최종보고서

국토교통 시설물분야
세부기술 확보전략 수립연구

2017. 10

연구기관: 한국건설기술연구원
㈜테크노베이션파트너스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 보고서를 '국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립(2016.8.22~2017.10.21)' 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017년 10월

주관연구기관명: 한국건설기술연구원
공동연구기관명: ㈜테크노베이션파트너스

주관연구기관책임자: 진경호
공동연구기관책임자: 오동훈

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16RDPP
-C118446-01</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2016.08.22.~
2017.10.21</td><td>단계구분</td><td>(1단계)/
(총1단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">국토교통연구기획 사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">진경호
연구위원</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 11명
내부: 11명
외부: 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부:400,000천원
기업: 0천원
정부 외: 0천원
계:400,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 11명
내부: 11명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부:400,000천원
기업: 0천원
정부 외: 0천원
계:400,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">주관: 한국건설기술연구원(건설정책연구소)
공동: 테크노베이션파트너스</td><td colspan="2">참여기업명: -</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명: -</td><td colspan="2">상대국 연구기관명: -</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명: -</td><td colspan="2">연구책임자: -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)</td><td colspan="2">보고서 면수 : 644</td></tr>
</table>

본 연구에서는 “시설물 분야 시장 매력도와 기술수준·경쟁력 분석을 기반으로 미래 글로벌 시장에서의 유망 핵심시설물을 도출하고 세부기술 확보전략 수립” 이라는 연구목표 수립하였음.

‘기술분류체계 수립’, ‘핵심시설물 선정’, ‘핵심시설물별 확보전략’ 등 3개 주요 산출물을 기반으로 연구모듈을 구성하고 아래의 내용으로 연구 수행하였음.

- 첫 째 시설물 분야 상세기술분류체계를 현행 3단계에서 5단계로 세분화
- 둘 째, 확보전략 수립 대상 핵심시설물을 4단계 수준에서 제시
- 셋 째, 핵심시설물 확보전략 및 기술확보 로드맵을 4단계 수준에서 제시

요약문

1. 제목

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립

2. 연구의 목적 및 내용

□ **세계 건설 및 시설물 시장이 지속적으로 확대됨에 따라 연구 및 투자 규모도 증가**

○ 글로벌 경제 환경의 악화 등에도 불구하고 세계건설시장이 매년 증가하여 ’20년에는 11.7조 달러를 넘어설 것으로 예상

□ **글로벌 시설물 시장의 성장에도 불구하고 국내 기업의 해외 건설수주는 점차 악화**

○ 세계 건설시장 성장세와 비교하여 국내 기업의 해외건설 수주실적은 감소하는 추세로 대책 마련 필요

○ 또한 미국 트럼프 대통령 당선으로 예상되는 유가, 수출정책, 외교정책의 변화는 국내 기업의 해외수주에 부정적 영향을 미칠 것으로 전망

□ **시설물 분야 기술수준은 향상되고 있으나 최고기술보유국 대비 기술격차는 확대**

○ ’15년 시설물 분야 기술수준 조사 결과, 우리나라의 기술수준은 ’13년과 비교하여 향상되었으나 최고기술보유국과의 기술격차는 오히려 확대

○ 시설물 분야 세부 기술 별로 기술수준, 최고기술보유국 대비 기술격차 등이 상이

□ **미래 글로벌 시장에서 우리나라가 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있는 시설물 분야를 파악하기 위한 별도의 조사가 필요**

○ 국토교통부는 국토교통 분야 기술수준 및 격차 조사를 매 2년마다 수행

○ 기존 기술수준과 경쟁력 분석조사는 국토교통 전반의 R&D 추진전략 수립을 위해 전 분야를 포괄하고 있으므로 시설물 분야의 수준을 세밀하게 판단하는 데 한계

○ 세분화된 시설물 기술분류체계에 따라 우리나라의 기술수준과 기술경쟁력을 파악하고, 글로벌 시장 현황에 따른 대응전략 수립에 활용도를 높이기 위한 별도의 조사 필요

□ **시장전망, 국내 기술수준과 경쟁력에 근거하여 우리나라가 해외시장에서 우위를 선점할 수 있는 핵심시설물을 확보하기 위한 전략 수립이 필요**

○ 기술수준에 관한 객관적인 정보에 근거한 투자전략 수립을 통해 정부 R&D 예산의 효과적인 투자계획 수립 필요

○ 기술수준에 관한 객관적인 정보에 근거한 투자전략 수립을 통해 정부 R&D의 필요성, 시급성, 기술확보 방법 등을 포함한 상세 전략 수립

○ 기술수준, 현재 및 미래 시장의 규모 추이 등을 조사한 자료를 기반으로 핵심기술 선정 필요

○ 핵심 시설물의 사업화 후 타깃 지역이나 국가, 시장 진출 전략 등을 포함한 시장전략 수립 필요

□ **따라서 본 연구에서는 "시설물 분야 시장 매력도와 기술수준·경쟁력 분석을 기반으로 미래 글로벌 시장에서의 유망 핵심시설물을 도출하고 세부기술 확보전략 수립"이라는 연구목표 수립**

○ 시설물 분야 기술수준 및 경쟁력 분석을 통해 우리기술의 위치를 정확하게 파악

○ 기술경쟁력 및 시장매력도를 통해 미래 글로벌 시장의 유망 핵심시설물 도출

○ 유망 핵심시설물의 세부기술 확보전략 수립

3. 연구개발성과

□ **'기술분류체계 수립', '핵심시설물 선정', '핵심시설물별 확보전략' 등 3개 주요 산출물을 기반으로 연구모듈을 구성하고 아래의 내용으로 연구 수행**

○ 기술분류체계 수립

- 기술분류체계 검토

  · 미국, 영국, 유럽 등의 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토

· 국내 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토

- 시설물 프로파일 분석

· 시설물 분야 상세분류체계 전개원칙 설정

· 확보전략 수립 대상이 될 시설물에 대한 기술중심의 프로파일 작성

- 기술분류체계 수립

· 기존 3분류체계를 5분류체계로 세분화하여 시설물 분야 상세 기술분류체계 수립

○ 핵심시설물 선정

- 시장 매력도 분석

· 시설물(2단계)별 시장규모 및 동향조사

· 세부시설물(3단계)별 향후 시장전망 예측

· 시장규모와 현황, 향후 세부시설물별 시장전망에 근거하여 전문가 대상 시설물 매력도 평가

- 기술경쟁력 및 수준조사

· 시설물(3단계)별 논문·특허 정보를 파악하여 기술경쟁력 분석

· 상세시설물(5단계)별 전문가조사를 통해 기술수준을 조사하고 세부시설물(4단계)의 기술수준 도출

- 확보전략 수립 대상 핵심시설물 선정

· 시장매력도와 기술경쟁력(2×2 매트릭스) 분석을 통해 확보전략 수립 대상 핵심시설물(4단계) 선정

○ 핵심시설물 확보전략 수립

- 기술확보전략 유형화

· 기술수준, 발전단계를 고려하여 세부기술 확보 방법을 유형화

- 기술확보 전략 수립

· 핵심시설물별로 기술단계와 확보 유형화를 고려하여 기술확보전략 수립

· QFD 설문조사 항목을 활용하여 기술의 혜택과 기술개발 위험도를 고려하여 기술확보 주체 설정

- 기술확보 로드맵 수립

· 핵심시설물 단위의 세부기술 확보전략을 포함하는 기술확보 로드맵 작성

· QFD 평가를 활용하여 세부기술(5단계)의 확보 우선순위 설정

□ **이러한 연구방법론을 통해, 첫 째 시설물 분야 상세기술분류체계를 현행 3단계에서 5단계로 세분화**

○ 전문가 TF팀에 세분류(L4) 초안을 제공하여 기술분류에 대한 1차 의견을 수집하여 세분류(L4)의 기술프로파일을 분석한 후 이를 기반으로 상세 기술분류체계를 수립

○ 상세기술분류체계 수립을 위해 세분류(L4) 단위 시설물의 정의, 기능, 세부기술 등을 분석하여 목적물 형태의 39개 세분류 시설물(L4)별로 기술프로파일 작성

○ 선행연구와의 연속성을 확보하면서 핵심 시설물 및 세부기술 확보전략을 수립할 수 있도록 418개의 상세 기술분류체계 수립

□ **둘 째, 확보전략 수립 대상 핵심시설물을 4단계 수준에서 제시**

○ 시장조사 및 전문가 평가에 따른 매력도와 특허·논문 기술경쟁력 분석 및 기술수준 조사의 결과를 활용하는 2×2 매트릭스 분석을 통해 '핵심시설물'로 선정

- 목적물(L4)의 매력도(Y축)가 높은 시설물을 '핵심시설물'로 선정하고 기술경쟁력(X축)에 따라 확보전략 차별화

○ 성장주도형, 시장확보형, 원천기술형의 핵심시설물 선정

- (성장주도형) 국내 건설업계의 기술경쟁력이 높고 향후 시장매력도가 높아 글로벌 건설시장에서의 지위확보·유지가 중요한 분야: 케이블교량, 장경간 아치교, 부유식 교량
- (시장확보형) 기술경쟁력이 중간이고 시장매력도가 높아 전략적 지원을 통한 점유율 확대가 필요한 분야: 대심도 터널, 지하대공간, 해상기초, 부유식인공섬
- (원천기술형) 현재 기술경쟁력이 낮으나 시장에서의 가치가 높아 원천기술을 확보하여 신규시장을 선점할 필요가 있는 분야: 해저터널, 항만 및 해안구조물, 부유식터널

○ 해상기초와 해저터널을 중심으로 9개의 기술이 연관관계를 가지고 있어 해상기초는 원천기술 확보의 의미 부여 가능

- 앵커 기초 등 해상기초 기술은 케이블교량, 인공섬, 부유식 교량 및 터널에 메가스트럭처의 공통 기반기술 역할 수행

- 해저터널은 대심도 터널, 지하대공간에 공통적으로 활용 가능한 기술이 있어 이의 활용을 고려할 필요 있음
- 부유식 터널은 미래적인 시장을 가지고 있으며, 해상기초와 해저터널의 연구 성과와 연계한 기술개발이 가능한 분야
- 교통형터널은 해저터널과 부유식터널과 유사한 세부기술을 가지고 있으며, 기술난이도 또한 상대적으로 낮아서 핵심기술에서 제외

○ 핵심시설물 선정 과정 및 결과는 “시설물분야 상세기술 확보전략 수립 총괄위원회”에 안건 상정하여 최종 결정

□ **셋 째, 핵심시설물 확보전략 및 기술확보 로드맵을 4단계 수준에서 제시**

○ 핵심시설물의 세부기술 확보 로드맵은 세부기술의 개발을 위한 신규 과제 파트와 현재 진행 또는 완료된 기존 과제 파트, 타겟 시장 파트의 세 파트로 나누어 수립

- (신규 과제 파트) 세부 기술을 기술의 성격에 따라 분류하였고 확보 방법 및 주체, 기술 개발 성능 목표, 확보 전략 및 주안점 제시
- (기존 과제 파트) 신규 연구 과제에 참고 할 수 있도록 현재 연구가 수행되거나 종료된 선행 연구 과제의 정보 작성
- (타겟 시장 파트) 핵심 시설물 개발 후 진출을 예상해 볼 수 있는 지역 및 국가의 시장 규모와 전략 및 전망을 작성

4. 연구개발성과의 활용계획

○ 기술적 측면

- 기존의 전문가 인식도 위주의 방법론에 각 분야별 논문·특허분석 결과를 반영하는 정성·정량적 분석 기반의 기술수준조사 방법론을 적용함으로써 객관성 및 신뢰성을 확보
- 본 연구를 통해 개발되는 정성·정량적 분석 기반 기술수준조사 방법은 건설분야 전체 기술수준조사 뿐만 아니라 분야별 세부기술의 논문·특허 분석결과 및 전문가 지식 등을 근거로 현재 기술수준과 국외 경쟁국가들과의 경쟁력을 정확히 파악할 수 있음
- 전문가 인식도와 계량정보를 종합하는 기술수준조사 분석 기술확보 시 국토교통분야 외 타 산업분야 및 국가과학기술정책 전략 수립 등 타분야의 기술수준 및 예측

조사에 활용 가능하여 기술적 파급효과가 매우 높음

- 현재, 혹은 향후 운영 중인 국토교통분야 연구개발 사업의 기술적 가이드 역할 뿐만 아니라, 추진 전략 수립 등 파급효과가 상당할 기대됨
- 국토교통 분야의 기술수준조사 기법 향상뿐만 아니라 더 나아가 국내 R&D 정책 및 전략 수립에 필요한 기술수준조사 방법론 향상에 기여

○ 경제·산업적 측면

- 국토교통분야 사업 수행시 기술 분류 및 수준조사 컨설팅 등으로 수익성 있는 사업 수행 가능
- 국토교통 기술분야 재정립, 사업추진 전략 보완 등으로 효율적인 투자 및 사업운영에 기여

○ 사회적 측면

- 국토교통분야의 대외적 기술경쟁력 확보를 통해 이미지를 세신하고 건설교통 분야의 낙후된 대국민 이미지를 개선시킬 수 있음
- 국제적 국토교통기술 수준조사 및 분석을 실시함으로 인해 우리나라의 국토교통분야 사업 및 활동을 되돌아보고 발전적 전략을 수립할 수 있는 계기 마련
- 전문가들의 경험적 고유 영역인 국토교통분야 지식체계를 분석적, 체계적 정립할 수 있으며 일반 건설기술자들이나 대국민의 사회적 인식도를 향상시킬 수 있음
- 국토교통분야 관련 기술분류를 정립하여 관련 산업의 기술개발 전략 수립에 가이드 역할을 제공하며, 주력 기술, 유망 기술, 쇠퇴 기술 등을 분석 제시함으로써 새로운 분야의 신산업/신기술 창출의 기반 마련
- R&D 투자확대를 위한 조세 및 재정지원 확대: 국토교통분야 R&D 투자 및 활동에 대한 조세 및 재정지원 확대/강화 되면서 R&D 투자가 촉진되고 R&D 활동이 활성화 될 것으로 예상됨

5. 핵심어

- 국토교통, 시설물, 확보전략, 기술분류체계, 핵심시설물
- Land·Infrastructure and Transport, Facility, Technology Acquisition Strategy, Technology Breakdown Structure, Core Technology

목 차

제1장 연구개요 ····· 1

1.1 연구배경 및 필요성 ····· 3

1.2 연구목표 및 내용 ····· 9

1.2.1 연구목표 ····· 9

1.2.2 연구내용 ····· 10

1.3 연구방법론 ····· 11

제2장 기술분류체계 수립 ····· 19

2.1 기술분류체계 수립 개요 ····· 21

2.2 국내외 기술분류체계 검토 ····· 22

2.2.1 국외 기술분류체계 ····· 22

2.2.2 국내 기술분류체계 ····· 32

2.2.3 시사점 ····· 42

2.3 시설물 분야 기술분류체계 수립 ····· 44

2.3.1 분류체계 수립 기본 방향 ····· 44

2.3.2 기술프로파일 및 기술분류체계 ····· 46

제3장 핵심시설물 선정 ····· 111

3.1 핵심시설물 선정 개요 ····· 113

3.2 시장매력도 분석 ····· 114

3.2.1 교량 ····· 116

3.2.2 터널 및 지하공간 ····· 124

3.2.3 사면/지반조사/기초 ····· 132

3.2.4 항만 및 해양구조물 ····· 139

3.2.5 특수구조물 ····· 145

3.2.6 시장매력도 분석 결과 ····· 149

3.3 기술경쟁력 분석 ····· 151

3.3.1 논문·특허 기술경쟁력 분석 ····· 152

3.3.2 기술수준 및 기술발전단계 조사 ····· 199

3.3.3 목적물별 기술경쟁력 분석 ····· 227
3.4 핵심시설물 선정 결과 ····· 229

제4장 핵심시설물별 확보전략 ····· 233

4.1 기술확보전략 유형화 ····· 235
4.1.1 유형화 프로세스 ····· 235
4.1.2 유형화 결과 ····· 241
4.2 핵심시설물 기술확보전략 ····· 244
4.2.1 케이블교량 ····· 244
4.2.2 장경간 아치교 ····· 254
4.2.3 부유식교량 ····· 260
4.2.4 해저터널 ····· 265
4.2.5 대심도터널 ····· 278
4.2.6 지하대공간 ····· 288
4.2.7 해상기초 ····· 298
4.2.8 항만 및 해안구조물 ····· 307
4.2.9 부유식 인공섬 ····· 317
4.2.10 부유식 터널 ····· 324
4.3 세부기술 확보 로드맵 수립 ····· 339
4.3.1 로드맵 수립 개요 ····· 339
4.3.2 세부기술 확보 로드맵 ····· 340

제5장 결 론 ····· 357

부록 ····· 367

[부록 1] 세부기술 목록 ····· 369
[부록 2] 기술정의서 ····· 381
[부록 3] 핵심시설물별 상세기술 프로파일 ····· 444
[부록 4] 세부기술 평가 및 분석 데이터 ····· 493
[부록 5] 시설물 특허 분석 보고서 ····· 528
[부록 6] 전문가 설문조사 자료 ····· 592
[부록 7] 전문가 TF 상세 운영현황 ····· 643

표 차례

<표 1-1> 연도별 국내기업의 해외수주 실적(2010~2016) ····· 4
<표 1-2> 세부시설물 별 2013년과 2015년의 기술수준과 격차 비교 ····· 6
<표 1-3> 국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립 연구내용 ····· 10
<표 3-4> 시장매력도 평가기준 ····· 13
<표 1-5> 논문·특허활동 조사방법 ····· 14
<표 1-6> 기술수준 및 발전단계 조사항목 ····· 15
<표 1-7> 기술경쟁력 평가 기준 ····· 15

<표 2-1> MasterFormat의 구성체계 ····· 24
<표 2-2> 영국의 건설공사기준 ····· 27
<표 2-3> 영국의 BS Code 현황 ····· 28
<표 2-4> 영국 시방서의 종류 ····· 29
<표 2-5> 영국의 국가건축공사시방서(NBS)의 체계 예시 ····· 29
<표 2-6> 유럽의 유로코드 구성 및 연관 ····· 30
<표 2-7> 유로코드 2의 하위코드 구성(예) ····· 31
<표 2-8> 국가과학기술표준분류체계-건설/교통(예시) ····· 32
<표 2-9> 교통신기술 기술분류체계 ····· 33
<표 2-10> 건설신기술 분류체계 ····· 34
<표 2-11> 도로교통분야 기술분류체계 ····· 35
<표 2-12> 2015년 국토교통 기술수준분석의 분류체계 ····· 38
<표 2-13> 강구조 및 합성구조교량(A-1-1)의 세부기술 구성 ····· 47
<표 2-14> 강구조 및 합성구조교량(A-1-1) 기술분류체계 ····· 48
<표 2-15> 콘크리트 모듈형 교량(A-2-1) 세부기술 구성 ····· 49
<표 2-16> 콘크리트 모듈형 교량(A-2-1) 기술분류체계 ····· 50
<표 2-17> 친환경/저탄소 콘크리트 교량(A-2-2) 세부기술 구성 ····· 51
<표 2-18> 친환경/저탄소 콘크리트 교량(A-2-2) 기술분류체계 ····· 51
<표 2-19> 고성능 다기능 콘크리트 교량(A-2-3) 세부기술 구성 ····· 52
<표 2-20> 고성능 다기능 콘크리트 교량(A-2-3) 기술분류체계 ····· 53
<표 2-21> 기능성능 향상 콘크리트 교량(A-2-4) 세부기술 구성 ····· 54
<표 2-22> 기능성능 향상 콘크리트 교량(A-2-4) 기술분류체계 ····· 54
<표 2-23> 케이블교량(A-3-1) 세부기술 구성 ····· 55
<표 2-24> 케이블교량(A-3-1) 기술분류체계 ····· 56
<표 2-25> 장경간 아치교(A-3-2) 세부기술 구성 ····· 57
<표 2-26> 장경간 아치교(A-3-2) 기술분류체계 ····· 57
<표 2-27> 부유식 교량(A-3-3) 세부기술 구성 ····· 58
<표 2-28> 부유식 교량(A-3-3) 기술분류체계 ····· 58

<표 2-29> 신소재 교량(A-3-4) 세부기술 구성 ····· 59
<표 2-30> 신소재 교량(A-3-4) 기술분류체계 ····· 60
<표 2-31> 교통형터널(B-1-1) 세부기술 구성 ····· 61
<표 2-32> 신소재 교량(A-3-4) 기술분류체계 ····· 62
<표 2-33> 수로터널(B-1-2) 세부기술 구성 ····· 63
<표 2-34> 수로터널(B-1-2) 기술분류체계 ····· 63
<표 2-35> 유틸리티 터널(B-1-3) 세부기술 구성 ····· 64
<표 2-36> 유틸리티 터널(B-1-3) 기술분류체계 ····· 65
<표 2-37> 해저터널(B-2-1) 기술분류체계 ····· 66
<표 2-38> 해저터널(B-2-1) 기술분류체계 ····· 67
<표 2-39> 침매터널(B-2-2) 세부기술 구성 ····· 68
<표 2-40> 침매터널(B-2-2) 기술분류체계 ····· 68
<표 2-41> 부유식터널(B-3-1) 세부기술 구성 ····· 69
<표 2-42> 부유식터널(B-3-1) 기술분류체계 ····· 70
<표 2-43> 대심도터널(B-4-1) 세부기술 구성 ····· 71
<표 2-44> 대심도터널(B-4-1) 기술분류체계 ····· 72
<표 2-45> 지하대공간(B-5-1) 세부기술 구성 ····· 73
<표 2-46> 지하대공간(B-5-1) 기술분류체계 ····· 74
<표 2-47> 절토사면(C-1-1) 세부기술 구성 ····· 75
<표 2-48> 절토사면(C-1-1) 기술분류체계 ····· 75
<표 2-49> 성토사면(C-1-2) 세부기술 구성 ····· 76
<표 2-50> 성토사면(C-1-2) 기술분류체계 ····· 77
<표 2-51> 자연사면(C-1-3) 기술분류체계 ····· 77
<표 2-52> 자연사면(C-1-3) 기술분류체계 ····· 78
<표 2-53> 지반조사/개량(C-2-1) 세부기술 구성 ····· 79
<표 2-54> 지반조사/개량(C-2-1) 기술분류체계 ····· 80
<표 2-55> 육상기초(C-3-1) 세부기술 구성 ····· 82
<표 2-56> 육상기초(C-3-1) 기술분류체계 ····· 82
<표 2-57> 해상기초(C-3-2) 기술분류체계 ····· 83
<표 2-58> 해상기초(C-3-2) 기술분류체계 ····· 84
<표 2-59> 흙막이구조물(C-3-3) 기술분류체계 ····· 85
<표 2-60> 흙막이구조물(C-3-3) 기술분류체계 ····· 86
<표 2-61> 해양준설/매립(D-1-1) 세부기술 구성 ····· 87
<표 2-62> 해양준설/매립(D-1-1) 기술분류체계 ····· 88
<표 2-63> 항만 및 해안구조물(D-2-1) 세부기술 구성 ····· 89
<표 2-64> 항만 및 해안구조물(D-2-1) 기술분류체계 ····· 90
<표 2-65> 해저기지(C-3-1) 세부기술 구성 ····· 91
<표 2-66> 해저기지(C-3-1) 기술분류체계 ····· 91
<표 2-67> 해중공원시설(C-3-2) 세부기술 구성 ····· 92
<표 2-68> 해중공원시설(C-3-2) 기술분류체계 ····· 92

<표 2-69> 해중라이프라인(C-3-3) 세부기술 구성 ····· 93
<표 2-70> 해중라이프라인(C-3-3) 기술분류체계 ····· 93
<표 2-71> 해중에너지생산시설(C-3-4) 세부기술 구성 ····· 94
<표 2-72> 해중에너지생산시설(C-3-4) 기술분류체계 ····· 94
<표 2-73> 매립식인공섬(D-4-1) 세부기술 구성 ····· 95
<표 2-74> 매립식인공섬(D-4-1) 기술분류체계 ····· 96
<표 2-75> 착저식인공섬(D-4-2) 세부기술 구성 ····· 96
<표 2-76> 착저식인공섬(D-4-2) 기술분류체계 ····· 97
<표 2-77> 잔교식인공섬(D-4-3) 세부기술 구성 ····· 97
<표 2-78> 잔교식인공섬(D-4-3) 기술분류체계 ····· 98
<표 2-79> 부유식인공섬(D-4-4) 세부기술 구성 ····· 99
<표 2-80> 부유식인공섬(D-4-4) 기술분류체계 ····· 99
<표 2-81> 국지구조물(E-1-1) 세부기술 구성 ····· 100
<표 2-82> 국지구조물(E-1-1) 기술분류체계 ····· 101
<표 2-83> 극저온 저장탱크(E-1-2) 세부기술 구성 ····· 101
<표 2-84> 극저온 저장탱크(E-1-2) 기술분류체계 ····· 102
<표 2-85> 극압·극저온 구조물(E-1-3) 세부기술 구성 ····· 103
<표 2-86> 극저온 저장탱크(E-1-2) 기술분류체계 ····· 103
<표 2-87> 방호구조물(E-2-1) 세부기술 구성 ····· 104
<표 2-88> 방호구조물(E-2-1) 기술분류체계 ····· 105
<표 2-89> 우주구조물(E-3-1) 세부기술 구성 ····· 106
<표 2-90> 우주구조물(E-3-1) 기술분류체계 ····· 107
<표 2-91> 시설물 분야 상세기술분류체계 수립결과 ····· 109

<표 3-1> 시장매력도 평가기준 ····· 115
<표 3-2> 세계 교통인프라 분야 건설시장 규모 ····· 116
<표 3-3> 주요 지역별 도로 및 교량 분야 건설시장 규모 ····· 117
<표 3-4> 교량 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 118
<표 3-5> 교량 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 118
<표 3-6> 고성능 재료 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 해외시장규모 전망 ····· 120
<표 3-7> 교량분야 시장매력도 평가 결과 ····· 123
<표 3-8> 전 세계 교통터널 수요 전망 (2004～2014) ····· 125
<표 3-9> 터널 및 지하공간 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 126
<표 3-10> 터널 및 지하공간 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 126
<표 3-11> 유럽의 주요 초장대 TBM터널 계획 ····· 128
<표 3-12> 구상 중인 초장대 해저터널 프로젝트 ····· 129
<표 3-13> 현재 제안 중인 부유식터널 프로젝트 ····· 130
<표 3-14> 터널분야 시장매력도 평가 결과 ····· 131
<표 3-15> 최근 대륙별 산사태 피해현황 ····· 132
<표 3-16> 해외 원격탐사 시장규모 ····· 133

<표 3-17> 사면/지반조사/기초 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 134
<표 3-18> 사면/지반조사/기초 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 134
<표 3-19> 아시아-태평양 지역 산사태 피해규모 증가 추세 ····· 135
<표 3-20> 사면/지반조사/기초분야 시장매력도 평가 결과 ····· 138
<표 3-21> 항만 및 해양구조물 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 141
<표 3-22> 항만 및 해양구조물 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년) ····· 141
<표 3-23> 항만 및 해양구조물분야 시장매력도 평가 결과 ····· 144
<표 3-24> 특수구조물분야 시장매력도 평가 결과 ····· 148
<표 3-25> 시장매력도별 시설물 평가 결과 ····· 150
<표 3-26> 특허분석 범위 ····· 152
<표 3-27> 특허경쟁력 평가지표 ····· 153
<표 3-28> 강구조 및 합성구조 교량 분야 특허기술경쟁력 ····· 154
<표 3-29> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야 특허기술경쟁력 ····· 155
<표 3-30> 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 교량 분야 특허기술경쟁력 ····· 156
<표 3-31> 육상터널 분야 특허기술경쟁력 ····· 157
<표 3-32> 해저/침매터널 분야 특허기술경쟁력 ····· 158
<표 3-33> 부유식터널 분야 특허기술경쟁력 ····· 159
<표 3-34> 대심도터널 분야 특허기술경쟁력 ····· 160
<표 3-35> 지하대공간 분야 특허기술경쟁력 ····· 161
<표 3-36> 사면보호/보강/유지관리 분야 특허기술경쟁력 ····· 162
<표 3-37> 지반조사/개량 분야 특허기술경쟁력 ····· 163
<표 3-38> 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야 특허기술경쟁력 ····· 164
<표 3-39> 해양준설/매립 분야 특허기술경쟁력 ····· 165
<표 3-40> 항만 및 해안구조물 분야 특허기술경쟁력 ····· 166
<표 3-41> 수중구조물 분야 특허기술경쟁력 ····· 167
<표 3-42> 인공섬 분야 특허기술경쟁력 ····· 168
<표 3-43> 고압, 극저온 구조물 분야 특허기술경쟁력 ····· 169
<표 3-44> 방호구조물 분야 특허기술경쟁력 ····· 170
<표 3-45> 우주구조물 분야 특허기술경쟁력 ····· 171
<표 3-46> 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 특허경쟁력 ····· 172
<표 3-47> 논문분석 범위 ····· 174
<표 2-48> 논문기술경쟁력 평가지표 ····· 175
<표 3-49> 강구조 및 합성구조 교량 분야 논문기술경쟁력 ····· 176
<표 3-50> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야 논문기술경쟁력 ····· 177
<표 3-51> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야 논문기술경쟁력 ····· 178
<표 3-52> 육상터널 분야 논문기술경쟁력 ····· 179
<표 3-53> 해저/침매터널 분야 논문기술경쟁력 ····· 180
<표 3-54> 부유식터널 분야 논문기술경쟁력 ····· 181
<표 3-55> 대심도터널 분야 논문기술경쟁력 ····· 182
<표 3-56> 지하대공간 분야 논문기술경쟁력 ····· 183

<표 3-57> 지하대공간 분야 논문기술경쟁력 ····· 184
<표 3-58> 지반조사/개량 분야 논문기술경쟁력 ····· 185
<표 3-59> 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야 논문기술경쟁력 ····· 186
<표 3-60> 해양준설/매립 분야 논문기술경쟁력 ····· 187
<표 3-61> 항만 및 해안구조물 분야 논문기술경쟁력 ····· 188
<표 3-62> 수중구조물 분야 논문기술경쟁력 ····· 189
<표 3-63> 인공섬 분야 논문기술경쟁력 ····· 190
<표 3-64> 고압, 극저온 구조물 분야 논문기술경쟁력 ····· 191
<표 3-65> 방호구조물 분야 논문기술경쟁력 ····· 192
<표 3-66> 우주구조물 분야 논문기술경쟁력 ····· 193
<표 3-67> 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 논문경쟁력 ····· 194
<표 3-68> 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 특허·논문 기술경쟁력 ····· 197
<표 3-69> 기술수준 및 기술발전단계 평가항목 ····· 201
<표 3-70> 조사분석 응답자 수 ····· 202
<표 3-71> 강구조 및 합성구죠 교량 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 203
<표 3-72> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 205
<표 3-73> 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 207
<표 3-74> 육상터널 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 208
<표 3-75> 해저/침매터널 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 209
<표 3-76> 부유식 터널 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 210
<표 3-77> 대심도터널 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 211
<표 3-78> 지하대공간 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 212
<표 3-79> 사면보호/보강/유지관리 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 213
<표 3-80> 지반조사/개량 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 214
<표 3-81> 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 216
<표 3-82> 해양준설/매립 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 217
<표 3-83> 항만 및 해안구조물 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 218
<표 3-84> 수중구조물 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 219
<표 3-85> 인공섬 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 221
<표 3-86> 고압, 극저온 구조물 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 222
<표 3-87> 방호구조물 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 223
<표 3-88> 우주구조물 분야의 기술수준 조사 결과 ····· 224
<표 3-89> 기술수준 및 발전단계 조사 결과 ····· 226
<표 3-90> 목적물별 기술수준 및 기술발전단계 결과 ····· 228
<표 3-91> 핵심시설물의 현황 및 전망 ····· 231

<표 4-1> QFD 평가 일정 및 평가자 현황 ····· 237
<표 4-2> QFD 평가 항목 ····· 238
<표 4-3> '기술획득의 효용'의 QFD 평가 세부기준 ····· 238
<표 4-4> '목표/수요와 부합성'의 QFD 평가 세부기준 ····· 239

<표 4-5> '기술획득의 위험과 노력'의 QFD 평가 세부기준 ····· 239
<표 4-6> AHP분석을 통해 도출한 소분류별 가중치 ····· 240
<표 4-7> 세부기술 확보전략 유형화 결과 ····· 243
<표 4-8> 케이블교량 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 247
<표 4-9> 케이블교량 기술 확보전략 ····· 248
<표 4-10> 케이블교량 기술 확보전략 ····· 253
<표 4-11> 장경간 아치교 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 257
<표 4-12> 장경간 아치교 기술 확보전략 ····· 258
<표 4-13> 장경간 아치교 기술 확보전략 ····· 259
<표 4-14> 부유식교량 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 262
<표 4-15> 부유식교량 기술 확보전략 ····· 263
<표 4-16> 부유식교량 기술 확보전략 ····· 264
<표 4-17> 해저터널 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 270
<표 4-18> 해저터널 기술 확보전략 ····· 272
<표 4-19> 해저터널 기술 QFD 우선순위 평가 결과 ····· 277
<표 4-20> 대심도터널 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 281
<표 4-21> 대심도터널 기술 확보전략 ····· 282
<표 4-22> 대심도터널 기술 확보전략 ····· 287
<표 4-23> 지하대공간 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 291
<표 4-24> 지하대공간 기술 확보전략 ····· 292
<표 4-25> 지하대공간 기술 확보전략 ····· 297
<표 4-26> 해상기초 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 301
<표 4-27> 해상기초 기술 확보전략 ····· 302
<표 4-28> 해상기초 기술 확보전략 ····· 306
<표 4-29> 항만 및 해안구조물 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 310
<표 4-30> 항만 및 해안구조물 기술 확보전략 ····· 311
<표 4-31> 항만 및 해안구조물 기술 확보전략 ····· 316
<표 4-32> 부유식 인공섬 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 320
<표 4-33> 부유식 인공섬 기술 확보전략 ····· 321
<표 4-34> 부유식 인공섬 기술 확보전략 ····· 323
<표 4-35> 부유식터널 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준 ····· 328
<표 4-36> 부유식터널 기술 확보전략 ····· 330
<표 4-37> 부유식터널 기술 확보전략 ····· 337

그림 차례

[그림 1-1] 세계 건설 및 시설물 시장 규모 추이 ····· 3
[그림 1-2] 시설물 분야 글로벌 투자 규모 추이 ····· 3
[그림 1-3] 2015년 시설물 분야 기술수준 및 기술격차 ····· 5
[그림 1-4] 소분류(L3)별 전문가 TF 구성현황 ····· 11
[그림 1-5] 소속기관별 전문가 TF 구성현황 ····· 11
[그림 1-6] 기술분류체계 수립 연구추진방법 및 연구결과 요약 ····· 12
[그림 1-7] 논문·특허기술력 산출을 위한 계층구조 ····· 14
[그림 1-8] 핵심시설물 선정 매트릭스 ····· 16
[그림 1-9] 핵심시설물 선정 연구추진방법 및 연구결과 요약 ····· 16
[그림 1-10] 기술확보방식 매트릭스 분석 ····· 17
[그림 1-11] 기술확보 주체 매트릭스 분석 ····· 17
[그림 1-12] 핵심시설물 확보전략 수립 연구추진방법 및 연구결과 요약 ····· 18

[그림 2-1] 기술분류체계 수립 전체 프로세스 ····· 21
[그림 2-2] 마스터포맷 단계별 분류기준 ····· 23
[그림 2-3] CSI의 MasterFormat 코드체계(Numbering system) ····· 25
[그림 2-4] MasterFormat의 발주청별 기준 표시(5단계) ····· 25
[그림 2-5] MasterFormat의 적용 사례(예) ····· 26
[그림 2-6] 유로코드의 상세내용 구성(예시) ····· 31
[그림 2-7] 콘크리트 건축물과 토목구조물의 패키지 구성(예) ····· 31
[그림 2-8] 기술분류체계 도출 프로세스 ····· 44
[그림 2-9] 기술분류체계 수립 원칙 ····· 45
[그림 3-1] 분석방법 및 지표활용 방법 ····· 113
[그림 3-2] 시장매력도 분석 연구추진방법 및 연구결과 요약 ····· 114
[그림 3-3] '17년 교량의 Infrastructure Report Card(ASCE) ····· 119
[그림 3-4] 일본의 50년 이상 된 주요 SOC 인프라 비중 현황 및 전망 ····· 120
[그림 3-5] 해외 케이블교량 시장규모 ····· 121
[그림 3-6] 터키 차나칼레 현수교 프로젝트 ····· 122
[그림 3-7] 베트남 밤콩교 통합 유지관리시스템 개요 ····· 122
[그림 3-8] 세계 고속도로, 철도인프라 건설시장 ····· 124
[그림 3-9] 해외 원격탐사 시장규모(단위 : 백만 달러) ····· 136
[그림 3-10] 국가별 바이오폴리머와 시멘트 10% 지반건설 조건에 대한 경제성 비교 ····· 137
[그림 3-11] 글로벌 항만 및 해양구조물 시장 규모 (단위 : 억 유로) ····· 139
[그림 3-12] 글로벌 시장 항만건설사업 추진 현황, 2017년 기준_Timetric's CIC ····· 140
[그림 3-13] 세계 해저케이블 건설연장 및 건설시장 규모(km/억 원) ····· 140
[그림 3-14] 확장형 모듈을 활용한 달 기지 구축 상상도 ····· 147
[그림 3-15] 시장매력도 분석결과 ····· 150

[그림 3-16] 기술경쟁력 분석 연구추진방법 및 연구결과 요약 ····· 151
[그림 3-17] 한국의 특허기술경쟁력 분석 결과 ····· 173
[그림 3-18] 한국의 논문기술경쟁력 분석 결과 ····· 195
[그림 3-19] 특허·논문 기술경쟁력 산출과정 및 가중치 ····· 196
[그림 3-20] 한국의 특허·논문기술경쟁력 분석 결과 ····· 198
[그림 3-21] 기술수준조사 전체 프로세스 ····· 200
[그림 3-22] 응답자 기관유형 구분 ····· 202
[그림 3-23] 목적물별 기술수준 비교결과 ····· 227
[그림 3-24] 핵심 기술 선정 매트릭스 ····· 229
[그림 3-25] 핵심시설물 선정 평가 결과 ····· 230
[그림 3-26] 핵심시설물 간 기술연계도 ····· 232

[그림 4-1] 확보방법 유형화 매트릭스 ····· 235
[그림 4-2] 확보주체 유형화 매트릭스 ····· 236
[그림 4-3] 확보 방법 유형화 매트릭스 예시(항만 및 해안구조물) ····· 241
[그림 4-4] 확보 주체 유형화 매트릭스 예시(항만 및 해안구조물) ····· 242
[그림 4-5] 케이블교량 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 244
[그림 4-6] 장경간 아치교 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 254
[그림 4-7] 부유식교량 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 260
[그림 4-8] 해저터널 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 265
[그림 4-9] 대심도터널 확보를 위한 세부기술 ····· 278
[그림 4-10] 지하대공간 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 288
[그림 4-11] 해상기초 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 298
[그림 4-12] 항만 및 해안구조물 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 307
[그림 4-13] 부유식 인공섬 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 317
[그림 4-14] 부유식터널 확보를 위한 세부기술 범위 ····· 324
[그림 4-15] 케이블교량 기술 확보 로드맵 ····· 341
[그림 4-16] 특수교량 기술 확보 로드맵 ····· 342
[그림 4-17] 해저터널 기술 확보 로드맵 ····· 344
[그림 4-18] 대심도터널 기술 확보 로드맵 ····· 346
[그림 4-19] 지하대공간 기술 확보 로드맵 ····· 348
[그림 4-20] 해상기초 기술 확보 로드맵 ····· 350
[그림 4-21] 항만 및 해안구조물 기술 확보 로드맵 ····· 352
[그림 4-22] 부유식인공섬 기술 확보 로드맵 ····· 353
[그림 4-23] 부유식터널 기술 확보 로드맵 ····· 355

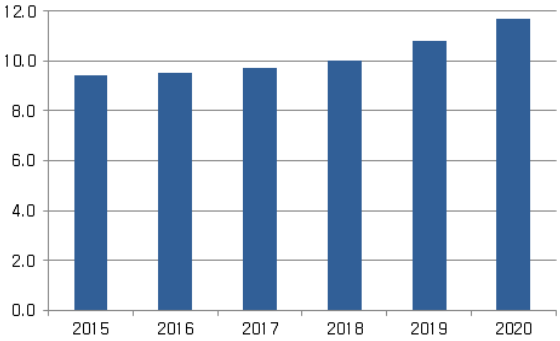
제1장 연구개요

1.1 연구배경 및 필요성

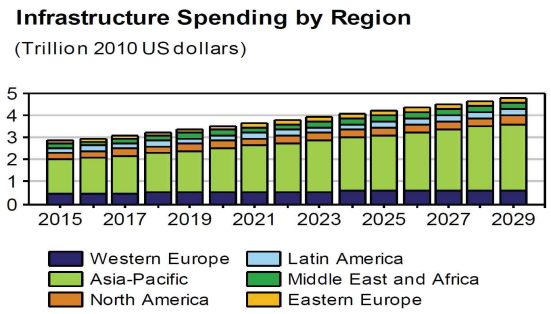
□ **세계 건설 및 시설물 시장이 지속적으로 확대됨에 따라 연구 및 투자 규모도 증가**

○ 글로벌 경제 환경의 악화 등에도 불구하고 세계건설시장이 매년 증가하여 ’20년에는 11.7조 달러를 넘어설 것으로 예상

- 시설물 분야 글로벌 시장도 지속적으로 확대되어 ’15년에 3조 달러 정도에서 ’29년에는 약 5조 달러에 육박할 것으로 전망



세계 건설 시장 규모



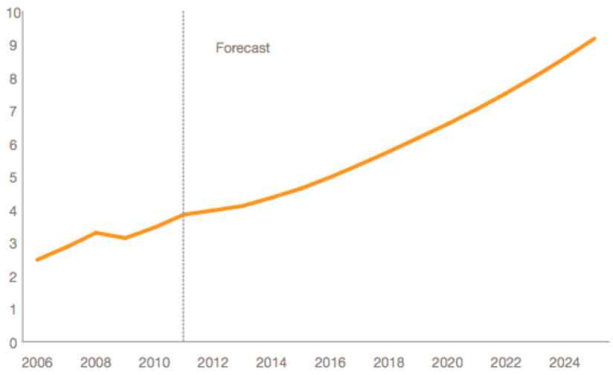
세계 시설물 시장 규모

출처: IHS Global Insight, 2015, 2017

[그림 1-1] 세계 건설 및 시설물 시장 규모 추이

- 세계 시설물 시장 확대에 따라서 글로벌 분야 투자 규모도 지속적으로 증가하였고 향후에도 증가할 것으로 예상

  · 시설물 분야 글로벌 투자규모가 꾸준히 증가하여 ’25년에는 9조 달러를 넘을 것으로 전망



출처: Oxford Economics

[그림 1-2] 시설물 분야 글로벌 투자 규모 추이

□ **글로벌 시설물 시장의 성장에도 불구하고 국내 기업의 해외 건설수주는 점차 악화**

○ 세계 건설시장 성장세와 비교하여 국내 기업의 해외건설 수주실적은 감소하는 추세로 대책 마련 필요

- ’16년 우리나라 해외건설 수주액은 281.9억달러로 최고 수주액을 기록했던 ’10년과 이후 연평균 14.4% 감소

- 최근 저유가 및 신흥국 경기침체로 발주량 감소 원인도 있으나, 중동 편중, 산업설비 위주의 저부가가치 중심의 수주, 기술경쟁력 저하가 주요 원인

<표 1-1> 연도별 국내기업의 해외수주 실적(2010~2016)

(단위: 백만불, %)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	증감률
토목	4,123	5,765	8,599	18,128	5,664	8,504	6,440	7.7
건축	7,724	7,937	14,322	5,446	4,928	7,110	5,330	△6.0
플랜트	57,285	43,319	39,549	39,649	51,721	26,490	13,250	△21.7
전기·통신	1,228	1,015	74	999	1,589	1,040	1,483	3.2
용역	1,218	1,108	815	983	2,107	3,001	1,690	5.6
합계	71,578	59,144	63,359	65,205	66,009	46,145	28,193	△14.4

출처: 국가주요지표(2017)

○ 또한 미국 트럼프 대통령 당선으로 예상되는 유가, 수출정책, 외교정책의 변화는 국내 기업의 해외수주에 부정적 영향을 미칠 것으로 전망

- 국제 유가가 중장기적으로 하향안정세에 접어들며 원자재 가격 하락으로 인해 국내 건설기업의 수익성 개선이 예상되나, 중동 건설시장 침체가 장기화로 이어질 전망

- 보호무역주의의 확대로 아시아, 중남미 등 다수 신흥국가의 경제가 위축되어 신흥국의 건설시장에 부정적 영향

- 이란, 이라크 등 중동지역의 외교적 분쟁이 증가함에 따라 중동 건설시장 침체의 장기화로 국내기업의 해외 수주가 악화될 우려

□ **시설물 분야 기술수준은 향상되고 있으나 최고기술보유국 대비 기술격차는 확대**

○ ’15년 시설물 분야 기술수준 조사 결과, 우리나라의 기술수준은 ’13년과 비교하여 향상되었으나 최고기술보유국과의 기술격차는 오히려 확대

- ’15년 우리나라 시설물 분야 기술 수준은 80.1%로 ’13년 76.9%와 비교하여 3.2% 상승하였으나, 최고기술보유국 대비 기술격차는 5.3년에서 6.2년으로 증가

- 우리나라와 일본을 제외한 주요 국가에서는 기술수준이 향상되었을 뿐만 아니라 최고기술보유국과의 기술격차를 축소하는 등 기술력이 향상



출처: 국토교통과학기술진흥원 (2015),「2015 국토교통기술수준조사보고서」

[그림 1-3] 2015년 시설물 분야 기술수준 및 기술격차

○ 시설물 분야 세부 기술 별로 기술수준, 최고기술보유국 대비 기술격차 등이 상이

- **(교량)** ’13년과 비교하여 기술수준은 향상되었으나, 전 세부기술분야에서 기술격차 확대

- **(터널 및 지하대공간)** 기술수준은 향상되었으며, 기술격차는 ’13년과 동일한 수준으로 해저/침매터널, 대심도터널, 지하대공간 분야는 기술격차 축소

- **(사면/지반조사/기초)** 기술수준의 향상으로 기술격차는 ’13년과 비교하여 축소되었으나, 사면보호/보강유지관리 분야는 기술격차가 오히려 확대

- **(항만 및 해양구조물)** ’13년과 비교하여 전 세부기술 분야에서 기술수준이 향상되어 기술격차를 축소

- **(특수구조물)** 기술수준은 61.7%, 기술격차는 11.4년으로 시설물 타 분야에 비해 기술수준이 매우 낮으며 최고기술보유국과의 기술격차가 큼

<표 1-2> 세부시설물 별 2013년과 2015년의 기술수준과 격차 비교

기술분류	2013년		2015년		비고
	기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	
1. 교량	**78.6%**	**5.0년**	**85.3%**	**6.8년**	- 기술수준은 향상되었으나, 기술격차는 '13년과 비교하여 크게 확대됨
강구조 및 합성구조 교량	81.2%	4.1년	86.4%	7년	
콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	84.6%	4년	87.3%	5.6년	
신소재 복합재료 구조교 및 특수교량	69.8%	6.8년	82.1%	7.7년	
2. 터널 및 지하대공간	**71.7%**	**6.1년**	**80.3%**	**6.1년**	- 기술수준은 향상되었으며 기술격차는 '13년과 유사한 수준 - 해저/침매터널, 대심도터널, 지하대공간 분야 기술격차는 '13년과 비교하여 축소
육상터널	88.6%	3.3년	89.4%	3.9년	
해저/침매터널	70.6%	6.8년	80.2%	6년	
부유식터널	55%	8.1년	66.4%	9.5년	
대심도터널	73.9%	5.5년	83.5%	5.3년	
지하대공간	70.2%	6.6년	82%	5.6년	
3. 사면/지반조사/기초	**80.6%**	**4.6년**	**85%**	**4.2년**	- 기술수준과 기술격차 모두 '13년과 비교하여 향상 - 사면보호/보강/유지관리 기술수준은 소폭증가에 그쳤으며 격차 확대
사면보호/보강/유지관리	82.2%	4.2년	84.5%	4.7년	
지반조사/개량	79.1%	4.9년	82.5%	4.8년	
육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체	n/a	n/a	83.3%	4.7년	
4. 항만 및 해양구조물	**73.7%**	**6.5년**	**83.1%**	**5.1년**	- 기술수준과 기술격차 모두 '13년과 비교하여 향상
해양준설/매립	80.7%	5.2년	89.1%	4년	
항만 및 해안구조물	79.8%	5.8년	83.5%	4.9년	
수중구조물	73.3%	6.7년	81.6%	5.2년	
인공섬	61.5%	8.2년	76.9%	6.2년	
5. 특수구조물	**n/a**	**n/a**	**61.7%**	**11.4년**	- 특수구조물의 기술수준은 타 기술분야와 비교하였을 때 절대적으로 낮은 수치
고압, 극저온 구조물	58.3%	9.3년	49.1%	9.3년	
방호구조물(방호/방폭)	n/a	n/a	63.4%	9.1년	
우주구조물	n/a	n/a	52.7%	15.9년	

출처: 국토교통과학기술진흥원 (2015),「2015 국토교통기술수준조사보고서」

□ **미래 글로벌 시장에서 우리나라가 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있는 시설물 분야를 파악하기 위한 별도의 조사가 필요**

○ 국토교통부는 국토교통 분야 기술수준 및 격차 조사를 매 2년마다 수행

- 국토교통산업 분야의 주요 경쟁국 대비 우리나라의 기술수준 및 기술경쟁력을 분석하여 국토교통 R&D 추진전략 수립에 활용하기 위한 목적으로 추진

- 「2015년 국토교통기술수준조사」에서는 9대 대분류, 32개 중분류, 113개 소분류에 따라 기술수준과 경쟁력을 분석

○ 기존 기술수준과 경쟁력 분석조사는 국토교통 전반의 R&D 추진전략 수립을 위해 전 분야를 포괄하고 있으므로 시설물 분야의 수준을 세밀하게 판단하는 데 한계

- 기술수준평가, 기술확보전략 수립, 기술 경쟁력 분석 등 연구의 활용도를 높이기 위해서는 기존 3단계보다 상세한 기술분류체계 필요

- 현행 3단계 기술분류 기준의 국토교통 분야 기술분류체계는 기술의 범위 및 정의가 넓어 기술 확보 및 시장진출 전략을 수립하기 위한 별도의 조사가 필요

  · 세분화된 요소기술수준에 관한 객관적인 정보에 근거한 투자전략 수립을 통해 정부 R&D 예산의 효과적인 투자계획 수립 가능

○ 세분화된 시설물 기술분류체계에 따라 우리나라의 기술수준과 기술경쟁력을 파악하고, 글로벌 시장 현황에 따른 대응전략 수립에 활용도를 높이기 위한 별도의 조사 필요

- 선행연구는 델파이조사와 논문·특허 등 기술적 측면의 조사만 실시하여 시장의 트렌드를 반영하기 어려워 구체적인 전략 수립에 한계

  · 기술경쟁력 분석에서 '강구조 및 합성구조 교량', '해저/침매터널', '지하대공간', '해양준설/매립', '인공섬' 분야가 미래유망분야로 도출되었으나 경쟁력 강화를 위한 전략 제시 미흡

  · 기술적 중요도가 높거나 기술개발 시급성이 높음에도 기술수준이 낮은 '방호구조물'과 '고압·극저온 구조물'의 기술수준 제고를 위한 구체적 개발전략 부재

- 시설물의 분류체계를 세분화하고, 상세 시설물별로 시장의 현황과 전망을 조사하여 핵심적으로 확보해야 할 시설물에 대한 기술수준과 경쟁력 분석 결과의 활용성을 제고할 수 있도록 연구할 필요

□ **시장전망, 국내 기술수준과 경쟁력에 근거하여 우리나라가 해외시장에서 우위를 선점할 수 있는 핵심시설물을 확보하기 위한 전략 수립이 필요**

○ 기술수준에 관한 객관적인 정보에 근거한 투자전략 수립을 통해 정부 R&D 예산의 효과적인 투자계획 수립 필요

- 국내기업의 글로벌 경쟁력 확보를 위해 요소기술별 국내 기술수준에 대한 평가를 통한 상세 전략수립 필요
- 미래 유망 기술, 중점 추진 기술 등을 도출하기 위해서는 기술수준 분석에 기초한 글로벌 기술 경쟁력 파악 필요

○ 기술수준에 관한 객관적인 정보에 근거한 투자전략 수립을 통해 정부 R&D의 필요성, 시급성, 기술확보 방법 등을 포함한 상세 전략 수립

- 정부 R&D 지원 필요성을 판단하여 정부와 민간 중에서 적절한 세부 기술의 확보 주체 결정
- 세부기술의 분석 데이터를 통해 적절한 기술 확보 방식을 결정하고 그에 맞는 전략 수립

○ 기술수준, 현재 및 미래 시장의 규모 추이 등을 조사한 자료를 기반으로 핵심기술 선정 필요

- 현재 국내의 기술수준에 따라서 기술 개발에 필요한 시간적, 금전적 비용을 고려하여 핵심시설물 선정
- 현재의 시장 규모와 미래의 시장 변화 추이를 고려하여 유망한 시장이 될 것으로 예상되는 시설물을 핵심기술로 선정

○ 핵심 시설물의 사업화 후 타깃 지역이나 국가, 시장 진출 전략 등을 포함한 시장전략 수립 필요

- 핵심 시설물의 타깃 시장이 될 만한 국가나 지역의 문화적, 지리적, 경제적 특성 등을 고려한 시장 전략 수립

1.2 연구목표 및 내용

1.2.1 연구목표

연구 목표

시설물 분야 시장 매력도와 기술수준·경쟁력 분석을 기반으로
미래 글로벌 시장에서의 유망 핵심시설물을 도출하고
세부기술 확보전략 수립

□ **시설물 분야 기술수준 및 경쟁력 분석을 통해 우리기술의 위치를 정확하게 파악**

○ 전문가 설문조사를 통해 기술수준을 평가하고, 논문·특허 분석 등을 통해 기술경쟁력을 파악

- 누가, 어떻게 기술을 확보할 것인가 등 기술확보전략 수립을 위한 기초데이터로 활용

□ **기술경쟁력 및 시장매력도를 통해 미래 글로벌 시장의 유망 핵심시설물 도출**

○ 정성/정량적 기술경쟁력 및 시장전망 평가 등 기술의 매력도 결과를 통합하여 최종 목적물 형태인 세분류 시설물(L4) 단위에서 핵심시설 선정

※ 세분류 시설물의 국내 기술경쟁력이 매우 낮은 분야는 확보전략 수립 대상 시설물에서 제외

□ **유망 핵심시설물의 세부기술 확보전략 수립**

○ 기술 수준 차이, 기술 획득 방법, 예상 타깃 시장 등을 포함한 구체적인 확보전략 수립

○ 선행 분석 결과와 구체적인 확보전략을 반영하여 핵심 시설물의 기술확보 로드맵 작성

※ 기술확보로드맵은 세부기술(L5) 차원에서 작성하고, 기술의 획득 주체, 획득방법, 기술적 목표, 정부의 지원 방식 등을 포함

1.2.2 연구내용

□ **‘기술분류체계 수립’, ‘핵심시설물 선정’, ‘핵심시설물별 확보전략’ 등 3개 주요 산출물을 기반으로 연구모듈을 구성**

<표 1-3> 국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립 연구내용

모듈	세부연구모듈	연구내용	산출물
기술분류체계 수립	기술분류체계 검토	· 미국, 영국, 유럽 등의 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토 · 국내 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토	**시설물 분야 상세기술분류체계** (현행 3단계 → 5단계로 세분화)
	시설물 프로파일 분석	· 시설물 분야 상세분류체계 전개원칙 설정 · 확보전략 수립 대상이 될 시설물에 대한 기술중심의 프로파일 작성	
	기술분류체계 수립	· 기존 3분류체계를 5분류체계로 세분화하여 시설물 분야 상세 기술분류체계 수립	
핵심시설물 선정	시장 매력도 분석	· 시설물(2단계)별 시장규모 및 동향조사 · 세부시설물(3단계)별 향후 시장전망 예측 · 시장규모와 현황, 향후 세부시설물별 시장전망에 근거하여 전문가 대상 시설물 매력도 평가	**확보전략 수립 대상 핵심시설물** (4단계 수준)
	기술경쟁력 및 수준조사	· 시설물(3단계)별 논문·특허 정보를 파악하여 기술경쟁력 분석 · 상세시설물(5단계)별 전문가조사를 통해 기술수준을 조사하고 세부시설물(4단계)의 기술수준 도출	
	확보전략 수립 대상 핵심시설물 선정	· 시장매력도와 기술경쟁력(2×2 매트릭스) 분석을 통해 확보전략 수립 대상 핵심시설물(4단계) 선정	
핵심시설물 확보전략 수립	기술확보전략 유형화	· 기술수준, 발전단계를 고려하여 세부기술 확보 방법을 유형화	**핵심시설물 확보전략 및 기술확보 로드맵** (4단계 수준)
	기술확보 전략 수립	· 핵심시설물별로 기술단계와 확보 유형화를 고려하여 기술확보전략 수립 · QFD 설문조사 항목을 활용하여 기술의 혜택과 기술개발 위험도를 고려하여 기술확보 주체 설정	
	기술확보 로드맵 수립	· 핵심시설물 단위의 세부기술 확보전략을 포함하는 기술확보 로드맵 작성 · QFD 평가를 활용하여 세부기술(5단계)의 확보 우선순위 설정	

1.3 연구방법론

가. 기술분류체계 수립

○ **(기술분류체계 검토)** 국내외 국토교통 분야 기술분류체계를 벤치마킹하여, 상세기술 확보전략 수립을 위한 기술분류체계 수립을 위한 기본원칙 도출

- 분류체계 수립 목적, 전개원칙, 구성기술의 범위와 크기 등을 벤치마킹

※ (국외) 미국과 영국, 유럽표준화기구(CEN)의 건설기술분류체계를 분석

※ (국내) 국가과학기술표준분류를 포함하여 국가통합교통체계효율화법 상 기술분류체계, 건설신기술분류체계, 도로교통분야 기술분류체계와 선행연구인 「2015 국토교통분야 기술수준조사」의 분류체계를 검토

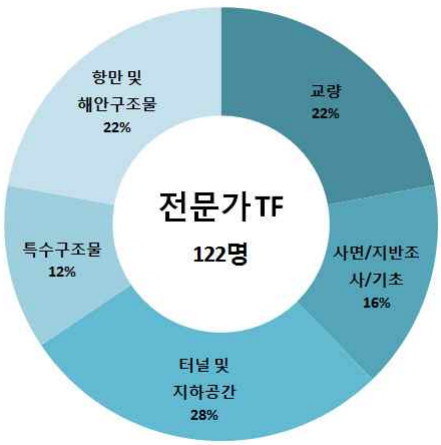
○ **(시설물별 기술프로파일 분석)** 소분류(3단계, 이하 L3)별 전문가 TF 운영을 통해 시설물 분류체계의 기본원칙을 수립하고, 세분류(4단계, 이하 L4) 단위의 기술 프로파일 작성

- 소분류(L3)별 산·학·연 전문가 120여명으로 전문가 TF를 구성

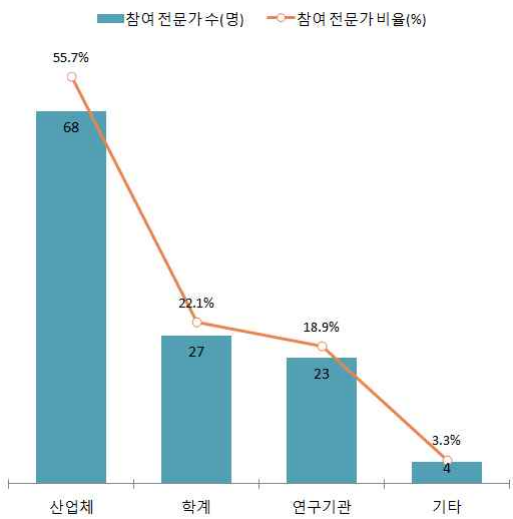
※ 전문가 TF 상세 운영현황에 대해서는 [부록] 참조

· L3별로 평균 24인 내외의 전문가 TF를 구성하였으며, 상세기술별 전문가를 포함할 수 있도록 다양한 세부분야 전문가로 구성

· 글로벌 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있는 핵심시설물 선정을 위해 산업체 소속 전문가 TF 위원의 참여 비율을 55.7%(68명)로 구성



[그림 1-4] 소분류(L3)별 전문가 TF 구성현황



[그림 1-5] 소속기관별 전문가 TF 구성현황

- 소분류(L3)별 세분류(L4) 시설물(안)을 도출하고, 기술의 목적, 내용, 기능, 서비스를 포함하는 프로파일 작성

- 프로파일 결과에 기반하여 세부기술(5단계, 이하 L5) 분류체계 수립에 활용

○ **(시설물 세부기술분류체계 수립)** 기술프로파일 분석결과를 참조하여 소분류(L3)별 전문가 TF 운영을 통해 시설물 분야 상세기술분류체계 수립

- 대면회의를 통해 상세기술분류체계 수립 목적과 원칙을 설명하고, 최근 논문과 특허 동향 분석 결과를 기초자료로 제공하여 기술분류체계와 정의서(안) 작성
  - 연구진에서 1차적으로 시설물 세부기술분류체계(안)를 작성 후 TF회의에서 검토
  - 온라인 서면검토를 병행하여 각 소분류별로 세분류(4단계, 이하 L4), 세부기술(L5)의 기술분류를 작성

- 1차 작성된 기술분류체계(안)에 대해 기술의 크기와 범위, 기술명 등의 일관성을 총괄적으로 재조정하여 시설물 분야 상세기술분류체계 확정
  - 세부기술분류체계 수립: 소분류(L3) 하위 기술의 기술간 범위 및 위계, 중복 및 누락 등을 고려하여 세분류(L4) ~ 세부기술(L5) 단계의 상세한 기술분류체계 수립
  - 18개의 소분류(L3) 하위에 39개의 세분류(L4), 418개의 세부기술(L5)을 포함한 기술분류체계 도출

- 418개의 세부기술(L5) 단위로 기술의 정의, 확보 필요성, 기대효과 등을 포함하는 약식 기술정의서를 작성

프로세스	기술분류체계 검토	시설물별 기술프로파일 분석	시설물 세부기술분류체계 수립
연구내용	- 미국, 유럽, 영국의 기술분류체계 검토 - 국내 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토	- 기술의 목적, 내용, 기능과 서비스를 고려하여 상세 기술의 내용과 범위를 포괄하는 프로파일 작성	- 시설물 분야 상세분류체계 전개원칙 설정 - 기존 3분류체계를 5분류체계로 세분화하여 시설물 분야 상세 기술분류체계 수립
연구방법	- 문헌조사	- 문헌조사 - 전문가 자문	- 소분류(L3)별 전문가 TF
최종산출물	- 시설물 세부기술분류 체계 수립을 위한 기본 방향과 원칙 도출	- 39개 세분류(L4) 기준으로 기술목적, 내용, 기능과 서비스를 정의한 프로파일	- 18개 소분류(L3), 39개 세분류(L4), 418개 세부기술(L5)로 구성된 시설물 분류체계 도출 - 418개 세부기술(L5)의 약식 기술정의서 작성

[그림 1-6] 기술분류체계 수립 연구추진방법 및 연구결과 요약

나. 핵심시설물 선정

○ **(시장 매력도 분석)** 중분류(L2) 단위에서 세계시장 동향과 해외시장에서 국내 수주 현황과 소분류(L3) 관점에서 향후 전망을 예측하고 이를 기반으로 전문가 평가를 통해 세분류 시설물의 시장매력도를 조사

- 문헌자료를 통해 시장규모와 국내기업의 해외 수주현황과 향후 시장전망 등을 분석하여 시장·산업의 관점에서 시설물의 매력도를 평가하는 기초자료로 활용
  - · IHS, ENR 등 시장분석보고서를 활용하여 중분류(L2) 단위의 세계시장 전망과 국내기업의 해외수주활동에 대해 분석
  - · 기존 시장분석자료와 통계자료의 범례를 고려하여 시장규모와 동향을 합리적 수준에서 예측하기 위해 세부단위(L3, L4, L5)가 아닌 중분류 단위에서 분석 수행

※ 시설물의 발주계획에 따라 시장규모를 산정하는 것이 일반적으로 시설물의 형식이나 공법 등에 대해서는 구체적으로 발주계획 상에 포함되지 않아 시장산정에 한계가 있으므로 L2 단위에서 분석 수행

- 각 시장별(L2) 시설물 발주에 영향을 미치는 트렌드를 분석하여 시설물(L3)별 시장 전망을 예측
- 시장현황과 전망에 대한 자료를 근거로 전문가들을 대상으로 향후 세분류(L4) 시설물 시장이 축소, 유지, 확대될지를 판단하여 글로벌 시장에서의 매력도를 평가
  - · '시장매력도'란 현재 시장규모와 시장전망을 고려하였을 때 국내 기술이 해당 글로벌 시장에서 얻을 수 있는 잠재적인 이익의 크기로 정의

<표 3-4> 시장매력도 평가기준

평가 점수	평가기준	
	평균시장규모(36.5조원)과 비교한 현재 시설물의 시장 규모	향후(5~10년후) 시장 규모의 성장 예상
0점	작은 시장 규모	유지 or 축소
	평균 시장 규모	축소
1점	작은 시장 규모	확대
	평균 시장 규모	유지
	큰 시장 규모	축소
2점	평균 시장 규모	확대
	큰 시장 규모	유지
3점	큰 시장 규모	확대

· 시설물분야 대기업 소속 전문가, 해외전문가, 건설 분야 3개 대기업 해외건설 관련 마케팅 및 사업관리팀을 대상으로 실시

○ **(기술경쟁력 및 수준조사)** 소분류(L3)별로 최근 5년('12~'16년) 간 논문과 특허활동을 조사하여 논문·특허기술경쟁력을 도출하고, 이에 근거하여 전문가 델파이 조사를 통해 세분류(L4)와 세부기술(L5)의 기술수준을 조사하여 기술경쟁력을 도출

- SCOPUS DB와 특허청 DB를 활용하여 소분류(L3)별로 논문 기술경쟁력과 특허기술경쟁력을 도출하였으며, 이를 기반으로 소분류(L3) 논문·특허기술경쟁력을 도출

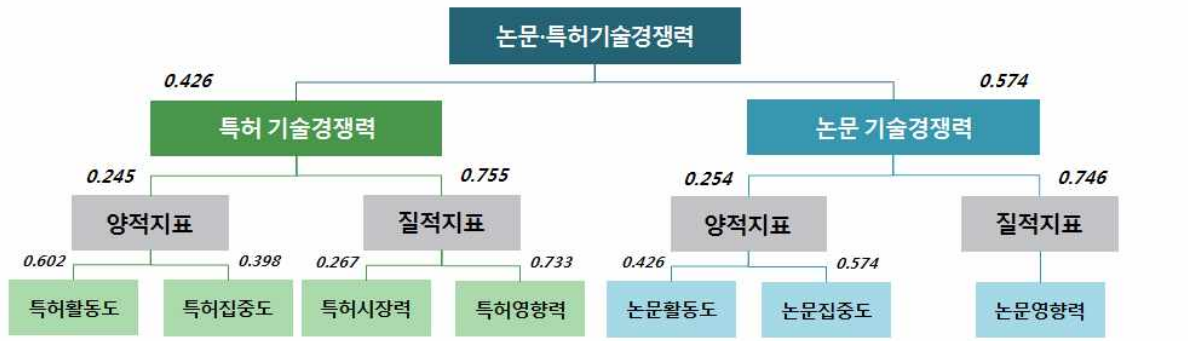
<표 1-5> 논문·특허활동 조사방법

분석대상	논문활동	특허활동
기술	국토교통 시설물 분야 18개 소분류(L3)	국토교통 시설물 분야 18개 소분류(L3)
국가	한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 영국 외 소분류(L3)별 추가국가	한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 영국 외 소분류(L3)별 추가국가
DATA	SCOPUS 등재논문	공개, 등록특허
적용기간	최근 5년('12~'16.11)	최근 5년('12~'16.11)
평가지표	논문활용도, 논문집중도, 논문영향력	특허활용도, 특허집중도, 특허시장경쟁력, 특허영향력
활용 DB	SCOPUS DB	한국, 미국, 일본, 유럽 특허청 DB

· 세분류(L4) 범위를 포괄하는 검색키워드를 설정하여 논문과 특허활동 현황을 분석

· 기술수준 및 경쟁력 분석결과와의 연속성 확보를 위해 논문·특허기술 경쟁력, 논문기술경쟁력, 특허기술경쟁력 도출을 위한 산식, 가중치 및 세부지표 계층구조는 선행연구 방법론*을 차용

* 선행연구: 국토교통과학기술진흥원(2015),「2015년 국토교통기술수준분석」



[그림 1-7] 논문·특허기술력 산출을 위한 계층구조

- 논문·특허 기술경쟁력 결과를 근거로 2-ROUND 전문가 델파이 조사를 수행하여 세부기술(L5) 단위의 기술수준 및 기술발전단계를 조사

  · 전문가 TF를 대상으로 대면회의를 통해 1차 기술수준과 발전단계를 평가한 후, 온라인 설문조사를 통해 2차 조사를 진행하였으며, 세부기술(L5) 단위의 결과를 취합하여 세분류(L4)의 기술수준 및 발전단계를 평가

  · 기술수준은 '선도', '자립', '의존', '전무' 4단계로 평가하였으며, 기술발전단계는 '도입기', '성장기', '성숙기'로 평가토록 조사지 설계

<표 1-6> 기술수준 및 발전단계 조사항목

조사항목	주요내용	
최고기술보유국	해당 기술분야 최고기술보유국가	
국내 및 최고기술보유국의 기술수준	선도	세계 최고 또는 유사한 수준의 자체 사업추진을 위한 핵심기술 모두 보유
	자립	세계 최고수준은 아니지만 자체 사업추진을 위한 핵심기술 모두 보유
	의존	일부 핵심기술을 보유하고 있으나 보유기술만으로는 독자적 사업추진이 어려운 수준
	전무	대부분의 핵심기술 미보유
기술발전단계	도입기	초기의 기술이 도입되는 시기로 기술개발의 위험성이 크지만, 성공시 원천특허 및 기술을 확보할 수 있어 새로운 시장창출과 지배가 가능한 기술개발 단계
	성장기	도입기를 벗어나 기술의 경제성이 어느정도 확보되어 산업적 투자와 관련 시장이 빠르게 성장하는 기술개발 단계
	성숙기	기술의 파급효과가 이미 관련 분야에 상당히 나타나고 시장의 수요를 충족하고 있어서 관련 시장의 성장속도가 낮은 상태의 기술

- 논문·특허 기술경쟁력과 기술수준 평가결과를 바탕으로 전문가를 대상으로 세분류(L4) 단위의 기술경쟁력 평가를 수행

  · 핵심시설 선정 대상의 각 시설물의 기술경쟁력을 현재 국내의 논문·특허 현황을 참고하여 0 ~ 3점으로 평가

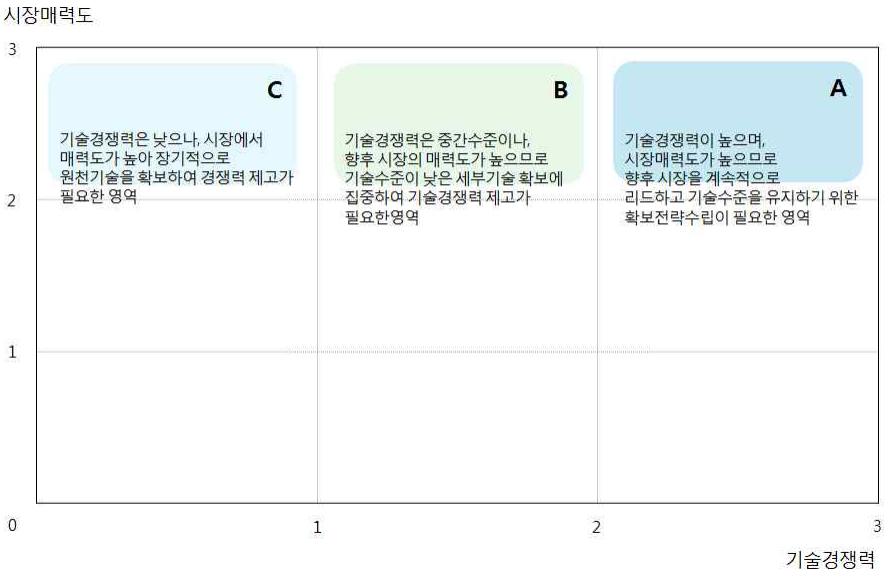
  · 세계적인 최고 선진국과 국내의 기술경쟁력을 상대적으로 평가하여 선정 대상 시설물의 기술경쟁력 평가

<표 1-7> 기술경쟁력 평가 기준

평가점수	평가기준
3점	기술경쟁력이 매우 높아 세계적으로 기술개발을 주도할 수 있음
2점	최고 선진국을 상당부분 추격할 수 있는 높은 기술경쟁력을 보유
1점	최고 선진국 대비 기술경쟁력이 낮아 단기간에 추격이 어려움
0점	관련 기술 논문.특허가 거의 없고 기술경쟁력이 매우 낮음

○ **(확보전략 수립 대상 핵심시설물 선정)** 시설물 분야 해외수주 경쟁력 확대를 위해 시장매력도와 기술경쟁력을 기반으로 세분류(L4) 단위에서 '핵심시설물' 선정

- 글로벌 시장진출시 획득가능한 잠재적 이익이 높아 시설물 분야 상세기술 확보가 시급한 핵심시설물을 세분류(L4) 단위에서 선정하여 확보전략 수립
- 세분류(L4)의 기술경쟁력(x축)과 시장매력도(y축)로 구성된 2×2 매트릭스 분석을 통해 확보전략 수립 대상 핵심시설물 선정



[그림 1-8] 핵심시설물 선정 매트릭스

프로세스	시장 매력도 분석	기술경쟁력 및 수준조사	확보전략 수립 대상 핵심시설물 선정
연구내용	- 중분류(L2)별 시설물별 세계시장 동향 및 국내 수주현황 조사 - 소분류(L3)를 고려하여 향후 세계시장 전망 예측 - 시장현황과 전망자료에 근거하여 전문가 평가를 실시하여 세분류(L4) 시설물별 매력도 평가	- 소분류(L3)별 논문·특허 정보를 파악하여 기술경쟁력 분석 - 세부기술(L5)별 전문가조사를 통해 기술수준을 조사하고 세분류(L4)의 기술수준 도출	- 전문가 평가를 통해 시장매력도가 높은 영역에 속한 세분류(L4)를 핵심시설물로 선정 - 기술경쟁력과 시장매력도를 2×2 매트릭스 분석을 통해 핵심시설물별 유형 결정
연구방법	- 문헌조사 - 전문가 평가	- 논문·특허분석 - 2-ROUND 델파이조사 - 전문가평가	- 2×2 매트릭스 분석
최종산출물	- 시설물별 시장현황 및 전망 분석 - 시설물 세분류(L4)별 시장매력도	- 소분류(L3)별 기술경쟁력 - 세분류(L4)와 세부기술(L5)별 기술수준 도출	- 핵심시설물(L4) 선정 - 핵심시설물별 유형 결정

[그림 1-9] 핵심시설물 선정 연구추진방법 및 연구결과 요약

다. 핵심시설물 확보전략 수립

○ **(기술확보전략 유형화)** 글로벌 경쟁력을 갖추기 위한 핵심시설물을 확보하기 위해 필요한 상세기술(L5)을 획득하기 위해 기술 확보의 방식과 주체를 유형화

- 국내 세부기술(L5)의 기술수준과 발전단계를 고려하여 R&D로 확보해야 할 기술과 외부로부터 구매 등으로 획득해야 할 기술을 구분
  - 국내 기술수준이 높은 경우에는 기술발전단계와 상관없이 국내 독자적인 R&D를 통해 기술 획득
  - 국내 기술수준이 의존 혹은 전무 단계로 기술이 도입기와 성장기에 있는 경우에는 국제 공동연구를 통해 기술을 획득
  - 국내 기술수준이 의존 혹은 전무단계로 낮으며 기술이 성숙기로 이미 시장이 충분히 형성되어 있는 경우에는 기술구입 등 외부로부터 기술 획득
- 글로벌 시장의 수요를 고려하여 수익성 관점에서 기술의 혜택(benefit)과 기술개발의 위험도(R&D Risk)를 고려하여 기술확보의 주체를 공공과 민간으로 구분

※ 기술의 혜택과 기술개발 위험도는 전문가 TF를 대상으로 실시한 QFD(Quality Function Deployment) 설문조사의 해당 항목값을 차용하였으며, QFD 평가에 대한 자세한 내용은 본문을 참조

  - 기술 개발의 위험도가 낮으며, 기술혜택이 높은 경우에는 높은 상업적 이익을 기대할 수 있으므로 민간에서 주도적으로 확보
  - 기술개발 위험도가 높으나 혜택이 낮은 경우에는 민간의 주도적 확보가 어려운 시장실패 영역이므로 공공이 주도적으로 확보
  - 기술혜택이 높으나 위험도가 크며, 기술의 혜택과 개발위험도가 낮은 기술은 공공과 민간이 상호보완적으로 협력하여 기술 확보



[그림 1-10] 기술확보방식 매트릭스 분석



[그림 1-11] 기술확보 주체 매트릭스 분석

○ **(기술확보 전략 수립)** 핵심시설물을 확보하기 위한 세부기술(L5)의 확보전략을 수립

- 핵심시설물의 경쟁력을 확보하기 위해 세부기술의 확보주체와 방식을 유형화하고 각 확보유형별로 현재의 기술수준과 확보해야할 기술의 목표수준을 정의
- 확보대상 핵심시설물의 정의와 범위를 제시하고, 트렌드, 시장매력도, 기술수준과 경쟁력 등 현재 현안 이슈의 정리 후 상세기술(L5)별 확보전략을 제시
- QFD 평가를 통해 상세기술(L5)별 우선순위를 부여하고, 추후 해당기술 확보를 위한 R&D 추진시 참고할 수 있도록 함

○ **(기술확보 로드맵 수립)** 상세기술별 현재 기술수준과 R&D 추진현황, 핵심시설물 확보를 위해 추가적으로 수행해야할 확보 활동과 타깃시장 및 전략을 직관적으로 확인할 수 있도록 로드맵화하여 제시

프로세스	기술확보전략 유형화	기술확보 전략 수립	기술확보 로드맵 수립
연구내용	- 기술수준, 발전단계를 고려하여 세부기술 확보 방법을 유형화 - QFD 설문조사 항목을 활용하여 기술의 혜택과 기술개발 위험도를 고려하여 기술확보 주체 설정	- 핵심시설물별로 확보 유형화를 고려하여 세부기술(L5)의 확보전략 수립 - QFD 평가를 활용하여 세부기술(L5)의 확보 우선순위 설정	- 핵심시설물 단위의 세부기술 확보전략을 포함하는 기술확보 로드맵 작성
연구방법	- 2×2 매트릭스 분석 - 설문조사	- 전문가자문 - 브레인스토밍	- QFD 평가 - 로드맵 수립
최종산출물	- 세부기술(L5)의 확보전략 유형화결과(확보방안, 확보주체)	- 핵심시설물별 확보전략	- 핵심시설물별 상세기술 확보를 위한 로드맵

[그림 1-12] 핵심시설물 확보전략 수립 연구추진방법 및 연구결과 요약

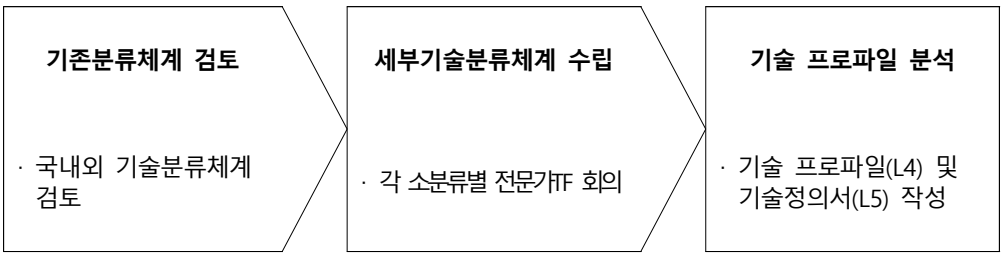
제2장 기술분류체계 수립

2.1 기술분류체계 수립 개요

□ **국내외 시설물 분야 기술분류체계를 검토하여 시사점을 검토하고, 상세 시설물 기술분류체계 기본 원칙에 따라 기술분류를 확립한 후 기술별 프로파일 분석을 진행**

○ **(목적)** 시설물 분야 상세기술확보전략 수립을 위해 기존 기술분류체계를 보완하여 5단계까지 상세 기술분류체계를 수립

○ **(프로세스)** 기존 시설물 분야 기술분류체계에 대한 전문가 검토 및 회의를 통해 기술분류체계를 확정하고 세분류(L4) 프로파일 분석과 상세기술(L5) 약식정의서 작성



[그림 2-1] 기술분류체계 수립 전체 프로세스

- 기존 분류체계 검토: 국내외 기술분류체계 검토를 통해 시설물 분야 상세기술 분류체계 수립 방향 설정
  - · 기존 분류체계에서 유지해야 할 부분과 새롭게 도출되어야 할 부분에 대한 원칙 설정
- 기술 프로파일 분석: 기술의 목적, 내용, 기능과 서비스를 고려하여 세부기술의 내용과 범위를 포괄하는 프로파일 작성
  - · 도출된 세분류(L4) 기술별로 정의, 기능, 주요내용 및 세부기술 구성, 키워드를 포함한 프로파일 작성
- 세부기술분류체계수립: 선행연구와의 연속성을 갖추기 위해 「2015년 국토교통 기술수준분석」에서 수립된 기술분류체계를 기반으로 소분류(L3) 하위기술의 기술간 범위 및 위계, 중복 및 누락 등을 고려하여 세분류(L4) ~ 세부기술(L5) 단계의 상세한 기술분류체계 수립
  - · 세부기술(L5) 단위로 기술의 정의, 확보 필요성, 기대효과 등을 포함하는 약식 기술정의서를 작성

※ 약식 기술정의서는 [부록] 참조

2.2 국내외 기술분류체계 검토

2.2.1 국외 기술분류체계

(1) 미국

□ **미국의 건설산업에 있어서 설계관련기준은 건축을 중심으로 코드(building codes, fire codes, plumbing codes, safe codes), 표준(construction standards), 시방서(specification)로 대표[1)]**

○ 시설물 설계관련 기준은 연방정부차원 및 각 주차원에서 비정부기관 표준이고, 산업표준(Industry Standards)인 AASHTO 표준을 적용하고 있으며, 추가적으로 자체적으로 운영하는 설계매뉴얼 및 가이드라인 등을 활용하는 것이 일반적임

- 정부 표준으로 미연방법령집이 있으며, 법의 영향력을 받는 Uniform Building Code가 있음
- 비정부 표준으로는 ASTM, ANSI, AWWA, ACI 표준이 있으며, 추가적으로 기타 공적인 비정부 표준으로 AASHTO, CRSI, NFPA 등이 있음
- 모든 설계관련 업무는 모든 법률들과 연방정부의 규정, 각 주별 규정과 적용가능한 지역(County) 코드와 지역 법령들에 선택적으로 따름

○ 미국의 경우 기준이 시설별 또는 재료별로 다양하게 제시되고 있으며, 설계기준과 시공기준이 하나로 통합된 경우도 있고 분리된 경우도 있는 등 다양한 형태를 보임

□ **북아메리카에서 건설 프로젝트 매뉴얼을 제작할 때 가장 널리 활용되는 마스터포맷 시스템은 북미지역의 건설관련 정보분류체계를 수립하는 근거자료로 활용**

○ 마스터포맷은 미국 건설시방협회(CSI: The Construction Specification Institute)에서 ’63년 도입된 이후 미국 및 캐나다에서 시방서 구성을 위한 표준포맷으로 널리 활용

- 초기에는 건설시방서를 위한 CSI 포맷의 일부로 발표되었으나 이후 건설시방서, 데이터 파일링, 비용분석을 위해 일관된 시스템에 적용할 수 있도록 개정
- ’04년 마스터포맷 개정시, 마스터 포맷확장 데스크 팀을 구성하여 개발과정에서 건설업계 전반의 다양한 의견수렴을 진행하였으며 ’06년 이후로 연간 업데이트를 통해 매년 발간

1) 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구, 국토해양부, p. 71

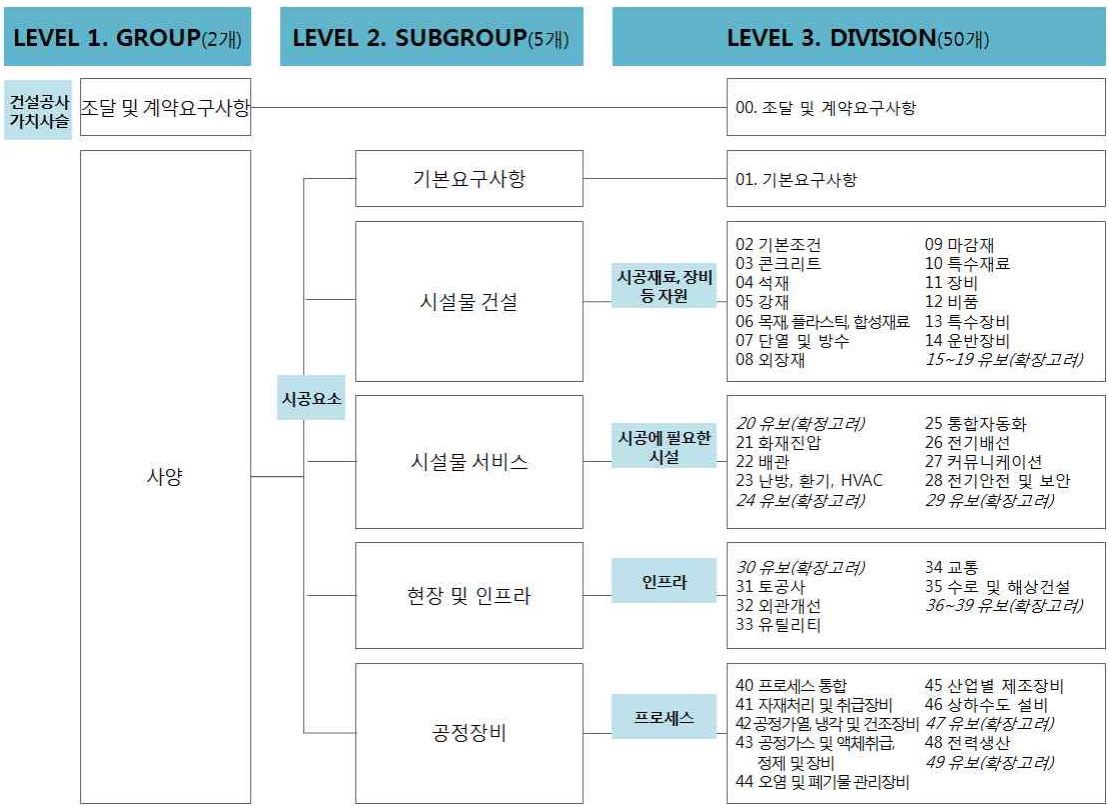
- 마스터포맷은 현재 북미 건설업계 전반에 활용되고 있는 프로젝트 매뉴얼, 건설 프로젝트를 구성하는 작업결과, 시방서, 세부 비용정보를 구성하고 도면기법을 시방서와 연계하기 위해 체계적인 분류번호와 제목으로 구성

○ 마스터포맷은 그룹(Group)과 하위그룹(Subgroup), 50개의 분과(Division)로 3개 계위로 구성

- 그룹(Group)은 사업관리 용이성을 위해 건설공사 가치사슬에 따라 조달 및 계약요구사항(Procurement and Contracting Requirement Group), 사양(Specification Group) 등 2개로 구성

- 하위그룹(Subgroup)은 시공요소에 따라 기본 요구사항(General Requirement Subgroup), 시설물 건설(Facility Construction Subgroup), 시설 서비스(Facility Service Subgroup), 현장 및 인프라(Site and Infrastructure Subgroup), 공정장비(Process Requirement)로 구분

- 각 하위그룹별로 그룹 특성에 따라 자원, 시설, 인프라, 프로세스 및 실제 수행활동을 기준으로 세부 분과를 분류



[그림 2-2] 마스터포맷 단계별 분류기준

<표 2-1> MasterFormat의 구성체계

PROCUREMENT AND CONTRACTING REQUIREMENTS GROUP

Division 00 – Procurement and Contracting Requirements
Introductory Information
Procurement Requirements
Contracting Requirements

SPECIFICATIONS GROUP

GENERAL REQUIREMENTS SUBGROUP

Division 01 – General Requirements

FACILITY CONSTRUCTION SUBGROUP

Division 02 – Existing Conditions
Division 03 – Concrete
Division 04 – Masonry
Division 05 – Metals
Division 06 – Wood, Plastics, and Composites
Division 07 – Thermal and Moisture Protection
Division 08 – Openings
Division 09 – Finishes
Division 10 – Specialties
Division 11 – Equipment
Division 12 – Furnishings
Division 13 – Special Construction
Division 14 – Conveying Equipment
Division 15 – Reserved for Future Expansion
Division 16 – Reserved for Future Expansion
Division 17 – Reserved for Future Expansion
Division 18 – Reserved for Future Expansion
Division 19 – Reserved for Future Expansion

FACILITY SERVICES SUBGROUP

Division 20 – Reserved for Future Expansion
Division 21 – Fire Suppression
Division 22 – Plumbing
Division 23 – Heating, Ventilating, and Air-Conditioning (HVAC)
Division 24 – Reserved for Future Expansion
Division 25 – Integrated Automation
Division 26 – Electrical
Division 27 – Communications
Division 28 – Electronic Safety and Security
Division 29 – Reserved for Future Expansion

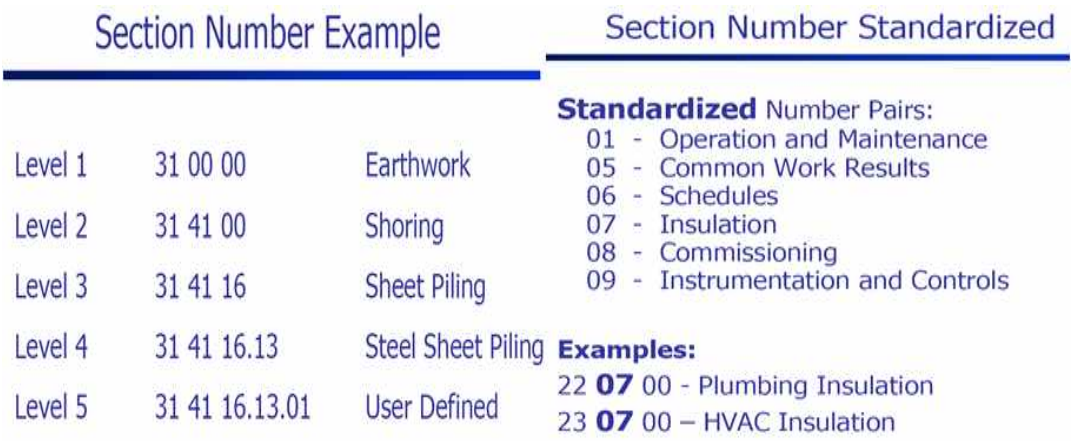
SITE AND INFRASTRUCTURE SUBGROUP

Division 30 – Reserved for Future Expansion
Division 31 – Earthwork
Division 32 – Exterior Improvements
Division 33 – Utilities
Division 34 – Transportation
Division 35 – Waterway and Marine Construction
Division 36 – Reserved for Future Expansion
Division 37 – Reserved for Future Expansion
Division 38 – Reserved for Future Expansion
Division 39 – Reserved for Future Expansion

PROCESS EQUIPMENT SUBGROUP

Division 40 – Process Integration
Division 41 – Material Processing and Handling Equipment
Division 42 – Process Heating, Cooling, and Drying Equipment
Division 43 – Process Gas and Liquid Handling,
Purification, and Storage Equipment
Division 44 – Pollution and Waste Control Equipment
Division 45 – Industry-Specific Manufacturing Equipment
Division 46 – Water and Wastewater Equipment
Division 47 – Reserved for Future Expansion
Division 48 – Electrical Power Generation
Division 49 – Reserved for Future Expansion

○ 마스터포맷은 5단계의 번호체계로 구성되며, 4단계(발주기관 식별번호)와 5단계(사용자 추가정의)는 필요에 따라(optional number) 사용할 수 있도록 하고 있음



출처 : 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구, 국토해양부, p. 79 인용

[그림 2-3] CSI의 MasterFormat 코드체계(Numbering system)

- 동일 공종이라도 발주청에 따라 차이점이 있는 경우에는 고정된 6자리 코드 뒷자리에 2자리의 코드를 부가하여 구분 가능

UFGS MasterFormat 2004 Conversion Matrix
MasterFormat ™ 2004 to MasterFormat ™ 1995
April 1, 2006

Masterformat 2004 Number	UFGS Section Title as Published in April 2006	Preparing Activity	MasterFormat 1995 Number
28 31 73.00 20	EXTERIOR FIRE ALARM SYSTEM, CLOSED CIRCUIT TELEGRAPHIC TYPE	NAVFAC	13851 N
28 31 74.00 20	INTERIOR FIRE DETECTION AND ALARM SYSTEM	NAVFAC	13852 N
28 31 75.00 10	CENTRAL FIRE ALARM SYSTEM, DIGITAL ALARM COMMUNICATOR TYPE	USACE	13853 A
28 31 76	INTERIOR FIRE ALARM AND MASS NOTIFICATION SYSTEM	USACE	13859
28 33 00.00 40	GAS DETECTION SYSTEMS	NASA	13854 S
28 40 01	WATCHTOUR SYSTEM [FOR BRIG FACILITIES]	NAVFAC	13799
DIVISION 31	EARTHWORK		
31 00 00	EARTHWORK	USACE	02300
31 00 00.00 40	EARTHWORK	NASA	02300 S
31 05 19	GEOTEXTILE	USACE	02373
31 05 20	GEOSYNTHETIC DRAINAGE LAYER	USACE	02374
31 05 21	GEOGRID SOIL REINFORCEMENT	USACE	02375
31 05 22	GEOTEXTILES USED AS FILTERS	USACE	02378
31 10 00	CLEARING FOR CIVIL WORKS	USACE	02233
31 11 00	CLEARING AND GRUBBING	USACE	02231
31 21 00	PIPING; OFF-GAS	USACE	02150
31 21 13	RADON MITIGATION	NAVFAC	13287
31 23 00.00 20	EXCAVATION AND FILL	NAVFAC	02315 N
31 31 16	SOIL TREATMENT FOR SUBTERRANEAN TERMITE CONTROL	USACE	02360
31 31 16.19	TERMITE CONTROL BARRIER SYSTEM	NAVFAC	02363

출처 : 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구, 국토해양부, p. 80 인용

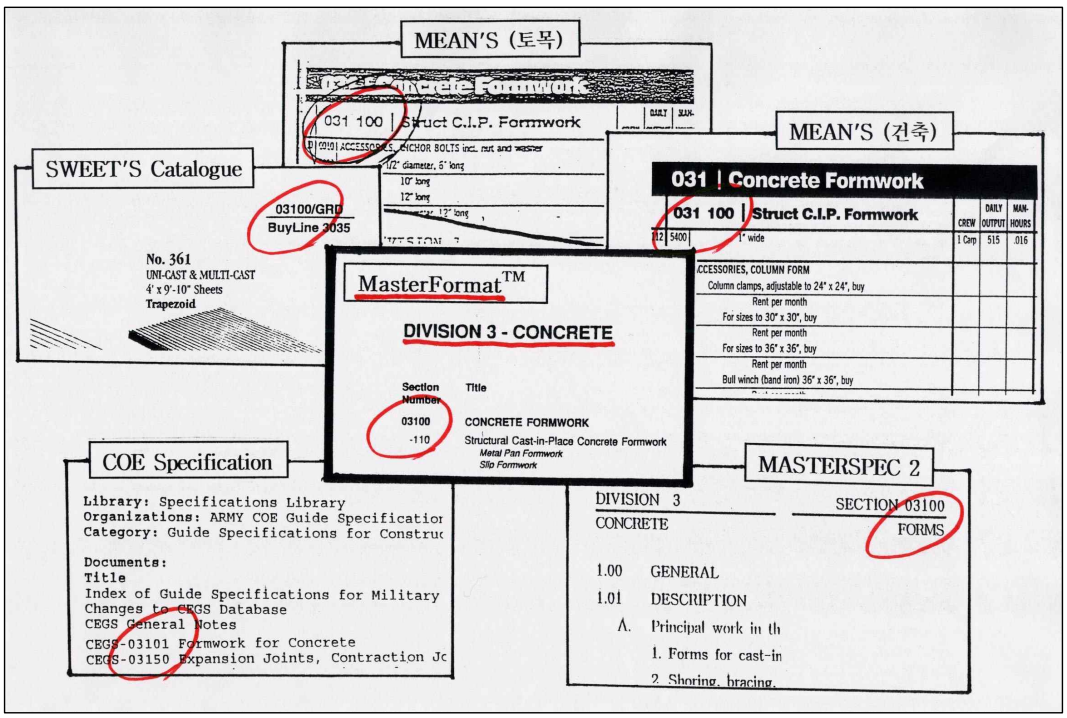
[그림 2-4] MasterFormat의 발주청별 기준 표시(5단계)

○ MasterFormat의 활용

- 마스터포맷은 북아메리카에서 건설 프로젝트 매뉴얼을 제작할 때 가장 널리 사용되고 있는 시스템이며, 건설 정보를 조달 및 계약 요구사항과 활동 및 작업 관행의 기술 범주들로 분류하는 마스터포맷의 시스템은 설계와 건설에 사용되는 모든 정보에 적용

  · 특히, 비용분석, 도면표기법, 건설시장 데이터 분석, 시설관리를 하는데 마스터포맷의 번호와 타이틀을 활용함으로써, 통합된 정보관리가 가능

- 다음 그림은 MasterFormat 에서 제시한 네가지 적용분야인 시방서, 자재 및 자료정리, 프로젝트 파일링, 비용관리 및 견적에 실제 응용되고 있는 각종 사례를 도식화 한 것으로 북미지역에서 대부분의 건설관련 정보분류체계는 MasterFormat 에 근거



[그림 2-5] MasterFormat의 적용 사례(예)

(2) 영국

□ **영국의 건설공사기준은 영국표준협회(BSI : British Standard Institute)[2]에서 발행하는 국가기준인 BS(British Standard)와 발주기관과 학·협회에서 발행한 전문시방서 및 가이드 시방서로 구분**

<표 2-2> 영국의 건설공사기준

분야	발행기관	설계기준 및 표준시방서	특징
국가 표준기관	BSI (영국표준기관)	국가 기준 (British Standards)	설계 및 시공기준
발주기관	DFT (Department for Transport) (교통부)	도로공사 시방서	전문 시방서
학·협회	RIBA Companies Ltd (왕립건축학회 자회사)	국가 건축공사 시방서 (National Building Specification)	가이드 시방서
	CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers)와 BSRIA (Building Services Research and Information Association)	국가 엔지니어링 시방서 ※ 기계·전기 설비공사 (National Engineering Specification)	가이드 시방서
	BTS(영국터널학회) ICE(영국토목학회)	터널공사 시방서	
	영국건설강구조물공사협회 & 강재건설학회	국가 건축강구조물공사 시방서	
	ICE(영국토목학회)	말뚝공사 및 보강토옹벽 시방서	
	ICE(영국토목학회)	지하연속벽공사 시방서	
	ICE(영국토목학회)	지반처리 시방서	
	ICE(영국토목학회)	구조요소 설계 매뉴얼	
	ICE(영국토목학회)	하천 및 수로 호안 : 설계 매뉴얼	
	ICE(영국토목학회)	방파호안시스템 : 설계 매뉴얼	

출처 : 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구, 국토해양부, p.82 인용

2) BSI는 1901년 기술전문가 단체로 설립되어 1929년에 Royal Charter(단체설립 칙령)에 따라 국가로부터 정식 인가를 받았고, 영국의 국가표준기관으로 ISO에 참여하고 있음.

○ 현재 건설분야의 BS(British Standard)코드는 약 7,303개 이고, 일부 코드는 유로코드(EN)로 채택되고 있음.

- BS코드는 현재 86개국의 35,500명 이상이 BSI의 운영 시스템에 등록하여 사용하고 있음

<표 2-3> 영국의 BS Code 현황

구분	발행기관	건설공사기준	특징
BS (British Standards)	BSI 영국표준 기관	※ BS코드를 카테고리별 분류 Building & Construction 분야 • 건설 자재 (아스팔트, 콘크리트, 유리, 펜스, 지붕, 철재, 목재 등) • 건설 제품 지침(CE 마크) 건설 프로젝트 관리 (프로젝트 관리, 자산, 정보분류체계, 설계관리시스템등) • 크레인 설계 및 안전 (크레인, 안전, 훈련, 구조설계, 기술제품시방서) • 장애인 접근성 (장애인에 대한 빌딩 어프로치) • 유로코드와 실행방법 • 시설물 관리 • 빌딩에서의 화재 안전 및 경보 (비상조명, 화재감지 및 경보시스템, 설계 및 화재안전, 스프링클러, 화재 실험 등) • 지반조사 및 시험 • 건강, 안전 및 규정 • 리프트와 에스컬레이터 • 건축구조 설계 (건축설계/구조설계의 협업, 알루미늄 구조 설계 등) • 공급망 관리 및 리스크(자연재해, 정치/문화적 위험 요소에 따른 리스크 대응) • 지속성(Eco 설계, 에너지와 유틸리티, 환경관리, 리사이클링등) • 유틸리티와 빌딩 인테리어(급수, 옥내전, 가스보일러, 배관 설비, 전기 설비 등) • 고소 작업(추락방지, 작업자 보호 시설물 및 안전장비, 안전교육)	
		※ BS코드를 카테고리별 분류 BS 5400 합성 교량설계	
		BS 5950 강구조 Part 3 합성보 Part 4 합성슬래브 Part 8 내화구조설계	Eurocode 3의 모체가 됨
		BS 8110 철근콘크리트구조	Eurocode 2의 모체가 됨

출처 : 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구, 국토해양부, p.85 인용

○ 영국의 시방서 체계는 시방서 작성 전문기관에서 발행한 시방서와 발주기관별 자체 시방서(전문시방서)로 구분됨[3)]

- 시방서 작성 전문기관에서 발행한 시방서에는 왕립건축학회 소유인 RIBA Companies Ltd.에서 발행하는 국가건축공사시방서(National Building Specification, NBS)가 있음

3) 한국건설기술연구원 (2000), 시방서, 설계기준 등 건설공사기준 발전방안 연구, 한국건설기술연구원, p.40

- 또한 토목학회에서 발행한 말뚝공사 시방서, 지반처리 시방서 등 공종별 시방서와 영국표준협회의 영국표준(British Standards, BS) 등이 있음
- 국가건축공사시방서(NBS)는 수정 편집하여 공사시방서를 작성하기 위한 가이드시방서임

<표 2-4> 영국 시방서의 종류

발행기관	시방서 작성 전문기관	발주기관
명칭	시방서	시방서
사례	*토목학회의 말뚝공사 시방서 *국가건축공사 시방서(NBS) *영국표준(BS)	*교통부(DfT) 도로공사 시방서
비고	NBS는 가이드시방서 형태임	교통부(DfT) 도로공사 시방서는 표준시방서 형태임

□ **영국 건축공사의 경우 대부분 '국가건축공사시방서(NBS)'를 이용하고 있는데, 이 시방서의 공종분류체계는 CAWS(Common Arrangement of Work Sections for building works)를 따름[4)]**

<표 2-5> 영국의 국가건축공사시방서(NBS)의 체계 예시

A. 공사일반 B. (없음) C. 철거 및 개보수공사 D. 토공사 E. 현장타설 및 PC콘크리트공사 F. 조적공사 G. 철골조 및 목구조공사 H. 수장공사 I. (없음) J. 방수공사 K. 칸막이공사 L. 창호 및 계단공사 M. 마감공사	N. 가구 및 기기공사 O. (없 음) P. 잡공사 Q. 포장, 조경, 울타리, 외부비품공사 R. 폐기물처리공사 S. 배관공사(오폐수및전기제외) T. 냉난방공사 U. 공조공사 V. 전기공사 W. 통신, 보안, 감시공사 X. 운송설비공사 Y. 설비품목시방 Z. 기타 시방

출처 : 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구, 국토해양부, p.84 인용

○ NBS는 주기적으로 개정되는데, 사용자는 매년 사용료를 지불함으로써, 개정판을 사용할 수 있으며 NBS는 8명으로 구성된 팀에 의해 작성·개정되는데 산업전문가, 거래조합, NBS회원 등의 심의를 거침

4) 한국건설기술연구원 (2000), 시방서, 설계기준 등 건설공사기준 발전방안 연구, 한국건설기술연구원, p.41

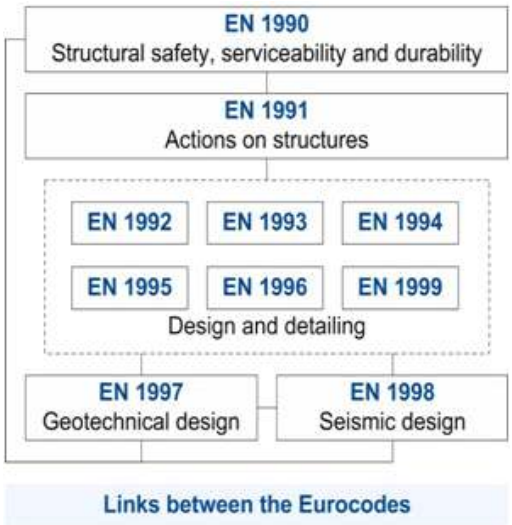
(3) 유럽

□ **유럽규격위원회(CEN: European Committee for Normalization)는 구조물 설계방법에 관한 기준인 유로코드(Eurocodes) 체계를 완성**

○ 유럽표준화기구인 CEN은 벨기에 법에 의거하여 EU국가와 EFTA(European Free Trade Association) 국가의 표준화 작업기구들의 모임인 국제적인 단체

- ISO의 부속 위원회인 TC 250인 CEN은 유럽 18개 국가로 구성되어 있으며, 현재 구조물의 모든 면을 다루는 소위 유로코드(eurocode)를 개발[5)]
- 총 9개의 부분으로 이루어진 유로코드는 공용성을 기준으로 한 한계상태설계법으로 기본으로 하고 있음

<표 2-6> 유럽의 유로코드 구성 및 연관

유로코드 구조물 설계기준 코드체계	
EN 1990 : Eurocode 0 구조물 설계의 기본	
EN 1991 : Eurocode 1 구조물의 거동과 하중	
EN 1992 : Eurocode 2 콘크리트 구조물의 설계	
EN 1993 : Eurocode 3 강구조물의 설계	
EN 1994 : Eurocode 4 합성구조물의 설계	
EN 1995 : Eurocode 5 목구조물의 설계	
EN 1996 : Eurocode 6 조적구조물의 설계	
EN 1997 : Eurocode 7 지질공학물의 설계	
EN 1998 : Eurocode 8 구조물의 내진 설계	
EN 1999 : Eurocode 9 알루미늄구조물 설계	

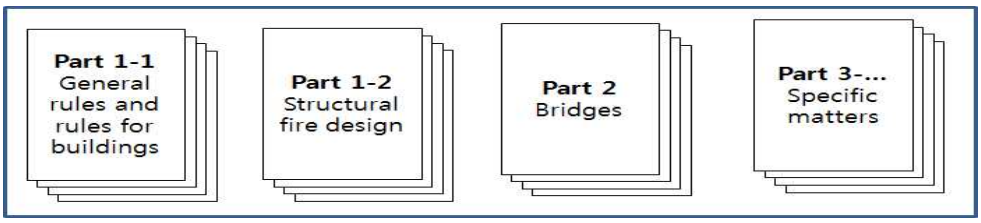
○ 유로코드는 토목과 건축의 일반적인 구조물(빌딩, 교량, 일반구조물, 탱크, 파이프, 사일로, 타워 등)에 대한 설계기준을 제시하고 있으며 가장 널리 사용 중

- 단 철도, 댐, 장대교량, 터널 등 특수한 구조물에 대해서는 별도의 설계기준을 사용할 것을 권장

5) 윤길림 (2001), "차세대 구조물 기초 설계기준" 지반, p.52.

○ 유로코드는 10개의 대분류, 58개 세부코드로 관리되고 있으며 일반사항 및 규정, 교량, 특수재료 등 3개 파트로 기술

- 각 유로코드(단, 유로코드 1990 제외)는 아래 그림과 같이 일반사항 및 규정, 적용 시설물, 특수한 재료 등 3개의 파트로 구성되어 기술



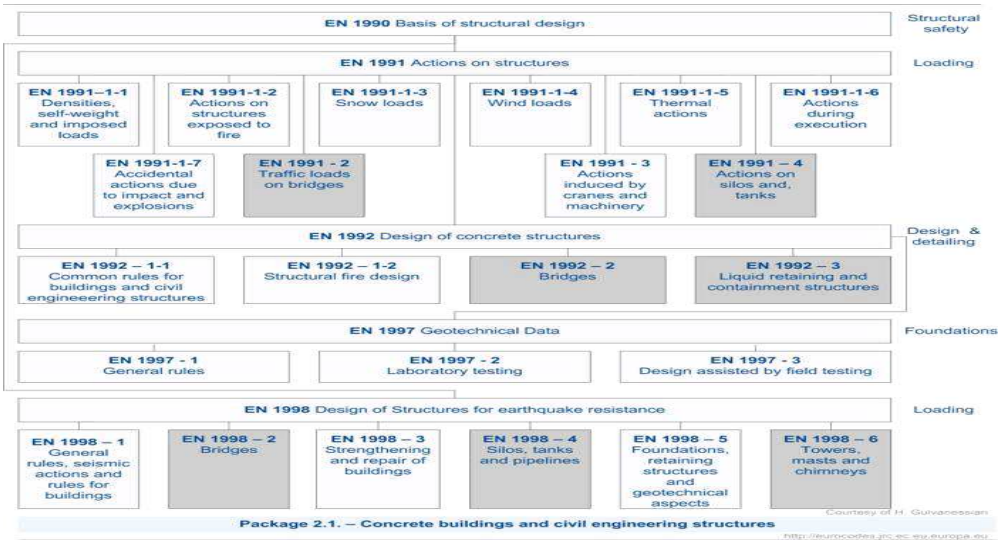
[그림 2-6] 유로코드의 상세내용 구성(예시)

· 유로코드 2 콘크리트 구조물의 설계의 하위코드 구성은 다음 표와 같음

<표 2-7> 유로코드 2의 하위코드 구성(예)

EN 1992 : Eurocode 2 콘크리트 구조물의 설계
EN 1992-1-1: 2004 : 일반기준과 빌딩구조물 설계기준
EN 1992-1-2: 2004 : 화재설계 일반기준
EN 1992-2: 2005 : 교량구조물 설계기준
EN 1993-3: 2006 : 탱크 및 용기구조물 설계기준

· 유로코드콘크리트 건축물과 토목구조물의 패키지 구성(예)은 아래 그림과 같음



[그림 2-7] 콘크리트 건축물과 토목구조물의 패키지 구성(예)

2.2.2 국내 기술분류체계

(1) 국가과학기술표준분류체계

○ 국가과학기술표준분류체계는 '과학기술정보 관리·유통, 과학기술인력 관리의 효율화, 국가연구개발사업의 효율적 기획·관리를 위해 공동으로 활용하기 위한 과학기술 전 분야에 대한 국가 표준 분류 틀'임

- '국가연구개발사업 조사·분석, 국가연구개발활동조사, 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 등에 기본적 분류 틀로 적용'되는 분류체계(국가과학기술위원회, 2012)[6)]
- 전체 과학기술 전반을 포함하고 있으며, 건설/교통분야는 13개 중분류, 92개 소분류로 구성되어 있음
- 시설물 설계/해석기술, 건설시공/재료, 도로교통기술, 철도교통기술 등 중분류와 소분류에 대한 분류가 시설물 분류와 건설생애주기 분류가 혼재되어 있는 형태
- 재해, 교통수단 등 국토교통과 밀접한 분야가 기계 등 타 분야로 분류되어 있어 국토교통 분야 기술수준조사를 위한 분류체계로 활용하기에는 부적합

<표 2-8> 국가과학기술표준분류체계-건설/교통(예시)

중분류	소 분 류	중분류	소 분 류
EI02 국토 공간 개발 기술	EI0201. 국토지능화/공간정보 EI0202. 지능형 생태도시 EI0203. 대공간 지상건축물 EI0204. 지하대공간 EI0205. 해저공간 EI0206. 인공섬/준설 매립기술 EI0207. 경관관리 EI0299. 달리 분류되지 않는 국토공간개발기술	EI08 해양 안전/ 교통 기술	EI0801. 선박운항 안전기술 EI0802. 해상교통 관제기술 EI0803. 인적안전기술 EI0804. 항만/항로 설계기술 EI0805. 해양안전 방재기술 EI0899. 달리 분류되지 않는 해양안전/교통기술
EI03 시설물 설계/ 해석 기술	EI0301. 설계 표준화기술 EI0302. 설계 정보화기술 EI0303. 도로 EI0304. 교량 EI0305. 플랜트 EI0306. 지반구조/터널 EI0307. 건축 EI0308. 철도 EI0309. 항만 EI0399. 달리 분류되지 않는 시설물 설계/ 해석기술	EI09 수공 시스템 기술	EI0901. 수리/수문 조사/해석기술 EI0902. 수자원계획기술 EI0903. 수자원 통합관리기술 EI0904. 해안/항만/해양개발기술 EI0905. 수리구조물설계기술 EI0906. 하천설계기술 EI0907. 생태수리/수문기술 EI0999. 달리 분류되지 않는 수공시스템기술

6) 국가과학기술위원회, 2012년도 국가과학기술표준분류체계 개선방안(안), 2012.9

(2) 국가통합교통체계효율화법의 기술분류

○ 교통 분야는 국가통합교통체계효율화법에 따른 '교통신기술의 지정 및 보호 등에 관한 규정(국토교통부 고시 제2013-43호)'에 의하여 교통신기술 지정대상 분류표에 기술분류체계가 제시

- 교통수단, 교통시설, 운영 및 관리 3개 대분류로 구분하고, 중분류는 각 대분류에 해당하는 시설물별로 나뉘어 있어 국토분야와 통합분류체계 수립시 도로시설, 철도시설 등의 분야에서 국토분야와 중복성이 일부 발생가능함

<표 2-9> 교통신기술 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
교통수단	자동차	승용차, 승합차, 대중교통수단(준대중교통수단, 신대중교통수단 포함), 화물자동차, 환경친화적 차량, 첨단지능형차량, 수륙양용교통수단, 수중교통수단, 기타 신교통 수단, 특수자동차 등
	철도차량	고속철도차량, 도시철도차량(중량), 도시철도차량(경량), 도시철도차량(소형), 일반철도차량(동력차), 일반철도차량(객차), 일반철도차량(화차), 신궤도교통수단, 특수차량, 자기부상차량, Combi -Road, Double stack train, 전기.디젤겸용 다목적 기관차(Hybrid형 기관차), 전기.축전지 겸용 기관차, Super-Rail Cargo, Cargo-Sprinter, 발전차 등
	항공기	사업용 항공기, 개인용 항공기, 특수목적 항공기, 실험용 항공기, 초경량비행장치 등
	선박	여객선, 화객선, 일반화물선, 컨테이너선, 살물선, 광석운반선, 목재운반선, 철운반선, 냉장화물선, 자동차운반선, 원유운반선, 액화가스운반선, 어선, 바지선, 예인선, 위조선, 초고속선, 초대형선 등
교통시설	도로	교차로(신호교차로, 비신호교차로), 도로표지, 주차장, 노면표시, 안전표지, 주차시설, 도로시설(조명, 지주, 반사경, 중앙분리대, 가드레일, Crash cushion), 기타도로구조물, 보행자 보호시설, 터미널, 화물터미널, 집배송센터, 화물취급장, 유통단지, 복합화물터미널, 여객터미널, 도로 물류시설 등
	철도	궤도, 건널목, 차량기지, 부대시설, 여객터미널, 선로구조물(터널, 교량, 토공시설, 분기기 등), 선로보수기지, 역시설, 차량정비기지 및 차량유치시설(사무소, 기지), 전철전력시설, 송.변전시설, 신호제어시설, 정보통신시설, 비상대피설비, 철도물류시설 등
	공항	활주로, 유도로, 계류장, 착륙대, 항행안전시설, 통신관제시설, 하역보관시설, 부대지원시설, 여객터미널, 화물터미널, 도심공항터미널, 공항보안시설, 공항 물류시설 등
	항만	컨테이너부두, 항만보세창고, 냉장.냉동창고, 건하물부두, 재래부두, 항만장비, 하역장비, 연계운송장비, 피더항만, 굴입식터미널, 자동화터미널, 항만성능평가기술, 항만 물류시설, 내륙운하시설 등
운영 및 관리	도로운영	<생략>
	철도운영	
	항공운영	
	항만운영	

(3) 건설신기술 분류체계

○ 건설신기술 유사기술 분류체계는 토목, 건축, 기계설비의 3개 대분류로 구분하고, 중분류는 시설물별과 공종, 소분류는 건설생애주기와, 공법, 구성요소 등으로 혼재하여 분류

<표 2-10> 건설신기술 분류체계

대분류	중분류	소분류
A 토목	01.도로	01. 도로 구조 설계, 02. 콘크리트 포장 및 유지보수, 03. 아스팔트 포장 및 유지보수, 04. 도로기층, 05. 교면포장, 06. 도로안전시설, 07. 방음벽, 08. 도로 경계석, 09. 맨홀, 10. 기타 도로 시설
	02.철도	01. 철도궤도 설계, 02. 궤도, 03. 철도시스템운영, 04. 신호 및 제어, 05. 철도 유지.보수.보강, 06. 철도 차량, 07. 기타 철도시설
	03.항만 및 해안	01. 준설 및 매립, 02. 항만 및 해안 구조물, 03. 수중 구조물, 04. 항만 부속 시설, 05. 항만 시설물 유지.보수, 06. 방파제, 07. 기타 항만 및 해안 시설
	04.상.하수도	01. 관로 설계 및 프로그램, 02. 상수도 관로 설치 및 유지 보수, 03. 하수도 관로 설치 및 유지 보수, 04. 상수 처리, 05. 하수 처리, 06. 상.하수도 오니준설, 07. 기타 상하수도 시설
	05.수자원	01. 수자원 설계 및 프로그램, 02. 호안조성, 03. 댐, 04. 보, 05. 하천 수질 정화 시설, 06. 지하수 및 관리, 07. 기타
	06.교량	01. 교량 설계 및 구조, 02. 교량 상부구조물, 03. 교량받침, 04. 교량거더, 05. 가설시설물, 06. 교량 부속 시설물, 07. 교량 유지.보수, 08. 기타 교량시설
	07.터널	01. 터널 구조 및 설계, 02. 터널 구조물 설치, 03. 터널 보강 안정, 04. 터널 굴착(발파), 05. 터널방수, 06. 터널 유지보수, 07. 터널환기시설, 08. 기타 터널시설
	08.토질 및 기초	01. 지반환경 조사 및 측정, 02. 지반 개량 및 보강, 03. 지반 굴착, 04. 말뚝(Pile), 05. 토목 지중 구조물, 06. 흙.물막이공, 07. 사면 관리 및 보강, 08. 옹벽(보강토 옹벽 포함), 09. 기타 토질 및 기초 시설
	09.조경	01. 사면녹화, 02. 식재조성, 03. 수목지지, 04. 기타 조경시설
	10.측량	01 수치지도, 02. 하천측량, 03. 기타 측량
	11.토목구조물 보수보강	01. 토목 콘크리트 보수보강, 02. 방식, 03. 기타 구조물 보수보강
B 건축	01.건축계획 및 관리	01. 설계 및 프로그램, 02. 기타 건축계획
	02.가설시설물	01. 안전가시설, 02. 기타 가설물
	03.조경	01. 옥상녹화, 02. 기타 조경
	04.기초	01. 기초다짐 및 지정, 02. 기초 보강, 03. 기타 기초
	05.철근콘크리트	01. 콘크리트 제조 타설, 02. 철근 가공 및 조립, 03.거푸집 , 04. 철근콘크리트 골조, 05. 복합 구조체, 05. PC(Precast Concrete), 06. 기타 철근콘크리트
	06.철골	01. 철골 가공 및 조립, 02. 데크플레이트, 03. 철골 내화 피복뿜칠, 방식, 04. 복합 구조체, 05. 철골계단, 06. 기타 철골
	07.조적	01. 벽돌, 02. 블록, 03. 기타 조적,
	08.마감	01. 석공, 02. 타일, 03. 목공, 04. 금속, 05. 유리, 06. 지붕홈통, 07. 미장, 08. 창호, 09. 도장, 10. 수장, 11. 단열, 12. 건축물세척, 13. 기타 마감,
	09.방수	01. 일반방수, 02. 복합방수, 03. 구체 방수 및 지하외방수
	10.특수 건축물	01. 초고층 건축물, 02. 쉘, 돔, 아치형 구조물, 03. 비정형 구조물, 04. 복합구조물, 05. 내진구조물, 06. 친환경 건축물, 07. 기타 특수 구조물
	11.해체	01. 발파식 해체, 02. 기계식 해체, 03. 기타 해체
	12.보수보강	01. 건축 보수보강, 02. 콘크리트구조물 보수, 보강, 03. 기타 보수보강
C 기계 설비	01.건설기계	01. 건축기계설비, 02. 공기조화/냉난방설비, 03. 소방설비, 04. 배관설비 05. 파쇄설비, 06. 순환골재 제조설비, 07. 기타 건설기계
	02.플랜트	01. 신산업플랜트설비, 02. 복합플랜트설비, 03. 기타 플랜트
	03.통신전자 및 제어설비	01. 계측 및 제어설비, 02. 자동화 시스템설비, 03. 기타 통신전자 및 제어설비
	04.환경기계설비	01. 환경기계설비, 02. 폐기물처리설비, 03. 기타 환경기계설비

(4) 도로교통분야 기술분류체계

○ 한국건설기술연구원은 도로분야에 한정하여 전문가들과 협의를 통해 세부적인 기술분류체계를 수립한 바 있음[7)]

○ 동 연구에서는 기존의 선행연구이니 「2013년 국토교통분야 기술수준분석」의 도로교통분야 기술분류체계와 연속성을 유지하는 한편, 구성시스템, 공법/공정 등을 고려하여 3개 대분류, 12개 중분류, 39개 소분류체계를 확립

- 대분류는 도로교통 분야의 공정을 고려하여 도로포장, 도로설계, 도로운영 및 관리 3개 분야로 구분
- 중분류와 소분류는 상위 기술유형에 따라 재료와 상세공정에 따라 분류

<표 2-11> 도로교통분야 기술분류체계

대분류	중분류	소분류	키워드
A. 도로 포장기술	A1. 콘크리트 포장기술	A11. 도로포장 성능기준 개발 기술	.도로포장 성능, 성능평가 기준
		A12. 쾌속 도로포장 시공 및 유지보수 기술	.쾌속 도로포장, 시공 및 유지보수
	A2. 아스팔트 포장기술	A21. 섬유보강 포장혼합물 기술	.재생 플라스틱, 섬유보강, 포장 혼합물
		A22. 슬래브 모듈러 카펫(카페트) 도로시스템 기술	.슬래브 모듈러 시스템, 카펫(카페트)도로
		A23. FRA 복합포장 혼합물 및 구조해석 기술	.FRA, 복합포장 혼합물, 구조해석 기술
		A24. 기능성 복합포장 기술	.기능성 복합포장, 표층 혼합물
		A25. 복층형 아스팔트 페이버 기술	.복층형 아스팔트, 아스팔트 페이버, 포트홀 ·소성변형·골재탈리 방지
		A26. 중온화 아스팔트 기술	.중온화 아스팔트 기초소재, 중온화 아스팔트 포장재료, 중온화 아스팔트 현장 실용화, 중온화 아스팔트 생산 및 시공, 중온화 포장 장기 공용성, 중온화 아스팔트 포장 단면설계 시스템
		A27. 무보수(maintenance-free) 모듈러 도로포장 기술	.순환구조(closed-loop), 무보수(maintenance-free) 모듈러 (modular) 도로포장
	A3. 아스팔트 재료기술	A31. 재생섬유 기반 고기능 아스팔트 혼합물 기술	.폐 카펫(카페트) 재생, 재생 섬유, 고기능 아스팔트 혼합물
		A32. 중질유 부산물 활용 도로포장 재료·시공 기술	.중질류 경질화 부산물, 중질류 부산물 활용 도로포장 재료·시공기술, 저가 중질류 도로포장을 위한 합성원유(화학원료) 생산

7) 한국건설기술연구원, 건설 국가기여도 분석 및 시설물별 기술수준 조사, 2013.12

대분류	중분류	소분류	키워드
		A33. 도시 온도저감형 도로 기술	.도시 온도저감형 도로
		A34. 고분말도 혼화재 기반 시멘트 콘크리트 기술	.고분말도 혼화재, 교면포장용 시멘트 콘크리트
		A35. 차열성 코팅재 개발 기술	.차열성 코팅재
		A36. 알칼리 활성 시멘트 콘크리트포장 기술	.친환경 알칼리 포장, 알칼리 활성 시멘트 콘크리트 포장
		A37. 고성능 아스팔트 혼합물 플랜트 생산 기술	.고성능 아스팔트, 혼합물 플랜트 생산
	A4. 도로포장 시공·품질 관리 기술	A41. 도로포장 품질시험 기술	.도로포장 품질시험, 도로포장 현장조사
		A42. 역학적 도로포장 설계기술	.기후변화, 도로포장 설계기술, 도로포장 시공 품질관리
	A5. 특수(기능성) 포장기술	A51. 도로소음 모델링 기술	.도로소음, 도로 소음저감
		A52. 도로 노면 미끄럼 저항 증대 기술	.노면 미끄럼 저항, 미끄럼 방지, 미끄럼 저항 증대
		A53. 도로 배수성 포장 설계 및 시공기술	.도로 배수, 도로배수성 포장, 배수성 포장 설계/시공, 배수 시스템
B. 도로 설계기술	B1. 계획 및 평가기술	B11. 차로를 고려한 도로망 분석 기술	.도로망 계획
		B12. 도로용량 산정 기술	.도로 타당성평가 기술
		B13. 도로 환경성 설계, 경관 설계 기술개발	.도로경관 개선, 도로경관디자인 기술개발, 환경친화적인 도로건설 기술
	B2. 도로 설계기술	B21. 도로 설계지침/기준/편람	.도로 설계지침 국내 지형특성을 고려한 도로설계 지형구분 기준, 도로설계편람, 도로 기하구조 안전성 평가 기술, 도로용량증대를 위한 도로시설 개선기술, 이용자 중심의 도로설계 기법개선, 도시가로 설계기법 개발
		B22. 고령화 대비 도로설계기준/도로 선형 설계	.고령화 사회 대비 도로설계기준 개선, 노면배수를 위한 최소 도로 종단경사 기준
	B3. 교통정온화 설계기법	B31. 전자식 도로교통 소음 저감기술	.전자식 도로교통 소음 저감기술
		B32. 능동형 소음 저감 기술	.능동형 소음 저감 기술
C. 도로 운영 및 관리기술	C1. 도로 성능평가 기술	C11. 도로포장 성능평가 기술	.도로포장 성능평가 기술
		C12. 도로 혼잡도 진단 및 평가 기술	.교통혼잡 최소화 및 도로용량 확대를 위한 첨단교통(Smart Mobility) 로드맵
		C13. 도로 안전성 진단 및 평가 기술	.도로안전시설 지침 관리 및 개정 연구, 지반 붕괴 재해 방지용 고안전성 USN 센서노드 및 데이터 분

대분류	중분류	소분류	키워드
			석 시스템 개발, 재난·재해시 도로환경 재현 및 안전관리시스템 기획, 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발, 도로변 안전성 분석 및 사고피해 경감시스템 개발, 재난·재해시 도로환경 재현 및 안전관리시스템 기획, 전국 국도 위험도로 개량 기본계획 조사, 경사센서를 이용한 도로구조물 안전진단 시스템
	C2. 도로 운영 개선 기술	C21. 도로교통량 조사	.교통수요 예측 기술
		C22. 교통류 유도 기술	.회전교통량 분산식 임계 교차로 적용, 도시부 교통운영 효율화, 회전교차로 활성화 방안
	C3. 첨단도로 시스템 기술	C31. 교통정보 수집기술(ITS, ATMS)	.도로교통분야 ITS 표준화 사업, 다중영상기반 실시간 교통검지 기술, 77GHz 수평 편파에 기반한 차량 정체 탐지 고도화 교통기술, 다중출력 축검지센서 기반 교통정보 수집기술, 효율적인 ITS 성능평가를 위한 Universal 기준장비 개발, 교통정보 수집을 위한 다기능 영상 검지 기술, 교통관리시스템 ATMS 구축
		C32. 교통정보 기술(HUD, DSRC)	.대중교통 HUD 기술, 통합교통관리를 위한 교통정보 연계 및 제공체계, 데이터 웨어하우스 기반의 통합교통분석 시스템 개발, 구간통행정보 관리 시스템 개발, 스마트폰 기반 기상 정보를 연계한 실시간 국도 교통정보 제공 기술, 악천후 노면정보서비스 고도화 기술, 교통정보 안내전화 통합운영 시스템, 고속도로 기상정보 체계, 운전자친화형 교통정보표출기술, 실시간 환승교통 종합정보(TAGO) 시스템, 스마트 도로교통 정보센터, 국도에서 DSRC를 활용한 교통정보 고급화
		C33. 교통상황 예측정보 평가	.교통상황 예측정보 평가
	C4. 도로 시설관리 기술	C41. 도로 포장관리시스템(PMS) 기술	.도로 포장관리시스템(PMS) 기술
		C42. 도로 시설정보 수집 관리 첨단화 기술	.도로관리통합시스템(HMS), 도로정보 수집을 위한 도로조사장비 성능향상, 악천후 노면정보서비스 고도화 기술
		C43. 도로 유지관리 및 자산관리 기술/USN 핵심기술	.도로 유지관리 및 자산관리 기술, 도시 공공시설물 관리를 위한 USN 핵심기술 개발(도로)

(5) 「2015 국토교통분야 기술수준조사」의 기술분류체계

○ 동 기술분류체계는 목적 및 목표부합성, 포괄성, 논리 및 연관구조, 기술범위의 적정성, 중복성, 기술명의 대표성이라는 6대 원칙하에 기술분류별 특성에 따라 「2013년 국토교통기술수준조사」의 분류체계를 바탕으로 조정·수립

- 동 기술분류체계는 국내에서 수행하고 있거나, 수행할 것으로 예측되는 국토교통분야 관련 기술을 포괄하며 정책, 시장, 기술동향분석과 기술수준조사가 가능한 범위로 한정하여 수립
- 또한 국가과학기술표준분류체계의 'EI 건설/교통분야'의 범위를 포괄하되, 최근 이슈화되고 있는 분야와 융복합 분야를 포괄

○ 2년 주기로 기술수준조사가 이루어짐에 따라 기술분류체계의 일부 조정이 발생되나, 원칙적으로 조사결과의 시계열성을 확보해 정책적 함의를 높일 수 있도록 대분류와 중분류는 가급적 틀을 유지하는 방향으로 설계

○ '15년 국토교통분야 기술분류체계는 대분류 9개, 중분류 32개, 소분류 113개로 수립[8)]

- 본 연구의 대상이 되는 시설물 분야는 1개 대분류, 5개 중분류, 18개 소분류로 구성
  - · 대분류는 일반적으로 권장되는 '적용형' 전개방식을 채택하여 적용대상 목적물을 기준으로 분류하여, '시설물' 분야로 명명

※ 적용형 방식은 원리가 적용되는 구체적인 기술 또는 상품을 중심으로 한 수요측면의 분류로 기술의 성격과 원리에 기반한 공급측면의 원리형 분류방식과 차별화

  - · 중분류와 소분류는 시설물의 범위와 특성을 고려하여 목적물을 중심으로 구분

<표 2-12> 2015년 국토교통 기술수준분석의 분류체계

대분류	중분류	소분류
A. 건축	A1. 주거 및 단지 건축	A11. 주거건축
		A12. 단지건축
	A2. 첨단/융복합건축	A21. 녹색건축
		A22. ICT융복합건축
	A3. 초대형/특수건축	A31. 초고층(복합)건축
		A32. 대공간 건축
		A33. 특수환경 건축
		A34. 전통 건축
	A4. 건축물 성능향상	A41. 건축물 리모델링

8) 국토교통과학기술진흥원, 2015 국토교통기술수준분석 총괄보고서, 2015.12

대분류	중분류	소분류
		A42. 건축물 구조/안전/보안성능
		A43. 건축물 유지관리
		A44. 건축물 설계/시공성능
		A45. 건축물 에너지 성능
		A46. 건축 재료 성능
B. 도시	B1. 도시 인프라 구축·관리 및 운영	B11. 도시 인프라 의사결정지원
		B12. 도시 재난·재해 대응
		B13. ICT 융복합 도시구축 및 관리
	B2. 도시재생	B21. 도시공개공지 및 녹지조성
		B22. 커뮤니티기반 도시 재생
	B3. 공간정보	B31. 3차원 도시공간정보
		B32. 지리정보체계/원격탐사
C. 시설물	C1. 교량	C11. 강구조 및 합성구조교량
		C12. 콘크리트교량
		C13. 신소재복합재료구조 및 특수교량
	C2. 터널 및 지하공간	C21. 육상터널
		C22. 해저/침매터널
		C23. 부유식터널
		C24. 대심도터널
		C25. 지하대공간
	C3. 사면/지반조사/기초	C31. 사면보호/보강/유지관리
		C32. 지반조사/개량
		C33. 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체
	C4. 항만 및 해양구조물	C41. 해양준설/매립
		C42. 항만 및 해안구조물
		C43. 수중구조물
		C44. 인공섬
	C5. 특수구조물	C51. 고압극저온 구조물
		C52. 방호구조물(방탄/방폭)
		C53. 우주구조물
D. 플랜트	D1. 발전플랜트	D11. 화력발전
		D12. 원자력발전
		D13. 핵융합발전
		D14. 수력발전
	D2. 자원개발플랜트	D21. 석탄가스화
		D22. 오일샌드셰일가스추출
		D23. 심해저자원개발
		D24. 자원이송/스테이션
		D25. 가스플랜트

대분류	중분류	소분류
	D3. 신재생에너지플랜트	D31. 풍력발전
		D32. 해양에너지
		D33. 바이오가스화
		D34. 태양광/태양열발전
		D35. 지열발전
		D36. 수소생산/인프라
	D4. 담수처리 및 환경플랜트	D41. 해수담수화
		D42. 폐기물처리
		D43. 수처리
		D44. 대기오염방지 및 CCS
E. 수자원	E1. 용수이용	E11. 지표수
		E12. 지하수
		E13. 수처리
		E14. 상하수도 관망
		E15. 우수 및 용수 재이용
	E2. 하천	E21. 하천 및 수리시설
		E22. 생태하천
		E23. 통합수자원 관리
		E24. 수자원 모니터링
	E3. 수재해	E31. 통합홍수관리
		E32. 홍수예측 및 대응
		E33. 가뭄예측 및 대응
F. 도로교통	F1. 자동차	F11. 자동차안전향상
		F12. 친환경자동차
		F13. IT융합자동차
	F2. 도로 및 교통시설	F21. 도로설계 및 구조
		F22. 도로포장
		F23. 도로시공 및 유지관리
		F24. 도로 및 교통안전시설
	F3. 교통계획 및 운영	F31. 교통계획 및 평가
		F32. 교통운영 및 정보관리
		F33. 대중교통 및 연계환승체계
	F4. 교통안전 및 환경	F41. 교통안전
		F42. 교통약자편의
		F43. 교통환경
G. 철도교통	G1. 철도차량	G11. 일반철도차량
		G12. 고속철도차량

대분류	중분류	소분류
		G13. 자기부상철도차량
		G14. 도시철도차량
	G2. 철도시설	G21. 철도노반
		G22. 철도궤도
		G23. 철도교량/터널/역사
		G24. 전철/전력
		G24. 신호/통신
	G3. 철도운영 및 환경	G31. 철도운영 및 안전
		G32. 철도환경
		G33. 철도시스템유지관리
H. 항공교통	H1. 항공기	H11. 비행기 제작·인증
		H12. 무인항공기 제작·인증
		H13. 회전익 항공기 제작·인증
		H14. 항공기정비/개조
	H2. 항행	H21. 통신(C)/항법(N)/감시(S)
		H22. 교통관리
	H3. 항공안전	H31. 사고예방 및 피해저감
		H32. 운항안전
	H4. 공항	H41. 공항시설 및 운영
		H43. 공항보안 및 안전
I. 물류	I1. 운송	I11. 육상운송
		I12. 수상운송
		I13. 항공운송
		I14. 복합운송
	I2. 운송지원시스템	I21. 보관
		I22. 하역
		I23. 포장
		I24. 물류정보

2.2.3 시사점

□ **국내외 기술분류체계는 ①건설산업 현업 적용, ②국가 과학기술의 연구·기획·평가, ③기술예측 및 기술수준평가의 목적으로 수립되어 범위가 추상적이며 장기적 활용성을 전제**

○ 미국, 영국, 유럽에서는 설계기준과 표준시방서 마련을 위해 정부기구와 관련협회에서 건설공사를 세분화하여 제시하여 해당 분야의 기술분류체계로 기능하며, 국내 또한 신기술인증을 위해 건설과 교통 분야의 기술분류체계를 수립

○ 우리나라의 '국가과학기술표준분류체계'는 다양한 기술을 유형화함으로써 국가연구개발의 연구·기획·평가 업무에 활용을 높이고 관련 통계 정보 획득을 위해 수립

- 기술개발활동의 현황과 방향성을 확인하고 분야별 연구활동을 지원하기 위해 통일적인 기술분류를 수립하고 국가 전체 연구분야를 포괄할 수 있도록 체계 설계
- 표준산업분류 등 상품분류와 정부부처 및 기업 등의 기술관련 기관의 영역과 연계하여 특정기술이 어떠한 산출물로 연계되며, 어느 기관의 관할인지를 파악할 수 있도록 하여 기술개발 전략 수립에도 활용

○ 국토교통 분야 기술예측 및 기술수준평가를 위해 국토교통분야 기술분류체계 및 도로분야 교통체계를 수립

- 동 분류체계는 국토교통 분야에 특화되어 기술수준과 경쟁력 등 연구개발활동에 대한 정보를 주기적으로 수집하기 위해 설계
- 주로 목적물 혹은 수행단계에 따라 대분류-중분류-소분류 3단계 레벨로 설정하며 정책적 함의와 연속성을 보유할 수 있도록 포괄적으로 설계되는 경향

□ **해외진출을 위한 시설물 분야 상세기술 확보전략 수립 마련을 위해 별도의 기술분류체계를 수립할 필요**

○ 기존 분류체계는 기준 마련, 통계작성 등에 활용되므로 추상적이며, 확장성이 크고 장기적 응용을 전제로 수립되는 경향이 있음

- 따라서 최신 기술개발활동의 변화 패턴, 기술진보의 속도 증가, 신규 기술분야의 출현 등을 반영하는 데에 한계

○ 기술분류체계의 사용목적에 따라 분류체계 설계 원칙과 분류기준이 상이하므로, 기술확보전략 수립에 적합한 시설물 분야의 분류체계를 별도로 동 연구에서 수립할 필요

○ 시설물 분야 상세기술분류체계 수립을 위해서는 시장수요, 기술수준, 최근 기술변화와 트렌드를 고려

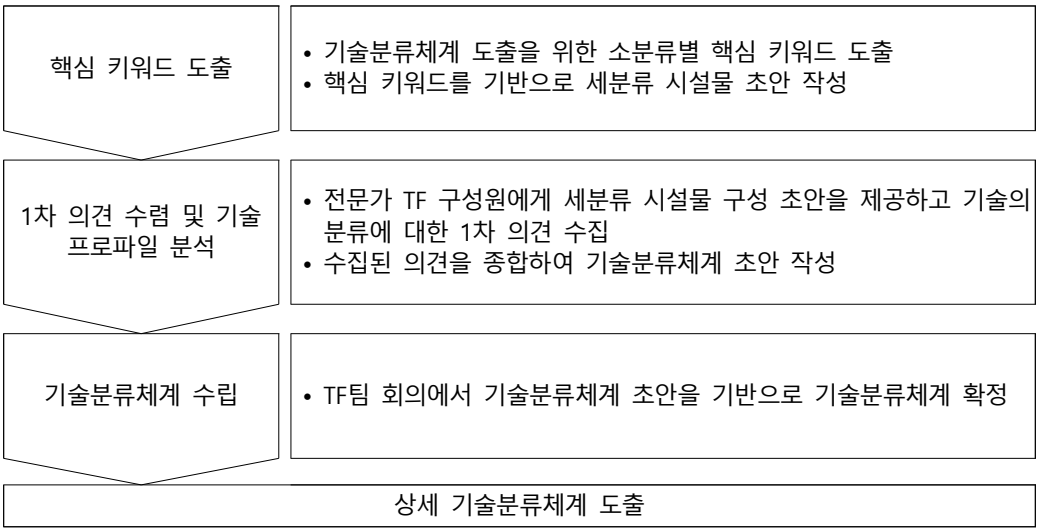
- 해외시장 진출을 위한 기술확보 전략 수립이 목적이므로 시장의 기술수요를 고려
- 확보해야할 기술 선정을 위해 일관된 원칙을 수립하여 기술의 크기와 현재 기술수준을 고려하여 구체적으로 기술분류를 세분화
- 향후 10년 이내의 확보전략 수립 시기를 고려하여 최근 기술의 변화와 주요 트렌드를 반영하도록 설계함

○ 검토결과에 따라 현재의 목적물 중심의 시설물 분류체계보다는 상세한 기술분류를 수립하되, 해당 목적물을 확보하기 위해 필요한 기술이 무엇인지 직관적으로 확인이 가능한 기술을 L5단계까지 상세화할 필요

2.3 시설물 분야 기술분류체계 수립

2.3.1 분류체계 수립 기본 방향

○ **(수립프로세스)** 전문가 TF팀에 세분류(L4) 초안을 제공하여 기술분류에 대한 1차 의견을 수집하여 세분류(L4)의 기술프로파일을 분석한 후 이를 기반으로 상세 기술분류체계를 수립



[그림 2-8] 기술분류체계 도출 프로세스

○ **(기술프로파일 분석)** 상세기술분류체계 수립을 위해 세분류(L4) 단위 시설물의 정의, 기능, 세부기술 등을 분석

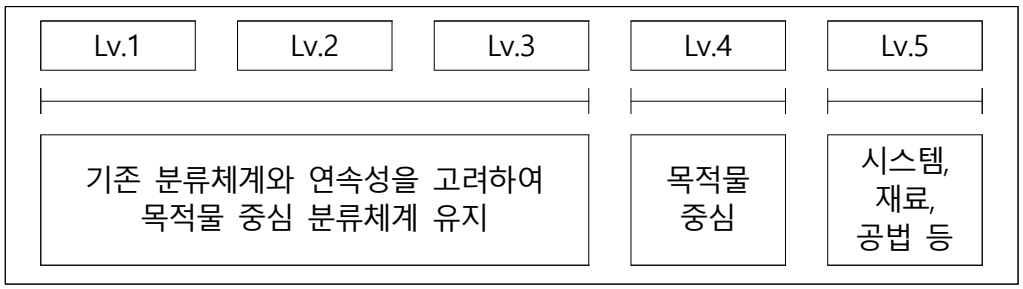
- 작성 범위: 목적물 형태의 39개 세분류 시설물(L4)별로 기술프로파일 작성
- 작성 방법: 각 세분류별 기술분류체계를 도출한 산·학·연의 전문가 자문 및 검토를 통해 기술프로파일을 항목에 따라 작성
- 분석 항목: 정의, 기능, 기술의 주요내용, 세부 기술 목록, 핵심 키워드를 통해 기술프로파일 작성
  - 정의: 해당 시설물이 어떤 시설물인지에 대한 조작적 정의
  - 기능: 시설물을 설치하여 얻게 되는 효과, 시설물이 가지는 특징, 시설물의 주요한 설치 목적 등
  - 주요내용 및 세부기술: 해당 시설물을 개발하기 위해 필요한 설계/시공/보수·

보강/유지관리 등의 세부 기술의 구성

- 키워드 : 시설물과 세부기술의 기능, 특징, 구성 등의 핵심이 되는 단어를 핵심 키워드로 정리

○ **(수립원칙)** 선행연구와의 연속성을 확보하면서 핵심 시설물 및 세부기술 확보전략을 수립할 수 있도록 상세 기술분류체계 수립

- 대분류(L1)에서 소분류(L3)까지는 선행 연구 및 기술분류체계와 연속성을 고려하여 목적물 중심의 기존 분류체계 유지
- 세분류(L4)는 글로벌 시장 진출을 위한 핵심 시설물을 명확히 하기 위해 목적물 형태로 설계
- 세부기술(L5)은 세분류(L4) 시설물을 구성하는 세부기술로 시설물을 확보하기 위해 무엇이 필요한지 판단할 수 있도록 시스템, 재료, 공법 등을 기준으로 설계



[그림 2-9] 기술분류체계 수립 원칙

2.3.2 기술프로파일 및 기술분류체계

○ 소분류(L3)별 TF 회의를 통해 18개 소분류 하위에 39개 세분류(L4), 418개 세부기술(L5)을 포함한 세부기술분류체계 도출

※ 기술별 정의서는 [부록] 참조

(1) 교량(A)

○ 교량(L2) 분야는 3개 소분류(L3), 9개 세분류(L4), 93개 세부기술(L5)로 분류

- 교량재료에 따라 3개 소분류(L3)로 구분
- 세분류(L4)는 대상목적물 중심으로 기술명을 설정하였으며 교량 재료와 형식에 따라 세분류(L4)를 구분
- 세부기술(L5)은 세분류 목적물을 구성하는 시스템, 재료, 공법 등을 기준으로 분류

가. 강구조 및 합성구조교량(A-1/A-1-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 주변경관과 조화를 이루면서 경제적이고 안정적으로 교량 기능을 발휘할 수 있도록 강구조 혹은 강합성구조로 설계된 교량

○ **(기능)** 강구조 및 합성구조교량은 신흥국 도심지 개발, 개도국 인프라 개발사업 등에서 빠른 시공과 친환경적 건설이 가능하며 수려한 경관 제공 측면에서 효과적으로 적용가능한 교량기술임

- 강구조 또는 강합성 구조로 이루어진 교량을 해석/설계하고, 경제적/안정적으로 시공하며 공용 중에 지속적으로 모니터링 및 유지관리하는 기술과 해체 및 폐기물의 효율적 수거 기술

○ **(주요내용)** (1) 강구조 및 합성구조 교량 건설을 위해 사용성 및 안전성을 검토하고, 이를 바탕으로 시공될 교량을 도면으로 구현하는 설계기술, (2) 강구조 및 합성구조 교량의 경제성 및 안전성을 확보하며 상부구조와 하부구조를 시공하기 위한 시공기술, (3) 강구조 및 합성구조 교량의 공용 중 모니터링과 보수보강을 통해 교량 수명을 연장하고 사용성과 안전성을 확보하기 위한 유지관리 제반기술

○ **(세부기술 구성)** 강구조 교량 해석/설계 및 유지관리 기술로 구성

<표 2-13> 강구조 및 합성구조교량(A-1-1)의 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
해석/설계	강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술
	BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술
	LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술
	고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술
	하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술
	이중합성 교량의 설계 및 시공기술
시공	고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발
	강교량의 현장 이음부 품질향상 기술
	극한•극서기후지역강교량설계및시공기술
	품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술
	교량구조용 강재성능 향상 기술
	곡선강교량 설계시공 기술
	합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술
	프리스트레스 도입 강합성교량기술
	강재/강합성 교각 설계 시공기술
유지관리	3D 기반의 강교량 점검기술
	BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술
	계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술
	자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술
	강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술
	강구조의 피로수명 평가 및 향상기술
	강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술

○ **키워드**

주 거더 설계, 보강재 설계, 박판 소성/판좌굴 해석, 볼트 접합강도 해석, 강·콘크리트 계면 접합 해석, 전단연결재 설계, 강·콘크리트/강합성 바닥판 전단강도 해석, 접합부 피로설계 및 수명 평가, 거더 기하비선형 해석, 한계상태 설계, 진동해석, 다이아프램 설계, 강상판 종/횡 리브 설계, 브레이싱 설계, 지주 및 행어 설계, 교량 형상 설계, 내진 해석, 극한강도 해석, 장기거동 해석, 박판 용접, 거푸집 설치, 철근 배근 및 바닥판 타설/양생, 거더 이음/접합 시공, 강교량 제작, 연결부 제어, 교량 가설, 교면 포장, 비파괴 검사, 진동평가, 피로 및 균열 제어, 재난재해 대응 기준 및 실시간 안전도 평가, 바닥판/거더/교각 보수보강, 교면 포장관리

□ **상세기술분류체계**

○ 1개 소분류(L3)와 세분류(L4), 강구조 및 합성구조의 설계-시공-모니터링 및 유지관리 등 가치사슬에 따라 필요한 시스템, 재료, 공법 중심의 22개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-14> 강구조 및 합성구조교량(A-1-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-1 강구조 및 합성구조 교량	A-1-1 강구조 및 합성구조 교량	A-1-1-1	3D 기반의 강교량 점검기술
		A-1-1-2	강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술
		A-1-1-3	BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술
		A-1-1-4	BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술
		A-1-1-5	LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술
		A-1-1-6	계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술
		A-1-1-7	고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발
		A-1-1-8	강교량의 현장 이음부 품질향상 기술
		A-1-1-9	자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술
		A-1-1-10	극한•극서기후지역강교량설계및시공기술
		A-1-1-11	품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술
		A-1-1-12	교량구조용 강재성능 향상 기술
		A-1-1-13	곡선강교량 설계시공 기술
		A-1-1-14	강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술
		A-1-1-15	강구조의 피로수명 평가 및 향상기술
		A-1-1-16	고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술
		A-1-1-17	하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술
		A-1-1-18	이중합성 교량의 설계 및 시공기술
		A-1-1-19	프리스트레스 도입 강합성교량기술
		A-1-1-20	합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술
		A-1-1-21	강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술
		A-1-1-22	강재/강합성 교각 설계 시공기술

나. 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량(A-2)

○ 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량(L3)는 콘크리트 교량의 건설목적, 재료특성에 따라 콘크리트 모듈형 교량, 친환경/저탄소 콘크리트 교량, 고성능 다기능 콘크리트 활용 콘크리트 교량, 기능성능 향상 콘크리트 교량 4개 세분류(L4)로 분류

나-1. 콘크리트 모듈형 교량(A-2-1)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 콘크리트를 주재료로 구조체의 전부 혹은 일부를 모듈 혹은 조립부재로 제작하여 교량기능을 발휘하도록 건설된 교량

○ **(기능)** 오프사이트에서 콘크리트 부재를 모듈 혹은 프리캐스트 형태로 제작하여 건설현장에서 조립시공함으로써 건설현장 분진 최소화 등 환경영향을 최소화하는 인프라 건설과 공기단축이 가능

- 콘크리트 모듈로 제작된 교량을 해석/설계하고, 경제적/안정적으로 시공하며, 정밀시공을 가능하게 하는 품질관리 기술

○ **(주요 내용)** (1) 콘크리트 모듈형 교량을 건설하기 위한 해석/설계 기술, (2) 콘크리트 모듈형 교량에 사용되는 주요 부재 제작 기술, (3) 콘크리트 모듈형으로 제작된 부재를 사용한 급속 현장 시공 기술, (4) 경제성 및 안정성을 확보하면서 교량을 시공하기 위한 기술과 정밀 시공이 가능한 품질관리 기술

○ **(세부기술 구성)** 급속시공기술과 정밀시공 및 품질관리 기술로 구성

<표 2-15> 콘크리트 모듈형 교량(A-2-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
급속시공기술	부분 교체/곡률 대응형 프리캐스트 바닥판 제작/급속시공기술
	콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술
	경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술
	단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술
정밀시공 및 품질관리 기술	FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술
	조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술
	카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술

○ **키워드**

프리캐스트 제작, FRP 보강근 바닥판 설계, 조립식 교각 설계, 콘크리트 교량 모듈화 설계, 콘크리트 조립부재 형상계측, 단지간 교량 급속시공, 콘크리트 교량 모듈화 제작, 콘크리트 조립식 부재 정밀시공, 콘크리트 모듈형 교량 형상 설계, 곡률 대응형 프리캐스트 바닥판 제작, 부분 교체 프리캐스트 바닥판 제작, 조립식 교각 급속시공, 조립식 바닥판 급속 시공, 조립식 부재 연결부 제어

□ **상세기술분류체계**

○ 콘크리트 모듈형 교량의 시공 및 정밀시공, 품질관리에 필요한 재료, 공법, 시스템 기술 중심의 7개 상세기술(L5)로 구성

<표 2-16> 콘크리트 모듈형 교량(A-2-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-2 콘크리트 구조 및 콛크리트 교량	A-2-1 콘크리트 모듈형 교량	A-2-1-1	부분교체/곡률대응형프리캐스트바닥판제작/급속시공기술
		A-2-1-2	FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술
		A-2-1-3	콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술
		A-2-1-4	경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술
		A-2-1-5	조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술
		A-2-1-6	단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술
		A-2-1-7	카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술

나-2. 친환경/저탄소 콘크리트 교량(A-2-2)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 탄소배출 최소화 및 폐기물의 재활용 등을 통해 지구온난화 등에 대비한 친환경 저탄소 콘크리트를 활용하여 건설된 교량

○ **(기능)** 기후변화 대응 지속 가능한 생태·환경 친화적 교량 건설로써의 역할이 크며, 교량 건설시 사용되는 콘크리트로 인해 발생하는 탄소 배출 저감과 산업 폐기물 재활용 비율을 증가시키는 기술을 활용

○ **(주요 내용)** (1) 탄소 배출저감형 구조재료 개발 기술, (2) 탄소 대량배출 콘크리트 재료의 대체기술 개발, (3) 친환경/저탄소 콘크리트를 활용한 교량 설계/시공 기술

○ **(세부기술 구성)** 콘크리트 재료기술과 콘크리트 교량 설계/시공 기술로 구성

<표 2-17> 친환경/저탄소 콘크리트 교량(A-2-2) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
친환경/저탄소 콘크리트 재료 기술	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술
	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트 기술
	알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술
	비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술
친환경/저탄소 콘크리트 교량 설계/시공 기술	친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술

○ **키워드**

HVMA(High Volume Mineral Admixture) 고강도 콘크리트, 자기충전 콘크리트 제작, 시멘트 치환, CO2저감형 시멘트, 친환경 콘크리트 제작, 저탄소 콘크리트 제작, 산업부산물 재활용 콘크리트

□ **상세기술분류체계**

○ 친환경/저탄소 콘크리트를 활용한 설계·제작·시공·품질관리 중심의 5개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-18> 친환경/저탄소 콘크리트 교량(A-2-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-2 콘크리트 구조 및 콥크리트 교량	A-2-2 친환경/저탄소 콘크리트 교량	A-2-2-1	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술
		A-2-2-2	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술
		A-2-2-3	알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술
		A-2-2-4	비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술
		A-2-2-5	친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술

나-3. 고성능 다기능 콘크리트 교량(A-2-3)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 기존 콘크리트에 비하여 고유동성, 고강도, 고내구성을 갖추고 다기능을 수행할 수 있는 콘크리트를 활용해 건설된 교량

○ **(기능)** 고성능 다기능 콘크리트를 활용함으로써 장수명 교량 건설이 가능하고, 고성능

콘크리트의 제조와 구조해석 및 설계, 시공 및 유지관리하는 기술을 포함

○ **(주요 내용)** (1) 섬유보강 고성능 콘크리트 제조 기술, (2) 섬유보강 고성능 콘크리트 구조설계기술, (3) 고성능 범용 콘크리트 제조/설계 기술, (4) 고성능 콘크리트를 활용한 다기능 구조물 설계/시공 기술

○ **(세부기술 구성)** 고성능 콘크리트 제조기술, 교량 설계/시공기술과 고성능 다기능 콘크리트 제조 및 설계/시공기술로 구분

<표 2-19> 고성능 다기능 콘크리트 교량(A-2-3) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
고성능 콘크리트 제조 기술	120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술
	80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술
	SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술
	80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술
	200~300MPa급 콘크리트 제조 기술
고성능 콘크리트 교량 설계/시공기술	섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술
	굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술
	200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술
	SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술
	SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술
	SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술
고성능 다기능 콘크리트 제조 및 설계/시공기술	수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술
	SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술
	SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술
	고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술

○ **키워드**

고성능 콘크리트 제조, 다기능 콘크리트 제조, 섬유보강 고성능 콘크리트 제조, 고성능 콘크리트 구조 설계, Super Concrete 제조 및 설계, 고성능 굵은 골재 사용 콘크리트 제조, 고성능 콘크리트 사장교 설계, 고성능 프리캐스트 풍력타워 설계, 고성능 부유식 구조물 설계, 저발열 콘크리트 제조, 고내구성 콘크리트 제조

□ **상세기술분류체계**

○ 성능별 콘크리트 제조, 이를 활용한 교량 설계/시공 중심의 15개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-20> 고성능 다기능 콘크리트 교량(A-2-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-2 콘크리트 구조 및 콥크리트 교량	A-2-3 고성능 다기능 콘크리트 교량	A-2-3-1	120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술
		A-2-3-2	섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술
		A-2-3-3	80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술
		A-2-3-4	굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술
		A-2-3-5	SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술
		A-2-3-6	200~300MPa급 콘크리트 제조 기술
		A-2-3-7	200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술
		A-2-3-8	80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술
		A-2-3-9	SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술
		A-2-3-10	SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술
		A-2-3-11	SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술
		A-2-3-12	SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술
		A-2-3-13	SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술
		A-2-3-14	수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술
		A-2-3-15	고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술

나-4. 기능성능 향상 콘크리트 교량(A-2-4)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 일반 콘크리트가 가지고 있는 취약점을 보완하여 기능과 성능을 개량한 콘크리트를 사용하여 구조 성능을 개선한 교량

○ **(기능)** 일반 콘크리트의 기능 성능을 개선함으로써 신축 이음이 없는 교량 건설을 통한 사용자 서비스 수준을 향상시키고, 구조 성능을 개선하기 위한 신형식 거더 교량 기술을 포함

○ **(주요 내용)** (1) 도심지 곡선교량의 해석 및 설계 기술, (2) 사용자 성능 개선 무조인트 교량 해석 및 설계 기술, (3) 중경간 거더 교량의 구조 성능 향상을 위한 신형식 거더 기술

○ **(세부기술 구성)** 기능과 성능을 향상한 콘크리트 교량의 설계 및 성능 향상기술 등을 포함한 단일 구성기술

<표 2-21> 기능성능 향상 콘크리트 교량(A-2-4) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
기능성능 향상 콘크리트 교량	곡선교 해석/설계/시공 기술
	무조인트 교량 해석/설계 기술
	중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)
	콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술

○ **키워드**

곡선교 해석, 무조인트 교량 해석, 중경간 거더 교량 구조성능 향상, 신형식 거더 교량 설계, 콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량 성능, 기능성능 향상 콘크리트 교량

□ 상세기술분류체계

○ 설계 및 교량성능 향상, 유지관리, 보수보강 중심의 13개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-22> 기능성능 향상 콘크리트 교량(A-2-4) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-2 콘크리트 구조 및 콭크리트 교량	A-2-4 기능 성능 향상 콘크리트 교량	A-2-4-1	곡선교 해석/설계/시공 기술
		A-2-4-2	무조인트 교량 해석/설계 기술
		A-2-4-3	중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)
		A-2-4-4	콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술
		A-2-4-5	LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템
		A-2-4-6	교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술
		A-2-4-7	콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술
		A-2-4-8	콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술
		A-2-4-9	저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템
		A-2-4-10	PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술
		A-2-4-11	콘크리트 교량 내진성능 향상 기술
		A-2-4-12	FRP 활용 교량 보수보강 기술
		A-2-4-13	보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술

다. 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량(A-3)

○ 교량형식에 따라 케이블교량, 장경간 아치교, 부유식교량, 신소재교량 4개 세분류(L4)로 분류

다-1. 케이블교량(A-3-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 케이블교량은 현수교와 사장교와 같이 고강도의 케이블을 활용한 초장대 교량

※ 초장대 교량은 주경간(교각과 교각 사이의 거리) 거리가 1000m 이상(현수교는 2000m 이상)인 교량을 말함

○ **(기능)** 경제글로벌화와 세계무역량 증가로 인적 물적 자원 교류에 대한 수요 증가로 국가간·지역간 교통망을 연결하는 기능과 개도국의 인구증가, 도시화 및 산업발전을 촉진하기 위한 기반 인프라의 역할을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 도심지 곡선교량의 해석 및 설계 기술, (2) 사용자 성능 개선 무조인트 교량 해석 및 설계 기술, (3) 중경간 거더 교량의 구조 성능 향상을 위한 신형식 거더 기술

○ **(세부기술 구성)** 케이블 교량의 해석, 재료확보, 건설, 유지관리 4개 요소로 구성

<표 2-23> 케이블교량(A-3-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
케이블 교량 해석 기술	케이블 교량 하중 모델
	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램
	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험
케이블 교량용 재료 확보 기술	케이블 교량용 강선/강연선
	케이블 교량용 박층 포장
	케이블 교량용 FRP 케이블
	케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)
케이블 교량 건설 기술	사장교 케이블 가설
	현수교 케이블 가설
	케이블 교량 보강거더 가설
	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설
	케이블 교량 강재 고주탑 가설
	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사
케이블 교량 유지관리 기술	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)
	케이블 거동 모니터링
	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링
	케이블 교량 통합유지관리시스템

○ **키워드**

케이블 교량 하중 모델, 케이블 교량 구조해석, 케이블 교량 내풍 해석, 교량용 강선/강연선 케이블, 케이블 고내화성 방청재료, 사장교 케이블 가설 공법, 현수교 케이블 가설 공법, 케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설, 케이블 교량 강재 고주탑 가설, 해상 기초 및 지반 탐사, 케이블 교량 유지관리, 케이블 교량 건전도 모니터링

□ 상세기술분류체계

○ 케이블교량의 설계·시공·유지관리 단계와 재료·공법 등을 기준으로 17개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-24> 케이블교량(A-3-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-3 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A-3-1 케이블교량	A-3-1-1	케이블 교량 하중 모델
		A-3-1-2	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)
		A-3-1-3	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램
		A-3-1-4	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험
		A-3-1-5	케이블 교량용 강선/강연선
		A-3-1-6	케이블 교량용 박층 포장
		A-3-1-7	케이블 교량용 FRP 케이블
		A-3-1-8	케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)
		A-3-1-9	사장교 케이블 가설
		A-3-1-10	현수교 케이블 가설
		A-3-1-11	케이블 교량 보강거더 가설
		A-3-1-12	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설
		A-3-1-13	케이블교량강재고주탑가설
		A-3-1-14	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사
		A-3-1-15	케이블 거동 모니터링
		A-3-1-16	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링
		A-3-1-17	케이블 교량 통합유지관리시스템

다-2. 장경간 아치교(A-3-2)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 교량의 구조를 곡선 모양으로 만들어 주위의 경관과 조화를 이루게 하는 70m*이상의 교량

※ 세계적으로는 중국에서 최근 최대 경간장이 500m 교량에까지 적용가능한 수준이며, 국내는 180m 수준

○ **(기능)** 산악지역과 같은 장경간을 가로질러 인적·물적 이동을 원활히 함으로써 지역 간 불균형 해소 및 경제 글로벌화를 견인하는 기능을 담당하며, 주변 경관과 조화된 자연스러운 경관 제공

○ **(주요 내용)** (1) 장견간 아치교를 해석 및 설계하는 기술, (2) 강재료를 사용한 장경간 아치교 가설 기술, (3) 콘크리트를 사용한 장견간 아치교 가설 기술

○ **(세부기술 구성)** 설계기술과 재료에 따른 가설기술로 구성

<표 2-25> 장경간 아치교(A-3-2) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
장경간 아치교	장경간 아치교 설계 기술
	장경간 강아치교 가설 기술
	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술

○ **키워드**

장경간 아치교 정밀해석, 장경간 아치교 설계, 장경간 강아치교 설계, 장경간 콘크리트 아치교 설계

□ 상세기술분류체계

○ 설계·가설 등을 기준으로 3개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-26> 장경간 아치교(A-3-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-3 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A-3-2 장경간 아치교	A-3-2-1	장경간 아치교 설계 기술
		A-3-2-2	장경간 강아치교 가설 기술
		A-3-2-3	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술

다-3. 부유식 교량(A-3-3)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 부유식 교량*은 교량을 지지하는 구조물을 통해 물 위에 떠 있는 상태를 유지시키는 교량을 말함

※ 속이 빈 콘크리트 구조물인 '폰툰'(pontoon)이 교량을 지지하여 물 위에 떠 있는 상태를 유지, 거친 바람과 파도에 흔들리지 않도록 앵커를 호수 바닥과 연결하여 고정

○ **(기능)** 비교적 좁은 해협이나 넓은 호수 혹은 강을 가로질러 인적·물적 이동을 원활히 함으로써 지역간 불균형 해소 및 경제 글로벌화를 견인하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 모듈 형태로 제작된 부유식 교량의 제작 및 가설 기술, (2) 부유식 교량과 바닥을 연결하는 앵커링 기술

○ **(세부기술 구성)** 제작 및 가설과 앵커링 기술로 구성

<표 2-27> 부유식 교량(A-3-3) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
부유식 교량	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술
	부유식 교량 앵커링 기술

○ **키워드**

부유식 교량 모듈 제작, 부유식 교량 앵커링 기술, 부유식 교량 구조 해석 기술, 부유식 교량 정밀 시공 기술

□ 상세기술분류체계

○ 제작 및 가설과 앵커링 기술 등 2개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-28> 부유식 교량(A-3-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-3 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A-3-3 부유식 교량	A-3-3-1	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술
		A-3-3-2	부유식 교량 앵커링 기술

다-4. 신소재 교량(A-3-4)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 콘크리트와 강재를 대체할 비부식성, 경량성, 고강도의 장점을 지닌 복합신소재를 건설재료로 사용하여 건설된 교량

※ 복합신소재는 입자(Particle), 섬유(Fiber)와 이들 재료를 구속하여 일체화 시키는 기지재료(Matrix)로 구성

○ **(기능)** 대형화된 구조물의 중량과 부식, 내구성 문제 및 보수·보강에 대한 적용성이 우수하며, 다양한 기후변화, 극한 환경 및 지진과 같은 이상 자연 재난에 대비하여 복합신소재의 활용도가 높아지고 있음

○ **(주요 내용)** (1) FRP 소재를 활용한 교량 해석 기술, (2) 자기치유 콘크리트 제작 기술, (3) 특수소재를 활용한 교량 설계 기술

○ **(세부기술 구성)** FRP, 자기치유 콘크리트, 특수소재 등 재료별 세부기술 구성

<표 2-29> 신소재 교량(A-3-4) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
FRP 활용 기술	FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술
	FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술
	FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술
자기치유 콘크리트 활용 기술	자기치유 콘크리트 배합설계
	자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료
	자기치유 콘크리트 스마트 폴리머
	자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더
	자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐
특수소재 활용 기술	특수소재의 교량 활용 기술

○ **키워드**

FRP 보강근 구조 해석, FRP 활용 교량 보수·보강, FRP 활용 교량 유지관리, 자기치유 콘크리트 제작, 특수소재 교량 시공 기술

□ **상세기술분류체계**

○ 신소재교량의 재료별로 설계·시공·유지관리 단계와 재료·공법 등을 기준으로 9개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-30> 신소재 교량(A-3-4) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-3 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A-3-4 신소재교량	A-3-4-1	FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술
		A-3-4-2	FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술
		A-3-4-3	FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술
		A-3-4-4	자기치유 콘크리트 배합설계
		A-3-4-5	자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료
		A-3-4-6	자기치유 콘크리트 스마트 폴리머
		A-3-4-7	자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더
		A-3-4-8	자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐
		A-3-4-9	특수소재의 교량 활용 기술

(2) 터널 및 지하공간(B)

○ 터널 및 지하공간(L2) 분야는 5개 소분류(L3), 8개 세분류(L4), 98개 세부기술(L5)로 분류

- 터널형식 및 공간에 따라 3개 소분류(L3)로 구분
- 세분류(L4)는 대상목적물 중심으로 기술명을 설정
- 세부기술(L5)은 세분류 목적물을 구성하는 시스템, 재료, 공법 등을 기준으로 분류

가. 육상터널(B-1)

○ 목적 중심으로 교통형 터널, 수로터널, 유틸리티 터널 3개 세분류(L4)로 구분

가-1. 교통형 터널(B-1-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 지상의 극심한 차량정체의 해결책으로 주요도심지역을 지하공간으로 연결하는 지하 전용 도로터널

○ **(기능)** 도심지 교통혼잡 해소 및 원할한 교통흐름 확보를 위해 필요한 지상공간이 부족한 지점에 도로나 철도 등 교통수단의 통로역할을 수행하기 위해 만들어놓은 시설

○ **(주요 내용)** (1) 지반·지질 정보 DB구축기술, (2) 지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술, (3) 정밀/자동화 발파천공 기술, (4) 터널 방재설비 설계 및 통합운영기술, (5) 터널 BIM구축 기술, (6) 기계화 시공 기술, (7) 굴착 기술

○ **(세부기술 구성)** 교통형 터널의 설계·시공 단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-31> 교통형터널(B-1-1) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
교통형터널 (도로,철도,지하철,보도)	터널시공 및 유지관리 활용을 위한 지반·지질 정보 DB구축기술
	불확실성 최소화를 위한 굴착면 실시간 지반정보 분석 및 예측 기술
	지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술
	여굴 최소화를 위한 발파 설계 및 정밀/자동화 발파천공 기술
	IoT기반 시공 모니터링 및 작업 위험예경보 기술
	초장대 터널(연장 4km이상) 시공 중 쾌적 환경(흡기 및 배기) 조성시스템
	터널 방재설비 설계 및 통합운영(TGMS)기술
	터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB 구축기술
	터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술
	터널 BIM 구축 기술
	기계화 시공용 커터헤드 설계 기술
	기계화 시공정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크 등) DB 구축기술
	기계화 시공용 Segment 설계 및 시공 기술
	도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술
	수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술

○ **키워드**

CPS, 지반조사, 2D 및 3D 지반/지질도, 지반정수, 지반평가, DB, 생애주기비용, 설계, BIM, 안정성 해석, 굴착(발파 및 기계화), 지보재, 지반보강, 방수, 배수, face mapping, 암(지반)판정, 위험도 평가, 실시간 모니터링, 자산관리, 유지관리, 보수/보강, 점검, 자동화 장비, 상태 및 안정성평가, IoT, 환기, 조명, 대피, 화재, 방재, 내화

□ **상세기술분류체계**

○ 교통형 터널의 건설단계를 기준으로 15개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-32> 신소재 교량(A-3-4) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-1 육상터널	B-1-1 교통형터널	B-1-1-1	터널시공 및 유지관리 활용을 위한 지반·지질 정보 DB구축기술
		B-1-1-2	불확실성 최소화를 위한 굴착면 실시간 지반정보 분석 및 예측 기술
		B-1-1-3	지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술
		B-1-1-4	여굴 최소화를 위한 발파 설계 및 정밀/자동화 발파천공 기술
		B-1-1-5	IoT기반시공모니터링및작업위험예경보기술
		B-1-1-6	초장대 터널(연장 4km이상) 시공 중 쾌적 환경(흡기 및 배기) 조성시스템
		B-1-1-7	터널 방재설비 설계 및 통합운영(TGMS)기술
		B-1-1-8	터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB 구축기술
		B-1-1-9	터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술
		B-1-1-10	터널BIM구축기술
		B-1-1-11	기계화 시공용 커터헤드 설계 기술
		B-1-1-12	기계화 시공정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크 등) DB 구축기술
		B-1-1-13	기계화 시공용 Segment 설계 및 시공 기술
		B-1-1-14	도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술
		B-1-1-15	수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술

가-2. 수로터널(B-1-2)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 물을 이동시키는 과정에서 원하는 통수량을 제공하면서 발생되는 수압의 변화에 의한 파괴에 견딜 수 있도록 건설하는 터널

○ **(기능)** 상수, 우수 등 물을 원하는 목적지까지 이동시키거나 임시적으로 저류시키는 목적으로 사용되는 터널

○ **(주요 내용)** (1) 차수 및 보강그라우팅 기술, (2) High Pressurized Liner 설계기술, (3)

TBM 관련기술, (4) 수로터널 4D 진단기술, (5) 특수 대단면 터널 설계기술, (6) 수로터널 RISK 평가기술

○ **(세부기술 구성)** 수로터널의 설계·시공 단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-33> 수로터널(B-1-2) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
수로터널 (상수,하수,저류,여수로)	High Pressurized Liner설계기술
	SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술
	도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)
	무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술 개발
	복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)
	복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)
	수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템 개발

○ **키워드**

CPS, 지반조사, 2D 및 3D 지반/지질도, 지반정수, 지반평가, DB, 생애주기비용, 설계, BIM, 안정성 해석, 굴착(발파 및 기계화), 지보재, 지반보강, 방수, 배수, face mapping, 암(지반)판정, 위험도 평가, 실시간 모니터링, 자산관리, 유지관리, 보수/보강, 점검, 자동화 장비, 상태 및 안정성평가, IoT, 환기, 조명, 대피, 화재, 방재, 내화

□ 상세기술분류체계

○ 수로 터널의 사양과 건설단계를 기준으로 7개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-34> 수로터널(B-1-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-1 육상터널	B-1-2 수로터널	B-1-2-1	복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)
		B-1-2-2	도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)
		B-1-2-3	복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)
		B-1-2-4	SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술
		B-1-2-5	HighPressurizedLiner설계기술
		B-1-2-6	수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템
		B-1-2-7	무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술

가-3. 유틸리티 터널(B-1-3)

○ **(정의)** 전력 및 전기 케이블, 온수관, 급수관, 하수관, 가스관, 통신망과 같은 다양한 도시생활에 필요한 생활기반시설을 공동으로 설치하기 위해 건설하는 터널

○ **(기능)** 전력, 통신, 데이터 등 다양한 생활기반서비스 시설을 공동의 지하 터널공간에 설치하여 도시민의 생활에 필요한 다양한 서비스를 지속적으로 제공하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** 유틸리티 터널은 대형 공동구 설계기술과 도심지 지하에 설치함에 따라 필요한 급속시공기술, 화재, 누출 등에 의한 위험에 대한 방재기술 등으로 구성

○ **(세부기술 구성)** 설계, 시공, 위험관리 등의 세부기술로 구성

<표 2-35> 유틸리티 터널(B-1-3) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
유틸리티터널 (전력구,공동구)	공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도
	도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술
	소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영
	터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법
	특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술

○ **키워드**

CPS, 지반조사, 2D 및 3D 지반/지질도, 지반정수, 지반평가, DB, 생애주기비용, 설계, BIM, 안정성 해석, 굴착(발파 및 기계화), 지보재, 지반보강, 방수, 배수, face mapping, 암(지반)판정, 위험도 평가, 실시간 모니터링, 자산관리, 유지관리, 보수/보강, 점검, 자동화 장비, 상태 및 안정성평가, IoT, 환기, 조명, 대피, 화재, 방재, 내화

□ **상세기술분류체계**

○ 유틸리티 터널의 설계-시공-유지관리 단계를 기준으로 5개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-36> 유틸리티 터널(B-1-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-1 육상터널	B-1-3 유틸리티 터널	B-1-3-1	공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도
		B-1-3-2	터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법
		B-1-3-3	특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술
		B-1-3-4	소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영
		B-1-3-5	도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술

나. 해저/침매터널(B-2)

○ 터널 공사위치를 기준으로 해저터널, 침매터널 2개 세분류(L4)로 구분

나-1. 해저터널(B-2-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 해저에 설치하는 터널을 말하며, 물의 침투와 고수압에 견딜 수 있는 방수기능을 갖춘 터널

○ **(기능)** 대륙간, 도서간, 연육간 도로나 철도를 연결하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** 화재 대응시스템 및 내화시스템 구축기술, 설계자동화, 시공 및 리스크 관리 모듈 및 유지관리 기술, TBM 관련 기술, 해저지반 차수 및 지반보강 기술, 해저터널 시공관련 기술

○ **(세부기술 구성)** 해저터널의 설계-시공-유지관리에 따른 세부기술로 구성

<표 2-37> 해저터널(B-2-1) 기술분류체계

구성 기술	세부 기술
해저 터널	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템
	BIM기반 설계자동화 시스템과 시공 및 리스크관리 모듈
	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술
	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템
	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술
	TBM 커터교체장치 및 배토성능 향상 기술
	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술
	굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술
	내염, 내부식성 재료 개발기술
	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술
	해저지반 차수 및 지반보강
	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술
	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술
	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술
	해저터널 유입수 제어 및 관리기술
	해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법

○ **키워드**

수요예측, 노선 적합성, 해저터널 건설 적합성 평가, 비용편익분석, 노선 최적계획, 환경영향평가, 초장대터널, 대심도 시추 및 분석, 해저 지질구조 특성, 영상화, 단층/연약대 거동분석, 통합 지반조사 결과분석, 막장압관리, 고수압, 세그먼트 조인트. 개스킷, 누수, 시공이음, 방수, 고강도세그먼트, 뒷채움압, 가시설, 함체, 공간배치, 기능배치, 조인트 설계, 해저지진, 해저지반, 내진성능, 내진등급, 지진응답해석, 액상화, 환기, 화재, 피난, 방재시설, 재해, 제연, 염수, 염분침투, 철근부식, 염해, 내구성, 재료, 부양, 예인, 침설, 정렬, 접합, 밸러스트, 차수, 수압, 그라우팅, 연약지반, 부등침하, 기초 보강, 실시간 모니터링, 구조물 거동, 침하, 누수, 단면, 자동 계측, 유지관리, 보수보강, 진단기술, 매뉴얼

□ 상세기술분류체계 수립

○ 해저터널의 설계-시공-유지관리 단계에 따라 필요한 재료, 공법, 시스템 중심으로 16개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-38> 해저터널(B-2-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-2 해저/침매터널	B-2-1 해저터널	B-2-1-1	TBM 커터교체장치 및 배토성능 향상 기술
		B-2-1-2	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술
		B-2-1-3	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술
		B-2-1-4	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술
		B-2-1-5	BIM기반 설계자동화 시스템과 시공 및 리스크관리 모듈
		B-2-1-6	내염, 내부식성 재료 개발기술
		B-2-1-7	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술
		B-2-1-8	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템
		B-2-1-9	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술
		B-2-1-10	해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법
		B-2-1-11	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술
		B-2-1-12	해저터널 유입수 제어 및 관리기술
		B-2-1-13	해저지반 차수 및 지반보강
		B-2-1-14	해저지반 차수 및 지반보강 기술
		B-2-1-15	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술
		B-2-1-16	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템

나-2. 침매터널(B-2-2)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 해저터널의 한가지 유형으로 육상에서 제작한 터널 구조물을 가라앉혀 물속에서 연결하여 터널을 건설하는 기술

○ **(기능)** 해저터널과 같이 대륙간, 도서간, 연육간 도로나 철도를 연결하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 함체 단면 및 연결부 설계기술, (2) 함체 기초부 조성 및 제작 시공기술, (3) 운송 및 수중 설치 기술

○ **(세부기술 구성)** 설계, 시공, 운송 및 수중설치 등의 세부기술로 구성

<표 2-39> 침매터널(B-2-2) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
침매터널	함체 기초부 조성 기술
	함체 단면 설계 기술
	함체 연결부 설계 기술
	함체 운송 및 수중 설치 기술
	함체 제작 시공 기술

○ **키워드**

수요예측, 노선 적합성, 해저터널 건설 적합성 평가, 비용편익분석, 노선 최적계획, 환경영향평가, 초장대터널, 대심도 시추 및 분석, 해저 지질구조 특성, 영상화, 단층/연약대 거동분석, 통합 지반조사 결과분석, 막장압관리, 고수압, 세그먼트 조인트. 개스킷, 누수, 시공이음, 방수, 고강도세그먼트, 뒷채움압, 가시설, 함체, 공간배치, 기능배치, 조인트 설계, 해저지진, 해저지반, 내진성능, 내진등급, 지진응답해석, 액상화, 환기, 화재, 피난, 방재시설, 재해, 제연, 염수, 염분침투, 철근부식, 염해, 내구성, 재료, 부양, 예인, 침설, 정렬, 접합, 밸러스트, 차수, 수압, 그라우팅, 연약지반, 부등침하, 기초 보강, 실시간 모니터링, 구조물 거동, 침하, 누수, 단면, 자동 계측, 유지관리, 보수보강, 진단기술, 매뉴얼

□ **상세 분류체계 수립**

○ 해저터널의 설계-시공-설치 단계에 따라 5개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-40> 침매터널(B-2-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)
B-2 해저/침매터널	B-2-2 침매터널	B-2-2-1 함체 단면 설계 기술
		B-2-2-2 함체 연결부 설계 기술
		B-2-2-3 함체 제작 시공 기술
		B-2-2-4 함체 운송 및 수중 설치 기술
		B-2-2-5 함체 기초부 조성 기술

다. 부유식터널(B-3/B-3-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 수심이 깊고 육지간 거리가 긴 지형에 활용되는 구조물로서 수중에 건설되는

원통형 부유식 터널 구조

○ **(기능)** 일반적인 해저터널과 달리 해중에서 대륙간, 도서간, 연육간 도로나 철도를 연결하는 교통기능을 수행

○ **(주요 내용)** 계류시스템 설계기술, 부유식 터널의 진동 및 소음 저감 기술, 부유식 터널의 단면 설계 및 시공기술, 수중접합 기술 등

○ **(세부기술의 구성)** 부유식터널의 건설 전주기에 따른 세부기술 구성

<표 2-41> 부유식터널(B-3-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
부유식 터널	계류시스템 설계기술
	고장력 계류시스템 건전도 평가기술
	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술
	내부사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술
	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술
	세그먼트 이음부 방수기술
	수중 구조물 결함 진단기술
	수중 구조물 단면 설계기술
	수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현)
	수중구조물 연속 시공기술
	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술
	수중구조물 접합부 거동 설계기술
	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)
	수중구조물 횡방향 거동 제어기술
	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술
	외부 충돌 방지기술
	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술
	터널 내 환기기술
	프리캐스트 구조체 수중 접합기술
	해양환경관측 및 평가기술
	해저지반 조사 및 평가 기술
	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술

○ **키워드**

최적 성능, 유지관리, 선제대응, 리스크 관리, 생애주기비용, 경량소재, 방수소재, 보강재, 발포성 재료, 파랑 해석, 조류 해석, 동수역학, 파랑하중 응답 설계, 유동-구조시간 연계 해석, 모듈간 간섭 해석, 기상재해(해일, 폭풍 등) 해석, 화재 및 침수 해석, 대심도 앵커링 공법, 수중 앵커링 공법, 고장력 앵커링 공법, 부유체 이동성 앵커링, 경량 콘크리트, 경량 라이닝, 경량 아스팔트, 탄소섬유, 수중 조립기술, 해안 운반 기술, 운반선 고정, 모듈 설계 인자, 연결부 설계, 동수역학, 방수, 내진, 앵커링, 부유체 연결, 부유체 고정, 항로 회피, 선박 충돌, 화재반경, 개스킷, 밀봉, 그라우팅

□ **상세 분류체계 수립**

○ 부유식터널의 설계-시공-유지 및 위험관리 단계에 따라 필요한 재료, 공법, 시스템 중심으로 22개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-42> 부유식터널(B-3-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-3 부유식터널	B-3-1 부유식터널	B-3-1-1	계류시스템 설계기술
		B-3-1-2	고장력 계류시스템 건전도 평가기술
		B-3-1-3	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술
		B-3-1-4	내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술
		B-3-1-5	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)
		B-3-1-6	세그먼트 이음부 방수기술
		B-3-1-7	수중 구조물 결함 진단기술
		B-3-1-8	수중 구조물 단면 설계기술
		B-3-1-9	수중구조물 고정기술
		B-3-1-10	수중구조물 연속 시공기술
		B-3-1-11	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술
		B-3-1-12	수중구조물 접합부 거동 설계기술
		B-3-1-13	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)
		B-3-1-14	수중구조물 횡방향 거동 제어기술
		B-3-1-15	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술
		B-3-1-16	외부 충돌 방지기술
		B-3-1-17	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술
		B-3-1-18	터널 내 환기기술
		B-3-1-19	프리캐스트 구조체 수중 접합기술
		B-3-1-20	해양환경 관측 및 평가기술
		B-3-1-21	해저지반 조사 및 평가 기술
		B-3-1-22	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술

라. 대심도터널(B-4/B-4-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 굴진 심도 40m 이상으로 건설되는 지하터널의 설계·시공과 환기·화재 및 유지

관리 등 대심도터널 건설 대응 기술

○ **(기능)** 일상적인 지하 생활공간 및 다양한 지하시설물로 가득찬 도심지를 대상으로 기존 지하시설물의 안전을 유지하고 건설과정의 혼잡을 최소화하기 위해 활용되지 않는 심도에 도로나 철도 등의 운행을 위한 통로 기능을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 건설폐기물 급속처리 기술, (2) 네트워크형 터널 단면설계, 환기 및 조명 기술, (3) 다목적 대심도 터널 설계 및 운영 기술, (4) 대심도 터널 내화성능 강화기술, (5) 천층 개착터널 보강 기술

○ **(세부기술 구성)** 대심도 터널 건설전주기에 따른 세부기술 구성

<표 2-43> 대심도터널(B-4-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
대심도 터널	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술
	내화성 중간슬래브 구축 기술
	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술
	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술
	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술
	다목적 대심도 터널 설계 기술
	다목적 터널 통합 운영
	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션
	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술
	대심도 터널 내화성능 강화 기술
	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술
	도심형 수직구 구축 기술
	분기부 시공 및 보강 기술
	영상유고 감지 기술
	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술
	천층 개착터널 보강 기술
	화재연기 확산지연 및 배출 기술

○ **키워드**

네트워크형, 최적단면, 분기부, 중간슬래브, 수로, 기능전환, 브라켓, 라이닝, 분기부, 커팅헤드 어태치먼트, 수직구, 히팅슬립폼, 네트워크형, 환기해석, 내화성능(RABT), 화재연기, 확산속도

□ **상세 분류체계 수립**

○ 대심도터널의 설계-시공-유지 및 위험관리 단계에 따라 필요한 공법, 시스템 중심으로 14개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-44> 대심도터널(B-4-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-4 대심도터널	B-4-1 대심도터널	B-4-1-1	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술
		B-4-1-2	내화성 중간슬래브 구축 기술
		B-4-1-3	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술
		B-4-1-4	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술
		B-4-1-5	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술
		B-4-1-6	다목적 대심도 터널 설계 기술
		B-4-1-7	다목적 터널 통합 운영 기술
		B-4-1-8	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션
		B-4-1-9	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술
		B-4-1-10	대심도 터널 내화성능 강화 기술
		B-4-1-11	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술
		B-4-1-12	도심형 수직구 구축 기술
		B-4-1-13	분기부 시공 및 보강 기술
		B-4-1-14	영상유고 감지 기술
		B-4-1-15	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술
		B-4-1-16	천층 개착터널 보강 기술
		B-4-1-17	화재연기 확산지연 및 배출 기술

마. 지하대공간(B-5/B-5-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 지상과 반대의 개념으로 지하에 건설되는 사회간접시설(전력, 통신, 수로, 발전소 등)뿐만 아니라 문화시설로 각종 편익을 위한 지하에 건설되는 지표접근성 지하대공간과 심층 대공간

○ **(기능)** 도심지 지상공간의 제약과 토지가격의 상승에 따른 비용 문제로 지하에 심도별로 특성에 따라, 상업시설, 문화시설, 사회간접시설, 혐오시설 등을 설치하는데 필요한 지하공간의 역할을 수행

○ **(주요 내용)** 지하대공간 구축 및 보강기술, 이동시스템, 환기 및 방재기술 등 공통 기술과 핵폐기물 처분, 에너지 생산 및 저장 등 지하대공간 활용 기술

○ **(세부기술 구성)** 지하대공간 건설전주기에 따른 세부기술 구성

<표 2-45> 지하대공간(B-5-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
지하대공간	지하대공간 이동시스템
	지하대공간 구축 및 보강 기술
	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리
	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술
	이산화탄소 지중 저장 기술
	지하 오폐수 처리장 건설 기술
	압축공기 에너지 지하저장 기술
	열에너지 지하저장 기술
	원유 및 가스 지하저장 기술
	에너지 플랜트 지하화 기술
	원자력 발전소 지하화 기술

○ **키워드**

상업용.거주용 지하공간	지하, 계획, 조사, 설계, 시공, 굴착, 지보, 보강, 방수, 라이닝, 운영, 유지관리, 상업, 거주, 확장, 스팬, 격자, 주방식 구조, 방재, 화재, 지진, 침수, 내구성, 대피, 안전
폐기물 지하 처분.저장 지하공간	고준위 핵폐기물, 지하, 처분장, 건설, 굴착, 라이닝, 안전, 방수, 안정성, 처분공, 이산화탄소, 저장, 암반, 포집, 수송, 주입, 처리, 격리, 덮개암, 오수, 폐수, 처리, 공동, 터널, 환기,
에너지 지하 저장 지하공간	압축공기, 에너지, 지하, 저장, 압축기, 연소기, 터빈, 기밀성, 열에너지, 열전도, 시추공, 대수층, 공동, 원자력 발전소, 건설, 라이닝, 수직구, 굴착, 안전, 방수, 안정성

□ **상세 분류체계 수립**

○ 지하대공간의 설계-시공-유지 및 위험관리 단계에 따라 필요한 공법, 시스템 중심으로 11개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-46> 지하대공간(B-5-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
B-5 지하대공간	B-5-1 지하대공간	B-5-1-1	지하대공간 이동시스템
		B-5-1-2	지하대공간 구축 및 보강 기술
		B-5-1-3	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리 기술
		B-5-1-4	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술
		B-5-1-5	이산화탄소 지중 저장 기술
		B-5-1-6	지하 오폐수 처리장 건설 기술
		B-5-1-7	압축공기 에너지 지하저장 기술
		B-5-1-8	열에너지 지하저장 기술
		B-5-1-9	원유 및 가스 지하저장 기술
		B-5-1-10	에너지 플랜트 지하화 기술
		B-5-1-11	원자력 발전소 지하화 기술

(3) 사면/지반조사/기초(C)

○ 시설물을 기반으로 사면보호/보강/유지관리, 지반조사/개량, 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체 3개 소분류(L3)로 분류

가. 사면호보/보강/유지관리(C-1)

○ 시설물을 기준으로 절토사면, 성토사면, 자연사면 3게 세분류(L4)로 분류

가-1. 절토사면(C-1-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 인공사면의 한가지 유형으로 도로, 철도, 터널, 댐 건설 및 부지 조성을 수행하는 과정에서 발생되는 인공비탈면과 급경사지를 의미하며, 주요 기술로는 절토사면 안정과 붕괴방지 및 대응, 사면관리기술

○ **(기능)** 시설물의 설치과정에서 발생되는 인공적인 사면의 붕괴, 낙석 등을 방지하고 안전성을 확보하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 절토사면 계측/모니터링 기술, (2) 자산관리기술, (3) 재해 복구 및

위험도 평가기술, (4) 절토사면 설계 및 해석기술, (5) 유지관리 기술

○ **(세부기술 구성)** 절토사면의 건설 전주기에 따른 세부기술 구성

<표 2-47> 절토사면(C-1-1) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
절토사면	IOT기반의 절토사면 계측/모니터링 기술
	생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술
	시나리오 기반의 절토사면 재해 복구 기술
	시나리오 기반의 절토사면 재해 위험도 평가기술
	신뢰성기반 절토사면 설계 및 해석기술
	절토사면 성능기반 평가 및 유지관리 기술

○ **키워드**

생애주기비용분석, 자산관리, 의사결정, 성능, 유지관리, 선제대응, 재해, 복구력, 복구력비용지수, 비용, 시간, 취약지수, 안전율, 사회적 비용, 사면 계측, 실시간 모니터링, 지반거동, 변위, 지하수위, 광섬유, 비접촉 센서, 적외선, 조기경보, 식생공법, 사면보호공, 녹생토, 식생매트, 코아네트, 표면유실, 침투, 배수, 배수공, 배수로, 암거, 연직배수구, 측구, 강우강도, 성토사면, 도로노반, 함몰, 침하, 옹벽, 보강토옹벽, 친환경, 사면보호공법, 사면보강공법, 시공, 사방댐, 링네트, 산사태, 토석류, 계측, GPS, 자이로스코프, 센서, 사물인터넷, 무선통신, 자연사면, 위험도, 평가, 예측, 기후변화, 재해위험지도, 산사태 민감도, 드론, SAR, 로봇기술, 현장조사, 레이저스캐닝, 원격제어, 무인화 기술, 점검

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 절토사면의 전주기에 따라 필요한 공법, 시스템 기술 중심으로 5개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-48> 절토사면(C-1-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-1 사면보호/보강 /유지관리	C-1-1 절토사면	C-1-1-1	도심지 인공절토사면 재해취약성 평가기술
		C-1-1-2	생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술
		C-1-1-3	시나리오 기반의 절토사면 재해 대응 및 복구 기술
		C-1-1-4	절토사면 계측/모니터링 기술
		C-1-1-5	절토사면 대책시설물 성능평가 및 유지관리 기술

가-2. 성토사면(C-1-2)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 인공사면의 한가지 유형으로 도로, 철도, 댐 제체 건설 및 부지 조성을 수행하는 과정에서 토사를 성토하여 발생되는 인공 비탈면과 급경사지를 의미하며, 성토사면의 안정과 보강, 유지관리기술

○ **(기능)** 도로, 철도 등의 건설과정에서 급경사 축소 및 안전성 확보를 위해 토사 등을 활용하여 지반의 높이를 높이거나 자연재해로부터 거주민의 안전성 확보를 위한 제체로서의 기능을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축기술, (2) 내진설계, 유지관리 기술, (3) 유도배수시스템 성능 개선 기술, (4) 표면 유실 방지 기술

○ **(세부기술 구성)** 성토사면의 건설 전주기에 따른 세부기술 구성

<표 2-49> 성토사면(C-1-2) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
성토사면	성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술
	성토사면 내진설계 기술
	성토사면 상부구조물 유지관리 기술
	성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술
	성토사면 표면유실 방지기술

○ **키워드**

생애주기비용분석, 자산관리, 의사결정, 성능, 유지관리, 선제대응, 재해, 복구력, 복구력비용지수, 비용, 시간, 취약지수, 안전율, 사회적 비용, 사면 계측, 실시간 모니터링, 지반거동, 변위, 지하수위, 광섬유, 비접촉 센서, 적외선, 조기경보, 식생공법, 사면보호공, 녹생토, 식생매트, 코아네트, 표면유실, 침투, 배수, 배수공, 배수로, 암거, 연직배수구, 측구, 강우강도, 성토사면, 도로노반, 함몰, 침하, 옹벽, 보강토옹벽, 친환경, 사면보호공법, 사면보강공법, 시공, 사방댐, 링네트, 산사태, 토석류, 계측, GPS, 자이로스코프, 센서, 사물인터넷, 무선통신, 자연사면, 위험도, 평가, 예측, 기후변화, 재해위험지도, 산사태 민감도, 드론, SAR, 로봇기술, 현장조사, 레이저스캐닝, 원격제어, 무인화 기술, 점검

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 성토사면의 전주기에 따라 필요한 공법, 시스템 기술 중심으로 4개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-50> 성토사면(C-1-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-1 사면보호/보강 /유지관리	C-1-2 성토사면	C-1-2-1	성토사면 표면유실 방지기술
		C-1-2-2	성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술
		C-1-2-3	성토사면 상부구조물 유지관리 기술
		C-1-2-4	성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술

가-3. 자연사면(C-1-3)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 지반활동과 침식작용 등 자연적인 행위에 의해 발생되는 자연 비탈면과 급경사지를 말하며, 주요 기술로는 자연사면 안정과 붕괴방지 및 대응, 사면관리기술

○ **(기능)** 도로, 철도, 댐 등의 건설과정에서 발생된 자연상태의 급경사지와 비탈면의 붕괴와 낙석 등에 대한 대응기술로서 기능을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 산사태 통합관리시스템 구축 기술 (2) 자연사면 첨단원격조사 및 산사태 계측센서 개발 (3) 토석류 대응 배수시설 및 배수시스템 개선 기술

○ **(세부기술 구성)** 자연사면의 건설 전주기에 따른 세부기술 구성

<표 2-51> 자연사면(C-1-3) 기술분류체계

구성 기술	세부 기술
자연사면	3차원 낙석해석 및 대책 설계기술
	산사태 예경보 기술
	산사태 통합관리시스템 구축 기술
	산사태 피해저감을 위한 법제도화 기술
	시나리오기반의 토석류 위험도 평가 기술
	자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술
	자연사면 첨단 원격조사 기술
	자연사면 친환경 보호/보강 기술
	토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술
	토석류 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립

○ **키워드**

자연사면, 위험도, 평가, 예측, 기후변화, 재해위험지도, 산사태 민감도, 드론, SAR, 로봇기술, 현장조사, 레이저스캐닝, 원격제어, 무인화 기술, 점검

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 자연사면의 전주기에 따라 필요한 공법, 시스템 기술 중심으로 11개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-52> 자연사면(C-1-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-1 사면보호/보강 /유지관리	C-1-3 자연사면	C-1-3-1	자연사면 첨단 원격조사 기술
		C-1-3-2	도심지 토사재해 위험지역 정밀 조사 및 취약성 평가 기술
		C-1-3-3	자연사면 광역 위험도 평가 기술
		C-1-3-4	토사재해 발생 예측 기술
		C-1-3-5	자연사면 친환경 보호/보강 기술
		C-1-3-6	토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술
		C-1-3-7	토사재해 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립
		C-1-3-8	자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술
		C-1-3-9	토사재해 예경보 기술
		C-1-3-10	토사재해 통합관리시스템 구축 기술
		C-1-3-11	도심지 토사재해 피해저감을 위한 법제도화 기술

나. 지반조사/개량(C-2/C-2-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 지반의 지층분포과 토질, 암석 및 암반 등 지반의 공학적 성질을 명확히 파악하기 위한 기술과 건설공사의 대상지반으로 적합하게 지반의 공학적 성질을 변경시키는 기술

○ **(기능)** 구조물의 기초 유형을 결정하고 보다 안전한 지반 성질로 개량하여 지반으로부터 발생가능한 침하, 전도 등 현상에 대해 육상 및 해상구조물의 구조적 안전성을 제공하는 기술

○ **(주요 내용)** (1) 선진 지반조사 및 지반특성 분석 기술 (2) 신소재개량·시설물별 지반개량 등 연약지반 개량기술 (3) 오염지반 조사, 개량기술

○ **(세부기술 구성)** 지반조사 및 개량활동을 기반으로 세부기술 구성

<표 2-53> 지반조사/개량(C-2-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
선진 지반 조사 기술	경사 시추 천공 기술
	대심도시추천공기술
	시료채취, 이송, 보관기술
	시료채취 교란도 제어기술
	심해저 해상 지반 조사장비
	해상 지반 조사 플랫폼
비파괴 물리 탐사	멀티 다운홀 장비
	신호분석 하부지반 영상해석기술
	전기 비저항 지반조사 장비
	탄성파 지반조사 장비
지반 특성 분석 기술	실내실험 장비 기술
	심해저지반조사 분석기술
	지반재료 물리특성 실험 기술
	지반재료 역학특성 실험 기술
	지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술
	지층재료구성 모델링 기술
연약 지반 개량 기술	그라우팅 효율 향상 재료
	멀티 펌핑 주입 장비
	복합지반 교란 저감 기술
	시설물별 지반개량 기술
	신소재 개량기술
	지반개량 재료용 산업부산물 적용기술
	진동 다짐 장비
	특수 말뚝을 이용한 개량 기술
초연약 지반 개량기술	대심도개별진공압밀 개량기술
	부상형 배수재 타설 및 개량기술
	전기주입개량및복합기법적용기술
	해상타설 개량기술
	혼합용 교반장비 및 개량기술

구성 기술	세부 기술
오염 지반 조사개량 기술	복합 오염지반 정화기술
	오염원인자 분석 및 추적기술
	오염지반조사올인원장비
	유기물 오염지반 정화기술
	중금속 오염지반 정화기술

○ **키워드**

시추(굴착), 지반조사, 원위치 시험, 시료, 불교란 시료, 시료이송, 시료보관, 비파괴 지반조사, 탄상파 시험, 전기비저항 시험, 표면파 시험, 공학적 특성, 전단강도, 잔류강도, 탄성 계수, 전단파 속도, 토사 요소 실험, 삼축 실험, 전단실험, 잔류강도 실험, 동삼축 실험, 진삼축 실험, 토사 구성모델, 탄성모델, 탄소성 모델, 점탄성 모델, 지반 신재료, 산업부산물, 지반 개량, 초연약 지반, 지반 개량

□ 상세기술분류체계 수립

○ 조사대상 지반과 활동을 기준으로 필요한 재료, 장비, 공법, 시스템을 중심으로 34개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-54> 지반조사/개량(C-2-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-2 지반조사/개량	C-2-1 지반조사/개량	C-2-1-1	대심도시추천공기술
		C-2-1-2	경사 시추 천공 기술
		C-2-1-3	시료채취 교란도 제어기술
		C-2-1-4	시료채취, 이송, 보관기술
		C-2-1-5	해상 지반 조사 플랫폼 기술
		C-2-1-6	심해저 해상 지반 조사장비
		C-2-1-7	멀티 다운홀 장비
		C-2-1-8	신호분석 하부지반 영상해석기술
		C-2-1-9	탄성파 지반조사 장비
		C-2-1-10	전기 비저항 지반조사 장비
		C-2-1-11	지반재료 물리특성 실험 기술
		C-2-1-12	지반재료 역학특성 실험 기술
		C-2-1-13	실내실험 장비 기술
		C-2-1-14	지층재료구성 모델링 기술
		C-2-1-15	지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)
		C-2-1-16 심해저지반조사 분석기술
		C-2-1-17 신소재 개량기술
		C-2-1-18 지반개량 재료용 산업부산물 적용기술
		C-2-1-19 그라우팅 효율 향상 재료
		C-2-1-20 멀티 펌핑 주입 장비
		C-2-1-21 진동 다짐 장비
		C-2-1-22 복합지반 교란 저감 기술
		C-2-1-23 시설물별 지반개량 기술
		C-2-1-24 특수 말뚝을 이용한 개량 기술
		C-2-1-25 혼합용 교반장비 및 개량기술
		C-2-1-26 대심도개별진공압밀 개량기술
		C-2-1-27 부상형 배수재 타설 및 개량기술
		C-2-1-28 해상타설 개량기술
		C-2-1-29 전기주입 개량 및 복합기법 적용기술
		C-2-1-30 오염지반조사올인원장비
		C-2-1-31 유기물 오염지반 정화기술
		C-2-1-32 중금속 오염지반 정화기술
		C-2-1-33 복합 오염지반 정화기술
		C-2-1-34 오염원인자 분석 및 추적기술

다. 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체(C-3)

○ 시설물을 기준으로 육상기초, 해상기초, 흙막이 구조물 3개 세분류(L3)로 분류

다-1. 육상기초(C-3-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 육상 구조물의 하중을 지지하고, 구조물의 침하·경사·전도 활동 등에 안전한 하중지지능력을 갖추기 위해 육상의 암반과 연결하여 안전성을 제공하는 공통 시설

○ **(기능)** 교량, 건축물, 풍력발전기 등 육상에서 구축되는 시설물의 상부구조물 하중을 지지하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** 육상기초의 내진보강 기술, 말뚝 선단지지력·수평저항력·주변마찰력 증대기술 및 항타소음·진동 저감기술

○ **(세부기술 구성)** 육상기초 건설단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-55> 육상기초(C-3-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
육상기초	그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술
	내진 보강용 기존 기초 보강 기술
	내진 보강용 신형식 기초
	말뚝 선단지지력 증대 기술
	말뚝 수평저항력 증대 기술
	말뚝 주면마찰력 증대 기술
	말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술
	성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술
	증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술
	풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 육상기초 건설에 필요한 공법, 시스템을 중심으로 10개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-56> 육상기초(C-3-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-3 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	C-3-1 육상기초	C-3-1-1	증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술
		C-3-1-2	내진 보강용 신형식 기초
		C-3-1-3	내진 보강용 기존 기초 보강 기술
		C-3-1-4	그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술
		C-3-1-5	풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술
		C-3-1-6	말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술
		C-3-1-7	말뚝 수평저항력 증대 기술
		C-3-1-8	말뚝 주면마찰력 증대 기술
		C-3-1-9	말뚝 선단지지력 증대 기술
		C-3-1-10	성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술

다-2. 해상기초(C-3-2)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 해상에 설치하는 시설물의 하중을 지지하고 조류나 바람에 의한 변형이나 파괴로부터 구조물의 안전성과 내구성을 확보하기 위해 해저 지반과 구조물을 연결하는 공통적인 시설부위

○ **(기능)** 해상교량, 해상 태양광 및 풍력 에너지단지, LNG 터미널, 인공섬 등 수중에 설치하는 구조물의 기초로 활용

○ **(주요 내용)** 대구경 기성말뚝·현장타설 말뚝 해상 시공기술 및 강관말뚝 부식저감/방지기술, 해상기초 설계 및 시공기술, 해상구조물 수중접합/분리기술, 해상기초 지지력 확인기술 및 내진보강 공법

○ **(세부기술 구성)** 해상기초 건설단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-57> 해상기초(C-3-2) 기술분류체계

구성 기술	세부 기술
해상기초	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술
	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술
	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술
	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술
	버켓기초 설계/시공 기술
	케이슨 경량화 기술
	케이슨 급속 지중 관입 기술
	케이슨 선단 차수 기술
	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술
	해상 경사말뚝 경사도 확보 기술
	해상 교량기초 가설공법
	해상 구조물 수중 접합/분리 기술
	해상 기초 지지력 확인 기술
	해상기초의 내진보강 공법

○ **키워드**

기초사석, 피복석, 프리캐스트, 부등침하, 편심경사, 트랜싯, 속채움(재료), 앵커링, 강관말뚝, 핀파일, 그라우팅, 레그, 심플레이트, 비계, 벽강관파일, 케이싱, 어스오거, 다운홀 (다운더홀), 유압해머, 바이브로 해머, 지그, 석션압, 석션펌프, 구멍쇠, 초기관입량, 최종관입량, 보일링, 플러깅, 계류선, 연직도(수직도 조절), 모니터링, SPM, 부유식구조체

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 해상기초 건설에 필요한 공법, 시스템을 중심으로 14개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-58> 해상기초(C-3-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-3 육상 및 해상기초/ 흙막이구조물 및 지하벽체	C-3-2 해상기초	C-3-2-1	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술
		C-3-2-2	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술
		C-3-2-3	해상 기초 지지력 확인 기술
		C-3-2-4	버켓기초 설계/시공 기술
		C-3-2-5	해상 교량기초 가설공법
		C-3-2-6	해상 구조물 수중 접합/분리 기술
		C-3-2-7	케이슨 선단 차수 기술
		C-3-2-8	케이슨 경량화 기술
		C-3-2-9	케이슨 급속 지중 관입 기술
		C-3-2-10	해상 경사말뚝 경사도 확보 기술
		C-3-2-11	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술
		C-3-2-12	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술
		C-3-2-13	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술
		C-3-2-14	해상기초의 내진보강 공법

다-3. 흙막이구조물(C-3-3)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 지하 굴착시 발생가능한 토사 유출, 토압에 의한 지반 붕괴를 막기 위해 임시적으로 설치하는 토류 구조물

○ **(기능)** 다양한 육상 구조물 건설과 지하시설물 시공을 위한 지반 굴착 및 터파기 공사 과정에서 굴착면의 안전을 유지하고 구조적 안전성을 제공하는 기능을 수행

○ **(주요 내용)** 도심 지하벽체 긴급 보수, 보강기술 및 무진동, 무소음 해체기술, 흙막이 지보재 위치변경 및 간격증대 기술·영구벽체 활용 기술, 고수압 대응 및 스마트 차수기술, 굴착공사 중 영상기반 지반 모니터링 기술

○ **(세부기술 구성)** 흙막이구조물 건설단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-59> 흙막이구조물(C-3-3) 기술분류체계

구성 기술	세부 기술
흙막이 구조물	굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술
	도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술
	보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술
	시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술
	연약지반 앵커력 증대/확보 기술
	자립식 흙막이 자립길이 증대 기술
	자연 친화형 기성 모듈식 옹벽
	지하 대심도 고수압 대응 차수 기술
	지하벽체 긴급 보수/보강 기술
	지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술
	흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술
	흙막이 지보재 간격 증대 기술

○ **키워드**

크리프, 날개벽, 신축이음, 지지력, 전도파괴, 활동파괴, 토압분포, 수동저항력, 배수, 근입깊이, 취약면, 아칭, 방식, 배수패널, 동결토, 그라우팅, 연직벽, 정착장, 프리스트레스, 인발저항력, 희생앵커, 임계파괴면, 긴장, 보강재, 보강토체, 계단식 벽체, 등댄벽체, 사다리꼴 벽체, 부풀음, 침하, 한계평형, 활동마찰계수, 벽체저면 받침대, 주동영역, 저항영역, 설계수명, 지중침식, 방호벽, 토플링, 콘크리트 모듈, 강재 모듈, 마찰계수, 강체, 기성블록

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 흙막이구조물 건설에 필요한 공법, 시스템을 중심으로 12개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-60> 흙막이구조물(C-3-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
C-3 육상 및 해상기초/ 흙막이구조물 및 지하벽체	C-3-3 흙막이구조물	C-3-3-1	굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술
		C-3-3-2	흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술
		C-3-3-3	연약지반 앵커력 증대/확보 기술
		C-3-3-4	시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술
		C-3-3-5	흙막이 지보재 간격 증대 기술
		C-3-3-6	자립식 흙막이 자립길이 증대 기술
		C-3-3-7	지하 대심도 고수압 대응 차수 기술
		C-3-3-8	지하벽체 긴급 보수/보강 기술
		C-3-3-9	도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술
		C-3-3-10	지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술
		C-3-3-11	자연 친화형 기성 모듈식 옹벽
		C-3-3-12	보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술

(4) 항만 및 해안구조물(D)

○ 시설물을 기반으로 해양준설/매립, 항만 및 해안구조물, 수중구조물, 인공섬의 4개 소분류(L3)로 구분

가. 해양준설/매립(D-1/D-1-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 해양준설은 항로, 박지, 선회장 등의 계획수심 확보와 수심유지를 위하여 해저지반을 준설장비로 준설하고 준설된 토사를 운반선에 의하여 운반하여 지정된 투기장에 투기하는 일련의 공사(준설→운반→투기)를 말하며, 해양매립은 항만 및 어항의 건설, 개간 및 공유수면의 매립, 도시의 개발이나 산업입지 및 산업단지의 조성, 에너지 개발, 관광단지의 개발, 체육시설의 설치를 위해 골재를 매립

○ **(기능)** 수면하의 토사를 굴착하는 공사 기술로서 항만건설, 항로확보, 임해단지 조성을 목적으로 폐기물 및 슬러지 흙, 모래, 돌 등의 재료를 준설선으로 들어 올려 이를 운반 투기하는 기술

○ **(주요 내용)** 준설 매립 토량 관측, 준설/매립용량 예측, 준설토 조사/분석/정보화 시

스템 기술, 준설모니터링, 자기장/토네이도 이용 준설도 이송기술, 준설이송 파이프기술, 준설토 정화재료 및 공법, 준설 매립 시뮬레이터, 매립생태 안정화, 준설토 세척/선별기술

○ **(세부기술 구성)** 해양준설과 매립 활동단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-61> 해양준설/매립(D-1-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
준설/매립 설계 및 시공관리기술	준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술
	준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술(준설매립 BIM기반 설계시스템)
준설토 처리기술	준설토 세척 및 입도별 분리 기술
	고함수·고유기질 준설토 고화처리기술
	준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술
	오염준설토 처리기술
	고함수비 준설토 탈수 기술
준설 및 이송기술	준설 및 운반 장비 기술
	준설 매립 이송 통합시스템 기술(+준설토 이송 모니터링 및 전문가 시스템)
	준설토 장거리 이송 시스템 기술
준설토 활용기술	준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술
	준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술
	친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술
	준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술
	준설토활용식생토·습지조성및복원기술(+식생토활용)
	오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술

○ **키워드**

해양지반조사, 준설토 특성, 정보화 기술, 준설물량산출, 오염토 조사, 정화, 선별, 준설토 이송, 고효율, 장거리, 다상유동, 투기장, 준설선, 준설펌프, 관중혼합, 이송시스템, 준설, 매립, 설계, 시공관리, BIM, 매립지반, 안정화, 유효활용

□ 상세기술분류체계 수립

○ 준설 매립 설계 및 시공, 준설토 처리, 준설 및 이송, 준설토 활용 등 단계별로 필요한 공법, 시스템을 중심으로 16개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-62> 해양준설/매립(D-1-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-1 해양준설/매립	D-1-1 해양준설/매립	D-1-1-1	준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술
		D-1-1-2	준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술
		D-1-1-3	준설토 세척 및 입도별 분리 기술
		D-1-1-4	고함수·고유기질 준설토 고화처리기술
		D-1-1-5	준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술
		D-1-1-6	오염준설토 처리기술
		D-1-1-7	고함수비 준설토 탈수 기술
		D-1-1-8	준설 및 운반 장비 기술
		D-1-1-9	준설 매립 이송 통합시스템 기술
		D-1-1-10	준설토 장거리 이송 시스템 기술
		D-1-1-11	준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술
		D-1-1-12	준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술
		D-1-1-13	친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술
		D-1-1-14	준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술
		D-1-1-15	준설토 활용 식생토·습지조성 및 복원기술
		D-1-1-16	오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술

나. 항만 및 해안구조물(D-2/D-2-1)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 외해로부터 내습하는 파랑의 방지, 파랑 및 조류에 의한 표사 이동의 방지, 해안선의 토사유실 방지 및 하천 또는 외해로부터의 토사 유입방지 등을 목적으로 축조하는 시설

○ **(기능)** 해안선을 중심으로 사람과 선박이 안전하게 승선, 접안, 하역할 수 있도록 하거나 자연외력으로부터 보호하기 위한 시설물을 건설하는 기술로서 항만 및 해안의 조사, 계획, 설계, 시공, 유지관리 기술을 포함

○ **(주요 내용)** (1) 파랑, 조석, 조류 등 해안의 수리현상에 대한 해석과 항만 및 해양구조물에 작용하는 외력을 계산하고 이를 반영한 구조물을 설계하는 기술, (2) 항만 및 해양구조물의 시공 및 증축을 위한 기반개량, 자동화시공 등 제반기술, (3) 항만 지역의 구조적 안정성을 모니터링하고 재해 대응 체계를 구축하여 운영하는 기술

○ **세부기술 구성**

<표 2-63> 항만 및 해안구조물(D-2-1) 세부기술 구성

구성기술	세부 기술
항만 및 해안 구조물	신형소파블록 개발 기술
	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발 기술
	FRP합성형 항만구조물 개발 기술
	강재구조물 부식방지 기술
	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물
	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물
	안벽 증심기술
	연약지반 개량 공법
	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술
	쓰나미방파제 개발 기술
	고조방파제 개발 기술
	섹터게이트 개발 기술
	연안 침퇴적 저감 기술
	대형구조물 해상운반기술
	대형구조물 해상시공기술
	수중구조물 점검 기술
	수중시공 모니터링 기술
	인공조간대 조성기술
	부유사 발생 및 영향 예측기술
	폐기물 해상 처분장 조성기술

○ **키워드**

항만구조물, 설계기술, 직립식 구조물, 경사식 구조물, 케이슨, 안벽, 방파제, 소파블록, 잔교, 마리나, 보강기술, 재해저감, 파해복구, 신뢰성설계, LCC, BIM, 기후변화, 해상건설장비, 로봇기술, 무인화기술, 수심측량, 수중건설장비, 수중드론, 장비 모니터링, 연안침식, 연안퇴적, 연안표사이동, 예측기술, 연안침퇴적 수치모델링 및 수리실험, 잠제, 양빈, 드론, 현장조사, 원격제어, 레이더, 유지관리

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 항만 및 해안구조물 유형별 건설단계별로 필요한 공법, 시스템을 중심으로 20개

상세기술(L5)로 분류

<표 2-64> 항만 및 해안구조물(D-2-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-2 항만 및 해안구조물	D-2-1 항만 및 해안구조물	D-2-1-1	신형소파블록 개발
		D-2-1-2	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발
		D-2-1-3	FRP합성형 항만구조물 개발
		D-2-1-4	강재구조물 부식방지 기술
		D-2-1-5	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물
		D-2-1-6	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물
		D-2-1-7	안벽 증심기술
		D-2-1-8	연약지반 개량 공법
		D-2-1-9	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술
		D-2-1-10	쓰나미방파제 개발 기술
		D-2-1-11	고조방파제 개발 기술
		D-2-1-12	섹터게이트 개발 기술
		D-2-1-13	연안 침퇴적 저감 기술
		D-2-1-14	대형구조물 해상운반기술
		D-2-1-15	대형구조물 해상시공기술
		D-2-1-16	수중구조물 점검 기술
		D-2-1-17	수중시공 모니터링 기술
		D-2-1-18	인공조간대 조성기술
		D-2-1-19	부유사 발생 및 영향 예측기술
		D-2-1-20	폐기물 해상 처분장 조성기술

다. 수중구조물(D-3)

○ 시설물을 기준으로 해저기지, 해중공원시설, 해중라이프라인 3개 세분류(L3)로 분류

다-1. 해저기지(C-3-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 높은 수압과 수중활동의 한계를 극복하고 해중에 거주하는데 필요한 안전을 확보하는 영구적, 또는 임시적 구조물과 관련 부속설비

○ **(기능)** 해저자원의 이용, 해저생활 및 거주, 해양영토 확장 등을 위해 해중 정주공간을 제공함으로써 인간이 해중에서 활동과 여가를 확대시켜나가는 역할을 수행

○ **(주요 내용)** (1) 해저기초 및 지반조성 기술·무인시공, 유지관리 기술 (2) 긴급구난 및 응급복구 기술

○ **(세부기술 구성)** 해저기지 건설단계에 따라 세부기술 구성

<표 2-65> 해저기지(C-3-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
해저기지	긴급구난 및 응급복구 기술
	에너지 수급 기술
	유지관리를 위한 통합관리 기술
	해저 기초 및 지반 조성기술
	해저구조물 무인 시공 기술
	해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술

○ **키워드**

심해기초, 심해지반, 수중기초, 심해구조물, 수중구조, 수중안전성, 수중내구성, 심해모니터링, 심해구조물 계측, 심해구조물 유지관리, 수중구난, 수중긴급대피, 수중응급복구, 수중구조물 유지관리, 시설물 통합관리, 에너지 자립, 수중발전, 수중로봇, 심해로봇

□ 상세기술분류체계 수립

○ 해저기지 건설단계별로 필요한 공법, 시스템을 중심으로 6개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-66> 해저기지(C-3-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-3 수중구조물	D-3-1 해저기지	D-3-1-1	해저 기초 및 지반 조성기술
		D-3-1-2	해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술
		D-3-1-3	긴급구난 및 응급복구 기술
		D-3-1-4	유지관리를 위한 통합관리 기술
		D-3-1-5	에너지 수급 기술
		D-3-1-6	해저구조물 무인 시공 기술

다-2. 해중공원시설(C-3-2)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 어족자원 확보 및 수중 경관 확보를 위해 해중에 설치되는 시설물의 내구성과 안전성을 확보하기 위한 해중시설

○ **(기능)** 해양 스포츠 활성화 및 어족자원 보호 등을 목적으로 설치하는 해중 어초 시설, 해중 경관 시설 등 다양한 해중시설

○ **(주요 내용)** 해중 공원 조경설계 기술 및 안전성 확보, 유지관리 기술

○ **(세부기술 구성)**

<표 2-67> 해중공원시설(C-3-2) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
해중공원시설	해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술
	해중조경 설계기술

○ **키워드**

해중공원, 해중생물, 심해양식, 수중구조물 유지관리, 심해로봇, 수중양식로봇

□ 상세기술분류체계 수립

○ 해중 공원 조경설계 기술 및 안전성 확보, 유지관리 기술의 2개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-68> 해중공원시설(C-3-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)
D-3 수중구조물	D-3-2 해중공원시설	D-3-2-1 해중조경 설계기술
		D-3-2-2 해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술

다-3. 해중라이프라인(C-3-3)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 대륙간, 도서간, 연육간 전기 및 통신망 공급, 자원망 연결을 위해 설치하는 해중 시설

○ **(기능)** 바다와 강으로 분리된 지역에 국가가 제공해야 하는 서비스(전력, 수도, 통신 등)의 연속성을 제공하는 역할을 수행

○ **(주요 내용)** 해중 라이프라인 시공기술, 유지관리 기술

○ **(세부기술 구성)**

<표 2-69> 해중라이프라인(C-3-3) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
해중라이프라인	해중라이프라인 안전성 확보 기술
	해중라이프라인 유지관리 기술
	해중케이블 시공 기술
	해중파이프 시공 기술

○ **키워드**

해저케이블, 심해케이블, 해저파이프, 심해파이프, 해저파이프 유지관리, 해저케이블 유지관리

□ 상세기술분류체계 수립

○ 해중라이프라인 건설에 필요한 공법, 시스템을 중심으로 4개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-70> 해중라이프라인(C-3-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-3 수중구조물	D-3-3 해중 라이프라인	D-3-3-1	해중라이프라인 안전성 확보 기술
		D-3-3-2	해중케이블 시공 기술
		D-3-3-3	해중파이프 시공 기술
		D-3-3-4	해중라이프라인 유지관리 기술

다-4. 해중에너지생산시설(C-3-4)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 해상풍력, 파랑, 조류, 수온(온도차)을 이용하여 에너지를 생산하는 시설

○ **(기능)** 섬이나 해안 도서지역, 향후 활용가능한 해저기지 등에 에너지를 독립적으로 생산하고 공급하는 역할을 수행

○ **(주요 내용)** 해중 에너지 생산시설의 수중구조물 시공기술

○ **(세부기술 구성)**

<표 2-71> 해중에너지생산시설(C-3-4) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
해중에너지생산시설	복합발전용 수중구조물 건설 기술
	조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술
	해상풍력발전 구조물 지지기술

○ **키워드**

해상풍력, 해상풍력발전 기초, 해상자켓, 조력발전, 파력발전, 심해발전, 수중구조물, 수중기초, 해상복합발전

□ 상세기술분류체계 수립

○ 해중에너지생산시설 시공을 위한 3개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-72> 해중에너지생산시설(C-3-4) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-3 수중구조물	D-3-4 해중에너지 생산시설	D-3-4-1	해상풍력발전 구조물 지지기술
		D-3-4-2	조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술
		D-3-4-3	복합발전용 수중구조물 건설 기술

라. 인공섬(D-4)

○ 지지방식에 따라 매립식인공섬, 착저식인공섬, 잔교식인공섬, 부유식인공섬 4개 세분류(L3)로 분류

라-1. 매립식인공섬(D-4-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 외측에 호안을 쌓고 폐합시킨 후, 내부에 준설토, 모래 등의 재료를 채우고 지반을 안정화

○ **(기능)** 해양레저시설 등 위락시설, 공항, 해저석유개발 등 자원개발을 위해 건설

○ **(주요 내용)** 매립식으로 인해 발생할 수 있는 환경오염 및 매립재 유실 방지가 중요

○ **(세부기술 구성)** 인공섬의 축조 및 과정에서의 오염방지를 위한 기술로 구성

<표 2-73> 매립식인공섬(D-4-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
매립식인공섬	폐기물 활용 매립 기술
	호안구조물 급속 축조 기술
	폐기물의 친환경 매립재화 기술
	오염물질 차수 기술
	매립재 유실 방지 기술

○ **키워드**

호안구조물, 방파제, 케이슨, 급속 축조, 전도, 활동, 친환경, 폐기물, 소각재, 매립, 오염물질, 차수재, 침출수, 해양, 환경, 모니터링, 해류, 식생, 거동, 계측, 센서, 손상, 평가, 부식, 내구성, 보수, 보강, 수중 콘크리트, 균열, 교체, 도장, 자기장, 이상시, 경보, 대피

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 인공섬의 축조 및 과정에서의 오염방지를 위한 5개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-74> 매립식인공섬(D-4-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)
D-4 인공섬	D-4-1 매립식인공섬	D-4-1-1 폐기물 활용 매립 기술
		D-4-1-2 호안구조물 급속 축조 기술
		D-4-1-3 폐기물의 친환경 매립재화 기술
		D-4-1-4 오염물질 차수 기술
		D-4-1-5 매립재 유실 방지 기술

라-2. 착저식인공섬(D-4-2)

□ 기술 프로파일 분석

○ **(정의)** 말뚝에 비해 지지력 및 저항력이 큰 구조물(주로 상자 모양의 철근 콘크리트 구조물)로 시공된 인공섬

○ **(기능)** 내부에 토사나 사석을 채우고 그 위에 케이슨을 올리는 구조이며 상부 구조물 이외엔 바다에 잠겨 있으며 파랑을 차단해 항만 내의 정온도를 유지하기 위한 구조물

○ **(주요 내용)** 지상에서 제작된 케이슨 구조물을 대형 기중기선으로 매달아 이동하는 등 설치 및 시공기술

<표 2-75> 착저식인공섬(D-4-2) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
착저식 인공섬	대면적 해저기초 조성 기술
	해저지반-구조 상호작용 해석기술
	해저 지반 평탄화 기술
	초대형 착저구조물 제작 기술
	초대형 착저구조물 설치 기술

○ **키워드**

초대형, 부유체, 구조상세, 형상, 해석, 설계, 도크, 프리캐스트, 급속, 제작, 해상시공, 파랑 모션, 저감, 안정성, 히브, 피치, 롤링, 소파, 계류, 앵커링, 해저기초, 체인, DP, 써지, TLP, 모듈, 결합, 프리스트레싱, 강봉, 힌지 결합, 극한 환경, 태풍, 해일, 선박 충돌, 폭발, 침수, 파괴, 안전성, 거동, 계측, 센서, 모니터링, 손상, 평가, 부식, 내구성, 보수, 보강, 수중 콘크리트, 균열, 교체, 도장, 자기장, 이상시, 경보, 대피

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 착저식 인공섬의 설치 및 시공을 중심으로 5개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-76> 착저식인공섬(D-4-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-4 인공섬	D-4-2 착저식인공섬	D-4-2-1	대면적 해저기초 조성 기술
		D-4-2-2	해저지반-구조 상호작용 해석기술
		D-4-2-3	해저 지반 평탄화 기술
		D-4-2-4	초대형 착저구조물 제작 기술
		D-4-2-5	초대형 착저구조물 설치 기술

라-3. 잔교식인공섬(D-4-3)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 말뚝을 설치하고 그 위에 콘크리트 또는 철제 데크를 설치하여 지반을 조성

○ **(기능)** 육지에서 거의 직각으로 뻗어 나오고 그 양측에 배를 가로붙이는 제방형 잔교와 강줄기 등에서는 육안(陸岸)에서 떨어진 수심이 적당한 곳에 육안과 나란히 만들어 그 가장 먼 쪽에 배를 대는 도형(島形) 잔교

○ **(주요 내용)** 내진설계는 쉬우나, 배의 충격에 대한 대응, 상재하중에 견디기 어려운 문제, 단위면적에 대한 공사비가 높기 때문에 너비를 넓게 잡을 수 없는 문제, 말뚝 시공이 중요

○ **(세부기술 구성)**

<표 2-77> 잔교식인공섬(D-4-3) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
잔교식 인공섬	해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술
	부유체 해상 결합 기술
	고내구성 신형식 말뚝 기술
	대구경 말뚝 항타 기술
	부유구조체 말뚝 최적 배치 기술
	부유구조체 말뚝 연결 기술

○ **키워드**

초대형, 부유체, 구조상세, 형상, 해석, 설계, 도크, 프리캐스트, 급속, 제작, 해상시공, 파랑 모션, 저감, 안정성, 히브, 피치, 롤링, 소파, 계류, 앵커링, 해저기초, 체인, DP, 써지, TLP, 모듈, 결합, 프리스트레싱, 강봉, 힌지 결합, 극한 환경, 태풍, 해일, 선박 충돌, 폭발, 침수, 파괴, 안전성, 거동, 계측, 센서, 모니터링, 손상, 평가, 부식, 내구성, 보수, 보강, 수중 콘크리트, 균열, 교체, 도장, 자기장, 이상시, 경보, 대피

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 잔교식인공섬의 설치 및 시공을 중심으로 6개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-78> 잔교식인공섬(D-4-3) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-4 인공섬	D-4-3 잔교식인공섬	D-4-3-1	해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술
		D-4-3-2	부유체 해상 결합 기술
		D-4-3-3	고내구성 신형식 말뚝 기술
		D-4-3-4	대구경 말뚝 항타 기술
		D-4-3-5	부유구조체 말뚝 최적 배치 기술
		D-4-3-6	부유구조체 말뚝 연결 기술

라-4. 부유식인공섬(D-4-4)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 선박과 마찬가지로 부력에 의해 구조물의 자중을 버텨내는 형태로 해저지반에 본체를 직접 설치하지 않는 구조물

○ **(기능)** 해저석유의 채취, 해상호텔, 해상터미널, 부유식 잔교 등

○ **(주요 내용)** 주변해역을 정온화시키기 위한 방파제, 부유식 구조물의 운동을 구속하기 위한 계류장치, 육지와 부유식 구조물을 연결하는 잔교 등

○ **(세부기술 구성)**

<표 2-79> 부유식인공섬(D-4-4) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
부유식인공섬	부유구조체 맞춤형 재료 기술
	초대형 콘크리트 부유구조체 구조시스템 기술
	부유체 안정성 향상 기술
	부유체 위치고정 및 앵커링 기술
	초대형 부유체 급속 제작 기술
	대형화 모듈 접합 시공기술
	파랑-구조체 상호작용 해석 기술

○ **키워드**

초대형, 부유체, 구조상세, 형상, 해석, 설계, 도크, 프리캐스트, 급속, 제작, 해상시공, 파랑 모션, 저감, 안정성, 히브, 피치, 롤링, 소파, 계류, 앵커링, 해저기초, 체인, DP, 써지, TLP, 모듈, 결합, 프리스트레싱, 강봉, 힌지 결합, 극한 환경, 태풍, 해일, 선박 충돌, 폭발, 침수, 파괴, 안전성, 거동, 계측, 센서, 모니터링, 손상, 평가, 부식, 내구성, 보수, 보강, 수중 콘크리트, 균열, 교체, 도장, 자기장, 이상시, 경보, 대피

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 부유식인공섬의 설치 및 시공을 중심으로 7개 상세기술(L5)로 분류

<표 2-80> 부유식인공섬(D-4-4) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
D-4 인공섬	D-4-4 부유식인공섬	D-4-4-1	초대형 부유구조체 구조시스템 기술
		D-4-4-2	파랑-부유구조체 상호작용 해석 기술
		D-4-4-3	부유구조체 안정성 향상 기술
		D-4-4-4	부유체 위치고정 및 앵커링 기술
		D-4-4-5	초대형 부유체 급속 제작 기술
		D-4-4-6	대형화 모듈 접합 시공 기술
		D-4-4-7	부유구조체 맞춤형 재료 기술

(5) 특수구조물(E)

○ 시설물을 기준으로 극압·극저온 구조물, 방호구조물(방호, 방폭), 우주구조물 3개 세분류(L3)로 분류

가. 극압·극저온 구조물(E-1)

○ 극압·극저온 구조물(L3)은 시설물에 따라 극지구조물, 극저온 저장탱크, 극압·극저온 구조물의 3개 세분류(L4)로 구성

가-1. 극지구조물(E-1-1)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 남북극과 같이 온도가 매우 낮은 지역에 건설되는 구조물

○ **(기능)** 온도가 매우 낮은 극지에서의 구조물 구현을 위해서 적합한 재료 기술, 급속 시공을 위한 모듈화 및 연결 기술

○ **(주요 내용)** 환경조건이 양호한 지역이 아닌 남북극 및 심해 등 극한환경에서 건설되는 구조물 기술을 의미하며, 우주환경과 유사한 건설활동을 준비하기 위한 기초 연구과정

○ **(세부기술 구성)** 극한지방에서 해양, 토목, 건설을 위한 저온용 재료 기술, 도로/교량/터널/건축물 설계/시공기술, 해양신재생에너지시설 지지기술, 천연자원 시추, 생산/저장/수송을 위한 해안구조물 파이프라인 관련기술 등이 포함

<표 2-81> 국지구조물(E-1-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
극지구조물	극저온 경화형 혼화제 제조기술
	극저온 경화형 결합제 제조기술
	극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술
	모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술

○ **키워드**

극저온, 콘크리트, 경화, 내구성능, 강도, 혼화제, 배합설계, 시멘트, 결합제, 남극, 북극, 극저온 콘크리트, 보강재, 모듈화 기법

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 극지구조물의 설계·시공 관련하여 필요한 재료, 시스템, 공법 중심의 4개 상세기술 분류체계(L5)를 수립

<표 2-82> 국지구조물(E-1-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
E-1 극압·극저온 구조물	E-1-1 극지구조물	E-1-1-1	극저온경화형혼화제제조기술
		E-1-1-2	극저온 경화형 결합제 제조기술
		E-1-1-3	극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술
		E-1-1-4	모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술

가-2. 극저온저장탱크(E-1-2)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** LNG 보관시설과 같이 매우 낮은 온도에 견디는 저장 탱크

○ **(기능)** 온도가 매우 낮은 LNG 저장탱크와 관련된 재료 기술, 냉열 활용 및 단열 기술

○ **(주요 내용)** 비점이 낮은 초저온 액체의 저장탱크에 있어서 단열능력을 향상시켜 액체의 저장능력을 증진시키기 위한 것으로, 내부구조물 및 외부구조물의 이중구조를 갖는 초저온 탱크에서, 내외 구조물 사이에 진공이 적용되고 외부구조물 외표면에 단열재가 가설

- 초저온 액체를 저장이나 운송 중 기화되어 손실되는 양을 크게 감소시키게 되며, LNG의 경우 LNG연료선박의 운용에 따른 기화손실량의 절감과 안전성 제공의 효과를 제공하는 매우 효과적

○ **(세부기술 구성)** 냉열 및 단열 관련 기술로 구성

<표 2-83> 극저온 저장탱크(E-1-2) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
극저온 저장 탱크	LNG 탱크 냉열 활용 기술
	극저온 저장탱크 단열 기술

○ **키워드**

극저온, 콘크리트, 경화, 내구성능, 강도, 혼화제, 배합설계, 시멘트, 결합제, 남극, 북극, 극저온 콘크리트, 보강재, 모듈화 기법, LNG, 냉열 활용, 단열

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 극저온 저장탱크 관련 냉열 및 단열활용 2개 상세기술분류체계(L5)를 수립

<표 2-84> 극저온 저장탱크(E-1-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)
E-1 극압·극저온구조물	E-1-2 극저온 장탱크	E-1-2-1 LNG 탱크 냉열 활용 기술
		E-1-2-2 극저온 저장탱크 단열 기술

가-3. 극압·극저온 구조물(E-1-3)

□ **기술 프로파일 분석**

○ **(정의)** 해저와 같이 압력이 높고, 극지와 같이 온도가 낮은 지역에서의 구조물

○ **(기능)** 온도가 매우 낮은 극지 및 압력이 매우 높은 해저에서의 구조물 구현을 위한 적합한 재료 기술, 급속시공을 위한 모듈화 및 연결 기술

○ **(주요 내용)** 환경조건이 양호한 지역이 아닌 남북극 및 심해 등 극한환경에서 건설되는 구조물 기술을 의미하며, 우주환경과 유사한 건설활동을 준비하기 위한 기초연구과정

- 극한지방에서 해양, 토목, 건설을 위한 저온용 재료 기술, 도로/교량/터널/건축물 설계/시공기술, 해양신재생에너지시설 지지기술, 천연자원 시추, 생산/저장/수송을 위한 해안구조물 파이프라인 관련기술 등이 포함
- 해저와 같이 상시적으로 높은 압력 수준에 놓인 구조물에 대한 기술로 이에 적합한 신재료 및 연결 기술, 안전 확보 기술, 모듈화 및 수중 기계화 시공 기술, 사전 시공 및 운영을 위한 가상화 기술을 포함함

○ (세부기술 구성) 극압구조물과 극압-극저온 구조물 기술로 구성

<표 2-85> 극압·극저온 구조물(E-1-3) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
극압구조물	고인성 혼화재료 제조기술
	콘크리트용 고인성 섬유 제작기술
	고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술
	고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술
	모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술
극압-극저온 구조물	극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술
	모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술

○ **키워드**

결합제, 남극, 북극, 극저온 콘크리트, 보강재, 모듈화 기법, LNG, 냉열 활용, 단열

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 극압구조물과 극압-극저온 구조물의 설계·시공·제작 관련 재료, 시스템, 공법을 중심으로 7개 상세기술분류체계(L5)를 수립

<표 2-86> 극저온 저장탱크(E-1-2) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
E-1 극압·극저온 구조물	E-1-3 극압·극저온 구조물	E-1-3-1	고인성 혼화재료 제조기술
		E-1-3-2	콘크리트용 고인성 섬유 제작기술
		E-1-3-3	고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술
		E-1-3-4	고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술
		E-1-3-5	모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술
		E-1-3-6	극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술
		E-1-3-7	모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술

나. 방호구조물(방호, 방폭)(E-2/E-2-1)

□ **기술프로파일 분석**

○ **(정의)** 인화성 또는 가연성 물질(가스, 증기, 분진)의 화재 및 폭발, 특정거리에서

투하 또는 폭발하는 폭탄이나 폭발물의 폭발로 발생하는 폭발하중(Blast Load)에 의한 피해 및 붕괴, 인명피해 등을 최소화하도록 설계되는 구조물

○ **(기능)** 방탄과 방폭과 같이 구조물이 높은 변형률 속도를 갖는 하중조건에 놓일 때 안전성을 확보하기 위한 기술

○ **(주요 내용)** 국방 및 민간에서의 방호 관련 시설물, 에너지 저장시설과 같이 위험물 취급 시설물, 우주 구조물에서의 충돌 방호 등에 대한 설계, 해석, 재료 기술을 포함

○ **(세부기술 구성)** 기준 및 표준, 구조해석 설계, 재료/자재 제조/시공과 성능 시험 평가기술로 구성

<표 2-87> 방호구조물(E-2-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
구조물 방호 기준 및 표준 기술	구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술
	충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술
	신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술
	기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술
	구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술
	재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술
구조물 방호 설계 및 구조해석 기술	구조물 방호 설계 기술
	구조물 방호성능 전산해석 평가기술
	구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술
	방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술
방호구조물 및 재료/자재 제조/시공 기술	구조부재용 방호재료 및 자재 기술
	구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술
	신규 방호구조물 시공기술
	기존 구조물 방호 보강 시공기술
	구조물 방호 급속시공 기술
	구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술
방호구조물 및 재료/자재 성능 시험평가 기술	동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술
	재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술
	구조물 방호성능 시험평가 기술
	구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술

○ **키워드**

방호등급, 방호기준, 표준화, 신규구조물, 방호, 설계기준, 기존구조물, 보강, 설계기술, 신규 방호구조물, 시공기술, 방호보강, 구조물, 급속시공, 구조물 방호성능, 전산해석, 평가기술, 시험평가기술, 평가기준, 구조부재, 방호재료 및 자재, 구조물 보강, 구조물 방호, 성능평가, 기준

□ **상세기술분류체계 수립**

○ 방호구조물의 표준정립, 설계 및 구조해석, 재료·자재의 제조 및 시공과 성능평가 활동과 관련한 재료, 시스템, 공법 중심의 20개 상세기술분류체계(L5) 수립

<표 2-88> 방호구조물(E-2-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
E-2 방호구조물	E-2-1 방호구조물	E-2-1-1	구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술
		E-2-1-2	충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술
		E-2-1-3	신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술
		E-2-1-4	기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술
		E-2-1-5	구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술
		E-2-1-6	재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술
		E-2-1-7	구조물 방호 설계 기술
		E-2-1-8	구조물 방호성능 전산해석 평가기술
		E-2-1-9	구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술
		E-2-1-10	방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술
		E-2-1-11	구조부재용 방호재료 및 자재 기술
		E-2-1-12	구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술
		E-2-1-13	신규 방호구조물 시공기술
		E-2-1-14	기존 구조물 방호 보강 시공기술
		E-2-1-15	구조물 방호 급속시공 기술
		E-2-1-16	구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술
		E-2-1-17	동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술
		E-2-1-18	재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술
		E-2-1-19	구조물 방호성능 시험평가 기술
		E-2-1-20	구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술

다. 우주구조물(E-3/E-3-1)

□ 기술프로파일 분석

○ **(정의)** 달 기지 건설과 같이 저중력, 무산소 상황에서 거주 여건을 만들기 위한 시설물

○ **(기능)** 우주 공간에 시설물 구축을 위한 재료 및 현지 재료 획득 및 활용기술, 설비, 자동화 무인 시공, 연결 기술을 포함함

○ **(주요 내용)** (1) 우주공간에서 거주용/플랜트/공용공간/레저용 공간으로 사용하기 위한 구조물의 설계기술, (2) 위성, 행성기지로 이동을 용이케 하기 위한 교통구조물 개념 설계, 재료 연구, 시뮬레이션 기술, (3) 현재 재료를 활용하여 구조적으로 안정적인 우주구조물을 신속하게 시공하기 위한 장비/시공기술

○ **(세부기술 구성)** 우주환경의 재현, 우주자원, 기반 및 거주시설, 재료, 정책 및 표준화 시험법 기술로 구성

<표 2-89> 우주구조물(E-3-1) 세부기술 구성

구성 기술	세부 기술
우주환경 재현	태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술
	대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술
	지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술
우주자원	자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구
	현지자원 채굴 및 선별 기술
	자원 이송 및 보관 기술
	시추 자동화 기술
	이동 및 이송수단 결정 연구
	운송장비 및 운송시설 설계기술
	운송체 자율주행 지원 기술
기반 및 거주시설	행성 표면 정밀 지형 복원 기술
	우주 건설 표준 제정 연구
	우주현지 지반평가 기술
	저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술
	착륙지 기반 시설 설계기술
	거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화 기술
	우주구조물 시공자동화 기술
	시공자동화 장비 원격 제어 기술
	장비 성능 및 시공 모니터링 기술
	폐기물 관리 기술

구성 기술	세부 기술
우주 건설재료	건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술
	현지 건설재료 가공 및 소결기술
	건설재료 이송 및 보관 기술
	건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술
우주 정책 및 표준화 시험법	우주 건설장비 검증 기술
	검증장비 운영 및 유지관리 기술
	시험 표준화 기술
	우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술
	행성 식민지 관련법
	우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화 기술

○ **키워드**

대기구현, 가스조성, 대전먼지, 부유먼지, 가스, 오염 물질 제어, 진공, 태양방사, 우주방사, 방사차폐, 이온, 방사선, 복제토, 지반진공도, 다물체 동역학, 유한요소법, 분체공학, 열역학, 유체역학, 우주, 진공 챔버, 건설, 검증, 지반열 진공 챔버 운영, 유지관리, 시험, 표준, 시추, 심도, 자율운전, 소형화, 경량화, 저전력화, 신뢰성, 수치지형모델, 3차원 지형복원, 라이다, 사진측량, 지반조사, 강도, 공극비, 접촉이론, 우주환경, 구조물, 기초, 설계, 우주구조물, 랜딩패드, 에이프런, 차폐벽, 도로, 주거시설물, 3D 프린터, 고정형 시공장비, 이동형 시공장비, 원격모니터링, 원격제어, 데이터 송수신, 장비상태 점검, 오류제어, 시공 모니터링, 실시간, 우주자원, 채굴, 선별, 추출, 물, 진공 소결기술, 동적 운용환경, 이송, 저장, 신뢰성, 구성방정식, 전산유체역학, 물질전달

□ 상세기술분류체계 수립

○ 우주구조물의 우주환경 재현, 우주환경에서 건설, 이동, 이송 장비, 지반 및 지형, 기초 조사 기술 등을 중심의 30개 상세기술분류체계(L5) 수립

<표 2-90> 우주구조물(E-3-1) 기술분류체계

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
E-3 우주구조물	E-3-1 우주구조물	E-3-1-1	태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술
		E-3-1-2	대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술
		E-3-1-3	지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술
		E-3-1-4	자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구
		E-3-1-5	현지자원 채굴 및 선별 기술
		E-3-1-6	자원 이송 및 보관 기술
		E-3-1-7	시추 자동화 기술
		E-3-1-8	이동 및 이송수단 결정 연구

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
		E-3-1-9	운송장비 및 운송시설 설계기술
		E-3-1-10	운송체 자율주행 지원 기술
		E-3-1-11	행성 표면 정밀 지형 복원 기술
		E-3-1-12	우주 건설 표준 제정 연구
		E-3-1-13	우주현지 지반평가 기술
		E-3-1-14	저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술
		E-3-1-15	착륙지 기반 시설 설계기술
		E-3-1-16	거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화
		E-3-1-17	우주구조물 시공자동화 기술
		E-3-1-18	시공자동화 장비 원격 제어 기술
		E-3-1-19	장비 성능 및 시공 모니터링 기술
		E-3-1-20	폐기물 관리 기술
		E-3-1-21	건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술
		E-3-1-22	현지 건설재료 가공 및 소결기술
		E-3-1-23	건설재료 이송 및 보관 기술
		E-3-1-24	건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술
		E-3-1-25	우주 건설장비 검증 기술
		E-3-1-26	검증장비 운영 및 유지관리 기술
		E-3-1-27	시험 표준화 기술
		E-3-1-28	우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술
		E-3-1-29	행성 식민지 관련법
		E-3-1-30	우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화

[결과요약] 시설물 분야 상세기술분류체계 수립결과

○ 18개 소분류(L3), 39개 세분류(L4), 418개 세부기술(L5)을 수립

<표 2-91> 시설물 분야 상세기술분류체계 수립결과

대분류(L1)	중분류(L2)	소분류(L3)	세분류(L4)	상세기술(L5)
시설물	A. 교량	A-1 강구조 및 합성구조교량	1개	22개
		A-2. 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	4개	40개
		A-3. 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	4개	31개
	B. 터널 및 지하공간	B-1. 육상터널	3개	27개
		B-2. 해저/침매터널	2개	21개
		B-3. 부유식터널	1개	22개
		B-4. 대심도터널	1개	17개
		B-5. 지하대공간	1개	11개
	C. 사면/지반조사/기초	C-1. 사면보호/보강/유지관리	3개	20개
		C-2. 지반조사/개량	1개	34개
		C-3. 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체	3개	36개
	D. 항만 및 해양구조물	D-1. 해양준설/매립	1개	16개
		D-2. 항만 및 해안구조물	1개	20개
		D-3. 수중구조물	4개	15개
		D-4. 인공섬	4개	23개
	E. 특수구조물	E-1. 고압 극저온 구조물	3개	13개
		E-2. 방호구조물	1개	20개
		E-3. 우주구조물	1개	30개

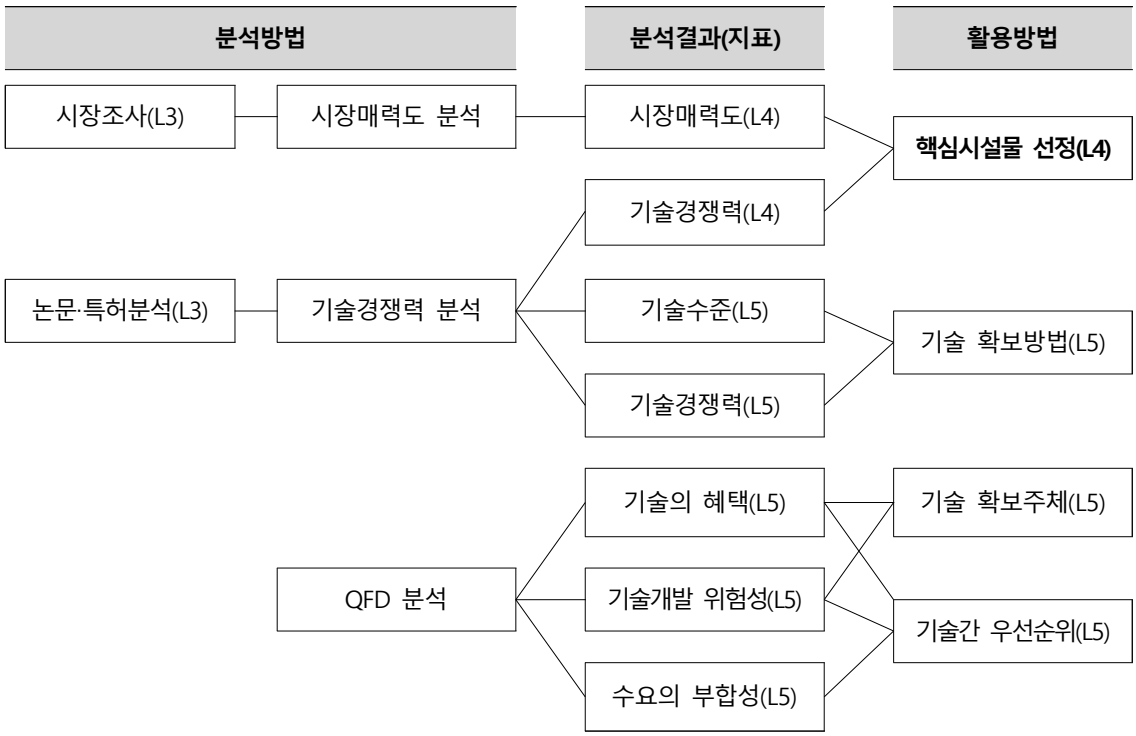
제3장 핵심시설물 선정

3.1 핵심시설물 선정 개요

□ **본 연구에서는 시장매력도 조사, 기술수준 및 경쟁력 분석, QFD 분석을 병행하여 확보전략 수립대상 핵심시설물을 선정하고 확보전략 수립에 활용**

○ **(시장매력도 분석)** 시장매력도 조사를 위하여 시설물(L3)에 대하여 향후 시장전망을 예측하여 해외건설 전문가의 설문조사를 수행한 후, 목적물(L4)의 시장매력도 도출

○ **(기술수준 및 경쟁력)** 시설물(L3)에 대하여 특허·논문 분석을 수행하여 논문·특허 기술경쟁력을 바탕으로 전문가 델파이 조사를 통해 세부기술(L5)의 기술수준, 기술발전단계, 기술경쟁력을 도출



[그림 3-1] 분석방법 및 지표활용 방법

3.2 시장매력도 분석

□ **시설물 분야의 시장현황과 시장전망 조사와 건설사의 해외시장 전문가 평가를 병행하여 시장매력도 분석 수행**

○ **(시장조사)** 글로벌 시장 분석보고서를 활용한 중분류(L2)별 시장현황, 해외건설협회 DB를 활용한 해외수주 현황을 조사하고 시설물별 비율을 바탕으로 시설물(L3) 시장 추정 분석 수행

○ **(시장전망 분석)** 각 시장별로 발주에 영향을 미치는 미래사회 전망, 기술개발 트렌드 등을 분석하여 향후 시장전망을 예측

○ **(시장매력도 분석)** 시장현황과 전망에 대한 자료를 바탕으로 해외건설 전문가를 대상으로 목적물(L4)의 글로벌 시장진출과 관련하여 매력도를 평가

- '시장매력도'란 현재 시장규모와 시장전망을 고려하여 기술확보에 따른 글로벌 시장에서 얻을 수 있는 잠재적인 이익의 크기로 정의

프로세스	글로벌 시장 조사 (L2)	향후 시장전망 분석 (L3)	시장매력도 분석 (L4)
연구내용	- IHS, ENR 등 시장분석 보고서를 활용하여 시설물 글로벌 시장 파악 - 해외건설협회 DB를 활용하여 해외수주현황 조사	- 각 시장별 시설물 발주에 영향을 미치는 트렌드를 분석하여 시설물(L3)별 시장 전망 예측	- L3의 글로벌 시장현황과 시장전망 결과를 토대로 해외건설 전문가의 시장매력도 평가
연구방법	- 문헌조사	- 문헌조사 - 전문가 자문	- 전문가 평가
최종산출물	- 중분류(L2) 분야의 시장현황 및 수주현황 분석 자료 - 각 시장의 시설물 현황을 기반으로 한 시설물(Lv.3) 시장 추정자료	- 시설물(L3) 미래 시장 전망 예측자료	- 목적물(L4)별 시장매력도

[그림 3-2] 시장매력도 분석 연구추진방법 및 연구결과 요약

□ **시장매력도 평가는 해외건설시장에 대한 이해도가 높은 건설사의 해외건설 지원, 해외수주 전문가를 대상으로 시설물 시장현황과 시장전망 분석자료를 제공하여 목적물(L4)에 대하여 평가 실시**

○ **(목적)** 발주계획의 한계에 따라 목적물(L4)에 대한 시장현황 및 시장전반에 대한 조사가 불가능하기 때문에 전문가의 평가를 실시하여 시장매력도 도출

○ **(조사내용)** 18개 시설물(L3)의 시장현황과 시장전망 자료를 제공하여 충분히 숙지한 이후 관련 시설물에 대한 세부기술을 확보할 경우 글로벌 시장에서 잠재적인 이익이 큰 시설물에 대한 4점(0~3점) 척도 평가

○ **(조사기간)** 2017. 07. 10. ~ 2017. 07. 24. (총 2주간)

○ **(조사대상 및 방법)** 건설사의 해외건설 지원팀, 건설사업관리팀 등 해외시장 전문팀과 해외건설 전문가자문팀, 시장조사팀 등 12팀을 대상으로 e-mail 설문조사 실시

※ 시설물 분야는 분야의 다양성으로 전문성을 확보하기 위하여 팀을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 팀은 5~6명으로 구성하여 브레인스토밍 회의를 통해 1개의 평가조사서 작성

○ **(평가대상)** 시설물분야 기술분류체계의 목적물(L4) 39개

○ **(조사결과)** 목적물(L4)별 시장매력도를 평가하여 세부기술 확보전략 수립 대상인 핵심 시설물 선정에 활용

<표 3-1> 시장매력도 평가기준

평가 점수	평가기준	
	평균시장규모(36.5조원)과 비교한 현재 시설물의 시장 규모	향후(5~10년후) 시장 규모의 성장 예상
0점	작은 시장 규모	유지 or 축소
	평균 시장 규모	축소
1점	작은 시장 규모	확대
	평균 시장 규모	유지
	큰 시장 규모	축소
2점	평균 시장 규모	확대
	큰 시장 규모	유지
3점	큰 시장 규모	확대

3.2.1 교량

(1) 글로벌 시장현황

□ **'17년 세계 건설시장(9.7조 달러)의 약 18%인 1.7조 달러가 도로, 교량, 항만, 공항 등 전체 교통 인프라 건설시장을 형성[9].**

○ '17년 교통인프라 분야 시장규모는 4.5%의 성장률을 보이며 세계 건설시장 성장률(1.8%)을 상회

○ 인구증가, 도시화 및 산업발전과 지속적인 경기 부양을 위한 인프라 투자 확대로 아시아 지역이 절대적인 비중(60.5%)을 차지하고 있으며, 유럽(19.7)과 북미(12%) 순으로 높음

<표 3-2> 세계 교통인프라 분야 건설시장 규모

(단위 : 10억 달러, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020
아시아	918.8 (57.5%)	1,002.1 (60.0%)	1,056.1 (60.5%)	1,121.1 (61.2%)	1,210.4 (60.7%)	1,315.1 (60.5%)
유럽	344.4 (21.6%)	343.4 (20.5%)	343.8 (19.7%)	345.5 (18.8%)	388.9 (19.5%)	436.0 (20.1%)
중동	18.2 (1.1%)	19.4 (1.2%)	21.7 (1.2%)	23.7 (1.3%)	26.8 (1.3%)	30.7 (1.4%)
아프리카	20.7 (1.3%)	20.0 (1.2%)	20.2 (1.2%)	21.8 (1.2%)	24.2 (1.2%)	26.5 (1.2%)
북미	203.6 (12.7%)	200.9 (12.0%)	210.4 (12.0%)	224.3 (12.2%)	241.3 (12.1%)	253.0 (11.7%)
남미	92.6 (5.8%)	85.3 (5.1%)	93.4 (5.4%)	97.4 (5.3%)	104.0 (5.2%)	111.3 (5.1%)
전체	1,598.3	1,671.0	1,745.6	1,833.8	1,995.7	2,172.5

자료 : IHS Global Insight 2017. 1분기/명목금액 기준

9) IHS Global Insight, 2017. 5

□ **중국 일대일로 프로젝트와 관련된 아시아 인프라 건설의 활성화 및 인도 등 신흥국을 중심으로 전체 도로 및 교량 시장이 활성화**

○ 전체 건설시장에서 도로 및 교량이 차지하는 비중은 지역별로 상이하며, 국토부 '14년 연구결과와 IHS Global Insight 자료를 토대로 지역별 평균 비중을 적용하여 시장 규모를 추산[10)]

○ '17년 기준 아시아, 중동, 중남미, 아프리카 순으로 시장규모가 큼

- **(아시아)** 전년 대비 1.1% 성장한 2,050억 달러로 전체 도로 및 교량시장의 22.3%를 차지하고 있으며, '16년 AIIB[11)] 출범에 따른 중국의 일대일로 프로젝트와 관련된 아시아 인프라 건설의 활성화 및 인도 등 신흥국 성장으로 시장이 확대
- **(중동)** 약 319억 달러(중동 지역 전체 건설시장 규모의 약 9.1%)의 시장을 형성하고 있으며 유가회복이 가시화됨에 따라 지연 중인 교량 프로젝트의 점진적 발주가 예상[12)]
- **(중남미)** '16년 이후 건설경기가 회복됨에 따라 '17년에는 약 304억 달러로 전년도 대비 9.7% 시장 성장
- **(아프리카)** '17년 전년대비 약 0.9% 교량 시장이 감소하였으나, 아프리카 지역의 급격한 경제발전으로 향후 성장잠재력이 높은 지역에 해당

<표 3-3> 주요 지역별 도로 및 교량 분야 건설시장 규모

(단위 : 10억 달러, %)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020
아시아	194.7	202.7	205.0	212.5	225.9	241.7
중동	28.6	28.9	31.9	34.6	38.5	42.9
아프리카	15.7	14.4	14.3	15.5	17.1	18.7
중남미	31.5	27.7	30.4	32.0	34.3	36.6

자료 : IHS Global Insight 2017. 1분기/명목금액 기준을 토대로 추산함

10) 국토교통부에서 수행한 '14년 '국내기업 해외도로시장 진출 활성화 방안 연구' 결과를 토대로 전체 건설시장 대비 도로 및 교통 분야 건설시장 비중을 추산함. '11년부터 '13년까지 3년 평균값으로 아시아 4.06%, 중동 9.10%, 중남미 12.42%, 아프리카 7.03% 적용

11) https://www.aiib.org, '16년 1월 16일 베이징에서 출범하였으며, 아시아 지역의 부족한 인프라 투자를 통한 아시아 지역 경제·사회 발전 및 지역 내 연결성과 지역 간 협력 증진을 위해 설립한 다자간개발은행(MDB)

12) 해외건설 인프라 시장 강세 민관협력 진출 급선무, 해외도시개발지원센터, 2017. 2

(2) 해외 수주 현황

□ **국내 기업의 해외 교량 수주 건수는 최근 10년 간 감소하고 있으나, 대형 프로젝트 중심으로 수주하는 추세**

○ 최근 10년('07~'16년) 간 국내기업의 해외 교량 분야 수주 규모는 6,904,293천불(61건)으로 아시아 지역에서 주로 수주

- 해외 교량 프로젝트 수주 건수는 '07년 10건에서 '16년 3건으로 감소
- 수주 1건 당 평균 수주금액은 같은 기간 동안 39,893천불에서 89,599천불로 125% 증가하여 대형 교량 프로젝트 중심으로 수주 추세

<표 3-4> 교량 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

년도	금액	건수	년도	금액	건수
2016	268,796	3	2011	163,192	9
2015	833,719	8	2010	701,527	4
2014	871,002	6	2009	659	1
2013	1,246,911	10	2008	2,407	1
2012	2,417,149	9	2007	398,931	10
합 계				6,904,293	61

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

- 수주규모 면에서는 중동지역의 수주가 활발하나, 건수 면에서는 아시아 지역에 집중

<표 3-5> 교량 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

지역	중동	아시아	아프리카	유럽	중남미	북미.태평양	합계
금액	3,525,874	2,389386	333,648	252,051	403,334	-	6,904,293
건수	15	35	6	1	4	-	61
1건당금액 (금액/건수)	235,058	68,268	55,608	252,051	100,834	-	113,185

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

(3) 미래 시장전망

(가) 강구조 및 합성구조 교량

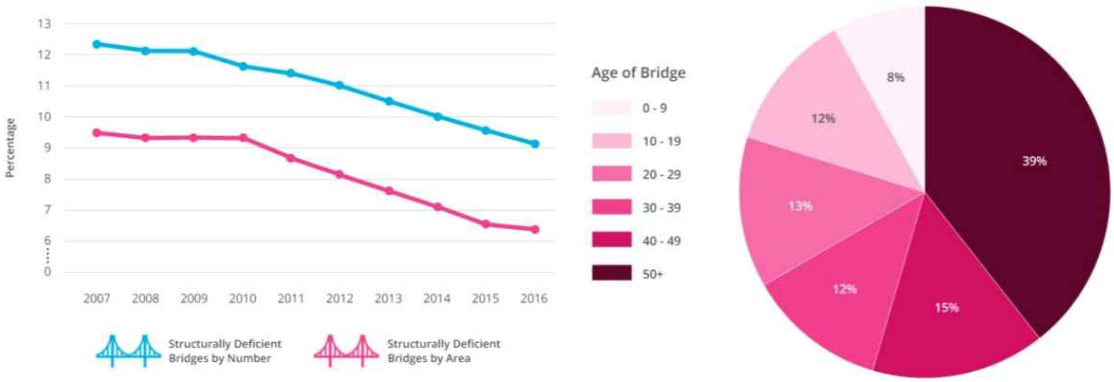
□ **신흥국 교통망 확충으로 교량 신규건설 뿐만 아니라, 미국, 일본 등 선진국의 교량 교체 및 유지관리 시장이 활성화될 전망[13)]**

○ 미국의 노후화 혹은 구조적 결함을 보유한 교량 수리에 소요될 비용은 약 1,230억 USD로 추산

- 미국의 교량 평균 운용기간은 43년이며, 39%는 운용기간이 약 50년 이상으로 인프라 중 도로와 교량의 노후화가 가장 심각하며 연방고속도로관리국(FHWA)에 따르면 61만 2천개 교량 중 5만 6천개가 구조적 결함이 있는 것으로 파악[14)]

○ 미연방교통국(US DOT)은 미국 전역의 고속도로, 교량, 고속도로 시스템 성능 향상을 위한 예산 규모를 약 8억 3천만 달러로 추정

- 보수를 위한 예산 규모가 5천 4백억 달러, 확장을 위한 예산 규모가 약 160억 달러, 성능 향상을 위한 예산이 약 1천 2백억 달러에 달함



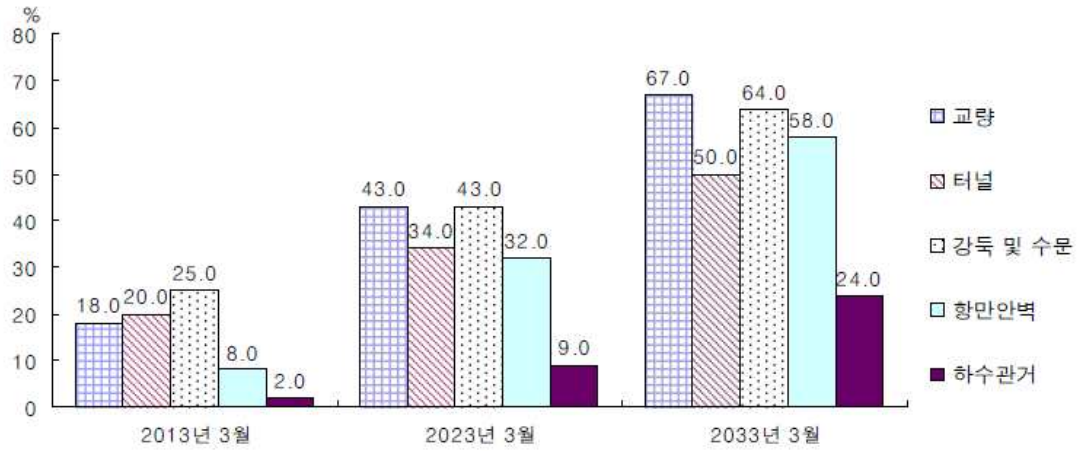
(a) 구조적 결함이 있는 교량 비율 (b) 사용기간별 교량 분포

[그림 3-3] '17년 교량의 Infrastructure Report Card(ASCE)

○ 일본의 공공시설물 보전 시장은 '13년 기준 2,012억 엔 규모를 기록했으며 이중 교량 유지관리시장은 851억 엔으로 이는 전년 대비 50.4% 증가[15)]

13) Count, Area, Length, and ADT of Bridges by Functional Classification, FHWA, 2014, (http://www.fhwa.dot.gov), 2015. 1. 22
14) http://www.infrastructurereportcard.org/cat-item/bridges/
15) 일본 인프라 설비기기의 보전 관리 시장 현황, KISTI, 미리안 글로벌 리포팅 2014. 0. 27

- ’13년 3월 기준, 사용연수 50년 이상된 주요 시설물 비중 중 교량의 경우 준공 된지 50년 이상된 시설물의 비중은 ’13년에 18%에서 10년 후인 ’23년 43%로 급격히 증가하고 ’33년에는 67%를 기록할 전망



자료 : 일본 국토교통성(건설연도가 불분명한 시설물은 미포함)

[그림 3-4] 일본의 50년 이상 된 주요 SOC 인프라 비중 현황 및 전망

(나) 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량

□ **선진국을 중심으로 고강도·고인성 재료기술과 범용화기술 확보를 위한 테스트베드 적용이 확대되고 있으며 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술 시장 성장 예상**

○ 고성능 재료를 활용한 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 기술의 해외 시장규모는 ’20년 3조 7,630억 원 규모에서 ’29년 4조 9,098억 원으로 전망[16)]

<표 3-6> 고성능 재료 콘크리트 거더 및 교각의 슬림/장수명화 해외시장규모 전망

(단위 : 억 원, %)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
공사비	37,630	38,759	39,921	41,119	42,353	43,623	44,932	46,280	47,668	49,098
증가율	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

자료 : 지능형 친환경 교량 기획, 한국건설기술연구원, 2012. 3

16) 지능형 친환경 교량 기획, 한국건설기술연구원, 2012. 3

- 미국의 고성능 재료 및 신소재와 관련된 교량시장은 약 33.3억 달러로 캘리포니아, 일리노이, 뉴저지, 오하이오, 텍사스 등 9개 주가 시장의 53%를 차지하며 성장을 견인[17)]

  · 미국은 800~100억 달러, 캐나다는 80~100억 달러를 콘크리트 교량 바닥판에 고성능 콘크리트를 적용하여 성능을 개선시킬 것으로 추산[18)]

○ 콘크리트 재료와 관련해 덴마크, 프랑스, 일본 등이 세계 최고 기술을 보유국으로 고강도·고인성 재료 기술 개발 및 범용화기술 확보를 위한 테스트베드 적용이 확대[19)]

(다) 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량

□ **유럽, 미국, 일본 뿐만 아니라 중국, 동남아 및 중남미 시장에서 케이블 교량 건설·운영·유지관리 시장의 지속적인 확대 전망**

○ 국외 현수교 시장규모는 '14년 9.8조 원, '25년 15.5조 원 규모로 전망되며 사장교 시장규모는 14년 13.7조 원, '25년 21.7조 원 규모로 전망[20)]

※ 현수교는 '00년 이후 준공/계획 중인 현수교 중 사업비 확인이 가능한 30개 프로젝트의 평균 사업비가 2조 3,630억 원이며, 연 평균 준공건수가 4.13건으로 이후에도 유사한 경향을 따른다고 예상하여 산출

※ 사장교는 '00년 이후 준공/계획 중인 사장교 중 사업비 확인이 가능한 64개 프로젝트의 평균 사업비가 1조 3,214억 원이며, 연 평균 준공건수가 10.3건으로 이후에도 유사한 경향을 따른다고 예상하여 산출



자료 : 초장대교량사업단 케이블교량 DB 기반 업데이트 및 재구성, 2015

[그림 3-5] 해외 케이블교량 시장규모

17) Transportation Builder, November-December, 2016
18) Transportation Builder, November-December, 2010
19) 초고성능 콘크리트의 재료적 특성 및 개선 방향, 콘크리트학회지 28(1), 2016.1
20) '초장대사업단 케이블교량 DB', '초장대교량 사업단 핵심기술 실용화 모델 개발', '위키피디아 케이블교량', 'Structure' 최신자료를 기반으로 주경간장 100m 이상의 도로/철도 현수교를 대상으로 함

○ 대규모 자금이 소요되는 장대 케이블 교량 사업은 건설 뿐만 아니라 운영, 유지관리 및 금융조달 등 사업 전 영역에서 민간참여가 확대되고 있으며 자본참여와 금융조달이 사업권 수주 경쟁력으로 부상할 예정[21]

※ 최근 대림·SK 컨소시엄이 수주한 사업비 3조 5천억원 규모 터키 차나칼레 현수교(총 길이 3.7km, 주탑간거리 2023m, 주탑높이 318m) 역시 단순 도급이 아닌 BOT 인프라 사업으로 16년 2개월간 운영권 보장

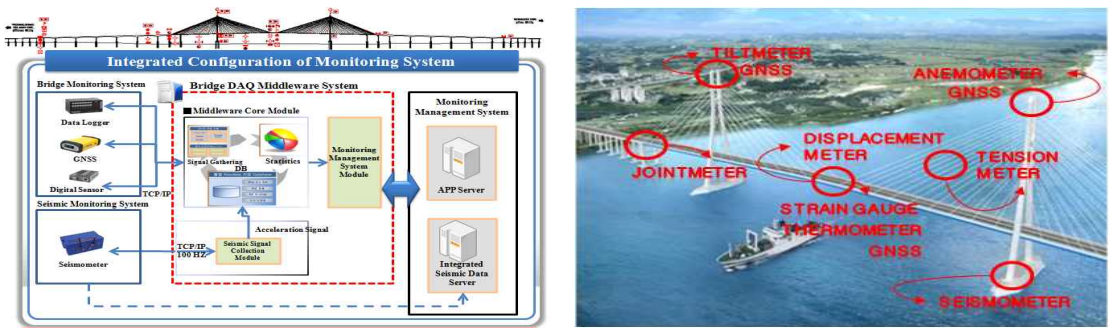


[그림 3-6] 터키 차나칼레 현수교 프로젝트

○ 개도국, 저개발국에서도 경제개발을 위해 교통 인프라를 적극적으로 구축하면서 케이블 교량(현수교, 사장교 등)을 중심으로 안전 점검 및 건전도 모니터링에 대한 수요가 확대될 전망

※ '말레이시아 페낭2교 안전진단사업'(사장교 형식 특수구간 475m)을 한국시설안전공단과 국내 민간업체가 컨소시엄으로 수주하여 드론(소형 무인기)을 활용한 교량 형상 계측, 광섬유 기반 스마트 센싱 손상감지 기술 등 최첨단 기술이 적용[22].

※ 케이블교량 운용관리시스템은 '15년 국내 기업이 베트남 밤콩교(총연장 870인 사장교)에 적용한 바와 같이 시공 중 초정밀 계측은 물론 시공 후 케이블의 상태 비파괴진단, 위험 예측 및 의사결정 지원 기능 등을 제공하는 방향으로 발전[23]



[그림 3-7] 베트남 밤콩교 통합 유지관리시스템 개요

21) 대림·SK 컨소시엄, 세계 최장 현수교 수주, 중앙일보, 2017. 1. 31.
22) '말레이시아 페낭2교 안전진단사업' 민·관 합동수주, 건설타임즈, 2016. 6.24
23) 케이블교량 유지관리 기술 처음으로 해외진출, 토목신문, 2015.03.25

(4) 시장매력도 평가 결과

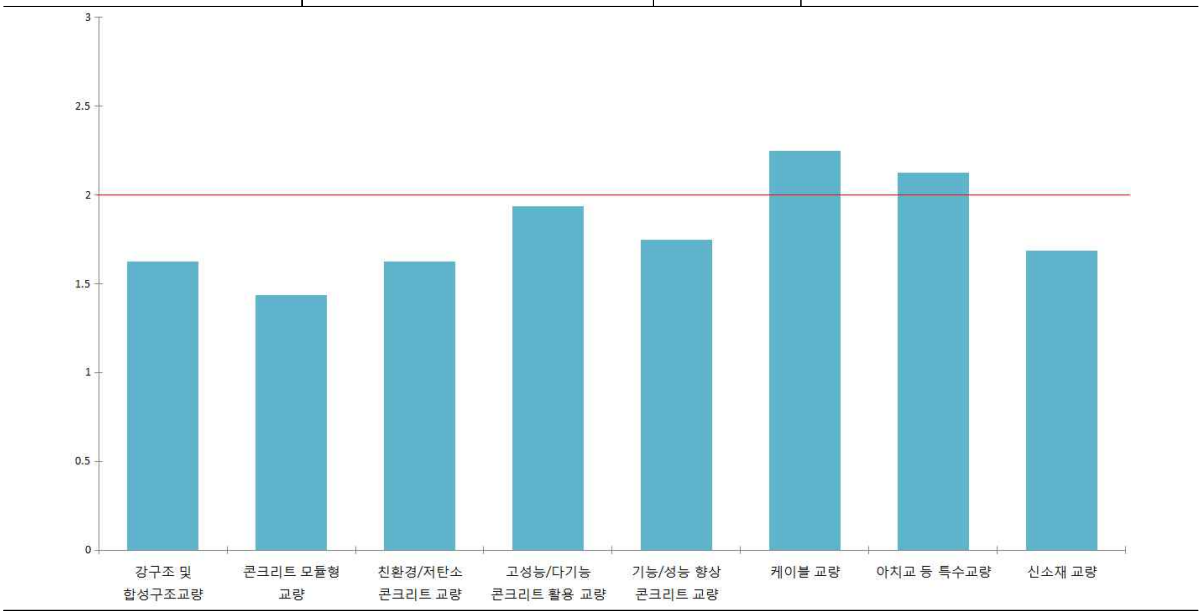
□ **국가간, 지역간 교류가 빈번해지면서 다양한 지역 네트워크 구축을 위해 발주되는 교량 시장의 특성상 수주가능성이 높은 케이블교량과 아치교량의 매력도가 높게 평가**

○ **(케이블교량)** 최근 국내 대형건설사의 주요 프로젝트로 자리잡음으로써 다양한 시공 실적을 바탕으로 지속적으로 시장 리딩 가능성이 높음

○ **(아치교 등 특수교량)** 인프라의 심미성 향상, 산간지역의 교량 안정성 강화 등의 이슈와 부합하면서 국내 기술력으로 수주 가능성이 높고 미래 전망도 긍정적

<표 3-7> 교량분야 시장매력도 평가 결과

시설물(L3)	목적물(L4)	시장매력도	주요 내용
강구조 및 합성구조 교량	강구조 및 합성구조 교량	1.625	강재의 가격 변동에 따라 지속적인 발주 기대 어려움
콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	콘크리트 모듈형 교량	1.438	5년 이내 모듈형 교량의 시장 형성 어려움
	친환경/저탄소 콘크리트 교량	1.625	시장의 기술수요는 높으나 실질적인 발주는 어려움
	고성능/다기능 콘크리트 교량	1.938	교량 재투자와 관련해서 시장 성장 가능성 높음
	기능/성능 향상 콘크리트 교량	1.750	발주가능성은 높으나 시장전망은 미지수
신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	케이블 교량 기술	2.250	지속적인 발주와 수주가능성 높음
	아치교 등 특수교량	2.215	교량의 심미성 향상 및 산간지역의 발주 가능성 높음
	신소재 교량	1.688	실질적인 수주가능성이 낮음



3.2.2 터널 및 지하공간

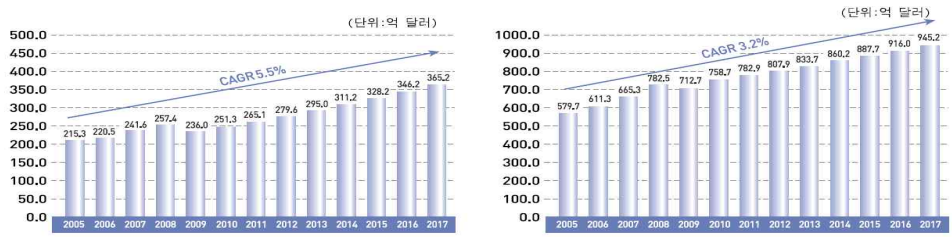
(1) 글로벌 시장현황

□ **육상터널, 해저터널, 대심도 및 지하공간을 포함한 글로벌 터널 시장은 2,223억 달러로 교통 인프라 시장의 4.8% 수준[24)]**

※ 미국 교통분야 중 교량 및 터널의 비중은 16.4%[25)]를 차지. 이를 IHS 2017 교통인프라 분야 시장 규모에 적용하여 교량과 터널 시장의 규모를 추정한 이후 IBIS World에서 제시하는 터널의 시장 규모 8.7%를 적용하면, 세계 터널 시장 은 2,223억 달러 규모로 '17년 교통인프라 전체 시장의 4.8%[26)] 수준

○ 신흥국과 미국, 유럽을 중심으로 경기부양 및 수출경쟁력 강화를 위해 교통인프라 투자를 확대하고 있으며 교량, 터널건설이 포함된 도로/철도 인프라 시장의 지속적으로 성장

- 세계 고속도로 건설시장은 연 5.5%의 성장으로 '17년 365억 달러 규모를 형성하고, 철도건설 시장은 연 3.2% 성장으로 '17년 945억 달러 규모를 형성할 것으로 전망[27)]



'11-'17년 실적치는 CAGR을 적용하여 외삽추정
자료 : OECD Statistics, OECD, 2015.4

[그림 3-8] 세계 고속도로, 철도인프라 건설시장

○ '04~'14년까지 10년 간 전 세계주요 지역별 교통터널의 수요는 26,150개소로 세계 최대 터널 시장인 중국에서만 향후 20년 동안 20,000여개의 신규터널 건설 전망 (Assis 2004)

※ 지하철 터널은 평균적으로 매년 180km가 신설되고 있으며, '30년까지 15대 도시에 계획된 지하철은 2,280km에 달함)

24) 2015 ARTBA와 IBIS World 자료를 활용해 추산
25) IBIS World 2013자료에 따르면 2013년 기준 교량 건설 55.3%, 터널 건설 8.7%를 차지
26) IHS 2017 교통인프라 전체 시장은 16,710억 달러 규모
27) OECD Statistics, OECD, 2015.4

- 이 수치는 우리나라를 포함한 아시아 주요 국가(중국, 일본 제외)들의 통계치가 제외된 것으로서, 개발도상국과 도시국가(예: 싱가폴)의 터널 수요까지 고려하면 시장 규모가 매우 클 것으로 추정

<표 3-8> 전 세계 교통터널 수요 전망 (2004～2014)

국가	교통터널의 수요 (2004년~2014년)
중국 (향후 20년간)	20,000개
일본	2,500개
오스트리아 + 스위스 + 독일	800개
북아메리카	650개
남아메리카	500개
노르웨이 + 스웨덴 + 핀란드	500개
스페인 + 포르투갈	500개
프랑스 + 이탈리아	350개
영국	250개
네덜란드 + 벨기에	100개

○ 장대 산악터널, 도심지터널, 장대 해저터널 등의 건설이 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있는 상황으로서 TBM터널 관련 시장이 더욱 확대될 것으로 예상 (TUNCONSTRUCT, 2008)

- 현재 운영 중인 초장대 해저터널은 영불해협 해저터널, 오레선트 해저터널, 세이칸 터널, 동경만 해저터널, 링컨 해저터널 등 5곳이며, 보스포러스 해저터널, 새먼터널 등 2곳이 시공 중

- 중국 본토와 대만을 연결하는 대만해협 해저터널, 스페인과 모로코간 지브롤터 해저터널, 베링 해저터널, 중국 다롄-엔타이 해저터널 등이 계획 중

(2) 해외 수주 현황

□ **국내 기업의 해외 터널 및 지하공간 수주는 중동과 아시아 지역에 편중되어 있으며, 연도별로 수주건수와 금액의 편차가 높은 편**

○ 최근 10년('07~'16년) 간 국내기업의 해외 터널 및 지하공간 분야 수주 규모는 2,399,810천불(53건)

- 해외 터널 및 지하공간 수주 건수는 연평균 5.3건으로 '12년 가장 많은 12건을 수주
- 수주 1건 당 평균 수주금액은 45,279천불로, '12년과 '13년에 각각 117,480천불, 103,489천불을 수주하여 가장 많음

○ '13년 이후 국내기업의 해외 프로젝트 수주 건수와 건당 평균 수주금액은 감소

<표 3-9> 터널 및 지하공간 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

년도	금액	건수	년도	금액	건수
2016	442	1	2011	413,957	4
2015	44,719	7	2010	108,881	5
2014	119,108	7	2009	97,437	3
2013	79,789	9	2008	77,554	2
2012	1,409,754	12	2007	48,169	3
합 계				2,399,810	53

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

- 주로 아시아와 중동 지역의 프로젝트를 수주하고 있으며, 중동지역이 총 수주금액과 건수는 적으나 건당 프로젝트 규모는 아시아 지역보다 높음

<표 3-10> 터널 및 지하공간 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

지역	중동	아시아	아프리카	유럽	중남미	북미,태평양	합계
금액	806,813	1,592,997	-	-	-	-	2,399,810
건수	7	46	-	-	-	-	53
1건당금액 (금액/건수)	115,259	34,630	-	-	-	-	45,279

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

(3) 미래 시장전망

□ **경기부양 및 수출경쟁력 강화, 도시화로 인한 가용 지상공간 한계 문제에 대응하기 위한 수단으로서 터널과 지하공간 건설이 활성화 전망**

○ 신흥국과 미국, 유럽을 중심으로 경기부양 및 수출경쟁력 강화를 위해 교통인프라 투자를 확대하고 있으며 교량, 터널건설이 포함된 도로/철도 인프라 시장의 지속적으로 성장

- 각 국은 물류 효율을 높여 세계 시장에서의 수출 경쟁력을 확보하고 대도시를 중심으로 한 교통체계를 효율화하기 위한 목적으로 교통·수송 인프라 신설 및 확장에 대규모 투자를 계획[28)]
- 도시 대중교통 개선사업이 증가하고 있으며 대도시를 중심으로 도시 전철(METRO)이나 지능형 교통시스템 도입이 가속

○ 도시화의 급격한 진전과 가용 지상공간의 한계로 인해 도심지 지하도로 건설이 더욱 증가될 것으로 예상

- '00년 이후 대부분의 인구증가는 도시에 집중되고 있으며, 현재 50% 정도인 도시화가 '30년에는 60%로, 그리고 2050년에는 75%가 될 것으로 전망되고 있다(한국터널지하공간학회, 2012).
- 지속가능한 발전(sustainable development) 대안으로서 터널과 지하공간 건설이 대두되고 있으며, 특히 지상공간을 쾌적한 녹지 또는 거주공간으로 유지하면서 교통체계로부터 배출되는 각종 온실가스를 터널 내에서 사전에 처리하여 지상으로 배출하여 쾌적한 도시공간 창출을 계획(TUNCONSTRUCT, 2008)

(가) 육상터널

□ **도심지 터널, 장대터널, 해저터널 사업의 활성화 전망에 따라 NATM공법 보다는 안전하고 경제적인 TBM 공법을 활용한 육상터널 시공이 확대될 전망[29)]**

○ 세계 TBM터널 시장은 유럽이 전 세계 TBM장비 및 TBM터널 건설기술을 주도하고 있는 상황

28) 에너지·인프라 성장시장, 태평양 동맹, 포스코경영연구소, 2014.4.9
29) '전단면 터널 굴착기' 국산화 총력, 건설기술, 2011

- 유럽에서는 EU공동프로젝트인 TUNCONSTRUCT(2004～2008) 프로젝트 등을 통해 TBM 커터헤드 설계기술 선진화, 고성능 디스크커터, 고성능세그먼트 등의 기술발전에 더욱 박차

○ 국외 도심지 교통터널에서의 TBM 적용비율은 80% 수준,. 또 세계적으로 초장대 터널의 50%이상이 TBM으로 시공 또는 완공

○ **(유럽)** 현재 시공 중 혹은 시공 예정인 초장대 TBM 터널 프로젝트는 총 시공연장 162km, 공사비용은 232억 유로에 달할 전망

- 산악지역을 통과하는 지역간 또는 국가간 연결통로로서 초장대 TBM터널 건설 수요가 더욱 증대될 것으로 예상

- TUNCONSTRUCT 프로젝트의 연구성과를 적용할 경우 보수적으로 평가하더라도 공사비를 10% 절감할 수 있는 것으로 분석되었으며 시공 리스크 또한 대폭 감소시켜 TBM터널의 경제성을 보다 향상시킬 수 있는 것으로 평가

<표 3-11> 유럽의 주요 초장대 TBM터널 계획

터널 프로젝트명	연장	국가	공사기간	공사비용
Brenner basis	55km	오스트리아, 이탈리아	2010~2020	90억 유로
Koralm	33km	오스트리아	2008~2016	40억 유로
Semmering	22km	오스트리아	2009~2018	26억 유로
Lyon-Turin	52km	프랑스, 이탈리아	2009~2019	76억 유로
합계	162km			232억 유로

○ **(중국)** 향후 20년간 교통터널의 수요만 20,000여개에 달할 것으로 추정되고, 중국 전체 지하철 구간의 70% 이상이 TBM으로 시공 예정이며, 정부 차원의 전폭적인 지원과 해외 TBM 제작사들의 인수·합병을 통해 독자적으로 TBM을 설계, 제작하면서 TBM을 포함한 세계 최대의 터널 시장으로 급부상해 상당한 기술력과 경험을 축적

- 계속적인 철도투자의 증가가 예상되며(도시철도: ’20년까지 2,677 km, 지하철: ’50년까지 18,829 km), 특히 지하철의 경우 쉴드TBM을 이용한 4,500 km(500개 프로젝트) 굴착공사가 예상(QYResearch, 2015)

- 티베트 노선에 위치한 Guanjiao터널은 연장이 약 32.6 km로서 현재 중국에서 계획 중인 최장 터널로 성공적 TBM시공을 위하여 실제 본 터널 굴착 전에 복합지반의 조사를 위해 발파에 의한 선진도갱 굴착을 계획

- 양쯔강의 3개 지점에 운하를 뚫어 베이징과 텐진 등 물부족 현상을 겪고 있는 북부 황하 유역으로 물을 보내는 남·북 수로건설 프로젝트(South to North Water Transfer Project) 계획

(나) 해저터널

□ **국가 간 혹은 대륙간 연결통로로서 해저구간의 초장대 터널시공 프로젝트가 다수 진행**

○ 노르웨이, 영국, 프랑스 일본 등 선진국은 오랜 기간 동안 해저지반조사, 지반조건별 굴착기술을 축적해오고 있으며, 장경간 해저터널기술을 확보[30].

- 노르웨이는 세계 해저터널의 절반인 33개의 해저터널을 건설하여 조사, 설계, 시공, 감리 등 충분한 정보와 노하우를 보유
- 일본은 간몬 터널 건설 이후 해저터널 기술 노하우를 축적해오고 있으며, 이를 바탕으로 일본 다이세이건설이 '13년 보스포러스 해협에 지하철용 해저터널을 개통했고, 해저터널과 관련된 지질조사 등 핵심기술을 1930년대부터 축적해왔으며, 최근 해저지중접합에 성공하는 등 세계 선두권 기술력을 보유

○ 현재 대륙 간/국가 간 연결을 위한 초장대 해저터널 프로젝트를 구상 중

<표 3-12> 구상 중인 초장대 해저터널 프로젝트

국가	터널	연장
China	Mainland-Taiwan	125km
Estonia-Finland	Tallin-Helsinki	54~80km
Finland-Sweden	Umea-Vaasa	25~48km
Ireland-Wales	Dublin-Holyhead, Irish Sea	95km
Korea-Japan	Tsushima-Kaikyo (Strait) and Korean Strait	55+65km
Russia-Ukraine	Kerch Strait (Krasnodar-Krym)	45km
Marokko-Spain	Gibraltar	38.7km
Russia	Stalin's forced-labor project to link Sahalin to the mainland	10~20km
Russia-USA	Bering Strait	74.4km

(다) 대심도 터널

□ **지하교통망의 추가 확충을 통한 교통체증 해소와 지상공간의 환경개선 등을 위해 도심지 대심도 지하 교통터널의 수요 증가**

30) TBM Glossary 2006, ITA, 2006

○ 도심지 대심도 지하 교통터널의 기술실현은 세계적으로 ’05년 이미 완성된 것으로 평가[31]

- Alsakan Way(시애틀), M-30(마드리드), A86 지하도로(프랑스), 중앙환상도로 지하도로 프로젝트(일본)을 비롯 대도시를 중심으로 다양한 복층터널이 도시계획에 반영 예정

(라) 부유식터널

□ 전 세계적으로 개념연구가 진행 중으로 ’30년 경 시장이 형성될 것으로 전망

○ 부유식 터널은 환경보호에 대한 요구가 강해짐에 따라 깊은 강이나, 호수, 해협 등 깊은 수심 지역을 대상으로 일정 수심 이하에 설치한 튜브형 구조물로 지역경관에 대한 보존 수요가 높은 지역을 중심으로 대심도 해저터널 등의 보완적인 수요로 발생할 것으로 예상

○ 노르웨이, 영국, 이탈리아, 일본 등에서 개념연구가 지속되고 있는 분야이나, 아직까지 완성된 시설로서 운영되고 있는 사례는 없음

- 부유식 터널에 대한 다양한 연구 및 타당성조사, 실제 추진계획 등이 각 국에서 진행되고 있으나, 현재시점에는 구체화되고 있는 곳은 노르웨이와 중국 정도이며, 대부분 시범사업 등의 형태로 일회성으로 접근하고 있는 실정

- 노르웨이는 크리스티안산(Kristaiansan)-트론헤임(Trondheim)을 연결하는 1,094km 구간 중 3km를 폰툰형 해중터널로 연결하는 부유식 터널을 추진 중(추정공사비 250억 달러, 완공시기 ’35년)[32]

<표 3-13> 현재 제안 중인 부유식터널 프로젝트

제안시기	위치	국가	제안자	비고
1998, 2016. 7	크리스티안산~트론헤임	노르웨이	Norway Pulic Road Administration	계획 중
1969	Strait of Messina	이탈리아	Alan Grant	
1990년대 초	Funka Bay, Hokkaido	일본	Society of Submerged Floating Tunnel Technology	타당성 연구
2003. 4	Transatlantic tunnel		Discovery Channel's Extreme Engineering (Season 1, episode 3)	
2001	Lake Washington, Seattle	미국	James Felch/Subterra, Inc.	
1980년대	Vancouver Island	캐나다	Ministry of Transportation of British Columbia	
2000	Lugano lake	스위스	Swiss Federal Railway Authorities	
2007	Qiandao Lake	중국	Sino-Italian Joint Laboratory of Archimedes Bridge	프로토타입 준비

31) 김창용 등, 대심도 지하도로 건설현황 및 기술개발 방향
32) https://www.weforum.org/agenda/2016/07/norway-could-build-the-worlds-first-floating-tunnel

(4) 시장매력도 평가 결과

□ **도시화로 인하여 지상공간의 부족, 교량을 대신할 새로운 대안으로 교통형 터널, 해저/침매터널, 대심도터널, 지하대공간의 매력도가 높게 평가**

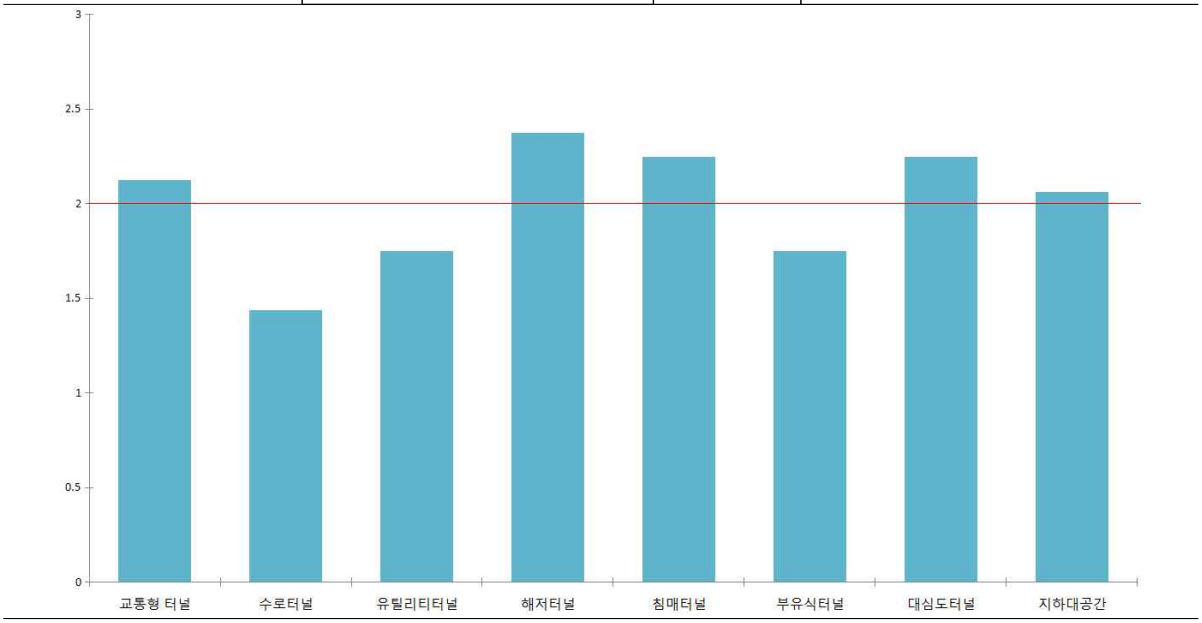
○ **(교통형터널)** 신흥국, 미국, 유럽 등 교통인프라 수요 증가로 터널 시장은 성장세이고 특히, 일반적인 교통형 터널에 IoT와의 융복합으로 첨단 터널의 수요가 증가

○ **(해저터널/침매터널)** 장대교량의 대안으로 장대교량의 건설이 어렵거나 비용이 증가하는 경우, 군사적 문제로 지속적으로 수요가 있을 것으로 예상

○ **(대심도터널/지하대공간)** 도시화, 지하공간의 복잡화로 대심도, 지하대공간의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상

<표 3-14> 터널분야 시장매력도 평가 결과

시설물(L3)	목적물(L4)	시장매력도	주요 내용
육상터널	교통형터널(도로,철도,지하철,보도)	2.125	교통 인프라의 수요는 지속적으로 증가하고 국내 첨단교통터널이 강점
	수로터널(상수,하수,저류,여수로)	1.438	국가 자체공급시장으로 판단되어 발주가능성이 낮음
	유틸리티터널(전력구,공동구)	1.750	
해저터널	해저터널	2.375	장대교량의 대안으로 발주가능성이 높으며 시장의 지속적 성장 예상
	침매터널	2.250	
부유식터널	부유식터널	1.750	시장 예측이 불가능하여 수주가능성 판단이 어려움
대심도터널	대심도터널	2.250	공간 재창출의 개념으로 시장성이 좋으며 수주가능성도 높음
지하대공간	지하대공간	2.063	



3.2.3 사면/지반조사/기초

(1) 글로벌 시장현황

□ **사면/지반조사/기초 분야 시장은 총 691억 달러로 전체 교통인프라 시장의 4.1%를 차지**

※ 통합된 시장이 아닌 각각 개별시장으로 재난재해 대비 관련 사면관리 시장과 기반구조 탐사 시장, 육상 및 해양기초 시장 규모를 합산하여 추산

○ 사면분야는 자체적인 시설물 시장보다는 사면붕괴, 산사태 등으로 인한 재해피해 규모로 간접적인 확인이 가능[33)]

○ 재난재해 대비 관련 사면관리 시장과 지반구조탐사 시장, 육상 및 해상기초 시장의 규모를 합산하여 총 691억 달러 규모로 전체 교통인프라 시장의 4.1% 수준을 차지

- 사면재해의 경우, 단독으로 발생하기 보다는 지진, 태풍, 홍수 등 다양한 자연재해와 동반하여 발생하는 추세
- ’15년과 ’16년의 경우 아시아 지역에서 산사태 등의 발생빈도 및 피해도가 가장 높은 것으로 나타남[34)]

<표 3-15> 최근 대륙별 산사태 피해현황

구분	2015년			2016년		
대륙	빈도 (건)	인명피해 (명)	피해액 (천$)	빈도 (건)	인명피해 (명)	피해액 (천$)
Africa	2	3,362	0	2	3,000	0
Americas	3	1,460	5,000	1	46	0
Asia	15	45,334	3,000	10	238,397	845,000
Europe	0	0	0	0	0	0
Oceania	0	0	0	0	0	0

33) 차세대 토사재해 선제대응 및 안전기술 개발 기획. 국토교통과학기술진흥원, 2014
34) 국제 재난 데이터베이스(www.emdat.be/)

○ 사면관리 시장은 재난재해 대비 시스템 품목의 세계시장규모[35]에서 홍수 및 산사태에 의한 재해 비중 26%로 3,019억 원 규모로 추정

- 사면은 자체적인 시설물 시장보다는 사면붕괴 등으로 인한 재해피해규모로 간접적 확인 가능하며, 아시아 지역의 경우 '80년대 1,014억 달러에서 '10년 2,609억 달러로 강우에 의한 산사태 피해규모가 꾸준히 증가하고 있는 추세[36].

○ 지반구조탐사 시장은 '04년부터 '10년까지 105억 달러[37] 내외 시장을 형성하는 것으로 추정

- 세계 원격탐사 기술 시장은 '11년에 8.3백만 달러이고, '12년에는 9.1백만 달러에 이를 것으로 예측되며, 연평균 성장률(CAGR)이 6.4%로 '17년에는 12.4백만 달러에 이를 것[38]

- 이 중 항공기 기반의 원격탐사 관련 분야는 '11년 2.3백만 달러이고, '12년에는 2.6백만 달러에 이를 것으로 예측되며, '17년에는 3.1백만 달러에 이를 것으로 예측

<표 3-16> 해외 원격탐사 시장규모

구분	2011	2015	2016	2017
공사비 또는 매출액(백만 달러)	8.3	11.1	11.8	12.4
년간 증가율(%)	-	7.25	7.25	7.25

자료 : BCC Research(2012)

○ 교량 시설물의 기초 시장 규모를 추정하면 305.8억 달러 수준

※ 교량 등에 사용되는 기초는 전체 시설물 공사비에서 기초가 차지하는 공사비 비중으로 추정이 가능하며, 해상교량 기초는 전체 시설물 공사비의 30%, 육상교량 기초는 10%를 차지[39]

35) 2014 중소기업 기술 로드맵
36) 국제 재난 데이터베이스, www.emdat.be
37) 지하수 및 지반구조 영향 계측 평가 관리기술개발 기획보고서 (2015)
38) 지하공간의 체계적인 개발 및 안전관리를 위한 기술개발 기획, 한국건설기술연구원, 2014. 6.
39) 2015년 국토교통 R&D 동향조사 자료 인용

(2) 해외 수주 현황

□ **국내기업은 연간 평균 13.1건의 사면/지반조사/기초 분야의 해외 프로젝트를 수주하고 있으며 최근 4년간 수주 금액도 증가하는 추세**

○ 최근 10년('07~'16년) 간 국내기업의 사면/지반조사/기초 분야 수주 규모는 2,808,900천불(131건)

- 해외 사면/지반조사/기초 건수는 연평균 13.1건(건당 평균 21,442천불)으로 '07년 이래 꾸준히 10건 내외의 프로젝트를 수주 중

- 최근 4년('13~'17년)간 연간 13건 내외의 프로젝트를 수주하였으나 수주금액은 약 7.4배 증가, 건당 수주금액 또한 8.0배 증가하는 등 대형프로젝트 중심으로 수주

<표 3-17> 사면/지반조사/기초 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

년도	금액	건수	년도	금액	건수
2016	523,271	12	2011	173,189	18
2015	475,857	12	2010	257,633	17
2014	185,552	15	2009	114,944	8
2013	70,490	13	2008	162,106	17
2012	217,470	11	2007	628,388	8
합 계				2,808,900	131

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

- 중동, 아시아 지역을 중심으로 프로젝트를 수주 중이며, 아시아 지역의 총 수주금액, 수주건수, 건당 수주금액이 타 지역에 비해 높음

<표 3-18> 사면/지반조사/기초 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

지역	중동	아시아	아프리카	유럽	중남미	북미,태평양	합계
금액	901,750	1,858,951	26,959	-	13,010	8,230	2,808,900
건수	47	79	3	-	1	1	131
1건당금액 (금액/건수)	19,186	23,531	8,986	-	13,010	8,230	21,442

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

(3) 미래 시장전망

(가) 사면

□ **기상이변에 의한 경제적 피해가 2100년까지 GDP의 5~10%에 달할 것으로 예상되는 등 사면 분야의 지속적인 수요 유지가 전망**

○ 사면관리 시장은 재난재해 대비 시스템 품목의 세계시장규모[40]에서 홍수 및 산사태에 의한 재해 비중 26%로 3,019억 원 규모로 추정

- EM-DAT에 따르면 1970-2011년 사이의 전체 재해에 의한 사망자 중 Asia-Pacific에서의 사망자가 세계에서 발생한 사망자 수 중 25.4%로 나타나 Asia-Pacific에서의 자연재해 대비 및 대응이 매우 취약[41]

<표 3-19> 아시아-태평양 지역 산사태 피해규모 증가 추세

(단위 : 10억 달러)

지역	1980	1990	2000	2010
East and North-East Asia	86.4	134.9	173.2	211.6
North and Central Asia	0.3	0.3	0.2	0.3
Pacific	1.6	1.9	2.6	3.4
South-East Asia	10.3	14.1	20.1	31.4
South and South-West Asis	2.8	4.8	7.9	14.2
Total	101.4	156.0	204.0	260.9

○ 영국 경제학자인 니콜라스 스텐은 기상이변에 의한 경제적인 피해가 2100년까지 세계 총생산(GDP)의 5~20%에 달할 것으로 예상

- 미국은 산사태 발생예측 및 억지를 위한 산사태 재해 프로그램(Landslide Hazard Program)에 '90년대부터 800억 원/년을 투자[42]

- 홍콩은 GEO(Geotechnical Engineering Office)를 중심으로 산사태 방지 대책 프로그램을 통해 사면 붕괴에 의한 인명피해와 재산상의 손실을 저감하며, 한정된 영역에서의 도시개발 극대화를 위한 지반 안정성 평가 및 보강 방법 표준화하는 기술을 개발 중[43]

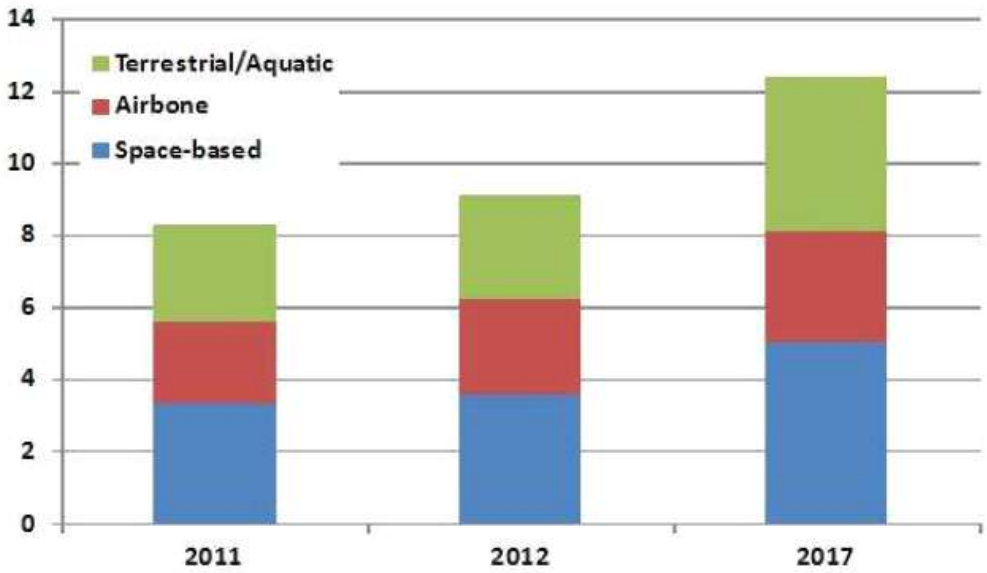
40) 2014 중소기업 기술 로드맵
41) Reducing Vulnerability and Exposure to Disaster, The Asia-Pacific Disaster Report 2012, ESCAP, UNISDR
42) https://www.usgs.gov/products/data-and-tools/real-time-data/landslides
43) http://www.cedd.gov.hk/eng/about/organisation/org_geo_lpd1.html

(나) 지반조사

□ **IoT, 드론, 무인탐사 등 4차 산업 관련 기술 적용 확산이 예상되며, 기후변화 및 각종 재해로부터 지속가능한 생태·환경 친화적 지반개량 시장 확대 전망**

○ 세계 원격탐사 기술 시장은 연평균 6.4%로 성장할 것으로 전망[44)]

- 이 중 항공기 기반의 원격탐사 관련 분야는 '11년 2.3백만 달러에서 '12년에는 2.6백만 달러에 이를 것으로 예측되며, '17년에는 3.1백만 달러에 이를 것으로 예측

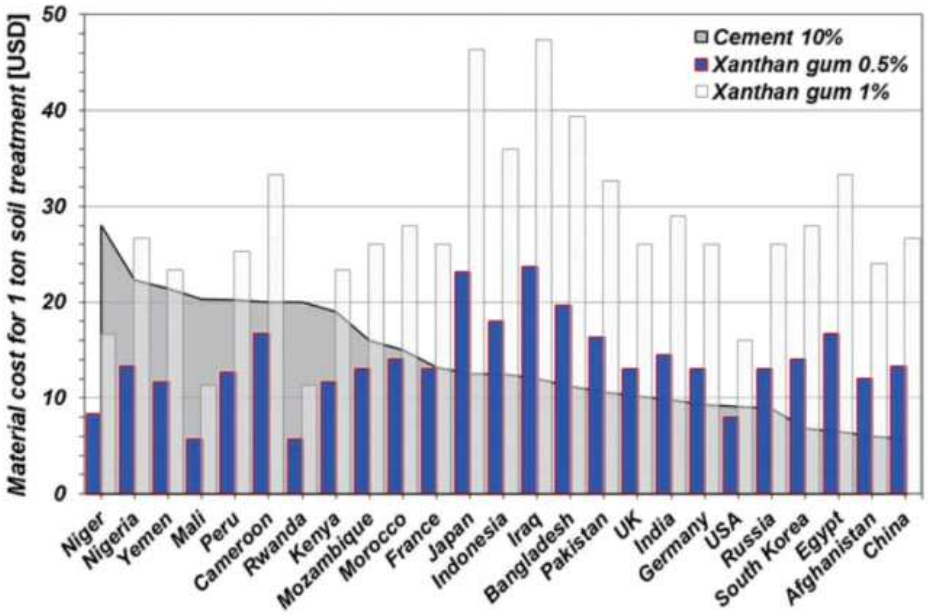


[그림 3-9] 해외 원격탐사 시장규모(단위 : 백만 달러)

○ 기후변화 및 각종 재해로 인한 토양 유실을 방지하기 지속가능한 생태·환경 친화적 토양보전을 위한 새로운 소재와 친환경 지반개량 시장 성장이 활발할 전망[45)].

- 이 중 바이오폴리머 활용 기술은 시멘트 대체 재료로써의 가능성이 있으며, 아프리카 지역에서는 지반건설을 위한 바이오폴리머 0.5~1.0% 처리를 위한 재료비용(원료+생산단가)이 시멘트 10% 비용(현지 거래가) 보다 경제성이 높은 것으로 평가[46)]

44) 지하공간의 체계적인 개발 및 안전관리를 위한 기술개발 기획, 한국건설기술연구원, 2014. 6.
45) 조계춘, 장일한, 생태·환경 친화적 건설을 위한 미생물 기반 바이오폴리머 지반건설 재료 개발 현황 및 전망, 대한토목학회, 특집기사3, 제64권 제9호 2016.9. pp.18~22
46) Chang, I., Jeon, M., and Cho, G.-C. (2015b). "Application of microbial biopolymers as an alternative constructionbinder for earth buildings in underdeveloped countries." International Journal of Polymer Science, 2015, 9.



[그림 3-10] 국가별 바이오폴리머와 시멘트 10% 지반건설 조건에 대한 경제성 비교

(다) 기초

□ **최대 재생에너지원으로 성장하고 있는 해상풍력발전 시장과 국가간, 지역간을 연결하는 초장대해상 케이블교량 시장의 지속 성장으로 동반 성장 가능성 매우 높음**

○ 해상 풍력발전은 향후(2014~2020년) 최대의 재생에너지원으로 성장할 것으로 보이며, 영국, 독일, 중국이 세계 최대의 해상 풍력발전 추진국으로 이와 관련하여 해상 풍력발전용 기초 시장이 확대될 것으로 전망

- 유럽풍력에너지협회(EWEA, European Wind Energy Association)에 따르면 해상풍력발전기 구축을 위한 총 공사비 중 기초구조물 시공비가 25%를 차지하고 있어, 2015년 해상풍력발전기초 시장은 약 270억 달러 규모로 추산

○ 지역간 혹은 국가간을 연결하는 주요 수단인 초장대케이블 교량 수요 증가에 따라 교량 시장의 기초시장 규모 증가 전망

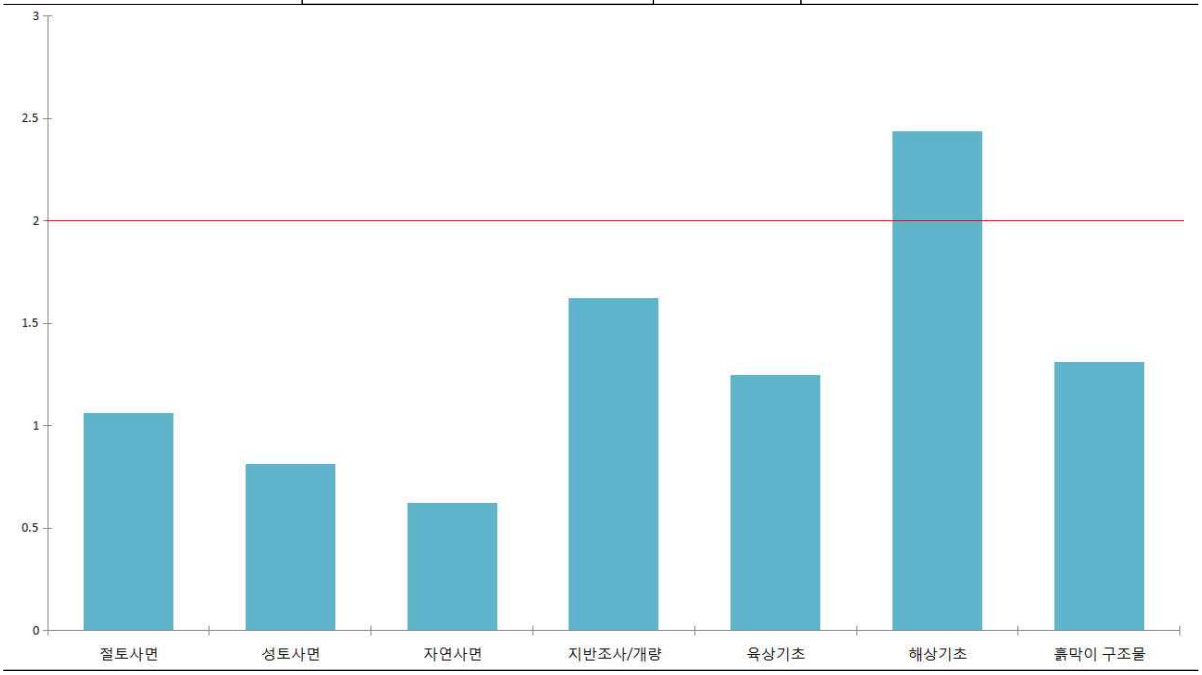
(4) 시장매력도 평가 결과

□ **해상풍력발전, 해상교량 등 해상구조물의 수요가 꾸준히 증가하면서 해상구조물의 하부구조인 해상기초의 매력도가 높게 평가**

○ **(해상기초)** 신재생 에너지의 수요증가로 해상풍력발전단지 조성, 해상교량의 수요증가로 해상기초 시장의 동반성장 예상

<표 3-20> 사면/지반조사/기초분야 시장매력도 평가 결과

시설물(L3)	목적물(L4)	시장매력도	주요 내용
사면보호/보강/유지관리	절토사면	1.063	자연재해와 동반한 사면재해 증가로 수요는 분명하나 단일 프로젝트로 발주는 기대하기 어려움
	성토사면	0.813	
	자연사면	0.625	
지반조사/개강	지반조사/개강	1.625	원격탐사 기술의 발달로 지반조사 시장의 성장 예상
육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체	육상기초	1.250	육상기초의 수요는 있으나 시장의 성장성은 불명확
	해상기초	2.434	해상구조물의 수요증가로 시장성장이 예상되며 해상구조물과 연계한 수주가능성 높음
	흙막이 구조물	1.313	흙막이 구조물에 대한 수요는 있으나 시장은 불명확



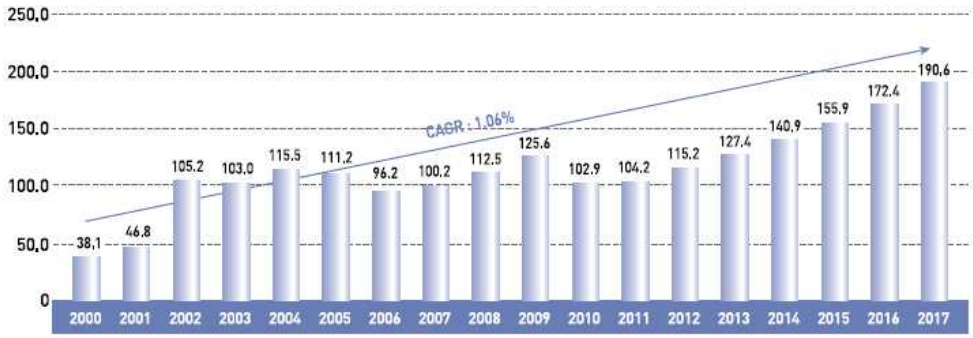
3.2.4 항만 및 해양구조물

(1) 글로벌 시장현황

□ **세계 항만 및 해양구조물 시장은 '17년 190.6억 유로 수준으로 전망**

○ 항만 및 해양구조물에 대한 투자는 '00년 38.1억 유로에서 '11년 104.2억 유로로 증가했으며, 동일기간 연평균성장률을 고려할 때, 2017년 시장규모는 190.6억 유로 전망[47)]

※ '11년 시장규모는 2008년 이후 글로벌 금융위기의 여파가 있었던 점을 고려할 때, 향후 시장규모는 전망치를 상회할 가능성이 높음



* '14~'17년 실적치는 CAGR을 적용하여 외삽추정

자료 : OECD Statistics, OECD, 2015

[그림 3-11] 글로벌 항만 및 해양구조물 시장 규모 (단위 : 억 유로)

○ **(해양준설 및 매립)** 세계 준설시장은 최근 중동 및 BRICS 경제개발 가속화로 '07년 130억불과 비교하여 '13년 약 2배 가량 증가

- 세계 준설기업의 '13년 매출규모는 '12년(113.7억 유로) 대비 2.7% 성장한 116.8억 유로로 추산되며, 현재의 성장세가 지속될 경우 '30년 시장규모는 약 180억 유로 수준으로 전망[48)]

- '13년 기준 중국이 전체 시장의 약 32%로 가장 많은 비중을 차지하며, 중동(33%), 유럽(18%)가 뒤를 이음

- 분야별로는 항로 및 유지준설이 약 50%를 차지하고 있으며, 환경관련 하천, 호소 준설이 19%를 차지[49)]

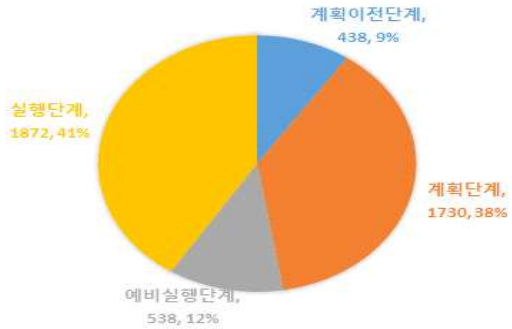
47) OECD Statistics, OECD, 2015
48) Dredging in figures 2013, IADC, 2013

○ **(항만시설물)** 현재 실행단계를 포함한 항만 건설사업의 규모는 약 4,589억 달러로 인도 시장의 규모가 가장 큼[50]

- 인도 509억 달러, 오스트레일리아 293억 달러 등으로 아태 지역 시장이 가장 큼
- 미주지역은 브라질이 272억 달러이고, 가장 큰 프로젝트로는 미국의 Louisiana International Gulf Transfer Terminal 로 100억 달러임
- 중동 및 아프리카 지역은 아랍에미레이트가 Khalifa Port and Industrial Zone의 240억 달러를 포함하여 291억 달러 규모로 파악되며, 탄자니아는 136억 달러 규모
- 유럽은 러시아가 Taman Sea Port Terminal Development 프로젝트 71억 달러, Zvezda DSME Shipyard Reconstruction 프로젝트 63억 달러를 포함한 225억 달러



<지역별 항만건설시장 규모>



<프로젝트 단계별 항만건설시장 규모>

[그림 3-12] 글로벌 시장 항만건설사업 추진 현황, 2017년 기준_Timetric's CIC

○ **(해저케이블)** 대표적인 수중구조물인 해저케이블 시장은 '17년 약 7조 6,900억원으로 해상 풍력발전 단지, 지역 간 전력망 연결 프로젝트, 원유 및 가스 개발 등이며, 이 중 해상 풍력발전 수요가 연평균 37% 증가하면서 성장을 주도



자료 : 해저케이블 초고속 통신 수요와 풍력발전 증대에 따라 시장성장 전망, KISTI, 2014. 12

[그림 3-13] 세계 해저케이블 건설연장 및 건설시장 규모(km/억 원)

49) 대한건설정책연구원, 기초 및 박지준설 공사 분리발주 타당성 및 방안 검토 연구, 2016.12
50) http://www.worldconstructionnetwork.com/news/asia-pacific-leads-the-global-port-construction/

(2) 해외 수주 현황

□ 국내 기업의 항만 및 해양구조물 분야 해외 수주는 '13년 이래 감소 추세임

○ 최근 10년('07~'16년) 간 국내기업의 항만 및 해양구조물 분야 수주 규모는 12,978,612천불(123건)

- 해외 항만 및 해양구조물 수주 건수는 연평균 12.3건으로 '08년 가장 많은 28건을 수주

- 수주 1건 당 평균 수주금액은 105,517천불로, 연도별로 등락은 있으나 '15년 211,569천불로 가장 많으며 '16년 13,559천불로 가장 적음

<표 3-21> 항만 및 해양구조물 분야 연도별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

년도	금액	건수	년도	금액	건수
2016	13,559	1	2011	1,513,928	12
2015	1,692,549	8	2010	1,735,886	16
2014	507,443	7	2009	766,253	16
2013	1,747,515	12	2008	2,217,372	28
2012	461,883	9	2007	2,322,224	14
합 계				12,978,612	123

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

- 중동, 아시아, 아프리카, 유럽 지역의 프로젝트를 수주하고 있으며 중동의 수주 건수와 건당 수주금액이 가장 높음

<표 3-22> 항만 및 해양구조물 분야 권역별 해외수주 현황(2007년~2016년)

(단위 : 천불)

지역	중동	아시아	아프리카	유럽	중남미	북미,태평양	합계
금액	5,684,898	7,231,199	31,128	31,387	-	-	12,978,612
건수	46	71	2	4	-	-	123
1건당금액 (금액/건수)	123,585	101,848	15,564	7,847	-	-	105,517

자료 : 해외건설협회 DB 자체 분석

(3) 미래 시장전망

(가) 해양준설 및 매립

□ **세계무역, 인구증가, 해안방호, 에너지/관광/환경 수요 증가로 지속적인 성장 예상**

○ 세계 준설시장의 변화를 이끄는 동인(Drivers)은 세계무역, 인구 증가(인구변화 및 도시화), 해안 방호, 에너지/관광/환경 수요 증가 등으로 규정[51].

- 전 세계 무역총량인 15.5조 달러 중 85%가 바다를 통해 운송되는 것으로 추산[52] 되어 항만준설의 필요성이 증대[53]
- 도시거주 인구는 '30년에는 60%정도로 증가하여 인구 천만 명 이상의 메가시티가 현재 31개에서 41개로 증가할 것으로 전망이며, 대부분의 도시가 해안에 위치[54]
- '71~'80년 사이 연간 40억 달러 미만이던 피해액은 '11~'15년 사이에 연간 400억 달러로 증가하여 홍수 관리 개선 수요 증가[55]

○ 해운 운송의 지속적인 증가와 지구 온난화로 인한 해수면 상승 및 에너지 사업 증가에 의해 항만관련 준설, 매립과 중동지역 수요 증가가 예상[56]

(나) 항만

□ **신흥시장을 중심으로 소비재 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 컨테이너터미널의 수요도 증가할 것으로 기대**

○ 신규 항만건설사업은 아시아와 라틴아메리카 등 신흥시장을 중심으로 확산[57]

- 현재 계획 중인 항만건설프로젝트는 총 479개로 파악
- '16년을 기준으로 아시아 지역의 5천만 달러 이상의 주요 항구개발 프로젝트는 171건으로 대다수는 인도와 중국이 계획 중이며, 동남아시아에서도 관심이 지속
- 라틴아메리카는 소규모 전략 시장에서 중요한 항구 인프라 시설 개발을 추진

51) Dredging in figures 2015, IADC, 2016.12
52) UNCTAD에서는 세계 해상무역이 2014년 9.84조톤에서 2.1% 증가한 10조톤을 초과한 것으로 추산
53) Just How Big is an Economy Without Borders? Retrieved from:, Clarksons Research., 2016.7.22
54) World Urbanization Prospects, UN, 2014
55) Financial Management of Flood Risk, OECD
56) 대한건설정책연구원, 기초 및 박지준설 공사 분리발주 타당성 및 방안 검토 연구, 2016.12
57) BMI Group, Global Prot Outlook: Investment Robust Despite Economic Headinds, 2016.6.1

- 중동 및 북아프라카지역(MENA: Middle East and north Africa)에서는 아랍에미레이트와 카타르의 항만 운송수요 경쟁이 치열하여 항만 개발 프로젝트가 준비 중
- EU와 미국 등 주요 선진국은 대형선박을 수용할 수 있도록 주요 항만을 업그레이드 하여 확장 및 현대화를 통한 효율성을 추구하는 추세

(다) 해안구조물

□ **자연재해로부터 해안구조물과 배후도시를 보호하기 위한 방재 인프라 건설 확대 중**

○ 베네치아에서는 2003년부터 2014년간 기후변화와 자연재해로부터 도시를 보호하기 위한 목적으로 7조원을 투자하여 대형 수문 3개를 건설

○ 일본 국토교통성 항만국에서는 지진해일에 대한 대비를 위하여 방조제의 내진설계를 위한 기술상 기준 및 가이드라인에 관한 연구를 수행[58)]

(라) 수중구조물

□ **해상 풍력발전단지, 원유 및 가스 개발, 지역간 전력망 연결 프로젝트 발주에 힘입어 연평균 17%의 높은 성장률이 예상**

○ 해저 케이블의 세계 시장 규모는 2013년 4조 1,000억 원, 2014년 4조 8,000억 원에서 ’17년에는 7조 6,900억 원까지 4년간 연평균 17.0%의 성장이 예상

- 해저 케이블 시장의 수요 요인은 해상 풍력발전 단지, 지역 간 전력망 연결 프로젝트, 원유 및 가스 개발 등

○ 수중구조물 건설을 위한 수중건설로봇 시장이 부각되며 관련 시장은 연간 1~2조원에 달할 것으로 전망되며 향후 극지건설, 해양재난과 우주 건설사업에서의 응용 가능성으로 인해 중요성이 배가

(마) 인공섬

□ **신재생에너지 시장의 확대로 바람이 많고 해수면이 낮아 풍력발전단지 및 섬 건설 비용을 절감할 있는 유리한 지역조건을 갖춘 국가들 중심으로 지속적인 시장 성장 전망**

58) 港湾における防潮堤 (胸壁) の 耐津波設計ガイドライン, 国土交通省 港湾局, 2013

(4) 시장매력도 평가 결과

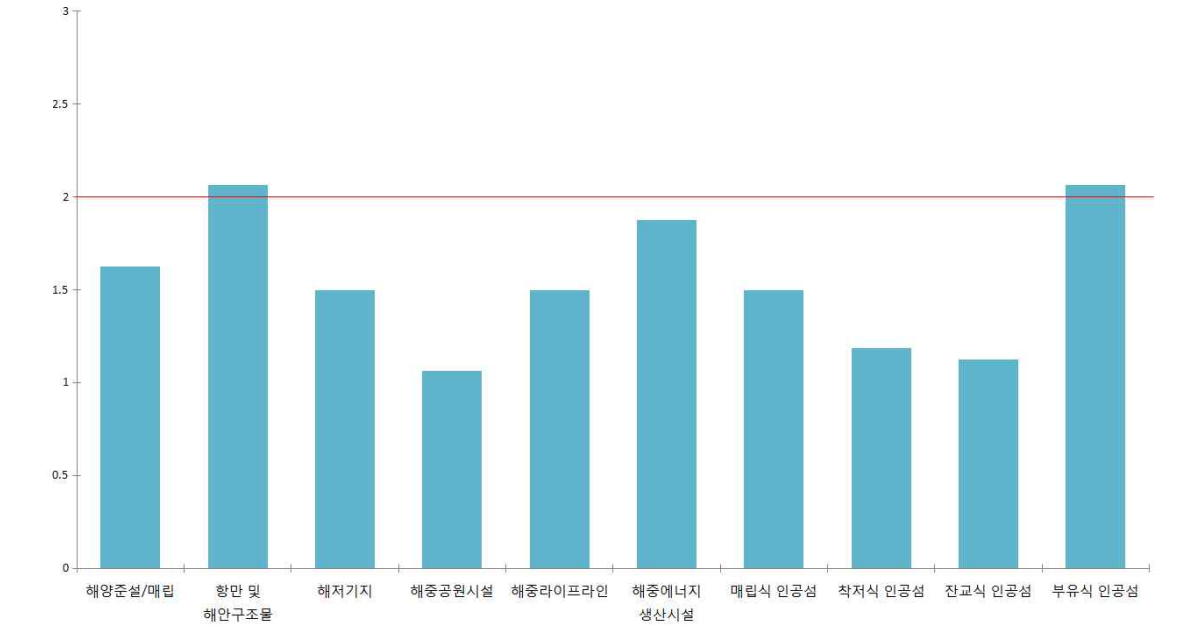
□ **해상운송의 증가로 인한 항만건설 증가, 해안 주변의 메가시티 증가로 신공간 창출의 개념으로 항만 및 해안구조물, 부유식 인공섬의 매력도가 높게 평가**

○ **(항만 및 해안구조물)** 전 세계 해상을 통한 물류 운송이 증가하면서 컨테이너 터미널, 해안 방호 수요의 증가로 지속적으로 시장이 성장할 것으로 예상

○ **(부유식 인공섬)** 국토 확장, 신재생 에너지 단지 조성, 발전단지 조성 등 공간 부족 문제를 해결하기 위한 신공간 창출의 수요가 증가하면서 시장이 성장할 것으로 예상

<표 3-23> 항만 및 해양구조물분야 시장매력도 평가 결과

시설물(L3)	목적물(L4)	시장매력도	주요 내용
해양준설/매립	해양준설/매립	1.625	해안구조물의 수요증가로 준설/매립 수요는 증가하나 단일 프로젝트 발주가능성은 낮음
항만 및 해안 구조물	항만 및 해안 구조물	2.063	해상운송의 증가로 해안구조물의 수요가 증가하여 규모가 큰 프로젝트 발주 가능성 높음
수중구조물	해저기지	1.500	해저기지의 관심은 증가하나 개념적인 단계로 시장불명확
	해중공원시설	1.063	
	해중라이프라인	1.500	에너지 단지 조성 및 케이블시장의 수요는 증가하나 시장성은 낮음
	해중에너지생산시설	1.875	
인공섬	매립식 인공섬	1.5	국토 확장을 개념으로 시장수요가 증가하면서 발주가능성 높음
	착저식 인공섬	1.188	
	잔교식 인공섬	1.125	
	부유식 인공섬	2.063	



3.2.5 특수구조물

(1) 글로벌 시장현황

□ **특수구조물 시장은 테러의 빈발, 우주 등 극한공간 개발에 대한 수요 증가로 향후 확대될 것으로 전망되나, 현재로서는 태동기인 상태**

○ 특수구조물 시장을 대공간 구조물 등을 제외하면, 크게 기온적 특성과 폭발적 특성 등 비정상적인 작업여건을 고려한 고압 및 극저온 구조물, 방호구조물, 우주구조물 시장으로 구분

○ 각종 테러의 빈발 등으로 방호(방탄/방폭) 구조물 시장은 정정 불안전 지역 등을 중심으로 시장이 형성되어 있으며, 앞으로도 그 수요는 지속적으로 증가

- 과거에는 방호구조물 설계시장이 일반적으로 폭발성 물질을 수용하거나 근접하거나 외부의 공격 대상이었던 시설에만 사용
- ’00년대 초반부터 글로벌 테러리스트의 공격이 전방위적으로 확대됨에 따라 방호구조물에 대한 수요는 지속적으로 증가

○ 고압 및 극저온 구조물, 우주구조물 시장은 선진국을 중심으로 초기 기술개발 단계

- 국내업체들이 진출 가능한 해외시장으로의 가능성은 현재 시점에서 적은 상황으로 판단되며, 실제 시장에 진출할 수 있는 시점은 ’20년대 중반이후에나 가능할 것으로 예상

(2) 미래 시장전망

(가) 고압 및 극저온 구조물

□ **자원고갈에 따른 추가 자원 확보 관점에서 동토지역을 포함한 극저온 지역 진출 관점에서 극저온 구조물의 필요성이 증가**

○ 기아, 에너지 및 물 부족, CO2 감소 등 전지구적 문제의 해결을 위해 고압 및 극저온 해양 구조물 개념의 필요성이 제시

- 고압 및 극저온 구조물은 해양 및 심해저, 극저온 지역에 인간이 진출하고자 하는 노력과 연계되어 추진 중인 기술

○ 기후변화 및 영구동토층 해빙으로 인해 북극인근 국가의 인프라 유지보수, 재건축 시장이 급성장할 것으로 전망[59)]

- 지구온난화로 얼음이 녹아 영구동토층 면적이 줄어들면서 영구동토층에 세워진 건물, 교량 등의 안전문제가 대두
- 캐나다·러시아·핀란드·스웨덴 등 북극 인근국가에서 영구동토층의 인프라 유지, 보수, 재건축등 인프라 건설 붐이 일어나 해당 지역의 GDP가 '15년 6,200억 달러에서 '35년 2조 1,000억 달러로 급증할 것으로 전망
- 일본과 중국은 각각 북극비즈니스 포럼에 민관 인사를 참여시키고, 아이슬란드에 상주직원을 파견하여 그린란드 광산을 인수하는 등 북극 건설 특수를 대비해 다각적으로 접근

(나) 방호구조물

□ **테러의 지속적인 증가추세와 맞물려 선진국을 중심으로 증가하고 있으며, 실제 적용 지역은 테러가 빈발하는 중동, 아프리카 지역을 중심으로 확산 전망**

○ 방호구조물 관련 기술의 목표는 폭발적인 테러공격이 발생하였을 때, 거주자의 생명을 보호하기 위한 것과 대량의 사망자가 발생가능한 점진적인 붕괴(Progressive collapse)를 방지하는 것

○ '01년 미국의 World Trade Center 테러 이후부터 최근 프랑스, 영국 등의 테러 발생에 따라 방호구조물 관련 시장 수요는 지속적으로 증가

- 이라크, 나이지리아, 아프가니스탄 등 정세불안국 및 선진국도 테러에 취약도가 매우 높게 나타나는 등 불특정 다수를 목표로한 테러 확장(Global Terrorism Index 2016)
- 선진국 지역에서도 방호 기술과 방호 구조물에 대한 수요는 방폭과 관련한 설계기준의 강화에 따라 지속적으로 확대될 것으로 예상

○ 방호구조물 건설시장은 정확한 총 규모가 파악되지는 않고 있으나, 미국은 '01년 이후 국토 안보에 쓰이는 연방 지출이 연평균 3,600억 달러가 증가했으며, EU 회원국들은 '02년 570만 유로에서 '09년 9350만 유로로 증가[60)]

59) 중국도 일본도 북극러시, 조선일보, 2015.3.21
60) EU, Counter-terrorism funding in the EU budget, 2015.6

(다) 우주구조물

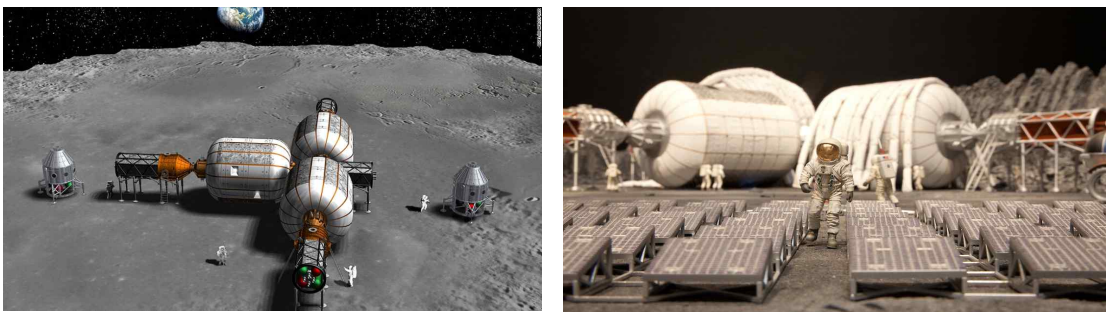
□ **미국과 유럽 등 선진국가의 우주관련 기관과 민간 우주 관련 회사에서 개념설계나 소규모 프로토타입을 중심으로 연구가 진행되는 등 시장 형성 초기단계**

○ 우주구조물 건설기술 시장에 영향을 미치는 동인(Driver)은 달과 화성을 중심으로 하는 인간거주 계획과 밀접하게 연동되어 있으며, 따라서 '20년대 중심에서는 R&D 중심의 시장이 형성될 것으로 예상

- 미국 NASA와 유럽은 레이저를 이용하여 3D구조물을 만드는 Selective Laser Sintering(SLS) 기술을 활용한 로봇을 활용해 행성의 암석이나 토양을 고에너지의 레이저로 녹여서 굳히는 방식으로 구조물(달기지 등)을 만드는 기술을 연구 중[61)]

- 일본 오바야시 건설은 '50년까지 자기부상열차와 탄소나노튜브를 활용한 우주엘리베이터 개발계획 발표[62)]

- 항공우주국과 비글로 에어로스페이스(Bigelow Aerospace)사는 우주 시설물로 활용 가능한 팽창형 모듈(expandable module)을 공동 개발 중[63)]



[그림 3-14] 확장형 모듈을 활용한 달 기지 구축 상상도

○ 최근 우주개발사업에 민간기업의 참여가 늘고 있고, 달과 화성을 중심으로 정착하고자 하는 계획이 다양하게 진행되고 있으나, 본격적인 경쟁대상 해외시장 및 민간시장은 2030년 이후에나 가능할 것으로 전망

61) 유럽의 항공우주 기술 및 정책동향, KISTI, 2014
62) 우주로 뻗는 96000km 탄소케이블, 매일경제, 2015.03.16
63) New Expandable Addition on Space Station to Gather Critical Data for Future Space Habitat Systems, NASA, 2015.3.12

(3) 시장매력도 평가 결과

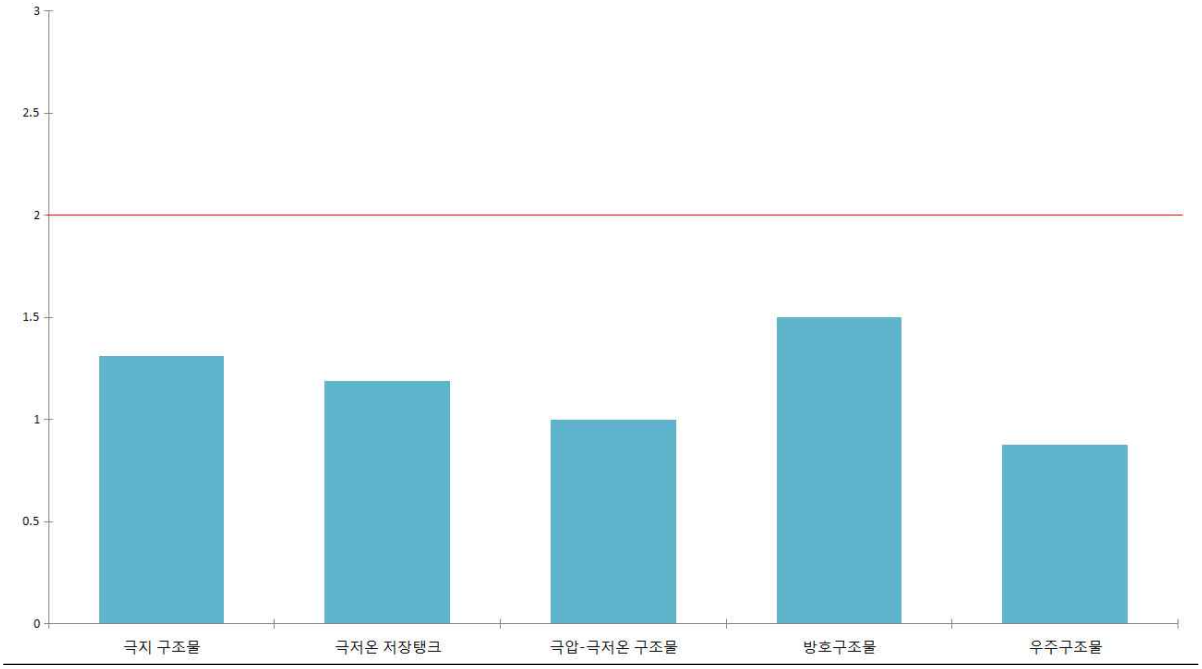
□ **테러, 화재, 폭발 등 시설물에 대한 외부 위험요소 증가, 자원고갈 및 신공간 창출을 위한 특수구조물의 수요는 증가하나 수요 확대는 제한적이며 시장수요는 불확실성이 높아 시장매력도는 낮게 평가**

○ **(극지구조물)** 자원고갈, 자원탐사 기술의 발달로 수요가 증가하고 있지만 시장규모 파악 및 시장성 파악이 어려움

○ **(방호구조물)** 불안전 지역을 중심으로 수요가 발생하던 방호구조물은 각종 테러의 증가로 미국, 유럽 등의 선진국의 수요도 증가하고 있지만 시장 파악이 어렵고 보안의 문제로 발주가능성도 불확실

<표 3-24> 특수구조물분야 시장매력도 평가 결과

시설물(L3)	목적물(L4)	시장매력도	주요 내용
고압, 극저온 구조물	극지 구조물	1.313	기술의 발달과 자원고갈의 문제로 수요는 명확하나 시장성은 불확실
	극저온 저장탱크	1.188	극압·극저온 구조물의 관심은 증가하나 시장창출은 불확실
	극압·극저온 구조물	1.000	
방호구조물	방호구조물	1.500	수요는 분명하나 보안의 문제로 발주가능성은 불확실
우주구조물	우주구조물	0.875	우주구조물의 관심은 증가하나 개념적인 단계로 시장 불명확



3.2.6 시장매력도 분석 결과

□ **적정규모 이상의 시장을 형성하고 있으며 기술적·환경적·사회적 요인으로 수요증가가 확실하여 시장이 확대될 것으로 예상되는 시설물은 11개로 평가**

○ **(우선추진)** 시장규모가 평균이상이며 시장이 유지, 시장이 평균수준이지만 시장이 확대될 전망을 가진 시설물로 가장 매력도가 높아 우선 추진하여 기술확보가 필요한 시설물로 해상기초, 케이블교량 등 10개 선정

- 가장 매력도가 높은 시설물은 해상기초로 해상교량, 부유식 교량/터널, 해안구조물, 인공섬 등의 시설물에 연계하여 사용가능하여 시장성을 높게 평가
- 케이블 교량, 교통형 터널, 항만 및 해상구조물은 현재 해외 프로젝트 수주 건수와 수주금액이 큰 시설물로 해외진출 가능성을 가장 높게 평가
- 해저터널, 지하대공간, 대심도터널, 부유식 인공섬 등은 발주에 영향을 미치는 트렌드를 분석한 결과 수요증가로 인한 시장확대가 명확하여 시장전망을 높게 평가

○ **(선택적 추진)** 시장규모가 평균수준으로 유지될 가능성이 높거나 시장규모가 작지만 향후 시장이 확대될 것으로 전망하는 시설물로 지속적인 시장모니터링을 통해 선택적 추진이 필요한 시설물로 강구조 및 합성구조교량 등 14개 선정

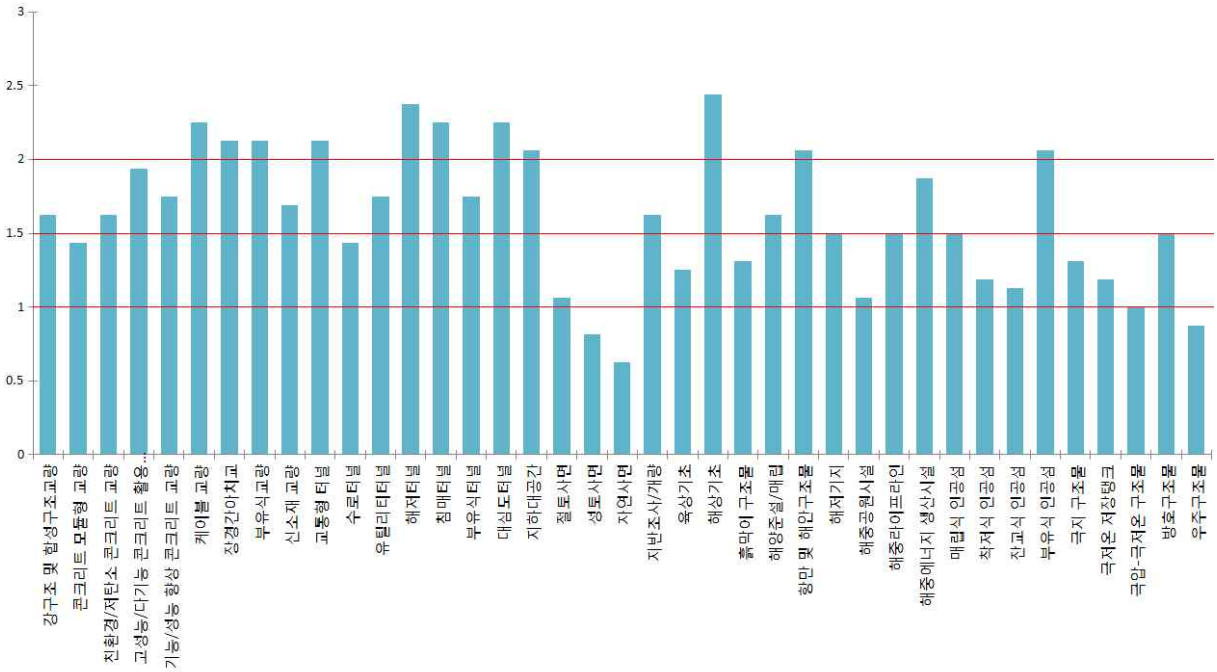
- 강구조 및 합성구조 교량, 고성능/다기능 콘크리트 활용 교량, 기능/성능 향상 콘크리트 교량, 지반조사/개량, 유틸리티 터널의 경우 시장은 형성되어 있지만 시장성이 불확실한 시설물
- 신소재교량, 친환경/저탄소 콘크리트 교량, 해양준설/매립, 해중라이프라인 등은 시장규모가 작아 시장 모니터링이 필요
- 부유식터널, 해저기지, 해중에너지 생산시설, 방호구조물의 경우 시장이 명확하지 않아 시장 형성시기에 대한 면밀히 검토 필요

○ **(미추진)** 시장규모와 전망이 부정적이거나 시장자체를 정의할 수 있는 시설물로 현재 단계에서는 추진의 필요성이 부족한 시설물은 우주구조물 등 14개로 조사

- 극지, 극저온, 극압, 우주구조물의 경우 미래의 기술로 시설물 핵심기술 확보전략보다는 기초연구부터 원천기술 개발 단계로 추진 필요
- 육상기초, 성토사면, 절토사면, 수로터널 등은 시장성이 명확하지 않고 불확실

<표 3-25> 시장매력도별 시설물 평가 결과

추진전략	평가점수	시설물	
우선추진	2점 이상 (11개)	- 케이블 교량 - 아치교 등 특수교량 - 부유식 교량 - 교통형 터널 - 해저터널 - 침매터널	- 대심도터널 - 지하대공간 - 해상기초 - 항만 및 해상구조물 - 부유식 인공섬
선택적 추진	1.5~2점 (14개)	- 강구조 및 합성구조 교량 - 친환경/저탄소 콘크리트 교량 - 고성능/다기능 콘크리트 활용 교량 - 기능/성능 향상 콘크리트 교량 - 신소재 교량 - 유틸리티터널 - 부유식터널	- 지반조사/개량 - 해양준설/매립 - 해저기지 - 해중라이프라인 - 해중에너지 생산시설 - 매립식 인공성 - 방호구조물
미추진	1~1.5점 (11개)	- 콘크리트 모듈형 교량 - 수로터널 - 절토사면 - 육상기초 - 흙막이 구조물 - 해중공원시설	- 착저식 인공성 - 잔교식 인공섬 - 극지 구조물 - 극저온 저장탱크 - 극압·극저온 구조물
	1점 이하 (3개)	- 성토사면 - 자연사면	- 우주구조물



[그림 3-15] 시장매력도 분석결과

3.3 기술경쟁력 분석

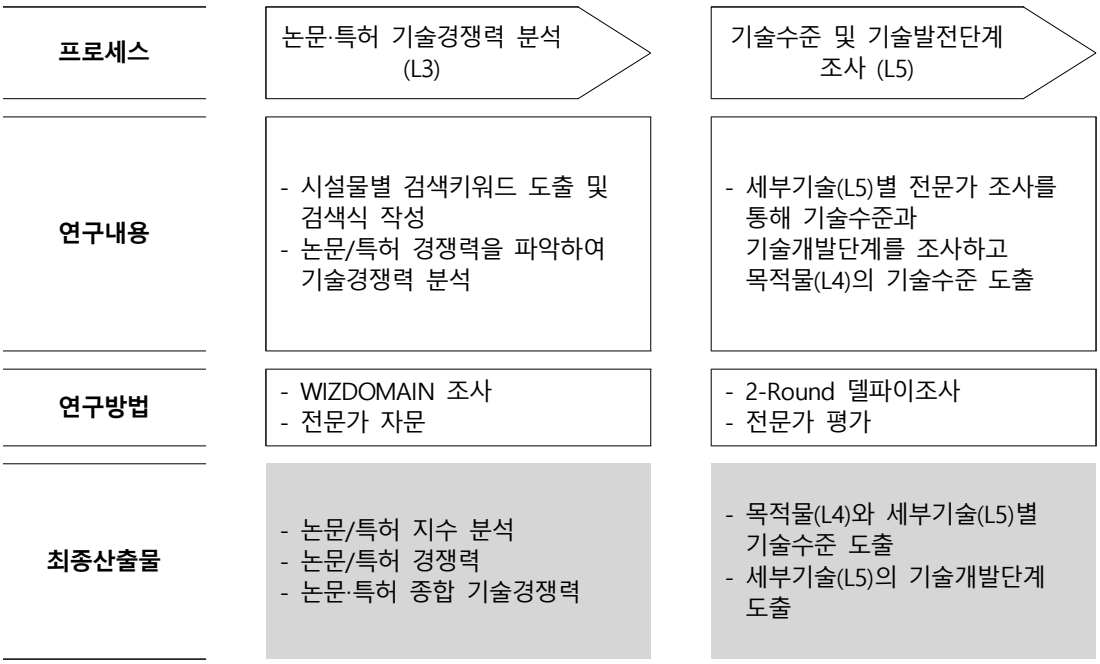
□ **논문·특허 기술경쟁력 분석과 전문가 델파이조사를 병행하여 기술경쟁력 분석 수행**

○ **(논문·특허 기술경쟁력)** 시설물과 관련된 검색식을 도출하여 WISDOMAIN을 통해 유효 논문·특허를 추출하여 논문과 특허의 양적/질적 지표분석을 통해 시설물(L3)의 기술경쟁력 도출

○ **(기술수준조사)** 논문·특허 기술경쟁력을 기초자료로 활용하여 시설물별 전문가를 대상으로 2-Round 델파이조사를 실시하여 각 세부기술(L5)별 기술수준 및 기술발전단계를 조사

- 기술발전단계는 기술개발을 통해 조성되는 해당분야 시장의 성장도를 조사
- 기술수준은 '전무, 의존, 자립, 선도', 기술발전단계는 '도입기, 성장기, 성숙기'로 구분하여 조사

○ **(기술경쟁력)** 최종적으로 기술수준과 논문·특허 기술경쟁력을 바탕으로 목적물(L4)별 기술경쟁력을 도출



[그림 3-16] 기술경쟁력 분석 연구추진방법 및 연구결과 요약

3.3.1 논문·특허 기술경쟁력 분석

(1) 특허기술경쟁력

(가) 특허분석 범위

□ **(분석대상) 시설물(L3) 18개에 대하여 한국, 일본, 미국, 유럽의 4개국 특허청에 최근 5년간('12~'16년) 공개, 등록된 특허 중 7개국(한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 이탈리아) 출원인 국적**

※ 중국 특허청 DB에서 검색되는 특허는 양이 너무 많고 의미 있는 특허가 많지 않아 검색 범위에서 제외

※ 시설물의 특성상 시설물별 2~3개 출원인의 국적에 대하여 추가하여 조사

○ 사용 DB는 WIPS 특허검색시스템을 이용하여 출원인 국적별 특허정보를 수집하고, 유효특허를 대상으로 특허활동도, 집중도, 특허 시장력, 특허 영향력의 4개 항목을 분석/평가

<표 3-26> 특허분석 범위

분석대상	내용
기술	시설물(L3)
국가	한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 이탈리아(7개국) + α
DATA	공개, 등록 특허
적용기간	최근 5년간('12 ~ '16년)
평가지표	특허활동도, 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력
활용DB	WIPS

(나) 분석방법

○ **(데이터 안정화)** 각 국가 간 데이터 개수의 차이로 인하여 지표의 변동성과 왜곡된 분포를 나타낼 가능성이 높으므로 Root Square Transformation 방법을 적용하여 데이터 안전성을 확보

$$\sqrt{Square\ Transformation} = \sqrt{(각\ 국가별\ 출원건수}$$

○ **(평가지표 표준화)** 지표들의 단위 값이 상이하므로 표준화 작업이 요구되어 표준화 방법 중 가장 널리 사용되는 Re-Scaling 방법을 활용[64]

$$Re-Scaling = \frac{\text{각 국가별 지표} - Min(\text{각 국가별 지표})}{Max(\text{각 국가별 지표}) - Min(\text{각 국가별 지표})}$$

○ **(평가지표)** 특허활동도, 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력

※ 각 지표의 가중치는 기존의 연구와 연속성을 유지하기 위해 「2015 국토교통기술수준분석 보고서」에서 사용한 값을 적용

<표 3-27> 특허경쟁력 평가지표

평가지표 (가중치)		내용
양적지표 (0.245)	특허활동도 (0.602)	• 특정 국가의 해당 기술분야에서 얼마나 많은 특허가 출원되는지를 양적으로 측정하는 지표로서, 특허활동도가 높을수록 특허 출원수가 양적으로 많다는 것을 의미 $\text{특허활동도}_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} P_{ij}}$ P_{ij} : i기술에 대한 j국가의 특허출원수 nt : 전체 국가 수
	특허집중도 (0.398)	• 특정 국가의 상위기술분야 출원 특허 중에서 해당 기술분야의 특허 출원이 차지하는 비중을 측정하는 지표로서, 특허집중도가 높을수록 특정 국가의 특허 출원이 해당 기술분야에 집중되어 있다는 것을 의미 $\text{특허집중도}_{ij} = \frac{(P_{ij}/\sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} P_{ij}/\sum_{i=1}^{mt}\sum_{i=1}^{nt} P_{ij})}$ mt : 전체 기술 수
질적지표 (0.755)	특허시장력 (0.267)	• 특정 국가의 해당 기술분야에서 출원된 특허 중 패밀리특허수가 차지하는 비중을 측정하는 지표로서, 특허시장력이 높을수록 출원된 특허당 패밀리특허가 많다는 것을 의미 $\text{특허시장력}_{ij} = \frac{(FP_{ij}/P_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} FP_{ij}/\sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}$ FP_{ij} : i기술에 대한 j국가의 패밀리특허국가수
	특허영향력 (0.733)	• 특정 국가의 해당 기술분야에서 등록된 특허 중 특허 당 피인용 횟수를 측정하는 지표로서, 특허영향력이 높을수록 등록된 특허 당 피인용횟수가 많다는 것을 의미 $\text{특허영향력}_{ij} = \frac{(CP_{ij}/RP_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij}/\sum_{j=1}^{nt} RP_{ij})}$ CP_{ij} : i기술에 대한 j국가의 특허피인용수 RP_{ij} : i기술에 대한 j국가의 등록특허수

64) IUS(Innovation Union Scoreboard), BJ, 2011

(나) 시설물별 특허기술경쟁력

※ 자세한 특허 분석 내용은 부록의 특허 보고서 참조

□ 강구조 및 합성구조 교량

○ 강구조 및 합성구조 교량 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

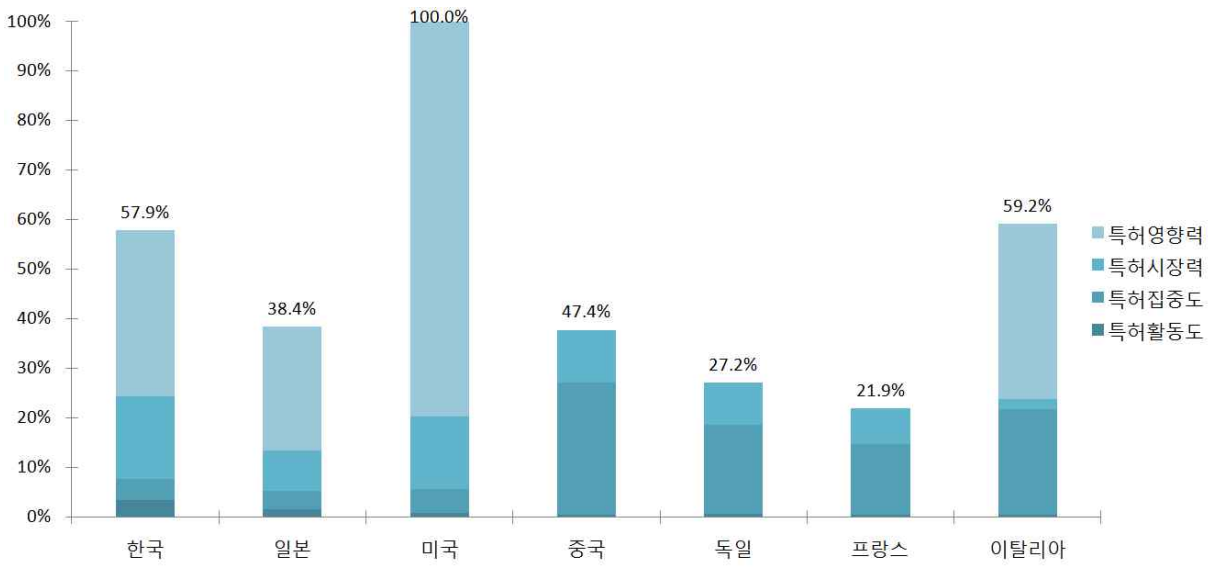
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 이탈리아, 3위 한국, 4위 중국, 5위 일본, 6위 독일, 7위 프랑스 순
- 미국의 특허시장력, 특허영향력이 최상위 국가인 것으로 나타나고 중국은 특허집중도가 가장 높음
- 한국은 특허시장력, 특허영향력이 비교대상국 중 2위로 질적수준이 높은 것으로 평가

<표 3-28> 강구조 및 합성구조 교량 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.38	0.18	0.10	0.06	0.06	0.04	0.05
특허집중도	0.73	0.63	0.81	5.76	3.11	2.48	3.68
특허시장력	1.39	0.69	1.22	1.12	0.71	0.60	0.16
특허영향력	1.02	0.76	2.42	0.00	0.00	0.00	1.08

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.97	0.65	1.68	0.80	0.46	0.37	0.99
종합점수	57.9%	38.4%	100%	47.4%	27.2%	21.9%	59.2%
순위	3위	5위	1위	4위	6위	7위	2위



□ 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량

○ 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 2위로 평가

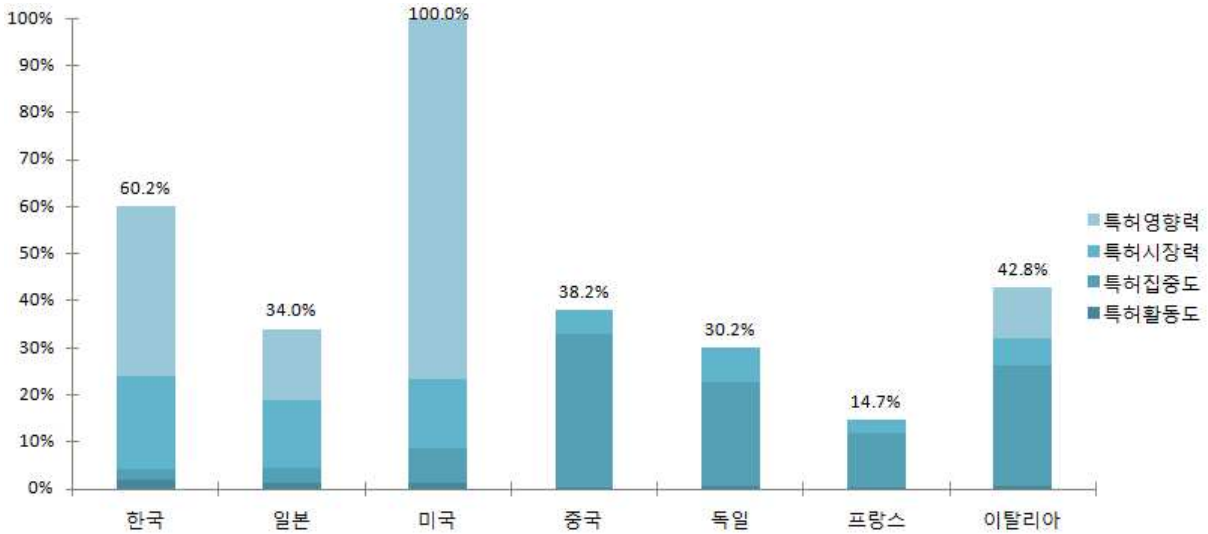
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 한국, 3위 이탈리아, 4위 중국, 5위 일본, 6위 독일, 7위 프랑스 순
- 미국의 특허영향력은 최상위 국가인 것으로 나타나고 중국의 특허집중도가 가장 높게 평가
- 한국은 특허시장력은 비교대상국 중 최상위이며 특허영향력은 미국에 이어 2위로 질적수준이 높은 것으로 평가

<표 3-29> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.22	0.16	0.16	0.06	0.08	0.03	0.06
특허집중도	0.43	0.57	1.38	6.00	4.10	2.11	4.78
특허시장력	1.78	1.28	1.30	0.46	0.65	0.27	0.50
특허영향력	1.18	0.50	2.49	0.00	0.00	0.00	0.35

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	1.08	0.61	1.80	0.69	0.54	0.26	0.77
종합점수	60.2%	34.0%	100%	38.2%	30.2%	14.7%	42.8%
순위	2순위	5순위	1순위	4순위	6순위	7순위	3순위



□ **신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량**

※ 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량의 경우 중국, 프랑스의 공개, 등록된 특허 수가 적어 영국과 캐나다를 추가 조사

○ 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 4위로 평가

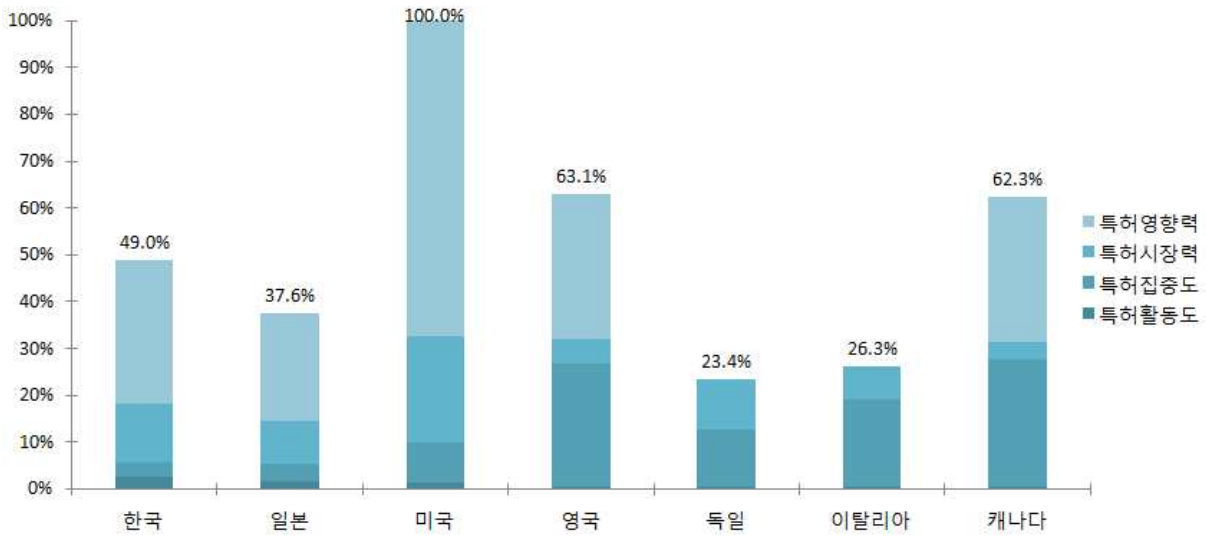
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 영국, 3위 캐나다, 4위 한국, 5위 일본, 6위 이탈리아, 7위 독일 순
- 미국의 특허시장력, 특허영향력은 최상위 국가인 것으로 나타나고 영국의 특허집중도가 가장 높게 평가
- 한국은 특허시장력, 특허영향력은 미국에 이어 2위로 질적수준이 높은 것으로 평가되고 특허활동도가 비교대상국 중 최상위로 특허활동이 활발한 것으로 판단

<표 3-30> 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 교량 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	영국	독일	이탈리아	캐나다
특허활동도	0.28	0.18	0.17	0.04	0.04	0.04	0.04
특허집중도	0.53	0.64	1.39	4.43	2.06	3.15	1.60
특허시장력	1.00	0.73	1.84	0.43	0.87	0.58	0.29
특허영향력	0.91	0.69	1.99	0.91	0.00	0.00	0.91

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	영국	독일	이탈리아	캐나다
특허 기술경쟁력	0.80	0.61	1.63	1.03	0.38	0.43	1.02
종합점수	49.0%	37.6%	100%	63.1%	23.4%	26.3%	62.3%
순위	4순위	5순위	1순위	2순위	7순위	6순위	3순위



□ 육상터널

○ 육상터널 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 2위로 평가

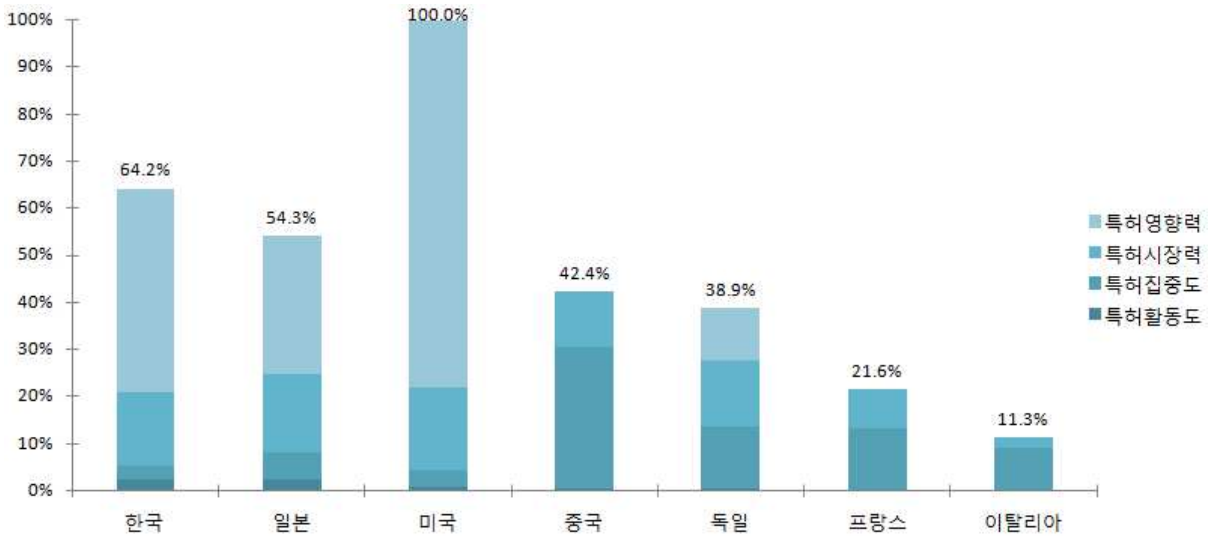
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 한국, 3위 일본, 4위 중국, 5위 독일, 6위 프랑스, 7위 이탈리아 순
- 미국의 특허시장력, 특허영향력은 최상위 국가인 것으로 나타나고 중국의 특허집중도가 가장 높게 평가
- 한국은 특허시장력, 특허영향력이 비교대상국 중 2위로 질적수준이 높은 것으로 평가

<표 3-31> 육상터널 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.24	0.25	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02
특허집중도	0.48	0.92	0.60	4.81	2.12	2.07	1.45
특허시장력	1.20	1.28	1.35	0.92	1.08	0.65	0.16
특허영향력	1.22	0.83	2.20	0.00	0.32	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	1.00	0.85	1.56	0.61	0.61	0.34	0.18
종합점수	64.2%	54.3%	100%	42.4%	38.9%	21.6%	11.3%
순위	2순위	3순위	1순위	4순위	5순위	6순위	7순위



□ **해저/침매터널**

○ 해저/침매터널 분야의 특허기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

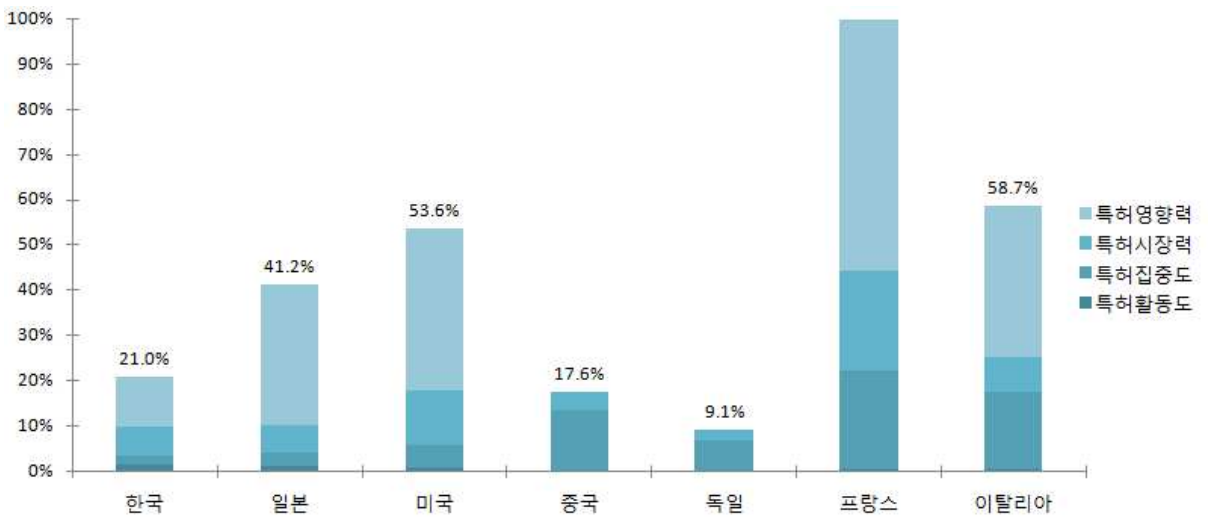
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 이탈리아, 3위 미국, 4위 일본, 5위 한국, 6위 중국, 7위 독일 순
- 프랑스는 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력은 모두 최상위 국가인 것으로 나타나고 이탈리아가 2위로 평가
- 한국은 특허활동도에서 최상위국가로 평가되었으나 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력이 비교대상국 중 하위국인 것으로 평가되어 양적, 질적 수준이 낮은 것으로 평가

<표 3-32> 해저/침매터널 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.25	0.21	0.15	0.03	0.03	0.09	0.06
특허집중도	0.48	0.74	1.26	3.44	1.66	5.54	4.39
특허시장력	0.79	0.73	1.48	0.50	0.30	2.78	0.99
특허영향력	0.51	1.41	1.63	0.00	0.00	2.52	1.51

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.53	1.03	1.34	0.44	0.23	2.51	1.47
종합점수	21.0%	41.2%	53.6%	17.6%	9.1%	100%	58.7%
순위	5순위	4순위	3순위	6순위	7순위	1순위	2순위



□ **부유식터널**

○ 부유식터널 분야의 특허기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

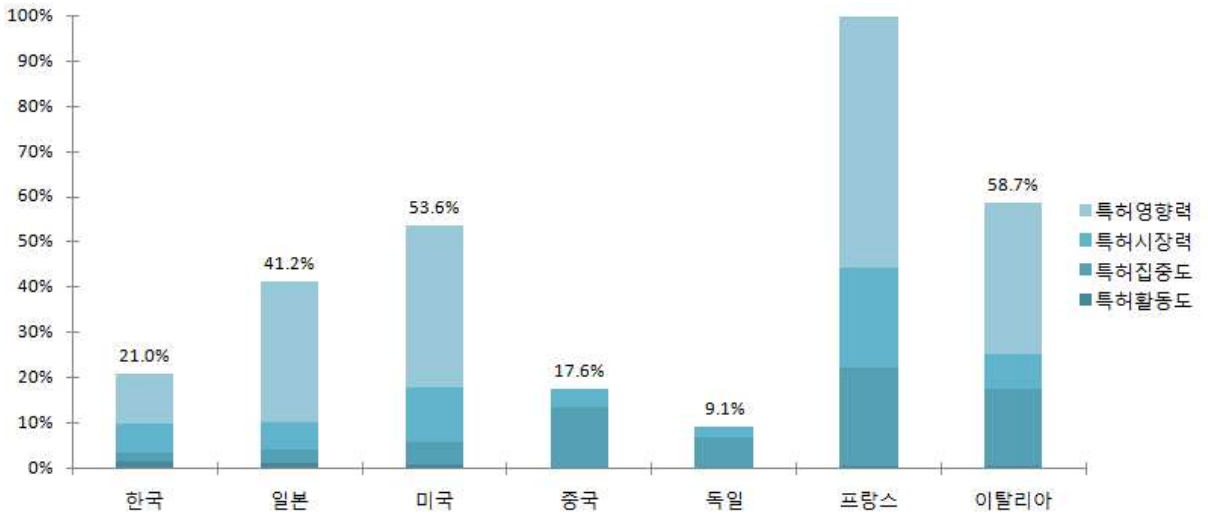
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 독일, 3위 미국, 4위 일본, 5위 한국, 6위 중국, 7위 이탈리아 순
- 프랑스는 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력은 모두 최상위 국가인 것으로 나타나고 특허영향력이 비교대상국에 비해 아주 크게 나타나 부유식 터널의 원천기술을 보유하고 있다고 판단
- 한국은 특허활동도에서 최상위국가로 평가되었으나 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력이 비교대상국 중 하위국인 것으로 평가되어 양적, 질적 수준이 낮은 것으로 평가

<표 3-33> 부유식터널 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.30	0.25	0.15	0.04	0.07	0.04	0.04
특허집중도	0.57	0.88	1.26	4.47	3.73	2.72	3.29
특허시장력	0.89	1.29	1.44	0.64	1.10	0.51	0.13
특허영향력	0.82	0.85	1.49	0.00	1.80	5.14	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.73	0.85	1.26	0.57	1.59	3.22	0.35
종합점수	22.7%	26.5%	39.1%	17.7%	49.5%	100%	11.0%
순위	5순위	4순위	3순위	6순위	2순위	1순위	7순위



□ **대심도터널**

※ 대심도터널의 경우 프랑스의 공개, 등록된 특허 수가 적어 영국을 추가 조사

○ 대심도터널 분야의 특허기술경쟁력은 이탈리아가 가장 높으며 한국은 6위로 평가

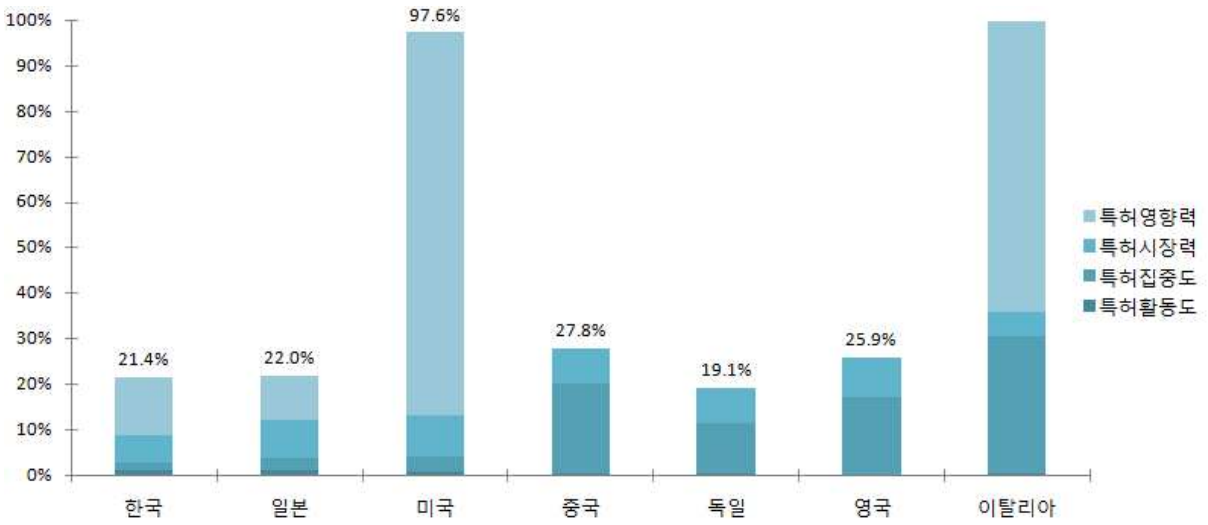
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 이탈리아, 2위 미국, 3위 중국, 4위 영국, 5위 일본, 6위 한국, 7위 독일 순
- 이탈리아는 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력은 모두 최상위 국가인 것으로 나타나고 미국은 이탈리아와 비슷한 수준으로 평가
- 이탈리아와 미국을 제외한 나머지 국가들은 모두 비슷한 기술경쟁력을 보임
- 한국은 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력이 비교대상국 중 최하위국인 것으로 평가되어 양적, 질적 수준이 낮은 것으로 평가

<표 3-34> 대심도터널 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	이탈리아
특허활동도	0.22	0.21	0.11	0.05	0.06	0.04	0.05
특허집중도	0.42	0.75	0.96	5.45	3.04	4.62	4.02
특허시장력	0.82	1.08	1.19	1.01	1.02	1.17	1.46
특허영향력	0.60	0.48	4.08	0.00	0.00	0.00	3.58

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.57	0.59	2.61	0.74	0.51	0.69	2.67
종합점수	21.4%	22.0%	97.6%	27.8%	19.1%	25.9%	100%
순위	6순위	5순위	2순위	3순위	7순위	4순위	1순위



□ 지하대공간

○ 지하대공간 분야의 특허기술경쟁력은 이탈리아가 가장 높으며 한국은 3위로 평가

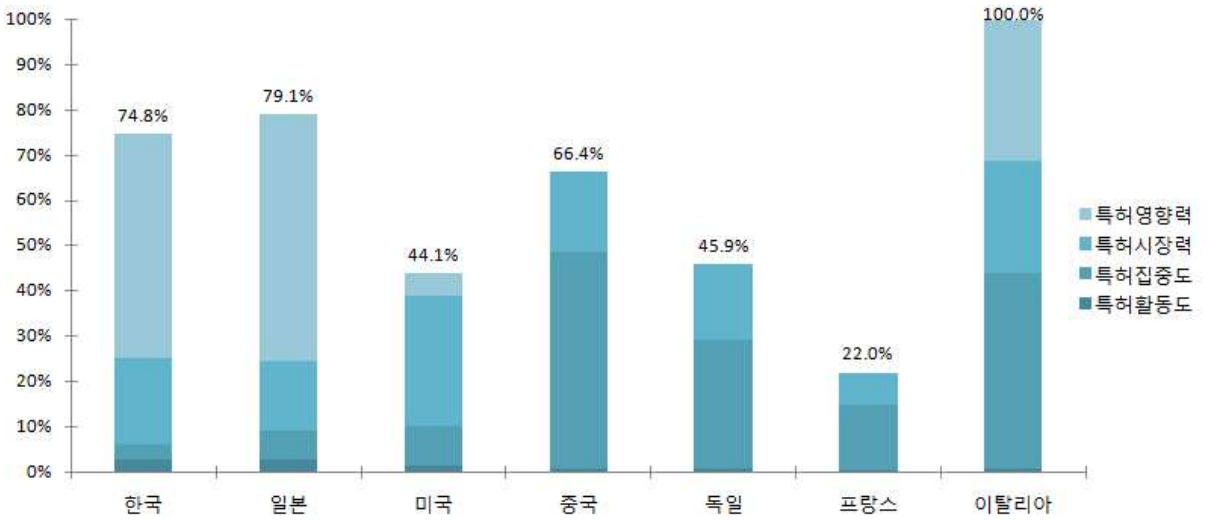
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 이탈리아, 2위 일본, 3위 한국, 4위 중국, 5위 독일, 6위 미국, 7위 프랑스 순
- 이탈리아는 특허집중도가 최상위 국가인 것으로 나타나났으나 특허시장력과 특허영향력은 비교대상국보다 낮게 평가되어 질적 수준은 낮은 것으로 판단
- 일본의 경우 특허의 양은 적지만 특허영향력이 최상위 국가로 이탈리아보다 원천기술은 많은 것으로 판단
- 한국은 특허시장력, 특허영향력이 비교대상국 중 2위로 질적 수준이 높은 것으로 평가

<표 3-35> 지하대공간 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.20	0.21	0.12	0.05	0.07	0.03	0.07
특허집중도	0.40	0.76	1.03	5.63	3.33	1.71	5.08
특허시장력	1.09	0.88	1.63	1.01	0.95	0.40	1.40
특허영향력	1.03	1.13	0.11	0.00	0.00	0.00	0.65

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.86	0.91	0.51	0.76	0.53	0.25	1.15
종합점수	74.8%	79.8%	44.1%	66.4%	45.9%	22.0%	100%
순위	3순위	2순위	6순위	4순위	5순위	7순위	1순위



□ **사면보호/보강/유지관리**

※ 사면보호/보강/유지관리의 경우 시설물의 특성상 공개, 등록된 특허 수가 적어 한국, 일본, 미국, 독일에 대하여 조사

○ 사면보호/보강/유지관리 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

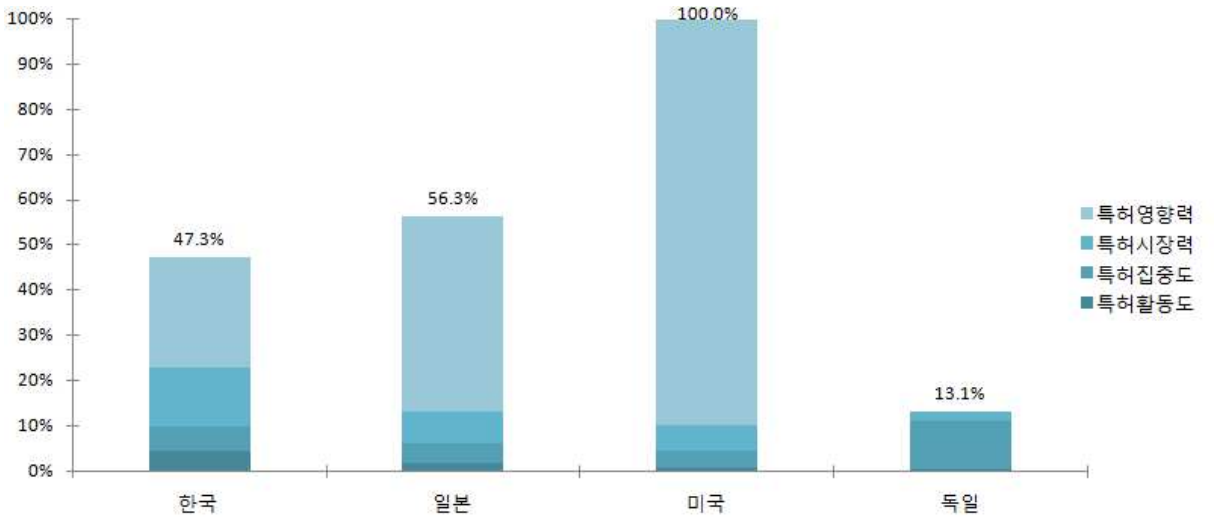
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 일본, 3위 한국, 4위 독일 순
- 미국은 특허집중도, 특허시장력은 비교적 낮은 수준에 속하나 특허영향력이 최상위 국가인 것으로 나타나 원천기술을 보유하고 있는 것으로 판단
- 한국은 특허집중도, 특허시장력이 최상위 국가로 평가되어 사면분야에서 특허활동이 활발하고 질적으로도 높은 것으로 평가

<표 3-36> 사면보호/보강/유지관리 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일
특허활동도	0.60	0.26	0.09	0.05
특허집중도	1.09	0.86	0.74	2.19
특허시장력	1.27	0.67	0.57	0.19
특허영향력	0.87	1.54	3.20	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일
특허 기술경쟁력	0.93	1.11	1.97	0.26
종합점수	47.3%	56.3%	100%	13.1%
순위	3순위	2순위	1순위	4순위



□ 지반조사/개량

○ 지반조사/개량 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

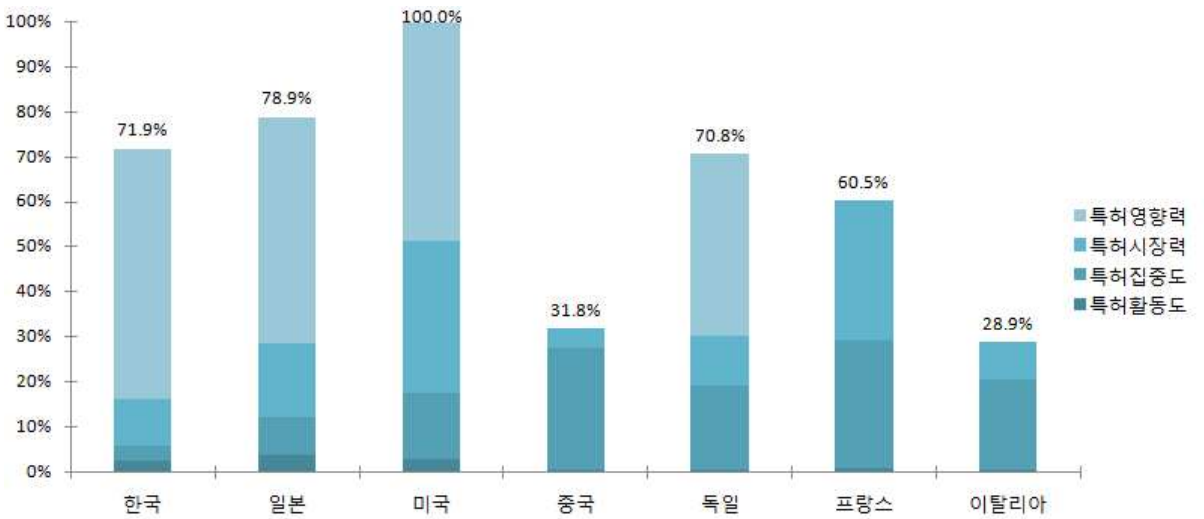
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 일본, 3위 한국, 4위 독일, 5위 프랑스, 6위 중국, 7위 이탈리아 순
- 미국은 특허집중도, 특허시장력이 높아 특허경쟁력이 최상위 국가인 것으로 나타났으나 특허영향력은 비교적 낮은 수준
- 한국은 특허경쟁력은 3위로 낮게 평가되었지만 특허영향력이 최상위국가로 기술의 원천성이 높은 것으로 평가

<표 3-37> 지반조사/개량 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.20	0.28	0.20	0.03	0.04	0.05	0.03
특허집중도	0.38	0.99	1.72	3.14	2.14	3.31	2.31
특허시장력	0.56	0.92	1.89	0.24	0.62	1.75	0.48
특허영향력	1.14	1.03	0.99	0.00	0.83	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.81	0.89	1.13	0.36	0.80	0.68	0.33
종합점수	71.9%	78.9%	100%	31.8%	70.8%	60.5%	28.9%
순위	3순위	2순위	1순위	6순위	4순위	5순위	7순위



□ **육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체**

※ 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체의 경우 중국, 이탈리아의 공개, 등록된 특허 수가 적어 스페인을 추가하여 조사

○ 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

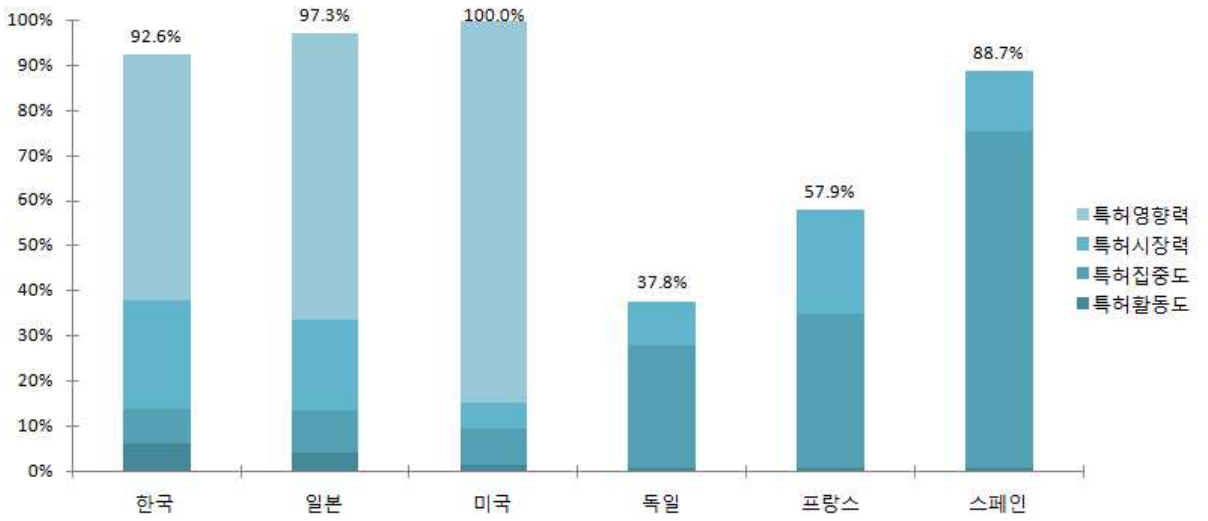
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 일본, 3위 한국, 4위 스페인, 5위 프랑스, 6위 독일 순
- 미국은 특허영향력이 높아 특허경쟁력이 최상위 국가인 것으로 나타났으나 특허시장력, 특허집중도는 일본보다 낮아 비슷한 수준으로 평가
- 한국은 특허활동도, 특허시장력은 최상위 국가로 평가되며 일본, 미국에 비해 양적, 질적으로 큰 차이가 없는 것으로 평가

<표 3-38> 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	스페인
특허활동도	0.41	0.27	0.10	0.06	0.06	0.06
특허집중도	0.75	0.94	0.79	2.70	3.40	7.46
특허시장력	1.18	0.97	0.27	0.48	1.11	0.63
특허영향력	0.96	1.12	1.49	0.00	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	스페인
특허 기술경쟁력	0.90	0.95	0.97	0.37	0.56	0.86
종합점수	92.6%	97.3%	100%	37.8%	57.9%	88.7%
순위	3순위	2순위	1순위	6순위	5순위	4순위



□ **해양준설/매립**

※ 해양준설/매립의 경우 중국, 독일의 공개, 등록된 특허 수가 적어 영국과 네덜란드를 추가하여 조사

○ 해양준설/매립 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

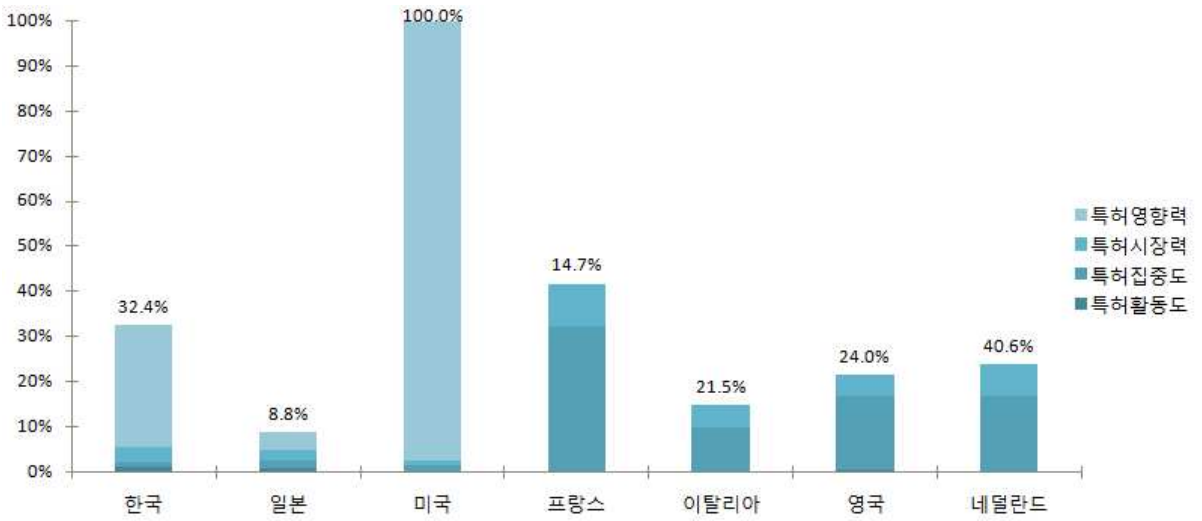
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 일본, 3위 한국, 4위 독일, 5위 프랑스, 6위 중국, 7위 이탈리아 순
- 미국은 특허영향력이 높아 특허경쟁력이 최상위 국가인 것으로 나타났으며 영향력의 격차가 매우 커서 기술의 원천성이 매우 높은 것으로 판단
- 한국은 특허 기술경쟁력은 3위이지만 2위인 네덜란드는 특허의 양적지표가 높고 한국은 특허영향력이 2위로 미국을 제외하고 격차가 매우 커 기술의 수준이 매우 높게 평가

<표 3-39> 해양준설/매립 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	프랑스	이탈리아	영국	네덜란드
특허활동도	0.29	0.22	0.07	0.07	0.10	0.07	0.10
특허집중도	0.54	0.75	0.60	4.44	7.60	7.57	13.76
특허시장력	0.70	0.53	0.18	1.05	0.99	1.58	2.23
특허영향력	2.18	0.33	7.85	0.00	0.00	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	프랑스	이탈리아	영국	네덜란드
특허 기술경쟁력	1.44	0.39	4.45	0.66	0.96	1.07	1.81
종합점수	32.4%	8.8%	100%	14.7%	21.5%	24.0%	40.6%
순위	3순위	7순위	1순위	6순위	5순위	4순위	2순위



□ **항만 및 해안구조물**

※ 항만 및 해안구조물의 경우 중국, 이탈리아의 공개, 등록된 특허 수가 적어 영국과 스페인을 추가하여 조사

○ 항만 및 해안구조물 분야의 특허기술경쟁력은 독일이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

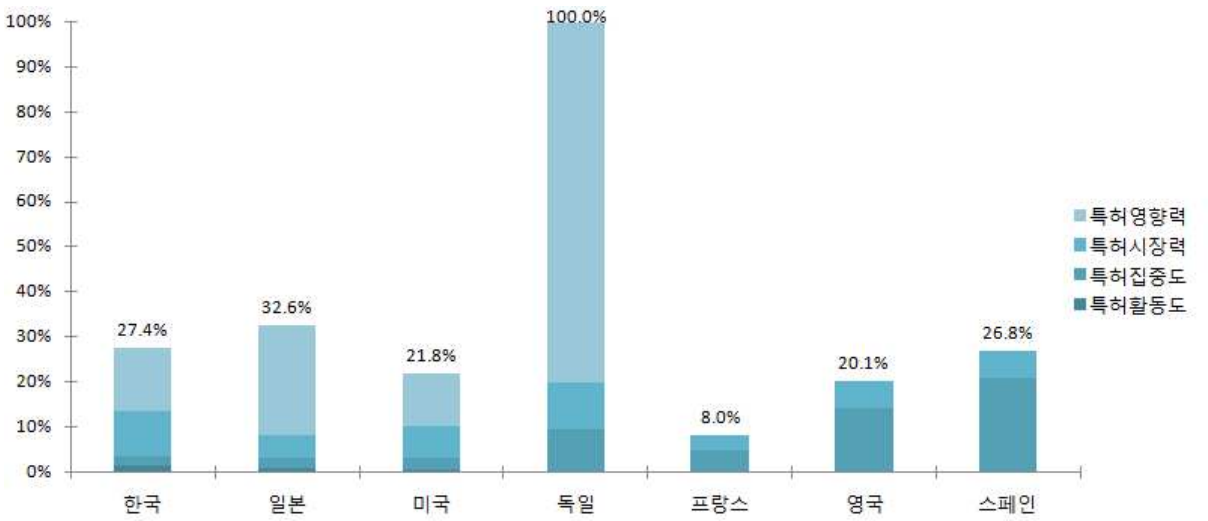
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 독일, 2위 일본, 3위 한국, 4위 스페인, 5위 미국, 6위 영국, 7위 프랑스 순
- 독일은 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력이에서 최상위 국가인 것으로 나타났으며 특허영향력은 2위인 일본과 비교하였을 때 격차가 커서 기술의 원천성이 매우 높은 것으로 판단
- 한국은 특허시장력, 특허시장력은 높은 수준이나 특허영향력, 특허집중도가 낮아 기술경쟁력은 낮은 것으로 판단

<표 3-40> 항만 및 해안구조물 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국	스페인
특허활동도	0.31	0.19	0.10	0.06	0.02	0.04	0.05
특허집중도	0.59	0.66	0.82	2.80	1.44	4.25	6.31
특허시장력	1.49	0.75	1.04	1.55	0.47	0.91	0.91
특허영향력	0.76	1.33	0.63	4.35	0.00	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국	스페인
특허 기술경쟁력	0.82	0.98	0.65	3.00	0.24	0.60	0.80
종합점수	27.4%	32.6%	21.8%	100%	8.0%	20.1%	26.8%
순위	3순위	2순위	5순위	1순위	7순위	6순위	4순위



□ **수중구조물**

○ 수중구조물 분야의 특허기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 3위로 평가

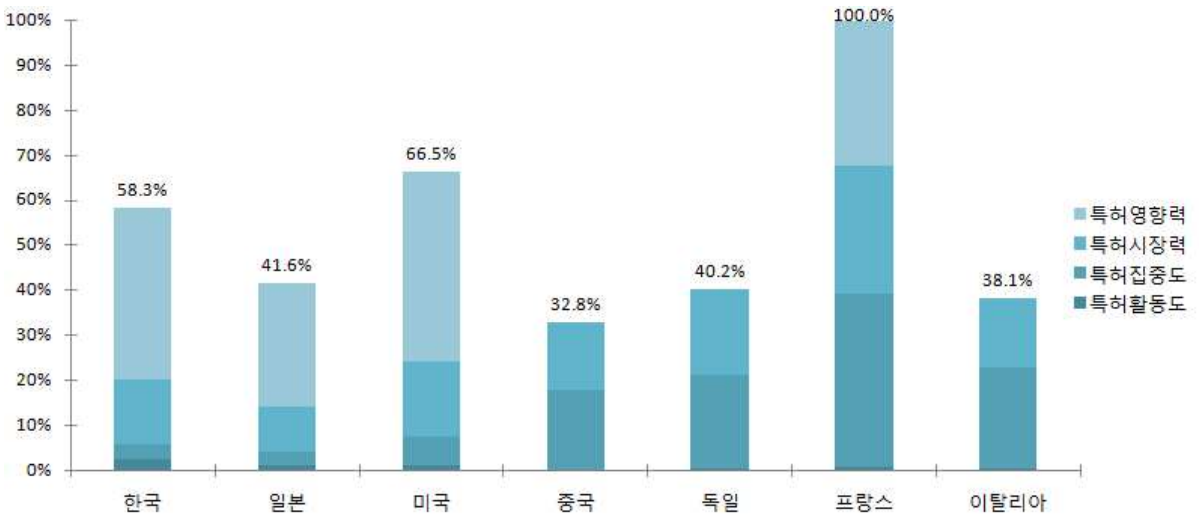
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 미국, 3위 한국, 4위 일본, 5위 독일, 6위 이탈리아, 7위 중국 순
- 프랑스는 특허집중도, 특허시장력이 최상위 국가로 나타났으나 특허영향력은 2위인 미국보다 낮아 양적 성과가 높은 것으로 평가
- 한국은 특허경쟁력은 3위로 특허영향력은 높으나 양적 성과와 특허시장력이 낮은 것으로 평가

<표 3-41> 수중구조물 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.24	0.11	0.10	0.02	0.06	0.08	0.04
특허집중도	0.48	0.40	0.90	2.47	2.92	5.42	3.15
특허시장력	0.98	0.69	1.14	1.03	1.30	1.96	1.05
특허영향력	0.95	0.68	1.06	0.00	0.00	0.80	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.80	0.57	0.92	0.45	0.55	1.38	0.53
종합점수	58.3%	41.6%	66.5%	32.8%	40.2%	100%	38.1%
순위	3순위	4순위	2순위	7순위	5순위	1순위	6순위



□ 인공섬

○ 인공섬 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 5위로 평가

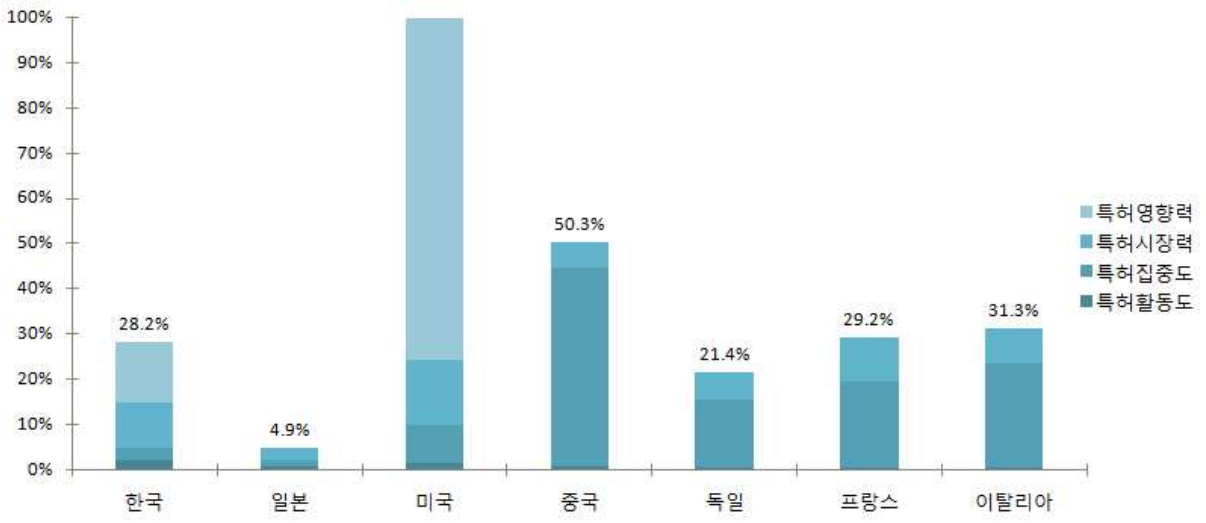
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 중국, 3위 이탈리아, 4위 프랑스, 5위 한국, 6위 독일, 7위 일본 순
- 미국은 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력이 최상위 국가로 나타났으며 비교상대국에 비하여 높은 기술경쟁력을 보유
- 중국의 특허기술경쟁력은 2위로 평가되고 있으나 특허집중도가 비교대상국에 비해 매우 높은 편으로 양적성과가 많은 것으로 평가
- 한국은 특허경쟁력은 5위로 특허집중도, 특허시장력, 특허영향력에서 전반적으로 낮은 평가

<표 3-42> 인공섬 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.19	0.06	0.13	0.06	0.04	0.04	0.04
특허집중도	0.37	0.20	1.14	5.98	2.04	2.57	3.12
특허시장력	0.66	0.18	0.93	0.36	0.38	0.64	0.51
특허영향력	0.32	0.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.37	0.06	1.32	0.66	0.28	0.39	0.41
종합점수	28.2%	4.9%	100%	50.3%	21.4%	29.2%	31.3%
순위	5순위	7순위	1순위	2순위	6순위	4순위	3순위



□ **고압, 극저온 구조물**

※ 고압, 극저온 구조물의 경우 미래 기술의 특성상 공개, 등록특허 수가 적어 한국, 일본, 미국, 이탈리아, 영국에 대해서 조사

○ 고압, 극저온 구조물 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

- 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 영국, 3위 한국, 4위 이탈리아, 5위 일본 순
- 미국은 특허집중도, 특허시장력, 특허영량력이 최상위 국가로 나타났으며 프랑스와 이탈리아에 비교하여 질적수준도 높게 평가
- 한국은 특허경쟁력은 3위로 특허집중도, 특허영향력에서 전반적으로 낮은 평가로 특히 질적 수준이 하위권

<표 3-43> 고압, 극저온 구조물 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	이탈리아	영국
특허활동도	0.29	0.14	0.26	0.06	0.04
특허집중도	0.52	0.47	2.09	4.13	4.11
특허시장력	0.76	0.44	2.18	0.72	0.56
특허영향력	0.72	0.41	1.69	0.00	0.57

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스
특허 기술경쟁력	0.64	0.38	1.62	0.55	0.84
종합점수	39.9%	23.6%	100%	34.4%	51.8%
순위	3순위	5순위	1순위	4순위	2순위



□ **방호구조물**

○ 방호구조물 분야의 특허기술경쟁력은 이탈리아가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

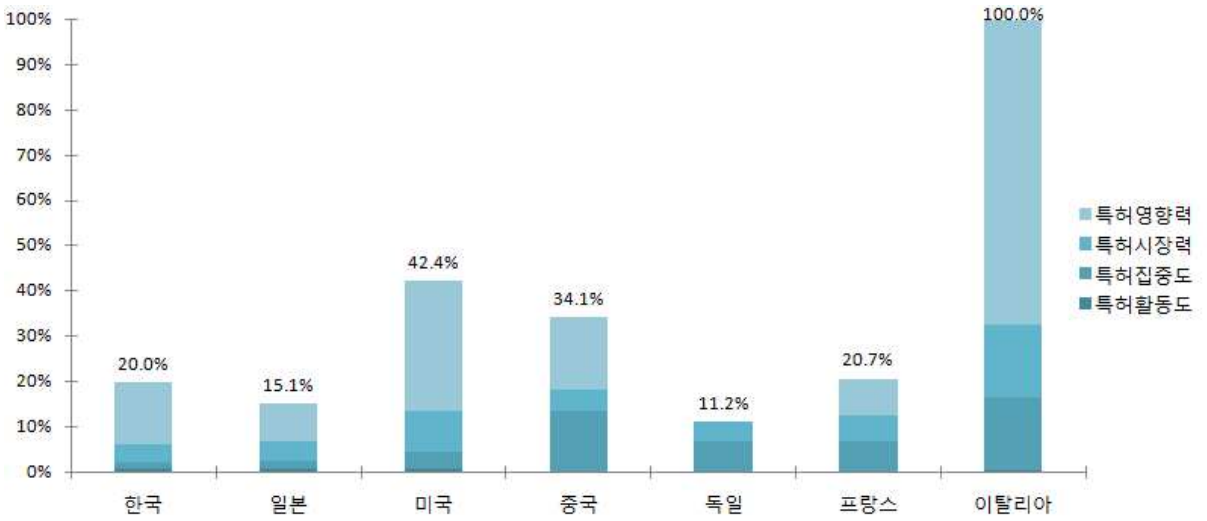
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 이탈리아, 2위 미국, 3위 중국, 4위 프랑스, 5위 한국, 6위 일본, 7위 독일 순
- 이탈리아는 특허집중도, 특허시장력, 특허영량력이 최상위 국가로 나타났으며 비교상대국에 비하여 높은 기술경쟁력을 보유
- 다만, 방호구조물의 경우 국방과 관련된 연구에 대한 성과는 보안으로 인하여 특허 자체를 출원하지 않거나 비공개인 경우가 많아 기술경쟁력의 신뢰도가 낮음
- 한국은 특허경쟁력은 5위로 특허집중도, 특허시장력에서 전반적으로 낮은 평가

<표 3-44> 방호구조물 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허활동도	0.21	0.16	0.16	0.04	0.04	0.04	0.07
특허집중도	0.41	0.59	1.34	4.68	2.26	2.33	5.64
특허시장력	0.70	0.74	1.50	0.76	0.76	0.99	2.76
특허영향력	0.85	0.51	1.80	0.99	0.00	0.50	4.16

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
특허 기술경쟁력	0.68	0.52	1.45	1.17	0.38	0.71	3.42
종합점수	20.0%	15.1%	42.4%	34.1%	11.2%	20.7%	100%
순위	5순위	6순위	2순위	3순위	7순위	4순위	1순위



□ **우주구조물**

※ 우주구조물의 경우 미래 기술의 특성상 공개, 등록특허 수가 적어 한국, 일본, 미국, 독일, 프랑스, 영국에 대해서 조사

○ 우주구조물 분야의 특허기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

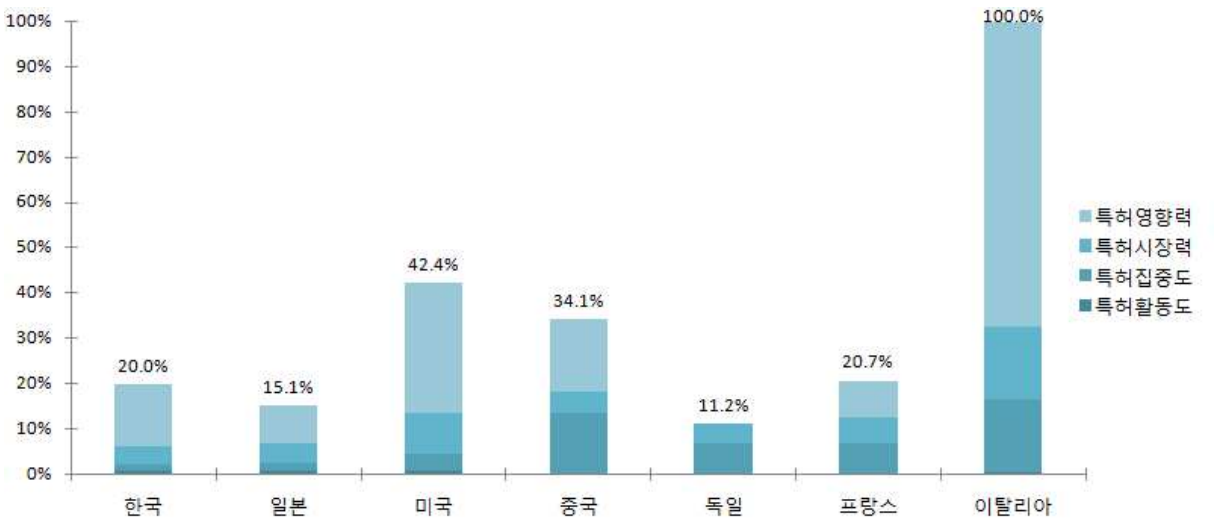
- 특허기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 영국, 3위 미국, 4위 독일, 5위 한국, 6위 일본 순
- 프랑스는 특허집중도, 특허영량력이 최상위 국가로 나타났으며 비교상대국에 비하여 높은 기술경쟁력을 보유
- 다만, 우주구조물의 경우 정보보안으로 인하여 특허 자체를 출원하지 않거나 비공개인 경우가 많아 기술경쟁력의 신뢰도가 낮음
- 한국은 특허경쟁력은 5위로 전반적으로 낮은 평가

<표 3-45> 우주구조물 분야 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국
특허활동도	0.47	0.12	0.24	0.12	0.12	0.09
특허집중도	0.33	0.42	2.03	5.91	7.46	10.04
특허시장력	0.39	0.63	1.59	0.79	1.30	2.01
특허영향력	0.60	0.23	1.47	0.60	2.26	0.81

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국
특허 기술경쟁력	0.47	0.31	1.37	1.09	2.26	1.84
종합점수	20.9%	13.9%	60.7%	48.3%	100%	81.7%
순위	5순위	6순위	3순위	4순위	1순위	2순위



(다) 특허기술경쟁력 결과

□ **특허분석결과 전체 18개 분야 중 미국이 10개, 프랑스가 4개, 이탈리아가 3개, 독일이 1개에서 최고 기술경쟁력을 보유**

○ 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 평균 특허 경쟁력 수준은 45.0%이고 시설물별 기술수준의 편차가 큼

- 중분류(L2) 평균 격차는 교량 55.70%, 터널 및 지하공간 40.8%, 사면/지반조사/기초 70.60%, 항만 및 해양구조물 36.6%, 특수구조물 26.9%

<표 3-46> 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 특허경쟁력

구분		최고 기술경쟁력 보유국		국내특허 기술경쟁력	경쟁력 수준
		국가명	기술경쟁력		
교량	강구조 및 합성구조 교량	미국	1.68	0.97	57.9%
	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	미국	1.80	1.08	60.2%
	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	미국	1.63	0.80	49.0%
터널 및 지하공간	육상터널	미국	1.56	1.00	64.2%
	해저/침매터널	프랑스	2.51	0.53	21.0%
	부유식터널*	프랑스	3.22	0.73	22.7%
	대심도 터널	이탈리아	2.67	0.57	21.4%
	지하대공간	이탈리아	1.15	0.86	74.8%
사면/지반조사/기초	사면보호/보강/유지관리	미국	1.97	0.93	47.3%
	지반조사/개량	미국	1.13	0.81	71.9%
	육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	미국	0.97	0.90	92.6%
항만 및 해양구조물	해양준설/매립	미국	4.45	1.44	32.4%
	항만 및 해안구조물	독일	3.00	0.82	27.4%
	수중구조물	프랑스	1.38	0.80	58.3%
	인공섬	미국	1.32	0.37	28.2%
특수구조물	고압, 극저온 구조물*	미국	1.62	0.64	39.9%
	방호구조물(방탄/방폭)*	이탈리아	3.42	0.68	20.0%
	우주구조물*	프랑스	2.26	0.47	20.9%

* 공개, 등록된 특허 수 자체가 적어 정량적 분석 결과의 신뢰도가 떨어지는 분야

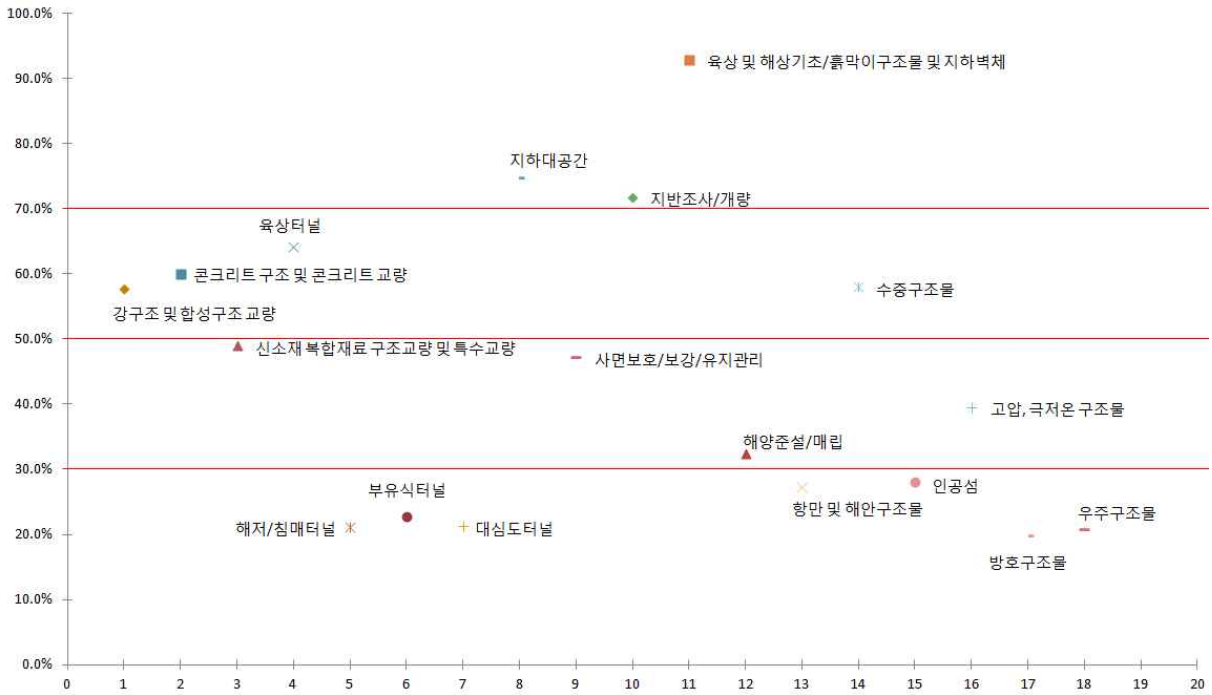
□ **한국의 특허 기술경쟁력은 해외 수주현황, 국내 건설사업 현황과 관련하여 유사한 경향을 나타냄**

○ 우리나라가 주력분야로 많은 시공 경험을 가지고 있는 분야의 기술경쟁력은 상대적으로 양호

- 강구조 및 합성구조 교량, 콘크리트 교량, 육상터널은 국내 시공경험과 해외에서의 주력분야로 최고 기술보유국과 기술격차가 크지 않은 것으로 평가
- 지반조사, 육상 및 해상기초, 지하대공간은 기술수준이 최고 기술경쟁력 보유국 대비 70% 이상으로 높은 기술경쟁력을 보유

○ 높은 기술수준을 요구하거나 미래의 시설물로 판단되는 기술의 경쟁력은 최하위권으로 평가

- 해저/침매터널, 부유식터널, 인공섬, 방호구조물, 우주구조물과 같은 미래의 시설물로 선진국에서도 시공사례가 적거나 개념적 연구단계인 경우 국내 기술경쟁력은 30% 미만으로 최하위권
- 신소재 복합재료 교량, 해양준설/매립, 고압/극저온 구조물과 같은 우리나라의 주력 건설분야가 아닌 경우 기술경쟁력이 50% 미만으로 하위권



[그림 3-17] 한국의 특허기술경쟁력 분석 결과

(2) 논문기술경쟁력

(가) 논문분석 범위

□ **시설물(L3) 18개에 대하여 최근 5년간('12~'16년) 게재된 논문 중 한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 이탈리아 국적의 논문을 분석**

※ 시설물의 특성상 시설물별 2~3개 출원인의 국적에 대하여 추가하여 조사

○ 사용 DB는 SCOUPUS 논문검색시스템을 이용하여 시설물별, 국가별 논문정보를 수집하고, 유효논문을 대상으로 논문활동도, 집중도, 논문영향력 3개 항목을 분석/평가

<표 3-47> 논문분석 범위

분석대상	내용
기술	시설물(L3)
국가	한국, 일본, 미국, 중국, 독일, 프랑스, 이탈리아(7개국) + α
DATA	SCOPUS 게재 논문
적용기간	최근 5년간('12 ~ '16년)
평가지표	논문활동도, 논문집중도, 논문영향력
활용DB	SCOUPUS

(나) 분석방법

○ **(데이터 안정화)** 각 국가 간 데이터 개수의 차이로 인하여 지표의 변동성과 왜곡된 분포를 나타낼 가능성이 높으므로 Root Square Transformation 방법을 적용하여 데이터 안전성을 확보

$$\sqrt{Square\ Transformation} = \sqrt{(\text{각 국가별 출원건수}}$$

○ **(평가지표 표준화)** 지표들의 단위 값이 상이하므로 표준화 작업이 요구되어 표준화 방법 중 가장 널리 사용되는 Re-Scaling 방법을 활용[65]

$$Re-Scaling = \frac{\text{각 국가별 지표} - Min(\text{각 국가별 지표})}{Max(\text{각 국가별 지표}) - Min(\text{각 국가별 지표})}$$

○ **(평가지표)** 논문활동도, 논문집중도, 논문영향력

※ 각 지표의 가중치는 기존의 연구와 연속성을 유지하기 위해 「2015 국토교통기술수준분석 보고서」에서 사용한 값을 적용

<표 2-48> 논문기술경쟁력 평가지표

평가지표 (가중치)		내용
양적지표 (0.254)	논문활동도 (0.426)	• 특정 국가의 해당 기술분야에서 얼마나 많은 논문이 게재되었는지를 양적으로 측정하는 지표로서, 논문활동도가 높을수록 논문 게재수가 양적으로 많다는 것을 의미 $\text{논문활동도}_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} T_{ij}}$ T_{ij} : i기술에 대한 j국가의 논문 게재수 nt : 전체 국가 수
	논문집중도 (0.574)	• 특정 국가의 상위기술분야 논문 게재 중에서 해당 기술분야의 논문 게재가 차지하는 비중을 측정하는 지표로서, 논문집중도가 높을수록 특정 국가의 논문 게재가 해당 기술분야에 집중되어 있다는 것을 의미 $\text{논문집중도}_{ij} = \frac{(T_{ij}/\sum_{j=1}^{nt} T_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} T_{ij}/\sum_{i=1}^{mt}\sum_{i=1}^{nt} T_{ij})}$ mt : 전체 기술 수
질적지표 (0.746)	논문영향력	• 특정 국가의 해당 기술분야에서 게재된 논문 중 논문 당 피인용 횟수를 측정하는 지표로서, 논문영향력이 높을수록 등록된 논문 당 피인용횟수가 많다는 것을 의미 • 피인용횟수가 많은 논문은 원천기술에 가까워, 향후 해당 논문을 기반으로 많은 응용이 예상되는 핵심적인 논문 $\text{특허영향력}_{ij} = \frac{(CT_{ij}/T_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CT_{ij}/\sum_{j=1}^{nt} T_{ij})}$ CT_{ij} : i기술에 대한 j국가의 논문피인용수 T_{ij} : i기술에 대한 j국가의 논문수

65) IUS(Innovation Union Scoreboard), BJ, 2011

(나) 시설물별 논문기술경쟁력

□ 강구조 및 합성구조 교량

○ 강구조 및 합성구조 교량 분야의 논문기술경쟁력은 이탈리아가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

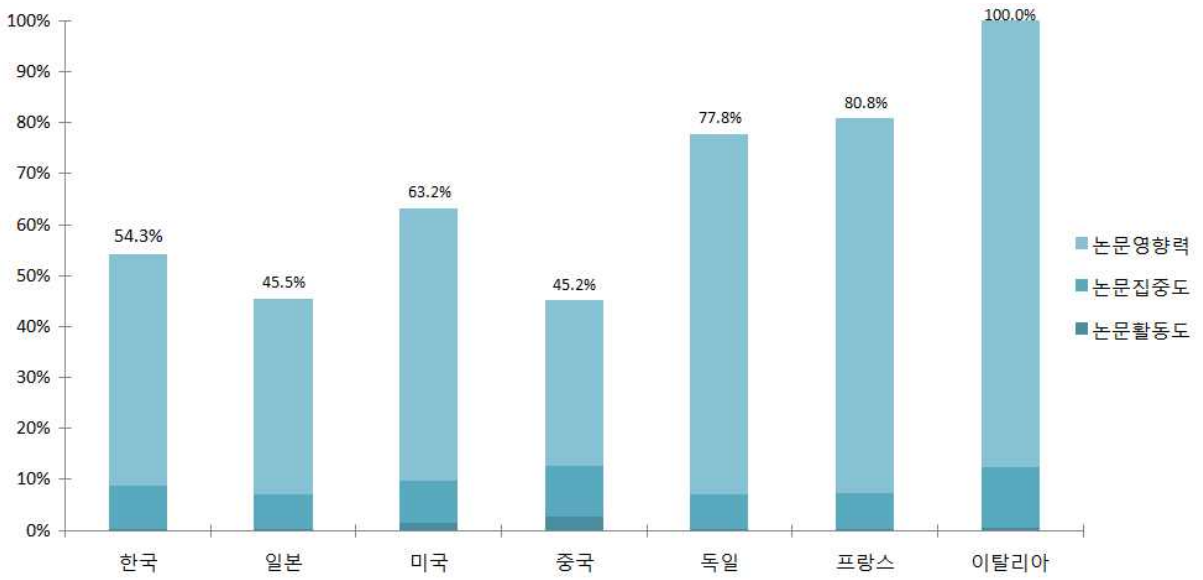
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 이탈리아, 2위 프랑스, 3위 독일, 4위 미국, 5위 한국, 6위 일본, 7위 중국 순
- 이탈리아는 논문집중도, 논문영향력이 최상위 국가로 평가되고 프랑스와 독일의 논문영향력이 높아 3국가의 논문 질적 수준이 높게 평가
- 한국은 논문경쟁력은 5위로 논문의 양적, 질적 수준 모두 낮게 평가

<표 3-49> 강구조 및 합성구조 교량 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.06	0.05	0.23	0.40	0.04	0.03	0.08
논문집중도	0.92	0.74	0.88	1.09	0.75	0.77	1.29
논문영향력	0.96	0.81	1.13	0.69	1.50	1.56	1.86

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.86	0.72	1.00	0.71	1.23	1.28	1.58
종합점수	54.3%	45.5%	63.2%	45.2%	77.8%	80.8%	100%
순위	5순위	6순위	4순위	7순위	3순위	2순위	1순위



□ 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량

○ 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야의 논문기술경쟁력은 이탈리아가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

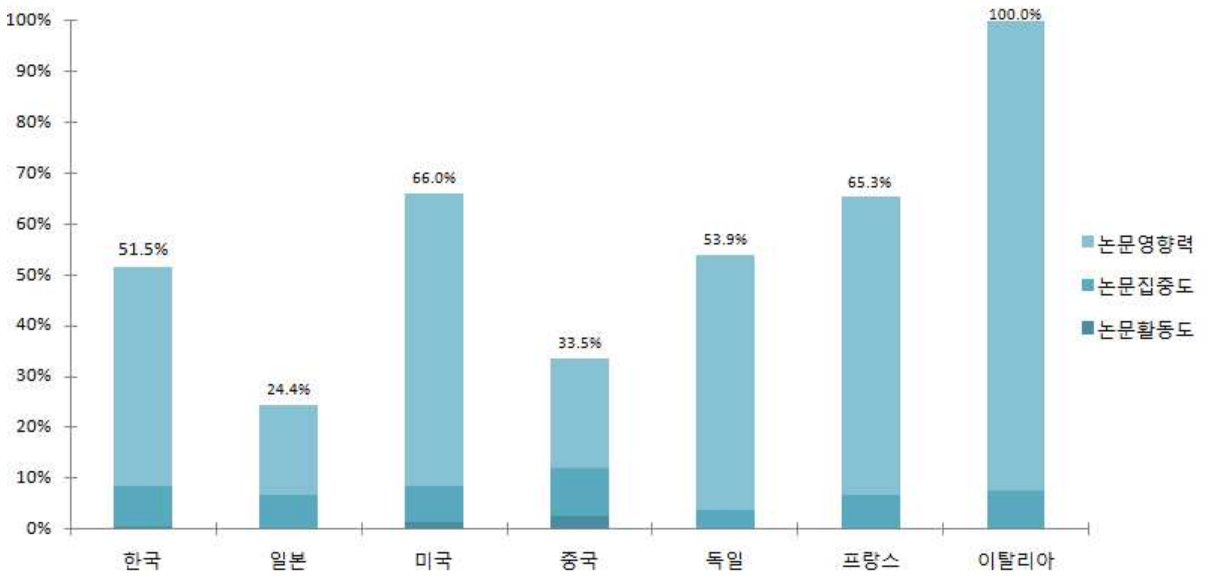
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 이탈리아, 2위 미국, 3위 프랑스, 4위 독일, 5위 한국, 6위 중국, 7위 일본 순
- 이탈리아는 논문영향력이 최상위 국가로 평가되어 기술의 질적 수준이 매우 높게 평가되고 있으며, 미국, 프랑스, 독일의 논문영향력은 비슷한 수준
- 한국은 논문경쟁력은 5위로 평가되고 있으나 양적, 질적 측면에서 비교대상국과 비슷한 수준

<표 3-50> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.06	0.05	0.22	0.41	0.02	0.03	0.06
논문집중도	0.99	0.75	0.87	1.13	0.43	0.78	0.88
논문영향력	1.01	0.42	1.35	0.51	1.18	1.38	2.18

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.91	0.43	1.16	0.59	0.95	1.15	1.76
종합점수	51.5%	24.4%	66.0%	33.5%	53.9%	65.3%	100%
순위	5순위	7순위	2순위	6순위	4순위	3순위	1순위



□ **신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량**

※ 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량의 경우 중국, 프랑스의 게재된 논문 수가 적어 영국과 캐나다를 추가 조사

○ 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 논문기술경쟁력은 이탈리아가 가장 높으며 한국은 6위로 평가

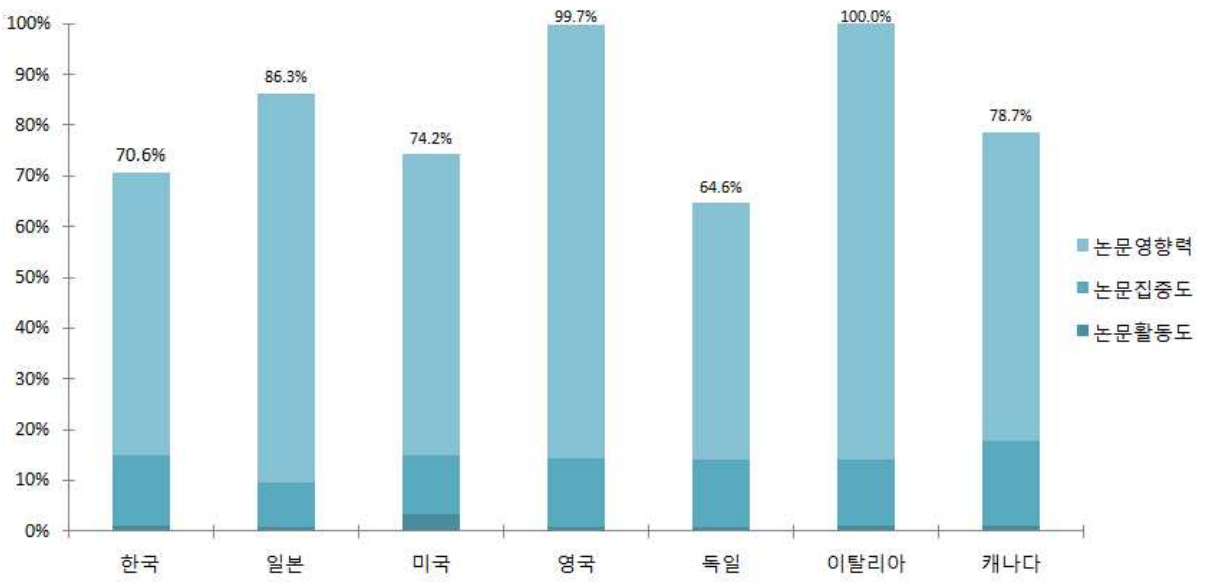
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 이탈리아, 2위 영국, 3위 일본, 4위 캐나다, 5위 미국, 6위 한국, 7위 독일 순
- 이탈리아와 영국의 기술격차는 거의 없는 것으로 평가되고 있으며 두 나라 모두 양적, 질적 수준이 우수
- 한국은 논문경쟁력은 6위로 평가되고 있으나 영국과 이탈리아를 제외한 나머지는 비교대상국은 비슷한 수준이고 특히, 양적 수준이 높게 평가

<표 3-51> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	영국	독일	이탈리아	캐나다
논문활동도	0.10	0.07	0.36	0.09	0.09	0.10	0.11
논문집중도	1.07	0.67	0.90	1.04	1.02	1.00	1.30
논문영향력	0.84	1.16	0.89	1.29	0.76	1.30	0.92

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	영국	독일	이탈리아	캐나다
논문 기술경쟁력	0.80	0.97	0.84	1.12	0.73	1.13	0.89
종합점수	70.6%	86.3%	74.2%	99.7%	64.6%	100%	78.7%
순위	6순위	3순위	5순위	2순위	7순위	1순위	4순위



□ **육상터널**

○ 육상터널 분야의 논문기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 5위로 평가

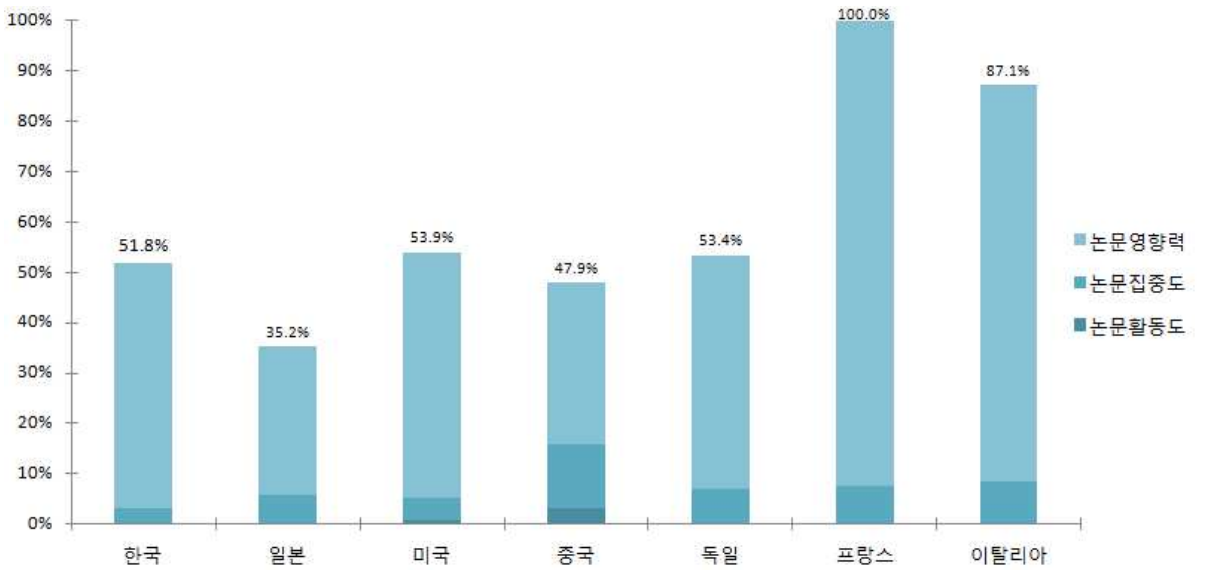
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 이탈리아, 3위 미국, 4위 독일, 5위 한국, 6위 중국, 7위 일본 순
- 프랑스는 논문경쟁력이 최상위 국가로 평가되고 논문영향력이 1위로 기술의 질적 수준이 높게 평가
- 한국은 논문경쟁력은 5위로 평가되고 있으나 논문영향력은 미국과 함께 3위로 질적 측면에서 비교적 높은 수준

<표 3-52> 육상터널 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.02	0.04	0.12	0.51	0.04	0.03	0.06
논문집중도	0.38	0.65	0.53	1.52	0.82	0.87	0.98
논문영향력	1.13	0.69	1.13	0.74	1.08	2.15	1.83

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.90	0.61	0.94	0.83	0.93	1.74	1.51
종합점수	51.8%	35.2%	53.9%	47.9%	53.4%	100%	87.1%
순위	5순위	7순위	3순위	6순위	4순위	1순위	2순위



□ **해저/침매터널**

○ 해저/침매터널 분야의 논문기술경쟁력은 프랑스와 이탈리아가 가장 높으며 한국은 7위로 평가

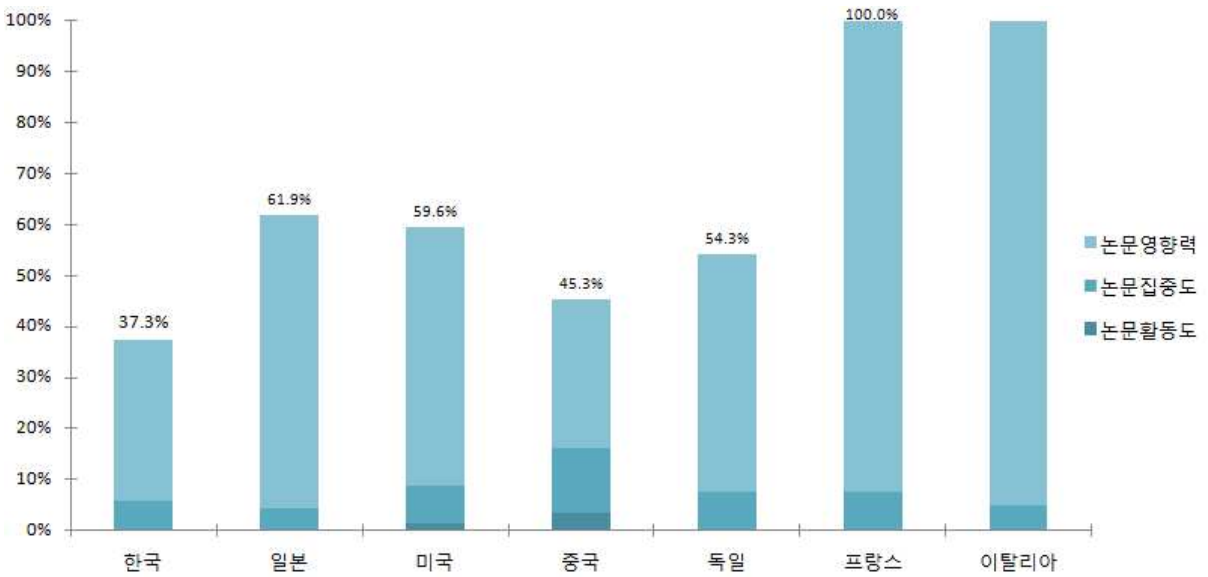
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 이탈리아, 3위 일본, 4위 미국, 5위 독일, 6위 중국, 7위 한국 순
- 프랑스와 이탈리아는 논문영향력이 최상위 국가로 평가되어 기술의 질적 수준이 매우 높은 것으로 판단됨
- 한국은 논문경쟁력은 최하위 국가로 양적, 질적 수준이 매우 낮은 것으로 판단

<표 3-53> 해저/침매터널 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.04	0.03	0.22	0.54	0.05	0.03	0.03
논문집중도	0.66	0.50	0.90	1.55	0.88	0.90	0.56
논문영향력	0.75	1.36	1.20	1.12	1.10	2.18	2.25

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.66	1.09	1.05	0.80	0.96	1.76	1.76
종합점수	37.3%	67.9%	59.6%	45.3%	54.3%	100%	100%
순위	7순위	3순위	4순위	6순위	5순위	1순위	1순위



□ **부유식터널**

○ 부유식터널 분야의 논문기술경쟁력은 한국이 가장 높게 평가

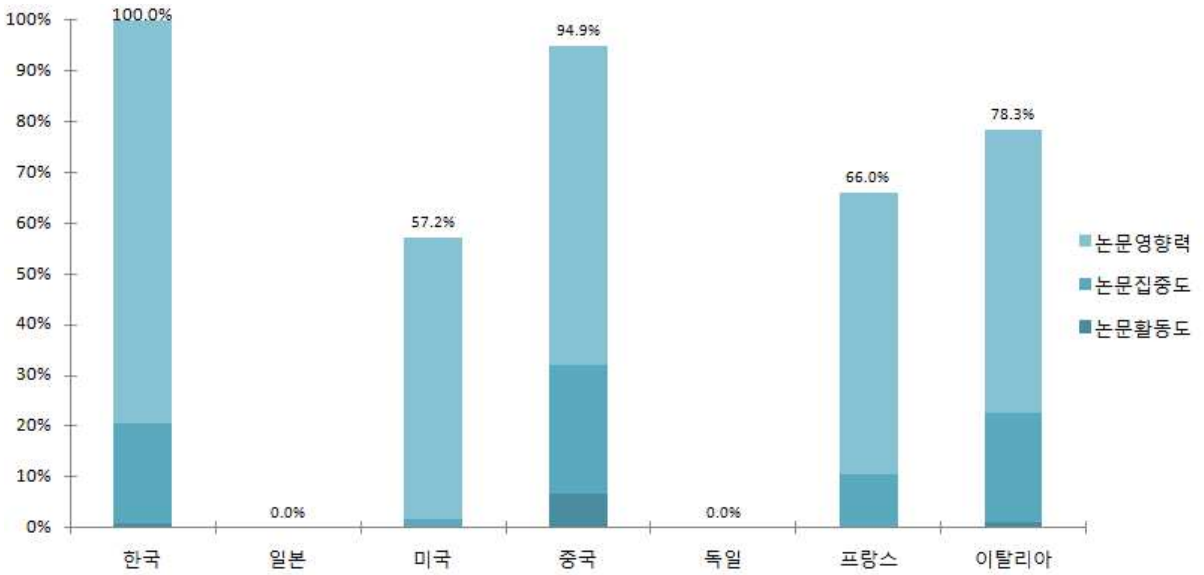
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 한국, 2위 중국, 3위 이탈리아, 4위 프랑스, 5위 미국, 6위 일본, 독일 순
- 다만, 한국과 중국은 최근 부유식터널과 관련된 논문이 급증하고 있으며 관련 기술의 최고 선도국들은 시범 사업 위주로 연구를 수행하기 때문에 논문의 게재가 적기 때문에 기술경쟁력의 신뢰도는 떨어짐
- 한국은 중국보다 논문집중도가 낮아 양적 수준은 부족하지만 논문영향력이 1위로 질적 수준은 세계 최고로 평가

<표 3-54> 부유식터널 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.10	0.00	0.03	0.74	0.00	0.03	0.11
논문집중도	1.59	0.00	0.11	2.04	0.00	0.82	1.76
논문영향력	1.25	0.00	0.88	0.99	0.00	0.88	0.88

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	1.18	0.00	0.67	1.12	0.00	0.78	0.92
종합점수	100%	0.0%	57.2%	94.9%	0.0%	66.0%	78.3%
순위	1순위	6순위	5순위	2순위	6순위	4순위	3순위



□ **대심도터널**

※ 대심도터널의 경우 프랑스의 게재된 논문 수가 적어 영국을 추가 조사

○ 대심도터널 분야의 논문기술경쟁력은 독일이 가장 높으며 한국은 7위로 평가

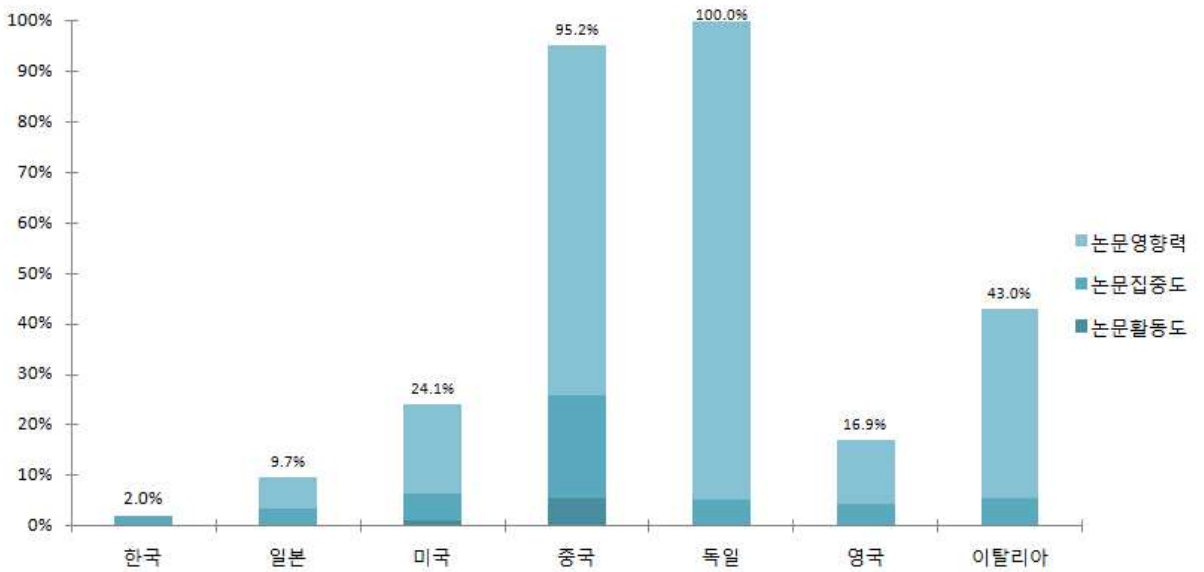
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 독일, 2위 중국, 3위 이탈리아, 4위 미국, 5위 영국, 6위 일본, 7위 한국 순
- 독일과 중국의 논문기술경쟁력은 비슷한 수준이나 중국은 양적 수준이 높아 독일이 질적 수준이 훨씬 높다고 평가
- 한국은 논문집중도, 논문영향력이 최하위 국가로 평가되어 양적, 질적 수준이 모두 낮다고 평가

<표 3-55> 대심도터널 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	이탈리아
논문활동도	0.01	0.02	0.13	0.68	0.03	0.02	0.03
논문집중도	0.18	0.31	0.51	1.93	0.48	0.40	0.51
논문영향력	0.00	0.11	0.32	1.27	1.74	0.23	0.69

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.03	0.13	0.33	1.30	1.37	0.23	0.59
종합점수	2.0%	9.7%	24.1%	95.2%	100%	16.9%	43.0%
순위	7순위	6순위	4순위	2순위	1순위	5순위	3순위



□ 지하대공간

○ 지하대공간 분야의 논문기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 2위로 평가

- 논문기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 한국, 3위 이탈리아, 4위 프랑스, 5위 중국, 6위 독일, 7위 일본 순

- 미국과 한국의 논문영향력은 최상위권으로 비슷한 수준이나 미국의 논문집중도가 높아 논문기술경쟁력은 더 높게 평가

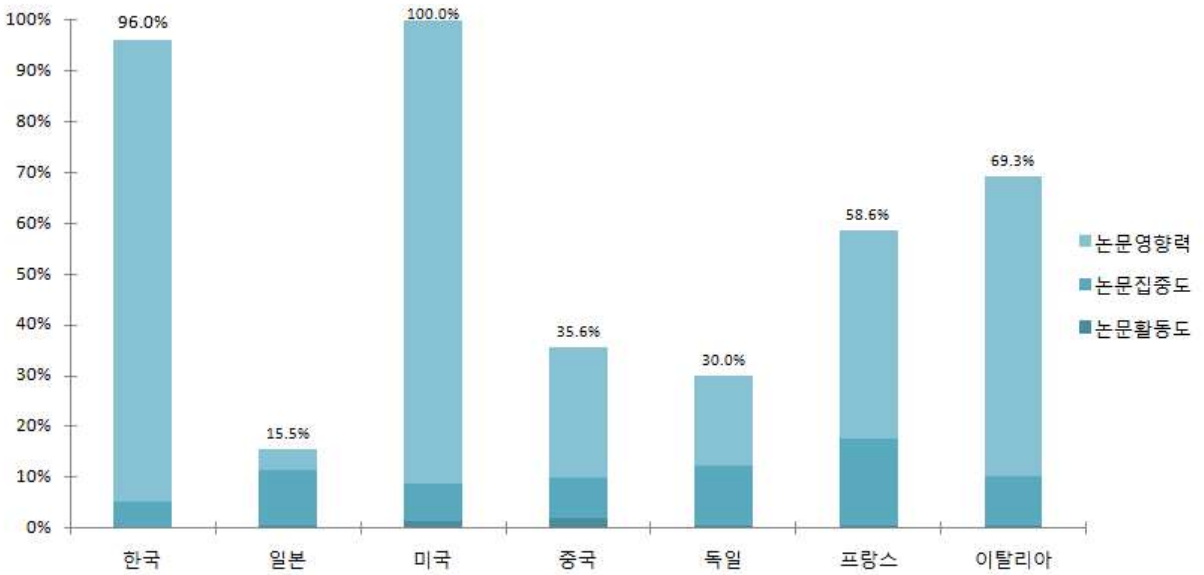
- 한국은 질적 수준이 매우 높아 최상위권으로 평가

<표 3-56> 지하대공간 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.03	0.08	0.20	0.31	0.07	0.06	0.07
논문집중도	0.56	1.25	0.84	0.89	1.36	1.97	1.10
논문영향력	2.03	0.09	2.04	0.57	0.69	0.91	1.32

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	1.60	0.26	1.66	0.59	0.50	0.98	1.15
종합점수	96.0%	15.5%	100%	35.6%	30.0%	58.6%	69.3%
순위	2순위	7순위	1순위	5순위	6순위	4순위	3순위



□ **사면보호/보강/유지관리**

※ 사면보호/보강/유지관리의 경우 시설물의 특성상 게재된 논문 수가 적어 한국, 일본, 미국, 독일에 대하여 조사

○ 사면보호/보강/유지관리 분야의 논문기술경쟁력은 독일이 가장 높으며 한국은 4위로 평가

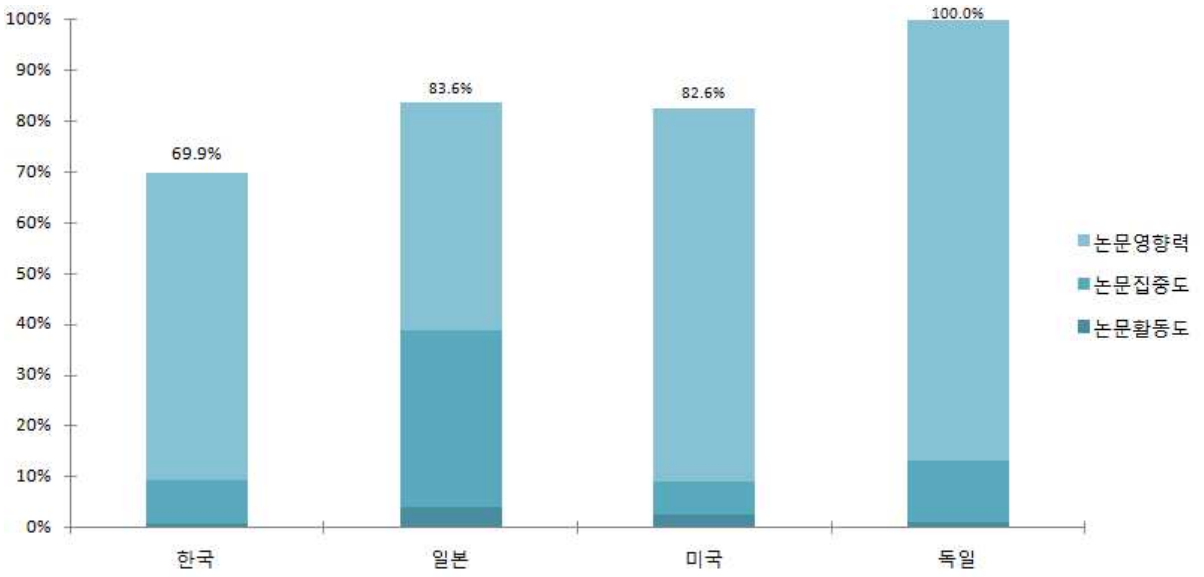
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 독일, 2위 일본, 3위 미국, 4위 한국 순
- 독일은 논문집중도, 논문영향력 모두 최상위 국가로 양적, 질적 수준 모두 높게 평가
- 미국과 일본은 비슷한 수준으로 평가되었지만 미국의 질적 수준이 더 높은 것으로 평가
- 한국은 논문기술경쟁력 최하위 국가로 평가

<표 3-57> 지하대공간 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일
논문활동도	0.10	0.46	0.31	0.13
논문집중도	0.72	2.94	0.53	1.01
논문영향력	1.00	0.74	1.21	1.44

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일
논문 기술경쟁력	0.86	1.03	1.02	1.23
종합점수	69.9%	83.6%	82.6%	100%
순위	4순위	2순위	3순위	1순위



□ 지반조사/개량

○ 지반조사/개량 분야의 논문기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 6위로 평가

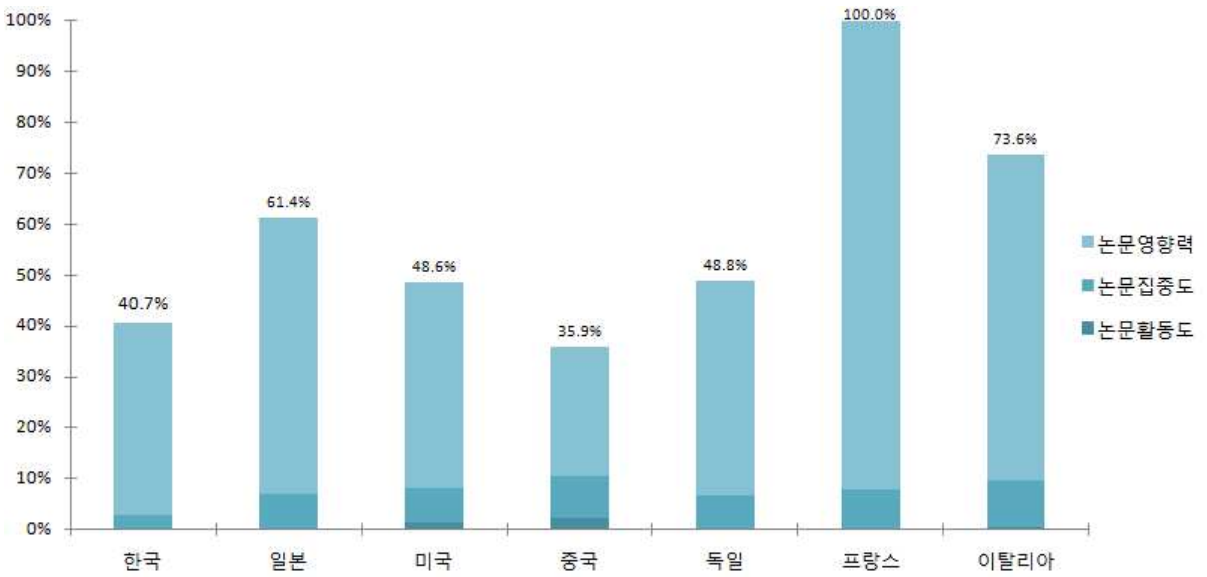
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 이탈리아, 3위 일본, 4위 독일, 5위 미국, 6위 한국, 7위 중국 순
- 프랑스는 논문기술경쟁력 최상위 국가로 논문영향력에 대해서 비교대상국 보다 월등히 높게 평가
- 한국은 논문집중도, 논문영향력은 중국을 제외한 나머지 국가보다 모두 낮은 수준

<표 3-58> 지반조사/개량 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.02	0.06	0.23	0.39	0.05	0.06	0.08
논문집중도	0.37	0.87	0.91	1.09	0.82	0.99	1.19
논문영향력	0.96	1.38	1.02	0.64	1.07	2.34	1.62

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.77	1.16	0.92	0.68	0.92	1.89	1.39
종합점수	40.7%	61.4%	48.6%	35.9%	48.8%	100%	73.6%
순위	6순위	3순위	5순위	7순위	4순위	1순위	2순위



□ **육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체**

※ 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체의 경우 중국, 이탈리아의 게재된 논문 수가 적어 스페인을 추가하여 조사

○ 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야의 논문기술경쟁력은 프랑스가 가장 높으며 한국은 6위로 평가

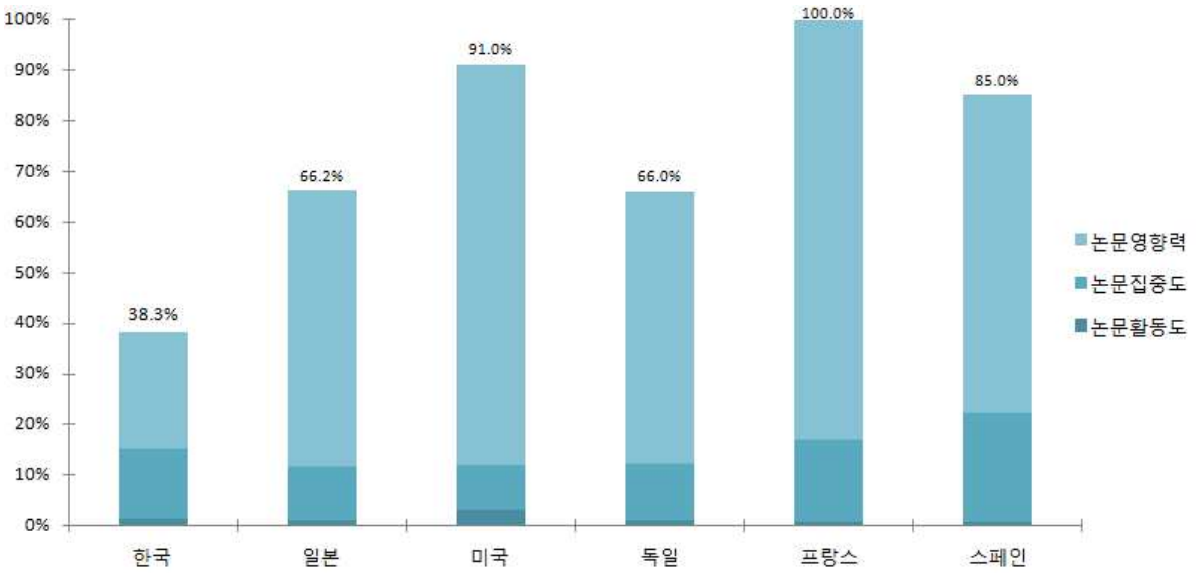
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 프랑스, 2위 미국, 3위 스페인, 4위 일본, 5위 독일, 6위 한국 순
- 프랑스는 논문기술경쟁력 최상위 국가로 양적, 질적 수준 모든 높게 평가
- 한국은 논문집중도는 비교적 높지만 논문영향력이 최하위로 평가

<표 3-59> 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	스페인
논문활동도	0.15	0.13	0.38	0.11	0.09	0.08
논문집중도	1.20	0.91	0.75	0.98	1.39	1.86
논문영향력	0.38	0.91	1.32	0.89	1.38	1.04

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	스페인
논문 기술경쟁력	0.48	0.82	1.13	0.82	1.24	1.06
종합점수	38.3%	66.2%	91.0%	66.0%	100%	85.0%
순위	6순위	4순위	2순위	5순위	1순위	3순위



□ **해양준설/매립**

※ 해양준설/매립의 경우 중국, 독일의 게재된 논문 수가 적어 영국과 네덜란드를 추가하여 조사

○ 해양준설/매립 분야의 논문기술경쟁력은 네덜란드가 가장 높으며 한국은 6위로 평가

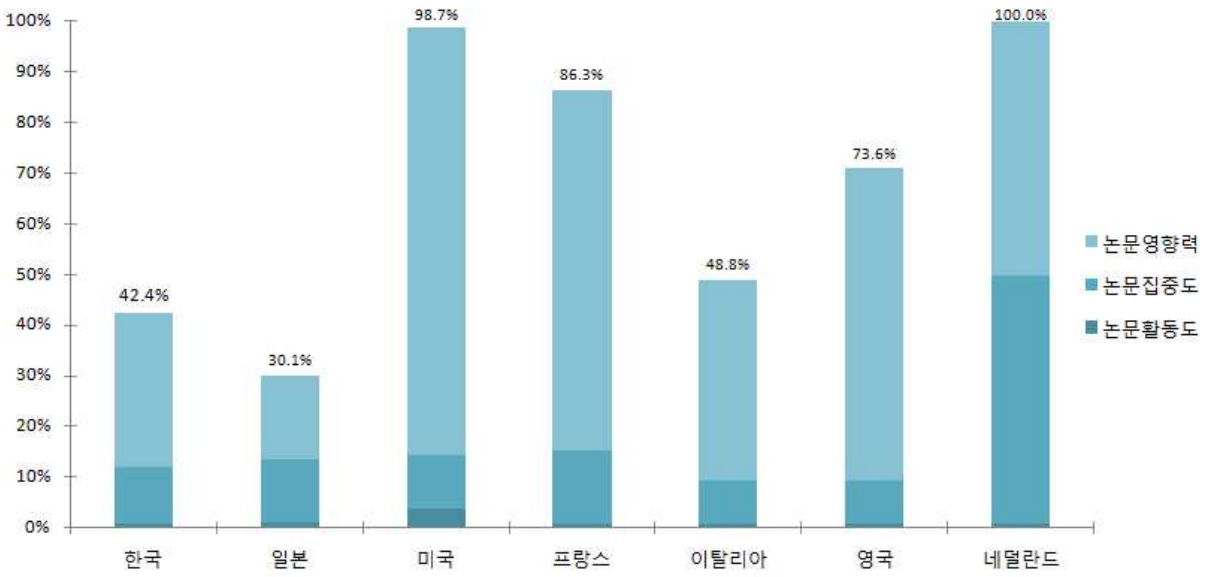
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 네덜란드, 2위 미국, 3위 프랑스, 4위 영국, 5위 이탈리아, 6위 한국, 7위 일본 순
- 네덜란드는 논문기술경쟁력 최상위 국가로 평가되지만 미국과의 기술격차는 크지 않고 질적 수준이 하위권으로 평가
- 한국은 논문집중도, 논문영향력 모두 최하위권으로 평가

<표 3-60> 해양준설/매립 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	프랑스	이탈리아	영국	네덜란드
논문활동도	0.11	0.13	0.42	0.08	0.08	0.09	0.08
논문집중도	0.95	1.06	0.92	1.25	0.74	0.97	4.19
논문영향력	0.51	0.28	1.41	1.19	0.66	1.03	0.84

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	프랑스	이탈리아	영국	네덜란드
논문 기술경쟁력	0.53	0.38	1.23	1.08	0.61	0.92	1.25
종합점수	42.4%	30.1%	98.7%	86.3%	48.8%	73.6%	100%
순위	6순위	7순위	2순위	3순위	5순위	4순위	1순위



□ **항만 및 해안구조물**

※ 항만 및 해안구조물의 경우 중국, 이탈리아의 게재된 논문 수가 적어 영국과 스페인을 추가하여 조사

○ 항만 및 해안구조물 분야의 논문기술경쟁력은 영국이 가장 높으며 한국은 7위로 평가

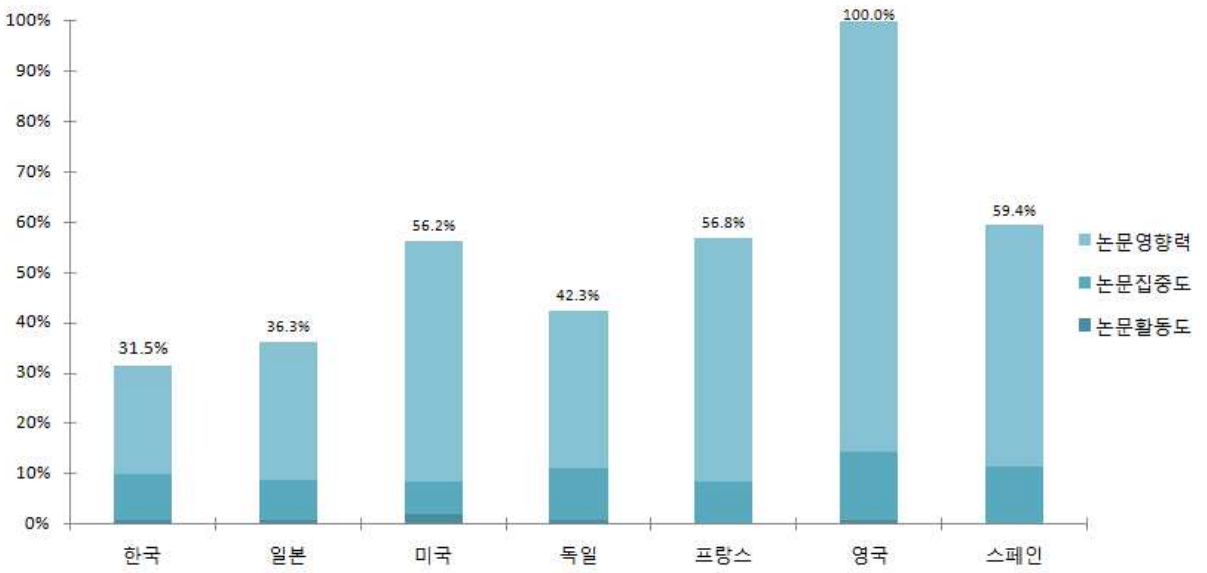
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 영국, 2위 스페인, 3위 프랑스, 4위 미국, 5위 독일, 6위 일본, 7위 한국 순
- 영국은 논문기술경쟁력 논문집중도, 논문영향력 모두 1위로 양적, 질적 수준 모두 최상위 국가로 평가
- 한국은 논문집중도가 상위권이지만 논문영향력이 낮아 최하위 국가로 평가

<표 3-61> 항만 및 해안구조물 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국	스페인
논문활동도	0.10	0.10	0.30	0.11	0.05	0.13	0.04
논문집중도	1.04	0.92	0.74	1.20	0.93	1.53	1.26
논문영향력	0.48	0.61	1.06	0.69	1.07	1.91	1.07

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국	스페인
논문 기술경쟁력	0.52	0.60	0.93	0.70	0.94	1.66	0.98
종합점수	31.5%	36.3%	56.2%	42.3%	56.8%	100%	59.4%
순위	7순위	6순위	4순위	5순위	3순위	1순위	2순위



□ **수중구조물**

○ 수중구조물 분야의 논문기술경쟁력은 중국이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

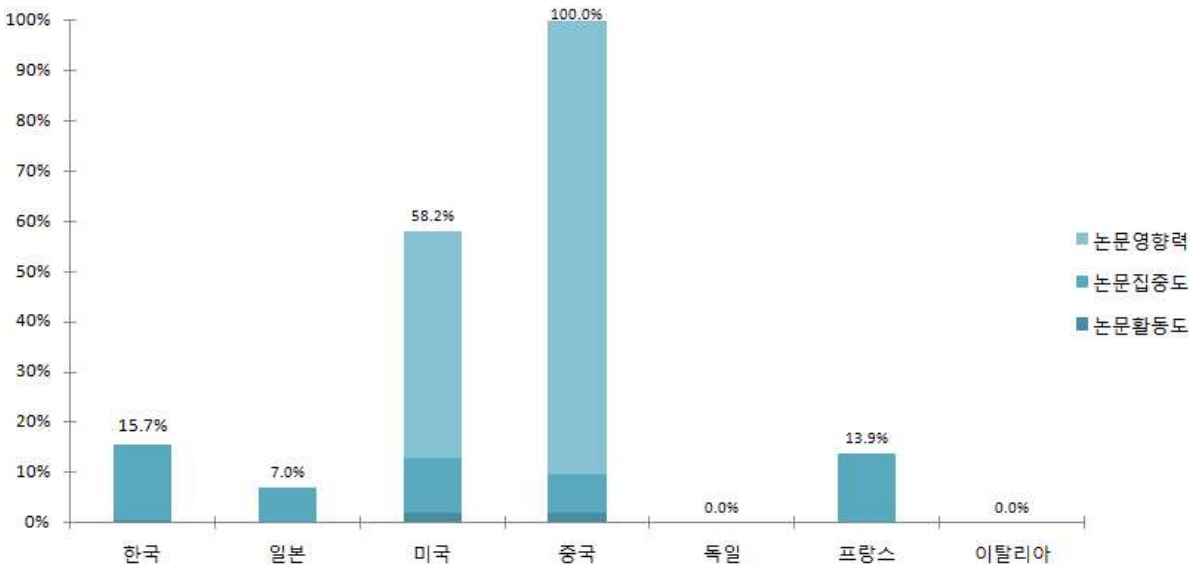
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 중국, 2위 미국, 3위 한국, 4위 프랑스, 5위 일본, 6위 독일, 이탈리아 순
- 중국은 논문영향력이 높아 논문기술경쟁력이 최상위 국가로 평가
- 한국은 논문집중도가 높아 양적으로는 우수하나 질적 수준은 최하위권으로 평가

<표 3-62> 수중구조물 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.11	0.5	0.32	0.32	0.00	0.05	0.00
논문집중도	1.79	0.79	1.31	0.91	0.00	1.62	0.00
논문영향력	0.00	0.00	1.06	2.11	0.00	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.27	0.12	1.01	1.74	0.00	0.24	0.00
종합점수	15.7%	7.0%	58.2%	100%	0%	13.9%	0%
순위	3순위	5순위	2순위	1순위	6순위	4순위	6순위



□ 인공섬

○ 인공섬 분야의 논문기술경쟁력은 독일이 가장 높으며 한국은 3위로 평가

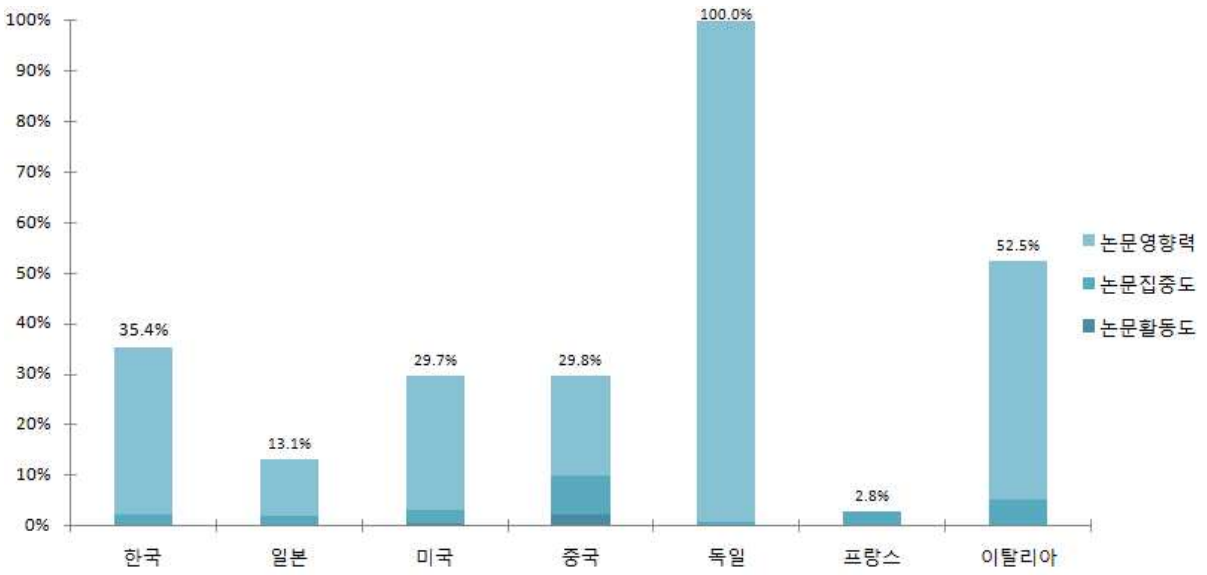
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 독일, 2위 이탈리아, 3위 한국, 4위 중국, 5위 미국, 6위 일본, 7위 프랑스 순
- 독일은 논문집중도가 낮아 양적으로는 부족하나 논문영향력이 커서 질적 수준이 매우 높은 국가로 평가
- 한국은 논문집중도, 논문영향력이 비교상대국 중 3위로 양적, 질적으로 높은 수준으로 평가

<표 3-63> 인공섬 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.03	0.03	0.15	0.63	0.01	0.02	0..07
논문집중도	0.49	0.43	0.59	1.70	0.18	0.59	1.10
논문영향력	1.39	0.46	1.12	0.83	4.18	0.00	1.99

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	1.11	0.41	0.94	0.94	3.15	0.09	1.65
종합점수	35.4%	13.1%	29.7%	29.8%	100%	2.8%	52.5%
순위	3순위	6순위	5순위	4순위	1순위	7순위	2순위



□ **고압, 극저온 구조물**

※ 고압, 극저온 구조물의 경우 게재된 논문 수가 적어 한국, 일본, 미국, 이탈리아, 영국에 대해서 조사

○ 고압, 극저온 구조물 분야의 논문기술경쟁력은 한국이 가장 높게 평가

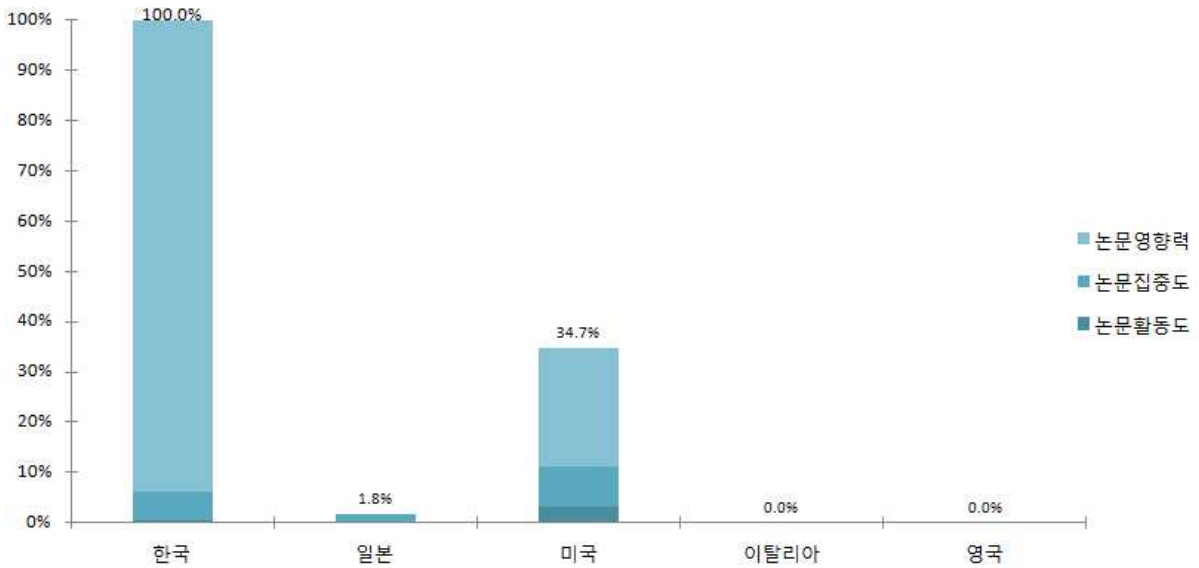
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 한국, 2위 미국, 3위 일본, 4위 이탈리아, 영국 순
- 한국은 논문영향력이 높아 논문기술경쟁력 최상위국으로 평가
- 다만, 고압, 극저온 구조물은 개념단계로 논문 게재 건수 자체가 워낙 적어 정량 평가를 하기에는 무리가 있어서 기술경쟁력 분석의 신뢰도가 낮음

<표 3-64> 고압, 극저온 구조물 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	이탈리아	영국
논문활동도	0.11	0.04	0.67	0.00	0.00
논문집중도	0.91	0.27	1.34	0.00	0.00
논문영향력	3.00	0.00	0.75	0.00	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	이탈리아	영국
논문 기술경쟁력	2.38	0.04	0.83	0.00	0.00
종합점수	100%	1.8%	34.7%	0.0%	0.0%
순위	1순위	3순위	2순위	4순위	4순위



□ **방호구조물**

○ 방호구조물 분야의 논문기술경쟁력은 일본이 가장 높으며 한국은 6위로 평가

- 논문기술경쟁력 순위는 1위 일본, 2위 프랑스, 3위 중국, 4위 미국, 5위 이탈리아, 6위 한국, 7위 독일 순
- 일본은 논문영향력이 최상위 국가로 나타났으며 비교상대국에 비하여 높은 기술경쟁력을 보유
- 다만, 국방과 관련한 연구성과는 정보 보안의 문제로 논문을 게재하지 않거나 비공개 연구가 많아 정확한 논문 게재 수 자체가 적어 정확한 정량 분석의 한계가 있음
- 한국은 양적, 질적 측면에서 모두 최하위권으로 평가

<표 3-65> 방호구조물 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문활동도	0.02	0.05	0.41	0.21	0.06	0.03	0.05
논문집중도	0.38	0.67	1.63	0.58	1.04	1.04	0.74
논문영향력	0.58	4.65	0.53	0.42	0.23	2.52	0.73

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	이탈리아
논문 기술경쟁력	0.49	3.57	0.68	0.73	0.33	2.03	0.65
종합점수	13.8%	100%	19.0%	20.5%	9.3%	56.9%	18.3%
순위	6순위	1순위	4순위	3순위	7순위	2순위	5순위



□ **우주구조물**

※ 우주구조물의 경우 국방과 관련된 정보 보완으로 게재된 논문 수가 적어 한국, 일본, 미국, 독일, 프랑스, 영국에 대해서 조사

○ 우주구조물 분야의 논문기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 6위로 평가

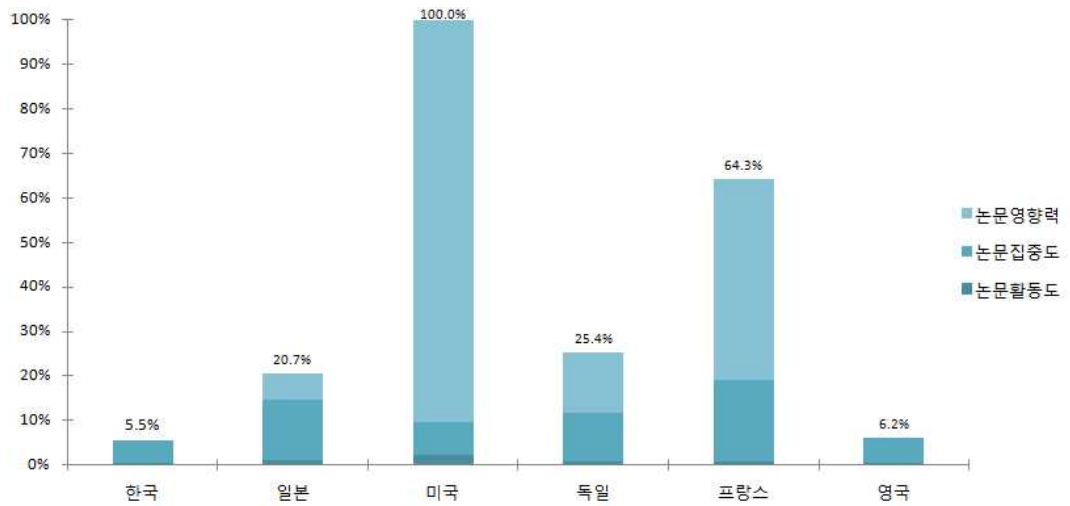
- 논문기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 프랑스, 3위 독일, 4위 일본, 5위 영국, 6위 한국 순
- 미국은 논문영향력이 비교상대국에 비하여 매우 높게 평가되어 기술격차가 큰 것으로 판단
- 다만, 우주구조물의 경우 개념적인 연구단계로 연구성과가 적고 연구의 성과가 창출되더라도 정보 보안의 문제로 논문게재가 이루어지지 않는 특성상 전체 논문 게재 건수가 적어 정량적 분석의 한계를 지님
- 한국은 양적, 질적 측면에서 모두 최하위권으로 평가되고 특히, 질적 수준은 매우 낮은 것으로 판단

<표 3-66> 우주구조물 분야 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국
논문활동도	0.6	0.19	0.38	0.13	0.13	0.06
논문집중도	0.61	1.63	0.90	1.34	2.23	0.71
논문영향력	0.00	0.14	2.13	0.32	1.07	0.00

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	독일	프랑스	영국
논문 기술경쟁력	0.10	0.36	1.76	0.45	1.13	0.11
종합점수	5.5%	20.7%	100%	25.4%	64.3%	6.2%
순위	6순위	4순위	1순위	3순위	2순위	5순위



(다) 논문기술경쟁력 결과

□ **논문분석결과 전체 18개 분야 중 프랑스가 4개, 이탈리아/독일이 3개, 미국/한국이 2개, 영국/일본/네덜란드/중국이 1개에서 최고 기술경쟁력을 보유**

○ 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 평균 논문 경쟁력 수준은 47.6%이고 시설물별 기술수준의 편차는 특허기술경쟁력 보다는 적게 나타났지만 크게 평가

- 중분류(L2) 평균 격차는 교량 58.8%, 터널 및 지하공간 57.4%, 사면/지반조사/기초 49.6%, 항만 및 해양구조물 31.3%, 특수구조물 39.8%

- 다만, 논문 게재 건수가 너무 적어 정량적 분석 결과를 신뢰할 수 있는 분야가 존재

<표 3-67> 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 논문경쟁력

구분		최고 기술경쟁력 보유국		국내특허 기술경쟁력	경쟁력 수준
		국가명	기술경쟁력		
교량	강구조 및 합성구조 교량	이탈리아	1.58	0.86	54.3%
	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	이탈리아	1.76	0.91	51.5%
	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	이탈리아 영국	1.13	0.80	70.6%
터널 및 지하공간	육상터널	프랑스	1.74	0.90	51.8%
	해저/침매터널	프랑스 이탈리아	1.76	0.66	37.3%
	부유식터널*	한국	1.18	1.18	100%
	대심도 터널	독일	1.37	0.03	2.0%
	지하대공간	미국	1.66	1.60	96.0%
사면/지반조사/기초	사면보호/보강/유지관리	독일	1.23	0.86	69.9%
	지반조사/개량	프랑스	1.89	0.77	40.7%
	육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	프랑스	1.24	0.48	38.3%
항만 및 해양구조물	해양준설/매립	네덜란드 미국	1.25	0.53	42.4%
	항만 및 해안구조물	영국	1.66	0.52	31.5%
	수중구조물	중국	1.74	0.27	15.7%
	인공섬	독일	3.15	1.11	35.4%
특수구조물	고압, 극저온 구조물*	한국	2.38	2.38	100%
	방호구조물(방탄/방폭)*	일본	3.57	0.49	13.8%
	우주구조물*	미국	1.76	0.10	5.5%

* 논문 게재 건수 자체가 적어 정량적 분석 결과의 신뢰도가 떨어지는 분야

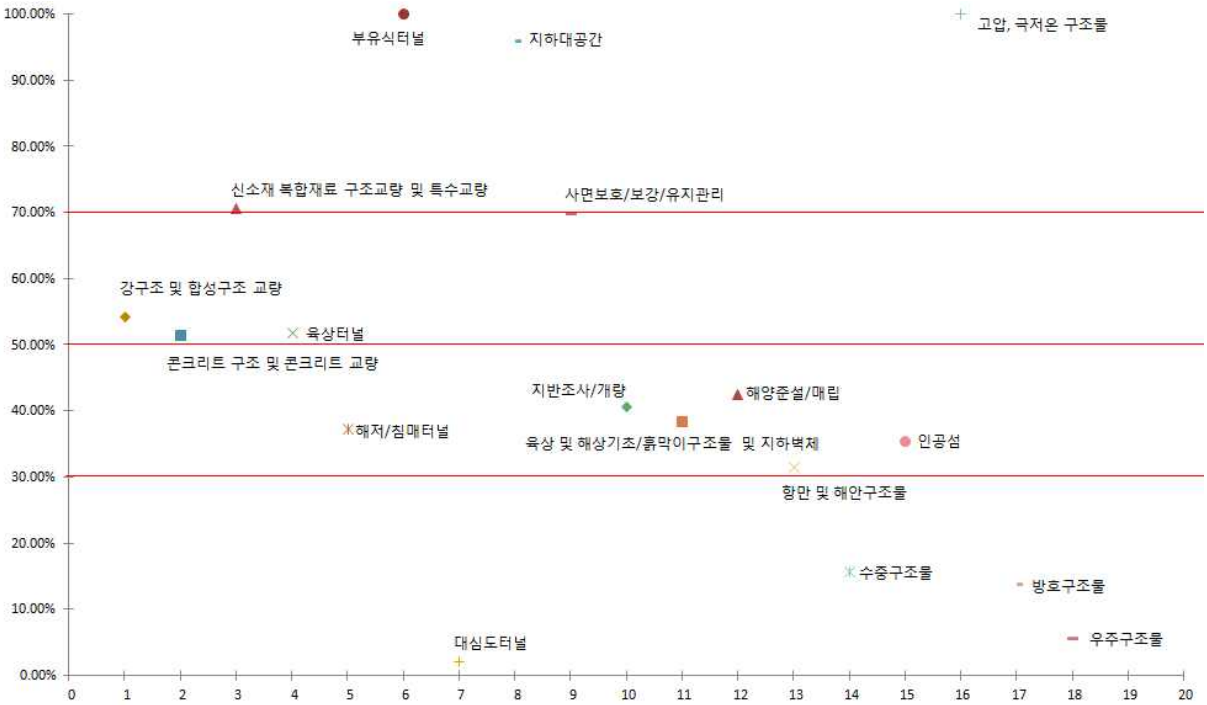
□ **한국의 논문 기술경쟁력은 최근 연구 트렌드에 따라 기술경쟁력의 추이가 변화**

○ 고성능/다기능 슈퍼 콘크리트 개발, 자연재해 예방, 도시 지하공간 개발 등의 연구 트렌드에 따라 관련 분야의 논문 기술경쟁력은 높게 평가

- 슈퍼 콘크리트, 고성능 강재와 같은 고성능 재료의 개발과 함께 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량의 기술경쟁력은 70% 이상으로 평가
- 기후변화에 따른 자연재해의 증가, 사면의 붕괴 등의 사회문제 해결을 위한 연구가 증가하면서 사면보호/보강/유지관리 분야의 기술경쟁력은 상위권으로 평가

○ 높은 기술수준을 요구하거나 시장성이 불확실한 분야에 대한 연구가 미비하여 관련 분야의 경쟁력은 저하

- 해저/침매터널, 인공섬 등 높은 기술수준이 요구되는 기술에 대한 연구는 미비하여 기술경쟁력은 50~30%로 평가
- 수중구조물, 방호구조물, 우주구조물과 같은 시장성이 불확실한 분야와 지반조사, 해상기초, 준설/매립 등 시장의 이익에 큰 영향을 주지 않는 분야에 대한 연구가 선진국에 비해 활발히 이루어지지 않아 관련 논문 성과가 적음



[그림 3-18] 한국의 논문기술경쟁력 분석 결과

(3) 특허·논문 기술경쟁력 결과

□ **특허·논문 기술경쟁력은 특허기술경쟁력과 논문기술경쟁력의 가중치를 적용한 값의 합으로 산출**

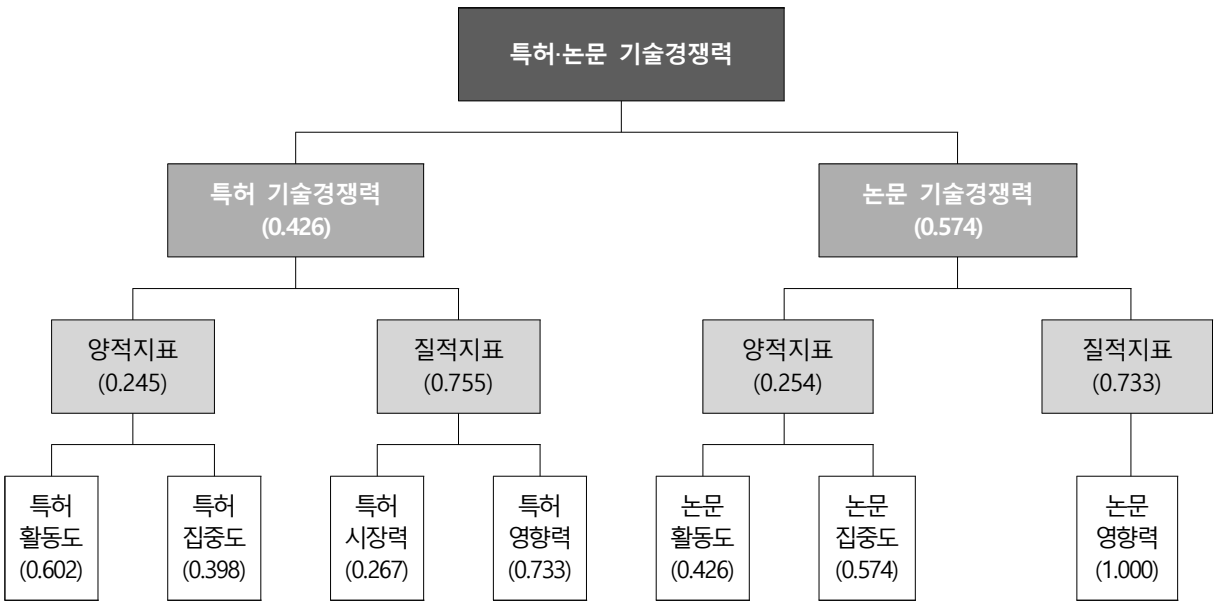
※ 각 기술경쟁력의 가중치는 기존의 연구와 연속성을 유지하기 위해 「2015 국토교통기술수준분석 보고서」에서 사용한 값을 적용

○ '2015국토교통기술수준분석 보고서'에서는 AHP 분석을 통해 산출하였으며, 전문가 위원의 의견에 따라 질적지표가 기술경쟁력을 결정하는 주요 요인으로 평가

○ 시설물분야의 특허·논문 종합 기술경쟁력은 특허화 논문이 비슷한 수준이나 논문 기술경쟁력이 더 우위에 있다고 평가

- 국토교통 9개의 기술분야 중 시설물 분야만 유일하게 논문 기술경쟁력이 더 우위에 있으며 나머지 기술분야는 특허의 비중이 훨씬 높게 평가

※ 국토교통 9개 기술분야: 건축, 도시, 시설물, 플랜트, 수자원, 도로교통, 철도교통, 항공교통, 물류



출처: 2015 국토교통기술수준 분석 총괄보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2015

[그림 3-19] 특허·논문 기술경쟁력 산출과정 및 가중치

□ **특허·논문분석 결과, 전체 18개 분야 중 미국이 7개, 프랑스 4개, 이탈리아/독일/한국이 2개, 일본이 1개에서 최고 기술경쟁력을 보유**

○ 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 평균 특허 경쟁력 수준은 54.1%이고 시설물별 기술수준의 편차는 크게 평가

- 중분류(L2) 평균 격차는 교량 68.1%, 터널 및 지하공간 55.9%, 사면/지반조사/기초 60.6%, 항만 및 해양구조물 41.7%, 특수구조물 47.0%

- 다만, 부유식터널과 특수구조물의 경우 정량적 분석을 하기에는 전체 특허/논문 수가 적어서 경쟁력의 신뢰도가 떨어지는 분야

<표 3-68> 최고 기술경쟁력 보유국 대비 한국의 특허·논문 기술경쟁력

구분		최고 기술경쟁력 보유국		국내특허 기술경쟁력	경쟁력 수준
		국가명	기술경쟁력		
교량	강구조 및 합성구조 교량	이탈리아	1.33	0.91	68.1%
	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	미국	1.43	0.98	68.5%
	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	미국	1.18	0.80	67.8%
터널 및 지하공간	육상터널	미국	1..20	0.94	78.5%
	해저/침매터널	프랑스	2.08	0.60	28.9%
	부유식터널*	프랑스	1.82	0.99	54.3%
	대심도 터널	이탈리아	1.48	0.26	17.6%
	지하대공간	한국	1.28	1.28	100%
사면/지반조사/기초	사면보호/보강/유지관리	미국	1.42	0.89	62.6%
	지반조사/개량	프랑스	1.38	0.79	57.3%
	육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	미국	1.06	0.66	61.8%
항만 및 해양구조물	해양준설/매립	미국	2.60	0.92	35.3%
	항만 및 해안구조물	독일	1.68	0.65	38.7%
	수중구조물	미국	0.97	0.50	51.3%
	인공섬	독일	1.93	0.80	41.4%
특수구조물	고압, 극저온 구조물*	한국	1.64	1.64	100%
	방호구조물(방탄/방폭)*	일본	2.27	0.57	25.2%
	우주구조물*	프랑스	1.61	0.26	15.9%

* 논문 및 특허 건수 자체가 적어 정량적 분석 결과의 신뢰도가 떨어지는 분야

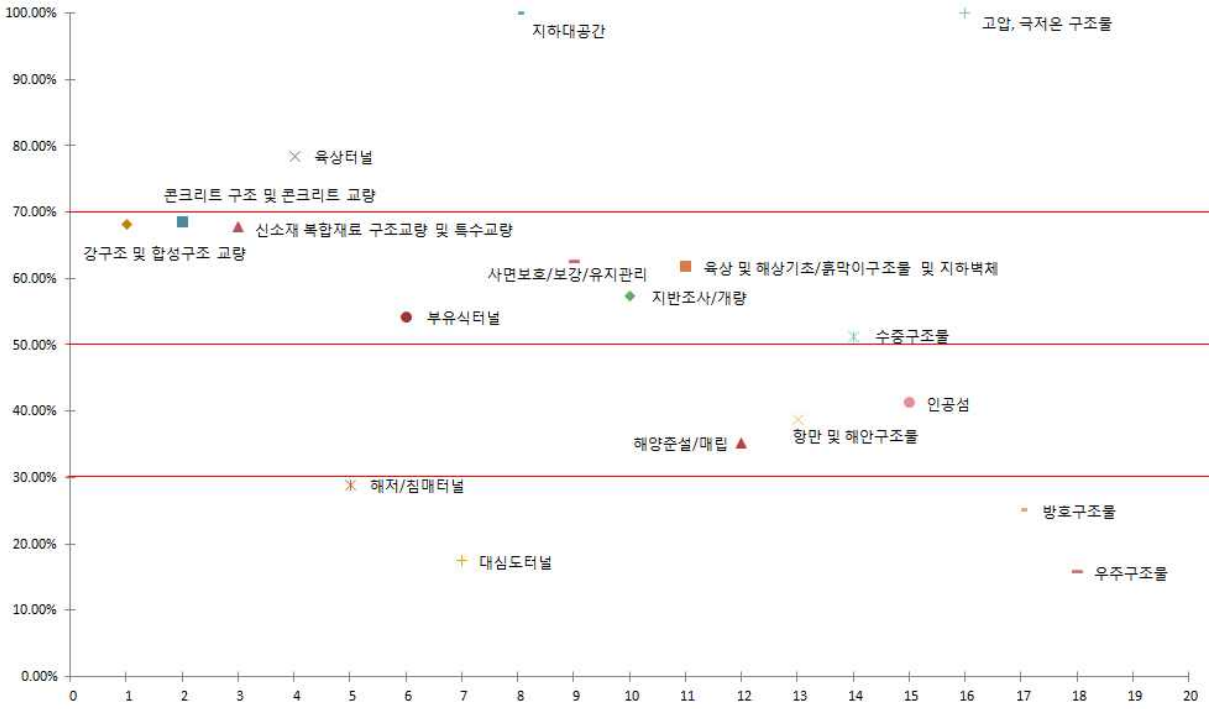
□ **한국의 특허·논문 기술경쟁력은 논문의 원천/기초연구의 특성과 특허의 기술적 특성을 고려한 경쟁력으로 원천연구부터 현장적용까지의 기술경쟁력 파악이 가능**

○ 교량, 육상터널, 사면, 기초는 연구단계부터 현장적용까지 국내의 기술경쟁력이 높은 수준으로 선전국과의 경쟁이 가능

- 국내에 건설사업이 많고 해외 주력분야인 교량은 특허와 논문의 수준이 높아 연구와 기술개발이 활발히 추진되어 높은 수준으로 평가되나, 신소재 복합재료 교량은 논문 수준은 높으나 기술개발로 연결되지 못하는 상황
- 지하대공간과 극압, 극저온 구조물은 논문 성과가 비교대상국 중 1위로 평가되어 향후 기술개발에 파급될 것으로 예상

○ 높은 기술수준을 요구하거나 미래 시장의 불명확한 시설물 분야에 대한 연구가 필요

- 해저/침매터널, 대심도터널, 방호구조물, 우주구조물과 같은 특수구조물은 기초연구부터 실증연구까지 광범위한 연구가 필요
- 해양준설/매립, 항만 및 해안구조물, 인공섬은 논문 성과는 창출되고 있지만 기술로 연결되지 못하고 있는 상황



[그림 3-20] 한국의 특허·논문기술경쟁력 분석 결과

3.3.2 기술수준 및 기술발전단계 조사

(1) 필요성 및 목적

□ **특허·논문 기술경쟁력 분석의 한계를 극복하고 시장변화 요인, 시설물 분야의 실제 기술 현황 등을 파악하기 위하여 전문가 의견 조사 수행이 필요**

○ 시설물분야의 특허·논문 기술경쟁력 분석결과 특허와 논문 등록/게재 건수가 적어서 정량적 분석을 하기에는 한계를 가지는 분야가 존재

- 부유식 터널, 인공섬, 특수구조물(고압, 극저온 구조물, 방호구조물, 우주구조물)은 전체 특허, 논문 건수가 적어서 분석결과를 신뢰하기 어려움
- 국방, 국가경쟁력 등 보안 상의 이유로 출원/게재하지 않는 특허/논문이 존재하여 비공개 특허/논문이 다수 포함하는 시설물이 있기 때문에 실제의 기술경쟁력을 파악하는데 한계가 있음

○ 특허와 논문의 연구개발의 성과적 의미가 강하여 실제 건설사업에서 적용여부, 건설전문가가 현장에서 느끼는 기술수준의 온도차 등을 반영하지 못하는 상황

- 등록 특허를 보유한 국가라도 기술 활용적 측면에서는 불확실성이 강하고, 논문의 경우 개념적 연구를 다수 포함하고 있기 때문에 기술수준을 파악하기에는 한계
- 해외 건설사업 수주, 건설현장에서의 기술격차 등은 정량적 지표보다는 정성적인 전문가 의견이 더 효율적

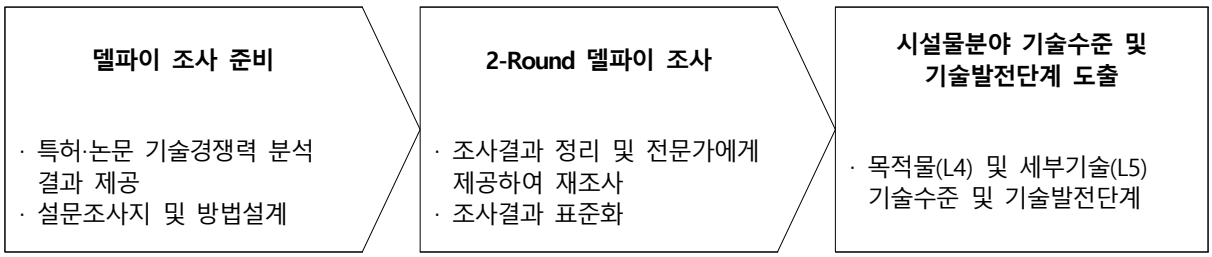
□ **시설물 분야에 대한 효율적인 확보 방안을 수립하기 위해서는 세부기술의 기술수준 및 경쟁력에 대한 정확한 정보의 확보가 필요하며, 객관적 정보에 근거한 확보전략 수립을 통해 당위성 확보가 가능**

○ 특허·논문 기술경쟁력은 중분류(L3)에서 분석한 결과이며 세부기술의 기술수준과 기술발전단계의 조사가 필요

- 세부기술(L5)의 기술수준과 발전단계는 특허·논문 기술경쟁력을 바탕으로 관련 전문가 미니 델파이 조사를 통해 확보 가능
- 목적물(L4)의 기술수준은 시설물을 건설하는데 있어서 일부 기술이 없이는 독자적으로 사업추진이 어렵기 때문에 세부기술 간의 중요도가 같다고 가정하여 평균으로 추정

(2) 조사방법

□ **동 조사는 국가별 기술수준을 판단하는 데에 객관적인 참고가 될 수 있도록 특허 및 논문의 기술경쟁력 분석 자료를 제공하여 조사대상자가 이를 기준으로 기술수준 및 기술발전단계를 평가**



[그림 3-21] 기술수준조사 전체 프로세스

□ **시설물 분야의 세부기술 기술수준 조사는 Gorden모델을 적용한 2-Round 미니 델파이 방법론을 적용**

○ Gorden 점수모형은 기술분류별 기술과 가중치를 도출하여 기술계측별 상위 기술수준의 객관성 확보 및 정량화에 적합한 방법론

- Gorden 점수모형은 기술수준 평가결과의 정량화를 대표적 모형으로 모든 기술은 장기적으로 이론적 상한선을 가지고 있으며, 성장곡선을 따라 발전한다는 가정을 기본개념으로 함

$$\text{기술수준 도출 산식} = 100(K_1\frac{X_1}{X_1^*}K_1\frac{X_1}{X_1^*}+K_2\frac{X_2}{X_2^*}+\cdots+K_N\frac{X_N}{X_N^*})$$

$$K_N = \text{가중치}, X_N = \text{모수 측정치}, X_1^* = \text{기준 값}$$

- 델파이 방법론은 그룹 전체의 의견을 통계적으로 집계/요약하여 재배포하고 예측치가 사분위수로 범위를 벗어난 경우 다시 제시하여 전문가의 의견을 수렴하는 방법으로 본 조사에서는 2-Round 미니 델파이를 적용

□ **기술수준 및 기술발전단계 조사는 시설물 분야의 관련 전문가를 대상으로 특허·논문 기술경쟁력 분석자료를 기준으로 세부기술(L5)에 대하여 평가 실시**

○ (목적) 객관적 정보에 근거한 시설물 분야의 세부기술 확보전략 수립을 위하여 세부기술의 기술수준 및 기술발전단계 조사

○ (조사내용) 시설물(L3)의 특허·논문 기술경쟁력 분석자료를 제공하여 충분히 숙지한 이후 기술경쟁력을 기준으로 세부기술(L5)의 최고선도국, 최고선도국의 기술수준 및 기술발전단계, 한국의 기술수준 및 기술발전단계 조사

○ (조사기간) 1차: 2017. 03. 28. ~ 2017. 04. 11.
2차: 2017. 04. 24. ~ 2017. 05. 12.

○ (조사대상 및 방법) 시설물 분야의 설계, 시공, 유지관리 등의 전문가를 대상으로 온/오프라인 설문조사 실시

○ (평가대상) 시설물분야 기술분류체계의 세부기술(L5) 418개

○ (조사결과) 목적물(L4)별 기술경쟁력, 세부기술 기술수준 및 발전단계를 도출하여 확보 핵심시설물 선정 및 세부기술 확보주체, 방법 등 확보전략 유형화에 활용

<표 3-69> 기술수준 및 기술발전단계 평가항목

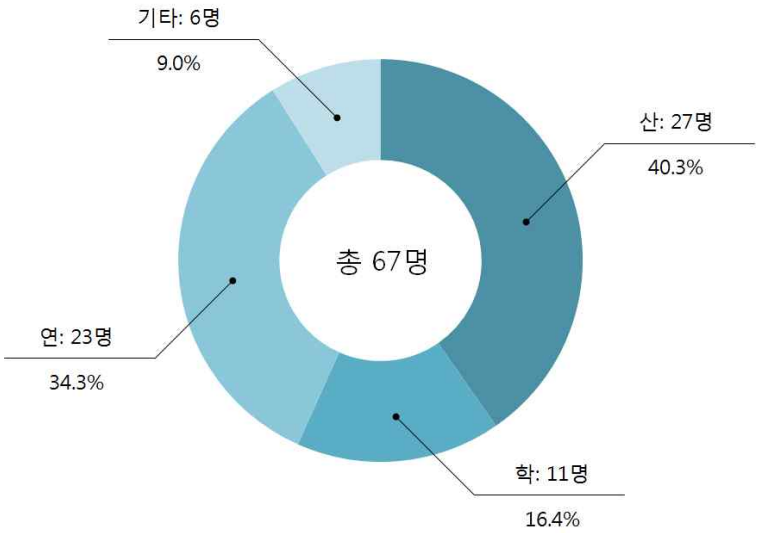
평가항목		정의	평가단위
기술수준	최고 선진국	• 7개 조사대상국 중 평가대상 기술의 최고기술 보유 국가	선택/주관식
	선진국 기술수준	• 선도: 세계 최고 또는 유사한 수준의 자체 사업추진을 위한 핵심기술을 모두 보유 • 자립: 세계 최고수준은 아니지만 자체 사업추진을 위한 핵심기술을 모두 보유 • 의존: 일부 핵심 기술을 보유하고 있으나, 보유 기술만으로는 독자적인 사업 추진이 어려운 수준 • 전무: 대부분의 핵심기술 미보유	선택
	한국의 기술수준		
기술발전단계		• 도입기: 초기의 기술이 도입되는 시기이기 때문에 기술개발의 위험성이 크지만, 성공시 원천 특허 및 기술을 확보할 수 있어 새로운 시장 창출과 지배가 가능 • 성장기: 도입기를 벗어나 기술의 경제성이 어느 정도 확보되어 산업적 투자와 관련 시장이 빠르게 성장 • 성숙기: 기술의 파급효과가 이미 관련 분야에 상당히 나타나고 시장의 수요를 충족하고 있어서 관련 시장의 성장속도가 낮은 상태	선택

※ 전문가 인식도 및 특허·논문 정보를 기반으로 측정

□ **2-Round 델파이 조사응답자 수는 총 67명**

○ 대상전문가 : 124명(국토교통분야 전문가로 TF팀으로 구성)

○ 응답자수 : 67명(응답율: 54.0%)



[그림 3-22] 응답자 기관유형 구분

<표 3-70> 조사분석 응답자 수

응답자 기관유형 구분	응답자 수(명)	비율(%)	응답기관 수(개)
산업계	27	40.3	25
연구계	23	34.3	5
학계	11	16.4	11
기타(공단, 공사, 협회 등)	6	9.0	5
합계	67	100	46

(3) 조사결과

□ 강구조 및 합성구조 교량

○ 강구조 및 합성구조 교량 분야의 세부기술은 오래전부터 강재에 대한 연구와 기술개발이 추진되어 대부분 성장기와 성숙기 단계로 조사되었으나 최근 교량분야의 BIM, IoT 기술과의 융복합 기술들은 도입기로 조사

- 우리나라의 경우도 강구조 및 합성구조 교량은 지속적으로 기술개발을 추진해왔기 때문에 고성능 재료 활용, 합성교량의 시공기술들이 자립기술로 조사되었지만, 도입기로 평가된 SW기술들과 설계기술, 유지관리 기술 등은 의존으로 조사

<표 3-71> 강구조 및 합성구죠 교량 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
강구조 및 합성구조 교량	3D 기반의 강교량 점검기술	의존	도입기
	강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	의존	도입기
	BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	의존	성장기
	BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	의존	도입기
	LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	의존	성장기
	계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	의존	성장기
	고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	자립	성장기
	강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	자립	성숙기
	자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	의존	성장기
	극한•극서 기후 지역 강교량 설계 및 시공 기술	의존	성장기
	품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	의존	성장기
	교량구조용 강재성능 향상 기술	자립	성장기
	곡선강교량 설계시공 기술	의존	성장기
	강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	자립	성숙기
	강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	의존	성숙기
	고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	의존	성장기
	하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	의존	성장기
	이중합성 교량의 설계 및 시공기술	자립	성장기
	프리스트레스 도입 강합성교량기술	자립	성숙기
	합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	자립	성숙기
	강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	의존	성장기
	강재/강합성 교각 설계 시공기술	의존	성장기

□ **콘크리트 구조 및 콘크리트 교량**

○ 콘크리트 모듈형 교량의 세부기술들은 대부분 성장기 단계로 이미 산업적 투자와 관련 시장이 빠르게 성장하고 있고 우리나라의 기술도 자립수준으로 조사

- 다만 모듈의 형상계측을 통한 품질관리기술은 아직 도입단계로 해외에서는 모듈조립과 관련해서 품질관리의 중요성을 인식하고 기술개발이 활발히 이루어지고 있으나 우리나라의 기술수준은 아직 의존수준으로 품질관리기술과 관련해서 기술자립이 필요

○ 친환경/저탄소 콘크리트 교량의 세부기술들은 도입기와 성장기 중간단계로 기술개발 단계를 벗어나 현장에 적용하는 수준으로 국내의 경우 아직 독자적인 사업의 추진이 어려운 의존 단계로 조사

○ 고성능 다기능 콘크리트 교량의 세부기술들은 성장기 단계로 조사되어 고성능 콘크리트를 활용한 교량이 시장에 빠르게 파급되고 있으며 우리나라는 콘크리트 재료와 관련된 기술이 자립수준으로 조사

- 특히 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술은 세계 최고 또는 유사한 수준이고 그 밖에 슈퍼 콘크리트, 고강도 콘크리트 등은 자립수준으로 재료 제조에서는 독자적인 사업 추진이 가능할 것으로 예상

- 다만 콘크리트 재료를 활용한 구조물 설계, 시공기술은 기술수준이 다소 떨어지는 의존수준으로 재료 제조기술의 수준에 맞추어 설계, 시공기술의 핵심기술을 확보할 필요가 있음

○ 기능성능 향상 콘크리트 교량의 세부기술은 성장기와 성숙기의 중간단계로 이미 많은 기술들이 시장에서 활용되고 있는 것으로 조사되었고 관련해서 우리나라도 유지관리를 제외한 설계, 시공기술은 자립수준으로 조사

- 선진국과 마찬가지로 우리나라도 노후 교량이 증가하는 상황에서 교량 점검, 텐던 긴장력 완화 모니터링, 빅데이터 기반 유지관리 등 유지관리와 관련된 세부기술들은 의존수준으로 평가되고 있기 때문에 기술개발이 시급할 것으로 판단

<표 3-72> 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
콘크리트 모듈형 교량	부분교체/곡률대응형프리캐스트바닥판제작/급속시공기술	자립	성장기
	FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술	자립	성장기
	콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술	자립	성장기
	경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술	자립	성장기
	조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술	의존	도입기
	단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술	자립	성장기
	카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술	전무	도입기
친환경/ 저탄소 콘크리트 교량	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술	의존	성장기
	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술	의존	성장기
	알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술	의존	도입기
	비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술	의존	도입기
	친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술	의존	성장기
고성능 다기능 콘크리트 교량	120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술	선도	성장기
	섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술	자립	성장기
	80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술	자립	성장기
	굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술	자립	성장기
	SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술	자립	성장기
	200~300MPa급 콘크리트 제조 기술	자립	성장기
	200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술	의존	성장기
	80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술	의존	성장기
	SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술	의존	성장기
	SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술	의존	성장기
	SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술	의존	성장기
	SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술	의존	성장기
	SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술	의존	성장기
	수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술	의존	성장기
	고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술	의존	성장기
기능성능 향상 콘크리트 교량	곡선교 해석/설계/시공 기술	자립	성장기
	무조인트 교량 해석/설계 기술	자립	성장기
	중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)	자립	성숙기
	콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술	자립	성숙기
	LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템	자립	성장기
	교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술	의존	성장기
	콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술	의존	성장기
	콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술	의존	성장기
	저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템	의존	성장기
	PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술	의존	성장기
	콘크리트 교량 내진성능 향상 기술	자립	성숙기
	FRP 활용 교량 보수보강 기술	자립	성장기
	보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술	자립	성장기

□ **신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량**

○ 케이블교량의 세부기술은 이미 많은 기술들이 개발되어 케이블 교량 건설에 활용되고 있기 때문에 성장기에서 성숙기 단계로 넘어가는 중간단계로 평가되고 우리나라의 경우도 국내외에서 많은 케이블 교량을 건설한 실적을 보유하고 있어서 기술력이 높은 것으로 평가

- 특히 FRP 케이블, 보강거더, 통합관리시스템은 세계최고 수준으로 평가되고 있으며 케이블 교량과 관련된 재료, 설계, 시공, 유지관리 등 다양한 기술들이 자립수준으로 평가

- 다만 교량용 강선/강연선, 해상기초 및 지반탐사 기술은 기술개발이 도입기 단계로 국내에서도 기술 확보를 못한 상황으로 조사되어 추가적인 연구가 필요

○ 장경간 아치교의 세부기술들은 성숙기 단계로 이미 국내외적으로 많은 아치교가 건설되었으며 우리나라의 경우도 세계최고 수준은 아니지만 기술 자립수준으로 높은 기술력을 확보하고 있다고 판단

○ 부유식 교량의 세부기술들은 성장기 단계로 기술의 경제성이 어느 정도 확보되어서 부유식 교량 건설이 가능한 시기로 판단되며 우리나라의 경우 관련 기술의 수준이 높게 평가

- 부유식 교량 모듈 제작 및 가설기술은 세계최고 수준으로 평가되지만 부유식 교량의 핵심기술인 앵커링 기술은 자립단계로 기술 고도화가 필요

○ 신소재 교량의 세부기술들은 도입기에서 성장기 단계로 넘어가는 중간단계로 FRP와 같은 전통적인 신소재 재료의 개발은 어느 정도 완성되었으나 근래에 각광받고 있는 자기치유 콘크리트의 경우 기술개발이 활발히 추진 중

- FRP, 특수소재를 활용한 신소재 교량의 경우 우리나라도 기술력을 확보하여 자립수준으로 평가되고 있지만 자기치유 콘크리트의 경우 아직 연구개발단계로 일관성 있는 기술개발 투자로 기술 확보가 필요

<표 3-73> 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
케이블 교량	케이블 교량 하중 모델	의존	성장기
	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	자립	성숙기
	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	자립	성숙기
	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	자립	성장기
	케이블 교량용 강선/강연선	의존	도입기
	케이블 교량용 박층 포장	자립	성장기
	케이블 교량용 FRP 케이블	선도	성장기
	케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	자립	성장기
	사장교 케이블 가설	자립	성숙기
	현수교 케이블 가설	자립	성숙기
	케이블 교량 보강거더 가설	선도	성장기
	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	자립	성장기
	케이블 교량 강재 고주탑 가설	자립	성숙기
	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	의존	도입기
	케이블 거동 모니터링	자립	성장기
	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	자립	성장기
	케이블 교량 통합유지관리시스템	선도	성숙기
장경간 아치교	장경간 아치교 설계 기술	자립	성숙기
	장경간 강아치교 가설 기술	자립	성숙기
	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	자립	성숙기
부유식 교량	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	선도	성장기
	부유식 교량 앵커링 기술	자립	성장기
신소재 교량	FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술	자립	성장기
	FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술	자립	성장기
	FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술	자립	성장기
	자기치유 콘크리트 배합설계	의존	도입기
	자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료	의존	도입기
	자기치유 콘크리트 스마트 폴리머	의존	도입기
	자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더	의존	도입기
	자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐	의존	도입기
	특수소재의 교량 활용 기술	자립	성장기

□ **육상터널**

○ 교통형 터널의 세부기술은 도로인프라의 확충에 따른 수요로 이미 성장기 단계로 접어든 것으로 평가되고 있으며 대부분의 기술들이 의존 수준이지만 우리나라가 독자적인 사업 추진이 가능한 정도로 의존과 자립의 중간정도로 평가

- 특히 우리나라는 TBM과 관련된 연구가 활발히 추진되면 관련 기술의 수준이 의존으로 평가되고 있으며 터널 BIM구축 기술은 자립으로 높은 기술력을 보유

○ 수로터널과 유틸리티 터널은 도시기반 시설물로 수요에 따른 꾸준한 기술개발이 추진되어져 왔기 때문에 성장기 단계로 평가되고 우리나라의 기술수준은 의존으로 조사

<표 3-74> 육상터널 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
교통형 터널	터널시공 및 유지관리 활용을 위한 지반·지질 정보 DB구축기술	의존	성장기
	불확실성 최소화를 위한 굴착면 실시간 지반정보 분석 및 예측 기술	의존	도입기
	지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술	의존	도입기
	여굴 최소화를 위한 발파 설계 및 정밀/자동화 발파천공 기술	의존	도입기
	IoT기반시공모니터링및작업위험예경보기술	의존	성장기
	초장대 터널(연장 4km이상) 시공 중 쾌적 환경(흡기 및 배기) 조성시스템	의존	성장기
	터널 방재설비 설계 및 통합운영(TGMS)기술	의존	성장기
	터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB 구축기술	의존	성장기
	터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술	의존	성장기
	터널BIM구축기술	자립	성장기
	기계화 시공용 커터헤드 설계 기술	의존	성장기
	기계화 시공정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크 등) DB 구축기술	의존	성장기
	기계화 시공용 Segment 설계 및 시공 기술	의존	도입기
	도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술	의존	성장기
	수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술	의존	성장기
수로터널	복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)	의존	성장기
	도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)	의존	성장기
	복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)	의존	성장기
	SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술	의존	성장기
	HighPressurizedLiner설계기술	의존	성장기
	수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템	의존	성장기
	무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술	의존	성장기
유틸리티 터널	공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도	의존	성장기
	터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법	의존	성장기
	특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술	의존	성장기
	소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영	의존	성장기
	도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술	의존	성장기

□ **해저/침매터널**

○ 해저터널의 세부기술은 해외에서는 이미 개발되어 기술의 경제성은 어느 정도 확보되었지만 해저터널의 수요가 많지 않아 관련 시장의 성장정도는 불확실하여 도입기와 성장기 중간 단계로 평가

- 해저터널의 시공 경험이 전무하여 관련 기술들 대부분이 의존으로 평가되고 있으며 특히 해저터널 기술의 핵심기술인 유입수 제어, 버럭처리, 안정화 등은 전무로 핵심기술 확보가 시급

○ 침매터널의 세부기술은 이미 성장기 단계로 접어들었으며 국내에서 거가대교에 침매터널의 시공실적이 있으나 관련 기술은 확보하지 못하여 기술수준은 매우 낮게 평가

- 함채, 제작, 기초부 조성 등 시공과 관련된 기술은 다른 분야에서 확보한 기술로 어느 정도 기술수준이 있다고 평가되나 침매터널의 핵심기술인 연결부, 수중설치 등은 기술이 전무하다고 평가

<표 3-75> 해저/침매터널 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
해저터널	TBM커터교체장치및 배토성능 향상 기술	의존	성장기
	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	의존	성장기
	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	의존	성장기
	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	전무	도입기
	BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈	의존	도입기
	내염, 내부식성 재료 개발기술	의존	성장기
	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	의존	성장기
	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	의존	성장기
	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	전무	성장기
	해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	의존	성장기
	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	의존	도입기
	해저터널 유입수 제어 및 관리기술	전무	도입기
	해저지반 차수 및 지반보강	의존	성장기
	굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	의존	성장기
	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	의존	성장기
	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	의존	성장기
침매터널	함체 단면 설계 기술	의존	성장기
	함체 연결부 설계 기술	전무	성장기
	함체 제작 시공 기술	의존	성장기
	함체 운송 및 수중 설치 기술	전무	성장기
	함체 기초부 조성 기술	의존	성장기

□ **부유식터널**

○ 부유식터널의 세부기술은 도입기 단계로 새로운 시장 창출 및 원천기술 확보를 위해 선진국에서도 연구개발이 활발히 추진되는 기술

- 장거리 이송 및 위치제어, 접합부 거동 설계, 구조체 제작 등 다른 분야의 기술을 활용한 기술들은 의존수준으로 비교적 높은 기술수준으로 평가되지만 부유식터널의 핵심기술들은 전무한 상황

- 터널 내 환기기술, 해양환경 관측 및 평가 등 부유식터널 설계, 시공과 직접적인 연관성이 적은 기술들은 자립수준으로 다른 분야에서도 활용이 가능할 것으로 판단

<표 3-76> 부유식 터널 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
부유식 터널	계류시스템 설계기술	전무	도입기
	고장력 계류시스템 건전도 평가기술	전무	도입기
	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	전무	도입기
	내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	의존	성장기
	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술	전무	도입기
	세그먼트 이음부 방수기술	의존	도입기
	수중 구조물 결함 진단기술	전무	도입기
	수중 구조물 단면 설계기술	의존	도입기
	수중구조물 고정기술	전무	도입기
	수중구조물 연속 시공기술	전무	도입기
	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	의존	도입기
	수중구조물 접합부 거동 설계기술	의존	도입기
	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)	의존	성장기
	수중구조물 횡방향 거동 제어기술	전무	도입기
	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술	전무	도입기
	외부 충돌 방지기술	전무	도입기
	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	전무	도입기
	터널 내 환기기술	자립	성장기
	프리캐스트 구조체 수중 접합기술	의존	도입기
	해양환경 관측 및 평가기술	자립	성장기
	해저지반 조사 및 평가 기술	의존	성장기
	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	의존	성장기

□ **대심도터널**

○ 대심도터널의 세부기술은 대심도터널의 건설과 직접적인 연과성이 높은 기술들은 아직 도입단계로 평가되고 간접적인 기술 및 단순설계 분야는 성장기로 평가되고 있으며 우리나도 성장기 단계에 있는 기술들은 자립 또는 의존으로 높은 기술수준을 보유

- 오염물질 대응, 분기구 시공, 수직구 구측 등은 다른 분야의 기술을 활용하여 빠르게 기술을 확보하여 관련 기술을 보유하고 있다고 평가
- 다만 대심도 터널 운영, 가상설계, 다목적 대심도 터널 설계 등 대심도터널과 관련된 기술은 아직 의존단계로 대심도터널 사업을 독자적으로 추진하기에는 미흡한 실정

<표 3-77> 대심도터널 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
대심도 터널	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술	의존	성장기
	내화성 중간슬래브 구축 기술	의존	성장기
	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	의존	성장기
	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술	의존	도입기
	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	의존	도입기
	다목적 대심도 터널 설계 기술	의존	도입기
	다목적 터널 통합 운영 기술	의존	도입기
	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	의존	도입기
	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술	의존	도입기
	대심도 터널 내화성능 강화 기술	의존	도입기
	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	의존	도입기
	도심형 수직구 구축 기술	자립	성장기
	분기부 시공 및 보강 기술	자립	성장기
	영상유고 감지 기술	자립	성장기
	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	자립	성장기
	천층 개착터널 보강 기술	자립	성장기
	화재연기 확산지연 및 배출 기술	자립	성장기

□ **지하대공간**

○ 지하대공간의 세-부기술은 급격한 도시화로 지상공간의 효율화를 위해 지하공간에 대한 연구개발이 추진되어 성숙기 단계로 평가되고 있으며, 우리나라도 관련 기술을 보유하고 있는 자립 및 의존수준으로 평가

- 지하대공간 구축 및 보강, 환기 및 방재, 유지관리 등 관련 핵심기술은 자립수준으로 높은 기술력을 보유하고 있으며 지하 오폐수 처리장을 지하화하는 것은 이미 독자적으로 사업 추진이 가능

- 근래에는 기후변화, 원자력 안전성, 에너지 부족 등의 사회적 문제로 이산화탄소 지중 저장시설, 원자력 발전소 지하화, 열에너지 저장 등 다양한 시설을 지하화하는 기술들이 도입되고 있고 있지만, 우리나라는 시설물 지하화 관련기술은 아직 의존단계로 기술개발 지원이 필요

<표 3-78> 지하대공간 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
지하 대공간	지하대공간 이동시스템	자립	성장기
	지하대공간 구축 및 보강 기술	자립	성숙기
	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리 기술	자립	성숙기
	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	의존	도입기
	이산화탄소 지중 저장 기술	의존	도입기
	지하 오폐수 처리장 건설 기술	자립	성숙기
	압축공기 에너지 지하저장 기술	의존	도입기
	열에너지 지하저장 기술	의존	도입기
	원유 및 가스 지하저장 기술	선도	성숙기
	에너지 플랜트 지하화 기술	의존	성장기
	원자력 발전소 지하화 기술	전무	도입기

□ **사면보호/보강/유지관리**

○ 절토사면의 세부기술들은 재해에 관련된 기술로 아직 도입단계로 선진국도 재해를 예방하기 위하여 기술개발을 추진 중에 있으며 국내의 경우 대부분 의존수준으로 평가되어 기술 확보가 필요

- 우리나라의 뛰어난 IT 기술을 활용한 계측/모니터링 기술은 자립단계로 기술수준이 높지만 생애주기비용 기반 절토사면 자사관리 기술은 전문 단계로 기술개발이 이루어지지 않고 있는 상황

○ 성토사면의 세부기술들은 성장기 단계로 표면 유실, 관리시스템 등 기술이 이미 시장에서 활발하게 활용되고 있으며 우리나라의 경우 표면유실은 자립단계이나 나머지 기술들은 의존단계로 기술 자립이 필요

○ 자연사면은 기후변화로 인한 토사재해가 증가하면서 관련 기술들의 활용이 증가하고 있으며 우리나라도 집중호우로 인한 산사태 발생이 증가하면서 관련 기술개발이 활발히 추진되어 대부분 의존단계 수준으로 평가

<표 3-79> 사면보호/보강/유지관리 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
절토사면	도심지 인공 절토사면 재해 취약성 평가 기술	의존	도입기
	생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	전무	도입기
	시나리오 기반의 절토사면 재해 대응 및 복구 기술	의존	도입기
	절토사면 계측/모니터링 기술	자립	도입기
	절토사면 대책시설물 성능평가 및 유지관리 기술	의존	도입기
성토사면	성토사면 표면유실 방지기술	자립	성숙기
	성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	의존	성장기
	성토사면 상부구조물 유지관리 기술	의존	성장기
	성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	의존	성장기
자연사면	자연사면 첨단 원격조사 기술	의존	도입기
	도심지 토사재해 위험지역 정밀 조사 및 취약성 평가 기술	의존	성장기
	자연사면 광역 위험도 평가 기술	의존	성장기
	토사재해 발생 예측 기술	의존	성장기
	자연사면 친환경 보호/보강 기술	의존	성장기
	토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	의존	성장기
	토사재해 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	전무	도입기
	자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	의존	성장기
	토사재해 예경보 기술	자립	성장기
	토사재해 통합관리시스템 구축 기술	의존	성장기
	도심지 토사재해 피해저감을 위한 법제도화 기술	자립	성장기

□ 지반조사/개량

○ 지반조사 및 개량분야는 시설물로 분류되기 어려운 분야로 하나의 기술분야로 구분되어 있으며, 대부분 성장기나 성숙기 단계에 있는 기술들이며, 국내 기술수준도 대심도, 심해저 등 극한지 지반조사 및 개량분야 기술들은 의존 수준이며, 일반적인 지반조사 및 개량기술은 자립수준으로 평가됨

<표 3-80> 지반조사/개량 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
지반조사/개량	대심도시추천공기술	의존	성장기
	경사 시추 천공 기술	의존	성장기
	시료채취 교란도 제어기술	자립	성숙기
	시료채취,이송,보관기술	자립	성숙기
	해상 지반 조사 플랫폼 기술	자립	성장기
	심해저 해상 지반 조사장비	의존	도입기
	멀티 다운홀 장비	의존	성장기
	신호분석 하부지반 영상해석기술	자립	성장기
	탄성파 지반조사 장비	자립	성숙기
	전기 비저항 지반조사 장비	자립	성숙기
	지반재료 물리특성 실험 기술	자립	성숙기
	지반재료 역학특성 실험 기술	자립	성숙기
	실내실험 장비 기술	자립	성장기
	지층재료구성 모델링 기술	자립	성장기
	지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술	의존	성장기
	심해저지반조사 분석기술	의존	성장기
	신소재 개량기술	의존	성장기
	지반개량 재료용 산업부산물 적용기술	자립	성장기
	그라우팅 효율 향상 재료	자립	성장기
	멀티 펌핑 주입 장비	자립	성장기
	진동 다짐 장비	의존	성숙기
	복합지반 교란 저감 기술	자립	성장기
	시설물별 지반개량 기술	자립	성숙기
	특수 말뚝을 이용한 개량 기술	의존	성장기
	혼합용 교반장비 및 개량기술	의존	성숙기
	대심도개별진공압밀 개량기술	의존	성장기
	부상형 배수재 타설 및 개량기술	의존	성장기
	해상타설 개량기술	의존	성장기
	전기주입개량및복합기법적용기술	의존	성장기
	오염지반조사올인원장비	의존	성장기
	유기물 오염지반 정화기술	자립	성장기
	중금속 오염지반 정화기술	자립	성장기
	복합 오염지반 정화기술	의존	성숙기
	오염원인자 분석 및 추적기술	의존	성장기

□ **육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체**

○ 육상기초는 대부분의 기술이 성장기 단계로 말뚝기초를 중심으로 기술수준이 자립수준으로 평가되고 있는데 비하여 내진 보강용 기초나 증개측을 위한 보강말뚝 등에 관한 기술들은 기술수준이 의존으로 조사

- 최근 경주, 포항 등 지진 빈발에 따른 사회적 이슈에 대응할 수 있는 육상기초로서 내진보강형 기초 형식 및 보강기술 개발은 여전히 의존단계라는 점에서 기술자립을 위한 노력 필요

- 최근 건축물의 수직 증개축 등에 대한 논의와 규제 축소 움직임을 고려할 시에 증개축에 따른 기초 보강기술 등에 기술적 수준도 자립 수준으로 높일 필요가 있음

○ 해상기초는 다양한 해상 구조물의 설계 및 시공경험을 바탕으로 대부분의 기술이 자립수준으로 평가되고 있음

- 다만, 수중에 설치하는 버켓기초와 해상구조물의 수중 접합/분리 기술, 내진보강공법 등 난이도가 높은 해상기초 기술들은 기술수준이 아직 의존단계로 평가되고 있음

○ 흙막이 구조물은 벽체, 지보재 관련 기술에 있어서는 자립으로 기술수준이 조사되었으나 지하 대심도, 연약지반, 도심지 지하벽체 등 특수조건 하에서의 지하벽체에 대한 차수, 보수/보강 기술들은 여전히 의존 단계로 평가되고 있음

- 앞으로 높은 수요가 예상되는 도심지 지하벽체 시공시 민원 예방을 위한 차수 및 시공기술들과 대심도 지하 벽체 등에 대해서는 추가적인 기술 자립 노력이 요구되는 상황임

<표 3-81> 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
육상기초	증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	의존	성장기
	내진 보강용 신형식 기초	의존	도입기
	내진 보강용 기존 기초 보강 기술	의존	성장기
	그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	의존	성장기
	풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	자립	성장기
	말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	의존	성장기
	말뚝 수평저항력 증대 기술	자립	성장기
	말뚝 주면마찰력 증대 기술	자립	성장기
	말뚝 선단지지력 증대 기술	자립	성장기
	성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	자립	성장기
해상기초	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	자립	성장기
	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	자립	성장기
	해상 기초 지지력 확인 기술	자립	성장기
	버켓기초 설계/시공 기술	의존	성장기
	해상 교량기초 가설공법	자립	성장기
	해상 구조물 수중 접합/분리 기술	의존	성장기
	케이슨 선단 차수 기술	자립	성장기
	케이슨 경량화 기술	자립	성장기
	케이슨 급속 지중 관입 기술	자립	성장기
	해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	자립	성장기
	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	자립	성장기
	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	자립	성장기
	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	자립	성장기
	해상기초의 내진보강 공법	의존	성장기
흙막이 구조물	굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	의존	성장기
	흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	자립	성숙기
	연약지반 앵커력 증대/확보 기술	의존	성장기
	시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	자립	성장기
	흙막이 지보재 간격 증대 기술	자립	성장기
	자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	자립	성장기
	지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	의존	성장기
	지하벽체 긴급 보수/보강 기술	의존	성장기
	도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	의존	성장기
	지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	의존	성장기
	자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	의존	성장기
	보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	자립	성장기

□ **해양준설/매립**

○ 해양 준설 및 매립분야 기술은 목적물로 구분하기 어려운 분야로 세부기술 단위에서 기술수준과 기술발전단계를 조사하였으며, 기술수준은 국내에서 많이 수행되어 성숙기로 조사된 준설토 조사/분석/정보화 기술 외에는 대부분의 기술들이 성장기로 조사되었음

- 다만, 특정 조건을 가진 준설토(오염 준설토, 고함수비 준설토 등) 처리 기술에 관해서는 도입기로 평가

○ 기술수준은 준설토의 장거리 이송 및 운반 관련 장비·기술에 있어서 오염 준설토나 고함수비 준설토, 준설토의 식생토 활용 등에 대한 처리기술에 있어서 의존으로 평가되고 있음

- 준설매립 공사에 대한 BIM 기반 설계/시공관리, 오염퇴적물 복토를 위한 준설토 수중 포설 기술 등은 현재 국내에서 기술이 없어 전무로 평가되고 있으나 준설 및 매립공사가 기존 항만들을 수심확보 등의 사유로 다양하게 발주되는 특성을 고려할 시에 빠르게 기술 확보가 가능한 분야로 판단됨

<표 3-82> 해양준설/매립 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
해양준설/매립	준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술	자립	성숙기
	준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술(준설매립 BIM기반 설계시스템)	전무	도입기
	준설토 세척 및 입도별 분리 기술	의존	성장기
	고함수·고유기질준설토고화처리기술	자립	성장기
	준설토관중혼합고화·개질처리기술	의존	성장기
	오염준설토 처리기술	의존	도입기
	고함수비 준설토 탈수 기술	의존	도입기
	준설 및 운반 장비 기술	의존	성장기
	준설 매립 이송 통합시스템 기술(+준설토 이송 모니터링 및 전문가 시스템)	의존	성장기
	준설토 장거리 이송 시스템 기술	의존	성장기
	준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술	자립	성장기
	준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술	의존	성장기
	친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술	자립	성장기
	준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술	자립	성장기
	준설토활용식생토·습지조성및복원기술(+식생토활용)	의존	성장기
	오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술	전무	도입기

□ **항만 및 해안구조물**

○ 단일한 목적물인 항만 및 해양구조물물에 대한 기술발전단계는 대부분 성장기, 성숙기로 평가되고 있으며, 갯벌지형에 있어서 준설토사를 활용하여 인공갯벌을 조성하는 인공조간대 조성기술은 해양준설/매립기술의 준설토 수중포설기술과 마찬가지로 국내 시공경험이 거의 없어 도입기로 평가

- 특히 모래질 갯벌이 아닌 준설점토를 재료로 이용하는 경우에 있어 연구가 거의 이루어지지 않은 점 등이 기술수준을 낮게 조사된 이유로 판단

○ 도출된 기술들이 FRP 합성형 항만구조물, 소파부유식 구조물 등 대부분 미래 항만 및 해안구조물 수요와 연계된 기술로서 기술수준은 의존으로 조사되어 있음

- 도입기에 있는 인공조간대 조성기술은 기술수준도 전무한 상황으로 평가

<표 3-83> 항만 및 해안구조물 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
항만 및 해안 구조물	신형소파블록 개발	의존	성숙기
	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	의존	성장기
	FRP합성형 항만구조물 개발	의존	성장기
	강재구조물 부식방지 기술	의존	성숙기
	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	의존	성장기
	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	의존	성장기
	안벽 증심기술	의존	성장기
	연약지반 개량 공법	자립	성숙기
	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	의존	성장기
	쓰나미방파제 개발 기술	의존	성장기
	고조방파제 개발 기술	의존	성숙기
	섹터게이트 개발 기술	의존	성숙기
	연안 침퇴적 저감 기술	자립	성숙기
	대형구조물 해상운반기술	의존	성장기
	대형구조물 해상시공기술	의존	성장기
	수중구조물 점검 기술	의존	성장기
	수중시공 모니터링 기술	의존	성장기
	인공조간대 조성기술	전무	도입기
	부유사 발생 및 영향 예측기술	의존	성장기
	폐기물 해상 처분장 조성기술	의존	성장기

□ **수중구조물**

○ 수중구조물은 국내 시공경험의 부족, 전문인력의 부족 등으로 인하여 대부분 의존단계로 평가되고 있으나, 기술발전단계는 도입기로 평가된 해저구조물 무인 시공기술이나, 해저구조물 운영을 위한 에너지 수급기술 이외에는 성장기로 조사

○ 수중구조물은 현재보다는 미래 수요에 해당하는 해저기지는 기술수준이 의존단계로 평가되었으나, 최근 해양 영토 분쟁이 증가됨에 따라 중요성이 강조되고 있어 성장기로 분류되고 있음

○ 해중공원시설은 국내 연안 생태계의 사막화 등에 따라 기술의 발전단계는 성장기로 평가되었으며, 기술수준도 자립수준으로 조사됨

○ 통신망 구축 및 글로벌 네트워크화에 따른 해중라이프라인 안전성 확보기술과 시공기술은 여전히 기술수준이 의존단계로 평가되고 있음

○ 해중에너지 생산시설은 조력 발전과 해상풍력발전을 중심으로 시공경험이 축적되기 시작한 상황으로 기술발전단계는 성장기, 기술수준은 자립으로 조사되었으나, 복합발전용 수중구조물은 의존으로 평가

<표 3-84> 수중구조물 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
해저기지	해저 기초 및 지반 조성기술	의존	성장기
	해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	의존	성장기
	긴급구난 및 응급복구 기술	의존	성장기
	유지관리를 위한 통합관리 기술	의존	성장기
	에너지 수급 기술	의존	도입기
	해저구조물 무인 시공 기술	의존	도입기
해중공원시설	해중조경 설계기술	자립	성장기
	해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	자립	성장기
해중 라이프 라인	해중라이프라인 안전성 확보 기술	의존	성장기
	해중케이블 시공 기술	의존	성장기
	해중파이프 시공 기술	의존	성장기
	해중라이프라인 유지관리 기술	자립	성장기
해중 에너지 생산시설	해상풍력발전 구조물 지지기술	자립	성장기
	조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	자립	성장기
	복합발전용 수중구조물 건설 기술	의존	성장기

□ **인공섬**

○ 인공섬은 항만 및 해안구조물에서 활용되는 기술들을 중심으로 성장기로 조사되고 있으나, 해상 유체의 흐름, 해저 시공환경 등과 연계된 기술들은 대부분 도입기로 평가되고 있으며, 기술수준은 대부분 의존단계로 조사

○ 매립식 인공섬은 최근 기술수요가 많이 발생하고 있는 기술로 매립 관련 기술은 기술발전단계가 성장기에 해당하나 환경 관련 기술들은 도입기로 평가되고 있으며, 기술수준은 의존단계로 평가

- 매립식 공법을 활용하고 있으나, 양질의 매립재 확보에 대한 어려움 들을 고려시 폐기물의 친환경적인 매립재화에 관한 기술 확보가 추진될 필요가 있음

○ 착저식 인공섬은 해상기초 관련 기술들과 연계하여 해외에서 기술수요가 지속적으로 증가하는 상황으로 해저지반 처리, 해석 등에 관한 기술들이 요구되나 대부분 선진업체에 의존하는 단계임

- 초대형 착저식 인공섬 구조물 제작 및 설치기술에 대한 기술수준도 의존으로 평가

○ 잔교식 인공섬은 부유구조체를 말뚝에 연결하여 수평변위를 최소화한 기술로서 항만 및 해안구조물에 대한 수요와 연계되어 국내 시장도 성장기에 해당하는 것으로 평가되고 있음

- 기술수준은 구조물의 내구성과 안전성, 부유구조체의 최적 설계 및 배치기술 등 대부분의 기술이 의존단계로 평가

○ 부유식 인공섬은 초대형 부유구조체를 해상에 설치하는 기술로서 싱가폴 등 국토면적이 적은 국가 등에서 수요가 많이 발생하고 있는 상황임. 따라서 일부 국내 건설업체들도 관련 연구를 진행하고 있다는 측면에서 성장기로 조사됨

- 네덜란드 등 일부 국가에서는 실물시험 등을 통해 기술개발을 추진하고 있으나, 국내 기술수준은 기술의 안전성과 시공실적 확보 등의 어려움으로 인해 의존으로 조사되어 선진기술을 확보한 업체나 기관과 협력을 통한 기술자립 추진 필요

<표 3-85> 인공섬 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
매립식 인공섬	폐기물 활용 매립 기술	의존	성장기
	호안구조물 급속 축조 기술	의존	성장기
	폐기물의 친환경 매립재화 기술	전무	도입기
	오염물질 차수 기술	의존	도입기
	매립재 유실 방지 기술	의존	성장기
착저식 인공섬	대면적 해저기초 조성 기술	의존	도입기
	해저지반-구조 상호작용 해석기술	자립	성장기
	해저 지반 평탄화 기술	의존	성장기
	초대형 착저구조물 제작 기술	의존	성장기
	초대형 착저구조물 설치 기술	의존	성장기
잔교식 인공섬	해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	의존	도입기
	부유체 해상 결합 기술	의존	도입기
	고내구성 신형식 말뚝 기술	의존	성장기
	대구경 말뚝 항타 기술	의존	성숙기
	부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	의존	성장기
	부유구조체 말뚝 연결 기술	의존	성장기
부유식 인공섬	초대형 부유구조체 구조시스템 기술	의존	도입기
	파랑-부유구조체 상호작용 해석 기술	의존	성장기
	부유구조체 안정성 향상 기술	의존	도입기
	부유체 위치고정 및 앵커링 기술	의존	성장기
	초대형 부유체 급속 제작 기술	의존	성장기
	대형화 모듈 접합 시공 기술	의존	성장기
	부유구조체 맞춤형 재료 기술	의존	성숙기

□ **고압, 극저온 구조물**

○ 고압 및 극저온 구조물은 대부분 극한환경에 처한 구조물 시공에 필요한 설계 및 시공기술로서 국내 시공환경이 일부 극저온 저장탱크를 제외하고는 도입기에 해당하는 것으로 조사됨

○ 극지구조물은 극저온 환경에서 콘크리트 구조물의 신속시공에 필요한 기술들과 모듈화 급속 시공에 필요한 기술들로 최근 장보고기지 건설 등을 통해 기술수준은 자립단계로 평가되는 상황이나, 설계 기술은 여전히 의존단계로 조사

○ 극저온 저장탱크는 국내 액화천연가스 저장시설 시공실적 증가등으로 인하여 자립수준으로 평가되나 LNG 탱크에서 발생되는 냉열 활용 기술은 전무로 평가

○ 극압극저온 구조물은 일부 콘크리트 배합 및 제작기술에 있어서 자립으로 평가되나 극한상태에서 구조물의 급속시공에 필요한 모듈화 기술 등 대부분 기술이 전무한 상태로 조사

<표 3-86> 고압, 극저온 구조물 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
극지 구조물	극저온 경화형 혼화제 제조기술	자립	도입기
	극저온 경화형 결합제 제조기술	자립	도입기
	극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술	의존	도입기
	모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술	의존	도입기
극저온 저장탱크	LNG 탱크 냉열 활용 기술	전무	도입기
	극저온 저장탱크 단열 기술	자립	성장기
극압 극저온 구조물	고인성 혼화재료 제조기술	의존	도입기
	콘크리트용 고인성 섬유 제작기술	자립	성장기
	고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술	자립	성장기
	고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술	전무	도입기
	모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술	전무	도입기
	극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술	전무	도입기
	모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술	전무	도입기

□ **방호구조물**

○ 방호구조물은 중동지역을 중심으로 전쟁을 수행하는 국가들과 테러 등의 위협을 받는 선진국들을 대상으로 기술개발이 이루어지는 분야로 국내 기술발전단계는 대부분 도입기에 해당

- 기존 구조물의 방호 보강 시공기술이나 구조물 보강용 방호재료 등 재료 관련 기술들에 있어 부분적으로 기술발전단계를 성장기로 평가

○ 국내 기술수준도 대부분 의존단계로 평가되고 있음. 단, 구조물 보강용 방호재료 등 재료 관련 기술 등 일부 기술에 한하여 자립으로 평가

○ 첨예한 분단 환경하에서 북한의 국지적 도발, 테러 위험의 증가 등을 고려할 시에 방호구조물에 대한 기술개발이 필요한 시점

<표 3-87> 방호구조물 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
방호 구조물	구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술	의존	도입기
	충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술	의존	도입기
	신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술	의존	도입기
	기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술	자립	성장기
	구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술	의존	도입기
	재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술	의존	도입기
	구조물 방호 설계 기술	의존	도입기
	구조물 방호성능 전산해석 평가기술	의존	도입기
	구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술	의존	도입기
	방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술	의존	도입기
	구조부재용 방호재료 및 자재 기술	자립	성장기
	구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술	자립	성장기
	신규 방호구조물 시공기술	자립	도입기
	기존 구조물 방호 보강 시공기술	자립	성장기
	구조물 방호 급속시공 기술	의존	도입기
	구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술	의존	도입기
	동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술	자립	성장기
	재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술	의존	도입기
	구조물 방호성능 시험평가 기술	의존	도입기
	구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술	의존	도입기

□ **우주구조물**

○ 우주구조물은 대표적인 미래 수요에 해당하는 목적물로서 시장조사결과에서도 2020년대 중후반에 시장이 가시화될 수 있는 것으로 조사되었기에 기술발전단계도 대부분 도입기로 조사됨. 단 지구환경내에서 시뮬레이션이 가능한 우주환경 구현 기술, 시공자동화 기술 등은 기술발전단계가 도입기에서 성장기로 넘어가는 것으로 조사

- 기술수준은 대부분이 전무나 의존단계로 조사되었으며, 우주환경과 유사한 극한지 등에 활용가능한 기술들을 중심으로 단계적인 기술개발 추진 필요

<표 3-88> 우주구조물 분야의 기술수준 조사 결과

목적물(L4)	세부기술(L5)	기술수준	기술발전단계
우주 구조물	태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술	의존	성장기
	대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술	의존	성장기
	지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술	자립	성장기
	자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구	의존	도입기
	현지자원 채굴 및 선별 기술	전무	도입기
	자원 이송 및 보관 기술	전무	도입기
	시추 자동화 기술	의존	성장기
	이동 및 이송수단 결정 연구	전무	도입기
	운송장비 및 운송시설 설계기술	전무	도입기
	운송체 자율주행 지원 기술	의존	성장기
	행성 표면 정밀 지형 복원 기술	의존	성장기
	우주 건설 표준 제정 연구	전무	도입기
	우주현지 지반평가 기술	의존	도입기
	저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술	전무	도입기
	착륙지 기반 시설 설계기술	전무	도입기
	거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화	전무	도입기
	우주구조물 시공자동화 기술	의존	성장기
	시공자동화 장비 원격 제어 기술	의존	성장기
	장비 성능 및 시공 모니터링 기술	전무	도입기
	폐기물 관리 기술	전무	도입기
	건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술	의존	성장기
	현지 건설재료 가공 및 소결기술	의존	도입기
	건설재료 이송 및 보관 기술	전무	도입기
	건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술	의존	도입기
	우주 건설장비 검증 기술	의존	성장기
	검증장비 운영 및 유지관리 기술	전무	도입기
	시험 표준화 기술	전무	도입기
	우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술	전무	도입기
	행성 식민지 관련법	전무	도입기
	우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화	전무	도입기

(3) 종합결과

□ **시설물 분야 선도 기술은 10개이며 전체적인 기술수준은 의존 정도로 기술의 확보를 통한 기술자립이 필요**

○ 418개의 기술 중 선도 기술 10개, 자립 기술 119개, 의존 기술 244개, 전무 기술 45개로 평가되며 선도 기술은 교량 분야(9개)에 집중

- 교량분야와 사면보호/보강/유지관리 분야의 기술자립도가 가장 높으며 전체기술 중 자립, 선도기술의 비중은 45% 이상을 차지

○ 의존 기술이 전체 기술수준의 58.4%(418개 중 244개)를 차지하여 기술개발·도입을 통한 조기 기술획득 및 기술국산화가 필요

- 자립 기술은 28.5%(418개중 119개)를 차지하여 선도 기술로 성장시키기 위한 집중 투자가 필요한 기술들로 판단됨

□ **교량과 사면/지반조사/기초 분야의 기술수준이 상대적으로 높고 터널 및 지하공간, 항만 및 해양구조물, 특수구조물은 낮음**

○ 교량 분야는 93개 세부 기술 중 자립 및 선도 기술의 비율이 절반 이상인 것으로 조사되어 다섯 가지 중분류 중에서 가장 기술수준이 높음

- 선도기술은 케이블교량(3개), 특수교량(1개), 고성능 다기능 활용 콘크리트 교량(1개)로 케이블교량의 기술수준이 가장 높다고 평가

○ 사면/지반조사/기초 분야는 90개 세부기술 중 자립기술의 비율이 46.7%로 전체적인 기술수준이 자립과 의존의 중간정도

○ 터널 및 지하공간 분야와 항만 및 해안구조물 분야는 대부분 세부 기술이 의존으로 조사되어 전체적인 기술수준이 의존으로 평가

- 지하대공간 분야는 특허·논문 기술경쟁력에서 최상위국으로 평가되었지만 실제는 의존으로 조사되었으며 원유 및 가스 지하저장 기술이 선도로 조사

○ 특수 구조물 분야는 전무, 의존기술의 비율이 82.5%로 가장 높아서 기술수준이 가장 낮게 조사되었으며 기초적인 원천기술의 확보가 필요한 분야로 판단됨

<표 3-89> 기술수준 및 발전단계 조사 결과

구분		세부기술	기술수준				기술발전단계		
			전무	의존	자립	선도	도입기	성장기	성숙기
교량	강구조 및 합성구조 교량	22	0	15	7	0	3	14	5
	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	40	1	20	18	1	4	33	3
	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	31	0	8	15	8	7	15	9
	소계	**93**	**1**	**43**	**40**	**9**	**14**	**62**	**17**
터널 및 지하공간	육상터널	27	0	26	1	0	4	23	0
	해저/침매터널	21	5	16	0	0	4	17	0
	부유식터널	22	11	9	2	0	16	6	0
	대심도 터널	17	0	11	6	0	8	9	0
	지하대공간	11	1	5	4	1	5	2	4
	소계	**98**	**17**	**67**	**13**	**1**	**37**	**57**	**4**
사면/지반조사/기초	사면보호/보강/유지관리	20	2	14	4	0	7	12	1
	지반조사/개량	34	0	17	17	0	1	23	10
	육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	36	0	15	21	0	1	34	1
	소계	**90**	**2**	**46**	**42**	**0**	**9**	**69**	**12**
항만 및 해양 구조물	해양준설/매립	16	2	9	5	0	4	11	1
	항만 및 해안구조물	20	1	17	2	0	2	12	6
	수중구조물	15	0	10	5	0	2	13	0
	인공섬	23	1	21	1	0	7	14	2
	소계	**74**	**4**	**57**	**13**	**0**	**15**	**50**	**9**
특수 구조물	고압, 극저온 구조물	13	5	3	5	0	10	3	0
	방호구조물(방탄/방폭)	20	0	15	5	0	16	4	0
	우주구조물	30	16	13	1	0	20	10	0
	소계	**63**	**21**	**31**	**11**	**0**	**46**	**17**	**0**
계		**418**	**45**	**244**	**119**	**10**	**121**	**255**	**42**

※ 세부기술별 기술수준 및 발전단계 결과는 부록 참고

3.3.3 목적물별 기술경쟁력 분석

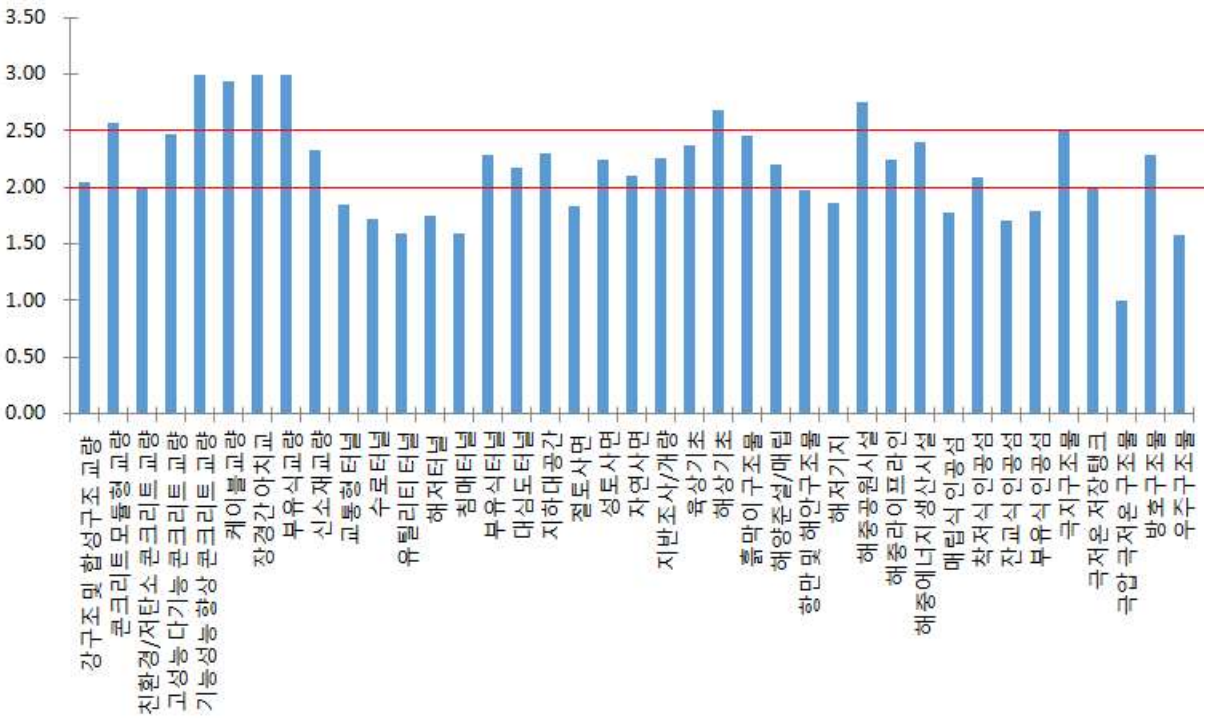
□ **목적물(L4)을 설계-시공-운영-유지관리하기 위해서는 기술분류체계 상의 세부기술(L5)을 모두 확보해야 하므로 핵심기술 간의 가중치는 동일하다고 가정하여 평균값을 목적물의 기술경쟁력으로 산출**

○ 목적물을 건설하기 위해서는 모든 핵심기술들을 확보하고 있어야 독자적인 사업 추진이 가능하고 세부기술 간의 개발 우선순위는 정할 수 있지만 모든 기술을 확보한다는 점에서 기술 간의 가중치값을 동일하게 적용

- 예를 들어, 콘크리트 모듈 교량을 건설하기 위해서는 모듈설계, 모듈제작, 모듈시공, 모듈 품질관리, 유지관리, 교량 외 부속물까지 전주기의 기술들이 필요하기 때문에 기술분류체계 상의 세부기술을 모두 확보하여야만 가능

○ 목적물별 기술경쟁력은 건설사의 주력분야인 교량분야의 기술수준이 높게 나타났으며 높은 기술수준을 요구하는 특수구조물의 기술수준은 낮게 산출

- 기능성능 향상 콘크리트 교량, 장경간 아치교는 자립수준으로 가장 높게 평가되었으며 극압 극저온 구조물은 전무수준으로 기술을 확보하지 못하였다고 평가



[그림 3-23] 목적물별 기술수준 비교결과

<표 3-90> 목적물별 기술수준 및 기술발전단계 결과

대분류 (L3)	중분류 (L3)	목적물 (L4)	기술수준	기술발전 단계
교량	강구조 및 합성구조 교량	강구조 및 합성구조 교량	2.05	1.82
	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	콘크리트 모듈형 교량	2.57	1.71
		친환경/저탄소 콘크리트 교량	2.00	1.60
		고성능 다기능 콘크리트 교량	2.47	2.00
		기능성능 향상 콘크리트 교량	3.00	2.50
	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	케이블교량	2.94	2.18
		장경간 아치교	3.00	2.60
		부유식교량	3.00	2.60
		신소재교량	2.33	1.39
터널 및 지하공간	육상터널	교통형 터널	1.85	1.48
		수로터널	1.71	1.57
		유틸리티 터널	1.60	1.70
	해저/침매터널	해저터널	1.75	1.69
		침매터널	1.60	2.00
	부유식터널	부유식터널	2.28	1.40
	대심도터널	대심도터널	2.18	1.32
	지하대공간	지하대공간	2.30	1.78
사면/지반 조사/기초	사면보호/보강 /유지관리	절토사면	1.83	1.20
		성토사면	2.24	2.08
		자연사면	2.10	1.76
	지반조사/개량	지반조사/개량	2.26	1.99
	육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	육상기초	2.38	1.79
		해상기초	2.68	1.97
		흙막이 구조물	2.46	2.16
항만 및 해양구조물	해양준설/매립	해양준설/매립	2.20	1.72
	항만 및 해안구조물	항만 및 해안구조물	1.98	2.09
	수중구조물	해저기지	1.87	1.63
		해중공원시설	2.75	1.88
		해중라이프라인	2.25	2.00
		해중에너지 생산시설	2.40	2.07
	인공섬	매립식 인공섬	1.78	1.38
		착저식 인공섬	2.09	1.44
		잔교식 인공섬	1.70	1.80
		부유식 인공섬	1.79	1.59
특수구조물	고압, 극저온 구조물	극지구조물	2.50	1.00
		극저온 저장탱크	2.00	1.50
		극압 극저온 구조물	1.00	1.00
	방호구조물(방탄/방폭)	방호구조물	2.28	1.40
	우주구조물	우주구조물	1.58	1.28

3.4 핵심시설물 선정 결과

(1) 선정 프레임워크

□ **시장조사 및 전문가 평가에 따른 매력도와 특허·논문 기술경쟁력 분석 및 기술수준조사의 결과를 활용하는 2×2 매트릭스 분석을 통해 '핵심시설물'로 선정**

○ 목적물(L4)의 매력도(Y축)가 높은 시설물을 '핵심시설물'로 선정하고 기술경쟁력(X축)에 따라 확보전략 차별화

- 5~10년 내에 해외시장 진출을 목표로 시설물 세부기술 확보전략을 수립한다는 연구의 목표에 따라 시설물의 시장매력도를 중요한 요소로 판단하여 매력도에 따른 시설물을 우선 선정
- 매력도가 높은 시설물 중 우리나라의 기술수준에 따라 기술확보 방법이 달라지기 때문에 기술수준에 따른 3영역으로 나누어 분석



[그림 3-24] 핵심 기술 선정 매트릭스

- A영역(성장주도형)은 기술경쟁력이 높으므로 시장을 리드하고 기술수준을 유지
- B영역(시장확보형)은 기술경쟁력이 중간이기 때문에 경쟁력이 낮은 세부기술에 집중
- C영역(원천기술형)은 기술경쟁력이 낮으므로 장기적으로 원천기술을 확보

(2) 핵심시설물

□ 성장주도형, 시장확보형, 원천기술형의 핵심시설물 선정



[그림 3-25] 핵심시설물 선정 평가 결과

○ **(성장주도형)** 국내 건설업계의 기술경쟁력이 높고 향후 시장매력도가 높아 글로벌 건설 시장에서의 지위확보·유지가 중요한 분야

※ 케이블교량, 장경간 아치교, 부유식 교량

○ **(시장확보형)** 기술경쟁력이 중간이고 시장매력도가 높아 전략적 지원을 통한 점유율 확대가 필요한 분야

※ 대심도 터널, 지하대공간, 해상기초, 부유식인공섬

※ 해상기초기술은 케이블교량, 인공섬, 부유식터널 및 터널 등 주요·미래형 메가스트럭처의 공통 기반기술 역할 수행

○ **(원천기술형)** 현재 기술경쟁력이 낮으나 시장에서의 가치가 높아 원천기술을 확보하여 신규시장을 선점할 필요가 있는 분야

※ 해저터널, 항만 및 해안구조물, 부유식터널

※ 해저터널의 세부하위기술은 대심도터널, 지하대공간, 부유식터널에 공통적으로 활용이 가능하여 파급력이 높음

<표 3-91> 핵심시설물의 현황 및 전망

구분	핵심시설물	선정배경
성장 주도형 (A형)	케이블교량	• 17개 하위세부기술 수준은 자립단계이나, 시공 및 유지관리는 기술선도 • 매년 200억 달러 이상 규모의 해외시장에서 국내업체의 수주가 활발하며, 수주기업의 기술력 평가 척도로 활용되는 핵심시설
	특수교량	• 장경간아치교와 부유식교량은 5개 하위세부기술은 자립·선도 수준 • 교량의 특수건설환경, 대륙·국가간 육상·철도 네트워크 강화에 따른 대표적 미래유망시장
시장 확보형 (B형)	대심도터널	• 17개 세부하위기술은 국가 R&D 투자로 '16년 기준 의존/자립 수준으로 향상 • 선진국과 거대도시를 중심으로 지속적으로 시장규모 유지
	지하대공간	• 11개 세부하위기술의 기술수준은 선도/자립/의존/전무 등 다양하게 분포 • 지상공간의 한계, 재난·재해 대비 등을 사유로 향후 시장의 형성·확대 전망
	해상기초	• 14개 세부하위기술의 기술수준은 자립/의존 • 초장대해상교량, 재생에너지원 활용 해상발전단지 수요증가로 해외시장 확대가 예상
	부유식인공섬	• 7개 세부하위기술수준 모두가 의존단계 • 신재생에너지 수요증가와 더불어 지역적 조건을 갖춘 국가 중심으로 시범사업이 추진 중이며, 향후 실용화에 대비할 필요
원천 기술형 (C형)	해저터널	• 21개 하위세부기술은 국내기술수준(의존/전무)이 매우 낮음 • 유럽과 아시아를 중심으로 시장이 형성되고 있으며, 단일 수주시에도 경제적 파급력이 큼
	항만 및 해안구조물	• 20개 세부하위기술수준은 의존/전무 단계로 매우 낮은편 • 전세계 물동량 및 해안 방호 수요 증가로 선형적 연결성이 낮은 국가를 중심으로 개발수요 증가 전망
	부유식터널	• 해저터널의 한가지 형식으로 해저 및 침매터널과 연결되어 활용 • 노르웨이, 핀란드 등 동유럽 지역을 중심으로 수요 예상

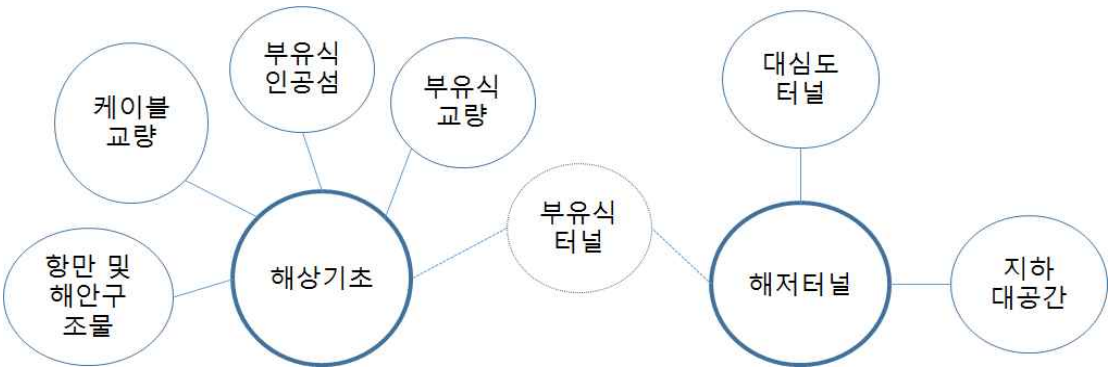
□ **해상기초와 해저터널을 중심으로 9개의 기술이 연관관계를 가지고 있어 해상기초는 원천기술 확보의 의미 부여 가능**

○ 앵커 기초 등 해상기초 기술은 케이블교량, 인공섬, 부유식 교량 및 터널에 메가스트럭처의 공통 기반기술 역할 수행

○ 해저터널은 대심도 터널, 지하대공간에 공통적으로 활용 가능한 기술이 있어 이의 활용을 고려할 필요 있음

○ 부유식 터널은 미래적인 시장을 가지고 있으며, 해상기초와 해저터널의 연구 성과와 연계한 기술개발이 가능한 분야

○ 교통형터널은 해저터널과 부유식터널과 유사한 세부기술을 가지고 있으며, 기술 난이도 또한 상대적으로 낮아서 핵심기술에서 제외



[그림 3-26] 핵심시설물 간 기술연계도

□ **핵심시설물 선정 과정 및 결과는 “시설물분야 상세기술 확보전략 수립 총괄위원회”에 안건 상정하여 최종 결정**

○ **(일시/장소)** ‘17.9.7.(목) 15:00～17:00, LW 컨벤션센터 다이아몬드룸

○ **(목적)** 해외시장 경쟁력 확보를 위한 시설물분야 ‘핵심시설’ 후보(안)에 대한 적정성 검토 및 중점지원대상 선정

○ **(참석자)** 기술안전정책관(주재), 기술정책과장, 업계 및 학계 전문가, 국토교통과학기술진흥원, 참여연구진

제4장 핵심시설물별 확보전략

4.1 기술확보전략 유형화

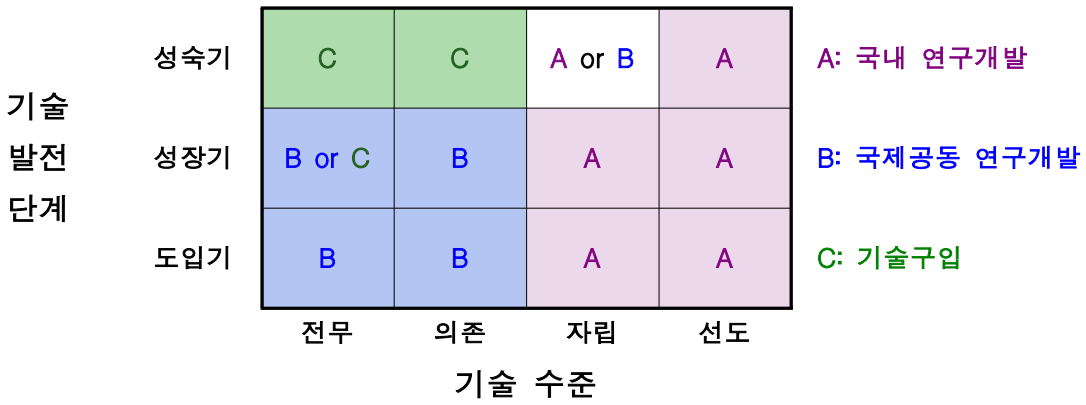
4.1.1 유형화 프로세스

(1) 확보전략 유형화 프레임워크

□ **기술수준, 기술발전단계 조사 결과를 바탕으로 세부기술 확보 방법을 유형화**

○ **(확보방법)** 전문가 설문조사를 통해 평가한 세부기술의 기술수준 및 기술발전단계 자료를 바탕으로 매트릭스 분석을 수행하여 기술획득 방법을 결정

- 국내 기술수준이 높은 세부기술은 독자적 연구개발(A)을 통해 확보하고, 기술수준이 낮은 세부기술은 국제 공동연구(B)를 통해 기술 확보
- 기술발전단계가 이미 성숙기에 도달해 있고, 국내 기술수준이 낮은 기술은 기술구입(C)을 통해 확보



[그림 4-1] 확보방법 유형화 매트릭스

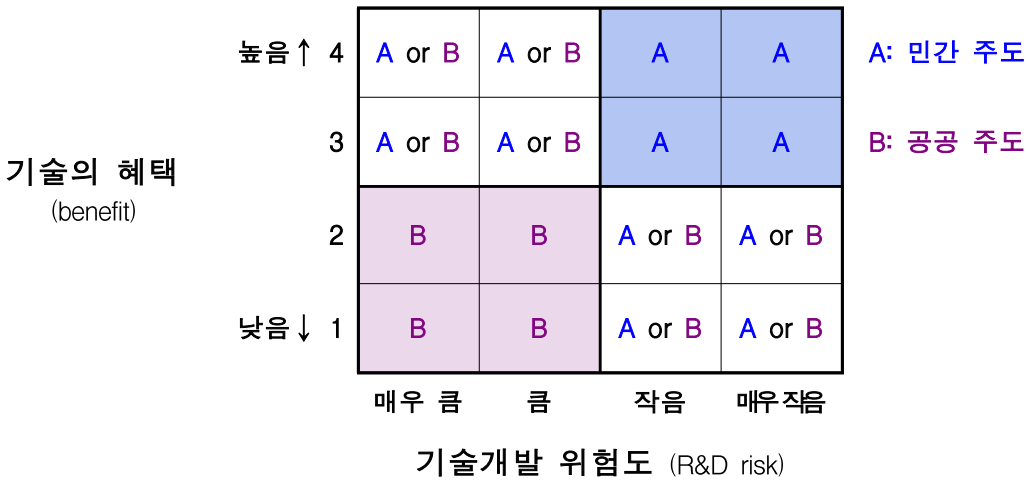
※ 기술발전단계: 기술 개발을 통해 조성되는 해당 분야 시장의 성장도에 따라 구분한 기술수명주기

· 도입기 : 초기의 기술이 도입되는 시기이기 때문에 기술개발의 위험성이 크지만, 성공 시 원천 특허 및 기술을 확보할 수 있어 새로운 시장 창출과 지배가 가능한 기술 · 성장기 : 도입기를 벗어나 기술의 경제성이 어느 정도 확보되어 산업적 투자와 관련 시장이 빠르게 성장하는 기술 · 성숙기 : 기술의 파급효과가 이미 관련 분야에 상당히 나타나고 시장의 수요를 충족하고 있어서 관련 시장의 성장속도가 낮은 상태의 기술

□ **QFD 평가를 통해 조사된 기술의 경제적 혜택, 기술개발 위험도를 바탕으로 세부기술 확보주체를 설정**

○ **(확보주체)** 해외 수요를 고려한 기술의 경제적 혜택과 기술개발 위험도를 바탕으로 기술개발 주체를 민간과 공공으로 구분

- '기술개발 위험도나 낮고 혜택이 높은 기술'은 기술개발의 리스크가 적고 개발을 통해서 높은 상업적 이익을 기대할 수 있기 때문에 민간 주도 확보
- '기술개발위험도가 높고 혜택이 낮은 기술'은 기술개발의 필요성이 적지만 공공의 이익을 위해 필요한 기술은 공공 주도로 확보
- '혜택은 높지만 위험도가 큰 기술', '혜택이 낮지만 위험도가 낮은 기술'은 공공 또는 민간이 상호보완 하여 기술 확보



[그림 4-2] 확보주체 유형화 매트릭스

(2) QFD 분석

가. QFD 평가개요

○ **(목적)** 핵심시설물을 대상으로 기술확보를 위한 QFD(Quality Function Deployment) 설문조사를 실시하여, 기술확보전략 유형화 및 기술개발 우선순위 설정에 활용

○ **(조사일시 및 방법)** 소분류(L3)별 TF 회의를 통해 2차에 걸쳐 대면/온라인 평가를 진행

- 1차 QFD 평가: ’16년 3월 말부터 4월 중순까지 TF 회의를 통해 18개 소분류별로 평가자에게 각 평가 항목별 평가 기준을 제공하고 소분류 하위의 세부 기술에 대한 평가 결과를 수집
- 2차 QFD 평가: 동 기간 내에 1차 평가데이터를 수집하여 정리한 결과를 제공하고 온라인으로 2차 평가를 진행하여 평가데이터를 보정

<표 4-1> QFD 평가 일정 및 평가자 현황

소분류	조사 일시 (2016년)	응답자	소분류	조사 일시	응답자
강구조 및 합성구조	3월 21일 오후2시	2명	지반조사/개량	3월 28일 오후3시	2명
콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	2월 28일 오후3시	3명	육상 및 해상기조/흙막이 구조물	3월 29일 오후2시	6명
신소재 복합재료 구조교량/특수교량	3월 28일 오후2시	2명	해양준설/매립	3월 28일 오후2시	4명
육상터널	3월 30일 오전10시	3명	항만 및 해안구조물	3월 31일 오후2시	4명
해저/침매터널	2월 28일 오후3시	4명	수중구조물	4월 11일 오후3시	5명
부유식터널	3월 30일 오후2시	3명	인공섬	3월 31일 오후2시	4명
대심도터널	3월 30일 오전9시	2명	고압극저온	3월 30일 오후2시	2명
지하대공간	4월7일 오후2시	3명	방호구조물	3월 30일 오후2시	3명
사면보호/보강/유지관리	2월 28일 오후3시	5명	우주구조물	4월3일 오전10시	3명

○ **(평가항목)** 해외 건설시시장 진출 확대 및 수익성 확보를 위한 세부기술의 중요도를 평가하기 위해, 기술의 효용, 해외시장 진출 수요 확대와의 부합성, 기술획득의 위험과 노력을 평가

<표 4-2> QFD 평가 항목

목표	대분류	소분류
해외 건설시장 진출 확대 및 수익성 확보	기술획득의 효용	기술적 획득 효용
	목표/수요와 부합성	기존 해외 건설시장 진출 확대 수요와 부합성
		신규 해외시장 진출 수요와 부합성
		해외 건설사업 수익성 확대 기여도
	기술획득의 위험과 노력	기술 획득의 위험
		획득기술의 수요/계획의 명확성 및 구체성
		투입시간과 노력

- 효용: 해외건설시장 진출역량 확보라는 관점에서 기술적 획득의 효용을 해외시장 확대, 수익성 개선의 효과 측면에서 평가

<표 4-3> '기술획득의 효용'의 QFD 평가 세부기준

구분	세부평가내용		점수
효용	1	이 기술은 향후 5년 안에 해외시장진출에 상당한 개선이나 수익성 개선을 초래할 것 같지 않음	0
	2	이 기술은 향후 5년 안에 a) 역량의 소규모 개선, b) 수익성 소규모 개선 c) 기술성능충족 가능	1
	3	이 기술은 향후 5년 안에 a) 역량의 주요한 개선, b) 수익성의 대폭 향상 가능	3
	4	이 기술은 향후 5년 안에 현재 불가능한 중요한 새로운 프로젝트나 임무를 가능하게 하는 변형적인 게임의 판도를 바꿀 능력(game change)을 제공할 수 있을 것으로 예상됨	9

- 목표/수요와 부합성: 시장의 관점에서 기존 해외시장 진출 확대 수요, 신규 해외시장 진출 수요와 부합성과 해외건설 수익성 확대 기여도를 평가

<표 4-4> '목표/수요와 부합성'의 QFD 평가 세부기준

구분	세부평가내용		점수
기존 해외시장 진출 확대 수요	1	이 기술은 기존 해외시장 진출 확대 수요에 영향을 미치지 못함	0
	2	이 기술은 한 분야에서 기존 해외시장 진출 확대 수요에 소규모 영향을 미칠 것임	1
	3	이 기술은 한 분야에서 기존 해외시장 진출 확대 수요에 대규모 영향을 미칠 것임	3
	4	이 기술은 여러 분야에서 기존 해외시장 진출 확대 수요에 대규모 영향을 미칠 것임	9
신규 해외시장 진출 수요	1	이 기술은 신규 해외시장 개척(창출) 수요에 영향을 미치지 못함	0
	2	이 기술은 틈새 시장을 발굴하여, 제한적으로 영향을 미칠 것으로 예상됨	1
	3	특정 분야/기술에 대해서 선도 가능한 정도의 영향을 미칠 것임	3
	4	신규 해외시장 진출 수요에 광범위한 영향을 미칠 것임	9
수익성 확대 기여도	1	해외건설 수익성 확대에 영향을 미치지 못함	0
	2	특정 분야의 해외건설 수익성 확대에 제한적으로 영향을 미칠 것으로 예상됨	1
	3	특정 분야의 해외건설 수익성 확대에 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨	3
	4	해외건설 전반의 수익성 확대에 광범위하게 영향을 미칠 것으로 예상됨	9

- 기술획득의 위험과 노력: 기술 획득의 관점에서 기술적 위험, 수요의 명확성, 투입시간과 노력을 평가

<표 4-5> '기술획득의 위험과 노력'의 QFD 평가 세부기준

구분	세부평가내용		점수
기술적 위험	1	기술 개발 위험도는 낮고, 실현가능성이 높음. 해외 선진기업도 해당기술 확보를 위한 다양한 노력 투입중	9
	2	기술 개발 위험도는 낮고, 실현가능성이 높음. 해외 선진 기업도 해당기술을 이미 확보하고 있음(기술 구매를 통해 해결)	3
	3	기술 개발 위험도는 보통이나, 예상 비용 및 소요기간이 과거 유사 프로젝트에 비해 상당히 초과할 것으로 예상됨	3
	4	기술 개발 위험도는 높은 편이나, 실현가능성이 높음.(예상 비용 및 소요기간이 과거 유사 프로젝트와 비슷)	3
	5	기술 개발 위험도는 매우 높은 편이고, 예상치 못한 혁신적인 돌파구 및 특별한 수준의 노력 없이 향후 10년 동안 기술개발을 기대하는 것은 무리	1
수요의 명확성	1	매우 복잡한 기술이거나, 기술개발 계획 수립이 어렵고, 다양한 주체 참여가 필요하며, 아직 미개발된 다수의 미 획득 기술에 크게 의존함	-9
	2	개략적인 기술의 개념이 있으나, 구체적으로 확인된 사용자나 수요가 불명확	-3
	3	기술 발전을 위한 명확한 계획 및 수요가 있으나, 구체적으로 확인된 사용자 수요 없음	-1
	4	기술 발전을 위한 명확한 계획 및 수요가 있고, 사용자들의 자금조달 가능성 있음	1
투입 시간과 노력	1	국가적 노력 : 사업단급 프로그램에 의해, 5년 이상 소요 (실질적인 신규 설비가 요구됨, 조직 및 인적 역량이 요구됨)	-9
	2	주요 프로젝트 : 연구단급 프로그램에 의해, 5년 이상 소요 (실질적인 신규 설비가 요구됨)	-3
	3	보통 노력 : 적당한 크기(50명 미만)의 팀에 의해, 5년 이내 달성	-1
	4	최소한의 노력 : 아주 작은(10명 미만) 팀(예, 대학 프로젝트)에 의해, 몇 년 안에 달성	1

○ **(평가결과 활용)** QFD 평가항목은 기술확보전략 유형화를 위한 매트릭스 분석을 위한 결과값 제공 및 핵심시설물의 확보 우선순위 평가에 활용

※ 세부기술별 QFD 점수는 부록 참조

- 우선순위 평가: 소분류 시설물별로 AHP 평가를 실시하여 가중치를 도출하고 상세기술(L5)별로 값을 합산하여 총점이 높은 세부기술을 먼저 개발하도록 우선순위 설정

<표 4-6> AHP분석을 통해 도출한 소분류별 가중치

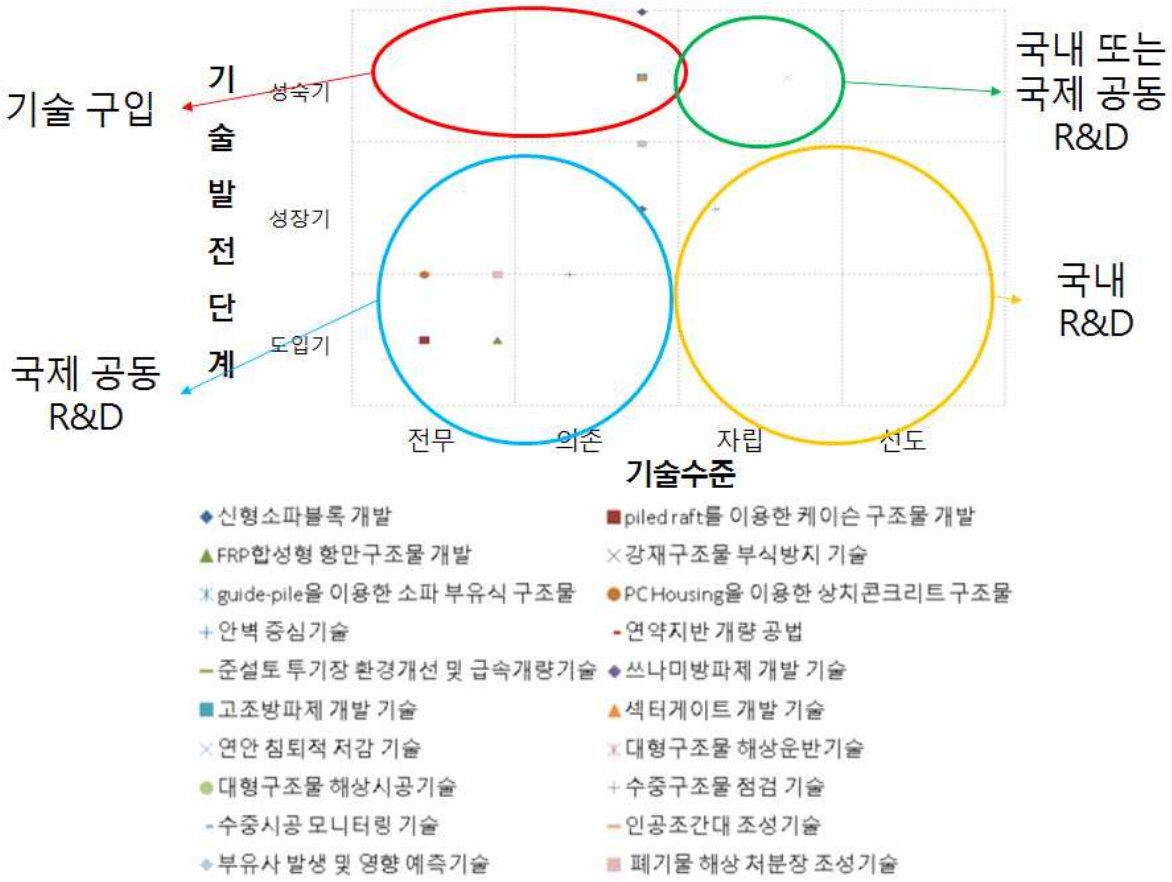
소분류	기술 획득의 효용	목표/수요와 부합성			기술획득의 위험과 노력		
		기존 해외 시장 진출 확대 수요	신규 해외시장 진출 수요	해외 건설 사업수익성 확대기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입 시간과 노력
강구조 및 합성구조	0.514	0.107	0.107	0.107	0.011	0.091	0.063
콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	0.579	0.035	0.083	0.177	0.024	0.093	0.009
신소재 복합재료 구조교량/특수교량	0.281	0.281	0.067	0.237	0.018	0.038	0.079
육상터널	0.619	0.063	0.109	0.109	0.020	0.048	0.031
해저/침매터널	0.562	0.024	0.106	0.196	0.019	0.066	0.027
부유식터널	0.246	0.191	0.225	0.073	0.025	0.157	0.083
대심도터널	0.489	0.252	0.026	0.071	0.014	0.109	0.040
지하대공간	0.723	0.019	0.035	0.035	0.080	0.069	0.039
사면보호/보강/유지관리	0.538	0.082	0.125	0.091	0.023	0.085	0.057
지반조사/개량	0.530	0.055	0.075	0.137	0.065	0.075	0.064
육상 및 해상기조/흙막이 구조물	0.696	0.039	0.067	0.059	0.010	0.083	0.046
해양준설/매립	0.216	0.111	0.245	0.077	0.027	0.131	0.193
항만 및 해안구조물	0.698	0.022	0.038	0.177	0.022	0.024	0.020
수중구조물	0.114	0.118	0.074	0.542	0.013	0.108	0.030
인공섬	0.387	0.019	0.110	0.081	0.060	0.273	0.069
고압극저온	0.405	0.043	0.179	0.258	0.010	0.084	0.020
방호구조물	0.236	0.048	0.291	0.313	0.018	0.056	0.038
우주구조물	0.273	0.060	0.395	0.056	0.018	0.118	0.079

4.1.2 유형화 결과

□ **세부기술의 확보 방법 및 주체 유형화 결과**

○ **(확보방법 유형화)** 국내 연구역량을 보완하기 위한 국제공동연구 유형이 가장 많았고 기술도입을 통한 기술확보는 소수로 조사됨

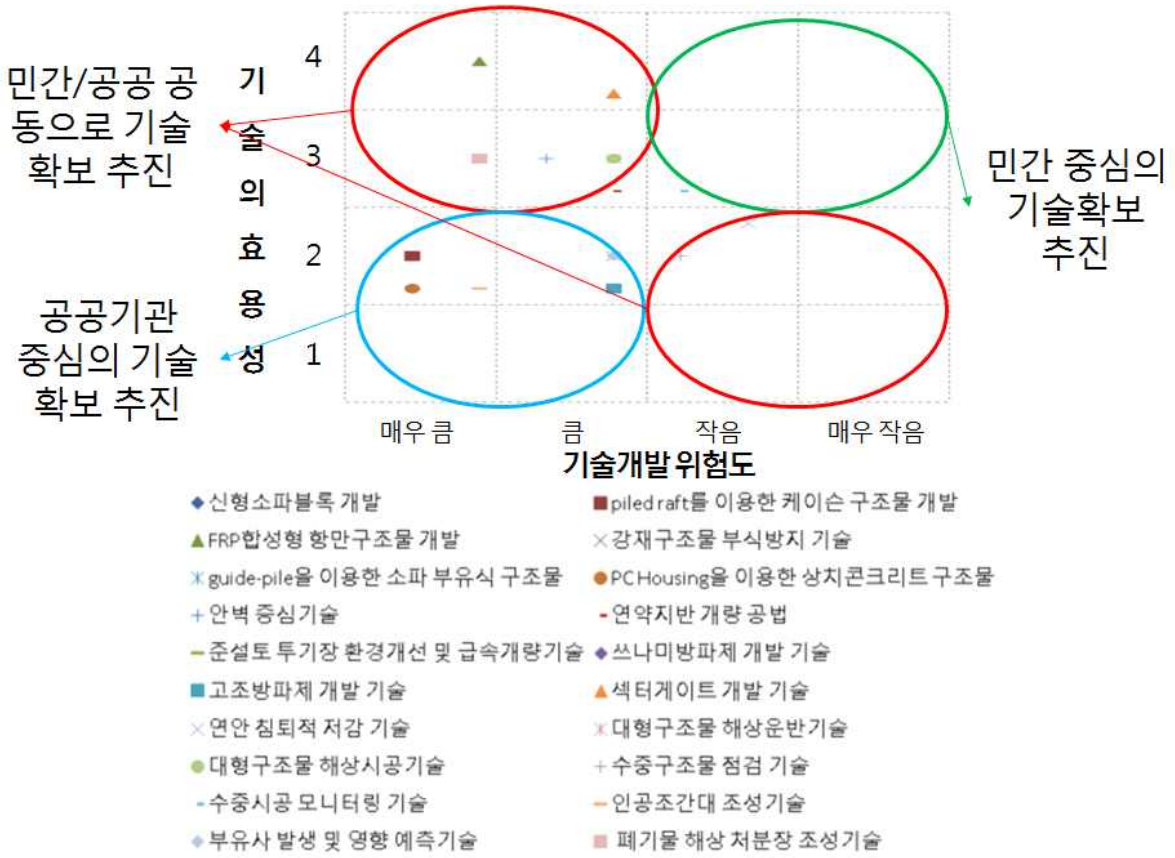
- 기술자립 비율이 높게 평가된 시설물은 국내 R&D의 비율이 높고 기술의존과 기술전무 비율이 높은 분야는 국제 공동 R&D의 비율이 높음
  - · 교량과 사면 분야의 기술은 국내 R&D의 비율이 높고 터널, 해양, 특수구조물 분야는 국제 공동 R&D의 비율이 높음
- 기술도입을 통한 기술확보는 13개로 조사됨
  - · 기술도입: 기술발전단계가 높고 국내기술수준이 낮아 R&D의 효율이 낮은 기술



[그림 4-3] 확보 방법 유형화 매트릭스 예시(항만 및 해안구조물)

○ **(확보주체 유형화)** 전반적으로 기술개발의 위험도가 높게 평가되어 공공이나 공공/민간 공동 개발 유형의 기술이 많음

- 공공 또는 공공/민간 공동 확보 기술이 190개, 211개로 조사됨



[그림 4-4] 확보 주체 유형화 매트릭스 예시(항만 및 해안구조물)

<표 4-7> 세부기술 확보전략 유형화 결과

구 분		세부기술	확보 방안					확보 주체		
			국내 R&D	국내 또는 국제 공동 R&D	국제 공동 R&D	국제 공동 R&D 또는 도입	기술 도입	민간	공공 또는 민간	공공
C1 교량	C11 강구조 및 합성구조 교량	22	7	0	15	0	0	0	6	16
	C12 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	40	16	3	21	0	0	10	19	11
	C13 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	31	16	15	0	0	0	2	27	2
	소계	**93**	**39**	**18**	**36**	**0**	**0**	**12**	**52**	**29**
C2 터널 및 지하 공간	C21 육상터널	32	2	0	30	0	0	0	2	30
	C22 해저/침매터널	21	0	0	21	0	0	0	5	16
	C23 부유식터널	22	2	0	18	1	1	0	2	20
	C24 대심도 터널	17	6	0	11	0	0	2	11	4
	C25 지하대공간	11	10	0	1	0	0	3	8	0
	소계	**103**	**20**	**0**	**81**	**1**	**1**	**5**	**28**	**70**
C3 사면/ 지반 조사 /기초	C31 사면보호/보강/ 유지관리	21	7	0	14	0	0	0	9	12
	C32 지반조사/개량	34	9	7	15	0	3	2	21	11
	C33 육상 및 해상기초/ 흙막이구조물 및 지하벽체	36	18	7	11	0	0	5	23	8
	소계	**91**	**34**	**14**	**40**	**0**	**3**	**7**	**53**	**31**
C4 항만 및 해양 구조 물	C41 해양준설/매립	16	3	3	10	0	0	2	9	5
	C42 항만 및 해안구조물	20	2	1	11	1	5	0	16	4
	C43 수중구조물	15	7	0	8	0	0	4	10	1
	C44 인공섬	33	1	0	30	0	2	0	19	14
	소계	**84**	**13**	**4**	**59**	**1**	**7**	**6**	**54**	**24**
C5 특수 구조 물	C51 고압, 극저온 구조물	13	3	0	10	0	0	0	5	8
	C52 방호구조물 (방탄/방폭)	20	3	0	17	0	0	2	4	14
	C53 우주구조물	30	1	0	29	0	0	1	15	14
	소계	**63**	**7**	**0**	**56**	**0**	**0**	**3**	**24**	**36**
계		**434**	**113**	**36**	**272**	**2**	**11**	**33**	**211**	**190**

4.2 핵심시설물 기술확보전략

4.2.1 케이블교량

(1) 핵심시설물 개요

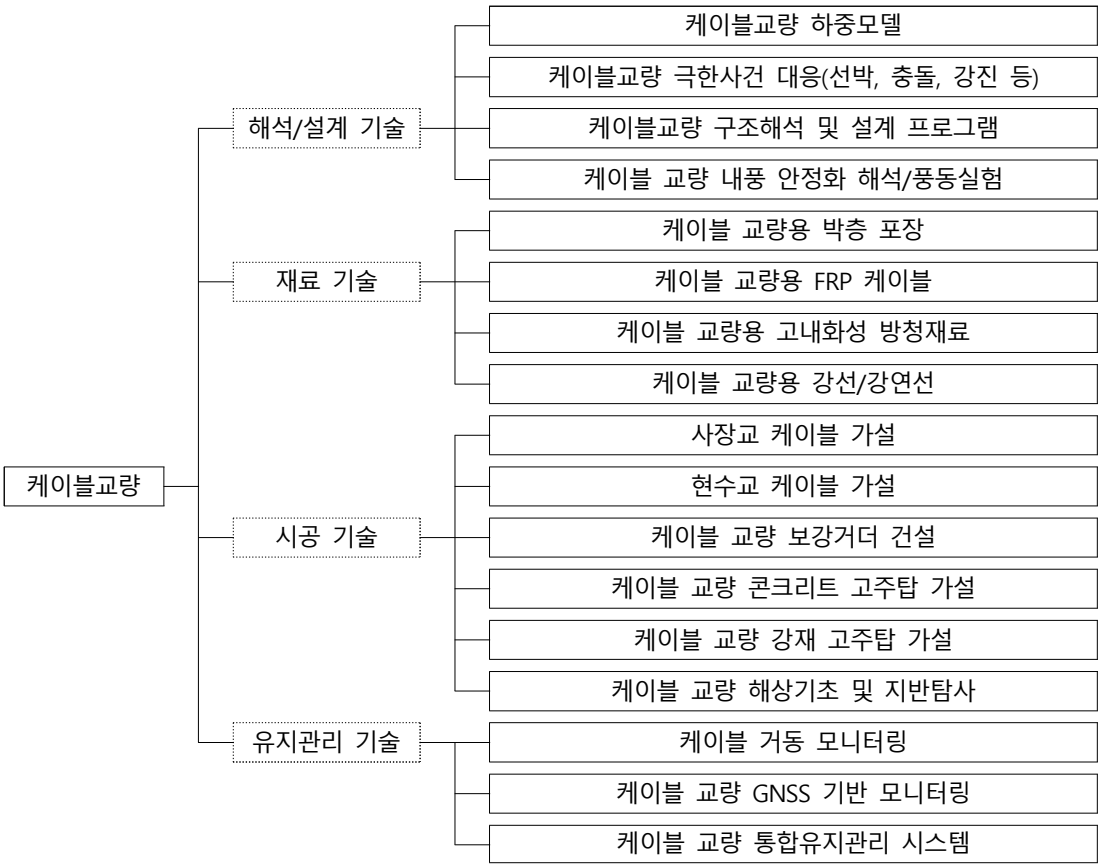
□ **케이블교량의 정의**

○ 케이블교량은 현수교, 사장교와 같이 고강도의 케이블을 활용한 (초)장대교량을 의미

※ 초장대교량은 주경간(교각과 교각사이의 거리) 거리가 1,000 m 이상(현수교는 2,000 m) 이상인 교량을 의미

□ **케이블교량의 세부기술 범위**

○ 케이블교량의 글로벌 경쟁력 강화를 위해 확보해야 할 기술적 범위는 교량해석, 교량용 재료 확보, 교량 건설, 교량 유지관리 관련 17개 세부기술(L5)임



[그림 4-5] 케이블교량 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 현수교와 사장교 등 초장대 교량은 매년 200억달러 이상의 시장 규모로 추산

- 연평균 14건 이상이 발주되며, 사업비도 10억~20억 달러로 대형 사업*의 특성을 가지고 있어 1개 수주 시 경제적 효과 높은 시설

※ 현수교는 연평균 4.13건 준공, 평균 사업비는 20.4억 달러, 사장교는 연평균 10.3건 준공, 평균 사업비는 11.4억 달러로 조사

○ **(시장성장 요인)** 경제글로벌화로 인한 국가 간, 지역 간 도로, 철도 등 교통망 연결 수요 증가, 해안지역을 중심으로 대도시 인구집중에 따른 해상을 활용한 교통문제 해소 요구 증대 등

○ **(주요 시장)** 중동, 이집트 및 섬이 많은 아시아(동남아 지역)를 중심으로 지속적으로 일정 시장규모를 유지할 것으로 예상

※ 주요 예상 프로젝트 : 인도네시아 순다 대교(30km, 수마트라섬-자바섬)

□ **적정성 검토 결과**

○ 케이블교량은 최근 현대, SK 등 국내 업체들이 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 지속적으로 시장을 리딩하고 있는 핵심시설임

○ 케이블교량 시장은 단위 프로젝트 규모가 크고 중동, 아시아 등을 중심으로 지속적으로 발주되는 시장적 특성을 가지고 있어 대기업의 관심이 높은 시설임

○ 케이블교량 기술은 수주 확대뿐만 아니라, 수주기업의 기술력 평가의 바로미터로 활용되는 특성을 보이고 있음

- ■ 케이블교량 하중모델·구조해석 및 내풍 안정화 설계기술
- ■ FRP 케이블 교량용 자재 및 고내화성 방청재료 개발
- ■ 케이블교량 해상 기초 및 지반탐사 기술 개발 필요
- ■ 기술선도 위상 유지를 위한 시장 리딩전략을 채택하고 민간의 기술개발 참여를 유도하는 정책적 지원 고려

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 경제글로벌화, 대도시 인구집중 등으로 전세계 케이블 교량 발주 증가 예상
- ㅇ **(시장매력도)** 케이블교량은 매년 200억 달러 이상의 시장규모로 지속적인 성장이 예상되며, 대형 사업이 다수를 차지하여 수주시 경제적 효과가 매우 높음
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 국내 대기업들의 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 기술을 선도 중이나, 일부 기술은 선진업체에 의존 중이며, 기술의 경쟁력이 저조

□ **경제글로벌화, 대도시 인구집중 등 글로벌 트렌드에 따라 케이블교량 발주 증가 예상**

○ 경제글로벌화로 인한 국가 간, 지역 간 도로, 철도 등 교통망 연결 수요 증가 중

○ 해안지역을 중심으로 대도시 인구집중을 완화하기 위해 해상을 활용한 교통문제 해소 욕구가 증대

□ **케이블교량은 매년 200억 달러 이상의 시장규모로 추후 중동, 이집트 및 동남아 지역을 중심으로 지속적으로 시장성장이 예상**

○ 현수교, 사장교 등 (초)장대교량은 매년 200억 달러 이상의 시장규모로 추산

- 사업비 10~20억 달러의 대형사업 중심으로 연평균 14건 이상이 발주되고 있으며, 사업수주시 경제적 효과가 매우 높음

※ 현수교는 연평균 4.13건 준공, 평균사업비 20.4억 달러
사장교는 연평균 10.3건 준공, 평균 사업비는 11.4억 달러로 추산

○ 케이블교량은 단위 프로젝트 규모가 크며 중동, 아시아 등을 중심으로 지속적으로 발주되는 특성을 갖고 있어 민간 대기업의 관심이 높은 시설

□ **케이블 교량은 국내 대기업들의 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 시공 및 유지관리 분야에서는 국내에서 기술을 선도 중이나 교량 기초 및 지반탐사 등은 선진업체 의존**

○ 케이블 교량은 최근 현대, SK 등 국내 업체들이 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 지속적으로 글로벌 시장을 리딩하고 있는 핵심시설임

※ SK-대림 컨소시엄, 터키 차나칼레 현수교 수주(3조 5,000억 원 규모)('17.1)

※ 현대건설, 쿠웨이트 쉐이크 자베르 코즈웨이 해상교량 수주 (2조 9,000억 원 규모)('12.11)

○ 케이블교량 기술은 수주 확대뿐만 아니라 수주기업의 기술력 평가의 바로미터로 활용되는 특성을 갖고 있으나, 국내 전체 기술수준은 자립수준으로 평가

- 시공과 유지관리 기술을 중심으로 기술 선도(29.4%, 5개 기술)
- 설계기술은 자립, 신소재 케이블과 교량 기초 및 지반 탐사기술은 여전히 선진업체에 의존하고 있는 상황

<표 4-8> 케이블교량 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
케이블 교량	케이블 교량 하중 모델	선도
	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	자립
	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	자립
	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	자립
	케이블 교량용 강선/강연선	선도
	케이블 교량용 박층 포장	자립
	케이블 교량용 FRP 케이블	의존
	케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	의존
	사장교 케이블 가설	자립
	현수교 케이블 가설	선도
	케이블 교량 보강거더 가설	자립
	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	선도
	케이블 교량 강재 고주탑 가설	자립
	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	의존
	케이블 거동 모니터링	선도
	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	선도
	케이블 교량 통합유지관리시스템	선도

- 또한 케이블교량이 포함된 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 논문·특허 기술경쟁력은 최고 선진국인 미국(1.18)의 67.87% 수준인 0.80으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 미국(1.63), 국내(0.80), 경쟁력 격차 49.0%
특허경쟁력: 최고선진국 일본(0.97), 국내(0.80), 경쟁력 격차 81.8%
논문·특허 경쟁력: 최고선진국 미국(1.18), 국내(0.80), 경쟁력 격차 67.8%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 기술수준과 발전단계가 높으며 확보 시 혜택이 크지만 기술개발 위험도가 낮은 케이블 교량 보강거더 가설과 케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설 기술은 민간에서 주도적으로 R&D를 통해 확보

○ 케이블 교량 관련 선도기술과 자립기술은 공공과 민간에서 R&D를 통해 확보

○ 기술발전단계와 기술수준이 낮으며, 기술개발 위험도가 높고 혜택이 낮은 케이블 교량용 FRP 케이블, 케이블 교량용 고내화성 방청재료, 케이블 교량 해상 기초 및 지반탐사 기술은 공공이 주도적으로 국제 공동연구를 통해 확보하도록 함

<표 4-9> 케이블교량 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
케이블 교량 하중 모델 선도	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등) 자립	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램 자립	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험 자립	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량용 강선/강연선 선도	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량용 박층 포장 자립	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량용 FRP 케이블 의존	국제 공동 R&D	공공
케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응) 의존	국제 공동 R&D	공공
사장교 케이블 가설 자립	국내 R&D	공공/민간
현수교 케이블 가설 선도	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 보강거더 가설 자립	국내 R&D	민간
케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설 선도	국내 R&D	민간
케이블 교량 강재 고주탑 가설 자립	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사 의존	국제 공동 R&D	공공
케이블 거동 모니터링 선도	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 GNSS 기반 모니터링 선도	국내 R&D	공공/민간
케이블 교량 통합유지관리시스템 선도	국내 R&D	공공/민간

□ **공공/민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(케이블 교량 하중모델)** 공공/민간의 R&D를 통해 기존 설계법 대비 5~10% 절감 가능한 케이블 교량 하중모델 개발

- 현재 현수교 주경간장 3km, 사장교 주경간장 1.5km의 prototype 설계 성과품 개발 완료
- 확률, 데이터 기반의 하중 모델 개발을 통해 설계 수명 200년 이상을 달성할 수 있는 기술 개발 필요

○ **(케이블 교량 극한사건 대응)** 공공/민간의 R&D를 통해 다양한 극지, 쓰나미, 화재, 폭발, 테러 등 재난·재해에 대응하는 기술 확보

- 현재 국내에서 한계상태기반 충돌방지공 설계 등의 기술 개발 중
- COWI사, ARRUP사 등의 해외 기업에서 극한 사건 대응 설계 기술 개발 중

○ **(케이블 교량 구조해석 및 설계 프로그램)** 공공/민간이 R&D를 추진하되, 민간에서 다수의 해석 및 설계 프로그램 개발을 활발히 수행 중이므로 민간이 주도

- 국내에서 현재 MIDAS 등 해석프로그램의 개발 및 상용화 완료
- 선진국에서 개발된 RM, TANGO, IBDAS 프로그램 수준을 목표로 개발 필요

○ **(케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험)** 신형식 내풍 안정화시스템을 개발하여 시공안전성을 확보하고 해외상용 프로그램을 국산화하기 위한 공공/민간 R&D 추진

- 내풍 단면 설계 전용 2D 해석 프로그램 및 3D 기반 내풍 성능 해석 프로그램 개발 및 풍동 실험/평가 기술 확보
- 해외의 내풍 해석 상용프로그램을 대체 할 수 있는 수준의 프로그램 개발 필요(기술료 절감 효과)

○ **(케이블 교량용 강선/강연선)** 현재 세계 최고 강도 및 성능의 강선/강연선을 보유한 상태이나 중국이 동일성능 제품을 개발하는 등 빠르게 추격해 오고 있으므로 공공/민간 R&D를 통해 선도적 지위 강화

- 강도 및 성능(강선: 2,100 MPa (Φ5.4mm), 1,900 MPa (Φ7.0mm), 강연선: 2,200 MPa (Φ15.7mm), 2,400 MPa (Φ15.2mm))의 강선/강연선 개발 완료
- 지속적인 투자를 통해 현재 세계적으로 선도하는 기술 수준 유지 필요

○ **(케이블 교량용 박층 포장)** 공용수명 20년 이상의 기술을 보유 중으로 공공/민간 R&D를 통해 선도적 지위를 안정적으로 유지

- 박층 교면 포장 기술 개발(포장두께: 12mm. 40mm 2종 기술) 개발 완료
- 국내 기술수준이 세계적인 기술수준과 대등(이탈리아 메시나대교 12mm 박층 교면 포장 적용)한 수준으로 현재 수준을 유지하기 위한 연구 및 투자 필요

○ **(사장교 케이블 가설)** 국내에서 이미 서해대교, 거가대교, 인천대교 등에 MS 및 PWS 공법을 적용한 바 있으며, 기술의 선도적 지위 확보를 위해 공공/민간 주도의 국내 R&D 지속 추진

- 현재 국내 민간 기업의 기술로 가설 엔지니어링 수행이 가능한 수준
- 세계적으로 MS 및 PWS 공법을 적용한 다수 교량이 건설 중에 있어 관련 기술에 대한 연구 및 투자 필요

○ **(현수교 케이블 가설)** 국내에서는 세계 최초로 1,960 MPa, 2,100 MPa급 PPWS를 적용한 바 있으며, 공공/민간 주도의 국내 R&D 추진으로 일본, 중국, 미국 등 선진국과 비교하여 선도적 수준의 기술적 우위를 계속 선점

- 세계 최고 수준의 현수교 AS 가설장비(가설속도: 6 m/s), 현수교 PPWS 가설 장비 및 케이블 형상 장비(1,960 MPa, 2,100 MPa급 PPWS) 기술 보유
- 세계적으로 현재의 선도 수준을 유지할 수 있는 연구 및 투자 필요

○ **(케이블 거동 모니터링)** 사장재 케이블 영상기반 진동 감지기술을 활용한 차세대 교량 모니터링 시스템을 개발하여 거가대교 등에 적용한 바 있으나, 일본, 이탈리아, 포르투갈 등에서 추격 중으로 공공/민간 주도의 R&D 필요

- 디지털 영상장비를 이용한 진동 모니터링 및 장력 계측 장비(다측점, 가동식(Pan/Tilt/Zoom), 비접촉식) 기술 보유
- 현재 일본, 이탈리아, 포르투갈 등 해외 선진국과 유사한 수준의 기술을 보유하고 있으며, 첨단 IT 기술과 융합을 통한 모니터링 기술 확보 필요

○ **(케이블 교량 GNSS 기반 모니터링)** GNSS 도입 성숙단계로 전세계적으로 이미 초장대교량사업단이 개발한 기술과 유사수준의 모니터링시스템의 개발·적용이 확산되고 있으므로 선도기술수준 유지를 위해 공공/민간 주도의 R&D 필요

- GNSS 데이터 처리 및 분석(20Hz, 변위 등) 기술 보유

- 해외에서도 국내와 유사한 수준의 GNSS 기반 모니터링 시스템 개발 및 현장 적용 중이므로 현재의 선도 수준을 유지할 수 있는 기술 개발 필요

○ **(케이블 교량 통합유지관리 시스템)** 중국 수통교, 그리스 리온안토리오 교량 등 국내 최고기술수준과 유사수준의 3D 통합운영시스템 개발이 확대 중으로 시장경쟁력 지속 확보를 위해 공공/민간 주도의 R&D 추진

- 케이블교량의 유지관리에 요구되는 매뉴얼 및 통합운영시스템 개발 완료(유지관리 통합 매뉴얼, 3차원 모델 기반 점검 시스템 등)

- 통합유지관리 비용을 20% 절감할 수 있는 시스템 보유를 통해 시장경쟁력 확보 필요

□ **공공주도의 국제 공동 R&D 추진**

○ **(케이블 교량용 FRP 케이블)** 독일(5 mm, 2,700 MPa), 프랑스(6 mm, 2,400 MPa)이 최고기술을 보유하고 있으나, 전세계적으로 기술안정성에 대한 연구가 선행되어야 하므로 공공주도로 국제 공동 R&D를 통해 장기적으로 기술 확보

- 한국건설기술연구원에서 PC 강선용 FRP 케이블 연구 중

- 독일은 Φ5 mm 2,700 MPa, 프랑스는 Φ6 mm 2,400 MPa 기술을 보유, 세계적으로 기술안정성이 부족해서 단기 실용화가 아닌 장기적으로 개발이 필요한 미래 기술

○ **(케이블 교량용 고내화성 방청재료)** 낙뢰, 화재 등으로 인한 피해를 최소화하기 위한 기술개발 수요가 증가하고 있으나 현재 고내화성 케이블 방청재료는 세계적으로 전무한 상태로 공공주도의 국제 공동 R&D를 통해 미래기술 확보

- 국내 사장교의 경우 PTI 권장 규정에 따라 비 그라우팅 방법을 주로 사용

- 실제 피해사례를 바탕으로 낙뢰 등의 상황에서 케이블 단선 방지를 위한 기술 개발 필요

○ **(케이블 교량 해상 기초 및 지반탐사)** 국내기술수준(대응수심 100 m, 조사심도 50 m)와 비교하여 네덜란드, 호주, 독일 등은 조사심도가 약 260 m에 달하는 조사장비를 보유 중으로 공공주도의 국제 공동연구를 통해 향상된 성능목표 달성 필요

- 대수심 해저 착저형 지반조사장비 및 분석시스템 개발 완료(대응수심: 100 m, 조사심도: 50 m, SPT장치, 샘플링 및 암반 코어링 기술)로 자립 수준

- 대응수심 100 m, 조사심도 260 m의 성능을 갖는 해외 장비 수준을 목표로 기술 개발 필요

□ **민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(케이블 교량 보강거더 가설)** 보강거더 가설형상관리, 시공단계해석 기술을 거가대교, 인천대교 및 해외 다수교량에 적용한 바 있어 민간에서 독자적으로 R&D를 추진

- 보강거더 가설 형상 관리 및 시공단계 해석 기술 보유 중이며 거가대교, 인천대교 등의 실적을 보유하고 있지만 의존 수준
- 민간주도로 보강거더 가설 엔지니어링 기술 확보 필요

○ **(케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설)** 국내에서는 이미 기존 대비 주탑 시공 시간을 20%, 공사비를 약 22% 절감 가능한 독창적인 콘크리트 고주탑 가설장비(변단면 Slip Form) 기술을 보유하고 있으므로 민간 시공사에서 독자적으로 R&D를 추진

- GPS를 활용한 시공정밀도 및 형상관리 기술, GFRP를 활용한 슬립폼 장비 경량화 기술 등을 보유하고 있고 1.7m/day의 시공속도를 달성할 수 있는 기술 개발 완료
- 기존 대비 시공 시간 및 비용을 25% 이상 절감 가능한 기술을 목표로 개발 필요

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-10> 케이블교량 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	2.529	0.562	0.399	0.710	0.164	0.000	-0.158	4.206
2	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	1.686	1.685	0.133	0.473	0.055	0.000	-0.158	3.875
3	케이블 교량 보강거더 가설	2.529	0.562	0.133	0.473	0.109	0.000	-0.158	3.649
4	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	0.843	0.562	0.133	0.473	0.055	0.000	-0.158	1.908
5	케이블 교량 하중 모델	0.843	0.562	0.133	0.237	0.055	0.000	-0.079	1.750
6	케이블 교량 통합유지관리시스템	0.562	0.562	0.133	0.473	0.055	0.000	-0.079	1.706
7	케이블 교량용 강선/강연선	0.562	0.562	0.200	0.473	0.055	0.000	-0.158	1.694
8	케이블교량강재고주탑가설	0.562	0.562	0.133	0.473	0.055	0.000	-0.158	1.627
9	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	0.843	0.281	0.133	0.237	0.055	0.000	0.000	1.548
10	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	0.562	0.281	0.133	0.473	0.109	0.000	-0.079	1.480
11	케이블 교량용 고내화성 방청재료(누회 및 화재 대응)	0.562	0.562	0.133	0.237	0.055	0.000	-0.079	1.469
12	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	0.562	0.562	0.133	0.237	0.055	0.000	-0.079	1.469
13	케이블 거동 모니터링	0.562	0.562	0.133	0.237	0.055	0.000	-0.079	1.469
14	케이블 교량용 FRP 케이블	0.281	0.562	0.067	0.237	0.055	-0.038	-0.079	1.084
15	현수교 케이블 가설	0.562	0.281	0.067	0.473	0.055	0.000	-0.473	0.964
16	사장교 케이블 가설	0.562	0.281	0.067	0.473	0.055	0.000	-0.473	0.964
17	케이블 교량용 박층 포장	0.281	0.281	0.067	0.237	0.055	0.000	-0.079	0.841

4.2.2 장경간 아치교

(1) 핵심시설물 개요

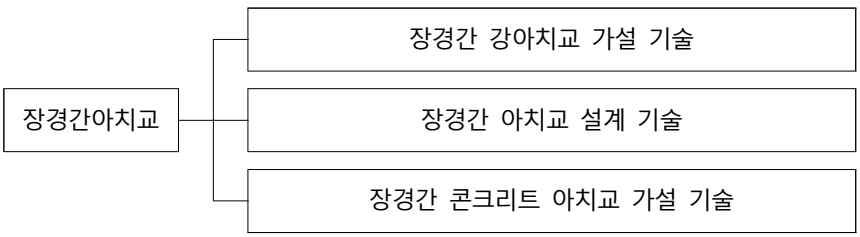
□ **장경간아치교의 정의**

○ 특수교량의 하나인 장경간 아치교는 교량의 구조를 곡선 모양으로 만들어 주위의 경관과 조화를 이루게 하는 70m*이상의 교량을 말함

※ 세계적으로는 중국에서 최근 최대 경간장이 500m 교량에까지 적용가능한 수준이며, 국내는 180m 수준

□ **장경간아치교의 세부기술 범위**

○ 장경간 아치교의 해외시장 경쟁력 강화를 위한 기술범위는 장경간 아치교 해석 및 설계기술, 장경간 강아치교 가설 기술과 장견간 콘크리트 아치교 가설 기술로 구성되어 있음



[그림 4-6] 장경간 아치교 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 장경간 아치교는 산악지역과 하천지역 횡단 철도교량을 중심으로 발주되는 추세이나 시장규모가 별도로 파악되기 어려움

- 국내 건설시장에서 아치교가 교량에서 차지하는 비율은 11% 미만
- 최근 건설된 대부분의 장경간 아치교는 중국시장을 중심으로 실적 보유

※ 국내에서 최근 개통된 장경간 아치교는 '구리암사대교('14)'로서 주경간 180m의 3경간 연속 중로 아치교로 시공

○ **(시장성장 요인)** 철도수요의 지속적인 증가 추세와 대륙·국가간 철도연계 강화 추세, 자연경관과 조화되는 교량 건설 등에 따른 요구 증대 등

○ **(주요 시장)** 산악지역과 하천지역이 많은 일본과 유럽, 일대일로 프로젝트에 따른 산지 관통 도로 및 철도 구축을 추진하는 중국이 주요 시장으로 예상됨

※ 중국은 최근 10년내 주경간 200m이상의 장경간 아치교를 18개 이상 건설하였으며, 최장경간은 552m(Chaotianmen Bridge, '09년 개통)임

□ **적정성 검토 결과**

○ 국가간, 지역간 교류가 빈번해지면서 다양한 지역 네트워크 구축을 위해 지속적으로 발주되는 시장 특성을 가지고 있음

- 장경간 아치교는 철도 건설 시장의 증가 추세에 맞추어 지속적으로 발주되는 시장 특성을 가지고 있음

○ 구리암사대교, 금강철교와 구리 고속철도 등 국내 업체들의 교량 건설 기술 경험 및 시공실적으로 충분히 해외시장 개척 및 수주 활동이 가능한 분야로 판단됨

■ 국내 장경간 아치교는 200m 미만에 불과하나, 중국을 중심으로 세계시장은 500m를 넘고 있음
■ 국내 장경간 아치교는 200m 미만에 불과하나, 중국을 중심으로 세계시장은 500m를 넘는 실적 보유
■ 라이즈비(교량길이와 아치 높이의 비) 한계 극복을 위한 설계기술
■ 아치교 대블럭 제작 및 운송기술, 회전 및 압출공법에 의한 일괄 급속시공 기술
■ 케이블 공법에 의한 아치 리브 가설기술, 프리캐스트 콘크리트 리브 제작 및 가설기술

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 철도수요의 지속적인 증가 추세와 대륙간, 국가간 산악지역을 관통하는 교통수요 증가, 자연경관과 조화되는 교량 건설 수요 증가 등으로 수요는 증가 예상
- ㅇ **(시장매력도)** 장경간 아치교의 국내 시장은 전체 교량의 11%에 불과하여 관심이 적음. 세계시장은 중국을 중심으로 지속적으로 발주되고 있는 것으로 파악
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 국내 대기업들의 장경간 아치교 설계 및 기술수준은 자립 수준이나, 중국 중심의 세계시장 형성구도에 타 지역 시장은 단발적인 수요로 인해 경쟁력 확보에 대한 관심이 저조

□ **국가간, 지역간 교류가 빈번해지면서 철도를 중심으로 다양한 지역네트워크가 형성됨에 따라 장경간 아치교 수요가 증가되는 추세이며, 중국의 일대일로 정책에 의해 아치교 발주는 증가할 전망**

○ 특히 아치교는 자연경관과 조화에 초점을 둔 교량으로서 친환경 SOC 시설물 구축이라는 관점에서 산악지역 관통 철도교량을 중심으로 발주 지속 예상

□ **장경간 아치교는 산악지역과 하천지역 횡단 철도교량 수요와 연계하여 발주되는 추세이나, 전체 시장규모는 별도로 파악하기 어려움**

○ 국내 시장은 아치교가 교량에서 차지하는 비율이 11% 미만으로 파악되고 있으며, 대부분 단경간 아치교로 발주

- 국내에서 최근 장경간 아치교는 2014년에 개통된 '구리암사대교'로서 주경간 180m의 3경간 연속 중로 아치교로 시공되었음

□ **장경간 아치교량은 경간 거리 500m가 넘는 대규모 장경간 아치교 시공실적이 대부분 중국 업체가 가지고 있는 등 중국 중심의 해외시장 형성의 흐름에 비해 국내 기업의 중국시장 진출에 대한 애로요인 등으로 인해 해외시장 진출에 대한 관심 저조**

○ 장경간 아치교의 세부기술은 설계기술과 가설기술의 두가지 유형의 3개의 기술로 구성되어 있으며, 전체 기술수준은 1.8로 자립 수준으로 파악됨

- 현재 국내 기술은 도로교 설계기준에 단경간 아치교를 중심으로 설계기준이 간략하게 제시되어 있는 수준이며, 장경간 아치교의 정밀 해석, 장견간 고속철도 아치교량의 장기거동 등 일부 분야에서 설계기술이 부족한 것으로 파악됨

<표 4-11> 장경간 아치교 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
장경간 아치교	장경간 강아치교 가설 기술	자립
	장경간 아치교 설계 기술	자립
	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	자립

- 또한 장경간 아치교가 포함된 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 미국(1.18)의 67.87% 수준인 0.80으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 미국(1.63), 국내(0.80), 경쟁력 격차 49.0%
특허경쟁력: 최고선진국 일본(0.97), 국내(0.80), 경쟁력 격차 81.8%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 미국(1.18), 국내(0.80), 경쟁력 격차 67.8%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 중국 중심의 해외시장 형성에 따라 설계업체들의 관심이 저조한 측면이 있지만, 아치교의 발주가 지속적으로 이루어지고 있는 상황에서 중국 자본이 투자된 철도 인프라 확충 작업이 늘어날 수 있다는 점을 고려하면 공공과 민간의 협력을 통한 R&D 추진이 필요

○ 현재 자립 수준의 설계 및 가설기술을 선도기술로 전환시키기 위해서는 국내 시장에서 장경간 아치교에 대한 발주를 확대하여 국내 기업의 기술개발 참여 동기를 부여하고 시공실적 확보를 추진하는 전략이 추진되어질 필요가 있음

<표 4-12> 장경간 아치교 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
장경간 강아치교 가설 기술 자립	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간
장경간 아치교 설계 기술 자립	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간
장경간 콘크리트 아치교 가설 기술 자립	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간

□ 공공/민간주도의 국제 공동 / 국내 R&D 추진

○ **(장경간 강아치교 가설 기술)** 장경간 강아치교 가설 기술은 대블럭 시공 및 급속시공 기술 확보가 경제성 확보를 위한 중요 기술로 파악

- 대블럭 제작 및 운송을 위한 세부요소기술 확보 노력과 회전 및 압출공법에 의한 일괄 급속시공 기술 개발 필요

○ **(장경간 아치교 설계 기술)** 장경간 아치교 설계기술은 자립 수준이나, 국내 기업이 해외시장에 적극적으로 진출하기 위해서는 형식적 경제성 확보 노력과 함께 장경간 아치교의 한계극복을 기술개발을 통해 추진되어야 함

- 장경간 아치교 설계라이즈비(교량길이와 아치 높이의 비)에 따른 형식별 경제성 확보 노력과 함께 한계 라이즈비 극복을 위한 구조적 개념 정립 노력이 필요

- 또한 장경간 아치교의 상하부 연결구조 형식 개발도 필요

○ **(장경간 콘크리트 아치교 가설 기술)** 콘크리트 아치교 가설기술은 케이블공법과 연계한 가설기술 확보와 콘크리트 아치 리브 제작 및 가설기술이 필요

- 경사 단면 콘크리트 타설을 위한 최적 콘크리트 배합 도출 필요
- 케이블 공법에 의한 아치 리브의 가설기술과 프리캐스트 콘크리트 리브의 제작 및 가설기술 확보 필요

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-13> 장경간 아치교 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	0.843	0.561808	0.199728	0.47304	0.054675	0	-0.15768	1.975
2	장경간 아치교 설계 기술	0.562	0.280904	0.066576	0.23652	0.054675	0	-0.07884	1.122
3	장경간 강아치교 가설 기술	0.562	0.280904	0.133152	0.23652	0.054675	0	-0.15768	1.110

4.2.3 부유식교량

(1) 핵심시설물 개요

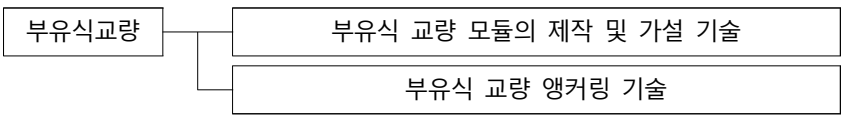
□ **부유식교량의 정의**

○ 부유식 교량*은 교량을 지지하는 구조물을 통해 물 위에 떠 있는 상태를 유지시키는 교량을 말함

※ 속이 빈 콘크리트 구조물인 '폰툰'(pontoon)이 교량을 지지하여 물 위에 떠 있는 상태를 유지, 거친 바람과 파도에 흔들리지 않도록 앵커를 호수 바닥과 연결하여 고정

□ **부유식교량의 세부기술 범위**

○ 모듈 형태로 제작된 부유식 교량의 설계, 제작 및 가설 기술



[그림 4-7] 부유식교량 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 부유식 교량은 시장이 형성되지 않았으나 일부 선진국가에서 도전적 의미로 대형 프로젝트* 진행

※ 미국 시애틀시는 '17.6월 경량전철이 통과할 수 있는 수상부유식 철도교량 착공

○ **(시장성장 요인)** 부유식 교량은 기존 장대교량에 비해 깊은 수심, 연약한 지반, 지진이 잦은 지역 등에서 유리하고, 환경손실이 적어 대륙·국가간 철도연계의 대체 시설물로 유망

○ **(주요 시장)** 지진이 잦으며 하천지역과 호수가 많은 북미 지역과 도로 및 철도 구축을 추진하는 중국이 주요 시장으로 예상됨

□ **적정성 검토 결과**

○ 국가간, 지역간 교류가 빈번해지면서 다양한 지역 네트워크 구축을 위한 장대교량의 대체 시설물로 유망한 시장 특성을 가지고 있음

- 부유식 교량은 다양한 철도 및 도로 교량 등에 활용하기 위한 연구가 진행 중이며 미국 시애틀시에서도 2017년에 세계 최초의 철도 부유식 교량*으로 착공

※ 시애틀시가 설치할 예정인 수상 부유식 철도교량(1.76km)은 300톤의 경량전철이 시속 88km로 달릴 수 있도록 내구성 확보 추진(2023년 완공 예정, 37억 달러)

※ 현재 콜로라도주 교통기술센터에서 실물크기의 실험용 교량을 제작하여 실험중

○ 석션파일기초공법과 같은 부유식 교량의 앵커링 기술을 바탕으로 부유식 교량 건설 기술 경험 및 시공실적을 확보한다면 충분히 해외시장 개척 및 수주 활동이 가능한 분야로 판단됨

■ 철도 및 도로교량에 활용 가능하도록 높은 하중 및 파랑 등의 외부적 요인에 견딜 수 있는 교량의 유연성 확보를 위한 설계기법과 교량을 고정시키는 앵커링 기술 등의 확보 필요

■ 해상기초 기술개발과 연계한 기술확보전략 수립 필요

(2) 주요현안

주요현안

- **(트렌드)** 관광 및 레저산업의 폭발적 성장에 따라 부유시설물의 수요 증가
- **(시장매력도)** 2012년 기준 300억달러 규모의 마리나 시장이 형성되어있고 매년 43% 이상의 성장이 예상되며 시설물의 시장규모가 1.8조원/년 임
- **(기술수준 및 경쟁력)** 대부분 중소기업위주의 부잔교 시장이 형성되어 있고 부유식 교량에 대한 기술개발은 미진한 상황임

□ 관광 및 레저산업의 증가에 따라 부유식 시설물의 수요 증가

○ 국내에서는 마리나 사업 육성에 따라 2015년 기준 부두용 부잔교에 약 7,500억원 선박 보호시설용 부잔교에 약 2,500억원의 시장이 형성되어있음

○ 2012년 기준 세계 마리나 시장의 규모는 약 300억달러이고 매년 43%이상의 성장세를 유지하고 있으며 이중에서 시설물의 시장규모를 5% 정도로 볼 때 1.8조원/년의 시장규모를 유지하면서 성장하고 있음

○ 이상기후의 증가에 따라 태풍 강도의 증가와 지진에 의한 해일 위험의 증가에 따라 해양 부유식 구조물의 수요가 증가되고 있음

□ 부유시설물 기술을 확대 적용한 부유식 교량의 적용 가능성 증가

○ 각종 내수면 레저 및 교통소통 수단으로서 부유식 교량의 수요가 증가될 것으로 예상됨

○ 북구유럽의 자연여건과 세계적인 레저산업의 수요 증가에 따라 부유식 교량의 건설확대가 예상됨

<표 4-14> 부유식교량 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
부유식 교량	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	선도
	부유식 교량 앵커링 기술	자립

- 또한 부유식교량이 포함된 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 미국(1.18)의 67.87% 수준인 0.80으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 미국(1.63), 국내(0.80), 경쟁력 격차 49.0%
특허경쟁력: 최고선진국 일본(0.97), 국내(0.80), 경쟁력 격차 81.8%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 미국(1.18), 국내(0.80), 경쟁력 격차 67.8%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 부유식 교량을 위한 모듈의 제작 및 시공 기술은 부잔교 기술을 확대 적용하여 기술 개발의 위험도를 줄일 수 있으며 이는 공공기관의 주도로 민간과 공동개발이 가능함

○ 앵커링 기술은 무어링과 파일링 등은 현재의 기술을 확대 적용할 수 있으므로 민간 부분에서 개발을 주도하여야 하나 고수심과 대형화 앵커링 기술은 공공의 주도로 민간과 공동개발이 가능함

<표 4-15> 부유식교량 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술 선도	국내 R&D	공공/민간
부유식 교량 앵커링 기술 자립	국내 R&D	공공/민간

□ 공공/민간주도의 국내 R&D 추진

○ **(부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술)**

- 충주 탄금호에 1.4km 부유식 교량용 콘크리트 모듈의 건설이 이루어 졌으나 이는 부유식 교량의 형태를 갖는 부잔교에 가까운 기술수준임
- 현재도 30m급 콘크리트 부잔교의 제작 및 설치가 가능하나 내구성이 낮은 일반콘크리트 모듈이거나 내구성, 경제성 등에서 불리한 강재형 모듈이 주류를 이루고 있음
- 내구성이 우수하면서 중차량의 통행이 가능한 부유식 교량용 모듈의 제작 및 가설을 위해서는 신재료를 적용한 신형식의 모듈개발이 필요함
- 이러한 부유식 교량의 수준은 폭이 10m급 이상이고 사용성 확보를 위하여 강결 또는 반강결식 연결방식의 모듈 제작과 연속화 기술이 필요함

○ **(부유식 교량 앵커링 기술)**

- 파일을 적용한 부잔교용 앵커링 기술은 상용화 되어 있으나 대형 부유식 교량의 앵커링을 위한 파일식 앵커링 또는 텐션레그식 앵커링 기술의 개발이 필요함

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-16> 부유식교량 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	0.843	0.561808	0.133152	0.23652	0.054675	-0.037935	-0.15768	1.633
2	부유식 교량 앵커링 기술	0.562	0.561808	0.133152	0.23652	0.054675	-0.037935	-0.15768	1.353

4.2.4 해저터널

(1) 핵심시설물 개요

□ **해저터널의 정의**

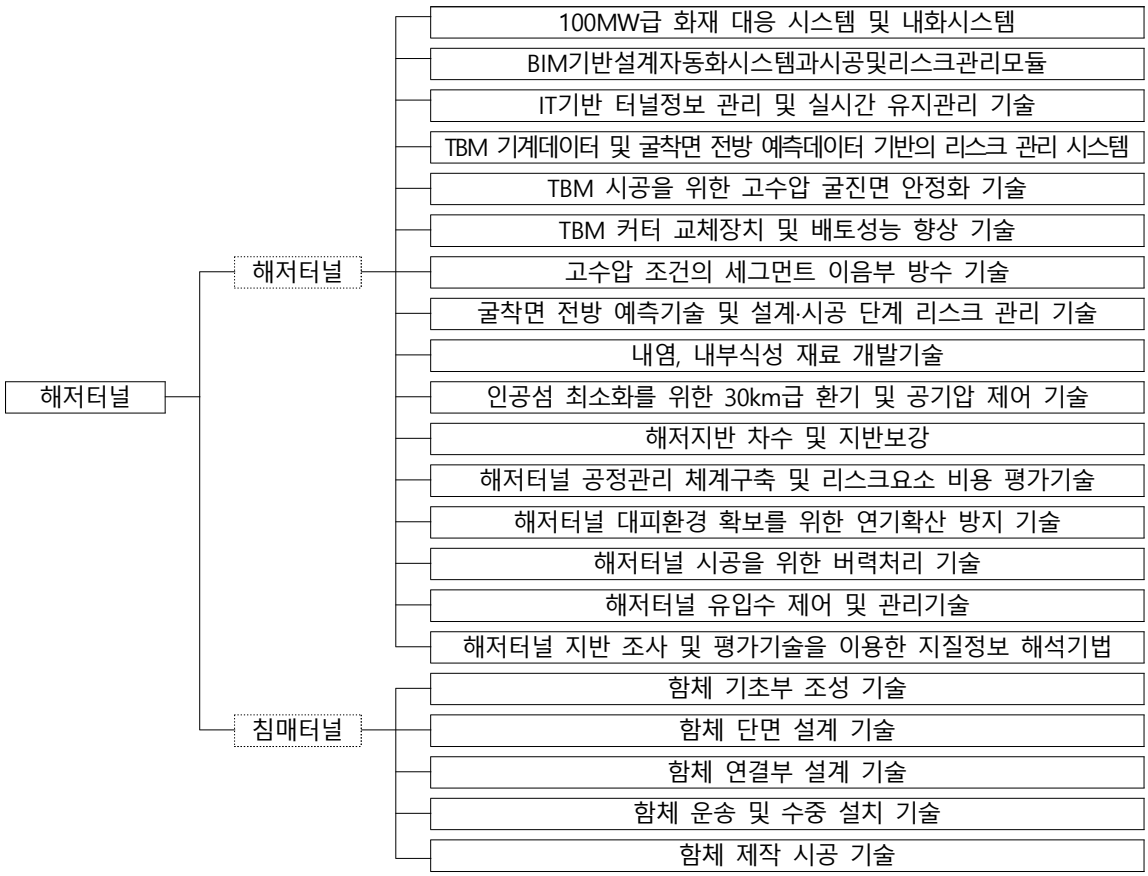
○ 해저에 설치하는 터널을 말하며, 물의 침투와 고수압에 견딜 수 있는 방수기능을 갖춘 터널을 말함

※ 침매터널은 해저터널의 한가지 유형으로 육상에서 제작한 터널 구조물을 가라앉혀 물속에서 연결하여 터널을 건설하는 기술을 말함

□ **해저터널의 세부기술 범위**

○ 대륙간, 도서간, 연육간 도로나 철도를 연결하는 기능을 수행

○ 화재 대응시스템 및 내화시스템 구축기술, 설계자동화, 시공 및 리스크관리 모듈 및 유지관리 기술, TBM 관련 기술, 해저기반 차수 및 지반보강 기술, 해저터널 시공관련 기술 등



[그림 4-8] 해저터널 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 다양한 복합기능을 수행하는 해저터널은 매년 114억 달러 이상의 시장 규모로 추산되며, 대형 사업의 특성을 가지고 있어 1개 수주 시 경제적 효과 높은 시설로 평가

- 현재 전 세계적으로 시공 중이거나 계획 중인 해저터널 프로젝트는 총 14

※ 운영 중 5건, 시공 중 2건, 계획 중 7건

- 현재 전 세계적으로 일본 나하 침매터널 및 하네다터널, 오레슨드 침매터널(스웨덴-덴마크), 홍콩 크로스 하버 터널 등 120여개가 시공
- 국내는 거가대교 침매터널이 유일한 시공실적으로 48m수심에 왕복 4차로로 된 단위함체(길이 180m, 너비 26.5m, 높이 9.97m) 18개로 건설

○ **(시장성장 요인)** 거대도시를 중심으로 글로벌 경쟁력 확보를 위한 국가간, 지역간 교통네트워크 허브 구축의 필요성 증대

- **(주요 시장)** 노르웨이, 영국, 프랑스 등 유럽과 아시아(중국, 일본 등)를 중심으로 지속적으로 일정 시장규모를 유지할 것으로 예상

※ 현재 구상 중인 프로젝트는 중국, 핀란드-스웨덴, 러시아-미국 등 9개초 총연장은 587km～646km

※ 침매터널은 세계 최장의 중국 보하이(渤海) 해협 해저터널 프로젝트 추진(123km)

□ **적정성 검토 결과**

○ 해저터널은 최근 SK 건설이 보스포러스 터널의 시공을 주관하면서 국내 업체들이 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 지속적으로 시장을 개척하고 있는 주요 시설임

- 침매터널은 거가대교 등 국내 업체가 시공 실적을 보유

○ 해저터널 시장은 유럽, 아시아 등을 중심으로 지속적인 수요 증가 및 발주가 예상되는 시장으로 단위 프로젝트 규모가 커서 대기업의 관심도가 높은 시설물임

○ 해저터널 기술은 수주 확대 뿐만 아니라, PPP 형태의 발주로 국내 건설ENG 업계의 종합적인 사업관리 경험 축적 및 역량 확보 측면에서도 기대효과가 큼

- 해저터널은 TBM 굴착기술과 함께 위험대응기술인 고수압 방수기술, 터널 구조체 안정성 향상 기술, 막장면 안정성 향상기술, 환기 및 방재기술, 고수압 보수 및 보강기술, 최첨단 유지관리 기술 확보 필요
- 침매터널은초대형 함체 설계 및 시공기술, 함체 운송 및 설치기술, 접합부 연결기술 등 이 요구에 대한 원천기술 확보 필요

(3) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 영-불해저터널, 유라시아터널, 보하이만 터널 등 세계적으로 대륙과 대륙, 육지와 섬을 연결하는 해저터널 건설 추진을 통해 교통문제 해결 및 성장동력을 확보하는 사례가 증가
- ㅇ **(시장매력도)** 해저터널 기술발전에 따라 정부 및 민간에서는 지역 활성화 및 교통 네트워크 개선 등과 같은 사회적, 경제적 문제를 해결하기 위한 방안으로 해저터널 구축 프로젝트와 이에 대한 구상이 증가
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 현재 진행되고 있는 해저터널 연구단에서 초장대, 고수압 조건에서 필요한 기술개발을 진행하고 있으며, 이에 대한 성과확산이 이루어진다면 자립 수준을 이룰 수 있을 것으로 파악되지만, 해저터널 일부 기술과 침매터널기술과 같이 연구개발이 부족하고 시공경험이 적은 기술에 대해서는 경쟁력이 미미함

□ **영-불해저터널, 유라시아터널, 보하이만 터널 등 세계적으로 대륙과 대륙, 육지와 섬을 연결하는 해저터널 건설 추진을 통해 교통문제 해결 및 성장동력을 확보하는 사례가 증가**

○ 해저터널 기술발전에 따라 정부 및 민간에서는 지역 활성화 및 교통 네트워크 개선 등과 같은 사회적, 경제적 문제를 해결하기 위한 방안으로 해저터널 구축 프로젝트와 이에 대한 구상이 증가

○ 영-불해저터널과 유라시아터널과 같이 페리를 이용하거나 교량을 이용할 경우에 비해 2배(유라시아터널, 교량 대비) 이상의 이동시간 단축효과 발생.

○ 한일해저터널에 대한 연구에서 한일 간의 문화적 교류 외에도 투자대비 2배 정도의 사회적 순편익을 창출할 수 있을 것으로 제시

○ 한일해저터널은 한국 경제에 미치는 경제적 파급 효과가 약 54조원에 달하고 그 중 건설업의 시장 창출 효과는 약 16조원으로 발표(허재완, 1999).

□ **해저터널은 항공, 교량, 선박과 같은 기존 교통수단과는 달리 태풍, 폭우 등과 같은 악천후에 영향을 받지 않고 항공기의 추락, 선박의 침몰과 같은 사고의 위험성이 상대적으로 낮아, 다량의 승객과 물량을 안정적이고 신속하게 이송할 수 있다는 장점이 있음.**

○ 프랑스와 영국을 연결하는 유로터널과 같이 해저터널은 바다로 단절돼 있는 대륙 간 혹은 내륙-도서 간의 안정적인 교통 및 물류수송체계 구축을 위해 전 세계적으로 건설되고 있음

○ 교통구조물에서 터널과 유사한 역할을 하는 교량의 경우 해상의 날씨에 크게 좌우되며, 악천후가 많은 경우 대부분 터널로 변경하여 설계 및 시공이 이루어짐.

○ 특히 중국과의 교역량이 증가하고 경제적인 파트너로써 중국의 중요성이 커짐에 따라 한-중해저터널에 대한 요구가 증대되고 있는 상황에서 한-중연결을 위한 교통 네트워크로써 초장대해저터널이 여러 가지 위험(악천후, 충돌 등)을 회피하기에 적합한 기술로 예상됨.

□ **해저터널 일부 기술과 침매터널기술과 같이 연구개발이 부족하고 시공경험이 적은 기술에 대해서는 경쟁력이 미미**

○ 해저터널연구단에서는 고수압(20 bar) 조건 하에서 초장대(50 km이상) 해저터널을 건설하기 위한 필수적인 핵심기술에 대해 연구개발을 진행하고 있음.

- 고심도 고수압 조건을 반영할 수 있는 초장대 해저터널 계획을 위한 최적 지질·지반조사 기술
- 미흡한 국내 해저터널 건설 기술 수준(선진국 대비 40～70% 수준)을 개선할 수 있는 해저터널 설계·시공을 위한 핵심 요소 기술
- 내진 설계 기술, 굴진면 안정화 기술, 세그먼트 이음부 방수 기술 개발을 통한 해저터널 설계·시공 시 안정성 평가 기술
- 공기압 제어 기술 확보, 화재 진압 및 내화 시스템 개발, 고정압 축류팬 개발을 통한 해저터널의 화재 및 IT기반 실시간 유지관리 기술

○ 해저터널은 지반조사 부족 및 고수압 조건 등 가장 어려운 터널굴착환경으로 분류할 수 있음. 또한 장대터널의 경우 접근성 등의 문제로 환기 및 방재와 같은 고려사항이 육상터널에 비해 더 강화될 필요가 있음.

○ 국내의 해저터널은 연장이 길지 않은 경우가 대부분이므로 장대터널에 대한 연구/설계/시공 경험이 부족함. 침매터널의 경우는 거가대교침매터널이 유일하고 또한 핵심기술에 대해서는 경쟁력이 국외에 비해 상대적으로 부족.

<표 4-17> 해저터널 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
해저터널	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	의존
	BIM 기반 설계자동화 시스템과 시공 및 리스크 관리 모듈	의존
	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	의존
	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	의존
	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	전무
	TBM커터교체장치및 배토성능 향상 기술	의존
	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	의존
	굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	의존
	내염, 내부식성 재료 개발기술	의존
	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	의존
	해저지반 차수 및 지반보강	의존
	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	의존
	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	의존
	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	전무
	해저터널 유입수 제어 및 관리기술	전무
	해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	의존
	함체 기초부 조성 기술	의존
	함체 단면 설계 기술	의존
	함체 연결부 설계 기술	전무
	함체 운송 및 수중 설치 기술	전무
	함체 제작 시공 기술	의존

- 또한 해저터널 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 프랑스(2.08)의 28.9% 수준인 0.60으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 프랑스(1.76), 국내(0.66), 경쟁력 격차 37.3%
특허경쟁력: 최고선진국 프랑스(2.51), 국내(0.53), 경쟁력 격차 21.0%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 프랑스(2.08), 국내(0.60), 경쟁력 격차 28.9%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 해저터널연구단에서 진행되고 있는 해저터널 건설기술이 완료가 되지 않은 상황에서 새로운 기술을 언급하기에는 조금 이른 감이 있음. 해저터널연구단에서 수행된 내용을 기반으로 추가적으로 확보해야 할 기술들을 검토 필요.

○ 해저터널은 수압 및 환기조건 등 작업환경이 불량할 수 있으므로 인력투입이 적게 되는 TBM공법과 같은 기계굴착공법의 활용성이 높아져야 할 것임. 따라서 공정관리/리스크/비용 관리시스템과 전방예측, 내염/내부식 고성능 구조재료 개발, 지반보강 기술 등에서 기계굴착공법과 연계된 연구개발 추진

○ 개발되는 모든 기술은 공정관리와 리스크 및 비용에 관여되고 관리될 필요가 있으므로 정부 주도로 공공과 민간에서 장기적인 공동 R&D를 통해 공정관리/리스크/비용 관리시스템을 확보

○ 현재 진행되고 있는 해저터널연구단은 국내 R&D로 진행되고 있으므로 연구완료 후, 연구개발내용 분석을 통해 해외기술도입이 필요한 기술에 대해 국제 공동 R&D로 진행. 해저지반조사 결과를 이용한 지질정보 해석기법과 같은 분야에서 국제 공동 R&D를 추진

○ 침매터널 기술은 함체 기초부 조성 및 함체 제작분야에서는 국내 기술이 상당하게 확보. 국내 R&D로 단면설계 및 연결부 설계기술을 확보하고 함체 운송 및 수중설치기술은 국제 공동 R&D로 진행하는 방안이 바람직.

<표 4-18> 해저터널 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템 의존	국내 R&D	공공/민간
BIM 기반 설계자동화 시스템과 시공 및 리스크 관리 모듈 의존	국내 R&D	공공/민간
IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템 의존	국내 R&D	민간
TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술 전무	국내 R&D	민간
TBM커터교체장치및 배토성능 향상 기술 의존	국내 R&D	민간
고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술 의존	국내 R&D	민간
굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
내염, 내부식성 재료 개발기술 의존	국내 R&D	공공/민간
인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
해저지반 차수 및 지반보강 의존	국내 R&D	민간
해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술 의존	국내 R&D	공공/민간
해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
해저터널 시공을 위한 버력처리 기술 전무	국내 R&D	공공/민간
해저터널 유입수 제어 및 관리기술 전무	국내 R&D	민간
해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
함체 기초부 조성 기술 의존	국내 R&D	민간
함체 단면 설계 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
함체 연결부 설계 기술 전무	국내 R&D	공공/민간
함체 운송 및 수중 설치 기술 전무	국제 공동 R&D	공공/민간
함체 제작 시공 기술 의존	국내 R&D	민간

□ **공공/민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템)**

- 해저터널은 화재 시 배연설비 등을 구축하는데 필요한 공간을 확보하는 것에 많은 제약. 화재대응은 안전과 직결되는 문제로 공공과 민간에서 공동으로 추진 필요
- 해저터널은 반밀폐형 공간이기 때문에 화재 시 열이 원활하게 확산되지 못하고 축열되므로 온도증가율이 높음
- 터널 내 고온은 터널 구조물을 약화시켜 붕괴에 이를 수 있으므로 고온에서도 안전성을 확보할 수 있도록 구조물을 보호할 수 있는 내화시스템의 개발
- 정부출연연구기관(한국건설기술연구원 등)에서 기 수행한 선행 연구결과 활용

○ **(BIM 기반 설계 자동화 시스템과 시공 및 리스크 관리 모듈) / (IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술)**

- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 해저터널 건설 전 주기에 적용할 수 있는 BIM기반 설계/시공/리스크 관리 모듈
- BIM, IT 기반의 다양한 기법들을 활용해 사전조사, 리스크분석, 해석·설계의 통합 정보 관리 시스템을 구축하고 해저터널의 설계 및 시공 자동화에 활용
- 설계 자동화 수준의 고도화 및 데이터베이스 구축 항목 및 방법을 위한 연구 진행

○ **(굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술)**

- 해저터널은 지반조사가 어려운 조건이므로 굴착 중 전방예측이 필수적
- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 굴착공법별 적용가능한 굴착면 전방예측기술 확보
- 상시예측기법과 수시예측기법의 조합에 대한 고려. 상시예측 시 디스크커터를 이용한 기존 연구결과의 연계도 바람직.

○ **(내염, 내부식성 재료 개발기술)**

- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 기존 터널에서 요구되는 일반적인 성능 외에 내염해성, 내부식성 및 고강도 특성의 확보가 필수
- 콘크리트에 한정하지 않고 다양한 재료적인 검토가 필요, 화학분야의 연구기관과 공동연구 개발 추진 바람직.

○ **(인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술)**

- 고속주행으로 인한 공기저항을 최소화하고, 이명감 등 승객들의 신체에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 공기유동을 원활하게 하기 위한 기술
- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 터널의 운영상태에 따라 공기저항을 능동적으로 조절하는 공기유동제어 시스템기술, 구조물 뿐만 아니라 인체에 대한 영향을 고려한 연구 필요.

○ **(해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술)**

- 해저터널의 설계단계에서부터의 리스크를 평가하고 비용을 검토. 시공 단계에서의 공정관리 및 시공중 리스크 평가, 비용관리 기술
- 개발되는 모든 기술은 공정관리와 리스크 및 비용에 관여되고 관리될 필요가 있으므로 정부 주도로 공공과 민간에서 장기적인 공동 R&D를 통해 공정관리/리스크/비용 관리시스템

○ **(해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술)**

- 모든 터널 화재사고에서 발생하는 인명피해의 대부분은 화재 시 발생하는 연기에 의한 질식사고가 원인
- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 반밀폐형 (초)장대터널의 구조에 적합한 최적의 제연시스템구축에 필요한 기술의 선정 및, 융복합화를 실현하기 위해 각종기술의 조합에 따른 피난 안전성을 평가하고 연기유동 제어기술 개발

○ **(해저터널 시공을 위한 버력처리 기술)**

- 장대 및 초장대 해저터널에서 발생된 다량의 버력을 육상으로 운반하기 위해서는 많은 운반비 및 운반시간이 소요
- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 버력이동속도를 높인 효과적인 버력처리기술, 발생버력의 최소화 방법 고려

○ **(해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법)**

- 해저터널 건설을 위한 지반조사는 해상에서 고정된 위치를 확보할 수 없고 고수압이 작용하고 있으므로 일반 지질조건 하에서 이루어지는 지반조사기법을 적용하기 어려움
- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 해저지반에서 수행되는 지반조사 결과를 바탕으로 터널 설계 과정에서 필요로 하는 지반 정수를 합리적으로 산정하는 기법의 개발

○ **(함체 단면 설계 기술) / (함체 연결부 설계 기술)**

- 침매함은 육상도크에서 제작하여 수상에 띄워 이동시킨 다음 침설시키는 구조물
- 함체는 침설과 부상을 반복해야하기 때문에 부력장치가 내부에 포함되어야 하며, 또한 구조적인 안정성을 확보해야 함.
- 침매함체는 침설될 위치에 설치된 기초부에 안착되면서 정수압을 이용하여 함체간의 연결이 이루어짐. 따라서 방수성능을 확보하면서 구조적인 안정성을 가지는 연결부의 설계 필요
- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 침매터널의 함체 및 연결부에 대한 설계 기술 확보

○ **(함체 운송 및 수중 설치 기술)**

- 제작된 침매함을 설치 위치까지 운송하고 침설시켜 수중에 설치하는 기술
- 침매터널은 파도가 잔잔한 내해에서 주로 시공되며, 매우 큰 중량물이기 때문에 파도가 잔잔하더라도 조절하여 침설시키는 작업이 매우 어려움.

- 공공/민간의 공동 R&D를 통해 일부 기술자들에 의해 독점되고 있는 기술로써 확보 시 관련 기술의 경쟁력 향상. 특히 가능하다면 국제 공동연구를 통한 진행이 바람직

□ **민간주도의 국제 공동 R&D 추진**

○ **(TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술)**

- 최대 20bar에 달하는 고수압 조건에서 TBM 굴진 시 굴진면 안정화 확보를 위한 적정 막장압과 뒷채움압의 관리 기준 수립 및 지반거동 예측 시스템

- 민간 주도로 TBM 굴진 중에 산출되는 TBM 기계 데이터를 이용해 막장압 관리 및 지반거동 예측 시스템을 구축

○ **(TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상 기술)**

- TBM의 커터헤드에 설치된 수백 kg의 디스크커터를 교체하는 작업은 막장면 안정 및 장비 구성을 위해 설치된 작은 이동로를 이용하므로 작업의 난이도가 매우 높고 작업시간이 많이 소요됨.

- 인력교체작업보다 효과적이고 빠르게 교체가 가능한 교체장치를 민간주도로 개발하는 것이 필요, 또한 민간주도로 버력의 배토성능을 향상시키는 기술을 개발

○ **(고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술)**

- 고수압 조건에서의 TBM 해저터널 시공 시 콘크리트 세그먼트의 조인트와 볼트, 그리고 그라우팅 소켓에서의 누수를 완벽하게 차단하기 위한 이음부 방수 기술

- 민간주도로 고수압 조건의 세그먼트 가스켓에 대한 계획, 조사, 설계, 제품개발 및 생산 시스템의 개발을 통해 경제적인 제품 개발

○ **(해저지반 차수 및 지반보강)**

- 해저터널은 시공 및 운영과정에서의 예측치 못한 고수압으로 인한 해수 침투가 발생할 수 있으므로 해저터널의 설계 및 시공에는 고수압 조건에서의 차수 및 보강 기술 필요

- 민간 R&D를 통해 고수압 조건에서 대응할 수 있는 신재료를 이용한 그라우팅 시공장치와 방법 개발

- 화학분야의 연구기관과 공동연구 개발 추진 필요

○ **(해저터널 유입수 제어 및 관리기술)**

- 해저터널의 시공 및 운영 중 누수, 침수에 따른 돌발 용수 및 사고가 발생할 경우 대처하기 어려운 문제가 발생해 경제적 손실 발생
- 유입수 제어 및 관리 시스템 시설물의 재료인 콘크리트의 열화, 부식 및 염해 등의 영향으로 유지관리가 매우 어려움
- 민간주도로 터널 내 다량의 유입해수에 대한 제어용 차폐설비시스템의 기술 개발

○ **(TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템)**

- 쉴드TBM 공사시 성공적인 프로젝트를 위한 필수요건인 리스크 최소화 기술과 TBM운용 및 굴진 중 나타나는 기계데이터를 분석하여 데이터 기반으로 굴착면의 전방을 예측하는 기술
- 기존 TBM 연구단에서 수행한 선행 연구결과 활용
- 민간주도로 기계데이터와 굴진자료가 많이 확보된 기업을 중심으로 수행

○ **(함체 기초부 조성 기술)**

- 침매함이 설치되는 기초부는 해상에서 기초조성재료를 침설시키고 하/해저에서 정지하는 기술
- 기초부는 함체가 안착되어 유지되는 위치로써 중량구조물인 함체의 구조적 안정성을 위해 편평도와 지지력 등을 확보해야 함.
- 또한 침매함 침설 후 선박에 의해 발생할 수 있는 손상을 방지하고 부력방지를 위한 상부덮개공에 대한 기술 확보를 민간주도로 하는 것이 바람직

○ **(함체 제작 시공 기술)**

- 침매함은 육상도크에서 제작하여 수상에 띄워 이동시킨 다음 침설시키는 구조물
- 함체는 침설과 부상을 반복해야하기 때문에 부력장치가 내부에 포함되어야 하며, 연결부의 정밀시공 및 방수성능 확보가 필요함.
- 대형 침매함체는 침설될 위치의 기초부에 안착되면서 정수압을 이용하여 함체간의 연결이 이루어지므로 구조적인 안정성을 확보해야 함.
- 현재 함체 제작에 대한 기술을 확보하고 있는 기업주도로 함체 제작 시공기술을 발전

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-19> 해저터널 기술 QFD 우선순위 평가 결과

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	2.248	0.096496	0.318828	0.5868	0.11424	0.033152	-0.079968	3.318
2	해저터널 지반 조사 및 평가 기술을 이용한 지질정보 해석기법	2.248	0.096496	0.212552	0.3912	0.11424	0	-0.079968	2.983
3	TBM커터교체장치 및 배토성능 향상 기술	1.967	0.084434	0.26569	0.489	0.08568	0.066304	-0.093296	2.865
4	함체 연결부 설계 기술	1.967	0.036186	0.26569	0.489	0.08568	0	-0.119952	2.724
5	함체 단면 설계 기술	1.967	0.036186	0.212552	0.3912	0.08568	-0.033152	-0.106624	2.553
6	내염, 내부식성 재료 개발기술	1.405	0.06031	0.26569	0.6846	0.11424	0	-0.053312	2.477
7	TBM 기계식 터널 및 굴착면 전방 예측 터널 기반의 리스크 관리 시스템	1.686	0.042217	0.345397	0.3912	0.05712	0	-0.079968	2.442
8	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	1.405	0.072372	0.318828	0.5868	0.08568	-0.066304	-0.079968	2.322
9	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	1.124	0.072372	0.318828	0.6846	0.08568	0.033152	-0.079968	2.239
10	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	1.124	0.084434	0.371966	0.6357	0.05712	-0.033152	-0.079968	2.160
11	함체 제작 시공 기술	1.405	0.048248	0.212552	0.489	0.05712	0	-0.106624	2.105
12	해저터널 유입수 제어 및 관리기술	1.124	0.096496	0.318828	0.489	0.08568	-0.033152	-0.093296	1.988
13	함체 운송 및 수중 설치 기술	1.124	0.036186	0.212552	0.489	0.05712	-0.033152	-0.106624	1.779
14	굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	1.124	0.048248	0.159414	0.2934	0.05712	0.033152	-0.053312	1.662
15	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	1.124	0.036186	0.159414	0.3912	0.05712	-0.066304	-0.039984	1.662
16	함체 기초부 조성 기술	1.124	0.036186	0.159414	0.2934	0.05712	-0.033152	-0.106624	1.530
17	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	0.843	0.048248	0.212552	0.3912	0.0476	0	-0.039984	1.503
18	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	0.843	0.048248	0.212552	0.3912	0.05712	-0.033152	-0.079968	1.439
19	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	0.843	0.048248	0.106276	0.2934	0.08568	0.033152	-0.053312	1.356
20	해저지반 차수 및 지반보강	0.843	0.036186	0.106276	0.3912	0.05712	-0.132608	-0.093296	1.208
21	BIM 기반 설계자동화 시스템과 시공 및 리스크 관리 모듈	0.562	0.030155	0.132845	0.2934	0.05712	-0.033152	-0.06664	0.976

4.2.5 대심도터널

(1) 핵심시설물 개요

□ **대심도터널의 정의**

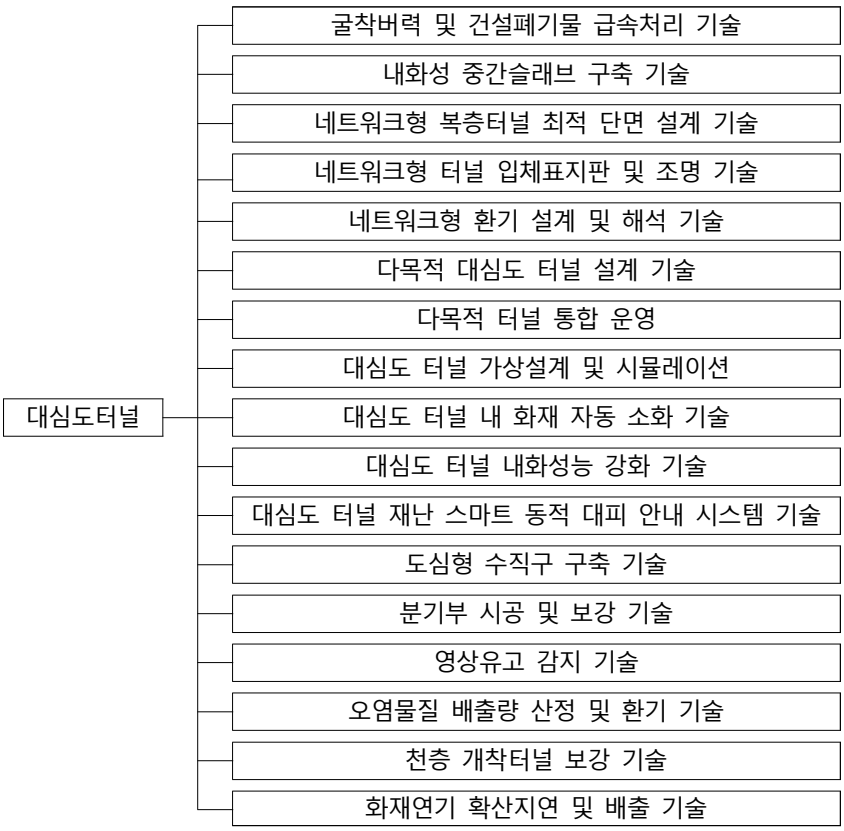
○ 지하 30M이상 심도에 건설되는 지하터널을 설계, 시공하고, 환기/화재를 대응하는 등 유지보수 하는 기술

□ **대심도터널의 세부기술 범위**

○ 분기부 및 유·출입부를 가지는 대심도터널의 최적단면 설계 및 터널과 연계된 구조물의 근접 안정성 확보를 위한 설계기술

○ 유·출입부 굴착, 확폭, 보강 등 대심도 네트워크 터널 구축 기술

○ 대심도 터널의 상시모니터링, 환기, 방재 제어, 슬래브 내화 및 보수/보강기술



[그림 4-9] 대심도터널 확보를 위한 세부기술

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 대심도터널은 매년 127억 달러 이상의 시장 규모로 추산

※ 프랑스 A86 지하도로, 일본 동경 중앙환상도로 지하도로, 스페인 마드리드 M30 프로젝트, 말레이시아 SMART 터널(9.7km), 미국 시애틀 Alaskan Way Project 등의 해외의 대심도 지하공간을 활용한 교통시설 구축사례

※ 영국의 Mott MacDonald사는 말레이시아 SMART 프로젝트를 설계하는 과정에서 복층터널의 노선 및 구배, 단면결정, 라이닝 설계를 위한 해석, 부력에 대한 검토, 화재 저항 설계, 환기시스템 및 비상대피를 위한 공간 설계기술 등 복층터널 설계와 시공에 대한 수년간의 기술개발로 관련 노하우를 축적

○ **(시장성장 요인)** 도로, 철도 뿐만 아니라 다목적 대심도 터널 수요 증가

- 교통혼잡, 도시내 다양한 규제 및 간섭요인에서 벗어나 합리적인 선형 확보가 가능함에 따라 교통형 대심도터널 수요 증가 예상

- 대심도터널의 위험발생 대응에 필요한 다양한 기술 확보 필요

○ **(주요 시장)** 미국, 유럽 등 지상공간 환경개선 수요와 연계된 지하도로 프로젝트가 다양하게 진행 중이며, 중국도 다양한 복층터널들이 추진

□ **적정성 검토 결과**

○ 국내 대심도터널 시공사례는 최근 증가추세이나, 복층터널과 분기터널 사례는 매우 제한적

※ SRT 수서선 율현터널(52.3km, 지하 40~50m 심도) 시공('16). 현재 서울 제물포터널(심도 50~70m), 서부간선 지하도로(최대 심도 80m)사업이 진행 중

○ 대심도터널은 선진국과 거대도시가 집중된 지역을 중심으로 진출가능한 시장으로 지속적으로 시장수요 유지

- 터널시공경험이 풍부한 국내 업체들이 대심도 복층터널, 분기식 터널 등과 관련한 기술확보시 해외 시장 진출 가능성이 높은 분야임

○ 현재 지원중인 「네트워크형 대심도 복층터널 연구」결과의 실용화와 함께 특수부의 설계·시공기술과 화재안전 대응기술의 보완 필요

- 현재 지원중인「네트워크형 대심도 복층터널 연구」연구의 실용화 및 시공실적 확보 추진
- 네트워크형 대심도 복층터널의 환기 및 오염물질 배출 설계 및 해석, 중간슬래브·특수부(근접부, 분기부 등) 설계 및 시공기술, 내화·연기확산 지연 기술 등 화재 안전 관련 기술의 선도적 역량 추가 확보 필요
- 해저터널, 부유식 터널 등과 연계한 기술개발로 시장의 선도적 지위 확보 추진 필요

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 도심지 교통정체 해소가 요구되나 지상 공간 부족으로 새로운 대안이 필요함
- ㅇ **(시장매력도)** 선진국을 중심으로 도로의 지하화를 통한 교통정체 해소 및 지상공간의 활용을 위해 지하도로를 시공하고 있으며, 개도국 등 시장이 점차 증가하고 있음
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 현재 국내 복층터널 설계 및 시공기술은 선진국 대비 60%로 평가되고 있으며, 기술수준 향상을 통한 기술력 확보로 패키지 기술의 해외시장 진출 가능함

□ **프랑스, 미국, 일본 등 선진 외국의 경우 도심지 교통문제 해결, 지상공간의 부족, 지상공간의 친환경적인 개발을 위해 기존 도로의 지하화 또는 신규 지하도로의 개통 후 운영 중이거나 계획 중에 있음**

○ 국내외적으로 지하도로 건설시 부지, 전용면적과 공사비 절감을 위한 공간활용 극대화 방안의 하나로 복층터널에 대한 기술 수요 증대

□ **현재 국내 복층터널 설계 및 시공기술은 선진국 대비 60%로 평가하고 있으며 기술개발 완료 후 90% 수준까지 향상될 것으로 평가됨**

○ 현재 세계 최장 복층터널의 연장은 약 10km(프랑스 A86 동터널)로 본 과제의 기술개발 완료 후 연장 15km이상(세계 최장)의 기술력 확보가 가능하므로 현 완료된 연장기준 150%이상의 복층터널 시공 가능

○ 세계적으로도 지하내부에 분·합류부 및 교차로를 갖는 네트워크형 복층 터널 관련 연구는 거의 없으므로 연구개발 후 관련 분야에 대한 세계적 기술 선도 가능

□ **복층터널의 설계 및 시공기술은 다양한 분야(지반, 구조, 도로, 수문학 등)의 융복합이 요구되는 기술로, 해외에서 수년간에 걸쳐 축적된 기술 노하우를 단기간에 국산화하기 위해서는 체계적인 기술개발 전략 필요하며 기술 확보 후 세계시장 진출이 예상됨**

○ 영국(Inner Orbital tunnel, 약 35km, 50조원), 스웨덴 Stockholm bypass Project(18km 터널, 4조 1천억원), 인도 New Delhi 10 road project(4개 복층터널 포함 3조 5천억) 등 신규 사업 증가 추세

<표 4-20> 대심도터널 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
대심도터널	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술	의존
	내화성 중간슬래브 구축 기술	의존
	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	의존
	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술	의존
	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	의존
	다목적 대심도 터널 설계 기술	의존
	다목적 터널 통합 운영	의존
	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	의존
	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술	의존
	대심도 터널 내화성능 강화 기술	의존
	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	의존
	도심형 수직구 구축 기술	자립
	분기부 시공 및 보강 기술	자립
	영상유고 감지 기술	자립
	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	자립
	천층 개착터널 보강 기술	자립
	화재연기 확산지연 및 배출 기술	자립

- 또한 대심도터널 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 미국(1.30)의 20.0% 수준인 0.26으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 독일(1.37), 국내(0.30), 경쟁력 격차 21.9%
특허경쟁력: 최고선진국 미국(2.61), 국내(0.57), 경쟁력 격차 22.0%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 미국(1.30), 국내(0.26), 경쟁력 격차 20.0%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 기술수준과 발전단계가 높으며 확보 시 혜택이 크지만 기술개발 위험도가 낮은 분기부 시공 및 보강 기술과 화재연기 확산지연 및 배출 기술은 민간에서 주도적으로 R&D를 통해 확보

○ 대심도터널 관련 선도기술과 자립기술은 공공과 민간에서 R&D를 통해 확보

○ 기술발전단계와 기술수준이 낮으며, 기술개발 위험도가 높고 혜택이 낮은 굴착버력 및 건설폐기물 급속처리, 내화성 중간슬래브 구축, 네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 및 대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션은 공공이 주도적으로 확보하도록 함

<표 4-21> 대심도터널 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술 의존	국제 공동 R&D	공공
내화성 중간슬래브 구축 기술 의존	국제 공동 R&D	공공
네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술 의존	국제 공동 R&D	공공
네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
네트워크형 환기 설계 및 해석 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
다목적 대심도 터널 설계 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
다목적 터널 통합 운영 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션 의존	국제 공동 R&D	공공
대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
대심도 터널 내화성능 강화 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
도심형 수직구 구축 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
분기부 시공 및 보강 기술 자립	국내 R&D	민간
영상유고 감지 기술 자립	국내 R&D	민간
오염물질 배출량 산정 및 환기 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
천층 개착터널 보강 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
화재연기 확산지연 및 배출 기술 자립	국내 R&D	공공/민간

□ **공공주도의 국제공동 R&D 추진**

○ **(굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술)** 굴착버력은 배출 후 사토장을 이용한 처리가 일반적으로 사용되고 있으나, 도심지 구간의 공간확보 및 민원등의 문제 해결을 위한 급속 처리 기술이 필요하여 공공주도로 국제 공동 R&D를 통해 기술 확보

- 현재 갱외 처리장을 통한 1일 이상의 처리 시간 소요로 도심지 공사 시 민원등의 문제점 발생
- 갱내 버력 이동 시 함수비 50%이하 저감 후 갱외 급속 고화를 통한 4시간 이내 버력 처리 기술 개발 필요

○ **(내화성 중간슬래브 구축 기술)** 차량통행, 재난 상황 대비 등 기술안정성에 대한 연구가 선행되어야 하므로 공공주도로 국제 공동 R&D를 통해 장기적으로 기술 확보

- 현재 차량동행이 가능한 슬래브 구축 기술이 없고, RABT 조건에 부적합한 내화 기술만 보유 중
- PC공법을 적용한 2차선 이상의 슬래브 제작, 가설 기술 및 재난 시 대피를 위한 RABT 조건에서 2시간 이상 내화 기술 확보 필요

○ **(네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술)** 프랑스 A86터널, 말레이시아 SMART터널 등 설계 사례가 있으나, 국내 설계사례는 전무한 상태로 공공주도로 국제 공동 R&D를 통해 기술 확보

- 현재 설계 비교 검토를 위한 복층단면 설계 기술만 보유중
- 왕복 2차로 이상의 분기부를 갖는 네트워크형 복층터널 공간활용 최적화 단면 설계 기술 개발 필요

○ **(대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션)** 프랑스 SETEC TPI 등 시뮬레이션을 통한 설계를 검증하고 있으나, 국내의 경우 시뮬레이션 기술의 적용 사례가 없어 공공주도로 국제 공동 R&D를 통해 기술 자립화 필요

- 현재 터널 설계 시 신뢰도 기반 설계 및 시뮬레이션 기술 적용 사례 없음
- 가상 설계를 통한 신뢰도 기반의 설계 및 시뮬레이션 검증 기술 개발 필요

□ **공공/민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 층고가 낮은 복층터널용 입체표지판 및 유출입부 조명 기술 개발

- 현재 입체표지판 및 유출입부 조명기술 개발 중
- 입체표지판 및 조명기술 적용을 통한 운전자 친화 기술 적용성 검증 필요

○ **(네트워크형 환기 설계 및 해석 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 유출입부를 갖는 네트워크형 터널에서의 환기 설계 및 해석 기술 확보

- 현재 분기구를 갖는 터널에 대한 공기 흐름 분석 중
- 차량이동 등 여러 변수에 대한 예측능력이 실 현상대비 90% 이상 정확도가 확보되는 수준의 프로그램 개발 필요

○ **(다목적 대심도 터널 설계 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 도로와 수로를 동시에 활용하여 공간 활용성을 최대로 하는 다목적 터널 설계 기술 확보

- 현재 다목적 터널은 말레이시아 SMART터널(총 터널연장 9.7km, 다목적 터널 3km)이 유일함
- 도로 수로 기능전환에 따른 복원력 증진기술 및 통수능 검토를 통한 도로+수로 조합 설계 기술 확보 필요

○ **(다목적 터널 통합 운영)** 공공/민간의 R&D를 통해 도로와 수로를 동시에 활용하는 다목적 터널의 운영 및 유지관리를 위한 모니터링 기술 확보

- 현재 도로 및 수로 기능별 관리기준 및 유지관리 통합가이드라인 작성 중
- 오차율 10% 이내의 내부형상 모니터링 기술 및 BIM+FEM 복합 프로그램을 통한 생애전주기(설계, 시공, 운영) 통합관리 기술 확보 필요

○ **(대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 물분무 설비 대비 경제성, 초기 화재진압효율이 향상된 자동화 소화 기술 확보

- 현재 이탈리아 CACCIALANZA&C사에서 분사거리 최대 20m, 조준정확도 90% 이상 도로/철도 터널용 자동화 소화 기술 시장 선도 중
- 분사거리 15~20m, 조준정확도 90%이상 확보되는 자동화 소화 기술 국산화 필요

○ **(대심도 터널 내화성능 강화 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 2시간 이상 내화성능을 보유하는 슬래브 보호 기술 및 보수보강 기술 확보

- 현재 일본 A&AM사에서 RABT 온도 대응 3시간 건식피복기술 보유 중
- RABT조건 2시간 내화 기술 국산화 및 손상 시 손상도 평가, 보수보강 기술 개발 필요

○ **(대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 지하공간의 피난 등 특수 목적의 위치정보 전달 기술 확보

- 현재 대심도 공간에서 위치 정보 오차 50m 내외
- 지하공간 피난 등 특수 목적의 위치정보 전달을 위한 오차범위 5m이내 시스템 개발 필요

○ **(도심형 수직구 구축 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 도심지 공사 시 공기를 단축할 수 있는 수직구 급속 시공 기술 확보

- 현재 오스트리아 GBG사 시공속도 3m/day 수준의 기술 보유 중
- 국내 여건(겨울)을 고려한 히팅기능을 갖춘 Slip Form 급속(4m/day) 가설 기술 국산화 필요

○ **(오염물질 배출량 산정 및 환기 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 국내 통행차량 기준에 적합한 배출량 산정 및 외부 배출 최소화 기술 확보

- 현재 국외의 경우 각국의 운행특성(속도, 경사, 표고 등)에 맞는 기준 적용 중
- 국내에 적합한 오염물질 배출량 산정 기법 기준 확보 및 급배기구 포트 최적화 프로그램 확보

○ **(천층 개착터널 보강 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 터널 유출입부(천층)에 대한 보강기술 확보

- 프랑스 Vinci사 등 복층터널 설계 및 시공 업체의 경우 유출입부 설계 시공에 대한 노하우 보유 중
- 국내 지반 조건과 도심구간(인접 구조물 조건 등) 조건에 대한 안정성 확보가 가능한 보강 기술 확보 필요

○ **(화재연기 확산지연 및 배출 기술)** 공공/민간의 R&D를 통해 분기부, 유출입부를 갖는 네트워크형 터널의 화재연기 확산 지연 및 배출 지연 기술 개발로 화재 시 대피자의 대피시간 확보 필요

- 오스트리아 Aigner사의 경우 일반도로 터널 화재확산 지연장치 시공 실적 보유 중
- 복층터널에 설치 가능한 종방향 기류제어를 통한 화재연기 확산 및 배출 지연 기술 개발 필요

□ **민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(분기부 시공 및 보강 기술)** 분기부 필라구간은 근접 병렬터널과 유사한 조건으로 기존 기술의 고도화 등 민간에서 독자적으로 R&D를 추진

- 현재 단선 병렬터널 및 횡갱 시공 등 다수의 근접구간 시공 실적 보유 중
- 민간주도로 기존 기술의 고도화 등을 통한 불량 암질조건에서 초근접(0.1D 이하) 시 보강기술 확보 필요

○ **(영상유고 감지 기술)** 기존 터널 내 CCTV 기술 등을 활용하여 자동 감지 및 분석 기능을 추가한 영상유고 감지 기술을 민간에서 독자적으로 R&D를 추진

- 영상 분석 시 서버의 부하 문제 등 알고리즘이 취약한 문제점
- 민간주도로 감지율 95%이상, 감지시간 15초 이내의 감지시스템 확보를 통한 재난상황 신속 파악 필요

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-22> 대심도터널 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	다목적 대심도 터널 설계 기술	4.401	2.264436	0.231768	0.635796	0.086064	-0.109047	-0.118827	7.391
2	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	4.401	2.264436	0.231768	0.635796	0.086064	-0.436188	-0.079218	7.104
3	다목적 터널 통합 운영	4.401	1.509624	0.231768	0.635796	0.086064	-0.109047	-0.118827	6.636
4	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술	2.934	1.509624	0.154512	0.635796	0.129096	-0.218094	-0.079218	5.066
5	영상유고 감지 기술	2.934	1.509624	0.231768	0.423864	0.086064	-0.436188	-0.118827	4.630
6	분기부 시공 및 보강 기술	2.934	0.754812	0.154512	0.423864	0.043032	0	-0.079218	4.231
7	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	2.445	1.25802	0.12876	0.35322	0.028688	-0.109047	-0.079218	4.025
8	네트워크형 터널 입체 표지판 및 조명 기술	1.467	1.509624	0.154512	0.423864	0.043032	0	-0.039609	3.558
9	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	1.467	1.509624	0.077256	0.211932	0.043032	0	-0.039609	3.269
10	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	1.467	0.754812	0.077256	0.423864	0.043032	0	-0.039609	2.726
11	대심도 터널 내화성능 강화 기술	1.467	0.754812	0.077256	0.211932	0.043032	0	-0.039609	2.514
12	화재연기 확산지연 및 배출 기술	1.467	0.754812	0.077256	0.211932	0.043032	0	-0.039609	2.514
13	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	1.467	0.754812	0.077256	0.211932	0.086064	-0.109047	-0.079218	2.409
14	굴착버력 및 건설 폐기물 급속처리 기술	0.978	0.754812	0.077256	0.211932	0.043032	0	-0.079218	1.986
15	도심형 수직구 구축 기술	0.978	0.754812	0.077256	0.211932	0.086064	-0.109047	-0.039609	1.959
16	내화성 중간슬래브 구축 기술	0.978	0.503208	0.051504	0.35322	0.028688	-0.109047	-0.118827	1.687
17	천층 개착터널 보강 기술	0.978	0.503208	0.051504	0.141288	0.07172	-0.109047	-0.039609	1.597

4.2.6 지하대공간

(1) 핵심시설물 개요

□ **지하대공간의 정의**

○ 여러 가지 형태의 지하대공간을 해석하고 설계하며 시공하고 완성된 지하대공간을 유지관리 할 수 있는 기술

□ **지하대공간의 세부기술 범위**

○ 지하대공간 조성 목적, 활용 방안, 하폐수처리, 물류저장시설 등 다목적 복합 활용 관련 개념 설계 및 입지환경 조사, 타당성 평가, 교통 네트워크 연계 등 계획 기술

○ 근접시공을 위한 기설 구조물과의 상호영향 해석, 구조 모델링. 지하대공간 최적 지보 및 설계기술

○ 경제적 지하대공간 시공이 가능한 굴착, 시공관리시스템 기술과 관련 설비 기술

○ 각종 인위적·자연적 재해에 대응하고 구조/인적 피해를 저감하기 위한 기술



[그림 4-10] 지하대공간 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 독립된 시장 규모가 조사된 사례는 없으나, 터널시장에 포함된 시장규모를 고려, 매년 63.5억 달러 이상 시장 규모로 추산

○ **(시장성장 요인)** 도시화 및 지상공간의 한계, 오염 등 사회문제, 재난 대응 등에 따른 시장수요 증가 예상

- 도시인구증가와 지상공간의 한계, 단위면적당 건축물의 비용상승 등에 따른 도시의 입체적 개발 수요 증가
- 소음 및 오염 등에 따른 사회적 비용이 심각한 사회문제로 부각
- 지하저류시설, 폐기물처리시설 등에 대한 수요 증가로 지속적인 시장 수요 증가 전망

○ **(주요 시장)** 지상공간의 활용과 혐오시설에 대한 기피 현상 등으로 거대도시의 과밀화가 집중되는 북미, 유럽 등 선진국이 중심

□ **적정성 검토 결과**

○ 선진국의 지하대공간 랜드마크화 경향과 글로벌 메가트렌드와 결부된 문제 해결의식으로 인해 향후 지속적인 시장 발주가 예상

○ 지하대공간은 최근 국내에서도 관심도가 높아지고 있는 시설분야로, 관련 기술 확보 시 시공실적과 연계하여 국내 기업의 해외시장 진출 전략 상품화 가능한 분야로 판단됨

○ 기존 R&D를 통해 축적한 선도 기술을 중심으로 시장 확대 전략을 모색하고, 지하공간 신규 활용을 위한 다양한 원천기술 확보 노력 필요

- 발전플랜트 지하화 기술, 이산화탄소 지중 저장기술 등에 지하공간을 새롭게 이용하는 기술들에 대한 자립 수준으로 높이기 위한 기술개발 필요
- 원유 및 가스 지하저장 기술 등은 해외시장을 선도하는 기술로서 신기술·신공법 위주로 지속적인 민간의 기술개발 투자 유도 필요
- 지하대공간 위험특성 대응, 환경 유지 및 관리를 위한 기술자립화 전략과 선진국에서 다양하게 수요가 나타날 것으로 예상되는 지하대공간 활용을 위한 다양한 신기술 개발 전략을 투트렉으로 전개할 필요

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 대도시 인구집중, 괘적한 도시 지상공간 요구 확대, 기간 시설물들의 안전 확보, 각종 혐오시설 및 폐기물들의 처분・격리 등을 위해 전세계 지하공간 건설시장 증가
- ㅇ **(시장매력도)** 도로・철도 등의 교통시설뿐만 아니라, 지상 가용공간의 포화 문제를 해소하고 각종 사회적 문제를 해결하기 위한 방안으로 다양한 지하공간 활용 프로젝트와 구상 증가
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 일반적인 지하공간 건설기술이나 원유・가스 지하저장 기술은 기술적으로 자립 또는 선도 수준으로 파악되나, 높은 기술력과 오랜 기간 동안의 기술 축적이 요구되는 새로운 개념의 지하공간 건설・운영 기술(예: 고준위 핵폐기물 지하처분장, 지하 원자력발전소 등)의 경쟁력은 미미

□ **대도시 인구집중, 괘적한 도시 지상공간 요구 확대, 기간 시설물들의 안전 확보, 각종 혐오시설 및 폐기물들의 처분・격리 등을 위해 전세계 지하공간 건설시장 증가**

○ 지하공간 개발은 지상 환경 파괴를 최소화하면서 도심 과밀화에 따른 문제 해결에도 기여

○ 일정한 온도・습도가 유지되고 방폭, 방음, 방품 등 외부 환경의 영향을 줄일 수 있어서 지하공간 개발은 끊임없이 이루어지고 있음

□ **도로・철도 등의 교통시설뿐만 아니라, 지상 가용공간의 포화 문제를 해소하고 각종 사회적 문제를 해결하기 위한 방안으로 다양한 지하공간 활용 프로젝트와 구상 증가**

○ 지속가능한 개발과 친환경적인 성장에 있어서 가장 걸림돌이 되는 것은 급격한 인구 증가와 그에 따른 도시화(urbanization), 그리고 산업 발전에 따른 에너지 소비와 폐기물 문제임

- 전 세계 도시거주 비율: 50%(2000년) → 70%(2050년), 선진국과 개발도상국의 도시화 비율 86%(2050년)
- 우리나라 도시거주 비율: 80%이상(2005년) → 약 90%(2050년)

○ 기존의 지상시설들을 지하로 옮긴다면 이용할 수 있는 지상공간을 2배 이상 증가시킬 수 있음

- 지진에도 지하공간의 안전은 충분히 검증되었음으로 안전한 기간 시설물을 구축하고 싶다면 지하공간을 활용해야 함

- 지하공간은 방사성 폐기물을 저장할 수 있는 지구상에서 유일하게 안전한 공간
- 전 세계적으로 식품, 액체류 및 가스류 등의 대량 저장을 위한 지하공간 시설들이 널리 활용되고 있음
- 과거와 비교했을 때, 지하공간 활용에 따라 도시의 교통정체가 크게 감소
- 입지적인 특성 상, 지하비축기지, 지하발전소 등과 같은 특수 목적의 시설들은 지역적으로 반드시 도시 지역에 국한되지 않음

□ **일반적인 지하공간 건설기술이나 원유·가스 지하저장 기술은 기술적으로 자립 또는 선도 수준으로 파악**

○ 원유·가스 지하저장, 지하공간 핵심 건설기술 등을 제외하고는 지하공간을 다양하게 활용하기 위한 새로운 개념의 도출, 다양화·다변화 및 관련 기술 개발 극히 미흡

○ 높은 기술력과 오랜 기간 동안의 기술 축적이 요구되는 새로운 개념의 지하공간 건설·운영 기술(예: 고준위핵폐기물 지하처분장, 지하 원자력발전소 등)의 경쟁력은 미미

○ 지하대공간 분야의 논문·특허기술경쟁력은 국내 수준이 세계 최고 수준을 갖고 있기 때문에 현재의 논문·특허 기술경쟁력을 유지하는 투자 필요

※ 논문경쟁력: 최고선진국 미국(1.66), 국내(1.60), 경쟁력 격차 96.0%
특허경쟁력: 최고선진국 일본(0.91), 국내(0.86), 경쟁력 격차 94.7%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 한국(1.28), 경쟁력 격차 없음

<표 4-23> 지하대공간 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
지하대공간	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	의존
	압축공기 에너지 지하저장 기술	의존
	에너지 플랜트 지하화 기술	의존
	열에너지 지하저장 기술	의존
	원유 및 가스 지하저장 기술	선도
	원자력 발전소 지하화 기술	전무
	이산화탄소 지중 저장 기술	의존
	지하 오폐수 처리장 건설 기술	자립
	지하대공간 구축 및 보강 기술	자립
	지하대공간 이동시스템	자립
	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리	자립

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 레드오션 분야인 일반적인 지하공간 건설기술과 원유·가스 지하저장 기술의 수준은 높으나, 기타 새로운 개념의 지하대공간 건설·활용기술은 국내에 실현된 사례가 없거나 매우 기초적인 연구만이 진행되고 있음

○ 따라서 전통적인 지하공간 건설기술과 원유·가스 지하저장 기술은 민간에서 주도적으로 R&D를 통해 선진화시키고, 해외 진출 시장에 특화된 기술개발이 유리

○ 기술발전단계와 기술수준이 낮으며 기술개발위험도가 높고 국가적인 중요 이슈 해결 분야인 고준위 핵폐기물 지하처분장, 원자력 발전소 지하화 등은 정부 주도로 장공공과 민간에서 장기적인 공동 R&D를 통해 확보. 또한 해당 분야 우리나라 기술수준이 매우 미흡한 관계로 가능할 경우 국제공동연구를 적극 추진

○ 지하공간을 활용하여 에너지를 절감·저장하는 분야(예: 압축공기 에너지, 열에너지 지하저장 등)와 각종 혐오시설의 지하화(예: 플랜트, 오폐수 처리장 등의 지하화 등)와 관련해서는 공공과 민간 공동 R&D를 수행하고 연구 종료 후에 민간에서 사업화를 적극 추진하도록 하는 방안이 바람직

<표 4-24> 지하대공간 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
압축공기 에너지 지하저장 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
에너지 플랜트 지하화 기술 의존	국내 R&D	민간
열에너지 지하저장 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
원유 및 가스 지하저장 기술 선도	국내 R&D	민간
원자력 발전소 지하화 기술 전무	국제 공동 R&D	공공/민간
이산화탄소 지중 저장 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
지하 오폐수 처리장 건설 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
지하대공간 구축 및 보강 기술 자립	국내 R&D	민간
지하대공간 이동시스템 자립	국내 R&D	공공/민간
지하대공간 환기, 방재 및 유지관리 자립	국내 R&D	공공/민간

□ **공공/민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술)** 정부 주도 하에 장기적인 공공/민간의 R&D를 통해 고준위 핵폐기물을 영구적으로 대심도 지하에 처분하기 위한 기술 개발 및 파일럿 테스트를 통한 검증

- 우리나라는 원자력발전소에서 발생된 고준위 핵폐기물인 사용 후 핵연료를 발전소 내의 임시 저장 시설에 보관 중

  ※ 경주 동굴 처분 방식의 방폐장: 중·저준위 방사성 폐기물(방사선 작업 시 사용한 작업복, 장갑, 기기교체 부품 등) 처분용

- 지하처분장은 지하 수백 미터 깊이의 견고한 암반층에 구조물을 건설하여 생태계와 격리된 조건에서 고준위 방사성 폐기물을 영구적으로 처분하는 기술

- 방사성 폐기물 처분의 목표 기간은 방사성 핵종에 따라 다양하지만, 통상 1만년 이상의 장기간을 대상으로 하므로 이를 고려한 관련 기술 개발 및 정책 수립

- 한국원자력연구원 주도로 수행 중인 고준위 핵폐기물 지하처분 기술 개발을 위한 URL(Underground Research Laboratory) 등의 관련 연구사업과 연계

○ **(압축공기 에너지 지하저장 기술)** 공공/민간의 공동 R&D를 통해 압축공기 에너지 지하저장 기술을 사업화·상용화하기 위한 관련 기술 개발 및 검증

- 스마트그리드와 스마트시티 사업과 연계하여, 잉여 전력을 이용해서 공기를 압축하여 지하 암반 공동에 저장하고 저장된 압축공기를 필요 시에 LNG 등의 연료를 사용하여 가열 후 팽창시켜 터빈을 구동하고 전력을 발생

- 전력 저장과 발전이 결합된 하이브리드 개념

- 미주나 유럽과 달리, 우리나라의 경우 결정질 암반(화강암, 편마암 등)이 전 국토의 60~70%를 차지하고 있기 때문에 우리나라 조건에 적합한 기술(예: 암반 공동형 압축공기 에너지 저장 발전 등) 개발

- 정부출연연구기관(한국지질자원연구원 등)에서 기 수행한 선행 연구결과 활용

○ **(열에너지 지하저장 기술)** 공공/민간의 공동 R&D를 통해 열에너지 지하저장 기술을 사업화·상용화하기 위한 관련 기술 개발 및 검증

- 암반의 낮은 열전도 특성을 활용하여 지하공간에 열에너지(태양열 에너지, 심야 잉여 전력, 산업폐열 등)를 저장하는 기술 개발

- 공간적 제약이 있는 지상과 다르게 아주 많은 양의 열에너지를 지하에 저장하여

필요할 때 활용할 수 있는 기술 분야

- 시추공 열에너지 저장, 대수층 열에너지 저장, 암반 공동형 열에너지 저장 등 다양한 저장방법에 대한 연구와 우리나라 조건에 적합한 사업화 기술 모델 제시

○ **(이산화탄소 지중 저장 기술)** 공공/민간의 공동 R&D를 통해 이산화탄소를 지중에 포집·격리·저장하기 위한 사업화·상용화 대상 기술 개발 및 검증

- 발전소, 제철소, 석유화학공장 등과 같은 대규모 온실가스 배출원에서 포집한 이산화탄소를 압축 및 수성하여 육상 또는 해상의 지질구조에 저장하는 기술 개발

- 우리나라에서는 대규모로 이산화탄소를 저장하기에 적합한 지질 조건(예: 폐유전 및 폐가스전, 폐석탄층, 대염수층 등)을 찾기가 어렵기 때문에 이를 고려한 기술 개발 필요

- 해저 지질층에 이산화탄소를 저장하기 위한 파일럿 검증 연구가 수행되고 있는 타 부처사업(예: 에너지기술평가원 등)과의 차별성 확보 필요

○ **(지하 오폐수 처리장 건설 기술)** 공공/민간의 공동 R&D를 통해 도시의 주된 혐오시설인 오폐수 처리장을 지하화하기 위한 실용화 기술개발 및 검증

- 노르웨이, 핀란드 등의 유럽에서는 도시에서 발생된 오폐수를 지하에서 처리할 수 있는 시설들이 다수 건설되어 운영 중에 있으나 우리나라에는 전무

- 기존 지하공간 기술을 활용하여 오폐수 처리장을 지하화하기 위한 건설기술과 오폐수 처리시스템의 운영에 대한 기술 개발 필요

○ **(지하대공간 이동시스템)** 공공/민간의 공동 R&D를 통해 지하대공간과 지상공간 사이의 이동·연결을 위한 대용량/고속 이동 시스템의 기술개발

- 지하대공간의 활용 심도가 깊어짐에 따라 지상공간과의 이동 경로가 길어지고 복잡해지고 있기 때문에 이를 해결하기 위한 첨단 기술개발

- 대표적으로 스마트 이동시스템, 기존 교통 시설(정류장, 환승센터)와의 연계를 고려한 최적 설계, 대용량 이동시스템, 수직·수평 운송 연계 시스템, 초고속 이동 시스템 등을 들 수 있음

○ **(지하대공간 환기, 방재 및 유지관리)** 공공/민간의 공동 R&D를 통해 다양한 지하대공간 시설물들에 요구되는 환기, 방재 및 유지관리 기술 개발

- 지하공간은 밀폐된 공간에서 공기 유입이 계속적으로 이루어지고 있는 조건이기 때문에, 화재 발생 시에 높은 고온으로 인한 피해와 대피 경로가 복잡하다는 장점

을 가지고 있음

- 따라서 다양한 지하대공간 시설물을 대상으로 맞춤형 방재 및 유지관리 시스템과 더불어, 운용 중에 지하대공간 이용자의 건강과 안전을 확보할 수 있는 환기 기술 개발이 필요

- 관련된 국가R&D들이 다수 수행되었으므로 선행 기술들을 선진화 및 연계할 수 있는 기술 개발 필요

□ **공공/민간주도의 국제 공동 R&D 추진**

○ **(원자력 발전소 지하화 기술)** 정부 주도 하에 장기적인 공공/민간의 R&D와 기술개발을 선행하고 있는 선진 외국기관과의 국제공동연구를 통해 원자력 발전소를 지하화하기 위한 원천 기술 개발

- 일본 후쿠시마 원전사고 등으로 인해 원자력발전소 건설에 대한 신뢰성이 저하되고 있는 상황에서, 방사능 차폐효과와 방사능 물질의 격납 효과를 기대할 수 있는 지하 공동 내에 원자력 발전소를 건설하기 위한 기술 개발

- 특히, 지진, 해일 등 천재지변과 미사일, 폭격, 비행체 충돌 등 외부로부터의 물리적 방호에 유리한 지하화 기술 개발

- 우리나라는 관련 기술이 전무하나, 유럽을 중심으로 한 선진국에서는 1950년대부터 소규모 실험용 지하 원자로에 대한 연구를 수행해왔으며, 고준위 핵폐기물 처분 연구와 더불어서 2000년대 들어서 지하 원자력발전소와 핵폐기물 처리장을 집약한 Underground Nuclear Park에 대한 연구 진행

- 원자력발전소를 지하화하기 위해 필요한 입지 및 암반 특성 조사 기술, 지하 원전 구조물 해석·설계기술, 지하 원전 구조물의 최적 지보·구조체 기술, 대규모 대단면 굴착기술, 취약부 안전시공 기술, 밀폐·차폐 재료의 안전 시공기술, 지하 원전 구조물의 첨단 모니터링 및 유지관리 기술, 비상 시 지하 원전의 격리 기술 등의 개발이 필요

□ **민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(에너지 플랜트 지하화 기술)** 민간 주도로 공공기관 등과의 협력 R&D를 통해 지하 복합플랜트의 지하화 기술 개발

- 열병합발전시설, 폐기물처리시설, 상·하수도시설 등 개별적 도시 기반시설들을 지하에 집중화하고 에너지 및 자원을 상호 연계하는 지하 복합플랜트 기술 개발

- 주민민원으로 지상 설치가 어려운 소각시설, 음식물폐기물처리 시설 등의 NIMBY 시

설 유치로 삶의 질 향상과 환경기초시설의 복합화(하수열의 지역난방 공급, 소각열의 음식물/하수슬러지 건조 활용 등)로 에너지 효율 및 경제성 향상이 가능한 기술 개발

- 국토교통과학기술진흥원의 연구단 규모 선행과제(도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 개발, '16.6~'20.5)과 사업단 규모 기획과제(도시기반 순환형 복합플랜트 기술 기획, '14.6)를 고려한 기술 개발 필요

- 이외에도 국가적으로 상당한 전력사용량을 차지하고 있는 데이터센터(data center)를 지하화하기 위한 기술개발 등도 필요

※ 지상 데이터센터에서 사용되는 전력의 약 50% 이상이 서버를 cooling시키는데 사용

○ **(원유 및 가스 지하저장 기술)** 민간 주도의 R&D를 통해 선진 수준의 관련 기술을 선도하고 해외 시장에 진출하기 위한 맞춤형 기술 개발

- 우리나라는 이미 국가 전략적인 차원의 비축유 조건을 만족하여 원유 비축기지 건설사업은 종료되었다고 할 수 있으나, 베트남 등 개발도상국을 중심으로 해외 지하 비축기지 건설사업이 지속적으로 발주 중

- 따라서 개발도상국의 입지·지역적 특성을 고려한 해외 시장 진출 맞춤형 기술개발을 민간 주도의 R&D를 통해 수행

○ **(지하대공간 구축 및 보강 기술)** 민간 주도의 R&D를 통해 선진 수준의 관련 기술을 선도하고 해외 시장에 진출 및 경제성·안정성을 향상시키기 위한 핵심 또는 원천 기술 개발

- 지하공간 건설을 위해 근간이 되는 기술 분야로서, 현행 기술들의 한계를 극복 또는 개선하여 지하공간 건설 비용과 기간을 절감할 수 있으면서, 지하공간의 안정성과 경제성을 향상시킬 수 있는 설계 엔지니어링, 첨단 시공재료 및 공법, IoT 기반의 조사·계측·운영·모니터링 등의 핵심 원천 기술 개발

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-25> 지하대공간 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	원유 및 가스 지하저장 기술	3.615	0.117242667	0.082236	0.246708	0.503652	0.069184	-0.013097333	4.621
2	지하대공간 구축 및 보강 기술	3.133	0.080218667	0.152724	0.152724	0.39762	0.023061333	-0.013097333	3.926
3	에너지 플랜트 지하화 기술	2.892	0.080218667	0.152724	0.082236	0.185556	0.023061333	-0.039292	3.377
4	원자력 발전소 지하화 기술	3.133	0.024682667	0.11748	0.046992	0.185556	-0.023061333	0.170265333	3.314
5	이산화탄소 지중 저장 기술	2.169	0.030853333	0.129228	0.035244	0.185556	-0.115306667	0.065486667	2.369
6	지하 오폐수 처리장 건설 기술	1.687	0.043194667	0.152724	0.082236	0.39762	0.023061333	-0.039292	2.347
7	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리	1.687	0.080218667	0.05874	0.082236	0.39762	0.023061333	-0.013097333	2.316
8	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	1.687	0.030853333	0.129228	0.05874	0.344604	0.207552	-0.170265333	2.288
9	압축공기 에너지 지하저장 기술	1.687	0.030853333	0.129228	0.035244	0.185556	-0.023061333	-0.039292	2.006
10	지하대공간 이동시스템	1.446	0.024682667	0.046992	0.046992	0.344604	0.023061333	0.013097333	1.945
11	열에너지 지하저장 기술	1.687	0.024682667	0.046992	0.023496	0.185556	-0.115306667	0.091681333	1.761

4.2.7 해상기초

(1) 핵심시설물 개요

□ **해상기초의 정의**

○ 해상에 설치하는 시설물의 하중을 지지하고 조류나 바람에 의한 변형이나 파괴로부터 구조물의 안전성과 내구성을 확보하기 위해 해저 지반과 구조물을 연결하는 공통적인 시설부위를 말함

□ **해상기초의 세부기술 범위**

○ 해상교량, 해상 태양광 및 풍력 에너지단지, LNG 터미널, 인공섬 등 수중에 설치하는 구조물의 기초로 활용



[그림 4-11] 해상기초 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 수중에 설치되는 구조물의 해상기초는 매년 403억 달러 이상의 시장 규모로 추산

- 해상교량의 기초공사는 공정이 복잡하고 작업난이도가 높아 총 공사비의 30% 차지

※ 해상교량 기초공사비는 육상공사비 대비 3배내외

- 2016년 세계 풍력산업 투자액은 전년대비 3% 증가한 1,110억 달러로 추산되며, 해상풍력발전기초시장은 약 278억 달러 규모

※ 유럽풍력에너지협회(European Wind Energy Association)는 해상풍력발전기 구축을 위한 총 공사비 중 기초구조물 시공비를 25%로 추정

○ **(시장성장 요인)** 초장대 해상 케이블교량 시장의 지속 성장, 친환경 에너지 요구에 따른 해상풍력발전 시장과 동반 성장 가능성 매우 높음

○ **(주요 시장)** 초장대 해상교량은 유럽, 동남아(중국, 인도네시아 등)지역 시장이 지속적으로 성장하고 있고, 세계 최대의 해상 풍력발전 추진국인 영국, 독일, 중국을 중심으로 해상기초 시장 확대 전망

□ **적정성 검토 결과**

○ 해상기초는 최근 초장대 해상교량 수요의 증가, 태양광 및 풍력과 같은 최대의 신재생에너지원 활용을 위한 해상발전단지 수요의 증가 등으로 향후 해외시장 확대 가능한 시설물 분야임

○ SK, 대림 등 많은 기업들이 초장대 해상 케이블교량의 다양한 수주와 시공실적을 보유하고 있어 해상기초와 관련하여 지속적으로 시장 확대 및 다변화가 가능한 핵심시설임

▪ 다양한 부유식 구조물의 앵커기초로 활용되는 버켓기초 설계 및 시공 기술, 해상구조물 수중 접합/분리 기술, 해상기초의 내진설계 및 보강공법 등에 대한 기술개발 추진 필요

(2) 주요현안

주요현안

ㅇ **(트렌드)** 초장대 해상 케이블교량 시장의 지속 성장, 친환경 에너지 요구에 따른 해상풍력발전 시장과 동반 성장 가능성 매우 높음

ㅇ **(시장매력도)** 해상기초는 매년 403억 달러 이상의 시장규모로 지속적인 성장이 예상되며, 대형 사업이 다수를 차지하여 수주시 경제적 효과가 매우 높음

ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 해상기초는 국내 대기업들의 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 시공분야에서는 기술을 선도 중이나 해상 특수기초 및 내진보강 기초 등은 선진업체 의존

□ **초장대 해상 케이블교량 시장의 지속 성장, 친환경 에너지 요구에 따른 해상풍력발전 시장과 동반 성장 가능성 매우 높음**

○ 경제글로벌화로 인한 국가 간, 지역간 도로, 철도 등 교통망 연결 수요 증가로 인해 초장대 해상교량 발주 증가

○ 태양광 및 풍력과 같은 재생에너지원 활용을 위한 해상발전단지 수요의 증가로 향후 해외시장 확대 가능

□ **수중에 설치되는 구조물의 기초인 해상기초 시장은 매년 403억 달러 이상의 규모로 유럽, 동남아(중국, 인도네시아 등)지역을 중심으로 지속적인 시장성장 예상**

○ 최근 초장대 해상교량은 유럽, 동남아(중국, 인도네시아 등)지역을 중심으로 시장이 지속적으로 성장

- 해상교량의 기초공사는 공정이 복잡하고 작업난이도가 높아 총 공사비의 30% 차지

※ 해상교량 기초공사비는 육상공사비 대비 3배 내외

○ 세계 최대의 해상 풍력발전 추진국인 영국, 독일, 중국을 중심으로 해상기초 시장 확대 전망

- 2016년 세계 풍력산업 투자액은 전년대비 3% 증가한 1,110억 달러로 추산되며, 해상풍력발전기초시장은 약 278억 달러 규모

※ 유럽풍력에너지협회(European Wind Energy Association)는 해상풍력발전기 구축을 위한 총 공사비 중 기초구조물 시공비를 25%로 추정

□ **해상기초는 국내 대기업들의 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 시공분야에서는 기술을 선도 중이나 해상 특수기초 및 내진보강 기초 등은 선진업체 의존**

○ 현대, SK, 대림 등 국내 기업들이 초장대 해상 케이블교량의 다양한 수주와 시공실적 보유

※ 현대건설, 쿠웨이트 쉐이크 자베르 코즈웨이 해상교량 수주 (2조 9,000억원 규모)('12.11)

※ SK-대림 컨소시엄, 터키 차나칼레 현수교 수주(3조 5,000억원 규모)('17.1)

○ 해상기초 기술의 국내 전체 기술수준은 자립수준(2.67)로 평가

- 말뚝 및 케이슨 시공, 차수, 가시설 등 해상기초 시공기술을 중심으로 기술 선도 (50%, 7개 기술)
- 버켓기초, 수중 작업, 내진보강 등의 기술은 여전히 선진업체에 의존하고 있는 상황
- 지속적으로 시장 확대 및 다변화가 가능한 핵심시설임

<표 4-26> 해상기초 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
해상기초	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	자립
	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	자립
	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	자립
	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	자립
	버켓기초 설계/시공 기술	의존
	케이슨 경량화 기술	자립
	케이슨 급속 지중 관입 기술	자립
	케이슨 선단 차수 기술	자립
	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	자립
	해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	자립
	해상 교량기초 가설공법	자립
	해상 구조물 수중 접합/분리 기술	의존
	해상 기초 지지력 확인 기술	자립
	해상기초의 내진보강 공법	의존

- 또한 해상기초가 포함된 육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 미국(1.06)의 61.8% 수준인 0.66으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 미국(1.13), 국내(0.53), 경쟁력 격차 42.1%
특허경쟁력: 최고선진국 미국(0.97), 국내(0.90), 경쟁력 격차 92.6%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 미국(1.06), 국내(0.66), 경쟁력 격차 61.8%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 기술수준과 발전단계가 높으며 확보 시 혜택이 크지만 기술개발 위험도가 낮은 대구경 기성말뚝 해상 시공 기술, 케이슨 경량화 기술, 해상 교량기초 가설공법 등은 민간에서 주도적으로 R&D를 통해 확보

○ 대구경 현장타설말뚝 시공기술, 케이슨 시공기술, 해상기초 지지력 확인 기술 등과 같이 해상기초 관련 자립기술은 공공과 민간에서 R&D를 통해 확보

○ 기술발전단계와 기술수준이 낮으며, 기술개발 위험도가 높고 혜택이 낮은 버켓기초 설계/시공 기술, 해상 구조물 수중 접합/분리 기술, 해상기초의 내진보강 공법 등은 공공이 주도적으로 국제 공동연구를 통해 확보하도록 함

<표 4-27> 해상기초 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술 자립	국내 R&D	공공
SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술 자립	국내 R&D	공공
대구경 기성말뚝 해상 시공 기술 자립	국내 R&D	민간
대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
버켓기초 설계/시공 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
케이슨 경량화 기술 자립	국내 R&D	민간
케이슨 급속 지중 관입 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
케이슨 선단 차수 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
해상 경사말뚝 경사도 확보 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
해상 교량기초 가설공법 자립	국내 R&D	민간
해상 구조물 수중 접합/분리 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
해상 기초 지지력 확인 기술 자립	국내 R&D	공공/민간
해상기초의 내진보강 공법 의존	국제 공동 R&D	공공/민간

□ **공공/민간 주도의 국내 R&D 추진**

○ **(대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술)**

- 현재 수심 30m 내외 조건에서 직경 5.0m의 대구경 현장타설말뚝 시공 장비 개발 완료, 상용화를 위한 기술 검증 필요
- 설치 수심 증대 및 초대구경(직경 5000mm 이상) 현장타설말뚝 시공 기술 개발 필요

○ **(케이슨 급속 지중 관입 기술)**

- 현재 수심 20m 내외 조건에 대한 케이슨 시공 기술 보유
- 대수심, 불균질한 지반 등 악조건에 대한 대구경 케이슨의 급속 정착 기술 개발 필요
- 석션압, 워터젯, 진동기 등을 이용한 효율적인 케이슨 설치 응용기술 개발 필요

○ **(케이슨 선단 차수 기술)**

- 현재 케이슨 선단부의 차수를 위하여 일반적인 차수 그라우팅 기술 보유, 해상 교각 및 기초 유지 관리를 위한 팽창형 튜브 활용 기술 보유
- 케이슨 내부의 안전한 육상화 조건 마련 및 유사시 효율적인 차수 기술 개발을 위하여 신속한 보수/보강이 가능한 장비 및 재료 개발 필요

○ **(해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술)**

- 현재 전기방식, 알루미늄 코팅 등 해상 강관말뚝의 부식 저감 및 방지 기술 보유
- 해상 구조물의 장수명 확보를 위해 비말대 구간에 대한 경제적이고 효과적인 방식 기술 개발 필요

○ **(해상 경사말뚝 경사도 확보 기술)**

- 현재 해상 경사말뚝 시공을 위하여 가시설 설치가 어렵고 복잡하여 경제성 떨어짐
- 경사말뚝의 정밀한 경사도 확보 및 경제적인 시공을 위한 작업선단 구성 및 신형식 가시설(가이드 자켓, 가이드 프레임 등) 설치 기술 개발 필요

○ **(해상 기초 지지력 확인 기술)**

- 현재 양방향 재하시험 장치를 활용하여 해상 기초의 연직지지력 확인 기술은 보유

하고 있으나 수평지지력 확인은 비용이 많이 들고 어려움

- 해상 기초의 경우 수량과 크기를 주로 결정하는 수평지지력 확인이 중요하며, 수평지지력을 경제적으로 확인할 수 있는 기술 개발 필요

□ **공공 주도의 국내 R&D 추진**

○ **(SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술)**

- 현재 해상(수상) 가물막이로 많이 사용되는 시트파일의 설계 및 시공 기술 보유
- 유수압 및 파압에 대응한 시트파일 구조성능 확보 기술 개발 필요
- 내부 작업공간 최대 확보를 위한 보강재 최적 배치 기술 개발 필요

○ **(SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술)**

- 현재 시트파일의 구조적 취약성을 보완한 SPSP 시공 기술 보유
- 대수심 조건에서 벽강관말뚝들 사이에 그라우팅 등을 통한 차수성능 확보 기술 개발 필요

□ **민간 주도의 국내 R&D 추진**

○ **(대구경 기성말뚝 해상 시공 기술)**

- 현재 대형 항타기 또는 바이브로 해머를 이용하여 직경 1000mm 내외의 대구경 PHC 파일이나 강관파일의 시공 기술 보유
- 유속이 빠르고 수심이 깊은 지역에 대하여 직경 1000mm 이상의 대구경 기성말뚝에 대한 신속한 설치 기술 개발 필요

○ **(케이슨 경량화 기술)**

- 현재 케이슨 설치시 대용량 해상 크레인 동원으로 인해 장비 운영비 고가
- 시공비(장비 운영비) 감소를 위한 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계를 극복할 수 있는 케이슨의 고내력, 경량화 기술 개발 필요

○ **(해상 교량기초 가설공법)**

- 현재 시트파일, 벽강관말뚝, 셀식 가물막이 공법 등에 대한 기술을 보유하고 있으나 시공비가 높고 종종 안전사고 발생

- 대구경 원형강관을 활용하여 가물막이 및 해상 작업대 역할을 동시에 할 수 있는 신형식 가설공법 개발 중

□ **공공/민간 주도의 국제 공동 R&D 추진**

○ **(버켓기초 설계/시공 기술)**

- 현재 수심 40m 내외 조건에서 직경 5.0m 내외의 버켓기초 설계./시공 기술 보유
- 대수심 또는 초저수심 조건에 대한 대구경 버켓기초의 설계 및 시공 기술 확보 필요

○ **(해상 구조물 수중 접합/분리 기술)**

- 현재 수중에서 구조물을 접합 및 분리하기 위해서는 잠수사 및 ROV가 필수적이며, 시간이 오래 걸리고 안전사고 발생 우려 존재
- 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계로 인해 해상 구조물이 모듈화 되고 있으며, 이러한 기성 모듈들의 신속한 수중 접합 및 분리 기술 개발 필요

○ **(해상기초의 내진보강 공법)**

- 현재 지진과 같은 급격한 지반 변동에 대하여 해상기초의 안정성 확보 기술 부재
- 피복기술, 주입기술, 지반개량 등을 통한 기초의 내진성능 향상 기술 개발 필요

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-28> 해상기초 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	해상기초의 내진보강 공법	3.48	0.1551	0.26862	0.21659	0.028773	0	-0.076681667	4.072
2	버켓기초 설계/시공 기술	3.016	0.1551	0.26862	0.1969	0.035167	-0.194275667	0.107354333	3.370
3	해상 교량기초 가설공법	2.784	0.193875	0.26862	0.23628	0.044758	-0.083261	-0.092018	3.352
4	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	2.784	0.1551	0.335775	0.15752	0.038364	-0.055507333	0.122690667	3.293
5	해상 기초 지지력 확인 기술	2.552	0.1551	0.26862	0.21659	0.047955	0	-0.046009	3.194
6	케이슨 경량화 기술	2.784	0.07755	0.13431	0.17721	0.019182	-0.277536667	0.122690667	2.792
7	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	2.088	0.1551	0.26862	0.15752	0.047955	-0.027753667	0.061345333	2.628
8	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	2.088	0.07755	0.201465	0.17721	0.054349	-0.027753667	0.015336333	2.555
9	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	1.856	0.064625	0.17908	0.15752	0.035167	-0.027753667	0.015336333	2.249
10	해상 구조물 수중 접합/분리 기술	1.856	0.090475	0.156695	0.147675	0.028773	-0.138768333	-0.092018	2.049
11	케이슨 선단 차수 기술	1.856	0.07755	0.156695	0.15752	0.028773	-0.166522	-0.092018	2.018
12	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	1.624	0.090475	0.156695	0.13783	0.054349	-0.027753667	0.030672667	2.005
13	케이슨 급속 지중 관입 기술	1.624	0.07755	0.13431	0.11814	0.03197	-0.083261	-0.122690667	1.780
14	해상 경사말뚝 [경사도 확보 기술	1.16	0.064625	0.111925	0.07876	0.051152	0	-0.046009	1.420

4.2.8 항만 및 해안구조물

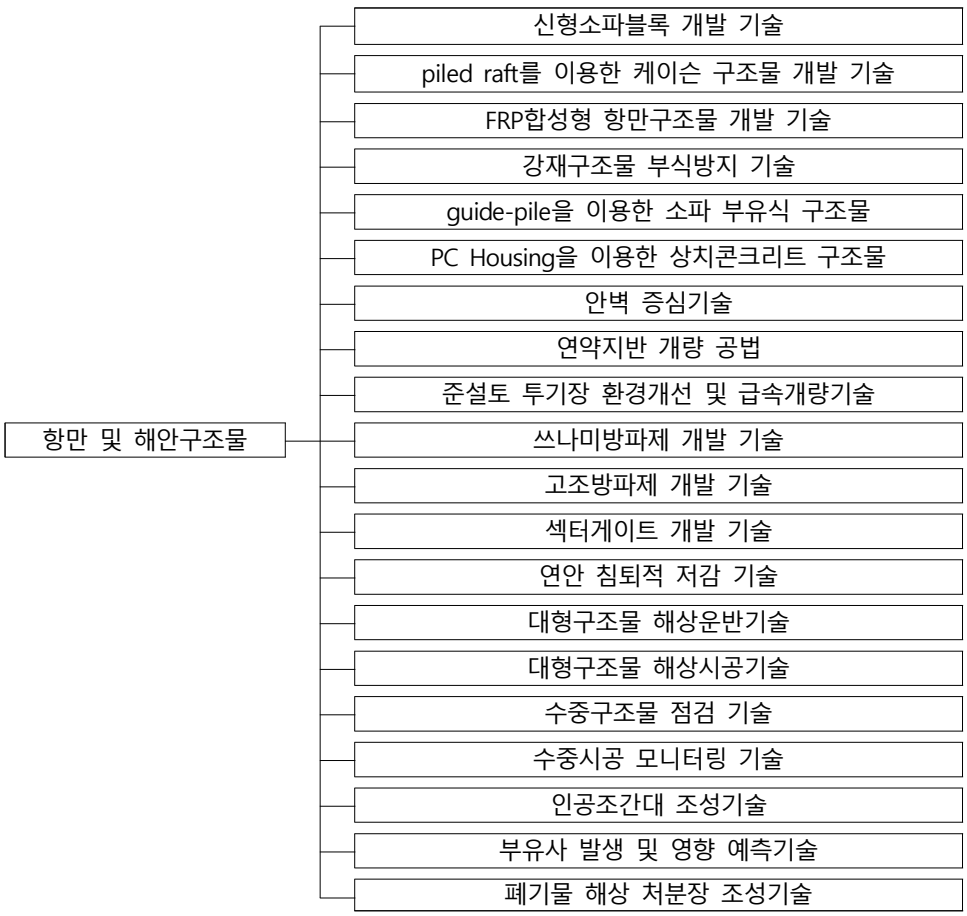
(1) 핵심시설물 개요

□ **항만 및 해안구조물의 정의**

○ 외해로부터 내습하는 파랑(波浪)의 방지(防止), 파랑 및 조류(潮流)에 의한 표사 이동(漂砂移動)의 방지, 해안선의 토사유실(土砂流失) 방지 및 하천 또는 외해(外海)로부터의 토사 유입방지 등을 목적으로 축조하는 시설

□ **항만 및 해안구조물의 세부기술 범위**

○ 해안선을 중심으로 사람과 선박이 안전하게 승선, 접안, 하역할 수 있도록 하거나 자연외력으로부터 보호하기 위한 시설물을 건설하는 기술로서 항만 및 해안의 조사, 계획, 설계, 시공, 유지관리 기술을 포함



[그림 4-12] 항만 및 해안구조물 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 항만시설물은 지역별, 단계별로 계획 중인 항만건설사업*이 유지된다고 가정하면 연평균 53.3조원으로 추정

※ 테메트릭건설센터(TCIC)의 항만건설사업 지역별, 단계별 사업 추진현황 조사

○ **(시장성장 요인)** 신흥시장 중심 소비재 수요의 지속적인 증가로 컨테이너터미널 수요 증가와 대형 컨테이너선 수요 증가, 해안 방호 수요의 증가로 지속적인 시장 성장 전망

○ **(주요 시장)** 방글라데시, 베트남, 필리핀, 탄자니아, 페루 및 가나 등의 지역이 무역성장에 적합하지만 선형적 연결성이 좋지 않아 항만 개발수요가 높은 국가로 평가

※ 주요 예상 프로젝트 : 탄자니아 136억 달러, U.A.E의 Khalifa Port and Industrial Zone 프로젝트 291억불

□ **적정성 검토 결과**

○ 항만 및 해안구조물은 경제글로벌화로 인한 전 세계 물동량의 증가, 기후 변화 등으로 인한 자연재해의 증가 등으로 지속적인 시장 발주가 예상되는 분야임

○ 항만 및 해안구조물은 단위 프로젝트 규모가 커서 국내 업체들이 관심도는 높으나, 기술수준은 의존 혹은 그 이하의 수준으로 기술 개발 투자가 선행되어야 하는 분야임

▪ 다양한 부유식 항만 구조물의 특성을 고려하여 FRP 등 신재료를 활용한 항만 구조물 개발, 대형구조물 운반 및 시공 기술, 수중 구조물 점검 및 모니터링 기술 등의 개발 필요

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 기후변화 및 이상기후 등으로 인한 고파랑 및 해수면 상승으로 인하여 연안지역 피해 빈도 및 강도 증가. 재해로부터 안전하고, 쾌적한 연안, 해안 및 항만 구축을 위한 기술이 필요하며 이에 대한 기술 수요가 증가할 것으로 예상
- ㅇ **(시장매력도)** 해외건설 시장의 경우 년 평균 14억 달러 규모의 항만사업을 수주하여 경제적 효과가 클 것으로 예상. 또한 해안 및 항만 구조물은 대부분 공공시설로서 지속적인 정부 수요
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 국내 대기업들의 다양한 해외사업 수주 및 시공 실적을 바탕으로 기술을 선도중이나, 여전히 일부기술의 경우 국외선진 업체에 의존하고 있으며, 기술의 경쟁력이 낮은 것으로 판단

□ **기후변화 및 이상기후 등으로 인한 고파랑 및 해수면 상승으로 인하여 연안지역 피해 빈도 및 강도 증가. 재해로부터 안전하고, 쾌적한 연안, 해안 및 항만 구축을 위한 기술이 필요하며 이에 대한 기술 수요가 증가할 것으로 예상**

○ 최근 우리나라의 태풍 차바(2016년) 및 미국의 허리케인 어마(2017년) 등에 의한 고파랑 내습 등으로 인하여 해안저지대의 침수, 해안 구조물의 파손 등이 발생하였음.

○ 연안 지역의 안전성 확보 및 안정한 항만시설물의 건설 및 성능강화가 요구되고 있음

□ **해외건설 시장의 경우 년 평균 14억 달러 규모의 항만사업을 수주하여 경제적 효과가 클 것으로 예상. 또한 해안 및 항만 구조물은 대부분 공공시설로서 지속적인 정부 수요**

○ 해외건설협회(www.icak.or.kr) 자료에 의하면, 2010년~2016년 해외건설을 통하여 토목 분야에서 580억 달러를 수주하였고(총 4,012억 달러), 토목 분야에서 항만 분야가 전체의 약 16%인 94억 달러를 수중하였음

- 해외 항건건설 분야 시장에서 지속적인 수주 달성을 위하여 국내 건설사가 노력하고 있는 상황이며, 시장 확대가 가능할 것으로 판단됨

○ 해안 및 항만 구조물은 대부분 공공시설로서 정부의 지속적인 수요가 예삼됨

□ **국내 대기업들의 다양한 해외사업 수주 및 시공 실적을 바탕으로 기술을 선도중이나, 여전히 일부기술의 경우 국외선진 업체에 의존하고 있으며, 기술의 경쟁력이 낮은 것으로 판단**

○ 해외사업을 수행함에 있어 국내 기업들이 시공기술은 확보하고 있는 것으로 평가

○ 항만 및 해안구조물 분야 기술수준은 기술의존으로 평가

- 항만 및 해안구조물의 시공기술은 상당 수준 확보된 것으로 판단되나, 세부기술력은 여전히 선진업체에 의존하는 상황임

<표 4-29> 항만 및 해안구조물 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
항만 및 해안구조물	폐기물 해상 처분장 조성기술	의존
	FRP합성형 항만구조물 개발	의존
	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	의존
	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	의존
	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	의존
	강재구조물 부식방지 기술	의존
	고조방파제 개발 기술	의존
	대형구조물 해상시공기술	의존
	대형구조물 해상운반기술	의존
	부유사 발생 및 영향 예측기술	의존
	섹터게이트 개발 기술	의존
	수중구조물 점검 기술	의존
	수중시공 모니터링 기술	의존
	신형소파블록 개발	의존
	쓰나미방파제 개발 기술	의존
	안벽 증심기술	의존
	연안 침퇴적 저감 기술	자립
	연약지반 개량 공법	자립
	인공조간대 조성기술	전무
	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	의존

- 또한 항만 및 해안구조물 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 영국(1.21)의 53.7% 수준인 0.65으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 영국(1.66), 국내(0.52), 경쟁력 격차 31.5%
특허경쟁력: 최고선진국 일본(0.98), 국내(0.82), 경쟁력 격차 84.0%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 영국(1.21), 국내(0.65), 경쟁력 격차 53.7%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 기술수준이 대부분 의존 단계로서 연구개발(R&D)사업을 통하여 기술을 개발하고 확보함

○ 항만 및 해안구조물은 대부분 공공시설로서 대부분 공공과 민간이 공동으로 주체가 되어 연구개발 추진

○ 국내 기술력이 미흡한 것으로 보이는 기술에 대해서는 국제공동연구 및 기술도입 등을 통하여 기술력 확보

<표 4-30> 항만 및 해안구조물 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
폐기물 해상 처분장 조성기술 의존	국내 R&D	공공
FRP합성형 항만구조물 개발 의존	국내 R&D	공공/민간
guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물 의존	국내 R&D	공공/민간
PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물 의존	국내 R&D	공공/민간
piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발 의존	국내 R&D	공공/민간
수중구조물 점검 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
수중시공 모니터링 기술 의존	국내 R&D	공공/민간
신형소파블록 개발 의존	국내 R&D	공공/민간
대형구조물 해상시공기술 의존	국내 R&D	공공/민간
대형구조물 해상운반기술 의존	국내 R&D	공공/민간
안벽 증심기술 의존	국내 R&D	공공/민간
준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술 의존	국내 R&D	공공/민간
섹터게이트 개발 기술 의존	국내 R&D/기술 도입	공공/민간
연약지반 개량 공법 자립	국내 R&D/기술 도입	공공/민간
강재구조물 부식방지 기술 의존	국내 R&D/기술 도입	공공/민간
고조방파제 개발 기술 의존	국내 R&D/기술 도입	공공/민간
부유사 발생 및 영향 예측기술 의존	국제 공동/국내 R&D	공공/민간
쓰나미방파제 개발 기술 의존	국제 공동/국내 R&D	공공/민간
연안 침퇴적 저감 기술 자립	국제 공동/국내 R&D	공공/민간
인공조간대 조성기술 전무	국제 공동/국내 R&D	공공/민간

□ **공공/민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(FRP합성형 항만구조물 개발)** FRP와 콘크리트를 합성하여 벽체 및 슬래브 등에 적용할 수 있으며, 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 항만구조물에 적용할 수 있도록 기술개발을 수행함

- FRP 파일 및 보도교 패널은 개발 완료 상태이며, 벽체 및 슬래브 등에 일부 적용이 가능한 수준
- FRP합성제를 방파제, 안벽, 잔교, 소파블록 등 항만구조물에 적용하고, 공사비를 절감할 수 있는 기술 달성

○ **(guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물)** 파일을 이용하여 부유식 구조물의 계류시설로 사용하는 사례는 있으나 파랑이나 조류 등에 의하여 부체의 요동 및 이동이 발생함. 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 이를 저감할 수 있는 기술 확보

- 마리나의 guide-pile을 이용한 폰툰 기술은 개발완료이며, 대형 부유식 구조물 개발시 Guide-PIle과 소파 부유체를 결합한 요동 저감형 부유체 개발이 필요한 수준
- Guide Pile과 부체를 연결하여 부체의 수평 이동은 구속하고 상하이동만 허용하는 방법으로 유공벽이나 공기 유수실을 이용한 소파 부유체와 결합하여 부체의 요동과 이동을 저감 할 수 있는 기술 달성

○ **(piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발)** piled raft 기초는 여러 개의 파일과 지반으로 지지되는 바닥판 기초로서 기존의 말뚝기초보다 훨씬 적은 수의 말뚝으로 중력식 구조물의 기초를 대체할 수 있는 기술임. 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 기술 확보

- Piled raft 기초는 일부 교각 기초에 적용되는 실정이며, 케이슨과 파일의 상호 작용에 대한 설계법 원천 개발이 필요한 수준임
- 케이슨의 자중에 의한 중력식 기초의 저항과 piled raft 기초의 저항을 조합하여 설계하므로 기존 케이슨 기초보다 훨씬 작고 효율적인 항만 구조물(방파제, 안벽 등)의 개발

○ **(대형구조물 해상시공기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 경제적이고 효율적인 대형구조물 해상시공기술 확보

○ **(대형구조물 해상운반기술)** 최근 대형 케이슨을 활용한 방파제, 안벽 등으로 적용하는 사례가 증가하고 있음. 그렇지만 도서지역 및 제작장 조성 여건이 불리한 경우 원거리에서 해상을 통해 운반해야 하는 사례가 발생하고 있음. 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 경제적이고 효율적인 대형구조물 해상운반기술 확보

- 근거리의 경우 F/D 및 부유식형태로 이동하여 시공위치에 착저하고나, 대형 바지선에 운반하는 수준임
- 안전하고 신속하게 대형구조물을 해상 운반할 수 있는 기술 달성

○ **(수중구조물 점검 기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 경제적이고 효율적인 수중구조물 점검기술 확보

- 수중 드론 등의 개발이 연구중이나 아직 초기 단계임
- 해양로봇, 수증드론 등 무인 장비를 활용한 수중구조물 점검 기술 확보

○ **(수중시공 모니터링 기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 경제적이고 효율적인 수중시공 모니터링 기술 확보

- 수중 드론 등의 개발이 연구중이나 아직 초기 단계임
- 해양로봇, 수증드론 등 무인 장비를 활용한 수중시공 모니터링 기술 확보

○ **(신형소파블록 개발)** 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 신형소파블록 개발

- 국내의 경우 대부분 일본 및 유럽에서 개발된 소파블록을 설계 및 시공에 적용하고 있는 상황임. 국내에서 개발된 소파블록의 실용화는 거의 전무한 상황임
- 피해율 1% 이내 확보 및 K_D 15 이상의 신형소파블록 개발

○ **(안벽 증심 기술)** 선박의 대형화로 인하여 기존 안벽 전면 수심의 확보가 불가능한 상황이 발생할 수 있음. 이를 해결하기 위한 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통한 안벽증심 기술 개발

- 기존 안벽의 전면 수심을 깊게 만드는 기술은 전무한 상황임
- 기존 안변 전면 수심을 준설하더라도 기존 구조물의 안정성을 확보할 수 있는 증심 기술 확보

○ **(준설토 투기장 환경개선 및 급속개량 기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D를 통하여 준설토 투기장 환경개선 및 급속개량 기술 개발

- 준설토 투기로 인한 침출수 배출 차단, 지반개량 개선, 투기장 부지 급속 개량을 통한 안벽 등의 부지로 활용할 수 있는 기술 확보

○ **(PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물)** 공공 및 민간 주도의 국내 R&D를 통하여 연안 PC Housing 기술 개발

- PC-Housing은 현재 돌핀 상치 슬래브 등에 제한적으로 적용되는 기술임
- PC Housing 기술의 실용화를 통한 시공 기간의 단축, 다양한 항만 구조물 적용을 위한 기술 개발이 필요함

□ **공공/민간 주도의 국내 R&D /기술도입 추진**

○ **(강재구조물 부식방지 기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D 및 기술도입을 통하여 준설토 투기장 환경개선 및 급속개량 기술 개발

- 해상에서 강구조물 시공시에는 비말대에서의 부식 속도가 0.2mm/yr로 설계 수명 50년을 고려하며, 강관 파일의 경우는 구조물의 내하력과는 무관하게 말뚝마다 두께를 10mm를 늘려야 하고 부식 방지대책이 필요함
- 신재료 및 방지기법을 적용한 부식방지 기술 확보

○ **(고조방파제 개발 기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D 및 기술도입을 통하여 고조 방파제 설계 및 시공 관련 기술 확보

- 대표적으로 베니스의 경우 해수면 상승에 대비한 고조방파제가 실제 건설되어 운용중이나 국내의 경우 이에 대한 대비가 전무한 상황임
- 국내 연안해역 특성에 맞는 고조방파제의 설계 및 시공기법 확보

○ **(섹터게이트 개발 기술)** 공공/민간 주도의 국내 R&D 및 기술도입을 통하여 섹터게이트 설계 및 시공 관련 기술 확보

- 네덜란드 등 유럽에서는 이미 섹터게이트가 설치되어 운용중임. 국내의 경우 삼척항에 섹터게이트 건설이 진행중임
- 국내 설치사례를 토대로 국외의 시장진출 등을 위하여 관련 기술에 대한 체계적인 기술 개발 필요

○ **(연약지반 개량 공법)** 항만 구조물은 대부분 중력식 구조물로서 연약지반에 구조물이 설치될 경우 치환 또는 개량공법의 적용이 불가피함. 공공/민간 주도의 국내 R&D 및 기술도입을 통하여 경제적이고 효율적인 연약지반 개량공법 기술 확보

- 새로운 재료 및 기법을 이용한 연약지반 개량 공법 확보

□ **공공주도의 국내 R&D 추진**

○ **(폐기물 해상 처분장 조성기술)** 공공 주도의 국내 R&D를 통하여 폐기물 해상 처분장 조성기술 확보

- 국내의 경우 관련 기술에 대한 국가연구개발사업이 진행중이나 현장적용 사례는 전무한 상황임

- 다양한 폐기물 종류에 따른 처분장의 건설 및 실용화 기술 필요. 차폐기술 및 차폐장 이용기술 등 개발

□ **공공/민간주도의 국제 공동/국내 R&D 추진**

○ **(연안 침퇴적 저감 기술)** 공공과 민간 주도의 국제공동 및 국내 R&D을 통하여 연안 침퇴적 저감 기술 확보

- 정부에서는 연안정비 사업을 통한 연안 보조사업을 지속적으로 추진 중이나 국내 연안 환경에 적합한 체계적인 대응 공법은 제시되어 있지 않은 상황임. 1단계로 연안 침퇴적 저감기법 개발 연구가 수행되었으나 실해역 검증이나 적용은 미흡한 단계임. 국외의 경우 우리나라에 비하여 활발한 연구와 실해역 검증 등의 연구가 진행중임

- 국내 연안환경에 적합한 연안 침퇴적 저감 공법의 확보와 실용화 기술 개발

○ **(쓰나미방파제 개발 기술)** 지진해일 내습시 해안 범람 및 침수 등을 저감하고, 대피시간 등을 확보하기 위한 기술임. 상대적으로 국내에서는 이에 대한 연구가 부족한 상황이며, 공공/민간 주도의 국제공동 및 국내 R&D를 통하여 기술 확보

- 동일본 대지진 이후 일본의 경우 쓰나미 방파제의 효과가 있는 것으로 제시하였으나, 국내의 경우 쓰나미 방파제에 대한 연구가 거의 전무한 수준임

- 일반 파랑에 대비한 방파제의 성능 이외에 쓰나미의 방어에 맞는 구조물 설계기법 등에 대한 기술 확보

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-31> 항만 및 해안구조물 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	FRP합성형 항만구조물 개발	5.235	0.16461	0.28143	1.32396	0.131472	0.012144	-0.0693	7.079
2	연약지반 개량 공법	4.188	0.131688	0.225144	1.059168	0.098604	-0.012144	-0.0297	5.661
3	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	3.141	0.098766	0.225144	1.059168	0.098604	-0.024288	-0.0297	4.569
4	고조방파제 개발 기술	3.839	0.120714	0.150096	0.44132	0.065736	-0.048576	-0.0495	4.519
5	대형구조물 해상시공기술	3.141	0.098766	0.168858	0.970904	0.087648	-0.012144	-0.0297	4.425
6	대형구조물 해상운반기술	3.141	0.087792	0.150096	0.970904	0.087648	0	-0.0396	4.398
7	안벽 증심기술	3.141	0.131688	0.225144	0.794376	0.098604	-0.012144	-0.0297	4.349
8	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	3.141	0.131688	0.112572	0.794376	0.065736	-0.024288	-0.0297	4.191
9	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	3.141	0.098766	0.225144	0.617848	0.131472	-0.036432	-0.0297	4.148
10	수중시공 모니터링 기술	2.792	0.087792	0.206382	0.970904	0.098604	-0.012144	-0.0198	4.124
11	연안 침퇴적 저감 기술	2.792	0.120714	0.150096	0.617848	0.098604	-0.024288	-0.0297	3.725
12	신형소파블록 개발	2.792	0.076818	0.168858	0.529584	0.098604	0	-0.0099	3.656
13	강재구조물 부식방지 기술	2.094	0.098766	0.168858	1.059168	0.098604	-0.024288	-0.0396	3.456
14	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	2.094	0.098766	0.150096	0.88264	0.098604	-0.012144	-0.0495	3.262
15	섹터게이트 개발 기술	2.443	0.05487	0.131334	0.353056	0.065736	-0.024288	-0.0198	3.004
16	부유사 발생 및 영향 예측기술	2.094	0.05487	0.168858	0.353056	0.065736	-0.024288	-0.0396	2.673
17	폐기물 해상 처분장 조성기술	2.094	0.05487	0.112572	0.397188	0.05478	-0.072864	-0.0594	2.581
18	수중구조물 점검 기술	1.396	0.087792	0.150096	0.706112	0.065736	-0.024288	-1.73472E-18	2.381
19	쓰나미방파제 개발 기술	1.745	0.05487	0.09381	0.353056	0.05478	-0.036432	-0.0297	2.235
20	인공조간대 조성기술	1.396	0.043896	0.075048	0.573716	0.043824	-0.085008	-0.0693	1.978

4.2.9 부유식 인공섬

(1) 핵심시설물 개요

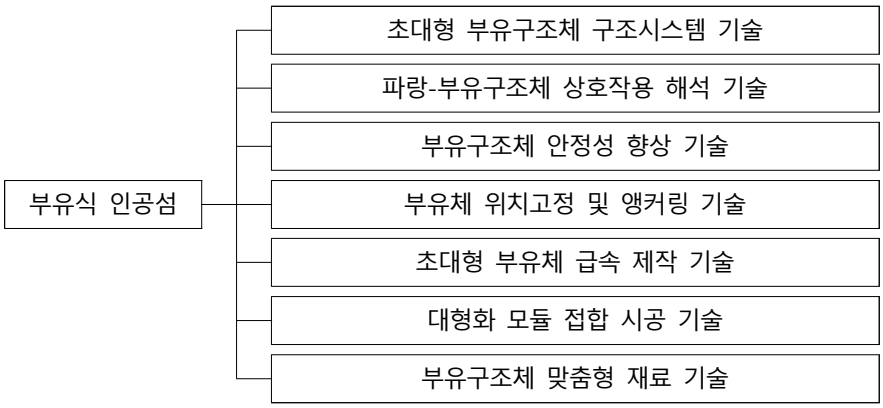
□ **부유식 인공섬의 정의**

○ 부유식 인공섬은 선박과 마찬가지로 부력에 의해 구조물의 자중을 버티어내는 형태로 해저지반에 본체를 직접 설치하지 않는 구조물로서 친환경적이고 경제적인 국토 신공간 확보를 목적으로 해상에 조성되는 섬을 말함

- 해상공항, 항만, 해상물류단지, 다기능 해상폐기물 매립 및 소각시설, 에너지 생산 및 저장시설, 발전 및 플랜트 산업시설, 해양레저시설 등에 활용

□ **부유식 인공섬의 세부기술 범위**

○ 부유식 인공섬은 초대형 부유구조체의 설계를 위한 구조 및 안정성 해석기술, 부유구조체의 위치 고정 및 앵커링 기술, 초대형 부유구조체 시공을 위한 모듈 제작 및 접합 기술 등이 세부기술로 구성되고 있음



[그림 4-13] 부유식 인공섬 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 도거뱅크 풍력에너지 생산 인공섬 건설*을 계획을 포함하여, 대부분 프로토타입 내지는 실용화 추진 중으로 현재 시장 파악이 어려운 분야임

※ 독일, 덴마크, 네덜란드 등 3개국 약 13억 유로 규모의 도거뱅크 인공섬 추진 중

※ 중국은 남중국해에 전력공급을 위한 부유식 원자력발전소 건설 추진(2017년 해상 원전의 부유식 플랫폼에 대한 계획을 국방과학기술공업 및 원자력 공업 5개년 계획에 포함)

○ **(시장성장 요인)** 세계 각국의 경제적 영토 확장, 친환경 및 안전한 국토 환경 조성 및 개발, 신재생에너지 수요의 증가 등에 따른 요구 증대로 지속적인 시장 성장 전망

○ **(주요 시장)** 독일의 도거뱅크 지역 인공섬을 포함하여, 스위스, 인도, 일본, 싱가폴 등은 부유식 태양발전 시설(Floating Solar Power), 부유식 저장설비 구축 프로젝트를 계획 중임

※ 주요 예상 프로젝트 : 인도 마하라쉬트라 600MW급 부유식 태양발전시설, 싱가폴의 부유식 저장시설(예비 타당성 조사는 MPA(The Maritime and Port Authority of Singapore), JTC(Jurong Town Corporation), NUS(National Univ. of Singapor) 등 정부, 학계, 산업계 기관에 의해 기시행 마친 상태이며, 현재는 FEED 설계를 마친 상황)

□ **적정성 검토 결과**

○ 부유식 인공섬은 실용화 추진 중인 시설물 분야로 현재 시장 규모 추산이 어려운 분야임

- 신재생에너지 등 근래 관련 수요의 증가로 바람이 많고 해수면이 낮은 유리한 지역 조건을 갖춘 국가들 중심으로 지속적인 시장 성장 전망

○ 부유식 인공섬은 원천기술 확보와 시범사업 수행 위주의 국가 R&D 로 진행하여 기술을 단계적으로 확보해나가는 전략 필요

▪ 부유식 인공섬은 파랑, 바람 등 외부적 요인들에 견딜 수 있는 구조체 건설기술로서 부유구조체 제작·모듈 접합 기술과 구조체의 내구성 확보를 위한 위치 고정 및 앵커 기술, 부유체 운동 저감 기술 등에 대한 개발이 필요

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 부유식 인공섬은 해상 풍력 발전 등 신재생에너지 수요 증가와 해안을 중심으로 거대도시 개발에 필요한 용지 공급의 한계 등으로 시장이 커질 것으로 예측
- ㅇ **(시장매력도)** 부유식 인공섬에 대한 시장은 현재로서는 크지 않으나, 해상풍력단지 조성 등을 위한 수요가 발생되고 있으며, 다양한 개념설계에 기반하여 2020년도 중반에는 본격적으로 시장이 형성될 것으로 예측
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 현재 부유식 인공섬에 대한 기술수준은 선진국에 의존하는 수준으로 실제 시공경험이 전무한 상황임

□ **현재 시장 파악은 어려운 분야이지만, 도거뱅크 풍력에너지 생산 인공섬 건설 등 다양한 계획이 수립되거나 제안되고 있음**

○ 독일, 덴마크, 네덜란드 등 3개국 약 13억 유로 규모의 도거뱅크 인공섬 추진 중

○ 중국은 남중국해에 전력공급을 위한 부유식 원자력발전소 건설 추진(2017년 해상 원전의 부유식 플랫폼에 대한 계획을 국방과학기술공업 및 원자력 공업 5개년 계획에 포함)

□ **시장성장 요인으로는 세계 각국의 경제적 영토 확장, 친환경 및 안전한 국토 환경 조성 및 개발, 신재생에너지 수요의 증가 등에 따른 요구 증대로 지속적인 시장 성장 전망**

○ 싱가폴 등 국토활용 공간이 적은 나라들을 중심으로 환경오염을 일으키는 플랜트시설 설치 등 다양한 인공섬 활용계획이 수립되거나 연구가 진행되고 있음

□ **스위스, 인도, 일본, 싱가폴 등은 부유식 태양발전 시설(Floating Solar Power), 부유식 저장설비 구축 프로젝트를 계획 중임**

○ 주요 예상 프로젝트로는 인도 마하라쉬트라 600MW급 부유식 태양발전시설, 싱가폴의 부유식 저장시설 등이 있음

- 싱가폴의 부유식 저장시설에 대한 예비 타당성 조사는 MPA(The Maritime and Port Authority of Singapore), JTC(Jurong Town Corporation), NUS(National Univ. of Singapor) 등 정부, 학계, 산업계 기관에 의해 기시행 마친 상태이며, 현재는 FEED 설계를 마친 상황임

<표 4-32> 부유식 인공섬 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
부유식 인공섬	대형화 모듈 접합 시공	의존
	부유구조체 맞춤형 재료 기술	의존
	부유구조체 안정성 향상 기술	의존
	부유체 위치고정 및 앵커링 기술	의존
	초대형 부유체 급속 제작 기술	의존
	초대형 콘크리트 부유구조체 구조시스템 기술	의존
	파랑-구조체 상호작용 해석기술	의존

- 또한 부유식 인공섬이 포함된 인공섬 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 독일(1.93)의 41.47% 수준인 0.80으로 경쟁력 강화가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 독일(3.15), 국내(1.11), 경쟁력 격차 67.4%
특허경쟁력: 최고선진국 미국(1.32), 국내(0.37), 경쟁력 격차 28.2%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 독일(1.93), 국내(0.80), 경쟁력 격차 41.4%

(3) 상세기술 확보전략

□ 기술별 확보전략

○ 부유식 인공섬은 실용화 추진 중인 시설물 분야로 현재 시장 규모 추산이 어려운 분야임

- 신재생에너지 등 근래 관련 수요의 증가로 바람이 많고 해수면이 낮은 유리한 지역조건을 갖춘 국가들 중심으로 지속적인 시장 성장 전망

○ 부유식 인공섬은 시장형성 초기로서 독일 등과 국제공동연구를 통해 원천기술을 단계적으로 확보하는 전략을 추진함과 동시에 시장 선도를 위한 시범사업 발굴을 조기에 추진하여 시공실적을 확보하는 전략으로 추진 필요

<표 4-33> 부유식 인공섬 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
대형화 모듈 접합 시공 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
부유구조체 맞춤형 재료 기술 의존	기술 도입	공공/민간
부유체 안정성 향상 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
부유체 위치 고정 및 앵커링 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
초대형 부유체 급속 제작 기술 의존	국제 공동 R&D	공공/민간
초대형 콘크리트 부유구조체 의존	국제 공동 R&D	공공
파랑-구조체 상호작용 의존	국제 공동 R&D	공공

□ 공공/민간주도의 국제 공동 R&D 추진

○ **(대형화 모듈 접합 시공)**

- 부유식 인공섬의 대형화를 위해서는 필수적으로 대형 모듈을 제작하고 해상에서 접합하여 시공하는 기술이 필수적으로 요구되며, 현재 이러한 기술은 국내에서는 항만 부유식 구조물에 일부 적용된 사실은 있으나, 선진기술에 의존하는 상태임

- 대형 부유식 구조물인 Mega Float에 대한 접합 시공기술 확보가 필요하며, 이를 위해서는 독일, 네덜란드 등에서 테스트 경험을 고려하여 국제공동연구를 추진하되, 현재 모듈별 위치고정 및 앵커링 기술과 연계 개발이 요구됨

○ **(부유체 안정성 확보 기술)**

- 부유식 인공섬의 안정성 확보 기술은 초대형 부유구조체가 파도, 바람 등 극한적인 해상조건 하에서 사용성을 확보할 수 있는 파력 및 모션을 저감시키는 기술 확보가 필수적이며 현재 선진기술에 의존하는 상태임

- 해양에서 발생되는 파도 등 다양한 외력에 대하여 부유구조체의 모션이 ±2″ 이내로 저감될 수 있도록 안정성을 확보하는 기술 개발이 필요하며, 네덜란드 해양연구소(Maritime Research Institute Netherlands) 등과 공동연구 추진 필요. 또한 이러한 기술개발은 부유구조체의 형상과 관련된 구조시스템 설계기술과 연계하여 개발 필요

○ **(부유체 위치 고정 및 앵커링 기술)**

- 부유식 인공섬의 위치고정 및 앵커링 기술은 앵커기초의 기본이 되는 석션 파일기초 수준은 자립수준임에도 불구하고, 시공경험이 없어 현재 선진기술에 의존하는 상태로 평가됨

- 해저면에 앵커를 설치하고 앵커에 연결된 계류라인을 이용하여 부유구조체의 이동을 최소화하는 기술이 필요하며 이 기술의 목표는 바람, 파도, 조류 등 해양 외력에 대한 수평변위가 2% 이내의 기술개발이 요구됨. 이 기술의 개발을 위해서는 선진 기관과 국제공동 연구 추진 필요

○ **(초대형 부유체 급속 제작 기술)**

- 부유식 인공섬의 위치고정 및 앵커링 기술은 앵커기초의 기본이 되는 석션 파일기초 수준은 자립수준임에도 불구하고, 시공경험이 없어 현재 선진기술에 의존하는 상태로 평가됨

- 해저면에 앵커를 설치하고 앵커에 연결된 계류라인을 이용하여 부유구조체의 이동을 최소화하는 기술이 필요하며 이 기술의 목표는 바람, 파도, 조류 등 해양 외력에 대한 수평변위가 2% 이내의 기술개발이 요구됨

□ **공공주도의 국제 공동 R&D 추진**

○ **(초대형 콘크리트 부유구조체 구조시스템 기술)**

- 길이 1km의 초대형 부유구조체 제작을 위한 구조부재 최적 배치 및 설계기술, 응력집중부에 대한 상세 설계기술 등이 필수적으로 요구되나, 국내에서는 인공섬 분야에서 설계경험이 전문하고 해외 의존하고 있는 상황임. 다만 거치식 인공 잔교 등의 분야에서 부유식 항만 구조물 건설 경험이 있음

- 초대형 콘크리트 부유구조체의 구조시스템 설계기술도 일본 등의 경험을 토대로 공동연구를 추진할 필요가 있음

○ **(파랑-구조체 상호작용)**

- 파도, 태풍 등 극한적인 해상조건하에서 초대형 부유구조물의 거동을 분석하고 예측하는 기술은 현재 선진외국에 의존하고 있는 상태이나, 부유식 인공섬의 안전성 확보를 위해서는 필수적인 기술임
- 파랑에 따른 구조체의 거동을 분석하고 예측할 수 있는 모델을 개발하여야 하며, 이를 위해서는 인공섬 분야에 있어 테스트모형을 활용하여 다양한 수치모델을 마련하고 있는 네덜란드 해양연구소와 국제 공동 R&D 추진 필요

□ 공공/민간주도의 기술 도입 추진

○ **(부유구조체 맞춤형 재료 기술)**

- 부유구조체의 특성은 적정 중량과 강도와 내구성을 가지면서도 파랑에 의한 유탄성 거동을 최소화하는 콘크리트 재료의 확보가 매우 중요함. 이에 따라 다양한 초고성능 보강 콘크리트 재료의 개발이 요구됨
- 콘크리트 재료 개발이 이루어지기 전까지는 해외 기술을 도입하여 재료의 특성을 고려한 설계기술 확보와 시공실적을 확보할 수 있는 전략을 추진할 필요가 있음

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-34> 부유식 인공섬 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	부유구조체 맞춤형 재료 기술	3.483	0.1134	0.496125	0.363825	0.453375	0	-0.069316	4.840
2	초대형 콘크리트 부유구조체 구조시스템 기술	2.709	0.0756	0.441	0.202125	0.272025	-0.136617	-0.207948	3.355
3	부유체 안정성 향상 기술	2.322	0.0756	0.441	0.202125	0.18135	-0.409851	-0.069316	2.743
4	부유체 위치고정 및 앵커링 기술	1.7415	0.08505	0.275625	0.202125	0.272025	-0.136617	-0.034658	2.405
5	초대형 부유체 급속 제작 기술	1.548	0.04725	0.275625	0.3234	0.18135	-0.136617	-0.17329	2.066
6	대형화 모듈 접합 시공기술	1.548	0.10395	0.275625	0.1617	0.18135	-0.136617	-0.17329	1.961
7	파랑-구조체 상호작용 해석 기술	0.9675	0.02835	0.165375	0.121275	0.272025	-0.409851	0	1.145

4.2.10 부유식 터널

(1) 핵심시설물 개요

□ **부유식터널의 정의**

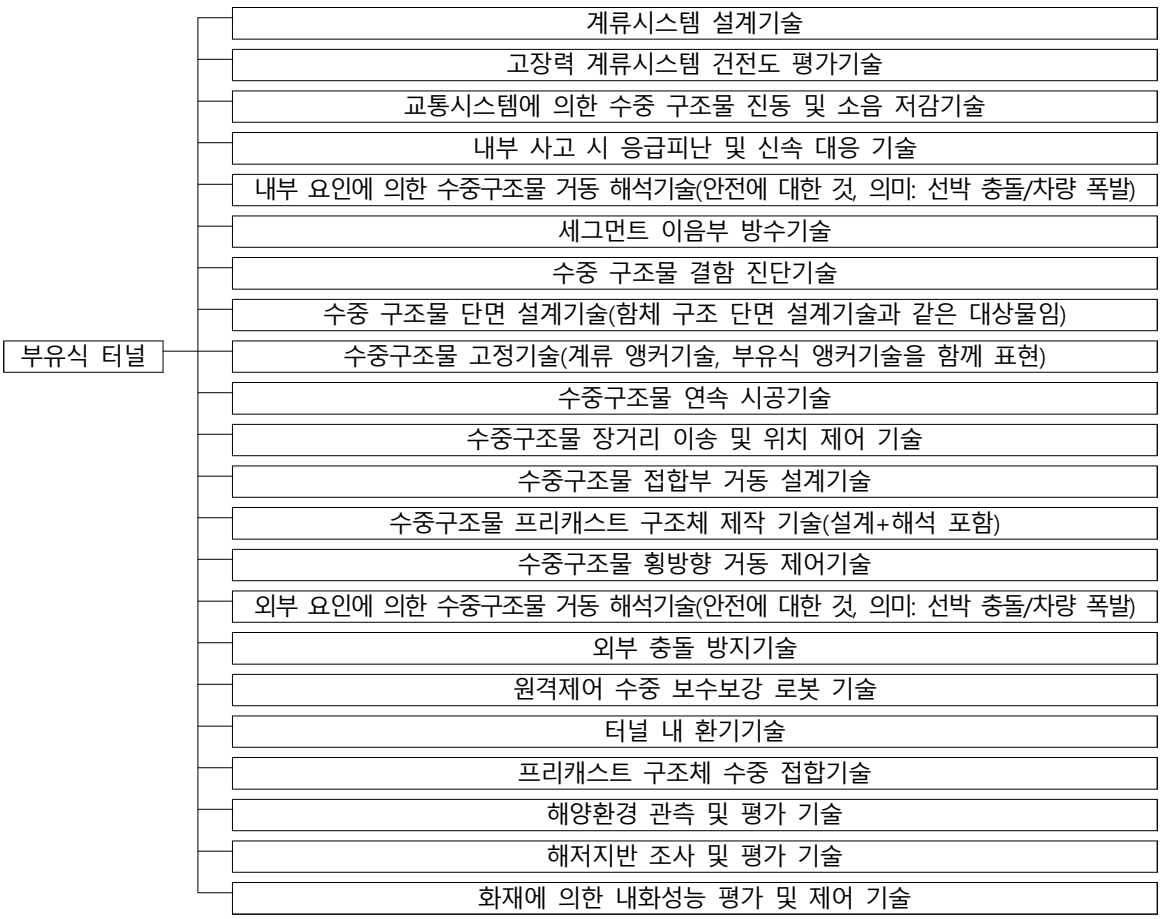
○ 부유식 해저터널에 대한 정책개발, 프로젝트 기획 및 경제성 평가, 지반조사/현장평가, 터널 설계, 함체 및 시공재료 제작, 모니터링, 보수/보강 및 방재관련 제반기술을 의미

□ **부유식터널의 세부기술 범위**

○ 부유식 해저터널에 대한 정책개발, 프로젝트 기획 및 경제성 평가, 지반조사 및 현장평가, 해석 및 설계기술

○ 함체 인양 및 거치, 위치제어, 모듈화 및 연속 시공 등 부유식 터널의 시공 및 재료 기술

○ 부유식 해저터널의 유지관리를 위한 모니터링, 보수/보강 및 방재 기술



[그림 4-14] 부유식터널 확보를 위한 세부기술 범위

□ **시장 매력도**

○ **(시장현황)** 노르웨이의 E39 고속도로 건설과정에서 페리운항에서 자유로운 4,000m 횡단 구조물 건설을 위해 부유식 터널이 검토되고 있으며, 중국에서도 프로토타입 추진 중이나, 현재 시장 파악이 어려운 분야임

○ **(시장성장 요인)** 세계 각국의 경제적 영토 확장과 해안 주변의 교통 운행의 복잡화 등에 따른 난제 해결 등의 요인으로 수요 발생과 성장 요인은 있으나, 피요르드식 해안 지형 등 특별한 지형조건에 영향을 미칠 것으로 보임

○ **(주요 시장)** 노르웨이, 핀란드 등 동유럽 지역을 중심으로 수요 발생 예상. 초장대 해저터널 등 건설시 해저 및 침매터널과 함께 해중터널의 한 형식으로 활용 가능

※ 주요 예상 프로젝트 : 노르웨이 E39 고속도로 프로젝트

□ **적정성 검토 결과**

○ 부유식 터널은 실험적으로 노르웨이 사업에 적용 예정이나, 현재 시장 규모 추산이 어려운 분야임

- 초장대 해저터널의 한가지 형식으로 선택적으로 활용될 수 있는 시장으로 예상되나 매우 지형적 특성에 많은 영향을 미치는 시설로 판단

○ 부유식 터널은 시장 규모보다는 해중터널의 한가지 형식으로 해저 및 침매터널과 해저기초 기술의 원천기술의 활용성을 높이는 관점에서 보완적으로 기술개발 추진 필요

- 부유식 터널은 파랑, 바람 등 외부적 요인들에 견딜 수 있는 수중구조체 건설기술로서 부유식 인공섬 개발기술인 부유구조체 제작·모듈 접합 기술 확보 필요
- 수중구조물의 내구성 확보를 위한 위치 고정 및 앵커 기술, 부유체 운동 저감 기술, 해저 및 침매터널에 활용되는 수중구조물 접합기술 등의 개발 필요

(2) 주요현안

주요현안

- ㅇ **(트렌드)** 국가간 인적·물류적 교류 확대, 국가 발전에 따른 지상 교통 시설에 대한 증대의 어려움 등 전세계적으로 수중 구조물 건설 기술에 대한 요구 증가
- ㅇ **(시장매력도)** 도로 및 철도 등의 지상·지하 교통시설물이나 도시와 국가의 발전에 따른 가용공간의 포화문제를 해결하고 각종 사회적 문제를 해소하기 위한 방안으로 수중 교통 시설물 특히 부유식 터널에 대한 활용 프로젝트에 대한 요구 증가 시점
- ㅇ **(기술수준 및 경쟁력)** 일반적인 지하 터널 건설기술은 기술적으로 자립 또는 선도 수준으로 파악되나 부유식터널의 경우 해결해야할 과학기술적 난제로 인해 실요화가 어려운 실정

□ **국가간 인적·물류적 교류 확대, 국가 발전에 따른 지상 교통 시설에 대한 증대의 어려움 등 전세계적으로 수중 구조물 건설 기술에 대한 요구 증가**

○ 수중 구조물 특히 수중 교통 시설물에 대한 요구는 1900년대 초반부터 유럽 노르웨이를 중심으로 논의가 시작되어 1980년대 이탈리아를 중심으로 이어가다가 21세기 들어 일본이나 중국을 중심으로 지속적이고 활발한 연구흐름이 이어져 왔음. 부유식 터널 건설 사업을 검토하고 있는 국가는 노르웨이, 이탈리아, 스위스, 일본 등임.

○ 특히 국가간 또는 국가 내 수중 교통 시설물 특히 부유식터널에 대한 관련 분야의 잠재적 시장규모(동아시아의 경우)가 59조원에 달한다는 보고가 있지만 정치·경제적 요인 등이 복합적으로 작용하는 현실적인 어려움으로 인해 답보 상태임

○ 한중일 동북아 지역은 유럽지역에 버금가는 경제권으로 물류 및 경제적 교류가 지속적으로 증가하고 있으며 국가가 인적·물류적 교류가 증가하고 국가의 발전에 따른 지상·지하 교통 시설물 증대의 어려움으로 인해 그 요구가 증가하고 있는 상황

□ **도로 및 철도 등의 지상·지하 교통시설물이나 도시와 국가의 발전에 따른 가용공간의 포화문제를 해결하고 각종 사회적 문제를 해소하기 위한 방안으로 수중 교통 시설물 특히 부유식 터널에 대한 활용 프로젝트에 대한 요구 증가 시점**

○ 도로 및 철도 등의 지하·지하 교통 시설물이 점차 포화상태에 이르고 있고 인구 집중 지역인 도심지에서는 진동, 소음으로 인한 주변 민원, 교통 통제 등의 문제로 교통시설물의 증대가 갈수록 어려워지고 있음.

○ 특히 중국의 경우, 한해 평균 백만명 이상의 관광객이 우리나라를 방문하는 등 인접 국가간 교류가 점차 증가하여 관광객이나 물류의 교류가 폭증하고 있으나 기존 시설물이나 교통 시설물과 시스템에 의존하기엔 다소 부족한 면이 발생함.

○ 기존 해저 교통 시설물로 대표되는 해저터널의 경우, 국가간 건설 시 막대한 공사비용과 공사기간이 요구됨. 또한, 수심과 터널 연장에 비례하여 건설비용이 상승하기 때문에 경제성 문제로 인해 논의가 시작된 이후 진행이 보류된 상태임(한-중, 한-일간 해저터널 프로젝트 등).

○ 특히, 연장이 길어질수록 부유식터널의 건설비용이 해저터널에 비해 유리함. 한국철도기술연구원(2013)에서 보고한 장거리 부유식 해중고속철도시스템 기획보고서에서는 최근 검토된바 있는 호남-제주 노선의 경우, 167 km로 해저터널 건설비용이 14조 6천원으로 검토된 반면, 부유식터널의 경우 12조 3천억으로 2조 3천억의 차이를 보임. 또한, 중국을 연결하는 인천-웨이하이 노선의 경우, 길이 341 km로 해저터널 건설비용이 110조원으로 검토된 반면 부유식터널의 경우 30조 2천억으로 차이가 발생할 것으로 보고함.

□ **일반적인 지하 터널 건설기술은 기술적으로 자립 또는 선도 수준으로 파악되나 부유식터널의 경우 해결해야할 과학기술적 난제로 인해 실용화가 어려운 실정**

○ 부유식터널 건설을 위해 해결해야할 안정성, 시공성, 경제성을 확보하기 위하여 수중구조 해석 및 설계 기술 확보와 고내구성 건설재료, 능동형 정밀시공 기술 등 유기적으로 연계되는 핵심 요소기술들에 대한 연구가 진행되고 있지 않음.

○ 특히, 수중의 공간에서 발생 가능한 구조물 또는 구조물간의 충동, 화재 누수 등 내외부적 위험 요소들을 사전에 예방할 수 있는 기술이 요구되는 등 기존 터널에 적용되는 정책이나 법안의 개정등이 필수로 수반되어야함

○ 부유식 터널은 기존 해저터널이나 침매터널로는 해결이 어려운 공학적 어려움을 가지고 있으며 이에 대한 원천기술의 개발도 지연되고 있는 상황임.

<표 4-35> 부유식터널 기술 확보를 위한 세부기술의 기술수준

세분류(Lv.4)	세부기술(Lv.5)	기술수준
부유식터널	계류시스템 설계기술	전무
	고장력 계류시스템 건전도 평가기술	전무
	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	전무
	내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	의존
	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	전무
	세그먼트 이음부 방수기술	의존
	수중 구조물 결함 진단기술	전무
	수중 구조물 단면 설계기술(함체 구조 단면 설계기술과 같은 대상물임)	의존
	수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현)	전무
	수중구조물 연속 시공기술	전무
	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	의존
	수중구조물 접합부 거동 설계기술	의존
	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)	의존
	수중구조물 횡방향 거동 제어기술	전무
	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	전무
	외부 충돌 방지기술	전무
	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	전무
	터널 내 환기기술	자립
	프리캐스트 구조체 수중 접합기술	의존
	해양 환경 관측 및 평가 기술	자립
	해저지반 조사 및 평가 기술	의존
	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	의존

- 또한 부유식터널 분야의 논문·특허기술경쟁력은 최고 선진국인 프랑스(1.82)의 54.3% 수준인 0.99으로 기초적인 연구가 필요한 상황임

※ 논문경쟁력: 최고선진국 프랑스(0.75), 국내(0.45), 경쟁력 격차 60.4%
특허경쟁력: 최고선진국 프랑스(3.22), 국내(0.73), 경쟁력 격차 22.7%
논문·특허경쟁력: 최고선진국 프랑ㅅ으(1.82), 국내(0.99), 경쟁력 격차 54.3%

(3) 상세기술 확보전략

□ **기술별 확보전략**

○ 대규모 연구비 확보가 필요한 분야로 우리나라의 터널 설계 기술의 수준은 높으나 새로운 개념의 부유식터널 건설·설계·활용 기술은 국내외적으로 실현된 사례가 없고 매우 기초적인 연구만 진행되고 있는 상황임.

○ 따라서, 전통적인 터널 설계 기술을 바탕으로 국가 또는 국가간 연구를 통해 기술을 선진화시키고 해외 진출에 특화된 기술개발에 집중할 필요가 있음

○ 기술발전단계와 기술수준이 낮으며 개발의 위험도가 높고 국가적인 중요 이슈 해결 분야로서 정부 주도로 공공 또는 국제공동연구를 통해 기술을 확보가 필요하며 해당 분야의 우리나라 기술 수준이 미흡하거나 전무한 관계로 정부의 적극적인 연구 추진 의사 필요.

○ 수중에 건설되는 부유식터널은 국가간 인적·물류적 교류에 큰 영향을 주는 분야이므로 해당 기술을 갖춘 정부주도로 민간기업 기술확보를 적극적으로 추진해야하며 연구를 통해 개발된 핵심 요소 기술들은 연구 종료 후 민간의 사업화를 통해 해외진출을 적극 추진할 수 있도록 하는 방안이 필요함.

<표 4-36> 부유식터널 기술 확보전략

기술명	확보전략 유형	주체
계류시스템 설계기술 전무	국제 공동 R&D	공공
고장력 계류시스템 건전도 평가기술 전무	국제 공동 R&D	공공
교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술 전무	국제 공동 R&D	공공
내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술 의존	국제 공동 R&D	공공
내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것 의미: 선박 충돌/차량 폭발) 전무	국제 공동 R&D	공공
세그먼트 이음부 방수기술 의존	국제 공동 R&D	공공
수중 구조물 결함 진단기술 전무	국제 공동 R&D/기술도입	공공
수중 구조물 단면 설계기술(함체 구조 단면 설계기술과 같은 대상물임) 의존	국제 공동 R&D	공공
수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현) 전무	국제 공동 R&D	공공
수중구조물 연속 시공기술 전무	국제 공동 R&D	공공
수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술 의존	국제 공동 R&D	공공
수중구조물 접합부 거동 설계기술 의존	국제 공동 R&D	공공
수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함) 의존	기술 도입	공공
수중구조물 횡방향 거동 제어기술 전무	국제 공동 R&D	공공
외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것 의미: 선박 충돌/차량 폭발) 전무	국제 공동 R&D	공공
외부 충돌 방지기술 전무	국제 공동 R&D	공공
원격제어 수중 보수보강 로봇 기술 전무	국제 공동 R&D	공공
터널 내 환기기술 자립	국내 R&D	공공/민간
프리캐스트 구조체 수중 접합기술 의존	국제 공동 R&D	공공
해양 환경 관측 및 평가 기술 자립	국제 공동 R&D	공공
해저지반 조사 및 평가 기술 의존	국제 공동 R&D	공공
화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술 의존	국내 R&D	공공/민간

□ 공공주도의 국제 공동 R&D 추진

○ **(계류시스템 설계기술)** 정부 주도 하 장기적인 국제 공동 연구를 통해 부유식터널의 계류시스템 설계기술을 확보하고 테스트 베드 적용으로 기술을 검증

- 현재 우리나라의 부유식터널의 계류시스템 관련 설계기술은 전무한 상태이며 해당 분야의 민간부분 참여를 적극 유도하여 인접 국가간 공동연구를 진행해야함

- 부유식터널의 특성상 국가간 대규모로 이루질 가능성이 높으므로 인접국가간 연구

분야 협의체를 구성하고 국가단위로 개발에 참여하는 것이 필요함.

○ **(고장력 계류시스템 건전도 평가기술)** 정부 주도하에 국제 공동 연구를 통해 공동 테스트 베드를 운영하고 해당 기술을 검증하여 상호 협력할 수 있는 기술 확보 전략이 필요함

- 수중 또는 해저면에 설치된 고장력 계류시스템의 건전도를 평가하는 기술로 부유식터널에 적합한 고장력 계류시스템과 더불어 건전도를 평가하는 기술은 전무한 상태임
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술)** 정부 주도하에 국제 공동 R&D를 추진하며 기존 터널 설계에 활용된 진동 및 소음 저감기술을 활용하되 수중 영역에서의 진동 및 소음 저감기술의 원천 핵심 기술 확보

- 수중에 건설된 부유식터널에서 발생하는 진동 및 소음을 저감할 수 있는 기술 개발. 대상 구조물이 수중에 있기 때문에 이를 효과적으로 저감할 수 있는 기술의 확보가 필요함
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술)** 공공 국제 공동 R&D를 통해 응급피난 및 신속 대응할 수 있는 실용화 기술개발 및 이에 대한 검증

- 터널 내부에서 발생한 각종 사고 시 인명피해를 최소화하기 위한 응급피난과 이에 대한 신속 대응 기술 개발
- 기존 정부출연기관 또는 연구에서 수행된 연구결과를 활용하며 부유식터널의 환경에서 적합한 새로운 기술 모델 제시 필요
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술)** 국제 공동 R&D를 통해 부유식터널 내부에서의 안정성과 관련한 실용화 기술개발 및 이에 대한 검증

- 부유식터널 내부 요인들이 수중구조물에 미치는 영향을 검토할 수 있는 기술로서 구조물 안정성을 해칠 경우 대규모 사고로 이어질 가능성이 높아짐. 수중구조물을 대상으로 수행된 연구는 전무한 상태

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(세그먼트 이음부 방수기술)** 국제 공동 R&D를 통해 부유식터널에서 사용되는 세그먼트의 이음부에 대한 방수기술을 실용화하고 이에 대한 검증

- 부유식터널에서 터널내부 또는 외부에 사용되는 세그먼트의 이음부에서 고수압 조건에서도 안정성을 유지할 수 있는 방수기술과 내부로의 침투를 방지할 수 있는 방수기술임.

- 기존 세그먼트 이음부의 방수기술은 1기압 조건에서 지하수를 고려한 경우가 대부분으로 기 수행된 연구 결과를 활용하되 고수압 조건과 부유식터널의 거동을 고려한 새로운 실용화 기술이 요구됨

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(수중 구조물 단면 설계기술)** 국제 공동 R&D를 통해 구조물의 단면을 설계할 수 있는 핵심 원천기술을 확보하며 테스트 베드 적용을 통해 기술을 검증

- 기존 터널 설계 기술을 기반으로 연구를 진행하되 부유식터널의 건설 위치를 고려하여 고수압, 구조물의 대변형 등을 고려할 수 있는 설계기술로 부유식터널 설계의 핵심기술

- 부유식터널의 경우, 수중에 건설되고 조류나 파도 등에 의해 구조물의 운동이 수시로 발생하기 때문에 이를 고려할 수 있는 새로운 설계기술이 필요함

- 부유식터널의 특성상 국가간 대규모로 이루질 가능성이 높으므로 인접국가간 연구분야 협의체를 구성하고 국가단위로 개발에 참여하는 것이 필요함

○ **(수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현))** 국제 공동 R&D를 통해 부유식터널을 고정하는 앵커 또는 계류 앵커기술을 개발하고 테스트 베드 적용을 통해 검증

- 부유식터널과 같은 수중구조물의 핵심 기술 중 하나인 계류 시스템 개발을 통해 수중구조물을 설계 위치에 고정하고 허용 변위 내에서 제어가 가능하도록하는 핵심 원천 기술의 개발이 필요함

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(수중구조물 연속 시공기술)** 국제 공동 R&D를 통해 부유식터널 건설 시 함체 등 모듈식 구조물의 연속 시공기술을 확보하고 테스트 베드 적용을 통해 기술을 검증

- 수중 또는 해수면 위에서 건설되어야 하는 부유식터널의 특성 상 시공이 가능한 기상 조건 또는 기상조건에 구애받지 않는 수중에서 지상 건조된 함체 또는 구조물의 연속시공한 기술의 개발이 필요함. 우리나라는 해당 분야의 기술이 전무한 상태임

- 해상 시공의 조건이 제약되어 있기 때문에 기상 조건이나 해류 등의 환경적인 요인들에 구애받지 않는 기술이 필요하며 시공이 가능한 조건하에서 연속으로 시공이 이루어질 수 있는 핵심 원천 기술이 필요함

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술)** 국제 공동 R&D를 통해 시공될 구조체의 장거리 이송 및 시공 위치에서의 제어 기술을 확보하고 테스트 베드 적용을 통해 기술을 검증

- 구조물의 특성상 해상 운송 시스템으로는 시간적 공간적 한계가 발생할 수 있기 때문에 지상에서 건조된 구조체 등을 시공 위치에 효과적으로 이송할 수 있는 기술이 새롭게 필요하며 터널 시공이 연속으로 진행이 가능하도록 하는 기술

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(수중구조물 접합부 거동 설계기술)** 국제 공동 R&D를 통해 구조체간 접합부 거동을 고려할 수 있는 설계기술을 개발하고 테스트 베드 적용을 통해 검증

- 접합부에서 발생할 수 있는 변위를 구조물의 허용변위 내에서 제어할 수 있는 설계기술

- 일체화된 구조체가 현실적으로 불가능하기 때문에 접합부에 관한 기술이 중요해지며 특히, 접합부의 설계기술이 핵심 원천기술로 우선 확보가 필요한 분야임. 접합부 또는 연결부에서 대부분의 휨모멘트나 전단력이 발생하므로 구조체간 일체화된 거동 또는 외부 하중의 해소를 담당해야 하는 부분으로 전체 시스템의 구조적인 성능을 결정하는 주요 기술에 해당함

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(수중구조물 횡방향 거동 제어기술)** 국제 공동 R&D를 통해 구조물의 횡방향 거동을 제어할 수 있는 실용화 기술을 개발하고 테스트 베드 적용을 통해 검증

- 해류나 바람 등에 의해 필연적으로 발생하는 구조물의 횡방향 운동을 효과적으로 제어하고 감소시킬 수 있는 기술
- 구조물의 안정성과 직결되는 기술로 대규모 현장 검증을 필수로 거쳐야하므로 국가간 공동연구를 통해 해당 기술을 확보함
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술)** 국제 공동 R&D를 통해 외부 요인에 의한 수중구조물의 거동을 해석할 수 있는 기술을 개발하고 테스트 베드 적용을 통해 기술을 검증

- 선박, 부유물 등의 외부 충격에 의해 발생하는 구조물의 거동을 해석하는 기술로 구조물의 설계 허용 범위내에서 외부 충격이 가해졌을 때 부유식터널의 구조적인 특성을 반영한 거동 해석 기술
- 또한, 지진, 파랑, 해류와 같은 자연적인 조건을 고려한 부유식터널의 유탄성거동 해석기술의 개발
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(외부 충돌 방지기술) 국제 공동 R&D를 통해 부유식터널과의 충돌을 방지 할 수 있는 기술을 개발**

- 1차적인 안전망으로 구조물에 치명적 영향을 줄 수 있는 외부 충돌을 사전에 방지하고 차단하는 기술
- 선박이나 부유물 등을 사전에 감지하고 통보가 가능할 경우 이를 관리하며 구조물 외부를 보호할 수 있는 구조체 등을 개발
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(원격제어 수중 보수보강 로봇 기술)** 국제 공동 R&D를 통해 인간이 활동하기 어려운 환경에서도 보수보강이 가능한 로봇 활용 기술을 개발

- 대수심에 건설될 경우, 인간의 활동이 제약되기 때문에 로봇기술을 활용하여 수중

에 건설된 구조체의 보수보강 기술

- 극한 환경 조건에서도 운영이 가능한 로봇 기술을 활용하여 원격으로 구조체의 보수보강이 이루어지도록 하는 기술. 첨단 IT 기술을 융합해야하는 기술로 관련분야 연구진과 산업분야의 확보가 필요
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(프리캐스트 구조체 수중 접합기술)** 국제 공동 R&D를 통해 지상에서 건조된 프리캐스트 구조체의 수중 접합기술을 개발하고 테스트 베드 적용을 통해 기술을 검증

- 수중에서도 구조체를 효과적으로 접합할 수 있는 기술을 개발함. 접합부에서 대부분의 휨모멘트나 전단력이 발생하므로 구조체간 접합부와 일체화 할 수 있는 기술
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(해양환경 관측 및 평가 기술)** 국제 공동 R&D를 통해 국가간 해양환경을 관측하고 평가할 수 있는 기술을 개발

- 국가간 건설을 염두한 연구를 진행할 경우, 공해상 또는 각 국가의 해양영토 내의 해양환경을 관측하고 조사하기 위해서 국가간 협의가 필수로 요구됨
- 연안의 해야조사 기술은 자립수준이나 대수심의 해양조사 기술은 추가 확보가 필요한 분야로 국가간 공동 연구가 필요함
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

○ **(해저지반 조사 및 평가 기술)** 국제 공동 R&D를 통해 국가간 해저지반을 조사하고 평가할 수 있는 기술을 개발

- 국가간 건설을 염두한 연구를 진행할 경우, 공해상 또는 각 국가의 해양영토 내의 해저지반을 관측하고 조사하기 위해서 국가간 협의가 필수로 요구됨.
- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이 필요함

□ **국제 공동 R&D / 기술도입 추진**

○ **(수중 구조물 결함 진단기술)** 수중 구조물의 결함을 진단하는 기술로 국제 공동 R&D 또는 해외 선진국의 기술도입을 추진

- 부유식터널의 결함을 상시 진단할 수 있는 기술로 IT 기술을 활용한 상시 모니터링 할 수 있는 기술

- 국제 공동 R&D를 통해 국가간 공동으로 테스트 베드를 운영하고 기술을 검증하는 전략이나 해외 선진 기술을 직접 도입하는 전략이 필요함

□ **기술도입 추진**

○ **(수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함))** 수중구조물의 프리캐스트 구조체를 제작하는 기술로 해외 선진 기술을 직접 도입

- 프리캐스트 구조체를 지상에서 설계·제작·해석하는 기술로 수중구조물 제작이 전무한 우리나라의 경우, 직접 개발에 소요되는 비용보다는 해외 선진 기술을 직접 도입하면서 해당 국내 산업 분야의 기술 선진화를 유도

□ **공공/민간주도의 국내 R&D 추진**

○ **(터널 내 환기기술)** 민간 주도로 공공기관 등과의 협력 R&D를 통해 터널 내 환기기술 개발

- 수중구조물의 특성을 반영한 터널내 환기기술 개발. 기존 터널과는 다른 환기 시스템이 필요하지만 기존 국내 터널 환기와 관련된 선행연구 등을 적극 활용하여 민간주도의 R&D를 추진함

○ **(화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술)** 민간 주도의 R&D를 통해 선진 수준의 관련 기술을 선도하고 해외 시장 진출 및 경성성·안전성을 향상시키기 위한 핵심 원천 기술 개발

- 부유식터널에서 발생하는 화재에 대응할 수 있는 기술 분야로서, 현행 기술들의 한계를 극보 또는 개선하여 부유식터널을 위한 내화성능 평가 및 제어 기술 개발 기간을 절감을 유도함.

□ 기술별 우선순위 평가결과

<표 4-37> 부유식터널 기술 확보전략

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
1	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	0.82	0.25428	0.225429	0.024287	0.11024	0.052293333	-0.24804	1.238
2	수중구조물 횡방향 거동 제어기술	0.246	0.44499	0.300572	0.048574	0.05936	-0.052293333	-0.24804	0.799
3	수중 구조물 결함 진단기술	0.328	0.31785	0.375715	0.072861	0.05936	-0.052293333	-0.30316	0.798
4	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술	0.328	0.25428	0.225429	0.024287	0.05936	-0.052293333	-0.08268	0.756
5	세그먼트 이음부 방수기술	0.328	0.31785	0.150286	0.072861	0.05936	-0.15688	-0.08268	0.689
6	수중구조물 고정기술	0.328	0.31785	0.300572	0.072861	0.05936	-0.15688	-0.24804	0.674
7	해양환경관측및평가기술	0.328	0.06357	0.075143	0	0.05936	-0.052293333	-0.08268	0.391
8	해저지반 조사 및 평가 기술	0.164	0.06357	0.075143	0	0.05936	-0.052293333	-0.08268	0.227
9	수중구조물 접합부 거동 설계기술	0.082	0.06357	0.075143	0.024287	0.05936	-0.052293333	-0.02756	0.225
10	수중 구조물 단면 설계기술	0	0.31785	0.225429	0.072861	0.05936	-0.15688	-0.30316	0.215
11	프리캐스트 구조체 수중 접합기술	0.328	0.12714	0.075143	0.024287	0.05936	-0.15688	-0.30316	0.154
12	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	0.328	0.31785	0.300572	0.072861	0.05936	-0.575226667	-0.52364	-0.020
13	수중구조물 연속 시공기술	0.082	0.12714	0.075143	0.024287	0.05936	-0.47064	-0.24804	-0.351
14	외부 충돌 방지기술	0.328	0.25428	0.075143	0.024287	0.0424	-0.679813333	-0.52364	-0.479
15	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	0.164	0.06357	0.075143	0.024287	0.05936	-0.575226667	-0.35828	-0.547
16	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술	0.164	0.12714	0.150286	0.048574	0.0424	-0.575226667	-0.52364	-0.566

우선순위	기술명	QFD 평가							총점
		기술획득의 효용	해외시장 진출 확대수요	신규 해외시장 진출수요	수익성 확대 기여도	기술적 위험	수요의 명확성	투입시간과 노력	
17	터널 내 환기기술	0.164	0.12714	0	0.024287	0.0424	-0.575226667	-0.35828	-0.576
18	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	0.082	0.19071	0.300572	0.072861	0.09328	-0.993573333	-0.35828	-0.612
19	계류시스템 설계기술	0.164	0.12714	0.150286	0.097148	0.0424	-0.7844	-0.4134	-0.617
20	고장력 계류시스템 건전도 평가기술	0.164	0.25428	0.300572	0.097148	0.09328	-1.09816	-0.57876	-0.768
21	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술	0	0.12714	0.450858	0.048574	0.02544	-1.09816	-0.4134	-0.860
22	내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	0.082	0.12714	0.300572	0.048574	0.0424	-0.993573333	-0.52364	-0.917

4.3 세부기술 확보 로드맵 수립

4.3.1 로드맵 수립 개요

□ **핵심시설물의 세부기술 확보 로드맵은 세부기술의 개발을 위한 신규 과제 파트와 현재 진행 또는 완료된 기존 과제 파트, 타겟 시장 파트의 세 파트로 나누어 수립**

○ **(신규 과제 파트)** 세부 기술을 기술의 성격에 따라 분류하였고 확보 방법 및 주체, 기술 개발 성능 목표, 확보 전략 및 주안점 제시

- 세부 기술이 핵심 시설물의 요소 기술로서의 성격에 따라 같은 분류의 기술별로 묶음
- 예상 되는 신규 연구 과제의 이름, 성능 목표, 연구 시작 시점 및 기간 등 작성
  - · 연구의 선후 관계, 예상 기술 개발 기간 등을 고려하여 연구 시작 시점과 연구 기간을 설정
  - · 현재 연구 중이거나 완료된 관련 기술의 성능 목표를 참고하여 신규 연구 과제의 목표로 가져가야 할 정도의 성능 목표 설정
  - · 본 연구를 통해 세부 기술의 확보 방법 및 주체를 유형화한 확보 전략 정보를 기호로 표시
- 기술의 개발에 따라 선·후 관계로 연결되는 기술은 화살표로 연결
- 기술 확보전략 수립에 따라서 선행적으로 개발이 필요한 세부기술의 요소 기술이나 기술 개발의 주안점을 추가

○ **(기존 과제 파트)** 신규 연구 과제에 참고 할 수 있도록 현재 연구가 수행되거나 종료된 선행 연구 과제의 정보 작성

- 어떤 선행연구를 참고 할 수 있을지 확인 할 수 있도록 선형 연구와 신규 세부기술 개발 과제를 연결
- 신규 과제의 연구 기간, 연구비 산출에 참고가 되는 선행 연구 과제의 개발 기간 및 현재까지 총 연구비 정보 작성

○ **(타겟 시장 파트)** 핵심 시설물 개발 후 진출을 예상해 볼 수 있는 지역 및 국가의 시장 규모와 전략 및 전망을 작성

- 예상 되는 미래 시장 규모와 현재 핵심 시설물의 기술 수준, 시장 장악력, 예상 수주 프로젝트 등을 고려한 전략 및 전망 등의 내용을 담음

4.3.2 세부기술 확보 로드맵

□ **케이블교량**

○ 하중모델 및 구조 해석 프로그램 개발, 신 자재 및 방청재료 개발 등의 기술은 세계적인 수준이기 때문에 현재 상태를 유지하거나 투자 필요

- 현재 국내의 케이블교량 해석 및 설계 프로그램은 선진국에서 개발된 프로그램과 비슷한 성능을 갖춤, 현재 성능 이상의 프로그램 개발을 통한 국산화 필요
- 강선/강연선, 박층 포장 재료 등의 부분에서 선진국 대비 동등 이상의 성능을 갖춘 재료를 이미 개발했기 때문에 현재를 유지하는 정도의 투자 필요

○ 재난재해 대응 기술이나 내화 방청 재료 같은 안전 관련 기술과 해상 기초 및 지반 탐사 기술은 국내 기술이 부족한 부분이기 때문에 집중적인 투자 필요

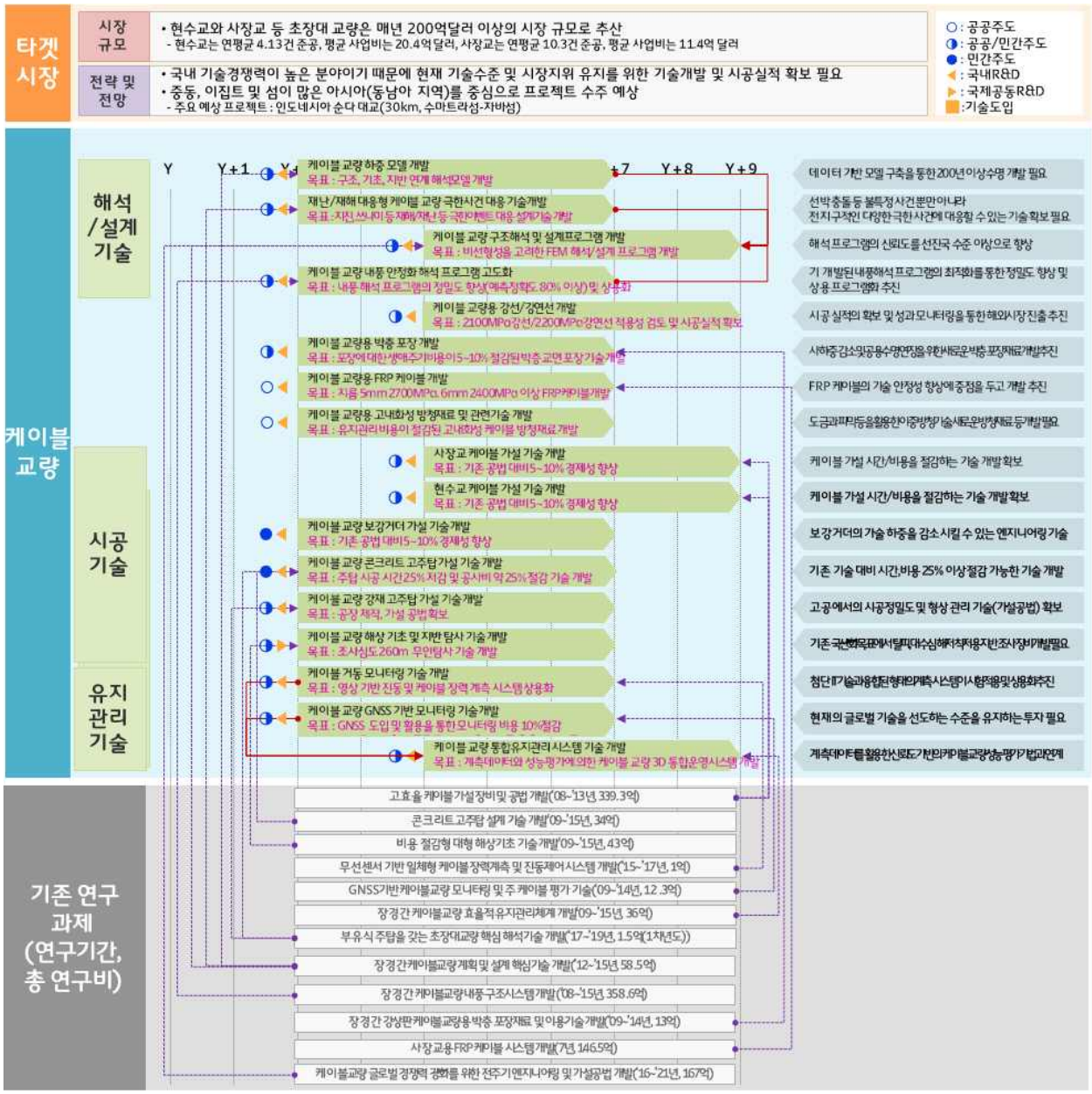
- 자연 재해에 대응하는 설계 기술이나 내화성 재료 기술은 부족한 상황이기 때문에 케이블교량의 안전 신뢰도 향상을 위해 연구 필요
- 기초 및 지반 탐사 분야는 선진국에 조사 장비에 비해 많이 부족한 상황이기 때문에 우선 선진국 수준의 성능을 갖춘 장비 개발에 집중

○ 모델링, 재료 기술 등 다른 연구에 기반이 되는 기술은 먼저 연구를 시작하여 효과적인 연구라 되도록 구성

- 하중 모델, 극한 사건 대응 기술, 내풍 안정화 해석 기술 등의 연구 결과가 교량 구조 해석 및 설계 프로그램 개발의 기반이 됨
- 강선/강연선 재료, 방청 재료, 박층 포장 등의 재료 기술 개발을 통한 재료 성능이 케이블 가설 기술 개발에 영향을 미침
- 케이블의 거동/상태를 모니터링 하는 기술이 케이블교량 유지관리 시스템 개발의 기반이 됨

○ 케이블교량은 여러 지역에 지속적인 발주가 예상되고 현재 국내의 기술수준이 높기 때문에 향후 국내 건설 시장의 유망한 시설물이 될 것으로 전망됨

- 중동, 이집트 및 동남아 지역에 사업비 10~20억 달러의 대형사업 중심으로 연평균 14건 이상이 발주되고 있음
- 케이블 교량은 최근 국내 업체들이 다양한 수주 및 시공실적을 바탕으로 글로벌 시장에서 지속적으로 프로젝트를 수주하고 있음



[그림 4-15] 케이블교량 기술 확보 로드맵

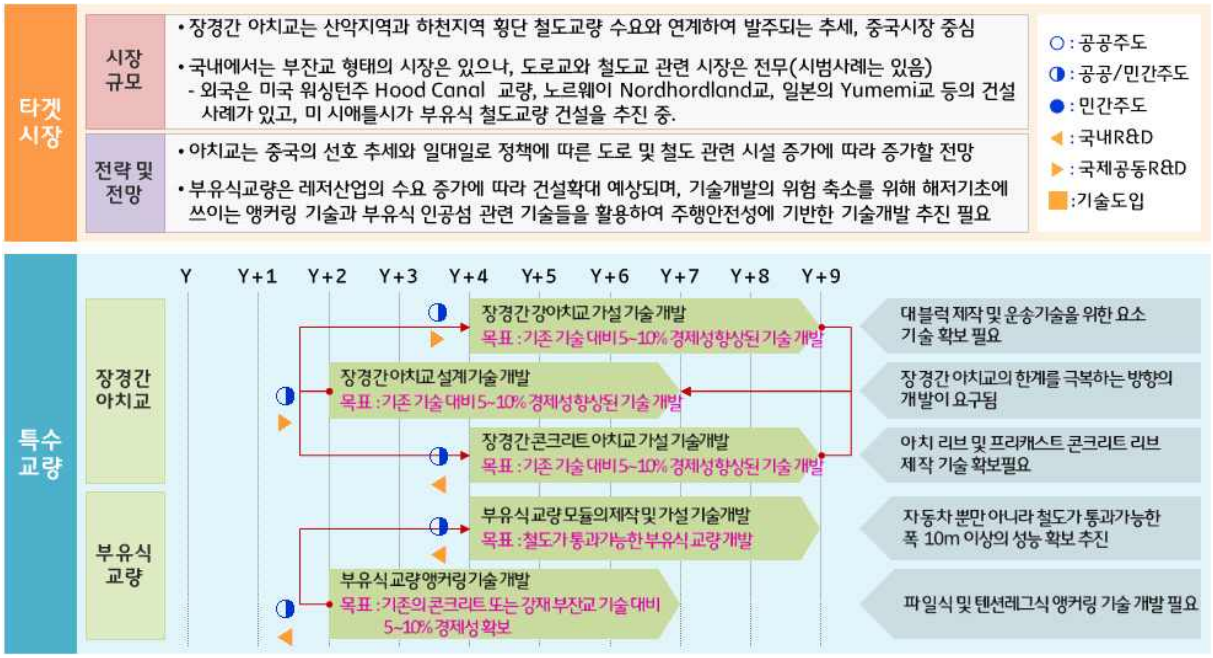
□ **특수교량**

○ 장경간 아치교는 국내에 어느 정도 높은 수준의 기술을 보유하고 있기 때문에 프로젝트 발주가 많을 것으로 예상되는 중국 시장을 중심으로 맞춤형 개발 추진

- 중국의 산악지역이나 한천지역의 발주가 지속될 것으로 예상되므로 예상 되는 지역의 지형적 특성에 맞는 설계 및 시공 기술 확보 필요

○ 부유식 교량은 아직 많은 연구가 되지 않았지만 환경 손실이 적어서 향후 국가간 철도 교통에 많이 쓰일 것으로 판단됨

- 철도 및 도로 교량으로 활용할 수 있도록 하중 및 외부 영향에 견딜 수 있는 설계 기법 및 앵커링 기술 등에 집중적인 투자 필요



[그림 4-16] 특수교량 기술 확보 로드맵

□ **해저터널**

○ 해저터널은 TBM 굴착 기술과 함께 고수압 조건을 견딜 수 있는 구조체 안정성 향상 기술, 방수 기술, 보수 및 보강 기술, 유지관리 기술 등에 대한 개발 필요

- 현재의 TBM 기술보다 버력처리, 굴착면 전방 예측, 굴진면 안정화 등을 향상 시켜 공기 및 공사비용을 절감할 수 있는 기술을 확보

- 시공에 있어서 해저의 고수압이 가장 큰 리스크가 되는 조건이기 때문에 고수압을 견딜 수 있는 보수 및 보강 기술, 시공 중 및 시공 후의 구조안전성 리스크를 예상하고 관리할 수 있는 시스템 개발 필요

○ 침매터널은 원천 기술의 확보가 필요한 분야이고 특히 수중 접합 및 연결부 설계 기술은 거의 없기 때문에 이에 집중하는 연구 필요

- 수중 접합 및 연결부 설계 기술은 선진국과의 공동연구 협약을 통해서 부족한 기술 수준을 끌어올리는 전략 추진

○ 해저터널 분야의 국내 기술수준이 낮기 때문에 국내에서 독자적인 R&D 추진이 힘들기 때문에 국제 공동연구를 통한 기술수준 향상 필요

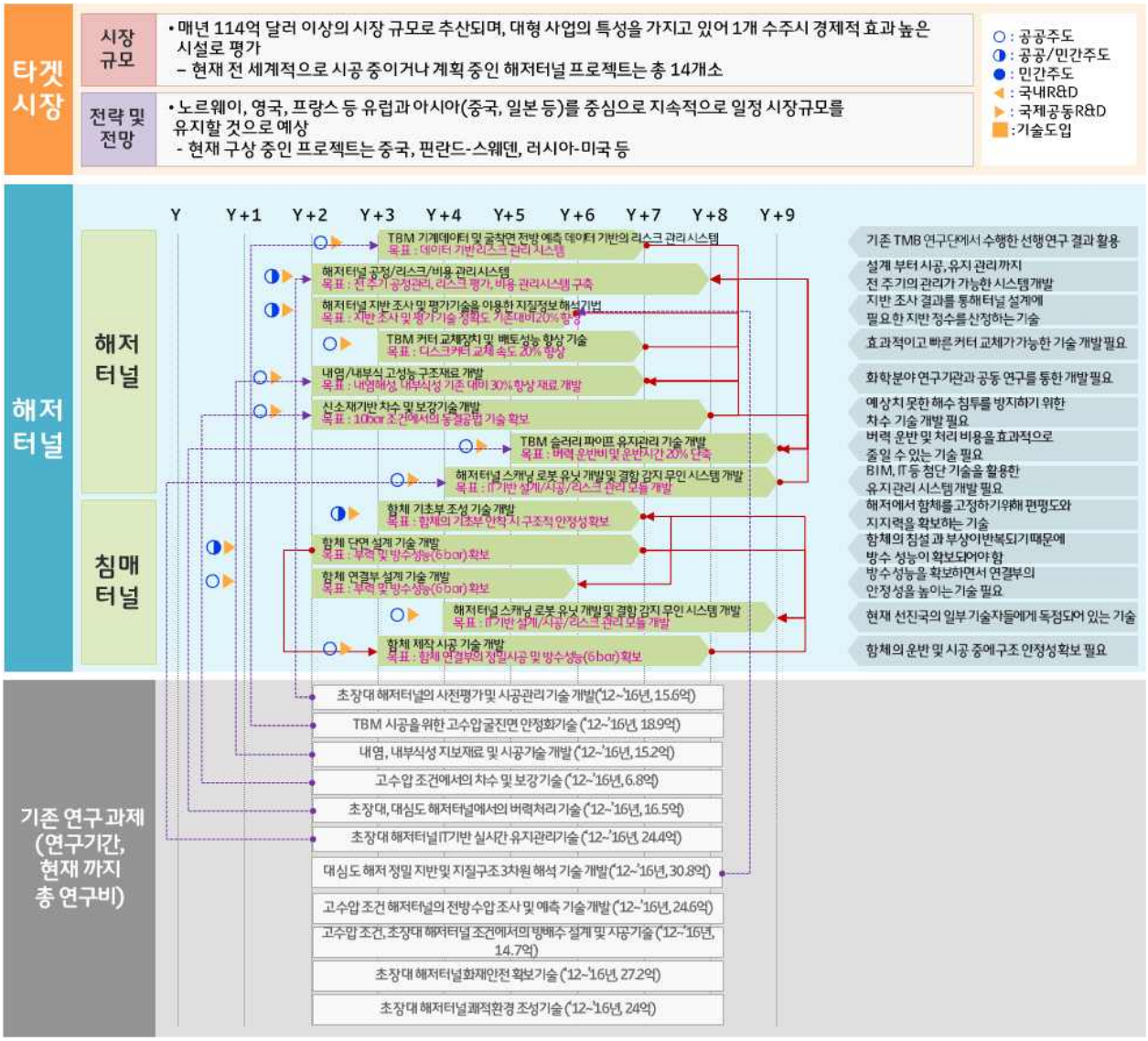
- 독일, 덴마크 등의 국가들이 해저터널 분야의 세계적인 선진국이기 때문에 이들 국가의 기업이나 연구기관과 공동 연구 수행

○ 해저터널 관리 시스템과 침매터널의 함체 설치 기술은 선행기술의

○ 유럽, 아시아 등을 중심으로 해저터널의 지속적인 프로젝트 발주가 예상되기 때문에 기술개발의 효과가 큰 시설물로 판단됨

- 현재 중국, 핀란드-스웨덴, 러시아-미국 등 지역에 해저터널 프로젝트가 구상중이고 지속적으로 일정 시장규모를 유지할 것으로 예상

- 세계 최장의 중국 보하이(渤海) 해협을 침매터널로 잇는 프로젝트 추진 중



[그림 4-17] 해저터널 기술 확보 로드맵

□ **대심도터널**

○ 현재 추진되고 있는「네트워크형 대심도 복층터널 연구」를 통해 개발된 기술의 검증 및 실용화와 시공실적을 확보하는 방향으로 연구 추진

- 기 추진 중인 연구를 통해 개발된 기술을 터널 시공 경험이 풍부한 국내 업체들을 통해 실용화한 실적을 통해 해외 시장 진출 가능

- 현재 국내 복층터널 설계 및 시공기술은 선진국 대비 60% 수준으로 평가되고 있고「네트워크형 대심도 복층터널 연구」및 향후 기술 개발을 통해 90%이상 수준으로 올라갈 것으로 예상됨

- 세계적으로 지하내부에 분·합류 및 교차로를 갖는 네트워크형 복층 터널 관련 연구가 거의 없기 때문에 기술개발을 통해 세계적으로 선도할 수 있음

○ 화재 및 안전과 관련된 세부기술에 대한 집중적 투자를 통한 기술역량 축적 필요

- 네트워크형 대심도 복층터널의 환기 및 오염물질 배출 설계 및 해석, 중간슬래브·특수부(근접부, 분기부 등) 설계 및 시공기술, 내화·연기확산 지연 등의 기술에 대한 선제적 투자 필요

○ 대심도터널 설계 기술, 유지관리 시스템 등은 선행 개발된 기술이 있어야 개발 가능

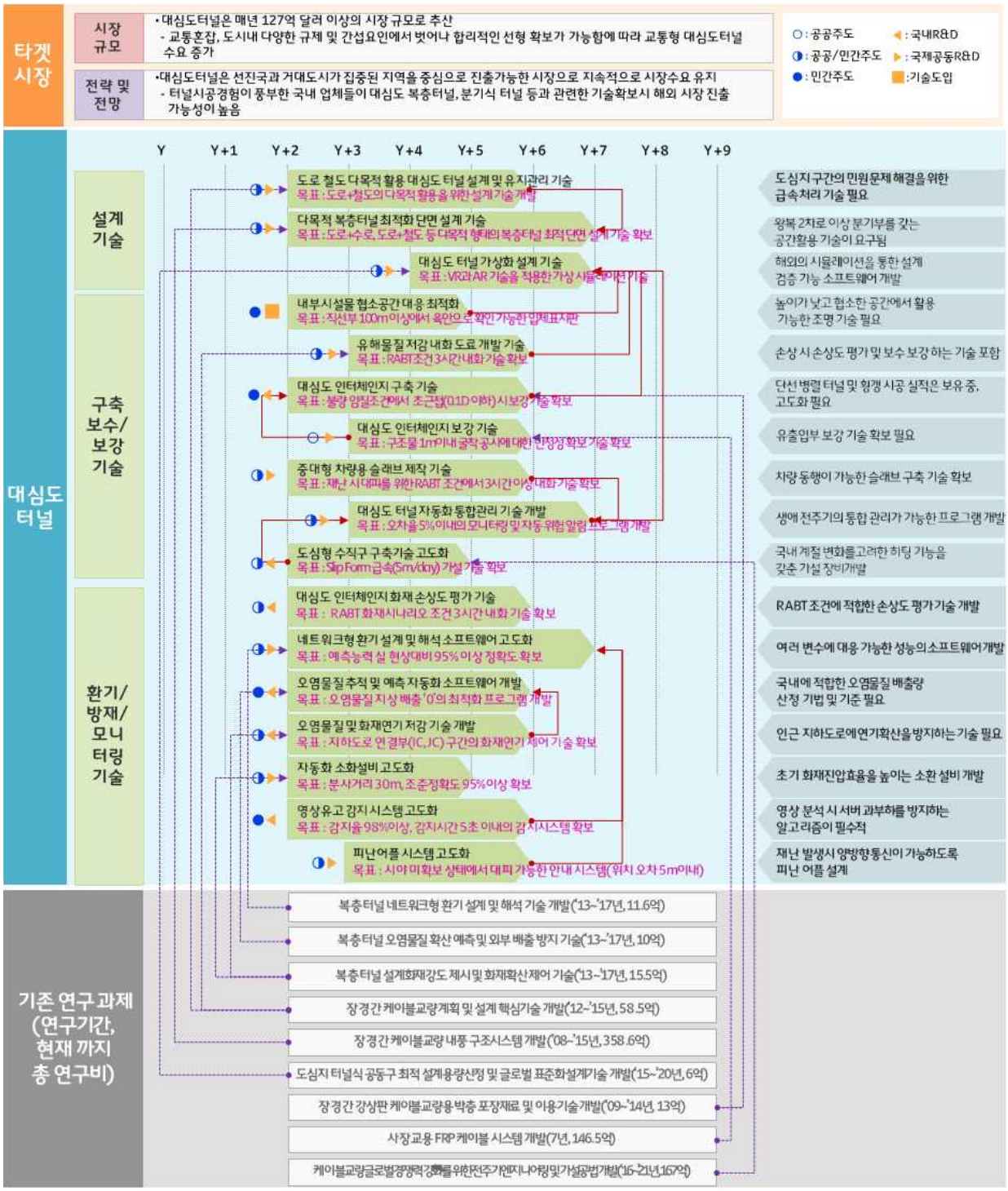
- 내화 도료 기술, 인터체인지 구축 기술, 내화 슬레브 제작 기술 개발 등의 연구 결과를 기반으로 가상화 설계 기술 개발

- 자동 소화 설비 기술, 오염 물질 및 연기 저감 기술, 영상 감지 및 피난 어플 기술 등의 개발 결과가 환기 설계 및 해석 소프트웨어 개발에 영향을 미침

○ 대심도터널은 거대도시가 많은 선진국을 중심으로 지속적으로 프로젝트 발주가 예상되어 꾸준히 수요가 있을 것으로 예상되는 유망한 시설물로 평가됨

- 프랑스, 미국, 일본 등 선진국에서는 지상공간 이용 수요, 교통 문제 해결, 친환경적 국토 개발 등을 위해 기존 도로를 지하화하거나 신규 지하도를 건설하는 계획 추진 중

- 영국(Inner Orbital tunnel, 약 35km, 50조원), 스웨덴 Stockholm bypass Project(18km 터널, 4조 1천억원), 인도 New Delhi 10 road project(4개 복층터널 포함 3조 5천억) 등 신규 사업 증가 추세



[그림 4-18] 대심도터널 기술 확보 로드맵

□ **지하대공간**

○ 일반적인 지하공간 건설 기술이나 에너지 및 에너지원을 지하에 저장하는 기술은 자립이상 수준이지만 높은 기술력이 필요한 지하대공간 시설물 기술은 개발 필요

- 원유 및 가스 지하 저장기술, 지하 오폐수 처리장 건설 기술, 지하공간 구축·환기·방재·유지관리 기술은 자립수준으로 상당한 기술이 축적되어 있어 현재 수준을 유지하는 정도의 투자 필요
- 하지만, 원자력발전소 지하화 기술, 고준위 핵폐기물 지하처리장 건설 기술 등 높은 수준의 기술이 필요한 시설물은 기술 개발이 전무한 수준이기 때문에 집중적인 투자 필요

○ 국내에 어느 정도 기술 수준이 확보 된 기술은 기업의 시공 실적을 쌓아서 해외 진출 시도하는 전략을 추진하고 기술 수준이 낮은 기술은 국제 공동 R&D를 통해서 기술력을 키우는 전략 추진

- 기존의 R&D를 통해 자립 이상 수준의 기술력을 가진 선도적인 기술은 해외시장에 진출하는 시장 확대 전략을 모색
- 새롭게 원천 기술 개발이 필요한 낮은 수준의 기술은 선진국의 기관과의 공동 R&D를 통해서 기술 개발 필요

○ 지상 공간 활용 증가, 혐오 시설 지하화, 외부 환경으로부터 격리된 공간의 필요성 등의 이유로 지하대공간 시설물의 수요가 꾸준히 증가할 것으로 전망

- 거대도시의 경우 지상 공간 활용이 거의 포화된 곳이 많은데 지상의 시설을 지하화하여 지상에 활용 가능한 공간을 늘릴 수 있음
- 오폐수 및 생활 폐기물 처리장은 혐오 시설로서 설치를 반대하는 사람들 때문에 설치가 진행되기 어렵지만 지하 시설로 건설하면 반대 의견이 감소될 수 있음
- 지진에도 지하공간의 안전은 충분히 검증되었음으로 안전한 기간 시설물을 구축하고 싶다면 지하공간을 활용해야 함



[그림 4-19] 지하대공간 기술 확보 로드맵

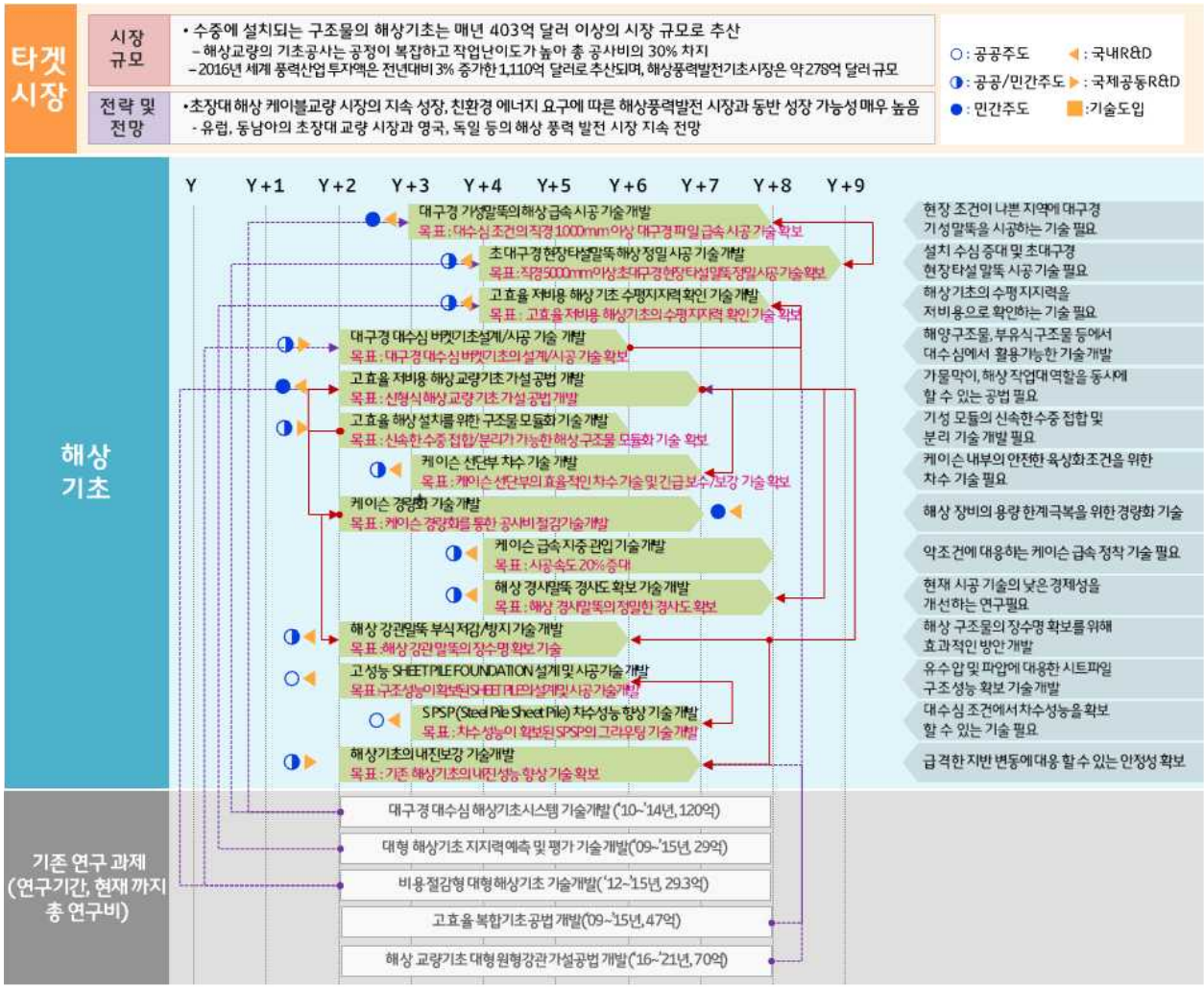
□ **해상기초**

○ 다양한 부유식 구조물의 앵커기초로 활용되는 버켓기초 설계 및 시공 기술, 해상구조물 수중 접합/분리 기술, 해상기초의 내진설계 및 보강공법 등에 대한 기술개발 필요

- 해상기초 분야의 기술은 해저터널, 해상교량, 인공섬 등의 시설물의 기반이 되는 기술로 파급효과가 큰 기술이기 때문에 선제적 연구가 요구됨
- 해상기초에 관련된 기술의 국내 기술수준이 어느정도 높기 때문에 국내 R&D를 중심으로 경쟁력을 확보할 수 있는 기술 개발 추진

○ 해상 교량 시장의 지속 성장, 친환경 에너지 수요 증가에 따른 해상풍력발전 시장 성장에 따라서 해상기초 시장도 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

- 국가 간, 지역간 도로, 철도 등 교통망 연결 수요 증가로 인해 초장대 해상교량 발주 증가 예상
  - · 유럽, 동남아를 중심으로 해상 교량에 대한 발주가 지속적으로 증가하고 있음
  - · 국내 대기업 건설사의 해외 케이블교량 수주 증가에 따라 국내기업의 해상기초 시장도 성장할 것으로 전망됨
- 태양광 및 풍력과 같은 재생에너지원 활용을 위한 해상발전단지 수요의 증가로 향후 해외시장 확대 가능
  - · 영국, 독일, 중국 등 국가에서 해상풍력발전소 건설을 추진하고 있어 관련 시장이 증가하고 있음
  - · 2016년 세계 풍력발전산업의 투자액은 1,110달러로 추산되고 그중 해상풍력발전의 기초시장은 약289억 달러가 될 것으로 예상됨



[그림 4-20] 해상기초 기술 확보 로드맵

□ **항만 및 해안구조물**

○ 첨다 소재 및 IT 기술을 활용한 항만 구조물 제작 기술과 대형 구조물에 관련된 기술의 기술수준이 낮기 때문에 이에 대한 집중 투자 필요

- 다양한 부유식 항만 구조물의 특성을 고려하여 FRP 등 신재료를 활용한 항만 구조물 개발, 대형구조물 운반 및 시공 기술, 수중 구조물 점검 및 모니터링 기술 확보가 요구됨

○ 항만 및 해안 구조물 분야의 세부기술은 국내 기술수준이 자체적인 연구가 가능한 수준이지만 아직 선진국에 의존해야하는 부족한 부분이 많음

- 국내기업이 프로젝트를 수행함에 있어서 시공기술은 어느 정도 보유하고 있지만 그 외에 기술은 선진국에 의존

- 쓰나미 방파제 제작기술, 인공 조간대 조성기술, 부유사 발생 및 예측 기술 등은 선진국과 공동 연구 협약을 통한 연구 추진

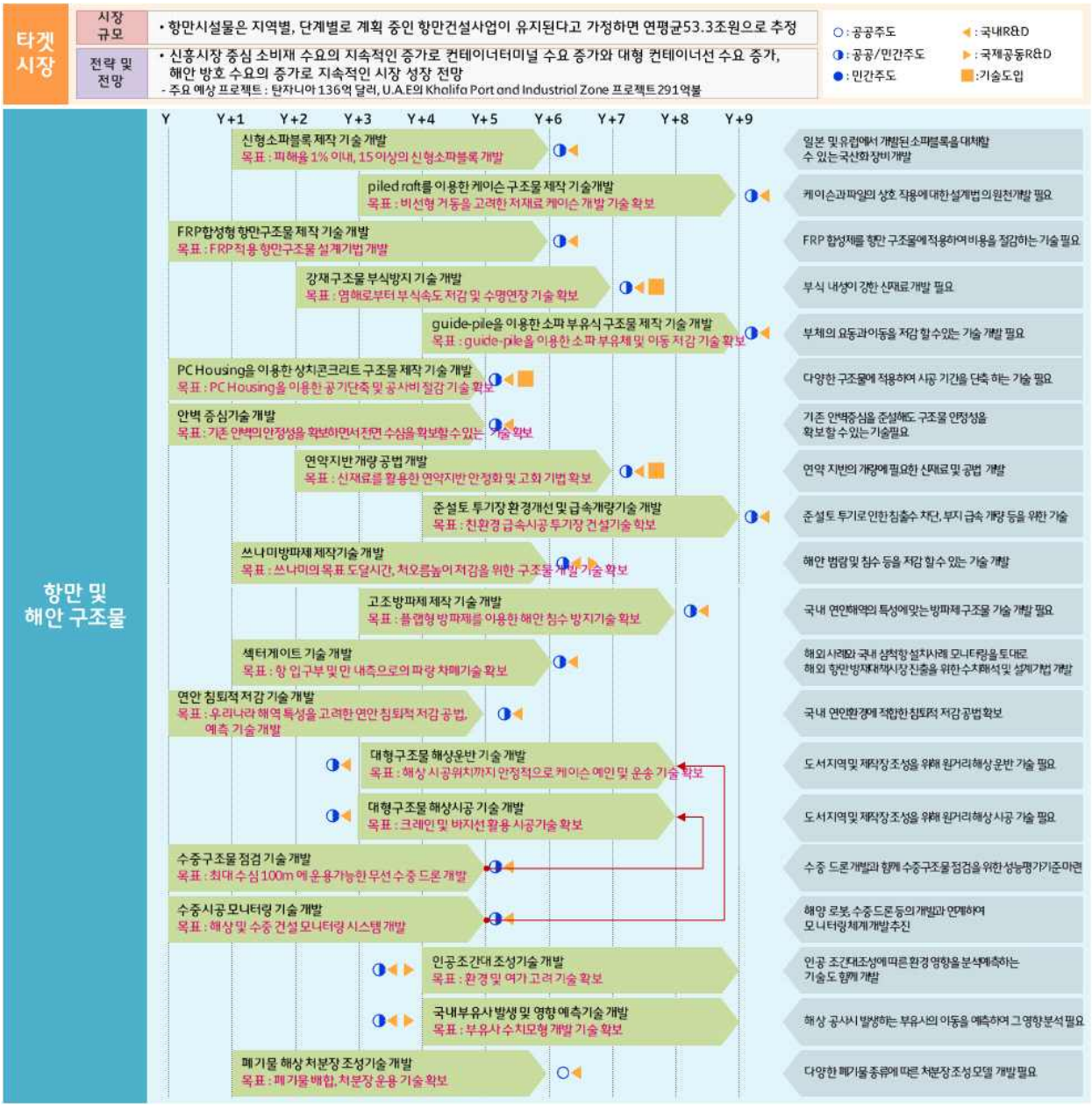
○ 국가간, 지역간 교유가 증가하고 이상기후 및 재해에 대비한 연안지역 안전 구조물 수요 증가에 따라서 항만 및 해안구조물 분야의 시장이 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

- 신흥시장 중심 소비재 수요의 지속적인 증가로 컨테이너터미널 수요 증가와 대형 컨테이너선 수요 증가 예상

  · 방글라데시, 베트남, 필리핀, 탄자니아, 페루 및 가나 등의 지역은 바다를 이용한 교역이 육상 보다 유리한 지역이기 때문에 지속적 수요가 있을 것으로 예상됨

- 태풍이나 허리캐인으로 인한 연안지역 피해와 기후 변화로 인한 해수면 상승 등에 대비한 구조물의 수요가 증가

- 해외 항만 건설 분야 시장에서 지속적인 수주 달성을 위하여 국내 건설사가 노력하고 있고 지속적인 해외 진출이 가능할 것으로 전망됨



[그림 4-21] 항만 및 해안구조물 기술 확보 로드맵

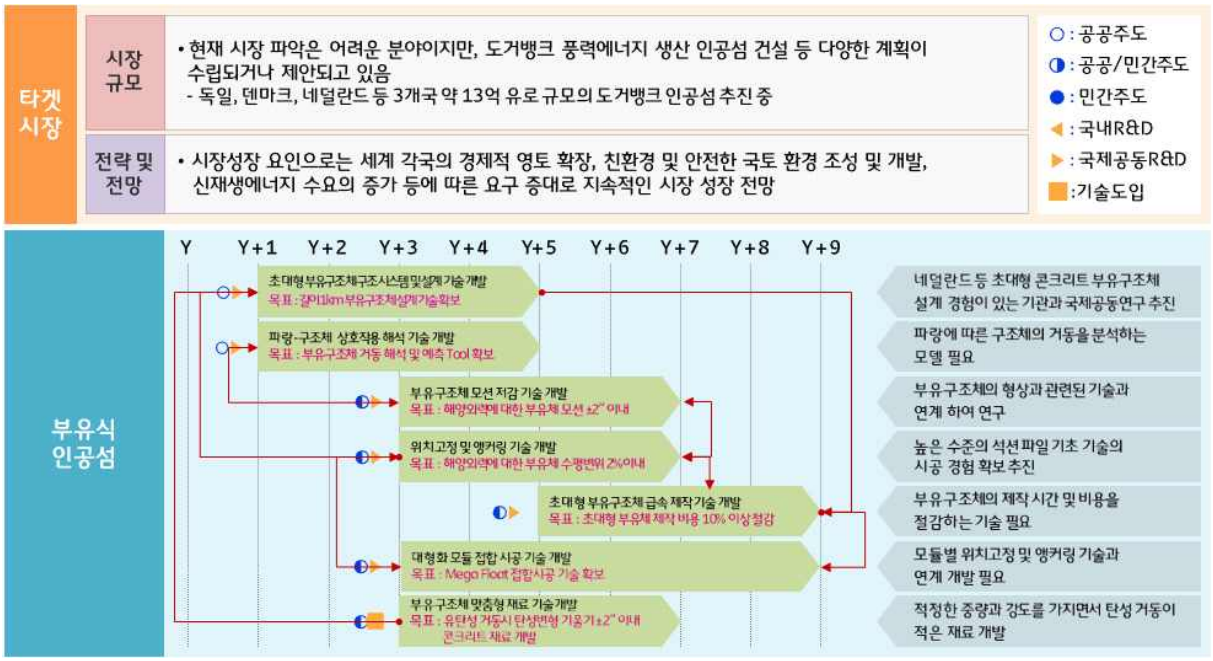
□ **부유식인공섬**

○ 다른 기술의 기반이 되는 파급효과가 높은 기술은 선행 연구를 통해 부유식 인공섬 개발의 효율성을 높임

- 초대형 부유구조체 구조시스템 및 설계 기술과 파랑-구조체 상호작용 해석기술은 부유식 인공섬의 다른 기술의 기반이 되는 기술이기 때문에 먼저 연구를 시작
- 전세계적으로 연구가 시작 된지 얼마 되지 않은 시설물이기 때문에 원천기술 확보를 위한 국제 공동 연구 추진

○ 부유식 인공섬의 대한 시장은 현재는 일부 계획이 추진 중이어서 파악 가능할 정도로 크지 않지만 2020년대 중반 이후부터 커질것으로 전망됨

- 독일, 덴마트 네덜란드 등 의 국가에서 도거뱅크 인공섬 프로젝트를 추진 중
- 국토 면적이 적은 싱가포르 같은 나라에서 인공섬을 활용하여 해상에 플랜트 시설을 설치하는 계획을 수립하여 연구 진행 중



[그림 4-22] 부유식인공섬 기술 확보 로드맵

□ **부유식터널**

○ 부유식터널 확보를 위해서 수중구조물의 내구성 확보를 위한 위치 고정 및 앵커 기술, 부유체 운동 저감 기술, 해저 및 침매터널에 활용되는 수중구조물 접합기술 등의 개발 필요

- 수중 공간에서 발행하는 여러 가지 외부 요인에 대응하여 구조 안전성을 확보하는 기술의 개발이 필요하지만 전세계적으로 연구 초기단계의 시설물로 활발한 연구가 진행중 이지만 아직 미흡한 수준
- 기존의 해저터널 및 침매터널의 기술로는 해결하기 힘든 난제들이 다수 있어서 원천 기술 개발도 힘듬
- 국가 사이의 바다를 잇는 대형 프로젝트가 될 것으로 예상되기 때문에 국가 간 협력을 통한 공동 연구 및 프로젝트 진행 필요

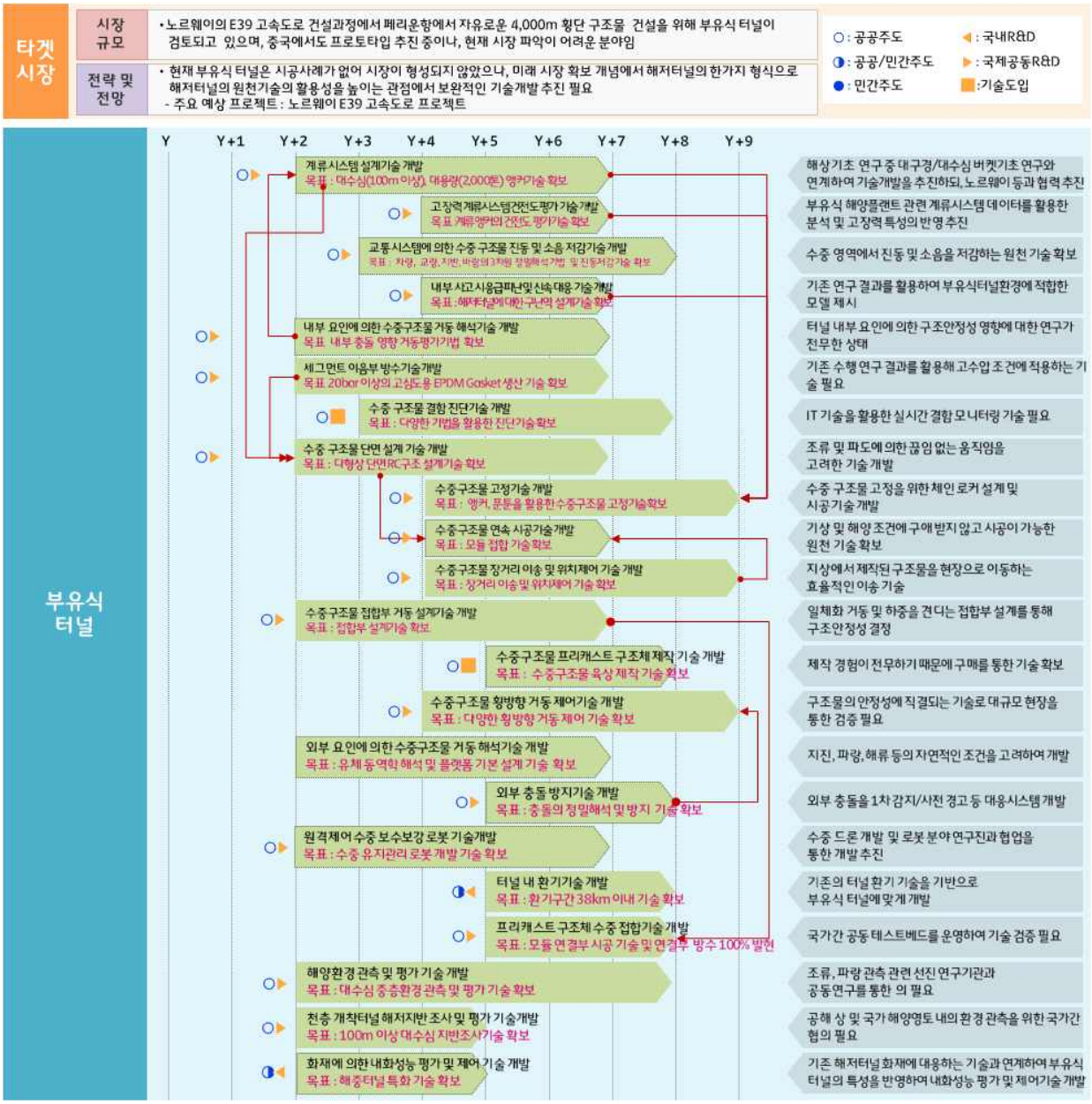
○ 부유식터널은 현재 실험적으로 노르웨이에서 시공하기 위한 사업을 진행 중 이지만 시장 규모를 추산하기 어려운 시설물임

- 피요르드식 해안 지형에 특히 잘 적용되는 터널이기 때문에 지형 조건에 맞는 지역이 주요 타겟 시장이 될 것으로 전망됨
- 초장대 해저터널의 한 부분으로 해저터널과 침매터널 형태로 시공하기 힘든 부분에 적용하는 형태로 활용될 것으로 예상됨

○ QFD 평가 점수에서 총점이 음수인 세부기술은 개발의 필요성이 명확하지 않은 기술이기 때문에 향후 글로벌 시장 및 기술 수준을 검토하여 R&D 추진 여부 결정

- 수요의 명확성, 투입시관과 노력에서 매우 나쁜 평가를 받아 총점에서 마이너스의 평가를 받은 기술은 개발 필요성에 대한 검토 필요

※ QFD 평가 총점이 음수인 세부기술은 로드맵의 세부기술과제 이름에 검은 파선으로 표시



[그림 4-23] 부유식터널 기술 확보 로드맵

제5장 결 론

□ **본 연구에서는 “시설물 분야 시장 매력도와 기술수준·경쟁력 분석을 기반으로 미래 글로벌 시장에서의 유망 핵심시설물을 도출하고 세부기술 확보전략 수립”이라는 연구목표 수립**

○ 시설물 분야 기술수준 및 경쟁력 분석을 통해 우리기술의 위치를 정확하게 파악

○ 기술경쟁력 및 시장매력도를 통해 미래 글로벌 시장의 유망 핵심시설물 도출

○ 유망 핵심시설물의 세부기술 확보전략 수립

□ **‘기술분류체계 수립’, ‘핵심시설물 선정’, ‘핵심시설물별 확보전략’ 등 3개 주요 산출물을 기반으로 연구모듈을 구성하고 아래의 내용으로 연구 수행**

○ 기술분류체계 수립

- 기술분류체계 검토
  - · 미국, 영국, 유럽 등의 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토
  - · 국내 시설물 분야 분류체계 목적, 전개방식 검토
- 시설물 프로파일 분석
  - · 시설물 분야 상세분류체계 전개원칙 설정
  - · 확보전략 수립 대상이 될 시설물에 대한 기술중심의 프로파일 작성
- 기술분류체계 수립
  - · 기존 3분류체계를 5분류체계로 세분화하여 시설물 분야 상세 기술분류체계 수립

○ 핵심시설물 선정

- 시장 매력도 분석
  - · 시설물(2단계)별 시장규모 및 동향조사
  - · 세부시설물(3단계)별 향후 시장전망 예측
  - · 시장규모와 현황, 향후 세부시설물별 시장전망에 근거하여 전문가 대상 시설물 매력도 평가
- 기술경쟁력 및 수준조사
  - · 시설물(3단계)별 논문·특허 정보를 파악하여 기술경쟁력 분석
  - · 상세시설물(5단계)별 전문가조사를 통해 기술수준을 조사하고 세부시설물(4단

계)의 기술수준 도출

- 확보전략 수립 대상 핵심시설물 선정
  - · 시장매력도와 기술경쟁력(2×2 매트릭스) 분석을 통해 확보전략 수립 대상 핵심시설물(4단계) 선정

○ 핵심시설물 확보전략 수립

- 기술확보전략 유형화
  - · 기술수준, 발전단계를 고려하여 세부기술 확보 방법을 유형화
- 기술확보 전략 수립
  - · 핵심시설물별로 기술단계와 확보 유형화를 고려하여 기술확보전략 수립
  - · QFD 설문조사 항목을 활용하여 기술의 혜택과 기술개발 위험도를 고려하여 기술확보 주체 설정
- 기술확보 로드맵 수립
  - · 핵심시설물 단위의 세부기술 확보전략을 포함하는 기술확보 로드맵 작성
  - · QFD 평가를 활용하여 세부기술(5단계)의 확보 우선순위 설정

□ **이러한 연구방법론을 통해, 첫 째 시설물 분야 상세기술분류체계를 현행 3단계에서 5단계로 세분화**

○ 전문가 TF팀에 세분류(L4) 초안을 제공하여 기술분류에 대한 1차 의견을 수집하여 세분류(L4)의 기술프로파일을 분석한 후 이를 기반으로 상세 기술분류체계를 수립

○ 상세기술분류체계 수립을 위해 세분류(L4) 단위 시설물의 정의, 기능, 세부기술 등을 분석하여 목적물 형태의 39개 세분류 시설물(L4)별로 기술프로파일 작성

○ 선행연구와의 연속성을 확보하면서 핵심 시설물 및 세부기술 확보전략을 수립할 수 있도록 418개의 상세 기술분류체계 수립

□ **둘 째, 확보전략 수립 대상 핵심시설물을 4단계 수준에서 제시**

○ 시장조사 및 전문가 평가에 따른 매력도와 특허·논문 기술경쟁력 분석 및 기술수준 조사의 결과를 활용하는 2×2 매트릭스 분석을 통해 ‘핵심시설물’로 선정

- 목적물(L4)의 매력도(Y축)가 높은 시설물을 ‘핵심시설물’로 선정하고 기술경쟁력(X축)에 따라 확보전략 차별화

○ 성장주도형, 시장확보형, 원천기술형의 핵심시설물 선정

- (성장주도형) 국내 건설업계의 기술경쟁력이 높고 향후 시장매력도가 높아 글로벌 건설시장에서의 지위확보·유지가 중요한 분야: 케이블교량, 장경간 아치교, 부유식 교량
- (시장확보형) 기술경쟁력이 중간이고 시장매력도가 높아 전략적 지원을 통한 점유율 확대가 필요한 분야: 대심도 터널, 지하대공간, 해상기초, 부유식인공섬
- (원천기술형) 현재 기술경쟁력이 낮으나 시장에서의 가치가 높아 원천기술을 확보하여 신규시장을 선점할 필요가 있는 분야: 해저터널, 항만 및 해안구조물, 부유식터널

○ 해상기초와 해저터널을 중심으로 9개의 기술이 연관관계를 가지고 있어 해상기초는 원천기술 확보의 의미 부여 가능

- 앵커 기초 등 해상기초 기술은 케이블교량, 인공섬, 부유식 교량 및 터널에 메가스트럭처의 공통 기반기술 역할 수행
- 해저터널은 대심도 터널, 지하대공간에 공통적으로 활용 가능한 기술이 있어 이의 활용을 고려할 필요 있음
- 부유식 터널은 미래적인 시장을 가지고 있으며, 해상기초와 해저터널의 연구 성과와 연계한 기술개발이 가능한 분야
- 교통형터널은 해저터널과 부유식터널과 유사한 세부기술을 가지고 있으며, 기술난이도 또한 상대적으로 낮아서 핵심기술에서 제외

○ 핵심시설물 선정 과정 및 결과는 “시설물분야 상세기술 확보전략 수립 총괄위원회”에 안건 상정하여 최종 결정

□ **셋 째, 핵심시설물 확보전략 및 기술확보 로드맵을 4단계 수준에서 제시**

○ 핵심시설물의 세부기술 확보 로드맵은 세부기술의 개발을 위한 신규 과제 파트와 현재 진행 또는 완료된 기존 과제 파트, 타겟 시장 파트의 세 파트로 나누어 수립

- (신규 과제 파트) 세부 기술을 기술의 성격에 따라 분류하였고 확보 방법 및 주체, 기술 개발 성능 목표, 확보 전략 및 주안점 제시
- (기존 과제 파트) 신규 연구 과제에 참고 할 수 있도록 현재 연구가 수행되거나 종료된 선행 연구 과제의 정보 작성

- (타겟 시장 파트) 핵심 시설물 개발 후 진출을 예상해 볼 수 있는 지역 및 국가의 시장 규모와 전략 및 전망을 작성

참고문헌

- 김창용 등 (2012), 대심도 지하도로 건설현황 및 기술개발 방향
- 윤길림 (2001), 차세대 구조물 기초 설계기준” 지반
- 조계춘 외 (2016), 생태·환경 친화적 건설을 위한 미생물 기반 바이오폴리머 지반 건설 재료 개발 현황 및 전망
- 국가과학기술위원회 (2012), 2012년도 국가과학기술표준분류체계 개선방안(안)
- 국토교통과학기술진흥원 (2015), 2015 국토교통기술수준조사보고서
- 국토교통과학기술진흥원 (2015), 국토교통기술수준분석 총괄보고서
- 국토교통과학기술진흥원 (2014), 차세대 토사재해 선제대응 및 안전기술 개발 기획
- 국토교통부 (2015), 지하수 및 지반구조 영향 계측 평가 관리기술개발 기획보고서
- 대한건설정책연구원 (2016), 기초 및 박지준설 공사 분리발주 타당성 및 방안 검토 연구
- 초장대교량사업단 (2015), 케이블교량 DB
- 한국건설기술연구원 (2013), 건설 국가기여도 분석 및 시설물별 기술수준 조사
- 한국건설기술연구원 (2011), 건설공사기준 선진화 및 운영체계 선진화 정비 연구
- 한국건설기술연구원 (2000), 시방서, 설계기준 등 건설공사기준 발전방안 연구
- 한국건설기술연구원 (2012), 지능형 친환경 교량 기획
- 한국건설기술연구원 (2014), 지하공간의 체계적인 개발 및 안전관리를 위한 기술개발 기획
- 한국과학기술정보연구원 (2014), 유럽의 항공우주 기술 및 정책동향
- 한국과학기술정보연구원 (2014), 일본 인프라 설비기기의 보전 관리 시장 현황
- 한국과학기술정보연구원 (2014), 해저케이블 초고속 통신 수요와 풍력발전 증대에 따라 시장성장 전망
- 한국콘크리트학회 (2016), 초고성능 콘크리트의 재료적 특성 및 개선 방향
- BMI Group (2016), Global Prot Outlook: Investment Robust Despite Economic Headinds
- Chang, I., Jeon, M., and Cho, G.-C. (2015), Application of microbial biopolymers as

an alternative constructionbinder for earth buildings in underdeveloped countries, International Journal of Polymer Science

- Clarksons Research (2016), Just How Big is an Economy Without Borders? Retrieved from
- EU (2015), Counter-terrorism funding in the EU budget
- FHWA (2014), Count, Area, Length, and ADT of Bridges by Functional Classification, (http://www.fhwa.dot.gov)
- IADC (2013), Dredging in figures 2013
- IADC (2016), Dredging in figures 2015
- IHS Global Insight (2015, 2017)
- ITA (2006), TBM Glossary 2006
- NASA (2015), New Expandable Addition on Space Station to Gather Critical Data for Future Space Habitat Systems
- OECD (2016), Financial Management of Flood Risk
- OECD Statistics 2015
- UN (2014), World Urbanization Prospects
- UNISDR (2012), Reducing Vulnerability and Exposure to Disaster, The Asia-Pacific Disaster Report 2012
- 국제 재난 데이터베이스(www.emdat.be/)
- Transportation Builder - November-December (2016, 2010)
- http://www.cedd.gov.hk/eng/about/organisation/org_geo_lpd1.html
- http://www.infrastructurereportcard.org/cat-item/bridges/
- http://www.oxfordeconomics.com/
- https://www.usgs.gov/products/data-and-tools/real-time-data/landslides
- http://www.worldconstructionnetwork.com/news/asia-pacific-leads-the-global-port-construction/
- https://www.weforum.org/agenda/2016/07/norway-could-build-the-worlds-first-floating-tunnel
- 건설기술 (2011), http://www.ctman.kr/news/3249

- 건설타임즈 (2016), http://www.constimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=103894
- 중앙일보 (2017. 1. 31.), 대림·SK 컨소시엄, 세계 최장 현수교 수주 (http://news.joins.com/article/21189749)
- 매일경제 (2015.03.16.), http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2015&no=250623
- 조선일보 (2015.3.21.), http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2015/03/21/2015032100305.html?Dep0=twitter&d=2015032100305
- 토목신문 (2015.03.25.), http://www.cenews.co.kr/news/articleView.html?idxno=3318
- 포스코경영연구소 (2014.4.9.), https://www.posri.re.kr/ko/board/content/3735

부록

[부록 1] 세부기술 목록

소분류(L3)	세분류(L4)	세부기술(L5)	
A-1	A-1-1	A-1-1-1	3D 기반의 강교량 점검기술
강구조 및 합성구조 교량	강구조 및 합성구조 교량	A-1-1-2	강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술
		A-1-1-3	BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술
		A-1-1-4	BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술
		A-1-1-5	LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술
		A-1-1-6	계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술
		A-1-1-7	고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발
		A-1-1-8	강교량의 현장 이음부 품질향상 기술
		A-1-1-9	자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술
		A-1-1-10	극한•극서기후지역강교량설계및시공기술
		A-1-1-11	품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술
		A-1-1-12	교량구조용 강재성능 향상 기술
		A-1-1-13	곡선강교량 설계시공 기술
		A-1-1-14	강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술
		A-1-1-15	강구조의 피로수명 평가 및 향상기술
		A-1-1-16	고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술
		A-1-1-17	하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술
		A-1-1-18	이중합성 교량의 설계 및 시공기술
		A-1-1-19	프리스트레스 도입 강합성교량기술
		A-1-1-20	합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술
		A-1-1-21	강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술
		A-1-1-22	강재/강합성 교각 설계 시공기술
A-2	A-2-1	A-2-1-1	부분교체/곡률대응형프리캐스트바닥판제작/급속시공기술
콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	콘크리트 모듈형 교량	A-2-1-2	FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술
		A-2-1-3	콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술
		A-2-1-4	경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술
		A-2-1-5	조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술
		A-2-1-6	단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술
		A-2-1-7	카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술
	A-2-2	A-2-2-1	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술
	친환경/저탄소 콘크리트 교량	A-2-2-2	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술
		A-2-2-3	알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술
		A-2-2-4	비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술
		A-2-2-5	친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술
	A-2-3	A-2-3-1	120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술

	고성능 다기능 콘크리트 교량	A-2-3-2	섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술
		A-2-3-3	80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술
		A-2-3-4	굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술
		A-2-3-5	SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술
		A-2-3-6	200~300MPa급 콘크리트 제조 기술
		A-2-3-7	200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술
		A-2-3-8	80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술
		A-2-3-9	SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술
		A-2-3-10	SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술
		A-2-3-11	SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술
		A-2-3-12	SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술
		A-2-3-13	SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술
		A-2-3-14	수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술
		A-2-3-15	고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술
	A-2-4	A-2-4-1	곡선교 해석/설계/시공 기술
	기능 성능 향상 콘크리트 교량	A-2-4-2	무조인트 교량 해석/설계 기술
		A-2-4-3	중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)
		A-2-4-4	콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술
		A-2-4-5	LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템
		A-2-4-6	교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술
		A-2-4-7	콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술
		A-2-4-8	콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술
		A-2-4-9	저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템
		A-2-4-10	PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술
		A-2-4-11	콘크리트 교량 내진성능 향상 기술
		A-2-4-12	FRP 활용 교량 보수보강 기술
		A-2-4-13	보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술
A-3	A-3-1	A-3-1-1	케이블 교량 하중 모델
신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	케이블교량	A-3-1-2	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)
		A-3-1-3	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램
		A-3-1-4	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험
		A-3-1-5	케이블 교량용 강선/강연선
		A-3-1-6	케이블 교량용 박층 포장
		A-3-1-7	케이블 교량용 FRP 케이블
		A-3-1-8	케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)
		A-3-1-9	사장교 케이블 가설
		A-3-1-10	현수교 케이블 가설
		A-3-1-11	케이블 교량 보강거더 가설
		A-3-1-12	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설

		A-3-1-13	케이블교량강재고주탑가설
		A-3-1-14	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사
		A-3-1-15	케이블 거동 모니터링
		A-3-1-16	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링
		A-3-1-17	케이블 교량 통합유지관리시스템
	A-3-2	A-3-2-1	장경간 아치교 설계 기술
	장경간 아치교	A-3-2-2	장경간 강아치교 가설 기술
		A-3-2-3	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술
	A-3-3	A-3-3-1	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술
	부유식 교량	A-3-3-2	부유식 교량 앵커링 기술
	A-3-4	A-3-4-1	FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술
	신소재교량	A-3-4-2	FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술
		A-3-4-3	FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술
		A-3-4-4	자기치유 콘크리트 배합설계
		A-3-4-5	자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료
		A-3-4-6	자기치유 콘크리트 스마트 폴리머
		A-3-4-7	자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더
		A-3-4-8	자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐
		A-3-4-9	특수소재의 교량 활용 기술
B-1	B-1-1	B-1-1-1	터널시공 및 유지관리 활용을 위한 지반·지질 정보 DB구축기술
육상터널	교통형터널	B-1-1-2	불확실성 최소화를 위한 굴착면 실시간 지반정보 분석 및 예측 기술
		B-1-1-3	지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술
		B-1-1-4	여굴 최소화를 위한 발파 설계 및 정밀/자동화 발파천공 기술
		B-1-1-5	IoT기반시공모니터링및작업위험예경보기술
		B-1-1-6	초장대 터널(연장 4km이상) 시공 중 쾌적 환경(흡기 및 배기) 조성시스템
		B-1-1-7	터널 방재설비 설계 및 통합운영(TGMS)기술
		B-1-1-8	터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB 구축기술
		B-1-1-9	터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술
		B-1-1-10	터널BIM구축기술
		B-1-1-11	기계화 시공용 커터헤드 설계 기술
		B-1-1-12	기계화 시공정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크 등) DB 구축기술
		B-1-1-13	기계화 시공용 Segment 설계 및 시공 기술
		B-1-1-14	도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술
		B-1-1-15	수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술
	B-1-2	B-1-2-1	복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)
	수로터널	B-1-2-2	도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)
		B-1-2-3	복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)
		B-1-2-4	SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술
		B-1-2-5	HighPressurizedLiner설계기술

		B-1-2-6	수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템
		B-1-2-7	무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술
	B-1-3	B-1-3-1	공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도
	유틸리티 터널	B-1-3-2	터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법
		B-1-3-3	특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술
		B-1-3-4	소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영
		B-1-3-5	도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술
B-2	B-2-1	B-2-1-1	TBM커터교체장치및 배토성능 향상 기술
해저/침매터	해저터널	B-2-1-2	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술
널		B-2-1-3	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술
		B-2-1-4	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술
		B-2-1-5	BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈
		B-2-1-6	내염, 내부식성 재료 개발기술
		B-2-1-7	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술
		B-2-1-8	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템
		B-2-1-9	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술
		B-2-1-10	해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법
		B-2-1-11	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술
		B-2-1-12	해저터널 유입수 제어 및 관리기술
		B-2-1-13	해저지반 차수 및 지반보강
		B-2-1-14	해저지반 차수 및 지반보강 기술
		B-2-1-15	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술
		B-2-1-16	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템
	B-2-2	B-2-2-1	함체 단면 설계 기술
	침매터널	B-2-2-2	함체 연결부 설계 기술
		B-2-2-3	함체 제작 시공 기술
		B-2-2-4	함체 운송 및 수중 설치 기술
		B-2-2-5	함체 기초부 조성 기술
B-3	B-3-1	B-3-1-1	계류시스템 설계기술
부유식터널	부유식터널	B-3-1-2	고장력 계류시스템 건전도 평가기술
		B-3-1-3	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술
		B-3-1-4	내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술
		B-3-1-5	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미 선박 충돌/차량 폭발)
		B-3-1-6	세그먼트 이음부 방수기술
		B-3-1-7	수중 구조물 결함 진단기술
		B-3-1-8	수중 구조물 단면 설계기술
		B-3-1-9	수중구조물 고정기술
		B-3-1-10	수중구조물 연속 시공기술
		B-3-1-11	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술

		B-3-1-12	수중구조물 접합부 거동 설계기술
		B-3-1-13	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)
		B-3-1-14	수중구조물 횡방향 거동 제어기술
		B-3-1-15	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술
		B-3-1-16	외부 충돌 방지기술
		B-3-1-17	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술
		B-3-1-18	터널 내 환기기술
		B-3-1-19	프리캐스트 구조체 수중 접합기술
		B-3-1-20	해양환경관측및평가기술
		B-3-1-21	해저지반 조사 및 평가 기술
		B-3-1-22	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술
B-4	B-4-1	B-4-1-1	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술
대심도터널	대심도터널	B-4-1-2	내화성 중간슬래브 구축 기술
		B-4-1-3	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술
		B-4-1-4	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술
		B-4-1-5	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술
		B-4-1-6	다목적 대심도 터널 설계 기술
		B-4-1-7	다목적 터널 통합 운영 기술
		B-4-1-8	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션
		B-4-1-9	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술
		B-4-1-10	대심도 터널 내화성능 강화 기술
		B-4-1-11	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술
		B-4-1-12	도심형 수직구 구축 기술
		B-4-1-13	분기부 시공 및 보강 기술
		B-4-1-14	영상유고 감지 기술
		B-4-1-15	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술
		B-4-1-16	천층 개착터널 보강 기술
		B-4-1-17	화재연기 확산지연 및 배출 기술
B-5	B-5-1	B-5-1-1	지하대공간 이동시스템
지하대공간	지하대공간	B-5-1-2	지하대공간 구축 및 보강 기술
		B-5-1-3	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리 기술
		B-5-1-4	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술
		B-5-1-5	이산화탄소 지중 저장 기술
		B-5-1-6	지하 오폐수 처리장 건설 기술
		B-5-1-7	압축공기 에너지 지하저장 기술
		B-5-1-8	열에너지 지하저장 기술
		B-5-1-9	원유 및 가스 지하저장 기술
		B-5-1-10	에너지 플랜트 지하화 기술
		B-5-1-11	원자력 발전소 지하화 기술

C-1	C-1-1	C-1-1-1	도심지 인공절토사면 재해취약성 평가기술
사면보호/보강/유지관리	절토사면	C-1-1-2	생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술
		C-1-1-3	시나리오 기반의 절토사면 재해 대응 및 복구 기술
		C-1-1-4	절토사면 계측/모니터링 기술
		C-1-1-5	절토사면 대책시설물 성능평가 및 유지관리 기술
	C-1-2	C-1-2-1	성토사면 표면유실 방지기술
	성토사면	C-1-2-2	성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술
		C-1-2-3	성토사면 상부구조물 유지관리 기술
		C-1-2-4	성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술
	C-1-3	C-1-3-1	자연사면 첨단 원격조사 기술
	자연사면	C-1-3-2	도심지 토사재해 위험지역 정밀 조사 및 취약성 평가 기술
		C-1-3-3	자연사면 광역 위험도 평가 기술
		C-1-3-4	토사재해 발생 예측 기술
		C-1-3-5	자연사면 친환경 보호/보강 기술
		C-1-3-6	토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술
		C-1-3-7	토사재해 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립
		C-1-3-8	자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술
		C-1-3-9	토사재해 예경보 기술
		C-1-3-10	토사재해 통합관리시스템 구축 기술
		C-1-3-11	도심지 토사재해 피해저감을 위한 법제도화 기술
C-2	C-2-1	C-2-1-1	대심도시추천공기술
지반조사/개량	지반조사/개량	C-2-1-2	경사 시추 천공 기술
		C-2-1-3	시료채취 교란도 제어기술
		C-2-1-4	시료채취, 이송, 보관기술
		C-2-1-5	해상 지반 조사 플랫폼 기술
		C-2-1-6	심해저 해상 지반 조사장비
		C-2-1-7	멀티 다운홀 장비
		C-2-1-8	신호분석 하부지반 영상해석기술
		C-2-1-9	탄성파 지반조사 장비
		C-2-1-10	전기 비저항 지반조사 장비
		C-2-1-11	지반재료 물리특성 실험 기술
		C-2-1-12	지반재료 역학특성 실험 기술
		C-2-1-13	실내실험 장비 기술
		C-2-1-14	지층재료구성 모델링 기술
		C-2-1-15	지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술
		C-2-1-16	심해저지반조사 분석기술
		C-2-1-17	신소재 개량기술
		C-2-1-18	지반개량 재료용 산업부산물 적용기술
		C-2-1-19	그라우팅 효율 향상 재료

		C-2-1-20	멀티 펌핑 주입 장비
		C-2-1-21	진동 다짐 장비
		C-2-1-22	복합지반 교란 저감 기술
		C-2-1-23	시설물별 지반개량 기술
		C-2-1-24	특수 말뚝을 이용한 개량 기술
		C-2-1-25	혼합용 교반장비 및 개량기술
		C-2-1-26	대심도개별진공압밀 개량기술
		C-2-1-27	부상형 배수재 타설 및 개량기술
		C-2-1-28	해상타설 개량기술
		C-2-1-29	전기주입 개량 및 복합기법 적용기술
		C-2-1-30	오염지반조사올인원장비
		C-2-1-31	유기물 오염지반 정화기술
		C-2-1-32	중금속 오염지반 정화기술
		C-2-1-33	복합 오염지반 정화기술
		C-2-1-34	오염원인자 분석 및 추적기술
C-3	C-3-1	C-3-1-1	증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술
육상 및 해상기초/흙막이구조물 및 지하벽체	육상기초	C-3-1-2	내진 보강용 신형식 기초
		C-3-1-3	내진 보강용 기존 기초 보강 기술
		C-3-1-4	그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술
		C-3-1-5	풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술
		C-3-1-6	말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술
		C-3-1-7	말뚝 수평저항력 증대 기술
		C-3-1-8	말뚝 주면마찰력 증대 기술
		C-3-1-9	말뚝 선단지지력 증대 기술
		C-3-1-10	성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술
	C-3-2	C-3-2-1	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술
	해상기초	C-3-2-2	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술
		C-3-2-3	해상 기초 지지력 확인 기술
		C-3-2-4	버켓기초 설계/시공 기술
		C-3-2-5	해상 교량기초 가설공법
		C-3-2-6	해상 구조물 수중 접합/분리 기술
		C-3-2-7	케이슨 선단 차수 기술
		C-3-2-8	케이슨 경량화 기술
		C-3-2-9	케이슨 급속 지중 관입 기술
		C-3-2-10	해상 경사말뚝 경사도 확보 기술
		C-3-2-11	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술
		C-3-2-12	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술
		C-3-2-13	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술
		C-3-2-14	해상기초의 내진보강 공법

	C-3-3 흙막이구조물	C-3-3-1	굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술
		C-3-3-2	흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술
		C-3-3-3	연약지반 앵커력 증대/확보 기술
		C-3-3-4	시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술
		C-3-3-5	흙막이 지보재 간격 증대 기술
		C-3-3-6	자립식 흙막이 자립길이 증대 기술
		C-3-3-7	지하 대심도 고수압 대응 차수 기술
		C-3-3-8	지하벽체 긴급 보수/보강 기술
		C-3-3-9	도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술
		C-3-3-10	지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술
		C-3-3-11	자연 친화형 기성 모듈식 옹벽
		C-3-3-12	보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술
D-1 해양준설/매립	D-1-1 해양준설/매립	D-1-1-1	준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술
		D-1-1-2	준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술
		D-1-1-3	준설토 세척 및 입도별 분리 기술
		D-1-1-4	고함수·고유기질 준설토 고화처리기술
		D-1-1-5	준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술
		D-1-1-6	오염준설토 처리기술
		D-1-1-7	고함수비 준설토 탈수 기술
		D-1-1-8	준설 및 운반 장비 기술
		D-1-1-9	준설 매립 이송 통합시스템 기술
		D-1-1-10	준설토 장거리 이송 시스템 기술
		D-1-1-11	준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술
		D-1-1-12	준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술
		D-1-1-13	친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술
		D-1-1-14	준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술
		D-1-1-15	준설토 활용 식생토·습지조성 및 복원기술
		D-1-1-16	오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술
D-2 항만 및 해안구조물	D-2-1 항만 및 해안구조물	D-2-1-1	신형소파블록 개발
		D-2-1-2	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발
		D-2-1-3	FRP합성형 항만구조물 개발
		D-2-1-4	강재구조물 부식방지 기술
		D-2-1-5	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물
		D-2-1-6	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물
		D-2-1-7	안벽 증심기술
		D-2-1-8	연약지반 개량 공법
		D-2-1-9	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술
		D-2-1-10	쓰나미방파제 개발 기술
		D-2-1-11	고조방파제 개발 기술

		D-2-1-12	섹터게이트 개발 기술
		D-2-1-13	연안 침퇴적 저감 기술
		D-2-1-14	대형구조물 해상운반기술
		D-2-1-15	대형구조물 해상시공기술
		D-2-1-16	수중구조물 점검 기술
		D-2-1-17	수중시공 모니터링 기술
		D-2-1-18	인공조간대 조성기술
		D-2-1-19	부유사 발생 및 영향 예측기술
		D-2-1-20	폐기물 해상 처분장 조성기술
D-3	D-3-1	D-3-1-1	해저 기초 및 지반 조성기술
수중구조물	해저기지	D-3-1-2	해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술
		D-3-1-3	긴급구난 및 응급복구 기술
		D-3-1-4	유지관리를 위한 통합관리 기술
		D-3-1-5	에너지 수급 기술
		D-3-1-6	해저구조물 무인 시공 기술
	D-3-2	D-3-2-1	해중조경 설계기술
	해중공원시설	D-3-2-2	해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술
	D-3-3	D-3-3-1	해중라이프라인 안전성 확보 기술
	해중라이프라인	D-3-3-2	해중케이블 시공 기술
		D-3-3-3	해중파이프 시공 기술
		D-3-3-4	해중라이프라인 유지관리 기술
	D-3-4	D-3-4-1	해상풍력발전 구조물 지지기술
	해중에너지생산시설	D-3-4-2	조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술
		D-3-4-3	복합발전용 수중구조물 건설 기술
D-4	D-4-1	D-4-1-1	폐기물 활용 매립 기술
인공섬	매립식인공섬	D-4-1-2	호안구조물 급속 축조 기술
		D-4-1-3	폐기물의 친환경 매립재화 기술
		D-4-1-4	오염물질 차수 기술
		D-4-1-5	매립재 유실 방지 기술
	D-4-2	D-4-2-1	대면적 해저기초 조성 기술
	착저식인공섬	D-4-2-2	해저지반-구조 상호작용 해석기술
		D-4-2-3	해저 지반 평탄화 기술
		D-4-2-4	초대형 착저구조물 제작 기술
		D-4-2-5	초대형 착저구조물 설치 기술
	D-4-3	D-4-3-1	해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술
	잔교식인공섬	D-4-3-2	부유체 해상 결합 기술
		D-4-3-3	고내구성 신형식 말뚝 기술
		D-4-3-4	대구경 말뚝 항타 기술
		D-4-3-5	부유구조체 말뚝 최적 배치 기술

		D-4-3-6	부유구조체 말뚝 연결 기술
	D-4-4	D-4-4-1	초대형 부유구조체 구조시스템 기술
	부유식인공섬	D-4-4-2	파랑-부유구조체 상호작용 해석 기술
		D-4-4-3	부유구조체 안정성 향상 기술
		D-4-4-4	부유체 위치고정 및 앵커링 기술
		D-4-4-5	초대형 부유체 급속 제작 기술
		D-4-4-6	대형화 모듈 접합 시공 기술
		D-4-4-7	부유구조체 맞춤형 재료 기술
E-1	E-1-1	E-1-1-1	극저온경화형혼화제제조기술
극압·극저온 구조물	극지구조물	E-1-1-2	극저온 경화형 결합제 제조기술
		E-1-1-3	극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술
		E-1-1-4	모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술
	E-1-2	E-1-2-1	LNG 탱크 냉열 활용 기술
	극저온 저장탱크	E-1-2-2	극저온 저장탱크 단열 기술
	E-1-3	E-1-3-1	고인성 혼화재료 제조기술
	극지구조물	E-1-3-2	콘크리트용 고인성 섬유 제작기술
		E-1-3-3	고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술
		E-1-3-4	고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술
		E-1-3-5	모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술
		E-1-3-6	극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술
		E-1-3-7	모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술
E-2	E-2-1	E-2-1-1	구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술
방호구조물	방호구조물	E-2-1-2	충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술
		E-2-1-3	신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술
		E-2-1-4	기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술
		E-2-1-5	구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술
		E-2-1-6	재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술
		E-2-1-7	구조물 방호 설계 기술
		E-2-1-8	구조물 방호성능 전산해석 평가기술
		E-2-1-9	구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술
		E-2-1-10	방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술
		E-2-1-11	구조부재용 방호재료 및 자재 기술
		E-2-1-12	구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술
		E-2-1-13	신규 방호구조물 시공기술
		E-2-1-14	기존 구조물 방호 보강 시공기술
		E-2-1-15	구조물 방호 급속시공 기술
		E-2-1-16	구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술
		E-2-1-17	동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술
		E-2-1-18	재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술

		E-2-1-19	구조물 방호성능 시험평가 기술
		E-2-1-20	구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술
E-3	E-3-1	E-3-1-1	태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술
우주구조물	우주구조물	E-3-1-2	대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술
		E-3-1-3	지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술
		E-3-1-4	자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구
		E-3-1-5	현지자원 채굴 및 선별 기술
		E-3-1-6	자원 이송 및 보관 기술
		E-3-1-7	시추 자동화 기술
		E-3-1-8	이동 및 이송수단 결정 연구
		E-3-1-9	운송장비 및 운송시설 설계기술
		E-3-1-10	운송체 자율주행 지원 기술
		E-3-1-11	행성 표면 정밀 지형 복원 기술
		E-3-1-12	우주 건설 표준 제정 연구
		E-3-1-13	우주현지 지반평가 기술
		E-3-1-14	저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술
		E-3-1-15	착륙지 기반 시설 설계기술
		E-3-1-16	거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화
		E-3-1-17	우주구조물 시공자동화 기술
		E-3-1-18	시공자동화 장비 원격 제어 기술
		E-3-1-19	장비 성능 및 시공 모니터링 기술
		E-3-1-20	폐기물 관리 기술
		E-3-1-21	건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술
		E-3-1-22	현지 건설재료 가공 및 소결기술
		E-3-1-23	건설재료 이송 및 보관 기술
		E-3-1-24	건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술
		E-3-1-25	우주 건설장비 검증 기술
		E-3-1-26	검증장비 운영 및 유지관리 기술
		E-3-1-27	시험 표준화 기술
		E-3-1-28	우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술
		E-3-1-29	행성 식민지 관련법
		E-3-1-30	우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화

[부록 2] 기술정의서

가. 교량 ····· 362
(1) 강구조 및 합성구조교량 ····· 362
(2) 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량 ····· 365
(3) 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량 ····· 371

나. 터널 및 지하대공간 ····· 376
(1) 교통형 터널 ····· 376
(2) 해저/침매터널 ····· 380
(3) 부유식터널 ····· 383
(7) 대심도터널 ····· 386
(8) 지하대공간 ····· 388

다. 사변/지반조사/기초 ····· 376
(1) 사면보호/보강/유지관리 ····· 390
(2) 지반조사/개량 ····· 394
(3) 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체 ····· 398

라. 항만 및 해안구조물 ····· 403
(1) 해양준설/매립 ····· 403
(2) 항만 및 해안구조물 ····· 405
(3) 수중구조물 ····· 407
(4) 인공섬 ····· 411

마. 특수구조물 ····· 415
(1) 고압, 극저온 구조물 ····· 415
(2) 방호 구조물 ····· 418
(3) 우주 구조물 ····· 420

가. 교량

(1) 강구조 및 합성구조교량

A-1	강구조 및 합성구조교량	A. 교량
A-1-1	강구조 및 합성구조교량	
기술정의	주변경관과 조화를 이루면서 경제적이고 안정적으로 교량 기능을 발휘하도록 강구조 혹은 강합성구조로 건설된 교량	
A-1-1-1	3D 기반 강교량 점검기술	강교량을 대상으로 실시간 혹은 정기적으로 수행되는 계측, 육안점검, 비파괴검사 및 정밀안전진단 등의 점검결과의 일부 혹은 전부를 3D 인터페이스에 적용 가능한 형태로 가공, 저장, 관리하는 정보통신 기술 및 이를 이용한 구조해석 및 안전점검 효율화 기술
A-1-1-2	강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	강교량의 기본설계, 실시설계 및 시공 단계에서 설계 및 현장 조건의 변화에 대응하여, 토목기술자의 판단과 도면작성, 적산 과정을 보조할 수 있도록 구조화된 설계조건의 입력, 3D 가시화, 수정, 검토 및 3D 자동도면 생성 및 적산 출력 기능을 갖는 S/W 기술
A-1-1-3	BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	강교량의 기획단계부터 교량의 수명 동안 설계자료, 시공정보, 주변의 환경변화, 실시간 계측결과, CCTV영상 및 안전점검 결과 등 저장 가능한 모든 정보를 통합하여 BIG DATA를 구축하고, 이를 활용한 유지관리 기술
A-1-1-4	BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	BIM을 이용하여 구축된 강교량의 설계정보를 시공 및 유지관리 단계에 걸쳐 일관된 자료 형식으로 수정, 보완하고 이력을 관리하는 구조물 생애주기 통합 패키지 기술
A-1-1-5	LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	강교량의 설계단계에서 LCC, VE 결과 및 환경조건(기후, 교통량 등)을 반영하여 구조물의 설계수명 동안의 안전성과 경제성을 최대화하는 확률기반 설계기법 및 평가 기술
A-1-1-6	계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	강교량에 설치된 각종 센서(가속도, 변위, 응력, 신축이음 간격, 온도 등)로부터 계측된 데이터를 활용하여 강교량의 단·장기 손상 상태 판단 및 이를 이용한 내하력 추정 기술
A-1-1-7	고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	강도, 연성, 내부식성, 내후성 등의 성능이 개선된 강재 및 고강도, 고내구성 콘크리트 등 고성능 재료를 활용한 구조적 성능이 높고 경제적인 강합성교량의 설계시공 기술개발 예) 초고강도 콘크리트를 이용한 초경량 강합성교량 설계시공 기술

A-1-1-8	강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	플레이트거더교, 강박스교, 강아치교 등 강교의 현장 이음부의 가조립, 거치, 체결, 용접, 도장 및 검사 등 시공과정에서 발생할 수 있는 결함, 오차, 체결 및 용접 불량 등 품질저하 요인을 최소화하기 위한 설계시공 기술 및 재료적, 기계적, 화학적 방법을 이용한 이음부 내구성 향상 기술
A-1-1-9	자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	태풍, 지진, 홍수, 산사태 등 자연재해 및 온도변화, 비래염분, 강수 및 강설에 따른 환경변화에 의해 손상되거나 손상이 예상되는 강교량의 구조적, 재료적, 기계적 보수 및 보강 기술
A-1-1-10	극한·극서 기후지역 강교량 설계 및 시공기술	남북극 및 열대지역의 극저온의 환경에서 발생할 수 있는 강재와 콘크리트 및 포장재의 재료적 문제 및 점토 및 동결지반의 지반변형에 저항 가능한 강교량의 설계 및 시공기술
A-1-1-11	품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	강교량의 시공 및 공용 중에 변형률, 가속도, 변위, 온도, CCTV 등의 실시간 모니터링된 자료를 종합하여 품질, 시공 및 안전관리에 응용할 수 있는 안전관리 기술
A-1-1-12	교량구조용 강재성능 향상 기술	교량구조에 사용되는 강재의 강도, 연성, 내후성, 내마모성 등 재료적 성능의 개선을 통하여 시공 및 유지관리 비용을 절감하고 교량의 성능을 향상시킬 수 있는 신소재 및 복합재료 기술
A-1-1-13	곡선강교량 설계시공 기술	곡선교, 램프 등의 강교량의 설계 및 시공 단계에서 발생할 수 있는 오차 및 오류의 최소화를 위한 설계시공 관리기술
A-1-1-14	강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	강구조의 도장 관련 유지보수비용의 최소화를 위한 고내구성 도장재료, 도장 시공 및 내후성무도장 강재 기술
A-1-1-15	강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	탄성파법, 전자기법, 방사능법 등 장·단기적인 비파괴검사결과를 활용하여 재료시험에 의하지 않고 강구조의 피로수명을 추정할 수 있는 평가기술 및 피로수명 향상 기술
A-1-1-16	고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	콘크리트 충진 강재튜브 구조의 성능 향상을 위한 콘크리트의 강도, 인장성능, 워커빌리티 향상 등 고성능 소재 기술 및 콘크리트-강재의 구조적 전단저항 향상을 위한 설계 및 시공기술
A-1-1-17	하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	통상적으로 적용되는 두 가지 이상의 교량 가설 공법을 하이브리드한 교량의 가설, 설계 및 시공 기술 예) 프리플렉스빔의 장점과 PSC I형 빔의 장점을 결합한 RFP빔 개발
A-1-1-18	이중합성 교량의 설계 및 시공기술	부모멘트를 받는 연속교 내측지점 구간의 하부 압축플랜지 위에 콘크리트를 타설하여 압축플랜지의 두께와 거더높이를 감소시킬 수 있는 강박스교의 설계 및 시공기술

A-1-1-19	프리스트레스 도입 강합성교량 기술	콘크리트와 강재가 합성된 강합성교량이 콘크리트의 인장부에 프리스트레스를 도입하여 콘크리트에 인장응력이 발생하지 않도록 하여 재료이 효율성을 높인 교량 설계 및 시공 기술
A-1-1-20	합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	합성구조의 콘크리트부 단면과 강재부 단면의 연결을 위한 체결, 용접 및 프리스트레싱 설계 기술 및 합성부 전단키 효율화 등 접합부 성능향상 설계 기술
A-1-1-21	강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	강합성구조의 장기적인 재료적·구조적 모니터링을 통하여 장기거동을 평가하고 발견된 손상의한 영향을 최소화하기 위한 보수·보강 효율화 기술
A-1-1-22	강재/강합성 교각 설계 시공기술	좌굴, 전도, 진동, 부식, 재료분리 등 강재/강합성 교각에 발생 가능한 손상에 저항성을 갖고 설계 및 시공 중 발생 가능한 오류를 최소활 할 수 있는 경제적인 교각 설계 시공기술

(2) 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량

A-2	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	A. 교량
A-2-1	콘크리트 모듈형 교량	
기술정의	콘크리트를 주재료로 구조체의 전부 혹은 일부를 모듈 혹은 조립부재로 제작하여 교량기능을 발휘하도록 건설된 교량	
A-2-1-1	부분교체/곡률대응형 프리캐스트 바닥판제작/급속시공기슬	곡선교량의 바닥판을 곡률에 따라 곡선형의 프리캐스트 바닥판으로 제작하고, 이를 이용하여 손상된 바닥판의 일부를 급속하게 시공하는 기술
A-2-1-2	FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술	염화물에 의한 부식을 근본적으로 차단할 수 있는 FRP 보강근을 적용한 교량용 바닥판을 설계.제작.시공하는 기술
A-2-1-3	콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공기술	콘크리트 교량의 거더, 바닥판, 방호울타리, 기능성 부재를 분절된 프리캐스트 부재로 모듈화 하여 설계하고 미리 제작된 프리캐스트 모듈을 조립함으로써 교량 상부구조를 급속하게 시공하는 기술
A-2-1-4	경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술	구조적인 안전성의 확보하면서 기존의 단조로운 형상이 아닌 주변의 경관과 조화를 이룰 수 있는 형상의 교각을 분절된 프리캐스트 부재로 설계하고, 비정형의 프리캐스트 교각을 미리 제작하고 현장에서 급속하게 조립하여 시공하는 기술
A-2-1-5	조립부재 3차원 형상계측 및 품질관리 기술	구조적인 안전성의 확보하면서 기존의 단조로운 형상이 아닌 주변의 경관과 조화를 이룰 수 있는 형상의 교각을 분절된 프리캐스트 부재로 설계하고, 비정형의 프리캐스트 교각을 미리 제작하고 현장에서 급속하게 조립하여 시공하는 기술
A-2-1-6	단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공기술	조립식으로 설계된 콘크리트 교량의 상.하부구조를 미리 제작된 프리캐스트 부재를 이용하여 조립하면서, 조립되고 있는 교량 구조물의 형상을 계측하여 계획 도면과 비교를 통해 품질을 관리하는 기술
A-2-1-7	카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술	지간 20 m 이내로 짧은 교량의 급속시공을 위해 교량의 상부구조 및 하부구조(교대 등)를 분절된 프리캐스트 부재로 제작하고 이를 이용하여 급속하게 시공하는 기술

A-2	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	A. 교량
A-2-2	친환경/저탄소 콘크리트 교량	
기술정의	탄소배출 최소화 및 폐기물의 재활용 등을 통해 지구온난화 등에 대비한 친환경 저탄소 콘크리트를 활용하여 건설된 교량	
A-2-2-1	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술	시멘트 결합재의 상당부분(70~90%)을 프라이애시와 고로슬래그와 같은 미분말로 대체하여 콘크리트 제조 과정의 탄소배출량이 감소된 고강도의 콘크리트 제조 기술
A-2-2-2	HVMA(High Volume Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술	시멘트 결합재의 상당부분(80% 수준)을 프라이애시와 고로슬래그와 같은 미분말로 대체한 결합재를 기반으로 유동성이 우수한 탄소저감형의 자기충전 콘크리트 제조 기술
A-2-2-3	알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술	알칼리 활성 슬래그로 시멘트를 완전히 대체하여 시멘트를 사용하지 않는 콘크리트의 제조 및 이를 이용한 콘크리트 제품 제작 기술
A-2-2-4	비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술	시멘트 생산과정에서 발생하는 이산화탄소(CO2) 배출량을 감소시키기 위해 석회석 미분말과 같은 비소성 결합재를 혼입(10% 수준)하여 시멘트를 생산하는 기술
A-2-4-5	친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술	HVMA 콘크리트, 알칼리 활성 슬래그 콘크리트, 비소성 결합재 활용 시멘트 등의 친환경/저탄소 콘크리트의 특성을 고려하여 이를 활용한 구조물을 설계하고 시공하는 기술

A-2	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	A. 교량
A-2-3	고성능 다기능 콘크리트 교량	
기술정의	기존 콘크리트에 비하여 고유동성, 고강도, 고내구성을 갖추고 다기능을 수행할 수 있는 콘크리트를 활용해 건설된 교량	
A-2-3-1	120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술	120, 150, 180 MPa의 특정 목표 강도별로 잔골재와 시멘트, 실리카흄 등의 결합재를 기반으로 강섬유를 혼합하여 초고강도와 고인성의 성능을 발현하는 콘크리트(Super Concrete)를 제조하는 기술
A-2-3-2	섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술	섬유보강 Super Concrete의 재료적인 거동 특성을 고려하여 콘크리트 구조물의 거동을 예측하고 이를 기반으로 구조물을 설계하는 기술
A-2-3-3	80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술	고강도 콘트리트의 경제성을 향상시키기 위해 굵은골재를 사용하여 특정 목표 강도(80, 100, 120 MPa)별로 고강도 콘크리트를 제조하는 기술
A-2-3-4	굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술	굵은 골재를 사용한 Super Concrete의 재료적인 거동 특성을 고려하여 콘크리트 구조물의 거동을 예측하고 이를 기반으로 구조물을 설계하는 기술
A-2-3-5	SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술	일반적인 콘크리트의 거동과 다른 재료적인 거동을 나타내는 Super Concrete의 제조와 설계를 위한 재료의 특성에 대한 시험방법과 재료의 역학적 모델 등을 마련하는 기반 기술
A-2-3-6	200~300MPa급 콘크리트 제조 기술	나노재료 등을 활용하여 콘크리트의 강도를 기존의 Super Concrete 보다 높은 200~300 MPa 수준의 강도 발현이 가능한 콘크리트 제조 기술
A-2-3-7	200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술	200~300 MPa급 Super Concrete의 재료적인 거동 특성을 고려하여 콘크리트 구조물의 거동을 예측하고 이를 기반으로 구조물을 설계하는 기술
A-2-3-8	80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술	특정 강도를 목적으로 하는 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조기술과 달리, 80~180 MPa 내에서 임의의 설계강도에 따라 콘크리트 재료의 배합설계가 가능한 콘크리트 제조/배합설계 기술
A-2-3-9	SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술	일반적으로 고강도 콘크리트 또는 강재가 적용되는 주탑과 보강형 등에 Super Concrete를 적용하여 경제성을 향상시킨 사장교를 설계하고 제작하는 기술

A-2-3-10	SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술	Super Concrete를 적용하여 일반 고강도 콘크리트로는 시공이 어려운 60 m 이상의 장지간 교량을 설계하고 시공하는 기술
A-2-3-11	SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술	일반 고강도 콘크리트를 적용한 40~60m 중지간 교량에 Super Concrete를 적용하여 단면적과 중량을 감소시킨 콘크리트 교량을 설계하고 시공하는 기술
A-2-3-12	SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술	고강도 콘크리트 또는 강재를 사용하여 시공되던 풍력타워를 초고강도의 Super Concrete를 활용한 프리캐스트 부재를 적용하여 설계하고 시공하는 기술
A-2-3-13	SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술	Super Concrete를 활용하여 자중을 경감시키고, 수밀성이 향상된 부유식 구조물을 설계하고 시공하는 기술
A-2-3-14	수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술	콘크리트 교량 기초, 앵커리지와 같은 대규모 콘크리트의 수화열로 인한 균열 등의 문제를 해결하기 위해 수화열이 저감된 저발열의 콘크리트를 제조하고 설계, 시공하는 기술
A-2-3-15	고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술	콘크리트 구조물의 수명을 연장시키기 위해 염화물, 황산 등에 대한 저항성이 향상된 콘크리트를 제조하는 기술과 이를 구조물에 적용하는 기술

A-2	콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	A. 교량
A-2-4	기능/성능 향상 콘크리트 교량	
기술정의	일반 콘크리트가 가지고 있는 취약점을 보완하여 기능과 성능을 개량한 콘크리트를 사용하여 구조 성능을 개선한 교량	
A-2-4-1	곡선교 해석/설계/시공 기술	곡선을 갖는 콘크리트 교량의 구조적인 거동 특성을 엄밀하게 해석하여 이를 기반으로 설계하고, 곡선교의 시공 중 안정성을 확보하면서 교량을 시공하는 기술
A-2-4-2	무조인트 교량 해석/설계 기술	교량 접속부의 신축이음 없이 교량 상부구조와 교대가 일체형으로 거동하는 무조인트 교량의 장.단기적인 거동을 해석하고 이를 기반으로 설계하는 기술
A-2-4-3	중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)	구조역학적인 원리를 기반으로 다양한 형상, 재료, 보강 방법 등을 활용하여 중경간 거더 교량의 성능을 향상시키는 기술
A-2-4-4	콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술	FRP Tube내의 구속효과로 인한 콘크리트 강도의 증진효과와 합성구조의 장점이 있는 콘크리트 충전 FRP Tube를 스트럿 부재 등으로 활용하여 교량의 성능을 향상시키는 기술
A-2-4-5	LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템	교량의 전생애주기 걸친 점검/계측 데이터를 기반으로 예측되는 생애주기에 걸친 성능 및 비용을 바탕으로 교량의 성능을 평가하고 유지관리 관련 의사결정을 지원하는 시스템
A-2-4-6	교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술	30,000여 개에 이르는 국내 교량에 대하여 축적된 유지관리 데이터를 교량의 설계, 유지관리, 대국민 서비스 등을 목적으로 통합적으로 관리하고 분석하는 기술
A-2-4-7	콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술	점검결과의 일관성 유지, 접근의 어려움 등 인력 기반의 점검/진단의 한계를 해속하기 위해 드론, 이미지, 레이저 등 각종 센싱 및 분석 기술을 활용하여 콘크리트 교량 구조물의 점검/진단을 자동화하는 기술
A-2-4-8	콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술	콘크리트의 구조물의 내부에서 발생하는 철근 등 보강재의 부식, 콘크리트의 열화로 인한 강도의 저하 등을 탄성파, X-ray 등의 기술을 활용하여 콘크리트를 파손시키지 않고 검사하는 기술
A-2-4-9	저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템	계측기 설치, 재하실험, 구조해석 등 시간, 인력, 비용이 크게 요구되는 기존 내하력 평가 방법에서 탈피하여, 간략한 방법으로 콘크리트 교량의 건전도/내하력을 비용 효율적으로 평가하는 시스템

A-2-4-10	PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술	PSC 교량의 가설 후 장기적으로 변화하는 PT(Post-tensioning) 텐던의 긴장력을 다양한 센싱 방법(예, 광섬유 센서 등)을 활용하여 지속적으로 모니터링 하는 기술
A-2-4-11	콘크리트 교량 내진성능 향상 기술	국내 지진 발생 빈도 및 강도가 증가함에 따라 기존 콘크리트 교량의 상.하부구조를 보강하거나 내진, 면진 장치를 적용하여 내진성능을 향상 시키는 기술
A-2-4-12	FRP 활용 교량 보수보강 기술	노후된 콘크리트 교량에 FRP 패널을 부착, FRP Rod를 매립, FRP를 피복(교각의 경우)하는 등 FRP 재료를 활용하여 콘크리트 교량을 보수보강 하는 기술
A-2-4-13	보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술	충격, 부식으로 인해 국부적으로 파손된 콘크리트 교량 및 구조물의 일부를 보수하거나 보강재를 설치를 위해 급속한 경화가 가능한 무수축 모르터르를 제조하고 적용하기 위한 기술

(3) 신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량

A-3	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량		A. 교량
A-3-1	케이블교량		
기술정의	케이블교량은 현수교와 사장교와 같이 고강도의 케이블을 활용한 초장대 교량		
A-3-1-1	케이블 교량 하중 모델	케이블 교량의 설계 시 적용하는 하중에 대한 모델을 개발하는 것으로 하중 모델이 불명확한 경우 과다설계를 야기하므로 차량하중, 지진, 풍하중 등에 대해 신뢰도 기반의 하중 모델 개발	
A-3-1-2	케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	케이블 교량의 교각/주탑에 선박이 충돌하거나, 강진, 강풍 등이 발생하는 경우에도 교량 전체의 붕괴를 방지하기 위한 기술로서, 선박 충돌 모델링, 지진/풍하중 모델링과 이에 대한 교량 응답 해석과 사고 대응 시나리오 구축 등에 대한 연구	
A-3-1-3	케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	케이블 교량의 하중에 대한 응답을 구하고 이에 대한 설계를 하는 프로그램으로 시공단계를 고려한 순차적인 해석 및 설계 기능 필수	
A-3-1-4	케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	케이블 교량의 내풍 안전성을 수치해석 또는 실험으로 검증하는 방법으로 케이블 교량 설계 시 필수적으로 요구되는 단계이며, 풍동 실험에 사용하는 모형의 상사 제작 방법과 실험 수행 방법 등이 핵심 요소	
A-3-1-5	케이블 교량용 강선/강연선	케이블 교량의 전체 시공비 중 많은 부분을 차지하는 요소로서, 고강도 강연선 제작 기술 및 활용 기술을 개발하면 케이블 교량의 경제성을 향상	
A-3-1-6	케이블 교량용 박층 포장	케이블 교량에 적용할 수 있는 얇은 포장을 개발하면, 케이블이 지지하는 하중이 줄게 되므로 시공비 중 많은 부분을 차지하는 케이블을 직접적으로 절감	
A-3-1-7	케이블 교량용 FRP 케이블	케이블 교량에 적용가능한 FRP 케이블을 개발하면 강재 케이블의 부식 문제를 해결할 수 있고 중량도 줄게 되어 경제적인 교량 시공 및 유지관리 가능	

A-3-1-8	케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	케이블에 도포하는 방청재료는 주탑에 떨어지는 낙뢰나 바닥판에서의 화재에 대해 일정 수준 이상의 내화 성능을 가져야 하며 이를 통해 유지관리 비용을 절감
A-3-1-9	사장교 케이블 가설	사장교 케이블을 경제적으로 가설할 수 있는 공법 개발이 필요하며, 부가적으로 지금까지 시공된 부재에 과도한 하중이 걸리지 않도록 장력을 조정하는 기술도 포함
A-3-1-10	현수교 케이블 가설	현수교에서 가장 큰 주요부재인 케이블을 경제적으로 가설할 수 있는 공법 개발이 필요하며 이를 통해 현수교 시공의 경제성 향상 가능
A-3-1-11	케이블 교량 보강거더 가설	케이블 교량에서 보강거더는 대부분 가설 시에 가장 큰 하중을 받으므로 이러한 가설하중을 줄일 수 있는 가설 공법이나 효율적인 가설장비 운용 방법
A-3-1-12	케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	콘크리트 고주탑 가설의 효율성(공사기간 단축, 공사비 축소 등) 증진 및 자동화 시공을 위한 변단면 SlipForm 가설기술 개발, 슬립폼장비 경량화 등 콘크리트 고주탑 가설장비 및 공법 개발
A-3-1-13	케이블교량강재고주탑가설	고공에서 무거운 강재들 간에 볼트 체결, 용접 등의 작업을 용이하게 하기 위한 경제적이고 안전한 케이블 교량의 강재 주탑 가설장비 및 공법 개발
A-3-1-14	케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	케이블 교량은 대부분 장대 교량으로서 해상 위에 건설되는 경우가 많으며, 이때 교각 또는 주탑의 위치 및 형식은 경제성을 고려하여 선정되어야 하며, 이를 위해서는 해상에서의 지반 탐사 기술
A-3-1-15	케이블 거동 모니터링	케이블 교량의 주요 부재에 해당하는 케이블의 상태를 파악하기 위한 모니터링 기술로서 장력, 처짐 형상 등을 계측하고 이를 통해 케이블의 건전성을 파악하는 기술
A-3-1-16	케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	케이블 교량의 주탑 시공 및 유지관리 시에 GNSS 기반 위치정보를 활용하여 주탑의 연직 시공 및 변형 상태를 모니터링하는 기술
A-3-1-17	케이블 교량 통합유지관리시스템	케이블 교량과 같이 장대교량의 사고는 큰 경제적, 사회적 비용을 야기하므로 이러한 사고를 미연에 방지할 수 있는 통합유지관리시스템이 필요하며, 이를 경제적으로 구성할 수 있는 최적의 계측 시스템 구축 및 상태 평가 기술

A-3	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A. 교량
A-3-2	장경간 아치교	
기술정의	교량의 구조를 곡선 모양으로 만들어 주위의 경관과 조화를 이루게 하는 70m*이상의 교량	
A-3-2-1	장경간 아치교 설계 기술	라이즈비(교량길이와 아치 높이의 비)에 따른 형식별 경제성을 확보하고, 한계 라이즈비 극복을 위한 아치교의 구조적 개념 정립 및 장경간 아치교 상하부 연결구조의 형식
A-3-2-2	장경간 강아치교 가설 기술	대블럭 제작 및 수상운송을 위한 세부 요소 기술 및 회전 및 압출공법에 의한 일괄 급속시공 기술
A-3-2-3	장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	케이블 공법에 의한 아치 리브의 가설기술, 경사 단면 콘크리트 타설을 위한 최적 콘크리트 배합,, 프리캐스트 콘크리트 리브의 제작 및 가설기술

A-3	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A. 교량
A-3-3	부유식 교량	
기술정의	부유식 교량은 교량을 지지하는 구조물을 통해 물 위에 떠 있는 상태를 유지시키는 교량	
A-3-3-1	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	부유식 교량이란 수상 또는 해상에서 교량 자체의 부력으로 설계하중을 지지하는 교량으로서 차량이동, 수위 및 유속 변화, 지진 등의 영향에 대해 안전성과 이동성을 제공하고 육상에서 사전제작되어 이동 가설되는 공법이 주를 이루게 되므로 가설 공법 및 유지관리 단계를 고려한 최적의 모듈 설계·제작 기술
A-3-3-2	부유식 교량 앵커링 기술	부유식 교량이 공용 중 유실되지 않도록 지반, 지형구조, 인공 구조물 등을 이용하여 고정시키는 기술로서 모듈 간 연결부에서 허용되는 유연성을 고려하여 적절한 강성을 갖도록 제어할 수 있는 다양한 형태의 앵커링 기술

A-3	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	A. 교량
A-3-4	신소재교량	
기술정의	콘크리트와 강재를 대체할 비부식성, 경량성, 고강도의 장점을 지닌 복합신소재를 건설재료로 사용하여 건설된 교량	
A-3-4-1	FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술	FRP 보강근은 기존 재료인 철근과 다른 역학적 특성(높은 내부식성, 낮은 탄성계수 등)을 가지므로 다른 해석 및 설계 기술이 필요하며, 특히 콘크리트 균열 제어, 덮개 규정 등에 대한 연구
A-3-4-2	FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술	FRP 적용 구조부재에는 내구성 및 정확도가 높은 광섬유 센서가 일체형으로 제작될 수 있으므로 이를 통해 구조부재를 모니터링하는 기술
A-3-4-3	FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술	FRP를 로드, 쉬트 등의 형태로 교량 부재에 부착 또는 설치하여 교량의 휨, 전단 성능을 향상시키는 기술
A-3-4-4	자기치유 콘크리트 배합설계	균열폭(0.1~0.5mm), 치유 시간(10시간~28일) 등 구조물의 균열 자기치유 요구성능에 적합한 콘크리트 배합설계 기술
A-3-4-5	자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료	무기계 소재에 대한 자기치유 성능한계 개선을 다양한 유무기 복합소재에 대한 기술
A-3-4-6	자기치유 콘크리트 스마트 폴리머	콘크리트 내부 공극 및 균열 환경(이온종류 및 농도, pH, 온도, 습도 등) 반응성 스마트 폴리머 제조 기술
A-3-4-7	자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더	모재료의 구성비에 따른 C-S-H의 구조 및 구성비 관계를 정립하고, 수화생성물의 반응 메커니즘
A-3-4-7	자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐	Double wall, Silica wall 등 콘크리트 배합에 적용 가능한 캡슐 제조에 대한 기술
A-3-4-8	특수소재의 교량활용기술	특수소재의 범주는 명확하지 않으나 기존 재료에 비하여 높은 강도 및 내부식성을 갖는 경량재료 정도로 규정할 수 있으며, 현재는 FRP, 알루미늄, (초)고성능 콘크리트, 고강도 철근/강연선 등이 해당하며, 이러한 재료를 활용하여 교량의 경제성을 향상시키는 기술

나. 터널 및 지하공간

(1) 교통형 터널

B-1	육상터널	B. 터널 및 지하공간
B-1-1	교통형 터널	
기술정의	지상의 극심한 차량정체의 해결책으로 주요도심지역을 지하공간으로 연결하는 지하 전용 도로터널	
B-1-1-1	터널시공 및 유지관리 활용을 위한 지반·지질 정보 DB구축기술	설계 및 시공중 수집된 지반 및 지절정보의 자료 축적 및 관리기법, 위치기반으로 공간DB(입력 및 출력 DB 설계)화하고 Big Data 분석기술을 활용하여 분석하는 기술
B-1-1-2	불확실성 최소화를 위한 굴착면 실시간 지반정보 분석 및 예측 기술	굴착과정의 굴착면 시공의 불확실성을 최소화하기 위하여 굴착면 정보를 실시간으로 수집하고 인공지능 등을 활용하여 분석하여 지반상태를 신속하게 결정하는 기술
B-1-1-3	지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술	터널구조물의 안전성 확보를 위해 AI 등 첨단기술을 활용하여 지보, 보조(지반보강, 지하수 유입 및 수압 저감 등)공법 및 라이닝 설계 및 시공정확도를 포함한 현장시공 품질 확보를 가능케하는 시공기술
B-1-1-4	여굴 최소화를 위한 발파 설계 및 정밀/자동화 발파천공 기술	여굴발생 패턴 분석을 토대로 여굴최소화 발파설계 및 여굴 발생량 실시간 측정을 통한 발생 최소화를 꾀하는 정밀/자동화 발파 천공기술
B-1-1-5	IoT기반시공모니터링및작업위험예경보기술	시공 중 터널내 작업환경과 작업자, 건설장비에 대한 위치파악을 위한 센서를 활용한 네트워크 기반의 시공현장 모니터링 및 작업 위험 예경보(경고음, 메시지 등) 기술
B-1-1-6	초장대 터널(연장 4km이상) 시공 중 쾌적 환경(흡기 및 배기) 조성시스템	초장대 터널을 시공하는 과정에서 발생하는 오염물질(화약 발파, 디젤기관, 작업자 호흡 등)의 외부배출을 위한 환기 덕트 설계 및 접속기술, 유해공기(흡기와 배기) 정화 기술
B-1-1-7	터널 방재설비 설계 및 통합운영(TGMS)기술	터널내 사고 및 화재 최소화를 위한 방재설비(소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동 설비 등) 설계 및 방재설비와 전력설비, 조명설비, 교통관제설비 등을 통합 관리할 수 있는 통합운영 기술

B-1-1-8	터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB 구축기술	터널구조물의 상태(균열 등) 조사를 위한 점검 및 진단기술과 조사결과DB와 연계하여 Big Data 분석기술을 활용하여 보수/보강 정보DB를 구축하여 결과를 제시하는 기술
B-1-1-9	터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술	터널구조물의 성능 평가항목을 안전성, 내구성, 사용성으로 구분하고 이를 토대로 보수 및 개량예산투자의 우선순위를 평가하는 방법을 구조화하는 기술
B-1-1-10	터널BIM구축기술	터널 구조물의 특성 분석을 통해 터널 BIM 생성모듈(지형모델 생성 모듈, 계획모델 생성 모듈, 정보 연계 시뮬레이션 모듈 등)과 웹뷰어 모듈을 개발하여 시각화하며 설계 및 시공정보 DB를 구축하는 기술
B-1-1-11	기계화 시공용 커터헤드 설계 기술	지반/지질 정보를 활용하여 지반의 다양한 특성에 활용가능한 기계화 시공을 위한 커터헤드를 설계하는 기술로 고성능재료를 활용한 디스크커너 고성능화 기술, 디스크커터 3차원 동적파괴 모델링 기술, 디스크커터와 커터비트의 배열설계기술 , 설계된 커터헤더의 굴진성능 사전 예측모델 개발 기술 등
B-1-1-12	기계화 시공정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크 등) DB 구축기술	시공과정 모니터링 및 시공BIM 구현을 위한 기계화 시공중 발생되는 다양한 정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크, 반출버럭 등)를 DB로 구축하는 기술
B-1-1-13	기계화 시공용 Segment 설계 및 시공 기술	터널구조물의 안전성 확보를 위해 한계조건에 대한 안전율을 고려한 한계상태설계법(Eurocode 등 반영한 세그먼트 설계강도 선정방법, 안전계수에 관한 사항 등)에 기반한 기계화 시공용 고강도 세크먼트 설계 및 세그먼트 간섭 최소화 시공 기술
B-1-1-14	도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술	기존 수직구 시공의 문제점(공종 과다 및 복잡 등으로 인한 공기 및 공사기 과다 소요)을 최소화하기 위하여 도심지내 초장대터널 시공시 요구되는 수직구의 하향식, 저소음/무진동으로 급속(1m/day 이상) 굴착하는 시공기술 및 장비 개발, 수직구 모듈화 시공, 수직구 접속부 보강 기술
B-1-1-15	수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술	공종(가시설, 차수, 보강, 라이닝 설치 등)이 많고 복잡한 기존 수직구 라이닝 시공의 문제 해결을 위해 별도의 가시설 없이 모듈화 방식을 활용하여 답다운방식으로 급속(1m/day 이상) 으로 시공하는 기술

B-1	육상터널	B. 터널 및 지하공간
B-1-2	수로 터널	
기술정의	물을 이동시키는 과정에서 원하는 통수량을 제공하면서 발생되는 수압의 변화에 의한 파괴에 견딜 수 있도록 건설하는 터널	
B-1-2-1	복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)	내수압이 크게 걸리는 특성과 인장응력과 압축응력이 교대로 작용하는 특성과 비배수 터널의 특성을 고려하여 단면적 400m2이상의 특수 대단면 터널에 대한 통수능 분석, 종단선형 계획, 라이닝 구조해석, 라이닝 콘크리트 보강설계 기술
B-1-2-2	도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)	월500m이상의 굴진 성능을 가지는 도수 터널 암반용 TBM 장비 개발, 굴진 성능 예측 및 공정 관리 기술 개발
B-1-2-3	복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)	암반과 토사가 같이 있는 복합지반에 활용가능한 하이브리드, 또는 듀얼 타입의 Multi Mode TBM 장비 개발
B-1-2-4	SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술	외부환경변화에 반응하여 적응하는 생물체의 특징을 모방한 기초재료인 SMART 재료를 이용하여 차수 및 보강 그라우팅을 하는 기술과 SMART 재료로부터 제공되는 정보를 토대로 차수 및 보강그라우팅 성능을 분석하는 기술
B-1-2-5	HighPressurizedLiner설계기술	고심도, 고수압 조건에서 라이너의 응력 해석, 두께 결정 등 설계기술
B-1-2-6	수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템	수로터널 설계 및 시공시에 발생가능한 위험요인을 평가 및 대응기술, 위험요인을 고려한 공정관리기법
B-1-2-7	무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술	운영중인 수로터널의 진단을 위해 3D 레이저 스캐너를 통한 진단 및 시간흐름을 예측하여 노후화 정도를 예측하는 기술

B-1	육상터널	B. 터널 및 지하공간
B-1-3	유틸리티 터널	
기술정의	전력 및 전기 케이블, 온수관, 급수관, 하수관, 가스관, 통신망과 같은 다양한 도시생활에 필요한 생활기반시설을 공동으로 설치하기 위해 건설하는 터널	

B-1-3-1	공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도	현행 1종 수용 용량을 확대하여 전력, 통신, 상하수도 등 3종이 수용 가능하도록 수용유틸리티 유형별 터널식 공동구의 최적 설계용량 설계지침과 최적단면배치에 관한 표준단면도 개발에 관한 기술
B-1-3-2	터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법	기존의 허용응력설계법이나 강도설계법의 한계를 극복하고 공동구의 공사비 절감 및 해외시장 진출 활성화를 위한 LRFD 설계기준에 따른 터널식 공동구 라이닝 설계법 및 지침 표준안 마련에 관한 기술
B-1-3-3	특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술	복합적인 특성을 가진 특수지반(고수압, 호박돌층, 모래층 등)의 굴착효율을 Downtime(공사정지기간) 40% 이하(현재는 80% 수준)로 향상시키는 급속시동 장치 및 시공메뉴얼 개발 기술
B-1-3-4	소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영	터널식 공동구의 굴착, 라이닝 등 다양한 신기술의 실용화 촉진을 위한 성능검증 조기화를 위해 실대형 성능검증 및 테스트베드 시설 마련 및 운영에 관한 기술 확보
B-1-3-5	도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술	터널식 공동구에서 발생가능한 화재, 수해 등 재난재해에 대한 현상 시뮬레이션 및 방재안전기술 개발

(2) 해저/침매터널

B-2	해저/침매터널	B. 터널 및 지하공간
B-2-1	해저터널	
기술정의	해저에 설치하는 터널을 말하며, 물의 침투와 고수압에 견딜 수 있는 방수기능을 갖춘 터널	
B-2-1-1	TBM커터교체장치및 배토성능 향상 기술	디스크커터는 일정 마모가 발생한 후에 주기적으로 교체해야함. 작업원이 수백kg의 디스크커터를 좁은 막장면에서 교체하는 것은 매우 어렵고 힘든 작업이므로 기계적인 방법으로 쉬운 교체가 이루어지도록 하는 기술
B-2-1-2	인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	해상에 설치되는 인공섬은 설치를 위한 시공비가 많이 소모되는 구조물이므로 최소화하는 것이 필요하며, 이를 위해 긴 구간에서 해저터널의 환기 및 공기압을 시뮬레이션하고 제어할 수 있는 기술
B-2-1-3	고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	고수압의 해저터널에서 취약부인 세그먼트 이음부를 유연성과 밀착성이 높은 신재료를 활용한 가스킷 등을 이용하여 라이닝하는 방수기술
B-2-1-4	해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	해저터널은 육상터널과 같이 일정거리마다 수직구를 시공하기 어렵기 때문에 긴 구간에서 굴착 및 지보작업이 이루어지므로 굴착에 의해 발생된 버력을 처리하기 위한 기술
B-2-1-5	BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈	건설계획부터 설계, 시공 등 일련의 과정을 3차원으로 모델링하는 기술인 BIM을 활용하여 해저터널 설계를 자동화하는 시스템을 구축하고 이 시스템에 시공 및 리스크관리 모듈을 포함
B-2-1-6	내염, 내부식성 재료 개발기술	해저터널 설계 및 시공에 필요한 지질조사장비, 시공장비, 지보재 등의 염해와 부식을 최소화하기 위한 내염해성, 내부식성 재료개발 및 표면처리 기술
B-2-1-7	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	해저터널은 일정거리마다 수직구를 시공하여 작업이 이루어지는 육상터널과 달리 긴 구간에서 굴착 및 지보 작업이 이루어지므로 별도의 공정관리 체계가 필요함. 이에 따른 리스크 평가기술

B-2-1-8	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	화물운송을 기반(100MW)으로 하는 긴 구간의 해저터널에서 발생할 수 있는 대형화재에 대한 화재대응 시스템과 내화시스템
B-2-1-9	TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	해저터널은 해수면에 따라 고수압 조건이 자주 발생하게 됨(10m=1bar). 쉴드TBM의 굴진면에 작용하는 고수압을 고려하면서 지반을 굴진(커터헤드 회전과 전진)하기 위해서는 굴진면을 안정화하는 기술
B-2-1-10	해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	해저는 퇴적토사층이 예상되며 토사층의 두께 및 특성이 매우 다양함. 또한 시추 및 탄성파탐사 등 지반조사 결과에 불확실성이 많으므로 해저지반조사에 적합한 지반조사 및 평가기술을 선정하고 이를 이용한 지질정보 해석기법
B-2-1-11	IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	해상에 설치되는 인공섬은 설치를 위한 시공비가 많이 소모되는 구조물이므로 최소화하는 것이 필요하며, 이를 위해 긴 구간에서 해저터널의 환기 및 공기압을 제어할 수 있는 기술
B-2-1-12	해저터널 유입수 제어 및 관리기술	대심도 해저터널의 경우 고압의 해수유입을 차단할 수 있는 차수 그라우팅, 숏크리트 공법과 돌발용수 및 이상 누수 발생에 따른 차폐설비 시스템
B-2-1-13	해저지반 차수 및 지반보강	해저터널시공 시 전방 파쇄대를 통과할 경우 해수유입사고가 가장 빈번하게 발생하고 있음. 파쇄대 통과뿐만 아니라 다양한 조건에서의 해수유입을 막기 위해 해저지반을 차수하고 지반보강하기 위한 공법
B-2-1-14	굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	해저는 고수압과 해수에 의한 특수한 환경조건으로 지반조사를 수행하기 어려운 조건임. 굴착전방 지반에 대한 불확실성을 해소하기 위해 굴착을 진행하면서 전방 예측을 수행할 수 있는 기술개발이 필요함. 더불어 설계 및 시공단계에서의 리스크를 관리할 수 있는 기술
B-2-1-15	해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	해저터널에서 화재가 발생할 경우에 대한 방재기술로써 본선터널에서 피난연락갱으로 대피하기 위해 필요한 화재연기 확산 방지기술
B-2-1-16	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	해수에 의해 영향을 받는 터널 막장면은 일반적으로 쉴드TBM이 적용되며, 이때 보이지 않는 막장면에 대한 TBM장비의 기계데이터(상시)와 필요 시 이루어지는 전방예측에 의한 데이터를 기반으로 터널작업에 대한 리스크를 관리하는 시스템

B-2	해저/침매터널	B. 터널 및 지하공간
B-2-2	침매터널	
기술정의	해저터널의 한 유형으로 육상에서 제작한 터널 구조물을 가라앉혀 물속에서 연결하여 터널을 건설하는 기술	
B-2-2-1	함체 단면 설계 기술	침매터널에는 해저터널과 마찬가지로 수압을 받게 되며, 더불어 함체 상부에 설치되는 중량물과 선박의 닻에 의한 충격하중 등이 작용함. 이에 대한 단면설계 기술
B-2-2-2	함체 연결부 설계 기술	침매터널은 수중에서 함체를 연결하기 때문에 연결부에 대한 설계기술이 중요하며, 연결된 이후에도 수압 등을 고려한 이중 방수시스템
B-2-2-3	함체 제작 시공 기술	가덕해저터널의 경우 침매터널 함체 1개의 길이는 180 m이고 폭은 26 m로 60층 건물크기임. 따라서 함체를 제작하는 기술 역시 단면설계 및 연결부 설계기술
B-2-2-4	함체 운송 및 수중 설치 기술	침매터널은 육상에서 제작된 함체를 해상으로 운송하여 수중에서 설치하여야 함. 가덕해저터널의 경우 함체 1개의 중량이 4만5천톤이므로 수중에서 침설시켜서 연결하는 작업(설치기술)이 매우 고난도의 기술
B-2-2-5	함체 기초부 조성 기술	침매터널은 육상에서 제작된 함체를 해상으로 이동시키고 이를 침설시킨 후 연결하여 터널을 완성하는 기술임. 육상에서 이동된 함체가 바닥이 고르지 않은 하·해저면에 설치되기 위해서는 편평하고 침하가 발생되지 않는 바닥조성(기초부)

(3) 부유식터널

B-3	부유식터널	B. 터널 및 지하공간
B-3-1	부유식터널	
기술정의	수심이 깊고 육지간 거리가 긴 지형에 활용되는 구조물로서 수중에 건설되는 원통형 부유식 터널 구조	
B-3-1-1	계류시스템 설계기술	부유식터널을 고정하는 기능을 가진 계류시스템의 내구성 및 안전성에 심각한 영향을 미치는 파랑 및 조류에 의한 터널의 운동(동적 거동 특성) 및 계류시스템의 피로손상 특성을 고려한 설계기술
B-3-1-2	고장력 계류시스템 건전도 평가기술	수중 첨단센서를 활용하여 계류시스템의 건전도를 평가하는 기술
B-3-1-3	교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	차량 운행 등 외부 유발 진동에 의한 부유식터널의 안전성 확보를 위해 교통시스템 진동에 대한 구조피로평가와 유제-구조 연성해석등을 통해 구조적 안전성을 검토하고, 발생되는 진동 및 소음의 저감기술
B-3-1-4	내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	내부 사고시 인면피해 최소화 및 신속대응을 위한 부유식 터널 수중 차단기술과 응급대피 기술
B-3-1-5	내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	차량 운행 등의 구조물과의 충돌에 의해 하중이나 내부 구조체의 변형에 의해 발생할 수 있는 구조물 거동 해석기술
B-3-1-6	세그먼트 이음부 방수기술	세그먼트간 이음부에서 발생할 수 있는 누수 등을 차단할 수 있는 기술로 구조물의 허용 변위 내에서도 성능을 발휘할 수 있어야 하며 시공 이후에도 보수, 보강이 가능한 기술
B-3-1-7	수중 구조물 결함 진단기술	수중 첨단센서를 활용한 수중구조물의 결함 상시 조사 및 진단기술

B-3-1-8	수중 구조물 단면 설계기술	설계 교통량, 교통 하중, 파랑 및 조류등을 고려한 최적 단면 선정 및 설계기술
B-3-1-9	수중구조물 고정기술	매우 깊은 수심을 갖는 지역의 수중에 설치하는 부유식 터널을 파랑, 조류 등으로부터 움직임을 최소화하기 위한 앵커링 또는 부유체 등을 활용한 수중구조물 고정 기술
B-3-1-10	수중구조물 연속 시공기술	수중구조물인 부유식 터널의 시공비용 축소 및 공사기간 단축을 위한 모듈형 수중구조물의 압출식 시공 및 연결기술
B-3-1-11	수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	구조물 이송 및 적채 방식과 시공 위치에서의 구조물 하차 시 수면위의 흔들림을 고려한 구조물의 위치 제어 기술
B-3-1-12	수중구조물 접합부 거동 설계기술	구조물간 접합부는 수중구조물 건설의 핵심기술로서 외력에 의해 발생하는 변형을 효과적으로 상쇄시키면서 방수 등에 유동적으로 대처가 가능하고 다양한 설계 하중을 고려할 수 있는 접합부의 설계 및 시공기술
B-3-1-13	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술	수중구조물의 연속시공의 기반이 되는 육상 제작 기술과 제작에 관한 설계 및 해석 기술
B-3-1-14	수중구조물 횡방향 거동 제어기술	수중구조물의 조류 및 물의 흐름에 의한 구조물의 허용범위 내 횡방향 거동 제어기술
B-3-1-15	외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술	조류, 파도, 선박 등의 수중구조물에 영향을 끼칠 수 있는 각종 외력을 고려한 수중 구조물의 거동 해석기술
B-3-1-16	외부 충돌 방지기술	선박, 해양 부유체 등에 의한 수중 구조물과의 충동을 방지하기 위한 구조물 보호 및 충돌 사전 방지 기술
B-3-1-17	원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	인간에 의한 장시간 보수가 힘든 조건을 갖는 수중구조물에서 무인 원격제어 로봇 기술을 활용한 상시 감시 및 보수보강 기술
B-3-1-18	터널 내 환기기술	수중구조물 내부의 설계 교통량을 고려한 공기조화 기술 및 수중구조물용 환기 시설 개발과 관련된 장치

B-3-1-19	프리캐스트 구조체 수중 접합기술	해상 또는 수중에서 구조체간 접합시공은 파도, 조류 등의 영향을 크게 받으므로 이러한 흔들림 등을 고려한 정교한 접합기술이 필요하며 특히 수중에서도 접합이 가능한 기술과 구조체
B-3-1-20	해양환경관측및평가기술	수중구조물의 허용 변위 및 허용 외력 등을 고려한 시공위치의 해양환경 관측 및 평가 기술과 운용 중 상시 관측 기술
B-3-1-21	해저지반 조사 및 평가 기술	수중구조물 시공 위치에서 앵커링 등의 시공을 위한 해저지반 조사 및 이에 대한 해저지반 평가 기술
B-3-1-22	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	구조물 내부의 화재를 1차 방어할 수 있는 경량 내화재 개발 및 화재에 의한 구조물의 내화성능 평가와 신속 화재 제어 기술

(4) 대심도터널

B-4	대심도터널	B. 터널 및 지하공간
B-4-1	대심도터널	
기술정의	굴진 심도 40m 이상으로 건설되는 지하터널의 설계·시공과 환기·화재 및 유지관리 등 대심도터널 건설 대응 기술	
B-4-1-1	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술	고함수비 굴착버럭 친환경 급속처리 기술
B-4-1-2	내화성 중간슬래브 구축 기술	차량 진동 등 내진성능과 내화성능이 포함된 복층터널 중간 슬래브의 설계 및 슬래부 제작 및 가설, 조립기술
B-4-1-3	네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	지하공간 활용 최대화를 위한 분기부를 가지는 네트워크형 복층터널의 최적단면 설계기술
B-4-1-4	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술	협소공간에서 활용가능한 입체표지판 및 조명시스템 개발 기술
B-4-1-5	네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	분기부를 가지는 네트워크 복층터널의 환기해석 및 설계기술
B-4-1-6	다목적 대심도 터널 설계 기술	대단면 대심도 터널의 최적 활용을 위한 다목적 활용을 위한 설계기술
B-4-1-7	다목적 터널 통합 운영 기술	도로와 수로 겸용의 다목적 복층터널 활용을 위한 기능전환 기술을 포함한 운영기술과 터널 내부 형상 모니터링 기술을 활용한 생애 전주기 통합관리 기술

B-4-1-8	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	가상 사이트내 복층터널 설계시 시뮬레이션 기술을 활용하는 기술
B-4-1-9	대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술	물분무 설비 대비 경제성 초기 화재진압효율이 향상 가능한 자동화 소화설비 개발
B-4-1-10	대심도 터널 내화성능 강화 기술	타일 대체용 불연도로 제작 기술 등을 포함한 내화 성능 강화 기술
B-4-1-11	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	대심도 복층터널의 화재 등 재난 발생시 양방향 통신이 가능하고 피난 네비게이션 기능이 가능한 피난 경보 스마트폰 어플리케이션
B-4-1-12	도심형 수직구 구축 기술	도심지 수직구 시공 시 기존 이용자의 피해 최소화를 위한 공기단축이 가능한 히팅 슬립폼 기술
B-4-1-13	분기부 시공 및 보강 기술	복층터널 분기부 굴착시 본선터널 영향 최소화를 위한 저진동/저소음 굴착장비 개발 및 초근접 터널(분기부) 시공시 붕괴 방지를 위한 보강기술
B-4-1-14	영상유고 감지 기술	대심도 복층터널 영상 돌발상황의 신속 감지 기술
B-4-1-15	오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	오염물질 배출량 산정기법 및 DB 구축을 통한 대배기구 포트 최적화 기술
B-4-1-16	화재연기 확산지연 및 배출 기술	종방향 기류제어를 통한 화재연기 확산 저감 및 지연 기술

(5) 지하대공간

B-5	지하대공간	B. 터널 및 지하공간
B-5-1	지하대공간	
기술정의	지상과 반대의 개념으로 지하에 건설되는 사회간접시설(전력, 통신, 수로, 발전소 등)뿐만 아니라 문화시설로 각종 편익을 위한 지하에 건설되는 지표접근성 지하대공간과 심층 대공간	
B-5-1-1	지하대공간 이동시스템	지상과 지하 30 m 이하의 도심지 대심도를 연결하는 스마트 수직.수평 이동 및 운송 시스템, 교통 물류시설(정류장, 환승센터 등)의 연계 시스템
B-5-1-2	지하대공간 구축 및 보강 기술	확장이 가능한 대규모 장스팬 지하공간을 구축하기 위한 지반 보강 기술, 굴착기술, 지보기술
B-5-1-3	지하대공간 환기, 방재 및 유지관리 기술	대심도 지하대공간의 정량적 화재 위험도 평가 기술, 지하대공간 특화형 환기, 방재 및 유지관리 기술
B-5-1-4	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	선진국에서도 어려움을 겪고 있는 고준위 핵폐기물을 심부 지하에 영구 처분하기 위한 지하처분장 건설기술 개발로 10만년 이상 환경과 격리시킬 수 있는 지하 차폐기술, 지하처분장 내진설계기술, 지하수 침투 방지 기술
B-5-1-5	이산화탄소 지중 저장 기술	이산화탄소를 포집.처분하여 저장하기 위한 대상으로는 해저, 해양, 석유.가스층 등을 들 수 있으나, 우리나라의 위치적.지형적 여건 상 제한적임. 따라서 지하공간을 활용하여 이산화탄소를 대규모로 땅속에 저장하기 위한 기술
B-5-1-6	지하 오폐수 처리장 건설 기술	대표적 사회 혐오시설인 오폐수 처리장의 지하화 요구 증대 추세를 고려하여 내부 환기 및 탈취기술, 처리장 시설확장 기술, 경제적 수처리 기술 등에 관한 기술, 지하 오폐수 처리장 유지관리 기술
B-5-1-7	압축공기 에너지 지하저장 기술	가스터빈 기술을 개선한 것으로서 잉여 전력을 이용해서 공기를 압축하여 지하 암반 공동에 저장하고, 저장된 압축공기를 필요할 때 LNG 등의 연료를 사용하여 가열한 후 팽창시켜 터빈을 구동하여 전력을 발생시키는 전력 저장과 발전이 결합된 하이브리드 기술

B-5-1-8	열에너지 지하저장 기술	암반의 낮은 열전도 특성을 활용하여 지하공간에 열에너지를 저장하는 기술로서, 대규모 열에너지 지하저장 기술
B-5-1-9	원유 및 가스 지하저장 기술	해외의 개발도상국을 중심으로 경제 발전에 따라 원유.가스의 지하 비축 사업이 증가하고 있는 실정으로서, 국내 기업이 가진 노하우와 관련 기술을 보다 상업적으로 발전시키고 진출 대상 국가를 대상으로 한 맞춤형 기술
B-5-1-10	에너지 플랜트 지하화 기술	혐오시설인 각종 발전용 에너지 플랜트 지하화를 위한 지하 복합플랜트 설계기술, 공급처리시설 최적화 기술, 지하공간 환기 및 악취 방지 기술, 배출오염공기 지하 연소 기술
B-5-1-11	원자력 발전소 지하화 기술	방사능 차폐 및 방사성 물질 격리에 유리한 원자력 발전소의 지하화를 위한 지하공간 최적단면 설계기술, 발전소 배치 및 최적화 설계기술, 방사능 차폐기술, 내진설계기술, 모듈화 시공 기술 등 개발

다. 사면/지반조사/기초

(1) 사면보호/보강/유지관리

C-1	사면보호/보강/유지관리		C. 사면/지반조사/기초
C-1-1	절토사면		
기술정의	인공사면의 한가지 유형으로 도로, 철도, 터널, 댐 건설 및 부지 조성을 수행하는 과정에서 발생되는 인공비탈면과 급경사지를 의미하며, 주요 기술로는 절토사면 안정과 붕괴방지 및 대응, 사면관리기술		
C-1-1-1	도심지 인공절토사면 재해취약성 평가기술	도심지에 분포하는 인공절토사면의 붕괴 위험성과 붕괴 발생 시 도시 시설물 및 거주민의 피해도 등을 복합적으로 평가하는 기술로 일반 도로 절토사면의 평가 기준과는 다르게 도심지라는 공간의 특수성이 반영된 기술	
C-1-1-2	생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	절토사면의 설계, 시공, 유지관리, 보수/보강, 계측/모니터링 등 전주기 발생 비용(절토사면을 구성하는 요소와 유지관리 단계에서 발생하는 이벤트를 모두 비용으로 산정)의 체계화를 통한 효율적인 관리시스템 구축 기반 기술	
C-1-1-3	시나리오 기반의 절토사면 재해 대응 및 복구 기술	절토사면 붕괴위험요소 및 각 요소별 발생 가능한 위기 상황을 시나리오로 구성하고, 각 시나리오 별 대응방안과 붕괴 발생 시 최적 복구 방안을 체계화하여 관리자에게 제공하는 가이드라인 구축 기술	
C-1-1-4	절토사면 계측/모니터링 기술	절토사면 지표면 및 지중 거동 감지 목적의 첨단 센서 개발 및 계측 데이터 분석을 통한 거동 사전예측 모니터링 기술로 기존 계측 기술의 개선, 최적 조합을 통합 복합계측 기술, 차세대 계측기술 신규 개발을 모두 포함하는 기술	
C-1-1-5	절토사면 대책시설물 성능평가 및 유지관리 기술	지반으로 구성된 절토사면은 내구성 및 성능을 표준화하는 것이 매우 어려운 점을 고려하여 절토사면에 설치되어 있는 보호/보강 대책시설의 내구성을 평가하여 간접적으로 절토사면의 성능 평가 및 관리기준을 체계화하여 유지관리에 활용하는 기술	

C-1	사면보호/보강/유지관리	C. 사면/지반조사/기초
C-1-2	절토사면	
기술정의	인공사면의 한가지 유형으로 도로, 철도, 댐 제체 건설 및 부지 조성을 수행하는 과정에서 토사를 성토하여 발생되는 인공 비탈면과 급경사지를 의미하며, 성토사면의 안정과 보강, 유지관리기술	
C-1-2-1	성토사면 표면유실 방지기술	성토사면의 유지관리에 가장 많은 비용이 투입되는 표면유실 현상을 방지하기 위한 내구성이 우수하고 경제성이 확보된 표면보호 공법 및 관리기술. 식생공, 격자블록공 등 기존 기술의 개선 또는 새로운 개념의 보호공법 설계 및 시공 기술
C-1-2-2	성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	성토사면의 내적 및 표면부 안정성에 직접적 영향이 가장 큰 지표수 흐름 및 지하수 변동의 영향을 제어하기 위한 최적의 배수시설 및 설계 기술
C-1-2-3	성토사면 상부구조물 유지관리 기술	성토사면 상부 침하 및 이로 인한 측면 거동을 방지하기 위한 도로 등 상부 구조물의 영향을 고려한 성토사면 설계기술 및 운영 중 장기 하중 변화에 따른 모니터링 및 유지관리 기준 정립 기술
C-1-2-4	성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	재료 및 형상이 균질하고 연속적인 형태인 성토사면의 특성이 반영된 최적화된 거동감지 계측 센서 개발 및 데이터 분석 기반의 모니터링 시스템 구축 기술

C-1	사면보호/보강/유지관리	C. 사면/지반조사/기초
C-1-3	자연사면	
기술정의	지반활동과 침식작용 등 자연적인 행위에 의해 발생되는 자연 비탈면과 급경사지를 말하며, 주요 기술로는 자연사면 안정과 붕괴방지 및 대응, 사면관리기술	
C-1-3-1	자연사면 첨단 원격조사 기술	인공 절토사면과 달리 형상이 복잡하고 식생의 영향으로 원거리 육안 관찰 및 조사인력의 접근이 어려운 자연사면을 대상으로 접근성을 확보할 수 있는 첨단 원격조사 장비 개발 및 수집데이터 기반의 조사자료 표준화 기술
C-1-3-2	도심지 토사재해 위험지역 정밀 조사 및 취약성 평가 기술	도심지에 분포하는 자연사면의 토사재해 위험지역 선정을 위한 조사기법의 표준화 기술과 위험인자 도출 및 광역 취약성 평가 기술
C-1-3-3	자연사면 광역 위험도 평가 기술	도심지 주변 산지의 광역적인 산사태 위험도 평가 기법의 개발과 이를 바탕으로 하는 위험도 지도 제작 기술 및 시범지역을 통한 위험도 평가 검증 기술
C-1-3-4	토사재해 발생 예측 기술	자연 산사면 붕괴와 계곡부 토석류 발생 등 토사재해 유형별 영향범위 산정 기법과 산지개발, 강우, 지진 등 외부 영향을 고려한 재해 발생 예측 기술
C-1-3-5	자연사면 친환경 보호/보강 기술	자연사면 보호/보강공법 또는 계곡부 사방시설 설치를 위한 친환경 재료 개발(현지 재료 활용 기술 포함) 및 보호/보강 공법의 자연친화적 디자인을 통한 생태공원화 활용 기술
C-1-3-6	토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	토석류 발생 시 토석물질의 이동경로가 되는 산지 배수시설과 주거지역 피해 최소화를 위한 도심 배수시스템의 설계 기준 재정립 및 개선 기술
C-1-3-7	토사재해 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	실규모 테스트를 통한 토사재해 방어 대책공법에 대한 성능 표준화가 가능한 수준의 실증단지 구축 및 성능평가 기준 정립 기술
C-1-3-8	자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	자연사면의 광역적인 거동 감지를 위한 저가의 저전력 또는 자가발전 센서와 원거리 계측 데이터 무선통신 기술이 접목된 패키지 기술 개발과 현장 적용성 검증 기술

C-1-3-1	토사재해 예경보 기술	국내 지반 및 기상 조건에 최적화된 예경보 기준 마련과 첨단 계측 모니터링 기술과 접목된 예경보 기준 정립 기술
C-1-3-2	토사재해 통합관리시스템 구축 기술	토사재해 발생 위험도 예측시스템, 실시간 모니터링 시스템, 위기대응 상황전파 및 주민대피 관리시스템, 긴급 및 항구 복구 관리시스템 등 토사재해 대응을 위한 통합관리시스템 구축 및 상황실 운영 기술
C-1-3-3	도심지 토사재해 피해저감을 위한 법제도화 기술	도심지 토사재해 피해저감을 위한 기존 관련 법률의 개선사항 도출, 부처간 협조를 위한 제도개선 사항 도출, 지자체 실무 활용을 위한 지침 및 매뉴얼 작성 등

(2) 지반조사/개량

C-2	지반조사/개량	C. 사면/지반조사/기초
C-2-1	지반조사/개량	
기술정의	지반의 지층분포과 토질, 암석 및 암반 등 지반의 공학적 성질을 명확히 파악하기 위한 기술과 건설공사의 대상지반으로 적합하게 지반의 공학적 성질을 변경시키는 기술	
C-2-1-1	대심도시추천공기술	깊은 심도의 지반조사 및 지하공간에 구조물을 설치하기 위한 지반굴착 기술로서, 굴착 속도, 굴착중 수직도 유지, 굴착을 위한 비트 개발 등을 포함하는 굴착 장비 제작 및 운용 기술
C-2-1-2	경사 시추 천공 기술	지반에 대한 지층의 구성과 지하수위를 파악하고 교란시료 또는 비교란 시료 채취를 통해 지반물성 정보를 획득하기 위한 기술로 현장 상황 및 조사목적 등을 고려하여 수직이 아닌 일정 경사로 수행되는 시추 천공 및 샘플링 기술
C-2-1-3	시료채취 교란도 제어기술	흙의 공학적 특성을 추정하기 위해 삼축압축시험, 실내압밀시험, 직접전단시험이 실시되며, 실내실험을 통해 구한 지반정수의 신뢰도는 시료의 교란정도에 따라 영향을 받으므로, 지반조사의 목적에 따라 비교란 시료를 획득할 수 있는 샘플링 기술
C-2-1-4	시료채취,이송,보관기술	채취 시료의 샘플링, 이송 및 보관 과정에서 원시료의 교란도를 최소화하기 위한 특수 케이싱 설계 및 활용기술, 저진동 시료 이송 및 보관 기술, 사질토 동결 등 시료 가공 기술
C-2-1-5	해상 지반 조사 플랫폼 기술	깊은 심도의 해저 지반조사 및 샘플링 시료 채취를 위한 해상 플랫폼 구축 기술로 고파랑, 높은 조류 등 열악한 해양 환경에서 시추천공, 비파괴 물리탐사 등의 지반조사 작업을 안정적으로 수행할 수 있는 해상 플랫폼 설계, 구축 및 활용 기술
C-2-1-6	심해저 해상 지반 조사장비	심해저 지역의 지형, 지반물성, 지층구조 등을 확인하기 위한 지반 조사 장비 기술로 해상 플랫폼을 활용한 시추천공, 착저식 무인 해저지반조사, 소나(Sonar) 등의 물리탐사기술을 활용한 지형 조사 등을 위한 장비 설계, 구축 및 활용 기술
C-2-1-7	멀티 다운홀 장비	탄성파 지반조사 기술 중 하나의 방법이며, 지반 내에 다수의 천공홀을 만들고 홀내에 감지기를 설치하고, 인공적인 진동을 발생시켜 다수의 천공홀에서 지반을 통해 전파하는 진동을 수신, 해석하여 지반의 특성을 분석하는 기술

C-2-1-8	신호분석 하부지반 영상해석기술	탄성파 신호 및 전기 비저항 신호를 취득하여 지반을 특성을 분석하는데 이때 지반 특성별 영상의 특징을 데이터베이스화하여 해석을 용이하게 할 수 있는 기술
C-2-1-9	탄성파 지반조사 장비	한쪽에서 인공적인 진동을 발생하고, 측선 위에 설치한 가속도계 등을 활용하여 지반을 통해 전파하는 진동을 수신, 해석하고 지반의 특성을 분석하는 기술로 지반 재료의 특성을 면밀히 파악할 수 있는 조사장비 기술
C-2-1-10	전기 비저항 지반조사 장비	전기비저항 탐사는 전류 전극으로부터 흘려준 전류에 의해 야기되는 특정 지점간의 전위차를 이용하여 지하의 전기적 물성을 추정하는 지구물리탐사 방법으로, 지반 재료의 특성을 보다 면밀히 파악할 수 있는 조사 장비 기술
C-2-1-11	지반재료 물리특성 실험 기술	탄성파나 전자기파를 포함한 파의 전달과 같은 물리학의 기본 원리를 적용하여 지반을 구성하고 있는 토사 및 암반의 물리적 특성을 분석하여 시추조사에 비해 광역적인 지반의 특성을 파악하기 위한 재료의 단위 실험 기술
C-2-1-12	지반재료 역학특성 실험 기술	지반을 구성하고 있는 토사 및 암반의 공학적 특성을 분석하고, 구조물의 설계 및 해석시 활용되는 입력 정수를 파악하기 위한 재료의 단위 실험 기술
C-2-1-13	실내실험 장비 기술	지반재료를 채취하여 일반적으로 삼축압축시험, 실내압밀시험, 직접전단시험, 링전단시험, 진동삼축시험 등을 실시하여, 이를 통해 지반정수를 산출하게 되며, 보다 정확한 지반정수 산출을 위한 고도의 실내실험 장비 기술
C-2-1-14	지층재료구성 모델링 기술	지반의 안정성, 구조물의 해석을 위해서는 유한요소법, 유한차분법, 등을 활용하여 모델링을 하는데 이때 흙의 응력-변형률 관계가 필요하므로 이를 위한 구성모델링 기술
C-2-1-15	지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술	지층은 비등방성 및 비균질성이 매우 높은 재료로서 지반조사 결과의 신뢰성 정도를 분석하고 이를 지반 안정성 해석과 구조물 설계에 연계할 수 있는 기술
C-2-1-16	심해저지반조사 분석기술	심해저 지역의 지형, 지반물성, 지층구조 등을 확인 하기 위하여 지반 조사 장비 기술로 시추천공, 착저식 무인 해저지반조사, 소나(Sonar) 등의 물리탐사기술을 활용하는데, 이 때 얻어진 자료를 활용하여 심해저지반의 지반특성를 분석하는 기술

C-2-1-17	신소재 개량기술	해안 지역에 분포하는 연약지반을 개량하기 위해서는 흙 치환, 압밀, 등의 다양한 방법이 사용되고 있는데, 연약 지반 개량의 효율을 향상하기 위하여 산업부산물 등을 활용한 치환재료, 또한 압밀을 촉진하기 위해 신소재 배수재료 기술
C-2-1-18	지반개량 재료용 산업부산물 적용기술	연약지반을 개량하기 위해서 치환공법이 다양하게 적용되고 있는데, 산업부산물인 슬래그, 플라이애쉬 등을 환경친화적인 치환재료로 활용하기 위한 기술
C-2-1-19	그라우팅 효율 향상 재료	연약지반을 개량하기 위해 지반 내에 시멘트, 약액 등의 다양한 재료를 주입하여 강도를 증진시키는데, 이때 주입재료의 종류에 따라 주입 효율이 영향을 받으므로 효율을 향상시킬 수 있는 재료 개발 기술
C-2-1-20	멀티 펌핑 주입 장비	연약지반을 개량하기 위해 지반 내에 시멘트, 약액 등의 다양한 재료를 주입하여 강도를 증진시키는데, 이때 다수의 펌핑 장비 및 주입장치를 활용하여 주입 효율 및 품질을 향상시키는 기술
C-2-1-21	진동 다짐 장비	지반개량시 다짐 장비를 활용하여 토사의 체적을 감소시키고 강도를 증가시키게 되는데, 연약지반은 일반적으로 실트 또는 점토로 구성된 세립분이므로, 이러한 경우 장비에 인위적인 진동을 가하면서 다짐을 실시하며, 최적의 다짐 효율을 확보할 수 있는 진동 다짐 장비 기술
C-2-1-22	복합지반 교란 저감 기술	일반적으로 지반은 여러 가지 재료특성을 지닌 토사의 복합체로 구성되는데, 지반을 굴착하거나 치환할 경우 원상태의 강도를 잃어버리게 되는 것이 일반적이므로 기존 지반의 교란을 최소화하면서 연약지반을 개량할 수 있는 기술
C-2-1-23	시설물별 지반개량 기술	연약지반에 설치되는 시설물은 매우 다양하며, 대표적으로 도로, 항만, 건축물, 플랜트시설물 등이며, 각 시설물별로 사용성 확보를 위한 허용침하량이 상이함으로 이를 고려하여 지반을 개량하는 기술
C-2-1-24	특수 말뚝을 이용한 개량 기술	최근 들어 말뚝 공사의 경제성을 향상시키기 위하여 콘크리트와 강관이 접합된 말뚝, 그라우팅 복합형 마이크로파일, 유리/탄소섬유말뚝 등의 활용성이 증대되고 있으며, 이러한 특수 말뚝을 활용하여 지반을 개량하는 기술
C-2-1-25	혼합용 교반장비 및 개량기술	초연약 지반을 개량하기 위하여 지반에 첨가제를 혼합하여 지반의 강도를 증진시키는데, 첨가제의 성분을 선정·개발하거나 첨가제와 지반을 교반하기 위한 장비 및 공법 개발 기술

C-2-1-26	대심도개별진공압밀 개량기술	성토하중이나 기밀시트 없이 원지반 기밀층과 진공압을 이용하여 지반 내 간극수를 뽑아내어 압밀시키는 방법으로 심도 30m 이상의 연약지반을 개량하는 기술
C-2-1-27	부상형 배수재 타설 및 개량기술	준설매립지반이나 초연약지반 상부에서 표층보강없이 전용 타설선(부유선, Floating barge)을 진입시켜 연직배수재를 타설하고 개량하는 기술
C-2-1-28	해상타설 개량기술	수심이 깊은 곳에서 전용 타설선(Ship)을 이용하여 해저 지반에 배수재를 타설하여 해저 연약지반을 개량하는 기술
C-2-1-29	전기주입개량및복합기법적용 기술	초연약지반을 대상으로 하여 전류를 흐르게 하여 전기 침투에 의하여 음극에 간극수를 모아 탈수하여 압밀을 유도하는 기술을 전기주입개량 기술이며 복합기법적용기술은 초연약지반의 효율적인 개량을 위하여 2개 이상의 공법을 복합적으로 적용하는 기술
C-2-1-30	오염지반조사올인원장비	하나의 장비로 오염된 지반의 오염영역의 수직·수평 범위, 토양성분, 오염성분, 수질성분 등을 파악할 수 있는 기술
C-2-1-31	유기물 오염지반 정화기술	석유화합물, 솔벤트, 살충제, 납 및 기타 중금속 등의 지반 오염 물질들 중 유기물이 오염물질로 정의된 경우의 토양세척, 진공추출, 토양증기추출 등의 방법으로 지반을 정화하거나 오염물질 전파를 차단하는 기술
C-2-1-32	중금속 오염지반 정화기술	석유화합물, 솔벤트, 살충제, 납 및 기타 중금속 등의 지반 오염 물질들 중 중금속이 오염물질로 정의된 경우의 토양세척, 진공추출, 토양증기추출 등의 방법으로 지반을 정화하거나 오염물질 전파를 차단하는 기술
C-2-1-33	복합 오염지반 정화기술	다양한 오염물질의 지반정화를 위하여 치환, 차단, 오염물 제거, 독성 저하 등의 다양한 방법을 적용하여 오염지반을 정화하는 기술
C-2-1-34	오염원인자 분석 및 추적기술	오염물질의 종류 및 원인, 전파 양상을 파악하기 위한 실내 및 현장 시험, 이러한 결과를 바탕으로 한 수치모의 및 오염물질 전파 예측 기술

(3) 육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체

C-3	육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체	C. 사면/지반조사/기초
C-3-1	육상기초	
기술정의	육상 구조물의 하중을 지지하고, 구조물의 침하.경사.전도 활동 등에 안전한 하중지지능력을 갖추기 위해 육상의 암반과 연결하여 안전성을 제공하는 공통 시설	
C-3-1-1	증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	기존 기초판에 보강 말뚝기초와 선재하 장치를 매설하여 보강 말뚝기초에 구조물의 하중을 사전에 재하하는 기술로 기존 말뚝에 작용하는 하중의 일부를 추가되는 말뚝에 분담시켜 기존말뚝의 하중을 경감시킬 수 있는 기술
C-3-1-2	내진 보강용 신형식 기초	지진에 의한 지반의 급격한 거동에 대응할 수 있는 신형식 기초 기술로서 기초의 지진에 의한 지반 액상화 대응 기술
C-3-1-3	내진 보강용 기존 기초 보강 기술	지진에 취약한 구조물의 기존 기초를 보강하는 기술로서 기존 기초의 위치를 파악하고, 기존 기초의 현재 상태의 지지력을 확인하며, 지진에 대응하기 위한 보강기초 설치 및 기존 기초의 지지력 증대 기술
C-3-1-4	그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	그라우팅 효과를 개선하기 위해 시간경과에 따른 주입압, 주입량 관리가 필수적이며 적절한 주입압, 주입속도 및 주입재 농도(w/c비)를 조절하거나 주입중단 여부를 판단하기 위한 기술
C-3-1-5	풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	풍화대의 직접기초 지지력 및 침하량 계산을 통한 안정성 평가기술과 지지력 확보를 위한 공법 개발 기술
C-3-1-6	말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	말뚝 항타시 항타기 소음을 획기적으로 감소시킬 수 있는 소음기 설계 기술, 말뚝 두부 고성능 쿠션재 개발
C-3-1-7	말뚝 수평저항력 증대 기술	해상(수상) 조건이나 연약층이 두꺼운 지역에서 말뚝 시공시 경제적인 말뚝 설계를 위해서 수평하중이 집중되는 구간에 대한 파악 기술과 그 구간에 대한 말뚝의 수평저항력 증대 기술

C-3	육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체	C. 사면/지반조사/기초
C-3-2	해상기초	
기술정의	해상에 설치하는 시설물의 하중을 지지하고 조류나 바람에 의한 변형이나 파괴로부터 구조물의 안전성과 내구성을 확보하기 위해 해저 지반과 구조물을 연결하는 공통적인 시설부위	
C-3-2-1	대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	직경 1000mm 이상의 대구경 PHC 파일이나 강관파일 등을 대형 항타기 또는 바이브로 해머 등의 장비를 이용하여 해상 지반에 신속하게 설치하는 기술
C-3-2-2	대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	해상 교량 기초로 주로 사용되고 있는 대구경 현장타설 말뚝의 정밀한 시공기술, 설치 수심 증대 및 초대구경(직경 3000mm 이상) 현장타설 말뚝 시공 기술
C-3-2-3	해상 기초 지지력 확인 기술	재하시험을 통해 해상에 설치된 기초의 지지력을 직접 확인하는 기술
C-3-2-4	버켓기초 설계/시공 기술	기존 항타방식 기초에 비해 대수심 조건에서 신속하고 경제적인 설치 및 해체가 가능한 버켓 기초의 설계 및 시공 기술
C-3-2-5	해상 교량기초 가설공법	해상 교량 기초 공사의 비용 상승의 주원인인 재래식 가설공법(가물막이 및 작업대)을 대체하기 위해 대형 강재 블록 등 다양한 형식과 재료를 활용한 신형식 가설공법
C-3-2-6	해상 구조물 수중 접합/분리 기술	해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계로 인해 해상 구조물 설치 시 필수적으로 필요한 기술
C-3-2-7	케이슨 선단 차수 기술	케이슨 내부의 안전한 육상화 조건 마련을 위하여 케이슨 선단부의 물 유입을 막는 기술
C-3-2-8	케이슨 경량화 기술	시공비(장비 운영비) 감소를 위한 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계를 극복할 수 있는 케이슨의 고내력, 경량화 기술

C-3-2-9	케이슨 급속 지중 관입 기술	대구경 케이슨, 대수심 조건, 불균질한 지반 등 악조건에 대한 케이슨 급속 정착 기술, 석션압, 워터젯, 진동기 등을 이용한 효율적인 케이슨 설치 응용기술 개발 필요
C-3-2-10	해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	경사말뚝 시공시 정밀한 경사도 확보 기술로서 경사말뚝 시공을 위한 경제적인 작업선단 구성 및 가이드 자켓, 가이드 프레임 등과 같은 가시설 설치 기술
C-3-2-11	해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	비말대 구간에 대한 해상 강관말뚝의 부식 저감 및 방지 기술
C-3-2-12	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	해상(수상) 가물막이로 많이 사용되는 시트파일의 설계 및 시공 기술, 유수압 및 파압에 대응한 시트파일 구조 성능 확보 기술
C-3-2-13	SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	일명 벽강관말뚝 공법으로 시트파일의 구조적 취약성을 보완하여 개발된 기술
C-3-2-14	해상기초의 내진보강 공법	지진과 같은 급격한 지반 변동에 대한 해상 기초의 안정성 확보 기술

C-3	육상 및 해상기초/흙막이 구조물 및 지하벽체	C. 사면/지반조사/기초
C-3-3	흙막이 구조물 및 지하벽체	
기술정의	지하 굴착시 발생가능한 토사 유출, 토압에 의한 지반 붕괴를 막기 위해 임시적으로 설치하는 토류 구조물	
C-3-3-1	굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	기존 지반모니터링 기법(침하판 활용)이 아닌 영상정보를 통해 지반 침하의 3차원 프로파일을 취득하고 지반 침하량에 따라 지반 침하를 억제하기 위해 능동적으로 대응하는 기술
C-3-3-2	흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	파일이나 콘크리트 등으로 차수 및 방수문제를 해결하고 지하구조물에 작용하는 토압에 견딜 수 있는 강성벽체로서 기능을 수행할 수 있도록 친환경 재료나 고강도 재료를 이용한 경제성있는 흙막이 벽체의 영구벽체 활용이 가능한 설계 및 시공기술
C-3-3-3	연약지반 앵커력 증대/확보 기술	일반적인 정착직경으로 앵커력 발현이 어려운 연약지반에 활용가능한 개량앵커 개발 및 앵커력 부족, 또는 상실지반의 앵커력 보완 기술
C-3-3-4	시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	일반적으로 굴착 현장에 설치된 고정 지보재를 대체하여 충분한 작업공간 확보를 통한 시공정밀도 및 안전성을 높일 수 있도록 굴착지지 벽체의 안정성 및 주변 지반에 영향없이 지보재의 위치를 변경하는 기술
C-3-3-5	흙막이 지보재 간격 증대 기술	흙막이 벽체의 안정성 확보를 위해 설치하는 지보재의 설치 간격을 한계를 넓히는 기술
C-3-3-6	자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	지보재 없이 굴착 벽체의 지지를 위해 기존 자립식 흙막이 벽체의 자립길이을 증대하는 설계 및 시공기술
C-3-3-7	지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	대심도 지하공간의 고수압 지반환경에서 내부 작용수압 저감 및 고수압 대응을 위한 급속 차수 및 보강기술
C-3-3-8	지하벽체 긴급 보수/보강 기술	고수압, 시공중 오류, 노후화로 인해 발생하는 지하벽체의 손상이나 균열을 신속하게 보수/보강하는 재료 및 공법

C-3-3-9	도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	도심지 기존건물의 지하벽체 해체에 따라 발생하는 소음과 진동, 분진에 따른 민원을 최소화하기 위한 지하벽체 해체 장비 및 기술 개발
C-3-3-10	지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	지반침하의 주요 원인인 굴착으로 인한 지하수위 저하 방지를 위해 굴착면 주변에 센서를 활용하여 지하수위와 수압의 변화를 모니터링하고 누수가 발생하는 부분을 감지하고, 그 부분에 능동적으로 차수하는 기술
C-3-3-11	자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	필요. 자연석과 같은 질감을 가지고 있어 친환경적이고 구조적으로 안정하고 설치가 쉬우며, 구조물의 가치를 높이고 유지관리비용을 절감할 수 있는 자연 친화형 모듈식 옹벽 개발
C-3-3-12	보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	전면벽체 수평변위 억제를 위해 블록들과의 결속과 보강재와 블록의 결속에 대한 보완역할을 기대할 수 있는 전단키를 상하 좌우 블록에 결속하여 보강토 전면벽체를 일체화하여 수평변위를 최소화하는 기술

라. 항만 및 해양구조물

(1) 해양준설/매립

D-1	해양준설/매립	D. 항만 및 해양구조물
D-1-1	해양준설매립	
기술정의	해양준설은 항로, 박지, 선회장 등의 계획수심 확보와 수심유지를 위하여 해저 지반을 준설장비로 준설하고 준설된 토사를 운반선에 의하여 운반하여 지정된 투기장에 투기하는 일련의 공사(준설→운반→투기)를 말하며, 해양매립은 항만 및 어항의 건설, 개간 및 공유수면의 매립, 도시의 개발이나 산업입지 및 산업단지의 조성, 에너지 개발, 관광단지의 개발, 체육시설의 설치를 위해 골재를 매립	
D-1-1-1	준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술	준설토의 함수비, 유기오염물질 함유량 등에 대한 조사 및 분석DB를 구축하고, 준설토의 특징과 처리방법을 제시하는 정보시스템 개발
D-1-1-2	준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술(준설매립 BIM기반 설계시	준설 매립지반에 대한 역학적 환경 특성을 고려한 DB 구축, 준설 지역 DB와 연계된 BIM 을 활용한 준설 및 매립 시뮬레이터 개발, 준설 매립지반 공간정보화 모듈 개발 등을 통한 준설토 물량 산출 및 시공 관리 기술
D-1-1-3	준설토 세척 및 입도별 분리 기술	준설토 세척을 위한 신 재료 기반의 세척제 개발, 토양입자에 결합되어 있는 유해한 유기오염물질의 표면장력을 약화시키거나 중금속을 액상으로 변화시켜 토양입자로부터 유해물질을 분리하여 처리하는 기술
D-1-1-4	고함수·고유기질 준설토 고화처리기술	고함수·고유기질 준설토를 탈수 플랜트를 통해 고화(벽돌, 필러 등)시키는 기술
D-1-1-5	준설토 관중혼합 고화·개질처리 기술	준설토의 이송과정에서 불량한 준설토사의 성질을 개선(강도를 증진시키는 고화처리 방법과 침강속도 및 전단강도를 증진시키는 방법 등)시키는 관중혼합처리 공법 개발 및 혼합토 최적 배합비 산정기술
D-1-1-6	오염준설토 처리기술	오염 준설토의 정화를 위해 초임계상태 액체를 사용하여 유기오염물질을 추출하고 오염물질의 산화기술 및 일체화된 플랜트 시스템 구축 기술
D-1-1-7	고함수비 준설토 탈수 기술	고함수비 준설토 탈수를 위한 고분자 토목섬유(지오텍스타일) 필터 기준 마련 및 필터 설계 기술
D-1-1-8	준설 및 운반 장비 기술	준설토 유출을 최소화하고 오염 퇴적토 층을 효율적으로 제거할 수 있는 친환경 준설장비 및 운반 장비 개발 기술

D-1-1-9	준설 매립 이송 통합시스템 기술	준설량 및 매립량의 실시간 관리 기술, 준설토의 이송 현황 관리시스템 구축 기술
D-1-1-10	준설토 장거리 이송 시스템 기술(+준설토 이송 모니터링 및 전문	펌프 압송기술, Plug-Flow 방식의 준설토 이송 전용 파이프 등을 활용한 준설토 장거리 이송 모니터링 및 전문가 시스템
D-1-1-11	준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술	준설토에 물과 시멘트 등 고화제를 혼합하여 유동성과 강도를 확보하고 기포나 발포스티로폴을 혼합하여 경량화하는 기술로서 경량혼합토의 압출강토, 압밀특성, 배합설계 특성, 혼합토의 거동 특성 등에 기반한 배합설계 기술
D-1-1-12	준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술	산업부산물(고로슬래그, 굴패각, 폐타이어분말 등)을 이용하여 준설토내 중금속을 안정화시키고 복토제나 연약지반용 고화제로 활용할 수 있는 기술
D-1-1-13	친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술	준설토의 건설재료 활용을 위한 안정화 기술(준설토에 시멘트 및 첨가물을 혼합)의 개발 및 무기성 자원화, 매립재료 등 유효 활용을 위한 환경기준 개발
D-1-1-14	준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술	기존에 해안 매립 처리나 먼바다 투기 방식에서 벗어나 준설토사를 자원으로 활용하여 인공갯벌, 인공습지를 조성하거나 해수욕장 양빈, 건설용 재료로 활용하는 기술
D-1-1-15	준설토활용식생토·습지조성 및복원기술(+식생토활용)	준설 인근해역이 식생 조성을 위해 톱밥, 커피찌꺼기 등을 활용한 준설토의 식생토 개량 및 실생토 조성 기술
D-1-1-16	오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술	준설토를 활용한 경량혼합토나 개질토의 수중 포설 기술

(2) 항만 및 해안구조물

D-2	항만 및 해안구조물	D. 항만 및 해양구조물
D-2-1	항만 및 해안구조물	
기술정의	외해로부터 내습하는 파랑의 방지, 파랑 및 조류에 의한 표사 이동의 방지, 해안선의 토사유실 방지 및 하천 또는 외해로부터의 토사 유입방지 등을 목적으로 축조하는 시설	
D-2-1-1	신형소파블록 개발	고파랑 구간에 필요한 고중량 및 블록간 결속력이 강한 소파블록을 개발하는 기술
D-2-1-2	piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	piled raft 기초란 여러 개의 파일과 지반으로 지지되는 바닥판 기초를 말하며, 파일이 큰 연직 하중을 받을 때 군말뚝 효과와 비선형 거동을 고려하여 침하를 계산하기 때문에 기존의 말뚝 기초보다 훨씬 적은 수의 말뚝 기초를 소요된다. 따라서 기존 케이슨 기초보다 훨씬 작고 효율적인 항만 구조물(방파제, 안벽 등)의 개발을 위해 Piled raft 기초를 중력식인 케이슨에 적용하여 반중력식인 hybrid 케이슨 기초 개발
D-2-1-3	FRP합성형 항만구조물 개발	FRP(강재에 비해 2배이상의 강도와 무게가 가볍고 부식이 발생하지 않음)를 이용한 항만구조물 개발 기술
D-2-1-4	강재구조물 부식방지 기술	내부식성 강재 사용, 희생양극법 등을 활용하여 강재 구조물의 내부식성을 높이고 구조물 수명을 높이는 기술
D-2-1-5	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	부유식 구조물은 주로 강재나 철근콘크리트 부재인 부체와 계류로프 및 앵커로 구성되며, 파랑이나 조류 등의 해양 환경에 의해 부체의 요동과 이동이 발생하여 사용성이 저하되는 단점이 있음. 따라서 Guide Pile과 부체를 연결하여 부체의 수평 이동은 구속하고 상하이동만 허용하는 방법으로 슬릿월이나 공기유수실을 이용한 소파 부유체와 결합하여 부체의 요동과 이동을 저감하는 Guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물 설계 및 시공기술
D-2-1-6	PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	잔교나 돌핀 같은 해상 구조물 시공시 보나 슬래브의 철근 콘크리트 부재를 프리캐스트 콘크리트 거푸집을 설치하고, 현장 타설 콘크리트로 시공하는 방법
D-2-1-7	안벽 증심기술	대형 선박의 입항이 가능하도록 기존 구조물은 그대로 활용하면서 안벽 전면수심을 깊게 만들 수 있는 공법 개발
D-2-1-8	연약지반 개량 공법	구조물 설치 예정 지반이 연약할 경우 발생하는 침하 등의 문제를 해결하기 위하여 연약지반을 고화할 수 있는 기법 개발

D-2-1-9	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	항만건설 및 항로 준설 등을 목적으로 발생하는 준설토를 처분하기 위한 투기장의 조성과 관련된 기술
D-2-1-10	쓰나미방파제 개발 기술	지진해일 발생시 연안으로 전파되는 지진해일 파랑의 도달 시간, 처오름높이 등을 저감하거나 지연하기 위한 목적으로 건설되는 방파제에 관련된 기술 개발
D-2-1-11	고조방파제 개발 기술	이상 고조위, 해수면 상승 등으로 인해 연안지역이 침수되는 것을 방지하기 위한 방파제의 개발
D-2-1-12	섹터게이트 개발 기술	지진해일, 해수면상승(고조위) 등이 항 입구부 및 만 입구로 들어오는 흐름을 막기 위한 일종의 수문 구조물 개발
D-2-1-13	연안 침퇴적 저감 기술	연안에 설치되는 인공구조물의 영향 또는 주변해역의 에너지 평형이 깨질 경우 생기는 침/퇴적을 저감시키기 위한 구조물 개발
D-2-1-14	대형구조물 해상운반기술	도서지역 및 제작장 등 대형케이슨의 설치가 원활하지 않은 경우 케이슨을 시공위치까지 선박 또는 부유체 형태로 예인하는 기술
D-2-1-15	대형구조물 해상시공기술	방파제, 해상교량, 해저터널, 부유식 구조물 등 대형구조물의 설치 요구에 따라 증가하는 해상시공과정에서 안전성과 구조물의 손상 없이 신속하고 경제성을 확보한 공법 개발
D-2-1-16	수중구조물 점검 기술	해저에 설치된 수중구조물을 점검하는 모니터링 기술과 간단한 보수보강까지 가능한 점검장비 개발
D-2-1-17	수중시공 모니터링 기술	저조도 수중 카메라와 실시간 데이터 전송기술을 이용하여 수중의 시공 상황 및 잠수부의 안전 확인을 수상에서 실시간으로 감시하는 기술
D-2-1-18	인공조간대 조성기술	갯벌지형에 있어서 준설점토, 오염준설토 등 준설토사를 활용하여 인공갯벌을 조성하는 기술
D-2-1-19	부유사 발생 및 영향 예측기술	준설, 매립 및 해상 공사시 발생하는 부유사의 발생 및 부유사의 이송 확산을 수치모형실험을 이용하는 환경 변화를 예측하는 기술
D-2-1-20	폐기물 해상 처분장 조성기술	해상 폐기물 처리장의 폐기물이 해역으로 흘러나가지 않도록 하는 폐합 및 처분장 계획 및 운용/조성에 관련된 기술 개발

(3) 수중구조물

D-3	수중구조물	D. 항만 및 해양구조물
D-3-1	해저기지	
기술정의	높은 수압과 수중활동의 한계를 극복하고 해중에 거주하는데 필요한 안전을 확보하는 영구적, 또는 임시적 구조물과 관련 부속설비	
D-3-1-1	해저 기초 및 지반 조성기술	해저에 구조물을 설치하기 위하여 평탄성과 안정성이 확보되는 기초 및 지반을 만드는 기술
D-3-1-2	해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	해저의 극한 환경조건을 극복하고 육상부와 다른 염해와 고압조건에 따른 구조물의 구조적인 안전과 장기적인 내구성을 확보할 수 있는 기술
D-3-1-3	긴급구난 및 응급복구 기술	고압의 수중에서 폭발, 화재, 침수 등에 의하여 응급상황이 발생할 때 사람의 안전을 확보하여 구난하고 그러한 시설물의 재가동과 성능유지를 위한 신속 복구 기술
D-3-1-4	유지관리를 위한 통합관리 기술	해저에 위치하여 극한 환경에 노출되어 있는 구조물 및 관련 시설들의 안전성과 사용성이 보장되도록 모니터링, 진단, 보수 및 보강을 중앙에서 효과적으로 관리할 수 있는 종합관리 시스템 또는 기술
D-3-1-5	에너지 수급 기술	해중 또는 해상에 위치하여 있는 기지의 에너지를 전부 또는 일부를 해당 사이트에서 획득할 수 있는 친환경에너지 하베스팅 및 에너지관리 기술
D-3-1-6	해저구조물 무인 시공 기술	심해의 극한 조건에서 인간이 작업하기에는 안전성과 효율성이 많이 부족하므로 이를 대체하기 위하여 자율주행 또는 사용자 제어에 따라 시설물을 시공하고 유지할 수 있는 기술

D-3	수중구조물	D. 항만 및 해양구조물
D-3-2	해중공원시설	
기술정의	어족자원 확보 및 수중 경관 확보를 위해 해중에 설치되는 시설물의 내구성과 안전성을 확보하기 위한 해중시설	
D-3-2-1	해중조경 설계기술	해저기지의 사용성과 바다자원 확보를 위해서 환경 생태계 보호가 가능하면서 관광자원화도 가능하도록 바다목장을 조성하는 통합기술
D-3-2-2	해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	인공으로 조성 또는 보강된 해중 생태계의 건전성과 생산성이 확보되도록 하는 통합관리 기술

D-3	수중구조물	D. 항만 및 해양구조물
D-3-3	해중라이프라인	
기술정의	대륙간, 도서간, 연육간 전기 및 통신망 공급, 자원망 연결을 위해 설치하는 해중 시설	
D-3-3-1	해중라이프라인 안전성 확보 기술	교통, 통신, 에너지 등을 위해서 해중에 설치되는 장대의 시설물들이 수리환경, 충돌 또는 폭발, 지진, 화재 등의 외력과 재해 및 재난으로부터 안전성이 보장되도록 하는 기술
D-3-3-2	해중케이블 시공 기술	해중 장비 또는 시설물의 고정을 위해서 설치되는 해저케이블을 안전하고 경제적으로 시공할 수 있는 기술
D-3-3-3	해중파이프 시공 기술	해중 시설물의 사용성 확보를 위해서 제공되는 통신, 에너지 등의 시설인프라를 위해서 설치되는 해저파이프를 안전하고 경제적으로 시공할 수 있는 기술
D-3-3-4	해중라이프라인 유지관리 기술	교통, 통신, 에너지 등을 위해서 해중에 설치되는 장대의 시설물들이 수리환경, 충돌 또는 폭발, 지진, 화재 등의 외력과 재해 및 재난으로부터 사용성이 보장되도록 하는 기술

D-3	수중구조물	D. 항만 및 해양구조물
D-3-3	해중에너지 생산시설	
기술정의	해상풍력, 파랑, 조류, 수온(온도차)을 이용하여 에너지를 생산하는 시설	
D-3-4-1	해상풍력발전 구조물 지지기술	해상에 설치되는 고정식 또는 부유식 풍력발전기의 안전성과 사용성이 확보되도록 설치되는 지지구조물의 설계, 시공 및 유지관리 기술
D-3-4-2	조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	해양에 설치되는 수력발전기의 고정 또는 지지를 위해서 설치되는 수중구조물의 시공기술
D-3-4-3	복합발전용 수중구조물 건설기술	다양한 수력발전 시스템 또는 풍력과 태양광 등의 친환경 에너지 생산설비와 조합을 통해서 에너지를 생산하기 위해서 수중에 설치되는 구조물의 설계, 시공, 유지관리 기술

(4) 인공섬

D-4	인공섬	D. 항만 및 해양구조물
D-4-1	매립식 인공섬	
기술정의	외측에 호안을 쌓고 폐합시킨 후, 내부에 준설토, 모래, 폐기물 등의 재료를 채우고 지반을 안정화하여 조성하는 인공섬	
D-4-1-1	폐기물 활용 매립 기술	양질의 매립재 활용이 어려운 조건하에서 인공섬의 기반이 되는 재료로 폐기물이나 오염된 준설토를 활용하여 매립하기 위한 개량공법과 폐기물 매립생태 안정화를 위한 모니터링 및 계측 등 통합관리 기술
D-4-1-2	호안구조물 급속 축조 기술	인공섬 조성을 위한 매립을 위해 축조하는 호안구조물의 안정성과 차수성을 확보한 상태에서 신속하게 호안구조물을 건설하는 모듈식 호안구조물 급속 축조 기술
D-4-1-3	폐기물의 친환경 매립재화 기술	폐기물의 해양오염 방지를 최소화하기 위해 매립재로서 폐기물의 오염물질 세적 및 제거, 무해한 재료로 변경, 고화처리를 통한 친환경 매립재화 기술
D-4-1-4	오염물질 차수 기술	폐기물을 활용한 매립식 인공섬 조성시 발생가능한 오염물질의 외해 유출을 방지하기 위한 매립 대상 지역의 지반특성에 따른 차수시트 등 차수시설 설계 및 시공기술과 지반개량기술
D-4-1-5	매립재 유실 방지 기술	인공섬 조성을 위한 호안구조물 없이 자연적인 토사나 준설토 매립시 발생가능한 유실 방지를 위해 매립재 고정을 위한 설계 및 시공기술

D-4	인공섬	D. 항만 및 해양구조물
D-4-2	착저식 인공섬	
기술정의	말뚝에 비해 지지력 및 저항력이 큰 구조물(주로 상자 모양의 철근 콘크리트 구조물)로 시공된 인공섬	
D-4-2-1	대면적 해저기초 조성 기술	착저식 케이슨 구조물을 해저지반과 일체화시키기 위해 고정시키는 해저기초 조성기술
D-4-2-2	해저지반-구조 상호작용 해석 기술	착저식 케이슨 구조물과 일체화된 해저지반의 거동을 무인장비와 센서를 통해 조사하고 해석하여 구조물의 안정성을 검토하는 조사 및 분석 기술
D-4-2-3	해저 지반 평탄화 기술	착저식 케이슨 구조물 설치를 위하여 대규모 면적의 해저기초를 평탄하게 조성하는 장비 개발 및 시공기술
D-4-2-4	초대형 착저구조물 제작 기술	인공섬 조성에 필요한 착저식 케이슨 구조물의 수량 최소화를 위해 착저구조물의 설계한계 등 설계기준을 마련하고 제작할 수 있는 공법을 개발
D-4-2-5	초대형 착저구조물 설치 기술	개발된 초대형 착저구조물을 운반하고 조성된 해저지반에 수중에서 설치하는 기술

D-4	인공섬	D. 항만 및 해양구조물
D-4-3	잔교식 인공섬	
기술정의	말뚝을 설치하고 그 위에 콘크리트 또는 철제 부유구조체를 설치하여 수평변위를 최소화한 지반을 조성하는 형태의 인공섬 조성기술	
D-4-3-1	해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	해저지반의 지반보강을 위해 활용되는 군집형태의 다짐말뚝과 해저지반간 거동을 조사하고 지지력 확보를 통한 안정성 평가기술과 군말뚝 효과 분석을 통한 말뚝의 간격 설계기술
D-4-3-2	부유체 해상 결합 기술	부유체의 모듈화를 위한 최적 규모 산정 및 블록식 부유체의 운동을 예측하고 저감시키는 신형식 프레임을 활용한 결합기술
D-4-3-3	고내구성 신형식 말뚝 기술	잔교식 인공섬의 지반역할을 수행하는 부유체의 움직임을 파랑, 바람 등으로부터 견디는 역할을 하는 말뚝을 기존 강관말뚝보다 고내구성을 갖춘 새로운 형식의 말뚝으로 대체하는 기술
D-4-3-4	대구경 말뚝 항타 기술	해저지반 현장 여건에 따라 대구경 항타말뚝을 시공하는 기술
D-4-3-5	부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	바람, 파랑 등으로부터 부유구조체의 운동을 최소화하기 위한 말뚝 최적배치 설계기술
D-4-3-6	부유구조체 말뚝 연결 기술	부유구조체와 말뚝간 연결의 신뢰성과 내구성을 확보하기 위한 체결재료 및 공법 개발

D-4	인공섬	D. 항만 및 해양구조물
D-4-4	부유식 인공섬	
기술정의	선박과 마찬가지로 부력에 의해 구조물의 자중을 버티어내는 형태로 해저지반에 본체를 직접 설치하지 않고 앵커를 해저에 고정시켜 움직임을 제어하는 형태의 인공섬	
D-4-4-1	초대형 부유구조체 구조시스템 기술	물에 뜨면서 상시적으로 파도에 의해 흔들림(모션)에 대응할 수 있는 내구성을 가진 콘크리트 부유구조체 제작을 위한 구조부재들의 최적 배치, 응력 집중부 상세 설계기술
D-4-4-2	파랑-부유구조체 상호작용 해석 기술	극한 해상조건(부력, 파도, 태풍 등)에서 초대형 부유구조체의 거동을 정확하게 예측할 수 있는 시뮬레이션 기술. 특히 초대형 부유구조체의 유탄성 거동에 관한 시뮬레이션 기술
D-4-4-3	부유구조체 안정성 향상 기술	극한 해상조건에서 초대형 부유구조체의 사용성(모션)을 확보할 수 있는 효율적 형상 개발, 파력 및 모션 저감기술, 계류시스템 관련 기술
D-4-4-4	부유체 위치고정 및 앵커링 기술	해저면 앵커에 연결된 계류라인을 이용하여 바람, 파도, 조류에 의한 부유구조체의 이동을 최소화하기 위한 기술
D-4-4-5	초대형 부유체 급속 제작 기술	초대형 부유구조체 모듈화 건설 및 구조체 급속 제작기술, 육초대형 부유구조체 해상 직접제작 기술
D-4-4-6	대형화 모듈 접합 시공 기술	해상부지의 대면적화를 위하여 육상에서 일정한 크기로 제작된 부유구조체 모듈들을 해상에서 접합하여 초대형 부유식 인공섬을 구축하기 위한 기술
D-4-4-7	부유구조체 맞춤형 재료 기술	물에 뜨면서 파도에 흔들리는 부유구조체 특성상 적정 중량, 강도, 내구성를 유지하면서 파랑에 의한 탄성거동(유탄성 거동)을 최소화할 수 있는 콘크리트 재료 기술

마. 특수구조물

(1) 고압, 극저온 구조물

E-1	고압 극저온 구조물	E. 특수 구조물
E-1-1	극지 구조물	
기술정의	남북극과 같이 온도가 매우 낮은 지역에 건설되는 구조물	
E-1-1-1	극저온 경화형 혼화제 제조 기술	극저온에서 콘크리트의 경화가 발생하고 요구 성능 특히 물리적 특성을 확보할 수 있는 혼화제 및 이의 제조 기술 개발
E-1-1-2	극저온 경화형 결합제 제조 기술	MgO 또는 기타 다른 물질이 기본이 되는 영하 20℃ 이하에서도 소정의 물리적 특성을 발휘하는 결합제 및 제조 기술 개발
E-1-1-3	극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술	구성재료의 변화를 통하여, 극저온에서도 물질자체의 온도수축 및 팽창에 의한 균열, 물리적 특성 저하를 극복할 수 있는 극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술
E-1-1-4	모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술	금속재의 모듈화와 이를 보완하는 강합성 콘크리트 구조물의 설계 및 시공기술

E-1	**고압 극저온 구조물**	E. 특수 구조물
E-1-2	**극저온 저장탱크**	
기술정의	LNG 보관시설과 같이 매우 낮은 온도에 견디는 저장 탱크	
E-1-2-1	LNG 탱크 냉열 활용 기술	영하 162℃로 저장되는 LNG의 냉열을 이용하여 냉동 저장창고, 구조물 등의 온도를 낮추는 기술
E-1-2-2	극저온 저장탱크 단열 기술	극저온 저장탱크의 완벽한 단열을 담보하는 기술 및 단열구조체에 발생하는 균열 등의 손상을 억제하는 기술

E-1	고압 극저온 구조물	E. 특수 구조물
E-1-3	극압 극저온 구조물	
기술정의	해저와 같이 압력이 높고, 극지와 같이 온도가 낮은 지역에서의 구조물	
E-1-3-1	고인성 혼화재료 제조기술	구조물의 고인성 확보를 위한 고인성 금속과 콘크리트와의 부착력을 향상시키기 위한 혼화재료 및 이의 제조기술
E-1-3-2	콘크리트용 고인성 섬유 제작 기술	금속 표면에 큰 변화를 주어, 나노미터 크기의 초미세 결정 입자 조직을 형성하고, 미세 결정 입자의 네트워크 조직이 대형 결정 입자를 감싸는 구조를 가진 금속 재료 제작 기술
E-1-3-3	고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술	수심이 깊은 심해 해양구조물의 시공 및 심도가 깊은 지하구조물의 시공 및 고인성이 요구되는 구조물 등 고압에 저항할 수 있는 구조물의 시공에 필요한 고압저항 고인성 콘크리트 배합설계 기술
E-1-3-4	모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술	기존 기술이 가지고 있는 강연선의 부식, 시공의 복잡함 등 다양한 문제점을 해결하기 위해 시공이 간편하고 부식의 우려가 없는 고압구조물용 신개념 보강재 제작 및 설치기술 개발
E-1-3-5	모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술	고압구조물의 시공에 적용되는 여러 종류의 보강재를 모듈화하여 조립식 집합체에 의한 구조물 설계/시공 기술 개발
E-1-3-6	극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술	미세 결정 부분이 고강도를 발휘하고, 대형 결정 입자가 연성을 유지함으로써 전체적으로 고강도와 고인성을 양립시키는 보강재 제작 기술 개발 및 구조물 콘크리트와의 결합력이 향상될 수 있도록 적정 혼화재료를 개발하여 적용하는 기술
E-1-3-7	모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술	구성 요소 변경이 용이하고, 모듈로 서로 분리되어 구성되는 성질을 포함하며, 구조물의 변화에 따라 전체에 영향 없이 일부만 바꿀 수 있도록 모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술

(2) 방호 구조물

E-2	방호 구조물	E. 특수 구조물
E-2-1	방호 구조물	
기술정의	인화성 또는 가연성 물질(가스, 증기, 분진)의 화재 및 폭발, 특정거리에서 투하 또는 폭발하는 폭탄이나 폭발물의 폭발로 발생하는 폭발하중(Blast Load)에 의한 피해 및 붕괴, 인명피해 등을 최소화하도록 설계되는 구조물	
E-2-1-1	구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술	구조물의 용도, 중요도 등에 따른 방호등급 분류체계의 구축 기술, 방호기준의 설정 기술 및 방호등급 체계 및 기준의 표준화 기술
E-2-1-2	충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술	충격 및 폭발의 종류에 따른 분류체계 기준 구축 기술과 이의 표준화 기술
E-2-1-3	신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술	신규구조물에 대한 요구되는 방호 성능/등급 부여 설계기준의 정립 및 표준화 기술
E-2-1-4	기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술	기존구조물의 요구되는 방호 성능/등급 확보를 위한 구조물 보강 설계기준의 정립 및 표준화 기술
E-2-1-5	구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술	구조물의 방호성능 평가 방법, 절차 및 평가결과의 분석 관련 기준의 정립 및 표준화 기술
E-2-1-6	재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술	구조물 및 시설물용 재료/자재/부재의 방호성능 평가 방법, 절차 및 평가결과의 분석 관련 기준의 정립 및 표준화 기술
E-2-1-7	구조물 방호 설계 기술	구조물의 요구되는 방호성능/등급 확보를 위한 구조물 설계 기술
E-2-1-8	구조물 방호성능 전산해석 평가기술	구조물의 충격/폭발 하중에 대한 방호성능 및 파괴손상 예측을 위한 전산해석 평가 기술
E-2-1-9	구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술	구조물용 재료/자재/부재의 충격/폭발 하중에 대한 방호성능 및 파괴손상 예측을 위한 전산해석 평가 기술
E-2-1-10	방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기	방호구조물의 방호성능/등급 선정, 설계단계에서 시공완료까지의 전주기 엔지니어링 시스템 구축 기술

E-2-1-11	구조부재용 방호재료 및 자재 기술	구조부재의 방호성능 부여 및 강화를 위한 방호용 재료 및 자재 개발 기술
E-2-1-12	구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술	기존 구조물 및 기 시공 구조부재의 방호성능 부여 및 강화를 위한 방호 보강용 재료 및 자재 개발 기술
E-2-1-13	신규 방호구조물 시공기술	방호용 재료/자재를 사용한 신규 방호구조물 시공 최적화 기술
E-2-1-14	기존 구조물 방호 보강 시공 기술	방호 보강용 재료/자재를 사용한 기존 구조물 방호 보강시공 최적화 기술
E-2-1-15	구조물 방호 급속시공 기술	긴급 재해/재난 또는 유사시에 대비한 방호성능 확보 구조물 급속시공 기술
E-2-1-16	구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술	긴급 재해/재난 또는 유사시에 대비한 방호성능 확보 구조물 급속시공을 위한 재료/자재/장비 개발 기술
E-2-1-17	동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술	동적 충격하중 하의 건설용 재료 물성변화에 대한 정량적 시험평가 장비의 개발 및 이를 적용한 평가 기술
E-2-1-18	재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술	동적 충격하중 하의 건설용 재료 물성변화에 대한 정량적 시험평가 장비의 개발 및 이를 적용한 평가 기술
E-2-1-19	구조물 방호성능 시험평가 기술	실제 충돌 또는 폭발하중을 적용하거나 모사하는 방식의 구조물 방호성능 시험평가 기술
E-2-1-20	구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술	구조부재 또는 구조물에 대한 실제 폭발하중을 적용한 실증실험 방식, 체계, 기준 등의 개발 기술

(3) 우주 구조물

E-3	우주 구조물	E. 특수 구조물
E-3-1	우주 구조물	
기술정의	달 기지 건설과 같이 저중력, 무산소 상황에서 거주 여건을 만들기 위한 시설물	
E-3-1-1	태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술	실대형 규모(50m3)로 우주환경(진공, 온도, 지표면)을 구현한 지반열진공챔버 내부에 태양으로부터 방사되어 달/화성표면에 도달하는 대전입자(charged particle) 중에서 대다수를 차지하는 양성자(proton), 중이온(heavy ion), 전자(electron) 등에 대한 노출환경 조성 및 차폐(shieldig)구조물 테스트 환경조건 조성 기술
E-3-1-2	대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술	화성의 대기환경(이산화탄소 95%, 아르곤2%, 질소, 2%, 기타산소, 일산화탄소)과 달표면에서 하전된 먼지(charged dust), 화성표면의 비산되는 먼지의 부유시 환경을 실대형 챔버내에서 모사하여 구현하는 기술
E-3-1-3	지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술	행성 지반조건을 재현 가능하도록 토양의 물리적 화학적 특성을 유사하게 조성하여 인공적으로 생산한 복제토 제작 및 지반열진공챔버에서 진공과정에 발생하는 지반교란을 최소화하기 위한 진공 프로세스 최적화 기술
E-3-1-4	자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구	우주 행성표면에서 가용한 현지자원을 정량적으로 탐사하는데 필요한 장비(분광기, 시추장비 등)와 기술을 개발하고 자원개발에 필요한 장비에 공급되는 가용 에너지를 생산 및 가공하는 기술
E-3-1-5	현지자원 채굴 및 선별 기술	우주 행성표면에서 탐사된 자원을 효과적으로 채굴하기 위한 기술 개발과 물리·화학적 기법을 적용하여 주요 자원을 선별하는데 필요한 기술
E-3-1-6	자원 이송 및 보관 기술	우주환경에서 선별된 자원을 보관시설(또는 설비)까지 이송하고 외부환경에 따른 오염 및 변질이 최소화되도록 보관하는 기술
E-3-1-7	시추 자동화 기술	초저온 진공 우주 환경에서 원격 운용 또는 무인 자동화 운용이 가능한 현지 지반(건조토, 동결토, 암반 등) 시추, 샘플링, 탐사 및 분석 기술

E-3-1-8	이동 및 이송수단 결정 연구	행성에서의 자원과 우주인의 원활한 이송에 필요한 이송수단의 형태와 지원 인프라의 구조 등을 결정하기 위하여, 주어진 자원과 환경을 고려하여 다양한 개인(제트팩 등) 및 집단 이송수단(차량, 철도, 튜브 등)의 장단점을 분석하고 최적의 대안을 결정할 수 있는 의사결정방안을 제안하는 연구
E-3-1-9	운송장비 및 운송시설 설계기술	해당 행성에 대하여 선정된 운송 및 이송 수단에 대하여, 주어진 환경 조건 및 자원의 제약 등을 고려하여 운송장비 및 그에 따른 인프라 시설을 역학적으로 설계가 가능한 제반 기술
E-3-1-10	운송체 자율주행 지원 기술	위성기반 위치결정체계가 미약한 행성에서 운송체 주변 장애물 판별만이 아닌 운송체의 현재 위치 및 향후 이동경로 정보를 파악하는 기술
E-3-1-11	행성 표면 정밀 지형 복원 기술	위성기반 지형모델 이상의 고해상도 지형모델을 구축하기 위한 기술. 운송체(또는 탐사로버)의 현장 영상과 위치추정정보를 이용하여 정밀 지형모델을 구축하는 기술
E-3-1-12	우주 건설 표준 제정 연구	다양한 국가에서 참여할 것으로 예상되는 우주건설 기술 연구를 효율적으로 수행하기 위하여, 해당 국가의 이익을 절충하는 우주건설의 표준 제정 연구
E-3-1-13	우주현지 지반평가 기술	다양한 우주구조물의 기초를 설계하기 위하여 무인 지반조사 장비를 개발하고 조사 장비 데이터 기반 지반 설계정수 도출 및 설계 기술
E-3-1-14	저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술	지구와 다른 조건에서의 건설 장비와 지반의 상호거동을 역학적으로 평가하기 위한 축소실험 또는 실물실험을 동반한 수치해석 기술
E-3-1-15	착륙지 기반 시설 설계기술	착륙선(랜더)의 무게(중력 고려), 추진력, 착륙 시 충격, 착륙지 건설 공법을 고려한 착륙지반에 미치는 외적 하중을 전반적으로 고려한 착륙지 설계 기술

E-3-1-16	거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화	우주인의 운동학적, 생물학적, 심리학적 특성 및 우주 중력환경의 특성을 반영한 거주시설 설계에 필요한 기술 및 해당 거주시설의 운용에 필요한 자원 및 운용에서 발생하는 폐기물 처리에 필요한 요건을 정량화 하는 연구
E-3-1-17	우주구조물 시공자동화 기술	우주 현지에 있는 재료를 기반으로 현지활동을 위해 필요한 랜딩패드(Landing PAD), 도로(Road), 블라스트 월(Blast Wall) 등 인프라시설 및 구조물을 시공하기 위한 장비 제작 및 재료 가공 기술
E-3-1-18	시공자동화 장비 원격 제어 기술	우주에서 로봇 등을 활용한 인프라 시설 및 구조물의 자동화 시공을 위해 지구상에서 장비의 제어, 시공, 모니터링 등을 원격으로 진행할 수 있는 기술
E-3-1-19	장비 성능 및 시공 모니터링 기술	우주 구조물의 시공 효율성 향상 및 안정성 확보를 위해 지구상에서 시공 자동화 장비의 기계적 성능과 결함을 파악하고 대상 구조물의 품질을 검수하는 기술
E-3-1-20	폐기물 관리 기술	우주인 거주 및 연구시설 운용에서 발생하는 폐기물을 우주환경을 고려하여 구체적으로 분류하고 재활용 또는 폐기하기 위한 방법, 절차, 요구장비 개발을 위한 기초 연구
E-3-1-21	건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술	극한(온도차, 압력, 충격, 방사선 등)의 우주 환경에서 요구되는 건설소재의 내열성, 강도, 내구성 등의 특성을 수치화된 값으로 설정하는 기술
E-3-1-22	현지 건설재료 가공 및 소결 기술	현지 재료를 활용하여 인프라시설 및 구조물 시공에 필요한 건설재료로 사용하기 위해 특정한 바인더를 혼합하거나 신터링(Sintering) 등을 활용하여 재료를 고형화하거나 적층하는 기술
E-3-1-23	건설재료 이송 및 보관 기술	우주 현장에서 시공에 필요한 재료를 채취, 선별, 그리고 장비까지 이송하는 일련의 재료 공급 기술을 개발하고 지속적인 건설작업이 용이하도록 우주환경(태양풍, 착륙에 따른 비산 등)을 고려한 최적 보관에 관한 연구

E-3-1-24	건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술	무인 및 유인탐사에 필요한 이착륙 시설, 연구시설 및 거주지의 효율적이고 안정적인 건설을 위하여, 행성에서의 시공 과정에서 발생할 수 있는 건설재료의 동적 거동 및 상변화를 모사할 수 있는 모형 및 모사가 가능한 시뮬레이션 기술
E-3-1-25	우주 건설장비 검증 기술	모사된 우주환경(진공, 저온/고온, 방사선, 먼지, 가스 등)에서 건설장비의 기능을 검증하고, 지표와의 상호작용 확인을 통해 장비의 성능을 검증하는 기술
E-3-1-26	검증장비 운영 및 유지관리 기술	우주환경에서 장비 검증에 필요한 우주환경 모사장치, 측정 장치, 기구 장치 등을 운영하고 유지 관리하기 위한 기술
E-3-1-27	시험 표준화 기술	우주환경에서 시스템, 구조물 등을 평가하고 검증하기 위한 시험의 계획, 준비, 실행, 분석 등의 표준화 기술
E-3-1-28	우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술	우주행성 거주지 조성에 따른 관광, 인구이동, 자원개발 등을 고려한 지구와 행성 간의 이송방안을 제시하는 우주항공산업의 기반을 조성하는 연구
E-3-1-29	행성 식민지 관련법	다양한 국가와의 원활한 행성 식민지 개발과 공유를 위한 행성 식민지 관련법에 대한 연구 및 제정 절차에 참여할 수 있는 기반 여건 및 인력 육성
E-3-1-30	우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화	지구와 매우 상이한 환경에서의 우주인의 장기적인 거주 및 원활한 연구활동을 지원하기 위한 우주인의 심리 안정화에 필요한 거주시설, 지원시설 및 지원 프로그램의 개발

[부록 3] 핵심시설물별 상세기술 프로파일

(1) 케이블교량(A-3-1) ····· 425
(2) 장경간아치교(A-3-2) ····· 431
(3) 부유식교량(A-3-3) ····· 432
(4) 해저터널(B-2-1)/침매터널(B-2-2) ····· 433
(5) 해저터널(B-4-1) ····· 440
(6) 지하대공간(B-5-1) ····· 446
(7) 해상기초(C-3-2) ····· 450
(8) 항만 및 해안구조물(D-2-1) ····· 455
(9) 부유식 인공섬(D-4-5) ····· 462
(10) 부유식터널(B-3-1) ····· 465

(1) 케이블교량(A-3-1)

A-3-1-1	케이블교량 하중모델
정의 (Definition)	케이블 교량의 설계 시 적용하는 하중에 대한 모델을 개발하는 것으로 하중 모델이 불명확한 경우 과다설계를 야기하므로 차량하중, 지진, 풍하중 등에 대해 신뢰도 기반의 하중 모델
성능목표 (Performance Target)	기존 설계법 대비 동등 이상의 안전율을 확보하면서 경제성 5~10% 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 주경간장 3km, 사장교 주경간장 1.5km의 prototype 설계 • 확률, 데이터 기반의 하중 모델 개발 • 설계 수명 200년 이상 교량 개발
A-3-1-2	**케이블교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)**
정의 (Definition)	케이블 교량의 교각/주탑에 선박이 충돌하거나, 강진, 강풍 등이 발생하는 경우에도 교량 전체의 붕괴를 방지하기 위한 기술로서, 선박 충돌 모델링, 지진/풍하중 모델링과 이에 대한 교량 응답 해석과 사고 대응 시나리오 구축 등에 대한 연구
성능목표 (Performance Target)	선박 충돌, 지진 등에 대한 정밀 해석 기술 확보 및 사고 대응 시나리오 구축
주요내용 (Detailed Contents)	• 한계상태기반 충돌방지공 설계 기술 개발 • 극한 사건 대응 설계 기술 개발
A-3-1-3	**케이블교량 구조해석 및 설계 프로그램**
정의 (Definition)	케이블 교량의 하중에 대한 응답을 구하고 이에 대한 설계를 하는 프로그램으로 시공단계를 고려한 순차적인 해석 및 설계 기능
성능목표 (Performance Target)	케이블 교량의 비선형성을 고려하면서 시공단계 해석 및 설계가 가능한 FEM 프로그램 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• MIDAS 등 해석프로그램의 개발 및 상용화 • RM, TANGO, IBDAS 프로그램 수준 프로그램 개발

A-3-1-4	케이블교량 내풍 안정화 해석/풍동실험
정의 (Definition)	케이블 교량의 내풍 안전성을 수치해석 또는 실험으로 검증하는 방법으로 케이블 교량 설계 시 필수적으로 요구되는 단계이며, 풍동 실험에 사용하는 모형의 상사 제작 방법과 실험 수행 방법 등
성능목표 (Performance Target)	정밀 내풍 해석 프로그램 국산화 및 가격 경제력 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 내풍 단면 설계 전용 2D 해석 프로그램 개발 • 3D 기반 내풍 성능 해석 프로그램 개발 • 풍동 실험/평가 기술 개발
A-3-1-5	케이블교량용 강선/강연선
정의 (Definition)	케이블 교량의 전체 시공비 중 많은 부분을 차지하는 요소로서, 고강도 강연선 제작 기술 및 활용 기술
성능목표 (Performance Target)	기존 대비 동등 이상의 성능은 유지하면서 계측 등의 추가 기능을 경제적으로 부가할 수 있는 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 강도 및 성능 향상 기술 개발 • 기존 강선/강연선 대체 신재료 기술 개발
A-3-1-6	케이블교량 박층 포장
정의 (Definition)	케이블 교량용 박층 포장
성능목표 (Performance Target)	케이블 교량에 적용할 수 있는 얇은 포장을 개발하면, 케이블이 지지하는 하중이 줄게 되므로 시공비 중 많은 부분을 차지하는 케이블을 직접적으로 절감할 수 있음
주요내용 (Detailed Contents)	포장에 대한 생애주기비용이 5~10% 절감된 박층 교면 포장 기술 개발

A-3-1-7	케이블교량용 FRP 케이블
정의 (Definition)	케이블 교량에 적용가능한 FRP 케이블을 개발하면 강재 케이블의 부식 문제를 해결할 수 있고 중량도 줄게 되어 경제적인 교량 시공 및 유지관리 가능
성능목표 (Performance Target)	독일(5 mm, 2,700 MPa), 프랑스(6 mm, 2,400 MPa) 대비 동등 이상 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• PC 강선용 FRP 케이블 기술 개발 • FRP 케이블 기술안정성 향상
A-3-1-8	**케이블교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재대응)**
정의 (Definition)	케이블에 도포하는 방청재료는 주탑에 떨어지는 낙뢰나 바닥판에서의 화재에 대해 일정 수준 이상의 내화 성능을 가져야 하며 이를 통해 유지관리 비용을 절감할 수 있음
성능목표 (Performance Target)	유지관리 비용이 절감된 고내화성 방청재료 기술 개발(세계 최초 기술)
주요내용 (Detailed Contents)	• 비 그라우팅 적용 기술 개발 • 케이블 단선 방지 기술 개발
A-3-1-9	**사장교 케이블 가설**
정의 (Definition)	사장교 케이블을 경제적으로 가설할 수 있는 공법 개발이 필요하며, 부가적으로 지금까지 시공된 부재에 과도한 하중이 걸리지 않도록 장력을 조정하는 기술도 포함
성능목표 (Performance Target)	기존 공법 대비 5~10% 경제성 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 가설 엔지니어링 기술 개발 • 시공단계를 고려한 형상 관리 기술 개발 • MS 및 PWS 공법 개발

A-3-1-10	현수교 케이블 가설
정의 (Definition)	현수교에서 가장 큰 주요부재인 케이블을 경제적으로 가설할 수 있는 공법 개발이 필요하며 이를 통해 현수교 시공의 경제성 향상 가능
성능목표 (Performance Target)	기존 공법 대비 5~10% 경제성 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 1,960 MPa, 2,100 MPa급 PPWS를 적용 기술 활성화 • 현수교 AS 가설장비(가설속도: 6 m/s) 기술 상용화 • 현수교 PPWS 가설 장비 및 케이블 형상 장비(1,960 MPa, • 2,100 MPa급 PPWS) 기술 상용화
A-3-1-11	케이블교량용 보강거더 가설
정의 (Definition)	케이블 교량에서 보강거더는 대부분 가설 시에 가장 큰 하중을 받으므로 이러한 가설하중을 줄일 수 있는 가설 공법이나 효율적인 가설장비 운용 방법 필요
성능목표 (Performance Target)	기존 공법 대비 5~10% 경제성 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 보강거더 가설 형상 관리 기술 개발 • 보강거더 시공단계 해석 기술 개발 • 보강거더 가설 엔지니어링 기술 개발
A-3-1-12	케이블교량 콘크리트 고주탑 가설
정의 (Definition)	콘크리트 고주탑 가설의 효율성(공사기간 단축, 공사비 축소 등) 증진 및 자동화 시공을 위한 변단면 SlipForm 가설기술 개발, 슬립폼장비 경량화 등 콘크리트 고주탑 가설장비 및 공법 개발
성능목표 (Performance Target)	기존 변단면 슬립폼 공법 시공속도 20% 향상(1.7m/day → 1.4m/day) 기존 주탑 공사비 20% 절감
주요내용 (Detailed Contents)	• 콘크리트 고주탑 가설기술 개발 • 슬립폼장비 경량화 기술 개발 • 콘크리트 고주탑 시공단계 자동검측 및 형상관리기술 개발

A-3-1-13	케이블교량 강재 고주탑 가설
정의 (Definition)	고공에서 무거운 강재들 간에 볼트 체결, 용접 등의 작업을 용이하게 하기 위한 경제적이고 안전한 케이블 교량의 강재 주탑 가설장비 및 공법 개발
성능목표 (Performance Target)	주탑 시공 시간 25% 저감 및 공사비 약 25% 절감 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 공장 제작, 가설 공법 확보 • GPS를 활용한 시공정밀도 및 형상관리 기술 개발 • GFRP를 활용한 슬립폼 장비 경량화 기술 개발
A-3-1-14	케이블교량 해상기초 및 지반탐사
정의 (Definition)	케이블 교량은 대부분 장대 교량으로서 해상 위에 건설되는 경우가 많으며, 이때 교각 또는 주탑의 위치 및 형식은 경제성을 고려하여 선정되어야 하며, 이를 위해서는 해상에서의 지반 탐사 기술
성능목표 (Performance Target)	조사심도 260m 이상 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 대수심 해저 착저형 지반조사장비 및 분석시스템 개발 • 대응수심 100 m, 조사심도 260 m의 성능 장비 개발
A-3-1-15	케이블 거동 모니터링
정의 (Definition)	케이블 교량의 주요 부재에 해당하는 케이블의 상태를 파악하기 위한 모니터링 기술로서 장력, 처짐 형상 등을 계측하고 이를 통해 케이블의 건전성을 파악하는 기술
성능목표 (Performance Target)	경제적인 케이블 거동 모니터링 기술 개발(영상 기반, 계측 기능이 부가된 케이블 기반 등)
주요내용 (Detailed Contents)	• 디지털 영상장비를 이용한 진동 모니터링 및 장력 계측 장비 • 첨단 IT 기술과 융합을 통한 모니터링 기술 개발

A-3-1-16	케이블교량 GNSS 기반 모니터링시스템
정의 (Definition)	케이블 교량의 주탑 시공 및 유지관리 시에 GNSS 기반 위치정보를 활용하여 주탑의 연직 시공 및 변형 상태를 모니터링하는 기술
성능목표 (Performance Target)	시스템 최적화를 통한 모니터링 비용 10% 절감
주요내용 (Detailed Contents)	• GNSS 데이터 처리 및 분석(20Hz, 변위 등) 기술 개발 • GNSS 기반 모니터링 시스템의 해외 상용화
A-3-1-17	**케이블교량 통합유지관리시스템**
정의 (Definition)	케이블 교량과 같이 장대교량의 사고는 큰 경제적, 사회적 비용을 야기하므로 이러한 사고를 미연에 방지할 수 있는 통합유지관리시스템이 필요하며, 이를 경제적으로 구성할 수 있는 최적의 계측 시스템 구축 및 상태 평가 기술 개발이 필요
성능목표 (Performance Target)	선제적 대응이 가능한 통합유지관리시스템 개발 및 통합유지관리비용 20% 절감
주요내용 (Detailed Contents)	• 케이블교량의 유지관리 매뉴얼 고도화 • 케이블교량 통합운영시스템 고도화(유지관리 통합 매뉴얼, 3차원 모델 기반 점검 시스템 등)

(2) 장경간아치교(A-3-2)

A-3-2-1	장경간 아치교 설계기술
정의 (Definition)	대블럭 제작/수상운송을 위한 세부 요소 기술 및 회전/압출공법에 의한 일괄 급속시공 기술
성능목표 (Performance Target)	기존 기술 대비 5~10% 경제성 향상된 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 대블럭 제작 및 운송 기술 개발 • 회전 및 압출공법에 의한 일괄 급속시공 기술 개발
A-3-2-2	**장견간 강아치교 가설기술**
정의 (Definition)	라이즈비(교량길이와 아치 높이의 비)에 따른 형식별 경제성 확보 기술 및 한계 라이즈비 극복을 위한 아치교 설계 및 장경간 아치교의 상하부 연결구조 형식 개발 기술
성능목표 (Performance Target)	기존 기술 대비 5~10% 경제성 향상된 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 장경간 아치교 설계라이즈비(교량길이와 아치 높이의 비)에 따른 형식별 경제성 확보 기술 개발 • 한계 라이즈비 극복을 위한 구조적 개념 모델 개발 • 장경간 아치교의 상하부 연결구조 형식 개발
A-3-2-3	**장경간 콘크리트 아치교 가설기술**
정의 (Definition)	대블럭 제작/수상운송을 위한 세부 요소 기술 및 회전/압출공법에 의한 일괄 급속시공 기술
성능목표 (Performance Target)	기존 기술 대비 5~10% 경제성 향상된 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 경사 단면 콘크리트 타설을 위한 최적 콘크리트 배합 기술 개발 • 케이블 공법에 의한 아치 리브의 가설기술 개발 • 프리캐스트 콘크리트 리브의 제작 및 가설기술 개발

(3) 부유식교량(A-3-3)

A-3-3-1	부유식 교량모듈의 제작 및 가설기술
정의 (Definition)	부유식 교량이란 수상 또는 해상에서 교량 자체의 부력으로 설계하중을 지지하는 교량으로서 차량이동, 수위 및 유속 변화, 지진 등의 영향에 대해 안전성과 이동성을 제공함. 육상에서 사전 제작되어 이동 가설되는 공법이 주를 이루게 되므로 가설 공법 및 유지관리 단계를 고려한 최적의 모듈 설계·제작 기술 개발이 요구됨
성능목표 (Performance Target)	기존의 콘크리트 또는 강재 부잔교 기술 대비 5~10% 경제성 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 내구성 확보 중차량 통행 가능한 부유식 교량용 모듈 제작 및 가설 기술 개발 • 신재료 적용 신형식 모듈 개발 • 폭 10m급 이상, 사용성 확보를 위하여 강결 또는 반강결식 연결방식의 모듈 제작과 연속화 기술
A-3-3-2	**부유식 교량 앵커링 기술**
정의 (Definition)	부유식 교량이 공용 중 유실되지 않도록 지반, 지형구조, 인공 구조물 등을 이용하여 고정시키는 기술로서 모듈 간 연결부에서 허용되는 유연성을 고려하여 적절한 강성을 갖도록 제어할 수 있는 다양한 형태의 앵커링 기술 개발이 요구됨
성능목표 (Performance Target)	기존의 콘크리트 또는 강재 부잔교 기술 대비 5~10% 경제성 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 대형 부유식 교량의 앵커링을 위한 파일식 앵커링 기술 개발 • 텐션레그식 앵커링 기술 개발

(4) 해저터널(B-2-1)/침매터널(B-2-2)

B-2-1-1	TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상기술
정의 (Definition)	디스크커터는 일정 마모가 발생한 후에 주기적으로 교체해야함. 작업원이 수백kg의 디스크커터를 좁은 막장면에서 교체하는 것은 매우 어렵고 힘든 작업이므로 기계적인 방법으로 쉬운 교체가 이루어지도록 하는 것이 필요함. 또한 배토성능 향상은 TBM굴진속도를 향상시킬 수 있음.
성능목표 (Performance Target)	디스크커터 교체 속도 20% 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 인력교체작업보다 효과적이고 빠르게 교체가 가능한 교체장치 개발 • 버력의 배토성능 향상 기술 개발
B-2-1-2	**인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어기술**
정의 (Definition)	해상에 설치되는 인공섬은 설치를 위한 시공비가 많이 소모되는 구조물이므로 최소화하는 것이 필요하며, 이를 위해 긴 구간에서 해저터널의 환기 및 공기압을 제어할 수 있는 기술이 필요함
성능목표 (Performance Target)	30km급 환기 및 공기압 제어
주요내용 (Detailed Contents)	• 고속주행으로 인한 공기저항 최소화, 이명감 등 승객들의 신체에 미치는 영향 최소화를 위한 공기유동 원활화 기술 개발 • 터널의 운영상태에 따라 공기저항을 능동적으로 조절하는 공기유동제어 시스템기술 개발 • 구조물 뿐만 아니라 인체에 대한 영향 고려 기술 개발
B-2-1-3	**고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수기술**
정의 (Definition)	해저터널에서는 해수의 유입가능성이 무제한이고 수압이 매우 높기 때문에 해수유입에 대한 대책이 매우 중요함. 특히 이음부가 많은 세그먼트라이닝은 고수압조건에서 방수의 취약부가 될 수 있음.
성능목표 (Performance Target)	10bar 조건에서 이음부 방수를 위한 누수차단 및 수압 경감(30%)
주요내용 (Detailed Contents)	• 고수압 조건에서 지수재 및 개스켓의 수압 경감 기술 개발 • 고수압 조건의 세그먼트 이음부에 누수차단기술 개발

B-2-1-4	해저터널 시공을 위한 버럭처리 기술
정의 (Definition)	해저터널은 육상터널과 같이 일정거리마다 수직구를 시공하기 어렵기 때문에 긴 구간에서 굴착 및 지보 작업이 이루어지므로 굴착에 의해 발생된 버력을 처리하기 위한 기술이 필요함.
성능목표 (Performance Target)	버력 운반비 및 운반시간 20% 단축
주요내용 (Detailed Contents)	• 버력이동속도를 높인 효과적인 버력처리기술 개발 • 발생 버력의 최소화 기술 개발
B-2-1-5	**BIM 기반 설계자동화 시스템과 시공 및 리스크 관리 모듈**
정의 (Definition)	건설계획부터 설계, 시공 등 일련의 과정을 3차원으로 모델링하는 기술인 BIM을 활용하여 해저터널 설계를 자동화하는 시스템을 구축하고 이 시스템에 시공 및 리스크관리 모듈을 포함시키는 연구가 필요함.
성능목표 (Performance Target)	해저터널 건설 전 주기에 적용할 수 있는 BIM기반 설계/시공/리스크 관리 모듈 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• BIM 기반의 다양한 기법들을 활용해 사전조사, 리스크분석, 해석·설계의 통합 정보관리 시스템 구축 기술 개발 • 해저터널의 설계 및 시공 자동화 기술 개발 • 설계 자동화 수준의 고도화 및 데이터베이스 구축 항목 및 방법 개발
B-2-1-6	**내염·내부식성 재료 개발기술**
정의 (Definition)	해저터널은 기본적으로 해수조건에서 시공되므로 지질조사장비, 시공장비, 지보재 등에서 내염해성과 내부식성을 가진 재료를 사용하여야 내구성을 가질 수 있음.
성능목표 (Performance Target)	내염해성, 내부식성 기존 대비 30% 향상 재료 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 콘크리트에 한정하지 않고 다양한 재료 개발 • 화학분야 연계 재료 개발

B-2-1-7	해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술
정의 (Definition)	해저터널은 일정거리마다 수직구를 시공하여 작업이 이루어지는 육상터널과 달리 긴 구간에서 굴착 및 지보 작업이 이루어지므로 별도의 공정관리 체계가 필요함. 이에 따른 리스크 평가기술도 같이 필요함.
성능목표 (Performance Target)	건설사업 전 주기 공정관리, 리스크 평가, 비용 관리시스템 구축
주요내용 (Detailed Contents)	• 해저터널의 설계단계에서부터의 리스크를 평가하고 비용을 검토. 시공 단계에서의 공정관리 및 시공중 리스크 평가, 비용관리 기술 개발 • 공정관리/리스크/비용 관리시스템 개발
B-2-1-8	100MW급 화재대응 시스템 및 내화시스템
정의 (Definition)	화물운송을 기반(100MW)으로 하는 긴 구간의 해저터널에서 발생할 수 있는 대형화재에 대한 화재대응시스템과 내화시스템에 대한 연구
성능목표 (Performance Target)	100MW급 화재 대응 시스템
주요내용 (Detailed Contents)	• 화재 시 배연설비 등을 구축하는데 필요한 공간을 확보 기술 개발 • 고온에서도 안전성을 확보할 수 있도록 구조물을 보호할 수 있는 내화시스템 개발
B-2-1-9	TBM시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술
정의 (Definition)	해저터널은 해수면에 따라 고수압 조건이 자주 발생하게 됨(10m=1bar). 쉴드TBM의 굴진면에 작용하는 고수압을 고려하면서 지반을 굴진(커터헤드 회전과 전진)하기 위해서는 굴진면을 안정화하는 기술이 필요함.
성능목표 (Performance Target)	10bar 조건에서 TBM 굴진 안정화 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 적정 막장압과 뒷채움압의 관리 기준 수립 • 지반거동 예측 시스템 개발 • TBM 장비연계 막장압 관리시스템 개발

B-2-1-10	해저터널 지반조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법
정의 (Definition)	해저는 퇴적토사층이 예상되며 토사층의 두께 및 특성이 매우 다양함. 또한 시추 및 탄성파탐사 등 지반조사 결과에 불확실성이 많으므로 해저지반조사에 적합한 지반조사 및 평가기술을 선정하고 이를 이용한 지질정보 해석기법을 개발하는 것이 필요함.
성능목표 (Performance Target)	지반 조사 및 평가 기술 정확도 기존대비 20% 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 고정된 위치 확보할 수 없는 고수압 상황에서 지반조사기법 개발 • 해저지반에서 수행되는 지반조사 결과를 바탕으로 터널 설계 과정에서 필요로 하는 지반 정수를 합리적으로 산정하는 기법 개발
B-2-1-11	**IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술**
정의 (Definition)	IM과 연계하여 IT기반으로 터널의 정보를 관리하고 실시간으로 해저터널 구조물의 안정성을 유지관리하기 위한 기술이 필요.
성능목표 (Performance Target)	해저터널 건설 전 주기에 적용할 수 있는 IT기반 설계/시공/리스크 관리 모듈 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• IT 기반의 다양한 기법들을 활용해 사전조사, 리스크분석, 해석·설계의 통합 정보관리 시스템 구축 기술 개발 • 해저터널의 설계 및 시공 자동화 기술 개발 • 설계 자동화 수준의 고도화 및 데이터베이스 구축 항목 및 방법 개발
B-2-1-12	**해저터널 유입수 제어 및 관리기술**
정의 (Definition)	대심도 해저터널의 경우 고압의 해수유입을 차단할 수 있는 차수 그라우팅, 숏크리트 공법과 돌발용수 및 이상 누수 발생에 따른 차폐설비 시스템의 개발이 필요함
성능목표 (Performance Target)	초장대터널에 적용 가능한 유입수의 배수 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 콘크리트의 열화, 부식 및 염해 등의 영향 대응 유지관리 기술 개발 • 터널 내 다량의 유입해수에 대한 배수 시스템 기술 개발

B-2-1-13	해저지반 차수 및 지반보강
정의 (Definition)	해외 사례를 보면 해저터널시공 시 전방 파쇄대를 통과할 경우 해수유입사고가 가장 빈번하게 발생하고 있음. 파쇄대 통과 뿐만 아니라 다양한 조건에서의 해수유입을 막기 위해 해저지반을 차수하고 지반보강하기 위한 공법 개발 필요.
성능목표 (Performance Target)	10bar 조건에서의 동결공법 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 고수압 조건에서의 차수 및 보강기술 개발 • 고수압 조건에 대응할 수 있는 동결공법 개발
B-2-1-14	**굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리기술**
정의 (Definition)	해저는 고수압과 해수에 의한 특수한 환경조건으로 지반조사를 수행하기 어려운 조건임. 굴착전방 지반에 대한 불확실성을 해소하기 위해 굴착을 진행하면서 전방 예측을 수행할 수 있는 기술개발이 필요함. 더불어 설계 및 시공단계에서의 리스크를 관리할 수 있는 기술 개발 필요.
성능목표 (Performance Target)	굴착 전 전방예측도(30 m 전방 예측 시) 정확도 및 속도 기존대비 20% 향상
주요내용 (Detailed Contents)	• 굴착공법별 적용가능한 굴착면 전방예측기술 개발 • 상시예측기법과 수시예측기법의 조합 기술 개발 • 상시예측 시 디스크커터를 이용한 기존 연구결과의 연계기술 개발
B-2-1-15	**해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지기술**
정의 (Definition)	해저터널에서 화재가 발생할 경우에 대한 방재기술로써 본선터널에서 피난연락갱으로 대피하기 위해 필요한 화재연기 확산 방지기술 개발
성능목표 (Performance Target)	해저터널 화재시 연기 차단 및 인명피해 제로화
주요내용 (Detailed Contents)	• 반밀폐형 (초)장대터널의 구조에 적합한 최적의 제연시스템 개발 • 피난 안전성 평가 기술 개발 • 연기유동 제어기술 개발

B-2-1-16	TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리시스템
정의 (Definition)	해수에 의해 영향을 받는 터널 막장면은 일반적으로 쉴드TBM이 적용되며, 이때 보이지 않는 막장면에 대한 TBM장비의 기계데이터(상시)와 필요 시 이루어지는 전방예측에 의한 데이터를 기반으로 터널작업에 대한 리스크를 관리하는 시스템을 개발
성능목표 (Performance Target)	데이터 기반 리스크 관리 시스템
주요내용 (Detailed Contents)	• 쉴드TBM 공사시 리스크 최소화 기술 개발 • TBM 운용 및 굴진 중 나타나는 기계데이터 분석 기술 개발 • 데이터 기반 굴착면 전방 예측 기술 개발
B-2-2-1	함체단면설계기술
정의 (Definition)	침매터널에는 해저터널과 마찬가지로 수압을 받게 되며, 더불어 함체 상부에 설치되는 중량물과 선박의 닻에 의한 충격하중 등이 작용함. 이에 대한 단면설계 기술이 필요함
성능목표 (Performance Target)	부력 및 방수성능(6 bar) 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 침매함의 수상 이동 및 침설 기술 개발 • 구조적 안정성 확보된 부력장치 기술 개발 • 침매터널의 함체 단면 설계 기술 개발
B-2-2-2	함체연결부 설계기술
정의 (Definition)	침매터널은 수중에서 함체를 연결하기 때문에 연결부에 대한 설계기술이 중요하며, 연결된 이후에도 수압 등을 고려한 이중 방수시스템 등이 적용되어야 함
성능목표 (Performance Target)	부력 및 방수성능(6 bar) 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 침매함의 수상 이동 및 침설 기술 개발 • 구조적 안정성 확보된 부력장치 기술 개발 • 침매터널의 함체 연결부 설계 기술 개발

B-2-2-3	함체제작 시공기술
정의 (Definition)	가덕해저터널의 경우 침매터널 함체 1개의 길이는 180 m이고 폭은 26 m로 60층 건물크기임. 따라서 함체를 제작하는 기술 역시 단면설계 및 연결부 설계기술과 연계하여 개발되어야 함
성능목표 (Performance Target)	함체 연결부의 정밀시공 및 방수성능(6 bar) 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 함체의 부력장치 및 연결부의 정밀시공 및 방수성능 확보 기술 개발 • 대형 침매함체의 기초부 안착 및 함체간의 연결시 구조적 안정성 확보 기술 개발
B-2-2-4	**함체 운송 및 수중설치기술**
정의 (Definition)	침매터널은 육상에서 제작된 함체를 해상으로 운송하여 수중에서 설치하여야 함. 가덕해저터널의 경우 함체 1개의 중량이 4만5천톤이므로 수중에서 침설시켜서 연결하는 작업(설치기술)이 매우 고난도의 기술임
성능목표 (Performance Target)	침매함의 수상 이동 및 침설 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 침매함의 수상 이동 기술 개발 • 중량이 큰 함체의 침설 조절 기술 개발
B-2-2-5	**함체 기초부 조성기술**
정의 (Definition)	침매터널은 육상에서 제작된 함체를 해상으로 이동시키고 이를 침설시킨 후 연결하여 터널을 완성하는 기술임. 육상에서 이동된 함체가 바닥이 고르지 않은 하·해저면에 설치되기 위해서는 편평하고 침하가 발생되지 않는 바닥조성(기초부)이 필요함
성능목표 (Performance Target)	함체의 기초부 안착 시 구조적 안정성 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 함체의 구조적 안정성을 위해 편평도와 지지력 등 확보 기술 개발 • 침매함 침설 후 선박에 의해 발생할 수 있는 손상 방지 기술 개발 • 부력방지를 위한 상부덮개공에 대한 기술 개발

(5) 해저터널(B-4-1)

B-4-1-1	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리기술
정의 (Definition)	고함수비 굴착버럭 친환경 급속처리 기술의 자동화
성능목표 (Performance Target)	갱내 버력 자동이동 시스템(함수비 50%이하 저감) 및 갱외 자동 반출 시스템(4시간 이내 급속 고화) 연계 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 도심지 구간의 공간 확보 및 민원 문제 대응 급속 처리 기술 개발 • 굴착 버력의 갱내외 급속 자동 처리 기술 개발
B-4-1-2	**내화성 중간슬래브 구축기술**
정의 (Definition)	차량 진동 등 내진성능과 내화성능이 포함된 복층터널 중간 슬래브의 설계 및 슬래부 제작 및 가설, 조립기술
성능목표 (Performance Target)	재난 시 대피를 위한 RABT 조건에서 3시간 이상 내화 기술 확보(현재 세계 최고 수준)
주요내용 (Detailed Contents)	• 차량통행, 재난 상황 대비 등 기술안정성 기술 개발 • 차량동행이 가능한 슬래브 구축 기술 개발 • RABT 조건에 적합한 내화 기술 개발
B-4-1-3	**네트워크형 복층터널 최적 단면 설계기술**
정의 (Definition)	지하공간 활용 최대화를 위한 분기부를 가지는 네트워크형 복층터널의 최적단면 설계기술
성능목표 (Performance Target)	도로+수로, 도로+철도 등 다목적 형태의 복층터널 최적 단면 설계 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 다목적 복층터널의 공간활용 최적화 단면 설계 기술 개발

B-4-1-4	네트워크형 터널 입체표지판 및 조명기술
정의 (Definition)	협소공간에서 활용가능한 입체표지판 및 조명시스템 개발 기술
성능목표 (Performance Target)	직선부 100m 이상에서 육안으로 확인 가능한 입체표지판
주요내용 (Detailed Contents)	• 층고가 낮은 복층터널용 입체표지판 및 유출입부 조명 기술 개발 • 운전자 친화 기술 적용성 검증
B-4-1-5	**네트워크형 환기 설계 및 해걱기술**
정의 (Definition)	분기부를 가지는 네트워크 복층터널의 환기해석 및 설계기술
성능목표 (Performance Target)	예측능력 실 현상대비 95% 이상 정확도 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 유출입부를 갖는 네트워크형 터널에서의 환기 설계 및 해석 기술 개발 • 분기구를 갖는 터널에 대한 공기 흐름 분석 기술 개발
B-4-1-6	**다목적 대심도터널 설계기술**
정의 (Definition)	대단면 대심도 터널의 최적 활용을 위한 다목적 활용을 위한 설계기술
성능목표 (Performance Target)	도로+철도의 다목적 활용을 위한 설계 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 도로와 철도를 동시에 활용하여 공간 활용성을 최대로 하는 다목적 터널 설계 기술 개발 • 철도의 고속 운행에 의한 진동 저감 기술 개발

B-4-1-7	다목적 터널 통합운영기술
정의 (Definition)	도로와 수로 겸용의 다목적 복층터널 활용을 위한 기능전환 기술을 포함한 운영기술과 터널 내부 형상 모니터링 기술을 활용한 생애 전주기 통합관리 기술
성능목표 (Performance Target)	오차율 5% 이내의 내부 모니터링 및 실시간 자동 위험 알림 프로그램 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 도로와 수로를 동시에 활용하는 다목적 터널의 운영 및 유지관리를 위한 모니터링 기술 개발 • 도로 및 수로 기능별 관리기준 및 유지관리 통합가이드라인 개발 • 오차율 5% 이내의 내부형상 모니터링 기술 및 BIM+FEM 복합 프로그램을 통한 생애전주기(설계, 시공, 운영) 통합관리 기술 개발
B-4-1-8	대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션
정의 (Definition)	가상 사이트내 복층터널 설계시 시뮬레이션 기술을 활용하는 기술
성능목표 (Performance Target)	VR과 AR 기술을 적용한 가상 시뮬레이션 기술
주요내용 (Detailed Contents)	• 신뢰도 기반 설계 및 시뮬레이션 기술 개발 • 가상 설계를 통한 신뢰도 기반의 설계 및 시뮬레이션 검증 기술 개발
B-4-1-9	대심도 터널 내 화재 자동 소화기술
정의 (Definition)	물분무 설비 대비 경제성 초기 화재진압효율이 향상가능한 자동화 소화설비 개발
성능목표 (Performance Target)	분사거리 30m, 조준정확도 95%이상 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 물분무 설비 대비 경제성, 초기 화재진압효율이 향상된 자동화 소화 기술 개발 • 분사거리 30m, 조준정확도 95%이상 확보되는 자동화 소화 기술 개발

B-4-1-10	대심도 터널 내화성능 강화기술
정의 (Definition)	타일 대체용 불연도로 제작 기술 등을 포함한 내화성능 강화 기술
성능목표 (Performance Target)	RABT조건 3시간 내화 기술 확보(현 세계 최고 수준)
주요내용 (Detailed Contents)	• 3시간 이상 내화성능을 보유하는 슬래브 보호 기술 및 보수보강 기술 개발 • 손상 시 손상도 평가, 보수보강 기술 개발
B-4-1-11	대심도 터널 재난 스마트 동적 대피안내 시스템 기술
정의 (Definition)	대심도 복층터널의 화재 등 재난 발생시 양방향 통신이 가능하고 피난 네비게이션 기능이 가능한 피난 경보 스마트폰 어플리케이션 개발
성능목표 (Performance Target)	시각장애자 및 시야 미확보 상태에서 대피 가능한 안내 시스템(위치 오차 5m이내)
주요내용 (Detailed Contents)	• 지하공간의 피난 등 특수 목적의 위치정보 전달 기술 개발 • 지하공간 피난 등 특수 목적의 위치정보 전달을 위한 시스템 개발
B-4-1-12	도심형 수직구 구축기술
정의 (Definition)	도심지 수직구 시공 시 기존 이용자의 피해 최소화를 위한 공기단축이 가능한 히팅 슬립폼 기술
성능목표 (Performance Target)	Slip Form 급속(5m/day) 가설 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 도심지 공사 시 공기를 단축할 수 있는 수직구 급속 시공 기술 개발 • 국내 여건(겨울)을 고려한 히팅기능을 갖춘 Slip Form 급속(5m/day) 가설 기술 개발

B-4-1-13	분기부 시공 및 보강기술
정의 (Definition)	복층터널 분기부 굴착시 본선터널 영향 최소화를 위한 저진동/저소음 굴착장비 개발 및 초근접 터널(분기부) 시공시 붕괴 방지를 위한 보강기술
성능목표 (Performance Target)	불량 암질조건에서 초근접(0.1D 이하) 시 보강기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 분기부 필라구간 및 근접 병렬터널의 시공/보강 정밀도 향상 기술 개발 • 불량 암질조건에서 초근접(0.1D 이하) 시 보강기술 개발
B-4-1-14	**영상유고 감지기술**
정의 (Definition)	대심도 복층터널 영상 돌발상황의 신속 감지 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	감지율 98%이상, 감지시간 5초 이내의 감지시스템 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 기존 터널 내 CCTV 기술 등을 활용하여 자동 감지 및 분석 기능을 추가한 영상유고 감지 기술 개발 • 영상 분석 시 서버의 부하 문제 등을 고려한 알고리즘 개발 • 재난 상황 파악 후 신속 대응 연계 기술 개발
B-4-1-15	**오염물질 배출량 산정 및 환기기술**
정의 (Definition)	오염물질 배출량 산정기법 및 DB 구축을 통한 대배기구 포트 최적화 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	오염물질 지상 배출 '0'의 최적화 프로그램 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 통행차량 기준에 적합한 배출량 산정 및 외부 배출 최소화 기술 개발 • 국내에 적합한 오염물질 배출량 산정 기법 기준 개발 • 급배기구 포트 최적화 프로그램 개발

B-4-1-16	천측개착터널 보강기술
정의 (Definition)	터널 취약특수부(유출입부)의 보강 지보재 및 지보량 향상, 공기 단축 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	구조물 1m이내 굴착 공사에 대한 안정성 확보 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 터널 유출입부(천층)에 대한 보강기술 개발 • 국내 지반 조건과 도심구간(1m이내 인접 구조물 조건 등) 조건에 대한 안정성 확보가 가능한 보강 기술 개발
B-4-1-17	화재연기 확산지연 및 배출기술
정의 (Definition)	종방향 기류제어를 통한 화재연기 확산 저감 및 지연 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	지하도로 연결부(IC, JC) 구간의 화재연기 제어 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 분기부, 유출입부를 갖는 네트워크형 터널의 화재연기 확산 지연 및 배출 지연 기술 개발 • 화재 시 인접 지하도로로의 화재연기 확산 제어 • 복층터널에 설치 가능한 종방향 기류제어를 통한 화재연기 확산 및 배출 지연 기술 개발

(6) 지하대공간(B-5-1)

B-5-1-1	지하대공간 이동시스템
정의 (Definition)	지상과 지하 30 m 이하의 도심지 대심도를 연결하는 스마트 수직.수평 이동 및 운송 시스템, 교통 물류시설(정류장, 환승센터 등)의 연계 시스템 등
성능목표 (Performance Target)	3축(수직· 수평) 이동 엘리베이터 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 스마트 이동시스템 개발 • 기존 교통 시설(정류장, 환승센터)와의 연계를 고려한 최적 설계 기술 개발 • 대용량 이동시스템 개발 • 수직.수평 운송 연계 시스템 개발 • 초고속 이동 시스템 개발
B-5-1-2	**지하대공간 구축 및 보강기술**
정의 (Definition)	확장이 가능한 대규모 장스팬 지하공간을 구축하기 위한 지반 보강 기술, 굴착기술, 지보기술 등
성능목표 (Performance Target)	굴착 폭 10 m 이상 완공 후 확장 가능한 지하대공간 설계/시공 기술
주요내용 (Detailed Contents)	• 설계 엔지니어링 기술 개발 • 첨단 시공재료 및 공법 개발 • IoT 기반의 조사.계측.운영.모니터링 기술 개발
B-5-1-3	**지하대공간 환기·방재 및 유지관리기술**
정의 (Definition)	대심도 지하대공간의 정량적 화재 위험도 평가 기술, 지하대공간 특화형 환기, 방재 및 유지관리 기술
성능목표 (Performance Target)	대심도(심도 40 m 이하)에 위치한 지하대공간에서 쾌적한 환경 조성, 재난 방지 및 이용자의 안전한 피난을 위한 화재해석 및 피난, 환기 시뮬레이션 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 맞춤형 방재 및 유지관리 시스템 기술 개발 • 운용 중에 지하대공간 이용자의 건강과 안전을 확보할 수 있는 환기 기술 개발

B-5-1-4	고준위 핵폐기물 지하처분장 건설기술
정의 (Definition)	선진국에서도 어려움을 겪고 있는 고준위 핵폐기물을 심부 지하에 영구 처분하기 위한 지하처분장 건설기술 개발로 10만년 이상 환경과 격리시킬 수 있는 지하 차폐기술, 지하처분장 내진설계기술, 지하수 침투 방지 기술 등 * 경주 방폐장은 중.저준위 폐기물들만을 처분
성능목표 (Performance Target)	지하 심도 500 m 이상의 초대심도에 위치하는 고준위 핵폐기물 처분장의 건설 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 고준위 핵폐기물을 영구적으로 대심도 지하에 처분하기 위한 기술 개발 및 파일럿 테스트 • 생태계와 격리된 조건에서 고준위 방사성 폐기물을 영구적으로 처분하는 기술
B-5-1-5	이산화탄소 지중저장기술
정의 (Definition)	이산화탄소를 포집.처분하여 저장하기 위한 대상으로는 해저, 해양, 석유.가스층 등을 들 수 있으나, 우리나라의 위치적.지형적 여건 상 제한적이므로 지하공간을 활용하여 이산화탄소를 대규모로 땅속에 저장하기 위한 기술
성능목표 (Performance Target)	해저지반, 유전 등을 제외한 육상구간의 지하에 이산화탄소를 대규모로 포집, 처분 및 저장할 수 있는 시스템 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 발전소, 제철소, 석유화학공장 등과 같은 대규모 온실가스 배출원에서 포집한 이산화탄소를 압축 및 수성하여 육상 또는 해상의 지질구조에 저장하는 기술 개발 • 부적합한 지질 조건(예: 폐유전 및 폐가스전, 폐석탄층, 대염수층 등) 대응 기술 개발
B-5-1-6	지하 오폐수 처리장 건설기술
정의 (Definition)	대표적 사회 혐오시설인 오폐수 처리장의 지하화 요구 증대 추세를 고려한 내부 환기 및 탈취기술, 처리장 시설확장 기술, 경제적 수처리 기술 등에 관한 기술, 지하 오폐수 처리장 유지관리 기술
성능목표 (Performance Target)	굴착체적 100,000 ㎥ 이상인 대규모 도심지 지하 오폐수 처리장 건설기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 기존 지하공간 기술 활용 오폐수 처리장을 지하화하기 위한 건설기술 개발 • 오폐수 처리시스템 운영 기술 개발

B-5-1-7	압축공기 에너지 지하저장기술
정의 (Definition)	가스터빈 기술을 개선한 것으로서 잉여 전력을 이용해서 공기를 압축하여 지하 암반 공동에 저장하고, 저장된 압축공기를 필요할 때 LNG 등의 연료를 사용하여 가열한 후 팽창시켜 터빈을 구동하여 전력을 발생시키는 전력 저장과 발전이 결합된 하이브리드 기술
성능목표 (Performance Target)	40~50 bar의 압축공기를 지하 암반에 저장 및 활용할 수 있는 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 잉여 전력을 이용해서 공기를 압축하여 지하 암반 공동에 저장하고 저장된 압축공기를 LNG 등의 연료를 사용하여 가열 후 팽창시켜 터빈을 구동하고 전력을 발생시키는 기술 개발 • 경질 암반(화강암, 편마암 등) 조건에 적합한 기술(예: 암반 공동형 압축공기 에너지 저장 발전 등) 개발
B-5-1-8	열에너지 지하저장기술
정의 (Definition)	암반의 낮은 열전도 특성을 활용하여 지하공간에 열에너지를 저장하는 기술로서, 대규모 열에너지 지하저장 기술
성능목표 (Performance Target)	100℃이상의 열에너지를 지하 암반에 저장 및 활용할 수 있는 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 암반의 낮은 열전도 특성을 활용하여 지하공간에 열에너지(태양열 에너지, 심야 잉여 전력, 산업폐열 등)를 저장하는 기술 개발 • 많은 양의 열에너지를 지하에 저장하여 필요할 때 활용할 수 있는 기술 개발 • 시추공 열에너지 저장, 대수층 열에너지 저장, 암반 공동형 열에너지 저장 등 다양한 저장방법에 대한 기술개발 및 사업화 기술 모델 개발
B-5-1-9	원유 및 가스 지하저장기술
정의 (Definition)	암반의 불침투성 특성(저투수성 암반)을 활용하여 원유와 가스를 지하공간에 저장하는 위한 지반탐사, 저장공간 구축 기술, 저장공간 위험평가 및 안정화, 지하수 제어기술, 지하저장시설 통합운영 기술
성능목표 (Performance Target)	암반의 특성별 원유 및 가스 지하저장시설 표준모델 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 원유 및 가스 지하 저장공간 구축기술 • 원유 및 가스 특성을 고려한 지하 저장공간 위험평가 및 안정화 기술 • 원유 및 가스저장을 위한 지하공간 지하수 제어 기술 • 원유 및 가스 지하저장시설 통합운영기술

B-5-1-10	에너지 플랜트 지하화기술
정의 (Definition)	혐오시설인 각종 발전용 에너지 플랜트 지하화를 위한 지하 복합플랜트 설계기술, 공급처리시설 최적화 기술, 지하공간 확니 및 악지 방지 기술, 배출오염공기 지하 연소 기술 * 서울 당인리 화력발전소 지하화 사업
성능목표 (Performance Target)	지하 복합에너지 플랜트 최적화 설계기술 개발 및 Tier 4 수준의 지하 데이터센터 구축 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 열병합발전시설, 폐기물처리시설, 상.하수도시설 등 개별적 도시 기반시설들을 지하에 집중화하고 에너지 및 자원을 상호 연계하는 지하 복합플랜트 기술 개발 • 국가적으로 상당한 전력사용량을 차지하고 있는 데이터센터(data center)를 지하화하기 위한 기술 개발
B-5-1-11	원자력 발전소 지하화 기술
정의 (Definition)	방사능 차폐 및 방사성 물질 격리에 유리한 원자력 발전소의 지하화를 위한 지하공간 최적단면 설계기술, 발전소 배치 및 최적화 설계기술, 방사능 차폐기술, 내진설계기술, 모듈화 시공 기술 등 개발
성능목표 (Performance Target)	지진 및 테러, 파괴무기로부터 안전한 지하 원자력 발전소 건설
주요내용 (Detailed Contents)	지하 원자력발전소 적정부지 선정기법 개발 지하 원자력발전소 최적단면 배치 및 설계기술 지하 원자력발전소 차폐 및 지하수 제어 기술 지하 원자력발전소 내진설계 기술 지하 원자력발전소 모듈화 시공기술

(7) 해상기초(C-3-2)

C-3-2-1	대구경 기상말뚝 해상시공기술
정의 (Definition)	▪ 직경 1000mm 이상의 대구경 PHC 파일이나 강관파일 등을 대형 항타기 또는 바이브로 해머 등의 장비를 이용하여 해상 지반에 신속하게 설치하는 기술 ▪ 유속이 빠르고 수심이 깊은 지역에 대한 시공 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	직경 1000mm 이상 대구경 파일 급속 시공 기술 및 고유속 대수심 조건에서의 시공 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 유속이 빠르고 수심이 깊은 지역에 대하여 직경 1000mm 이상의 대구경 기성말뚝에 대한 신속한 설치 기술 개발
C-3-2-2	대구경 현장타설말뚝 해상시공기술
정의 (Definition)	▪ 해상 교량 기초로 주로 사용되고 있는 대구경 현장타설말뚝의 정밀한 시공기술 ▪ 설치 수심 증대 및 초대구경(직경 5000mm 이상) 현장타설말뚝 시공 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	직경 5000mm 이상 초대구경 현장타설말뚝 정밀 시공 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	설치 수심 증대 및 초대구경(직경 5000mm 이상) 현장타설말뚝 시공 기술 개발
C-3-2-3	해상기초 지지력 확인기술
정의 (Definition)	▪ 재하시험을 통해 해상에 설치된 기초의 지지력을 직접 확인하는 기술로서, 특히 해상 기초의 수평지지력을 경제적으로 확인할 수 있는 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	고효율 저비용 해상기초의 수평지지력 확인 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 수량과 크기를 주로 결정하는 수평지지력 확인 기술 개발 ▪ 수평지지력을 경제적으로 확인할 수 있는 기술 개발

C-3-2-4	버켓기초 설계·시공기술
정의 (Definition)	▪ 기존 항타방식 기초에 비해 대수심 조건에서 신속하고 경제적인 설치 및 해체가 가능한 버켓 기초의 설계 및 시공 기술 ▪ 대구경 버켓기초(국내 적용 최대 직경 약 5.0m)의 대수심 조건(국내 적용 최대 수심 40m 내외)에 대한 설계 및 시공 기술 확보 필요
성능목표 (Performance Target)	대구경 대수심 버켓기초의 설계/시공 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 대수심 또는 초저수심 조건(버켓기초 길이 이하 수심)에 대한 대구경 버켓기초의 설계 및 시공 기술 개발
C-3-2-5	해상 교량기초 가설공법
정의 (Definition)	▪ 해상 교량 기초 공사의 비용 상승의 주원인인 재래식 가설공법(가물막이 및 작업대)을 대체할 수 있는 신형식 가설공법 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	신형식 해상 교량 기초 가설 공법 개발
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 대구경 원형강관을 활용하여 가물막이 및 해상 작업대 역할을 동시에 할 수 있는 신형식 가설공법 개발
C-3-2-6	해상 구조물 수중 접합/분리기술
정의 (Definition)	▪ 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계로 인해 해상 구조물 설치 시 필수적으로 필요한 기술로서 기성 모듈들의 신속한 수중 접합 및 분리 기술
성능목표 (Performance Target)	신속한 수중 접합/분리가 가능한 해상 구조물 모듈화 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계로 인해 해상 구조물이 모듈화 기술 개발 ▪ 기성 모듈들의 신속한 수중 접합 및 분리 기술 개발

C-3-2-7	케이슨 선단 차수기술
정의 (Definition)	▪ 케이슨 내부의 안전한 육상화 조건 마련을 위하여 케이슨 선단부의 효율적인 차수 기술 개발이 필요하며, 유사시 긴급한 보수/보강 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	케이슨 선단부의 효율적인 차수 기술 및 긴급 보수/보강 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 케이슨 내부의 안전한 육상화 조건 마련 및 유사시 효율적인 차수 기술 개발 ▪ 신속한 보수/보강이 가능한 장비 및 재료 개발
C-3-2-8	케이슨 경량화 기술
정의 (Definition)	▪ 시공비(장비 운영비) 감소를 위한 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계를 극복할 수 있는 케이슨의 고내력, 경량화 기술
성능목표 (Performance Target)	케이슨 경량화를 통한 시공비 절감 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 시공비(장비 운영비) 감소를 위한 해상 장비(크레인, 바지선 등)의 용량 한계를 극복할 수 있는 케이슨의 고내력, 경량화 기술 개발
C-3-2-9	케이슨 급속 지중관입기술
정의 (Definition)	▪ 대구경 케이슨, 대수심 조건, 불균질한 지반 등 악조건에 대한 케이슨 급속 정착 기술 ▪ 석션압, 워터젯, 진동기 등을 이용한 효율적인 케이슨 설치 응용기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	시공속도 20% 증대
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 대수심, 불균질한 지반 등 악조건에 대한 대구경 케이슨의 급속 정착 기술 개발 ▪ 석션압, 워터젯, 진동기 등을 이용한 효율적인 케이슨 설치 응용기술 개발

C-3-2-10	해상 경사말뚝 경사도 확보기술
정의 (Definition)	▪ 경사말뚝 시공시 정밀한 경사도 확보 기술로서 경사말뚝 시공을 위한 경제적인 작업선단 구성 및 가이드 자켓, 가이드 프레임 등과 같은 가시설 설치 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	해상 경사말뚝의 정밀한 경사도 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 경사말뚝의 정밀한 경사도 확보 및 경제적인 시공을 위한 작업선단 구성 기술 개발 ▪ 신형식 가시설(가이드 자켓, 가이드 프레임 등) 설치 기술 개발
C-3-2-11	해상 강관말뚝 부식 저감/방지기술
정의 (Definition)	▪ 비말대 구간에 대한 해상 강관말뚝의 부식 저감 및 방지 기술로서, 해상 구조물의 장수명 확보를 위해 반드시 필요한 기술임
성능목표 (Performance Target)	해상 강관 말뚝의 장수명 확보 기술
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 해상 구조물의 장수명 확보를 위해 비말대 구간에 대한 경제적이고 효과적인 방식 기술 개발
C-3-2-12	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술
정의 (Definition)	▪ 해상(수상) 가물막이로 많이 사용되는 시트파일의 설계 및 시공 기술 ▪ 유수압 및 파압에 대응한 시트파일 구조성능 확보 기술 ▪ 내부 작업공간 최대 확보를 위한 보강재 최적 배치 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	구조성능이 확보된 SHEET PILE의 설계 및 시공 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 유수압 및 파압에 대응한 시트파일 구조성능 확보 기술 개발 ▪ 내부 작업공간 최대 확보를 위한 보강재 최적 배치 기술 개발

C-3-2-13	SPSP(Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술
정의 (Definition)	▪ 일명 벽강관말뚝 공법으로 시트파일의 구조적 취약성을 보완하여 개발된 기술로서 대수심 조건에서 벽강관말뚝들 사이에 그라우팅 등을 통한 차수성능 확보 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	차수성능이 확보된 SPSP의 그라우팅 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 대수심 조건에서 벽강관말뚝들 사이에 그라우팅 등을 통한 차수성능 확보 기술 개발
C-3-2-14	**해상기초의 내진보강 공법**
정의 (Definition)	▪ 지진과 같은 급격한 지반 변동에 대한 해상 기초의 안정성 확보 기술 ▪ 피복기술, 주입기술, 지반개량 등을 통한 기초의 내진성능 향상 기술 개발 필요
성능목표 (Performance Target)	해상기초의 내진성능 향상 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	▪ 지진과 같은 급격한 지반 변동에 대하여 해상기초의 안정성 확보 기술 개발 ▪ 피복기술, 주입기술, 지반개량 등을 통한 기초의 내진성능 향상 기술 개발

(8) 항만 및 해안구조물(D-2-1)

D-2-1-1	신형소파블록 개발
정의 (Definition)	방파제 등 항만구조물에 있어 파랑에 의한 경사면의 보호, 파력/에너지 감쇄, 반사파의 저감 등을 위하여 콘크리트 이형블록(소파블록)이 적용되고 있음. 특히 국내의 경우 테트라포드(TTP)를 주로 활용하고 있으나, 고파랑 구간에서는 고중량 및 블록간 결속력이 강한 블록이 요구됨. 이를 해결하기 이한 대체 소파블록의 개발을 의미함
성능목표 (Performance Target)	피해율 1% 이내, K_D 15 이상의 신형소파블록 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 고내구성 이형 소파블럭 개발 • 신형 소파블럭용 피해 분석 및 예측 평가모델 개발
D-2-1-2	**piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발**
정의 (Definition)	piled raft 기초란 여러 개의 파일과 지반으로 지지되는 바닥판 기초를 말하며, 파일이 큰 연직 하중을 받을 때 군말뚝 효과와 비선형 거동을 고려하여 침하를 계산하기 때문에 기존의 말뚝 기초보다 훨씬 적은 수의 말뚝 기초를 소요된다. 이러한 Piled raft 기초를 중력식인 케이슨에 적용하여 반중력식인 hybrid 케이슨 기초를 개발시에는 케이슨의 자중에 의한 중력식 기초의 저항과 piled raft 기초의 저항을 조합하여 설계하므로 기존 케이슨 기초보다 훨씬 작고 효율적인 항만 구조물(방파제, 안벽 등)의 개발이 가능
성능목표 (Performance Target)	비선형 거동을 고려한 저재료 케이슨 개발 기술 확보 Piled raft 기초 설계기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 파일과 케이슨의 상호작업 분석 및 에측모델 개발 • 파일 raft 케이슨 구조물 설계 및 시공기술 개발
D-2-1-3	**FRP 합성형 항만 구조물개발**
정의 (Definition)	FRP(Fiber Reinforced Polymer) 합성 부재는 FRP와 콘크리트를 합성하여 벽체나 보, 슬래브등을 제작할 수 있으며, 강재에 비해 2배 이상의 극한 강도를 갖는 FRP의 특성으로 기존 철근 콘크리트보다 훨씬 슬림한 항만 구조물(방파제, 안벽, 잔교, 소파블럭 등) 개발이 가능하다. 또한, 강재와 달리 FRP는 부식이 발생하지 않고, 강재에 비해 훨씬 가벼우므로 부식 방지 대책(cathodic protection)이 필요없고 소형 해상장비를 이용한 시공이 가능하여 기존 해상 강구조물에 비해 큰 폭의 공사비의 절감도 가능
성능목표 (Performance Target)	다양한 FRP 합성부재 개발 기술 확보 기존 콘크리트 부재보다 강도가 강하고, 공사비를 절감할 수 있는 FRP 적용 항만구조물 설계기법 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• FRP 합성형 방파제 구조물 설계 및 시공기술 개발 • FRP 합성형 안벽 설계 및 시공기술 개발 • FRP 합성형 소파블럭 설계 및 시공기술 개발 • FRP 합성형 잔교 설계 및 시공기술 개발

D-2-1-4	강재구조물 부식방지 기술
정의 (Definition)	해상에서 강구조물 시공시에는 비말대에서의 부식 속도가 0.2mm/yr로 설계 수명 50년을 고려하며, 강관 파일의 경우는 구조물의 내하력과는 무관하게 말뚝마다 두께를 10mm를 늘려야 하고 부식 방지대책도 필요하다. 강재 구조물의 부식 방지 대책으로 철근 콘크리트 구조물에서는 수지도장 철근이나 에폭시 수지 도장 철근의 사용, 강관 파일등에서는 희생양극법(cathodic protection)이나 외부전원 공급용 전기 방식법이 주로 시용되며, 스테인레스강 등의 내부식성 강을 사용
성능목표 (Performance Target)	신소재 및 신공법 등을 활용하여 염해로부터 부식속도 저감 및 수명연장 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 알루미늄, 아연 등의 합금을 활용한 희생양극 소재 개발 • 희생양극 금형설계 및 제작 • 희생양극 설계 및 개발
D-2-1-5	guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물
정의 (Definition)	부유식 구조물은 주로 강재나 철근콘크리트 부재인 부체와 계류로프 및 앵커로 구성되며, 파랑이나 조류 등의 해양 환경에 의해 부체의 요동과 이동이 발생하여 사용성이 저하되는 단점이 있다. Guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물은 Guide Pile과 부체를 연결하여 부체의 수평 이동은 구속하고 상하이동만 허용하는 방법으로 슬릿월이나 공기 유수실을 이용한 소파 부유체와 결합하여 부체의 요동과 이동을 저감
성능목표 (Performance Target)	guide-pile을 이용한 소파 부유체의 개발 및 부체 요동 및 이동 저감 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• guide-pile을 이용한 소파 부유식 대형구조물 설계기술 • guide-pile을 이용한 소파 부유식 대형구조물 시공기술
D-2-1-6	PC Housing을 이용한 상치 콘크리트 구조물
정의 (Definition)	PC Housing은 잔교나 돌핀 같은 해상 구조물 시공시 보나 슬래브의 철근 콘크리트 부재를 프리캐스트 콘크리트 거푸집을 설치하고, 현장 타설 콘크리트로 시공하는 방법이다. 거푸집의 설치 및 탈형이 필요없어 시공 단계를 줄일 수 있으므로 공기 단축 및 공사비의 절감이 가능한 공법
성능목표 (Performance Target)	PC Housing을 이용한 공기단축 및 공사비 절감 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• PC Housing을 활용한 상치콘크리트 설계 및 시공 기술 개발 • 상치콘크리트 구조물 제작을 위한 다용도 PC 커푸집 개발

D-2-1-7	안벽 중심기술
정의 (Definition)	선박이 안벽에 접안하기 위해서는 선박의 규모에 맞는 안벽 전면 수심이 확보되어야 함. 최근 취항 선박의 규모 증가로 인하여 과거 건설된 접안시설(안벽)의 경우 안벽 전면 수심이 얕아 대형선박이 입항할 수 없는 상황이 발생함. 이에 따라 기존 구조물은 그대로 활용하면서 안벽 전면수심을 깊게 만들 수 있는 공법을 의미함.
성능목표 (Performance Target)	기존 안벽의 안정성을 확보하면서 전면 수심을 확보할 수 있는 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 기존 구조물의 영향 최소화를 위한 안벽 증심 기술 개발 • 안벽 증심에 따른 기존구조물 안정성 평가 및 보강기술 개발
D-2-1-8	연약지반 개량공법
정의 (Definition)	중력식 구조물을 해상에 시공할 경우 지반 반력의 확보가 중요함. 구조물 설치 예정 지반이 연약할 경우 침하 등이 발생하여 구조적인 안정 문제 등이 발생할 수 있음. 이를 방지하기 위하여 연약지반을 고화할 수 있는 기법의 개발을 의미함
성능목표 (Performance Target)	신재료를 활용한 연약지반 안정화 및 고화 기법 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 연약지반 고화처리용 신재료 개발 • 신재료를 활용한 연약지반 표층 고화처리 공법 개발 • 신재료를 활용한 연약지반 심층 혼합처리 공법 개발
D-2-1-9	준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술
정의 (Definition)	항만건설 및 항로 준설 등을 목적으로 발생하는 준설토를 처분하기 위한 투기장의 조성과 관련된 기술임. 투기후 투기장에서 발생하는 침출수 발생저감과 같은 환경개선 기술, 준설토 투기 후 지반개량(침하, 부등침하) 개선, 투기장 부지를 급속 개량하여 향후 안벽 등의 부지로 활용할 수 있는 기술
성능목표 (Performance Target)	친환경 급속시공 투기장 건설기술 학보
주요내용 (Detailed Contents)	• 준설토 투기장 침출수 발생 저감 기술 개발 • 준설토 투기장 지반 급속 개량 기술 개발

D-2-1-10	쓰나미 방파제 개발기술
정의 (Definition)	지진해일 발생시 연안으로 전파되는 지진해일 파랑의 도달 시간, 처오름높이 등을 저감하거나 지연하기 위한 목적으로 건설되는 방파제에 관련된 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	쓰나미 방파제를 활용한 쓰나미의 목표 도달시간, 처오름높이 저감을 위한 구조물 개발 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 쓰나미 방파제 시뮬레이션 및 성능평가 기술 개발 • 쓰나미 방파제 구조물 설계기술 개발
D-2-1-11	고조방파제 개발기술
정의 (Definition)	이상 고조위, 해수면 상승 등으로 인해 연안지역이 침수되는 것을 방지하기 위한 방파제의 개발
성능목표 (Performance Target)	플랩형 방파제를 이용한 해안 침수 방지기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유 플랩형 고조방파제 수치모델 및 수리모델 개발 • 부유 플랩형 고조방파제 특성 분석 및 성능평가기술 개발 • 부유 플랩형 고조방파제 설계 및 시공기술
D-2-1-12	섹터게이트 개발기술
정의 (Definition)	지진해일, 해수면상승(고조위) 등이 항 입구부 및 만 입구로 들어오는 흐름을 막기 위한 일종의 수문 구조물 개발
성능목표 (Performance Target)	섹터케이트를 활용한 항 입구부 및 만 내측으로의 파랑 차폐기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 섹터게이트 성능평가 기술 • 라이징 섹터게이트 설계 및 시공기술

D-2-1-13	연안 침퇴적 저감기술
정의 (Definition)	연안에 설치되는 인공구조물의 영향 또는 주변해역의 에너지 평형이 깨질 경우 해안의 모래 등에 침식 또는 퇴적이 발생할 수 있음. 이와 같은 침/퇴적을 저감시키기 위한 인공구조물 개발, 양빈 등에 대한 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	우리나라 해역 특성을 고려한 연안 침퇴적 저감 공법, 예측 기술 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 국내 연안환경 대응형 연안 침퇴적 저감기법 개발 • 연안 침퇴적 최소화를 위한 양빈 기법 개발
D-2-1-14	대형구조물 해상운반기술
정의 (Definition)	최근 대형케이슨을 방파제, 접안시설로 설계, 시공하는 사례가 증가하고 있음. 육상의 경우 인근 제작장에서 시공하여 운반 및 거치가 용이하지만, 도서지역 및 제작장 설치가 원활하지 않은 경우 케이슨을 시공위치까지 선박 또는 부유체 형태로 예인하는 기술
성능목표 (Performance Target)	해상 시공위치까지 안정적으로 케이슨 예인 및 운송 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 대형구조물 해상 위치 추적 및 제어 기술 • 대형구조물 장거리 운송기술
D-2-1-15	대형구조물 해상시공기술
정의 (Definition)	대형구조물의 해상시공과정에서 필수적인 안정성 해석 및 모니터링 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	크레인 및 바지선 활용 시공기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 대형구조물 해상시공 시뮬레이션 기술 • 대형구조물 해상시공 안정성 해석 프로그램 개발 • 대형구조물 해상시공 실시간 모니터링 기술 개발

D-2-1-16	수중구조물 점검기술
정의 (Definition)	로봇, 수중 드론 등 무인 장비를 활용하여 수중 구조물의 상태를 점검하는 기술
성능목표 (Performance Target)	최대 수심 100m 에 운용가능한 무선 수중 드론 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 무선운용식 초소형 수중드론 개발 • 수중구조물 실시간 점검을 위한 카메라 개발
D-2-1-17	**수중시공 모니터링 기술**
정의 (Definition)	수중시공 모니터링 기술은 저조도 수중 카메라와 실시간 데이터 전송기술을 이용하여 수중의 시공 상황을 수상에서 실시간으로 감시하는 기술로 시공 상태 확인 및 잠수부의 안전 확인 등을 위한 기술
성능목표 (Performance Target)	해상 및 수중 건설 모니터링 시스템 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 수중시공 모니터링 장비 개발 • 수중시공 모니터링을 위한 장거리 수중데이터 전송기술
D-2-1-18	**인공조간대 조성기술**
정의 (Definition)	해안의 만조선과 간조선 사이에 인공조간 지대를 조성하는 친환경 조성기술
성능목표 (Performance Target)	환경 및 여가 고려 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 인공조간대 조성에 따른 환경변화 분석 및 예측기술 개발 • 인공조간대 조성을 위한 환경오염 저감기법 개발

D-2-1-19	부유사 발생 및 영향예측기술
정의 (Definition)	준설, 매립 및 해상 공사시 발생하는 부유사의 발생 및 부유사의 이송 확산을 수치모형실험을 이용하는 환경 변화를 예측하는 기술
성능목표 (Performance Target)	부유사 수치모형 개발 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유사 확산 거동 모니터링 기술 개발 • 부유사 이송 확산 거동 예측을 위한 수치모델 개발
D-2-1-20	폐기물 해상 처분장 조성기술
정의 (Definition)	폐기물의 육상 처리가 한계에 도달하였을 때 해상에 인공의 폐기물 처분장을 조성하는 기술임. 이를 위하여 폐기물이 해역으로 흘러나가지 않도록 하는 폐합기술, 처분장 계획 및 운용/조성에 관련된 기술 개발
성능목표 (Performance Target)	폐기물 배합, 처분장 운용 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 폐기물 해상처분장 폐합 기술 • 폐기물 해상처분장 설계 및 시공 기술

(9) 부유식 인공섬(D-4-5)

D-4-5-1	초대형 부유구조체 구조시스템 기술
정의 (Definition)	▪ 물에 뜨면서 상시적으로 파도에 의해 흔들림(모션)에 대응할 수 있는 내구성을 가진 콘크리트 부유구조체 제작을 위한 구조부재들의 최적 배치, 응력 집중부 상세 설계기술
성능목표 (Performance Target)	길이 1km 부유구조체 설계기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 초대형 부유구조체 응력 해석 및 상세설계 기술 개발 • 초대형 부유구조부재 최적배치 기술 개발 • 초대형 부유구조체 통합설계기술 개발
D-4-5-2	파랑-부유구조체 상호작용 해석기술
정의 (Definition)	▪ 극한 해상조건(부력, 파도, 태풍 등)에서 초대형 부유구조체의 거동을 정확하게 예측할 수 있는 시뮬레이션 기술. 특히 초대형 부유구조체의 유탄성 거동에 관한 시뮬레이션 기술
성능목표 (Performance Target)	부유구조체 거동 해석 및 예측 Tool 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유구조체 거동 해석 모델 개발 • 부유구조체 거동 예측 시뮬레이션 모델 개발
D-4-5-3	부유구조체 안정성 향상기술
정의 (Definition)	▪ 극한 해상조건에서 초대형 부유구조체의 사용성(모션)을 확보할 수 있는 효율적 형상 개발, 파력 및 모션 저감기술, 계류시스템 관련 기술
성능목표 (Performance Target)	해양외력에 대한 부유체 모션 ±2″ 이내
주요내용 (Detailed Contents)	• 초대형 부유구조체 안정성 평가기술 개발 • 초대형 부유구조체 파력 및 모션 저감기술 개발

D-4-5-4	부유체 위치고정 및 앵커링 기술
정의 (Definition)	■ 해저면 앵커에 연결된 계류라인을 이용하여 바람, 파도, 조류에 의한 부유구조체의 이동을 최소화하기 위한 기술
성능목표 (Performance Target)	해양외력에 대한 부유체 수평변위 2%이내
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유구조체 위치 고정 및 앵커링 기술 개발 • 수평변위 최소화를 위한 부유구조체 앵커링 시공기술 개발
D-4-5-5	**초대형 부유체 급속제작기술**
정의 (Definition)	■ 초대형 부유구조체 모듈화 건설 및 구조체 급속 제작기술 ■ 육초대형 부유구조체 해상 직접제작 기술
성능목표 (Performance Target)	초대형 부유체 제작 비용 10% 이상 절감
주요내용 (Detailed Contents)	• 초대형 부유구조체 모듈 설계기술 개발 • 초대형 부유구조체 모듈 해상제작 기술 개발
D-4-5-6	**대형화 모듈 접합 시공기술**
정의 (Definition)	■ 해상부지의 대면적화를 위하여 육상에서 일정한 크기로 제작된 부유구조체 모듈들을 해상에서 접합하여 초대형 부유식 인공섬을 구축하기 위한 기술
성능목표 (Performance Target)	Mega Float 접합시공 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 인공섬 모듈 접합부 설계기술 개발 • 인공섬 모듈 접합부 연속시공 기술 개발

D-4-5-7	부유구조체 맞춤형 재료기술
정의 (Definition)	▪ 물에 뜨면서 파도에 흔들리는 부유구조체 특성상 적정 중량, 강도, 내구성를 유지하면서 파랑에 의한 탄성거동(유탄성 거동)을 최소화할 수 있는 콘크리트 재료 기술
성능목표 (Performance Target)	유탄성 거동시 탄성변형 기울기 ±2″ 이내 콘크리트 재료 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 탄성거동 최소화 콘크리트 재료 개발(초고성능 섬유보강 콘크리트 재료, 또는 고분자 보강 콘크리트 재료 등) • 탄성거동 최소화 콘크리트 재료 특성 평가 및 예측모델 개발

(10) 부유식터널(B-3-1)

B-2-1-1	계류시스템 설계기술
정의 (Definition)	부유식터널을 고정하는 기능을 가진 계류시스템의 내구성 및 안전성에 심각한 영향을 미치는 파랑 및 조류에 의한 터널의 운동(동적 거동 특성) 및 계류시스템의 피로손상 특성을 고려한 설계기술
성능목표 (Performance Target)	대수심(6,000m,), 대용량(2,000톤) 앵커기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 계류시스템의 동적 거동 특성 분석모델 개발 • 계류시스템의 피로손상 분석모델 개발 • 파랑 및 조류 대응형 계류시스템 설계기술 개발
B-3-1-2	**고장력 계류시스템 건전도 평가기술**
정의 (Definition)	수중 첨단센서를 활용하여 계류시스템의 건전도를 평가하는 기술
성능목표 (Performance Target)	계류앵커의 건전도 평가기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 계류시스템 건전도 평가를 위한 수중 첨단센서 개발 • 계류시스템 건전도 평가기술 개발
B-3-1-3	**교통시스템에 의한 수중구조물 진동 및 소음저감기술**
정의 (Definition)	차량 운행 등 외부 유발 진동에 의한 부유식터널의 안전성 확보를 위해 교통시스템 진동에 대한 구조피로평가와 유제-구조 연성해석등을 통해 구조적 안전성을 검토하고, 발생되는 진동 및 소음의 저감기술을 개발함
성능목표 (Performance Target)	차량, 교량, 지반, 바람의 3차원 정밀해석기법 및 진동저감기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 교통시스템 진동에 의한 부유식터널 3차원 구조피로 정밀해석 평가모델 개발 • 파랑, 바람 등에 의한 유체-구조 연성해석 모델 개발 • 교통시스템에 의한 부유식 터널 진동 및 소음 저감기술 개발

B-3-1-4	내부사고시 응급피난 및 신속 대응기술
정의 (Definition)	내부 사고시 인면피해 최소화 및 신속대응을 위한 부유식 터널 수중 차단기술과 응급대피 기술
성능목표 (Performance Target)	부유식터널에 대한 구난역 설계기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유식 터널 구난역 설계기술 개발 • 부유식 터널 응급피난 시뮬레이션 모델 개발
B-3-1-5	내부요잉ㄴ에 의한 수중구조물 거동 해석기술
정의 (Definition)	차량 운행 등의 구조물과의 충돌에 의해 하중이나 내부 구조체의 변형에 의해 발생할 수 있는 구조물 거동 해석기술 개발
성능목표 (Performance Target)	내부 충돌 영향 거동평가기법 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유식 터널내 내부 충돌 영향 모델 개발 • 내부충돌로 인한 구조 변형에 따른 부유식 터널 거동 해석기술 개발
B-3-1-6	세그먼트 이음부 방수기술
정의 (Definition)	세그먼트간 이음부에서 발생할 수 있는 누수 등을 차단할 수 있는 기술로 구조물의 허용 변위 내에서도 성능을 발휘할 수 있어야 하며 시공 이후에도 보수, 보강이 가능한 기술을 개발함
성능목표 (Performance Target)	20bar 이상의 고심도용 EPDM Gasket 생산 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 고심도용 대구경 EPDM 고무 Gasket 생산기술 개발 • 고심도용 대구경 EPDM 고무 Gasket 시공기술 개발

B-3-1-7	수중구조물 결함 진단기술
정의 (Definition)	수중 첨단센서를 활용한 수중구조물의 결함 상시 조사 및 진단기술
성능목표 (Performance Target)	USN 기반 수중 구조물 결함 모니터링 센서 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• USN 기반의 수중 구조물 모니터링 센서 개발 • 수중 환경 조사를 위한 무인 자동 검사장비 개발 • 수중 첨단센서용 대용량 데이터 전송기술 개발
B-3-1-8	수중구조물 단면 설계기술
정의 (Definition)	설계 교통량, 교통 하중, 파랑 및 조류등을 고려한 최적 단면 선정 및 설계기술
성능목표 (Performance Target)	다형상 단면 RC구조 설계기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 다형상 단면 RC구조 성능평가 기술 개발 • 고수압, 구조물 변형에 강한 다형상 단면 RC구조 설계기술 개발
B-3-1-9	수중구조물 고정기술
정의 (Definition)	매우 깊은 수심을 갖는 지역의 수중에 설치하는 부유식 터널을 파랑, 조류 등으로부터 움직임을 최소화하기 위한 앵커링 또는 부유체 등을 활용한 수중구조물 고정 기술
성능목표 (Performance Target)	100년 이상의 재현주기를 갖는 환경하중이 36~48시간 지속될 경우에 발생하는 누적 피로손상지수가 0.01 이하인 수중 구조물 고정 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 수중구조물의 극한거동 및 동적 해석 기술 개발 • 수중구조물 고정을 위한 앵커링 시스템 개발 기술 • 수중구조물 앵커링 간격 최적화 기술 개발 • 수중구조물 고정을 위한 부유식 구조체 개발 기술

B-3-1-10	수중구조물 연속 시공기술
정의 (Definition)	수중구조물인 부유식 터널의 시공비용 축소 및 공사기간 단축을 위한 모듈형 수중구조물의 압출식 시공 및 연결기술
성능목표 (Performance Target)	부유식터널 모듈형 건설장비 및 공법 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 수중구조물 연속시공을 위한 부유식 터널 모듈 최적화 설계 기술 • 수중구조물 모듈화 공법 및 장비 개발 기술 • 유지관리 최소화를 위한 첨단재료를 활용한 연결 가스킷 개발 기술
B-3-1-11	수중구조물 장거리 이송 및 위치제어 기술
정의 (Definition)	구조물 이송 및 적채 방식과 시공 위치에서의 구조물 하차 시 수면위의 흔들림을 고려한 구조물의 위치 제어 기술
성능목표 (Performance Target)	구조물의 수상, 수중 이동에 따라 발생가능한 외부요인(파력, 바람 등)에 견딜 수 있는 위치 추적 및 위치제어 장비 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• ICT기술을 활용한 수중구조물 위치 추적 기술 개발 • 모듈화 수중구조물의 장거리이송을 위한 위치제어 기술
B-3-1-12	수중구조물 접합부 거동 설계기술
정의 (Definition)	구조물간 접합부는 수중구조물 건설의 핵심기술로서 외력에 의해 발생하는 변형을 효과적으로 상쇄시키면서 방수 등에 유동적으로 대처가 가능하고 다양한 설계 하중을 고려할 수 있는 접합부의 설계 및 시공기술
성능목표 (Performance Target)	100년 이상의 재현주기를 갖는 환경조건하에서 불투수성을 유지할 수 있는 접합부 가스킷 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 기존 고무형 가스킷을 대체할 수 있는 복합재료형식의 부유식터널 가스킷 개발 • 수중구조물 접합부 설계 및 시공기술

B-3-1-13	수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술
정의 (Definition)	수중구조물의 연속시공의 기반이 되는 육상 제작 기술과 제작에 관한 설계 및 해석 기술
성능목표 (Performance Target)	부유식터널 모듈형 표준 모델 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 수중구조물 프리캐스트 구조체 최적 단면 설계 및 제작기술 • 수중구조물 프리캐스트 구조체 표준모델 개발
B-3-1-14	**수중구조물 횡방향 거동 제어기술**
정의 (Definition)	수중구조물의 조류 및 물의 흐름에 의한 구조물의 허용범위 내 횡방향 거동 제어기술
성능목표 (Performance Target)	다양한 횡방향 거동 제어 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 수중구조물 횡방향 거동 변위 시뮬레이션 모형 개발 • 수중구조물 횡방향 거동 제어 기술 개발
B-3-1-15	**외부요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술**
정의 (Definition)	조류, 파도, 선박 등의 수중구조물에 영향을 끼칠 수 있는 각종 외력을 고려한 수중 구조물의 거동 해석기술을 개발함
성능목표 (Performance Target)	유체 동역학 해석 및 플랫폼 기본 설계 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 부유식 터널의 외부 충돌 영향 모델 개발 • 외부충돌로 인한 구조 변형에 따른 부유식 터널 거동 해석기술 개발

B-3-1-16	외부충돌 방지기술
정의 (Definition)	선박, 해양 부유체 등에 의한 수중 구조물과의 충동을 방지하기 위한 구조물 보호 및 충돌 사전 방지 기술
성능목표 (Performance Target)	충돌의 정밀해석 및 방지기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 외부충돌 사전방지 모니터링 기술 개발 • 외부충돌 방지구조물 거동 해석 모델 개발 • 외부충돌 방지구조물 설계 및 시공기술 개발
B-3-2-17	원격제어 수중 보수보강 로봇기술
정의 (Definition)	인간에 의한 장시간 보수가 힘든 조건을 갖는 수중구조물에서 무인 원격제어 로봇 기술을 활용한 상시 감시 및 보수보강 기술
성능목표 (Performance Target)	자율형 수중 유지보수 로봇 개발
주요내용 (Detailed Contents)	• 원격제어를 통한 자율형 수중 로봇 개발 • 수중구조물 보수 보강을 위한 모듈형 다용도 장비 개발
B-3-1-18	터널 내 환기기술
정의 (Definition)	수중구조물 내부의 설계 교통량을 고려한 공기조화 기술 및 수중구조물용 환기 시설 개발과 관련된 장치를 개발함
성능목표 (Performance Target)	환기구간 38km 이내 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 해저터널 환기 모형 개발 • 부유식 터널 환기시스템 개발

B-3-1-19	프리캐스트 구조체 수중 접합기술
정의 (Definition)	해상 또는 수중에서 구조체간 접합시공은 파도, 조류 등의 영향을 크게 받으므로 이러한 흔들림 등을 고려한 정교한 접합기술이 필요하며 특히 수중에서도 접합이 가능한 기술과 구조체를 개발함
성능목표 (Performance Target)	모듈 연결부 시공 기술 및 연결부 방수 100% 발현
주요내용 (Detailed Contents)	• 모듈형 수중구조물 접합부 설계기술 개발 • 모듈형 수중구조물 접합부 시공기술 개발
B-3-1-20	**해양환경 관측 및 평가기술**
정의 (Definition)	수중구조물의 허용 변위 및 허용 외력 등을 고려한 시공위치의 해양환경 관측 및 평가 기술과 운용 중 상시 관측 기술
성능목표 (Performance Target)	대수심 중층환경 관측 및 평가 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 대수심 중층 환경 무인 관측기술 개발 • 수중구조물 적정 위치 선정을 위한 대수심 중층 환경 평가모델 개발
B-3-1-21	**해저지반 조사 및 평가기술**
정의 (Definition)	수중구조물 시공 위치에서 앵커링 등의 시공을 위한 해저지반 조사 및 이에 대한 해저지반 평가 기술
성능목표 (Performance Target)	100m 이상 대수심 지반조사기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 대수심 해저면 착저식 지반조사 기술 개발 • 무인 착저식 지반조사 장비 개발

B-3-1-22	화재에 의한 내화성능 평가 및 제어기술
정의 (Definition)	구조물 내부의 화재를 1차 방어할 수 있는 경량 내화재 개발 및 화재에 의한 구조물의 내화성능 평가와 신속 화재 제어 기술을 개발함
성능목표 (Performance Target)	해중터널 특화 기술 확보
주요내용 (Detailed Contents)	• 수중구조물 접합부 내화성능 향상기술 개발 • 수중구조물 내화성능 평가 모델 개발

[부록 4] 세부기술 평가 및 분석 데이터

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
교량	강구조 및 합성구조 교량	강구조 및 합성구조 교량	3D 기반의 강교량 점검기술	0.967596	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	1.778001	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.045
			BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	2.918049	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.045
			LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	0.362346	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	1.966596	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	0.713961	자립	성숙기	국내 R&D	공공	1.625	1.045
			강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	1.379961	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.045
			강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	0.713961	의존	성숙기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			강재/강합성 교각 설계 시공기술	0.686076	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	0.579183	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	1.121211	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	0.516318	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	0.713961	자립	성장기	국내 R&D	공공	1.625	1.045
			곡선강교량 설계시공 기술	0.776826	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			교량구조용 강재성능 향상 기술	0.776826	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.045
			극한•극서 기후 지역 강교량 설계 및 시공 기술	1.549719	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			이중합성 교량의 설계 및 시공기술	0.579183	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.045
			자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	0.776826	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	0.851076	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			프리스트레스 도입 강합성교량기술	1.109826	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.045
			하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	0.686076	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.045
			합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	0.579183	자립	성숙기	국내 R&D	공공	1.625	1.045
교량	콘크리트 구조 및 콘크리	콘크리트 모듈형 교량	FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술	1.8124267	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.571
			경관이 고려된 조립식 교각	3.9542347	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.438	1.571

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
	트 교량		설계/제작/급속시공 기술							
			단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술	3.473548	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.438	1.571
			부분교체/곡률대응형 프리캐스트 바닥판 제작/급속시공 기술	3.6301427	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.438	1.571
			조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술	2.3251967	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.438	1.571
			카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술	1.975298	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.438	1.571
			콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술	2.7407747	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.438	1.571
		친환경/저탄소 콘크리트 교량	HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술	2.2600867	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	2.000
			HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술	2.2600867	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	2.000
			비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술	1.476385	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.625	2.000
			알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술	1.846425	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.625	2.000
			친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술	2.4307093	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	2.000
		고성능 다기능 콘크리트 활용 콘크리	120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술	4.426556	선도	성장기	국내 R&D	민간	1.938	1.467
			200~300MPa급 콘크리트 제조 기술	4.9526867	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.938	1.467

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
		트 교량	200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술	4.9821707	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술	5.8759387	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.938	1.467
			80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술	7.066122	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술	7.237912	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술	4.1340707	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술	4.267834	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술	2.3705713	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술	3.0485713	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.938	1.467
			SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술	3.6800307	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.938	1.467
			고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술	0.774133	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.938	1.467
			굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술	5.993742	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.938	1.467
			섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술	4.378676	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.938	1.467
			수화열 저감형 저발열 콘크리트	0.891501	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.938	1.467

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			제조/설계/시공 기술							
		기능성능 향상 콘크리트 교량	곡선교 해석/설계/시공 기술	1.3856153	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.750	2.000
			무조인트 교량 해석/설계 기술	1.0550753	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.750	2.000
			중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)	2.2982767	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.750	2.000
			콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술	1.1279553	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.750	2.000
		콘크리트 교량 유지관리 기술	LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템	3.3791553	자립	성장기	국내 R&D	민간	비 목적물	비 목적물
			PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술	2.4368413	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	비 목적물	비 목적물
			교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술	2.3158833	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	비 목적물	비 목적물
			저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템	3.2007773	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술	4.7094747	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술	3.1450013	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
		콘크리트 교량 보수보강 기술	FRP 활용 교량 보수보강 기술	1.323272	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술	0.743484	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			콘크리트 교량 내진성능 향상 기술	1.801168	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
교량	신소재 복합재료 구조교량 및 특수교량	케이블 교량	사장교 케이블 가설	0.964155	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 거동 모니터링	1.469315	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	1.469315	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 강재 고주탑 가설	1.626995	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	1.479606	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	1.907995	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	1.548251	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 보강거더 가설	3.64867	선도	성장기	국내 R&D	민간	2.250	2.176
			케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	4.206169	자립	성장기	국내 R&D	민간	2.250	2.176
			케이블 교량 통합유지관리시스템	1.705835	선도	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 하중 모델	1.750315	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량 해상 기초 및 지반	3.874611	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	2.176

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			탐사							
			케이블 교량용 FRP 케이블	1.083804	선도	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	2.176
			케이블 교량용 강선/강연선	1.693571	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	1.469315	자립	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	2.176
			케이블 교량용 박층 포장	0.840835	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.176
			현수교 케이블 가설	0.964155	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.250	2.000
		특수교량(장경간 아치교 및 부유식 교량)	부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	1.63354	선도	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.125	2.000
			부유식 교량 앵커링 기술	1.35254	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.125	2.000
			장경간 강아치교 가설 기술	1.109571	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	2.125	2.000
			장경간 아치교 설계 기술	1.121835	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	2.125	2.000
			장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	1.974571	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	2.125	2.000
		신소재 교량	FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술	0.840835	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술	1.43138	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.688	1.333

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술	1.402739	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐	2.898997	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더	2.898997	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			자기치유 콘크리트 배합설계	3.101157	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			자기치유 콘크리트 스마트 폴리머	2.898997	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료	2.898997	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.688	1.333
			특수소재의 교량 활용 기술	1.51022	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.688	1.333
터널 및 지하공간	육상터널	교통형 터널 (도로, 철도, 지하철, 보도)	터널시공 및 유지관리 활용을 위한 지반·지질 정보 DB구축기술	1.611383	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			불확실성 최소화를 위한 굴착면 실시간 지반정보 분석 및 예측 기술	0.503192	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			지보, 보조공법 및 라이닝 설계 및 시공기술	0.362192	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			여굴 최소화를 위한 발파 설계 및 정밀/자동화 발파천공 기술	0.520715	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			IoT기반 시공 모니터링 및 작업 위험 예경보 기술	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			초장대 터널(연장 4km이상) 시공	0.708916	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			중 쾌적 환경(흡기 및 배기) 조성시스템							
			터널 방재설비 설계 및 통합운영(TGMS)기술	0.708916	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB 구축기술	0.708916	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술	1.548215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			터널 BIM구축 기술	1.830215	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.125	0.850
			기계화 시공용 커터헤드 설계 기술	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			기계화 시공정보(굴진율, 추진력, 지반압, 토크 등) DB 구축기술	2.899734	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			기계화 시공용 Segment 설계 및 시공 기술	0.880804	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술	2.619897	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
			수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술	2.110313	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.125	0.850
		수로터널 (상수, 하수, 저류,	High Pressurized Liner 설계기술	1.937729	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714
			SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술	0.977626	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
		여수로)	도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)	1.878626	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714
			무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술 개발	0.880804	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714
			복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)	1.878626	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714
			복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)	1.878626	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714
			수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템 개발	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.438	0.714
		유틸리티 터널 (전력구, 공동구)	공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도	0.4007525	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.600
			도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.600
			소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.600
			터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.600
			특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술	0.929215	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.600
터널 및 지하공간	해저/침매터널	해저 터널	100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	1.439	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			BIM 기반 설계 자동화 시스템과 시공 및 리스크 관리 모듈	0.975728	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			IT기반 터널정보 관리 및 실시간	1.661632	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			유지관리 기술							
			TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	2.441966	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	2.1601	전무	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상 기술	2.864812	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	2.238664	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	1.662022	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.375	0.750
			내염, 내부식성 재료 개발기술	2.476528	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	2.322408	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			해저지반 차수 및 지반보강	1.207878	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	1.356444	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.375	0.750
			해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	1.502616	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	3.317548	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750
			해저터널 유입수 제어 및 관리기술	1.987556	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.375	0.750

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	2.98252	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.375	0.750
		침매터널	함체 기초부 조성 기술	1.530344	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	0.600
			함체 단면 설계 기술	2.552842	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	0.600
			함체 연결부 설계 기술	2.723604	전무	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	0.600
			함체 운송 및 수중 설치 기술	1.779082	전무	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	0.600
			함체 제작 시공 기술	2.105296	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	0.600
터널 및 지하공간	부유식 터널	부유식 터널	계류시스템 설계기술	-0.616826	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			고장력 계류시스템 건전도 평가기술	-0.76764	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	-0.61243	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	-0.916527	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	-0.859548	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			세그먼트 이음부 방수기술	0.688797	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			수중 구조물 결함 진단기술	0.7983327	전무	도입기	국제 공동	공공	1.750	0.576

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
							R&D/기술도입			
			수중 구조물 단면 설계기술(함체 구조 단면 설계기술과 같은 대상물임)	0.21546	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현)	0.673723	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			수중구조물 연속 시공기술	-0.35075	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	1.2384893	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			수중구조물 접합부 거동 설계기술	0.2245067	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)	-0.566467	의존	성장기	기술 도입	공공	1.750	0.576
			수중구조물 횡방향 거동 제어기술	0.7991627	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	0.7563827	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			외부 충돌 방지기술	-0.479343	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	-0.020224	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			터널 내 환기기술	-0.57568	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.750	0.576

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			프리캐스트 구조체 수중 접합기술	0.15389	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			해양환경 관측 및 평가 기술	0.3910997	자립	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			해저지반 조사 및 평가 기술	0.2270997	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.750	0.576
			화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	-0.547147	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.750	0.576
터널 및 지하공간	대심도 터널	대심도 터널	굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술	1.985814	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	1.176
			내화성 중간슬래브 구축 기술	1.686746	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	1.176
			네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	3.269235	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.250	1.176
			네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술	3.558423	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	4.025423	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			다목적 대심도 터널 설계 기술	7.39119	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			다목적 터널 통합 운영	6.636378	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	2.726355	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.250	1.176
			대심도 터널 내 화재 자동 소화	5.065716	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			기술							
			대심도 터널 내화성능 강화 기술	2.514423	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	7.103658	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			도심형 수직구 구축 기술	1.959408	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			분기부 시공 및 보강 기술	4.231002	자립	성장기	국내 R&D	민간	2.250	1.176
			영상유고 감지 기술	4.630305	자립	성장기	국내 R&D	민간	2.250	1.176
			오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	2.408799	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			천층 개착터널 보강 기술	1.597064	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	1.176
			화재연기 확산지연 및 배출 기술	2.514423	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.250	1.176
터널 및 지하공간	지하대 공간	지하대 공간	지하대공간 이동시스템	1.9454293	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288
			지하대공간 구축 및 보강 기술	3.9262507	자립	성숙기	국내 R&D	민간	2.000	1.288
			지하대공간 환기, 방재 및 유지관리	2.3157787	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288
			고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	2.287712	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			이산화탄소 지중 저장 기술	2.369088	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288
			지하 오폐수 처리장 건설 기술	2.346544	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288
			압축공기 에너지 지하저장 기술	2.005528	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288
			열에너지 지하저장 기술	1.7607387	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	2.000	1.288
			원유 및 가스 지하저장 기술	4.6209253	선도	성숙기	국내 R&D	민간	2.000	1.288
			에너지 플랜트 지하화 기술	3.376504	의존	성장기	국내 R&D	민간	2.000	1.288
			원자력 발전소 지하화 기술	3.314384	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.000	1.288
사면/지반조사/기초	사면보호/보강/유지관리	절토사면	IOT기반의 절토사면 계측/모니터링 기술	2.358453	자립	도입기	국내 R&D	공공/민간	1.063	0.833
			생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	0.869261	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.063	0.833
			시나리오 기반의 절토사면 재해 복구 기술	1.149517	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.063	0.833
			시나리오 기반의 절토사면 재해 위험도 평가기술	1.374419	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.063	0.833
			신뢰성기반 절토사면 설계 및 해석기술	3.514914	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.063	0.833

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			절토사면 성능기반 평가 및 유지관리 기술	1.447098	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.063	0.833
		성토사면	성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	0.639706	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	0.813	1.240
			성토사면 내진설계 기술	1.151273	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.813	1.240
			성토사면 상부구조물 유지관리 기술	1.07101	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.813	1.240
			성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	0.80429	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	0.813	1.240
			성토사면 표면유실 방지기술	1.3855	자립	성숙기	국내 R&D	공공	0.813	1.240
		자연사면	3차원 낙석해석 및 대책 설계기술	1.634512	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	0.625	1.100
			산사태 예경보 기술	2.154613	자립	성장기	국제 공동 R&D	공공	0.625	1.100
			산사태 통합관리시스템 구축 기술	0.447659	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	0.625	1.100
			산사태 피해저감을 위한 법제도화 기술	0.555899	자립	성장기	국내 R&D	공공	0.625	1.100
			시나리오기반의 토석류 위험도 평가 기술	1.948455	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	0.625	1.100
			자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	2.86016	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	0.625	1.100
			자연사면 첨단 원격조사 기술	4.181178	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.625	1.100

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			자연사면 친환경 보호/보강 기술	1.31719	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	0.625	1.100
			토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	1.01722	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	0.625	1.100
			토석류 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	0.639957	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.625	1.100
사면/지반조사/기초	지반조사/개량	선진 지반 조사 기술	경사 시추 천공 기술	5.934222	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			대심도 시추 천공 기술	5.635238	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			시료 채취, 이송, 보관 기술	2.126096	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			시료채취 교란도 제어기술	2.1711	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			심해저 해상 지반 조사장비	2.33541	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			해상 지반 조사 플랫폼	4.22178	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.625	1.265
		비파괴 물리 탐사	멀티 다운홀 장비	2.358868	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.265
			신호분석 하부지반 영상해석기술	5.699294	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.625	1.265
			전기 비저항 지반조사 장비	1.138764	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			탄성파 지반조사 장비	2.151604	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
		지반 특성 분석 기술	실내실험 장비 기술	1.063896	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			심해저지반조사 분석기술	6.260876	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			지반재료 물리특성 실험 기술	1.063896	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			지반재료 역학특성 실험 기술	1.063896	자립	성숙기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술	6.014882	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			지층재료구성 모델링 기술	2.33551	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
		연약 지반 개량 기술	그라우팅 효율 향상 재료	2.510256	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			멀티 펌핑 주입 장비	2.598014	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			복합지반 교란 저감 기술	2.530472	자립	성장기	국내 R&D	공공	1.625	1.265
			시설물별 지반개량 기술	2.25085	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공	1.625	1.265
			신소재 개량기술	2.630616	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			지반개량 재료용 산업부산물 적용기술	2.165292	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			진동 다짐 장비	1.391764	의존	성숙기	기술 도입	공공	1.625	1.265

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			특수 말뚝을 이용한 개량 기술	6.391404	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
		초연약 지반 개량기술	대심도 개별진공압밀 개량기술	4.863222	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			부상형 배수재 타설 및 개량기술	4.549896	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			전기주입 개량 및 복합기법 적용 기술	1.372834	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.265
			해상타설 개량기술	4.353732	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.265
			혼합용 교반장비 및 개량기술	3.17484	의존	성숙기	기술 도입	공공	1.625	1.265
		오염 지반 조사개량 기술	복합 오염지반 정화기술	2.176104	의존	성숙기	기술 도입	공공	1.625	1.265
			오염원인자 분석 및 추적기술	2.65987	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.265
			오염지반 조사 올인원 장비	1.507302	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.265
			유기물 오염지반 정화기술	1.105414	자립	성장기	국내 R&D	공공	1.625	1.265
			중금속 오염지반 정화기술	1.105414	자립	성장기	국내 R&D	공공	1.625	1.265
사면/지반조사/기초	육상 및 해상기초/흙막이 구조물	육상기초	그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	4.3542283	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			내진 보강용 기존 기초 보강 기술	5.4237233	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.250	1.397

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
	및 지하벽체		내진 보강용 신형식 기초	4.6751993	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			말뚝 선단지지력 증대 기술	1.8382153	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			말뚝 수평저항력 증대 기술	1.7145433	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			말뚝 주면마찰력 증대 기술	1.865969	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	3.8068398	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	1.677161	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.250	1.397
			증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	3.2300777	의존	성장기	국제 공동 R&D	민간	1.250	1.397
			풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	1.9574793	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.250	1.397
		해상기초	SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	2.555484	자립	성장기	국내 R&D	공공	2.438	1.674
			SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	2.249302	자립	성장기	국내 R&D	공공	2.438	1.674
			대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	3.292561	자립	성장기	국내 R&D	민간	2.438	1.674
			대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	2.628096	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			버켓기초 설계/시공 기술	3.370157	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.438	1.674

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			케이슨 경량화 기술	2.7920247	자립	성장기	국내 R&D	민간	2.438	1.674
			케이슨 급속 지중 관입 기술	1.7800183	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			케이슨 선단 차수 기술	2.017998	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	2.0049227	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	1.420453	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			해상 교량기초 가설공법	3.352254	자립	성장기	국내 R&D	민간	2.438	1.674
			해상 구조물 수중 접합/분리 기술	2.0488317	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			해상 기초 지지력 확인 기술	3.194256	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.438	1.674
			해상기초의 내진보강 공법	4.0724013	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.438	1.674
		흙막이 구조물	굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	2.614386	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.313	2.467
			도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	2.0298787	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.313	2.467
			보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	1.9462697	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.313	2.467

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	1.5874422	자립	성장기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.313	2.467
			연약지반 앵커력 증대/확보 기술	1.7558518	의존	성장기	국제 공동/ 국내 R&D	공공	1.313	2.467
			자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	2.1434707	자립	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.313	2.467
			자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	1.6513287	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.313	2.467
			지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	4.2921133	의존	성장기	국내 R&D	민간	1.313	2.467
			지하벽체 긴급 보수/보강 기술	1.8081243	의존	성장기	국제 공동/ 국내 R&D	공공	1.313	2.467
			지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	2.626694	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.313	2.467
			흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	1.1238567	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.313	2.467
			흙막이 지보재 간격 증대 기술	1.9059547	자립	성장기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.313	2.467
항만 및 해양구조물	해양준설/매립	준설/매립 설계 및 시공관리기술	준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술	2.487022	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.203
			준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술	0.4847655	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.625	1.203
		준설토 처리기술	고함수·고유기질 준설토 고화처리기술	1.4140065	자립	성장기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	1.625	1.203

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			고함수비 준설토 탈수 기술	1.356592	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.203
			오염준설토 처리기술	3.0825055	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.203
			준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술	2.623164	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.203
			준설토 세척 및 입도별 분리 기술	1.6074075	의존	성장기	국내 R&D	공공	1.625	1.203
		준설 및 이송기술	준설 매립 이송 통합시스템 기술	2.4692425	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.203
			준설 및 운반 장비 기술	0.9952935	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.203
			준설토 장거리 이송 시스템 기술	3.5829675	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.203
		준설토 활용기술	오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술	0.517856	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.625	1.203
			준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술	3.803443	자립	성장기	국제 공동/ 국내 R&D	민간	1.625	1.203
			준설토 활용 식생토·습지조성 및 복원기술	1.2236835	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.203
			준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술	1.15401	자립	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.625	1.203
			준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술	0.6570065	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.625	1.203
			친환경 준설토 매립 안정화 및	2.5698985	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.625	1.203

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			유효활용 기술							
항만 및 해양구조물	항만 및 해안 구조물	항만 및 해안 구조물	폐기물 해상 처분장 조성기술	2.581146	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.063	0.975
			FRP합성형 항만구조물 개발	7.079316	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	4.568694	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	4.148098	의존	성장기	국제 공동 R&D/기술도입	공공/민간	2.063	0.975
			piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	3.262462	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			강재구조물 부식방지 기술	3.455508	의존	성숙기	기술 도입	공공/민간	2.063	0.975
			고조방파제 개발 기술	4.51879	의존	성숙기	기술 도입	공공/민간	2.063	0.975
			대형구조물 해상시공기술	4.425332	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.063	0.975
			대형구조물 해상운반기술	4.39784	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.063	0.975
			부유사 발생 및 영향 예측기술	2.672632	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.063	0.975
			섹터게이트 개발 기술	3.003908	의존	성숙기	기술 도입	공공/민간	2.063	0.975

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			수중구조물 점검 기술	2.381448	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			수중시공 모니터링 기술	4.123738	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			신형소파블록 개발	3.655964	의존	성숙기	기술 도입	공공/민간	2.063	0.975
			쓰나미방파제 개발 기술	2.235384	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			안벽 증심기술	4.348968	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			연안 침퇴적 저감 기술	3.725274	자립	성숙기	국제 공동/ 국내 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			연약지반 개량 공법	5.66076	자립	성숙기	기술 도입	공공/민간	2.063	0.975
			인공조간대 조성기술	1.978176	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
			준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	4.191384	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	0.975
항만 및 해양구조물	수중구조물	해저기지	긴급구난 및 응급복구 기술	1.9492304	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.500	0.867
			에너지 수급 기술	3.2942492	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.867
			유지관리를 위한 통합관리 기술	3.1943868	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.867
			해저 기초 및 지반 조성기술	3.7474656	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.867

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			해저구조물 무인 시공 기술	5.5922864	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.867
			해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	5.4809904	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.867
		해중공원시설	해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	1.129704	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.063	1.750
			해중조경 설계기술	1.1339124	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.063	1.750
		해중라이프라인	해중라이프라인 안전성 확보 기술	3.0081208	의존	성장기	국내 R&D	민간	1.500	1.250
			해중라이프라인 유지관리 기술	4.3209208	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.500	1.250
			해중케이블 시공 기술	3.2158696	의존	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.500	1.250
			해중파이프 시공 기술	4.3209208	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	1.250
		해중에너지생산시설	복합발전용 수중구조물 건설 기술	2.1800426	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.875	1.400
			조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	2.071944	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.875	1.400
			해상풍력발전 구조물 지지기술	3.2686008	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.875	1.400
항만 및 해양구	인공섬	매립식 인공섬	매립재 유실 방지 기술	1.883042	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.633

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
조물			오염물질 차수 기술	1.248883	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.633
			폐기물 활용 매립	1.101859	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.500	0.633
			폐기물의 친환경 매립재화 기술	1.968399	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	0.633
			호안구조물 급속 축조 기술	0.9492	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	0.633
		착저식 인공섬	대면적 해저기초 조성	1.140494	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.188	0.833
			초대형 착저구조물 설치 기술	2.570542	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.188	0.833
			초대형 착저구조물 제작 기술	1.933159	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.188	0.833
			해저 지반 평탄화 기술	1.212984	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.188	0.833
			해저지반-구조 상호작용	1.336683	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.188	0.833
		잔교식 인공섬	고내구성 신형식 말뚝 기술	2.898359	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.125	0.833
			대구경 말뚝 항타 기술	2.709509	의존	성숙기	기술 도입	공공	1.125	0.833
			부유구조체 말뚝 연결 기술	2.265392	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.125	0.833
			부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	1.856675	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	1.125	0.833

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			부유체 해상 결합 기술	1.580026	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.125	0.833
			해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	1.279858	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.125	0.833
		부유식 인공섬	대형화 모듈 접합 시공	1.960718	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	1.019
			부유구조체 맞춤형 재료 기술	4.840409	의존	성숙기	기술 도입	공공/민간	2.063	1.019
			부유체 위치고정 기술	2.40505	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	1.019
			초대형 부유체 급속 제작 기술	2.065718	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	1.019
			초대형 콘크리트 부유구조체	3.355185	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	2.063	1.019
			파랑-구조체 상호작용 해석기술	1.144674	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	2.063	1.019
			해저 앵커 기술	2.491659	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	2.063	1.019
		유지 관리	거동 진단 및 손상 평가 기술	1.625192	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			극한 환경 안전성 확보 기술	2.471276	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			부식 방지 기술	1.6267125	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	비 목적물	비 목적물

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			상시 거동 모니터링 기술	1.470033	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			수중 보수보강 기술	4.119843	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	비 목적물	비 목적물
			해수유동.수질 변화 예측	0.790599	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	비 목적물	비 목적물
			해양 복합 내구성 평가 기술	2.328808	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	비 목적물	비 목적물
			해양 생태계 변화 예측	0.232324	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	비 목적물	비 목적물
특수구조물	고압, 극저온 구조물	극지 구조물	극저온 경화형 혼화제 제조기술	0.165114	자립	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.313	1.500
			극저온 경화형 결합제 제조기술	1.53526	자립	도입기	국내 R&D	공공/민간	1.313	1.500
			극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술	0.811216	의존	도입기	국내 R&D	공공/민간	1.313	1.500
			모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술	2.583216	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.313	1.500
		극저온 저장 탱크	LNG 탱크 냉열 활용 기술	2.64204	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.188	1.000
			극저온 저장탱크 단열 기술	2.583216	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.188	1.000
		극압구 조물	고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술	0.811216	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.000	0.000

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술	2.264578	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.000	0.000
			고인성 혼화재료 제조기술	2.405026	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.000	0.000
			모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술	0.165114	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.000	0.000
			콘크리트용 고인성 섬유 제작기술	2.13781	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.000	0.000
		극압-극저온 구조물	극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술	1.53526	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.000	0.000
			모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술	2.583216	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.000	0.000
특수구조물	방호구조물(방탄/방폭)	구조물 방호 기준 및 표준 기술	구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술	1.5903773	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술	3.52236	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	1.283
			기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술	3.3815333	자립	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	1.283
			신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술	1.79508	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술	3.077	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술	1.433044	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
		구조물	구조물 방호 설계 기술	1.879484	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
		방호 설계 및 구조해석 기술	구조물 방호성능 전산해석 평가기술	1.68072	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술	1.5233867	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술	1.6577213	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
		방호구조물 및 재료/자재 제조/시공 기술	구조물 방호 급속시공 기술	2.130844	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술	1.6577213	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술	2.872492	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	1.500	1.283
			구조부재용 방호재료 및 자재 기술	4.0496333	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.500	1.283
			기존 구조물 방호 보강 시공기술	3.8554747	자립	성장기	국내 R&D	민간	1.500	1.283
			신규 방호구조물 시공기술	1.6458813	자립	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
		방호구조물 및 재료/자재 성능 시험평가 기술	구조물 방호성능 시험평가 기술	1.5886813	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술	1.5298253	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283
			동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술	1.1280133	자립	성장기	국내 R&D	공공/민간	1.500	1.283
			재료/자재/부재 방호성능 시험평가	1.7506253	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	1.500	1.283

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			기술							
특수구 조물	우주구 조물	우주환경 재현	대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술	1.9002907	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술	2.0193433	자립	성장기	국내 R&D	민간	0.875	1.578
			태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술	2.1042553	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
		우주자원	시추 자동화 기술	2.857363	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			운송장비 및 운송시설 설계기술	0.6426143	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			운송체 자율주행 지원 기술	0.807874	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			이동 및 이송수단 결정 연구	0.1071823	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구	2.106173	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			자원 이송 및 보관 기술	1.2267063	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			행성 표면 정밀 지형 복원 기술	1.3610927	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			현지자원 채굴 및 선별 기술	1.2932183	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
		기반 및	거주시설의 설계 및 유지관리 조건	0.7519127	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
			정량화							
		거주시설	시공자동화 장비 원격 제어 기술	2.8870743	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			우주 건설 표준 제정 연구	0.4478253	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			우주구조물 시공자동화 기술	3.834809	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			우주현지 지반평가 기술	1.8470007	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			장비 성능 및 시공 모니터링 기술	1.6475103	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술	1.0730387	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			착륙지 기반 시설 설계기술	1.5130627	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			폐기물 관리 기술	1.4662557	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
		우주 건설재료	건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술	2.7205937	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			건설재료 이송 및 보관 기술	1.1292757	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술	1.4747903	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			현지 건설재료 가공 및 소결기술	2.554453	의존	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578

중분류 (L2)	소분류 (L3)	세분류 (L4)	세부기술(L5)	QFD 총점	기술수준	기술 발전단계	확보 방법	확보 주체	매력도 평가 점수(L4단위)	기술경쟁력 평가 점수(L4단위)
		우주 정책 및 표준화 시험법	검증장비 운영 및 유지관리 기술	4.1321877	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			시험 표준화 기술	2.8695357	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화	0.0792687	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578
			우주 건설장비 검증 기술	3.915983	의존	성장기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술	1.5662917	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공/민간	0.875	1.578
			행성 식민지 관련법	0.1960367	전무	도입기	국제 공동 R&D	공공	0.875	1.578

[부록 5] 시설물 특허 분석 보고서

I. 개요

1. 분석배경 및 목적

1-1. 분석 배경

본 보고서는 미래창조과학부의 한국건설기술연구원 기관고유사업으로, 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구를 수행함에 있어, 해당 기술 분야에 대한 현재 기술수준, 기술개발동향, 시장 및 산업동향 조사 등 사전 특허·기술 동향을 파악하여 R&D 방향성 검토를 지원하도록 미래창조과학부의 요청에 의해 특허청이 발주하고 한국지식재산전략원이 주관하는 사업임

한국의 국토교통 분야 기술수준(기술격차, 순위)은 최고기술보유국 대비 78.8%(5년, 6위)이며, 특허/논문경쟁력 순위도 기술수준 순위와 동일한 것으로 나타남. 한편, 국토교통 분야의 기술수준과 기술경쟁력 순위는 미국이 가장 우수한 것으로 평가됨

국토교통 주요 분야 최고기술국 대비 상대 기술수준을 살펴보면, 분야별로는 대부분 선진국 대비 70% 수준 이상이나, 플랜트 및 항공 분야의 기술수준은 70% 이하로 낮은 수준을 보임에 따라 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구를 수행함에 있어, 국토교통 주요 분야 중 시설물 분야를 집중적으로 조사할 필요성이 있음

1-2. 분석 목적

본 보고서에서는 국토교통 시설물 분야의 기술영역을 크게 ① 교량, ② 터널 및 지하공간, ③ 사면/지반조사/기초, ④ 항만 및 해양구조물, 및 ⑤ 특수 구조물의 5가지 중분류로 설정하여 한국건설기술연구원의 국토교통 시설물 관련 연구소가 세계적 수준으로 발돋움하기 위한 신연구 분야를 발굴하는데 도움이 되는 특허동향 분석을 실시함

이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고, 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하기 위함임

또한, 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 다출원인 TOP 순위를 추출하여, 다출원인의 국가별 출원건수 및 동향, 주요 다출원인의 핵심특허를 연도별 순으로 분석하여 기술 흐름을 파악하고, 향후 국토교통 시설물 분야를 주도할 예상 출원인을 파악하여 추후 모니터링 대상으로 삼을 수 있는 출원인 정보를 제공하기 위함임

2. 분석범위

본 분석에서는 2016년 11월까지 출원 공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국 공개특허와 2016년 11월까지 출원 등록된 한국, 일본, 유럽 및 미국 등록특허를 분석 대상으로 함

2-1. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

(1) 분석대상 특허[66]

<표 1-1> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개.등록특허 (공개.등록일 기준)	한국	WIPS DB	현재 (2016.11)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	일본			특허공개 및 등록 전체문서
	유럽			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서

※ 정량분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - 1996 ~ 2015(출원년도 기준)
※ 정성분석구간: 한국, 미국, 일본, 유럽 - ~ 2016. 11(공개·등록년도 기준)

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

2-2. 분석대상 기술 및 검색식 도출

(1) 기술 분류 체계

본 분석에서는 과제수행자로부터 제공된 기술요약서 및 키워드를 기초로 기술 분류를 잡았고, 기술 분류 내 특허를 정량분석 대상으로 하여 동향분석(정량분석)을 실시하였으며, 상기 동향분석에서의 기술 분야와 심층 분석의 기술 분야를 동일하게 적용함

<표 1-2> 분석대상 기술의 기술 분류 체계

대분류	중분류	소분류
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 (A)	교량 (AA)	강구조 및 합성구조
		콘크리트 구조
		신소재 복합재료 구조교량, 특수교량
	터널 및 지하공간 (AB)	육상터널
		해저/침매터널
		부유식 터널
		대심도 터널
		지하 대공간
	사면/지반조사/기초 (AC)	사면보호/보강/유지관리
		지반조사/개량
		육상 및 해상기초/흙막이 구조물
	항만 및 해양구조물 (AD)	해양준설/매립
		항만 및 해안구조물
		수중구조물
		인공섬
	특수 구조물 (AE)	고압, 극저온 구조물
		방호 구조물(방탄/방폭)
		우주 구조물

(2) 기술 분류 기준

<표 1-3> 분석대상 기술 분류 기준

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 (A)	교량 (AA)	강구조 및 합성구조	하천/해협/만/운하 또는 교통로/구축물 위를 건너갈 수 있도록 한 고가구조물로, 주변경관과 조화 속에 기능을 발휘하도록 설계/시공/유지관리/해체하는 기술
		콘크리트 구조	
		신소재 복합재료 구조교량, 특수교량	
	터널 및 지하공간 (AB)	육상터널	위치, 직경, 구배, 지반조건을 고려하여 설계 및 굴착계획/방법을 결정하여 터널 및 지하공간을 조성하고 경제적으로 유지 관리하는 기술
		해저/침매터널	
		부유식 터널	
		대심도 터널	
		지하 대공간	
	사면/지반조사/기초 (AC)	사면보호/보강/유지관리	도로, 택지, 철도 및 공원시설 등을 건설하기 위해 토공에 의해 인위적으로 형성된 인공사면과 재해예방을 위해 관리가 필요한 자연사면을 조성, 유지관리하기 위한 제반 기술
		지반조사/개량	
		육상 및 해상기초/흙막이 구조물	
	항만 및 해양구조물 (AD)	해양준설/매립	해저/해상에 고착된 시설물과 부유식 구조물을 설계/시공/유지 관리하는 기술로, 수중이나 해저의 시설물을 설치하거나 지장물을 해체하는 기술
		항만 및 해안구조물	
		수중구조물	
		인공섬	
	특수 구조물 (AE)	고압, 극저온 구조물	고압/저온의 극한환경 및 우주 시설물 또는 유고지역에서 급격한 충격에 대응하기 위해 건설되는 구조물의 설계/시공/유지 관리하는 기술
		방호 구조물 (방탄/방폭)	
		우주 구조물	

(3) 핵심 키워드 도출

수혜기관에서 제공한 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 관련 연구내용 제안서를 바탕으로 특허분석을 위한 키워드를 도출하였으며, 추가적으로 해당 과제연구원들과의 기술 미팅을 통해

키워드를 수정하고, 2차 키워드(최종 키워드)를 도출하였음

(4) 검색식 도출 과정

본 보고서에 사용된 검색식은 상기 방법을 통해 도출된 핵심키워드를 바탕으로 해당 기술 분류를 포함할 수 있는 검색식을 작성하였으며, 과제책임자의 검토를 반영하여 최종 검색식을 완성함

(5) 검색식

기술 분류 체계에 따른 최종 검색식은 <표 1-4>와 같음

<표 1-4> 기술 분류 체계에 따른 최종 검색식

대분류	중분류	검색식	검색건수				
			한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	합계
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 (A)	교량 (AA)	(교량* 교각* 거더* 다리* bridge* pier* girder*) and (강구조* 강교각* 강합성* 강판* 합성구조* 형강* 프리캐스트* 프리스트레스트* 콘크리트* steel* composite* tendon* (shape adj steel) precast* prestresse* concrete* 철근* 슬라브* 고강도* 이음* 앵커* reinforce* slab* (high adj strength) Joint* anchor* 사장* 현수* 아치* 부유* 경량* 연성* 유동* 신소재* 복합* 특수* 내화* 재생* (cable adj stayed) suspension* arch* float* lightweight* (high adj ductility) liquid* new* hybrid* special* fire* recycl*) and (설계* 시공* 계획* 유지관리* 유지보수* 평가* plan* design* construct* build* maintenance* evaluat*) and (센서* 센싱* sens* 모니터* monitor* 모델링* modeling* 3차원 3D 3dimension* 유비쿼터스* ubiquitous* 위성* 지도* 맵* satellite map* (인공* adj 지능*) (artificial adj intelligence) 로봇* robot* 드론* drone* (딥 adj 러닝) (deep adj learning))	114	364	177	87	742
	터널 및 지하공간 (AB)	(터널* 지하* 지반* tunnel* underworld underground 육상* 해저* 침매* 부유* 대심도* 대공간* land* ((sea ocean) adj (floor bottom)) Immersed* float* drift* depth* (large adj space)) and (암반* (소성 adj 변형) 방수* 굴착* 발파* rock* (plastic adj deformation) waterproof* excavat* drill* blast* 탐사* 수압* 수심* 배수* 환기* 방재* 내진* 내화* 화재* 누수* explore* survey* (water adj pressure) (water adj depth) drainage* ventilation disaster* seismic* fire* leak* 스펙트럼* 스펙트럼* spectrum* 그라우트* 그라우팅* grout*) and (설계* 시공* 계획* 유지관리* 유지보수* 평가* plan* design* construct* build* maintenance* evaluat*) and (센서* 센싱* sens* 모니터* monitor* 모델링* modeling* 가상* 증강* imagine* virtual* augment* 3차원 3D 3dimension* 유비쿼터스* ubiquitous* 위성* 지도* 맵* satellite map* (인공* adj 지능*) (artificial adj intelligence) 로봇* robot* 드론* drone* (딥 adj 러닝) (deep	516	947	305	122	1,890

		adj learning))					
	사면/지반 조사/기초 (AC)	(사면* 지하 지반* slope* underworld underground) and (낙석* 개량* 육상* 해상* 흙막이* 옹벽* 벽체* 앵커* 말뚝* 식생* 경사* 비탈* 토사* 산사태* 네일* 숏크리트* rockfall* improve* land* sea ocean sheathing* shoring* (retaining adj wall) wall anchor* pile* (seed adj spray) dip* landslide* nail* shortcrete* 탐사* 보링* 치환* 재하* 다짐* explore* survey* boring* replace* surcharge* compaction*) and (센서* 센싱* sens* 모니터* monitor* 모델링* modeling* 가상* 증강* imagine* virtual* augment* 3차원 3D 3dimension* 유비쿼터스* ubiquitous* 위성* 지도* 맵* satellite map* (인공* adj 지능*) (artificial adj intelligence) 로봇* robot* 드론* drone* (딥 adj 러닝) (deep adj learning))	476	421	658	175	1,730
	항만 및 해양 구조물 (AD)	(항만* 해양* 해안* 수중* 해저* port* ocean sea coast* shore* seaside* seaboard* underwater) and (수심* 준설* 매립* 구조물* 호안* 침강* 응집* 침전* 차수* 매몰* sounding* dredg* landfill* reclamation* reclaim* seawall* sinking* condensat* precipit* waterproof* 방파* 제방* 수로* breakwater* wharf* dike* (인공 sdj 섬) ((artificial pitched) adj island)) and (센서* 센싱* sens* 모니터* monitor* 모델링* modeling* 가상* 증강* imagine* virtual* augment* 3차원 3D 3dimension* 유비쿼터스* ubiquitous* 위성* 지도* 맵* satellite map* (인공* adj 지능*) (artificial adj intelligence) 로봇* robot* 드론* drone* (딥 adj 러닝) (deep adj learning))	450	619	273	81	1,423
	특수 구조물 (AE)	(구조* 시설* structure construction) and (고압* 동결* 극저온* 극지* 극한* 빙하* 남극* 북극* 방호* 방탄* 방폭* 우주* 위성* (high adj pressure) freeze* ((very extremely) adj low adj temperature) arctic* extreme* antarctic* protect* defense* explosion* universe* space* satellite*) and (센서* 센싱* sens* 모니터* monitor* 모델링* modeling* 가상* 증강* imagine* virtual* augment* 3차원 3D 3dimension* 유비쿼터스* ubiquitous* 위성* 지도* 맵* satellite map* (인공* adj 지능*) (artificial adj intelligence) 로봇* robot* 드론* drone* (딥 adj 러닝) (deep adj learning))	351	216	96	33	696
총 계			1,907	2,567	1,509	498	6,481

(6) 유효특허 선별 결과

위의 선별기준을 통하여 유효특허를 선별한 결과 아래의 <표 1-5>와 같이, 교량(AA)이 200건, 터널 및 지하공간(AB)이 209건, 사면/지반조사/기초(AC)가 217건, 항만 및 해양 구조물(AD)이 180건, 특수 구조물(AE)이 117건 도출되었음

<표 1-5> 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 기술의 유효특허 선별결과

대분류	중분류	유효특허 건수				
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	계
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 (A)	교량 (AA)	63	45	78	14	200
	터널 및 지하공간 (AB)	57	74	64	14	209
	사면/지반조사/기초 (AC)	69	53	69	26	217
	항만 및 해양 구조물 (AD)	84	38	36	22	180
	특수 구조물 (AE)	48	25	31	13	117
총계		321	235	278	89	923

II. 특허기술 Landscape

1. 분석방법

본 분석에서는 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 특허기술 Landscape, 세부기술 분석으로 나누어 분석함

○ 특허기술 Landscape

- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본, 유럽에서의 주요 출원국 기술개발 활동 현황, 주요 출원국 내외국인 특허동향, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악 및 주요 출원국 출원인 현황 등의 분석을 통한 국가 간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석함

- 또한, 상위 Top20의 다출원인 도출을 통하여 주요 출원인 현황 및 IP로 본 주요시장국을 분석하고, 주요 출원인들의 시장 확보력 및 기술력, 주력 기술 분야에 대한 파악을 통하여 출원인 Landscape를 분석함

○ 세부기술 분석

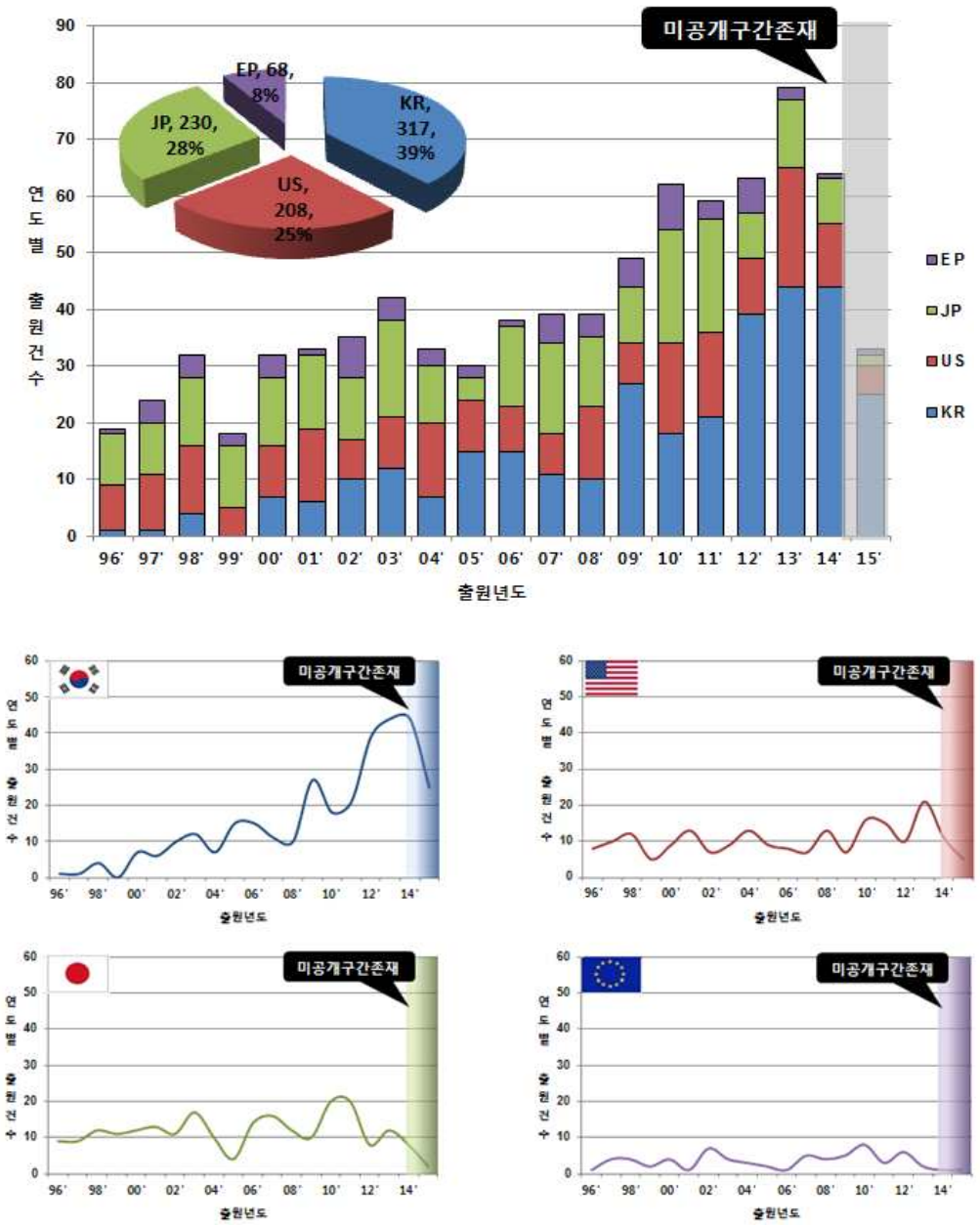
- 세부기술 분석에서는 세부기술별로 구간별 특허출원 동향, 주요 출원국 별 세부기술 동향, 다출원인의 특허동향 등을 분석하고, 이를 분석한 의미가 시장·환경 분석결과를 반영할 수 있도록 하여, 시장·환경과 특허와의 관계를 분석함

- 또한, 출원 증가율 분석, 유효특허를 구간별로 나누어 세부기술의 구간별 점유증가율 분석, 주요 출원인의 구간별 점유증가율 및 구간별 외국인 출원 증가율 분석을 통한 주요시장의 부상기술 동향 분석을 통해 세부기술 중에서 최근 부상하고 있는 기술을 도출하고, 결론에서 핵심기술 분석 평가표를 제시하여 세부기술의 부상여부를 한눈에 알아볼 수 있도록 정리함

2. 국가별 Landscape

2-1. 주요 출원국 기술개발 활동현황

(1) 주요 출원국 연도별 특허동향(국가별)



<그림 2-1> 주요 출원국 연도별 특허출원현황

먼저 주요 특허청의 출원건을 기준으로 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 연도별 전체 특허동향을 살펴봄으로써, 각 국에서의 특허출원 트렌드를 알아보고자 함

[TOTAL] 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 2000년대 중반 특허출원이 잠시 주춤했으나, 분석 초기구간부터 현재까지 꾸준하게 증가하는 추세를 보임. 또한, 국토교통 시설물 분야 관련하여, 한국은 39%의 출원 점유율을 나타내어 가장 높은 점유율을 차지하고 있으며, 다음으로 일본이 28%, 미국이 25%, 유럽이 8%의 출원 점유율을 가지는 것으로 나타남

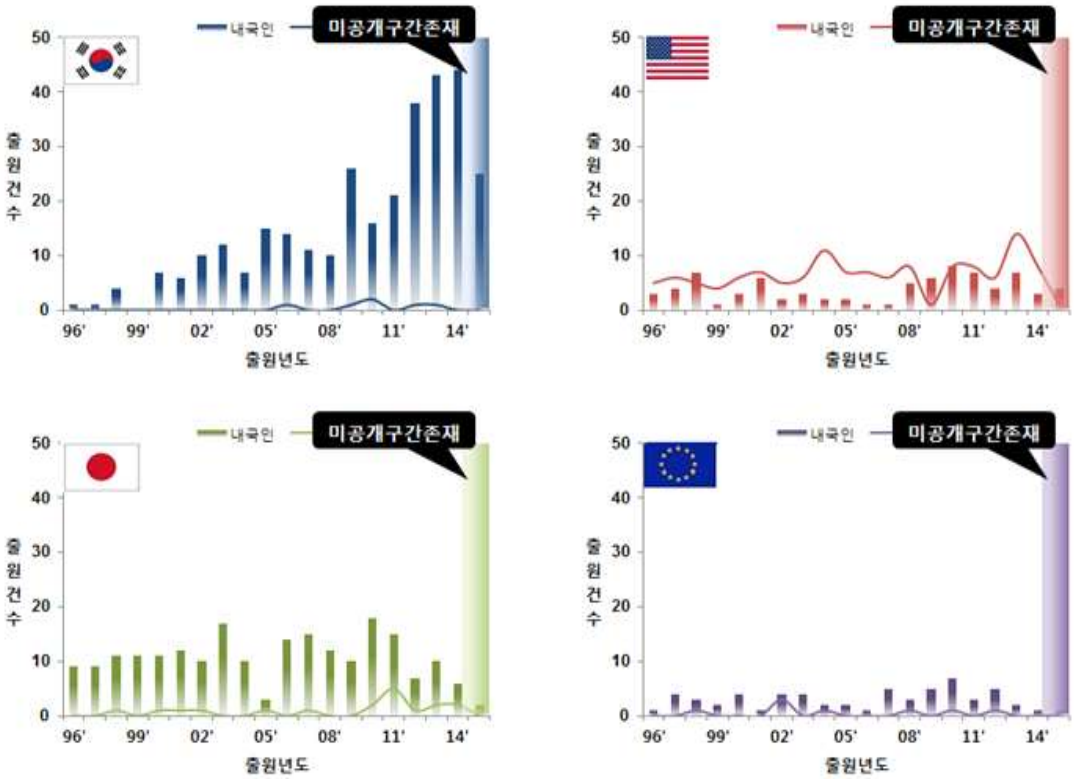
[KR] 한국의 연도별 특허동향을 살펴보면, 한국은 분석 초기구간부터 2000년대 중반까지 특허 출원건수가 소폭으로 증감을 반복하는 추세를 보이다가 2000년대 중반을 기점으로 특허 출원건수가 급격히 증가하였고, 그 후부터 현재까지 특허 출원건수가 증감을 반복하면서 지속적으로 증가함. 한국은 2000년대 이전의 특허 출원건수가 다른 연도에 비해 상대적으로 적은데, 이는 당해 구간에서 본 기술 분야의 신기술 개발보다는 기존에 개발된 기술을 제품에 적용하는 것에 편중되거나 또는 본 기술 분야의 기술 개발이 정체되었기 때문으로 볼 수 있음. 또한, 2000년대 중반부터 특허 출원건수가 급격히 증가하는 것은 한국에서 본 기술 분야에 대한 관심이 높고 본 기술 분야와 관련된 신기술의 개발이 활발하다는 것을 시사함

[US] 미국의 연도별 특허동향을 살펴보면, 미국은 분석구간 초기부터 증감을 반복하면서 일반적인 출원 규모를 유지하고 있다가 2010년대 초반을 기점으로 소폭 상승하는 추세를 보임. 이는 미국에서 본 기술 분야에 대한 필요성을 가지게 되어 관심이 증가함에 따라 부가적인 연구개발 및 특허출원 활동이 이루어진 것으로 보임

[JP] 일본의 연도별 특허동향을 살펴보면, 일본은 분석구간 초기부터 2000년 중반까지 일정하게 특허출원하여 일반적인 출원 규모를 유지하고 있다가 2000년대 중반 특허출원이 급격히 감소했다가 다시 증가하는 등 출원 건수의 변동이 큰 경향을 보이며, 2010년대 초반을 기점으로 지금까지 계속적으로 감소하는 추세를 보임. 이는 당해 구간에서 본 기술 분야의 신기술 개발보다는 기존에 개발된 기술을 제품에 적용하는 것에 편중되거나 또는 본 기술 분야의 기술 개발이 정체되었기 때문으로 분석될 수 있음

[EP] 유럽의 연도별 특허동향을 살펴보면, 유럽은 타 국가에 비해 가장 소극적인 특허출원을 실시하고 있고, 연도별 특허 출원건수는 모두 10건 이하로 특허출원 모집단의 수가 적어 유의미한 경향을 보인다고 보기 어려움. 다만, 유럽은 분석구간 초기부터 현재까지 일정한 특허 출원건수를 유지하고 있는 것으로 보임

(2) 주요 출원국 연도별 내·외국인 특허출원현황



<그림 2-2> 주요 출원국 연도별 내·외국인 특허출원현황

연도별 주요 출원국의 내외국인 특허출원동향을 통해 주요 출원국의 연도별 내외국인 출원 점유율 및 내외국인 출원 점유율의 변화를 분석하고자 함

[KR] 한국의 내외국인 특허출원동향을 살펴보면, 한국은 전 구간에 걸쳐 내국인에 의한 특허출원 비율이 외국인에 의한 특허출원 비율에 비해 상당히 높은 것으로 보아, 자립도가 높은 것으로 나타남. 또한, 2000년대 중후반부터 내국인에 의한 출원이 급격히 증가한 것으로 보아, 2010년대 초반을 접어들면서 정부에 의한 국토교통 시설물분야의 유지, 관리, 시공, 설계에 대한 R&D 추진 및 시제품 생산 시설이 증가하여 관련 연구 산업이 활발해지는 경향과 유사한 동향을 보이는 것으로 판단됨

[US] 미국의 내외국인 특허출원동향을 살펴보면, 미국은 외국인의 특허출원 비율이 내국인의 특허출원 비율보다 상대적으로 높으나, 내국인과 외국인의 특허출원이 유사한 동향을 보이는 것으로 나타남. 미국은 한국 및 일본에 비해 본 기술 분야 관련하여 매우 저조한 특허출원을 진행하고 있으며, 이는 한국 및 일본 대비 본 기술 분야에 대한 실질적인 필요성 인지가 낮기 때문인 것으로 판단됨

[JP] 일본의 내외국인 특허출원동향을 살펴보면, 일본은 전 구간에 걸쳐 내국인 위주의 특허출원이 이루어지고 있으며, 외국인에 의한 특허출원이 저조한 것으로 나타남. 또한, 일본은 외국 기업의 진입장벽

이 높아 일본에서 대부분의 특허출원이 일본 기업에 의해 이루어지고 있는 것으로 판단됨

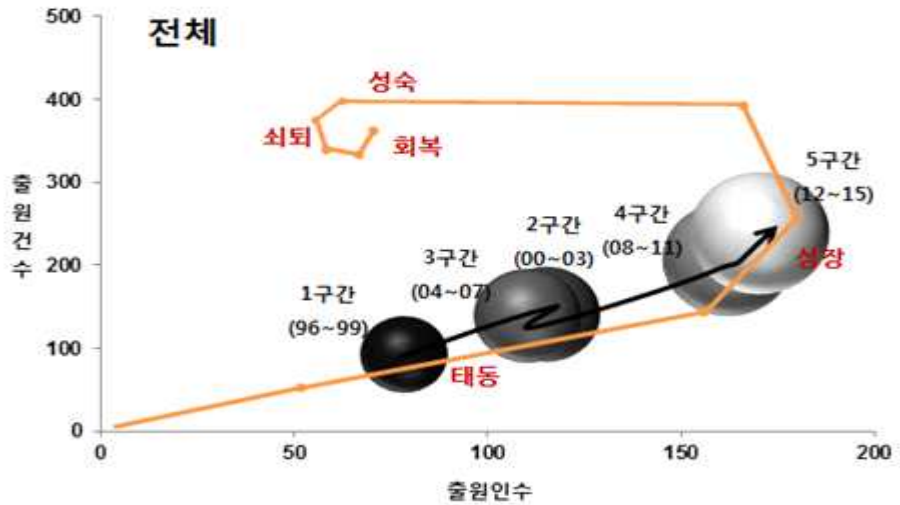
[EP] 유럽의 내외국인 특허출원동향을 살펴보면, 유럽의 내국인에 의한 특허출원 활동은 그래프 상으로 나타나지 않을 정도로 소극적이지만, 전 구간에 걸쳐 외국인에 비해 내국인의 특허출원이 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타남

2-2. 기술시장 성장단계 파악



I. 태동	- 신기술의 출현 - 특허와 특허출원인의 적은 증가
II. 성장	- R&D의 급격한 증가, 경쟁의 격화 - 특허와 특허출원인의 빠른 증가
III. 성숙	- 지속적인 연구개발 활동, 일부 업체의 도태 - 특허 수의 정체, 특허출원인의 정체 또는 감소
IV. 쇠퇴	- 대체기술의 출현, 기술발전의 불연속점 발생 - 특허 수의 감소, 특허출원인의 정체 도는 감소
V. 회복	- 기술의 유용성 재발견, 대체기술의 쇠퇴 - 특허와 출원인 수가 증가추세로 전환

(1) 주요 출원국 구간별 기술성장 현황(전체)

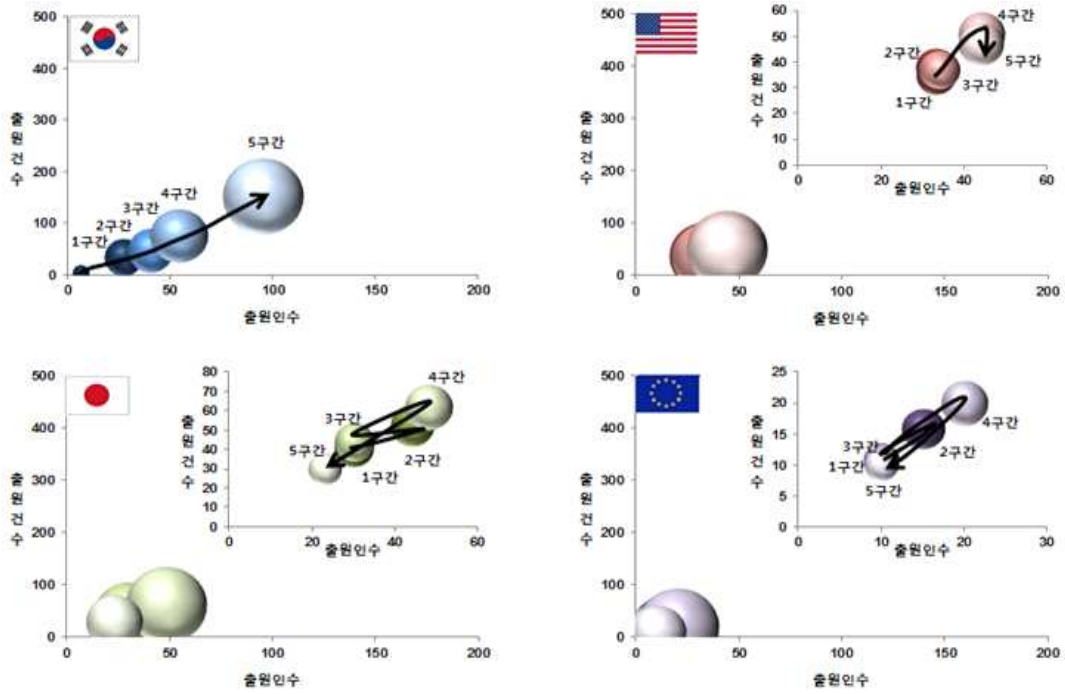


<그림 2-3> 주요 출원국 출원 동향

본 그래프는 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 기술의 전 세계 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 1구간(1996년~1999년), 2구간(2000년~2003년), 3구간(2004년~2007년), 4구간(2008년~2011년), 5구간(2012년~2015년)의 5개의 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인수 및 출원건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴보고자 함

본 그래프는 전 세계 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로서, 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 기술은 1구간에서 2구간까지 출원건수와 출원인수가 꾸준히 증가하다가 3구간에서 출원건수와 출원인수가 감소하는 양상을 보이며 짧은 성숙기를 거쳐 4구간에서 급격한 회복기를 거쳐 5구간에서 다시금 **성장기**를 보이는 것으로 평가됨

(2) 주요 출원국 구간별 기술성장 현황(국가별)



<그림 2-4> 국가별 기술성장 단계

상기 그래프는 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 기술의 해당 국가별 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로, 이를 통해 국가별로 기술 시장 성장단계를 분석함

[KR] 한국의 경우, 1구간(1996년~1999년)에서 5구간(2012년~2015년)까지 출원인수와 출원건수가 꾸준하게 증가하여 성장기를 보이는 것으로 나타남

[US] 미국의 경우, 1구간(1996년~1999년)에서 4구간(2008년~2011년)까지 출원인수와 출원건수가 증가하는 성장기를 보이다가 4구간(2008년~2011년) 이후 출원건수가 감소하는 경향을 보임

[JP] 일본의 경우, 1구간(1996년~1999년)에서 4구간(2008년~2011년)까지 성장기와 성숙기를 반복하다가 4구간(2008년~2011년) 이후 급격한 쇠퇴기를 보임

[EP] 유럽의 경우, 자국 특허 출원의 수가 미미하여 정량적으로 유의미한 분석이 어려우나, 1구간(1996년~1999년)에서 4구간(2008년~2011년)까지 성장기와 성숙기를 반복하다가 4구간(2008년~2011년) 이후 급격한 쇠퇴기를 보임

의미::: 각 출원구간으로 구분하여 출원건수(특허건수)와 출원인수(특허권자수)를 2차원 버블차트로 구현한 그래프임. 버블의 크기는 출원인수(특허권자수)임

출원건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고, 출원인수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 이는 해당 기술 분야의 시장이 커지고 있다는 것을 의미함
발전기 단계에서는 출원인과 출원건수가 활발하게 진행되는 단계로써 연구활동이 활발한 것을 판단할 수 있으며, 성숙기 단계는 출원건수 및 출원인의 증가율이 낮아지면서 시장 진입자들이 빠져나가는 단계임. 퇴조기 단계는 출원인 뿐 아니라 출원건수도 감소하여 해당기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음. 부활기 단계는 원천기술을 이용하여 현 시장에 맞는 기술들이 다시 개발되어 새로운 아이디어와 함께 시장이 재형성되는 단계로 볼 수 있음

해석 및 활용 시 유의사항::: 모든 출원국은 속지주의 원칙, 즉 동일한 발명에 대하여 상이한 국가에서 획득한 특허는 각각 독립적으로 해당국가의 법률에 따라 존속·소멸한다는 원칙에 따라 독립적으로 권리의 효력이 발생하기 때문에, 해당 출원 국가에 특허출원한다는 것은 해당 시장에서 권리를 이행하려는 의지가 있다고 볼 수 있음
이에 출원 국가별로 해당기술의 시장 및 개발현황을 비교해봄으로써, 어느 시장이 활발한지, 기술개발 형성이 어디까지 진행되었는지 판단할 수 있음. 주요시장국과 우리나라의 상황을 비교해 보고, 우리나라보다 기술개발단계가 앞서있는 시장국을 파악하여, 현재 기술개발과 기술시장에 진입하기 위한 기술적인 강점은 무엇이며, 기회요인이 어떤 것들이 있는지 연구 기획시 주도면밀하게 분석해야 할 것임

연계분석항목::: 연구기획단계는 성장기, 발전기 등에 위치하는 것이 바람직함. 특히 건수가 많고 출원인수의 증가가 큰 경우 시장국에 대하여 다출원인 현황([다출원인 특허현황, 다출원인 출원국가별 특허현황] 연계)과 최근 신규 시장 진입자를 파악하고 이들의 특허문헌을 Review하고 비교함으로써 새로운 기술들을 모니터링 할 수 있음
본 예시에서도 볼 수 있듯이 각 출원국가별로 출원(특허)건수의 기준치가 모두 다르기 때문에 그래프의 해석이 와전될 수도 있음. 따라서 모든 기준치를 동일하게 적용하여 비교해야 함

3. 출원인 Landscape

3-1 주요 출원인 현황 및 IP로 본 출원국

<표 2-1> 출원인 Landscape

NO.	출원인	출원인 국적	주요IP출원국(건수)				주력기술 분야
			한국	미국	일본	유럽	
1	현대중공업 주식회사	KR	21	0	0	0	AD
2	대우조선해양 주식회사	KR	18	0	0	0	AD, AE
3	한국해양과학기술원	KR	15	0	0	0	AD
4	KAJIMA CORP	JP	0	0	12	0	AA, AB
5	한국건설기술연구원	KR	10	0	0	0	AA
6	OHBAYASHI CORP	JP	0	0	10	0	AA, AC
7	SUMITOMO MITSUI CONSTRUCTION CO LTD	JP	0	0	10	0	AA
8	한국항공우주연구원	KR	9	0	0	0	AE
9	주식회사 싸이트로닉	KR	9	0	0	0	AD
10	한국과학기술원	KR	8	0	0	0	AE
11	KANEKO YUJI	JP	0	0	8	0	AC
12	리 마이클 명섭	KR	6	0	0	0	AD
13	삼성중공업 주식회사	KR	6	0	0	0	AD
14	PS MITSUBISHI CONSTRUCTION CO LTD	JP	0	0	6	0	AA
15	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	JP	0	0	6	0	AE
16	CHEMICAL GROUTING CO LTD	JP	0	0	6	0	AC
17	(주)지엠지	KR	5	0	0	0	AC
18	LOCKHEED MARTIN CORP	JP	0	0	5	0	AD
19	SHIMIZU CORP	JP	0	0	5	0	AB
20	Beach Reclamation, Inc.	US	0	4	0	0	AD

* 해당 출원인의 출원 수 중 주요 출원국가의 출원비중 중 10% 이상인 국가(대분류 대상 상위 20개 출원인)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 Top20을 추출한 결과, 한국의 현대중공업 주식회사가 21건으로 1위를 차지하였고, 한국의 대우조선해양 주식회사가 18건으로 2위, 한국의 한국해양과학기술원이 15건으로 3위를 기록하는 등 전반적으로 한국 기업들의 점유율이 매우 높은 것으로 나타남. 그 외 대부분이 한국 및 일본 기업으로, 본 기술 분야는 한국과 일본이 강세인 것으로 분석됨

최다 출원인인 **현대중공업 주식회사**는 한국에 21건(100%)을 출원하여 모든 특허를 자국인 한국에 출원한 것으로 나타남. 한국지질자원연구원의 주력 기술 분야는 항만 및 해양구조물(AD)인 것으로 나타남

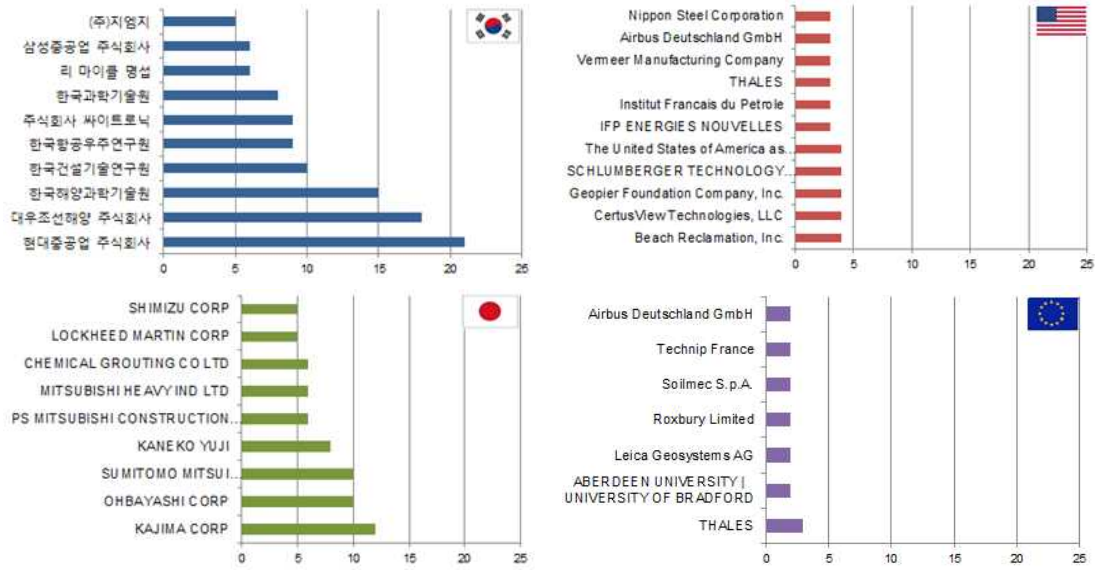
특허 출원건수 2위를 기록한 한국의 **대우조선해양 주식회사**는 한국에만 18건(100%)을 출원하여 모든 특허를 자국인 한국에 출원한 것으로 나타남. 대우조선해양 주식회사의 주력 기술 분야는 항만 및 해양구조물(AD)과 특수 구조물(AE)인 것으로 나타남

특허 출원건수 3위를 기록한 한국의 **한국해양과학기술원**은 한국에만 15건(100%)을 출원하여 모든 특허를 자국인 한국에 출원한 것으로 나타남. 한국해양과학기술원 또한 주력 기술 분야가 항만 및 해양구조물(AD)인 것으로 나타남

상위에 랭크된 한국 출원인 모두 자국 출원 비율이 높은 것으로 나타났고 이는 실질적인 자국 시장에 대한 권리 확보를 위한 것으로 판단됨. 또한, 상위 랭크된 출원인들은 항만 및 해양구조물(AD)과 관련하여 상당한 관심을 가지고 있고 비용과 노력을 투자하고 있다는 것으로 분석될 수 있으므로 향후 특허 출원 동향을 지켜볼 필요가 있음

결론적으로, 한국 기업을 중심으로 한 출원 증가 추세 및 높은 자국 출원 비율을 고려하면, **항만 및 해양구조물(AD) 관련 산업은 한국 주도형 기술**이고 상당한 영업이익을 창출할 수 있는 고가의 서비스 산업인 것으로 판단됨. 이러한 상황에서 한국의 항만 및 해양구조물(AD) 관련한 기업들은 특허 출원율이 증가 추세를 보이고 있고, 지속적으로 관심을 가지고 연구개발을 진행하고 있는 것으로 분석됨. 다만, 사면/지반조사/기초(AC) 분야는 상위 출원인들의 주력 기술 분야로 나타나지 않은 바, 사면/지반조사/기초(AC) 분야에 대한 투자를 활성화하여 신기술 개발 및 이에 따른 특허 출원이 필요한 것으로 판단됨

3-2 주요 출원국 출원인 현황



<그림 2-5> 주요 출원국 상위 출원인 현황

주요 출원국별 상위 주요 출원인 현황을 살펴보면,

한국의 경우, 현대중공업 주식회사가 21건 특허출원하여 가장 많은 특허출원을 하고 있는 것으로 나타나고, 대우조선해양 주식회사, 한국해양과학기술원이 각각 18건, 15건 특허출원하여 그 뒤를 따르는 것으로 분석되었으며, 상위 주요출원인 모두 한국인 것으로 분석되어 내수 중심의 시장이 형성되어 있는 것으로 나타남. 또한, 한국에서의 특허출원 건수가 다른 국가들에 비해 상대적으로 많은 것으로 조사되었고, 국가산하 연구기관 및 대기업에서 집중적으로 관련 연구가 진행되고 있는 것으로 보임

일본의 경우, KAJIMA CORP가 12건 특허출원하여 가장 많은 특허출원을 하고 있는 것으로 나타나고, OHBAYASHI CORP와 SUMITOMO MITSUI CONSTRUCTION CO LTD에서 각각 10건 특허출원하여 그 뒤를 따르고 있는 것으로 보임. 또한, 상위 주요출원인 모두 일본인 것으로 분석되어 내수 중심의 시장이 형성되어 있는 것으로 나타남

미국과 유럽의 경우, 다른 국가에 비교하여 해당 기술에 대한 출원 건수가 미미한 것으로 나타남

4. 소결

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 2000년대 중반 특허출원이 잠시 주춤했으나, 분석 초기구간부터 현재까지 꾸준하게 증가하는 추세를 보임. 또한, 국토교통 시설물 분야 관련하여, 한국은 39%의 출원 점유율을 나타내어 가장 높은 점유율을 차지하고 있으며, 다음으로 일본이 28%, 미국이 25%, 유럽이 8%의 출원 점유율을 가지는 것으로 나타남

연도별 주요출원국의 내외국인 특허출원동향을 살펴보면, 한국은 전 구간에 걸쳐 내국인에 의한 특허출원 비율이 외국인에 의한 특허출원 비율에 비해 상당히 높은 것으로 보아, 자립도가 높은 것으로 나타남. 미국은 외국인의 특허출원 비율이 내국인의 특허출원 비율보다 상대적으로 높으나, 내국인과 외국인의 특허출원이 유사한 동향을 보이는 것으로 나타남. 일본은 전 구간에 걸쳐 내국인 위주의 특허출원이 이루어지고 있으며, 외국인에 의한 특허출원이 저조한 것으로 나타남. 유럽의 내국인에 의한 특허출원 활동은 그래프 상으로 나타나지 않을 정도로 소극적이지만, 전 구간에 걸쳐 외국인에 비해 내국인의 특허출원이 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타남

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 기술은 1구간에서 2구간까지 출원건수와 출원인수가 꾸준히 증가하다가 3구간에서 출원건수와 출원인수가 감소하는 양상을 보이며 짧은 성숙기를 거쳐 4구간에서 급격한 회복기를 거쳐 5구간에서 다시금 **성장기**를 보이는 것으로 평가됨

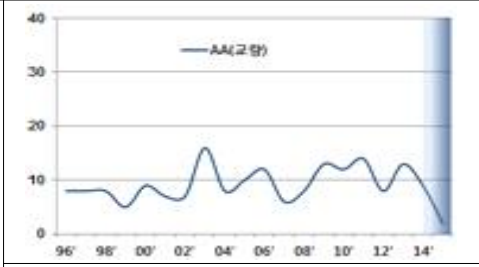
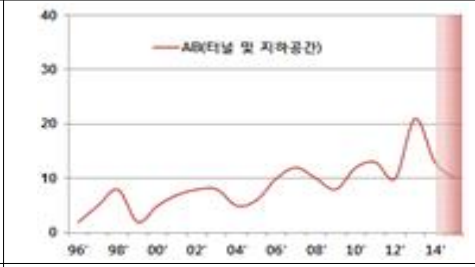
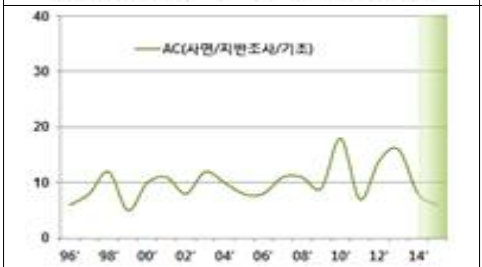
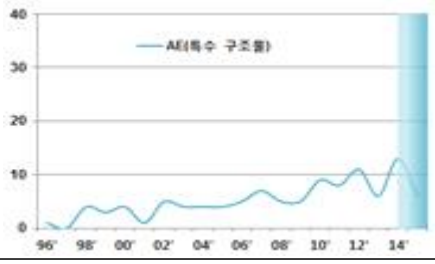
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요출원인 Top20을 추출한 결과, **항만 및 해양구조물 관련 산업은 한국 주도형 기술**이고 상당한 영업이익을 창출할 수 있는 고가의 서비스 산업인 것으로 판단됨. 이러한 상황에서 한국의 항만 및 해양구조물 관련한 기업들은 특허 출원율이 증가추세를 보이고 있고, 지속적으로 관심을 가지고 연구개발을 진행하고 있는 것으로 분석됨. 다만, 사면/지반조사/기초(AC) 분야는 상위 출원인들의 주력 기술 분야로 나타나지 않은 바, 사면/지반조사/기초(AC) 분야에 대한 투자를 활성화하여 신기술 개발 및 이에 따른 특허 출원이 필요한 것으로 판단됨

III. 세부기술 분석

1. 세부기술 동향

1-1. 세부기술별 출원증가율 분석

<표 3-1> 세부기술별 추세선 분석

대분류	중분류	
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 (A)		
		
		

[교량(AA)] 교량(AA)은 분석구간 초기부터 현재까지 특허출원의 증감을 반복하며 급변하는 경향을 보이고 있음

[터널 및 지하공간(AB)] 터널 및 지하공간(AB)은 분석구간 초기 낮은 특허출원 건수를 보이나, 분석구간 초기부터 현재까지 특허출원이 꾸준하게 증가하는 추세를 보임

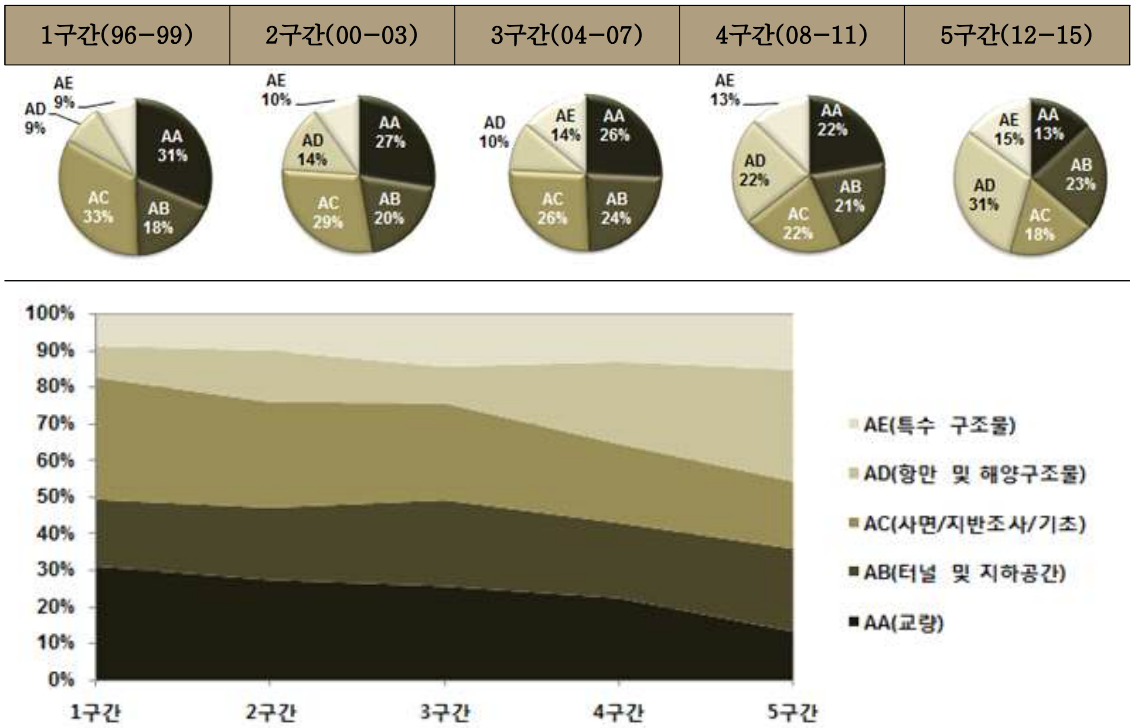
[사면/지반조사/기초(AC)] 사면/지반조사/기초(AC)는 분석구간 초기부터 현재까지 특허출원의 증감을 반복하는 경향을 보이고 있으며, 최근 증감 변동율이 상대적으로 높게 나타남

[항만 및 해양구조물(AD)] 항만 및 해양구조물(AD)은 2000년대 초반 활발한 출원율 증가경향을 보이다가 2000년대 중반 급격한 출원율 감소구간을 기점으로 2000년대 후반부터 다시금 높은 증가율을 보이고 있음

[특수 구조물(AE)] 특수 구조물(AE)은 그 특허출원 건수가 미미하여 유의미적 분석이 어려우나, 분석 초기 구간부터 일정구간 꾸준히 유지되는 경향을 보이다가 급격한 감소 후 다시 증가하여 일정구간 유지되는 반복 패턴을 보이고 있음. 분석구간 초기부터 현재까지 낮은 특허출원 건수를 유지하고 있어 분석구간 전반적으로 저조한 특허 출원율을 보이고 있음

결과적으로, 국토교통 시설물 분야 기술과 관련된 특허출원은 항만 및 해양구조물(AD) 관련한 기술에서 두각을 나타내고 있으며, 최근 항만 및 해양구조물(AD)에 대한 관심이 높아지면서 특허 점유율을 확보하기 위한 경쟁이 높은 것으로 판단됨. 한편, 특수 구조물(AE)에 대한 기술 개발이 상대적으로 저조한 것으로 파악됨

1-2. 세부기술별 출원 점유율 분석



<그림 3-1> 소분류별 기술점유율 변화추이

[Total] 1구간과 2구간에서는 사면/지반조사/기초(AC)가 높은 점유율을 보였고, 3구간에서는 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC)의 점유율이 유사하게 나타났으며, 4구간을 기점으로 항만 및 해양구조물(AD)의 점유율이 점차 증가하는 것으로 나타남. 특수 구조물(AE)은 상대적으로 연구개발이 미미한 경향을 보임

[교량(AA)] 교량(AA)은 1구간에서 31%로 가장 높은 출원 점유율을 보였으나, 전 구간에 걸쳐 출원 점유율이 계속적으로 감소하는 추세를 보임

[터널 및 지하공간(AB)] 터널 및 지하공간(AB)은 1구간 2구간에서 출원 점유율이 각각 18%, 20%로 점차 증가하여 3구간에서 가장 높은 24%의 출원 점유율을 보임. 4구간에서 울원 점유율이 일부 감소하여 21%의 출원 점유율을 보였으나, 5구간에서 23%로 소폭 상승함. 이는 각 구간에 따른 연구동향에 따라 출원 점유율이 증감을 반복하는 것으로 보임

[사면/지반조사/기초(AC)] 사면/지반조사/기초(AC)는 1구간에서 33%로 가장 높은 출원 점유율을 보였으나, 전 구간에 걸쳐 출원 점유율이 계속적으로 감소하는 추세를 보임

[항만 및 해양구조물(AD)] 항만 및 해양구조물(AD)은 1구간에서 9%의 가장 낮은 출원 점유율을 보였고, 2구간에서 14%의 증가된 출원 점유율을 보이다가 3구간에서 10%로 소폭 감소하였으나, 4구간과 5구간에서 각각 22%, 31%로 증가하여 가장 높은 출원 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타남

[특수 구조물(AE)] 특수 구조물(AE)은 1구간에서 3구간까지 9%, 10%, 14%의 꾸준히 증가하는 출원 점유율을 보였고, 4구간에서 13%로 소폭 감소하였다가 5구간에서 15%의 가장 높은 출원 점유율을 보임

2. 주요출원인 심층분석

2-1. Key Player의 포트폴리오 - 현대중공업 주식회사

(1) 현대중공업 주식회사 포트폴리오

현대중공업

※ 관련특허 총 21건 대상임

기술분류	Total	공개	등록
교량 (AA)	0	0	0
터널 및 지하공간 (AB)	0	0	0
사면/지반조사/기초 (AC)	1	1	0
항만 및 해양구조물 (AD)	17	15	2
특수 구조물 (AE)	3	2	1



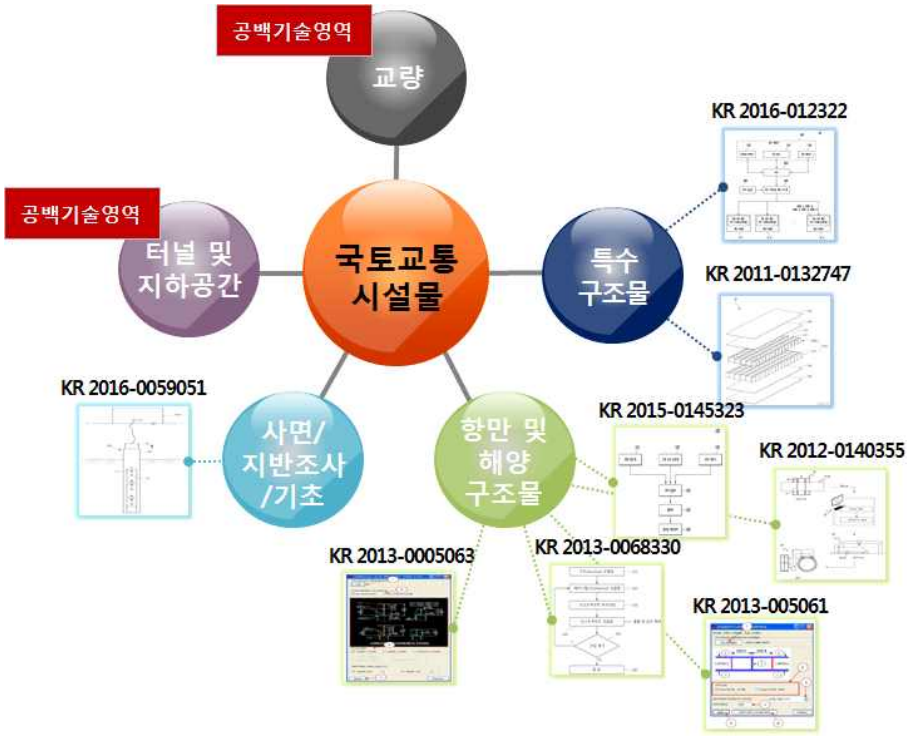
<그림 3-2> 현대중공업 주식회사의 포트폴리오 분석

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 **현대중공업 주식회사**는 한국 기업으로, "항만 및 해양구조물(AD)" 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 보이며, 이에 따라 "항만 및 해양구조물(AD)" 기술 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

현대중공업 주식회사는 "사면/지반조사/기초(AC)", "특수 구조물(AE)" 관련 기술에 대하여 각각 1건, 3건의 특허출원이 이루어지고 있어, "사면/지반조사/기초(AC)" "특수 구조물(AE)"에 관한 특허포트폴리오는 미비한 것으로 볼 수 있음

현대중공업 주식회사는 "교량(AA)", "터널 및 지하공간(AB)" 관련한 기술에 대해서는 특허출원을 진행하고 있지 않아 "교량(AA)", "터널 및 지하공간(AB)"에 관한 관심이 낮은 것으로 보임

(2) 현대중공업 주식회사 기술 분류 트리

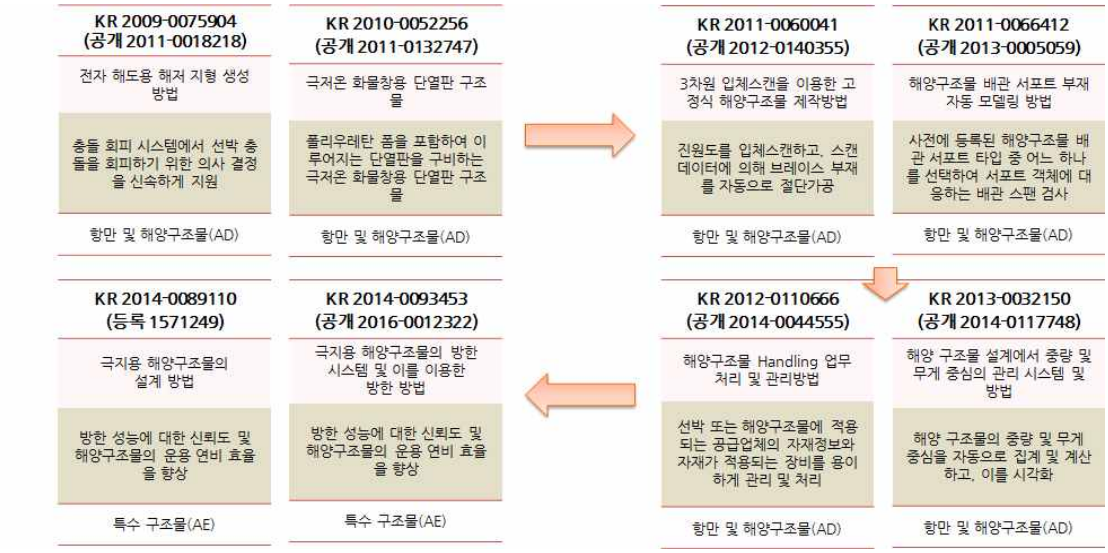


<그림 3-3> 현대중공업 주식회사의 기술 분류 트리

현대중공업 주식회사는 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB) 분야에서 특허출원을 진행하고 있지 않아, "국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구"에서 공백분야로 나타났고, 항만 및 해양 구조물(AD) 분야에서 다수의 특허출원을 진행하고 있어, 다른 분야 대비 항만 및 해양 구조물(AD) 분야에 대한 장벽도가 높은 것으로 분석됨

따라서, **현대중공업 주식회사**는 항만 및 해양구조물(AD) 분야에 대해 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB) 관련하여 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

(3) 현대중공업 주식회사 기술흐름도 분석



<그림 3-4> 현대중공업 주식회사의 기술흐름 분석

현대중공업 주식회사의 특허 기술 흐름을 살펴보면, 항만 및 해양구조물 분야에 집중적으로 특허를 출원하다가, 최근 극지에 설치될 수 있는 특수 해양구조물에 대한 특허 출원을 진행하고 있는 것으로 보임

먼저, **KR 2009-0075904**는 충돌 회피 시스템에서 선박 충돌을 회피하기 위한 의사 결정을 신속하게 지원하는 시스템으로, 해양구조물의 운항에 도움을 주고, **KR 2010-0052256**는 폴리우레탄 폼을 포함하여 이루어지는 단열판을 구비하여 화물창용 단열판 구조물을 구축할 수 있도록 지원함

다음으로, **KR 2011-0060041**는 진원도를 입체 스캔하고, 스캔 데이터에 의해 브레이스 부재를 자동으로 절단가공하여 해양구조물을 설계 및 유지관리할 수 있으며, **KR 2011-0066412**는 사전에 등록된 해양구조물 배관 서포트 타입 중 어느 하나를 선택하여 서포트 객체에 대응하는 배관 스팬 검사를 수행함에 따라 해양구조물을 안정화시킬 수 있음

다음으로, **KR 2012-0110666**는 선박 또는 해양구조물에 적용되는 공급업체의 자재정보와 자재가 적용되는 장비를 용이하게 관리 및 처리하여 해양구조물의 필요 자제를 효율적으로 관리할 수 있고, **KR 2013-0032150**는 해양 구조물의 중량 및 무게 중심을 자동으로 집계 및 계산하고, 이를 시각화하여 해양구조물을 설계하는데 사용될 수 있음

마지막으로, **KR 2014-0089110** 및 **KR 2014-0093453**는 방한 성능에 대한 신뢰도 및 해양구조물의 운용 연비 효율을 향상시킬 수 있음

2-2. Key Player의 포트폴리오 - 대우조선해양 주식회사

(1) 대우조선해양 주식회사 포트폴리오

DSME 대우조선해양

※ 관련특허 총 18건 대상임

기술분류	Total	공개	등록
교량 (AA)	0	0	0
터널 및 지하공간 (AB)	0	0	0
사면/지반조사/기초 (AC)	0	0	0
항만 및 해양구조물 (AD)	11	4	7
특수 구조물 (AE)	7	3	4



<그림 3-5> 대우조선해양 주식회사의 포트폴리오 분석

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 **대우조선해양 주식회사**는 한국 기업으로, “항만 및 해양구조물(AD)”, “특수 구조물(AE)”기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 보이며, 이에 따라 “항만 및 해양구조물(AD)”, “특수 구조물(AE)”기술 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

대우조선해양 주식회사는 “교량(AA)”, “터널 및 지하공간(AB)”, “사면/지반조사/기초(AC)” 관련한 기술에 대해서는 특허출원을 진행하고 있지 않아 “교량(AA)”, “터널 및 지하공간(AB)”, “사면/지반조사/기초(AC)”에 관한 특허포트폴리오는 구축되어 있지 않은 것으로 볼 수 있음

(2) 대우조선해양 주식회사 기술 분류 트리

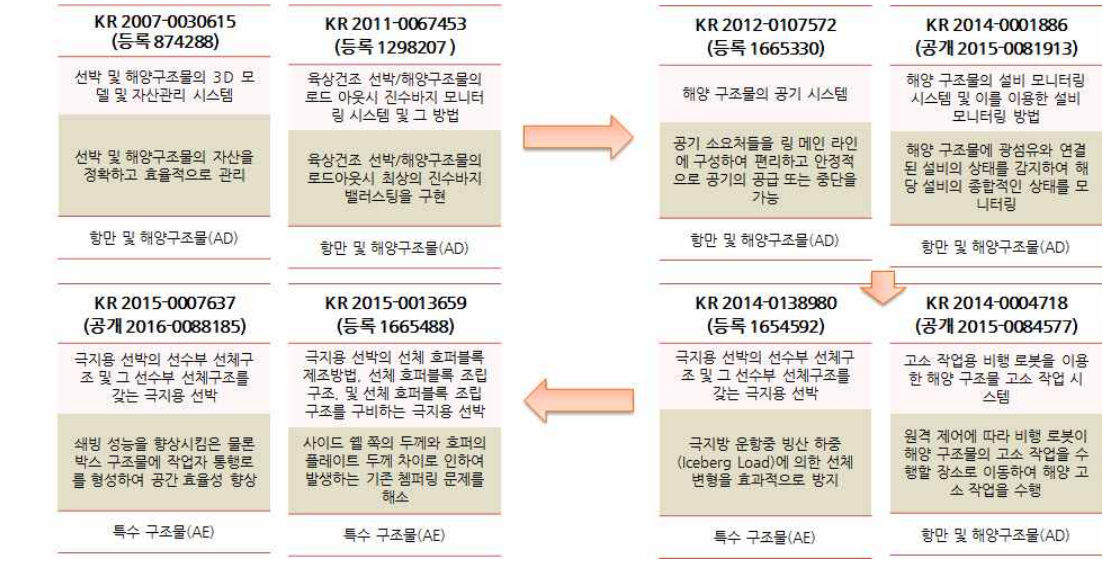


<그림 3-6> 대우조선해양 주시회사의 기술 분류 트리

대우조선해양 주식회사는 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC) 분야에서 특허 출원을 진행하고 있지 않아, "국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구"에서 공백분야로 나타났고, 항만 및 해양 구조물(AD) 분야에서 다수의 특허출원을 진행하고 있어, 다른 분야 대비 항만 및 해양 구조물(AD) 분야에 대한 장벽도가 높은 것으로 분석됨

따라서, **대우조선해양 주식회사**는 항만 및 해양구조물(AD) 분야에 대해 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC) 관련하여 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

(3) 대우조선해양 주식회사 기술흐름도 분석



<그림 3-7> 대우조선해양 주시회사의 기술흐름 분석

대우조선해양 주식회사의 특허 기술 흐름을 살펴보면, 항만 및 해양구조물 분야에 집중적으로 특허를 출원하다가, 최근 극지에서 운용 가능한 강성을 가지는 특수 해양구조물에 대한 특허 출원을 진행하고 있는 것으로 보임

먼저, **KR 2007-0030615**는 선박 및 해양구조물의 자산을 정확하고 효율적으로 관리할 수 있고, **KR 2011-0067453**는 육상건조 선박/해양구조물의 로드아웃시 최상의 진수바지 밸러스팅을 구현할 수 있어 해양구조물을 효율적으로 설계 및 관리할 수 있음

다음으로, **KR 2012-0107572**는 공기 소요처들을 링 메인 라인에 구성하여 편리하고 안정적으로 공기의 공급 또는 중단을 가능하도록 하고, **KR 2014-0001886**는 해양 구조물에 광섬유와 연결된 설비의 상태를 감지하여 해당 설비의 종합적인 상태를 모니터링할 수 있음

다음으로, **KR 2014-0138980**는 극지방 운항중 빙산 하중(Iceberg Load)에 의한 선체 변형을 효과적으로 방지하여 극지방에서의 해양구조물을 효율적으로 유지관리할 수 있고, **KR 2014-0004718**는 원격 제어에 따라 비행 로봇을 이용하여 해양 구조물의 고소 작업을 수행할 수 있음

마지막으로, **KR 2015-0007637**는 쇄빙 성능을 향상시키고, **KR 2015-0013659**는 구조물 플레이트 두께 차이를 줄이는 기술로 해양구조물의 구축을 용이하게 함

2-3. Key Player의 포트폴리오 - 한국해양과학기술원

(1) 한국해양과학기술원 포트폴리오

KIOST 한국해양과학기술원

※ 관련특허 총 15건 대상임

기술분류	Total	공개	등록
교량 (AA)	0	0	0
터널 및 지하공간 (AB)	3	0	3
사면/지반조사/기초 (AC)	1	0	1
항만 및 해양구조물 (AD)	11	5	6
특수 구조물 (AE)	0	0	0



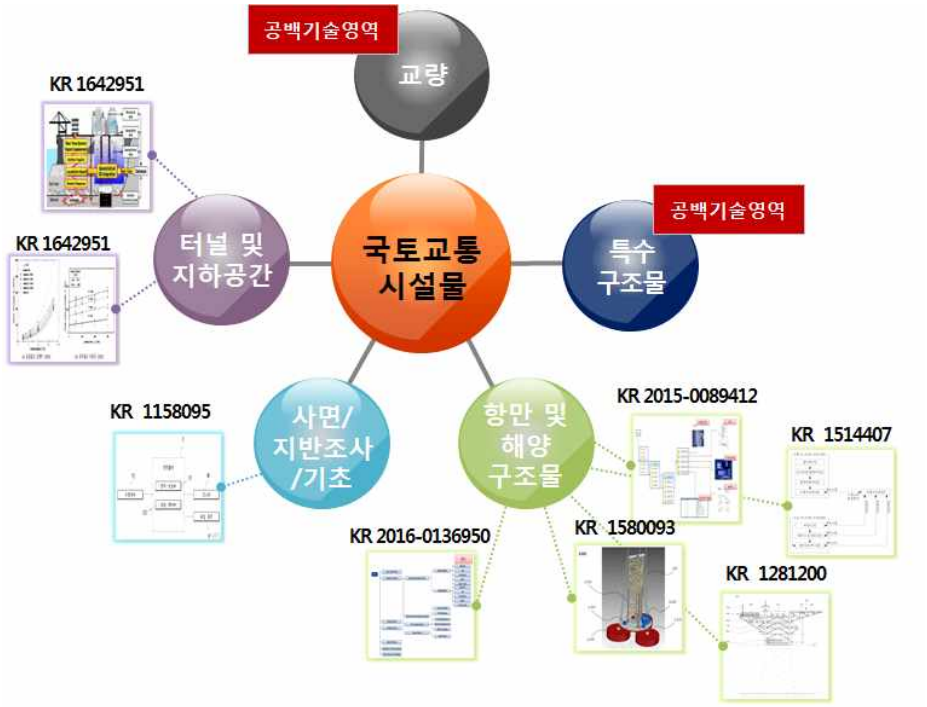
<그림 3-8> 한국해양과학기술원의 포트폴리오 분석

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 **한국해양과학기술원**은 한국 기업으로, "항만 및 해양구조물(AD)" 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 보이며, 이에 따라 "항만 및 해양구조물(AD)" 기술 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

한국해양과학기술원은 "터널 및 지하공간(AB)", "사면/지반조사/기초(AC)" 관련 기술에 대하여 각각 3건, 1건의 특허출원이 이루어지고 있어, "터널 및 지하공간(AB)", "사면/지반조사/기초(AC)"에 관한 특허포트폴리오는 미비한 것으로 볼 수 있음

또한, **한국해양과학기술원**은 "교량(AA)", "특수 구조물(AE)" 관련한 기술에 대해서는 특허출원을 진행하고 있지 않아 "교량(AA)", "특수 구조물(AE)"에 관한 관심이 낮은 것으로 보임

(2) 한국해양과학기술원 기술 분류 트리

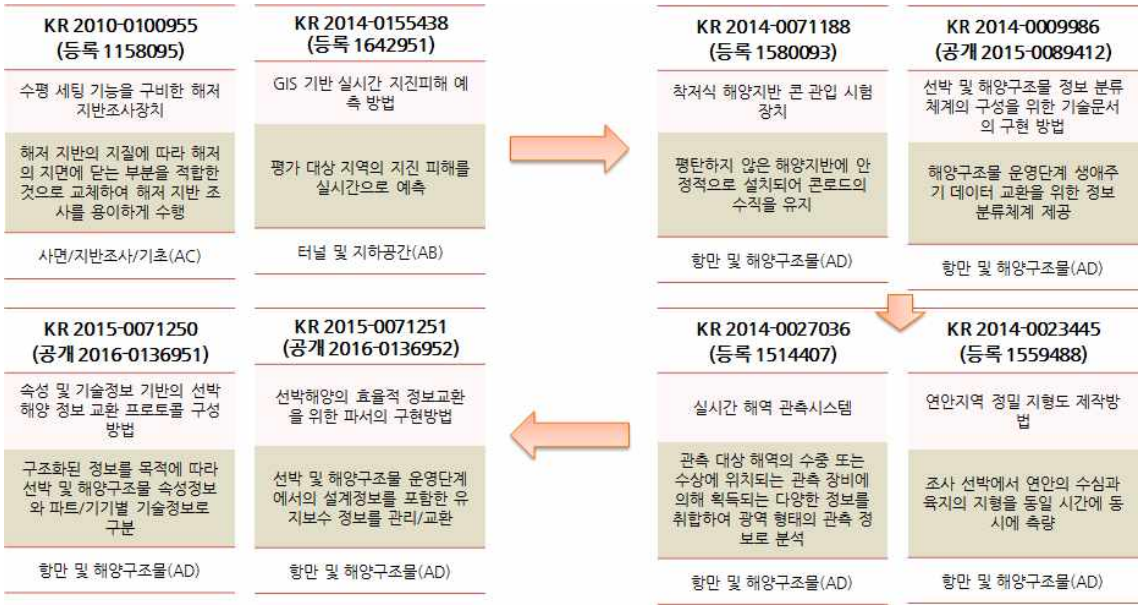


<그림 3-9> 한국해양과학기술원의 기술 분류 트리

한국해양과학기술원은 교량(AA), 특수 구조물(AE) 분야에서 특허출원을 진행하고 있지 않아, "국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구"에서 공백분야로 나타났고, 항만 및 해양 구조물(AD) 분야에서 다수의 특허출원을 진행하고 있어, 다른 분야 대비 항만 및 해양 구조물(AD) 분야에 대한 장벽도가 높은 것으로 분석됨

따라서, **한국해양과학기술원**은 항만 및 해양구조물(AD) 분야에 대해 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 교량(AA), 특수 구조물(AE) 관련하여 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

(3) 한국해양과학기술원 기술흐름도 분석



<그림 3-10> 한국해양과학기술원의 기술흐름 분석

한국해양과학기술원의 특허 기술 흐름을 살펴보면, 사면/지반조사/기초, 터널 및 지하공간 분야에 일부 관심을 가지다가, 최근 해양구조물을 SW적으로 관리하고 효율적 정보 교환을 위한 기술에 대한 특허 출원을 진행하고 있는 것으로 보임

먼저, **KR 2010-0100955**는 해저 지반의 지질에 따라 해저의 지면에 닫는 부분을 적합한 것으로 교체하여 해저 지반 조사를 용이하게 수행할 수 있고, **KR 2014-0155438**는 평가 대상 지역의 지진 피해를 실시간으로 예측할 수 있음

다음으로, **KR 2014-0071188**는 평탄하지 않은 해양지반에 안정적으로 설치되어 콘로드의 수직을 유지할 수 있고, **KR 2014-0009986**는 해양구조물 운영단계 생애주기 데이터 교환을 위한 정보 분류 체계 제공하여 해양구조물 관련 데이터를 용이하게 관리할 수 있음

다음으로, **KR 2014-0027036**는 관측 대상 해역의 수중 또는 수상에 위치되는 관측 장비에 의해 획득되는 다양한 정보를 취합하여 광역 형태의 관측 정보로 분석하고, **KR 2014-0023445**는 조사 선박에서 연안의 수심과 육지의 지형을 동일 시간에 동시에 측량할 수 있음

마지막으로, **KR KR 2015-0071250**는 선박 및 해양구조물 속성정보와 파트/기기별 기술정보로 구분하여 해양구조물 유지관리에 사용되고, **KR 2015-0071251**는 선박 및 해양구조물 운영단계에서의 설계정보를 포함한 유지보수 정보를 관리/교환할 수 있음

3. 소결

국토교통 시설물 분야 기술과 관련된 특허출원은 항만 및 해양구조물(AD) 관련한 기술에서 두각을 나타내고 있으며, 최근 항만 및 해양구조물(AD)에 대한 관심이 높아지면서 특허 점유율을 확보하기 위한 경쟁이 높은 것으로 판단됨. 한편, 특수 구조물(AE)에 대한 기술 개발이 상대적으로 저조한 것으로 파악됨

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구는 1구간과 2구간에서는 사면/지반조사/기초(AC)가 높은 점유율을 보였고, 3구간에서는 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC)의 점유율이 유사하게 나타났으며, 4구간을 기점으로 항만 및 해양구조물(AD)의 점유율이 점차 증가하는 것으로 나타남. 특수 구조물(AE)은 상대적으로 연구개발이 미미한 경향을 보임

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 **현대중공업 주식회사**는 한국 기업으로, “항만 및 해양구조물(AD)” 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 보이며, 이에 따라 “항만 및 해양구조물(AD)” 기술 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨. 따라서, 현대중공업 주식회사는 항만 및 해양구조물(AD) 분야에 대해 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB) 관련하여 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 **대우조선해양 주식회사**는 한국 기업으로, “항만 및 해양구조물(AD)”, “특수 구조물(AE)”기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 보이며, 이에 따라 “항만 및 해양구조물(AD)”, “특수 구조물(AE)”기술 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨. 따라서, 대우조선해양 주식회사는 항만 및 해양구조물(AD) 분야에 대해 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC) 관련하여 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 **한국해양과학기술원**은 한국 기업으로, “항만 및 해양구조물(AD)” 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 보이며, 이에 따라 “항만 및 해양구조물(AD)” 기술 관련한 특허를 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨. 따라서, 한국해양과학기술원은 항만 및 해양구조물(AD) 분야에 대해 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 교량(AA), 특수 구조물(AE) 관련하여 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

Ⅳ. 지재권 중심의 심층분석

1. 심층분석 Criteria

1-1. 핵심특허 선정 기준

지재권 중심의 핵심특허 분석을 위해 『국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구』의 1차 유효 데이터 923건 중 등록/공개특허를 대상으로 하여 그 기술적 내용 및 구성과 목적이 유사한 56건의 주요특허를 추출하였으며, 이 중 자문위원들의 검토에 의해 **최종적으로 16건의 핵심특허**를 심층분석 대상특허로 선정함

<표 4-1> 핵심특허 선정기준

선정기준	선정이유
기술적 유사도	– 특허 청구 범위 및 기술적 유사도 검토 후 핵심특허로 선정
패밀리 특허 국가 수	– 패밀리 특허출원이 많을수록 기술에 의한 의지가 강하다고 판단 – 특허적 가치 및 영향력이 높다고 볼 수 있음
주요 출원인 보유특허	– 주요 분쟁은 기업 위주로 발생하므로, 개인출원은 의미 없음 – 기업 출원인이 아니어도 기술적으로 유사한 경우 핵심특허로 포함
등록 여부	– 등록 건이 아닌 경우, 침해 의미 없음 – 등록 건이 아니어도 기술적으로 유사한 경우 핵심특허로 포함

1-2. 핵심특허 선정 결과

『국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구』 분야의 핵심특허 도출을 위하여 먼저 핵심특허 중 본 기술과제와 관련도가 높은 특허들을 분류하고 수혜기관 담당자들에게 송부함. 이후, 수혜기관 담당자들의 확인 및 등급 재분류 작업을 거쳐 다음과 같이 심층분석의 대상이 되는 핵심특허 리스트를 확정함

<표 4-2> 핵심특허 선별 결과

대분류	중분류	핵심특허 건수				
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	합계
국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구(A)	교량 (AA)	2	1	0	0	3
	터널 및 지하공간 (AB)	3	2	2	0	7
	사면/지반조사/기초 (AC)	1	1	0	0	2
	항만 및 해양구조물 (AD)	1	0	1	0	2
	특수 구조물 (AE)	1	1	0	0	2
총계		**8**	**5**	**3**	**0**	**16**

1-3. 핵심특허 분석 방법

선정된 핵심특허를 바탕으로 각 특허의 해결과제와 해결수단을 도출하여 비교 및 분석하면 각각 유사한 분야끼리 그룹핑할 수 있음. 이렇게 그룹핑 된 결과를 활용하여 역기술트리 DB를 구축할 수 있으며 이 DB를 활용하여 역기술트리를 생성할 수 있음

앞에서 기술 전문가가 설정한 기술트리를 바탕으로 검색식을 구성하고 특허를 검색하는 방법이 아닌, 특허의 해결 과제와 수단을 분석하고 유사군으로 그룹핑하여 “소분류 생성→중분류 생성→대분류 생성”하는 기존 방식과 반대로 기술트리를 작성하기 때문에 역기술트리라 불림

기존 기술트리와 새롭게 생성된 역기술트리의 세부 항목을 비교, 분석하면 미처 생각지 못한 신규 R&D 분야를 도출 할 수 있음

2. 과제기술 분석

2-1. 기술개요

<표 4-3> 과제기술 기술 개요

대분류	중분류	기술내용	
국토교통 시설물 분야 세부 기술 확보전략 수립연구 (A)	교량 (AA)	하천/해협/만/운하 또는 교통로/구축물 위를 건너갈 수 있도록 한 고가구조물로, 주변경관과 조화 속에 기능을 발휘하도록 설계/시공/유지관리/해체하는 기술	
	터널 및 지하공간 (AB)	위치, 직경, 구배, 지반조건을 고려하여 설계 및 굴착계획/방법을 결정하여 터널 및 지하공간을 조성하고 경제적으로 유지 관리하는 기술	
	사면/지반조사/기초 (AC)	도로, 택지, 철도 및 공원시설 등을 건설하기 위해 토공에 의해 인위적으로 형성된 인공사면과 재해예방을 위해 관리가 필요한 자연사면을 조성, 유지관리하기 위한 제반 기술	
	항만 및 해양구조물 (AD)	해저/해상에 고착된 시설물과 부유식 구조물을 설계/시공/유지관리하는 기술로, 수중이나 해저의 시설물을 설치하거나 지장물을 해체하는 기술	

	특수 구조물 (AE)	고압/저온의 극한환경 및 우주 시설물 또는 유고지역에서 급격한 충격에 대응하기 위해 건설되는 구조물의 설계/시공/유지 관리하는 기술	

2-2. 핵심특허 리스트

<표 4-4> 핵심특허 리스트

대상기술						
NO	국가	분류	발명의 명칭	출원번호	출원일	출원인
1	KR	AA	광섬유 복합 강연선을 활용한 교량 구조물의 건전성 모니터링 방법	2009-0065487	2009-07-17	전남대학교 산학협력단, 한국과학기술원
2	KR	AA	원격 교량 제어 시스템 및 방법	2002-0069899	2002-11-12	한국도로공사
3	US	AA	Vibration resistive instant responding roadway or bridge expansion joint and construction method of the same	09/817283	2001-03-27	Chang; Ming-Huang
4	KR	AB	지반정보에 기초한 3차원 공간 모델링 방법	2014-0110813	2014-08-25	서울대학교 산학협력단
5	KR	AB	도로상태 센싱장치를 이용하는 터널환경 모니터링 시스템	2015-0061984	2015-04-30	주식회사 맥서브
6	KR	AB	물리탐사 자료의 4차원 역산 방법 및 이를 이용한지하구조의 4차원 영상화 방법	2006-0124890	2006-12-08	한국지질자원 연구원
7	US	AB	Advanced detector system and method using forward three-dimensional induced polarization method for TBM construction tunnel	14/235307	2013-01-17	SHANDONG UNIVERSITY
8	US	AB	Seismic location and communication system	12/349856	2009-01-07	University of Utah Research Foundation
9	JP	AB	굴삭 흙막이벽의 정보화 시공에 이용하는 3차원적 변형 예측 방법	2012-139010	2012-06-20	RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE

10	JP	AB	지하 환경평가 장치 및 방법	2004-130946	2004-04-27	HITACHI LTD
11	KR	AC	기하학적 증폭계수를 고려한 지진시 산사태 재해도 도출방법 및 도출시스템	2014-0160068	2014-11-17	서울대학교 산학협력단
12	US	AC	Method for the construction of drainage works, in particular for the stabilisation of slopes and/or terrain which are unstable or subject to landslides	11/905535	2007-10-02	Cesare Melegari
13	KR	AD	실시간 해양 구조물에 대한 기체역학적 환경 내외력, 선체 응력, 6자유도 운동 및 위치를 예측 모니터링 및 예측 제어함을 통한 연료절감, 안전운용 및 유지보수정보 제공 방법	2013-0061754	2013-05-30	주식회사 싸이트로닉
14	JP	AD	해양구조물에 대한 물리적 변화의 실시간 모니터링을 통한 제어 방법 및 실시간 해양구조물에 대한 기체 역학적 또는 유체 역학적 환경 내외력, 선체 응력, 6자유도 운동 또는 위치를 예측 모니터링 또는 예측 제어하는 것을 통한, 연료 절감 안전 운용 방법, 유지보수 정보 제공 방법 및 제어 방법	2016-078509	2016-04-08	CYTRONIQ., LTD.
15	KR	AE	EMP 방호시설의 성능 감시 장치	2012-0063181	2012-06-13	주식회사 한국기술연구소
16	US	AE	Deployable structure forming an antenna equipped with a solar generator for a satellite	13/333859	2011-12-21	Thales

2-3. 핵심특허 기술흐름도 분석



<그림 4-1> 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구(A) IP History

유효특허 56건 중 선별된 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구(A) 관련 **핵심특허 16건의 IP History를 분석**함. 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC), 항만 및 해양구조물(AD), 특수 구조물(AE) 관련 기술의 중요도에 따라 선별하여 결정한 핵심특허에 대한 IP History를 분석해 보면 그동안 연구해 온 변화추이와 앞으로의 R&D 방향성을 예측해 볼 수 있음

전체 기술흐름도 분석 결과, **터널 및 지하공간(AB)**과 관련 기술이 다출원되고 있는 양상을 보이고 있으며, 단순 지하 환경 탐지 및 구조 분석과 영상화 기술에서 지반정보의 3차원 모델링 기술로 발전하다가 최근에는 **센싱장치를 이용하여 터널 공간을 모니터링 및 관리하는 기술**로 점차 출원 경향이 달라지고 있음을 알 수 있음

다음으로, 교량(AA)과 관련된 기술이 다수 출원되고 있으며, 2000년대 초, 중반에 활발한 기술 개발이 이루어졌던 것으로 보임. 출원 경향은 교량의 안정화를 위한 부재삽입 및 설치 기술 → 교량의 안전성을 감지센서를 통해 모니터링하는 기술로 점차 개발되는 양상을 보임

한편, 사면/지반조사/기초(AC), 항만 및 해양구조물(AD), 특수구조물(AE)과 관련된 기술은 개발이 미비한 것으로 보이며, 본 과제에서는 핵심특허로 선정된 기술이 없어 연구개발의 성향을 파악하는데 어려움이 있음

결론적으로, 전체 기술흐름도 분석 결과, 터널 및 지하공간(AB)이 전반적으로 활발한 특허출원을 보이고 있으며, 그 외 기술들은 지속적으로 개발이 이루어지고는 있으나 다소 소극적인 특허동향을 보여 기술 동향을 파악하기에 어려운 부분이 있음

3. 핵심특허 역기술트리

3-1. 핵심특허 & 주요특허의 목적 및 수단 도출

<표 4-5> 핵심특허 & 주요특허 목적 및 해결 수단

NO	국가	분류	발명의 명칭	출원번호	목적	수단
1	KR	AA	광섬유 복합 강연선을 활용한 교량 구조물의 건전성 모니터링 방법	2009-0065487	모니터링	감지 센서
2	KR	AA	원격 교량 제어 시스템 및 방법	2002-0069899	안정화	부재삽입/설치
3	US	AA	Vibration resistive instant responding roadway or bridge expansion joint and construction method of the same	09/817283	안정화	부재삽입/설치
4	KR	AB	지반정보에 기초한 3차원 공간 모델링 방법	2014-0110813	모델링	삼차원 해석
5	KR	AB	도로상태 센싱장치를 이용하는 터널환경 모니터링 시스템	2015-0061984	모니터링	감지 센서
6	KR	AB	물리탐사 자료의 4차원 역산 방법 및 이를 이용한지하구조의 4차원 영상화 방법	2006-0124890	지도생성	수치계수
7	US	AB	Advanced detector system and method using forward three-dimensional induced polarization method for TBM construction tunnel	14/235307	모니터링	삼차원 해석
8	US	AB	Seismic location and communication system	12/349856	모니터링	감지 센서
9	JP	AB	굴삭 흙막이벽의 정보화 시공에 이용하는 3차원적 변형 예측 방법	2012-139010	모델링	삼차원 해석
10	JP	AB	지하 환경평가 장치 및 방법	2004-130946	모니터링	감지 센서
11	KR	AC	기하학적 증폭계수를 고려한 지진시 산사태 재해도 도출방법 및 도출시스템	2014-0160068	지도생성	수치계수

12	US	AC	Method for the construction of drainage works, in particular for the stabilisation of slopes and/or terrain which are unstable or subject to landslides	11/905535	안정화	부재삽입/설치
13	KR	AD	실시간 해양 구조물에 대한 기체역학적 환경 내외력, 선체 응력, 6자유도 운동 및 위치를 예측 모니터링 및 예측 제어함을 통한 연료절감, 안전운용 및 유지보수정보 제공 방법	2013-0061754	모니터링	데이터베이스
14	JP	AD	해양구조물에 대한 물리적 변화의 실시간 모니터링을 통한 제어 방법 및 실시간 해양구조물에 대한 기체역학적 또는 유체 역학적 환경 내외력, 선체 응력, 6자유도 운동 또는 위치를 예측 모니터링 또는 예측 제어하는 것을 통한, 연료 절감 안전 운용 방법, 유지보수 정보 제공 방법 및 제어 방법	2016-078509	모니터링	데이터베이스
15	KR	AE	EMP 방호시설의 성능 감시 장치	2012-0063181	모니터링	감지 센서
16	US	AE	Deployable structure forming an antenna equipped with a solar generator for a satellite	13/333859	안정화	부재삽입/설치
17	JP	AA	SPC 합성 거더교의 설계 방법 및 그 거더교	2014-145744	설계 제공	부재삽입/설치
18	KR	AA	미분관계식 기반의 새그민감도를 이용한 현수교 케이블의 현수선 형상조정방법	2011-0122600	설계 제공	수치계수
19	KR	AA	석재판재를 이용한 콘크리트 교량의 리모델링 시스템	2012-0058593	리모델링	부재삽입/설치
20	KR	AA	도로 교량의 상판 안전진단 방법	2009-0109590	안정화	부재삽입/설치

21	US	AA	Partially and fully earth-anchored cable-stayed bridges using main-span prestressing unit and method of constructing the same	13/820147	안정화	부재삽입/설치
22	US	AA	Method for constructing precast coping for bridge	12/900572	시공/관리 간소화	부재삽입/설치
23	JP	AA	교량의 구축 공법 및 그 교량 구조물	2006-153219	안정화	부재삽입/설치
24	JP	AA	단반경 거리 및 다반경 거리 합성 거더교의 시공법	2001-017589	안정화	시공 절차
25	EP	AA	GANTRY WITH AUTO-ADJUSTING PRESTRESSING	2004-736019	시공/관리 간소화	감지 센서
26	KR	AA	센서모듈이 구비된 도로 확장형 보도교	2013-0041606	모니터링	감지 센서
27	KR	AA	수치해석 기반의 새그민감도를 이용한 현수교 케이블의 현수선 형상조정방법	2011-0121074	리모델링	수치계수
28	KR	AB	지진계측 및 전기비저항 모니터링 연계 통합시스템 및 이를 이용한 수리구조물 모니터링 방법	2014-0119130	모니터링	수치계수
29	KR	AB	철도 터널 안전 시스템	2010-0108752	안정화	감지 센서
30	KR	AB	지질조건을 고려한 터널 및 지하공간 시공시뮬레이션시스템 및 방법	2008-0077484	모델링	삼차원 해석
31	US	AB	Methods, apparatus and systems for communicating information relating to the performance of underground facility locate and marking operations to excavators and other entities	12/824635	모니터링	감지 센서
32	US	AB	System and method for control of seismic data acquisition	10/360313	모니터링	그래픽 사용자 인터페이스
33	US	AB	Method and apparatus for measuring distance and direction by movable magnetic field source	08/747723	시공/관리 간소화	수치계수

34	JP	AB	자연지반 안정성 평가 방법	2009-040597	안정화	감지 센서
35	JP	AB	공중 전자 탐사법에 의한 지반의 해석 방법	2010-091934	설계 제공	수치계수
36	EP	AB	GALLERY MONITORING SYSTEM	2002-724666	모니터링	감지 센서
37	KR	AB	G I S 기반 실시간 지진피해 예측 방법	2014-0155438	모니터링	감지 센서
38	JP	AB	TBM 막장 및 주변 지질의 실시간 평가 방법 및 장치	1998-201549	설계 제공	수치계수
39	KR	AC	모관 흡수력 측정을 통한 비탈면의 안전도 모니터링 장치 및 방법	2013-0038354	모니터링	감지 센서
40	KR	AC	국가기준점의 지반침하 상태를 확인하기 위한 계측시스템	2012-0095911	모니터링	감지 센서
41	KR	AC	인터넷을 이용한 비탈면의 통합 관리 시스템	2003-0075656	모니터링	데이터베이스
42	US	AC	Installation for anchoring a floating platform to the ground	14/353877	안정화	부재삽입/설치
43	US	AC	Construction methods for preventing land erosion and improving streams, or for revetments, and construction methods for preventing mountain landslides	09/284765	안정화	부재삽입/설치
44	JP	AC	지반 개량용 모니터, 지반 개량용 장치 및 그 지반 개량용 모니터를 이용한 지반 개량 공법	2007-201810	시공/관리 간소화	부재삽입/설치
45	KR	AD	IP 기반의 원격 제어식 해양 구조물 및 선박용 방송 시스템	2015-0096772	시공/관리 간소화	그래픽 사용자 인터페이스
46	KR	AD	선박 및 해양구조물 정보 분류 체계의 구성을 위한 기술문서의 구현 방법	2014-0009986	설계 제공	삼차원 해석
47	KR	AD	해양구조물의 회전체 상태진단 모니터링 시스템	2012-0099970	모니터링	감지 센서
48	US	AD	Exploitation of sea floor rig structures to enhance measurement while drilling telemetry data	13/388181	모니터링	감지 센서
49	US	AD	Floating mechanical structure to produce directly electricity by means of the swinging of a magnetic pendulum caused by sea wave motion	12/669931	시공/관리 간소화	부재삽입/설치

50	JP	AD	수중 구조물의 3 차원 모델의 구축	2013-536726	설계 제공	삼차원 해석
51	EP	AD	UNDERWATER STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD	2010-834602	안정화	부재삽입/설치
52	KR	AE	경량화된 방탄 구조	2012-0103839	안정화	부재삽입/설치
53	KR	AE	패널 탈락방지 수단을 갖는 방호구조물 및 시공방법	2014-0005613	안정화	부재삽입/설치
54	KR	AE	격자 강화 복합재 구조를 이용한 우주용 다기능 구조체	2010-0076779	안정화	부재삽입/설치
55	JP	AE	우주 대형 구조물 및 그 구축 방법	2014-104650	시공/관리 간소화	부재삽입/설치
56	EP	AE	Variable geometry structure for a device on board of a spacecraft	2004-290702	안정화	부재삽입/설치

4. OS Matrix 분석

4-1. OS Matrix 분석 방법

OS Matrix 분석에서는, 분석의 대상이 되는 복수 개의 특허기술들을 해결과제(목적)(행, column)와 해결수단(구성)(열, row)을 기준으로 2차원 행렬형태로 분류하고, 각 행렬의 요소(element)에 매핑함

행렬의 각 요소에 매핑된 특허기술의 개수가 많은 경우에, 해당하는 해결과제-해결수단(온 분석에서는 AI 입력요소-AI 출력요소에 해당함, 이하 동일)에 관한 기술은 포화된 것으로 간주할 수 있으며, 개수가 적은 경우에는 해당하는 해결과제-해결수단에 관한 기술은 공백기술인 것으로 간주할 수 있음

공백기술로 분류된 해결과제-해결수단 요소의 경우에는, 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석하거나, 이와 다르게, 해당 해결과제가 해당 해결수단과는 무관하기 때문에 대부분의 사람들이 발명을 포기한 경우라고 해석할 수 있음

포화기술로 분류된 해결과제-해결수단 요소의 경우에는, 해당 요소기술의 발전가능성이 풍부하여 발명자들로부터 지속적인 관심을 가지고 있는 경우라고 해석하거나, 이와 다르게, 더 이상 개발될 기술이 남아 있지 않은 경우라고 해석할 수 있으며, 최근까지 활발히 출원되고 있는 경우에는 전자로 해석될 가능성이 있음

다양한 기준에서의 OS Matrix 결과를 통해 핵심특허의 기술개발 동향을 파악할 수 있고, 공백기술에 대한 분포를 살펴볼 수 있으므로 미처 생각지 못한 신규 R&D 분야를 도출 할 수 있음

4-2. OS Matrix 특허 분석

(1) OS Matrix

국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연	목적	모델링			안정화			지도생성			리모델링			설계제공			시공/관리 간소화			모니터링			합계
수단	구간(년)	~05	06~10	~현재	~05	06~10	~현재	~05	06~10	~현재	~05	06~10	~현재	~05	06~10	~현재	~05	06~10	~현재	~05	06~10	~현재	
수치계수	~05													1			1						8
	06~10								1						1								
	~현재			공백기술영역						1			1			1						1	
그래픽 사용자 인터페이스	~05																			1			2
	06~10																						
	~현재																		1				
감지센서	~05																1			2			16
	06~10					2															4		
	~현재										공백기술영역											7	
데이터베이스	~05																			1			3
	06~10			공백기술영역																			
	~현재																					2	
삼차원 해석	~05																						6
	06~10		1																				
	~현재			2												2						1	
부재삽입/설치	~05				4																		20
	06~10					6												3					
	~현재						4						1			1			1				
시공절차	~05				1																		1
	06~10													공백기술영역									
	~현재																						
합계		3			17			2			2			6			7			19			56

<그림 4-2> OS Matrix

OS Matrix 목적 및 수단을 2005년 이전 구간, 2006년~2010년 구간, 2010년~현재 구간[67]으로 구분하여 설정함. 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구(A) 관련하여 주요특허 총 56건에 대하여 목적과 수단을 매칭하여 OS Matrix를 분석함

다양한 목적과 수단이 존재하는 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구(A)은 동일한 해결수단을 공유하는 다양한 해결과제들이 일부 존재하고 있는 것으로 나타나 기술개발의 다양화 및 개발이슈가 일부 진행된 분야로 확인됨

(2) 목적 관점

본 분석에서는 목적별로 세부기술을 분류하였는바, 목적으로는 **'모델링'**, **'안정화'**, **'지도생성'**, **'리모델링'**, **'설계제공'**, **'시공/관리 간소화'** 및 **'모니터링'**를 매칭함

(3) 수단 관점

본 분석에서는 수단별로 목적을 매칭하여 세부기술을 분류하였음. 수단으로는 '수치계수', '그래픽 사용자 인터페이스', '감지센서', '데이터베이스', '삼차원 해석', '부재삽입/설

67) 현재구간은 특허공개공보 상의 공개일이 2016.11 이전인 구간을 의미함

치’ 및 ‘시공절차’를 매칭함

(4) OS 매트릭스의 해석

모델링과 관련하여 ‘삼차원 해석’이 **포화 영역**으로 분석됨. 삼차원 데이터 기반의 분석 기술을 이용하여 시설물의 모델링을 구축하는 기술은 최근 연구 개발이 진행되고 있다는 점에서 해당 요소기술의 발전 가능성이 풍부하여 연구자들로부터 지속적인 관심을 가지고 있는 경우라고 해석됨. 이와 달리, 모델링과 관련하여 ‘수치계수’, ‘그래픽 사용자 인터페이스’, 및 ‘데이터베이스’는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 ‘수치계수’, ‘그래픽 사용자 인터페이스’, 및 ‘데이터베이스’는 모델링을 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

안정화와 관련하여 ‘감지센서’, ‘부재삽입/설치’, 및 ‘시공절차’가 **포화 영역**으로 분석됨. 센서를 통한 데이터 획득, 추가적인 부재의 시공에 따른 시설물 안정화, 개선된 시공절차 제공을 통한 시설물 안정화를 도모하는 기술은 최근 연구 개발이 진행되고 있다는 점에서 해당 요소기술의 발전 가능성이 풍부하여 연구자들로부터 지속적인 관심을 가지고 있는 경우라고 해석됨. 이와 달리, 안정화와 관련하여 ‘수치계수’, ‘그래픽 사용자 인터페이스’, 및 ‘데이터베이스’는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 ‘수치계수’, ‘그래픽 사용자 인터페이스’, 및 ‘데이터베이스’는 안정화를 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

지도생성과 관련하여 ‘수치계수’가 **포화 영역**으로 분석됨. 본 기술 분야는 수치적 계수를 이용하여 맵을 생성하는 기술을 중심으로 특허출원이 진행되어 연구자들로부터 지속적인 관심을 가지고 있는 경우로 해석됨. 이와 달리, 지도생성과 관련하여 ‘그래픽 사용자 인터페이스’, ‘감지센서’, ‘데이터베이스’, ‘삼차원 해석’ 및 ‘시공절차’는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 ‘그래픽 사용자 인터페이스’, ‘감지센서’, ‘데이터베이스’, ‘삼차원 해석’ 및 ‘시공절차’는 지도생성을 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

리모델랑과 관련하여 ‘수치계수’ 및 ‘부재삽입/설치’가 **포화 영역**으로 분석됨. 본 기술 분야는 수치적 계수를 이용하여 기 시공된 시설물을 리모델링하거나 새로운 부재를 설치하여 시설물을 리모델링하는 기술을 중심으로 연구자들로부터 지속적인 관심을 가지고 있는 경우로 해석됨. 이와 달리, 리모델링과 관련하여 ‘그래픽 사용자 인터페이스’, ‘감지센서’, ‘데이터베이스’, ‘삼차원 해석’ 및 ‘시공절차’는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 ‘그래픽 사용자 인터페이스’, ‘감지센서’, ‘데이터베이스’, ‘삼차원 해석’ 및 ‘시공절차’는 리모델링을 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

설계제공과 관련하여 '수치계수' 및 '부재삽입/설치'가 **포화 영역**으로 분석됨. 본 기술 분야는 수치적 계수를 이용하여 시설물의 설계 모델을 제공하거나 새로운 부재를 설치하여 시설물을 설계하는 기술을 중심으로 연구자들로부터 지속적인 관심을 가지고 있는 경우로 해석됨. 이와 달리, 설계제공과 관련하여 '그래픽 사용자 인터페이스', '감지센서', '데이터베이스', '삼차원 해석' 및 '시공절차'는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 '그래픽 사용자 인터페이스', '감지센서', '데이터베이스', '삼차원 해석' 및 '시공절차'는 설계제공을 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

시공/관리 간소화와 관련하여 '수치계수', '그래픽 사용자 인테페이스', '감지센서' 및 '부재삽입/설치'가 **포화 영역**으로 분석됨. 본 기술 분야는 2000년대 초반까지 수치계수와 감지센서를 이용하여 시설물의 시공/관리를 간소화하는 기술이 주를 이루었으나, 2000년대 중반부터 그래픽 사용자 인터페이스를 이용하거나 부재삽입/설치를 이용하여 시설물의 시공/관리를 간소화하는 기술이 주를 이뤄 연구개발이 진행된 것으로 보여짐. 이와 달리, 시공/관리 간소화와 관련하여 '데이터베이스', '삼차원 해석' 및 '시공절차'는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 '데이터베이스', '삼차원 해석' 및 '시공절차'는 시공/관리 간소화를 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

모니터링과 관련하여 '수치계수', '그래픽 사용자 인테페이스', '감지센서', '데이터베이스' 및 '삼차원 해석'이 **포화 영역**으로 분석됨. 본 기술 분야는 감지센서를 통해 측정된 정보를 기초로 시설물을 모니터링하는 기술을 중심으로 연구개발이 진행된 것으로 보여짐. 이와 달리, 모니터링과 관련하여 '시공절차'는 **공백 영역**으로 분석됨. 공백 영역의 경우 '시공절차'는 모니터링을 위해 적용 가능한 기술개발 잠재력이 있음에도 불구하고 여타 여건에 의해 아직 주목을 받지 못하고 있는 경우라고 해석됨

OS 매트릭스 분석결과, 본 과제와 관련된 기술 분야는 다양한 목적에 따라 수단을 도출함을 알 수 있음. 목적 관점에서 보면, 안정화, 모니터링, 시공/관리 간소화 기술 순으로 연구개발이 집중된 것으로 나타남. 수단 관점에서 보면, 부재삽입/설치, 감지센서, 수치계수 기술 순으로 연구개발이 집중된 것으로 나타남. 공백기술 영역으로 분류된 분야는 모델링 및 안정화를 위해 수치계수, 그래픽 사용자 인터페이스, 데이터베이스 이용 기술이 적용 가능할 것으로 보이고, 지도생성, 리모델링, 설계제공을 위해 그래픽 사용자 인터페이스, 감지센서, 데이터베이스, 삼차원 해석, 시공절차 기술이 적용 가능할 것으로 보임. 또한, 이러한 과제를 해결하기 위해 해당 수단을 적용한다면 이에 대한 특허 출원시 기존 선행기술을 회피하여 등록 가능성이 높을 것으로 예상됨

5. 핵심특허 분야별 분석

5-1. 핵심특허 분야별 점유율 분석



<그림 4-3> 핵심특허 분야별 점유율

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구에 대한 핵심특허 16건에 대하여, 각각의 해결수단, 해결목적, 효과, 핵심기술내용을 기초로 관련분야로서 교량, 터널 및 지하공간, 사면/지반조사/기초, 항만 및 해양구조물, 특수 구조물 5개로 적용대상을 분류함

핵심특허 분야별 점유율 분석 결과, **터널 및 지하공간 관련 핵심특허가 7건(44%)으로 가장 높은 점유율**을 보였고, 교량 관련 핵심특허가 3건(18.5)으로 다음으로 높은 점유율을 보이는 것으로 나타남. 또한, 항만 및 해양구조물, 사면/지반조사/기초, 특수 구조물 관련 핵심특허는 각각 2건(12.5%)로 다른 분야 대비 낮은 점유율을 보이는 것으로 나타남

5-2. 핵심특허 분야별 상세기술 분석

(1) 교량



<그림 4-4> 핵심특허 분야별 상세기술(교량)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 교량은 모니터링하는 기술, 원격으로 제어하는 기술, 구조를 안정화하는 기술이 도출되었음

교량을 모니터링하는 기술은 KR 0956686에 기재된 바와 같이, 광섬유 격자 센서 기반의 건전성 모니터링이 가능하여 센서에 광 조사를 통한 강연선의 변형률을 측정하고 교량 구조물에 대한 지속적인 유지관리를 확보할 수 있음

교량을 원격으로 제어하는 기술은 KR 0479885에 기재된 바와 같이, 교량 구조물의 관리 및 구조의 안전 진단을 원격으로 수행하여 객관적인 교량의 안전 점검 및 상태를 판정하고, 교량 구조의 안전도 및 보수도를 판단하여 보수 보강 및 이력 관리를 수행할 수 있음

교량의 구조를 안정화하는 기술은 US 6460214에 기재된 바와 같이, 부재삽입/설치를 통한 구조 안정화를 통해 내진동 감쇄를 위한 신축 이음쇠를 제공하고, 인접 부품의 형상 및 크기에 따라 일부 형상 변형 가능한 탄성 조인트를 제공함

결론적으로, **교량은 대체적으로 시설물을 모니터링하고 원격제어 및 구조 안정화 작업을 수행하여 시설물의 이상 여부 판단, 위치 관리, 안전 대응을 위해 사용**되고 있는 것으로 보임

(2) 터널 및 지하공간



<그림 4-5> 핵심특허 분야별 상세기술(터널 및 지하공간)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 터널 및 지하공간은 모니터링하는 기술, 모델링하는 기술, 지도(맵, 영상)를 생성하는 기술이 도출되었음

터널 및 지하공간을 모니터링하는 기술은 KR 1618340에 기재된 바와 같이, 터널 환경 모니터링을 통해 터널을 통과하는 차량, 가스농도, 조명을 감지 및 제어하고, US 9091779에 기재된 바와 같이, 3차원적 유도 분극을 사용하는 터널 보링 머신을 위한 단층 촬영 검출기를 적용 가능함

터널 및 지하공간을 모델링하는 기술은 KR 1618713에 기재된 바와 같이, 지반정보 기반의 3차원 공간 모델링을 제공하는데, 시추공에 대한 이상치 분석 및 물리탐사 자료를 통합한 3차원 모델링을 제공하고, JP 2014-001590에 기재된 바와 같이, 흙막이벽의 3차원적 시추공 변형을 예측할 수 있음

터널 및 지하공간에 대한 지도를 생성하는 기술은 KR 0861084에 기재된 바와 같이, 물리탐사 자료로부터 지하물성분포를 계산하여 시간에 따라 연속적으로 변화하는 지하구조의 4차원 영상화를 제공함

결론적으로, **터널 및 지하공간은 시설물을 모니터링하고 모델링하여 지도(또는 영상)를 생성 및 제공하는 작업을 수행하여 시설물을 유지관리하고 운용하는데 사용**되고 있는 것으로 보임

(3) 사면/지반조사/기초



<그림 4-6> 핵심특허 분야별 상세기술(사면/지반조사/기초)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 사면/지반조사/기초는 지도를 생성하는 기술, 시설물을 안정화하는 기술이 도출되었음

사면/지반조사/기초에 대한 지도를 생성하는 기술은 KR 1663679에 기재된 바와 같이, 수치지도의 토층두께를 분석하여 동적변위 또는 동적안전율을 도출하고 지진시 산사태 범위에 대한 재해도를 생성함

사면/지반조사/기초를 안정화하는 기술은 US 7455480에 기재된 바와 같이, 불안정한 사면을 안정화할 수 있으며, 배수장치 삽입을 통한 산사태/사면 기울기시 안정적으로 지지함

결론적으로, **사면/지반조사/기초는 대체적으로 지반에 대한 재해 지도를 생성하여 재해를 예측하고 지반을 안정화하여 지반의 위험도 판단, 재해 관리, 안정화를 위해 사용**되고 있는 것으로 보임

(4) 항만 및 해양구조물



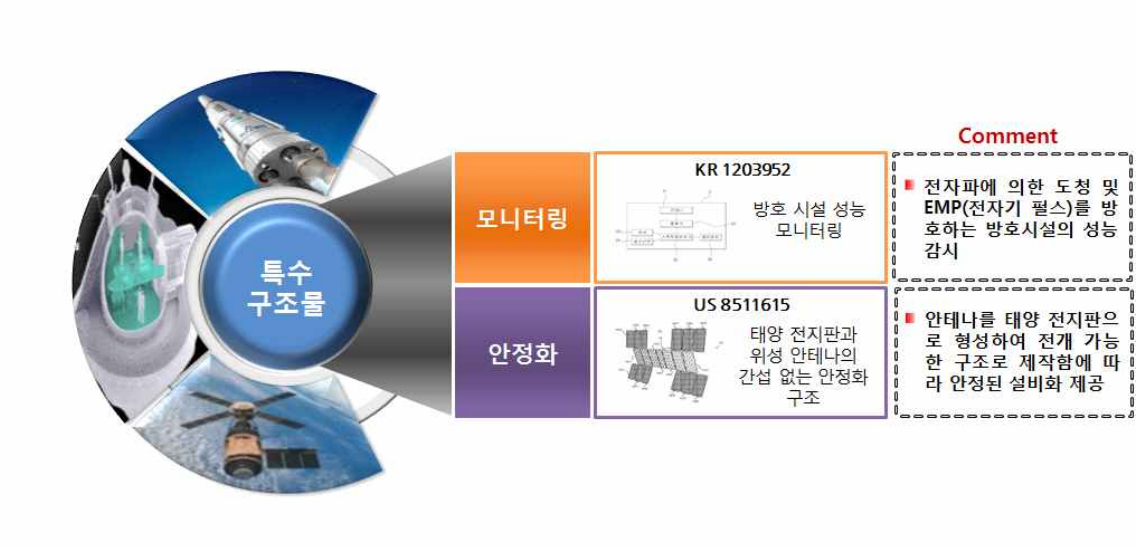
<그림 4-7> 핵심특허 분야별 상세기술(항만 및 해양구조물)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 항만 및 해양구조물은 시설물을 모니터링하는 기술이 도출되었음

항만 및 해양구조물을 모니터링하는 기술은 KR 1529377에 기재된 바와 같이, 해양 부유물에 가해지는 변화를 종합적으로 측정 및 제어하여 해양 구조물의 운동 및 위치 예측을 모니터링하고, JP 2016-166001에 기재된 바와 같이, 해양 구조물의 물리적 변화 예측을 위해 광학 센서 방식의 측정을 통한 구조물 안전 운용 및 유지보수를 제공함

결론적으로, **항만 및 해양구조물은 구조물의 운동과 위치 변화 모니터링을 통해 구조물의 안정성, 운용 및 유지보수를 위해 사용**되고 있는 것으로 보임

(5) 특수 구조물



<그림 3-8> 핵심특허 분야별 상세기술(특수 구조물)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 특수 구조물은 구조물을 모니터링하는 기술과 구조물을 안정화하는 기술이 도출되었음

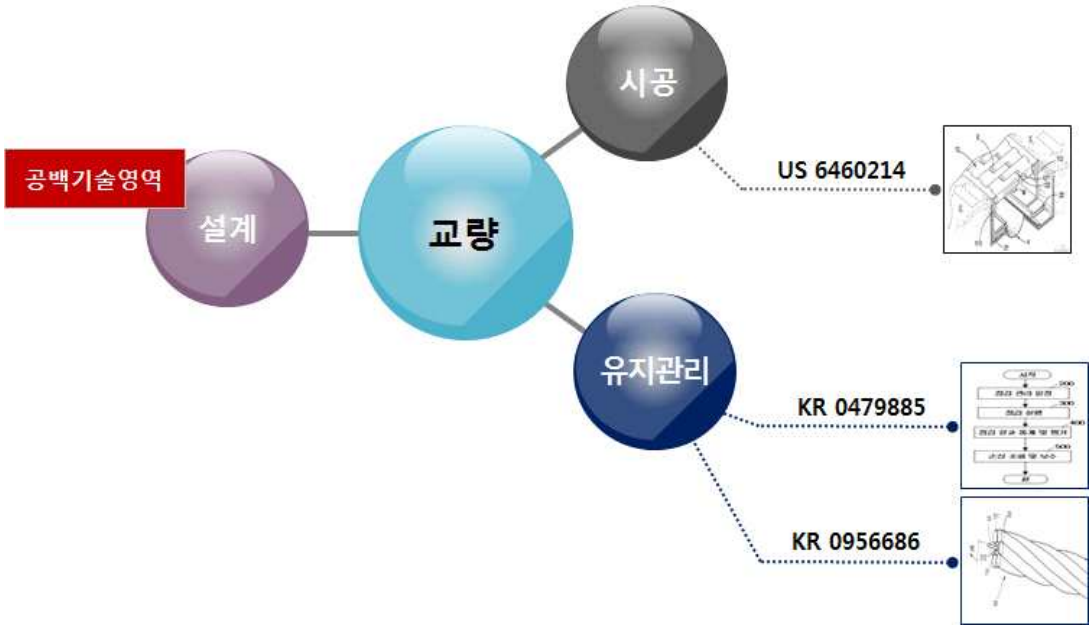
특수 구조물을 모니터링하는 기술은 KR 1203952에 기재된 바와 같이, 방호 시설 성능 모니터링을 위해 전자파에 의한 도청 및 EMP(전자기 펄스)를 방호하는 방호시설의 성능을 감시함

특수 구조물을 안정화하는 기술은 US 8511615에 기재된 바와 같이, 태양 전지판과 위성 안테나의 간섭 없는 안정화 구조를 위해 안테나를 태양 전지판으로 형성하여 전개 가능한 구조로 제작함에 따라 안정된 설비화를 제공함

결론적으로, **특수 구조물은 방호 시설 모니터링을 통해 내부 안전성을 보장할 수 있고, 안테나의 안정화 구조에 따른 위성의 효율적 운용을 가능하도록 하는데 사용**되고 있는 것으로 보임

5-3. 핵심특허 분야별 Value Chain 분석

(1) 교량

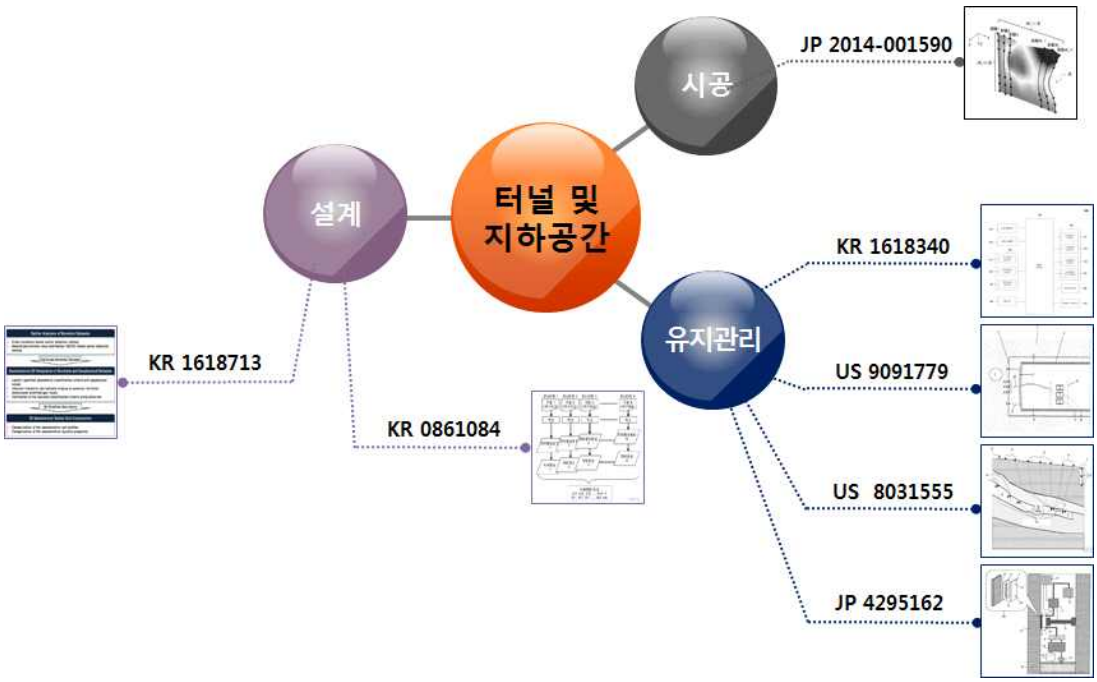


<그림 4-9> 핵심특허 분야별 Value Chain(교량)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 교량에 대하여 Value Chain(설계, 시공, 유지관리)으로 기술 분류를 수행함. 분석 결과, 교량에 대한 핵심특허 3건 중 2건은 Value Chain 중 유지관리에 관한 기술을 개시하고 있고, 1건은 Value Chain 중 시공에 관한 기술을 개시하고는 것으로 분석되어 설계는 교량에서 공백기술영역에 해당하는 것으로 나타남

이에 따라, 교량 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 설계 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

(2) 터널 및 지하공간

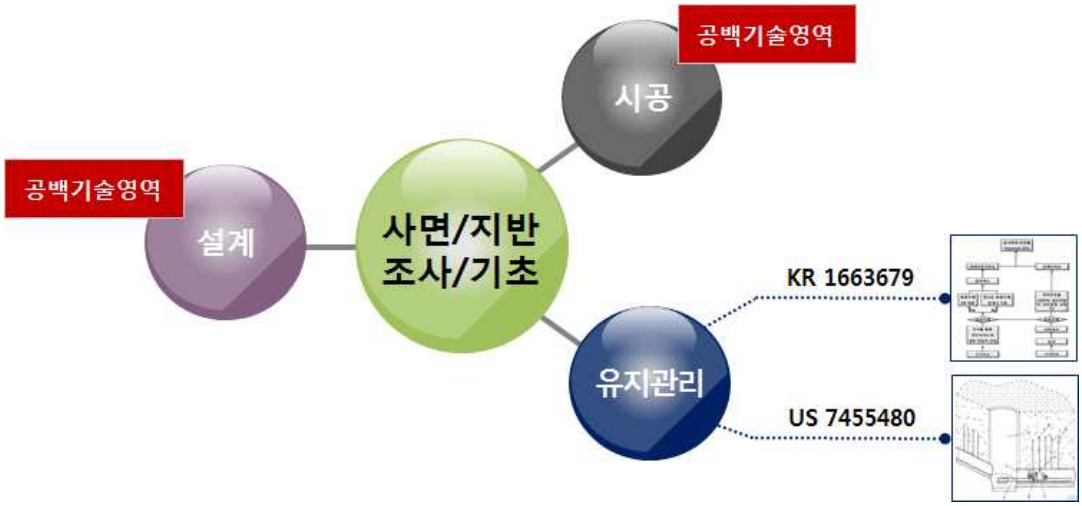


<그림 4-10> 핵심특허 분야별 Value Chain(터널 및 지하공간)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 터널 및 지하공간에 대하여 Value Chain(설계, 시공, 유지관리)으로 기술 분류를 수행함. 분석 결과, 터널 및 지하공간에 대한 핵심특허 7건 중 4건은 Value Chain 중 유지관리에 관한 기술을 개시하고 있고, 2건은 Value Chain 중 설계에 관한 기술을 개시하고 있으며, 1건은 Value Chain 중 시공에 관한 기술을 개시하고는 것으로 분석됨

이에 따라, 터널 및 지하공간 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 공백 기술영역은 존재하지 않는 것으로 분석됨

(3) 사면/지반조사/기초

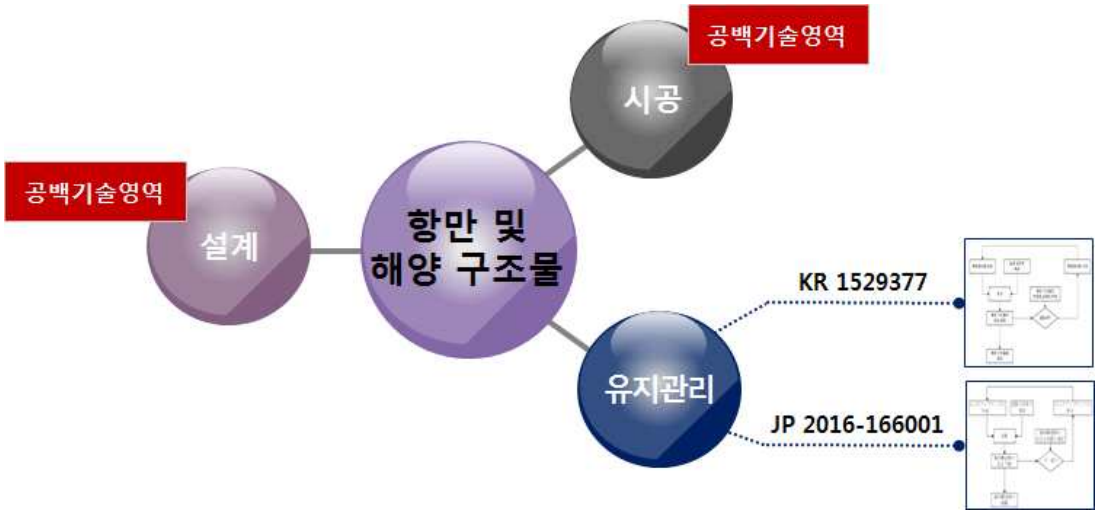


<그림 4-11> 핵심특허 분야별 Value Chain(사면/지반조사/기초)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 사면/지반조사/기초에 대하여 Value Chain(설계, 시공, 유지관리)으로 기술 분류를 수행함. 분석 결과, 사면/지반조사/기초에 대한 핵심특허 2건 모두 Value Chain 중 유지관리에 관한 기술을 개시하고 있는 것으로 분석되어 설계 및 시공은 사면/지반조사/기초에서 공백기술영역에 해당하는 것으로 나타남

이에 따라, 사면/지반조사/기초 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 설계 및 시공 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

(4) 항만 및 해양 구조물

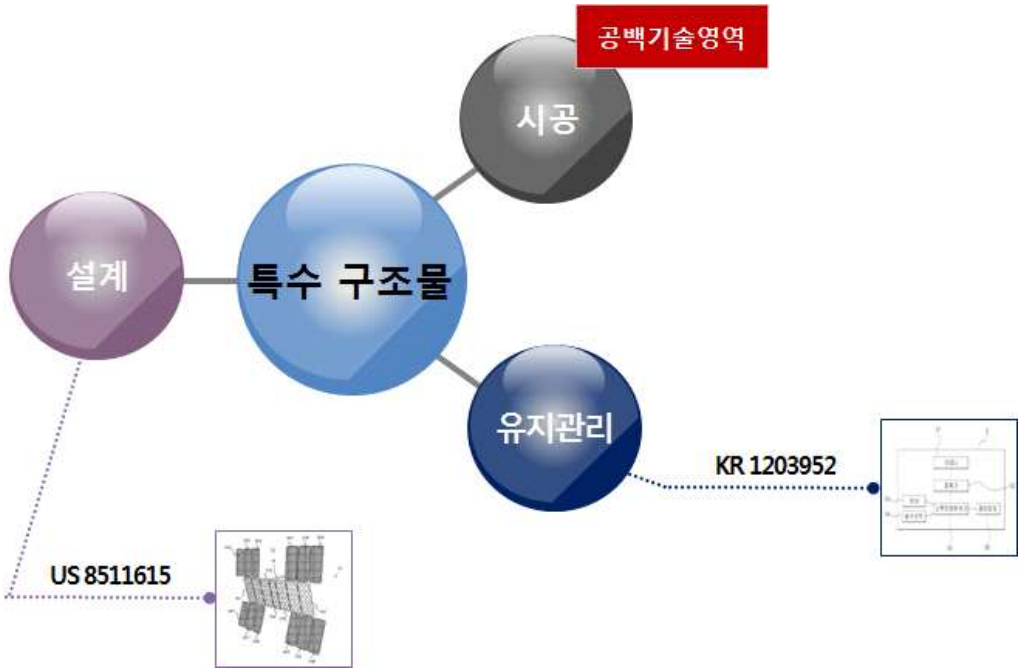


<그림 4-12> 핵심특허 분야별 Value Chain(항만 및 해양구조물)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 항만 및 해양 구조물에 대하여 Value Chain(설계, 시공, 유지관리)으로 기술 분류를 수행함. 분석 결과, 항만 및 해양 구조물에 대한 핵심특허 2건 모두 Value Chain 중 유지관리에 관한 기술을 개시하고 있는 것으로 분석되어 설계 및 시공은 항만 및 해양 구조물에서 공백기술영역에 해당하는 것으로 나타남

이에 따라, 항만 및 해양 구조물 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 설계 및 시공 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

(5) 특수 구조물



<그림 4-13> 핵심특허 분야별 Value Chain(특수 구조물)

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 핵심특허 관련분야 중 특수 구조물에 대하여 Value Chain(설계, 시공, 유지관리)으로 기술 분류를 수행함. 분석 결과, 특수 구조물에 대한 핵심특허 2건 중 1건은 Value Chain 중 설계에 관한 기술을 개시하고 있고, 1건은 Value Chain 중 유지관리에 관한 기술을 개시하고 있는 것으로 분석되어 시공은 특수 구조물에서 공백기술영역에 해당하는 것으로 나타남

이에 따라, 특수 구조물 분야는 설계 및 유지관리 기술에 관심이 치중되어 있는 것으로 보이고, 시공 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

Ⅴ. 특허분석 결론 및 시사점

1. 특허분석 결과

<표 5-1> 특허기술 Landscape 종합 정리

정량분석	결론
국가별 LANDSCAPE	▶ 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 2000년대 중반 특허출원이 잠시 주춤했으나, 분석 초기구간부터 현재까지 꾸준하게 증가하는 추세를 보임. 또한, 국토교통 시설물 분야 관련하여, 한국은 39%의 출원 점유율을 나타내어 가장 높은 점유율을 차지하고 있으며, 다음으로 일본이 28%, 미국이 25%, 유럽이 8%의 출원 점유율을 가지는 것으로 나타남 ▶ 연도별 주요출원국의 내외국인 특허출원동향을 살펴보면, 한국은 전 구간에 걸쳐 내국인에 의한 특허출원 비율이 외국인에 의한 특허출원 비율에 비해 상당히 높은 것으로 보아, 자립도가 높은 것으로 나타남. 미국은 외국인의 특허출원 비율이 내국인의 특허출원 비율보다 상대적으로 높으나, 내국인과 외국인의 특허출원이 유사한 동향을 보이는 것으로 나타남. 일본은 전 구간에 걸쳐 내국인 위주의 특허출원이 이루어지고 있으며, 외국인에 의한 특허출원이 저조한 것으로 나타남 ▶ 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 기술은 1구간에서 2구간까지 출원건수와 출원인수가 꾸준히 증가하다가 3구간에서 출원건수와 출원인수가 감소하는 양상을 보이며 짧은 성숙기를 거쳐 4구간에서 급격한 회복기를 거쳐 5구간에서 다시금 성장기를 보이는 것으로 평가됨
경쟁자 LANDSCAPE	▶ 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구의 주요 출원인 Top20을 추출한 결과, 한국의 현대중공업 주식회사가 21건으로 1위를 차지하였고, 한국의 대우조선해양 주식회사가 18건으로 2위, 한국의 한국해양과학기술원이 15건으로 3위를 기록하는 등 전반적으로 한국 기업들의 점유율이 매우 높은 것으로 나타남. 그 외 대부분이 한국 및 일본 기업으로, 본 기술 분야는 한국과 일본이 강세인 것으로 분석됨
세부 기술별 동향분석	▶ 국토교통 시설물 분야 기술과 관련된 특허출원은 항만 및 해양구조물(AD) 관련한 기술에서 두각을 나타내고 있으며, 최근 항만 및 해양구조물(AD)에 대한 관심이 높아지면서 특허 점유율을 확보하기 위한 경쟁이 높은 것으로 판단됨. 한편, 특수구조물(AE)에 대한 기술 개발이 상대적으로 저조한 것으로 파악됨 ▶ 국토교통 시설물분야 세부기술 확보전략 수립연구는 1구간과 2구간에서는 사면/지반조사/기초(AC)가 높은 점유율을 보였고, 3구간에서는 교량(AA), 터널 및 지하공간(AB), 사면/지반조사/기초(AC)의 점유율이 유사하게 나타났으며, 4구간을 기점으로 항만 및 해양구조물(AD)의 점유율이 점차 증가하는 것으로 나타남. 특수 구조물(AE)은 상대적으로 연구개발이 미미한 경향을 보임

<표 5-2> 특허기술 심층분석 종합 정리

정성분석	결론
기술흐름도 분석	▶ 전체 기술흐름도 분석 결과, 터널 및 지하공간(AB)과 관련 기술이 다출원되고 있는 양상을 보이고 있으며, 단순 지하 환경 탐지 및 구조 분석과 영상화 기술에서 지반정보의 3차원 모델링 기술로 발전하다가 최근에는 센싱장치를 이용하여 터널 공간을 모니터링 및 관리하는 기술로 점차 출원 경향이 달라지고 있음을 알 수 있음
OS Matrix 분석	▶ OS 매트릭스 분석결과, 목적 관점에서 보면, 안정화, 모니터링, 시공/관리 간소화 기술 순으로 연구개발이 집중된 것으로 나타남. 수단 관점에서 보면, 부재삽입/설치, 감지센서, 수치계수 기술 순으로 연구개발이 집중된 것으로 나타남. 공백기술영역으로 분류된 분야는 모델링 및 안정화를 위해 수치계수, 그래픽 사용자 인터페이스, 데이터베이스 이용 기술이 적용 가능할 것으로 보이고, 지도생성, 리모델링, 설계제공을 위해 그래픽 사용자 인터페이스, 감지센서, 데이터베이스, 삼차원 해석, 시공절차 기술이 적용 가능할 것으로 보임. 또한, 이러한 과제를 해결하기 위해 해당 수단을 적용한다면 이에 대한 특허 출원시 기존 선행기술을 회피하여 등록 가능성이 높을 것으로 예상됨
핵심특허 분야별 분석	▶ 핵심특허 분야별 점유율 분석 결과, 터널 및 지하공간 관련 핵심특허가 7건(44%)으로 가장 높은 점유율을 보였고, 교량 관련 핵심특허가 3건(18.5)으로 다음으로 높은 점유율을 보이는 것으로 나타남. 또한, 항만 및 해양구조물, 사면/지반조사/기초, 특수 구조물 관련 핵심특허는 각각 2건(12.5%)로 다른 분야 대비 낮은 점유율을 보이는 것으로 나타남 ▶ 핵심특허 분야별 상세기술 분석 결과, 교량은 대체적으로 시설물을 모니터링하고 원격제어 및 구조 안정화 작업을 수행하여 시설물의 이상 여부 판단, 위치 관리, 안전 대응을 위해 사용되고 있는 것으로 보임. 터널 및 지하공간은 시설물을 모니터링하고 모델링하여 지도(또는 영상)를 생성 및 제공하는 작업을 수행하여 시설물을 유지관리하고 운용하는데 사용되고 있는 것으로 보임. 사면/지반조사/기초는 대체적으로 지반에 대한 재해 지도를 생성하여 재해를 예측하고 지반을 안정화하여 지반의 위험도 판단, 재해 관리, 안정화를 위해 사용되고 있는 것으로 보임. 항만 및 해양구조물은 구조물의 운동과 위치 변화 모니터링을 통해 구조물의 안정성, 운용 및 유지보수를 위해 사용되고 있는 것으로 보임. 특수 구조물은 방호 시설 모니터링을 통해 내부 안전성을 보장할 수 있고, 안테나의 안정화 구조에 따른 위성의 효율적 운용을 가능하도록 하는데 사용되고 있는 것으로 보임 ▶ 핵심특허 분야별 Value Chain 분석 결과, 교량 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 설계 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임. 터널 및 지하공간 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 공백기술영역은 존재하지 않는 것으로 분석됨. 사면/지반조사/기초 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 설계 및 시공 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임. 항만 및 해양 구조물 분야는 유지관리 기술에 집중적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 설계 및 시공 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임. 특수 구조물 분야는 설계 및 유지관리 기술에 관심이 치중되어 있는 것으로 보이고, 시공 관련하여 AI(Artificial Intelligence) 접목을 위한 핵심특허 개발이 필요한 것으로 보임

2. R&D 향후 방향성

국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 분야는 터널 및 지하공간(AB)과 관련 기술이 다출원되고 있는 양상을 보이고 있으며, 단순 지하 환경 탐지 및 구조 분석과 영상화 기술에서 지반정보의 3차원 모델링 기술로 발전하다가 최근에는 센싱장치를 이용하여 터널 공간을 모니터링 및 관리하는 기술로 점차 출원 경향이 달라지고 있음을 알 수 있음

또한, 국토교통 시설물 분야 세부기술 확보전략 수립연구 분야의 공백기술 영역으로 분류된 분야는 모델링 및 안정화를 위해 수치계수, 그래픽 사용자 인터페이스, 데이터베이스 이용 기술이 적용 가능할 것으로 보이고, 지도생성, 리모델링, 설계제공을 위해 그래픽 사용자 인터페이스, 감지센서, 데이터베이스, 삼차원 해석, 시공절차 기술이 적용 가능할 것으로 보임. 또한, 이러한 과제를 해결하기 위해 해당 수단을 적용한다면 이에 대한 특허 출원시 기존 선행기술을 회피하여 등록 가능성이 높을 것으로 예상됨

교량 분야는 핵심특허가 3건 존재하여 **IP 창출에 따른 위험도는 下**에 해당하고, IP 창출을 위한 장벽도가 낮으므로 도출된 수단-목적, Value Chain 분석 결과를 활용하면 교량 관련 아이디어를 창출할 수 있을 것으로 분석됨

터널 및 지하공간 분야는 핵심특허가 7건 존재하여 **IP 창출에 따른 위험도는 中**에 해당하고, IP 창출을 위한 장벽도가 중간이므로 도출된 수단-목적, Value Chain 분석 결과를 활용하면 터널 및 지하공간 관련 아이디어를 창출할 수 있을 것으로 분석됨

사면/지반조사/기초 분야는 핵심특허가 2건 존재하여 **IP 창출에 따른 위험도는 下**에 해당하고, IP 창출을 위한 장벽도가 낮으므로 도출된 수단-목적, Value Chain 분석 결과를 활용하면 사면/지반조사/기초 관련 아이디어를 창출할 수 있을 것으로 분석됨

항만 및 해양 구조물 분야는 핵심특허가 2건 존재하여 **IP 창출에 따른 위험도는 下**에 해당하고, IP 창출을 위한 장벽도가 낮으므로 도출된 수단-목적, Value Chain 분석 결과를 활용하면 항만 및 해양 구조물 관련 아이디어를 창출할 수 있을 것으로 분석됨

특수 구조물 분야는 핵심특허가 2건 존재하여 **IP 창출에 따른 위험도는 下**에 해당하고, IP 창출을 위한 장벽도가 낮으므로 도출된 수단-목7적, Value Chain 분석 결과를 활용하면 특수 구조물 관련 아이디어를 창출할 수 있을 것으로 분석됨

[부록 6] 전문가 설문조사 자료

A : 획득기술의 효용(Benefit)	B : 기존 해외 건설시장 진출 확대 수요와 부합성
C : 신규 해외시장 진출 수요와 부합성	D : 해외 건설사업 수익성 확대 수요와 부합성
E : 기술 획득의 위험	F : 획득기술의 수요/계획의 명확성 및 구체성
G : 투입시간과 노력	

○ A-1 강구조 및 합성구조

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
3D 기반의 강교량 점검기술	3	3	3	1	3	-3	-3
강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	3	3	9	1	3	-3	-3
BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	9	3	9	1	3	-3	-9
BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	9	3	9	3	3	-3	-9
LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	3	3	1	1	3	-9	-3
계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	3	3	3	1	3	-1	-3
고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	3	3	1	1	1	-1	-3
강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	1	3	1	1	1	-1	-3
자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	3	3	1	1	1	-1	-1
극한•극서 기후 지역 강교량 설계 및 시공 기술	3	3	1	1	1	-1	-1
품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	3	3	1	1	3	-1	-1
교량구조용 강재성능 향상 기술	3	3	1	1	1	-1	-1
곡선강교량 설계시공 기술	3	3	1	1	1	-1	-1
강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	3	3	3	3	1	-1	-3
강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	3	3	1	1	1	-1	-3
고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	1	1	1	1	1	-3	-3
하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	3	3	1	1	1	-3	-1
이중합성 교량의 설계 및 시공기술	3	1	1	1	1	-3	-1
프리스트레스 도입 강합성교량기술	3	3	3	1	1	-1	-1
합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	1	1	1	1	1	-3	-1
강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	1	1	1	1	1	-3	-1
강재/강합성 교각 설계 시공기술	3	3	1	1	1	-3	-1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
3D 기반의 강교량 점검기술	1	1	1	1	3	1	-3
강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	1	1	1	1	3	1	-3
BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	1	1	1	1	3	1	-3
BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	3	3	3	3	9	1	-3
LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	1	1	1	1	3	1	-3
계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	1	1	1	1	3	1	-1
고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	3	1	1	1	3	1	-3
강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	1	1	1	1	3	1	-3
자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	1	1	1	1	3	1	-3
극한•극서 기후 지역 강교량 설계 및 시공 기술	1	3	3	3	3	1	-3
품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	1	1	1	1	3	1	-1
교량구조용 강재성능 향상 기술	1	1	1	1	3	1	-3
곡선강교량 설계시공 기술	1	1	1	1	3	1	-3
강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	1	1	1	1	3	1	-3
강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	1	1	1	1	3	1	-3
고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	3	1	1	1	3	1	-3
하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	3	1	1	1	3	1	-3
이중합성 교량의 설계 및 시공기술	3	1	1	1	3	1	-3
프리스트레스 도입 강합성교량기술	1	1	1	1	3	1	-3
합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	1	1	1	1	3	1	-3
강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	1	1	1	1	3	1	-3
강재/강합성 교각 설계 시공기술	1	1	1	1	3	1	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
3D 기반의 강교량 점검기술	1	1	1	1	3	1	-3
강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	1	1	1	1	3	1	-3
BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	1	1	1	1	3	1	-3
BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	3	3	3	3	9	1	-3
LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	1	1	1	1	3	1	-3
계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	1	1	1	1	3	1	-1
고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	3	1	1	1	3	1	-3
강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	1	1	1	1	3	1	-3
자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	1	1	1	1	3	1	-3
극한•극서 기후 지역 강교량 설계 및 시공 기술	1	3	3	3	3	1	-3
품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	1	1	1	1	3	1	-1
교량구조용 강재성능 향상 기술	3	3	1	1	1	-1	-1
곡선강교량 설계시공 기술	3	3	1	1	1	-1	-1
강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	3	3	3	3	1	-1	-3
강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	3	3	1	1	1	-1	-3
고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	1	1	1	1	1	-3	-3
하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	3	3	1	1	1	-3	-1
이중합성 교량의 설계 및 시공기술	3	1	1	1	1	-3	-1
프리스트레스 도입 강합성교량기술	3	3	3	1	1	-1	-1
합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	1	1	1	1	1	-3	-1
강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	1	1	1	1	1	-3	-1
강재/강합성 교각 설계 시공기술	3	3	1	1	1	-3	-1

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
3D 기반의 강교량 점검기술	3	3	3	1	3	-3	-3
강교량 3D 자동도면 생성 및 적산 S/W 기술	3	3	9	1	3	-3	-3
BIG DATA 기반 강교량 전주기적 통합유지관리기술	9	3	9	1	3	-3	-9
BIM 연계 강교량 설계 시공 유지관리 통합 패키지 기술	9	3	9	3	3	-3	-9
LCC, VE 및 환경 등을 고려한 강교량 설계기법 및 평가기술	3	3	1	1	3	-9	-3
계측데이터를 활용한 강교량 손상 및 내하력 평가기술	3	3	3	1	3	-1	-3
고성능 재료 활용 강합성교량 설계시공 기술개발	3	3	1	1	1	-1	-3
강교량의 현장 이음부 품질향상 기술	1	3	1	1	1	-1	-3
자연재해 및 환경변화에 따른 강교량 보수보강기술	3	3	1	1	1	-1	-1
극한•극서 기후 지역 강교량 설계 및 시공 기술	3	3	1	1	1	-1	-1
품질, 시공, 안전관리를 위한 강교량 모니터링 기술	3	3	1	1	3	-1	-1
교량구조용 강재성능 향상 기술	1	1	1	1	3	1	-3
곡선강교량 설계시공 기술	1	1	1	1	3	1	-3
강구조의 유지보수비용 최소화를 위한 도장기술	1	1	1	1	3	1	-3
강구조의 피로수명 평가 및 향상기술	1	1	1	1	3	1	-3
고성능 소재 CFT구조의 설계 및 시공기술	3	1	1	1	3	1	-3
하이브리드 교량 가설 설계 시공 기술	3	1	1	1	3	1	-3
이중합성 교량의 설계 및 시공기술	3	1	1	1	3	1	-3
프리스트레스 도입 강합성교량기술	1	1	1	1	3	1	-3
합성구조 접합부의 성능향상 설계 기술	1	1	1	1	3	1	-3
강합성구조의 장기거동 평가 및 영향 최소화기술	1	1	1	1	3	1	-3
강재/강합성 교각 설계 시공기술	1	1	1	1	3	1	-3

○ A-2 콘크리트 구조 및 콘크리트 교량

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
부분교체/곡률대응형 프리캐스트 바닥판 제작/급속시공 기술	9	3	3	3	9	1	1
FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술	3	3	3	1	3	-1	-1
콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술	3	3	3	3	9	-1	1
경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술	9	1	3	3	9	-1	1
조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술	3	1	3	3	9	-1	1
단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술	9	3	3	3	3	1	1
카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술	3	1	1	3	9	-1	1
HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술	3	1	1	3	9	-1	-1
HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술	3	1	1	3	9	-1	-1
알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술	3	1	1	3	9	-1	-1
비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술	3	1	1	3	9	-1	-1
친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술	3	1	1	3	9	-1	-3
120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술	9	9	9	3	9	1	1
섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술	9	9	9	3	9	1	1
80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술	9	9	9	3	9	1	1
굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술	9	9	9	3	9	1	1
SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술	9	9	9	3	9	1	1
200~300MPa급 콘크리트 제조 기술	9	9	9	3	9	1	1
200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술	9	9	9	3	9	1	1
80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술	9	9	9	3	9	1	1
SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술	9	9	9	3	9	1	1
SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술	9	9	9	3	9	1	1
SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술	9	9	9	3	9	1	1
SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술	9	9	1	1	3	-3	-3
SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술	3	1	1	1	3	-3	-1
수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술	1	1	1	3	3	1	1
고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술	1	1	1	3	3	1	1
곡선교 해석/설계/시공 기술	1	1	1	3	3	-1	1
무조인트 교량 해석/설계 기술	1	1	3	3	3	-1	1
중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)	3	3	3	3	3	1	1
콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술	1	1	3	3	3	-1	-1
LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템	1	1	1	3	3	-1	-1
교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술	1	1	1	3	3	-1	-1
콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술	1	1	1	3	3	-1	1
콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술	1	1	1	3	3	-1	-1
저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템	1	1	1	3	3	-1	-1
PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술	3	1	1	1	9	1	-1
콘크리트 교량 내진성능 향상 기술	1	1	1	1	3	1	1
FRP 활용 교량 보수보강 기술	1	1	1	1	3	-1	1
보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술	1	1	1	1	3	-1	1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
부분교체/곡률대응형 프리캐스트 바닥판 제작/급속시공 기술	1	1	3	3	3	-1	-3
FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술	3	1	1	3	3	-1	-1
콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술	3	3	1	3	1	-1	-1
단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술	3	1	1	3	1	-1	-1
HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술	3	1	3	3	3	-3	-3
HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술	3	1	3	3	3	-3	-3
알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술	1	1	3	3	3	-3	-3
비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술	1	1	3	3	3	-3	-3
친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술	3	9	9	3	1	-1	-1
섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술	3	9	9	3	1	-1	-1
80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술	9	9	9	9	1	1	-3
굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술	9	9	9	9	1	1	-3
SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술	3	3	3	3	1	-1	-3
200~300MPa급 콘크리트 제조 기술	3	3	9	3	3	-9	-3
200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술	3	3	9	3	9	-9	-9
80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술	9	9	9	9	3	-1	-3
SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술	9	9	9	9	3	1	-3
SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술	3	3	3	3	3	1	-1
SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술	3	3	3	3	1	1	-1
SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술	3	1	3	3	3	-1	-3
수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술	1	3	1	1	3	-1	-3
고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술	1	3	1	1	3	-3	-3
곡선교 해석/설계/시공 기술	3	1	1	1	1	-3	-1
무조인트 교량 해석/설계 기술	1	1	1	1	1	-3	-1
중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)	3	3	3	3	3	-3	-3
콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술	3	1	1	1	3	-3	-3
LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템	9	9	9	3	3	1	-1
교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술	3	3	3	9	3	1	-3
콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술	9	9	9	3	1	1	-1
콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술	3	3	3	1	1	-1	-1
저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템	9	3	3	3	1	1	-3
PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
콘크리트 교량 내진성능 향상 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
FRP 활용 교량 보수보강 기술	3	1	1	1	1	-3	-1
보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술	1	1	1	1	1	-3	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
부분교체/곡률대응형 프리캐스트 바닥판 제작/급속시공 기술	3	9	3	3	9	1	-1
FRP 보강근 활용 바닥판 설계/제작/시공 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
콘크리트 교량 상부구조 모듈화 설계 및 급속시공 기술	3	9	3	3	9	1	-1
경관이 고려된 조립식 교각 설계/제작/급속시공 기술	3	9	3	3	9	1	-1
조립부재 3차원 형상 계측 및 품질관리 기술	1	3	9	3	3	-1	-3
단지간 교량(20m 이내) 급속시공 구조, 제작 및 시공 기술	1	3	3	3	9	1	-1
카메라 기반 조립부재 정밀시공 가이드(시각화) 기술	1	1	9	3	3	-9	-3
HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 고강도 콘크리트 기술	3	1	3	1	3	-3	-3
HVMA(High Voluem Mineral Admixture) 자기충전 콘크리트(SCC) 기술	3	1	3	1	3	-3	-3
알칼리 활성 슬래그 콘크리트(무시멘트 콘크리트) 기술	3	0	3	1	1	-3	-3
비소성 결합재 활용 CO2 저감형 시멘트 기술	1	0	3	1	3	-3	-3
친환경/저탄소 콘크리트 구조물 설계/시공 기술	3	3	3	1	3	-1	-3
120, 150, 180MPa 맞춤형 섬유보강 콘크리트 제조 기술	3	3	3	3	9	1	-3
섬유보강 SUPER Concrete 구조설계기술	3	3	3	3	3	1	-3
80, 100, 120MPa 맞춤형 굵은골재 사용 콘크리트 제조 기술	3	3	3	1	9	1	-3
굵은골재사용 SUPER Concrete 구조설계기술	3	3	3	3	9	1	-3
SUPER Concrete 제조/설계 기반(시험방법/재료모델) 기술	1	3	3	1	9	1	-3
200~300MPa급 콘크리트 제조 기술	9	3	3	1	1	-3	-9
200~300MPa급 콘크리트 활용 구조 설계/시공 기술	9	3	3	1	1	-3	-9
80~180MPa 콘크리트 범용 제조/설계 기술	9	3	9	3	1	-3	-9
SC활용 200~1,000m 사장교 설계/시공 기술	9	9	3	3	9	1	-3
SC활용 60m 이상 장지간 교량 설계/시공 기술	3	3	3	3	9	1	-3
SC활용 40~60m 중지간 교량 설계/시공 기술	3	3	3	1	9	1	-3
SC활용 프리캐스트 풍력타워 설계/시공 기술	1	3	3	1	9	-1	-3
SC활용 부유식 구조물 설계/시공 기술	3	1	9	1	9	-1	-3
수화열 저감형 저발열 콘크리트 제조/설계/시공 기술	0	0	3	1	3	-1	-3
고내구성 콘크리트 제조 및 활용 기술	0	0	1	1	3	-1	-3
곡선교 해석/설계/시공 기술	1	1	1	1	9	1	-1
무조인트 교량 해석/설계 기술	1	1	1	1	9	1	-1
중경간 거더 교량 구조성능 향상 기술 (신형식 거더)	1	1	3	3	9	1	1
콘크리트 충전 FRP Tube 부재 활용 교량성능 향상 기술	0	1	1	1	9	-3	-1
LCC/LCP/LCA 기반 교량 성능평가 및 의사결정 시스템	3	3	3	1	3	-3	-9
교량 유지관리 분야 빅데이터 관리 기술	3	3	3	1	1	-3	-9
콘크리트 교량 점검/진단 자동화 기술	9	3	3	3	1	-1	-3
콘크리트 구조물 비파괴 검사 기술	9	3	3	3	3	-1	-3
저비용/고효율 교량 건전도/내하력 평가 시스템	3	3	3	1	3	-1	-3
PT(Post-tensioning) 텐던 긴장력 완화 모니터링 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
콘크리트 교량 내진성능 향상 기술	3	1	3	1	3	1	-1
FRP 활용 교량 보수보강 기술	1	1	3	1	9	1	-1
보수/보강용 무시멘트 초속경/무수축 모르타르 기술	1	1	3	1	1	-3	-1

○ A-3 신소재 복합재료 구조교량/특수교량

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
케이블 교량 하중 모델	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	3	1	3	3	9	-1	-1
케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	3	1	1	1	3	-1	1
케이블 교량용 강선/강연선	1	1	3	1	3	-1	-1
케이블 교량용 박층 포장	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량용 FRP 케이블	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	1	1	1	1	3	-1	-1
사장교 케이블 가설	3	1	1	1	3	-1	-3
현수교 케이블 가설	3	1	1	1	3	-1	-3
케이블 교량 보강거더 가설	9	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	9	1	3	3	9	-1	-1
케이블 교량 강재 고주탑 가설	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	3	3	1	1	3	-1	-1
케이블 거동 모니터링	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 통합유지관리시스템	1	1	1	1	3	-1	-1
장경간 아치교 설계 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
장경간 강아치교 가설 기술	3	1	3	1	3	-1	-1
장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	3	1	3	3	3	-1	-1
부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
부유식 교량 앵커링 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
자기치유 콘크리트 배합설계	3	3	3	1	3	-3	-3
자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료	1	3	3	1	3	-3	-1
자기치유 콘크리트 스마트 폴리머	1	3	3	1	3	-3	-1
자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더	1	3	3	1	3	-3	-1
자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐	1	3	3	1	3	-3	-1
특수소재의 교량 활용 기술	1	1	1	1	3	-3	-3

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
케이블 교량 하중 모델	3	3	3	1	3	1	-1
케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	3	3	3	3	3	1	-3
케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	1	1	1	1	3	1	-1
케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	3	1	3	1	3	1	-1
케이블 교량용 강선/강연선	3	3	3	3	3	1	-3
케이블 교량용 박층 포장	1	1	1	1	3	1	-1
케이블 교량용 FRP 케이블	1	3	1	1	3	-1	-1
케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	3	3	3	1	3	1	-1
사장교 케이블 가설	1	1	1	3	3	1	-9
현수교 케이블 가설	1	1	1	3	3	1	-9
케이블 교량 보강거더 가설	9	3	3	3	9	1	-3
케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	9	3	9	3	9	1	-3
케이블 교량 강재 고주탑 가설	3	3	3	3	3	1	-3
케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	9	9	3	3	3	1	-3
케이블 거동 모니터링	3	3	3	1	3	1	-1
케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	3	3	3	1	3	1	-1
케이블 교량 통합유지관리시스템	3	3	3	3	3	1	-1
장경간 아치교 설계 기술	1	1	1	1	3	1	-1
장경간 강아치교 가설 기술	1	1	1	1	3	1	-3
장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	3	3	3	1	3	1	-3
부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	3	3	3	1	3	-1	-3
부유식 교량 앵커링 기술	3	3	3	1	3	-1	-3
FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술	1	1	1	1	3	1	-1
FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술	3	3	3	1	3	-1	-1
FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술	3	3	1	1	3	1	-1
자기치유 콘크리트 배합설계	3	9	3	3	3	-1	1
자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료	3	9	3	3	3	-1	1
자기치유 콘크리트 스마트 폴리머	3	9	3	3	3	-1	1
자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더	3	9	3	3	3	-1	1
자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐	3	9	3	3	3	-1	1
특수소재의 교량 활용 기술	3	3	3	3	3	1	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
케이블 교량 하중 모델	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 극한사건 대응(선박 충돌, 강진 등)	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 구조해석 및 설계프로그램	3	1	3	3	9	-1	-1
케이블 교량 내풍 안정화 해석/풍동 실험	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량용 강선/강연선	1	1	3	1	3	-1	-1
케이블 교량용 박층 포장	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량용 FRP 케이블	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량용 고내화성 방청재료(낙뢰 및 화재 대응)	1	1	1	1	3	-1	-1
사장교 케이블 가설	3	1	1	1	3	-1	-1
현수교 케이블 가설	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 보강거더 가설	3	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 콘크리트 고주탑 가설	3	1	1	3	9	-1	-1
케이블 교량 강재 고주탑 가설	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 해상 기초 및 지반 탐사	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 거동 모니터링	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 GNSS 기반 모니터링	1	1	1	1	3	-1	-1
케이블 교량 통합유지관리시스템	1	1	1	1	3	-1	-1
장경간 아치교 설계 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
장경간 강아치교 가설 기술	3	1	3	1	3	-1	-1
장경간 콘크리트 아치교 가설 기술	3	1	3	3	3	-1	-1
부유식 교량 모듈의 제작 및 가설 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
부유식 교량 앵커링 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
FRP 보강근 구조부재의 해석 및 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
FRP 적용 구조부재의 모니터링 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
FRP를 활용한 교량의 보수보강 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
자기치유 콘크리트 배합설계	3	1	1	1	3	-3	-3
자기치유 콘크리트 유무기계 혼합재료	1	1	1	1	3	-3	-1
자기치유 콘크리트 스마트 폴리머	1	1	1	1	3	-3	-1
자기치유 콘크리트 무시멘트 바인더	1	1	1	1	3	-3	-1
자기치유 콘크리트 마이크로 캡슐	1	1	1	1	3	-3	-1
특수소재의 교량 활용 기술	1	1	1	1	3	-3	-3

○ B-1 육상터널

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
설계 및 시공중 수집된 지반 및 지질 정보의 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	3	3	1	1	3	-1	-3
인공지능(AI)기반 시공중 굴착면 지반정보 분석 및 지반상태 결정 기술	0	1	1	1	1	-3	-3
인공지능(AI)기반 시공중 굴착면 전방 지반정보 예측 기술	0	1	1	1	1	-3	-3
BIM구축을 위한 터널구조물 설계 및 시공 정보의 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	3	3	1	1	3	-1	-3
인공지능(AI)기반 터널구조물 안정성 확보를 위한 지보, 보조(지반보강, 지하수 유입 및 수압 저감등)공법 및 라이닝 설계 기술	0	1	1	1	1	-3	-3
인공지능(AI)기반 여굴 최소화 발파패턴 설계 기술	0	1	1	1	1	-3	-3
인공지능(AI) 및 IoT기반 여굴 최소화를 위한 정밀/자동화 발파천공 기술	0	1	1	1	1	-3	-3
지보재, 보조공법 및 라이닝(Segment 포함) 현장시공 품질(시공정확도 포함)관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
시공중 터널내 작업환경과 작업자 및 건설장비 위치 파악을 위한 IoT기반 모니터링 및 예경보 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
IoT 및 인공지능(AI)기반 시공중인 초장대 터널(연장 4km이상)내 쾌적환경(흡기 및 배기) 조성시스템	1	1	1	1	3	-1	-3
IoT 및 인공지능(AI)기반 터널내 사고 및 화재 최소화를 위한 방재설비 설계 및 운영기술	1	1	1	1	3	-1	-3
이력관리를 위한 운영중인 터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	1	1	1	1	3	-1	-3
운영중 터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
설계, 시공 및 유지관리 단계별 터널구조물 BIM 구축기술	1	1	1	1	3	-1	-3
지반/지질 정보를 활용한 인공지능(AI)기반 기계화 시공장비 커터헤드 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
기계화 시공 정보의 DB((굴진율, 추진력, 지반압, 토크, 반출 버럭 등) 설계 및 구축기술	3	3	1	1	3	-1	-3
인공지능(AI)기반 터널구조물 안정성 확보를 위한 기계화 시공용 Segment 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
인공지능(AI)기반 지반상태 대응 최적 기계화 시공 분석 및 결정 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술	3	3	1	1	3	1	-3
수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술	3	3	3	1	3	1	-3
복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)	3	3	3	3	3	1	-3
도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)	3	3	3	3	3	1	-3
복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)	3	3	3	3	3	1	-3
SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술	1	1	1	1	3	1	-3

High Pressurized Liner 설계기술	1	1	1	1	3	1	-3
수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템 개발	1	1	1	1	3	-1	-3
무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술 개발	1	1	1	1	3	-3	-3
공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도	1	1	1	1	3	-1	-3
터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법	1	1	1	1	3	-1	-3
특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술	1	1	1	1	3	-1	-3
소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영	1	1	1	1	3	-1	-3
도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술	1	1	1	1	3	-1	-3

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
설계 및 시공중 수집된 지반 및 지질 정보의 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	1	1	1	1	3	1	1
인공지능(AI)기반 시공중 굴착면 지반정보 분석 및 지반상태 결정 기술	1	1	1	1	3	1	-1
인공지능(AI)기반 시공중 굴착면 전방 지반정보 예측 기술	1	1	1	1	3	-1	1
BIM구축을 위한 터널구조물 설계 및 시공 정보의 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	3	3	3	3	3	1	1
인공지능(AI)기반 터널구조물 안정성 확보를 위한 지보, 보조(지반보강, 지하수 유입 및 수압 저감등)공법 및 라이닝 설계 기술	1	0	0	0	3	-1	1
인공지능(AI)기반 여굴 최소화 발파패턴 설계 기술	1	0	0	0	3	1	-1
인공지능(AI) 및 IoT기반 여굴 최소화를 위한 정밀/자동화 발파천공 기술	1	1	1	1	3	1	-1
지보재, 보조공법 및 라이닝(Segment 포함) 현장시공 품질(시공정확도 포함)관리 기술	3	3	1	3	3	1	1
시공중 터널내 작업환경과 작업자 및 건설장비 위치 파악을 위한 IoT기반 모니터링 및 예경보 기술	1	1	1	1	3	1	1
IoT 및 인공지능(AI)기반 시공중인 초장대 터널(연장 4km이상)내 쾌적환경(흡기 및 배기) 조성시스템	1	0	0	0	3	-1	-1
IoT 및 인공지능(AI)기반 터널내 사고 및 화재 최소화를 위한 방재설비 설계 및 운영기술	1	0	0	0	3	-1	-1
이력관리를 위한 운영중인 터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	1	0	0	0	3	-1	-1
운영중 터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술	3	1	1	1	3	1	1
설계, 시공 및 유지관리 단계별 터널구조물 BIM 구축기술	3	3	3	3	3	1	1
지반/지질 정보를 활용한 인공지능(AI)기반 기계화 시공장비 커터헤드 설계 기술	1	1	1	1	3	1	1
기계화 시공 정보의 DB((굴진율, 추진력, 지반압, 토크, 반출 버럭 등) 설계 및 구축기술	3	3	3	9	9	1	1

인공지능(AI)기반 터널구조물 안정성 확보를 위한 기계화 시공용 Segment 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	1
인공지능(AI)기반 지반상태 대응 최적 기계화 시공 분석 및 결정 기술	1	1	1	1	3	-1	1
도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술	3	3	3	3	9	1	1
수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술	1	3	3	3	9	1	1
복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)	1	1	1	1	3	1	1
도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)	1	1	1	1	3	1	1
복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)	1	1	1	1	3	1	1
SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술	1	1	1	1	3	1	1
High Pressurized Liner 설계기술	3	3	3	3	9	1	1
수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템 개발	1	1	1	1	3	1	1
무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술 개발	1	1	1	1	3	1	1
공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도	0	0	0	0	0	-1	1
터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법	1	1	1	1	3	1	1
특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술	1	1	1	1	3	1	1
소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영	1	1	1	1	3	1	1
도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술	1	1	1	1	3	1	1

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
설계 및 시공중 수집된 지반 및 지질 정보의 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	1	1	1	1	3	1	1
인공지능(AI)기반 시공중 굴착면 지반정보 분석 및 지반상태 결정 기술	1	1	1	1	3	1	-1
인공지능(AI)기반 시공중 굴착면 전방 지반정보 예측 기술	1	1	1	1	3	-1	1
BIM구축을 위한 터널구조물 설계 및 시공 정보의 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	3	3	3	3	3	1	1
인공지능(AI)기반 터널구조물 안정성 확보를 위한 지보, 보조(지반보강, 지하수 유입 및 수압 저감등)공법 및 라이닝 설계 기술	1	0	0	0	3	-1	1
인공지능(AI)기반 여굴 최소화 발파패턴 설계 기술	1	0	0	0	3	1	-1
인공지능(AI) 및 IoT기반 여굴 최소화를 위한 정밀/자동화 발파천공 기술	1	1	1	1	3	1	-1
지보재, 보조공법 및 라이닝(Segment 포함) 현장시공 품질(시공정확도 포함)관리 기술	3	3	1	3	3	1	1
시공중 터널내 작업환경과 작업자 및 건설장비 위치 파악을 위한 IoT기반 모니터링 및 예경보 기술	1	1	1	1	3	1	1

IoT 및 인공지능(AI)기반 시공중인 초장대 터널(연장 4km이상)내 쾌적환경(흡기 및 배기) 조성시스템	1	0	0	0	3	-1	-1
IoT 및 인공지능(AI)기반 터널내 사고 및 화재 최소화를 위한 방재설비 설계 및 운영기술	1	0	0	0	3	-1	-1
이력관리를 위한 운영중인 터널구조물의 점검, 진단 및 보수/보강정보 DB(Big Data) 설계 및 구축기술	1	0	0	0	3	-1	-1
운영중 터널구조물 성능확보 및 보수/보강 우선순위 결정을 위한 자산관리 기술	3	1	1	1	3	1	1
설계, 시공 및 유지관리 단계별 터널구조물 BIM 구축기술	3	3	3	3	3	1	1
지반/지질 정보를 활용한 인공지능(AI)기반 기계화 시공장비 커터헤드 설계 기술	1	1	1	1	3	1	1
기계화 시공 정보의 DB((굴진율, 추진력, 지반압, 토크, 반출 버럭 등) 설계 및 구축기술	3	3	3	9	9	1	1
인공지능(AI)기반 터널구조물 안정성 확보를 위한 기계화 시공용 Segment 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	1
인공지능(AI)기반 지반상태 대응 최적 기계화 시공 분석 및 결정 기술	1	1	1	1	3	-1	1
도심지내 수직구 저소음/무진동 급속 굴착 기술	3	3	3	3	9	1	1
수직구 하향식 라이닝 급속 시공기술	1	3	3	3	9	1	1
복합기능용 특수 대단면 터널설계 기술 (단면적 400m2 이상)	1	1	1	1	3	1	1
도수터널 암반 TBM 굴진성능 급속화 시공기술 (월 500m 이상)	1	1	1	1	3	1	1
복합지반 Multi Mode TBM 장비 기술 (Hard Rock-Soft Ground)	1	1	1	1	3	1	1
SMART 재료를 이용한 차수 및 보강그라우팅 기술	1	1	1	1	3	1	1
High Pressurized Liner 설계기술	3	3	3	3	9	1	1
수로터널 RISK 평가기술 및 글로벌 공사시스템 개발	1	1	1	1	3	1	1
무인자동화 기술을 이용한 수로터널 4D 진단기술 개발	1	1	1	1	3	1	1
공동구 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도	0	0	0	0	0	-1	1
터널식 공동구 라이닝 글로벌표준화설계법	1	1	1	1	3	1	1
특수지반/특수조건 소단면 쉴드TBM 급속(downtime 40%이하) 시공기술	1	1	1	1	3	1	1
소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증시설 구축 및 운영	1	1	1	1	3	1	1
도심지 터널식 공동구 전주기 및 수용시설별 방재안전관리기술	1	1	1	1	3	1	1

○ B-2 해저/침매터널

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	3	3	1	1	3	-1	-3
굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	3	3	1	1	3	-1	-3
해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	1	3	1	1	3	-1	-3
BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈	1	3	3	1	3	-1	-3
TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상 기술	9	9	3	3	9	1	-9
해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	9	9	3	3	9	1	-9
해저터널 유입수 제어 및 관리기술	3	9	3	3	3	-1	-9
TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	1	3	9	3	3	1	-9
TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	3	9	9	9	3	1	-9
고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	3	9	9	9	9	1	-9
내염, 내부식성 재료 개발기술	3	3	3	3	9	-3	-3
해저지반 차수 및 지반보강	3	3	1	3	3	-9	-9
인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	1	3	3	3	3	-3	-3
100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	1	3	3	3	3	-3	-3
해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	1	3	3	3	1	-3	-3
IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	3	1	1	3	3	-3	-3
함체 단면 설계 기술	9	3	3	3	9	-3	-9
함체 연결부 설계 기술	9	3	3	3	9	-1	-9
함체 제작 시공 기술	3	3	3	1	3	-1	-9
함체 운송 및 수중 설치 기술	3	1	3	1	3	-3	-9
함체 기초부 조성 기술	3	1	1	1	3	-3	-9

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	9	9	3	3	9	1	-3
굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	3	3	1	1	3	1	-1
BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈	1	1	1	3	3	-1	-3
TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해저터널 유입수 제어 및 관리기술	3	3	3	3	3	-1	-1
TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	9	3	3	3	3	1	-1
TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	1	1	1	1	3	-1	1
내염, 내부식성 재료 개발기술	3	3	3	1	3	1	-1
해저지반 차수 및 지반보강	1	1	1	1	3	-1	-3
인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	1	1	1	1	3	-1	-3
해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	3	3	3	3	3	1	-1
IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
함체 단면 설계 기술	3	1	1	1	3	-1	-3
함체 연결부 설계 기술	3	1	3	3	3	-1	-3
함체 제작 시공 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
함체 운송 및 수중 설치 기술	1	1	1	3	3	-1	-3
함체 기초부 조성 기술	3	3	3	3	3	-1	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	1	1	1	1	3	1	-3
굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	1	1	1	1	3	1	-1
해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	1	1	1	1	3	1	-1
BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈	1	1	1	1	3	1	-1
TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상 기술	1	1	3	3	3	1	-1
해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	1	1	3	3	3	1	-1
해저터널 유입수 제어 및 관리기술	1	1	3	1	3	1	-1
TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	1	1	1	1	3	-1	-1
TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	1	1	1	1	3	1	-1
내염, 내부식성 재료 개발기술	1	1	1	1	3	1	-1
해저지반 차수 및 지반보강	1	1	1	1	3	1	-1
인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	1	1	1	1	3	1	-3
해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	1	1	1	1	3	1	-1
IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	1	1	1	1	3	1	-1
함체 단면 설계 기술	1	1	3	3	3	1	-1
함체 연결부 설계 기술	1	1	3	3	3	1	-3
함체 제작 시공 기술	1	1	1	3	3	1	-1
함체 운송 및 수중 설치 기술	1	1	1	3	3	1	-1
함체 기초부 조성 기술	1	1	1	1	3	1	-1

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저터널 지반 조사 및 평가기술을 이용한 지질정보 해석기법	3	3	3	3	9	-1	-3
굴착면 전방 예측기술 및 설계·시공 단계 리스크 관리 기술	1	1	1	1	3	1	-3
해저터널 공정관리 체계구축 및 리스크요소 비용 평가기술	1	1	1	3	9	1	-3
BIM기반설계자동화시스템과시공및리스크관리모듈	1	0	0	1	3	-1	-3
TBM 커터 교체장치 및 배토성능 향상 기술	1	1	1	1	3	1	-3
해저터널 시공을 위한 버력처리 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
해저터널 유입수 제어 및 관리기술	1	3	3	3	9	-1	-3
TBM 기계데이터 및 굴착면 전방 예측데이터 기반의 리스크 관리 시스템	1	0	0	1	3	-1	-1
TBM 시공을 위한 고수압 굴진면 안정화 기술	1	1	1	0	3	-1	-1
고수압 조건의 세그먼트 이음부 방수 기술	3	1	1	3	3	1	-3
내염, 내부식성 재료 개발기술	3	3	3	9	9	1	-3
해저지반 차수 및 지반보강	1	1	1	3	3	1	-1
인공섬 최소화를 위한 30km급 환기 및 공기압 제어 기술	3	3	3	3	9	1	-3
100MW급 화재 대응 시스템 및 내화시스템	3	3	3	3	3	1	-3
해저터널 대피환경 확보를 위한 연기확산 방지 기술	1	1	1	1	3	1	-1
IT기반 터널정보 관리 및 실시간 유지관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
함체 단면 설계 기술	1	1	1	1	3	1	-3
함체 연결부 설계 기술	1	1	1	1	3	1	-3
함체 제작 시공 기술	3	3	3	3	3	1	-3
함체 운송 및 수중 설치 기술	3	3	3	3	3	1	-3
함체 기초부 조성 기술	1	1	1	1	3	1	-3

○ B-3 부유식터널

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
계류시스템 설계기술	1	0	0	0	1	-9	-9
고장력 계류시스템 건전도 평가기술	1	0	0	0	1	-9	-9
교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	1	0	0	0	1	-1	-1
내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	1	0	0	0	1	-9	-9
내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	0	0	0	0	1	-9	-9
세그먼트 이음부 방수기술	3	3	1	1	3	1	1
수중 구조물 결함 진단기술	3	3	1	1	3	1	1
수중 구조물 단면 설계기술(함체 구조 단면 설계기술과 같은 대상물임)	0	3	1	1	3	1	1
수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현)	3	3	1	1	3	1	1
수중구조물 연속 시공기술	1	1	0	0	3	1	1
수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	9	3	0	0	3	1	1
수중구조물 접합부 거동 설계기술	1	0	0	0	3	1	1
수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)	1	0	0	0	1	-9	-9
수중구조물 횡방향 거동 제어기술	3	3	0	0	3	1	1
외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	3	3	0	0	3	1	1
외부 충돌 방지기술	3	3	0	0	1	-9	-9
원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	3	3	1	1	3	-9	-9
터널 내 환기기술	1	1	0	0	1	-9	-9
프리캐스트 구조체 수중 접합기술	3	0	0	0	3	1	1
해양환경 관측 및 평가 기술	3	0	0	0	3	1	1
해저지반 조사 및 평가 기술	1	0	0	0	3	1	1
화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	1	0	0	0	3	-9	-9

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
계류시스템 설계기술	0	1	1	1	1	-3	-3
고장력 계류시스템 건전도 평가기술	0	1	1	1	1	-3	-3
교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	0	0	1	0	1	-9	-3
내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	0	1	3	1	1	-9	-9
내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	0	1	3	1	1	-9	-3
세그먼트 이음부 방수기술	0	1	1	1	1	-3	-3
수중 구조물 결함 진단기술	0	1	3	1	1	-1	-9
수중 구조물 단면 설계기술(함체 구조 단면 설계기술과 같은 대상물임)	0	1	1	1	1	-1	-9
수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현)	0	1	3	1	1	-3	-9
수중구조물 연속 시공기술	0	1	1	1	1	-9	-9
수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	0	1	3	1	1	-1	-9
수중구조물 접합부 거동 설계기술	0	1	1	1	1	-1	-3
수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)	0	1	1	1	1	-1	-9
수중구조물 횡방향 거동 제어기술	0	1	3	1	1	-1	-9
외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	0	1	3	1	1	-1	-3
외부 충돌 방지기술	0	0	0	0	1	-1	-9
원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	0	1	3	1	1	-1	-9
터널 내 환기기술	0	0	0	0	1	-1	-3
프리캐스트 구조체 수중 접합기술	0	1	1	1	1	-1	-9
해양환경 관측 및 평가 기술	0	1	1	0	1	-1	-3
해저지반 조사 및 평가 기술	0	1	1	0	1	-1	-3
화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	0	1	1	0	1	-1	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
계류시스템 설계기술	1	1	1	3	3	-3	-3
고장력 계류시스템 건전도 평가기술	1	3	3	3	9	-9	-9
교통시스템에 의한 수중 구조물 진동 및 소음 저감기술	0	3	3	3	9	-9	-9
내부 사고 시 응급피난 및 신속 대응 기술	0	1	1	1	3	-1	-1
내부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	0	1	3	1	1	-3	-3
세그먼트 이음부 방수기술	1	1	0	1	3	-1	-1
수중 구조물 결함 진단기술	1	1	1	1	3	-1	-3
수중 구조물 단면 설계기술(함체 구조 단면 설계기술과 같은 대상물임)	0	1	1	1	3	-3	-3
수중구조물 고정기술(계류 앵커기술, 부유식 앵커기술을 함께 표현)	1	1	0	1	3	-1	-1
수중구조물 연속 시공기술	0	0	0	0	3	-1	-1
수중구조물 장거리 이송 및 위치 제어 기술	1	0	0	0	9	1	-1
수중구조물 접합부 거동 설계기술	0	0	0	0	3	-1	1
수중구조물 프리캐스트 구조체 제작 기술(설계+해석 포함)	1	1	1	1	3	-1	-1
수중구조물 횡방향 거동 제어기술	0	3	1	1	3	-1	-1
외부 요인에 의한 수중구조물 거동 해석기술(안전에 대한 것, 의미: 선박 충돌/차량 폭발)	1	0	0	0	3	-1	-1
외부 충돌 방지기술	1	1	1	1	3	-3	-1
원격제어 수중 보수보강 로봇 기술	1	1	0	1	3	-1	-1
터널 내 환기기술	1	1	0	1	3	-1	-1
프리캐스트 구조체 수중 접합기술	1	1	0	0	3	-3	-3
해양환경 관측 및 평가 기술	1	0	0	0	3	-1	-1
해저지반 조사 및 평가 기술	1	0	0	0	3	-1	-1
화재에 의한 내화성능 평가 및 제어 기술	1	0	0	1	3	-1	-1

○ B-4 대심도터널

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술	1	3	3	3	3	1	-1
내화성 중간슬래브 구축 기술	3	3	3	9	3	1	-3
네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	3	9	3	3	3	1	-1
네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술	3	9	9	9	3	1	-1
네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	9	9	9	9	3	1	-1
다목적 대심도 터널 설계 기술	9	9	9	9	3	1	-3
다목적 터널 통합 운영	9	3	9	9	3	1	-3
대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	3	3	3	9	3	1	-1
대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술	3	3	3	9	9	-1	-1
대심도 터널 내화성능 강화 기술	3	3	3	3	3	1	-1
대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	9	9	9	9	3	1	-1
도심형 수직구 구축 기술	1	3	3	3	9	1	-1
분기부 시공 및 보강 기술	9	3	9	9	3	1	-3
영상유고 감지 기술	3	3	9	3	3	1	-3
오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	3	3	3	3	9	1	-3
천층 개착터널 보강 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
화재연기 확산지연 및 배출 기술	3	3	3	3	3	1	-1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
굴착버력 및 건설폐기물 급속처리 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
내화성 중간슬래브 구축 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
네트워크형 복층터널 최적 단면 설계 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
네트워크형 터널 입체표지판 및 조명 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
네트워크형 환기 설계 및 해석 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
다목적 대심도 터널 설계 기술	9	9	9	9	9	-3	-3
다목적 터널 통합 운영	9	9	9	9	9	-3	-3
대심도 터널 가상설계 및 시뮬레이션	3	3	3	3	3	-1	-1
대심도 터널 내 화재 자동 소화 기술	9	9	9	9	9	-3	-3
대심도 터널 내화성능 강화 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
대심도 터널 재난 스마트 동적 대피 안내 시스템 기술	9	9	9	9	9	-9	-3
도심형 수직구 구축 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
분기부 시공 및 보강 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
영상유고 감지 기술	9	9	9	9	9	-9	-3
오염물질 배출량 산정 및 환기 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
천층 개착터널 보강 기술	1	1	1	1	1	-1	-1
화재연기 확산지연 및 배출 기술	3	3	3	3	3	-1	-1

○ B-5 지하대공간

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
지하대공간 이동시스템	0	0	0	0	3	-1	-1
지하대공간 구축 및 보강 기술	1	1	3	3	9	1	-1
지하대공간 환기, 방재 및 유지관리	1	1	1	3	9	1	-1
고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	3	3	9	3	1	9	-9
이산화탄소 지중 저장 기술	3	3	9	1	3	-3	-3
지하 오폐수 처리장 건설 기술	3	3	3	3	9	1	-3
압축공기 에너지 지하저장 기술	3	3	9	1	3	-1	-3
열에너지 지하저장 기술	3	3	3	1	3	-3	-3
원유 및 가스 지하저장 기술	3	9	3	9	9	1	-3
에너지 플랜트 지하화 기술	9	9	9	3	3	1	-3
원자력 발전소 지하화 기술	9	3	9	3	1	-3	-9

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
지하대공간 이동시스템	3	1	1	1	1	1	1
지하대공간 구축 및 보강 기술	9	9	9	9	3	1	1
지하대공간 환기, 방재 및 유지관리	3	9	3	3	3	1	1
고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	1	1	1	1	9	1	-3
이산화탄소 지중 저장 기술	3	1	1	1	1	-1	-1
지하 오폐수 처리장 건설 기술	1	3	9	3	3	1	1
압축공기 에너지 지하저장 기술	1	1	1	1	1	1	1
열에너지 지하저장 기술	1	0	0	0	1	-1	-3
원유 및 가스 지하저장 기술	9	9	3	9	1	1	1
에너지 플랜트 지하화 기술	0	1	3	3	1	1	1
원자력 발전소 지하화 기술	1	0	0	0	3	3	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
지하대공간 이동시스템	3	3	3	3	9	1	1
지하대공간 구축 및 보강 기술	3	3	1	1	3	-1	-1
지하대공간 환기, 방재 및 유지관리	3	3	1	1	3	-1	-1
고준위 핵폐기물 지하처분장 건설 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
이산화탄소 지중 저장 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
지하 오폐수 처리장 건설 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
압축공기 에너지 지하저장 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
열에너지 지하저장 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
원유 및 가스 지하저장 기술	3	1	1	3	9	1	1
에너지 플랜트 지하화 기술	3	3	1	1	3	-1	-1
원자력 발전소 지하화 기술	3	1	1	1	3	-1	-1

○ C-1 사면보호/보강/유지관리

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
시나리오 기반의 절토사면 재해 위험도 평가기술	1	1	1	1	9	-3	-1
생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	1	1	3	1	3	-9	-3
시나리오 기반의 절토사면 재해 복구 기술	1	3	3	3	1	-3	-3
IOT기반의 절토사면 계측/모니터링 기술	3	9	3	9	9	1	-3
절토사면 성능기반 평가 및 유지관리 기술	1	3	3	3	3	-3	-3
신뢰성기반 절토사면 설계 및 해석기술	9	3	3	3	9	1	-3
3차원 낙석해석 및 대책 설계기술	3	3	3	3	3	1	-1
성토사면 표면유실 방지기술	1	1	1	3	9	1	-1
성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	3	1	1	1	3	-3	-1
성토사면 상부구조물 유지관리 기술	0	1	1	1	3	-3	-1
성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	3	1	0	0	3	-3	-3
성토사면 내진설계 기술	3	3	3	1	3	1	-1
자연사면 첨단 원격조사 기술	9	9	9	3	3	-1	-1
시나리오기반의 토석류 위험도 평가 기술	3	1	1	1	3	-1	-3
자연사면 친환경 보호/보강 기술	3	1	1	3	3	1	-1
토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	3	1	1	3	3	-3	-1
토석류 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	0	1	3	3	3	-1	-9
자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	9	9	3	9	3	1	-3
산사태 예경보 기술	9	3	3	3	1	-3	-3
산사태 통합관리시스템 구축 기술	1	0	0	0	9	1	-3
산사태 피해저감을 위한 법제도화 기술	1	0	0	0	9	1	-3

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
시나리오 기반의 절토사면 재해 위험도 평가기술	3	1	1	1	3	-1	-1
생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	1	1	1	1	3	-3	-3
시나리오 기반의 절토사면 재해 복구 기술	1	1	1	1	3	-3	-1
IOT기반의 절토사면 계측/모니터링 기술	3	3	3	3	3	1	-1
절토사면 성능기반 평가 및 유지관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
신뢰성기반 절토사면 설계 및 해석기술	3	3	3	1	3	-1	-3
3차원 낙석해석 및 대책 설계기술	1	1	1	1	3	1	-1
성토사면 표면유실 방지기술	1	1	1	1	3	-1	-1
성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
성토사면 상부구조물 유지관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	3	1	1	1	3	-1	-3
성토사면 내진설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
자연사면 첨단 원격조사 기술	3	3	3	1	3	1	-1
시나리오기반의 토석류 위험도 평가 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
자연사면 친환경 보호/보강 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
토석류 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	1	1	1	1	3	-3	-9
자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
산사태 예경보 기술	3	1	1	1	3	-1	-3
산사태 통합관리시스템 구축 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
산사태 피해저감을 위한 법제도화 기술	1	1	1	1	3	-1	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
시나리오 기반의 절토사면 재해 위험도 평가기술	3	1	1	1	3	-1	-1
생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	1	1	1	1	3	-3	-3
시나리오 기반의 절토사면 재해 복구 기술	1	1	1	1	3	-3	-1
IOT기반의 절토사면 계측/모니터링 기술	3	3	3	3	3	1	-1
절토사면 성능기반 평가 및 유지관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
신뢰성기반 절토사면 설계 및 해석기술	3	3	3	1	3	-1	-3
3차원 낙석해석 및 대책 설계기술	1	1	1	1	3	1	-1
성토사면 표면유실 방지기술	1	1	1	1	3	-1	-1
성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
성토사면 상부구조물 유지관리 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	3	1	1	1	3	-1	-3
성토사면 내진설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
자연사면 첨단 원격조사 기술	3	3	3	1	3	1	-1
시나리오기반의 토석류 위험도 평가 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
자연사면 친환경 보호/보강 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
토석류 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	1	1	1	1	3	-3	-9
자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
산사태 예경보 기술	3	1	1	1	3	-1	-3
산사태 통합관리시스템 구축 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
산사태 피해저감을 위한 법제도화 기술	1	1	1	1	3	-1	-3

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
시나리오 기반의 절토사면 재해 위험도 평가기술	3	3	1	1	9	-1	-3
생애주기비용(LCC) 기반 절토사면 자산관리기술	1	1	3	1	3	-3	-3
시나리오 기반의 절토사면 재해 복구 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
IOT기반의 절토사면 계측/모니터링 기술	3	3	3	3	9	1	-3
절토사면 성능기반 평가 및 유지관리 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
신뢰성기반 절토사면 설계 및 해석기술	9	3	9	3	3	1	-3
3차원 낙석해석 및 대책 설계기술	3	3	1	3	3	1	-3
성토사면 표면유실 방지기술	1	3	1	3	3	-1	-3
성토사면 유도배수시스템 성능 개선 기술	3	3	1	3	3	-3	-3
성토사면 상부구조물 유지관리 기술	1	3	1	1	3	-3	-3
성토사면 거동감지 모니터링 및 관리시스템 구축 기술	3	1	1	1	3	-3	-3
성토사면 내진설계 기술	3	3	3	1	3	1	-3
자연사면 첨단 원격조사 기술	3	3	3	1	3	-1	-3
시나리오기반의 토석류 위험도 평가 기술	3	1	3	3	3	-1	-3
자연사면 친환경 보호/보강 기술	3	3	1	3	3	-1	-1
토석류 대응 배수시설 및 도심지 배수시스템 개선 기술	3	1	1	3	3	-3	-3
토석류 방어 대책공법 표준화 실증단지 구축방안 수립	1	1	3	1	3	-3	-9
자연사면 광역 산사태 계측 센서 개발 및 적용 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
산사태 예경보 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
산사태 통합관리시스템 구축 기술	1	1	1	1	3	-3	-3
산사태 피해저감을 위한 법제도화 기술	1	1	1	1	9	-3	-3

○ C-2 지반조사/개량

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
대심도 시추 천공 기술	3	3	3	9	3	1	-3
경사 시추 천공 기술	9	3	9	9	3	1	-3
시료채취 교란도 제어기술	1	1	1	1	3	1	-1
시료 채취, 이송, 보관 기술	1	1	1	1	3	1	1
해상 지반 조사 플랫폼	3	3	3	3	9	1	-3
심해저 해상 지반 조사장비	9	3	9	9	3	1	-3
멀티 다운홀 장비	3	3	3	3	3	-1	1
신호분석 하부지반 영상해석기술	3	3	1	3	3	-1	-1
탄성파 지반조사 장비	1	1	1	1	3	-1	-1
전기 비저항 지반조사 장비	1	1	1	1	3	-1	-1
지반재료 물리특성 실험 기술	1	1	1	1	3	1	1
지반재료 역학특성 실험 기술	1	1	1	1	3	1	1
실내실험 장비 기술	1	1	1	1	3	1	-1
지층재료구성 모델링 기술	3	3	3	3	9	1	-1
지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술	3	3	3	3	9	1	-3
심해저지반조사 분석기술	9	3	9	9	3	1	-3
신소재 개량기술	3	3	3	3	9	-1	-3
지반개량 재료용 산업부산물 적용기술	3	3	3	3	9	-3	-3
그라우팅 효율 향상 재료	3	3	3	3	9	-1	-1
멀티 펌핑 주입 장비	1	3	1	1	3	-1	-1
진동 다짐 장비	1	3	1	1	3	-1	-1
복합지반 교란 저감 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
시설물별 지반개량 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
특수 말뚝을 이용한 개량 기술	3	3	3	3	3	1	-1
혼합용 교반장비 및 개량기술	3	3	3	3	3	-1	-1
대심도 개별진공압밀 개량기술	3	3	3	3	3	-1	-1
부상형 배수재 타설 및 개량기술	1	3	1	1	3	-1	-1
해상타설 개량기술	1	1	1	1	3	-1	-1
전기주입 개량 및 복합기법 적용 기술	3	1	3	3	3	-1	-1
오염지반 조사 올인원 장비	1	1	1	1	3	1	-3
유기물 오염지반 정화기술	1	1	1	1	3	1	-1
중금속 오염지반 정화기술	1	1	1	1	3	1	-1
복합 오염지반 정화기술	3	1	3	3	3	1	-3
오염원인자 분석 및 추적기술	1	1	1	1	3	1	-1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
대심도 시추 천공 기술	9	3	1	3	3	1	-1
경사 시추 천공 기술	9	3	3	3	3	1	-1
시료채취 교란도 제어기술	3	3	1	1	3	1	-1
시료 채취, 이송, 보관 기술	3	1	1	1	3	1	-1
해상 지반 조사 플랫폼	9	3	3	3	9	-3	-3
심해저 해상 지반 조사장비	3	3	3	3	1	-3	-3
멀티 다운홀 장비	3	3	1	3	3	-1	-1
신호분석 하부지반 영상해석기술	9	3	3	3	3	1	-1
탄성파 지반조사 장비	3	1	1	9	3	1	-3
전기 비저항 지반조사 장비	1	1	1	3	3	1	-1
지반재료 물리특성 실험 기술	1	1	1	3	3	-1	-1
지반재료 역학특성 실험 기술	1	1	1	3	3	-1	-1
실내실험 장비 기술	1	1	1	3	3	-1	-1
지층재료구성 모델링 기술	3	1	3	3	3	-1	-3
지반조사결과 신뢰성 분석 및 설계 연계 기술	9	3	1	3	9	-1	-1
심해저지반조사 분석기술	9	3	1	3	9	-1	-3
신소재 개량기술	3	1	1	3	9	-3	-1
지반개량 재료용 산업부산물 적용기술	3	1	1	3	3	-3	-1
그라우팅 효율 향상 재료	3	1	1	3	9	-1	-1
멀티 펌핑 주입 장비	3	1	3	1	9	1	-1
진동 다짐 장비	1	3	3	1	9	1	-3
복합지반 교란 저감 기술	3	1	3	3	9	-1	-1
시설물별 지반개량 기술	3	1	3	3	3	-3	-1
특수 말뚝을 이용한 개량 기술	9	3	3	9	3	-1	-3
혼합용 교반장비 및 개량기술	3	3	9	3	3	-1	-3
대심도 개별진공압밀 개량기술	9	3	9	3	9	1	-3
부상형 배수재 타설 및 개량기술	9	3	9	3	9	-1	-3
해상타설 개량기술	9	9	3	3	9	-3	-3
전기주입 개량 및 복합기법 적용 기술	3	3	3	3	1	-9	-9
오염지반 조사 올인원 장비	3	3	1	3	3	-3	-3
유기물 오염지반 정화기술	1	3	1	3	3	-3	-1
중금속 오염지반 정화기술	1	3	1	3	3	-3	-1
복합 오염지반 정화기술	3	3	1	3	3	-3	-1
오염원인자 분석 및 추적기술	3	3	3	3	9	-1	-1

○ C-3 육상 및 해상기초/흙막이 구조물

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	9	9	9	9	3	-1	-3
내진 보강용 신형식 기초	3	3	3	1	1	-1	-3
내진 보강용 기존 기초 보강 기술	9	3	3	1	1	-1	-3
그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	3	3	3	1	3	-1	-1
풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	1	1	1	1	1	1	1
말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	3	3	0	0	3	1	-1
말뚝 수평저항력 증대 기술	1	1	1	1	1	-1	-1
말뚝 주면마찰력 증대 기술	1	1	1	1	1	-1	-1
말뚝 선단지지력 증대 기술	1	1	1	1	1	-1	-1
성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	3	1	1	1	1	1	1
대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	3	3	-1	1
대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	3	3	-1	1
해상 기초 지지력 확인 기술	3	3	3	3	3	-1	1
버켓기초 설계/시공 기술	3	3	3	3	3	-1	1
해상 교량기초 가설공법	3	3	3	3	3	-1	1
해상 구조물 수중 접합/분리 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
케이슨 선단 차수 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
케이슨 경량화 기술	9	3	3	9	1	-3	-3
케이슨 급속 지중 관입 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	3	3	3	3	3	1	1
해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	3	3	3	3	3	1	1
SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	1	1	1	1	1	-1	1
SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	1	1	1	1	1	-1	1
해상기초의 내진보강 공법	3	3	3	3	3	-1	1
굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	3	3	3	3	3	-1	1
흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	3	3	1	1	3	-1	1
연약지반 앵커력 증대/확보 기술	3	1	1	1	3	-1	1
시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	1	1	1	1	1	-1	1
흙막이 지보재 간격 증대 기술	1	1	1	1	1	-1	1
자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
지하벽체 긴급 보수/보강 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	3	3	3	3	1	-3	-1
자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	3	3	3	3	3	-3	-1
보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	3	3	3	3	3	-1	-1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	9	3	3	3	9	1	-1
내진 보강용 신형식 기초	9	9	9	3	3	-1	-3
내진 보강용 기존 기초 보강 기술	9	9	9	3	3	-1	-3
그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	9	3	3	3	9	-1	-1
풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	9	3	3	3	9	-1	-1
말뚝 수평저항력 증대 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
말뚝 주면마찰력 증대 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
말뚝 선단지지력 증대 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	3	9	3	3	9	1	-1
대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	9	9	9	3	3	-1	-3
대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	3	9	9	3	9	1	-1
해상 기초 지지력 확인 기술	9	9	9	9	9	1	-1
버켓기초 설계/시공 기술	9	9	9	9	9	1	-1
해상 교량기초 가설공법	9	9	9	9	9	1	-3
해상 구조물 수중 접합/분리 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
케이슨 선단 차수 기술	3	1	3	3	3	-1	-1
케이슨 경량화 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
케이슨 급속 지중 관입 기술	3	3	3	3	9	1	-1
해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	1	1	1	1	9	1	-1
해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	3	3	3	3	9	-1	-1
SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	1	1	1	1	3	-1	-1
해상기초의 내진보강 공법	3	3	3	3	3	-1	-3
굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	1	1	1	1	9	1	-1
연약지반 앵커력 증대/확보 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
흙막이 지보재 간격 증대 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	9	3	3	3	9	-1	-1
지하벽체 긴급 보수/보강 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	3	3	3	3	3	-1	-1
보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	3	3	3	3	3	-1	-1

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
내진 보강용 신형식 기초	9	3	3	9	3	-3	-9
내진 보강용 기존 기초 보강 기술	9	9	9	9	3	-3	-3
그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	3	3	3	3	3	-1	1
말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	3	9	9	3	3	-1	-1
말뚝 수평저항력 증대 기술	1	1	1	1	1	-3	-9
말뚝 주면마찰력 증대 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
말뚝 선단지지력 증대 기술	1	1	1	1	3	-3	-3
성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	1	1	1	1	1	-1	-1
대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	3	3	9	3	3	-3	-9
대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
해상 기초 지지력 확인 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
버켓기초 설계/시공 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
해상 교량기초 가설공법	3	9	3	3	3	-3	-3
해상 구조물 수중 접합/분리 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
케이슨 선단 차수 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
케이슨 경량화 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
케이슨 급속 지중 관입 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	9	3	9	9	3	1	1
SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	9	3	9	9	3	1	1
해상기초의 내진보강 공법	9	3	9	9	3	1	1
굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
연약지반 앵커력 증대/확보 기술	3	3	0	0	3	-3	-3
시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	3	3	0	0	3	-3	-3
흙막이 지보재 간격 증대 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	1	1	1	1	1	-3	-3
지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	9	3	9	9	9	-3	-3
지하벽체 긴급 보수/보강 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	3	1	1	3	1	1	1
지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	0	1	1	0	1	-3	-3
자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	0	1	1	0	1	-3	-3
보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	0	1	1	0	1	-3	-3

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
내진 보강용 신형식 기초	3	3	3	3	9	-9	-9
내진 보강용 기존 기초 보강 기술	9	3	3	3	3	-3	-9
그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	9	3	3	3	9	-3	-3
풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	3	1	3	1	3	-3	-1
말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	3	3	3	1	3	-1	-1
말뚝 수평저항력 증대 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
말뚝 주면마찰력 증대 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
말뚝 선단지지력 증대 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	3	3	3	1	3	-1	-3
대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
해상 기초 지지력 확인 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
버켓기초 설계/시공 기술	9	3	3	3	3	-3	-1
해상 교량기초 가설공법	3	3	3	3	3	-3	-1
해상 구조물 수중 접합/분리 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
케이슨 선단 차수 기술	3	1	3	3	3	-3	-3
케이슨 경량화 기술	9	3	3	3	3	-3	-3
케이슨 급속 지중 관입 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	1	1	1	1	9	-1	-1
해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	3	3	3	3	9	-1	-1
SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	3	3	3	3	3	-1	-3
해상기초의 내진보강 공법	9	9	3	3	3	-1	-3
굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	9	9	3	3	3	-1	-3
흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
연약지반 앵커력 증대/확보 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	3	3	3	3	9	-1	-3
흙막이 지보재 간격 증대 기술	3	3	3	3	9	-3	-1
자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	9	3	3	3	9	-3	-3
지하벽체 긴급 보수/보강 기술	3	3	3	1	3	-3	-1
도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	3	3	3	1	3	-3	-1
지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	9	9	3	3	3	-3	-1
자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	3	3	3	3	3	-3	-1
보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	3	3	3	3	3	-3	-3

- 평가자 5

구분	A	B	C	D	E	F	G
증개축을 위한 보강 말뚝의 하중전이 기술	0	0	0	0	3	-3	-3
내진 보강용 신형식 기초	3	9	9	1	3	-1	-3
내진 보강용 기존 기초 보강 기술	3	3	3	1	3	-1	-3
그라우팅 효과(범위) 모니터링 기술	1	1	1	0	9	1	1
풍화대의 직접기초 안정성(지지력 및 침하) 평가/확보 기술	3	3	3	3	3	1	-3
말뚝 항타 소음 및 진동 저감기술	1	0	0	0	9	1	1
말뚝 수평저항력 증대 기술	3	1	1	3	3	1	-3
말뚝 주면마찰력 증대 기술	3	3	3	3	3	1	-3
말뚝 선단지지력 증대 기술	3	3	3	3	3	1	-3
성토부 교대 수평변위 저감형 설계/시공 기술	1	0	0	0	3	1	-1
대구경 기성말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	1	3	1	-1
대구경 현장타설말뚝 해상 시공 기술	3	3	3	1	3	1	-1
해상 기초 지지력 확인 기술	1	3	3	1	3	1	-1
버켓기초 설계/시공 기술	1	3	3	1	3	1	-1
해상 교량기초 가설공법	3	3	3	3	1	1	-3
해상 구조물 수중 접합/분리 기술	3	1	1	0	3	-1	-3
케이슨 선단 차수 기술	1	1	1	1	3	-3	-3
케이슨 경량화 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
케이슨 급속 지중 관입 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
해상 경사말뚝 경사도 확보 기술	3	3	3	1	1	1	-1
해상 강관말뚝 부식 저감/방지 기술	1	1	1	1	1	1	-1
SHEET PILE FOUNDATION 설계 및 시공기술	1	1	1	1	3	-1	-3
SPSP (Steel Pile Sheet Pile) 차수성능 향상기술	1	1	1	1	3	-1	-1
해상기초의 내진보강 공법	3	3	3	1	3	1	-3
굴착 공사 중 영상 기반 지반 모니터링 및 능동형대응 기술	1	0	0	0	9	-1	-1
흙막이 벽체의 영구벽체 활용 기술	1	1	1	3	3	1	-1
연약지반 앵커력 증대/확보 기술	1	1	1	0	1	-1	-1
시공중 흙막이 벽체 및 지보재 위치 변경 기술	1	3	3	3	1	-1	-3
흙막이 지보재 간격 증대 기술	3	3	3	3	3	1	-3
자립식 흙막이 자립길이 증대 기술	3	3	3	3	3	1	-1
지하 대심도 고수압 대응 차수 기술	1	1	1	0	3	-1	-3
지하벽체 긴급 보수/보강 기술	1	1	1	0	3	-1	-1
도심지 지하벽체 무진동 무소음 해체 기술	3	1	1	0	3	-1	-1
지하수위 저하 방지 스마트 차수 기술	3	3	3	3	3	1	-3
자연 친화형 기성 모듈식 옹벽	3	3	3	1	3	1	-1
보강토 옹벽 블록 수평변위 저감 기술	3	3	3	1	3	1	-1

○ D-1 해양준설/매립

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술	1	0	0	0	9	1	1
준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술	1	0	0	0	9	1	1
준설토 세척 및 입도별 분리 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
고함수·고유기질 준설토 고화처리기술	3	3	3	3	3	-3	-1
준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
오염준설토 처리기술	3	1	1	1	3	-3	-1
고함수비 준설토 탈수 기술	3	1	1	1	1	-3	-3
준설 및 운반 장비 기술	1	0	0	0	3	-1	-9
준설 매립 이송 통합시스템 기술	1	1	1	1	3	-1	-9
준설토 장거리 이송 시스템 기술	3	3	3	3	3	-1	-9
준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술	1	1	1	1	3	-1	-9
준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술	1	1	1	1	1	-1	-3
준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술	1	1	1	1	1	-1	-3
준설토 활용 식생토·습지조성 및 복원기술	1	1	1	1	3	-1	-1
오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술	1	1	1	1	1	-3	-3

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술	1	1	1	1	9	-1	-1
준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술	1	1	1	1	9	-1	-1
준설토 세척 및 입도별 분리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
고함수·고유기질 준설토 고화처리기술	3	3	3	3	3	1	-3
준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술	0	9	9	9	1	1	-3
오염준설토 처리기술	1	9	9	3	3	-1	-9
고함수비 준설토 탈수 기술	1	9	9	9	1	-1	-9
준설 및 운반 장비 기술	3	3	9	3	3	1	1
준설 매립 이송 통합시스템 기술	3	3	9	9	3	1	1
준설토 장거리 이송 시스템 기술	3	3	9	9	3	1	1
준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술	9	9	9	9	9	1	1
준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술	1	3	3	3	3	-1	-1
친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술	3	3	3	3	3	1	1
준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술	3	9	1	1	9	-3	-1
준설토 활용 식생토·습지조성 및 복원기술	3	9	1	1	3	-3	-1
오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술	1	9	3	3	3	-3	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
준설을 위한 준설토 조사/분석/정보화 기술	1	1	1	1	9	-1	-1
준설·매립 BIM 기반 설계/시공관리 기술	9	9	9	9	1	1	-3
준설토 세척 및 입도별 분리 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
고함수·고유기질 준설토 고화처리기술	3	3	3	3	3	-1	-3
준설토 관중혼합 고화·개질 처리 기술	9	9	9	9	1	1	-9
오염준설토 처리기술	9	9	9	9	1	1	-3
고함수비 준설토 탈수 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
준설 및 운반 장비 기술	3	3	3	3	3	1	-9
준설 매립 이송 통합시스템 기술	9	9	9	9	1	1	-3
준설토 장거리 이송 시스템 기술	9	9	9	9	1	1	-3
준설토 활용 경량 혼합토 제조 및 적용 기술	9	9	9	9	3	1	-3
준설토-산업부산물 혼합토 활용 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
친환경 준설토 매립 안정화 및 유효활용 기술	9	9	3	3	1	1	-3
준설토 활용 인공갯벌 및 양빈 조성기술	3	3	3	3	3	-1	-1
준설토 활용 식생토·습지조성 및 복원기술	3	3	3	3	3	-1	-1
오염퇴적물의 복토를 위한 준설토 수중포설기술	3	3	3	3	3	-3	-3

○ D-2 항만 및 해안구조물

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
신형소파블록 개발	3	1	3	3	3	-1	-1
piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	3	3	3	9	3	1	-3
FRP합성형 항만구조물 개발	3	9	3	9	3	1	-3
강재구조물 부식방지 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	3	3	3	3	3	-1	-1
PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	9	3	9	3	9	-1	-3
안벽 증심기술	3	9	3	3	3	-1	-1
연약지반 개량 공법	3	3	3	3	3	-1	-1
준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	3	3	3	9	3	-1	-1
쓰나미방파제 개발 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
고조방파제 개발 기술	9	9	3	3	3	-3	-3
섹터게이트 개발 기술	1	3	1	3	3	-1	1
연안 침퇴적 저감 기술	3	9	9	3	9	-1	-1
대형구조물 해상운반기술	3	1	1	1	3	-1	-1
대형구조물 해상시공기술	3	3	3	3	3	-1	1
수중구조물 점검 기술	1	1	3	3	3	-1	1
수중시공 모니터링 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
인공조간대 조성기술	3	3	3	9	3	-1	-1
부유사 발생 및 영향 예측기술	3	3	3	3	3	-1	-3
폐기물 해상 처분장 조성기술	3	3	3	3	3	-3	-3

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
신형소파블록 개발	9	9	9	3	9	1	-1
piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	3	3	1	1	3	-3	-3
FRP합성형 항만구조물 개발	9	3	9	3	3	1	-1
강재구조물 부식방지 기술	3	3	3	9	3	1	-1
guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	3	3	3	3	3	-1	-3
PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	3	3	3	1	3	-3	-3
안벽 증심기술	3	3	3	3	3	-1	-3
연약지반 개량 공법	9	9	9	9	9	1	-3
준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	3	9	3	3	3	-3	-3
쓰나미방파제 개발 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
고조방파제 개발 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
섹터게이트 개발 기술	9	3	3	3	3	-1	-3
연안 침퇴적 저감 기술	9	9	3	9	3	1	-3
대형구조물 해상운반기술	3	3	3	9	9	1	-3
대형구조물 해상시공기술	3	3	3	9	9	1	-3
수중구조물 점검 기술	3	3	9	9	3	1	-3
수중시공 모니터링 기술	3	3	9	9	3	1	-3
인공조간대 조성기술	1	1	3	3	1	-1	-3
부유사 발생 및 영향 예측기술	3	3	9	3	3	1	-3
폐기물 해상 처분장 조성기술	3	1	3	3	3	1	-3

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
신형소파블록 개발	3	1	3	3	3	1	-1
piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	3	9	9	9	9	-1	-1
FRP합성형 항만구조물 개발	9	9	9	9	9	-1	-1
강재구조물 부식방지 기술	3	9	9	9	3	1	-1
guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	3	3	9	9	9	-1	-1
PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	3	9	9	9	9	-1	-1
안벽 증심기술	9	9	9	9	9	1	-1
연약지반 개량 공법	3	3	3	3	3	-1	-1
준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	9	9	3	3	3	1	-1
쓰나미방파제 개발 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
고조방파제 개발 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
섹터게이트 개발 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
연안 침퇴적 저감 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
대형구조물 해상운반기술	9	9	9	9	1	1	-3
대형구조물 해상시공기술	9	9	9	9	1	1	-3
수중구조물 점검 기술	3	9	3	3	3	-1	1
수중시공 모니터링 기술	9	9	9	9	9	1	1
인공조간대 조성기술	3	1	1	1	1	-3	-9
부유사 발생 및 영향 예측기술	3	1	3	1	3	-1	-1
폐기물 해상 처분장 조성기술	3	3	3	3	3	-1	-3

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
신형소파블록 개발	1	3	3	3	3	-1	1
piled raft를 이용한 케이슨 구조물 개발	3	3	3	1	3	1	-3
FRP합성형 항만구조물 개발	9	9	9	9	9	1	-9
강재구조물 부식방지 기술	3	3	3	3	9	-3	-3
guide-pile을 이용한 소파 부유식 구조물	9	9	9	9	3	-1	-1
PC Housing을 이용한 상치콘크리트 구조물	3	3	3	1	3	-1	1
안벽 증심기술	3	3	9	3	3	-1	-1
연약지반 개량 공법	9	9	9	9	3	-1	-1
준설토 투기장 환경개선 및 급속개량기술	3	3	3	3	3	-1	-1
쓰나미방파제 개발 기술	3	3	3	1	1	-3	-1
고조방파제 개발 기술	9	9	9	3	3	-3	-3
섹터게이트 개발 기술	3	3	9	1	3	-1	-1
연안 침퇴적 저감 기술	3	3	3	1	3	-3	-1
대형구조물 해상운반기술	3	3	3	3	3	-1	-1
대형구조물 해상시공기술	3	3	3	1	3	-3	-1
수중구조물 점검 기술	1	3	1	1	3	-3	1
수중시공 모니터링 기술	1	1	1	1	3	-3	-1
인공조간대 조성기술	1	3	1	0	3	-9	-1
부유사 발생 및 영향 예측기술	3	3	3	1	3	-3	-1
폐기물 해상 처분장 조성기술	3	3	3	0	1	-9	-3

○ D-3 수중구조물

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저 기초 및 지반 조성기술	9	9	3	9	3	1	-1
해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	9	9	9	9	3	1	-1
긴급구난 및 응급복구 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
유지관리를 위한 통합관리 기술	9	9	9	9	3	1	-1
에너지 수급 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해저구조물 무인 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중조경 설계기술	3	1	1	1	3	-3	1
해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	3	1	1	1	3	-3	1
해중라이프라인 안전성 확보 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중케이블 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중파이프 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중라이프라인 유지관리 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해상풍력발전 구조물 지지기술	9	9	9	9	3	1	-1
조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	9	3	3	3	3	1	-1
복합발전용 수중구조물 건설 기술	9	3	3	3	3	1	-1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저 기초 및 지반 조성기술	3	3	3	3	9	1	-1
해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	9	3	9	9	3	1	-3
긴급구난 및 응급복구 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
유지관리를 위한 통합관리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
에너지 수급 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해저구조물 무인 시공 기술	9	9	9	9	1	-1	-3
해중조경 설계기술	3	3	3	3	3	1	-1
해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해중라이프라인 안전성 확보 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해중케이블 시공 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
해중파이프 시공 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해중라이프라인 유지관리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해상풍력발전 구조물 지지기술	3	3	3	3	3	1	-1
조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	3	3	3	3	3	1	-1
복합발전용 수중구조물 건설 기술	3	3	3	3	3	-1	-1

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저 기초 및 지반 조성기술	9	9	3	9	3	1	-1
해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	9	9	9	9	3	1	-1
긴급구난 및 응급복구 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
유지관리를 위한 통합관리 기술	3	9	3	3	3	-1	-3
에너지 수급 기술	9	9	9	9	3	-1	-1
해저구조물 무인 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중조경 설계기술	3	1	1	1	3	-3	-3
해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	3	1	1	1	3	-3	-3
해중라이프라인 안전성 확보 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중케이블 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중파이프 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중라이프라인 유지관리 기술	9	9	9	9	3	-1	-1
해상풍력발전 구조물 지지기술	9	9	9	9	3	1	1
조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	9	3	3	3	3	-1	-1
복합발전용 수중구조물 건설 기술	3	1	3	1	3	-3	-3

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저 기초 및 지반 조성기술	3	3	3	5	3	1	-1
해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	9	9	9	9	3	1	-3
긴급구난 및 응급복구 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
유지관리를 위한 통합관리 기술	3	3	3	3	3	1	-1
에너지 수급 기술	3	3	3	3	3	1	-1
해저구조물 무인 시공 기술	9	9	9	9	3	-1	-3
해중조경 설계기술	3	1	1	1	1	-3	-1
해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	3	1	1	1	1	-3	-1
해중라이프라인 안전성 확보 기술	3	1	1	1	3	1	-1
해중케이블 시공 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
해중파이프 시공 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해중라이프라인 유지관리 기술	9	9	9	9	3	1	-1
해상풍력발전 구조물 지지기술	3	3	3	3	3	1	-1
조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	3	1	1	1	3	1	-3
복합발전용 수중구조물 건설 기술	3	3	3	3	3	-1	-3

- 평가자 5

구분	A	B	C	D	E	F	G
해저 기초 및 지반 조성기술	9	3	3	9	9	1	1
해저구조물 안전성 및 내구성 확보기술	3	3	1	3	9	1	1
긴급구난 및 응급복구 기술	3	1	1	1	1	-3	-1
유지관리를 위한 통합관리 기술	3	1	1	1	1	-3	-1
에너지 수급 기술	9	9	1	3	3	-3	-3
해저구조물 무인 시공 기술	9	9	3	3	3	1	-1
해중조경 설계기술	3	3	1	1	3	-3	-3
해중공원 안전성 확보 및 유지관리 기술	3	1	1	1	3	-3	-3
해중라이프라인 안전성 확보 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
해중케이블 시공 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
해중파이프 시공 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
해중라이프라인 유지관리 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
해상풍력발전 구조물 지지기술	1	1	1	1	3	-3	-1
조력, 조류, 파력 발전 수중구조물 시공 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
복합발전용 수중구조물 건설 기술	3	3	3	3	3	-1	-3

○ D-3 인공섬

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
폐기물 활용 매립	3	3	3	3	3	1	-3
호안구조물 급속 축조 기술	1	3	3	3	3	1	-1
폐기물의 친환경 매립재화 기술	9	9	9	9	3	1	1
오염물질 차수 기술	3	9	3	1	3	1	1
매립재 유실 방지 기술	3	3	1	3	3	1	-1
대면적 해저기초 조성	1	9	9	3	3	1	-3
해저지반-구조 상호작용	3	3	3	3	3	1	1
해저 지반 평탄화 기술	1	9	3	3	3	1	-3
초대형 착저구조물 제작 기술	9	3	3	3	9	1	-1
초대형 착저구조물 설치 기술	9	3	3	3	9	1	-1
해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	3	9	3	3	3	1	1
부유체 해상 결합 기술	3	3	3	3	3	1	-1
고내구성 신형식 말뚝 기술	3	9	3	3	9	1	-1
대구경 말뚝 항타 기술	9	9	3	3	9	1	-1
부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	9	3	3	3	3	1	-1
부유구조체 말뚝 연결 기술	3	3	3	3	3	1	-1
초대형 콘크리트 부유구조체	9	3	3	3	3	1	-3
초대형 콘크리트 탄성변형 최소화	3	3	1	1	3	-1	-3
파랑-구조체 상호작용	3	1	3	3	3	-1	1
대형화 모듈 접합 시공	1	9	3	3	3	1	-1
부유체 위치고정 기술	3	9	3	3	3	1	1
해저 앵커 기술	3	9	9	3	9	1	-3
초대형 부유체 급속 제작 기술	3	3	3	3	3	1	-1
부유체 운동 저감 기술	3	3	3	3	3	-1	1
부유구조체 맞춤형 재료 기술	9	9	9	9	3	1	1
극한 환경 안전성 확보 기술	9	9	3	3	3	-1	-3
해수유동.수질 변화 예측	3	1	3	1	3	-1	1
해양 생태계 변화 예측	1	1	3	1	3	-1	1
거동 진단 및 손상 평가 기술	3	9	3	3	3	1	-1
수중 보수보강 기술	9	9	3	3	9	1	-1
상시 거동 모니터링 기술	3	9	3	3	3	1	-3
해양 복합 내구성 평가 기술	9	9	9	3	9	1	1
부식 방지 기술	1	3	0	3	3	1	1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
폐기물 활용 매립	3	1	1	1	3	-1	-1
호안구조물 급속 축조 기술	3	9	3	3	3	-1	-3
폐기물의 친환경 매립재화 기술	3	3	1	1	3	-1	1
오염물질 차수 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
매립재 유실 방지 기술	9	3	1	3	3	-1	-1
대면적 해저기초 조성	3	3	1	3	3	-1	-1
해저지반-구조 상호작용	3	3	1	1	3	-1	1
해저 지반 평탄화 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
초대형 착저구조물 제작 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
초대형 착저구조물 설치 기술	9	3	3	3	3	-1	-3
해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	3	1	3	3	3	-1	-1
부유체 해상 결합 기술	3	9	3	3	3	-1	-3
고내구성 신형식 말뚝 기술	9	9	9	9	9	1	-1
대구경 말뚝 항타 기술	3	3	3	9	3	1	-1
부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
부유구조체 말뚝 연결 기술	9	9	3	3	9	1	-1
초대형 콘크리트 부유구조체	9	9	9	3	3	-1	-3
초대형 콘크리트 탄성변형 최소화	3	3	1	3	3	-1	-3
파랑-구조체 상호작용	3	1	1	1	3	-1	1
대형화 모듈 접합 시공	9	9	3	3	3	-3	-3
부유체 위치고정 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
해저 앵커 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
초대형 부유체 급속 제작 기술	3	3	3	3	3	-1	-3
부유체 운동 저감 기술	9	9	9	3	3	-1	-3
부유구조체 맞춤형 재료 기술	9	9	3	3	9	-1	-3
극한 환경 안전성 확보 기술	9	9	3	3	3	-3	-9
해수유동.수질 변화 예측	3	1	1	3	1	-3	-1
해양 생태계 변화 예측	1	1	1	3	1	-3	-1
거동 진단 및 손상 평가 기술	3	1	1	3	3	-1	-1
수중 보수보강 기술	9	9	3	9	9	1	-1
상시 거동 모니터링 기술	3	3	1	3	3	-1	1
해양 복합 내구성 평가 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
부식 방지 기술	3	3	1	3	3	-1	-1

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
폐기물 활용 매립	1	1	1	3	3	-3	-1
호안구조물 급속 축조 기술	3	3	1	3	3	-3	-1
폐기물의 친환경 매립재화 기술	1	1	1	1	3	-3	-1
오염물질 차수 기술	3	1	1	1	3	-3	-1
매립재 유실 방지 기술	3	3	1	3	3	-3	-1
대면적 해저기초 조성	3	1	1	1	3	-1	-3
해저지반-구조 상호작용	1	1	1	1	3	-3	-1
해저 지반 평탄화 기술	3	3	1	3	3	-3	-1
초대형 착저구조물 제작 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
초대형 착저구조물 설치 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	3	1	1	1	3	-3	-1
부유체 해상 결합 기술	3	3	3	1	3	-3	-3
고내구성 신형식 말뚝 기술	3	3	1	1	3	-3	-1
대구경 말뚝 항타 기술	3	3	3	3	3	-3	-1
부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	3	3	1	3	3	-3	-1
부유구조체 말뚝 연결 기술	3	3	1	1	3	-3	-1
초대형 콘크리트 부유구조체	9	3	3	3	3	-1	-3
초대형 콘크리트 탄성변형 최소화	3	3	3	1	3	-3	-1
파랑-구조체 상호작용	3	3	1	1	3	-3	-1
대형화 모듈 접합 시공	3	3	3	1	3	-1	-3
부유체 위치고정 기술	3	3	1	1	3	-3	-1
해저 앵커 기술	3	1	1	1	3	-3	-1
초대형 부유체 급속 제작 기술	9	3	3	9	3	-1	-3
부유체 운동 저감 기술	3	1	1	1	3	-3	-1
부유구조체 맞춤형 재료 기술	9	3	3	3	9	-1	-3
극한 환경 안전성 확보 기술	9	3	3	1	3	-3	-3
해수유동.수질 변화 예측	1	1	1	1	1	-3	-1
해양 생태계 변화 예측	1	1	1	1	1	-3	-1
거동 진단 및 손상 평가 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
수중 보수보강 기술	9	9	3	3	9	-1	-3
상시 거동 모니터링 기술	3	3	3	1	3	-3	1
해양 복합 내구성 평가 기술	3	3	1	1	3	-3	-1
부식 방지 기술	3	3	3	3	9	-1	-1

- 평가자 4

구분	A	B	C	D	E	F	G
폐기물 활용 매립	3	3	1	1	3	-1	-3
호안구조물 급속 축조 기술	1	3	1	1	3	-3	-1
폐기물의 친환경 매립재화 기술	3	3	1	1	3	-3	-1
오염물질 차수 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
매립재 유실 방지 기술	1	1	1	1	3	1	-1
대면적 해저기초 조성	1	1	1	3	3	-1	-9
해저지반-구조 상호작용	3	1	1	1	3	1	-1
해저 지반 평탄화 기술	1	1	1	1	3	1	-1
초대형 착저구조물 제작 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
초대형 착저구조물 설치 기술	3	1	1	1	3	-3	-1
해저지반-군말뚝 지반영향 평가기술	1	1	1	1	3	-1	-1
부유체 해상 결합 기술	3	1	1	1	3	1	-1
고내구성 신형식 말뚝 기술	3	1	1	1	9	1	-1
대구경 말뚝 항타 기술	3	1	1	1	9	1	-1
부유구조체 말뚝 최적 배치 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
부유구조체 말뚝 연결 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
초대형 콘크리트 부유구조체	1	1	1	1	9	-1	-3
초대형 콘크리트 탄성변형 최소화	1	1	1	1	9	-1	-1
파랑-구조체 상호작용	1	1	1	1	9	-1	-1
대형화 모듈 접합 시공	3	1	1	1	3	1	-3
부유체 위치고정 기술	9	3	3	3	9	1	-1
해저 앵커 기술	9	3	3	3	3	1	-1
초대형 부유체 급속 제작 기술	1	1	1	1	3	-1	-3
부유체 운동 저감 기술	9	3	3	3	3	-1	-1
부유구조체 맞춤형 재료 기술	9	3	3	3	9	1	1
극한 환경 안전성 확보 기술	1	1	1	1	3	-3	-1
해수유동.수질 변화 예측	1	1	1	1	3	1	1
해양 생태계 변화 예측	1	1	1	1	3	-1	-1
거동 진단 및 손상 평가 기술	3	1	1	1	3	1	1
수중 보수보강 기술	3	1	1	1	3	1	-1
상시 거동 모니터링 기술	1	1	1	1	3	1	1
해양 복합 내구성 평가 기술	3	1	1	1	3	-1	-1
부식 방지 기술	3	1	1	1	3	1	1

○ E-1 고압극저온구조물

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
극저온경화형혼화제제조기술							
극저온 경화형 결합제 제조기술							
극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술							
모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술							
LNG 탱크 냉열 활용 기술							
극저온 저장탱크 단열 기술							
고인성 혼화재료 제조기술	3	1	1	3	9	1	1
콘크리트용 고인성 섬유 제작기술	3	1	1	3	3	-1	-1
고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술	3	1	1	3	3	1	-3
고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술							
모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술							
극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술							
모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술							

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
극저온경화형혼화제제조기술	1	1	1	1	3	-1	-1
극저온 경화형 결합제 제조기술	1	1	0	0	3	-3	-3
극저온 경화형 콘크리트 배합 설계 기술	3	1	1	1	3	-3	3
모듈화 기법을 적용한 극저온 구조물 설계/시공기술	3	3	3	3	3	-1	-1
LNG 탱크 냉열 활용 기술	3	3	3	3	9	-1	-1
극저온 저장탱크 단열 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
고인성 혼화재료 제조기술							
콘크리트용 고인성 섬유 제작기술							
고압저항 고인성 콘크리트 배합 설계기술							
고압구조물용 신개념 보강재 제작 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
모듈화 기법 적용 고압구조물 설계/시공기술	1	1	0	0	3	-3	-3
극압-극저온 구조물용 콘크리트 및 보강재 제작기술	3	1	1	1	3	-3	3
모듈화 기법을 적용한 극압-극저온 구조물 설계/시공기술	3	3	3	3	3	-1	-1

○ E-2 방호구조물

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술	3	1	1	3	9	-1	-3
충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술	3	1	1	3	9	-1	-3
신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술	9	1	1	3	9	-1	-3
기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술	3	1	1	3	9	-1	-3
구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술	3	1	1	3	9	-1	-3
재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조물 방호 설계 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조물 방호성능 전산해석 평가기술	3	1	1	3	9	-1	-3
구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술	3	1	1	3	3	-1	-3
방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조부재용 방호재료 및 자재 기술	9	1	3	3	3	-1	-3
구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술	9	1	3	3	3	-1	-3
신규 방호구조물 시공기술	3	1	1	3	3	-1	-3
기존 구조물 방호 보강 시공기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조물 방호 급속시공 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조물 방호성능 시험평가 기술	3	1	1	3	3	-1	-3
구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술	3	1	1	3	3	-1	-3

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술	0	1	1	1	3	-1	-3
충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술	0	1	1	1	3	-1	-3
신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술	0	1	1	1	3	-1	-3
기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술	0	1	1	1	3	-3	-3
구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
구조물 방호 설계 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
구조물 방호성능 전산해석 평가기술	1	1	1	1	3	-1	-1
구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술	1	1	1	1	3	-1	-1
방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술	1	3	3	3	3	-1	-1
구조부재용 방호재료 및 자재 기술	1	3	3	3	3	-1	-1
구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술	1	3	3	3	3	-1	-1
신규 방호구조물 시공기술	1	3	3	3	3	-1	-1
기존 구조물 방호 보강 시공기술	1	3	3	3	3	-1	-1
구조물 방호 급속시공 기술	1	3	3	3	3	-1	-1
구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술	1	3	3	3	3	-1	-1
동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
구조물 방호성능 시험평가 기술	1	1	1	1	3	-1	-1
구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술	1	1	1	1	3	-1	-1

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
구조물 방호등급 체계 및 기준 및 표준 기술	3	9	3	1	1	-1	-1
충격 및 폭발 하중 기준 및 표준 기술	1	9	3	1	1	-1	-1
신규구조물 방호 설계기준 및 표준 기술	1	3	3	1	3	-1	-3
기존구조물 방호 보강 설계기준 및 표준 기술	9	9	9	9	1	-3	-3
구조물 방호성능 평가기준 및 표준 기술	9	9	9	9	1	-3	-3
재료/자재/부재 방호성능 평가기준 및 표준 기술	3	9	9	9	1	-1	-1
구조물 방호 설계 기술	3	9	3	3	3	-1	-1
구조물 방호성능 전산해석 평가기술	3	3	3	3	3	-3	-9
구조물용 재료/자재/부재 방호성능 전산 해석 평가기술	1	3	3	3	9	-3	-9
방호구조물 EPC(엔지니어링, 조달 및 시공) 전주기 엔지니어링 기술	1	3	1	1	3	-1	-1
구조부재용 방호재료 및 자재 기술	3	1	9	9	1	-1	-1
구조물 보강용 방호재료 및 자재 기술	3	3	3	3	1	-1	-1
신규 방호구조물 시공기술	1	3	1	1	1	-1	-1
기존 구조물 방호 보강 시공기술	9	1	9	9	1	-1	-1
구조물 방호 급속시공 기술	1	9	3	3	9	-3	-3
구조물 방호 급속시공용 재료/자재/장비 기술	1	3	1	1	3	-1	-1
동적충격 재료물성 변화 시험평가 기술	1	1	1	1	3	-3	-3
재료/자재/부재 방호성능 시험평가 기술	3	1	3	3	3	-1	-1
구조물 방호성능 시험평가 기술	3	3	1	3	3	-1	-1
구조부재 및 구조물 폭발 실증실험 기술	3	1	3	1	1	-1	-1

○ E-3 우주구조물

- 평가자 1

구분	A	B	C	D	E	F	G
태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술	3	1	3	3	3	-3	-3
대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술	3	1	3	3	3	-9	-3
지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술	9	3	3	9	9	-9	-9
자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구	3	3	3	3	1	-3	-1
현지자원 채굴 및 선별 기술	3	3	1	3	3	-3	-3
자원 이송 및 보관 기술	1	3	1	3	3	-1	-3
시추 자동화 기술	9	9	3	9	3	-9	-3
이동 및 이송수단 결정 연구	3	3	1	3	1	-3	-3
운송장비 및 운송시설 설계기술	1		3	3	3	-3	-3
운송체 자율주행 지원 기술	3	3	3	3	3	-3	-9
행성 표면 정밀 지형 복원 기술	9	3	3	9	3	-9	-3
우주 건설 표준 제정 연구	1	1	1	3	1	-3	-3
우주현지 지반평가 기술	9	9	3	9	9	-9	-3
저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
착륙지 기반 시설 설계기술	3	3	3	3	3	-9	-3
거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화	1	1	1	3	1	-3	-1
우주구조물 시공자동화 기술	9	9	9	9	3	-9	-9
시공자동화 장비 원격 제어 기술	9	3	9	9	3	-9	-9
장비 성능 및 시공 모니터링 기술	3	3	3	3	3	-3	-3
폐기물 관리 기술	1	1	3	1	3	-3	-3
건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술	3	3	1	3	3	-3	-3
현지 건설재료 가공 및 소결기술	1	3	1	1	3	-3	-1
건설재료 이송 및 보관 기술	1	1	1	1	3	-3	-3
건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술	3	3	3	1	3	-3	-3
우주 건설장비 검증 기술	9	3	9	9	3	-9	-3
검증장비 운영 및 유지관리 기술	9	3	9	9	3	-3	-3
시험 표준화 기술	3	3	3	3	3	-1	-1
우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술	3	1	3	1	3	-3	-3
행성 식민지 관련법	1	1	1	1	3	-1	-3
우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화	1	1	1	1	3	-1	-1

- 평가자 2

구분	A	B	C	D	E	F	G
태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술	9	0	3	0	1	-1	-3
대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술	9	1	3	0	3	-1	-3
지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술	3	1	3	0	3	-1	-3
자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구	9	3	9	1	3	-3	-9
현지자원 채굴 및 선별 기술	3	3	9	3	3	-3	-9
자원 이송 및 보관 기술	3	3	9	3	9	-3	-9
시추 자동화 기술	3	3	9	3	3	-3	-9
이동 및 이송수단 결정 연구	1	0	1	1	3	-3	-3
운송장비 및 운송시설 설계기술	3	1	3	1	9	-3	-3
운송체 자율주행 지원 기술	3	1	1	0	9	-9	-9
행성 표면 정밀 지형 복원 기술	1	0	1	0	3	-9	-3
우주 건설 표준 제정 연구	9	0	1	0	9	-9	-3
우주현지 지반평가 기술	3	0	1	0	3	-3	-3
저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술	3	0	3	0	1	-9	-1
착륙지 기반 시설 설계기술	9	0	3	0	3	-1	-3
거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화	9	0	3	0	9	-9	-3
우주구조물 시공자동화 기술	9	3	9	3	9	-9	-9
시공자동화 장비 원격 제어 기술	9	3	3	1	9	-9	-9
장비 성능 및 시공 모니터링 기술	3	3	3	1	3	-3	-3
폐기물 관리 기술	3	1	9	3	9	-1	-9
건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술	9	3	9	3	3	-1	-3
현지 건설재료 가공 및 소결기술	9	3	9	3	3	-1	-3
건설재료 이송 및 보관 기술	3	2	9	3	9	-1	-9
건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술	3	2	3	1	3	-3	-3
우주 건설장비 검증 기술	9	1	9	3	9	-1	-3
검증장비 운영 및 유지관리 기술	9	0	9	3	9	-1	-3
시험 표준화 기술	9	0	9	3	9	-1	-3
우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술	9	3	3	1	9	-1	-3
행성 식민지 관련법	3	0	1	0	3	-3	-3
우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화	1	0	1	0	3	-3	

- 평가자 3

구분	A	B	C	D	E	F	G
태양방사(이온방사, 방사선) 구현 기술	1	0	3	0	3	-1	-1
대기환경(가스, 비산먼지) 구현기술	1	0	3	0	3	-1	-1
지반환경(복제토, 지반진공도) 구현기술	1	0	3	0	9	-1	1
자원 및 에너지 생산시설 탐색 연구	0	0	1	0	3	-9	-3
현지자원 채굴 및 선별 기술	0	0	1	0	3	-9	-3
자원 이송 및 보관 기술	0	0	1	0	3	-9	-3
시추 자동화 기술	1	0	3	0	9	-1	-1
이동 및 이송수단 결정 연구	0	0	1	0	3	-9	-3
운송장비 및 운송시설 설계기술	0	0	1	0	3	-9	-3
운송체 자율주행 지원 기술	1	0	3	0	9	-1	-1
행성 표면 정밀 지형 복원 기술	1	0	3	0	9	-1	1
우주 건설 표준 제정 연구	0	0	1	0	3	-9	-1
우주현지 지반평가 기술	1	0	3	0	3	-1	-1
저중력 고진공 환경 장비-지반 상호거동 해석 기술	1	0	1	0	3	-1	-1
착륙지 기반 시설 설계기술	0	0	1	0	3	-1	-3
거주시설의 설계 및 유지관리 조건 정량화	0	0	1	0	1	-9	-1
우주구조물 시공자동화 기술	1	0	3	0	9	-1	-1
시공자동화 장비 원격 제어 기술	1	0	3	0	9	-1	-1
장비 성능 및 시공 모니터링 기술	1	0	3	0	9	-1	-1
폐기물 관리 기술	0	0	1	0	1	-9	1
건설소재의 물리적/화학적 특성 정량화 기술	1	0	3	0	3	-3	-1
현지 건설재료 가공 및 소결기술	1	0	3	0	3	-3	-1
건설재료 이송 및 보관 기술	0	0	1	0	3	-9	-3
건설재료의 동적 거동 및 상변화 해석 기술	1	0	3	0	3	-3	-1
우주 건설장비 검증 기술	0	0	1	0	3	-1	-1
검증장비 운영 및 유지관리 기술	0	0	1	0	3	-1	-1
시험 표준화 기술	0	0	1	0	3	-1	1
우주 자원 이송 및 생산 수요 예측 기술	0	0	1	0	1	-9	1
행성 식민지 관련법	0	0	1	0	1	-9	1
우주 거주지 관련 우주인 심리 안정화	0	0	1	0	3	-9	1

[부록 7] 전문가 TF 상세 운영현황

분야	일시	참여 인원		
		테노파	건설연	TF 위원
강구조 및 합성구조	3월 21일 오후 2시	홍성표, 김치훈	송재준	김충언, 노한성, 이지훈, 조재병
콘크리트 구조 및 콘크리트 교량	2월 28일 오후3시	김치훈, 윤영구	진경호, 정인수	김영진, 지광습, 이상윤
신소재 복합재료 구조교량/특수교량	3월 28일 오후 2시	이진걸	정인수	조근희, 김광수, 황훈희
육상터널	3월 30일 오전10시	이선영, 이현미	김동규	김도형, 김영근, 유한규
해저/침매터널	2월 28일 오후3시	김치훈, 윤영구	진경호, 정인수	김기림, 최창림, 백기현, 최순욱
부유식터널	3월 30일 오후2시	정재호, 윤영구	이철호	채봉철, 박의섭
대심도터널	3월 30일 오전9시	김치훈, 윤영구	정재형	이재국, 윤운상, 황병철
지하대공간	4월7일 오후2시	김치훈, 윤영구	장수호	류시균, 서영호, 오성호
사면보호/보강/유지관리	2월 28일 오후3시	김치훈, 윤영구	진경호, 정인수	권오일, 성주현, 박영철, 이종건
지반조사/개량	3월 28일 오후3시	김치훈	최창호	한상재, 조완제
육상 및 해상기조/흙막이 구조물	3월 29일 오후2시	김치훈, 윤영구	이주형	남순성, 여유권, 김태식, 채광석
해양준설/매립	3월 28일 오후2시	이상원, 윤영구	-	윤길림, 김성인, 양기석
항만 및 해안구조물	3월 31일 오후2시	이현미, 김치훈	김영택	구성욱, 이종인, 조휴상
수중구조물	4월 11일 오후3시	김치훈, 윤영구	-	김승준, 박우선, 김문영, 이행기, 박래영
인공섬	3월 31일 오후2시	윤영구	정연주	남지현, 심별, 곽대진
고압극저온	3월 30일 오후2시	이현미	김도겸	유성원, 한상묵
방호구조물	3월 30일 오후2시	이현미	문재흠	하상욱, 박종일
우주구조물	4월3일 오전10시	-	신휴성	안호상 이장근

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.