

케이블 교량 해외시장 진출을 위한 현안해결, 한계극복 및
기술선도를 위한 과제

케이블교량 해외 시장 진출을 위한
BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축

기획보고서

2018.04.13.

초장대교량사업단
한국도로공사

목 차

1. 개요	1
1-1. 기획과제 정의 및 범위	1
1-1-1. 기획 정의 및 필요성	1
1-1-2. 기획의 범위	19
1-2. 기술 분류 및 내용	20
1-2-1. 기술 분류 체계도	20
1-2-2. 기술분류별 기술 내용	21
2. 동향조사 및 환경분석	23
2-1. 국내외 정책 동향	23
2-1-1. 국내 정책 동향	23
2-1-2. 국외 정책 동향	25
2-2. 국내외 기술 동향	26
2-2-1. 국내·외 건설분야 디지털 기술 개발 동향	26
2-2-2. 특허분석	39
2-3. 국내외 시장동향	64
2-3-1. 국내외 건설사업 디지털 시장 동향	64
2-3-2. 종합분석	78
3. 기술수요 조사	81
3-1. 기술수요 조사	81
3-1-1. 개요	81
3-1-2. 기술수요 조사 분석결과	83
3-2. 기술수요 조사결과 연구추진 내용	91
4. 연구개발과제 구성 및 추진전략	92
4-1. 비전 및 목표	92
4-2. 연구개발과제 구성	95
4-3. 세부과제별 주요내용 및 추진전략	96
4-3-1. 연구 과제 구성 및 내용	96
4-4. 과제별 연차별 기술 로드맵	132

4-5. 성과의 활용 방안	133
5. 소요예산 산정	134
5-1. 전체 소요예산 산정	134
5-1-1. 전체 사업인력 계획	134
5-1-2. 전체 사업예산 계획	135
5-2. 소요예산 고려사항	137
6. 기술개발 타당성	138
6-1. 정책적 타당성	138
6-2. 기술적 타당성	139
7. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정	142
8. 기획연구 참여 전문가	158

1. 개요

1-1. 기획 과제 정의 및 범위

1-1-1. 기획의 정의 및 필요성

가. 기획의 정의

- 케이블교량 글로벌 연구단은 기술분야 글로벌 경쟁력 확보를 위하여 케이블교량 해외진출을 위한 효과적인 통합 솔루션 개발, 경제적인 하부구조 설계 및 가설공법 개발을 추진하고 있으며, 본 연구가 추진되는 현재 3차년도(2018)가 착수됨
- 케이블교량 글로벌 연구단의 최종 목표인 해외진출을 효과적으로 추진하기 위하여 현재의 기술환경을 반영한 케이블 교량 해외시장 진출을 위한 현안해결, 한계극복 및 기술선도를 위한 과제를 분석하고, 이를 통하여 도출된 해외 프로젝트에서 새롭게 대두되는 기술 영역인 케이블 교량 디지털모델 활용 기술의 현황을 파악하고 국내 기업들이 기술 경쟁력 차원에서 확보해야 하는 연구 내용을 제시

□ 기획 추진

○ 동향 분석 및 기술수요조사 실시

- 해외 프로젝트 발주서 현황 및 정책/기술동향 조사
- 기술수요조사
- 기술 분석 및 추진방향 정립

○ 기술개발 전략 수립 및 연구내용 설정

- 기술개발 전략수립
- 후보과제 도출 및 대상과제 설정
- 과제카드 작성 및 과제 구성체계 설정

○ 연구개발과제 기획

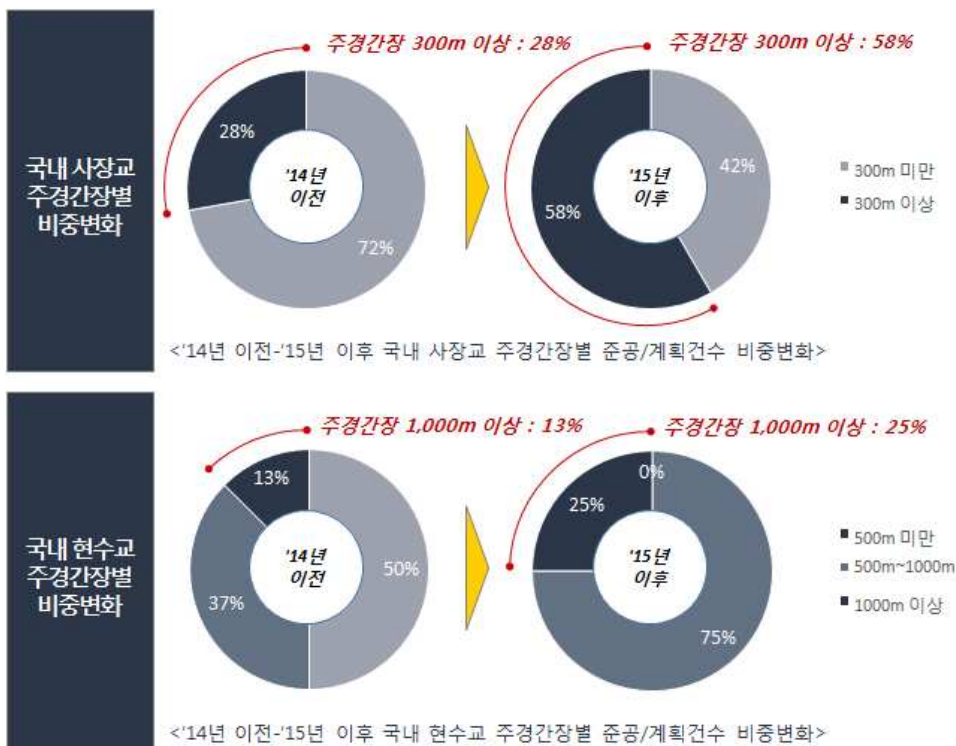
- 연구목표·범위 설정, 추진방안 및 활용방안 제시
- 인력투입 및 소요예산 산정
- RFP작성 등

나. 과제 추진의 배경 및 필요성

□ 국내·외 케이블교량 시장 현황

○ 국내 케이블교량 시장 현황

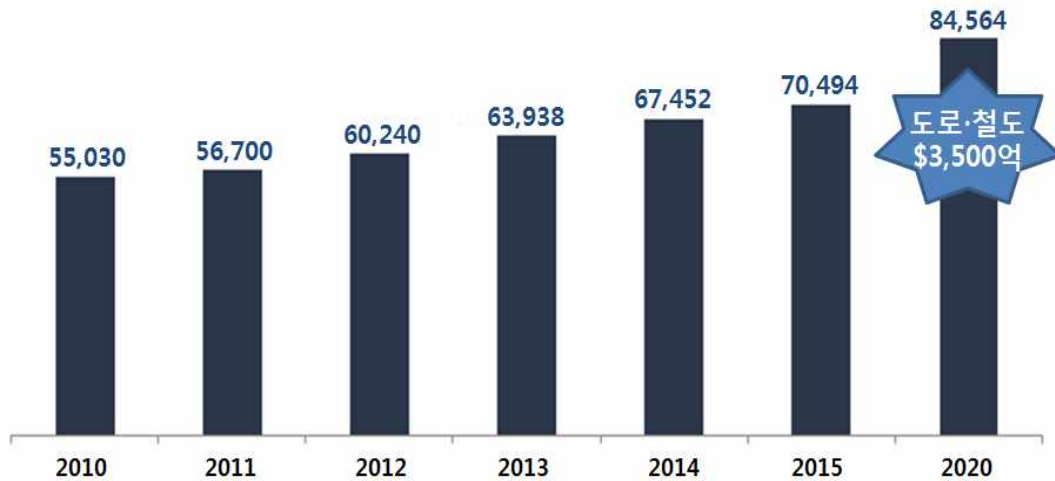
- 국내 장대교량 시장은 다른 건설 분야와 마찬가지로 성장단계를 지나 성숙단계에 진입해 있으며 국도를 중심으로 많은 연륙·연도교 사업이 완공되었거나 시공 중에 있음.
- 앞으로의 케이블교량은 국도 상에 있는 기존 연륙·연도교와 연계한 섬연결 지방도 사업이 주로 추진될 전망이며 장대교량의 계획건수는 감소되겠지만, 장대교량의 시장규모는 현 상태를 유지할 전망이다.
- 이는 케이블교량의 기술발전으로 교량건설이 힘들던 지역에서 도전적으로 교량 건설이 추진되고, 개별 교량 길이가 지속적으로 늘어남에 따라 교량별 공사비가 늘어나기 때문임.
- 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.



<그림 1-1 국내 케이블교량 주경간장별 준공/계획 건수 비중 변화>

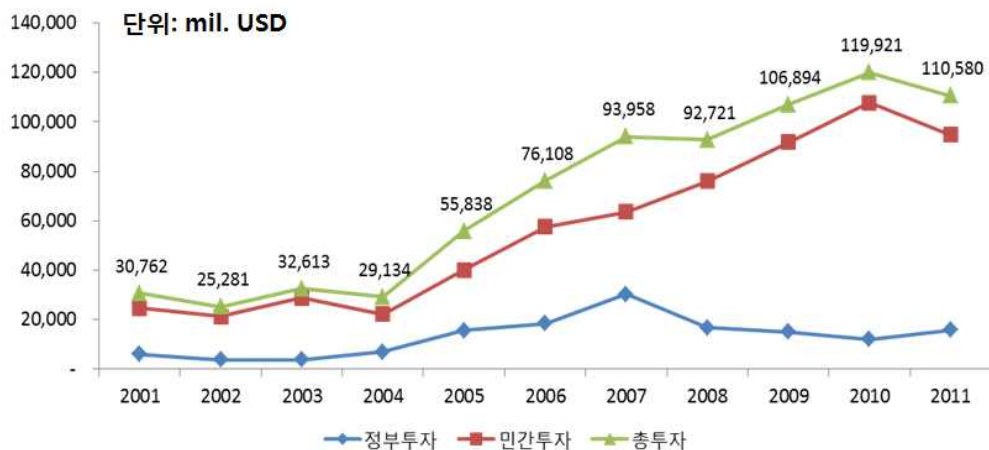
○ 해외 케이블교량 시장 현황

- 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



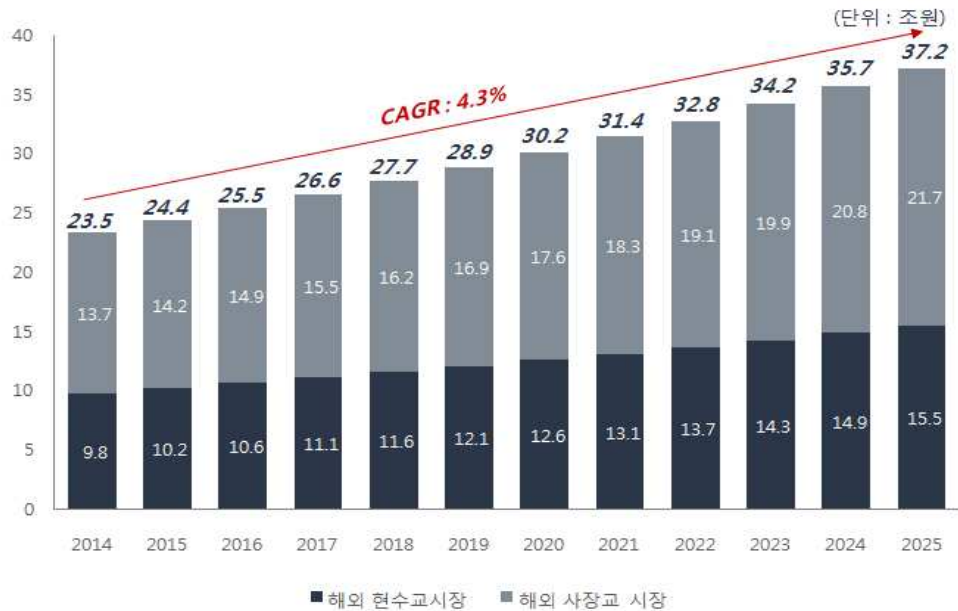
<그림 1-2 해외 건설 시장 예측>

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



<그림 1-3 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.



<그림 1-4 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.

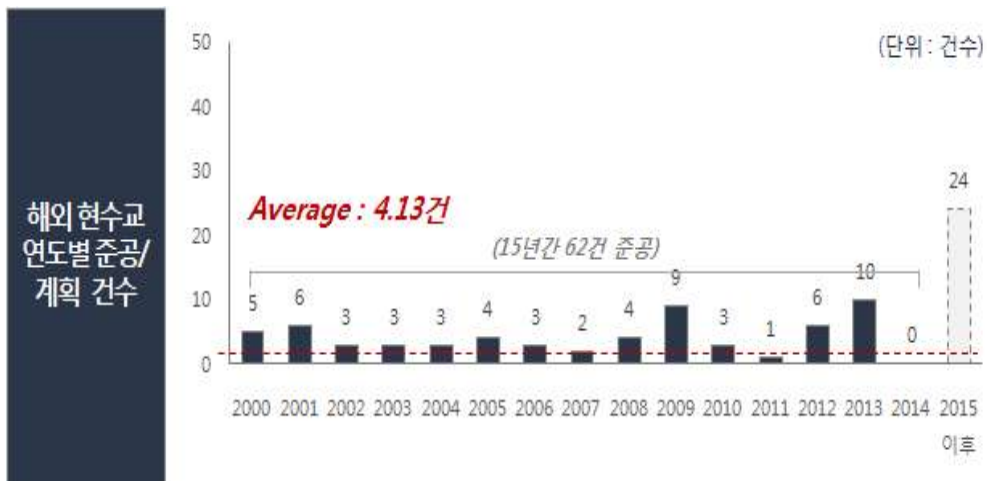


<그림 1-5 해외 사장교 연도별 준공/계획 건수>

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

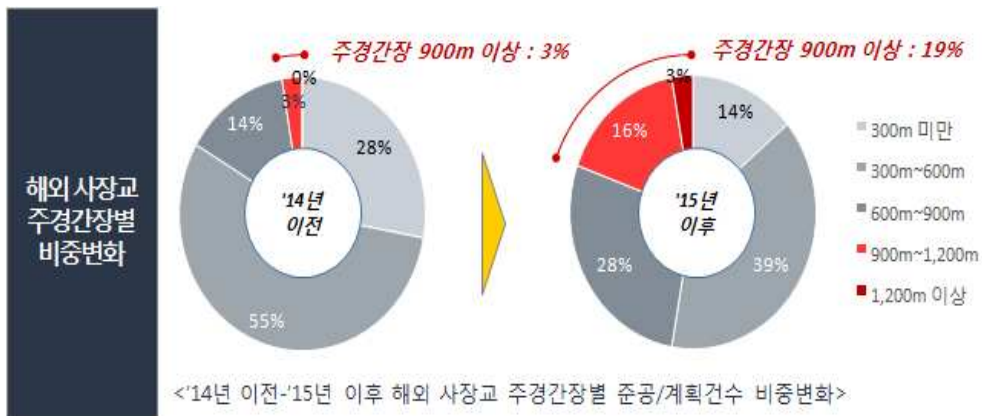
※ 국외 현수교 준공건수는 '09년과 '13년 각각 9건과 10건인 반면 '11년 준공 건수는 1건, '14년 0건으로 일정한 추세를 보이지는 않음.

※ 2015년 이후 계획된 해외 현수교는 24건 이상임.



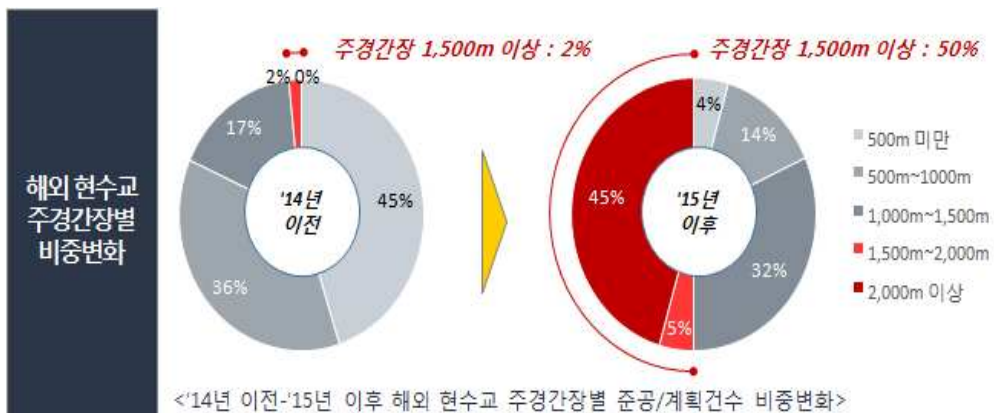
<그림 1-6 해외 현수교 연도별 준공/계획 건수>

- 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.



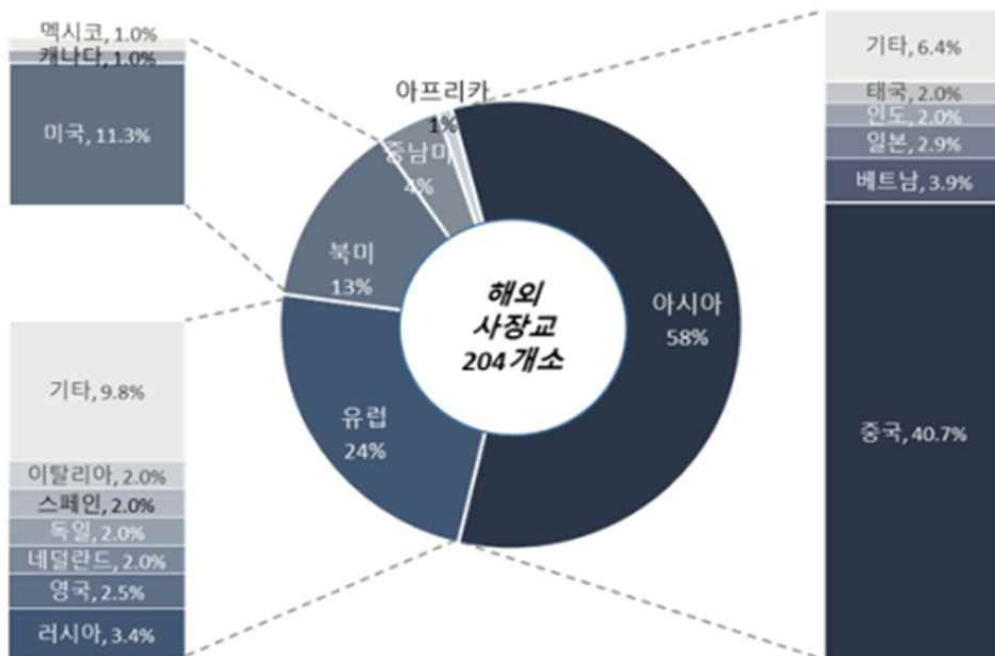
<그림 1-7 해외 사장교 주경간장별 비중 변화>

- 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.



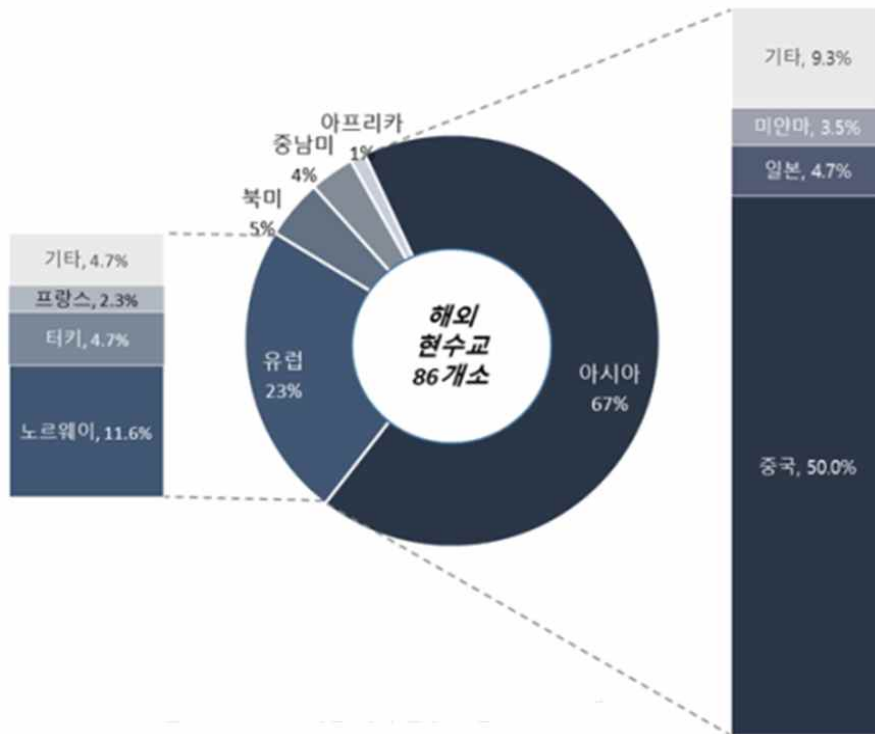
<그림 1-8 해외 현수교 주경간장별 비중 변화>

- 2000년 이후 준공/계획된 해외 사장교 204건 중 아시아가 118개소(58%)로 가장 높은 비중을 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



<그림 1-9 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%)



<그림 1-10 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-카타르와 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 Padma교 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.

<표 1-1 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, 장대교량 분야는 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 초장대 교량분야에서는 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- 에맨교와 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 관여함.

※ 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 부루나이의 Muara-Temburong Bridge의 PMC사업에 참여하고 있음

※ 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, 최근에 설립한 회사로 장대교량실적이 부족함.

※ 일본의 Chodai는 세계 2위의 Akashi 해협 교량을 설계한 일본을 대표하는 장대

교량 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 다음의 표와 같음.

<표 1-2 케이블교량 엔지니어링 분야 시장 진출 현황>

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

주요 업체	해외 진출 현황
	<p>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)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fixed Link F/S • Subiya Causeway(쿠웨이트) • Limerik Southern Ring Road(아일랜드) • Sitra Bridge Replacement(바레인) • Qatar-Bahrain Causeway • Fehmarn Belt Fixed Link(독일-덴마크) • Southern Short cut Motorway(태국) - 콘크리트교량 내구성설계(Service Life of Concrete Structures in Bridge) • Sutong Br, • Nanjing Yangtze River Br. • Stone cutters Br. • Busan-Geoje Br. • Replacement of Sitra Br.(바레인) • Lusail Development • Great Belt East Br.(1991-1998) - 설계 COWI, 디자인 Dissing+Weitling
WSP Group (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> • Tsing Lung Bridge(홍콩, 2002008) - 설계: Brown Beach+Chodai+Maunsell, M&E 설계: WSP Group
Hyder Consulting Ltd (U.K)	<ul style="list-style-type: none"> • Bai Chay Br.(베트남 하롱, 주경간 453m 사장교) - 설계: Hyder+일본교량구조연구소+PCI • Chi Feng Br.(중국) - 설계 • Malaysia-Singapore Second Crossing(1997) • North Middle Ring Road Br.(2010) • Sheikh Khalifan Bin Salman Causeway Br.(2003)
Systra(France)	<ul style="list-style-type: none"> • Yamuna River Signature Br.(India)
Parsons Transportation Group (USA)	<ul style="list-style-type: none"> • New Tacoma Narrows Br.(2001-2007), 주경간 853m 현수교 - 설계: HNTB+Parsons Transportation Group • Charles River Br.(Leonard P. Zakim, Bunker Hill Br.)(-2005), 주경간 227m 사장교 - 설계: HNTB+Parsons Brinkerhoff • Saint Francisville Br.(John J. Auduon Br. 2006-2010), 주경간 482.5m 사장교 - 설계: B&T+Parsons Transportation Group • New Carquinez Br.(-2002), 현수교 • Lion Gate Br. 성능개선설계, 현수교
T.Y.Lin International (USA)	<ul style="list-style-type: none"> • Cauyuanba Bridge(2002008, Chonging, 중국) Arch Bridge - 설계: Chonging Communication Research Institute+T.Y.Lin International • Hoover Dam Bypass-Colorado River Bridge(2005-2010) Arch Bridge - 설계: T.Y.Lin International, 시공설계: OPAC Consulting Engineers • Nanjing Second Yangtze River Br.(1997-2001), 사장교 - 설계: Highway Planning and Design Institute - ICE: T.Y.Lin International

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

- 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 성능 중심의 설계와 더불어, 케이블교량의 목표수명에 따른 적절한 신뢰도기반 성능평가 및 운용관리를 반영할 수 있는 전주기적 토탈솔루션 제공의 엔지니어링 기술의 요구에 직면하고 있음.

<표 1-3 국내 설계사 해외 케이블교량 사업 추진 현황>

사업명	국가	발주처	공사비
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	-

□ 케이블 교량 해외 시장 진출 및 기술 선도를 위한 현안 대두

○ 주요 국가의 차세대 건설산업의 기술 아젠다의 변화

- 미국의 E-construction (2016), 일본의 i-construction(2017), 영국의 Digital Built Britain(2015), 싱가포르의 Digital Twin(2016) 등 국가별로 차세대 건설시장의 기술 경쟁력 선점을 위한 새로운 변화를 시도하고 있고 국가 주도로 활발한 적용을 위한 노력이 진행중이어서 대응이 필요함
- 영국에서 최근의 프로젝트에서 Level-2 BIM 프로젝트 수행 능력을 사업 참여 자격으로 요구하는 사례가 늘고 있고 사전 조사를 통해 확인하는 프로젝트가 증가하고 있어 새로운 기술 장벽으로 역할을 하기 시작했음. 이는 선진국 컨설팅 회사들이 주도하는 신흥국의 건설시장에서도 막대한 영향을 미치는 요건이 되고 있음
- 매킨지의 미래 건설 기술 보고서(2016)에서 High-definition surveying and geolocation, next-generation 5D BIM, digital collaboration and mobility, the internet of things and advanced analytics, future-proof design and construction으로 구분된 5가지 기술 트렌트를 제시하고 있음



<그림 1-11 5가지의 디지털 건설 트렌드 (매킨지, 2016)>

○ 국내 건설사의 해외 초장대교량 수주 증가에 따른 기술적 수요

- 2017년 우리나라 건설사(대림, SK, 평화)가 초장대교량 사업단의 성과로 세계 최대 경간장인 차나칼레 교량을 PPP 주관사로 수주하는 성과를 거두었으나, 장대교량분야의 지속적인 해외시장 진출, 확대를 위해서는 성공적인 설계, 시공 및 운영유지관

리의 수행으로 우리나라의 기술력을 증명할 필요가 있음.

- 특히, 현지여건이 열악한 자연조건(강진, 강풍)에서 공기가 촉박하고 현수교의 특징인 공중이 복잡함에 따라 이를 성공적으로 건설하기 위하여 우리나라 주관건설사가 기술지원 요청 및 시공 관련 현안해결을 위한 연구 과제를 제안

※ 대림,SK건설 : 연구과제 제안 요청(2017.11) ⇒ 케이블교량 글로벌연구단

※ 2018년 6월중 실시설계가 완료 예정으로 2018. 3월중 과제 착수 필요

(시공전 간섭 검토 및 모델링작업)

DAELIM (발 신)	DAELIM Industrial Co., Ltd DAELIM BUILDING 36, JONG-RO 1-GIL, JONGNO-GO, SEOUL, 03152 KOREA	대림산업 서울특별시 중로구 중로1길 36 대림빌딩 110-732	Tel 02) 2011-7114 Fax 02) 2011-8009
특수교량 제17-C004호		2017-11-22	
수 신 한국도로공사 사장 참 조 초장대교량사업단장(케이블교량글로벌 연구단장) 제 목 차나칼레 교량 현안 해결을 위한 연구과제 제안의 건			
1. 귀 사의 무궁한 발전을 기원합니다.			
2. 케이블교량 글로벌 연구단 기술설명회 및 터키 차나칼레 교량 개발기술 적용협의 (2017.7.28) 관련입니다.			
3. 세계 최대 경간장인 터키 차나칼레 교량 건설을 함에 있어 공기가 촉박하고 공중이 복잡함에 따라 케이블교량 글로벌 연구단에서 연구 수행중인 개발기술을 통한 기술지원을 요청하오며, 아울러 차나칼레 시공과 관련하여 현안해결을 위한 연구과제를 청부와 같이 제안합니다.			
4. 향후 연구단 연구 과제에 반영시 세계적인 프로젝트가 성공적으로 마무리할 수 있도록 당사도 적극 노력할 예정이오니 많은 관심과 지원을 부탁드립니다.			
청부 1. 차나칼레 교량 현안 해결을 위한 연구과제 제안서, 끝.			
대림산업주식회사 대표이사 강영국 			
문 의 대림산업(주) 특수교량팀 임지훈 과장(02-369-4226**)			

<그림 1-12 과제제안(대림)>



04534, 서울특별시 중구 남대문로 78
78 Namdaemun-ro, Jung-gu, Seoul 04534, Korea
tel. 02-3700-7114

부서 : Infra ENG'G1팀 담당 : 김재금 TEL : 02-3700-7430 / FAX : 02-3700-8170

문서번호 : SK건설 제17 - 138호 2017. 11. 29.

수 신 : 한국도로공사 사장
참 조 : 초장대교량사업단장(케이블교량글로벌 연구단장)
제 목 : 차나칼레 교량 현안 해결을 위한 연구과제 제안

1. 케이블교량 글로벌 연구단 기술설명회 및 터키 차나칼레교량 개발기술 적용 협의 (2017.7.28.) 관련입니다.
2. 세계 최대 경간장인 차나칼레 교량 건설을 함에 있어 주어진 공기가 촉박하고 공종이 복잡함에 따라 케이블교량글로벌 연구단에서 연구 수행중인 개발기술을 통한 기술지원을 요청 하오며, 아울러 차나칼레 시공과 관련하여 현안해결을 위한 연구과제를 첨부와 같이 제안합니다.
3. 향후 연구단 연구 과제에 반영시 세계적인 프로젝트가 성공적으로 마무리할 수 있도록 당사도 적극 노력할 예정이오니 많은 관심과 지원을 부탁드립니다.

첨 부 : 차나칼레 교량 현안 해결을 위한 연구과제 제안서 1부 끝.



서울특별시 종로구 인사동7길 32
에스케이건설주식회사
대표이사 조 기 행 (인)
(사업자등록번호:101-81-34928)



We Build the Great Great Life, Great World
우리는 인류의 행복한 삶과 더 나은 세상을 만듭니다.

<그림 1-13 과제제안(SK)>

“차나칼레 교량 현안 해결을 위한 연구과제 제안서”

연구과제 제안서

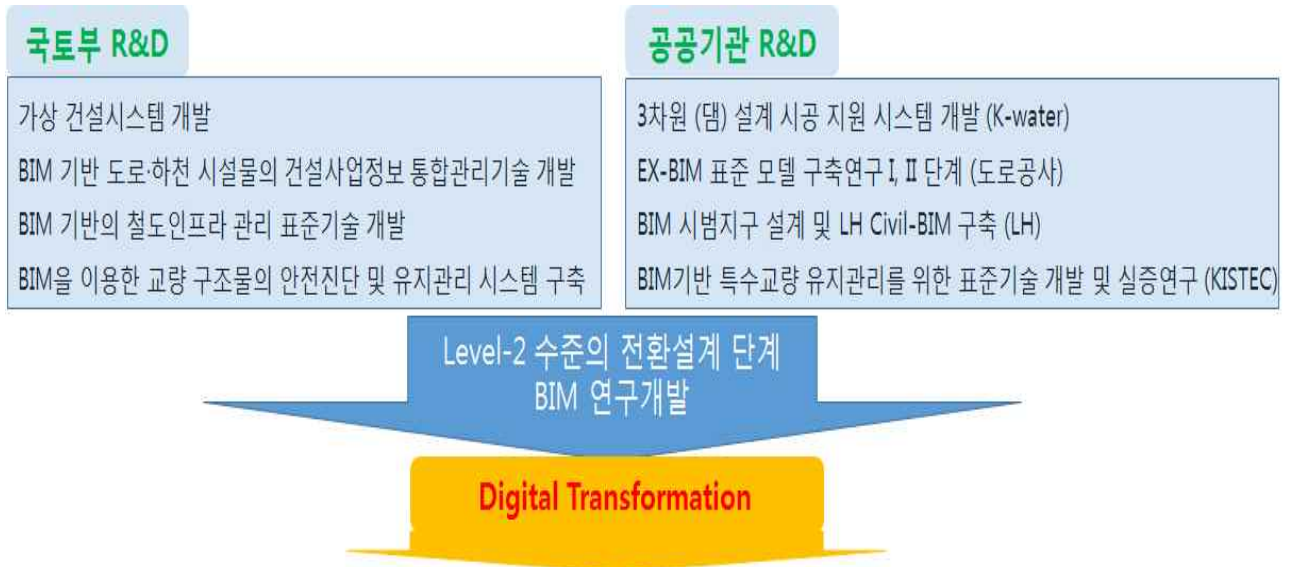
성 명	김재금		
소속기관/부서	에스케이건설(주)	직 위	부장
전화번호	Office : 02-3700-7430 C.P. : 010-4715-8067	E-Mail	jaegeum.kim@sk.com
제안 제목	터키 차나칼레 교량 3D 기반 시공관리 플랫폼 개발 연구		
제안 배경	우리나라 건설사가 주관하는 세계 최대 경간장인 차나칼레 교량 건설을 안전하고 효율적으로 시행하기 위해 시공과 관련하여 공기단축 및 복잡 공종에 대한 사전 검토를 통한 리스크 해결 기술개발이 필요		
제안 목적	세계 최대 경간장 케이블 시공에 따른 3D 기반 플랫폼 개발로 우리나라의 케이블교량분야 기술선도형 시공기술 확보 - 공종 간 간섭 검토 - 시공 상세도 작성 - 사전 검증 및 시뮬레이션 - 3D 기반 형상관리 - 협업 시스템 - 데이터 공유 플랫폼 구축		
제안 과제	케이블교량 공기단축 및 복잡 공종을 위한 디지털 모델 기반 시공 및 형상관리기술 개발 • 사전 시공 및 검측을 위한 3D 시뮬레이션 개발 등		
개략 설명	케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발 • 공유데이터 플랫폼 개발 등		

<그림 1-14 과제 제안서(SK)>

1-1-2. 기획의 범위

□ 케이블 교량 해외 시장 진출 및 기술 선도를 위한 디지털 모델 활용 기술 수요도출

- 현재 국내외 건설산업에서의 디지털 모델 기반 기술을 평가하고 초장대교량 사업단에서의 국내 케이블 교량을 대상으로 한 생애주기 정보관리 연구개발 주제와 중복성이 없는 해외 사업위주의 기술 수요 도출
- 설계가 2차원 기반으로 수행된 이후에 전환하는 형태의 Level-2 BIM을 극복하는 기술 개발 수요 도출
- BIM 프로세스 수준으로 본 Level 2는 프로젝트의 공식문서는 2차원 도면이고 BIM 모델은 참조 용도로 사용되는 것을 말하고 Level 3은 통합 BIM 수준으로 설계의 시작을 3차원 모델로 한다는 의미로 우리나라 R&D 현황으로 본 기술수요는 다음과 같다.



기술 선도형 디지털 모델 활용 기술 개발 및 현장 검증으로 해외진출용 모델 구축

- 해외 실무에서 필요한 정보를 반영한 Level-3 수준의 디지털 모델 기반의 설계, 시공, 유지관리 기술 개발
- 6D 이상의 고차원 정보 요구사항 정의와 정보전달체계
- 3차원 형상과 유한요소해석 프로그램의 직접 연동성 확보를 통한 케이블 교량 형상관리 차세대 기술 개발
- 설계-제작-검측의 디지털 모델 기반 시공 관리 기술 개발
- 해외 프로젝트의 핵심 요구사항인 CDE (공유데이터환경) 구축 기술 확보
- 해외 프로젝트의 실무 절차내에서의 연구개발 및 적용으로 성과 도출 및 사업화

1-2. 기술분류 및 내용

1-2-1. 기술분류체계도

대분류		중분류		소분류	
1	케이블교량 해외 경쟁력 강화 전략형 진출 모델	1-1	해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석연동 모델 기술 개발과 디지 털 기술 전파	1-1-1	해외 표준 반영한 사장교 및 현수교 디지털 표준 모델링 기술
				1-1-2	다차원 모델과 상용 해석 프로그램 연동 기술
				1-1-3	해석을 고려한 극한 상황 운용 시뮬 레이션 도출
				1-1-4	케이블교량 디지털 모델 국내 기술 지원 및 해외 네트워크 구축 지원
		1-2	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술	1-2-1	DMU(Digital Mock Up) 기반의 형 상관리시스템
				1-2-2	가상 사전 시공을 위한 검측 시스템
				1-2-3	Automated Machine Guidance (AMG)
		1-3	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술	1-3-1	케이블교량 공유데이터 환경 협업 플랫폼 (CDE:Common Data Environment, 공유데이터환경)
				1-3-2	디지털 공사지
				1-3-3	3차원 전자도면 생성 및 공유기술
		1-4	해외 케이블 교량 디지털 적용 기술 매뉴얼	1-4-1	디지털 기술 현장 적용 업무 매뉴얼

<표 1-5 기술분류 체계도>

1-2-2. 기술분류별 기술내용

□ 기술개념 및 목표

○ 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석연동 모델기술 개발

- 해외 실무에서 필요정보를 반영한 사장교 및 현수교의 선형 기반 디지털 모델링 기술
- 케이블교량 BIM Level-3 기술을 위한 디지털 모델 모듈화
- 3차원 모델과 해석 프로그램을 연계하는 케이블교량 모델 인터페이스 및 디지털 모델 개발
- 개발내용 반영한 프로토타입 모델 구축
- 해석을 고려한 극한 상황 운용 시뮬레이션

○ 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술개발

- 케이블교량 보강형 제작 공정
 - 케이블 교량 보강형 부재 Digital Mock Up
 - QR코드를 기반으로 한 DMU 도면(AR/VR)
 - 케이블 교량의 주탑 및 보강형 부재 라이브러리
 - 케이블 교량 보강형의 정밀 제작을 위한 건설장비 가이드스 (A.M.G : Automated Machine Guidance)
- 케이블교량 가설 공정
 - 케이블 교량의 주탑 라이브러리
 - 케이블 교량의 시공장비 라이브러리
 - 주탑부 시공을 위한 3D 검측용 좌표 API(Application Programming Inteface)

○ 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발

- 케이블교량 공유데이터 환경 연계체계 개발 수립
 - 케이블교량 건설정보 데이터 수집 및 분석
 - 케이블교량 공유데이터 환경 체계(CDE 구조 및 방법론 등) 및 기준(명칭규정, 개정관리) 수립

- 케이블교량 디지털모델 해석연동과의 연계체계
 - 케이블교량 디지털모델기반 시공시물레이션 및 형상관리와의 연계체계
- 케이블교량 공유데이터 환경 플랫폼 프로토타입 개발(Customized 제품)
 - 기술 분야별 접근제어 및 보안기능
 - 3D기반 공동 작업 기능
 - 모델 정보 공유 기능
 - 프로젝트 DB 기록보관 기능
 - 공유데이터 환경(CDE)에 연계된 디지털 공사지 개발
 - 공유데이터 환경(CDE)에 연계된 3차원 전자도면 개발
 - 케이블교량 프로젝트 공유데이터 환경 Test Bed
 - 국내·외 케이블교량 프로젝트 원격지원 플랫폼 시범 구축
 - 공유데이터 환경 협업 플랫폼 활용 가이드라인 작성
- 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 시범 적용 및 현장적용 매뉴얼 개발
- 해외초장대 교량 설계 단계 적용
 - 해외초장대 교량 시공 단계 적용 및 유지관리 단계 연계 방안 도출
 - 업무 적용 매뉴얼 성과 평가

2. 동향조사 및 환경분석

2-1. 국내외 정책 동향

2-1-1. 국내 정책 동향

□ 국토교통부의 제6차 건설기술진흥기본계획 (2018~2022)

○ 국내 건설 Eng. 분야별 주요 현황을 분석하여 제시함

<p>건설 산업</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내 건설생산성은 20년간 정체, 선진국의 1/3 수준 <ul style="list-style-type: none"> * 20년간 생산성이 12~14불 수준에서 정체(타산업 ('95) 9불 → ('14) 19불) ■ 건설Eng.은 출혈경쟁으로 수익성 악화 및 기업 영세화 <ul style="list-style-type: none"> * (영업이익율) 건설 3.75%, 정보통신 4.85%, 환경 7.11, 전기 9.64% * (매출 10억원 이하 기업) 건설 41.1%, 정보통신 25.3%, 환경 9.3, 전기 9.0%
<p>융복합 기술개발 (R&D)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 4차 산업혁명에 대한 관심은 높으나, 분절적으로 기술이 개발되고 있고 기술 활용방안에 대한 전략은 부족 ■ 혁신적인 기술 기반 창업과 벤처기업 활성화에 한계 <ul style="list-style-type: none"> * (벤처기업) 제조업 24,265개, 정보처리/SW 5,704개, <u>건설/운수 563개</u> ■ 국내의 규격 기준 방식은 새로운 기술을 수용하기 곤란 <ul style="list-style-type: none"> * 성능 중심 기준은 콘크리트, 교량 등 일부에만 적용
<p>기술인력 육성 및 교육</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 청년기술자 감소, 신규·초급기술자의 취업난 심화 <ul style="list-style-type: none"> * (30세 이하) '11. 9.2%(60,939명) → '16.10월 3.9%(30,363명) * (등급별 취업률) 특급 84.5%, 고급 81.8%, 중급 75.4%, <u>초급 63.6%</u> ■ BIM, 융복합 건설 기술을 활용할 수 있는 인력 부족
<p>Eng. 해외진출</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 고부가가치 핵심 Eng. 영역은 외국 기업에 의존 <ul style="list-style-type: none"> * 쿠웨이트 클린퓨얼 프로젝트 총사업비 136억불 중 국내 53%, 해외 47% * (기술수준) PMC·FEED 75, 상세설계 92, 시공·관리 95 ■ 해외진출 증가에도 세계 100대 Eng. 기업은 3개에 불과 <ul style="list-style-type: none"> * 현대엔지니어링 21위, SK건설 41위, KEPCO 95위 ■ 낙찰자 결정시 가격영향력이 커서, 기업의 기술개발 유도 미흡

건설안전

- 안전·품질관리 제도는 구축되어 있으나, 이행은 미흡
 - * (부실시공) ' 11. 12건 → ' 15. 23건, (중대재해) ' 11. 4건 → ' 15. 6건
- 소규모 시설물 및 생활 밀착형 시설물에 대한 안전 취약
 - * (1·2종 외 붕괴사고) ' 09. 220건 → ' 11. 369건 → ' 13. 401건 → ' 15. 431건

- 소프트 역량 미흡과 글로벌 스탠다드와 호환성 결여를 문제점으로 제시함
 - (건설단계간 분절) 칸막이식 업역구조, 건설 단계간 정보 단절로 인해 건설 전과정을 관리할 수 있는 역량을 지닌 기업 및 인재 부족
 - ※ 시공 단계의 품질·안전관리 위주로 건설사업관리 시장이 형성
 - (건설Eng. 역량 부족) 국내 건설 Eng. 입찰 평가기준은 낮은 기술변별력으로 인해 업체의 기술력을 높이는 유인이 부족하고, 해외의 고부가가치 Eng. 시장은 선진국 업체가 과점
 - ※ (해외 점유율, '16년) 미국(30.8%), 캐나다(11.6%), 영국(7.6%), 호주(6.8%), 한국(1.8%, 9위)
 - ※ WB 사업은 기술력 위주의 평가로 낙찰률이 평균 90% 이상(라오스 도로사업 116.2%)이나, 우리 ODA(KOICA, EDCF) FS사업 평균 낙찰율은 60% 수준
- 제6차 기본계획의 추진방향을 “Smart Construction 2025”로 설정하고 BIM과 AI 기술을 적용한 건설자동화 기술 개발을 통해 다음의 목표를 달성하고자 설정함
 - 건설 노동생산성 40% 향상*, 사망자 수 30% 감소**, 건설 Eng. 근로시간 단축 20%***
 - ※ 시간당 생산성(한국생산성본부) : (' 15) 13.6\$ → (' 20) 19\$
 - ※ 건설업 사망자 수(안전보건공단) : (' 16) 554명 → (' 21) 388명
 - ※ 연간 근로시간(Eng. 노동계) : (' 13) 2,560시간 → (' 21) 2,100시간
 - 건설Eng 해외수주 100% 확대*
 - ※ 해외수주 통계(해외건설협회) : (' 16) 17억\$ → (' 22) 34억\$
- 제6차 기본계획의 핵심기술 R&D에서 “해외수요 대응형 건설기술 개발”이 설정되었고 다음의 추진 방안이 제시되었음
 - 기획단계부터 체계적인 시장 수요 분석을 실시하고 Track-record 확보가 용이한 분

야를 중점 추진

- 기술적 난이도가 높은 국내외 SOC 건설 프로젝트와 연계하여 필요기술을 개발하는 ‘건설수주 연계 R&D 사업 ‘ 추진

2-1-2. 국외 정책 동향

- (일본) 인구감소에 대응하여 건설산업 성장은 생산성 향상에 있다고 판단하고 생산성 혁명 프로젝트를 선정하여 추진중(‘17.3)

※ 인프라 유지보수 혁명, i-Construction, 고품질 인프라 해외진출 등

- (미국) 4차 산업혁명 기술과 관련된 9대* 전략 분야 선정하여 새로운 미국 혁신전략 (New Strategy for American Innovation, ‘15) 수립

※ 첨단제조, 정밀의료, 두뇌, 첨단자동차, 스마트시티, 청정에너지, 교육기술, 우주, 고성능컴퓨팅

- (네덜란드) 4차 산업혁명에 대응하기 위한 네덜란드의 스마트산업 로드맵으로 스마트 인더스트리*(Smart Industry) 정책 발표(‘14.4)

※ 자동화, 빅데이터 기반 가치 창출, 3D 프린터 등을 핵심분야로 설정

※ 기업과 관련 연구기관 간의 연구·교육·정책 분야의 종합센터 역할을 수행하는 필드랩(Field Lab)을 개설하여 Smart Industry 추진

※ 진단·유지보수를 자동화하는 스마트 유지보수 등 29개의 필드랩 개설

- (영국) 「Building our Industrial Strategy」(‘17.1)를 발표하여 4차 산업혁명에 대응한 중장기 산업정책을 본격적으로 추진, 경제의 생산성 향상을 위해 중요한 10대 분야*의 정책방향 제시

※ ① 과학·연구 혁신에 대한 투자, ② 기술역량 향상, ③ 인프라구축, ④ 창업 및 기업 성장촉진, ⑤ 정부조달개선, ⑥ 무역 및 투자촉진, ⑦ 친환경 저탄소 경제로의 이행, ⑧ 세계 선도산업 육성, ⑨ 전지역의 성장 견인, ⑩ 지역 및 산업 맞춤형 기구 설립

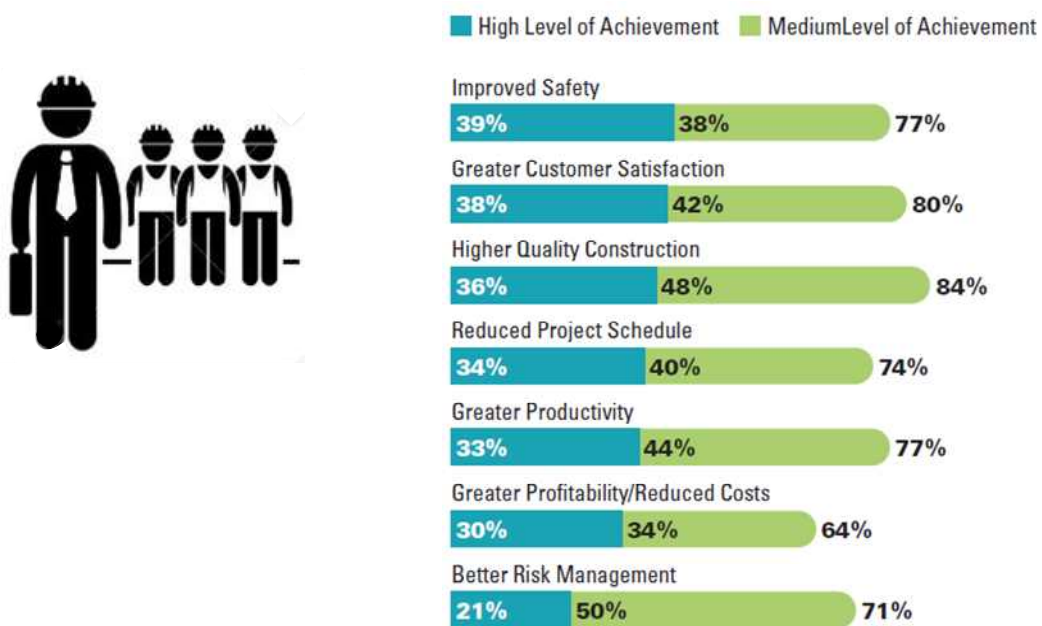
2-2. 국내외 기술 동향

2-2-1. 국내·외 건설분야 디지털 기술 개발 동향

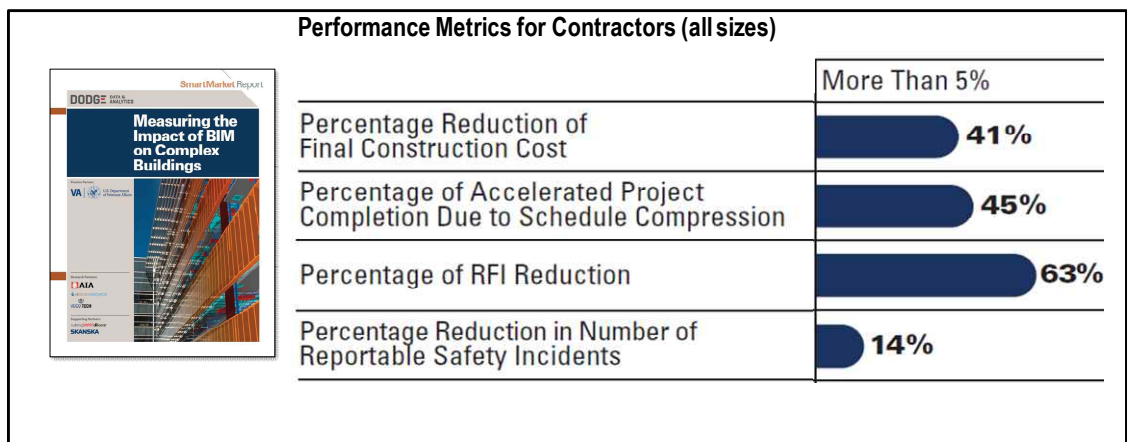
□ 국내·외 디지털 기술 현황

○ 해외 건설 프로젝트의 디지털 기술 도입 현황

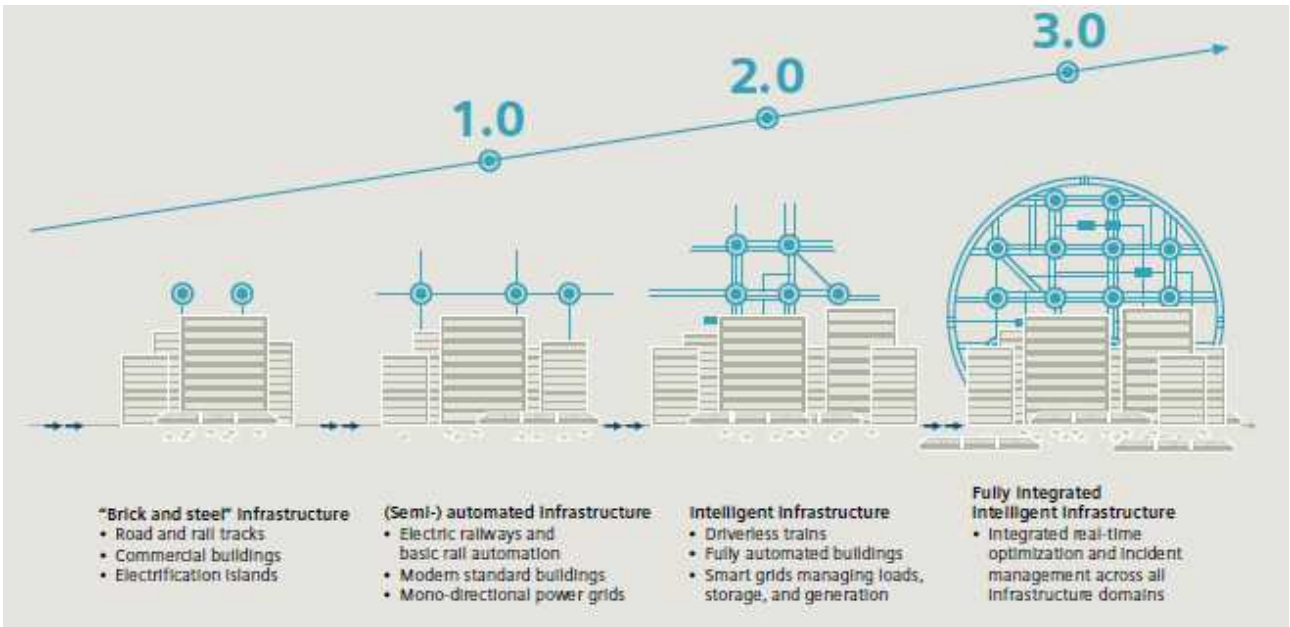
- DODG의 조사 분석에 따르면 건설산업에서 디지털 기술을 도입함으로써 안전, 품질, 공기, 생산성, 이익률, 리스크 관리 능력 측면에서 매우 효과가 높은 것으로 평가되었고 시공사 입장에서는 공사비 절감이나 설계 변경 건 감소, 이로 인한 공기 단축이 매우 높은 것으로 평가되었음.



<그림2-1 DODG의 Digital Transformation을 통한 건설산업의 이익 평가>



<그림2-2 디지털 모델링 기술을 통한 시공사의 이익 평가 (DODG)>



<그림2-3 지멘스의 Intelligent Infrastructure 정의>

- 최근 해외의 주요 건설공사의 입찰안내서에 BIM 모델 및 공유정보환경 구축이 포함되어 국내 기업들이 이에 대한 기술적 대비가 필요한 상황임
- 미국의 e-construction, 일본의 i-construction, 영국의 Digital Built Britain, 싱가포르의 Digital Twin 등 많은 국가에서 전략적으로 종이 문서 위주의 현재의 건설산업의 미래 기술 도입과 이를 기반으로 하는 디지털 인프라 구축에 노력을 기울이고 있어서 새로운 기술 장벽으로 부상할 가능성이 높고 유럽에서 이미 Level-2 수준의 BIM 역량을 자격제한으로 허용하기 시작하였음
- 영국 Crossrail project에서의 협업은 모든 절차에서 BS1192를 준용하였으며 협업 솔루션을 적절히 활용하여 이전보다 35% 빠르게 진행되어 280만 파운드를 절감하였다고 보고됨 (URS Scott Wilson, 2010). 프로젝트 진행시 각 모델 파일에 대한 무결성을 체크 (예를 들어 좌표계, 작업 단위, 도면 층, 속성, 레퍼런스 도면, 태그 등을 체크해 에러를 미리 제거)하여 생산성 증대를 도모함.
- 다양한 산업에서 IT기술을 활용하여 공통된 플랫폼을 구축하고 프로젝트를 진행함으로써 수반되는 비용의 감소와 오류 발생의 확률을 점점 낮추어 가고 있음. 그러나 건설 산업에서는 이러한 디지털 기술 요소를 100% 채택하는 것의 어려움에 직면하여 진행 속도가 더딘 것이 일반적이며, 이를 해결하기 위하여 영국 정부는 체계적인 BIM 기술 도입을 위한 로드맵을 수립하였고 향후 사회 안전망을 구축함과 동시에 이에 따른 제반 비용을 최대 20% 줄이는 것을 목표로 하고 있음.
- 영국 정부는 BIM 기술의 활용도를 높이기 위해 “Push & Pull” 전략을 활용하고

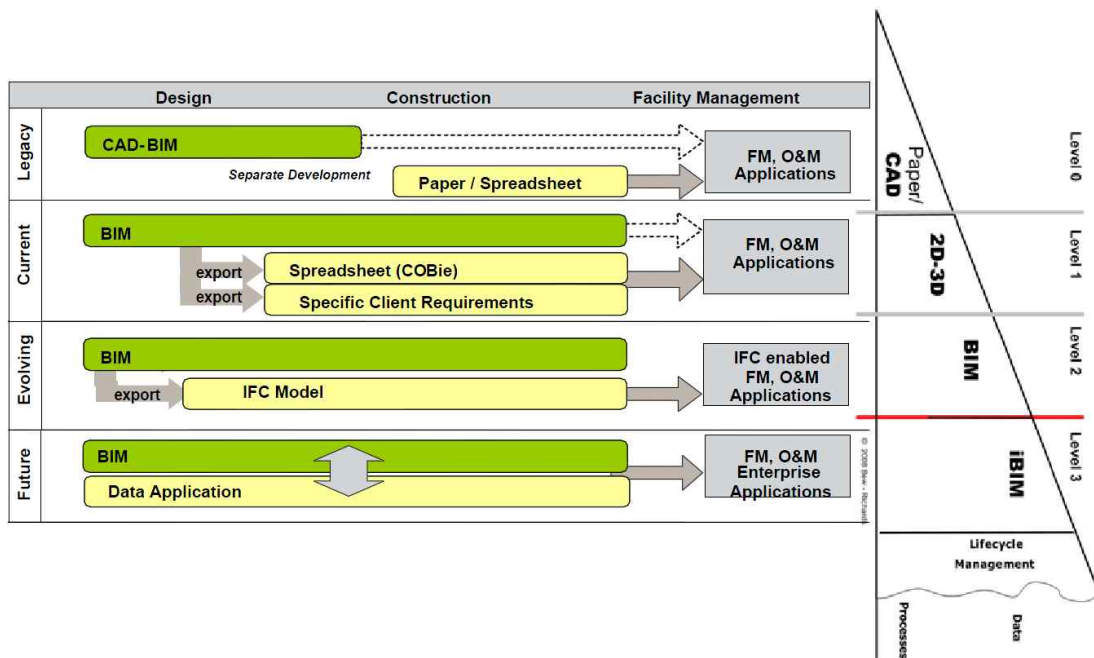
있음. 건설 산업계(Industry Push)와 정부(Client Pull)가 주축이 되어 진행 중이며, <그림 2-4>와 같이 Push는 프로젝트의 공급체인 구성원을 밀어주고 지원하는 것에 관한 것이며 표준, 지침, 교육지원 등을 포함하고 있음. Pull은 BIM 관련 정책과 법을 제정하고 BIM 정보 명세화 등을 통한 요구사항을 정의하여 기술 활용을 요구하거나 유도하는 역할을 하고, Push & Pull 정책의 세 가지 핵심 성공요인은 BIM 활용 이점에 대한 명확한 인식과 건설 산업계의 전반적인 BIM 도입 및 활용이며, 마지막으로 건설 프로젝트의 공급망 (supply chain)시스템에 대한 BIM 도입으로 규정하고 있음. 또한 건설 프로젝트의 공급망과 BIM 기술 연계에 따라 발생할 수 있는 각 프로젝트 단계별 이해 관계자들 간의 정보 공유와 연계의 문제점을 해결하고자 노력하고 있음.



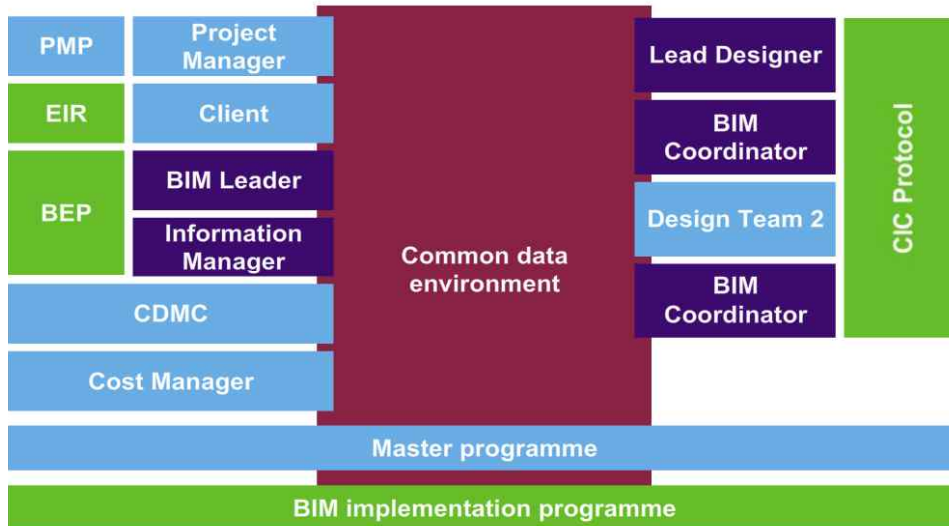
<그림2-4 BIM 도입을 위한 "Push & Pull"전략 개념도 >

- 영국 내각은 “Building Information Modelling Working Party Strategy Paper (2011)” 에서 BSI의 B/555 위원회에서 개발한 “영국 BIM 로드맵” 을 제안하였음. B/555 위원회는 자국 건설 산업의 정보 교환 방법의 국제 표준에 중점을 두었으며 BIM 로드맵을 작성하기 위하여 BIM 성숙도 개념을 도입하였음. BIM 로드맵에 적용된 성숙도 개념은 Level ‘0’ 부터 ‘3’ 까지 BIM 적용단계 또는 수준에 맞는 기술을 정의하고 각 수준에 부합되는 프로젝트와 계약에 적용될 수 있는 기준을 제시하기 위해 사용되었음. 각각의 성숙도 단계는 협업 수준에 따라 구분되어 있으며, 도구와 기술에 대한 이해도를 포함하고 있음.
- 위의 Roadmap을 구체화하기 위한 BIM의 성숙도 Level은 ‘0’ 에서 ‘3’ 까지 총 4 단계로 구성되어 있으며, Level 0은 2D CAD, Level 1은 3D 모델링 수준, Level 2는 BIM 프로세스 수준, Level 3은 통합 BIM 수준을 의미함. 각각의 성숙도 단계는 기술적 수준, 협업의 정도, 프로젝트에서 BIM의 활용 과정에 대한 이해 정도에 따라 아래와 같이 레벨을 구분함.
 - Level 0 : 종이에 기반을 둔 2D 형태의 CAD 작업으로 데이터 교환 메커니즘이 포함되지 않는 도면 수준

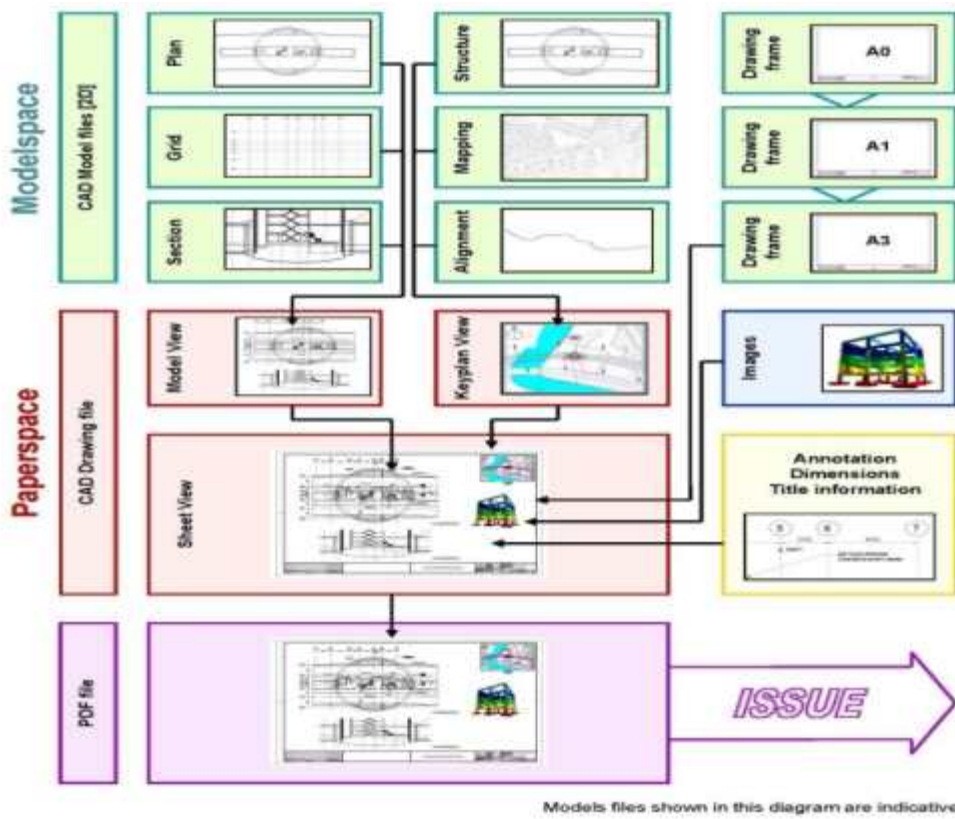
- Level 1 : BS 1192:2007 정의에 따른 2D 또는 3D 캐드로 일반적인 데이터 환경에 대한 협업을 제공하는 수준으로 표준 데이터 구조와 포맷을 사용하고 상용 데이터 관리 및 통합되지 않는 상황에서 비용 관리가 가능한 수준
 - Level 2 : 제출된 데이터를 활용할 수 있는 BIM 도구를 이용하여 3D 환경으로 4D 공정관리뿐만 아니라 5D 공사비관리를 수행할 수 있고 자원관리도 조직의 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템과 연계 가능한 수준
 - Level 3 : IFC/IFC 표준을 준수하며 통합이 웹서비스를 통해 건설 프로젝트의 협업을 수행할 수 있는 최종단계로 완전 개방 프로세스와 iBIM 혹은 통합 BIM을 이용해 동시 공학적 프로세스가 가능한 수준
- 폐쇄형 BIM은 단일 플랫폼을 기준으로 프로세스가 진행되는 반면, 개방형 BIM은 호환 가능한 표준 데이터 포맷을 이용하여 프로세스가 진행되는 것을 의미함. 이러한 개방형 BIM을 달성하기 위해서는 BIM 프로젝트의 전반적인 정보가 상호 호환성을 가져야 함. 이와 동시에 데이터의 이동 및 최종 납품의 과정 또한 어느 특정 형식에 귀속되기 보다는 중립성과 호환성이 전제 되어야 함. 데이터 납품 기준 시나리오의 최종 목표는 IFC/IFD를 통한 개방형 프로세스 달성 및 데이터 통합임. 정부는 이 큰 목표를 달성하기 위하여 성숙 단계와 프로젝트의 수행 단계를 고려하여 데이터 납품 시나리오를 정하였음.



< 그림2-5 BIM 성숙도에 따른 데이터 납품 기준 시나리오 >

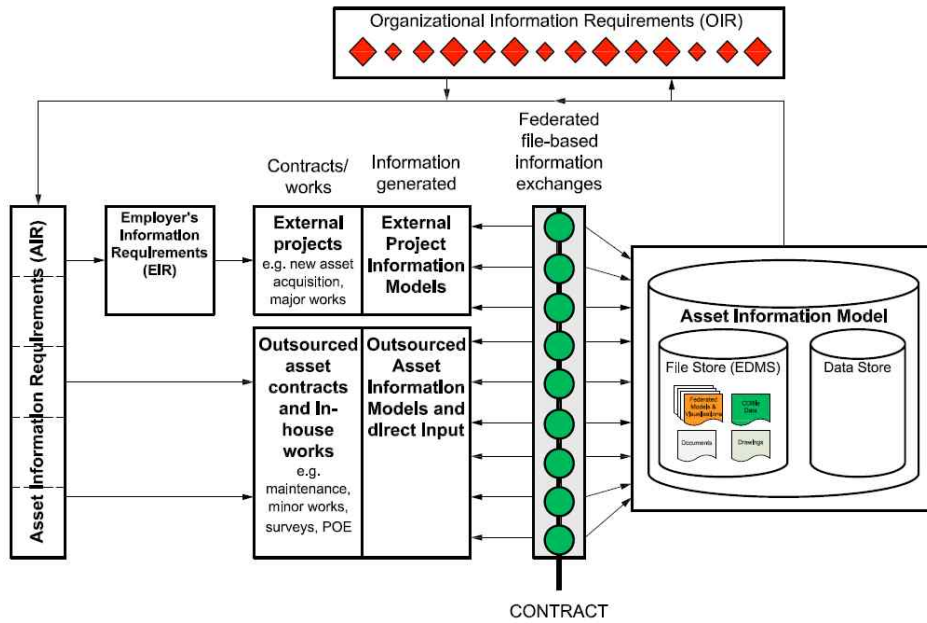


<그림2-6 BIM 프로젝트의 설계 시공 통합발주사의 BIM 체계>



<그림 2-7 발주사 도면 정의>

- PAS 1192-3:2014는 BIM을 이용해서 자산의 운영단계에서 정보를 어떻게 관리할 것인가에 대해 다른 표준임.



<그림2-8 PAS 1192-3:2014 표준>

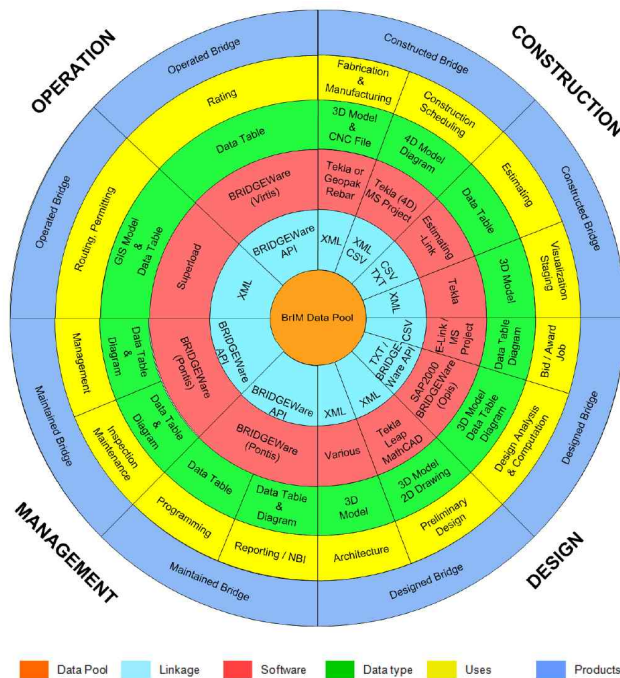
- 미국은 BIM 관련 기관 및 조직을 국가기관과 민간조직으로 나누어 역할을 이분화하여 BIM 도입에 체계적으로 대응하고 있으며, 먼저 BIM 관련 표준의 제정과 관련된 사항을 관할하는 국가기관을 살펴보면 다음과 같다.

<표2-1 BIM 정책을 관할하는 국가기관 (미국)>

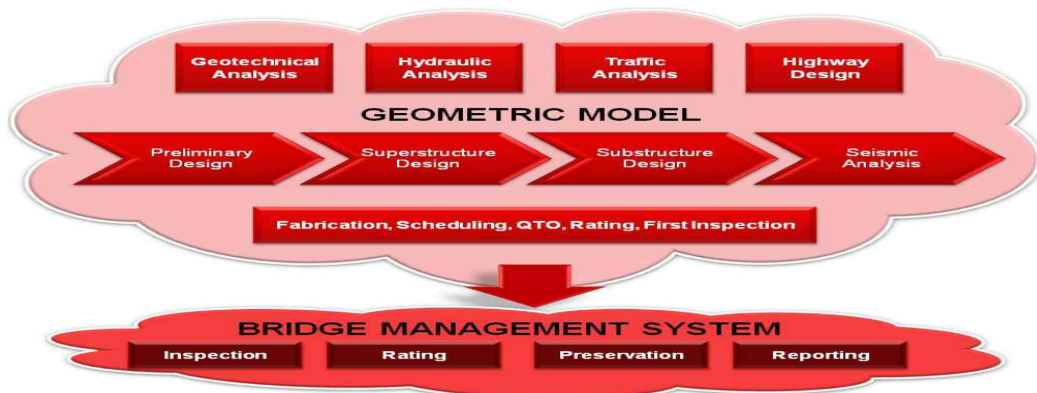
기관명	수행내용
GSA	<ul style="list-style-type: none"> General Service Administration (미국의 조달청) GSA는 미국 정부기관으로는 최초로 BIM을 도입하였으며 관련 사업계에 BIM 도입을 촉진시키는 중요한 역할을 수행
NIST	<ul style="list-style-type: none"> National Institute for Standards and Technology 정보, 커뮤니케이션, 자동화기술의 통합으로 건설생산성 향상방안 개발을 수행
DOD	<ul style="list-style-type: none"> Department of Defence (미육군 공병단) 산하에 CERT(Civil Engineering Research Laboratory)가 BIM 관련 연구개발을 수행
NIES	<ul style="list-style-type: none"> National Institute of Building Science BIM 관련 국가 BIM 표준(NBIMS) 등을 발표하고 있으며 NIBS는 Building Smart를 조직 내에 흡수하면서 NBIMS와 NCS의 업무를 관장
DOE	<ul style="list-style-type: none"> Department of Energy (에너지부) 산하에 Building Technology Program을 운영하여 건물에서의 에너지 성능분석 시스템 개발 및 보급
CSI	<ul style="list-style-type: none"> Construction Specification Institute 건설 전반에 걸친 표준코드를 제안하는 기관으로 현재 몇몇 BIM 솔루션들은 견적을 위해 이 기관에서 제작한 Unifomat을 사용

- 도로분야에서는 교량에 대한 정보모델에 대한 연구가 활발하게 진행되었고 FHWA 에서 교량정보모델을 BrIM으로 명칭 부여하고 (이는 벤틀리의 제품 홍보명과도 동일함) 아래와 같은 주요 사항들과 정보체계를 제시하였음.

- 교량 설계의 critical path에 기반하고 목적 위주의 현실적인 방안을 제시하고 있음.
- 단계별로 발주처 입장에서 필요한 정보 요구사항을 정의하고 이를 기반으로 하는 교량 정보 체계를 제시함.
- 정보 호환을 위한 Link는 XML 기반 혹은 API를 이용한 상호 연동이 가능 하도록 현실적인 대안을 제시함.
- LOD를 모델 정보요구사항과 사용자에 대해서 정의하여 제시함.
- 교량의 형상 정보 모델과 BMS (Bridge Management system) 연계 구조를 제시하여 발주자인 동시에 시설물 관리자의 입장에서 BrIM의 체계를 제시함

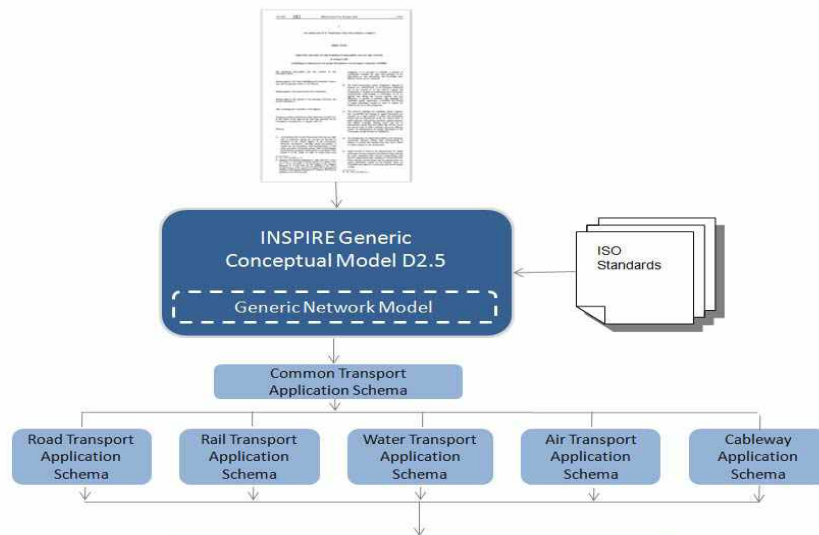


<그림 2-9 BrIM Data Pool>

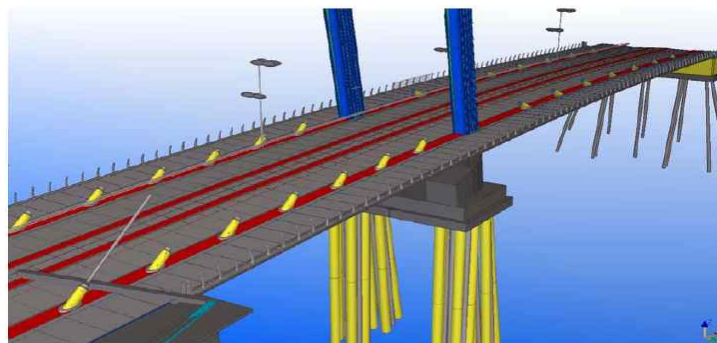


<그림 2-10 교량 관리 시스템에서의 BIM 활용>

- 핀란드에서는 Finnish road administration에서 국가교량정보모델링 가이드라인을 만들기 위해서 Oulu 대학 주관으로 설계회사들의 참여를 통해 개발됨. 교량의 3차원 모델링에는 Tekla Structures와 Solidworks가 주로 사용되고 AutoCAD Revit과 Microstation을 평가함. 5D Bridge consortium에서 동적인 교량 부재에 대한 라이브러리를 개발하고 핀란드의 교량 관련 업체에 공유함. 교량 모델을 활용하는 분야로 토공 혹은 파일 장비, GPS 장비 솔루션 등과 같이 machine control 활용이 시도되도록 진행하고 있음.



<그림 2-11 Inspire Data Specification on Transport Networks 가이드라인>



<그림 2-12 BIM 모델과 레이저스캐닝, GPS 장비와의 연동 개념도>

- 글로벌 설계 및 컨설팅 기업들이 기술적 경쟁력의 도구로 다차원 디지털 기술을 스캐닝, UAV, AR 등 새로운 혁신 장비들과 결합하여 활용하고 있고 이로부터 생산성, 리스크 저감 등의 효과를 보고 있음

○ 국내 건설 프로젝트의 디지털 기술 도입 현황

- 국토교통부는 건설사업 정보화 정책의 로드맵인 '제4차 건설사업정보화(CALS)기본계획'에 따라 건설사업의 생산성과 건설업체 기술역량 강화에 목표를 두고 건설정보표준개발, 인프라 BIM 도입기반 구축, 시스템고도화 및 기술정보 확대 등을 위한 4대 중점과제, 20개 세부시행과제가 마련되어 추진
- 국토해양부의 제 5차 건설기술진흥기본계획에서 시설물 자산가치 평가기법과 BIM기술을 연계하여 생애주기(LC)기반의 스마트 유지관리 확립, 유지관리 과정에서 도출된 취약요소를 DB화하고 이를 설계/시공단계로 피드백(Feedback)하는 선순환적 유지관리가 이루어지도록 설정함
- 국내에서는 설계 납품 표준을 설정하기 위해 조달청, LH공사에서 BIM 지침을 개발하였고 수자원공사는 전사적BIM 도입을 위한 로드맵 개발과 이에 따른 운용중인 댐의 3차원 모델화와 이에 연계한 정보 시스템을 개발중에 있고 한국도로공사는 2회의 BIM 시범사업을 수행하고 현재 전사적인 EX-BIM 체계를 수립하기 위한 로드맵/가이드라인/시범사업을 진행 중에 있음
- 건설기술연구원에서는 “Infra BIM” 표준 개발을 도로시설물 위주로 현재 진행중에 있으며 정보요구사항 정의를 통한 정보모델 표준 제시와 이를 위한 시범 사업 적용을 추진하고 있음
- 2012년부터 시설안전관리공단에서 “BIM기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구”를 수행하였고 “특수교량 BIM 기반 유지관리를 위한 표준기술 개발 및 실증”을 통해 생애주기 동안 특수교량의 정보전달 체계를 정의하고 이에 기반하여 BIM 기반의 유지관리 시스템의 초기 버전을 개발하여 실증 적용을 수행하고 있고 전환설계 수준의 모델링 기술과 해석의 직접 연동은 없는 형태로 개발됨



<그림 2-13 BIM 기반 특수교량의 유지관리정보체계>

□ 기술 수준 평가 및 연구 전략

○ 선진국의 건설산업 생산성 강화의 주요 전략 대응

- 미국과 유럽, 싱가포르는 건설 산업의 생산성 저하의 주요 요인을 정보 공유와 정보 전달 방법의 한계로 판단하고 프로젝트 참여자의 다양성에 따라 공유할 수 있는 의사전달 체계를 변화시키는데 중점을 두고 있음
- 클라우드 서버, 실시간 네트워크와 모바일, 다양한 시각화 및 시뮬레이션을 통한 사전 제작, 사전시공, 품질관리 등이 주요 관심사항으로 대두되고 궁극적으로 프로젝트 완성 시기를 당기는 것을 목표로 하고 있음
- 유럽에서는 영국 등의 설계 및 컨설팅 분야의 선진 기업들이 디지털 모델 기반의 기술과 이를 통한 프로젝트 수행절차를 새로운 기술 선점 전략으로 설정하고 중동과 아시아 시장을 비롯하여 발주처 컨설팅의 주도권을 확보한 지역을 중심으로 적극적으로 입찰 안내서에 반영하고 있음
- 이 기획과제의 수요 제기의 계기가 된 차나칼레 교량의 설계사인 코비의 경우에도 본사에서 다차원 모델을 기반한 다양한 기술 적용과 이를 이용한 발주처 홍보를 병행하고 있어 국내 시공사나 전문회사의 기술적 대응과 적용이 시급하게 필요함
- 대형 건설 프로젝트가 민간투자사업 형태로 진행될 때 운영 및 유지관리 효율성 확보가 주요한 이슈가 되고 있고 이를 위해 새로운 형태의 유지관리 시스템이 필요하고 미국의 경우나 일부 자산관리시스템을 BIM 기반으로 개발하고 있는 주요 캐드 벤더사의 자회사의 기술 개발 동향으로 볼 때 이 시장을 선점하기 위한 시범 사업

의 추진은 향후 관련 시장 확보나 민간투자사업의 제안 경쟁력 제고를 위해 필요함

○ 국내 BIM 관련 기술개발과의 차별성 확보 전략

- 국내에서 건설 관련 연구과제에서 광범위하게 BIM 관련 연구 내용이 설계, 시공, 유지관리 분야에 대해서 수행되고 있지만 각 단계별 국내의 실무 관행과 성과품의 형태에 맞게 진행되고 있어 해외 프로젝트에 직접 적용할 수 없는 상태임
- 국내 주요 건설사에서 BIM이 입찰안내서에 포함된 프로젝트를 수행하면서 관련 기술을 일부 도입하고 수행하고 있지만 이를 내재화하거나 업무의 일환으로 편입시켜 기술 경쟁력으로 확보하지 못하고 외주나 협력사에 의존하는 형태를 보여 공사비, 공기, 품질 및 안전 측면에서의 리스크 저감으로의 의미를 확보하지 못하고 있는 상황으로 판단됨
- 현재 국내에서 한국도로공사의 EX-BIM이 입찰안내서에 포함되어 서울-세종간 고속도로 사업에 적용되고 있는데 이 과정에서 프로젝트에 참여하고 있는 감독관, 시공사의 설계, 공무, 공사, 품질, 안전관리, 설계사, 감리사의 각 주체가 새로운 절차와 기술에 대한 인지가 부족하고 실제 활용을 해 보지 못한 상황이라 원래 의도한 효과를 확보하는데 어려움을 겪고 있음
- BIM 기반의 유지관리시스템은 시스템 개발과 함께 시범 적용이 국내 교량에 대해 수행중에 있지만 해외 프로젝트에 적용하기 위해서는 명칭, 분류체계, 문서관리체계, 준공 성과물, 유지관리업무 등에 대한 실제 해외 프로젝트 적용성 확보를 위한 변경이 필요하고 주요 케이블 교량 형태별로 반제품화해서 상용화할 수 있는 기술개발이 필요함
- 국토부와 건설기술연구원이 추진하고 있는 도로 및 하천분야 BIM 표준 연구는 개방형 표준을 대상으로 하고 있고 국내의 표준분류체계나 실무 성과물에 대응하고 개방형 BIM 표준에 기반한 납품 모델을 제시하기 위한 개발로 시공오차를 고려한 시공엔지니어링이나 직접 해석 연동 기술과 같은 실무 엔지니어링을 위한 모델 정의와 차이가 있어서 시공단계에서 주로 요구되는 해외 사업 적용에 한계를 가지고 있음.
- 시공단계의 시공성 확보를 위해서 DMU가 국내외에서 많이 수행되었지만 이 과정이 설계에서의 시공단계별 시공오차 보정 절차나 세그먼트 제작에서의 품질 검수와 같은 업무 절차내에서 기술로 자리매김하지 못하고 있고 해외 프로젝트의 공사팀과 설계팀의 협업의 주요 기술로 확보되도록 시공 단계별, 시공 부위별 기술 확보와 함께 이를 내재화하는 업무 매뉴얼로 연결되는 기술 개발이 필요함

- 입찰안내서에 BIM에 관한 요구사항이나 BS 1192에 따른 정보 교환 절차에 대한 요구가 포함될 때 반드시 요구되는 공유정보환경(CDE)이 기술 조사에서 각 주요 시공사에서 뚜렷한 형태로 정형화되지 못하고 있고 문서관리시스템에 별도의 비용을 사용하고 있어서 이를 효율적으로 확보하고 입찰에서의 경쟁력을 확보할 수 있는 정보공유환경 기술과 이를 이용한 업무 체계 매뉴얼 확보가 필요함
- 디지털 모델 기반의 프로젝트 수행은 실제 프로젝트를 수행하면서 참여자의 노력과 시간을 줄여주는 방향으로 기술이 customize되어야 하는데 개별 기술 혹은 주요 업무 절차 내에 들어오지 못한 상태의 기술 개발이 주로 이루어져서 이러한 사항에 대한 극복 과제로 해외 초장대 교량 프로젝트에서 실제 효율성을 확보할 수 있고 해외 협력업체 (특히 설계사)와의 협업을 가능하게 하는 기술과 절차의 개발이 이루어져야 함

<표2-2 서류 종류와 납품 일정(인도 MSRDC)>

Deliverables	Timeline
BIM Execution Plan (BEP)	Pre-Quality Stage
Final BIM Execution Plan	Within 4 months of appointed date.
Master Index Document Register (MIDR), Asset Information Model Register (AIMR)	Within 4 months of appointed date
BIM Design and Drawings Quality Checklist Plan	Within 4 months of appointed date
Designs and Drawings (Plan & Profile), Uniclass, COBie, design intent files, 3D models and PDFs, calculation sheets, design reports, clash detection reports, Software native files Reinforcement models, Asset information spreadsheet with attributes, LOD spreadsheet,etc.	Along with submission of Designs and Drawings
4D & 4D Cost, Construction Logistic SchedulingPlan	Along with submission of GFCs and before start of Construction
4D & 5D Cost, Simulation Models in all respect.	Before start of Construction
Record Model(s) and As-Built(s), Uniclass, COBie (Construction and Operation Building Information Exchange Spreadsheet), LOD spreadsheet and Master Document Register	As per Project Schedule immediately after completion of the Scheduled task.

7. Common Data Environment (CDE)

The *Contractor* shall express the CDE approach in the BIM Execution Plan which shall include, but not be limited to, the following:

7.1 Naming Convention

The *Contractor* shall propose the model naming standard to the *Project Manager* for acceptance.

7.2 Revision Control

The *Contractor* shall define the process of revision control for the project information under work-in-progress (WIP) to be shared, published and archived during construction stage.

7.3 CDE Structure

The *Contractor* shall propose data segregation and CDE management structures, processes and procedures to ensure proper information exchange between the *Contractor* and the *Project Manager*. The proposed management structure shall be expressed in the BIM Execution Plan. The *Contractor* shall propose the CDE structure for the acceptance by the *Project Manager* and state in the BIM Execution Plan.

7.4 Access Control

The *Contractor* shall establish an access control matrix that clearly specify user access right of the folders and files.

7.5 BIM Collaboration Methodology and Workflow

The *Contractor* shall describe the collaboration methodology and workflows include change tracking, communication protocols upon uploading, security and upload protocols (e.g. frequency and any deviations). CDE protocols and information exchange shall follow a similar process as described in PAS 1192-2. The *Contractor* is required to provide CDE technical support when needed.

7.6 3D Based Collaboration

The *Contractor* shall propose 3D based collaboration platform for the *Project Manager* for review and acceptance in order to facilitate 3D coordination and collaboration with stakeholders.

7.7 Model Information Sharing

The *Contractor* shall setup a workflow of model information sharing to facilitate Coordination Meeting (mentioned in Section 2.4 (b)). The *Contractor* is responsible for managing the models in the collaboration platform and keeping the federated models up to date. The *Contractor* shall configure its attribute data in its models to align with the data exchange requirements and formats.

7.8 Project Archive

CDE data shall be archived and transferred to the *Project Manager's* preferable media or server upon Completion.

<그림 2-14 CDE 정의사항 AECOM>

2-2-2. 특허분석

가. 분석 목적 및 절차

□ 분석 목적

- 본 특허동향분석의 목적은 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향, 주요 주체별 특허동향을 파악하여 “케이 블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축” 과제의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

□ 분석 절차

- 본 특허동향분석에서는 검색대상 기술을 분류하고 조사기간 및 검색범위 설정, 기술키워드 선정 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름



<그림2-15 특허분석 프로세스>

나. 분석 범위

□ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위¹⁾

<표2-3 검색 DB 및 검색범위 >

자료 구분	국 가	검색 DB	검색범위	검색구간
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국(KIPO)	WIPS DB	공개 및 등록특허 전체문서	~ 현재(2017.12)
	미국(USPTO)			
	일본(JPO)			
	유럽(EPO)			

다. 분석대상 기술 및 검색식 도출

□ 기술분류 체계

- 본 분석에서는 본 과제의 사업계획서, 유선, 서신 등을 통해 연구자와 논의된 사항, 기술트리 및 검색식 확정을 위한 오프라인 미팅에서 연구자로부터 추가 언급된 사항 등을 기초로 하여, “케이블교량 기술 선도를 위한 디지털 모델 활용 기술 개발 및 센터 구축 기술”을 대분류로 설정하고, “A. 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술”, “B. 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상 관리기술”, “C. 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술”을 핵심기술요소로 설정한 후, 이러한 기술분류에 따라 특허 검색을 실시하였음

<표2-4 분석대상 기술의 기술분류체계>

대분류	핵심기술요소
케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 (A)
	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술 (B)
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 (C)

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2016년7월부터 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 1996년도(1996.1.1.)~ 2015년도(2016.06.30.) 까지 한정함.

□ 기술분류 기준

〈표2-5 분석대상 기술의 기술분류 기준〉

대분류	중분류	검색개요 (기술범위)
케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 (A)	케이블교량 변수모델링 기술, 케이블교량 유지관리시스템 기술, 3차원 모델 해석연동 기술을 고려할 수 있으며, 구체적으로는 다음과 같음 - 사장교 및 현수교의 선형 기반 디지털 모델링 기술 - 3차원 모델과 해석 프로그램 연동 인터페이스 개발 - 해외 케이블 교량 사업 분석을 통한 정보요구사항을 반영한 해외 케이블 교량 유지관리시스템 프로토타입 개발 및 적용 - 해외 케이블 교량 디지털 모델 기반 유지관리시스템 프로토타입 개발
	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술 (B)	케이블교량 형상관리기술, 사전시공 기술, 자동 기계 가이드 기술 등을 고려할 수 있으며, 구체적으로는 다음과 같음 - 케이블교량 부재별 3차원 디지털 라이브러리 개발 - 가상의 사전 시공 및 검측을 위한 3D 좌표 확인용 Viewer 개발 - 차나칼레 교량 Test Bed 및 활용 가이드라인 작성
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 (C)	공유정보환경 기술 등을 고려할 수 있으며, 구체적으로는 다음과 같음 - 케이블교량 건설정보 데이터 수집 및 분석, 연계체계개발 - 공유데이터 환경 플랫폼 및 정보관리 S/W 개발 - 차나칼레 교량 Test Bed 적용 및 공유데이터 환경 활용 가이드라인 작성

□ 핵심 키워드 도출

- 본 과제의 각 핵심기술요소별 특허검색을 위한 핵심 키워드는 연구자와 논의된 사항, 연구자로부터 제공받은 연구 내용(연구목표, 연구수행 내용 등) 자료 등을 기초로 도출함

□ 검색식 도출

- 본 분석에 사용된 검색식은 상기에서 도출된 키워드를 바탕으로, 본 과제가 케이블 교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축에 관한 것이 라는 대전제 하에, 기술테마를 크게 셋으로 나누어 3개의 핵심기술요소(A. 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 / B. 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술 / C. 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술)마다 검색식을 각각 별도로 설정하였으며, 이는 <표2-5>에 기재된 바와 같음

<표2-6 기술분류 체계에 따른 검색식 및 그에 따른 유효데이터 건수>

대분류	핵심 기술요소	검색식	유효데이터 건수				
			한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	해외 케이블교 량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 (A)	((케이블교량 사장교* 현수교* 장대교* 장대교 량 ((케이블 사장 cable* stay* 현수 suspen* 장 대 grand) near2 (교량 bridge* 브리지 브릿지))) and (모델* model* 모델링 BIM 비아이엠 (building near1 information*) FEM 요소 부재 element 유한요소 (finite near2 element) 노드 절점 node 메시 메쉬 mesh) and (해석* analy* 선형* line align* 형고 height geometr* 3D D 3차원 삼차원 쓰리디 ((three 3 삼) near1 (차원 dimension)) 증강* Augment* BMS (bridge near2 manag*) 유지* 유지관리 maintenanc*)).KEY.	5	0	0	0	5
	디지털 모델 기반 시공 시물레이 션 및 형상관리 기술 (B)	((케이블교량 사장교* 현수교* 장대교* 장대교 량 ((케이블 사장 cable* stay* 현수 suspen* 장 대 grand) near2 (교량 bridge* 브리지 브릿지))) and (((라이브러리 librar* 목업 mockup mock-up (mock adj up) 사전시공 (사전 near2 시공) preconstruct* 프리패브* prefab* 좌표 Coordinat* 시물레이* simulat*) and (3D D 3차 원 삼차원 쓰리디 ((three 3 삼) near1 (차원 dimension)) 디지털 디지털 digital AR VR 증강* 가상* augment* virtual* 지식* knowledg* 지능 * intellig* 스마트 smart 뷰어 viewer 모델* model* 모델링 BIM 비아이엠 (building near1 information*) FEM 요소 부재 element 유한요 소 (finite near2 element) 노드 절점 node 메시 메쉬 mesh)) or (AMG ((Auto* 자동 오토) and (Machine 장비 건설장비 장치) adj2 (Guid* 가 이던* 가이드* 가이드*))))).KEY.	1	0	0	0	1
	해외 케이블교 량 공유데이 터 환경 구축 기술 (C)	((케이블교량 사장교* 현수교* 장대교* 장대교 량 ((케이블 사장 cable* stay* 현수 suspen* 장 대 grand) near2 (교량 bridge* 브리지 브릿지))) and ((common near2 data) ((공유 shar* 셰어* 쉐어* 클라우* cloud* 통합 integrat* 관리 manag* 분석* analy* 수집 collect* acqui*) near4 (데이터 데이터 data 건설정보 (build* near2 inform*))) 상호운용* Interoperab* (상호 near2 운용))).KEY.	0	0	0	0	0

- 상기의 <표 2-6>에서 확인할 수 있는 바와 같이, 기술분류 체계에 따른 검색결과, A(해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술)에서 5 건, B(디지털 모델 기반 시공 시물레이션 및 형상관리 기술)에서 1건, C(해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술)에서 0건의 유효데이터가 검색되어, 케이블교량에 대한 맞춤형의 특허기술들이 아직까지는 검색되지 않는 것으로 파악되었음
- 이처럼 케이블교량(사장교, 현수교, 장대교량 등)에 한정된 검색에 의하면 소정 이

상의 관련성이 있다고 판단되는 특허(유효데이터)가 극히 소수 검색되었음. 이러한 정량적인 검색 및 필터링 결과에 따르면, 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 과제 기술과 관련하여, 다양한 교량 타입들 중 케이블교량 타입에 대하여 맞춤형으로 연구개발된 관련성 높은 특허기술(A. 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술, B. 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술, C. 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술)은 현 시점에서 극히 소수인 것으로 파악되므로, 본 과제 기술에 대한 연구개발을 조속히 진행하여 본다면 해당 분야를 선도할 수 있는 시장 선점 및 IP 포트폴리오 구축이 가능할 것으로 사료됨

- 한편, 이와 같이 케이블교량을 특정한 특허 검색결과가 소수이므로, 정량적으로 유의미한 분석이 가능한 데이터량을 확보하기 위해, 이하에서는 케이블교량을 포함하는 모든 교량을 대상으로 하는 확장 검색을 수행하고자 검색식을 재구성하였음

□ 검색식 재구성

- 상술한 바와 같이, 케이블 교량에만 한정하지 않고, 모든 교량을 포괄하는 개념으로 검색식을 재구성하였고, 검색식은 <표 2-7>에 기재된 바와 같음. 또한, 최종 검색식을 검색DB에 적용하여 얻은 로데이터(Raw Data)의 건수는 <표 2-7>과 같음

<표2-7 기술분류 체계에 따른 검색식>

대분류	핵심 기술요소	검색식
케이블교량 해외 시장 진출을 위한	해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 (A)	((교량 bridge* 브리지 브릿지) and (모델* model* 모델링 BIM 비아이엠 (building near1 information*) FEM 요소 부재 element 유한요소 (finite near2 element) 노드 절점 node 메시 메쉬 mesh) and (해석* analy* 선형* line align* 형고 height geometr* 3D D 3차원 삼차원 쓰리디 ((three 3 삼) near1 (차원 dimension)) 증강* Augment* BMS (bridge near2 manag*) 유지* 유지관리 maintenanc*)).KEY.
BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술 (B)	((교량 bridge* 브리지 브릿지) and (((라이브러리 librar* 목업 mockup mock-up (mock adj up) 사전시공 (사전 near2 시공) preconstruct* 프리패브* prefab* 좌표 Coordinat* 시뮬레이* simulat*) and (3D D 3차원 삼차원 쓰리디 ((three 3 삼) near1 (차원 dimension)) 디지털 디지털 digital AR VR 증강* 가상* augment* virtual* 지식* knowledg* 지능* intellig* 스마트 smart 뷰어 viewer 모델* model* 모델링 BIM 비아이엠 (building near1 information*) FEM 요소 부재 element 유한요소 (finite near2 element) 노드 절점 node 메시 메쉬 mesh)) or (AMG ((Auto* 자동 오토) and ((Machine 장비 건설장비 장치) adj2 (Guid* 가이드* 가이드* 가이드*)))))).KEY.

대분류	핵심 기술요소	검색식
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 (C)	((교량 bridge* 브리지 브릿지) and ((common near2 data) ((공유 shar* 셰어* 쉐어* 클라우* cloud* 통합 integrat* 관리 manag* 분석* analy* 수집 collect* acqui*) near4 (데이터 데이터 data 건설정보 (build* near2 inform*))) 상호운용* Interoperab* (상호 near2 운용))).KEY.

<표2-8 기술분류체계에 따른 Raw Data 건수>

대분류	핵심기술요소	검색건수				
		한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	합계
케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 (A)	815	2111	635	889	4,450
	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술 (B)	97	437	79	173	786
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 (C)	219	678	157	112	1,166
총 계		1,131	3,226	871	1,174	6,402

라. 유효특허 선별 결과

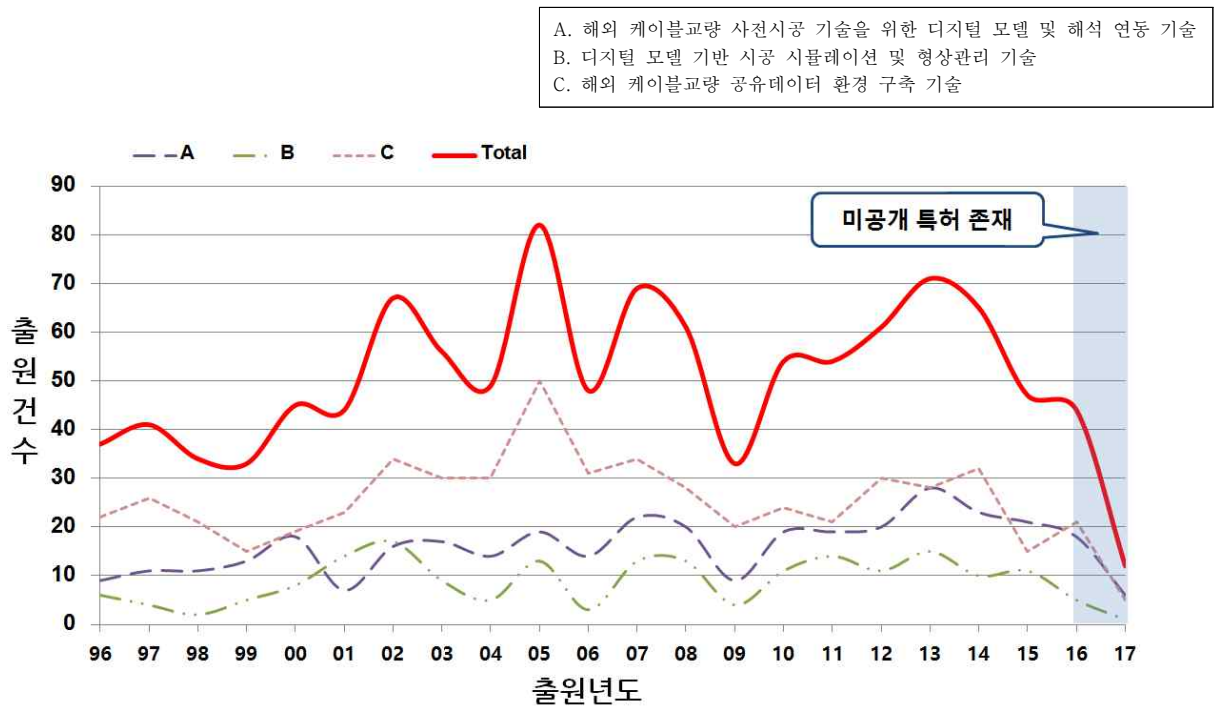
- 상기 6402건의 Raw Data에 대하여, <표 2-5>에 나타난 각 중분류별 검색개요를 유효특허 선별 기준으로 하여 유효특허(유효데이터)를 선별한 결과, <표 2-9>에 나타난 바와 같이 1240건의 유효특허가 선별됨.

<표 2-9 유효특허 선별결과>

Raw-data	유효특허	비율
6402	1240	19.37%

대분류	핵심기술요소	유효데이터 건수			
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)
케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술 (A)	76	242	67	36
	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술개발 (B)	32	134	48	26
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 (C)	79	378	83	39
총 계		187	754	198	101

라. 전체 연도별/요소기술별 출원동향



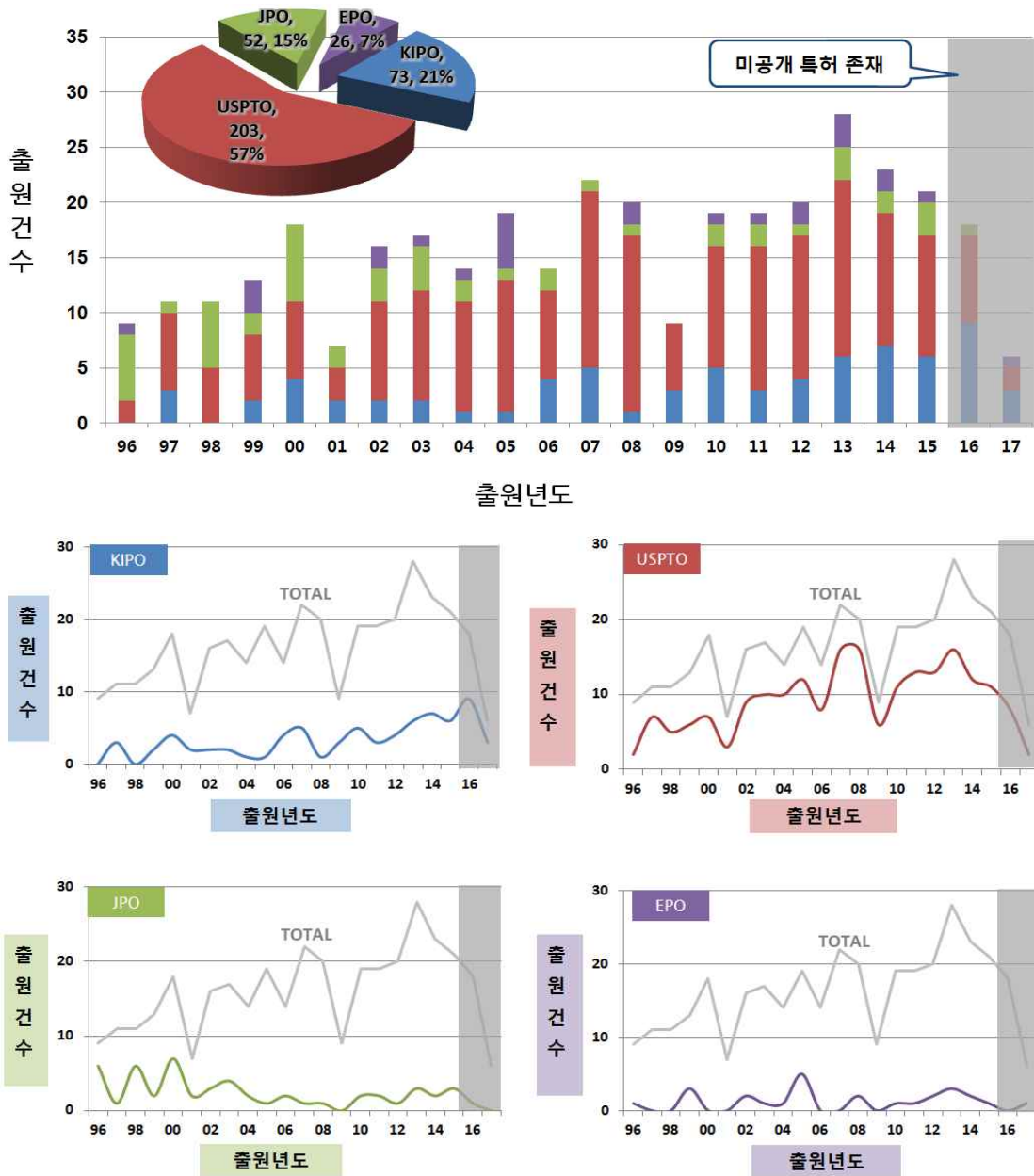
<그림2-16 주요시장국 연도별 출원동향>

- 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축의 전체 특허 동향을 살펴보면, 출원건수가 1999년부터 2002년까지 증가세를 보이다가 그 후로 2009년까지 증감을 반복하는 양상을 보이고 있으며, 2010년부터 2013년까지 다시 증가세를 보이고 있음. 2014년 이후 다소 주춤하는 모양새를 보이기는 하나, 2016년과 2017년 특허출원의 경우 아직 미공개되어 집계되지 않는 데이터가 있으므로, 최근의 출원 감소 경향에 대해서는 추후 지속적인 모니터링을 통해 확인하여 볼 필요가 있음
- 핵심기술요소(A)(해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술)의 전체 연도별 출원동향을 살펴보면, 핵심기술요소(A)의 경우 분석구간 초기부터 2000년까지 출원건수가 꾸준히 증가하다가 그 후로 2001년부터 2009년까지 증감을 반복하는 양상을 보이고 있으며, 2010년부터 2013년까지 다시 증가세를 나타내고 있음
- 핵심기술요소(B)(디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술)의 전체 연도별 출원동향을 살펴보면, 핵심기술요소(B)의 경우 1998년부터 2002년까지 출원건수가 증가하였다가 그 후로 최근(2015년)까지 증감을 반복하는 양상을 보이고 있음
- 핵심기술요소(C)(해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술)의 전체 연도별 출원동향을

살펴보면, 핵심기술요소(C)의 경우 핵심기술요소(A), 핵심기술요소(B)와 비교하여 상대적으로 출원건수가 많아, 핵심기술요소(C)가 전체 특허 정량적 흐름에 영향을 주고 있으며, 출원건수가 1999년부터 2005년까지 증가세를 보이다가 그 후로 최근(2015년)까지 증감을 반복하는 양상을 보이고 있음

마. 핵심 요소기술별 연도별/국가별 출원동향

○ 핵심기술요소(A)의 연도별/국가별 출원동향



<그림2-17 주요시장국 연도별 출원동향>

- 핵심기술요소(A)(해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술)의 전체 연도별 출원동향을 살펴보면, 출원건수가 분석구간 초기부터 2000년까지 증가하다가 이후에 20001년부터 2009년까지 증감을 반복하였고, 2010년부터 2013년까지 다시 출원건수의 증가가 나타난 후 2013년을 피크로 그 이후에 다소 주춤하는 모양새를 보이기는 하나, 2016년과 2017년 특허출원의 경우 아직 미공개 되어 집계되지 않는 데이터가 있으므로, 최근의 출원 감소 경향에 대해서는 추후 지속적인 모니터링을 통해 확인하여 볼 필요가 있음. 전체시장은 미국과 가장 유사

한 형태의 정량적 동향을 보이고 있으며, 과거부터 최근까지 미국에 의해 연구개발이 주도되고 있는 것으로 분석됨

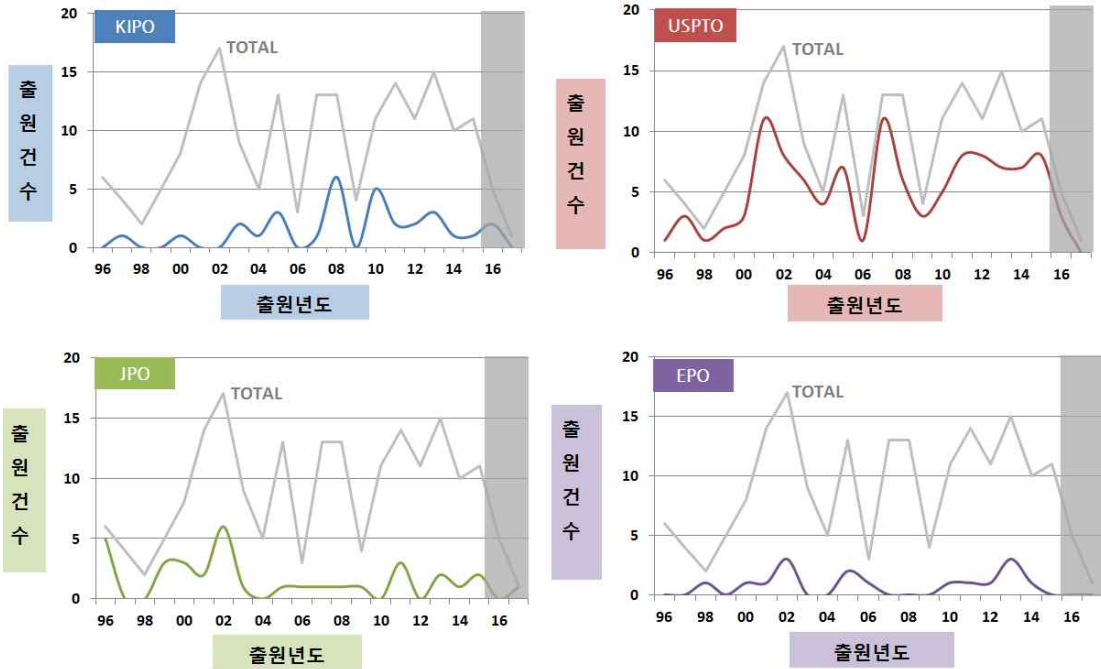
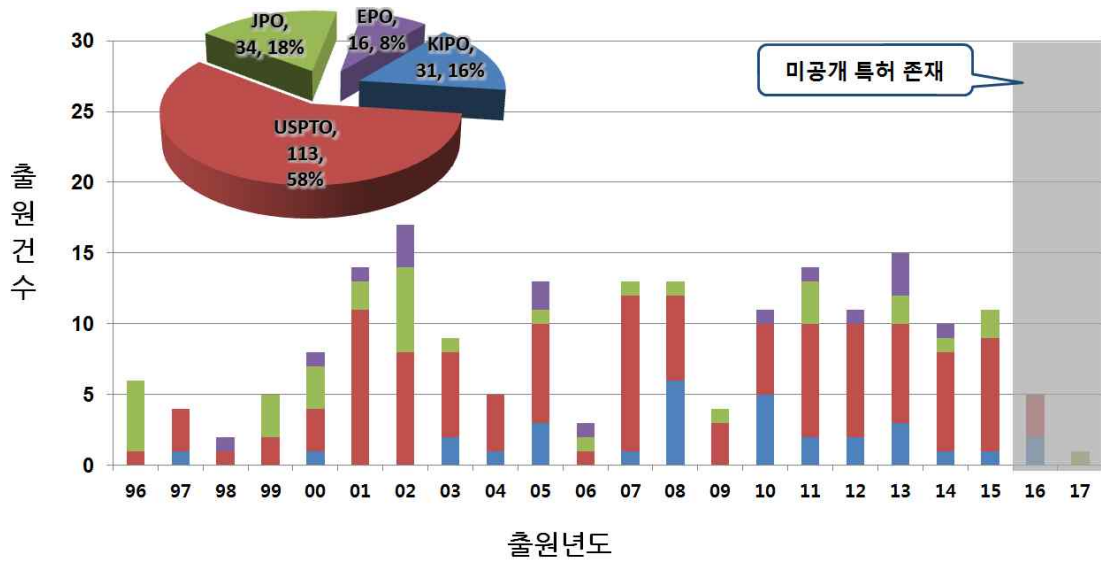
※ [KIPO] 한국 특허의 경우 분석구간 초기부터 2011년까지 출원건수가 증감을 반복하며 관련 특허출원이 지속적으로 이루어지는 추세를 보였고, 2012년부터는 출원건수가 꾸준히 증가하고 있어 특허 미공개 존재구간을 고려할 때, 지속적인 성장세를 보일 것으로 예상됨

※ [USPTO] 미국 특허의 경우 출원건수가 분석구간 초기부터 2008년까지 증감을 반복하다 2008년을 피크로 감소하는 듯하였으나, 2010년부터 2013년까지 다시 증가하는 추세를 보이고 있고, 특히 미국의 특허 동향 형태는 전체 특허 흐름과 비슷한 형태로, 전체 구간에서 기술시장을 주도하고 있는 것으로 판단됨

※ [JPO] 일본 특허의 경우, 분석구간 초기부터 2003년까지 증감을 반복하며 특허출원이 지속적으로 이루어지는 추세를 보였으나, 2004년부터 2009년까지 출원건수가 감소하며 출원활동에 주춤하는 양상을 보이다 2010년부터 최근(2015년)까지 5건 미만의 특허출원이 꾸준히 이루어지고 있는 것으로 나타남

※ [EPO] 유럽 특허의 경우 특허출원건수는 한국이나 미국에 비해 많지 않은 것으로 조사되며, 지속적으로 5건 이하의 출원이 이루어지고 있음. 또한, 유럽의 출원건수가 유럽 인구수에 비하여 낮게 집계된 것은, 유럽에서 제도적으로 개별국 출원과 EPO 출원을 모두 진행할 수 있는데, 출원 건수 집계 시 확인하는 것은 EPO를 통한 출원이기 때문인 것으로 보임

○ 핵심기술요소(B)의 연도별/국가별 출원동향



<그림2-18 주요시장국 연도별 출원동향>

- 핵심기술요소(B)(디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술)의 전체 연도별 출원동향을 살펴보면, 출원건수가 1998년부터 2002년까지 출원건수가 증가하며 증가세를 보이다가, 이 후 최근(2015년)까지 증감을 반복하며 꾸준한 출원활동을 보이고 있고, 전체시장은 미국과 가장 유사한 형태의 정량적 동향을 보이는 것으로 나타남

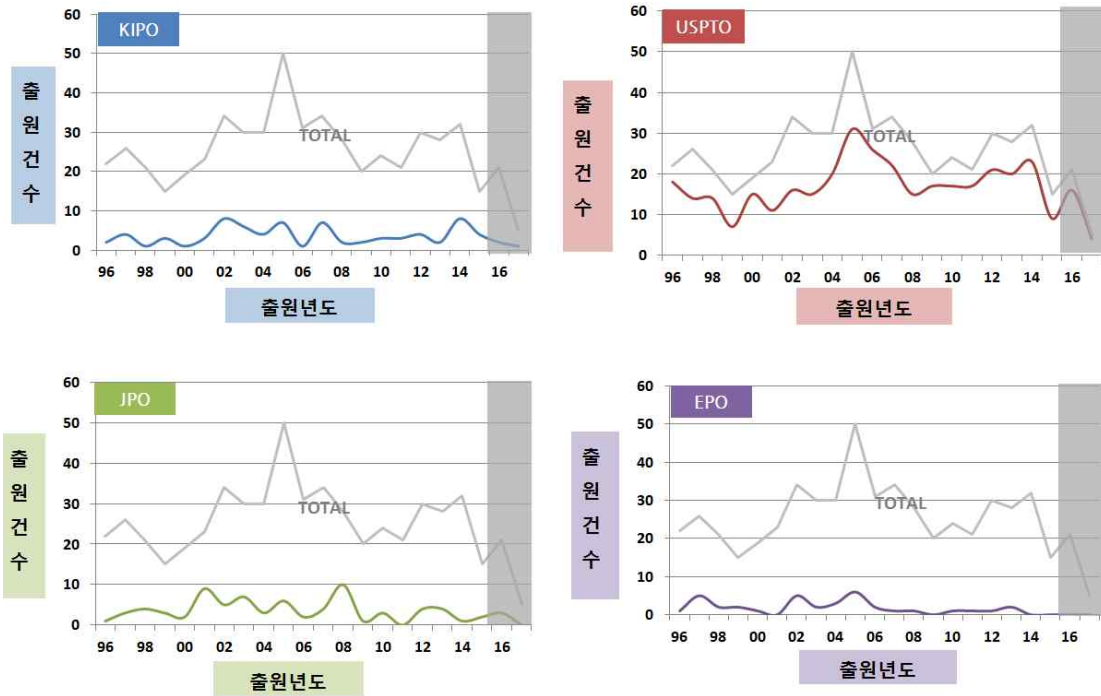
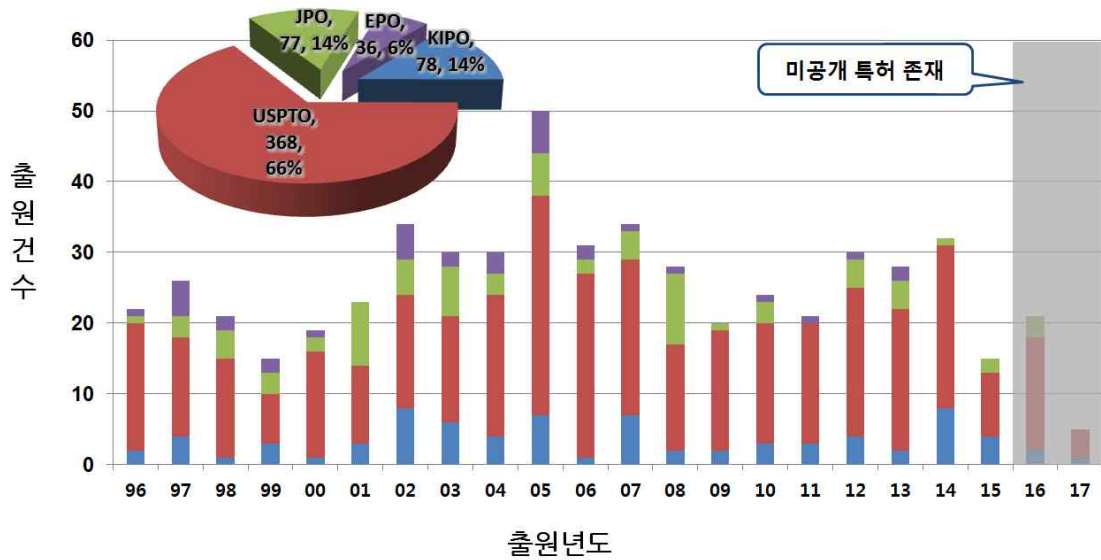
- ※ [KIPO] 한국 특허의 경우 출원건수가 분석구간 초기부터 2007년까지 증감을 반복한 뒤 2008년에 증가하였다가 2009년 출원건수가 감소하는 듯하였으나, 2010년 이후로 6건 미만의 꾸준한 출원활동을 보이고 있음

- ※ [USPTO] 미국 특허의 경우 출원건수가 1998년부터 2001년까지 출원건수가 증가하며 증가세를 보이다 그 이후에 출원건수가 감소하며 출원활동이 주춤하는 듯하였으나, 2007년에 큰 폭으로 증가하였고, 이 후 일정수준의 특허출원이 꾸준하게 이루어지고 있음. 또한, 특히 미국의 특허 동향 형태는 전체 특허 흐름과 비슷한 형태로, 전체 구간에서 기술시장을 주도하고 있는 것으로 나타남

- ※ [JPO] 일본 특허의 경우, 출원건수가 1998년부터 2002년까지 증가세를 보이다가 이 후 2004년까지 출원건수가 감소하였고, 2005년부터 최근(2015년)까지 3건 이하의 출원이 이루어지고 있음

- ※ [EPO] 유럽 특허의 경우 특허출원건수는 한국이나 미국에 비해 많지 않은 것으로 조사되며, 3건 이하의 출원이 이루어지고 있음. 다만, 유럽의 경우 출원 수가 많지 않아 경향을 완벽히 반영하기에 무리가 있음. 유럽의 출원 건수가 유럽 인구수에 비하여 낮게 집계된 것은, 유럽에서 제도적으로 개별국 출원과 EPO 출원을 모두 진행할 수 있는데, 출원 건수 집계 시 확인하는 것은 EPO를 통한 출원이기 때문인 측면도 있을 것으로 사료됨

○ 핵심기술요소(C)의 연도별/국가별 출원동향



<그림2-19 주요시장국 연도별 출원동향>

- 핵심기술요소(C)(해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술)의 전체 연도별 출원 동향을 살펴보면, 출원건수가 1999년부터 2005년까지 출원건수가 증가하며 증가세를 보이다가, 그 이후에 증감을 반복하는 하고, 2015년에 다소 주춤하는 양상을 보이는 하나, 2016년과 2017년 특허출원의 경우 아직 미공개되어 집계되지 않는 데이터가 있으므로, 최근의 출원 감소 경향에 대해서는 추후 지속적인 모니터링을 통해 확인하여 볼 필요가 있음

※ [KIPO] 한국 특허의 경우 분석구간 초기부터 최근(2015년)까지 출원건수의 급격한 증가 혹은 감소 구간 없이 출원건수가 증감을 반복하며 관련 특허출원이 지속적으로 이루어지는 추세를 보임

※ [USPTO] 미국 특허의 경우 출원건수가 1999년부터 2005년까지 증가세를 보였다가 2006년부터 2008년까지 출원건수가 감소하며 출원활동이 주춤하는 듯하였으나, 그 후에 2014년까지 다시 증가세를 보이는 것으로 나타남

※ [JPO] 일본 특허의 경우, 분석구간 초기부터 최근(2015년)까지 출원건수의 급격한 증가 혹은 감소 구간 없이 출원건수가 증감을 반복하며 관련 특허출원이 지속적으로 이루어지는 추세를 보임

※ [EPO] 유럽 특허의 경우 특허출원건수는 한국이나 미국에 비해 많지 않은 것으로 조사되며, 지속적으로 7건 미만의 출원이 이루어지고 있음. 또한, 유럽의 출원 건수가 유럽 인구수에 비하여 낮게 집계된 것은, 유럽에서 제도적으로 개별국 출원과 EPO 출원을 모두 진행할 수 있는데, 출원 건수 집계 시 확인하는 것은 EPO를 통한 출원이기 때문인 것으로 보임

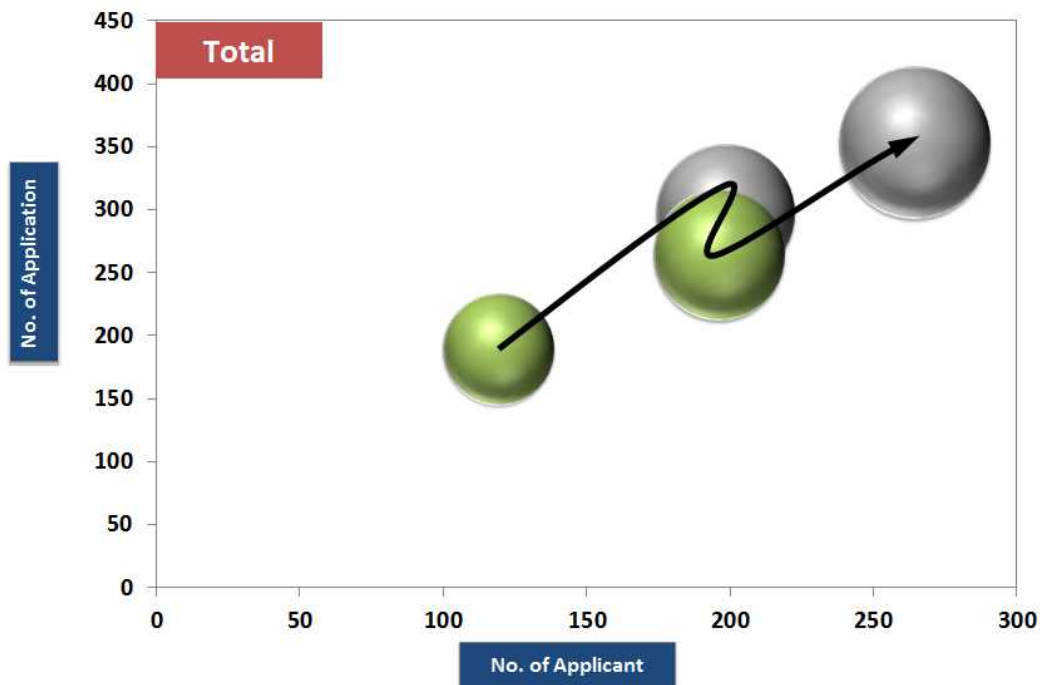
바. 전체/핵심 요소기술별 특허기술 성장단계



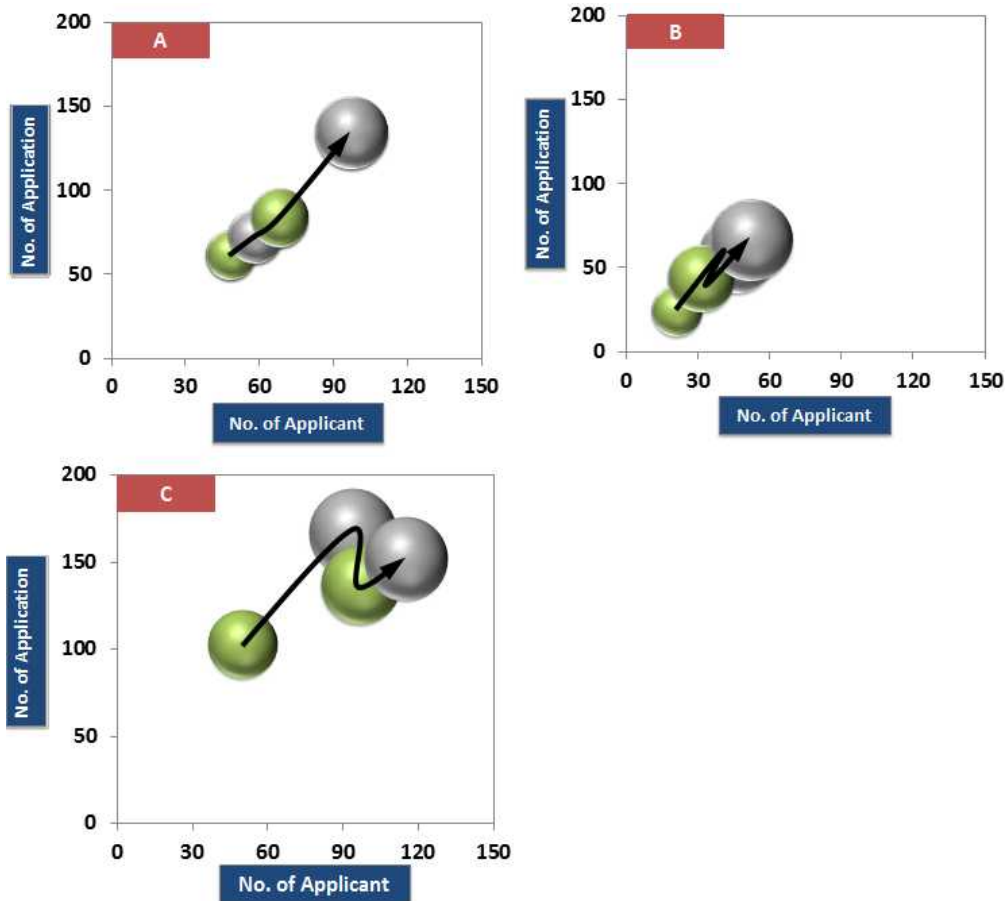
<그림2-20 특허기술 성장단계별 의미>

- 특허기술 성장단계 분석에서 출원건수의 증가는 기술개발이 활발한 것을 의미하고 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 종합적으로 출원건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함

- 특허기술 성장단계 중 태동기 단계는 출원인과 출원건수의 증가가 시작되는 형태로 이후 연구개발 활동이 활발해질 것으로 예상할 수 있는 단계이며, 성장기 단계는 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로 본격적으로 해당 기술분야의 연구 개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음. 태동기와 성장기의 구분은 분석 데이터의 모수 대비 해당 구간의 증가 건수, 기술분야의 특성 및 출원인의 성격 등을 고려하여 판단할 수 있음. 성숙기 단계는 출원건수의 증가가 다소 주춤하고 출원인수가 감소하는 형태로 일부 선진 출원인만이 출원을 유지하고 그 외 진입자들은 도태가 되는 단계임. 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있으며, 회복기 단계는 원천기술을 이용하여 최근 기술 트렌드 및 신규 아이디어 등에 부합하는 기술이 개발되어 시장이 재형성되는 단계로 판단할 수 있음
- 특허기술 성장단계 분석구간의 설정은 전체 기간을 일정한 연간 단위로 구간을 구분하되, 최근 급부상하거나 이슈가 있는 기술분야의 경우, 최근 기간 등으로 한정하여 구간을 설정하여 분석하는 것이 유의미할 수 있음



<그림 2-21 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축(TOTAL) 특허기술 성장단계>



<그림2-22 세부기술별 특허기술 성장단계(A~C기술) >

- 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축(전체) 및 그 세부기술별 특허기술 성장단계를 분석하고자, 전체 분석구간 20년을 5년 단위 4개 구간으로 구분하여, 1구간(1996년~2000년), 2구간(2001년~2005년), 3구간(2006년~2010년), 4구간(2011년~2015년)을 설정하였음
- 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술(전체)의 경우, 1구간(1996년~2000년)부터 2구간(2001년~2005년)까지 출원건수와 출원인수가 증가하고, 2구간(2001년~2005년)부터 3구간(2006년~2010년)까지 출원건수와 출원인수가 다소 감소하며, 3구간(2006년~2010년)부터 4구간(2011년~2015년)까지 출원건수와 출원인수가 증가하는 성장기로 나타나는데 이는 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술(전체)에서 특허의 비중이 높은 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술(C) 분야의 성장 단계와 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술(전체)이 비슷한 양상을 보이는 것으로 분석됨

사. 특허 동향 분석 종합 분석

○ [해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술(A)]

- 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술의 세부분야(중분류) 중, 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술(A) 분야의 기술 성장단계는 1구간(1996년~2000년)부터 4구간(2011년~2015년)까지 출원건수와 출원인수가 계속 증가하는 성장기에 해당하며, 특히 3구간(2006년~2010년)부터 4구간(2011년~2015년)으로의 변화에 있어서 출원건수와 출원인수가 급격하게 증가하는 것으로 나타남.
- 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술(A) 분야는 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술(B) 분야, 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술(C) 분야와 대비하였을 때 최근 연구개발이 활동이 활발한 것으로 판단할 수 있음. 최근 들어 매우 급격한 성장 양상을 보임에 비추어 보았을 때, 향후에도 소정 이상의 기간 동안 성장이 지속될 가능성이 상당히 높을 것으로 사료됨

○ [디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술(B)]

- 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술의 세부분야(중분류) 중, 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술(B) 분야의 기술 성장단계는 1구간(1996년~2000년)부터 2구간(2001년~2005년)까지 출원건수와 출원인수가 증가하고, 2구간(2001년~2005년)부터 3구간(2006년~2010년)까지 출원건수와 출원인수가 다소 감소하였으며, 3구간(2006년~2010년)부터 4구간(2011년~2015년)까지 출원건수와 출원인수가 증가하는 성장기로 나타남. 향후 소정 이상의 기간 동안 성장이 더욱 지속될 가능성에 대한 명확한 파악을 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

○ [해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술(C)]

- 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술의 세부분야(중분류) 중, 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술(C) 분야의 기술 성장단계는 1구간(1996년~2000년)부터 2구간(2001년~2005년)까지 출원건수와 출원인수가 급격히 증가하였다가 2구간(2001년~2005년)부터 3구간(2006년~2010년)까지 출원건수와 출원인수가 다소 감소하였고, 3구간(2006년~2010년)부터 4구간(2011년~2015년)까지 출원건수와 출원인수가 증가하며 성장기로 나타남. 성장 속도는 다소 다르나 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술(C) 분야의 성장 단계는 케이블교량

해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 기술(전체)과 비슷한 양상을 보이는 것으로 분석됨. 향후 소정 이상의 기간 동안 성장이 더욱 지속될 가능성에 대한 명확한 파악을 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료됨

경쟁자 Landscape

○ 핵심기술요소(A)의 전체 주요출원인 동향

< 표2-10 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술(A)의 주요 출원인 TOP5 >

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)				최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	
1	한국건설기술연구원	KR	연	13	13 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	233%
2	Hitachi, Ltd.	JP	산	4	0 (0%)	2 (50%)	2 (50%)	0 (0%)	-100%
3	KAWASAKI HEAVY IND LTD	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0%
4	Autodesk, Inc.	US	산	2	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	100%
5	한양대학교 산학협력단	KR	학	2	2 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 (\%)$$

- 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술(A) 분야와 관련하여 한국 국적 연구원 및 학계인 한국건설기술연구원, 한양대학교 산학협력단, 일본 국적 기업인 Hitachi, Ltd., KAWASAKI HEAVY IND LTD, 미국 국적 기업인 Autodesk, Inc. 등이 다수의 특허를 보유하고 있어 해당 기술은 다출원 기준으로 한국과 일본이 주도하고 있는 것으로 파악됨

- 다출원 기준 상위 5위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 40%, 한국 국적의 기관 및 기업이 40%, 미국 국적의 기관 및 기업이 20%를 차지하였고, 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 40%가 산업계, 40%가 연구계, 20%가 학계인 것으로 나타남

- 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수

있음. 한국건설기술연구원의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음

- 참고로, 각 주요 출원인별 대표적인 특허출원의 발명의 명칭을 대략적으로 살펴보면, 한국건설기술연구원의 경우 “교량에 대한 3차원 정보모델을 위한 계층적 스키마 표현 방법(Method for Hierarchical Schema Representation for Dimensional Information Model of Bridge)”, “빔(BIM) 기반의 건축물 데이터를 표시하는 BIM데이터 처리 시스템(BIM DATA PROCESSING SYSTEM FOR DISPLAYING DATA OF BUILDING BASED ON BIM)”, “생애주기를 고려한 개별교량 및 교량집합의 유지관리전략 수립 방법 및 교량관리 시스템(MANAGEMENT STRATEGY GENERATION METHOD FOR EACH BRIDGE AND BRIDGE GROUP CONSIDERING LIFE CYCLE OF BRIDGE, AND BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM USING THE SAME)”, “모바일 현장조사-기반의 다차원 객체지향형 교량 정보처리 시스템 및 그 방법(MULTI-DIMENSIONAL AND OBJECT-ORIENTED DATA MANAGEMENT SYSTEM FOR BRIDGE BASED ON MOBILE FIELD INSPECTION, AND METHOD FOR THE SAME)”, “교량의 위험도와 가치를 고려한 교량 관리정보 분석 시스템(SYSTEM FOR ANALYZING BRIDGE MANAGEMENT INFORMATION CONSIDERING RISK AND VALUE OF BRIDGE,)”, Hitachi, Ltd.의 경우 “크레인 간섭 체크 시스템, 교량 가설 시뮬레이션 시스템 및 이들을 구비한 3D 시공 계획 시스템”, KAWASAKI HEAVY IND LTD의 경우 “교량의 설계, 제작을 위한 3차원 모델의 구축 방법 및 장치”, “교량의 설계, 제작을 위한 3차원 모델의 구축 방법”, Autodesk, Inc.의 경우 “MODEL BUILDER”, 한양대학교 산학협력단의 경우 “위치기반 시스템을 이용한 장대교량 케이블 형상관리 시스템 및 그 방법 (System for managing configuration of long span bridge cable using location-based system, and method for the same)” 등을 발명의 명칭으로 하는 특허출원을 진행한 바 있음

○ 핵심기술요소(B)의 전체 주요출원인 동향

<표2-11 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술개발(B)의 주요 출원인 TOP5 >

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)				최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	
1	IHI CORP	JP	산	7	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)	-100%
2	KAWASAKI HEAVY IND LTD	JP	산	4	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0%
3	현대건설주식회사	KR	산	1	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-100%
4	YOKOGAWA BRIDGE HOLDINGS CORP	JP	산	1	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0%
5	(주)이지스	KR	산	1	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	100%

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 (\%)$$

- 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술개발(B) 분야와 관련하여 일본 국적 기업인 IHI CORP, KAWASAKI HEAVY IND LTD, YOKOGAWA BRIDGE HOLDINGS CORP, 한국 국적 기업인 현대건설주식회사, (주)이지스 등이 다수의 특허를 보유하고 있어 해당 기술은 다출원 기준으로 일본이 주도하고 있는 것으로 파악됨
- 다출원 기준 상위 5위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 일본 국적의 기관 및 기업이 60%, 한국 국적의 기관 및 기업이 40%를 차지하였고, 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 100%가 산업계로 나타나, 해당 기술은 산업계의 연구개발 활동이 활발한 것으로 판단할 수 있음
- 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. (주)이지스의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음
- 참고로, 각 주요 출원인별 대표적인 특허출원의 발명의 명칭을 대략적으로 살펴보면, IHI CORP의 경우 “조립 부재의 형상 평가 방법 및 조립후 조립 부재의 형상

평가 방법”, “구조물의 3차원 계측 장치”, KAWASAKI HEAVY IND LTD의 경우
“물품 형상 계측 방법 및 장치”, “교량상자자리수 등 장척 구조물의 자동 계측
장치”, 현대건설주식회사의 경우 “장대 교량의 선형 관리 시스템”, YOKOGAWA
BRIDGE HOLDINGS CORP의 경우 “프리캐스트 세그먼트의 형상 관리 방법 및 프
리캐스트 세그먼트 공법에 의한 교량 가설 방법크레인 간섭 체크 시스템, 교량 가
설 시뮬레이션 시스템 및 이들을 구비한 3D 시공 계획 시스템”, (주)이지스의 경우
“3차원 지형상에 구조물을 위치시키는 방법” 등을 발명의 명칭으로 하는 특허출
원을 진행한 바 있음

○ 핵심기술요소(C)의 전체 주요출원인 동향

<표2-12 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발(C)의 주요 출원인 TOP5 >

순위	출원인	국적	기관 성격	출원 건수	주요IP 출원국 (건수,%)				최근5년 출원 증가율
					KIPO	USPTO	JPO	EPO	
1	International Business Machines, Corporation	US	산	39	4 (10%)	31 (80%)	2 (5%)	2 (5%)	120%
2	Compaq Computer Corporation	US	산	14	0 (0%)	10 (71%)	1 (7%)	3 (22%)	0%
3	한국전자통신연구원	KR	연	13	7 (54%)	5 (38%)	0 (0%)	1 (8%)	-50%
4	Intel Corporation	US	산	12	0 (0%)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-71%
5	LSI Corporation	US	산	11	1 (9%)	7 (64%)	1 (9%)	2 (18%)	-100%

* 기관특성: (산) 산업계, (학) 학계, (연) 연구계

* 최근5년 출원 증가율: 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율

$$= \left(\frac{\text{최근5년 특허출원건수} - \text{과거 5년 특허출원건수}}{\text{과거 5년 특허출원건수}} \right) \times 100 (\%)$$

- 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발(C) 분야와 관련하여 미국 국적 기업인 International Business Machines Corporation, Compaq Computer Corporation, Intel Corporation, LSI Corporation, 한국 국적 기업인 한국전자통신연구원 등이 다수의 특허를 보유하고 있어 해당 기술은 다출원 기준으로 미국이 주도하고 있는 것으로 파악됨
- 다출원 기준 상위 5위에 해당하는 주요 출원인의 국적 비중을 살펴본 결과, 미국 국적의 기관 및 기업이 80%, 한국 국적의 기관 및 기업이 20%를 차지하였고, 주요 출원인의 기관특성 비중을 살펴본 결과, 출원인 중 80%가 산업계, 20%가 연구계인 것으로 나타남
- 다출원 주요 출원인별 최근 5년 출원 증가율은 최근 10년 범위 내에서 과거 5년 대비 최근 5년의 출원 증가율로 각 출원인별 보유 특허기술의 부상도를 가늠할 수 있음. International Business Machines, Corporation의 경우, 최근 5년 출원 증가율이 높아 보유 특허 기술 중 최근 부상하고 있는 기술의 비중이 높은 것으로 판단할 수 있음
- 참고로, 각 주요 출원인별 대표적인 특허출원의 발명의 명칭을 대략적으로 살펴보

면, International Business Machines, Corporation의 경우 “ACTIVE ARCHIVE BRIDGE”, “Distributed virtual bridge management”, “Method and system for distributing data events over an information bus”, “프로세스 모델 및 데이터 모델을 구축하기 위해 복수의 유저로부터 데이터 및 요구 사항을 수집하고 입력하기 위한 데이터 수집 장치 및 방법”, Compaq Computer Corporation의 경우 “Network switch with a multiple bus structure and a bridge interface for transferring network data between different buses”, “Network packet switch using shared memory for repeating and bridging packets at media rate”, “Management of overflowing data in a computer system”, 한국전자통신연구원의 경우 “피एम이엠 제어기를 이용한 고속 스트리밍 데이터 전송장치 및 방법(DATA TRANSMISSION APPARATUS AND METHOD FOR HIGH SPEED STREAMING USING PMEM CONTROLLER)”, “인터넷 기반 가상모형 모델링 시스템(GEOMETRIC INTEROPERABILITY FOR INTERNET-BASED COLLABORATIVE VIRTUAL PROTOTYPING)”, “멀티미디어 데이터의 입출력 기능을 갖는 3차원그래픽 가속 장치 및 그 데이터 처리 방법(APPARATUS FOR ACCELERATION 3D GRAPHICS WITH MULTIMEDIA INPUT/OUTPUT FUNCTIONALITY, AND ITS METHOD OF PROCESSING DATA)”, “Method and apparatus for managing connection path failure between data centers for cloud computing”, “Homenetwork universal middleware bridge system and method for home device’s interoperability in heterogeneous homenetwork middleware”, Intel Corporation의 경우 “General input/output architecture, protocol and related methods to manage data integrity”, “Data collection system”, LSI Corporation의 경우 “Storage system logical block address de-allocation management”, “Transaction performance monitoring in a processor bus bridge” 등을 발명의 명칭으로 하는 특허출원을 진행한 바 있음

- 특허동향분석 결과, 케이블교량에 한정된 검색에 의하면 소정 이상의 관련성이 있다고 판단되는 특허(유효데이터)가 극히 소수 검색되었음
- 이러한 정량적인 검색 및 필터링 결과에 따르면, 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축 과제 기술과 관련하여, 다양한 교량 타입들 중 사장교, 현수교 등 케이블을 이용하는 교량 타입에 대하여 맞춤형으로 연구개발된 관련성 높은 특허기술(A. 해외 케이블교량 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술, B. 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술, C. 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술)은 현 시점에서 극히 소수인 것으로 파악됨
- 이처럼, 사전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술을 케이블 교량에 대

하여 적용하는 기술, 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술을 케이블 교량과 연계하여 최적화하는 기술, 공유데이터 환경 구축 기술을 케이블 교량과 연계하여 맞춤형 개발하는 기술 등 본 과제의 핵심요소기술에 대한 특허출원은 현재 구체적으로 검색되지 않는다는 점에 비추어 보았을 때, 본 과제 기술은 기술의 실용화 내지 구체화 단계에 이른 연구개발 수준에는 아직 도달하지 못한 것으로 예상되며, 다시 말해, 본 과제의 각 핵심테마 영역(기술)은 아직 연구개발 초입 단계에 위치하고 있을 것으로 사료됨

- 따라서, 본 과제 기술에 대한 연구개발 및 IP 포트폴리오 구축을 조속히 병행하여 진행하여 본다면 해당 분야를 선도할 수 있는 시장 선점이 가능할 것으로 판단됨

2-3. 국내외 시장 동향

2-3-1. 국내·외 건설사업 디지털 시장 동향

가. 입찰 안내서의 공유정보환경 요구


- 해외 프로젝트의 입찰안내서에서 CDE (공유정보환경) 구축에 대한 요구사항을 포함한 사례를 조사하였고 다음의 대표적인 예를 정리하였음.

□ [카타르]

발주처 : Qatar Railways Company

과업명 : Doha Metro Red Line South Underground

발주년도 : 2013년도(시공단계)

Tender No.: RTC/082/2013 Qatar Railways Company		
1.	GENERAL	
1.1	Purpose	
1.1.1	This Building Information Modelling - Standards, Methods and Procedures (SMPs) describes the use of computer aided design (CAD), geospatial information (GIS) and building information modelling (BIM) for the work under the Contract.	
1.1.2	These SMP's shall be used as a reference for the Contractor to develop specific Work Package SMPs that shall detail the specific CAD/GIS/BIM software and Electronic Content Management System (ECM) software used within the Work Package to control the specific BIM and CAD process. The outputs from this ECM system will be drawings as PDF's that will be input to the contractors EDMS system for distribution.	
1.1.3	SMPs establish the methodology for managing the production, distribution and quality of the design information generated by CAD, GIS and BIM systems, using a disciplined process for collaboration and a specified file and model naming policy.	
1.2	Scope	
1.2.1	This BIM SMP outlines the roles and responsibilities that are necessary for a successful collaborative Building Information Modelling approach.	
1.2.2	The Common Data Environment (CDE) is mandated for the structure and the controlled sharing of the building information with known provenance and status in a multi-disciplinary environment.	
1.2.3	Contractor's SMPs are required to control the production and coordination of the design information within each Works Package.	

- 이 같은 SMPs 는 특정 BIM과 CAD 공정의 제어를 위해서 작업 패키지 내에 특정 CAD/GIS/BIM 소프트웨어와 ECM(Electronic Content Management System) 소프트웨어를 사용한 작업패키지 SMP를 개발하는 계약자를 위한 참조로 이용되며, ECM 시스템으로부터의 결과물은 유통을 위한 계약자의 EDMS(전자문서관리) 시스템으로 입력되는 PDF파일 도면이 될 것임.
- CDE(Common Data Environment)는 종합적 환경 내에서 출처와 상태가 알려진 구조물과 건물정보의 통제된 공유를 위해 필수적임.

1.3	Definitions
1.3.1	The following terms are specific to this SMP:
m)	Common data environment (CDE) — A single source of engineering information for the project. It is used to collect, manage and disseminate all relevant approved project documents.
n)	Drawing definition — Drawing file which defines and constructs the composition of a drawing ready for documentation production.
o)	Drawing file — Native CAD file, usually in 2D form.
p)	Drawing rendition (DRG) — Output from a drawing definition, drawing renditions provide static 'snap-shots' in a form that enables the information to be viewed, printed and marked up.
q)	ECM (Engineering Content Management) — A set of hardware/software and processes that control the engineering content of CAD models and drawings together with their versions within the constraints of the common data environment.
r)	Geospatial System — Name or description of the system of spatial referencing by coordinates used for geographical information - Qatar National Grid 95 (QNG 95).

- CDE(Common data environment) — 프로젝트에 대한 엔지니어링 정보의 단일 공급자. 이것은 모든 관련된 승인된 프로젝트 문서들을 모으고, 관리하며, 유포하는 데에 사용됨.
- ECM (Engineering Content Management) — 일반적인 데이터 환경의 제약조건 내에서 버전과 함께 CAD 모델 및 도면의 엔지니어링 콘텐츠를 제어하는 하드웨어/소프트웨어/공정의 집합

1.4	Responsibilities
1.4.3	<p>The Contractor shall provide:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) A structured BIM approach to the production of all required design and as built data and information for these Works under the Contract, modelled on BS1192 Collaborative production of architectural, engineering and construction information; Code of practice; b) Evidence that an all discipline integration, coordination and resolution process has taken place in a collaborative 3D object orientated CDE, the outputs of which meet or better the Employer's Requirements; c) A single software/hardware platform across the entire Work Package, in that any software used shall be consistent with the principles of the sharing of multi-disciplinary object data in a CDE; That data shall include geometry and object attributes; d) Compatibility between software and hardware platforms, including processes for any interfaces with other Work Packages, as to ensure seamless integration at all areas of overlap; e) An Engineering Content Management System (ECM) which shall be configured to the CDE workflows consistent with those set out in BS1192; f) Suitability trained personnel with the appropriate capabilities to execute the specific roles and responsibilities as outlined this BIM SMP, CAD and GIS manuals contained herein; g) Access to the (ECM) for the Engineer; h) Structured data sets at: <ul style="list-style-type: none"> i. Detailed design stage 1; ii. Detailed design stage 2; and iii. As-built drawings. i) The data sets shall include all plot composition files and associated references, all models and associated references, all associated object and attribute data in mandated format; All renditions of the above (PDFs) all as listed in the Master Document Index (MDI); j) A copy of the database from the ECM system and its files store; k) All data in a structured (Level/Layer/Filename) format consistent with UK AEC Uniclass, this BIM SMP, CAD and GIS manuals contained herein; l) All As-Built data in a structured (format) consistent with the Construction Operations Building Information Exchange (COBie) format; m) SMPs for the entire scope of Works which references the preferred software/hardware solution, and further references to the Qatar Rail BIM SMP and CAD Manual, and all processes described in BS 1192 and the CDE.

- The Contractor는 다음 사항을 제공해야 함.

- a) 구조적 BIM은 계약 하의 작업을 위한 모든 요구되는 ,BS 1192의 건축, 엔지니어링 및 건설 정보의 공동생산을 따라 모델화된, 설계 및 시공 데이터, 정보의 제작에 접근.
- b) 협업의 3D 객체 지향 CDE에서 일어나는 모든 학문분야의 통합, 조율, 해결 과정에 대한 근거, 고용주의 요구사항을 충족하거나 더 나은 결과물.
- c) 작업 패키지 전체에 걸친 단일 소프트웨어/하드웨어 플랫폼, 이에 사용된 모든 소

소프트웨어는 CDE의 종합적인 객체 데이터 공유 원리와 일치해야 한다. 이 데이터는 기하구조와 객체 속성을 포함해야 함.

- d) 공통된 모든 영역의 원활한 통합을 보장함으로써 다른 작업 패키지와의 모든 인터페이스 과정을 포함하는 소프트웨어와 하드웨어 플랫폼간의 간의 적합성
- e) ECM (Engineering Content Management System) ECM은 CDE의 작업흐름과 BS1192내의 설정이 일치하도록 환경 설정되어야 함.
- f) 이 문서에 포함되어 있는 약술된 BIM SMP, CAD, GIS 매뉴얼 따른 특정 역할과 책임을 수행하기 위한 적절한 역량을 가진 숙달된 인원의 적합성.
- g) 엔지니어를 위한 ECM 접근권한,
- h) 구조적 데이터의 집합
 - I. 상세설계 1단계
 - II. 상세설계 2단계
 - III. 준공도면
- D) 데이터 집합은 모든 플롯 구성파일과 관련된 참조, 모든 모델과 관련 참조, 규정된 형식의 관련된 모든 객체 및 속성 데이터를 포함해야 한다. 상기에서 제시한 MDI(Master Document Index)에 실려 있는 모든 것(PDF)에 대한 모든 제출
- j) ECM 시스템과 그것의 파일 저장소로부터의 데이터베이스 복사본
- k) 이 문서에 포함된 영국 AEC Uniclass, BIM SMP, CAD, GIS 매뉴얼과 일치하는 구조화된(레벨/레이어/파일명) 형식의 모든 데이터
- l) COBie(Construction Operations Building Information Exchange) 형식과 일치하는 구조화된 형식의 모든 준공 데이터
- m) 선 순위의 소프트웨어/하드웨어솔루션을 참조하는 작업의 전체 범위를 위한 SMP, Qatar Rail BIM SMP와 CAD 매뉴얼에 대한 추가 참고문헌, BS 1192와 CDE에 설명되어 있는 모든 과정.

1.5	Common Data Environment (CDE)
1.5.1	The Contractor shall produce CDE information sufficiently detailed to produce traditional drawings or documents as views of multi-authored data.
1.5.2	The Contractor shall develop and utilise a suitable Engineering Content Management (ECM) system that allows for a suitable permissions matrix, workflow, referencing, version control, process and information hierarchy that is consistent with the principles of the CDE for all models and drawings.
1.5.3	The Contractor shall provide access to the ECM system for the Engineer.

- CDE (Common Data Environment)

1.5.1 계약자는 CDE 정보를 생산하기 위해 여럿이 작성한 데이터의 관점에서 기존 도면 또는 문서 충분히 상세한 CDE 정보를 제공해야 한다.

1.5.2 적절한 권한 매트릭스, 작업흐름, 참조, 버전 관리, 모든 모델과 도면에 대해 CDE의 원리와 일치하는 프로세스 및 정보 체계를 허용하는 적합한 ECM (Engineering Content Management) 시스템을 개발 및 이용해야 한다.

1.5.3 계약자는 ECM 시스템에 대한 접근권한을 엔지니어에게 제공해야 한다.

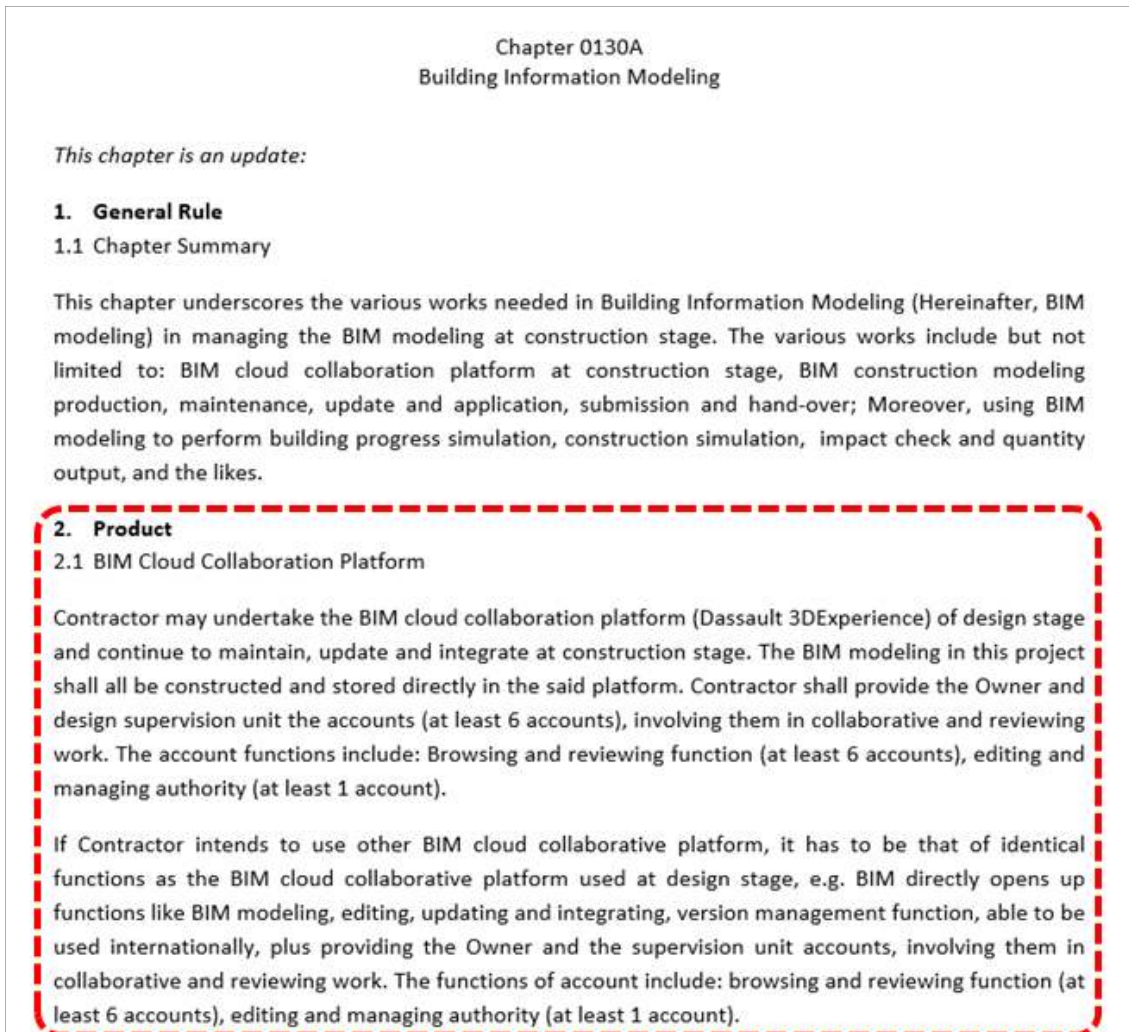
➔ 해외(카타르) 입찰안내서에는 업무범위에 공유데이터환경(CDE)을 구축하여 정보를 공유해야 한다고 명시하고 있으며, BIM 모델 제작, 출력, 조정 및 통합 작업 시에도 공유데이터환경(CDE)를 통해서 공유되어야한다고 명시하고 있음.

□ [대만]

발주처 : MOTC

과업명 : Construction of Danjiang Bridge and Connecting Road Network

발주년도 : 2016년도(시공단계)



- 2. 제품

2.1 클라우드 BIM 시너지 플랫폼 :

하도급업체는 설계 단계의 클라우드 BIM 시너지 플랫폼 (Dassault 3DEXperience) 시공단계 유지 보수, 업그레이드, 통합을 맡는다. 본 안 시공 BIM 모델은 직접적으로 본 플랫폼에 구축 및 저장할 수 있으며 계정(최소 6 개)을 업주 및 설계 관리 감독 기관에게 제공하여 시너지 및 심사 작업에 참여하도록 한다. 계정의 기능에는 검색 심사 기능 (최소 6개 계정), 편집 및 관리 권한(최소 1개 계정)

하도급업체가 만약에 기타 클라우드 BIM 시너지 플랫폼을 사용할 경우, 설계단계에

서 사용하는 클라우드 BIM 시너지 플랫폼과 유사한 기능이 필요한 경우, BIM이 클라우드에 직접 BIM 모델 편집, 업그레이드 및 통합 등의 기능과 버전관리 기능을 작동할 경우, 국제적으로 사용할 경우 계정을 업주 및 설계 관리 감독 기관에게 제공하여 시너지 및 심사 업무에 참여시킴. 계정 기능에는 심사 기능 검색(최소 6 개 계정), 편집 및 관리 권한(최소 1개 계정)

➔ 해외(대만) 입찰안내서에는 계약자에게 클라우드 협업 플랫폼을 특정제품으로 지정 또는 동등 이상의 제품으로 제공하여 승인, 편집, 관리할 수 있도록 명시하였음.

나. 디지털 모델 기반 형상관리

- 토목 ,건축 분야에서의 시공 감리를 3차원 레이저 스캐너를 활용하여 시공현장을 확인하고 있음.
- 조선, 대형 플랜트 제작 공정에 레이저 스캐너를 필수적으로 활용. 수주 조건으로 계약서에 레이저 스캐너 사용을 언급하고 있으며, 제작 공정 및 완성품에 대한 실도면화로 사후에 유지관리나 시설물 개조 및 유틸리티 추가에 활용하고자함.
- 유럽에서는 교통사고 시 현장을 3차원 레이저 스캐너로 스캔하여 현장을 보존하는 것을 의무화하고 있어 향후 스캐너 시장 확대가 기대됨.
- 정유시설물이나 산업 안전관리 측면에서 레이저 스캐너로 시설물의 변위를 모니터링 하여 대형사고 예방에 활용.
- 반도체 공장 내부 등 시설물을 3차원으로 스캔하여 공정의 효율성과 유지관리 및 작업공정 보수에 활용.
- 기타 여러 분야에서 3차원 레이저 스캐너가 활용되거나, 활용방안을 연구 중에 있으며, 그런 측면에서 3차원 레이저 스캔 데이터 처리 (Post Processing) 관련 S/W 개발도 활발하게 진행 되고 있음.

다. AMG (Automated Machine Guidance)

- 미국 FHWA에서는 오래전부터 토공 및 포장공에 3D 모델 기반의 건설장비 운전 보조 시스템(AMG)을 도입하여 활용하고 있음
- 건설 정보들을 운전자에게 시각화하여 전달하여 운전자의 작업을 보조하는 시스템임
- 현재 상태의 지반 및 도로 현황을 LiDAR를 사용하여 3D로 모델링하고 이를 설계 3D 모델과 중첩/비교하여 장비 작업이 진행되어야 할 위치, 깊이 등의 정보를 전달함

- 건설장비에 장착된 GPS로부터 수신되는 장비의 버킷이나 롤러 등의 위치 정보를 전달함
- Florida의 SR 417 도로확장 사업에서의 활용 사례
- 설계/시공 일괄 발주방식이었고, AMG 사용을 허용함
- 포장 프로파일을 경제적 측면에서 최적으로 계획하기 위하여, 설계 3D 모델을 2~3 번의 보정을 통해 개선하여 활용함
- 처음 계획 시 8,200 톤으로 예상되었던 overbuild를 2,500 톤으로 줄임으로써 공사비 35만 달러 절감
- 공사기간 단축으로 교통 통제 최소화
- 시공 중 작업자 및 도로 통행 차량의 안전 확보

라. 협업 환경 플랫폼 동향

- 케이블교량 프로젝트의 협업 환경의 개발을 위해서 기존 건설산업에서 사용되어지고 있는 협업 환경 플랫폼 동향 조사

<표2-13 협업환경 플랫폼 비교>

구분	Aconex社 『Project-wide cloud』	Trimble社 『Prolog』	Dassault社 『3D Experience』	AutoDesk社 『BIM 360』	Bentley社 『ProjectWise』
개요 및 특징	<ul style="list-style-type: none"> • 수백만 가지의 문서, 3D 모델, 프로세스 및 의사 결정을 통해 프로젝트를 제어하면서 통찰력을 유지하고 각 단계를 제어 • 사무실, 현장 또는 예고편에 상관없이 언제 어디서나 프로젝트를 진행 • 동일한 시스템을 사용하여 일관성 있고 연결된 통신 및 워크플로우 프로세스를 사용 • 완벽한 감사 추적으로 완전한 가시성과 책임성을 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 사무실 및 현장 관리, 공동 작업, 비용 관리 및 구매를 위한 가장 완벽하고 구성 가능한 건설프로젝트 관리 솔루션 • 현장에서의 의사 결정을 지원하기 위해 모든 프로젝트 정보를 제공. • 프로젝트를 모니터링하고 제어함으로써 프로젝트가 정시, 예산 및 품질로 수행됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 마케팅부터 영업, 엔지니어링에 이르기까지 회사의 모든 조직을 위한 소프트웨어 솔루션을 제공 • 사용하기 쉬운 단일 인터페이스를 통해 인터랙티브 협업 환경에서 3D 설계, 해석, 시뮬레이션 및 인텔리전스 소프트웨어를 기반으로 각 산업이 요구하는 솔루션 • 애플리케이션 통합 모듈 	<ul style="list-style-type: none"> • 프로젝트 수명 주기 전체에 걸쳐 언제 어디서나 BIM 프로젝트 정보에 접근할 수 있는 서비스를 제공 • 토목 기사와 운송 및 도시계획 전문가들이 여러 팀 간의 협업 가능. • 디자인 컨셉을 연구하고 제안서 작성 및 검토, 타당성 평가 ngod이 가능. • 설계에서부터 시뮬레이션, 엔지니어링, 시각화, 도면화, 시공 업무 등의 실제적인 업무지원 서비스(렌더링, 구조해석, 에너지 분석 등) 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 프로젝트 라이프사이클에서 인력, 데이터 및 프로세스를 통합하여 프로젝트 성과를 개선 • PC, 태블릿 또는 모바일 장치를 사용하여 효과적으로 협업하고 프로젝트를 진행 • 설계 협업을 넘어 종합적인 작업 공유 도구로 확장되어 프로젝트 팀이 전체 프로젝트 납품 라이프사이클에서 협업할 수 있도록 역량을 강화 • 공급망 협업을 통해 성과품과 재출물 교환을 관리하고 RF이 문제 및 사안을 해결하며 진행 중인 엔지니어링 작업과 확장된 공급망 간의 격차를 완화

구분	Aconex社 『Project-wide dad』	Trimble社 『Prolog』	Dassault社 『3D Experience』	AutoDesk社 『BIM 360』	Bentley社 『ProjectWise』
구성 및 기능	<ul style="list-style-type: none"> • BIM Management 단일 온라인 공동 작업 플랫폼 에서 BIM 관리 • RFIs, Mail&Forms 보다 효과적인 프로젝트 커뮤니케이션 관리 • Workflow management 엔지니어링 및 건설 프로젝트 용으로 설계된 워크 플로우 관리 소프트웨어 • Project Control 자신감을 가지고 성과 및 예측을 측정 할 수 있는 프로젝트 비용 관리 소프트웨어 • Document Management 문서배포, 전송, 도면 관리, 버전관리, 패키지 및 로드, 모바일 액세스 	<ul style="list-style-type: none"> • Prolog Sky Tier 4 보안 데이터 센터, 침입 탐지 및 예방, 네트워크 취약성 검색, 바이러스 보호, 심사 로깅 및 보존 • Prolog Manager 요 성과 지표를 추적하여 모든 프로젝트 수준 모니터링, 예산, 약정, 비용, 절감 및 초과 지출 관리, 변경 주문을 추적하고 예산 및 비용에 미치는 영향 확인, 일일 업무 일지, 직원, 검사, 펀치리스트 및 기타 품질 관리 작업을 중앙 집중식으로 수행, 추적 시스템 • Prolog Mobile 공동 작업, 효율성 향상, 자재 추적 • Prolog Converge 프로젝트 재정적 위험을 줄임, 움직임에 대한 가시성 확보, 라우팅 및 승인 합리화 	<ul style="list-style-type: none"> • 3DEXCITE 실시간 하이엔드 3D 시각화 소프트웨어 • ENOVIA 다양한 정보 및 제품 수명주기관리(PLM) 솔루션 • CATIA 3D 모델링 및 시뮬레이션, 해석이 가능하며 설계, 엔지니어링이 가능한 솔루션 • SOLIDWORKS 간편한 3D 컴퓨터 응용설계 소프트웨어 • GEOVIA 지질, 엔지니어, 측량, 채굴관리 등을 위한 광업 소프트웨어 • SIMULIA 복잡한 구조 및 유체의 시뮬레이션 및 시뮬레이션 해석 • DELMIA 제조 효율을 높이기 위한 엔지니어링, 운영, 계획 등을 시뮬레이션 및 테스트 관리 	<ul style="list-style-type: none"> • BIM 360 DOCS 문서 저장 보기 마크업 RFI (Request For Information)관리 • BIM 360 FIELD 현장 품질 관리 안전 관리 일일 보고 • BIM 360 GLUE 모델병합 ,검토 충돌확인 • BIM 360 LAYOUT GLUE로 모델 동기화 모델의 레이아웃포인트와 작업사이트 포인트 위치확인을 통해 품질 보증 제어 • BIM 360 OPS 모바일 우선관리 작업 시스템 • BIM 360 PLAN LEAN 낭비를 최소화하는 시스템으로 구축 작업 시퀀스를 생성 관리 제어 실적을 추적 • BIM 360 TEAM 데이터 관리 뷰어 마크업 	<ul style="list-style-type: none"> • ProjectWise Explorer 품질 관리 및 엔지니어링 작업 자동화 다분야 협업 엔지니어링 및 설계 부서사항 조정 CAD 및 산업 표준 생성 및 관리 공간 위치별 특징, 데이터베이스, 파일 및 문서의 색인 작성 설계 애플리케이션 통합 및 종속성 관리 기업 데이터베이스 공간을 사용한 비연결 설계 워크플로우 관리 공간위치로 프로젝트 데이터 탐색 • ProjectWise Edge 데스크톱과 모바일에서 ProjectWise 콘텐츠에 액세스 • ProjectWise Worksite 시공 현장 작업자에게 멀티 프로젝트 데이터를 현장에서 열람할 수 있는 기능을 제공

- 기존 협업 환경 플랫폼의 기능 중에서 공통적으로 가지고 있는 기능은 아래와 같으며, 협업을 위한 공유 작업이 가능하도록 하였고, 분야간의 의사소통이 용이하도록 협업메신저 기능이 포함되었다. 또한 모바일과 연동될 수 있도록 하여 클라우드 기반으로 모델링을 이용하여 현장관리를 할 수 있도록 하였음.

- 1) 문서 작업 및 공유 기능
- 2) 2D도면 작업 및 공유 기능
- 3) 협업 메신저(지침 및 지시사항, 요청 및 승인) 기능
- 4) 모바일 연동 기능
- 5) 현장관리 기능
- 6) 3D View 및 마크업 기능
- 7) 클라우드 기반 모델링 공유 기능

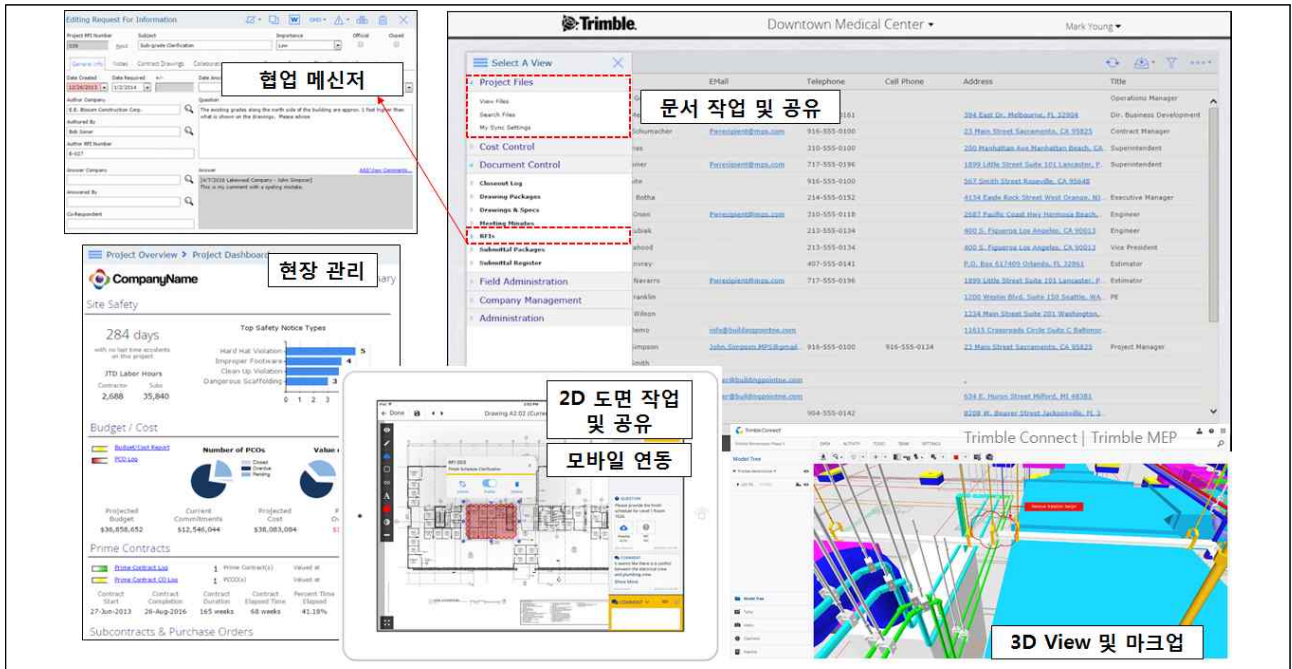
- Aconex社 : Project-wide cloud



<그림2-23 협업 환경 플랫폼 Aconex社의 Project-wide cloud>

- 해당 협업 환경 플랫폼은 복잡한 건설 및 엔지니어링 프로젝트에서 회사 간 정보 및 프로세스를 관리하기 위한 클라우드 기반의 운영 관리 솔루션으로 문서 관리, 워크 플로우 자동화, 입찰 관리, 이슈 관리, 핸드 오버 관리 및 프로젝트 서신 제어 등의 기능이 있다. 또한 BIM 파일 관리 및 프로세스 제어, 현장 검사 및 문제 관리, 디지털 운영 및 유지 관리 매뉴얼의 생성 및 관리를 제공함.
- 해당 플랫폼은 클라우드 기반 솔루션으로서 전 세계 프로젝트 회원이 어떤 위치에서든 문서 및 기타 프로젝트 정보를 작성하고 검토 할 수 있도록 지원하고 여기에는 RFI, 도면, 3D 모델, 계약서, 보고서 등이 포함된다. 실시간 대시 보드를 통해 사용자는 단일 화면에서 필수 활동을 모니터링 할 수 있으며 사용자가 응용 프로그램 내에서 동시에 데이터를 동기화 할 수 있도록 하는 Third Party을 지원함.

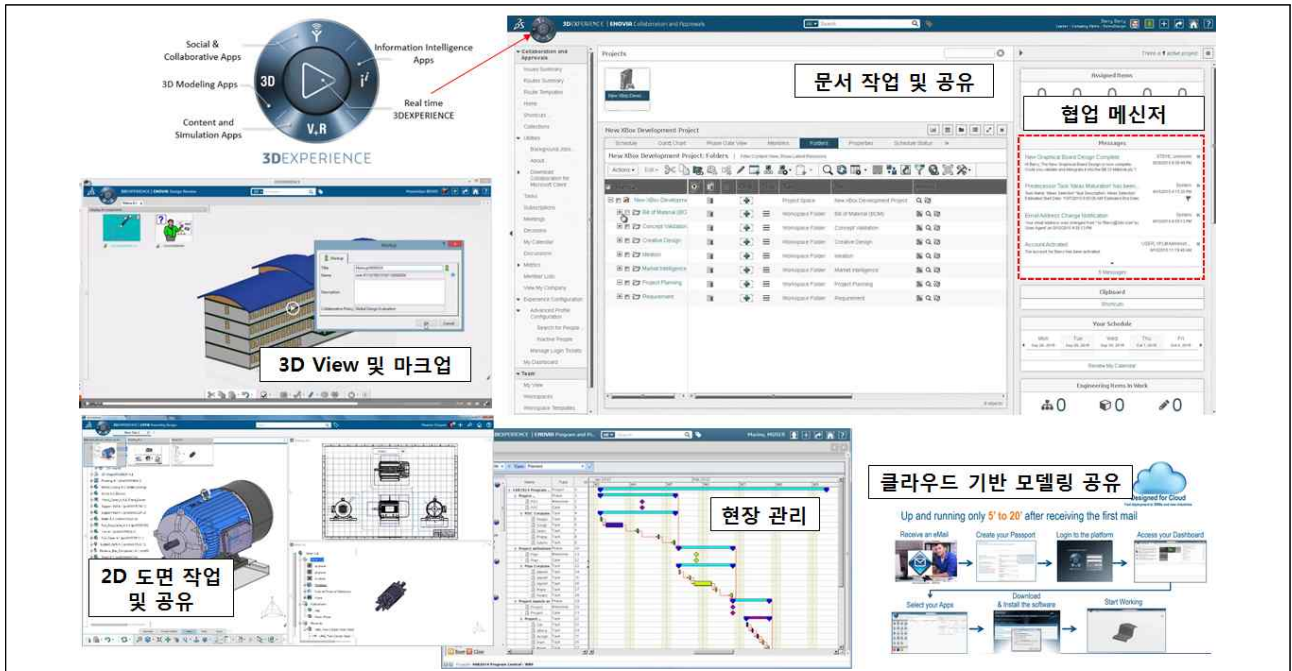
- Trimble社 : Prolog



〈그림2-24 협업 환경 플랫폼 Trimble社의 Prolog〉

- 해당 협업 환경 플랫폼은 사무실 및 현장 관리, 공동 작업, 비용 관리 및 구매 건설 프로젝트 관리 솔루션으로 클라우드 또는 네트워크기반으로 배포 할 수 있으며 전용 애플리케이션을 통해 모바일 장치를 통해 액세스 할 수도 있음.
- 현장 관리 기능과 프로젝트에 대한 특정 정보를 표시하는 중앙 대시 보드를 사용자에게 정보를 제공하며 업체 및 계약 관리 기능도 있음.

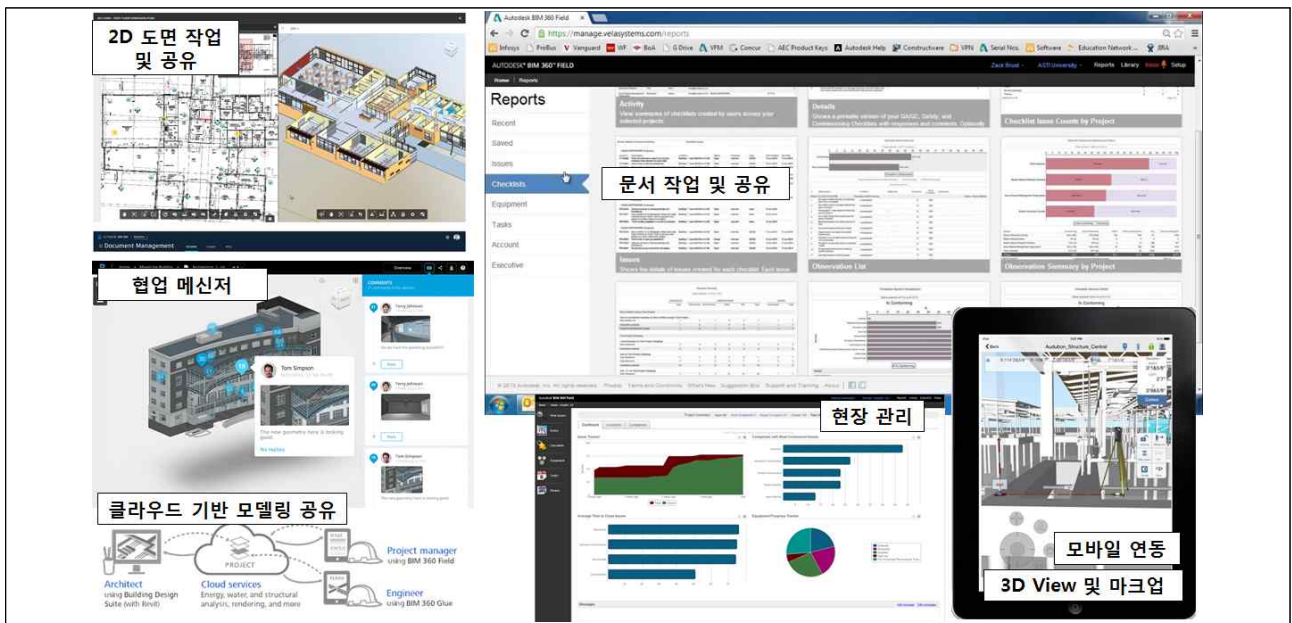
- Dassault社 : 3D Experience



<그림2-25 협업 환경 플랫폼 Dassault社의 3D Experience>

- 해당 협업 환경 플랫폼은 단일 인터페이스로 공동 작업 환경에서 3D 설계, 분석, 시뮬레이션 소프트웨어를 기반으로 협업을 지원하며 액세스로 정보 및 문서의 흐름을 파악 통합이 가능하고, 사용권한에 따른 사용자 역할에 따라 문서 및 프로세스의 개요 및 제어, 추적이 가능함.
- 다양한 생산요소(엔지니어링, 제조, 서비스 등)및 적절한 사양 관리, 조달, 건설 및 생산의 통합데이터를 기반으로 한 자원 계획 및 관리를 하며, 실시간 생산 단계, 프로젝트 및 프로세스 관리를 통해 생산성 향상을 지원함.

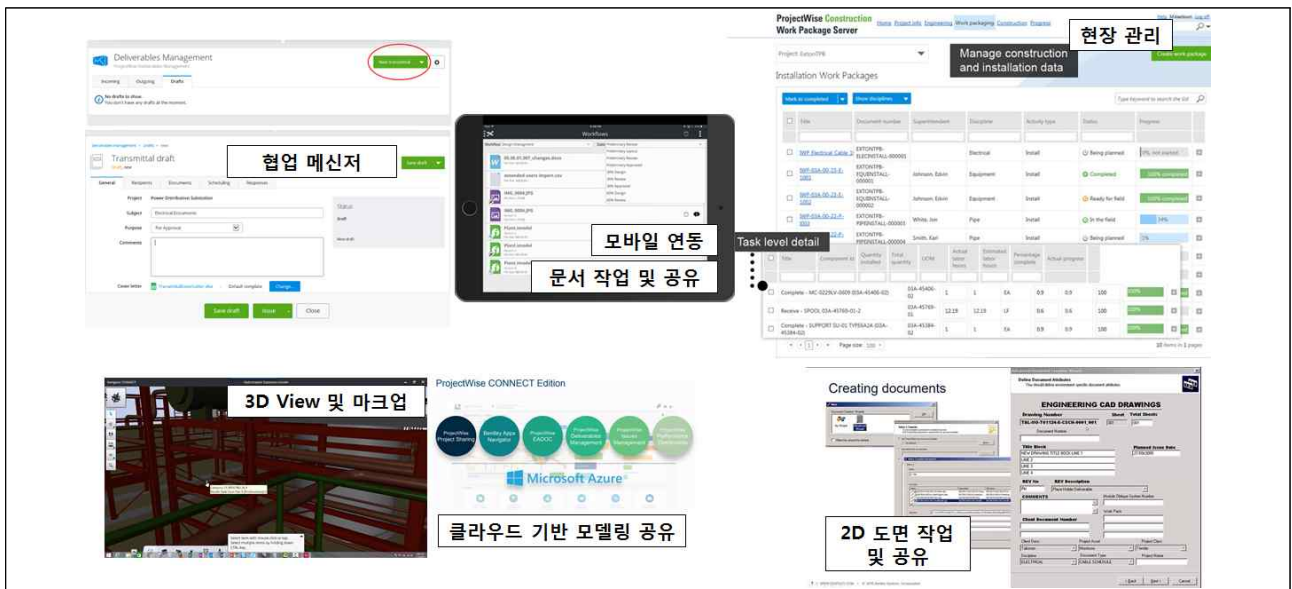
- AutoDesk社 : BIM 360



<그림2-26 협업 환경 플랫폼 AutoDesk社의 BIM 360>

- 해당 협업 환경 플랫폼은 프로젝트 라이프 사이클 전반에 걸쳐 정보에 입각 한 의사 결정을 지원하며 문서 및 설계 검토, 사전 제작부터 품질 및 안전에 이르기까지 프로젝트의 사람, 데이터 및 워크플로를 연결함.
- 품질 워크플로를 표준화 및 안전사각지대를 피하기 위해 체크리스트와 현장관리 감시가 가능하고 설계검토를 위해 단일 응용프로그램으로 주석을 게시, 보기, 마크업 및 공유하여 분야 간 문제해결을 추적하고 관리하여 관련자들과 제출자료 패키지를 작성 관리 배포 승인 기능도 있음.

- Bentley社 : ProjectWise



<그림2-27 협업 환경 플랫폼 Bentley社의 ProjectWise>

- 해당 협업 환경 플랫폼은 클라우드에서 제공되는 프로젝트 정보 관리 및 팀 공동 작업 솔루션으로, 프로젝트 라이프 사이클 전반에 걸쳐 데이터, 사람 및 프로세스를 통합 운영한다. 데이터 및 디자인을 공유하고, 산출물을 관리하고, KPI를 모니터링 하는 등의 다양한 모듈로 구성된 통합 제품군으로 구성됨.
- 개인 또는 팀과 함께 전송, 제출 및 RFI를 제어하는 사용자 정의 워크플로 규칙을 만드는 데 도움이 됩니다. 프로젝트 성능 대시 보드에는 다양한 KPI의 실시간 상태가 표시되며 프로젝트 상태를 모니터링을 지원하며 문서 승인 및 검토 프로세스 지원한다.
- 현장 관리를 위하여 태블릿에서 문서, 도면 및 모델에 액세스하고 중앙 저장소와 동시에 현장 데이터를 공유 할 수 있음.

2-2-2. 종합분석

- 연구단에서는 4차산업 혁명시대에 부응하는 케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM 기반 디지털모델 활용 협업환경 구축으로 변경하여 글로벌 경쟁력을 확보토록 추진 예정
- 최근 국내 건설사의 해외 건설의 주력 상품군에 해상 교량 등 케이블 교량이 포함되는 사례가 늘고 있지만 다양한 리스크에 대응하여 수익을 창출할 수 있는 기술적 혁신이 요구되고 있음
- ICT 기반의 프로젝트 수행을 입찰안내서에서부터 반영하는 경우가 많아서 국내에서 이러한 해외 케이블 교량 사업에 특화된 관련 경험을 축적하는 시범사업이 필요함
- 국내 건설사 및 설계사의 해외 진출 경쟁력과 사업의 수익성을 좌우하는 리스크 관리 능력을 향상시키기 위해서 혁신적인 전환이 필요하고 디지털 모델 기반의 시공 엔지니어링 기술은 시급하게 개발 보급해야 함
- 국토부의 해외수요 대응형 건설기술 개발 추진과제에도 부합하고 고부가가치 기술 확보를 위한 메가스트럭처인 초장대교량 사업은 수익성을 확보할 수 있는 관리 능력이 시급하게 개발되어야 함
- 해외 선진국이 건설산업에 디지털 기술을 도입하기 위해 국가적으로 역량을 집중하고 있는 사례 분석으로부터 초기 기술을 확립하고 확산하기 위해 국가적인 지원 사업으로 추진하고 이를 실제 해외 프로젝트에 적용할 수 있도록 실제 현장 기반의 연구 개발 사업이 추진될 필요가 있음

<표2-14 연구개발의 기술 차별성 확보 전략 >

기술분야	현재 기술 현황	기술 개발 차별성
케이블 교량 디지털 모델링 및 활용기술	<ul style="list-style-type: none"> ° 해외 <ul style="list-style-type: none"> - 일반적으로 5D 수준이지만 케이블 교량 분야는 설계에 집중되어있고 시공의 일부영역 적용 - 해석연동은 일반 거더교에 대해 상용화 - 주요 설계사에서 BIM 활용 설계 기술 개발 추진 중 ° 국내 <ul style="list-style-type: none"> - 분야별로 개방형 표준 기술 개발 활발하지만 실용화 한계 - 설계와 시공 분야 기술 개발되고 있지만 실제 업무 절차 외에도 진행되어 내재화 부진 - 유지관리단계로 진전되는 초기 기술 개발 수행 	<ul style="list-style-type: none"> - 시공엔지니어링, 검측 및 형상 관리의 업무와 정보요구사항을 포괄하는 디지털 모델링 기술 개발 - 주케이블, 주탑, 앵커블록 등 케이블 교량 주요 부재의 해석 연동기술 개발 (범용 프로그램과의 연계 개발) - 실제 해외 케이블교량 사업 적용과 병행하여 기술 내재화 및 해외 실무 반영 기술 개발 - Level-3 기술 확보
케이블 교량 시공 디지털 기술	<ul style="list-style-type: none"> ° 해외 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 복잡 부위의 DMU와 시공 상세도 도출 위주 - 주요 설계사의 in-house 프로그램으로 해석과 시공오차 관리 기술 개발 운영 중 - 트림블 사 등 주요 벤더사의 하드웨어와 솔루션 연계 기술 개발 활발 - 주요 케이블교량 사업에 시범 적용 시작 단계 (벤더사 주도이고 시공사 주도가 아님) ° 국내 <ul style="list-style-type: none"> - 공정 시뮬레이션과 간섭 검토 위주의 기술 개발 적용 중 - 설계와 공사팀간의 협업 도구로 3차원 모델 활용 미비 	<ul style="list-style-type: none"> - 실제 해외 초장대교량 설계, 공사팀과의 협업을 통해 세부 기술 수요 반영한 디지털 모델 기반 공사관리 기술 개발 - 해외 케이블 교량 공사의 주요 리스크인 부위별 제작 품질관리 및 현황 파악 기술 개발 - 사전 제작 및 사전 시공을 디지털화하는 기술 개발 - 장비 운영을 3차원 모델과 시각화 기술로 지원하는 AMG 기술 개발로 공기 단축 기술 개발 - 해외 협력업체나 인력과의 의사소통 도구로서의 디지털 모델 활용 공사관리 기술
해외 사업 공유정보환경 구축 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> ° 해외 <ul style="list-style-type: none"> - 영국을 중심으로 BS 기반의 공유정보환경 구축이 주로 요구되고 이에 대응하는 시스템 개발이 벤더사 위주로 추진되어 활용됨 - 대형사 위주로 자체 협력사와의 협력 효율성 확보를 위해 CDE 	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털 모델을 정보공유의 플랫폼으로 활용할 수 있는 체계 기술 개발 - 실제 해외사업 입찰안내서의 CDE 요구사항을 반영한 반제품 형태의 CDE 기술 개발로 프로젝트별 적용성 확보 - BIM 기술을 활용할 수 없는 프

	<p>활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 일본의 경우 글로벌 업무 환경 구축 차원에서 개발하여 CDE 활용 <p>° 국내</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사업관리시스템 수준에서 진행되고 있고 모델 기반은 부재 - 연구과제로 개발이 시도된 적이 있지만 실제 활용에는 제한적 - 해외 프로젝트에서 문서관리시스템을 상용 제품활용하고 있지만 입찰안내서의 CDE 요구사항 반영에 한계 	<p>로젝트 참여 주체들에게도 이용될 수 있는 전자문서 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 케이블 교량 프로젝트 경험을 자산화할 수 있는 디지털 모델 기반 디지털 공사지 개발 - 국내와 해외 기술진의 동시공학이 가능한 공유정보환경 활용 기술
<p>해석을 고려한 극한 상황 운용 시뮬레이션</p>	<p>° 해외</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 모델 기반의 BMS는 초기 단계로 실 적용 사례는 없음 <p>° 국내</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사장교 1개소에 대한 시범 적용 사례 - 국내 유지관리 매뉴얼에 기반한 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 해외 정보 표준과 정보 전달 체계 실무를 반영한 디지털 모델 기술 개발 - 해석을 고려한 극한 상황 운용 시뮬레이션 - 디지털 모델 기반의 유지관리 실무를 반영한 시스템 개발 - 해외 케이블 교량 프로젝트별 적용 가능한 상용 시스템 개발

3. 기술수요 조사

3-1. 기술수요 조사

3-1-1. 개요

가. 기술수요조사의 목적

- ‘디지털 모델 활용 기술 개발 및 현장 검증을 통한 해외 진출 모델 개발’ 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
- 연구개발 아이템이 제안되지 않은 기술분야는 기술개발 니즈가 없는 기술분야로 볼 수 있음

나. 기술수요조사의 절차

- 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과분석, 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



<그림1 기술수요조사 프로세스>

다. 기술수요조사 발송 및 응답개요

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

3-1-2. 기술수요 조사 분석결과

가. 1차 수요조사

구분	내용
조사기간	2017년 12월 26일 ~ 2018년 1월 3일(8일간)
조사대상	내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가, 시공사 해외건설팀
조사방법	이메일을 통한 설문조사
참여인원	20명 / 60명
소 속	설계사 30% 원도급사 70%
업무분야	설계 85% 기타 10% 연구 5%
소속 회사 내 BIM팀 여부	있음 30% 없음 70%
BIM 업무 경험	있음 40% - 대부분 2회 이상 없음 60% - 대부분 어느정도 알고 있음

□ 수요조사 결과

- 해외사업의 제안 검토시 최근에 새롭게 요구되고 있는 입찰안내서 상의 기술 요소로 BIM 기술이 필수요소가 되고 있다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	15%	40%	35%	10%	-

- 최근 해외 건설 프로젝트에서 Tender Document에서 BIM이 포함되는 비중이 몇 % 수준으로 파악하고 계신가요?

① 80% 이상(-) ② 60% 이상(25%) ③ 40% 이상(15%) ④ 40% 이하(20%) ⑤ **파악된 것이 없음(40%)**

- 해외 건설 프로젝트 수주 계획시에 BIM 전문인력이 팀에 참여하는가요 ?

① 예(30%) ② 아니오(70%)

- 해외사업에서의 현황 파악이나 공사비 및 공기 관리를 위해서 새로운 기술적 환경으로 부상하고 있는 BIM 기술이 회사의 주요한 전략 기술이 되어야 한다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	20%	30%	30%	20%	-

- 해외 건설 프로젝트에서 주요 시설물별 (예: 케이블교량)로 전략 상품군으로서 기술 축적과 관리를 위해 최근 대두되는 다차원 기술, 클라우드, 스캐닝 등 신기술을 통한 기존 기술적 경험을 가공하고 기술 차별화를 할 필요가 있다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	25%	40%	25%	10%	-

- 해외 건설 프로젝트 수행시에 공사비 및 공기에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 무엇이라고 파악하고 계신가요? ()

① 초기 수주전략(25%) ② 해외 발주처 및 컨설팅사 의사소통(40%) ③ supply chain(10%) ④ 품질관리(-) ⑤ 협력업체(-) ⑥ 기술 난이도(25%)

- 향후의 해외 건설 시장 확대 및 리스크 저감을 위해 공유정보 및 다차원 모델 기반의 기술 개발이 기업이나 개별 기술자 입장에서 도움이 될 것으로 예상하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	20%	45%	35%	-	-

- 해외 건설사업에서 리스크를 사전에 최소화하고 전문 기술 인력의 경쟁력을 강화하기 위해 어떤 기술적 분야가 우선적으로 확보될 필요가 있다고 판단하시나요?

1순위 : 정확한 현황모델링(scanning & planning)

2순위 : preconstruction

3순위 : prefabrication

- 케이블교량 해외 진출시 공기가 촉박하고 케이블교량의 특징인 공정의 복잡함을 극복하고 세계 시장을 기술선도하기 위한 기술적 분야에서 가장 우선적으로 확보되어야 할 기술은 무엇이라고 판단하시는지 중요도에 따른 우선순위로 나열해 주세요

정확한 현황 모델링(88점) → 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션(47점) → BIM과 구조해석 연동 기술(45점) → 디지털모델 기반 형상관리기술 개발(32점) → preconstruction(29점) → 공유 데이터 환경 시스템(28점) → prefabrication(16점)

- 케이블 교량 사업에서 준공 시 유지관리를 위한 준공성과품 납품시 기술적 개선사항이 있거나 발주처에서 새롭게 요구하는 사항이 있으면 작성해주세요.

- 케이블 교량의 특성상, 설계단계의 완성구조물과 완전히 일치하는 구조물을 형성하기는 어렵기 때문에(케이블 장력 등을 설계 장력에 100% 일치시키기 어려움) 유지관리 시 변형상태에 의존하는 것이 적절하다고 판단되며, 이를 반영하기 위해 설계캠버, 시공완료시 계획고, 각 유지관리 시점의 레벨을 일관성 있게 기록할 수 있는 문서를 제출해야 한다.
- 케이블 교량은 일반교와는 달리 유지관리 또한 복잡하다. 현재 유지관리는 계측과 더불어 특수분야라고 생각하여, 계측 및 유지관리 업체에서 수행하고 있으며, 설계사에서는 크게 다루고 있지는 않다. 그러나 설계단계에서부터 유지관리를 고려해서 설계를 수행 한다면, 유지관리가 좀 더 효율적으로 되지 않을까 판단한다.
- 시공단계 문제점 오류사항
- 단순 설계도면 / 구조계산서가 아닌 설계자의 설계의도가 담긴 문서 및 시공이력을 알 수 있는 문서 등이 유지관리에 도움이 될 것으로 판단된다.
- As-Built를 발주처에 제출하지만, 일정 시간이 지난 후 실제 유지관리가 필요한 시점이 되면 필요 문서를 못 찾는 경우가 허다하다. 향후 국내 사회 간접자본의 노후화가 가속화되면 유지관리 수요가 급증할 것으로 예상되므로 As-Built 자료를 국가적으로 통합관리(DB구축)할 수 있는 체계가 필요하다.
- 자료 DB화 및 자유로운 searching 기능 부여

- 기타 의견

- 그 동안 여러가지 BIM 프로그램들이 개발되고, BIM 적용에 대한 요구가 있어왔으나, 실질적으로 현장에 적용되고 도움이 된 경우는 많지 않았던 것 같다. 이번 연구에는 실질적으로 현장에 도움이 될 수 있었으면 하는 바램이며, 최대한 Pre & Post Process가 쉬워 User들이 사용하기 편해 많은 엔지니어들이 사용할 수 있었으면 좋을 것 같다.

- 건축분야와는 달리 토목분야에서의 BIM은 아직 부분적으로만 적용되고 있으며, 점차 그 범위를 넓히고 있는 실정이다. 기존 설계에서는 2D로 전부 표현하던 것을 요즘은 3D로 표현을 하고 있다. 이로 인해 이해하기 편하고, 설계오류, 간섭, 위치 등을 파악하기가 수월해 졌다. 즉, 점차 BIM으로 가는 것은 당연한 세계적인 추세이며, 설계오류검증 및 공사에 상당히 도움이 되리라고 생각된다. 공사완료 후에도 유지관리시스템과 연계를 하여 드론 등을 이용한 사진 촬영 등을 통해 정보를 입력하고 (이미 있을지도 모름), BIM과 연동을 한다면 그 활용성을 더욱 클 것으로 판단된다.
- 초장대교를 포함한 인프라 사업의 BIM 기술 도입 및 확산에 힘써주세요
- 최근 해외 발주의 경향이 대형화, 복잡화되고 있으므로 설계 엔지니어링 전 분야에 대한 검토가 필요하다고 본다.
- 해외 프로젝트 수행 시 보강형, 각종 주단강품, 용접 등의 공종에서 품질관리를 발주처 요구조건에 못 맞추는 경우가 빈발하다. 이 경우 이미 제작된 부재에 대해서는 발주처를 설득시켜야하고 이를 위해서는 해당 분야 전문가가 꼭 필요하다. 국내 기술 수준도 높다고 판단되므로 국내 전문가 pool을 구성하여 지원할 수 있는 체계를 구축하고 홍보한다면 해외 공사 수행 시 큰 도움이 될 것 같다.

나. 2차 수요조사

구분	내용
조사기간	2018년 1월 8일 ~ 2018년 1월 11일(4일간)
조사대상	내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가, 시공사 해외건설팀
조사방법	이메일을 통한 설문조사
참여인원	20명 / 60명
소속	원도급사 50%, 설계사 20%, 기타 30%

□ 수요조사 결과

○ 기술선도를 위한 추가 연구가 필요한 분야 및 사항

- 대부분의 케이블 교량 사업이 가진 여건을 살펴보면 현지여건이 열악한 자연조건(강진, 강풍)에서 공기가 촉박하고 케이블교량의 특징인 공종이 복잡함에 따라 이를 성공적으로 건설하고 케이블교량의 해외시장 진출을 위한 기술선도를 위한 추가 연구가 필요한 분야는 무엇이라고 파악하고 계신가요?

- 1순위 : 설계에서 유지관리까지 관리할 수 있는 케이블교량용 전주기 관리시스템
 - 2순위 : 시공 및 품질관리분야
 - 3순위 : 설계분야(신뢰도 기반 한계상태 설계법)
 - 4,5순위 : 유지관리 분야, 신소재 및 재료분야
- 케이블교량 해외 진출을 위한 토털 솔루션 개발 연구에서는 BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합관리시스템 개발에 대한 연구가 있으나 2단계(전환 설계) 수준+의 국내(고덕대교)에 적용하는 연구로 한정되어 있어 케이블교량 해외진출을 위해서는 한계가 있다고 판단되고, 케이블교량의 기술을 선도하는 유럽, 미국과 일본 그리고 후발주자인 중국의 기술수준을 고려하여, 우리나라의 효과적 케이블교량의 해외시장 진출을 위한 추가 연구가 가장 필요한 사항을 2가지씩 선택하여 주시기 바랍니다.
 - 1순위 : 구조해석 및 디지털 유지관리 등과 연동 가능한 전주기 3단계 BIM 모델
케이블 교량을 대상으로 정보전달체계나 해석 연동 등의 연계 가능한 BIM 기반 유지관리 가이드 라인
 - 3순위 : 해외 케이블 교량 공유데이터 환경(CDE) 구축 시공기술

- 4순위 : 연구단 연구성과 공유 및 기술 자문 등을 위한 국가 기술센터 구축
- 5순위 : 해외에 우리나라의 케이블교량 기술을 홍보할 수 있는 홈페이지 구축

○ 기존 BIM연구의 문제점 및 해결해야 할 사항

- 기존 국내 BIM연구는 부족한 예산과 BIM Tool의 기술수준이 낮아 2단계(전환설계) 수준으로 머물러 있으나, 현 BIM기술로는 해외시장 진출을 위해서는 한계가 있으므로 3단계 수준의 BIM 설계가 필요하다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	55%	20%	15%	10%	-

- 기존 BIM 연구는 현장검증 및 적용 절차가 없어 연구에 한정되는 경우가 대부분이었는데 개발 기술 사업화(실용화)를 위해서는 현장검증 및 Test-Bed 적용이 반드시 필요하다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	50%	35%	10%	5%	-

- BIM 연구 성과가 해외에서 케이블교량 기술을 선도하기 위해서는 BIM모델을 위한 가이드라인과 표준 모델(라이브러리) 구축이 필요하다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	45%	45%	-	5%	5%

- BIM 연구성과 관리, 기술DB 구축 및 운영, 기술 자문 및 디지털모델 검수 인증을 위하여 디지털 기술센터가 필요하다고 판단하시나요?

선택문항	①	②	③	④	⑤
내 용	매우 그렇다	그렇다	보통	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
결 과	20%	50%	20%	5%	5%

○ 기술수준조사

중분류	소분류	내용	최고기술 보유국 및 기관
11.2 케이블교량 해외시장 진출을 위한 현안해결, 한계극복 및 선도기술	해외 케이블교량 사 전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술	- 해외 표준 반영한 사장교 및 현수교 디지털 표준 모델링 기술	덴마크, 미국, 영국 Bentley, NIBS, FHWA, COWI, Tekla, MIDAS
		- 다차원 모델과 상용 해석 프로그램 연동 기술	덴마크, 미국, 필란드, 프랑스 Bentley, NIBS, COWI, Tekla, MIDAS, 다쏘시스템
		- 해외 케이블 교량의 다차원 디지털모델 기반 유지 관리 시스템 (한글, 영어)	덴마크, 미국, 영국, 독일 COWI, NIBS, 조달청, Halcrow, 다쏘
	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술	- DMU기반의 형상관리시스템	덴마크, 미국, 노르웨이, 일본 COWI, NIBS, 트림블, NRS, IHI
		- 가상 사전 시공을 위한 검측 시스템	덴마크, 미국, 노르웨이, 일본 COWI, NIBS, 트림블, NRS, IHI
		- Automated Machine Guidance (A.M.G)	미국, 덴마크, 일본, 노르웨이, 필란드 NIBS, Autodesk, 혼시고속, IHI, NRS
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술	- 케이블교량 공유데이터 환경 협업 플랫폼 (Common Data Environment, 공유데이터환경)	미국, 덴마크, 일본 NIBS, Autodesk, COWI, 혼시고속
		- 디지털 공사지	미국, 영국, 일본, 유럽 NIBS, Autodesk, Tekla, COWI, Halcrow, 혼시고속, 카지마건설
		- 3차원 전자도면	미국, 영국, 일본, 유럽 NIBS, Autodesk, COWI, Halcrow, 혼시고속, Bentley

○ 기술수준조사

중분류	소분류	내용	국내 기술수준 (%)	기술 격차 (년)	기술격차 추세 (5점척도)	TRL단계(1-9)		기술기반 인프라 성숙도 (5점척도)	기술적 중요도 (5점척도)	시급성 (5점척도)	파급 효과 (5점척도)
						최고기술	국내				
1.2 케이블교량 해외시장 진출을 위한 현안해결, 한계극복 및 선도기술	해외 케이블교량 사 전시공 기술을 위한 디지털 모델 및 해석 연동 기술	- 해외 표준 반영한 사장교 및 현수교 디지털 표준 모델링 기술	62.1	4.9	2.9	6.7	4.6	3.5	4.0	3.8	3.8
		- 다차원 모델과 상용 해석 프로그램 연동 기술	58.3	5.4	3.0	6.8	4.6	3.2	3.8	3.6	3.8
		- 해외 케이블 교량의 다차원 디지털모델 기반 유지 관리 시스템 (한글, 영어)	57.8	5.6	3.0	6.5	4.1	3.3	3.9	3.7	3.9
	디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술	- DMU기반의 형상관리시스템	57.1	5.5	2.9	6.4	4.0	3.2	3.6	3.7	4.0
		- 가상 사전 시공을 위한 검측 시스템	60.9	5.2	2.9	6.5	4.3	3.2	3.7	3.7	3.8
		- Automated Machine Guidance (A.M.G)	55.0	5.6	3.1	6.2	3.9	3.1	3.4	3.5	4.1
	해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술	- 케이블교량 공유데이터 환경 협업 플랫폼 (Common Data Environment, 공유데이터환경)	50.9	5.9	3.1	6.4	3.7	3.1	3.7	3.7	3.9
		- 디지털 공사지	58.7	5.3	2.8	6.6	4.3	3.4	3.5	3.6	3.7
		- 3차원 전자도면	65.9	4.6	2.8	6.8	4.5	3.4	3.8	3.7	3.8
평 균			58.5	5.3	2.9	6.5	4.2	3.3	3.7	3.7	3.9

3-2. 기술수요조사 결과 연구추진 내용

- 현재 초장대교량 사업을 해외에서 수주하여 추진하는 기업의 요청과 전문가 및 관련 기술자 수요조사를 통해서 아래의 연구 추진내용을 도출함

구분	연구 추진 내용
연구목표	케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축
연구목적	세계 최대 경간장인 차나칼레 교량에 개발기술 전체를 종합적으로 적용하여 통합 Test Bed 교량 을 통한 실적 확보로 개발기술 검증
주요 기술 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 케이블교량 생애주기 정보관리를 위한 디지털 모델 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 사장교 및 현수교 선형기반 디지털 모델링 기술 - 국내외 케이블교량 전주기 BMS - 디지털 모델 해석 연동을 통한 극한 상황 운용 시뮬레이션 - 케이블교량 BIM-LEVEL3 수준의 디지털 모델 - 3차원 모델과 해석 프로그램 연동 케이블 교량 모델 인터페이스 및 디지털 모델 개발 • 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 케이블교량 부재별 3차원 Digital 라이브러리 개발 - 사전 시공 시뮬레이션 및 검측을 위한 3D 좌표 확인용 API 개발 - 케이블교량 보강형 제작 공정에 대한 Digital Mock Up 및 정밀 제작을 위한 Automated Machine Guidance 수행 • 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 케이블교량 건설정보 데이터 수집 및 분석 - 케이블교량 공유데이터 연계체계개발 - 케이블교량 공유데이터 플랫폼 개발 및 정보관리 S/W개발 - 케이블교량 프로젝트 원격지원 플랫폼 시범 구축 • 해외 케이블교량 시범 적용 및 현장적용 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 업무 적용 성과(경제성 및 시공성) 평가 보고 - 해외 초장대 교량 설계, 시공 단계 적용 및 유지관리 단계 연계방안 도출

4. 연구개발과제 구성 및 추진전략

4-1. 비전 및 목표

- 장기간 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 디지털 기술 확보
 - 고부가가치 엔지니어링 미래 기술 개발
 - 케이블교량 전략형 해외 진출 경쟁력 강화를 위한 디지털 모델 활용 기술 개발

- 국내외 케이블교량 프로젝트 원격지원 플랫폼 시범 구축, 운영
 - 케이블교량 디지털 모델 및 시공관리를 위한 통합 기술 지원시스템 구축에 있어 케이블교량 디지털 모델 분야의 모델링 검수, 인증, DB구축 및 기술자문

- 해외 케이블교량 고부가가치 설계/시공 기술 선도를 위한 디지털 모델링 기술 개발
 - 해외 케이블교량 사업 리스크 관리 혁신을 위한 현안 기술분석을 통한 디지털 모델링 및 활용 기술개발
 - 해외 사업 입찰안내서의 새로운 기술적 요구 분석을 통해 Level-3 수준의 디지털 모델 기반의 설계, 시공, 유지관리 기술 도출
 - 해외 케이블 교량 사업을 위한 6D 수준의 정보요구사항과 정보전달체계 개발
 - 3차원 디지털 모델과 설계 해석 프로그램 연동 기술 개발로 설계 생산성 향상
 - 디지털 모델 및 해석 연동기술을 활용한 극한 상황 운용 시뮬레이션
 - 초장대 교량의 실적용을 통한 디지털 모델 기반 시공 기술 혁신
 - 설계-제작-검측의 디지털 모델 기반의 시공관리 기술 개발로 현장 대응력 혁신
 - 케이블교량 보강형 부재에 대한 DMU(Digital Mock Up) 수행, 정밀 제작을 위한 AMG(Automated Machine Guidance) 적용
 - 케이블교량 시공 단계 및 주탑 장비에 대한 라이브러리

- Preconstruction 기술 확보를 통한 기술적 리스크 저감 방안 확보
 - 시공성이 확보된 Knowledge-embedded Model 확보를 통해 케이블 교량 시장 확대 및 수주 유연성 확보
 - 해상 장대교량 건설은 시공시 거친 물살, 강한바람, 연약지반, 짧은 공사기간 등 문제점 사전해소로 경제성 확보
- 해외 케이블 교량 프로젝트를 위한 공유데이터환경 구축을 통해 글로벌 사업 환경 구축
- 공유데이터 환경 체계 개발 및 플랫폼 프로토타입(Prototype) 개발 및 활용 가이드라인 작성
 - 해외 프로젝트의 주요 요구사항으로 대두되는 공유데이터환경(CDE)을 통한 케이블 교량 프로젝트의 3차원 디지털 모델을 이용해 동시 공학적 프로세스가 가능한 프로토타입 플랫폼 개발
 - 3차원 디지털 모델을 기반으로 한 공유데이터환경(CDE)에서 설계, 건설 및 운영 분야의 포괄적 협업 실현
 - 분야별 협업간 의사소통 및 작업 정보데이터를 DB로 구축하여 손실 없이 정보자산을 공유데이터환경(CDE)에서 유지관리단계까지 활용할 수 있는 디지털 공사지 개발
 - 공유데이터환경(CDE)의 정보데이터를 이용하여 PC 및 모바일 기기를 이용 건설현장 어디에서나 시설물의 정보를 확인할 수 있는 3차원 전자도면 개발
 - 국내외 케이블교량 프로젝트 원격지원 플랫폼 시범 구축
- 해외 케이블 교량 프로젝트에 디지털 모델링 기술 적용을 위한 국내 기업 경험 축적
- 해외 프로젝트에 시범 적용 과정을 통해 디지털 모델링 기술의 정량적 효과 도출
 - 해외 프로젝트 디지털 모델링 기술 적용을 위한 시공사 업무 매뉴얼 작성으로 기술 적용 경험 확산
 - 해외 케이블교량 시공, 유지관리단계 연계 방안 도출 / 업무 적용 매뉴얼 성과 평가

케이블교량 전략형 해외 진출 경쟁력 강화를 위한 디지털 모델 활용 기술 개발



<그림4-1 과제 구성 방향 설정>

4-2. 연구개발과제 구성

- 초장대교량 사업단에서 추가로 해외 건설 기술 수요에 대응하기 위한 연구개발 과제로 추진하기 위해서는 관련 연구를 통해서 기본적인 기술 확보가 된 것을 전제로 TRL8 수준의 연구개발 성과품이 도출되고 실제 해외 케이블교량 사업에 적용되도록 과제를 구성해야 함
- 산학연으로 구성되고 기존 연구개발을 통해 기본 기술을 확보하고 있는 연구 개발 참여진 구성이 필요함
- 실용화수준의 연구 성과품을 확보하기 위해서는 반드시 실제 수주된 해외 장경간 케이블교량 현장을 보유한 기업의 참여가 필수적으로 요구됨
- 해외 시공 엔지니어링에 BIM 기술을 실제 적용해본 경험이 있는 기술진의 참여가 이 과제의 성과를 확보하기 위해서 필요함
- 해석 연동이나 디지털 모델 기반의 유지관리시스템은 상용 소프트웨어 기업과의 협력관계 구축이 필요하고 국내에서의 개발 경험이 있는 연구진 참여가 필요함



<그림4-2 연구과제 구성>

4-3. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

4-3-1. 연구 과제 구성 및 내용

가. 연구의 구성

연구목표	연구수행 내용	연구결과물
해외 케이블교량 시공 지원 디지털 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 해외 실무에서 필요정보를 반영한 사장교 및 현수교의 선형 기반 디지털 모델링 기술 - 케이블교량 BIM Level-3 기술을 위한 디지털 모델 모듈화 - 3차원 모델과 해석 프로그램을 연계하는 케이블교량 모델 인터페이스 및 디지털 모델 개발 - 개발내용 반영한 프로토타입 모델 구축 - 해외 케이블 교량의 디지털 모델 및 해석 연동기술 활용한 극한 상황 운용 시뮬레이션 도출 	<ul style="list-style-type: none"> - 해외 표준 반영한 사장교 및 현수교 디지털 모델링 및 모델전달체계 기술 - 디지털 모델과 상용 해석 프로그램 연계하는 인터페이스 구축 - 디지털 모델과 해석연동 기술을 활용한 극한 상황 운용 시뮬레이션 도출 - 해외케이블교량 기준을 반영한 프로토타입 및 모델구축 가이드라인
디지털 모델 기반 사전시공 및 형상관리기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 케이블교량 보강형 제작 공정 (DMU, AMG 라이브러리) - 케이블교량 가설 공정 	<ul style="list-style-type: none"> - 해외 케이블 교량의 보강형 형상관리시스템 - 해외 케이블 교량의 보강형 제작 장비 가이드라인 - 해외 케이블 교량의 시공 시뮬레이션 검증 시스템
케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 케이블교량 공유데이터 환경 연계체계 개발 수립 - 케이블교량 공유데이터 환경 플랫폼 프로토타입 개발(Customized 제품) - 케이블교량 프로젝트 공유데이터 환경 Test Bed - 국내·외 케이블교량 프로젝트 원격지원 플랫폼 시범 구축 - 공유데이터 환경 협업 플랫폼 활용 가이드라인 작성 	<ul style="list-style-type: none"> - 해외 케이블교량의 공유데이터 환경 협업 플랫폼 및 가이드라인 - 공유데이터 환경에 연계된 디지털 공사지 - 공유데이터 환경에 연계된 3차원 전자도면
해외 케이블교량 시범 적용 및 현장적용 매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 차나칼레 교량 디지털 모델 및 활용 기술 설계 단계 적용 - 차나칼레 교량 디지털 모델 및 활용 기술 시공 단계 적용 - 업무 적용 매뉴얼 - 성과 평가 	<ul style="list-style-type: none"> - 해외 케이블교량 사업의 디지털 기술 적용 매뉴얼 - 성과평가 보고서

나. 연구 과제 세부 내용

□ 국내외 케이블 교량 디지털 기술 지원 체계

○ 연구목표

- 국내 기업의 해외 케이블 교량 사업 진출을 위한 디지털 기술 지원의 글로벌 플랫폼을 사업단내에 구축하고 현장 파견 인력과 본사 인력의 동시공학 및 협업체계를 시범 적용하여 초장대 교량 사업단의 개발 기술의 확산을 목표로 함

○ 연구내용

- 해외 케이블 교량사업을 주요 전략 상품군으로 설정한 국내 기업과의 기술 교육 및 정보교류 협력 관계 구축
- 초기 현장 모델 구축을 포함하여 디지털 기술을 해외 케이블 교량 사업에 적용하기 위해 필요한 기술 인력 교육 콘텐츠 개발 및 시범 교육 실시 (원격 교육 포함)
- 해외 초장대 교량 사업의 시범 적용을 위한 시공엔지니어링 기술, CDE 시험 적용, 해외 케이블 교량 수주를 위한 지원 활동 등을 통해 획득되는 Best Practice를 전파하기 위한 교육
- 해외 사업의 디지털 기술 적용을 위해 필요한 국내외의 벤더사와의 협력관계 및 기술 개발 지원

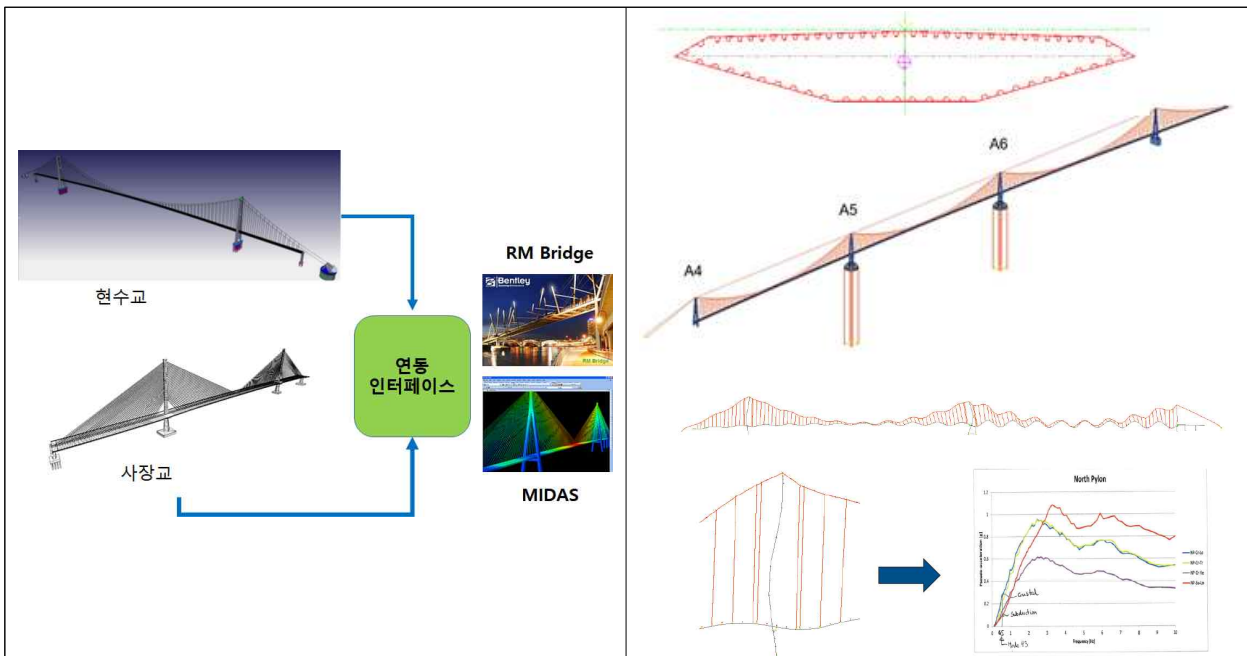


<그림4-3 디지털 기술 지원 체계의 역할 및 구성>

□ 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석연동 모델기술 개발

○ 연구목표

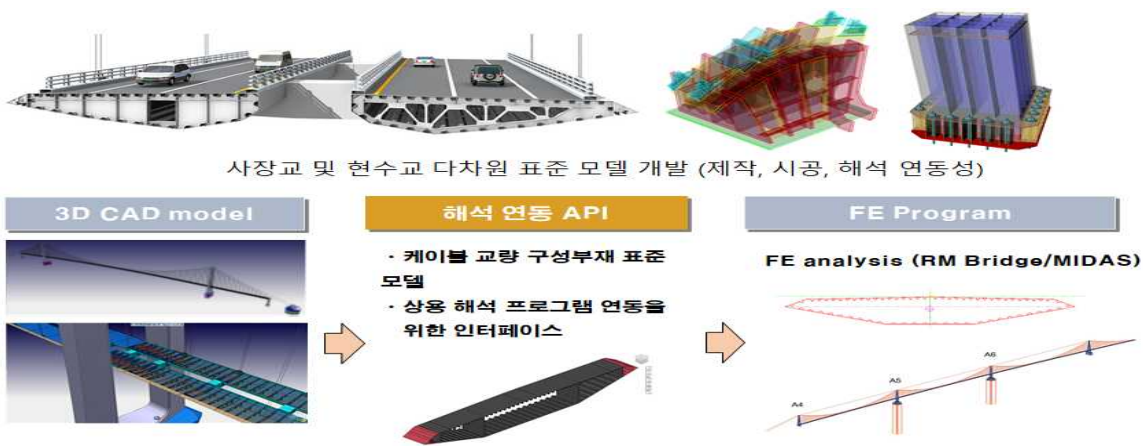
- 해외 사장교와 현수교 사업을 대상으로 요구되는 기술적 사항을 반영하고 시공단계에서 필요한 형상관리 등의 시공 엔지니어링과 협업을 지원할 수 있는 다차원 모델의 인벤토리, 속성 및 연계정보 정의를 포함한 표준 모델을 개발
- 3차원 디지털 모델과 해석 프로그램을 직접 연동할 수 있는 디지털 모델을 개발하고 실제 범용 해석 프로그램에 탑재할 수 있는 인터페이스를 개발하여 Level-3 수준의 케이블 교량 디지털 기술이 확보되도록 추진 (국내외 유관기업과의 협력 포함)
- 설계 및 시공과정의 정보를 포함하고 운영 및 유지관리 단계에서 활용할 수 있는 해석을 고려한 극한 상황 운용 시뮬레이션 도출
- 해외 사업 참여 기술진을 대상으로 한 기술교육을 원격으로 진행할 수 있도록 기술 콘텐츠화 및 진행 지원



<그림4-4 해석 연동이 가능한 디지털 모델 >

○ 연구내용

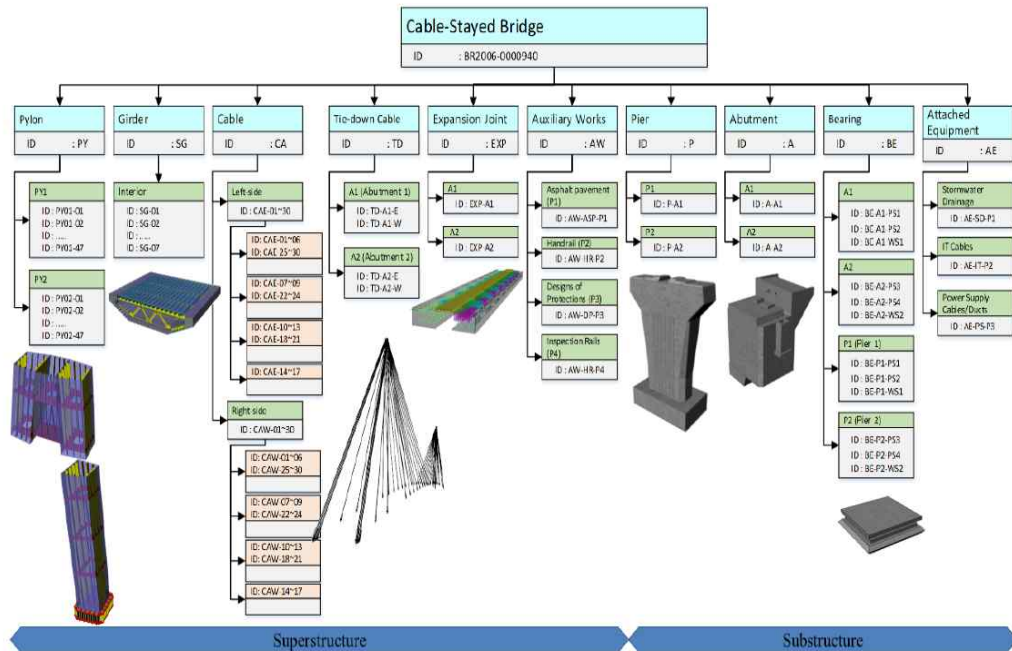
- 해외 장대교량 프로젝트의 발주자 요구사항에 BIM 기반의 기술 및 절차, 성과물 정의가 포함되면서 새로운 기술 장벽의 역할을 하기 시작했고 사업 제안시부터 공유정보 환경, 설계 검토 및 승인, 공정 회의, 준공 승인 등 주요 단계에 디지털 모델 기반의 성과물과 의사소통이 요구되고 있음
- 중동 시장을 비롯하여 유럽, 아시아, 아프리카, 남미 등의 케이블 교량 건설사업의 여건이 공기, 공사비, 리스크 측면에서 복잡화하고 있어 이를 능동적으로 극복할 기술적 대안으로 디지털 모델 기반의 시공기술이 기술 경쟁력의 주요 사항으로 부각되고 있음
- 선진국의 주요 기술 주도 그룹이 전략적으로 추진하고 있는 다차원 모델, 동시공학 및 협업, 디지털 정보관리 등의 기술적 환경 변화에 능동적으로 대처하고 시공분야의 기술 경쟁력을 한 단계 업그레이드할 수 있는 기술 개발과 실제 프로젝트 적용을 통한 경험 축적이 필요함
- 해외 케이블 교량 프로젝트는 설계가 완성되지 않은 상태에서 수주가 이루어지고 이후 설계 진행과 함께 시공이 진행되는 사례가 많아서 설계사와의 유기적인 정보 교환, 설계 변경에 따른 시공 방안 결정이 빨라야 함. 이에 따라서 기본 설계 수준에서 결정된 도면으로 모델을 구축하고 이후 설계가 진행됨에 따른 상세정도를 반영하고 변경 사항을 즉시 파악할 수 있도록 하는 디지털 모델링 체계 구축이 필요함
- 선형에 기반한 모델링 기술과 범용 해석 프로그램과의 연동을 가능하게 하는 API 반영한 Intelligent Model 개발



<그림4-5 해외 케이블교량 프로젝트를 위한 디지털 모델링 정의>



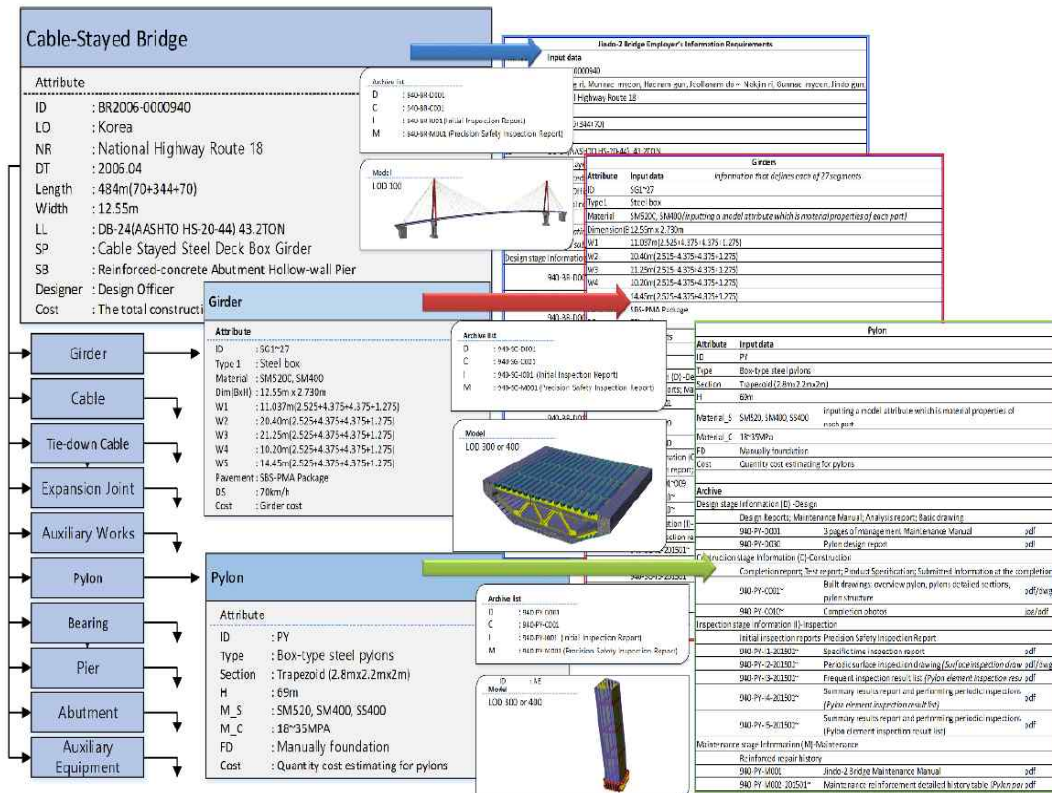
<그림4-6 해석 연동이 가능한 모델링 기술>



<그림4-7 케이블 교량의 디지털 모델 인벤토리의 예시>

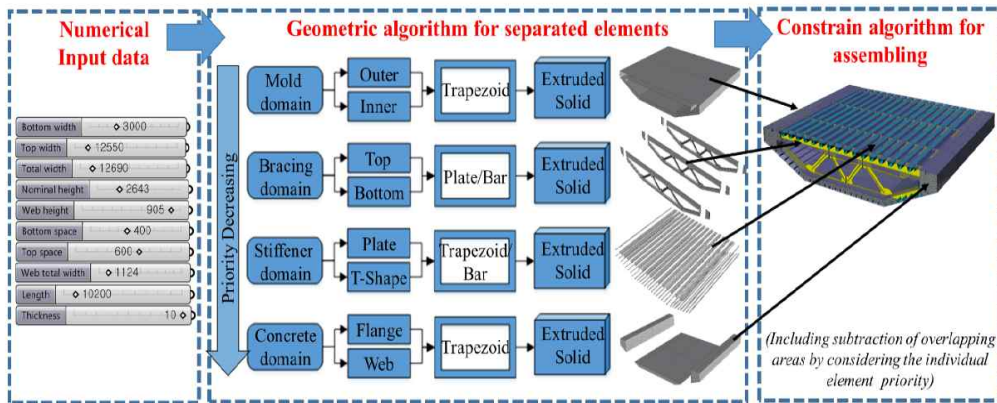
- 해외 장대교량 프로젝트는 참여 기업의 수가 많고 정보교환이나 공유가 필요한 기술자 혹은 관리자의 수가 많아서 일반적으로 문서관리자를 별도로 고용하고 이 과정을 지원하도록 하는데 이는 프로젝트의 복잡성이 증대되면 효율성이 떨어지기 때문에 최근에 공유정보환경에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서, 해외 케이블 교량 프로젝트의 정보요구사항을 분석하고 정보전달체계를 수립하고 이를 디지털 모델과 연계하는 기술 개발이 요구됨.

- 정보요구사항 (EIR: employer's information requirement)과 정보전달체계(IDM: Information Delivery Manual)가 구성되고 이에 따라 공유정보환경이 프로젝트 기간 동안에 운영되면 디지털 공사지 작성이나 완공 후 준공 납품시의 As-built model 제출 등 전체적인 프로젝트의 생산성을 높일 수 있음.

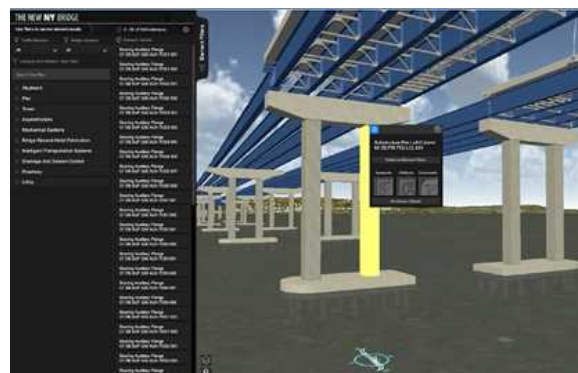


<그림4-8 케이블 교량의 정보요구사항 정의 및 체계 구축의 예시>

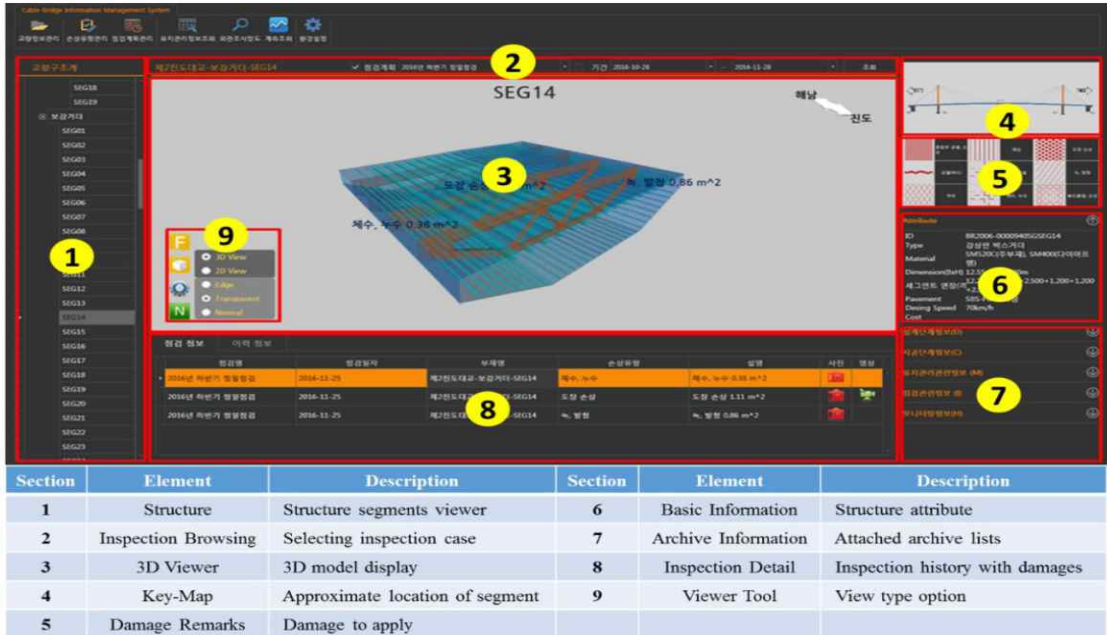
- 해외에서 케이블교량의 시공 단계에서 구성 부재나 제품 단위의 주문이나 품질 검사, 이후의 이력 관리를 위해서는 효율적인 모델링 도구가 필요하고 디지털 모델링 경험이 적어도 설계 변경을 반영할 수 있도록 하는 모델링 방법론이 요구된다. 주요 설계 변수의 변화를 수치로 변화시켜서 최종적인 부재 단위의 3차원 디지털 모델을 생성하고 활용할 수 있는 기술 개발이 필요함.



<그림4-11 설계 모델링 도구 개발의 예시>



<그림4-12 케이블 교량의 해외 사업용 자산정보시스템 예시>



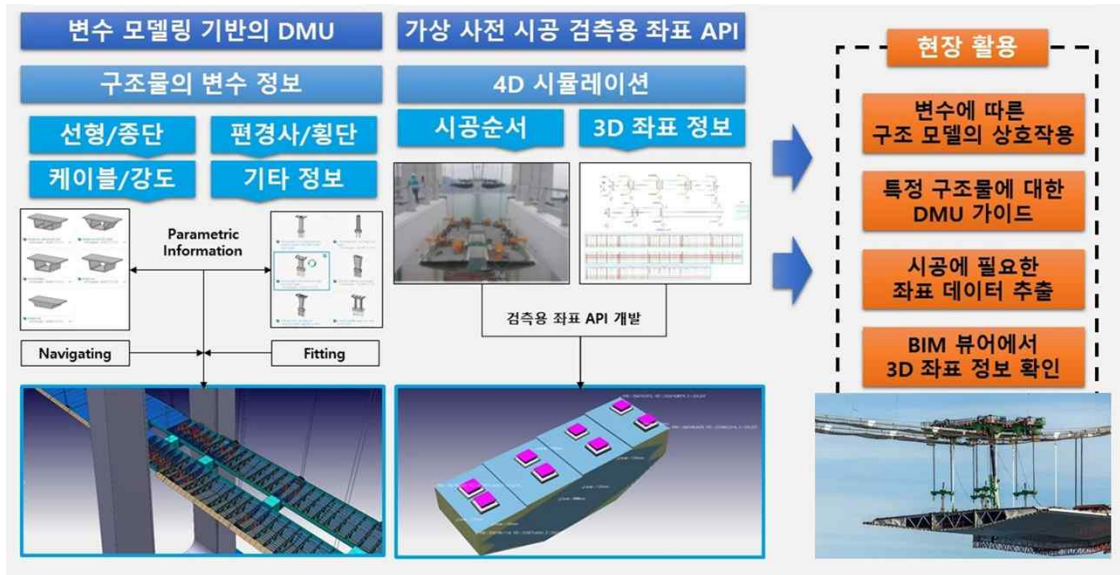
<그림4-13 디지털 정보모델 기반의 유지관리시스템의 예시>

- 2차원 도면으로 준공문서와 교량정보가 유지되는 현행 유지관리 체계에서는 극한 상황의 발생 시 교량의 현재 상태를 반영한 새로운 모델을 만들어야 하고 이는 시간을 소요하여 신속한 대응을 어렵게 함. 현재 상태를 반영한 디지털 모델과 해석 연동성을 연구함으로써 극한 상황 운용 시뮬레이션을 도출함

□ 디지털 모델 기반 사전시공 및 형상관리기술개발

○ 연구목표

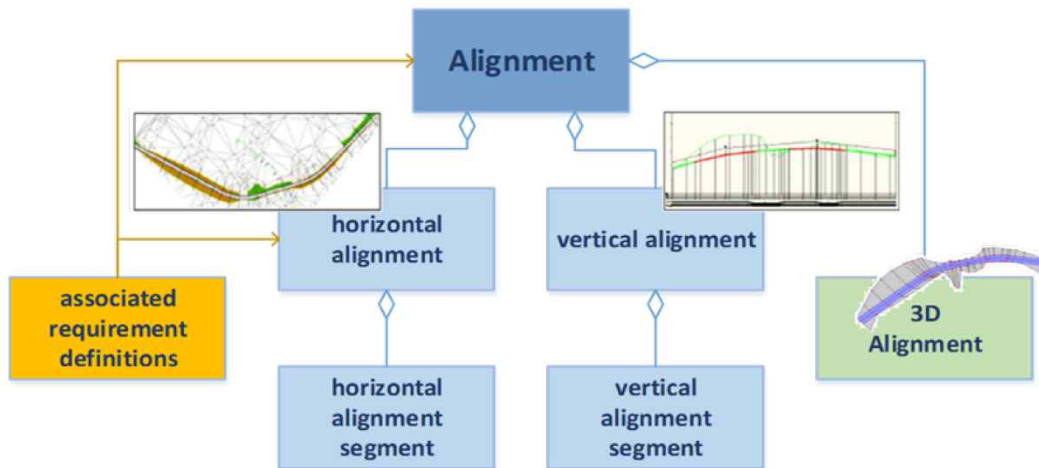
- 해외 케이블 교량의 보강형 부재를 프로젝트의 현지 여건을 고려하여 제작, 가설계획, 설계 변경을 신속하게 반영 가능한 사전 제작 및 3차원 형상관리기술을 개발하고, 주탑부 시공 시 일반 기술자를 위한 검측용 3차원좌표 제공 프로그램을 개발하는 것을 목표로 함
- 실제 초장대교량 프로젝트에 적용하면서 기술의 중점 적용 영역과 요소 기술 패키징을 통해서 케이블 교량 기술의 디지털화를 지원함
- 시공 과정에 대한 사전시공과 As-built model을 동시에 구축하여 주요 케이블 교량 해외사업의 경험을 지식 자산화할 수 있는 토대를 제공함



<그림4-14 디지털 모델 기반 사전시공 및 형상관리기술개발 개요>

○ 연구내용

- 도로의 선형정보에 따른 3차원 선형 모델링 방법을 개발하고 초기 교량 설계 계획과 공사 계획을 즉시 반영하여 디지털 모델 기반의 제작 및 검수가 가능한 기술 및 절차를 개발함.

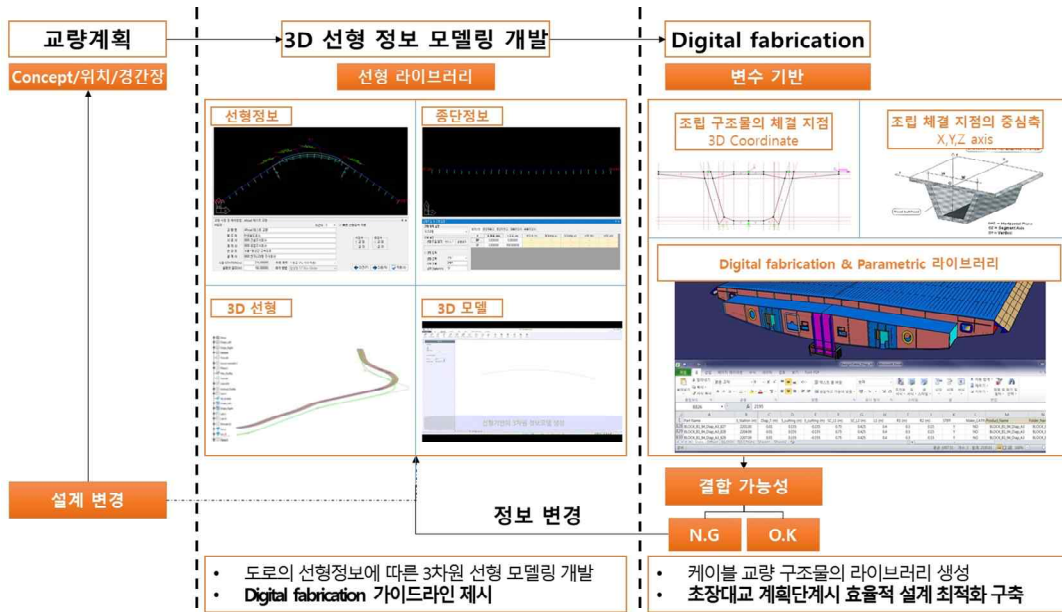


<그림4-15 선형 기반의 세그먼트 모델링 개요>

- 해외 케이블교량 프로젝트를 대상으로 초기 설계 결과를 바탕으로 변수 모델링을

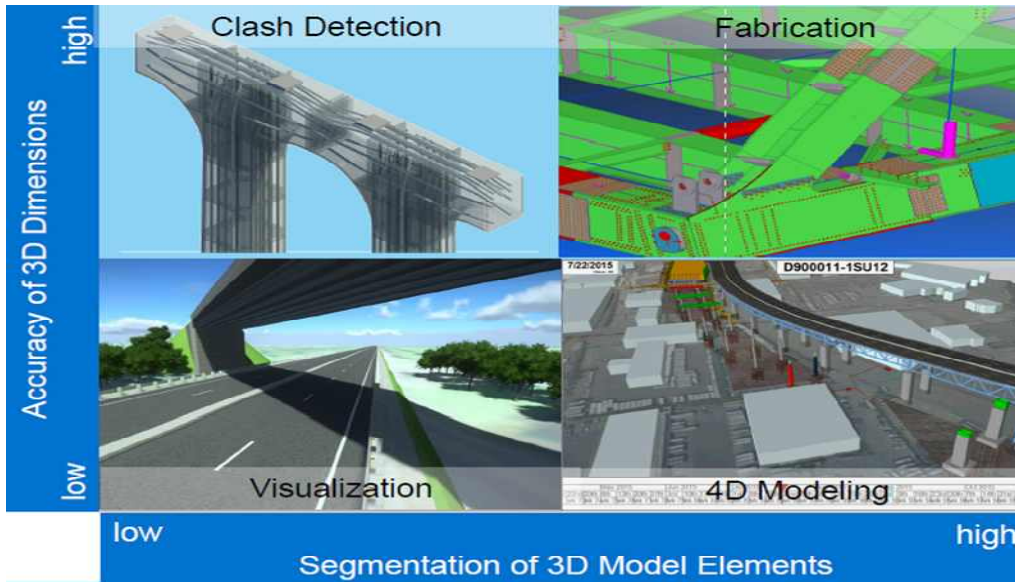
통한 모델 구축 및 제작 발주용 모델링 라이브러리를 구축

- 선형기반으로 변수를 설정하고 이를 일반 기술자가 활용 가능한 엑셀 연동을 통해 제공할 수 있는 인터페이스 개발 및 현장 적용



<그림4-16 3차원 선형정보를 반영한 디지털 제작 기술>

- 디지털 모델링 결과를 활용하여 초기에 시공성 검토를 수행하고 공중간, 공정간 간섭사항 등 설계 검토 수행이 가능하도록 하는 절차 제공 (현장 기술자와의 피드백 과정 수행을 통해 정보체계 정의)
- 교량 가설 계획에 따른 사전시공을 통해 공정계획 검토 및 시공 관리 가이드라인 구축 방안 제시



<그림4-17 디지털 모델의 시공단계 주요 활용 사례(벤틀리)>

- 모듈화, 장비 계획, 운반 및 가설 동선, 교통 및 안전계획 등 시공상 필요로 하는 기술 소요 평가 및 시범 적용 환경 구축



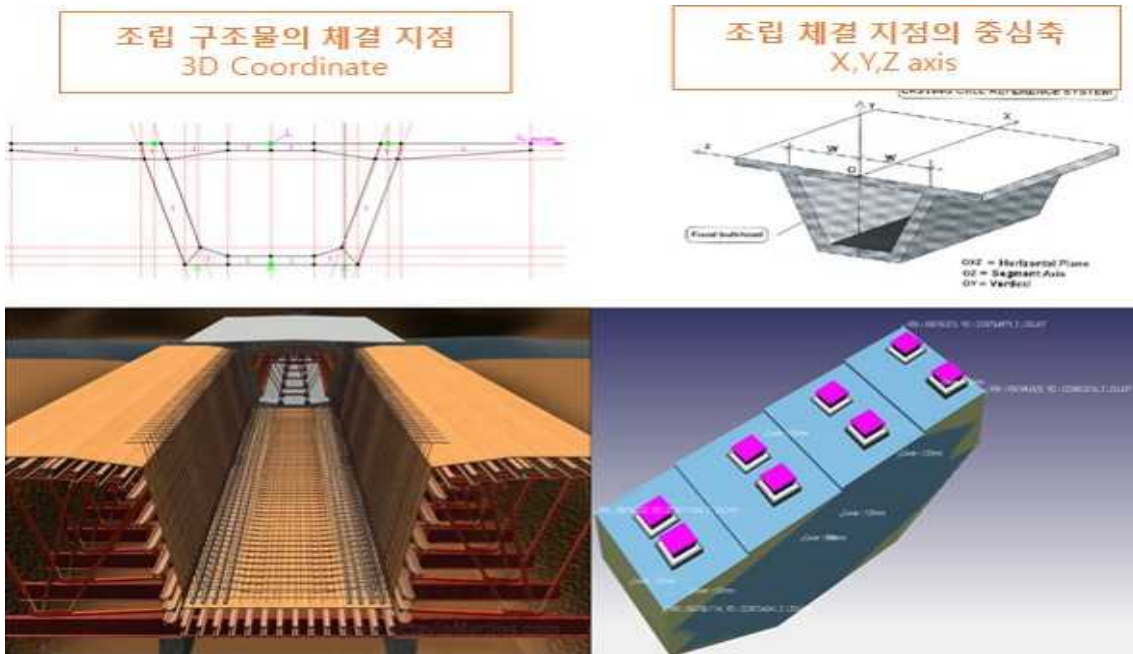
<그림4-18 디지털 모델 기반의 제작 및 사전시공의 예(Peace Bridge)>

- 상세가 결정된 설계 요소에 대한 디지털 모델링 제공을 통해 현지 기술인력 및 협력업체의 초기 learning time 단축 절차 수립 및 시범 운영



<그림4-19 상세 디지털 모델링을 통한 시공 Learning time 단축의 예 (울플랜)>

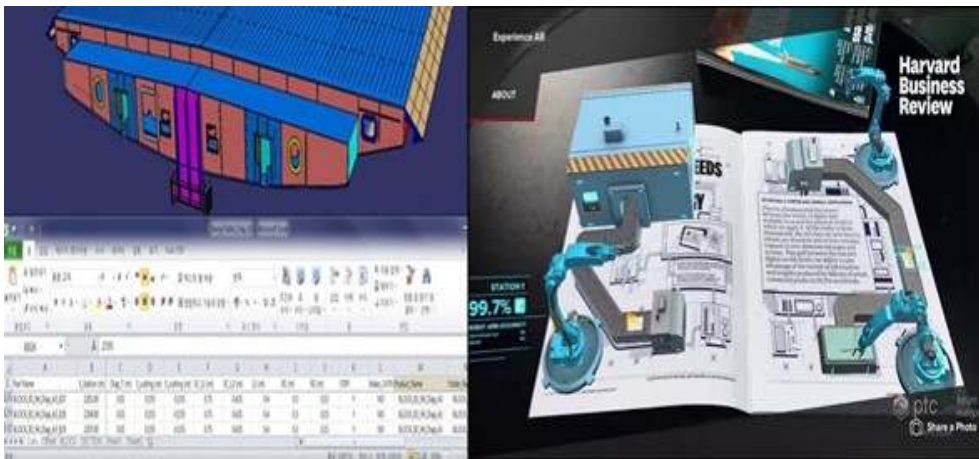
- 케이블 교량의 보강형 및 주탑의 시공 장비 라이브러리를 활용한 보강형 제작 및 주탑 가설 검측용 3D 좌표(X,Y,Z) Viewer API 개발



<그림4-20 Digital Mock Up 및 가상 사전 시공을 위한 검측 시스템 개발>

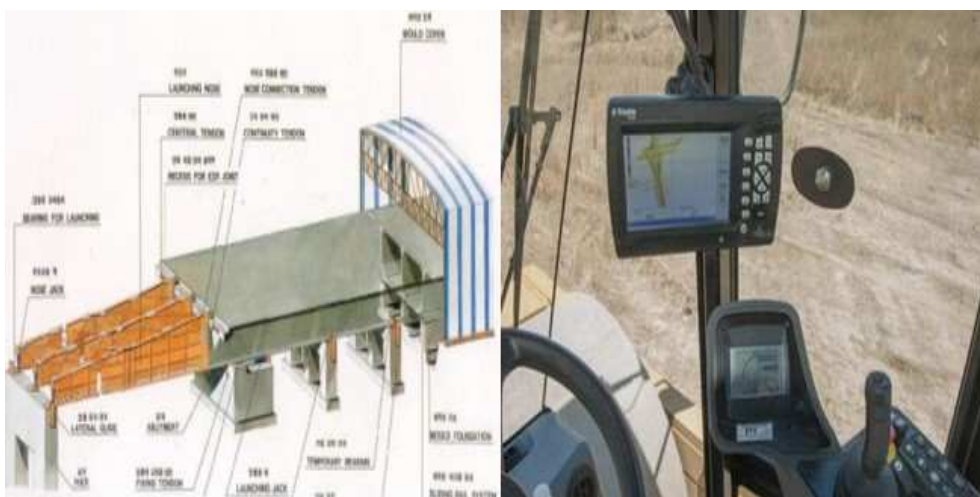
- 케이블 교량의 보강형 부재를 가상공간에서 Digital Mocked Up 수행을 통한 QR코드 기반의 DMU 도면(AR/VR)을 제공

- 케이블 교량 시공시 현장여건을 반영한 상세 수정 및 제작오차 보정 작업의 향상을 위한 엑셀 기반의 3차원 형상관리기술 개발
- 해외 케이블 교량 현장의 제작장 작업시 정밀시공 및 품질확보와 현장 공사팀과의 실시간 협업을 위해 QR코드를 기반으로 한 DMU 도면(AR/VR)을 제공



<그림4-21 Digital Mock Up 기반의 보강형 형상관리시스템 개발>

- 3차원 정보가 제작자에게 실시간 제공 및 감독관 및 작업자가 공유할 수 있는 시각화
- 보강형의 가설 공정 중 시간이 많이 소요되거나 복잡성이 높은 공정 선택
- 관련 전문기업과 협업을 통하여 형상관리 기술과 건설장비 가이드를 결합한 신기술 개발

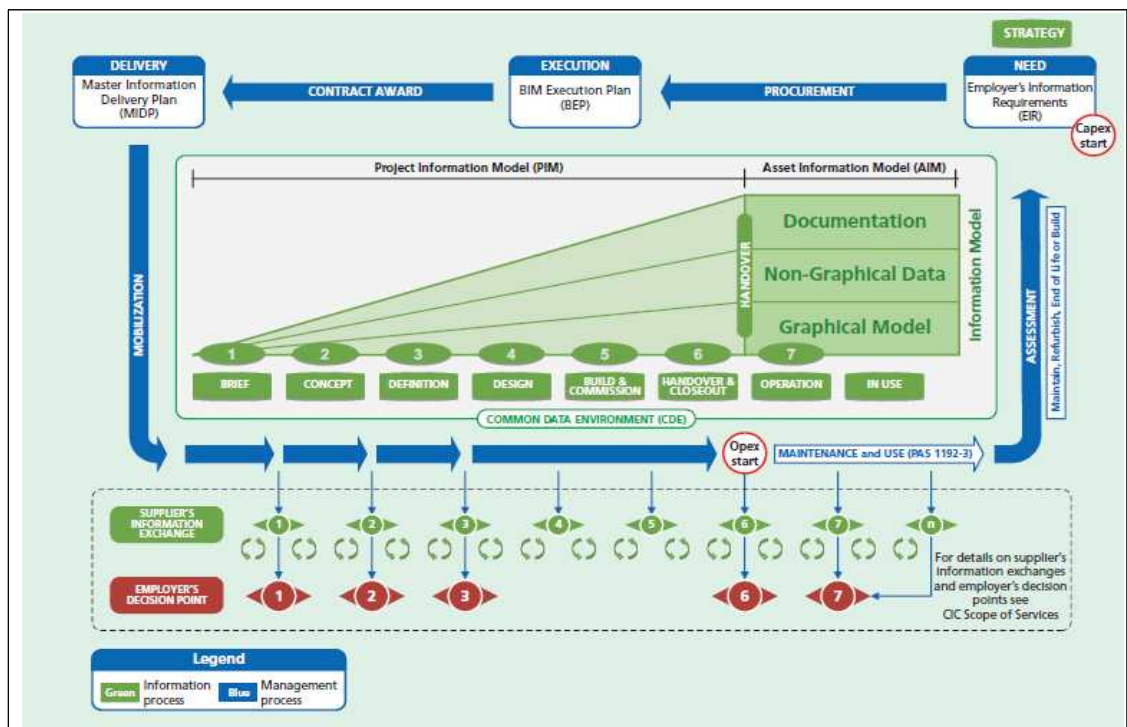


<그림4-22 케이블교량 보강형 가설을 위한 건설장비 (하드웨어) 개발>

□ 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발

○ 연구목표

- 해외 프로젝트의 주요 요구사항으로 대두되는 공유데이터환경(CDE)을 통한 케이블 교량 프로젝트의 3차원 디지털 모델을 이용해 동시 공학적 프로세스가 가능한 프로토타입 플랫폼을 개발하고, 클라우드기반으로 축적된 데이터를 이용하여 설계, 건설 및 운영 분야의 포괄적 협업 실현하는 것을 목표로 함
- 케이블교량 프로젝트에서 분야별 협업을 위하여 의사소통 및 작업 정보데이터를 DB로 구축하여 손실 없이 정보자산을 공유데이터환경(CDE)에서 유지관리단계까지 활용할 수 있는 디지털 공사지 기술 개발
- 공유데이터환경(CDE)의 정보데이터를 이용하여 PC 및 모바일 기기를 이용 건설현장 어디에서나 시설물의 정보를 확인할 수 있는 3차원 전자도면 개발



<그림4-23 공유데이터환경(CDE) 정보 전달 사이클(BS PAS 1192-2) 예시>

○ 연구내용

- 해외 장대교량 프로젝트는 참여 기업의 수가 많고 정보교환이나 공유가 필요한 기술자 혹은 관리자의 수가 많아서 일반적으로 문서관리자를 별도로 고용하고 이 과

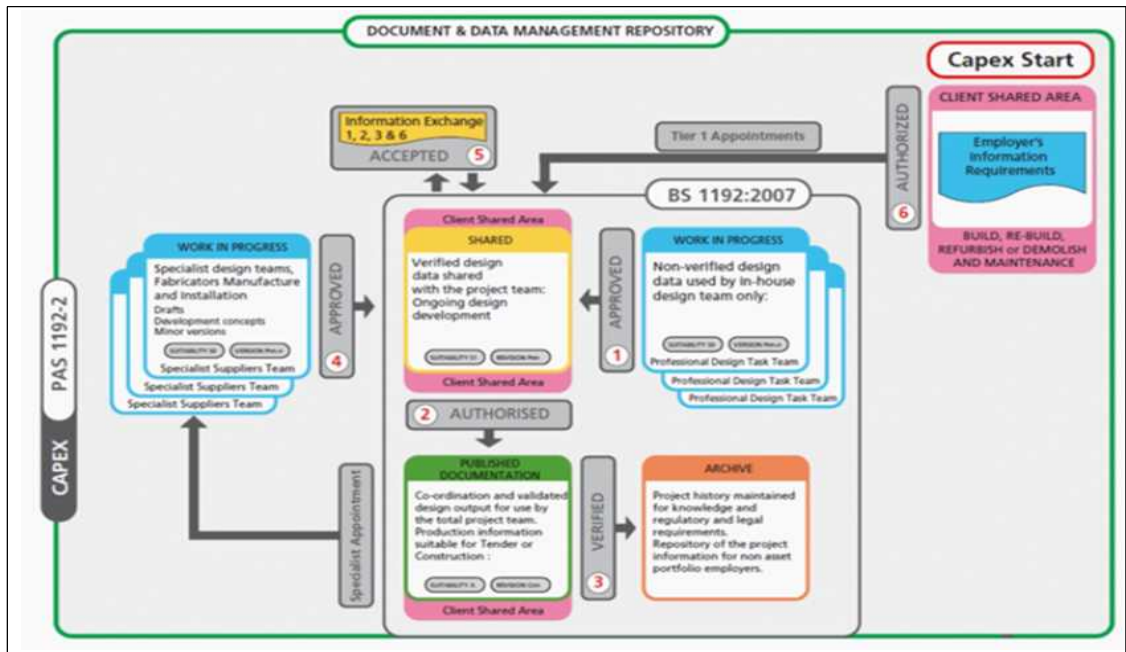
정을 지원하도록 하는데 이는 복잡성이 증대되면 효율성이 떨어지기 때문에 최근에 공유데이터환경(CDE)에 대한 요구가 증가

- 해외 프로젝트의 입찰안내서 업무범위에 공유데이터환경(CDE)을 구축하여 정보를 공유해야 한다고 명시하고 있으며, BIM 모델 제작, 출력, 조정 및 통합작업 시에도 공유데이터환경(CDE)을 통해서 이루어져야 한다고 요구되고 있음.
- 해외 케이블 교량 프로젝트의 정보요구사항을 분석하고 정보전달체계를 수립함. 이에 따라 공유데이터환경이 프로젝트 기간 동안 운영되며 디지털 공사지, 3차원 전자도면 작성이나 완공 후 유지관리시스템으로의 연계가 가능하여 전체적인 프로젝트의 생산성을 높일 수 있음.
- 공유데이터 환경 구축 기술 개발은 글로벌 정책 환경 변화에 발맞추어 시의 적절하게 마련해야하며 중간데이터나 활용이 가능한 데이터가 사장되지 않고 데이터 통합 및 데이터의 연속성 유지를 위하여 건설현장 및 S/W전문가로부터 의견을 수렴하여 신중하게 추진하는 것이 필요함.
- 공유데이터 환경에서 포괄적인 작업 공유 및 공동 작업 소프트웨어 필요한 정보를 필요할 때 즉시 이용할 수 있어야 한다. 포괄적인 프로젝트 제공을 위한 위험을 줄이기 위해 필요한 강화된 협업을 통해 설계 파일 및 건설 콘텐츠를 제어하고 승인 주기를 단축하며 책임을 강화가 필요함. 그러기 위해서는 다음과 같은 항목들을 고려해야 함.
 - 설계 작업 공유 가속화 : 협업을 통해 올바른 의사 결정, 효과적인 자원 사용 및 팀 생산성 향상 최신 파일을 쉽게 찾고 공유.
 - 통합 팀 연결 및 권한 부여 : 모든 사람이 현재의 프로젝트 정보를 가지고 의사 결정을 내릴 수 있어야 함.
 - 책임성 향상 : 신속한 응답으로 프로젝트가 앞으로 나아갈 수 있도록 자동화 된 워크플로어를 필요로 함.
 - 위험 감소 : 긴밀하게 통합되고 다양한 분야의 업무 프로세스로 승인주기를 단축하고 문제를 신속하게 해결하고 프로젝트 문서를 신속하게 교환하고 정확한 감시 추적을 유지하여 데이터 정보 손실이 없어야 함.

○ 수행 체계

1) 케이블교량 건설정보 데이터 수집 및 분석을 통한 데이터간 연계체계개발

- 해외 장대교량 프로젝트는 참여 기업수가 많고 복잡성이 증대되면서 효율성 저하 및 건설생산성을 높이기 위하여 공유데이터환경의 구축의 필요성이 커지면서 구조화된 데이터 체계를 위하여 정보요구사항(Employer 's Information Requirement)과 정보전달체계(Information Delivery Manual)를 수립 데이터간의 연계체계 수립이 필요함.
- 공유데이터환경의 선도적인 사례를 보면 미국의 e-construction, 일본의 I-construction, 영국의 Digital Built Britain, 싱가포르의 Digital Twin 등 많은 국가에서 전략적으로 디지털 인프라 구축에 노력을 기울이고 있음.



<그림4-24 공유데이터환경(CDE) 정보교환 절차(BS PAS 1192-2) 예시>

- 다양한 산업에서 IT기술을 활용하여 공통된 플랫폼을 구축하고 프로젝트를 진행함으로써 수반되는 비용의 감소와 오류 발생의 확률을 점점 낮추어 가고 있음.
- 공유데이터환경 정보교환을 위하여 프로젝트생성 영역, 작업영역, 공개영역, 전자문서작성영역, 검증영역, 기록보관영역으로 구성이 필요하며, 공유데이터환경을 효율적으로 사용하려면 구조화된 데이터가 필요함.
- 검증된 공개문서와 데이터는 기록보관영역으로 이동하여 향후 자산관리 단계에서

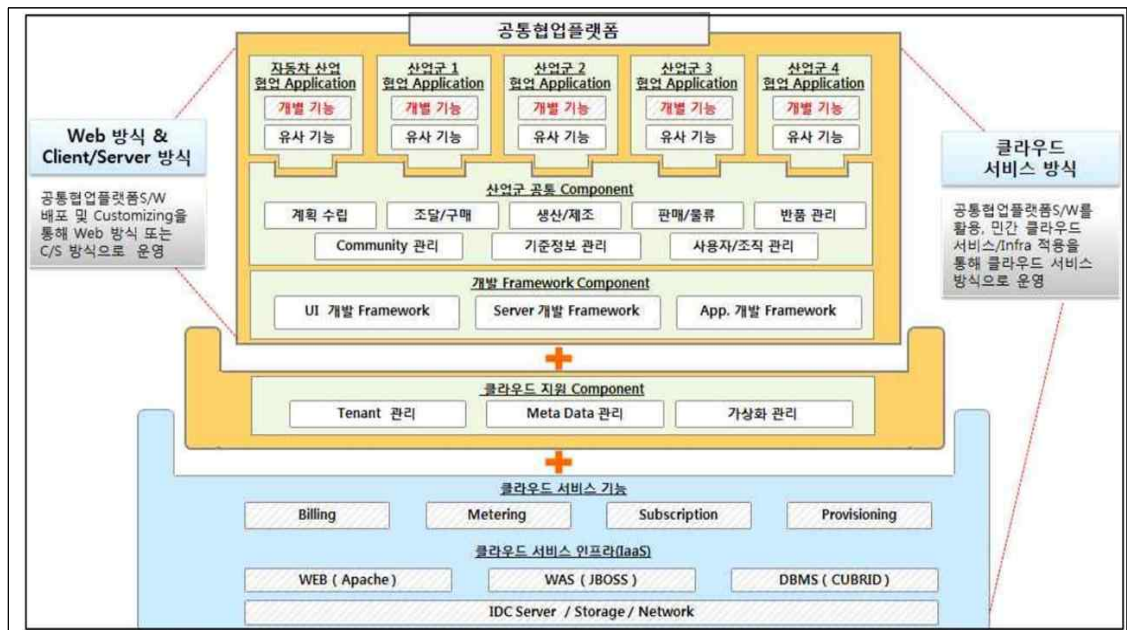
사용될 수 있도록 하여야함.

- 따라서 케이블교량 건설정보 데이터 수집 및 분석을 통한 데이터간 연계체계개발의 연구내용 및 범위는;
 - 해외 케이블교량 프로젝트의 기존 정보 전달 체계, 승인체계, 업무관리체계, 건설정보생성, 정보표준, 요구사항 등 조사 및 분석
 - 해외 건설프로젝트의 입찰안내서에서 요구하는 CDE 요구사항 및 해외 표준 기준(BS1192) 반영(기술 분야별 접근제어 및 보안기능, 3D기반 공동 작업 기능, 모델 정보 공유 기능, 프로젝트 DB 기록보관 기능)
 - 케이블교량 디지털모델 해석연동과의 연계체계
 - 케이블교량 디지털모델기반 시공관리 및 형상관리와의 연계체계

2) 공유데이터 환경을 이용한 동시 협업이 가능한 플랫폼 개발

- 복잡구조물에 대한 통합설계 및 시공시 공유작업환경구축을 통해 동시협업수행 사례가 늘고 있다. 대표적으로 Revit workset에 의한 다공종의 3차원 설계가 동시에 이루어지고 있고 그에 따른 공종간 간섭 및 오류사항을 즉각적으로 해결하고 있다. 해외 장대 교량프로젝트는 구조적 안전성확보 및 첨단건설기법의 적용으로 다공종이 통합되고 연계되어 설계되므로 공유데이터 환경을 필수 요소이며, 각 공종의 정보의 통합구현을 위한 플랫폼 개발이 요구됨.
- 기존 공유 협업 플랫폼은 데이터 작업을 공유데이터 환경에서 클라우드기반 또는 프로젝트 서버기반으로 동시간적으로 작업영역에서 수행하며 승인 및 공유를 위해 공유 영역으로 데이터가 이동되어 협업을 위하여 활용되고 있음
- 해외 프로젝트의 경우 다국적, 다분야 인력에 의해 프로젝트가 이루어지므로 공통된 형식의 결과물 작성 및 제출을 위한 기준 수립이 필요하며, 여러 공종간 연계된 설계로 일부공정의 설계변경은 그 외 다수 공종의 설계변경을 수반하므로 동시협업을 통한 참여공정의 통합적 해결을 필요함.
- 해외 프로젝트는 국내와 다른 행정체제로 변경 및 승인에 따른 소요시간이 많이 소요되는바 신속한 변경사항의 반영 및 승인과정 진행을 필요로 하며 관련 절차에 대응할 수 있는 데이터의 수집 및 가공이 필요함.

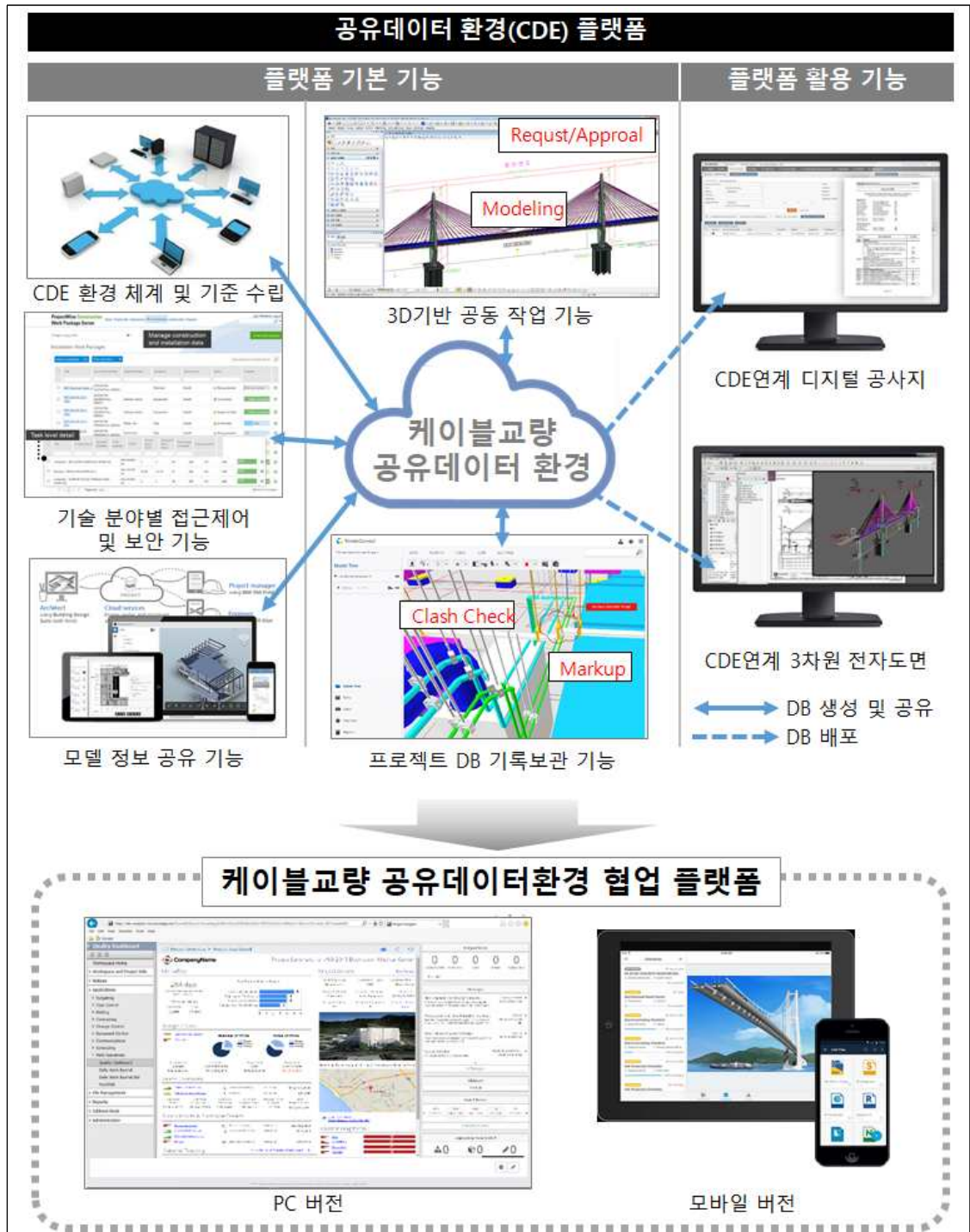
- 프로젝트 진행에 따른 공유되는 데이터는 다양한 분야의 문서, 도면, 전문분석data 등이며, 이는 다양한 종류와 형식의 파일들로 정보 확인을 위한 확장성 높은 정보 확인도구를 필요로 하며, 플랫폼은 해당 기능을 지원.
- 해외 장대교량 프로젝트는 다양한 국가의 다양한 공종이 융·복합된 프로젝트로 참여자간의 원활한 의사소통을 필요로 하며, 이를 해결하기 위해 참여자간 메신저, 파일전송 및 공유기능 등을 포함한 공유데이터 환경이 필요함.
- 공유데이터의 분석 및 집계를 통한 프로젝트 전체의 공사 진행현황 확인하여야 하며, 참여기관에 종속관계에 따른 빠른 요청과 승인기능과 해당정보를 효율적으로 표현할 수 있는 도구를 필요.



<그림4-25 공통협업플랫폼 아키텍처 구성 예시>

- 사용자UI는 현대적인 포털 기반의 인터페이스를 적용하고 사용자의 생산성을 크게 향상시키는 방법을 적극 고려하여야 하며 다분야간의 협업과 현장관리 지원이 수반되어야 함.
- 공동데이터환경 협업 플랫폼은 데이터 입력 및 생성, 3차원 디지털 모델 분석, 플랫폼 활용으로 구성되어 협업지원을 위하여 구성원들 간의 의사소통을 지원할 수 있는 시스템으로 즉각적인 메시지 및 정보를 전달하며 협업 구성원들 간의 개개인의 활동을 관리하고, 통합된 정보를 조회할 수 있는 시스템이어야 함

- 프로젝트 운영중에 생성되는 건설정보는 DB화하여 이를 기반으로 운영, 통계화 및 데이터를 업무에 효율적으로 분류, 배치하여 용도별로 상호 유기적으로 연동할 수 있는 시스템이어야 함.
- 따라서 공유데이터 환경을 이용한 동시 협업이 가능한 플랫폼 개발의 연구내용 및 범위는 다음과 같음.
 - 케이블교량의 건설정보DB 특성을 반영한 공유데이터 환경 인터페이스 구성 및 확장성을 고려한 프로젝트별 Customize가 필요한 반제품 형태의 모듈
 - 기존 베이스 S/W 장·단점 파악 및 케이블교량 프로젝트에 운영에 필요하도록 기본 기능을 커스터마이징하며, 공유데이터 환경(CDE)과 연계 활용이 가능하도록 디지털 공사지, 3차원 전자도면 개발
 - 3차원 디지털 모델을 이용해 동시 공학적 협업이 가능하며, 현장에서 정확 한 건설정보를 확인할 수 있는 플랫폼 개발
 - 기술의 패키징을 통해 국내 기업이 개발 기술을 해외 사업 수행에 활용할 수 있도록 개발



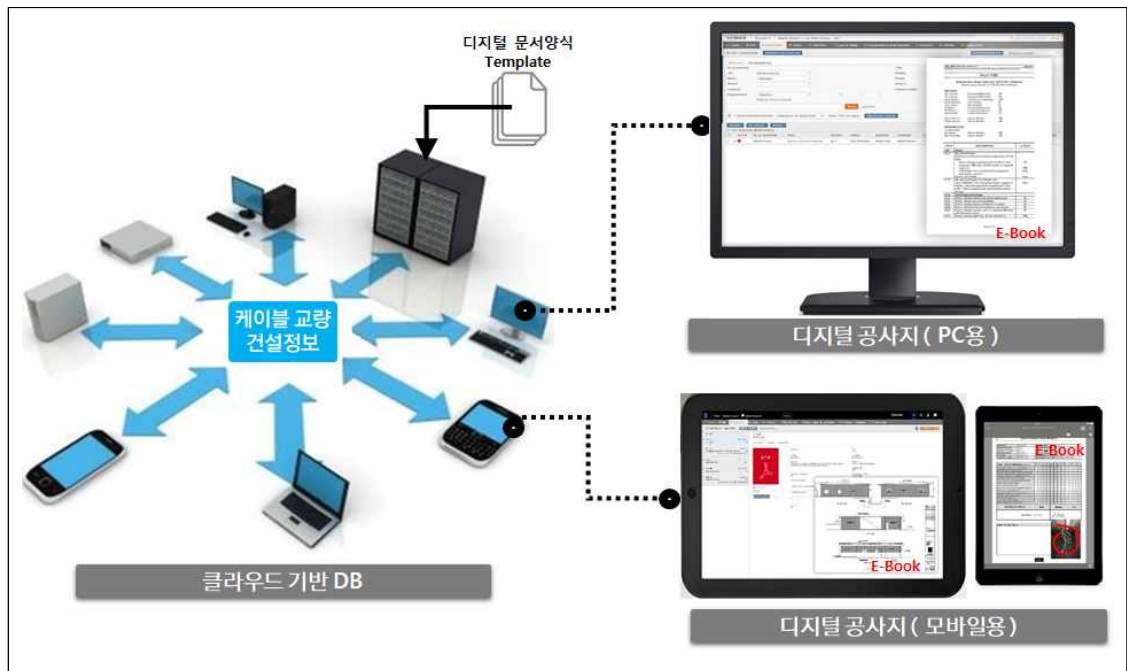
<그림4-26 케이블교량 공유데이터환경 협업 플랫폼 구성 예시>

3) 공유데이터 환경의 데이터베이스를 이용한 디지털 공사지 및 3차원 전자도면 개발

- 일반적으로 건설산업은 사업기획, 사업계획, 개념설계, 상세설계, 시공계획, 시공, 운영 및 관리 등의 여러 단계들로 나뉘고 또한 각 단계별로 발주자, 설계자, 시공사,

하도급업자 등의 서로 다른 참여자들이 참여하고 있다. 그래서 서로 간 정보의 흐름이 유기적이지 못하고 시간의 흐름에 따른 각 참여자들의 프로젝트 참여도가 변경이 있어 일관된 정보의 연속성의 결여가 문제점으로 야기되고 있음.

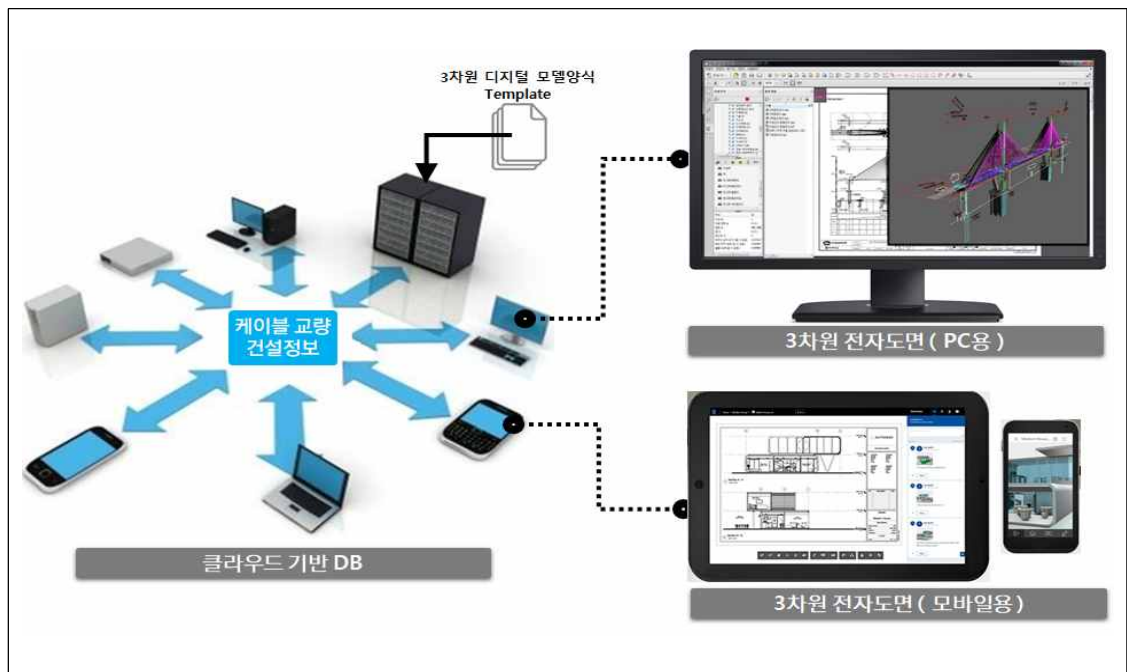
- 이러한 특징은 특히 각 단계별로 주된 참여자가 바뀔 때마다 이전 참여자와 새로운 참여자 간의 원활한 정보의 교환을 필요로 하게 하지만 실제로는 그것이 원활히 이루어지고 있지 않아 건설사업 생명주기를 통한 일관된 정보흐름의 부재로 품질, 안전, 생산성을 떨어뜨리는 주된 원인으로 작용하고 있음.
- 전자문서란 컴퓨터 등 정보처리능력을 가진 장치에 의하여 전자적인 형태(electronic form)로 작성되어 송수신 되거나 저장된 문서형식의 자료로서 표준화된 것을 말하며, 기존 양식을 종이 문서를 사용하지 않고 클라우드 기반 저장 공간을 통해 정보를 공유하고 템플릿 표준화 및 전자문서 자동화를 통하여 건설정보효율성을 높일 수 있음.



<그림4-27 디지털 공사지의 예시>

- 3차원 전자도면은 설계 승인이 된 결과물에 대해서 전자도면 형태로 변환하여 현장 관리, 관계기관 협의, 유지관리 시스템 활용 등에 사용하도록 하는 것이 바람직함.
- 제품이나 특정 공법 단위로 사용되는 경우에는 상세 수준별 모델을 함께 제공하여야하며 설계의 효율성과 향후 유지관리 활용성을 확보될 수 있도록 방안을 마련하는 것도 필요함

- 언제 어디서나 3차원 디지털 모델을 액세스 하여 현장관리지원 및 의사소통을 개선하여야하고. 현장 팀은 항상 최신 버전의 BIM 모델 및 데이터에 액세스 할 수 있어야 함.
- 데이터 및 링크 된 문서는 프로젝트관련 모든 사람이 3차원 디지털 모델의 이점을 누릴 수 있어야 하며 소프트웨어 라이선스를 구입하지 않고도 모델과 데이터에 액세스 할 수 있어야 함.



<그림4-28 3차원 전자도면 예시>

- 따라서 공유데이터 환경의 데이터베이스를 이용한 디지털 공사지 및 3차원 전자도면 개발의 연구내용 및 범위;
 - 공유데이터 환경(CDE)을 통해 구축된 정보는 프로젝트 시공중 PIM(프로젝트 정보) 활용되며, 그 생성정보의 활용성 높일 수 있는 Template (디지털 공사지, 3차원 전자도면)제시
 - 분야별 협업간 의사소통 및 작업 정보데이터를 DB로 구축하여 손실 없는 정보를 공유데이터 환경에서 유지관리단계까지 활용할 수 있는 디지털 공사지 개발
 - 공유데이터 환경의 정보데이터를 이용하여 PC 및 모바일 기기를 이용한 건설현장어디에서나 시설물의 정보를 확인할 수 있는 3차원 전자도면 개발

4) 케이블교량 프로젝트 공유데이터 환경 Test Bed

- 해외에서 수행되어지고 있는 케이블교량에 대해서 Test Bed를 시행할 경우 해외프로젝트 특성 및 발주처의 반대 등의 이유로 공유데이터환경 협업 플랫폼 Test Bed의 어려움이 있을 경우 국내 수행 완료된 케이블교량으로 대처도 검토가 필요
- 여러 시공현장에서 성과개선 및 업무 효율성 향상을 위해 시스템을 개발하고, 적용하고 있으나 기존의 비해 익숙하지 않는 체계의 급격한 전환으로 인해 개발의도와는 달리 낮은 업무효율로 실무자의 업무만 가중하고 있음.
- 개발자와 사용자(실무자)간의 인식차이와 현장여건의 완벽한 반영이 어려운 개발환경에서 개발된 시스템의 실무자 입장에서의 시스템 개선사항 및 보완 사항 수집 및 반영 필요
- 단기적인 시스템 구현을 위한 Test-bed가 아닌 일정기간의 운영을 통해 프로젝트 진행시 발생하는 예상하지 못한 문제점에 대한 대처방안을 개발필요

5) 국내·외 케이블교량 프로젝트 원격지원 플랫폼 시범 구축

- 연구기간동안 연구기관과 해외 대상 사업과의 협업 및 원격 기술 지원체계 마련(하드웨어, 소프트웨어, 클라우드 서버 등) 및 시범 운영을 통한 기술 검증 및 관련교육, 기술전파 등

6) 공유데이터 환경 협업 플랫폼 활용 가이드라인 작성

- 케이블교량 공유데이터환경 플랫폼 활용 가이드라인은 시스템의 안정된 운영과 효율적인 업무를 수행할 수 있도록 구체적인 기준과 절차, 방법 등을 상세하게 작성
- 개발시스템의 원활한 진입을 위한 사례별(CASE별) 가이드 제시로 빠른 체계전환 도모 필요

□ 해외 케이블교량 시범 적용 및 현장적용 매뉴얼 개발

○ 연구목표

- 실제 해외 케이블교량 프로젝트의 참여 기업이 기술 개발 및 적용과정에 능동적으로 참여하여 디지털 모델링 기술의 시범 적용을 촉진하고 이를 통한 경험으로 정량적 효과 평가와 디지털 기술 적용 업무 매뉴얼을 작성하여 기술 전파를 하는 것을 목표로 함.

○ 연구내용

- 국내 기업과 해외 기업이 수주한 해외 초장대 교량 사업에 디지털 모델링 및 활용 기술을 적용하는 과정을 지원
- 정보요구사항, 전달체계, 업무환경 및 정보공유환경 구축 여건 등을 지원
- 개발 기술의 시범 적용과 함께 효과에 대한 정량적 평가
- 해외 케이블 교량 사업에 디지털 기술 적용을 확산할 수 있도록 디지털 기술 적용 업무 매뉴얼 작성

○ 시범 적용

- 변수 모델링 기반의 DMU TESTBED
 - 실시설계 이후 샵드로잉과 BIM 모델을 시공현장 상황 및 조건에 따라 모델의 형상 변경이 어려움. 이러한 이유로 시공단계 시 현장에서 변이관리가 가능한 디지털 모델을 이용하여 다양한 변수의 모델을 생성, 제작현장의 변수에 대응하기 위한 각 세그먼트를 가상에서 제작할 수 있는 형상관리 기술의 사전 TESTBED가 필요할 것으로 판단
 - 기존의 물리적인 목업(Physical mockup)은 이를 제작하고 이용하는데 따른 시간과 비용, 정밀도 등의 많은 문제점들이 발생한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 Digital Mock Up을 개발 하고 관련된 모든 담당자(현장, 설계)들의 의사소통을 반영 하여 최적화된 설계를 시공에서 수행할 수 있는 process의 개발을 위한 TESTBED를 실행
- 변수 모델링 기반의 DMU TESTBED 적용 효과

- 구축된 Digital Mocked Up을 통하여 각 계통의 설계자는 부품의 재설계나 추가적인 설계 시 장착될 부근의 타 공종의 설계 자료를 제공 받음으로써 제한된 공간 내에서 최적의 설계를 수행할수 있으며, 각 공종의 설계자에 의해 설계된 자료는 설계 종합 부서에 제출되어 공종간 간섭 및 간극 검토, 정비성, 장착성 등의 설계 검증에 효과적으로 사용
- 사용자 및 기술 설명서 작성시 제품 내,외부 형상에 대한 다양한 도면을 요구하게 되는데, Digital Mocked Up에서는 3차원 형상을 기본으로 제공하기 때문에 쉽게 부품 형상을 이해 할수 있으며, Digital Mocked Up을 통하여 다양한 구성체의 조립이 가능하기 때문에 설명서, 지침서 등 각종 기술교법 작성시 유용하게 이용될수 있을것으로 판단됨
- 가상제작시 오류 발생을 현장과의 Feedback을 통해 원인을 분석, 시공시 발생될 수 있는 오류를 사전에 예방하여 공사기간의 단축 및 품질향상의 효과 증대

변이 관리 기반의 Digital Mocked Up 현장 적용	
구조물 가상제작	구조물 현장제작
	
	

- 가상 사전 시공을 위한 검측 시스템 TESTBED

- 초장대 교량 시공전 개발되어진 검측용 3차원 API좌표 기술을 가상시공에 적용하여 설계상의 오류 및 시공중 발생될수 있는 시공오차 등의 문제점을 사전에 파악, 설계자와 시공자의 FeedBack을 통하여 문제점을 보완할수 있는 가상시공 TESTBED 실행

- 초장대 교량의 실제 시공 시 시각화 되어진 검측용 3차원 API좌표를 활용 할수 있는 A.M.G 및 시공자도 실시간으로 확인할수 있는 VIEWER가 장착된 보강형 건설 장비를 활용, 별도의 측량작업등을 수행하지 않는 시공 TESTBED 실행

- 가상 사전 시공 검측용 좌표API TESTBED 적용 효과

- 검측용 3차원 API좌표, AMG기술을 이용한 가상 및 실제 시공을 통하여 설계자 및 시공자의 기술적 FeedBack을 통한 문제점을 보완, 공기단축 및 품질향상의 효과 증대

가상 사전시공 시뮬레이션 공정검토 및 검측용 3D좌표 뷰어	
구조물 가상시공	구조물 현장시공
	
가상공정 시뮬레이션	시공 예정공정표
	

- 건설장비 가이드스 (Automated Machine Guidance, A.M.G) TESTBED

- 건설현장의 일반적인 장비등의 작업방법에서 탈피하여 각종 센서 및 고정밀 GPS를 장착한 ICT기술을 도입, 현장의 측량 및 측량표식 설치없이 자동제어를 통해 교량시공의 생산성, 효율성 및 시공 품질 향상을 목표로 TESTBED 실행
- AMG장착 건설장비는 GPS 또는 VIEWER를 활용하여 경사도, 고도, 건설장비 및 교량 보강형의 위치를 운전자가 직접 확인하며 작업을 진행 할수 있는 TESTBED 실행

- 건설장비 가이드نس (Automated Machine Guidance, A.M.G) 적용 효과

- 교량 시공시 발생하는 기상(날씨,바람등)조건에 따른 처짐, 센서 접촉오류에 따른 시공오차, 곡률조정의 어려움 등 기존 시공방법의 한계를 극복하기 위해 AMG기술을 시공에 활용하여 시공성 증가 및 공사기간 단축의 효과 증대



다. 주요 연구개발 성과물

연번	과제	핵심성과물	성과유형	해당연차
1	1과제	케이블 교량 해석 연동 디지털 모델	소프트웨어	4년차
2	2과제	해외 케이블 교량의 보강형 형상관리시스템	시스템	3년차
3	2과제	해외 케이블 교량의 시공 시뮬레이션 검측 시스템	시스템	4년차
4	2과제	해외 케이블 교량의 보강형 제작 장비 가이드نس	하드웨어	4년차
5	3과제	케이블교량 공유데이터 환경 협업 플랫폼	소프트웨어	4년차
6	3과제	공유데이터 환경에 연계된 디지털 공사지 및 3차원 전자도면	시스템	5년차
7	4과제	디지털기술 해외사업 적용 매뉴얼	시스템	5년차

1. 해외 케이블교량 해석연동 디지털 모델

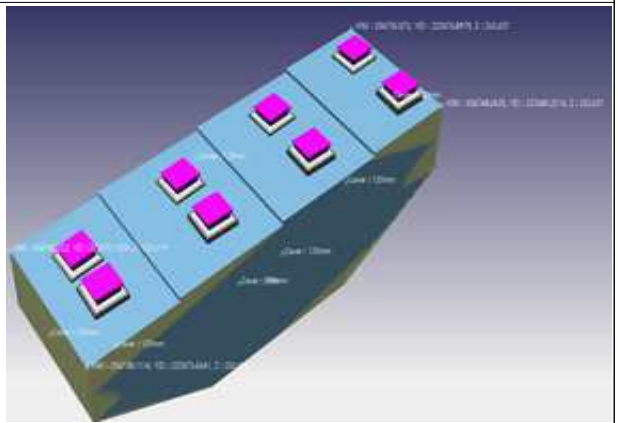
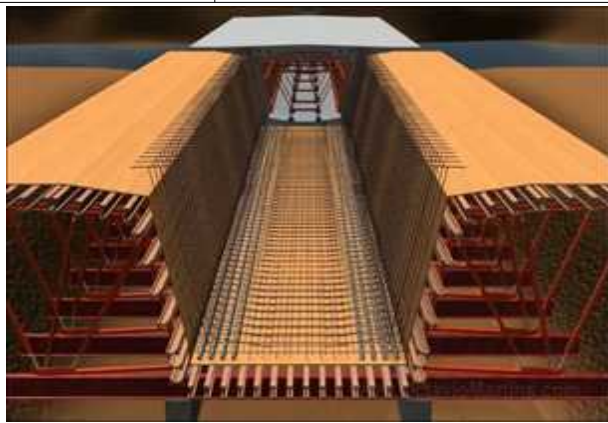
기 준 기 술	3차원 디지털 모델과 3차원 해석 모델 연동
개 발 기 술	케이블 교량의 주요 부재 3차원 디지털 모델과 범용 해석 프로그램 연동
세 부 내 용	현재 캐드 모델과 해석 모델의 직접 연동은 3차원 모델에 국한되어 응력 해석과 같은 국부 해석에만 연동이 가능하다. 실제 케이블 교량의 설계 해석이나 시공 엔지니어링을 위한 범용 해석 프로그램과 디지털 모델의 연동은 벤틀리사의 일부 솔루션에서 일반 교량 부재에 대해 시도되고 있다. 이 과제를 통해서 현수교와 사장교의 주요 부재의 디지털 모델이 해석 프로그램과 직접 연동되도록 하는 모델을 개발하고 이를 직접 적용할 수 있는 API를 개발한다. 해석 프로그램을 고려한 극한 상황 운용 시뮬레이션을 도출한다.

2. 해외 케이블 교량의 보강형 형상관리시스템

기 준 기 술	변이 관리가 어려운 디지털 모델
개 발 기 술	Digital Mock Up 기반의 보강형 형상관리시스템 개발
세 부 내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 케이블 교량의 보강형 부재를 가상공간에서 Digital Mocked Up 수행 ○ 케이블 교량 시공시 현장여건을 반영한 상세 수정 및 제작오차 보정 작업의 향상을 위한 엑셀 기반의 3차원 형상관리기술 개발 ○ 해외 케이블 교량 현장의 제작장 작업시 정밀시공 및 품질확보와 현장 공사팀과의 실시간 협업을 위해 QR코드를 기반으로 한 DMU 도면(AR/VR)을 제공

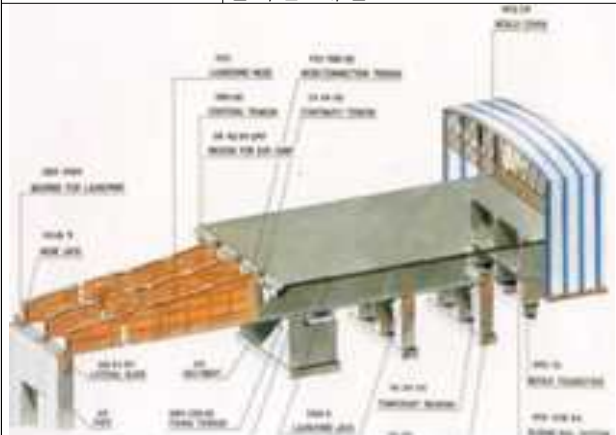
3. 해외 케이블 교량의 시공 시뮬레이션 검측 시스템

기 준 기 술	부재 제작 및 주탑 시공 시 작업 인부를 통해 구조물 검측
개 발 기 술	부재 제작의 검측 및 케이블 교량의 주탑 시공 3D 좌표 뷰어 개발
세 부 내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 케이블 교량의 보강형 및 주탑의 시공 장비 라이브러리를 활용한 보강형 제작 및 주탑 가설 검측용 3D 좌표(X,Y,Z) Viewer API 개발 ○ 연구 초기 해외 케이블 교량 현장 유경험자에 의한 평가를 통하여 형상오차 관리와 품질관리 요소의 우선 순위 설정 ○ 형상관리 주요 사항의 매뉴얼화를 구현하여 시공 시뮬레이션 및 검측 3D 좌표 확인용 Viewer 개발 ○ AMG 기술 개발과 연계



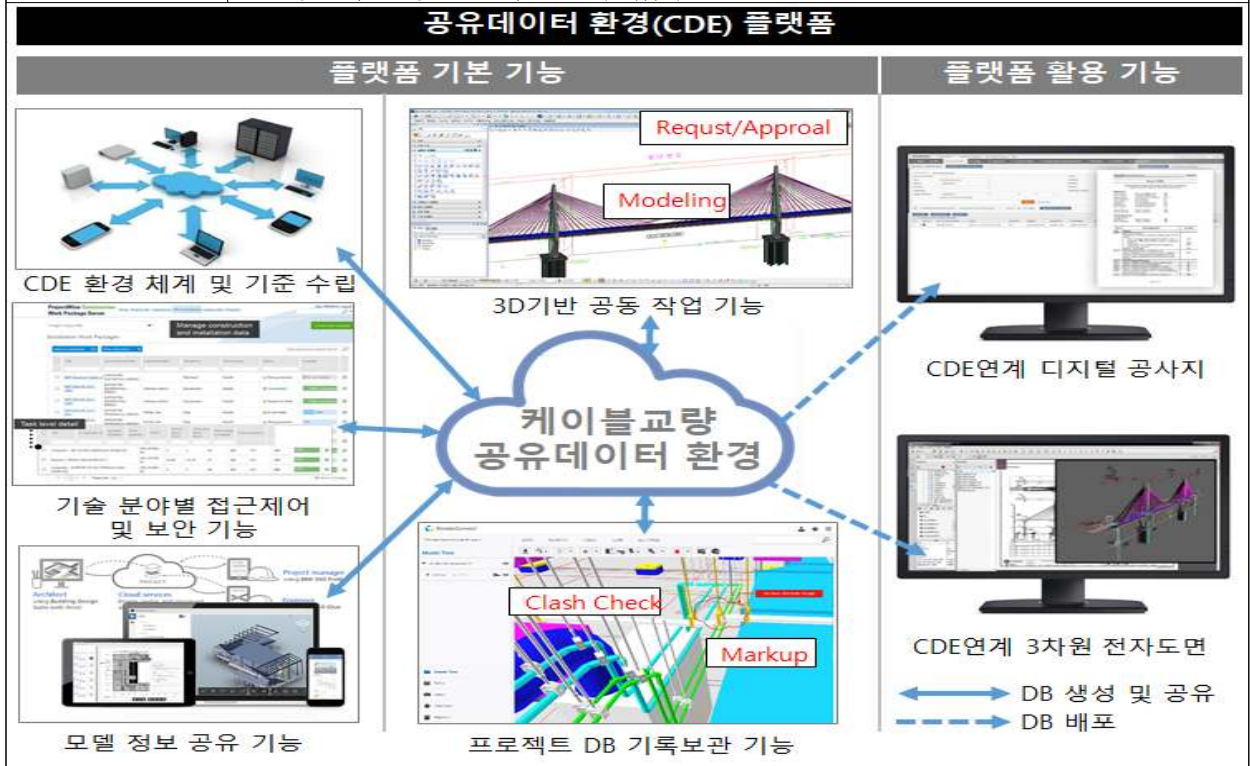
4. 해외 케이블 교량의 보강형 제작 장비 가이드نس

기 준 기 술	사람의 시야로 현장에서 주요 부재 시공
개 발 기 술	건설 장비 가이드نس Automated Machine Guidance(A.M.G) 적용 및 국산화 개발
세 부 내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 정보가 제작자에게 실시간 제공 ○ 감독관 및 작업자가 공유할 수 있는 시각화 방안 ○ 보강형의 가설 공정 중 시간이 많이 소요되거나 복잡성이 높은 공정 선택 ○ 관련 전문기업과 협업을 통하여 형상관리 기술과 건설장비 가이드نس를 결합한 신기술 개발



5. 케이블교량 공유데이터환경 협업 플랫폼

기 준 기 술	해외 프로젝트에서 문서관리시스템이나 서버 기반의 협업 및 정보관리시스템
개 발 기 술	BS1192와 같은 해외 입찰안내서에서 주로 요구하는 CDE를 구현할 수 있고 프로젝트별 Customize가 필요한 반제품 형태의 모듈
세 부 내 용	공유데이터로 구축된 정보는 체계에 맞게 구축되고 특징에 따른 색인을 포함하여 사용자가 원하는 정보를 방대한 데이터에서 빠르고 정확하게 검색·확인이 가능하며, 다양한 형식의 정보데이터의 구현이 가능한 협업 플랫폼을 통해 기존의 활자정보뿐만 아니라 3차원 디지털 모델 데이터 같은 고차원 정보도 별도의 어플리케이션 없이 활용할 수 있을 것이다. 공유데이터 환경(CDE)을 통해 구축된 정보는 프로젝트 시공중 PIM(프로젝트 정보)로 활용되면 향후 자산관리정보로의 원활한 전환이 가능하여 생애주기에 걸친 정보의 활용성을 확보할 수 있다.



6-1. 케이블교량 공유데이터환경 데이터베이스를 이용한 디지털 공사지

기준 기술	문서시스템 기반으로 준공 성과물 제출을 위한 관리 및 기록 시스템
개발 기술	공유정보환경과 디지털 모델을 기반으로 정보전달체계에 따라 공사 기록 작성에 소요되는 시간을 최소화한 디지털 공사지 시스템
세부 내용	<p>전자문서는 설계 파일과 인증 가능한 수백 가지 항목, 계약서, 도면 및 제출물 간의 상호 연결이 가능하고 구조화 된 프로세스는 문제 상태 및 진행 상황을 파악이 쉽고 모든 프로젝트의 정보는 공유데이터환경을 통하여 효율적인 변경 관리 프로세스로 비용 초과 및 일정 지연 위험을 최소화 할 수 있다. 미리 정의 된 보고서를 실행하여 새로 할당 된 항목, 보류중인 항목 및 기한이 지난 것을 확인할 수 있으며 설계 요청, 수정 및 승인을 조정하여 프로젝트의 시간, 비용 및 위험을 줄이면서 설계자, 계약자 및 이해 관계자 간의 협력 관계를 촉진하여 능률적인 일 처리가 가능하다. 종이를 디지털 버전으로 대체하고, 프로세스를 자동화하고, 모든 것을 한 곳에서 유지함으로써 입찰 및 계약을 보다 효율적으로 관리할 수 있다</p>

6-2. 케이블교량 공유데이터환경 데이터베이스를 이용한 3차원 전자도면

기 준 기 술	2차원 도면과 3차원 모델을 이용한 협업 지원
개 발 기 술	3차원 디지털 도면으로부터 공유가 필요한 정보만 추출하여 형상과 치수를 동시에 확인할 수 있고 필요한 경우 시뮬레이션을 탑재할 수 있는 3차원 전자도면
세 부 내 용	공유데이터환경을 통하여 언제 어디서나 정확한 최신 도면을 볼 수 있으며, 현장에서 3차원 디지털 모델을 액세스 하여 현장관리지원 및 의사소통에 도움이 될 것이다.

7. 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 현장 적용 매뉴얼

기 준 기 술	디지털 모델 활용 기술에 대한 효과적인 적용 업무 매뉴얼 부재
개 발 기 술	디지털 모델을 해외 케이블 교량 현장에 적용하기 위한 절차와 업무 영역을 가이드하는 매뉴얼
세 부 내 용	디지털 모델을 활용한 해외 프로젝트 수행에서는 정보요구사항 도출, 책임 소재 (responsibility matrix), 정보전달절차, 이력 관리 등의 변화된 업무 절차가 필요하기 때문에 실제 해외 케이블교량 사업에 적용하면서 이러한 업무를 가이드할 수 있는 매뉴얼 작성 보급

라. 연구과제간 연계 전략

□ BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 구축

구분(과제명)	연구 목표	주요 연구 내용
1세부과제 (케이블 교량의 BIM기반 설계수행 프로세스 및 전주기 통합관리 시스템 개발)	BIM 기반의 케이블교량 전용 전주기 통합 관리시스템 구축	통합관리 시스템 적용을 위한 설계 자료의 호환성 연구
		전주기 통합관리 시스템 설계
		전주기 통합관리 시스템의 시범적용
		전주기 통합관리 시스템의 발주 안 작성

○ 과제 연계

- 현재 연구 개발 중인 BIM 기반의 케이블 교량 전용 전주기 통합관리시스템 구축 연구와 연계성과 차별성을 확보하도록 연구 내용 구성

<신규과제와 기존 1세부 연구와의 차별성>

구분	1세부 과제	신규과제
대상	고덕대교(사장교)	해외 케이블교량(현수교)
특징	- 국내용 BIM 모델 - 3D 모델에 대한 기반조성 및 개발 방향 제시 - 기존 유지관리 시스템과의 데이터 연계 시스템 - 국내 사장교용 통합관리 시스템 발주(안) 제시	- 해외진출용 BIM 모델 - 디지털모델 기반 시공기술 개발 및 해외 케이블교량 해석연동 디지털 모델 - 공유데이터환경 구축을 통한 글로벌 사업 환경 구축
적용성	유지관리	설계, 시공, 유지관리
단계	개방형표준(Level-2)	IBIM(Level-3)
연계성	유지관리시스템 및 통합관리시스템 기술(1세부과제)의 성과를 해외 진출용 케이블교량 3D 모델 라이브러리(신규과제)구축에 기초자료로 활용	

□ BIM 기반 도로·하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발

구분 (과제명)	연구 목표	주요 연구 내용
BIM 기반 도로·하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발	도로 및 하천시설의 BIM 표준 기반	인프라 BIM 표준분류체계 개발
	납품 검증체계 및 공정-공사비	인프라 BIM 형상표준 및 설계도서 납품 검증 기술 개발
	통합관리 체계를 구축	인프라 BIM 기반 공정-공사비 통합관리 체계 개발

○ 과제 연계

- 국내 실무를 반영하고 납품을 위한 개방형 BIM 표준 및 공정-공사비 통합관리 체계를 주로 개발하는 연구내용으로 해외 케이블교량의 시공엔지니어링과 해석 연동을 포함하는 디지털 기술 개발을 목표로 하는 이 과제와는 차별화됨
- 케이블 교량 부재에 대한 개방형 표준이 전주기에 걸친 모델 공유가 가능하도록 형상 표준이 제시되면 이를 고려한 연구개발 연계가 가능함.

[신규과제와 도로 및 하천분야 BIM 표준 연구와의 디지털 모델의 차별성]

구분	도로 및 하천분야 BIM 표준 연구	신규과제
대상	도로 및 하천	케이블교량
특징	국내 공공발주자를 위한 개방형 BIM 모델 표준 분류 체계	해외진출용 모델 해외 기준 적용(BS1192, IDM, IDF 등)
적용성	설계, 시공 (BIM납품 모델)	케이블교량 형상오차관리, DMU 등 시공엔지니어링 CDE의 공유모델 기능 구조해석 프로그램과 직접 연동
단계	개방형표준(Level-2)	해외발주자 요구사항 반영 (Level-3)

[신규과제와 도로 및 하천분야 BIM 표준 연구와의 공유환경의 차별성]

과제명		신규과제	기존 연구과제
		구분	구분
		케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축	BIM 기반 도로·하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발
연구목표		해외 표준 기반의 다차원 케이블 교량 모델링 기술과 해석 연동 기술, 사전 시공 및 3차원 형상 관리 기술, 글로벌 프로젝트 환경에 적합한 공유정보환경을 포함한 케이블 교량 디지털 기반 기술 개발	인프라 분야(도로 및 하천) BIM 표준화를 통한 건설 정보 생애주기 정보 공유기반 및 활용체계 구축
주요 연구내용		<ul style="list-style-type: none"> • 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석연동 모델기술 개발 • 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리기술개발 • 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술 개발 • 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 시범 적용 및 현장적용 매뉴얼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 인프라 BIM 표준분류체계 개발 • 인프라 BIM 형상표준 및 설계도서 납품검증기술 개발 • 인프라 BIM기반 공정-공사비 통합관리 체계 개발
차별성 검토 대상 선정		공유환경시스템	
		해외 케이블교량 공유데이터 환경(CDE) 구축 개발	BIM 표준 기반 납품 검증체계 및 공정-공사비 통합관리 체계 개발
분석	연구대상	초장대교 케이블교량분야	도로, 하천분야
	연구목표	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 프로젝트의 주요 요구사항으로 대두되는 공유데이터환경(CDE)을 통한 케이블교량 프로젝트의 3차원 디지털 모델을 이용해 동시 공학적 프로세스가 가능한 프로토타입 플랫폼을 개발 • 클라우드기반으로 축적된 데이터를 이용하여 설계, 건설 및 운영 분야의 포괄적 협업 실현하는 것을 목표 	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 및 하천 시설을 대상으로 건설 생산성 향상을 위하여 객체분류체계, 형상표준 등 BIM 표준체계 확보 및 3차원 성과품 납품체계 개발 • 도로 및 하천 시설 생애주기 정보에 대해 공정-공사비 기반의 통합관리를 위한 운영 플랫폼 개발
	특징	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌 유통을 고려 해외 건설프로젝트의 입찰안내서에서 요구하는 CDE 요구사항 및 해외 표준기준(BS1192) 반영 • 시공단계에서 구조화된 데이터를 바탕으로 공유데이터환경에서 승인된 정보를 이용 협업 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 도로 및 하천분야 BIM 표준 체계 확보 • 설계, 시공단계 인프라 BIM 성과품 납품·관리·검수체계 개발

4-4. 과제별.연차별 기술로드맵

□ 구성 과제별 기술 로드맵 및 최종 성과물 정의

구 분	2016 (1차년)	2017 (2차년)	2018 (3차년)	2019 (4차년)	2020 (5차년)	2021
케이블교량 현안 해결, 한계 극복, 선도를 위한 요소기술 개발 (케이블교량 해외시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용기술 개발 및 공유협업환경 구축)			케이블 교량 디지털 교량 적용 환경 구축	국내외 케이블교량 원격지원 플랫폼 케이블교량 해석 인터페이스	케이블교량 디지털모델 작성 매뉴얼 케이블 교량 디지털 기술 센터 운영 케이블교량 디지털 모델 해석 인터페이스 실적용	
				케이블교량 사전시공기술 검측용 3차원 Viewer 공유데이터 플랫폼	차나칼레 교량 시공지원 디지털 형상관리 매뉴얼 케이블교량 공유데이터 플랫폼 실적용 케이블교량 디지털 기술 적용 성과 평가 보고서	
주요 성과물	1-2-1	디지털 모델 라이브러리 및 매뉴얼	디지털모델 상용 해석 프로그램 인터페이스	국내외 케이블교량 원격지원 플랫폼 실적 해외 교량 유지관리시스템 프로토타입		
	1-2-2	현수교 부재별 사전 시공 기술 매뉴얼	차나칼레 교량 DMU 및 사전시공 결과 보고서	차나칼레 교량 검측확인용 3차원 좌표 API SW		
	1-2-3	해외 케이블교량 공유데이터 플랫폼	해외 케이블 교량 공유데이터 정보관리 소프트웨어	해외 케이블교량 공유데이터 환경 활용가이드 및 해외교량 적용 보고서		
	1-2-4	케이블 교량 디지털 기술 활용 가이드	케이블 교량 디지털 기술 적용 보고서	케이블교량 디지털 기술 적용 매뉴얼 및 성과평가 보고서		

4-5. 성과의 활용방안

수요처		활용방안
설계분야		<ul style="list-style-type: none"> - 해외 케이블교량 설계 수주 및 기술 지원, 해외 케이블교량 사업 참여에 필요한 PQ로 활용 - 케이블교량 전주기적(설계, 시공, 성능평가 및 운용관리 등) 기술 확보 해외 경쟁력 강화 - 해외 케이블 교량 입찰안내서상의 요구 기술 확보 - 디지털 공사지 및 디지털 모델 기반의 검증된 설계 - 글로벌 기술·가격 경쟁력 확보 - 설계 인력 전문화 및 고급화
시공분야	사업 발주기관 (정부부처/ 공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> - 민간 투자사업 등에서 경험 축적 및 운영/유지관리 기술 확보 - 국제기준이 반영된 최적 사업관리 체계를 바탕으로 한 경제적 발주 및 리스크 최소화
	민간기업 (해외건설 프로젝트)	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털 모델 기반의 사전제작, 사전시공, 형상관리 기술로 기술적 리스크 저감 - 해외 입찰 주요 기술적 요구사항 확보와 경험 확보로 새로운 기술장벽 극복
유지관리분야	유지관리 기관 (정부부처 /지자체 /공공기관)	<ul style="list-style-type: none"> - 케이블교량 유지관리 기술 고도화 및 새로운 정보 서비스 창출 - 케이블 교량 디지털 모델 기반의 이력관리로 합리적인 유지관리 의사결정 및 비용절감 - 유지관리 정보 플랫폼 표준으로 빅데이터 생성 및 활용 가능성 확보
	민간기업	<ul style="list-style-type: none"> - 케이블교량 유지관리 소프트웨어 시장 확보 - 관련기술 특허로 인한 지적 재산권 - 케이블교량 유지관리시장을 국내외에서 확보 - 디지털 모델 기반의 점검 및 평가기술 확보
연구인프라		<ul style="list-style-type: none"> - 사업단 연구개발 결과를 확산할 수 있는 기술 전파 인프라 확보 - 국내외적인 동시협업 가능 체계 및 업무 매뉴얼 확보

5. 소요예산 산정

5-1. 전체 소요예산 산정

5-1-1. 전체 사업인력 계획

□ 총 연구기간 : 2018.4. ~ 2021.9. (42개월)

가. 전체사업 인력투입계획

(단위 : 명)

분류	3차년	4차년	5차년	합계
총괄(전체)	12	23	31	66
1과제	5	5	5	15
2과제	2	7	7	16
3과제	4	9	16	29
4과제	1	2	3	6

나. 상세 투입연구인력

(단위 : 명)

분류	총 개발인력(명)				비고
	3차년도	4차년도	5차년도	계	
책임연구원	6	6	7	19	
연구원	4	9	15	28	
연구보조원	2	8	9	19	
보조원	-	-	-	-	
합계	12	23	31	66	

5-1-2. 전체 사업예산 계획

가. 전체 사업예산

(단위 : 천원)

분류	3차년	4차년	5차년	합계
총괄(전체)	250,000	750,000	1,862,000	2,862,000
1과제	100,000	270,000	530,000	900,000
2과제	60,000	170,000	607,000	837,000
3과제	75,000	280,000	650,000	1,005,000
4과제	15,000	30,000	75,000	120,000

나. 인건비 투입계획

(단위 : 천원)

분류	3차년	4차년	5차년	합계
총괄(전체)	94,000	386,000	716,000	1,196,000
1과제	25,000	35,000	35,000	95,000
2과제	35,000	135,000	255,000	425,000
3과제	22,000	191,000	376,000	589,000
4과제	12,000	25,000	50,000	87,000

다. 주요 직접비 투입계획 (인건비 제외한 금액)

(단위 : 천원)

분류	3차년	4차년	5차년	합계
총괄(전체)	125,000	290,000	996,000	1,411,000
1과제	53,000	175,000	379,000	607,000
2과제	20,000	30,000	347,000	397,000
3과제	49,000	80,000	245,000	374,000
4과제	3,000	5,000	25,000	33,000

5-2. 소요예산 고려 사항

- 해외 케이블 교량 프로젝트의 실제 적용 과정을 통한 기술 개발 성격으로 해외 여비 및 체류 비용의 반영이 필수적임
- 대상으로 설정된 해외 케이블 교량 현장 협조와 요청사항에 따라 각 과제의 업무 범위 조정이 3차년도에 수행되고 이에 따라 4차년도 이후의 예산은 조정이 필요함.

6. 기술개발 타당성

6-1. 정책적 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
 - 미국, 영국, 싱가포르, 중국, 일본 등에서 국가적 차원의 전략 과제로 BIM 이나 이에 기반한 디지털 인프라 구축을 추진하고 있어 우리나라에서 이에 대한 대비를 위해 국가적 지원이 필요하고 특히 해외 건설시장이 최근 국내 건설사의 주요 시장으로 자리잡고 있어 케이블교량과 같은 대규모 건설 프로젝트 경쟁력 확보를 위해 시급하게 지원하여 기술 내재화가 필요함
 - 중국의 저가 해외 진출 확대 및 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장선점으로 고전중인 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력 확보 시급함
 - 동 연구개발에서는 실제 해외에서 초장대 케이블교량 사업을 수주하여 진행하고 있는 기업의 기술적 요청에 기반하여 디지털 모델에 기반한 해외 적용 기술을 개발하여 해외 시장에 진출할 수 있는 기회를 확대할 수 있기 때문에 기술 개발의 시너지 효과 극대화가 가능함
 - 정부 지원을 통하여 해외 케이블 교량 건설경쟁력 확보를 위한 공유데이터 환경 구축 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 사업의 수익성을 확보하기 위해 핵심 분야인 설계, 공사, 공무, 품질, 안전관리 등을 모두 포함하는 최첨단 디지털 기술 활용 방안을 개발하고 이를 검증할 뿐 아니라 참여 기업 및 기술자에 업무 활용이 되도록 기술 내재화를 하도록 하는 방안마련이 필요함
 - 국내외에서 활발하게 진행중인 디지털 기술 연구 개발 결과를 기반으로 해외 케이블 교량 사업의 기술 경쟁력 선도가 가능한 기술 위주로 연구 개발을 수행하고 초장대

교량 사업에서 이에 대한 현장 실적을 확보하여 새로운 시장 개척의 기반을 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, 국내 관련 분야의 기술과 업무 방식이 국제화되고 상호 연계되어 발전할 수 있도록 정부 차원의 지원이 필요함
 - 케이블 교량은 하드웨어로서의 인프라로 기능을 수행할 뿐 아니라 스마트 시티, 스마트 인프라 등 새로운 서비스 산업의 정보 플랫폼으로서의 기능을 수행할 수 있기 때문에 선진국에서 국가적 과제로 추진하고 있어 이에 대응하는 차원에서 국내 기술 개발 지원이 필요함

6-2. 기술적 타당성

- 동 연구는 케이블교량 해외 사업에서 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기적 엔지니어링 (계획, 설계, 시공, 운용/성능평가 연계) 기술 개발을 목표로 하고 있음
 - 동 연구를 통해 디지털 모델 기반의 유지관리시스템, 사전시공기술, 정보공유시스템 등은 해외 케이블교량 사업을 수주하려는 건설사, 설계사, 공공기관에서 활용이 가능함
 - 관련 기술 개발의 국내외 동향 분석의 결과를 검토하여 다음의 차별성을 중점적으로 확보할 계획임
 - 유지관리단계의 업무와 정보요구사항을 포괄하는 디지털 모델링 기술 개발
 - 주케이블, 주탑, 앵커블록 등 케이블 교량 주요 부재의 해석 연동기술 개발 (범용 프로그램과의 연계 개발)
 - 실제 해외 케이블교량 사업 적용과 병행하여 기술 내재화 및 해외 실무 반영 기술 개발
 - Level 3 기술 확보
 - 실제 해외 초장대교량 설계, 공사팀과의 협업을 통해 세부 기술 수요 반영한 디지털 모델 기반 공사관리 기술 개발

- 해외 케이블 교량 공사의 주요 리스크인 부위별 제작 품질관리 및 현황 파악 기술 개발
- 사전 제작 및 사전 시공을 디지털화하는 기술 개발
- 장비 운영을 3차원 모델과 시각화 기술로 지원하는 AMG 기술 개발로 공기 단축 기술 개발
- 해외 협력업체나 인력과의 의사소통 도구로서의 디지털 모델 활용 공사관리 기술
- 디지털 모델을 정보공유의 플랫폼으로 활용할 수 있는 체계 기술 개발
- 실제 해외사업 입찰안내서의 CDE 요구사항을 반영한 반제품 형태의 CDE 기술 개발로 프로젝트별 적용성 확보
- BIM 기술을 활용할 수 없는 프로젝트 참여 주체들에게도 이용될 수 있는 전자문서 기술
- 케이블 교량 프로젝트 경험을 자산화할 수 있는 디지털 모델 기반 디지털 공사지 개발
- 국내와 해외 기술진의 동시공학이 가능한 공유정보환경 활용 기술
- 해외 케이블 교량 프로젝트별 적용 가능한 상용 시스템 개발

□ 동 연구개발 사업 추진체계는 산학연-공사 등의 유기적인 네트워크를 구성하고 있음

- 해외 케이블교량 실제 현장을 기반으로 산학연의 연구 네트워크가 구성으로 원활한 연구 성과 도출 및 확산 체계가 달성될 수 있음. 또한, 범용 소프트웨어 회사와 해외 관련 기업체와의 체계적이고 유기적인 협조관계를 구성하는 한편, 각 분야별 국제적인 전문가들과 네트워크를 구성하여 합리적이고 객관적인 연구성과를 도출할 수 있음

□ 동 연구개발사업은 케이블교량의 해외진출을 위한 핵심기술, 인력, 관련 실적 확보를 추진함

- 개발기술의 해외진출을 위해서는 해외 현장적용 디지털 모델 적용 실적 확보가 필수적이며, 개발기술이 적용된 해외 초장대교량 사업 시범 적용을 추진할 계획임
- 해외 초장대교량사업 발주 환경별 특성에 맞는 최적 기술을 발굴할 계획임

□ 동 연구개발사업에서는 공공 지식재산 성격이 강한 케이블교량 디지털 모델 활용 기술을 실무자 기술교육, 프로젝트 설계에 활용하여 보급 및 실용화할 계획임

- 과제에 참여하는 건설사, 전문회사 등이 해외 케이블교량 사업을 위한 관련 원천기술을 확보하여 건설산업 전반에 걸쳐 파생기술의 적용이 가능함

- 실제 해외 케이블 교량 사업의 테스트베드형 기술 개발 및 피드백을 통하여 각 참여사의 특화 분야를 연계한 패키지형 기술을 개발하여 해외 시장에 진출 할 수 있는 기회 확대할 수 있음
- 해외 사업의 새로운 기술장벽으로 대두되는 디지털 기술 확보를 통해 국내 기업의 세계적인 선도 기술 확보
 - 연구개발 사업을 통한 초장대교량 디지털 기술 개발 및 해외 사업 시범 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 3,000만달러규모의 해외설계 시장 중 한국 12개사는 10억 2,020만달러를 수주해 지난해에 이어 1.4%의 점유율을 기록함
- 디지털 모델 기반 사전시공 및 형상 관리기술을 통한 기대효과 및 시장 진출 계획을 통한 연간 매출 증가액은 약 20억원 이상으로 추산 (BIM 매니저 혹은 코디네이터 1년 파견 비용 1억/1인, 유지관리시스템구축 비용 3억, CDE 5억 (현재 문서관리시스템 25억 수준), 디지털 모델 관련 엔지니어링 10억 수준)되고 관련 전문 기술자 양성이 가능함
 - 사업 초기 케이블교 컨셉 Design 지원 서비스
 - 사업수주 영업시 Technical Proposal 지원
 - 설계변경시 부재 3차원 형상변경 서비스 사업
 - 가상 시공 Digital Mock Up 및 GIS data 구축
 - 3차원 모델링 Viewer상 3D 치수 및 좌표확인
 - 토목공사 복합공정 가상 사전시공을 통해 초기 learning time 단축
 - 유지관리시 준공 형상정보 data(GIS) 요구 증가
 - GIS변환 및 검측용 3D 좌표 API 특허 출원/실용화

7. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

□ 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업 환경 구축
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> · 현재까지 국내외에서 진행되고 있는 Level-2 단계의 BIM 실무를 한 차원 업그레이드할 수 있는 해외 케이블 교량 프로젝트를 위한 해외 표준 기반의 다차원 케이블 교량 모델링 기술과 해석 연동 기술, 사전 시공 및 3차원 형상 관리 기술, 글로벌 프로젝트 환경에 적합한 공유정보환경을 포함한 케이블 교량 디지털 모델 활용기술 개발 및 시범적용을 목표로 함 * 최근 국토부에서는 BIM기반 도로·하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발, BIM 기반 철도인프라 관리 표준기술개발에 관한 연구를 추진하였고, 도로공사는 EX-BIM 표준 모델 구축연구 등의 연구를 시행하였지만, 이는 Level-2 단계의 BIM 기술수준에 머물고 있는 실정임 * Level-2는 분야별 BIM모델 활용 수준으로 설계, 시공, 유지관리 단계에서 개별적으로 활용 되는 것을 말하며, Level-3는 통합 BIM 수준으로 설계의 시작을 3차원 모델로 시작하여 BIM을 의사소통 및 협업의 도구로 사용하는 것을 말함("B/555 Roadmap", BSI, '13.6)
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> · 국토교통부의 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)에서 국내의 경우 2020년까지 500억 이상의 도로사업에 BIM설계를 의무화한다고 발표하였으며, 한국도로공사, LH공사, 한국수자원공사 등에서 BIM을 2000년 초반부터 도입, 국토부의 연구 프로그램으로 표준화, 철도 분야가 진행되고 있지만 국내 기술 환경이나 성과품 표준 등이 해외의 주요 사업에서 요구하는 바와 상이하여 장대교량 해외 사업을 추진하는 기업의 기술적 준비가 시급한 상황임 · 중동 시장을 비롯하여 유럽, 아시아, 아프리카, 남미 등의 케이블 교량 건설사업의 여건이 공기, 공사비, 리스크 측면에서 복잡화하고 있어 이를 능동적으로 극복할 기술적 대안으로 디지털 모델 기반의 시공기술이 기술

경쟁력의 주요 사항으로 부각되고 있음

- 국토교통부의 제6차 건설기술진흥기본계획 (2018~2022)에서는 추진방향을 “Smart Construction 2025” 로 설정하여 BIM과 AI 기술을 적용한 기술 개발을 목표로 하고 기술적 난이도가 높은 국내외 SOC 건설 프로젝트와 연계하여 필요기술을 개발하는 ‘건설수주 연계 R&D 사업 “ 추진함
- 해외 장대교량 프로젝트의 발주자 요구사항에 BIM 기반의 기술 및 절차가 포함되면서 새로운 기술 장벽의 요소로 등장하였고, 사업 제안시부터 공유정보환경, 설계 검토 및 승인, 공정 회의, 준공 승인 등 주요 단계에 디지털 모델 기반의 성과물과 관계자간의 의사소통이 요구되고 있음
- 세계적으로 건설사업의 대형화, 복잡화 추세에 있고 4차 산업혁명 시대에 3D 기반의 시공관리가 요구되고 있으나, 현재의 업무 프로세스의 한계에 따른 3차원 기반의 프로세스 개선이 필요
- 영국을 비롯한 건설분야 유럽 컨설팅 기업들이 다차원 디지털 모델 기반 기술을 Level-3 수준으로 발전시키고 이를 기술경쟁력과 프로젝트 수주 자격으로 활용하려는 전략을 수립(2016)하고 단계별로 확대해나가고 있어 국내 기업체들의 사전 대응이 필요함
- 국내외적으로 디지털 모델 기반의 시공기술은 단순하게 전환설계나 모델을 통한 간접검토, 공정 시뮬레이션 수준에 머물지 않고 digital prefabrication, p reconstruction, pre-operation으로 연결되는 절차의 혁신이 요구되고 있음
- 주요 해외 케이블교량 프로젝트에서 입찰안내서에 포함되고 있고, 선진국의 주요 기술 주도 그룹이 전략적으로 추진하고 있는 다차원 모델, 동시공학 및 협업, 디지털 자산관리 등의 기술적 환경 변화에 능동적으로 대처하고 시공분야의 기술 경쟁력을 한 단계 업그레이드할 수 있는 기술 개발과 실제 프로젝트 적용을 통한 경험 축적이 필요한 실정임

□ 기술동향

- 해외동향
 - 유럽에서 입찰안내서에 구체적인 디지털 모델의 작성, 활용, 납품 방법이 포함되어 설계 승인 등의 전 단계에 모델 기반의 검토가 요구되고 있음 (PAS1192-5:2015)

- BS1192에서 공유정보환경에 대한 새로운 표준을 제시하고 있고 이에 따른 건설 프로젝트 수행이 증가하고 있는 추세에 있음
- 2017년 발주된 해상교량(현수교) 사업인 인도의 VBSL 사업과 홍콩 Cross Bay Link 사업의 발주서에서 BIM(모델링방법, 분할, 단위, 명칭 등), CDE(명칭, 변경이력관리, 접근권한, 협업 및 조정 등)의 요구사항이 제시되고 있음
- 일본의 카지마 건설에서는 이러한 국제적인 추세와 동시공학 및 협업의 효율성을 극대화하기 위해 Global BIM 전략을 수립하여 여러 국가에 지사를 설립하여 24시간 엔지니어링 수행이 가능한 클라우드 기반의 업무 환경을 구축하여 효과를 얻고 있음
- 3차원 디지털 모델과 설계를 위한 해석의 연동은 최근에 벤틀리사의 OpenBridgeModeler와 RM Bridge의 연동을 위한 노력이 이루어지고 있음

· 국내동향

- 3차원 기반의 설계와 시공 기술은 기존의 2차원 도면 기반 설계절차와 별도로 모델링 과정을 통해 활용하는 Level-2 BIM에 머물고 있으며, 한국도로공사 EX-BIM은 가이드라인이 2차례 개정되었고 실제 고속도로 공사에 적용되기 시작하는 단계에 있으며, LH공사는 단지분야에서 LH Civil-BIM의 도입 단계 연구를 진행 중에 있음.
- 3차원 기반의 유지관리 기술의 경우 한국시설안전공단에서는 3차원 정보모델 기반의 특수교 유지관리시스템을 개발하여 시험 운영을 시작하였고 공용중 교량을 대상으로 하여 정보전달체계나 해석 연동, DMU 등의 연계는 없는 BIM 기반 유지관리 가이드라인 초안이 제시되었음
- 국토부와 건설기술연구원이 추진하고 있는 ‘도로 및 하천분야 BIM 표준 연구’는 개방형 표준을 대상으로 하고 있고 국내의 표준분류체계나 실무 성과물에 대응하고 개방형 BIM 표준에 기반한 납품 모델을 제시하기 위한 개발로 시공오차를 고려한 시공엔지니어링이나 직접 해석 연동 기술과 같은 실무 엔지니어링을 위한 모델 정의와 차이가 있어서 시공단계에서 주로 요구되는 해외 사업 적용에 한계를 가지고 있음

3. 연구개발내용

□ 연구내용 □ 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석연동 인터페이스 개발

- 해외 실무에서 필요정보를 반영한 사장교 및 현수교의 선형 기반 디지털 모델링 기술
- 케이블교량 BIM Level-3 기술을 위한 디지털 모델 모듈화
- 3차원 모델과 해석 프로그램을 연계하는 케이블교량 모델 인터페이스 개발 및 프로토타입 모델 구축
- 해석을 통한 극한 상황 운용 시뮬레이션

□ 디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술 개발

- 케이블교량 보강형 제작을 위한 형상관리 기술 개발
 - 케이블 교량 보강형 부재 Digital Mock Up
 - QR코드를 기반으로 한 DMU 도면(AR/VR)
 - 케이블 교량의 보강형 부재 라이브러리 개발
 - 케이블 교량 보강형의 정밀 제작을 위한 건설장비 가이드(Automated Machine Guidance, A.M.G) 개발
- 케이블교량 시공 시뮬레이션 기술 개발
 - 케이블 교량의 주탑 라이브러리 개발(시범사업 대상)
 - 케이블 교량의 시공 장비 라이브러리 개발(시범사업 대상)
 - 주탑부 시공을 위한 3D 검측용 좌표 연계 도구 개발

□ 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축

- 케이블교량 공유데이터 환경 구축체계 개발
 - 케이블교량 건설정보 데이터 수집 및 분석
 - 케이블교량 공유데이터 환경 체계(CDE 구조 및 방법론 등) 및 기준(명칭규정, 개정관리) 수립
 - 케이블교량 디지털모델 해석연동 연계체계 수립
 - 케이블교량 디지털모델기반 시공시뮬레이션 및 형상관리 연계체계 마련
- 케이블교량 공유데이터 환경 플랫폼 프로토타입 개발(Customized 제품)

- 기술 분야별 접근제어 및 보안기능, 3D기반 공동 작업 기능, 모델 정보 공유 기능, 프로젝트 DB 기록보관 기능 등
- 공유데이터 환경에서 설계~유지관리단계까지 활용할 수 있는 디지털 공사지 개발
- 공유데이터 환경의 정보데이터를 이용하여 시설물 정보 확인 가능한 3차원 전자도면 개발(PC 및 모바일 기기 이용)
- 케이블교량 프로젝트 공유데이터 환경 시범 적용
- 국내외 케이블교량 프로젝트 원격지원
- 공유데이터 환경 협업 플랫폼 활용 가이드라인 작성

해외 케이블교량 디지털 모델 기술 시범 적용 및 현장적용 매뉴얼 개발

- 해외 케이블교량 설계, 시공 단계 시범 적용 및 유지관리 단계 연계 방안 도출
- 현장적용 매뉴얼 작성

4. 연구개발 추진방법

추진전략 해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석연동 인터페이스 개발

- 해외 케이블 교량 프로젝트의 입찰안내서 분석 및 관련 표준(BS 1192, 분류체계, 명칭체계 등) 고려 : 모델링 요구사항, 정보요구사항, CDE 등 조사
- 3차원 케이블교량의 디지털 모델과 범용 유한요소해석 프로그램의 직접연동을 구현할 수 있도록 하는 인터페이스를 개발
- 실제 해외 케이블 교량을 대상으로 관련 기술을 적용한 프로토타입 모델 구축 및 활용을 통한 검증
- 관련과제 실용화를 위한 전략수립 필요

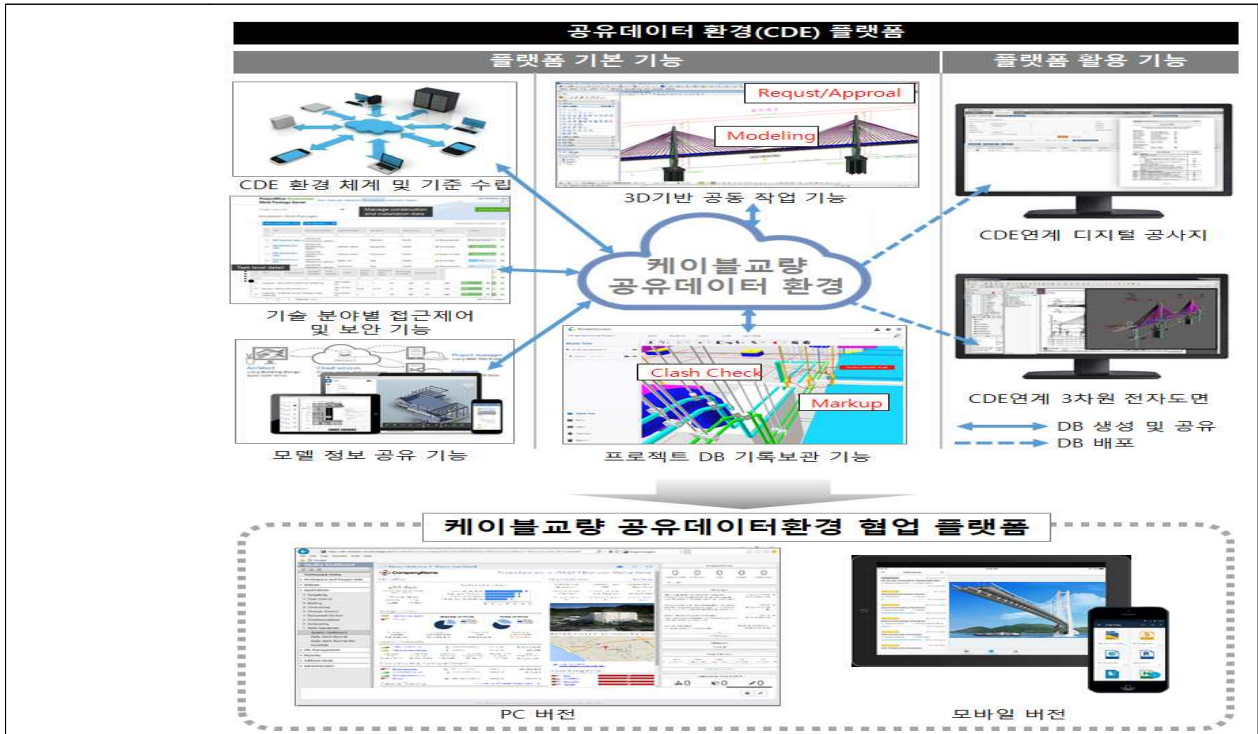
디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술 개발

- 해외 케이블교량 실무팀의 설계, 공사, 공무, 품질, 안전, 협력업체의 사전 시공 기술 요구사항 조사 및 디지털모델 활용방안 도출
- 케이블교량 보강형 제작을 위한 형상관리 기술 개발
 - 해외 케이블교량 현장의 기술자 활용성 등 실무 여건 및 제작오차 보정을 고려한 3차원 형상관리기술 개발

- 케이블교량 시공 시뮬레이션 기술 개발
 - 해외 현장의 실무자를 위한 기술로 시공 시뮬레이션 및 검측을 위한 3D 좌표 확인용 Viewer 개발하여 제공하고 시범 적용
- 관련과제 실용화를 위한 전략수립 필요

□ 해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축

- 케이블교량 공유데이터 환경 구축체계 개발
 - 해외 케이블교량 프로젝트의 기존 정보 전달 체계, 승인체계, 업무관리체계, 건설정보생성, 정보표준, 요구사항 등 조사 및 분석
 - 해외 건설프로젝트의 입찰안내서에서 요구하는 CDE 요구사항 및 해외 표준기준(BS1192) 반영
- 케이블교량 공유데이터 환경 플랫폼 프로토타입 개발(Customized 제품)
 - 케이블교량의 건설정보DB 특성을 반영한 공유데이터 환경 인터페이스 구성 및 확장성을 고려한 반제품 형태의 플랫폼 개발
- 케이블교량 프로젝트 공유데이터 환경 시범 적용
 - 국내외 관련 기업과의 협력 관계 구축 및 실제 해외 케이블 교량 프로젝트에 도입하여 효과 분석 추진
- 국내외 케이블교량 프로젝트 원격지원
 - 해외 대상 사업과의 협업 및 원격 기술 지원체계 마련(하드웨어, 소프트웨어, 클라우드 서버 등) 및 시범 운영을 통한 기술 검증 및 관련교육, 기술전파 등
- 공유데이터 환경 협업 플랫폼 활용 가이드라인 작성
 - 시스템의 안정된 운영과 효율적인 업무를 수행할 수 있도록 구체적인 기준과 절차, 방법 등을 상세하게 작성



[케이블교량 공유데이터환경 협업 플랫폼 구성 예시]

□ 추진체계 · 본 공모는 “케이블 교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기 엔지니어링 및 가설 공법 개발” 연구단 과제의 1세부 과제에 포함되는 분리공모임

- 본 과제 선정 이후 연구단 내 1세부 과제의 공동연구기관으로 편입 예정이며, 2개 이상의 기관이 컨소시엄으로 신청시에는 주관과 공동으로 구분하여 제시(단일기관 신청시에는 아래의 표를 준용하지 않아도 됨)

신청 시 수행체계	협약 시 수행체계
주관연구기관	공동연구기관
공동연구기관	공동연구기관

- 과제 신청자는 연구계획(연구내용 및 연구개발비 등 포함)을 수립하여 제안하되, 공모과제의 선정 후 본 연구단에 편입하여 통합추진됨을 고려하여 연계전략을 면밀히 수립하여 제시 필요
- 해외에서 초장대교량 프로젝트를 수행하는 기업체의 참여가 필요하고 1개 이상의 대상 프로젝트가 제시되어야 함

- 주요 디지털 모델 생성 프로그램의 벤더사와 라이브러리 및 인터페이스 개발을 위한 협력관계 형성 필요
- 실제 교량 사업 적용을 위해 일정 기간 연구진이 해외 현장에서 기술지원을 하고 이후 원격지원 플랫폼을 통해서 이를 지속적으로 할 수 있는 여건 마련
- ‘BIM기반 도로·하천분야 건설사업정보 통합관리기술 개발’ 등 관련 과제와 연구성과물(라이브러리 등) 공유를 위한 유기적 협조 체계 구축
- 필요시 외국 전문가 또는 외국의 선진 기관 활용
- 연구진의 연구참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요
- 연구신청자는 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진 체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모

5. 최종성과물

- 주요 최종 성과물**
- **해외 케이블교량 디지털 모델 기술 및 해석 연동 인터페이스 개발**
 - 해외 표준 반영한 선형기반 케이블교량 디지털 모델
 - 디지털 모델과 상용 해석 프로그램 연계하는 인터페이스
 - 해외케이블교량 기준을 반영한 모델 구축 가이드라인
 - **디지털 모델 기반 시공 시뮬레이션 및 형상관리 기술 개발**
 - 케이블교량 보강형 제작을 위한 형상관리 기술 개발
 - 케이블 교량의 보강형 형상관리시스템
 - 케이블 교량의 보강형 제작 장비 가이드스
 - 케이블교량 시공 시뮬레이션 기술 개발
 - 케이블 교량의 주탑 및 시공장비 라이브러리(시범사업 대상)
 - * 개발된 주탑 및 시공장비 등의 라이브러리는 공개 활용 필요
 - 주탑부 시공을 위한 3D 검측용 좌표 연계 도구
 - **해외 케이블교량 공유데이터 환경 구축 기술**
 - 해외 케이블교량의 공유데이터 환경 협업 플랫폼 및 가이드라인

(프로젝트별 Customize가 필요한 반제품 형태의 모듈)

- 공유데이터 환경에 연계된 디지털 공사지
- 공유데이터 환경에 연계된 3차원 전자도면

6. 활용방안 및 기대효과

- 활용방안
- 해외 케이블교량 설계 수주 및 기술지원, 해외 케이블교량 사업참여에 필요한 자료로 활용
 - 디지털 모델 기반의 사전제작, 사전시공, 형상관리 기술로 기술적 리스크 저감
 - 케이블교량 디지털모델 기반의 이력관리 및 사전 대응 시뮬레이션으로 합리적인 유지관리 의사결정 및 비용절감
 - 국내외적인 동시협업 가능체계 및 업무 매뉴얼 확보

- 기대효과
- 정책적 기대효과
 - 해외 기술과 직접적으로 경쟁을 해야 하는 케이블교량과 같은 특수 사회기반 시설의 경우에 연구개발을 촉진시키기 위한 정부의 지원 필요
 - 중국의 저가 해외 진출 확대 및 일본의 대외원조사업을 이용한 동남아 시장선점으로 고전중인 국내 케이블교량 산업의 글로벌 경쟁력 확보로 국가 경쟁력 제고
 - 기술적 기대효과
 - 디지털 모델 기반의 해석연동인터페이스, 사전시공기술, 정보공유시스템 등은 해외 케이블교량 사업을 수주하려는 건설사, 설계사, 공공기관에서 활용 가능
 - 개발기술의 해외진출을 위해서는 해외 현장적용 디지털 모델 적용 실적 확보가 필수적이며, 실제 시범사업을 통해 개발기술이 기업에 내재화
 - 경제적 기대효과
 - 실제 해외 케이블 교량 사업의 테스트베드형 기술 개발 및 피드백을 통하여 각 참여사의 특화 분야를 연계한 패키지형 기술을 개발하여 해외 시장에 진출 할 수 있는 기회 확대

- 연구개발 사업을 통한 초장대교량 디지털 기술 개발 및 해외 사업 시범 적용으로 초장대교량 사업의 해외진출 기반 마련

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2018.05 ~ 2021.09 (3년 5개월)
- 1차년도 연구개발기간 : 2018.05 ~ 2018.12 (9개월)
- 총 정부출연금 : 2,862백만원
- 1차년도 정부출연금 : 250백만원 이내
- ※ 정부출연금은 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 준수(분리공모과제의 경우 신청시 및 당해연도는 분리공모과제 단위에서 기업부담금 비율 준수)
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반 과제” 임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 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 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 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 세부과제 별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부 과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물 간의 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
- 세부과제(기술)별로 기술도입, 원천기술 개발 등 기술 확보 전략을 연구개발 계획에 제시해야 함
 - 연구개발 기술 수준을 TRL로 설정하고 이에 합당한 근거를 제시하여야 함
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제 추진시 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 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활

용계획을 연구계획에 포함

- 추후 연구개발 계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발 계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 기타 세부적인 연구내용, 주요 성과물, 연구비(안) 등은 ‘케이블교량 해외 시장 진출을 위한 BIM기반 디지털모델 활용 협업환경 구축’ 기획보고서 참조

참고문헌

- 한국시설안전공단(2007), “특수교 유지관리 매뉴얼“, 국토해양부
- 한국시설안전공단 (2012), BIM 기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구
- 국토해양부 (2012), 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2012~2017년)
- BSI (2013), PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
- BSI (2014), PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling (BIM)
- BSI (2014), BS 1192-4:2014 Collaborative production of information Part 4: Fulfilling employer’s information exchange requirements using COBie – Code of practice
- BSI (2015), PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management
- NCHRP Report (2015), Framework for a National Database System for Maintenance Actions on Highway Bridges, TRB’s National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 668
- Federal Highway Administration(2012), “Bridge Management Practices in Idaho, Michigan and Virginia – Transportation Asset Management Case Studies”, FHWA
- 강종만. 외. (2012), 교량의 유지관리를 위한 BIM기반 자산관리 모델 개발에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집 제13권 제5호, pp.11
- 김용한 외. (2008), 구조물 정보모델을 이용한 3차원 스마트 설계, 대한토목학회 v.56 n.7 pp.18-23
- 김종화. 외. (2002), 특수교량 유지관리 전산화 시스템의 개발, 대한토목학회지 제50권 제7호, pp.118
- 박정훈, 선종완, “교량관리시스템과 연계된 실시간 교량 현장조사 프로그램 개발” - Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 2015, pp. 7897901
- 황정래, 강혜영, 홍창희, “BIM과 GIS의 효율적인 상호운용을 위한 플랫폼 설계에 관한 연구”, 한국공간정보학회지, pp. 99-107
- CS Shim et al. (2011), Application of 3D Bridge Information Modeling to Design and Construction of Bridges, Procedia Engineering 14, pp.95-99.
- KM Lee et al. (2012), Bridge information models for construction of a concrete box-girder bridge, Structure and Infrastructure Engineering, Vol. 8, No. 7, pp. 687-703.
- CS Shim et al. (2012), Three-Dimensional Information Model-based Bridge Engineering in Korea, Structural Engineering International, 22(1), pp.8-13.
- 장정환 외. (2010) 교량관리시스템(BMS)기반 통합관리시스템 구축을 위한 기초연구, 대한토목학회 정기학술대회

- 장정환 외. (2012) 3차원 객체모델을 활용한 구조물 유지관리에 관한 연구, 한국방재학회 학술대회
- 장정환 외. (2012) 3차원 모델을 활용한 케이블 교량 교량관리시스템 개발, 한국 BIM 학회 정기학술대회
- 장정환. 외. (2012) 3차원 모델을 활용한 구조물 점검정보 입력에 관한 연구, 한국구조물진단유지관리 공학회 학술대회
- 장정환. 외. (2014) 3차원 모델을 이용한 교량 유지관리 시스템 구현에 관한 연구, 대한토목학회 정기학술대회
- Satoshi Kubota and Ichizou Mikami (2013), Development of Product Data Model for Maintenance in Concrete Highway Bridges, Hindawi Publishing Corporation Applied Computational Intelligence and Soft Computing Volume 2013, Article ID 148785
- Brian Kozy (2013), Development of National Bridge Information Modeling (BrIM) Standards, Digital Project Delivery Workshop TRB Annual Meeting, FHWA OFFICE OF BRIDGES AND STRUCTURES
- Duzgun Agadas and Ralph D. Ellis (2010), The potential of XML technology as an answer to the data interchange problems of the construction industry, Construction Management and Economics, 28:7, pp.737-746
- Yoshito itoh et al. (1997), Network-Level Bridge Management Using GIS and Internet, ECCE Symposium 1997, RIL, Finland, pp325-329
- Satoshi Kubota (2015), Road Maintenance Information Management System Based on Product Data Model Considering Disaster Use, ICSC15 - The Canadian Society for Civil Engineering's 5th International/11th Construction Specialty Conference, pp.318-(1-9)
- Thomas Le Diouren (2005), The Health Monitoring System of Rion-Antirion Bridge, 2005 IMAC-XXIII: Conference & Exposition on Structural Dynamics
- J. Bien (2011), Modelling of structure geometry in Bridge Management Systems, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol 11, Issue 3, pp519-532
- Tomohiro Shimizu et al. (2013), Development of Bridge Management System using Three - Demensional model, International Conference on Computers in Urban Planning and Urban management (CUPUM) conference paper 2013, pp1-18
- Amin Hammd et al. (2007), Recent Development of Bridge Management Systems in Canada, Transportation Association of Canada (TAC) 2007, pp 20
- Thomas Olofsson et al. (2015), Project Environment and Process Design of Building Projects Supported by Virtual Design and Construction Methods, Luleå Tekniska Universitet Proceeding, pp. 23238.
-