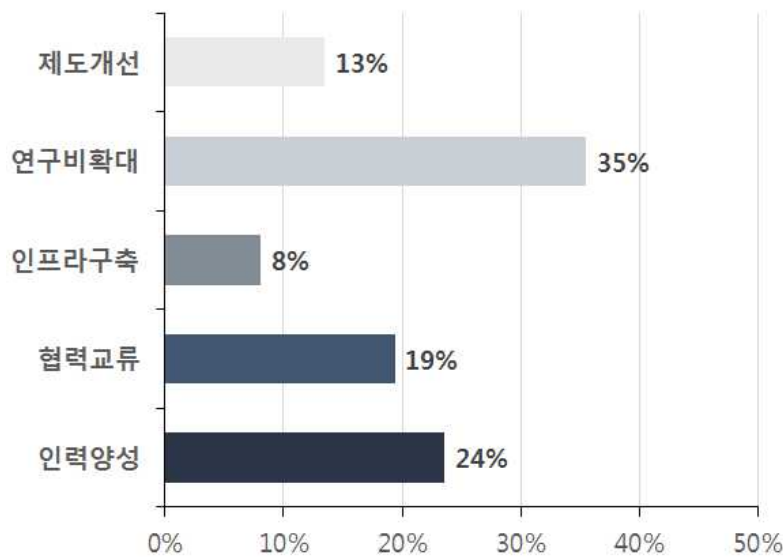
<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 정부우선 시행방안 비중>

<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 정부우선 시행방안 조사결과>

소분류	정부 우선 시행방안				제도개선
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	
계측기반 구조계 특성추정	23%	18%	9%	41%	9%
부재저항 모델링 및 평가기법	26%	21%	11%	32%	11%
케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술	17%	26%	13%	35%	9%
평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)	30%	10%	10%	35%	15%
노후화 상태파악 및 수명예측기술	21%	31%	14%	28%	7%

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야 하위기술 대부분이 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남
- 초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계, O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영기술은 연구비확대와 협력교류활성화가 시급성이 같은 것으로 나타남



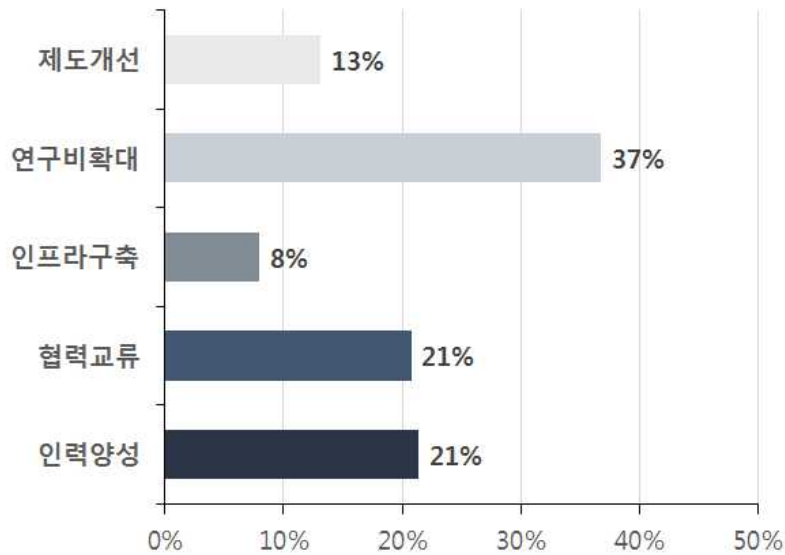
<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 정부우선 시행방안 비중>

<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 정부우선 시행방안 조사결과>

소분류	정부 우선 시행방안				제도개선
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	
이상데이터 계측 및 판정기법	27%	19%	8%	38%	8%
성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술	27%	18%	9%	41%	5%
초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도	19%	19%	5%	43%	14%
예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계	15%	26%	7%	37%	15%
초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계	27%	18%	9%	27%	18%
O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영	26%	16%	11%	26%	21%

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 하위기술 대부분이 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남
- 케이블교량 가설구조물 설계기술은 인력양성이 가장 시급한 것으로 나타남



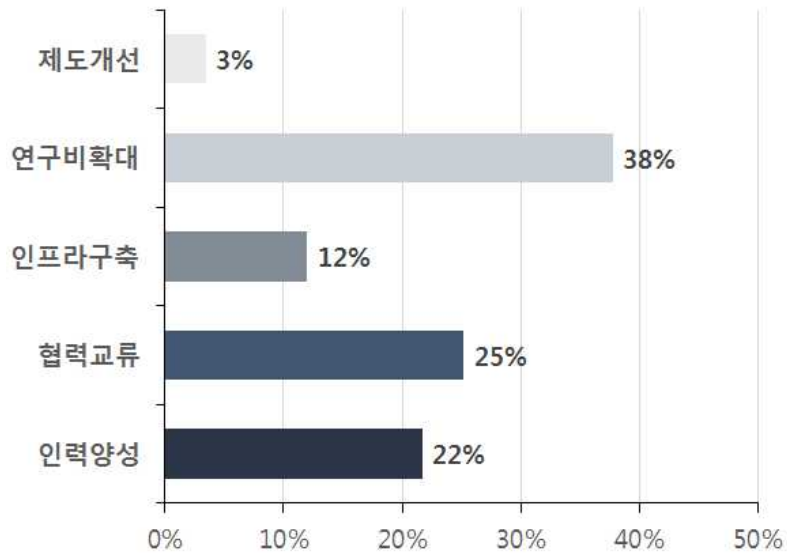
<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 정부우선 시행방안 비중>

<케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 정부우선 시행방안 조사결과>

소분류	정부 우선 시행방안				제도개선
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	
도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술	10%	29%	10%	43%	10%
케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술	21%	21%	5%	37%	16%
케이블교량 가설구조물 설계기술	41%	6%	0%	29%	24%
케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법	22%	22%	11%	33%	11%
운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법	19%	25%	6%	38%	13%
대심도 토사지반 대구경 향타말뚝 설계기술	16%	22%	16%	41%	6%

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야 하위기술 모두 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남



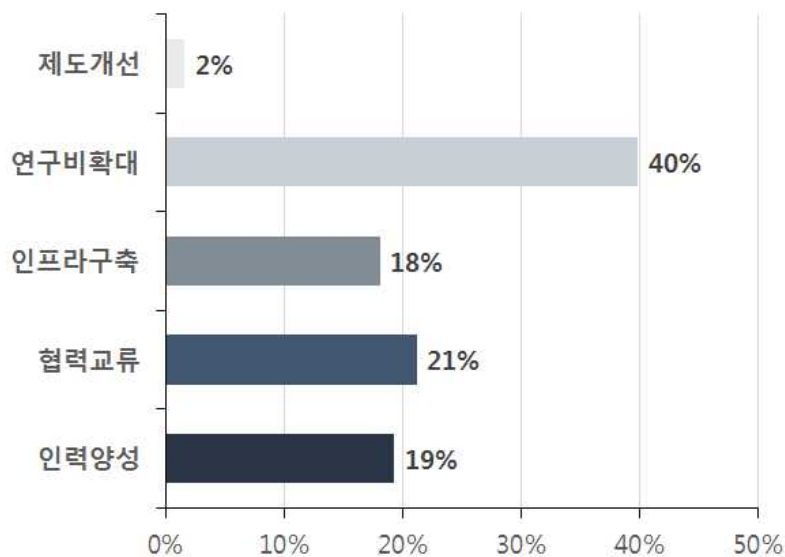
<케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 정부우선 시행방안 비중>

〈케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 정부우선 시행방안 조사결과〉

소분류	정부 우선 시행방안				제도개선
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	
해석 목적별 모델링 및 파라미터	25%	33%	8%	33%	0%
초기 평형상태 개념 및 구현 기술	25%	33%	8%	33%	0%
완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술	18%	27%	9%	36%	9%
붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술	25%	17%	8%	42%	8%
선박충돌 시뮬레이션 해석기술	20%	30%	0%	40%	10%
힘-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술	25%	17%	17%	42%	0%
케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술	22%	19%	22%	37%	0%
초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술	13%	26%	23%	39%	0%

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야 하위 기술 모두 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남
- 강진지역 신뢰도기반 설계기술은 인력양성과 연구비 확대가 동일한 것으로 나타남



〈정부우선 시행방안 비중〉

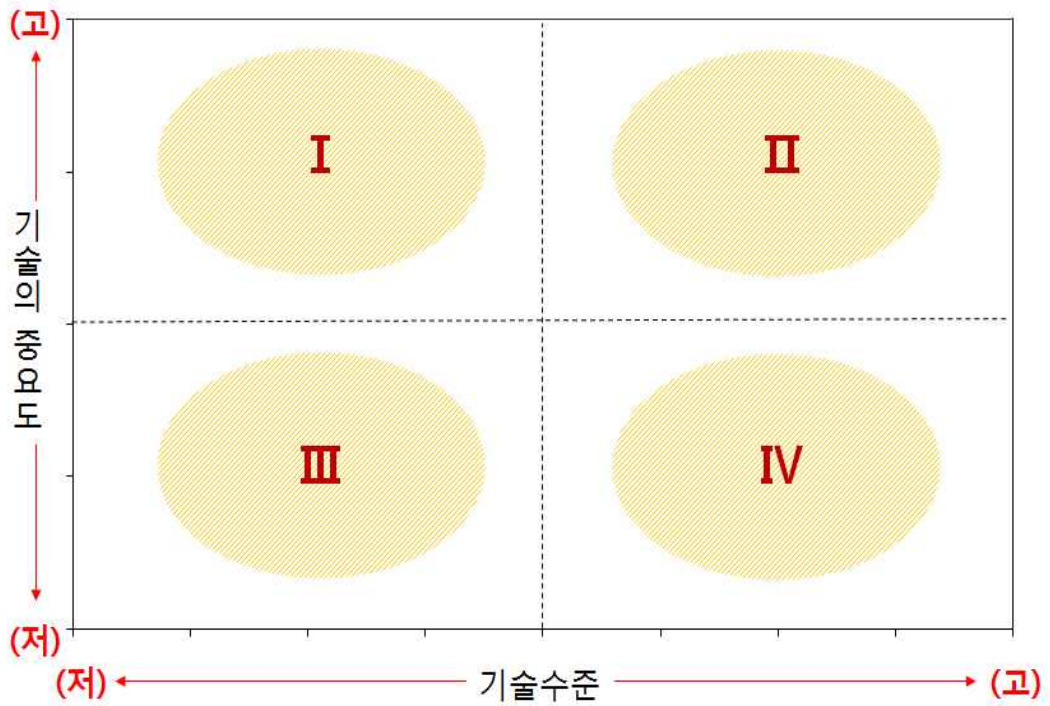
〈케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 정부우선 시행방안 조사결과〉

소분류	정부 우선 시행방안				제도개선
	인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	
지반물성 및 토압 확률모델 구축	24%	19%	14%	38%	5%
Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술	12%	27%	19%	42%	0%
특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술	12%	32%	20%	36%	0%
초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술	17%	13%	29%	42%	0%
케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술	17%	17%	21%	46%	0%
강진지역 신뢰도기반 설계기술	35%	20%	5%	35%	5%

아. 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술 수준과 기술의 중요도를 축으로 함

- I : 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역
- II : 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역
- III : 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역
- IV : 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역

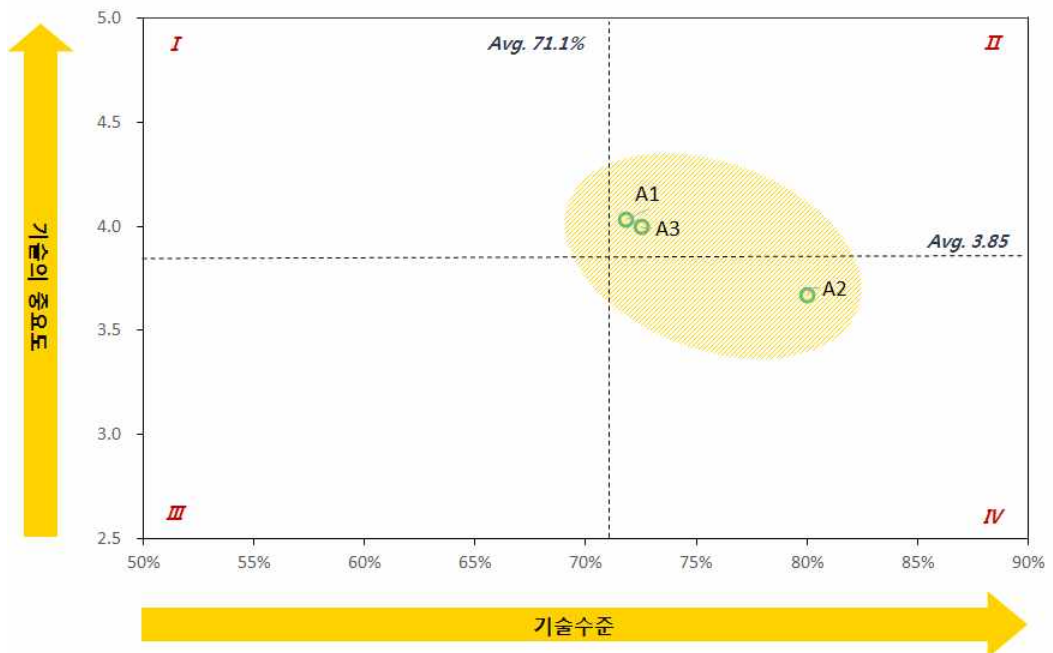


<기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분>

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야의 기술수준  
-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 II, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- A1(계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술), A3(케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- A2(하중별 최적계측 시스템구축)은 IV영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야함

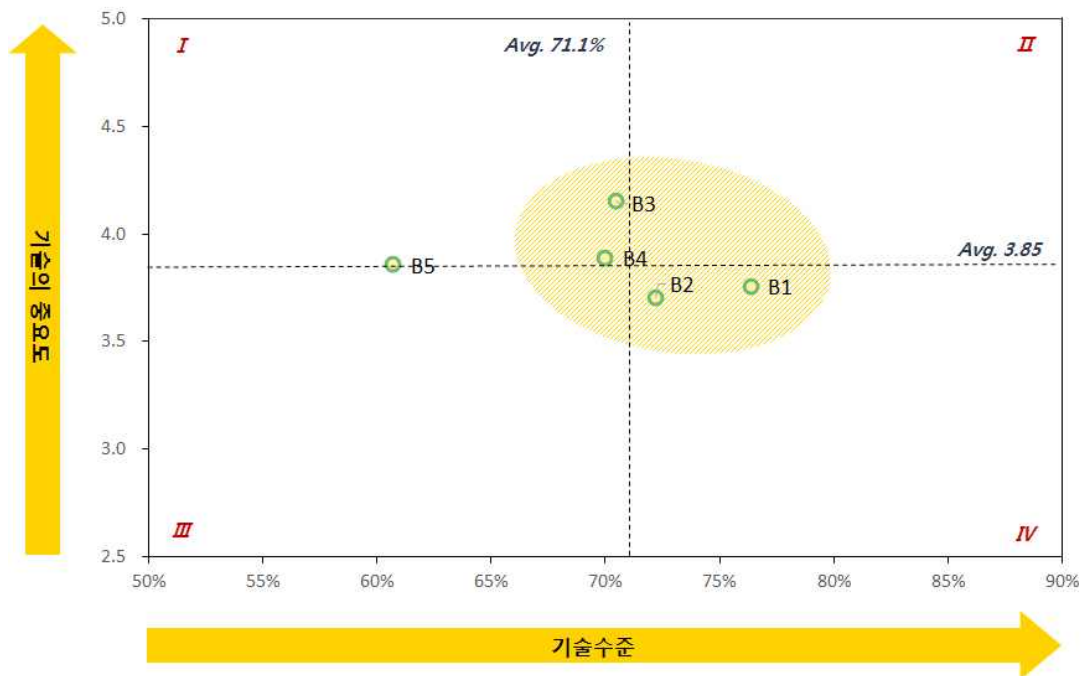


<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오>

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

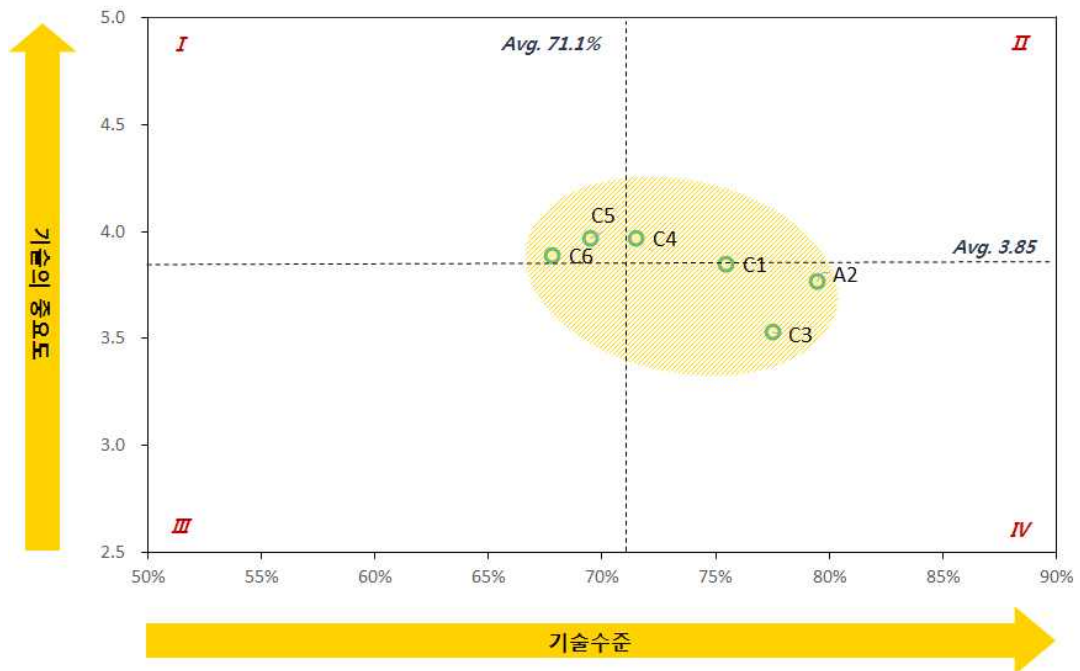
- B3(케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술), B4(평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)), B5(노후화 상태 파악 및 수명예측기술)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- B1(계측기반 구조계 특성추정), B2(부재저항 모델링 및 평가기법)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 함



<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오>

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, II, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남
- C5(초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계), C6(O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- C1(이상데이터 계측 및 판정기법), C4(예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- C2(성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술), C3(초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 함

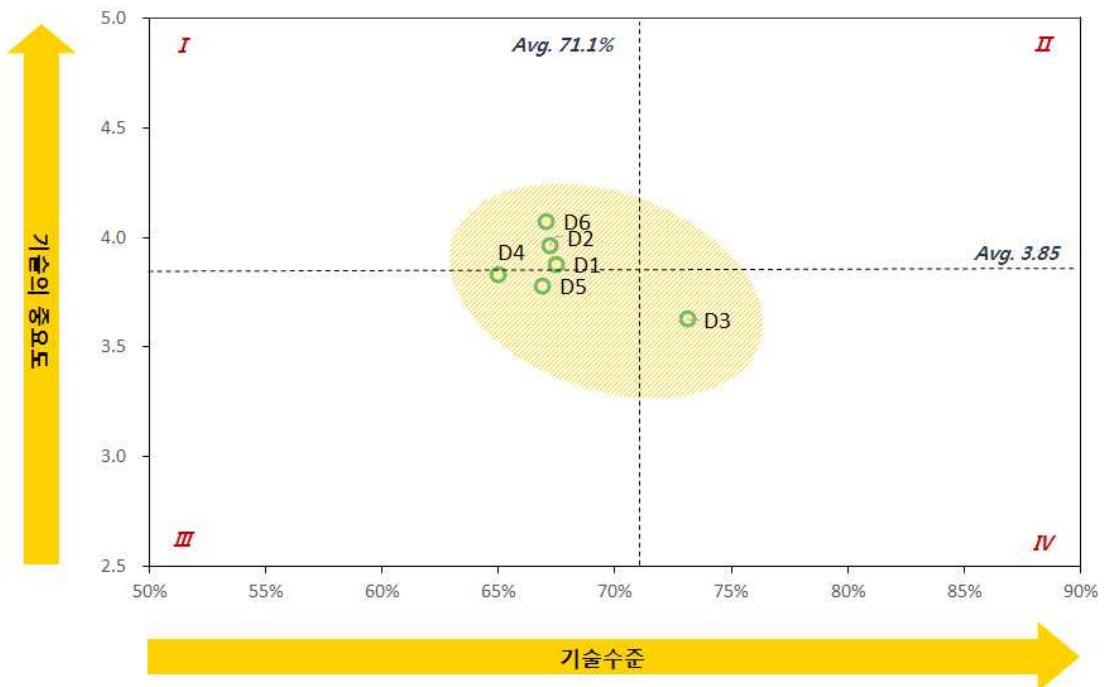


<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야 기술수준-중요도 포트폴리오>

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남

- D1(도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술), (케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술), D6(대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 함
- D4(케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법), D5(운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법)은 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
- D3(케이블교량 가설구조물 설계기술)은 IV영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 함

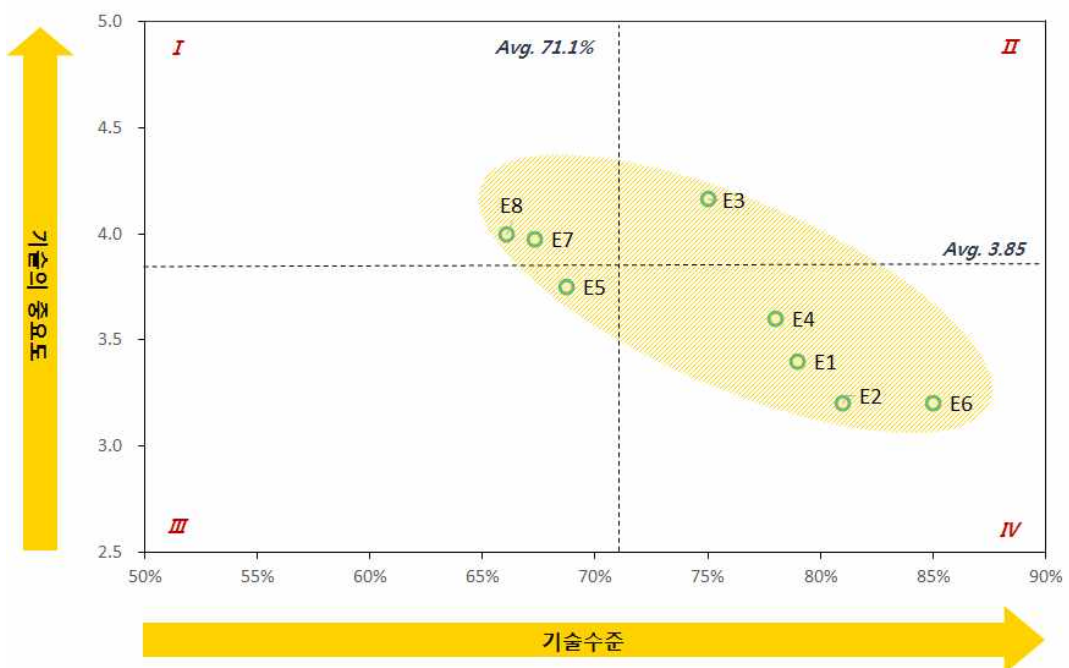


<케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 기술수준-중요도 포트폴리오>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석 결과 대부분 I, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남

- E7(상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술), E8(초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- E3(완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- E5(선박충돌 시뮬레이션 해석기술)은 III 영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
- E1(해석 목적별 모델링 및 파라미터), E2(초기 평형상태 개념 및 구현 기술), E4(붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술), E6(휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 함

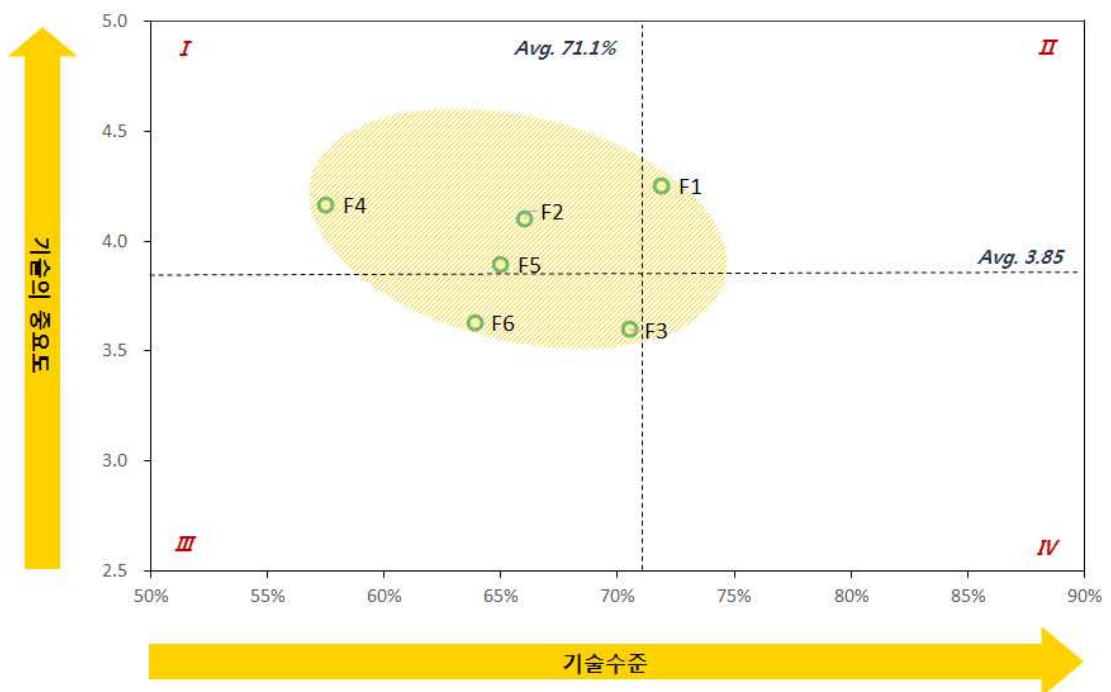


<케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오>

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남

- F2(Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술), F4(초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술), F5(케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- F1(지반물성 및 토압 확률모델 구축)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- F3(특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술), F6(강진지역 신뢰도기반 설계기술)은 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함

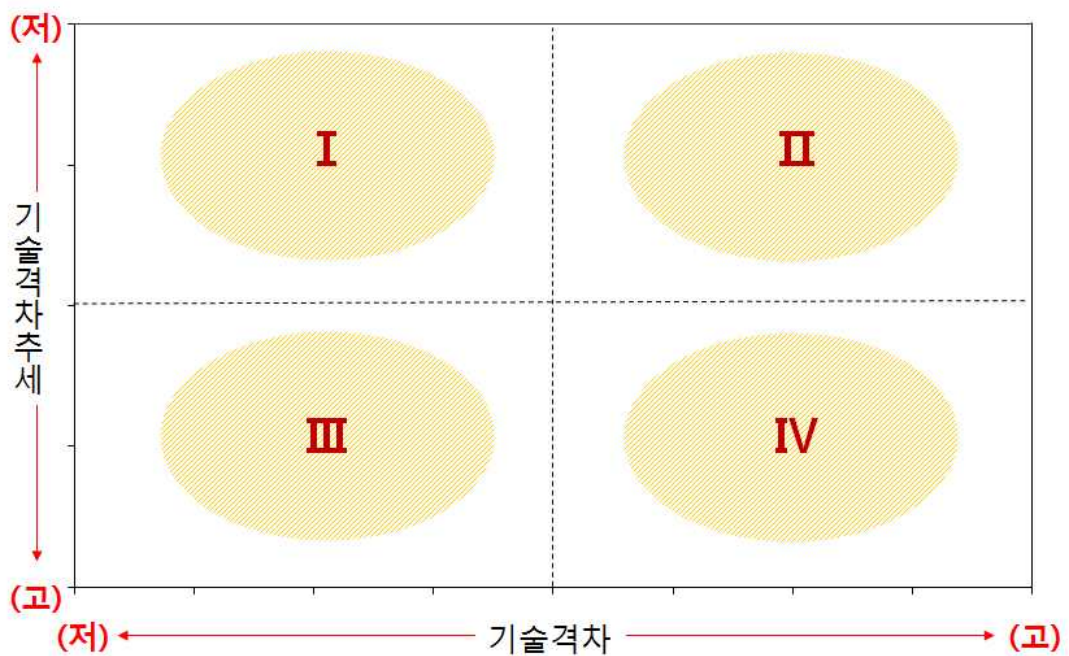


<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야 기술수준-중요도 포트폴리오>

자. 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술격차추세와 기술격차를 축으로 함

- I : 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역
- II : 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역
- III : 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역
- IV : 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역

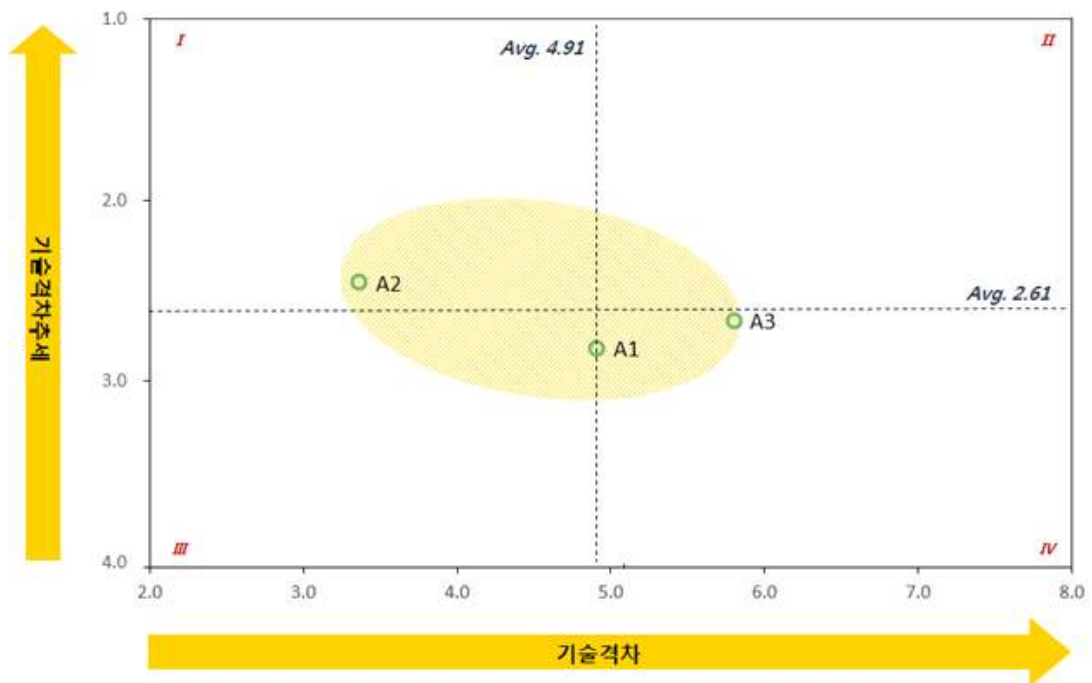


<기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분>

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- A2(하중별 최적계측 시스템구축)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함
- A1(계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술), A3(케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration)은 IV영역에 포함되어 효과적인 기술 개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 함

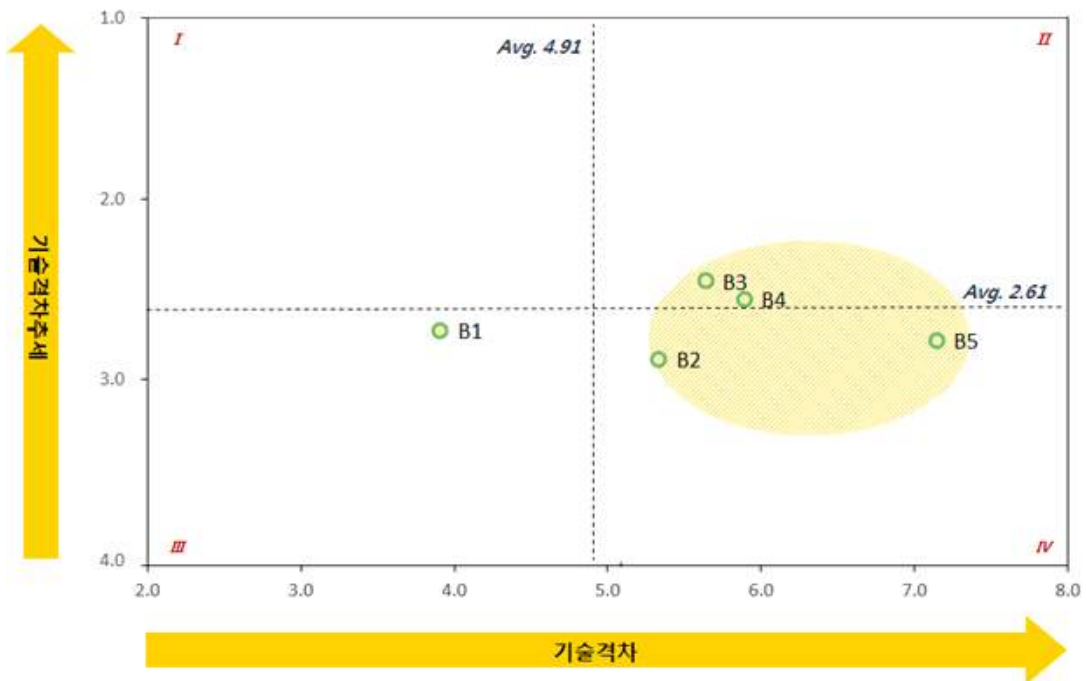


<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오>

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 II, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- B3(케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술), B4(평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR))은 II 영역에 포함되어 기술개발을 가속화할 필요가 있음
- B1(계측기반 구조계 특성추정은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- B2(부재저항 모델링 및 평가기법), B5(노후화 상태파악 및 수명예측기술)는 IV영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 함

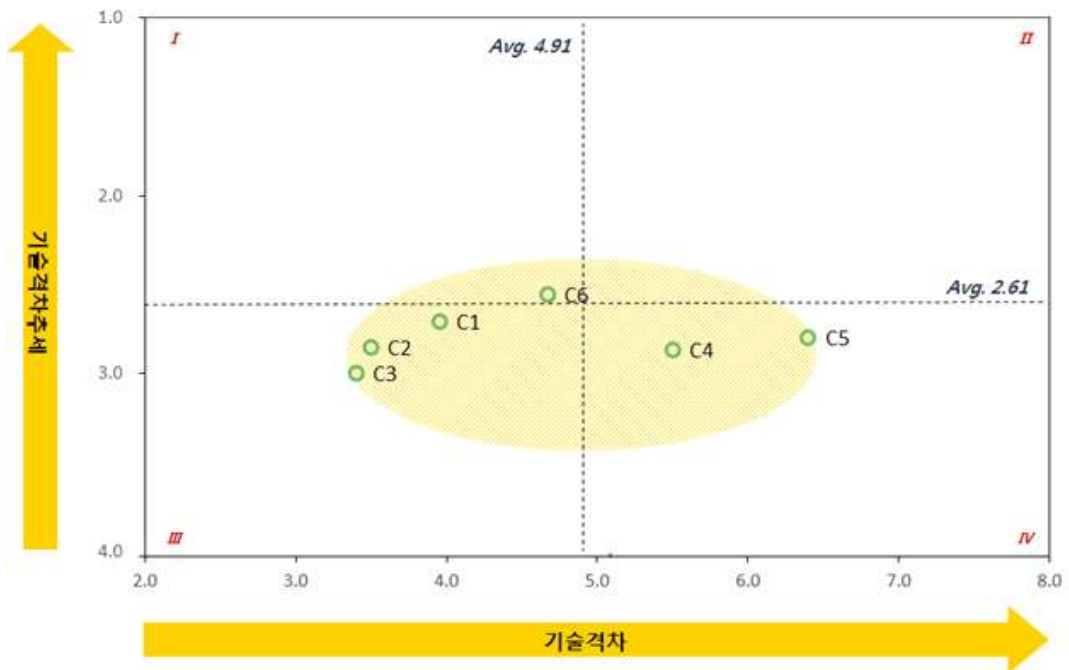


<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오>

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 III, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남

- C6(O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함
- C1(이상데이터 계측 및 판정기법), C2(성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술), C3(초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도)은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- C4(예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계), C5(초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계)은 IV영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 함

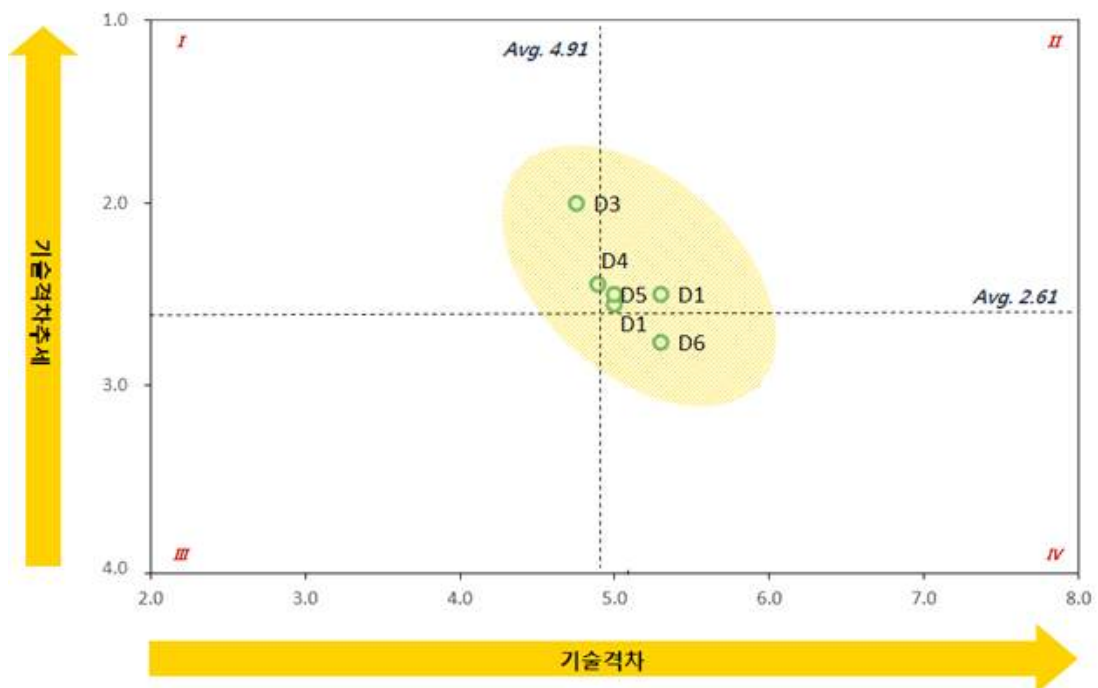


<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오>

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 I, II 영역에 포함되는 것으로 나타남

- D3(케이블교량 가설구조물 설계기술), D4(케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함
- D1(도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술), D2(케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술), D5(운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법)은 II 영역에 포함되어 기술개발을 가속화할 필요가 있음
- D6(대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술)은 IV 영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 함

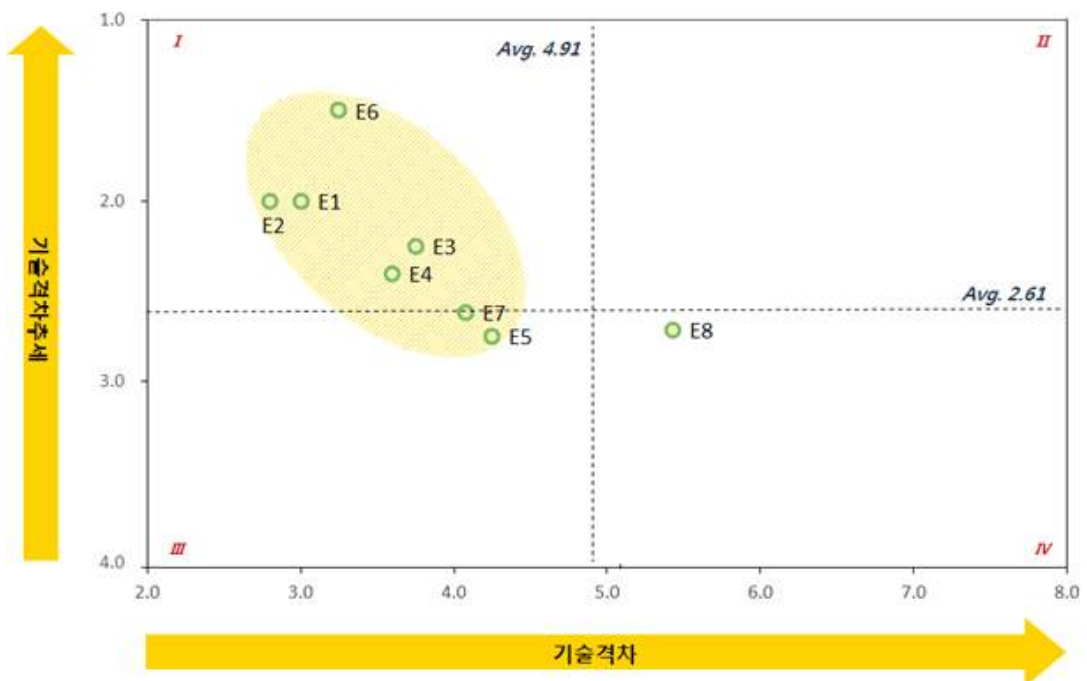


<케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 기술격차-격차추세 포트폴리오>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남

- E1(해석 목적별 모델링 및 파라미터), E2(초기 평형상태 개념 및 구현 기술), E3(완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술), E4(붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술), E6(휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함
- E5(선박충돌 시뮬레이션 해석기술), E7(케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술)은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- E8(초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술)은 IV영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 함

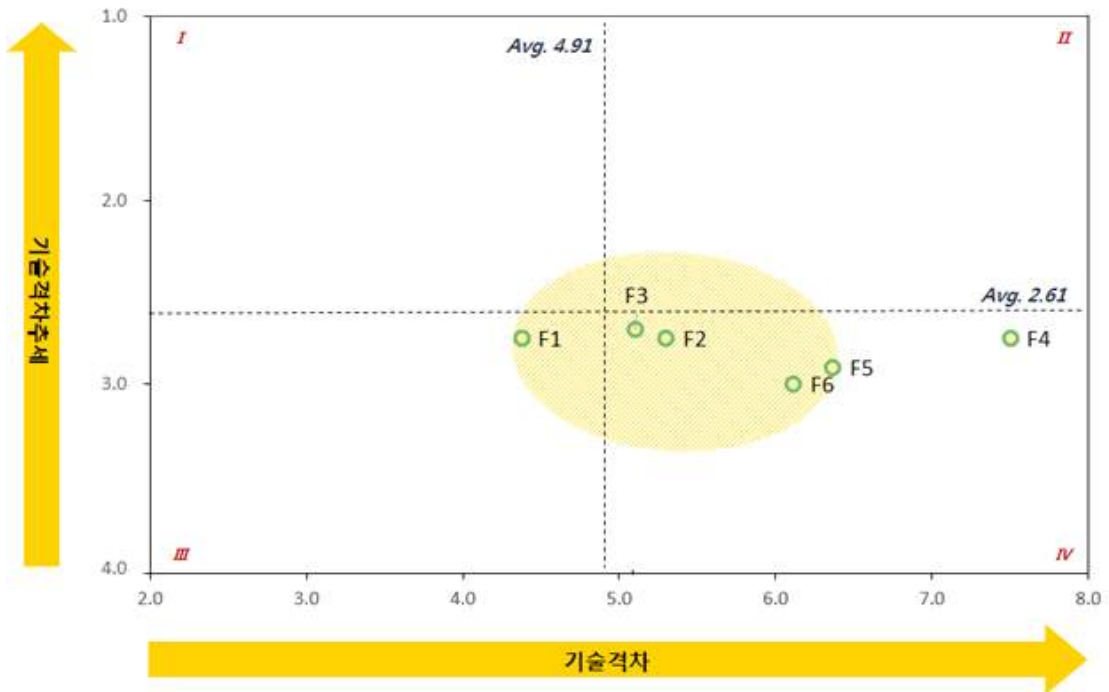


<케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오>

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- F1(지반물성 및 토압 확률모델 구축)은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- F2(Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술), F3(특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술), F4(초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술), F5(케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술), F6(강진지역 신뢰도기반 설계기술)은 IV영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 함



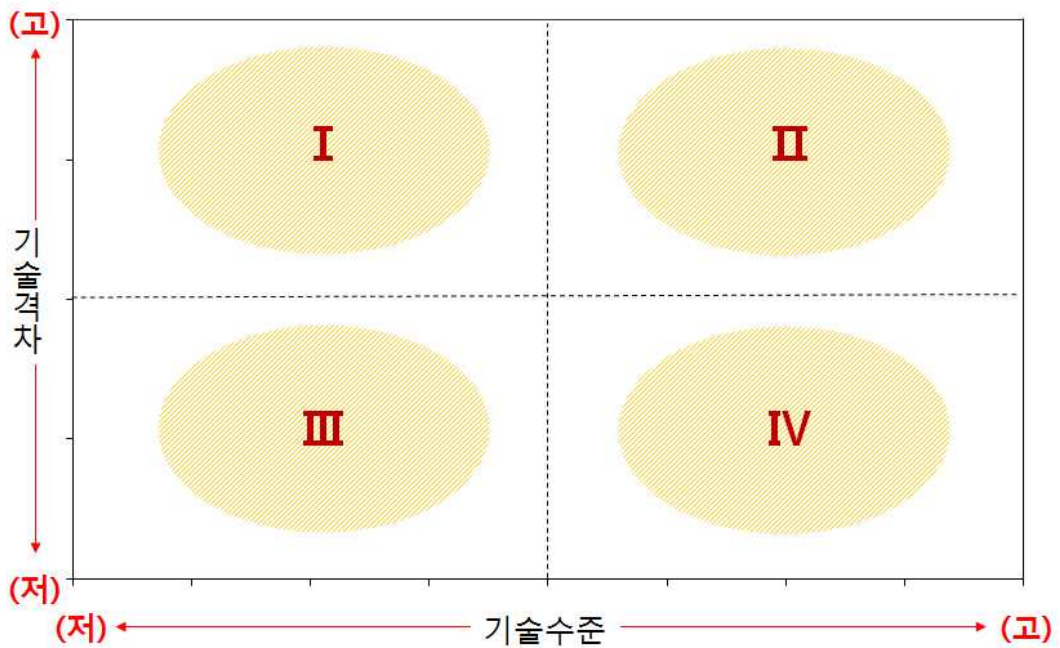
<케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야  
기술격차-격차추세 포트폴리오>

○

차. 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술격차와 기술수준평균을 축으로 함

- I : 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요한 영역
- II : 기술격차 해소를 위한 정부 역할 확대를 고려할 필요가 있는 영역
- III : 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야 하는 영역
- IV : 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역

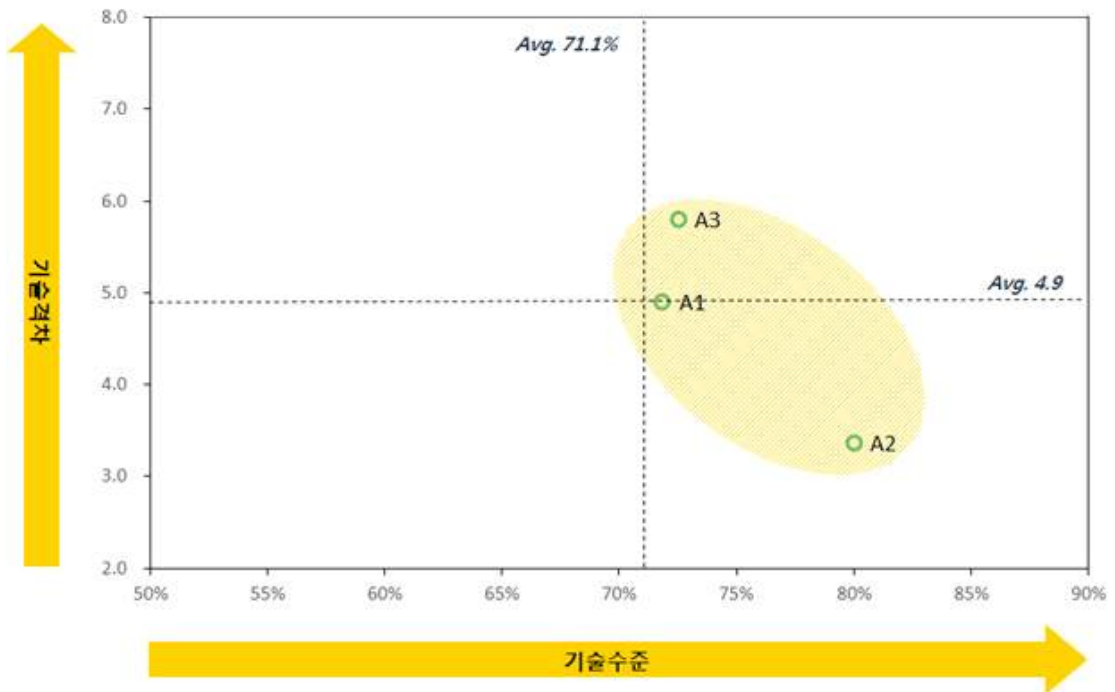


<기술격차-기술수준 포트폴리오 영역구분>

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 II, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남

- A3(케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration)은 II 영역에 포함되어 기술격차 해소를 위한 정부 역할 확대를 고려할 필요가 있음
- A1(계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술), A2(하중별 최적계측 시스템구축)은 IV 영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

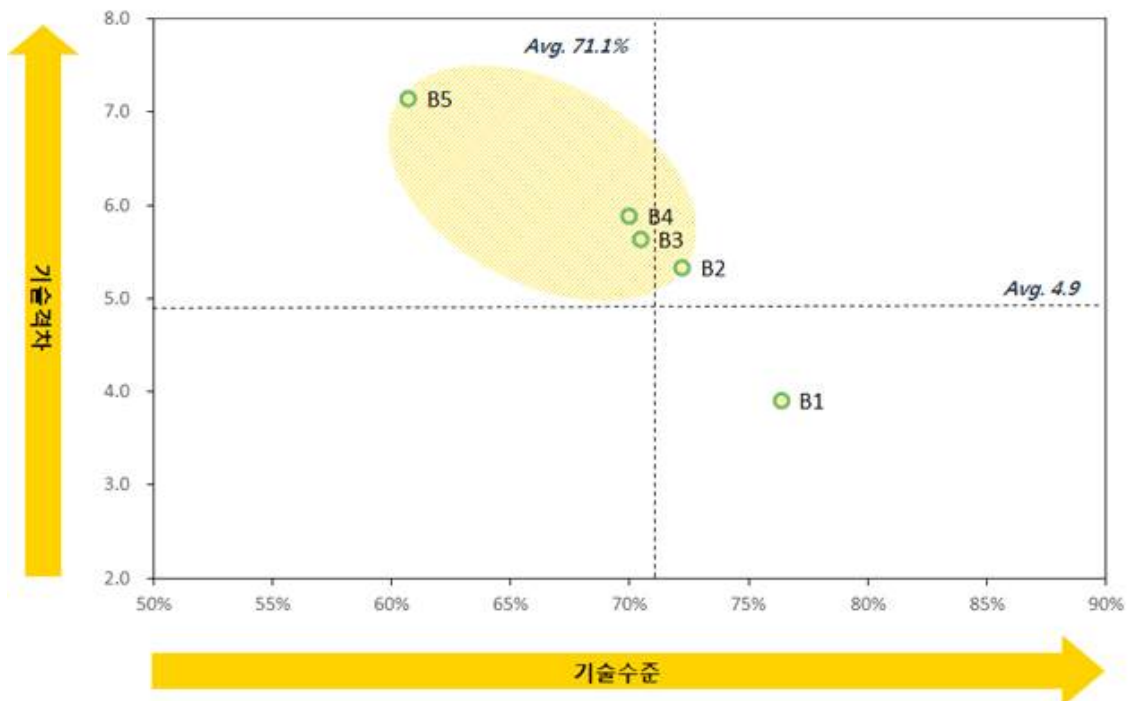


<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오>

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 I 영역에 포함되는 것으로 나타남

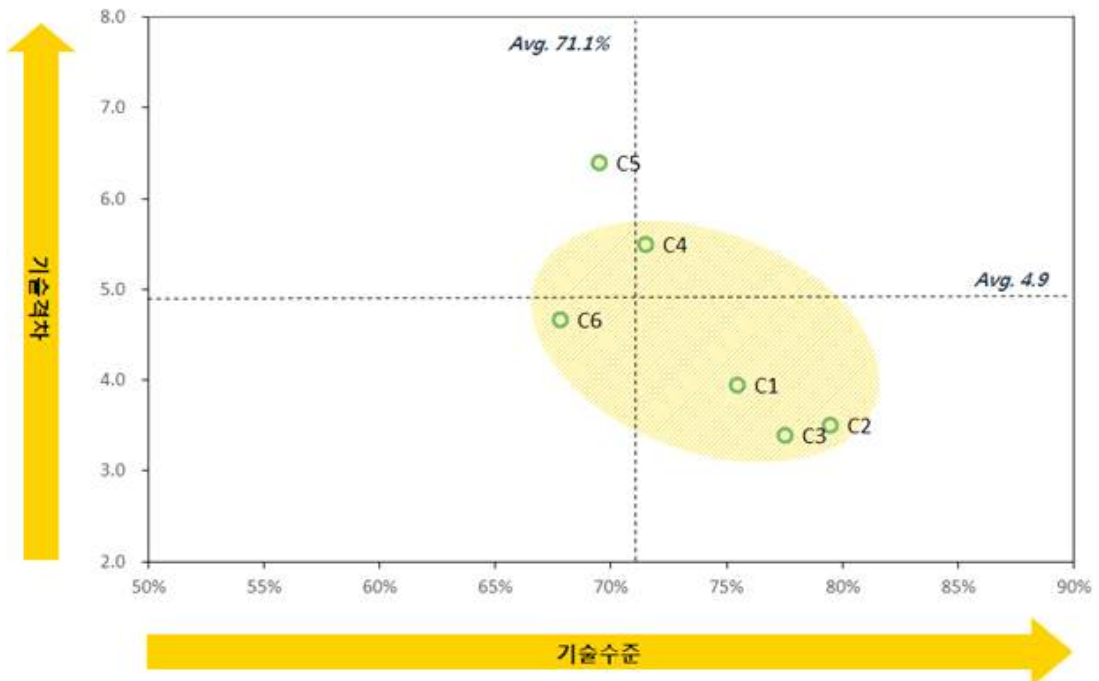
- B3(케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술), B4(평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)), B5(노후화 상태 파악 및 수명예측기술)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- B2(부재저항 모델링 및 평가기법)은 II 영역에 포함되어 기술격차 해소를 위한 정부 역할 확대를 고려할 필요가 있음
- B1(계측기반 구조계 특성추정)은 IV 영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함



<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오>

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 IV영역에 포함되는 것으로 나타남
- C5(초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- C4(예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계)은 II 영역에 포함되어 기술격차 해소를 위한 정부 역할 확대를 고려할 필요가 있음
- C6(O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영)은 III영역에 포함되어 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야함
- C1(이상데이터 계측 및 판정기법), C2(성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술), C3(초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도)은 IV영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

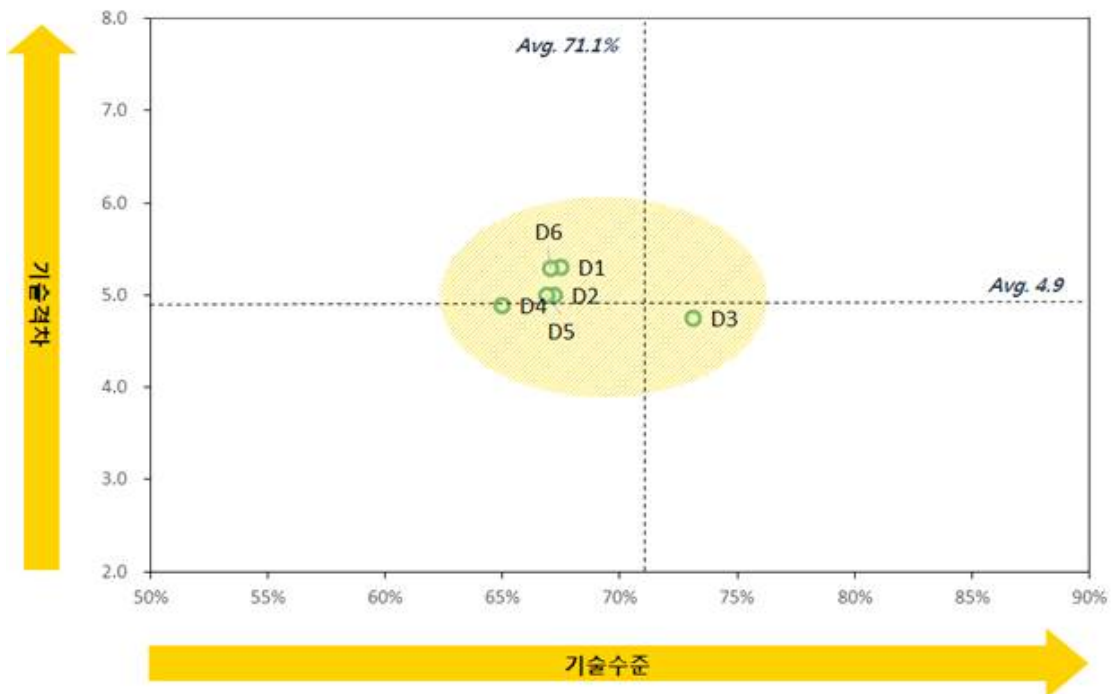


<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야 기술격차-기술수준 포트폴리오>

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 I 영역에 포함되는 것으로 나타남

- D1(도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술), D2(케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술), D4(케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법), D5(운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- D6(대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술)은 III 영역에 포함되어 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야함
- D3(케이블교량 가설구조물 설계기술)은 IV 영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

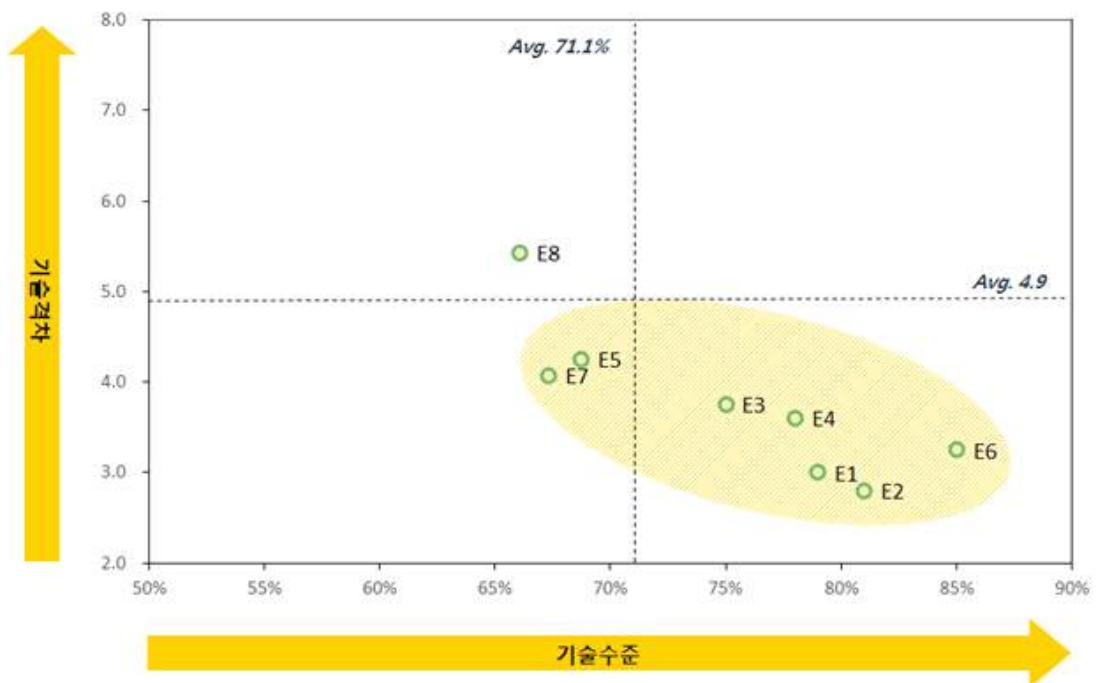


<케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야 기술격차-기술수준 포트폴리오>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 III, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- E8(초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술)은 I 영역에 포함되어 기술 수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- E5(선박충돌 시뮬레이션 해석기술), E7(케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술)은 III영역에 포함되어 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야함
- E1(해석 목적별 모델링 및 파라미터), E2(초기 평형상태 개념 및 구현 기술), E3(완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술), E4(붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술), E6(휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술)은 IV영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

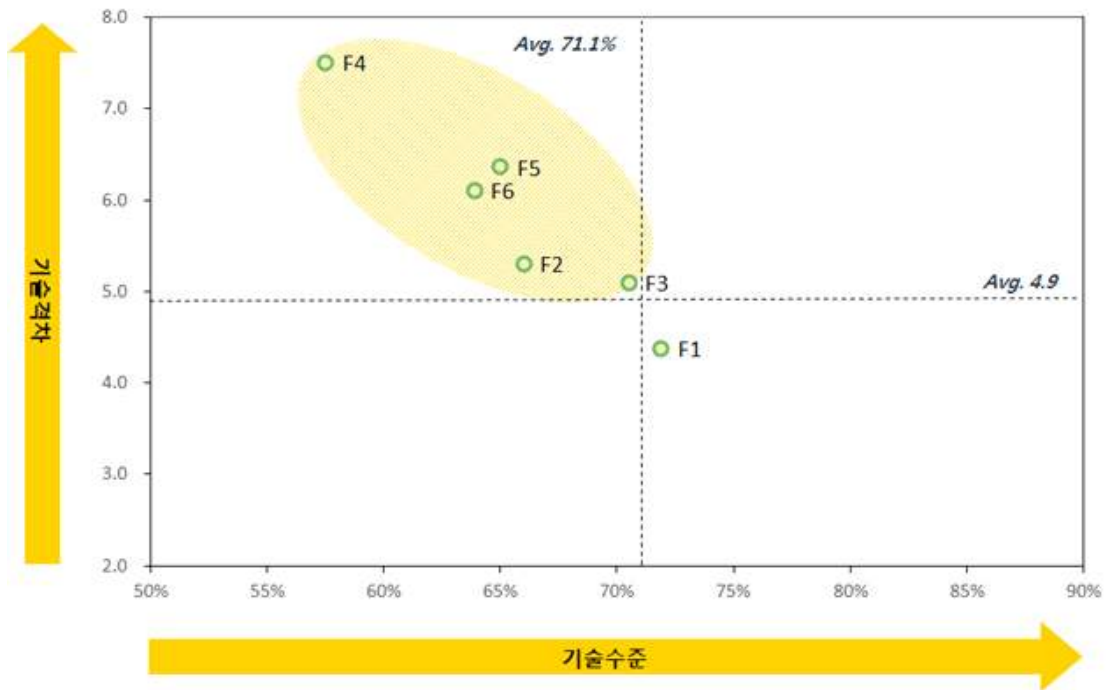


<케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오>

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- F2(Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술), F3(특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술), F4(초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술), F5(케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술), F6(강진지역 신뢰도기반 설계기술)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- F1(지반물성 및 토압 확률모델 구축)은 IV영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

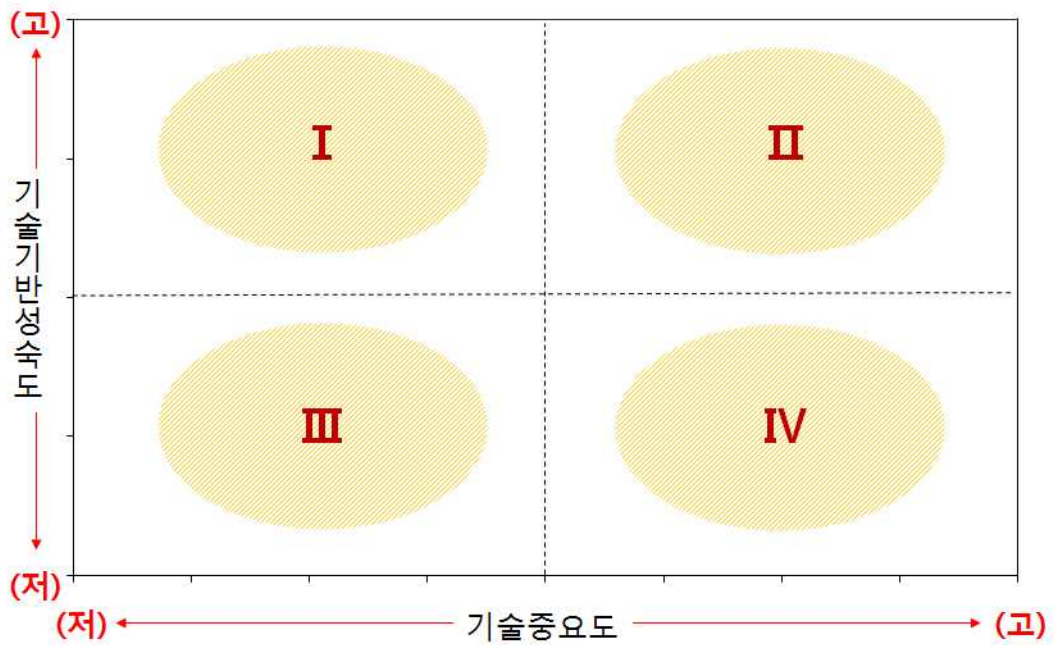


〈케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야  
기술격차-기술수준 포트폴리오〉

카. 기술기반성속도-중요도 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술기반성속도와 평균 중요도를 축으로 함

- I : 기술기반 관리-유지 영역
- II : 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역
- III : 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역
- IV : 기술기반 확보가 시급한 영역



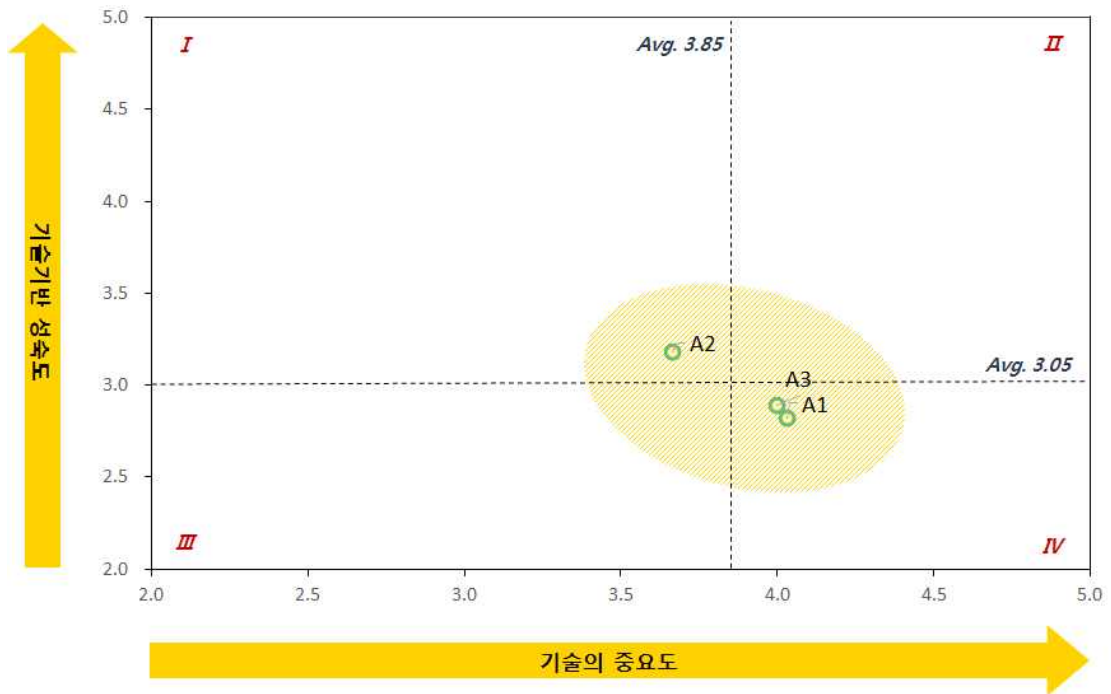
<기술기반성속도-중요도 포트폴리오 영역구분>

(1) 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남

○ A2(하중별 최적계측 시스템구축)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함

○ A1(계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술), A3(케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration)은 IV 영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

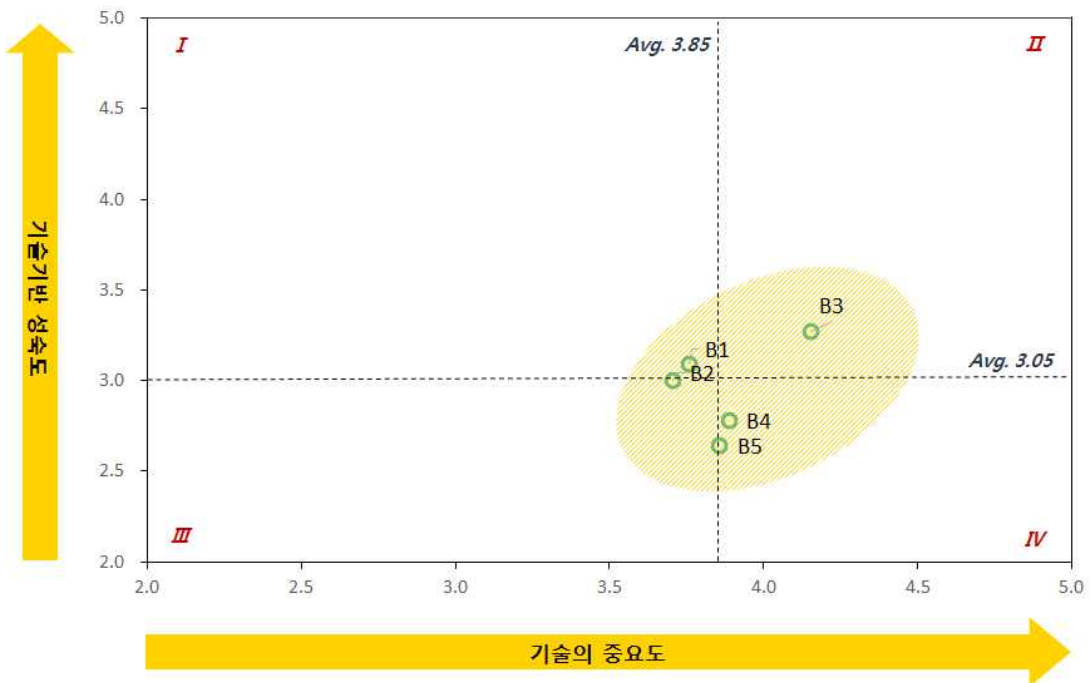


<계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오>

(2) 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야의 기술 중요도-기초성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 III영역에 포함되는 것으로 나타남

- B1(계측기반 구조계 특성추정)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함
- B3(케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- B2(부재저항 모델링 및 평가기법), B4(평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)), B5(노후화 상태과악 및 수명예측기술)은 III영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야함

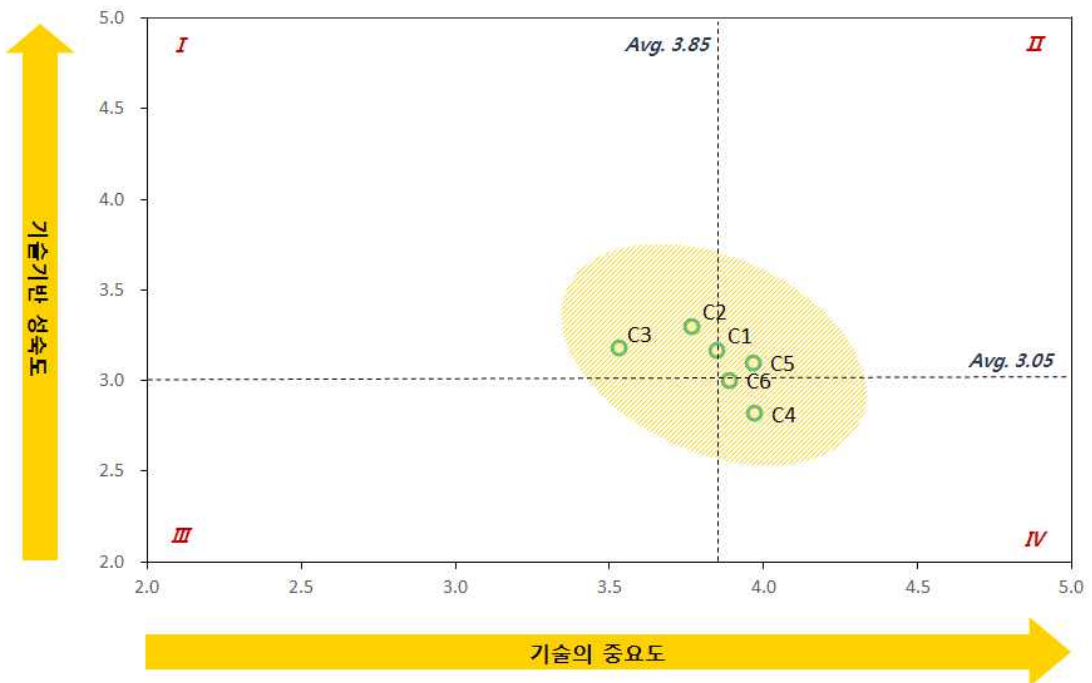


<계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오>

(3) 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- C1(이상데이터 계측 및 판정기법), C2(성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술), C3(초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함
- C5(초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- C4(예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계), C6(O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영)은 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

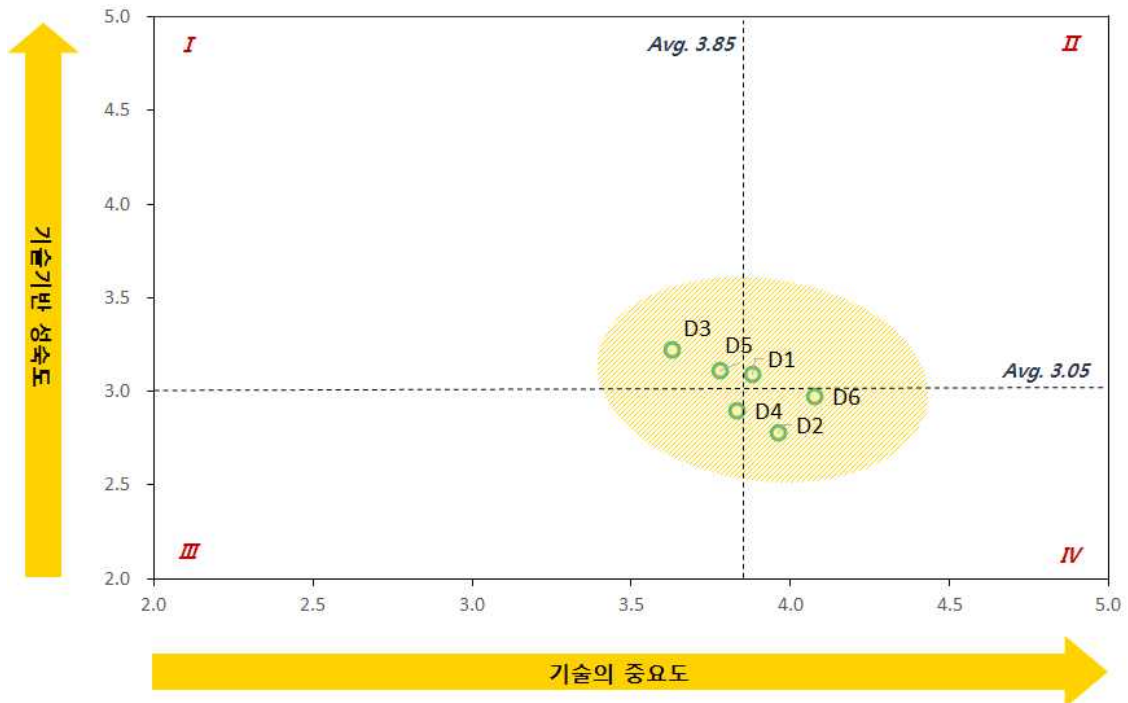


<케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오>

(4) 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- D3(케이블교량 가설구조물 설계기술), D5(운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함
- D1(도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아가갈 필요가 있음
- D4(케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법)은 III 영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야함
- D2(케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술), D6(대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술)은 IV 영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함

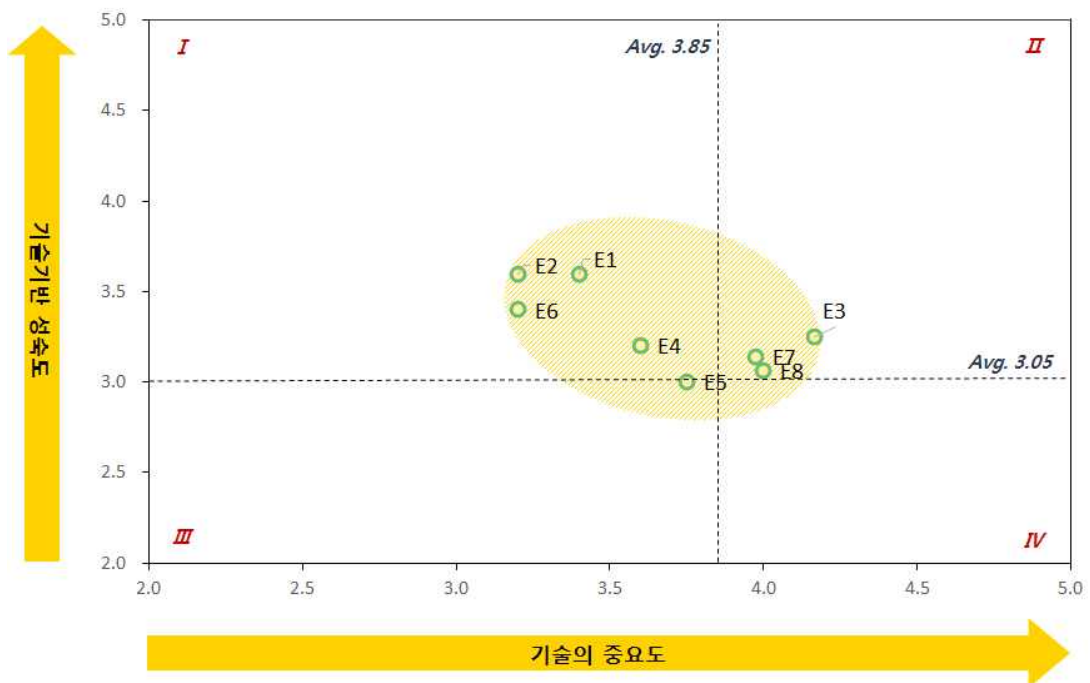


<케이블교량 설계기술 글로벌 확장 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오>

(5) 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, II 영역에 포함되는 것으로 나타남

- E1(해석 목적별 모델링 및 파라미터), E2(초기 평형상태 개념 및 구현 기술), E4(붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술), E6(휨-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석 기술)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 이루어져야 함
- E3(완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술), E7(케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술), E8(초대형 앵커리지 지반-구조물 모델링 기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- E5(선박충돌 시뮬레이션 해석기술)은 III 영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야함

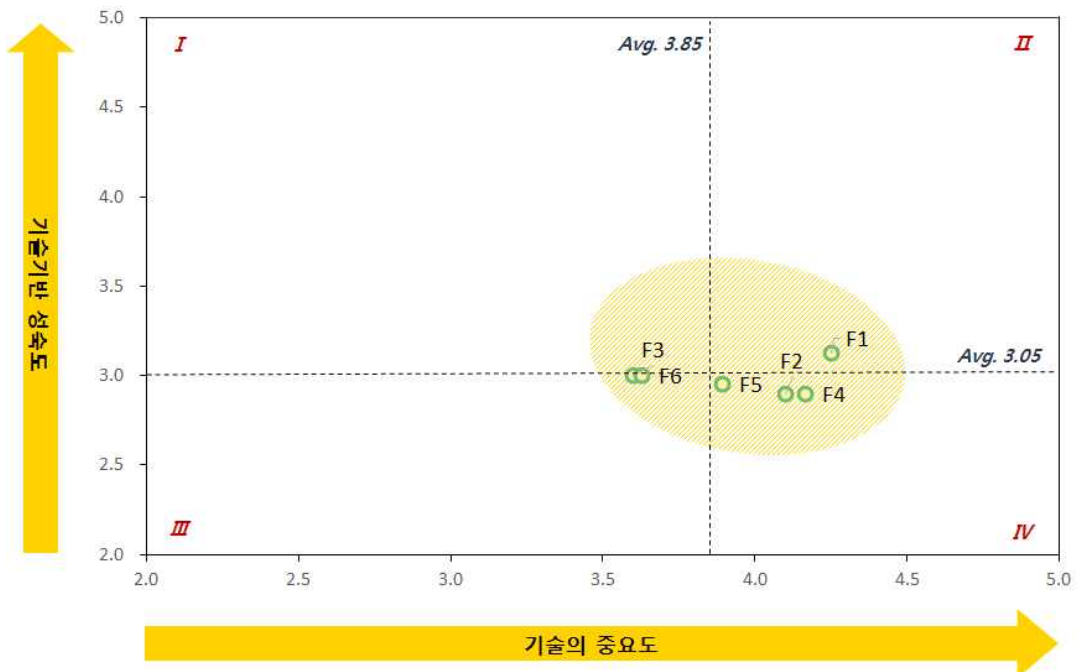


<케이블교량 설계 해석 고도화 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오>

(6) 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 III, IV영역에 포함되는 것으로 나타남

- F1(지반물성 및 토압 확률모델 구축)은 II영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- F3(특수말뚝기초 신뢰도기반 설계기술), F6(강진지역 신뢰도기반 설계기술)은 III영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야함
- F2(Mega foundation 거동 분석 및 신뢰도 기반 설계기술), F4(초대형 앵커리지 구조물의 거동분석 및 신뢰도기반 설계기술), F5(케이블 교량 대형 지반구조물 신뢰도기반 설계기술)은 IV영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함



〈케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술 분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오〉

## 4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 1절. 비전 및 목표

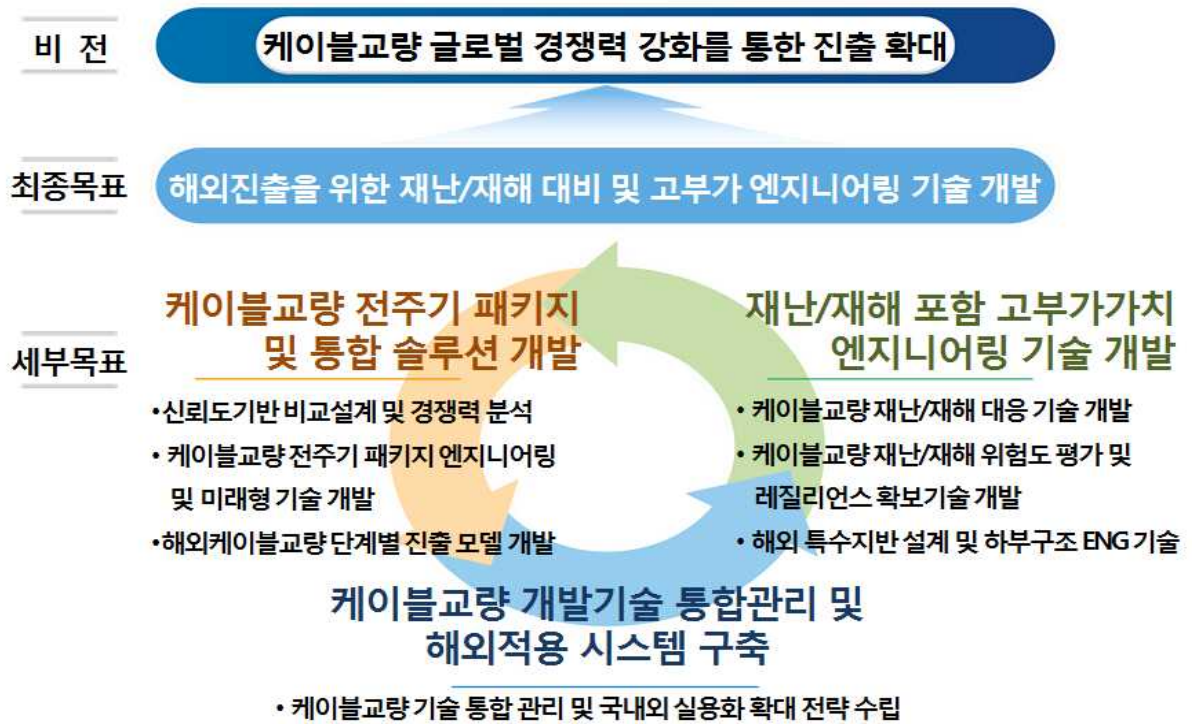
#### 1. 비전

- 해외 케이블교량 시장 진출 확대 및 재난·재해 대비 안전 제고를 위한 고부가 가치 핵심 엔지니어링 기술 확보

#### 2. 목표 및 방향 설정

- 케이블교량 전주기 통합 패키지 기술 개발
  - 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발
    - 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
    - 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소 기술 개발 등
- 케이블교량 신뢰도 기반 재난·재해 대응기술 개발
  - 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발
    - 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
    - 자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발 등
  - 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
    - 해외 지반특성·지반정수 평가기술 및 토압확률모델 개발
    - 타정식 현수교 앵커리지 거동평가 및 설계기술 개발

- 대형 연성기초의 비선형 거동을 고려한 설계기술 및 연약지반 대구경 항타 말뚝 지지력 평가기술 개발
- 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계기준 개발 등등



〈본과제 비전 및 목표〉

## 해외진출을 위한 재난/재해 대비 및 고부가 엔지니어링 기술 개발



<본과제 구성 및 세부과제 연구 방향 설정>

### 3. 단계별 목표 및 추진전략

#### □ 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발

##### ○ 케이블교량 패키지 모델 개발 및 해외진출 촉진(대외원조 활용)

- 개도국 대상 유·무상 대외원조 인프라개발 사업이 확대, 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가에 따른 단계별 해외 진출 지원 및 사업 모델 개발
- 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반 활용, 해외의 일반 케이블교량 사업 (EPC, Turnkey 등) 참여에 필요한 PQ 만족을 위한 기회 활용 방안 구축
- 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구를 만족할 수 있는 대외원조 활용 설계, 시공, 유지관리 패키지 및 사업 모델 개발

##### ○ 글로벌 선도형 케이블교량 모델 개발(프로젝트 지원)

- 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시를 통한 국내설계기술 고부가가치화
- 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증/확대 방안 구축 및 경쟁력 확보된 케이블교량 모델 개발
- 선도형 해외 케이블교량 발굴, 설계, 홍보 및 전문가 양성/지속 방안 구축 및 경제성이 확보된 투자 모델 개발/제안

#### □ 장대교량사업단 연구성과를 포함하여 기확보된 국내 초장대교량 건설기술에 대한 통합관리체계 구축 및 사업화 전략 수립

##### ○ 초장대교량사업단 개발 기술을 포함한 케이블교량 건설 기술 통합 관리 및 국내외 현장적용 등 실용화 확산 체계 구축

- 초장대교량사업단은 통한 장경간 케이블교량 핵심기술개발, 실용화, 현장 적용 및 자립화 달성 및 설계, 재료, 시공 및 유지관리 핵심요소기술 개발 완료 및 현장적용, 케이블교량 시장요구사항에 대한 기반은 마련
- 초장대교량사업단 연구 성과 및 케이블교량 건설 기술 추적, 관리 및 분석 체계 통합 구축 및 운영
- 케이블교량 관련 연구개발성과 국내외 현장적용 및 실용화 확산 시스템 구축 및 운영

- 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 국내 실현 및 해외시장 진출을 위한 추진전략 수립
  - 케이블교량 관련 기술 관리/적용 기술위원회 (개발성과위원회 등) 구축 및 운영
  - 초장대교량사업단 통합시범적용교량 실현을 통한 최적 성능 구현 및 활용 확산
  - 초장대교량사업단 시범적용교량 통합관리센터(성과확산 및 홍보 포함) 구축 및 운영
  - 케이블교량 해외 진출 단계별 전략 도출 및 실행 방안 수립
  - 연구 과제 관리, 성과 확산 및 사업화 총괄 지원

	1단계(1차년도)	2단계(2~3차년도)	3단계(4~5차년도)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 케이블교량 연구성과 통합 관리/적용 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 케이블 교량 패키지 모델 개발(대외 원조 활용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 글로벌 선도형 케이블 교량 프로젝트 모델 개발</li> </ul>
주요 추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 케이블교량 연구성과 통합 관리 및 국내외 현장적용 등 실용화 확산 시스템 구축</li> <li>◦ 케이블교량 종합기술센터 및 통합시범적용교량 관리 시스템 구축</li> <li>◦ 연구단 성과 확산 및 해외 진출 총괄 지원</li> <li>◦ 개발성과위원회 구축 및 전문가 교육 활동 등</li> <li>◦ 연구단 과제 및 성과 관리/평가/적용 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 해외 케이블교량 후보지 조사/발굴, 적용성 분석 및 진출 전략 수립</li> <li>◦ 해외 케이블교량 적용성 분석 및 국내 설계, 재료, 시공 및 유지관리 개발 기술 반영 전략형 설계성과품 개발</li> <li>◦ 전주기적 통합 기술을 반영한 해외 진출 맞춤형 케이블교량 패키지 모델 개발</li> <li>◦ 발주 환경 반영 해외 케이블교량 사업 지원 모델 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 국가별 설계 기준 적용/영향분석 및 개발 기술 설계 적용성 분석</li> <li>◦ 선도형 해외 케이블교량 기술 분석 및 설계 성과품 개발</li> <li>◦ 경제성 및 경쟁력 확보 선도형 케이블 교량 모델 개발</li> <li>◦ 글로벌 선도형 해외 케이블교량 프로젝트 및 지원 모델 개발</li> </ul>

〈연구개발 단계별 목표〉

□ 케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발

○ 재난/재해에 대한 케이블교량 레질리언스 확보기술 및 계측데이터 활용 신뢰도기반 성능평가/운용기법 개발 및 현장 적용 추진

- 재난/재해 대비 신뢰도기반 성능 및 위험도 평가 기술 개발
- 케이블교량 극단상황 고려 글로벌 스탠다드 설계 해석기준 개발
- 케이블교량 재난/재해 대비/대응/저감 기술 개발
- 빅데이터 활용 신뢰도기반 케이블교량 상태 평가 기술 개발
- 재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발 등

○ 계측데이터, 평가, 설계 및 의사결정 기술간 긴밀한 협조체계 구축, 시범 적용 교량을 통한 연구결과물의 적용성 및 우수성 검증

- 1단계 : 기초자료 조사 및 분석, 이론 및 기법들의 개발
- 2단계 : 실용화 및 운용 지침/가이드라인 개발 등
- 3단계 : 시범적용 교량에 적용 및 검증

○ 원천기술 및 실용화/상용화 기술 개발로 추진

- 산학연 컨소시엄의 기술 융합 과제로 추진

	1단계 (1차년도)	2단계 (2~3차년도)	3단계 (4~5차년도)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>성능 평가, 운용 기술 및 재난/재해 대응 시범 적용 케이블교량 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난/재해 대비 기술 개발</li> <li>재난/재해 대응 기술 개발</li> <li>필수 계측데이터 획득 및 분석 기술 개발</li> <li>성능평가 및 운용 신기술 개발과 설계 기술 반영</li> <li>글로벌 스탠다드급 케이블 교량 운용 지침 및 가이드라인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>성능평가 및 운용 기법 개별 테스트 베드 검증 및 해외 통합시범적용 교량 설계 적용</li> </ul>
주요 추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>데이터 획득 대상 교량 후보군 도출, 평가 및 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>최적계측 시스템 구축, O&amp;M 관련 데이터의 지식화 기술 개발</li> <li>신뢰도기반 평가기술 체계구축, 한계상태설계법 Code Calibration</li> <li>케이블교량 성능평가·운용·사업관리 지침 예제 및 매뉴얼 작성 가이드라인 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>빅데이터 기반 레질리언스 기술 및 운용 의사결정체계 적용성 평가</li> </ul>

〈연구개발 단계별 목표〉

□ 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발

- 선진국 설계기술 조사/분석을 기반으로 추격 및 선도가능 기술을 명확히 구분하여 목표 설정, 글로벌 경쟁력 강화 및 미래기술 개발
  - 초장대교량사업단의 연구 개발 성과 100% 활용
  - 각 기술별 충분한 이론적 토대를 바탕으로 세부적 업그레이드
  
- 실질적 고부가가치 창출을 위한 해외 맞춤형 엔지니어링 기술 개발
  - 해외 시장진출에 실질적으로 활용, 실용화 목표달성을 위하여 기업체 및 해외사업 경험이 풍부한 전문가 인적네트워크 구성 및 적극 참여 유도
  
- 상부구조에 비하여 상대적으로 취약하여 기술력 한계 및 공사비 과다 지출의 원인으로 지적되어 온 하부구조 및 해상기초 분야의 신뢰도기반 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 개발
  - 해외 시장진출의 경쟁력과 수익성 향상을 위하여 중동, 동남아, 남미 등 연약지반/강진지역에 대한 국내 애로기술 해소, 기술우위 확보 추진
  - 연약지반 대심도 대구경 항타말뚝 등 해외 현장 맞춤형 기술 개발
  - 케이블교량 기초 및 타정식 현수교 앵커리지에 대한 거동 평가, 신뢰도 기반 모델링 기술확보를 통한 최적 설계 기술 개발
  - 지반강성을 고려한 케이블교량 상하 접합부 일체화 설계를 통한 교량구조 슬립화
  - 케이블교량 하부구조 신뢰도기반 ENG 기술
  - 초대형 기초구조의 비선형 및 연성거동 분석에 근거한 설계기술 자립화 및 고도화
  - 해외맞춤형 하부구조 해석/설계기술 글로벌 확장을 통한 경쟁력 확보
  - 최적화 및 비선형 일체화 해석기술 개발을 통한 선도형 핵심독자기술 확보
  - 환경조건 및 지역별 특수성의 영향을 고려한 맞춤형 최적 지반설계 패키지 기술의 확보

	1단계 (1차년도)	2단계 (2~3차년도)	3단계 (4~5차년도)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 글로벌 케이블교량 사업 설계입지 및 시방(Spec) 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 글로벌 경쟁력 강화를 위한 설계 요소기술 개발</li> <li>◦ 해외 맞춤형 신뢰도기반 설계 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 개별 테스트 베드 검증 및 해외 통합시범적용교량 설계 적용</li> <li>◦ 글로벌 마켓 진출을 위한 설계법 정리 및 엔지니어링 기술 확보</li> </ul>
주요 추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 설계기술개발 목적 시범설계 대상 교량 후보군 도출, 평가 및 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 신뢰도기반 설계 통합프레임워크 구축</li> <li>◦ 지반정수, 상하 접합부, 대형해상 기초, 앵커리지, 대구경 향타말뚝 등 글로벌 설계요소기술 개발</li> <li>◦ 요소별 불확실 설계인자 확률 모델구축 및 설계 ENG 기술 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 개발된 기술을 적용한 해외 맞춤형 기본 및 실시설계안 마련 및 설계기술 적용성 평가</li> <li>◦ 설계기술 적용성 평가분석, 글로벌 확장 케이블 교량 설계도표 제시, 설계기술 솔루션 패키지와 설계 반영</li> </ul>

〈연구개발 단계별 목표〉

#### 4. 전체 과제 및 세부과제별 개념도

□ 과제 전체 개념도 및 성과 활용



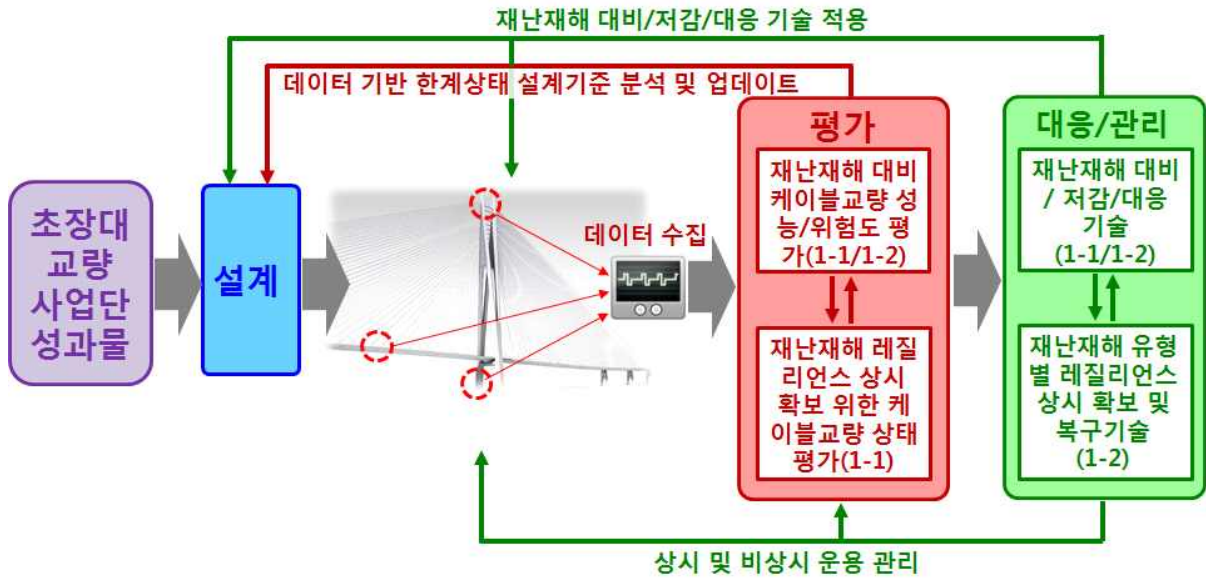
□ 고부가가치 전주기 통합 솔루션 개발을 통한 해외 진출 확대



□ 케이블교량 연구성과 통합관리/적용시스템 구축/운영



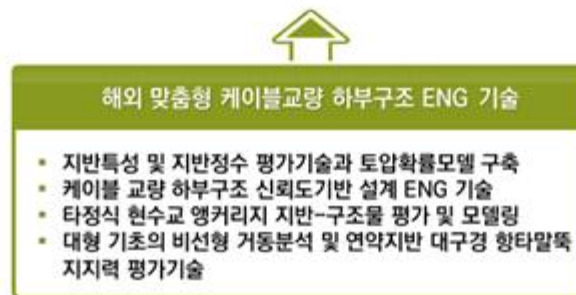
□ 케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발



<위험도평가 및 관리 기술은 다시 설계기술에 피드백되는 구조 형성>

□ 글로벌 맞춤형 고도화 설계 및 ENG 기술 개발

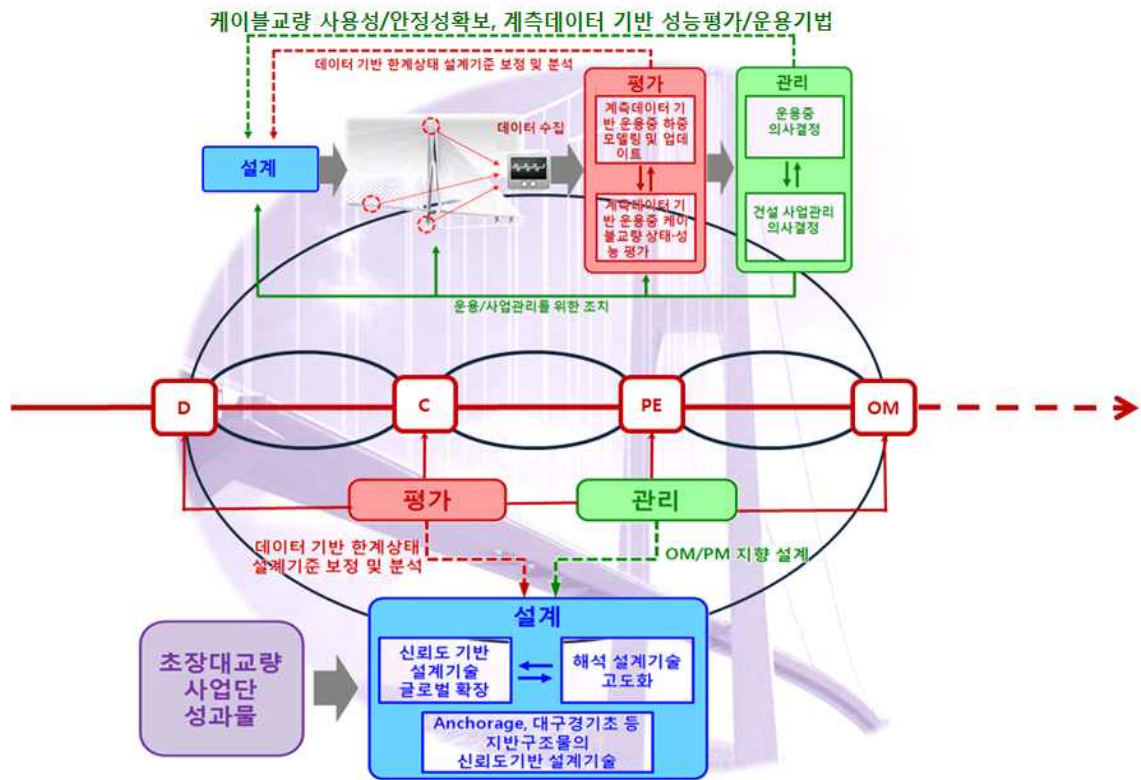
글로벌 선도 프로젝트용 설계, 시공, 유지관리 패키지 모델 개발



글로벌 맞춤형 하부구조 고도화 설계 ENG 기술 개발

케이블교량 해외 진출 글로벌 경쟁력 강화

□ 글케이블교량 전주기적 패키지 엔지니어링 기술 개념도



## 2절. 연구개발과제 구성

### 1. 후보과제 Pool 구성

중점추진 분야	연번	후보과제명	후보과제 정의
케이블 교량 해외진출 통합 솔루션 개발	1	해외 케이블교량 후보지조사/발굴, 적용성 분석 및 진출 전략 수립	- 케이블교량 관련 기술의 적용성 모니터링 - 해외 케이블교량 후보지조사/발굴, 적용성 분석 및 진출 전략 수립
	2	해외 케이블교량 적용성 분석 및 국내 설계, 재료, 시공 및 유지관리 개발 기술 반영 전략형 설계성과품 개발	- 해외 케이블교량 설계 구조계산서 조사/분석 및 영향성 평가 - 국내 설계, 재료, 시공 및 유지관리 개발 기술 반영 전략형 설계성과품 개발
	3	전주기적 통합 기술을 반영한 해외 진출 맞춤형 케이블교량 패키지 모델 개발	- 해외 케이블교량 설계 구조계산서 조사/분석 - 전주기적 통합 기술을 반영한 해외 진출 맞춤형 케이블교량 패키지 모델 개발
	4	발주 환경 반영 해외 케이블교량 사업 지원 모델 개발	- 발주 환경 반영 해외 통합시범적용 케이블교량 특별 시방서 지원 - 발주 환경 반영 해외 케이블교량 사업 지원 모델 개발 등
	5	국가별 설계 기준 적용/영향분석 및 개발 기술 설계 적용성 분석	- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 후보지 조사 및 분석 - 개발 기술 모니터링, 연계성 및 적용성 평가
	6	선도형 해외 케이블교량 기술 분석 및 설계 성과품 개발	- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 후보지 발굴 - 국가별 설계 기준 적용/영향분석, 개발 기술 설계 적용성 분석 및 설계 성과품
	7	경제성 및 경쟁력 확보 선도형 케이블 교량 모델 개발	- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 설계 지원 방안 구축 - 개발 기술 최적 적용 글로벌 선도형 케이블교량 전주기 패키지 설계 성과품 - 경제성 및 경쟁력 확보 선도형 케이블교량 모델 개발 및 제안
	8	글로벌 선도형 해외 케이블교량 프로젝트 및 지원 모델 개발	- 통합 기술 (계약, 시공관리, 설계, 성능평가, 전문가 지원 및 양성 등) 구축 방안 - 글로벌 선도형 해외 케이블교량 프로젝트 및 지원 모델 개발
	9	케이블교량 연구성과 통합관리/적용 시스템 구축/운영	- 케이블교량 개발 기술 통합관리시스템 구축 및 운영 - 초장대교량사업단 연구 성과 및 케이블교량 건설 기술 추적, 관리 및 분석 시스템 개발
	10	케이블교량 종합기술센터 및 통합시범적용교량 관리 시스템 구축/운영	- 초장대교량사업단 통합 시범적용교량 관리 및 종합기술센터 구축 및 운영, 위원회 및 교육 등 - 초장대교량 사업단 통합시범적용 교량 추진(성과 확산 홍보 포함)을 통한 최적 성능 구현 및 활용 확산 시스템 개발
	11	연구단 성과 확산 및 해외 진출 총괄 지원 모델 개발	- 케이블교량 기술관리, 성과확산 및 사업화 (해외 포함) 총괄 지원 시스템 구축/운영 - 케이블교량 해외 진출 총괄 지원 시스템구축/운영 및 해외진출 단계별 전략 및 실행 방안 수립 - 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 지속 전략, 해외 건설 브랜드화 및 지속/선도 전략 모델 개발

중점추진 분야	연 번	후보과제명	후보과제 정의
케이블 교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리 언스 확보기술 개발	1	계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	- 계측데이터 분석기반 풍하중, 차량 활하중, 온도하중, 파랑 및 조류하중, 시공 및 가설하중 업데이트 및 모델링 기술
	2	하중별 최적계측 시스템구축	- 하중별 상태 평가에 적합한 계측 시스템 (센서 위치, 종류, 수량 등)
	3	케이블 교량 한계상태 설계법 Code Calibration	- 공용중 케이블교량(상·하부구조) 계측 데이터 분석 기반 한계상태 설계법 설계지침 Calibration
	4	계측기반 구조계 특성추정	- 계측데이터 분석 기반 구조계 특성 (동적거동, 댐핑, 경계조건 등) 추정 기법
	5	부재저항 모델링 및 평가기법	- 계측데이터 분석기반 부재별 저항 모델링 추정기법 - 부재별 저항평가 기법
	6	케이블 교량 사용성, 안전성, 시스템 건전도 평가기술	- 계측데이터 기반 케이블 교량 구조 시스템의 사용성, 안전성, 시스템 건전도의 정량적 평가기술 개발
	7	평가용 해석 모델링기법 및 저항계수 목표신뢰도 결정 기술(LRFR)	- 공용중 케이블교량 상태평가용 해석 모델링 기법 - 공용중 케이블교량 상태 평가용 저항계수 및 목표신뢰도 결정법
	8	노후화 상태파악 및 수명예측기술	- 계측 데이터 분석 기반 케이블, 대형기초 및 초대형 앵커리지, 포장, 부식, 피로의 노후화 상태 판정 기법 및 잔존 수명 예측 기술 연구
	9	이상데이터 계측 및 판정기법	- 계측데이터를 통한 구조물 이상상태 판정을 위한 통계적 기법
	10	성능/상태 시나리오별 교량운용 및 보수, 보강기술	- 케이블교량 사용성/안전성 상태별 교량 운용, 보수보강 기술
	11	초장대교량 통과하중 산정기법 및 제도	- 차량 통과하중 측정 시스템 및 산정기법 (축하중, 전체하중 등) 및 차량통제 관련 제도 수립을 위한 기반기술 개발
	12	예방적 리스크관리를 위한 신뢰도기반 운용관련 의사결정체계	- 운용중 케이블 교량 평가 신뢰도 기반한 예방적 리스크 관리 프레임워크 구축
	13	초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적사업 관리체계	- 글로벌 초장대교량 사업경쟁력 제고를 위한 최적 사업관리체계
	14	O&M관련 비용데이터 수집, 관리, 설계반영	- O&M 관련 비용산출용 데이터수집, 정보화 및 설계 적용방안

중점추진 분야	연 번	후보과제명	후보과제 정의
케이블 교량 하부구조 신뢰도 기반 설계 엔지니어링 기술 개발	1	도로, 철도 병용 케이블교량 설계기술	- 도로, 철도 병용 케이블교량 설계를 위한 기술 및 지침화 연구 (사용성, 하중관련, 장대교량 특화중심)
	2	케이블교량 자연재해 및 인공재해 대응 설계기술	- 자연재해(강진, 지진 등) 및 인공재해(폭탄테러, 선박, 항공기충돌, 화재 등) 대비한 케이블교량 설계기술
	3	케이블교량 가설구조물 설계기술	- 케이블교량 가설구조물 설계 기술 정립
	4	케이블교량 유지관리/보수보강 설계법 및 공법	- 케이블교량 최적 유지관리 및 보수보강을 위한 설계법 및 공법 연구
	5	운용중 최적성능지향 신뢰도기반 설계법	- 글로벌 경쟁력 제고에 필수적인 케이블 교량의 운용중 주요 성능요소 파악과, 케이블 교량 한계상태 설계법에 기반한 최적 성능 설계법 개발
	6	대심도 토사지반 대구경 항타말뚝 설계기술	- 대심도 토사지반에 설치된 대구경 항타말뚝의 폐색효과 정량화 - 대구경 항타말뚝의 장기 성능 평가 기술을 반영한 설계 기술 개발
	7	케이블 교량 상하부구조 경계해석 및 일체화 설계기술	- 상부-지반구조물 경계부 해석기술 및 지반-구조물 비선형 모델링 기술 - 케이블교량 상하부구조 일체화 설계 기술 개발
	8	해석 목적별 모델링 및 파라미터	- 해석 목적별 모델링기법 및 파라미터 획득 기법
	9	초기 평형상태 개념 및 구현 기술	- 초기 평형상태 개념정립 및 구현, 표준화 기술
	10	완성계 및 가설계 구조 공탄성 해석기술	- 완성계 및 가설계 구조에 대한 공탄성 해석법 기술
	11	붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 및 부재성능 평가해석기술	- 붕괴방지 수준 지진에 대한 교량시스템 저항 설계법 및 부재성능 평가 해석기술
	12	선박충돌 시뮬레이션 해석기술	- 선박충돌 시뮬레이션 해석기술

13	힘-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효좌굴길이 평가해석기술	- 힘-압축부재 설계를 위한 p-델타해석 및 유효 좌굴길이 평가해석 기술
14	기초-지반구조물 연계해석법	- 초대형 앵커리지 및 케이블교량 상하부구조 일체화설계 해석편 신설
15	케이블교량 하부구조 공용중 위험도 평가 및 신뢰도기반 설계기준 고도화	- 케이블교량 하부구조 위험도 평가 기술기준 확보 - 하부구조 목표신뢰도 평가 및 신뢰도 기반 설계기준 개발/통합화
16	초대형 앵커리지 모델링 및 신뢰도기반 설계기술	- Full scale 시험을 통한 앵커리지 거동분석 및 파괴메커니즘 분석 - 신뢰도기반 앵커리지 설계기준 개발
17	지반물성 및 토압 확률모델 구축	- 지반물성 및 암반특성의 설계정수 결정 및 풍화대 지반정수 결정기법 개발 - 확률론적 토압분포모델 및 설계기술 개발
18	Mega foundation의 거동분석 및 설계 기술 고도화	- Mega foundation 연성 거동 분석 및 상태평가 프로세스 개발 - 하부암반 특성에 적합한 사용성 기반의 침하거동(부등침하감소) 설계기술 개발

## 2. 후보과제 우선순위 평가

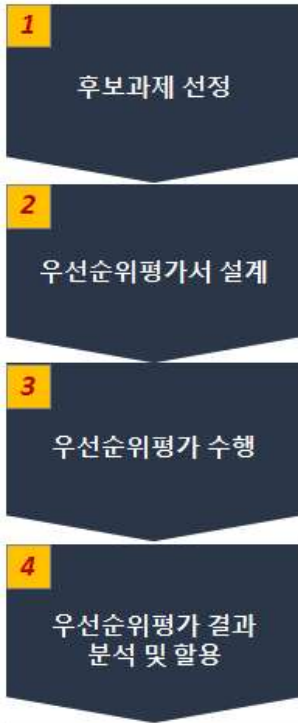
### 가. 우선순위 평가 목적

- ‘케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획’ 연구에서 도출된 후보과제 중 동 사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 선정과제 중 추진 우선순위를 설정하기 위함임
- 산·학·연 전문가를 대상으로 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술개발 기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행함

### 나. 우선순위 평가 절차

- 우선순위 평가는 후보과제 선정, 우선순위평가서 설계, 우선순위평가 수행, 기술수요조사 결과분석 및 활용 순으로 추진함
- 후보과제 선정단계에서는 기술수요조사 결과를 바탕으로 중복성검토, 유사성 및 위계검토를 통해 후보과제 pool을 설정, 과제카드를 작성하고, 기술분류체계에 매칭함
  - 후보과제 카드는 우선순위 평가시 평가자의 판단을 돕기위해 참고자료로 활용함
- 우선순위 평가서 설계단계에서는 우선순위평가 항목을 결정하고 평가 대상자를 설정함
  - 기술적 중요도(기술의 중요도, 시급성, 과학기술적 파급효과), 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성을 평가항목으로 설정함
  - 기술적 중요도의 경우 후보과제에 매칭되는 기술분류체계 소분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용함
  - 우선순위평가시 참고자료로 후보과제에 해당하는 소분류의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 결과를 제공하여 우선순위평가자의 객관성을 도모함
- 우선순위평가 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
- 우선순위평가 결과분석 및 활용단계에서는 평가결과를 통해 사업 추진과제를 선정하고 과제추진 우선순위 선정에 활용함

우선순위평가 절차



세부내용

- 기술수요조사 결과를 바탕으로 후보과제 선정
- 후보과제의 기술분류체계 매칭
  - 6개중분류, 34개 소분류에 45개 후보과제 매칭

---

- 후보과제의 우선순위 평가항목 설정
  - 기술적 중요도(기술의 핵심성, 기술개발 시급성, 과학기술적 파급효과), 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성
  - 기술적 중요도 평가는 후보과제에 매칭되는 기술분류체계 소분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용

---

- 우선순위평가 대상자 메일발송 및 회수

---

- 사업 추진과제 선정
- 과제 추진 우선순위 선정에 활용

<우선순위평가 프로세스>

다. 우선순위평가서 발송 및 응답개요

- 우선순위평가는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가 들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

<우선순위평가서 발송 및 응답개요>

구분	내용
조사기간	- 2015년 4월 17일 ~ 2015년 4월 22일 (1주간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

라. 우선순위평가 항목 설정

- ‘기술 중요도’ 항목은 ‘기술의 핵심성’, ‘기술개발 시급성’, ‘과학기술적 파급효과’ 로 구분되며, 기술수준/예측조사 결과를 활용함
- ‘기술의 핵심성’ 는 해당기술이 ‘케이블교량 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 5점 척도로 평가함
- ‘기술개발 시급성’ 은 적정 수준을 구현해야할 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 5점척도로 평가함
- ‘과학기술적 파급효과’ 는 해당기술이 과학기술 발전에 미치는 영향력을 5점 척도로 평가함
- ‘기술개발 실현가능성’ 항목은 연구개발 사업 추진 시 과제카드 목표 수준까지 실현 가능한지 여부를 5점척도로 평가함
- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

〈기술개발 실현성 평가 예시〉

참 고 자 료					후보과제 우선순위 평가		
소분류	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도		후보과제	기술개발 실현가능성
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.0	1 ○○○	4
						2 ○○○	3
						3 ○○○	3

- ‘사회경제적 파급효과’ 항목은 목표수준까지 기술개발 완료 시 사회경제적으로 미치는 파급효과를 5점척도로 평가함
- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

**<사회경제적 파급효과 평가 예시>**

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도			사회경제적 파급효과
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.0	1 ○○○	4
						2 ○○○	3
						3 ○○○	3

- ‘정부지원 필요성’ 항목은 기술개발 사업을 통해 기술을 획득하는 데에 정부 지원이 필요한 정도를 5점척도로 평가함
- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

**<정부지원 필요성 평가 예시>**

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도			정부지원 필요성
계측데이터 분석기반 하중별 업데이트 및 모델링 기술	기술혁신을 통한 파급효과가 큰 유망한 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.0	1 ○○○	4
						2 ○○○	4
						3 ○○○	5

라. 후보과제 우선순위 평가결과

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술

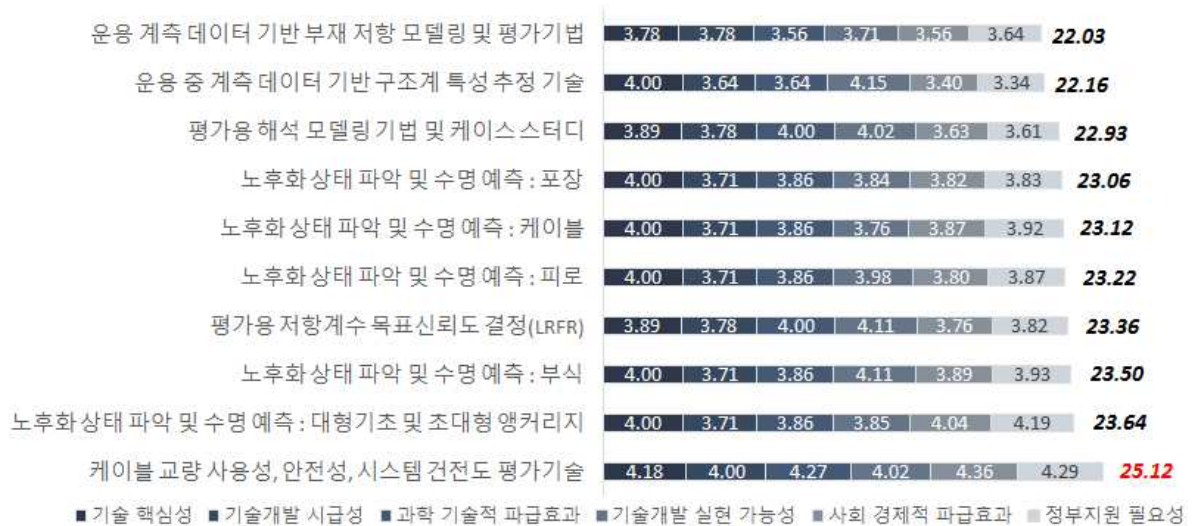
○ 7개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘공용중 계측 데이터 기반 차량 활  
화중 업데이트 모델링’ 기술의 우선순위가 가장 높게 평가됨



< ‘계측 데이터 기반 케이블교량 하중 업데이트 및 모델링 기술’ 분야 우선순위 평가결과 >

□ 계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술

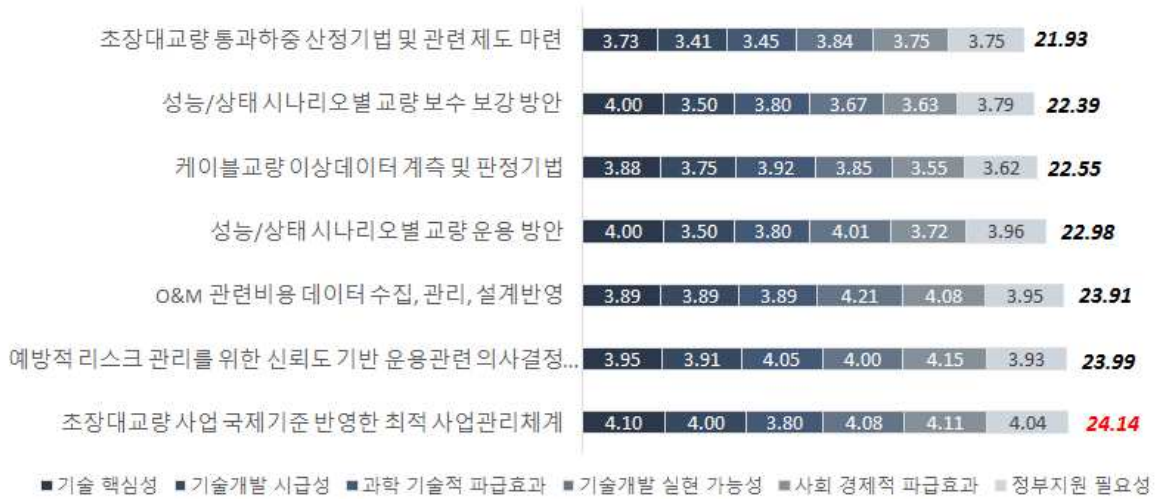
○ 10개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘케이블 교량 사용성, 안전성,  
시스템 건전도 평가기술’ 기술의 우선순위가 가장 높게 평가됨



< ‘계측 데이터 기반 케이블교량 저항/상태/성능 평가 기술’ 분야 우선순위 평가결과 >

□ 케이블교량 운용-사업 관리 의사결정 프레임워크 구축

- 7개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적 사업관리체계’ 기술의 우선순위가 가장 높게 평가됨



< ‘초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적 사업관리체계’ 분야 우선순위 평가결과 >

□ 케이블교량 설계기술 글로벌 확장

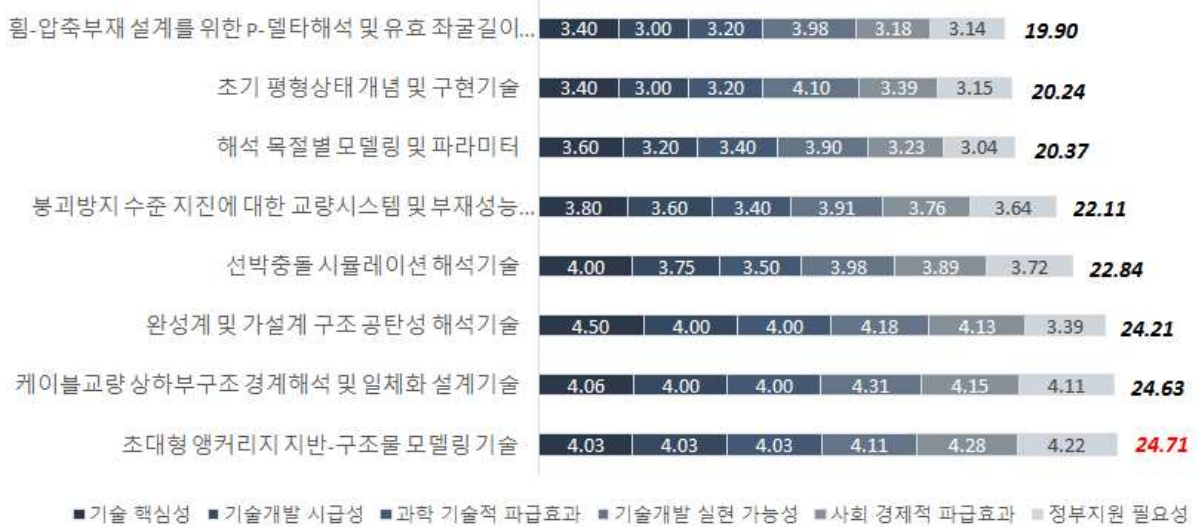
- 7개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적 사업관리체계’ 기술의 우선순위가 가장 높게 평가됨



< ‘케이블교량 설계기술 글로벌 확장’ 분야 우선순위 평가결과 >

□ 케이블교량 설계 해석 고도화 기술

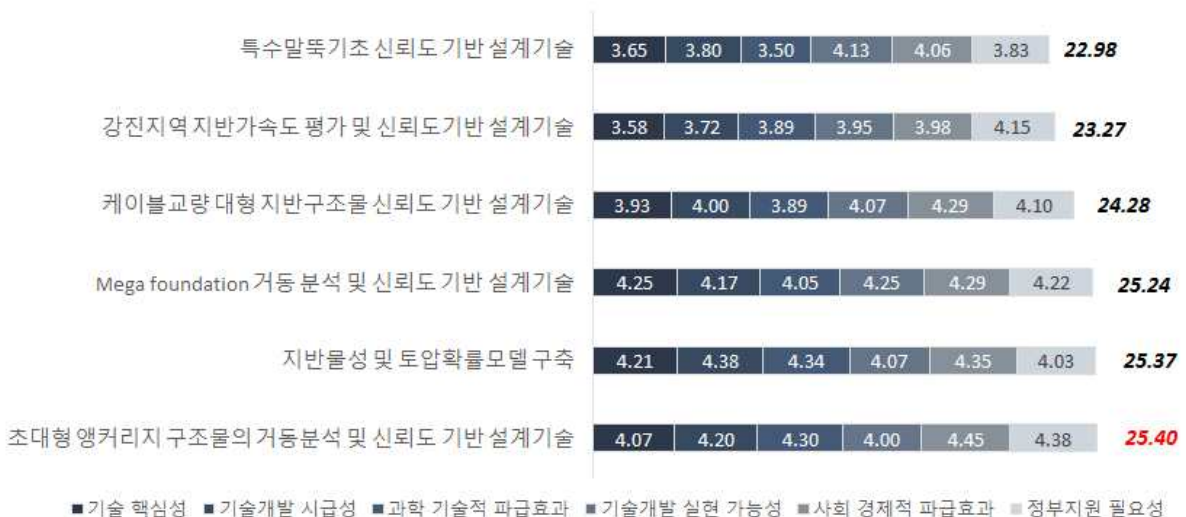
- 8개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적 사업관리체계’ 기술의 우선순위가 가장 높게 평가됨



< ‘케이블교량 설계 해석 고도화 기술’ 분야 우선순위 평가결과 >

□ 케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술

- 6개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘초장대교량 사업 국제기준 반영한 최적 사업관리체계’ 기술의 우선순위가 가장 높게 평가됨



< ‘케이블교량 지반 및 기초구조 신뢰도기반 설계기준 및 해석기술’ 분야 우선순위 평가결과 >

### 3. 연구개발 추진과제

#### 가. 전체 연구 추진 과제

구분	과제명
1세부과제	케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발
1-1	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
1-2	국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발
2세부과제	케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발
2-1	인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
2-2	자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발
3세부과제	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
3-1	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발

나. 1세부 과제 (케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발)

구분	1세부 과제명 (케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발)
1세세부 과제	해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발</li> <li>· 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상</li> <li>※ 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 : 도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교</li> </ul> </li> <li>· 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)               <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상</li> </ul> </li> <li>· BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발(BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등 활용)</li> <li>· 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 개발 등</li> </ul>
2세세부 과제	국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발 (민간의 창의적인 아이디어 발굴 및 지원)

<1세부과제 연구 추진 체계 및 과제 현황>

다. 2세부 과제 (케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발)

구분	2세부 과제명 (케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발)
1세세부과제	인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한성능 평가기술 개발</li> <li>· 인위재난 시나리오별 교량시스템 붕괴 위험도 평가 및 방재시스템 개발</li> <li>· 케이블교량 운용중 빅데이터(계측데이터) 활용 신뢰도 기반 상태평가 기술 개발(LRFR 등) 등</li> </ul>
2세세부과제	자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자연재해(강풍, 강진 등) 상황 신뢰도 기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감 기술 개발</li> <li>· 이상진동 대응 케이블교량 동특성 평가기술 및 자연재해 발생시 사용성 관리기술 개발</li> <li>· 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발 등</li> </ul>

<2세부과제 연구 추진 체계 및 과제 현황>

라. 3세부 과제 (케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발)

구분	3세부 과제명 (케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발)
1세세부과제	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 지반특성·지반정수 평가기술 및 토압확률모델 개발</li> <li>· 타정식 현수교 앵커리지 거동평가 및 설계기술 개발</li> <li>· 대형 연성기초의 비선형 거동을 고려한 설계기술 및 연약지반 · 대구경 항타말뚝 지지력 평가기술 개발</li> <li>· 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계기준 개발 등</li> </ul>

<3세부과제 연구 추진 체계 및 과제 현황>

### 3절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 (과제 카드 작성)

#### 1. 1세부과제 (케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발)

- 1세세부과제 (해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발)
  - 연구배경 및 필요성
  - 연구개발 목표 및 범위
  - 연차별 주요 연구내용
  - 최종성과물 및 활용방안 등을 포함하는 세세부과제별 카드 작성

<b>세세부 과제명</b>	<p>- 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발</p>
<b>배경 및 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 케이블교량 시장의 경우 다소 정체가 예상되나, 해외 케이블교량은 '25년 37조원 규모로 성장 예상되어 해외 진출 확대는 피할 수 없는 과제임. 90년대까지 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국 중심으로 장기간 케이블교량 시장이 형성되었으나, 최근에는 Post BRICs 시대를 맞아 중국, 동남아, 중남미 신규시장이 활발히 형성되고 있어 기술과 가격 경쟁력 확보를 통해 해외시장 개척 가능.</li> <li>- 해외시장 진출에 있어서 국내건설산업의 해외 수주 비중이 증가하고는 있으나 해외 건설 시장 점유율은 7.8% (2013년 기준) 인데 비하여 고부가가치 영역인 설계 분야는 미국, 유럽 등 주요 해외건설 선진국들이 대부분 진출해있는 등, 국내 건설 업체의 해외 진출은 저부가가치 영역인 PC(Procurement and Construction) 마켓에 집중되어 있어 많은 RISK를 갖고 있는 것으로 지적되고 있음.</li> <li>- 해외사업에 진출하려는 국내 설계사 및 시공사들은 발주자와 수요자의 선택적 요구사항에 부합하여 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.</li> <li>- 유럽의 기술 선도업체들은 전세계를 대상으로 전략적 제휴 및 공격</li> </ul>

적 마케팅을 통해 새로운 시장을 창출하고 있으며, 케이블교량 엔지니어링 토탈솔루션 제공 기술의 확보를 위하여 관련 회사들의 인수 합병 등을 통하여 영역을 확장하고 있음.

- 또한, 우리나라에서도 개도국을 중심으로 유·무상 대외원조 인프라 개발 사업이 확대되고 있으며, 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가하고 있음. 이를 이용하여, 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반을 마련하는 것이 매우 중요하며, 이는 해외의 일반 케이블교량 사업 (EPC, Turnkey 등) 참여에 필요한 PQ 만족을 위한 기회로의 활용 및 국내 케이블교량 건설 실적을 활용한 대외 원조사업 주도적 참여 확대가 필요함.
- 국내 케이블교량의 해외진출 확대를 위한 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 우선, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 필요하며, 국내 개발 기술의 해외 홍보 및 기술전파도 필요함. 이를 위해서 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델을 제시하고 이를 통한 설계기술의 기술력 입증, 홍보, 경제성, 시공성 등의 경쟁력 확보 노력이 필요함. 또한 이러한 기술적 접근을 바탕으로, 최근 이슈화되고 있는 민간 투자형 사업 개발의 확대 요구에, 해외 사업분야의 고부가가치 영역을 확장하기 위한 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 확대를 위한 방안으로 확장 적용하는 것이 매우 중요함.
- 그리고 최근 해외 케이블교량의 발주시, 케이블교량의 중요도 및 특성을 반영하여, 계획 초기부터 합리적인 RISK관리 및 계획-관리-설계-시공-안전-운용 등 통합솔루션 및 패키지 성과품의 제시를 요구하고 있음. 해외진출 경쟁력 및 고부가가치 영역 확대를 위한 패키지 및 통합솔루션 제공 엔지니어링기술 확보가 시급히 필요함.
- 케이블교량의 경우 단일 Project가 수조에서 수십조 단위인 기술 집약 초대형 프로젝트로 발전하고 있어, 그 경제적 부가가치가 매우 중요해지고 있으며, 고부가가치 영역인 전주기적 엔지니어링 및 통합 솔루션 제공 기술의 확보가 시급히 요구되며, 이는 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지 형태로 제안되어야함.
- 이러한 요구에 대응하기 위해서는, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력을 입증하고 확대하는 방향으로 연구 개발이 이루어져야 하며, 그동안 개발된 연구 성과들을 통합적으로 적용하고, 단위기술이 아

닌 케이블교량 관련 기술의 패키지와 요구를 만족할 수 있는 구체적이고 적용성이 입증된 실증 모델의 제시가 반드시 필요함.

- 국내 케이블교량 개발 기술들이 반영된 실증 모델은 실현가능한 해외 케이블교량을 대상으로, 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석, 프로젝트 모델 및 패키지 성과품 등의 제시가 동시에 필요함.
- 이와 더불어, 국내 케이블교량 분야의 해외 기술 선도를 위해서는, 신형식 및 2km+급 철도병용교 등을 포함하는 미래형 케이블교량 컨셉 설계 및 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 기술 개발도 필요함.
- 또한, 현재 국내 케이블교량은 BMS, WIM, 교통, 환경, 재난/재해 등의 관리영역이 분리. 상황 발생시 신속한 대처 및 콘트롤 타워 역할을 위한 통합안전 관리시스템 기술 부재하며, 케이블교량의 전주기 패키지 엔지니어링 기술은 케이블교량 전분야의 통합 관리 기술을 포함하는 형태여야하고, 케이블교량 전용의 전주기 통합 관리 시스템의 개발이 필요함.
- 개발 기술의 해외 진출을 위한 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 엔지니어링분야를 포함하는 국내 현장 적용 실적 확보가 필요하며, 이를 위해 정부주도의 연구개발 사업이 필요함
- 케이블교량 해외 진출을 촉진하기 위해서는 우선 개발 기술의 실용화 및 현장적용 확대를 통한 실적 확보가 중요하며 이를 위해서는 개발 기술의 현장적용 및 실용화 확대를 위한 관리체계 구축이 필요함.
- 개발기술 적용 확대를 위한 해외 케이블교량 기술 분석/설계 지원/개발 기술 적용/프로젝트 지원 시스템이 부재하므로, 개발 기술 실용화 촉진으로 기술 사양화 방지, 관리시스템을 구축하는 노력이 필요하며, 이는 케이블교량 연구성과 통합관리/국내외 현장적용 시스템 구축/운영으로 해외진출 실용화 지원을 강화하는 형태로 추진되어야 함.
- 초장대교량사업단 연구 결과의 집약체인 통합시범적용 교량의 국내 실현을 통한 현장 실적 확보 및 해외 진출 기술 지원 등의 추진 전략을 마련 할 수 있는 정부 차원의 지원 방안이 시급히 필요
- 초장대사업단을 통해 개발된 기술에 대한 지속적인 관리와 분석으로 기술의 사양을 막고, 국제적으로 일본과 같은 케이블 교량 기술

	<p>해외 진출의 실패 사례 (케이블교량 기술 및 전문가 그룹 축소 및 부재 등)를 방지하기 위한 국가 단위의 정책적 지원 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신생 건설강국 중국과 기존 건설대국 일본, 유럽 사이에서 고전하는 국내 케이블교량 산업의 경쟁력 확보가 시급하여 정부주도 R&amp;D 사업을 통해 집중적으로 개발이 필요함.</li> <li>- 초장대교량 사업단 연구개발을 통해 시장요구사항 기반은 마련하였으며, 이를 바탕으로 동 연구개발을 통해 World Best 기술을 개발·확보한다면 시장경쟁에서 매우 우월적 지위를 확보할 것으로 예상되므로 국가주도의 연구개발 사업이 반드시 필요함.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기술 현황</b></p>	<p>○ 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 해외 케이블교량 발주시 계획, 설계, 시공, 안전 및 운영관리 등 전 영역을 모두 포함하는 패키지 엔지니어링 기술 제공 요구</li> <li>- 이에 따라, 해외 기술선진국들은 케이블교량 통합 솔루션 제공을 위한 기술력 확보에 매진 중에 있으며, 지속적인 기술개발과 함께 관련 기업의 인수합병 등을 통해 시장영역을 확장중</li> <li>- 덴마크 COWI의 경우, 이탈리아 메시나대교를 대상으로 계획, 설계, 시공 및 유지관리를 연계하는 설계성과품 등을 지속적으로 제시하고 있으며, 홍콩 스톤커터교에 대해서도 설계와 유지관리를 연계하여 LRFR을 도입하는 등 최신 기술을 적용한 새로운 케이블교량 모델 제시 및 기술력 홍보중</li> <li>- 일본은 JICA 등을 통한 해외 원조사업을 지속적으로 확대하고 있으며, 최근에는 미얀마 양곤시 Thaketa 연결교량에 40억엔, 베트남 북남고속도로 건설프로젝트에 8억 4,739만달러 및 방글라데시 MRT 프로젝트(교량, 전철)에 7억 9,282만달러를 지원하는 등 해외 원조사업을 통해 자국의 기술을 패키지 형태로 이식하고, 장기적으로는 수혜국의 건설시장을 잠식하기 위해 노력중</li> <li>- 우리나라의 경우, 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술의 원천인 기본설계기술 분야(계획, 개념설계 등)의 기술수준이 해외 최고 기술 보유국 대비 약 80% 수준이며, 국가 주도의 연구개발 사업을</li> </ul> <p style="text-align: center;">※ 해외건설협회 ENR 보고서(2015) 인용, 최고 100 기준</p>

분야	한국	유럽	일본	상대비교 (한국/최고국)
기본설계기술	73	91	88	80%
상세설계기술	85	91	89	93%
원천기술	73	92	90	79%

○ 케이블교량 전용 전주기 통합 관리기술 분야

- 덴마크(COWI), 영국(ARUP) 등 해외 기술선진국의 경우 다수의 장경간 케이블교량 건설실적을 바탕으로 공정 및 RISK 관리에 대한 노하우를 보유중
- 미국(Autodesk, Bentley), 영국(Allplan) 등은 BIM 기반의 RISK 관리 기술을 보유하고 있으며, 건설 전 과정으로 확대 적용중
- 국내 케이블교량은 BMS, WIM, 교통 상황, 기후 환경, 재난/재해, RISK 등의 관리 영역이 분리되어 있어 통합적 대처가 불가능하며, 케이블교량의 개별 관리영역 및 수집 데이터를 통합 관리하여 활용할 수 있는 기술 개발이 필수적으로 요구됨. 기술 개발의 방향은 케이블교량 최초 설계 시 구축되는 BIM을 활용하고, 실제 공용중인 케이블교량에 실증 구축될 수 있도록 추진되어야함.

○ 국내 케이블교량 분야의 전반적인 기술 수준은 초장대교량사업단('08.12.~'15.12.)의 설계, 재료, 시공 및 유지 관리 분야 핵심기술의 연구개발을 통해 자립화 단계에 이르렀다고 볼 수 있음. 현재 케이블교량 분야의 핵심 기반 기술은 확보 되었다고 할 수 있으며, 해외 시장에서의 요구 기술인 통합 솔루션 제공 등의 기술 개발을 통해 해외 경쟁력을 확보할 수 있는 최적의 시기임.

**정부지원의  
타당성**

- 민간 독자 기술개발 한계, 개발기술 통합적용 및 해외진출 구체적 성과도출 어려움
- 케이블교량 특성상 해외 발주시 최신/첨단/통합/최적 기술 반영의 요구가 증하고 있음.
- 발주시 요구기술을 민간회사가 독자적으로 개발하기는 어려움. 건설 사업에서 저가 위주의 기술만을 반영함으로써 장기적으로 기술 종속화를 가속시키는 원인이됨.
- 패키지 통합 기술의 경우 케이블교량 전분야의 전문연구인력 반드시

시 필요함.

- 산업계를 비롯한 학계, 연구원, 발주기관(공기업 등) 연구 콘소시엄이 반드시 필요함.
- 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 및 해외진출 확대를 위한 "패키지 기술 개발"에 국가연구비 투입으로(민간부담금 포함) 민간영역의 RISK 요소 해결
- 공공영역의 연구투자 및 콘소시엄 참여로 개발기술의 현장적용을 담보하고 개발기술의 사양을 방지, 구체적이고 실존적인 해외진출 성과 도출 가능

○ 케이블교량 패키지 기술(전주기 엔지니어링 기술) 분야 기술 추격 필요

- 기술력 중심의 엔지니어링 수주능력 제고를 통한 해외 건설 수주의 고부가가치화, 기술 추격을 위한 연구개발 촉진, 정부의 지원 반드시 필요

○ 케이블교량 관련 기술은 공공 기술로서 민간 기업이 개발하고 유지하는데 한계를 갖고 있으며, 해외 기술과 직접적으로 경쟁을 해야 하는 케이블교량과 같은 특수 사회기반 시설의 경우에 연구개발을 촉진시키기 위한 정부의 지원이 필요함.

○ 케이블교량 등 국가 주요 시설물에 대한 재난재해 대비/대응 기술 필요, 국가 시설물의 설계 및 관리를 전략적으로 추진 할 수 있는 정부 차원의 지원 필요

- 2015년, 서해대교 낙뢰로 인한 주케이블 화재 및 파손 발생
- 케이블교량 재난 등 극한상황 대응, 재난방지 및 관리 시스템 등 안전성 확보 기술 개발 요구 및 국가 정책화 필요

○ 초장대교량사업단 연구개발을 통해 시장요구사항 기반은 마련하였으며, 이를 바탕으로 동 연구개발을 통해 World Best기술을 개발·확보한다면 시장경쟁에서 매우 우월적 지위를 확보할 것으로 예상되므로 국가주도의 연구개발 사업이 반드시 필요함.

○ 중국의 저가 해외 진출 확대 및 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장선점으로 고전중인 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력

확보를 위해서는, 국내 케이블교량 건설 PQ 실적 및 초장대교량사업단 개발, 적용기술을 활용 할 수 있는 시기(5년 이내) 내인 '16년도에 반드시 연구개발사업이 추진되어야 함.

○ '13년 9월 VIP 베트남 순방 시 '판번-연짱 도로건설사업'의 EDCF 지원에 관한 양해각서(MOU) 체결, 제13차 한-베트남 경제공동위 개최('14.9.) 결과 도로건설 유상원조 사업의 성공적 추진 결의, 현 정부 임기 내('18.2.) 동 연구개발사업의 목표인 "대외원조 연계 케이블교량 패키지형 모델 개발"의 달성 및 도로 건설사업 반영을 위해서는 정부주도의 R&D 과제로 반드시 추진되어야 함.

○ 국토교통부 및 VIP 관심 사항으로 연구개발 시급성 및 당위성 확보

- 2016년 1월, 국토교통부 "16 업무보고" 내수 진작 및 수출 활성화 정책 추진
- 국토교통 분야 해외진출 활성화 방안으로 대외원조활용 패키지사업 진출 확대
- EDCF 및 ODA 연계 해외시장 단계별 진출 방안, 케이블교량 패키지 기술 개발
- 현 정부 임기 내('18. 2.) 성과 달성 및 활용을 위하여 정부 지원 반드시 필요

○ 2016년 국토교통부 VIP 업무보고 (국토교통부, '16.1, VIP 관심 사항)

- 국토교통 분야 해외진출 활성화 기반 마련
- 글로벌 기술경쟁력 확보를 위한 R&D 역량 집중 및 엔지니어링 시범사업 추진
- 해외 건설 사업 기획역량 강화를 위한 사업모델 및 타당성 조사 제안
- 해외진출 협력·지원체제 정비를 위한 대외경제협력기금(EDCF) 및 무상원조(ODA)와의 연계강화 및 패키지사업 진출 지원 확대 계획과 일치함.

○ "개발협력 등을 통한 수주저변 확대"는 정부주도의 개발협력을 통한 한국형 인프라 해외 수요 창출 및 한국 해외건설 브랜드화가 목

	<p>표임. 동 연구개발사업에서 추진하고자하는 단계별 전략형 해외 진출 모델 개발 및 케이블교량 국가 건설 상징 브랜드화의 목표와 부합함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현 정부의 국정목표 및 국정과제 국정기조는 기존 '선진국 추격형 경제성장'에서 '세계시장 선도형 성장'으로의 패러다임 변화를 포함하고 있어 World Best 기술개발 및 해외진출 모델 개발을 목표로 하는 동 연구개발사업과 부합</li> <li>○ 국정목표1의 '창의와 혁신을 통한 과학기술 발전'전략을 통해 미래 선도 창의형 연구개발, 신산업 창출, 사업화 지원</li> <li>○ "고부가가치 산업화"는 투자개발형 사업 진출 확대 및 해외건설 맞춤형 R&amp;D 추진을 목표로함. 동 연구개발사업은 해외 건설시장 진출 실용화 및 고부가가치 신성장 수출 기술 개발이 목표이므로 정부 지원 방안과 부합함.</li> <li>○ 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&amp;D 중장기 전략(국과심 본회의, '14.7) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 글로벌 시장 진출을 위한 세계 최고수준의 특수교량 첨단기술 개발</li> <li>- 케이블교량 해외 진출 촉진을 위한 글로벌 경쟁력 및 안전강화 기술 개발과 연계, 국가 연구 지원 사업으로 추진 필요</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>세세부과제의 목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대케이블교량 해외 시장 진출 확대를 위한 고부가가치 전주기 통합 패키지 기술 확보</li> </ul>
<p><b>세세부과제 연구 내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발</li> <li>- 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술.기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성.경제성 분석</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)</li> <li>- BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발(BMS, WIM, 기후환경, 재난.재해, RISK 데이터 등 활용)</li> <li>- 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 개발 등</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연차별 주요 연구 내용</b></p>	<p>(1차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 관련 기술의 적용성 모니터링</li> <li>- 해외 케이블교량 후보지조사/발굴, 적용성 분석 및 진출 전략 수립 (국제 공동 연구 포함)</li> <li>- 해외 케이블교량 후보지 조사 및 분석</li> <li>- 개발 기술 모니터링, 연계성 및 적용성 평가 등</li> </ul> <p>(2차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가별 설계 기준 적용/영향분석 및 개발 기술 설계 적용성 분석</li> <li>- 해외 케이블교량 설계 구조계산서 조사/분석 및 영향성 평가</li> <li>- 국내 설계, 재료, 시공 및 유지관리 개발 기술 반영 전략형 설계성 과품 컨셉 설계</li> <li>- 초장대교량사업단 연구 성과 및 케이블교량 건설 기술 추적/관리/분석 시스템 및 국내외 현장적용/실용화 확산 시스템 구축 등</li> </ul> <p>(3차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술.기준을 활용한 비교설계 (국내외 신뢰도 기반 설계기술.기준 : 도로교설계기준(한계상태 설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교)</li> <li>- 해외 케이블교량 설계 지원 방안 구축 및 (계약, 시공관리, 설계, 성능평가, 전문가 지원 및 양성 등) 제공 시스템 개발</li> <li>- 초장대교량사업단 통합시범적용교량 관리센터 (운영 및 홍보 포함) 및 기술확산위원회 구축 및 운영 (성과확산, 개발기술위원회 운영 등)</li> </ul>

	<p>(4차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성.경제성 분석</li> <li>- 발주 환경 반영 해외 케이블교량 프로젝트 지원 모델 개발 등</li> <li>- BMS, WIM, 기후환경, 재난.재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발 등</li> </ul> <p>(5차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 프로젝트 및 지원 모델 개발</li> <li>- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)</li> <li>- 케이블교량 해외 건설 브랜드화 및 지속/선도 전략 모델 개발</li> <li>- 해외 케이블교량 국내 설계 엔지니어링 브랜치 설치 및 운영 지원 등</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 추진전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 케이블교량 개발 기술들이 반영된 실증 모델은 실현가능한 해외 케이블교량을 대상으로, 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석, 프로젝트 모델 및 패키지 성과품 등의 제시로 추진</li> <li>○ 개발기술 적용 해외 케이블교량 비교설계 및 경제성 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개도국 대상 유·무상 대외원조 인프라개발 사업이 확대, 밤콩교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가에 따른 단계별 해외 진출 지원 추진</li> <li>- 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반 활용, 해외의 일반 케이블교량 사업 (EPC, Turnkey 등) 참여에 필요한 PQ 만족 기회로 활용 방안 구축</li> <li>- 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구를 만족할 수 있는 해외케이블교량 설계, 시공, 유지관리 패키지 및 프로젝트 모델 개발 방향으로 추진</li> <li>- 개별기술이 아닌 통합 패키지(설계,재료,시공,유지관리 등)</li> <li>- 기술을 적용한 경쟁력 분석 보고서 제시</li> <li>- 국내 도로교설계기준(케이블교량편)과 해외 선진 설계기준(미국 AASHTO-LRFD, 유럽 Euro-code 등) 상호 비교분석 가치비교</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ○ 국내 케이블교량 개발기술을 적용한 해외 케이블교량 적용성/경제성 분석 및 신뢰도기반 설계기술/기준적용 비교설계를 위한 해외 통합시범적용교량 2곳 이상 제시</li> <li>- 교량 규모, 형식, 발주국가 등</li>   <li>○ 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 기술 개발</li> <li>- 미래형 케이블교량(신형식, 2km이상 철도병용교 등) 개념 설계방법 및 해외교량 1개 이상 제시</li> <li>- 교량 규모, 형식, 발주국가 등 실현 가능성을 고려하여여 추진</li> <li>- 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시, 국내설계기술 고부가가치화</li> <li>- 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증/확대 방안 구축 및 경쟁력 확보된 케이블교량 실증 모델 개발</li> <li>- 선도형 해외 케이블교량 발굴, 설계, 홍보 및 전문가 양성/지속 방안 구축 및 경제성이 확보된 실증 모델 개발/제안 방향으로 추진</li>   <li>○ 케이블교량 연구성과 통합관리/해외적용 시스템 구축/운영</li> <li>- 케이블교량 관련 개발 기술 추적/관리/분석체계 통합 구축 및 국내외 현장적용/실용화 확산을 위한 지원 시스템 구축/운영</li> <li>- 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 국내 실현을 통한 해외 현장 적용 실용화 확산</li> <li>- 초장대교량사업단 시범적용교량 통합관리 시스템(성과홍보/확산 등) 구축 및 운영</li> <li>- 연구단 과제 관리, 성과 확산 및 사업화 총괄 지원 방향으로 추진</li> </ul>
<p><b>주요성과물 및 활용방안</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내외 신뢰도 기반 설계기술.기준을 활용한 비교설계 및 개발기술을 적용한 적용성.경제성 분석 대상 해외 케이블교량</li> <li>- 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등</li> <li>- 적용성.경제성 분석 보고서</li>   <li>○ 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술.기준 적용 비교설계</li> </ul>

- 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한), AASHTO- LRFD (미), Euro-Code(유럽) 등 적용 비교설계 성과품 등
- 국내 개발기술(초장대교량사업단, 본과제 연구성과 등)을 적용한 해외 케이블교량 기술 적용성, 확장성 및 경제성 분석 보고서
- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 및 개념설계
- 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
- 미래형 케이블교량 개념 설계안 등
- BMS, WIM, 기후환경, 재난.재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
- 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
- 국내 시범적용교량 선정 및 시스템 구축
- 케이블교량 전주기 통합 관리시스템 구축 및 운영 매뉴얼 등
- 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템
- 활용 방안
- 해외 케이블교량을 대상으로 한 국내외 신뢰도 기반 설계기술.기준 적용 비교설계 성과품 및 경쟁력 분석 보고서
  - 해외 케이블교량 관련 대외원조(ODA, EDCF, ADB, AIIB) 사업 등에 국내 기술정보 제공, 현장적용 지원 및 수혜국의 발주자료로 활용
  - 해외 케이블교량 관련 PPP, BOT 사업 등 발굴.추진을 위한 기술 정보 제공 및 국내 건설기업의 대상국 사업 비딩 자료로 활용
  - 글로벌 케이블교량 시장에서 국내 기술력 입증, 홍보 및 성과확산 지원을 위한 기초자료로 활용
- BMS, WIM, 기후환경, 재난.재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량에 시스템 구축 및 운영 결과를 바탕으로 국내 케이블교량에 확대 적용을 위한 근거자료로 활용

- 케이블교량 통합 솔루션(계획, 설계, 시공, 안전 및 운영관리 등 연계) 기술 확보로 국내 케이블교량 분야 글로벌 경쟁력 강화 및 해외 진출 확대 가능
- 중국의 저가진출, 일본의 해외 원조사업을 통한 동남아시아 선점 및 기존 기술강국인 유럽.미국 사이에서 고전하고 있는 국내 케이블교량 산업의 해외 진출 확대로 미래먹거리 및 일자리 창출 가능
- 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위하여 ODA&EDCF를 활용한 해외 케이블교량 단계별 진출 방안 마련으로 해외원조사업에 주도적 참여 및 현장 적용 가능
- 케이블교량 세계 시장을 선도할 수 있는, 기술적 경쟁력과 경제성을 확보한 프로젝트 모델(BOT, PPP 등 민간투자형 사업 포함) 및 케이블교량 분야 미래형 선도 기술 개발 등으로 해외 시장 진출 확대 가능
- 최종성과물에 따른 수요처 및 기대효과는 다음과 같음.

최종성과물	수요처	기대 효과
도로교설계기준(한계 상태설계법) 케이블교량편(한), AASHTO- LRFD (미), Euro-Code(유럽) 등 적용 비교설계 성과품 등	설계사 시공사 사업발주기관(해외 포함) 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외원조 활용 해외 케이블교량 설계 수주 지원 및 해외 케이블교량 사업 참여에 필요한 PQ로 활용 가능</li> <li>- 케이블교량 고부가가치 전주기 패키지(설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 등) 기술 확보 해외 경쟁력 강화 가능</li> <li>- 개도국 개발 마스터플랜 수립을 지원한 후, 최적 프로젝트 제</li> </ul>

	<p>국내 개발기술(초장대교량 사업단, 본과제 연구성과 등)을 적용한 해외 케이블교량 기술 적용성, 확장성 및 경제성 분석 보고서</p>	<p>설계사 시공사 사업발주기관(해외 포함) 유지관리사 등</p>	<p>안을 연계 제공하여 수주와 연결하는 패키지형 인프라 해외 수출 추진 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제기준이 반영된 최적 사업관리 체계를 바탕으로 한 경제적 발주 및 리스크 최소화 가능</li> <li>- 개발도상국 등 해외 케이블교량 건설 잠재국에 국내설계 엔지니어링 브랜치 설치 및 운영 지원 가능</li> </ul>
<p>해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 및 개념설계</p>	<p>설계사 시공사 사업발주기관(해외 포함) 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시/국제 발표/홍보 등으로, 국내설계기술 국제 선진 기술 입증 가능</li> <li>- 케이블교량 통합 관리 시스템 개발로 케이블교량 전용의 관리 체계 구축 가능하며, 구축 모델을 바탕으로 국내 케이블교량 유지관리 기준 증의 재설정으로 활용 가능</li> </ul>	

	<p>BMS, WIM, 기후환경, 재난.재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템</p>	<p>시공사 사업발주기관(해외 포함) 유지관리 회사 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 합리적, 체계적, 통합적 관리가 가능하며, 국가 주요시설물의 이상 상황 발생시, 통합적 대처 가능</li> <li>- 국제 케이블교량 시장에서 고부가가치 패키지 엔지니어링 기술 확보 입증 가능</li> <li>- 설계 인력 전문화 및 고급화</li> </ul>
--	---	--	--

○ 성과 지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발	학술적 성과	학술지게재 건수	학술지게재여부	건	2	-	논문게재 및 학술발표를 통한 기술수준 검증
		학술대회발표 건수	학술발표여부	건	5	-	
	해외 케이블교량 대상 신뢰도	해외 케이블교량을 대상으로한 신뢰도기반의 국내외 기준 및 설계 기술 적용 비교설계 성과품	보고서	건	2	-	본 연구개발의 핵심성과물
		해외 케이블교량 기술 경쟁력 분석 보고서	보고서	건	2	-	본 연구개발의 핵심성과물
	비교설계 및 경쟁력 분석	해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량 컨셉 및 개념설계안	개념설계안	건	2	-	본 연구개발의 핵심성과물
		케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템	통합관리 시스템	건	1	-	본 연구개발의 핵심성과물
	기술/인력 지원	고급 엔지니어링 인력 및 기술 지원 시스템	실교량 지원 적용 여부	건	1	-	케이블교량 개발기술 현장적용 확대 및 실용화 확산을 위한 기술 지원 시스템의 운영 여부

## 2. 2세부과제 (케이블교량 재난재해 위험도평가 및 레질리언스 확보기술 개발)

- 1세세부과제 (인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발)
  - 연구배경 및 필요성
  - 연구개발 목표 및 범위
  - 연차별 주요 연구내용
  - 최종성과물 및 활용방안 등을 포함하는 과제 카드 작성

<b>세세부과제명</b>	<b>- 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도기반 방재설계 기술 개발</b>
<b>배경 및 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 재난/재해 대응 기술의 경우 케이블교량별(영종대교, 서해대교, 광안대교, 삼천포대교 등)로 각각 재난/재해 관리 매뉴얼을 구축하고 있으나 관리 기준의 합리적 근거가 미비하고, 신뢰도기반 설계가 정착되었음에도 신뢰도기반 평가 및 관리 지침이 부재함.</li> <li>○ - 구체적으로 국내 인공재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 부재요소별 극한성능평가 기술 분야는 원자력발전소와 같은 특수 구조물을 제외하고는 사고, 테러 등으로 인한 충돌, 화재, 폭발 등 인공재난 하중 및 부재요소에 대한 종합적이고 체계적인 설계절차가 수립되어 있지 않음.</li> <li>○ 또한 국내 재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 기술 분야는 원자력구조물에 대한 항공기 충돌, 교각 등 일반교량에 대한 차량 충돌, 케이블교량에 대한 선박충돌 등, 일부 인공재난 시나리오에 대한 부분적 연구는 수행된 바 있으나, 케이블교량 시스템의 붕괴 위험도 평가 등 설계-시공-유지관리를 아우르는 전주기적 관점에서의 인공재난 시나리오에 대한 종합적 연구는 수행되지 않고 있음.</li> <li>○ 최근 사회적으로 테러로 인한 폭발 및 비행체 충돌 등 인위재난에 대한 위험이 증가함에 따라 이에 대한 케이블교량의 거동 분석 및 대비 기술 개발이 필요함.</li> <li>○ 인위재난의 경우 크기가 매우 큰 하중이므로 재료 및 부재의 극한상태에서의 성능평가와 재난 시나리오 별 케이블교량 시스템의 붕괴 위험도평가가 수행되어야 함.</li> <li>○ 운용중인 케이블교량의 정량적 성능평가 기준이 제대로 확립되어 있</li> </ul>

	<p>지 않고, 대부분의 평가방법이 표면적인 성능평가 정보의 축적과 전달에 의존하는 정성적인 분석이므로 공용중 케이블교량의 계측데이터를 분석하여 완공후의 구조시스템과 환경요인을 파악하고 이를 토대로 정량적인 성능평가가 가능토록 해야 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 나아가 케이블교량 한계상태설계법 기반의 정량적인 성능평가(예: LRFR 등)로 의사결정에 이바지함으로써 재해상황이나 문제 발생시 경제적·사회적 손실 최소화가 가능함.</li> </ul>
<p><b>정부지원 필요성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 충돌, 폭발 등 인위재난대응 설계기술 등은 글로벌 시장에서 반드시 필요한 핵심기술이나, 그동안 국내의 입지 및 건설시장의 환경적 요인으로 인해 개발이 더디고 민간의 연구개발에 한계가 있어 정부지원에 의한 연구개발이 반드시 필요</li> <li>○ 초장대교량 사업단 등 최근 정부에 의해 연구개발 투자가 지속적으로 이루어진 결과, 세계 케이블교량 건설 시장에서 국내 설계기술이 가시적인 성과를 발현하기 시작하고 있어 본격적인 시장 진입 및 글로벌 플레이어로서의 위상확립을 위한 적시 연구개발지원이 매우 필요한 상황</li> </ul>
<p><b>세세부과제의 개념 및 범위</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한 성능평가 기술 개발</li> <li>○ 인위재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 및 방재설계기술 개발</li> <li>○ 운용중 빅데이터 활용 신뢰도 기반 케이블교량 상태 평가기술 개발 (LRFR 등)</li> </ul>
<p><b>세세부과제의 목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인위재난 대비기술 개발을 통해 국내 시장 및 환경과 다른 국외 케이블교량 사업 진출에 필요한 핵심 설계기술의 자립화 (선진국 대비 100% 수준 달성)</li> <li>○ 케이블교량 계측 데이터에 기반하고 사용수명을 구분한 설계하중 업데이트</li> <li>○ 운용중 교량의 계측자료를 활용한 풍하중모델 확률변수 구축 및 신뢰도기반 풍하중조합 개선</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 교량 설계수명과 영향선 길이에 따라 하중 크기의 탄력적 조정이 가능한 형태의 신뢰도기반 활하중 모형 개발</li> <li>○ 장기 계측 데이터에 기반한 케이블 교량 하중 분석 체계 구축</li> <li>○ 운용중 계측데이터 기반 케이블 교량 상태·성능 예측모델 구축</li> <li>○ 인위재난 모델링 및 상부구조 주요 부재요소별/재난별 극한성능 평가기술 개발</li> <li>○ 케이블교량 재난 시나리오 별 붕괴위험도 평가 및 방재설계기술 개발</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>주요내용</b></p>	<p>(1차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 주요하중, 인위재난하중 계측데이터 수집 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 활하중, 풍하중, 온도하중, 계측데이터 수집 및 분석</li> <li>- 인위재난하중 계측데이터 수집 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 케이블교량 설계기술의 글로벌 확장을 위한 문헌조사 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량의 인위재난 요인 및 하중에 대한 국내외 자료 조사 및 분석</li> <li>- 초장대교량 사업단 실적 조사와 국내외 해석기술현황 분석</li> </ul> </li> <li>○ 계측데이터를 통한 주요 설계하중 및 인위재난하중의 모델 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 트레일러 등을 추가한 통행 차종별 활하중 모델 고도화</li> <li>- 계측데이터를 이용한 교량상 풍속과 인근 장기풍속 관측점과의 상관성 분석 및 확률모델 구축</li> <li>- 주요 설계하중의 통계특성 업데이트</li> <li>- 인위재난 하중 모델 구축</li> </ul> </li> </ul> <p>(2차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 설계기술의 글로벌 확장을 위한 해석기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 충돌, 폭발, 화재해석기술 개발</li> <li>- 정밀초기형상해석, 공탄성표준해석, 상하부경계 및 일체화 해석기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 재난 시나리오 별 위험도 평가 및 방재설계기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인위재난 시나리오 별 시뮬레이션 기법 및 붕괴위험도 평가/방재설계기술 개발</li> <li>- 극한상황 시나리오별 케이블교량 상부구조 주요부재 및 시스템의</li> </ul> </li> </ul>

## 위험도/상태 평가기술 개발

### (3차년도)

- 케이블교량의 목표신뢰도지수 결정 및 평가하중조합 개발
  - 활하중 모델 업데이트를 통한 케이블교량 공용중 신뢰도 평가법 개발
  - 풍하중, 온도하중, 철도하중 모델 업데이트를 통한 케이블교량 공용중 신뢰도 평가
  - 공용중인 케이블교량의 목표신뢰도 설정 및 평가하중조합 개발
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 개정판(인위재난 하중 등 포함)
- 케이블교량 인위재난 대비기술 개발
  - 인위재난 시나리오별 대응 케이블교량 방재설계 예제집
  - 신뢰도기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR)(안) 개발 및 적용예제
  - 케이블교량 재난 시나리오 별 시뮬레이션 및 붕괴위험도 평가 메뉴얼, SW 및 예제집

### (4, 5차년도)

- 업데이트된 모델의 적용성 분석
  - 차량하중 모델과 교통류 패턴 예측데이터를 활용한 개별 교량의 활하중 산정법 구축
  - 계측데이터를 통한 온도하중 모델 업데이트 및 범용 온도하중 산출기술 개발
  - 통계특성 업데이트에 기반한 하중 조합 보정
  - 인위재난에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한강도 산정
- 위험도평가 기술 및 해석기술 적용성 분석
  - 인위재난에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한강도 산정
  - 재난 시나리오별 테스트베드 교량의 위험도평가

**연구개발  
추진전략**

- “초장대교량 사업단”을 통하여 개발, 정립된 설계기술의 글로벌 확장을 위한 과제로, 해외 시장진출에 필요한 핵심설계기술의 자립화를 목표로 하고 있으므로, 선진국의 설계기술 현황에 대한 조사/분석을 기반으로 뒤떨어진 기술 및 선도가능 기술을 명확히 구분하여 목표를 설정하고 추진하고자 함.
- 실험이 가능한 기술에 대하여 실험적 연구를 병행하여 기술의 완성도를 높이고자 함. 정부지원으로 구축된 건설연구인프라 실험시설을 활용하며, 특히 충돌, 폭발 관련 실험의 경우는 서울대 극한하중 실험센터의 활용이 가능함.
- 테스트베드 교량의 풍속자료를 확보하여 설계시 검토된 분포특성과의 부합성을 확인. 계측을 통해 도출한 풍하중 확률변수가 기존 문헌 연구결과와 차이를 보이는 경우 신뢰도 재분석 수행
- 활하중 모델 개선을 통한 설계 고도화
  - 국도 상 통행트럭을 중심으로 정의된 도로교설계기준(한계상태설계법)의 4축 활하중 모델에 추가하여 단일 트럭으로는 총중량이 가장 큰 6축 트레일러의 통행특성을 고려한 활하중 모델링 수행
  - 계측 데이터를 기반으로 다차로 재하 시나리오의 현실 통행 특성을 반영한 개선을 통하여 케이블교량 설계 활하중의 다차로 재하계수 개선
- 민자 및 국도상 케이블 교량 계측시스템 장기 이력데이터 활용
- 공용중 테스트 베드 교량 적용성 검증 및 업데이트 피드백
- 하중 종류가 다른 하중들을 조합하는 경우, 하중의 재현주기별 동시재하 확률을 고려한 하중조합의 구성을 위하여, 개별하중의 기간을 고려한 하중크기 및 확률특성 산정
- 본 연구는 타 연구과제에서 개발된 센서나 로봇 등을 제시된 연구목적 달성을 위해 활용하는 것은 권장하나 해당 요소기술을 개발하는 것은 연구대상에 포함하지 않음.
- 주요하중 인지 및 대비 기술은 초장대교량사업단에서 개발된 신뢰도 기반 코드 캘리브레이션 기술을 출발점으로 하여 실측 빅데이터를 활용한 설계기준의 하중모델 검증 및 보완 계획도 제시함.
- 성능·상태 평가결과 추이 데이터와 통계적 예측모델링 기법을 활용한 미래 성능·상태 확률적 예측 모델 개발
- 본연구에서 고려할 재난재해요인과 연구방법론은 최근 국내외 케이블교량에서 발현된 재해현상들에 대한 충분한 사례조사를 토대로 선정됨.

<b>성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 기반 주요하중, 열차하중, 인위재난하중 확률모델 디지털 라이브러리</li> <li>• 케이블교량 극한성능평가 해석기술 솔루션 패키지</li> <li>• 도로교설계기준(한계상태설계법)케이블교량편 업데이트</li> <li>• 케이블교량 재난 시나리오 별 시뮬레이션 및 붕괴위험도 평가 솔루션 패키지</li> <li>• 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR)(안)</li> <li>• 케이블교량 재난 대응 설계 지침(안) 및 설계 예</li> <li>• 케이블교량 인위재난 방재 시설 지침(안)</li> <li>• 재난 시나리오별 위험도평가/방재설계 기술 실증 T/B</li> </ul>
------------	--

○ 성과 지표

과제	성과 목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재설계 기술 개발	학술적 성과	학술지게재 건수	학술지게재여부	건	3		논문게재 및 학술발표를 통한 기술수준 검증
		학술대회발표 건수	학술발표여부	건	10		
	기술혁신	지침 개정판 건수	작성여부	건	1		본 연구개발의 핵심성과물 (도로교설계기준(한계상태설계법) 개정판)
		지침 개발 건수	개발여부	건	1		본 연구개발의 핵심성과물 (신뢰도 기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR)(안))
		소프트웨어 개발 건수	S/W 개발여부	건	3		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 극한성능평가 해석 SW, 인위재난 시나리오 별 케이블교량 붕괴위험도 평가 SW, 케이블교량 상태평가를 위한 운용 중 빅데이터 저장, 분석, 가시화 및 의사결정 시스템 SW)
		매뉴얼 작성 건수	작성여부	건	2		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 극한성능평가 해석 매뉴얼, 인위재난 시나리오 별 케이블교량 붕괴위험도 평가 매뉴얼)
		예제집 작성 건수	작성여부	건	4		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 극한성능평가 해석 예제집, 인위재난 시나리오 별 케이블교량 붕괴위험도 평가 및 방재설계 예제집, 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR)(안) 적용예제)
	실용화	개발된 기술의 실교량 지원 및 적용건수	실교량 지원, 적용 여부	건	3		본 연구개발의 핵심성과물 (인위재난에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한성능평가 기술, 인위재난 시나리오별 교량시스템 붕괴 위험도평가 및 방재설계기술, 운용중 빅데이터 활용 신뢰도 기반 케이블교량 상태평가기술(LRFR 등))
	인력양성	대학원생 학위 취득	졸업생 수	명	3		연구과제 수행을 통한 전문인력 양성

- 2세세부과제 (자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발)
  - 연구배경 및 필요성
  - 연구개발 목표 및 범위
  - 연차별 주요 연구내용
  - 최종성과물 및 활용방안 등을 포함하는 과제 카드 작성

<b>세세부과제명</b>	<p>- <b>자연재해 대비 신뢰도기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발</b></p>
<b>배경 및 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국 건설산업이 케이블교량 글로벌시장에서 기술자립단계를 넘어서서 기술선도그룹으로 진입하기 위해서는 강풍, 강진 등과 같은 자연재해와 화재, 폭발, 선박충돌 등의 인위재난에 효과적으로 대응하는 글로벌 프리미엄 기술 개발이 필수적임.</li> <li>○ 최근 서해대교에서 발생한 낙뢰로 인한 케이블 화재사건과 그 복구과정에서 볼 수 있듯이 재난재해 최적대응을 통해 사회경제적 피해를 최소화하기 위해서는 운용중인 케이블교량의 구조물 상태를 계측 데이터에 기반하여 상시적으로 정확히 인지하고 있는 것이 매우 중요함.</li> <li>○ 케이블교량의 경우 복잡한 풍진동 특성과 이에 대한 이해 부족으로 제2진도대교의 병렬진동 및 사장재 진동, 이순신대교의 와류진동, 울산대교의 행어 진동 등과 같은 이상진동 사례가 최근에 보고되고 있으나 현상규명 정도의 수준에 머물고 있음. 동특성을 포함한 원인분석 및 이상진동 발생시 사용성 유지를 위한 관리지침은 개발되지 않고 있음.</li> <li>○ 해외 케이블교량 발주시 합리적, 전문적인 리스크관리, 경제성을 토대로 한 신뢰도기반 설계, 안전한 시공능력 및 완공 후 교량 운용능력 등 전주기적인 엔지니어링 역량을 요구함. 따라서 재난/재해 케이블교량의 위험도 평가 및 대비, 대응, 복구 기술을 개발하여, 재난/재해 발생시 사회적 비용을 절감하는 등의 첨단 기술력을 통해 국제 케이블교량 프로젝트의 기술적 우위를 선점하는 것이 시급한 과제임.</li> <li>○ 케이블 교량은 구조적 및 환경적으로 특수한 조건에서 발생하는 파손의 종류와 심각도가 일반 교량과는 다르며, 이에 따라 케이블</li> </ul>

	교량에 적합한 조사 및 분석 기법이 필요하고 조사된 데이터를 기반으로 파손종류별 임계한도와 잔존수명을 예측하는 기법의 개발이 필요함.
<b>정부지원 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 진도대교 및 이순신대교의 이상진동문제, 서해대교 낙뢰로 인한 케이블 화재와 같이 공공시설물의 안전 및 사용은 대중에게 민감한 사안이기 때문에 이에 대한 연구과제는 공공적 성격이 강하며 정부지원이 필수적으로 요구됨.</li> <li>○ 해외 경쟁에서 케이블 교량 유지관리 기술을 선점하고 계측자료에 기반한 능동적 관리를 위하여, 장기 데이터의 분석 체계 개발과 패턴 인식을 활용한 교량 이상거동의 자동 감지 등의 분야에서 국가적 차원의 연구개발이 요구됨.</li> </ul>
<b>세세부과제의 개념 및 범위</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 강풍·강진 상황 신뢰도기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감 기술 개발</li> <li>○ 이상진동대응 케이블교량 동특성 평가 및 자연재해 발생 시 사용성 관리지침 개발</li> <li>○ 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발</li> </ul>
<b>세세부과제의 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연재해 대비기술 개발을 통해 국내 시장 및 환경과 다른 해외 케이블교량 사업 진출에 필요한 핵심 설계기술의 자립화 (선진국 대비 100% 수준 달성)</li> <li>○ 자연재해 별 위험도평가 및 저감기술 마련</li> <li>○ 운용중 수집된 빅데이터 활용 신뢰도기반 구조 상태평가를 통한 케이블교량 재난재해 레질리언스 확보</li> </ul>
<b>주요내용</b>	<p>(1차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 설계기술의 글로벌 확장을 위한 문헌조사 및 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량의 자연재해(풍진동 등) 요인 및 대책에 대한 국내외 자료 조사 및 분석</li> <li>- 강풍·강진 상황 시 대책에 대한 국내외 자료조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 계측데이터를 통한 자연재해하중의 모델 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연재해 모델 구축</li> <li>- 자연재해 별 케이블교량 상태평가 및 사용성 검토기법 개발</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 레질리언스 기술 시범 적용 케이블교량 선정 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터 획득대상 교량 및 입지 후보군 도출, 평가 및 선정</li> </ul> </li> <li>(2차년도) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재난 시나리오 별 신뢰도기반 위험도평가 및 저감기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재난 시나리오 별 시뮬레이션 기법 및 신뢰도기반 위험도 평가기술 개발</li> <li>- 자연재해 대비 위험도 저감기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 재난재해 레질리언스 핵심요소기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계측데이터 기반 교량 잔존수명 평가기법 개발</li> <li>- 케이블교량 보수 보강 방안의 효과 정량화 기법 개발</li> <li>- 기계학습 알고리즘을 사용한 교량 이상상태 판정기법 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>(3차년도) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 자연재해 대비기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강풍, 강진 대응 케이블교량 신뢰도기반 사용 위험도 평가, 저감을 위한 운용기술 개발</li> <li>- 케이블교량 이상진동대응 운용관리 지침(안) 개발</li> </ul> </li> <li>○ 케이블교량 전주기적 재난재해 레질리언스 확보를 위한 예제집 및 지침 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보 및 피해 복구 지침(안) 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>(4, 5차년도) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연재해 위험도평가 기술 및 레질리언스 상시 확보 기술 적용성 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 테스트베드 적용 및 검증</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 추진전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구를 1,2단계로 나누어 추진하도록 함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 : 기초자료 조사 및 분석, 이론 및 기법들의 개발</li> <li>- 2단계 : 테스트베드 교량에 적용 및 검증</li> </ul> </li> <li>○ 테스트베드 교량은 현재 계측센서가 다수 설치되어 이미 계측 데이터를 적절하게 획득하고 있고 연구개발 목표에 부합되는 케이블교량을 필요에 따라선정하고, 이에 대한 관계기관의 긴밀한 협조 하에 연구를 수행하도록 함</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재 진행중인 초장대교량사업단 과제에서 개발된 것들을 활용 혹은 연계하여 추가 개발하도록 함</li> <li>○ 본연구에서 고려할 재난재해요인과 연구방법론은 최근 국내외 케이블교량에서 발현된 재해현상들에 대한 충분한 사례조사를 토대로 선정됨.</li> <li>○ 본 연구는 원천기술과 실용화/상용화 기술의 개발을 동시에 추구하는 융합적 과제로, 산학연을 중심으로 콘소시움을 구성하여 과제를 진행하고, 필요한 분야에 대해서는 국제공동연구를 추진하도록 함. 해외 테스트베드 교량을 매개로 한 국제공동연구 또한 추진함.</li> <li>○ 다양한 국내외 전문가로 이루어진 자문위원단을 구성하여 전문분야별 충실한 자문을 받으며 연구를 진행하도록 추진하도록 함</li> <li>○ 구조물의 이상상태 판정, 해석 및 잔존수명예측 기술은 초장대교량사업단에서 개발한 관련 성과물(예: ISB, 공탄성해석기술, e-Winds, 선박충돌시물레이션 등)을 연계 활용하는 계획을 제시함.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>성과물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강풍, 강진 상황 케이블교량 신뢰도기반 사용 위험도 평가기술 및 실증 T/B</li> <li>• 케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성, 상태평가 디지털 시스템 및 실증 T/B</li> <li>• 케이블교량 이상진동대응 운용 관리 지침(안)</li> <li>• 재난 시나리오별 위험도 저감 운용기술 실증 T/B</li> <li>• 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 디지털 시스템 및 실증 T/B</li> <li>• 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보 및 피해 복구 지침(안)</li> </ul>

○ 성과 지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
자연재해 대비 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발	학술적 성과	학술지게재 건수	학술지게재여부	건	3		논문게재 및 학술발표를 통한 기술수준 검증
		학술대회발표 건수	학술발표여부	건	10		
	기술혁신	지침개발 건수	개발여부	건	2		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 이상진동대응 운용 관리 지침(안), 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보 및 피해 복구 지침(안))
		소프트웨어 및 기술 개발 건수	S/W 및 기술 개발여부	건	4		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 자연재해 상황별 신뢰도기반 사용 위험도평가 SW 및 사용 위험도 저감을 위한 운용기술, 케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성 식별, 상태평가 SW, 재난재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 인덱스 및 SW)
		매뉴얼 작성 건수	작성여부	건	1		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 자연재해 상황별 신뢰도기반 사용 위험도평가 매뉴얼)
		예제집 작성 건수	작성여부	건	1		본 연구개발의 핵심성과물 (케이블교량 자연재해 상황별 신뢰도기반 사용 위험도평가 예제집)
		실용화	개발된 기술의 실교량 지원 및 적용건수	실교량 지원, 적용 여부	건	3	
	인력양성	대학원생 학위 취득	졸업생 수	명	3		연구과제 수행을 통한 전문인력 양성

### 3. 3세부과제 (케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발)

- 1세세부과제 (케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발)
  - 연구배경 및 필요성
  - 연구개발 목표 및 범위
  - 연차별 주요 연구내용
  - 최종성과물 및 활용방안 등을 포함하는 과제 카드 작성

<b>세세부과제명</b>	<b>- 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발</b>
<b>배경 및 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 장경간 케이블교량 건설지역은 점토층이나 사질토 등의 연약지반, 두꺼운 토사층 및 지진단층대 등 취약지반 조건이 빈번히 발생하여 지반-기초구조물의 상호작용을 고려한 비선형 경계부 해석의 중요성이 커지고 있음</li> <li>○ 해외 케이블교량은 일반적으로 연속, 연도교는 물론, 해협교에도 적용되고 있으며, 암반층은 물론 토사 및 연약퇴적층 구간에 적합한 대형연성기초 등의 새로운 기초시스템 개발이 요구됨.</li> <li>○ 최근 국내기업의 세계시장 진출이 활발해지고 있는 해상 및 해안 케이블교량의 경우, 해상 및 해안 지역에 대심도 토사지반이 널리 분포하여 이에 적합한 교량기초 형식의 적용 및 장기 지지거동을 고려한 설계법의 개발이 시급함.</li> <li>○ 해외 진출을 위해서는 엄격한 허용침하량 기준의 설계가 아닌, 구조물의 사용성(Serviceability)에 기반을 둔 효율적이고 경제적인 설계 기술 개발의 중요성이 대두되고, (부등)침하 및 접지압 예측 등에 대한 설계기술의 개선과 확보가 필요함.</li> <li>○ 현행 케이블교량의 대형 기초구조인 앵커리지, 대형 말뚝기초의 설계는 기존의 안전율에 기초한 과다/과소설계 경향이 있으며, 국내 자립기술이 미비하여 해외기술기준에 의존하여 체계적이지 못하고 과도하게 엄격한 설계기준에 의해 기초 공사에 과도한 공사비 투입과 같은 기술적 한계를 가지고 있음.</li> <li>○ 최근 국내 및 해외에서 시공되는 교량의 대형화로 인해 사용되는 말뚝기초 역시 대구경, 대심도화 되는 추세로서 대구경 말뚝의 폐색</li> </ul>

	<p>효과 및 토사지반 장기 침하성능을 고려하는 합리적인 설계기법을 적용하는 추세임. 그러나, 국내의 경우 폐색효과를 고려한 대구경 말뚝의 거동 메커니즘에 대한 연구가 미미한 실정으로서, 이는 해외 연약지반 현장의 말뚝기초 과다설계 및 기초공사비 상승 요인이 되고 있음.</p>
<p><b>정부지원 필요성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 설계핵심기술은 우리나라 건설기술의 국제경쟁력강화를 위한 중요 첨단기술로서, 그간 유럽 등 설계기술선진국과의 기술 격차로 인해 세계시장 진입이 어려웠던 분야임.</li> <li>○ 장대교량 사업단 등 최근 정부에 의해 연구개발 투자가 지속적으로 이루어진 결과, 세계 케이블교량 건설 시장에서 국내 설계기술이 가시적인 성과를 막 발현하기 시작하고 있어 본격적인 시장 진입 및 글로벌 플레이어로서의 위상확립을 위한 적시 연구개발지원이 매우 필요한 상황</li> <li>○ 신뢰도 기반 설계기법은 지반 및 기초구조 역시 국제적 설계 추세임. 그러나 현재까지 국내에서는 신뢰도 기반 설계와 관련하여 체계화된 연구 및 설계기준 확립이 미흡함. 정부의 지원 없이 표준화된 설계기준을 마련하는 것은 현실적으로 불가능함.</li> <li>○ 따라서 정부 주도의 적극적이고 지속적인 지원을 바탕으로 국내 기술력 확보 및 관련 전문 연구인력을 양성할 필요가 있음. 자국의 표준화된 설계기준을 마련할 때, 비로소 독자적인 기술력 확보가 가능하며, 세계무대 진출의 밑거름이 될 수 있음.</li> <li>○ 장경간 케이블 교량의 주요 기초 형식인 대형 말뚝기초 및 해외 연약 암반층에 적용가능한 대형 연성기초 및 초대형 앵커리지 구조의 안정화 및 효율적인 설계 없이는 막대한 사회적 비용 발생은 물론, 여전히 해외기술에 의존하여 향후 기술경쟁력 저하와 케이블 교량 수주에 불리함.</li> </ul>
<p><b>세세부과제의 개념 및 범위</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반특성 및 지반정수 평가기술, 토압확률모델 개발</li> <li>○ 케이블교량 하부구조 신뢰도기반 설계기준 보완</li> <li>○ 타정식 현수교 앵커리지 지반-구조물 거동평가 및 설계기술 개발</li> <li>○ 대형 연성기초의 비선형 거동 설계기술 개발 및 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가 기술 개발</li> </ul>

<p><b>세세부과제의 목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반특성 및 토압확률모델, 대심도 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가 등 국내 시장 및 환경과 다른 해외 특수지반 케이블교량 시공에 필요한 핵심 설계기술의 자립화 (선진국 대비 100% 수준 달성)</li> <li>○ 케이블교량 건설 시장에서의 글로벌 경쟁력 강화를 위하여 그동안 기술력의 한계로 인식되어 온 신뢰도기반 설계기술, 타정식 현수교 앵커리지 해석 및 설계기술, 대형 연성기초 설계기술 등 초대형 지반 구조물 거동평가 및 해석기술 개발</li> </ul>
<p><b>주요내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반물성 및 토압분포에 대한 계측, 시험자료에 기반을 둔 확률론적 모델 개발. 국외 기술경쟁력 확보를 위한 경질 토사와 풍화암의 기존 분류 체계를 검토하고 이를 바탕으로 표준화된 분류 체계 제안.</li> <li>○ 케이블교량 하부구조 신뢰도기반 설계기술 확보 및 설계기술 글로벌 확장 및 하부구조 위험도 평가 등</li> <li>○ 타정식 현수교 앵커리지 지반-구조물 거동평가 및 모델링기술 개발</li> <li>○ 대형 연성기초의 연성 거동 분석 및 비선형 설계기술 개발</li> <li>○ 연약지반 대심도 대구경 항타말뚝의 폐색효과 정량화, 지지력 평가 및 설계기술</li> </ul>
<p><b>연구개발 추진전략</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ “초장대교량 사업단”을 통하여 개발, 정립된 설계기술의 글로벌 확장을 위한 과제로, 해외 시장진출에 필요한 핵심설계기술의 자립화를 목표로 하고 있으므로, 선진국의 설계기술 현황에 대한 조사/분석을 기반으로 뒤떨어진 기술 및 선도가능 기술을 명확히 구분하여 목표를 설정하고 추진하고자 함.</li> <li>○ 해외 전문가 네트워크를 최대한 활용하여 기술개발에 소요되는 비용 및 시간을 효율화 하고자 함.</li> <li>○ 산학연 협력을 통하여 현장에서 필요로 하는 기술의 활용성 높은 개발이 가능하도록 함.</li> <li>○ 정부출연기관, 대학, 기업 등 유기적인 산학연 협력체계 구축 및 개발기술 실용화를 위한 조직 구성</li> <li>○ 해외 시장진출에 실질적으로 활용될 수 있도록 초기 목표설정 단계</li> </ul>

	<p>부터 기업체의 적극적 참여 유도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용화 목표달성을 위하여 해외사업 경험이 풍부한 전문가의 인적 네트워크 구성</li> <li>○ 초장대교량사업단에서 개발한 케이블교량 한계상태설계법을 바탕으로 초대형 앵커리지, 대형연성기초 등 설계기술의 고도화 및 글로벌확장 추진</li> <li>○ 기존 지반조사/재하시험 자료를 이용하여 다양한 하부구조 구조물의 거동 분석 및 설계기술 개선에 적용.</li> <li>○ 기존에 수행된 케이블교량 하부구조 설계 관련 연구 및 매뉴얼과의 긴밀한 연계를 통하여 정착된 제도를 개선하면서도 적극 흡수되는 방향으로 추진</li> <li>○ 기존 국내 현장 사례 분석 및 현장 실험 및 해석을 통해 개발된 신뢰도기반 설계기술의 타당성을 검증하며, 국내 지반환경조건에 따른 보다 구체적이고 상세한 기술 개발을 목표로 연구 추진</li> <li>○ 정부, 정부 출연 공기업, 대학, 민간기업 등의 유기적인 협력 체계 구축 및 실용화 측면, 국내 기준에 부합하는 설계기법 및 품질 시방서 제시에 활용 등의 실현을 위하여 관련 기술 수행 유경험 인적 네트워크의 구성</li> </ul>
<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대외원조 활용 및 글로벌 선도 프로젝트용 해외 맞춤형 하부구조 및 지반 구조물 특화 설계 ENG 기술 확보</li> <li>○ 상부구조에 비하여 상대적으로 취약하여 기술력 한계 및 공사비 과다지출의 원인으로 지적되어 온 하부구조 및 지반구조물의 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 확보 및 글로벌 경쟁력 강화</li> <li>○ 보다 체계화된 케이블교량 하부구조의 신뢰도 기반의 설계 및 해석 기술 확보함으로써 설계기술의 국제화가 기대됨.</li> </ul>

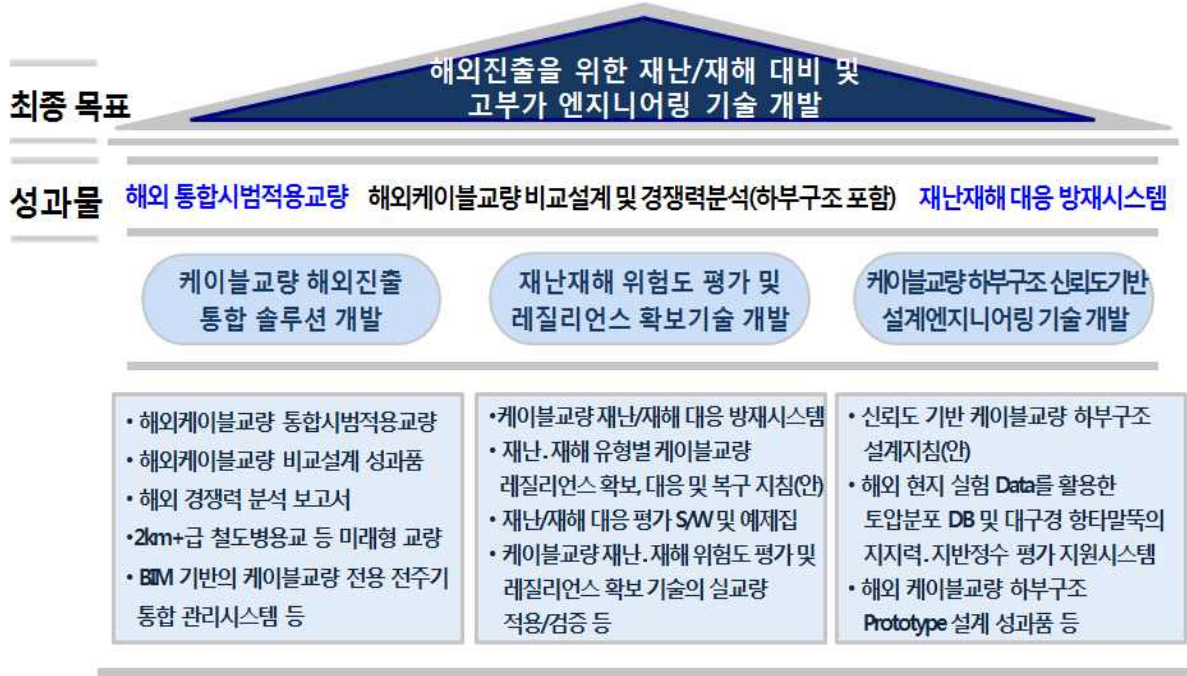
<b>기술개발 최종성과물 및 활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지반정수 평가기술, 토압 확률모델, 토압하중계수 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 및 해외 풍화토, 암반 현지 실험 Data 활용 지반정수 등 DB화</li> <li>- 해외 특수지반 지반특성 및 지반정수 평가 보고서</li> <li>- 경질풍화토 및 암반의 물성 평가기술 개발 및 표준화, 토압 확률모델 평가 및 토압 하중계수 개발 등</li> </ul> </li> <li>○ 하부구조 신뢰도기반 한계상태설계법을 적용한 상세 설계지침 및 기준 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지반조사, 기초 등 한계상태설계 상세 기준 제시</li> <li>- 설계수명 : 200년</li> <li>- 신뢰도지수 : <math>\beta=3.5</math> 등</li> <li>- 도로교 한계상태설계법 보완 등</li> </ul> </li> <li>○ 해외 대형 기초 및 앵커리지(메시나교, 카오랑교, 하노이-하이퐁 교량 등) 비선형 해석 및 이를 통한 prototype 설계 성과품 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 및 해외 하부구조(기초, 앵커리지) 설계 비교 분석서</li> <li>- 교량 상하부 접합부 설계절차 적용 및 대형 연성기초의 비선형 해석을 통한 경제성 평가 보고서</li> </ul> </li> <li>○ 앵커리지 설계절차서 및 대형 연성기초 비선형 설계 S/W</li> <li>○ 대구경 항타말뚝 지지력 DB 및 설계사례집 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐색효과를 고려한 대심도, 대구경 항타말뚝의 지지력 평가기술 및 설계기법</li> <li>- 국내외 대심도 토사지반 항타말뚝 설계 비교 분석서</li> <li>- 연약지반 부마찰력 설계기준 및 예제</li> </ul> </li> </ul>
----------------------------------	---

○ 성과 지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발	학술적 성과	학술지게재 건수	학술지게재여부	건	5		논문게재 및 학술발표를 통한 기술수준 검증
		학술대회발표 건수	학술발표여부	건	15		
	소프트웨어 개발	소프트웨어 개발 건수	S/W 개발 건수	건	2		본 연구개발의 핵심성과물 (지반정수 평가 및 토압확률모델, 대형 연성기초 해석기법, 신뢰도기반 기초구조 등 설계 S/W)
	기술혁신	지침개발 건수	개발여부	건	3		본 연구개발의 핵심성과물 (신뢰도기반 지반정수 평가 및 토압확률모델, 앵커리지 설계, 대구경 항타말뚝 설계 케이블교량 지침(안))
		콘텐츠(DB)	공개	건	1		본 연구개발의 핵심성과물 (하부기초 설계정수 DB화)
	기술지원	개발된 기술의 실교량 지원 및 적용건수	실교량 지원, 적용 여부	건	1		본 연구개발의 핵심성과물 (지반정수 평가, 앵커리지, 대구경 항타말뚝 T/B)

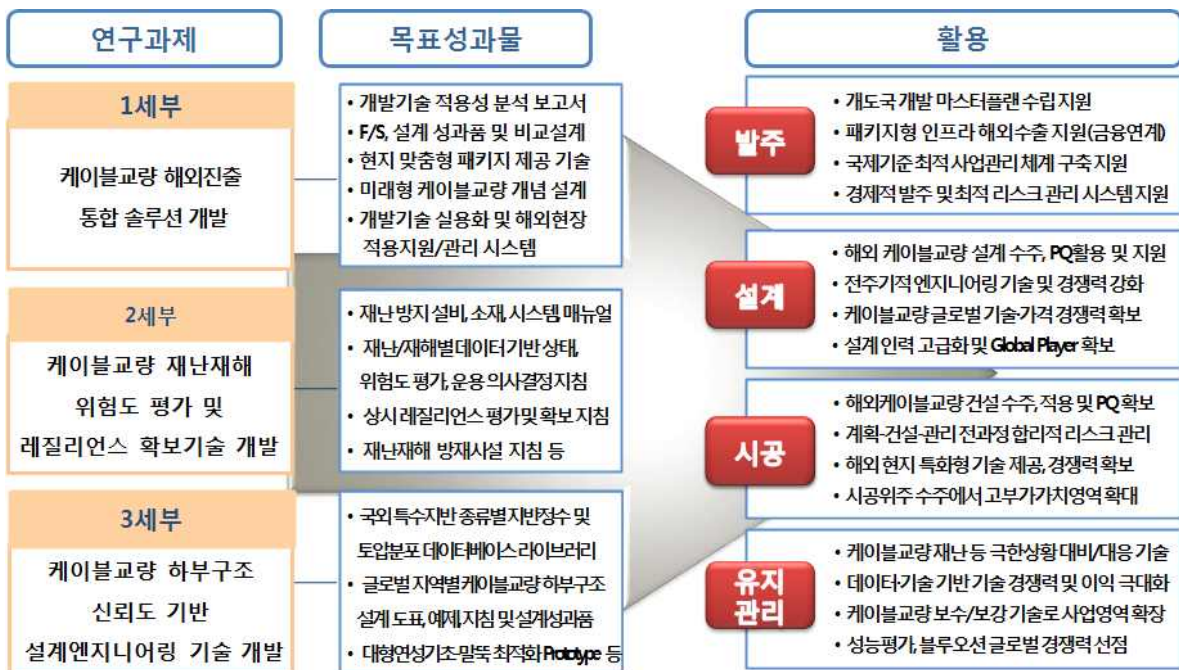
#### 4. 본연구 최종 목표에 부합하는 최종 성과물 설정

□ 최종 성과물 설정

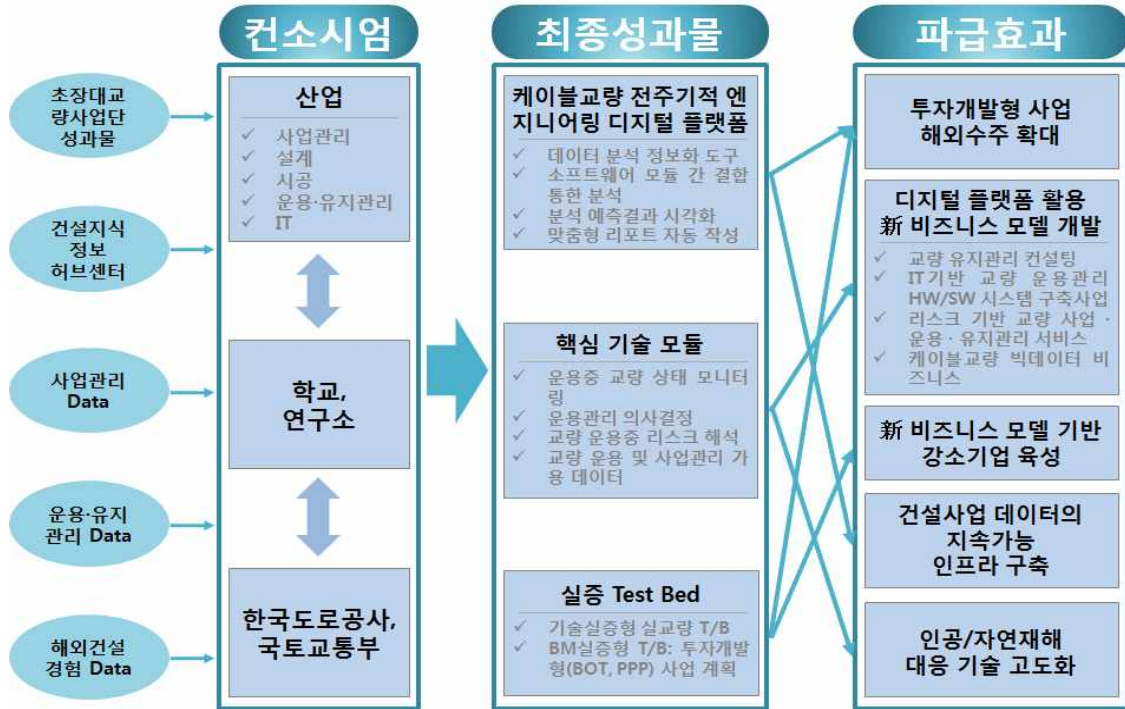


<최종 성과물 설정>

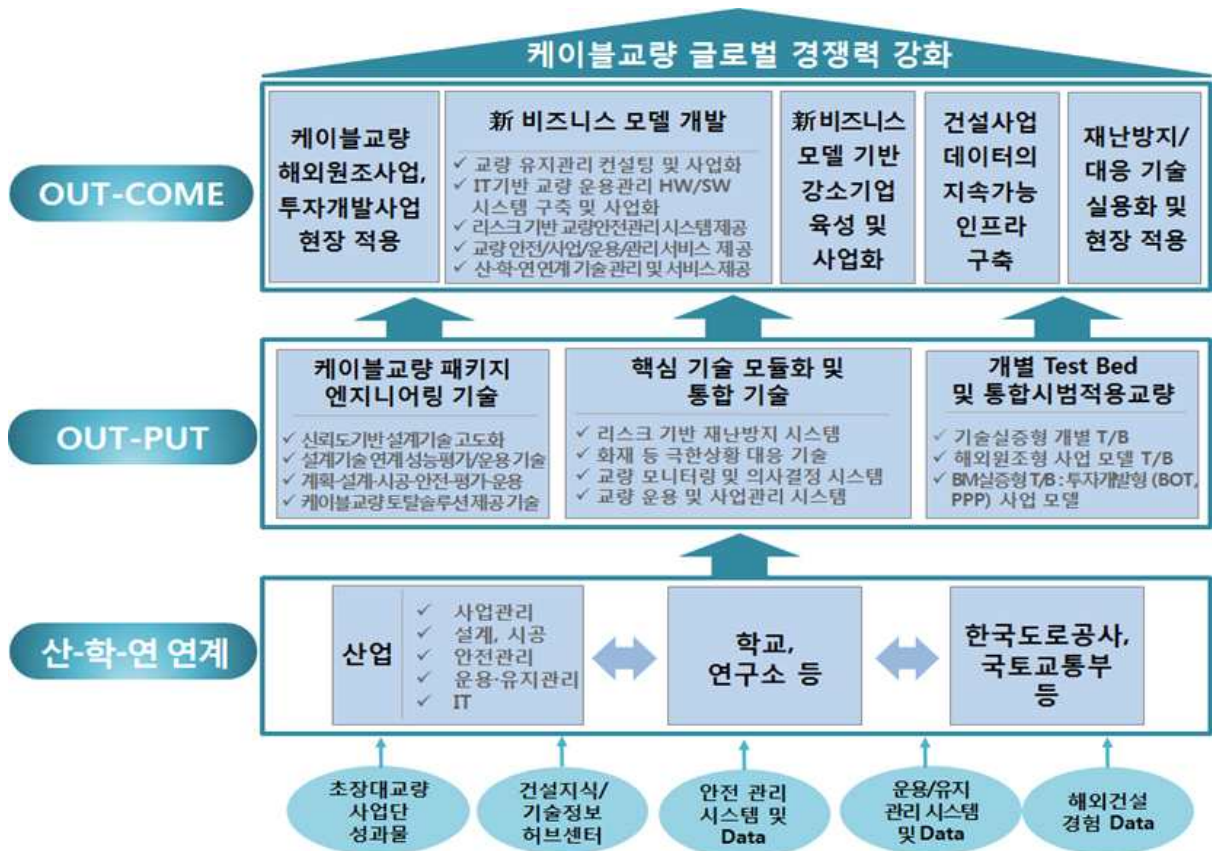
□ 과제별 목표 성과물 및 활용 방안



<성과물 활용 방안>



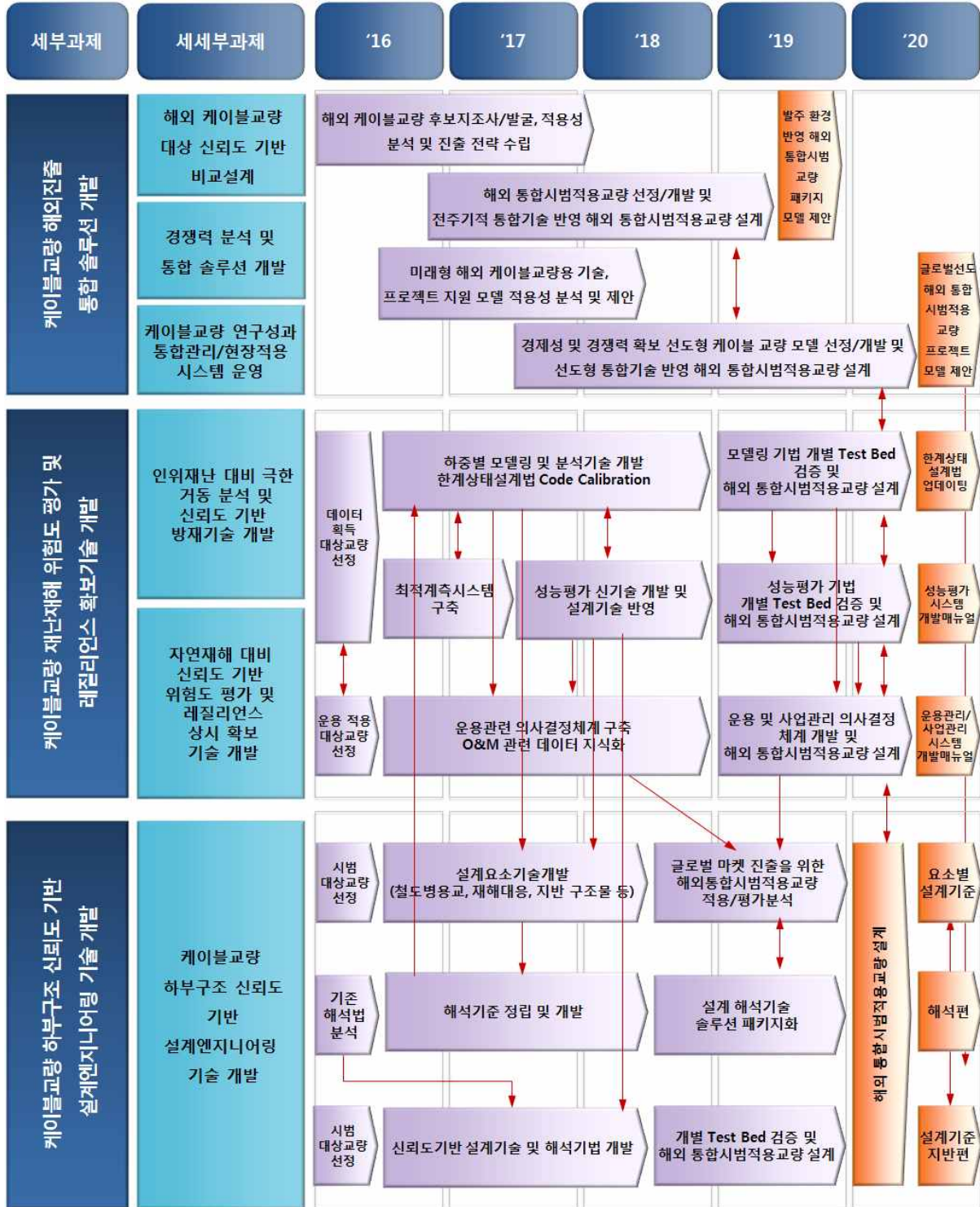
<컨소시엄 구성 및 성과물 파급효과>



<컨소시엄 구성 및 성과물 파급효과>

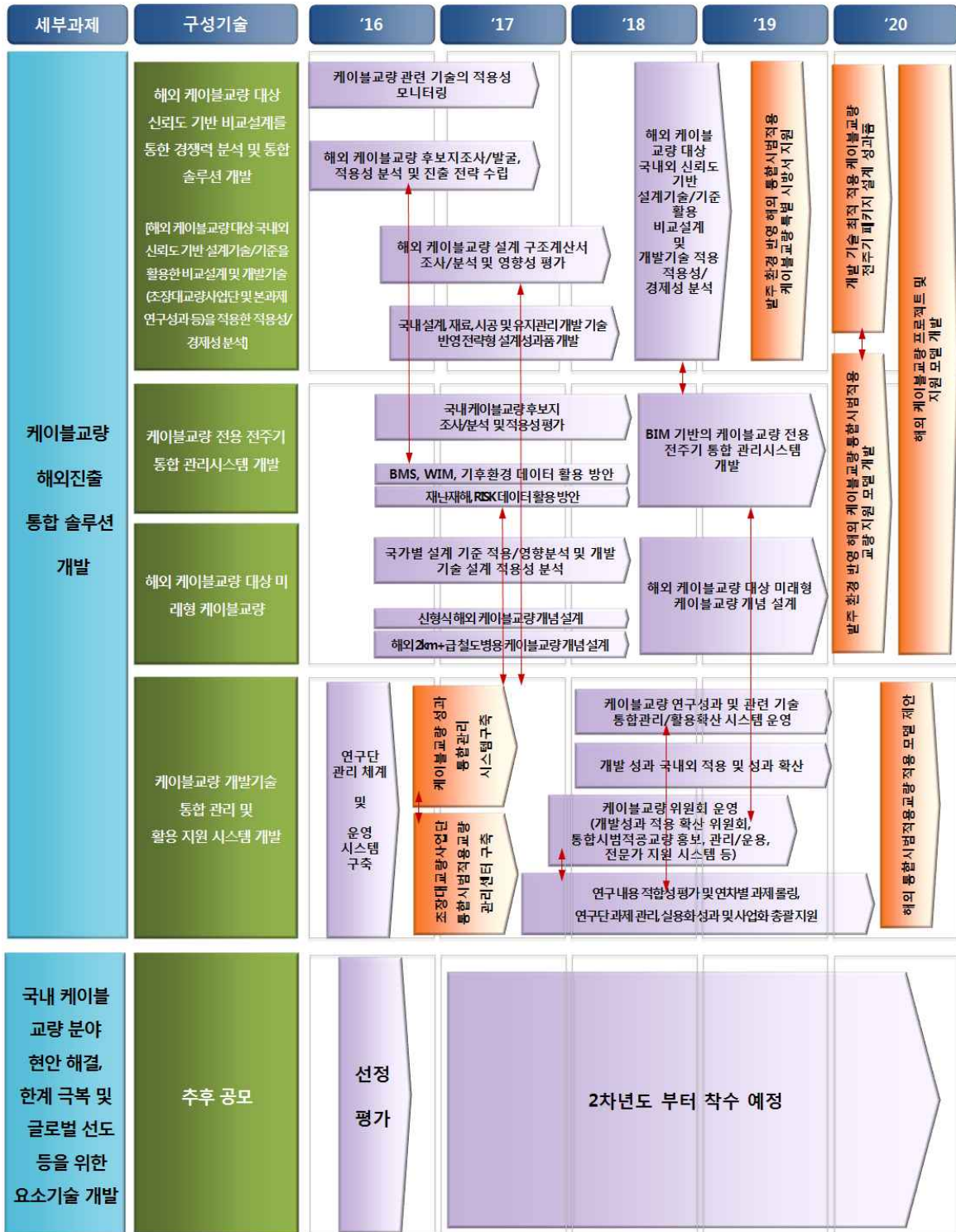
# 4절. 과제별·연차별 기술로드맵

## 1. 총괄 로드맵

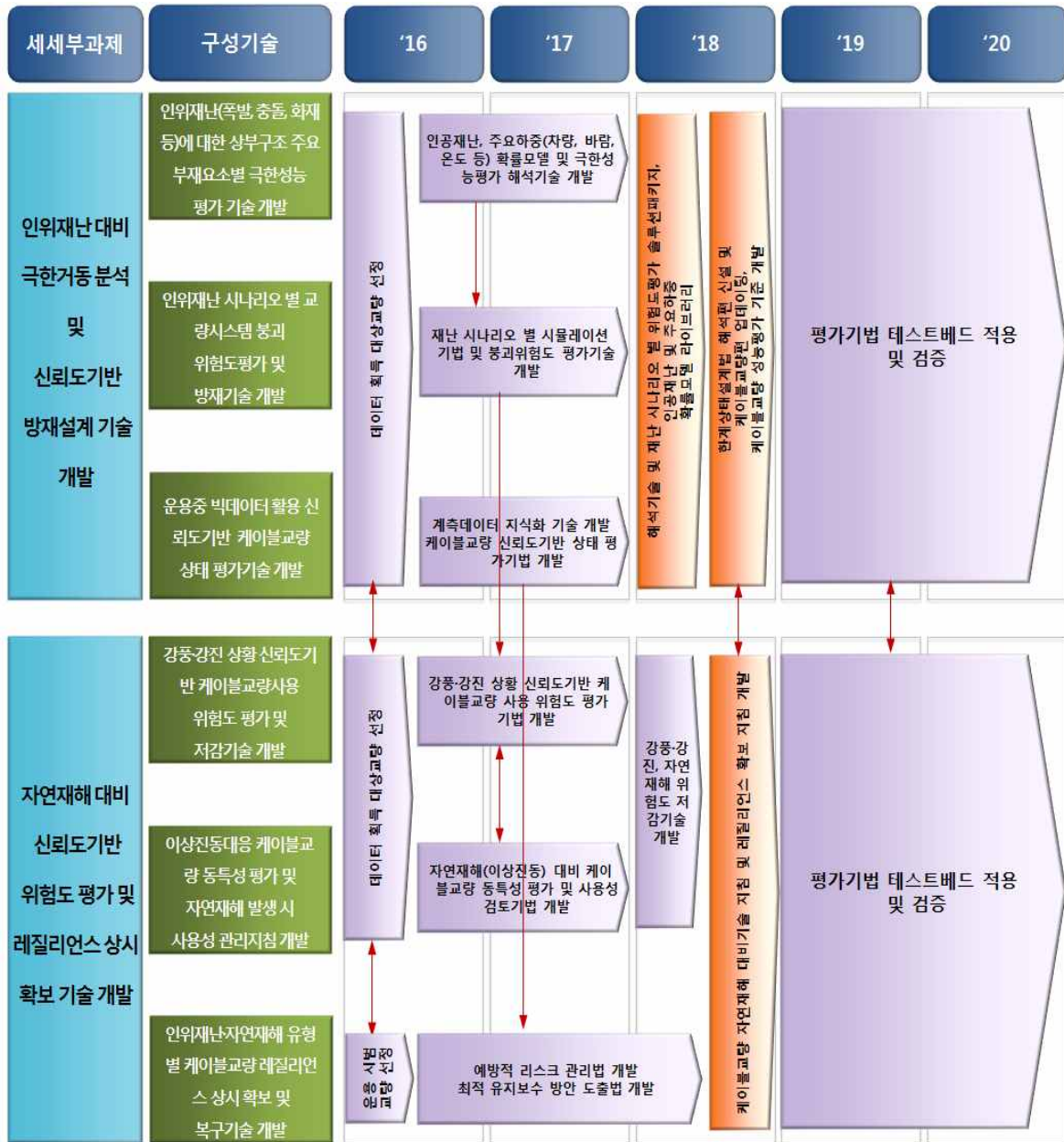


## 2. 세부과제별 로드맵

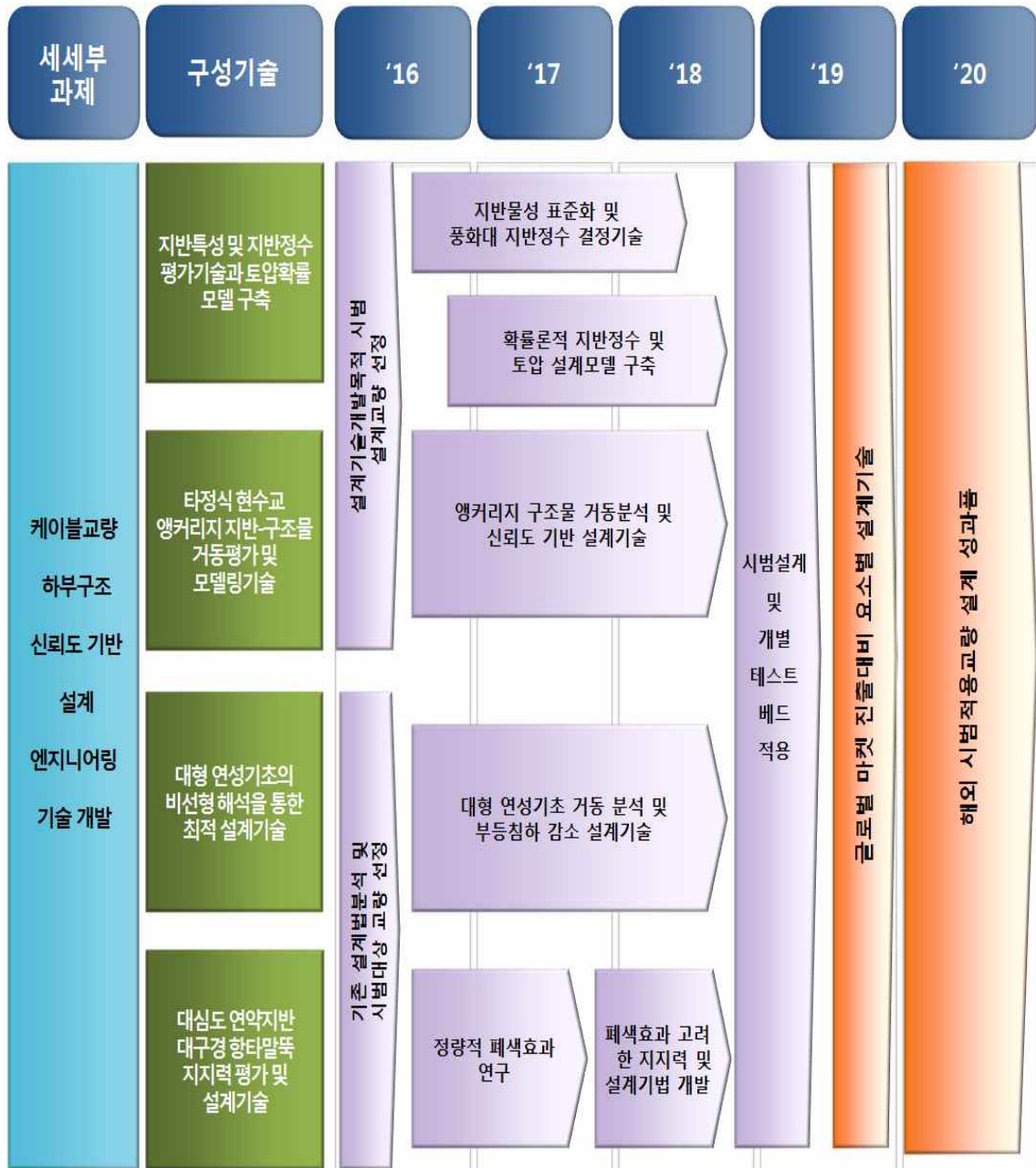
### 가. 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발



나. 케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발



다. 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발



## 5절. 성과의 활용방안

- 해외 케이블교량을 대상으로 한 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계 성과품 및 경쟁력 분석 보고서
  - 해외 케이블교량 관련 대외원조(ODA, EDCF, ADB, AIIB) 사업 등에 국내 기술정보 제공, 현장적용 지원 및 수혜국의 발주자료로 활용
  - 해외 케이블교량 관련 PPP, BOT 사업 등 발굴·추진을 위한 기술정보 제공 및 국내 건설기업의 대상국 사업 비딩 자료로 활용
  - 글로벌 케이블교량 시장에서 국내 기술력 입증, 홍보 및 성과확산 지원을 위한 기초자료로 활용 등
  
- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량에 시스템 구축 및 운영 결과를 바탕으로 국내 케이블교량에 확대 적용을 위한 근거자료로 활용 등
  
- 케이블교량 재난·재해 대응 관련 지침(안) 및 기준(안)
  - 케이블교량 관리주체에 운용관리 기준으로 제공·활용
  - 케이블교량 재난·재해 대응 및 복구 설계를 위한 가이드라인 제공
  - 도로교설계기준 (한계상대설계법) 케이블교량편 반영을 위한 근거자료로 활용 등
  
- 케이블교량 극한성능, 위험도, 레질리언스 등 평가를 위한 S/W, 매뉴얼 및 예제집
  - 개발기술(S/W 등) 실시, 이전 등을 통한 실용화 등
  
- 케이블교량 방재시스템
  - 개발기술(내화재료 등) 실시, 이전 등을 통한 실용화

- 케이블교량 화재 위험도 등급에 따라 필요한 방재시스템 구축 및 운영 가이드라인 제공 등
  
- 신뢰도 기반 케이블교량 하부구조 설계지침(안)
  - 도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량편 반영을 위한 근거자료로 활용 등
  
- 국내외 지반종류별 지반정수 및 토압분포 DB, 해외 특수지반 특성에 따른 지지력·지반정수 평가 지원시스템
  - 해외 케이블교량 사업 주체(발주처, 설계사, 시공사 등)에 지반정보, 지반 지지력 및 지반정수 평가결과 등 제공 등

□ 국내외 수요처별 활용 방안

수요처		활용방안
설계분야		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ODA 활용 해외 케이블교량 설계 수주 및 기술 지원, 해외 케이블교량 사업 참여에 필요한 PQ로 활용</li> <li>- 케이블교량 전주기적(설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 등) 기술 확보 해외 경쟁력 강화</li> <li>- 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시/국제 발표/홍보 등으로, 국내설계기술 국제 선진 기술 입증</li> <li>- 성능평가/사업관리 기술이 피드백, 업데이트된 설계기준을 통한 국제 선도형 케이블교량 설계</li> <li>- 국제 케이블교량 시장에서 고부가가치 엔지니어링 기술 확보 입증</li> <li>- 한계상태설계법기반 설계지침을 바탕으로 한 케이블교량 및 지반구조물 합리적 설계 기술 고도화</li> <li>- 글로벌 기술·가격 경쟁력 확보</li> <li>- 설계 인력 전문화 및 고급화</li> </ul>
시공분야	사업 발주기관 (정부부처/ 공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개도국 개발 마스터플랜 수립을 지원한 후, 금융을 연계 제공하여 수주와 연결하는 패키지형 인프라 해외수출 추진</li> <li>- 국제기준이 반영된 최적 사업관리 체계를 바탕으로 한 경제적 발주 및 리스크 최소화</li> </ul>
	민간기업 (해외건설 프로젝트)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터·지식·기술 기반 케이블 사업관리 가이드라인을 통한 합리적 기술 경쟁력 및 이익 극대화</li> <li>- 해상 교량기초 건설비용 30% 절감을 통한 해외 수주 경쟁력 확보</li> </ul>

수요처		활용방안
유지관리분야	유지관리 기관 (정부부처 /지자체 /공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 재난/재해 대비 및 대응 기술 확보로 유지관리 리스크 최소화</li> <li>- 케이블교량 성능평가/운용관리 지침 작성 예제 및 가이드라인을 통한 효율적/경제적 교량 유지관리</li> <li>- 정량적 성능 평가로 효율적이고 합리적인 의사결정</li> <li>- 개발도상국 등 해외 케이블교량 건설 잠재국에 국내설계 엔지니어링 브랜치 설치 및 운영 지원, 기술 종속화로 지속적 성장 모델 제안 가능</li> <li>- 케이블교량 해외 건설 브랜드화 및 지속/선도 전략 모델 제안으로 건설분야 지속적 먹거리 창출 가능</li> </ul>
	민간기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 성능평가/운용관리 지침 작성 예제 및 가이드라인을 통한 업무 효율성 증진</li> <li>- 관련기술 특허로 인한 지적 재산권</li> <li>- 케이블교량 보수/보강 기술로 사업영역 확장</li> <li>- 성능평가라는 블루오션 글로벌 경쟁력 선점</li> </ul>
연구인프라		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계측을 통한 빅데이터 인프라 확보</li> <li>- 고급 연구인력 양성</li> <li>- 케이블 교량 데이터·지식·기술이 통합된 지속 가능한 연구 인프라 구축</li> <li>- 국제 공동 연구 및 지원을 통한 해외현장 적용 및 실용화 확산 모델/인력 지원방안 구축 (개도국 및 기술선진국 포함)</li> </ul>

세세부 과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안	
인공재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재설계 기술 개발	인공재난에 대한 부재요소별 극한성능평 가 기술 개발	데이터 기반 주요하중, 인공재난하중 확률모델 디지털 라이브러리	설계사  시공사  연구기관	- 하중별 확률모델 기술보고서를 이 용한 지식화된 DB구축	
		케이블교량 극한성능평가 해석기술 솔루션 패키지			- 업데이트된 설계 기준 적용한 설 계 추진.
		도로교설계기준(한 계상태설계법)케이 블교량편 업데이트			
	재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 기술 개발	케이블교량 재난 시나리오 별 시뮬레이션 및 붕괴위험도 평가 솔루션 패키지		시공사	- 재해/재난 대비 솔루션 패키지의 설계 적용을 통 한 글로벌 경쟁 력 강화 및 해외 수주 확대
		케이블교량 재난 대응 설계 지침(안) 및 설계 예		연구기관	
	케이블교량 철도하중 영향 평가 및 신뢰도기반 설계기술 개발	케이블교량 철도하중 모델			- 케이블교량 관련 인공재난 신속대 응 및 레질리언 스 확보로 재난 재해 피해 최소화
		케이블교량 철도하중의 신뢰도기반 설계기술			

세세부 과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안			
자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 저감기술 개발	기상재해(낙 뢰, 안개 등) 위험도 저감기술 개발(소재, 시설, ICT 융합 등)	케이블교량 피뢰시설 적용, 설치 및 관리 지침(안)	설계사  유지관리업체  연구기관  유지관리기관  (정부/지자체/ 공공기관)	- 재해/재난 대비 솔루션 패키지의 설계 적용을 통한 글로벌 경쟁력 강화 및 해외수주 확대			
		안개유발 충돌사고 방지를 위한 ICT 응용 시스템 및 실증 T/B					
		ICT 기술을 활용한 안개 대응 케이블교량 운영 관리 지침(안)					
	강풍강진 상황 신뢰도기반 케이블교량사 용 위험도 평가 및 저감기술 개발(소재, 시설, ICT 융합 등)	케이블교량 신뢰도기반 사용 위험도평가, 저감 기술 및 실증 T/B			유지관리업체  연구기관  유지관리기관  (정부/지자체/ 공공기관)	- 케이블교량 관련 자연재해 대비 및 대응기술 고도화	
	이상진동대 응 케이블교량 동특성 평가 및 사용성 관리지침 개발	케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성, 상태평가 디지털 시스템 및 실증 T/B			케이블교량 이상진동대응 운용 관리 지침(안)  현수교 케이블 상태평가 조사 기법	유지관리업체  연구기관  유지관리기관  (정부/지자체/ 공공기관)	- 케이블교량 관련 자연재해 신속대응 및 레질리언스 확보로 재난재해 피해 최소화
		케이블교량 이상진동대응 운용 관리 지침(안)					
현수교 케이블 상태평가 조사 기법							

세세부 과제	구성기술	목표성과물	기술수요처	실용화 방안	
재난재해 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발	<p>운용중 빅데이터 활용 신뢰도기반 케이블교량 상태 평가기술 개발(LRFR 등)</p>	<p>운용중 빅데이터, 시나리오 기반 케이블교량 상태평가 디지털 시스템 및 실증 T/B</p>	<p>설계사</p> <p>연구기관</p> <p>유지관리업체</p> <p>유지관리기관</p> <p>(정부/지자체/ 공공기관)</p>	<p>- 케이블교량 상태 평가/운용 관리 시스템 개발 매 뉴얼 및 예제를 통한 효율적/경 제적 교량 유지 관리 및 효율적 이고 합리적인 의사결정 가능</p> <p>- 상태평가라는 블 루오션 글로벌 경쟁력 선점</p>	
		<p>신뢰도 기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR)(안)</p>			
	<p>재난재해 상황 케이블교량 운용(차량 통행제한 등) 관련 의사결정 체계 구축 및 지침 개발</p>	<p>재난재해 최적 데이터획득, 이상상태 신속판정, 피해평가 및 운용 의사결정 디지털 시스템 및 실증 T/B</p>			<p>유지관리기관</p>
		<p>재난재해 상황 케이블교량 운용관리 지침(안)</p>			
	<p>재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발</p>	<p>재난재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 디지털 시스템 및 실증 T/B</p>			<p>유지관리기관</p>
		<p>재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보 및 피해 복구 지침(안)</p>			

구분	최종 성과물	활용, 실용화 방안
비결정론적 접근을 통한 해외 특수지반 설계기술 개발	<p>국외 특수지반 종류별 지반정수 및 토압분포 데이터베이스 라이브러리 및 지반정수 평가 시스템</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 하부구조 해석기법/설계패키지 솔루션 제공을 통한 케이블교량의 경제적 설계 기여</li> </ul>
	<p>국내외 신뢰도기반 토압 확률모델</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대외원조 활용 및 글로벌 선도 프로젝트용 해외 맞춤형 하부구조 및 지반 구조물 특화 설계 ENG 기술 확보</li> </ul>
	<p>케이블 교량 상하부 경계해석 대형 연성기초 비선형 설계 솔루션 패키지</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상부구조 보다 상대적으로 기술력이 취약하여 공사비 과다 지출의 원인으로 지적되어 온 하부구조 및 지반구조물의 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 확보 및 글로벌 경쟁력 강화</li> </ul>
	<p>해외 강진지역 지진가속도 및 설계지진모델 라이브러리</p>	
	<p>지진가속도를 고려한 지반-구조물 비탄성-비선형 소프트웨어 패키지</p>	
해외 맞춤형 케이블교량 하부구조 가치향상 ENG 기술 개발	<p>글로벌 지역별 케이블교량 하부구조 목표신뢰도지수 및 LRFD 설계 도표, 설계지침</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보다 체계화된 케이블교량 하부구조의 신뢰도 기반의 설계 및 해석 기술 확보로 설계기술의 국제화 기대</li> </ul>
	<p>타정식 현수교 앵커리지 설계지침</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 맞춤형 설계ENG 기술 확보를 통한 국외 케이블교량 현장 적용, 대외 원조 및 글로벌 선도형 패키지 진출 시 설계 반영</li> </ul>
	<p>글로벌 지역별 대형 연성기초-말뚝 최적화 Prototype</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 현지 설계규정 및 설계기준 반영</li> </ul>

## 6절. 연구수행체계 제안

- 본 과제는 연구단 과제로 제안함
- 단위·요소기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제로서 정부출연금 50억원 이상이나 300억원 미만으로 예측 됨.

## 5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

### 1절. 연구일정에 따른 인력계획

#### 1. 전체사업 인력투입계획

##### 가. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

분류	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
총괄(전체)	100	140	160	150	120	670
1세부과제	30	40	50	50	40	210
2세부과제	50	60	60	60	50	280
3세부과제	20	40	50	40	30	180

##### 나. 상세 투입연구인력

(단위 : 명)

분류	총 개발인력(명)						비고
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	15	25	25	20	15	100	
연구원	50	60	65	55	50	280	
연구보조원	35	50	50	40	40	215	
보조원	5	15	20	20	15	75	
합계	100	150	160	140	120	670	

## 2절. 소요예산 산정

□ 전체 사업비

단위 : 백만원)

분류	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계		총합
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1세부 과제	500	240	1,250	560	1,300	590	1,100	520	620	320	7,632	2,230	9,862
1-1	500	240	1,250	560	1,300	590	1,100	520	620	320	4,770	2,230	7,000
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,862	-	2,862
2세부 과제	863	366	1,287	552	1,719	739	1,146	490	715	310	5,730	2,457	8,187
2-1	431	183	572	245	860	370	573	245	428	185	2,864	1,228	4,092
2-2	431	183	715	307	859	369	573	245	287	125	2,866	1,229	4,095
3세부 과제	75	25	600	210	1,035	365	1,030	350	600	210	3,340	1,160	4,500
3-1	75	25	600	210	1,035	365	1,030	350	600	210	3,340	1,160	4,500
총합	1,438	631	3,137	1,322	4,054	1,694	3,276	1,360	1,935	840	16,702	5,847	22,549

가. 1세부 과제

(단위 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	52	87	99	72	65	375	5.36%
	연구원	57	77	103	98	100	77	455	6.50%
	연구 보조원	38	55	90	89	87	73	394	5.63%
	보조원	30	40	64	85	75	55	319	4.56%
소계			224	344	371	334	270	1,543	22.04%
직접비	연구장비/재료비		102	450	520	344	110	1,526	21.80%
	연구활동비		374	916	886	834	485	3,495	49.93%
	연구수당		10	20	20	30	30	110	1.57%
소계			486	1,386	1,426	1,208	625	5,131	73.30%
간접비			30	80	93	78	45	326	4.66%
합계			740	1,810	1,890	1,620	940	7,000 (2차년도 이후 9,862)	100.00%

1) 1-1세세부 과제

(단위 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	52	87	99	72	65	375	5.36%
	연구원	57	77	103	98	100	77	455	6.50%
	연구 보조원	38	55	90	89	87	73	394	5.63%
	보조원	30	40	64	85	75	55	319	4.56%
소계			224	344	371	334	270	1,543	22.04%
직접비	연구장비/재료비		102	450	520	344	110	1,526	21.80%
	연구활동비		374	916	886	834	485	3,495	49.93%
	연구수당		10	20	20	30	30	110	1.57%
소계			486	1,386	1,426	1,208	625	5,131	73.30%
간접비			30	80	93	78	45	326	4.66%
합계			740	1,810	1,890	1,620	940	7,000	100.00%

1) 1-2세세부 과제

(단위 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원		-	-	-	-	-	-	-
	연구원		-	-	-	-	-	-	-
	연구 보조원		-	-	-	-	-	-	-
	보조원		-	-	-	-	-	-	-
소계			-	-	-	-	-	-	-
직접비	연구장비/재료비		-	-	-	-	-	-	-
	연구활동비		-	-	-	-	-	-	-
	연구수당		-	-	-	-	-	-	-
소계			-	-	-	-	-	-	-
간접비			-	-	-	-	-	-	-
합계			-	-	-	-	-	2차년도 이후 2,862	100.00%

나. 2세부 과제

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	73	166	236	156	82	713	8.71%
	연구원	57	88	142	203	130	62	625	7.63%
	연구 보조원	38	87	200	283	187	67	824	10.06%
	보조원	30	172	232	345	208	133	1,090	13.31%
소계			420	740	1,067	681	344	3,252	39.71%
직접비	연구장비/ 재료비		123	190	213	139	112	777	9.49%
	연구활동비		496	641	847	588	407	2,979	36.37%
	연구수당		10	18	21	17	9	75	0.92%
소계			629	849	1,081	744	528	3,831	46.78%
간접비			181	246	312	215	153	1,104	13.52%
합계			1,230	1,835	2,460	1,640	1,025	8,187	100.00%

1) 2-1세세부 과제

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	27	73	129	76	38	343	8.38%
	연구원	57	21	64	105	66	29	285	6.96%
	연구 보조원	38	37	97	162	103	40	439	10.72%
	보조원	30	88	99	181	105	80	553	13.50%
소계			173	333	577	350	187	1,620	39.56%
직접비	연구장비/ 재료비		67	73	90	65	73	368	8.99%
	연구활동비		272	293	407	292	254	1,518	37.07%
	연구수당		4	8	10	8	5	35	0.85%
소계			343	374	507	365	332	1,921	46.91%
간접비			99	108	146	105	96	551	13.53%
합계			615	815	1,230	820	615	4,092	100.00%

2) 2-2세세부 과제

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	46	93	107	80	44	370	9.04%
	연구원	57	67	78	98	64	33	340	8.30%
	연구 보조원	38	50	103	121	84	27	385	9.40%
	보조원	30	84	133	164	103	53	537	13.11%
소계			247	407	490	331	157	1,632	39.85%
직접비	연구장비/ 재료비		56	117	123	74	39	409	9.99%
	연구활동비		224	348	440	296	153	1,461	35.68%
	연구수당		6	10	11	9	4	40	0.98%
소계			286	475	574	379	196	1,910	46.64%
간접비			82	138	166	110	57	553	13.50%
합계			615	1,020	1,230	820	410	4,095	100.00%

다. 3세부 과제

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	10	106	175	227	113	631	14.0%
	연구원	57	13	82	141	150	80	466	10.4%
	연구 보조원	38	6	55	100	67	54	282	6.3%
	보조원	30	1	43	69	34	31	178	4.0%
소계			30	286	485	478	278	1,557	34.6%
직접비	연구장비/재료비		16	131	248	245	130	770	17.1%
	연구활동비		33	214	360	355	225	1,187	26.4%
	연구수당		6	57	97	95	55	310	6.9%
소계			55	402	705	695	410	2,267	50.4%
간접비			15	122	210	207	122	676	15.0%
합계			100	810	1,400	1,380	810	4,500	100.0%

1) 3-1세세부 과제

(단위 : 백만원)

예산 항목	세부 항목	구분						소계	비율
		단가 (연봉)	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
인건비	책임 연구원	76	10	106	175	227	113	631	14.0%
	연구원	57	13	82	141	150	80	466	10.4%
	연구 보조원	38	6	55	100	67	54	282	6.3%
	보조원	30	1	43	69	34	31	178	4.0%
소계			30	286	485	478	278	1,557	34.6%
직접비	연구장비/재료비		16	131	248	245	130	770	17.1%
	연구활동비		33	214	360	355	225	1,187	26.4%
	연구수당		6	57	97	95	55	310	6.9%
소계			55	402	705	695	410	2,267	50.4%
간접비			15	122	210	207	122	676	15.0%
합계			100	810	1,400	1,380	810	4,500	100.0%

## 6장. 사전타당성 검토

### 1절. 정책적 타당성

#### 1. 상위계획 부합성

- 박근혜정부 국정목표는 ‘선진국 추격형 경제성장’에서 ‘세계시장 선도형 성장’으로의 패러다임 변화를 포함, World Best 기술개발을 목표로 하는 동 연구개발사업과 부합함
- 국정목표 1에서는 ‘창의와 혁신을 통한 과학기술 발전’ 전략을 통해 미래 선도 창의형 연구개발, 신산업 창출, 사업화 지원하고자 함
- 국정과제 10 ‘교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원’의 주요추진계획인 ‘해외건설 5대강국 진입을 위한 기반마련’에서는 해외건설 추진체계 강화 및 고부가가치 투자개발형 사업진출 확대, R&D를 통한 원천기술 확보를 제시하고 있음
- 동 연구에서는 대외원조 및 글로벌 선도 프로젝트용 설계, 시공, 유지관리 패키지모델을 개발하고 고부가가치 사업인 초장대교량 설계시장 진출을 위한 신뢰도기반 글로벌 설계기준 확보를 목표로 하고있어, 해외건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련이라는 정부계획에 부합함
- 국가재정 운영계획(‘12)은 선도적 R&D투자의 확대를 추구하고 있어, 글로벌 선도 신뢰도기반 설계법 정립을 목표로 하는 동 연구개발사업과 부합함
- 국가재정운영계획(‘12)의 12대 분야별 투자방향 중 R&D분야에서 창의경제 구현 및 성장잠재력 확충을 위한 창조·융합·선도적 R&D투자 지속 확대를 추구하고 있음
- 동 연구개발사업에서는 신뢰도 기반 설계법의 독자적인 원천기술확보를 목표로 하고있어 국가재정 운영계획에서 제시하고 있는 R&D 투자방향과 부합함
- 제4차 국토종합개발계획에서 추구하는 해안도시를 연결하는 통합국토관리체계구축을 위해 동 연구개발사업에서 추진하는 설계기준 정립 및 비용효율적 건설공법 개발이 필요함

- 제4차 국토종합개발계획에서는 자연친화적 안전한 국토공간조성의 세부추진전략으로 해안도서를 연결하는 통합국토관리체계구축을 도모하고 있음
  - 초장대교량은 해안도서를 연결할 수 있는 수단으로 활용이 가능하며, 경제적이고 안전한 초장대교량 건설을 위해 동 연구개발사업에서 추진하고자하는 신뢰도기반 설계기준 정립이 필요한 상황임
- 동 연구개발사업은 창조경제실현을 위한 국토교통 R&D 중장기전략( '14)에서 글로벌 시장 선도 전략을 위한 Top 메가 스트럭처 중점 프로젝트에 해당됨
- 국토교통 R&D 중장기 전략에서는 토목·건축기술의 정점인 메가스트럭처(초장대교량)을 설계에서 시공까지 자력건설하고, 효율적인 유지관리 기술을 개발하여 글로벌시장 진출을 목표로 하고있음
  - 동 연구개발사업에서는 신뢰도 기반 설계기준의 정립 및 글로벌 확장, 케이블교량 사용성, 안전성 시스템 건전도, 노후화 평가 및 예방적 리스크 관리를 위한 의사결정체계구축 등 초장대교량 건설을 위한 필수적인 과제로 구성되어 있음
- 동 연구개발사업은 국토교통 R&D 중장기전략( '14)의 추진방향인 핵심 설계엔지니어링 기술확보, 패키지형 기술개발, 기술의 융·복합 전략에 부합함
- 국토교통 R&D 중장기전략( '14)에서는 핵심 설계엔지니어링 기술 확보를 통한 해외건설 수주확대를 추진방향으로 설정하고 있어 동 연구개발사업에서 추진하고자하는 신뢰도기반 케이블교량 설계기준 정립과 방향성이 부합함
  - 국토교통 R&D 중장기전략에서는 대형 공공건설사업 추진을 위해 패키지형 기술개발 및 검증을 통한 연구성과 활용 촉진을 목표로 하고있으며, 동 연구개발사업에서 추진하는 대외원조 및 글로벌 선도 프로젝트용 설계, 시공, 유지관리 패키지 모델 개발과 부합함
  - 국토교통 R&D 중장기전략에서는 기술의 융·복합을 통한 시장중심의 연구개발 추진을 목표로 하고 있으며, 동 연구개발사업에서는 교량 상태평가기술 개발을 통해 융복합 기술을 활용, 케이블교량 사용성, 안전성 시스템 건전도, 노후화를 평가하고자 함

## 2. 정부지원 타당성

- 해외건설 산업 수익성제고와 고부가가치 창출을 위해서는 해외 케이블 교량 건설에 특화된 맞춤형 R&D 추진이 필요함
- 신생 건설강국 중국과 기존 건설대국 일본, 유럽 사이에서 고전하는 국내 케이블교량 산업의 경쟁력 확보가 시급하여 정부주도 R&D사업을 통해 집중적으로 개발이 필요함
  - 중국의 저가 해외 진출 확대 및 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장 선점으로 고전중인 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력 확보 시급함
- 동 연구개발에서는 연구개발사업에 참여기업의 특화 분야를 연계한 패키지형 기술을 개발하여 해외 시장에 진출할 수 있는 기회를 확대할 수 있기 때문에 기술 개발의 시너지 효과 극대화가 가능함
- 정부 지원을 통하여 건설경쟁력 확보를 위한 기술 개발 및 종합적 지원체계 구축이 가능하며, 대형 케이블교량 사업 추진을 위한 유기적 집합체 구성이 가능함에 따라 건설업계의 시너지 효과 창출이 가능함
  
- 개발 기술의 해외 진출을 위한 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 엔지니어링 분야를 포함하는 국내 현장 적용 실적 확보가 필요하며, 이를 위해 정부주도의 연구개발 사업이 필요함
- 해외시범교량을 대상으로 신뢰도기반의 설계, 시공관리, 성능평가 및 운용관리 등을 모두 포함하는 통합 패키지 성과품 검증 및 제공 방안마련이 필요함
- 연구 결과의 집약체인 통합시범적용 교량의 국내 실현을 통한 현장 실적 확보 및 해외 진출 기술 지원 등의 추진 전략을 마련 할 수 있는 정부 차원의 지원 방안이 시급히 필요한 상황임
  
- 해외 기술과 직접적으로 경쟁을 해야 하는 케이블교량과 같은 특수 사회기반 시설의 경우에 연구개발을 촉진시키기 위한 정부의 지원이 필요함
- 케이블교량 관련 기술은 공공 기술로서 민간 기업이 개발하고 유지하는데 한계를 갖고 있음
- 케이블교량 설계기술이 일반 교량에 확대 적용 할 수 있는 기회를 제공할 뿐만 아니라, 국가 시설물의 설계 및 관리를 전략적으로 추진 할 수 있는 정부 차원의 지원이 필요함

## 2절. 기술적 타당성

### 1. 기술개발 계획의 적절성

- 동 연구는 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 고부가가치 전주기적 엔지니어링(계획, 설계, 시공, 운용/성능평가 연계) 기술 개발을 목표로 하고있음
- 동 연구를 통해 전주기 엔지니어링 기술, 설계기준 및 평가/운용지침 등은 엔지니어링회사에서 활용하고, 대외원조 활용 해외사업모델 등은 종합건설 회사, 경제성확보 발주 및 건설 사업 등은 발주기관(국토부, 지방청 및 공사 등)에서 활용이 가능함
- 동 연구개발 사업 추진체계는 엔지니어링사-건설사-대학-출연연-공사 등의 유기적인 네트워크를 구성하고 있음
- 국내 케이블교량의 설계, 시공, 유지관리 관련 설계사, 시공사, 연구소 및 학계의 다양한 전문가를 체계적이고 유기적으로 구성하는 한편, 각 분야별 국제적인 전문가들과 네트워크를 구성하여 합리적이고 객관적인 연구성과를 도출할 수 있음
- 동 연구개발사업은 케이블교량의 해외진출을 위한 RISK 분석, 인력, 정보제공, 컨설팅, 국내 현장적용 실적확보를 추진함
- 개발기술의 해외진출을 위해서는 국내 현장적용 실적 확보가 필수적이며, 개발기술이 적용된 통합시범적용교량 건설을 추진할 계획임
- 해외 초장대교량사업 발주 환경별 특성에 맞는 최적 기술을 발굴할 계획임
- 동 연구개발사업에서는 공공 지식재산 성격이 강한 케이블교량 설계법을 실무자 기술교육, 프로젝트 설계에 활용하여 보급 및 실용화할 계획임
- 과제에 참여하는 건설사, 설계사 등이 케이블교량 관련 원천기술을 확보하여 건설산업 전반에 걸쳐 파생기술의 적용이 가능함
- 테스트베드형 접목기술을 통하여 각 참여사의 특화 분야를 연계한 패키지형 기술을 개발하여 해외 시장에 진출 할 수 있는 기회 확대할 수 있음

## 2. 기술의 수준 및 성공가능성

- 초장대교량 사업단 연구결과로 케이블교량 신뢰도 기반 설계의 국제선도 수준의 이론적 토대와 방법론이 마련된 상황임
- 초장대교량 사업단의 연구결과로 한계상태 설계법에 기반한 케이블교량 설계기준을 2009년부터 개발·검증하고 공인화를 추진하고 있음
- 한계상태설계법에 기반한 케이블교량 설계기준을 적용한 주경간 2,800m의 한려대교(현수교)와 1,200m의 거마대교(사장교)의 Prototype설계가 완료된 상황임
  
- 동 연구는 신뢰도 해석의 합리적인 수행 및 교량운용 의사결정, 기초안정성 평가 및 모니터링 등 케이블교량의 글로벌 경쟁력 강화를 위해 필요한 연구임
- 개발기술은 차량활하중, 풍하중, 온도하중 등과 관련된 계측자료, 구조물거동 수치모사와 결합, 실제 계측점검자료와 결합에 기반하여 실제 공용 중 교량의 신뢰도 해석을 합리적으로 수행하고, 최적 교량운용관련 의사결정을 수행할 수 있는 기술임
  - 기존 교량 계획과 설계 시 하중 모델, 구조물 점검자료 기반 부재 및 시스템 저항, 노후화 열화모델은 실제 공용 중 교량과 차이를 보일 수 있음
- 해저지반 조건별 해상 세굴 해석/평가방법, 케이블교량 기초안정성 해석/세굴 위험도 평가기법 및 해상기초 세굴 보호공의 계측 및 모니터링을 통한 공용중 케이블교량의 해상 세굴 기초성능을 평가할 수 있는 기술임
  - 기존 기술은 합리적 조사 및 설계기준 결여, 위험도와 중요도를 고려하지 않는 모니터링, 유지관리 등으로 인해 피해가능성이 상존하고 있는 실정임
  
- 해외 케이블교량 시장에서 초장대교량사업단을 통해 기확보된 국내 기업의 해외 진출 경험을 바탕으로 실질적 고부가가치 창출을 위한 글로벌 경쟁력 강화 및 미래 기술 선점의 기술적, 산업적 기대 효과 증대를 기대할 수 있음
- 국내 연구자, 기술자, 관리자의 공용중 케이블교량 성능 평가 및 운용관련 의사결정 역량 증진이 가능함
- 국내 건설사의 해외 프로젝트 수행시 공용중 성능과 운용관련 의사결정 관련된 요구·문의사항에 대처할 수 있는 기술력과 근거자료 제공이 가능함
- 해상 기상상황 및 해저 지반특성을 고려한 해상세굴 현상을 명확히 규명함으로써 해상기초 장수명화는 물론 장경간 케이블교량 안정성 확보가 가능함

- 노출환경에 따른 교량 하부구조의 공용중 구조물의 신뢰성기반 성능등급 평가 및 앵커리지 등 초대형 하부구조의 계측을 통한 최적 설계기준 제공을 통한 비용절감, 공용중 지반구조물 및 저항체의 노후화 대책에 따른 비용절감이 가능함
- 성능기준 (극한한계상태, ULS ; 사용한계상태, SLS)을 고려하여 정량적 안정성 평가 및 기능 유지관리가 가능하므로 보수/보강비용 절감이 가능함
- 세계적인 설계기술 추세에 부합한 GLOBAL 건설경쟁력 강화로 해외 수주증대 및 고부가가치 소프트웨어 기술 확보로 건설산업구조 체질개선이 가능함
- 국내 건설사의 해외 프로젝트 수행시 난제 극복을 위한 기술적 근거자료 제공이 가능함

### 3. 기존사업과의 중복성 및 차별성

- 현재 추진중인 초장대교량사업단은 케이블교량의 설계, 재료, 시공 및 유지관리분야 기술자립에 시급한 핵심기술 확보가 목적이며,
- 신규과제는 초장대교량사업단 연구결과를 바탕으로 신뢰도기반 전주기 엔지니어링 기술, 맞춤형 해외진출 사업모델 개발 등 추가 연구개발을 통한 글로벌 경쟁력 확보가 목적임
- (초장대교량사업단) 신뢰도기반 설계기술, 재료(강선/강재, 콘크리트 등), 시공(케이블 가설공법, 변단면 슬립폼 등) 및 유지관리(영상/GNSS기반 모니터링, 케이블 점검로봇 등) 기술 개발 등 기술자립을 위한 핵심기술 확보
- (신규과제) 신뢰도기반 설계/기준 확장(극한상황, 도로/철도 병용, 연약지반 등), 해외진출 사업모델(대외원조 연계/글로벌 선도 프로젝트), 계측데이터 기반 성능평가/운용기법 개발 등 해외진출 경쟁력 강화를 위한 기술력 확보

□ 주요 개발 기술 비교

구 분		초장대교량사업단	케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 기술 개발 (안)
연구목표		· 케이블교량 설계, 재료, 시공 및 유지 관리 핵심기술 개발 및 자립화	· 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 해외진출 패키지 모델 및 재해재난 대응 기술 개발
주요 연구 내용	설계	· 신뢰도기반 설계기술 및 지침 개발 * 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편, 케이블교량 풍동 안정성 평가 및 내풍 설계 기술 개발 등	· 케이블교량 해외 맞춤형 설계 기술 및 재해재난 대비 엔지니어링 기술 * 극한이벤트(쓰나미, 극지, 재난, 재해, 화재/폭발/테러 등) 대응 기술 * 철도하중, 연약지반 기초, 대형 해상 기초 설계 등
	재료	· 케이블교량용 고성능 재료/소재 개발 * 고강도 강선/강재 및 콘크리트 개발 등	-
	시공/기초	· 현수교 가설장비(AS, PPWS), 고주탑 시공용 변단면 슬립폼, 해저지반 조사 장비 등 시공기술 개발	-
	유지 관리	· IT기반 케이블교량 계측 및 진단시스템 개발 * 영상/GNSS 기반 모니터링, 케이블 점검로봇 및 확장형 계측시스템 개발 등	-
	재난 재해 안전성 확보	-	· 케이블교량 재난재해 대비/저감/대응 기술 개발 · 재난재해 위험도 저감 기술 개발 (소재, 시설, ICT 융합 등)
	운용/평가	-	· 계측데이터 기반 성능평가 기술 개발 (재난재해 등 포함) · 신뢰도기반 사용성, 안전성, 수명 예측 및 목표 신뢰도 평가기법 개발
	전주기 통합 패키지 기술	-	· 해외 케이블교량을 대상으로 한 국내외 신뢰도 기반 설계기술 기준 적용 비교설계 성과품 및 경쟁력 분석 보고서
	Test Bed	-	· 개발 기술 반영 해외 통합 시범 적용 교량 설계 성과품 개발 (케이블교량 개발 기술 통합 패키지)

□ 이상과 같이 동 연구개발과제는 기존의 초장대교량사업단과 연구 목표 및 내용에서 충분한 차별성을 확보하고 있다고 판단됨.

### 3절. 경제적 타당성

#### 1. 대상시장의 규모

- 해외 케이블교량 시장은 '20년 30조 1,520억원에서 '30년 45조 9,366억 원 수준으로 증가가 예상됨
  - 유럽의 케이블교량 건설 증대와 동남아시아, 중동, 중남미, 서남아시아, 러시아 등 신흥시장 활성화로 해외 케이블교량 시장은 지속적 성장이 예상됨
  - '00년 이후 '14년까지 15년간 국외 현수교 준공건수는 62건으로 연평균 4.13건의 현수교거 준공되었으며, 사장교는 155건으로 연평균 10.3건의 사장교가 준공되었음
  - 향후 유사한 규모의 현수교, 사장교가 매년 준공될 것으로 예상됨
  - '00년 이후 준공/계획된 현수교 중 사업비 확인이 가능한 30개의 프로젝트의 평균 사업비는 2조 3,630억원이며, 사장교 64개의 평균 사업비는 1조 3,214억원임
  - 해외 소비자 물가상승률 4.3%('04년~'13년)를 고려할 때 '30년 해외 케이블교량 시장은 약 46조 수준으로 전망됨
- 해외 케이블교량 시장 중 설계엔지니어링 시장은 '20년 1조 5,076억원에서 '30년 2조 2,968억원 수준으로 증가가 예상됨
  - '엔지니어링 사업대가기준' 규정에 따르면 3,000~5,000억원 공사에서 기본설계, 실시설계, 공사감리에 해당하는 효율은 약 5.27%임
  - 초장대교량 사업단 기획보고서에 따르면 장경간 케이블교량 사업비 중 전체 설계 엔지니어링 부문은 약 5%로 추정하고 있음
- 최근 장대교량사업은 교량설계기술의 발전과 고성능 재료 및 첨단시공법이 개발됨에 따라 기존 기술로는 교량건설이 어려웠던 지역에서 도전적으로 추진되는 추세임
  - 강진과 태풍 등의 극한환경지역에 신기술이 적용된 케이블교량 프로젝트 추진이 확대되고 있음
  - 국제항로 준수, 경제성 확보 등을 위해 신규 케이블교량의 주경간장이 지속적으로 확대 추세

- 최근 케이블교량 시장의 글로벌 트렌드는 기술집약형의 초대형 프로젝트를 추진하는 방향으로 가고 있음
  - 설계, 시공, 성능평가 및 운용관리를 모두 포함하는 전주기적 엔지니어링 토탈솔루션 제공 등의 고부가가치 기술의 요구 및 확대가 예상됨
  - 발주시 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성확보가 가능한 신뢰도기반의 설계 및 운용기술을 필수적으로 요구하고 있음
- 세계 장경간 케이블교량 시장은 기술 집약 초대형 프로젝트를 중심으로 발전하고 있으며, 이로부터 발생하는 부가가치 및 경제적 파급효과는 점점 확대되고 있음
  - 특히 신뢰도기반의 케이블교량 전주기적 엔지니어링 시장 규모는 지속적으로 증대되고 있으며, 기술적 영역도 꾸준히 확대되고 있음

## 2. 시장에서의 경쟁가능성

- 케이블교량 시장의 요구사항은 다음과 같이 기술적으로 전문화·고도화 되고 있음
  - 케이블교량 설계·시공 기술은 공용중의 실제 신뢰도 및 성능과 운용관련의 사결정을 고려하는 통합적/생애주기적 솔루션 제공을 요구함
  - 설계 중 해석방법론을 기반으로 한 공용 중 교량의 성능평가 및 운용기법 적용이 요구되고 있음
  - 다양한 재해와 극한사건에 대해 목표성능을 설정하고 이를 바탕으로 목표 신뢰도를 결정할 수 있는 신뢰도기반 성능중심의 설계기법 적용을 요구함
  - 케이블교량 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 엔지니어링 기술을 요구함
- 초장대교량 사업단 연구개발을 통해 시장요구사항 기반은 마련하였으며, 이를 바탕으로 동 연구개발을 통해 World Best기술을 개발·확보한다면 시장경쟁에서 매우 우월적 지위를 확보할 것으로 예상됨
  - 초장대교량 사업단을 통해 케이블교량 한계상태 설계법의 설계기준 공인화를 추진중이며, 사업단 성과를 기반으로 해외 케이블교량 사업에 진출하여 해외 진출기반을 마련한 상황임

- 케이블교량의 한계상태설계법 기반 성능평가 지침 및 운용기법을 개발하여 케이블교량 생애주기 운용시장 선도기술 확보가 가능함
- 핵심기술인 신설 케이블교량 신뢰도 기반 설계기준의 글로벌 확장을 위한 World Best 수준의 독자적인 설계기술 확보가 가능함
- World Class급 해외 시범교량을 대상으로 신뢰도 기반의 설계, 시공관리, 성능평가 및 운용관리 통합 패키지 발굴 및 개발할 경우 해외시장에서의 경쟁력은 높아질 것으로 예상됨

### 3. 경제적 파급 효과

- 초장대교량 사업단 기술개발 성과물을 기반으로 이미 해외 케이블교량 시장에 진출하고 있음
  - 사업단 개발기술을 기반으로 터키 제3보스포러스 교량, 칠레 차카오 교량 사업시장에 진출함
- 신뢰도 기반 설계기준 및 운용관리 통합 패키지 등의 현장검증이 완료되는 4~5년 뒤에는 관련 시장에서 선도적 위치에 오를 것으로 예상됨
  - 동 연구개발 사업을 통한 초장대교량 통합시범적용 교량 실현은 개발기술의 현장 적용으로 초장대교량사업의 해외진출 기반을 마련하는 실질적 선행조건이 될 것으로 판단됨
- 해외 케이블교량 설계엔지니어링 시장 중 '14년 시장점유율 1.4%에서 '30년 5% 수준으로 증가를 예상하면, '20년~'30년 예상되는 추가매출액은 약 5,306억원임
  - '2014 ENR Top 225 International Design Firms'에 따르면 716억 3,000만 달러규모의 해외설계시장 중 한국 12개사는 10억 2,020만달러를 수주해 지난해에 이어 1.4%의 점유율을 기록함
  - 제5차 건설기술진흥기본계획에는 설계엔지니어링 국외수주비율을 '16년 5%로 확대를 목표로 하고 있음
  - '14년 해외 케이블교량 설계엔지니어링 시장점유율을 1.4%로 가정하고 연구개발을 통해 '30년 시장점유율을 5%수준으로 증가하는 것으로 가정하면 '20년~'30년 케이블교량 설계엔지니어링 시장 추가 매출액은 약 5,306억원 수준으로 추정됨

- 동 연구개발을 통해 신뢰도기반 설계기술력을 확보할 경우 케이블교량 설계 시장에서의 국내업체의 입지는 더욱 커질 것으로 예상됨
- 설계분야 뿐만아니라 대외원조 연계 케이블교량 패키지 모델의 해외진출이 구체화 될 경우 '20년 약 30조 규모의 해외시장에서의 경제적 효과는 더욱 클 것으로 기대됨
  - 동 연구개발을 통해 EDCF 지원 베트남 도로건설사업(VIP 순방시 MOU체결)에 개발기술 적용이 가능함
    - '13년 9월 VIP 베트남 순방 시 '판번-연짜 도로건설사업'의 EDCF 지원에 관한 양해각서(MOU) 체결하고, 제13차 한-베트남 경제공동위 개최('14.9.) 결과 도로 건설 유상원조 사업의 성공적 추진을 결의한바 있음
  - 동 연구개발 추진시 현 정부 임기 내( '18.2.) 동 연구개발사업의 목표인 “대외원조 연계 케이블교량 패키지형 모델 개발”의 달성 및 도로건설사업 현장 적용이 가능할 것으로 판단됨
- 케이블교량 연구개발사업을 통한 직접편익은 약 1조 2,500억원으로 추산 (2020년 기준)
  - 매출편익 가치는 약 510억원임
  - 외화 및 기술유출 절감편익 가치는 약 3,600억원임
  - 물량절감 및 시공효율화 편익 가치는 약 3,500억원임
  - 수명 내구성 및 안전성 향상 편익 가치는 약 440억원임
  - 유지관리 시스템 구축 및 운영비용 절감편익 가치는 약 150억원임
  - 교량 이용자 시간비용 절감편익 가치는 약 3,200억원임
  - 지역 총생산 증대 편익 가치는 약 1,100억원임
- 케이블교량 연구개발사업을 통한 생산유발효과 및 고용유발효과는 각각 약 2조 6,000억원, 약 15,300명인 것으로 분석됨 (2020년기준)
  - 케이블교량 산업 약 1조 2,500억원의 생산유발을 포함하여 전체 산업에 약 2조 6,000억원의 생산유발효과가 발생할 것으로 분석됨

○ 케이블교량 산업 약 10,300명 고용유발을 포함하여 전체 산업에서 약 15,300명의 고용유발효과가 발생할 것으로 분석됨

<경제적 파급효과 정리> \*

구분	항목	경제적 효과 가치(억원)
직접 편익	매출편익	508.7
	외화 및 기술유출 절감 편익	3,406.7
	물량절감 및 시공효율화 편익	3,681.7
	수명 내구성 및 안전성 향상 편익	437.7
	유지관리 시스템 구축 및 운영비용 절감 편익	142.1
	교량이용객 시간비용 절감 편익	3,241.7
	지역 총생산 증대 편익	1,019.4
	소계	12,438.0
산업 파급 효과	생산유발효과	26,483.6
	고용유발효과	15,382.0(명)
총 경제적 효과		38,921.6

\* 케이블교량 개발 기술 경제성 분석 보고서, 2015, 날리지웍스(주)

## 7장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

### 1절. 과제 제안요구서(RFP)

#### □ 연구단 총괄

연구개발과제명	케이블교량 글로벌 경쟁력 및 안전 강화 기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 케이블교량 시장 진출 확대 및 재난·재해 대비 안전 제고를 위한 고부가 핵심 엔지니어링 기술 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 전주기 통합 패키지 기술 개발</li> <li>- 케이블교량 신뢰도 기반 재난·재해 대응기술 개발</li> <li>- 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발</li> <li>- 비용절감형 해상 교량기초 가설공법 개발</li> </ul> </li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p data-bbox="196 1093 405 1189">□ 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국토교통부 VC-10 사업단 중 하나인 ‘초장대교량사업단’(’08~’15)을 통해, 케이블교량의 설계, 재료, 시공 및 유지관리 분야에 대한 핵심기술 자립화 달성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업단을 통해 개발된 개별 요소기술단위의 연구성과를 바탕으로 국내외 다수의 케이블교량 건설현장에 실용화 성공</li> <li>- 단, 글로벌 시장에서의 기술 및 수주 경쟁력 확보를 위해서는 최신 기술·시장 트렌드를 반영한 추가 연구개발을 통해 기존 기술의 고도화, 경제성 제고 및 기술 적용범위 확대 등 필요</li> <li>- 특히, 고부가가치 엔지니어링(기획, 관리, 개념/기본 설계 분야 등) 기술력 확보를 통해, 단순도급형 시공 위주의 수주에서 과감히 탈피 필요</li> </ul> </li> <li>○ 최근 국내 대규모 SOC 건설사업 축소로 인해 케이블교량 내수 시장은 정체상태이나, 해외시장은 동남아시아 등을 중심으로 지속 성장중(’25년 37조원 규모로 성장 예상)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단, 신생 건설강국인 중국의 저가 진출 전략, 일본의 대외원조 사업을 통한 동남아시아 시장 선점 및 기존 기술강국인 유럽·미국 사이에서 국내 건설기업이 생존하기 위해서는 기술 경쟁력 제고가 핵심</li> </ul> </li> </ul>

- 또한, 대외원조(ODA, EDCF 및 AIIB 등)와 연계한 케이블교량 건설사업(미얀마 우정의 다리, 베트남 도로 건설사업 등)이 증가 추세임에 따라, 우리나라도 그간 프로젝트 수행 실적을 바탕으로 주도적 사업 참여 필요

※ VIP 베트남 순방 시 ‘탄번-연짱 도로건설사업’의 EDCF 지원에 관한 양해각서 체결('13.09), 제13차 한-베트남 경제공동위원회에서 유상 원조 도로건설사업의 성공적 추진 결의('14.09)

○ 해외 케이블교량 발주환경을 반영하여 국내 건설업체의 진출 지원을 위한 통합 솔루션 확보 및 제공 방안 마련 시급

- 최근 케이블교량 발주시 계획~설계~시공~운영 등 전주기 영역의 패키지 엔지니어링 기술에 대한 요구가 증대 추세
- 이러한 케이블교량 발주환경에 대응하기 위해서는 그간 기술 자립을 위해 추진한 다년간의 연구개발, 프로젝트 수행 등을 통해 축적된 국내 기술력을 경쟁기술과 비교·분석하여 우수성 입증 필요
- 또한, 그동안 확보된 단위 개발기술들을 통합 적용하고 실제 케이블교량을 대상으로 적용성, 경제성 등에 대한 검증을 통해, 해외 프로젝트 발굴·수주 지원을 위한 기술의 패키지화도 필요

○ 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발 통한 안전 제고 및 글로벌 시장 진출기반 마련 필요

- 제2 진도대교 병렬진동, 이순신대교 와류진동 및 서해대교 낙뢰로 인한 케이블 화재 발생 등 운용중 케이블교량의 안전 강화에 대한 사회적 요구 증대
- 우리나라가 케이블교량 기술자립 단계를 넘어 글로벌 시장에서 기술선도그룹으로 진입하기 위해서는, 다양한 인위재난(폭발, 비행체 충돌, 화재 등) 및 자연재해(강풍, 강진 등)에 선제적이고 효과적으로 대응할 수 있는 기술력 확보가 필수
- 특히, 케이블교량 글로벌 시장 진출을 위해서는 국내는 물론 해외의 다양한 극한환경에서 발생가능한 재난·재해 유형에 대한 대응체계 적기 확보 필요

○ 케이블교량 상부구조에 비해 상대적으로 기술력이 취약한 하부 구조에 대한 경제적이고 안전한 시공을 위해서는 신뢰도 기반 엔지니어링 기술력 확보 시급

- 우리나라의 경우 지반특성에 대한 불확실성을 고려한 하부구조 설계 기술력이 부족하여 지나치게 보수적으로 설계하는 경향이

	<p>많으며, 이로 인해 공사비 상승을 초래하는 등 해외 기술선진국 대비 기술 및 가격 경쟁력에서 열위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내는 물론 해외의 다양한 지반특성을 합리적으로 평가·해석하고 설계에 반영할 수 있는 신뢰도 기반 엔지니어링 기술 확보가 글로벌 시장 진출 및 기술선도를 위한 선결 과제</li> <li>- 또한, 해상 교량 건설공사 공사비의 약 30%를 차지하는 하부구조(기초) 시공을 위한 원가절감 노력 병행 필요</li> </ul>
<p>□ 국내외 기술동향</p>	<p>□ (1세부과제) 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 해외 케이블교량 발주시 계획, 설계, 시공, 안전 및 운영 관리 등 전 영역을 모두 포함하는 패키지 엔지니어링 기술 제공 요구</li> <li>- 이에 따라, 해외 기술선진국들은 케이블교량 통합 솔루션 제공을 위한 기술력 확보에 매진 중에 있으며, 지속적인 기술개발과 함께 관련 기업의 인수합병 등을 통해 시장영역을 확장중</li> <li>- 덴마크 COWI의 경우, 이탈리아 메시나대교를 대상으로 계획, 설계, 시공 및 유지관리를 연계하는 설계성과품 등을 지속적으로 제시하고 있으며, 홍콩 스톤커터교에 대해서도 설계와 유지관리를 연계하여 LRFR을 도입하는 등 최신 기술을 적용한 새로운 케이블교량 모델 제시 및 기술력 홍보중</li> <li>- 일본은 JICA 등을 통한 해외 원조사업을 지속적으로 확대하고 있으며, 최근에는 미얀마 양곤시 Thaketa 연결교량에 40억엔, 베트남 북남고속도로 건설프로젝트에 8억 4,739만달러 및 방글라데시 MRT 프로젝트(교량, 전철)에 7억 9,282만달러를 지원하는 등 해외 원조사업을 통해 자국의 기술을 패키지 형태로 이식하고, 장기적으로는 수혜국의 건설시장을 잠식하기 위해 노력중</li> <li>- 우리나라의 경우, 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술의 원천인 기본설계기술 분야(계획, 개념설계 등)의 기술수준이 해외 최고기술 기술보유국 대비 약 80% 수준</li> </ul> </li> <li>○ BIM 기반 케이블교량 전용 전주기 통합 관리기술 분야 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 덴마크(COWI), 영국(ARUP) 등 해외 기술선진국의 경우 다수의 장기간 케이블교량 건설실적을 바탕으로 공정 및 RISK 관리에 대한 노하우를 보유중</li> <li>- 미국(Autodesk, Bentley), 영국(Allplan) 등은 BIM 기반의 RISK</li> </ul> </li> </ul>

- 관리기술을 보유하고 있으며, 건설 전 과정으로 확대 적용중
- 국내 케이블교량의 경우, BMS, WIM, 교통상황, 기후환경, 재난·재해, RISK 등에 대한 관리영역이 분리되어 있어 이상상황 발생시 통합적 대처가 불가능한 상황

□ (2세부과제) 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발

○ 케이블교량 상태평가 기술 분야

- 미국의 경우, NCHRP Report 534(Guidelines for inspection and strength evaluation of suspension bridge parallel wire cables, 2004)와 FHWA Report(Primer for the inspection and strength evaluation of suspension bridge cables, 2012)에서 현수교 케이블의 조사 및 강도 평가기법에 대해 제시하고 있으며, DOT & FHWA Manual(Bridge inspector's reference manual, 2012)을 통해 케이블교량의 조사 및 점검 방법 정립
- 일본은 JICA 협력사업 등을 통해 케이블교량 상태평가 Manual (Bridge inspection manual for suspension bridge, 2014)을 발간하여 상태조사에 활용중
- 우리나라의 경우, 케이블 부재에 대해 외관조사만을 수행할 뿐 케이블 부재 내부의 부식, 단선 등의 정확한 상태를 파악하기 위한 평가방법 및 관리기준 등 부재

○ 계측데이터 및 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가 기술 분야

- 일본, 미국 등은 케이블교량 설계시 가정된 여러가지 변수(장력, 풍속 등)의 변화를 추적하거나, 초기·장기 거동 계측치를 토대로 운용중 발생가능한 성능저하 예측기법(예 : 특수교 건전성 평가기법) 개발을 위한 기초자료로 계측데이터를 활용중
- 중국의 경우, 자국 내 건설·운용 중인 다수의 케이블교량을 적극 활용하여 케이블교량의 성능평가 기술 개발을 적극적으로 유도하고 있으며, 10년 이상 장기 운영중에 있는 칭마대교의 경우 데이터 마이닝 등 계측데이터 분석기술 개발을 위한 테스트베드로 적극 활용중
- 국내의 경우, 일반교량에 대한 상태평가 기술(LRFR 등) 확보를 위한 연구만 일부 수행중

- 케이블교량 인위재난 및 자연재해 대응기술 분야
  - 낙뢰·화재로 인해 서해대교 케이블 단선 사고(2015)에서 알 수 있듯이, 화재 등 인위재난으로 인한 케이블교량 주부재의 손상 및 파손은 전체 교량시스템의 붕괴 가능성 유발
  - 국내의 경우, 원자력발전소와 같은 특수구조물을 제외하고는 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 하중 및 부재요소별 극한성능 평가기준 부재
  - 또한, 화재 등 인위재난에 대처할 수 있는 케이블교량 전용 방재시설(설비, 재료 등) 설치 및 관리 지침 부재
  - 국내에서도 강풍 등으로 인해 케이블교량의 이상진동 사례(이순신대교, 2015)가 발생하고 있으나, 동특성을 포함한 원인 분석 및 이상진동 발생시 사용성 유지를 위한 관리지침이 없는 실정

- 재난·재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구 기술 분야
  - 최근 해외 케이블교량 발주환경을 보면, 계획 및 개념설계 과정에서부터 교량의 구조적인 안전성 확보 뿐만 아니라 발생 가능한 재해·재난 대응기술을 함께 제시하도록 요구
  - 국내의 경우, 케이블교량의 재난·재해 대비 레질리언스 상시 확보, 예측데이터·IT 기술 등을 활용한 신속하고 정확한 의사 결정 및 기능 복구 등을 기술은 미확립 단계

**□ (3세부과제) 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발**

- 신뢰도 기반 지반 설계기술 분야
  - 유럽은 유럽연합위원회(Commission of European Communities)에서 개발된 Euro-code에 의거하여 하중, 토질정수, 설계공식 및 시공오차에 대한 부분안전계수 개념 등을 적용중
  - 미국, 캐나다 등을 중심으로 한 북미 기술선진국에서도 지반 구조물에 대한 LRFD 설계법을 적용중
    - ※ 미국 : 연방도로국 교량설계기준(AASHTO-LRFD, 2010)
    - ※ 캐나다 : 캐나다 고속도로 교량설계기준(Canadian Highway Bridge Design Code, 1992) 및 기초 설계 매뉴얼(Canadian Foundation Engineering Manual, 1992)
  - 반면, 국내의 경우 지반분야는 여전히 허용응력설계법을 적용하고 있어, 케이블교량 전체 공사비의 상승으로 인한 가격경쟁력

저하 및 해외 시장 진출 저해요인으로 작용

○ 지반 지지력 평가기술 분야

- 해외에서는 토사와 암반의 중간성질을 지니는 풍화대 지반에 대해서 Intermediate Geo-material(IGM) 으로 분류하고 (O'Neill 등, 1996), cohesive IGM 과 cohesionless IGM으로 나누어 이에 대한 상세 지지력 산정기준 마련
- 그러나 우리나라의 경우 경질풍화토에 대한 분류기준 부재로 기초 설계시 경질풍화토를 포함한 풍화토 전체의 주면마찰력을 무시하는 등 보수적으로 설계하는 것이 일반적이며, 이로 인해 케이블교량 하부구조물의 과다설계 및 기초공사비 상승 초래

○ 신뢰도 기반 대형 연성기초 및 앵커리지 설계기술 분야

- 해외의 경우, 풍화대 및 연약 암반층 구간에 적합한 초대형 연성기초 및 신개념 앵커리지 등 신형식 하부구조 개발을 시도하고 있으며, 메시나대교 등의 설계에 적극 반영중
- 대표적인 초대형 하부구조인 앵커리지의 경우, 일본, 중국 및 유럽 등을 중심으로 계획되어 있는 장경간 현수교를 대상으로 앵커리지의 공학적 거동분석을 위한 해석적 연구 수행중
- 국내에서 수행되는 앵커리지의 안정성 검토는 단순 한계평형 해석과 1970년대에 발간된 일본의 '혼슈시코쿠 연락공단 설계 지침'을 그대로 차용하여 적용하는 수준으로, 매우 과다한 설계결과를 도출하고 있는 실정
- 케이블교량 하부구조의 경제적 설계를 위해서는 지반의 암반 특성에 따른 잠재 활동파괴면에 대한 정확한 예측 및 앵커리지 구조체와 주변 암반의 안정성 검토 기술 확보가 필요

○ 폐색효과를 고려한 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가 기술 분야

- 해외의 경우, 교량의 대형화로 인해 적용되는 말뚝기초 역시 대구경·대심도화 되는 추세이며, 기술선진국을 중심으로 대구경 말뚝의 폐색효과 및 토사지반의 장기 침하성능을 고려하는 합리적인 설계기법을 적용중
- 반면, 우리나라는 폐색효과를 고려한 대구경 말뚝의 거동 메커니즘을 고려하는 설계기준이 없어, 연약지반 말뚝기초의 과다설계 및 기초공사비 상승요인으로 작용
- 특히, 현재 계획되어 있는 동남아 지역의 케이블교량은 대부분

대심도 연약지반에 위치하고 있어 국내 건설기업의 수주경쟁력 확보를 위해서는, 대구경 말뚝의 폐색효과, 토사지반 장기 침하성을 고려한 설계기법 및 마찰력 고려한 지지력 산정 기법의 적용이 반드시 필요

**□ (4세부과제) 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 개발**

- 국내외적으로 해상 교량기초 시공을 위한 가물막이 공법으로 강널말뚝 공법과 셀식 가물막이 공법을 가장 많이 적용
- 우리나라의 경우, 셀식, 강널말뚝, 지오투브(Geotube), PC 하우스, 벽강관말뚝 등 다양한 가물막이 공법이 적용되고 있으며, 이중 2005년까지는 셀식 가물막이 공법이 주로 적용되었으나 최근 들어 PC 하우스 공법이 주를 이룸
- 동남아, 중남미 등 신흥 개발도상국을 중심으로 해상 장대교량 건설수요가 증가하고 있고 해상 교량 건설공사 공사비의 약 30%를 차지하는 하부구조(기초) 시공비용 절감을 통한 가격 경쟁력 확보를 위해서는, 기존 가물막이 공법보다 경제적이고 안전한 신공법 확보 필요

**3. 연구개발내용**

**□ 세부과제별 연구내용**

**□ (1세부과제) 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발**

- (1-1) 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
  - 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석
    - ※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상
    - ※ 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 : 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교
  - 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)
    - ※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상
  - BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발 (BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등 활용)
  - 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 개발 등

- (1-2) 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발
  - 민간의 창의적인 아이디어 발굴 및 지원(추후 공모)
  
- (2세부과제) 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발
  - (2-1) 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발
    - 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한성능 평가기술 개발
    - 인위재난 시나리오별 교량시스템 붕괴 위험도 평가 및 방재 시스템 개발
    - 케이블교량 운용중 빅데이터(계측데이터) 활용 신뢰도 기반 상태평가 기술 개발(LRFR 등) 등
  
  - (2-2) 자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발
    - 자연재해(강풍, 강진 등) 상황 신뢰도 기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감 기술 개발
    - 이상진동 대응 케이블교량 동특성 평가기술 및 자연재해 발생시 사용성 관리기술 개발
    - 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발 등
  
- (3세부과제) 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
  - (3-1) 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발
    - 해외 지반특성·지반정수 평가기술 및 토압확률모델 개발
    - 타정식 현수교 앵커리지 거동평가 및 설계기술 개발
    - 대형 연성기초의 비선형 거동을 고려한 설계기술 및 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가기술 개발
    - 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계기준 개발 등
  
- (4세부과제) 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 개발

- (4-1) 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 개발
  - 가물막이 및 해상작업 플랫폼 설계기술 개발
  - 고내력 슬림화를 위한 신재료 활용 및 구조단면 설계기술 개발
  - 구성요소간 밀폐·분리·결합 설계기술 개발
  - 급속 조립 및 해체 기술 개발
  - 관입·인발 설계 및 시공 기술 개발(수직도 확보 등)
  - 가물막이 내부 급속 차수 및 시공장비 작업성 확보기술 개발
  - 국내외 해상 교량 건설현장 대상 테스트베드 적용·운용을 통한 성능검증 등

#### 4. 연구개발 추진방법

##### □ 추진전략

- 연구성과의 실용화 성공을 극대화를 위한 전략 수립
  - 개발기술의 현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례 확보
  - 실질적인 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립
  - 각 단위기술별로 연구기간 내 현장적용이 가능한 기술, 기술별 달성목표에 대한 검증방법 및 일정 등을 제시하고, 각 단위 기술별 연구성과가 집약된 최종 성과물의 현장 적용방안을 구체적으로 수립
- 정부(지자체) 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와의 유기적 협조체제 구축
  - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴
  - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영

##### □ 추진체계

- 본 공모는 연구단 컨소시엄 공모임
  - 추후 공모 예정인 (1-2) 과제는 연구수행기관 선정 이후 2차년도부터 공동연구기관으로 편입 예정
  - 연구단 컨소시엄 신청자는 (1-2) 과제의 정부출연금을 포함(연구내용, 연구수행기관 등 제외)한 연구계획 수립
- 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용
- 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문
- 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모

○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

**5. 최종성과물**

**□ 주요 성과물 □ (1세부과제) 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발**

- 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발 기술을 적용한 적용성·경제성 분석 대상 해외 케이블교량
  - 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
  - 적용성·경제성 분석 보고서

- 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국), Euro-Code(유럽) 등 적용 비교설계 성과품 등

- 국내 개발기술(초장대교량사업단, 본과제 연구성과 등)을 적용한 해외 케이블교량 기술 적용성, 확장성 및 경제성 분석 보고서

- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 및 개념설계
  - 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
  - 미래형 케이블교량 개념 설계안 등

- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량 선정 및 시스템 구축
  - 케이블교량 전주기 통합 관리시스템 구축 및 운영 매뉴얼 등

- 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템

- 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술

**□ (2세부과제) 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발**

- 케이블교량 상부구조 극한성능 평가 SW, 매뉴얼 및 예제집

- 인위재난 시나리오별 케이블교량 붕괴 위험도 평가 S/W, 매뉴얼, 및 예제집
- 케이블교량 재난·재해·테러 대응 방재시스템
  - 케이블교량 방재시설 설치 및 관리 지침(안)
  - 케이블 피복재 등 내화성능 강화재료
- 케이블교량 상태평가를 위한 운용중 빅데이터(계측데이터) 저장, 분석, 가시화 및 의사결정 시스템 SW
  - 케이블교량 상태평가, 주요 부재 수명예측, 부재별 보수·보강 의사결정 지원 등
- 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가 기준(LRFR)(안) 및 적용예제
- 케이블교량 자연재해 상황별 신뢰도 기반 사용 위험도 평가 S/W, 매뉴얼 및 예제집
- 케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성 식별, 상태평가 S/W 및 운용 관리지침(안)
- 재난·재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 인덱스 및 S/W
- 재난·재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보, 대응 및 복구 지침(안)
- 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보 기술의 실교량 적용 및 검증
  - 테스트베드 구축, 검증 및 결과보고서 등
  - ※ (1-1) 과제 수행에 필요한 자료, 기술 등 공유·활용
- **(3세부과제) 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발**
- 신뢰도 기반 케이블교량 하부구조 설계지침(안)
  - 지반정수 산정을 위한 토압 확률모델, 토압 산정 계수, 하부 기초 저항계수 등 신뢰도 기반의 케이블교량 하부구조 한계상태 설계지침(안)(목표수준: 설계수명 200년, 신뢰도 지수  $\beta=3.5$  등)
  - 대심도 연약지반 부마찰력 적용 설계지침(안) 및 설계 예제
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 개정(안) 등

- 비선형 해석을 이용한 현수교 앵커리지, 대심도 연약지반 대구경 항타말뚝 및 대형 연성기초 Prototype 설계 성과품(해외 케이블 교량의 대형 앵커리지 및 하부기초 대상)
    - 해외 케이블교량 하부구조 대상 신뢰도 기반 해외 설계기준 및 국내 기술 적용 Prototype 설계를 통한 적용성·경제성 분석 보고서
    - 해외 강진지역에서 지반 부지효과를 고려한 지진가속도 평가 보고서 및 동적 설계 예제
    - 폐색효과를 고려한 대심도·대구경 항타말뚝의 지지력 산정·분석 보고서 및 설계 예제
    - 상부 및 하부기초 상하 접합부 설계절차 및 설계 예제 등
  - 해외 현지 실험 Data를 활용한 토압분포 DB 및 대구경 항타말뚝의 지지력·지반정수 평가 지원시스템
    - 국내외 지반종류별 지반정수 및 토압분포 DB
    - 지지력 및 지반정수 평가 지원시스템(해외 특수지반 포함) 등
- ※ (1-1) 과제 수행에 필요한 자료, 기술 등 공유·활용

#### □ (4세부과제) 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 개발

- 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 설계기술
  - 대형 원형강재 설계모델 및 S/W
  - 수리-지반-구조 통합 안정성 해석모델
  - 시공 단계별 가설공법 안정성 해석 S/W
  - 석션압을 이용한 대형 원형강재 관입 및 인발 설계 S/W
  - 대형 원형강재 가설공법 설계 매뉴얼 등
- 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 설치 및 해체 기술
  - 대형 원형강재 가설공법 시공시스템 구성장비
  - 대형 원형강재 운반 및 거치 매뉴얼
  - 석션압을 이용한 대형 원형강재 관입 및 인발 시공시스템
  - 원형강재 상부 해상 작업대 설치 모듈
  - 가물막이 내부 차수공법
  - 시공·운영 중 긴급 보수 및 보강 공법
  - 가설공 내 기초 시공장비 안정성 및 작업성 확보공법
  - 대형 원형강재 가설공법 시공 매뉴얼 등
- 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 적용 테스트베드

- 테스트베드 적용을 위한 대형 원형강재 시제품 및 테스트베드
- 시공조건 분석서
- 시공·운용 중 안정성 모니터링 시스템
- 기존 기술 대비 경제성 분석 보고서 등

## 6. 활용방안 및 기대효과

- 활용방안**
- 해외 케이블교량을 대상으로 한 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계 성과품 및 경쟁력 분석 보고서
    - 해외 케이블교량 관련 대외원조(ODA, EDCF, ADB, AIIB) 사업 등에 국내 기술정보 제공, 현장적용 지원 및 수혜국의 발주 자료로 활용
    - 해외 케이블교량 관련 PPP, BOT 사업 등 발굴·추진을 위한 기술정보 제공 및 국내 건설기업의 대상국 사업 비딩 자료로 활용
    - 글로벌 케이블교량 시장에서 국내 기술력 입증, 홍보 및 성과 확산 지원을 위한 기초자료로 활용
  - BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
    - 국내 시범적용교량에 시스템 구축 및 운영 결과를 바탕으로 국내 케이블교량에 확대 적용을 위한 근거자료로 활용
  - 케이블교량 재난·재해 대응 관련 지침(안) 및 기준(안)
    - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 반영을 위한 근거자료로 활용
    - 케이블교량 관리주체에 운용관리 기준으로 제공·활용
    - 케이블교량 재난·재해 대응 및 복구 설계를 위한 가이드라인 제공
  - 케이블교량 극한성능, 위험도, 레질리언스 등 평가를 위한 S/W, 매뉴얼 및 예제집
    - 개발기술(S/W 등) 실시, 이전 등을 통한 실용화
  - 케이블교량 방재시스템
    - 개발기술(내화재료 등) 실시, 이전 등을 통한 실용화
    - 케이블교량 화재 위험도 등급에 따라 필요한 방재시스템 구축 및 운영 가이드라인 제공
  - 신뢰도 기반 케이블교량 하부구조 설계지침(안)
    - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 반영을 위한 근거자료로 활용

- 국내외 지반종류별 지반정수 및 토압분포 DB, 해외 특수지반 특성에 따른 지지력·지반정수 평가 지원시스템
  - 해외 케이블교량 사업 주체(발주처, 설계사, 시공사 등)에 지반 정보, 지반 지지력 및 지반정수 평가결과 등 제공
- 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법
  - 기초 가설 전문업체에 기술이전을 통한 사업화 추진
  - 풍력타워 등 해상 대형 구조물의 기초 시공공법으로 확대 적용

**□ 기대효과**

- 케이블교량 통합 솔루션(계획, 설계, 시공, 안전 및 운영관리 등 연계) 기술 확보로 국내 케이블교량 분야 글로벌 경쟁력 강화 및 해외 진출 확대 가능
  - 중국의 저가진출, 일본의 해외 원조사업을 통한 동남아시아 시장 선점 및 기존 기술강국인 유럽·미국 사이에서 고전하고 있는 국내 케이블교량 산업의 해외 진출 확대에 미래먹거리 및 일자리 창출 가능
- 예기치 못한 재난·재해에 능동적이고 합리적으로 대응할 수 있는 케이블교량 안전관리체계 구축을 통해, 대국민 안전 확보, 국가 주요 시설물의 예방적 자산관리 및 해외의 다양한 극한 환경 진출 기반 마련 가능
- 상부구조 대비 기술력이 취약하고 공사비 과다지출의 원인으로 지적되어 온 하부구조 및 지반구조물에 대한 신뢰도 기반 설계 엔지니어링 기술 개발을 통해, 케이블교량 통합 설계역량 확보 및 글로벌 경쟁력 강화에 기여
- 공사비 절감이 가능한 신형식 해상 교량기초 가설공법 확보를 통해, 국내 건설기업의 가격경쟁력 제고 및 해외 시장 점유율 향상에 기여 가능

**7. 연구개발기간 및 소요예산**

- 총 연구개발기간 : 2016.08 ~ 2021.07 (5년)
  - 1차년도 연구기간 : 2016.08 ~ 2017.01 (6개월)
- 총 정부출연금 : 23,382백만원 이내
  - 1차년도 정부출연금 : 476백만원 이내
    - ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
    - ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

- ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수하되, 추후 공모 예정인 (1-2) 과제의 경우 2차년도까지는 해당 과제 단위에서 기업부담금 비율 준수
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
- ※ 추후 공모 예정인 (1-2) 과제 정부출연금 : 2,862백만원)

## 8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 연구단장 신청자는 반드시 세부과제의 주관연구책임자로 참여하여야 함
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
  - ※ [www.kaia.re.kr](http://www.kaia.re.kr), <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
  - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
  - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
    - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
  - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발

- 기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
  - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
  - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 연구수행(일정) 계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
    - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
  - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관연구기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구 추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행기관으로 선정 이후 필수 이행사항
  - 주기적 특허 및 시장 동향 조사 실시
  - 총 연구기간 중 최소 2회(중간/종료 단계) 이상의 연구성과 점검 및 파급효과 분석을 실시(별도 보고서 제출)
  - 실용화 대상 기술에 대한 기술설명서(SMK)를 작성하여, 연구개발 종료시점에 제출
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구

인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설”  
우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

- 기타 세부적인 연구내용, 주요 성과물, 세부과제별 연구비(안) 등은 ‘케이블교량 성능 최적화 기술 개발 기획’ 및 ‘해상 교량 기초 대형 원형강재 가설공법 개발을 위한 기획연구’ 기획보고서 참조
- 과제별 연구기간, 연구비 및 공모방식

세부과제명	연구내용	총 연구기간 (연차)	총 정부출연금 (억원)	공모 (권소 시업)
【 1세부과제 】 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발	(1-1) 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발	1~5	47.70 이내	○
	(1-2) 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발	2~5	28.62 이내	×
【 2세부과제 】 케이블교량 재난·재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발	(2-1) 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도 기반 방재기술 개발	1~5	28.65 이내	○
	(2-2) 자연재해 대비 신뢰도 기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보 기술 개발	1~5	28.65 이내	○
【 3세부과제 】 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계 엔지니어링 기술 개발	(3-1) 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발	1~5	33.40 이내	○
【 4세부과제 】 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 개발	(4-1) 대형 원형강재 활용 해상 교량기초 가설공법 개발	1~4	66.80 이내	○

□ 세부과제별

[1세부과제] 케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발

연구개발과제명	케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 케이블교량 시장 진출 확대를 위한 고부가 핵심 엔지니어링 기술 확보</li> <li>- 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발</li> <li>- 케이블교량 전주기 통합 패키지 기술 개발</li> <li>- 케이블교량 개발기술 통합관리 및 국내외 현장적용 시스템 구축/운영 등</li> </ul>
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 핵심기술개발, 실용화, 현장적용 및 자립화 달성           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계, 재료, 시공 및 유지관리 핵심요소기술 개발완료 및 다수의 국내·외 교량 (이순신대교, 울산대교, 제3보스포러스 및 차카오대교 등) 적용</li> <li>- 개별기술단위 실적, 글로벌적 관점의 경제성 및 경쟁력 확보는 아직 부족</li> </ul> </li> <li>○ 국내 케이블교량 시장 정체 및 해외 진출 확대 필요           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내시장 정체, 해외 케이블교량은 '25년 37조원 규모로 성장 예상</li> <li>- 중국(저가), 일본(동남아시아 시장 선점) 및 유럽, 미국(기술력) 등과의 경쟁력 확보 필요</li> <li>- 대외원조형 케이블교량 사업 증가(미얀마 우정의 다리, 베트남 도로사업 등), 국내 건설실적 활용 주도적 참여 필요</li> </ul> </li> </ul> <p>※ VIP 베트남 순방 시 '탄번-연짱 도로건설사업'의 EDCF 지원에 관한 양해각서 체결('13.9) 및 제13차 한-베트남 경제공동위('14.9.), 유상원조 도로건설사업 성공적 추진 결의</p>

- 케이블교량 해외 시장 진출은 고위험의 단순 도급형 시공 위주의 수주가 대부분, 고부가가치 영역 확대 필요
  - '14기준, 해외건설시장 점유율 7.1%, 엔지니어링분야 0.8%
  - 분야별 부가 가치는 기획/타당성 검토 분야 75, 프로젝트 관리 분야 75, 개념/기본 설계 분야 100, 상세설계/구매 조달 분야 75 및 시공/운전/운영 분야 25로 조사됨.
  - ※ 「'15, 해외건설협회」 분석 결과, 최고 100기준
    - 고부가가치 엔지니어링(기획, 관리, 개념/기본 설계 분야 등) 기술 확보 필요
  
- 케이블교량 분야 해외시장 요구기술 확보, 고부가가치 엔지니어링 기술 개발 및 국내 기술력 입증 방안 마련 필요
  - 최근 해외 케이블교량 발주시 계획, 설계, 시공, 유지, 안전, 운영 관리를 모두 포함하는 패키지 엔지니어링 기술 요구
  - 케이블교량은 기술 집약형 초대형 프로젝트, 합리적 설계 엔지니어링 및 안전관리 기술(재난/재해 등) 확보 필수
  - 합리적이고 과학적인 RISK 관리와 경제성 확보가 가능한 신뢰도 기반 엔지니어링 기술 요구
  - 철도 하중, 대심도 연약지반 해상기초, 극한이벤트(극지, 화재, 폭발, 테러, 재해, 재난 등) 대응 기술 등의 다양한 요구
  - 케이블교량의 재난/재해 등에 합리적이고 능동적인 대비 및 대응 시스템 구축 기술 개발 필요
  - 합리적 RISK관리 및 계획-설계-시공-유지-안전-운영 통합 솔루션 제공 등의 고부가가치 엔지니어링 기술 개발 필요
  - 케이블교량 해외 맞춤형 고도화 설계 및 초 연약 지반 등 해외에 특화된 신뢰도기반 하부구조 설계 엔지니어링 기술 개발 필요
  - 글로벌 영역에서의 케이블교량 관련 국내 기술력 입증을 위해서는 그간의 개발기술(설계, 재료, 시공, 유지관리 등)을 통합적용한 실제 해외 케이블교량 대상의 실증모델 개발이 필요하며, 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술

적용성, 타당성, 경제성 분석 및 관련 프로젝트 모델 등이 제시되어야 함

- 글로벌 영역에서의 국내 기술력 입증을 위한 개발기술 적용 해외 케이블교량 맞춤형/선도형 실증 모델 개발 필요
  - 최근, 케이블교량의 중요도 및 특성 반영, 발주시 합리적 RISK관리 및 계획-관리-설계- 시공-안전-운영 등 통합솔루션 제공 및 패키지 엔지니어링 기술 요구 증대, 해외진출 경쟁력 및 고부가 가치 영역 확대를 위한 패키지 및 통합 솔루션 제공 엔지니어링기술 확보가 시급
  - 이러한 요구에 대응하기 위해서는, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력을 입증하고 확대하는 방향으로 연구 개발이 이루어져야 하며, 그동안 개발된 연구 성과들을 통합적으로 적용하고, 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구를 만족할 수 있는 구체적이고 적용성이 입증된 실증 모델의 제시가 반드시 필요
  - 국내 케이블교량 개발 기술들이 반영된 실증 모델은 실현 가능한 해외 케이블교량을 대상으로, 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석, 프로젝트 모델 및 패키지 성과품 등의 제시가 필요
  - 이와 더불어 국내 케이블교량 분야의 해외 기술 선도를 위해서는, 신형식 및 2km+급 철도병용교 등을 포함하는 미래형 케이블교량 컨셉 설계 및 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 기술 개발도 필요
  - 또한, 현재 국내 케이블교량은 BMS, WIM, 교통, 환경, 재난/재해 등의 관리영역이 분리. 상황 발생시 신속한 대처 및 콘트롤 타워 역할을 위한 통합안전 관리시스템 기술 부재. 케이블교량의 전주기 패키지 엔지니어링 기술은 안전관리 기술을 포함하 형태여야하고, 케이블교량 전용의 통합안전관리 기술 개발 또한 필요
  - 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 해외 진출 기반 마련 및 해외 케이블교량 사업(EPC, Turnkey 등) 참여 등에 필요한 PQ 만족 기회로 활용할 수 있는 방

안의 구축이 필요, 경쟁력 입증 및 해외건설 브랜드화가 시급히 필요

- 케이블교량 개발 기술의 실용화 확대를 위한 관리체계 구축 필요
  - 개발기술 적용 확대를 위한 해외 케이블교량 기술분석/설계 지원/개발기술적용/프로젝트 지원 시스템 부재
  - 개발 기술 실용화 촉진으로 기술 사양화 방지, 관리시스템 구축 필요
  - 케이블교량 연구성과 통합관리/국내외 현장적용 시스템 구축/운영으로 해외진출 실용화 지원 강화 필요

#### □ 국내외

##### 기술동향

- 케이블교량 건설은 설계, 재료, 시공 및 운영 관리를 모두 아우르는 첨단 종합 기술임. 국토교통부는 케이블교량 핵심 기술 국산화 및 자립화를 목적으로 '08년부터 초장대교량사업단('08.12.~'15.12.)을 지원 중에 있음. 그간 연구개발을 통해 다양한 연구 성과 [신뢰도 기반 케이블교량 설계기준 개발, 세계 최고수준의 케이블·강재개발 및 현수교 케이블 시공공법·장비(AS, PPWS) 국산화 등]를 성공적으로 도출하였으며, 다수의 국내·외 교량(이순신대교, 울산대교, 터키 제 3 보스포러스교 및 칠레 차카오교량 등)에 연구성과를 적용하는 등 케이블교량 관련 기초 기반 기술이 확보 되었다고 할 수 있음. 그러나 초장대교량사업단 연구성과의 현장적용 및 해외진출은 개별 기술 단위의 실적이며 글로벌적인 관점에서의 경제성 및 경쟁력 확보는 아직 부족한 실정임.

- 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술 분야
  - 최근 해외 케이블교량 발주시 계획, 설계, 시공, 안전 및 운영관리 등 전 영역을 모두 포함하는 패키지 엔지니어링 기술 제공 요구
  - 이에 따라, 해외 기술선진국들은 케이블교량 통합 솔루션 제공

을 위한 기술력 확보에 매진 중에 있으며, 지속적인 기술개발과 함께 관련 기업의 인수합병 등을 통해 시장영역을 확장중

- 덴마크 COWI의 경우, 이탈리아 메시나대교를 대상으로 계획, 설계, 시공및 유지관리를 연계하는 설계성과품 등을 지속적으로 제시하고 있으며, 홍콩 스톤커터교에 대해서도 설계와 유지관리를 연계하여 LRFR을 도입하는 등 최신 기술을 적용한 새로운 케이블교량 모델 제시 및 기술력 홍보중
- 일본은 JICA 등을 통한 해외 원조사업을 지속적으로 확대하고 있으며, 최근에는 미얀마 양곤시 Thaketa 연결교량에 40억엔, 베트남 북남고속도로 건설프로젝트에 8억 4,739만달러 및 방글라데시 MRT 프로젝트(교량, 전철)에 7억 9,282만달러를 지원하는 등 해외 원조사업을 통해 자국의 기술을 패키지 형태로 이식하고, 장기적으로는 수혜국의 건설시장을 잠식하기 위해 노력중
- 우리나라의 경우, 케이블교량 전주기 통합 솔루션 제공기술의 원천인 기본설계기술 분야(계획, 개념설계 등)의 기술수준이 해외 최고기술 기술보유국 대비 약 80% 수준으로 개발 기술의 확보가 시급히 필요함

○ BIM 기반 케이블교량 전용 전주기 통합 관리기술 분야

- 덴마크(COWI), 영국(ARUP) 등 해외 기술선진국의 경우 다수의 장경간 케이블교량 건설실적을 바탕으로 공정 및 RISK 관리에 대한 노하우를 보유중
- 미국(Autodesk, Bentley), 영국(Allplan) 등은 BIM 기반의 RISK 관리기술을 보유하고 있으며, 건설 전 과정으로 확대 적용중
- 국내 케이블교량의 경우, BMS, WIM, 교통상황, 기후환경, 재난·재해, RISK 등에 대한 관리영역이 분리되어 있어 이상상황 발생시 통합적 대처가 불가능한 상황으로 관련 기술의 개발이 시급히 요구됨.

□ 정부지원의 필요성 및 정책 연계

- 민간 독자 기술개발 한계, 개발기술 통합적용 및 해외진출 구체적 성과도출 어려움
- 케이블교량 특성상 해외 발주시 최신/첨단/통합/최적 기술 반영 요구 증대

- 발주시 요구기술을 민간회사가 독자적으로 개발하기 어려움, 기술 종속화 가속
  - 패키지 통합 기술의 경우 케이블교량 전문분야의 전문연구인력 반드시 필요
  - 산업계를 비롯한 학계, 연구원, 발주기관(공기업 등) 연구 콘소시엄 필요
  - 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화 및 해외진출 확대를 위한 “패키지 기술 개발”에 국가연구비 투입으로(민간부담금 포함) 민간영역의 RISK 요소 해결
  - 공공영역의 연구투자 및 콘소시엄 참여로 개발기술의 현장 적용을 담보하고 개발기술의 사양을 방지, 구체적이고 실존적인 해외진출 성과 도출 가능
- 케이블교량 패키지 기술(전주기 엔지니어링 기술) 분야 기술 추격 필요
- 기술력 중심의 엔지니어링 수주능력 제고를 통한 해외 건설 수주의 고부가가치화, 기술 추격을 위한 연구개발 촉진, 정부의 지원 반드시 필요
- 케이블교량 관련 기술은 공공 기술로서 민간 기업이 개발하고 유지하는데 한계를 갖고 있으며, 해외 기술과 직접적으로 경쟁을 해야 하는 케이블교량과 같은 특수 사회기반 시설의 경우에 연구개발을 촉진시키기 위한 정부의 지원이 필요함.
- 케이블교량 등 국가 주요 시설물에 대한 재난재해 대비/대응 기술 필요, 국가 시설물의 설계 및 관리를 전략적으로 추진 할 수 있는 정부 차원의 지원 필요
- 2015년, 서해대교 낙뢰로 인한 주케이블 화재 및 파손 발생
  - 케이블교량 재난 등 극한상황 대응, 재난방지 및 관리 시스템 등 안전성 확보 기술 개발 요구 및 국가 정책화 필요

- 초장대교량사업단 연구개발을 통해 시장요구사항 기반은 마련하였으며, 이를 바탕으로 동 연구개발을 통해 World Best기술을 개발·확보한다면 시장경쟁에서 매우 우월적 지위를 확보할 것으로 예상되므로 국가주도의 연구개발 사업이 반드시 필요함.
- 중국의 저가 해외 진출 확대 및 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장선점으로 고전중인 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는, 국내 케이블교량 건설 PQ 실적 및 초장대교량사업단 개발, 적용기술을 활용 할 수 있는 시기(5년 이내) 내인 '16년도에 반드시 연구개발사업이 추진되어야 함.
- '13년 9월 VIP 베트남 순방 시 '뜨번-연짜 도로건설사업'의 EDCF 지원에 관한 양해각서(MOU) 체결, 제13차 한-베트남 경제공동위 개최('14.9.) 결과 도로건설 유상원조 사업의 성공적 추진 결의, 현 정부 임기 내('18.2.) 동 연구개발사업의 목표인 “대외원조 연계 케이블교량 패키지형 모델 개발”의 달성 및 도로 건설사업 반영을 위해서는 정부주도의 R&D 과제로 반드시 추진되어야 함.
- 국토교통부 및 VIP 관심 사항으로 연구개발 시급성 및 당위성 확보
  - 2016년 1월, 국토교통부 “16 업무보고” 내수 진작 및 수출 활성화 정책 추진
  - 국토교통 분야 해외진출 활성화 방안으로 대외원조활용 패키지사업 진출 확대
  - EDCF 및 ODA 연계 해외시장 단계별 진출 방안, 케이블교량 패키지 기술 개발
  - 현 정부 임기 내('18. 2.) 성과 달성 및 활용을 위하여 정부 지원 반드시 필요

- “개발협력 등을 통한 수주저변 확대”는 정부주도의 개발협력력을 통한 한국형 인프라 해외 수요 창출 및 한국 해외건설 브랜드화가 목표임. 동 연구개발사업에서 추진하고자하는 단계별 전략형 해외 진출 모델 개발 및 케이블교량 국가 건설 상징 브랜드화의 목표와 부합함.
- 현 정부의 국정목표 및 국정과제 국정기조는 기존 ‘선진국 추격형 경제성장’에서 ‘세계시장 선도형 성장’으로의 패러다임 변화를 포함하고 있어 World Best 기술개발 및 해외진출 모델 개발을 목표로 하는 동 연구개발사업과 부합
- 국정목표1의 ‘창의와 혁신을 통한 과학기술 발전’전략을 통해 미래 선도 창의형 연구개발, 신산업 창출, 사업화 지원
- “고부가가치 산업화”는 투자개발형 사업 진출 확대 및 해외 건설 맞춤형 R&D 추진을 목표로함. 동 연구개발사업은 해외 건설시장 진출 실용화 및 고부가가치 신성장 수출 기술 개발이 목표이므로 정부 지원 방안과 부합함.
- 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략(국과심 본회의, '14.7)
  - 글로벌 시장 진출을 위한 세계 최고수준의 특수교량 첨단 기술 개발
  - 케이블교량 해외 진출 촉진을 위한 글로벌 경쟁력 및 안전 강화 기술 개발과 연계, 국가 연구 지원 사업으로 추진 필요

### 3. 연구개발내용

세부과제별     케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발

#### 연구내용

- (1-1) 해외 케이블교량 대상 신뢰도 기반 비교설계를 통한 경쟁력 분석 및 통합 솔루션 개발
  - 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제

연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석

※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상

※ 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 : 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교

- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)

※ 해외 케이블교량 : 발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상

- BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발 (BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등 활용)

- 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템 개발 등

○ (1-2) 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술 개발

- 민간의 창의적인 아이디어 발굴 및 지원(추후 공모)

○ 연차별 연구내용

(1차년도)

- 케이블교량 관련 기술의 적용성 모니터링

- 해외 케이블교량 후보지조사/발굴, 적용성 분석 및 진출 전략 수립 (국제 공동 연구 포함)

- 해외 케이블교량 후보지 조사 및 분석

- 개발 기술 모니터링, 연계성 및 적용성 평가 등

(2차년도)

- 국가별 설계 기준 적용/영향분석 및 개발 기술 설계 적용성 분석

- 해외 케이블교량 설계 구조계산서 조사/분석 및 영향성 평가

- 국내 설계, 재료, 시공 및 유지관리 개발 기술 반영 전략형 설계성과품 컨셉 설계

- 초장대교량사업단 연구 성과 및 케이블교량 건설 기술 추적/관리/분석 시스템 및 국내외 현장적용/실용화 확산 시스템 구축 등

(3차년도)

- 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 (국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 : 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO-LRFD(미국) 및 Euro-code(유럽) 등 상호 비교)
- 해외 케이블교량 설계 지원 방안 구축 및 (계약, 시공관리, 설계, 성능평가, 전문가 지원 및 양성 등) 제공 시스템 개발
- 초장대교량사업단 통합시범적용교량 관리센터 (운영 및 홍보 포함) 및 기술확산위원회 구축 및 운영 (성과확산, 개발기술위원회 운영 등)

(4차년도)

- 개발기술(초장대교량사업단 및 본과제 연구성과 등)을 적용한 적용성·경제성 분석
- 발주 환경 반영 해외 케이블교량 프로젝트 지원 모델 개발 등
- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 개발 등

(5차년도)

- 글로벌 선도형 해외 케이블교량 프로젝트 및 지원 모델 개발
- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 개발(개념설계 등)
- 케이블교량 해외 건설 브랜드화 및 지속/선도 전략 모델 개발
- 해외 케이블교량 국내 설계 엔지니어링 브랜치 설치 및 운영 지원 등

**4. 연구개발 추진방법**

추진전략     케이블교량 해외진출 통합 솔루션 개발

- 국내 케이블교량 개발 기술들이 반영된 실증 모델은 실현가능한 해외 케이블교량을 대상으로, 해외 기술/기준과의 비교 설계 및 고도화, 기술 적용성, 타당성, 경제성 분석, 프로젝트 모델 및 패키지 성과품 등의 제시로 추진

- 개발기술 적용 해외 케이블교량 비교설계 및 경제성 분석
  - 개도국 대상 유·무상 대외원조 인프라개발 사업이 확대, 방공교(베트남), 우정의 다리(미얀마) 등의 대형 케이블교량 사업 증가에 따른 단계별 해외 진출 지원 추진
  - 국내 설계, 시공 및 유지관리사 참여 및 주도를 통한 국내 케이블교량 기술의 해외진출 기반 활용, 해외의 일반 케이블교량 사업 (EPC, Turnkey 등) 참여에 필요한 PQ 만족 기회로 활용 방안 구축
  - 단위기술이 아닌 케이블교량 관련 기술의 패키지화 요구를 만족할 수 있는 해외케이블교량 설계, 시공, 유지관리 패키지 및 사업 모델 개발 방향으로 추진
  
- 글로벌 선도형 신뢰도기반 통합 설계 기술 개발
  - 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증 및 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시, 국내설계기술 고부가가치화
  - 개발 기술 활용, 국내 케이블교량 기술의 해외 경쟁력 입증/확대 방안 구축 및 경쟁력 확보된 케이블교량 실증 모델 개발
  - 선도형 해외 케이블교량 발굴, 설계, 홍보 및 전문가 양성/지속 방안 구축 및 경제성이 확보된 실증 모델 개발/제안 방향으로 추진
  
- 케이블교량 연구성과 통합관리/해외적용 시스템 구축/운영
  - 케이블교량 관련 개발 기술 추적/관리/분석체계 통합 구축 및 국내외 현장적용/실용화 확산을 위한 지원 시스템 구축/운영
  - 초장대교량사업단 통합시범적용 교량 국내 실현을 통한 해외 현장적용 실용화 확산
  - 초장대교량사업단 시범적용교량 통합관리 시스템(성과홍보/확산 등) 구축 및 운영
  - 연구단 과제 관리, 성과 확산 및 사업화 총괄 지원 방향으로

로 추진

○ 국내 케이블교량 개발기술을 적용한 해외 케이블교량 적용성/ 경제성 분석 및 신뢰도기반 설계기술/기준적용 비교설계를 위한 해외 통합시범적용교량 2곳 이상 제시

- 교량 규모, 형식, 발주국가 등

○ 개발기술 적용 해외 케이블교량 비교설계 및 경제성 분석방법 제시

- 개별기술이 아닌 통합 패키지(설계,재료,시공,유지관리 등) 기술을 적용한 경쟁력 분석 보고서 제시

- 국내 도로교설계기준(케이블교량편)과 해외 선진 설계기준(미국 AASHTO-LRFD, 유럽 Euro-code 등) 상호 비교분석 가치비교

○ 미래형 케이블교량(신형식, 2km이상 철도병용교 등) 개념 설계방법 및 해외교량 1개 이상 제시

- 교량 규모, 형식, 발주국가 등

○ 케이블교량 글로벌 선도 기술 개발

- 추후 연구단 자유 공모과제로 공모 내용, 방법, 절차 등 제시

□ 추진체계

○ 본 공모는 연구단 컨소시엄 공모임

○ 연구성과의 실용화 성공률 극대화를 위한 전략 수립

- 개발기술의 현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례 확보

- 실직적인 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업

의 기술개발 참여도 확대전략 수립

※ 공동구 설계·시공사, 시공장비 제작업체 및 공동구 발주·관리기관 등을 연구수행체계에 적극 포함

- 정부(지자체) 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와의 유기적 협조체제 구축
  - 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처 의견 수렴
  - 현장 애로사항 및 의견을 연구개발에 반영
- 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용
- 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문
- 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모
- 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

## 5. 최종성과물

### □ 주요 성과물

- 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준을 활용한 비교설계 및 개발기술을 적용한 적용성·경제성 분석 대상 해외 케이블교량
  - 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
  - 적용성·경제성 분석 보고서
- 해외 케이블교량 대상 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편(한국), AASHTO- LRFD(미국), Euro-Code(유럽) 등 적용 비교설계 성과품 등
- 국내 개발기술(초장대교량사업단, 본과제 연구성과 등)을 적용

한 해외 케이블교량 기술 적용성, 확장성 및 경제성 분석 보고서

- 해외 케이블교량 대상 미래형 케이블교량(신형식, 2km+급 철도병용교 등) 컨셉 및 개념설계
  - 후보지 조사 및 발굴 보고서(발주 예정 또는 계획 중인 2개 교량 이상) 등
  - 미래형 케이블교량 개념 설계안 등
- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량 선정 및 시스템 구축
  - 케이블교량 전주기 통합 관리시스템 구축 및 운영 매뉴얼 등
- 케이블교량 개발기술 통합 관리 및 활용 지원 시스템
- 국내 케이블교량 분야 현안 해결, 한계 극복 및 글로벌 선도 등을 위한 요소기술

## 6. 활용방안 및 기대효과

### □ 활용방안

- 해외 케이블교량을 대상으로 한 국내외 신뢰도 기반 설계기술·기준 적용 비교설계 성과품 및 경쟁력 분석 보고서
  - 해외 케이블교량 관련 대외원조(ODA, EDCF, ADB, AIIB) 사업 등에 국내 기술정보 제공, 현장적용 지원 및 수혜국의 발주자료로 활용
  - 해외 케이블교량 관련 PPP, BOT 사업 등 발굴·추진을 위한 기술정보 제공 및 국내 건설기업의 대상국 사업 비딩 자료로 활용
  - 글로벌 케이블교량 시장에서 국내 기술력 입증, 홍보 및 성과확산 지원을 위한 기초자료로 활용
- BMS, WIM, 기후환경, 재난·재해, RISK 데이터 등을 활용한 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템
  - 국내 시범적용교량에 시스템 구축 및 운영 결과를 바탕으로 국내 케이블교량에 확대 적용을 위한 근거자료로 활용

수요처		활용방안
설계분야		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외원조 사업 활용 해외 케이블교량 설계 수주 및 기술 지원, 해외 케이블교량 사업 참여에 필요한 PQ로 활용</li> <li>- 케이블교량 전주기적(설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 등) 기술 확보 해외 경쟁력 강화</li> <li>- 메시나대교와 같은 초장대교량의 경쟁력 있는 모델 제시/국제 발표/홍보 등으로, 국내설계기술 국제 선진 기술 입증</li> <li>- 성능평가/사업관리 기술이 피드백, 업데이트된 설계기준을 통한 국제 선도형 케이블교량 설계</li> <li>- 국제 케이블교량 시장에서 고부가가치 엔지니어링 기술 확보 입증</li> <li>- 한계상태설계법기반 설계지침을 바탕으로 한 케이블교량 및 지반구조물 합리적 설계 기술 고도화</li> <li>- 글로벌 기술·가격 경쟁력 확보</li> <li>- 설계 인력 전문화 및 고급화</li> </ul>
시공분야	사업 발주기관 (정부부처/공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개도국 개발 마스터플랜 수립을 지원한 후, 금융을 연계 제공하여 수주와 연결하는 패키지형 인프라 해외수출 추진</li> <li>- 국제기준이 반영된 최적 사업관리 체계를 바탕으로 한 경제적 발주 및 리스크 최소화</li> </ul>
	민간기업 (해외건설 프로젝트)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터·지식·기술 기반 케이블 사업관리 가이드라인을 통한 합리적 기술 경쟁력 및 이익 극대화</li> <li>- 해상 교량기초 건설비용 30% 절감을 통한 해외 수주 경쟁력 확보</li> </ul>

수요처		활용방안
유지 관리 분야	유지관리 기관 (정부부처 /지자체 /공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 재난/재해 대비 및 대응 기술 확보로 유지관리 리스크 최소화</li> <li>- 케이블교량 성능평가/운용관리 지침 작성 예제 및 가이드라인을 통한 효율적/경제적 교량 유지관리</li> <li>- 정량적 성능 평가로 효율적이고 합리적인 의사결정</li> <li>- 개발도상국 등 해외 케이블교량 건설 잠재국에 국내설계 엔지니어링 브랜치 설치 및 운영 지원, 기술 종속화로 지속적 성장 모델 제안 가능</li> <li>- 케이블교량 해외 건설 브랜드화 및 지속/선도 전략 모델 제안으로 건설분야 지속적 먹거리 창출 가능</li> </ul>
	민간기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 성능평가/운용관리 지침 작성 예제 및 가이드라인을 통한 업무 효율성 증진</li> <li>- 관련기술 특허로 인한 지적 재산권</li> <li>- 케이블교량 보수/보강 기술로 사업영역 확장</li> <li>- 성능평가라는 블루오션 글로벌 경쟁력 선점</li> </ul>
연구인프라		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계측을 통한 빅데이터 인프라 확보</li> <li>- 고급 연구인력 양성</li> <li>- 케이블 교량 데이터·지식·기술이 통합된 지속 가능한 연구 인프라 구축</li> <li>- 국제 공동 연구 및 지원을 통한 해외현장 적용 및 실용화 확산 모델/인력 지원방안 구축 (개도국 및 기술선진국 포함)</li> </ul>

□ 기대효과

- 케이블교량 연구개발사업을 통한 직접편익은 약 1조 2,500억 원, 생산유발효과 및 고용유발효과는 각각 약 2조 6,000억원 및 약 15,300명일 것으로 추산 (2020년 기준)
- 케이블교량 통합 솔루션(계획, 설계, 시공, 안전 및 운영관리 등 연계) 기술 확보로 국내 케이블교량 분야 글로벌 경쟁력 강화 및 해외 진출 확대 가능
  - 중국의 저가진출, 일본의 해외 원조사업을 통한 동남아시아 선점 및 기존 기술강국인 유럽·미국 사이에서 고전하고 있는 국내 케이블교량 산업의 해외 진출 확대에 미래먹거리 및 일자리 창출 가능
- 중국(저가진출), 일본(동남아시아 선점) 및 유럽(기술경쟁력) 사이에서 고전하고 있는 국내 케이블교량 산업의 해외 진출 확대, 미래 성장 동력 창출

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2016.06 ~ 2021.05 (5년)
- 총 정부출연금 : -

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 연구단컨소시엄 신청시 연구단장 신청자는 반드시 세부과제의 주관연구책임자 또는 총괄과제의 연구책임자로 참여하여야 함
  - ※ 연구단장은 연구단의 효율적 운영·관리를 위해 총괄과제 수행 가능

- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
  - ※ [www.kaia.re.kr](http://www.kaia.re.kr), <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
  - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
  - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
    - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
  - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
    - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
  - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
  - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
    - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
  - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
  
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
  
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
  - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
  
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
  - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
  - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
  - 연구 추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
  
- 연구수행기관으로 선정 이후 필수 이행사항
  - 주기적 특허 및 시장 동향 조사 실시

- 총 연구기간 중 최소 2회(중간/종료 단계) 이상의 연구성과 점검 및 파급효과 분석을 실시(별도 보고서 제출)
  - 실용화 대상 기술에 대한 기술설명서(SMK)를 작성하여, 연구개발 완료시점에 제출
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
- ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조
- 기타 세부적인 연구내용, 주요 성과물, 세부과제별 연구비(안) 등은 ‘케이블교량 성능 최적화 기술 개발’ 기획보고서 참조

[2세부과제] 해케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발

세부과제명	케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 개발
<p>1. 연구개발 목표</p>	<p>케이블교량 재난재해 레질리언스 확보를 위한 위험도 평가 및 선도적 대응 기술력 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폭발, 충돌, 화재 등 인공재난에 대비하기 위한 하중 효과 모형화, 부재요소의 극한상태 성능 평가, 교량 시스템 수준 상태 및 극한 위험도 평가 기술력 확보</li> <li>- 강풍, 강진 등 자연재해에 대한 교량의 안전성 및 사용성 확보를 위한 데이터 기반 평가, 재해저감 기술 및 운용 중 레질리언스 상시 유지 기술 체계 구축</li> </ul>
<p>2. 연구개발 필요성 및 기술동향</p>	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성      <input type="radio"/> 인공재난 대비 연구개발 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (극한성능평가) 최근 사회적으로 테러로 인한 폭발 및 비행체 충돌 등 인공재난에 대한 위험이 증가함에 따라 이에 대한 케이블교량의 거동 분석 및 대비기술 개발이 필요함. 특히 이와 같은 인공재난은 매우 큰 하중을 유발하므로 재료 및 부재의 극한상태 성능평가기술이 필수적으로 개발되어야 함.</li> <li>- (시나리오별 위험도평가) 인공재난은 자연재해와 달리 통계적 자료에 기반한 위험도 예측이 매우 어려움. 따라서 각 재난의 특성을 고려한 시나리오별 케이블교량 시스템의 붕괴 위험도 평가기술이 확보되어야만 재난재해별로 위험도를 평가하고 설계-시공-운영 각 단계별로 대비, 대응, 복구하는 전주기적 엔지니어링이 가능함. 해외 케이블교량 사업 발주 시 전문적인 리스크 관리 등 전주기적 엔지니어링 기술 역량이 특별히 요구되므로, 국제 케이블교량 프로</li> </ul>

젝트의 기술적 우위 선점, 글로벌 리더로서의 위상 확립을 위해 이러한 기술력을 확보하는 것이 시급한 과제임.

-(데이터기반 상태평가) 최근 서해대교에서 발생한 낙뢰로 인한 케이블 화재사건과 그 복구과정에서 볼 수 있듯이 재난 재해 최적대응을 통해 사회경제적 피해를 최소화하기 위해서는 운용중인 케이블교량의 구조물 상태를 계속 데이터에 기반하여 상시적으로 정확히 파악하고 있는 것이 매우 중요함.

하지만, 운용중인 케이블교량의 정량적 성능평가 기준이 제대로 확립되어 있지 않고, 대부분의 평가방법이 표면적인 성능평가 정보의 축적과 전달에 의존하는 정성적인 분석이며, 자연히 정량적 성능평가에 기반한 의사결정체계가 구축되지 못함. 따라서 공용중 케이블교량의 계측데이터를 분석하여 재난/재해요인을 파악하고 이를 토대로 정량적인 성능평가가 가능토록 해야 함. 나아가 케이블교량 한계상태설계법 기반의 정량적인 성능평가(예: LRFR 등)로 운용 관련 다양한 의사결정에 이바지할 수 있도록 하여 재해상황이나 문제 발생시 경제적·사회적 손실을 최소화 가능하도록 해야함.

○ 자연재해 대비 연구개발 필요성

-(강풍·강진) 최근 장대교량설계기술의 발전, 고성능 재료와 첨단시공법의 개발로 강진과 태풍 등 극한환경으로 인해 기존에 교량건설이 어려웠던 지역에서도 도전적으로 케이블교량 사업을 추진하고 있음. 또한 운용 중 교량에도 강풍과 지진 등으로 인해 교량의 사용이 제한받는 사례가 빈번히 발생하고 있음. 따라서 재해발생 전후에 교량의 안전성 및 사용 위험도를 적절히 평가, 판단할 뿐만 아니라 재해에 따른 영향을 최소화 할 수 있는 ICT융합 기술 등을 활용한 재해 위험도 저감기술의 개발이 필요함.

-(이상진동) 케이블교량의 경우 복잡한 풍진동 특성과 이에 대한 이해 부족으로 제2진도대교의 병렬진동 및 사장재 진

동, 이순신대교의 와류진동, 울산대교의 행어 진동 등과 같은 이상진동이 발생함. 이러한 이상진동에 대응하기 위한 케이블교량의 동특성 평가기술이 필요함. 또한 강풍 시 주행속도 관리 및 차량 전면통제에 대한 규정이 미비하기 때문에 케이블교량의 사용성 관리지침의 개발이 필요함.

-(레질리언스 확보) 재해재난에 대비한 케이블 교량 전주기적 운용의 핵심은 재해재난 발생 이후에 교량의 안전성과 사용성에 대한 정확한 판단을 통해 가능한 신속하게 교량운용을 재개하는 것임. 이를 위해서는 자연재해 유형별로 데이터에 기반한 구조물 상태 상시파악, 건전성 평가, 노후화 고려 잔존수명 예측 등을 수행하여 구조물 신뢰도 평가, 재난재해 레질리언스 상시 확보 및 복구기술을 개발할 필요가 있음.

□ 기술동향

- 국내 재난/재해 대응 기술의 경우 케이블교량별(영종대교, 서해대교, 광안대교, 삼천포대교 등)로 각각 재난/재해 관리 매뉴얼을 구축하고 있으나 관리 기준의 **합리적 근거가 미비하고, 신뢰도기반 설계가 정착되었음에도 신뢰도기반 평가 및 관리 지침이 부재함.**
- 구체적으로 국내 인공재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 부재요소별 극한성능평가 기술 분야는 원자력발전소와 같은 특수 구조물을 제외하고는 사고, 테러 등으로 인한 충돌, 화재, 폭발 등 인공재난 하중 및 부재요소에 대한 **종합적이고 체계적인 설계절차가 수립되어 있지 않음.**
- 또한 국내 재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 기술 분야는 원자력구조물에 대한 항공기 충돌, 교각 등 일반교량에 대한 차량충돌, 케이블교량에 대한 선박충돌 등, **일부 인공재난 시나리오에 대한 부분적 연구는 수행된 바 있으나, 케이블교량 시스템의 붕괴 위험도 평가 등 설계-시공-유지관리를 아우르는 전주기적 관점에서 인공재난 시나리오에 대한 종합적 연구는 수행되지 않고 있음.**

- 그리고 국내 강풍·강진 상황 신뢰도기반 케이블교량사용 위험도 평가 및 저감 기술 분야는 강풍, 강진 등 재난/재해 대응 설계기술 등은 글로벌 시장에서 반드시 필요한 핵심기술이나, 그동안 국내입지 및 건설시장의 환경적 요인으로 인해 **개발이 더딤**.
- 국내 이상진동대응 케이블교량 동특성 평가 기술 분야는 케이블교량의 이상진동 사례가 최근에 보고되고 있으나 **현상규명 정도의 수준에 머물고 있음**. 동특성을 포함한 원인분석 및 이상진동 발생시 사용성 유지를 위한 관리지침은 개발되지 않고 있음.
- 국내 재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구 기술은 재난재해 상황시 교량 계측 데이터와 IT 기술을 활용한 신속하고 정확한 의사결정 및 케이블 교량 기능 복구를 위한 기술, 그리고 국내의 경우 교량시스템의 레질리언스를 상시 확보하는 기술은 **아직 확립되지 못하고 있음**.
- 한편 국외의 경우 재난/재해에 대해 EU의 ESPON 프로젝트, 대만의 HAZ-Taiwan 프로젝트, 네덜란드의 Delta Works Project, 미국의 국토안보부와 연방재난관리청, 일본의 총리대신관저, 중앙성청 및 전국의 방재기관 등을 통해 국가 차원에서 시스템화하여 관리하고 있음. 또한, 미국의 재난관리용 통신시스템 ASMC SkyCell과 재해맵기반 재난관리시스템 Hazus-MH, 일본의 정부전용 인공위성 방재무선통신망 운영, 캐나다의 실시간 긴급재난관리시스템(REM\_SAT) 등 ICT 기술을 활용해 재난재해에 대응하려 하고 있음. 따라서 국내에서도 재난/재해 대비 기술을 개발하여 합리적인 근거를 갖춘 케이블교량의 평가 및 관리지침이 필요함.
- 국내 데이터 및 신뢰도 기반 케이블교량 상태 평가 기술(LRFR 등) 분야는 2000년대 초반 서해대교와 영종대교에 구축된 유지관리 계측시스템의 **10년 이상 운영을 통하여 계측시스템 구축 및 데이터 축적분야에서 성숙기에**

접어들고 있음. 하지만 이를 구체적으로 활용하여 케이블교량의 운용 및 유지관리에 관한 의사결정법을 도출하는 것에 대한 연구는 아직 가시적 성과가 미흡함.

- 국외의 경우 케이블교량 상태평가 기술과 관련하여 미국 NCHRP Report 534(2004) 「Guidelines for inspection and strength evaluation of suspension bridge parallel wire cables」와 미국 FHWA(2012) 「Primer for the inspection and strength evaluation of suspension bridge cables」에서 현수교 케이블의 조사 및 강도평가 기법에 대해 정리하고 있음. 미국 DOT&FHWA(2012) 「Bridge inspector's reference manual」에서 케이블교량의 조사 및 점검에 대한 내용을 제시하고 있음. 일본 JICA 협력사업으로 필리핀 Department of Public Works and Highways(2014) 「Bridge inspection manual for suspension bridge (special bridge)」를 발간하였으며, 대부분이 조사에 대한 내용을 포함하고 있음.
- 또한 데이터 및 신뢰도기반 기술 분야에서 일본과 미국의 경우 케이블 교량 계측자료는 대상교량의 설계 시 가정된 여러 가지 변수(장력, 풍속 등)의 변화를 추적하거나, 초기거동 및 장기거동 계측치를 토대로 운용 중 발생 가능한 성능저하를 예측할 수 있는 기법(예: 특수교 건전성평가 기법)을 연구하기 위한 기초자료로 활용되며 이 분야에 대한 연구가 현재 활발히 진행 중에 있음. 중국의 경우 자국 내 케이블 교량 수요를 적극 활용하여 교량 설계 및 시공기술 개발을 유도하고 있으며, 10년 이상 장기 운영된 칭마대교의 경우 데이터 마이닝 등의 계측 분석기술의 개발을 위한 테스트베드로 적극 활용되고 있음. 이러한 노력은 Y-L. Xu and Y. Xia (2012) 「Structural Health Monitoring of Long-Span Suspension Bridge」에서 그 전반적인 내용들이 집대성되어 소개되고 있음. 미국의 AASHTO와 유럽의 Eurocode는 일반교량에 대한 신뢰도기반 성능평가 기술

을 활용하고 있음. 국외의 경우도 케이블교량에 대한 신뢰도기반의 평가 기술과 계측데이터와의 직접 연계방법에 대한 개발이 미비하므로 국내에서 수집되는 계측데이터를 활용한 신뢰도기반 평가기술 및 관리지침의 개발이 필요함.

### 3. 연구개발 내용

1-1세세부: 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도기반 방재설계 기술 개발

- 인위재난(폭발, 충돌, 화재 등)에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한성능평가 기술 개발
- 인위재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 및 방재설계기술 개발
- 운용중 빅데이터 활용 신뢰도 기반 케이블교량 상태 평가기술 개발(LRFR 등)

1-2세세부: 자연재해 대비 신뢰도기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시 확보기술 개발

- 강풍·강진 상황 신뢰도기반 케이블교량사용 위험도 평가 및 저감기술 개발
- 이상진동대응 케이블교량 동특성 평가 및 자연재해 발생 시 사용성 관리지침 개발
- 인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발

(1차년도)

- 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 상시확보연구 대상 케이블교량 선정
  - 교량의 대표성 및 중요도, 장단기 데이터 획득 가능성 등을 토대로 대상 교량 후보군 도출 및 선정
- 대상 교량의 계측시스템 분석 및 보완 설계 수행

(2차년도)

- 재난재해 레질리언스 핵심 요소기술 개발
  - 인공재난 모사 구조해석기술 개발
  - 자연재해에 대한 운용중 취약 요소 정립 및 확률적 취약도 분석법 개발
- 계측시스템 보완 구축, 자료 수집 및 분석
- 부재 및 교량시스템 차원의 운용 중 신뢰도 평가기술 개발

(3차년도)

- 재난재해 레질리언스 핵심 요소기술 확보
  - 인공재난 대비 부재 및 교량시스템 극한성능 평가기술 확보
  - 자연재해에 대한 구조 안전성 및 운용상 사용성 관점의 레질리언스 평가 기술 확보
- 신뢰도기반 교량평가기술(LRFR) 확보

(4차년도)

- 재난재해 레질리언스 핵심 요소기술의 적용성 검증
  - 시범적용 교량에 대한 인공재난 시나리오별 성능 평가, 개선 방안 제시 및 검증
  - 시범적용 교량에 대한 자연재해 구조 안전성 및 운용상 사용성 평가, 개선 방안 제시 및 검증
- 시범적용 교량에 대한 신뢰도기반 평가 실시 및 상시 신뢰도 검증

(5차년도)

- 재난재해 레질리언스 및 상시 신뢰도 확보 기술의 운용 단계 적용 지침개발
  - 케이블교량 재난재해 레질리언스 확보를 위한 예제 포함 방재지침 개발
  - 케이블교량 상시 신뢰도기반 평가지침 개발

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
  - 계측데이터, 위험도평가, 설계, 재해저감 및 레질리언스 의사결정 기술간 긴밀한 협조체계를 구축하여야 하며, 시범적용 교량을 통한 연구결과물의 적용성과 우수성을 입증하는 계획이 구체적으로 제시되어야 함.
    - 1단계 : 기초자료 조사 및 분석, 이론 기법 개발
    - 2단계 : 시범적용 교량 적용 및 검증
    - 3단계 : 실용화 및 운용 가이드라인 개발 등
  - 고려하는 시범적용 대상교량에 대하여 활용방안을 구체적으로 제시해야 함. 또한 해당 교량의 활용을 위한 관계 기관과의 협력 가능성을 제시해야 함.
  - 산학연 컨소시엄 형태의 기술융합 아이디어를 제시해야 함.
  - 상시 및 재해재난시의 평가를 위한 확률적 개념의 도입 과정에서 초장대교량사업단에서 개발된 설계기준에 적용된 신뢰도 이론 및 확률모델을 기반으로 함으로써 케이블 교량 계획-설계-시공-유지관리 전주기적에 걸친 운용상 일관성을 확보할 수 있는 연구전략을 제시해야 함.
  - 본 연구는 타 연구과제에서 개발된 센서나 로봇 등을 제시된 연구목적 달성을 위해 활용하는 것은 가능하나 관련 기술을 개발하는 것 자체는 연구대상에 포함하지 않음.
  - 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 및 건설교통기술촉진연구사업(연구장비 인프라 과제)으로 구축중인 실험시설(예: 극한상태 구조특성 실험시설 등)을 우선활용하는 방안을 제시.

□ 추진체계

- 아직 정립되지 않은 이론을 체계화하는 기술개발적 성격이 강하기 때문에 국제적 연구역량을 토대로 연구진을 구성하되 현장적용과 실용화를 위해 교량 관리주체 및 민간 기관과의 유기적 협력체계를 구축하여 연구를 추진해야 함.
- 초장대교량사업단의 유관 성과물을 최대한 활용할 수 있는 추진체계를 구축하며 또한 본 과제의 성과물을 역으로 초장대교량사업단에서 반영할 수 있도록 추진체계를 구축함.

5. 최종성과물

□ 주요

최종성과물

최종 성과물	파급효과
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 재난재해 위험도평가 및 레질리언스 확보 기술(SW 및 예제집)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 상부구조 극한 성능평가</li> <li>- 인위재난 시나리오별 케이블교량 붕괴 위험도 평가</li> <li>- 케이블 교량 상태평가를 위한 운용 중 빅데이터 저장, 분석, 가시화 및 의사결정</li> <li>- 재난재해 상황별 신뢰도 기반 사용 위험도평가</li> <li>- 케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성 식별, 상태평가</li> <li>- 재난재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이블교량 관련 인적 재난 및 자연재해 대비 및 대응 기술 고도화</li> <li>○ 케이블교량 관련 인적 재난 및 자연재해에 신속대응하고 상시 레질리언스를 확보함으로써 재난재해 피해 최소화</li> <li>○ 케이블교량 설계-시공-운용-유지 관리 전주기적 엔지니어링 기술의 글로벌 경쟁력 강화 및 해외수주 확대</li> <li>○ 디지털 플랫폼 서비스 활용 新 비즈니스 모델 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교량 유지관리 컨설팅</li> <li>- IT 기반 교량 운용관리 HW/SW 시스템 구축 사업</li> <li>- 리스크 기반 교량 사업·운용·유지</li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 재난재해 대응 케이블교량 설계 및 운용 지침 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 개정판</li> <li>- 인위재난 시나리오별 방재 설계 예제집</li> <li>- 재난재해별 레질리언스 확보, 대응 복구 방안</li> <li>- 재난재해 상황별 사용 위험도 저감을 위한 운용기술</li> <li>- 신뢰도기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR)(안) 및 적용예제</li> <li>- 케이블교량 이상진동 대응 운용 관리 지침(안)</li> </ul> </li> <li>○ 케이블교량 재난재해 위험도 평가 및 레질리언스 확보기술 실증 T/B <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개별 성과물 통합 적용한 실교량 T/B</li> </ul> </li> </ul>	<p style="text-align: center;">관리 서비스</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 빅데이터 비즈니스</li> </ul> <p>○ 공공 건설사업 데이터의 지속가능한 관리 및 활용 인프라 구축</p>
---	--

□ 세세부과제별 최종성과물

구분	최종성과물	비고
<b>1-1세세부: 인위재난 대비 극한거동 분석 및 신뢰도기반 방재설계 기술 개발</b>		
<p>인위재난에 대한 상부구조 주요 부재요소별 극한 성능 평가 기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이블교량 상부구조 극한성능평가 해석 매뉴얼, SW 및 예제집 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀 초기형상 해석, 공탄성표준해석, 대변형, 상하부경계 및 일체화, 충돌, 폭발, 화재해석 등</li> </ul> </li> <li>• 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 개정판</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인공재난: 충돌(선박, 비행체, 차량), 폭발, 화재 등</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인위재난 하중 등 포함</li> <li>• 개발기술 적용 실적 T/B</li> </ul>	
<p>인위재난 시나리오 별 교량시스템 붕괴 위험도평가 및 방재설계기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인위재난 시나리오 별 케이블교량 붕괴 위험도 평가 매뉴얼, SW 및 예제집</li> <li>• 인위재난 시나리오 별 대응 케이블교량 방재설계 예제집 <ul style="list-style-type: none"> <li>- &lt;도로교설계기준 (한계상태설계법) 케이블교량 편 개정판&gt;성과물 적용</li> </ul> </li> <li>• 개발기술 적용 실적 T/B</li> </ul>	
<p>운영중 빅데이터 활용 신뢰도 기반 케이블교량 상태 평가기술(LRFR 등) 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이블 교량 상태 평가를 위한 운영중 빅데이터 저장, 분석, 가시화 및 의사결정 시스템 SW <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하둡(Hadoop), 스파크(Apach Spark) 등을 활용한 케이블교량 운영 빅데이터 플랫폼</li> <li>- 요구기능: 케이블교량 상태평가, 주요부재 수명예측, 부재별 보수·보강 의사결정 지원 등</li> </ul> </li> </ul>	<p>*Load &amp; Resistance Factor Rating</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신뢰도 기반 케이블교량 성능평가기준(LRFR*)(안) 및 적용예제</li> <li>• 개발기술 적용 실증 T/B</li> </ul>	
<b>1-2세세부: 자연재해 대비 신뢰도기반 위험도 평가 및 레질리언스 상시확보 기술 개발</b>		
강풍·강진 상황 신뢰도기반 케이블교량 사용 위험도 평가 및 저감기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이블교량 자연재해 상황별 신뢰도 기반 사용 위험도 평가 매뉴얼, SW 및 예제집</li> <li>• 케이블교량 자연재해 상황별 사용 위험도 저감을 위한 운용기술</li> <li>• 개발기술 적용 실증 T/B</li> </ul>	
이상진동 대응 케이블교량 동특성 평가 및 자연재해 발생 시 사용성 관리 지침 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이블교량 이상진동 대응 최적 데이터 획득, 동특성 식별, 상태평가 SW</li> <li>• 케이블교량 이상진동 대응 운용 관리 지침(안)</li> <li>• 개발기술 적용 실증 T/B</li> </ul>	
인위재난·자연재해 유형별 케이블교량 레질리언스 상시 확보 및 복구기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재난재해 유형별 케이블교량 상시 레질리언스 평가 인덱스* 및 SW</li> <li>• 재난재해 유형별 케이블교량 레질리언스 확보, 대응 및 복구 지침(안)</li> <li>• 개발기술 적용 실증 T/B</li> </ul>	*레질리언스 역량을 평가하기 위한 매트릭스, 지수 등

6. 연구기간 및 지원예산	
<input type="checkbox"/> 전 체	<input type="radio"/> 총 연구기간 : 2016년 6월 ~ 2021년 5월(5년) <input type="radio"/> 연구비 예산 : -
7. 기 타	



[3세부과제] 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발

세부과제명	케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발		
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상부구조에 비하여 상대적으로 취약한 케이블교량 하부구조 분야의 신뢰도기반 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 개발</li> <li>○ 케이블교량 건설 시장에서의 글로벌 경쟁력 강화를 위하여 그동안 기술력의 한계로 인식되어 온 특수지반 물성평가 및 비선형 지반 구조물 해석기술 개발</li> <li>○ 해외 케이블교량 시장에서 국내 기업의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 초대형 앵커리지, 대형 연성기초, 연약지반 대구경 항타말뚝 등의 해외 맞춤형 ENG 기술 개발</li> <li>○ 신설 케이블교량 신뢰도 기반 설계기준의 글로벌 확장을 위한 세계 최고 수준의 설계 기술 개발 및 초장대교량 사업단을 통해 개발된 경제적 설계 기술 집대성</li> </ul>		
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">□ 연구개발의 필요성</td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 시장 진출 확대와 경쟁력 강화를 위해서는 해외 현장의 지반특성에 적합한 설계기술의 개발이 필요함. 이를 위해서는 연약·특수지반에 대한 지반평가 및 통계·확률론에 근거한 정량적 해석·평가 기술의 확보가 요구됨.</li> <li>○ 지반의 물리적, 공학적 특성파악은 경제적이고 안전한 구조물 설계를 위한 필수적인 요소로서 이에 따라 지반 특성 및 환경을 고려한 특수지반에 대한 보다 정확한 평가와 설계기술의 개발이 필요함.</li> <li>○ 하지만 지반의 불확실성을 고려한 설계 기준정립에 대한 연구가 미비하여 취약한 지반환경에서의 지나치게 보수적인 설계가 공비/공기의 상승을 초래함에 따라 현지 지반특성을 고려한 신뢰도기반 맞춤형 ENG기술 확보가 시</li> </ul> </td> </tr> </table>	□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 시장 진출 확대와 경쟁력 강화를 위해서는 해외 현장의 지반특성에 적합한 설계기술의 개발이 필요함. 이를 위해서는 연약·특수지반에 대한 지반평가 및 통계·확률론에 근거한 정량적 해석·평가 기술의 확보가 요구됨.</li> <li>○ 지반의 물리적, 공학적 특성파악은 경제적이고 안전한 구조물 설계를 위한 필수적인 요소로서 이에 따라 지반 특성 및 환경을 고려한 특수지반에 대한 보다 정확한 평가와 설계기술의 개발이 필요함.</li> <li>○ 하지만 지반의 불확실성을 고려한 설계 기준정립에 대한 연구가 미비하여 취약한 지반환경에서의 지나치게 보수적인 설계가 공비/공기의 상승을 초래함에 따라 현지 지반특성을 고려한 신뢰도기반 맞춤형 ENG기술 확보가 시</li> </ul>
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 시장 진출 확대와 경쟁력 강화를 위해서는 해외 현장의 지반특성에 적합한 설계기술의 개발이 필요함. 이를 위해서는 연약·특수지반에 대한 지반평가 및 통계·확률론에 근거한 정량적 해석·평가 기술의 확보가 요구됨.</li> <li>○ 지반의 물리적, 공학적 특성파악은 경제적이고 안전한 구조물 설계를 위한 필수적인 요소로서 이에 따라 지반 특성 및 환경을 고려한 특수지반에 대한 보다 정확한 평가와 설계기술의 개발이 필요함.</li> <li>○ 하지만 지반의 불확실성을 고려한 설계 기준정립에 대한 연구가 미비하여 취약한 지반환경에서의 지나치게 보수적인 설계가 공비/공기의 상승을 초래함에 따라 현지 지반특성을 고려한 신뢰도기반 맞춤형 ENG기술 확보가 시</li> </ul>		

급함.

- 해외 케이블교량은 일반적으로 연육, 연도교는 물론 해엽교에도 적용되고 있으며, 암반층은 물론 토사 및 연약퇴적층 구간에 적합한 새로운 형식의 앵커리지 구조물 개발이 요구되며, 연약지반을 대상으로 하여 개발된 일본의 앵커리지 설계지침을 수십 년째 국내 암반 지반에 적용함으로써 과다설계의 주요 요인으로 지적받고 있는 앵커리지 설계기술의 개선이 시급히 요청됨.
- 해외시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 과도하게 엄격한 허용침하량 기준의 설계가 아닌, 구조물의 사용성에 기반을 둔 효율적이고, 경제적인 비선형 설계 기술 개발의 중용성이 대두되고, 침하예측 및 접지압 저감, 기초부부력 등에 대한 설계기술의 개선과 확보가 필요함.
- 국내 건설사들의 베트남이나 태국, 인도네시아와 같은 동남아시아로의 진출이 증가하고 있음. 이러한 동남아시아 건설 지역의 대부분은 연약지반층이 두껍고 암반이 매우 깊은 심도에 위치하는 특징을 지님. 이러한 현장에서 빈번히 시공되고 있는 대구경 향타말뚝에 대한 합리적 지지력 평가기술 부재와 설계기술 부족으로 인해 기초공사비 과다 지출은 물론 국외 선진 설계사 대비 국내 건설사의 기술장벽으로 작용하고 있음.

#### □ 기술동향

- 국외에서는 토사와 암반의 중간성질을 지니는 풍화대 지반에 대해서 Intermediate Geo-material(IGM) 으로 분류하고(O'Neill 등, 1996), cohesive IGM 과 cohesionless IGM으로 나누어 이에 대한 상세 지지력 산정 기준을 마련하고 있음.
- 그러나, 국내 지반은 비교적 얇은 심도에서 암반층이 나타나는 특성을 보이고 있기 때문에 현장타설말뚝, 앵커리지 등 대형기초의 안정성 확보를 위해 국내에서는 대부분 풍화암 또는 연암에 기초 선단을 위치시키고 있음. 풍화토와 풍화암으로 구성된 풍화대는 선단지지력 또는

주면마찰력이 발현되는 주요 지지층의 역할을 수행하므로, 풍화대 지층의 심도와 그 두께를 결정하는 것은 매우 중요함.

- 따라서, 국내의 경우 경질풍화토에 대한 분류 기준 부재로 인하여 기초 설계 시 경질풍화토를 포함한 풍화토 전체의 주면마찰력을 무시하고 보수적으로 설계하는 것이 일반적이므로 과다설계 및 기초공사비 상승 주요 요인이 되고 있음. 지반의 지지력을 보다 정확하고 합리적으로 설정하기 위해서는 경질 풍화토를 포함하여 토사 및 암반 분류 기준이 표준적으로 정립되어야 하며, 이를 토대로 지지력 평가가 필요함.
- 지반분야 신뢰도기반 설계의 경우 유럽 연합 위원회 (Commission of European Communities, CEC)에서 개발된 유로코드에 의거 하중, 토질정수, 설계 공식 및 시공오차 등에 대한 부분안전계수 개념을 도입하고 있으며, 미국과 캐나다를 중심으로 한 북미 선진국에서도 지반구조물 LRF설계법이 개발되어, 미국의 경우 연방도로국의 교량 설계기준(AASHTO, 2010), 빌딩과 구조물에 대한 국립표준설계기준(ANSI)에 적용되었고, 캐나다에서는 캐나다 고속도로 교량설계기준(Canadian Highway Bridge Design Code, CHBDC)(MOT, 1992) 및 Canadian Foundation Engineering Manual(CGS, 1992) 등의 설계기준에 적용되고 있음.
- 반면, 국내의 경우 지반분야의 한계상태설계법에 대한 체계적인 연구의 미비로 여전히 허용응력설계법이 일반적이며 구조물의 저항력을 결정하고 안전성을 비교함에 있어 주로 경험과 판단에 근거한 전체안전율을 사용하고 있는 실정으로서 케이블교량 전체의 설계엔지니어링 기술력을 저하시키고 해외 설계사에 의존할 수밖에 없는 기술장벽의 주요 장애요인이 되고 있음.
- Messina Bridge 등 해외 케이블교량 시공 계획에 따르면 연육, 연도교는 물론, 해협교 형태도 나타나고 있음.

며, 풍화대, 연약 암반층 구간에 적합한 초대형 연성기초, 신개념 앵커리지 등의 새로운 기초시스템 개발을 시도하고 있음. 이러한 대형 해상 하부구조 설계의 해외 진출을 위해서는 과도하게 엄격한 허용침하량 기준의 설계가 아닌, 구조물의 사용성(Serviceability)에 기반을 둔 효율적이고 경제적인 설계 기술 개발의 중요성이 대두되어 신뢰도기반 설계기술의 확보는 물론, (부등)침하 및 접지압 예측 등에 대한 설계기술의 개선과 확보가 필요함.

- 대형 연성기초에 대한 국내 설계는 지반의 불확실성 및 시공품질의 편차를 고려하여 보수적인 설계가 이루어지고 있는 상황으로서 대규모 구조물 계획에 따라 열악한 지반조건에 적용할 수 있는 기초설계에 대한 연구가 필요함. 즉, 기존의 암반 근입설계가 아닌 주변마찰력을 합리적으로 고려한 설계가 요구되며, 이에 따라 장기 침하 거동과 공용중 지지거동 확보를 위한 사용성 기반 설계 기법 개발이 시급함.
- 케이블교량의 대표적인 초대형 하부구조인 앵커리지는 일본, 중국 그리고 유럽에서 계획된 장경간 현수교의 앵커리지 시공에 대한 공학적 거동 분석 위해 해석적 연구가 수행되고 있으며, 암반지반 안정해석 및 앵커리지 지지능력에 대한 수치해석 연구에 기반한 앵커리지의 안정성 해석이 주를 이루고 있음.
- 그러나, 앵커리지 구조체와 주변 암반의 안정성 검토는 구조설계를 위한 중요한 과제임에도 불구하고, 국내의 경우 현장 지반의 암반특성에 따른 잠재 활동파괴면에 대한 정확한 예측기술이 부재하고, 설계 및 해석적 연구 실적은 미미한 실정임. 대부분 앵커리지에 대한 안정성 검토는 단순 한계평형해석과 1970년대에 발간된 일본의 혼슈시코쿠 연락공단 설계지침을 그대로 차용하여 적용하는 수준으로서 매우 과다한 설계를 도출하고 있는 실정임.
- 최근 국내 및 해외에서 시공되는 교량의 대형화로 인해

사용되는 말뚝기초 역시 대구경, 대심도화 되는 추세로서 대구경 말뚝의 폐색효과 및 장기 침하성능을 고려하는 합리적인 설계기법을 적용하는 추세임. 그러나, 국내의 경우 폐색효과를 고려하는 합리적인 설계기법에 대한 연구가 미미한 실정이며, 해외 연약지반 현장에서 말뚝기초의 과다설계 및 기초공사비 상승 요인으로 작용하고 있음.

- 대구경 말뚝의 폐색효과는 말뚝의 직경이 커질수록 그 효과가 현저히 줄어들며, 효과 발현을 위한 관입 깊이 또한 깊어지게 되어, 대구경 항타말뚝을 사용할 경우, 선단 개방형 말뚝 기초의 폐색효과 거동 메커니즘에 대한 정확한 이해와 선단 지지력 감소효과 및 최적 관입깊이에 대한 이해가 매우 중요함.

**3. 연구개발 내용**

- **(3-1) 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계엔지니어링 기술 개발**
  - 해외 지반특성·지반정수 평가기술 및 토압확률모델 개발
  - 타정식 현수교 앵커리지 거동평가 및 설계기술 개발
  - 대형 연성기초의 비선형 거동을 고려한 설계기술 및 연약지반 대구경 항타말뚝 지지력 평가기술 개발
  - 케이블교량 하부구조 신뢰도 기반 설계기준 개발 등

(1차년도)

- 글로벌 케이블교량 사업 설계입지 및 시방(Spec.) 확보
  - 설계기술개발 목적 시범설계 대상 교량 후보군 도출, 평가 및 선정

(2차년도)

- 글로벌 경쟁력 강화를 위한 설계 요소기술 개발
  - 지반정수 및 토압확률모델, 대형해상 기초, 앵커리

지, 대구경 항타말뚝 등 글로벌 설계요소기술 개발

(3차년도)

- 해외 맞춤형 신뢰도기반 설계 기술 개발
  - 요소별 불확실 설계인자 확률 모델구축 및 설계 ENG 기술 확보

(4차년도)

- 개별 테스트 베드 검증 및 해외 통합시범적용교량 설계 적용
  - 개발된 기술을 적용한 해외 맞춤형 기본 및 실시설계안 마련 및 설계기술 적용성 평가

(5차년도)

- 글로벌 마켓 진출을 위한 설계법 정리 및 엔지니어링 기술 확보
  - 설계기술 적용성 평가분석, 글로벌 확장 케이블 교량 설계도표 제시, 설계기술 솔루션 패키지화 설계 반영

#### 4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
  - 선진국 설계기술 조사/분석을 기반으로 추격 및 선도 가능 기술을 명확히 구분하여 목표 설정, 글로벌 경쟁력 강화 및 미래기술 개발 필요
    - 초장대교량사업단의 연구 개발 성과 100% 활용
    - 각 기술별 충분한 이론적 토대를 바탕으로 세부적 업그레이드
  - 기존 지반조사/재하시험 자료를 이용하여 다양한 하부구조 구조물의 거동 분석 및 설계기술 개선에 적용
  - 기존에 수행된 케이블교량 하부구조 설계 관련 연구 및 매뉴얼과의 긴밀한 연계를 통하여 정착된 제도를 개선하면서도 적극 흡수되는 방향으로 추진
  - 기존 국내 현장 사례 분석 및 현장 실험 및 수치해석기

법을 통해 개발된 설계기술의 타당성을 검증하며, 국내외 지반환경조건에 따른 보다 구체적이고 상세한 기술 개발을 목표로 연구 추진

- 실질적 고부가가치 창출을 위한 해외 맞춤형 엔지니어링 기술 개발 필요
  - 해외 시장진출에 실질적으로 활용, 실용화 목표달성을 위하여 기업체 및 해외사업 경험이 풍부한 전문가의 인적네트워크 구성 및 적극 참여 유도
- 상부구조에 비하여 상대적으로 취약한 케이블교량 하부구조 분야의 신뢰도기반 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 개발
  - 해외 시장진출의 경쟁력과 수익성 향상을 위하여 중동, 동남아, 남미 등 연약지반/강진지역에 대한 국내 애로기술해소, 기술우위 확보 추진
  - 케이블교량 대형기초 및 초대형 앵커리지 신뢰도기반 해석 및 설계기술 개발

□ 추진체계

- “초장대교량 사업단”을 통하여 개발, 정립된 설계기술의 글로벌 확장을 위한 과제로, 해외 시장진출에 필요한 핵심설계기술의 자립화를 목표로 하고 있으므로, 선진국의 설계기술 현황에 대한 조사/분석을 기반으로 뒤떨어진 기술 및 선도가능 기술을 명확히 구분하여 목표를 설정하고 추진하고자 함
- 해외 전문가 네트워크를 최대한 활용하여 기술개발에 소요되는 비용 및 시간을 효율화 하고자 함
- 산학연 협력을 통하여 현장에서 필요로하는 기술의 활용성 높은 개발이 가능하도록 함
- 정부출연기관, 대학, 기업 등 유기적인 산학연 협력체계 구축 및 개발기술 실용화를 위한 조직 구성
- 해외시장 진출에 실질적으로 활용될 수 있도록 초기 목표설정 단계부터 기업체가 적극적 참여 유도
- 실용화 목표달성을 위하여 해외사업 경험이 풍부한 전

문가의 인적네트워크 구성

- 기존 지반조사/재하시험 자료를 이용하여 다양한 하부 구조 구조물의 거동 분석 및 설계기술 개선에 적용
- 특히 고도화된 해석기술의 실용화 방안을 위한 기업도 참여하여 실증적 연구결과를 낼 수 있도록 추진체계 구성
- 실용화 측면, 국외 기술 수출 등의 실현을 위하여 관련 기술 수행 유경험 인적 네트워크의 구성
- 기술의 개발과 개발된 기술 실용화를 위한 자문위원단을 갖춘 체계적인 조직 구성
- 현장시험 및 현장측정 기술과 설계 기법 개발 성과의 객관적 평가 및 증빙 그리고 제도적 정착을 위한 정부 출연 기관, 연구 결과 검증을 위한 학회, 실용 기법 개발을 위한 기업도 참여하여 실증적 연구결과를 낼 수 있도록 추진 체계 구성
- 특히, 국내외 설계 및 시공 프로젝트와 연계할 수 있는 민간 기업을 포함하여 개발된 기술의 현장 적용 및 검증을 수행함.

5. 최종성과물

□ 주요  
최종성과물

- 신뢰도 기반 케이블교량 하부구조 설계지침(안)
  - 지반정수 산정을 위한 토압 확률모델, 토압 산정 계수, 하부기초 저항계수 등 신뢰도 기반의 케이블교량 하부구조 한계상태 설계지침(안)(목표수준: 설계수명 200년, 신뢰도 지수  $\beta=3.5$  등)
  - 대심도 연약지반 부마찰력 적용 설계지침(안) 및 설계 예제
  - 도로교설계기준(한계상태설계법) 케이블교량편 개정(안) 등
- 비선형 해석을 이용한 현수교 앵커리지, 대심도

연약지반 대구경 항타말뚝 및 대형 연성기초  
 Prototype 설계 성과품(해외 케이블교량의 대형  
 앵커리지 및 하부기초 대상)

- 해외 케이블교량 하부구조 대상 신뢰도 기반 해외 설계기준 및 국내 기술 적용 Prototype 설계를 통한 적용성·경제성 분석보고서
- 해외 강진지역에서 지반 부지효과를 고려한 지진가속도 평가 보고서 및 동적 설계 예제
- 폐색효과를 고려한 대심도·대구경 항타말뚝의 지지력 산정·분석 보고서 및 설계 예제
- 상부 및 하부기초 상하 접합부 설계절차 및 설계 예제 등

○ 해외 현지 실험 Data를 활용한 토압분포 DB 및

대구경 항타말뚝의 지지력·지반정수 평가 지원시스템

- 국내외 지반종류별 지반정수 및 토압분포 DB
- 지지력 및 지반정수 평가 지원시스템(해외 특수지반 포함) 등

※ (1-1) 과제 수행에 필요한 자료, 기술 등  
 공유·활용 포함

최종 성과물	파급효과
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내외 지반종류별 지반정수 데이터베이스</li> <li>○ 해외 특수지반 지반 특성 및 지반정수 평가 시스템</li> <li>○ 경질풍화토 물성 평</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대외원조 활용 및 글로벌 선도 프로젝트용 해외 맞춤형 하부구조 및 지반 구조물 특화 설계 ENG 기술 확보</li> <li>○ 상부구조 보다 상대적으로 취약하여 기술력 한계 및 공사비 과다지출의 원인으</li> </ul>

<p>가기술 및 토압하중 계수</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하부구조 신뢰도기반 한계상태설계법을 적용한 상세 설계 지침 및 기준</li> <li>○ 국내 및 해외 하부구조(기초, 앵커리지) 설계 비교 분석서</li> <li>○ 교량 상하부 접합부 설계절차 적용 및 대형 연성기초의 비선형 해석을 통한 경제성 평가 보고서</li> <li>○ 앵커리지 설계절차서 및 대형 연성기초 비선형 설계 소프트웨어</li> <li>○ 대구경 향타말뚝 지지력 DB 및 설계사례집</li> <li>○ 폐색효과를 고려한 대심도, 대구경 향타말뚝의 지지력 평가 기술 및 설계기법</li> <li>○ 국내외 대심도 토사지반 향타말뚝 설계 비교 분석서</li> </ul>	<p>로 지적되어 온 하부구조 및 지반구조물의 설계기술 고도화를 통하여 케이블교량 통합 설계기술 역량 확보 및 글로벌 경쟁력 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 보다 체계화된 케이블교량 하부구조의 신뢰도 기반의 설계 및 해석 기술 확보로 설계기술의 국제화 기대</li> </ul>
---	--

○ 연약지반 부마찰력  
설계기준 및 예제

□ 세세부과제별  
최종성과물

구분	최종 성과물	활용, 실용화 방안
글로벌 맞춤형 케이블교량 하부구조 엔지니어링 기술 개발	경질풍화토의 정량화된 지반 설계정수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블교량 하부구조 해석기법을 통한 케이블교량의 경제적 설계 기여</li> <li>- 설계기술/기준화 국내외 현장 적용</li> </ul>
	신뢰도기반 지반 토압하중계수	
	케이블교량 하부구조 목표신뢰도지수 및 설계도표	
	지반-앵커리지 상호거동 해석 및 평가 기법	
	대형 연성기초-말뚝 비선형 설계기법	
	연약지반 대심도 대구경 항타말뚝 폐색효과 설계기법	

		해외 특수지반 부아찰력을 고려한 대구경 항타말뚝 지지력 설계기법	
<b>6. 연구기간 및 지원예산</b>			
<input type="checkbox"/> 전 체		<input type="radio"/> 총 연구기간 : 2015년 6월 ~ 2020년 5월(5년) <input type="radio"/> 연구비 예산 : -	
<b>7. 기 타</b>			
		`. -	

## 2절. 선정평가 절차 및 기준

### 가. 평가 절차

평가절차	평가방법 및 내용
신청서류 접수 및 사전검토·보완조치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신청기관 : 연구개발계획서 등 신청서류 접수</li> <li>○ 진 흥 원 : RFP와의 부합성, 신청자격 및 신청서류 적합성 등 검토</li> </ul>
평가위원회 평가 (발표평가)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발표평가 : 연구제안의 충실도, 추진전략의 구체성 등에 대한 평가 (100점 만점)</li> </ul>
평가결과 통보 및 협약체결	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 신청기관에 선정평가 결과 통보</li> <li>○ 선정된 주관연구기관과 협약체결</li> </ul>

### 나. 평가항목

- 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락
- 연구단과제

구분	기준항목	세부평가항목	점수
연구 개발 계획 평가 (80점)	연구개발목표 (50점)	최종 연구목표/성과목표의 명확성, 구체성	5
		최종 연구목표/성과목표의 도전성	10
		최종 연구목표/성과목표의 창의성	10
		연차별 연구목표/성과목표의 명확성, 구체성	5
		연차별 연구목표/성과목표의 도전성	10
		연차별 연구목표/성과목표의 창의성	10
	연구개발 내용 (10점)	최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	2
		목표달성을 위한 연구내용 및 예상성과의 적절성	3
		세부과제 구성의 타당성 및 연계성	3
		연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성	2
추진전략 및 계획	연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성, 타당성	4	

구분	기준항목	세부평가항목	점수
	(10점)	연구수행체계 구성의 타당성 및 연구진의 전문성	4
		연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성	2
	활용방안 및 실용화(정책제안) 가능성 (10점)	연구성과 활용방안의 적절성 및 구체성	4
		연구성과 실용화 및 정책제안 가능성	4
		개발 기술의 기대성과(기술적·경제적) 및 파급효과	2
연구단장 평가 (20점)	연구단장의 연구역량 및 연구윤리 수준 (20점)	해당분야 연구 및 프로젝트 수행 실적	5
		연구과제 기획 경험 및 능력	5
		연구과제 관리 경험 및 능력	5
		연구윤리 수준	5
소계			100

부합성 평가	평가위원 과반수가 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수가 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치
보안등급 분류 적정성 평가	보안등급 분류의 적정성을 검토하고 그 결과를 반영하여 보안등급 결정 * 관련 : 공동규정 제24조의5 제2항, 운영규정 제23조 제2항 제4호

※ 선정평가지 기준항목(세부 평가항목) 및 배점 기준이 일부 달라질 수 있음

#### 다. 평가점수 산정 방법

- 평가위원회별 평가위원의 평가점수 중 최고점수와 최저점수를 부여한 각 1인의 점수를 제외한 나머지 평가점수의 합을 산술평균하여 평가점수 산정
- 가점 및 감점은 평가위원회 평가점수에 부여하여, 종합평가점수 산정
  - 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 경우, 가점 및 감점 부여없이 '탈락' 처리
- 종합평가점수가 가장 높은 기관을 선정
  - 종합평가점수가 동점일 경우, ① 평가위원회 평가점수가 높은 순, ② 총 연구개발비에 대한 신청기관의 기업부담금(현금) 부담비율이 높은 순으로 선정

### 3절. 가점 및 감점 기준

- 「국토교통 연구개발사업 관리지침」 제17조(가점 및 감점 기준)에 따라 과제 선정평가 시 평가점수의 ±5%를 넘지 않는 범위 내에서 가점 및 감점을 부여
- 가점 및 감점은 평가위원회 개최전까지 제출된 자료를 근거로 평가위원회의 종합평가점수에 합산하되, 60점 미만인 기관에 대하여는 부여하지 않음

#### <연구개발과제 선정 시 가·감점 기준>

구분	내 용
평가결과 등에 따른 가·감점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가시 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정평가점수의 2% 가점</li> <li>◦ 최종평가결과 최하위등급(상대평가 시 하위 10% 등급, 절대평가시 만점의 50% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후(연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 선정평가점수의 2% 감점</li> <li>◦ 최종평가결과 하위등급(상대평가 시 하위 30% 등급, 절대평가시 만점의 60% 이하)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정평가점수의 1% 감점</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 추적평가 결과, 최우수등급(상대평가 시 만점의 80%이상으로서 최상위 10%, 절대평가시 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 추적평가 후 2년간 선정평가점수의 2% 가점</li> </ul>
논문실적에 따른 가점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ◦ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15이상)실적이 있는 자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점</li> </ol>
보안과제 수행에 따른 가점	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. ◦ 최근 3년 이내에 협약한 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점</li> </ol>
기술실적에 따른 가점	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. ◦ 최근 3년 이내에 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만원 이상이거나, 같은 기간 내에 2건 이상의 기술이전 실적이 있는 연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점</li> </ol>
연구성과 포상에 따른 가점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최근 3년 이내에 공동관리규정 제17조제9항에 따라 미래창조과학부장관으로부터 우수한 연구성과로 포상을 받은 자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점</li> </ul>

구분	내 용
신기술 또는 녹색인증에 따른 가점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 국토교통R&amp;D사업 연구결과로 최근 2년 이내에 건설·교통신기술을 받은 중소·중견 기업이 신기술 지정분야와 동일한 기술분야의 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점(기술분야 분류는 전문기관의 장이 별도로 정한다.)</li> <li>◦ 최근 2년 이내에 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」 시행령 제19조에 따른 녹색 인증을 받은 중소·중견기업이 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점</li> </ul>
연구부정행위에 따른 감점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최근 3년 이내에 운영규정 제55조제1항 각 호의 연구부정행위를 한 자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 4% 감점</li> </ul>
협약 또는 연구 포기에 따른 감점	<p>4. ◦ 연구개발과제 선정 후 협약을 포기하거나, 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 연구책임자나 기업이 협약 또는 연구 포기 후 3년내 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 2% 감점</p>
기업의 연구참여에 따른 가점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 중소기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우로서 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중소기업의 참여율이 1% 이상 ~ 20% 미만 : 선정평가점수의 2%</li> <li>- 중소기업의 참여율이 20% 이상 ~ 50% 미만 : 선정평가점수의 2.5%</li> <li>- 중소기업의 참여율이 50% 이상 : 선정평가점수의 3%</li> </ul> </li> <li style="margin-left: 40px;">* 참여율 = <math>\frac{\text{해당 제안과제의 중소기업 배정 정부출연금 합계}}{\text{해당과제 총정부출연금}}</math></li> <li>◦ 중소기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하지 않고, <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중견기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우 : 선정평가점수의 1.5%</li> <li>- 대기업이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우 : 선정평가점수의 1%</li> </ul> </li> </ul>
산업기술연구 조합에 대한 가점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 산업기술연구조합이 연구기관(주관, 협동, 공동)으로 참여하는 경우 : 선정평가점수의 1%</li> </ul>
기 타	<p>5. ◦ 여성연구자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 1% 가점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 선정평가점수의 0.5% 가점</li> <li>◦ 「하도급거래 공정화에 관한 법률」을 최근 3년 이내에 상습적으로 위반한 기업이 연구개발과제를 신청한 경우에 그러한 위반 사실이 같은 법 제26조에 따른 공정 거래위원회로부터 관계 행정기관의 장에의 통보 등을 통하여 확인될 경우 ,선정평가 점수의 2% 감점</li> </ul>

## 부록. 기획연구 추진경과 및 자문위원회 운영

### □ 기획과제 발주 및 연구 수행

- 과제 공고( '14. 11. 12.): 국토교통과학기술진흥원 기획과제 발주
- 기획과제 협약( '14. 12. 29.): 과제 제안, 최종 선정 및 협약 실시

#### [기획연구 개요]

- 협약기간 : 2014.12.29 ~ 8.28(8개월간)
- 참여기관 : 주관-한국도로공사공사(길흥배),  
                  공동-서울대학교(이해성), (주)날리지웍스(류형근)
- 연구비 : 1억원
- 연구내용 : 1. 대외원조 및 글로벌 선도 프로젝트용 설계, 시공,  
                  유지관리 패키지 모델 개발  
                  2. 신뢰도 기반 케이블교량 설계기준(한계상태설계법) 고도화 기술 개발  
                  3. 공용중 케이블교량 신뢰도 기반 성능평가 (유지관리) 기술 개발  
                  4. 초장대교량사업단 연구성과 추적관리 및 해외시장 진출전략 개발

### □ 기획과제 추진 현황

- 기획연구 관련 통합착수회의 개최
  - ※ 2015. 1. 22 개최, 기획과제연구원 및 관련 전문가 참여, 과제수요조사 등 실시
- 기획연구 관련 운영회의 개최
  - ※ 총 9회 개최, 기술 분석, 수요조사, 후보과제도출, 과제우선순위평가 등 실시
- 과제 기획위원회 자문 회의 개최
  - ※ 총 23회 개최, 각 기획위원회별 자문 회의 개최, 학계, 연구원, 설계사 및 시공사 등 관련 전문가 의견 수렴 및 과제 발굴
- 신규과제 설명자료 제출 (국토교통부, 미래창조과학부 및 기획재정부 등)
  - ※ 2016년도 신규과제 발주용 설명 자료 제출
- 총괄 자문위원회 회의 개최
  - ※ 2015. 8. 25 개최, 기획과제연구원 및 관련 전문가 참여, 최종 도출 과제 검토 등

○ 통합착수회의 개최 사진



○ 기획과제 운영 회의 개최 사진



○ 기획위원회 자문 회의 개최 사진



○ 총괄자문회의 개최 사진



□ 자문 위원회 위원 명단

○ 총괄 자문 위원회

성명	직위	소속	비고
송필용	단장	한국도로공사	
장승필	PD	한국도로공사	
박영석	교수	명지대학교	
김동수	교수	KAIST	
이재훈	교수	영남대학교	
김병석	선임위원	한국건설기술연구원	
유동우	센터장	한국시설안전기술공단	
김우종	사장	DM엔지니어링	
조충영	사장	평화엔지니어링	
이만섭	사장	COWI	
장학성	사장	유신	
신현양	마스터	삼성물산	
조천환	상무	삼성물산	
김재홍	상무	대림산업	
박영호	상무	현대건설	

○ 과제 기획 위원회 I (신뢰도기반 성능평가 분야)

성명	직위	소속	비고
송준호	교수	서울대학교	
김현수	연구원	서울대학교	
유철환	연구원	서울대학교	
이세혁	연구원	서울대학교	
안상섭	수석연구원	한국도로공사	
박종철	책임연구원	한국도로공사	
이영주	교수	UNIST	
강준원	교수	홍익대학교	
김남식	교수	부산대학교	
신수봉	교수	인하대학교	
공정식	교수	고려대학교	
김규선	파트장	한국시설안전기술공단	
배인환	팀장	영종대교	

○ 과제 기획 위원회 II (설계기준 글로벌 확장 분야)

성명	직위	소속	비고
이해성	교수	서울대학교	
김호경	교수	서울대학교	
조재열	교수	서울대학교	
이승한	책임연구원	서울대학교	
박진욱	연구원	서울대학교	
김세진	연구원	서울대학교	
박원석	교수	목포대학교	
이명재	부장	현대건설	
박찬민	사장	COWI KOREA	
김영민	책임연구원	대우건설	

○ 과제 기획 위원회 II (지반분야 설계기준 글로벌 확장)

성명	직위	소속	비고
정충기	교수	서울대학교	
정문경	선임위원	한국건설기술연구원	
곽기석	선임위원	한국건설기술연구원	
한진태	선임위원	한국건설기술연구원	
박재현	위원	한국건설기술연구원	
전경수	팀장	한국도로공사	
정경자	책임연구원	한국도로공사	
남문석	책임연구원	한국도로공사	
정상섭	교수	연세대학교	
허정원	교수	전남대학교	
김동욱	교수	인천대학교	
이종섭	교수	고려대학교	
박두희	교수	한양대학교	
김성렬	교수	동아대학교	
정영훈	교수	경희대학교	
조성한	상무	GS건설	
김경택	부장	대림산업	

○ 과제 기획 위원회 III (해외 진출 모델 개발 분야)

성명	직위	소속	비고
길홍배	수석연구원	한국도로공사	
조준상	책임연구원	한국도로공사	
이정환	차장	한국도로공사	
한경봉	책임연구원	한국도로공사	
박명균	교수	영남대학교	
홍현석	부사장	평화엔지니어링	
양병홍	전무	서영엔지니어링	
손윤기	전무	엔비코	
김창수	상무	DM엔지니어링	
정승욱	부장	대림산업	
김광수	부장	현대건설	
김제춘	부장	대우건설	
이용진	부장	삼성물산	
김재금	부장	SK건설	

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 건설기술연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.